はじめに

プロ・ナトゥーラ・ファンド（略称P.N.ファンド）助成事業は、（財）自然保護助成基金が資金を提供し、（財）日本自然保護協会が助成事務全般を受け持つ、両財団の共同事業として、1990年に始まりました。「PRO NATURA」は、ラテン語で「自然のために」という意味を持ち、第1期の助成開始以来、毎年この名にふさわしい国内外の自然保護のための研究や活動に対して助成を続け、今回第18期の報告書を出すこととなりました。

プロ・ナトゥーラ・ファンドは、自然保護に対して有効で公正な助成事業となるよう独自の審査委員会による選考を行っていますが、第18期は厳正な審査の結果、国内外33の団体・個人に、2007年10月より2008年9月までの1年間（長期事業助成の3団体については2009年9月までの2年間）助成を行いました。第18期までに助成した事業は、国内外あわせて380件以上となり、助成総額は4億円を超えました。

本報告書は、2007年度（第18期）の長期事業助成の2案件を除く、31案件の助成成果と、2006年度（第17期）の長期事業助成3案件の報告をとりまとめたものです。

これらの成果が、各地域における自然保護のため有効に活用されるよう願ってやみません。

2009年11月

財団法人 日本自然保護協会　理事長　田畑貞寿

財団法人 自然保護助成基金　理事長　奥富　清

目　　次

はじめに
プロ・ナトゥーラ・ファンド＜第18期助成＞
第18期助成の概要……1
第18期助成先一覧……2

国内研究助成
有明海再生を目指した諫早湾干拓堤防周辺海域の採泥・採水調査……3
北海道根釧台地湿原群保全のための湿原植生と発達史の研究……11
超音波テレメトリー法を使った琵琶湖の固有亜種ニゴロブナの生態研究……21
高山植生の長期モニタリングサイトの設置……27
八郎潟干拓地（秋田県大潟村）におけるツツイトモの保全について……33
過栄養湖である宮島沼における冬期湛水水田による水質改善の試み……47
岐阜県におけるニホンカモシカとニホンジカとの種間関係の解明を目的とする緊急調査……53
大阪地域における蘚苔類・菌類レッドリスト試作のための基礎研究……61

国内活動助成
多摩川の自然を考えるシンポジウム開催……67
赤城山ヒメギフチョウの保全のための緊急対策……69
市民参加による、ジュゴン生息域の海草藻場のモニタリング調査……73
ヤクタネゴヨウの調査研究・保護増殖・普及啓発活動……81
香川県産ニッポンバラタナゴの系統保存のための保護池造成……87
イトウの保護……91
日本産絶滅危惧種のための飼育繁殖個体群管理セミナー……93
長野県飯田市のハナノキが生育する湿地におけるモニタリングコースの保全……95
ツシマヤマネコ交通事故対策チームによる動物交通事故監視活動……99
中部山岳国立公園立山地区の自然保護に関する利用者の意識調査……103
日本語版造礁サンゴ同定マニュアルの作成……109
林床植物の生活史研究を基礎とした低地林保護のための環境教育プログラムの開発……111
全国の在来タナゴ類の保全技術に関するシンポジウムの開催……115
新規外来生物オオタナゴ拡散防止のための啓蒙活動……117
国指定天然記念物「犬吠埼の白亜紀浅海堆積物」と銚子海岸の植物生態と植物相に関する
　啓蒙のためのパンフレットの刊行……119
堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動……121
吉野川河口の保全にむけて、シンポジウムの開催および報告書の作成……125
環境学習としての海藻おしば作りの普及……131

国内長期事業助成（第17期）
都市圏の希少魚類絶滅回避プロジェクト……135
春子谷地の生物多様性と湿原における生物間相互作用……147
ササ型林床のブナ林の更新過程に関する研究……155

海外助成
Biodiversity conservation and evaluation of human disturbances on the cool montane
　evergreen broad-leaved forest in the mid hills of the Bhutan Himalaya……177
Vulture Conservation Awareness Project in Rampur Valley, an Important Bird Area of Nepal……199
Conservation of the Proboscis Monkey, *Nasalis larvatus* in the Klias Peninsula, Sabah, Malaysia……211
A regional approach to botanical training for the next generation……223
Structure, dynamics and conservation strategies of the remnant evergreen broad-leaved forests
　in Chongqing metropolis, China……233

プロ・ナトゥーラ・ファンド

第 18 期助成

第18期助成の概要

2007年度（第18期）は、例年と同じ国内助成の「研究助成」・「活動助成」・「長期事業助成」および「海外助成」の4つの枠組みで助成を実施しました。

公募は、これら4つの区分で2007年6月に開始しました。その後7月に締切り、8月と9月に各分野の専門家等からなる審査委員会委員による審査を経て、10月に助成対象事業を決定しました。

応募総数は国内・海外あわせて87件、海外が10件で、次項の一覧のように国内研究助成8件、国内活動助成18件、国内長期事業助成2件、海外助成5件、計33件に助成を行いました。第18期の継続助成案件は、研究助成が2件、活動助成が1件、併せて3件で、助成総額は2,680万円でした。

第18期の国内助成では、ニゴロブナやイトウ、タナゴ類などの淡水性魚類をテーマとして扱う案件が多く採択されました。研究助成では諫早湾、琵琶湖を対象地とした継続案件の他に、希少種の保全に資する基礎研究などが行われました。活動助成では採択案件が過去最多の18案件となり、シンポジウムの開催などによる普及・啓蒙活動が多く行われ、全国で素晴らしい成果を得ました。海外助成では助成成果発表会にて3案件の口頭発表が行われ、海外での研究や活動を参加者へ伝えることができました。

なお、本報告書には第18期に助成した事業のうち、長期事業助成2案件を除く、全ての成果を掲載しました。

（第18期長期事業助成2案件の成果については、第19期助成成果報告書に掲載の予定です）

2007年度（第18期）プロ・ナトゥーラ・ファンド助成先一覧

No.	タイトル	グループ名・申請者名	代表者名・推薦者名	助成額
国内研究助成				（万円）
1	有明海再生を目指した諫早湾干拓堤防周辺海域の採泥・採水調査（継続）	諫早湾保全生態学研究グループ	佐藤 慎一	76
2	北海道根釧台地湿原群保全のための湿原植生と発達史の研究	根釧台地湿原群自然史研究会	百原 新	110
3	超音波テレメトリー法を使った琵琶湖の固有亜種ニゴロブナの生態研究（継続）	琵琶湖漁業を考える会	山根 猛	100
4	高山植生の長期モニタリングサイトの設置	山の自然学クラブ	下野 綾子	99
5	八郎潟干拓地（秋田県大潟村）におけるツツイトモの保全について	秋田自然史研究会　水草グループ	高田 順	77
6	過栄養湖である宮島沼における冬期湛水水田による水質改善の試み	宮島沼の会	藤巻 裕蔵	60
7	岐阜県におけるニホンカモシカとニホンジカとの種間関係の解明を目的とする緊急調査	岐阜県ニホンカモシカ研究会	鈴木 正嗣	100
8	大阪地域における蘚苔類・菌類レッドリスト試作のための基礎研究	大阪蘚苔類・菌類レッドリスト研究会	佐久間 大輔	50
		国内研究助成　8件　小計		672
国内活動助成				
1	多摩川河口の自然を考えるシンポジウム開催	日本野鳥の会神奈川支部	鈴木 茂也	30
2	赤城山ヒメギフチョウの保全のための緊急対策	赤城姫を愛する集まり	栃木 利夫	60
3	市民参加による、ジュゴン生息域の海草藻場のモニタリング調査	シーグラスウォッチ・ジャパン	河内 直子	85
4	ヤクタネゴヨウの調査研究・保護増殖・普及啓発活動	屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊	手塚 賢至	90
5	香川県産ニッポンバラタナゴの系統保存のための保護池造成	かがわタナゴ倶楽部	横井 聰	80
6	イトウの保護	道東のイトウを守る会	神田 房行	55
7	日本産絶滅危惧種のための飼育繁殖個体群管理セミナー	CBSG-Japan	羽山 伸一	130
8	長野県飯田市のハナノキが生育する湿地におけるモニタリングコースの保全	はなのき友の会	北澤 あさ子	23
9	ツシマヤマネコ交通事故対策チームによる動物交通事故監視活動	ツシマヤマネコ交通事故対策チーム	杉谷 篤志	50
10	中部山岳国立公園立山地区の自然保護に関する利用者の意識調査	富山県地方自治研究センター 環境部会	加藤 輝隆	55
11	日本語版造礁サンゴ同定マニュアルの作成	沖縄リーフチェック研究会	安部 真理子	70
12	林床植物の生活史研究を基礎とした低地林保護のための環境教育プログラムの開発	子供達に身近な自然の大切さを伝える会	大原 雅	85
13	全国の在来タナゴ類の保全技術に関するシンポジウムの開催	NPO法人 日本国際湿地保全連合	辻井 達一	70
14	新規外来生物オオタナゴ拡散防止のための啓蒙活動	土浦の自然を守る会	萩原 富司	60
15	国指定天然記念物「犬吠埼の白亜紀浅海堆積物」と銚子海岸の植物生態と植物相に関する啓蒙のためのパンフレットの刊行	「銚子の自然保護を知る会」パンフレット刊行会	鶴岡　繁	80
16	堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動（継続）	NPO法人 表浜ネットワーク、堆砂垣・植生グループ	市野 和夫	30
17	-人々のくらしと河口及び沿岸域の自然環境とのかかわりに注目して- 吉野川河口の保全にむけて,シンポジウムの開催および報告書の作成	とくしま自然観察の会	井口 利枝子	65
18	環境学習としての海藻おしば作りの普及	海藻おしば協会	野田 三千代	60
		国内活動助成　18件　小計		1178
国内長期事業助成				
1	絶滅の危機が迫りつつある西中国山地のツキノワグマ孤立個体群保護に資する研究と教育普及事業	広島フィールドミュージアム	金井塚 務	160
2	兵庫県豊岡市円山川中下流域に生息するコウノトリの採食生態	コウノトリ研究会	武田 広子	150
		国内長期事業助成　3件　小計		310
海外助成				
1	ブータンヒマラヤGedu-Drala地域の常緑広葉樹雲霧林における人為的インパクトの評価と生物多様性の保全に関する研究	Pema Wangda	北澤 哲弥	150
2	ネパールにおける住民のハゲワシ保護意識啓発プロジェクト	Bishnu Prasad Shrestha	吉田 修一郎	70
3	マレーシア・サバ州、クリアス半島のテングザルの保全	Henry Bernard	半谷 吾郎	100
4	地域スケールアプローチによる次世代の植物学者養成トレーニング	James V. LaFrankie	伊東 明	100
5	重慶都市域における残存常緑広葉樹林の構造・動態および保全戦略	楊 永川	藤原 道郎	100
		海外助成　5件　小計		520
総計			33件	2680

有明海再生を目指した諫早湾干拓堤防周辺海域の採泥・採水調査

諫早湾保全生態学研究グループ
佐藤 慎一・東 幹夫・近藤 寛・市川 敏弘・佐藤 正典・昼間 仁裕

Conservation Ecology studies of Isahaya Bay concerned with the reclamation project

Research Group for Conservation Ecological on the Isahaya Bay
Shin'ichi Sato, Mikio Azuma, Hiroshi Kondo, Toshihiro Ichikawa, Masanori Sato and Masahiro Hiruma

1. はじめに

諫早湾奥部では、1997年4月14日の潮受け堤防の締め切り（潮止め）により、3,550haの広大な干潟・浅海域が一度に失われ、その影響は有明海全域の環境や生態系にまで及んでいる。その事実は、多くの研究者によって繰り返し指摘されており（例えば日本海洋学会 2005など）、2008年6月の佐賀地裁による判決でも正当に認められた（東 2008）。しかし、政府は干拓工事の影響を頑に否定しており、控訴を繰り返すばかりで、有明海異変への根本的な対策については議論すら行われていないのが現状である。

本研究では、潮受け堤防の内側と外側の海域約80定点を対象にして、採泥・採水調査で得られた試料を分析することにより、諫早湾干拓堤防締切り後の継続した水質・底質・底生生物相のモニターを行っている。同様の調査は、締切り前の1997年3月から20回以上も実施されており、これらの科学的データを基にして、有明海再生に対して具体的な提言を行うことを目的としている。本研究により得られた成果は、農水省などに対して中長期開門調査の実施をせまる理論的根拠として用いられると共に、水門開放後に行われる調査に対して、共通した精度で比較可能な水門開放以前の基礎データを供給することができる点で非常に重要である。

2. 諫早湾干拓調整池内での採泥・採水調査の結果

諫早湾奥部では、1997年4月14日に全長7,050mの潮受け堤防によって、3,550haの干潟・浅海域が締めきられた（図1）。潮受け堤防には2か所の水門があり、引潮時に調整池から有明海へと排水を行うことで、調整池の水位を－1mに保っている。そのため、かつての潮間帯下部～潮下帯だった部分は、潮止め後に塩分などの水質が急激に変化した（佐藤ほか2001, Sato and Azuma 2002）。

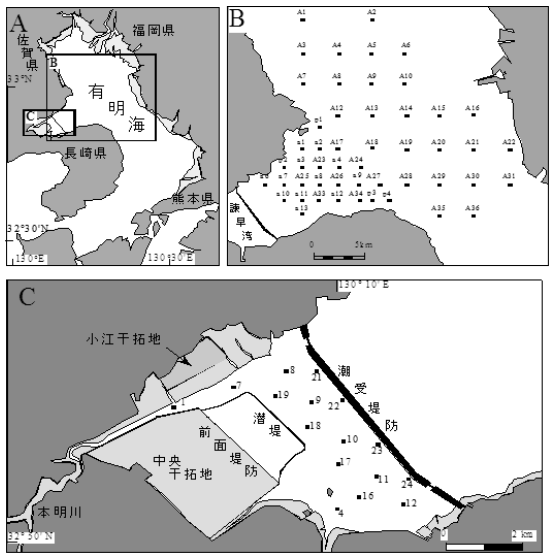


図1　有明海・諫早湾潮受堤防内外海域における採泥・採水調査定点の位置
A：有明海における採集定点の位置
B：諫早潮受堤防外側海域50定点の位置
C：諫早湾干拓調整池内16定点の位置

本研究グループは、助成期間中の2008年6月に、調整池内の16定点で小型漁船による採泥・採水調査を実施した。Ekman-Birge採泥器(採泥面積：15cm×15cm)を用いて、各定点において3～4回の採泥を行った。同様の調査は、潮止前１回(1997年3月)と、潮止後17回(1997年5月～2008年6月)実施しており、それらのデータをあわせて底生生物の経年変化を解析した。

得られた底質試料から粒度分析用に一部を取り除き、泥温を測定した後に1mmの篩にかけ、篩に残ったすべての底生生物を10%ホルマリンで固定した。粒度分析用試料は、採泥器で得られた堆積物に長さ12cm、内径2.6cmの塩化ビニールパイプを差し込んでコア試料を採取した。粒度分析は、砂礫部を1/2φ間隔で篩分法、泥質部を1φ間隔でピペット法によった(近藤ほか 2003)。堆積物の粒径は、中央粒径値Mdφで代表させた。

ホルマリン固定された生物試料は、高次分類群のソーティングを行い、二枚貝類は東北大学、多毛類は鹿児島大学、ヨコエビ類は長崎大学にて、種の同定および種ごとの個体数をカウントした。以下、それぞれの分類群ごとに調査結果および水質分析の結果を報告する。

潮止め前に見られた多くの底生生物は、調整池の底層水の塩分が5以下になった時点(1997年8月)で完全に死滅した(佐藤ほか 2001)。その中には、2008年に初めて新属・新種として記載されたヨコエビ類(イサハヤカマカモドキ；*Heterokamaka isahayae* Ariyama 2008)も含まれている。この種は、世界中で唯一、諫早湾干拓調整池内でのみ生息が確認されており、個体数密度も低いため、絶滅の危険性が高いと考えられている(Ariyama 2008)。

その後は、1997年8月以降に二枚貝のヒラタヌマコダキガイ*Potamocorbula* sp.とヨコエビ類のタイリクドロクダムシ*Corophium sinense*が調整池全域で急激に増殖した(佐藤ほか 2008)。しかし、ヒラタヌマコダキガイは潮止め2年後の1999年7月以降は底層水の塩分が2以下に低下したことで減少を始め、ついに2002年3月にはすべての定点で見られなくなった(Sato 2006；萩山 2007MS)。

2002年4月に短期開門調査が実施されると、調整池の底層水の塩分は一時的に10以上となり、その後も2002年9月までほとんどの定点では塩分が2以上であった。それに伴い、2002年5月より再び、ヒラタヌマコダキガイの稚貝が南部排水門周辺で採集され、2002年9月には殻長20mm以上の成熟個体も得られた(佐藤ほか 2006)。さらに、タイリクドロクダムシの個体数密度も、2002年5月以降に急激に増加した(松尾ほか 2003、松尾 2006)。この結果は、中長期開門調査を行うことで、より多くの海生生物が比較的に短期間で干拓調整池内に戻ってくる可能性が高いことを示唆している。しかし、中長期開門調査は現在も実施されておらず、一時は増加したヒラタヌマコダキガイやタイリクドロクダムシも、2008年6月の調査ではまったく得られなかった(図2)。

現在の干拓調整池には、イトミミズやユスリカ幼虫が生息するのみであり、夏にはアオコが大発生するようになった。アオコはミクロシスチンと呼ばれる毒素を産生することが知られており(Codd *et al.* 1999, 高橋 私信)、干拓地でアオコを含む調整池の水を使って栽培した農作物には健康上の心配がつきまとう。しかも、調整池の水深が過去10年間で最大1mも浅くなっていることが判明した(佐藤ほか 2008)。このことから、調整池に大量の泥の堆積することで貯水量の減少を引き起こし、近い将来に調整池の大規模な浚渫が必要となると予測された。

3．堤防外側海域における採泥・採水調査の結果

堤防外側海域では、諫早沖から有明海奥部にかけての50定点で、助成期間中に2回(2007年11月・2008年6月)の採泥・採水調査を実施した。同様の調査は、1997年6月から開始して現在までに16回実施している。各定点では、Smith-McIntyre採泥器(採泥面積：0.05m^2)を用いて各定点で１回の採泥を行った。

調査の結果、潮止め直後の1997年6月には諫早沖50定点において36種294個体/㎡の二枚貝類が得られたが、1998年11月以降は急激に減少し、2000年6月には17種142個体/m^{2}まで減少した(Sato 2006)。ところが、2002年4月の短期開門調査以降には、ビロードマクラ

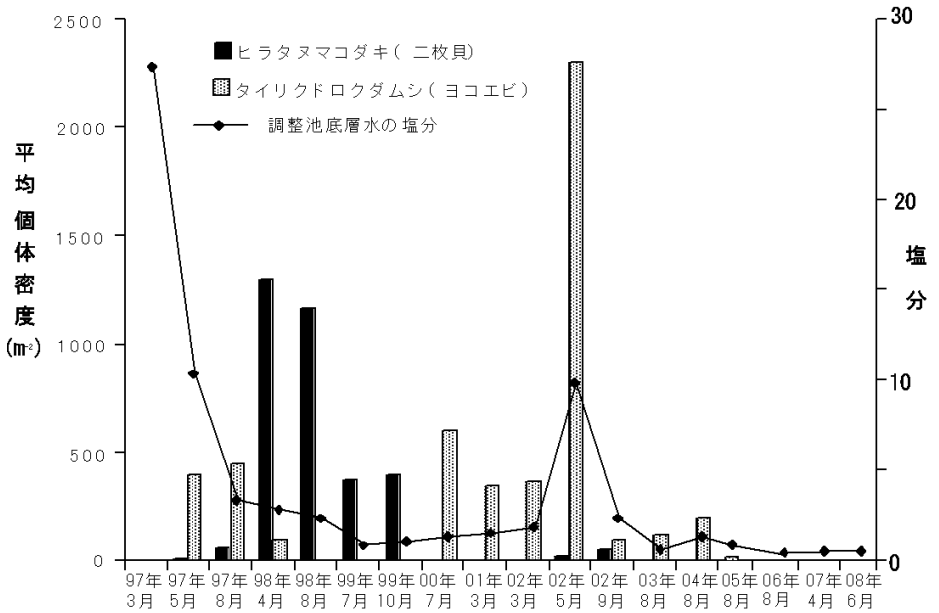


図2　1997年から2008年までの諫早湾干拓調整池内の塩分変化およびヒラタヌマコダキガイ・タイリクドロクダムシの個体密度に見られる経年変化(佐藤ほか 2006を一部改変)

が急激に増加し、二枚貝全体で2002年6月には29種667個体/m^2、2003年11月には31種908個体/m^2まで増加した(金澤ほか 2005、Sato 2006)。さらに、ヨコエビ類のドロクダムシ類も一時的に増加した(松尾 2006、松尾ほか 2007a, b)。しかし、2004年11月には急激な底生生物の減少が見られ(図3)、今回の2007年と2008年の採泥試料でも引き続き、各定点で底生生物が減少する傾向が見られている。2004年以降は、毎年夏に大規模な貧酸素水塊が発生していることが確認されており(堤ほか 2007)、その影響で底生生物群集の多様性が壊滅的に減少したと考えられる。今後も、諫早湾の中長期開門調査などの抜本的な環境改善を行わない限りは、調整池外側海域においても、特定の種のみが急激な増加と減少を繰り返す不安定な生態系が維持されてゆくものと予測される。

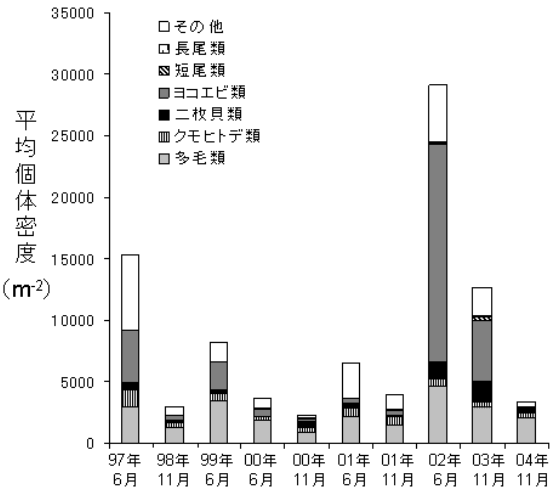


図3　1997年から2004年までの諫早湾口部周辺海域20定点における底生生物の個体密度に見られる経年変化

4. 日本ベントス学会自然環境保全委員会としての要望書提出

本研究グループでは、これまでの調査結果を踏まえて、有明海再生には中長期開門調査が必要不可欠との結論に達した。そこで本研究グループ代表者は、日本ベントス学会自然環境保全委員会委員として、本委員会から内閣総理大臣・農林水産大臣・環境大臣宛の要望書を提出した。要望書は、佐賀地裁が諫早湾開門を命じた歴史的な日である2008年6月27日に提出され、同日に農水省記者クラブにおいて記者会見も行われた(写真1、2)。

写真1　日本ベントス学会自然環境保全委員会から農林水産省への要望書提出
(2008年6月27日、菅波完撮影)

写真2　要望書提出後に開かれた自然環境保全委員会委員長
(逸見泰久熊本大学教授)の記者会見
(2008年6月27日　菅波完撮影)

要望書の内容は、以下のとおりである。

2008年 6月27日

内閣総理大臣　福田 康夫 殿
農林水産大臣　若林 正俊 殿
環境大臣　　鴨下 一郎 殿

諫早湾潮受け堤防内に海水を導入する「長期開門調査」を求める要望書

日本ベントス学会自然環境保全委員会委員長　逸見 泰久
（熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター　教授）

本年6月27日の佐賀地方裁判所における「平成14年(ワ)第467号等　工事差止等請求事件」の判決では、「諫早湾潮受け堤防内に海水を導入し、長期開門調査を実施すべき」という判断が示されました。

日本ベントス学会自然環境保全委員会は、国に対して、この判決内容を真摯に受け止めるよう要請すると共に、有明海の環境悪化を根本的に改善し、豊かな漁業生産力を再生させるための第一歩として、慎重な管理のもとで諫早湾の潮受け堤防内部へ海水を導入する「長期開門調査」を早急に実施し、諫早湾干拓事業が有明海全体の環境に及ぼしている影響を一刻も早く明らかにすることを求めます。

世界人口が急速に増加している現在、食糧を安定に供給してくれる生態系の保全は、何よりも重要な課題です。このうち、海の生態系によってもたらされる水産資源(魚介類)は、人類にとって最も重要なタンパク源の一つですが、近年、世界的に枯渇しつつあります。わが国においても、近年の資源減少に伴う沿岸漁業の衰退が著しく、過去40年間に魚介類の自給率は大きく低下しました(供給熱量ベースで、1965年の110%から2005年の57%へ)。長期的な視点から日本の食料庫を守るという意味において、日本周辺の海域における水産資源の保全と漁業の復興は極めて重要な課題です。とりわけ、生物生産力の最も高い内海である有明海や瀬戸内海の環境保全は重要です。

有明海では、広大な干潟の生態系が、有明海全体の漁業生産を大きく支えています。諫早湾干拓事業により有明海奥部のきわめて生産性の高い干潟生態系が大規模に失われただけでなく(消滅した干潟面積は有明海の全干潟の12%)、その地形変更の影響によって、有明海全域の潮汐、潮流が弱まったことが明らかになりつつあります。これらの変化が、近年の有明海の深刻な環境悪化(赤潮や貧酸素水塊の頻発、海底の泥化など)の原因になっている可能性はもはや無視できないものです。

また、環境悪化に伴う漁業不振も深刻な問題です。かつての有明海奥部における魚貝類や海苔などの生産額は、諫早湾干拓地における農業生産額を遥かに超えていました。これら有明海全域における漁業復興のためには、現在行われているような、人工干潟・覆砂・浚渫などの土木工事による対症療法では一時的な効果しか得られません。諫早湾干拓による影響から目をそらすことはやめて、長期開門調査に伴う底生生物・潮流・底質調査などの基礎的な調査を徹底的に実施することで、有明海における環境悪化の原因を明らかにし、根本的な解決策を講じる必要があります。

有明海は、固有種を含む特産生物が20種以上も生息している内湾として、日本で他に例のない、かけがえのない場所でもあります。それらの特産生物の主たる生息場所は有明海の奥部海域であり、その多くは今日絶滅の危機に瀕しています。近年の有明海の環境悪化は、これらの種の絶滅の危機を加速するものです。「生物多様性の保全」の観点からも、有明海の環境悪化を根本的に改善する対策が求められ、これは2010年に生物多様性条約第10回締約国会議を開催するわが国にとっての責務でもあります。

諫早湾の調整池の淡水を干拓地の農業用水として利用する当初の計画は、調整池の著しい水質悪化とアオコの大量発生のために、すでに現実的なものではなくなっています。アオコはミクロシスチン等の強力な毒素を産生するため、農業用水への利用には大きなリスクを伴います。したがって、干拓地の農業用水としては、下水処理場から排出される高次処理水を利用するなどの代替案を早急に検討する必要があり、このことは調整池に海水を導入する長期開門調査を実施するための最大の障害がなくなったことを意味します。

いま、有明海の環境は急速に悪化の一途をたどっています。手遅れにならないよう、対症療法的な一時しのぎだけではなく、根本的な対策を、一刻も早く講じるべきです。そのためには、諫早湾干拓事業の環境に対する影響を正確に知ることが不可欠です。

日本ベントス学会自然環境保全委員会は、国に対して以下に示す政策転換を強く要望します。

1) 2008年6月27日の佐賀地裁による判決を真摯に受けとめ、ただちに諫早湾潮受堤防内に海水を導入し、有明海異変に対する長期開門調査を開始すること。

2) 現在行われている人工干潟・覆砂・浚渫などの土木工事による対症療法に偏った環境改善だけでなく、長期開門調査に伴う潮流・底質・底生生物などの基礎的な調査を徹底的に実施することで、有明海における環境悪化の原因を明らかにし、その根本的な解決策を講じること。

以上

その後、残念ながら農水省は開門調査には応じず、福岡高裁に控訴するに至った。しかし、韓国シファ湖干拓の中止や、中海本庄工区における堤防開削決定などの動きを見ても、諫早湾調整池に海水が導入される日は必ず来るものと確信できる。そのため、今後も継続的に政府に対して要望書等を提出すると共に、本調査活動を海水導入まで途切れること無く続けることで、将来に実施される開門後の比較調査に対して質の高いデータを提供したいと考えている。

5. むすび

諫早湾は、潮止めから11年以上が過ぎたが、今でも赤潮や貧酸素水塊の頻繁な発生や、潮流速度の減少と底質の細粒化、ノリや貝類などの漁獲量の急激な減少など、「有明海異変」を示す様々な環境問題が残されたままである。私たちの研究成果は、それらの異変のほとんどが、諫早湾干拓を起因として、各々の事象が複雑に影響しあっていることを示している。しかし、国による調査や裁判所・公調委などの判決では、それら異変の原因は「明らかではない」との判断がなされている。このような社会情勢を変えるために、本研究の成果を積極的に市民に対して提供することで、より多くの人たちに社会に対する監視の目を持ってもらいたい。

一方、有明海異変が今後も続くことは明白であり、いつかは韓国・始華湖干拓と同様に水門を開放する日が来ると予測される。現時点では、調整池内にはほとんど大型底生生物も生息しておらず、大きな変化も見られないのだが、現時点で水門開放以前の地道な調査を続けることが、水門解放後の調査に生かされることになる。今後も、諦めることなく研究を続けてゆきたい。さらに、セマングム海域内側と外側海域においても、底生生物の定量調査を継続的に実施することで、潮受け堤防完成後の生物相の変化を詳細に分析し、韓国政府および世界世論への警鐘を鳴らし続けたい。

最後に、本研究を支えていただいた、プロ・ナトゥーラ・ファンドに深く感謝の意を表する。

文献

Ariyama, H. 2008. A new genus and species of Kamakidae（Crustacea: Amphipoda）from Isahaya Bay, western Japan. Species Diversity, 13: 175-185.

東 幹夫. 2008. 「よみがえれ！有明」訴訟―佐賀地裁判決と国の控訴. 日本の科学者, 43: 534-355.

Codd, G. A., Metcalf, J. S. and Beattie, K. A. 1999. Retention of *Microcystis aeruginosa* and microcystin by salad lettuce（*Lactuca sativa*）after spray irrigation with water containing cyanobacteria. Toxicon, 37: 1181-1185.

萩山竜馬. 2007MS. 短期開門調査以降の諫早湾干拓調整池内外における底生生物群集の変化. 東北大学理学部地圏環境科学科卒業論文, 62pp.

金澤 拓・佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之・松尾匡敏. 2005. 諫早湾潮止め後の有明海における二枚貝群集の変化. 日本ベントス学会誌, 60: 30-42.

近藤 寛・東 幹夫・西ノ首英之. 2003. 有明海における海底堆積物の粒度分布とCN組成. 長崎大学教育学部紀要―自然科学―, 68: 1-14.

松尾匡敏. 2006. 有明海の人為攪乱に伴うヨコエビ群集の変化. 長崎大学大学院生産科学研究科学位論文, 長崎, iii + 208 pp.

松尾匡敏・東 幹夫・佐藤慎一・近藤　寛・西ノ首英之. 2003. 諫早湾潮止め後の有明海における底質とマクロベントス密度の経年変化II. 2003年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会講演要旨集, 124 pp.

松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫. 2007a. 有明海潮下帯の底質区分とヨコエビ群集―1997年と2002年の比較. 長崎大学水産学部研究報告, 88: 1-42.

松尾匡敏・首藤宏幸・東 幹夫・近藤 寛・玉置昭夫. 2007b. 諫早湾奥部締め切り後の有明海潮下帯ヨコエビ群集構造の変化. 日本ベントス学会誌, 62: 17-33.

日本海洋学会. 2005. 有明海の生態系再生をめざして. 恒星社厚生閣. 東京. 211 pp.

Sato, S. 2006. Drastic change of bivalves and gastropods

caused by the huge reclamation projects in Japan and Korea. Plankton & Benthos Research, 1: 123-137.

Sato, S. and Azuma, M. 2002. Ecological and paleoecological implications of the rapid increase and decrease of an introduced bivalve *Potamocorbula* sp. after the construction of a dike for reclamation in the Isahaya Bay, western Kyushu, Japan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 185: 369-378.

佐藤慎一・東 幹夫・近藤 寛・西ノ首英之．2001．諫早湾干拓地の貝類相―調整池における貝類相の時間的変化―．第四紀研究，40: 85-95.

佐藤慎一・金澤 拓・萩山竜馬．2006．諫早湾干拓事業に伴う二枚貝類の変化．海洋と生物，28: 618-624.

佐藤慎一・松尾匡敏・佐藤正典・市川敏弘・東幹夫・近藤寛・萩山竜馬・昼間仁裕．2008．中長期開門調査に向けた諫早湾潮受堤防周辺海域の採泥・採水調査．プロ・ナトゥーラ・ファンド第17期助成成果報告書，149-160.

堤 裕昭・堤 彩・高松篤志・木村千寿子・永田紗矢香・佃 政則・小森田智大・高橋 徹・門谷 茂．2007．有明海奥部における夏季の貧酸素水塊の拡大とそのメカニズム．海の研究，16: 183-202.

In April 1997, the inner part of Isahaya Bay was shut off from the Ariake Sea, western Kyushu, Japan with a dike for reclamation. After this isolation, in the both inner and outer parts of Isahaya Bay, aspects of water quality suddenly changed, and fauna of benthos was drastically replaced. However, a "front dike" of the Isahaya Reclamation Project has not been yet completed, so it has sufficiently been left the possibility of reforming the mud tidal-flat by opening water gate in the near future.

In this study, we are monitoring using the mud samples got by the bottom sampler at the 66 fixed points of inside and outside of the dike for reclamation of Isahaya Bay since 1997, and analyzing the changes of water quality, bottom sediments and benthos fauna caused by the Isahaya Reclamation Project. Sediment samples were collected from the 50 fixed stations in the outer part of Isahaya Bay in November 2007 and June 2008, and also collected from the 16 fixed stations in the inner part of this bay in June 2008.

As a result, in the both inner and outer parts of Isahaya Bay, number of species and mean individual density of benthos rapidly decreased from 1997 to 2000, and then only few species increased from 2001 to 2003. However, from 2004 to 2008, most of them have disappeared or decreased rapidly in the both inner and outer parts of Isahaya Bay. We published these results at the symposium and scientific papers, and appealed the crisis of the Ariake Sea to public.

The results of this research was used as the theoretical ground to require the investigation of opening the gate against the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in June 2008 by the Japanese Association of Benthology.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

北海道根釧台地湿原群保全のための湿原植生と発達史の研究

根釧台地湿原群自然史研究会
百原 新[1)]・守田 益宗[2)]・太田 謙[2)]・沖津 進[1)]・小林 真生子[1)]・尾方 隆幸[3)]

Study of the vegetation and history of mires on the Konsen Plateau, Hokkaido for the conservation

Konsen Plateau Mires Natural History Research Group
Arata Momohara, Yoshimune Morita, Ken Ohta, Susumu Okitsu, Makiko Kobayashi and Takayuki Ogata

北海道根室半島の河川の流入のない、標高25～68mの平坦な台地面の上には、主に夏期に発生する霧によって涵養されている湿原が分布し、北方系植物の生育地となっている。泥炭層のボーリングや露頭での湿原の発達史についての調査の結果、少なくとも約13,900年前に湿原が形成されたことが明らかになった。花粉や種実化石の分析の結果から、湿原植生の変遷も明らかになり、約6,400年前まではグイマツとともに根室半島先端部にもアカエゾマツが分布していたことや、約6,400年前の摩周テフラ降灰以降、約3,000年前まで泥炭が発達しなかった可能性が明らかになった。現在のように、霧で涵養されている湿原は約3,000年前以降に発達したと考えられた。歯舞北部の湿原では排水溝が掘られ乾燥化が進んでいるが、霧による涵養という維持機構の特殊性と歴史の古さを考えると、極めて重要で保護すべき重要な湿原である。

1. はじめに

北海道根室半島とその周辺の標高25～68mの台地面の上に湿原が分布し、そこには、サカイツツジやヒメツルコケモモ、エゾゴゼンタチバナなどの稀少な北方系植物が生育している。これらの湿原は凹凸の少ない平坦な台地面に分布しており、河川の流入がなく、主に夏期に発生する霧によって涵養されている（五十嵐ほか 2001）。北海道の湿原の多くは、釧路湿原のように河川下流域の沖積低地に分布し、約7,000～6,000年前の縄文海進期より後に形成されているが、根室半島の台地上の湿原群は1万年以上前に形成されたことが、歯舞湿原や落石湿原（五十嵐ほか 2001、守田 2001a）、ユルリ島湿原（守田 2001b）での花粉分析による植生復元の研究によって明らかになってきた。その歴史の長さや維持機構を考えると日本の湿原のなかでも、貴重な存在といえるが、近年では牧草地化によって乾燥化が進み、現在わずかに残っている湿原も消失の危険がある。

根釧台地湿原群自然史研究会は、それら台地上の湿原の起源や発達史、植生変遷を調べてきた。今年度の助成による研究により、台地上に湿原が確認されている根室半島周辺の落石の西の湿原、落石岬湿原、ユルリ島湿原、歯舞湿原で行ったボーリング試料を検討した。それにより、湿原堆積物の分布や、火山灰層の検出・同定と炭素同位体年代測定を行い、湿原の発達史が明らかになった。今年度の野外調査では歯舞湿原を中心に、ボーリング調査と土壌断面調査を行い、湿原の構造発達の様子を確認した。湿原堆積物のボーリング試料や火山灰の分析を行うことで明らかとなった、湿原の発達の様子、植生変遷の歴史を紹介し、歴史的自然遺産としての重要性と保全の必要性を議論する。

1）千葉大学大学院園芸学研究科　2）岡山理科大学　3）琉球大学教育学部

2. 台地上湿原の分布と現状

地形図、航空写真と踏査によって台地上の湿原が確認できたのは、東より(1)根室市琵瑶瑁西部から歯舞北部にかけて、(2)豊里南西部、(3)ユルリ島およびモユルリ島、(4)落石湾北部、(5)落石岬、(6)落石の西(別当賀の東)、の6地点である。このうち、琵瑶瑁西部から歯舞北部にかけての湿原が根室半島でもっとも規模が大きく、北東－南東方向に約4km、幅約1kmにわたって標高25～35mの台地面上に分布する。この湿原は約25年前に五十嵐八枝子氏によって発見され、泥炭層の花粉分析によって湿原とその周辺の古植生変遷の研究が行われた(五十嵐ほか 2001)。五十嵐ほか(2001)は泥炭層の堆積開始は10,000±140yBPの炭素年代と花粉組成より約12,000年前と考えた。さらに、歯舞北部の湿原とは歯舞三丁目を通る道路周辺の植林・牧草地をはさんで西側にも、北東－南東方向に約1.5km、幅500mにわたって同じような湿原が台地面上に分布するのを航空写真で確認している。豊里南西部の湿原は、それらよりも小規模で北東－南東方向に約800m、幅500mにわたって分布している。

これらの湿原は、根室半島の先端に近い地域の、凹凸の少ない台地面上を中心に分布している。台地面上には開析谷の谷頭部が幅数百mの緩やかな凹地を形成し、その下流では明瞭な谷壁斜面をもつ開析谷に変化する。根室半島の先端部に近づくにつれて、台地面上には森林が発達しなくなり、開析谷内部の谷壁斜面にだけヤマハンノキの林が分布する。台地面よりも上には達しないヤマハンノキの樹高は、強風によって抑えられている。この地域の植生は、知床山脈から吹き下ろす羅臼だし風と呼ばれる強い局地風の影響を受けているとされている(五十嵐ほか 2001)。

歯舞北部の湿原の台地面上(標高30m以上の場所)では高さ30cm前後、幅約30～80cmのマウンド状の微凸地形(ハンモック)と、その間に分布する微凹地形の繰り返しで構成されている。この微地形は、植生の不均一と、地表に働く差別的な凍結融解作用によって形成される、周氷河性構造土の一種である(Ogata 2007)。調査地域付近のハンモック上のコケ層はチャミズゴケやハナゴケ、スギゴケ類から構成され、その上にガンコウランが優占し、コケモモ、ヒメツルコケモモ、ヒメシャクナゲ、カラフトイソツツジといったツツジ科の矮生低木が多く混じる。そこにはエゾゴゼンタチバナやモウセンゴケも生育する。さらにヤチヤナギ、ホロムイスゲなどのスゲ属、ヌマガヤ、アキノキリンソウ、ナガボノシロワレモコウを含む草本・低木層が発達する場合もある。ハンモック間の微凹地にはヒラギシスゲを含むスゲ属、ワタスゲ、ホシクサ属が生育する。台地面でも比較的標高の低い場所(標高約28m)ではハンモックの間隔は広くなり、ハンモック上に生育する植物の草丈も高さ数10cmと高くなる。Ogata(2007)は標高約28mの調査地点でハンモックの構造と植生を調査し、ワタスゲやスゲ属、イネ科が優占する「谷地坊主」型のハンモックと、カヤツリグサ科やイネ科が少なくユリ科やキク科などの広葉草本やヤマハンノキやダケカンバといった木本の稚樹の侵入の見られる「十勝坊主」型のハンモックに分類した。谷地坊主型のハンモックの間はしばしば冠水し、ハンモック間の地表は植生に覆われていないが、十勝坊主型のハンモックは比較的乾燥した場所に分布し、ハンモック間の地表は植生に覆われている(Ogata 2007、Ogata and Nakamatsu 2008)。

ユルリ島とモユルリ島、落石湾北部、落石岬、落石西の湿原は根室市街地と温根沼の南側、根室半島の基部に分布する湿原である。根室半島南部の湿原周辺の植生は根室半島先端と異なり、台地上にもアカエゾマツの湿地林や、主にヤマハンノキ、ダケカンバ、ミズナラ、アカエゾマツ、トドマツからなる針広混交林が分布する。しかしながら、落石岬東北の約6kmに位置し、根室半島から海を隔てて約2km沖にあるユルリ島と、その1km北に位置するモユルリ島には森林植生が発達しない。ユルリ島とモユルリ島はそれぞれ直径約2kmと800mほどの無人島で、標高35～42mの台地面と傾斜の急な海食崖からなる。森林植生は発達せず、台地面上には歯舞付近の湿原と同様の湿原植生が分布する。アカエゾマツの植林が試みられたが、強風のためにほとんど成長していない。

落石湾北部の湿原は標高40mの針葉樹林内にある。湿地域の大部分が林冠が鬱閉したアカエゾマツ湿地林に覆われており、開空部の直径は数10mである。落石岬湿原は、落石岬の先端部の標高45mの台地上に東北－南西方向に長さ約1.2km、幅200mの広さで発達した湿原である。東半分はアカエゾマツ湿地林に囲まれているが、西半分では森林は発達せず、海食崖へと連続する草地植生に囲まれている。アカエゾマツ湿地林の林冠は鬱閉しており、林床ではミズバショウが優占する。落石湿原の中央には南北に木道が整備されている。落石岬湿原は、サハリンや東シベリアに分布するサカイツツジと、千島列島に分布するキヨシソウのそれぞれ日本で唯一の生育地となっている。落石西の湿原は、根室半島の台地上の湿原群の中で最も半島の基部に位置し、JR別当賀の西南西5kmの位置の森林内になる。標高は他の湿原よりも高い位置にあり、標高68mである。アカエゾマツの湿地林に囲まれており、開空部の直径は約200mである。

ユルリ島の海岸台地植生は特定植物群落として、落石岬湿原はサカイツツジ群落が天然記念物として保護されており、落石東と落石湾北部の湿原は国有林内にあって保護の網がかかっているが、根室半島北部の歯舞から豊里にかけての湿原は私有地内にあって牧草地化のための土地改変が進行している。特に本グループが調査を開始した2003年以降に、土地を乾燥させるために湿原に溝が盛んに掘られるようになった。最も大規模な溝は、歯舞湿原の中央を通り、歯舞東部の太平洋側の海岸へと排水する深さ数m、幅約10m、全長約4kmの溝である。溝によって切られて露出した泥炭層は分解が進み、湿原表面も全体的に乾燥が進んでいる。排水溝の造成以外には、歯舞の湿原の東側では幅約150、全長3km以上の防風林と道路の造成が行われている。土壌の乾燥化と相まって、これまで強風によって森林植生への遷移が抑制されていたのが森林遷移が進み、急速に湿原が縮小する恐れがある。

3．湿原の発達史調査の方法

湿原の発達の歴史を明らかにするために、湿原を構成している泥炭層の発達の時期を、火山灰の同定や、植物遺体の放射性炭素年代によって決定するとともに、泥炭に含まれる花粉や種実類・葉の遺体を同定した。泥炭試料は、湿原植生の破壊を最小限にすることに留意しながらシンウォールサンプラーを用いた手堀りボーリングにより採取した。ボーリング試料採取地点は、歯舞北部の湿原7地点、豊里南西部3地点、ユルリ島2地点、落石岬2地点、落石の西部の湿原2地点である（図1B）。歯舞北部の湿原では、台地を開析する谷の谷頭部の標高30.5mの地点から、この地点付近の台地の中央部で最も標高が高いと考えられた標高33.3mの地点の7地点でボーリング試料を採取した（図1C、図2）。採取地点の位置は、30.8m三角点からの比高と位置を測量することで確認した。このほか、排水のために掘られた溝に泥炭層の断面が露出しているので、2地点で溝の縁を掘りこむことで断面の観察と分析試料の採取を行った（図1C）。

露頭やボーリング試料について堆積物の層相を観察するとともに、含まれている火山灰層を検出し、同定を行った。道東地域の火山灰層の識別には、脱水状態での火山ガラスの屈折率測定が重要だとされている（遠藤ほか 1989）。（株）パレオラボに重鉱物組成と火山灰屈折率の測定を依頼した。泥炭層の発達開始時期を明らかにするために、種子、果実、葉といった植物の地上部の遺体を取り出して乾燥させ、（株）加速器研究所に加速器による放射性炭素同位体年代（AMS年代）の測定を依頼した。

種子・果実化石の分析作業は、ボーリング試料を地表からの深さ約5～7cm間隔で切り分け、100cm^3～400cm^{3}の堆積の試料を0.35mmと0.71mm目の篩を用いて、植物片から無機物を洗浄し、篩の上の残査をシャーレに取り分けて、実体顕微鏡下で種子、果実、葉などの遺体を拾い出した。同定は千葉大学園芸学部に保管されている現生標本と比較して行い、計数し、70%エタノールを用いてガラス管に入れ、保管した。花粉分析は約1cm^{3}の堆積物を10%KOH溶液で腐植を除去後、比重1.68の$ZnCl_2$溶液で花粉・胞子化石を鉱物質と選別し、花粉・胞子化石以外の植物質をアセトリシス処理により除去し、グリセリ

ン・ゼリーに包埋してプレパラートを作成した。検鏡は主に300倍で行い、必要に応じて1,250倍で行ったり位相差装置を用いたりして、高木花粉が200粒以上に達するまで同定することを目標とし、その間に出現するすべての花粉・胞子を記録した。花粉・シダ胞子の出現率は高木花粉で高木花粉総数を、その他の花粉・シダ胞子は高木花粉を除いた花粉・シダ胞子の合計をそれぞれ基本数として百分率で求めた。ただし、コケ胞子は基本数には含めず、花粉・シダ胞子総数を基本数とした。

4. 泥炭層から復元された湿原の発達史

歯舞湿原のボーリング堆積物と露頭の観察地点では、台地の中央部のHb11、Hb12地点を除くと地表下1.5～2mに泥炭層が堆積し、その下は白灰色のシルト層（重粘土層）となっていた。泥炭層の発達が始まった層準の炭素年代は12,830±60yBP、12,290±50yBPの年代値が得られた。また、重粘土層の最上部は有機質になっており、その層準からは13,910±60yBPの年代値が得られた。地表より深さ約80～120cmの位置に、厚さ20～40cmの黄褐色の軽石層がどの試料にも確認された。この軽石層は6,460±130yBPに堆積したとされているMa-f1（摩周火砕流堆積物）に対比された。Ma-f1の下には50～100cmの泥炭層が発達し、Ma-f1の20～30cm下には厚さ数cmの褐色の軽石層が含まれていた。この軽石層は約9,000～10,000年前とされている樽前火山の降下軽石Ta-dに対比された。Ma-f1とTa-dの間の泥炭層は、やや分解が進んでいた。台地の頂部に近いHb11、Hb12地点では、重粘土層の上にMa-f1が直接堆積し、その上に厚さ50～70cmの泥炭層が発達していた。

Ma-f1よりも上位の泥炭層には、Ma-f1の10～20cm上位に樽前火山降下軽石Ta-c1（2,030±40yBP）が、さらに上位に摩周火山の降下軽石Ma-bや駒ヶ岳火山

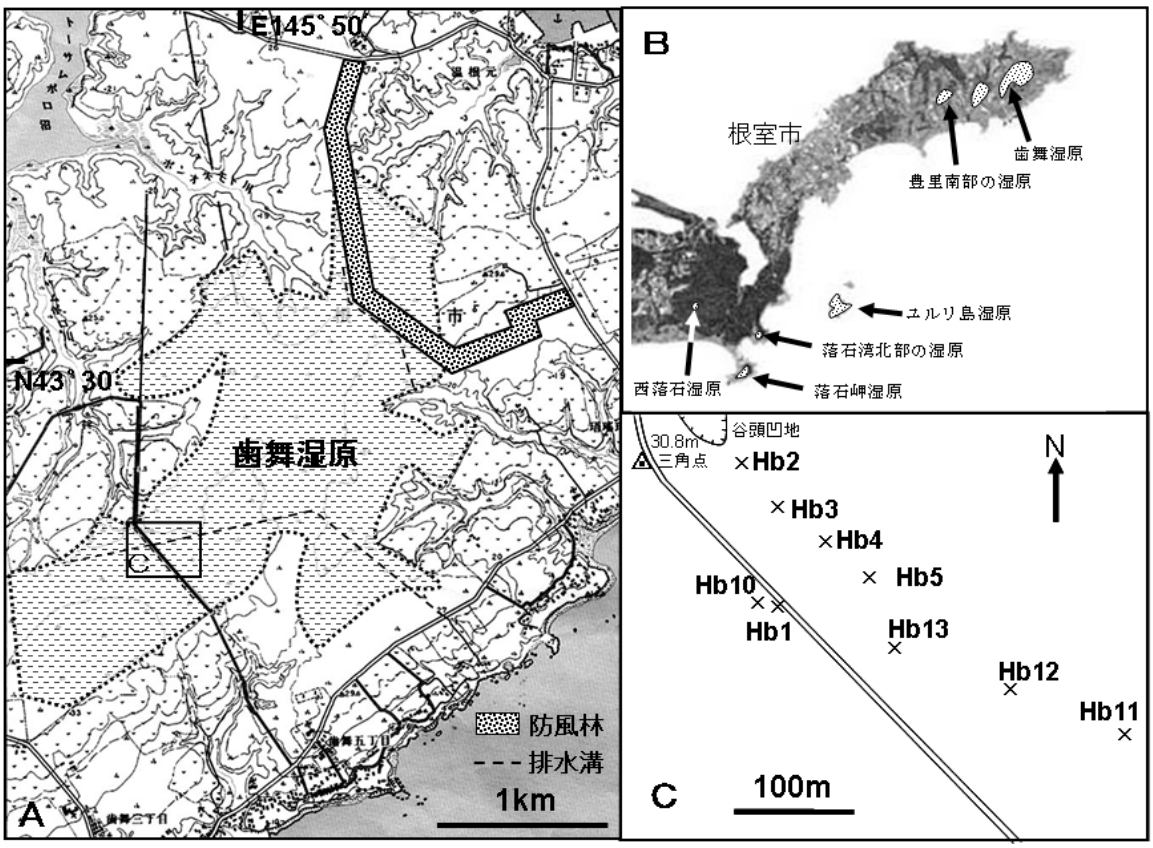


図1　根室半島の根釧台地上湿原の分布（B）と、歯舞湿原の分布（A）および歯舞湿原の調査地点（C）

起源の降下軽石が数枚確認された。地点Hb10のMa-f1の数cm上の泥炭層に含まれる炭化したツツジ科低木の葉の遺体からは2,630±30yBPの炭素年代値が得られた。Ta-c1よりも下位の火山灰層はどの地点でも平らに堆積し、同じような地表からの深度に分布しているが、それよりも上位の火山灰層はボーリング地点により確認される深さが異なる。土壌断面を観察すると、数10cm間隔、高低差約20cmで、Ma-bに対比される火山灰層に覆われた当時の地表の凹凸が観察された。これは、現在の地表でも観察される、土壌の凍結融解の繰り返しで形成されるハンモック状の微地形と同じものであると考えられる。

歯舞湿原以外の根室半島台地上の泥炭堆積物は、どの湿原についても同様に、厚さが約100～200cmで、灰白色の重粘土の上に堆積していた。地表より深さ約80～120cmの位置に、黄褐色の軽石層Ma-f1がどの試料にも確認された。その下の泥炭層の発達やTa-dの堆積の有無は、歯舞湿原と同様に地点差が大きいのに対し、Ma-f1よりも上の泥炭層の厚さは標高や同じ湿原の中の位置によって大きな差はなかった。歯舞湿原以外の湿原でこれまで測定された泥炭層の堆積開始時期の年代は、落石湿原の11,460±90yBP(守田 2001b)、ユルリ島湿原の11,980±70yBP(守田 2001a)である。各湿原のボーリング試料では、歯舞湿原と同様にTa-dよりも下にも泥炭層が分布していた。このことから、根室半島の台地上の湿原では約13,000～12,000年のほぼ同じ時期に泥炭の堆積

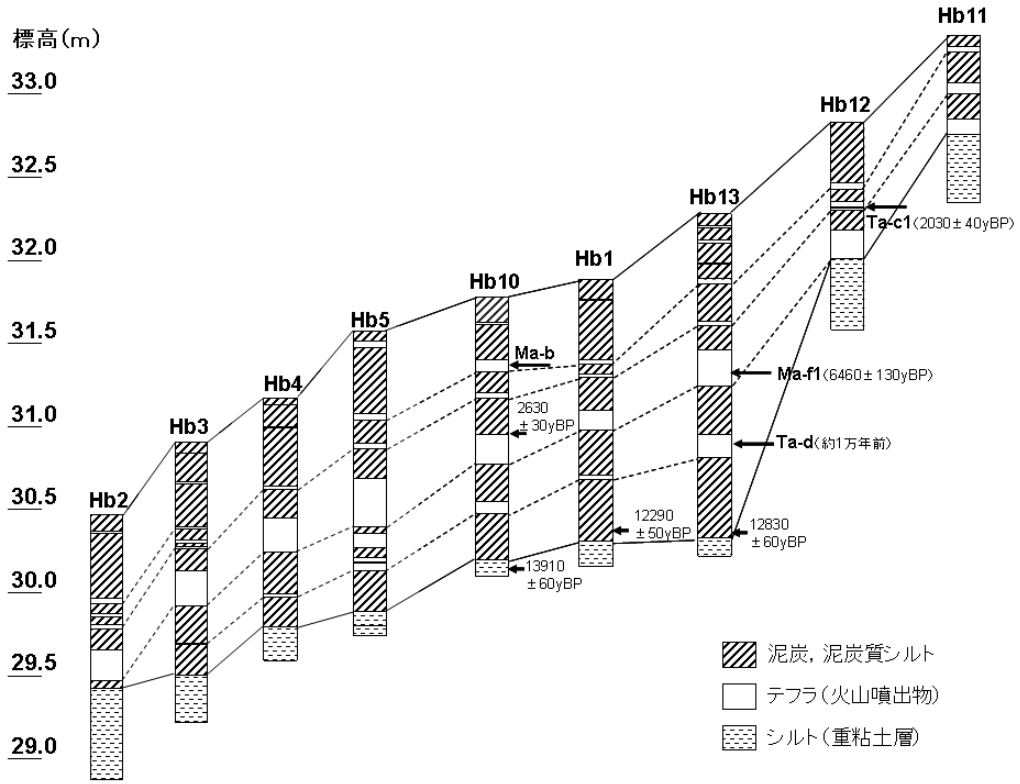


図2　歯舞湿原のボーリングおよび露頭観察地点の堆積物の分布状況
調査地点番号は図1Cに同じ。

が開始したと考えられる。この時期には谷頭の凹地を中心に帯水域ができ、凹地を中心に泥炭が発達したと考えられる。約6,400年前のMa-f1の厚い降灰によって泥炭の形成は一時中断したが、約3,000年以降に泥炭層が堆積を開始した。Ma-f1よりも上では台地の頂部も同様の厚さで泥炭が堆積していることを考えると、約3,000年前から現在に至る泥炭は、それまでの帯水域を中心とした地表水による泥炭形成ではなく、霧によって涵養されて発達したと考えられる。

5. 湿原の植生史

歯舞湿原、ユルリ島湿原、落石岬湿原、落石西の湿原で、花粉分析と大型植物遺体(種実類)の分析を行った。全体の傾向として、花粉はいずれの湿原でもMa-f1よりも下位の層準ではトウヒ属、モミ属、カラマツ属といった針葉樹花粉とカバノキ属花粉が高率で産出し、Ma-f1よりも上位ではコナラ属、ハンノキ属、カバノキ属を含む落葉広葉樹花粉が高率で産出する。落石岬と落石西の湿原ではMa-f1よりも上位の泥炭層からもトウヒ属花粉が現在に至るまで高率で連続的に産出する。樹木花粉以外ではツツジ科とカヤツリグサ科、イネ科花粉が多い。ヤチヤナギ由来と考えられるヤマモモ属花粉はTa-c1よりも上位の地層で高率で産出するようになる。低率で連続的に産出するスギ属、ブナ属、クマシデ属といった花粉は、これらの樹種が北海道南部よりも南に分布が限られているにもかかわらず、現在の表層花粉にも含まれている(守田 2004、守田ほか2006)ことから、遠方の植生から飛来した花粉だと考えられる。大型植物遺体は産出量は少なく、層準によっては全く含まれないことがある。スゲ属の果実がもっともよく産出し、ガンコウラン、ツルコケモモ、ヒメシャクナゲ、ヤチヤナギなどの低木の葉も産出する。

歯舞湿原の花粉群帯は、樹木花粉の組成に基き下位よりI～IVの4帯に分けられる。I帯ではカバノキ属が、II帯ではカラマツ属が、III帯ではトウヒ属が、それぞれ最も高率で産出する。Ma-f1よりも上位のIV帯では針葉樹花粉は少なくなり、コナラ属とカバノキ属が高率で安定して産出する。樹木以外ではI帯はイネ科が、II帯ではカヤツリグサ科が、III帯ではツツジ科とミズゴケ属胞子が多くIV帯ではツツジ科とイネ科のほか、上部ではヤチヤナギを含むヤマモモ属花粉が高率で産出する。

一方、歯舞湿原の大型植物化石群は組成や保存状態に基づいて下位よりI～VIの6つ群集帯に区分された。最も下位の重粘土層の化石群帯Iでは、ヒルムシ

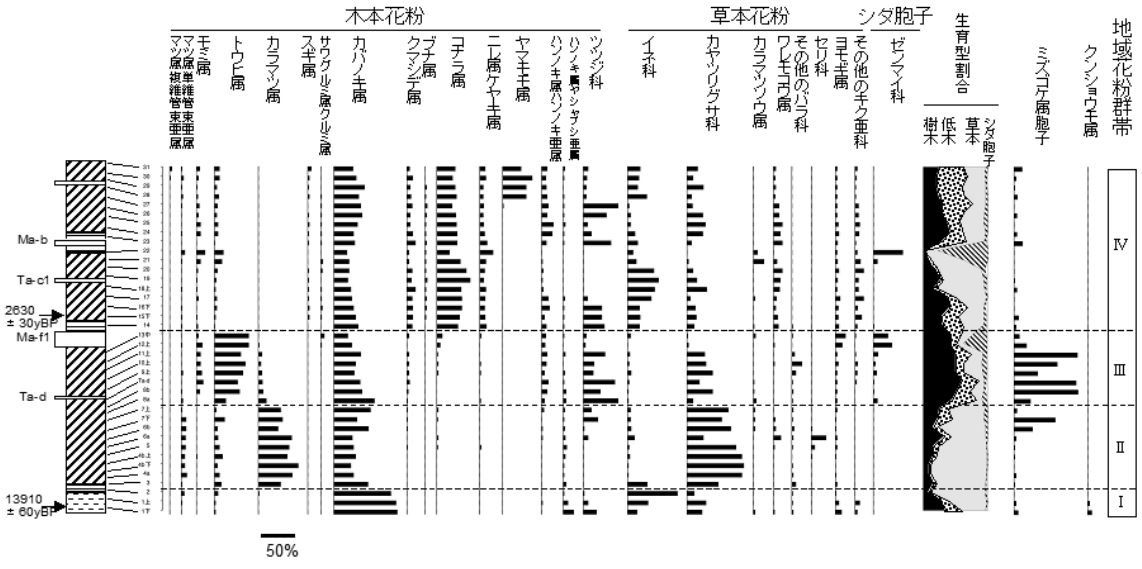


図3　歯舞湿原Hb10地点の花粉ダイアグラム

ロ属、バイカモ属、スギナモといった水生植物が豊富に産出する。スゲ属やハリイ属、クロバナロウゲといった湿地性植物も多い。ガンコウランの種子も含まれる。泥炭層からなるII帯ではグイマツの葉や種子、短枝が産出し、ヒメシャクナゲ種子が非常に多く含まれる。スゲ属果実が極めて多いほか、下位の層準ではスギナモ、クロバナロウゲが、上位の層準ではミツガシワやホシクサ属といった水生植物が豊富である。Ta-dの上下の層準に相当するIII帯では、植物化石が産出量がきわめて少なくなる。スゲ属果実のほか、Ta-d直上でグイマツの葉が産出する。Ma-f1の下位のIV帯では、植物化石の保存状態が極めて悪くなる。ヤマブドウ、タラノキ、ニワトコといった低木やつる性植物の化石がこの化石群帯にのみ特徴的に産出する。Ma-f1より上位のV帯ではツルコケモモやガンコウランの葉がスゲ属果実とともに産出する。これらの遺体は炭化した状態で産出することが多い。表層に近いVI帯ではヤチヤナギの遺体が非常に多いほか、ヒメシャクナゲ、ガンコウラン、スゲ属、ワタスゲ、カラマツソウ属が産出した。

花粉と大型植物化石群と堆積物の層相からは、寒冷・乾燥気候の卓越した最終氷期が終わり、温暖化が急激におこったとされる約14,000年前以降に、台地上に湿原植生が発達したと考えられる。台地上には最初、池沼が広く分布していたと考えられるが、氷期の重粘土の凍結によって凹地ができた可能性がある。そこに、ヒルムシロ属やスギナモ、バイカモ属、ミツガシワといった水生植物が生育していた。台地面上が帯水して泥炭層が発

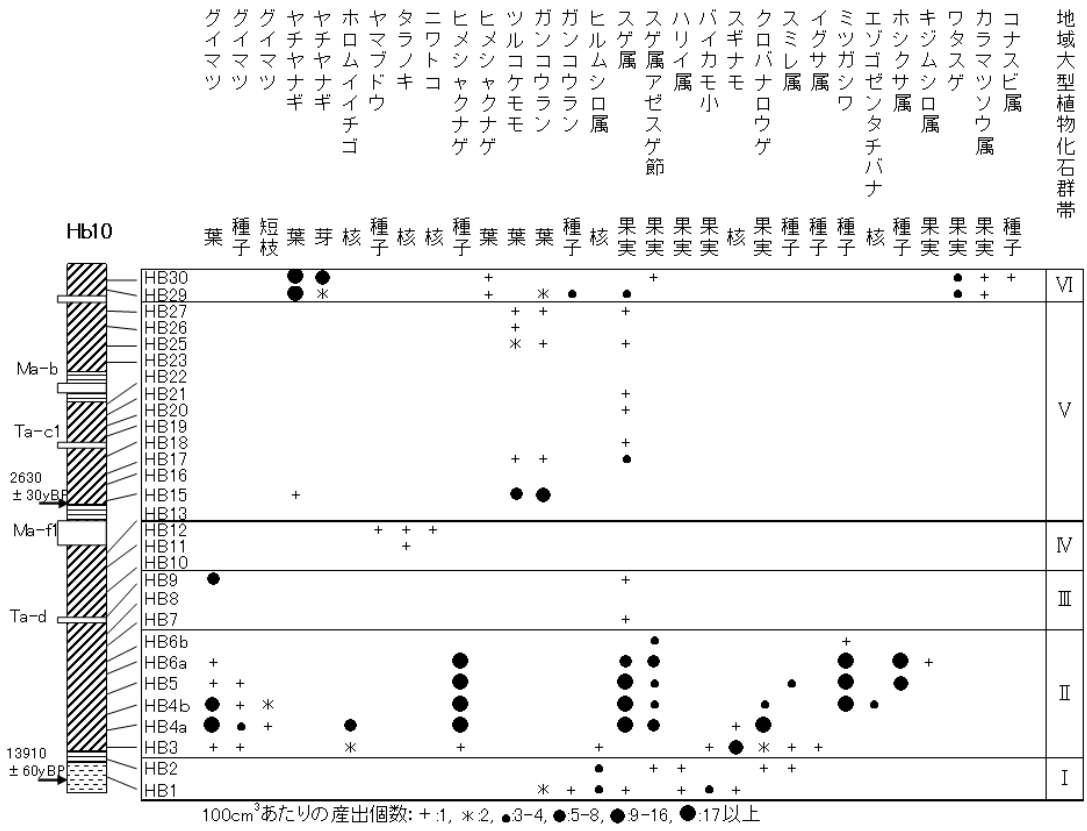


図4　歯舞湿原Hb10地点の大型植物化石の層位分布

達し始めることから、最終氷期に比べて降水量が増加したことが予想される。池沼の縁辺にはミズゴケとカヤツリグサ科の草本が繁茂し始め、その遺体が泥炭を形成したと考えられる。湿地内部にはグイマツやアカエゾマツの湿地林が広がっていた。湿地の外側にはカバノキ属とトウヒ属の森林が分布していたと考えられる。Ta-dが降灰した約10,000年前以降には温暖化が進み、泥炭の分解が進んだ。グイマツやアカエゾマツ、スゲ属などの湿地性植物も引き続き分布していたと考えられるが、保存されにくくなった。Ma-f1が堆積する前の7,000年前前後は完新世の温暖期にあたるが、湿原の植生遷移が進み、ヤマブドウやタラノキといった低木が繁茂するようになった。

約6,400年前の摩周火砕流堆積物に伴う軽石層は、湿原の上に厚く堆積し、湿原の植生に大きなダメージを与えたと考えられる。グイマツはこの地域から消滅し、アカエゾマツは根室半島の南半分に分布が制限されるようになった。約3,000年前まで、摩周火砕流堆積物の上にどのような植生が分布していたかは不明であるが、泥炭層が発達しはじめ、湿原植生の遺体が保存され始めてからは、現在の湿原と同様に霧によって涵養された、スゲ属とガンコウランなどのツツジ科矮生低木からなる湿原植生が発達したと考えられる。台地面より外側ではミズナラやカバノキ属、ハンノキ属を含む広葉樹林が発達するようになった。

歯舞湿原以外の調査地点で、大型植物化石が比較的よく産出した湿原は落石岬湿原である。落石岬湿原の中央部とアカエゾマツ湿地林縁辺のホーリング試料の大型植物化石分析と花粉分析からは、Ma-f1堆積以前には湿原の縁辺にはアカエゾマツとヤチヤナギが、湿原の中央部にはグイマツとカバノキ属が分布していたことが明らかになった。カバノキ属は葉の断片しか産出しなかったので、種レベルの同定は困難であるが、葉の大きさや鋸歯の形態からは、現在北海道に2カ所しか分布していないヤチカンバか、もしくはサハリン中北部以北に分布するヒメカンバである可能性がある。

6. まとめ－湿原の保全についての提言

調査した台地上の湿原の泥炭層の発達開始時期や発達過程は類似しており、およそ13,000～11,000年前に、開析谷の谷頭部を中心に形成された凹地に、雨水がたまって池沼が形成されていたと考えられる。根室半島全体が同様の地形で構成されているので、かつては、台地上の全域に湿原が広がっていたと考えられる。現在、根室半島の台地上には図1で示した6地点の湿原のほか、農地・牧草地や植林で分断された小規模な湿原が残存していると考えられるが、根室半島中部の根室市周辺では宅地や農地の造成によって、多くの湿原が消失したと考えられる。根室半島基部の台地上は現在、森林植生が発達しているが、もともとアカエゾマツの湿地林によって構成され、人為的に湿原が消失したというよりも、後氷期の約10,000年以降の温暖化にともなって針広混交林に遷移した湿原も多いだろう。一方、歯舞湿原を中心とする根室半島先端部の台地上は、五十嵐ほか(2001)が指摘したように、夏の低温と霧だけではなく、知床半島から吹き下ろす強風によって森林植生が発達しなかったことが、広大な湿原が最近まで維持され続けた大きな要因だと考えられる。

現在、残された歯舞湿原も、牧草地に転換するために排水のための溝が縦横に掘られ、乾燥化が進みつつある。根室半島基部に位置する落石岬やユルリ島、落石西部の湿原は、保護の網がかかっているが、歯舞湿原は私有地であり、すべて牧草地に転換されるであろう。歯舞周辺の湿原は冬の強風によって森林植生が発達しないことで、根室半島基部の湿原とは別の、その地域特有の維持機構が関与していると考えられ、この地域固有の貴重な自然景観がよく保存されているといえる。霧によってのみ涵養される台地上の高層湿原は、日本の湿原の中でも特異的な存在で、しかも、発達開始時期の古さを考えると、後世に遺すべききわめて貴重な歴史的自然遺産だといえる。これ以上の牧草地への転換の中止と、残された湿原の保全が望まれる。

謝辞

本研究を行うに当たって、千葉大学園芸学部学生（石堂沙織氏、三浦優子氏）、木村浩之氏、道都大学鈴木正章氏、ホシザキ野生生物研究所林 成多氏、総合研究大学大学院那須浩郎氏、明治大学神谷千穂氏には現地調査と分析に協力いただいた。根室市教育委員会、根釧東部森林管理署、文化庁には調査許可の手続きをしていただいた。この場を借りて深く感謝いたします。

参考文献

遠藤邦彦・隅田まり・宇野リベカ．1989．北海道東部の完新世後期テフラ層序とその給源火山．地学雑誌，98: 506-510.

五十嵐八枝子・五十嵐恒夫・遠藤邦彦・山田 治・中川光弘・隅田まり．2001．北海道東部根室半島・歯舞湿原と落石岬湿原における晩氷期以降の植生変遷史．植生史研究，10: 67-80.

守田益宗．2001a．北海道東部、ユルリ島における晩氷期以降の植生変遷．植生史研究，10: 81-89.

守田益宗．2001b．根室半島における後期更新世以降の植生変遷．植生学会誌，18: 39-44.

守田益宗．2004．北海道東端ユルリ島における表層堆積物の花粉スペクトル．植生史研究，13: 3-12.

守田益宗・神谷千穂・那須浩郎・百原 新．2006．北海道根釧地方における湿原表層の花粉スペクトル．植生史研究，14: 45-60.

Ogata, T. 2007. Morphology and environmental factors of periglacial hummocks in the Nemuro Peninsula, Northern Japan. Geographical Review of Japan, 80: 50-62.

Ogata, T. and Wakamatsu, N. 2008. Vegetation on and around periglacial hummocks in the Nemuro Peninsula, Northern Japan. Quarterly Journal of Geography, 60: 89-95.

On the plateau in the Nemuro Peninsula, eastern Hokkaido, wetlands recharged only by summer fog without inflow of river are distributed on the flat terrace at the altitude of 25-68m and present a habitat of boreal wetland plants. Our research for the developmental history of the wetlands by our boring and outcrop investigations of peat revealed that the wetlands began to develop at least before 13,900yBP. Based on pollen and plant macrofossil analysis, vegetation history of the wetland was clarified. *Larix gmelinii* and *Picea glehnii* composed wetland forests before 6,400yBP and peat did not developed between c.a.6,400 and c.a.3,000yBP after the fall of Mashu Tephra. Moor maintained by summer fog should have developed since c.a. 3000yBP. Although the aridification of moor by ditching was accelerated recently, the wetland in Habomai should be conserved considering by the long history and the preciousness that the moor was maintained with recharge by summer fog.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

超音波テレメトリー法を使った琵琶湖の固有亜種ニゴロブナの生態研究

琵琶湖漁業を考える会
國宗 義雄[1)]・米山 和良[2)]・山根 猛[1)]

Habitat use of endemic crucian carp ‘Nigorobuna’ in south basin of Lake Biwa

Lake Biwa Fisheries Research Group
Yoshio Kunimune, Kazuyoshi Komeyama and Takeshi Yamane

調査水域には、ニゴロブナの最大の繁殖場とされる琵琶湖南湖を選定した。供試個体として、琵琶湖南湖西岸の小型定置網で漁獲されたニゴロブナ成魚23尾（TL: 40.3±3.8cm、BW: 1.04±0.33kg）を用いた。超音波テレメトリー法を用いてこれら供試魚の時間位置情報を取得するために、外科手術によって腹腔内に超音波発信機（V13-1L, Vemco Ltd., Canada, 水中重量6g、30‐90sランダム発信、電池寿命450日、69kHz）を装着し、2007年4月24日から5月29日にかけて大津市下坂本地先で放流した。音響標識魚からの信号は、南湖を中心に琵琶湖各所に設置した計23基の超音波受信機（VR2,Vemco Ltd., Canada）で自動的に記録し、約3〜4カ月に1度コンピュータにダウンロードして個体IDと近接日時データを取得した。放流から2007年7月2日までの間に音響標識放流したすべての個体からの信号を受信した。この期間にはニゴロブナは放流場所近くの南湖中央部西岸に主に滞在していた。並行して行った固有種ゲンゴロウブナの同じ調査との比較において、受信場所によって滞在時間の顕著な違いがみられ、これら類縁種の生殖的隔離が示唆された。また、6尾について、ほぼ周年にわたる時間位置情報を取得することができた。このうち2尾が北湖へ移動したが、1尾はごく短時間ののちに、1尾は2007年8月末から2008年3月まで北湖に滞在したのち、ふたたび南湖に出現して繁殖期を過ごした。残りの4尾では北湖への移動は見られなかった。これらの周年記録から、南湖で繁殖するニゴロブナ成魚は、多くは周年南湖にとどまって生活しており、夏から冬にかけて北湖へ移動する一部の個体も、短期間ののちあるいは翌年の繁殖期には南湖に回帰することが確かめられた。ニゴロブナの繁殖地としての南湖の重要性を再確認するとともに、繁殖適地（特に南湖中央部西岸）の保全対策、水質改善が望まれる。

緒言

琵琶湖は日本最大の自然湖である。流入河川は、一級河川だけでも120に及ぶが、流出する自然河川は南端の瀬田川のみである。また、最も狭くなっている部分を境にして北湖と南湖に分けることができるが、北湖の平均水深は43m、南湖は4mで、南北で著しく環境の違う水系を作っている。湖岸には多くの沈水植物、抽水植物が繁茂する（嘉田ら 2001）。特に水深の浅い南湖では、春から夏にはこれらの植物が広範囲に繁茂し様々な魚類の産卵場所、稚魚育成場所となっている。

琵琶湖は世界有数の古代湖でもある。そのために、

1）近畿大学農学部水産学科漁業生産システム研究室
2）北海道大学大学院水産科学研究院海洋資源計測学講座行動資源計測学領域

多くの固有種が報告されている。琵琶湖に生息する60種の魚類のうち12種は固有種で、その中でも特に多いのがコイ科魚類（7種、58％）である（西野ら 2005）。固有亜種ニゴロブナ*Carassius auratus grandoculis*もそのうちの一つである。抱卵個体が鮒寿司の材料として珍重され、漁業的価値が高い。古くからなじみの深い魚種であるが、近年個体数が激減し、2007年には環境省レッドリストの絶滅危惧IB類に指定された。ニゴロブナを含む在来種減少の原因として、産卵場所の減少、外来魚による食害、水質をはじめとする生息環境の悪化などがあげられている（西野ら 2005）。しかし、ニゴロブナの生態は、仔稚魚期の食性や、出現場所などの数少ない報告を見るのみで、（平井 1972、鈴木ら 2005）、特に成魚の生態についての報告はほとんど見られない。ニゴロブナの個体数を回復させるために、年間130万尾もの種苗放流、人工産卵床の設置、葦の植栽など各種の施策がなされているが（遠藤ら 1997）、未だその効果は明らかではない。我々はこの魚種の生態、特に成魚の行動生態がほとんど解明されていないことが、各種施策が効果を表していない原因の一つであると考え、超音波テレメトリー法を用いて本亜種の時間位置情報を周年にわたって詳細に取得し、各種施策の効果的運用、禁漁期や禁漁区域の設定に必要な情報を提供することを研究の目的とした。

材料及び方法

調査地点には、ニゴロブナの最大の繁殖地とされる琵琶湖南湖を選んだ。供試魚には、2007年4月24日から5月29日に滋賀県大津漁協の定置網で採捕されたニゴロブナ成魚23尾（オス3尾、メス19尾、不明1尾）を用いた（表1）。コード化超音波発信機（V13-1L, Vemco Ltd.，Canada, 30-90sランダム発信、水中重量6g、電池寿命450日、69Hz）の装着は、Komeyama *et al*（2007）の方法に従い、0.05％フェニールエーテルで麻酔後、外科手術によって腹腔内装着した。ニゴロブナは、近縁亜種のギンブナ*Carassius auratus langsdorfii*、固有種のゲンゴロウブナ*Carassius cuvieri*と外貌の酷似している個体の存在することが知られているため（上野ら 1993）、種/亜種の確定のために鈴木ら（2005）の方法に従ってRAPD分析（Random Amplified Polymorphic DNA分析）を行うこととし、試料として尻鰭の一部を70％エタノール保存した。さらに体重、体長など各種計測を行った（表1）。手術後は湖水を注水した回復水槽内で3時間以上覚醒させ、正常遊泳を確認したのちに大津市下坂本地先

表1　供試魚

Release	Fish No.	Species by RAPD	Species by ext. app	Sex	Maturation	TL(cm)	BW(Kg)	%Pinger/BW
2007/4/24	CAG1	ニゴロブナ	ニゴロブナ	?		39.3	0.80	1.50
2007/4/24	CAG2	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	37.8	0.81	1.48
2007/4/24	CAG3	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	45	1.50	0.80
2007/4/30	CAG4	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	34	0.60	2.00
2007/5/8	CAG5	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		42.3	1.70	0.71
2007/5/8	CAG6	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		38.8	0.95	1.26
2007/5/14	CAG7	ニゴロブナ	ゲンゴロウブナ	F	○	46.2	1.60	0.75
2007/5/14	CAG8	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		46	1.15	1.04
2007/5/14	CAG9	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		38.8	0.90	1.33
2007/5/17	CAG10	ニゴロブナ	ゲンゴロウブナ	M		35.5	0.95	1.26
2007/5/17	CAG11	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	44	1.15	1.04
2007/5/17	CAG12	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	38.1	0.70	1.71
2007/5/17	CAG13	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		43	1.00	1.20
2007/5/17	CAG14	ニゴロブナ	ニゴロブナ	M		34	0.65	1.85
2007/5/22	CAG15	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	△	43.8	1.20	1.00
2007/5/22	CAG16	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	△	47	1.20	1.00
2007/5/22	CAG17	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		38.5	0.80	1.50
2007/5/22	CAG18	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	△	37.8	1.75	0.69
2007/5/22	CAG19	ニゴロブナ	ニゴロブナ	M		37.3	0.70	1.71
2007/5/29	CAG20	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		37.7	0.80	1.50
2007/5/29	CAG21	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F	○	41	0.95	1.26
2007/5/29	CAG22	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		42.6	1.15	1.04
2007/5/29	CAG23	ニゴロブナ	ニゴロブナ	F		39.3	0.80	1.50
Mean±SD						40.3±3.8	1.04±0.33	1.3±0.4

にて放流した。発信機と体重の重量比は平均1.3%、最大2.0%であった(表1)。

音響標識を施した供試魚からの信号を受信するために、南湖を中心に琵琶湖全体に計23機の超音波受信機(VR2, Vemco Ltd.， Canada)を設置した(Site1～23、図1)。これら超音波発信機と受信機の組み合わせで、個体ID、近接時間位置情報を取得した。また、この組み合わせで琵琶湖南湖の晴天日中に測定した最大受信範囲は半径約200mであった(2007年5月22～24日)。

各受信機から、3～4ヶ月に1度、受信データをコンピュータにダウンロードした。ニゴロブナの繁殖期は4～6月とされていることから、2007年4月から2008年6月まで3ヶ月ごとの受信尾数率(放流尾数に対する受信尾数の割合)を比較して、季節推移を検討した。また、2007年4月24日～7月2日の受信について、各Siteでの平均受信回数(受信回数／受信尾数)と、滞在期間(Egli & Babcock 2004)を同時に行ったゲンゴロウブナの結果と比較した。

結果と考察

尻鰭標本を使ったRAPD分析から、外貌でニゴロブナとされた24尾のうち2尾がゲンゴロウブナ、1尾がギンブナであった。また、並行して行ったゲンゴロウブナの研究で、外貌からゲンゴロウブナとされた11尾のうち2尾がニゴロブナであった。これらの個体については、再度RAPD分析を行って同じ結果を得、最終的にニゴロブナ23尾を確定した(表1)。

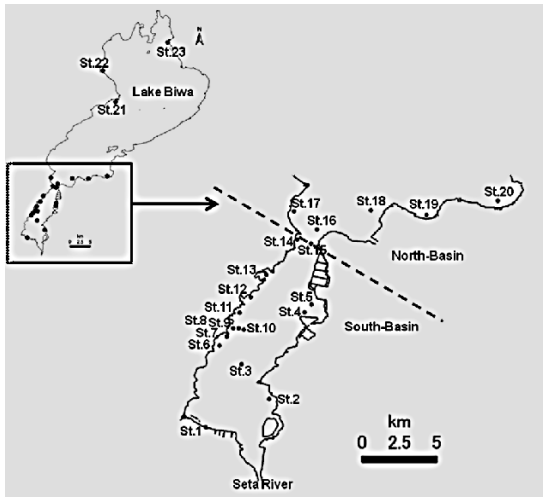


図1　超音波受信機設置位置

2007年4月24日から7月2日の各Siteにおけるニゴロブナの平均受信回数(図2)と、総滞在時間(図3)をゲンゴロウブナと比較した。ニゴロブナは南湖中央部に平均受信回数が多く、ゲンゴロウブナは南湖南端から北湖南端まで広い範囲に受信が得られているが、Site13(山の下湾)で飛びぬけて平均受信回数が多かった。Site13でのニゴロブナの平均受信回数は逆に少なかった。この傾向は、総滞在時間ではさらに顕著であった。繁殖期に特定の場所で長く滞在することを産卵場所選好性と結び付けて考えるならば、これらの結果は琵琶湖南湖におけるこれら近縁種の生殖的隔離を示唆するものと考えられた。琵琶湖のフナは繁殖期に産卵のため水田地帯の水路網に侵入し、水田や水路、あるいは内湖で産卵する

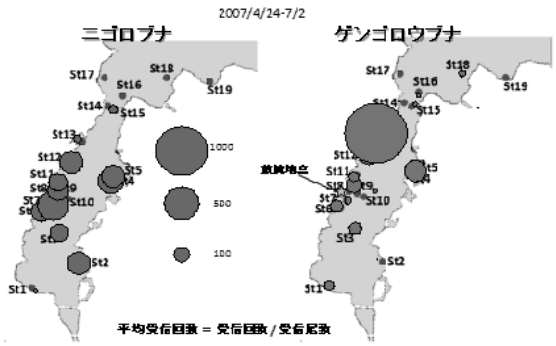


図2　各 Site における平均受信回数

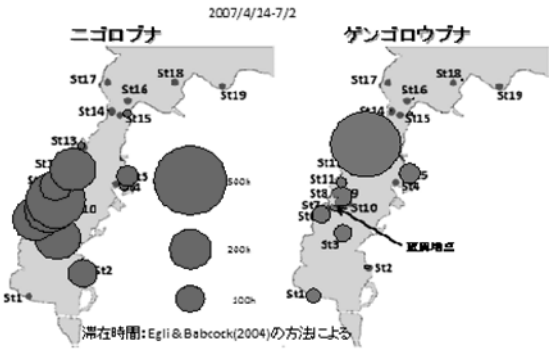


図3　各 Site における総滞在時間

（長田ら 2002、上野ら 2003）。Suzuki *et al.*（2007）は、琵琶湖に流入する河川とそれに繋がる用水路、内湖で繁殖期にニゴロブナ、ゲンゴロウブナ、ギンブナの仔稚魚を採集し、ニゴロブナとゲンゴロウブナの繁殖場所選好性に違いがあることを明らかにした。我々の結果は、ニゴロブナとゲンゴロウブナの生殖的隔離がそれぞれ異なった環境を持つ各種周辺水域のみならず、本湖においても成立しており、これら近縁種の交雑を防いでいる可能性を示唆している。

2007年4月24日から6月30日までに、すべての個体からの受信を得た。ニゴロブナは主に南湖の中南部に出現し北湖へ移動することはなかった。2007年7月以後は、受信尾数が減少し、2008年6月まで周年にわたって受信が得られたのは6尾で、すべてメスであった。2007年8月末から2008年3月まで1尾が北湖へ移動、滞在したが、その後再び南湖に出現して繁殖期を過ごした。また、別の1尾が2007年11月に北湖に出現したが、ごく短期間ののちに南湖に戻った。残りの4尾では北湖への移動は見られなかった（図4）。我々は、2006年7月5日に南湖で放流した音響標識ニゴロブナ2尾の周年にわたる時間位置情報を取得し、このうちの1尾は2007年6月には北湖へ移動したことを報告した（米山ら 2008）が、この個体はその後短期間のうちに南湖（Site13）に回帰していることが確かめられている（未発表）。これらの周年記録から、南湖で繁殖するニゴロブナ成魚は、多くは周年南湖にとどまって生活しており、夏から冬にかけて北湖へ移動する一部の個体も、短期間であるいは翌年の繁殖期には南湖に回帰することが確かめられた。ニゴロブナの繁殖地としての南湖の重要性を再確認するとともに、繁殖適地（特に南湖中央部西岸）の保全対策、水質改善策が望まれる。

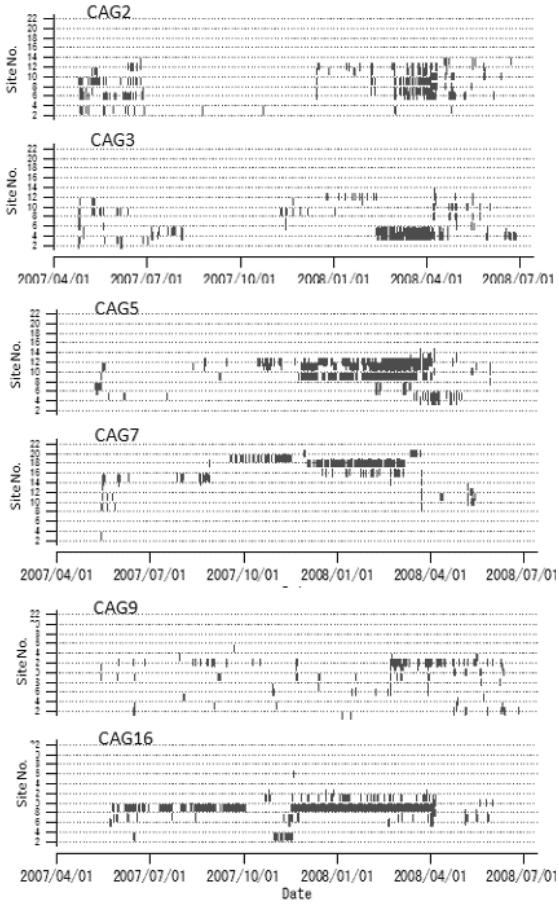


図4　長期受信個体の Site ごとの受信状況

写真1　麻酔、手術

謝辞

本研究を遂行するにあたり、多大なるご協力を賜りました滋賀県大津漁業協同組合の皆様、滋賀県漁業協同組合連合青年会の皆様に感謝いたします。また、労苦を惜しまずフィールド調査に協力していただきました近畿大学農学部水産学科漁業生産システム研究室の皆様に感謝いたします。

参考文献

嘉田由紀子 他. 2001年.「知っていますかこの湖を―琵琶湖を語る50章」(琵琶湖百科編集委員会編). サンライズ出版：pp. 123-128.

西野真知子・浜端悦治 編. 2005年.「内湖からのメッセージ」. サンライズ出版.

平井賢一. 1972. 琵琶湖内湖の水生植物帯における仔稚魚の生態 III ニゴロブナ仔稚魚の食性と生息域の関係. 日本生態学会誌. Vol22, No2: 69-93.

鈴木誉士・永野 元・小林 徹・上野紘一. 2005. RAPD分析による琵琶湖産フナ属魚類の種・亜種判別およびヨシ帯に出現するフナ仔稚魚の季節変化. 日本水産学会誌, 71(1)：10-15.

遠藤 誠・臼杵崇広・根本守仁. 1997. 魚類相による琵琶湖沿湖のヨシ帯の人為的環境改変の影響の評価の試み. 滋賀県水産試験場報告.

Komeyama K, Mitsunaga Y, Matsuda M and Yamane T. 2007. Influence of water temperature changes on the appearance of common carp Cyprinus caprio around a set-net in the south basin of Lake Biwa. Fish. Engi., 44：101-106.

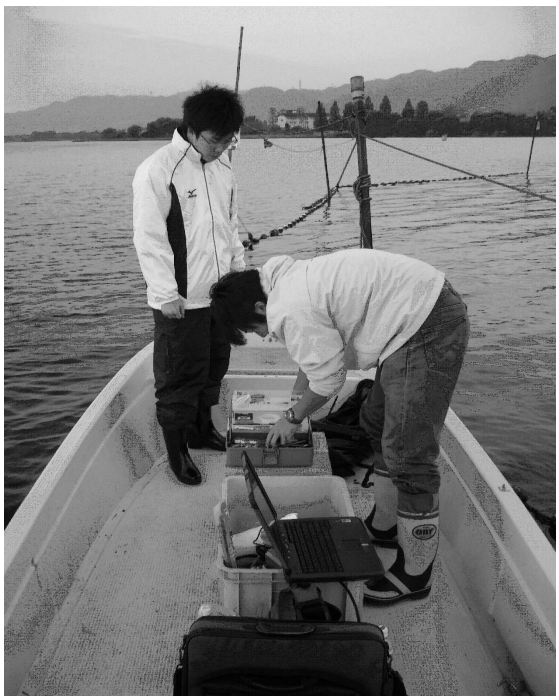


写真2　超音波受信機からのデータダウンロード

上野世司・井嶋重尾・太田滋規・井出充彦・孝橋賢一. 1993. ニゴロブナの外部形態に関する形質の基礎調査. 滋賀県水産試験場報告.

D. P. Egli and R. C. Babcock. 2004. Ultrasonic tracking reveals multiple behavioural modes of snapper (*Pagrus auratus*) in a temperate no-take marine reserve. Journal of Marine Science., 61:1137-1143.

長田智生・前畑政善. 2002. 一時的水域に出現したフナ類. 湖辺の景観と人びとのかかわり III. 第2章：15-19.

上野世司・孝橋賢一. 2003. 水田を模した実験池におけるニゴロブナの産卵行動と産卵場所選択性. 魚類自然誌研究会会報「ボテジャコ」, 7：25-34.

Takashi Suzuki, Toru Kobayashi and Koichi Ueno. 2007. Genetic identification of larvae and juveniles reveals the difference in the spawning site among Cyprininae fish species/subspecies in Lake Biwa. Environ. Bio. Fish . DOI 10.1007/s10641-007-9296-4.

米山和良・光永 靖・松田征也・平石智徳・國宗義雄・山根 猛. 2008. 琵琶湖南湖における超音波テレメトリーを用いたニゴロブナ成魚の行動測定(短報). 日本水産学会誌, 74(5)：864-866.

In August 2008, the Japanese Environment Ministry registered “Nigorobuna”（*Carassius auratus grandoculis*）, an endemic subspecies of Lake Biwa, as category IB for its red list of threatened animals due to a significant decrease in their numbers during recent years. Nigorobuna is used as an ingredient for funa-sushi, and it is highly valued in the fishery industry. To increase its population, a tremendous number of juvenile fish is introduced to Lake Biwa on a regular basis, but a positive result from these introductions has not yet been scientifically confirmed. Therefore, it is extremely important to protect the existing adults and their spawning grounds. However, the ecology of these adult fish, especially their seasonal migration patterns and their behaviors during the mating season, is not clearly understood. This research experiment was performed to determine the Nigorobuna migration patterns in detail throughout one year using the acoustic telemetry.

Since it is considered as the biggest spawning ground for Nigorobuna, the southern basin of Lake Biwa was chosen as the research field. Twenty three fish（TL: 40.3・3.8 cm; BW: 1.04・0.33 kg）were caught by a set net positioned at the western shore.

A transmitter（V13-1L, 69kHz., Vemco Ltd., Canada）was surgically inserted into each fish, and all fish were released between April 24, 2007 and May 29, 2007. The weight in water of a Vemco transmitter is 6 grams, and has a battery life of more than a year（450d）. It transmitted the pulse train with random delay（30-90 sec）. The signals from the tagged fish were automatically recorded by 23 receivers（VR2, Vemco Ltd., Canada）, which were placed mainly around the southern basin of Lake Biwa. The data received were manually collected from these receivers every three to four months to record the movements of individual fish. The same experiment was performed with “Gengoroubuna”（*Carassius cuvieri*）, the endemic species of Lake Biwa.

During the first 2 months after the release, the signals from all fish indicated that they mostly stayed near the release location. Remarkable differences in their habitat use and immigration patterns were observed between Nigorobuna and Gengoroubuna. Six fish of Nigorobuna provided continuous migration patterns for the entire year, and revealed that they stayed mostly in the southern basin of Lake Biwa especially during the mating season. The results confirm the importance of the southern basin of Lake Biwa as the spawning ground. Further environmental protection of the area is suggested to preserve the population of Nigorobuna.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

高山植生の長期モニタリングサイトの設置

山の自然学クラブ
下野 綾子[1)]

Establishment of long-term monitoring sites in Alpine vegetation

Mountain Nature Club
Shimono Ayako

高山植生の長期変化を監視するために、世界各地で高山植生モニタリングプロジェクト（Gloria）が取組まれている。本研究は、日本の高山帯でも長期のモニタリング体制を整えることを目的に、Gloriaを参考にした植生調査を行った。15ヵ所で4つの1m四方の方形区を設置した。方形区をさらに10cm四方に区切り、種の有無を記録した。そして調査地の多様度指数、調査地間の類似度指数を算出し、群落構造の主成分分析を行った。あわせて地表面温度を記録し、温度データから雪解け時期を推定した。その結果、植生の違いに最も貢献の大きい要因は雪解け時期、次に低木の有無であった。高山帯の環境条件は雪の積もり方によって変化し、条件に応じた植生が成立している。今後も雪解け時期の異なる植生をモニタリングすることが重要であろう。また、低木が優先すると種多様性が減る傾向があった。低木の拡大や衰退の変動は今後検討すべき調査項目だと考えられる。

はじめに

1992年に「新・生物多様性国家戦略」が策定された。そのなかで、日本各地に生息・生育する動植物やその生息・生育環境等を、長期的にモニタリングする重要性が述べられている。それらの環境情報を継続的に蓄積することによって、生物種の減少や生態系の変化などの兆候を早期に把握することができ、生物多様性の保全のための対策をとることができるからである。そのため、環境省は全国で1,000箇所のモニタリングサイトを設置する「モニタリングサイト1000」を策定した。現在、そのサイトは森林・里山・干潟・サンゴ礁などが対象で、高山帯が設定されていない。（2007年当時。2008年より着手された。）

しかし、世界各地で高山植生が変化しつつあることを示唆する報告がなされている（Devi *et al*. 2008, Grabherr *et al*. 1994）。高山帯の生態系をモニタリングする必要があることは世界的にも共通した認識であり、高山植生モニタリングプロジェクトであるGloria（Global Observation Research Initiative in Alpine Environments）が世界各地76箇所（うち22箇所は準備中）で取組まれている（www.gloria.ac.at 参照）。このプロジェクトの登録場所では同様の手法で調査が行われており、将来的には世界中の高山帯でデータを比較することを視野に入れている。

本研究は、高山帯で長期を見据えたモニタリング体制を整えることを目的とし、Gloriaを参考にした植生調査を、山の自然学クラブの活動の一環として行った。

調査場所

日本を代表する高山帯の1つである中央アルプスの三沢岳および駒ケ岳周辺で6つの調査区を設置した（図1）。(1)～(3)は高山特有の多様な植物群落を含むよう選定し1m×1mの調査区を4つ設置した。

1）独立行政法人国立環境研究所

⑴構造土サイト（寒冷地では、土壌の凍結・融解作用によって土壌が動き、地表面に幾何学的な模様（微地形）ができることがある。こうして形成される模様を構造土という。）

⑵風衝地サイト（駒ケ岳と中岳の鞍部で、強風が吹き抜け冬でも雪がほとんど積もらない。風衝地植生が見られる。）

⑶中岳ハイマツ帯（大きな岩塊からなる斜面で、主にハイマツが優先した植生が見られる。）

一方、調査区の⑷～⑹は、Gloriaを参考に標高の異なる3つの山頂（2,840m、2,740m、2,700m）に設置した。Gloriaは標高の異なる複数のピークに調査地を設置することとしている。そして山頂から5m低い地点の東西南北4方向に3m×3mの調査区を設置し、それを1m四方に区分し、四隅の方形区（合計16個）を調査区としている（図2）。ただし、ピーク付近は地形が複雑で岩場が多いため、マニュアル通りに設置できない所があった。

植生調査方法

設置した調査区で以下の項目を記載した（図3）。⑴植被、礫、砂岩、地衣類、コケで覆われている割合、

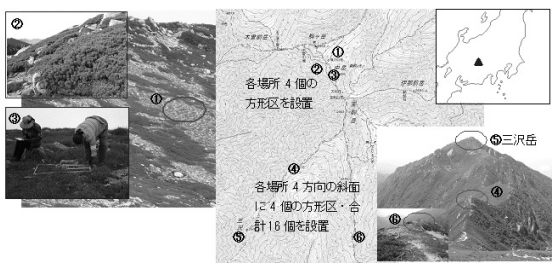


図 1　設置した調査区の様子

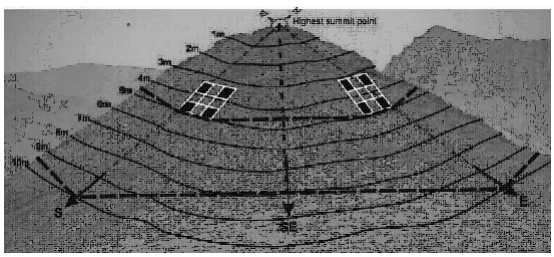


図 2　Gloria の調査区の設置方法

⑵植物の種名と被度、⑶1m×1mの方形区をさらに0.1mきざみに区分し、その中に出現する植物の種名。⑷大型動物による採食があれば採食の程度、⑸地温。

解析方法

種数と多様度指数Shannon-Wiener関数（H’：以下の式）を算出し、調査地間の種多様性の違いを検討した。この値は、多くの種が均等に出現する場所は大きくなり、出現種数が少ない、あるいは1種だけが優占する場所は小さくなる。

$$H' = -\sum p_i \log_2 p_i$$　（単位：種、p_i：各種の相対度数）

2つの群集間の類似度を求める為にMorisita（1959）のC_λ指数を算出した。2つの群集が全く同じ場合は約1、全く異なる場合は0をとる。プロットAとBに於ける種iの個体数をそれぞれn_{iA}、n_{iB}とすると、

$$C_\lambda = \frac{2\sum_i n_{iA} n_{iB}}{(\lambda_A + \lambda_B) N_A N_B}$$

ただし、

$$N_A = \sum_i n_{iA},\ N_B = \sum_i n_{iB},\ \lambda_A = \frac{\sum n_{iA}(n_{iA}-1)}{N_A(N_A-1)},\ \lambda_B = \frac{\sum n_{iB}(n_{iB}-1)}{N_B(N_B-1)}$$

次に主成分分析（Principal omponent Analysis）を行った。これは、多くの変量（ここでは各種の出現頻度）の値をできるだけ情報の損失なしに，少数個の総合的指標（主成分）で代表させる方法である。

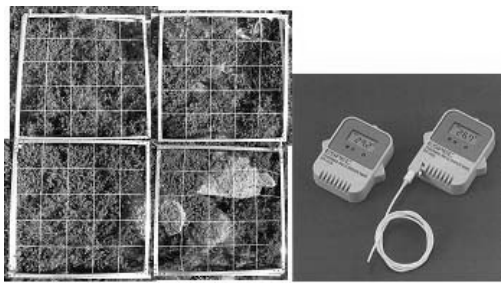


図 3　植生調査の道具

1m×1m の調査枠をさらに 10cm 四方に区切って、その中に出てくる種を記録した。1m の枠は運搬に不便なので、50cm の枠を 4 個使用した。右は自動記録式の温度計。調査期間中、調査区の 1 時間ごとの地温を記録した。

結果

各調査地の環境、地温の値から推定した雪解け時期、種多様性を表1に示した。

地温の季節変化

まず地温の値から、各調査区の冬の積雪量と雪解け時期を検討した。

例として(5)の三沢岳頂上の方位の異なる斜面の地温の季節変化を取り上げる(図4)。冬期の地温はほぼ0度に保たれていることから、冬の間厚い雪に覆われていると考えられる。特に東側で雪が多く、雪解け時期は7月初～中旬と遅くなっている。雪解け時期が遅い場所は植物の生育可能期間が短いというデメリットがあるが、冬から春の寒さが雪により遮られるというメリットがある。

一方、(6)のピークは風が強く雪があまり積もらない場所であることが読み取れる。冬の地温は-20度付近まで低下している(図5)。一方、5月には植物が生育を開始することができる。なお、年による変動があるので、傾向をつかむには何年か様子を見続ける必要がある。

表1　各調査区の概要

サイト		雪どけ時期	環境	総種数(㎡)	出現頻度の高い種
①	構造土	5月初旬	風衝地	18 (2.3)	ヒメクロマメノキ、ヒメスゲ、ミヤマキンバイ、ヒメウスユキソウ、オヤマノエンドウ
②	風衝地	5月初旬	風衝地	22 (2.1)	コメバツガザクラ、ヒメスゲ、ミヤマキンバイ、ムカゴトラオノ、トウヤクリンドウ
③	ﾊｲﾏﾂ帯	6月下旬	ハイマツ帯	15 (1.9)	ガンコウラン、ヒメクロマメノキ、ミネズオウ、コメバツガザクラ、コケモモ、ハイマツ
④	南東	温度計未回収	ハイマツ帯	12 (1.6)	ガンコウラン、ハイマツ、コケモモ、オオバスノキ
	北東	6月下旬	矮性低木帯	14 (1.4)	コケモモ、ハイマツ、ハクサンシャクナゲ、オオバスノキ
	南西	6月下旬	矮性低木帯	12 (1.5)	ガンコウラン、コケモモ、イワカガミ、オオバスノキ、ハクサンシャクナゲ、ツマトリソウ
⑤	南東	7月中旬	湿性草原	28 (2.7)	ムカゴトラノオ、オノエスゲ、ガンコウラン、ハクサンイチゲ、ｷﾊﾞﾅﾉｺﾏﾉﾂﾒ、チングルマ、
	北東	7月初旬	矮性低木帯	13 (1.7)	ガンコウラン、アオノツガザクラ、チングルマ、イワカガミ、コケモモ
	南西	6月初旬	ハイマツ帯	12 (1.5)	ハイマツ、コケモモ、イワスゲ、ミヤマウスノケグサ、ハクサンシャクナゲ
	北西	6月初旬	矮性低木帯	16 (1.6)	イワカガミ、コケモモ、ガンコウラン、ミヤマホツツジ、ハクサンシャクナゲ
⑥	南東	5月中旬	風衝地	20 (2.0)	ヒメクロマメノキ、ウラシマツツジ、イワスゲ、ヒナガリヤス、コケコゴメグサ
	北東	5月初旬	風衝地とハイマツ帯の中間	16 (1.6)	コケモモ、ハイマツ、ヒメクロマメノキ、シラタマノキ
	南西	5月初旬	風衝地	25 (2.3)	ヒメクロマメノキ、ヒメスゲ、コメバツガザクラ、ヒメウスユキソウ、イワヒゲ
	北西	5月初旬	風衝地	21 (2.0)	ヒメクロマメノキ、ウラシマツツジ、コメバツガザクラ、イワウメ、コケモモ

＊④の北西斜面は崖のため調査区を設置できなかった

植物相

各調査方形区では4～25種出現し、合計69種(2種未同定)記録された。最も種多様性が高かったのは、(5)の南東斜面だった(総種数28種、調査区平均22種、多様度指数2.65)。上述したように、この場所の雪解け時期は7月初旬と遅く、植物の生育可能な時期は短いが水分条件が良いことが伺える。ハクサンイチゲ、シナノキンバイ、チングルマ、ハクサンチドリといった湿った草原に良く見られる植物が多く生育していた。本調査地の中では、このサイトは唯一、他のサイトとの類似度指数が全て0.5以下であり、独自の植生が成立していた(表2)。ただし、雪解けが7月上旬と遅めの(5)の北東斜面とはチングルマ、アオノツガザクラなど共通種が認められ、類似度指数は0.47であった。

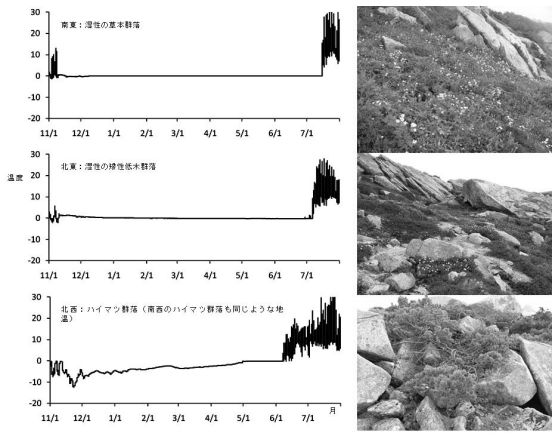


図4　(5)の三沢頂上の方位の異なる斜面の地温

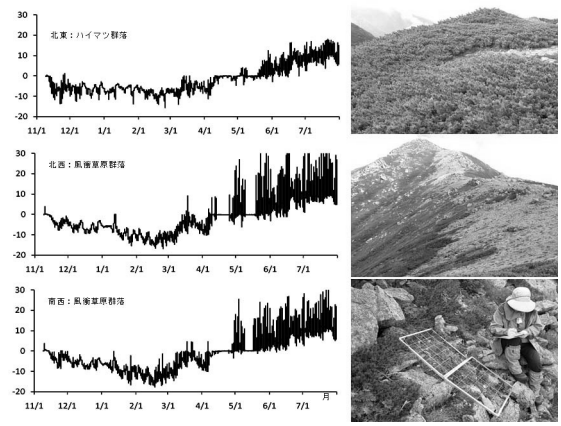


図5　(6)の方位の異なる斜面の地温

表2　各調査区間の類似度指数

			②	②	③	④			⑤				⑥				
		環境	風	風	ハ	ハ	低木	低木	湿	低木	ハ	低木	風	風ハ	風	風
①		風衝地	1.01													
②		風衝地	0.7	1.01												
③		ハイマツ	0.45	0.37	1.01											
④	南東	ハイマツ	0.11	0.11	0.52	1										
	北東	低木	0.03	0.05	0.18	0.67	1									
	南西	低木	0.11	0.12	0.65	0.79	0.6	1								
⑤	南東	湿原	0.1	0.3	0.35	0.26	0.07	0.37	1.01							
	北東	低木	0.09	0.08	0.61	0.54	0.2	0.73	0.47	1						
	南西	ハイマツ	0.06	0.07	0.51	0.58	0.49	0.81	0.4	0.73	1.01					
	北西	低木	0.16	0.18	0.15	0.64	0.76	0.4	0.06	0.17	0.35	1.01				
⑥	南東	風衝地	0.59	0.21	0.42	0.02	0.05	0.03	0.05	0.02	0.01	0.18	1			
	北東	風とハ	0.42	0.24	0.53	0.67	0.6	0.49	0.14	0.28	0.37	0.72	0.58	1.02		
	南西	風衝地	0.76	0.73	0.4	0.09	0.07	0.05	0.13	0.02	0.03	0.18	0.49	0.45	1.01	
	北西	風衝地	0.55	0.39	0.52	0.25	0.28	0.18	0.07	0.08	0.17	0.36	0.71	0.64	0.58	1.01

0.5以上の値には色をつけた

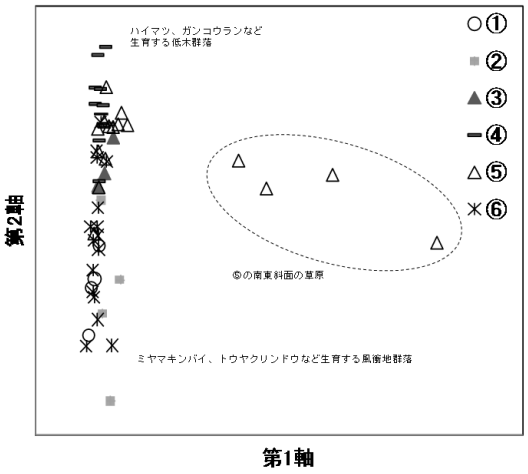


図6　主成分分析結果と各成分を特徴づける群落

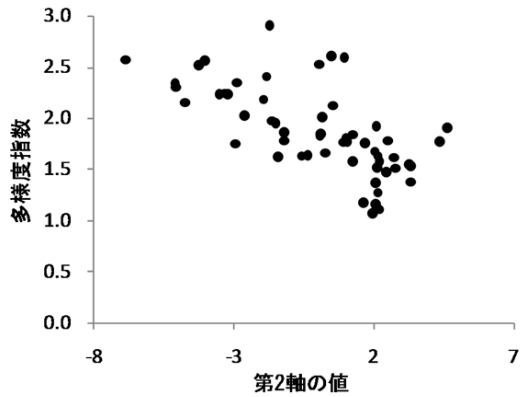


図7　主成分分析第2軸の値と多様度指数の関係

上述したように(5)の北東斜面は雪解けが遅く、アオノツガザクラといった雪田に多く分布する矮性低木が優先していた。本サイトは他の雪解けの速いハイマツ帯や矮性低木帯と優先種が異なるが、ガンコウランやコケモモなどが共通しているため、両者の間で類似度指数が高くなっている。

風衝地群落には中央アルプス固有種で絶滅危惧種でもあるヒメウスユキソウやコケコゴメグサが見られ、この地域独自の群落が成立していた。(6)の北東斜面は、ハイマツ帯と風衝地との境界付近に調査地を設置したため、両方の環境の場所と類似度が高くなっている。

主成分分析

主成分分析の第1軸は(5)の南東斜面とその他の違いとして分かれた(図6)。これは、(5)の南東斜面の植生が他の場所と類似性が低いことと一致する。

第2軸は主にハイマツ、ガンコウラン、コケモモなどが出現する低木群落と、ミヤマキンバイやトウヤクリンドウが生育する風衝地群落とに分かれた。この第2軸は多様度指数と負の相関があり、低木が優先する群落は種多様性が低い傾向が示唆された(図7)。特にハイマツが優先すると、ガンコウランやコケモモなど特定の種が現れる傾向があり、場所や斜面の向きが違っても、似たような群落となる傾向があった。

考察

今回の調査地では、主成分分析の第1軸が湿性草原とその他とに分けられたことから、植生の違いに最も貢献している要因は水分条件（雪解け時期）であると考えられる。高山帯では雪の積もり方によって、生育期間、温度条件、水分条件、栄養条件など様々な環境条件が変化し、その環境条件に応じた群落が成立することが知られている（Korner 1999、工藤 2000）。また、小型温室を用いた温暖化実験では、雪田や風衝地によって植生の応答が大きく異なることが示されている（Kudo & Suzuki 2003）。従って、雪解け時期および雪解けの異なる環境をモニタリングしていくことが必要だと考えられる。

次に植生の違いに大きく貢献している要因は、ハイマツなど低木の有無であると考えられる。ハイマツは雪の積もらない風衝地や雪解けの遅い場所にはあまり生育しないと言われている。しかし今回の調査期間の地温計の値から判断すると、風衝地から雪解け時期が6月下旬の場所までハイマツは生育していた。ハイマツの伸長量は前年の夏の気温と正の相関があることが報告されている（Takahashi 2003, Wada *et al.* 2005）。ハイマツパッチの年変動（拡大や縮小など）は、今後植生をモニタリングしていく上で興味深い項目だと考えられる。

なお、本調査地で影響は見られなかったが、南アルプスでは鹿の個体数の増加および食害による植生変化が報告されるようになった（環境省 2007）。鹿の個体数の増加・分布拡大は、土地利用の変化や暖冬など複数の要因が複雑に関わっていると指摘されており、今後注意を払う必要があるだろう。

参考文献

Devi, N., Hagedorn, F., Moiseev, P., Bugmann, H., Shiyatov, S., Mazepa, V. and Rigling, A. 2008. Expanding forests and changing growth forms of Siberian larch at the Polar Urals treeline during the 20th century. Global Change Biology, 14: 1581-1591

Grabherr, G., Gottfried, M. and Pauli, H. 1994. Climate effects on mountain plants. Nature, 369: 448-448

Korner, C. 1999. Alpine Plant Life: Functional plant ecology of high mountain ecosystems. 344pp. Springer-Verlag. Berline.

Kudo, G. and Suzuki, S. 2003. Warming effects on growth, production, and vegetation structure of alpine shrubs: a five-year experiment in northern Japan. Oecologia, 135: 280-287

Morisita, M. 1959. Measureing of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E（Biol.）, 3: 65-80

Takahashi, K. 2003. Effects of climatic conditions on shoot elongation of alpine dwarf pine（*Pinus pumila*）at its upper and lower altitudinal limits in central Japan. Arctic Antarctic and Alpine Research, 35: 1-7

Wada, N., Watanuki, K., Narita, K., Suzuki, S., Kudo, G. and Kume, A. 2005. Climate change and shoot elongation of alpine dwarf pine（*Pinuspumila regel*）: Comparisons between six Japanese mountains. Phyton-Annales Rei Botanicae, 45: 253-260

環境省地球環境局研究調査室. 2007. 地球環境保全試験研究費（地球一括計上）平成18年度研究成果報告集: pp.457-477

工藤岳. 2000. 大雪田のお花畑が語ること―高山植物と雪渓の生態学. 231pp. 京都大学学術出版会

Alpine vegetations are considered to be sensitive to environmental change. This assumption is supported by an increasing number of observational studies. In order to monitor vegetation changes on high alpine ecosystem, GLORIA project is under way all over the world. GLORIA, the Global Observation Research Initiative in Alpine Environments, is an international site-based network for the study of climate change-induced impacts on high mountain biota.

In this study, in order to establish a baseline for observing vegetation changes on high alpine ecosystem of Japan, we investigated the vegetation based on the method of GLORIA at Mt. Koma and Mt. Sannosawa in central Japan.

We set 4 permanent quadrats of 1m×1m at 15 sites on 6 regions and divided the each quadrat into 100 small grids（0.1m×0.1m）. All vascular plant species were recorded each grids. Shannon-Wiener diversity index（H'）was calculated to compare with species diversity between study sites. Morishita's Cλ index was used to get similarity between two communities. Principal component Analysis was conducted to classify the each community. Soil surface temperature（at depth of 0.5～1cm）was automatically recorded with data loggers at 1-h intervals to determine the timing of snowmelt.

In the study sites, timing of snowmelt was considered the main factor explaining the vegetation difference between sites. It is well known that alpine environmental conditions and vegetation change rapidly due to variations in the timing of snowmelt. We need to monitor the relationship of timing of snowmelt and vegetation in the future.

Second factor was considered the distribution of the shrubs. The diversity index had a tendency to decrease at the sites that shrub species were dominant. It is likely that expansion and contraction of shrub patches need to monitor.

写真1　植生調査の様子

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

八郎潟干拓地（秋田県大潟村）における ツツイトモの保全について

秋田自然史研究会　水草グループ
高田 順[1)]・猿田 基[1)]・近藤 正[2)]

The conservation of *Potamogeton panormitanus* in Hachirogata Polder, Akita Prefecture, northern Japan

Aquatic plant group of The Society of Akita Nature Study
Jhun Takada, Motoi Saruta and Tadashi Kondou

八郎潟は本邦第2の大湖と言われた汽水湖であったが昭和40年代に全面干拓され湖底に大潟村が作られた。大潟村の居住区に隣接して県立生態系公園が建設されたがその人工的水域に汽水性沈水植物であるツツイトモが発見された。ツツイトモは秋田県の絶滅種に指定されているがここでは美観を損ねる雑草として除去される管理方法が採られていたので保全のための基礎的調査を実施した。

水域の測量により正確な図面を作成し、水温・流速・水質などの環境要素のデータを収集した。水域についてフロラ及びファウナ、植生や生物同士の関係などを調査した。また、年間を通してツツイトモの生育状況を観察し開花や発芽などの生活史を記録した。

公園造成の歴史や植栽、管理の手法等について詳しく聞き取りをし、ツツイトモの起源を推定した。よりよい管理の方法、生涯学習の場としての利用の仕方、今後の研究の方向などについていくつかの提案を行った。

1. はじめに

秋田県大潟村は八郎潟を干拓して出来た広大な湖底に位置する水田地帯である（図1）。大潟村の居住区に隣接して1992年に作られた秋田県立生態系公園は秋田県の植物的自然を模した植物園の性格を持つ施設である。

公園内には里山林、ブナ林、針葉樹林、芝生、熱帯植物用温室が造成され、その林内を縫うように連なる水路と小さな池が用意されている。水域は周囲の植生に合わせた石の配置や護岸の石組み、底質の違いにより河川上流部から下流にかけての景観を作り出している。この水路は子ども達のトンボ採りやザリガニ釣り、夏のホタル狩りなどの場として利用されている。

2006年にこの水路中に沈水植物が豊かに生育していることが分かり観察が続けられた。その後、分類が最も難解であった沈水植物の種名がツツイトモ *Potamogeton panormitanus* Biv. と同定された。ツツイトモは汽水性の沈水植物で干拓前の八郎潟に生育していたことが明らかにされていた（高田 1987）。しかし、最初に採集された1962年から後は40年以上にわたって発見されることがなく、干拓による淡水化という環境変化もあり、秋田県内では絶滅した植物と考えられ絶滅種EXに認定されていた（秋田県 2002）。また、国レベルでも絶滅のおそれの最も高い種としてCRに指定されている（環境庁 2000）。

1）秋田自然史研究会
2）秋田県立大学生物資源科学部アグリビジネス学科：〒010-0444　秋田県大潟村字南2-2

しかるにこの水域の水草フロラを研究しているさなかの2006年8月初旬に、全ての水草が徹底的に除去されるという事態が生じた。美観を損ねるという理由で石洗いと土砂捨ての管理方法がとられていたものである。そのためツツイトモの自然保護上の重要性を広く知らしめてその保全の方策を探る目的で、秋田県自然保護課、県農業研修センター、秋田県立大学の協力の下に、この水域における生態系の全体像及びツツイトモの生態についての基礎的な調査を計画したものである。

2. 干拓前の八郎潟と干拓後の変化

八郎潟は国内では琵琶湖に次ぐ広大な面積を誇る汽水湖であった。雄物川と米代川が運んだ土砂が堆積して出来た砂州によって日本海に浮かぶ島であった男鹿島が本土と繋がり、内湖としての八郎潟が誕生したとされている。八郎潟は最大水深が5mにも満たない浅い水域で、豊かな漁業資源が周辺の人々の生業を支えていた貴重な水域であった。また、透明な水中に水草がそよぎ、周辺の風景にも恵まれた景勝地としても知られていた。

干拓工事中の1965年に県内外の専門家により、現在のアセスメントに相当する1,010頁にわたる研究書「八郎潟の研究」が刊行され、干拓前の生物や自然の状況を知る唯一の手がかりとなっている。この中には47種の水生維管束植物と9種のシャジクモ類が記録されている。

それらの水生植物の分布や生態に影響を与えた環境要素には次のような特徴があったものと考えられる。(1)南端にある船越水道を通って海水が流入したことによる汽水化、(2)全体が浅い水域で透明度が高いため沈水植物の生育に適していたこと、(3)湖内に湧水があり局所的に異なる環境が作り出されていたこと、(4)周囲に広いヨシ原が広がり湖岸の形が複雑であったため、ワンドや植生移行帯の形成がなされていたこと。

現在の大潟村は当時の湖底に当たるが村内の水路や水田には湧水がわき出したり、低温の透明な水路があったりして、往時の環境を想像することが出来る。また、大潟村の陸生植物はすべて干拓後に他から移入した植物と考えられるが村内の所々に由来のよく分からない水生植物が観察される。生態系公園

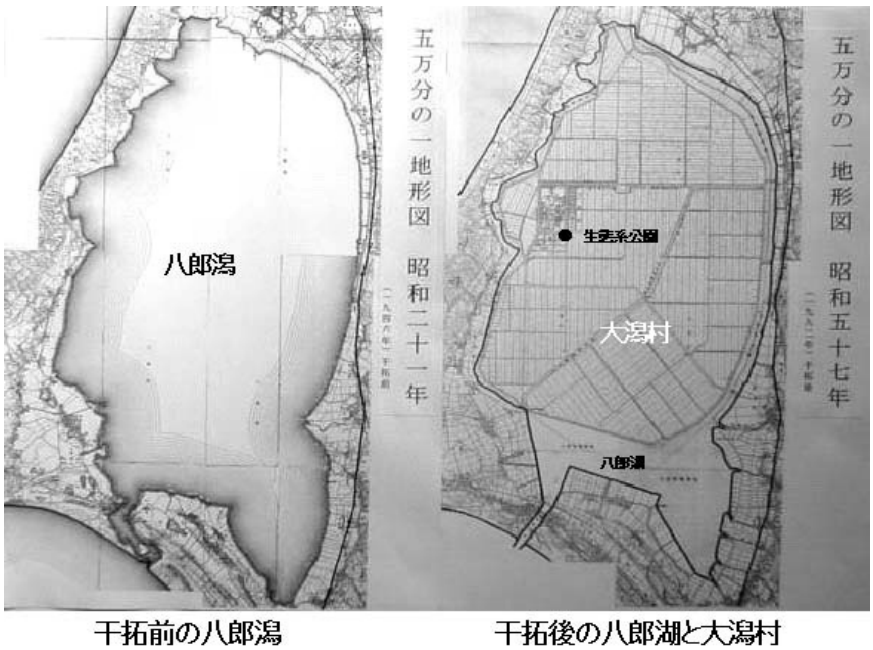


図1　旧八郎潟と大潟村

の水域は全くの人工的自然であるがそこに生育する水生植物については以上のような八郎潟の歴史を参考にして考察すべきことであろう。

八郎潟の南側の一部には八郎潟調整池(八郎潟残存湖または八郎湖とも呼ぶ)が残され、水位調整や周辺市町村の飲料水源として利用されている。しかし、近年の八郎湖はアオコの発生が続き、飲料水の取水が中断されるなど水質の悪化が社会問題化している。水質浄化策を探る研究の基礎として2006年から3年間水草の調査が行われた結果、八郎湖の湖内及び承水路には水草が殆ど生育していないことが確かめられた。旧湖岸であった周辺部には一部に豊かな水草相を残しているが、淡水化され、湖岸の徹底的な整備が行われた湖内の水草相は極めて貧弱になっていることが明らかになった。これら八郎湖と周辺における水草のフロラや植生については既に報告されているので詳細はそれらの内容を参照にされたい(高田・猿田・尾崎 2007a, b, 2008、高田・猿田・桑原・尾崎 2008)。このような状況下にある八郎潟干拓地の人工的水域にツツイトモの生育が発見されたものである。

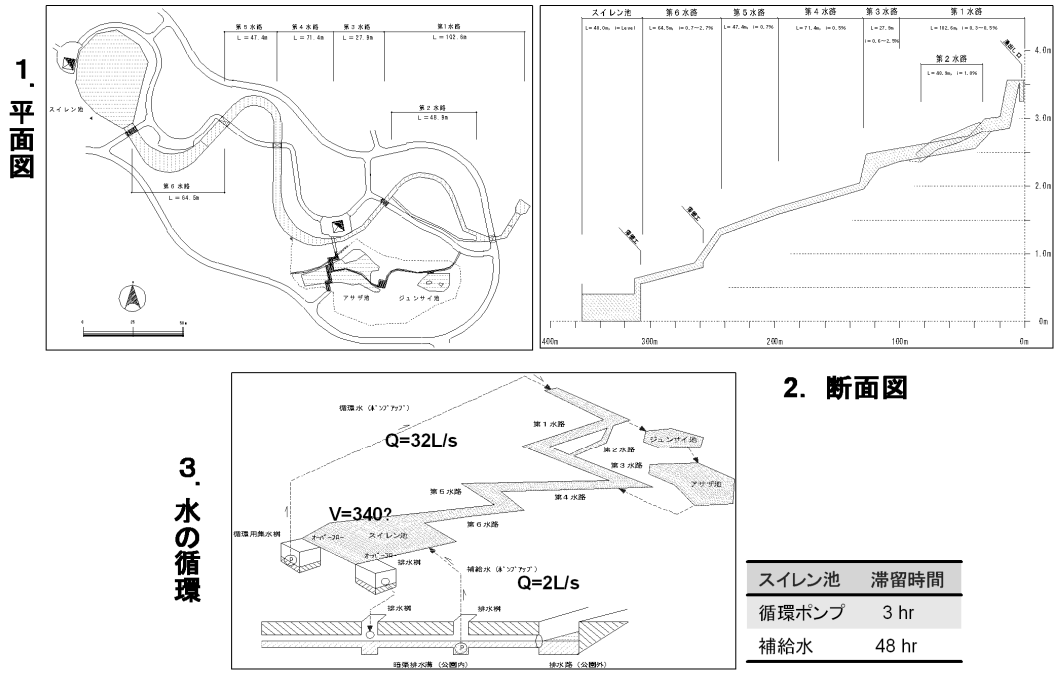
3. 水域の構造と環境

(1) 水域の構造と給水

最近の近畿地方の調査によればツツイトモの生育地は埋立地のような人工的水域と海跡湖のような自然環境の両方があると言われる(藤井・山本 2007)。生態系公園は人工的水域の1例で、水域全長が350m、うち水路部分300m、高低差3mで平均勾配は1%である。最下流のスイレン池は直径約50mの円形で、池底はほぼ水平である(図2)。

水域のうち水路部分と最下流のスイレン池は側壁と底盤がコンクリート製であり、水路底には砂利や玉石が敷かれている。スイレン池では堆積した泥の洗い流しや搬出作業のため池底のコンクリートがむき出しになっている。ジュンサイ池とアサザ池は防水シートの上に土を敷いた均一な構造で、全体的に窪地状の地形に造成され、その周囲は湿地となっていてアゼスゲやヒメシダが生育している。

水域の水は公園内の暗渠で集水した地下水を主な水源としてポンプで水を循環させている。夏季に蒸発などで水が不足する場合は、隣接する農業用排水路から管渠を通じて流入してきた水を簡易ポンプで



スイレン池	滞留時間
循環ポンプ	3 hr
補給水	48 hr

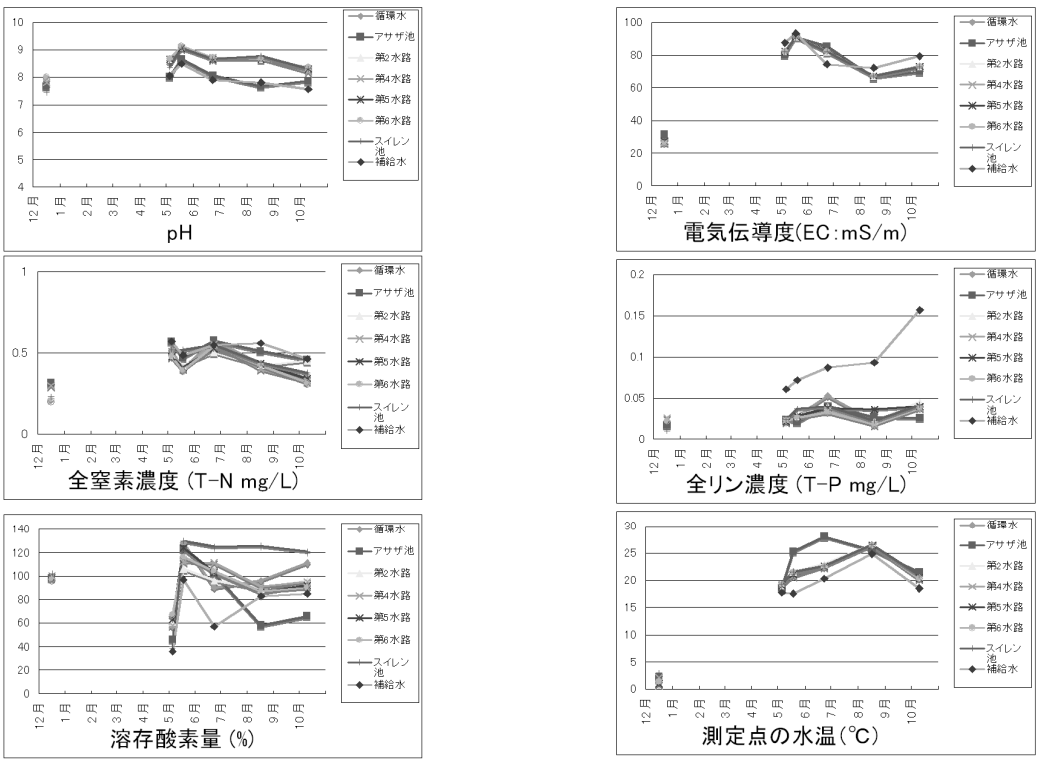
図2　水域の構造

汲み上げてスイレン池に補充している。12月中旬から3月下旬にかけての冬期閉園期間は給水及び循環が停止される。また年間降水量は1,600～1,800mm程度であり、1,200mm程度の蒸発散量がある。

流水域の循環水は、スイレン池北西部の給水桝からポンプにより毎秒約32Lの給水が、4月から10月にかけて行われる。夏期の循環期間におけるスイレン池の貯水量は約340m^{3}であり、滞留時間は約3時間である。冬期間は流水路への供給は無く流路に流れる水は降雨分のみのわずかな水量となる。ポンプの循環が開始されると、地下排水路からの補給も同時に開始される。この補給量は毎秒約2Lであり、この補給量に対するスイレン池の滞留時間は約48時間である。

(2) 水域の水質環境

水域の水質測定結果を以下に示す(図3)。pHは7.5～9の範囲で、弱アルカリ性を呈した。汽水湖底の干拓土壌由来の重炭酸ナトリウム型のアルカリ性と考えられる。電気伝導度(EC)は67～92mS/m程度と淡水域としては高いレベルを推移した。冬期間は流路内のわずかな流水やスイレン池・アサザ池のいずれにおいても、降水による希釈の影響で低下した。しかし、その値でも八郎湖やその流入河川レベルよりは高い数値を示した。全窒素濃度(T－N)は0.5mg/L前後と安定して低いレベルで推移した。全リン濃度(T－P)は流水域および両池は0.02～0.05mg/Lと河川域の2倍程度の濃度を呈したが、補給水は0.07～0.16mg/Lと高いレベルであった。溶存酸素量(DO)は流水域は80～120%程度と良好な状態を保っていたが、補給水は浸透水の影響でやや低く推移していた。水温は循環期間中は補給水が2～3℃ほど低い値を推移した。また流水域は夏期でも25℃程度までしか上昇せず、暗渠補給水と循環機構により急激な温度上昇が起こらなかった。透視度は全期間・全水域で50cm以上と良好であった。懸濁物質濃度(SS)は0～6mg/Lと低い値であった。



その他の水質:透視度:全域、全期間 50cm以上、 SS :0? 6mg/Lと低濃度、冬期間は降水(雨水、降雪)の影響

図3　水質測定

以上の結果から、本水域の水質環境は主に、汽水湖干拓土壌由来の浸透地下水型の水質(弱アルカリ、汽水型高塩分、高リン、低窒素、高透視度安定)と、人工の循環流水構造による好気的環境(適度な酸素濃度、急激な水温上昇の回避)の維持という、2つの性質を合わせ持つ水質環境に特徴を見いだすことができる。滞留時間が短いことから酸素の供給も十分にあり還元的な状態になり難いこと、定期的な水路の清掃や生活排水などの汚濁源がないことにより、窒素の供給が低く維持され富栄養化する水域ができにくいことも、水質環境の安定に寄与しているものと考えられる。

4. 水域の水生植物相と植生

平面図に示された全水域で生育する水生植物の種を調査した。その結果、維管束植物20種、コケ類1種、シャジクモ類3種、緑藻類1種の計25種が発見された(表1)。維管束植物の中で沈水植物は5種で、他の15種が浮漂・浮葉・抽水植物である。沈水植物はすべて秋田県の絶滅危惧植物に指定されている種で、特にツツイトモとイトクズモ(図4)は県内からは絶滅したものと考えられていた種であった(秋田県2002)。

これらの水草の中でツツイトモは同定に際して近似種との識別に特に注意しなければならない植物である(角野 1994)。ツツイトモの県内産標本は「一日市八郎潟湖畔 1962.7.26 高田順」の2点が秋田県立博物館に収蔵されているのみで、県内のこの植物についての情報量は極めて少ないのが実状であった。また、最近の情報によれば国内においても青森県小川原湖、宮城県、千葉県、三重県、兵庫県、愛媛県など太平洋側に分布が偏在し、日本海側の確かな生育地は山陰の中海以外では知られていない。八郎潟からは過去に近似種であるイトモが記録されていたが、

表1　生態系公園水域の水草フロラ

分類群	生育型	No.	種名	学名	分布量	起源の推定	干拓前文献	RDB 国	RDB 県
維管束植物	沈水植物	1	エビモ	*Potamogeton crispis* L.	やや多い		×		NT
		2	ツツイトモ	*Potamogeton panormitanus* Biv.	多い		×	CR	EX
		3	リュウノヒゲモ	*Potamogeton pectinatus* L.	やや多い		○	VU	CR
		4	ヒロハノエビモ	*Potamogeton perfoliatus* L.	少ない		○		VU
		5	イトクズモ	*Zannichellia palustris* L.	稀		×	VU	EX
	浮葉植物	6	ジュンサイ	*Brasenia schreberi* J.F.Gmel.	一部のみ	植栽	○		
		7	ハス	*Nelumbo nucifera* Gaertn.	ごく稀	植栽	×		
		8	温帯スイレン	*Nymphaea* cv.	一部のみ	植栽	×		
		9	ヒシ	*Trapa japonica* Flerov	一部のみ		○		
		10	アサザ	*Nymphoides peltata* (Gmel.) O. Kuntze	一部のみ	植栽	○	VU	EN
		11	ホソバミズヒキモ	*Potamogeton octandrus* Poir.	稀		○		
	浮標植物	12	コウキクサ	*Lemna minor* L.	一部に多い		×		
	抽水植物	13	コナギ	*Monochoria vaginalis* (Burm. fil.) Kunth	稀		○		
		14	オモダカ	*Sagittalis trifolia* L.	部分的		○		
		15	アシカキ	*Leersia japonica* Makino	稀		×		
		16	ヨシ	*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.	部分的	植栽	○		
		17	マコモ	*Zizania latifolia* Turcz.	部分的	植栽	○		
		18	ヒメガマ	*Typha angustifolia* L.	部分的	植栽	×		
		19	ガマ	*Typha latifolia* L.	部分的	植栽	○		
	湿生植物	20	ミゾハコベ	*Elatine triandra* Schk.	部分的		○		
コケ植物	陸生	21	コカヤゴケ	*Rhynchostegium pallidefolium* (Mitt.) A. Jaege	多い		×		
車軸藻類	沈水植物	22	シャジクモ	*Chara braunii* Gmelin	少ない		○	VU	
		23	ヒメカタシャジクモ	*Chara delicatula* Agardh	多い		×		
		24	カタシャジクモ	*Chara globularis* Thuillier	少ない		○	CR+EN	
緑藻類	沈水植物	25	ウキシオグサ	*Cladophora glomerata* Kützing	一部に多い		×		

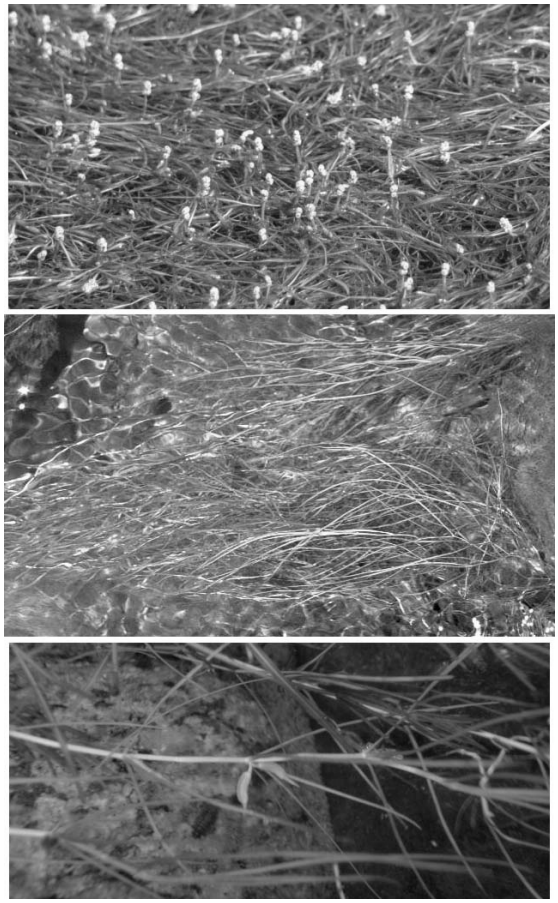


図4　秋田県絶滅種の沈水植物2種
止水域のツツイトモ(上)、流水域のツツイトモ(中)、イトクズモ(下)

標本が残されておらずその後の追認も無いことからツツイトモとイトモの分類には特に慎重さが必要とされた。今回の調査ではこの植物の完全標本を多数得ることができ、花序が2段になること・托葉が筒状になること・殖芽が細いことの3点からツツイトモの所産が確認された(図5)。

この水域での水生植物の分布は流水域と止水域では共通する点と大きく相違する点とがあった。維管束植物5種とシャジクモ類3種の合わせて8種の沈水植物は、最下流域のスイレン池を除く全ての流水域とジュンサイ池・アサザ池に共通して見られた。その種組成はツツイトモやエビモを中心とする2〜5種からなる単純な構成である(表2)。一方、浮葉植物や

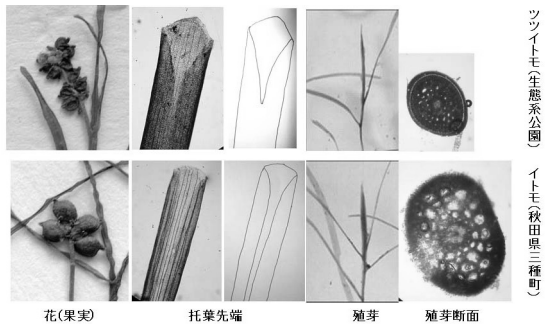


図5　ツツイトモと近似種イトモの識別形質

抽水植物の分布は止水域である池に限られ、それぞれの種が一つの池にのみ生育する傾向が見られた。聞き取りによればこれらの植物は全て外部から導入された移入種で開園後十数年を経ても最初の位置から殆ど拡散していないことが分かった。沈水植物が水流を通して水域全体に広がったことは容易に考えられるが、その一方で最下流のスイレン池にこれら沈水植物が生育していないことは奇異に思われる。その原因については後で触れることとする。

5. 水域の動物相及びツツイトモとの関係

(1) 動物相

動物相調査はツツイトモの生育する生態系の環境把握の一環として行われた。調査は2007年10月にタモ網を用いて水域全体の採集を行い、その後の調査により随時記録を追加した。

確認した動物相は巻貝2種、二枚貝3種、ヒル2種、甲殻類3種、昆虫18種、魚類7種、両生類2種の合計37種であった。このうちゲンジボタルとニホンアカガエル以外は、大潟村や八郎湖で普通に見られる種である。生息数の多い種はチリメンカワニナ、ヒメタニシ、メダカ、アメリカザリガニ、シオカラトンボ・ウシガエルであった。特定外来生物のウシガエルは幼生が多く春から秋まで観察されたものの、成体の確認は目視1回と鳴き声1回だけと極端に少なかった。秋田県版RDBで希少種となっている種はメダカとニホンアカガエルの2種である。ニホンアカガエルはアサザ池を繁殖地としており、3月中旬に日中の水温が15℃以上になるころに産卵が確認された。

水生動物は公園整備後に何らかの経路で移入したものであり、由来が確実なものは公園管理者が放したゲンジボタルのみである。調査と聞き取りから総合的に判断すると、昆虫類以外の飛翔移動できない種は、人為的に持ち込まれた可能性が高いと思われる。開園後16年間の移入種の中で、水域の環境や管理による撹乱に適応できた種のみが棲息していることが示唆された。

(2) 動物相とツツイトモの関わり

水域に生息する動物とツツイトモの関わりを調べるため、ツツイトモを摂餌する動物の有無とその摂餌状況について簡単な実験を行った。

1) ツツイトモを摂餌する動物の種

生息個体数の多いチリメンカワニナ、ヒメタニシ、メダカ、アメリカザリガニの4種を用い、ツツイトモの殖芽を与えて摂餌状況を観察した。検体とした動物各種を5個体ずつ種別に容器に入れ、糞・泥などの残留物が見られなくなった2日後から実験を行った。ツツイトモの殖芽量は1種当たり0.05gとし、1日1回残量を計測した。

実験の結果、アメリカザリガニは1日目でツツイトモの殖芽0.05gを全て摂餌した。その後3日間実験を継続したが、他の3種はツツイトモ殖芽の摂餌をしなかった。

2) アメリカザリガニの摂餌選択性

アメリカザリガニがツツイトモを摂餌することが確認できたので、ツツイトモ及び同所的に生育する沈水植物であるリュウノヒゲモ、エビモ、ヒメカタシャジクモの計4種の水草を用いて、摂餌選択性の実験を行った。指数の算出は「イヴァレフの選択指数」を用い、それぞれの植物が24時間で摂餌された量を測り、ri(摂餌内容中に占める割合)、pi(環境中に存在する割合)から次式により指数を算出した。

[イヴァレフの選択指数Ei＝(ri－pi)/(ri＋pi)]

実験はアメリカザリガニ5個体の入った容器に4種の水草を各0.1g入れ、1日1回摂餌量を計測した。ツツイトモは選択指数が+0.2～+0.6の範囲で常にプラスの選択性を示し、アメリカザリガニが好んで摂餌していることが示された。エビモとヒメカタシャジクモは餌量が十分な時は特に選択性は見られず、餌量が減少すると正の選択性を示した。リュウノヒゲモ

表2　水域の水草植生

調査日	2008. 8. 16															
調査地	第2	第2	第4	第4	第4	第4	第4	第5	第5	第5	第5	第5	第6	第6	第6	第6
調査番号	1	2	10	11	12	8	9	13	14	15	16	17	18	19	20	21
被度	30%	80%	90%	90%	80%	100%	100%	50%	30%	80%	90%	90%	40%	90%	90%	80%
調査面積 m × m	0.5×0.5	0.5×0.5	0.5×0.5	0.5×0.5	0.5×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1	1×1.5	1×1.5	1×1	1×1
出現種数	2	1	4	3	3	3	2	4	3	4	5	4	4	2	3	5
ツツイトモ	2・2	5・4	4・4	4・4	3・3	5・4	5・4	2・2	1・2	＋・2	4・3	4・4	2・2	5・4	5・4	3・3
エビモ	＋・2		＋			＋	1・2	1・2	1・2	1・2	＋	1・2	＋		2・2	＋・2
カタシャジクモ類			1・2	2・2	2・2			＋・2			＋	2・2	＋・2			＋・2
ヒロハノエビモ						2・2				4・4	3・3	1・2	1・2		1・2	2・2
リュウノヒゲモ								2・2	2・2	＋・2	＋			1・2		＋・2
イトクズモ			＋・2	1・2	3・3											

調査地	ジュンサイ池		アサザ池		
調査番号	3	4	5	6	7
被度	50%	95%	40%	75%	100%
調査面積 m × m	0.5×0.5	0.5×0.5	1×1	1×1	1×1
出現種数	4	4	5	4	4
ツツイトモ	＋		3・3	3・3	5・4
エビモ	＋・2				
シャジクモ		＋			＋
コウキクサ		＋	＋	＋	1・2
オモダカ			＋	1・2	＋・2
アサザ			1・2	2・2	
ジュンサイ	3・3	3・3			
スイレン			1・2		
ヒシ		3・3			
ヨシ	＋				
コナギ				＋	
ハス					＋

岸辺の抽水植物群落は除く。
緑藻類と藍苔類は測定に加えていない。
流水域の浮漂植物は除いた。

は2日目に負の選択性を示したが、1日目0.04g、3日目0.06gと3日間で全て摂餌されたため正の選択性が高いと考えられた。

3）アメリカザリガニによるツツイトモの摂餌量

水域でのアメリカザリガニによるツツイトモの生育への影響を把握するため、夏季におけるツツイトモの摂餌量を測定し、摂餌面積を推定した。6日間の試験の結果、アメリカザリガニのツツイトモ平均摂餌量は1日当たり1.4g/個体、平均摂餌率が6.2%/個体であった。

同時期に第6水路でのコドラート(25×25cm^2)内のツツイトモ現存量は1m^{2}当たりの換算値(地下部を含む)で約280gであった。この量は計算上アメリカザリガニ10尾(平均体重22ｇ)が約20日間で食べ尽くす量に相等する。また6月20日に採集したアメリカザリガニ41尾の平均体重は21.4gであり、この41尾による1日当りのツツイトモの推定摂餌面積は0.26m^2(約50×50cm^2)と計算される。

アメリカザリガニとツツイトモの関係については他地域での研究も行われ、この水域と同様な摂餌選択性が言われている(百原・上原 2006)。今回の実験からもこの水域のツツイトモがアメリカザリガニに好んで摂餌され、その量が比較的大きいことが示された。

6. ツツイトモの生態と生物季節

例年11月を過ぎると通水が止められるので水路には殆ど水が無くなり、2月には全域が雪で覆われる。3月近くになると雪解け水により水路の所々に僅かな水たまりができるようになる。東北裏日本の秋田県においても3月下旬頃から気温の上昇が続き、水路底の砕石の間にツツイトモの発芽が始まっているのが観察される。

発芽は全て殖芽からのもので種子から発芽した個体は確認していない。殖芽は砕石の間の僅かな底土の中にも見られるが、最も顕著なのはシャジクモ類やコカヤゴケなど越冬した植物の強固な地下部に絡め取られた殖芽からの発生である。ヒメカタシャジクモなどは積雪下でも緑色を保っていて、3月末に一時消えるがまたすぐに回復する。その地下部にはごく細く白い地下茎があり、これは極めて強固で切れにくく、その長く複雑に絡み合った地下部に土砂やデトリタスとともに大量のツツイトモ殖芽があって、春になると一斉に発芽する。ツツイトモの生育形が株のように見える理由の一つはこのような他の植物との関係に起因すると思われる。森林生のコケ類であるコカヤゴケも岩石についたまま水中に進出し同様な役目を果たすことが観察される。

25cm四方のコドラード内の土砂を6層の金属篩にかけてツツイトモの殖芽の数を計数した。殖芽数はグラフにあるように調査地によって大きな差が有る(図6)。水路は流れによる移動や管理作業による土砂の攪乱のため測定値は大きく変化するものと思われる。止水域であるアサザ池の調査でB区(北側部分)の土を用いた2007年11月の調査では殖芽数は僅か13個であった。しかし、2008年9月に最も繁茂していたC区(西側部分)で測定したところ同じ面積で1,600個を越える殖芽が数えられた。このC区のコドラートでは他の調査地では全く観察できなかったツツイトモの種子が35個発見された。従ってアサザ池では少数ながら種子からの発芽の可能性もあるものと考えられる。

ツツイトモの殖芽を水中に入れたまま室内で観察すると11月末に採取した殖芽でも12月になると一部が発芽する。2008年の観察では9月なかばに採取した場合は2週間程度で多数の発芽を見た。発芽には水温が大きな要因になることが示唆される。しかし、越年して発芽した個体も大きく生長することなくその

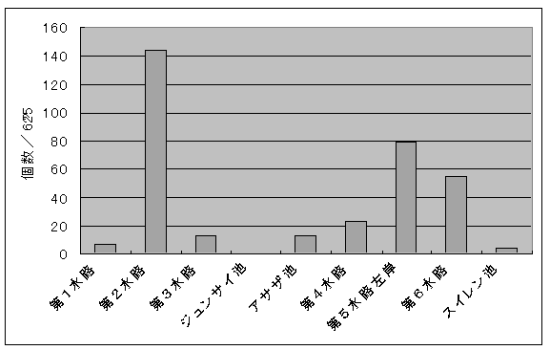


図6　底土中のツツイトモ殖芽数
25cm×25cm コドラード内、調査日 2007.11.25。

まま衰退するので発芽に必要な条件と生長に対する条件は当然のごとく異なるものと思われる。

生態系公園の水域で4月はじめに発芽したツツイトモは6月のはじめにはもう開花に至る。開花後果実になるには短い日数ですむらしく、6月9日の観察では多数の花の中に、花序が苞葉に包まれたごく初期の花から、葯がまだ完全な状態のもの、葯が破れて花粉を外へ出しているもの、既に結実しているものなど、集団の中には様々なステージの花が同居していた(図7)。そのため集団としては長い期間にわたって花序を付けた状態のまま全体が推移することとなる。

若い花は花序が白く新鮮に見えるが花粉を放出した後は全体として褐色味を帯びたくすんだ色合いとなる。その点を目印として区域ごとに開花の状態を観察すると第2水路や第5水路では開花が遅く、アサザ池では極めて早いことが分かる。また、アサザ池では全体の開花が一挙に起こる(図4)。6月9日頃に一斉に開花しているのが観察され、１週間後6月16日にはまた一斉に花序が傾き水中に入っているものも多く殆ど全てが褐色味を帯びた色合いになっていた。それに対して水路での開花は長い期間にわたり少しずつ進行する。第2水路や第5水路での開花のピークは7月末頃と思われる。

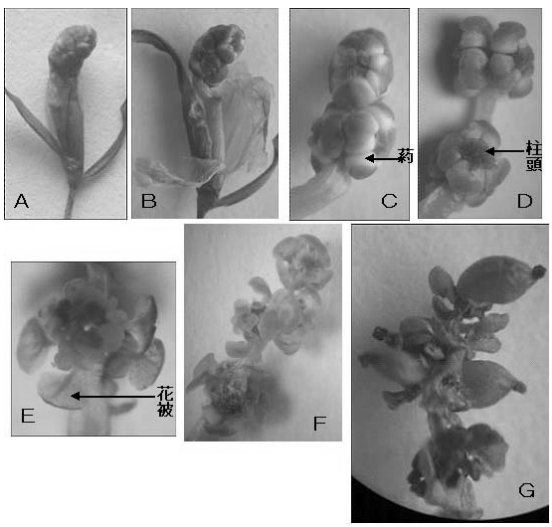


図7　花序の発達段階
A-C：開花前、D-F：開花後、G：果実期。

これらの開花生態には水温・水流・照度が関係すると考えることができ、それらの条件と開花の応答は適切な設備のもとでは実験が可能と考えられる。しかし、現地での観察によればツツイトモの開花結実はそのような制御しやすい条件だけではなく、その時期に風の強い日があって生育地が攪乱された場合や、例年よりも温度格差が大きくて止水域での日中の水温上昇の大きい日が連続した場合など、偶然の要因によって毎年同じ状況にならないことがあると考えられる。

殖芽の形成時期にも生育場所による違いが大きく、第5水路で開花初期の頃に、アサザ池で花序を付けている状態ながら下部には多くの殖芽の形成が見られた。これは個体長が長く伸び、その個体が常に動かされていて溶存酸素量が多く、土砂が薄いという特徴を持つ流水域と、個体長が短く、多くの個体が密集して動かず、深い土壌の上に生育する止水域との環境の違いに対応する生育形の差と考えられる。

個体長・葉の数・葉の長さ・葉の幅を月ごとに各水域で測定しグラフで表した(図8)。個体長や葉の数など個体の大きさを示す測定では流水域の個体が止水域に比して大きく、1枚の葉の大きさには場所による差が少ないことが示された。また、1枚の葉が大きくなるのは5月から6月で、その後の8月頃まで個体全体の生長が続くことも読み取れる。以上からツツイトモは葉の大きさを整える時期、個体が伸長する時期、殖芽を形成する時期を経て、9月から10月にかけて殖芽を落とし個体が消滅することが分かった(図9)。

7. フロラの起源について

この人工的水域には25種の水生植物があり、維管束植物20種の中の5種とシャジクモ類3種が沈水植物である。20種の中でアサザ・ジュンサイなど8種は移植されたものである。その中にはヨシやヒメガマのように村内から持ち込まれた種もあるが、アサザやハスは県内の他地域や栽培品からの移入であり、全体には多様な由来のものが含まれている。しかし、ツツイトモやイトクズモのような汽水性沈水植物がこれらの植物に付随して移入したことは考えられな

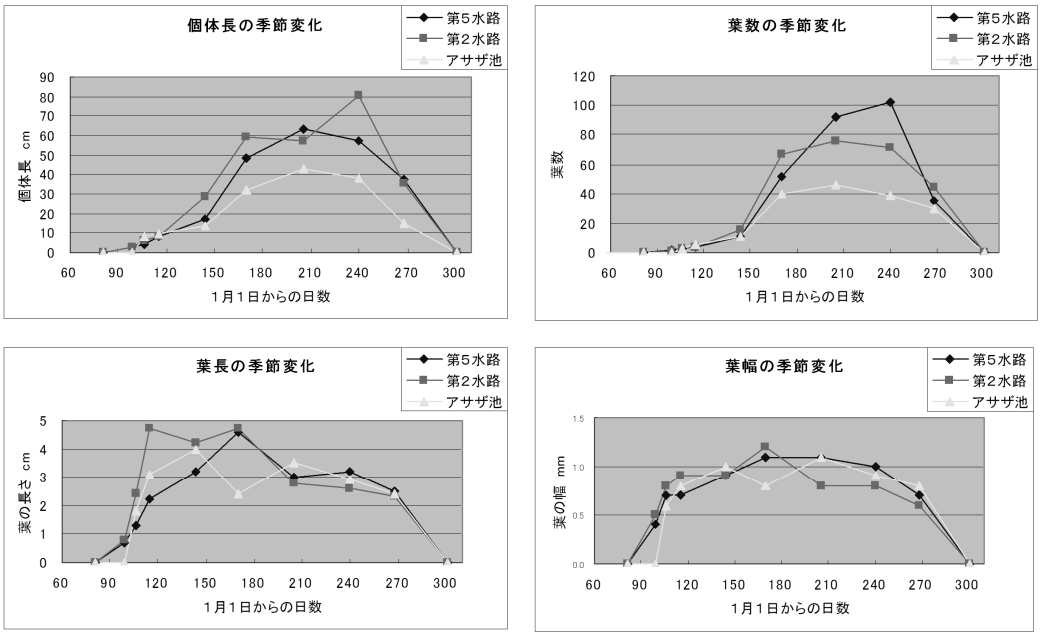


図8　ツツイトモの形態変化

い。また、この2種は県内に生育地が無いだけでなく、近県からの水鳥による移動という考え方も飛来コースなどから成立しにくいと思われる。

この水域は全面をコンクリートなどで覆われているので植物の底土からの直接的な発生は無い。また、聞き取りによると水路の周囲の土は全てかつての湖底であったスイレン池の掘削土と湖岸に積まれていた八郎潟の浚渫土を利用したものである。これらは水路底よりも1～2m高く盛り土された設計になっていて無作為に積まれ造成されたものである。水域の完成時には水路に水草の発生はなく、開園後4～5年してから水中の「藻」（管理に携わる人達は沈水植物をこのように呼んでいる）が目立つようになったと言われる。

上記の沈水植物8種の中で、リュウノヒゲモ・ヒロハノエビモ・カタシャジクモ・シャジクモは旧八郎潟の普通種であった（加藤 1965）。ツツイトモは干拓前に採集された標本が現存する。イトクズモは干拓後の大潟村の水路で採集されている（菊地 1978、猿田 2007）。エビモは県内の普通種で現在も八郎湖周辺でたくさんの産地が知られている水草である。「八郎潟の研究 1965」にその記録が無いことを奇異に感じていたが同書の底棲動物の調査の中で沿岸部の水草に言及した中に種名が記されていた（井上 1965）。ヒメカタシャジクモだけは県内における初記録の植物であったが、このたび秋田県立博物館に保存されていた「八郎潟の研究」に使用されたシャジクモ類標本の中にヒメカタシャジクモが含まれていることを発見した。即ち、この水路の沈水植物は全種が旧八郎潟に生育していた植物種と考えることができる。

この水路の沈水植物相の由来については以下の観察から下記のような推定が可能となる。

(1) ツツイトモ・イトクズモは汽水性で県内及び秋田県周辺部に他の生育地がないこと、

(2) リュウノヒゲモ・ヒロハノエビモ・カタシャジクモは旧八郎潟で最も大量に生育していた種であること、

(3) 現在の八郎湖周辺に多産するハゴロモモ・コカナダモなどの帰化水草は旧八郎潟には存在していなかったし、この生態系公園水域にも全く生育していないこと、

以上から、この水域の沈水植物の起源については、水路周辺に盛り土された旧湖底土にあった埋土種子などの撒布体から発生したものと推定した。

この盛り土部分を1mほど掘り下げ、20cmごとに1Lの土を採取し、粒度組成などと共に種子の存在を調べた。採集した土のうち埋土種子調査用資料は篩にかけ粘土・シルト・細砂を除去後、双眼実体顕微鏡により種子の有無を確認した。粒度組成用試料は室内での乾燥後、JIS法にしたがい篩分けにより粒度組成を試験した。調査箇所は水路の上流側第2・4・5水路脇の3地点とした。

供試された土は土壌分類によると礫まじり細粒分質砂または細粒分質砂であり、粘土・シルトや礫分に多少の違いがあるものの砂分が55～75%と高い比率を示した。表層に近い部分では植栽のため基盤改良が行われおり、黒土や軽石などが混入している箇所が見られた。しかし、深さ50cm以深ではそのような混入は無く、これらの砂質土は八郎潟の湖底にあった土壌と考えられた。

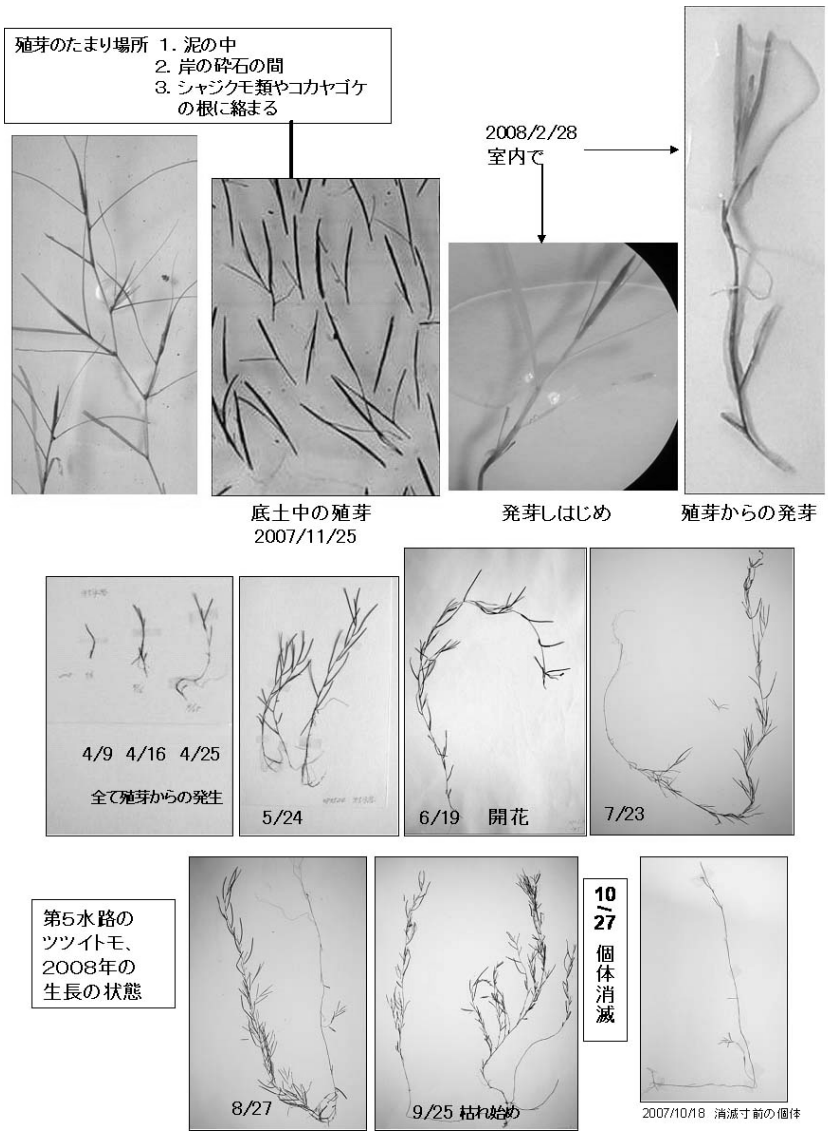


図9　ツツイトモの1年
（上）殖芽と発芽、（下）発芽から消滅まで。

試料から23個の種子が採取され、内6個は深さ80cmの層から得られた。これら旧湖底土の埋土種子の中には単子葉類の水草と思われる種子も含まれていたが、発芽した個体について種名の確定までには至らなかった。今後、大がかりな下層土壌の播き出し実験などを行うことにより、水生植物の発生由来について本格的な解明できるものと考えている。

8. 管理・利用と今後の研究について

2006年以来の継続調査からはその年によって水草の消長の激しいことが観察されている。人工的な小さな水域であることから管理の仕方やその年の天候、動物による食害などが影響し水草集団の消長は激しいものと考えられる。

聞き取りによると管理の方法はおおよそ年2回の通年管理が中心となる。この場合は第4水路以下において金属製熊手で礫を掘り起こし落ち葉や水草の残渣を下流に流して除去する方法が採られていた。また手で拾う程度の作業がある反面、丁寧に礫の石洗いが行われる場所もあった。さらにスイレン池では3月末に水を落として土砂捨てと徹底的な清掃が行われる特別な対応がなされていた。この特別な管理とアメリカザリガニの食害及び冬期の全面氷結が最下流部であるスイレン池に沈水植物を生育させない理由と考えている。このほかに陸生植物や落ち葉・藻類の除去などの状況対処的管理が随時行われている。

アサザ池では温帯性スイレンの除去が今年度から行われたが効果が現れていない。それについては作業の困難さとともに作業員に作業の意図が伝わりにくいためとのことであった。本年度第6水路の下半部に沈水植物が生じなかったことやアサザ池の一部で突然ツツイトモが消滅したことは管理作業の過誤であることが明らかになった。逆に、アサザ池のオモダカ・コナギなどの水田雑草の出現、第6水路でのガマ類の水路への進出などは調査に対する配慮から作業を控えたことによるものと判断された。

一方、冬期の通水停止により流水部ではほぼ完全に水位が低下し陸地化する。そして12月になると水路は積雪に覆われるが、気温が零下になっても積雪下の温度はほぼ0℃のまま推移する。アメリカザリガニは側壁の土の中などに潜んで冬期を過ごすことになるがこの水位の低下と一部の氷結はその個体群維持にかなりの負荷を与えるものと考えられる。水位低下がツツイトモの種子発芽に資するという研究がある(北畠ほか 2008)が、本水域では通水停止の管理方法がアメリカザリガニの淘汰に有効であることが示唆される。

以上から、県と管理者及び作業員の間で共通理解が得られやすいようにマニュアルを作成することが合意され、現在その素案づくりが進んでいる。

従来行われてきた水路の管理方法は沈水植物を単なる雑草として除去することを目的としてきた。幸いにその目的が徹底されず水路生態系は例年あまり変わらない形で植物社会の持続がなされてきた。しかし、細部を点検するとツツイトモの豊かさに比してイトクズモは極端に少ない分布量しか見られない。現況のまま推移すれば1・2年での絶滅も心配される。また、アサザ池でのヒメガマ・マコモ・ドクゼリの水域への浸食は目立って顕著になってきている。小規模で管理の影響の現れやすい環境であるのできめ細かい順応的管理が望ましいと考える。

公園では2008年度の夏季に大型のプラスチック水槽3基を用いて八郎湖周辺の水草展示を試行した。訪れたお年寄りが「これが昔の潟にあったモクだ」と連れの人たちに説明している様子が見られた。生態系公園が旧八郎潟の干拓地の中にある意味を十分に把握して、生涯学習の領域を広げていくことが望まれる。

今回の調査チームは県指定の絶滅種が再発見されたこと、そしてその水草が雑草として除去されている状況であったことを契機として始まったものである。その緊急性のため県内の協力の得やすい数人の研究にならざるを得ないものであった。本来は保全生物学の専門家が中心になって大がかりな体制を組み、湖沼法の指定湖沼となった八郎湖の植生復元に資する大きな道筋を探るべきものと思われる。今回の調査により基礎的なデータが明らかにされたので今後の行政機関の対応に期待をしているところである。

謝辞

本研究全般について下記の皆様から暖かいご支援を頂きました。秋田県農業研修センター、秋田県自然保護課、秋田県立大学教授 尾崎保夫先生、秋田自然史研究会、(株)むつみ造園土木、(有)地盤環境コンサルタント。

また、以下の皆様からは一部の種の同定をして頂きました。神戸大学教授 角野康郎先生、千葉県立中央博物館 林紀男先生、岐阜県可児市 須賀瑛文先生。

以上の皆様に心より御礼申し上げます。

引用文献及び参考文献

秋田県. 1997. 秋田県植物分布図，秋田県.

秋田県. 2002. 秋田県版レッドデータブック植物編，秋田県.

井上晴夫. 1965. 八郎潟の沿岸及び湖底の動物. 八郎潟の研究: pp.282-335.

大滝末男・石戸忠. 1980. 日本水生植物図鑑. 北隆館，東京都.

河川環境管理財団編. 2007. 河川の水質と生態系. 技報堂出版，東京都.

加藤君雄. 1965. 八郎潟の水生植物群落の分布と生産量. 八郎潟の研究: pp.389-417.

加藤君雄. 1977. 八郎潟調整池の水生植物群落の分布と現存量. 八郎潟調整池生物相調査会報告: pp.139-171.

角野康郎. 1964. 日本水草図鑑. 文一総合出版，東京都.

環境庁編. 2000. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物植物1(維管束植物). (財)自然環境研究センター，東京都.

菊地卓弥. 1979. 大潟村のイトクズモについて. 秋田自然史研究，11: 13.

菊地卓弥. 2003. 秋田県八郎潟調整池の水生植物. 水草研究会誌，79: 1-6.

北畠華・百原新・植松未来・市原通夫・上原浩一. 2008. 絶滅危惧水生植物ツツイトモ *Potamogeton panormitanus* の再生・保全の研究. 水利科学，300: 16-25.

小林達明・倉本宣編. 2006. 生物多様性緑化ハンドブック. 地人書館，東京都.

猿田 基. 2007. 絶滅種イトクズモの再発見. 秋田自然史研究, 52: 3-4.

高田 順. 1964. 生物5題(3)水生植物. 南秋教育，7: 71-72.

高田 順. 1987. 秋田県の水生植物フロラー最近の知見ー. 秋田自然史研究，21: 27-29.

高田 順・猿田 基・尾崎保夫. 2007. 秋田県八郎湖及び周辺における水生植物相と種の分布. 東北植物研究，13: 3-13.

高田 順・猿田 基・尾崎保夫. 2008. 秋田県八郎湖及び周辺における水生植物相と種の分布. 第2報. 東北植物研究，14: 17-22.

高田 順・猿田 基・尾崎保夫. 2007. 秋田県八郎湖とその周辺における水生植物群落 (1)抽水植物群落. 水草研究会誌，86: 11-20.

高田 順・猿田 基・桑原享史・尾崎保夫. 2008. 秋田県八郎湖とその周辺における水生植物群落 (2)沈水・浮葉植物群落. 水草研究会誌，89: 22-30.

NACS-J，WWF Japan. 1996. 植物群落レッドデータブック. アボック社出版局，鎌倉市.

西野麻知子・浜端悦治. 2005. 内湖からのメッセージ. サンライズ出版，彦根市.

八郎潟総合学術調査会. 1965. 八郎潟の研究. 八郎潟総合学術調査会，秋田市.

浜島繁隆・須賀瑛文. 2005. ため池と水田の生き物図鑑 植物編. トンボ出版，大阪市.

廣瀬弘幸・山岸高旺編著. 1977. 日本淡水藻図鑑. 内田老鶴圃新社，東京都.

藤井伸二・山本和彦. 2007. 三重県におけるツツイトモ(ヒルムシロ科)の新産記録. 水草研究，86: 29-32.

藤井伸二. 2008. 三重県座佐池におけるツツイトモの分布記録と生育に関するノート. 水草研究. 会誌，89: 31-33.

松田孫治. 1965. 八郎潟湖岸地帯の高等植物相. 八郎潟の研究: pp.372-388.

三木 茂. 1937. 山城水草誌. 京都府史蹟名勝天然記念物調査報告.

水田光雄. 2002. 兵庫県におけるツツイトモの新産

地．水草研究会誌，74: 50-51.
水野寿彦．1964．日本淡水プランクトン図鑑．保育社，大阪市.
百原新・上原浩一. 2006. 埋土種子による絶滅危惧水生植物ツツイトモ（ヒルムシロ属）の再生・保全の研究．平成18年度河川整備基金助成事業報告書.
鷲谷いづみ・矢原徹一. 1996. 保全生態学入門．文一総合出版，東京都.

Hachirogata was a blackish and second largest lake in Japan. This lake was reclaimed by 1966. Ogata-mura is a town that has been established on the reclaimed land. Akita Eco-park has been made right on the residential area of Ogata-mura .

In 2006 *Potamogeton panormitanus* was discovered in aquatic areas of the park. This aquatic plant is submerged plant and grows in blackish waters usually. *P. panormitanus* has been designated an extinct species in Akita Prefecture. In manegement of this park *P. panormitanus* is taken away as weeds having no sense of beauty. We work basic investigation for the conservation of *P. panormitanus* and the ecosystem.

We made a correct ichonography of the water area taking a measurement. And we surveyed environmental elements as water temperature, speed of the flow and water quality. Also we studied flora, fauna, vegetation and the relation between the plant and the other life in the water area. In addition we observed and recorded the life cycle of *P. panormitanus*, such as bloom and germination through a year.

We heard further details on the history of park development, the way of planting and manegement, and estimated the origine of flora in this aquatic area. In conclusion we made some suggestions about how we manage the park better, how we use it as a place for lifelong learning and how we investigate henceforth.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

過栄養湖である宮島沼における冬期湛水水田による水質改善の試み

宮島沼の会
藤巻 裕蔵・牛山 克己・岡野 香子・木塚 俊和・中村 雅子

Water quality management in Miyajimanuma by winter-flooded paddy

Miyajimanuma-no-kai
Yuzo Fujimaki, Katsumi Ushiyama, Kyoko Okano, Toshikazu Kizuka and Masako Nakamura

ラムサール条約登録湿地である宮島沼では、富栄養化や水面の縮小などの水環境悪化が問題でなっている。近年国内外で注目されている冬期湛水水田は、水田の水質浄化機能や水源涵養機能を高め、宮島沼の水環境保全へのツールとして活用できると考えられる。そこで本研究では、宮島沼に隣接して冬期湛水水田を整備し、湖水を導入することで、冬期湛水水田の宮島沼への負荷削減効果を検証し、宮島沼の水環境保全へのツールとしての有効性を検討した。その結果、冬期湛水水田には全窒素及び全リンの負荷量を削減する効果があり、その削減量は慣行水田より大きいことが判明した。その要因として、冬期湛水水田では微生物による脱窒や稲の吸収が促進されていると考えられる。今後冬期湛水水田を宮島沼の水環境保全へのツールとして普及するためには、ワイズユースや地域づくりの一貫として位置づけていく必要がある。

はじめに

北海道美唄市に位置する宮島沼は、水鳥の重要な生息地としてラムサール条約登録湿地に指定されている、浅く小さな淡水湖である。宮島沼は、かつて国内最大の泥炭湿原であった石狩湿原の一部であり、その数少ない残存湿地としても重要であるが、富栄養化や水面の縮小など水環境の悪化が急速に進み、問題視されている。

宮島沼の水環境悪化には、周辺土地利用が大きく影響していると考えられる。開拓期の宮島沼にはわき水があり、水は透明で水草が繁茂し、一部高層湿原植生も見られたと言われている。しかし、大正年代から周囲の農地化や利水・治水事業が進むにつれ、水の汚濁や水面の縮小が現れるようになり、植生も変異した。その直接的な要因として、周辺の畑地化や乾田化、水路の掘削等に伴う地下水位の低下、周辺農地からの栄養塩や土砂の流入などがあげられ、宮島沼の水環境保全は周辺の農地管理と連動して行う必要があると考えられる。

周辺農地管理と連動した宮島沼の水環境保全への手法として、近年国内外で注目される冬期湛水水田（ふゆみずたんぼ）の活用が考えられる。有機農法である冬期湛水水田では、化学合成肥料や農薬は使用しないため宮島沼への流入負荷を削減でき、通常乾田化する冬期間にも湛水するため宮島沼の乾燥化をくい止めることができると考えられる。さらに、宮島沼の水をポンプアップすることで湖水の循環灌漑が可能になれば、外部負荷削減効果とともに、湖水を面的に浄化する効果も期待できると考えられる。

水質浄化及び水源涵養は、水田の持つ多面的機能の一部として捉えられている。ラムサール条約では、水田の持つ多面的機能の評価、活用、普及啓発を勧める「水田決議（決議X.31.湿地システムとしての水

田における生物多様性の向上)」が採択されたばかりであるが、水田の多面的機能に関する科学的知見は必ずしも豊富とは言えない。その中でも水質浄化に関してはいくつかの研究事例があるが、農法の違いや湖沼の水環境保全への適用を追求した事例は少ない。また、冬期湛水水田に関する科学的な実証研究は始まったばかりであり、その水質浄化機能等に関する既存の知見はまだ見あたらない。そこで本研究では、冬期湛水水田の宮島沼への負荷削減効果及び湖水の浄化効果を検証し、宮島沼の水環境保全へのツールとしての有効性を検討した。

方法

宮島沼の東側に位置する約27アールの、前作は秋まき小麦であった圃場を冬期湛水水田として整備した。2007年11月上旬に元肥及び土壌改良のため貝化石(185kg/10a)、生米ぬか(78kg/10a)、厩肥(1,480kg/10a)を投入して浅くすき込んだ。11月下旬には、暗渠排水を止めて宮島沼からポンプで湖水を入れた。ただし、前作が小麦のため硬板層が出来ておらず、湛水には至っていない。2008年3月下旬には再度ポンプを稼働し、4月12日にはボカシペレット(44kg/10a)、グアノ(44kg/10a)、溶リン粒(44kg/10a)を投入した。4月18日には代かきを行い、湛水を開始した。6月4日には2回目の代かきを行い、6月7日に田植えを行った。田植えには、ポット4粒蒔きの成苗を用い、条間33cm×株間15cmを栽植密度とした。冬期湛水水田の水管理は、5月10日まではポンプによる湖水灌漑でまかなったが、以降は灌漑用水を併用することが多かった。

冬期湛水田の湛水期間中、pH、EC、DO、ORP、水温、水深及び土壌微生物の調査を月1〜2回の頻度で行った。調査地点は圃場の対角線の中心と、対角線上の4隅から中心の中間点の計5地点とした。pH、EC、DO、ORPは、それぞれ、酸化還元電位計pH-6(Eutech Instruments社製)、導電率計COND-6(Eutech Instruments社製)、溶存酸素メータOM-51(堀場製作所社製)を用いて現地で測定した。土壌微生物は、球根植器(直径7.3cm)を用いて土を採取し、何回かに分けて土を網に入れ、流水で細かい土壌粒子を洗い流した後、バットに入れてイトミミズsp、ユスリカ幼虫sp、ミジンコspの数を数えた。

また、冬期湛水水田と隣接する慣行水田の流入及び流出における各種水質項目を比較した。サンプル地点は水田に流入する灌漑用水と湖水、水田から流出する地表排水及び灌漑排水とした。項目は、pH、EC、DO、ORP、水温、SS、TN、NH4-N、NO_2-N、NO_3-N、TPとした。前述した現場で測定できる項目以外は、サンプルを実験室に持ち帰り測定した。調査は4月下旬から8月中旬にかけて月1〜2回調査を行い、この時、流入水及び流出水の流量も測定した。

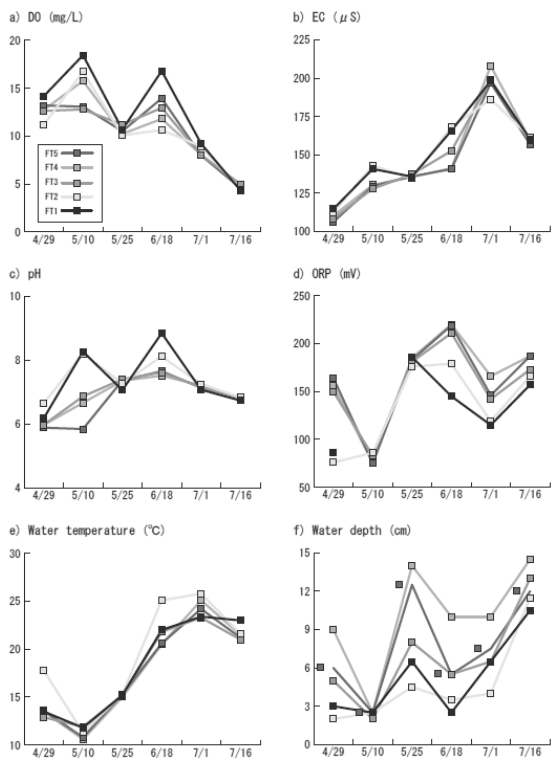


図1　冬期湛水水田における水質項目の変化
流入口近く(FT1、FT2)、中央部(FT3)、
流出口近く(FT4、FT5)における溶存酸素(a)、
電気伝導度(b)、pH(c)、酸化還元電位(d)、
水温(e)、水位(f)の季節変化。

結果

冬期湛水水田の浄化効果に影響があると考えられる圃場内の植物バイオマスは季節的に変化した。水田雑草の早期発芽と除去を目的とした早期湛水と2回目の代かきであったが、オモダカやヒエなどの発芽が確認されたものの、バイオマスとしては極わずかであった。田植え後に発芽生長した水田雑草もわずかであったが、田植え後には移植した苗で飛躍的に植物バイオマスが増加した。移植直後は15センチ程度であった苗の草丈も、7月1日には40〜45センチ、7月16日には65〜75センチと伸長し、一株の茎数は最終的には平均40本になるほどに生長した。稲は8月には繁殖生長へと切り替わり、圃場は8月8日に落水した。

湛水期間中に圃場内の5地点で測定したpH、EC、DO、ORP、水温、水深に関して、季節的、空間的な傾向が確認された(図1)。季節的な変化としては、DOが季節と共に減少し、ECが7月1日にピークを迎えるなど、それぞれ傾向があったが、地点間で値がばらつくこともあった。地点間の値のばらつきは、多くの項目に関して5月10日と6月18日に大きくなった。この際、流入に近い地点(FT1とFT2)と流出に近い地点(FT4とFT5)で面的な傾向が現れることもあり、特にpHでは比較的明確に傾向が現れた。

冬期湛水水田の土壌微生物も季節的に変異した(図2)。イトミミズは4月には5地点で一匹しか見つからなかったが、その後増加した。ただ、6月18日と7月16日に数を減らすなど、増減に関しては不安的な傾向が見られた。ユスリカ幼虫は5月25日まで見られなかったが、その後数を増やした。ミジンコは、7月1日までケンミジンコを中心に少数で推移したが、7月16日はカイミジンコを中心に爆発的に増加した。

冬期湛水水田と慣行水田の流入及び流出におけるpH、EC、DO、ORP、水温の変化からもいくつかの特徴が読みとれた(図3)。湖水と灌漑用水に関しては、DO、EC、ORPでは比較的同調していたが、pHに関しては湖水で高い傾向があった。4月と5月は湖水、6月と7月は主に灌漑用水の流入を受けた冬期湛水水田の地表排水は、各項目において時期によって流入水よりも高かったり低かったりすることがあり、一貫した傾向が得られなかった。灌漑用水のみの流入を受けた慣行水田の地表排水は、ECの値が流入より低く、pHとORPに関しては、6月10日以外流入と同調する傾向があった。冬期湛水水田と慣行水田の地表排水を比較すると、6月29日以降、冬期湛水水田のほうがDOでは低く、ECでは高く推移する傾向があった。冬期湛水水田の暗渠排水では、他のサンプル地点とは各項目の値が大きく異なることが多かった。

冬期湛水水田と慣行水田の流入及び流出におけるSSからは明確な傾向が見いだせなかったが、全窒素濃度、全リン濃度の変化から水田の浄化効果に関する直接的な知見が得られた(図4)。全窒素濃度に関し

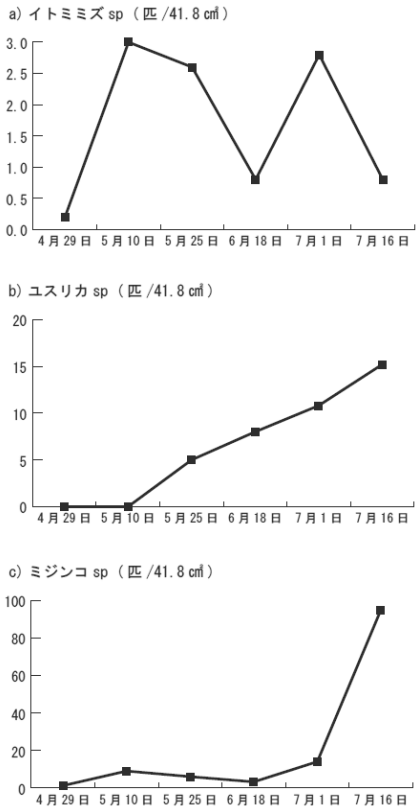


図2　冬期湛水水田における土壌微生物量の変化
土壌サンプラー(「土堀くん」)で採取した土壌に含まれたイトミミズ類(a)、ユスリカ類幼虫(b)、ミジンコ類(c)の5地点の平均値の変化。

ては、冬期湛水水田の地表排水が湖水及び灌漑用水よりも低い傾向があり、浄化効果が認められた。慣行水田では一貫した傾向が見られず、全窒素濃度が圃場において高まることもあった。また、地表排水における全窒素濃度は、冬期湛水水田の方が慣行水田より低い傾向があり、冬期湛水水田の暗渠排水の窒素濃度は高く推移した。全リン濃度に関しては、冬期湛水水田と慣行水田において地表排水の方が流入水より高濃度であることが多く、圃場においてリン濃度が高められている傾向があった。また、6月29日に排水の全窒素と全リン濃度が一時的に高くなった。なお、グラフでははずれ値として除外したが、4月25日のSS(mg/L)は、湖水が276.04、冬期湛水水田の地表排水が2,514、暗渠排水が363.5という値を示した。

一方、試算段階ではあるが、水収支を加味した調査日あたりの全窒素及び全リンの収支を見ると、冬期湛水水田、慣行水田ともに全窒素及び全リンの負荷量を削減していたが、負荷の削減量は冬期湛水水田の方が大きいことがわかった。

考察

本研究より、冬期湛水水田には窒素濃度を低下させる効果があり、その削減量は慣行水田より大きいことが判明した。また、水収支を加味すれば、冬期湛水水田と慣行水田はともに全窒素及び全リンの負荷量を削減していることがわかった。先行研究からは、水温が高いほど、灌漑用水の濃度が高いほど、表流水の流速が遅いほど、また地下浸透量が少ないほど水田の浄化効果は高いことが明らかにされているが(例えば宮崎ら 2005、田淵ら 1987など)、農法による違いを明らかにした事例は本研究以外に見あたらない。

水田の窒素浄化には、水田微生物による脱窒と稲への吸収が主に関わっていると考えられる(岩崎ら1998)。冬期湛水水田では、光合成細菌、イトミミズ、藻などの生物が旺盛に増殖する。こうした生物は土を作り、光の遮断や種子の埋没といった形で水田雑草の発芽と生長を抑制するとされているが、直接的、間接的に窒素浄化に大きく関わっていると考えられる。イトミミズの調査では明らかになったが、本研究における冬期湛水水田は、この農法に移行して一年目であり、また、前作が小麦だったこともあり、上記冬期湛水水田特有の生物の発生量はまだ少ないと考えられる。冬期湛水田に移行して年数を得ると水田微生物は飛躍的に増加するため、水田の浄化効果も高まることが期待される。一方、今回調査対象としたイトミミズ、ユスリカ、ミジンコが大量発生した時期と窒素濃度が大幅に減少した時期は必ずしも一致しないため、今後は脱窒に関わる生物群集とその効果を明らかにする必要がある。また、稲の吸収に関しても、田植え前後や稲の生長と窒素濃度の変化の関連性は明確には現れなかった。したがって、今後は水田微生物による脱窒と併せて窒息除去のメ

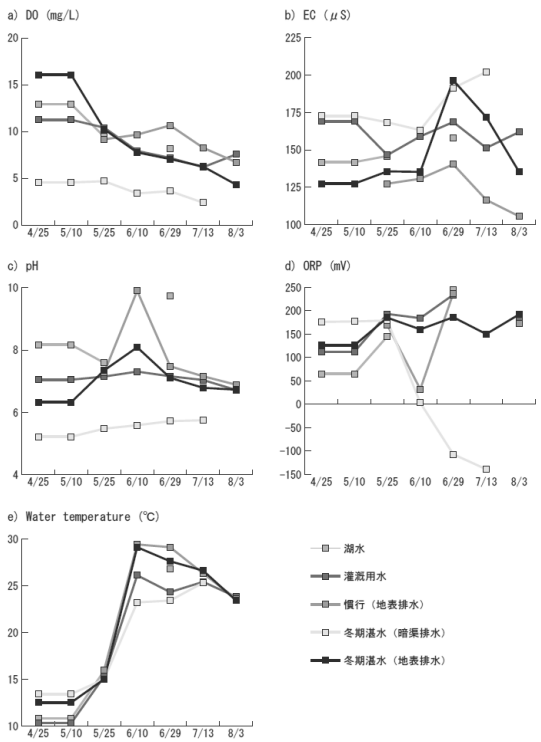


図3　冬期湛水水田と慣行水田における水質項目の変化
流入水と流出水の溶存酸素(a)、電気伝導度(b)、pH(c)、酸化還元電位(d)、水温(e)の季節変化。冬期湛水水田には主に湖水を、慣行水田は灌漑用水を導入した。

カニズムを解明し、窒素除去の効果を定量化する必要がある。

冬期湛水水田と慣行水田では、施肥方法が有機肥料と化学合成肥料と異なるため、それらが稲の栄養吸収、ひいては灌漑水の窒素やリンの除去に影響を及ぼしている可能性がある。施肥方法と稲の流入水中の栄養塩吸収との関連が解明されれば、流入中の栄養塩をより積極的に活用するように施肥方法を改善し、究極的には無施肥での稲作りも可能になるかもしれない。特にリン肥料に関しては資源の枯渇が世界的な問題としてあげられている。リンは流入水中の濃度が高いほど水田における濃度低下が大きく、それらは土壌へ吸着すると考えられているため(宮崎ら 2005)、水鳥の排泄物によりリン濃度が高い宮島沼の湖水を有効活用することで、リン肥料を抑えることができると考えられる。土壌の今年は原油高を受け化学合成肥料の高騰が問題となったが、流入水中の栄養塩を有効利用することによって肥料コストを削減できれば、農家としては冬期湛水水田に取り組むいいきっかけとなり得る。また、有機栽培を長年続けていくと、カリ、カルシウム、マグネシウムなど微量元素の枯渇が問題となることが多い。窒素やリン以外の栄養塩の除去については宮崎ら(2005)に詳しいが、宮島沼の湖水灌漑によって微量元素の供給ができる可能性もあるため、今後湖水の分析を進める必要がある。

今では全国的に取り組まれている冬期湛水水田では、実施農家や関係者によって「生きもの調査」が積極的に行われており、水質項目としては、pH、EC、DO、ORP、水温が圃場内5地点において計測されることが多い。今後は、これら項目と水質浄化に際して重要視される栄養塩との関連について引き続き検討を行いたい。また、他の水質項目の分析も進め、水収支の再計算を行った上で暗渠排水も含めた物質収支について近日中に結果を提示したい。さらに、冬期湛水水田を導入することによる地域全体の水や物質のバランスへの影響を引き続き検討したい。

冬期湛水水田を宮島沼の水環境保全のツールとして実用化していくためには、周辺農家の協力を得ることが不可欠である。安定多収を目的とした慣行農法を生来行ってきた周辺農家にとって、冬期湛水水田への転換は容易ではない。したがって、農薬や化学肥料に係るコストの削減など、実施農家への損得に関わる課題に関しても重点的に科学的な知見を蓄積していく必要がある。一方、今回試験的にではあるが冬期湛水水田を実施できたのは、市民参加による田んぼオーナー制度(http://paddyowner.blog19.fc2.com/)という枠組みで実施したからである。今後はこうした取り組みを拡充しブランド化を計るなど、ワイズユースや地域づくりの一貫として冬期湛水水田を位置づけていく必要がある。

謝辞

本研究を実施するにあたり、稲葉光國氏(NPO法人民間稲作研究所)、岩渕成紀氏(NPO法人田んぼ)、北海道ふゆみずたんぼプロジェクト(創地農業21)、(株)アレフ、若槻潔氏、坂本一弘氏、ふゆみずたんぼオーナーズの皆さまに多大なるご支援を頂いた。

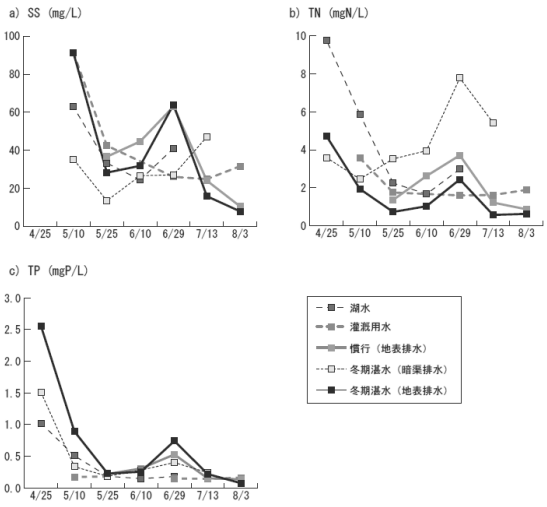


図4　冬期湛水水田と慣行水田における水質項目の変化
流入水と流出水の SS(a)、全窒素濃度(b)、全リン濃度(c)の季節変化。冬期湛水水田には主に湖水を、慣行水田は灌漑用水を導入した。

引用文献

岩崎慎也・森 聖二・関和孝博・大村裕顕．1998．水田による生活排水の水質浄化．栃木農試研報, 47: 17-28

田淵俊雄・末正奈緒希・高橋めぐみ．水田湛水による硝酸態窒素の除去試験．農業土木学会誌, 55(8): 53-58

宮崎成生・亀和田國彦・岩崎慎也．2005．水田を通過する農業用水の水質変化の実態．栃木農試研報, 55: 45-55

Deterioration of the aquatic environment such as eutrophication and water surface reduction is a great conservation concern in Miyajimanuma, a Ramsar site in Hokkaido, Japan. Winter-flooded paddy has a potential to be used as a management tool to improve water quality and water recharge. This study examines whether winter-flooded paddies can purify water and reduce nutrient input to Miyajimanuma. Winter-flooded paddy reduced the quantity of total nitrogen and total phosohorus, and the reduction was greater than that of the traditional growing method. Denitrification and absorption of nutrients may be enhanced in winter-flooded paddies.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

岐阜県におけるニホンカモシカとニホンジカとの種間関係の解明を目的とする緊急調査

岐阜県ニホンカモシカ研究会
鈴木 正嗣[1)]・八代田 千鶴[1)]・山崎 翔気[1)]・近藤 麻実[1)]
萩原 裕作[2)]・小林 毅[2)]

Urgent investigation for the purpose of clarify the interspecific relationship between Japanese serow and sika deer in Gifu Prefecture

Gifu serow research group
Masatsugu Suzuki, Chizuru Yayota, Syoki Yamazaki, Mami Kondo,
Yusaku Hagiwara and Takeshi Kobayashi

近年、シカの生息数増加によるカモシカの減少が報告されており、岐阜県においてもその影響が懸念されている。そこで本研究では、両種の種間関係の解明を試みるために、岐阜県におけるカモシカの個体群動態および両種の分布域に影響する環境要因を検討した。カモシカ雌における推定個体数は、2000年度以降減少する傾向がみられた。両種の分布域は標高に影響されており、カモシカが高標高地域、シカが低標高地域に生息する傾向がみられた。また、両種が混在する地域において種を特定する方法として、糞便を用いたDNA解析による種判別法を検討した。その結果、野外で採取した糞便から種を判別することができたが、判別率は25%と低かった。線状調査による生息密度の推定値は、両種とも2頭/km^{2}であった。カモシカの適正な保護管理のためには、シカとの種間関係を考慮することが重要であると考えられた。

1. はじめに

ニホンカモシカ（*Capricornis crispus*、以下カモシカ）は日本固有の種であり、狩猟による著しい個体数減少により、学術的な価値や個体数減少の懸念から1955年には特別天然記念物に指定され保護対策がとられてきた。その後、違法狩猟の摘発や拡大造林による生息適地拡大などによって、一部の地域を除いて個体数が増加し分布域が拡大した。それにともなって、カモシカによる幼齢植林木への食害が深刻な社会問題となった。そのため、1979年にカモシカによる被害防止と保護の両立を図るため、種を保護しつつ食害対策も進めるとする三庁合意に達し、カモシカ保護地域を設定し、保護地域内での保護および保護地域外での個体数調整による食害対策が実施されることとなった。また、岐阜県においては、1980年度より個体数調整による食害対策が実施されており、食害対策効果および捕獲個体分析による個体群特性の経年変化について継続的に調査が行われている（岐阜県教育委員会 2008）。

一方、ニホンジカ（*Cervus nippon*、以下シカ）は、個体数増加と分布拡大が全国的に報告されており、農林業に対する被害や植生に対する悪影響が懸念されている。また、他の野生動物に対する影響も指摘されており、カモシカとシカが同所的に生息していた

1）岐阜大学応用生物科学部（岐阜県岐阜市）
2）岐阜県立森林文化アカデミー（岐阜県美濃市）

地域においては、シカの個体数増加によってカモシカ個体数の減少および生息地域の変化が報告されている(Koganezawa 1999)。岐阜県でも最近数年間でカモシカ生息密度の減少が報告されているが、そのリスク評価は十分に行われていない。現在、食害発生地域では防除の観点から個体数調整をはじめとした様々な対策が行われているが、両種が混在する地域では加害種の特定は困難であるのが現状である。しかし、岐阜県においてもシカの増加とカモシカの減少が指摘されており、適正な保護管理計画を策定するためには両種の種間関係を解明することが不可欠と考えられる。

そこで本研究では、岐阜県におけるカモシカの個体群特性を把握するとともに、シカとの種間関係に影響する環境要因を抽出することを目的とした。また、両種が混在する地域において種を特定する方法として、採取した糞便を用いたDNA解析による種判別方法を検討した。

図1　カモシカ捕獲地域(2006年度)

2. 方法

(1) 個体群動態

岐阜県内において1981～2006年度に個体数調整により捕獲された約1万頭のカモシカ個体を対象とした。捕獲実施市町村においてカモシカを捕獲後、頭部および生殖器を採取し調査実施機関(自然環境研究センター)において分析に供した。頭部から角を採取し、クリーニングなどの処理を行った後、角の年輪を数える角輪法(Miura 1985)により齢査定を行い、生殖器により性別を確認した。また、雌個体については、子宮を解剖して妊娠状況についても確認した。

上記の分析で得られた齢構成に基づいて、コホート分析(Pope 1972)により各年度における個体数を復元した。カモシカの自然死亡率は明らかではないため、本研究では自然死亡率を0と仮定し、復元した個体数は岐阜県に生息する最小個体数と定義した。また、得られた各年度における個体数から、前年度の全個体数に対する次年度の1歳齢における個体数の割合を加入率とし、前年度の全個体数に対する次年度の全個体数の割合を期間増加率として算出した。

(2) カモシカとシカの分布状況に関する統計学的解析

カモシカおよびシカの捕獲数データは、岐阜県庁の既存資料から集計した。カモシカは平成19年度、シカは平成18年度の雄個体のみの捕獲数データを用いた。カモシカおよびシカの生息分布データは、環境省の第2、6回自然環境保全基礎調査(環境庁 1978、2003)の分布情報を用いた。環境要因としては、地形、気象について検討した。データは、国土地理院の国土数値情報から地形要因として標高を、気象要因として気温、降水量、最深積雪深を選択した。全てのデータは、国土地理院による標準地域メッシュの第２次地域区画の4分の1に相当する区画(以下、5kmメッシュ)の単位で集計した。

環境要因データを変数とし、SAS/STATのCALISプロシジャーを用いて(SAS Institute 2004)、共分散構造解析(豊田 1998)を行い、生息分布および捕獲数に影響を与える要因の検討を行った。

(3) 反芻胃内容物の分析

岐阜県加茂郡東白川村において、個体数調整により捕獲されたカモシカ2頭の反芻胃内容物を採取し、分析に供した。採取した反芻胃内容物サンプルを2mmメッシュのふるいで洗浄後、70%エタノール内で保存した。内容物中の植物種構成割合は、ポイントフレーム法(Chamrad and Box 1964, Leader-Williams *et al.* 1981)により分析した。この方法は、5mmメッシュ枠が刻まれたシャーレ上へ無作為にサンプルをのせ、格子上にある植物片を400ポイント以上カウントする方法である。植物片は、広葉緑葉、針葉樹葉、広葉枯葉、双子葉草本葉、単子葉草本葉、ササ、枝、樹皮、草本茎、種子、その他に分類して記録し、百分率に換算した。

(4) ＤＮＡ解析を用いた種判別

既知種(ヒツジ1頭、ヤギ2頭、シカ1頭、カモシカ1頭)の新鮮便と、野外から採取した動物種が不明の比較的新鮮な糞便2検体を供試し、DNAを用いた種判別を行った。糞便からのQIAamp DNA Stool Mini Kit(QIAGEN)を用いてDNAを抽出し、PCR法においてミトコンドリア12S rRNA遺伝子の一部領域を増幅した。プライマーはURA12S-1(5'-TCAGTCTATATACCGCCATC-3')とURA12S-2(5'-GTATGCTTACCTTCTTACGAC-3')を用いた。PCR産物を電気泳動に供し、増幅DNAバンドが確認されたものについてはNucleo Spin Extract Kit(日本ジェネティクス)を用いてDNAを抽出した後、ダイレクトシーケンス反応によってその塩基配列を決

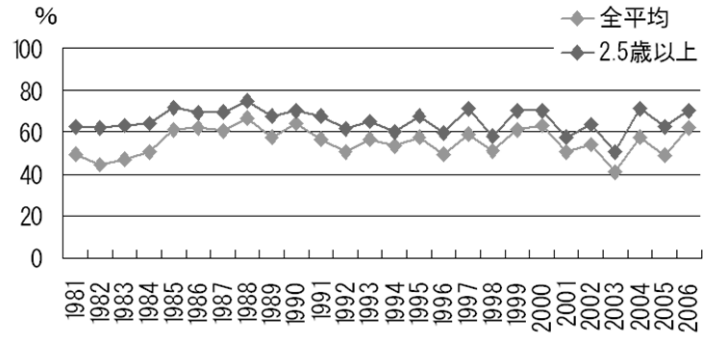


図2　捕獲雌個体における妊娠率の経年変化

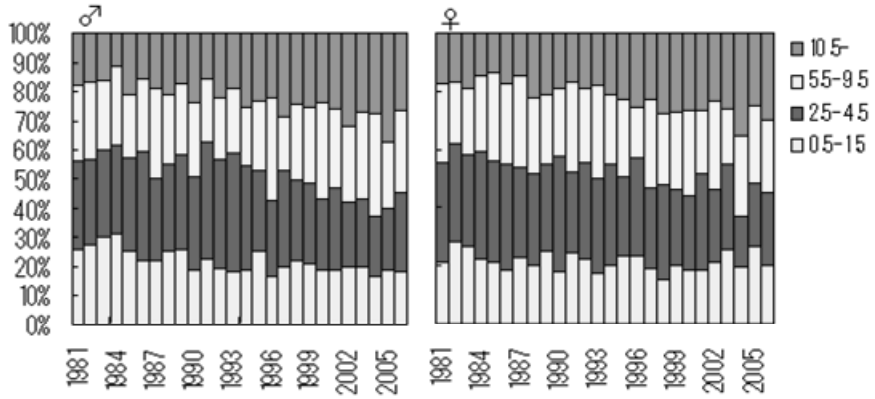


図3　年齢区分別構成比の経年変化

定した。得られた塩基配列の情報は、ホモロジー検索プログラムBLASTによりDDBJ/EMBL/GenBank^{R}に登録された塩基配列データと照合し種判別を行った。

岐阜大学応用生物科学部附属岐阜フィールド科学教育研究センター位山演習林(以下、岐阜大学位山演習林)内の2カ所において糞便を採取し、上記と同様にDNA解析による種判別を行った。採取の際、見た目による糞便の新鮮度合いの判別結果と位置情報を記載し、冷凍保存した。

(5) 個体数の調査方法

岐阜大学位山演習林において、ラインセンサスおよびライトセンサス法を用いて線状調査を行った。どちらの調査も演習林内の林道を徒歩または車にて移動し、林道沿いに発見した個体の動物種、頭数および性別を地図上に記録した。林道を挟んで見通せる範囲の面積をプラニメーターにより測定し、得られた面積と線状調査時に発見した個体数から生息密度を推定した。

3. 結果

(1) 個体群動態

捕獲個体の性比は1982年度を除いた全ての年度で雄個体の割合が多く、全体の平均では1.15:1であった。平均妊娠率は55.3%であり、一般的な繁殖開始齢とされる2.5歳以上の平均妊娠率は65.5%であった。年齢区分別では、5.5～9.5歳の平均妊娠率で78.1%と最も高い割合となった。2.5歳以上の個体に

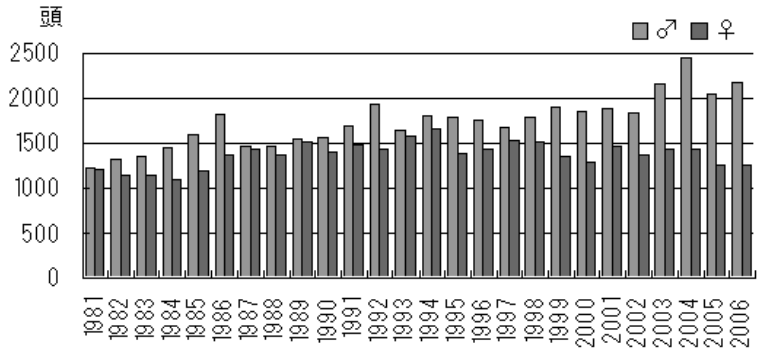


図4　復元した最小個体数の推移

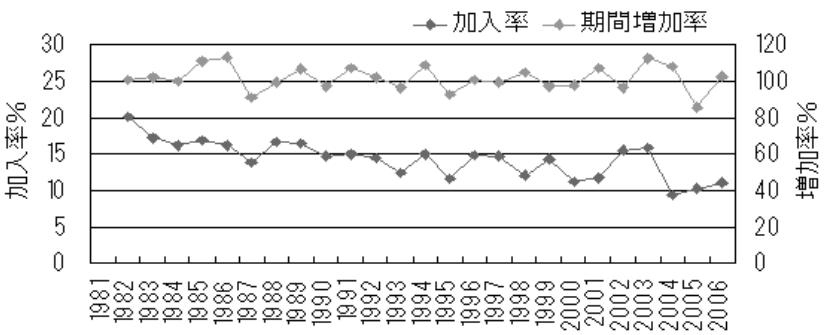


図5　加入率および期間増加率

おける年度毎の妊娠率は50.5～75.0％であり、年度間で大きく変動した。年齢区分別の構成比では、4.5歳以下の若齢個体の区分で減少傾向、10.5歳以上の老齢個体の区分で増加傾向がみられた。

捕獲した雌個体の齢構成を基にコホート分析によって最小個体数を復元した結果、雌カモシカの個体数は1981年から1990年代にかけて増加し、2000年以降減少する傾向がみられた。一方、雄カモシカの個体数は2000年以降も緩やかに増加する傾向がみられた。加入率は年度によって大きく変動したが、1982年度の20％から2006年度の10％前後へと徐々に減少する傾向がみられた。期間増加率も年度によって85.7～112.8％と変動したが一定の傾向はみられず、全体的には100％前後で推移した。

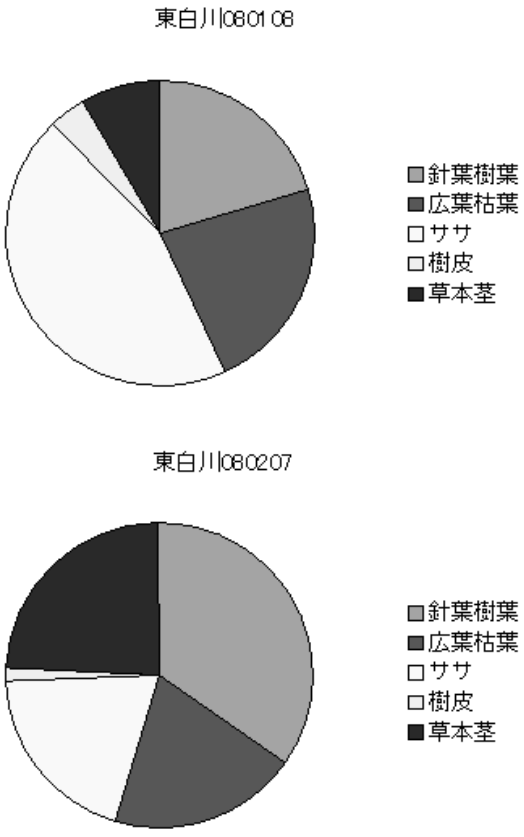


図6　胃内容物中の植物種構成割合（%）

(2) カモシカとシカの分布状況に関する統計学的解析

カモシカおよびシカの捕獲数は標高の影響を受けており、カモシカは標高の高いメッシュ、シカは標高の低いメッシュで捕獲数の多い傾向がみられた。生息分布についても、同様の傾向がみられた。降水量は両種に対して異なる影響がみられ、カモシカは降水量の少ないメッシュ、シカは降水量の高いメッシュに多い傾向がみられた。最深積雪深および気温も両種の生息状況に対して同様に影響している傾向がみられたが、標高との相関が高く独立変数としてみなすことができないため、モデル式から除外した。

(3) 反芻胃内容物の分析

反芻胃内容物中で観察された植物種は、針葉樹葉、広葉枯葉、ササ、樹皮、草本茎だけであり、1例ではそれぞれ20.6％、22.5％、44.6％、4.1％、8.2％、もう1例では37.8％、21.3％、21.3％、1.5％、26.6％であった。

(4) ＤＮＡ解析を用いた種判別

既知種の個体（ヒツジ1頭、ヤギ2頭、シカ1頭、カモシカ1頭）の全てで、種判別の結果は種と一致した。また、野外から採取した糞便2検体は、シカ1検体とカモシカ1検体であることが判別できた。

岐阜大学位山演習林において採取した糞便から抽出したDNAを解析した結果、67％（12/18）および85％（17/20）で特異的なバンドが確認できた。塩基配列決定後の種判別が可能であった検体は明瞭なバンドが得られた検体のみであり、判別率は28％および25％と低かった。また、見た目による糞便の新鮮度の判別結果と種判別結果では一致しなかった。

(5) 個体数の調査方法

ラインセンサスおよびライトセンサス法により推定された生息密度は、カモシカおよびシカともに2頭/km^{2}であった。

4. 考察

(1) 個体群動態

雌カモシカの個体数は1981年から1990年代にかけて増加し、2000年以降減少する傾向がみられた。

この傾向は、岐阜県下呂市小坂町において実施されている生息密度調査の結果と類似していた(岐阜県教育委員会 2008)。一方、雄カモシカの個体数は2000年以降も緩やかに増加する傾向がみられ、性別によって傾向が異なった。この原因は明らかではないが、捕獲率の違いなどの影響が考えられた。

(2) カモシカとシカの分布状況に関する統計学的解析

カモシカの捕獲数が多いメッシュでは、シカの捕獲数が少ない傾向がみられた。捕獲の多いメッシュでは、生息頭数が多く捕獲効率が高いことや食害発生地域であることが考えられるため、対象動物種の生息密度も高いことが推察される。生息状況と環境要因との関連を検討した研究では、生息密度指標と捕獲圧(坂田ら 2001)、植生の衰退状況と目撃効率との関連(坂田 2007)も指摘されている。今後、両種の種間関係を解明し長期的な生息状況の変化を把握するためには、このような目撃効率や捕獲圧、さらには対象動物種の増減率といった経年的な変化を組み込んだ解析を行う必要があるだろう。

(3) 反芻胃内容物の分析

Takatsuki(1993)は、北日本に生息するシカでは、ササ類が冬季の重要な食物であることを示唆している。本研究における捕獲時期も冬季であり、主要な採食植物種として考えられていた木本類だけでなくササの割合も高かったことから、カモシカも冬季にはササに依存している可能性が示唆された。

また、本研究では、観察された植物種の種類は少なかった。これは、捕獲時期が冬季のみであり、採食可能な植物種が限られていたためと考えられる。さらに、反芻胃内容物中の植物種構成割合は個体毎に大きく異なっていたことから、生息場所における植生の影響も大きいことが推察された。

(4) ＤＮＡ解析を用いた種判別

糞便の形状が類似する反芻動物の4種において種判別が可能であったことから、糞便を用いた種判別の有用性を確認することができた。野外での糞便からもシカとカモシカ、ノウサギの種判別ができたため、野外においても判別が可能であることが示された。

岐阜大学位山演習林において採取した糞便から抽出したDNAを用いてPCRを行った結果、比較的高い確率で目的とするバンドを確認することができたが、塩基配列決定後の種判別が可能であった検体は明瞭なバンドを得られた検体であった。このことから、不明瞭なバンドの検体からは種判別が困難であることが推測できた。野外において、排泄された糞便は周囲の環境(気温、温度、紫外線、降雨量、糞食性昆虫など)による影響を受け、色調や形状、DNA保存性は地域環境ごとに大きく変化することが考えられる。このため、見た目による糞便の新鮮度と種判別結果が一致しなかったと考えられた。野外で糞便を採取する場合、肉眼で糞便表面に腸粘膜細胞の存在が確認できるような新鮮度が高い糞便を選択的に採取する方が検出率の向上につながり、実用性が高まると考えられた。

(5) 個体数調査方法

岐阜大学位山演習林内において行った線状調査によるカモシカおよびシカの生息密度は、両種とも2頭/km^{2}であった。これは、岐阜県内におけるカモシカの平均生息密度(岐阜県教育委員会 2008)である1.64±1.58頭/km^2(2001年度)、1.00±1.46頭/km^2(2007年度)より高かった。本研究では発見個体数のみを生息密度の算出に利用した。しかし、発見率は地形や調査時間帯などの影響を受けるため、より正確な生息密度を推定するためには食痕や足跡、糞塊などの痕跡と組み合わせた推定法を検討する必要があると考えられた。

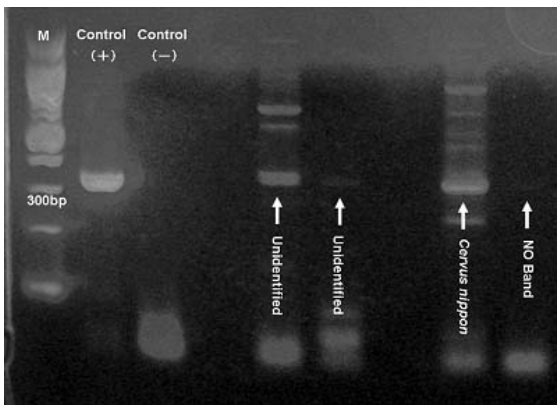


図7　電気泳動後のバンド

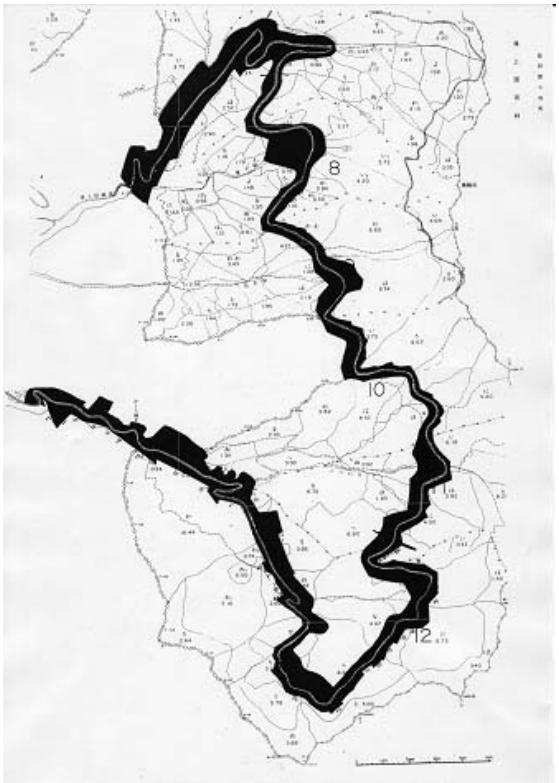


図8　岐阜大学位山演習林内における線状調査のルート
黒い部分は、林道を挟んで見通せる範囲の面積を表す

謝辞

本研究を実施するにあたり、岐阜大学ならびに岐阜県立森林文化アカデミーの学生諸氏にご協力をいただきました。また、個体群動態解析に際し、財団法人自然環境研究センターの常田邦彦氏、三浦貴弘氏にご協力をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

引用文献

Chamrad, A.D. and Box, T.W. 1964. A point frame for sampling rumen contents. Journal of Wildlife Management, 28: 473-476.

岐阜県教育委員会. 2008. 特別天然記念物カモシカ食害対策効果測定調査・特別天然記念物カモシカ食害対策測定等調査報告書: pp.3-10.

環境庁. 1978. 第2回自然環境保全基礎調査　動植物分布調査報告書(哺乳類).

環境庁. 2003. 第6回自然環境保全基礎調査　動植物分布調査報告書(哺乳類).

Koganezawa, M. 1999. Changes in the population dynamics of Japanese serow and sika deer as a results of competitive interactions in the Ashio Mountains, central Japan. Biosphere Conservation, 2(1): 35-44.

Leader-Williams, N., Scott, T.A. and Pratt, R.M. 1981. Forage selection by introduced reindeer on South Georgia, and its consequences for the flora. Journal of Applied Ecology, 18: 83-106.

Miura, S. 1985. Horn and cementum annulation as age criteria in Japanese serow. Journal of Wildlife Management, 49(1): 152-156.

Pope, J.G. 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Research bulletin of the international commission for the Northwest Atlantic Fisheries, 9: 65-74.

坂田宏志・濱崎伸一郎・岸本真弓・三橋弘宗・三橋亜紀・横山真弓・三谷雅純. 2001. 兵庫県におけるニホンジカの生息密度指標と捕獲圧、農業被害の関連. 人と自然, 12: 63-72.

坂田宏志. 2007. 野生動物の保全と管理に向けた地理情報システムの活用. 森林科学, 50: 16-20.

SAS. 2004. Chapter 19. The CALIS procedure. SAS/STAT user's guide 9.1: pp.547-748. SAS Institute Inc., USA.

Takatsuki, S. and Ikeda, S. 1993. Botanical and chemical composition of rumen contents of sika deer on Mt. Goyo, northern Japan. Ecological Research, 8: 57-64.

豊田秀樹. 1998. 共分散構造分析[入門編]. 朝倉書店. 東京: 319pp.

Yokoyama, M., Kaji, K. and Suzuki, M. 2000. Food habits of sika deer and nutritional value of sika deer diets in eastern Hokkaido, Japan. Ecological Research, 15: 345-355.

In Gifu prefecture, there are concerns that the population of Japanese serow (*Capricornis crispus*) has recently decreased as a result of an increase in sika deer (*Cervus nippon*). To clarify the interspecific relationships between serow and sika deer, we first investigated the population dynamics of serow and environmental factors affecting the habitat distribution of both species. The population size of female serow (estimated by cohort analysis using harvest data) has been decreasing since 2000. The habitat distributions of both species were affected by altitude, where serow habitat was generally higher and sika deer habitat lower. Secondly, we investigated methods of species identification by analyzing DNA extracted from feces in areas where distribution overlapped. We were able to prove the usefulness of this method, although the success rate of identification was low, at 25%. The density of both of populations was estimated by transect methods to be 2 / km^2. It will be important to consider interspecific relationships for appropriate management of serow.

写真1　岐阜大学位山演習林での調査風景

写真2　予備調査時に確認したカモシカ個体

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

大阪地域における蘚苔類・菌類レッドリスト試作のための基礎研究

大阪蘚苔類・菌類レッドリスト研究会
佐久間 大輔[1)]

Trial Study for local Redlist of mosses and fungi, in Osaka

Osaka MAF redlist group
Daisuke Sakuma

大阪府下の蘚苔類相・菌類相の現状は十分に解明されておらず、レッドリストの編集もされていない現状にある。蘚苔類・菌類研究拠点や専門家の不足、基礎資料の不足、認知度の低さ、地域版菌類リスト作成手順への疑問などに起因していると思われる。本課題では特に、(1)レッドリスト作成のための基礎資料収集を行い、(2)モデルとして堺市域でのレッドリスト作成を試み、(3)大阪府版蘚苔類・菌類レッドリストを見すえた種群の検討や重要調査項目など今後の指針を提出することをめざした。

この結果、蘚苔類については近年の調査と標本の照合、菌類については過去のアマチュア出版物を含む大阪府下の過去の報告を進めることができ、また不足している地域・植生要素についての追加調査を行うことができた。さらに、堺市版レッドリストとしての集成を試み、暫定的に蘚苔類7種、キノコ6種を選んだ。

大阪府下の蘚苔類相・菌類相についてのレッドリスト種抽出には至っていないが、ナガエノホコリタケを始めとする海岸性の菌類などいくつかの種群について分布地の確認など具体的な成果を得た。今後のレッドリスト集成の基礎となる情報を集めることができた。

1. 研究の目的

近畿地方は1999年に近畿レッドデータ研究会が維管束植物のレッドリストを公表し、2007年の奈良県版を最後に、維管束植物については各府県版のレッドリストが完成している。しかし、蘚苔類、菌類については2000年に京都府版が公表され、三重県版が2005年に公表（滋賀県版は1995年版で要注目種を挙げたのみでその後改訂されていない）されているのみで、その他地域については整備されていない。これは、蘚苔類・菌類研究拠点や専門家の不足、基礎資料の不足、認知度の低さ、地域版菌類リスト作成手順への疑問などに起因していると思われる。本課題では特に、(1)レッドリスト作成のための基礎資料収集を行い、(2)モデルとして堺市域でのレッドリスト作成を試み、(3)大阪府版蘚苔類・菌類レッドリストを見すえた種群の検討や重要調査項目など今後の指針を提出することをめざした。

2. 大阪府の蘚苔類・菌類基礎資料

蘚苔類に関しては大阪府植物誌に児玉・中島が大阪府の苔類・蘚類を執筆しているが、以降のレポートがない。一方、菌類は大阪府全体の菌類相に関するレポートは過去編纂されていない。これらの基礎となる標本は、大阪市立自然史博物館に収蔵されているが、維管束植物は30万点であるのに対し、蘚苔類は8万点、菌類の標本は全標本でわずか6,000点と

1）大阪市立自然史博物館

圧倒的に少ない(いずれも大阪以外の標本を含む)。蘚苔類の8万点という数は、国内有数のコレクションであり重要な情報源である。一方、菌類の標本の少なさは、アマチュアおよび研究者の絶対数が少ないこと、同定、記録、標本の作製がいずれも困難であり、手間がかかるために標本の制作者が少ないことが原因である。

3. 未公表の分布情報、標本を持たない既報情報の掘り起こし

菌類、特にキノコは標本を保存せずに生品の同定のみで記録を残した例が圧倒的に多い。しかも、それらの多くは同好会誌などに報告されている。そこで、それらの情報を掘り起こすことに力を注いだ。

これらの検討の結果、菌類について同好会誌や博物館などの発行物、などから各種の文献情報が得られた。これら文献情報は暫定的に以下のURLに公開している。

[http://spreadsheets.google.com/pub?key=paazaskbiew5-eyUpxWqPQg]

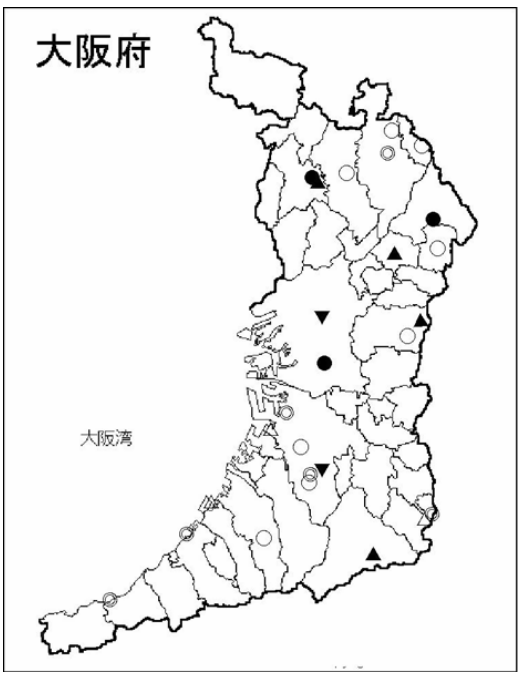


図1　大阪府下での主な蘚苔類相・菌類相調査地
既報文献および今回の重点調査地を示した。

また、このほかに、未公開であるが詳細に検討されたアマチュアの記録を閲覧することができた。これは本研究会関係者の助力によって、関西菌類談話会会報などに公開を準備中である。

アマチュアによる過去の記録情報は、誤同定、最新の知見に基づかない同定、複合種を区分せずに報告している危険などを含んでいる。しかし、これらの記録を評価しつつ、有用情報として用いることは過去の情報の少ない菌類については特に必要な作業と思われる。また、食用となるキノコについては、民俗学資料、あるいは文学を含む歴史資料の中にも多くの記録が見られる。これらの拾い出しは、植物学においては牧野富太郎が、菌類学においては小林義夫が精力的に取り組んだ課題であるが、大阪地域の文献に限って言えば、まだ多くの資料が残されている。今回、特に堺市域を中心に国とこれらの情報を集めた結果、ショウロ・シモコシ・マツタケなど食用として高く評価されるキノコについての情報が得られた。これら3種は、キノコ採集の記録はいずれも得られなかった菌であり、減少が懸念される菌群でもある。この結果は既にNatureStudyに報告した(佐久間 2008)。なお、この記事により、さらに堺市内の住民から堺市・大阪狭山市境界付近でのマツタケの過去の分布情報などを得ることができた。

写真1　海岸での調査風景

4. 調査上の重点課題

研究会を行い、どのような標本が少ないか、優先的に調査すべきかについて検討を行った。上記の **3.** で検討した、過去の調査記録を参考にしたほか、大阪府下でどのような環境が大きく変化しており、より重点的な調査を進めるべきなのかについて、維管束植物のレッドリストを参考にしながら研究会内で議論を行い検討した。

蘚苔類相：金剛山、北摂など、産地については多くの既報がある一方、大阪平野部の蘚苔類調査報告はごく限られていることが分かった。また、丘陵部、冬期の水田についても大阪府植物誌での捕捉が少なく、補う必要があることが分かった。高等植物においても池沼の周囲・貧栄養湿地などが絶滅危惧植物の成育地と知られ、それらに対応した調査が必要と考えている。

菌類相：ほとんどの調査は、初夏から秋にかけて、照葉樹林からマツ林落葉樹林域にかけてのいわゆる森林で行われている。一方、初春のキノコはほとんど記録されておらず、海岸、湿地、モミ林・ブナ林の調査も不十分であることが分かった。さらにかつてアカマツ林であった地域の菌類相が松枯れによるコナラ林への遷移後、どのような状況にあるのか、検討が必要でもある。また植物ではカヤ草地・里草地・池沼の周囲・貧栄養湿地などが大阪府下での絶滅危惧植物の生育地としてあげられているが、これらに対応する菌群についても不明確だ。また、地域的には大阪府北部で多くの観察会がなされ、記録が提出されている一方、大阪南部の記録はごく限られていることが分かった。これらの結果から、今後大阪府域の蘚苔類相・菌類相の現状を知る上で、重点的な調査を行うべき地域が明らかになった。

この結果は、現在、関西自然保護機構会誌に投稿準備中である。

5. 現地調査

蘚苔類については大阪平野部の蘚苔類相を把握すべく、大阪城公園の調査および長居公園の調査を試験的に行った。丘陵地についてはかつてアカマツ林の優占域であった堺市鉢ヶ峯の調査を行った。

大阪城公園の調査は過去の調査を会わせて、大阪城公園の蘚苔類として道盛ほか(2008)として発表した他、追手門学院より刊行された「大阪城公園のいきもの」(道盛 2008)に所収した。鉢ヶ峯の調査はいくつかの堺市新産種も含むため、Nature Studyに報告(芦田ほか 2009)した。長居公園の調査は今後も継続的に行う予定であるが、すでにいくつかの希産種が得られている。

菌類相は大阪府阪南市、貝塚市、堺市の海岸および海岸マツ林・堺市鉢ヶ峯・高槻市本山寺のモミ林・和泉葛城および金剛山などのブナ帯域の調査を行った。

得られたサンプルは標本として加工し、すべて大阪市立自然史博物館に寄贈した。

調査の結果、阪南市および貝塚市でナガエノホコリタケ、ショウロなど海岸性の菌類を、さらに堺市浜寺ではショウロを発見することはできなかったが、コツブタケなど海岸性のキノコを発見することができた。また、泉大津市でも発生情報を得ることができたが、これは、埋め立て地に植栽されたアカマツからの発生である。ショウロは宿主と発生環境があれば、それほど厳密な環境が無くても発生が見られることが明らかになった。現在、この成果は日本菌学会ニュースに投稿を準備中である。

写真2　ナガエノホコリタケ(大阪府阪南市産)

6. 成果

これらの検討の成果として、得られた菌類相から保全すべきと思われる種群の抽出作業を試みた。

まず堺市においてのレッドリスト候補種について以下のような結論を得た

蘚苔類：蘚苔類は大阪府植物誌(1962)の基礎となった児玉務、中島徳一郎両氏による大阪市立自然史博物館標本を基礎とし、芦田の一連の報告、芦田、道盛正樹らによる追加調査を基礎に、堺市内に分布する蘚苔類植物として蘚類108種、苔類35種、ツノゴケ類2種の合計145種を見出した。これらのうち、近畿他府県などの状況も勘案して保護を有するものとして蘚類5種と苔類2種を選出した。オオミズゴケは、隣接する信太山地区に生育し、堺市内では未確認であるが、丘陵地の里山生態系において湧水による小規模湿地の重要な指標となることから情報不足として掲載した。蘚苔類は環境指標性が高く、その種のみでの保全は現実的でない。必然的にイチョウウキゴケの生育するため池、アラハシラガゴケの生育する林分といった周辺環境を含んでの保全が必要となる。鉢ヶ峯、美多弥神社など、いくつかの地域は湿潤な環境を維持できる林分が集水域で保全されているなど特に蘚苔類の保全には重要と考えられる。

全体に、調査は不十分であり、堺市内での生育地も十分な把握ができていない。これらは次回改訂に向けての課題とし、予防原則を旨とした暫定的なレッドリストとして選出した。

菌類：菌類は生態系の中で、分解者として大きな役割を持つ。さらに、アカマツ、クロマツ、ナラ類、シイ・カシ類など、堺市域でも主要な森林を構成している樹木は、みな「外生菌根菌」と呼ばれる種群と共生関係にある。森林の土壌からの栄養吸収にもこれらの菌類が大きな役割を果たしていることから、生態系の維持に菌類は欠くことのできない要素であるといえる。

今回のレッドリストは京都府や三重県、また市町村では三重県伊賀市や京都府宇治田原町などと同様、大型菌類(いわゆるキノコ)を考慮することとした。肉眼的な大きさを持たない微小菌類については、行政的な管理や市民の注意喚起が難しいと判断し、検討から除外した。キノコは、これら大型菌類の繁殖器官であり、生活の本体は地下や樹木の中などに伸びる菌糸であるが、今回のリストはキノコの観察記録に基づいている。

菌類についての、堺市内の調査は決して十分ではない。大阪市立自然史博物館に収蔵された堺市産キノコ標本はわずか99種であり、今回のリストは過去の観察記録を吟味して選出したリストなどをあわせて用い、合計243種の中から選出した。

これらの堺市内での発生記録から、他地域の状況、堺市域内の環境変化を参考にしながら作成をすすめた。これらの結果、生息環境としての海岸クロマツ林、そしてアカマツ林の著しい衰退化を反映し、クロマツ・アカマツの共生菌類を多く含んだリストとなった。これは、これらの環境の大きな変化が他府県と同様、そこに生息する生物にとって危機的であることを示している。しかし、海岸林やアカマツ林のかつての菌類相について記録がなく、今回は民俗資料などの文献から確定できた種のみをリストに掲載した。標本に基づく調査に比べ精度を欠くが、これら民俗菌類学的な調査は今後も必要となるであろう。

堺市域の菌類相を考える時に、照葉樹林要素および、木材腐朽菌の調査も重要と考えられる。陵墓、社寺林などでの継続的調査が必要であるが、立入が難しく今回は不十分な中での検討作業となり、これらの要素を十分に考慮することができなかった。次回の改訂までに全体として調査が充実する

ことを期待している。

保全対象種の選出には **4.** で検討された「大きく悪化・減少を見せる生息地」へ強い依存をする種を重視したほか、近隣他府県の分布状況を考慮するため、京都や三重、国のレッドリストを参考にした。この成果は日本菌学会三重大会にてポスター発表をし、意見を募った。また、今後発表される堺市のレッドリストに反映されていく予定でもある。

大阪府レベルでの検討：大阪府全域での菌類レッドリスト作成に関しては、今回の既存報告種の修正作業によって普通種として扱えるものの全体像が見えてきている。しかし、腹菌類、硬質菌、子嚢菌類などをはじめとする一般的に専門家の少ない分類群については決定的に資料が不足している。担子菌でもフウセンタケ科、ベニタケ科など既存報告では取り扱いを慎重にすべきものも多い。メンバーの中でも、具体的に種名の提示は現在の資料で選定まではまだ困難と考えが支配的である。このため、現在取りまとめを勧めている報告文では **4.** で提唱した重要課題の検討を進め、自然海岸依存種、モミ林依存種など候補となる種群を明示し、現在の資料で例示するにとどめている。

このうち、自然海岸依存種については、環境依存性が高く、かつ生息可能な場所が非常に限定されているため、特に緊急性が高いと判断して別途大阪市立自然史博物館研究報告に報文の作成を進めている。

一方で蘚苔類に関しては本研究の一連の取り組みによって、児玉・中島(1962)以来となる大阪産の調査課題の絞り込みは相当程度すすみ、現状の知識を整理できた。過去の標本記録についても整理検討をすすめることができ、並行してメンバーらが成果を挙げている(木村・佐久間 2008)。

これらをベースとした保全対象種の議論はかなりの具体性を帯び、レッドリストの作成実現に向けて大きく前進したものと考えている。

大阪府域は高い山や深い谷を持たず、なおかつ長い人間活動の歴史を持っているために、植物相・昆虫相などでも近隣地域に比べ貧弱な生物相を有するといわれている。蘚苔類・菌類についても同様の傾向はある。しかし、そうした状況においても植物や昆虫においても多くの絶滅危惧種が見られる現状にある。菌類・蘚苔類においても、知られることなく絶滅が進行する事態を避けるためにも、大阪府の隠花植物相の解明を急ぐとともに保全を要する種群の明示に今後とも努力を注ぐ必要がある。

謝辞

今回の研究に当たっては小寺祐三氏をはじめとする関西菌類談話会の関係諸氏をはじめ、小林久泰氏、出川洋介(神奈川県立生命の星・地球博物館)をはじめとする菌学会関係の皆さん、畦 浩二氏、狩野登之助氏、今川邦彦氏をはじめとする大阪コケサロン・日本蘚苔類学会の皆さんに多くの助言をいただいた。また大阪市立自然史博物館および大阪自然史センターの皆さんには標本検討から成果執筆に至るすべての過程でさまざまな便宜と協力をいただいた。ここに感謝する。

参考文献

芦田喜治. 1994. 堺市内の蘚苔類調査 苔類・ツノゴケ類の種判定のための資料の作成 科研紀要 第13号. 堺市立科学教育研究所.

芦田喜治. 1997. 堺市内の干上がった溜池に見つかった蘚苔類－蘚苔類の教材化のための調査と研究(5)－ 研究紀要 第3号(別刷). 堺市科学教育センター(堺市教育文化センター)(堺市教育委員会).

芦田喜治・道盛正樹・佐久間大輔. 2009. 堺市鉢ヶ峯のコケ植物. NatureStudy, 55(6)：5-6.

伊賀市. 2006. 伊賀のレッドデータブック, 伊賀市.

環境省. 2007. レッドデータブック＜植物II＞.

木村全邦・佐久間大輔. 2008. 大阪府の蘚類. 大阪市

立自然史博物館収蔵資料目録，第40集.
京都府. 2002. 京都府レッドデータブック，京都府.
児玉務. 1971. 近畿地方の苔類I. 大阪市立自然科学博物館収蔵資料目録第3集：pp.1-116.
児玉務. 1972. 近畿地方の苔類II. 大阪市立自然科学博物館収蔵資料目録第4集：pp.117-248.
道盛正樹. 2008. 大阪城公園および大阪地域の苔（タイ）類相.大阪城公園の生き物たち、追手門学院.
道盛正樹・佐久間大輔・木村全邦・芦田嘉治. 2008. 大阪府蘚苔類資料1 大阪城公園の蘚苔類. 大阪市立自然史博物館研究報告，62：13-20.
三重県. 2005. 三重県レッドデータブック2005，三重県.
中島徳一郎. 1956. 大阪府剣尾山のハリスギゴケ. 蘚苔地衣雑報, 1(7): 3-4.
中島徳一郎・児玉務. 1964. コケ植物. 大阪府植物誌増補改訂版（堀勝著）：pp.347-368，399-400.
中島徳一郎. 1970. 最近大阪府下で見出された2種の珍しい蘚について. 近畿植物同好会会誌, 2: 35-38.
中島徳一郎. 1971. 大阪府の蘚類フロラ. 蘚苔地衣雑報, 5(10-12): 185-186.
佐久間大輔. 2008. 昔、堺市に見られたキノコ. NatureStudy, 54(9)：7.
佐久間大輔. 2007. 菌類からみたナラ林. KONC, 54：149-154.

Redlist for Moss and Fungi in Osaka was made for trial. As the information basis for these cryptogamic species were not well organized, The redlist study group was formed by researcher and amateure, and started to gather new from fields, and excavate old information that was published local and private magazines.

As a result, we obtained lots of record of fungi, re-examined record by museum specimens of mosses. And we focused on some type of habitat that is no report had made before, such as coastal sandy pine forests and so on. Based on these results, we tried to make up red list of Sakai city with 7 species of endangered moss and 6 species of fungi. More over, we made up substantial basis for future redlist of Osaka prefecture.

多摩川の自然を考えるシンポジウム開催

日本野鳥の会神奈川支部
鈴木 茂也

Tamagawa tideland symposium

Sigeya Suzuki

**日　**：10月27日（土）
【多摩川河口の自然を考えるシンポウム】
時　間：13時30分～19時00分
場　所：ラゾーナ川崎　5階「プラザソル」
電　話：044-874-8501
主　催：日本野鳥の会神奈川支部
後　援：（財）WWFジャパン
（財）日本野鳥の会
（財）日本自然保護協会
NPO法人神奈川県自然保護協会
NACS-J自然観察指導員東京連絡会
協　力：多摩川流域ネットワーク
定　員：200名（先着順）
参加費：無料

多摩川河口は、神奈川県で唯一最大の干潟です。干潟周辺には川と海を結ぶ重要な自然生態系があります。その多摩川河口に神奈川県などが進める「神奈川口構想」があります。「神奈川口構想」の1つは羽田空港側からアクセス道路を川崎市へ繋げる構想です。多摩川河口の自然を考える上で、大きな影響をもたらす恐れのある計画です。色々な立場で多摩川河口について、考えるシンポジウムを実施しました。

講演

「多摩川河口の自然」　鈴木茂也（日本野鳥の会神奈川支部）
「吉野川の橋梁が干潟に与える問題点」井口利枝子（とくしま自然観察の会）
「多摩川河口干潟の生物観察活動」鈴木覚（海辺つくり研究会）
「東京湾再生に向けての横浜技調の取り組み」諸星一信（国土交通省関東地方整備局　横浜港湾空港技術調査事務所　所長）
「神奈川口構想について」林秀明（神奈川県企画部京浜臨海部活性推進課　課長）
「戦略的環境アセスメントとは何か」村山武彦（早稲田大学教授）

パネルデッスカション

コーディネーター：浜口哲一（日本野鳥の会神奈川支部顧問）
パネラー：花輪伸一（WWFジャパン）
上田大志（NACS-J自然観察指導員東京連絡会）
上記講演者

図1　シンポジウムのポスター

写真1　シンポジウムの写真

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

赤城山ヒメギフチョウの保全のための緊急対策

赤城姫を愛する集まり
栃木 利夫[1)]・松村 行栄[2)]

Re-inforcement of *Luehdorfia puziloi* (Butterfly) at Mt. Akagi
— Urgent Countermeasure —

The conservation society of the “Akagi-princess”
Toshio Tochigi and Takayoshi Matsumura

1. はじめに

グループでは1987年から群馬県指定天然記念物ヒメギフチョウの産卵数調査を継続している。2007年の結果から、総産卵数が752卵と生息域全域での調査が可能となった1994年以降で最少となり、放置すると2008年以降の発生（3%が成虫になるとしても、23頭が発生と予測）が危ぶまれた（図1）。そこで県天然記念物を所轄する群馬県教育委員会に状況の緊急報告を行った。

県では、生息地の群馬県渋川市、および県文化財保護審議員と協議し、緊急対策として卵の一部を回収し、「群馬県立ぐんま昆虫の森」（桐生市）で飼育し、山へ戻すこと（re-inforcement：補強）により一定の生息数を確保する方策がとられることとなった。

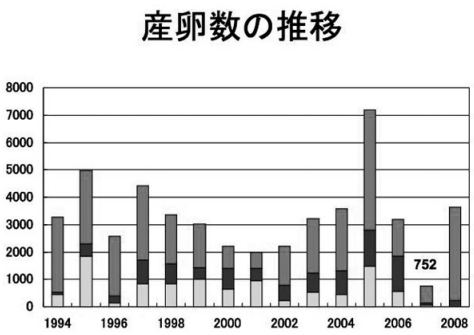


図1　総産卵数の推移
3地区の産卵数の合計。

しかし、この補強はあくまでも緊急的な措置であり、2008年以降も生息地での継続的な発生を確保するためには、周辺の生息環境を整備することにより、低標高地域の小個体群を復活・新生し安定したメタ個体群構造を再構築しなくてはならない。そのため下草刈り、落葉広葉樹の苗作り、ヒメギフチョウの食草増殖を行う必要があった。そこで今回の助成を受け以下の活動を実施した。

2. 活動の内容

(1) ヒメギフチョウを低標高地域に誘導する渡り廊下部分と低標高地域の下草刈り

本グループでは産卵密度と樹種、樹径、下草丈、地形、斜面の向きおよび食草量を現地調査することにより、ヒメギフチョウ環境整備の為の具体的な作業案を提示した。この案に基づき小個体群形成が期待できる区域の下草刈りを行うことにより小個体群の復活・新設を促進し、また、渡り廊下の下草刈りを行うことにより遺伝的な交流を推進できる。

下草刈りは2007年10月14日に実施され、地元の渋川市立南雲小学校父親クラブが主体となり、本グループ、群馬県教育委員会、渋川市教育委員会、ライオンズクラブなど総勢100名以上が参加した。下草刈りの結果、ヒメギフチョウの生息に適した開けた空

1）法政大学
2）日本チョウ類保全協会

間を作ることができた(写真1)。2008年は10月19日にも、同様の下草刈りが予定されている。

(2) カラマツが伐採され放置されている区域に植栽する落葉広葉樹の苗作り

カラマツが伐採され日当たりが良くなりすぎている区域を落葉広葉樹にすることにより、小個体群の復活・新設を促進できる。この場合、地域で採取した種子(ドングリ)を使用することにより遺伝的な撹乱を防げるため、生息地のドングリから苗を作ることが望ましい。

2005年から地元小学校の生徒により落葉広葉樹(ミズナラ・クリ等)の苗作りが開始された。2007年6月に生育していた2年生の苗10本程度を試験的に生息地に移植した。その結果が良好であったので、2007年10月の下草刈りの時にドングリを集め本格的な育苗が開始された。2007年はドングリの数が多く、多くの苗が育っている(写真2)。

(3) ヒメギフチョウの食草(ウスバサイシン)の増殖

渡り廊下に食草を植栽することにより、チョウの移動・遺伝的な交流を推進できる。この場合も地域で採取した種子をポット苗として増殖することにより、遺伝的な撹乱を防げることが望ましい。このように用意された苗は、2007年のような緊急対策が必要になった場合の食草の確保ともなる。

ウスバサイシンの実生は発芽率が悪く難しいと言われていた。しかし、種々の検討の結果、良い発芽率が得られる手法が確立できた(写真3)。また、生育した苗の夏期管理に寒冷紗による遮光が必要なことも確認出来た。2008年度から本格的な苗作りに着手する。

写真1-1　下草刈りの前

写真1-2　下草刈りの後

写真2　ドングリの芽吹き

写真3　ウスバサイシンの苗

3. 結果

今回の活動の成果は短期間での評価は難しいが、継続的な観察／モニタリングで検証していく。そのときに生息地の気温変動が重要な指標となることが予測されるので、生息地近辺での気温のモニタリングを開始した(写真4)。ちなみに2008年の総産卵数は3,632卵となり、県による補強の成果が確認でき、将来的な発生を確保することができた。

写真4　自記温度計

4. 今後の課題

今回の活動によって、小個体群の復活・新設を促進する生息環境整備の一部を実施することが出来た。また新たに購入した自記記録温度計で、成虫生息時期の最高最低温度データ等を記録した。今後、継続的観測で環境評価に資することとなる。無論、環境整備は、すべてが終了したものではなく、また継続的な整備も必要になる。2007年度以降には群馬県渋川市による環境整備の為の間伐も予定されている。今後とも行政、地元と協力して赤城山のヒメギフチョウ保全を継続していくので、ご援助、ご協力をお願いする。

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

市民参加による、ジュゴン生息域の海草藻場のモニタリング調査

シーグラスウォッチ・ジャパン
河内 直子[1)]・鹿谷 麻夕[2)]

Monitoring survey of seagrass meadows in dugong habitat by citizen participation in Okinawa Island.

Seagrass-Watch Japan
Naoko Kouchi and Mayu Shikatani

1. 活動の背景と目的

ジュゴンが餌とする海草（うみくさ）のことを沖縄ではジャングサ（ジュゴンの草）、海草の生育する海草藻場（うみくさもば）をジャングサヌミー（ジャングサの海）と呼ぶ。海草藻場は、ジュゴンやウミガメの餌場であるだけでなく、さまざまな生物の成育場所ともなっている。

サンゴ礁、マングローブ林、干潟、海草藻場の4つの環境は、沿岸生態系の中でも特に生産性が高く、生物の数も種類も多い場所として知られている。沖縄では、これらの環境が組み合わさり、互いに影響し合うことで、一続きの「サンゴ礁生態系」が形作られている。しかし海草藻場の重要性については、他の3つに比べるとまだあまりよく知られていない。その認知度の低さもあいまって、ここ数十年で日本各地の海草藻場の多くが埋立てによって消失している。沖縄においても、沖縄島最大の海草藻場である辺野古沖（173ha）、二番目の泡瀬干潟（112ha）の両方が、米軍基地建設および埋立て計画によって消失の危機にある。また浦添市沿岸に残された海草藻場においても、海岸道路の建設計画が進み、さらに沖合の埋立て計画が控えている。

オーストラリアでは、「シーグラスウォッチ」と呼ばれる市民参加による海草藻場のモニタリング活動が1998年から行われ、その調査結果は生態系の評価や保護に活用されている。これをモデルとして、2002年から2006年まで、（財）日本自然保護協会の主催のもと、名護市東海岸において沖縄ジャングサウォッチが開催された。蓄積されたデータは『沖縄島北部東海岸における海草藻場モニタリング調査報告書』（日本自然保護協会 2007年7月）等において公表されたほか、辺野古沖の米軍基地建設に伴うアセスメントへの意見書などに活用されている。沖縄におけるジュゴンの主要な生息域であり餌場であるこの海域に、基地建設計画が進められていることから、シーグラスウォッチ・ジャパンは、海草藻場保全の見地に立って、この調査活動を継続することが重要であると考え、(1)海草藻場やジュゴンの保全に活用できるデータの蓄積、(2)海草藻場の重要性についての社会的な認知度を高める、という2点を目的として、2007～2008年の沖縄ジャングサウォッチの調査活動を行った。

2. 活動の内容

本活動は、調査を沖縄島北部東海岸の名護市嘉陽、辺野古において、また観察会を西海岸の浦添市港川で行った（図1）。

(1) ジャングサウォッチの調査方法

ジャングサウォッチでは、海草藻場に影響を与えない「目視による被度判定」の方法で海草の生育状態を調べる。GPSやメジャーを使って毎回同じ調査ポイントに行き、1ポイントにつき50×50cmの方形枠を

1）シーグラスウォッチ・ジャパン　〒088-1114 北海道厚岸郡厚岸町湾月1-147
2）しかたに自然案内　〒901-0603 沖縄県南城市玉城字百名1147-502

ランダムに5〜10個設置して、枠内の海草全体の被度と海草の種ごとの被度を測定する。被度は、枠内に生育する海草を寝かせて並べたときに、枠の面積に対してどれくらいの割合(%)になるかを目視で判断する。

調査員それぞれに被度の判定規準が異なるが、データの調査員間の誤差については、補正を行う。毎回の調査ごとに、調査の最後に10個の方形枠の全体被度を調査員全員が各々測定する(キャリブレーション)。この10枠については写真解析を行い、写真による標準被度から各人の誤差を割り出して、調査員全員のデータ補正式を算出する。補正式にもとづいて調査員ごとのデータを換算し、各調査ポイントの種ごとの平均被度を算出する。

環境項目として、各調査ポイントの水深、底質、ジュゴンのはみ跡の有無などを記録する。水深については、測定時刻も同時に記録し、平均潮位との補正を行う。調査方法の詳細については「ジャングサウォッチ・ハンドブック」(日本自然保護協会 2007)を参照されたい。

図1　沖縄島で調査および活動を行った場所

(2) 2007年一斉調査

1) 向井宏先生講演

一斉調査に先立ち、10月26日(金)の午後6時〜7時半、名護市久志支所会議室において、元北海道大学厚岸臨海実験所所長で北大名誉教授(現：京都大学特任教授)の向井宏先生を講師に迎え、海草藻場とジュゴンに関する勉強会を行なった(写真1)。まず先生から、「ジュゴンを守るために何が必要かージュゴン研究の現場からー」と題した講演を行なっていただいた。タイやフィリピンでのジュゴン調査の様子や、ジュゴンの出現頻度と潮汐の関係、ウミヒルモを主とする海草藻場における摂餌痕と海草の現存量からジュゴンの生息可能数を推定するなどの興味深いお話がうかがえた。講演の後は、東南アジアや沖縄のジュゴンの生態と調査方法について、約25名の参加者から活発な質疑が行なわれた。

2) 嘉陽調査

嘉陽の海草藻場は、ジュゴンが摂餌場として定期的に利用している。ここは浜からのアプローチが可能で比較的浅く、沖縄島で一般的な7種の海草類全てが生育しているため、海草の種類の見分け方や調査方法を講習するのに適している。10月27日は、調査経験者には先に調査を進めてもらい、初めての参加者には初心者講習を行った。調査は、ライントランセクト法により、50m間隔で5ライン・合計25ポイン

写真1　向井宏先生講演の様子
(2007年10月26日 名護市久志公民館)

トで行った(写真2)。

3) 辺野古調査

10月28日に辺野古の調査を行った。辺野古海域の海草藻場は米軍キャンプ・シュワブ沖に位置し、陸からのアプローチができないことや、藻場の沖側への範囲が約1kmと広いことから、GPSを用いて2隻の船で調査ポイントを分担し、200m間隔の22ポイントで調査を行った。

4) データの公開

調査結果は2007年12月にシーグラスウォッチ・ジャパンのウェブサイトで公開した。また、2008年3月に、これまでの参加者に2007年度調査結果の報告書を送付した。

5) スノーケリングによる定期的な海草観察

秋の一斉調査とは別に、海草の開花結実状況や藻場の様子を調べるため、1〜2ヶ月に1度、嘉陽の海草藻場でスノーケリング観察を行った。第1回目は、2007年12月23日に10名が参加して観察を行った。その後は、2008年2月24日、4月24日、6月9日、7月10日、8月7日に、毎回1〜2名で、スノーケリングによる観察を行った。

6) 談話会および観察会の実施

2008年3月9日に、浦添市港川で春の海草観察会を行った(11名参加)。ここの藻場は那覇や浦添といった都市圏に隣接し、干潮時の水深が10cm程度で、子供でも歩いて観察が可能なことから、スノーケリング技術のない親子連れなどを対象とした観察会に適している(写真3)。

このときは、a. 海草がっつりコース(海草の見分け方、海草藻場生態系の解説、 ジャングサウォッチの紹介)、b. 生き物いろいろコース(海草藻場やサンゴ礁の生物観察)、c. ゆっくりぶらぶらコース(小さなお子様連れなど)の3コースを用意し、参加者に選んでもらった。

2008年7月12日には、調査報告会を兼ねた海草藻場の談話会を那覇市で開催した(13名参加)。当日は、海草および海草藻場の生き物についてスライドで紹介するだけでなく、採集した海草を用意しておき、実際に海草に触れてもらう機会を作った(写真4)。

7月19日には浦添市港川で再び観察会を開催した(20名参加)。観察会の後のアンケートには、「楽しかった」「もっと頻繁に開催して欲しい」等の声が寄せられた。また、観察会をきっかけに本調査へ参加する方も現れた。

7) 2008年一斉調査

2008年の一斉調査は、当初9月に予定していたが、台風13号の接近により順延し、10月18日に嘉陽の調査を、翌19日に辺野古の調査を行った。

嘉陽の調査は、これまでの調査ポイントで海草の減少が著しく、回復の傾向があまり見られなかったことから、これまでの調査海域(東側)のライン数を減らし、海草の生育が良好な西側にライン

写真2　嘉陽でのコドラート調査の様子
(2007年10月27日)

写真3　海草藻場の生き物観察会の様子
(2008年3月9日 浦添市港川)

を2本新たに設置した。辺野古では、2007年と同じポイントにGPSを用いて船で移動し、調査を行った（写真5）。

3．結果

（1）2007年一斉調査

調査にはのべ17名の市民が参加した。

嘉陽東側の海草藻場は、2002年の調査開始当初は被度50％以上の良好な藻場であったが、2003年の台風で藻場が著しく減少し、被度10%以下にまで減少した。その後も回復の傾向は見られず、2007年の調査においては、岸から100mまでの範囲にはほとんど海草が生育していなかった（図2）。海草の生育している場所では、ウミヒルモとリュウキュウスガモの出現頻度がもっとも高かった。

一方の辺野古海域は、2002年の調査開始以来、安定して被度20～30％の良好な海草藻場が保たれていることが明らかになった（図3）。辺野古でもっとも出現頻度が高いのはリュウキュウスガモで、次いでボウバアマモが多かった。

嘉陽、辺野古ともに、水深、底質、各種ごとの被度分布については、シーグラスウォッチ・ジャパンのHP（http://seagrasswatchjapan.com/2007_results.html）を参照されたい。

写真4　海草藻場の談話会の様子
（2008年7月12日　那覇市）

写真6　リュウキュウスガモの雌花
（2008年8月7日　嘉陽）

写真5　辺野古での調査の様子
（2008年10月19日）

写真7　リュウキュウスガモの種子
（2007年12月23日　嘉陽）

(2) スノーケリングによる定期的な海草観察

2007年12月と2008年2月、8月、10月に、リュウキュウスガモの開花(写真6)と結実(写真7)を確認した。果実を持ち帰って観察したところ、中には1cm弱の種子が2～3個あり、種子はつぶれたひょうたん型で比較的固かった。また2008年4月、6月にはウミヒルモの開花と結実を確認した(写真8)。果実の中には直径約1mmの白い粒状の種子が10数個あり、表面には粘り気があった(写真9)。また、ほぼ全ての調査において、ジュゴンの摂食痕(トレンチ)が観察された(写真10)。

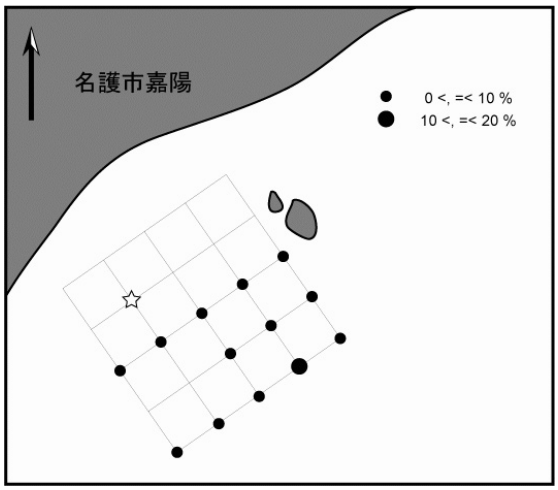


図2　2007年10月の嘉陽の海草被度
☆は枠外で海草が観察された場所を示す。

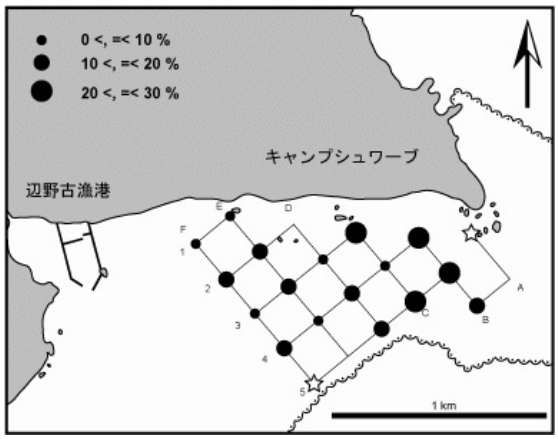


図3　2007年10月の辺野古の海草被度
☆は枠外で海草が観察された場所を示す。

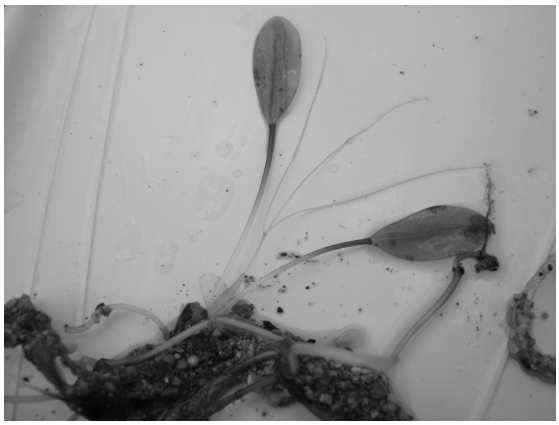


写真8　ウミヒルモの雌花
(2008年6月9日　嘉陽)

写真9　ウミヒルモの果実と種子
(2008年6月10日)

写真10　ジュゴンのはみ跡(トレンチ)
(2008年10月18日　嘉陽)

(3) 2008年一斉調査

調査にはのべ16名が参加した。

嘉陽の海は強風で波が高く、調査ラインを保つのが難しい状況であったが、経験豊かな参加者の努力でデータを取ることができた。従来の東側海域では、前年まで裸地だった岸に近いポイントで海草の生育が確認できた(図4)。種ごとの分布をみると、岸近くの浅い場所にはマツバウミジグサが主に生育していた。もっとも多く観察されたのはウミヒルモであった。新たに設置した西側のラインでは、全体被度20%以上のポイントもあった。西側のラインでも、もっとも多く観察されたのはマツバウミジグサで、次いでウミヒルモが観察された。

一方の辺野古では、前年同様、全体被度20%前後の安定した海草藻場が保たれていることがわかった(図5)。

嘉陽、辺野古ともに、水深、底質、各種ごとの被度分布については、シーグラスウォッチ・ジャパンのHP(http://seagrasswatchjapan.com/2008_results.html)を参照されたい。

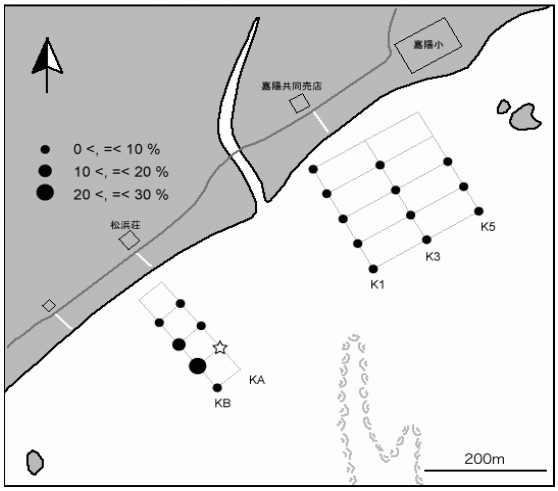


図4　2008年10月の嘉陽の海草被度
☆は枠外で海草が観察された場所を示す。

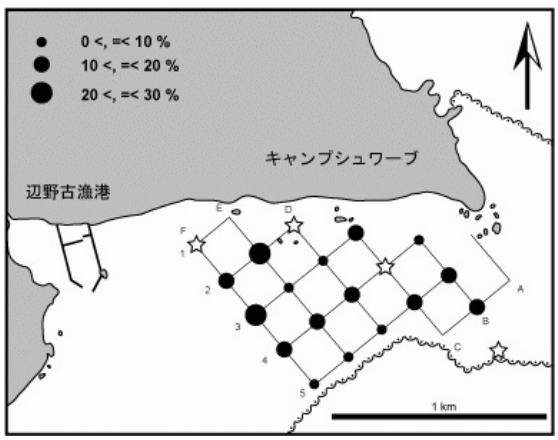


図5　2008年10月の辺野古の海草被度
☆は枠外で海草が観察された場所を示す。

4. 考察

(1) 沖縄島北部東海岸の海草藻場について

名護市嘉陽の海草藻場は、ジュゴンの摂食痕が恒常的に観察されたことから、エサ場として重要であると考えられる。2003年の台風で著しく減少した東側の海草藻場は、2008年の調査でやや回復の傾向がみられた。これまでの研究では、裸地に最初に侵入する種(先駆種 pioneer species)は主にウミヒルモであると考えられてきたが、嘉陽では、マツバウミジグサが先に分布を広げていることが明らかになった。今後もモニタリングを継続することにより、台風などの撹乱の後に海草藻場が回復していく過程を追跡できるだろう。

辺野古海域の海草藻場は、沖縄県でも最大規模(173ha)で、2002年の調査開始以来、安定した良好な海草藻場が保たれている。今後、埋立や開発による変化が起こった場合に備えて、モニタリングを継続し、基礎的なデータを蓄積する必要があろう。

(2) 定期的な海草観察から得られた知見について

これまで、沖縄島における海草の開花結実に関する情報はほとんどなく、不明な点が多かった。今回の定期的な調査で、リュウキュウスガモとウミヒルモについては、開花と結実を確認することができた。沖縄島でもっともよくみられる海草であるリュウキュウスガモは、繁殖期が秋から冬にかけて長期間にわたっており、種子は固く転がりやすい。これらのことから、分散能力が高いのではないかと予想される。一方のウミヒルモは、種子に粘り気があること

から、分散能力はあまり高くないのではないかと考えられる。今後調査を継続することで、他の海草についても、情報を得られることが期待される。

(3) 談話会および観察会について

これまで行ってきた「ジャングサウォッチ」は、スノーケリング技術のある大人しか参加できず、海草藻場の生態学的価値に関する普及啓蒙活動としては限界があった。今回の観察会により、スノーケリング技術のない中南部の市民や子供たちが気軽に海草藻場に親しむ機会を作ることができた。

海草藻場は、サンゴ礁、マングローブや干潟と並んで生産性の高い沿岸生態系である。にもかかわらず、その重要性はあまり認知されていない。海に馴染みのない一般市民にも海草藻場の重要性を知ってもらう機会として、このような観察会や談話会の開催は重要であると考えられる。

(4) 今後の展望

名護市東海岸の大浦湾は、普天間基地の移設先の有力候補となっており、移設が実施された場合は、埋立による辺野古の海草藻場の減少や、工事の赤土流出・基地からの汚染水等による海草藻場・サンゴ礁への影響、さらに嘉陽などの周辺海域を摂餌場とするジュゴンへの影響が懸念される。現在、この移転計画にからんだと見られる陸域の工事も始まっており、社会情勢等も含め、予断を許さない状況である。沖縄島第二の広さである泡瀬干潟の埋立第一期工事も実施されている現在、広大な海草藻場が残る名護市東海岸の生態系の重要性はますます増していると言える。適切な環境評価と保全のためには、今後も継続して海草藻場のモニタリング調査を続けることが重要であろう。

5. 謝辞

調査を行うにあたり、(財)日本自然保護協会の大野正人氏、小林愛氏(当時)には様々なアドバイスをいただいた。また、辺野古調査時には東恩納琢磨氏、西平伸氏に船長を務めていただいた。ここにお礼を申し上げる。また、無償ボランティアであるにも関わらず、水中作業となる調査に快く参加していただいた方々に深く感謝申し上げる。

6. 参考文献

日本自然保護協会．2007．ジャングサウォッチ・ハンドブック．

ヤクタネゴヨウの調査研究・保護増殖・普及啓発活動

屋久島・ヤクタネゴヨウ調査隊
手塚 賢至・手塚 田津子

The conservation activities of research breeding and enlightenment for *Pinus armandii* var. *amamiana*

Yakushima yakutanegoyou research group
Kenshi Tetsuka and Tatsuko Tetsuka

はじめに

ヤクタネゴヨウとは屋久島と種子島にのみ自生する五葉松で、現在、屋久島に1,500～2,000本、種子島では約300本と推定され、その生存木の少なさからレッドデータブック（「日本の絶滅のおそれのある野生生物・植物 I」2000年環境庁編）に絶滅危惧種（IB）として記載され、いまや両島において最も保護・保全が必要な種のひとつである。屋久島･ヤクタネゴヨウ調査隊（通称ヤッタネ！調査隊）は「ヤクタネゴヨウ」の自生地における全生存木調査及びこの種の保全活動を行うことを目的として1999年発足以来様々な活動に取り組んでいる。

1. 全生存木分布調査

屋久島の自生地は3カ所に限定され、最大の自生地は西部地域。ここは国立公園特別保護地区（環境省）。森林生態系保護地域（林野庁）、そして世界自然遺産登録地域であり、島内で唯一海岸部から山頂部への垂直分布が残る屋久島の生物多様性と自然景観を代表する核心部である。生存木個体調査はここ西部域を中心に進行している。絶滅危惧種の現状を把握することは種の保全を計る上で最も重要で基礎的な情報である。私達は調査隊発足以来、専門の研究者と連携しながら調査を進めてきた。毎月1回定例の自生地調査を重ね、2008年10月現在まで99回、参加延べ人数795名、調査個体1,430本が記録されている。直径2cm、樹高2m以上を成木とし、GPSとコンパス測量を併用し、1本毎の正確な位置・直径・樹高を測定し、それぞれの個体にナンバリングする。このようにして得たデータは森林総合研究所の金谷整一氏が解析し、正確な位置図と個体情報を蓄積している（表2、表3、図2）。

今年度は9回の調査日において参加者85名、確認個体数個体数176本である（表1）。

(1) 西部地域　瀬切川左岸

これまで重点的に進めてきた西部地域の調査が順調に進捗し、ほぼ8割の自生地エリアが確認されつつあり、西部地域で最も難所と思われる瀬切川流域での調査にとりかかった。

第1回目の瀬切流域調査2007年12月16日、参加者9人。この日は瀬切橋から右岸を沢に沿って標高150mまで登り、左岸に現れた生木が枝葉を接し点々とざわめく急峻な尾根を標高300m地点まで進み、生木個体24本を確認し調査を終え下山した（写真1）。

2回目　2008年4月20日　　7名参加　27本確認。

3回目　2008年5月18日　10名参加　27本確認。

3回の調査で参加者26名、生存個体数78本が確認された。

表1　プロ・ナトゥーラ・ファンド助成2007年度(2007年10月～2008年9月)の活動

実施日	調査地・調査内容	参加人数	自生地調査参加人数	確認個体数
10月21日	屋久島・破沙岳　下見調査	11	11	
10月22日～25日	種子島モニタリング	3		
12月16日	屋久島・SL(瀬切左岸)自生地調査	9	9	24
1月15日	種子島協議会準備	2		
1月16日	種子島・午前「ヤクタネゴヨウ保全対策連絡協議会」:午後現地視察及び枯死木搬出	22		
2月10日	屋久島・破沙岳　自生地調査	6	6	
2月28日	屋久島「ヤクタネゴヨウ保全対策連絡協議会屋久島部会」	10		
4月20日	屋久島・SL(瀬切左岸)自生地調査	7	7	27
5月18日	屋久島・SL(瀬切左岸)自生地調査	10	10	27
7月3日	屋久島・破沙岳集中調査下見	2		
7月7日	屋久島・破沙岳集中調査	11	11	
7月8日	屋久島・破沙岳集中調査	13	13	30
7月9日	屋久島・破沙岳集中調査	11	11	50
7月10日	屋久島・破沙岳集中調査	7	7	18
9月25日～27日	種子島モニタリング	3		
合計		125	85	176

表2　SL4からの測量

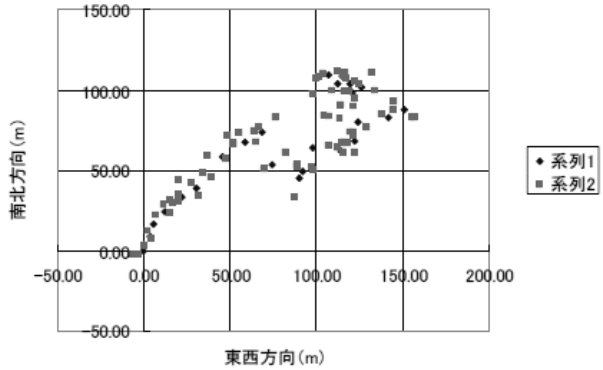


写真1　自生地調査
SL 尾根：尾根上でコンパス測量をする。

表3　系列1のデータ

	東西(x)	南北(y)
SL4	0.00	0.00
SL5	3.85	8.45
SL6	5.49	16.35
SL7	12.46	24.08
SL8	22.02	33.48
SL9	30.65	38.77
SL10	45.76	58.11
SL11	58.81	67.59
SL12	68.52	74.02
SL13	74.05	53.63
SL14	90.13	45.08
SL15	92.22	49.35
SL16	97.81	63.93
SL17	114.34	62.19
SL18	122.11	67.94
SL19	123.83	80.18
SL20	120.94	98.48
SL21	119.31	103.80
SL22	112.03	103.55
SL23	115.12	108.40
SL24	107.22	109.37
SL25	125.93	101.85
SL26	141.65	83.12
SL27	151.12	87.44

表4　系列2のデータ

C115	-2.72	-2.62
C116	-6.81	-2.48
C117	0.66	3.12
C118	4.22	7.37
C119	2.57	11.96
C120	6.92	22.05
C121	15.40	23.78
C122	11.39	28.38
C123	15.70	31.04
C124	16.78	29.53
C125	19.86	30.51
C126	20.30	34.44
C127	28.07	42.59
C128	34.39	48.52
C129	39.08	46.10
C130	32.07	33.79
C131	19.77	43.84
C132	47.23	57.26
C133	36.99	59.35
C134	51.89	66.00
C135	52.35	67.03
C136	55.34	72.74
C137	63.61	74.72
C138	48.87	71.81
C139	66.81	76.48
C140	64.95	67.49
C141	76.31	82.98
C142	69.83	50.57
C143	87.14	33.09
C144	88.51	53.47
番号無し	82.42	61.46
C145	98.66	50.27
C146	97.16	51.80
C147	88.79	51.77

(2) 破沙岳集中調査

屋久島の自生地の内、第2の自生エリアを持つ南部破沙岳山麓の平内地区は、これまで金谷整一(森林総合研究所 生態遺伝研究室)氏による15年に渡る球果調査プロット(C尾根)がある。我々調査隊のメンバーもここ10年来毎秋のC尾根での球果調査には参加してきた。その他独自の定例調査や群生地の下見調査を行う等、着実に調査を進めてはいたが、今回、集中調査を実施した大崎川左岸の高密度分布地域はほとんど手付かずの未踏地が残されている調査の空白地帯であった。平内地区は調査隊の本拠地から地理的に遠く、また自生地へのアプローチが長距離であることから、月1回のペースの調査では効率が悪いと判断し、山中にテント泊する集中的な調査を実行した。すでに昨年末自生地一帯は大崎川の右岸及び破沙岳山頂(1,259m)から目視やカメラ、ビデオの撮影により下見調査が成されている。これらの情報を基に3泊4日の集中調査とした(図1、写真2)。

7月7日　第1日目　11名参加：テント設営、調査地下見見分

7月8日　第2日目　13名参加：1尾根・2尾根・3尾根完遂

7月9日　第3日目　11名参加：4尾根・3、5尾根　完遂

7月10日　第4日目　7名参加：5尾根途中まで

以上を行い◎参加者13名◎延べ42名◎個体確認本数98本の情報が得られた。

今回の調査には島内の調査隊メンバー以外に、島外から特別に金谷整一、布施健吾の両人を招き、又環境省自然保護官事務所、林野庁屋久島森林管理署・屋久島環境保全センターからの参加もいただいた。

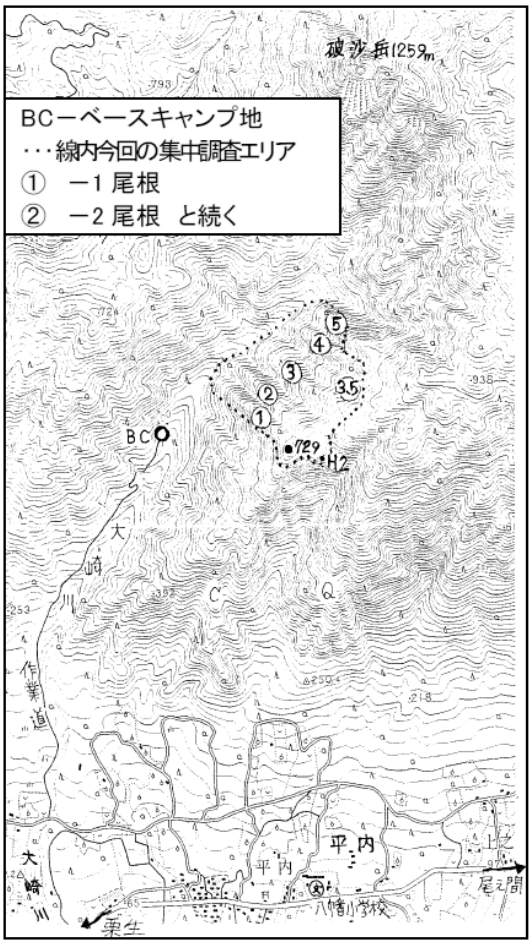


図1　2008年7月破沙岳集中調査地図

写真2　自生地調査
破沙岳：大径木の胸高直径を図る。崖下から測棹を延ばし補助する。

2. 松枯れ（マツザイセンチュウ病）被害対策

(1) ヤクタネゴヨウ保全対策連絡協議会

ヤクタネゴヨウの種の存続を危うくする要因として現在日本国内で猛威を振るうマツザイセンチュウ病による被害が懸念される。屋久島においては現在ほぼ終息に近い状態だが、特に種子島(生存木約300本)においてクロマツを中心にヤクタネゴヨ

ウへの被害も拡大し対策が急がれる。調査隊では2002年種子島に発足したNGO「ヤクタネゴヨウ保全の会」と連携して民・学・官三者の協働母体として2005年に「ヤクタネゴヨウ保全対策連絡協議会」を立ち上げた。民＜地域住民＞・学＜研究者＞･官＜国・県・市町の行政＞が手を結び、松枯れ病への対応を総合的に実施している。毎年協議会を開催し、被害状況の把握と効果的な対策の検討を行い、実際に枯死木の現地からの搬出や防除策として生残木への樹幹注入等を林野庁・ヤクタネゴヨウ保全の会がそれぞれに取り組み、年毎に確実に被害を押さえ込んできている。今年度は1月16日種子島の西之表市役所において屋久島、種子島の自治体関係者、環境省、林野庁などの国の機関、森林総合研究所や鹿児島県森林技術総合センター等の研究者、そして両島の市民NGOが一同に会して、午前中協議会、午後西之表市の木成国有林(群落保護林)内の枯死木搬出を行った(写真3)。

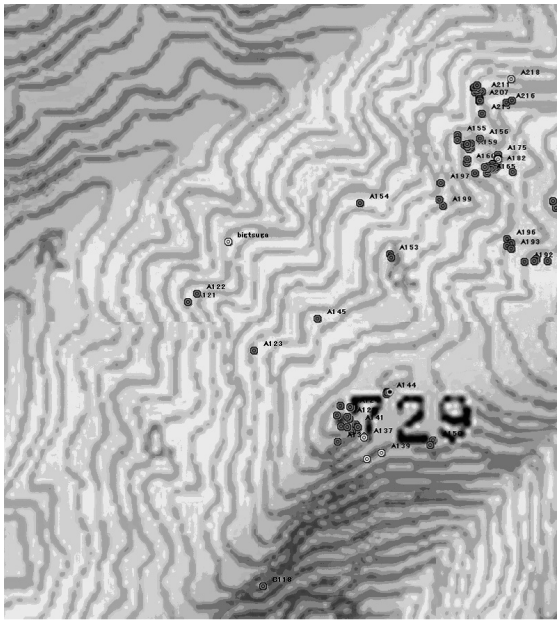


図2　GPSによる破沙岳位置図
2008 年 10 月 7～10 日調査分

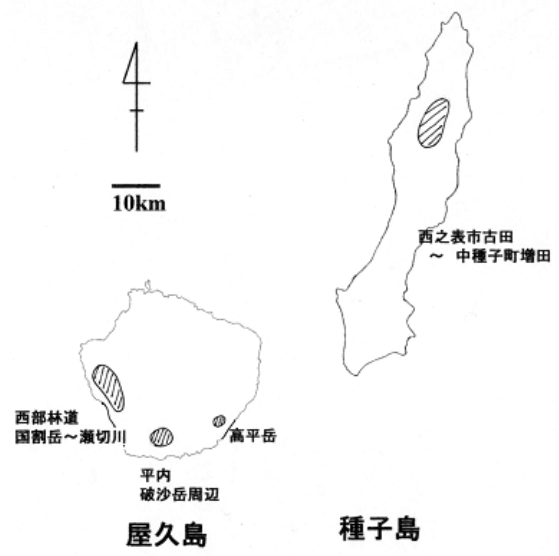


図3　屋久島・種子島のヤクタネゴヨウ自生地

(2) 種子島・屋久島のヤクタネゴヨウモニタリング調査

2007年10月22日～25日種子島・26日屋久島において松枯れモニタリング調査。これまで重点的に運び出しを行ってきた種子島の木成国有林(群落保護林)においてはマツノザイセンチュウによる枯れは年々減少し、2007年度には被害木はクロマツ1本となり、2008年9月のモニタリング調査では新しい枯れは見

写真3　松枯れ被害対策：2008年1月16日協議会後、現地視察を兼ねて、民・学・官協働で枯れたマツを自生地から運び出した。小枝まで徹底して運び出し、種子島焼の窯元で燃料となり、確実にマツノザイセンチュウの飛散を防ぐことができる。

られなかった。屋久島では高平地区に数本の枯れが見られたが、終息しつつある。全島的にクロマツの被害が続いている種子島では2008年9月にもヤクタネゴヨウのモニタリング調査を行った。

(3) 松枯れ110番

ヤクタネゴヨウ保全対策連絡協議会屋久島部会では「松枯れ110番」の取り組みを開始した。現在屋久島においては松枯れ病の急激な拡大は見られないが、点在的にクロマツの枯死があり、その枯死情報を一般住民から受付け、ザイセンチュウの有無を検査し、対処することで松枯れ病の根絶を目ざしている。

3. 民学官協働によるまるごと保全と生物多様性

民・学・官の協働によるヤクタネゴヨウの総合的な保全活動が種の保全と共に、両島の森林生態系の保全へと結びつき、貴重な自然環境の保護が図られていく。こうした活動の積み重ねを経て今年度は新たに調査隊が中心となり、その活動をさらに拡大・深化させる「屋久島生物多様性保全協議会」が発足し屋久島の生態系全体保全への取り組みを充実させていくことになった。

我が国では2008年末、「生物多様性国家戦略」が閣議決定、これを受け2009年6月「生物多様性基本法」が発令され、又2010年には日本で「生物多様性条約第10回締結国会議」が開催される等、今後生物多様性保全に対する関心の高まりと取り組みが益々注目される。生物多様性条約では生物の多様性は「生命に現れているあらゆる多様性で、種の多様性、種内の多様性生態系の多様性を含む」と定義されているがヤクタネゴヨウは絶滅危惧種としての種の貴重性、屋久島と種子島、両島間の種内の遺伝的多様性の違いそして、屋久島では世界自然遺産地域に多く自生し、屋久島の森林生態系の重要な種であるとともに、種子島ではわずかに残された原生環境のみ生き残っている等、このヤクタネゴヨウの種の保全は両島の生物多様性及び森林生態系そのものの保全に寄与するものである。

香川県産ニッポンバラタナゴの系統保存のための保護池造成

かがわタナゴ倶楽部
横井 聰・伊藤 英夫・白井 康子

The construction of refuge ponds for genetic resource preservation of *Rhodeus ocellatus kurumeus* in Kagawa prefecture

Association for Preservation of TANAGO in Kagawa
Satoru Yokoi, Hideo Ito and Yasuko Shirai

1. 目的

香川県は大阪府と並ぶニッポンバラタナゴ（絶滅危惧IA類、環境省）の重要な生息地であるが、ミトコンドリアDNAの遺伝子分析の結果から、香川県内に分布するニッポンバラタナゴは大阪の個体群とは異なるハプロタイプを持つことが明らかにされている。しかしながら、近年、生息地域へのタイリクバラタナゴの侵入が確認され、また、生息ため池の環境劣化や近年の渇水の影響などで個体数が著しい変動を繰り返しており、香川県産ニッポンバラタナゴの遺伝的多様性の減少が懸念されている。

このため、香川県のニッポンバラタナゴ個体群を保護することを目的に、系統保存のための保護池を造成する。

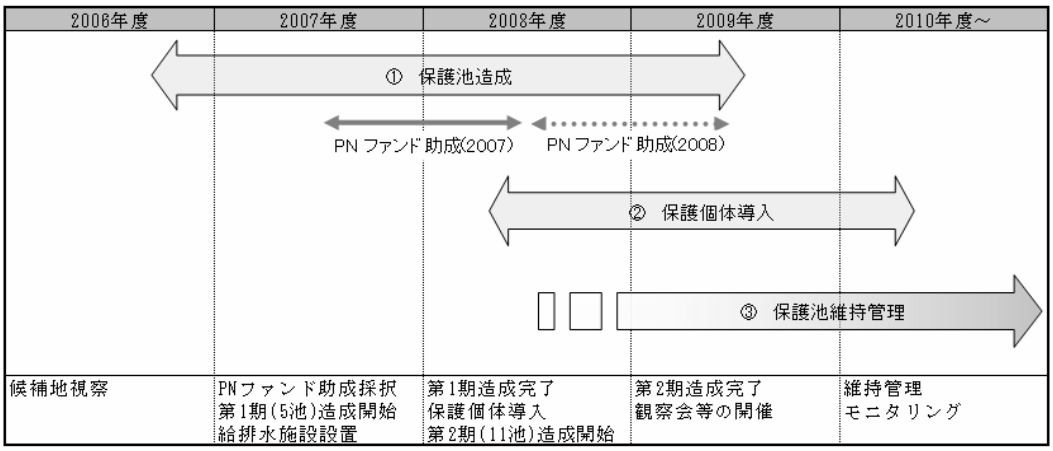
2. 事業の概要（全体計画）

会員の所有する休耕水田を活用し、ニッポンバラタナゴを原生息池の個体群毎に系統保存するための小池を造成する。小池には、ドブガイ、ヨシノボリ、水生植物等を導入し、ニッポンバラタナゴ及びドブガイが繁殖できる環境を整え、香川県の代表的な二次的自然であるため池を中心とした生態系の構築を目指す。将来的には、この保護池に生態観察の機能を持たせるなど環境教育の場として活用するほか、他の希少在来淡水魚も保護する拠点としたい。

○所在地　香川県木田郡三木町井戸字南山田（保護池用地約20ａ）

○施設の概要　水田の耕土を使って周囲に盛り土し、面積約100m^2、水深概ね50cmの小池を造成

表1　事業計画



する。水源ため池よりパイプで配水し、余水は下流ため池に放流する。

3. 第18期助成による事業実施状況

(1) 施設整備

第18期助成によって、給・排水施設、給気施設、給電施設の整備とともに5区画の保護池(ドブガイの飼養池1箇所を含む)を整備した。

(2) 保護池への放流

緊急性が高いと考えられる4池を選定し、2008年9月末までに3池より各500個体を導入した。また、ドブガイ650個体をドブガイの飼養池に導入し数週間飼養後、ニッポンバラタナゴの保護池へ各75個体を入れた。

各池には植栽として、水稲、コウホネ等の水生植物を植栽し、エコトーンの創出を図っている。

4. 保護池造成の効果及び今後の課題

保護池において個体群毎に安定的に飼養することで、原生息池における個体数の著しい変動による遺伝的多様性の減少を防ぐことができる。また、原生息池における個体数の減少の要因が生息環境の劣化によるものであれば、環境を改善した後に再放流するためのストックとすることができる。

今回の助成により、特に緊急性の高いと考えられる4池の個体群の系統保存が可能となった。しかしながら、レッドデータブック調査時に18池あったニッポンバラタナゴの原生息池のうち3池では既に絶滅し、現時点では15池が残るのみとなっている。今回の小池の整備で4池のニッポンバラタナゴの保護が可能となったが、残る生息池でも生息基盤は極めて脆弱であり、早急に系統保存のための小池を整備する必要がある。

今後は、既造成保護池の維持管理に努めるとともに、さらに新しい保護池の造成と移植を継続する。また、観察会の開催や説明板の設置などにより、香川県産ニッポンバラタナゴの保護に関する意識・啓発にも取り組むこととする。

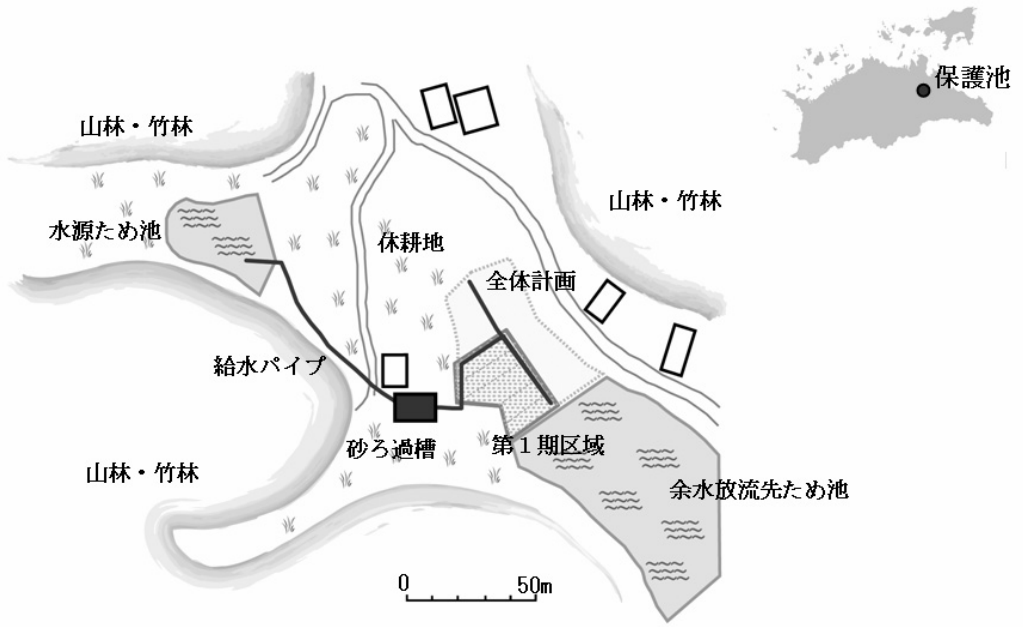


図1　保護池イメージ図

写真1-1　施設整備写真：整備後近景

写真1-2　施設整備写真：工事中

写真1-3　施設整備写真：砂ろ過施設

写真2　保護池への放流

イトウの保護

道東のイトウを守る会
田中 明子 1)

Conservation of Japanese Huchen

Party for preservation eastern Hokkaido Huchen perryi
Akiko Tanaka

2007年10月20日、別海町マルチメディア館を会場に、第6回北海道イトウ保護フォーラム2007 in 別海「風蓮川・イトウの棲む川」を開催し、別海町民他道内外から100名強の参加を得た。

川村洋司氏（北海道立水産孵化場主任研究員）による「風蓮川のイトウの現状と課題」と題する講演では、絶滅危惧種イトウの生態について図表や写真を使いわかりやすい説明が行われた。さらに自らの直近の調査により風蓮川水系7河川の産卵床数・適地数が示され、産卵床数31に対し適地数513となり、イトウの産卵環境は良いにもかかわらず、実際の産卵床が極めて少ない点について砂防ダムがイトウの遡上を阻害している現状を指摘した。北海道東部におけるイトウの生息河川は、別寒辺牛川水系と風蓮川水系にその多くを依存している現状から、一刻も早いダムの改良（スリット化）が必要であることがわかる。特に別寒辺牛川水系と風蓮川水系ではイトウの遺伝子が異なることからも、風蓮川水系のイトウ遺伝子保護が急務といえる。

第2部のパネルデスカッションでは、別海町の酪農家・漁業者も交えて、風蓮川及び風蓮湖の過去と現状が話され、道内のイトウ保護の取組報告と併せ、活発な議論が行われた。自衛隊矢臼別演習場内という特殊な環境の中、開発を免れたがゆえに、イトウの生息環境が残されたことから、今後は、イトウの再生産を阻害しているダムについて具体的対策が急がれる。同時に漁業者が危惧する土砂流出の有無を含めた科学的データの開示も必要となる。会場からの質問を含め4時間に亘るフォーラムは、国内最大の淡水魚イトウに対する認識と現状の問題点を考える機会となった。

その後、フォーラム内容を記録した報告書を作成し、別海町役場・議会・農協・漁協をはじめ、多くの方々の手に渡っている。報告書の意味もこれからの保護活動に有効に活用されるものと思われる。

又、この一年間で、計画中のダム一基は中止となり、新規計画は無い。今年7月には「風蓮川水系土砂流出対策検討委員会」第1回会合がもたれ、前年のトライベツダム同様にイトウ保護にむけた対策が打ち出される。当会としては、今後ともイトウの保護に努めていきたい。

1）北海道釧路市浦見5丁目2番4号

写真1　講演会

写真2　パネルディスカション

日本産絶滅危惧種のための飼育繁殖個体群管理セミナー

CBSG-Japan
羽山 伸一

Seminar for Conservation Practitioners: Comparative analysis of captive breeding programs for establishing self sustainable captive population of Japanese endangered species.

CBSG-Japan
Shin-ichi Hayama

1. 目的

現在、日本産野生動物のうち、哺乳類で約4割、鳥類で約2割にのぼる種が環境省のレッドリスト(絶滅のおそれのある野生動植物種のリスト)に掲載され、危機的な状況にある。このような野生動物の絶滅回避は急務であり、その保護・回復は可能な限り本来の生息地域内で、はかられるべきである。しかし、すでに野生下で絶滅したトキやコウノトリなどでは、生息域外(飼育下)での保護増殖に頼らざるを得ないのが現状で、今後もこうした野生動物種は増加していくと見られる

日本の野生動物保全の現場では絶滅危惧種の野生復帰(再導入)の計画がいくつか挙がっているが、その適切な実施のためには以下の研究課題が残されている。

(1)野生復帰に関わる技術的手法
(2)生息地再生のための野生復帰のあり方の検討
(3)日本産絶滅危惧種の回復に関する法制度

そこで、本活動では、「野生復帰に関わる技術的手法」検討の一環として、飼育下繁殖が進められている国内種(ツシマヤマネコ、アカガシラカラスバト、コウノトリ、トキ、ヤンバルクイナ)について、実際の現場の個体群管理担当者を対象にした世界的な専門家を招聘したセミナーを開催し、個体群分析を行うことにで、長期維持が可能な飼育下個体群の管理のあり方について検討を行う。

2. 活動内容

独自のワークショッププロセスとツールキットを開発し、行動計画策定に実績のあるIUCN/SSC/CBSGの専門家を招聘し、野生動物保全のための飼育下繁殖個体群管理手法やCBSGワークショッププロセスを習得するセミナーを開催する。

セミナーには、ツシマヤマネコ、コウノトリ、トキ、アカガシラカラスバト、ヤンバルクイナの飼育下繁殖の現場に関わる関係者を集め、実際の対象種の飼育下個体群分析を行なう。この試み自体、わが国の絶滅危惧種で初めてのものとなる。

このセミナーを通じて、既存の飼育下における個体群分析を行うことで、分析結果そのものが直接現場に役立つものである、同時に、今後、将来的に飼育下繁殖を始めなければならない種のためにもメリットが大きい。また、PM2000による個体群管理方法は教科書などでは紹介されているが、現場では実際に専門家から教えを受ける機会は簡単に得られるものではなく、飼育繁殖施設の実務に携わっている人材の教育は非常に効果が高いものと期待できる。

長野県飯田市のハナノキが生育する湿地における モニタリングコースの保全

はなのき友の会
北澤 あさ子・蛭間 啓・中津 頼照・永田 昌弘・永田 美香
明石 浩司・岡 和宣・大田 守泰・大田 秀子・栗原 洋子・木下 あかき
仁木 洋子・下原 恒男・田中 雅子・三輪 千晶・黒住 芳治
米山 富和・米山 妙子・香山 幸子・片桐 一樹
石井 美久・石井 佳代子 ほか

Conservation of Trail which is Used for Monitoring about Ecosystem in Wetlands, Natural Habitats of Japanese Red Maple in Iida, Ngano Prefecture.

Japanese Red Maple Conservation Group
Asako Kitazawa, Akira Hiruma, Yoriteru Nakatsu, Masahiro Nagata, Mika Nagata,
Kouji Akashi, Kazunori Oka, Moriyasu Ota, Hideko Ota, Youko Kurihara, Akaki Kinoshita,
Youko Niki, Tsuneo Shimohara, Masako Tanaka, Chiaki Miwa, Yoshiharu Kurosumi,
Tomikazu Yoneyama, Taeko Yoneyama, Sachiko Kayama, Kazuki Katagiri,
Yoshihisa Ishii, Kayoko Ishii, etc.

1. 目的

飯田市竹佐・箱川のハナノキ自生地では、2007年度より当グループによる植物相・鳥類相のモニタリング調査が開始された。植物相に関しては、月に1度のペースで今後100年間にわたって調査を行っている。この調査は、毎回10～20名の市民ボランティアが参加する大変活発なものとなっている。その反面、懸念されるのがハナノキ自生地への調査圧である。自然保護活動を行いながら自然を破壊してしまうことは起こりうる話であり、この問題は本モニタリング調査の浮沈のカギを握るものと考えられた。本活動はその対策として、調査コースの必要箇所に自らの手で木道を敷設することを目的とした。本保全活動は、自然保護活動を行う市民自身が、自らの活動がおよぼす自生地への影響を事前に予測し、自らの手で早急な対応をとろうとする中で計画されたものである。

2. 方法

木道の敷設は、すでに存在する歩道の中で、踏み荒らしが懸念されるぬかるみを選定して行った。活動リーダーの永田昌弘氏による木道敷設計画に沿い、はなのき友の会会員の協力を得て木道の作成・敷設を行った。(1)周辺地域の財産区より伐採許可得て木材を伐出した。(2)伐出木の皮むき、製材を行った。(3)組み立て、敷設を行った。木道作成には主にスギ、ヒノキ材を使用した。木道の枕木には、クリ材を使用した。

また歩行による浸食が懸念される調査コースの急傾斜部に階段を設置した。

3. 結果

木道は0.6m×50m×1ヶ所、0.6m×4.5m×1ヶ所、0.6m×2m×2ヶ所、0.6m×3m×1ヶ所敷設した。

調査コースの急傾斜部に、約10mの階段を設置した。

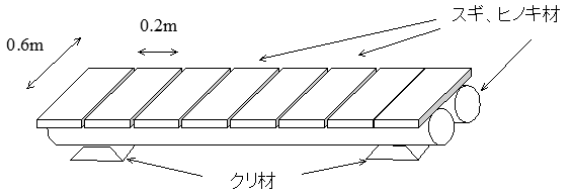


図1　木道の基本構造

4. 考察

友の会会員の積極的な協力を得て、作業は順調に進行した。自生地を覆って林床を暗くしているスギ植栽木を材として伐採したため、林床環境も明るくなり、保全作業としては一石二鳥だった。

周囲の環境への作業の影響も最小限におさえることができ、木道の周囲は緑被がひろがった。これまでの踏圧から解放された部分は、湿原植生が回復するであろう。

作業の順調な流れの裏には、地元会員の先導、便宜、作業の後の炊き出し会といったレクリエーションの存在があった。

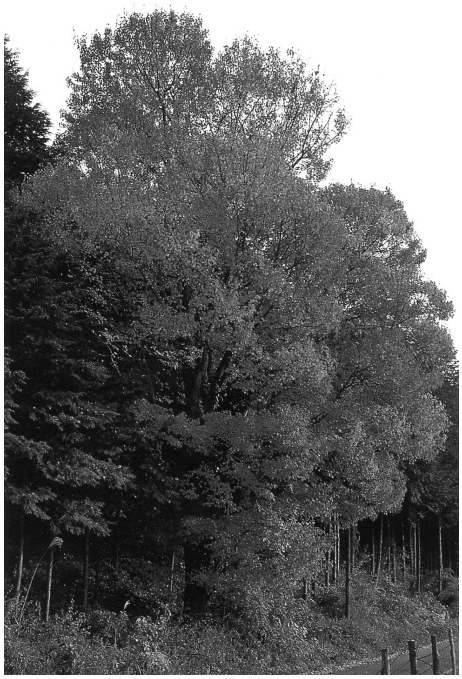


写真1　ハナノキの紅葉

写真2　木道設置前のぬかるみ

写真3　木材の伐出

写真4　皮むき作業

写真5　木道敷設

写真6　完成した木道

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

ツシマヤマネコ交通事故対策チームによる動物交通事故監視活動

ツシマヤマネコ交通事故対策チーム
杉谷 篤志[1)]・山本 英恵[1)]・前田 剛[1)]

Monitoring of Animal Car Kills in Tsushima, the only habitat of the Tsushima Leopard Cat

Tsushima leopard cat's roadkills preventing team
Atsushi Sugitani, Hanae Yamamoto and Tsuyoshi Maeda

1. はじめに

ツシマヤマネコは、長崎県対馬にのみ生息する小型のネコ科哺乳類である。生息数は約80～110頭（環境省 2005）と推定され、環境省のレッドデータブックでは1A類に分類されている。日本の哺乳動物の中で最も絶滅の可能性が高い種の一つである。成獣の大きさはイエネコとほぼ同じで、ネズミやモグラなど小型哺乳類や鳥類、爬虫類、両生類、昆虫などを餌としている。対馬市の面積の約9割を占める森林や、水辺や農地を主な生息環境としている。

ツシマヤマネコの個体数減少の要因には、生息環境の悪化や、外来種（イエネコ）との生息地や食物の競合・感染症の影響、ワナによる錯誤捕獲など様々な問題が指摘されているが、中でも、平均で毎年5頭が犠牲になる交通事故は、死亡率も高くツシマヤマネコの個体群への影響が大きいと推定されている。記録の開始された1992年から2008年9月末までに48件の交通事故が確認され、うち41頭が死亡した。交通事故が個体群に与える影響については、2006年1月に対馬市で開催された「ツシマヤマネコ保全計画づくり国際ワークショップ」においてシミュレーションモデルによって検討され、毎年発生する交通事故による死亡を1頭でも防止することができれば、100年後の絶滅確率を大きく下げることが可能であると示されている。

ツシマヤマネコの交通事故防止のために、環境省ではツシマヤマネコの交通事故が発生した場合、詳細な現場検証を実施し、事故の原因究明と再発防止のためのデータを収集している。また、長崎県や対馬市と協力してドライバーに安全運転を呼びかける活動を行っている。しかし、ヤマネコの生息域は広く、年間の事故件数は限られるため、どんな場所で事故が起きやすいのかを予測した上で対策を行うことは難しく、ツシマヤマネコの交通事故対策を困難なものにしている。

2. 目的

対馬市の路上では、ツシマヤマネコに限らずツシマテンやイエネコ、チョウセンイタチなどの交通事故が頻発している。これを記録し、分析することにより、動物の交通事故が起こりやすい地点・条件を求め、ツシマヤマネコをはじめとする対馬市に生息する動物たちの事故防止策に役立てることを目的とする。

3. 調査期間

2007年10月から2008年9月までの1年間。

1）NPO法人どうぶつ達の病院　対馬プロジェクト　〒817-1602 長崎県対馬市上県町佐須奈甲642-2

4. 方法

ツシマヤマネコ交通事故対策チームは、メンバーが日常生活の中で遭遇した動物の交通事故情報を集め、日時・場所・動物種・その他の状況などを記録した。可能な場合は死体を回収して、性別・体重・成獣または亜成獣の区別・栄養状態・外傷の有無や位置を調べた。さらに、株式会社地域環境計画の協力を得て、交通事故の発生した地点の位置情報をGIS化し、ツシマヤマネコの交通事故発生地点と比較した。

5. 結果

2007年10月～2008年9月末までに、イエネコ44頭、ツシマテン64頭、チョウセンイタチ2頭、イヌ3頭の交通死亡事故を記録。イエネコ9頭、ツシマテン13頭、チョウセンイタチ2頭については、回収し計測などを実施した(図1)。

また、過去に発生したツシマヤマネコの交通事故とほぼ同地点でイエネコやツシマテンの交通事故が発生した7地点において現場検証を実施し、考えられる事故の要因を比較し、2008年2月に開催された第7回「野生生物と交通」研究発表会において成果を発表した。

今回の調査により、季節や動物種による事故の傾向を見いだすには到らなかったが、不特定多数のイエネコに餌付する家の周囲ではイエネコの交通事故が多いことが確認された。メンバーが、交通事故の発生しやすい地点を認識したことも、交通事故対策における普及啓発となった。また、対策チームの集めた事故情報は、環境省の「ツシマヤマネコ交通事故ハザードマップ」作成の際に活用を検討されたが今回は見送られた。今後の活動により、他種ほ乳類の交通事故データが蓄積された場合には、下島におけるツシマヤマネコにとって危険な道路区間を予測する際に活用される可能性がある。

さらに、ツシマヤマネコ以外の動物たちの交通事故を記録することで、事故の予防対策に役立てられるという見通しを立てることができたこと、市民参加型の、ツシマヤマネコを含む野生動物の交通事故モニタリング体制のモデルを確立したことは成果であった。

6. 考察

対馬の路上で数多く発生し、見過ごされてきたツシマヤマネコ以外の動物たちの交通事故を記録することで、ツシマヤマネコをはじめとする動物たちが交通事故に遭いやすい場所や道路の条件を抽出し、事故の予防対策に役立てられるという見通しを立てることができた。この活動は、市民は誰でも参加できることが特性である。それぞれが事故を記録することで、事故が起きやすい場所の認識にもつながった。

7. 今後の課題

1年間の活動を通して、回収率、調査の精度および情報の分析が課題であることが分かった。

回収率については、一般市民では死体に触れることに抵抗を感じる場合が多く、また、死体を計測できる場所に運ぶまで一時的に保存する場所がなく、回収したくても断念せざるを得ないことが多かった。

また、定期的な巡回などによる記録ではないので、年間や季節による事故の発生数・動物種・性別などの比較はできなかった。しかし、今後調査を積み重ねていくことで、何らかの傾向が見いだせるようになる可能性はある。イエネコの事故は集落内で発生する割合が高く、飼育方法を飼い主に指導することで、交通事故を減らすことができるのではないかと考えている。

さらに、情報の収集は現地市民のみで実施可能だが、データの解析や今後の調査手法の検討などの面で、大学など専門機関と連携することができれば、ツシマヤマネコの交通事故防止に応用する上で有益であると思われる。

8. 謝辞

ツシマヤマネコの交通事故地点に関する情報を提供いただいた環境省対馬野生生物保護センターと、事故地点のGIS情報のまとめに協力してくださった株式会社地域環境計画、また、このような機会を与えてくださったプロ・ナトゥーラ・ファンドに、心から感謝申し上げます。

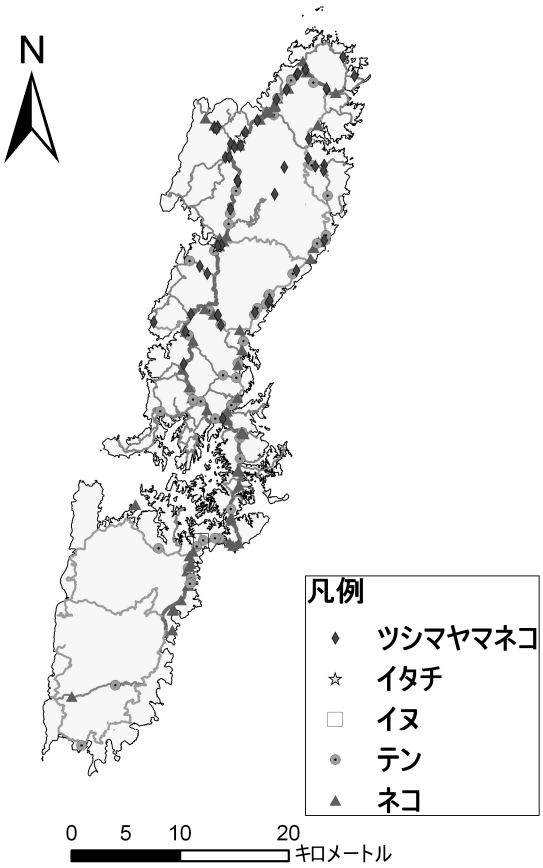


図1　ツシマヤマネコと他種哺乳類交通事故発生地点
ツシマヤマネコの事故地点は1992年からのもの。

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

中部山岳国立公園立山地区の自然保護に関する利用者の意識調査

富山県地方自治研究センター環境部会
加藤 輝隆・石川 孝一・坂 幸夫・前田 清一
小川 亘・砂田 登代嗣・竹川 愼吾

Public Response of the Visitors in Mt. Tateyama Area, Chubu Sangaku National Park, to Nature Conservation

Environmental Section, The Institute for Public Policy in Toyama Prefecture
Terutaka Katoh, Ko-ichi Ishikawa, Yukio Saka, Sei-ichi Maeda,
Wataru Ogawa, Toyoshi Sunada and Shingo Takekawa

1. はじめに

立山有料道路は自家用車の乗入れを前提として完成したが、幅広い県民運動を背景として1970年代初頭に全国初の「マイカー全面規制」が実施された。この有料道路は、巨額の赤字を抱えて償還期限を間近に控えている。一部には、これを機にマイカー規制を撤廃しようとの動きもあり、渋滞や高山植物の盗掘などが懸念されている。そこでアンケート調査にもとづいて、入山者の利用実態別に道路利用料、入山料などの支払い意思や自然保護に関する意識を調査し、今後の当該地域の自然保護に関する基礎資料を得ることを目的として調査が企画された。

マイカー乗入れ規制は立山を先例として、その後、上高地や乗鞍スカイラインでも実施されてきた。マイカー乗入れ規制の意味が再び、原点である立山連峰で確認されることが期待される。

2. 調査方法

(1) アンケート調査

アンケート調査は入山者の多い室堂地区を中心として天狗平～室堂平～雷鳥沢～一ノ越間の視点場、登山道、野営場などで2007年の秋、2008年の春、夏の3回にわたって対面調査により実施した。また、山小屋に協力を依頼して留め置き調査も実施し、郵送などにより回収した。山小屋については、交通の便が良く、登山者、観光客やスキーヤー、スノーボーダーなどの利用が多い室堂平・天狗平地区のほか、アプローチが長く本格的な登山者が利用する奥地の山小屋にも協力を依頼した。山小屋での留め置き調査では対面調査と異なり、ランダムサンプリングではなく、問題意識を持った人が回答する可能性が高いので解析は別に行った。

なお、2007年の夏にはアンケート票を検証するための予備調査を美女平～弥陀ヶ原～室堂平～雷鳥沢～一ノ越～浄土山～五色ヶ原間で実施した。予備調査を利用できる項目については、その結果を含めて解析した。

アンケート票は21の設問からなっており、主な項目は以下の通りである。

- 立山地区の滞在日数と主な目的地
- 国立公園入山料導入の是非
- 入山料としての支払い意思(金額)
- 入山料の用途
- 国立公園の維持管理体制
- 立山有料道路のマイカー規制継続の是非
- 立山有料道路が一般県道化した場合の維持管理費について(支払い意思)

(2) 質的データの数値化

立山有料道路と乗鞍スカイラインのマイカー乗り入れ禁止や有料道路の償還期限について、知ってい

る場合には「1」、知らない場合には「0」とし、4項目の合計を「情報スコア」とした(設問11～14)。また、立山有料道路のマイカー乗り入れ規制が解除された場合に懸念される影響について「問題なし」を「0」、「多少心配」を「1」、「大変心配」を「2」とし、3項目の合計を「心配スコア」とした(設問15～17)。さらに、立山有料道路が償還期限を迎えて一般県道となった場合のマイカー規制について尋ねた設問18では、「従来どおり全面規制」を「2」、「閑散期限定解除」を「1」、「全面解除」を「0」として集計した。

3. 結果と考察（対面調査分）

(1) 対象者の属性

解析対象者(1,278名)の居住地は北海道から九州までの1都1道2府34県にまたがり、岩手、山形、島根、高知、佐賀、熊本、宮崎、鹿児島、沖縄の各県を除く全国各地に分布していた。年齢階級別では50歳代が29.6%と最も多く、60歳代、40歳代が続き、40～60歳代で66.1%を占めた。性別では男性51.9%、女性48.1%と大きな偏りはない。「家族連れ」が31.2%、「団体」が37.5%であった。

(2) 入山料の支払い意思

「入山料の導入」については28.1%が「当然」と答えており、「止むを得ない」の49.0%と合わせると約77%が導入に肯定的である。「従来通り、国や地元自治体が費用負担すべき」との回答は20.7%に過ぎない。入山料の支払い意思(金額)の平均値は600円(男性625円、女性573円)であり、75%値は700円となった。金額としては500円(43.3%)が最も多く、300円(28.7%)と合わせると72%になる。次に多いのが1,000円(17.0%)であり、3,000円以上(1.0%)を含め、1,500円以上の支払い意思を示したのは3.4%である。「入山料の用途」では公衆トイレ整備(33.7%)と登山道整備(28.2%)の要望が大きく、レンジャー増員(13.8%)、自然解説板整備(9.8%)、自然解説員の養成(6.7%)が続いた。

「入山料」の支払い意思(金額)と各種の要因との関連性を検討したところ、立山地域の滞在日数の寄与が大きいことが示唆された。滞在日数が2日以下では75%値が700円であるのに対し、3日以上では1,000円となった。入山料支払い意思の平均値で見ると、滞在日数が1日以下では583円であるが、「2日」、「3日」、「4日以上」の群ではそれぞれ614円、715円、938円となった(表1)。

また、入山料の支払い意思(金額)の75%値は大部分の年齢階級で700円となったが、家族連れで入山する割合が多い30～40歳代では500円であった(表2)。

入山料支払い意思(金額)の平均値は「情報スコア」が「0点」の群では552円であるのに対し,「1点」～「3点」では約600円、「4点」では743円となっている。75%値については、それぞれ500円、700円、1,000円であった(表3)。

表1　立山地域の滞在日数別入山料支払い意思

は75%値の階級

入山料支払い意思	0.5日	1日	2日	3日	4日～	全体
300 円	30.8 %	28.6 %	24.8 %	21.2 %	21.9 %	28.7 %
500 円	42.9	44.5	49.0	36.5	21.9	43.4
700 円	8.3	7.6	3.8	3.8	6.3	7.2
1,000 円	14.9	16.5	18.5	28.8	37.5	17.0
1,500 円	0.8	0.6	1.3	7.7	0.0	1.1
2,000 円	1.1	2.0	1.3	1.9	3.1	1.5
3,000 円	1.1	0.3	1.3	0.0	9.4	1.1
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100
平均金額	583 円	583 円	614 円	715 円	938 円	609.96 円
合計人数	617 人	357 人	157 人	52 人	32 人	1,215 人

表2　年齢階級別の入山料支払い意思

は75%値の階級

入山料支払い意思	10代	20代	30代	40代	50代	60代	70代～	全体
300 円	40.8 %	27.6 %	38.9 %	23.3 %	30.7 %	25.6 %	16.7 %	28.8 %
500 円	26.5	46.7	36.3	52.4	42.1	41.1	51.7	43.3
700 円	14.3	12.5	9.7	3.7	6.3	6.1	6.7	7.4
1,000 円	12.2	10.5	11.1	15.9	18.9	22.8	20.0	17.0
1,500 円	0.0	0.7	0.7	1.1	0.6	2.4	0.0	1.0
2,000 円	0.0	2.0	2.1	2.1	0.9	1.2	3.3	1.5
3,000 円	6.1	0.0	0.7	1.6	0.6	0.8	1.7	1.0
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均金額	661 円	559 円	553 円	622 円	579 円	638 円	672 円	600 円
合計人数	49 人	152 人	144 人	189 人	349 人	246 人	60 人	1,189 人

表3　情報スコア別の入山料支払い意思

は75%値の階級

入山料支払い意思	0点	1点	2点	3点	4点	全体
300 円	30.6 %	32.5 %	27.0 %	25.4 %	11.9 %	28.6 %
500 円	49.0	38.3	44.4	45.9	54.8	43.5
700 円	7.0	8.2	8.8	4.8	2.4	7.2
1,000 円	10.8	16.4	17.6	22.0	19.0	17.1
1,500 円	0.0	1.6	0.8	1.0	2.4	1.1
2,000 円	1.9	2.1	0.3	0.5	9.5	1.5
3,000 円	0.6	0.9	1.7	1.0	0.0	1.1
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均金額	552 円	604 円	604 円	609 円	743 円	603 円
合計人数	157 人	428 人	363 人	209 人	42 人	1199 人

(3) 道路維持管理費の支払い意思

立山有料道路が一般県道化された場合を想定して、道路維持管理費の支払い意思を尋ねたところ、平均値は786円(男性803円、女性763円)であった。道路維持管理費支払い意思の75%値は性別や年代に関わらず、いずれも1,000円となった。この金額は現在の立山有料道路を大型観光バスで利用した場合の1人当たりの通行料金に相当する。

一般県道化された場合の道路の維持管理費支払い意思(金額)と各種の要因との関連性を検討したところ、「情報スコア」や「心配スコア」が大きい群ほど支払い意思が大きいという傾向が示された(表4、表5)。

「情報スコア」別に見ると維持管理費支払い意思(金額)の平均値は789円であるが、スコアが「0点」では692円、「4点」では865円であり、「3点」を除けば「情報スコア」が大きい群ほど支払い意思が大きい。維持管理費支払い意思の75%値はいずれの群も1,000円であるが、50%値で見ると「情報スコア」が「0点」と「1点」で500円、「2点」と「3点」で700円、「4点」で1,000円であり、「情報スコア」が大きい群ほど支払い意思が大きい(表4)。

表4　情報スコア別の道路維持費支払い意思

□は50%値の階級

維持費支払い意思	0点	1点	2点	3点	4点	全体
300 円	22.9 %	22.5 %	15.9 %	18.2 %	12.5 %	19.5 %
500 円	37.9	28.4	32.7	30.1	27.5	31.2
700 円	12.4	9.9	9.6	5.3	7.5	9.2
1,000 円	19.6	29.1	30.8	38.3	40.0	30.4
1,500 円	2.6	4.5	4.7	2.4	2.5	3.9
2,000 円	2.6	1.4	3.6	2.9	10.0	2.8
3,000 円	2.0	4.2	2.7	2.9	0.0	3.1
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均金額	692 円	792 円	810 円	804 円	865 円	789 円
合計人数	153 人	426 人	364 人	209 人	40 人	1,192 人

表5　心配スコア別の道路維持費支払い意思

□は75%値の階級

維持費支払い意思	0点	1点	2点	3点	4点	5点	6点	全体
300 円	75.0 %	30.0 %	26.7 %	25.0 %	24.0 %	14.9 %	18.1 %	19.3 %
500 円	25.0	50.0	46.7	30.4	30.8	37.6	29.2	31.3
700 円	0.0	0.0	13.3	12.5	9.6	10.3	8.6	9.3
1,000 円	0.0	20.0	6.7	27.7	28.8	26.3	33.4	30.4
1,500 円	0.0	0.0	0.0	2.7	2.1	4.1	4.5	3.8
2,000 円	0.0	0.0	0.0	0.9	2.7	4.1	2.8	2.8
3,000 円	0.0	0.0	6.7	0.9	2.1	3.6	3.3	3.0
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
平均金額	350 円	540 円	673 円	676 円	728 円	810 円	818 円	787 円
合計人数	4 人	10 人	15 人	112 人	146 人	194 人	718 人	1,199 人

「心配スコア」別に見ると全体の平均金額は787円であるが、「0点」では350円、「6点」では818円であり、「心配スコア」が大きい群ほど支払い意思が大きい。支払い意思の75%値は「心配スコア」が「0点」で300円、「1点」で500円、「2点」で700円、「3点」～「6点」では1,000円であり、「心配スコア」が大きい群ほど支払い意思が大きい(表5)。

(4) マイカー乗入れ規制

立山地域で行われているマイカー乗入れ全面規制については83.7%が知っている。一方、2012年に立山有料道路の償還期限が切れることを知っているのは5.6%のみであった。

マイカー規制が解除されたと仮定した場合に懸念される問題点として「排ガスによる樹木の衰退」、「交通事故の多発」、「高山植物の盗掘」を取り上げた設問では、それぞれ74.7%、70.3%、81.3%の人が「大変心配」と回答し、23.5%、26.8%、17.6%の人が「多少心配」と答えた。「問題はない」との回答は、それぞれ1.7%、2.9%、1.1%に過ぎない。富山県条例を改正しない限り、2013年以降は一般県道となる現在の立山有料道路のマイカー規制継続について、「全面規制」、「閑散期に限り規制解除」、「全面解除」の選択肢を用意したところ、男女ともに約80%が「全面規制」、約16%が「閑散期限定解除」と回答し、「全面解除」は2%に過ぎなかった。居住地のブロック別でも「全面規制」が75～85%、「全面解除」が1～3%と同様の傾向を示した。

写真1　アンケート票の準備作業(美女平駅構内)

さらに、入山目的別に集計しても、観光、自然観察、登山、スキー、スノーボードの各群で「全面規制」が75～82％を占めた。なお、入山回数別に解析すると、初回、2回目、3～4回目では「全面規制」は約75％であるのに対し、5回目以上のリピーターは88％と「全面規制」を強く支持していることが示された。この点と関連する可能性も高いが、「全面規制」を支持するのは10歳代の約59％、20～30歳代の約73％に対し、40歳代以上では84～85％を占めた。

富山県内居住者に限って集計すると、「全面規制」は10～30歳代の70～76％に対し、40歳代以上では各年齢階級で90％を超え、60歳代以上では約96％と圧倒的多数が「全面規制」を支持している。アルペンルート開通前に歩いて登った経験を持つ世代や30数年前のマイカー規制を求める県民の動きを知る世代で「全面規制」が高く支持されていることが考えられた。

写真2　室堂ターミナル付近でアンケート調査

写真3　立山の主峰、雄山を背景にアンケート調査

マイカー乗入れの「全面規制」を支持する割合は「情報スコア」が「0点」では66％だが、「1点」以上ではいずれも80％を超えており、「情報スコア」が「3点」および「4点」では89％が「全面規制」を支持している(表6)。なお、「情報スコア」が「1点」の人の大部分が「立山有料道路のマイカー乗入規制」の項目で得点していることから、現在のマイカー規制の意義を知っていることが従来どおりの「全面規制」を支持する要因となっていることが考えられる。

「心配スコア」との関連で見ると、「全面規制」は全体では82％であるが、「心配スコア」が2点以下の48％に対し、「6点」では92％が「全面規制」を支持している(表7)。これらのことより、立山有料道路や乗鞍スカイラインのマイカー規制について詳しく知っている人ほど、マイカー規制を解除した場合の影響を危惧しており、結果的に現状どおりの「全面規制」を強く支持する傾向があるといえる。

表6　マイカー規制に関する意識と情報スコア

情報スコア	0点	1点	2点	3点	4点	全体
全面規制	66 %	82 %	84 %	89 %	89 %	82 %
開歓期限定	31	16	15	10	7	16
全面解除	3	2	1	1	4	2
合 計	100	100	100	100	100	100
合計人数	159 人	437 人	375 人	221 人	45 人	1,237 人

表7　マイカー規制に関する意識と心配スコア

心配スコア	0～2点	3点	4点	5点	6点	全体
全面規制	48 %	55 %	65 %	78 %	92 %	82 %
開歓期限定	44	39	33	21	7	16
全面解除	7	6	1	1	1	2
合 計	100	100	100	100	100	100
合計人数	27 人	113 人	150 人	201 人	750 人	1,241 人

4. まとめ

今回の調査によって、「道路維持管理費」の支払い意思が「情報スコア」や「心配スコア」と密接に関連していることが示された。これは自然保護上の問題点を多く認識している人ほど立山の将来に危機感を持っており、道路の維持管理のための費用負担について肯定的であるということを示している。また、このような人はマイカー乗り入れの全面規制を強く支持している。また、入山料の負担についても「情報スコア」の大きな人ほど肯定的な傾向が示された。

したがって、将来、中部山岳国立公園立山地区の利用者から「入山料」や「道路維持管理費」を徴収することを前提とした場合には、自然保護に関する種々の情報を利用者へ的確に伝えていくことが重要である。

「入山料」の使途については公衆トイレ整備(33.7%)と登山道整備(28.2%)の要望が大きいが、設置場所や整備の方法については自然保護上の問題を十分に検討する必要がある。レンジャー増員(13.8%)、自然解説板整備(9.8%)、自然解説員の養成(6.7%)の要望は低いが、利用者に対して積極的に情報発信を行うためには重要な部分であり、重点的な配分が必要である。

なお、親子で入山することの多い30～40歳代は入山料に対する負担感が大きいことから、入山料徴収に対して理解を得るには家族割引制度や年間割引制度などの導入が望まれる。

立山有料道路の維持管理費は除雪費用も含めると年間約2億円に達している。有料道路の償還期限終了後、一般県道として維持管理すれば、富山県民の負担が相対的に大きくなる。公平性を担保する上でも利用者に何らかの経済的な負担を求めるのが妥当であろう。道路整備特別措置法では維持管理に多額の費用を要する道路の特例として「維持管理有料制度」が規定されており、山岳道路では山梨県道路公社の富士山有料道路(富士スバルライン)が適用を受けている。また、岐阜県の乗鞍スカイラインでは通行料に替えて環境保全税を徴収している。立山有料道路の償還期限が近づいた今、将来の維持管理費の負担について、方向性を見極め、利用者に対して早めに情報を発信しておくことで通行料あるいは環境保全税に対する理解が得られであろう。

謝辞

この調査はアンケートに答えていただいた約1,400名の立山地域入山者の皆様のご協力によって成り立ちました。帰りのバス時間が迫る中で記入していただいた方もありました。積極的なご協力に感謝いたします。立山黒部貫光株式会社ならびに富山県立山自然保護センターの皆様には荒天時の対応などでご配慮いただきました。天狗平山荘、立山室堂山荘、一の越山荘、五色が原山荘、奥黒部ヒュッテの皆様には留置法によるアンケート調査でお世話になりました。さまざまな形で調査にご協力いただいた皆様に深謝いたします。

写真4　アンケート調査風景(室堂平)

日本語版造礁サンゴ同定マニュアルの作成

沖縄リーフチェック研究会
安部 真理子・井口 亮

Publication of Japanese Coral Identification Manual

Okinawa Reefcheck & Research Group
Mariko Abe and Akira Iguchi

1. 活動の背景

現在、世界的に危機に瀕しているサンゴ礁の健全度を測ることを目的とする、リーフチェックの調査における重要な測定項目の一つはサンゴの被度であるが、現在の測定項目は「サンゴ」という一つの基準のみで取り上げられ、その種あるいは属の組成などの情報は反映されない形となっている。実際のサンゴ群集の変遷を正確に把握するためには、出来る限り種あるいは属の組成も把握することが理想的である。そのためには、フィールドでのサンゴの同定をできるスキルが必要となる。サンゴの同定資料として頻繁に用いられるのは、「日本の造礁サンゴ類」（西平守孝・Veron JEN）“Corals of the World”（Veron JEN）や、“Staghorn Corals of the World”（Wallace CC）などがある。これらの図鑑は同定の資料として非常に有益である一方で、その情報の多さから、しばしば重要な同定のポイントが分かりづらい場合がある。

2. 活動の目的

上記の問題点を解決すべく、オーストラリアのサンゴ研究者であるZoe Richard氏（James Cook University）、Carden Wallace博士（Tropical Queensland Museum）、Bette Willis博士（James Cook University）は、2007年に従来の図鑑よりポイントを絞ってサンゴの同定を行ないやすいサンゴ同定マニュアル、“Coral Identification Training Manual Version 1”を作成した（写真1）。今回の活動では、このサンゴ同定マニュアルを日本語に翻訳し、国内のサンゴ同定のスキルの向上に役立てることを目的とした。

3. 活動の結果

沖縄県に在住するサンゴ研究者ら8人の協力を得て、約半年の時間をかけて英語版サンゴ同定マニュアルの翻訳を完了した（写真2）。そして平行して、属

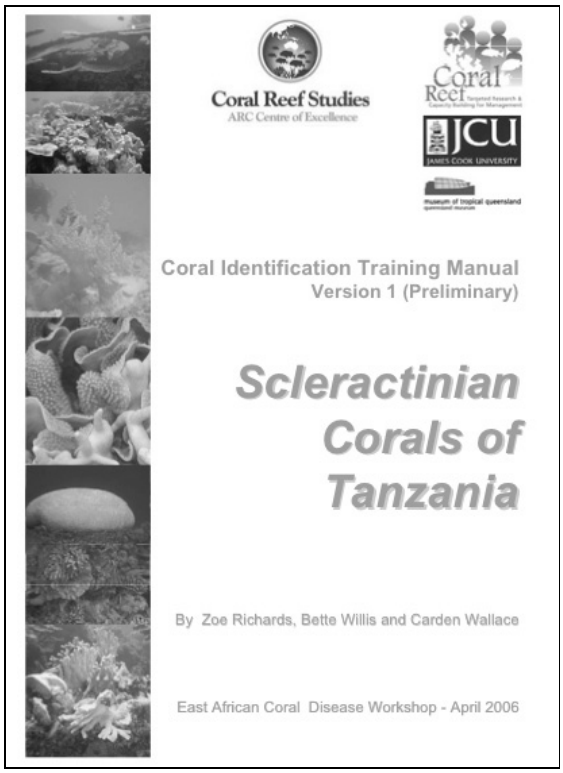


写真1　英語版サンゴ同定マニュアル

レベルでのサンゴ同定を目的とした簡易版マニュアルの原稿も作成した。さらに外部の識者2人に原稿の添削をして頂き、元原稿への反映を行なった。これらの原稿を基に、サンゴの写真を盛り込んだサンゴ同定マニュアルを作成し、オリジナル版(全48ページ)と簡易版(全8ページ)の両方、それぞれ200部、300部の印刷を行なった。また、簡易版マニュアルを用いた勉強会を、那覇NPO活動支援センターにて行なった(写真3)。来年春の大潮の最干潮時に、サンゴ同定マニュアルを用いたフィールドでの実習を行なうことを計画しており、そのための下見を沖縄島の大度海岸で行なった。

4. 今後の方向性

今後は、マニュアルを用いた野外(大度海岸、前田岬など)での実習や、多くのサンゴ骨格が保管されている琉球大学風樹館での実習を行なっていきたい。また、サンゴ同定マニュアルを、ダイバーから研究者まで幅広く配布し、サンゴ同定マニュアル利用者からのコメントを反映させ、沖縄周辺のサンゴの写真を盛り込み、より有用なサンゴ同定マニュアルへと発展させたい。

謝辞

本マニュアルの翻訳を許可して頂いたJames Cook UniversityのZoe Richards氏、Bette Willis博士、Tropical Queensland MuseumのCarden Wallace博士に感謝の意を申し上げます。また本マニュアルの写真の使用を許可して頂いたJohn E. N. Veron博士に感謝の意を示します。また、本マニュアルの校閲を行なって頂いた有限会社海遊の吉田稔様、有限会社コーラルクエストの岡地賢様にこの場を借りて厚くお礼申し上げます。また、本活動の助成を行なって頂いたPRO NATURA FUNDに心からお礼申し上げます。

写真2　研究会メンバーによる翻訳作業の様子

写真3　マニュアルを用いた勉強会の様子

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

林床植物の生活史研究を基礎とした低地林保護のための環境教育プログラムの開発

子供達に身近な自然の大切さを伝える会
大原 雅・山下 純一・杉本 新一・辻田 英昭・山岸 洋貴
荒木 希和子・久保田 渉誠・石崎 智美・加藤 優希・吉間 綾子
西澤 美幸・大松 ちひろ・新 江梨佳・河田 里紗

Development of environmental education program based on life history studies of woodland herbs and conservation of lowland forests.

The Society for Teaching the Importance of Nature to Children
Masashi Ohara, Junichi Yamashita, Shinichi Sugimoto, Hideaki Tsujita, Hiroki Yamagishi,
Kiwako Araki, Shosei Kubota, Satomi Ishizaki, Yuuki Kato, Ayako Yoshima,
Miyuki Nishizawa, Chihiro Omatsu, Erika Atarashi and Risa Kawata

1. 研究の背景と目的

近年、希少野生生物や外来種の侵入に関する保全の意識は非常に高まってきている。しかし、その一方で、身近にある自然が長期的に絶滅の危機にさらされていることはまだ十分認識されていない。そこで、本研究は、これまで研究レベルで得られた林床植物の生活史（生き方）をわかりやすく地域住民（特に、次世代を担う子供達）に解説し、理解してもらう。そして、希少野生生物や高山植物群落だけではなく、身近な低地林も、未来に受け継いでいかなくてはいけない貴重な自然遺産であることを理解してもらうことを目的としている。

これまで大学等の研究機関で行われてきた生態学分野の研究成果は、学術論文として公表されることが多く、実際に地域の一般住民にフィードバックされることは少なかった。研究成果を地域住民に知ってもらうことにより、研究機関－町村役場（教育委員会）－地域住民の連携が取れるようになり、これからの北海道ならびに日本の自然環境の保全に大きく寄与するものと予想される。本州では、「里山」の保全に関する市民活動が盛んである。しかし、雄大な自然がある北海道では、これまで身近な低地林の環境保全に関する意識が希薄であった。従って、本活動は北海道において大学という研究機関から地域住民に人里の低地林環境を保全する必要性を呼びかける初めてのアプローチと考える。

2. 方法と結果

日本では、文部省が行った1989年（平成元年）度の学習指導要領改訂により、学校教育における環境教育の導入が明示され、1992年に発行された「環境教育指導資料－小学校編」では、教科間の連携を図り実践することが指摘されている。1998年（平成10年）度には再び学習指導要領が改訂され、地域の事情を踏まえた環境に関する内容の充実と、問題解決的・体験的な学習を一層重視することとなった。しかし、環境教育の内容及び実践形式は各学校に一任されており、具体的な指導内容や指導方法の欠如が問題視されている。

そこで本活動では、「環境教育指導資料－小学校編」において、「ねらい」や「教材の工夫」として挙げられている「地域性」や「身近な問題」、「野外活

動」という要素を重視し、教育現場で実践的に展開できる環境教育プログラムを作成することを目的とした。また、そのプログラムも1つの植物の生き方(生活史)の学習を通じて、身近な自然の大切さについて考えることができる新たな展開を考えた。題材としては、北海道の低地林の代表的な林床植物で、かつその詳細な生活史が明らかにされているオオバナノエンレイソウを用いることとした。そして、その「生活史を解説したパンフレットを作成」すると共に、そのパンフレット内容を解説した「教員向けの指導書」を作成した。また、オオバナノエンレイソウやその生育環境についてより理解を深めるため、「野外観察会」を実施した。

その結果、植物の生活史を題材として身近な自然の大切さを理解する環境教育教材ならびに指導書を作成することができた。また、自然体験として野外観察会を実施することは、パンフレットによる学習に加え、様々な生育段階や生育環境を直接観察することができ、児童がより理解を深められる貴重な機会となった。さらに、教育プログラムの作成・実施にあたっては、教育委員会を含めた実際の教育現場との連携が非常に重要であることも示された。

3. 今後の展望

本研究により、生活史に関して詳細な調査・研究が行われている身近な植物を題材として、地域の自然環境の大切さを理解する環境教育教材ならびに教育プログラムを作成することができた。今回は、北海道という地域性を背景として、オオバナノエンレイソウの生活史を題材に、低地林の保全を環境教育プログラムの主たるテーマとした。このような地域を特徴づける植物の生活史研究を生かした教育プログラムは、日本各地の身近な自然(里山、干潟、海浜など)を対象として幅広く展開できるものと考えられる。

大学の研究に基盤をおいた教育プログラムの作成は、ともすれば実際の教育現場の現状と乖離したものになりがちである。しかし、本研究では教育現場の意見を反映した形でプログラムを作り上げることができた。より有効な教育プログラムを構築するためにも、大学における研究成果の公開ならびに、教育現場と研究現場との活発な交流が必要不可欠と考える。

写真1　広尾町シーサイドパークで開催したオオバナノエンレイソウ野外観察会の様子
開花までのさまざまな成長段階の説明(左)と助成金で購入した実体顕微鏡を使って花の観察(右)

写真2　小学校教員を対象とした研修会（於：北大植物園）
「教員向けの指導書」に関する説明会（左）と同日に開催した野外観察会（右）

全国の在来タナゴ類の保全技術に関するシンポジウムの開催

NPO法人日本国際湿地保全連合
辻井 達一[1)]・紀平 大二郎[1)]

Symposium about conservations of a bitterling fish in Japan

Wetland International JAPAN
Tatsuichi Tsujii and Daijiro Kihira

我が国の国土は複雑な地形から様々なタイプの水環境を創出し、多種多様な河川・湖沼が高密度に存在する。河川にはワンドやタマリ等の固有の水環境を創出し、湖沼には緯度経度や大小によって様々な環境特性を持っている。そのような複雑で多様な水環境には豊富な水生生物が生息し、魚類においても地域固有の種類が多数生息している。とくに魚類の中でもタナゴ属は地域固有の種類が多く、国内に3属15種（亜種）が存在するが、現在、環境省レッドリストには国内希少野生動植物種であるミヤコタナゴ、イタセンパラ、スイゲンゼニタナゴを始めとする10種が掲載されている。さらに都道府県版レッドリストを含めると、現在、日本産タナゴ類は全ての種が絶滅の危機に瀕している。減少の主な要因はタナゴ類のほとんどが、小川や溜池などの人為的改変の影響の受けやすい身近な水環境に依存しているためである。現在、行政や研究者が中心となって全国で在来タナゴ類の保全事業が展開しているが、タナゴ類の仲間は地域固有の種類が多く、生態や環境特性によっては保全保護の方策は様々である。そこで、タナゴ類を代表とする身近な自然環境の保全について市民の関心と理解を深めることを目的として、在来タナゴ類の保護保全に関わる専門家や活動者や地元行政が集い、地域活性や保全技術に関する情報を交換できるためのシンポジウムを開催した。

全国の在来タナゴ類の生息地の現状と保全技術に関するシンポジウムを「全国タナゴサミット in 霞ヶ浦」と題して、日本の湖沼を代表する霞ヶ浦において2007年12月15日および16日の2日間で開催し、162名の参加を得ることができた。シンポジウム初日の12月15日は、茨城県霞ヶ浦環境科学センターの会場において、タナゴ類に係る研究者、保全活動者、行政関係者によって各種の生物学的知見や保全技術、生息地の現状や問題点についての講演発表、パネルディスカッション、ポスター発表を行った。発表では、日本列島の各地に生息する地域固有の在来タナゴ類の分類、生息地の現状、外来生物法によって新しく規制されることになったオオクチバス等の特定外来種の防除、在来タナゴとドブガイの共生を目指した里地の溜池の管理方法、行政による希少タナゴの研究と保全の取り組みについての情報を紹介することができた。翌12月16日には、霞ヶ浦に生息する魚類の現状についても理解を深めるために、地元漁協の協力を得て、湖に設置した張網漁の体験見学を行った。その結果、捕獲された魚類にはアカヒレタビラ、タナゴ等の在来のタナゴ類を確認することができたが、特定外来種のオオクチバス、ブルーギルの他、ハスやワタカ等の琵琶湖由来の国内移入種も多く含まれており、霞ヶ浦の生態系が外来種によって脅かされている現状を知ることができた。今回のシンポジウムと現地見学を通して、身近な魚であるタナゴ類をシンボルとした日本の淡水生態系の現状と問題について市民向けに普及啓発することができた。

1）〒103-0013東京都中央区日本橋人形町3-7-3　人形町ビル6F

写真1　シンポジウム会場の様子

写真3　霞ヶ浦の定置網漁の見学

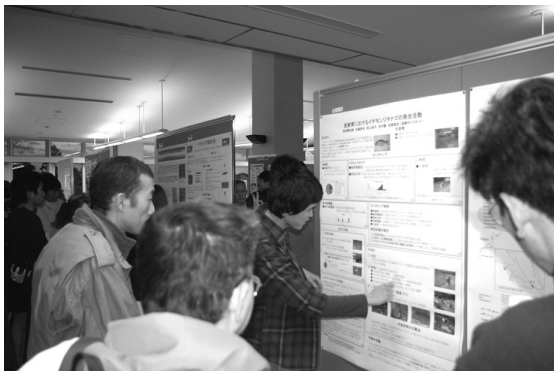


写真2　ポスター発表の様子

写真4　捕獲された魚類

新規外来生物オオタナゴ拡散防止のための啓蒙活動

土浦の自然を守る会
萩原 富司・熊谷 正裕・奥井 登美子・諸澤 崇裕

A publication program of brochure on prevention of habitat extension of new exotic bitterling *Acheilognathus macropterus*.

The Society of Nature Conservation in Tsuchiura
Tomiji Hagiwara, Masahiro Kumagai, Tomiko Okui and Takahiro Morosawa

1. 目的

オオタナゴは2000年頃霞ヶ浦の一部で確認され、その後生息域を拡大しているが、外来生物法では「情報が不足している要注意外来生物」とされている。オオタナゴはすでに霞ヶ浦においてタナゴ類のなかでは優占種となり、日本固有種が減少するなど在来他種への影響が無視し得ない。しかし、観賞魚業者や釣り人による流域外持ち出しが後を絶たない。外来生物の拡散を防止するためには生息域が限定されている、初期コントロールが重要であり、外来生物法による指定を待っていては流域外への拡散は防止できない。そこで本種の霞ヶ浦でのふるまいを明らかにし、流域外拡散を防止するためのパンフレットを作成した。

2. 方法と結果

霞ヶ浦に定着し生息域を拡大するオオタナゴの在来魚種への影響を定量化するため4定点におけるタナゴ類組成を調べた。利根川下流域を含めた霞ヶ浦に接続した水域におけるオオタナゴの生息状況を調べた。魚類相におけるオオタナゴの優占状況を調べた。

潮来地点はもともとアカヒレタビラが優占したが、2003年よりオオタナゴが認められるようになり2008年には100%を占めた。同様に清明川河口地点でも、2002年には在来種であるタナゴとアカヒレタビラが90%を占めたが、2004年にはオオタナゴが認められ、2008年には全個体数の70%を占めた。約5年で

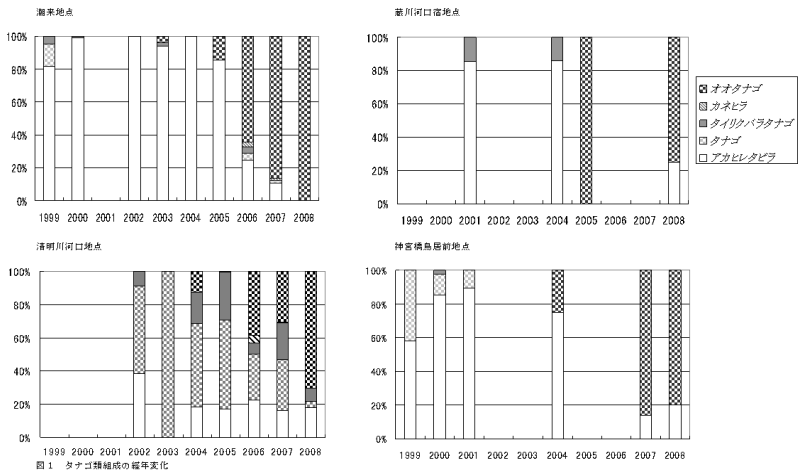


図1 タナゴ類組成の経年変化

霞ヶ浦北浦全域に生息域を拡大し、今ではタナゴ類の個体数の8割以上を占めるに至った(図1)。

霞ヶ浦下流常陸利根川と利根川に接続した印旛沼水系、手賀沼水系、牛久沼水系におけるオオタナゴの生息状況を調べた結果、利根川横利根閘門や常陸川水門上流側、手賀沼でオオタナゴを現認した。オオタナゴはすでに霞ヶ浦水系を越えて千葉県北総地域に侵入し、さらに水路でつながっている都内中川、荒川下流部に侵入する可能性がある。

図2　作成したパンフレット

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

国指定天然記念物「犬吠埼の白亜紀浅海堆積物」と銚子海岸の植物生態と植物相に関する啓蒙のためのパンフレットの刊行

「銚子の自然を知る会」パンフレット刊行会
鶴岡 繁

Publication of leaflet for en lightenment “Shallow sea deposits on Crefaceous of Japan Specification Natural Monument in the Inubousaki” and Ecological plants, Flora of Choshi sea-shore

Society of under standing to nature in Choshi region
Shigeru Tsuruoka

1. はじめに

30年に及ぶ銚子市内の自然を愛する同好者の「銚子自然を楽しむ会」が中心となってこれまで多くの植物観察会や地層観察会の活動を行ってきた。最近の活動では1999年の銚子公正市民館での「銚子の自然と身近な自然の活用」、2000年銚子発見ウオーク・親子でチャレンジ「銚子の海岸植物観察会」、2002年の犬吠埼灯台周辺の草刈りを兼ねた植物観察会、2003年千葉県高等学校理科部会「銚子地層観察会」2004年銚子郵便局の依頼で「国の天然記念物に指定された犬吠崎の白亜紀浅海堆積物」、2005年東京都葛飾区立小学校理科部会「銚子地層観察会」、2005年屏風ヶ浦の低地にある池をあまり改変しないようにしながら、銚子初めてのビオトープを造り、そこにカワツルモを移植し、観察会を開いた。現在、このビオトープの維持管理のため、萱刈りなどを実施している。以上のように、現在一般市民を対象とした観察会や展示会、教育関係の自然観察会など多岐にわたってその都度活動を展開している。

2. 銚子地域の地層と植物相の概要

銚子半島の地層は恐竜などが棲んでいたジュラ紀や白亜紀の中生代とよばれる海で形成された砂岩や泥岩で形成されている。白亜紀の地層は関東平野を挟んだ西部の群馬県の山中地溝帯から西側では点々と連続している。この連続している白亜紀の地層（白亜系）を秩父帯と呼んでいる。関東平野は厚い新生代の地層に覆われており、白亜紀の地層は関東平野の中心では平野の下、2,000m以上の深さのところにある。そして、再び地上に姿を表すのが銚子地域であると考えられている。銚子の白亜紀の地層は白亜紀でも古い地質年代に属し、今からおよそ1億2,000万年前であり、その地質時代の地層が浅い海の中で堆積した様子が現在の海岸崖地や海岸地域で観察することができる。白亜紀に生存していた生物が化石として産出している。白亜紀の海底地層の様子が外浜（外洋）から沖浜（やや外洋）、ストーム構造（台風によってできた構造）などの堆積構造の様子が立体な断面で観察される。堆積の様子は「犬吠埼の白亜紀浅海堆積物」として国指定天然記念物に指定されている。化石としてはアンモナイト（千葉県指定天然記念物）、三角貝、生痕化石や植物化石などがある。

銚子の植物は今からおよそ100万年前の更新世（洪積世）の氷河期（寒冷な気候）や間氷期（暖かい気候）の気候変動や小さな気候変動を日本列島は受けていた。この時期の陸地に生育していた植物はその気候変動の影響を受けながら生態変動したと考えられる。50万年前には現在の関東平野の全体は海域となって

おり、銚子地域は本州陸域から切り離された孤島となっていたと考えられている。銚子の植物はこのような地質時代の歴史的背景と共に地質時代の気候の影響やこの地域の完新世(沖積世)後の陸化と浸食の影響を受けてきた。現在、銚子地域の植物の中には内陸型植物とは異なった海岸型に変異した植物種や崖地植物群落、北限種、稀少種の植物などがみられる。このように、銚子地域では日本の他の地域では観察できない植物や植物相の生態を観察することができる。銚子の植物がなぜ、海岸型となったか、その分布はどうか、崖地植物群落の群落形態や北限種、稀少種の植物などを観察・研究が期待される。また、現在の銚子の海洋では暖流と寒流がぶつかっており、海藻種や魚類種にも特徴あるものがみられる。

3. リーフレットを通しての啓蒙活動

国指定天然記念物の「犬吠埼の白亜紀浅海堆積物」は指定領域だけを保護対象にするだけでなく、指定地を中心とした地域を含んだ領域を保護していく必要がある。特に指定されている犬吠埼は観光客が多く訪れる場所でもあり小さな破壊がみられる。特に、植物については多くの人たちに周知してもらう場所と稀少種などの無断採取が考えられる地点とがある。そして、現在も観光を目的とした、あまり大きな開発ではない土地の改変などもみられる。しかし、このような小さな破壊やあまり大きくはない土地開発の改変を見逃してゆくとついには保護すべきであった植物や地質現象が消滅してしまう危険性がある。このリーフレットを通して銚子がいかに学問的重要性を持っている地域であるかを多くの銚子市民に知ってもらうことによって、地層や植物相の自然保護に対する関心が深まることと思われる。特に、内容的にはやや説明部分も多くし、学校教材としても活用できるようなリーフレットを作成し、銚子市内の小・中・高等学校に配布することによって学校教育を通して、児童生徒の環境教育・自然保護教育につながるものと思われる。現在でも、銚子ではこのような地域的特性から多くの大学を中心とした地質学、生物学の実習の地域でもあり、更に最近は一般の人達を対象とした県内外からの自然観察会などの人達も多数来銚している。このような機会を通して、啓蒙資料として、このリーフレットを活用することによって、一段の自然保護の成果が期待される。また、インターネット中で紹介してゆきたい。

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動

特定非営利活動法人　表浜ネットワーク、堆砂垣・植生グループ
市野 和夫・田中 雄二・今村 和志

Costal Sand Preservation using Sand-Fences and the Native Vegetation

NPO Omotehama network's sand - fences and vegetation group
Kazuo Ichino, Yuji Tanaka and Kazuyuki Imamura

1. 目的

太平洋域のアカウミガメが産卵する日本の海岸に於いて、遠州灘海岸は大変貴重な砂浜である。近年砂浜の減少が著しく日本全国で大きな問題となり、ここ遠州灘海岸でも生物の多様性維持が困難な状況となっている。その理由は静岡県の天竜川河口から海に供給される土砂が減り、また人工化した海岸が原因と考えられるが、長年アカウミガメの調査を続けアカウミガメを取り巻く海岸環境の保全を行う中で、このような地域の問題は、地域住民や海岸利用者の理解が求められ課題に対する共通認識を持つことが重要である。この事業は、アカウミガメを環境の指標と位置づけ、堆砂垣による養浜活動や観察会を実施し、砂浜の重要性を訴え海岸保全について考える機会を提供する事にある。

2. 活動の方法

(1)愛知県や豊橋市から提供された材料やメダケで垣根を作り、汀線から100mほどの地点から5～8m先の地点までの間を垂直に約50cmの間を空け設置する。これを1基と考え小島海岸と高塚海岸に合計20基を設置し、冬期に吹く強い北西の風を利用し飛砂を止める。

(2)堆砂した砂を安定させるため、砂中に根を張り巡らせ砂浜の侵食防止に大きな役割を担っているコウボウムギを播種し、また地元の高校生や大学生、一般の参加者がコウボウムギを育て雨期に移植する。

(3)観察会の実施。このプロジェクトを通して砂浜や植生の重要性、丘陵まで連続するこの地域の特徴をガイドする。

(4)同じような取り組みを行っている団体や個人との交流。また他の地域でこの取り組みを考えている人の視察を受け入れるなどネットワーク作り。

3. 結果

(1)11月～4月まで計6回行い、230人を越える参加者により実施できた。設置した堆砂垣の数は20基。来年度からこのプロジェクトは(株)デンソー豊橋製作所との共同事業になることから、今年度3月、試験的に参加した。

(2)コウボウムギの播種による発芽は、昨年同様3月に確認できた。高校生他参加者が育てたプランターからも3月から4月下旬にかけ発芽した。

(3)6月中旬、葦で作りコの字に設置した堆砂垣の中程に、成長したコウボウムギを移植したが、梅雨が明け枯れてしまった。移植の時期が遅れた理由も考えられる。

(4)観察会は、堆砂垣設置作業後に行い、参加者は興味深く解説を聞いていた。

4. 成果と考察

堆砂垣の効果は著しいが、局所的な効果である。しかし、参加者が海岸に行けば効果が目で確認できる事や、ブログで毎日写真を更新している為、参加者が達成感を長期的に感じられるのはこの事業の大

きな特徴である。番号などを付けて砂の堆積度合いを競うことも今後は考えたい。

啓発については、愛知県や国土交通省の職員の参加もあり、問題に対する共通認識が形成されることが期待できる。また、来年度から(株)デンソー豊橋製作所との共同事業となり、今年度は試験的に社員が参加し、参加人数は増加すると考えられる為、多くの人に理解が得られると期待できる。

コウボウムギについては、移植は根付かせる事が難しく、播種についても、1箇所に集中させるなどもう少し文献などを探し調査する必要があると考える。

写真1　堆砂垣に砂が堆積している様子

写真2　堆砂垣を作る参加者の様子

写真3　植生観察会の様子

写真4　栽培したコウボウムギが育つ様子

写真5　栽培したコウボウムギ

写真7　堆砂垣の横にコウボウムギを播種する様子

写真6　葦の堆砂垣にコウボウムギを移植する様子

写真8　堆砂垣により飛砂が止められ、砂が溜まったところに播種し、コウボウムギが発芽した様子

－人々のくらしと河口及び沿岸域の自然環境とのかかわりに注目して－ 吉野川河口の保全にむけて、シンポジウムの開催および報告書の作成

とくしま自然観察の会
井口 利枝子・曽我部 行子・清野 聡子・近森 憲助

Centering on the relationship of human life with a coastal and estuarine Environment －Holding of symposium and preparing the report aiming at the conservation of Yoshino-gawa river estuary－

The Tokushima Nature Observation Society
Rieko Iguchi, Yukuko Sogabe, Satoquo Seino and Kensuke Chikamori

1. 本事業の目的

吉野川河口汽水域は、河口の原風景ともいうべき自然環境要素を豊かに保持しつつ、その一方で400年以上にわたり、現在の徳島市の人間活動を支え、また深く関わってきたという位置的及び歴史的特性を有している。また、河口や汽水域環境は、吉野川の流域、及び四国の東部沿岸及び海域の在り様を如実に映し出す鏡のようなものである。人々の暮らしを見据えながら徳島市という都市の歴史的変遷と吉野川河口及び沿岸域の自然環境の変化とのかかわりを明らかにすること、及びその成果を報告書の配布やシンポジウムの開催などを通して地域社会に普及し、吉野川河口及び沿岸域の自然環境の価値やその保全・再生の重要性と必要性に対する人々の意識を高めることが目的である。そして、「豊かな川とは何か」「将来に引き継ぐべき吉野川のあるべき姿とは何か」について様々な立場の人々と考えるための基盤の構築を試みる。

2. 吉野川河口汽水域を取り巻く状況

四国三郎が堂々と海に注ぐ吉野川河口は、国内最大級の河口域の干潟である。現在、河口干潟の真ん中に東環状大橋が建設中である。さらに河口入口では四国横断自動車道計画、沖洲海浜埋め立てなど複数の大型公共事業による撹乱の危機に曝されている。河口域に関わる複数の開発は、沿岸環境の連続性を分断し、長い時間をかけて成り立った食物網や生物学的な相互関係が均衡を失い、徳島の沿岸本来の姿を失うことになる。私たちの暮らしを支え、多くの生命を育み、たくさんの人々から愛される吉野川河口域にとっての不幸は、法制度も管理区域も縦割り、横割りであり、事業の全体像、環境影響や保全目標が把握できなくなっている点である。河口域全体のマスタープランづくりや、丁寧な保全と管理を実現するためには、様々な人々の地域知、専門知と行政とが融合した仕組みづくりが重要である。本計画にある調査や活動を通して、吉野川河口汽水域について空間的、歴史的価値を明らかにし、市民のみならず行政もが正しく解釈できるための情報の集積、公開し、共有することが、吉野川河口・汽水域の保全にとって急務となっている。

3. 事業内容（方法および結果）

(1) 吉野川河口に関して、これまで制作されてきた地図、絵画、写真及び文献及び民俗資料等をできる限り多く収集した。

(2) 吉野川河口付近に古くから在住し、河口環境の変遷を見聞きしてきた、あるいは伝え聞いている

人々また漁業者、農業者などから河口環境及びその変遷に関して聞き取り調査を行った。さらに、NPO法人南港ウェットランドグループの和田太一氏らと河口干潟の生物調査を行った(写真3)。

(3)吉野川河口を拠点として河口環境の保全に興味・関心を有する環境市民団体のメンバー及び一般市民、研究者や行政も含めて様々な立場の人々との情報共有の場として「干潟塾」を開催した。特に10月末に韓国でラムサール条約締約国会議(COP10)が開催されることもあり、釧路公立大学小林聡史教授を招いてのラムサール条約についての干潟塾では多くの市民の関心を呼んだ。

(4)シンポジウムの開催および報告書の作成。上記の成果を発表し、吉野川河口汽水域の価値を市民にわかりやすく伝え、河口保全にむけての意識を高め、ネットワークを広げていくために、2008年8月3日(日)徳島県立総合福祉センターにおいて、吉野川汽水域シンポジウムー人々のくらしと河口及び沿岸域の自然環境とのかかわりに注目してーを開催した。共催:(財)日本自然保護協会(NACS-J)・後援:国際海洋研究所(IOI)・海洋政策研究財団・NPO法人徳島保全生物学研究会(写真1)

「吉野川の河口と沿岸を今後どうしていけばよいのか、どうするのかということについて議論し、その議論の中から光明を見出したい」として、プログラムは下記のとおりである。市民はもちろん行政関係者など幅広い参加者を得て、今後の吉野川汽水域の保全にむけて期待が高まる有意義なシンポジウムであった。さらに、シンポジウムで得られた成果をもとに、市民の知恵を活用した『吉野川河口汽水域ふれあいマップ』を作成した(図1)。

☆シンポジウムのプログラム

Ⅰ部:市民が地域の環境を理解・評価・保全する活動としての「ふれあい調査」の意義とは?
開発法子(日本自然保護協会)・宮内泰介(北海道大学大学院文学研究科 地域システム科学講座)・井口利枝子(とくしま自然観察の会 世話人)

II部:河口や沿岸域の保全・開発・利用を調整するための統合的沿岸管理とは?
チュア・ティアエン博士(Dr. Chua Thia-Eng:アジア海域環境管理パートナーシップ(PEMSEA)東アジア海域パートナーシップ会議会長・海洋政策研究財団客員研究員)・清野聡子(東京大学大学院 総合文化研究科)

Ⅲ部:総合討論 吉野川汽水域のために、徳島で市民ができること
進行 近森憲助(鳴門教育大学/とくしま自然観察の会 世話人)
ゲスト:曽我部行子(生物多様性フォーラム/瀬戸市)

4. 本事業の成果

「吉野川汽水域シンポジウム」第一部で、日本自然保護協会(NACS-J)の開発法子氏は、市民が地域の環境を理解・評価・保全する活動としての「ふれあい調査」の意義について述べた。

『「ふれあい調査」は、市民が地域の自然を将来にわたって保全したいと思ったとき、その自然に対する市民の「思い」や、地域で蓄積されてきた伝統的な農作業のやり方など自然の利用方法、自然とかかわりながら成り立ってきた暮らし方などを明らかにして、その結果を、自然保護のための資料として活用することを目的として行う調査です。ふれあい調査の手法は、まだ実践の集約と研究の蓄積が十分なされておらず、確立されたものがあるわけではありません。しかし、ふれあい調査は環境の保全・再生

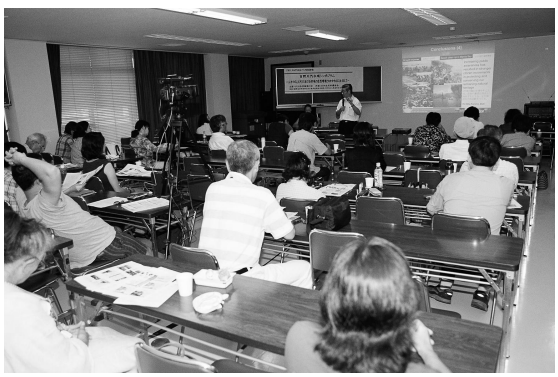


写真1 吉野川汽水域シンポジウムの開催風景

の方法を決めたり、保全の目標を定めたり、あるいは、地域づくりや環境アセスメントなどの際に、地域の自然の保全を願う市民の声を反映させるためにも必要なものなのです。』（シンポジウムチラシより）

「ふれあい調査」は、そもそも1997年に環境影響評価法が制定されたときに入った新しい項目「人と自然との豊かな触れ合い」と深い関係にある。環境影響評価は、事業者（ほぼ行政による公共事業）と市民とをつなぐ広場の役目をするものだとされる。それなら、もっとも事業によって影響を受ける事業が行なわれる地域に住む市民が参加しなければその価値はないといえる。しかし、ほとんどの場合、市民は事業が決定されてから知らされる立場にあり、その時点で意見を述べたとしても、事業計画を変えたり、事業を変更させたりはできない仕組みの中におかれている。しかし、だからこそ日頃から周囲の環境を意識し、理解しておくことが必要になる。

昨今は、市民が町づくりや環境基本計画に参加することにより、自らが住む地域にどうあってほしいかの意見を多少とも反映させられる機会は増えている。その際、何を町づくりの基本柱として据えるのかが問われることになる。自然環境が豊かな地域であってほしいと望む市民が多数を占めていても、いったい何が豊かな自然といえるのかを市民間で共有していかなければ、意見の衝突を招き、よりよい合意へたどり着くことが難しくなる。老若男女を問わない、誰でも参加可能な手法が確立されていかなければならないだろう。その手法の確立が、持続可能な地域づくりを可能にする。

NACS-Jが、千葉県本埜村で行なったワークショップは、環境アセスメント「人と自然との豊かな触れ合い」を考えるワークショップフィールドから「“かかわり”を読みとる目」として報告書にまとめられている。この報告書をさらに発展させたものが、『地域の豊かさ発見★ふれあい調査のススメ【お試し版】』である。この冊子中には、吉野川も、吉野川河口環境マップ作成とアンケート調査の事例として紹介されている。

今回のシンポジウムで井口は、「吉野川がどんな川であればいいのか」についての調査を行なってきたことを報告した。その調査は、様々な立場で吉野川とかかわる人々の共通語をみつける糸口を探るためであった。

宮内泰介氏の話は、ソロモン諸島と北上川での人と自然の関わりを調査した事例であった。ソロモン諸島と北上川に共通しているのは、住民が社会と生態の仕組みを自分たちの手にしていることである。人と自然が調和した幸せな産業の姿がそこにあった。

第2部で清野聡子氏は、日本が沿岸域や河口の問題解決という点で、これまで調整など考えることもなく、ばらばらに開発を行った結果、あちこちひどいことになっている事態が多く起きていることを指摘

写真2　吉野川河口道路橋のモンタージュ写真（野澤由志美作成）

し、吉野川もその一つになってきていることを警告した(写真2)。また、開発による河口生態系や社会への影響を踏まえ、相互に調整を図りつつ統合的沿岸域管理することが必要であり、その際、市民参加に加え科学的調査は、不可欠であること、市民として、海岸法、河川法など法の仕組みを活用したり、環境情報図作成や聞き取り情報のマッピングなど“地域知”を表現する方法の試みを紹介し、「市民にしか出来ないことの自覚」を呼びかけた。

さらに、チュア・ティアエン博士は、アジアでの多くの事例を引きながら、自治体と市民との合意形成を沿岸域管理へと広げた話として目を見晴らせた。

“統合的沿岸域管理(ICZM Integrated Coastal Zone Management)”は、沿岸や河口に特有の複雑な問題に対して、情報の公開や整理を行い、様々な立場の人が参加して意思決定を行う仕組みであるという。チュア博士は、アジアの多くの国の自治体がそれぞれの社会の仕組みのなかで、情報のわかりやすい提供、利害調整の会議の開催、市民参加を促す活動を行い、成功させた事例を話された。その成功例から見えるのは、地域の自治が行なわれてこそ沿岸管理が可能になるという事実である。

このシンポジウム全体が教えているのは、研究者、専門家、自治体、市民それぞれが自らの立場で行なえる可能性と、その果たすべき責任である。

市民の側が果たす役割は低く見積もられやすい。市民自身もそれに甘んじている感が否めない。その中にあって、ふれあい調査は一つの可能性を示しているのではないだろうか。市民にはボトムアップで果たす役割と可能性がある。今回、シンポジウムの報告書に添付する『吉野川河口汽水域ふれあいマップ』は、吉野川で展開してきたエコツアー、聞き取りや市民による環境調査の成果である。その成果は、地域に住む漁業者、農業関係者、歴史家と生活者である一般市民に加え、県外からの参加者の視点も加味されたものになった。

シンポジウムは、期せずして、ふれあい調査を続けてきた集大成である「ふれあいマップ」と二人三脚の役割を果たしたといえる。

5. おわりに

このシンポジウムで、人間も生物の多様性を担っている存在だということを実感できたのは、大きな成果であった。その実感を裏付けるものに、ふれあい調査研究会があったことを指摘したい。

NACS-Jの呼びかけで、2004年から「ふれあい調査研究会」が行なわれた。第1回2004年1月27日と第2回2004年3月9日はNACS-J会議室において検討が行われたが、第3回2004年10年27日は、土浦市宍塚大池の現地視察をし、第4回2004年12月14日は、吉野川での現地視察を、第5回(2005年9月27日～28日)は愛知県瀬戸市海上の森で視察を行った。その結実が先にも触れた、『地域の豊かさ発見★ふれあい調査のススメ【お試し版】』である。

吉野川では、すでに本会が作成してきた、干潟のガイドブック、アンケート調査、吉野川河口環境マップ(P.N.ファンド助成)などがある。今回作成した『ふれあいマップ』は、それら一連の調査や事業を経た上で到達した市民ができるふれあい調査手法の集大成である。

とりもなおさず、今回の報告書としての『ふれあいマップ』は、歴史、文化、産業、景観そしてなによりも市民目線での市民の思いが詰ったものであり、それは、様々な現場で作業の手をやすめて、お話を聞かせてくださった方々からの貴重な情報があってはじめて形にすることができたものである。

地域において自然保護が成果を得るためには、もっとも底にいる市民の意識が変化する必要がある。さまざまな場所で意識の変化の必要性が指摘されながら、なかなか成果が見出せない。ふれあい調査が広まれば、ボトムアップの手法として有効であると確信する。

ふれあい調査が、全国様々なフィールドで、地域の自分たちの身のまわりの自然の価値を再発見し、多様な思いを掘り起こし、引き寄せて考えてみるひとつの実践手法として、全国に波及し、市民によるふれあい調査の意義を確実に見出し、また見直すきっかけになることを願ってやまない。

ただし、これには大きな課題がある。それは、地域のさまざまな市民が利害関係を超えて、同じテー

ブルにつけるのかどうかである。共に一つのフィールドに立ってふれあい調査ができれば、まず成功は約束されたようなものである。ふれあい調査の意義が理解されるためには、乗り越えるべき壁があることは事実である。

その壁をどのようにして乗り越えていくのかの解決こそが、課せられた課題である。「市民」と一口に言うが、実は自らを主体的な市民と意識している人はまだまだ少ない。単に○○市在住だから市民であると思っている人のほうが多いだろう。それは、主権者たる市民ではない。微力であっても決して無力ではない能動的な民を市民と呼ぶなら、そういう市民の誕生を待つしかないことになる。待つ間にどんどん生物多様性が劣化していくことになるのだろうか。ふれあい調査は、自らをどのような「市民」であるかを意識する仕掛けにもなるだろう。ふれあい調査を体験した人の感想には、「自分がどんな場所でどう感じるのかに気づいた」という声があった。これは、ふれあい調査が自己を意識化するために有効であることを示している。

ふれあい調査を有効なツールとするためには、自治体の環境部局がまずふれあい調査の価値を理解すること。その上で、多様な市民をつなぐ調整役を果たしてほしい。地域の大学の環境学部が研究課題として市民に仕掛けることもできるだろう。使いながら育てていき、実際に地域の環境基本計画の道筋に組み込まれていくことこそが望まれる。

写真3　吉野川河口調査場面

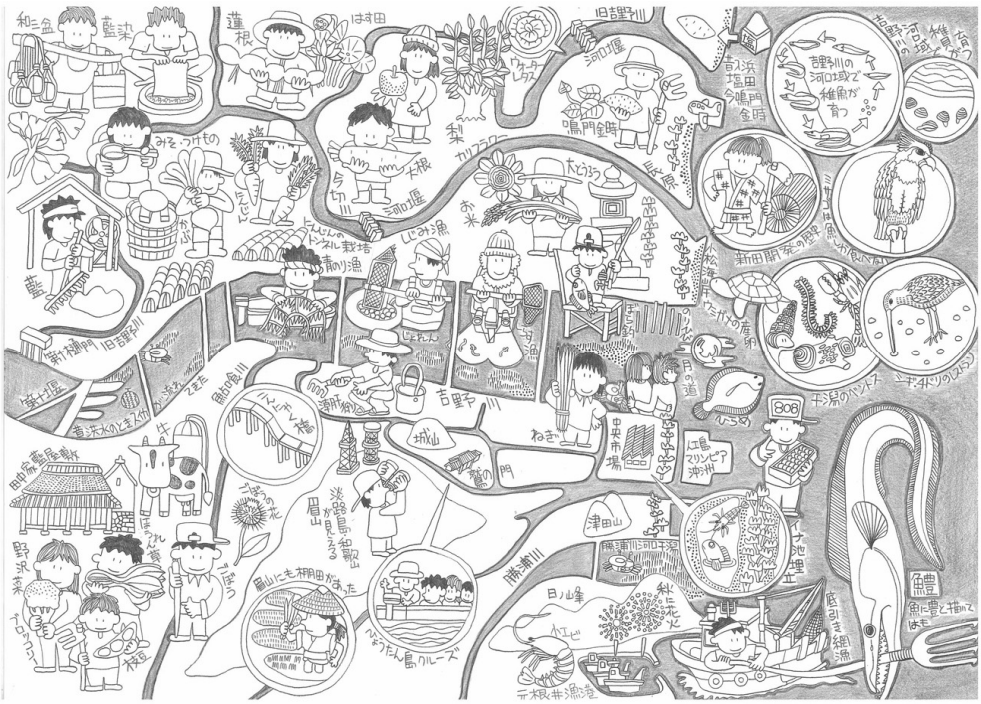


図1　吉野川汽水域ふれあいマップのイラスト（中村隆宏・画）

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

環境学習としての海藻おしば作りの普及

海藻おしば協会
野田 三千代 1)

Spread of seaweed art to notice the importance of natural environment

Seaweed Art Association
Michiyo Noda

1. 目的

海藻おしばを手段とした海と地球環境問題の啓発活動。「光りはご飯、海を濁さないで」をキャッチフレーズに、「海藻のつくる海の森」の存在をアピールし、その重要な働きを説明。海藻の育つ海の自然を大切にすること。そしてカラフルな海藻の謎解きは、植物の進化の過程とオゾン層の発達という地球環境の歴史を学ぶことができる。それは現在深刻になっている地球温暖化を根本的に理解できる。さらに身近にできるCO_2を放出しないエコ生活への提唱をしている。

従来の「海藻押し葉標本」を改良した美しい「海藻おしば」作りは、子供からお年寄りま誰にでも受け入れられる楽しい作業だが、単なるモノづくりだけではなく、海藻から伝えられる海と地球環境問題を理解できるレクチャーと組み合わせている。大学の研究室から誕生した「環境学習としての海藻おしば」は、25年もの長い活動の歴史がある。環境学習として、学校を始めとする教育関係、国、自治体や環境関係のイベント、水産、観光関係など多岐にわたって全国に拡がっていき、藻類・海藻学者からもサイエンスコミニュケーションとして評価が高く、海外にも広がりつつある。各方面からの要請も多く「本来の環境学習としての海藻おしば」の指導者の育成が急務となっている。海藻採集から仕上げまでの実習と、研究者を招いての理論の勉強会を開催しているが、今回の助成によりそのノウハウをDVDにすることによって、効率良い効果が期待される。

2. 方法

(1) 指導者の育成　勉強会

1) 春の勉強会（実技中心）1泊2日：筑波大学下田臨海実験センター・下田市周辺の海岸
2) 秋の勉強会（講話中心）1泊2日：筑波大学下田臨海実験センター

(2) 一般対象海藻おしば講習会（標準として2時間）

H19年11月～H20年10月まで助成期間の講習会は全国で50回以上、約3,000人以上に及ぶ（表2）。

1) 海藻おしば講習会の流れ
   ①海藻について（10分）：美しい海藻標本を見せてから始める。
   ②海の森のDVD（10分）：海の森映像で引き込む
   ③パワーポイントによる説明（40分）：海の森の働き、植物の進化による地球環境、海藻おしばの作品例、9種類の使用海藻の説明
   ④作り方のデモ（5分）
   ⑤海藻おしば制作（40分）：ハガキ2枚またはシオリと各1枚
   ⑥まとめ：今すぐ出来るエコ生活への提案
   （＊参加者の対象によって内容を変更できる）

(3) 指導者養成用ＤＶＤ作成

参加者が感動出来る作品づくりの9割以上が、漂着海藻の素材準備から仕上げ、返送という手間のかかる作業がある。また講話に関しても中身が深く、量が多いことから充分な知識と技能を持った指導者に成長するまでには、かなりの年数が必要になる。またより多くの人に制作を体験してもらうためには、

1）筑波大学下田臨海実験センター　静岡県下田市5-10-1

会員以外でも指導者を志向して踏み出せるように、教本を提供する必要があったのでDVD（表1）を試作することにした。

海藻おしば指導者用の教本は、海藻についての学問的な面から海藻おしば作りのノウハウまでを理解していなければ制作できないので、本協会顧問の横浜博士が会長を務めるリアス生物研究会にDVDの制作を依頼し10月に完成した。

写真1　海藻おしば教室の様子

表1　海藻おしば指導者養成用DVDの内容概要

章立て		内　　容
はじめに		このDVDがP.N.ファンド助成事業によって作成されたことを述べる。
	海藻おしばとは	学術用の海藻押し葉標本と海藻おしばとの違いを説明し、標本としても通用するが従来の標本よりはるかに美しい海藻おしば22点を見せる。
	海藻の採集	春の大潮干潮時に砂浜へ打ち上がった色とりどりの海藻。 春の勉強会に参加した会員が浜で講師の説明を聴く。
	採集した海藻の室内での処理	海藻の仕分け（ゴミなどを取り除き、種ごとに分ける）。 袋詰め（水を切ってポリ袋に詰め、水・空気を絞り出しながら封ずる）。 冷凍保存（ポリ袋に詰めた海藻を冷凍庫に入れる）。 講座用材料のカップ詰め（9種の海藻を解凍後カップに入れ再冷凍する）。 講座用材料セット（A3大のバットに9種のカップ入り海藻を並べる）。
	海藻おしば作成用具	参加者1人分の器財セット（バット・ピンセット・爪楊枝・はさみなど）。 共通の器財（海藻おしば乾燥機・段ボール・吸取紙・布・水切板など）。
	会場の設定	各テーブルにそれぞれ6?7人用の器財が置かれた様子（バットに水が張られ、台紙としてハガキ1枚とシオリ2枚が配られている）。
	実技前の講話	チャート1:「海藻の色彩は生活の知恵」海藻のカラフルさは、太陽光が深さとともに緑色になってゆく海中のそれぞれの深さで、効率的に光を吸収する生活の知恵である、ということを説明し、海藻にとっての光の大切さを気づかせ、海藻から光を奪う海水汚濁を防ぐ必要性を訴える。 チャート2:「光はごはん、海を濁さないで」美しい9枚の海藻おしばを組み合わせたインテリア風のチャート。太陽光は海藻にとって大切な「ごはん」であることを強調する。 チャート3:「海の森の大切なはたらき」森のような海藻のしげみは、魚介類の産卵場・隠れ家・餌場となりながら海水も浄化するという、大切なはたらきをしている、ということを説明する。 チャート4:「植物の進化と地球環境の歴史」海中にはカラフルな海藻という植物が生育しているのに、陸上植物の葉は緑一色である、という謎を解くと、海中の植物プランクトンの光合成というはたらきによってオゾン層が形成され、植物プランクトン自身は、太古の太陽光と二酸化炭素の「缶詰」にあたる石油に変身した、という地球の歴史を知ることなる。つまりカラフルで美しい海藻おしばの作成を楽しむと、地球環境問題を本質的に理解できるようになる、と説明する。
	実技体験	講座で海藻おしばの作り方をアシスタントから説明を受ける参加者と、参加者による海藻おしば制作風景。水切りした作品を吸取紙の上に並べ布をかけて押す、という一連の流れ。
	講座の後始末	残った海藻の処理（少しずつ残った材料を集めてカップに入れ再び冷凍する）。 作品の仕上げ（乾いた作品をラミネートしシオリは上端近くに穴をあけてひもを通す）。

3. 考察

まず、「またやってみたい！」と感動するような作品づくりの提供が大事。これが環境問題に興味を持つかどうかの鍵となる。今、地球温暖化が海から現れていると言われ、世界各地で「海の森は消失」しているが、沿岸に暮らす私達の生活の影響も大きいと考えられる。海の森の復元事業が膨大な費用で行われているが、環境が悪いので消失しているのだから、その環境を改善しないと成果は一時だけになってしまう。広く一般の人たちにも「海藻おしば」によって海を見る目を変え、海の環境が良くなるように啓発していく必要がある。また、地球温暖化を食い止めるためには地球環境の歴史を学んでこそ、現状がより理解できるので多くの人が生活の中からCO_2を減らす努力をしなくてはならない。その糸口としての「海藻おしば」の指導者を増やしていきたい。

写真2　9種類を組み合わせた海藻おしば

写真3　講習会参加者作品例(ハガキ)

参考文献

横浜康継. 1982. 海藻の謎. 三省堂.
横浜康継. 1985. 海の中の森の生態. 講談社.
横浜康継. 1990. 海藻はふしぎの国の草や木. 福音館書店.
目崎茂和・横浜康継. 1993. 日本の海. 草土文化.
横浜康継・野田三千代. 1996. 海藻おしば―カラフルな色彩の謎. 海游舎.
野田三千代・横浜康継. 1998. 海藻おしばを楽しむ. 日本ヴォーグ社.
川嶋昭二・横浜康継・福田廣一. 2001. 海の森からのメッセージ. 栃木県立博物館.
横浜康継. 2001. 海の森の物語. 新潮社.

表2　環境学習としての主な海藻おしば講習会実績

実施期間：平成19年10月～平成20年9月（抜粋）

実施期間:平成19年10月～平成20年9月（抜粋）

平成19年

１０月

・下田市海藻おしば同好会（１３人・毎月）　・・・・・・・・・・・・・・・・筑波大学下田臨海実験センター

・ケニーズハウス海藻おしばサロン（12人・毎月）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・静岡県伊東市

11月

・第27回全国豊かな海づくり大会　滋賀県びわ湖大（205人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・滋賀県大津市

・海藻おしば協会　指導者養成　（1泊2日8人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・筑波大学下田臨海実験センター

・筑波大学附属小学校若桐祭　海藻おしば教室（親子150人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・東京都大塚

・ASBAB2007（オーストラリア藻類・水生生物学会）学会発表・展示・体験（130人）

・・・・・・・・デーキン大学/豪　ビクトリア州ウォーナンブル市共催

12月

・伊東市母親大会（80人）伊東市母親会議連絡協議会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 静岡県伊東市

平成20年

1月

・大阪府立泉南高校環境学習　海藻おしば　3年生（35人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・大阪府泉南市

2月

・北海道立オホーツク流氷科学センター「海藻おしば展～北の海の森から」

講演会（100人）講習会（30人）オホーツク生活文化振興財団・・・・・・・・・・・・・・・・・・北海道紋別市

・青少年育成事業「海浜清掃と海藻おしば」（80人）・・・・・・・・・・・ 全漁連女性部連絡協議会岡山県寄島町

3月

・「NHKふるさとの食・にっぽんの食」作品展示と体験　（130 人）・・・・・・・・NHK渋谷放送センター東京都渋谷

・フレッシュミズリーダー研修（40人）横浜みなとみらいパシフィコ

・・・・・・・・・・・・全漁連全国女性部連絡協議会　神奈川県横浜市

・自然教室「海藻おしば」（50人）きしわだ自然資料館・・・・・・科学技術振興財団助成事業　大阪府岸和田市

・大阪府立青少年海洋センター　渚探検海藻おしば（30人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・大阪府岬町

4月

・第11回海藻おしば協会　勉強会（25人）筑波大学下田臨海実験センター ・・・・・・・・・・・・・・・・静岡県下田市

5月

・荒川区立諏訪台中学2年部移動教室　海藻おしば教室（159人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・静岡県下田市

・北海道立厚岸水産高校＆「海の生き物を守る会」（40人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・北海道厚岸町

・阪南市立箱作小学校　海藻おしば教室（97人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・大阪府阪南市

6月

・下田市立小学校2年　親子海藻おしば教室（110人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・静岡県下田市

7月

・黒松内ぶなの森自然学校　海辺の案内人海藻おしば指導者育成(14人)・・・・・・・・・・・・・・・北海道黒松内町

・海の博物館「特別企画：海藻展」海藻おしば教室（40人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・三重県鳥羽市

・筑波大学マリンスポーツ海藻おしば（32人）筑波大学下田臨海実験センター・・・・・・・・・・・・・・・静岡県下田市

・東京大学海洋研究所「海の日一般公開　」海藻おしば教室　（135人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・東京都中野

8月

・かながわサイエンスサマー　日本郵船歴史博物館　親子海藻おしば（40人）・・・・・・・・・・・・神奈川県横浜市

・横浜ベイサイドマリーナ　夏休み親子海藻おしば教室（120人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・神奈川県横浜市

・霞が関子供見学デー　（水産庁）海藻おしば教室（120人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・東京都千代田区

9月

・第28回全国豊かな海づくり大会 IN 新潟（朱鷺メッセ）（197人）・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・新潟県新潟市

・愛知教育大学臨海実習　海藻おしば（25人）　筑波大学下田臨海実験センター・・・・・・・・・・静岡県下田市

・山梨大学＆大阪教育大学合同臨海実習（45人）・・・・・・・・・筑波大学下田臨海実験センター静岡県下田市

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

都市圏の希少魚類絶滅回避プロジェクト
－多々良川のセボシタビラとチクゼンハゼ－

福岡都市圏の生き物を考える会
鬼倉 徳雄[1)]・服部 卓朗[2)]・中島 淳[1,2)]・河野 紀美子[2)]・江口 勝久[1)]
大西 亘[2)]・川津 真吾[2)]・土谷 光憲[2)]

Project on the conservation of endangered wildlife in the urban area.
－*Acheilognathus tabira nakamurae* and *Gymnogobius uchidai* in the Tatara River, Fukuoka City－

Wildlife Conservation Group around Fukuoka City
Norio Onikura, Takuro Hattori, Jun Nakajima, Kimiko Kouno, Katsuhisa Eguchi,
Wataru Onishi, Shingo Kawatsu and Kouken Tsuchiya

福岡市にはかつて希少な淡水魚類が多く見られたが、著しい都市化によってそれらの魚類が次々と姿を消していった。福岡市東区を流れる多々良川水系は他の都市河川に比べると下流域の自然度が高く、希少な野生生物の生息地が今も残っている。当会では、福岡都市圏からの希少魚類の絶滅回避を目的とし、希少魚類の保全のための基礎知見を収集するとともに、保全啓発活動を展開した。基礎知見の集積の中で、この水系に生息するタナゴ類は中下流で河道内の氾濫原が豊富で、水際の植生率や沈水植物の繁茂率が豊かな場所にだけ出現することが明らかとなった。また、この水系の河口域には絶滅危惧種に指定される数種のハゼ類の生息が確認されるとともに、このプロジェクトを通じてエドハゼ（絶滅危惧II類）の産卵場が初めて発見された。啓発活動については初年度に講演会と展示会を同時開催し、次年度に6回の野外観察会を実施した。参加者数は延べ200名に及んだ。

1. プロジェクトの趣旨と目的

福岡市周辺部にはかつて希少な淡水魚類が多く見られたが、著しい都市化によって近代的な河川改修が行われ、1980年代頃から希少魚類が次々と姿を消していった。ヒナモロコ*Aphyocypris chinensis*、カワバタモロコ*Hemigrammocypris rasborella*や回遊型カジカ*Cottus pollux*などである（福岡県の希少野生生物 2001：http://www.pref.fukuoka.lg.jp/kankyo/rdb/）。もちろん、その理由として著しい都市化が挙げられるが、在来生物を対象とした保全研究が行われてこなかったこと、保全啓発活動が展開されてこなかったことなども絶滅の一助である。そういった背景を持つこの地域は、希少生物の保全に対する関心が薄く、野生生物に対する敬愛の意識が根付いていない。多々良川水系は福岡市を流れ都市化が著しい一方で、他の都市河川に比べると下流域の自然度が高く、希少な野生生物の生息地が今も残っている（鬼倉他 2006）。こういった背景の中、福岡都市圏で唯一希少魚類が生き残るこの水系をフィールドとして、福岡都市圏からの希少魚類の絶滅回避を目的とし、保全団体と大学が手を結んで、それらの保全のための基礎知見を収集することと保全啓発活動を展開することをプロジェクトの2つの柱とした。

1）九州大学大学院農学研究院アクアフィールド科学研究室　　2）ふくおか湿地保全研究会

2. 希少魚類の研究 1
—中下流域のタナゴ類—

(1) 九州北部のタナゴ類について

九州には6種の在来のタナゴ類が生息し(川那部他 2005)、環境省の最新版のレッドリストの中で(以下、環境省 2007と称す：http://www.env.go.jp/press/press.php-serial=8648)でそのうち5種が絶滅危惧種に指定されている(ニッポンバラタナゴ*Rhodeus ocellatus kurumeus*：絶滅危惧IA種；セボシタビラ*Acheilognathus tabira nakamurae*：絶滅危惧IA種；カゼトゲタナゴ*Rhodeus atremius atremius*：絶滅危惧IB種；アブラボテ*Tanakia limbata*：準絶滅危惧種；ヤリタナゴ*Tanakia lanceolata*：準絶滅危惧種)。多々良川水系にはかつてこれら6種の全てが生息したが(木村他 1986)、現在ではそのうち1種が採集されず絶滅した可能性が高いと言われている(鬼倉他 2006)。また、木村他(1986)の1980年代のタナゴ類の河川内分布と最近の状況(鬼倉他 2006)を比較したとき、わずか20年でタナゴ類の分布域が極端に狭まり、また少数残る生息地が分断化され、極めて危機的状況にあることが理解できる。そのような状況を打開するために、都市河川、多々良川水系内でタナゴ類の生息に必要不可欠な環境要因を特定することを試みた。

(2) 調査方法

多々良川水系は九州北部に位置し(図1A、B)、博多湾に流入する流域面積173.2km^2、幹線流路延長17.3kmの2級河川である。流域の都市化が著しい須恵川、宇美川と田園風景の残る猪野川、久原川、そしてその中間的な多々良川が主要な支流である(図1C)。大都市圏の福岡市東区とその周辺の6つの市町村行政区をまたぎ(図1D)、須恵川、宇美川の流域の人口増加は20年間で150%を超え、対照的に猪野川周辺はほぼ横ばいの人口増加率となっている(図1E)。この水系内に調査地点を40点(猪野川：11地点；久原川：5地点；新建川：1地点；多々良川：10地点；須恵川：7地点；宇美川：6地点)設置し(図1F)、魚類相調査を行った。そして、各魚種の出現・非出現データに基づいて平方ユークリッド距離を用いたWard法によるクラスター分析を行った。

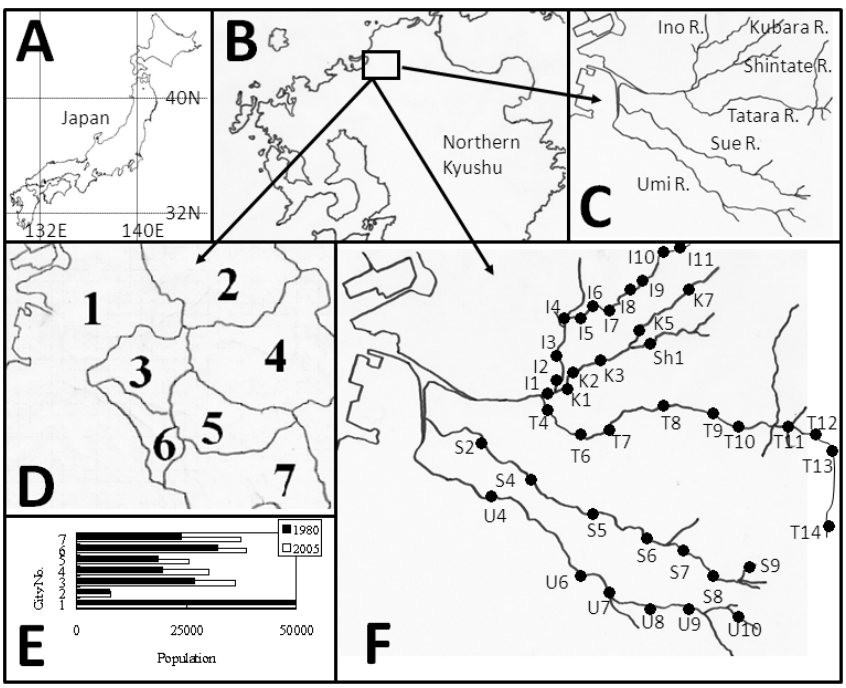


図1　多々良川水系の位置(A、B)、主要な支流(C)、流域の行政区分(D)とその人口密度(E)、および魚類相調査地点図(F)

次に、河道特性データとして、調査地の標高、河床勾配、河口からの距離、水源からの距離について数値地図を用いて数値化した。これらについても平方ユークリッド距離を用いたWard法によるクラスター分析を行った。なお、変数はZ得点で標準化して解析に用いた。一般に、標高や河床勾配は河川性生物の分布を左右することが知られ(丹波 1954)、裏を返せば河川環境が健全に維持されていれば、類似した河道特性を持つ調査地点間で魚類相は類似するはずである。そこで、魚類相に基づいたクラスターと河道特性に基づいたクラスターを比較し、類似した河道特性を持つにもかかわらず魚類相が異なる地点を見出し、健全な河川環境が維持される地点と不健全な環境となってしまった地点を整理した。

さらに、健全と判断された地点の中からタナゴ類の生息に必要な環境条件を特定するには、更に詳細な河川の微環境を数値化する必要がある。著者らは河川内の微環境構造として、河道幅、流路幅、堰間の距離、水際環境、護岸形状、平均流速、流速のばらつき、平均水深、水深のばらつき、底質、沈水植物の被度、河道内を占める氾濫原率(高水敷、中水敷の部分)植生率(高水敷、中水敷の植物が繁茂する部分)・土壌率(高水敷、中水敷の土の部分)を野外での実測によって数値化した。そして、健全なグループと不健全なグループにおけるそれらの環境を比較した。

(3) 結果と考察

純淡水魚類の類似性から、今回の多々良川水系における調査地点は概ね4クラスターに区分された(図2)。各クラスターに出現した純淡水魚類について、それぞれの出現確率を表1に示す。

クラスター1：上流を好むタカハヤ*Phoxinus oxycephalus jouyi*と河川内分布が広いカワムツ*Zacco temminckii*、ドンコ*Odontobutis obscura*が主要であるクラスター(平均出現種数:3.6種)。

クラスター2：オイカワ*Zacco platypus*、ギンブナ*Carassius auratus langsdorfii*などの中下流を好む種が主要であるクラスター(平均出現種数：6.6種)。

クラスター3：オイカワ、ギンブナなどに加え、カマツカ*Pseudogobio esocinus esocinus*、ヤマトシマドジョウ*Cobitis matsubarae*などの出現も多いクラスター(平均出現種数：8.3種)。

クラスター4：クラスター2と3で見られる魚種だけでなく、希少なタナゴ類も出現するクラスター(平均出現種数：10.5種)。

次に、河道特性の類似性から、多々良川水系の調査地点は概ね以下の6グループに区分された。そして、純淡水魚類の類似性に基づいた区分との対応関係を整理したところ(表2)、希少なタナゴ類が出現するクラスター4は河道特性から見た場合グループA、B、Cが該当することが明らかとなった。これらのグループの平均標高は12.3～37.8m、勾配が1/267～1/111m、河口からの距離は6.7～11.4km、水源からの距離が6.3～12.1kmであり(表2)、中下流の河道特性であると判断された。注目すべきは同じ河道特性を持つにもかかわらずタナゴ類がほとんど出現しないクラスター2と3の調査地点がこれらの河道特性区分に対応する点にある。すなわち、河道特性から見たときタナゴ

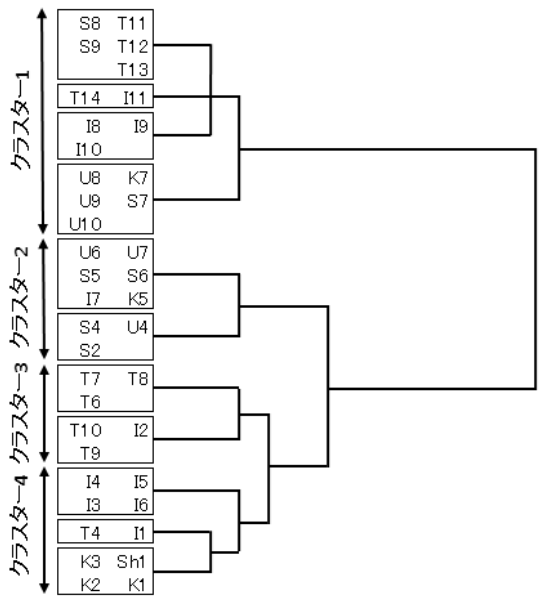


図2　多々良川水系の40調査地点における純淡水魚類相の類似性
地点名の略記は図1に対応する。

類が出現する条件が整っているにもかかわらず、タナゴ類が出現しないこれらの調査地点は、人為的インパクトなどの要因を受けている可能性が高いと判断された。

このように多々良川水系の中下流域には河道特性が類似するにもかかわらず、タナゴ類の出現・非出現の状況から、健全な地点と不健全な地点が存在することが明らかとなった。そこで、健全性の評価基準となったクラスター2、3、4について、河道内の微環境構造を比較した。その結果、河道内の氾濫原率と植生率、水際の植生率においてクラスター3と4がクラスター2よりも有意に高い値を示した(図3A、B、C)。また、底質については砂の割合においてクラスター2と4の方がクラスター3よりも有意に高く(図3D)、中礫の割合においてもクラスター4がクラスター2と3に比べて有意に高かった(図3E)。そして、沈水植物の被度もタナゴ類の生息するクラスター4がクラスター2と3よりも有意に高い値を示した(図3F)。総じて、タナゴ類の出現する健全な中下流域の河川環境を維持している調査地点は、不健全な中下流域に比べて、氾濫原が大きく、その上に繁茂する植生も多く、水際から植生が張り出し、流路内については砂や礫の割合が高く、沈水植物が繁茂する環境であると言える。

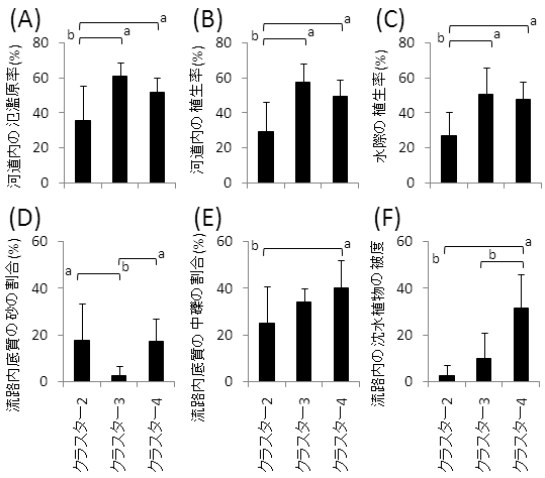


図3　多々良川水系の中下流域の魚類相区分間における河川微環境構造(A：河道内を占める氾濫原の割合；B：河道内を占める植生の割合；C：水際の植生の割合；D：河川底質中を占める砂の割合；E：河川底質中を占める中礫の割合；F：流路内の沈水植物の被度)の相違

水際の植生や沈水植物は魚類にとって重要なハビタットである。産卵基質や仔稚魚の隠れ家、また餌資源を供給する場所ともなっている(Arlinghaus *et al*. 2002，Wolter and Arlinghaus 2003，Bolding *et al*. 2004)。タナゴ類の場合、産卵は淡水の二枚貝に行うため(川那部他 2005)、植物がタナゴ類の産卵に関与することはないが、仔稚魚の隠れ家としての植生の機能などが重要な役割を占めているのかもしれない。また、産卵基質となる淡水二枚貝の生息に底質環境が大きく関与することは言うまでもなく、河川の底質が泥化するなどによって悪化することで、二枚貝が減り、その影響がタナゴ類に及んでいる可能性が高い。事実、鬼倉他(2006)では多々良川水系においてタナゴ類の生息密度と淡水二枚貝の生息密度の間に正の相関関係が認められることを報告しており、河川環境の悪化が二枚貝との共生関係に支えられているタナゴ類を減少させることにつながったと判断される。

表1　純淡水魚類相区分ごとの各魚種の出現確率
純淡水魚類相区分は図2に従った。

魚種	純淡水魚類相の類似性区分			
	クラスター1	クラスター2	クラスター3	クラスター4
オイカワ	33.3%	100.0%	100.0%	100.0%
カワムツ	86.7%	88.9%	83.3%	100.0%
タカハヤ	86.7%		16.7%	10.0%
モツゴ		33.3%	33.3%	20.0%
ムギツク	6.7%	22.2%	100.0%	100.0%
イトモロコ			83.3%	80.0%
カマツカ		55.6%	100.0%	100.0%
ギンブナ	13.3%	100.0%	50.0%	100.0%
オオキンブナ		11.1%		
コイ		100.0%		80.0%
セボシタビラ			16.7%	30.0%
カネヒラ			16.7%	10.0%
アブラボテ				30.0%
カゼトゲタナゴ				30.0%
ニッポンバラタナゴ		11.1%		10.0%
スジシマドジョウの1種				10.0%
ヤマトシマドジョウ			33.3%	
ナマズ		44.4%	33.3%	40.0%
メダカ	6.7%	22.2%	16.7%	100.0%
オヤニラミ			16.7%	
ドンコ	80.0%	66.7%	83.3%	100.0%
カワヨシノボリ	26.7%		33.3%	
カジカ	20.0%			

表2　多々良川水系の40調査地点における河川特性による類似性区分と各区分の河川特性の平均値および魚類相区分との対応関係
魚類相区分は図2に従った。

河川特性	河川特性の類似性区分					
	グループA	グループB	グループC	グループD	グループE	グループF
標高(m)	20.3±8.8	37.8±14.3	12.3±4.9	148.7±31.4	75.3±31.2	342
勾配(m)	1/214～1/353	1/111～1/215	1/267～1/505	1/21～1/109	1/42～1/144	1/10
河口からの距離(m)	8536±1544	11425±1729	6709±1204	16437±681	13885±1271	19920
水源からの距離(m)	8327±1267	6339±1658	12131±1736	2460±1404	4301±1295	880
純淡水魚の類似性区分						
クラスター1				8地点	6地点	1地点
クラスター2	2地点	2地点	5地点			
クラスター3	3地点	1地点	2地点			
クラスター4	3地点	6地点	1地点			

多々良川水系は都市河川であるため、河道掘削などの治水工事を頻繁に行う傾向にある。流域の都市化が進んでしまった典型的な都市河川であるため、それらの治水工事は避けられない状況にある。著者らは本研究の成果をいち早く県の河川土木事務所に説明し、

A. 流路内には手を加えない掘削を行う
B. 氾濫原(高水敷・中水敷)を根こそぎ取り除かずに、平水時水位の10cm程度を残す掘削を行う

といった河道掘削方法を提言し、現在、多々良川水系の中下流域における河道掘削工事にその方法が採用されている。モニタリングの途中ではあるが、2007年2～3月の掘削箇所が同年5月で植生のおよそ10%が、同年8月で植生の約60%が回復しており(写真1)、今のところ掘削前後の魚類相に変化は見られていない。多々良川流域の希少なタナゴ類の絶滅回避に向けた成果の一つとしてここに付記する。

3. 希少魚類の保全研究 2
—河口域の希少ウキゴリ類—

(1) 九州北部の希少ウキゴリ類について

ウキゴリ属魚類(以下、ウキゴリ類)には、ウキゴリ*Gymnogobius urotaenia*、スミウキゴリ*G. petschiliensis*などの河川内で普通に見られるもの以外に、河口域の干潟などに生息するウキゴリ類がおり、それらの多くは環境省(2007)において絶滅危惧種に指定されている(キセルハゼ*G. cylindricus*：絶滅危惧IA類；クボハゼ*G. scrobiculatus*：絶滅危惧IB類；チクゼンハゼ*G. uchidai*：絶滅危惧II類；エドハゼ*G. macrognathos*：絶滅危惧II類)。しかし、これら4種の希少ウキゴリ類の分布について、日本列島全域にわたってその詳細は明らかとされていない。そして、これらのうちの2種(チクゼンハゼとエドハゼ)については著者らが自ら九州全域における詳細な分布調査を行い、九州におけるそれらの生息の現状を明らかとし、ともに本対象河川である多々良川河口域に生息することを確認した(Eguchi *et al.* 2007)。しかしながら、かつてこれらが生息していた博多湾流入河川の室見川からは既に姿を消している(Eguchi *et al.* 2007)。多々良川河口域についても、今後の河口域の改変の進行によってこれらが姿を消す日が訪れる可能性がある。これらの希少ウキゴリ類は海と川を回遊するような生活史を送らず、干潟域で一生を過ごす(道津 1957)。そのため、産卵の場所を特定することがこれらの保全にとって重要な課題となる。今回、エドハゼ、チクゼンハゼの河口域内の分布の詳細を知るための年2回の調査、およびこれら2種の産卵場調査を行い、多々良川河口域での生息の実態を解明した。

(2) 調査方法

エドハゼ、チクゼンハゼの多々良川河口域内の分布の詳細を知るために、2007年5月と9月の2回、河口域内に17地点の調査点を設け(図4)、小型地引網(袖網長2m×2：網目2mm)を用いた採集を実施した。これらの地引網調査は大潮の最干潮時を挟んだ前後4時間に行った。曳網面積が一定となるように、1地点当たりの曳網距離をおよそ10m、地引網の開口部の幅

を3mに統一して行った。採集したウキゴリ類は全て個体数を計数し、体長を計測した。また、ウキゴリ類の同一分類群であるハゼ亜科魚類(以下、ハゼ類)についても、同様に個体数の計数、体長の計測を行った。これらについて、曳網面積(30m^2)当たりの個体数として整理し、生息密度の指標とした。

また、本調査によって希少ウキゴリ類の生息密度が高かった地点で、12月から5月にかけて産卵場調査を実施した。大潮の最干潮時を挟んだ前後4時間、産卵巣と予想されるアナジャコ類の巣穴を探し、その干潟表面を巣穴の開口部から約20cmの深さまでシャベルで掘りおこした。そして、泥の塊を徐々に崩しながら、卵が産み付けられているかを確認した。卵が見つかった場合は、その場所の底質を持ち帰り中央粒径値を、産卵が確認された調査日時には最干潮時の流路内の底層水の水温と塩分を測定した。

(3) 結果と考察

希少ウキゴリ類としてエドハゼの生息が確認できた。エドハゼは5月には河口域の左岸側に高密度に分布したが、9月には採集されなかった(図5A)。本種の産卵期は冬季から初春であり、5月は仔稚魚期であるため、最も生息密度が高い時期にあたる。そのため、容易に採集できたのだろう。逆に、9月は定住期にあたるため、既に生息密度が安定化していること、また定住場所はアナジャコ類の巣穴などが多いことが予想され、漁獲時に穴に隠れ、採集が困難となったのだろう。また、多々良川河口域には希少ウキゴリ類としてチクゼンハゼの生息を確認しているが(Eguchi *et al*. 2007)、今回の調査では採集することができなかった。多々良川河口域におけるチクゼンハゼの生息密度は極めて低いと考えられる。

その他、希少なハゼ類として、ヒモハゼ*Eutaeniichthys gilli*の生息を確認したが、その生息密度は5月で1個体/30m^{2}の場所が2地点、9月で1個体/30m^{2}の場所が1地点と、極めて低かった(図5B)。また、マサゴハゼ*Pseudogobius masago*についても5月で5地点(生息密度:1〜5個体/30m^2)で確認されたものの、9月には1個体も採集されなかった(図5C)。環境省(2007)では、前者は準絶滅危惧種に、後者は絶滅危惧II類に指定されている。チクゼンハゼ、ヒモハゼ、マサゴハゼの生息の現状は予断を許さない状況にあると判断される。

その他のハゼ類として、ニクハゼ*Gymnogobius heptacanthus*、ビリンゴ*G. breunigii*、ウロハゼ*Glossogobius olivaceus*、マハゼ*Acanthogobius flavimanus*、アシシロハゼ*A. lactipes*、ヒメハゼ*Favonigobius gymnauchen*、アベハゼ*Mugilogobius abei*、スジハゼA *Acentrogobius* sp. A、スジハゼB *Acentrogobius* sp. B、チチブ*Tridentiger obscurus*の生息を確認した。その他、著者らはシロウオ*Leucopsarion petersi*、アカオビシマハゼ*Tridentiger trigonocephalus*、チワラスボ*Taenioides cirratus*、ミミ

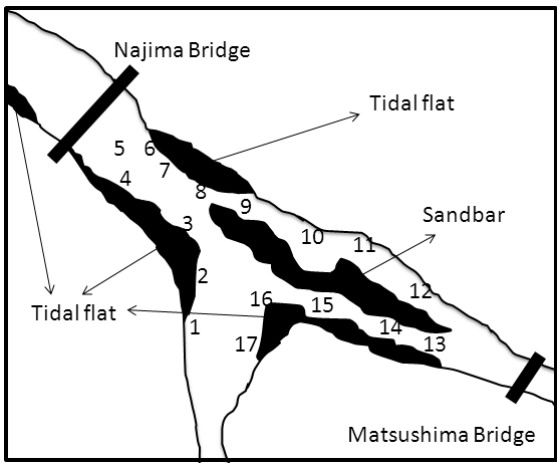


図4　多々良川河口域における地引網調査地点図
番号1〜17が調査地点を示す。

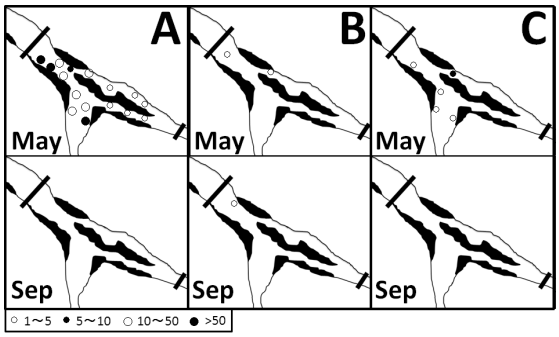


図5　5月および9月調査におけるエドハゼ(A)、ヒモハゼ(B)とマサゴハゼ(C)の30m^{2}当たりの生息数

ズハゼ*Luciogobius guttatus*、トビハゼ*Periophthalmus modestus*を採集したことがある。ヨシノボリ類などの両側回遊性のハゼ類を除いて、少なくとも19種のハゼ類が多々良川河口域に定住していることが、本調査と著者らのこれまでの採集記録より確認された。ハゼ類は分類が難しいため、詳細な採集記録等が少ないため、他の河川との比較ができない実情がある。しかしながら、少なくとも著者らがこれまでハゼ類の採集を行った様々な河川の中で、博多湾に流入する河川や小規模な都市河川に限定したとき、多々良川のハゼ類の出現種数は比較的多い方である。河口域に小規模ではあるが、砂泥底質の干潟が広がること(写真2A)、ヨシ原が残ること(写真2B)、砂泥質でヨシの繁茂する中州があること、などが他の博多湾流入河川との大きな相違点であり、ハゼ類の生息の有無を左右する要因であろう。

希少ウキゴリ類の産卵場調査では、エドハゼの産卵を確認できた。3〜4月の間に、11例の産卵を確認した。これらの産卵場は上述した地引網調査でエドハゼの生息密度が高かったSt.3からSt.4の間に形成されていた。同期間内の水温は12.2〜14.0℃、塩分は14.4〜16.0pptであった。産卵が確認された場所の底質の中央粒径値は−2.11±0.28であり、アナジャコ類の巣穴の5〜8cmの深さの場所に卵を産みつけていた。産卵が確認できたアナジャコ類の巣穴には、1卵塊とそれを保護していると推定される1尾の雄が確認された(写真3)。

エドハゼはロシア極東部〜中国東部、朝鮮半島と琉球列島を除く日本に生息するが(瀬能他 2004)、野外での産卵が確認されたのは本調査が初めてである。世界で誰も見つけていない生き物の生き様を、都市化の進む多々良川で見つけたことに大きな意義があると考える。生物学の発展、希少な野生生物の保護に大きく寄与するのはもちろんだが、都市化が進み多くの野生生物を失いつつある都会の川に、まだまだ素晴らしい自然と生き物が残されていることを、多くの人々に気が付かせてくれる出来事だと考える。

ハゼ類の産卵は概ね石の下に穴を掘って潜り込み巣を作るタイプ、組み合わさった石と石の隙間に産卵するタイプ、死んだカキの殻に産卵するタイプ、

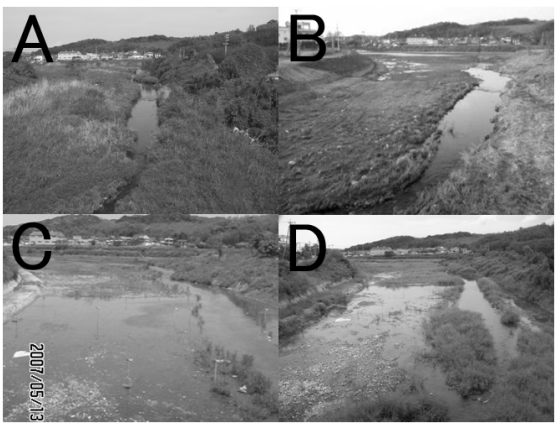


写真1　多々良川中流域での川床掘削工事前後の風景(A：掘削前；B：掘削直後)とその後の回復の状況(C：掘削2ヶ月後；D：掘削5ヶ月後)

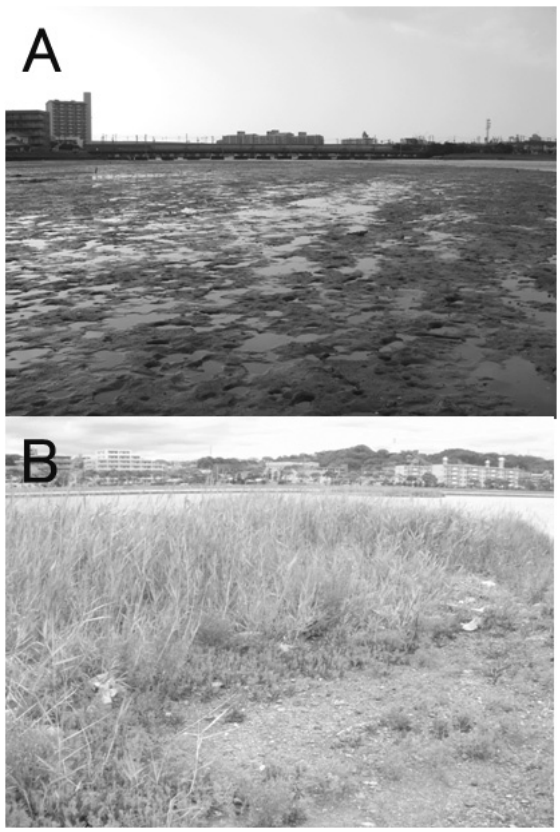


写真2　多々良川河口域に見られる砂泥干潟(A)とヨシ原(B)

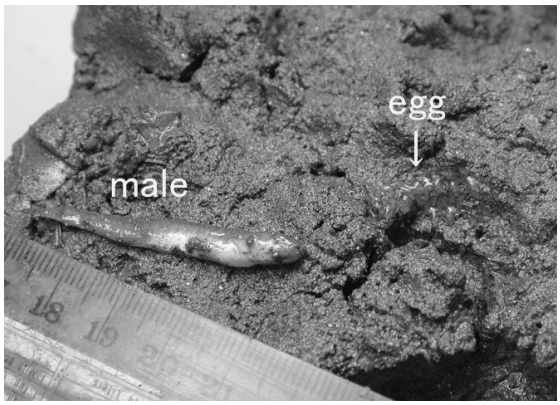


写真3　多々良川河口域で見つかったエドハゼの産卵床（卵：egg；それを保護する雄：male）

泥干潟に穴を掘って巣を作るタイプ、砂泥干潟に見られるアナジャコ類の巣穴を間借りして産卵するタイプなど様々である（鬼倉 2008）。上述したように、多々良川河口域には都市河川であるにもかかわらず19種の河口域に定住するハゼ類が生息するが、これらの19種も多様な産卵を行っているはずである。ミミズハゼやアシシロハゼは石の下に穴を掘り、チチブは石と石の隙間を利用し、アカオビシマハゼは死んだカキ殻を利用し、マハゼやチワラスボは泥干潟に穴を掘り、エドハゼ、チクゼンハゼはアナジャコ類の巣穴に産卵するだろう。このように産卵生態を多様化させたハゼ類にとって河口域の環境構造が多様化していることはその種の存続にとって必要不可欠な条件であり、特に頻繁に浚渫等を行う都市河川の河口域においては砂泥底質の干潟が失われ、環境構造が単純化し、河口域定住性のハゼ類の種数の減少を招いていると考える。その中で、特にインパクトを受けているのが砂泥干潟のアナジャコ類の巣穴を間借りする希少ウキゴリ類である。都市河川の河口域は一見単調に見える状況ではあるが、多様な環境構造を残す努力が必要不可欠である。

4. 保全啓発活動

(1) 市民向け公開講座と展示会

平成19年8月4日に、市民向け公開講座と生き物の展示会を、九州大学国際ホールにて同時開催した。小中学生を対象とした講演会・展示会であったにもかかわらず、対象地域の行政である福岡市の職員や周辺の小学校の教員等の来場があり、「行政が積極的な保全活動に乗り出し、学校等が環境教育の場として利用する福岡都市圏のシンボル的存在」を目指す本プロジェクトの将来展望の第一歩として、今回の講演会は大きな効果を発揮したと考える（参加総数は約100名）。特に、これをきっかけに、福岡市東区内の小学校1件、中学校1件から、課外理科授業での講演や観察会を依頼され、同年の11月、12月にそれぞれ複数回の講演と観察会を実施するに至ったことをここに付記しておく。当日のプログラム等を以下に示す。

講演会＆展示会名：見てみよう！ふれてみよう！水辺の生きもの～多々良川の豊かな自然を中心に～
主催：福岡都市圏の生き物を考える会

講演演題1：都会の川・多々良川でさかなと自然を探してみよう（演者：鬼倉徳雄）

講演演題2：多々良川の魚たち～今いる魚・いなくなった魚～（写真4A）（演者：中島淳）

講演演題3：水辺にいきる野鳥たち（写真4B）（演者：土谷光憲）

講演演題4：香港にみる大都市圏での環境保全と教育活動：大都市香港の2大湿地公園に自然との共生のヒントを探る（演者：川津真吾）

ポスター演題1：魚の棲める川って？（写真4C）（演者：兼頭淳）

ポスター演題2：せまりくる「外来魚」の恐怖～多々良川を守りぬけ!!（演者：栗田喜久）

ポスター演題3：多々良川で見つかったエドハゼの産卵場（演者：江口勝久）

ポスター演題4：多々良川のふしぎな植物～干潟に咲く花・塩生植物とは？～（写真4D）（演者：大西亘）

ポスター演題5：多々良川にやってくる渡り鳥たちの話（写真4E）（演者：河野紀美子）

展示1：コアジサシのデコイ（鳥の模型）（写真4F）（出展：河野紀美子）

展示2：クロツラヘラサギ剥製（写真4G）（出展：服部卓朗）

展示3：ナマズタッチングプール（出展：中谷祐也）
展示4：干潟のカニ（写真4H）（出展：中谷祐也）
展示5：海産無脊椎動物（出展：西田高志・乾隆帝）
展示6：淡水魚水槽（出展：西田高志・乾隆帝）
展示7：海水・汽水魚水槽（写真4I）（出展：鬼倉徳雄・中島淳・中谷祐也）
展示8：野鳥の写真

(2) 野外観察会

平成20年2月から9月に、一般市民を対象とした野外観察会を多々良川水系内の複数個所にて実施した。広く市民に広報し、また一部の観察会では福岡市東区の後援を頂き、本プロジェクトの対象である希少な魚類を始め、多々良川水系に見られる保全すべき様々な生物を対象とした6つの観察会を実施するに至った。それぞれのプログラムでの参加者数は10～50名程度であった。以下に、プログラム等を示す。

観察会1：クロツラヘラサギ（平成20年2月2日実施、雨天につき同年2月17日にも実施；多々良川河口）
観察会2：ハゼ博士になろう（写真5A）（平成20年5月3日実施；多々良川河口）
観察会3：シギ・チドリ（写真5B）（平成20年5月17日実施；多々良川河口）
観察会4：上流の生き物（写真5C）（平成20年7月6日実施；多々良川支流猪野川上流）
観察会5：干潟のカニ類・塩生植物（写真5D）（平成20年7月27日実施；多々良川河口）
観察会6：中流の淡水魚類（写真5E）（平成20年9月7日実施；多々良川中流）

写真4　平成19年8月に実施した講演会＆展示会の様子（A：講演前半；B：講演後半；C：魚類に関するポスター；D：塩生植物に関するポスター；E：渡り鳥に関するポスター；F：鳥の模型；G：鳥の剥製；H：カニの展示；I：淡水魚の展示）

写真5　観察会の様子（A：上流観察会、平成20年7月6日実施、多々良川支流猪野川上流部；B：中流観察会、平成20年9月7日実施、多々良川中流）

(3) 多々良川保全啓発用冊子作成およびホームページでの情報公開

その他、多々良川水系の保全啓発を目的とした冊子を作成するとともに、本プロジェクトの活動状況等についての情報発信の場としてホームページを作成した(http://island.geocities.jp/ftikimono/index.html)。この冊子は今後も継続する多々良川水系での保全啓発活動の中で使用する予定である。また、本プロジェクトだけでなく、福岡都市圏の生き物を考える会が主体となって行う様々な活動について、同ホームページ上に情報を公開していく予定である。

5. 最後に

福岡都市圏を流れる河川であるにもかかわらず、タナゴ類、ハゼ類ともに絶滅危惧種が数種生息すること、タナゴ類については保全すべき微環境構造が特定されたこと、希少ハゼ類のうちエドハゼについては産卵場が特定されたことなどが、本プロジェクトを通して解明され、学術的にも今後の保全対策に通じる大きな進展と言える。また、講演会、展示会、野外観察会などを通して、希少な魚類だけでなくその他の野生生物も含めた環境啓発が実践できたことも大きい。特に、2年目の観察会等では広報活動などで行政等の協力が得られ、現在では近隣の小中学校からの課外授業の講師依頼などが多数ある状況にある。行政と連携した保全啓発活動が展開されること、様々な保全活動団体が一同に会すことが極めて重要であり、本助成が終了して規模を縮小したとしても行政と連携した啓発活動を通して、保全啓発活動を今後も地道に継続していくつもりである。

6. 引用文献

Arlinghaus, R., Engelhardt, C., Sukhodolov, A. and Wolter, C. 2002. Fish recruitment in a canal with intensive navigation: implications for ecosystem management. Journal of Fish Biology, 61: 1386-1402.

Wolter, C. and Arlinghaus, R. 2003. Navigation impacts on freshwater fish assemblages: the ecological relevance of swimming performance. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 13: 63-89.

Eguchi, K., Inui, R., Nakajima, J., Nishida, T., Onikura, N. and Oikawa, S. 2007. Geographical distribution of two endangered goby species, *Gymnogobius uchidai* and *G. macrognathos* (Perciformes, Gobiidae), in the Kyushu Islands, Japan. Biogeography, 9: 41-47.

鬼倉徳雄・中島 淳・江口勝久・乾 隆帝・比嘉枝利子・三宅琢也・河村功一・松井誠一・及川 信. 2006. 多々良水系におけるタナゴ類の分布域の推移とタナゴ類・二枚貝の生息に及ぼす都市化の影響. 水環境学会誌, 29 : 837-842.

鬼倉徳雄. 2008. ふくおかの身近な川とさかなを知ろう!! No.4 都市河川の河口に見られる多様性. かわ, 198 : 9-10.

川那部浩哉・水野信彦・細谷和海. 2005. 改訂版日本の淡水魚. 山と渓谷社, 東京.

木村清朗・松井誠一・早田浩文・立原一憲. 1986. 福岡県多々良川のバラタナゴおよびその生息環境. 九州大学農学部学芸雑誌, 40 : 239-247.

瀬能 宏・鈴木寿之・渋川浩一. 2004. 決定版日本のハゼ. 平凡社, 東京.

丹波 弥. 1954. 木曾谷の魚. 木曾教育会(編). 河川魚相生態学, 木曾教育会, 福島町. 302pp.

道津善衛. 1957. チクゼンハゼの生態・生活史. 魚類学雑誌, 6 : 97-104.

Bolding, B., Bonar, S. and Divens, M. 2004. Use of artificial structure to enhance angler benefits in lakes, ponds, and reservoirs: A literature review. Reviews in Fisheries Science, 12: 75-96.

A few freshwater fish species have become extinct around Fukuoka City, Kyusyu Island, Japan, and several bitterlings and gobies are currently facing extinction in this region. We conducted field surveys on Tatara River, which flows through Fukuoka City, in order to collate ecological information required for efforts toward the conservation of these fish species. In addition, a lecture meeting, an exhibition, and several field excursions were conducted to enlighten people in this regard.

During the field surveys, several threatened species of bitterlings were found only in the lower reaches that are rich in vegetation and have large dry riverbeds. A few threatened species of gobies were found at the mouth of the river, and spawning sites of *Gymnogobius macrognathos*, which has been classified as an endangered species in the Japanese Red Data Book, were found in a muddy flat. This ecological information may facilitate undertakings toward the conservation of these threatened species.

In August 2007, we convened a lecture meeting and an exhibition at Kyusyu University, on wildlife inhabiting Tatara River. The meeting and exhibition were attended by approximately 100 people. Between February and September 2008, we conducted 6 field excursions involving observation or sampling of wildlife at several sites along the river. Each of these events attracted approximately 10-50 people. We consider that these events were effective in creating awareness on the status of wildlife species in this region.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

春子谷地の生物多様性と湿原における生物間相互作用

春子谷地生物相調査グループ
鈴木 まほろ[1)]・岩淵 弘・奥 俊夫・小水内 正明・伊達 功
千葉 武勝・中村 学・成瀬 健一・沼宮内 耕作
長谷川 勉・早川 博文・吉田 勝一

Biodiversity and biological interaction in Harukoyachi Bog

Harukoyachi Study Group
Mahoro Suzuki, Hiromu Iwabuchi, Toshio Oku, Masa-aki Komizunai, Kou Date,
Takekatsu Chiba, Satoru Nakamura, Ken-ichi Naruse, Kousaku Numakunai,
Tsutomu Hasegawa, Hirohumi Hayakawa and Shoichi Yoshida

春子谷地は、岩手山麓標高450mにあって16haの規模をもつ希少な湿原である。当グループは急激に変化しつつある湿原の現状を把握するため、2007年春から翌年秋にかけて、生物相の網羅的調査と、湿地特有の生物間相互作用に関する生態学的研究を行った。

調査の結果、新種の可能性のある昆虫、国内初記録の昆虫が複数種発見されたほか、県初記録の昆虫は50種近くにのぼった。一方、空中写真の分析により、1970年代からハンノキが急速に分布を拡大した結果、湿原面積が40％以上減少したことが分かった。過去に記録があり現在は確認できないミズチドリなどは、この影響を受けて個体数が減少したものと考えられる。

今回の調査によって、春子谷地が本州の生物多様性と生物相を保全する上で非常に重要な位置を占めることが再確認された。これらの成果をまとめ、湿原の保護指針を提案する報告書を作成した。

1. 調査の背景・目的

春子谷地は、滝沢村の天然記念物および岩手県自然環境保全地域に指定され、環境省「日本の重要湿地500」にも選定されている希少な湿原である。生物相に関する調査はこれまでにもたびたび実施されてきたが、対象は維管束植物や植物群落、一部の昆虫に限られていた。

一方、従来から指摘されてきた春子谷地の生物相の変化は、近年きわめて明白なものとなりつつある。このままでは、希少な種が存在を知られぬまま絶滅する可能性もある。また現在、春子谷地に隣接する放牧地の管理公社の廃止や、別荘地の開発・分譲など、周辺において社会的な変化が進みつつあり、これらは湿原の生物にも影響を与えかねない。

したがって、春子谷地の生物相の現状を正確に把握し、その価値を再認識するため、総合的な生物相調査を行う必要性が高まっている。また、周辺環境を含む春子谷地の生物多様性の保全を考えるためには、湿原および周辺の生物同士の結びつきについて、具体的な情報を得ることが必要である。

そこで私たちは、2006年秋に春子谷地生物相調査グループを立ち上げ、2007年春から2008年秋にかけて総合調査を実施した。この研究では、過去に調査対象となった分類群については、標本と文献記録を整理した上で、それらと比較できるファウナ・フロラのデータを野外調査によって収集するよう努めた。

1）岩手県立博物館　盛岡市上田字松屋敷34番地

他方、これまで調査対象とされなかった分類群にも重点をおき、野外調査を実施した。また、湿地特有の植物と植食性昆虫・訪花性昆虫の間の関係についても研究を行った。

調査グループのメンバーの多くは、2006年以前にも春子谷地の生物調査に携わった経験をもつ。未発表のデータを含むそれらの成果を併せて、春子谷地の生物に関して、現時点で得られている情報を可能な限り整理するよう努めた。

2. 調査地について

春子谷地湿原(岩手県滝沢村)は、岩手山の南東麓、北緯39度48.0分・東経141度2.2分・標高450mに位置する(図1)。現在の面積は約16haで、岩手県内の湿地としては最大規模である。

春子谷地は、岩手山からの伏流水が湧出停滞する浅い谷部に形成された泥炭湿原である。湿原の形はV字型で、右半分(東側)が左半分(西側)よりも約2倍長く、北東へ伸びている(図2)。東側部分から北東方向へ湿原を縦断する流水が見られ、湿原北部の樹林下を流れる複数の小川と合流した後、諸葛川へ注ぐ。

吉田・吉木(2008)は、春子谷地の西側部分で5地点のボーリングを実施し、14C年代測定とテフラ分析および花粉分析により、湿原堆積物は晩氷期である約13,400年前に堆積を始めたことを明らかにした。したがって、現在岩手県で知られている中で、春子谷地は最も起源の古い湿原の一つである。

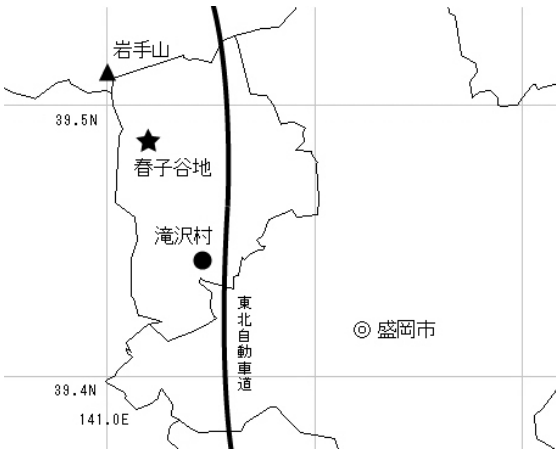


図1　春子谷地の位置

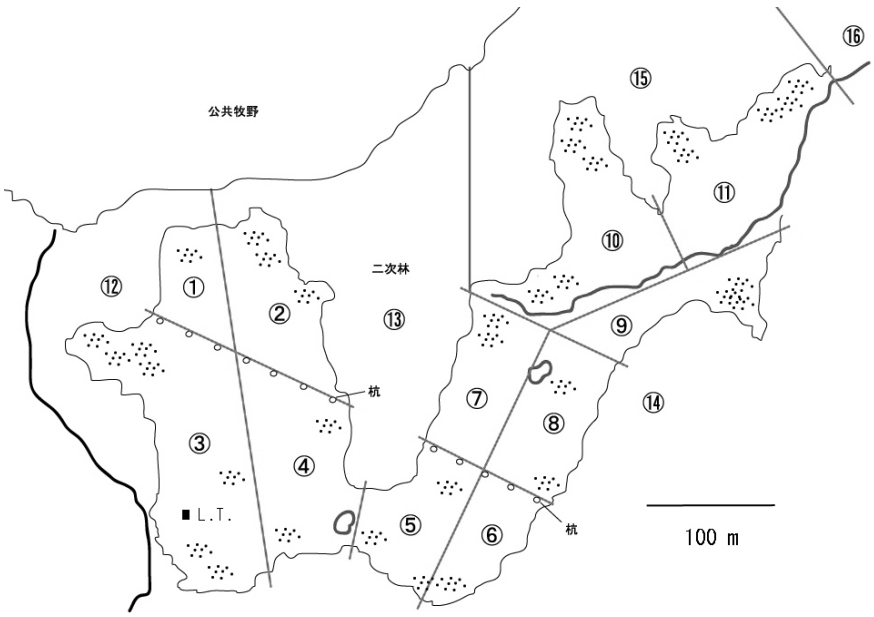


図2　春子谷地の外形と調査区域番号

湿原の北西には昭和40年代に改良・造成された2つの広大な放牧地がある。湿原を含むこの周辺地域は、近世から採草地・馬の放牧地として利用されていたが、この地域を含む岩手山麓への入植・開拓が始まったのは戦後のことである。春子谷地湿原は主要部分が1969年(昭和44年)4月26日に滝沢村の天然記念物に指定され、1996年(平成8年)6月14日には、周辺を含む38haが岩手県の自然環境保全地域に指定された。

3. 調査の方法

野外調査は2007年5月から2008年9月まで実施した。調査に先立ち、2005年国土地理院撮影の空中写真から湿原の地図を作成し、調査地全体を16の区画に分け、調査地点を区画番号で記録した。

野外調査項目は、次のとおりである。1. 維管束植物、2. 蘚苔類、3. 土壌動物、4. 水生無脊椎動物、5. 双翅目昆虫、6. 鱗翅目昆虫(チョウを除く)、7. 地表性甲虫、8. 訪花性昆虫(チョウを除く)と植物の関係、9. 葉食性昆虫と植物の関係、10. ゴマシジミとナガボノワレモコウ、11. その他陸生昆虫、12. 鳥類。

春子谷地では、希少チョウ類が保護対象となっており、採集を避けるため10以外の項目ではチョウ類を野外調査対象から除いた。調査は、ライトトラップ・ベイトトラップ・蚊帳トラップ・衝突板トラップのほか、手網や吸虫管などを随時用いて行った。

現地調査を行うにあたっては、滝沢村所管課へ調査計画書を提出し、村長および教育長から立入許可を得た。また、調査者が湿原植生や他の生物に与える影響を最小限にとどめるため、立入の回数を月平均5回までとした。

現地調査に加えて、標本と文献の調査を随時行い、過去に春子谷地で記録された生物をできるだけ網羅し、現在の生物相との比較を試みた。また、空中写真から過去60年間の春子谷地の植生変化を読み取った。

調査の結果は『春子谷地生物相調査報告書』にまとめた。報告書の末尾には生物目録を付け、過去に記録のあるものについては出典を挙げた。

4. 調査結果

(1) 春子谷地の生物相

本調査および本グループの構成員による2006年以前の調査により春子谷地で記録された生物の中で、特記すべきものを挙げる。

ホソガ科の*Caloptilia issikii* マエモンハンノハマキホソガ(改称)は、東北初記録である(奥 2008)。またスガ科の*Prays sp.* ヤチダモニセスガ(仮称)とハモグリガ科の*Lyonetia sp.* ハンノキハモグリガ(仮称)は新種の可能性が高い(奥 2008)。ハナアブ科の*Melanogaster pollinifacies*オシロイクロタマヒラタアブおよび*Eupeodes latifasciatus*ヒロオビホシヒラタアブは、日本で初めて記録された(鈴木ほか 2005)。ゾウムシ科ゴボウゾウムシの1種*Lachnaeus sp.*は日本未記録の属で、今回採集された標本がおそらく国内で初めてであるという(千葉・奥 2008)。

ゲンゴロウ科の*Hydroporus uenoi*ナガケシゲンゴロウは県初記録で、全国でも生育地が限られている種である(成瀬 2008)。この他にも、50種近い昆虫が岩手県での初記録となった。湿原と関係が深い鳥類ではクイナとオオジシギが記録された。両種とも繁殖している可能性がある(伊達 2008)。

蘚類ではホウオウゴケ科の*Fissidens adianthoides* ヌリバシゴケが記録された(岩渕・沼宮内 2008)。この種はヨーロッパ・北米、アジアではシベリア・樺太・朝鮮半島・中国に分布し、日本では北海道2箇所と本州1箇所の3箇所のみから知られており、今回の記録が本州で2例目となる(岩月善之助氏、私信)。

春子谷地はこれまでにも、植物ではホロムイクグ、イトナルコスゲ、昆虫ではゴマシジミなど、本州では生育地がごく限られる湿地性生物の安定した産地であることが知られていたが、今回の調査によって、本州の生物多様性および生物相を保全する上で非常に重要な位置を占める湿原であることが再確認された。

春子谷地で新たに記録された維管束植物は、イヌノヒゲ、オオヌマハリイ、オオバタネツケバナ、キツリフネ、オクトリカブトの5種であった。イヌノヒゲは岩手県では長らくニッポンイヌノヒゲと誤って同定されてきたために、記録から漏れていたものと

みられる。岩手県立博物館と岩手大学ミュージアム標本室(IUM)の所蔵標本を確認したところ､春子谷地で採集されたホシクサ属はいずれもイヌノヒゲかその近縁種と判断できた。

過去に記録があるが現地で確認されなかった植物は、クログワイ、ヒメハリイ、ノテンツキ、ミズチドリ、ミソハギ、ヒメミクリの6種であった。これらがすべて絶滅したと結論するのは早計であろうが、ミズチドリのように大型で目立つ植物は見落とすことが難しいので、絶滅の可能性が高いと考える。

(2) 春子谷地の生物間相互作用

今回は、葉食性昆虫・訪花昆虫と植物の関係、希少種であるゴマシジミの共生系を中心に調査を行った。ここでは訪花昆虫についてのみ記す。

春子谷地の湿原内部から北部の森林、および隣接する牧草地をめぐるように調査ルートを定め、2003年以降毎年5月から10月までの間の月1～3日、風の弱い晴天の日を選んで調査を実施した。午前6時～17時の間の約3時間ルート上を歩き、その日に開花量の多い種を選んで1種につき15分間以上観察を行い、その間に訪花した昆虫を網および吸虫管で採集した。この他に任意採集も行った。ただしチョウ類に関しては、保護対象となっている希少種がいるため採集をせず、目視および撮影によって記録した。採集した昆虫はすべて標本を作成・同定し、観察時間と訪花した植物名を記録した。

調査した植物は約60種、採集した昆虫は2,000個体以上である。これまでに同定の済んだ約440種1,360個体のうち、湿原内部と周縁部で採集された昆虫836個体の組成の特徴についてのみ記す。

1) 目の構成

湿原内部と周縁部において採集された訪花昆虫の構成は、双翅目が60%以上と卓越し、特にハナアブ科が優占していた。これは、福井県敦賀市にある低湿地、中池見(25ha、標高45m)において植物相と訪花昆虫相を調べ、森林とは対照的にハナバチが少なく、双翅目(特にハナアブ科)が卓越することを指摘したKato & Miura (1996)と同様の結果であった。図3は、本調査の結果とKato & Miura (1996)、京都市近郊の深泥池(9ha、標高75m)湿地で調査を行った遠藤ほか(1996)、それに京都府の貴船(Inoue *et al*. 1990)と芦生(Kato *et al*. 1990)の森林における訪花昆虫相のデータから、双翅目・膜翅目・鞘翅目の個体数比を比較したものである。いずれの調査でも、この3つの目の合計が全個体数の90%以上を占めていた。

森林と比較すると、湿地では双翅目の優勢が際立っていた(図3)。訪花性膜翅目の大半を占めるハナバチ類の多くは、土中または樹洞・茎の空洞などに営巣するので、湿原には営巣に適した場所が少ないことは明らかである。一方、双翅目は水中や腐植質の中で幼虫時代を過ごすものが多く、湿った環境ほど個体数・種数とも多くなる。このことが、訪花昆虫

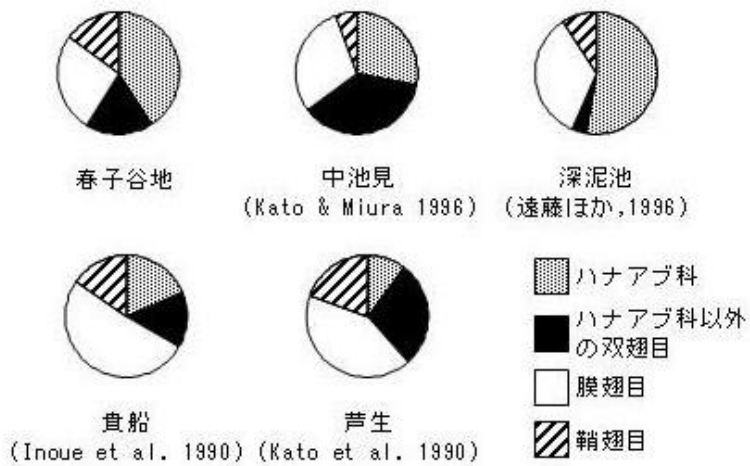


図3　訪花昆虫相調査における双翅目・膜翅目・鞘翅目の個体数比

相の構成にも影響していると考えられる。

2）双翅目の構成

湿地では、訪花性昆虫の中でも特にハナアブ科が占める割合が大きいことが分かった（図3）。春子谷地では、個体数が多いだけでなく、種多様性も高かった。春子谷地の湿原内部・周縁部で採集され同定されたハナアブ科337個体の属・種数は32属44種であり、中池見の16属21種、深泥池の15属18種と比べると非常に多い。これには、日本では高緯度地方ほどハナアブ相が多様化することと、春子谷地の面積が大きいことが関係していると考えられる。

ハナアブ科の組成としては、幼虫時代に水生植物遺体を食物とするナガハナアブ属Milesiiniをはじめ、Eristaliniなど腐植・腐朽材などを餌とする族が半分以上を占めた。一方、森林と比較すると、アブラムシなどを捕食する肉食性のMelanostomatini、森林性で植食性のCheilosiniが少なかった。これらの点が、湿地のハナアブ相の特徴と言うことができよう。

3）膜翅目の構成

次に、湿原と周縁部で採集された訪花性膜翅目216個体の科・属の組成について述べる。春子谷地では、コハナバチ科が優勢で半分近くを占めた。また、ミツバチ科やハバチ科、スズメバチ科、ハキリバチ科がごく少ないことも特徴的であった。3つの湿地（春子谷地・中池見・深泥池）に共通な点としては、森林よりもマルハナバチ属の割合が少ないことが挙げられる。

湿原の内部に営巣できるハチは、ヨシなどの枯れ茎に営巣する小型のツヤハナバチ、メンハナバチの仲間がほとんどである。他のハチは、採餌のために外部から湿地の中へ侵入する行動を繰り返していると推測できる。したがって、上記の組成の違いは、湿原そのものより周囲の環境の違いを反映していると考えられる。

春子谷地の場合、裸地や草地に営巣する種が多いコハナバチが種数・個体数ともに優勢で、湿原内部および周縁部では11種が採集できた。一方、森林性のハナバチは少なかった。これは、湿原の北西に広大な牧草地があり、周囲の自然林の面積が小さいことと関係があるだろう。

このように、送粉に重要な役割を果たすハナバチ類のほとんどが湿地の外部から侵入していることから考えて、湿地の内部における虫媒性植物の繁殖には、湿地周辺の自然環境が大きな影響を与えていると推測できる。したがって、湿原の場合には、湿地内部の植物・昆虫の関係だけでなく、周囲の環境をも含めた一つの送粉共生系として捉える必要があることが分かった。

（3）春子谷地の植生の変化

1990年頃から、春子谷地でヨシやハンノキの分布が拡大していることが指摘され、近年はそれに伴う湿原の消失、あるいは希少生物への影響が危惧されるようになった。しかしこれまで、本湿原の面積減少の過程が詳細に検討されたことはなかった。

本調査では、春子谷地とその周辺部の空中写真から読み取れる植生および湿原面積の変化について年代順に詳述した。

入手できる最も古い空中写真は、1948年の米軍撮影のものである。最も新しい2005年国土地理院撮影の写真と比較してみると、アとイの流れの位置は60年間、ほとんど変わっていない（図4a、b）。

約60年間を通して見ると、湿原西半部にはほとんど変化が見られないのに対し、東半部の変化は劇的である。特に、イの流れの北側でハンノキ林の拡大速度が非常に大きい。特に変化が大きかったのは、1981年から1997年までの約15年であるが、同様の傾向は現在も続いている。

それぞれの空中写真から、樹冠の連続する部分の輪郭線をトレースし、内部を湿原として、面積を計測した。図5は、その数値変化を散布図に表したものである。1948年から2005年の53年間に、湿原の面積は約40％減少していた。

滝沢村では、湿原の急速な植生変化は、上流の人工草地造成に拠るものと結論づけている（滝沢村・日本技術開発株式会社 2000）。1960年代からの県の畜産振興策により、湿原の北側にある斜面が造成され、村営相の沢牧野と県営肉牛生産公社滝沢牧場となった。1968年に着工、1970年代半ばには相次いで完成している。人工牧野の中を流れる小川が湿原に到達する地点の下流で特に変化が大きいことと、造

成完了後5年～11年後のハンノキ林拡大速度が特に大きかったことを考え合わせると、この指摘は妥当なものであろう。

下流の富栄養な東半部湿原に生育していたと推測されるミズチドリなど低湿地性の植物は、この植生変化の影響を受けたものと考えられる。これらは春子谷地においては主要な構成種とは言えないが、岩手県や東北地方で既知の生育地がきわめて少なく、また生育に適した湿地の減少が全国的に著しいことを考えると、春子谷地でこれらの種が存続することの意義は非常に大きい。東半部の植生変化は、これらの種の存続を脅かすものであり、今後も個体数の推移を注意深く見守る必要がある。

5. 春子谷地湿原の保全に向けて

湿原の生物の保全のために、植生や地形に対して何らかの人為的な働きかけをすることは、きわめて慎重に行われるべきである。特に春子谷地の主要部分については、現在見られる生物相の維持をまず第一に考えるべきであり、積極的な人為による保全策が他の生物へ与える影響を十分に予測し、評価した上で実施することが必要である。

同様に、春子谷地の周囲における人為的撹乱も、湿原への影響を十分に予測した上で慎重に進められるべきである。特に湿地に流入する水の量と質の変化は、植生に重大な影響を与える可能性がある。

ただし、すでに消滅しつつあるオの部分の湿原については、消滅原因の究明や湿原の生物相を復活させる試みなど、積極的な働きかけを行うのに適した場所ではないだろうか。春子谷地の本体から離れた下流にあり、直接の影響が少ないと考えられるので、ハンノキの伐採やヨシの刈り取り、吉田(2008)が提案するような順応的管理の実施など、湿原保全のための試験地的な利用を計画するのに適していると思われる。

謝辞

本研究に対し御指導・御協力いただいた先生方に深く感謝を申し上げます。

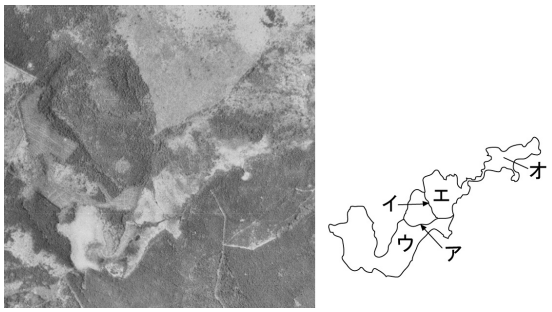


図4a　1948年の春子谷地周辺
（米軍撮影、国土地理院提供）

図4b　2005年の春子谷地周辺
（国土地理院撮影）

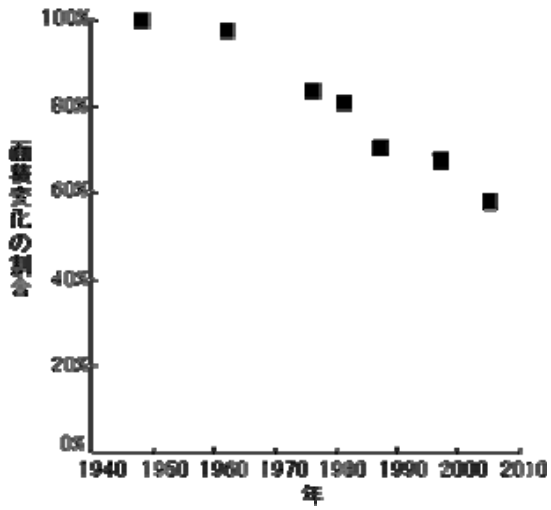


図5　湿原の面積変化(1948年を100%とする)

引用文献

千葉武勝・奥 俊夫. 2008. その他の陸生昆虫類. 春子谷地生物相調査報告書：pp.49-52.

伊達 功. 2008. 春子谷地湿原における繁殖期の鳥類. 春子谷地生物相調査報告書：pp.53-54.

遠藤 彰・松井 淳・丑丸敦史・藤田 昇. 1996. 深泥池浮島と周辺二次林の訪花昆虫群集の特性. 京都市上賀茂道路改良計画に係わる動物現況調査報告書.

Inoue T, Kato M, Kakutani T, Suka T and Itino T. 1990. Insect-flower relationship in the temperate deciduous forest of Kibune, Kyoto: An overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University, 27: 377-463.

岩渕 弘・沼宮内耕作. 2008. 春子谷地湿原の蘚苔類. 春子谷地生物相調査報告書：pp.8-9.

Kato M, Kakutani T, Inoue T and Itino T. 1990. Insect-flower relationship inthe primary beech forest of Ashu, Kyoto: an overview of the flowering phenology and the seasonal pattern of insect visits. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University, 27: 309-375.

Kato M and Miura R. 1996. Flowering phenology and anthophilous insect community at a threatened natural lowland marsh at Nakaikemi in Tsuruga, Japan. Contributions from the Biological Laboratory, Kyoto University, 29: 1-48.

成瀬健一. 2008. 春子谷地湿原のゲンゴロウ類について. 春子谷地生物相調査報告書：pp.23.

奥 俊夫. 2008. 湿原内樹木の食葉性昆虫. 春子谷地生物相調査報告書：pp.37-41.

鈴木まほろ・千葉武勝・大石久志. 2005. 岩手県から採集されたハナアブ2種. はなあぶ, 20: 3-10.

滝沢村・日本技術開発株式会社. 2000. 春子谷地湿原保全基礎調査 調査報告書.

吉田明弘・吉木岳哉. 2008. 岩手山南東麓春子谷地湿原の花粉分析からみた約13,000年前以降の植生変遷と気候変化. 地理学評論, 81: 228-237.

吉田勝一. 2008. 春子谷地湿原におけるゴマシジミ成虫の生息状況. 春子谷地生物相調査報告書：pp.45-48.

Harukoyachi is a precious bog with an area of 16ha, located at 450m elevation, at the foot of Mt. Iwate. We, Harukoyachi Study Group have carried out fauna and flora study and ecological studies on biological interactions in and around the bog between spring 2007 and fall 2008, to comprehend the recent changes among organisms in the bog.

In the fauna study, we have found some insects which will be described as new species and insect species firstly recorded from Japan. About 50 insect species have been firstly recorded from Iwate Prefecture in our study.

We have analyzed past aerial photographs of the Harukoyachi area. In the northern part of the bog, alders have rapidly increased and expanded since 1960's, and 40% of the bog area was vanished by 2005. This vegetation change should have influenced flora and fauna in the bog. For example, a hygrophilous orchid *Platanthera hologlottis* Maxim. recorded from Harukoyachi in 1973 cannot be seen at the present day, probably because the vegetation has changed.

Our study showed that Harukoyachi is an important site for preserving biodiversity and biota in Honshu. We have summarized our achievements and published as "the Harukoyachi Study Report", and proposed some guidelines for conservation of the organisms in the bog.

プロ・ナトゥーラ・ファンド第18期 助成成果報告書（2009）

ササ型林床のブナ林の更新過程に関する研究

ぶなっこ調査隊
西本 孝・蒔田 明史・西本 史樹・辻田 峯夫・片岡 博行
山田 勝・牧本 卓史

Initial stage of seedling along the regeneration of Japanese beech after the simultaneous death of under growing dwarf bamboo

Bunakko Chousatai
Takashi Nishimoto, Akifumi Makita, Fumiki Nishimoto, Mineo Tsujita, Hiroyuki Kataoka, Masaru Yamada and Takushi Makimoto

ササ型林床のブナ林はササとの競争により実生が定着できるかが更新の重要な鍵となっている。

1995年にササの一斉枯死した十和田湖周辺のブナ林で、被圧下で生残していたブナ稚樹とその後発生した多数の実生を追跡することにより、ササ型ブナ林の更新過程について研究を行った。ササの枯死以前に定着していたブナの稚樹がササ枯れ後急激に生長するとともに、ササ枯れ後の3度の大豊作によって発生した多量の実生はその後多量に枯死したものの、多くが生残して並作年に発生した実生とともに実生バンクを形成していた。生残する稚樹や実生が多く生残したのは回復しつつあるササの密度がある程度の所であった。ササ枯れ後に急激に成長してササ層を超えることができたブナ稚樹は、ササ枯れ以前にも被圧下で伸長した時期があった。ササのほとんど生育していない蔦沼近くのブナ林では、実生は多数の発生と枯死を繰り返し生残したごくわずかの個体がほぼ毎年生残して異年齢集団を形成していた。同地域のササが生育する調査区では生残する稚樹や実生数がササの密度によって異なり、ある程度のササ密度の場所で多くなっていた。

岡山県を含めた西日本では今後ブナ林が温暖化によって減少すると予想されているが、それ以前にササの高い密度のために稚樹の生育が阻害されてササ原に移行する可能性が高くなっている。しかし、ササの密度を適正に保てばブナ林は再生可能であることが示唆された。

1. はじめに

日本のブナ林は多くの場合林床にササを伴っている。林床にササが繁茂するブナ林では、豊作の翌年には多数の実生が発生するものの、ほとんどがその年のうちに枯死してしまうため、後継樹が育っていない。更新するチャンスのないまま、多くのブナ林がササ原に変わってしまうおそれがあり、伐採によるブナ林の減少を食い止めるだけでなく、今後はブナ林の再生に取り組むことが求められている。

ササ型林床のブナ林の更新過程については、ブナの樹齢構成を調べることにより、密生するササが更新を阻害するもののギャップの形成、ササの一斉枯死、ブナの豊作年との関係から説明できるとされている（Nakashizuka and Numata 1982a）。それによると、大径木の樹齢構成は140～180年であったのに対して、小中低木は40～60年程度であり、短期間に発生していたことから、林床のササ枯れや樹冠構成種の枯死によるギャップ形成によって短期間に芽生えた実生が改善された光環境の元で再生するチャンスに恵まれたからであると考察している。

また、林内放牧によってササの生育していないブナ林での更新過程については、大径木の樹齢が20〜50年の幅でそろっており同時期に発生したと考えられることから、多数の実生バンクからギャップの形成により更新されることが明らかにされている（Nakashizuka and Numata 1982b）。

さらにササ枯れが発生したブナ林の場合には、密生するササの下では稚樹の生育が阻害されるが、ササ枯れの起きた場所での生残率は高くなっており、一斉枯死の間隔とササの回復速度がブナの更新を決める重要な要因であることが明らかにされている（Nakashizuka 1988）。ところが、林内で発生した実生が、どのような条件の場所で生き残っていくのかについては、実生を継続して追跡した調査からは未だ明らかにされていない。

ササ型林床のブナ林では、ブナ実生は多くの場合ササの下での暗さや高い湿度のために、光不足や菌害によって枯死してしまい実生バンクは形成されないことが指摘されている。岡山県のブナ林でも、チマキザサの密生する林分ではササの下では実生は発生してもその年の秋までに全滅し、生き残ることができない（西本 2005）。ところが、ササの密度がある程度ある方が実生の定着に適した光環境となっていることが指摘され（Kobayashi *et al*. 2000）、岡山県のササ型林床のブナ林の場合でも、ササ被圧下にあっても実生が100本/ha程度生き残っている場合がある（西本 未発表）。

十和田湖周辺では1994年に広範囲でチシマザサが開花した後、翌年に一斉に枯死した（蒔田ほか 1995）。一斉枯死したブナ優占林に30m×30mの調査区を設定して1995年以降調査を実施して得られた結果からは、ササ枯れ以前にはすでにチシマザサの下に長期間生存していたと考えられる稚樹が50本ほどあり、ササ枯れ後急激に成長してササ層を超えるまでになった個体があるとともに、ササ枯れ後に次々と芽生えてきた実生が多数の枯死を繰り返し、生残した実生が実生バンクを形成して、10数年間におよそ20,000本/haもの集団を形成していることが明らかになってきた。ササの下では稚樹が生き残ることが可能であり、長期間生き延びていた稚樹がササ枯れ後に急激に成長していくと同時に、ササ枯れ後に形成された実生バンクと一緒になって競争しながら成長するものと予想される。

この報告書ではササの一斉枯死後の回復過程にあるブナ林、ササがほとんど生育していないブナ林およびササの生育しているブナ林に調査区を設定して、実生の樹齢解析や追跡調査を実施した結果を比較するとともに、岡山県でササ原に移行するおそれが出てきたササ型林床のブナ林について、ブナ林が広範囲に広がる十和田湖周辺地域のブナ林での調査から更新過程を考察することにより、再生に向けて必要な対策を立てて実施できるようにすることを目的にしている。

2. 調査地と調査方法

調査は十和田湖の南側の入り口である発荷峠の南側にある国有林内（十和田調査区）および蔦沼周辺の国有林内（蔦調査区）に調査区を設定して行った（図1）。いずれの調査区とも南向きの斜面で、標高は十和田調査区が590m、蔦調査区に設置した2つの調査区はいずれも490mであった。

十和田調査区はチシマザサが一斉枯死したブナ林で（写真1）、1995年には予備調査を、1996年には胸高直径2cm以上のすべての木本について毎木調査を実施するとともに、これ未満のすべてのブナについて胸高直径、樹高および位置を記録した。ササ枯れ後の1995年以降に発生した実生についても可能な限り記録した。なお、胸高直径が測定できないサイズの個体については樹高の1割高での直径を測定した。ブナはすべて番号札をつけて可能な限り追跡して調査し、個体数の追跡調査から生残率を算出して、発生当年の全個体数を推定した。2008年には生残していたすべての個体について、過去の記録を元に誕生年を特定するとともに、記録のない個体についても芽鱗痕の数を読み取って誕生年を特定した。また、ササ枯れ前から生残していた稚樹（以下、前生稚樹）については、ササ枯れ前後の生長量を比較するために芽鱗痕間の長さを測定して、1年ごとの伸長量を求めた。

樹幹投影図を作成するとともに、林床の光環境に

ついて考察するために、感光フィルムによる積算日射量を測定した。積算日射量は5mごとの小方形区の交点に杭を設置し、地上20cmの位置で感光フィルムを載せて一定間隔ごとに回収して日平均の積算日射量を求めた。土地の起伏を示すために、現地で1mメッシュごとに比高を測定することによって地形図を作成した。ササの稈密度については5m四方の小方形区ごとに稈数を数えて単位面積あたりの稈数を算出した。

蔦調査区では林床のササ有無による2つのタイプの調査区を設定し、胸高直径4cm以上の木本の毎木調査とそれ以下のすべてのブナの稚樹および実生の毎木調査を実施した。稚樹および実生の誕生年と生残個体数を調べた。なお樹幹投影図、地形図、ササの稈密度は十和田調査区同様に計測や作成を行ったが、積算日射量の調査は蔦1調査区のみで実施した。

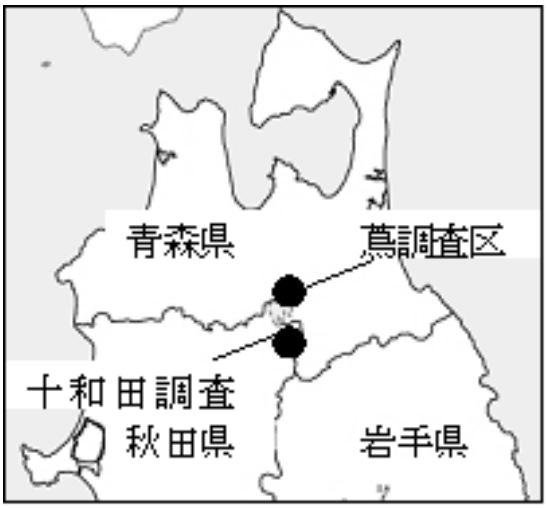


写真1　十和田調査区でのササの一斉枯死
（1995年9月1日）

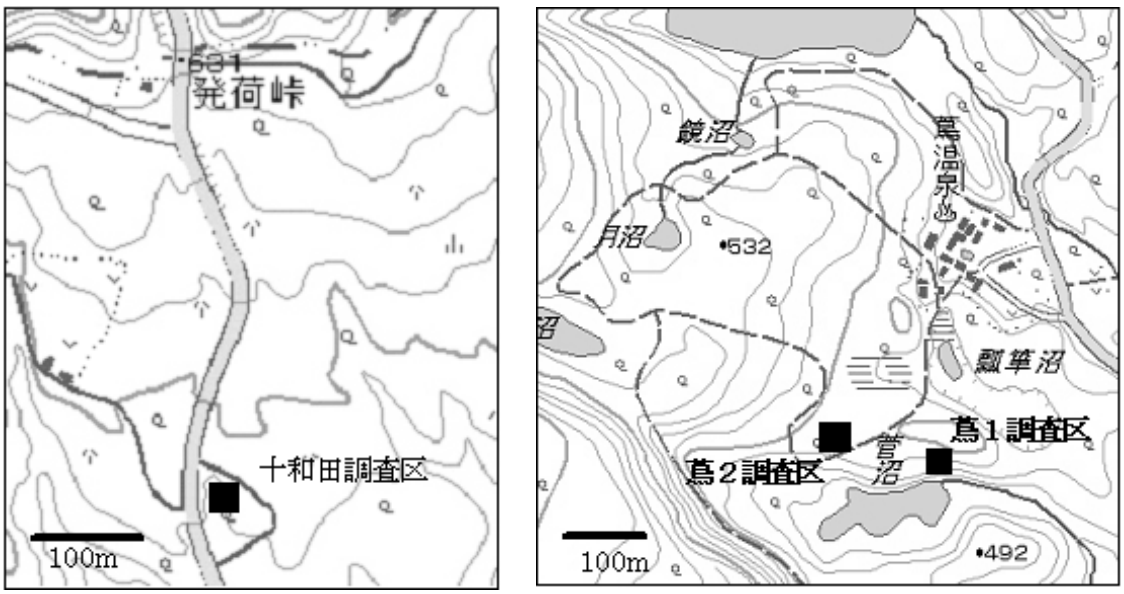


図1　十和田調査区（左）および蔦調査区（右）の地理的位置

3．調査結果と考察

(1) 十和田調査区

十和田調査区では30m四方の調査区を設定して毎木調査および稚樹および実生の調査を1996年～97年、1999年～2003年および2006年～2008年に行い、いずれも9月～10月に実施した。

1) 毎木調査

毎木調査の結果から、1996年に生育していた個体について、2m以上の木本の樹高階別個体数を図2に、2m以上の木本の樹高階別基底面積合計を図3に、ブナの樹高階別個体数を図4に示した。ブナは高木層に優占するとともに各階層に生育していたが、2m以下が54本と多かったのに対して、これを超える大型の個体は少なく、L字型の分布を示した。15mを超える高木層ではブナ以外にはミズナラが1本、ホオノキが2本、ナナカマドが1本、コシアブラが11本生育しており、コシアブラが多く生育していた。

2) 前生稚樹と実生の発生年と個体数

2008年現在で生残していた前生稚樹およびササ枯れ以降に発生した実生の個体数を発生年ごとに示した(図5)。実生については推定した発生年の個体数を併せて示した(図6)。

1995年以降に発生した実生は1998年、2001年、2003年に多くなったが、実生が発生しなかった1997年、1999年および2002年を除いて、これ以外の年にも少数ながら発生した。このうち2001年に発生したと推定された実生は3,000本で、1998年、2003年の1,500本に比べて約2倍と非常に多くなっていた。これらの3か年については、2008年の時点で生残する個体は1998年生が210本(生残率14%)、2001年生は883本(生残率30%)、2003年生は471本(生残率33%)であった。時間の経過とともに生残率が減少したが、発生数が多かった年ほど生残する個体数は多くなっていた。

3) 前生稚樹の生存する位置

十和田調査区は小さな凹地と斜面や平坦地があって起伏に富んでいた(図7)。ササ枯れ以前から密生していたササの被圧下で生存していた前生稚樹は(写真2)、集中して分布しており、多くが凸型斜面や平坦地で生き残っていた(図7)。

4) 前生稚樹の伸長量

前生稚樹のササ枯れ前後での伸長量を比較した結果、すべての前生稚樹がササ枯れ後に大きく伸長していた(図8)。このうち、前生稚樹は生育している場所の違いによって、ササ枯れ以前にも伸長したものとそうでないものがあった(図9)。代表的な前

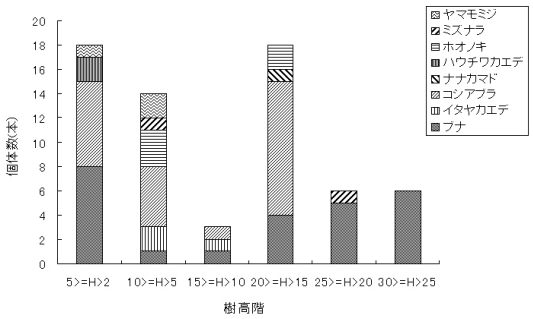


図2　十和田調査区の2m以上の木本の樹高階別個体数

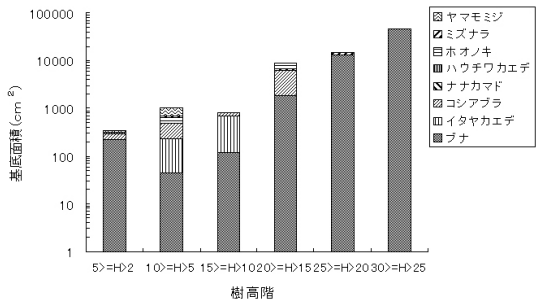


図3　十和田調査区の2m以上の木本の樹高階別基底面積の合計

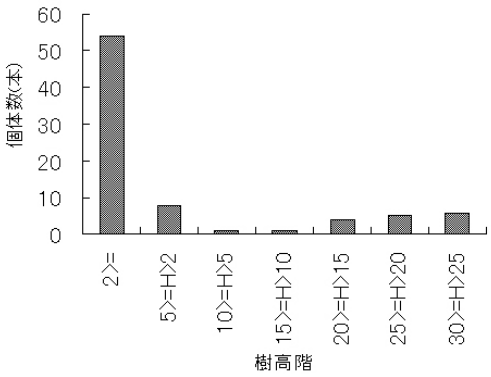


図4　ブナの樹高階別個体数

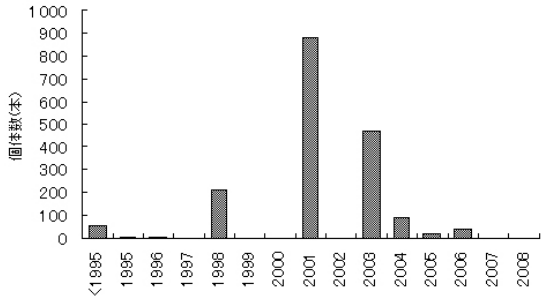


図5　2008年9月の時点で生存しているブナ稚樹と実生の発生年と個体数

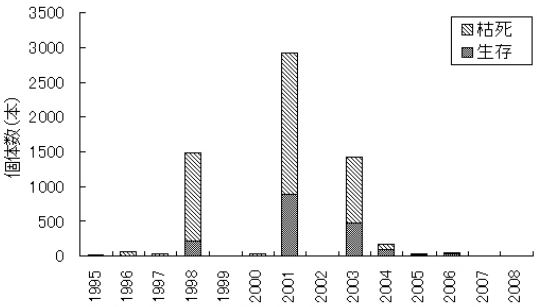
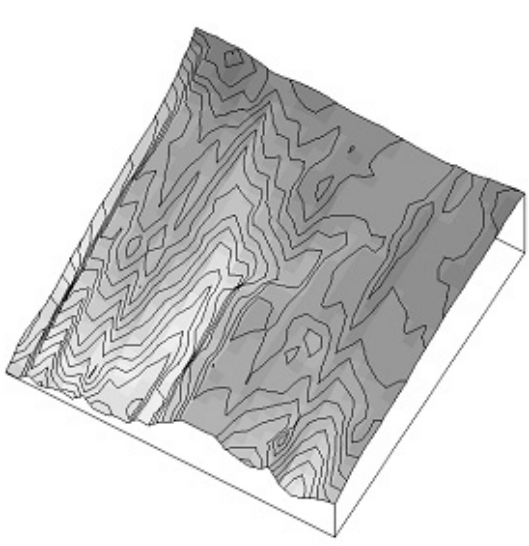


図6　生残率から推定した誕生年の個体数と生存数

写真2　枯死したササの下で生残していたブナの稚樹
(中心よりややしたよりで光を受ける葉)
(1995年9月1日)



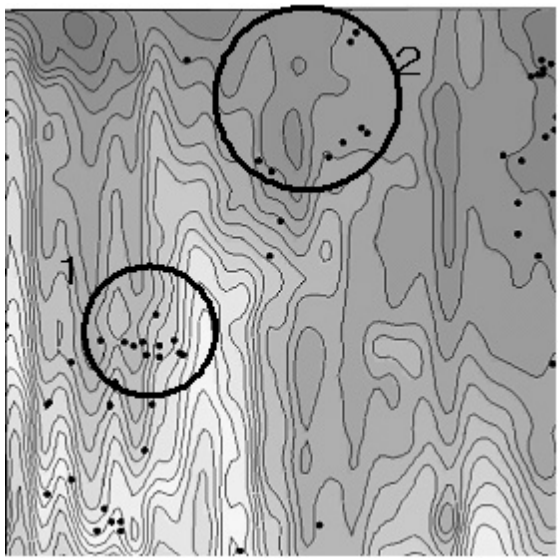


図7　十和田調査区の地形図とササが一斉枯死した1995年にササの下で生存していたブナ稚樹の位置
地形図は立体図(左図)と平面図(右図)を示し、1辺が30mで、左上が原点。前生稚樹は集中して分布しており、凸型斜面や平坦地で多かった。1と2の円は図10参照。

生稚樹で伸長量を比較すると(図10)、ブナ７は1986年から1990年までの5年間では1年間に平均94mm(85～106mm)伸長していたが、1991年からの5年間では1年間に平均29mm(15～57mm)とわずかしか成長していなかった。ところが1995年のササ枯れ後には再び伸長し、1年間に平均120mm(85～192mm)と1986年からの5年間の伸長量を上回っていた。

これに対して、ブナ27は1986年からの5年間では1年間に平均21mm(10～36mm)とわずかではあるが伸長していたが、ササ枯れ前の5年間では1年間に平均8mm(5～18mm)と少なく、ササ枯れ後には1年間に平均88mm(60～120mm)と急激に伸長していた。ササの被圧下にあっても、生育する位置によって伸長量に違いのあることが明らかになった。

ブナ7はこの2度の伸長の結果、ササが枯れた1995年に108cmであった樹高が6年後の2001年には221cmとなり、ササが回復する前にササ層の上に出ることができた。一方、ブナ27は1995年に102cmであった樹高が2001年で113cm、2007年でも148cmで、回復しつつあるササ層の直下で被圧された状態が続いていた。

これらの結果から、ササ枯れ以前から生存していた前生稚樹はササ枯れ後には一斉に伸長していたが、ササの被圧下にある期間にも伸長するチャンスがあり、その伸長量は個体によってはササ枯れ後の伸長量に匹敵するほどであったことが明らかになった。

このことはチシマザサ型林床のブナ林下では生育環境は均一ではないことを意味しており、ブナが生き残った場所の中には、ササの下でもブナの稚樹が伸長できるだけの環境のあることを示唆している。

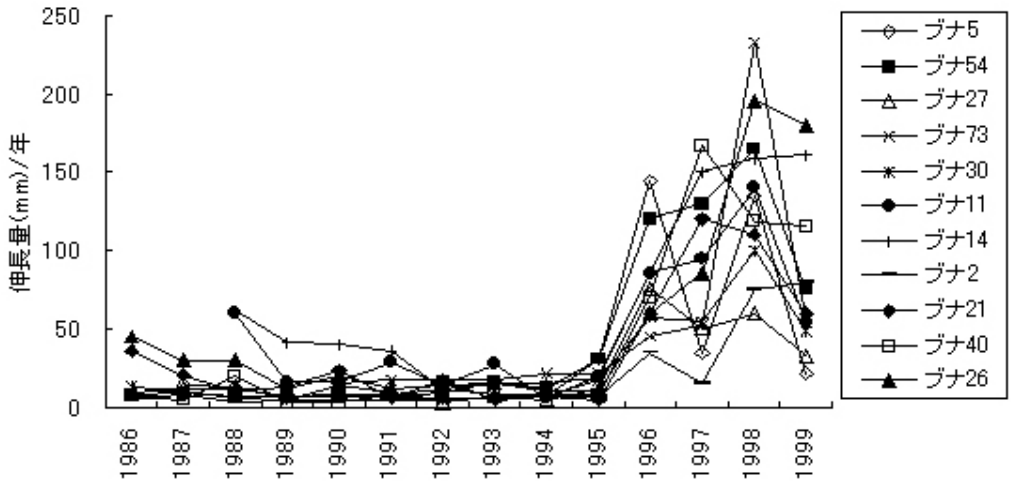


図8　ササ枯れ時に生存していたブナ稚樹のササ枯れ前後の伸長量の比較
ササ枯れが起きた1995年以降一斉に伸長していた。

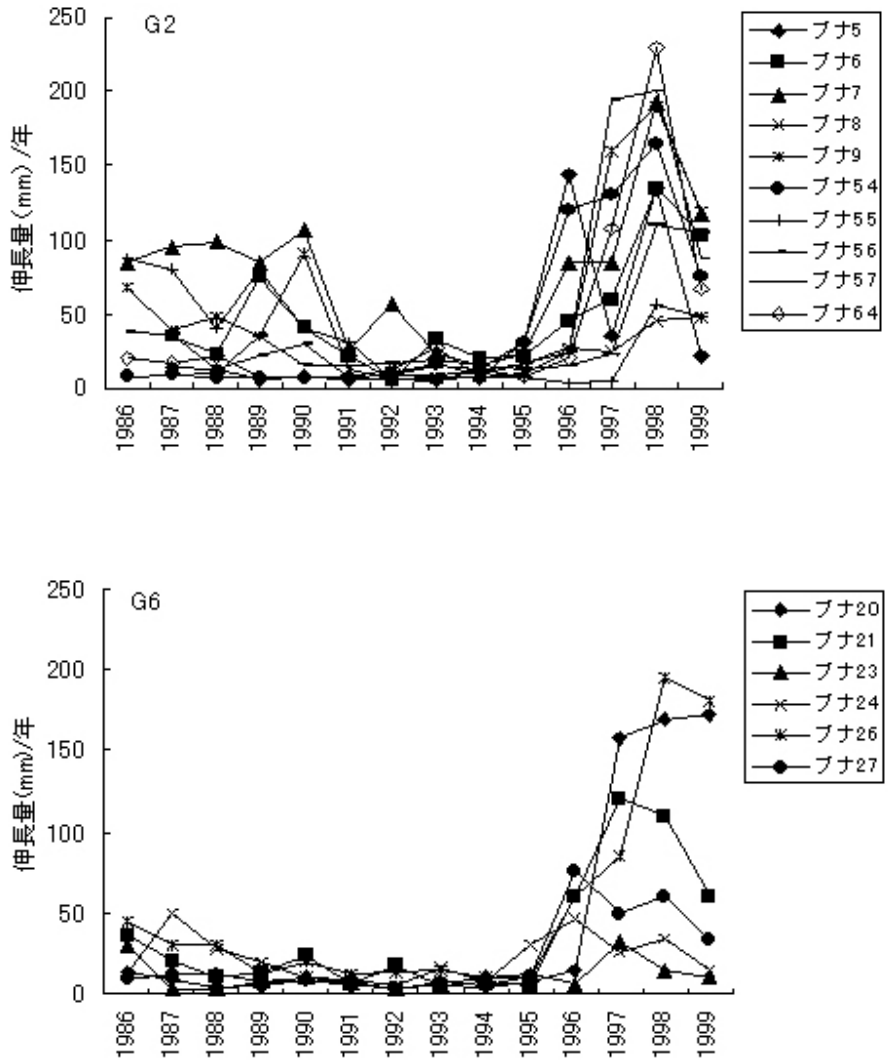


図9　図7の円1内（上）および円2内（下）に生育するブナの1年間の伸長量の変化
円内1のブナはササ枯れ後と同様にササ枯れ前の1986年から1990年までにも伸長した個体があったが、
円内2のブナはササ枯れ以前にはそれほど伸長していなかった。

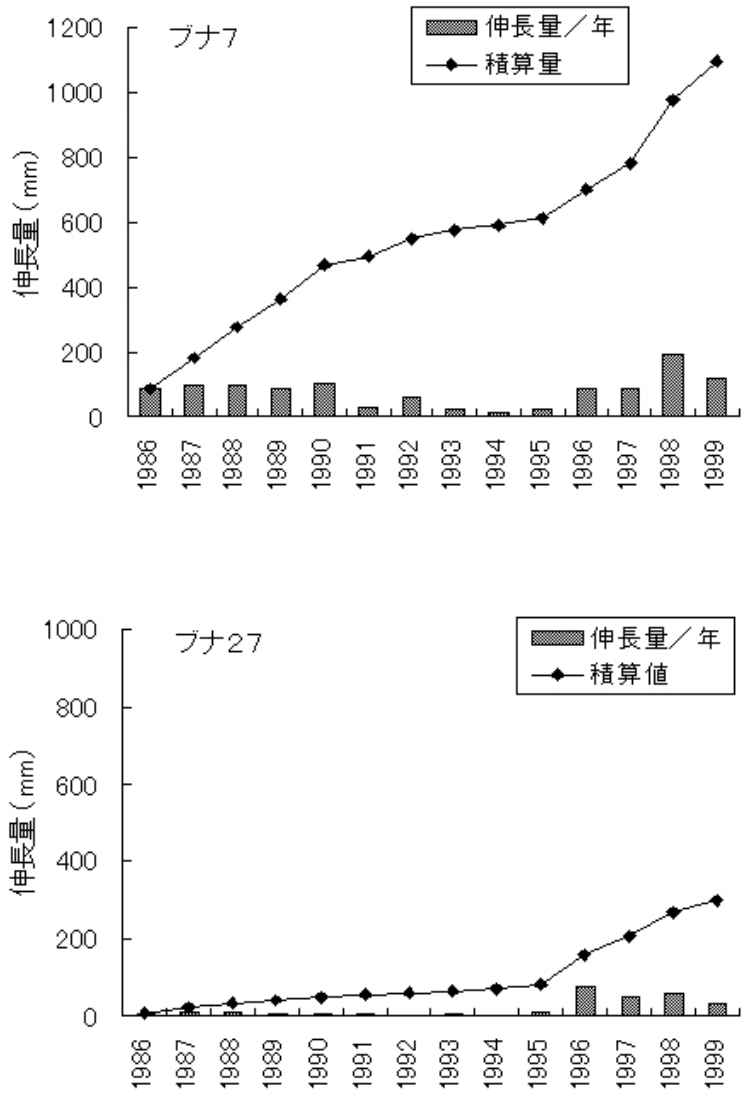


図10　図7の円1内のブナ稚樹（ブナ７）と円2内のブナ稚樹（ブナ27）の伸長量の比較
いずれの個体もササ枯れ前にはササの下で被圧されていたが、ブナ7はササ枯れ以前にも伸長していた時期があった。ブナ７はササ枯れ後急激に伸長してササ層の上に出た。

5）ササ枯れ後に発生した実生の位置

ササ枯れ後に発生した実生が2008年に生残していた位置を示した(図11)。1995年以降2008年までには多くの実生が発生したが、そのうちの大部分は枯死し、1995年以降に発生した実生で生き残っているのは1,718本(1.9本/m^2)であった。生残する実生の位置と樹幹投影図を重ね合わせると、1998年以前の実生がブナ樹幹下には少なく他の樹種の樹幹下やギャップで生残していたのに対して、それ以降に発生した実生がブナ樹幹下でも多数生残していた。1998年生の実生は2年後の2000年にブナ樹幹下でも多数が生残していたが(図12)、2008年にはほとんどが枯死していたことから、ブナ実生は時間が経過すれば、ブナ以外の樹幹下やギャップで生残する傾向が強くなることを示唆していると考えられる。

現地の観察からササの稈密度は1995年の枯死以降徐々に回復していた(写真3、4)。2008年の時点でのササの稈密度は、ブナの樹幹下では低くギャップや他の樹種の樹幹下で高くなっていた(図13)。小方形区ごとのササの稈密度と2008年に生残していたブナ実生数をもとに、ササの稈密度階級ごとの実生数を示した結果、ササの稈密度が2～4本/m^2の場合に、個体数が最も多くなっていた(図14)。

写真3　ササが回復途上にある十和田調査区
(2003年9月26日)

写真4　ササが回復した十和田調査区
(2007年9月10日)

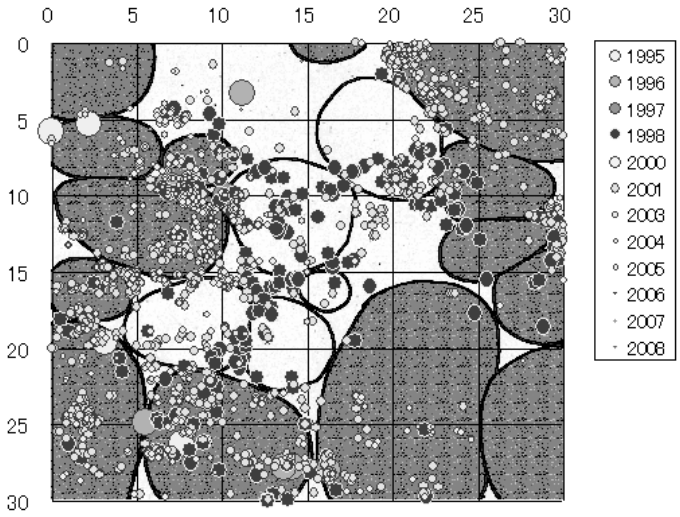


図11　ササ枯れ以降に発生した実生が2008年に生残している位置と樹幹投影図
網掛けはブナの樹幹で枠のみはブナ以外の樹幹。1998年以前に発生した実生がブナの樹幹以外やギャップで生残し、それ以降の実生はブナの樹幹下でも生残していた。

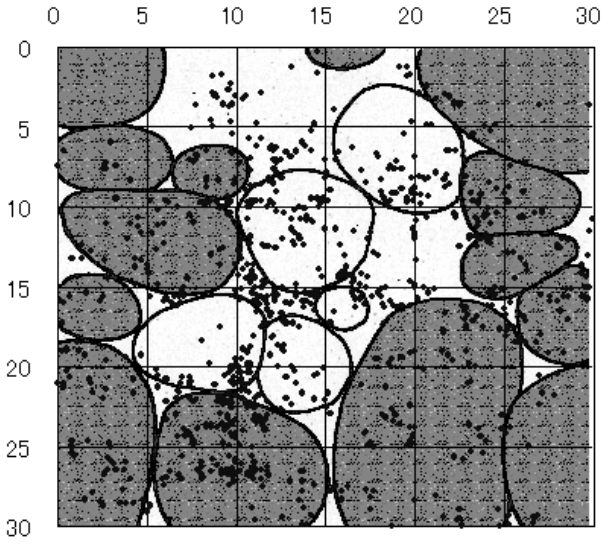


図12　1998年に発生した実生が2000年に生残していた位置
調査区の左上、右上、右下を除くすべてのブナ樹幹下で実生は発生していたが、2008年にはブナ樹幹下ではほとんど生残していなかった。

5.0	5.6	4.4	2.1	2.5	1.2
2.8	3.6	5.4	7.2	3.6	1.6
2.0	4.7	3.3	4.5	2.0	2.6
0.8	1.6	3.2	5.1	3.3	2.4
0.1	3.3	2.3	3.0	3.4	2.8
0.2	1.8	4.1	2.1	2.2	4.8

0<d<=2
2<d<=4
4<d<=6
6<d<=8

図13　小方形区ごとの1m^{2}あたりのササの稈密度
ササの稈密度はブナ以外の樹幹下やギャップで高くなっていた。

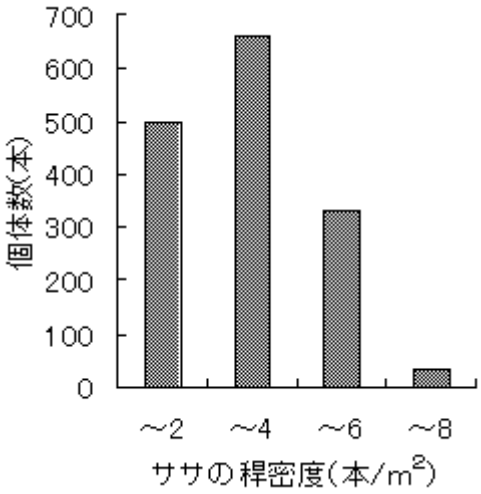


図14　ササの稈密度とブナ実生の個体数の関係
小方形区ごとに生残しているブナ実生の数をササの稈密度ごとに合計すると、ササの稈密度が2～4本/m^{2}の場合に生残する実生の数が最も多くなっていた。

6）日平均積算日射量

林床の光環境の変化を2年間にわたり調査した結果を示した(図15、図16)。2007年では5月に林床は全体的に明るく、特にギャップでは他の部分と比較して明るくなっていた。2008年にはブナの展葉前の4月下旬から5月初めの期間に、ササの稈密度の高いギャップでは他と比べて暗くなっていた。

十和田湖にある休屋では日照時間が平年値では4月と5月は6月以降に比べて高くなっていた(表1)。2007年6月上旬には平年値を上回る日照時間があったことから、ギャップでの日平均積算日射量も多くなっていたと考えられる。ギャップでは直接林床まで光が届いており、ササの回復に影響を与えたと考えられる。ササの回復により2008年のブナが展葉する前の4月下旬～5月初旬にギャップの林床での日平均積算日射量が低下した原因の一つとなったと考えられる。

(2) 蔦1調査区

蔦地区では蔦1調査区(写真5)、蔦2調査区(写真6)の2つの調査区を設置した。調査区はいずれも20m×20mとし、5mごとに区切って小方形区を設定した。

1）毎木調査

2007年に行った毎木調査の結果、生育していた胸高直径4cm以上の個体について、樹高階別の個体数を図17に、樹高階別基底面積合計を図18に、すべてのブナの樹高階別個体数を図19に示した。ブナは高木層に優占しており、各樹高階には樹高の高い方から10mまでは1～3本程度が生育していたが、10m未満では5～10ｍで9本、2～5mで19本、さらに2m以下では506本と圧倒的に多くなっており、L字型の分布を示した。15mを超える高木層ではブナ以外にはフジキが2本、アオダモとアズキナシがそれぞれ1本ずつ生育していた。

2）稚樹と実生

2008年に生存しているすべての実生の樹齢と位置を記録した。樹高が20cmに満たない個体であっても、樹齢が10年を超えるものも多く見られたが、芽鱗痕を明瞭に読み取ることができた(写真7、写真8)。最大読み取れた1990年生までは発生年ごとに個体数をまとめ、それ以前の個体は1988年生以前として、稚樹と呼んで一つにまとめた(表2)。実生は樹齢が大き

写真5　ササのほとんどない蔦1調査区の林内

写真6　ササが生育する蔦2調査区の林内

表1　休屋(十和田湖)のアメダスポイントでの日照時間(時間)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
2007年	124.0	134.8	206.6	112.3	132.7	102.4	157.8
2008年	152.7	154.0	130.3	78.2	124.6	156.5	148.5
1985年～2008年の平均値	161.1	164.0	130.2	101.5	134.4	118.9	122.6

くなるにつれて個体数は少なくなったが、1993年生の実生を除いて1990年生まで連続して実生が生残していた(図20)。2007年と2008年の追跡調査の結果では、1999年生以前の実生はこの1年間では、すべて生存していたのに対して、2000年以降に誕生した実生は生残率がやや下がったものの、2007年を除くと平均で80%程度は生残していた。この結果から、実生は発生してから10年程度は毎年平均で8割程度が生残して徐々に少なくなるが、10年を超えるとほとんどが生き残っていることが明らかになった。

また、2006年に発生した実生について2年間の追跡調査では、2006年には434個体であったが、2007年に336個体、2008年に242個体となり、1年間の生残率はそれぞれ77.4%、72.0%で、2年間でおよそ半分になっていた。また、実生の生残する位置は図21のように変化し、実生は調査区全体にランダムに分布しており集中することはなかった。

表2　蔦1調査区での稚樹・実生の誕生年ごとの個体数と2007年から1年間の生残率

誕生年	2008	2007	生残率
<1988	30	30	100.0
1990	2	2	100.0
1991	1	1	100.0
1992	1	1	100.0
1993	0	0	—
1994	3	3	100.0
1995	4	4	100.0
1996	8	8	100.0
1997	8	8	100.0
1998	4	4	100.0
1999	2	2	100.0
2000	6	9	66.7
2001	6	7	85.7
2002	5	6	83.3
2003	37	39	94.9
2004	25	29	86.2
2005	6	10	60.0
2006	242	336	72.0
2007	3	13	23.1

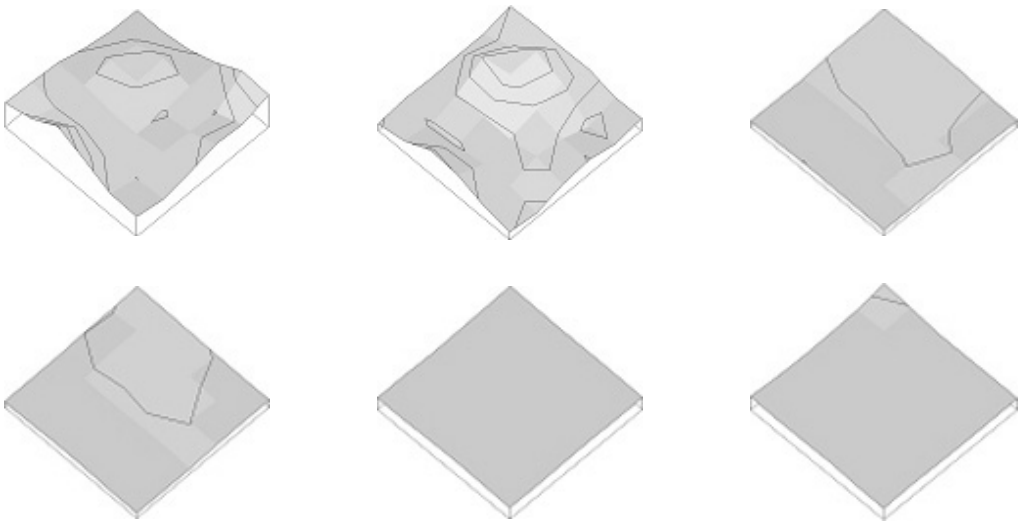


図15　2007年の日平均積算日射量の推移

5mの小方形区に区分して、小方形区の日射量は4隅で測定した値から平均して求めた。各図は方形区全体を示しており、上が原点である。図の高さは日射量の多さを示している。

調査期間は上左：5月11日～23日、上中：5月23日～6月5日、上右：6月5日～24日、下左：6月24日～7月29日、下中：7月29日～9月2日、下右：9月2日～10月7日。

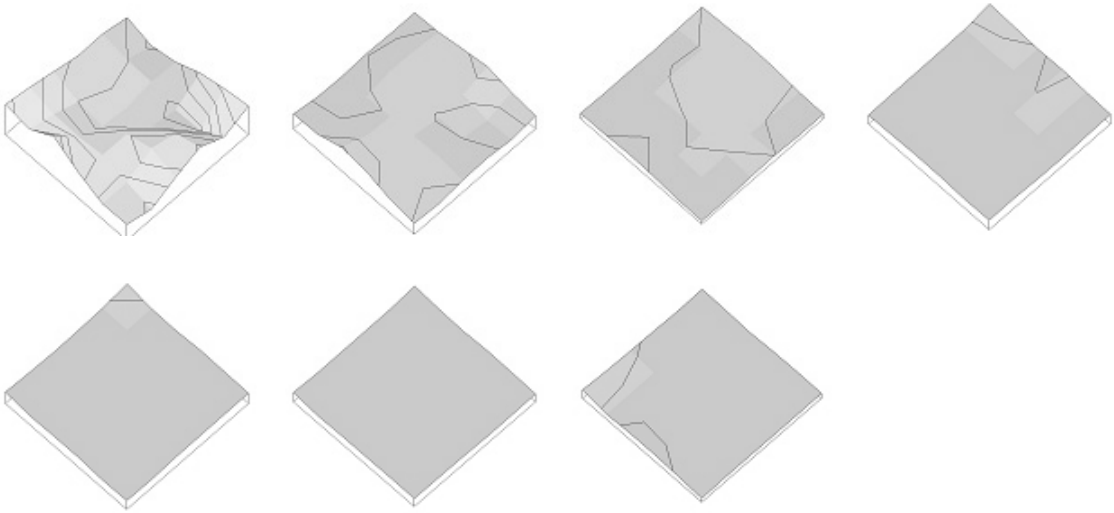


図16　2008年の日平均積算日射量の推移
調査期間は上左：4月25日～5月5日、上中左：5月5日～5月19日、上中右：5月19日～6月2日、
上右：6月2日～7月1日、下左：7月1日～8月13日、下中：8月13日～9月17日、9月17日～10月26日。

写真7　樹齢が20年を超えるブナ稚樹

写真8　ルーペを用いて芽鱗痕を読み取る

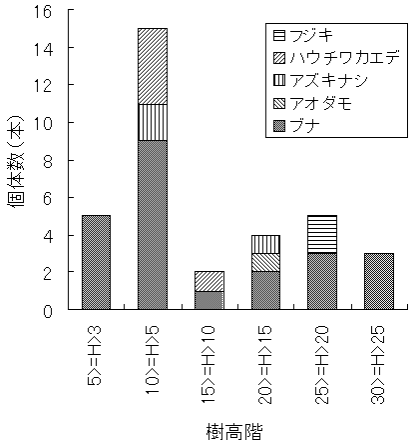


図17　蔦1調査区の樹高3mを超える樹木の樹高階分布

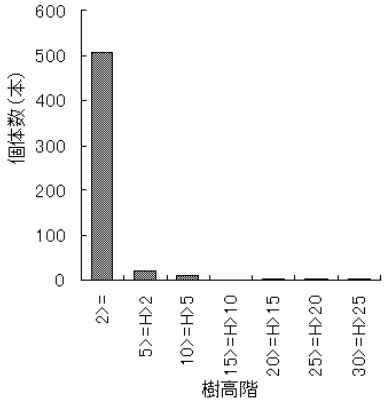


図19　蔦1調査区のブナの樹高階分布
2m以下の個体が非常に多く、これを超える個体は極端に少ない。

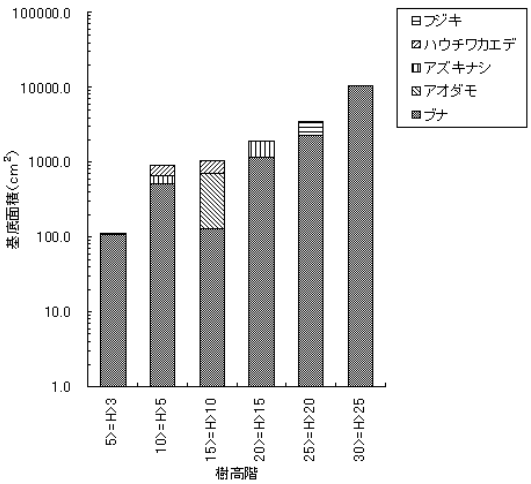


図18　蔦1調査区の樹高3mを超える樹木の樹高階別基底面積合計

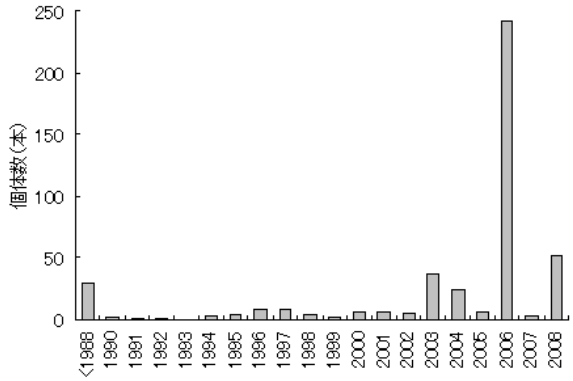


図20　蔦1調査区の2008年9月の時点で生残しているブナ稚樹および実生の発生年と個体数

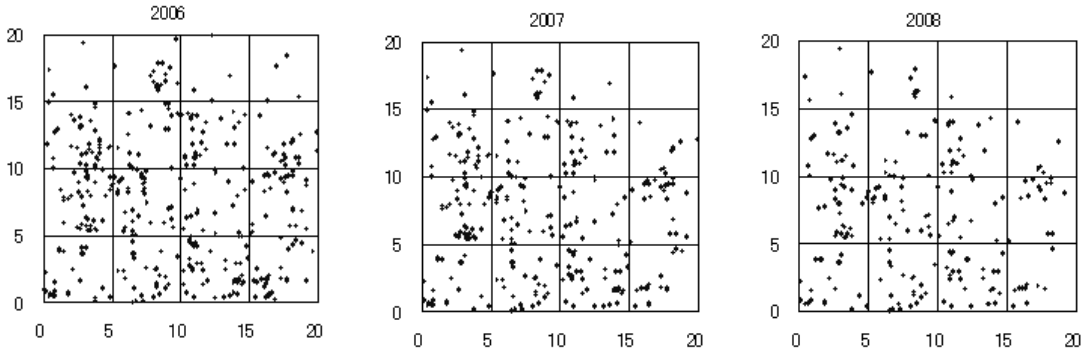


図21　2006年生実生の生育位置の経年変化
実生は調査区全体にランダムに分布しており、2年間で約半数になったが、斜面上部で斜面が急になるために少なくなっているものの分布には偏りがほとんど見られなかった。

次にブナの稚樹および実生が生存している位置と樹幹投影図との関係について検討した結果(図22)、稚樹および実生は樹齢の高い個体がブナ以外の樹幹下に生存している傾向は認められるものの、ブナ以外の樹幹下やギャップに集中するという関係は認められなかった。

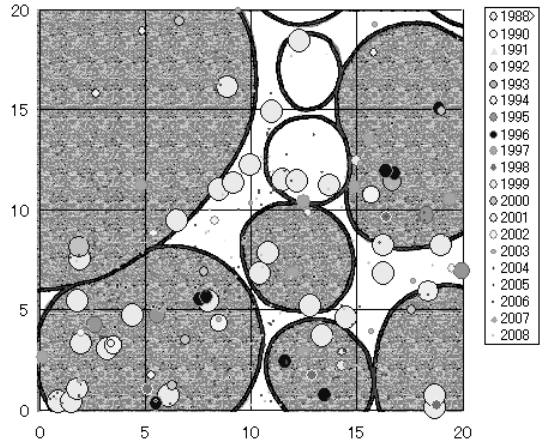


図22　蔦1調査区の稚樹および実生の位置と樹幹投影図との関係
稚樹および実生はブナ以外の樹幹下やギャップに偏る傾向はあるものの必ずしも関係は認められず、ランダムに分布していた。

3）稚樹および実生と地形、ササの稈密度や日射量との関係

調査区の地形は、全体的には均質な斜面であったが、斜面上部は急傾斜となっていた(図23)。このため斜面上部では稚樹および実生は少ない傾向があるものの、全体的にはランダムに分布していた。

わずかに生育するチシマザサの小方形区ごとの稈密度は2つの小方形区で1m^{2}あたりの稈数が1を超えたが、多くで1よりも少なく、0の小方形区も6つあった(図24)。

また、日平均積算日射量は調査区全体でほぼ均一に変化しており、2007年には5月の展葉期間には多く、6月に林冠が閉鎖して以降は減少し、7月以降は少なくなっていた(図25)。2008年には日射量は展葉前の4月から5月前半では斜面上部を中心に多くなっていたが、展葉期の5月中旬には少なくなり、6月に林冠が閉鎖して以降には少ない状態が続いた(図26)。調査区内の場所による違いは2007年同様にほとんど認められなかった。5月中旬～6月上旬の日射量が2007年で多く2008年で少なくなるという結果は十和田調査区と同じであった。これは2007年6月の日照時間が平年値よりも大きくなっていたことが大きく影響していると考えられる。

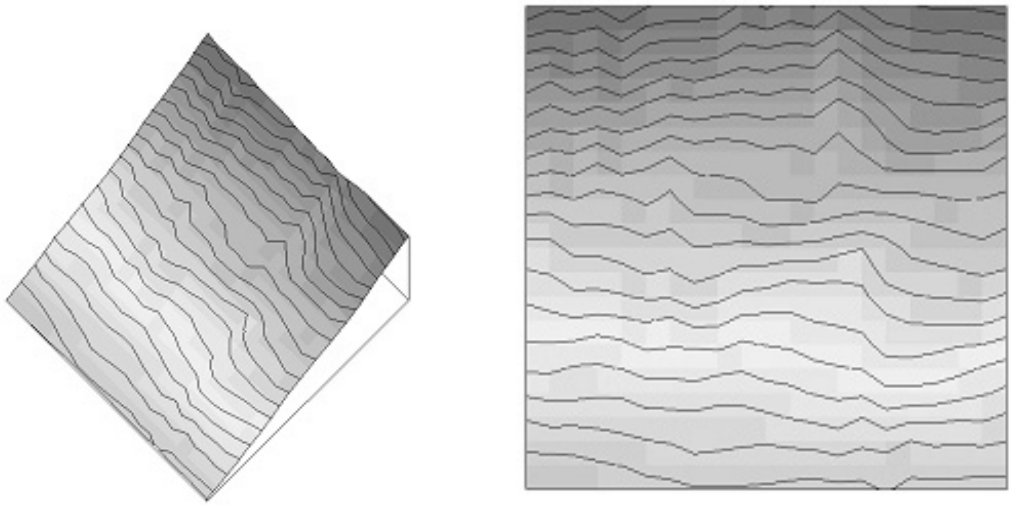


図23　蔦1調査区の地形図
左：立体図、右：平面図。斜面上部が急傾斜となっているが、斜面全体は凸凹の少ない均質な斜面。調査区は1辺が20m。

1.3	0.8	0.3	0.2
0.2	1.6	0.5	0.0
0.2	0.0	0.5	0.0
0.0	0.0	0.2	0.0

図24　蔦1調査区の小方形区ごとのササの稈密度
斜面上部の 2 つの小方形区で 1m^2 あたりの稈数が 1 を超えたが、他は 1 未満であり、全くない小方形区も 6 つあった。

稚樹および実生が急傾斜のため斜面上部で定着できないものの調査区内ではランダムに分布していたことは、斜面が均一であるとともに光環境が均一に保たれていたことが大きく関係しており、ササがほとんど生育していないことや林冠がほとんどブナによって覆われていることも関係していると考えられる。

(3) 蔦2調査区

蔦2調査区は2008年9月に設置して調査を行った。

1) 毎木調査

2008年に行った毎木調査の結果では、胸高直径4cm以上の個体のうち、2mを超える樹木の樹高階別の個体数を図27に、樹高階別基底面積合計を図28に、すべてのブナの樹高階別個体数を図29に示した。ブナは20～25mに7本生育するとともに、5～20mの各樹高階に2～6本、2～5mに18本、2m以下の個体数が714本と圧倒的に多く、L字型の分布を示した。高木層ではブナ以外には25mを超えるホオノキが1本、15mを超えるホオノキとハウチワカエデがそれぞれ1本あった。

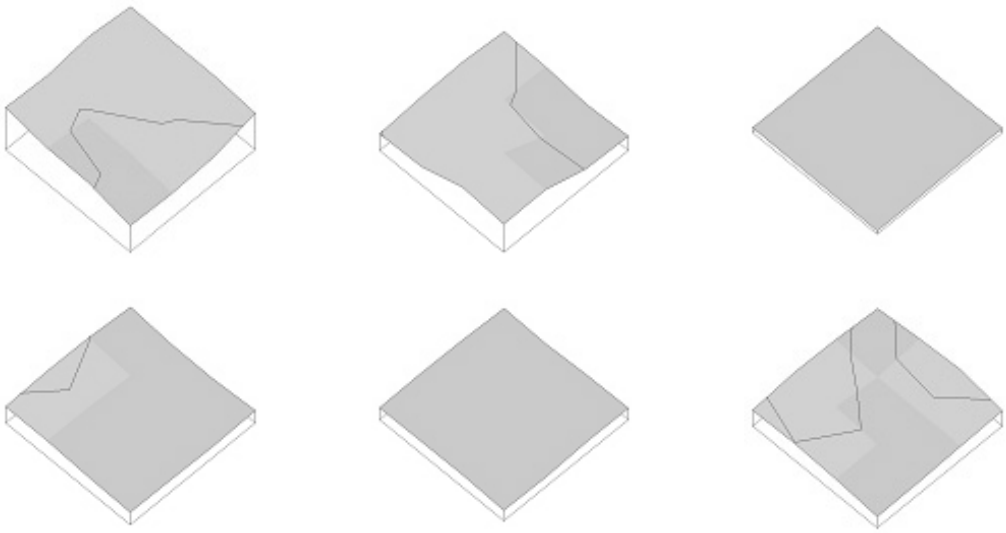


図25　2007年の日平均積算日射量の推移
調査期間は上左：5月11日～23日、上中：5月23日～6月5日、上右：6月5日～24日、下左：6月24日～7月29日、下中：7月29日～9月2日、下右：9月2日～10月7日。林内では日射量はほぼ均一で、5月の展葉時期が最も多く、6月の林冠閉鎖以降極端に少なくなり、7月以降はわずかながら全体に日射量が得られていた。

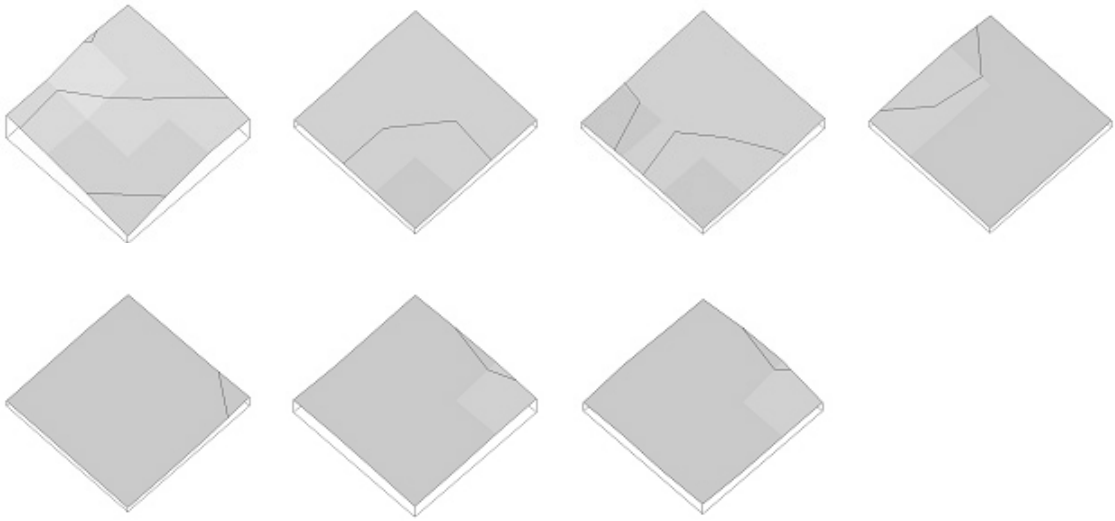


図26　2008年の日平均積算日射量の推移
調査期間は上左：4月25日～5月5日、上中左：5月5日～5月19日、上中右：5月19日～6月2日、
上右：6月2日～7月1日、下左：7月1日～8月13日、下中：8月13日～9月17日、下右：9月17日～10月13日。

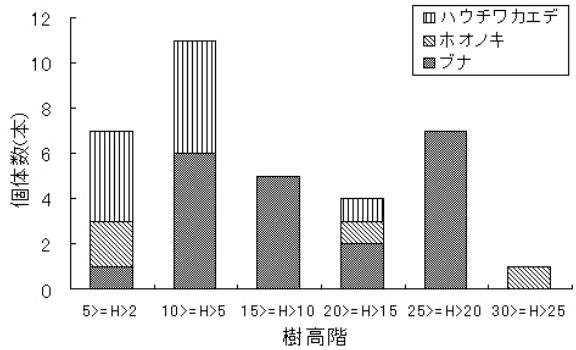


図27　蔦2調査区の樹高2mを超える樹木の樹高階分布

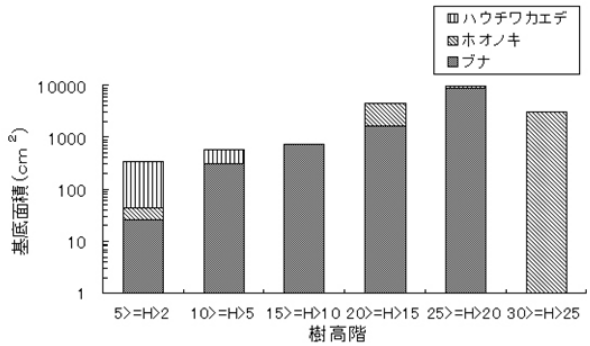


図28　蔦2調査区の樹高2mを超える樹木の樹高階別基底面積合計

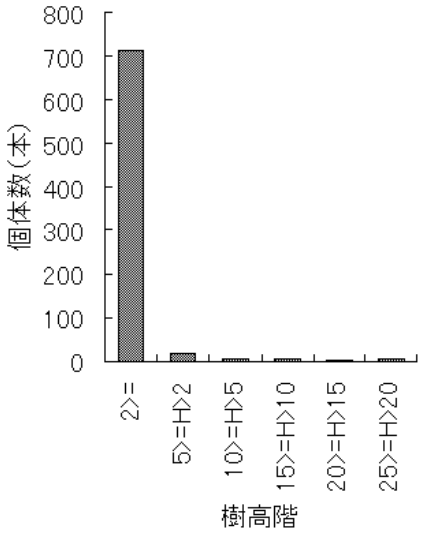


図29　蔦2調査区のブナの樹高階分布
2m以下の個体が非常に多く、これを超える個体は極端に少ない。

2）稚樹および実生

2008年に生存しているすべての実生の樹齢と位置を記録した。樹齢は蔦1調査区と同様にすべての実生の年齢を特定した。20年を超えて読み取るのが困難になった個体については20年以上とし、蔦1調査区と同様に稚樹と呼んで区別した。発生年ごとの個体数とまとめた(図30)。

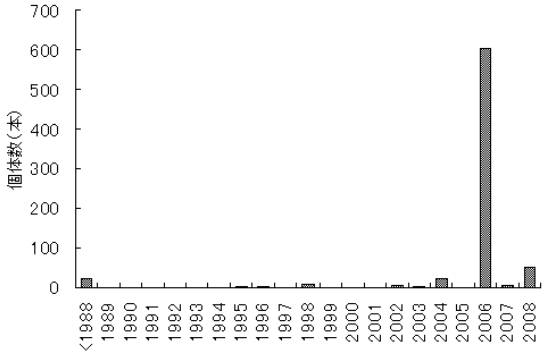


図30　蔦2調査区の2008年9月の時点で生残しているブナ稚樹および実生の発生年と個体数

実生は樹齢が大きくなると個体数は少なくなり、蔦1調査区と異なり欠落する年が多く見られた。2006年に発生した実生が604本と突出して多く、この年には蔦1調査区と開花結実は同調していたと考えられる。ところが、それ以前については蔦1調査区ではほぼ毎年実生が生残していたのに対して、蔦2調査区では生残しない年が多くなっていた。また、蔦1調査区と比較して樹齢の大きい実生が少なく、1988年生よりも古い個体は23本しかなく、そのほとんどがササ層を超えていたが、ササの被圧下にあるものも4本あった。

次にブナ稚樹および実生が生存している位置と樹幹との関係について検討した結果(図31)、稚樹および実生は樹齢の大きい個体がホオノキやハウチワカエデといったブナ以外の樹幹下やギャップに生残している傾向が認められた。2006年に発生した2年生の実生はブナの樹幹下でも生育していたが、多くの個体が集中して生育している樹幹下と少ない樹幹下があった。また、一部の実生がホオノキの樹幹下でも生育していた。

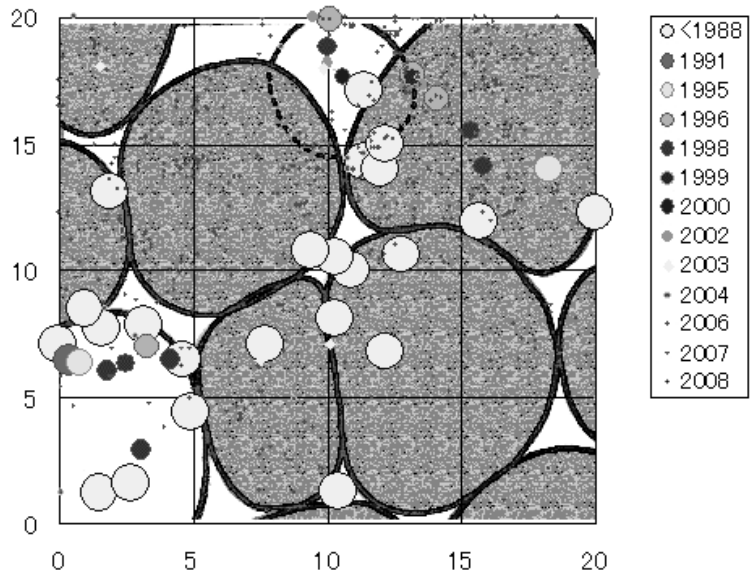


図31　蔦2調査区の稚樹および実生の位置と樹幹投影図との関係
稚樹はホオノキやハウチワカエデのブナ以外の樹幹下やギャップに偏る傾向があるが、実生はブナの樹幹下に集中して分布していた。実生は樹齢が大きくなるとギャップやブナ以外の樹幹に偏る傾向が強くなっていた。

3）稚樹および実生の生育位置と地形、ササ密度との関係

稚樹および実生の生育する位置と地形との関係について検討した結果(図32)、地形図上では稚樹および実生の分布する位置との関係は明確には認められなかった。また、ササの稈密度は樹幹との関係は必ずしも明確ではなかった(図33)。

ササの稈密度と稚樹および実生の関係について検討した結果、ササの稈密度が0〜2本の小方形区はなかったが、密度の得られた小方形区では2年生実生についてはササの稈密度が1m^{2}あたり2〜4本と6〜8本の範囲にピークがあり、2年生を超える樹齢の実生でも2つのピークがあったが、稈密度が1m^{2}あたり2〜4本ではピークが2年生実生に比べて小さくなっていた(図34)。この結果からは、ササの生育しているブナ林では、稚樹や実生は6〜8本程度のササの稈密度があった方が生残しやすいといえる。

4. ササ型ブナ林の保護・保全に関する提言

蔦地区での2つの調査区の比較から、ブナ林はササが生育していない場合には、ほぼ毎年発生していた実生の多くが枯死するものの次々と蓄積されて実生バンクを形成していたのに対して、ササが生育している場合には、発生するブナの実生は多くが枯死して生残する割合が少なくなっていたが、ある程度のササ密度がある場合には生存できることが示された。また、ササ枯れが起きた場合には、ササが密生していた状態であっても、被圧下で生き残っていた実生がササ枯れ後に急激に成長することにより、ササが回復する前にササの層を超えて成長できることが明らかになった。

このような結果から、ササの密生により実生の定着が困難になったブナ林では、実生が確実に定着できるようにするためには、林冠がほとんどブナで覆われている場合にはササを全面的に刈るという方法が有効であるが、林冠にブナ以外の樹種が生育する場合には、ササを間引いて稈密度を6〜8本/m^{2}程度に保つように刈り取ることも一案ではないかと考えられる。ブナの実生の定着をはかるには、ブナの豊作にあわせてササを刈り取り、ササの密度をある程度に保つような作業が必要であると考えられる。

特に、温暖化によって今後急速に消失していくことが危惧されている西日本のブナ林では、適切なササの管理を行うことによって実生の定着をはかる必要が急務となっている。すでに稜線部を中心にササ原に移行している場所では、遺伝子の攪乱に注意しながら、すでにササ原に移行してしまった場所でブナ林を再生させる努力も必要ではないだろうか。

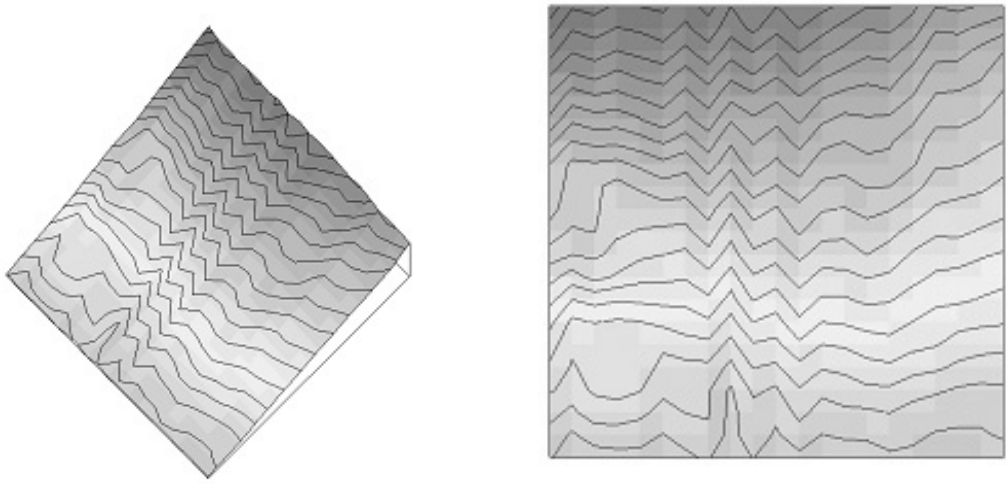


図32　蔦2調査区の地形図
左：立体図、右：平面図。緩傾斜で、斜面全体は多少凸凹のある均質な斜面。調査区は1辺が20m。

3.9	10	7.9	3.2
2.3	5.3	6.7	7.2
6.7	8.6	13.2	7.1
15.1	13	16	17.3

図33　蔦2調査区の小方形区ごとのササの稈密度
小方形区ごとのササの密度が大きく異なっていた。

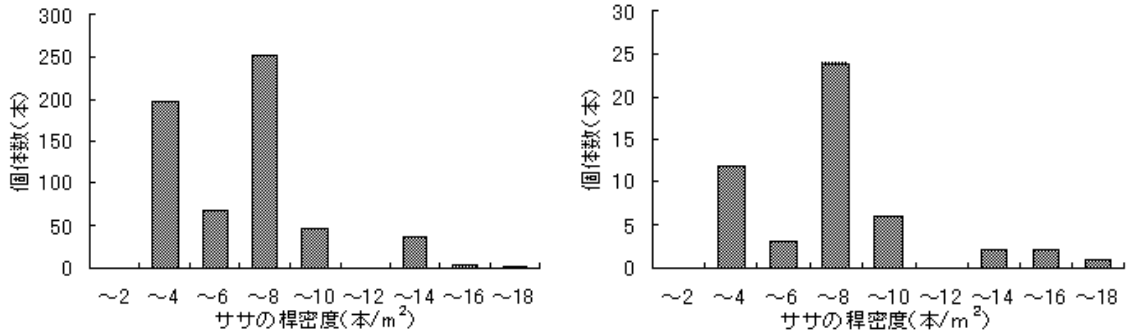


図34　蔦2調査区の小方形区ごとのササの稈密度と2年生実生の個体数(左)と2年生を超える実生の個体数(右)との関係
稈密度が1m^{2}あたり0～2本の小方形区はなく、得られた範囲では稈密度が2～4本と6～8本に度数分布のピークがあったが、樹齢が進むと6～8本の方が生き残る割合は高くなる傾向にあった。

引用文献

Kobayashi, T., Muraoka, H. and Shimano, K. 2000. Photosynthesis and biomass allocation of beech（*Fagus crenata*） and Dwarf-bamboo（*Sasa kurilensis*）in response to contrasting light regimes in a Japan Sea-type beech forest. J. For. Res., 5: 103-107（Short communication）.

蒔田明史・牧田 肇・西脇亜也. 1995．1995年に十和田湖南岸域でみられたチシマザサの大面積一斉開花枯死．Bamboo J., 13: 34-41.

Nakashizuka, T. 1988. Regeneration of beech（*Fagus crenata*）after the simultaneous death of undergrowing dwarf bamboo（*Sasa kurilensis*）. Ecol. Res., 3: 21-35.

Nakashizuka, T. and Numata M. 1982a. Regeneration process of climax beech forests I. structure of a beech forest with the undergrowth of Sasa. Jap. J. Ecol., 32: 473-482.

Nakashizuka, T. and Numata M. 1982b. Regeneration process of climax beech forests II. structure of a forest under the influence of grazing. Jap. J. Ecol., 32: 473-482.

西本 孝．2005．毛無山(岡山県新庄村)におけるブナ実生の10年間の変遷．岡山県自然保護センター研究報告, 13: 1-14.

It will largely depend on seedlings and saplings to survive under the dense cover of dwarf bamboo in forest floor whether Japanese beech forest regenerate or not. We studied on a beech forest near the Lake Towada in Akita Prefecture, which was simultaneous death of under growing dwarf bamboo in 1995. Searching seedlings and saplings recruitment and survivorship, we try to recognize the process of regeneration on the beech forest searching. Pregenerated saplings suppressed under the dense cover of dwarf bamboo before simultaneous death have grown rapidly after that and many seedlings were germinated mainly in 3 times. They survived to make seedling banks with a few seedlings germinated in another years. Many seedlings and saplings have survived under a suitable amount of density of dwarf bamboo. Some pregenerated saplings grown successfully over the dense cover of dwarf bamboo during recovery process have also grown under the dwarf bamboo before they withered. Another beech forests were selected from the Tsuta Numa Pond area in Aomori Prefecture to compare survivorship on the floor under a cover of dwarf bamboo. Seedling banks were made of many different aged seedlings and saplings in the beech forest which dwarf bamboo was not grown. Some seedlings and saplings were survived under a suitable amount of density of dwarf bamboo in another beech forest which did not uniformly cover with dwarf bamboo in the forest floor. From these results, we suggested that we should try to keep a suitable amount of dwarf bamboo for regeneration of seedlings in the beech forests in Okayama Prefecture, western Japan, which fate to change to be dwarf bamboo grassland.

Biodiversity conservation and evaluation of human disturbances on the cool montane evergreen broad-leaved forest in the mid hills of the Bhutan Himalaya

Pema Wangda[1)], Rebecca Pradhan[2)], Kunzang Choden[1)] and Dorji Gyalthsen[1)]

SUMMARY

The study revealed that Gedu-Darla evergreen broad-leaved forest was under strong human intervention since late 1960s. A total of 1689.79 ha forest was logged and planted with either fast growing *Alnus nepalnensis* or exotic *Cryptomeria japonica* a conifer species in the evergreen broad-leaved forest. Socio-economically, the study area was suitable for cattle rearing based on the large broad-leaved area as open pasture. The local community were aware of the change in land use for the past decades. The land use has changed drastically over the past few years. The forest area has reduced and the climate becomes warmer. Interestingly, the community's perception of land use change and climate change was confirmed by the actual（observed）meteorological data. The data showed sharp increase in annual mean temperature from about 12°C in 1986 to about 15°C in 2006. The quantitative vegetation and soil survey of the 13 sampling plots showed that artificial plantation reduces species diversity both at canopy and ground level. The study found out that a total of 96 tree species belonging to 44 families were recorded. The entire forest was classified into four different forest habitats/types using cluster analysis; 1. *Alnus neplanensis* plantation and natural pioneer forest, 2. Natural relict complex forest, 3. Natural forest（Rufous necked hornbill habitat）and 4. *Cryptomeria japonica* plantation forest respectively. Three major life forms of deciduous broad-leaved and conifer types as results of a plantation and evergreen broad-leaved type of the natural forests were depicted. Human intervention on the natural forest caused a huge loss in species diversity, structure and soil properties. The species diversity was reduced by almost 90 % while structurally the forest becomes thinner after plantation. Similarly, the soil formation was greatly affected and no definite soil layers were formed in the plantation forest. The plantation forest showed no relict and a few species when compared to the natural forest. Particularly, the nut bearing tree species and food bearing tree species for the Rufous necked hornbill were not found in the plantation forest. The impact of human intervention was not only on the tree but also on the soil, regeneration and even at the ground vegetation. The study found that if present forest destruction is not controlled, intact forest and its resources will be lost in the near future leading to the loss of rare fauna species. Therefore, the study suggested having strong policy based on the findings of the study to conserve and protect the pristine forest for sustainable utilization and harmonious relationship between human and nature.

1. INTRODUCTION

The forests of Gedu-Darla fall under the subtropical/warm-temperate（montane）vegetation zone（Ohsawa 1987）situated roughly between 1500 and 2300 m a.s.l. just above the southern lowland plains of the Brahmaputra river basin（Van Ijssel 1991）. This forest harbors high flora and fauna diversity and it is also the last remain of subtropical to

1) Department of Biology, Faculty of Science, Andalas University, Padang, West Sumatra, Indonesia.
2) Primate Research Institute, Kyoto University, Inuyama, Japan

warm-temperate evergreen broad-leaved forest of the Himalaya and Bhutan is indeed the responsible country to preserve it for future. This complex forest forms one of the reservoirs of natural resources for the people around as they depend on forest directly or indirectly. Accordingly, the abundant palatable grasses, shrubs, and fodder trees in the forest have encouraged farmers to keep large number of cattle.

Climatically, the study area falls under mesic type forest receiving a total mean annual rainfall of 3350 mm（1986-2000）with the peak rainfall occuring in June, July and August. Similarly, the mean temperatures vary from 2°C in January to 30°C in July. The mean relative humidity changed from 66% in January to 90% in July. They belong to a belt of fog forests as part of the transition between tropical and temperate zones. The combination of diverse forest and climatic conditions contributed to the formation of complex forest ecosystem. Interestingly, a very little is known about the ecology of these forests and the impacts of human actvities on the forests.

However, a strong human intervention was occured when forest industries were established in Gedu such as a wood based saw mill in 1969, a plywood mill in 1982, and a Bhutan Board Particle Limited（BBPL）in 1990. Further, the logged off areas were planted（over 100 hectares per year）by BBPL with either fast growing species of *Alnus nepalnensis* or exotic conifer species of *Cryptomeria japonica* resulting in the change of forest ecosystem（Fig1）. A total area of 1691.61 ha was planted with either *Cryptomeria* or *Alnus*（BBPL 2008）. Therefore, present study was designed to save and protect this complex forest from further degradation. The study specifically aims to achieve the following goals:

（1）Assess the socio-economic status of the area using ethno-botanical survey;

（2）Study the forest ecosystem using vegetation survey of the area;

（3）Investigate the impact of human intervention on the natural forest and soil properties,

（4）Classify vegetation types for different habitats and;

（6）Finally, propose establishment of protection areas for different land-use.

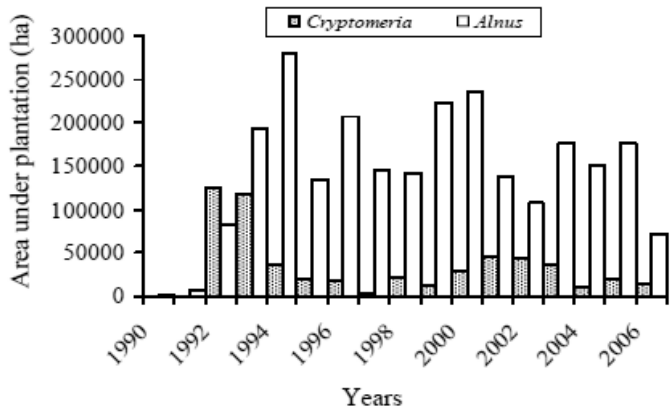


Fig1　Total area under forest plantation of *Alnus nepalnensis*（open bar）and *Cryptomeria japonica*（shaded bar）from 1990 to 2006

2. STUDY AREA

The study area is located in Gedu-Darla（89°31’44’’E, 26°55’39’’N）, under Chhukha District/Dzongkhag（Fig2A-C）. The study was carried out in 13 different forest sites（Fig2, Table1）covering different forest types within the altitudinal range of 900-2,540m a.s.l. including plantation forests and forest habitat for Rufous necked hornbill.

In addition ethno-botanical survey was also conducted in eight villages under two blocks/geogs covering 78 households of the study area.

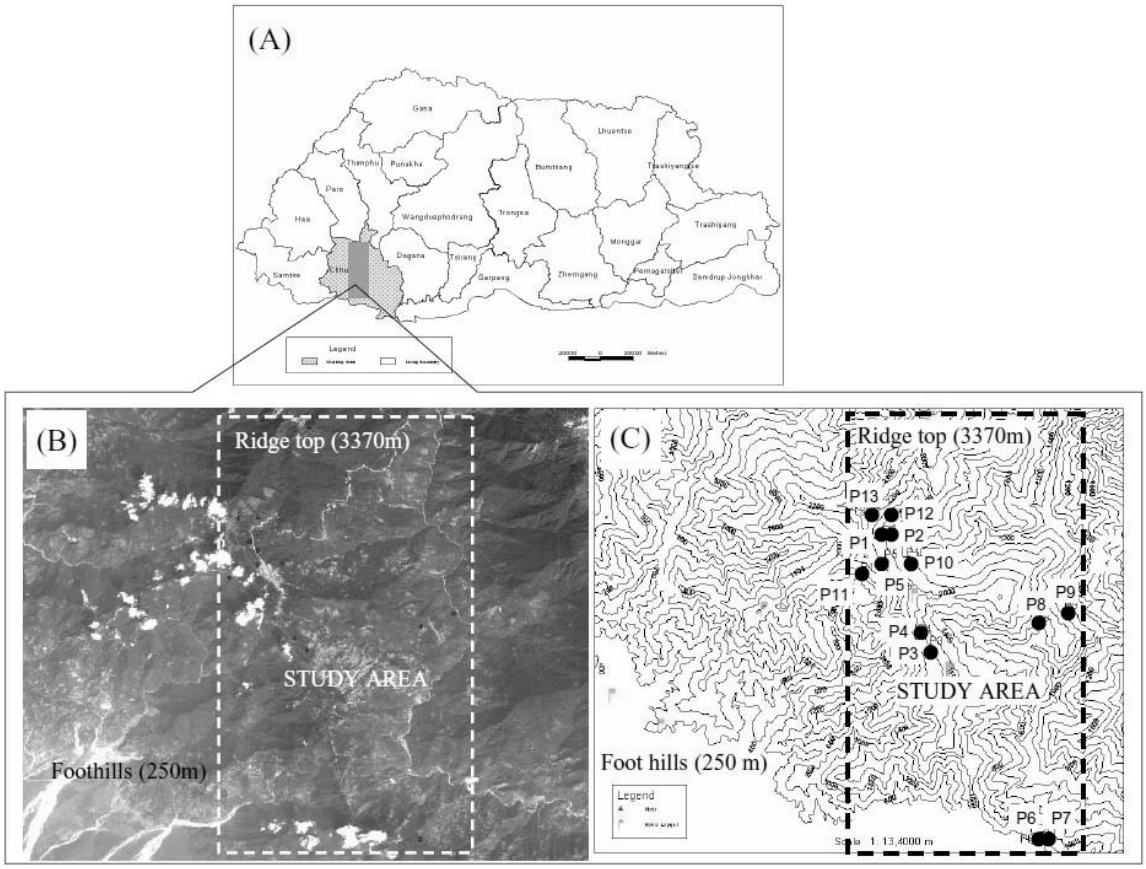


Fig2 (A) Map of Bhutan showing the study area (Gedu-Darla), (B) Satellite image and, (C) topography map showing the 13 vegetation plots and HOBO data loggers.

3. MATERIALS AND METHODS

(1) Temperature and relative air humidity measurement

Air temperature and relative air humidity were recorded using HOBO Onset data logger (Onset Computer Co. MA, USA) mounted on the trees in the forest to avoid human disturbances. Eight data loggers were installed along the altitudinal gradients from conifer forest at 3,370m on the mountain top including cool temperate and warm evergreen broad-leaved forest around 2,500-1,000m a.s.l. to sub-tropical broad-leaved forest at 250m a.s.l. at the southern foothills. The HOBO data loggers were set at hourly interval data recording. The data was downloaded every after six months of recording and batteries were replaced after resetting the loggers. In addition, 20 years of meteorological data (1986-2006) at Gedu, 2,000m a.s.l. was gathered from Agro-Met division, Council for RNR Research of Bhutan, Ministry of Agriculture to investigate the change in climate conditions over the time span of twenty years.

(2) Soil moisture content and soil temperature

Surface soil moisture content and soil temperature was measured by using two HOBO micro stations (loggers) having two sensors under plantation forest and under the natural forest for comparison. The loggers were set at hourly interval recordings since late November 2007 to October 2008.

(3) Litter and soil sampling

Litter and soil samples were collected by setting small quadrats (0.5m by 0.5m) in each sampling plot (Fig3). The samples were separated into litter, fermentation-humus, and soil surface layer. The samples were measured for the fresh weights (FW) and oven dry weights (ODW) at 45℃ after 48 hours. Dried samples were then analyzed at the Soils and Plant Analytical Laboratory (SPAL), Semtokha, Bhutan.

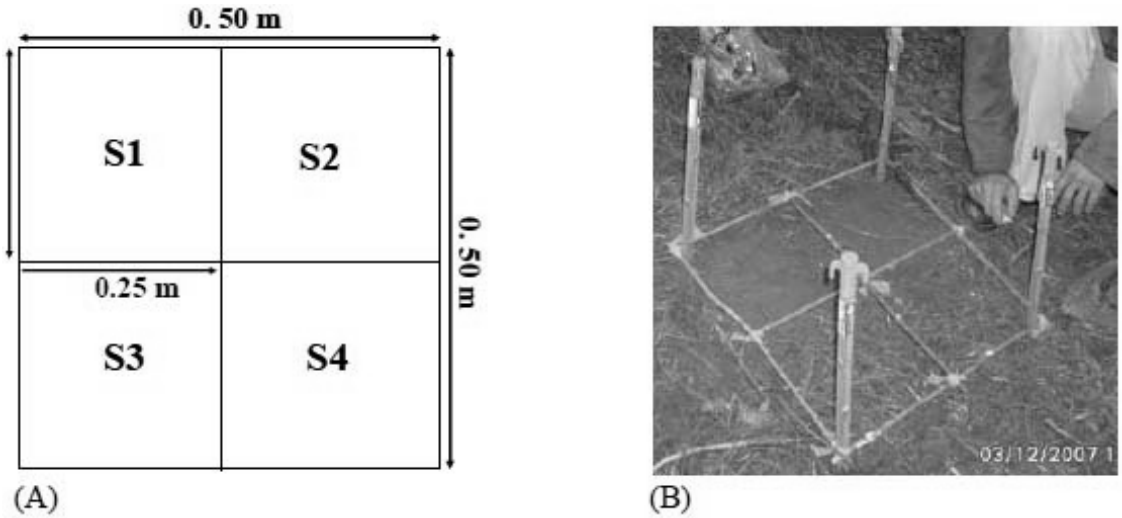


Fig3 Litter and soil sampling methods
(A) quadrat sampling with four sub-quadrat (S1-S4) and, (B) taking samples from the plots under *Cryptomeria japonica* forest (P4).

(4) Socio-economic survey (Ethno-botanical survey)

The socio-economic survey was conducted using semi-structured format and conducted interview. One farmer from each household was interviewed from 8 villages and a total of 78 households were covered.

(5) Vegetation survey

Vegetation survey was conducted on two levels; 1) tree layer survey and 2) ground/herb layer survey. We adopted quadrat sampling both for tree layer and herb/ground layer with different plot sizes of the two layers.

For tree, all tree individuals occurring within the quadrat attaining a height greater than 1.3 m (H≧1.3m) were measured, identified and recorded for tree height (H, m), height of the lowest living branch (HB), height of the lowest living leaf (HL) and diameter at breast height (DBH, cm at 1.3m above ground).

For regeneration survey, all seedlings and saplings occurring inside the plot measuring 2m by 20 m were identified and their height and age were estimated by counting branch tiers and/or bud-scale scars. For ground/herb layer vegetation, the height (cm) of the tallest living herb measured at the tip of the foliage and its percent coverage (%) were recorded in each quadrat.

Fieldwork was carried out from November 2007 to October 2008. Nomenclature of plants followed after Flora of Bhutan (Grierson and Long 1983-2000; Noltie 1994-2000), The Orchids of Bhutan (Pearce and Cribb 2002), Weeds of Bhutan (Parker 1992), Wild Rhododendrons of Bhutan (Pradhan 1998), Flowers of the Himalaya: A supplement (Stainton 1988), Flowers of Bhutan (Nakao and Nishioka 1984), Flowers of the Himalaya (Polunin & Stainton 1984), and Photo-album of plants of Eastern Himalaya (Hara 1968).

4. DATA ANALYSIS

(1) Climatic data analysis

HOBO Onset data loggers were downloaded after every six months using BoxCar Pro for Windows, Version 4.3 provided by Onset Computer Co. After each downloading, batteries were replaced and reset the logger for further measurements.

Similarly, HOBO Micro station was also downloaded using the same program. However, the logger was wrapped inside the airtight container and the sensors were inside the soil. The logger was buried under the soil to avoid human disturbances.

(2) Vegetation data analysis

Species basal area (BA, cm^2) was calculated from DBH data of tree individuals and calculated the relative proportion of each species' basal area in percent (Relative Basal Area, RBA %). The RBA of each species was used as abundance measure of species in a community. The dominant species of the altitudinal plots were determined based on the dominance analysis (Ohsawa 1984, Kikvidze and Ohsawa 2002). For the herb layer, we applied volume or biomass estimate by multiplying height of the herb species (cm) with its coverage (%) within the sample quadrat. The volume estimate or relative biomass was than used for the analysis of dominance or dominant species and for further statistical tests. The preliminary data was processed using pivotal table of the Microsoft Excel. Once the data was processed, analyisis was carried out by using PC-ORD version 4 (McCune and Mefford 1999) and cluster analysis was performed using distance measure of Sorensen (Bray-Curtis method).

5. RESULTS

(1) Environmental／Climatic conditions

The climate data for the past 20years (1986-2006) showed slight increase in temperature while the rainfall fluctuates during the recent years (Fig4A). Gedu receives fairly high rainfall throughout the year with a total mean rainfall of 3,504mm annually and the peak rainfall occurred during July-August months of the year. This data suggested that Gedu-Darla remains under humid and wet conditions throughout the year round. The average temperature of Gedu-Darla was 16.7°C and reached a maximum temperature of 28.4°C in July with a sharp drop to 3.4°C in December. The combination of high rainfall and relatively high/moderate temperature contribute to the humid high diversity evergreen broad-leaved forest ecosystem of Gedu-Darla regions.

The farmers from eight villages were also interviewed to understand their perception of the climate change during the past decades. More than 40% of the farmers interviewed said the rainfall has reduced in the area while about 20% said that the temperature has increased and about 10% said it becomes cooler recently (Fig4B). There were also some farmers who were ignorant of the climate changes (Fig4B). Farmer's perception of climate change correlates with the actual meteorological data of the area (Fig4AB). This result showed the effect of global climate change even at the local level.

The soil moisture and temperature loggers were installed under the two forest types to compare the impact of conifer (exotic) plantation on the soil moisture and temperature in the evergreen broad-leaved forest. Unfortunately, the logger under the natural forest (control) failed to record data from May onwards (Fig5AB). The recorded data showed relatively low soil moisture content and higher soil temper under natural forest compared to *Cryptomeria* plantation (Fig5AB). The low soil moisture content in the natural forest could be directly related to higher transpiration of the under story shrubs which is absent under the *Cryptomeria* plantation.

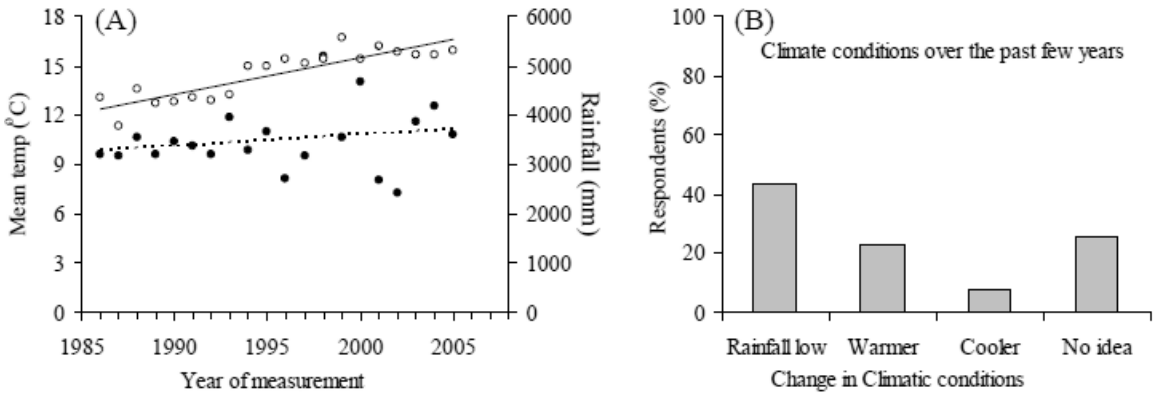


Fig4 Climatic conditions of the study area

(A) Measured mean air temperature (open circle) and total rainfall (closed circle) of Gedu (1986-2006 Agromet-CoRRB, MoA 2008); and (B) Farmer's perception of climate change over the past decades.

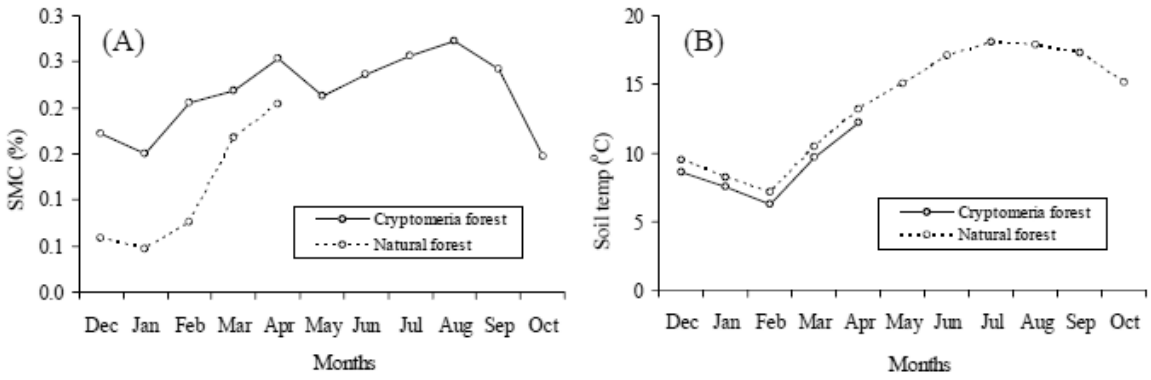


Fig5 Environmental factors of (A) surface soil moisture contents and (B) surface soil temperatures measured under matured *Cryptomeria* plantation and under natural forest at Darla
(The data logger under natural forest was stopped since May).

(2) Socio-economic status of the study area

1) Demographic trend

A total of seventy eight (78) households in eight villages under two blocks/Geogs were interviewed. The result showed that the population peak correspond to age class between 15-25 (Fig6A). This signifies presence of potential producers rather than consumers. The population decreases sharply from 60 onwards while the ages 5 and below showed higher but population showed slight decreasing trend. The ratio of male to female revealed slightly male dominates over female (Fig6B) with a sex ration between male to female (55:45). The present scenario of the population structure showed stable trend with the slight decreasing trend.

The literacy rate is 38.7 % with including non formal education, Primary/Elementary, Diploma and Degree level (Fig6C). The survey showed lower literacy rate when compared to the national literacy rate of about 65%. However, majority of the non educated were farmers (Fig6D). Monks and non formal educated lot were the least in the human resource.

2) Livestock and land use practices

Livestock rearing was found to be the main source of income for the farmers of Gedu-Darla. They keep different types of livestock (poultry, cattle etc.). Among the livestock, a cattle rearing was found to be the maximum followed by poultry (chiken), Goat and the least Pig (Fig7A).

Accordingly, land use consists of different types such as pasture, shifting cultivation, wet and dry land cultivation and orchard (Fig7B). High number of cattle rearing corresponds to high percentage of pasture land over other land uses (Fig7AB). This suggested that farmers were dependent on livestock and the forest remains their main source of living such as fodder, non wood forest products and timber for construction.

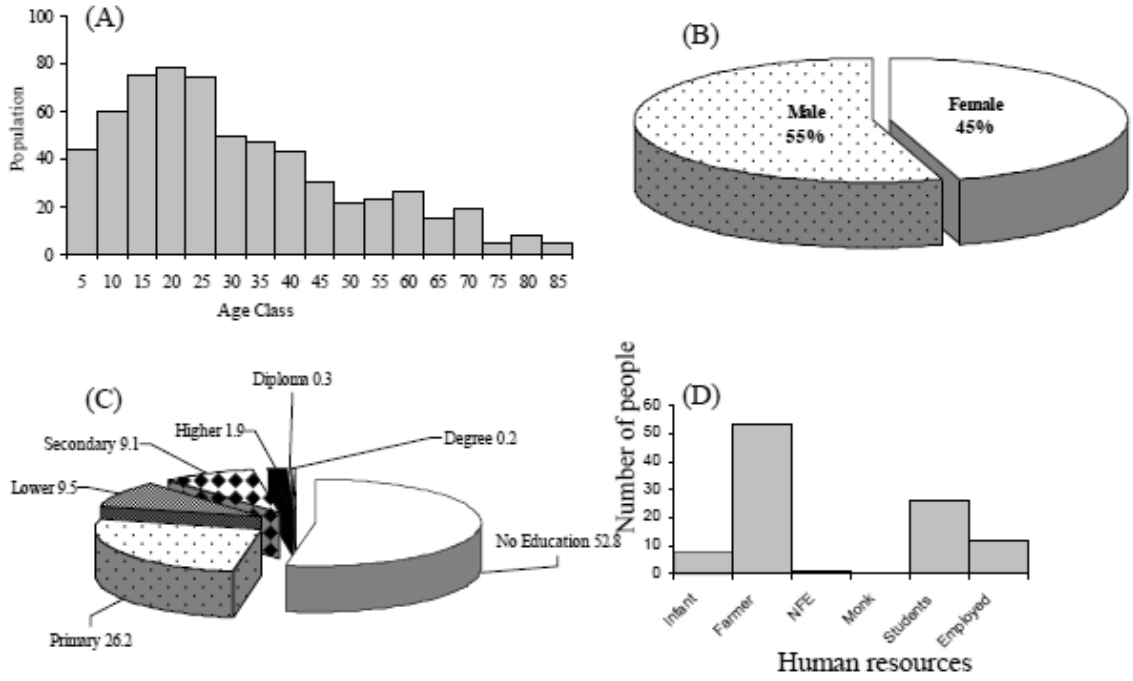


Fig6　Demographic trend of the study area

(A) population structure; (B) Sex ratio; (C) literacy rate and (D) human resources.

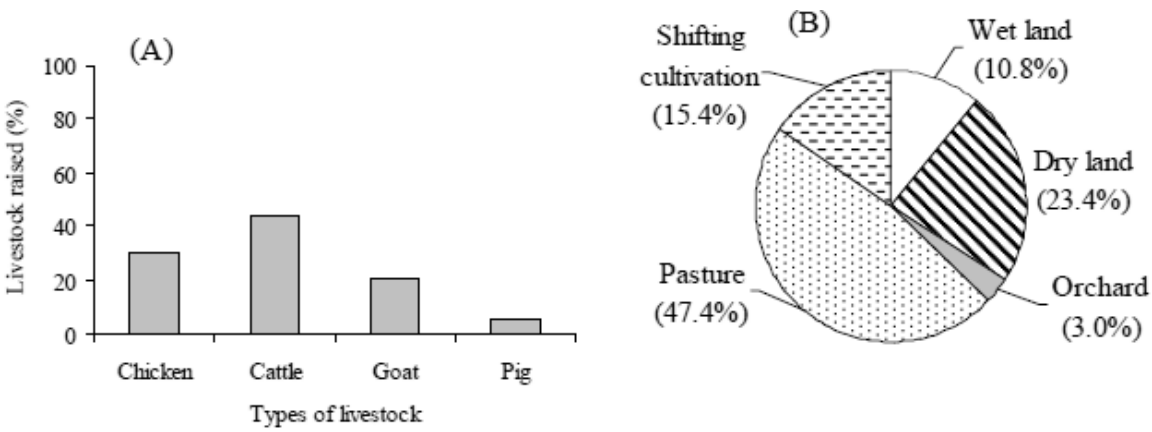


Fig7　Livestock rearing and land use pattern of the study area

(A) Livestock rearing, and (B) land use practices.

(3) Forest vegetation and its attributes

1) Floristic composition and life-form distribution of the sampling plots

A total of 96 tree species comprising of 44 families were recorded in the 13 sampling plots of the study area. On comparison between the natural forest and the plantation forest, plantation forest (P4) has only 9 species while the natural forest (P8) showed 35 species (Table2). Similarly, plantation forest has only 1 dominant while natural forest showed 6 dominants. Natural forest was mainly dominated by oak-laurel species while plantation forest composed of either exotic species Cryptomeria or fast growing Alnus only. This clearly revealed the negative impact of plantation (human intervention on the natural forest) (Table1).

Three major life-forms were shown in the classified in the study area (Fig8). Plots (P1, P6 and P7) showed deciduous broad-leaved life-form. These plots were planted with fast growing deciduous broad-leaved species (*Alnus nepalnesis*) while P4 and P5 were planted with exotic conifer species (*Cryptomeria japonica*) and they emerged as conifer life-form in the humid evergreen broad-leaved forest (Fig8). Except P1, P4, P5 and P6 rest all the other plots were established in the natural forest. Natural forest plots appeared as evergreen broad-leaved life-form including the Rufous necked hornbill habitat forest (P8). The figure clearly revealed the impact of human intervention by changing the life-form spectrum of the forest (Fig8).

Table1 Plot details of the study sites in Gedu-Darla area

Plot number and location	Topography	Plot descriptions
Plot 1: *Alnus nepalnensis* Plantation	Altitude: 2090m Inclination: 35%	The area was logged and planted with *Alnus nepalensis* about 17 years ago.
Plot 2: Natural broad-leaved forest	Altitude: 2095m Inclination: 30%	Natural forest with subtle human interventions like fire wood collection and cattle grazing.
Plot 3: Natural broad-leaved forest	Altitude: 1934m Inclination: 20%	Natural forest with subtle human intervention such as grazing and firewood collection.
Plot 4: Old *Cryptomeria* plantation	Altitude: 1991m Inclination: 32%	The area was clear felled artificially planted with *Cryptomeria japonica* about 30 years ago.
Plot 5: *Cryptomeria* plantation	Altitude: 2103 m Inclination: 48 %	The area was once felled and planted with Cryptomeria about 6-8 years ago
Plot 6: *Macaranga* and *Alnus* plantation forest	Altitude: 1606 m Inclination: 35 %	The forest was felled and newly planted with fast growing species of Macaranga and Alnus about 6-8 years ago
Plot 7: Young natural regeneration	Altitude: 1560 m Inclination: 30 %	The forest was felled and kept for natural regeneration (young forest)
Plot 8: Rufous necked hornbill habitat forest	Altitude: 1178 m Inclination: 35 %	The forest was mainly habitat for Rufous necked hornbill
Plot 9: Lower natural forest	Altitude: 900 m Inclination: 22 %	Natural forest for comparison
Plot 10: Natural *Castanopsis* forest	Altitude: 1845 m Inclination: 40 %	Castanopsis forest
Plot 11: Natural broad-leaved forest	Altitude: 1880 m Inclination: 38 %	Relict species natural forest
Plot 12: *Quercus lamellosa* forest	Altitude: 2224 m Inclination: 22	Natural oak forest
Plot 13: *Lithocarpus* forest	Altitude: 2540 m Inclination: 30 %	Natural *Lithocarpus* forest

Table2 Floristic composition of the tree layers in the four sample plots

Species Name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Conifer													
Cryptomeria japonica				98.0	36.1								
Evergreen broad-leaved Tree													
Persea clarkeana		31.3	12.2				1.6		1.5	7.2	1.5	32.7	7.9
Toona ciliata	0.1												
Ficus neriifolia	0.3		0.0	0.0									
Neolitsea sp.		0.0									0.5		
Lindera sp.		4.8	7.5		0.2			5.9					
Alcimandra cathcartii		1.5	13.4				0.0			12.9	2.0		
Talauma hodgsonii		2.0						0.1			0.4	2.0	
Michelia doltsopa		2.3	7.2										
Castanopsis tribuloides		3.1	0.0						6.4				
Nyssa javanica			8.8		0.1								
Michelia velutina			6.5										
Quercus lamellosa			2.2								0.5	57.1	0.0
Tetradium fraxinifolium						3.8	3.4						
Syzygium tetragonum							18.8						
Elaeocarpus lancefolius							10.3			5.8	9.7		
Castanopsis indica							1.2	4.2					
Litsea sp.							0.1			0.2			
Schima wallichii								23.3	20.2				
Castanopsis histrix								12.4		61.4	2.3		
Lithocarpus pachyphylla								7.6					75.1
Helicia nilagirica								0.6					
Albezia lebbeck								0.1	8.0				
Amoora lawaii								0.1					
Aphanamixis polystachya								0.0	0.6				
Terminalia myriocarpa									35.0				
Ficus glomerata									0.1				
Albezia procera									0.0				
Beilschimiedia sp.										0.3	0.2		
Acer laevigatum										0.2	0.9		
Cinnamomum impressinervium		3.1	0.0					6.1		0.3			1.3
Exbucklandia populnea											23.2		
Cinnamomum bejolgota											5.7		
Glochidion nubigenum											2.7		
Quercus glauca		5.6											4.2
Rhododendron grande													3.5
Persea duthiei													0.0
Engelhardtia spicata										0.0	9.1		
Macropanex dispermus											12.0		
Macaranga denticulata						14.9	18.6						
Persea fructifera				1.6							11.1		

Table2 continued-1

Species Name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Daphnephyllum chartaceum		12.4	0.5		6.2	4.3	4.4					0.1	
Ficus heteropleura								0.0					
Ailianthus integrifolia									4.7				
Turpinia nepalensis										0.0	3.8		
Schefflera elata													0.1
Lagerstroemia parvifolia									0.3				
Evergreen Broasd-leaved shrub													
Symplocos lucida	2.5	1.0	2.0	0.2	3.1		2.0			0.2	0.0	0.4	0.5
Symplocos ramosissima	2.2	2.1	5.8	0.0	20.2		0.1			0.4	0.0	3.4	0.3
Eurya acuminata	0.4	0.9	3.1	0.0	12.1	0.0	7.0			3.5	2.7		0.6
Daphne sureil	0.1	1.3	0.1		0.6					0.0	0.0	0.0	0.4
Symplocos glomerata		0.6	3.0	0.0	0.5					0.0		0.1	
Myrsine semiserrata		1.5	0.3		0.8						0.0	3.9	
Symplocos sumuntia		13.7	11.4		8.3					1.7			
Viburnum erubescens			1.1		7.4					0.3		0.4	0.2
Casearia glomerata			0.0							0.6	0.3		
Ilex kingiana			0.0			0.1							
Maesa chisia			0.0			0.8	0.2	0.0	0.0				
Maesa macrophylla			0.0										
Ilex dipyrena				0.0									
Croton himaliacus						19.7	25.4						
Rapanea capitellata							1.9						
Randia skkimensis							1.3				0.0		
Clerodendrum sp.							0.2	0.0					
Ostodes paniculata								0.6	0.1				
Pyracantha creanata								0.2					
Mallotus nepalensis								0.1					
Bauhinia purpurea									10.6				
Meliosma simplicifolia									1.8				
Mallotus phillipinensis									0.9				
Murraya paniculata									0.1				
Symplocos dryophila													3.1
Ilex fragilis													0.2
Osmunthus fragrans													0.2
Aucuba himaliaca													0.1
Deciduous Broad-leaved Tree													
Bischofia javanica									5.7				
Acer thomsonii									0.5				
Alnus nepalensis	92.7					56.3							
Acer campbellii		5.6	0.0	0.2						4.7	0.3		
Rhus succedanea					1.3								
Betula alnoides							0.1	28.7					
Celtis tetrandra								0.1					

Table2 continued-2

Species Name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Morus macroura								0.0					
Sapindus rarak									2.4				
Morus alba									0.2				
Cordia myxa									0.1				
Magnolia campbellii													1.5
Prunus cerasoides													0.8
Deciduous Broad-leaved Shrub													
Zanthoxylum acanthopodium					3.0				0.5				
Ehretia macrophylla							3.4						
Debregeasia longifolia	1.7												
Pyrularia edulis		1.0								0.2			
Cassia lechenaultiana								0.0					
Boehmeria ternifolia								0.0					
Wrightia arborea									0.0				
Luculia gratissima											5.8		
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

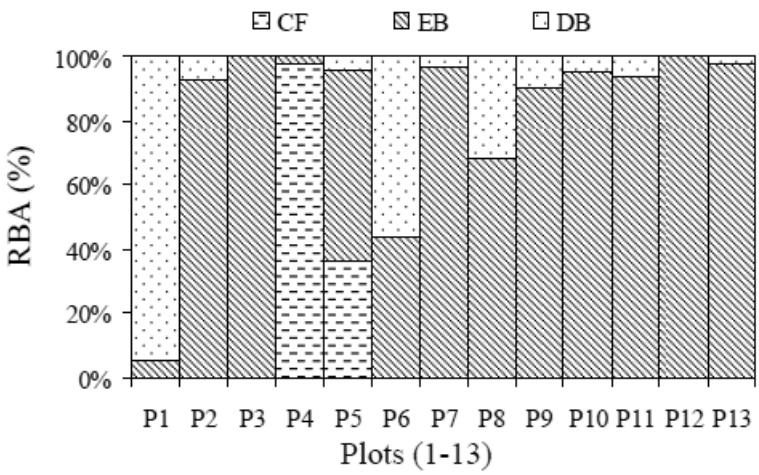


Fig8 Life-form distribution of the sampling plots

Five life-forms are compared between the 13 plots.

2) Forest types and habitats

The three major life-forms were classified into forest types by cluster dendrogram arbitrarily at 40 % similarity threshold (Fig9). Four forest types were defined by their dominants and natural habitats (Fig9), i.e., 1. *Alnus nepalnensis* plantation and young natural pioneer forest (P1, P6, and P7) of *Alnus*, *Macaranga*, *Rapanea*, *Syzygium*, *Croton*, and *Elaeocarpus* types, 2. Natural forest type (P2, P3, P10, P11, P12 and P13) of mainly oak-laurel types (Fig9), 3. Rufous necked hornbill habitat type forest (P8 and P9) of *Lindera*, *Betula*, *Schima*, *Terminalia*, *Lithocarpus*, *Castanopsis*, *Ficus*, and *Cinnamomum*, and 4. *Cryptomeria japonica* plantation forest (P4 and P5). Plot (P4) was established in the old Cryptomeria plantation forest (c. 30years) while P5 was established in the young Cryptomeria plantation forest (c. 6 years) (Fig9). The young Cryptomeria plantation forest showed diverse species while old Cryptomeria plantation forest reduced diversity of the forest. The impact of the plantation was also investigated by using the forest structural traits (Fig10).

Forest structural features represented in figure 10A-F showed the difference in structures of different forest ecosystems including man made (plantation forest) and natural forest of the study area. Floristically, the plantation forest showed very limited species (P1, P4, P5, P6 and P7) compared to natural forest including the Rufous necked hornbill habitat forest with a species number of 35 (P8) (Fig10A). Similarly, the dominants were found higher in the natural forest but plots (P10, P12 and P13) also showed lower dominants (Fig10B). The big emergent trees in those plots contributed to the low dominants because of higher basal area as can be seen in figures 10 C, D and F. the maximum dominants were recorded in P2, P3 and P11 with 9 dominants each followed by other natural forests (Fig10B). The maximum DBH of 210 cm was recorded in P13 (*Lithocarpus pachyphylla*) followed by 176 cm of *Terminalia myriocarpa* in plot 9 (Fig10C). The maximum height of *Daphnephyllum chartaceum* tree (45m) was

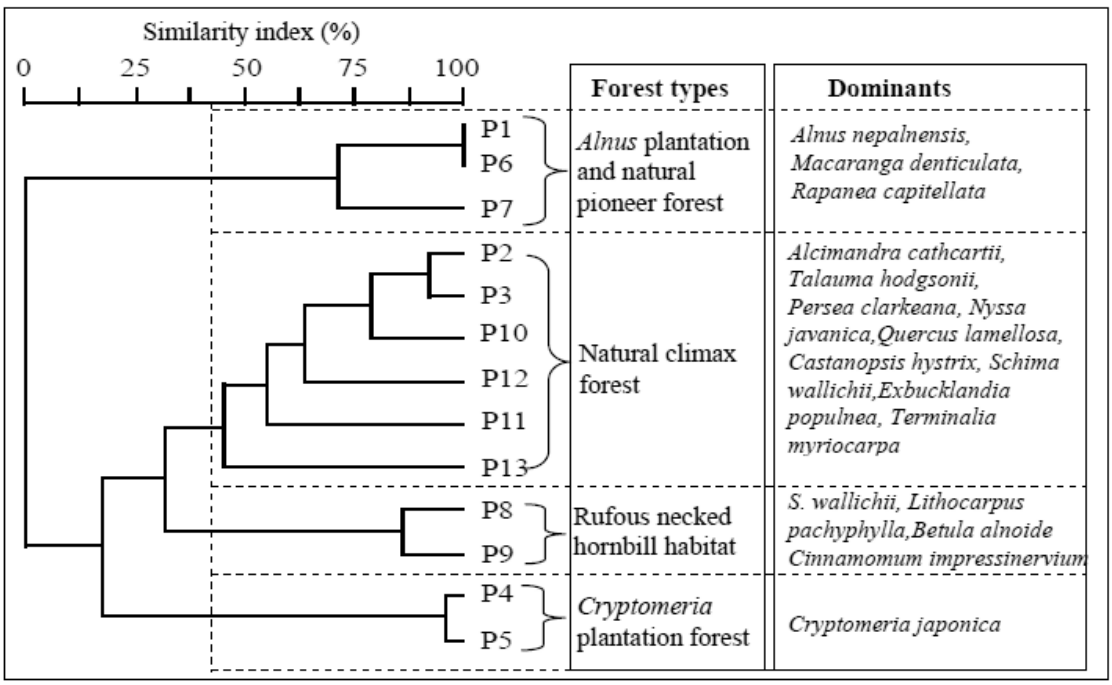


Fig9 Cluster dendrogram showing different forest ecosystem in the study area
Four forest ecosystems (habitats) were identified using cluster analysis.

recorded in plot 2 followed by tall trees in the natural forest compared to the plantation forest. However, the stem density was found relatively higher in plot 7（young natural regenerated forest）(Fig10E). Accordingly, total basal area was found very low in the newly created plantation forest and higher basal area in the natural forest (Fig10F).

3) Regeneration and ground vegetation types in the sampling plots

The floristic composition of the regenerating tree species and ground vegetation under each forest types were shown in table1, 2(Fig11). Generally, the plantation forest（P1 and P4）showed relatively lower regenerating tree species compared to natural forest particularly P8 (Fig11C). Diversity of regenerating tree species was found fluctuating. However, Alnus plantation forest（P1), young Cryptomeria plantation forest（P5）and two natural forest（P10 and P12）showed relatively high diversity (Fig11A). The herb diversity was recorded high in plantation forest（P1, P5 and P7）and in the natural forest of P12 (Fig11A). Similarly plantation forest saw relatively lower regenerating tree species richness compared to the natural forest (Fig11B, Table3). On the contrary ground vegetation of plantation forest recorded higher number of species than in the natural forest (Fig11C, Table4).

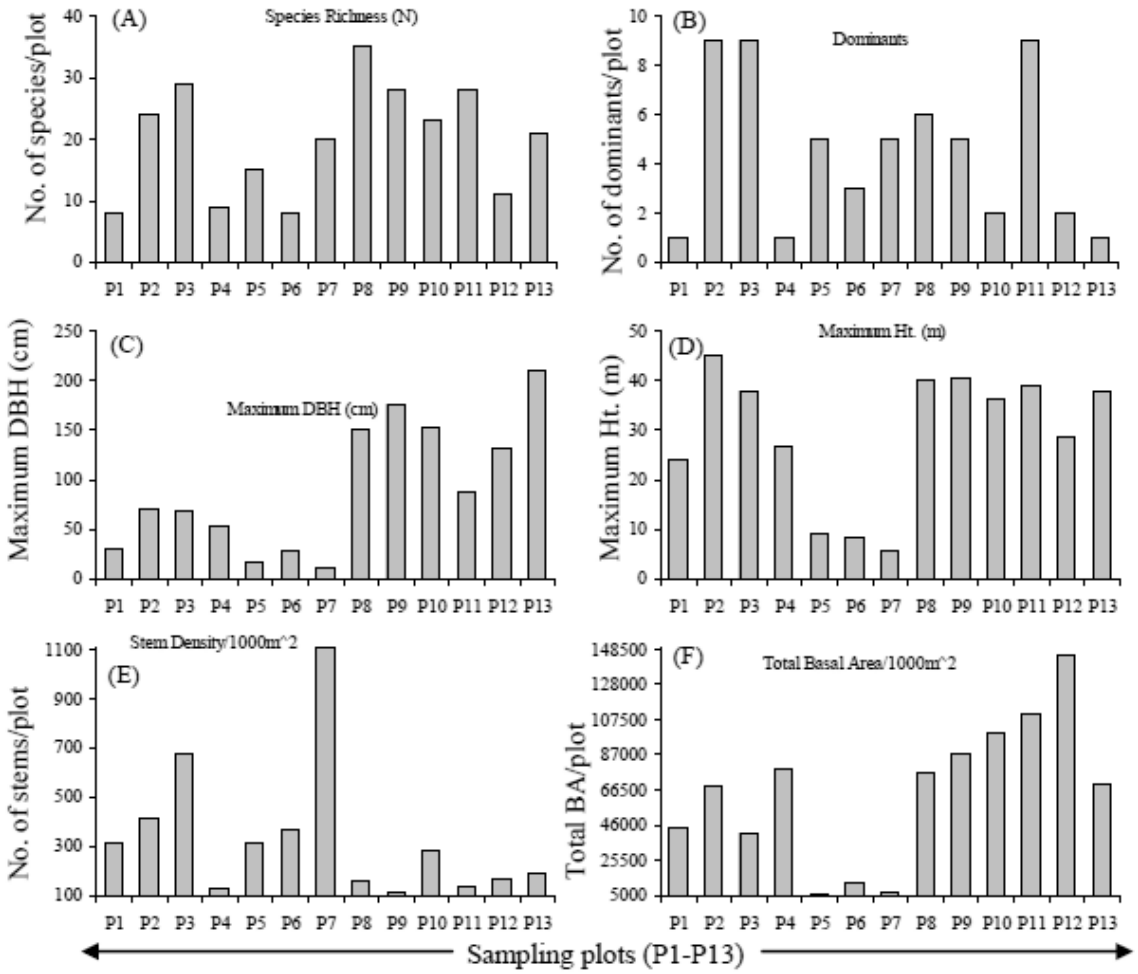


Fig10　Forest structural features（A-F）of the sample plots around Gedu-Darla study sites

The regeneration density was found higher under the natural forest except in the intact forest（P11, P12 and P13）compared to the plantation forest（P1, P4, P5, P6 and P7）（Fig11D）. The ground vegetation biomass was recorded highest in P2（natural forest）because of the dominant fern（Dryopteris）（Fig11D, Table4）.

4）Litter and soil conditions under different forest types

Litter and soil samples were collected under each forest types（P1～P13）and analyzed for chemical properties. The samples were collected from different layers（Litter, Fermentation-humus and Organic）（Fig12A）. Old Cryptomeria plantation forest（P4）did not show any organic matter and fermentation-humus layer（Fig12A）. However, when the plantation was young（P5）, a well developed layers were observed, due mainly to associate species that helped to accumulate litters and organic matter respectively（Fig12A）. Whereas, a very few under story species were observed and recorded under the old growth Cryptomeria plantation forest（P4）.

On the other hand, plots established in the natural forest showed all three layers（litter, Fermentation-Humus and Organic layer）including the Alnus plantation forest（Fig12A）. The intact forest（P11, P12）showed even higher accumulation of litter and organic matter. The result clearly revealed that plantation forest is not favorable for the development of the soil layers as can be seen in plot 4.

The soil pH revealed slight acidic in the plantation forest compared to the natural forest（Fig12B）. Similarly, the available phosphorous was found higher in the natural forest though it fluctuates in some natural forest plots（Fig12C）.

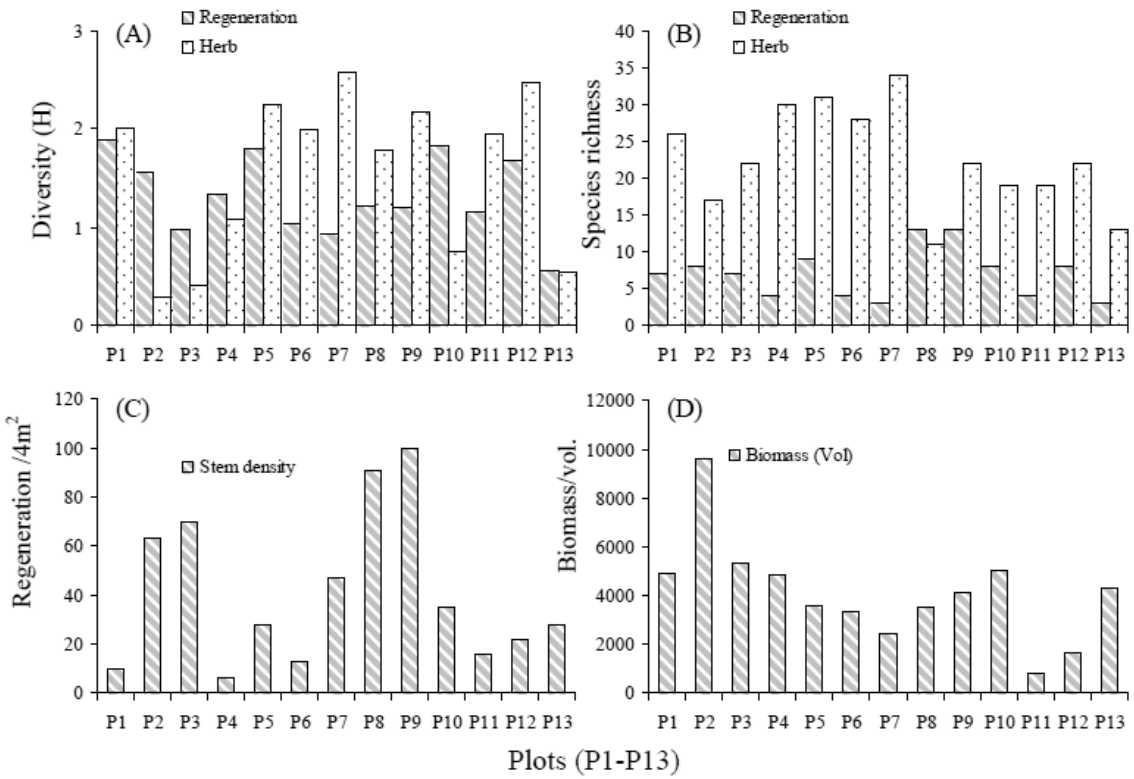


Fig11　Forest tree regenerations and ground vegetation features in the study area

(A) Regenerating tree and herb diversity, (B) Species richness of regenerating trees and herbs, (C) Regeneration density and (D) Herb biomass (Volume) of Gedu-Darla study sites.

Table3　Floristic composition of the regenerating tree and shrub species in 13 sampled plots (Relative density)

Species name	LF	family	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Trees															
Cinnamomum sp.	ET	Lauraceae	10	1.6											
Daphniphyllum chartaceum	ET	Daphniphyllaceae	10		1.4									4.5	
Elaeocarpus sp.	ET	Elaeocarpaceae		6.3	1.4										
Persea sp.	ET	Lauraceae		1.6			3.6			5.5	4.0	2.9		13.6	3.6
Litsea sp.	ET	Lauraceae				16.7				4.4	3.0				
Acer sp.	ET	Aceraceae					21.4								
Castanopsis sp.	ET	Fagaceae					7.1			3.3					
Glochidion sp.	ET	Euphorbiaceae						61.5	19.1						
Callicarpa sp.	ET	Verbenaceae								2.2					
Helicia Nilagirica	ET	Proteaceae								1.1					
Macropanax sp.	ET	Araliaceae								1.1					
Bischofia javanica	ET	Bischofiaceae									4.0				
Castanopsis indica	ET	Fagaceae									3.0				
Lithocarpus sp.	ET	Fagaceae									1.0				
Pentapanax sp.	ET	Araliaceae									1.0				
Alcimandra cathcartii	ET	Magnoliaceae										20.0			
Castanopsis histrix	ET	Fagaceae										20.0			
Michelia sp.	ET	Magnoliaceae										2.9			
Neolitsea sp	ET	Lauraceae											43.8		
Carpinus sp.	DT	Betulaceae								4.4					
Sapindus sp.	DT	Sapindaceae								1.1					
Shrubs															
Symplocos ramosissima	ES	Symplocaceae	20	28.6	74.3		32.1					22.9		9.1	
Eurya acuminata	ES	Theaceae	20	12.7	5.7	33.3	3.6	23.1	19.1						
Dichroa febrifuga	ES	Hydrangaeceae	20												
Daphne sureil	ES	Thymeliaceae	10		4.3		21.4					17.1	37.5	4.5	14.3
Viburnum erubescens	DS	Caprifoliaceae	10				3.6								82.1
Myrsine semiserrata	ES	Myrsinaceae		39.7	10.0	16.7	3.6							13.6	
Symplocos lucida	ES	Symplocaceae		7.9		33.3		7.7						4.5	
Symplocos sumuntia	ES	Symplocaceae		1.6								11.4			
Pyrularia edulis	ES	Rosaceae			2.9										
Euonymus sp.	ES	Celastraceae					3.6								
Casearia sp.	ES	Flacourtiaceae						7.7			1.0				
Maesa chisia	ES	Myrsinaceae							61.7		5.0				
Mimosa sp.	ES	Leguminaceae								2.2					
Ostodes paniculata	ES	Oleaceae								1.1					
Maesa sp.	ES	Myrsinaceae									2.0				
Bauhinia sp.	ES	Leguminaceae									1.0				
Mallotus teracoccus	ES	Euphorbiaceae									1.0				
Murraya sp.	ES	Rutaceae									1.0				
Symplocos glomerata	ES	Symplocaceae										2.9			
Luculia sp.	ES	Rubiaceae											12.5		
Randia sp.	ES	Rubiaceae											6.3		
Boehmeria sp.	ES	Urticaceae												4.5	
Brassaiopsis sp.	DS	Araliaceae												45.5	
unknown species															
A-708										73.6	73.0				

Table4 Floristic composition of ground vegetation under different forest types in the study area

Species name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Dryopteris sp.	40.8	95.2	93.7	74.4	18.2	4.4	22.3					9.0	1.1
Oplismenus burmannii	16.7	0.2	0.4	0.8	0.2	0.6	1.0	1.9	1.8	7.1		5.8	
Elatostema sp.	11.0	2.4	0.3	0.2		0.2	0.5			0.5	5.0	9.0	0.3
Pteris sp.	9.7		0.3	2.6	1.0	0.9	1.7	26.7	2.3			8.6	
Polystichum sp.	4.5	0.5	0.7	12.8	0.8	15.0			0.5	1.1	54.5	0.5	1.2
Chimonobambusa sp.	3.5			0.2	8.1								
Attyrium sp.	3.2						1.2						
Utrica sp.	2.2												
Labiateae sp.	1.6				1.0	0.2					2.7		
Diplazium sp.	1.4		1.1										4.7
Pilea sp.	1.1	0.1	0.1	0.1	0.5	0.3			5.4	0.4			
Pteris cretica	0.9												
Clematis sp.	0.6	0.2	0.2	0.1					1.2			1.7	
Hydrocotyle nepalensis	0.4		0.1	0.1	0.1	0.1	0.5		0.1	0.1		0.2	0.1
Viola sp.	0.4	0.2	0.2	0.7	2.4	0.2	1.7			1.2		2.4	0.4
Jasminum dispermum	0.3	0.0	0.4	0.6	18.0	0.5	0.5					6.7	
Strobilanthes sp.	0.3		0.2	0.2	0.8	0.2	1.1		1.5	85.6	9.1	3.1	
Smilax sp.	0.3	0.1					1.0			0.3			0.2
Persicaria sp.	0.2		0.1		0.5					0.1			
Ophiopogon sp.	0.2	0.1	0.1								2.5	3.1	
Impatiens sp.	0.2	0.1	0.2	0.1		0.3	0.1						
Swertia sp.	0.2		0.1		0.1								
Carex sp.	0.1		0.2	0.3	2.3	1.2	3.8				1.9		
Fragaria sp.	0.1				0.3								
Davalia sp.		0.4		0.4	0.2	0.6					1.3		
Agapetes sp.		0.1											
Commelina sp.		0.1	0.1	0.1							5.7		
Coelogyne sp.		0.1											
Debregeasia sp.		0.0											
Dichroa febrifuga			0.7	0.5	5.3	21.6	3.5		1.4				
Desmodium sp.			0.1										
Piper sp.			0.1	0.3		1.1	1.0	29.8	3.4				
Bergenia sp.				2.2		0.3							
Selaginella sp.				1.7	0.3	34.0	17.6	14.4	16.1	0.1			
Lepisorus sp.				0.7							2.5		
Prangos sp.				0.2	0.1								
Asplenium sp.				0.2	0.1								
Pellionia sp.				0.2	1.8								
Sanicula sp.				0.1	1.1					0.3		1.2	
Rubia sp.				0.1				2.3					0.1
Pouzolzia sp.				0.1									
Parthenocissus sp.				0.1	28.3		0.4		1.2	0.3	0.8	3.5	
Boehmeria sp.				0.1				1.4					

Table4 continued-1

Species name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Goodyera sp.				0.1									
Ctenitis sp.					5.4								
Stachys sp.					1.5								
Euonymus sp.					0.4						0.8		
Drynaria sp.					0.4								
Hedera helix					0.2					1.2			
Lecanthus sp.					0.2		2.1			0.1	0.3		
Chrysoplenium sp.					0.2								
Smilacina sp.					0.1								
Eupatorium sp.						12.8	19.6						
Ardesia macrocarpa						1.8	0.7			0.2			
Perillula sp.						1.0							
Kyllinga sp.						0.6	1.7						
Cynachum sp.						1.1							
Rubus ellipticus						0.5	5.8						
Rauvolfia sp.						0.3					1.5		
Ageratum sp.						0.2							
Salvia sp.						0.2	0.1	1.8	3.7			0.3	
Nephrolepis (sample)							3.3						
Rubus sp.							2.2						0.2
Elsholtzia sp.							1.8						
Eragrotis sp.							1.2						
Eulophia (sample)							0.8						
Toddalia sp.							0.7						
Holboellia latifolia							0.4						
Glycine (sample)							0.2						
Schiandra sp.							0.2						
Plantago sp.							0.1						
Hedychium sp.								15.8	39.0				
Coniogramme sp.								4.5		0.6			
Mentha sp.								1.2	0.7				
Gynostemma sp.								0.2					
Blechnum sp.									10.0				
Mikania sp.									4.4				
Labur laga									3.2				
Arisaema sp.									2.6				
Pteridium aquilinum									0.6				
Achyranthes sp.									0.4		6.8		
Eupatorium odoratum									0.4				
Tectaria polymorpha									0.2				
Rubia cordifolia										0.3			
Aconogonum sp.											2.5		
Rhaphidophora sp.											1.3		

Table4 continued-2

Species name	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13
Vitis sp.											0.8		
Pilea scripta												24.5	
Yushania sp.												14.1	88.8
Calanthe sp.												2.0	
Tupistera sp.												1.2	
Utrica dioca												0.3	
Rumex nepalensis												0.2	
Sibbaldia sp.													0.6
Polygala sp.													0.1
unknown species													
A-973 (Gonad)	0.2												
A-974	0.2												
unknown sample			0.4										
Sample herb							1.0						
fern										0.6		2.1	2.3
NAM-JA												0.4	
TOTAL	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

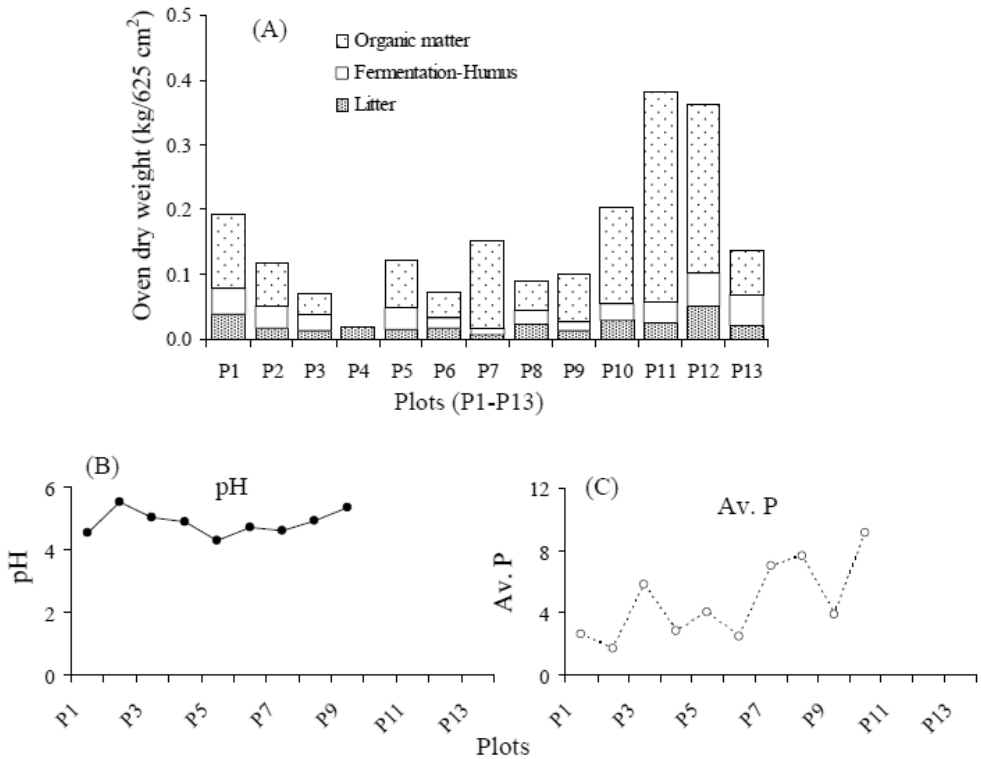


Fig12 Litter, organic matter accumulation and soil properties of the studied forest

(A) Accumulation of three layers, (B) Soil pH and (C) soil available phosphorus under each forest types. (Note; Samples from plots 10-13 are still under analysis).

6. CONCLUSIONS

The study found out that human impact on the natural forest at Gedu-Darla caused huge loss in species diversity as well as loss of habitats for many fauna including the rare Rufous necked hornbill habitats. On comparing the natural forest（Hornbill habitat）with two types of plantation forest（exotic *Cryptomeria japonica* and *Alnus nepalnensis*）after logging showed clear difference both diversity and structure（Fig13）. After the plantation, the forest losses many of its species which were present before logging. There were no relict species recorded in the Cryptomeria plantation forest and a few in the Alnus plantation forest. Similarly, the species richness in the natural forest was found four times higher than in the plantation forest（Fig13A）. The dominant species were also observed very high in the natural forest forming complex canopy structure whereas, only one dominant was observed in the plantation forest. The figure clearly revealed strong human impacts in terms of diversity.

Structurally, natural forest appeared superior compared to the plantation forest（Fig13B）. Maximum diameter at breast height（1.3m）of the tree in the natural forest was about three times bigger than the diameter of the planted trees. Similarly, the maximum height of the tree was also found taller in the natural forest than the plantation forest. The high complex forest was found suitable habitat for the rare bird（Rufous necked hornbill）and destroying of such natural forest lead to loss of such fauna species from the area.

Gedu-Darla oak-laurel forest also served as a open pasture for the local community and the humid climate favors presence of high species diversity. Probably, such cloud evergreen broad-leaved（relict）forest is the only remaining forest in the Himalayan region. The present study presented the highlights of the Gedu-Darla forest both floristically, and structurally. The negative impacts of the human activities were clearly shown. These results will be presented to the policy makers and concrete measures will be taken in future.

7. ACKNOWLEDGEMENT

We thank PRO NATURA FUND for the research grant.

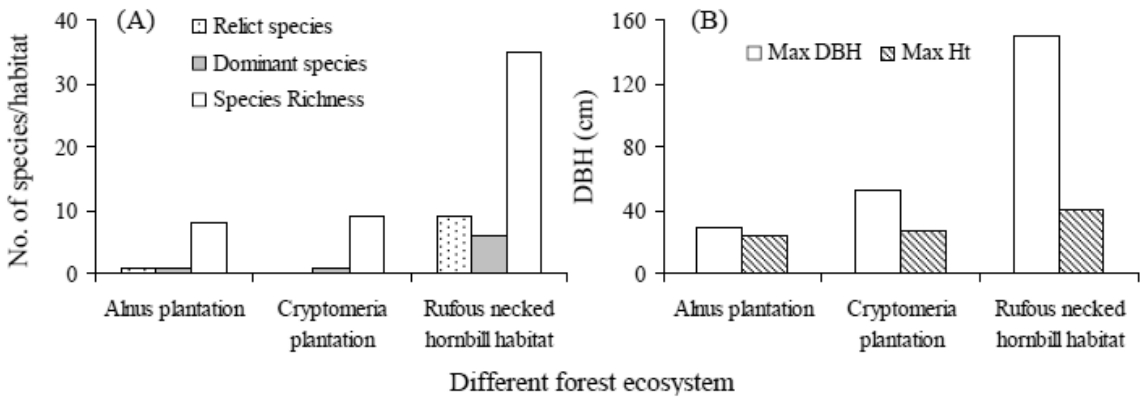


Fig13　Comparison of natural forest with that of plantation forest of the study area
(A) Diversity difference and (B) structural difference.

要約

ブータンヒマラヤ中腹域における冷温帯性常緑広葉樹山地林の生物多様性保全と人為撹乱の評価

本研究は、1960年代以来、Gedu-Drala地域の常緑広葉樹林が強い人為干渉下にあったことを示した。計1,689.79haの森林が伐採され、跡地には成長の早い*Alnus nepalensis*と常緑広葉樹林に生育する外国産針葉樹種の*Cryptomeria japonica*（スギ）が植林された。社会経済学的な視点から、広大な広葉樹林を開けた放牧地として利用することにより調査地域は家畜飼養に適した土地である。地域コミュニティーの人々は、過去数十年の間に起きた土地利用の変化について認識していた。土地利用は、ここ数年間のうちに大きく変化した。森林が減少し、局所的に気候が温暖になった。土地利用の変化と気候変化に関するコミュニティーの人々の認識を、実際の気候データによって裏づけられたことは興味深いことである。年平均気温は1986年の12℃から2006年の15℃へと急激に上昇した。13箇所のサンプリングプロットにおける植生と土壌の調査により、人工林が林冠と林床の両方で種の多様性を減少させることが示された。本調査を通して、44科96種の木本種が記録された。クラスター分析により、全てのプロットは、1: *Alnus nepalensis*植林・自然の先駆相林、2: 自然林（遺存種混交林）、3: 自然林（Rufous necked hornbill［ナナミゾサイチョウ］生息地）、4: *Cryptomeria japonica*（スギ）植林、の４つの森林ハビタット／タイプに区分された。植林の結果として出現する落葉広葉樹タイプと針葉樹タイプ、自然林での常緑広葉樹タイプという、3つの主要な生活型の関係が見られた。自然林における人為干渉は種多様性、群落構造、土壌特性に大きく影響していた。植林によって、種多様性はおよそ90％減少し、構造は単純化した。同様に、土壌組成も植林によって大きな影響を受け、植林地では明確な土壌の層構造が形成されていなかった。植林地には遺存種は生育しないか、自然林と比較してわずかな値にとどまった。特にナナミゾサイチョウが好む堅果をつける樹種やその他餌となる樹種は、植林地にはまったく生育していなかった。人為干渉のインパクトは、森林の樹木だけではなく、土壌や樹木の更新、林床植生にも影響していた。本研究では、現在の森林破壊をコントロールすることができないならば、原生林とそこから得られる資源は近い将来失われ、希少な動物種の絶滅を引き起こすことを示した。森林資源の持続的利用および人間と自然との調和的関係のため、原生林を保全・保護する研究から得られた所見に基づいて、しっかりとした政策をつくる必要が示唆された。

（推薦者：北澤 哲弥）

Vulture Conservation Awareness Project in Rampur Valley, an Important Bird Area of Nepal

Bishnu Prasad Shrestha

SUMMARY

The project entitled "Vulture Conservation Awareness project（VCAP）" was launched in Rampur valley, an important bird area of Nepal with objectives of creating awareness among school students, local farmers, Community Forest User Group（CFUG）members, women groups, youth people and other local community and motivating them towards vulture conservation and as whole ecosystem conservation. The program implementation approach was participatory and collaborative. Visuals, audio-visual aids were used.

Talk program, public awareness program（brochure publication, radio program, conservation board establishment, vulture documentary show）, conservation education at school level（school teaching program, educational materials distribution, inter school essay, drawing and quiz competition, field trip at vulture colony, nature club formation）and non formal education for capacity building of local farmers, CFUGs members and women groups（educational material distribution, environment education, vulture restaurant and Meloxicam awareness activity）, sports and rally were the major programs conducted in Rampur valleys. Appreciable participation and interaction of school students, youth clubs, local farmers, CFUGs members, women groups and other different stakeholders in respective programs showed their keen interest for vulture conservation. Community based protection approach has no alternative to vulture' conservation and long-term habitat management. Strengthening and capacity building programs and awareness raising programs for local community（school students, youth people and other adult aged people）play long lasting contribution in conservation of threatened vulture species in the Rampur valley and ultimately in nature conservation. Continuation of this project is highly recommended.

1. INTRODUCTION

Nepal is rich in biodiversity due to diverse climatic and ecological zones resulting from great altitudinal variation that ranges from lowland Terai（60m）to the Mount Everest（8,848m）within a very short distance of 195 km. Although comprising only 0.09% of global land area, Nepal possesses a disproportionately large diversity of flora and fauna at genetic, species and ecosystems levels. Rampur valley, a hotspot of biodiversity and an important bird area of Nepal, which possess typical forest ecosystems of mid hills where forests are mostly, managed by local institutional body, community forest user groups（CFUGs）. Rampur valley supports four species of vultures: *Gyps bengalensis, Gyps tenuirostris, Sarcogyps calvus* and *Neophron percnopterus*. Among them *Gyps bengalensis, Gyps tenuirostris* and *Sarcogyps calvus* are under a critically endangered category of International Union for Conservation of Nature（IUCN）and birdlife international. The forests where vultures are nesting are primarily managed by local communities under agreement with the department of forest. Communities managing the forests are not aware of the significance of the nesting vultures. Use of diclofenac in the area is proved as a dead adult vulture collected here showed gout and traces of diclofenac were found（Shultz *et al*. 2004）. Diclofenac is a pain clear drug used for livestock treatment. Livestock/veterinary shop sold these medicines to local farmers. It is very harmful for vulture species. If livestock are

died after the treatment with Diclofenac, they are kept in open land and then vultures ate the dead body of livestock.

Due to low awareness on importance of vulture conservation, people do not pay attention towards its conservation and they manage forest only for direct benefit and neglect for ecologically valuable species. In this situation, there is high risk of ecologically valuable species, vulture being extinct ultimately resulting to huge loss of biodiversity. To overcome this situation and contribute in vulture and as whole nature conservation, this project-"Vulture Conservation Awareness Project（VCAP）" has been launched in Rampur valley.

2. OBJECTIVES

This project basically focuses on conservation awareness programs among school students, local youth, farmer groups, CFUGs and other local communities. The specific objectives of the project are

（1）To create awareness among school students and motivate them towards vulture and ecosystem conservation.

（2）To create awareness among local farmers, CFUG members and other community people about the importance of ecosystem, bird conservation and as a whole nature conservation.

（3）To form bird conservation clubs at secondary school level and motivate them towards vulture and ecosystem conservation.

3. PROJECT SITE

Rampur Valley, an important bird area of Nepal, is located in the western development Region of Nepal. It lies in the eastern part of Palpa district and situated in the transition region between Terai and hill ecological zones, at an elevation of 442m. It covers the three village development committees（Rampur, Darchha and Khaliban Village Development Committee（VDC））. Kaligandaki river boarders the Rampur valley in the northern side. Majority of the people are poor and uneducated. They are dependent on agriculture and forestry for their subsistence living. The major forest types are Shorea robusta forest, Schima-Castanopsis forest and other mixed forest（Bombax）. Major agricultural crops they planting are rice, maize, wheat, barley and other vegetable crops. Rampur valley supports four species of vultures: white-ramped vulture, a critically endangered; slender-billed vulture; Red-headed and Egyptian Vultures（Annex-8）. Vultures mainly use Bombax trees for nesting and roosting.

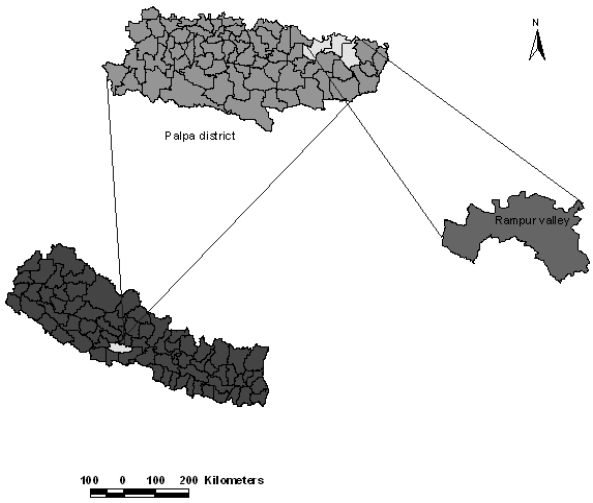


Fig1　Map showing project area

4. MATERIALS AND METHODS

The program implementation approach applied in this project is participatory and collaborative. All programs are launched in a participatory approach involving local community because people participation is the best way to address all the problems and solutions at grass level. Different concerned stakeholders are involved in this project in respective areas（Annex-1）. Visuals and audio visuals aids are used in different programs.

5. PROGRAMS／Activities

(1) Talk Program

We organized the talk program/interaction program in two times, first phase talk program at the beginning of the project period（November 25, 2007）and second phase talk program at the middle of the project period（April 20, 2008）on vulture conservation to involve and get idea of all stakeholders for conservation. Participants were from community forest user groups, village development office, local youth clubs, veterinary shop, range post office, agriculture service centre, livestock office and secondary schools（Annex-4）. Really, they are very much interested to conserve the vulture and contribute in nature conservation. All stakeholders agreed upon the use of Meloxicam instead of Diclofenac for livestock treatment although the Meloxicam is expensive than Diclofenac. Bird Conservation Nepal and Livestock offices has managed and coordinated to exchange the Meloxicam and Diclofenac at veterinary shop. Veterinary shops have agreed to convince the local farmers for selling the Meloxicam.

Local communities are interested to establish and manage the vulture restaurant near the Khaireni vulture colony if any organization supports them. Village development offices and other government offices are interested to collaborate for this work. Fifty people were participated from different organization.

Photo1　Interaction program for vulture conservation in Rampur valley

(2) Public Awareness Program

1) Brochure Publication

We prepared the brochure “Vulture-An Introduction” to create public awareness on vulture conservation. We collaborated with Bird Conservation Nepal（BCN）and Biodiversity Conservation and Research Forum（BICORF）, Nepal to publish the brochure. Brochures were distributed in schools, different organizations and other related organizations.

2) Radio Program

Radio program is one of the best methods to educate and aware the local community on vulture and nature conservation. Radio program name is "Hatemalo" in English "Partnership". This program has been broadcasted through Community Radio-Madanpokhara, 106.9 MHz, Madanpokhara, Palpa since last week of November, 2007. Madanpokhara FM broadcasts Hatemalo radio program every Friday at 8:30 for fifteen minutes. This program has covered biodiversity, types of biodiversity, importance of biodiversity conservation and nature conservation, existing status of biodiversity in Nepal, problems and prospects of biodiversity conservation, biodiversity documentation and registration and its importance for local livelihood, forest types and its condition in Nepal, wetlands and its conservation, vulture activities in Rampur valley, vulture types in Nepal and especially in Rampur valley, their breeding ecology (habitats, their habits, breeding period), Misconception about vulture, importance of vulture, reason for vulture population decline in Nepal, challenges for vulture conservation, consequences of vulture decline, conservation efforts in Nepal for vulture conservation.

3) Vulture Documentary Show

Vulture documentary (Nepali as well Hindi) has been shown in Bejhad, Materi, Dumri Gaun, Khaliban, Ratnapur, Sadarwarth places of Rampur valley and three different secondary schools. Documentary show program is very effective to create awareness and develop the capacity of local community towards vulture conservation and nature conservation. More than 800 people were affected from this program.

4) Conservation Board Establishment

Conservation Boards were established at Sadawarta, Khaliban, Bejhad, Materi, Ratnapur-Damachaur and Bijayapur of Rampur valley to create awareness among local people. These boards were established at different places coordinating and collaborating with local youth clubs (Rampur youth club, Kaligandaki youth club and Social Evil Eradication Society) and community forest user groups (Ramche, Khaireni and Alainche). Following texts were written in conservation board to raise the awareness among local people for vulture conservation.

"Save the Vulture"

Use Meloxicam instead of Diclofenac for Livestock treatment. Save the vulture's habitat by conserving roosting and nesting trees to maintain clean environment and balance ecosystem

Photo2 Conservation Board establishment at Sadawarta and Bejhad of Rampur valley respectively

(3) Conservation Education and Capacity Building Program: Secondary School level

1) Educational Materials Production and Distribution

Environmental, biodiversity and vulture related materials were prepared and published for school teaching programs to create awareness on school students. These materials were distributed to the school students and different schools and other conservation related organizations.

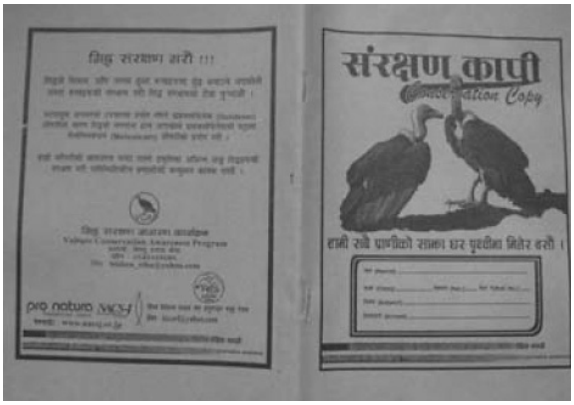


Photo3 Educational materials

2) School Teaching Program

School Teaching program is one the best methods to educate and aware the school students on vulture conservation and contribute in nature conservation. Preliminary survey was done consulting with district education office, Palpa on first January at Rampur valley to select secondary schools. Nine secondary schools and two primary schools from Rampur valley were selected for school teaching program (Annex-2). School teaching program was conducted from January to April at eleven secondary schools of Rampur valley surroundings to create and raise awareness level of school students on environment, vulture and biodiversity conservation. Team leader, BICORF members, BCN general members and Institute of Forestry (IoF), M.Sc. students and assistant were participated as resource persons in school teaching program. Students were aware about the importance of vultures after school teaching program.

Photo4 Students listening information given by resource persons

3) Inter Secondary School Essay Competition Program

Inter Secondary School Essay Competition was conducted on February 28, 2008. Every school selected their talent student organizing intra competition program. 9 students from selected 9 secondary schools were participated in inter secondary school essay competition. The title of essay competition was “Students’ role in Vulture Conservation”.

4) Inter Secondary School Drawing Competition Program

Inter Secondary School Drawing Competition was conducted on March 20, 2008. Every school selected their participant organizing intra competition program. 11 students from 9 secondary schools were participated in inter secondary school essay competition. The title of drawing competition was “Landscape of Rampur valley and Vulture’s Importance”. Students made drawing covering all landscape of Rampur Valley, biodiversity conservation and existing condition of vulture and its importance in nature conservation.

5) Field Trip at Vulture Colony

We organized the field trip to vulture colonies for students because students can feel and see the reality and condition of the vulture colonies and vulture condition at different habitat.

Photo5　Students viewing the vulture through binocular at vulture colonies during field trip

6) Inter Secondary School quiz Competition Program

Inter Secondary School quiz Competition was conducted on April 15, 2008. Every school selected their participant organizing intra competition program. 27 students from 9 secondary schools were participated in inter secondary school quiz competition.

7) Prize distribution Program

Prize was distributed for winners of inter secondary school essay, drawing and quiz competition programs. Similarly, certificate of appreciation was distributed all participants（students）and participated schools.

Photo6　Prize Distribution Program for winners（Inter School Essay, Drawing and Quiz competition）

(4) Discussion Program at youth level

We organized the discussion and interaction program for local youth clubs. The discussion topic/issue was “Role of local youth in vulture conservation in Rampur valley”. Youth’s participation was really appreciable and interested to conserve and protect the vulture in their surrounding through creating awareness program at local level. 35 youths from different youth clubs were participated.

(5) Bird club （Nature club） formation

Nature club was formed at every higher secondary school. There were 9 nature clubs formed in Rampur valley. Principal of School, Environment and science teachers are the advisors of the nature clubs. Within nature club, there is sub committee for vulture conservation.

(6) Conservation Education and Capacity Building Program: Non Formal Education for Farmer Groups and CFUGs

1) Preparation and production of environment education materials

Environmental, biodiversity and vulture related materials were prepared and published for non formal education to create awareness on local people. These materials were distributed to women groups, farmer groups and member of CFUGs and other conservation related organizations.

2) Environment Education

We conducted the environment education program especially for women groups, lead farmers and community forest user group members at Rampur, Darchha and Khaliban VDC. Education, training, awareness are means to increase technical competence and to achieve voluntary participation of individuals and communities in vulture conservation. More than 100 participants from different organizations were participated（Annex-5）.

3) Vulture restaurant and Meloxicam awareness activity

We organized vulture restaurant and Meloxicam awareness activity at Rampur, Darchha and Khaliban VDC. Education, training, awareness are means to increase technical competence and to achieve voluntary participation of individuals and communities in vulture conservation. More than hundred participants were participated (Annex-6). Vulture restaurant is a place where dead bodies were kept for vulture feeding. At Khaireni and Badwan colonies, local communities are interested to establish the vulture restaurant. To provide the fresh food i.e. without contamination, local people should have to buy old livestock and after their death, they will keep these dead bodies in a particular area.

Photo7　Vulture restaurant and Meloxicam awareness program

(7) Vulture Week Celebration

We celebrated the vulture week organizing sports (volleyball and football tournaments) and rally to encourage youth and other people towards vulture conservation. List of participated youth clubs is shown in annex-7. The project team assisted in making play cards related to biodiversity and vulture conservation. The students and youth clubs displayed the play card in a rally to aware vicinity local communities and stakeholders on vulture and ecosystem conservation.

Photo8　Vulture week celebration organizing sports

6. ACHIEVEMENTS

The major achievements of the program are

（1）Appreciable participation and interaction of School students in school teaching program showed their keen interest towards vulture conservation and biodiversity conservation and maintaining green and sound environment in their surroundings.

（2）Appreciable participation of School students in Inter Secondary School Essay Drawing and quiz competition. It showed active involvement of Students in biodiversity and nature conservation activities.

（3）Knowledge of school students on environment, vulture conservation and biodiversity conservation has increased.

（4）Appreciable participation and interaction of the CFUGs member, representative from different governmental offices（range post, agriculture service centre, livestock service centre, village development offices）, local farmers, women groups, local youths in talk program, discussion program, environment education and radio program showed their keen interest towards vulture and biodiversity conservation and managing their natural resources in a sustainable way.

（5）Appreciable participation and interaction of the CFUGs members and local farmers in vulture restaurant and Meloxicam awareness activity program showed their keen interest towards vulture conservation and establish the vulture restaurant near the vulture colony.

（6）Appreciable participation and interaction of the youth people in vulture week celebration organizing sports and rally showed their keen interest towards vulture conservation.

（7）Knowledge of youth people on environment, vulture conservation and biodiversity conservation has increased.

（8）Awareness level, capacity and knowledge of local communities have increased.

ACKNOWLEDGEMENT

I am thankful to Pro Natura Foundation-Japan / The Nature Conservation Society of Japan（NACS-J）for providing financial and moral support to conduct this program. My sincere gratitude goes to my referee Dr. Shuichiro Yoshida, National Agricultural Research Centre（NARC）, Japan for his continuous support for this project. I am indebted to Biodiversity Conservation and Research Forum（BICORF）, Nepal; Institute of Forestry（IoF）, Pokhara, Nepal; Bird Conservation Nepal（BCN）, Madanpokhara FM, District Forest Office（DFO）, Palpa; Youth clubs and forest user groups of Rampur valley for their continuous support to complete the program. My thanks go to Mr. Ram Bahadur Rana, a local assistant and other friends Bishnu, Yajnamurti, Suman and Niranjan for their continuous support to run and complete the program. I extended my thanks to all higher secondary schools, Rampur range post and other different stakeholders those who are involved in our program. I should not forget students and teachers of different secondary schools, members of community forest user groups, women groups and farmers who actively helped and participated during the programs. I would like to extend our thanks to all of the participants and to all people of Rampur valley and Japanese people who helped directly and indirectly for this project. At last but not least I owe a dept of gratitude to my parents for their continuous encouragement in running and completing the project.

Annex1 List of local collaborators for VCAP

SN	Program/activity	collaborators
1	Talk program	BICORF, Nepal, DFO, Palpa and BCN, Nepal
2	Brochure Publication, Vulture documentary show, environment education, vulture restaurant and Meloxicam awareness activity	BICORF, Nepal and BCN, Nepal
3	Radio program	BICORF, Nepal and Madanpokhara FM, Palpa
5	Conservation board establishment	BICORF, Nepal, Rampur Youth club, Kaligandi youth club, Social evil eradication society, Khaireni CFUG, Alainche CFUG and Ramche CFUG
6	School teaching program	BICORF, Nepal; BCN, Nepal and IoF
7	Inter Secondary School Essay, Drawing and Quiz competition Program	BICORF, Nepal

Annex2 List of Secondary school for school teaching program, Inter Secondary School competition program

SN	School Name	Address
1	Ram Tulsi Higher Secondary School	Darchha, Rampur, Palpa
2	Rampur Boarding English High School	Rampur-4, Bejhad, Palpa
3	Bhupu Sainik Rising Boarding School	Darchha, Rampur, Palpa
4	Jana Bikas Higher Secondary School	Darchha-1, Rajghara, Palpa
5	Daraithanti Higher Secondary School	Rampur-6, Bijayapur, Palpa
6	Nawa Durgha Secondary School	Rampur-8, Tilakpur, Palpa
7	Ananda Niketan Biddhashram	Rampur-5, Dumbrigaun, Palpa
8	Ganga Secondary School	Ekletar, Khaliban, Palpa
9	Janahit Secondary School	Ratnapur, Syangja
10	Laxmi Primary School	Darchha-9, Palpa
11	Sita Ram primary School	Darchha-7, Palpa

要約

ネパールにおける住民の
ハゲワシ保護意識啓発プロジェクト

本プロジェクトは、ネパールの重要鳥類保護地域であるランプールバレイにおいて、児童・生徒、農民、森林組合員、婦人会、青年会などの現地住民の意識向上を図り、ハゲワシや生態系全体の保護への動機付けを行うために開始された。ビデオやラジオなどのAVも用いつつ、住民の参加・協力型の事業を展開した。(1)関係者間での話し合い、(2)住民意識の向上プログラム(パンフレットやラジオ番組、立て看板の設置、ハゲワシに関するドキュメンタリービデオの上映)、学校での自然保護教育(環境教育授業、教材の配布、エッセイや絵のコンクール、フィールドトリップ、自然保護クラブの創設)、(3)地元農民、森林組合員、婦人会を対象とした非公式の啓蒙活動(教材の配布、環境教育、ハゲワシの餌場設置、代替薬メロキシカムの普及)、(4)スポーツ大会やクイズラリー、等が主たる活動内容である。児童・生徒、農民、森林組合員、婦人会、青年会など関係者がプログラムに多数の参加し交流したことは、ハゲワシの保護への彼らの強い関心を示している。ハゲワシや長期にわたるその生息地の保護において、現地の共同体を基本とした保護活動は欠かせない。住民の理解や意識の強化活動は、ランプールバレイの絶滅が危惧されるハゲワシ種の保護や、究極的には自然保護に対し、長期にわたり重要な役割を持ち続けるものである。今後も活動の継続が強く望まれる。

（推薦者：吉田 修一郎）

Conservation of the Proboscis Monkey, *Nasalis larvatus* in the Klias Peninsula, Sabah, Malaysia

Henry Bernard

Institute for Tropical Biology and Conservation,
Universiti Malaysia Sabah

SUMMARY

This project which is aimed at conserving the last remaining Proboscis Monkey populations in the Klias Peninsula on the west coast of Sabah, Malaysia, is a 2 year project which began in November 2007 and will run until October 2009. The present document reports on the progress from the beginning of the project (1st November 2007) till 31st October 2008, i.e., the first 12 months of the project period. Despite the need to revise the project's objectives due mainly to the unforeseen impediment in the actual fieldwork and other practical reasons, the project has been very active in accomplishing all of its objectives. All activities relating to research component of the project are up and running including the establishment of vegetation plots, monthly collection of phenological data and studying monkey behaviour. 2 Ph.D candidates registered at Universiti Malaysia Sabah (UMS) have been engaged in the project and 5 undergraduate students of UMS have received training on field research techniques relating to studying Proboscis Monkey behaviour and ecology in the wild and in captivity. Environmental awareness education has been conducted focussing on conservation status of Proboscis Monkey in Klias. The project will continue for another 12 months till November 2009.

1. PROJECT BACKGROUND

The Malaysian state of Sabah (72,000km^2) which occupies the north-eastern tip of Borneo Island in Southeast Asia is located within one of the richest bio-geographical regions both in terms of species and habitat richness. Its non-human primate fauna in particular is very diverse. A total of 13 species of non-human primate have been known to exist on Borneo Island, and 10 species are found in Sabah. Amongst the most outstanding non-human primate species is the Bornean endemic Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*).

A statewide survey of the Proboscis Monkey populations in Sabah revealed that there is a minimum population size of close to 6,000 individuals (Sha *et al*. 2008). The main strongholds of the Proboscis Monkey populations in Sabah are located in the east coast within the Lower Kinabatangan and Segama floodplains. Klias Peninsula contains the only remaining viable populations of Proboscis Monkey on the west coast of Sabah with estimated population size ranging from 569 to 818 individuals and forming possibly the third largest populations of this monkey in Sabah (Bernard and Zulhazman 2006, Sha *et al*. 2008). Although considered as a highly charismatic primate species and has received increasing attention in recent years, especially as an important ecotourist attraction, the Proboscis Monkeys in Klias, are increasingly threatened by habitat loss, conversion and fragmentation, mostly as a result of human activities.

Over the past ten years, populations of Proboscis Monkey in Klias have remained relatively stable (Bernard 1997, Bernard and Zulhazman 2006, Sha 2006). Major Proboscis Monkey populations in Klias Peninsula are found at four

general localities namely Garama (in and around the Padas Damit Forest Reserve), Menumbok and Weston which may be discontinuous from each other, and small isolated populations in the Bongawan area, Binsulok and within the Klias Forest Reserve (Bernard and Zulhazman 2006; Fig1). However, the distribution range of this monkey in some places appeared to have reduced such as in Weston where animals are now pushed towards the coast resulting from land development in upstream areas (Bernard 2006). This project on "Conservation of the Proboscis Monkey, *Nasalis larvatus*, in the Klias Peninsula, Sabah, Malaysia" is a 2 year project which started in November 2007 and will run until November 2009. The present paper provides the first year report on the progress of the project for the period from 1st November 2007 to 31st October 2008. The overall aim of the project is to protect the Proboscis Monkey populations through the creation of a multi-disciplinary project, merging research, training and environmental awareness education. The project will increase awareness on the importance of Proboscis Monkey conservation in the Klias Peninsula, and Sabah in general, build human capacity for non-human primate species field research, and gather novel data that will enable effective conservation measures to be taken to protect the Proboscis Monkeys in its natural habitats.

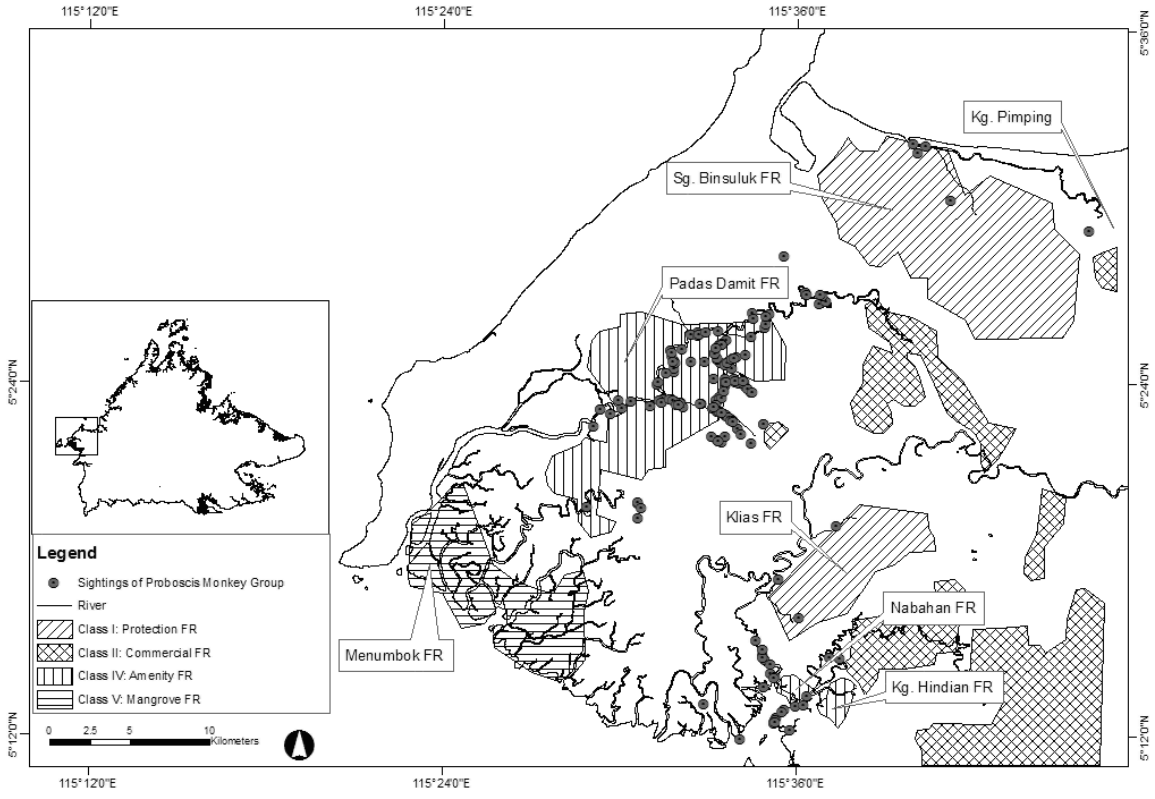


Fig1 Proboscis Monkey distribution in the Klias Peninsula showing the stronghold of Proboscis Monkey population located in and around Padas Damit Forest Reserve at Garama (according to Bernard and Zulhazman, 2006)

The main objectives of the project are to:

(1) study the distribution and estimate the population size of Proboscis Monkey in Klias Peninsula;
(2) study the behaviour and ecology of the Proboscis Monkey;
(3) investigate the effects of habitat alteration/fragmentation and other human-related activities on the Proboscis Monkey populations;
(4) investigate the threats to the Proboscis Monkey in the Klias Peninsula;
(5) train students in a range of ecological and behavioural field research techniques relating to Proboscis Monkey;
(6) increase awareness on the Proboscis Monkey and their conservation needs; and
(7) promote the Proboscis Monkey as an important eco-tourism attraction in Klias Peninsula.

2. PROPOSED ADJUSTMENTS TO THE PROJECT

Although the project was initially intended to cover the entire Klias Peninsula, due to the large area to be covered (3,136km^2) and with access difficulties due to the swampy habitats of Klias, coupled the timidity of the Proboscis Monkey in the wild, it was evidently unfeasible to cover the entire Klias peninsula to allow for detailed study of each important Proboscis Monkey population in the area. Adjustment on the initial aim statement and specific objectives of this project was therefore inevitable. This predicament has been stressed and adjustments to the project have been suggested in the interim report submitted to the secretariat of PRO NATURA FUND in April 2008.

The main proposed adjustment of the project was to give emphasise to the populations of Proboscis Monkeys within the protected Padas Damit Forest Reserve (PDFR) and its immediate vicinity, i.e., collectively called Garama area, located in the central part of the Klias Peninsula. The Proboscis Monkey population densities in Garama have been previously estimated to range from 13.1 to 23.3 individuals/km^2 and were found to be the stronghold of the Proboscis Monkey populations in the entire Klias Peninsula (Bernard and Zulhazman 2006). In addition, instead of giving equal emphasis to all of the initially stated objectives, it was proposed that more time and effort should be appropriated to the research component of the project i.e., to study the ecology and behaviour of the Proboscis Monkey in Garama. The specific objectives of the research component of the project were suggested to be as follows:

(1) to describe the botany of the riverine and mangrove, and the transission zone between riverine and mangrove forests within the Padas Damit Forest Reserve and surrounding areas;
(2) to monitor the production of plant parts of the forests, and to assess changes in food availability over a period of 12 months within the Padas Damit Forest Reserve and surrounding areas;
(3) to monitor the distribution patterns of Proboscis Monkey populations in and around the Padas Damit Forest Reserve and to correlate these with changes in the distribution patterns of the food plants available over a period of 12 months;
(4) to study the general behaviour of Proboscis Monkey with specific reference to feeding behaviour.

The training component was continued as this project proved to be very useful platform for providing training to undergraduate students from Universiti Malaysia Sabah (UMS) to build human capacity on non-human primate species field research. Research projects were in the form of final year dissertation projects and were designed in such a way that they are parts of the larger research project framework. Funding was optimized with the engagement of students to carry out these short termed research projects within the larger project framework. Environmental awareness education component was mainly centred in Garama, targeting school children at schools in the immediate vicinity of Padas Damit Forest Reserve, UMS students and non-government nature based organisations.

3. MAIN ACTIVITIES AND PRELIMINARY FINDINGS DURING THE FIRST YEAR PERIOD OF THE PROJECT

(1) ADMINISTRATION

Permit to conduct this project and to study the Proboscis Monkey in Garama for 12 months from January to December 2008 was granted by the Forestry Department of Sabah through a letter dated 24th December 2007 (Ref. No: JPHTN/PP 100-1/6/8/klt.2/60). In September 2008, an administrative assistant Ms. Donna Christine Simon has been engaged under this project for a maximum period of three months (till November 2008) to assist with administrative matters of the project.

(2) FIELD WORK AND RESEARCH ACTIVITIES

1) GENERAL

A 3 day reconnaissance trip was initiated to Garama in mid November 2007. The aim was to assess the logistical support and other practical support needed to start the project in the field in Garama. These included establishing contact with the local people, to hire field enumerators and boatman, to identify suitable location to set up base camp site, arrange boat transportation and establish a practical telecommunication system. During this field trip, a general survey was conducted going through all accessible waterways in Garama in order to gain a general impression of the topography and vegetations in the area.

2) BOTANICAL AND PHENOLOGICAL STUDY

8 botanical plots measuring 10 meters wide and with a total length of 1km have been established in the forests along 10km length of the Garama river measured from the base camp site to the intersection between the Garama river and Klias river (Fig2). The botanical plots were established in the forests by the river banks starting from about 10m from the river edge up to about 80 to 100m perpendicular distance away from the river edge. These plots included important Proboscis Monkey feeding sites. All trees inside the plots with a girth size at breast height (gbh) of ≧ 30cm were tagged and identified to species level. The overall density of trees recorded was low (279 trees/ha). The rate at which the tree species number increased with increasing tree sample size showed that most tree species with gbh ≧ 30 cm have been sampled (Fig3). Total tree species appeared to have reached asymptote after only about 150trees have been sampled. Most of the trees (60%) from the botanical plots had girths less than 60cm, with maximum recorded girth 400cm. Mean girth size was 67.04cm.

Overall tree species richness of the forests of the study area was poor. The recorded total number of plant families was 13 and total tree species number was 16. All plant families showed no dominance with each family was represented by only 1 or 2 tree species. However, in terms of the relative abundance of the tree species, there is a clear dominance of *Excoecaria indica* representing about 28% from the total number of trees enumerated. Other less dominant tree species in order of decreasing representation are as follows; *Cerbera odollam* (13%), *Ficus binnendykii* (12%), *Bruguiera gymnorrhiza* (8.9%), *Psydrax* sp. (7.9%), and *Symplocos celastrifolia* (7.5%) (Table1).

From the botanical plots, the forest of the study site in Garama could generally be divided into 3 classes, namely riverine forest on the upper parts of the Garama river, mangrove forest on the lower parts of the river and mixed mangrove-riverine forest along the intersection between the 2 forest types. The mixed forest type is basically a transitional zone where mangrove forest intergrades to riverine forest.

A total of 300 trees was monitored monthly for their phenological cycles. These included all trees enumerated in the botanical plots, and some trees outside of the plots that are important Proboscis Monkey feeding trees. Phenological study started in January 2008 till October 2008. Partial data analyses have been conducted for data from January to August 2008. Generally, more young leaves were produced during earlier parts of the year, with fruit production was more prominent during the latter parts of the year. Flowering pattern was more or less stable throughout the year with no apparent peaks (Fig4).

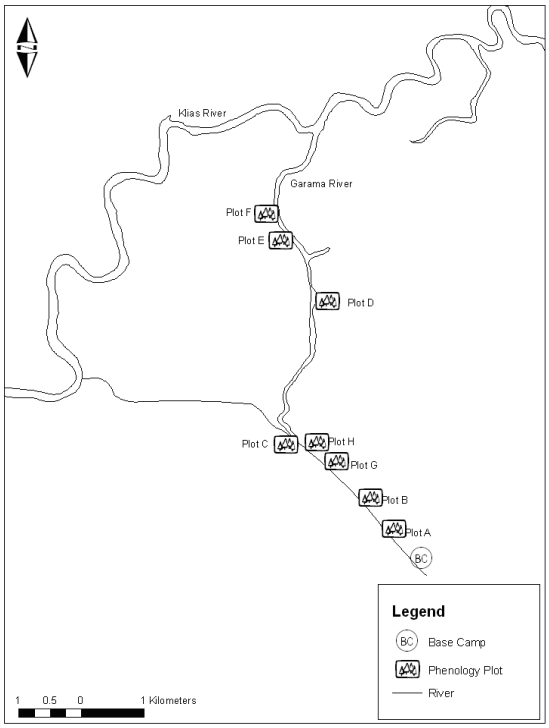


Fig2 Locations of botanical plots along the Garama River in Garama

Table1 Tree families and abundance of tree species (≧30cm gbh) in the botanical plots at Garama

Famili	Species	Number of trees
Euphorbiaceae	*Excoecaria indica*	80
Apocynaceae	*Cerbera odollam*	35
Moracreae	*Ficus binnendykii*	34
Rhizophoracea	*Bruguiera gymnorrhiza*	24
Rubiaceae	*Psydrax* sp.	22
Symplocaceae	*Symplocos celastrifolia*	21
Myrsinaceae	*Rapanea avenis*	13
Meliaceae	*Dysoxylum cyrtobotryum*	13
Myrsinaceae	*Ardisia elliptica*	10
Sterculiaceae	*Heritiera littoralis*	8
Fabaceae	*Pongamia pinnata*	6
Rhizophoracea	*Rhizophora apiculata*	6
Palmae	*Oncosperma tigillarium*	4
Flacourtiaceae	*Casearia grewiaefolia*	1
Malvaceae	*Hibiscus tiliaceus*	1
Rubiaceae	*Nauclea orientalis*	1
	Total	279

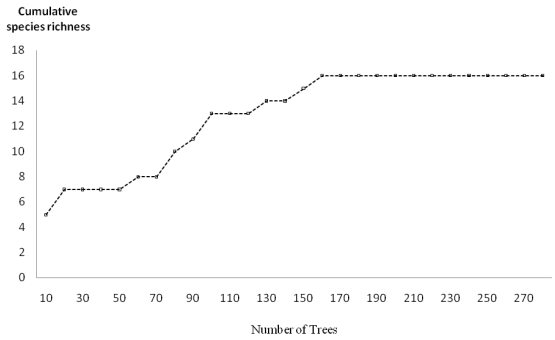


Fig3 Cumulative number of tree species against the number of trees sampled in the botanical plots at Garama

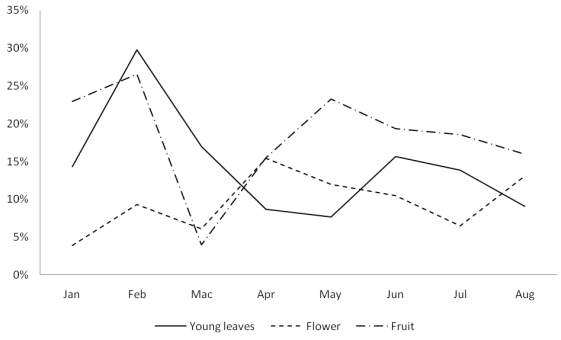


Fig4 Phenological patterns of the forest from Jan- Aug 2008 at Garama

3) SURVEY OF POPULATION DISTRIBUTION, ESTIMATES OF POPULATION SIZE AND DENSITY

Monthly variations in the range of distribution of the Proboscis Monkey in Garama have been recorded from January to October 2008, except August 2008 due to illness of the principal investigator. Distribution of Proboscis Monkey was determined by plotting the latitude and longitude location coordinates of groups of the monkeys encountered in every month. Latitude and longitude coordinates were determined using 100 GPS devices. A total of 120 location coordinates has so far been recorded until September 2008. The monkeys were found in all forest types including riverine and mangrove forests from January to June 2008, but there appeared to be a shift in preference to riverine forest during July and September 2008 coinciding with higher fruits production during those periods (Fig5). The encountered number of Proboscis Monkey groups per month varied from a minimum of 10 groups, recorded in April 2008, to a maximum of 25 groups, in March 2008. Estimate of population size and relative population densities are yet to be calculated.

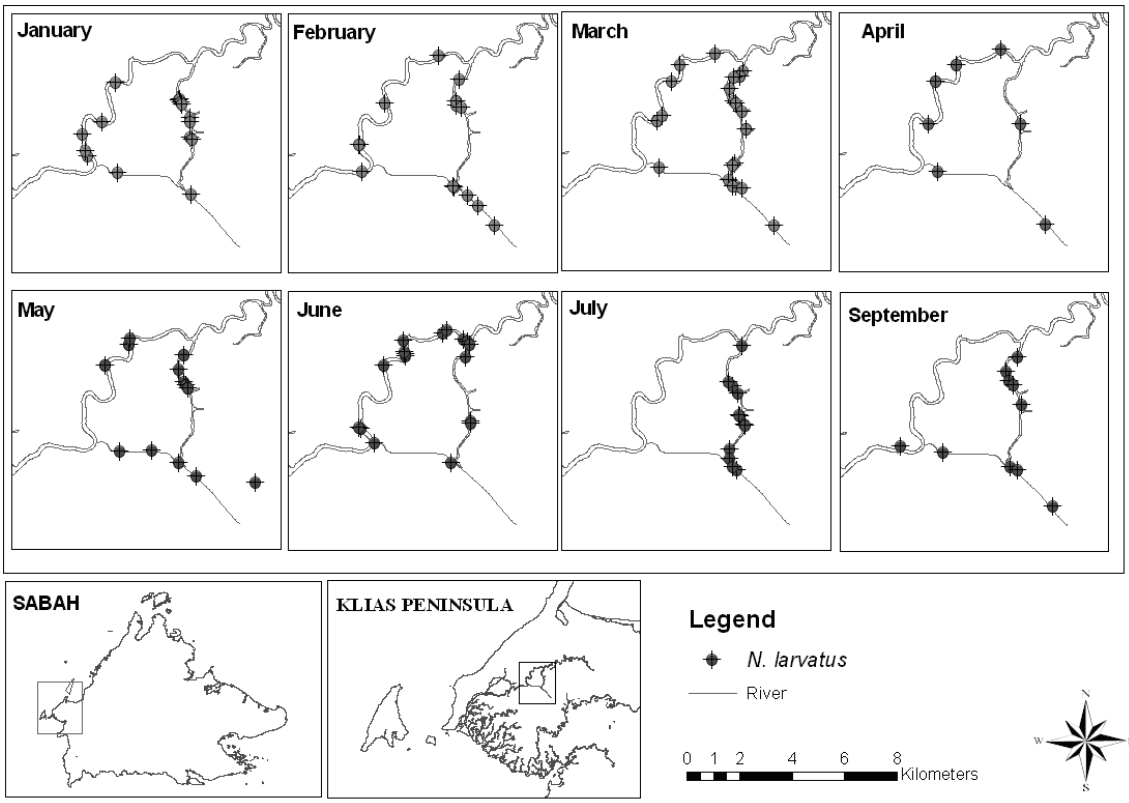


Fig5 Monthly distribution of Proboscis Monkey groups in Garama from January to September 2008
(Data in August 2008 is not available due to illness of principal researcher)

4) BEHAVIOURAL DATA COLLECTION

Preliminary data collection on the general behaviour of the Proboscis Monkey was conducted from 17th to 22nd December 2008. The purpose was to describe and define the different categories of behavioural activities of the Proboscis Monkey in Garama. This study was also conducted in conjunction with an undergraduate's dissertation project.

Actual behavioural study was started in January 2008. This was continued every month through the month of October 2008, except August due to illness of the principal researcher. Observations technique used in this study followed that by Altman (1974). Behavioural study was difficult to conduct due to the timidity of the monkey. Although the monkeys were not alarmed by the presence of humans in boat, the animals were extremely shy of humans on land. The monkeys would flee very quickly by descending from the trees to the thick vegetation covered ground upon encountering a human observer on land.

Full day follow of Proboscis Monkey groups was still not possible, even after about eight months since commencing the behavioural study. However, it was encouraging that 2 groups could be identified reasonably well using marker individuals (adult females) and these groups could be approached reasonably close (20m). But, caution has to be exercised when identifying groups based on adult females as adult females in Proboscis Monkeys were know to shift groups frequently (Murai *et al*. 2006).

No analysis has been made thus far on the behavioural data. Not inclusive of data recorded in October 2008, the total direct contact hours with Proboscis Monkey in Garama was 108 hours; total number of scans made was 1,005 and total number of observations made was 3,264. These data were recorded from observations made on 15 identified groups, i.e., 6 groups in mangrove forests while 8 groups in riverine forests. 1 group was observed in the mixed forest or transitional zone of mangrove-riverine forest. On the average a total of 3 to 6 days has been spent per month for observing monkey behaviour. Although full day follow was still not possible, 1 group has been followed continuously for 5 hours from 06:00hrs to 13:00hrs. At least 17 different plant species have been used as food sources by Proboscis Monkeys in Garama, with preference for *Ficus binnendijkii, Bruguiera gymnorrhiza, Hibiscus tiliaceus* and *Excoecaria indica*.

5) CONSERVATION GENETIC OF PROBOSCIS MONKEY

In early August 2008, Dr. Jason Munshi-South travelled to Institute for Tropical Biology and Conservation (ITBC), UMS to commence a conservation genetics study of the Klias Proboscis Monkeys under the larger framework of the present project. During his visit, Dr. Munshi-South and the principal researcher collected 25 new fecal samples from Proboscis Monkey individuals inhabiting 2 different river systems in the Klias peninsula i.e., Garama and Weston located in the south of the peninsula. While at ITBC, J. Munshi-South extracted DNA from these 25 fecal samples plus an additional 26 fecal samples collected earlier in the year by the principal researcher. Preliminary PCR amplification and DNA sequencing of a segment of the mitochondrial d-loop began at ITBC and has continued in Dr. Munshi-South's laboratory in New York. Sequences from all 51 samples are expected in November 2008. These mitochondrial d-loop haplotypes will be used for a preliminary assessment of remaining genetic variation within the Klias peninsula, as well as for a phylogeographic study of Proboscis Monkeys throughout the state of Sabah.

Dr. Munshi-South has also obtained primers from 19 human-derived microsatellite loci that will be screened for amplification in these fecal samples, plus 12 liver samples Dr. Munshi-South obtained from the Bronx Zoo in New York. If successful, then these markers will be used for a higher-resolution examination of genetic variation in the Klias peninsula.

(3) TRAINING and EDUCATION

2 students registered for Ph.D degree programmes at UMS have been engaged on the project since January 2008. Lee Shan Khee is studying the proboscis population in Garama, while Joseph Tangah in Labuk bay. Lee S.K. is a senior staff of the World Wildlife Fund (WWF) Malaysia based in Kota Kinabalu, Sabah. Joseph is a senior Forestry Officer employed by the Sabah Forestry Department and is based at the Forest Research Centre in Sepilok, Sandakan, Sabah. Lee S, K. also works as a part time research assistant under the present project since December 2007.

The Labuk Bay Proboscis Monkey population is semi wild located in a private land in a small $1km^2$ fragment of mangrove forest surrounded by large oil palm plantations. The monkeys in Labuk bay have been fed with artificial feed (pan cakes) to supplement their natural diet of leaves and unripe fruits. Comparisons of data on behaviour and ecology of Proboscis Monkey in Garama and Labuk Bay will be important to demonstrate how Proboscis Monkeys adapt to living in two different habitat types that also differ in terms of level of disturbance.

2 undergraduate students, Mohamed Ridzwan Bin Ali and Halley Clestina Gom Awing, from the Conservation Biology Degree Programme of UMS have been trained and partially funded under this project. Mohamed Ridzwan has worked on a dissertation project on some aspects of behaviour of the Proboscis Monkey in Garama, while Halley did a behavioural study of nine individuals of Proboscis Monkey in captivity at the Lok Kawi Zoological Park in Kota Kinabalu. Both students have presented their findings during a viva voce session in the third week of April 2008.

2 new undergraduate students, Leong Ann Ying and Siti Zaraurah Binti Ag Gabor, from the Conservation Biology Degree Programme of UMS have started their dissertation projects in May 2008 in Garama studying (1) how Proboscis Monkey selects their sleeping trees - using a multivariate approach; and (2) feeding ecology of the Proboscis Monkey using focal animal sampling as oppose to the usual instantaneous scan sampling method used for studying this monkey previously. Field expenses of both students were fully covered by the present project.

One graduate student, Goh Cherng Jen, dissertation project that is not related to Proboscis Monkey study, but has received partial funding from the project has also commenced in May 2008. The project entitled "Diversity of non-volant small mammal fauna" is carried out in Garama. No such study has been conducted in Garama before and when completed, the results of this study will form a basis for information on small mammal from this area in the future.

(4) ENVIRONMENTAL AWARENESS EDUCATION

On the 13th October 2008, a talk titled "Conservation of the Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in Klias Peninsula, Sabah" was presented by the principal researcher to 35 students in their 3rd year from the Natural Park and Recreation Degree Programme of the International School of Tropical Forestry, UMS. The talk was presented at the Sabah Forestry Field Training Centre in Klias Forest Reserve. Additionally, on the 14th October 2008 the principal researcher accompanied the same group of students to Garama to observe the Proboscis Monkey and learn technique to take a census of the monkey populations.

Similar talk was scheduled on 6th November 2008 for members of the Sabah Soceity and the general public. The talk was presented at the secretariat office of the Sabah Society in Kota Kinabalu. A total of 20 people attended the talk. In both presentations, Pro Natura Foundation-Japan and The Nature Conservation Society of Japan has been duly acknowledged as one of the main funding agencies of the conservation of the Klias Proboscis Monkey project.

PRO NATURA FUND has been acknowledged by the Director of ITBC, UMS, Assoc. Prof. Dr. Abdul Hamid Ahmad, during an opening ceremony of an international workshop held in UMS. The director's speech was published in the Daily Express and The Borneo Post 2 popular local tabloids, dated 23/10/2008.

4. WORK PLAN FOR NEXT SIX MONTHS, NOVEMBER TO APRIL 2009

Proboscis Monkey Research in Garama

- Permission to extend the study in Garama for another 12 months from January to December 2009 will be obtained from the Forestry Department of Sabah.
- All major research activities in Garama concerning collection of phenological data, mapping of distribution pattern, estimating population size and relative density and observation of Proboscis Monkey behaviour will be continued on a monthly basis. Effort will be increased especially in studying the behaviour of the monkey and full day follow will be endeavoured.
- A fibreglass boat with sitting capacity of 4 people incl. a boatman, and 30hp outboard engine will be purchased to assist with monthly boat survey of the Proboscis Monkey populations.
- Local field assistants have been taught how to assess the phenological cycle of the trees in the botanical plots and how to observe monkey behaviour so that data collection could be done even in the non-attendance of the principal investigator. While the field assistants are now highly competent with the monthly phenological data collection, they are still not willing to carry out the behavioural study without supervision from the principal investigator. Beginning in October 2008, a temporary graduate field assistant Ms. Lisa from Lawas, Sarawak, has been employed to assist with behavioural data collection. Lisa will continue to be employed as a field assistant in this project in the next six months. In addition, Lee Shan Khee will continue to be employed as a part time research assistant in the project.
- Data analysis and writing of research papers will be started. While data collection on the main research project is not yet completed, some of the undergraduate dissertation projects can be turned into research manuscript for submission to the monthly journal of NACS-J or other journals. At least one research manuscript will be produced in the next 6 months.
- Research component on conservation genetic of Proboscis Monkey will continue. Collection of DNA materials of Proboscis Monkey will continue in other places within the Klias Peninsula. This endeavour may be extended to cover populations elsewhere in the state of Sabah and possibly also the entire Borneo Island.
- Training of undergraduate students will continue under this project. Two more new students will be engaged in April 2009.
- Environmental Awareness Education will be continued in the form of talks to School children in Garama, undergraduate students in UMS and Non-Government organisations. A poster about the conservation status of the Klias Proboscis Monkey will be designed, printed and distributed to all tour operators based in Garama to disseminate research findings with the aim to create awareness on the importance of Proboscis Monkey conservation.

REFERENCES

Altman, J. 1974. Observational study of behaviour: Sampling method. Behaviour, 69: 227-267.

Bennett, E.L. and Sebastian, A.C. 1988. Social organization and ecology of Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in mixed coastal forest in Sarawak. International Journal of Primatology, 9:33-255.

Bennett, E.L. 1983. The banded langur: ecology of a colobine in West Malaysian rainforest. Ph.D Thesis, University of Cambridge.

Bernard, H. 1997. Some aspects of behaviour and feeding ecology of the Proboscis Monkey, *Nasalis larvatus*, based on

a brief study in the Klias Peninsula, Sabah. Borneo Science, 3: 65-84.

Bernard, H. 2005. Conservation Status of Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in Sabah, North Borneo: Part I: Klias Peninsula. Report for Universiti Malaysia Sabah Short-term research grant, B-0804-11-ER/U061.

Bernard, H. 2006. Proboscis Monkey Protection Plan for Klias Forest Reserve and its Surrounding Southern Ecotones. Conservation and Sustainable Use of Tropical Peat Swamp Forests and Associated Wetland Ecosystems UNDP/GEF Funded Project MAL/99/G31.

Bernard, H. and Zulhazman, H. 2006. Population size and distribution of the Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in the KLias Peninsula, Sabah, Malaysia. Malayan Nature Journal, 59(2): 153-163.

Boonratana, R. 1993. The Ecology and Behaviour of the Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in the Lower Kinabatangan, Sabah. Ph.D Thesis, Mahidol University.

Murai, T., Maryati, Mohamed, Bernard, H., Mahedi, A. P., Saburi, R. and Higashi, S. 2007. Female transfer between one-male groups of Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*). Primates, 48:117-121.

Sha, J. C. M. 2006. Distribution, Abundance and Conservation of Proboscis Monkey (*Nasalis larvatus*) in Sabah, Malaysia. M.Sc. Thesis, Universiti Malaysia Sabah.

要約

このプロジェクトは、マレーシアサバ州西海岸に最後に残った個体群である、クリアス半島のテングザルの保全を目指すものであり、2007年11月から始まって2009年10月まで続く2年間のプロジェクトである。この報告書では、このプロジェクトが開始された2007年11月1日から2008年10月31日までの、このプロジェクトの最初の1年間の中間状況を報告する。野外調査を遂行していく過程で、事前には予測不能だった障害があることが明らかになったため、プロジェクトの目的を修正しなければならなくなったが、それにもかかわらず、プロジェクトは現在順調にその目的を達しつつある。このプロジェクトのうち、調査に関する項目はすべて現在進行中で、それには植生調査区の設置、樹木のフェノロジー（開花・結実・展葉にみられる季節変化）の資料の収集、テングザルの行動観察が含まれる。マレーシアサバ大学の二人の大学院生がこのプロジェクトを通じて、野外および飼育下のテングザルの行動や生態を調査する訓練を受けた。クリアス半島のテングザルの保全状況に焦点を当てた環境教育も行った。このプロジェクトは2009年11月まで、さらに12ヶ月続く予定である。

（推薦者：半谷 吾郎）

A regional approach to botanical training for the next generation

James V. LaFrankie

Asia Tropical Ecology Network, Inc (Philippines)

SUMMARY

The proposed program to train students and staff in the techniques of botanical documentation was highly successful. All goals with regard to Cat Tien National Park were met, and additionally two other National Parks (Bi Doup National Park in the Central Highlands, and Nui Chua on the east coast) have requested to join in partnership, and implement a coordinated program whereby all 3 parks develop documented floristic checklists. These 2 additional Parks sent staff to Cat Tien to join the program and detailed plans were drawn for full implementation in 2009.

1. SPECIFIC ACCOMPLISHMENTS

(1) Training in family-genus field identification of trees for 15 student/staff participants.

(2) Training in methods of botanical documentation:

- Plant specimen collection and drying
- Scientific photography of botanically critical features
- Preparation of checklists
- Development of a local Botanical Database

(3) Initial development of Botanical Documentation for Cat Tien Park

- Collection of 164 fertile specimens for storage in the ITB herbarium
- Preparation of initial checklist
- Preparation of initial database of photographs for 112 species.

(4) Planning session:

- Full implementation planned for 3 parks in southern Vietnam with agreement and coordination among park directors
- Development of detailed budget and schedule for full implementation over 18 month schedule.

2. BACKGROUND

This project in Vietnam represents 1/3 of an initial program consisting of 3 training sessions in 3 ASEAN countries. The specific objective of the overall project is to conduct the basic botanical inventories of biodiversity 'hotspots': Cat Tien National Park in Vietnam, St. Paul National Park in Palawan, Philippines, and 3 National Parks adjacent to Kuching, Sarawak, Malaysia.

The program will be launched with 3 3-week sessions. The distinction here is that the 3 sessions will be intimately linked because they will be conducted as botanical training sessions for a new generation of national botanists.

At each site students and prospective botanists will learn identification skills as they learn to make field collections, to prepare herbarium specimens, to store label information in a database and compile a local checklist.

The initial plan was to have young botanists from each country work with one another in each site. While this may still be feasible, it requires a greater range of permits and letters of approval than had been anticipated. The evolving plan then is to start each national program on its own and link the programs through meetings and the internet.

The output from these sessions will be basic inventory material for 3 biodiversity hotspots including a database checklist. But the most important outcome will be 15 young scientists well-trained in the identification and preparation of botanical material.

As the inaugural program, the Vietnam session proved a special success in that 2 National Parks in addition to Cat Tien, each a critical site in Vietnam as well as the region, asked to join the program, and to develop their own program of botanical documentation. Following this pattern, we now have 9 sites in 3 countries identified to begin the regional program.

One other significant addition to the program was the completion of the book by the lead investigator, 'Trees of Tropical Asia: An Illustrated Guide to Diversity'. This volume of 700 pages and over 3,500 digital photographs is the first ever compendium of all families and genera in the ASEAN Tropical Region, providing in a single volume a guide to all the different kinds of trees a student is likely to encounter. Significantly, the volume is also the first compilation of the families in accordance with the latest advances in molecular biology and phylogenetics, bringing the arrangement of families into accord with the most modern view. While the completion of the book necessarily delayed the program's implementation, it can now serve as a basic reference in the training sessions as well as a guide to the further development of the checklists.

3. RESULT

(1) Cat Tien National Park

Cat Tien National Park, Vietnam is one of the most important lowland forests remaining in the lower Mekong Basin. It is one of the last homes for the endangered rhinoceros. The flora is exceeding rich and while many plant lists have been prepared the collections and other documentation are still very poor. No plant collecting equipment or facilities were available when we arrived, although many of the staff were very knowledgeable about the forest flora.

Besides its rich flora and fauna, the Park is home to many indigenous people and the site of much anthropological work.

Only five hours from Ho Chi Minh City, the Park is also a major tourist attraction. It has excellent physical facilities with many buildings, good electricity and cottages and canteens for guests.

(2) Training in field identification of families and genera of trees

The trees of Cat Tien National Park include about 65 families and over 200 genera. Durn our field sessions we learned how to identify the families and genera of trees based on vegetative (leaf and bark) characters. These are especially important in tropical forests because many trees flower at supra-annual cycles and only for short periods of time. Consequently, many species in a particular place will only be known by sterile collections until flowers or fruit are obtained.

Field sessions consisted of working in different habitats in the park and collecting 50 different trees. Students and staff made their own personal collections and kept notes on the details by which a family or genus could be recognized. The pre-print of 'Trees of Tropical Asia' was used as the basic documentary guide.

Photo1 Vietnam meeting

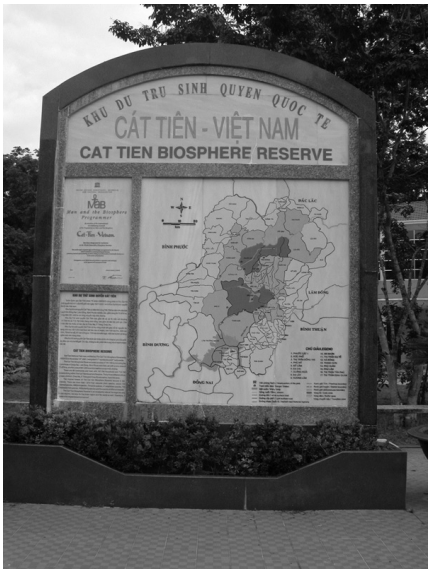


Photo2 Cat Tien

Photo3 Park Headquarters

Photo4 Park access from a river

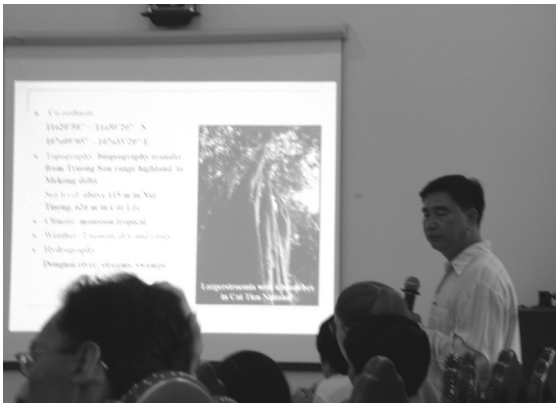


Photo5 The National Park Director giving his welcoming presentation

(3) Importance of documentation

The distinction between a checklist of names and a documented checklist was explained and demonstrated. The first is simply a list of names - they might be right or wrong and there is no way to know. “Where did this name come from?” “Who employed it, and based on what?” A documented checklist answers those questions with specific information.

Undocumented Checklist: *Colona serratifolia*

Documented Checklist : *Colona floribunda* Craib, determined by Do Tan Hoa September 17, 2008, based on specimen *ITB 126*; description as follows; see photo6.

(4) Preparation of botanical specimens.

Instructions were given on the proper preparation of botanical specimens. The details include: (1) How to choose and cut good quality specimens; (2) The different methods for drying specimens; (3) How to preserve specimens in the field; (4) How to store and preserve specimen in the herbarium.

(5) Role of photographs

In the age of the digital camera, making a record of the form and color of the flower and fruit is both possible and extremely valuable because, unlike the leaf, these details of reproductive organs are small, fragile, and change greatly upon drying. The basic techniques of field photography are demonstrated.

(6) Importance of database

100 records scattered in separate fields are of little value. When lists of names, notes, specimens and photographs are assembled and linked through a database, the entirety becomes extremely valuable. The basic design of an functioning of a simple database is demonstrated.

(7) Example of A database entry

GENUS: *Colona*
SPECIES: *floribunda*
AUTHOR: Craib
CITATION: Fl. Siam. Enum. 189 (1925).
SPECIMENS: ITB Cat Tien National Park 126
FIELD DESCRIPTION: Small tree; 7 cm DBH,
DETERMINATION NOTES, Determined by Do Tan Hoa September 17, 2008, based on specimen ITB Cat Tien National Park 126 compared to Ho’s Flora of Vietnam.

Photo6　Colona (Floribunda)

(8) Nui Chua National Park

Nui Chua National Park does not present the most spectacular forests of Vietnam’s because it is in the driest area of the country, and one of the driest in all of Tropical Asia. But especially because of the dry climate and the proximity of the ocean, the forests here include some of the most rare and threatened plants in Vietnam.

Although the Park includes well protected forest on the ocean facing slopes, all of the surrounding land has been cleared

and is badly degraded by invasive species. Much of the land is stripped of all vegetation.

The Park Director, Mr. Kia, warmly welcomed the ITB staff and University students and requested for one of his staff to join the training program. Also, plans were developed for a formal documentation of the Park Flora.

Photo7 Dr. LaFrankie delivering field lecture

Photo8 Course in Botanical Documentation with big Tetrameles

Photo9 Course in Botanical Documentation prerparing specimens

(9) Bi Doup National Park

Bi Doup National Park outside the city of Dalat in the Central Highlands of Vietnam is one of the most important refuges for the mountain plants and animals of Mainland Southeast Asia. It is still a very large and undisturbed area that includes hundreds of species threatened elsewhere, and many new to science.

The Park Director spent a day with Mr. Vinh, D. LaFrankie and the group in showing us the Park. He assigned one of his staff to join the training program and welcomed a full implementation of the botanical documentation program to be led by the Institute of Tropical Biology.

(10) Planning for full implementation

The plan for a full botanical documentation of the 3 National Parks, integrated and shared among the three, was the idea of Mr. Vinh of ITB. The proposed program will have the following features:

The requirements are for 2 full-time staff to serve as collectors and photographers for 18 months.

The program will be led by ITB.

The individual Parks will sponsor and carry out the collecting program with all necessary permissions to be obtained by the National Park Directors.

Dr. LaFrankie will conduct the necessary further training offer further assistance in specimen preparation, identification, photography and database development.

Specimens will be stored at the herbarium at ITB, although efforts will be made to develop on-site facilities for storage of demonstration specimens.

The written details of the documentation will be stored in a database and shared via the internet among the 3 sites, and thus available for all people of Vietnam and the world.

Dr. LaFrankie will aid the fund raising efforts of the National Park Directors and ITB with a goal of starting work in 2009.

Photo10 Nui Cha Natinal Park, central east of Vietnam, looking from the ocean's edge to ward the virgin forests, one of the driest forest in Tropical Asia

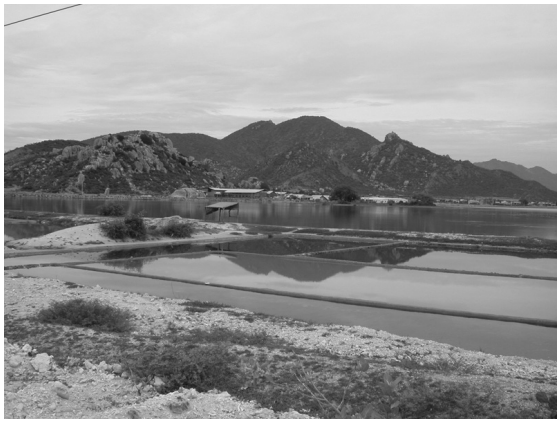


Photo11 Deforested land on the western side of Nui Cha National Park, stripped and used for drying ocean salt

Photo12 Bi Doup National Park Headquarters, meeting with Mr.Vinh, Dr. LaFrankie and Park Director and visiting scientists

Photo13 Bi Doup National Park, Dr. LaFrankie, Mr.Vinh and Park Director visit the site of rare Pinus kempfii

Photo14

Photo15　Grewia（Malvaceae）

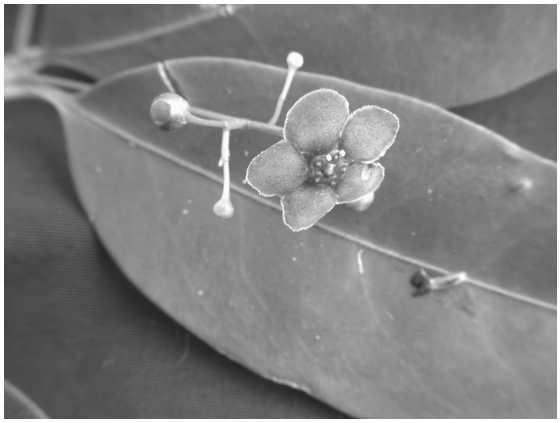


Photo16　Eunymus（Celasrtraceae）

Photo17　Viburnum（Adoxaceae）

Photo18　Medinillia（Melastomataceae）

Photo19　Exbucklandia（Hamemelidaceae）

Photo20　Colona（Malvaceae）

Photo21　Syzygium（Myrtaceae）

Photo22　Uvaria（Annonaceae）

要約

地域スケールアプローチによる次世代の植物学者養成トレーニング

ジェームス・V・ラフランキー

ベトナム、カッティエン（Cat Tien）国立公園（MABバイオスファー保護区）において植物学トレーニングコースを実施した。カッティエン国立公園はホーチミン市近郊にあり、メコン川沿岸低地部で熱帯低地林が残る数少ない貴重な場所である。国立公園には絶滅危惧種のジャワサイが棲息しており、その植物相は極めて豊かである。公園スタッフの植物に対する知識は大変すぐれているが、植物標本の採取、管理のための機材はほとんど整備されておらず、植物標本と資料の蓄積も十分ではない。

トレーニングコースは2008年9月に行われ、ベトナムの国立公園スタッフと学生15名が参加した。トレーニングの主な内容は、1)野外における科レベルの同定のためのトレーニング、2)植物学的記載の作成方法のトレーニング、3)カッティエン国立公園の植物資料の作成、4)将来計画の策定、であった。

「科レベルの同定のためのトレーニング」では、国立公園に生育する65科（200余属）の樹木を葉や幹の特長によって、科または属のレベルまで識別するトレーニングを行った。開花が不規則な東南アジアの熱帯林ではこうした特長での同定は極めて重要である。なお、コースの参考資料には、J. V. LaFrankie著「Trees of Tropical Asia」（印刷中）を使用した。「植物資料の作成」では、樹木名のみのチェックリストと記載のあるチェックリストの違いを説明して植物学的記載の意義を伝え、植物標本の作製方法、写真の役割、データベースの重要性を解説した。これらの内容について実際の植物材料を使ったトレーニングを実施し、「カッティエン国立公園の植物資料の作成」を開始した。さらに、「将来計画の策定」では、カッティエン国立公園と別の2つの国立公園（ベトナム中央高地のBi Doup国立公園と東海岸のNui Chua国立公園）の3国立公園が合同で植物チェックリストを作成するためのプログラムの計画を策定した。トレーニングコースにはこれら3つの国立公園のスタッフが参加しており、2009年に協同プログラムを開始するための詳細な実施計画が立案できた。

（推薦者：伊東 明）

Structure, dynamics and conservation strategies of the remnant evergreen broad-leaved forests in Chongqing metropolis, China

Yongchuan Yang[1)]

SUMMARY

The remnant natural evergreen broad-leaved forests (EBLFs) on Mt. Gele (GL), Mt. Tieshanping (TSP) and Mt. Jinyun (JY) at differnt sites from inner city to outskirts, in Chongqing metropolis, Southwest China were studied with reference to species composition, biodiversity, population structure and dynamics, and the effectts on the restoration of artificial pine forests. The remnant EBLFs at the three sites displayed a gradient of disturbance of the community structure; JY being least disturbed and GL most disturbed. The 2 endpoints of the disturbance gradient showed higher biodiversity, with richer heliophytes, including invasive horticultural species, in the inner city, and shade-tolerant species in the distant outskirts. The growth in height of the canopy species was restricted along an inverse gradient from outskirts to inner city. Differences in life history strategies were also exhibited, including stump sprouting of *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, the signature tree of remnant EBLFs.

Seeds from the remnant EBLF naturally facilitate the restoration process of artificial *Pinus massoniana* forests near it on TSP. The biodiversity index and similarity of species composition decreased between the artificial *Pinus massoniana* forests and the remnant EBLF as the distance increased. *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* was the dominant species in the ground vegetation, shrub layer and sub-tree layer of the *Pinus massoniana* forests near the remnant EBLF. However, the natural restoration processes of those farther away from the remnant EBLF were restricted for the absence of seed source of the inherent components of the EBLF.

1. INTRODUCTION

Urbanization is a global phenomenon. Cities are growing in number, size, and population throughout the world, particularly in developing countries (United Nations 2004, McKinney 2006). Climate, soils, hydrology, disturbance regime, and land management practices are all strongly affected by urbanization. In turn, changes in these environmental factors profoundly affect urban biodiversity (Sukopp 2004). Urbanization is a huge challenge to the conservation of biodiversity and has therefore become a hot topic of concern (McKinney 2002, Chocholou-kova and Py-ek 2003, Sukopp, 2004, McKinney 2006).

Patches of remnant natural vegetation in urban areas are significant components of biodiversity and provide habitats for both vertebrate and invertebrate animals. In addition to these biological values, urban patches of native vegetation hold social values. They provide educational resources for the display of natural communities that previously covered the landscape (Willison 1996), and in this way they represent an historical phase in the development of urban land uses (Maurer *et al*. 2000, Stenhouse 2004). Natural patches of vegetation also provide opportunities for monitoring environmental changes, and act as nuclei from which native plants and animals can recolonize urban environments (Stenhouse 2004, Murakami *et al*. 2005, Yang *et al*. 2007).

1) Key Lab of Three Gorges Reservoir Region's Eco-Environment (Ministry of Education)/ Faculty of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, China

Hydro-electric development on the Changjiang (Yangtze River) at the Three Gorges' Project led to the creation of the Municipality of Chongqing in 1997. The Municipality of Chongqing is predominantly rural, having a total area of 82,400km^2. Within this municipality there are many towns and cities, of which the largest is Chongqing metropolis (also called urban area of Chongqing). In 2008 the metropolitan area covered 5,473km^2. As a result of central planning associated with the Three Gorges' Project, Chongqing metropolis has experienced intense urban development since 1997. The built-up area of the city was 300km^2 in 1996, but had grown to more than 700km^2 by 2006, and it will reach more than 2,500km^2 by 2020 according to the urban planning (Yang *et al*. 2007).

Chongqing metropolis is often described as "the mountain city". It lies across 4 parallel mountain folds and includes many small hills. These upland areas provide habitats for forest vegetation. Locally-specific types of evergreen broad-leaved forests (EBLFs) are the characteristic climax vegetation, but these natural forests have been damaged severely by urban expansion, and only a few patches remain around the tops of the mountains. EBLFs are landscape and vegetation types that are special to East Asia, and those of sub-tropical China are particularly notable. Located in the center of sub-tropical China, Chongqing metropolis and its surrounding areas lie at the core of the regions in which EBLFs are distributed. Of further significance, the EBLFs in Chongqing metropolis are a unique formation in the classification system of the EBLFs of China. The dominant signature species, *Castanopsis carlesii* var. spinusa is found only in a narrow range (Zhen 1985, Song 2004). To preserve those patches and make use of them for the restoration of the surrounding artificially pure forests and the secondary forests, especially the pine forests affected by pine wilt disease, it's exigent to record their current status, predict their dynamics and work out special conservation strategies to preserve them from the pressure from the rapid urbanization. Otherwise, they are excellent subjects for research on the ecological effects of urbanization because the mountains have experienced different urbanization impacts and thereby provide indicators of an urban-rural gradient. So, the research presented in this report focuses on the remnant EBLFs on Mt. Gele, Mt. Tieshanping and Mt. Jinyun along an urbanization gradient from the inner city to outskirt and mainly aims at community characteristics, dynamic processes, impacts of urbanization and the seed source effects.

2. STUDY SITES

Remnant patches of natural EBLFs in Chongqing metropolis remain only on Mt. Gele (GL, N29°34', E106°25'), Mt. Tieshanping (TSP, N29°37', E106°41') and Mt. Jinyun (JY, N29°50', E106°22') (Fig1). These three mountains are parts of the four unusual mountain folds that are characteristic of the physical geography of Chongqing. Temperatures and precipitation on these mountains are suitable for the development of EBLFs. Heights of the mountains are listed in Table1 along with summary climate data from the nearest meteorological stations (Table1). Climate data for the mountain tops themselves are not available.

GL is a national forest park in the inner city that is widely used for recreation such as hiking and strolling. It is only 3km away from Shapingba, the second largest business district of the metropolis. The natural vegetation of GL has been damaged significantly by three intense sets of disturbances that have taken place since the 1930's: construction of the chief officers' villa during the Provisional Capital period from 1937 to 1946; selective cutting of big trees in the 1950s during a period of primary industrial development, and construction and use of a sports establishment from 2002 to the present. Consequently, there are only 5 small remnant patches of EBLFs scattered near the peak, each with an area of about 400m^2.

TSP is a national forest park located at the boundary between the inner city and the urban fringe, lying 27km from the urban core of the metropolis. There is only 1 remnant patch of EBLF at TSP, having an area of about 3,000m^2 on the flat crest of the mountain. The patch may have been preserved for geomantic reasons (i.e. for spiritual reasons related to

geography that are of special significance in China; usually transliterated as 'fengshui') in view of the presence of a grand tomb within it. Up until 20 years ago the residents of nearby villages cut only small trees or the branches of big trees for use as fuel. Since then, cutting has diminished due to improved economic conditions. Farmland tourism has been flourishing since the late 1990's and many visitors from the inner city come to spend their weekends at the farmland hotels near the remnant EBLF patch.

JY, located at the boundary between urban fringe and rural area, is a national nature reserve created in 2001 to protect the extensive subtropical forests on its slopes and peak. It is the highest of the 3 mountains and is 60km from the urban core of Chongqing metropolis. About 200 years ago a severe fire burned almost all the forest at JY. This severe disturbance took place when local wealthy people constructed fortresses to try to evade the persecutions of followers of the Bailian Religion. In the 1950's many EBLFs on the mountain were converted to plantations of *Phyllostachys heterocycla* and *Cunninghamia lanceolata* for economic reasons. The remnant EBLFs remain on the upper slopes of the mountain and in steep valleys that are difficult to reach.

On GL, the remnant patches of natural EBLFs are surrounded by artificial *Pinus mossoniana* forests and constructions, and on TSP, those patches are surrounded by artificial *Pinus mossoniana* forests, *Phyllostachys heterocycla* forests and roads for tourism, while on JY, they are surrounded by artificial *Phyllostachys heterocycla* forests and *Cunninghamia lanceolata* forests .

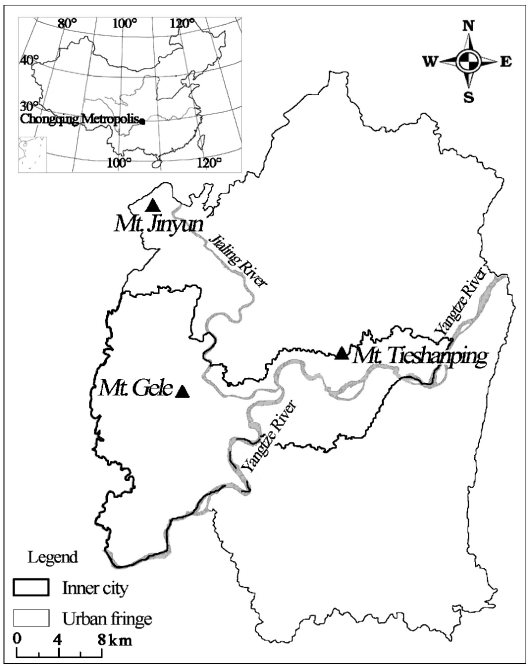


Fig1 The location of the study sites

Table1 Environmental characteristics of the study sites, GL, TSP and JY

＊The climate data for each site are from the nearest meteorological stations: Shapingba, Yubei and Beibei, respectively. GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

Study Site	GL	TSP	JY
Altitude of the peak (m)	680.3	583.3	951.5
Mean annual temperature (℃)*	18.3	17.1	18.3
Monthly mean temperature for July (℃)	28.6	27.3	28.7
Monthly mean temperature for January (℃)	7.5	6.2	7.4
Warm index (℃ .month)	160.1	144.6	159.7
Mean annual precipitation (mm)	1079.4	1159.3	1105.4
Mean foggy days (d/a)	57.2	40	16.4

3. RESEARCH METHODS

(1) Field surveys

Field surveys were carried out in 2007 and 2008. For the remnant EBLFs, 5 plots, each of 400m^2 were set up and were divided into 4 meshes of 100m^2 (10m×10m) for each site. To study the effects of the remnant EBLFs on the restoration of the surrounding pine forests, another 9 plots were set up surrounding the remnant EBLF on TSP with each three plots as a group and the intervals were 50m, 250m and 500m, and the size of each plot at different interval was 20m×20m (50m, divided into 4 meshes of 10m×10m), 10m×10m (250m) and 10m×10m (500m) for the difference of structure of the forests. An inventory was carried out for all individual trees taller than 1.5m (woody vegetation). The species name, its vital status (living or dead), diameter at breast height (DBH in cm, including all the stump sprouts), and tree height (H, in m) were recorded. Meanwhile, the maximal natural height (cm) and the ground cover (%) for each vascular plant species less than 1.5m in height (ground vegetation) were measured.

(2) Data analysis

All species were categorized into 8 life-forms based on the life-form system of Vegetation in China (Wu 1980), namely: evergreen conifers, evergreen broad-leaved trees, evergreen broad-leaved subtrees and shrubs, deciduous broad-leaved trees, deciduous broad-leaved subtrees and shrubs, lianas, perennial herbs, and annual herbs. Additionally, 2 groups: unique species and common species were distinguished for remnant EBLFs according to their distribution. Species recorded at just 1 site were defined as unique species and those at more than 1 site were defined as common species.

The presence-absence data for woody vegetation and ground vegetation of each plot were combined and classified by two-way analysis using TWINSPAN (Hill 1979).

The relative dominance of the species of woody vegetation was expressed as the relative basal area (RBA, %) obtained by calculating the relative proportion of each woody species' basal area (BA) from DBH data of all the individual trees of each species. The relative dominance of ground vegetation was estimated by measuring the relative volume equivalent-value (RVEV, %), which is the relative proportion of the volume equivalent-value of each species obtained by multiplying the maximal plant height and coverage (%) in each plot. Dominant species were identified by dominance analysis (Ohsawa 1984). The diversity indices were calculated using Shannon-Wiener index (H'), Evenness index (J') (Pielou 1969) and Gleason index (Ma, *et al*. 1995) for each plot.

For the scaling of tree dimensions, the expanded allometry equation was used to describe the relationship between DBH and tree height and to obtain an estimate of the potential tree height (Ogawa 1969). The equation was applied both to all the individuals as a whole in each plot and to the characteristic species, *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, at each site for EBLFs.

4. RESULTS

(1) Species composition of remnant EBLFS

In the 15 plots on the three sites, a total of 141 vascular plant species from 64 families were recorded. In order of the number of species per family, they were mainly Theaceae (12spp.) and Lauraceae (8spp.), followed by Symplocaceae, Myrsinaceae, Gramineae, Liliaceae, Rosaceae, Fagaceae, Aquifoliaceae, and others represented by fewer species. Theaceae, Lauraceae and Myrsinaceae were among the most numerous families at all three sites (Table2).

The total number of species was 93, 58 and 76 for GL, TSP and JY, respectively. However, the numbers of unique species were 39, 16, and 25 for the three sites, and the corresponding numbers of common species were 54, 32, and 51.

The life-form composition of the species at the three sites is shown in Fig2. The number of species of evergreen trees (EBT and EBSS, see Fig2) on GL was the smallest among the three sites. By contrast, the number of deciduous tree species (DBT and DBSS, see Fig2) decreased from GL to JY, the trend of DBSS being more obvious. The number of PH on GL was the largest among the three sites and AH only appeared on GL. Most unique species of GL were deciduous trees and herbs (PH and AH), while the unique species of TSP and JY were evergreen trees (EBT and EBSS). Nine out of 39 unique species on GL were escaped horticultural ornamentals; by contrast, none of the unique species on TSP and JY were escapes.

TWINSPAN classification clearly distinguished three community types A, B, and C at the division level 2 (Fig3), coinciding with the three sites, GL, TSP and JY. JY was the most different of the three sites, while GL and TSP were closer in species composition. The similarity of species composition decreased, from GL to JY.

In the 15 plots at the three sites, a total of 10 species dominated the woody vegetation and 39 species dominated ground vegetation at least once. The number of dominant species of ground vegetation was always larger than that of woody vegetation at the same site. Among the three sites, the number of dominant species of woody vegetation at JY was significantly higher than at the other two sites ($P < 0.05$). The numbers of species of ground vegetation displayed an increasing trend from GL to JY, although the trend was not statistically significant according to Tukey's Post Hoc HSD test (Fig4).

At the site level, 5 species dominated the woody vegetation and 19 species dominated the ground vegetation in at least 1 site (Table3). The number of dominant species of woody vegetation of GL, TSP and JY were 3, 1 and 3, respectively. *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* was the sole species that dominated at all three sites, while the other dominants were different: *Pinus massoniana* and *Cinnamomum camphora* at GL, *Machilus pingii* and *Castanopsis fargesii* at JY. Compared with the woody layer, the numbers of dominant species of ground vegetation of GL, TSP and JY were far larger, being 7, 9 and 9, respectively. TSP and JY were dominated by quite similar life-forms, but notably, dwarf bamboo, *Pseudosasa victorialis* and planted non-indigenous species, *Schima superba* dominated at TSP, while GL revealed a lack of evergreen broad-leaved trees and lianas.

Table2 Constituent species of those plant families that contain more than 4 species in the remnant evergreen broad-leaved forests, as a whole and by site

Numbers indicate the number of plant species and their rank as a whole and at each site. GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

Family	Whole	GL	TSP	JY
Theaceae	12/1	6/1	8/1	6/2
Lauraceae	8/2	5/2	4/2	7/1
Myrsinaceae	6/3	4/4	4/2	4/3
Symplocaceae	6/3	2/14	4/2	3/4
Gramineae	6/3	5/2	4/2	1/16
Liliaceae	5/6	4/4	1/13	2/7
Rosaceae	5/6	4/4	1/13	3/4
Fagaceae	4/8	3/7	2/6	2/7
Aquifoliaceae	4/8	1/22	2/6	3/4

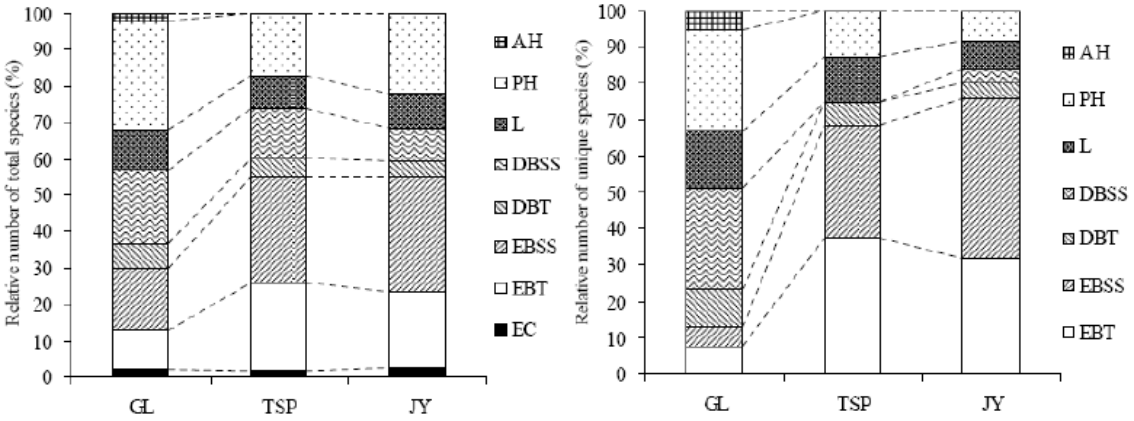
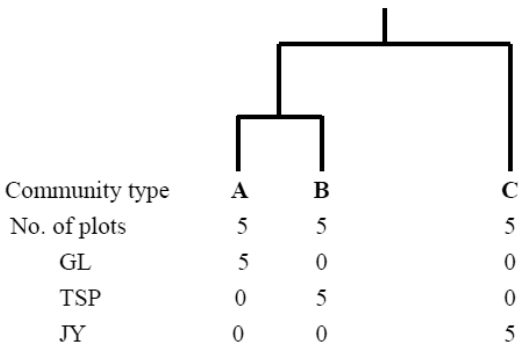


Fig2 Life-form composition of the species at the three sites

GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun. EC: Evergreen conifers; EBT: Evergreen broad-leaved trees; EBSS: Evergreen broad-leaved subtrees and shrubs; DBT: Deciduous broad-leaved trees; DBSS: Deciduous broad-leaved subtrees and shrubs; L: Lianas; PH: Perennial herbs; AH: Annual herbs.



Community type	A	B	C
No. of plots	5	5	5
GL	5	0	0
TSP	0	5	0
JY	0	0	5

Fig3 TWINSPAN classification of community types for the 15 plots

GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

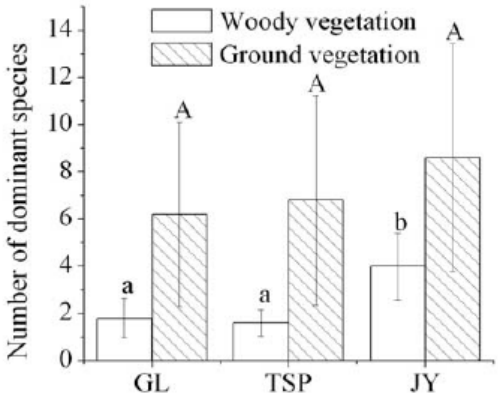


Fig4 Numbers of dominant species in the plots at the three sites

Means ± SE (n = 5) that have the same letter are not significantly different using Tukey's Post Hoc HSD tests ($P < 0.05$).GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

Table3 Frequency of species that dominated in at least 1 site

The numbers indicate the numbers of plots in which each species was dominant and the numbers of plots in which each species occurred (i.e. frequency of dominance/frequency of occurrence). ※ planted species. ＊ dominated in the site. GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

Dominant species	GL n=5	TSP n=5	JY n=5	Total n=15
Woody vegetation				
Conifer trees				
Pinus massoniana	2/5*	1/3	2/2	5/10
Evergreen broad-leaved trees				
Cinnamomum camphora	2/5*	-/-	-/-	2/5
Castanopsis carlesii var. *spinusa*	5/5*	5/5*	4/5*	14/15
Machilus piigii	-/1	-/-	5/5*	5/6
Castanopsis fargesii	-/-	-/-	5/5*	5/5
Ground vegetation				
Evergreen broad-leaved trees				
Castanopsis carlesii var. *spinusa*	-/5	4/5*	4/5*	8/15
Schima superba※	-/-	4/5*	-/-	4/5
Castanopsis fargesii	-/-	-/-	3/5*	3/5
Evergreen broad-leaved subtrees and shrubs				
Stranvaesia tomentosa	3/5*	-/-	2/4	5/9
Camellia rosthorniana	1/5*	-/-	-/2	1/7
Maesa japonica	2/4*	-/5	4/5*	6/14
Ardisia brevicaulis	2/3*	-/-	4/5*	6/8
Pseudosasa victorialis	1/1	5/5*	-/-	6/6
Symplocos botryantha	-/-	2/4*	-/-	2/4
Antidesma japonica	-/-	2/4*	-/-	2/4
Lianas				
Smilax china	-/5	3/5*	3/5*	6/15
Heterosmilax chinensis	-/-	2/5*	-/-	2/5
Perennial herbs				
Iris japonica	3/5*	-/-	-/1	3/6
Dryopteris erythrosora	3/5*	-/5	3/4*	6/14
Woodwardia japonica	5/5*	-/3	2/5*	7/13
Lophatherum gracile	1/5	2/5*	1/4	4/14
Dicranopteris pedata	2/5	2/4*	-/1	4/10
Arachniodes chinensie	2/4	-/-	3/4*	5/8
Diplopterygium glaucum	-/4	-/-	2/3*	2/7

(2) Biodiversity characteristics of EBLFs

For woody vegetation, TSP had the lowest species richness, Shannon Weiner's index and Pielou's index among the three sites. Species richness and Shannon Wiener's index of TSP were significantly lower than those of GL and JY ($P < 0.5$). Between GL and JY, the former had the higher species richness, but its Shannon Weiner's index and Pielou's index were significantly lower than those of the latter. For ground vegetation, the species richness of TSP was significantly lower than those of the other 2 sites ($P < 0.5$), while Shannon Weiner's and Pielou's indices were almost the same among the three sites (Fig5).

The dominance-diversity curves for all the plots at the three sites clearly indicated some differences in the allotments of relative dominance among the various species (Fig6). For woody vegetation, the TSP plots exhibited steep geometric curves because there are relatively few species, and most have a relatively low level of dominance. However, the other 2 sites (GL and JY) have dominance-diversity curves that approach the typical log-normal type. JY had somewhat more species with a larger relative dominance, and so the curves decay with respect to dominance less quickly initially than those of GL and TSP. For ground vegetation, all the dominance-diversity curves tended towards log-normal form and showed fairly similar allotments of relative dominance.

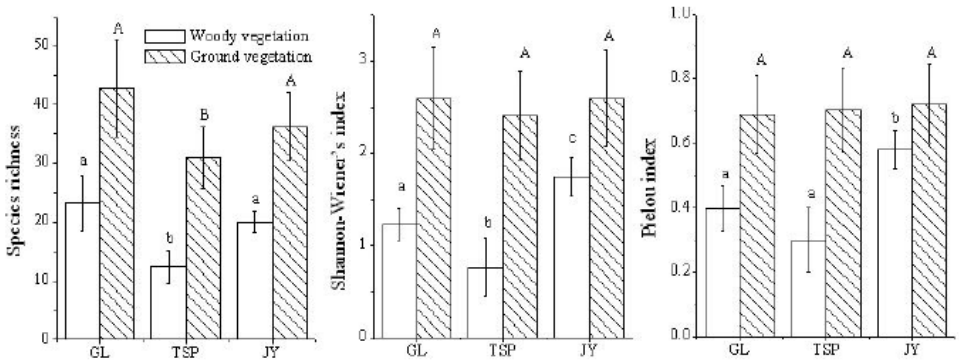


Fig5 Biodiversity index of the three sites

Means ± SE (n = 5) that have the same letter are not significantly different using Tukey's Post Hoc HSD tests ($P < 0.05$). GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

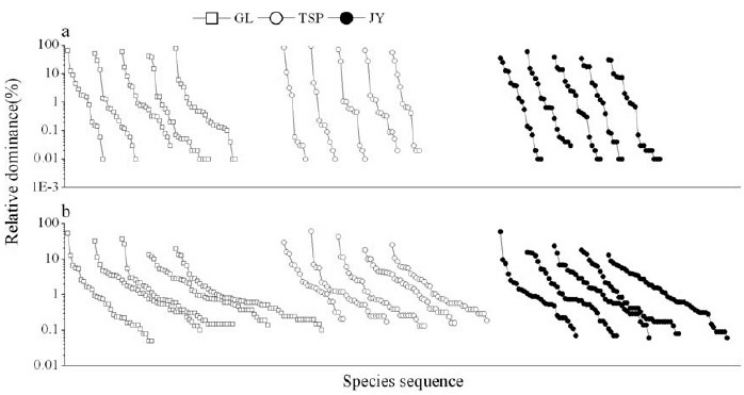


Fig6 Dominance-diversity curves for each site

a. Woody vegetation; b. Ground vegetation. GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

(3) Stand structure of EBLFs

As seen in Fig7, the stem density of GL was found to be significantly larger than those of the other 2 sites ($P < 0.5$), with the differences in sprouting stems contributing much to the differences among the three sites. Estimates of basal areas (BA) revealed no significant differences among the three sites, although JY appeared to have the largest trees as shown by significantly greater maximum DBH. With respect to stratum structures, the maximal height and potential height increased significantly ($P < 0.5$) from GL to TSP and JY.

The DBH size-class distribution pattern of all stems at TSP was quite different from that at the other 2 sites (Fig8). As the size class increased, the number of stems decreased gradually in GL and JY, while stems from 5 to 20cm were relatively rare in TSP. Similarly, TSP was abnormal in having an excess of 30cm stems relative to their neighboring size classes. In addition, the three sites showed obvious differences in the number of saplings (DBH < 5cm), with the largest number at GL and the smallest at JY. Sproutings were concentrated in small size classes at the three sites, the number decreasing from GL to TSP and JY. Larger trees, with DBH>35cm, were more prevalent at JY and the only trees with DBH in the 60cm size class were found there.

As the most dominant species and main component of the canopy at the three sites, *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* controlled the structure of the communities. As seen in Fig9, the height of individuals having the same DBH increased from GL to TSP and JY, most notably with respect to larger individuals. On GL, growth in height relative to DBH appears to have been suppressed in trees with larger DBH. The trees at JY showed less scatter with respect to height in relation to DBH, suggesting that the environment is more uniform and less stressful than at the other two sites.

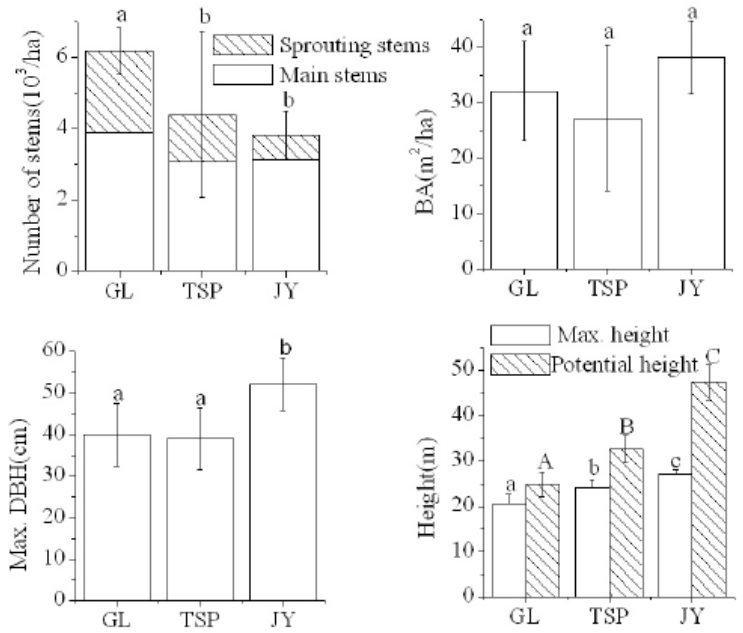


Fig7 Stand characteristics for each site

Means ± SE (n = 5) that have the same letter are not significantly different using Tukey's Post Hoc HSD tests ($P < 0.05$). GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

Among the dominant species of evergreen broad-leaved trees, *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, *Cinnamormum camphora, Machilus pingii, Elaeocarpus sylvestris* and *C. fargesii* all showed inverse-J shaped or sporadic distribution with large numbers of small stems as indicated by DBH (Fig10), displaying regeneration by means of seedlings and sproutings. Although the modes of the DBH of the conifer *Pinus massoniana* at GL and TSP were unimodal, however, there was evidence of regeneration in the form of small stems at GL, suggesting changes of forest environment not so long ago. Sprouting stems of *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* decreased in number and proportion from GL to TSP and JY (Fig10).

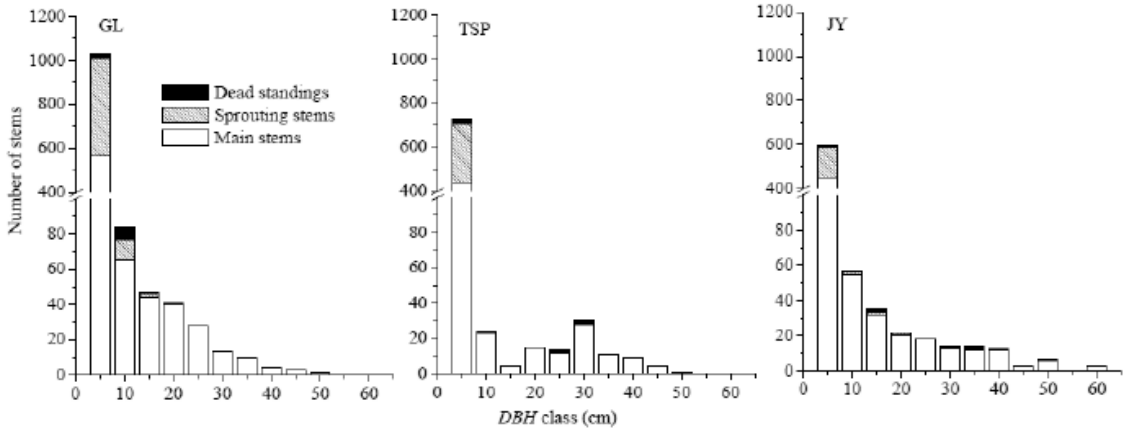


Fig8 DBH class frequency distribution of the whole stems at the three sites
GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

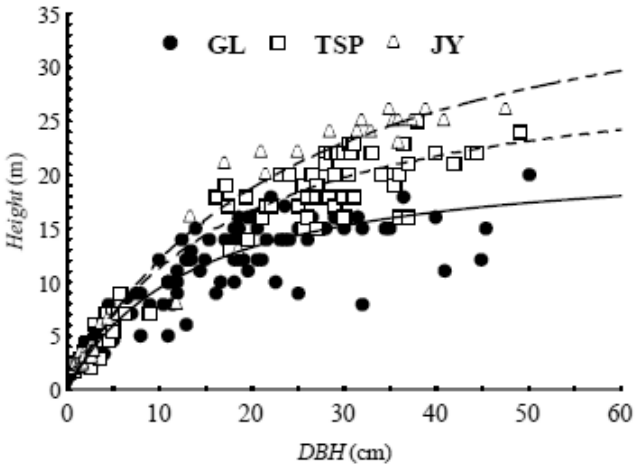


Fig9 Scaling of tree height and DBH for the dominant species, *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* at the three sites
The curves were drawn by using the expanded allometric equation of Ogawa (1969). GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

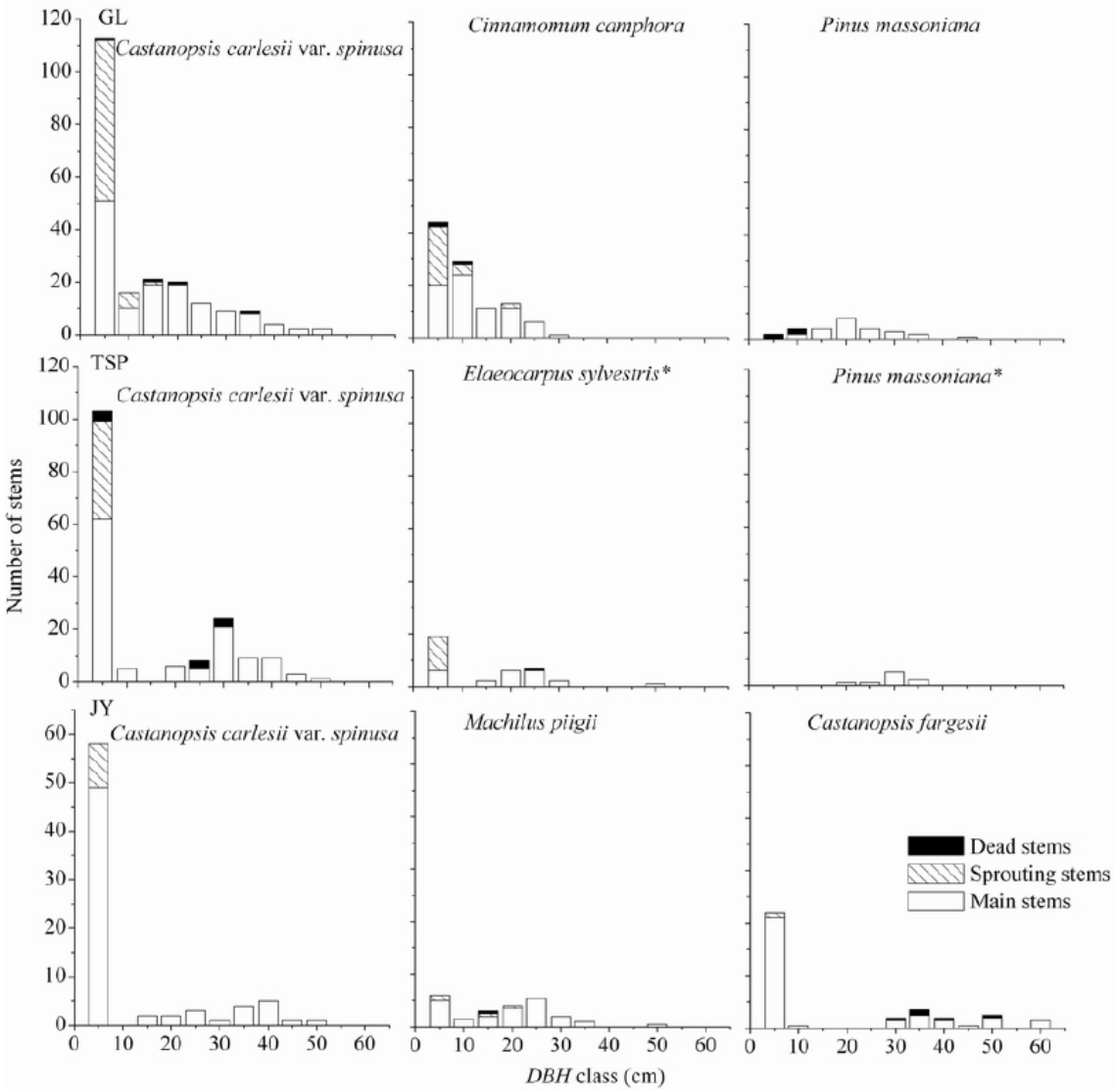


Fig10 DBH class distribution for the main dominant species of each site: GL; TSP; JY

＊Indicates non-dominant species, but those had RBA of about 10% at TSP. GL: Mt. Gele; TSP: Mt.Tieshanping; JY: Mt. Jinyun.

(4) Biodiversity and stand structure of *Pinus massoniana* forests

TWINSPAN classification clearly distinguished four community types A, B, C and D at the division level 2, coinciding with the distance to the remnant EBLF (Fig11). The remnant EBLF and *Pinus massoniana* forests closest to it were closer in species composition, while the latter farther away were similar. The similarity of species composition decreased as the distance increased (Table4).

For woody vegetation and ground vegetation, species richness (Gleason index), Shannon Weiner's index and Pielou's index, almost all showed the trend increasing from the farthest group to the closest to the remnant EBLF. All indices weren't significantly different between the remnant EBLF and its nearest *Pinus massoniana* forests. By contrast, all indices for the woody vegetation showed significant difference between the *Pinus massoniana* forests farthest and closest to the remnant EBLF.

At the group level, only 1 species, *Pinus massoniana*, dominated the woody vegetation and 17 species dominated the ground vegetation in at least 1 group of *Pinus massoniana* forests (Table5). The remnant EBLF and its nearest *Pinus massoniana* forests shared some dominant species for ground vegetation, notably *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* was one of the main dominate species of the latter. However, 2 groups farther away dominated by quite similar life-forms and species, especially perennial herbs, such as *Miscanthus sinensis, Pteridium aquilinum, Dicranopteris pedata* etc.

The height frequency distribution pattern of all trees of the group of *Pinus massoniana* forests closest to the remnant EBLF was quite different from those farther away (Fig13). *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* and other evergreen trees were the main components of the stratum under the canopy layer and *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* formed the sub-tree layer for the group closest to the remnant EBLF, while deciduous trees were the main components of the other 2 groups. As the distance to the remnant EBLF increased, the number of evergreen trees decreased, on the contrary, that of deciduous trees increased.

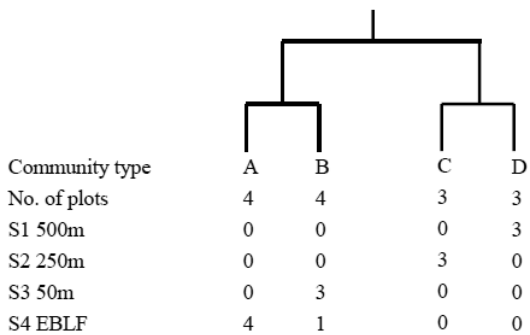


Fig11 TWINSPAN classification of community types for the 9 plots of *Pinus massoniana* forests and 5 plots of remnant evergreen broad-leaved forest on Mt.Tieshanping

Table4 Jaccard's coefficients of similarity among the groups of plots of *Pinus massoniana* forests and remnant evergreen broad-leaved forests on TSP

Group of plots	500m S1	250m S2	50m S3	EBLF S4
S1	1			
S2	0.48	1		
S3	0.32	0.52	1	
S4	0.26	0.44	0.65	1

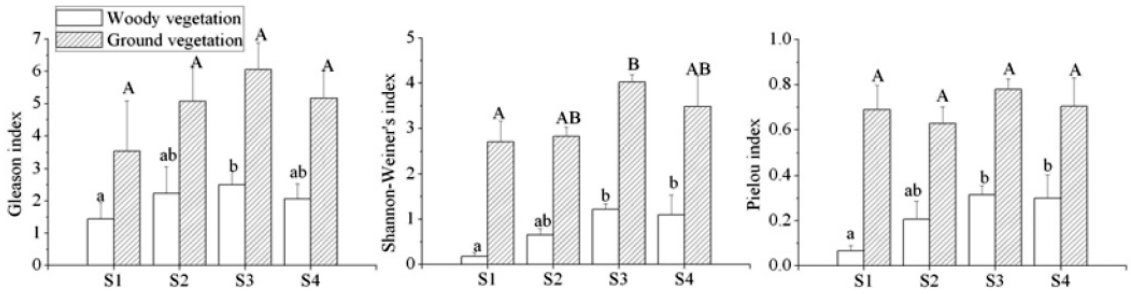


Fig12 Biodiversity index of the groups of plots of *Pinus massoniana* forests and remnant evergreen broad-leaved forest

Means ± SE that have the same letter are not significantly different using Tukey's Post Hoc HSD tests（$P < 0.05$）. S4, S3, S2 and S1 indicate the groups of plots of remnant evergreen broad-leaved forest and *Pinus massoniana* forests at the interval of 50m, 250m and 500m to it, respectively.

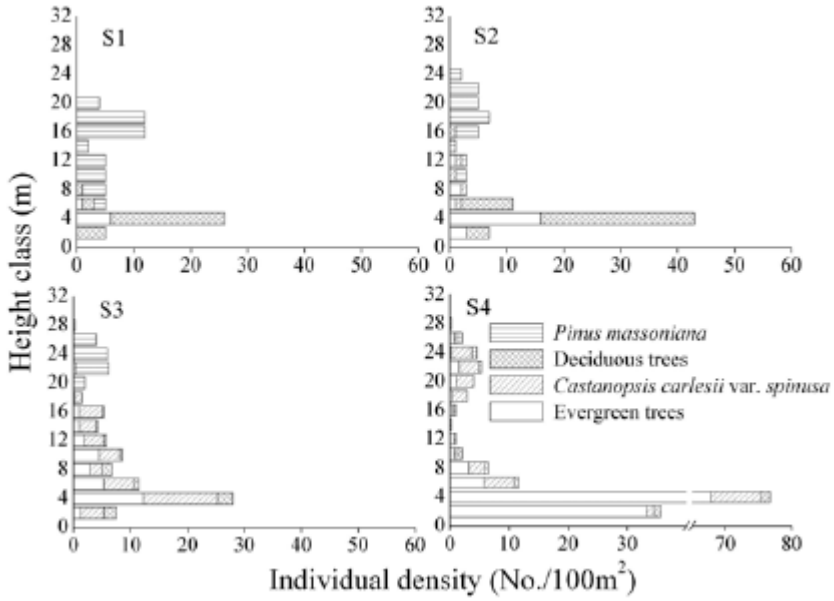


Fig13 Height frequency distribution of trees taller than 1.5m of the groups of plots of *Pinus massoniana* forests and remnant evergreen broad-leaved forest

S4, S3, S2 and S1 indicate the groups of plots of remnant evergreen broad-leaved forest and *Pinus massoniana* forests at the interval of 50m, 250m and 500m to it.

Table5 Frequency of species that dominated at least once for *Pinus massoniana* forests and remnant evergreen broad-leaved forest at group level

The numbers indicate the numbers of plots in which each species was dominant and the numbers of plots in which each species occurred (i.e. frequency of dominant/frequency of occurrence). Encircled number indicates the sequence of the dominate species for each group of plots. ※ planted species.

Dominant species	500m S1 n=3	250m S2 n=3	50m S3 n=3	EBLF S4 n=5
Woody vegetation				
Conifer trees				
Pinus massoniana	3/3①	3/3①	3/3①	1/3
Evergreen broad-leaved trees				
Castanopsis carlesii var. *spinusa*	-/-	-/3	1/3	5/5①
Ground vegetation				
Evergreen broad-leaved trees				
Elaeocarpus sylvestris	-/-	-/3	-/3	2/4⑧
Prunus spinulosa	-/-	-/-	1/1⑫	-/1
Schima superba※	-/-	-/-	2/3④	4/5③
Castanopsis carlesii var. *spinusa*	-/-	-/-	3/3②	4/5②
Evergreen broad-leaved subtrees and shrubs				
Loropetalum chinense	1/2	2/3⑤	-/-	-/-
Myrsine africana	-/3	1/3④	-/3	-/4
Aidia cochinchinensis	-/-	-/-	2/3⑪	-/5
Maesa japonica	-/-	-/-	1/2⑬	1/5
Ardisia japonica	-/-	-/1	1/2⑧	1/5
Pseudosasa victorialis	-/-	-/-	-/-	5/5①
Antidesma japonica	-/-	-/-	-/-	2/4⑨
Lianas				
Smilax china	-/3	-/3	2/3⑦	3/5⑥
Heterosmilax chinensis	-/-	-/1	2/3⑩	2/5⑤
Perennial herbs				
Miscanthus sinensis	3/3②	3/3①	-/3	-/3
Pteridium aquilinum	2/2①	1/3③	-/1	-/1
Dicranopteris pedata	3/3③	2/3②	2/2⑨	2/4④
Woodwardia japonica	-/1	-/3	3/3①	-/3
Lophatherum gracile	-/-	-/2	2/3③	2/5⑦
Dryopteris erythrosora	-/-	-/2	2/3⑥	1/5
Dryopteris decipiens	-/-	-/-	1/3⑤	-/-

5. DISCUSSION

(1) Floristic composition characteristics and biodiversity of remnant EBLFS

Different intensities of disturbance and processes of fragmentation have led to differences in species composition and diversity of the remnant EBLFs patches at the three sites examined. Nevertheless, these plant communities have retained the essential floristic composition that is characteristic of the EBLFs of mid-subtropical China, having trees of Theaceae, Lauraceae, Symplocaceae and other characteristic families as their main components (Song 2004, Yang *et al*. 2007). The species composition of JY most closely resembled that of an unmodified primary EBLF, while the species composition of GL was least similar. This is probably because fragmentation of the remnant patches at GL has led to local extinctions as well as colonization by invading species, such as horticultural ornamentals, leading to a higher occurrence of unique species (Grashof-Bokdam 1997, Kitazawa and Ohsawa 2002). As shown in Fig2, most of the unique species of JY and TSP are evergreen trees, while those of GL are deciduous trees and herbs, suggesting a trend of decreasing richness of shade-tolerant species and increasing richness of heliophytes. As forest fragmentation has progressively increased, it appears that the area of the patches has gradually decreased, interior forest environments have been lost, and the smallest patches have become wholly forest edges (Murcia 1995). We conclude therefore that the series JY, TSP, GL represents 3 steps in a gradient of forest disturbance which probably results from the effects of urbanization.

Forest edges are dynamic environments. These boundaries play significant ecological roles as transition zones between different habitats (Murcia 1995, Fry and Sarlov-Herlin 1997, Fujihara *et al*. 2005) and are easily invaded by light-demanding species such as deciduous trees and annual herbs (Fujihara *et al*. 2002, McKinney 2006). In addition to boundary effects themselves, the biodiversity of fragmented forests are also affected by the characters of the surrounding ecosystems. Urban habitats are a mosaic of land uses with varying extents of disturbance in time and space, leading to diversity of habitats and biotic communities (Sukopp 2004, McKinney 2006). Such habitats are seed sources for those deciduous trees and ruderals that rely on disturbance to sustain their populations (Luken 1997). Many studies have found that the number or proportion of escapes from cultivation tends to increase along the rural-urban gradient (McKinney 2002, Sukopp 2004), as was found for GL in this study.

Among the three sites, GL and JY are the extremity of disturbances with TSP in the intermediate. But the plant diversity are umbilicate and that doesn't support the intermediate disturbance hypothesis that suggests the number of species in relation to impacts has been hypothesized to be highest at intermediate levels of disturbance and lowest under conditions of both high and low disturbances (Connell 1979). GL have many heliophytes while JY support more inherent components of zonal vegetation. On the contrary, inherent components of zonal vegetation and heliophytes are both less on TSP. In fact, the intermediate disturbance hypothesis maybe is less valid in the urban area. In other words, only the natives support the general theory (Sukopp 2004). So, dividing the species reveals 2 contrary trends: the highest numbers of inherent components of zonal vegetation are found in lowly influenced vegetation and maximal species diversity in heliophytes, however, exists in vegetation obviously more strongly by human influences.

(2) Stand structure and regeneration dynamics of remnant EBLFs

Regarding the structural characteristics of the stands (stem density, BA, maximal DBH and height), only height varied remarkably (Fig7). The decreasing height from JY to GL indicates that the growth of trees is progressively restricted from the urban outskirts to the inner city. The same restriction holds for the characteristic species *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* (Fig9). Among the possible causes for this pattern is the local climate and atmospheric quality. As shown in Table 1, there were 57.2, 40 and 16.4 foggy days near GL, TSP and JY, respectively. For the year 2005, the Chongqing Center of

Environmental Monitoring and the Chongqing Bureau of Environmental Protection reported similar gradients of air pollution (SO_2 was 0.084, 0.049, and 0.047mg/m^3; NO_2 was 0.047, 0.031and 0.030mg/m^3 near GL, TSP and JY respectively). It has been reported in many studies that acid rain has caused decline of forests in Europe, North America and South China (Tomlinson 1983, Feng 2000, Zhao *et al*. 2002). Acid rain and acid fog, particularly the latter, directly affect the forest canopy, causing canopy die-back and loss of height (Hileman 1983, Bredemeier 1988, Zhao *et al*. 2002). The data for height in relation to DBH for *Castanopsis carlesii* var. *spinusa* indicates that this signature species is also affected (Fig9). Forest fragmentation also opens the forest to wind disturbance, thereby adding to the damage (Laurance *et al*. 2002). Further investigations and experiments are therefore required in order for the loss of tree height and its potential impacts on seeds production to be fully understood and suitable forest management measures put in place.

Sprouting is a common response among broad-leaved trees to disturbance, and disturbance frequency and severity are important determinants of the relative frequency of sprouting at a community level (Bellingham *et al*. 1994, Bond and Midgley 2001). As shown in Fig7, GL had the largest number of sproutings and appears to be the most disturbed of the three sites. Sprouting is an important survival strategy (Bellingham 2000) and is common for most Castanopsis species (Miura and Yamamoto 2003, Nanami *et al*. 2004, Yang *et al*. 2007). This is specially true for *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, as shown by the many previous big trees of this species on GL which have lost their canopies and have responded by sprouting from their stumps (Fig9 and Fig10). Once the main stem dies, the tree can survive for a while by means of this sprouting behavior and the population can be maintained.

(3) Implications for conservation of remnant EBLFs

As a typical subtropical mountainous region, the location of Chongqing metropolis would have been covered by EBLFs before human settlement began, but most of the natural forests have now been converted to other semi-natural or artificial landscape types (Yang *et al*. 2007). The remnant EBLFs are therefore rare indicators and representatives of this regional natural feature, being relicts of historical and botanical heritage (Maurer *et al*. 2000). Stenhouse (2004) concluded that remnant patches of natural vegetation are important both for preserving the vegetation communities that once existed in the area and also for their value to city residents as areas of natural beauty and recreation. Urban people should experience not only man-made parks but also value and appreciate natural areas that are characteristic of their own region (Willison 1996, Maurer *et al*. 2000, McKinney 2006).

Larger patches of remnant natural vegetation play important roles in the maintenance of regional biodiversity. They are the core areas of biodiversity in the urban environment and many of the species in the remnant communities are plants that adapt poorly to urban conditions (Oshawa and Da 1987, Yang *et al*. 2007). Functionally, the populations of these species in remnant communities are seed sources for restoration of degraded vegetation at the local scale. There are 3 means by which this can occur. Seeds from the remnant EBLFs can naturally facilitate the restoration process of degraded vegetation near them (Ito *et al*. 2003, Yang *et al*. 2007). As the research we conducted on TSP, the biodiversity index and similarity of species composition decreased between the artificial *Pinus massoniana* forests and the remnant EBLF as the distance increased (Fig11, Fig12, and Table4). The climax species, *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, was the dominant species for the ground vegetation, shrub layer and sub-tree layer of the *Pinus massoniana* forests close to the remnant EBLF. However, the natural restoration processes of those farther away from the remnant EBLF were restricted for the absence of seed source of the inherent components of the EBLF (Fig13 and Table5), for most of the evergreen trees have lower dispersal capacity and they depend on dispersal by animals with small home ranges and use corridors, or on wind-dispersal of seeds with lower dispersal distances (Yang *et al*. 2005), and that suggest it's hard to restore evergreen broad-leaved forests

themselves spontaneously once they are destroyed. Secondarily, seeds of the remnant EBLFs can be collected for artificial restoration. For artificial restoration of semi-natural plant communities, it is preferable to obtain seeds from local sources given the higher probability that these will be genetically adapted to local conditions. Finally, the remnant EBLFs are the sound model for the rebuilding of local vegetation following 'close-to-nature' or 'back-to-nature' approaches (Gamborg and Larsen 2003, Miyawaki 2004). The essential of those approaches is to restore natural vegetation of combined native species in accordance with the potential abilities of the habitat, and to try to restore the whole ecosystem specific to a region (Miyawaki 1992). Accordingly, the structures and systems of indigenous forests are the foundation. Many cases by those approaches have been conducted worldwide, such as in Japan, China, South-east Asia, Europe, Australia, and South America (Miyawaki 2004, Da *et al*. 2004).

6. CONSERVATION STRATEGIES OF REMNANT EBLFs

As the crowns of many large trees of *Castanopsis carlesii* var. *spinusa*, the signature tree of the remnant EBLFs in Chongqing metropolis, have been damaged on GL (Fig9), sustainable efforts should be taken to improve the environmental qualities in the inner city, especially the atmosphere quality. Also, as the size of the patches is small (about 400m^2 each), artificial facilities should be prevented away from the patches and the connective among the patches should be improved on GL. For the patch on TSP, it's better to enclose the patch preventing the disturbance form the tourists' walking and playing in the forest (There are 3 stone tables, some stone chairs and 1 path nearly 1 m wide in the forest) and it's urgent to stop the plantation of the non- indigenous species, *Schima superba* and control the extension of dwarf bamboo, *Pseudosasa victorialis*, the most dominant species for the ground vegetation at TSP (Table3 and Table5) and *Phyllostachys heterocycla*. For the patches on JY, the natural conditions should be maintained and the number of tourists should be controlled (more than 340,000 in 2005 to the EBLFs).

REFERENCES

Bellingham P.J. 2000. Resprouting as a life history strategy in woody plant communities. Oikos, 89; 409-416.

Bellingham, P.J., Tanner E.V.J. and Healey J.R. 1994. Sprouting of trees in Jamaican montane forest, after a hurricane. Journal of Ecology, 81: 747-758.

Bond, W.J. and Midgley J.J. 2001. Ecology of sprouting in woody plants: the persistence niche. Trends in Ecology and Evolution, 16: 45-51.

Bredemeier, B. 1988. Forest canopy transformation of atmospheric deposition. Water Air & Soil Pollution, 40: 120-138.

Chocholou kova, Z. and Py-ek, P. 2003. Changes in composition and structure of urban flora over 120 years: a case study of the city of Plze. Flora, 198: 366-376.

Connell, J.H. 1979. Tropical rain forests and coral reefs as open non-equilibrium systems. In: Anderson, R.M., Turner, B.D. and Taylor, L.R. (eds), Population Dynamics. Blackwell, Oxford, pp.141-163.

Da, L.J., Yang, Y.C. and Chen, M. 2004. The method of ecological greening and its application in the construction of the approaching nature plant community in Shanghai. Chinese Landscape Architecture, 3: 38-40.

Feng, Z.W. 2000. Impacts and control strategies of acid deposition on terrestrial ecosystems in China. Engineering Science, 2 (9): 5-11.

Fry, G. and Sarlov-Herlin, L. 1997. The ecological and amenity functions of woodland edges in the agricultural landscape: a basis for design and management. Landscape and Urban Planning, 37: 45-55.

Fujihara, M., Hara K. and Short, K. 2005. Changes in landscape of “yatsu” valleys: a typical Japanese urban fringe landscape. Landscape and Urban Planning, 70: 261-270.

Gamborg, C. and Larsen, J. 2003. ‘Back to nature’- a sustainable future for forestry? Forest Ecology and Management, 179: 559-571.

Grashof-Bokdam, C. 1997. Forest species in an agricultural landscape in the Netherlands: effects of habitat fragmentation. Journal of Vegetation Sciense, 8: 21-28.

Hileman, B. 1983. Acid fog. Environmental Science and Technology, 17 (3): 172-200.

Hill, H.O. 1979. TWINSPAN-A FORTRAN Program for Arranging Multivariate Attributes. Cornell University, New York.

Ito, S., Nakagawa, M., Buckley, G. P., *et al*. 2003. Species richness in sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON) plantations in southeastern Kyushu, Japan: the effects of stand type and age on understory trees and shrubs. Journal of Forest Research, 8: 49-57.

Kitazawa, T. and Ohsawa, M. 2002. Patterns of species diversity in rural herbaceous communities under different management regimes, Chiba, central Japan. Biological Conservation, 104: 239-249.

Laurance, W.F., Lovejoy T.E. and Vasconcelos H.L. 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-Year investigation. Conservation Biology, 16: 605-618.

Luken, J.O. 1997. Conservation in the context of non-indigenous species. In: Schwarz, M.W., (eds), Conservation in Highly Fragmented Landscapes. Chapman and Hill, London, pp. 107-116.

Ma, K.P., Huang, J.H., Yu, S.L., *et al*. 1995. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China. l. species richness, evenness and species diversity. Acta Ecologica Sinica, 15: 268-277.

Maurer, U., Peschel, T. and Schmitz. 2000. The flora of selected urban land-use types in Berlin and Potsdam regard to nature conservation in cities. Landscape and Urban Planning, 46: 209-215.

McKinney, M.L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. Bioscience, 52: 883-890.

McKinney, M.L. 2006. Urbanization as a major cause of biotic homogenization. Biological Conservation, 127: 247-260.

Miura, M. and Yamamoto, S.I. 2003. Structure and dynamics of a *Castanopsis cuspidata* var. *siebolsii* population in an old-growth, evergreen, broad-leaved forest: The importance of sprout regeneration. Ecological Research, 18: 115-129.

Miyawaki, A. 1992. Restoration of evergreen broad-leaved forests in Pacific region. In: Wali M.K.(eds), Ecosystem Rehabilitation (vol. 2). SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 233-245.

Miyawaki, A. 2004. Restoration of living environment based on vegetation ecology: theory and practice. Ecological Research, 19: 83-90.

Murakami, K., Maenaka, H. and Morimoto, Y. 2005. Factors influencing species diversity of ferns and fern allies in fragmented forest patches in the Kyoto city area. Landscape and Urban Planning, 70: 221-229.

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. Trends in Ecology and Evolution, 10: 58-62.

Nanami, S., Kawaguchi, H., Tateno, R., *et al*. 2004. Sprouting traits and population structure of co-occurring Castabopsis species in an evergreen broad-leaved forest in southern China. Ecological Research, 19: 341-348.

Ogawa, H. 1969. An attempt at classifying forest types based on the tree height-DBH relationship. In: Kira T. (Eds.), Comparative Study of Primary Productivity in Forest Ecosystems. JIBP-PT-F Progress Reports for 1968, pp. 3-17.

Ohsawa, M. 1984. Difference of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mt. Fuji. Vegetatio,

57: 15-52.

Ohsawa, M. and Da, L. 1987. Urbanization and landscape in a watershed of the Miyako river, Chiba, Japan. In: Obara, H. (Ed.), Integrated Studies in Urban Ecosystem as the Basis of Urban Planning (II). Kagawa Nutrition College, Japan, pp. 187-197.

Pielou, E. C. 1969. An Introduction to Mathematical Ecology. John Wiley & Sons, New York.

Song Y.C. 2004. Tentative classification scheme of evergreen broad-leaved forests of China. Acta Phytoecologica Sinica, 28: 435-448.

Stenhouse, R. 2004. Fragmentation and internal disturbance of native vegetation reserves in the Perth metropolitan area, Western Australia. Landscape and Urban Planning, 68: 389-401.

Sukopp, H. 2004. Human-caused impact on preserved vegetation. Landscape and Urban Planning, 68: 347-355.

Tomlinson G.H. 1983. Air pollution and forest decline. Environmental Science and Technology, 17: 246-256.

United Nations. 2004. World Urbanization Prospects. U.N. Department of Economic and Social Affairs, New York.

Willison, M. 1996. The urban forest as an educational resource. Forest Forum, Special Issue 10, :51-54, Canadian Forestry Association, Ottawa.

Wu, Z.Y. 1980. Vegetation in China. Science Press, Beijing.

Yang, Y.C., Yuan, X.Z., Li, B.Z., *et al*. 2007. Characteristics and significance of the remnant evergreen broad-leaved forest in the urban area of Chongqing, China. Biodiversity Science, 15: 247-256.

Yang, Y.C., Da, L.J. and You, W.H. 2005. Vegetation structure in relation to micro-landform in Tiantong National Forest Park, Zhejiang, China. Acta Ecologica Sinica, 25: 2830-2840.

Zhao, D.W., Larssen, T., Zhang, DB., *et al*. 2002. Acid deposition and acidification of soil and water in the Tie Shan Ping Area, Chongqing, China. Water, Air, and Soil Pollution, 130: 1733-1738.

Zhen, W.J. 1985. Records of Chinese Trees. China Forestry Publishing House, Beijing.

要約

重慶都市域における残存常緑広葉樹林の構造・動態および保全戦略

楊 永川

はじめに

生物多様性は都市化により多大な影響を受けており、生物多様性と都市化の関係解明は重要課題となっている。都市域における残存自然植生のパッチは、生物多様性の重要な要素であるとともに動物群集の生息場を供給する。残存自然植生のパッチはこれら生物多様性の価値に加え、これまで優占してきた自然群集として、そして都市的土地利用の発達という歴史的段階を示すものとして、教育的資源としての社会的価値を持つ。自然植生の残存パッチは環境変化のモニタリングの機会を提供するとともに自然立地に分布する動植物の都市環境への再移住の核となる。

長江中流域の重慶市は、1997年に直轄市となり三峡ダムプロジェクトによる急激な都市化が著しく、南北に平行した4つの山塊が存在し常緑広葉樹自然林が分布するが、山頂近くに小面積パッチが残存するのみとなっている。本研究は、これらの残存パッチを保全し、隣接する二次林の自然再生に利用するため、都市から異なる距離に位置する残存常緑広葉樹林における群集の特質、動態、種子源の効果、都市化の影響の解明を行った。

調査地

Mt. Gele(GL)は重慶市中心から3kmに位置し、都市域内の自然公園としてハイキングなどリクレーションに利用されている。GLの自然植生は、首都施設建設（1937～1946年）以降3度の大規模撹乱を受け、400m^{2}程度の小面積常緑広葉樹林が山頂近くに残存するのみである。Mt. Tieshanping（TSP)は重慶市中心から27kmに位置する国立公園である。約3,000m^{2}の常緑広葉樹林が山地の緩やかな尾根に残存する。1990年代以降残存常緑広葉樹林近くのホテルで週末を過ごす都市住民が多く訪れる。Mt. Jinyun（JY）は2001年に国立自然保護区に設定された。3つの山塊では最も標高が高く重慶市中心より60km離れている。1950年代には多くの常緑広葉樹林は植林となり、常緑広葉樹林は斜面上部及び急傾斜の谷部に残存する。

調査方法

各調査地の残存常緑広葉樹林において400m^2(20m×20m)の調査区を5個設定した。TSPにおいては、残存常緑広葉樹林が周囲のマツ林の動態に与える影響を明らかにするために常緑広葉樹林から50m、250m、500m離れたマツ林内に各3個（合計9個）の調査区を設定した。樹高1.5m以上の全ての木本個体について毎木調査を行った。樹種名、生死の別、胸高直径（萌芽を含む）、樹高を記録した。1.5m以下の維管束植物について種名、最大植物体高、被度を測定した。

結果および考察

三つの常緑広葉樹残存林（GL、TSP、JY）は都市化による退行過程の経度に沿って位置していた。都市域に最も近い調査地では光要求度の高い種の分布

により、都市域から最も離れた調査区では耐陰性の高い種の分布により、ともに高い生物多様性を示した。林冠構成種の樹高は、周辺部から都市中心部に位置するに従って大気環境の変化と関連し減少していた。

TSPにおいて、植栽マツ林と残存常緑広葉樹林の距離が増すにつれ、生物多様性の指標と構成する種の類似度は減少した。極相種である*Castanopsis carlesii* var. *spinusa*は残存常緑広葉樹林に隣接したマツ林の草本層、低木層および亜高木層で優占していた。しかし、残存常緑広葉樹林から離れた森林においては極相種の種子源が存在せず自然林への再生は限定的となっていた。

重慶市都市域において、大面積の常緑広葉樹林パッチは分断化され、種組成、生物多様性、構造が変化していた。残存常緑広葉樹林からの種子は退行した植生の再生を促進しており、常緑広葉樹林パッチの維持は、そのためにも重要であると考えられた。都市内の大気環境の改善も重要である。GLにおいては残存パッチ間の連続性を増す必要があると考えられた。TSPにおいては残存パッチの保全を図り、地域内には自然分布のない*Schima superba*の植林をやめ、ササ類や*Phyllostachys heterocycla*の拡大を制御することが望ましい。JYにおいては観光客数の制限も必要であると考えられた。

（推薦者：藤原 道郎）