

## 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17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17期は厳正な審査の結果、国内外23の団体・個人に、2006年10月より2007年9月までの1年間（長期事業助成の3団体については2008年9月までの2年間）助成を行いました。第17期までに助成した事業は、国内外あわせて350件を超え、助成総額は3億9千万円弱となりました。

本報告書は、2006年度（第17期）の長期事業助成の3案件を除く、23案件の助成成果と、2005年度（第16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。

2008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17期助成>

第17期助成の概要	1
第17期助成先一覧	2

## 国内研究助成

島根県大橋川の汽水環境の保全に関する研究 (継続)	3
風力発電事業における希少猛禽類の影響調査	37
水田の圃場整備に伴うメダカの地域的絶滅回避に関する保全生物学的研究	51
地域に根ざしたケラマジカの持続的保全 一島の子ども達とともに (継続)	59
北海道に生息する希少サケ科魚類イトウの遺伝的構造と絶滅リスク評価	67
個体識別データベースを活用したゼニガタアザラシの生活史に関する研究	77
四国地域におけるチメドリ科外来鳥類の定着実態の解明	87
琵琶湖南湖における重要産業種ニゴロブナの生態情報の取得	95
阿寒国立公園の植生に及ぼすエゾシカの影響と生態系管理に関する研究	101
宮崎県綾町における市民参加による照葉樹林と針葉樹人工林の沢環境の比較と地域環境管理への提言	109
オオサンショウオの潜在的な生息適地モデルの構築と保護計画への適用	119

## 国内活動助成

IBA (Important Bird Area 重要野鳥生息地) 保護保全ハンドブックの作成	131
日本におけるリーフチェック活動10周年報告書の作成	133
堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動	135
愛知県渥美山塊の猛禽類・哺乳類の生息環境を保全するための調査と啓蒙活動	137
ハッチョウトンボを主とした希少生物の調査と保全活動	141
日米カキ礁シンポジウムの開催「三番瀬とチェサピーク湾カキ礁の比較」	143

## 国内長期事業助成 (第16期)

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	149
南大東島に隔離分布するダイトウコノハズクの鳴き声を用いた個体識別となわばり個体の入れ替わり	161
サンルダム建設が天塩川水系における水環境と水生生物に与える影響の評価	171

## 海外助成

Human-wildlife conflict in Odzala - Kokoua National Park, Republic of Congo (Continuation)	177
タイにおけるマングローブ植林・保全事業の現状と問題点 ー生態系復元に向けてー	187
Importance of Kamchatka in Waterfowl and Shorebird Migration on East Asian Australasian Flyway	197
Habitat destruction and threat on the large- and medium-sized mammals in Sumatra, Indonesia (Continuation)	223
焼畑移動耕作者定住化政策による焼畑短周期化が植物の多様性と遷移に及ぼす影響	235
Biodiversity of plant resources in homesteads: its meaning and change	243

プロ・ナトゥーラ・ファンド

第 17 期助成

## 第17期助成の概要

2006年度（第17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2006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74件、海外が15件で、次項の一覧のように国内研究助成11件、国内活動助成6件、国内長期事業助成3件、海外助成6件、計26件に助成を行いました。第17期の継続助成案件は、研究助成が2件、海外助成が2件、併せて4件で、助成総額は2535万円でした。

第17期の国内助成では、研究助成のレベルが高く、2003年につぐ11件という多数の採択となり、中でも北海道での研究活動が4案件と集中していました。活動助成では活動や研究の成果をまとめた冊子の作成が多く取り上げられました。

海外助成では、新たにラオスへの助成を行うとともに、継続して助成している2案件を中心にすばらしい成果が得られ、助成成果発表会では3件の口頭発表と1件のポスター発表、併せて4件の成果を参加者に伝えることができました。

なお、本報告書には第17期に助成した事業のうち、長期事業助成3案件を除く、全ての成果を掲載しました。

（第17期長期事業助成3案件の成果については、第18期助成成果報告書に掲載の予定です）

## 2006年度（第17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
<b>国内研究助成</b>				(万円)
1	島根県大橋川の汽水環境の保全に関する研究(継続)	大橋川の汽水環境を調べる会	倉田 健悟	100
2	風力発電事業における希少猛禽類の影響調査	猛禽類医学研究所(IRB-J) 風力発電調査チーム	齊藤 慶輔	90
3	水田の圃場整備に伴うメダカの地域的絶滅回避に関する保全生物学的研究	岩手大学農村生態系再生研究会	東 淳樹	98
4	地域に根ざしたケラマジカの持続的保全—島の子ども達とともに—(継続)	ケラマジカリサーチグループ	遠藤 晃	56
5	北海道に生息する希少サケ科魚類イトウの遺伝的構造と絶滅リスク評価	イトウ生態保全研究ネットワーク	江戸 謙顕	109
6	個体識別データベースを活用したゼニガタアザランの生活史に関する研究	ゼニガタアザラン個体識別研究グループ	藪田 慎司	98
7	四国地域におけるチメドリ科外来鳥類の定着実態の解明	四国外来鳥類研究会	佐藤 重穂	75
8	琵琶湖南湖における重要産業種ニゴロブナの生態情報の取得	琵琶湖漁業を考える会	山根 猛	95
9	阿寒国立公園の植生に及ぼすエゾシカの影響と生態系管理に関する研究	阿寒エゾシカ調査会	高嶋 八千代	85
10	宮崎県綾町における市民参加による照葉樹林と針葉樹人工林の沢環境の比較と地域環境管理への提言	綾の森を世界遺産にする会	林 裕美子	100
11	オオサンショウウオの潜在的な生息地モデルの構築と保護計画への適用	(社)兵庫県自然保護協会	田口 勇輝	97
国内研究助成 11件				小計 1003
<b>国内活動助成</b>				
1	国内IBA(Important Bird Area 重要野鳥生息地)保護・保全ハンドブック(仮称)の作成	(財)日本野鳥の会	古南 幸弘	112
2	日本におけるリーフチェック活動10周年報告書の作成	コーラル・ネットワーク	宮本 育昌	76
3	堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動	NPO法人 表浜ネットワーク 堆砂垣・植生グループ	市野 和夫	40
4	愛知県渥美山塊の猛禽類・哺乳類の生息環境を保全するための調査と啓蒙活動	渥美自然の会	大羽 康利	60
5	ハッチョウトンボを主とした希少生物の調査と保全活動	新山山野草等保護育成会	北原 重利	50
6	日米カキ礁シンポジウムの開催 「三番瀬とチェサピーク湾カキ礁の比較」	日米カキ礁シンポジウム実行委員会	伊藤 昌尚	105
国内活動助成 6件				小計 443
<b>国内長期事業助成</b>				
1	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	197
2	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	200
3	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	148
国内長期事業助成 3件				小計 545
<b>海外助成</b>				
1	コンゴ共和国オザラ国立公園北部における野生生物と人間の共存のための調査研究(継続)	萩原 幹子	小林 俊介	100
2	タイにおけるマングローブ植林・保全事業の現状と問題点—生態系復元に向けて	池島 耕	佐野 光彦	68
3	東アジア・オーストラリア地域渡り経路を利用する水鳥およびシギ・チドリ類の渡りにおけるカムチャツカの重要性	Yuri Gerasimov	柏木 実	112
4	スマトラ島における現生中大型哺乳類の生息地破壊とその影響に関する調査研究(継続)	Mr.Rizaldi	渡邊 邦夫	110
5	焼畑移動耕作者定住化政策による焼畑短周期化が植物の多様性と遷移に及ぼす影響	Mone Nouansyong	平田 豊	120
6	バングラデシュにおける屋敷地の植物の多様性と村人の生活において果たす役割について	Md.Rashedur Rahman	吉野 馨子	34
海外助成 6件				小計 544
<b>総計</b>			26件	合計 2535

## 島根県大橋川の汽水環境の保全に関する研究 (継続)

### 大橋川の汽水環境を調べる会

倉田 健悟<sup>1)</sup>・堀之内 正博<sup>1)</sup>・戸田 顕史<sup>2)</sup>・平塚 純一<sup>3)</sup>・品川 明<sup>4)</sup>  
瀬戸 浩二<sup>1)</sup>・高田 裕行<sup>5)</sup>・香月 興太<sup>5)</sup>・石飛 裕<sup>6)</sup>

### Study on conservation of brackish water environments in Ohashi River, Shimane Prefecture

#### Investigation group for brackish water environments of Ohashi River

Kengo Kurata, Masahiro Horinouchi, Kenji Toda, Jun'ichi Hiratsuka, Akira Shinagawa,  
Koji Seto, Hiroyuki Takata, Kota Katsuki and Yu Ishitobi

島根県大橋川は宍道湖と中海を繋ぐ約7.6kmの汽水の河川であり、治水のため河道の拡幅と河床の掘削を行う河川改修事業が計画されている。本研究は大橋川の優占種であるヤマトシジミとホトトギスガイの個体群動態を長期間にわたって調べ、塩水の挙動との関係を考察した。大橋川の上流から下流までの流心部、および並行して流れる剣先川に定点を設け、2005年11月から2007年8月まで毎月野外調査を実施した。

剣先川は大橋川に比較して塩水の入る程度は小さく、ヤマトシジミの現存量が大きくホトトギスガイの現存量が小さかった。河川改修事業で計画されている河道は、河床の浅い剣先川を深く掘削するものとなっており、中海からの塩水が現在より頻繁に入るようになれば、ヤマトシジミとホトトギスガイの分布と個体群動態が変化すると考えられる。

#### 1. ヤマトシジミとホトトギスガイの個体群動態

##### (1) 目的

大橋川は宍道湖と中海を繋ぐ約7.6kmの河川である。両方の汽水湖の水位差は平均10cm程度であり、美保湾の潮汐や斐伊川の流量、および風や気圧の気象条件等により、宍道湖と中海から異なる塩分の水が大橋川を流れる(e.g. Ishitobi *et al.* 1993、藤井・長縄 1995、Fujii 1998、Ishitobi *et al.* 1999、徳岡ほか 2001、徳岡ほか 2002、福岡ほか 2002、福岡ほか 2003、森脇ほか 2003、福岡ほか 2004)。上流側と下流側では主にその塩分の違いによって、河床を生息場所とする底生生物群集が異なっている。中海からの塩水はくさび状に遡上して大橋川では成層を

示すことが多く、このような水理動態が底生生物の河川縦断方向や水深方向の分布に影響していると考えられる(倉田・平塚 2006、倉田・平塚 2007、倉田ほか 2007)。

現在、治水のための河川改修事業が計画されており、河道の拡幅や掘削をほぼ全域で行う案になっている(中国地方整備局・島根県・松江市 2004)。改修によって水深と河床の状態が変われば、平水時の塩分や底生生物の生息場所としての基質は影響を受けると予想される。その結果、ヤマトシジミとホトトギスガイに代表される大橋川の底生生物群集の動態が現在から変化する可能性が考えられる。宍道湖はヤマトシジミの生産量が全国で第一位であ

1) 島根大学汽水域研究センター  
4) 学習院女子大学

2) 島根県環境保健公社  
5) Pusan National University

3) 島根県野生生物研究会  
6) 島根県保健環境科学研究所

り、大橋川の改修によって宍道湖のヤマトシジミへ及ぼす影響が懸念されている。事業者による環境調査が実施中であるものの(中国地方整備局出雲河川事務所 2006a)、これまで大橋川の生態系に関するまとまった調査研究例がなく、情報が不足している。

2006年7月16日～19日に斐伊川で30数年振りの大規模な出水があり(中国地方整備局出雲河川事務所 2006b、倉田 2007)、その後しばらくの間、宍道湖から中海までの塩分は大きく低下した。大橋川はもとも塩分の変動の激しい汽水域の環境であり、この出水によって底生生物群集がどのように応答したかは興味深い。将来の地球温暖化は海水面の上昇や局地的な豪雨の頻発を引き起こすとされ、汽水域で起こる大きな環境変化に対して底生生物群集が示す反応は、今後の生態系を予測する上で貴重なデータとなると考えられる。

本研究では、島根県大橋川において底生生物群集を長期的に調査し、優占する2種の二枚貝類のヤマトシジミとホトトギスガイの個体群動態を解析した。汽水域の生態系の特徴である塩分環境の時間的および空間的变化と2種の底生生物の分布と個体群動態の関係を考察した。以上のことを踏まえて、計画されている河川改修事業による底生生物群集への影響について述べた。

## (2) 方法

大橋川の上流から下流まで流心部に数地点の定点を設け、2005年11月から毎月、スミスマッキンタイヤ型採泥器を用いて各地点の河床の堆積物の採取を行った(図1)。船上で0.5mm目合いのサーバネットを用いて粒径の小さい堆積物を落とし、残りをポリエチレン袋に入れて実験室に持ち帰った。実験室で2mm目合いと0.5mm目合いのふるいを使用してふるい分けを行った。0.5mm目合いのふるいに残った試料は10%中性ホルマリンで固定して保存した。2mm目合いのふるいに残った試料について、優占する二枚貝類のヤマトシジミ(*Corbicula japonica*)およびホトトギスガイ(*Musculista senhousia*)と、その他の無脊椎動物に分けながら選別を行った。ノギスを用いてヤマトシジミとホトトギスガイの殻長を計測し、月ごとの頻度分布の変化から個体群動態を解析した。3ヶ月に一度、定点の間の中間点や、定点を含む河川断面において水深別に採集するなどして地点数を増やし、より詳しい分布を調べた。

毎月の調査時に各定点では、携帯型センサーを使用して水深別の塩分および溶存酸素濃度の測定を行った。2006年には大橋川と並行して流れる剣先川の2ヶ所の定点において自動記録型センサーを設置し、上流に位置する松江大橋地点の塩分データと比

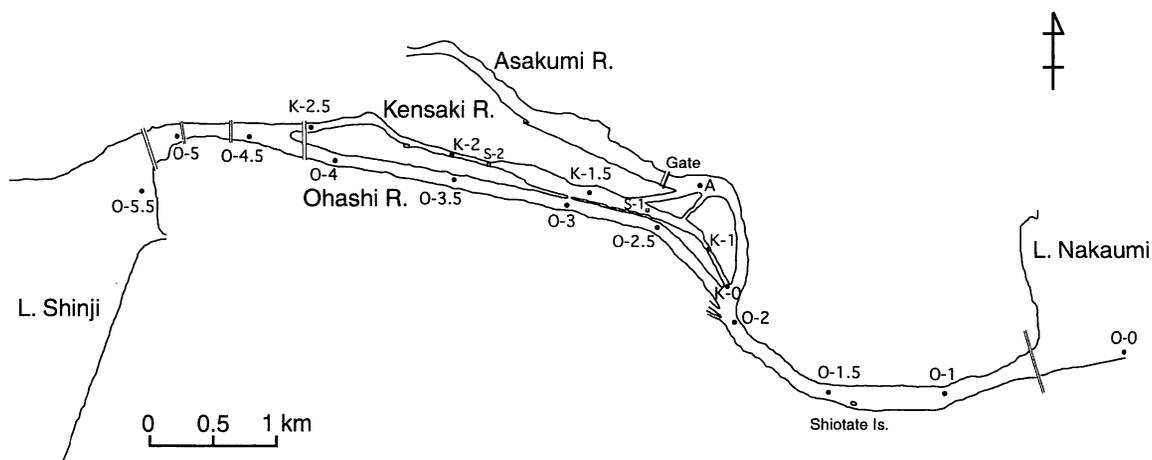


図1 調査を行った地点の地図

較することによって大橋川より浅い水深の河床を持つ剣先川の塩水動態を考察した。

2006年7月の出水の前後の試料については、ヤマトシジミとホトトギスガイ以外の無脊椎動物の同

定および計数を行った。加えて0.5mm目合いのふるいに残った試料についても同定および計数を行い、出水前後における底生生物群集の個体数と現存量の変化を解析した。

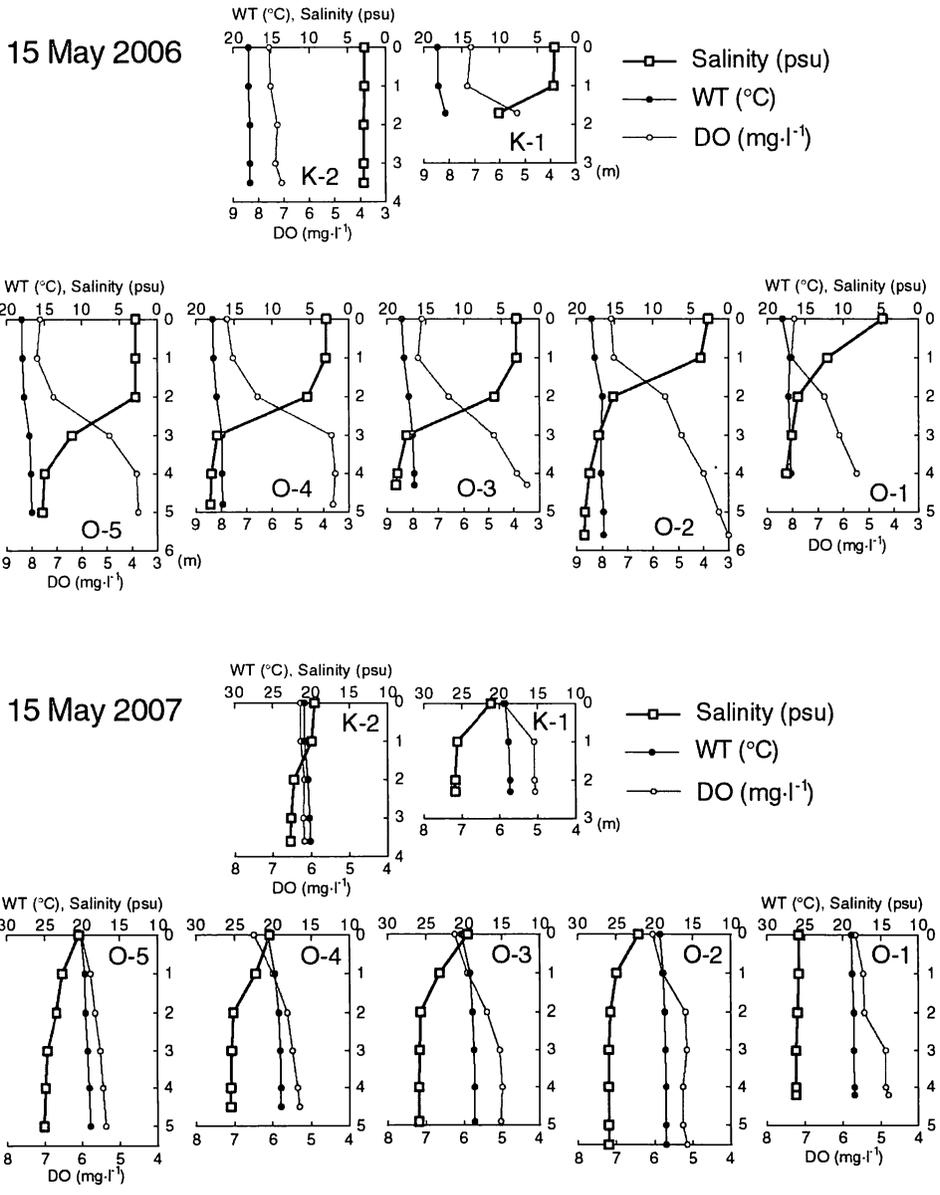


図2 水温、塩分、溶存酸素濃度の鉛直分布  
 2006年5月と2007年5月の観測時の結果を示す。

### (3) 結果

観測時によって異なるパターンで大橋川への塩水の進入が見られた(図2)。剣先川の2ヶ所に設置したセンサーのデータから、剣先川においても塩水が進入していることが分かった(図3)。大橋川上流の松江大橋地点の塩分データと比較すると、中海側からの塩水が松江大橋地点まで達している時に、剣先川の2地点では低い塩分を観測しており、剣先川における塩水遡上の規模は大橋川より小さく、異なったパターンであることが示唆された。

ヤマトシジミは2006年6月までは大橋川の上流側と剣先川に現存量が大きかったが(図4)、2006年9月以降では大橋川の下流側の現存量も大きくなった。2006年7月の大規模な出水により、宍道湖から中海まで一時的に大きく塩分が低下した。大橋川ではヤマトシジミの現存量は半減したものの、剣先川では現存量に大きな変化は見られなかった(図5)。島根県水産技術センター内水面浅海部によると、この出水後に大橋川を含む宍道湖全域でヤマトシジミの大量斃死があり、資源量の30%くらいが斃死したと試算されている。2007年6月から大橋川のヤマトシジミは現存量と個体数が増加した。

ヤマトシジミの殻長3~4mm程度の個体は2006年5月、2007年6月に顕著に多かった(図6)。2006年5月の加入個体群は8月には9mm程度に成長した。しかしながら、3~4mmの個体は夏から秋まで比較的多く見られ、ヤマトシジミの加入はこの期間に断続的に起こっている可能性がある。

ホトトギスガイは大橋川の下流側に多く分布し、大橋川の上流側や剣先川では個体数は少なかった(図4)。2006年7月の出水後、ホトトギスガイは7月28日と8月15日に採集されなかったが、9月19日には大橋川の下流側で採集された(図7)。2006年10月には出水前の現存量の水準まで回復し、現存量に対して個体数が多くなった。O-1やO-2では2005年12月、2006年1月に大きかった現存量はその後の2006年1月、2月に急激に低下した一方、2006年12月から2007年1月および2月にかけての現存量の減少の程度は大きくなかった。大橋川の上流側のO-5では2006年3月まではホトトギスガイが生息していたものの、それ以降はほとんど見られなくなった。剣先川のK-2では2005年11月と12月に少数のホトトギスガイがいた以外は、その後はほとんど採集されなかった。

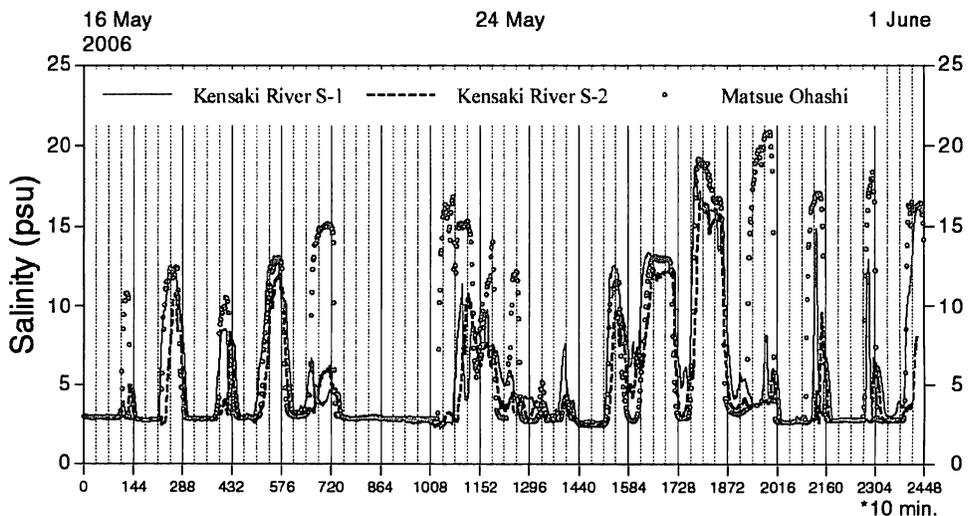


図3 大橋川(松江大橋地点)と剣先川(S-1、S-2)の塩分変化の比較  
O-5に近い橋が松江大橋(図1を参照)。

ホトトギスガイの殻長3mmの個体は2006年2~3月頃に多く見られ、このコホートは6月に8mmの大きさになった(図8)。2006年7月の出水後においては、加入群と思われる3mm程度の個体は9月と12月に多く見られた。2mmのふるいを抜けて0.5mmのふるいに残った試料の分析結果を見ると、2006年9月にホトトギスガイの小さい個体が数多く採集されていた(表1)。2006年9月のコホートは11月に7mm程度に、2006年12月のコホートは2007年7月には7mmに成長したと推察される。ホトトギスガイの加入期間は長く、そのピークは年に複数回あると推測される。

その他の底生生物種の現存量は2006年7月の出水後に小さくなった(表1)。出水前の7月11日に見られたソトオリガイ(*Laternula marilina*)、アサリ(*Ruditapes philippinarum*)、ウネナシトマヤガイ(*Trapezium liratum*)は、7月28日には採集されず、シンジコスナウミナナフシ(*Cyathura shinjikoensis*)とカワグチツボ(*Fluviocingula elegantula*)の個体数は少なくなる傾向があった。その後の8月15日にはソトオリガイとウネナシトマヤガイが採集された。また、シンジコスナウミナナフシは大橋川の地点では採集されたが、剣先川では見られなかった。

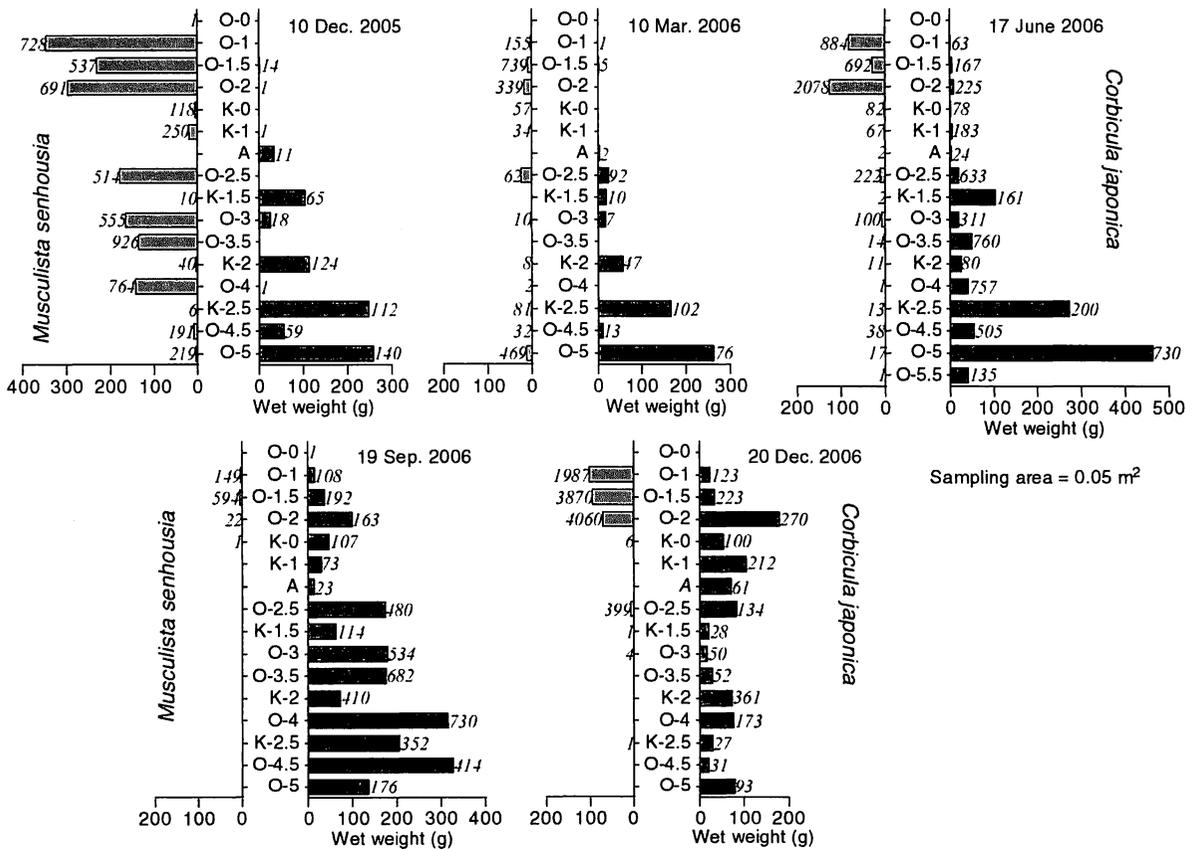


図4 ヤマトシジミとホトトギスガイの分布

地点を下流から上流へ並べて表示した。採集面積0.05m<sup>2</sup>あたりの値を示す。バーの横の数値は個体数を表す。



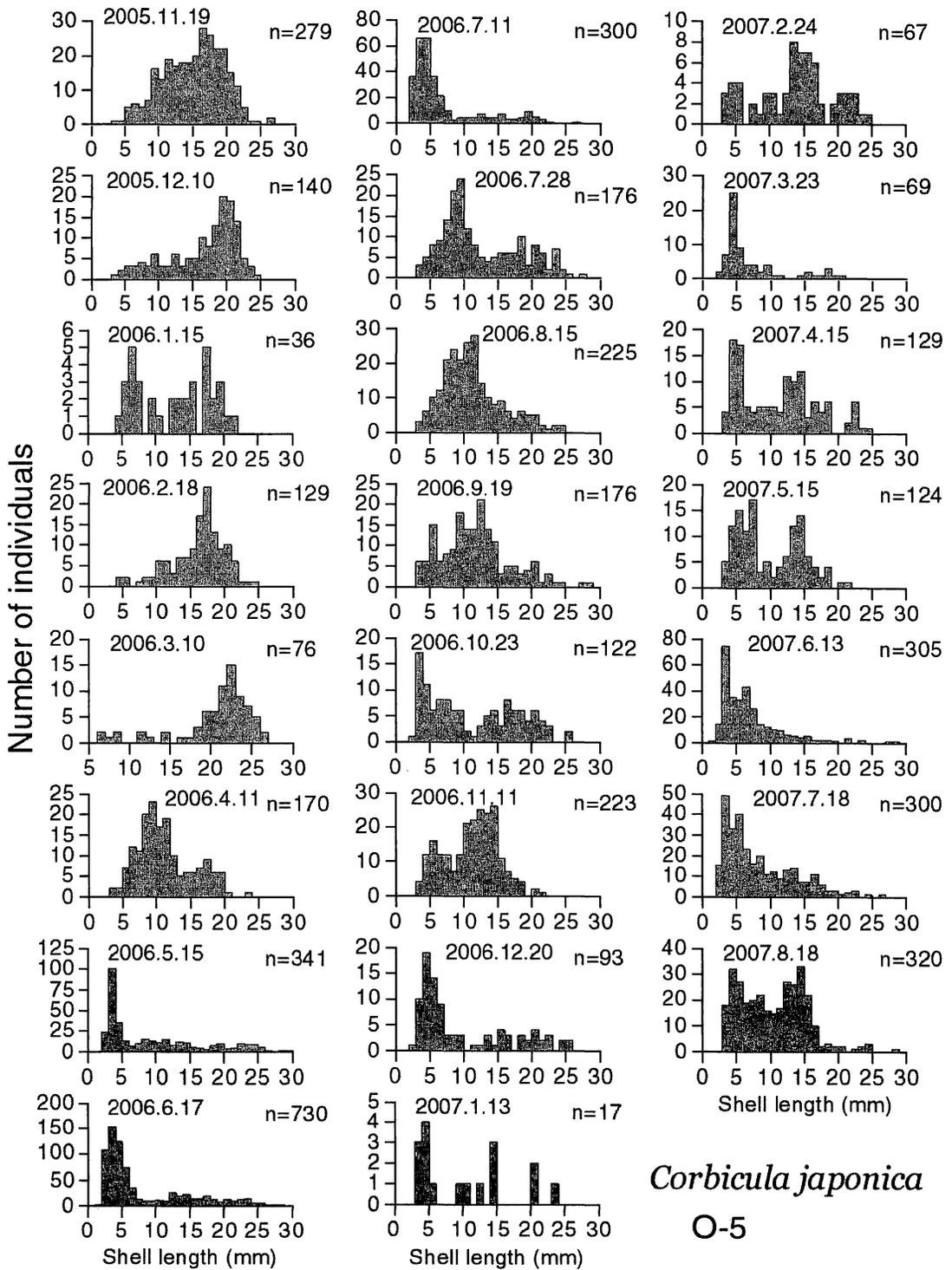


図6 ヤマトシジミの殻長頻度分布の月変化  
O-5の結果を示す。nは計測を行った個体数を表す。

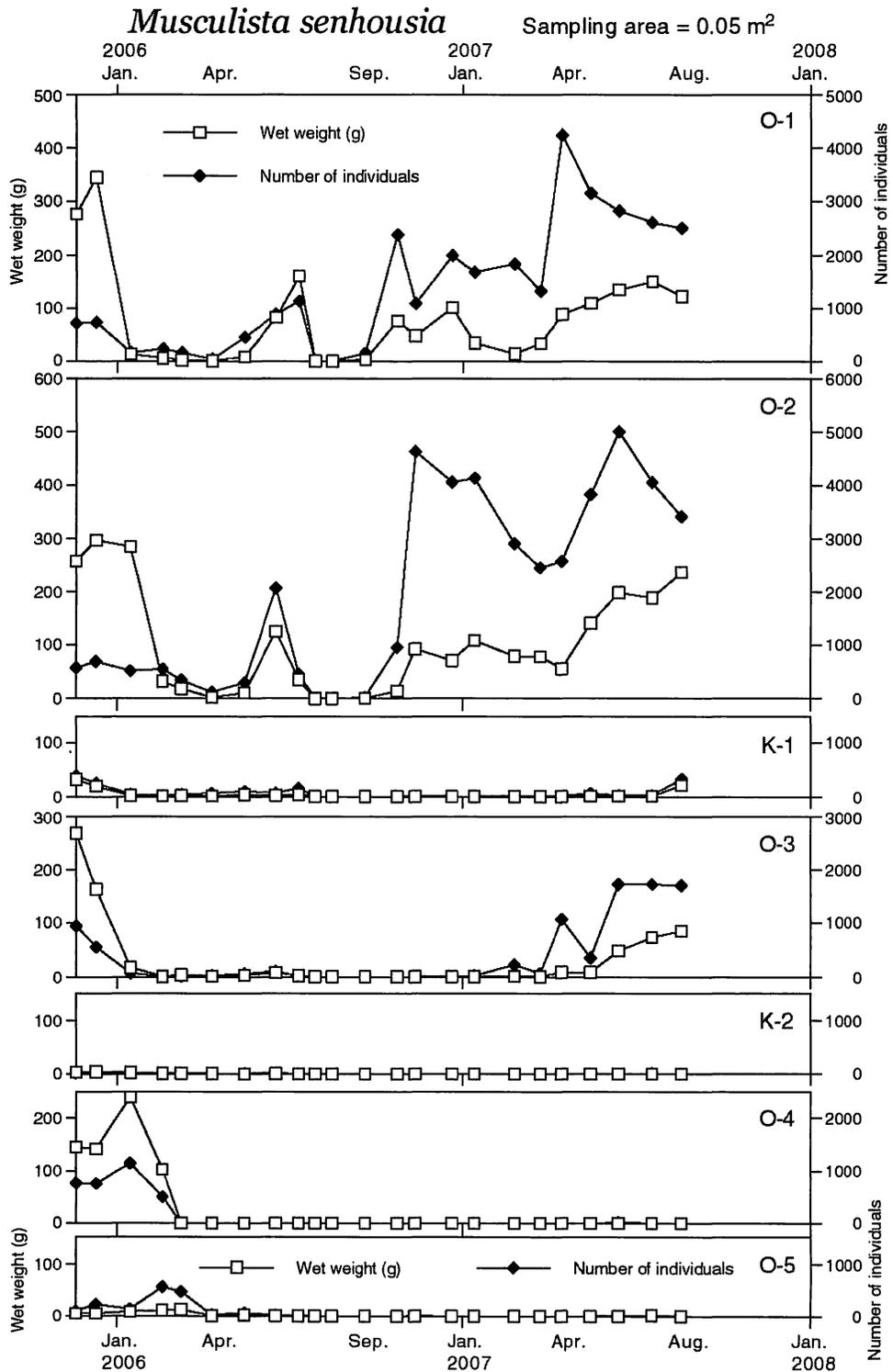


図7 ホトトギスガイの現存量と個体数の変化  
採集面積0.05m<sup>2</sup>あたりの値を示す。

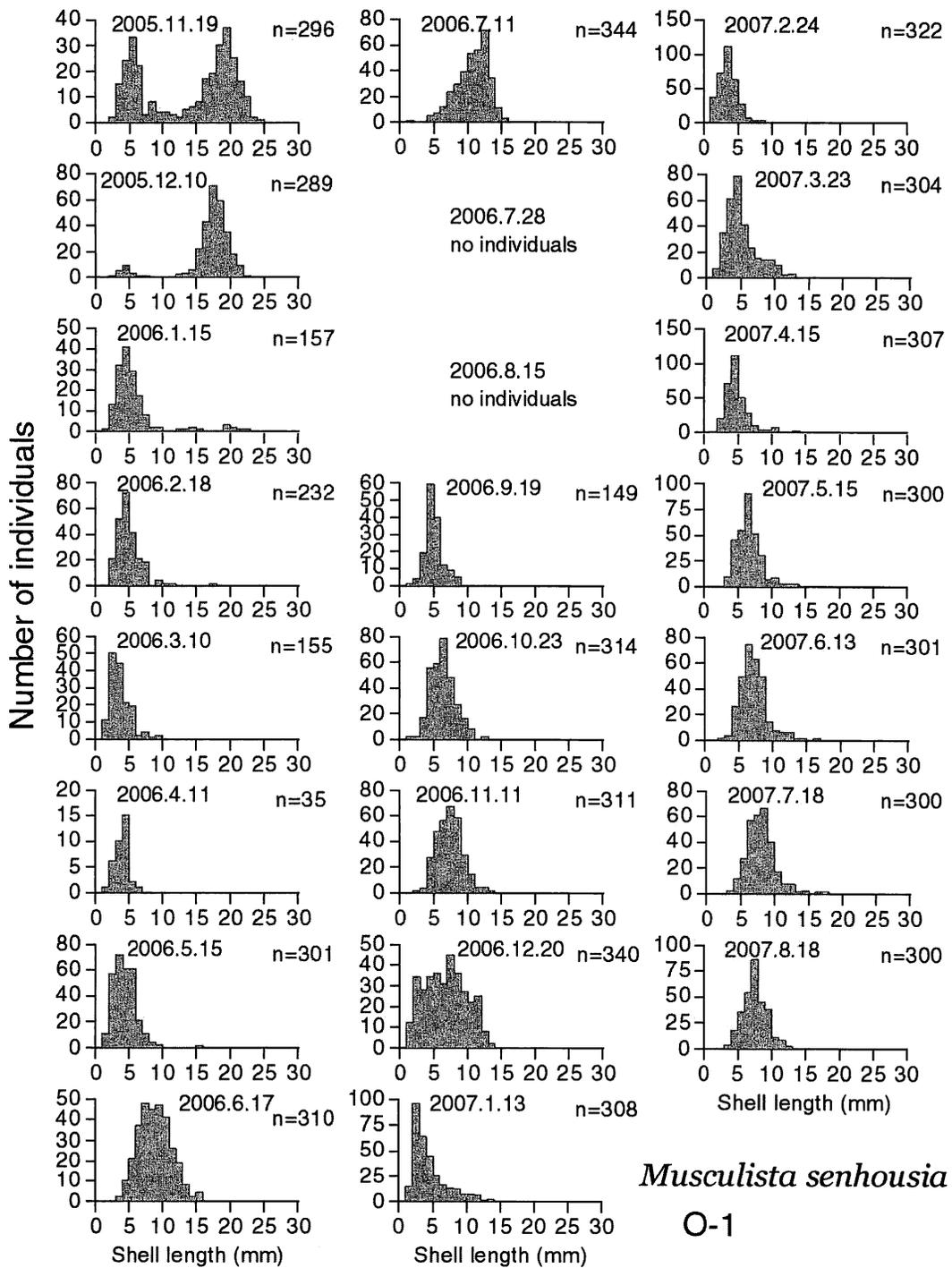


図8 ホトトギスガイの殻長頻度分布の月変化  
O-1の結果を示す。nは計測を行った個体数を表す。

表1 2006年7月の出水前後における底生生物の現存量と個体数の変化

(a-1)

Station	Wet wt. (g)				
	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19
<i>Corbicula japonica</i>					
O-1	2.280 (4)	1.339 (0)	0.802 (0)	0.300 (0)	15.057 (2)
O-2	9.479 (3)	18.566 (1)	15.413 (0)	73.600 (0)	99.220 (0)
K-1	4.975 (8)	1.850 (3)	2.201 (0)	20.967 (1)	29.349 (0)
O-3	20.421 (1)	33.235 (0)	35.525 (0)	110.500 (0)	178.308 (0)
K-2	26.115 (1)	24.578 (0)	22.544 (0)	114.088 (0)	72.856 (0)
O-4	41.639 (2)	73.499 (0)	44.441 (0)	140.500 (0)	316.411 (0)
O-5	463.748 (0)	370.409 (0)	189.411 (0)	157.500 (0)	135.723 (0)
<i>Musculista senhousia</i>					
O-1	82.269 (0)	160.206 (0)			4.654 (40)
O-2	128.208 (2)	34.851 (0)			1.767 (94)
K-1	2.048 (2)	4.364 (15)			
O-3	7.869 (1)	1.400 (0)			
K-2	0.419 (4)				
O-4	0.020 (100)	0.007 (100)			
O-5	0.304 (1)	0.410 (2)			
<i>Cyathura shinjikoensis</i>					
O-1	0.113 (0)	0.092 (8)	0.002 (100)	0.052 (68)	
O-2	0.040 (0)	0.058 (100)	0.116 (65)	0.004 (100)	
K-1					
O-3	0.127 (72)	0.368 (83)	0.252 (30)	0.239 (68)	0.052 (75)
K-2					
O-4	0.142 (1)	0.243 (100)	0.088 (49)	0.119 (100)	0.142 (100)
O-5	0.026 (17)	0.022 (100)	0.008 (100)	0.008 (100)	0.042 (9)
<i>Fluviocingula elegantula</i>					
O-1	0.398 (94)	0.042 (100)	1.005 (94)	0.340 (67)	0.190 (100)
O-2	0.056 (100)	0.286 (100)	0.138 (100)	0.004 (0)	0.051 (100)
K-1	1.980 (97)	4.034 (97)	0.007 (100)	1.354 (99)	1.453 (100)
O-3	0.071 (90)	0.071 (100)	0.018 (100)	0.095 (100)	0.098 (100)
K-2	1.177 (99)	1.079 (99)	0.245 (100)	2.400 (100)	0.835 (100)
O-4	0.084 (100)	0.107 (100)	0.403 (100)		0.057 (100)
O-5	0.211 (100)	1.165 (98)	0.023 (100)	0.004 (100)	0.034 (100)
<i>Assimineia japonica</i>					
O-1					0.003 (100)
O-2	0.018 (0)				0.028 (0)
K-1	0.015 (0)	0.088 (0)			0.024 (100)
O-3	0.019 (0)				0.020 (24)
K-2	0.017 (30)		0.006 (100)		0.027 (0)
O-4		0.016 (0)			0.006 (100)
O-5	0.042 (0)	0.014 (0)	0.005 (100)		

(a-2)

Station	Number of individuals				
	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19
<i>Corbicula japonica</i>					
O-1	87 (28)	25 (0)	6 (17)	11 (0)	228 (53)
O-2	286 (21)	393 (15)	237 (3)	390 (0)	253 (36)
K-1	279 (34)	75 (32)	5 (20)	319 (9)	82 (11)
O-3	365 (15)	308 (3)	424 (2)	600 (0)	536 (0)
K-2	125 (36)	93 (17)	101 (17)	603 (3)	422 (3)
O-4	918 (18)	884 (9)	259 (3)	560 (0)	733 (0)
O-5	1,232 (41)	1,240 (15)	179 (2)	225 (0)	216 (19)
<i>Musculista senhousia</i>					
O-1	928 (5)	1,178 (4)			746 (80)
O-2	2,468 (16)	472 (3)			1,298 (98)
K-1	85 (21)	348 (55)			
O-3	114 (12)	11 (0)			
K-2	16 (31)				
O-4	5 (80)	2 (100)			
O-5	19 (11)	10 (20)			
<i>Cyathura shinjikoensis</i>					
O-1	2 (0)	4 (50)	1 (100)	3 (33)	
O-2	1 (0)	18 (100)	5 (80)	1 (100)	
K-1					
O-3	4 (75)	40 (95)	13 (54)	20 (90)	10 (80)
K-2					
O-4	8 (50)	48 (100)	12 (92)	37 (100)	17 (100)
O-5	6 (83)	9 (100)	2 (100)	2 (100)	2 (50)
<i>Fluviocingula elegantula</i>					
O-1	82 (98)	8 (100)	205 (96)	61 (79)	30 (100)
O-2	17 (100)	81 (100)	69 (100)	1 (0)	20 (100)
K-1	680 (99)	1,147 (98)	2 (100)	304 (100)	293 (100)
O-3	24 (92)	24 (100)	6 (100)	24 (100)	25 (100)
K-2	339 (100)	397 (100)	84 (100)	617 (100)	187 (100)
O-4	26 (100)	42 (100)	142 (100)		15 (100)
O-5	51 (100)	311 (99)	6 (100)	1 (100)	10 (100)
<i>Assiminea japonica</i>					
O-1					1 (100)
O-2	1 (0)				1 (0)
K-1	1 (0)	4 (0)			4 (100)
O-3	1 (0)				3 (67)
K-2	2 (50)		1 (100)		1 (0)
O-4		1 (0)			3 (100)
O-5	3 (0)	1 (0)	1 (100)		

(b)

Station	Wet wt. (g)					Number of individuals				
	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19
<i>Laternula marilina</i>										
O-1	4.945	1.289			0.125	10	1			1
O-2	6.052					44				
K-1	0.534					2				
O-3		4.875		7.698	2.159		2		7	1
K-2	0.209	0.820			0.934	1	3			1
O-4		1.936					5			
O-5	0.145					2				
<i>Trapezium liratum</i>										
O-1										
O-2										
K-1										
O-3	1.807			2.647	0.794	1			2	1
K-2										
O-4		1.393			0.276		1			2
O-5	2.183	1.249				1	4			
<i>Ruditapes philippinarum</i>										
O-1	2.177	0.889				25	10			
O-2	2.885					1				
K-1										
O-3										
K-2										
O-4										
O-5										
<i>Moerella rutila</i>										
O-1										
O-2										
K-1		0.766					6			
O-3										
K-2										
O-4										
O-5										

(c)

Station	Wet wt. (g)					Number of taxa				
	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19	2006.6.17	2006.7.11	2006.7.28	2006.8.15	2006.9.19
O-1	0.164	0.880	0.004	0.284	0.243	2	5	3	2	2
O-2	0.000	0.003	0.001	0.007	0.003	0	1	1	3	1
K-1	0.004	0.092	0.003	0.436	0.328	1	3	2	2	2
O-3	0.029	0.169	0.003	0.119	0.045	2	3	2	3	4
K-2	0.000	0.001	0.044	0.070	0.021	0	1	4	2	2
O-4	0.046	0.044	0.020	0.004	0.018	2	4	7	3	3
O-5	0.011	0.041	0.002	0.040	0.009	5	6	1	2	2

(a) *Corbicula japonica*, ヤマトシジミ; *Musculista senhousia*, ホトトギスガイ; *Cyathura shinjikoensis*, シンジコスナウミナナフシ; *Fluviocingula elegantula*, カワグチツボ; *Assiminea japonica*, カワザンショウガイ。括弧は0.5mmふるいの試料の占める割合(%)を表す。(b) *Laternula marilina*, ソトオリガイ; *Trapezium liratum*, ウネナシトマヤガイ; *Ruditapes philippinarum*, アサリ; *Moerella rutila*, ユウシオガイ。(c) その他の生物種。現存量と種類数を示す。

#### (4) 考察

ヤマトシジミとホトトギスガイの分布は大橋川の上流と下流で異なり、また大橋川と剣先川の比較においても異なっていた。さらに年によって現存量は大きく変動した。本研究の2年間のうち1年目の夏に稀な出水が起こったため、ヤマトシジミとホトトギスガイの分布はこの出水による塩分の変化に影響されたと考えられる。通常年または渇水年を含む複数年のデータと比較することによって2種の長期的な分布について考察する必要があるが、出水前までの分布の状況を通常と考えると、ヤマトシジミは大橋川の上流側と剣先川に多く、ホトトギスガイは大橋川の下流側に多い分布であると言える。

中海の塩水は様々なパターンで上流に向かって大橋川を進入する様子が見られた。2006年7月の出水後に大橋川からホトトギスガイが全くいなくなったことから、ホトトギスガイの分布は塩分の変化を引き起こす塩水の動態に大きく左右されると考えられる。2007年の夏は大きな出水がなかったため、2006年のような急激な個体数の減少は見られなかった。2006年3月まではホトトギスガイは大橋川上流のO-5に分布していたことから、塩分の状況によっては本調査の2年間の結果とは異なる分布を示す可能性がある。今後の塩水の遡上の状況とホトトギスガイの分布の関係を継続して調査する必要がある。

剣先川はヤマトシジミの現存量が大きくホトトギスガイの現存量が小さいという特徴があった。剣先川には塩水が入るものの、その程度は大橋川より小さかった。剣先川は水深が浅く、また地形上の理由で流速も小さい。河床には枯死した陸上植物の遺骸がよく観察された。このような環境にはホトトギスガイは生息しにくいのかもしれない。計画されている河川改修計画は剣先川を深く掘削するものとなっているため、大橋川と同様な塩水の遡上が起こるようになると、剣先川にホトトギスガイの生息が広がる可能性が考えられる。

冬季から春季にかけてホトトギスガイが減少する傾向が2年間とも見られた。これは中海で報告されているように潜水して摂餌する海ガモの仲間に

よる捕食の影響であると考えられる。2006年はホトトギスガイの減少は顕著であったが、2007年は現存量の減少の程度は小さかった。2005年11月と2006年11月の殻長組成を比較すると、2005年には殻長15mm以上の個体が比較的大きな割合を占めていたが、2006年は15mm以下の個体がほとんどを占めていた。前年から生き残っていた可能性のあるホトトギスガイの大きな個体が2005年12月から2006年初めにかけて海ガモ類の捕食によって減少したことと、2006年11月においては出水後に加入した小さい個体が大部分を占めていたことが示唆される。

ヤマトシジミは5月から6月にかけて小さい個体の加入が見られ、その後の成長は2006年は出水前の7月に5mm、2007年は8月に5mmに成長した。出水後のヤマトシジミの殻長頻度分布は2006年8月に9mm程度に成長したと読み取れるが、O-5地点の個体群の成長を反映しているのか、出水の攪乱の影響なのか判断することが難しい。出水後に下流で個体数が増えたことから、かなりの個体が下流へ移動した可能性がある。また、ヤマトシジミ漁の11mm幅の鋤簾によって大型個体は捕獲されるため、漁獲による殻長頻度分布への影響は大きいと考えられる。ヤマトシジミに対する漁獲圧の小さい地点において個体群の詳細な解析が必要と思われる。

2006年7月の出水の直後、大橋川のヤマトシジミの現存量は小さくなったが8月と9月にすぐに増加し、大橋川下流の地点では6月より9月で現存量が高い傾向があった。剣先川のK-2においては出水の前で現存量と個体数に違いが見られなかった。大橋川は出水によって塩分が長期間低下して宍道湖のような低塩分の環境がもたらされた上、生息場所が重なるホトトギスガイがいなくなったことが、ヤマトシジミに有利に働いたのかもしれない。

その他の底生生物の出水前後における現存量の変化は、種類ごとに違う反応を見せた。アサリは大橋川の下流側の地点に生息していたが、出水によっていなくなった。アサリは塩分の低下した境水道においても斃死したとされる。一方、ソトオリガイとウネナシトマヤガイは一時的にいなくなったが、そ

の後再び採集された。シンジコスナウミナナフシとカワグチツボは出水後においても比較的個体数を維持していた。魚群探知機による観察では出水後の河床は、場所によってかなり変化したことが確認されている。実際、採取した堆積物はシルトや植物遺骸などが減り、砂や貝殻などの粒子の粗いものが多くなる傾向があった。長期間の塩分の低下に加えて、河床の堆積物の変化が底生生物群集の個体数を左右したと考えられる。

計画されている河川改修事業は大橋川と剣先川の河床を生息場所とする底生生物に直接的な影響を及ぼすと予想される。水深別の殻長頻度分布の解析からは、水深の浅い場所にはヤマトシジミの殻長の大きい個体が多く分布し、ホトトギスガイの現存量は小さい傾向があった。改修の掘削断面は浅い場所を取り除くようになっているため、現在のヤマトシジミとホトトギスガイの分布に直接的な影響を及ぼすと推察される。また、現在は中海からの塩水は主流である大橋川の底層を主に進入し、ホトトギスガイの分布は塩水の進入経路と密接に関連していると示唆されるが、改修によって剣先川が現在の大橋川と同様の断面になると、塩水の進入経路として機能することになり、ホトトギスガイの分布の拡大に有利に作用すると考えられる。

## 2. 葦群落における付着性珪藻の遷移

### (1) 背景と目的

湖沼の栄養状態と沿岸の植生の間には密接な関わりがあり、抽水植物の葦が形成する群落は水質浄化機能を持つことが知られている。葦原は干拓や護岸工事により減少を続けているが、近年葦の果たす役割が見直され葦原の保全回復に向けた取り組みが行われている。湖沼の環境回復に向けた取り組みの一環に堆積物中の生物遺骸を用いた古生態の復元があるが、葦を含む大型植物は堆積物中にほとんど保存されないため、過去の植物群落を直接復元することは難しい。一方で、水生植物に付着する微細藻類の中には珪藻のように堆積物に保存されやすい珪質殻を持つものが存在しており、微細藻類の殻を用いた植生変遷の解明はこれまでも取り組まれてきた。ただし、植生と付着藻類の関係は不明な点が多く、珪藻遺骸を用いた古生態の復元においても群落の植生構成まで明らかにした例はほとんど報告されていない。

島根県大橋川流域には岸辺に沿って葦の群落が形成されている。大橋川は汽水湖である宍道湖と中海を繋ぐ連絡河川であり、大橋川自体も汽水の河川であるため幅広い塩分分布を有している。本研究では古生態復元への基礎情報を充実させるため、大橋川岸辺の数地点で葦を採取し、葦付着性珪藻の変動を明らかにした。

### (2) 方法

大橋川流域の5点(O-1, O-2, O-4, K-1, and K-2)を調査地点とし(図9)、葦の試料採取は2006年12月20

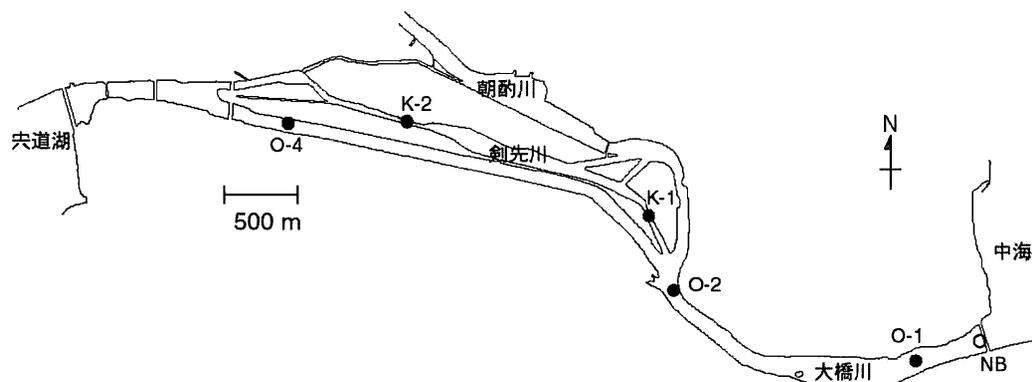


図9 調査地点

●は葦、○はコアマモ採取地点。

日、2007年3月23日及び2007年4月15日に行った。また、2006年12月13日には中海大橋直下(NB)でコアモモの採取も行った。葦は採取時の際に水面付近にあたった約20cmの茎を試料としたが、4月15日に採取した試料に関しては、葦が既に成長期に入っていることを考慮して水面上20cmを余分に採取した。採取した試料は100ccボトルに入れ3%ホルマリンで固定した。

観察用スライド作成方法は大塚・辻(1999)に倣った。1) 100mlビーカーに試料を宿主生物ごと入れ、3時間以上掛けて静置沈殿し上澄みを捨てる。これを4回繰り返し、塩分と固定液を除いた。2) ビーカーの水を約50ml残し、30%過酸化水素水を約20ml加えてホットプレート上で煮沸した。この際、泡が少なくなっても目に見える残滓が残っていた試料には、

過酸化水素水を追加した。大塚・辻(1999)では、この後遠心分離による夾雑物の除去が行われたが、本研究では遠心分離機がなかったためその過程を省いた。その結果スライド中に多少夾雑物が含まれていたが、計測には問題ないと判断した。また、*Cocconeis*の縦溝殻は*Cocconeis*全体の4割以上を占めることが多く、宿主生物から十分に分離できていると判断した。珪藻被殻の試料は、プレウラックス(商品名：マウントメディア)で封入し、永久プレパラートを作成した。観察は生物顕微鏡を用い1000倍で行った。

### (3) 結果と考察

いずれかの地点で10%以上の出現頻度を示した12種を表2に示した。対比用の試料として採取したコアモモ上では全群集の70%以上を*Cocconeis*

表2 いずれかの観測地点で10%以上産出した珪藻群集の出現頻度

Place Date	O-1			O-2			O-4		
	2006		2007	2006		2007	2007		2007
	12月20日	3月23日	4月15日	12月20日	3月23日	4月15日	12月20日	3月23日	4月15日
Host	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed
<i>Amphora polita</i>	0	0	-	3.26	0	0	0.33	0.33	0
<i>A. sp.1</i>	0.95	1.21	-	2.33	0.77	0	0.33	0.33	0.47
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	<b>10.95</b>	5.24	-	3.26	5.75	2.65	<b>10.89</b>	0.66	2.35
<i>C. scutellum</i>	<b>10.00</b>	4.03	-	2.79	0.77	3.41	6.27	0.33	1.88
<i>Hippodonta pseudacceptata</i>	0	7.66	-	6.98	<b>13.41</b>	2.27	1.32	2.99	<b>14.08</b>
<i>Melosira mummuloides</i>	0.95	5.65	-	<b>12.56</b>	8.05	<b>11.36</b>	1.98	<b>12.29</b>	0
<i>Navicula veneta</i>	<b>13.81</b>	<b>10.89</b>	-	0.47	<b>15.71</b>	<b>19.70</b>	2.31	<b>13.95</b>	<b>11.74</b>
<i>N. yuraensis</i>	1.90	1.61	-	0.47	6.13	3.41	4.62	<b>23.92</b>	<b>11.27</b>
<i>Nitzschia palea</i>	0.48	6.45	-	0	<b>11.49</b>	4.92	0	4.65	6.10
<i>N. sp.1</i>	9.05	6.85	-	<b>18.60</b>	7.28	6.06	0.99	4.32	<b>14.08</b>
<i>Tabularia parva</i>	5.71	3.63	-	<b>14.88</b>	4.98	9.85	<b>37.29</b>	<b>15.28</b>	<b>10.33</b>
<i>T. tabulata</i>	1.43	0	-	7.91	2.30	1.89	<b>25.08</b>	2.99	0.47

Place Date	K-1			K-2			NB
	2006		2007	2006		2007	2006
	12月20日	3月23日	4月15日	12月20日	3月23日	4月15日	12月13日
Host	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	Reed	<i>Zostera</i>
<i>Amphora polita</i>	<b>12.84</b>	2.37	1.52	0.64	9.66	0.64	0
<i>A. sp.1</i>	<b>14.79</b>	1.42	3.04	1.91	5.88	0.32	0
<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i>	1.17	0	0.38	0	0	0.00	1.38
<i>C. scutellum</i>	0	0.95	0.76	4.14	2.94	0.32	<b>71.10</b>
<i>Hippodonta pseudacceptata</i>	0	8.06	4.56	0.32	2.10	0	0.46
<i>Melosira mummuloides</i>	2.33	4.74	0.38	0.32	5.46	7.07	0
<i>Navicula veneta</i>	1.95	<b>10.90</b>	<b>34.60</b>	0	4.20	4.18	0
<i>N. yuraensis</i>	1.17	<b>12.32</b>	9.13	0.96	<b>10.08</b>	9.65	0
<i>Nitzschia palea</i>	0	<b>10.90</b>	7.22	0	0.84	0.32	0
<i>N. sp.1</i>	2.72	0	8.75	1.59	1.68	2.57	0
<i>Tabularia parva</i>	<b>11.67</b>	<b>17.06</b>	5.32	<b>14.01</b>	<b>11.76</b>	<b>52.41</b>	3.67
<i>T. tabulata</i>	<b>29.57</b>	4.27	0.76	<b>63.69</b>	<b>33.61</b>	<b>17.36</b>	0.46

10%以上の産出があったものは太字、50%以上の産出があったものは太字斜体で表した。

*scutellum*が占めていたが、この結果は1998年に本庄工区で報告された結果とほぼ同様である(大塚・辻、1999)。このような*C. scutellum*の優占は葦に付着していた珪藻群集には見ることが出来ず、珪藻群集の種組成に宿主生物そのものが影響する場合があるという彼らの主張を裏付ける結果となった。その一方で、葦に付着する珪藻群集は場所・季節ごとに激しく変動しており、付着性珪藻の種組成には宿主生物の生育環境も影響を与えていることを示唆していた。また、2007年4月15日に採取した試料の内、O-1、O-2地点で採取した葦では付着した珪藻群集の量が著しく少なく特にO-1では計測に十分な珪藻群集を得ることが出来なかった。これは葦がこの時期急速に成長し、茎にあまり珪藻が付着する時間がなかったことが原因であると考えられる。

中海側の調査地点であるO-1、O-2は生物多様性が高く20%を超えて産出した種はみられなかったが、宍道湖側にあたるO-4、K-2地点ではいずれかの種が優占して現れる傾向が見られた。また、O-2、O-4、K-1では12月の時点ではK-2における優占種である*Tabularia parva*や*Tabularia tabulata*がこれらの地点でも同様に卓越する傾向がみられたが、3・4月の時点ではO-1における優占種である*Navicula veneta*や*Nitzschia*属が卓越することが確認された。この珪藻群集の変化は大橋川の季節的な水質、特に塩分、変化を反映しているとも考えられるが、別の可能性も考えられる。宍道湖側または冬季に優占する珪藻群集は直立付着型であるのに対して中海側または春季に優占する珪藻群集は基質密着型である。付着性珪藻はヨコエビ類等の甲殻類や二枚貝類の幼生等の餌となることが知られているが、基質密着型の珪藻は直立型と比較して食べられにくい可能性が示唆されている。従って、これらの珪藻群集の変動は甲殻類や二枚貝類の季節的な変動に伴う捕食圧の変化による可能性も十分に考えられる。

いずれにせよ、K-2で優占した*Tabularia tabulate*や*Tabularia parva*等は他の基質上で過半数を占めるほど卓越することは報告されておらず、今後の研究により堆積物中のこれらの珪藻遺骸から葦原の古生態が復元できる可能性が示唆された。

### 3. 大橋川における底生有孔虫群の産状について —近過去における宍道湖—中海水系の生物相変遷に関する新知見—

大橋川は宍道湖—中海水系における塩水の挙動を理解する上で、重要な水域である。本水域の水理・堆積環境は歴史時代に変化したことが知られている。20世紀前半の改修工事で、宍道湖の環境も変化したとされる(平塚ほか 2006)。また、17世紀の斐伊川東流イベント以前には、河川からの宍道湖への碎屑物供給は大橋川からが主体であった(瀬戸ほか 2006)。大橋川の水理・堆積環境を理解することは、宍道湖・中海の古環境復元を行う上で重要であるが、大橋川の堆積学的・古生物学的研究は少ない。我々は、大橋川における底生有孔虫(原生生物)の生態の解明とその環境モニタリングへの適用を、長期目標として研究中である。本章では、大橋川の現生底生有孔虫の産状について報告する。

大橋川の上流から下流において、2004年6月に25地点(図10)で採取した試料について、底生有孔虫生体の群集解析・有機物分析・粒度分析を行った。大橋川上流域の底質は粗粒な底質・低い有機炭素濃度で特徴づけられるのに対して、下流域では泥質で有機炭素に富む底質が卓越する(表3、図12)。一方、大橋川では2種のマクロベントスであるヤマトシジミとホトトギスガイが卓越する。倉田・平塚(2006)が明らかにしたように、ヤマトシジミは上流域に、ホトトギスガイは下流域においてそれぞれ多産するのが認められた。ヤマトシジミは堆積物深部まで潜って堆積物を擾乱する。それに対して、ホトトギスガイは群体を作って堆積物表面を被覆し、それによって細粒堆積物をしばしば捕集する。そのため、これら2種のマクロベントスは、底質に対して異なる作用をもたらすといえる。大橋川の顕著に異なる2つの底質の分布は、これら2種のマクロベントスの分布とほぼ一致しており、大橋川の対照的な底質環境の存在に、これら2種のマクロベントスが重要な役割を果たしていることが、改めて示唆された。

底生有孔虫はいずれの地点でも*Ammonia beccarii* forma 1が卓越するが、中流域で*Cribratomoides canariensis*が比較的多く産出する(図11、図12)。ま

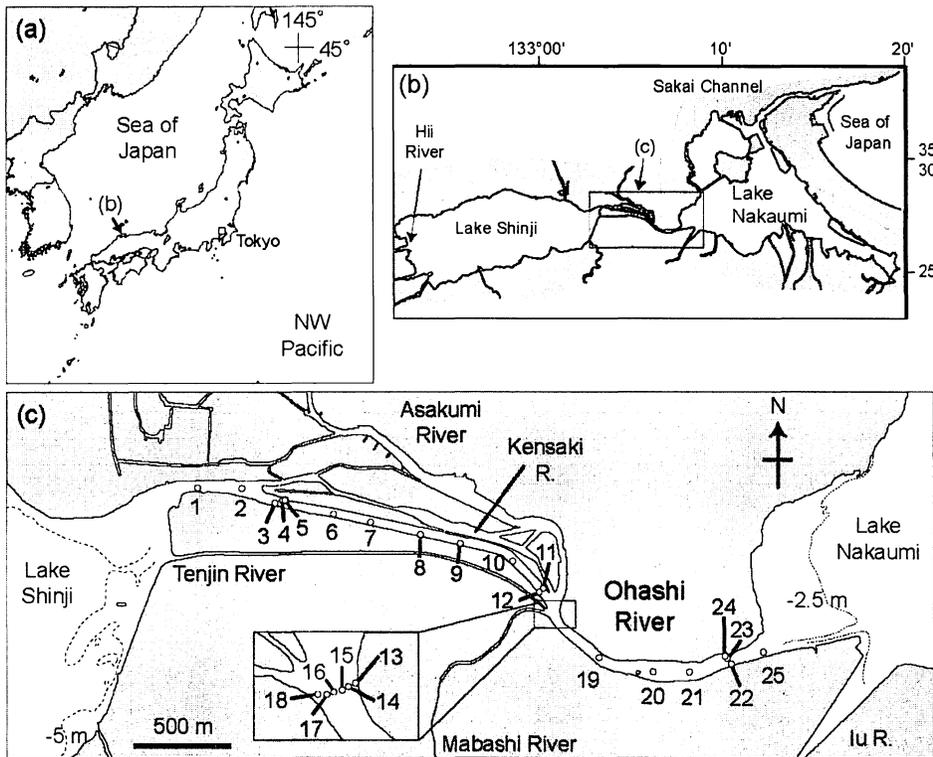


図10 大橋川における調査地点の位置

Map of the Ohashi River and sampling localities (open circles): (a) location in Japan, (b) location in the Shinjiko-Nakaumi lake system and (c) twenty five sampling localities collected June 2004

た、この中流域では、深い地点で*A. beccarii* forma 1が寡占し、浅い地点で*C. canariensis*が共産する傾向がある。一方、*C. canariensis*が多産する地点の底質は、相対的に低い有機炭素濃度(1.28~2.60%)と比較的粗粒な堆積物(シルト~細粒砂)で特徴づけられる。大橋川中流域はホトトギスガイとヤマトシジミの分布域の境界付近であることから(倉田・平塚2006)、上記のような底生有孔虫の産出状況に、これら2種の大型底生生物による堆積物の生物擾乱作用の違いも、関与していると予想される。

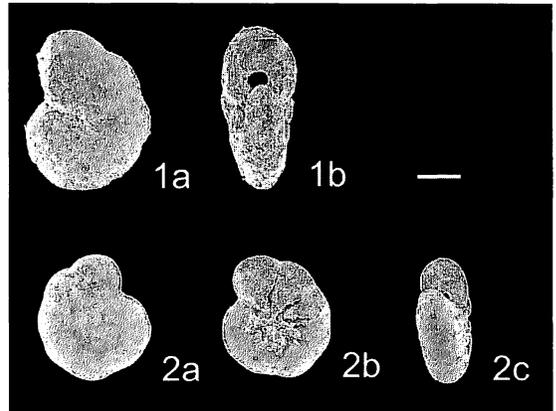


図11 大橋川で産出した底生有孔虫の走査型電子顕微鏡写真

Scanning electron micrographs of specimens from the Ohashi River. 1a, b. *Cribrostomoides canariensis* (d'Orbigny), 2a-c. *Ammonia beccarii* (Linne) forma 1. Scale bar: 100  $\mu$  m.

*A. beccarii* forma 1と*C. canariensis*は、大橋川だけでなく、宍道湖においても20世紀に交互に優占したことが知られている(野村・吉川 1995)。これまで両種の交替の解釈に、大橋川改修に伴う宍道湖湖水の塩分やCODの変化が関与しているとされてきた(野村・吉川 1995、野村・遠藤 1998)。今回の検討結果から判断して、大

橋川の環境変動とそれに伴う底生有孔虫群の分布域の変化も、宍道湖の底生有孔虫化石の産状に関与していることが示唆される。今後、大橋川の現行環境の解析を通して、宍道湖-中海水系の近過去および将来の環境変動を、さらに詳細に解明できるものと思われる。

表3 大橋川における底生有孔虫・堆積物・大型底生生物の産状

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Depth (m)	6.6	4.5	5.2	2.1	0.9	5.1	5.1	5.2	5.0	5.3	2.5	4.6	1.1
<i>Ammonia beccarii</i> (Linne) forma 1	54	56	46	6	9	25	78	181	94	126	97	195	91
<i>Cribrostomoides canariensis</i> (d'Orbigny)			1	2	1	2	3	70	50	63	9	30	3
<i>Milammina fusca</i> (Brady)			1			1							1
<i>Trochammina hadai</i> Uchio						1	1						
Total	54	56	48	8	10	29	82	251	144	189	106	225	95
Sample weight (g) (foraminifera)	35.85	29.70	24.58	43.72	36.54	19.56	21.76	27.73	25.43	24.52	27.57	25.43	28.81
Split	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOC (%)	2.33	1.87	1.90	1.15	1.78	1.34	1.92	2.60	1.70	2.35	0.26	4.36	2.56
TN (%)	0.31	0.28	0.28	0.15	0.22	0.19	0.27	0.35	0.28	0.34	0.04	0.65	0.37
TS (%)	0.24	0.34	0.23	0.22	0.39	0.27	0.43	0.41	0.18	0.34	0.08	1.10	0.44
Mean grain size (μm)	39	48	136	40	53	83	48	17	137	13	1257	13	10
<i>Corbicula japonica</i> (articulated)	8	8	7	4	2	3	7	6	4	4	1	2	7
<i>Corbicula japonica</i> (disarticulated)	6	3	3.5	3	1.5	4	5.5	10	7.5	7	2.5	1	3
<i>Musculista senhousia</i> (articulated)							2	9	10	21	2	48	2
<i>Musculista senhousia</i> (disarticulated)								1.5	1	1			
Sample weight (g) (macrobenthos)	8.24	9.27	8.57	11.09	11.59	6.36	9.77	9.89	10.45	11.40	11.44	5.79	12.03

Station	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Depth (m)	2.8	4.9	4.0	2.7	1.0	5.2	6.0	4.4	6.0	4.4	1.6	5.0
<i>Ammonia beccarii</i> (Linne) forma 1	56	226	212	73	2	281	134	112	67	141	126	94
<i>Cribrostomoides canariensis</i> (d'Orbigny)	4	4	15	34		1	1	2		1		10
<i>Milammina fusca</i> (Brady)												
<i>Trochammina hadai</i> Uchio												
Total	60	230	227	107	2	282	135	114	67	142	126	104
Sample weight (g) (foraminifera)	17.91	24.51	28.54	27.26	47.06	25.29	20.87	21.54	20.19	47.01	30.45	38.97
Split	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
TOC (%)	4.20	4.80	4.93	1.28	1.82	4.38	3.62	3.74	4.70	3.28	4.05	3.41
TN (%)	0.63	0.76	0.68	0.17	0.16	0.64	0.51	0.57	0.72	0.51	0.65	0.48
TS (%)	0.86	0.74	0.71	0.32	0.41	0.94	1.05	0.76	0.90	0.71	0.60	0.57
Mean grain size (μm)	11	7	8	87	67	8	10	8	7	12	12	23
<i>Corbicula japonica</i> (articulated)	3	3		1	1		1					1
<i>Corbicula japonica</i> (disarticulated)	0.5	1		2								1
<i>Musculista senhousia</i> (articulated)	34	67	23	12		44	71	73	67	51	15	13
<i>Musculista senhousia</i> (disarticulated)	1	7	0.5			1	5	13	12.5	16	2	1.5
Sample weight (g) (macrobenthos)	6.39	6.17	6.14	10.86	10.73	5.30	5.28	5.17	5.53	5.64	5.36	5.15

Occurrence of living (stained) benthic foraminifera, total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN) and total sulfur (TS) contents, mean grain size of surface sediment, and abundance of two bivalve species in the Ohashi River. The minimum number of individual bivalves is shown (one individual = one articulated or two disarticulated valves).

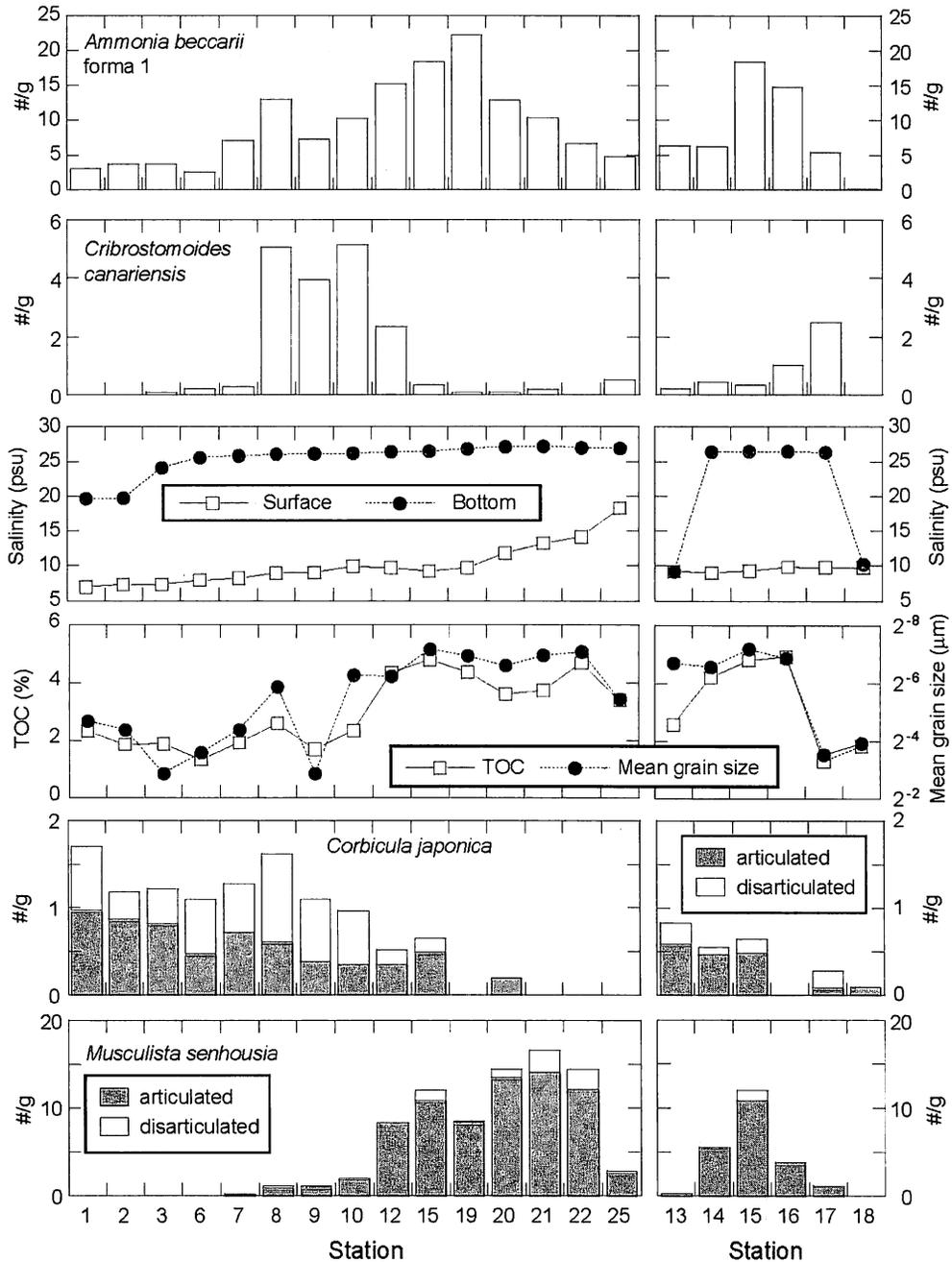


図12 大橋川における底生有孔虫・有機炭素濃度・平均粒径・大型底生生物の分布

Summary of abundance of living (stained) *Ammonia beccarii* forma 1 and *Cribrostomoides canariensis*, river water salinity (surface water: 20 cm water depth; bottom water: 10 cm above river floor), total organic carbon (TOC) content, mean grain size of substrate, and abundances (one individual = two valves) of *Corbicula japonica* and *Musculista senhousia* on the river floor of the Ohashi River.

#### 4. 大橋川の岸辺のヨシ帯とコアマモ場に生息する魚類

##### (1) 目的

大橋川下流域には、被子植物のコアマモ (*Zostera japonica*) が形成する群落(以降コアマモ場と呼ぶ)が広がり、また、その群落に近接した岸辺に沿って抽水植物のヨシ (*Phragmites australis*) が形成する群落(以降ヨシ帯と呼ぶ)が発達している。このような植生のあるハビタットは魚類にとって重要な生息場所であり、また稚魚期の成育場となっていることが知られているが、大橋川のコアマモ場とヨシ帯をどのように利用しているのか、まだほとんどわかっていない。そこでこの調査では、これらの場所にどのような種がどれくらいの密度で出現するのか明らかにすることを目的とした。さらに、これらの場所が人工湖岸に改変された場合、生息する魚類群集の構造にどのような変化が起こるのか予測するため、大橋川河口近辺に存在するコンクリート護岸と石積み護岸でも同様の調査を行うことにした。

##### (2) 方法

対象としたコアマモ場とヨシ帯とは近接しているため、コアマモ場とヨシ帯およびそれらに囲まれた砂地を一つの系とみなし(以降、植生区域と呼ぶ)、この区域において、各季節に1×20mのトランセクトを10本設定して潜水観察を行い、各トランセクト内に出現した各魚種の個体を計数し、また可能な場合は出現個体の全長を5mmあるいは10mm単位で記録した。種組成をより詳しく明らかにするために、トランセクト観察終了後、1時間ほどゆっくり泳ぎ、その間にこの植生区域内に出現した魚種についても記録した。

同様の調査をコンクリート護岸および石積み護岸でも行った。ただしトランセクトはそれぞれ4本とした。

種数あるいは個体密度にハビタット間で違いがあるかどうか、一元配置分散分析(ANOVA)で検討した。また、魚類群集構造にハビタット間で違いがあるかどうか、各種の個体密度をもとに、多変量一元配置分散分析(MANOVA)で調べた。本調査では全体的な傾向をつかむことを目的しているため、季節は込みにして解析を行った。有意差が検出された場合、ど

のハビタットのペアに違いがあるのかpost-hoc Games-Howell testによって検討した。なお、調査地域には、アカオビシマハゼとシモフリシマハゼ、およびチチブとヌマチチブという目視観察では見分けることが不可能な場合が多々ある近縁種が生息するため、前2種をシマハゼ類、後2種をチチブ類とまとめて扱った。また、データはすべてログ変換した。

各種の個体密度をもとに各ハビタットにおける多様度指数(Shannon-Wiener species diversity index,  $H'$ )を計算した。

$$H' = -\sum P_i \ln P_i$$

$P_i$  は各ハビタットにおける  $i$  種の個体数の割合

ハビタット間の魚類群集構造の類似性をクラスター分析により検討した。クラスター間の類似度には各種の個体密度をもとにしたBray-Curtis similarity indexを、クラスター間の連結法には群平均法をそれぞれ用いた。

##### Bray-Curtis similarity index

$$= (1 - \sum |x_{ij} - x_{ik}| / (X_j + X_k)) \times 100$$

$x_{ij}$  と  $x_{ik}$  はそれぞれマイクロハビタット  $j$  と  $k$  における  $i$  種の個体密度、 $X_j$  と  $X_k$  はそれぞれマイクロハビタット  $j$  と  $k$  における全種の個体密度の総和

これらの統計解析はすべてSPSS ver. 12.0 Jを用いて行った。

##### (3) 結果

調査期間を通じ、植生区域、コンクリート護岸、石積み護岸では合わせて17科34魚種が記録された(表4)。植生区域においては、トランセクト内では28種の魚類が観察され、トランセクト外で記録されたものも含めると34種すべてが出現していた(表4および図13a)。一方、コンクリート護岸と石積み護岸では、それぞれ6種および13種が記録された。全34種のうち20種は植生区域のみに出現しており、その多くが体の小さな魚であった(表4)。

平均種数と平均総個体密度にはハビタット間で有意差があった(ANOVA、ともに  $P < 0.001$ )。平均種数、平均総個体密度とも、植生区域とコンクリート護岸の間には有意差はなかったが(Games-Howell test: 種数、 $P > 0.3$ ; 個体密度、 $P > 0.8$ )、石積み護岸と植生区域あるいはコンクリート護岸の間には有

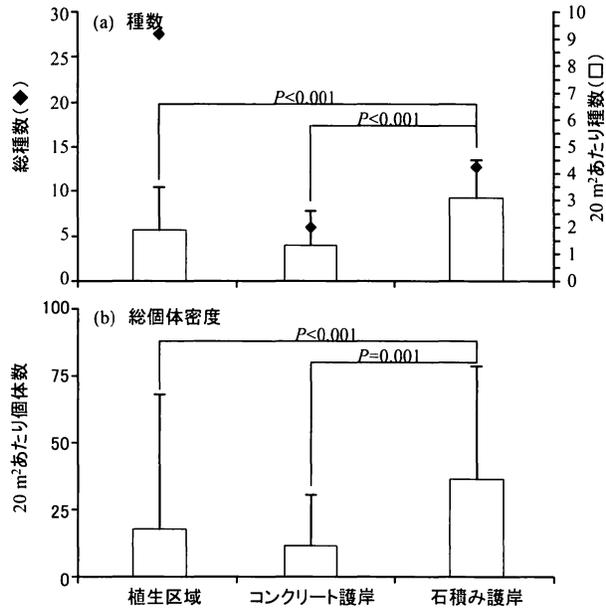


図13 各ハビタットに設置したトランセクト内に出現した魚類の種数(a)および総個体密度(b) 横線の上の数値はpost-hoc Games-Howell testの結果を示す。縦線は標準偏差。

表4 潜水観察により記録された魚種と出現個体の全長範囲 (mm)

科名	種名(コード*)	植生区域	コンクリート護岸	石積み護岸
アカエイ科	アカエイ	300		
ウナギ科	ウナギ	350 **		
ニシン科	サツバ	71-100		
	コノシロ	71-100		
アユ科	アユ	41-60		41-60
シラウオ科	シラウオ(1)	21-40		
コイ科	ウグイ	71-80 **		71-80
カダヤシ科	メダカ	26-45 **		
	カダヤシ	26-45 **		
ヨウジウオ科	ヨウジウオ	121-300		
	タツノオトシゴ	41-70		
	サンゴタツ	41-60 **		
ボラ科	メナダ	411-600		411-600
	ボラ(2)	31-600	31-600	31-600
	セスジボラ(3)	81-160		81-160
	コボラ	81-140		81-140
カジカ科	カジカ科sp	21-30 **		
スズキ科	スズキ	91-600		
コチ科	マゴチ	71-80		
ヒイラギ科	ヒイラギ	31-40		
シマイサキ科	シマイサキ	51-60		
ハゼ科	<i>Acentrogobius</i> sp.	41-50		
	ヒメハゼ	41-60		
	チチブ類(4)	16-70	16-100	16-100
	シマハゼ類(5)	16-70	16-120	16-120
	ウロハゼ	51-60		
	ピリンゴ(6)	41-60	41-60	41-60
	ニクハゼ	41-60	41-60	41-60
	ウキゴリ	41-60		41-60
マハゼ(7)	31-130	61-130	61-130	
アシシロハゼ	41-60			
イソギンボ科	トサカギンボ	41-60		41-60
フグ科	クサフグ	21-30		
種不明	種不明稚魚	6-10		6-10

空欄は観察されなかったことを意味する。

\*図14で用いたコード番号。

\*\*トランセクト外に出現。

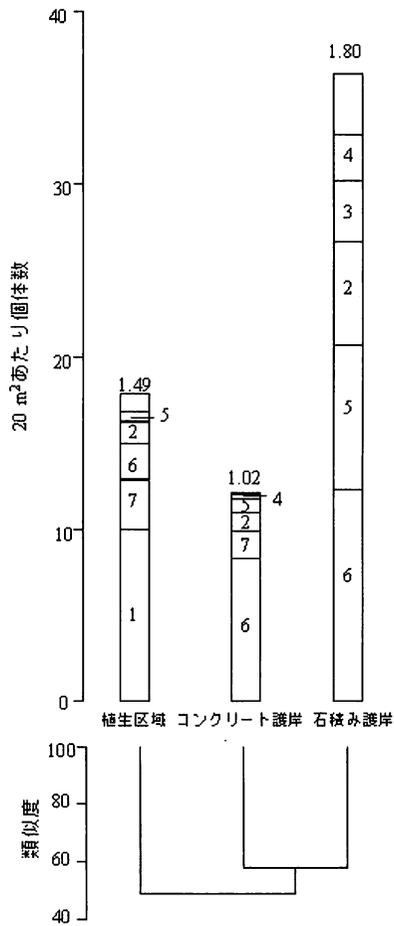


図14 各ハビタットに出現した各種の個体密度をもとに行ったクラスター分析によって得られた樹状図(下)および各ハビタットに出現した各種の平均個体密度(上) 上図において、各ハビタットにおける上位5種(コードは表4を参照)までを個別に示し、残りの種はまとめた(空欄)。各棒の上の数値は Shannon-Wiener species diversity indexを示す。

意差がみられ(石積み護岸vs植生区域:種数、 $P<0.001$ 、個体密度、 $P<0.001$ ；石積み護岸vsコンクリート護岸:種数、 $P<0.001$ 、個体密度、 $P=0.001$ )、石積み護岸で多くなっていた(図13)。

魚類群集構造の構造にはハビタット間で顕著な違いがあった(MANOVA、Lawley-Hotelling trace=2.08、 $P<0.001$ )。各ハビタットにおける優占種は、個体密度の高い順に、植生区域ではシラウオ、マハゼ、

ビリンゴ、ボラ、シマハゼ類、コンクリート護岸ではビリンゴ、マハゼ、ボラ、シマハゼ類、チチブ類、石積み護岸ではビリンゴ、シマハゼ類、ボラ、セスジボラ、チチブ類であった。これらの優占種のうち、シラウオ、チチブ類、シマハゼ類の個体密度にはいくつかのハビタットの組み合わせで有意差がみられた(表5参照)。すなわち、植生区域の最優占種であるシラウオはこのハビタットの

みに出現していた。チチブ類およびシマハゼ類の個体密度は、石積み護岸で他の2つのハビタットよりも多くなっていた(表5および図14)。これら以外のハビタットの組み合わせでは有意差は検出されなかった。

多様度指数(H')は石積み護岸で1.80と最も高く、次いで植生区域が1.49となっていた(図14)。コンクリート護岸は指数の値が1.49と最も低かった。

各種の個体密度をもとに行ったクラスター分析で前述のMANOVAの結果を支持する結果が得られた(図14下)。すなわち、植生区域、コンクリート護岸、石積み護岸では、生息する魚類群集の構造があまり似ていないことがわかった。

#### (4) 考察

調査を行った植生区域の平均種数あるいは多様度指数は石積み護岸よりも低い値をとっていたが、総種数では、植生区域はコンクリート護岸や石積み護岸よりも2倍以上多く、非常に種多様性に富んだ場所であることがわかった。また、植生区域に出現した魚類の多くは稚魚期の個体も含む小型魚であった。特に、このハビタットの最優占種のシラウオでは、出現個体のほとんどが体の小さな稚魚(写真1)であったため、植生区域を稚魚期の成育場として利用している可能性が示唆された。

表5 優占7魚種の個体密度を各ハビタットの組み合わせで比較したpost hoc Games-Howell testの結果

	P		
	ハビタットの組み合わせ		
	植生区域	コンクリート護岸	
	コンクリート護岸	石積み護岸	石積み護岸
シラウオ	0.038	0.038	*
ボラ	0.892	0.587	0.464
セスジボラ	0.579	0.644	0.587
チチブ類	0.314	0.002	0.022
シマハゼ類	0.833	<0.001	<0.001
ピリンゴ	0.267	0.120	0.914
マハゼ	0.329	0.893	0.632

\*コンクリート護岸および石積み護岸には出現しなかった。

観察された種のうち20種は植生区域でのみ記録されたことから、これらは植生区域に依存している魚類であると考えられた。特に、中海・宍道湖における水産上重要種のシラウオの稚魚はコンクリート護岸あるいは石積み護岸の近くには出現しなかったことから、稚魚期には植生区域に大きく依存していると考えられた。また、これらの種の多くは大橋川の流心で行っている曳網調査ではほとんど採集されず、採集された場合でもその個体密度は植生区域で観察された値よりも顕著に低くなっていたことから(堀之内ら、未発表データ)、大橋川の岸辺付近の浅い水域に存在する植生区域を好んで分布しているものと思われた。

石積み護岸では、魚類の総個体密度は植生区域よりも多かった。そのため、植生区域を破壊しても、石積み護岸に改修した場合には、魚類の総個体密度自体は大きく減少しない可能性はある。しかし、MANOVAあるいはクラスター分析の結果からも明らかのように、植生区域と石積み護岸とでは群集構造は大きく異なるため、改修に伴い、群集構造は大きく変化すると思われた。

従って、大橋川改修によって大橋川の岸辺付近の浅い水域に存在する植生区域が破壊され、コンクリート護岸あるいは石積み護岸に改修されると、魚類群集構造が改変されて種多様性の低下がおけると考えられた。また、水産上重要種も含む様々な種の稚魚期の成育場が消滅するため、それらの種では他のハビタットに生息している成魚個体群の個体密度が低下し、中海・宍道湖全体の生物多様性や水産業に悪影響が及ぶと予想された。

## 5. 大橋川におけるホトトギスガイが堆積作用に与える影響

### (1) はじめに

大橋川は、宍道湖と中海を結ぶ汽水河川である。大橋川の河川水は、宍道湖から流出する低塩分の宍道湖表層水と中海から遡上する中塩分の中海表層水や高塩分の中海底層水により構成されており、それらの移流のバランスによって複雑な水質環境を示している。中海表層水の影響の強い大橋川河口部

では、ホトトギスガイがマット状に分布していることが知られている。大橋川河口部は、河川流および中海の波浪の作用により、比較的高いエネルギー状態を示していると思われる。本研究では、そのような水理環境においてホトトギスガイが生息することによって堆積作用にどのような影響が与えられるのかを明らかにすることを目的としている。

## (2) 調査地概要

大橋川河口部は、15psu前後の宍道湖表層水、20psu前後の中海表層水、25psuを越える中海底層水の影響を受けている。宍道湖表層水は、下げ潮流の時に影響が強く、中海底層水は、東風が強いときに影響が表れる傾向にある。

底質は、貝殻の化石(シラトリガイ・カニモリガイ・サルボウガイなど)を含む粗粒堆積物が表層を覆い、その下にややしまった細粒堆積物が見られる。それらを覆う形で、ホトトギスガイがマット状に覆っている。

## (3) 調査方法

調査地点は、大橋川河口部中海大橋下橋脚付近(Site A: 35°27.122'E, 133°7.528'N)である。調査は、4月からほぼ1月間隔で行った。湖底の観察およびサンプリングは、スキューバダイビングで行った。観察およびサンプリングの水深は2~3mである。ホトトギスガイの定量サンプリングは、直径6cmのショートコアパイプをホトトギスガイマットに差し込んで行った(写真2-3)。また、堆積物試料は、板状の亚克力パイプでサンプリングを行い(写真3-5、6)、研究室に持ち帰った後、半割し、記載を行った。

## (4) 観察結果

### 1) 4月30日

この時点でホトトギスガイ(*Musculista senhousia*)は、調査水域の底質のほとんどを覆い、マットを形成していた(写真2-1)。ホトトギスガイマットの下を掘削するとすぐに灰色の貝殻を含む粗粒砂が露出した(写真2-2)。また、粗粒砂とホトトギスガイマットの間には黒色の泥質層がみられた。

### 2) 6月3日

ホトトギスガイマットは、マウンド状に盛り上が

り、マウンドの最頂部から放射状に配列しているのが観察された(写真2-5)。また、ムラサキイガイ(*Mytilus galloprovincialis*)の加入が認められた。ムラサキイガイは、深くなるにつれて多くみられる傾向にある(写真2-5)。

### 3) 7月18日

ホトトギスガイマットは、マウンド状に盛り上がっている(写真3-1)。また、ムラサキイガイも同様にみられる。ホトトギスガイマットの下を掘削すると数cm下に灰色の貝殻を含む粗粒砂が露出した(写真3-2)。また、粗粒砂とホトトギスガイマットの間にみられる黒色の泥質層は、4月30日の観測時よりも厚くなっている。

### 4) 8月2日

ホトトギスガイマットは、マウンド状に盛り上がっており(写真3-3)、河床には凹凸がみられる(写真3-4)。ムラサキイガイはあまりみられなくなった。また、河床には、流向に沿って筋状に貝殻を含む粗粒砂が露出していた。

### 5) 9月19日

ホトトギスガイマットは、ややマウンド状に盛り上がっているが、これまでよりは顕著ではない(写真4-1、2)。ホトトギスガイの間隙は泥質堆積物が覆っているようにみられる。また、ムラサキイガイはほとんどみられなくなった。河床には凹部には、多くのホトトギスガイの遺骸が観察された(写真4-3)。河床にみられた筋状の貝殻を含む粗粒砂の露出部は先月の観測と同様に観測された。

### 6) 10月11日

ホトトギスガイマットは、平坦状になり、マウンド状の産状はみられなかった(写真4-4)。ホトトギスガイマットの下を掘削すると5cm下に黒色に変色した貝殻を含む粗粒砂が露出した(写真4-5)。また、粗粒砂とホトトギスガイマットの間にみられる黒色の泥質層は、7月18日の観測時よりもさらに厚くなっている。河床にみられた筋状の貝殻を含む粗粒砂の露出部は先月の観測と同様に観測された。

## (5) ホトトギスガイの定量結果

大橋川河口域(Site A)におけるホトトギスガイマットの定量試料の分析結果は、図15に示した。ホト

トギスガイマットの貝類群集では、ほとんどホトトギスガイで構成される。4月末のサンプリングでは、ヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) がわずかながら含まれているが、それ以降は全く産出していない。ムラサキガイは、6月上旬～7月まで多少含まれている。しかし、8月以降は全く産出していない。100cm<sup>2</sup>当りの重量に換算したホトトギスガイの総重量は、4月末と7月中旬では30～35gの比較的低い値を示すものの、それ以外は40～45gでほぼ一定である。一方、100cm<sup>2</sup>当りの個体数は、4月から10月にかけて減少傾向にある。4月末には、約1000個体/100cm<sup>2</sup>あったものが、10月には約250個体/100cm<sup>2</sup>まで減少している。7月末から8月上旬の間は、わずかながら増加している。ホトトギスガイの平均殻長は、4月から10月にかけて増加傾向にあり、100cm<sup>2</sup>当りの個

体数と対照的である。

#### (6) ホトトギスガイマットの下の堆積物

ここでは、4月30日と10月11日に採取した070430A-Muコアと071011A-Muコアについて記載を行う。これら2つのコアはほぼ同地点でコアリングを行っている。

070430A-Muコアは、コア長6.5cmのショートコアである(図16)。表層から約8mmまではホトトギスガイマットで、その間隙はホトトギスガイの足糸と泥質堆積物で構成されている。その下位には、厚さ約10mmの黒色の泥質堆積物がみられる。さらにその下位では、厚さ1.5cm程度の灰色の貝殻片を含む粗粒砂がみられる。この堆積物は、ホトトギスガイマットがみられない河床の堆積物と同様である。それより下位では、ややしまった細粒砂～泥質砂で構成

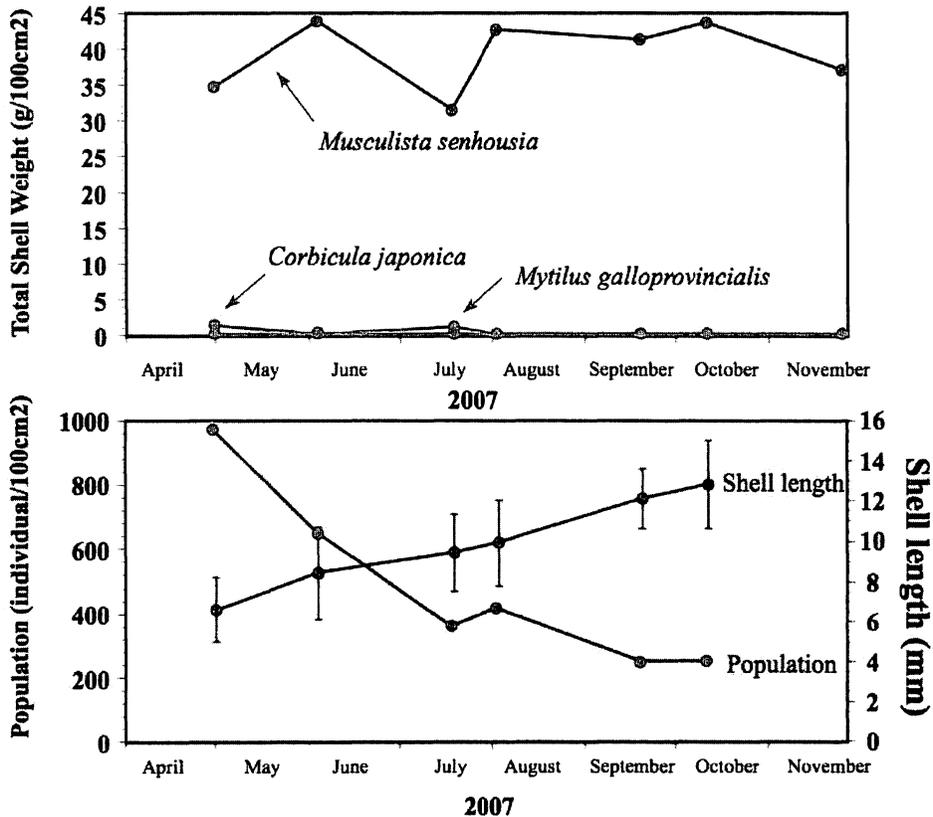


図15 大橋川河口域 (Site A) における定量試料の解析結果

されている。

071011A-Muコアは、コア長6cmのショートコアである(図17)。表層には070430A-Muコアより成長したホトトギスガイのマットがみられる。その下位には、厚さ4cmの黒色の泥質堆積物がみられる。さらにその下位では、黒色の貝殻片を含む粗粒砂がみられる。この堆積物は、黒色を示すが、ホトトギスガイマットがみられない河床の堆積物と同様である。

### (7) 考察

ホトトギスガイは、4月末にはマットを形成している。4月初旬の個体は、比較的小さく、また、サイズのばらつきが少ないことから、3月~4月初旬に河床に着底し、成長を始めたものと思われる。少なくとも大きな個体はみられないことから、昨年成長した個体はないものと思われる。これは、この場所では冬の間に全滅し、一度はマットがはがれたことを示唆するものである。

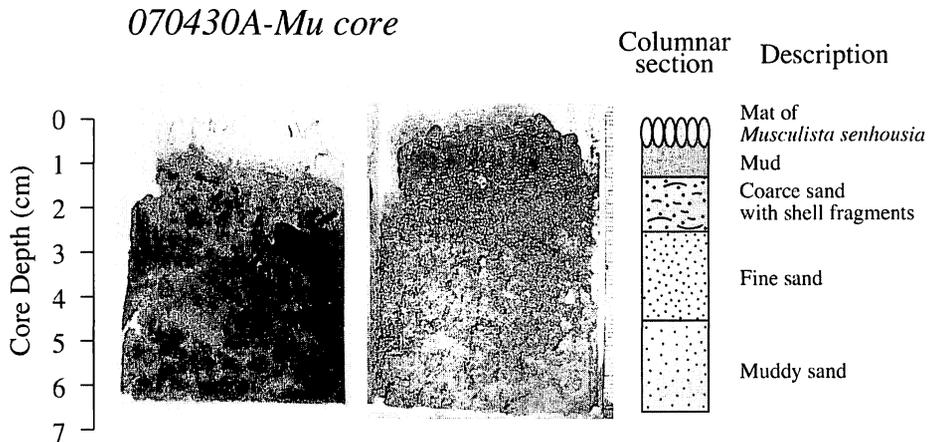


図16 070430A-Muコアの記載

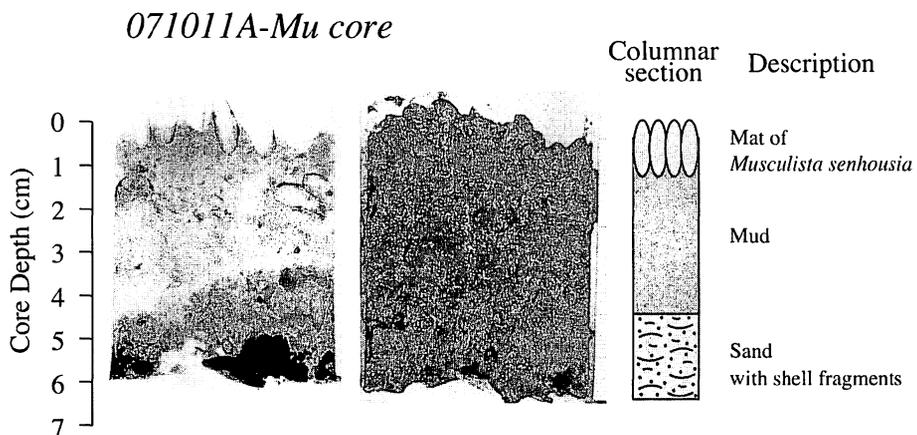


図17 071011A-Muコアの記載

ホトトギスガイは、成長とともに単位面積当りの個体数は、減少している。これはもともとほぼ最密の状態で生息しているので、1個体当りの占有面積が増えれば、当然単位面積当りの個体数は減少するはずである。それに対応して生息面積も増えるはずであるが、河床には増える面積には限界があるため、マウンド状の形態をとることによって解消されている。7月中旬には一度総重量および単位面積当たりの個体数が減少している。これは、ムラサキガイの加入により、生息域が圧迫され、いくつかの個体は死亡などによって排除された可能性がある。ムラサキガイの加入は、数10cmレベルの水深の違いで加入量が異なり、深いほど多く加入している傾向にある。この加入は、春期に塩分が高くなることに起因していると思われ、深いほど高塩分の影響を受けやすいため、そのような分布形態を示しているものと思われる。その後、ムラサキガイはあまりみられなくなる。これは、梅雨の時期に大橋川が低塩分化したため、多くのムラサキガイが死亡したものと考えられる。その間隙を埋めるように新規にホトトギスガイが加入し、8月初旬には個体数が若干増えたのであろう。9月、10月の観察では、ホトトギスガイが成長し、単位面積当りの個体数が減少しているにも関わらず、マウンド状の産状が解消され、10月にはほぼ平面状の産状を示している。また、9月にはホトトギスガイの多くの個体が死亡し、遺骸が凹部に堆積しているのが観察されている。これは、8月～9月の間に多くのホトトギスガイが死亡し、マットから排除されたことが示唆される。ホトトギスガイの死亡の要因としては、梅雨の低塩分化の影響、夏の高温の影響、あるいは貧酸素水塊の遡上などが考えられる。

ホトトギスガイマットの下位の堆積物は、黒色の泥質堆積物である。それより下位の堆積物は、貝殻片を多く含む粗粒堆積物である。この粗粒堆積物は、河床に露出している表層堆積物と同様な特徴を持つ。この堆積物は、時代は不明であるが過去に堆積したものが、高いエネルギー条件により、細かな粒子が排除され、粗い粒子が残った残留堆積物である。これは本来ホトトギスガイがマットを形成しなけ

れば、この堆積物が一面を覆うものと思われる。ホトトギスガイマットの存在することにより、その下位の黒色の泥質堆積物が堆積しているものと思われる。4月末サンプリングした結果では、その黒色層の厚さはわずか1cmであったが、10月のサンプリングでは、厚さが4cmにも及んでいる。この堆積物は性質がまだ十分に解析されていないが、おそらく、ホトトギスガイの排泄物、疑糞などによって堆積したものである。この堆積物は極めて軟弱で、押すことによって容易にへこんでしまう。この堆積物が厚くなることによってホトトギスガイマットを保持する能力が減少し、はがれやすくなるものと思われる。このような状態で波浪の強い冬期を迎えると、マットははがされ、流されて、もとの粗粒堆積物が露出するものと思われる。これまでのところ、冬期の調査では透明度が低く、流れが速いことが多いため、十分に観測されていない。冬の状況を観察するのは、今後の課題である。

## 6. ヤマトシジミ代謝産物による大橋川の水環境評価

### (1) 目的

これまでの湖水や河川環境の評価は、計測器や分析器などを用いた化学的観測と生息生物分布調査などの生物学的観測に依存していた。本研究では生化学的観点に立脚し、湖沼や河川に生息するヤマトシジミ中の各種代謝産物が生息環境の変化（特に、貧酸素や無酸素など）に対応して変動することを利用し、ヤマトシジミの代謝産物がその活きの判定指標（健康評価指標）ならびにヤマトシジミが経験した生息環境、すなわち大橋川の環境や底質環境などの水環境評価の判定指標（河川環境評価指標）として有効か否かについて検討することを目的とした。

### (2) 方法

2007年4月から9月まで月一回大橋川の観測点（宍道湖と中海の中間地点O-3）において深度別にヤマトシジミを採集した。ヤマトシジミは船上にて直ちに体液を採液し、有機酸を分析するための試料とした。また、水深別生息環境の水質（溶存酸素、塩分濃度、水温など）も測定した。

表6 大橋川観測点のヤマトシジミの健康度と大橋川の水質評価

O-3	4月15日	5月15日	6月13日	7月18日	8月18日	9月16日
1m	A	A	A	A	A	B
3m	A	B	A	A	A	C
5m	A	B	B	A	A	C

ヤマトシジミの健康度と大橋川水質評価

A: 良好	B: やや良	C: やや不良	D: 不良	E: 不明
-------	--------	---------	-------	-------

(3) 結果

ヤマトシジミ外套腔液中の有機酸濃度から判断したヤマトシジミの健康度と大橋川の水質評価結果を表6に示した。観測地点のヤマトシジミの健康度および水質評価は9月の調査において水深3m以下でやや不良であった。それ以外の調査ではA(良好)またはB(やや良)の評価でヤマトシジミの生息に重大な影響を及ぼす環境ではなかったと判断される。

水質データから5月、6月および8月に20psuを超える塩分であった。特に5月の水深5m地点では26psuとほぼ海水に近い状況であった。しかし、ヤマトシジミの健康度は良好と判断され、塩分ストレスを感じていないと判断された。また、8月と9月の水質データでは水深3m以深で溶存酸素3mg以下、水温28～30℃の条件で貧酸素環境であったが、8月のヤマトシジミの健康度は良好であった。一方、9月のものは健康度などがやや不良であることから、貧酸素状態以外の生存に影響する環境(例えば、硫化水素など)が出現したと推測された。

ヤマトシジミ健康状態をコハク酸濃度から評価すると、健康状態は良好と判断された。また、大橋川調査地点の水環境はそこに生息しているヤマトシジミにほとんどストレスを与えないことから、9月の調査を除き良好な水環境であったと判断された。

謝辞

島根県水産技術センター内水面浅海部の松江大橋地点における塩分のデータを用いた。試料の選別などの作業は宍道湖漁業協同組合の施設を利用した。また、剣先川の水位塩分計の設置には宍道湖漁業協同組合の協力を得た。底生生物種の同定の一部は木村妙子さんと田中秀典さんに教示いただいた。サンプリング、選別、サイズ計測、データ入力を次の方たちに手伝っていただいた(敬称略、順不同)。東井啓、中村建作、國井加代子、小倉加代子、佐藤木郎、川上豪、中野篤子、中野秋鹿、錦織はるき、佐藤自由、曾我明子、桑原成美、岡田千恵、Mohit Chhetri、辻幸佑、藤井千里、尾崎志帆、吉田洋子、福原千晴。皆様に厚くお礼申し上げます。

## 参考文献

- 中国地方整備局・島根県・松江市. 2004. 大橋川改修の具体的内容.
- 中国地方整備局出雲河川事務所. 2006a. 大橋川改修事業環境調査計画書(案).
- 中国地方整備局出雲河川事務所. 2006b. 平成18年7月豪雨による斐伊川・神戸川流域の被害概要等速報.
- 藤井智康・長縄眞吾. 1995. 汽水湖における水位変動に関する近似解法. *Jpn. J. Limnol.*, 56: 303-307.
- Fujii T. 1998. Relationship between internal oscillation and movement of anoxic water in a connected brackish water region - Lake Nakaumi and the Ohashi River. *Jpn. J. Limnol.*, 59: 1-12.
- 福岡捷二・黒川岳司・上原浩・三浦心・船橋昇治. 2002. 低気圧および台風の移動形態の違いが汽水湖の流動・水質場に与える影響. *土木学会論文集*, 712/II-60: 137-150.
- 福岡捷二・岡村誠司・松下智美・船橋昇治. 2003. 気象変化に伴う中海-大橋川-宍道湖の水位変動. *水工学論文集*, 47: 1219-1224.
- 福岡捷二・松下智美・岡村誠司・今井修平・船橋昇治. 2004. 汽水湖に流入する塩水の流動特性. *水工学論文集*, 48: 1405-1410.
- 平塚純一・山室真澄・森脇晋平・石飛裕. 2006. 大正末期から昭和初期に行われた大橋川拡幅以前の宍道湖の塩分. *水環境学会誌*, 29: 541-546.
- Ishitobi Y., Kamiya H. & Itogawa H. 1993. Tidal, meteorological and hydrological effects on the water level variation in a lagoon, Lake Shinji. *Jpn. J. Limnol.*, 54: 69-79.
- Ishitobi Y., Kamiya H., Yokoyama K., Kumagai M. & Okuda S. 1999. Physical condition of saline water intrusion into a coastal lagoon, Lake Shinji, Japan. *Jpn. J. Limnol.*, 60: 439-452.
- 倉田健悟・平塚純一. 2006. 島根県大橋川におけるヤマトシジミとホトトギスガイの個体群動態. 2006年日本プランクトン学会・日本ベントス学会合同大会. 広島県立産業技術交流センター(2006年9月30日).
- 倉田健悟・平塚純一. 2007. 大橋川におけるヤマトシジミとホトトギスガイの個体群動態—2006年夏の出水の影響. 平成19年度生物系三学会中国四国支部大会鳥取大会. 鳥取大学工学部(2007年5月20日).
- 倉田健悟・戸田顕史・平塚純一. 2007. 島根県大橋川における出水前後の底生生物群集の変化. 2007年日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会. 横浜市立大学(2007年9月24日).
- 倉田健悟. 2007. 島根県大橋川における水位上昇の事例について. *LAGUNA(汽水域研究)*, 14: 33-46.
- 森脇晋平・藤井智康・福井克也. 2003. 大橋川における高塩分水塊の遡上現象. *LAGUNA(汽水域研究)*, 10: 35-45.
- 野村律夫・遠藤公史. 1998. 汽水域における人的改造と有孔虫群集の変化—その5 Ammonia eventの提唱と2005年の宍道湖—. *LAGUNA(汽水域研究)*, 5: 15-26.
- 野村律夫・吉川敬吾. 1995. 湖水環境の人為的改造と底生有孔虫の群集変化: その2 宍道湖の中央1測線の結果. *島根大学教育学部紀要*, 29: 31-43.
- 大塚泰介・辻彰洋. 1999. 中海本庄水域の植物表生珪藻 I. 宿主植物による種組成の違い. *LAGUNA(汽水域研究)*, 6: 129-143.
- 瀬戸浩二・中武誠・佐藤高晴・香月興太. 2006. 斐伊川の東流イベントとそれが及ぼす堆積環境への影響. *第四紀研究*, 45: 375-390.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・上野博芳・西村清和・須崎聰・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教. 2001. 大橋川における高塩分水塊の動態観測(1999年秋). *LAGUNA(汽水域研究)*, 8: 79-90.
- 徳岡隆夫・上野博芳・三瓶良和・西村清和・須崎聰・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教. 2002. 大橋川～宍道湖における高塩分水塊の動態観測(2000年夏). *LAGUNA(汽水域研究)*, 9: 83-93.

Ohashi River is a brackish river of about 7.6 km length, connecting Lakes Shinji and Nakaumi in Shimane Prefecture. Project plan of widening the river and dredging the river bed is now proceeded for flood control. In this study, we investigated distribution and population dynamics of the two dominant bivalve species *Corbicula japonica* and *Musculista senhousia* for a long time and discussed their relationships with the dynamics of saline water. Field survey was conducted monthly at the stations in the rivers from upstream to downstream of Ohashi River and Kensaki River, which flows parallel to Ohashi River, from November 2005 to August 2007.

From the results of biological data analysis, distribution and population dynamics of the two dominant species were elucidated. Degree of incoming saline water into Kensaki River was less than into Ohashi River. The biomass of *C. japonica* was larger and that of *M. senhousia* was smaller in Kensaki River. It is suggested that the distribution of the two species is closely related with the dynamics of saline water. The river section proposed in the river repair project has the dredged river beds, especially dredged largely in Kensaki River, where shallow water depth of the river beds are prevailing. If saline water more frequently reaches along the river to the upstream, the distribution and population dynamics of *C. japonica* and *M. senhousia* may change from the present status.

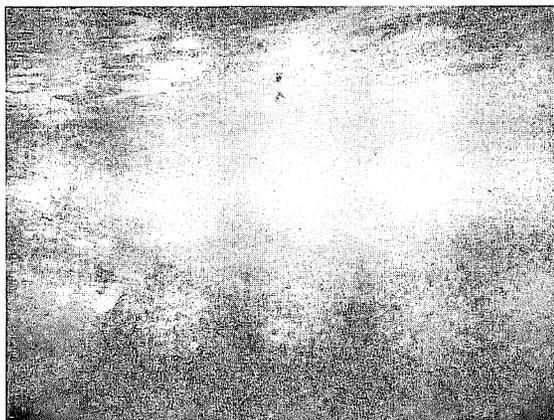


写真1 大橋川下流の植生区域で観察されたシラウオ稚魚の群れ

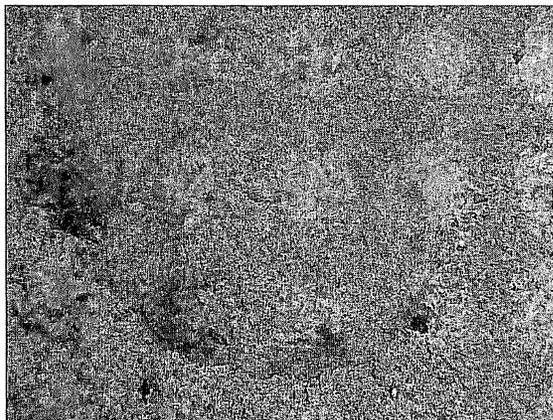


写真2-3 ホトトギスガイマットの定量試料の採取  
(2007年4月30日)

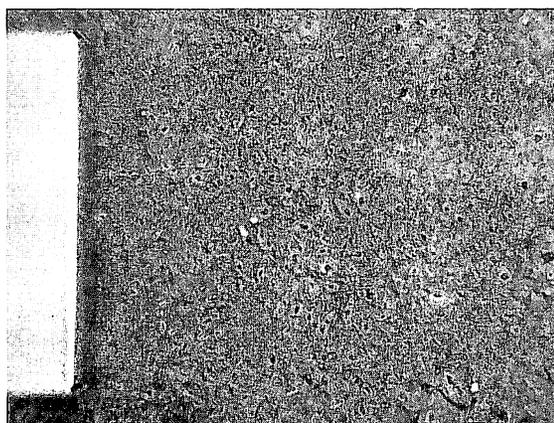


写真2-1 ホトトギスガイマット (2007年4月30日)

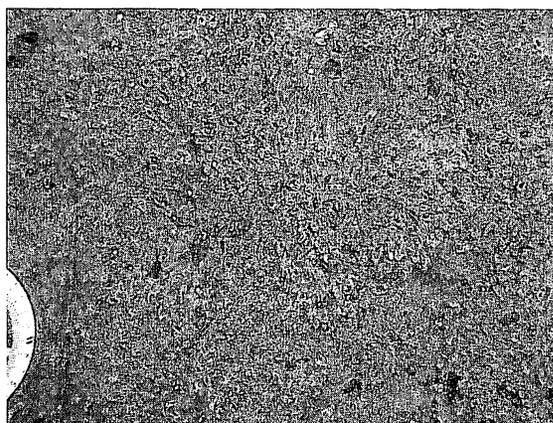


写真2-4 ホトトギスガイマット (2007年6月3日)

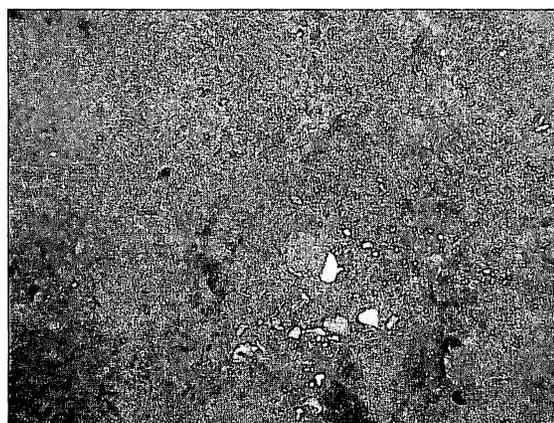


写真2-2 ホトトギスガイマットの下の堆積物  
(2007年4月30日)

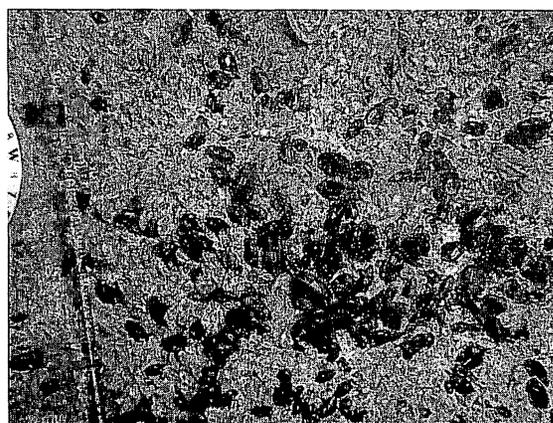


写真2-5 ホトトギスガイマットにムラサキイガイ  
が加入 (2007年6月3日)

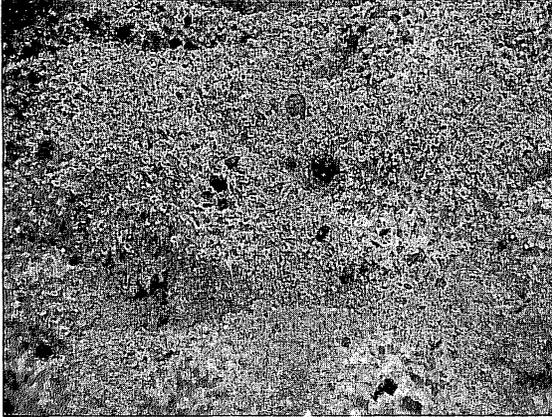


写真2-6 ホトトギスガイマットのマウンド  
(2007年6月3日)

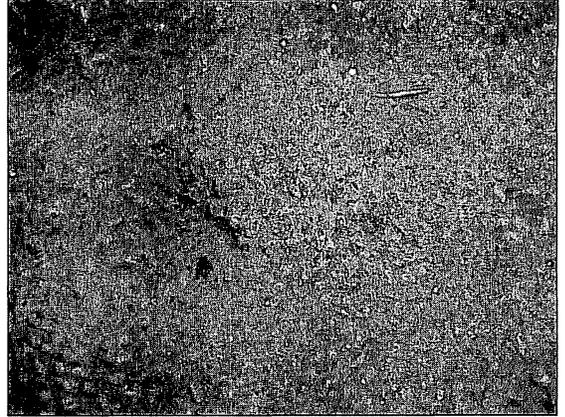


写真3-3 ホトトギスガイマット (2007年8月2日)

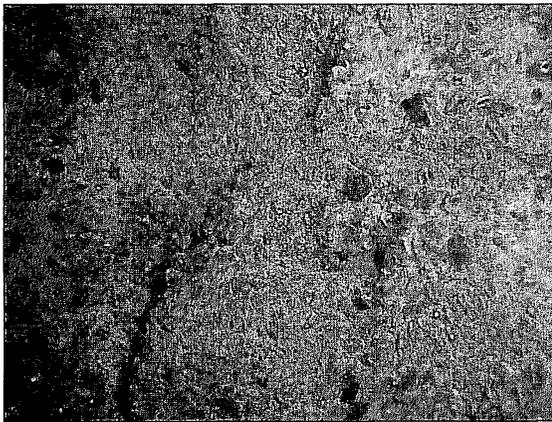


写真3-1 ホトトギスガイマット (2007年7月18日)

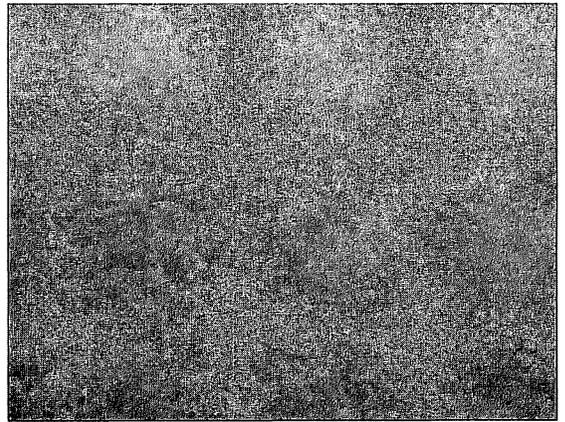


写真3-4 ホトトギスガイマットのマウンド  
(2007年8月2日)

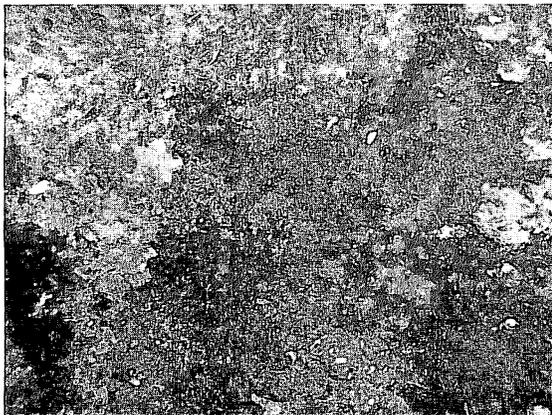


写真3-2 ホトトギスガイマットの下の堆積物  
(2007年7月18日)



写真3-5 ホトトギスガイマットでない底質のショートコアの採取 (2007年8月2日)

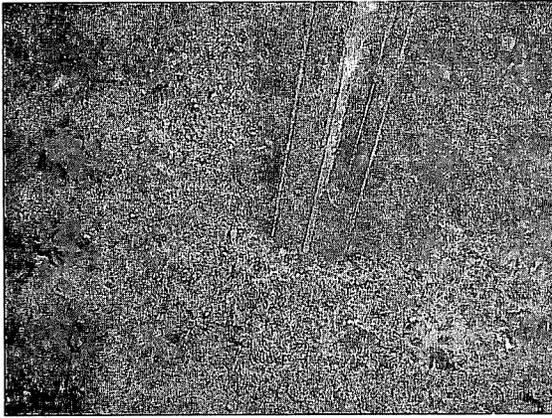


写真3-6 ホトトギスガイマットの底質のショートコアの採取 (2007年8月2日)



写真4-3 ホトトギスガイマットの遺骸 (2007年9月19日)

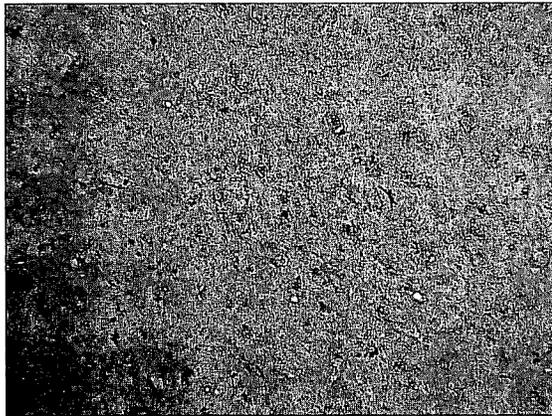


写真4-1 ホトトギスガイマット (2007年9月19日)

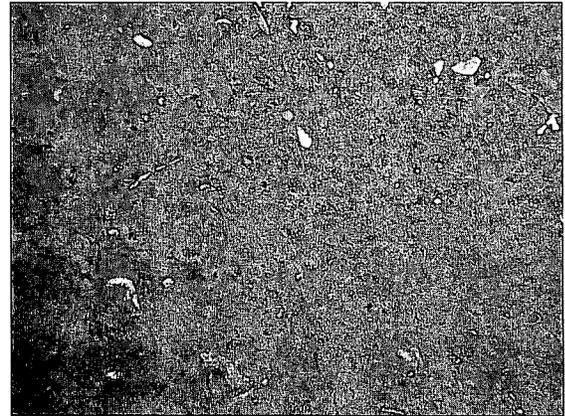


写真4-4 ホトトギスガイマット (2007年10月11日)

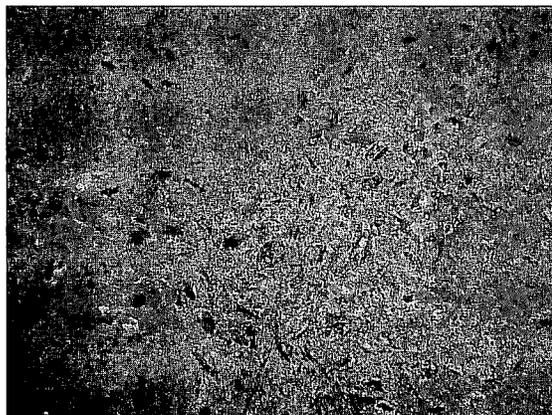


写真4-2 ホトトギスガイマットのマウンド (2007年9月19日)

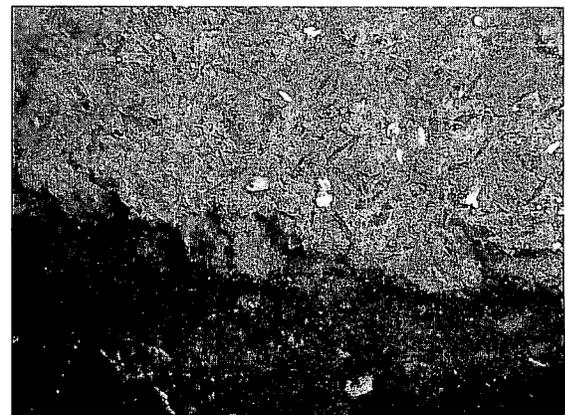


写真4-5 ホトトギスガイマットの下の堆積物 (2007年10月11日)

## 風力発電事業における希少猛禽類の影響調査

猛禽類医学研究所 風力発電調査チーム  
齊藤 慶輔・渡辺 有希子

### Wind turbine effects on raptors activity and habitat use in Hokkaido

Institute for Raptor Biomedicine Japan  
Keisuke Saito and Yukiko Watanabe

風力発電は自然エネルギーとして注目される一方、衝突事故や渡りルート、生息地の改変といった鳥類への影響が懸念されている。北海道は希少猛禽類であるオオワシ、オジロワシが越冬のため多数飛来するが、これまで報告されたオジロワシのバードストライクは計9例に上る。風力発電施設における影響を調べるため、ワシ類の風車の接近様式を記録し、立体的なメッシュ解析を行った。風車直近の危険区域内に進入するオオワシ・オジロワシは約6%にのぼり、風車の回転の有無による差異は見られなかった。さらに風車の前方の左右の領域を高頻度に飛翔する傾向が明らかとなった。

風車発電施設内の見回りを行ったが、死体は確認できなかった。積雪による埋没や他動物による死体の持ち去りがあるため、見回りの頻度や時間に再考が必要である。北海道内では今後も風力発電施設の建設が計画されることから越冬状況の調査を行い、ワシ類への配慮が必要と思われる地域を整理した。

#### 1. 北海道内の風力発電施設におけるワシ類の行動および被害実態調査

##### (1) 目的

温室効果ガスの排出が少ないことや再生可能エネルギーへの期待を追い風に、風力発電施設は全国各地で次々と建設されている。以前より猛禽類が回転する発電用風車に衝突する事故(以下:バードストライク)が世界各地で頻発しており、本邦においてもその発生が懸念されていた。北海道は渡り鳥にとって越冬・繁殖の地であるだけでなく、ユーラシア大陸や極東の島々と本州を繋ぐ中継地でもある。すなわち日本全国から集まった鳥が北海道の沿岸部よりサハリンやシベリアへ渡る(またはその逆)。気流の発生しやすい渡りの「要所」は、風力発電にとっても好適地であるため、野鳥の保護を考える上で風力発電施設と鳥との軋轢は重大な問題である。

北海道には、希少猛禽類であるオオワシ *Haliaeetus pelagicus* やオジロワシ *Haliaeetus albicilla* が、越冬のため毎年約1,500羽～2,500羽が飛来する。しかし近年、渡りの重要拠点である宗谷岬に国内最大規模の風力発電施設が建設された。さらに道内各所で複数の建設計画が進行中で、ワシ類との軋轢が懸念されている(図1)。道内では2004年から現在までの4年間に、判明しているだけでも9羽のオジロワシが風車に衝突して死亡しており、実際にはより多くの個体や種が被害にあっているものと推察される(図2、図3)。また、これまで記録されているオジロワシのバードストライクが全て死亡事故となっていることは、これら希少種の保護を考える上で無視することが出来ない深刻な問題であることを物語っている。

北海道におけるオジロワシのバードストライクは、2004年に3例、2005年に1例、2006年に2例、2007



図1 北海道の風力発電施設例(稚内市)



図3 発電用風車との衝突により死亡したオジロワシ

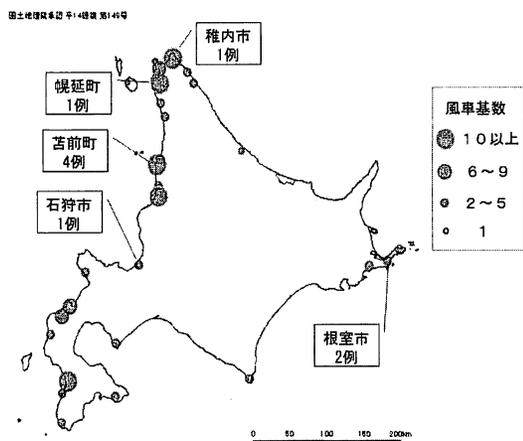


図2 北海道の風力発電施設とオジロワシの衝突事故状況

年に3例が発生している。地域別では道北での発生が6例(苫前町4、幌延町1、稚内市1)と最も多く、道東(根室市2)や道央(石狩市1)でも記録されている。このうち、同一施設(風車群)での発生は3箇所(苫前町2、根室市1)であり、いずれも隣接した風車での発生と推定されており、特定の場所で事故が繰り返されている傾向がある(表1)。また、道北および道東の発生箇所はオジロワシやオオワシの重要な渡りのルート上にあるとともに、季節によっては個体が餌を求めて集中する大規模な越冬地に近接している。衝突事故は12月から翌年6月にかけて発生しており(発生日時がほぼ特定されている事例)、発生の頻度に天候による差は認められなかった。また、被害個体は亜

成鳥(2~3歳齢)が6羽と最も多く、幼鳥(2羽)や成鳥(1羽)でも発生している。このことから、道内を越冬地として利用している個体群のみならず、繁殖地としているワシも被害にあう可能性が示唆された(齊藤ほか 2007)。

風力発電の問題点は衝突の危険性のみならず、建設および事業活動による生息域の損失、渡りルートの障壁形成、生活圏(たとえばねぐらと採食域)の分断、などもあげられる。北海道は希少猛禽類であるオジロワシ、オオワシが冬季に越冬のため多数飛来し、個体群保全のためには欠かせない重要な地域である。しかしワシ類の渡りや越冬地における生態に関する知見は乏しく、風力発電事業も法アセスが整備されない中、鳥類における影響評価についてはほとんど調査されていない。

本研究は、北海道内における既存の風力発電施設周辺において、特にオオワシとオジロワシの生態調査を行うことにより、衝突事故が発生している風力

表1 オジロワシの風車衝突事故発生状況

No.	発見年月日	事故発生地	性別	年齢
①	2004年2月5日	苫前町字豊浦	不明(性腺消失)	亜成鳥(2-3歳)
②	2004年3月15日	苫前町字豊浦	不明	幼鳥
③	2004年12月10日	根室市昆布盛	メス	亜成鳥(2歳)
④	2005年12月19日	石狩市新港	オス	亜成鳥(3-4歳)
⑤	2006年4月13日	苫前郡苫前市	メス	亜成鳥(2歳)
⑥	2006年6月8日	幌延町オトノルイ	不明(性腺消失)	亜成鳥(2歳)
⑦	2007年1月25日	苫前町字豊浦	不明(性腺消失)	幼鳥
⑧	2007年4月4日	稚内市宗谷岬	不明(性腺消失)	亜成鳥(2歳)
⑨	2007年4月28日	根室市昆布盛	不明(性腺消失)	成鳥

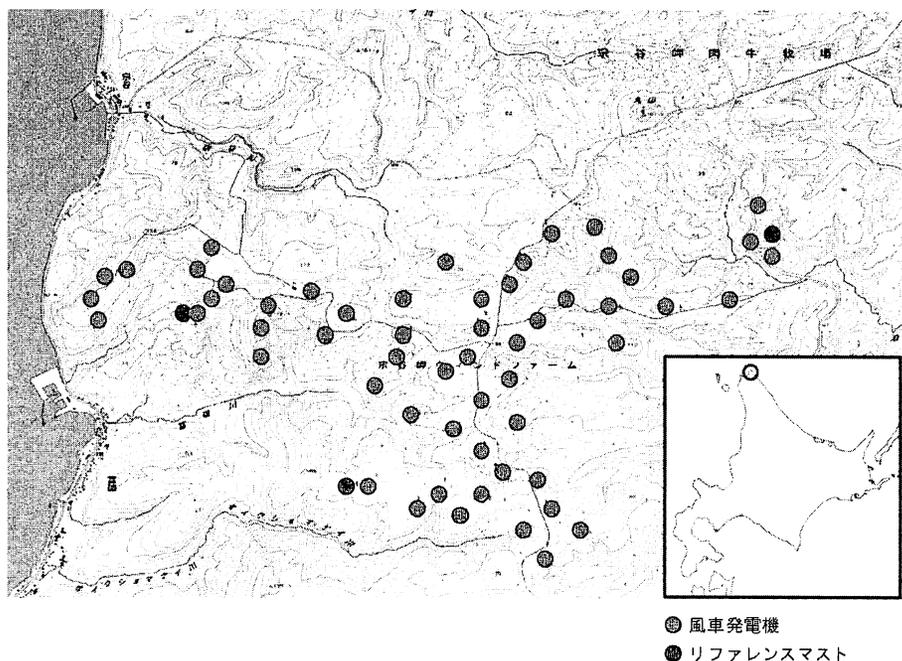


図4 稚内市宗谷岬ウィンドファームにおける風車位置図

発電施設およびその周辺地域におけるワシ類の行動や、風車群がワシの渡りルートや生息域に及ぼしている影響を明らかにすることを目的としている。

## (2) 方法

オオワシやオジロワシなどの渡り性希少猛禽類は、主にサハリンから宗谷海峡を経て北海道に渡来する。個体の多くは道北地方のサケ・マス遡上河川に数日から数週間滞在し、サケの死体などを採食しながら徐々に道東や道南の越冬地に移動する。北海道に存在する風力発電施設はワシ類の重要な渡りルートにあたる道北地方にも多数存在しているが、今回の調査においては特に施設の規模が大きく、北海道への渡りの玄関口となっている道北の稚内市宗谷岬や幌延町、また過去にオジロワシの衝突事故が複数回発生している苫前町の風力発電施設周辺を主な調査対象地とした。

調査の内容とその方法を以下に列挙する。

### 1) 鳥類の重要な渡りのルート上に位置する風力発電施設を対象にした大型猛禽類の生態調査

多様な鳥類の重要な渡りのルートとなっている稚内市宗谷岬に存在する、大規模な風力発電施設・

宗谷岬ウィンドファーム(ユーラスエナジー宗谷、出力1,000kWの風力発電機57機)において、定点観察によるオオワシ・オジロワシの生態調査を実施した(図4)。

調査は施設の沿岸部および内陸部を広く観察できる定点を複数設け、常に複数地点からの同時観察を行うことにより、施設内およびその周辺地域におけるワシ類の飛行軌跡および行動を記録した。確認された個体に関しては、種と数に加え、可能な限り羽衣による齢区分(成鳥、亜成鳥、幼鳥)を記録した。また、調査中の天候、気温、風速、湿度を記録するとともに、鳥が風車に近づいた際の時間や行動についても可能な限り詳しく記録するように心がけた。とくに鳥が風車に接近する様子を記録するため、風車のマストを起点にして、前後(奥行き)・左右・高さを風車の回転面積を基準にして各3つの区分に分け、これらの組み合わせによって構成された27個の立法メッシュを危険区域と定義し、この中を個体がどのように通過するのかを立体的に観察した(図5)。区分けは、奥行きを風車の後方(B)・同列(E)・前方(F)、左右は左(L)・中央(C)・右(R)、高さは低空(L)・中間(M)・高空(H)とし、それぞれの領域を期した記録用

紙に個体の飛翔軌跡を記録した。また、鳥の接近時における風車の動きや向き、風車周辺域における猛禽類の生活行動(採餌など)についてもあわせて記録した。

調査は2006年12月に3回、2007年1月に2回、同年2月に1回の計7回実施した(予備調査や同地域における猛禽類の分布調査日含まず)。また、調査時間は上昇気流が発生し、猛禽類の活動が活発となる午前9時から午後3時を基本とした。調査には8倍から10倍の双眼鏡と20倍の望遠鏡を用い、可能な限りワシ類に警戒心を与えない体制で観察するよう配慮した。

## 2) 事業期間中のバードストライクの状況確認および全道各地の風力発電施設内における衝突事故死体の捜索

北海道においては、希少猛禽類の傷病および死体が発見・回収された場合、環境省北海道地方環境事務所等へ届けられる。環境省の依頼により釧路湿原野生生物保護センターにて死亡個体の解剖を行い、その死因を推定した。そのうちバードストライクと推定された個体については、事業者への聞き取りや現地視察など発生状況の確認を行った。また風力発電施設内を車両または徒歩によって風車機周辺を見回り、死体の有無を調べた。

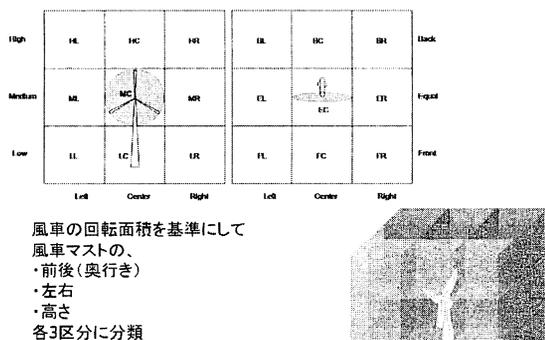


図5 発電用風車周辺における危険区域の定義と鳥類の行動記録用シート(左上)

風車の回転軸を基準にした立体的なメッシュに記録。

## (3) 結果

### 1) 鳥類の重要な渡りのルート上に位置する風力発電施設を対象にした大型猛禽類の生態調査

調査中の天候は曇りや晴れの日が多かったが、一時的に雪となり時に吹雪く日もあった。

期間中、宗谷岬ウインドファームおよびその周辺域において、オオワシ100回、オジロワシ170回の飛翔を確認した。記録のほとんどは、施設西側の海岸に面した段丘上にある4機の発電用風車の近傍であったが、内陸部や丸山周辺でのワシ類の飛翔も少数確認された。

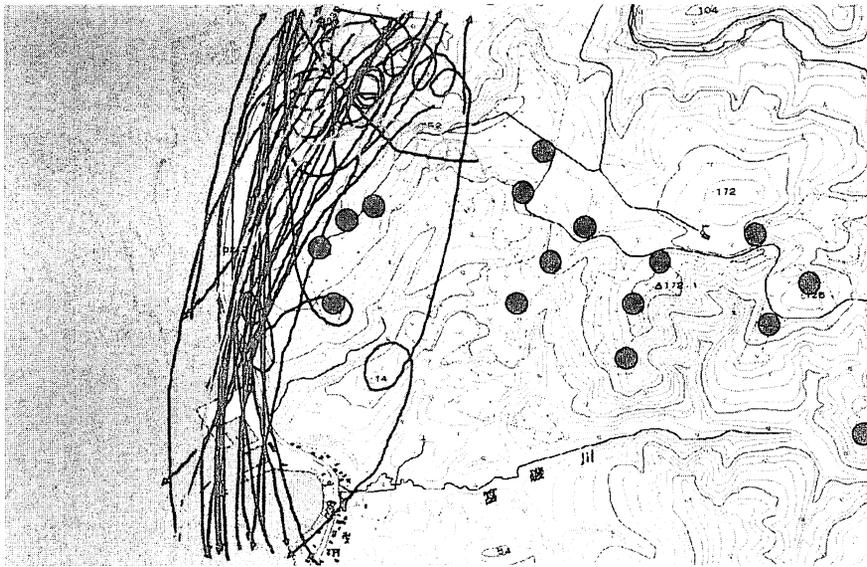
丘陵西側の段丘は切り立っており、主に海岸沿いに移動するオオワシやオジロワシが内陸部に進入し、風車近傍を通過するところを確認した(図6)。また、同地に近い海岸部において、オジロワシがカモメ類の捕獲を試みる光景が頻繁に観察された(図7)。

飛翔が確認されたオオワシとオジロワシの齢区分としては両種とも成鳥が最も多く、オオワシでは82羽(82%)、オジロワシでは116羽(68%)を記録した。オオワシの日平均出現数は14.2羽、最大で25羽、最少で4羽であった。また、オジロワシでは、日平均出現数は24.2羽、最大で37羽、最少で7羽であった(表2)。

調査期間中、発電用風車のブレード周囲に定義した危険区域内への進入はオオワシで5回、オジロワシで12回確認されたが、両種とも成鳥で最も多く、オオワシでは3回、オジロワシでは9回記録された。また、危険区域内への進入は風車ブレードの回転の有無を問わず確認され、大きな差はないものの回転している風車への接近がより多く確認された(表3)。

飛翔時に個体が危険区域内に進入した割合は、オオワシで全飛翔記録の5%、オジロワシでは7%であった(表4)。

危険区域内で最もワシ類の飛翔が確認された区域は、風上である風車前方(F)の左右(L, R)であった。また、最も飛翔頻度が少なかったのは、風車後方(B)の中央(C)であった(図8)。さらに、風車の前方(F)、同列(E)、後方(F)で個体の飛翔高度を比較したところ、風車の前方(F)での飛翔がブレードの前方に相当する中間(M)で最も多いことが明らかとなった。風車同列(E)および後方(B)では、高空(H)での飛翔が最も多かった(図9)。



2006/12/11

図6 施設西側におけるオオワシとオジロワシの飛翔軌跡  
オオワシの軌跡を淡線、オジロワシの軌跡を濃線で示す。

## 2) 事業期間中のバードストライクの状況確認および全道各地の風力発電施設内における衝突事故死体の捜索

本事業の調査期間において環境省北海道地方環境事務所に届けられたワシ類の死体のうち、検査の結果、計3件のオジロワシが風力発電施設への衝突事故であることが判明した(表1)。

苫前町の夕日ヶ丘ウインドファーム風来望は、600kW 2基、1,000kW 1基の計3基の風車が海岸に面した段丘上に並列する。事業者が環境省に報告した収容状況によると2007年1月25日10時頃に発見されていたようであるが、写真の記録のみに留まり、同日13時頃行われた風車近辺の除雪作業の際にオジロワシの翼を含む体躯上部が凍結した状態で回収された。前日の24日13~14時頃には該当する死体は確認していないとのことで、24日夕方から25日朝に死亡したと推察されている。当時体躯下部は発見されなかったが、2007年4月5日に当該個体と推定される尾羽および片足が腐敗した状態で回収された。被害鳥の解剖の結果、栄養状態は良好であり、胃内にカモメ類と見られる羽毛が存在していたことから、

表2 調査期間中のオオワシ・オジロワシの出現状況

(単位:羽)	オオワシ	オジロワシ	両種合計
成鳥	82	116	198
亜成鳥	3	9	12
幼鳥	14	43	57
不明	1	2	3
合計	100	170	270
平均出現数(ノ日)	14.2	24.2	38.5
最大出現数(ノ日)	25	37	55
最少出現数(ノ日)	4	7	11

表3 危険区域内への進入回数と風車の稼働状況

危険区域内への進入数(回)	オオワシ	オジロワシ	両種合計
成鳥	3	9	12
亜成鳥	1	1	2
幼鳥	1	2	3
不明	0	0	0
合計	5	12	17
最接近風車 回転			
成鳥	1	4	5
亜成鳥	1	1	2
幼鳥	1	2	3
不明	0	0	0
最接近風車 停止			
成鳥	2	5	7
亜成鳥	0	0	0
幼鳥	0	0	0
不明	0	0	0

表4 飛翔時に個体が危険区域内に進入した割合(%)

危険区域内への進入割合(%)	オオワシ	オジロワシ	両種合計
成鳥	3	7	6
亜成鳥	33	11	16
幼鳥	7	4	5
不明	0	0	0
全齢層	5	7	6

死亡直前まで採餌行動を行っていたと考えられる。体躯は、体軸に対して横断的な外力が加わったことで胸部後縁より離断しており、飛翔中に上から風車のブレードによって打撃されたと推察された。夕日ヶ丘ウインドファームは周辺の海岸部や天塩川流域を利用しているワシ類が多く観察されており、また当該地は2004年2月5日にもオジロワシ亜成鳥の同様の衝突事故が発生している。

稚内市の宗谷岬ウインドファームは、1,000kW風車 57基が丘陵に立ち並ぶ。事業者の報告によると、2007年3月29日に実施した調査で風車機周辺に大型猛禽類のものと推定される羽および羽毛が散乱しているのが確認され、4月4日13～14時に再調査したところ、両翼と胸骨が発見された。回収された死体は、腐敗はしていないものの組織はほとんど残存しておらず、死体の下には積雪があったが、雪に覆われてはいなかったとのことであった。死因の特定は困難な状態であったが、左翼の中手骨の骨折が生前または死亡直後に大きな外力によって受傷したものであり、その状況から飛翔中に翼の上面を打撃されたと推察された。宗谷岬周辺は、ワシ類にとって、

渡りの際、北海道への入口および出口という重要な地域であり、多数のワシが海岸や河川を利用している。

根室市の昆布盛ウインドファームは1,500kW 5基が、海岸に面した段丘上に並列する。事業者の報告では、2007年4月28日、風車の点検作業中に何かを衝突した音を聞き、付近を捜索したところ体が4つに切断されたオジロワシの死体を発見し回収したとのことであった。事故発生時は南西の風、風力12.7m/sが記録されている。解剖の結果、被害鳥は飛翔中に回転するブレードによって上半身のやや右側よりの背面部を上方向から打撃された可能性が高いと推察された。口腔内および食道からは未消化の魚肉が認められ、海岸等で摂食後まもなく事故に遭遇したと考えられた。根室半島の沿岸部また風運湖などは、ワシ類が集結する場所として知られており、オジロワシの繁殖も複数確認されている。昆布盛ウインドファームでは、2004年12月にもオジロワシの亜成鳥が同様の衝突事故によって死亡しており、当該地域はオジロワシにとって生活上重要な飛行ルートになっている可能性が高いと考えられた。

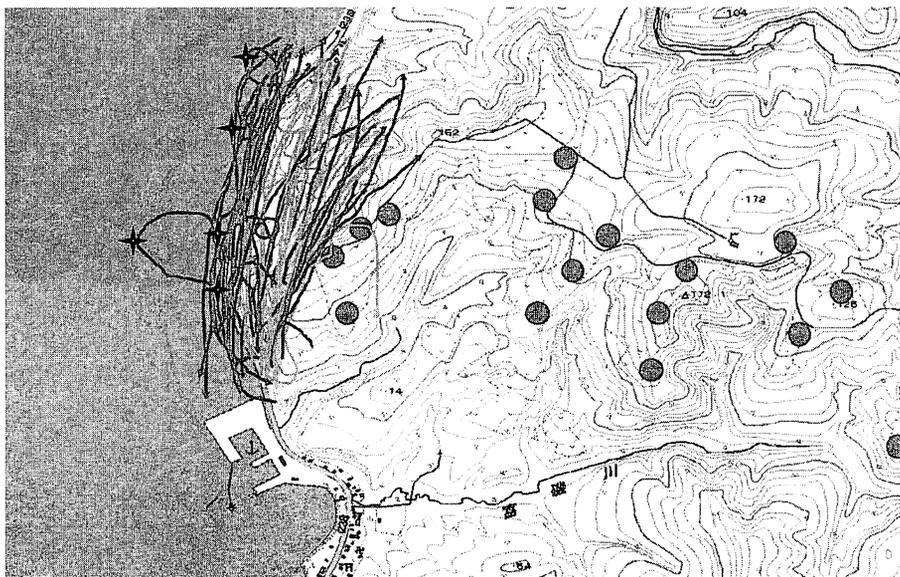


図7 沿岸部で観察されたオジロワシの鳥類捕獲行動(2007/1/11)  
星印は捕獲行動が確認された地点を示す。

確認された上記3件の事故発生後および過去に衝突事故が発生した風力発電施設において、車または徒歩にて風車機周辺の見回り調査を行ったものの、死体は確認できなかった。しかしいずれも段丘によって発生した気流を利用した滑翔・帆翔がワシ類のみならずカモメやトビなどで観察され、ワシ類・トビでは風車機周辺での探餌と思われる行動も観察された。また風車周囲では探餌中と見られるキツネが観察されたことから、何者かによる死体の持ち去り、または風などによる移動や組織融解等によって、死体の発見が困難となることが考えられた。また上記3件のうち根室市昆布盛ウインドファーム以外では、死体の一部のみ回収であり、また発生時より早くとも半日、または数ヶ月後に回収されている。これは北海道の冬季は死体が雪に埋没してしまうため、融雪の時期まで発見が遅れるためと考えられる。実際に10～11月はウインドファーム施設内への自動車の乗り入れおよび風車近辺の見回りが可能であったが、12月以降は積雪のため立ち入ることができず、観察範囲が限られた。調査の実施頻度や時間帯、また降雪期においては風車の点検に用いられる雪上車やスノーモービル等の活用も今後の検討課題と考える。

#### (4) 考察

宗谷岬ウインドファーム周辺において、オオワシとオジロワシが半島西側の沿岸地帯を頻繁に利用していることが明らかになった。今回調査を開始した時期は、ワシ類がサハリン方面より渡来する最盛期を過ぎており、調査中に確認されたオオワシやオジロワシは一定期間、宗谷岬周辺に滞在している個体である可能性が高い。ワシ類の分布や数、行動は、餌となるサケ・マス、海獣類の死体、鳥類などの分布状況や時期(渡来、渡去)によって大きく異なり、今回の調査で得られたワシ類の分布・行動が常時当てはまるとは限らない。しかしながら一日あたり平均38羽以上のワシが比較的狭い調査区域内で確認されたことで、これらの種にとって宗谷岬が極めて重要な生息地になっていることはもはや疑う余地がない。

今回の調査で確認されたワシは、海岸に並行する段丘に沿って帆翔していることが多く、斜面沿いに立ち上がってくる強い巻き上げ風を有効に利用しているものと推察された。海岸に面した段丘の尾根上にも発電用風車が認められるが、とくに最も西側に位置する4基の風車にワシ類が接近する光景が何

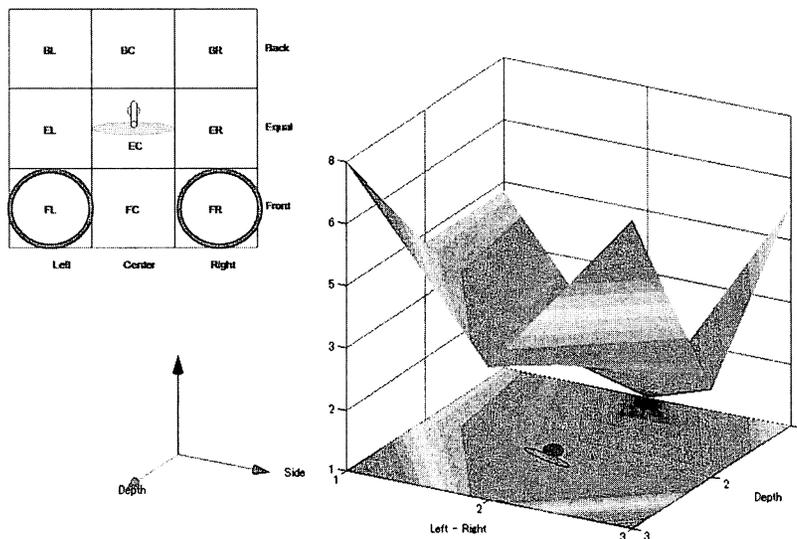


図8 風車周辺域での飛翔頻度(奥行きと左右の関係)  
X=Y=2が風車の位置に相当し、正面が風車前方を示す。

回も観察された。今回の調査で定義した風車直近の危険区域内に、17回にもわたって両種の進入が確認されたことで、本地でバードストライクがいつ発生しても不思議ではない現状が浮き彫りになった。特に回転している風車に対しても、停止中の風車と同等もしくはそれ以上の頻度で両種のワシが接近している事実は、鳥が風車を危険物として十分認識していない可能性が高いことを示す。回転中の風車への接近は、とくに経験に乏しい若齢個体で見られたわけでも無かった。両種とも成鳥において多くの事例が確認されたが、風車への接近時に探餌や個体間行動などは確認されておらず、別の要因で注意力が散漫になっていたとも考えにくい。いずれにしても危険区域内にワシが進入する割合が約6%にも及んでいることから、衝突事故は全く偶発的に発生するものではなく、多くの個体が日常的にその危険を孕みつつ生活していると考えられる。一般に、鳥は網膜の映像処理能力の限界によって、高速で動く物体(ブレードの先端速度は最大で300km/h以上にもなると言われる)に対して接近するほど、物体が見えなく

なるモーション・スマア現象(W. Hodos, 2003)を引き起こし、これがバードストライクの要因の一つになっていると考えられている。宗谷岬の段丘下から気流に乗って上昇してきたワシの目前に突然風車が現れる、当地の地形を鑑みると、この現象が容易に発生する可能性があると思われる。

なお、危険区域内に進入したワシの齢構成を見ると、亜成鳥で高い割合を示しているが、これは調査中に確認された亜成鳥の個体数が極めて少なかったことが原因になっており、実際には年齢層による進入頻度の差は認められないと考える。

今回の調査では、ワシ類の風車への接近様式を立体的なメッシュ解析によって明らかにすることを試みた。その結果、風車の前方領域を高い割合で飛翔しており、とくに風車の真正面以外の区域を高頻度に飛翔する傾向があることが明らかとなった。一方、風車の前方正面を通過するワシは、風車のブレードと同等の高度を飛翔するケースが多いことも判明したが、その原因は不明である。風車のブレードによる気流の変化や風を有効に活用する鳥類の

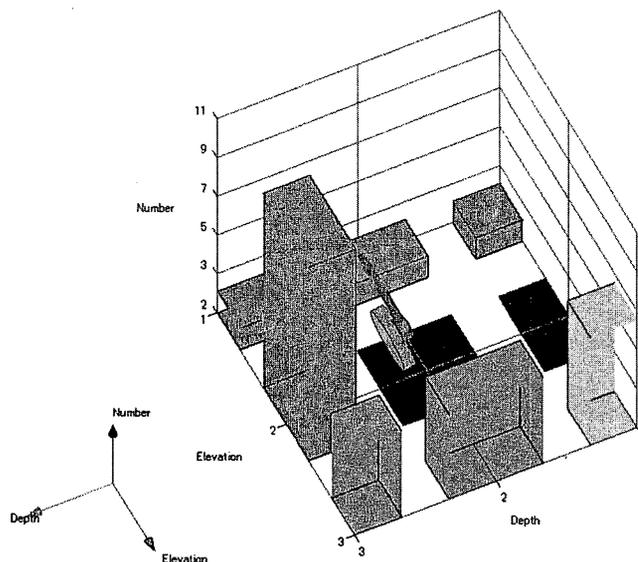


図9 風車周辺での飛翔頻度(奥行きと高度の関係)

風車前方ではブレードと同じ高さでの飛翔が最も多かった。風車と同列、後方では高空での飛翔が多く観察された。

飛行形態と関連性がある可能性も否定できない。

風車はその時々風の向きによって向きが変わるが、調査期間中、宗谷岬の西側沿岸に面して位置する風車群は主に北西から西に向いて風を受けていることが多かった。すなわち、これらの風車はワシが頻繁に通過する海岸方面を向いており、強い風にあおられて鳥がバランスを崩した場合、風車のブレード正面方向に流される危険がある。とくに段丘下の海岸部から気流に乗ってほぼ垂直に浮き上がってきたワシが、段丘の尾根部で内陸側に流されるように滑翔する光景も確認されたことから、断崖近くに設置されている風車群はこれらの鳥に対して大きな脅威となっていると思われる。

風力発電の「自然に優しい」イメージは社会に広く浸透しており、自然保護に関心が深いほど、むしろ積極的に風車建設を後押しする風潮が見られるように思われる。各地で発電所建設が計画段階にある現在の時点でこそ、施設が与える影響について正確な情報を共有し、今後の自然エネルギー利用計画を真に「自然に優しい」ものとするための方策について再考することが重要である。

## 2. 北海道ハザードマップ

### (1) 風力発電施設の計画・建設時にとくにワシ類に配慮が必要と思われる地域

北海道沿岸地域を対象に、オオワシ・オジロワシの重要な生息地、渡りのルート、集結・越冬地などを明らかにし、将来新たな風力発電施設を計画・建設する上で特段の配慮が必要であると考えられる地域の洗い出し(ハザードマップの作成)を試みた。

これまでの調査などから、オオワシ・オジロワシの多くは、サハリン方面から宗谷岬に渡来し、道北地域のオホーツク海沿岸や日本海沿岸でサケ・マス等の遡上魚類、漂着した海獣類などを捕食しながら道東や道南方面に移動し、越冬することが知られている。しかしながら、サケ・マス増殖事業は縮小・廃止等に伴い河川遡上量に変動が見られ、知床半島においても年によりスケソウダラの不漁や観光船によるワシ類への餌付け、また氷下待ち網漁でも漁獲量に伴う廃棄雑魚量の変動や結氷時期の変動に

よる実施期間の短縮、さらに山間部においては狩猟や気象条件等がもたらすエゾシカ死体の増加など、渡りや越冬期のワシ類の行動を左右する要因はきわめて多岐にわたる。このため、渡りや越冬期のワシ類の行動はもちろん、道内におけるオジロワシの繁殖個体群も視野に入れた広範なワシ類の分布・生態調査の実施は、今後も増加する可能性が高い道内の風力発電施設建設の是非や影響防止策を検討するうえで極めて重要な布石となることは明らかである。今回の調査では、これまでに集積されたオオワシやオジロワシの生息情報をもとに、通年にわたって全道各地を調査し、ワシ類の重要な渡りの経路や採餌場、ねぐらなどの重要な生息環境の把握に努めた。

今後建設される発電施設が、これら希少猛禽類の行動圏と重なることを未然に防ぐため、潜在的危険地域の把握を試みた。以下、調査によって確認されたオオワシ・オジロワシの重要な生息地を列挙する。

### 1) 道北地方

#### A. 稚内市増幌川

上流部は原始河川の様相を見せ、河畔林はワシ類のねぐらとなっている。上流部でサケ・マスの増殖事業が行われており、餌となる遡河魚を容易に捕獲できることから、宗谷海峡を経て北海道とサハリンを行き来するオオワシやオジロワシの重要な採餌環境となっている。渡来および渡去時には、多数のワシが同河川周辺に滞在する。本邦最北に位置する採餌・ねぐら環境の一つとして、渡りの重要な中継地となっている。

#### B. クッチャロ湖周辺

北海道のオホーツク海沿岸北部に位置し、湖と周辺湿地はワシ類の採餌環境となっている。近郊にオオワシが集結するウソタンナイ(後述)があり、多くの個体がかこと行き来をしているものと思われる。

#### C. 浜頓別町ウソタンナイ

クッチャロ湖の南に位置する。当地に存在する河川ではサケ・マス増殖事業が行われており、ワシは遡上するサケやその死体を、浅い河床で容易に捕獲することができる。河畔林はねぐらになっており、

多くのオオワシが集結することで知られている。

#### D. 天塩町天塩川下流

道北の日本海側に存在する河川で、下流域はワシ類の採餌場となりうる湾処や屈曲部が多く認められる。下流域でサケ・マス増殖事業が行われており、ワシ類は主に河口部を採餌環境として利用している。

#### E. 遠別町遠別川下流

道北の日本海側に存在する河川で、下流域でサケ・マス増殖事業が行われている。ワシ類は増殖事業施設周辺の河川敷や河口部を主な採餌環境として利用している。

#### F. 枝幸町北見幌別川ケモマナイ

サケ・マス増殖事業が行われている本河川下流は森林内を流れ、原始河川の様相を有している。ワシ類は多様な河川形態を採餌環境として利用し、周囲の森林をねぐらとしている。特に渡来時に集結する傾向がある。

### 2) 道東地方

#### A. 羅臼町サシルイ川河口

河口域は急峻に切り立った崖地で、地形的には極めて入り組んでいる。植生は針広混交林が主体となっており、ワシ類は尾根上か、尾根に近い位置にある広葉樹の大径木をねぐらとしていることが多い。現在、過去に記録されていたような大規模なねぐらは存在しないものと思われる。

#### B. 羅臼港周辺

羅臼港内や流氷上で観光船による餌まき行為があることから、多くの個体が集結している。これらのワシの多くが、羅臼港周辺の海に面した斜面でねぐらを形成している。地形は根室海峡に面した単斜面で、南斜面は主に広葉樹が主体となる針広混交林となっている。観光船がもたらす餌への依存度は極めて高いと推察され、時期や方法によってはワシの行動生態に深刻な人為的な攪乱をもたらす恐れがあることから、早急なルール作りが望まれる。

#### C. 野付半島

細長い平野部に、草原、湿地、樹林帯が混在するが、半島においてワシのねぐらとして利用されているのは、ナラワラ等を中心とする広葉樹林帯である(一部針広混交林)。また、半島基部の樹林内にも数

羽のワシがとまっていることが確認されたため、ここもねぐらとして利用している可能性もある。本半島を実際にねぐらとして活用していることが確認されたワシの数はそれほど多くなかったが、氷上の餌場には多くの個体が確認されたことから、これらのワシが野付湾周辺の樹林等にねぐらを形成している可能性は否定できない。

氷下網漁の操漁が確認された日にはワシの個体数が増加した。また、野付半島の北部海岸などに投棄されることがある漁業副産物も、ワシの餌となっている様子で、半島の配電柱上などで、魚肉を採餌中のオオワシやオジロワシが多数観察された。さらに、半島の海岸に打ち上げられるアザラシの死体などを食べているワシも少数確認された。さらに、近年羅臼沖で観光船から撒かれる餌を利用している個体も、本半島を生活圏にしている可能性がある。以上のことから、当地にはその時々で多様な餌資源が存在し、ワシ類はこれらを適宜利用しているものと思われる。

#### D. 風蓮湖

##### a) 風蓮湖北部 別海町糸氏漁港周辺

風蓮湖沿いの平坦な針広混交林である。ワシは糸氏漁港周辺や槍昔北岸の大径広葉樹を利用していることが多く、両地域で大規模な集団ねぐらを形成していた。別海漁業協同組合によると、例年氷下待網漁は1月中旬から3月下旬まで操業されるとのことであった。この地域のワシは、この氷下待網漁によってもたらされる雑魚を主な餌資源として利用していると思われることから、漁の開始後に本地での大規模なねぐら形成が始まるものと推察される。氷下待網漁はほぼ毎日午前7時～9時頃に実施され、このころ多くのワシが近隣で観察された。

##### b) 風蓮湖南部 別当賀川河口・白島台周辺

別当賀川の河口部で、河・湖畔の低層湿原、段丘の斜面や河口の中洲に存在する針広混交林からなる。周辺域は比較的入り組んでおり、陸路からのアクセスは困難である。ねぐらは主に湖に面した斜面や中洲の林内に形成されているが、利用個体数や分布の全貌を把握す

ることはきわめて困難である。

#### E. 根室市友知

丘陵地に広がるねぐら林(広葉樹の疎林)で、帯状の牧草地をはさんで海岸に面している。数年前までは大規模なねぐらが確認されていたが、近年当地の利用個体は少ない。本ねぐらを利用するワシの数は、近隣の海岸でもたらされる餌資源(水産加工場などから投棄された魚など)の有無や季節によって大きく変化している可能性がある。

#### F. 根室市ホロニタイ川源流部

針広混交林主体の丘陵地で、主に大径広葉樹の利用が目立つ。ホロニタイ源流を含む、厚床～別当賀の地域は、所々でオオワシやオジロワシが道路脇の樹木にとまっている光景がしばしば観察されたことから、この地域一帯をワシが散在して、ねぐらとして利用していると思われる。

#### G. 厚岸湖

厚岸湖を囲む緩やかな丘陵と流入する河川沿いの河畔林からなる。湖南部の奔渡など、一部に急峻な斜面が存在する。植生は主に針広混交林である。

本地域は、過去の観察において、厚岸湖に流入する東梅川の源流部付近から結氷した湖面に餌を求めて飛来する多数のワシが確認されていることから、今後も継続した調査が必要であると思われる。

ワシは氷下待網漁の実施されている午前中、氷上に投棄される雑魚を目当てに多くのワシが氷上に集結する。漁が終了する午後には、ほとんどの個体が湖面から飛去する。操漁の状況により、氷上で確認されるワシの個体数が大きく変化することから、ワシが漁の副産物である雑魚に大きく依存しているものと推察される。一方、厚岸湖周辺地域はエゾシカ猟の良好な猟場でもある。近年、本地域において鉛ライフル弾によるワシ類の鉛中毒死が多数確認されていることから、エゾシカの死体も、周辺地域に生息するワシの餌資源として利用されているものと思われる。

#### H. 十勝川河口、豊頃町長節湖、キモントウ沼、湧洞沼、生花苗沼周辺

十勝川河口は採餌場として多くのワシに利用されている。また以南に存在する湖沼地帯の周辺はエ

ゾシカ猟の猟場となっており、これに依存していると思われるワシ類のねぐらが湖岸の森林に形成されている。

#### I. 網走川、常呂川(中・下流部)

サケ・マス増殖事業が行われており、多くのサケ科魚類の遡上が認められる。これら遡上してきた遡河魚やその死体を目当てに、多くのオオワシ・オジロワシが河川流域に集結し、河畔林や近傍の山林をねぐらにしながら、比較的長期間滞在する。この地域はオホーツク海沿いに移動してきたワシ類が、知床方面もしくは阿寒・釧路方面に移動する際の重要な中継地点にもなっている。

#### J. 阿寒山麓・白糠丘陵

以前よりエゾシカの良好な猟場となっており、残滓(狩猟時に放置されたシカの死体)中に含まれる鉛弾を誤食して、多くのワシが鉛中毒に陥っている。近年、狩猟制度の見直しが行われ、鉛弾の使用や残滓の放置が規制されたことにより、中毒を発生させる環境は減少しつつあると推察される。しかしながら、依然として多くのワシがこの地域を越冬地として生活しており、相変わらずシカの死体(自然死したり交通事故にあった個体を含む)に依存していることがわかる。また、釧路川や庶路川(白糠)、釧路湿原および周辺の海跡湖(塘路湖など)、厚岸湖などとの間を行き来している個体も、電波追跡により確認されていることから、魚類と獣肉の双方を越冬中の餌資源として利用している個体も数多く存在すると推察される。

#### K. 釧路川、阿寒川、仁々志別川、庶路川、茶路川

サケ・マスの遡上河川で、特に釧路川のサケ・マス捕獲場周辺には、毎年多くの渡来直後のオオワシやオジロワシが集結する。多くの河川が結氷する厳冬期に入ると、ワシは阿寒や釧路町、白糠丘陵の山麓などに移動するものと考えられる。

#### 3) 道南地方

##### A. 日高幌別川

浦河町を流れる本河川はサケ・マス増殖事業が行われており、遡上している魚を狙い、オオワシやオジロワシが集まる。今回の調査では、本河川に長期間滞在するオオワシが確認されている。周辺地域は

シカ猟の猟場となっており、残滓などを餌資源として併用している可能性が高い。中流域以上は河畔林も充実し、また周辺環境は山林であることから、ねぐら環境となっていることが推察される。

#### B. 八雲町遊楽部川

遊楽部川は北海道を代表する、オオワシやオジロワシの集結河川である。サケ・マス増殖事業が行われており、特に下流域では、遡上してくる魚類を狙う多くのワシ類が確認される。過去に本地域で受信されたオオワシからの電波が、道東地域では一度も確認されていないことから、本地域で越冬するワシは道東で越冬する個体群とは別の移動経路や越冬行動をしている可能性が高い。周辺の河畔林などでねぐらを形成している可能性が高い。

#### 引用・参考文献

- (財)日本野鳥の会. 2004. 風力発電の鳥類に与える影響に関する評価.
- 齊藤慶輔・渡辺有希子・黒沢信道. 2007. 北海道におけるオジロワシの発電用風車への衝突事故. 第13回日本野生動物医学会大会 講演要旨集.
- (財)日本野鳥の会. 2007. 野鳥と風車. 風力発電施設が鳥類に与える影響評価に関する資料集.
- W. Hodos. 2003. Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collision with Wind Turbines. National Renewable Laboratory.
- 北海道ラプターリサーチ・猛禽類医学研究所. 2007. 北海道におけるワシ類の越冬環境およびその利用状況の調査 報告書
- 齊藤慶輔. 2006. 事例2. 自然保護, 7・8月号, 4927:4-5. 日本自然保護協会.

The wind-generated electricity attracts attention as a natural energy, but bad influence to avian such as the collision (bird strike), the destruction of their habitat and migration route is concerned. Hokkaido is one of the most important wintering ground of the endangered raptors, such as the Steller's Sea-eagle and the White-tailed Eagle. 9 cases of the bird strike of the White-tailed Eagle have ever reported.

We recorded the state that eagles came close in a windmill and analyzed using three-dimensional mesh, to examine the influence of the wind-power plant.

The Steller's and White-tailed Eagle which penetrated in a "danger zone", defined around the windmill, amounted up to 6%.

The difference by the operation (rotation) of the windmill was not seen.

A tendency to fly at high frequency in a domain of the right and left front of the windmill became clear.

We performed patrol in the institution, but were not able to find the carcass. Because the dead body may buried with snow, or carried away by an animal, the frequency and the time for patrol have to be reconsidered.

Because the construction of the wind farm is thought to be continue in Hokkaido from now on, we investigated the wintering situation of the sea eagles, where the consideration to the eagle seems to be needed.

# 水田の圃場整備に伴うメダカの地域的絶滅回避に関する 保全生物学的研究

岩手大学農村生態系再生研究会

東 淳樹<sup>1)</sup>・渡部 憲吾<sup>1)</sup>・広田 純一<sup>1)</sup>・小澤 洋一<sup>1)</sup>・石川 恭子<sup>1)</sup>  
佐藤 桂祐<sup>1)</sup>・金田 佳子<sup>1)</sup>・京谷 美智子<sup>1)</sup>・阿部 愛弓<sup>1)</sup>・小松 涼<sup>1)</sup>  
鈴木 研介<sup>1)</sup>・吉田 昌秀<sup>1)</sup>・佐藤 貴法<sup>1)</sup>・玉井 祐輔<sup>1)</sup>

## Conservation biology research on regional extermination evasion of medaka according to consolidation of paddy field

The Agro-ecosystem Reproduction Society of Iwate University

Azuma Atuki, Watanabe Kengo, Hirota Junichi, Ozawa Youichi, Ishikawa Kyouko,  
Satou Keisuke, Kaneta Yoshiko, Kyoya Michiko, Abe Ayumi, Komatsu Ryo,  
Suzuki Kensuke, Yoshida Masahide, Sato Takanori and Tamai Yusuke

絶滅危惧Ⅱ類に指定されたメダカが水田に溯上する意義およびその保全効果を検証することを目的に、水田および、浅いまたは深い止水域で生息したメダカの日間成長量および体長、これらに影響を与える餌資源量、および胃内容物の解析を行なった。その結果、水田に生息した個体群の日間成長量が最も大きく、他水域の個体群との体長差は最大で約5mmであった。しかし、餌資源量は浅い止水域で最も多く、日間成長量および体長の結果を支持するものではなかった。各水域で個体数が最も多かったケンミジンコ目は、あまり利用されておらず、植物プランクトン、落下性昆虫、ユスリカの幼虫やミジンコ科sppがより利用される傾向にあった。しかし、水田でのメダカのサンプルが少なく、水田と他水域で利用している餌の違いを明らかにするには至らなかった。しかし水田でより速く体長を大きくできることは、短期間に多くの卵を産めることにつながり、より安全に個体数を維持することが可能であると示唆された。

### 1. はじめに

水田地帯には数多くの生物が生息しており、地域の生物多様性を支える重要な空間となっている(江崎・田中 1998)。しかし農作業の効率を高めるため圃場整備事業が進められ、水田地帯の様相は大きく変わってしまった。農作業の効率化のために区画を大型化し、農作業機械の進入を可能にするため、また農地の汎用化のため乾田化が行なわれた。このような圃場整備は農作業の効率を飛躍的に向上させ

た一方で、水田地帯に生息していた多くの生物の生息場所を消失させてしまい、これにより水田地帯に生息する生物の多くが絶滅の危機に瀕している。

水田地帯を代表する魚類としてメダカ(*Oryzias latipes*)が挙げられる。メダカは地方名が5000以上にものぼり、日本人に最もなじみの深い魚である。そのようなメダカも農薬の大量使用、家庭排水の混入による水質悪化、および圃場整備による生息環境の改変により、その数を大きく減少させ、1999年に環境

1) 岩手大学農学部:岩手県盛岡市上田3丁目

省レッドデータブックの絶滅危惧Ⅱ類に記載された。

近年メダカを保全するため方法が、研究・開発されている。最も多くの取り組みがなされているものの一つとして、水路内の環境を改善し、水路で生活史を全うさせるといったものがある。また、圃場整備事業により失われた生息場所を補填するために、ビオトープや保全池に代表されるような恒久的水域が創出されることが多くなってきた。一方で、メダカ的生活史を考慮し、水田と水路を小さな魚道(一般的に水田魚道と呼ばれる)でつなぐ方法が、各地で実施されるようになった。しかしメダカにとって水田は繁殖・成長の場であることは経験的には知られているが、水田をどのように利用し、水田のどのような要因が繁殖・成長に有利に働いているかは未だ明らかにはなっていない。

本研究は、近年盛んに設置されているビオトープおよび保全池などの恒久的止水環境と本来メダカの成長・繁殖の場である水田において本種の成長速度を比較することで、本種が水田に溯上することの意義を明らかにするとともに、その保全効果を検証することを目的とする。

## 2. 調査地概要

調査は岩手県I市の水田、ビオトープ(浅い止水域)およびメダカ池(深い止水域)である。水田は農協が指定する肥料、農薬、除草剤を使用する隣り合う2筆(3aと9a、田越し灌漑)を調査地として選定した。ビオトープは約10年前に造成され、同地区のメダカを放流した経緯がある。水域面積は約160m<sup>2</sup>、平均水深は20~30cm、最大水深は50cmである。メダカ池は2006年10月に圃場整備に伴うメダカの一時避難場所として造成された経緯がある。水域面積は約170m<sup>2</sup>、平均水深は50~70cm、最大水深は150cmほどである。ビオトープはA地区にあり、水田およびメダカ池はB地区にある。A地区とB地区の間には川が流れており、これにより分断されている。各水域で確認されたメダカ以外の魚類は、水田では、ドジョウ(*Misgurnus anguillicaudatus*)、タモロコ(*Gnathopogon elongatus*)、ビオトープとメダカ池では、これらに加えモツゴ(*Pseudorasbora parva*)が捕獲

され、さらにメダカ池では、トウヨシノボリ(*Rhinogobius sp. OR*)、ウグイ(*Tribolodon hakonensis*)が捕獲された。

## 3. 研究の方法

本種が水田に溯上する意義を明らかにするために、各水域でのメダカの日間成長量および体長を比較した。また成長に関係する餌資源量についてもあわせて調査を行なった。一方で、メダカを解剖し胃内容物から生息環境内のどのようなものを実際に採食しているかを把握した。以上3つのことからメダカが水田に溯上することの生態学的意義を明らかにしていくこととする。

調査は4月28日から実施し、7月8日までのデータを解析に用いることとした。

日間成長量は捕獲時の体長から放流時の体長を引き、放流からの日数で除することで算出した。メダカの計測にはデジタルノギス(Mitutoyo Corporation Digimatic Caliper CD-20PS)を用いた。

各水域の基本的な環境を把握するために水温、水深、pH、ECを測定した。水温はデータロガー(TANDD おんどとり Thermo Recorder TR-71U)を設置し1時間毎に継続記録した。水深は水田で4箇所、ビオトープで7箇所、メダカ池で3箇所測定し、各水域で平均値を求め、これを各水域の水深として用いた。pHの測定にはEutech Instruments pHScan WP1を、ECはLACOM EC Scan lawを用いた。水深、pH、ECは1週間に1度測定した。

### (1) 標識方法

日間成長量および体長を把握するために、メダカに蛍光色素を皮下注射し個体識別を行ない、個体レベルで追跡調査を行なった。標識にはVisible Implant Fluorescent Elastomer Hand Injection Kit(株)ノースウエスト・マリントクノロジー)を使用した。イラストマーによる標識は長期間にわたり魚体に残り、標識として有効であることが示されている(Frederick 1997)。使用した色は、赤、青、黄、緑、オレンジ、ピンクの6色を用いた。

### (2) 捕獲方法

メダカの捕獲には、タモ網を用いた。各水域で1

～3人で約30分間捕獲した。水田ではタモ網を使って捕獲することができなかつたため、幅25cm×長さ40cm×高さ15cmのカゴ網を作成し、これを水田1筆につき4つ、計8個設置し捕獲を試みた。設置時間は9:00～15:00までの6時間で、11:00に1度カゴ網のなかを確認した。15:00にトラップを回収し、中に魚類がないかを確認した。標識を施したメダカが捕獲された場合、標識の部位、体長、雌雄を記録し、再度放流した。

### (3) 餌資源量調査

餌資源量は動物プランクトンおよび植物プランクトンについて1週間に1度サンプリングを実施した。動物プランクトンはビオトープとメダカ池では目合い0.1mmのプランクトンネットを5mまたは10m牽引し、ホルマリン固定し研究室に持ち帰り、50mlに定量した後1ml採水し、個体数を計数した。計数作業を3回行ない、平均値を算出し、10Lあたりに換算した。水田では長さ80cm×幅15cmのコの字型のコドラートを設置し、幅14cm×高さ12cmの小型の手網の枠に、目合い0.1mmのプランクトンネットを縫い付け、これで2回コドラート内を牽引した。以下の処理方法はビオトープ及びメダカ池と同じ方法を用いた。

植物プランクトン量はクロロフィルa濃度で評価した。各水域内から満遍なく表層水をひしゃくで10L汲み取り、よく攪拌した後、2Lのポリビンに入れ冷却しながら研究室に持ち帰り、その日のうちに抽出処理した。クロロフィルa濃度の測定に関する一連の作業は、JIS規格に基づき実施した。

### (4) 胃内容物

調査の際に各水域でランダムに捕獲したメダカを10%ホルマリンで固定し、研究室に持ち帰って解剖した。胃内容物の評価には様々な手法があるが、今回は1匹の胃内容物を100%とし、目分量で体積を割り振っていく方法を用いた。

## 4. 結果

### (1) 各水域の環境

水田、ビオトープおよびメダカ池における水温、水深、pH、ECの測定結果を以下に示す。

調査期間中に最も高い水温を記録したのは水田であったが、1日の平均水温はビオトープが最も高く、水田はビオトープよりも約3℃低い21.6℃であった(図1)。つまり水田はビオトープやメダカ池に比べ1日の中で水温差が大きい環境であるといえる。水深はメダカ池が最も深く、次いでビオトープ、水田と浅くなっていった(図2)。メダカ池は用水路から水が流れ込む仕組みになっており、またすり鉢上の構造であるため水位の変動が大きい水域であるといえる。一方でビオトープへの水の供給は、主に降雨ならびに湧水である。そのため快晴が続くと、水位が低下する傾向が見受けられた。pHは、いずれの水域でも7～9の中性から弱アルカリ性の範囲で変動した(図3)。その中でも水田は時期が進むにつれアル

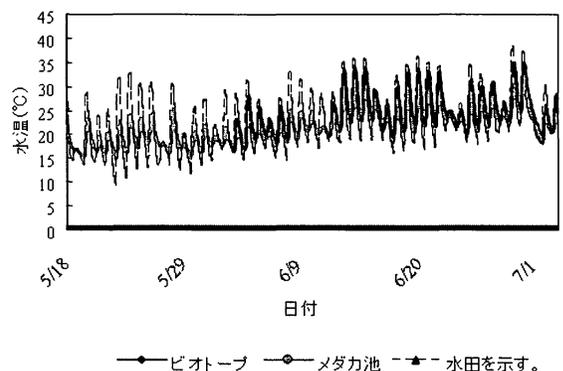


図1 各環境の水温変化

水田は1日の水温差が最も大きい環境である。

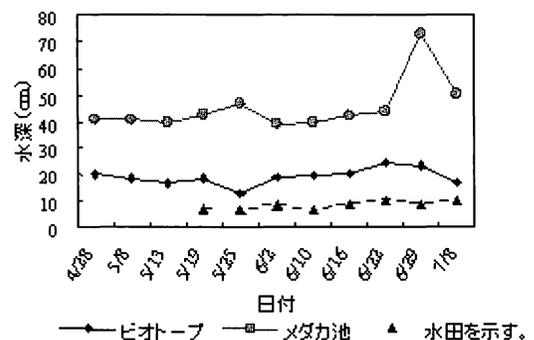


図2 各環境の水深の変化

メダカ池は水位の変動が大きい水域である。

カリ化が進み、メダカ池では6月中旬から下旬にかけて酸性側に傾く傾向が見られた。ECの値が最も高かったのはビオトープであり、その値が大きく変動することは少なかった(図4)。一方で水田は、定期的に変動した。水質については汚濁が特に進んでいる環境はなく、本種の生息に影響を与えることは無いと考えられた。

## (2) メダカの日間成長量および体長

再捕獲された際に計測した体長から放流時の体長を引き、放流からの日数で除することで日間成長量とした。本種は23mm前後で産卵・放精を行なうことから体長23mmを基準に2つのグループに分け、雌雄別・生息環境の違いに着目し比較した。その結果、ビオトープおよびメダカ池と水田では水田のほ

うがより日間成長量が大きく、その傾向はメスでより顕著であった(図5)。また水田で育成したものが最も大きく成長し、オスでは体長が28~30mmに達し、メスでは31~33mm程度まで成長していた。一方ビオトープやメダカ池では25~28mmまでしか成長しておらず、各グループ間のオスの体長差は約3mm、メスの体長差は4~5mmに及んだ(表1)。

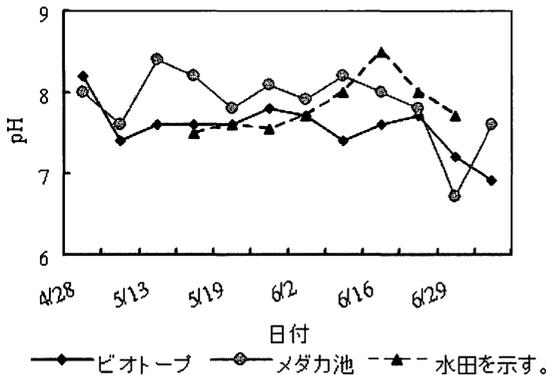


図3 各環境のpH変化

水田は時期が進むにつれ、アルカリに傾く傾向。

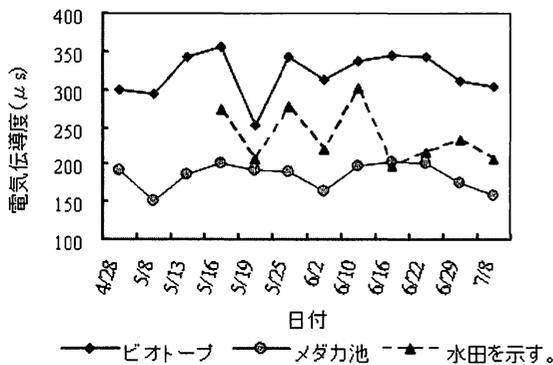


図4 各環境の電気伝導度の変化

水田では定期的に値が変動した。

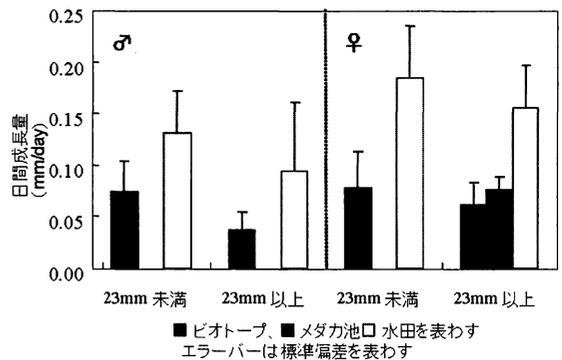


図5 生息環境の違いによる日間成長量の違い

いずれも水田に生息したものが最も早く成長する。

表1 各水域で育成した標識個体の再捕獲時の体長

	♂		♀				
	捕獲体長 (mm)	放流体長 (mm)	捕獲体長 (mm)	放流体長 (mm)			
ビオトープ	23mm 未満	25.35	21.13	23mm 未満	26.80	21.35	
	23mm 以上	27.30	26.07	23mm 以上	27.83	25.00	
メダカ池	23mm 未満	No data	No data	メダカ池	23mm 未満	No data	No data
	23mm 以上	No data	No data	23mm 以上	27.67	24.83	
水田	23mm 未満	28.09	22.03	水田	23mm 未満	31.35	20.93
	23mm 以上	30.11	25.89	23mm 以上	32.97	25.92	

水田と他水域のものでは最大で5mmの差が生じた。

## (3) 餌資源量

各水域間でメダカの餌になっていると考えられる、動植物プランクトンについて比較を行なった。植物プランクトンはその指標として広く利用されているクロロフィルa濃度、動物プランクトンはケンミジンコ目やミジンコ科などの水中の小型甲殻類について個体数を10Lあたりに換算して比較した。

クロロフィルa濃度は、水田において田植えから約3週間経過した6月2日および6月10日に最も高くなり以降急激に減少した(図6)。ほかの水域はいずれも低い値で推移した。しかし水田以外の水域ではクロロフィルa濃度がマイナスの値を示したときがあったので、このデータはND.として扱った。

各水域で捕獲された動物プランクトンはケンミジンコ目(Cyclopoida)、マルミジンコ科(Chydoridae)、タマミジンコ(*Moina macrocopa*)、オカメミジンコ(*Simocephalus vetulus*)、カイクシ亜綱(OSTRACODA)、ゾウミジンコ科(Bosminidae)、ケブカミジンコ科(Macrothricidae)、アオムキミジンコ(*Scapholeberis mucronata*)が捕獲されたが、いずれの水域でもケンミジンコ目が優占種であった。以降優占種であったケンミジンコ目について結果を整理することとする。

ケンミジンコ目に対して、その成長段階から3つのカテゴリーに分類し計数した(図7)。最も大きいものをCopepodid(L)、それより小さいものをCopepodid(S)、幼生の段階のものをNaupliusとした。これらを総合した個体数はビオトープが最も多く、次いで水田、メダカ池と少なくなった。また各水域でピークを迎えたときに優占していたのは水田とビオトープではCopepodid(L)であったが、メダカ池では体サイズが小さいNaupliusであった。ケンミジンコ目の消長は、水田が6月10日に、ビオトープが6月10日から16日にピークを迎えたのに対し、メダカ池はそれより約2週間早い5月25日にピークを迎えた。

#### (4) 胃内容物

各水域でランダムに捕獲したメダカの胃内容物を観察した(図8)。しかし水田においては調査期間中に捕獲できたメダカが極僅かだったため解析に十分な数が得られなかった。

ビオトープに生息していたメダカはデトリタスおよび消化物以外では主に植物質を利用していた。その大半が植物プランクトン(珪藻および緑藻)であった。6月中旬以降陸上由来と考えられる植物片を利用していた(図9)。動物質のものは6月中旬以降に約10%以下の割合で見られるようになった。採食されていたものとして、ミジンコ科や陸生昆虫、ユス

リカの幼虫などが目立って利用されていた。一方メダカ池ではデトリタスおよび消化物以外では、植物質と動物質のものがおよそ半分ずつ見られた。時期が経過するにつれ、動物質の割合が大きくなる傾向が見られた。植物質の内容は植物プランクトンが大

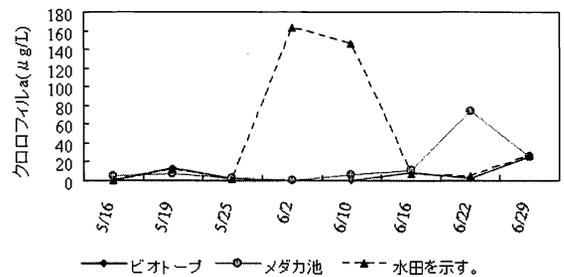


図6 各環境におけるクロロフィルaの変化  
6月2日と10日に水田で高い値を示した。

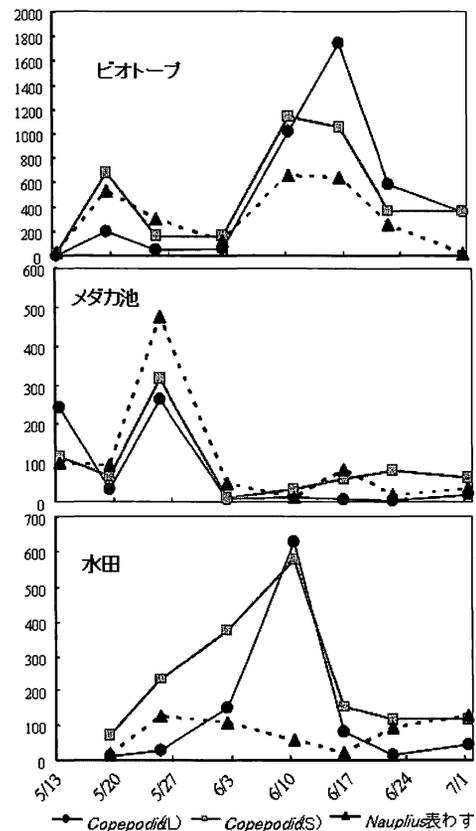


図7 各水域のケンミジンコ目の個体数  
ビオトープで他水域の3倍の発生量があった。

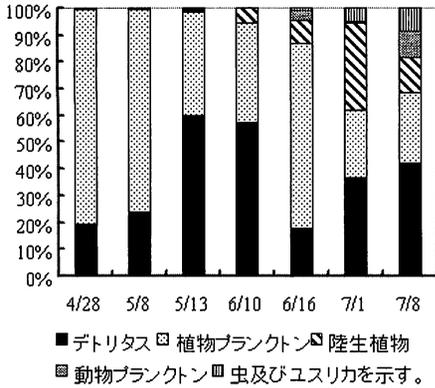


図8 ビオトープに生息するメダカの胃内容物の季節変化  
植物質のものの割合が高い傾向にあった。

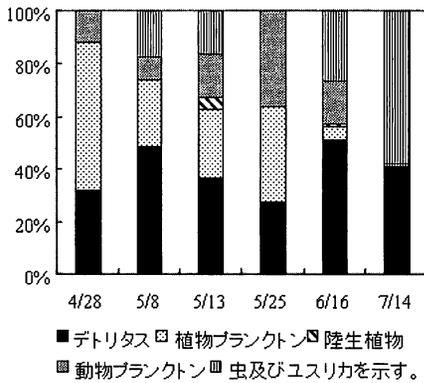


図9 メダカ池に生息するメダカの胃内容物の季節変化

方を占め、ビオトープと違い陸生の植物片はあまり利用されていなかった。また動物質のものは動物プランクトンおよび昆虫やユスリカの幼虫であった。ビオトープとは異なり、動物質のものを利用する傾向が強く、特に昆虫やユスリカの幼虫など比較的大きいものを多く利用していることがわかった。

水田では7月1日のみ十分なサンプル数が得られた(図10)。胃内容物の半分がデトリタスおよび消化物であり、それ以外では陸生のものと考えられる植物片、珪藻などの植物質のものが35%程度を占め、ユスリカの幼虫や落下した昆虫が残りをおさめていた。

## 5. 考察

生息環境が異なることで日間成長量および体長に差が生じることが明らかになった。水田で育成した個体の体長は、他水域で育成したものより最大で5mm程度大きかった。一般的に魚類の産卵数は全長に比例して多くなることが知られており、メダカの場合でも室内実験で同様の結果が得られている。1尾のメスが1シーズンで産む卵の数を室内実験で明らかにしたEgami(1959)のデータをもとに1シーズンにおける1尾のメスの産卵数を試算した。用いたデータは7月1日もしくは7月8日に各水域で捕獲された本種の体長である。その結果、水田で育成した本種は他水域で育成したものより約1,600個多く産卵できることが試算された。つまり水田で育成した個体は体長の増大に伴い多くの卵を産むことが予測された。

成長に影響を及ぼす要因の一つとして餌資源量が考えられる。中でも特に有用であると考えられたケンミジンコ目は、ビオトープにおいて水田の約3倍の個体数が存在していると考えられた。しかしビオトープで捕獲した本種の胃内容物からはケンミジンコ目はあまり検出されず、植物質のものが比較的多かった。メダカ池ではビオトープに比べ動物質のものの摂取割合が高く、時期によっては落下性昆虫やユスリカの幼虫などの比較的大きいもの

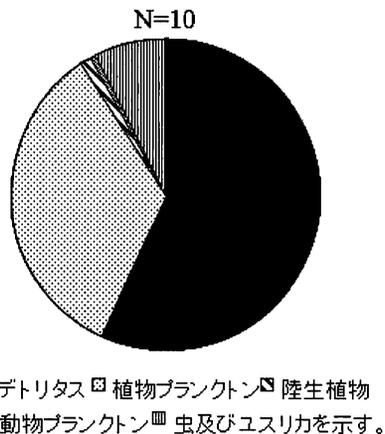


図10 水田に生息するメダカの7月1日の胃内容物  
植物質のものが多く傾向にあった。

を利用していましたが、ビオトープ同様メダカ池に生息していた本種の胃内容物からはケンミジンコ目はあまり検出されなかった。

本種にとっての餌は様々な理由で変化すると考えられる。その理由として利用可能性、捕食能、他の種との競争、餌の大きさなどがあげられる。メダカの口は上向きにできており、水面付近の餌を取るのに適した形である。また昼行性であることから視覚をたよりに餌をとっていると考えられる。各水域の動物プランクトン中で優占していたケンミジンコ目は日周鉛直移動を行なうことが知られており、日中、底棲生物のような生息をしていると予想される。つまりこのような状態にケンミジンコ目があるならば、水面近くのものを探餌しやすい体のつくりをしている本種にとっては利用しづらく、プランクトンネットで採集されるより利用できるものは、はるかに少ないと予想される。したがって今回の調査方法で把握した餌資源量からだけでは、水田に生息したものの成長が最も良かった要因は明らかにならなかった。

今後、本種を保全していくに当たって、本来の成長・繁殖の場である水田がどのような影響を与えているのかを明らかにした上で、保全対策をこうじる必要が考えられる。その中で本種が水田に溯上する意義は、環境変動が激しい水田生態系において、より多くの個体を次世代に残すため、短期間により大きく成長し産卵数を増大させることであると考えられる。

## 謝辞

本研究を行なうにあたり、多くの方々からご協力をいただいた。弘前大学農学生命科学部生物生産科学科佐原雄二教授には、メダカの生態調査および胃内容物の解析についてアドバイスをいただいた。また岩手大学農学部共生環境課程颯田尚哉准教授には水質についてのアドバイスや研究における相談にも乗っていただいた。また生態調査においては、岩手大学農村生態系再生研究会のメンバーをはじめ、岩手大学ネイチャーサークル「けらけら」のみなさまにご協力をいただいた。特に同大学4年の嶋佳奈子氏には毎回調査に同行していただき、調査を補助していただいた。ここに感謝の意を記す。

## 引用文献

- Egami, N. 1959. Record of the Number of Eggs Obtained from a Single Pair of *Oryzias latipes* Kept in Laboratory Aquarium. J Fac Sci Tokyo Univ Sec IV, 8: 521-538.
- 江崎保男・田中哲夫. 1998. 水辺環境の保全—生物群集の視点から—. 220pp. 朝倉書店.
- 寺尾修. 1985. 野生メダカの生態. 遺伝, 39(8): 47-50.

It has aimed to reveal the meaning and effect of preservation of Medaka (*Oryzias latipes*) specified for threatened species which ascends to the paddy field in this research. In this investigation, the amount of growth of Medaka which have grown in the rice field, shallow or deep still water region was measured. Moreover, the amount of the food resource and the stomach contents that influenced the amount of growth was analyzed.

As a result, the amount of growth of the population which have lived in the rice field between the day was the largest. The difference of the length was about 5mm compared with one which have lived in other water at the maximum. However, the amount of the food resource was the largest in a shallow still water region. This result did not support the result of the amount of growth between the day and the length. *Cyclopoidea* whose number of individuals was the most in the each waters was not so used. The phytoplankton, insect fell, larva of *Chironomidae* spp. and *Daphnia* spp. showed the tendency to be used more. However, the sample of the population which have grown in the rice field was few. Therefore, the difference of the food used in the rice field and other waters was not able to be clarified.

The meaning for Medaka to go and live in the rice fields can be thought as to enable to grow larger in a short term and bear more eggs. And this may help to maintain the number of individuals more safely.

## 地域に根ざしたケラマジカの持続的保全 — 島の子ども達とともに — (継続)

ケラマジカリサーチグループ

遠藤 晃<sup>1)</sup>・城間 恒宏<sup>2)</sup>・嵩原 さちえ<sup>3)</sup>・金城 光男<sup>4)</sup>

### The sustainable conservation of kerama deer

Kerama Deer Research Group

Akira Endo, Tsunehiro Shiroma, Sachie Takehara and Mitsuo Kinjo

#### 1. はじめに

沖縄本島の西方40kmに位置する慶良間諸島は、透明度の高い海とサンゴ礁に囲まれ、冬季にはザトウクジラもみられる等、海の自然に恵まれている。一方、照葉樹林に覆われた島々にはケラマジカ・カラスバト・マダラトカゲモドキ等多くの希少生物の生息が確認されている。海・山ともに自然の宝庫である慶良間諸島だが、海を求めて多くの観光客が訪れる反面、陸上生物に対する認知度は極めて低い。その原因として、地元の人々の目が生活に直結した海へばかり向き、陸上の自然に対する関心が極めて薄いことが挙げられる。住民の中で島の小学生の親世

代になると、山に入った経験のある人は少なく、小さな島でありながら、意識の中では、森は非常に遠い存在となっている。地元の関心の低さは、森林伐採など自然環境の無秩序な改変につながりやすく、貴重な生物の生存を脅かす。事実、閉鎖系の離島では、ゴミ投棄場や農地開発による森林伐採が急速に進み、希少生物を含めた自然環境の保全へ向けて可及的速やかな対応が求められている。

ケラマジカ(写真1)は、慶良間諸島の4つの小島、屋嘉比島、慶留間島、阿嘉島、外地島(図1)にのみ生息している。古文書によると、400年ほど前に九州からニホンジカが琉球(沖縄)へ運ばれ、現在の慶良

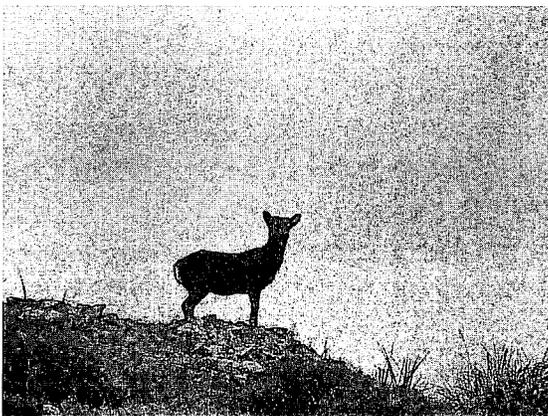


写真1 ケラマジカのオス



図1 調査地(沖縄県慶良間諸島)

1) 佐賀大学農学部:佐賀市本庄町

2) 沖縄県立嘉手納高校:沖縄県嘉手納町字屋良806番地

3) 座間味村立慶留間小学校:沖縄県島尻郡座間味村字慶留間82番地

4) 元座間味村教育長

間諸島・久場島に放逐されたという記録が確認されており、その末裔がケラマジカとして現在に生き残っていると考えられている(城間 2002)。当時の倭(ヤマト)ー琉球ー中国(明)の複雑な国際関係における歴史の生き証人として文化的な価値が認められ、屋嘉比島と慶留間島の一部では国の天然記念物に指定されている。昨年度の調査から、ケラマジカの生息個体数は2003年度の調査からさらに40頭ほど減少し、いぜん減少傾向にあることが明らかになった。とくに生息地として最も重要な阿嘉島では、ピーク時の半分にまで個体数が減少している。減少の主要因の一つとして防鹿ネットがあげられ、畑の周囲に張ったシカ除けの漁網に絡まり、多くのシカが命を落としていると考えられる。ケラマジカに対する保護対策は緊急を要している。阿嘉島のシカを記念物に指定し、文化庁の事業として綱性の防鹿フェンスを建設することで、食害対策とシカの保護の両立が可能となるのだが、地元の関心は薄く、また食害に会った人は害獣としての意識を強く持つため、阿嘉島の記念物指定には至っていない。

本研究は、森林生態系を中心とした慶良間諸島の貴重な自然環境へ地元住民、とくに子ども達の意識を向かわせることで、外圧に因らない、内発的な持続的保全を図り、住民との共存によるケラマジカの持続的保全を実現することが目的である。

## 2. 研究方法および結果

プロ・ナトゥーラ・ファンド2005年度(第16期)の研究活動から継続する本研究では、調査地をケラマジカの生息する沖縄県座間味村の屋嘉比島・慶留間島・阿嘉島・外地島とし、「研究者によるシカの生態調査」と「小学校と連携したシカを含む森林生態系の調査」という2本立てで進行してきた。研究者によるアピールは、いわば外圧である。地元から内発的に湧き上がるものでなければ、持続的な自然保護は実現しない。そこで、「小学校と連携したシカを含む森林生態系の調査」を掲げ、ここでは、地元でしかできないテーマとして、シカの鳴き声(発情期特有のオスの鳴き声)や子ジカを目撃数を連続的に観察し、季節変化を明らかにすることで、発情期間

や出産期間の推定を行っている。また、森林に棲む野鳥の観察(写真2)や種子の分布、分散様式、季節変化など、森林生態系を強く意識した調査・研究を行っている。調査は、教育委員会や地元小中学校と連携して、学校の環境学習として実施しており、教育的効果が期待される。得られた研究成果は、沖縄生物学会を一つの発表の場として設定し、同時に各学校のホームページに掲載することで、小学生達の手によって、慶良間の自然を内外にアピールすることを恒常化させることを可能とする。昨年度は、ケラマジカの個体数センサスによる生息状況実態の把握及びラジオテレメトリー法による生態学的知見を得るとともに、地元の慶留間小学校及び阿嘉小学校における環境教育に本格的に着手した。2年目となる2006年度(第17期)は、とくに両小学校における環境教育の継続と定着に重点をおいて研究活動を実施した。

## 3. 小学校と連携したシカを含む森林生態系の調査

### (1) ケラマジカに関する研究

#### 1) 慶留間小学校の児童による研究活動

慶留間小学校は、子ども達が地域の自然について深く学ぶ機会を増やすため、2003年から3、4年生の年間学習計画の中にケラマジカの学習・研究を取り入れた。そのため、子ども達は2年間をかけてケラマジカの学習・研究を行うことが確約されている。



写真2 バードウォッチングの様子

学校における環境学習は、これまで、担当する教員個人の興味や経験に基づくものが多く、担当者の移動・転勤や児童の進級等で研究が途切れ、長期間の継続は難しい状況が多いように感じられる。慶留間小学校でも移動・転勤によって3、4年生担当の教員は2003年以来現在で4人目となる。しかし、児童のケラマジカ研究・学習は途切れることなく継続しており、カリキュラムに明記された効果が非常に大きいと考えられる。現6年生の2名は、2007年5月26日に沖縄国際大学で開催された沖縄生物学会第44回大会において、2年間の研究成果を100名以上の学会員を前にして各々ポスター講演を行った(写真3)。各自が疑問に思った事をテーマとし、自分自身で調べた研究発表はいずれも自信に満ちたもので、発表後のたくさんの質問にも自分の言葉で的確に答えることができていた。また、大学の専門家も研究の結果、とくにユウナの茎だけを選択的に食べる事について深く興味を示し、質問を繰り返していた。子供たちの研究成果を以下に述べる(参照：中村ほか2007、糸嶺ほか2007)。なお、慶留間小学校のケラマジカ研究は、2007年4月から新3年生の三人に受け継がれ、現在、島を歩いてシカの痕跡を見つけながら、各自のテーマ探しを進めている(写真4)。

#### A. 「ケラマジカの好きな草調べ」(4年中村光志)

ぼくは、シカの好きな草調べをしました。理由は、去年草調べをしたときにクワの葉しか食べられて

いなかったの、他にも好きな草があるかもしれないとおもい調べました。

a) <実験1> ユウナ、ヤシ、ススキ、アダンの4種類の植物を集め、シカのよく出る場所におきます。植物はそれぞれペットボトルに差してセットし、翌日見にいき食べているかどうかをチェックします。実験の結果、ユウナ、ヤシ、ススキ、アダンの4種類のうち、ユウナの茎だけが食べられ、葉は下に落ちていました。

b) <実験2> 実験1で、なぜユウナの茎だけ食べられ、葉は下に落ちているのだろうか?とギモンに思いました。そこでこんどは、ユウナ全体、茎だけ、ユウナのわかい葉と古い葉をしかけて実験をしました。その結果、茎だけのものと若い葉が食べられていましたが、ユウナ全体と古い葉は食べられていませんでした。

c) <まとめ> ぼくはシカの好きな草調べをしてシカはユウナのくきとわかい葉を食べることがわかりました。4種類のうちユウナだけが食べられていたのはユウナが一番やわらかいので食べたと思います。クワはやわらかくシカが食べやすいのと同じで、ユウナの茎と若い葉もやわらかくて食べやすいのでシカが食べたのだと思います。

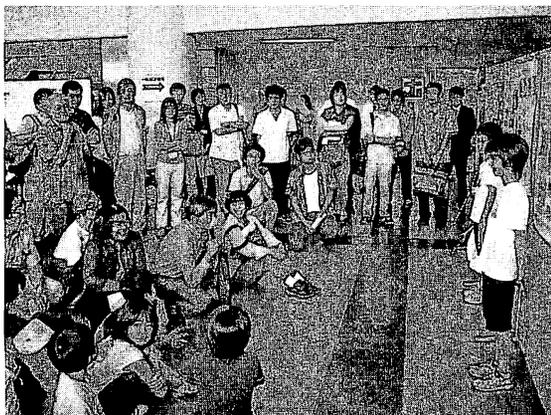


写真3 沖縄生物学会における発表(慶留間小)

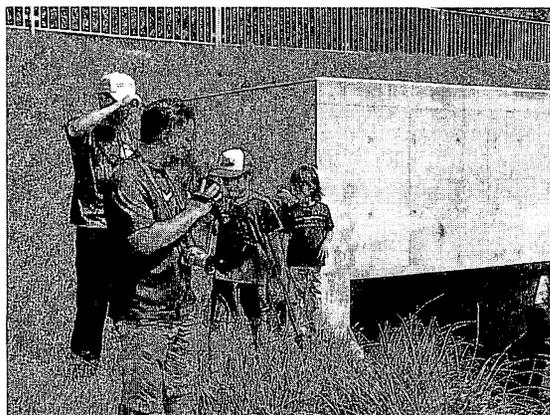


写真4 新しいメンバーでの研究開始

## B. 「シカの足あと」(4年糸嶺彩華)

私は、足あとについて調べました。その理由は学校の帰り道や遊んでいる時に何度も見かけ、いろいろな大きさの足あとを見て形、大きさなどにちがいがあり、調べたくなりました。

a) <方法> 学校に行く途中や帰り道で足あとがないか探す。また、総合学習の時間に島中を探検し、足あとを探す。足あとを見つけたら、地図に場所を記録し、写真に撮りました。

b) <結果とまとめ> 6月に調査したときには大きな足あとと小さな足あとと一緒にみられました。6月はシカの出産期なので、母親と子ジカが一緒に行動していることから、同じ場所に足跡があると思われまます。公民館や田んぼにシカの足跡が多く見られましたが、これはシカのえさとなる草がたくさんあるので、これを求めてシカが集まり、足跡があると思います。

シカは山の中が好きです。山の中では木を利用して角をけずったり、なわばりを作ったりしています。でも山で食べる草が少ないので、民家の近くまでおきてきて草を食べているのだと思います。林を切り開いた所にシカの食べ物となる草があると思います。

## 2) 阿嘉小学校の児童による研究活動

阿嘉小学校では、これまで年間授業計画ではなく、総合学習の中で随時、野鳥観察や種子のトラップ調査、ケラマジカの痕跡調査・観察等を行ってきた。これらの観察結果は感想とともに毎回記録はされてきたが、活動自体が年間計画の中で実施されてこなかったため、まとまった研究にまで発展せず単発的なものに終わっていた。しかし、当グループの慶留間校における取り組みと成果が評価され、2007年度から阿嘉小学校でも3、4年生の授業計画にケラマジカ学習が取り入れられることになった。現在、阿嘉校3、4年の児童達は「シカの体グループ」「シカの特徴グループ」「シカの食べ物グループ」の3グループに分かれ、ケラマジカの研究・学習を進めてい

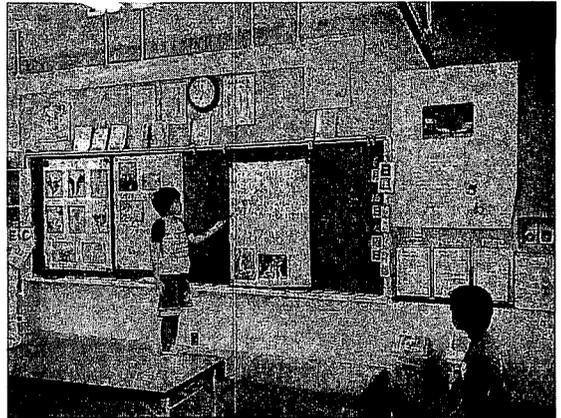


写真5 へき地教育研究会における発表(阿嘉小)

る。「体グループ」はシカの体の特徴について、「特徴グループ」はシカの移入された歴史や分布・生息数について、「食べ物グループ」はシカの好きな植物について研究を進め、これまでの研究成果は、10月26日に開催される第40回沖縄県へき地教育研究大会に於いて、阿嘉小学校の公開授業の中で発表された(写真5)。3グループのうち、「食べ物グループ」の研究成果について下記に記す。

## A. 「シカの食べ物」(4年喜屋武太地・金城ゆう)

シカが好きな食べ物を調べるために、シカが多くみられる学校から北浜(ニシバマ)へ続く道路脇を歩きながらシカの食べ痕を探し、その植物の名前を調べました。その結果、ゲットウ、ソテツ、アダン、タケ、ススキ、シマグワ、タンポポ、ハマユウ、シロダモなどにシカが食べた痕がありました。また、ツツジには食べ痕が見つからず、シカが嫌いな植物であることがわかりました。こんどは、いろいろな植物をとってきて仕掛け、シカが好きな植物とその順番をしらべたいと思っています。

## (2) 島の野鳥観察

阿嘉島、慶留間島にいる鳥を調べるため、島内に観察ルートを設定し、季節毎に一時間ほどかけてこのルートを歩きながら、目撃や声の確認できる鳥を記録した。

阿嘉島での2007年2月の野鳥観察ではカラス、ヒ

ヨドリ、メジロ、ウグイス、シロハラ、カラスバト、イソヒヨドリ、セッカを記録し、その後の調査から13種類の鳥を記録した(図2)。慶留間島では、2007年2月の調査でカラス、ヒヨドリ、メジロ、ウグイス、シロハラ、カラスバト(声)、ミサゴ、イソヒヨドリ、ハクセキレイを記録し、他にもリュウキュウコノハズク、イソシギが確認された。4月からは新3年生が初めての野鳥観察を行い、カラス、ツバメ、ヒヨドリを確認した。

### (3) 森の種しらべ

種子しらべは阿嘉小学校の研究テーマである。森林の種子を調べるため2006年3月にシードトラップを制作し、阿嘉島の森林内に設置した(写真6)。昨年

度、2006年5月の調査ではモチノキとクチナシが確認されていた。今年、2007年2月の調査では、持ち帰ったトラップ内のサンプルからモチノキ、ヤマモモ、そしてリュウキュウマツの毬果がトラップに入っているのを確認した。トラップの周囲に母樹のモチノキが存在し、果肉も付いていたことから、モチノキの種子は自然に落下してトラップに入ったものと考えられた。また、リュウキュウマツについては、毬果から種子を取り出して形態の特徴を確認するとともに、高いところから種子を落とすことでマツの種子が風を利用して林内に散布されることを学んだ(図3)。

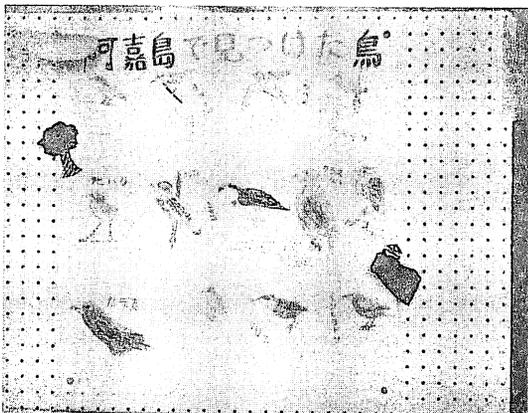


図2 阿嘉島でみられた鳥



写真6 森林内に設置したシードトラップ

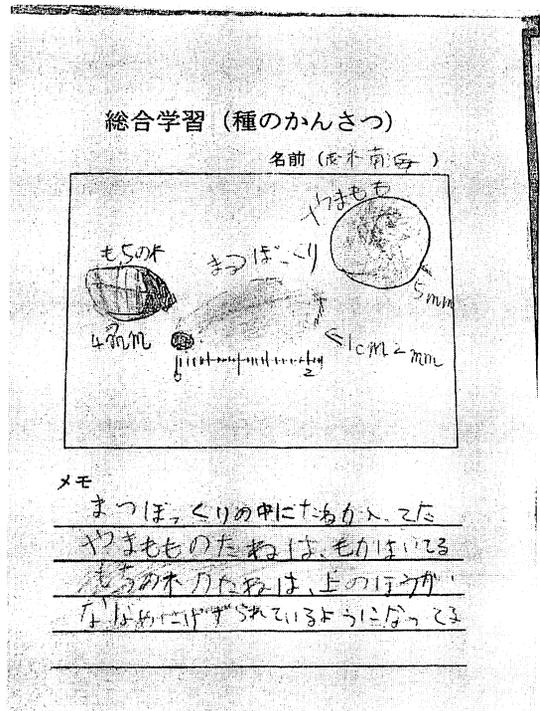


図3 シードトラップから採集された種子のスケッチ

#### 4. まとめ

本研究は昨年度に引き続き、慶良間諸島の森林生態系に対する地元の関心を高め、ケラマジカの持続的保全を実現することを目的として実施した。持続的な自然保護は、外部からその重要性をトップダウンに訴えかけるだけでは達成できず、地元から沸き立つ力が不可欠である。とくに、当グループでは、森林生態系に対する地元の関心を高めるために、島の子供達の興味を森林に向かわせ、子供達からのボトムアップによる地元へ自然保護啓蒙の働きかけを試みている。

これまでも環境学習の取り組みはみられた。しかし、担当する教員個人の努力に負う部分が多く、転勤などによってその気運が立ち消えてしまうこともあった。子供達からのボトムアップによる地域自然の保護を実現するためには、学校スタッフの転勤などに左右されない体制作りが必要不可欠であり、この点も強く意識して活動を進めている。

具体的には、地元の座間味村教育委員会と協力し、小学校の総合学習の中に、ケラマジカの研究、野鳥観察、森林の種子調べなど、森林生態系に関する研究活動を取り入れ、子供達を外へと連れ出している。島を歩き自然と触れ合う中で子供達が懐いた疑問を研究テーマとして設定するため時間はかかるが、予めこちらが用意した、与えられたものでなく自分の内に芽生えた疑問を基点とするため、研究が自然と深くなる。研究方法についても、子供達が考えたものに研究者が若干のアドバイスを与えるだけで、一貫して子供達の自発性に任せた。研究のプロセスで、子供達は科学的思考法を身につけていくのである。その結果、沖縄生物学会において100名以上の専門家を前にしても、子供達は自信に満ちた発表ができ、質問にも自分の言葉で的確に対応する事ができたと考えられる。

学会発表の様子は地元新聞誌にも取り上げられ、慶留間小学校の特色ある教育として、島外及び地域住民からも高く評価された。慶留間小学校における教育効果は阿嘉小学校にも波及し、今年度から阿嘉小学校の3、4年生のカリキュラムにケラマジカ研究が正式に盛り込まれることになった。慶留間小学校

では、教員の再三の入れ替わりにも関わらず、ケラマジカ研究が継続されており、早くからカリキュラムの中に位置づけられた効果が大きい。阿嘉小学校でもケラマジカ研究が特色ある教育の一つとして位置づけられ、阿嘉小学校ホームページにも掲載された。ようやく学校スタッフの転勤などに左右されずにケラマジカ研究を継続していく体制を作ることができつつある。保護者の話を聞くと、子供達は授業の中で森へ行くことを非常に楽しみにしているようであり、子供達の興味を森へ向けるという当初の目的をひとつ達成することができた。さらに保護者の反応も、以前は「ケラマジカ=害獣」という意識が非常に強く、シカを話題にすることも憚られるような雰囲気を感じられたが、少しずつではあるものの、シカに対する意識が変わってきているように感じられている。このような効果は、単年度の活動では決して実現できるものではなく、研究助成が継続され、活動が継続できたことが非常に大きいと考える。阿嘉小学校における取り組みは始まったばかりである。今後も継続し、定着をはかっていくことで、体制が確立し、持続的な自然保護の実現に近づくことができると考えている。

学校における活動を通して感じることは、僻地として社会の経済発展から取り残されてきた離島や山奥にこそ、豊かな自然が今なお残り、真の意味での豊かなくらしが残されているということである。このような地域にある学校は、少人数の学級と併せて、環境教育の場として最適である。また、数年で頻繁に入れ替わる教員が環境教育の実践を経験する場としても適している。その一方で、経済的尺度による教育の効率化が近年、各地で押し進められ、僻地の学校は併合・廃校などが現実問題に直面している。地域の自然環境の持続的保全を実現する基盤として学校が果たす役割の重要性を再認識・再評価し、政策的に学校の存続を図っていく視点が、これからの自然保護には必要不可欠であると考ええる。

ケラマジカの保護対策については、最も多くのシカが生息する阿嘉島はケラマジカ個体群の持続的保全の実現に不可欠な地域である。しかし阿嘉島では天然記念物指定がなされておらず、被害対策もな

されてこなかった。そのため、自衛のために畑の周辺に張られた漁網に絡まる事故が後をたたない。また、今年度の調査から餌付けの問題が浮上し、ペットと同じ感覚でシカと接する人が増え、イモやカズラを与えて餌付けをする人があとを絶たない。今年、阿嘉島の集落には、携帯電話で写真を撮っても逃げない人慣れた大きなオスジカが出現した。集落内への定着と食害、接触による事故など、今後、新たな問題が発生する可能性が高い。天然記念物として指定されている慶留間島では、保護対策事業として鋼鉄製の防鹿フェンスが整備され、作物に対する被害は無くなった。阿嘉島での天然記念物指定を急ぎ、被害防除対策を早急に講じる必要がある。同時に、野生生物との接し方に関する啓蒙を進め、餌付けシカの増加を食い止める必要がある。また、屋嘉比島では、近年シカの日撃例が激減している。餌場の不足や水場の不足など、ケラマジカの生息についてマイナスの要素が指摘されており、詳細な調査による生息実態を解明と対策の実施が急がれる。

ケラマジカを含めた慶良間諸島の森林生態系の持続的保全を図る当グループの試みは始まったばかりである。今後も、研究活動を継続するとともに、地元・小学校との協力体制を維持し続けて、その実現に尽力したいと考える。当研究は、ニホンジカの生態研究の進展に寄与するとともに、慶良間諸島の自然環境保全に関する意識の底上げに貢献し、持続的保全を確実にするものであると確信する。

## 参考文献

- 糸嶺彩華・高原さちえ・遠藤晃. 2007. ケラマジカの足跡について. 沖縄生物学会第44回大会講演要旨集.
- 中村光志・高原さちえ・遠藤晃. 2007. ケラマジカの好きな草調べ. 沖縄生物学会第44回大会講演要旨集.
- 城間恒宏. 2002. ケラマジカの由来に関する若干の考察. 史料編集室紀要, 27:209-218.

To achieve the sustainable conservation of Kerama deer and their habitat, in the project we have been carried out the investigation of Kerama deer and their habitat of forest ecosystem together with the children in Kerama islands, Okinawa prefecture. In second year of the project, we emphasized environmental education in elementary schools in the islands, cooperated with the Zamami education board, Aka and Geruma elementary schools and residents. Our researcher investigated the ecology of Kerama deer, and school children investigated feeding behavior and distribution of Kerama deer, bird distribution and seed production. The results of children's researches were presented at the 44th meeting of The Biological Society of Okinawa and at the 40th meeting of rural education in Okinawa. The information about children's research is also presented via the internet within and beyond the region.

# 北海道に生息する希少サケ科魚類イトウの遺伝的構造と 絶滅リスク評価

イトウ生態保全研究ネットワーク

江戸 謙顕<sup>1)</sup>・北西 滋<sup>2)</sup>・小泉 逸郎<sup>2)</sup>・野本 和宏<sup>3)</sup>

Genetic structure and extinction risk assessment of the endangered salmonid,  
Sakhalin taimen (*Hucho perryi*) in Hokkaido, Japan

Japanese huchen Ecology and Conservation Research Network

Kaneaki Edo, Shigeru Kitanishi, Itsuro Koizumi and Kazuhiro Nomoto

北海道にのみ生息するサケ科魚類イトウは国内最大級の淡水魚であり、各種レッドリストで絶滅危惧種として記載されている。本研究では、北海道におけるイトウ個体群の遺伝的構造を、ミトコンドリアDNAの部分塩基配列の情報に基づき明らかにした。これにより、保全遺伝学的観点から、より適切なイトウ保全策の立案が可能となる。解析は、北海道全域を網羅する19個体群241個体について実施した。ミトコンドリアDNAの3遺伝子座 (Cyt-b、ATP-6、CR) について合計1,678bpのシーケンスをおこなったところ、Cyt-b及びATP6において計9つのハプロタイプが検出された。これらハプロタイプ間の系統関係、AMOVA等の結果から、北海道のイトウ個体群は4グループ (日本海、オホーツク海、根室海峡、太平洋) に分けられ、明瞭な地域クラスターを形成していることが明らかとなった。また、各クラスター内においても個体群間の分化が大きいことが示された。一方、個体群内の遺伝的多様性は、個体群サイズの大小に関わらず、ハプロタイプ多様度、塩基多様度ともに低かった。以上より、イトウの遺伝的特性に関して、高い地域・個体群固有性が示されたことから、各個体群はそれぞれ単一の保護管理単位として捉える必要があると考えられる。遺伝的構造を無視した個体群間の移植放流等は、原則としておこなうべきではない。また、個体群内の低い遺伝的多様性から、絶滅が危惧される個体群について、生息域外保全を実施し個体群サイズの拡大を図るなど、多様性維持のための具体的な保全策の立案・実施が急務であると考えられる。

## 1. はじめに

イトウ (*Hucho perryi*) はサケ科イトウ属に属する国内最大級の淡水魚である。かつて十勝川で2.1mのイトウが捕獲されたという記録もあるが、現在では1mを超える個体も稀である。本種は日本以外にサハリンや千島列島南部、沿海州にも生息している (木村 1966、グリツェンコら 1974)。国内では、かつて青森県と岩手県の一部の水域にも生息していた

が、これらの個体群は既に絶滅し、現在は道南の一部及び日高地方を除く北海道に分布が限定されている (青柳 1957、宮地ら 1976)。イトウ属はユーラシア大陸に広く分布し、本種以外に、シベリアに生息するアムールイトウ (*H. taimen*)、鴨緑江上流のコウライイトウ (チャチ) (*H. ishikawai*)、揚子江上流の虎魚 (*H. bleekeri*)、ドナウ川のフーヘン (*H. hucho*) の4種が知られている (Holcik et al. 1988)。

1) 文化庁記念物課:東京都千代田区霞ヶ関3-2-2

2) 北海道大学大学院地球環境科学研究院:札幌市北区北10条西5丁目

3) 北海道大学大学院環境科学院:札幌市北区北10条西5丁目

日本に生息するイトウは、他の4種と異なり、唯一降海性を有する（川村ら1983、Edo et al. 2005）。また、他4種より鱗が大きく、側線鱗数が少ない（イトウ：110～125枚、他種：150～200枚）（木村 1966、Holcik et al. 1988）。他の日本産サケ科魚類が全て秋に産卵するのに対し、イトウは唯一春に産卵する（Edo 2000、2001）。また、シロザケ等は一度の産卵で生涯を終える一回産卵型として知られるが、イトウは典型的な長寿命複数回産卵魚で、20年近く生き数年に渡り産卵を繰り返す。イトウは魚食性が強いことでも有名で、体長も1mを超えることから、釣魚としても人気が高い。

イトウは本州では既に絶滅したが、北海道においてもその個体数を年々減少させている。現在、イトウは環境省レッドリストで絶滅危惧 I B類（環境省 2007）、北海道レッドリストでは絶滅危機種に選定されている（北海道 2000）。さらに2006年には、国際自然保護連合（IUCN）レッドリストで、最も絶滅の危険性が高いとされるCR（Critically Endangered）に選定された。絶滅が憂慮されるイトウだが、近年の北海道における生息状況等に関する調査から、実際に地域によっては個体群の絶滅が相次ぎ、また、残存する個体群の多くにおいても、繁殖個体の数が激減していることが明らかとなっている（江戸ら、未発表データ）。

分布や繁殖の状況等が明らかになる一方、個体群内の遺伝的多様性の程度や個体群間の遺伝的交流の有無など、イトウの遺伝的構造に関する情報は、これまでほとんど明らかにされてこなかった。また、個体群によっては繁殖個体の数が十数尾と推定されているものもあり（江戸ら、未発表データ）、そうした絶滅危惧個体群では、遺伝的多様性の喪失に伴う、さらなる絶滅リスクの増大も懸念される。遺伝的構造の解明は、本種個体群における遺伝的観点からの保全指標を得るうえで、急務である。

本研究では、北海道全域におけるイトウ個体群の遺伝的構造を、ミトコンドリアDNAの部分塩基配列の情報に基づき明らかにすることで、地域や水系、個体群サイズ等によって異なることが予想されるイトウの遺伝的特性を把握し、もって、遺伝的多様性保全の観点から、より適切なイトウ保全策の立案

に寄与することを目的として、イトウのミトコンドリアDNAに関する解析をおこなった。

## 2. 方法

解析は、1994年以降継続して収集してきた、北海道内主要分布域を網羅する19個体群（空知川、雨竜川、問寒別川、サロベツ川、声問川、尻別川、知来別川、鬼志別川、猿骨川、猿払川、藻琴川、斜里川、標津川、床丹川、西別川、風蓮川、別寒辺牛川、釧路川、十勝川）241個体及び外群1個体群（モンゴル産タイメン）1個体のサンプルについて実施した。サンプル収集のために個体（成魚、稚魚）を捕獲した際には、脂鱗の一部のみを採取し、個体は速やかに捕獲した場所に放流した。発眼卵を採集する場合には、1つの産卵床から2粒のみとし、同一支流内の産卵床からは明らかに卵径の異なる卵のみを別個体由来のサンプルとして扱った。採集したサンプルは99%エタノールで保存し、DNA抽出をおこなうまで3°C以下で保存した。DNA抽出は、プロテナーゼKとキレックス（Chelex 100, Bio-Rad社）を用いておこなった。抽出したDNAは300μLの超純水に溶かし3°Cで保存した。

まず、集団遺伝学的解析に適した領域を探すために、ミトコンドリアDNA（mtDNA）のATPアーゼサブユニット6（ATP6）、チトクロームb（Cyt-b）、調整領域（Control region）の3つの遺伝子について、14個体群62個体を用いて、遺伝的変異の有無を求めた。その結果、

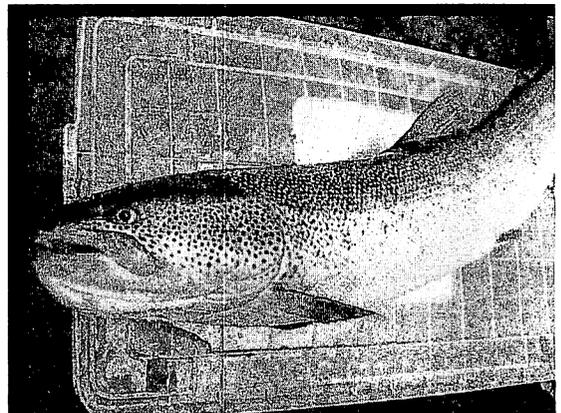


写真1 調査で捕獲したメスのイトウ、体長95cm

ATP6 および Cyt-b 領域において変異が確認されたため、この2つの領域をその後の解析に用いた。

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) を行い、ATP6 (533bp) および Cyt-b (625bp) の2つの遺伝子 (1158bp) の増幅をおこなった。PCRプライマーとして、Cyt-bは5'-ATCTCCCAGCACCATCTAATA-3'および5'-CTTGCCGATGATAATAAATG-3'を用い、ATP6はGiuffra et al. (1994) に従った。PCRにはサーマルサイクラー (PCR thermal cycler SP; Takara) を用いた。PCR反応は、両遺伝子とも、0.5unit Taq polymerase (Ampli Taq Gold; ABI)、各プライマーを0.5 $\mu$ M、0.2mMのdNTP、50mMのKCl、20mMのTris-HCl (pH 8.4)、1.5mMのMgCl<sub>2</sub>、0.5-1 $\mu$ LのDNA溶液、超純水を加え合計20 $\mu$ Lでおこなった。温度条件は、まず94°C14分でTaqの活性化をおこなった後、94°C40秒-アニーリング温度40秒-72°C40秒の工程を35回繰り返し、最後に72°C10分の伸張反応をおこなった。アニーリング温度は、ATP6、Cyt-bそれぞれ57°C、59°Cとした。PCR産物は、PEG/NaCl溶液を用いて精製し、ABI PRISM BigDye Terminator ver. 1.1を用いてサイクルシーケンスをおこなった。塩基配列の決定にはABI PRISM 3100 Genetic Analyserを用いた。

塩基配列型 (ハプロタイプ) の検出にはDNASIS ver. 3.5 (HITACHI) を用いた。得られたハプロタイプの最適塩基置換モデルの推定にはMODELTEST ver.3.7 (Posada and Crandall, 1998) を用い、最尤法を用いて推定した。その結果、F81モデル (Felsenstein 1981) が採択され、このモデルを用いて系統樹を作成した。系統樹作成にはPAUP 4.0b (Swofford, 2001) を用い、近隣結合法 (NJ) および最尤法 (ML) を用いた。樹形の信頼性はブートストラップ法を用いて推定し、繰り返し回数は両系統樹とも1,000回とした。外群にはタイメン (*H. taimen*) のほか、ブラキミスタックス (*Brachymystax lenok*; DDBJ accession number AY862339及びDQ086216) を用いた。上記に加え、TCS ver. 1.21 (Clement et al. 2000) を用いて、ハプロタイプのネットワーク図を作成した。

各個体群の遺伝子多様度を比較するため、ハプ

ロタイプ多様度 (Haplotype diversity;  $h$ ) と塩基多様度 (nucleotide diversity;  $\pi$ ) を算出した (Nei 1987; Nei and Kumar 2000)。また、北海道におけるイトウの遺伝的構造を把握するため、集団構造の階層分散分析 (AMOVA; Excoffier et al. 1992) をおこなった。AMOVAでは、個体群を日本海、オホーツク海、根室海峡、太平洋の4つのグループに分け、1)グループ間、2)グループ内の個体群間、3)個体群内の個体間、の3つの階層で解析を実施した。遺伝的分化の程度をより詳細に把握するため、各個体群間での遺伝的分化係数 ( $F_{ST}$ ; Weir and Cockerham, 1984) を算出するとともに、遺伝的差異について有意性の検定 (Exact test) をおこなった。これらの解析では、サンプル数が6個体以上の13個体群のみを用いた。Exact testでは繰り返しの回数を10,000回としたリサンプリング法を用い、得られた結果にはシーケエンシャルボンフェローニ補正 (Rice, 1989) をおこなった。これらの解析にはARLEQUIN ver. 2.000 (Schneider et al., 2000) を用いた。遺伝的距離と地理的距離との関係を把握するために、距離による隔離の効果 (Isolation by distance, e.g. Wright, 1943) を求めた。有意性の検定のためMantel test (Mantel, 1967) をおこない、繰り返し回数は10,000回とした。Mantel testにはGENEPOP web (Raymond and Rousset, 1995) のプログラムISOLDEを用いた。

過去の個体数変動の有無を明らかにするために、Mismatch distribution test (Rogers and Harpending, 1992) をおこなった。この解析では、AMOVAで用いた4つのグループを用い、各グループにおいて過去に個体群サイズの急激な増加が起こっているどうか、また、起こっている場合、いつ起こったのかを推定した。解析にはARLEQUINを用い、各グループについて適合度検定を行った。個体群サイズの急激な増加の時期 ( $t$ ) の推定には、 $t = \tau / 2u$  を用いた。 $u$  は突然変異率を表す。しかし、これまでイトウの突然変異率の推定は報告されていないことから、近縁のサケ科魚類で推定された突然変異率 (0.5-2% / 100万年) (Wilson et al. 1985; Smith 1992; Martin and Palumbi 1993; McKay et al. 1996) を用い、本研究では突然変異率を1-2% / 100万年として推定をおこなった。

Haplotype	Position							
	17	284	469	524	745	751	845	937
1	G	G	G	T	C	G	G	A
2	.	.	.	.	.	T	.	.
3	.	.	.	.	A	.	.	.
4	.	.	.	.	.	.	A	.
5	.	.	.	.	.	.	.	T
6	T	.	.	.	.	.	.	.
7	.	A	.	.	A	.	.	.
8	.	A	T	.	A	.	.	.
9	.	A	.	C	A	.	.	.

図1 イトウのハプロタイプ

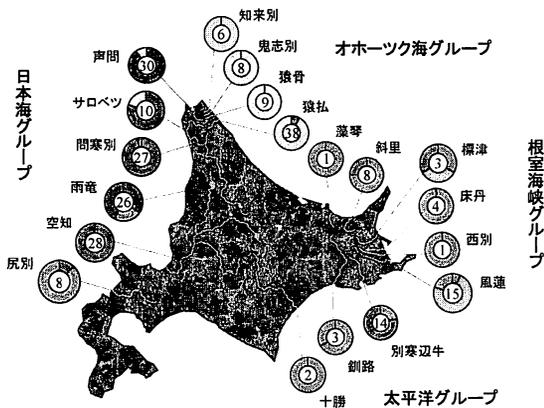


図2 ハプロタイプ頻度

円グラフの同色は同一ハプロタイプを、数字はサンプル数を示す。

### 3. 結果

ATP6およびCyt-bの塩基配列を決定した結果、8つの塩基置換サイトおよび9つのハプロタイプが検出された(図1)。塩基置換サイトのうち、トランジション(転位)は3つで、トランスバージョン(転換)は5つだった。9つのハプロタイプのうち7つは複数の個体群で見いだされたが、2つは個体群特有のハプロタイプだった(図2、雨龍川、尻別川)。最尤法を用いて作成した系統樹を図3に示す。系統樹の結果から、ハプロタイプは地理的なクラスターを形成していた。ネットワーク図を作成した結果、ハプロタイプ1を中心に1塩基置換で放散した花火型放散(firework radiation)を示した(図4)。この結果から、ハプロタイプ1がベーシックタイプ(祖先型ハプロタイプ)であると考えられる。

各個体群のハプロタイプ多様度および塩基多様度は、それぞれ、0 - 0.448、0 - 0.0011で、全体ではハプロタイプ多様度が0.736、塩基多様度が0.0012だった(表1)。AMOVAの結果、全ての階層において有意な遺伝的差異が検出され、北海道のイトウ個体群が遺伝的空間構造を形成していることが明らかとなった。遺伝的な分散の60.5%がグループ間に見いだされ( $F = 0.605$ ,  $df = 3$ ,  $P < 0.001$ )、グループ内

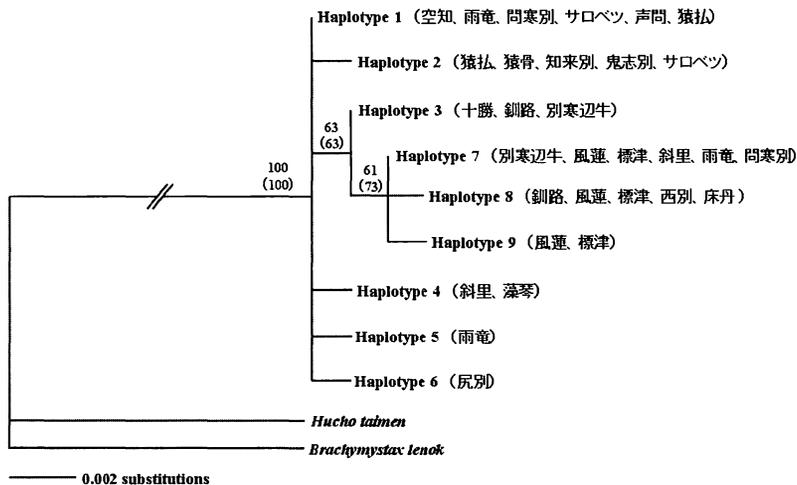


図3 F81モデルを用いて作成した最尤系統樹

近隣結合法(NJ法)を用いて作成した系統樹も同様の樹形を支持した。数字はブートストラップ値を示し、上段は最尤法、下段は近隣結合法でのブートストラップ値を表す。ブートストラップ回数は1,000回とした。括弧内はハプロタイプが確認された水系名。

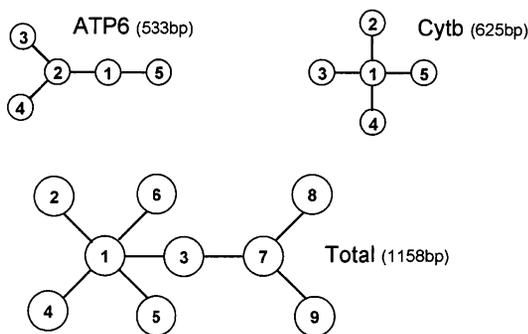


図4 最節約法によるハプロタイプのネットワーク図

の個体群間および個体群内の2つの階層では、それぞれ19.3% ( $F = 0.489, df = 15, P < 0.001$ )、20.2% ( $F = 0.798, df = 222, P < 0.001$ ) の分散が検出された (表2)。

Exact testによって個体群間の遺伝的な差異を求めた結果、78個体群のペアのうち67ペアで有意な遺伝的差異が見いだされた (表3)。個体群間の遺伝的分化係数 ( $F_{ST}$ )は-0.0517-1.0000であった (表3)。地理的距離による隔離の効果 (Isolation by distance) を求めた結果、地理的距離と遺伝的距離 ( $F_{ST}$ ) との間に有意な相関関係が見られた (図5;  $y = 0.1507x - 0.1682, r^2 = 0.39, P = 0.001$ )。また、グループ間の個体群間とグループ内の個体群間とは、Isolation by distanceにおよぼす影響が異なることが明らかとなった (グループ間:  $y = 0.0856x + 0.3018, r^2 = 0.27$ ; グループ内:  $y = 0.1327x - 0.2993, r^2 = 0.41$ )。

Mismatch distribution testの結果、日本海およびオホーツク海の2つのグループにおいて、過去の個体数の急激な増加が示唆された (図6; 日本海:  $SSD = 0.0043, P = 0.57$ ; オホーツク海:  $SSD = 0.0295, P = 0.16$ )。個体群サイズの急激な増加が起こった時期を推定したところ、日本海側グループは98,000 - 200,000年前、オホーツク海側のグループは140,000 - 280,000年前であることが示唆された。

#### 4. 考察

本研究におけるハプロタイプの出現頻度や最尤系統樹、AMOVAの結果から、北海道のイトウの遺伝的構造は、日本海、オホーツク海、根室海峡、太

表1 各個体群におけるハプロタイプ多様度と塩基多様度

	サンプル数	ハプロタイプ数	ハプロタイプ多様度	塩基多様度
空知	28	1	0	0
雨竜	26	3	0.674 ± 0.039	0.0012 ± 0.0008
間寒	27	2	0.074 ± 0.067	0.0001 ± 0.0002
サロ	10	2	0.356 ± 0.159	0.0003 ± 0.0004
声間	30	2	0.186 ± 0.088	0.0002 ± 0.0002
尻別	8	2	0.250 ± 0.180	0.0002 ± 0.0003
知来	6	1	0	0
鬼志	8	1	0	0
猿骨	9	1	0	0
猿払	38	2	0.149 ± 0.074	0.0001 ± 0.0002
斜里	8	2	0.429 ± 0.169	0.0011 ± 0.0009
風蓮	15	3	0.448 ± 0.135	0.0007 ± 0.0006
別寒	14	2	0.363 ± 0.130	0.0003 ± 0.0004
計	227	9	0.736 ± 0.020	0.0012 ± 0.0008

表2 階層分散分析 (AMOVA) の結果

グループ: 日本海、オホーツク海、根室海峡、太平洋

	d.f.	F-statistic	%	significance
グループ間	3	0.605	60.5	$P < 0.001$
グループ内の個体群間	15	0.489	19.3	$P < 0.001$
個体群内の個体間	222	0.798	20.2	$P < 0.001$

表3 遺伝的分化係数 ( $F_{ST}$ : 下段) およびExact testの結果 (上段)

Exact test、 $F_{ST}$ ともにシークエンシャルボンフエローニ補正 (Rice, 1989) をおこなった。

	空知	雨竜	間寒	サロ	声間	知来	鬼志	猿骨	猿払	斜里	風蓮	別寒	尻別
空知		*	NS	NS	NS	*	*	*	*	*	*	*	*
雨竜	0.37		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
間寒	0.001	0.3		NS	NS	*	*	*	*	*	*	*	*
サロ	0.28	0.25	0.13		NS	*	*	*	*	*	*	*	*
声間	0.07	0.35	0.04	-0.02		*	*	*	*	*	*	*	*
知来	1	0.53	0.89	0.73	0.83		NS	NS	NS	*	*	*	*
鬼志	1	0.55	0.9	0.76	0.84	0		NS	NS	*	*	*	*
猿骨	1	0.56	0.9	0.77	0.85	0	0		NS	*	*	*	*
猿払	0.91	0.66	0.85	0.73	0.8	-0.05	-0.03	-0.02		*	*	*	*
斜里	0.72	0.29	0.62	0.46	0.63	0.68	0.71	0.73	0.82		*	*	*
風蓮	0.91	0.52	0.87	0.81	0.87	0.86	0.87	0.88	0.92	0.7		*	*
別寒	0.93	0.31	0.87	0.82	0.87	0.91	0.92	0.92	0.92	0.66	0.51		*
尻別	0.94	0.49	0.82	0.71	0.79	0.92	0.93	0.94	0.91	0.64	0.85	0.88	

平洋の4グループ間で明瞭な地域クラスターを形成していることが明らかとなった(図2)。同様の遺伝的空間構造は他のサケ科魚類でも報告されているが、グループ間の分化の程度は、イトウとは大きく異なっている。サクラマス (*Oncorhynchus masou*) におけるAMOVAの結果では、北海道日本海、北海道太平洋、オホーツク海の3グループ間で10.7% (Kitanishi et al. 2007)、シロザケ (*O. keta*) では北海道、本州太平洋、本州日本海の3グループ間で7.3% (Sato et al. 2004) の遺伝的な分散が見いだされるに過ぎない。本研究では、上記4グループ間で北海道のイトウの遺伝的な分散の60.5%が見いだされており、このことは、イトウの地域間での遺伝的分化の程度が非常に大きく、各グループは隔離されてから、それぞれが独自に進化したことを示唆している。

また、AMOVA、 $F_{ST}$ およびExact testの結果から、北海道のイトウは、グループ間のみならずグループ内の個体群(水系)間においても、分化が進んでいることが明らかとなった。AMOVA、 $F_{ST}$ の値はともに比較的高く、こうした個体群間の分化は、遺伝子頻度の差ではなく遺伝子そのものが異なっているためであり、各個体群において、遺伝子流動がほとんどないことを示唆している。イトウは降海することが確認されており(Edo et al. 2005)、海を介した個体の侵入により遺伝子流動がおこる可能性が考えられるが、メスは同じ支流に何度も溯上して産卵することから(江戸・東 2000、Edo 2001)、こうした母川回帰性により、個体群間の遺伝的な独立性が維持されているのかもしれない。

さらに、本研究では、同じ石狩川水系の支流である空知川と雨竜川の個体群間においても、有意な遺伝的分化が検出された( $F_{ST} = 0.37$ )。各個体群はそれぞれ金山ダム、朱鞠内ダムにより分断されているが、各ダムは建設から2008年現在でそれぞれ41年、65年しか経過しておらず、イトウの世代時間(メス: 11.6年、空知川、江戸ら・未発表データ)を考慮すると、ダムにより個体群が分断されてから遺伝的分化が進んだ可能性は低い。むしろ、もともとこの2つの支流間では遺伝的な分化が進んでいたものと考えられる。今回、ミトコンドリアDNAの解析

により2つの支流間での遺伝的分化が検出されたが、マイクロサテライト解析等、より感度の高い解析をおこなうことで、より多くの支流間でも、遺伝的な分化を検出できるであろう。

なお、Mantel testの結果、距離による隔離の効果も検出された。これは、先に述べたように河川間の移住の程度は低い一方で、近隣河川と少しの交流はあることを示唆している。こうした河川間の交流は遺伝的多様性の維持に寄与しているのかもしれない。また、グループ間個体群間と、グループ内個体群間で効果に違いが見られ、グループ間個体群間の方が傾きが小さかったが、これは、グループ間での遺伝的な分化の程度が非常に大きく、 $F_{ST}$ が高い値で比較的まとまっていたためであると考えられる。

個体群内の遺伝子多様度に関しては、ハプロタイプ多様度、塩基多様度ともに、全体的に低い値を示した。特に日本海グループやオホーツク海グループに属する河川では、空知川や猿骨川等でハプロタイプが1種類しか検出されず、猿払川や間寒別川、声間川など個体数の多い安定個体群においても、ハプロタイプは2種類しか検出されなかった。一方、根室海峡グループや太平洋グループに属する道東の個体群では、解析個体数が少なくとも2種類以上のハプロタイプを検出しているものが比較のみられたことから(標津川、風蓮川、釧路川等)、日本海グループやオホーツク海グループより遺伝子多様度が高い可能性が示唆される。なお、Mismatch distribution testの結果から、日本海グループとオホーツク海グループにおいて、最終氷期前の98,000 - 280,000年前に個体数の急激な増加があったことが示唆された。一般に、遺伝子多様度は個体群サイズが大きいほど高いと予測される(小池・松井 2003)。個体数の急激な増加が認められ、かつ、安定個体群を多く含む日本海グループ及びオホーツク海グループで遺伝子多様度が低いのは、個体数の急激な増加が生じる以前に、創始者効果やボトルネック効果のような遺伝的多様性を減少させる要因により多様性が著しく低下し、その後多様性が回復するほど十分な時間が経過していないためかもしれない。

以上より、イトウの遺伝的特性に関して、高い個体群（地域）固有性が示されたことから、各個体群（水系）はそれぞれ単一の保護管理単位（Evolutionary Significant Unit, Management Unit: Waples 1994）として捉える必要がある。分化の進んだ各個体群は個別の保全対象と捉えて個々に保全策を立案すべきであり、遺伝的構造を無視した地域間・水系間における個体の移植放流等は、原則として行うべきではない。

また、個体群サイズの大小に関わらず低い多様性が示されたことから、サイズが大きい個体群であっても、環境の変化への耐性が低く適応力が低い可能

性が考えられる。日本海側やオホーツク海北部の個体群の一部は比較的サイズが大きく安定していると考えられているが、多型が検出されなかったことから、絶滅の危険性をより正確に評価するためには、遺伝学的観点からのさらなる詳細な調査が必要であろう。

さらに、近年進行している各地域個体群の絶滅、特に比較的多型がみられた道東地方における個体群の絶滅は、イトウの遺伝資源を急速に消失させていると考えられる。北海道内におけるイトウの遺伝的多様性を維持するためには、比較的多様性の高い道東地方の個体群の保全を優先的に図る必要がある。絶滅が危惧される個体群については生息域外保全を実施し、人工増殖等により個体群の維持・拡大を図るなど、具体的な保全策の立案・実施が急務であると考えられる。

### 謝辞

本研究を実施するにあたり、以下の方々から多大なご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

北海道大学大学院地球環境科学研究科 東正剛教授、岩熊俊夫教授、北海道立水産孵化場 川村洋司氏、故 鈴木研一氏、南富良野町落合 永井夫妻、三浦夫妻、坂井夫妻、どころ野外学校 目黒夫妻とスタッフの方々、八雲町 稗田一俊氏、南富良野町浪坂洋一氏、田上正典氏、日本獣医畜産大学 山本俊明講師、Hucho Works 秋葉健司氏、酪農学園大学大光明宏武氏、北海道大学大学院地球環境科学研究科の大学院生の方々、同大学院フィールド科学センターの大学院生の方々、尻別川の未来を考える オビラメの会 会員の方々、ソラプチイトウの会 会員の方々、猿払イトウの会 会員の方々、朱鞠内湖淡水漁業共同組合 組合員の方々、斜里川を考える会 会員の方々、別寒辺牛川流域イトウ保護連絡協議会 会員の方々、道東のイトウを守る会 会員の方々、釧路自然保護協会 会員の方々、十勝のイトウを守る会 会員の方々、猿払村漁業協働組合 組合員の方々（同不順）。

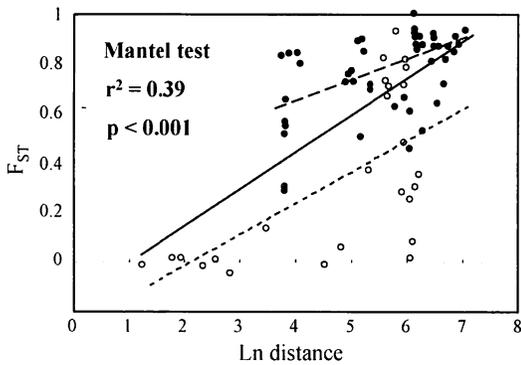


図5 距離による隔離の効果  
黒丸はグループ間個体群間、白丸はグループ内個体群間の値を示す。

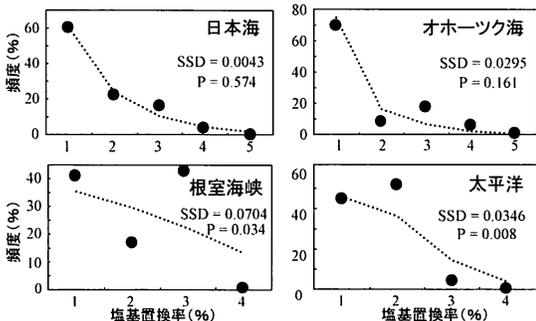


図6 Mismatch distribution testの結果  
日本海およびオホーツク海グループにおいて、Sudden expansion modelによる期待値との適合が棄却されなかったことから、過去における個体群の急激な増加が示唆された。

## 引用文献

- 青柳兵司 1957. 日本列島産淡水魚類総説. 272pp. 大修館.
- Clement, M., Posada, D. & Crandall, K. A. 2000. TCS: a computer program to estimate gene genealogies. *Molecular Ecology* **9**, 1657-1659.
- Edo, K., Kawamura, H. & Higashi, S. 2000. The structure and dimensions of redds and egg pockets of the endangered salmonid, Sakhalin taimen. *Journal of Fish Biology* **56**, 890-904.
- Edo, K. 2001. Behavioral ecology and conservation of the endangered salmonid, Sakhalin taimen *Hucho perryi*. Ph.D. thesis. Hokkaido University, Sapporo.
- 江戸謙顕・東正剛 2002. 生物と環境 地球環境サイエンスシリーズ第8巻. 三共出版. 東京.
- Edo, K., Kawaguchi, Y., Nunokawa, M., Kawamura, H. & Higashi, S. 2005. Morphology, stomach contents and growth of the endangered salmonid, Sakhalin taimen *Hucho perryi*, captured in the Sea of Okhotsk, northern Japan: evidence of an anadromous form. *Environmental Biology of Fishes* **74**, 1-7.
- Excoffier, L., Smouse, P. E. & Quattro, J. M. 1992. Analysis of molecular variance inferred from metric distances among DNA haplotypes: Application to human mitochondrial DNA restriction data. *Genetics* **131**, 479-491.
- Felsenstein, J. 1981. Evolutionary trees from DNA sequences: A maximum likelihood approach. *Journal of Molecular Evolution* **17**, 368-376.
- Giuffra, E., Bernatchez, L. and Guyomard, R. 1994. Mitochondrial control region and protein coding genes sequence variation among phenotypic forms of brown trout *Salmo trutta* from northern Italy. *Molecular Ecology* **3**, 161-171.
- グリツェンコ, O. F.・マルキン, E. M.・チウリコフ, A. A. 1974. =大屋善延訳, 1976. ボダガヤ川 (サハリン東岸)のサハリンイトウ *Hucho perryi* (Brevoort). 魚と卵 **143**, 25-34.
- 北海道 2000. 北海道レッドリスト (絶滅の恐れのある野生生物リスト).
- Holcik, J., Hensel, K., Nieslanik, J. & Skacel, L. 1988. The Eurasian Huchen, *Hucho hucho*, largest salmon of the world. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 239 pp.
- 川村洋司・馬淵正裕・米川年三 1983. 道東の汽水湖・厚岸湖で漁獲されるイトウ *Hucho perryi* (Brevoort). 北海道立水産孵化場研究報告 **38**, 47-55.
- 環境省 2007. 環境省レッドリスト 汽水・淡水魚類編.
- 木村清朗 1966. イトウ *Hucho perryi* (Brevoort) の生活史について. 魚類学雑誌 **14**, 17-25.
- Kitanishi, S., Edo, K., Yamamoto, N., Azuma, N., Hasegawa, O. and Higashi, S. 2007. Genetic structure of masu salmon (*Oncorhynchus masou*) population in Hokkaido, northernmost Japan, inferred from mitochondrial DNA variation. *Journal of Fish Biology* **71**, 437-452.
- 小池裕子・松井正文 編. 2003. 保全遺伝学. 東京大学出版会. 東京.
- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research* **27**, 209-220.
- Martin, A. P. & Palumbi, S. R. 1993. Body size, metabolic rate, generation time, and the molecular clock. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **90**, 4087-4091
- McKay, S. J., Devlin, R. H. & Smith, M. J. 1996. Phylogeny of Pacific salmon and trout based on growth hormone type-2 and mitochondrial NADH dehydrogenase subunit 3 DNA sequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* **53**, 1165-1176.
- 宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦 1976. 原色日本淡水魚図鑑. 462pp. 保育社.
- Nei, M. 1987. Molecular Evolutionary Genetics. New York: Clumbia University Press.
- Nei, M. & Kumar, S. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. New York: Oxford University Press.
- Posada, D. & Crandall, K. A. 1998. MODELTEST: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics*

- 14, 817-818.
- Raymond, M. & Rousset, F. 1995. GENEPOP (version 1.2): population genetics software for exact tests and ecumenicism. *Journal of Heredity* **86**, 248-249.
- Rice, W. R. 1989. Analyzing tables of statistical tests. *Evolution* **43**, 223-225.
- Rogers, A. R. & Harpending, H. 1992. Population growth makes waves in the distribution of pairwise genetic differences. *Molecular Biology and Evolution* **9**, 552-569.
- Sato, S., Ando, J., Ando, H., Urawa, S., Urano, A. & Abe, S. 2001. Genetic variation among Japanese populations of chum salmon inferred from the nucleotide sequences of the mitochondrial DNA control region. *Zoological Science* **18**, 99-106.
- Schneider, S., Roessili, D. & Excoffier, L. 2000. ARLEQUIN: A software for population genetics data analysis, version 2.000. Geneva: Genetics and Biometry Laboratory, Department of Anthropology, University of Geneva.
- Smith, G. R. 1992. Introgression in fishes: significance for paleontology, cladistics, and evolutionary rates. *Systematic Biology* **41**, 41-57.
- Swofford, D. L. 2001. PAUP 4.0b10. Phylogenetic Analysis using Parsimony (and Other Methods). Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates.
- Weir, B. S. & Cockerham, C. C. 1984. Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution* **38**, 1358-1370.
- Wright, S. 1943. Isolation by distance. *Genetics* **28**, 114-138.

We investigated the genetic structure of endangered salmonid, Sakhalin taimen (*Hucho perryi*), in Hokkaido, Japan. Direct sequence of mtDNA (ATP6, Cytochrome b and Control region, total 1,678bp) was analyzed in 241 individuals collected from 19 populations covering the entire range of extant populations in Hokkaido. Nine haplotypes were observed, of which two were found only in single population. Genetic diversity was low within populations (haplotype diversity = 0-0.448, nucleotide diversity = 0-0.0011), whereas genetic divergence was high among populations (average  $F_{ST} = 0.641$ ). This strongly indicates restricted gene flow among rivers and/or genetic drift due to founder effect or bottleneck. Hierarchical analysis of molecular variance (AMOVA) revealed four clear regional clusters (The Sea of Japan, The Sea of Oshkosh, Nemuro Strait and Pacific Ocean groups). In addition, demographic analysis (mismatch distribution test) indicated that two of the groups (The Sea of Japan, The Sea of Oshkosh) would have experienced sudden population expansions in 98,000-280,000 years ago. Because of the strong differentiation and unique evolutionary history in Hokkaido Sakhalin taimen, each population should be treated as an evolutionary significant unit.

# 個体識別データベースを活用したゼニガタアザラシの 生活史に関する研究

ゼニガタアザラシ個体識別研究グループ

小林 由美<sup>1)</sup>・千嶋 淳<sup>2)</sup>・藤井 啓<sup>2)</sup>・刈屋 達也<sup>2)</sup>・川島 美生<sup>2)</sup>  
石川 慎也<sup>3)</sup>・中田 兼介<sup>4)</sup>・藪田 慎司<sup>5)</sup>

Life history study of Kuril harbor seal based on individual identification  
using digital database system

Kuril harbor seal individual identification research group

Yumi Kobayashi, Jun Chishima, Kei Fujii, Tatsuya Kariya, Miki Kawashima  
Shinya Ishikawa, Kensuke Nakata and Shinji Yabuta

ゼニガタアザラシは毛皮の模様から個体識別ができるが、これまで個体識別資料(写真)は散在しており体系的に利用できなかった。そこで本研究では、1)過去の資料を収集・整理し、今後の資料収集、管理体制を構築すること、2)それらのデータを管理するためにインターネット上にデータベースを構築すること、3)このデータベースを活用して本種の生活史に関する情報を得ること、を目的とした。研究メンバー間のメールのやり取り、実際に顔をあわせての会議、およびフィールド調査によって、1974～2007年の資料を収集・整理し、写真約4,000枚と個体識別された316個体の記録をデータベースに登録した。これらのデータを解析した結果、寿命(最高齢はオスで26才、メスで33才)、生涯産仔数(最大23年間で計17頭の出産)、および移動(計28頭で6パターン)についての知見を得ることができた。

## 1. はじめに

ゼニガタアザラシ *Phoca vitulina* は北半球に広く分布する陸上繁殖型のアザラシである (Big 1981, King 1983, Shaughnessy and Fay 1977)。北海道東部沿岸の襟裳岬から根室にかけてはその1亜種 *P.v.stejnegeri* (写真1) が周年生息しており、現在環境省のレッドデータブックで絶滅危惧 I B 類に指定されている (環境省 2002)。本種は1970年代までに乱獲等により激減した (伊藤・宿野辺 1986) が、個体数は80

年代から少しずつ回復し (e.g. Hayama 1988、高間 1995、千嶋1997、斉藤・渡邊 2004)、2004年には全4地区11箇所の上陸場(図1)にて過去最高の計925頭が確認された (Kobayashi et al. 2005)。しかしながら、この30年で上陸場の新規構築は確認されておらず、乱獲前の推定生息数1,500～4,800頭 (伊藤・宿野辺 1986) にはいまだ達していない。また、詳細な個体群構造は不明であり、さらには地域によっては漁業への食害 (e.g. Wada et al. 1991) と魚網による混獲が発

- 1) 北海道大学大学院水産科学院資源生物学講座資源生態学領域 (Laboratory of Marine Ecology Graduate School of Fisheries Science, Hokkaido University)
- 2) ゼニガタアザラシ研究グループ (Kuril harbor seal research group)
- 3) えりも町交流促進センター襟裳岬「風の館」 (Erimo Wind pavilion)
- 4) 東京経済大学 (Tokyo keizai University)
- 5) 帝京科学大学アニマルサイエンス学科 (Teikyo university of Science and technology, Department of Animal Science)

生している(e.g. 和田ら1986、齊藤 2006)ことから、適切な保護管理のあり方が検討課題になっている(北海道 2006)。

北海道における本種の個体数調査は1974年から延べ1,500名以上のボランティア調査員によって継続されており(刈屋ら 2006)、野生哺乳類の調査資料として国内外を通じて貴重なものとなっている。本種は生まれつき一頭一頭模様が異なるため個体識別が可能であり(新妻 1986)、個体数調査時には個体識別記録と資料(写真1)の収集がなされてきた。しかしながら、これまで資料は分散して保存されており共有して利用できる状態にはなかった。また、ゼニガタアザラシが高密度で上陸すると重なって見えるため識別が困難になること、個体を識別する鍵になる特長のある斑紋が上陸姿勢によっては観察者から見えない場合があることなどから、これまで個体識別研究はなかなか進んでこなかった(小林ら 2005)。

前述の問題点を克服しゼニガタアザラシの個体識別調査を組織的に進めるために、我々はインターネット上にデータベースシステム(以下DB)を構築し2006年7月から本格運用を開始した。本研究では、1)過去の資料を収集・整理し、今後の資料収集、管

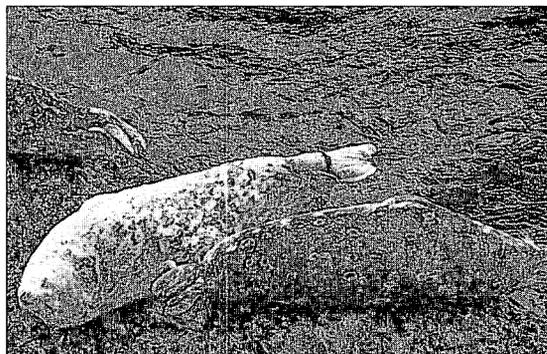


写真1 ゼニガタアザラシ(千嶋淳撮影)

理体制を構築すること、2)それらのデータを管理するためにインターネット上にデータベースを構築すること、3)このデータベースを活用して本種の生活史に関する情報を得ること、を目的とした。

## 2. 方法

全国各地に散在した過去のデータを収集・整理するため、メール等でメンバー間の情報交換をしながらデータの探索、選別、ナンバリングを行なった。また実際にメンバーで顔をあわせて、データの所在確認とリスト作り、今後の管理体制、DBへの登録分担、およびデータ活用について会議を行なった。

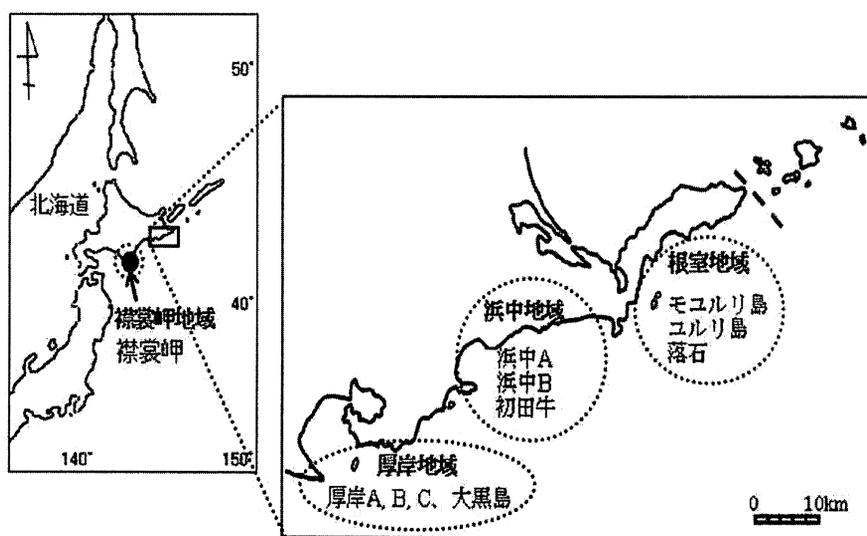


図1 日本におけるゼニガタアザラシの分布

上記の整理された過去のデータをDBに登録した。また2007年の最新データの撮影を行い、それらの登録も行った。

登録データを用いて、次のような解析を行った。(1)既に個体識別されている個体写真と07年撮影の写真的照合を行い、その結果をもとに、野外での寿命に関連する情報を集約した。(2)DB上の個体履歴を追跡し、産仔数に関する情報をまとめた。(3)同様に、個体観察記録の追跡から、雌雄の性成熟年齢に関する情報を集めた。(4)モユルリ島、大黒島で個体識別された個体について、個体観察履歴の追跡、07年写真データとの照合を通して、他の上陸場への移動行動を調べた。

### 3. 結果

#### (1) データの収集とDB化

登録すべき個体台帳(個体識別記録)として26冊のファイルの所在を確認できた。これらは、1975年～2006年に作成された記録であった。また新しくデジタル写真データとして、2002年～2006年のCD-R53枚分を確認できた。さらに07年にCD-R18枚分の写真データを新たに撮影した。これらのデータのうち、次の地域の個体台帳をDB化(図2-1、図2-2)した。ユルリ島、モユルリ島、浜中A、厚岸A、そして大黒島である。登録個体数はそれぞれ1個体(11写真)、95個体(433写真)、24個体(120写真)、2個体(8写真)、および143個体(615写真)の合計265個体である。また、これまでに襟裳岬地域で標識を付けられた新生児

検索条件: キーワード: [ ] 場所: [ ] 性: [ ] 期間: 年月日～年月日 顔の斑紋: 肩: 涙: 限取り

絞り込み  
 検索結果  
 ・Y-F10 (3/10) 確認記録の入力 出産記録の入力  
 ・Y-F8 (1/10) 確認記録の入力 出産記録の入力  
 ・M-F8 (1/10) 確認記録の入力 出産記録の入力

個体識別 詳細表示 写真No 00001 個体No 1 [320] [original] 撮影日: 2006年03月17日 撮影場所:○	個体識別 詳細表示 写真No 00002 個体No 2 [original] 撮影日: 2006年03月17日 撮影場所:○
---	---

図2-1 ゼニガタアザラシ個体識別データベース

「M-M12」の観察記録  
 出生年:  
 母親:  
 観察確認歴: (新しい順に10件まで表示)

日付	場所	写真	メモ
2006/07/25	M	○	M-M12
2006/07/25	M	○	M-M12の別角度
2006/06/13	M	○	1997年登録(9歳前後) 2001年以降 繁殖期に負傷して出現
2001/08/15	M	○	
2001/08/04	M	○	撮影時9歳前後。
2001/08/03	M	○	
2001/06/07	M	○	撮影時9歳前後。両後肢、尾にキズを確認。
2001/06/06	M	○	撮影時9歳前後
1998/07/13	M	○	撮影時6歳前後。

出産記録: △

図2-2 ゼニガタアザラシ個体識別データベース

を中心とした51個体分の写真を登録した。加えて、近年の新しいデジタル写真データに関しては、2007、06、および05年撮影の写真から登録に値する写真の選定と画像処理を行い、それぞれ1,903枚、1,148枚、1,109枚をDB化(図2-1、図2-2)した。

#### 4. 生活史に関する知見

##### (1) 寿命

新妻(1986)は、本種の1975～1984年の10年間の死亡率は、オスは年平均約3.1%、メスでは0.5%でほとんど変化がないことを報告している。そこで、DBより15才以上の個体についての情報を集めた。その結果を表1に示す。オスでは15～19才が4個体、20～

24才が3個体、25才以上が2個体確認された。オスの最高齢は、1975年に大黒島で確認され、2000年に厚岸Aにて確認されたのを最後に消息が途絶えた(おそらく死亡したと考えられる)26才のD-M59であった。メスでは15～19才が2個体、20～24才が11個体、25才以上が5個体確認された。最高齢は、1974年に大黒島で生まれて2007年に大黒島で出産していたD-F7の33才であった。情報不足のために、これらから死亡率の推定を行なうことはできなかった。

##### 5. メスの性成熟年齢と産仔数

メスは1回の妊娠につき1仔を出産し、性成熟後は年1回毎年の出産が可能である(Bigg 1981)。

表1 確認された15才以上のゼニガタアザラシ

性別	個体名*	最初記録			最終記録		
		確認年	上陸場	年齢(才)	確認日	上陸場	年齢(才)
オス	M-M1	1991/10/?	モユルリ島	4以上	2005/6/?	モユルリ島	18以上
	Y-M3	1985/?/?	ユルリ島	2以上	2001/8/4	モユルリ島	18以上
	G-M4	1984/4/?	浜中A	1以上	2001/7/18	浜中A	18以上
	G-M5	1982/?/?	浜中A	3以上	2001/7/15	浜中A	22以上
	G-M6	1980/6/11	浜中A	0	2003/?/?	浜中A	23
	G-M14	1996/9/14	浜中A	4以上	2007/2/8	浜中A	15以上
	D-M78	1983/6/?	大黒島	1以上	2007/6/12	大黒島	25以上
	D-M62	1985/6/?	大黒島	2以上	2007/6/19	大黒島	24以上
	D-M59	1975/3/?	大黒島	1	2000/6/?	厚岸A	26
	メス	M-F1	1994/5/?	モユルリ島	3以上	2006/6/14	ユルリ島
M-F17		1985/7/31	ユルリ島	3以上	2003/7/?	モユルリ島	21以上
Y-F4		1981/?/?	ユルリ島	1or2	2006/7/25	モユルリ島	26or27
Y-F5		1983/?/?/?	ユルリ島	3以上	2003/5/5	モユルリ島	23以上
Y-F7		1982/?/?/?	ユルリ島	3以上	2003/5/5	モユルリ島	24以上
Y-F8		1984/?/?/?	ユルリ島	1以上	2006/7/25	モユルリ島	23以上
Y-F10		1989/6/?	ユルリ島	4以上	2007/6/?	モユルリ島	22以上
Y-U8(メス)		1984/?/?/?	ユルリ島	3以上	2004/8/?	モユルリ島	23以上
G-F11		1984/?/?/?	浜中A	1以上	2007/5/30	浜中A	24以上
G-F14		1984/?/?/?	浜中A	1以上	2005/6/3	浜中A	22以上
G-F16		1993/?/?/?	浜中A	3以上	2007/5/30	浜中A	17以上
A-F1		1987/6/?	厚岸A	1以上	2007/5/30	厚岸A	21以上
A-F3		1987/6/?	厚岸A	1以上	2007/7/31	厚岸A	21以上
D-F9		1976/?/?/?	大黒島	0	2007/4/19	大黒島	31
D-F7		1974/?/?/?	大黒島	0	2007/6/18	大黒島	33
D-F37		1976/?/?/?	大黒島	4以上	2004/8/18	厚岸A	32以上
D-F62		1985/6/?	大黒島	3以上	2007/6/19	大黒島	25以上
D-F60		1985/6/?	大黒島	1以上	2007/6/17	大黒島	23以上

個体名の最初のアルファベットは場所の略号を、続くアルファベットは性別：MはMale(オス)、FはFemale(メス)、およびUは命名時にunknown(性不明)であったことを示す。最後の数字は登録番号を示す。太字は最高齢の個体を示す。

発情の傾向(生殖孔の充血と乳首の発達)は、最も早く3才前後(1999年にモユルリ島にて確認されたM-F39)で確認された。初産は4~6才前後で確認された(N=6, 表2, 表3)。

出産・育仔期に10年以上確認されている成獣メス(N=8)の出産開始年と出産確認最終年、その間の産仔数、および年平均産仔数を表3に示す。年平均産仔数は $0.68 \pm 0.11$ 個体であった。最多仔数はY-F4で、1981年にユルリ島で初確認されてから1984~2006年の23年間に同島にて少なくとも18頭(0.78頭/年)を出産していた。

表2 ゼニガタアザラシのメスのおおよその初産年齢と出産場所

個体名	年齢	上陸場
Y-F4	4~5	ユルリ島
M-F39	4~5	モユルリ島
M-F9	5	モユルリ島
M-F10	5前後	モユルリ島
M-F26	6前後	モユルリ島
M-F73	5~6	モユルリ島

表3 出産・育仔期に10年以上確認されているゼニガタアザラシの成獣メス(N=8)の出産開始年と出産確認最終年、その間の産仔数、および年平均産仔数。

個体名	出産開始年	出産確認最終年	その間の産仔数	年平均産仔数
Y-F4	1984	2006	18	0.78
Y-F5	1985	2002	13	0.72
Y-F10	1989	2007	14	0.74
M-F1	1995	2006	9	0.75
G-F11	1985	2007	9	0.46
G-F16	1993	2007	10	0.67
A-F1	1987	2007	11	0.55
A-F3	1993	2007	11	0.73
平均±SD				$0.68 \pm 0.11$

太字は最多仔数の個体を示す。

## 6. オスの性成熟年齢

性成熟したオスは、交尾期にメスをめぐるオス同士の闘争の後と見られる傷を負う(新妻 1986)。本研究では、年齢が正確に明らかになっている個体で負傷に関する記録はなかった。

## 7. 移動

ユルリ—モユルリ島で14個体、モユルリ島—初田牛で4個体、モユルリ島—落石—浜中Aで1個体、モユルリ島—浜中Aで2個体、ユルリ島—浜中Aで1個体、厚岸A—大黒島で6個体、計28個体の移動が確認された(表4)。最大移動距離はモユルリ島—浜中A間の直線距離で約34kmであった。

## 8. 考察

メールを中心にグループメンバーで情報交換を行ない、かつ2度に渡って直接顔をあわせて会議を行ったことで、過去のデータの収集と今後の管理体制、およびDBへの登録分担とDB活用についての意見交換を効果的に行なうことができた。今後もメールのやり取りを継続することで、データの収集と保存を行なうことができる。よって、当初の1つめの目的である、過去の資料を収集・整理し今後の資料収集・管理体制を構築すること、は十分に達成することができた。

また、実際にDBを活用することで数十年の長期に渡って個体の履歴を追うことができた。ゼニガタアザラシは非常に長寿命で、性成熟したメスは毎年高い確率で出産することが野外観察からはじめて明らかになった。宇野ら(1984)は納沙布岬で混獲されたゼニガタアザラシの最高齢はオスで16才、メスで25才としている。Ohtaishi and Yoneda(1981)は狩猟されたオスで34才の例を報告しているが、メスの33才は野外で確認された個体としては最高齢である。

ゼニガタアザラシは性的二型がありオスとメスとで生活史が異なる(新妻 1986)ため、生存曲線は性によって分離する可能性がある。本研究では死亡率の推定を行なうことができなかったが、今後DBへの登録データを増やすことで、これらについても考察することが可能になるだろう。

北海道東部沿岸の本種はこの30年間で粗出生率(確認個体数中の新生児の割合)が20~25%、年平均増加率が4.5%(Kobayashi et al. 2005)である。これは、性成熟後は毎年高い確率で出産する種としては非常に低い個体群増加率である。ゼニガタアザラシが若齢時、特に新生児時に死亡率が非常に高いことは、

諸外国においていくつか報告があり(e.g. Härkönen and Heide-Jørgensen 1990, Härkönen et al., 1999, Härkönen et al., 2002)、日本でもそれが示唆された結果といえよう。今後より詳細な生存率等の個体群データが得られると期待される。

Hayama et al. (1986)は混獲個体の生殖器の組織学的観察により、メスの初回排卵年齢は平均3.7才、初回妊娠年齢は平均4.6才と報告している。Bowen et al. (2003)らはカナダのセープル島で標識付けしたゼニガタアザラシ*Phoca vitulina*のメスの性成熟年齢は4~6才としている。本研究はこれらの先行研究に一致する。しかし性成熟年齢や初回妊娠年齢は個体群の栄養状態や密度などによって変化する可能性があり、今後詳細に地域および年代比較を行えば、新たな知見が得られるかもしれない。鈴木・山下

(1986)は精巣の精子形成能を指標に、オスの生理的成熟を5才としている。しかし、オスの性成熟には、オス間の闘争など社会的な要因も強く関わっていると考えられ、生理的に成熟していても繁殖に参加できるとは限らない(新妻 1986)。現状では、オス間闘争の結果と考えられている負傷に関するデータがほとんどDBに登録されていなかったため、本研究ではオスの性成熟年齢について言及することができなかった。今後登録データが増加することを期待する。

死亡個体の回収による形態および組織学的観察はサンプルの鮮度にも大きく左右されるため、偶発的で幸運な事態がなければ行うことができない。野外観察から直接個体群データを得られる本手法の推進が求められる。

表4 確認されたゼニガタアザラシの上陸場間の移動

上陸場	片道の距離(km)	個体名*			合計(頭)
		オス	メス	性不明	
ユルリ島—モユルリ島	0.8	M-M5	M-F1		14
		M-M7	M-F9		
		Y-M3	M-F10		
			M-F17		
			Y-F4		
			Y-F5		
			Y-F7		
			Y-F8		
			Y-F10		
			Y-U6		
	Y-U8				
モユルリ島—初田牛	20	M-M13	M-F30		4
			M-F38		
			M-F40		
モユルリ島—落石—浜中A	34		O-F1		1
モユルリ島—浜中A	34		M-F62		2
			G-F44		
ユルリ島—浜中A	34		G-F23		1
厚岸A—大黒島	7.5	D-M59	A-F1		6
			A-F3		
			D-F37		
			No.4065	No.4184	
合計(頭)		5	22	1	28

個体名の最初のアルファベットは場所の略号を、続くアルファベットは性別：MはMale(オス)、FはFemale(メス)、およびUは命名時にUnknown(性不明)であったことを示す。最後の数字は登録番号を示す。

上陸場間の移動は計28頭で6パターンが確認された。移動要因としては、繁殖場所と非繁殖場所との移動や餌資源の分布と密度に関連した季節移動(Chishima 2005)などが考えられる。本研究により確認された最大移動距離は約34kmであった。同じ上陸場で繰り返し確認された個体が多く、上陸場への高い回帰性が示唆された。ノルウェーで標識付けされたゼニガタアザラシの新生児は平均64km、最高463kmにわたって分散していた(Bjorge et al., 2002)。スコットランドでは、メス成獣は仔育て後に上陸場から45km離れた場所にて採餌していた(Thompson et al. 1994)。日本のゼニガタアザラシの移動距離や行動圏に関する情報はほとんど整理されていないため、今後のDB登録とデータ解析が重要である。本種は出産・育児・休息等を特定の場所：上陸場で行なうため、本種の保護管理にむけては、上陸場とその周辺海域の保全が重要である。

本研究では、期待を上回る量のデータの収集と管理、およびDB化を行なうことができた。個体数変動パターンは地域ごとに異なる(Kobayashi et al. 2007)ことから、個体の生活史にも地域差がある可能性があるが本研究では地域間比較を行なうことはできなかった。今後より多くの写真をDBに登録することができれば、それらの解析を行なうことが可能になる。

ナチュラルマークを用いた野生アザラシ類の個体識別は、近年海外でも始められているが、これだけの長期にわたる調査が継続されている地域は他にはない。また、個体識別にナチュラルマークを利用することは、1)対象動物に対し、捕獲して標識付けを行なう際のストレスを与えない、2)人間側にも捕獲調査時に伴う危険が生じない、3)特別な設備なしに多くの人間が参加できる、4)個体が生まれてから死ぬまでの長期にわたり識別できる、の利点がある。本種のような数十年の寿命を持つ種では本手法が非常に有効であり、今後も継続・発展が重要である。

## 謝辞

本研究には、これまで継続されてきたゼニガタア

ザラシ個体数調査時に撮影されてきた写真を用いた。個体数調査は哺乳類研究グループ海獣談話会とゼニガタアザラシ研究グループの主催により、これまで33年間に延べ1,500人以上のボランティア調査員によって行なわれている。全ての調査員に深い敬意を表す。調査に際し便宜を図って頂き、様々なご協力を頂いた地域住民をはじめとする多くの方々

## 引用文献

- Bigg, M. A. 1981. Harbour seal: *Phoca vitulina* Linnaeus, 1758 and *Phoca Largha* Pallas, 1811. In: Ridgway, S. H. and Harrison, R. H. eds. Hand book of marine mammals, 2, Seals: 1-27. Academic Press, New York.
- Bjorge, A., Oien, N., Hartvedt, S. and Bothun, G. 2002. Dispersal and bycatch mortality in gray, *Halichoerus Grypus*, and Harbor, *Phoca vitulina*, seals tagged at the Norwegian coast. Marine mammal Science, 18: 963-976.
- Bowen, W. D., Sara, L. E., Sara, J. I. and Boness, D. J. 2003. Maternal and newborn life-history traits during periods of contrasting population trends: implications for explaining the decline of harbour seals (*Phoca vitulina*), on Sable Island. Journal of Zoology, 261: 155-163.
- 千嶋淳. 1997. 1996年ゼニガタアザラシ個体数調査(センサス)報告. ワイルドライフ・フォーラム, 3: 113-118.
- Chishima, J. 2005. Haul-out site use patterns of Kuril harbour seals *Phoca vitulina stejnegeri* at Moyururi Island, Hokkaido. Abstracts of Ninth International Mammalogical Congress.
- Härkönen, T., Harding, K, C. and Lunneryd, S, G. 1999. Age- and sex-specific behaviour in harbour seals *Phoca vitulina* leads to biased estimates of vital population parameters. Journal of Applied Ecology, 36: 825-841.
- Härkönen, T., Harding, K, C. and Heide-Jorgensen, M-P. 2002. Rates of increase in age-structured

- populations: a lesson from the European harbour seals. *Canadian Journal of Zoology*, 80: 1498-1510.
- Härkönen, T. and Heide-Jørgensen, M-P. 1990. Comparative life histories of east Atlantic and other harbour seal populations. *OPHELIA*, 32: 211-235.
- Hayama, S. 1988. Kuril seal -Present status in Japan-. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 17: 75-78.
- Hayama, S., Suzuki, M., Uno, H. and Yamashita, T. 1986. Female sexual maturity and delayed implantation period of the Kuril seal. *Whales Research Institute*, 37: 173-178.
- 北海道. 2006. アザラシ類保護管理報告書. 北海道, 162pp.
- 伊藤徹魯・宿野部猛. 1986. ゼニガタアザラシの生息数と生息状況. 『ゼニガタアザラシの生態と保護』(和田一雄ほか 編), 18-58. 東海大学出版会. 418pp. 東京.
- 刈屋達也・小林由美・藤井啓・山田京子・中岡利泰・長雄一・千嶋淳・渡邊有希子・齋藤幸子・中川恵美子・和田一雄. 2006. ゼニガタアザラシの生態と保全に関する近年の動向と今後-ゼニガタアザラシ研究グループ検討会の記録-ワイルドライフ・フォーラム, 11:12-25.
- King, J. E. 1983. *Seals of world*. pp. 79-85, Cornell University Press, 240pp, New York.
- 小林由美・千嶋淳・川島美生・小室元政・中田兼介・藪田慎司. 2006. ゼニガタアザラシの斑紋による個体識別方法とデータベース化の検討. アザラシ類保護管理報告書, 104-180. 162pp. 北海道.
- Kobayashi, Y., Kariya, T., Chishima, J., Fujii, K., Wada, K., Ito, T., Ishikawa, S., Nakaoka, T., Kawashima, M., Watanabe, Y., Saito, S., Aoki, N., Hayama, S., Osa, Y., Osada, H., Niizuma, A., Suzuki, M., Syukunobe, T., Uekane, Y., Nakamitsu, S., Kurosaka, H., Ohtaishi, N. and Sakurai, Y. 2007. Long term population dynamics of the Kuril harbor seal around Hokkaido, Japan. *Abstracts of Third Japan-China-Korea Joint GLOBEC Symposium*.
- Kobayashi, Y., Osa, Y., Chishima, J., Fujii, K., Watanabe, Y., Saito, S., Kariya, T., Kawashima, M., Ogiso, A., Yamada, K., Wada, K. and Sakurai, Y. 2005. Status and trends of population of the Kuril harbor seal *Phoca vitulina stejnegeri* after the 1970s, in eastern Hokkaido, Japan. *Abstracts of Ninth International Mammalogical Congress*.
- 新妻昭夫. 1986. ゼニガタアザラシの社会生態と繁殖戦略. 『ゼニガタアザラシの生態と保護』(和田一雄ほか 編), 59-102. 東海大学出版会, 418pp. 東京.
- Ohtaishi, N. and Yoneda, M. 1981. A thirty four years old male Kuril Seal from Shiretoko Pen., Hokkaido. *Scientific reports of the Whales Research Institute*, 33: 131-135.
- 齋藤幸子・渡邊有希子. 2004. ゼニガタアザラシの概要と問題点. 『北海道の海棲哺乳類管理—シンポジウム「人と獣の生きる海」報告書—』(小林万里ほか 編), 23-28. 特定非営利活動法人 北の海の動物センター, 202pp. 札幌.
- 齋藤幸子. 2006. 漁業被害とアザラシの混獲. 2)厚岸地域. アザラシ類保護管理報告書, 141-147, 北海道, 162pp.
- Shaughnessy, P. D. and F. H. Fay. 1977. A review of the taxonomy and nomenclature of North Pacific harbor seals. *Journal of Zoology*, 182:385-419.
- 鈴木正嗣・山下忠幸. 1986. ゼニガタアザラシの性成熟と発育段階区分. 「ゼニガタアザラシの生態と保護」(和田一雄ほか 編), 179-194, 東海大学出版会, 418pp. 東京.
- 高間晴子. 1995. 1983年から1994年までのゼニガタアザラシの生息数と生息状況について. *海洋と生物*, 17: 156-160.
- Thompson, P. M., Miller, D., Cooper, R. and Hammond, S. 1994. Changes in the distribution and activity of female harbor seals during the breeding season: implications for their lactation strategy and mating patterns. *Journal of Animal Ecology*, 63: 24-30.
- 宇野裕之・長雄一・羽山伸一・新妻昭夫. 1984. 北海道東部の秋サケ定置網で捕獲されたゼニガタアザラシの年齢構成. *哺乳類科学*, 48:31-38.
- 和田一雄・羽山伸一・中岡利泰・宇野裕之・島崎健

二. 1986. 根室半島周辺海域の秋ザケ定置漁業におけるゼニガタアザラシの生態と被害について. 『ゼニガタアザラシの生態と保護』(和田一雄ほか編), 223-244. 東海大学出版会, 418pp. 東京.

Wada, K., Hayama, S., Nakaoka, T. and Uno, H. 1991. Interactions between Kuril seals and salmon trap net fishery in the coastal waters of southeastern Hokkaido. *Marine Mammal Science*, 7: 75-84.

Kuril harbor seal distributes the eastern Hokkaido, Japan. For the species, the individual identification of the seal using photo-identification is useful. But these data had been sprinkled. The purpose of this study is to collect these past data, build the collect control, and gain the seal's life history parameters effectively using a new digital database system. We collected the data of 1974-2007 by communication of E - mail among researchers, meet and discuss directly, and the actual field research. We input the database the total 316 individual seals from 4,000 photos. As a result, we were able to gain these history parameters; life time(maximum age for females was 33 and for males 26 years), frequency of birth(the adult females producing a young nearly every year more than 20 years), and local movement (six pattern from 28 individuals).

## 四国地域におけるチメドリ科外来鳥類の定着実態の解明

四国外来鳥類研究会

佐藤 重穂<sup>1)</sup>・濱田 哲暁<sup>2)</sup>・山本 貴仁<sup>3)</sup>

### Elucidation of the colonization of introduced Timaliidae species in Shikoku district

Alien bird society of Shikoku

Shigeo Sato, Tetsuaki Hamada and Takahito Yamamoto

近年、四国地域に侵入した外来鳥類であるソウシチョウとヒゲガビチョウについて、定着実態の解明を試みた。四国地域における両種の生息情報を文献調査、聞き取り調査および野外調査によって収集し、分布図を作成した。ソウシチョウは1999年から高知県東部の三嶺山麓で記録され、徳島県と高知県にまたがる剣山系の山域に生息域が拡大するとともに、2006年には愛媛県石鎚山で、2007年には香川県綾川町と愛媛県東赤石山でソウシチョウが確認され、飛び火状に生息域が拡大していた。ヒゲガビチョウは1998年に愛媛県愛南町で確認されて以後、記録が増加し、愛媛県南予地方と高知県西部・中部地域のきわめて広い範囲に分布していることが明らかになった。ソウシチョウの高密度生息地域では、ソウシチョウと競合する可能性がある種に減少傾向は認められなかった。ヒゲガビチョウが高密度で生息する場所は認められず、在来種でヒゲガビチョウと競合する種は特定できなかった。

#### 1. はじめに

侵略的外来生物の侵入は、生態系に深刻な影響を与え、生物多様性の保全上、もっとも大きな脅威である(IUCN, SSC 2000, 村上2000)。我が国では2004年に特定外来生物による生態系等に係る被害の防止に関する法律(以下、外来生物法とする)が制定され、侵略的な外来生物と判断されて特定外来生物に指定された種については飼育、保持、移動、譲渡が規制され、一部の種については、野外個体群が駆除の対象となっている。

鳥類については、2007年現在、外来生物法において、4種のチメドリ科鳥類が特定外来生物に指定されている(天野 2007)。これらのチメドリ科鳥類は本州と九州において飼育個体の逸出に起源するとみられる野外個体群が定着しているが、天然林に侵入して、鳥類群集の構成を大きく変化させて、在来生

態系を攪乱させることが報告されている(江口・天野 2000)。

日本の在来生物群集の保全を図る上で、侵略的外来生物への対応策が必要である。しかし、鳥類の特定外来生物については、これまで情報収集以外に対策はとられていない。外来生物への対応策を検討する上で、侵入の初期段階における定着と生息域拡大の実態を把握することがきわめて重要である。四国地域はこれまでチメドリ科外来鳥類が生息しないとされていたが、ごく最近になって、ソウシチョウ *Leiothrix lutea* とヒゲガビチョウ *Garrulax cineraceus* (写真1)の2種が確認されるようになった。両種はいずれも天然林生態系に侵入している。外来生物法においては、ソウシチョウは特定外来生物に指定されており、ヒゲガビチョウは未判定外来生物に該当する。ソウシチョウは中国南部、インドシナ半島など

1) 森林総合研究所四国支所

2) 東洋電化工業

3) 石鎚ふれあいの里

が原産で、日本では江戸時代から飼い鳥として輸入されていたが、1980年代前半から九州山地と兵庫県六甲山、および茨城県筑波山において野外で定着した個体群が記録されるようになり、その後、本州の多くの山地で野外個体群の生息が知られるようになった(日本生態学会 2002)。ヒゲガビチョウは中国中部・南部からミャンマーが原産であり、日本産鳥類目録(日本鳥学会 2000)に掲載されていない。近年、四国で生息と繁殖が確認された(濱田ら 2006)が、詳しい生態や生息状況についてはまだ報告されていない。

在来の生態系を保全するために、両種の定着実態の解明と、在来生物群集への影響を評価することが不可欠である。ここでは、四国地域におけるソウシチョウとヒゲガビチョウの現時点での生息分布を把握するとともに、両種の生息地における在来鳥類群集の種構成や、外来種と競合する可能性のある在来種の生息状況などを明らかにすることを通じて、両種が在来鳥類群集へ及ぼす影響の評価を試みた。

## 2. 調査方法

### (1) 分布図の作成

四国地域におけるソウシチョウとヒゲガビチョウの生息情報を文献調査、聞き取り調査および野外調査によって収集した。文献調査は、日本野鳥の会の四国内の支部の会報や、四国内に所在する自然愛好団体や自然観察・調査を実施するNPO等の発行する機関誌などを対象として、ソウシチョウとヒゲガビチョウの生息情報を抽出した。聞き取り調査は、四国内に在住で野外における鳥類の観察経験の豊富な十数名を対象として、両種の生息情報について上記の項目を聞き取った。野外調査では、これらの文献調査や聞き取り調査における調査によってカバーされていない地域を重点的に、野外の任意の地点において鳥類観察を行い、両種の生息情報の収集を図った。

以上の文献調査、聞き取り調査および野外調査によって得られた四国地域におけるソウシチョウとヒゲガビチョウの情報について取りまとめ、両種の記録された地点の環境省の三次メッシュコードを基本とした分布図を作成した。分布図の作成には(財)

日本野鳥の会が開発したデータベースソフトBirdBase Noteおよびインターネット上で無料ダウンロードが可能なGISソフトArcExplorer 9.1.0 (Environmental System Research Institute Inc.)を用いた。

### (2) 鳥類群集の調査

在来鳥類群集が外来種の影響を被る可能性を検討するために、ソウシチョウおよびヒゲガビチョウの代表的な生息地において、繁殖期と越冬期の鳥類群集調査を実施した。ソウシチョウについては、2005年までに生息情報が得られていた高知県内の1箇所で調査を行った。調査地は高知県香美市物部町さおりが原に設定した。この調査地の標高は約1,100~1,350mであり、植生はブナやトチノキを主体とする落葉広葉樹が優占する老齢天然林である。

ヒゲガビチョウについては、2005年までに生息情報が得られていた愛媛県内の1箇所および高知県内の4箇所において、調査を行った。調査地は愛媛県愛南町篠山、高知県四万十市不動山、四万十町市ノ又風景林、津野町不入山、越知町横倉山に設定した。篠山の調査地は標高800~1,060mで、植生は常緑カシ類を主とする天然林にスギ壮齡人工林が混じる環境である。不動山の調査地は標高約550~650mであり、植生は約15年生の若いスギ人工林である。市ノ又風景林の調査地は標高約450~550mであり、植生はツガ、ヒノキなどの針葉樹とアカガシ、ウラジロガシなどの常緑広葉樹の混交する老齢天然林である。不入山の調査地は標高が900~1,100mであり、植生はモミ、コウヤマキなどの針葉樹とブナ、ミズ

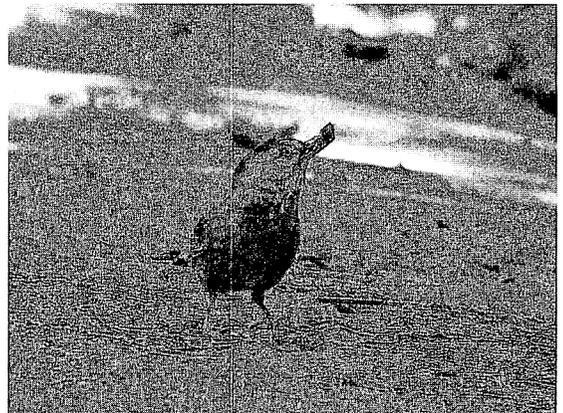


写真1 ヒゲガビチョウ(岡井義明撮影)

メなどの落葉広葉樹の混交する老齢天然林である。横倉山の調査地は標高600～770mであり、植生はアカガシを主体とする常緑広葉樹が優占する老齢天然林である。

調査は1kmもしくは2kmの調査コースを設定して、ライントランセクト法によって行った。時速約2kmで調査コースを歩行して、調査コースの片側50m以内に出現したすべての鳥類の種と個体数を記録した(由井 1997)。調査は晴天もしくは曇りの日に実施した。越冬期の調査は午前8時から12時の間、繁殖期の調査は午前5時から9時の間に行った。

ソウシチョウの調査地1箇所およびヒゲガビチョウの調査地のうち高知県内の4箇所については、過去に同じコースで調査を実施した経歴があったので、それらの調査結果を今回の調査結果と比較した。

### 3. 結果

#### (1) 分布図の作成

##### 1) ソウシチョウ

四国地域におけるソウシチョウの生息情報については、201件の記録が収集できた。記録の内訳は、文献によるものが9件、聞き取りによるものが177件、野外調査によるものが15件であった。201件の記録のうち、9割以上が高知県香美市物部町の三嶺山麓における記録であった。ソウシチョウの記録された箇所を三次メッシュコード単位で数えると27メッシュであった。

四国におけるソウシチョウの生息情報の中でもっとも古いものは1991年8月の高知県宿毛市和田における記録であった(高知県保健環境部 1995)が、この記録の後、宿毛市及び周辺地域ではソウシチョウの生息情報は得られず、この地域ではソウシチョウは定着していないと判断された。

2番目の記録は1999年10月の高知県物部村(現香美市物部町)三嶺山麓におけるものであり(田中・佐藤 2001)、その後、2002年以降、この地域での確認記録が急増して、2007年現在に至っている。また、三嶺の周辺地域においては、2005年以降、分布の拡大が顕著となった。2005年11月に徳島県那賀町木頭の中東山で、2006年5月に徳島県三好市東祖谷山の剣山で

確認された(東條 2006)ほか、同年8月に高知県香美市物部町の白髪山で、2007年7月に高知県香美市物部町の石立山で、同月に徳島県那賀町木沢の剣山登山道で確認され、徳島・高知両県にまたがる剣山系の各地に生息域が拡大したことが明らかになった(図1)。

香川県では2007年4月に綾川町羽床上大高見峰において、初めてソウシチョウの生息が確認された(香川の野鳥を守る会2007)。

愛媛県では2006年9月に西条市石鎚山登山道において、初めてソウシチョウの生息が確認され、2007年8月に新居浜市別子山の東赤石山において確認された。

ただし、香川県および愛媛県における記録は、それぞれの場所で1回もしくは2回確認されたのみであり、ソウシチョウが定着して個体群を維持しているかどうか、不明である。

ソウシチョウの生息情報のあった場所の環境は、ほとんどが標高1,000m以上のブナ帯の天然林のものであった。

##### 2) ヒゲガビチョウ

四国地域におけるヒゲガビチョウの生息情報については、66件の記録が収集できた。記録の内訳は、文献によるものが25件、聞き取りによるものが7件、野外調査によるものが34件であった。ヒゲガビチョウの記録された箇所を三次メッシュコード単位で数えると40メッシュであった。

四国におけるヒゲガビチョウのもっとも古い記録は1998年9月の愛媛県愛南町岩水における記録であり、写真が撮影されていた(濱田ら 2006)。2番目の記録は2000年8月の高知県土佐町工石山におけるものである(濱田ら 2006)が、愛南町岩水からは約120km離れた場所であった。その後、2001年以降、確認記録が増加し、愛媛県南予地方と高知県西部・中部地域のきわめて広い範囲において記録されていた(図2)。確認地点は低標高地から標高1,200m付近までに及んでいた。

ヒゲガビチョウの観察された場所の環境については、天然林や二次林での記録が多いが、スギ・ヒノキ人工林、モウソウチク林での記録もあった。ヒゲガビチョウの主要な利用環境は、森林の低木層であった。

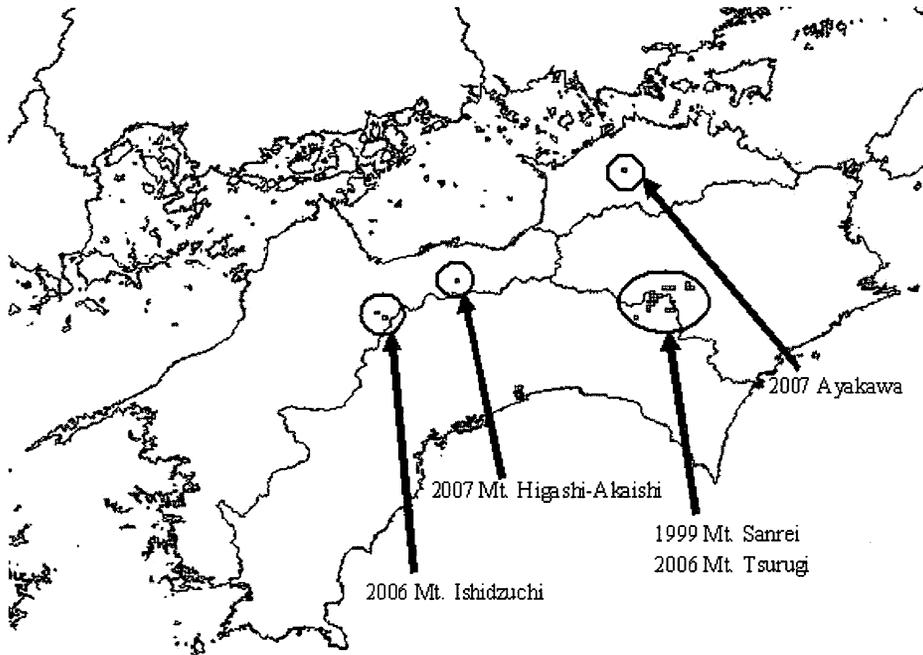


図1 四国におけるソウシチョウの分布図  
数字は確認された年。

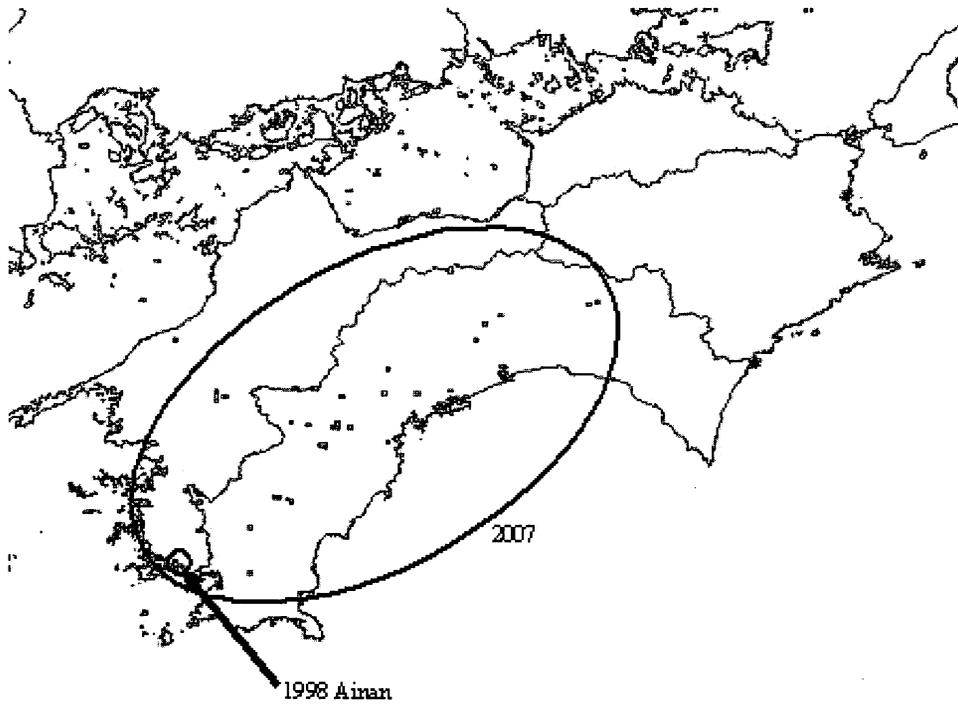


図2 四国におけるヒゲガビチョウの分布図  
数字は確認された年。

## (2) 鳥類群集調査結果

### 1) ソウシチョウ生息地

ソウシチョウの生息情報が2005年までに得られていた高知県香美市物部町さおりが原において、2006年11月と2007年6月に鳥類群集調査を行った。

越冬期の2006年11月の調査では、ソウシチョウは確認できず、ソウシチョウはすでにこの調査地より標高の低い地域へ越冬のために移動していた可能性が示唆された。

繁殖期の2007年6月の調査では、留鳥17種と夏鳥9種の生息を確認したが、ソウシチョウは確認された全種の中で優占度がもっとも高かった(図3)。

さおりが原の調査地における過去の記録と比較すると、ソウシチョウの個体数は増加傾向にあった(図4)。ソウシチョウの採餌ニッチェはウグイスやカラ類と重複することが知られている(江口・増田1994)。また、ソウシチョウの高密度生息地である九州のえびの高原において、カケスなどの捕食者がソウシチョウの営巣場所で餌を探索することによって、ソウシチョウと同じく低木層で営巣するウグイスの繁殖成功率が大きく低下すること(Amano and Eguchi 2002)や、九州中央山地のソウシチョウの定着した場所でウグイスの密度が低下したこと

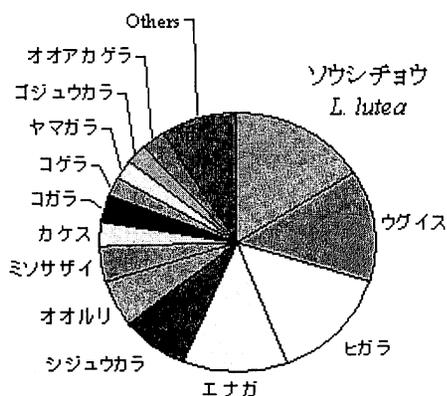


図3 高知県香美市さおりが原における鳥類群集の構成種  
2007年6月の調査による。

(Sato 2006)が報告されている。しかし、本報告における調査地であるさおりが原では、ソウシチョウと競合する可能性が考えられるウグイスやカラ類に減少傾向は今のところ認められていなかった(図4)。

### 2) ヒゲガビチョウ生息地

ヒゲガビチョウの生息情報が2005年までに得られていた場所での越冬期の調査では、いずれもヒゲガビチョウは確認できず、ヒゲガビチョウはすでにこれらの調査地より標高の低い地域へ越冬のために移動していた可能性が示唆された。

繁殖期の調査では、篠山では留鳥14種と夏鳥5種、不動山では留鳥14種と夏鳥3種、市ノ又風景林では留鳥13種と夏鳥6種、不入山では留鳥14種と夏鳥5種、横倉山では留鳥17種と夏鳥3種の生息を確認し、いずれの調査地でもヒゲガビチョウが確認された。5箇所の調査地のいずれも、ヒゲガビチョウは低密度で生息していた(図5、6)。在来鳥類群集の中でヒゲガビチョウと競合すると予測される種は特定できず、ヒゲガビチョウの確認された調査地で、過去の調査時に比べて大きく密度の減少した種はなかった。

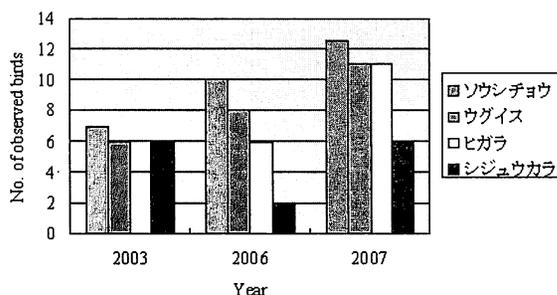


図4 高知県香美市さおりが原の鳥類主要種の密度変化  
繁殖期の2kmのライントランセクト調査。

#### 4. 考察

ソウシチョウとヒゲガビチョウはいずれも近年に四国に侵入したが、定着状況は両種の間で大きく異なっていた。

ソウシチョウは高知県東部の狭い範囲で2004年頃までに高密度個体群を形成した後、徳島県、愛媛県へ分布を拡大させている。なお、香川県でソウシチョウが確認された場所は、約2km離れた場所に鳥類を飼育する観光施設があり、2004年9月に台風のために飼育施設が損傷し、ソウシチョウ150羽を含めて飼育していた鳥類約300羽が逃げ出した(2004年9月10日付け四国新聞による)。2007年4月に綾川町に確認されたソウシチョウは、このときの逸出個体に由来している可能性が高い(香川の野鳥を守る会2007)。

ソウシチョウが狭い範囲に高密度で生息するのは対照的に、ヒゲガビチョウはこれまで確認されたほとんどの場所において低密度で生息し、広い範囲に分布している。2007年現在、ヒゲガビチョウは四国中部・西部の広域に分布しているものと推測される。

一般論として、哺乳類に比べると鳥類の外来種対策では根絶、抑制はかなり困難であり、ソウシチョウのようにほぼ全国的に個体数を増加させた種では根絶はほぼ不可能に近く、捕獲、根絶事業の過程

そのものが在来生物群集に大きな影響を与える恐れがある(江口・天野 2000)。しかし、孤立した個体群や侵入初期段階であれば、駆除できる可能性があり、分布拡大の阻止に効果的かもしれない(天野 2007)。四国地域のソウシチョウとヒゲガビチョウは侵入初期の孤立個体群であり、この条件に該当すると考えられる。外来種対策としての駆除事業は、生態系の攪乱を最小限に抑えるために、慎重に実施されるべきであり、対象の個体群が侵入の初期段階なのか、分布拡大期または安定期なのか、シンクとソースのどちらの個体群なのか等、生態学的な情報を基に十分検討されなければならない(天野 2007)。

四国地域のソウシチョウの場合は、高密度個体群の生息地においては格段の捕獲努力を行う必要があり、捕獲による一時的な密度の低下がみられたとしても、捕獲作業と生息密度のモニタリングを継続して行うことが不可欠である。同時に、低密度生息地における捕獲作業も実施する必要がある。ヒゲガビチョウについては、現在の生息地が広域に及んでいるが、一部の地域で捕獲をしても、近隣から別個体が再度侵入してくる可能性があるため、広域に同時的に捕獲作業を実施することが求められる。ヒゲガビチョウについても捕獲作業と平行して生息密度のモニタリングが必要となる。

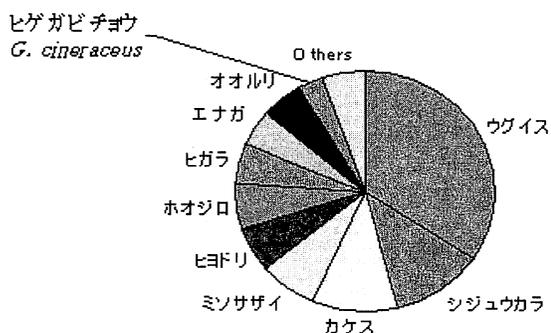


図5 高知県津野町不入山における鳥類群集の構成種  
2007年6～7月の調査による。

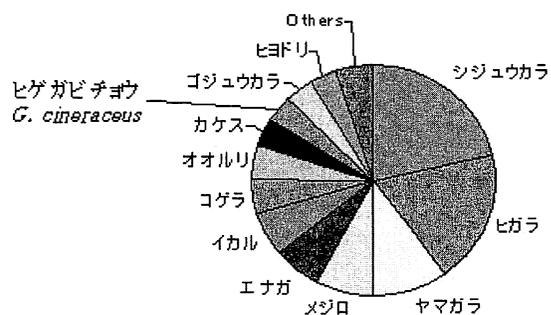


図6 高知県越知町横倉山における鳥類群集の構成種  
2007年5月の調査による。

両種とも日本在来の生態系の構成要素ではなく、現時点で直接的に競合によって減少した種は認められないものの、生態系を攪乱する要素であるとは考えられ、公的な事業として駆除が実施されることが求められる。その際に前述のような種による違いを考慮する必要がある。

## 謝辞

この事業を実施するにあたって、井上勝巳氏、岩田篤志氏、木村宏氏、黒岩哲夫氏、西村公志氏、岡井義明氏、柴折史昭氏、丹下一彦氏、東條秀徳氏、豊島立身氏、豊田陽一氏には、聞き取り調査に協力していただいた。また、岡井義明氏には貴重な写真も提供していただいた。佐藤ゆかり氏、高橋徹氏、山崎浩司氏には現地調査に協力していただいた。四国森林管理局には、管内の国有林への入林の許可をいただいた。松本匡史氏と西村佳明氏には、データ入力と文献資料整理に協力していただいた。磯村雅通氏と西村覚氏には、事務処理にご助力いただいた。以上の方々に併せて厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

- Amano, H. E. and Eguchi, K. 2002 Nest-site selection of the Red-billed Leiothrix and Japanese Bush Warbler in Japan. *Ornithological Science*, 1: 101-110.
- 天野一葉. 2007. 外来鳥類の定着に影響する要因とソウシチョウの現状. *生物科学*, 58: 221-228.
- 江口和洋・増田智久. 1994. 九州におけるソウシチョウ *Leiothrix lutea* の生息環境. *日本鳥学会誌*, 43: 91-100.
- 江口和洋・天野一葉. 2000. 移入鳥類の諸問題. *保全生態学研究*, 5: 131-148.

濱田哲暁・佐藤重徳・岡井義明. 2006. 外来種ヒゲガビチョウ *Garrulax cineraceus* の四国における記録と繁殖. *日本鳥学会誌*, 55: 105-109.

IUCN. SSC. 2000. *IUCN Guidelines for the Prevention of Biodiversity Loss caused by Alien Invasive Species*. IUCN, Gland.

香川の野鳥を守る会. 2007. 香川の野鳥事情⑬について外来種ソウシチョウ香川県で発見!! . *こげら通信* 2007年9月号: 3-4.

高知県保健環境部. 1995. データベース高知県の野鳥(1986年～1993年). 高知県保健環境部自然保護課, 高知市.

MacKinnon, J. and Phillipps, K. 2000. *A Field Guide to the Birds of China*. Oxford University Press, Oxford.

村上興正. 2000. 日本における外来種の法的規制. *保全生態学研究*, 5: 119-130.

日本鳥学会. 2000. 日本産鳥類目録改訂第6版. 日本鳥学会, 帯広市.

日本生態学会編. 2002. 外来種ハンドブック. 地人書館, 東京.

Sato, S. 2006. Influence of the invasion of *Leiothrix lutea* on a native avifauna in a natural beech forest on Mt. Karimata, Kyushu. *Bulletin of FFPRI*, 5: 243-247.

田中正晴・佐藤重徳. 2001. 三嶺の鳥類. *しろぺん*, (171): 3-6.

東條秀徳. 2006. “相思鳥”が広がっています!! . *野鳥徳島*, 339: 7.

由井正敏. 1997. 鳥類の個体数の調べ方. 山岸哲(編). *鳥類生態学入門*. pp63-73. 築地書館, 東京.

We attempted to determine the distribution of the Red-billed *Leiothrix leiothrix* and the Ashy Laughing Thrush *Garrulax cineraceus* which are the introduced birds that have recently colonized the island of Shikoku. Observation records of the Red-billed *Leiothrix* and the Ashy Laughing Thrush were collected from documents, interviews, and field surveys in the Shikoku region. A distribution map was made based on a third-order mesh code showing the points where each species was observed. In addition, the bird communities of the breeding and wintering seasons were surveyed at several research sites inhabited by the Red-billed *Leiothrix* or the Ashy Laughing Thrush to try to determine whether or not native bird communities had been influenced by these introduced species.

Two hundred and one records of the Red-billed *Leiothrix* were collected. These records show that the Red-billed *Leiothrix* has been recorded at the foot of Mt. Sanrei in the eastern part of Kochi Prefecture since 1999, and since 2005 its distribution has expanded to the mountainous region around Mt. Tsurugi which straddles Tokushima and Kochi prefectures. Furthermore, the Red-billed *Leiothrix* was observed at Mt. Ishidzuchi in Ehime Prefecture in 2006, and at Ayakawa-cho in Kagawa Prefecture and Mt. Higashi-akaishi in Ehime Prefecture in 2007. These findings suggest that the habitats of this introduced species are discontinuous, expanding like flying sparks.

On the other hand, 66 records of the Ashy Laughing Thrush were collected. The first recorded Ashy Laughing Thrush sighting in Shikoku was at Ainan-cho in Ehime Prefecture in September 1998. Recorded observations of this species have increased dramatically since 2000, with its distribution expanding over a wide range, toward the southern part of Ehime Prefecture and the western and central parts of Kochi Prefecture.

At the research sites with high densities of the Red-billed *Leiothrix*, no decreasing tendency has been observed in possible competitor species such as the Japanese Bush Warbler or *Parus* species. Furthermore, no places with a particularly high density of the Ashy Laughing Thrush have been found in Shikoku, and no possible competitor species have been identified.

## 琵琶湖南湖における重要産業種ニゴロブナの生態情報の取得

琵琶湖漁業を考える会

米山和良<sup>1)</sup>・山根 猛<sup>2)</sup>・光永 靖<sup>2)</sup>

### Habitat use of endemic crucian carp 'Nigorobuna' in south basin of Lake Biwa

Lake Biwa Fisheries Research Group

Takeshi Yamane, Yasushi Mitsunaga and Kazuyoshi Komeyama

ニゴロブナの繁殖場のひとつとされている琵琶湖南湖において、ニゴロブナ成魚の生息場所の時間的な変化を把握することを目的とした音響標識によるバイオテレメトリーを実施した。標識個体には琵琶湖南湖の小型定置網で漁獲されたニゴロブナ成魚23尾(FL: 36.9±3.6cm, BM: 1.04±0.33kg)を用いた。超音波発信機V13-1L(Vemco Ltd., Canada)を個体の腹腔内に装着し、2007年4月24日から5月29日にかけて大津市下阪本地先で標識個体を放流した。湖岸付近に設置した受信機VR2 (Vemco Ltd., Canada)、計17機で標識番号と接近日時を自動的に記録した。放流から2007年7月3日までの間に標識個体すべての受信を得た。標識個体は放流地点に近い受信機周辺に多く出現した。時間の経過とともに出現頻度は低下し、特に6月下旬には南湖南部に設置した受信機での受信が途絶えた。2006年度に放流した音響標識個体は北湖へ移動していたことから、南北湖盆間の移動を行うのか今後の結果が待たれる。

#### 1. 緒言

内水面漁業が盛んに操業されている琵琶湖は古代湖であり、地理的隔離、湖の構造などが与り多くの固有種が生息している(西村 2000)。そのうちのひとつであるニゴロブナ*Carassius auratus grandoculis*は平成19年に環境省のレッドリスト絶滅危惧IB類に指定された。滋賀県水産振興協会により継続した種苗放流が実施されているものの、滋賀県大津漁業協同組合の資料によると、現在、本組合の小型定置網においては水揚の8割以上を外来種が占め、2006年では本亜種の漁獲量は16kgに落ち込んでいる。これは総漁獲量の0.1%にも満たなかった。本亜種は固有亜種といった学術的に貴重な存在のみならず、琵琶湖の食文化を象徴する鮎寿司の原料として利用される重要な水産資源であることから、資源回復に向けた早急な対策が望ま

れる。本亜種は、抱卵個体に産業的価値があり需要が高いことから、資源回復には繁殖期の親魚の保護が必須で、保護水域や漁期が適切に設定されるべきと考えられる。そのためには、成魚の時間的な生息場所の変化についての情報として季節回遊や日周移動の範囲を把握しておく必要がある。本亜種の繁殖盛期は5月で、4月頃から琵琶湖内湖や南湖の湖岸に接岸して繁殖を行い、その後は沖合の底層へ移動すると考えられている(中村 1969)。しかし、本亜種の生息場所に関する知見は仔稚魚に関する数例の報告(鈴木ら2005、平井 1972)にとどまり、成魚の行動に関する情報が著しく少ないため、本亜種の生息場所を明らかにすることが急務である。本研究では、超音波テレメトリーによる音響標識魚の放流を実施し、ニゴロブナ成魚の詳細な生息場所を知ることを目的とした。

1) 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  
2) 近畿大学農学部水産学科漁業生産システム研究室

## 2. 試料および方法

調査水域にはニゴロブナの繁殖場のひとつとされている琵琶湖南湖(中村 1969)を選定した(図1)。

ニゴロブナの位置情報の取得には、個体識別が可能なコード化超音波発信機と設置型受信機による超音波テレメリーシステムを用いた。(Klimley et al. 2003、Pecl et al. 2006)本システムでは、69kHzの単一チャンネルで複数個体を同時にモニタリングすることが可能で、設置した受信機によって長期間連続して音響標識魚の接近を知ることができる。標識個体には琵琶湖南湖の小型定置網で漁獲されたニゴロブナ成魚 23尾(FL : 36.9±3.6cm、BM : 1.04±0.33kg)を用いた(表1)。Komeyama et al. (2007)と同様の手順で、超音波発信機V13-1L (Vemco Ltd., Canada、水中重量6g、30s-90sランダム発信、電池保証期間450日、69kHz)を個体の腹腔内に装着し、2007年4月24日から5月29日にかけて滋賀県大津市下阪本地先で標識個体を放流した(図1)。湖岸付近に設置した受信機VR2 (Vemco Ltd., Canada) 17機で標識番号と接近

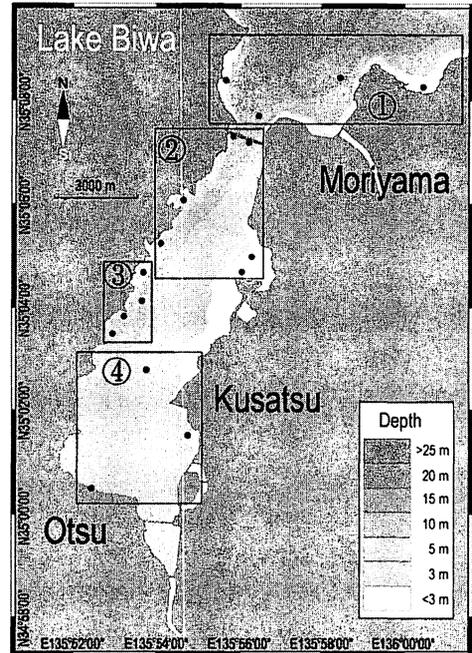


図1 Geographic distribution of listening station in the south basin of Lake Biwa  
Closed circles indicate listening station and the monitoring receivers were arranged dividing four areas. The habitat use of the fish were estimated the location where the fish occurred.

表1 標識個体一覧

Tagged fish ID	Fork Length (cm)	Body Height (cm)	Caudal Peduncle Height (cm)	Body Mass (Kg)	Release	Sex	Maturation
CAG1	35.4	11.0	4.1	0.80	24. Apr	-	
CAG2	34.1	12.0	4.3	0.81	24. Apr	Female	○
CAG3	40.0	14.0	5.2	1.50	24. Apr	Female	○
CAG4	30.5	9.3	3.1	0.60	30. Apr	Female	○
CAG5	38.0	11.2	4.3	1.70	8. May	Female	
CAG6	35.0	10.7	4.1	0.95	8. May	Female	
CAG7	41.8	14.0	4.3	1.60	14. May	Female	○
CAG8	42.0	10.8	4.5	1.15	14. May	Female	
CAG9	35.4	10.1	3.9	0.90	14. May	Female	
CAG10	33.0	13.1	4.7	0.95	17. May	Male	
CAG11	39.8	10.9	4.1	1.15	17. May	Female	○
CAG12	34.5	10.0	3.2	0.70	17. May	Female	○
CAG13	38.5	10.8	4.3	1.00	17. May	Female	
CAG14	31.5	9.9	3.6	0.65	17. May	Male	
CAG15	39.6	10.5	3.9	1.20	22. May	Female	△
CAG16	42.0	10.5	4.1	1.20	22. May	Female	△
CAG17	35.1	10.6	3.8	0.80	22. May	Female	
CAG18	34.0	9.8	3.7	1.75	22. May	Female	△
CAG19	43.0	9.3	3.9	0.70	22. May	Male	
CAG20	33.6	9.3	3.1	0.80	29. May	Female	
CAG21	37.2	10.0	4.0	0.95	29. May	Female	○
CAG22	38.9	11.2	4.4	1.15	29. May	Female	
CAG23	35.4	9.6	3.8	0.80	29. May	Female	

日時を自動的に記録した(図1)。受信距離は最大で540mと推定される(Range Calculator, Vemco Ltd, Canada)。受信記録の時間的な変化を評価するために、モニタリング期間71日をⅠ期(4月24日～5月3日)、Ⅱ期(5月4日～5月13日)、Ⅲ期(5月14日～5月23日)、Ⅳ期(5月24日～6月2日)、Ⅴ期(6月3日～6月12日)、Ⅵ期(6月13日～6月22日)、Ⅶ期(6月23日～7月3日、11日)の10日毎に分け、図1に示す各エリア(①～④)の出現個体数を比較した。

### 3. 結果と考察

標識個体はⅠ期に4尾、Ⅱ期に2尾、Ⅲ期に13尾、Ⅳ期に4尾放流し、2007年7月3日までの間に湖岸付近に設置した受信機により全個体の受信を得た。その内訳は、Ⅰ期では①で0個体、②で1個体、③で2個体、④で0個体であった。Ⅱ期では①で0個体、②で0個体、③で6個体、④で0個体であった。Ⅲ期では①で0個体、②で1個体、③で13個体、④で3個体であった。Ⅳ期では①で0個体、②で6個体、③で8個体、④で3個体であった。Ⅴ期では①で0個体、②

で7個体、③で6個体、④で2個体であった。Ⅵ期では①で0個体、②で4個体、③で4個体、④で3個体であった。Ⅶ期では①で0個体、②で4個体、③で4個体、④で1個体であった(図2)。

標識個体は放流地点に近い受信機周辺に多く出現し、時間の経過にともない出現頻度は低下した。特に6月下旬には南湖の南部に設置した受信機での受信が減少した。

ニゴロブナは繁殖を行うために4月頃に北湖の沖合の底層から接岸し、ヨシなどの抽水植物群落で繁殖を行ったあとに離岸すると考えられているが(中村 1969)、結果では6月頃に出現頻度が低下していることから、夏季に離岸することを支持する結果を得た。繁殖期を過ぎると離岸することについて、ニゴロブナの生息場所の選択に水温が影響すると考えられる。魚類は体温を環境水温に依存しているので夏期には基礎代謝量の増加にともない必要摂餌量も増加すると考えられる。ニゴロブナ成魚の主な餌はユスリカ幼虫と考えられている(中村 1969、牧 1964)が、アカムシユスリカ幼虫は南湖に多く生息し(西野 2001)、本種は水温の上昇する夏に深く潜泥する(Yamagishi and Fukuhara 1972)。体重維持摂餌量の増加と餌料環境の悪化した個体は、餌が豊富に存在する場所へ移動し、南湖の最深部あるいは南湖よりも低水温環境である北湖(成田ら 2003)へ移動していたのかもしれない。これを明らかにするためには本亜種の適水温域、食性や餌生物の時空間的分布を明らかにすることや、観測定点を増やし、継続して個体の追跡調査を行うことが必要であり、今後の課題である。2006年度に放流した音響標識個体2個体のうち1個体は北湖へ移動しており(米山ら 2008)、南湖における本亜種の再生産が北湖の資源量に無関係ではないことを示唆した。今回使用した発信機の寿命は450日であり、継続した調査によって周年にわたった音響標識個体の行動が明らかになると期待される。南北湖盆間の移動の有無や湖盆間の移動をどの程度の頻度で行うのか、あるいは2008年の繁殖期にはどの湖岸帯を生息場所として利用するのかについて、今後の結果が待たれる。

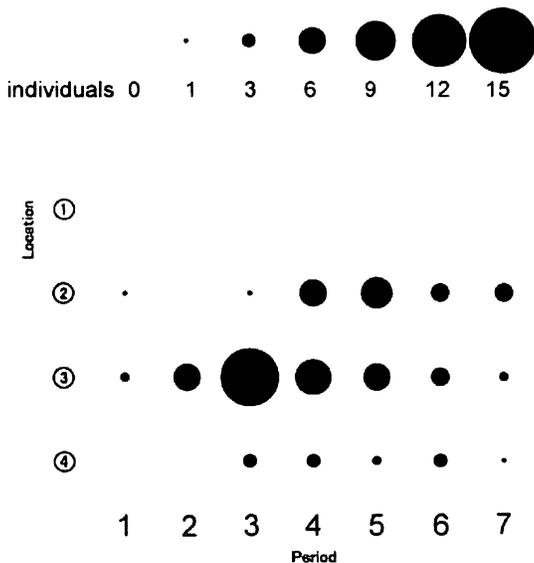


図2 Horizontal distribution of tagged fish after release in the south basin, based on recordings at different receivers locations in each period.

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり御協力を賜りました、滋賀県漁業協同組合理事の鶴飼広之氏をはじめとする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。フィールド調査に協力して頂きました滋賀県立琵琶湖博物館専門学芸員の松田征也氏、近畿大学農学部漁業生産システム研究室大学院生の國宗義雄氏、福田漢生氏、遠藤周之氏、元大学院生の妹尾真也氏、畑山純氏に感謝いたします。

## 参考文献

- 西村文武. 2000. 魚類. 『琵琶湖』(宗宮功編). pp226-235. 技報堂出版, 東京.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科学研究所, 東京.
- 鈴木誉士, 永野元, 小林徹, 上野絃一. 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. 日水誌, 71: 10-15.
- 平井賢一. 1972. 琵琶湖内湾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, 22: 69-93.
- Klimley AP and Jörgensen SJ. 2003. The occurrence of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at Espiritu Santo Seamount in the Gulf of California. Fish Bull, 101: 684-692.
- Pecl GT, Tracey SR, Semmens JM, and Jackson GD. 2006. Use of acoustic telemetry for spatial management of southern calamari *Sepioteuthis australis*, a highly mobile inshore squid species. Mar. Ecol. Prog Ser, 328: 1-15.
- Komeyama K, Mitsunaga Y, Matsuda M, and Yamane T. 2007. Influence of water temperature changes on the appearance of common carp *Cyprinus carpio* around a set-net in the south basin of Lake Biwa. Fish. Engi., 44: 101-106.
- 牧岩男. 1964. びわ湖の内湾における魚類と餌生物の関係. 生理生態, 12: 259-271.
- 西野麻知子. 2001. ユスリカの世界. 『琵琶湖のユスリカと大発生する種』(近藤繁生編). pp2-11. 培風館, 東京.
- Yamagishi H and Fukuhara H. 1972. Vertical migration of *Spaniotoma akamusi larvae* (Diptera: Chironomidae) through the bottom deposits of Lake Suwa. Jap J Ecol., 22: 226-227.
- 成田哲也, 遠藤修一, 三田村緒佐武, 奥村康昭, 芳賀裕樹, 中島拓男, 上田孝明, 小板橋忠俊. 2003. 琵琶湖全域一斉陸水調査—日本陸水学100年記念行事—. 陸雑, 64: 39-47.
- 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. 日水誌, 74: 864-866.

Round crucian carp *Carassius auratus grandoculis* is an important fishery resource, which is endemic specie in Lake Biwa, Japan. Presently, the catch of interannual variability is rapidly declining in the south basin of Lake Biwa fisheries last decade. Managing this resource, we monitored round crucian carp using a acoustic telemetry from 24 April 2007 to 3 July 2007 to get a scientific understanding their habitat use in the south basin of Lake Biwa, which is known as the spawning area of the fish. 23 of tagged fish captured by set-nets were implanted with acoustic transmitter and released in the south basin. Monitoring receivers were arranged around shore to monitor their occurrence. The tagged fish frequently appear at monitoring receivers near the release and afterwards moved also to other areas. The occurrence faded away in beginning of June. The results suggest that after spawning, round crucian carp migrate toward offshore in summer.

# 阿寒国立公園の植生に及ぼすエゾシカの影響と 生態系管理に関する研究

## 阿寒エゾシカ調査会

高嶋 八千代<sup>1)</sup>・宇野 裕之<sup>2)</sup>・鬼丸 和幸<sup>3)</sup>・宮木 雅美<sup>2)</sup>・玉田 克巳<sup>2)</sup>  
富沢 日出夫<sup>4)</sup>・梶 光一<sup>5)</sup>・車田 利夫<sup>2)</sup>

## Effects of foraging by sika deer on the vegetation in Akan National Park and the ecosystem management.

Akan sika deer research group

Yachiyo Takashima, Hiroyuki Uno, Kazuyuki Onimaru, Masami Miyaki, Katsumi Tamada,  
Hideo Tomizawa, Koichi Kaji and Toshio Kurumada

阿寒国立公園において、エゾシカの採食圧が森林植生に及ぼす影響を明らかにすること、エゾシカの個体群管理の効果を測定すること、を目的として2006年10月、2007年6月及び8月に植生調査を行った。1995年に設置した7箇所の囲い区と対照区で、木本の胸高直径、加入個体数や林床植物の被度等を調査した。胸高断面積合計は囲い区では増加、対照区では針広混交林で増加、落葉広葉樹林で減少傾向を示した。加入個体は囲い区で50個体、対照区で7個体を確認した。エンレイソウ属では、囲い区内で被度の増加、開花個体が観察され、一部の対照区においても被度の増加と開花個体が2007年に確認された。これらのことからエゾシカの採食圧の低下と植生の回復が示唆された。継続的に森林の胸高断面積や加入個体の調査を行うのと同時に、指標種の成育段階を区分したモニタリングが有効だと考えられた。

### 1. はじめに

生態系の中で、大型の草食獣である有蹄類が植生に大きな影響を及ぼすことが広く知られている。知床国立公園や霧島屋久国立公園など全国の保護地域では、希少植物種の地域的な絶滅や動物相への影響等が危惧されている(常田 2006)。北海道に生息するエゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)は、明治時代に乱獲と大雪により一時激減した(大飼 1952)。その後、生息数は徐々に回復し、1980～1990年代になると東部地域を中心に爆発的に増加した(梶 1995)。阿寒国立公園では、枯死木の増加など越冬環境の悪化(宇野ほか 1995)や多雪年のエゾシカの大量死亡(宇野ほか

1998)などが報告されている。生息数が増加した結果、農林業被害など人との軋轢が著しく高まったことから、北海道庁は1998年に「道東地域エゾシカ保護管理計画」を策定し、科学的なモニタリングに基づく個体群管理を行ってきた(北海道1998, Matsuda et al. 1999)。その結果、東部地域の生息数は1998年から2001年にかけて減少した(Uno et al. 2006)。しかし、個体群管理の効果により植生が回復しているかどうかは不明である。

生物多様性を保全し、生態系管理を進めていくためには、植生に及ぼす草食獣の影響を把握することが急務である。本研究は、1) エゾシカの採食圧が森林植生

1) 北海道教育大学釧路校  
4) 産業能率大学総合研究所

2) 北海道環境科学研究センター-自然環境部  
5) 東京農工大学大学院共生科学技術研究院

3) 美幌町立美幌博物館

に及ぼす影響を明らかにすること、2) エゾシカの個体群管理の効果を測定すること、を目的として行った。

## 2. 調査地

調査は、阿寒国立公園内の阿寒湖畔周辺において実施した(図1)。調査地の標高は330~440m、気候は寒冷で、阿寒湖畔の年平均気温は約5°C、3月の最大積雪深の平均は約110cmである(秋田谷ほか 1994)。森林植生は主に針広混交林や落葉広葉樹林で、エゾマツ、トドマツ、イタヤカエデ、シナノキ及びミズナラなどが優占する(五十嵐 1986)。この地域のエゾシカは40kmを越える長距離の季節移動を行い、冬季に集中することが判っている(Uno and Kaji 2000)。航空機調査から推定した越冬期の生息密度は、1993年に約27頭/km<sup>2</sup>であったのが、2001年度には約13頭/km<sup>2</sup>まで減少し、その後は横ばい傾向だと考えられている(北海道環境科学研究センター 2006)。

## 3. 調査方法

1995年8月、針広混交林に3箇所(A、B及びD区)、落葉広葉樹林に3箇所(E、F及びG区)、開放環境(土場跡の無立木地)に1箇所(C区)、10m×20mの囲い柵を設けシカを排除した「囲い区」と、隣接箇所に同面積の「対照区」を設置した(前田一步園財団 2000)。2006年10月に、樹高1.3m以上の木本について胸高直径を測定し、エゾシカの採食の有無、新規加入個体

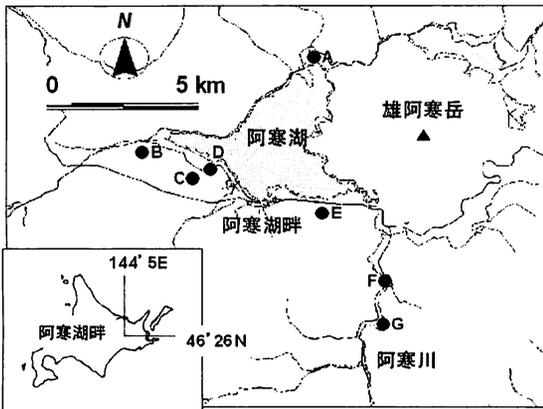


図1 調査地

図中のA、B及びDは針広混交林内、E、F及びGは落葉広葉樹林内、Cは開放環境の調査区。

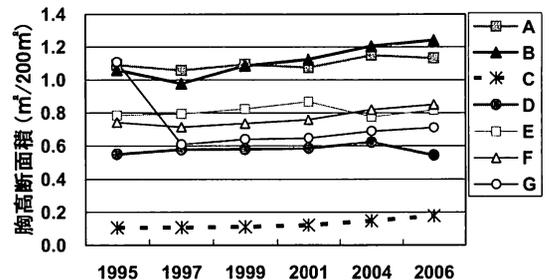
等を記録した。調査区ごとに胸高断面積合計(Basal Area)を求め、過去の調査結果と比較した。林床植生については2007年8月に、各調査区内に設置した2m×2mの方形区において、1m×1mの小区画ごとに植被率、種ごとの被度・草丈を記録した。草本類については調査年度(1995~2007年度)と被度の間の順位相関係数( $\tau$ )を算出し(Leader-Williams 1988)、植生の変化を検討した。また、2007年6月にエンレイソウ属(オオバナノエンレイソウ及びミヤマエンレイソウ)の開花状況をA及びB区において調査した。2m×2mの方形区を囲い区と対照区にそれぞれ10個(A区)及び5個(B区)ずつ設置し、成育段階をI(実生)、II(幼植物1葉)、III(幼植物3葉)及びIV(開花)に区分(大原・河野 2004)、成育段階ごとに個体数を記録した。

## 4. 結果

### (1) 木本類

胸高断面積の合計値は、囲い区では1995年から1997年にかけて一時減少した調査区がみられたが、その後は緩やかに増加した(図2-a, b)。一方、対照区

#### a) 囲い区



#### b) 対照区

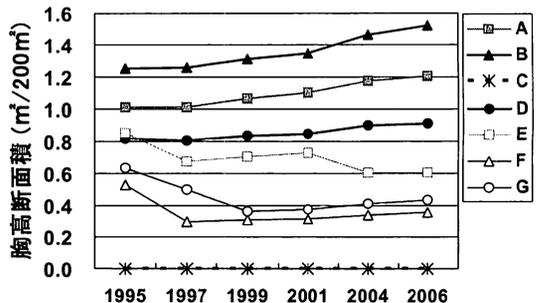


図2 胸高断面積合計の推移

では針広混交林では増加、落葉広葉樹林では減少あるいは横ばい傾向が認められた。

胸高直径階別樹木本数の推移について、C区を除く3回(1995、2001及び2006年)の調査結果を図3に示した。針広混交林のA区では囲い区・対照区ともに胸高直径5cm未満の小径木(ハシドイ)が枯死などに

より減少した(図3-a, b)。落葉広葉樹林のG区では、囲い区で小径木の増加がみられたが、対照区では増加は認められなかった(図3-k, l)。また、対照区では胸高直径30cm未満の樹木本数の減少(剥皮による枯死)が観察された。

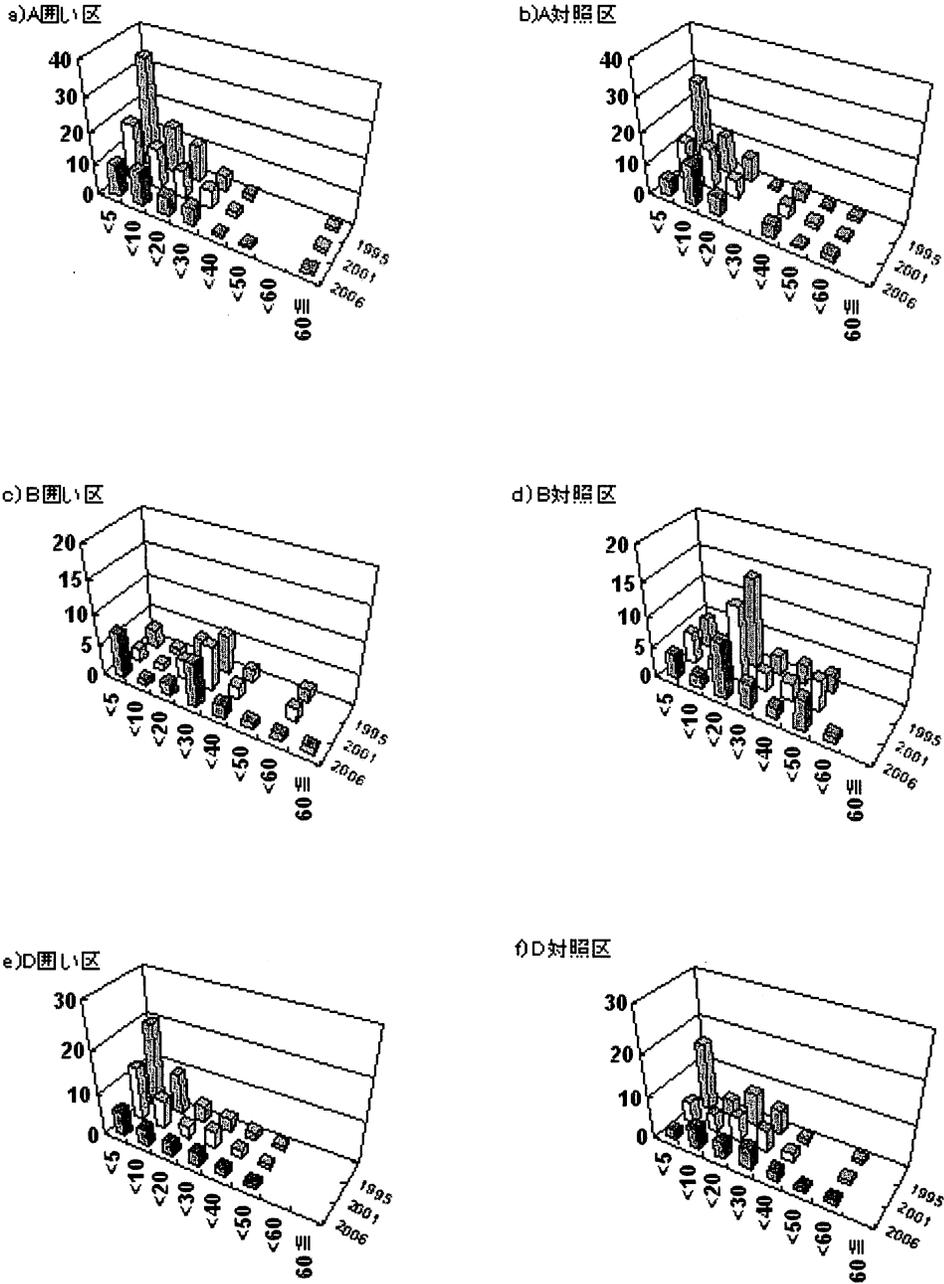
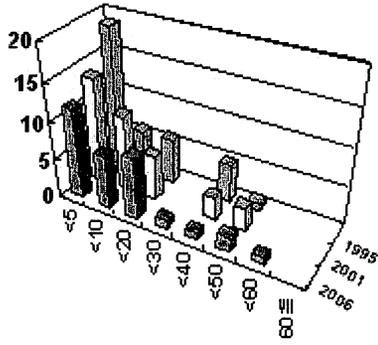
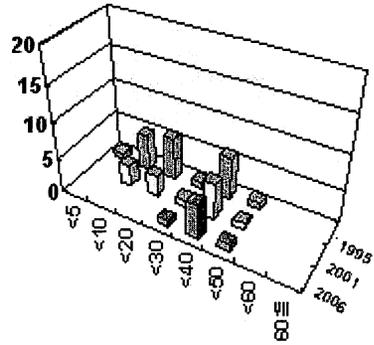


図3 針広混交林における胸高直径階別樹木本数の推移

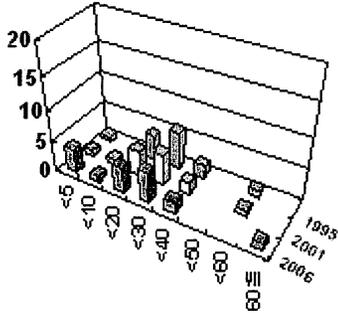
e) E囲い区



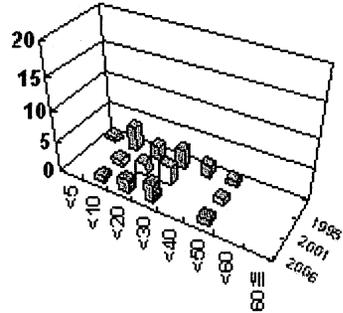
h) E対照区



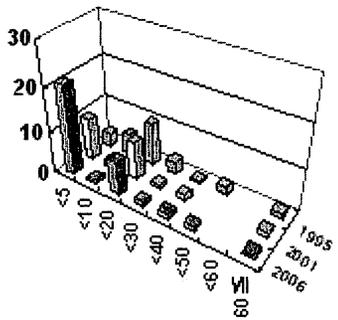
i) F囲い区



j) F対照区



k) G囲い区



l) G対照区

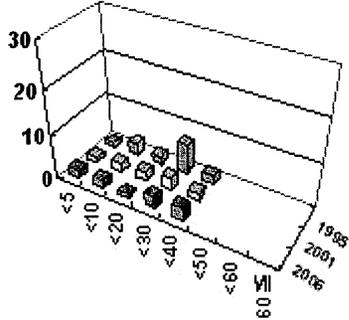


図3 (つづき) 落葉広葉樹林における胸高直径階別樹木本数の推移

2001年と2006年の調査時に確認された新規加入個体数(樹高1.3mに達した個体)を表1に示した。2001年には6箇所の囲い区で63本、2006年には全ての囲い区で50本の加入個体を観察した。特に2001年のC囲い区で35本(56%)を確認した。一方、対照区では2001年に1本のみであった加入個体が、2006年には3調査区で7本観察された。

## (2) 林床植生

全植被率及び主要な草本類の順位相関係数の平均値を図4に示した。全植被率は囲い区・対照区ともに0に近い値で顕著な変化はみられなかった。最も優占したクマイザサの被度は、囲い区ではわずかに増加、対照区では著しく減少した。マイヅルソウでも同様の傾向がみられた。エンレイソウ属やキツリフネでは囲い区・対照区ともに被度が増加し、一方、ゴンゲンスゲでは囲い区・対照区ともに減少傾向が認められた。

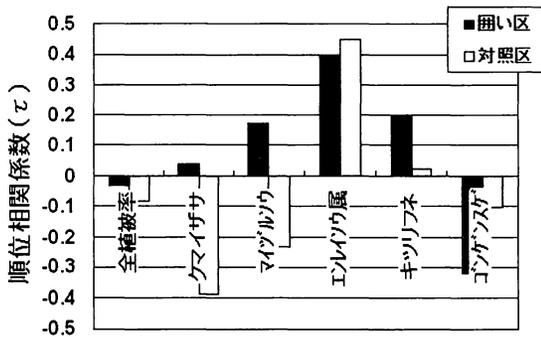


図4 全植被率及び主な植物種の被度の変化 (C区を除く6調査区における年度と被度間の順位相関係数の平均値)

エンレイソウ属の成育段階別の個体数を図5に示した。4m<sup>2</sup>当りの個体数は囲い区内で多くみられた。A区では柵内でのみ開花個体(成育段階IV)が観察されたが、B区では対照区においても開花個体が確認された(図5-b)。

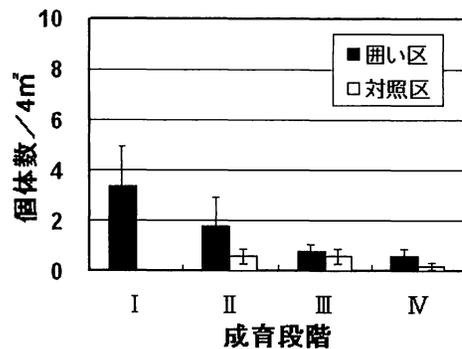
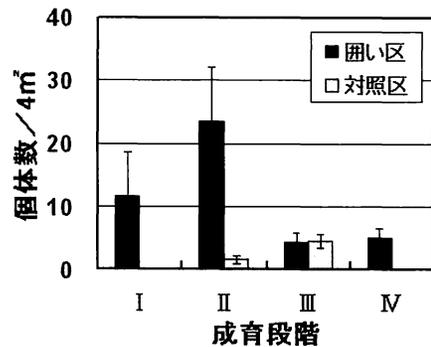


図5 エンレイソウ属の成育段階別個体数

I : 実生, II : 幼植物(1葉段階), III : 幼植物(3葉段階), IV : 開花。誤差棒は標準誤差を示す。  
(上図がa)A区、下図がb)B区)

表1 2001年及び2006年における木本類の新規加入個体数

調査年	調査区	針広混交林			落葉広葉樹林			開放
		A	B	D	E	F	G	
2001年	囲い区	4	0	4	13	1	6	35
	対照区	0	0	0	0	0	1	0
2006年	囲い区	6	5	3	15	5	15	1
	対照区	0	1	0	0	0	3	3

## 5. 考察

胸高断面積合計がB囲い区やG囲い区で1997年に一時減少したのは、柵設置前に剥皮を受けていたハルニレ等が枯死したためである(図2-a)。その後増加傾向を示したことから、針広混交林では採食を免れた木本類が成長し、胸高断面積合計が徐々に増加していると考えられた。一方、落葉広葉樹林の対照区では、樹皮剥皮による木本類の減少が続いたこと、新規加入個体が少ないことから胸高断面積合計が減少していると考えられた。エゾシカの樹皮剥皮により主に落葉広葉樹が枯死し、森林植生に大きな影響を与えていることが明らかとなった。

寺澤・明石(2006)は樹高20cmから50cm以上の稚樹がエゾシカの採食圧の強い影響を受けることを指摘している。エゾシカの採食圧の除去によって柵設置後約6年で加入個体が増加した(表1)。対照区においても加入個体が近年みられるようになったことから、シカの生息密度の減少により植生が徐々に回復していると考えられた。

林床植生では、囲い区の設置により冬季の主要な餌植物であるクマイザサ(Yokoyama et al.2000)の被度の増加が予想されたが、その傾向は顕著ではなかった(図4)。このことには光条件や他種との競争関係が影響していると考えられた。

エンレイソウ属では、囲い区・対照区ともに被度の増加が観察された(図4)。エンレイソウ属植物はエゾシカの夏季の食草であり(梶 1988)、対照区において被度が増加したことから、エゾシカの採食圧の低下が示唆された。採食圧が除去された囲い区で多数の実生と開花個体が観察された(図5)。A囲い区では2001年の調査の際に開花個体の出現が記録されたが、対照区では出現していない。一方、B対照区では2007年の調査で初めて開花個体が確認された。このことは、被度の増加と同様、エゾシカの採食圧の低下を反映しているものと考えられた。

自然公園等で生物多様性を保全していくためには、生態系管理の一環としてニホンジカ個体群の管理を行っていく必要がある。そのためには、第一にニホンジカの採食圧が自然植生に及ぼしている影響を把握し、第二に管理の効果と植生の反応を評価

することが重要である。継続的に森林の胸高断面積合計や新規加入個体の調査を行うのと同時に、エンレイソウ属など指標種の成育段階を区分したモニタリングが有効だと考えられた。

## 謝辞

調査地を提供くださり、調査の際に全面的にご協力いただいた(財)前田一步園財団の前田三郎理事長をはじめ財団職員の皆様、現地調査にご助力いただいた須貝加代子氏、舘 英樹氏、羽根石晃彦氏、馬淵良子氏、八木史香氏、稲富佳洋氏に、末筆ではあるが記して感謝の意を表したい。

## 引用文献

- 秋田谷英次・成瀬廉二・白岩孝行. 1994. 阿寒の気象と積雪. (勝井義雄ほか編, 阿寒国立公園の自然1993)pp.219-262. (財)前田一步園財団, 阿寒.
- 北海道. 1998. 道東地域エゾシカ保護管理計画. 北海道, 16pp.
- 北海道環境科学研究センター. 2006. エゾシカ生息実態調査研究報告書(1997~2004年度). 北海道環境科学研究センター, 札幌, 98pp.
- 五十嵐恒夫. 1986. 阿寒国立公園の森林植生. 北海道大学農学部演習林研究報告, 43(2):335-494.
- 犬飼哲夫. 1952. 北海道の鹿とその興亡. 北海道大学北方文化研究室編「北方文化研究報告」, 7:1-45.
- 梶 光一. 1988. エゾシカ. (大森司紀之・中川元編, 知床の動物)pp.155-180. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 梶 光一. 1995. シカの爆発的増加ー北海道の事例. 哺乳類科学, 35:35-43.
- Leader-Williams, N. 1988. Reindeer on South Georgia. The ecology of an introduced population. Cambridge University Press, Cambridge, 319pp.
- 前田一步園財団. 2000. エゾシカの植生に及ぼす影響及び植生の保全に関する基礎調査中間報告書. (財)前田一步園財団, 阿寒, 144pp.
- Matsuda, H., K. Kaji, H. Uno, H. Hirakawa, and T. Saitoh. 1999. A management policy for sika deer based on sex-specific hunting. Research on Population Ecology, 41: 139-149.

- 大原 雅・河野昭一. 2004. ミヤマエンレイソウ. (河野昭一監, 植物生活史図鑑 I 春の植物 No.1)pp.65-72. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 寺澤和彦・明石信廣. 2006. 天然林への影響. (梶ほか編, エゾシカの保全と管理)pp.131-145. 北海道大学出版会, 札幌.
- 常田邦彦. 2006. 自然保護公園におけるシカ問題～人とシカのかかわりの歴史を踏まえて. (湯本貴和・松田裕之編, 世界遺産をシカが喰う シカと森の生態学)pp.20-37. 文一総合出版, 東京.
- 宇野裕之・高嶋八千代・富沢日出夫. 1995. エゾシカと森林. 森林保護, 249: 36-38.
- 宇野裕之・横山真弓・高橋学察. 1998. 北海道阿寒国立公園におけるエゾシカ(*Cervus nippon yesoensis*)の冬期死亡. 哺乳類科学, 38:233-246.
- Uno, H. and K. Kaji. 2000. Seasonal movement of female sika deer in eastern Hokkaido. Mammal Study, 25: 49-57.
- Uno, H., K. Kaji, T. Saitoh, H. Matsuda, H. Hirakawa, K. Yamamura and K. Tamada. 2006. Evaluation of relative density indices for sika deer in eastern Hokkaido, Japan. Ecological Research, 21: 624-632.
- Yokoyama, M., K. Kaji and M. Suzuki. 2000. Food habits of sika deer and nutritional value of sika deer diets in eastern Hokkaido, Japan. Ecological Research, 15: 345-356.

The effects of foraging by sika deer (*Cervus nippon yesoensis*) on the vegetation was studied on October 2006, June and August 2007 in Akan National Park, Hokkaido, northern Japan, for ecosystem management. We investigated the diameter at breast height of trees and the cover of understory species at each exclosure and control plot on the seven sites established in 1995. The estimated deer density in Akan National Park decreased from 27 deer/km<sup>2</sup> in mid 1990's to 13 deer/km<sup>2</sup> in early 2000's due to the population control. The basal areas of all exclosure plots increased from 1995 to 2006. At the control plots, the basal areas of the evergreen conifer forests increased gradually, on the other hand, those of broad-leaved forests decreased. Fifty recruitment trees were observed at the exclosure plots and seven recruitments were done at the control plots in 2006. The cover of *Trillium tschonoskii* and *Trillium camschatcense* increased at the both exclosure and control plots from 1995 to 2007. The flowering individual of *Trillium tschonoskii* was found at the control plot in 2007. The basal area, the number of recruitment for tree species, and the cover and the number of *Trillium sp.* were important to evaluate the effect of deer population control and the response of vegetation.



写真1 開放環境(C区)の囲い区(柵内)と対照区(手前)  
(1995年8月の柵設置当時に撮影)



写真4 エンレイソウ属の個体数調査  
(2007年6月、B囲い区で撮影)



写真2 2007年6月の開放環境(C区)の調査区  
(写真1と同じポイントから撮影)

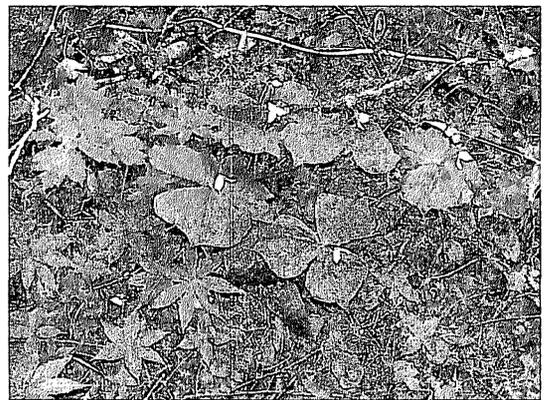


写真5 ミヤマエンレイソウの開花個体  
(2006年6月、A囲い区で撮影)



写真3 ハシドイ萌芽のエゾシカによる採食痕  
(2006年10月、A対照区で撮影)



写真6 林床植生の調査風景  
(2007年8月、E対照区で撮影)

# 宮崎県綾町における市民参加による照葉樹林と針葉樹人工林の 沢環境の比較と地域環境管理への提言

綾の森を世界遺産にする会・沢調査グループ

林 裕美子<sup>1)</sup>・小寺 浩二<sup>2)</sup>・中山 祐介<sup>2)</sup>・五十嵐 誠<sup>2)</sup>・高木 正博<sup>3)</sup>  
串間 研之<sup>4)</sup>・大林 夏湖<sup>5)</sup>・程木 義邦<sup>5)</sup>・村上 哲生<sup>6)</sup>

Comparative ecological study on streams flowing out from natural evergreen  
broad leaved forests and coniferous plantations, and advocacy  
of civil driven investigation in Aya Town, Miyazaki, Japan

Aya Forest Group to Aim the World Natural Heritage

Yumiko Hayashi, Koji Kodera, Yusuke Nakayama, Makoto Igarashi, Masahiro Takagi,  
Noriyuki Kushima, Kako Obayashi, Yoshikuni Hodoki and Tetuo Murakami

宮崎県綾町の暖温帯性常緑広葉樹林(照葉樹林)を復元する行政・研究者・市民協働の「綾の照葉樹林プロジェクト」の一環として、照葉樹林および隣接する針葉樹人工林から流れ出す溪流で、市民参加の環境調査を行ない、集水域の植生によって環境特性が異なるかどうかを調べた。渇水期には、照葉樹林の比率が高い集水域の溪流ほど流量が多くなる傾向がみられた。底生水棲昆虫の密度と種類数は、照葉樹林の溪流で若干多くなった。また、照葉樹林の溪流ではカクツツトビケラ属の幼虫密度が高く、針葉樹林の溪流ではヒラタカゲロウ科の幼虫密度が高いという結果が得られた。こうした違いは、集水域から供給される落葉の種類や、集水域斜面の地盤の不安定さに起因する土砂移動量の違いを反映するものであると推測できるが、今後、さらに詳細な調査が必要である。照葉樹自然林の復元過程をモニターする手法としても溪流環境の長期観測は有効であると考え、九州森林管理局との共同調査を計画中である。

## 1. 背景および目的

暖温帯性の常緑広葉樹(照葉樹)は、冬季の平均気温が $-1^{\circ}\text{C}$ 以上の亜熱帯植生と温帯植生の間の地域に分布する(Ohsawa 1995)。大陸の西側のこのような条件の地域は乾燥した気候になり、亜熱帯植生と温帯植生の断絶があるが、東アジアでは夏季に十分な降雨があるため、植生区分が連続していて、多様性の高い森林が形成される(大澤 1995)。東アジアの文

化を育んできたとも言われるこのような照葉樹林は、近代になって各地で開発が進んだ。日本でも1950年代の拡大造林政策により多くが伐採されてスギやヒノキの人工林が取って代わった。しかし、宮崎県綾町には、このような照葉樹林がまとまって約2,000ha残る。郷田實前町長が、林野庁の伐採要請に応じなかったために残った森である。

2005年からは、照葉樹林周辺の針葉樹人工林を自

1) 綾の森を世界遺産にする会 2) 法政大学 3) 宮崎大学  
4) 宮崎県総合博物館 5) 島根大学 6) 名古屋女子大学

然林に復元し、照葉樹林の面積を増やすための「綾川流域照葉樹林帯・保護復元計画」(綾の照葉樹林プロジェクト)が始まった。九州森林管理局、宮崎県、綾町、(財)日本自然保護協会、てるはの森の会(市民団体)の五者協議により森づくりをしていく事業である。今後、数十年かけて針葉樹を伐採して照葉樹が自然に育つのを待ち、森を復元させる(宮崎文化本舗 2006)。

森づくりと言うと、市民による植樹が一般的であるが、このプロジェクトでは、固有遺伝子保存の意味合いをこめて、植樹はしない方針をとっている。森づくりに市民が関わる手段としては、ボランティアガイドの養成とボランティア伐採作業を行っているが、森林の保全は、それだけで完結するものではない。森に降った雨は沢となる。川を通じて森が海に及ぼす影響も近年は取り沙汰されるようになってきた。森・川・海の連続性を市民が具体的な観測資料に基づいて理解するために、市民参加型の「綾の森の沢調査」を2年前から開始した。

河川生態系は、基本的には上流から下流へと物質やエネルギーが移動し、さまざまな環境要因が連続的に変化するという特徴を持つ(Vannote et al. 1980)。周辺の森林などからは落葉などが有機物として供給され、山の斜面からは土砂が流れ下る。それらが分解されたり生物に利用されたりしながら海まで流れていく。河川は、山と海をつなぐ通路と言ってもよいだろう。本調査では、集水域の植生が異なる溪流の水環境と底生生物の移動の規模に焦点をあて、調査を行なった。

河川生態系の研究は、針葉樹林や落葉広葉樹林を集水域とする溪流での研究事例が多く、照葉樹林帯での研究は比較的少ないと思われる。綾の照葉樹林プロジェクトの対象地域(約1万ha)には、照葉樹自然林と針葉樹人工林が入り組んで存在するが、国有林と県有林であるため詳細な植生図が作成されている。また、綾南川や綾北川、およびその支流の河川に沿って県道や林道が整備され、これらの河川に流入する溪流へのアクセスが容易である。本調査では、このような地の利を生かした観測を行なった。

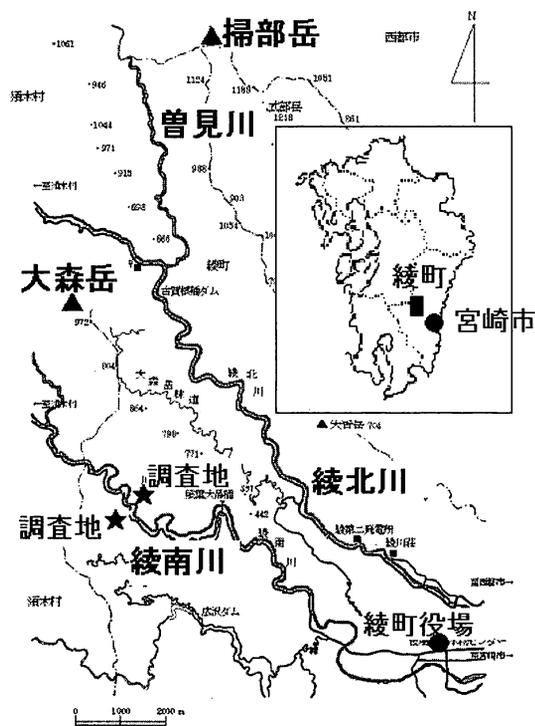


図1 宮崎県綾町の位置図

## 2. 方法

### (1) 調査地域

調査対象とした宮崎県綾町は、宮崎市から西北西約20kmの大淀川上流部に位置し、山間部には照葉樹林が広がる。急峻な斜面からは大小多数の溪流が、綾南川(本庄川)とその支流の多古羅川、および綾北川とその支流の曾見川に流れ込んでいる(図1、写真

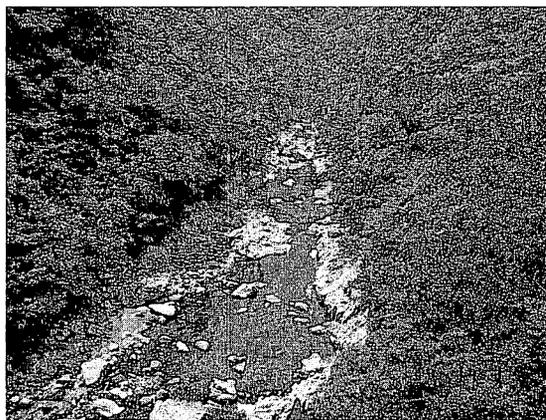


写真1 綾南川の両岸にせまる照葉樹林

1). このような溪流のうち、照葉樹林が優占する溪流(約90%が照葉樹二次林、国有林および神社所有林、集水面積1.83km<sup>2</sup>)と、針葉樹人工林が優占する溪流(約80%がスギ・ヒノキ人工林、川中神社対岸の県有林、集水面積2.26km<sup>2</sup>)を選び定点観測を実施するとともに、20本の溪流で流出水量と水質の一斉観測を行ない、7本の溪流で流下昆虫の一斉採集を行なった。

## (2) 調査方法

2005年11月から2007年9月の定点観測では流量と水温を測定し、2006年6月から2007年5月までの1年間は、月に1度、コドラード(25cm×25cm、メッシュサイズGG40)で底生生物を採集した。流出水量と水質の一斉観測は、2006年11月23日～24日に行なった。また、2006年11月25日～26日に、水棲生物の流下数の日周変動をみるために、照葉樹林の溪流に流下昆虫採集ネット(幅30cm、メッシュサイズGG40)を2個設置し、2時間ごとに連続24時間、流下昆虫を採集した。2007年1月15日夕方には、上記ネットを7カ所の溪流に1個ずつ設置し、翌朝ネットを回収して流下水棲昆虫を採集した。水棲生物は、採集現場で80%エタノールで保存し、川合・谷田(2005)に基づき、40倍の実態顕微鏡で科レベルまで(種類によっては目レベルまで)の同定を行った。集水域の照葉樹林と針葉樹林の比率は、宮崎森林管理署および宮崎県環境森林部が作成している植生図から求めた。

## 3. 結果

### (1) 流量の定期観測

月に1度測定した流量の変動を図2に示す。豊水期には照葉樹林より針葉樹林の溪流で流量が多くなり、渇水期には照葉樹林の溪流の方が多くなる傾向が見られた。

### (2) 流量の一斉観測

流量を測定した18ヶ所の溪流の比流量(集水域1km<sup>2</sup>当たりの流量)と、それぞれの集水域の照葉樹林の比率の関係を図3に示す。プロットは右下半分に集中しており、人工林の比率が高い溪流で比流量が多いところがあることから、渇水期には、照葉樹林の比率が高い溪流ほど比流量が多いことが

明らかになった。

この地域一帯の地盤は、崩れやすいガレ場であり、地表流が地面にしみ込んで伏流水になりやすい。図3の右下にプロットが多く、流量がゼロの溪流も多いのは、このためであると考えられる。

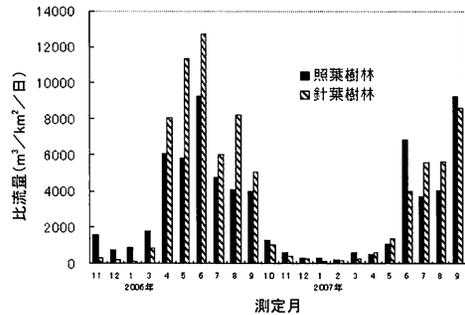


図2 照葉樹自然林と針葉樹人工林の比流量の季節変動

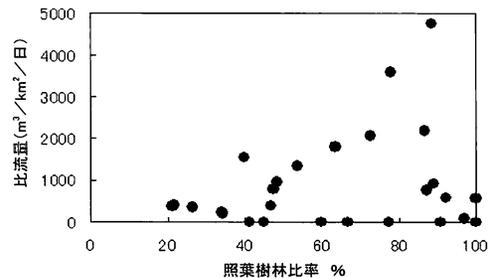


図3 照葉樹林の比率と比流量

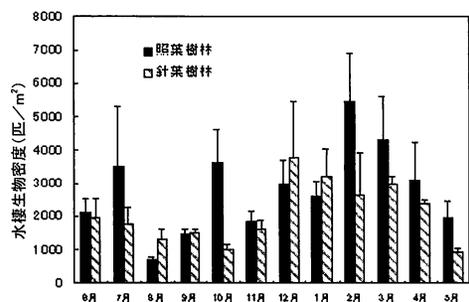


図4 照葉樹林と針葉樹林の底生水棲昆虫密度の季節変動  
縦線は3サンプルの標準誤差を示す。

### (3) 底生水棲昆虫密度の季節変動

2006年6月から2007年5月にかけての底生昆虫の密度の変動を照葉樹林と針葉樹林の溪流で比較した(図4)。採集総数は、照葉樹林で6,308匹、針葉樹林で4,693匹であった。生息密度は、いずれの調査地でも夏に減少したが、全体的に、針葉樹林の溪流より照葉樹林の溪流のほうが高いという傾向がみられた。

### (4) 底生水棲昆虫の種類組成

種類組成を図5に示す。照葉樹林ではカゲロウ類(20%)、トビケラ類(14%)、ハエ・カ類(32%)が多く、針葉樹林ではカゲロウ類(70%)の個体数が最も多くなった。このうち、トビケラ類の種類組成を比較すると(図6)、照葉樹林ではカクツツトビケラ科の個体数が非常に多いことがわかった。

### (5) 流下昆虫数の日周変動

流下昆虫数の日周変動を図7に示す。水棲昆虫は日没後に数が増えて夜明けと共に減少した。水に落下した陸生昆虫数は、その逆の傾向を示した。

### (6) 流下昆虫の一斉採集

水棲昆虫数が日没後に増え、夜明けと共に減ることから、複数の溪流での一斉採集は、夕方から朝にかけて流下昆虫ネットを設置した。ネットに流入した単位流量あたりの流下昆虫数と、集水域の照葉樹林比率の関係を見たところ、照葉樹林の比率が低いほど個体数が多いという結果が得られた(図8)。

表1 溪流一斉観測の水質データの実測値範囲

項目	実測値範囲
水温	13.0～14.9°C
EC	66～96 $\mu$ S/cm
DO	8.3～9.2 mg/L
TDS	0.02～0.08 g/L
pH	6.7～7.3
RpH	6.9～7.5

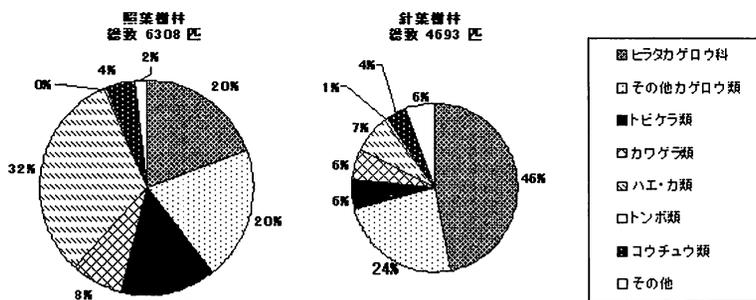


図5 照葉樹林と針葉樹林の底生水棲昆虫の種類組成

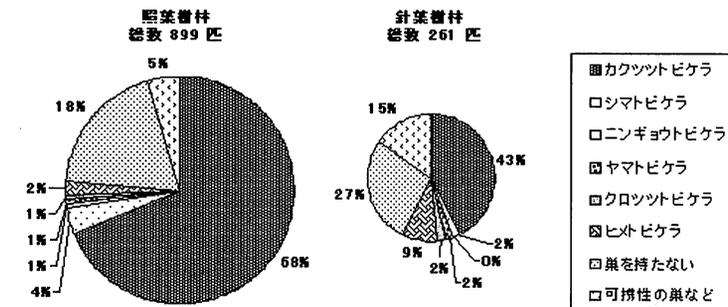


図6 照葉樹林と針葉樹林のトビケラ類の種類組成

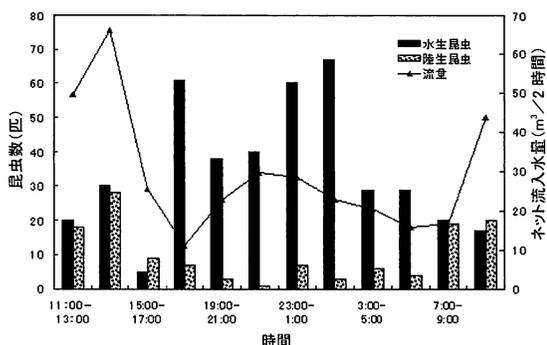


図7 流下昆虫数の日周変動

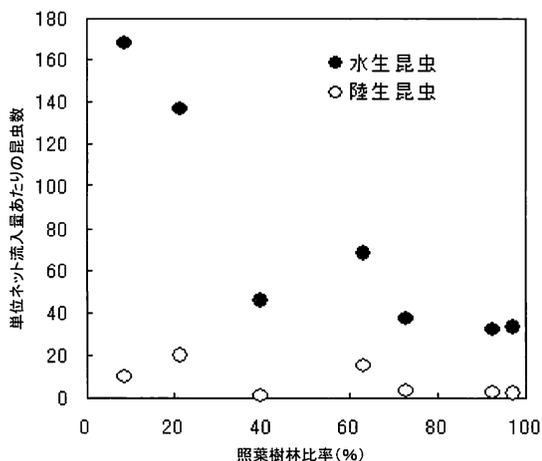


図8 照葉樹林の比率と流下昆虫数

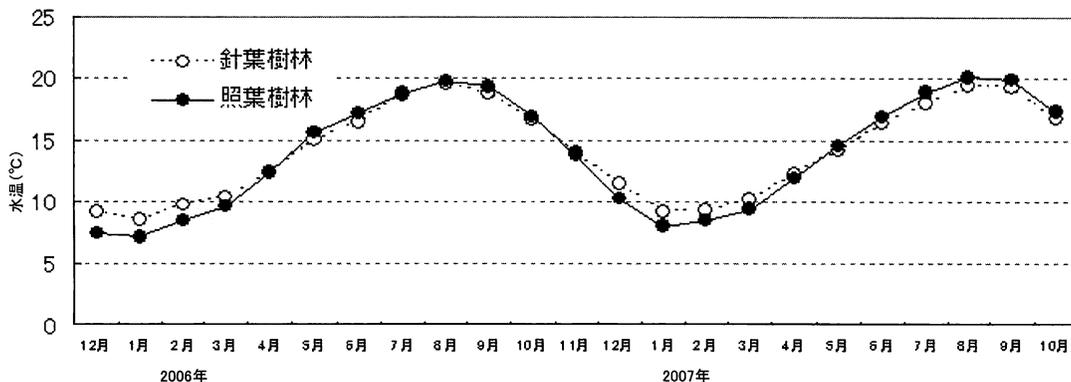


図9 照葉樹自然林と針葉樹人工林の溪流の月平均水温の変動

### (7) 水温の連続測定

2005年12月から2007年9月までの月平均水温の変動を図9に示す。針葉樹人工林が優占する溪流は、北斜面にあるにも関わらず、冬期の水温が2年連続で南斜面の照葉樹林の溪流よりも高かった。

### (8) 水質の一斉観測

2006年11月23日および24日の水温、導電率、溶存酸素量、pH、RpHの測定値の範囲を表1に示す。集水域の照葉樹林の比率によって、水質が大きく異なることはなかった。

## 4. 考察

### (1) 流量と集水域植生

照葉樹自然林と針葉樹人工林からの流れ出る水量の定期観測から、豊水期には針葉樹林からの流出量が多く、渇水期には照葉樹林からの流出量が多くなる傾向が見られた(図2)。これは、照葉樹林の方が保水力が高い傾向を示しているとも考えられるが、比較した集水域は、綾南川をはさんで対岸にあるため、斜面の向きが異なる。地層の傾きなども異なると考えられ、植生の違いにより流量を単純に比較することはできない。

そこで、渇水期に溪流の流量を一斉観測し、それぞれの溪流の集水域植生と流量の関係をみたところ、照葉樹林の比率が高い溪流ほど比流量が多いという明らかな傾向が認められた(図3)。

水の流出量が森林の有無によって異なるかどうか

かについては、これまで詳細に研究されているが、一般的に、森林の樹種の違いによる流出量の差異は無視できるほどであると言われている(Calder 2005)。森林水文学では対照流域法などにより、比較的小さな区域の厳密に管理された環境で流出量の測定が行われることが多い(蔵治 2003)。本調査は、照葉樹林と針葉樹林が入り組んだ自然林で行われたが、国有林と県有林であるために樹種と植栽区域が正確に把握されている。このため、実験区を設けずに植生の異なる集水域の水の流出量を比較することが可能となった。集水域の植生によって流出の季節変動量が異なることがわかったことは、本調査の大きな成果の一つであると考えられる。今後は、豊水期についても、植生の違いが流出量に影響するかどうかを調べたい。

宮崎では、渇水期といえども水不足はそれほど深刻ではないが、冬季に溪流や河川の水がなくなれば、その生態系に大きな悪影響が出ることはまぬがれない(竹門 1998)。本調査では、照葉樹林の方が渇水期の水の涵養機能が高いことが示され、照葉樹林が森林として多様性に富むだけでなく、そこから流れ出る河川生態系の多様性にも影響を与えていることが示唆された。

### (2) 底生生物密度と集水域植生

水棲生物の大半は昆虫類の幼虫で(Hynes 1972)、春先から夏にかけて羽化する種類が多い。照葉樹林と針葉樹林の溪流の底生生物個体数密度は、8月にはいずれの調査地でも個体数が減少した(図4)。秋から冬にかけて生長した幼虫が春に羽化していなくなり、次世代の幼虫がまだ孵化・成長していないため、夏の底生昆虫密度が減少したと考えられる。

山地溪流では、谷の斜面から絶えず土砂が供給され、水の流れが土砂を移動させるという攪乱が常に起きている(竹門 1999)。流量の定点観測結果(図2)からは、4月から9月にかけての時期に流量が多くなることが明らかになっており、豊水期における河床の攪乱も8月の底生昆虫密度が減少した原因である可能性がある。

また、全体的な底生昆虫密度が照葉樹林よりも針葉樹林で少ない傾向もみられる(図4)。これは、河床

の攪乱規模や餌である落葉の供給量などの違いであると思われるが、不明な点が多く、今後、調査と解析を進める予定である。

### (3) 底生生物の種類組成と集水域植生

種類組成をみると、照葉樹林の溪流ではカゲロウ類、トビケラ類、ハエ・カ類の割合が多かったのに対し、針葉樹林ではカゲロウ類の割合が抜きん出て高くなった(図5)。カゲロウ類でもヒラタカゲロウ科の幼虫の割合が針葉樹林では半数近くを占める。底生動物群集は、摂食機能群に分けて河川生態系を評価するのに用いることができ(Cummins 1977)、ヒラタカゲロウ科の幼虫は、なめらかな石の表面の藻類を剥ぎ取って摂食する生活型に分類される(竹門 2005)。本調査で針葉樹林のヒラタカゲロウ科幼虫の密度が高いのは、針葉樹林の溪流では餌となる藻類が多いことを示している。藻類が繁殖するためには、生育に必要な太陽光が水面まで届く必要がある。水温の変動(図9)を見ると、針葉樹林は北斜面にあるにも関わらず、冬季の水温が照葉樹林よりも高い。針葉樹林では、植林前に自然林が一度皆伐されているが、谷筋は植林されなかったため自然林が再生したものの、遷移段階の早い落葉広葉樹が多いためと考えられる。冬季には落葉して、谷筋の水面まで太陽光が届き、藻類の繁殖に適した環境になると推測できる。

トビケラ類は、落ち葉を破碎して筒巣を作る種類や、網を張って流下物をとらえて摂食する種類など、多様な生活型を示す分類群である(大串 1981)。照葉樹林と針葉樹林について、科レベルの種類組成を比較したところ、カクツツトビケラ科の個体数の割合が針葉樹林より照葉樹林で高いという結果が得られた(図6)。本調査地で見られるカクツツトビケラは、落ち葉を小さく切り取って四角柱に張り合わせた筒巣を作り、巣のまま落ち葉や石の表面を移動しながら、落ち葉や藻類を摂食する種類である。照葉樹林の溪流でカクツツトビケラが多い理由は不明であるが、沢筋の植生の調査とともに、集水域植生の違いが影響しているかどうかを今後調べてみたい。また、本調査では個体数や密度のみに着目しているが、現存量なども併せて調べていく必要があると考えている。

#### (4) 流下昆虫数の日周変動

水棲昆虫は、通常は石の表面や礫の中に生息しているが、分布を広げるため、あるいは、より良い生息場所を求めて、自発的に流下することが知られている(西村 1991)。流下数の日周変動を見たところ、日没後に流下数が増加し、夜明けと共に減少した(図7)。夜間には魚類が活動しないので、捕食を免れる時間帯を選んだ行動と考えられている。

調査日の天候は曇りだったが、調査日前日、および、調査終了間際に降雨があった。日没後の流下数の増加がそれほど顕著ではなかったのは、降雨の影響も考えられる。

#### (5) 流下昆虫数と集水域植生

水棲昆虫は、河川の汚染度をみるための指標生物になる。しかし、水がきれいな山地溪流における水棲昆虫調査は、昆虫の分類や分布確認に重点が置かれることが多い。昆虫が生息する溪流の集水域全体の地理、植生、水文などの影響が総合的に解析されることは少ない(Drury 1998)。

本調査では、集水域植生と流下昆虫の関係づけを試みた。ネットに流入した単位流量あたりの流下昆虫数は、照葉樹林の比率が低い溪流ほど多くなった(図8)。流量の一斉調査では、照葉樹林の比率が低い溪流ほど流量が少ないという結果が得られているため(図3)、流下数自体に差はなくても、流下昆虫密度が針葉樹林の溪流で高いという結果が得られるのかもしれない。集水域植生が違うことによるどのような要因が流下数に影響しているのかは不明である。流量の一斉調査の際には水質も測定したが、集水域植生の違いによる差異は見出せなかった(表1)。今後流下昆虫採集の際にも水質などの環境要因や降雨による影響なども併せて調べる必要がある。

#### (6) 九州森林管理局との長期観測共同調査

照葉樹林の復元事業が進行すると、今後集水域の植生が変化していく。水文学的な特性も、当然変化することが考えられる。流量と河川生物の市民参加による調査と平行して、照葉樹林復元事業の成果をモニターする手法の一つとして、綾の照葉樹林プロジェクトの対象地の国有林を管理する九州森林管理局に水文学的な長期観測を実施するよう働きか

けてきた。森林の涵養機能や、河川による下流への土砂・栄養分運搬機能などの面からも、水文特性をモニターすることは大きな意味を持つと考えられる。昨年度の管理局の事業として、観測方法・観測地などの提案をする検討委員会が開催され、『綾川上流水源地域調査・観測マスタープラン策定調査』の報告書がまとめられた(九州森林管理局 2007)。この調査は、九州森林管理局と市民調査グループの共同事業として位置づけられ、具体的な調査態勢について、これから検討が始まる。

綾町内を流れる図1に示した河川は、すべて綾の照葉樹林プロジェクトの対象地域内にある。ところが、河川管理は国土交通省の管轄であり、これらの河川は厳密にはプロジェクトの範囲には入っていない。これらの河川に流入する溪流での観測なので、九州森林管理局に調査を提案したのだが、これまで林野庁が水文学的観測を積極的に行なった前例が少ないこともあり、今回共同事業を計画していると言っても、九州森林管理局が観測機材を購入して市民グループのボランティア調査で使わせてもらうという形に終わるかもしれない。奥山に設置した長期観測機材の管理をどうするのか、10年も20年にもわたってボランティアでデータ収集・解析できるのかなど、今後検討していかなければならない課題は多い。

#### 謝辞

本調査は、市民グループの森を知るための活動として始まった。月に一度の調査に入れ替わり立ち代り参加して、流量の測定や水生昆虫の採集をしてくださった大津留司さん、藤本綾子さん、古田栄子さん、野崎佳代子さん、坂元守雄さん、大津留タカ子さん、黒木政則さん、岩切康二さん、斉藤初実さん、久米田真一郎さん、他16名の方々の協力なしには、このような成果は得られなかった。厚く御礼を申し上げる。

#### 参考文献

Calder, I. R.. 2005. Blue Revolution (Second Edition)  
-Integrated Land and Water Resource Management.

- Earthscan, London/Sterling, VA. = (邦訳「水の革命」. 蔵治光一郎・林裕美子監訳. 築地書館. 2008)
- Cummins, K. W. 1977. From Headwater Streams to Rivers. *Am. Biol. Teacher*, 39: 305-312.
- Drury, W. H. 1998. *Chance and Change - Ecology for conservationists*. University of California Press, Berkeley and Los Angeles, London.
- Hynes, H. B. N. . 1972. *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press, Liverpool.
- 川合禎次・谷田一三編. 2005. 日本産水生昆虫 一科・属・種への検索. 東海大学出版会.
- 蔵治光一郎. 2003. 森林の緑のダム機能(水源涵養機能)とその強化に向けて. 森林の公益的機能 新解説シリーズ 第3巻、(社)日本治山治水協会.
- 九州森林管理局, 水利科学研究所. 2007. 綾川上流水源地域調査・観測マスタープラン策定調査報告書.
- 宮崎文化本舗. 2006. 照葉樹林の回廊構想・啓発事業実施報告書, pp. 79-92.
- 西村昌彦. 1991. 流れがもたらす動物の動きと分布様式 一河川における底生無脊椎動物の流下を中心に. *生物科学*, 43: 63-70.
- 大串龍一. 1981. 水生昆虫の世界 一流水の生態一. 東海大学出版会.
- Ohsawa, M. 1990. An interpretation of latitudinal patterns of forest limits in south and east Asian mountains. *Journal of Ecology*, 78: 326-339.
- 大澤雅彦. 1995. 熱帯と温帯のはざままで 一世界の照葉樹林と広葉樹林一. *週刊朝日百科・植物の世界*, 59: 131-133.
- 竹門康弘. 2005. 底生動物の生活型と摂食機能群による河川生態系評価. *日本生態学会誌*, 55: 189-197.
- 竹門康弘. 1998. 森が水生昆虫を育み川を豊かにする. *山林*, 1372: 2-11.
- 竹門康弘. 1999. 水生昆虫の生活と溪流環境. 溪流生態砂防学(太田・高橋編)、東京大学出版会, pp. 65-89.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins, K. W., Sedell, J. R., and Cushing, C. E.. 1980. The River Continuum Concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137.

Distinct evergreen broad-leaved forests prosper in the southern temperate East Asia. Modern industrialization, however, has resulted in vigorous exploitation of these forests. Most of the forests in southern Japan have been lost since the 1950s. In Aya Town, Miyazaki, a sizable forest of 2000 ha has been preserved on the steep slope of Mt. Ohmori. To enlarge the forest area, a restoration project has been set forth since 2005, by replacing surrounding coniferous plantations with natural forests. Numerous creeks of various sizes flow out from these forests into River Aya-Minami and Aya-Kita, and ultimately pour into the Pacific via the Ohyodo River. We performed a hydrological and ecological survey of these forest streams as a civil activity to recognize the preciousness of the upstream forests. The flow rate during the low flow season was significantly affected by the vegetation type of the catchment; higher in catchments with more natural forests than in those with more coniferous plantations. Water quality showed no particular difference. A comparative benthos study revealed that the density and biodiversity is slightly higher in the natural forest stream. Species composition also showed a difference; larvae of *Lepidostoma* species occurred in higher frequency in the natural forest stream, while Heptageniidae occupied a large portion of the community in the plantation forest stream. The entire plantation slopes had been logged before planting coniferous trees. The variation in the stream ecology may have been caused by the differences in following litter supply and sediment disturbances.

# オオサンショウウオの潜在的な生息適地モデルの 構築と保護計画への適用

社団法人 兵庫県自然保護協会  
田口 勇輝・大沼 弘一・川上 徳子・福岡 誠一

## Habitat evaluation of Japanese Giant Salamander (*Andrias japonicus*) and its application for conservation planning in Hyogo prefecture

The Nature Conservation Society of Hyogo prefecture  
Yuki Taguchi, Hirokazu Onuma, Noriko Kawakami and Nobuyuki Fukuoka

オオサンショウウオの潜在的な生息適地を推定するため、兵庫県において1)聞き取り調査、2)アンケート調査、3)既存資料調査、4)現地踏査を行い、これまで散在していた本種の発見情報を集約した。その結果、1937年～2007年における610件の情報を整理できた。これら全ての分布情報を元に、本種の生息に影響を与えていると考えられる標高、集水面積、勾配という3つの環境要因を用い、それぞれ選好度指数を求めた。さらに、それらの選好度指数を合わせることによって本種の生息適地を推定し、GISを用いて適地の地図化を行った。その結果、武庫川水系、加古川水系、市川水系の中上流域や、円山川水系、千種川水系の上流域において特に適地が多くあることが分かった。今回の成果と既存の知見を踏まえ、オオサンショウウオの保護手帖をつくり河川関係者に配布した。推定されたコアハビタットにおける生息環境を保全していくことで、オオサンショウウオの継続的な生息を保護していくことが可能になる。

### 1. はじめに

オオサンショウウオ(*Andrias japonicus*)は、文化財保護法や種の保存法、絶滅危惧Ⅱ類(環境省自然環境局野生生物課、2006)に指定されている大型の両生類であり、岐阜県以西の本州と四国及び九州北部に広く分布する(栃本 1988)。とりわけ兵庫県の河川上流から中流域では、多くの生息地が確認されている(環境庁自然保護局 1978、栃本 1988)。しかし、兵庫県内ではこれらの既産地以外にも、様々な河川において分布が確認されており、それらの情報は一部の関係者だけが把握する情報、地域の関係者だけが把握している情報等も多く、現状では分布情報が散在していると考えられる。

散在する分布情報のデータベース化は、生息適地

の推定や絶滅リスク評価を行う上で貴重な資料となることが国内外で指摘されており(Graham et al., 2004、三橋・鎌田 2006)、特に、古い標本情報や聞き取り情報、年代別に区別されたデータは、広域的な生息地管理を実現する上で重要な役割を果たす(Gibbs et al., 2005)。例えば、河川改修が行われた場所で、ある種が過去には分布していたにもかかわらず、最近になって発見されないとすれば、著しい環境変化の影響を疑わねばならない。一般に、開発等による生息場所の消失は、即座に影響が検出されるものではなく、数世代といった長期間を経て表面化する場合もある(Nichols and Williams 2006)。

本研究で扱うオオサンショウウオは、寿命が60～80年と極めて長い(小原 1985、栃本 1995)、短

期間の野外調査のみでは個体群の継続性を検討することが困難な種である。現在、大型の個体が複数見つかっていても繁殖が失敗していれば、それらの個体の寿命とともに急激な絶滅が予測される。一方、本種の卵塊や幼生を見つけることも難しく、直接、繁殖の有無を確かめる事は大変な労力を要する。そこで、過去の分布情報を活用し、繁殖の継続性を検証することができれば、間接的に生息地を評価することができる。

本研究では聞き取り調査など様々な方向から散在するオオサンショウウオの生息情報を集約することを目的とする。これによって、本種の発見情報を一元的に管理するためのデータベース化を行う。また、集約した分布データと地理情報から本種の生息適地を推定し、保護計画への適用をはかる。

## 2. 方法

### (1) 分布情報の収集

オオサンショウウオの分布情報に関する調査は、兵庫県内を対象として、1)聞き取り調査、2)アンケート調査、3)既存資料調査、4)現地踏査により行った。収集する情報を可能な限り統一するため、それぞれの調査方法で「発見された年月日」、「河川名称」、「発見場所の地名」、「位置情報(緯度・経度：日本測地系)」、「情報提供者」、「備考」を記録した。このうち、「位置情報」では、精度を向上させるため、情報提供者に対して5万分の1地形図を聞き取り調査時に提示もしくはアンケート用紙に添付して、位置情報の記述を依頼した。また、文献や報告書から得られた既知の分布情報は、文中の地名等の記述から、5万分の1地形図を用いて特定可能な精度で緯度・経度を記録した。「発見された年月日」については、正確な年月日等が不明の場合、判定可能な範囲までの情報を記録した。これらすべての分布情報は、地理情報システム(Arc View 3.1)を用いて、ポイント形式(ESRI社、Shape File形式)にてデータベース化を行い、分布図を作成した。さらに、この分布情報をもとに、年代別、水系別、確認場所別の発見数について集計を行った。以下、情報を取得した方法別に詳細に説明する。

### 1) 聞き取り調査

聞き取り調査は、2006年10月から2007年2月にかけて、兵庫県内水面漁業組合連合(以下、漁業組合)に対して、口頭による面談方式にて実施した。漁業組合に加盟している17組合を対象とし、各組合長または理事を中心に代表や年配者、オオサンショウウオに詳しい計17名の方から聞き取り調査を実施した。また、聞き取りの際、組合員以外で地域のオオサンショウウオ情報に詳しい有識者の紹介を受け、同様の方法にて21名の方から調査を実施した。

### 2) アンケート調査

オオサンショウウオは国の特別天然記念物として文化財保護法のもと、個体の保護が義務付けられている。そのため、地域の教育委員会文化財担当が発見情報を監督する立場にあり、市町の教育委員会に情報が寄せられることが多い。そこで、兵庫県における44市町の教育委員会に対して、2006年12月から2007年3月にかけて分布情報に関するアンケート調査を実施した。また、行政関係者へのアンケートとは別に、分布情報が比較的少なかった千種川水系では、別途に上郡町立上郡中学校の生徒65名(世帯)にアンケート調査を実施して情報の補足に努めた。

### 3) 既存資料等調査

既存の資料調査は、主に以下の3資料の整理により行なった。1つ目は、第2回自然環境保全基礎調査(緑の国勢調査)として環境庁自然保護局が実施した「日本の重要な両生類・は虫類 近畿版」である(環境庁自然保護局 1978)。2つ目は、姫路市立水族館所有の「オオサンショウウオ調査台帳」である。当水族館では市川水系でのオオサンショウウオ生態調査を30年以上に及び行っており、この台帳には一般市民からの発見情報、河川工事に関連した情報が記録されている。3つ目は、社団法人兵庫県自然保護協会(以下、保護協会とする)の会員である著者らによって行われた現地確認情報等である。保護協会は、武庫川水系や市川水系を中心として兵庫県全域でオオサンショウウオの分布・生態調査を15年以上実施してきた実績がある。これらの資料から、発見地点の水系名と市町名および地名から詳細な地点をまとめた。

#### 4) 現地踏査

10年前を境として、過去(1996年以前)には発見情報があるが、近年(1997年以降)には情報のない37地点で、それぞれ1kmの調査区間を設置し現地踏査を行った。踏査河川は以下の通りである。市川水系須和院川・恒屋川・犬見川・振古川・猪篠川、揖保川水系齊木川・三森川・染河内川・草木川、加古川水系鏑市川・畑川・善坊川・岩屋川・門柳川・畑谷川・石戸川・大谷川・稲土川・芦谷川・中河原川・安口南谷川・奥荒田川・岸田川水系岸田川・久斗川・熊谷川、千種川水系幕山川・庵川・安室川・円山川水系稲葉川・太田川・奈佐川、武庫川水系有野川・山田川、夢前川水系夢前川、竹田川水系竹田川を対象河川とした。本種は夜行性の動物であることから、現地踏査は夜間に調査員2名が河川内を歩き、懐中電灯を用いて目視により個体を確認するという方法で現地踏査を実施した。(写真1)。

##### (2) 解析方法

地理情報システム(Arc View 3.1)を用い、本種の分布情報と環境要因との関係を解析し、生息適地の推定を行った。

環境要因には、標高・河床勾配・収水面積の3変数を考慮した。まず、本種の採餌行動には水温が関係しているという報告があるため(小原ほか、1980)、標高を水温の指標とした。次に、本種は繁殖期の前に遡上する傾向があるため(田子 1931、若林ほか 1976、桑原ほか 1980、柿木 1998、上田 1988、



写真1 現地踏査の様子

Kawamichi and Ueda, 1998、田口 2006)、河床勾配を移動性の指標とした。3つ目に、規模の小さな河川での本種の発見例はこれまで少ないことから、収水面積をその指標とした。各変数は、30mメッシュのDEM(Digital Elevation Model)データから算出した。

生息適地の推定は、選好度指数(Jacobs, 1974)を用いて解析を行った。選好度指数は、ある種が分布する範囲内で物理環境の分布と生息地点の分布の比率によって環境の選択性を-1から1の範囲で表現する指標であり、以下の式で表される(Jacobs, 1974)。

$$D_i = \frac{r_i - p_i}{r_i - p_i + 2r_i \cdot p_i}$$

$r_i$ はオオサンショウウオが分布する地点のうち、ある環境要素  $i$  が占める比率(利用比率)を、 $p_i$ は総解析対象区間のうち、ある環境要素  $i$  が占める比率(全体比率)をそれぞれ示す。本解析における総解析対象区間とは、DEMデータより発生させた河川において1000mごとに打った点での物理情報である。

環境要因ごとに、1)全ての分布情報、2)過去：1996年以前の分布情報、3)近年：1997年以降の分布情報に分けて選好度指数を求めた。また、全ての分布情報の選好度指数を用いて、3変数すべての選好度指数が① $D > 0.15$ 、② $D > 0$ 、③ $D > -0.3$ 、④ $D > -0.6$ となる4段階に色分けし、地図化を行った。

#### 3. 結果

兵庫県内のオオサンショウウオの分布情報を、聞き取り調査、アンケート調査、既存資料等調査、現地踏査によって、合計610件整理することができた(図1)。その内訳は、漁業組合から行った聞き取り調査が91件、各市町の教育委員会と上郡中学校から行ったアンケート調査が192件、既存資料等調査が324件、現地踏査による確認が3件であった(表1)。

調査方法別に検討すると、まず聞き取り調査で得た合計91件の内訳は、漁業組合員から52件、漁業組合から紹介を受けた有識者8名からの39件であった。

アンケート調査では、県内44市町の教育委員会を対象に実施し、43市町から回答を得、うち25市町より189件のオオサンショウウオの発見情報を得るこ

とができた。同じく上郡中学校を対象としたアンケート調査では、協力いただいた65名の生徒のうち全員から回答を得、3名の生徒より3件の発見情報を得ることができた(表2)。

既存資料等調査では、合計324件の発見情報を整理できた。まず、「日本の重要な両生類・は虫類 近畿版」(環境庁自然保護局 1978)では、計65件であり、この内訳は、直接確認8件、文献4件、聞き取り53件であった。次に、姫路市立水族館の「オオサンショ

ウウオ調査台帳」では、計179件であり、この内訳は、市民による発見が176件、工事中に発見が3件であった。この情報源の特徴は、姫路市立水族館の調査拠点が市川上流にあること、水族館が市川下流に立地していることが関係し、分布情報の約半数にあたる87件は市川水系におけるものだった。保護協会からは80件の情報をまとめた。

現地踏査では、37地点中3地点で個体の確認ができた。個体を確認した川は、犬見川(市川水系)、猪篠

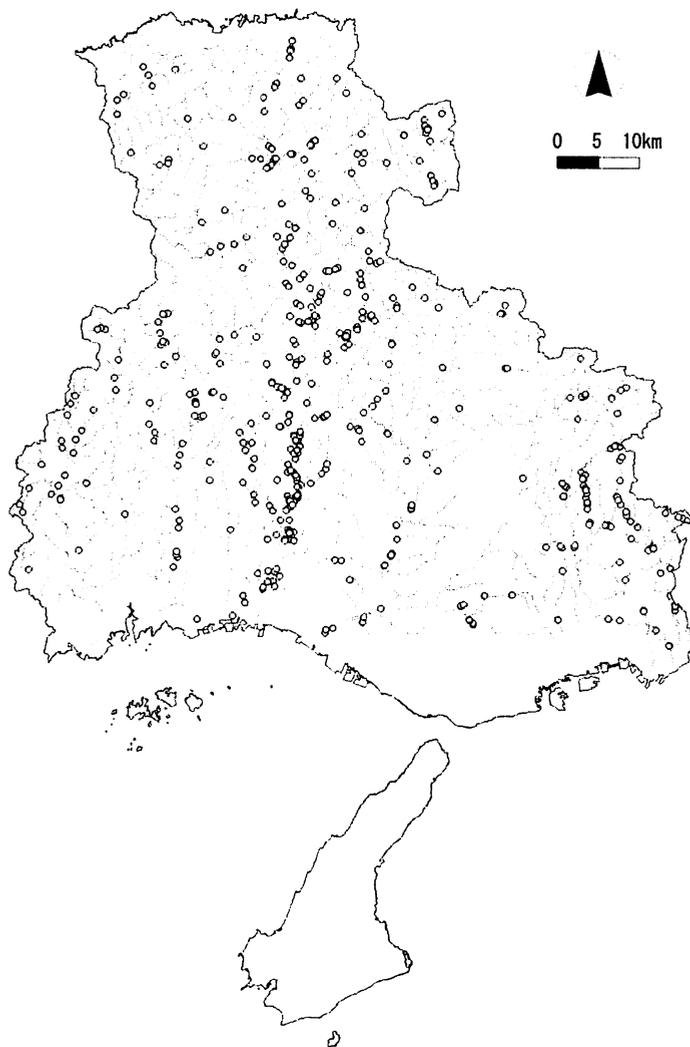


図1 兵庫県におけるオオサンショウウオの発見情報(1937～2007年)

川(市川水系)、庵川(千種川水系)である。しかし、調査地点によっては、水が枯れていた河川(中河原川：加古川水系)や、ツルヨシの繁茂により個体の確認が困難な河川(畑谷川：加古川水系、安室川：千種川水系)、河川改修により瀬と淵がなくなり直線的な平瀬が続く河川(石戸川：加古川水系、有野川：武庫川水系)などがみられた。

年代ごとの分布情報およびその内訳を表1に記す。まず、1950年代以前の情報は計6件であり、今回行った聞き取り調査・アンケート調査により得ることができた。1970年代と80年代では、既存資料からの情報がそれぞれ全体の7割以上を占めた。当然ながら、今回新たに聞き取り調査およびアンケート調査を実施したため、1990年代以降の情報が多くなっている。また、近年(1997～2006年)と過去(1937～1996年)に区別して、発見地点の分布状況を比較した結果(図2)、過去の分布は、近年より下流域での発見情報

が含まれていた。

水系ごとの分布情報およびその内訳を表2に記す。集計結果から、分布情報は円山川水系で178件、市川水系で142件であり、この2水系が全体の分布情報の53%を占めている。円山川水系では178件のうち、66件を養父市教育委員会から、21件を日本・モンゴル民族博物館から得ることができた。市川水系では142件のうち、87件を姫路市立水族館から得た。しかし、岸田川、竹田川、矢田川、竹野川、由良川では、それぞれ10件以下と少数であった。

分布調査に伴って得られた備考情報を参照すると、本種の発見場所として12タイプがあり、計103件の備考情報が集まった(表3)。一般市民による本種の発見は、水田の用水路への進入(63件)が最も多く全体の61%を占め、様々な水系から報告された。その他、特徴的な発見のされ方として、「釣り上げられた」、「姫路城の外堀で発見」、「テトラポットの間で発見」、「河川工事中に発見」、「路上で泥にまみれていた」、「農地で立ち往生していた」、「砂洲の陸部での発見」、「堰堤下部での発見」等があった。漁業組合からの報告では、カニカゴへの進入情報(10件)が多く寄せられた。他にも、もんどり(6件)、はえなわ(2件)での偶発的な捕獲が報告されている。環境要因ごとに、1)全ての分布情報、2)過去：1996年以前の分布情報、3)近年：1997年以降の分布情報に分けて選好度指数を求めた(図3a-i)。また、分布情報の地図化を行った(図4a～c)。全ての分布情報から求めた選好度指数をみると、標高は73～219m程度(図3a)、集水域は5km<sup>2</sup>以上(図3b)、河床勾配は0.003～0.023m/m程度のところによく見つかっていることが分かり(図3c)、源流域での発見例は少なく、勾配の緩やかな中流域で多く発見されていることが明らかとなった。また、3つの選好度指数を統合し生息適地の推定を行ったところ(図5)、武庫川水系・加古川水系・市川水系の中上流域や、円山川水系・千種川水系の上流域において適地が多く推定された。

表1 各年代における発見情報の件数

括弧内は年代ごとの累計に対する百分率を示した。

年代	聞き取り	アンケート	既存資料	計
1930	3 (100)	0 (0)	0 (0)	3
1940	0 (0)	1 (100)	0 (0)	1
1950	2 (100)	0 (0)	0 (0)	2
1960	2 (22)	5 (56)	2 (22)	9
1970	4 (3)	33 (23)	109 (74)	146
1980	8 (14)	12 (15)	60 (71)	80
1990	21 (18)	64 (49)	46 (33)	131
2000	51 (22)	77 (33)	107 (46)	235
計	91	192	324	607

表2 各水系における発見情報の件数

括弧内は水系ごとの累計に対する百分率を示した。

水系	聞き取り	アンケート	既存資料	計
円山川	29 (16)	106 (60)	43 (24)	178
市川	7 (5)	13 (9)	122 (86)	142
加古川	5 (6)	33 (43)	39 (51)	77
武庫川	6 (10)	20 (34)	32 (55)	58
播磨川	15 (31)	3 (6)	31 (63)	49
千種川	6 (20)	2 (7)	22 (73)	30
猪名川	5 (17)	12 (41)	12 (41)	29
夢前川	3 (20)	0 (0)	12 (80)	15
岸田川	8 (100)	0 (0)	0 (0)	8
竹野川	4 (50)	0 (0)	4 (50)	8
矢田川	3 (43)	1 (14)	3 (43)	7
竹田川	0 (0)	2 (50)	2 (50)	4
由良川	0 (0)	0 (0)	2 (100)	2
計	91	192	324	607

#### 4. 考察

本調査で行った4つの調査方法によって、これまで散在していたオオサンショウウオの分布情報610

件を集約することができた。その結果、淡路島を除く兵庫県の主要な13水系で本種の分布を確認することができた。山地を流れる上流域だけでなく、田園地域や市街地付近等の中下流域からも確認事例が多く、河川上流域から下流域にかけて広い範囲に本種は生息していた(図1)。しかし、淡路島や阪神間に位置する六甲山系のような急峻で流域面積が小さい河川での記録はほとんど得られておらず、この

ことは、選好度指数による解析からも示唆されている(図3b、図3c)。ただし、鳥取県や広島県では、規模が小さく勾配が緩やかな河川からも報告事例があることから(野村 2001、桑原ほか 2005、岡田 2006)、詳細な現地調査を実施すると、兵庫県の日本海側の勾配の緩やかな小河川でも本種が今後発見される可能性はあると考えられる。

今回得られた記録年代は、夢前川水系での聞き取

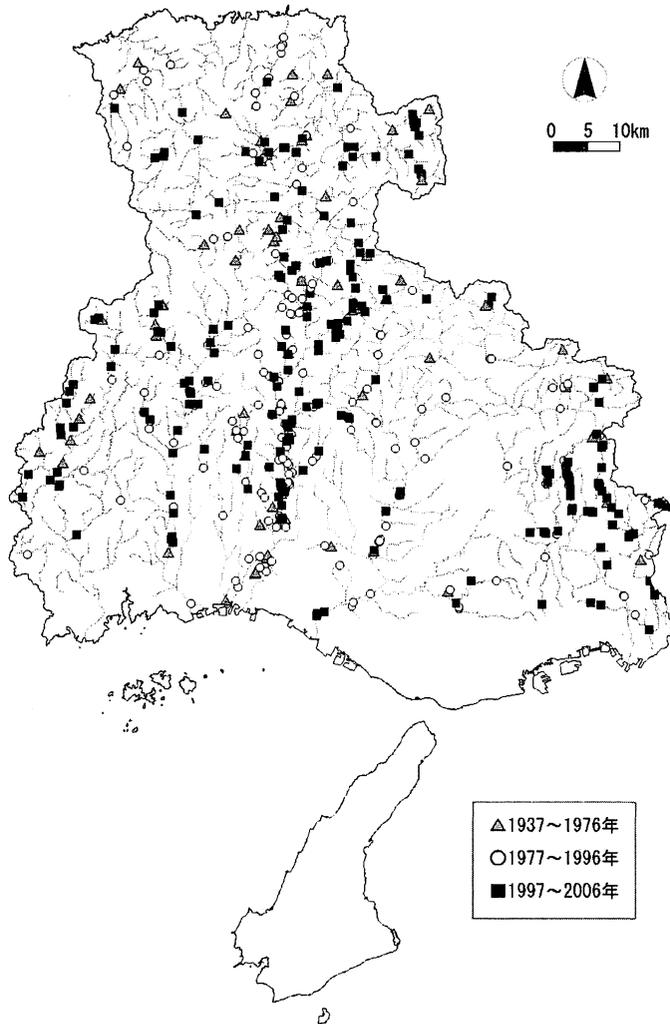


図2 年代別によるオオサンショウウオの発見情報の比較

り調査による、最も古い1937年のものから現地踏査による2007年のものまで70年間に及んだ。当然ながら、過去になるほど記録数は減少し、情報を入力してきた調査方法の貢献度が年代ごとに異なる。古い年代ほど聞き取りやアンケート調査の相対的な貢献が大きく、約20年前にあたる1990年を境にして過去

の情報が乏しい傾向にあった。その中で、20年前のまとまった発見情報を得られたのは、過去の調査報告書の役割によるところが大きい。特に、1970年代には146件と情報が多いが、これは1978年に発行された環境庁の調査結果(65件)である(環境庁自然保護局 1978)。このような行政主導のモニタリング調査を継続することは広範囲にわたる分布の概略とその変遷を知る上で重要だということが再認識できた。

得られた発見情報に基づき、年代を10年前の1997年を前後して二分することで、過去と近年との分布を比較したところ、過去の方がより下流域にも確認例があった(図2、図3d、図3g)。これには、3つの可能性が考えられる。1つ目は漁協関係者による川への関わり方が変化しオオサンショウウオを発見する機会が減ったこと、2つ目は中上流域での砂防工事など河川の人工化によって生息環境が悪化し流域全体の生息数が減り、それにもなつて流下個体の数も減ったこと、3つ目は実施された調査地点自体の偏りである。本調査によって原因を特定することは難しいが、1996年以前の分布情報が示すように、

表3 オオサンショウウオの発見場所とその特徴

発見方法	件数
用水路(水中)	63
カニカゴ(水中)	10
堰堤下流(水中)	8
もんどり(水中)	6
水田(水中)	4
河川改修(水中)	3
道路上(陸地)	3
はえなわ(水中)	2
砂州の水のない所(陸地)	1
姫路城の外堀(水中)	1
畑から鶏小屋に侵入(陸地)	1
テラポッドの間(水中)	1
計	103

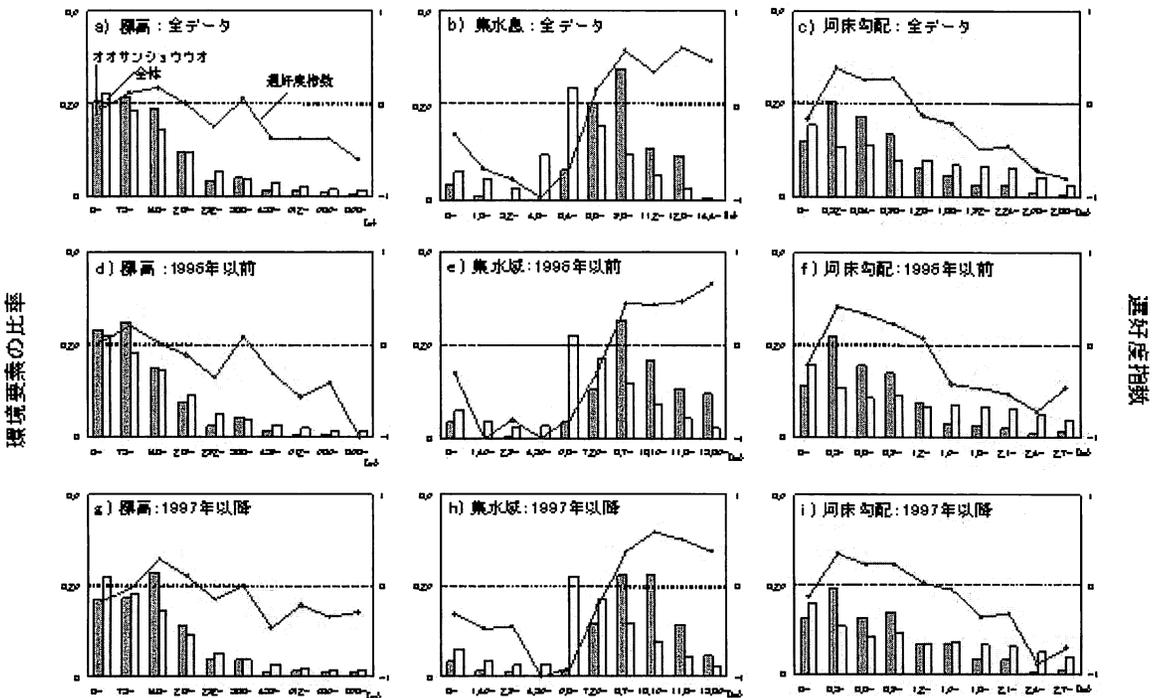


図3 各環境要因における選好度指数

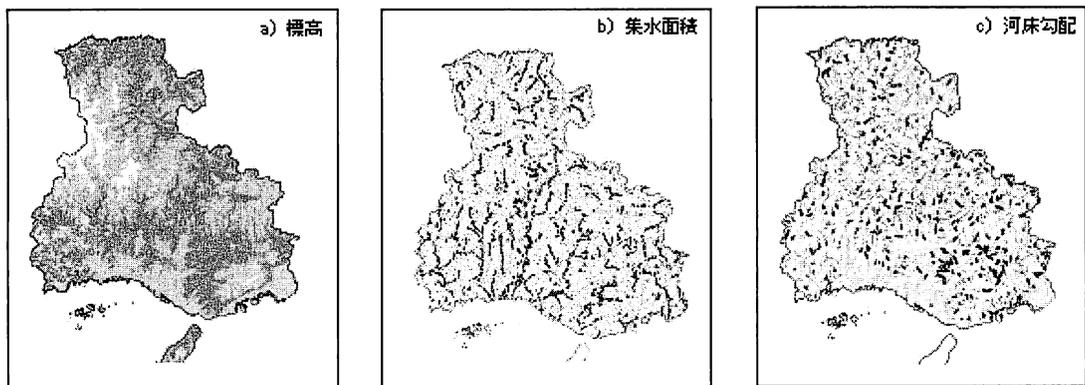


図4 各環境要因における選好度指数の地図化

より下流域でも生息可能だとすると、今後の生息地管理を進める上で重要な観点となる。仮に現時点でオオサンショウウオの生息を確認できなかったとしても、過去の分布確認地点では、隠れ場所の創出や上下流への移動を可能とする迂回路の設置等を検討すべきである。

水系別に調査結果を検討すると、円山川水系で178件、市川水系で142件と、両河川が他よりも圧倒的に多くの分布情報が集まった。このことは、生息密度が高いこと、災害復旧等の大規模な改修工事が実施されたことで発見数が多くなったことに加えて、地元市町の文化財担当者によるデータの集約体制が整っていること、さらには情報拠点となる博物館相当施設が立地することも関係しているだろう。特に、養父市および旧但東町(現豊岡市)では、文化財担当者と社会教育施設が密接な連携をとっている。養父市の場合には、オオサンショウウオの全長や体重、捕獲場所の詳細状況等を付随した属性情報まで管理されており、他の市町にとっても良いモデルになると思われる。現在オオサンショウウオの発見時には記録方法などを含め対処法が統一されておらず県内および全国的な対処法の体制づくりが課題である。

推定した生息適地から、本種の生息地を保全する上で重要な地域が示唆された(図5)。保全すべき場所は、適地と推定された地点が集中するコアハビタツ

トであり、このようなコアハビタツを予測し、保全することは、移動分散のソースを確保することにつながり、広範囲におよぶ分布の可能性を高めることになる。また、その生息適地を地図化することで、保護対策を具体的に進めることができる。例えば、開発事業の影響や回復事業の目標設定に数値目標が導入されるなどの例があげられる(U. S. Fish & Wildlife Service, 1980)。また、今回のように、広域な立地特性の評価を行うことは、Wyant et al. (1995) が指適するような、迅速かつ費用対効果の高い保全事業や自然再生事業の実践につながる可能性がある。本種の継続的な生息に必要な保全対策としては、主に、本種の移動を阻害する堰で、移動を可能とする迂回路を設置すること、繁殖に利用可能な土の川岸を保存することがあげられる。本種は川岸にできた深さ2mほどの横穴で産卵を行う(田子 1931、田尻 1960、生駒 1963)が、堰に遡上を妨げられ適した産卵場所にたどりつけない場合には、堰下の岩の下などで産卵し、卵塊が流出してしまう事例も報告されている(若林ほか 1976)。生息地を分断する堰においては、小さな工事でも対策が可能などところがある。例えば、武庫川水系羽束川における堤高1mの垂直な堰で、2007年7月に蛇籠を利用した階段を設置することによって、27個体以上のオオサンショウウオが遡上した事例もある(田口 未発表)。

現地踏査では、過去に個体が発見された場所を実際に調査したが、ほとんどの場所で再度個体を確認することはできなかった。河川改修により瀬や淵がなくなり直線化された平瀬が続いているところや、川に水自体がなくなっているところもあり、本種の生息環境が確実に悪化していることが伺える。本種は伏流水の出る横穴で産卵することが知られており(栃本 1994)、そのような場所が自ずと創出されるような河川本来の蛇行や瀬淵構造を再生する必要があると考えられる。しかし、今回踏査を行った夏季は出現個体の少ない時期であること(田口 2006)、各河川において1度しか踏査を行っていないため偶

然見つからなかった可能性もあることから、複数回の継続調査を行うことで今後個体が発見される箇所もあるだろう。個体の終夜行動について調べた7日間連続の徹夜調査では、個体が平均して3日に1回程度の出現率(N=35)であるという結果もある(田口未発表)。個体の出現率が高い春季に、データを補足することが今後の課題といえる。継続調査を行い、過去と現在の分布変化を定量的に評価することで、どのような環境がなくなると絶滅するのかといったことも推定できるようになる。これは、絶滅のリスクの管理を行う上で有益な情報となり、本種の生息地保全のために重要である。



図5 兵庫県におけるオオサンショウウオの生息適地の推定

今回の調査では、多くの方の協力を得てデータを集約することができたが、その反面、データの精度や正確性には、若干の課題があることも言及しておきたい。本種は繁殖期の前になると、繁殖場所として利用する巣穴を探索するために数百m~4km移動することが知られている(田子 1931、若林ほか 1976、桑原ほか 1980、柿木 1998、上田 1988、Kawamichi and Ueda, 1998、田口 2006)。このような移動によって、水田の用水路へ進入する場合や、横断工作物の周辺(陸部や下部)、支川周辺の陸地等を徘徊する場合もある。そのため一般市民に発見されやすく、本流から離れた場所の記録も多くなっている。漁業組合から得た情報には、漁具による捕獲事例が多数含まれている。カニカゴやはえなわ等は下流域で設置される場合が多いため、情報が下流域に偏っている可能性が考えられる。逆に、人里から離れた河川では、漁業組合の関係者等の訪問頻度が低いことに関連して、小河川での発見件数が少ない可能性も懸念される。また、上流部の災害により、強制的に下流へと個体が出たことで、一箇所に集中して発見されたこともある。例えば、兵庫県豊岡市を流れる円山川水系出石川では、2004年の台風23号によって被災したために、100個体を越えるオオサンショウが下流の中川井堰下にて発見された(神戸新聞、2005/06/09:付記)。このように、本種の分布情報には発見状況に応じて偏りがあり、その解釈には本種の生活史や洪水による流下の影響を考慮に入れる等注意が必要である。

今回の調査データにおける偏りに対して若干の懸念があるものの、昆虫等他の生物と異なり、本種の成体を誤同定する危険性は低い。ただし、本種の幼生については誤同定をする可能性があり、溪流性のヒダサンショウウオやハコネサンショウウオとの混同を防ぐために、学識者から得られた情報を除いて細流での小型個体の発見情報は省いた。このように、分布情報から得られた生息範囲については、本種が主に生息する区間だけを指し示すものではないが、長い寿命のなかで移動し得る範囲であることは間違いない。

## 謝辞

本調査を行うにあたり以下の方々から多くの協力を得た。日本ハンザキ研究所所長 栃本武良氏、水辺のフィールドミュージアム研究会理事 三橋弘宗氏、姫路市立水族館 清水邦一氏、神戸市立須磨海浜水族園 土井敏男氏、養父市教育委員会社会教育課 藤原弘幸氏、三田市教育委員会社会教育文化財課 山崎敏昭氏、福崎町教育委員会社会教育課 出田 直氏、丹波市教育委員会社会教育課 中畔明日香氏、日本・モンゴル民族博物館館長 金津匡仲氏、但馬国府・国分寺館 加賀見省一氏、西脇市動植物生態調査研究グループ代表 小林拓郎氏、兵庫県立内水面漁業センター長 土岐章夫氏、円山川漁業協同組合事務局長 福井 泉氏、揖保川漁業協同組合参事 吉田忠弘氏、佐用のオオサンショウウオを守る会 山川 修氏、上郡町立上郡中学校教諭 東山 真氏、朝来市 大谷佳一氏にお礼申し上げます。調査の計画にあたっては、京都大学大学院教授 夏原由博氏、大阪府立大学大学院教授 前中久行氏にご指導いただいた。調査の実施やアンケート用紙の作成について、水辺のフィールドミュージアム研究会理事長 久加朋子氏、同研究会理事 中江 環氏にご尽力いただいた。現地踏査には、水辺のフィールドミュージアム研究会副理事長 大澤剛士氏、里環境の会 前田 知己氏、白水智子氏にご協力いただいた。また、広島市安佐動物公園 桑原一司博士、鳥取大学大学院岡田 純氏には、広島県と鳥取県の分布情報に関する論文を提供いただいた。なお、本調査には、2006年度のPRO NATURAファンドによる助成金および、公益信託 増進会自然環境保全研究活動助成基金による支援をいただいた。以上の方々ならびに関係機関に厚く感謝いたします。

## 参考文献

- Gibbs, J. P., K. K. Whiteleather and F. W. Schueler  
2005 Changes in frog and toad populations over 30 years in New York state. *Ecological Applications*, 15(4): 1148-1157.
- Graham, C. H., Ferrier S., F. Huettman, C. Moritz and Peterson A. T. 2004 New developments in museum-based

- informatics and applications in biodiversity analysis. *Trends in Ecology and Evolution*, 19:493-503.
- 生駒義博. 1963. ハンザキ(一名オオサンショウウオ)の研究. 津山科学教育博物館開館記念誌. ハンザキ集覧. pp.382-393.
- Jacobs J. 1974. Quantitative Measurement of Food Selection-A Modification of the Forage Ratio and Ivlev's Electivity Index-. *Oecologia*, 14:413-417.
- 柿木俊輔. 1998. 広島県小見谷川におけるオオサンショウウオ(*Andrias japonicus*)の定住性及び移動について. 麻布大学獣医学部卒業論文. 神奈川. 15pp.
- 環境省自然環境局野生生物課(編). 2006. 報道発表資料(資料3)2006年12月22日 両生類のレッドリスト. 2pp.  
[[http://www.env.go.jp/press/file\\_view.php?serial=8931&hou\\_id=7849](http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=8931&hou_id=7849)]
- 環境庁自然保護局(編). 1978. 日本の重要な両生類・は虫類 近畿版 第2回自然環境保全基礎調査(緑の国勢調査). pp21-38.
- Kawamichi T. and Ueda H. 1998. Spawning at Nests of Extra-large Males in the Giant Salamander *Andrias japonicus*. *Journal of herpetology*, 38:133-136.
- 小原二郎・足利和英・井上孝・若林文典・桑原一司・鈴木信義. 1980. 広島県のオオサンショウウオの保護に関する調査研究 その5 飼育下での産卵、動水誌, 22(3):67-71.
- 小原二郎. 1985. 大山椒魚. どうぶつ社. 236pp.
- 桑原一司・井上孝・若林文典・足利和英・鈴木信義・小原二郎. 1980. 広島県のオオサンショウウオの保護に関する調査研究 その4 松歳川における繁殖行動の観察. 動水誌, 22(3):55-66.
- 桑原一司・足利和英・南方延宣・中西正人・嶋田浩明・鎌田博・福本幸夫. 2005. 豊平町志路原・上石のオオサンショウウオの繁殖生態と保護の試み. 高原の自然史, 10・11: 101-133.
- 三橋弘宗・鎌田磨人. 2006. 野生生物の生息・生育適地推定と保全計画. 応用生態工学, 8(2):215-219.
- Nichols, J. D. and B. K. Williams. 2006. Monitoring for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 21(12):668-673.
- 野村幸弘. 2001. 鳥取県におけるオオサンショウウオの保護・確認情報とその考察. 鳥取生物, 33・34:15-18.
- 岡田 純. 2006. 鳥取県中・西部7河川におけるオオサンショウウオの生息状況. 山陰自然史研究, 2:21-28.
- 田子勝弥. 1931. 蝾螈と山椒魚. 芸艸堂, 京都. pp.37-67.
- 田口勇輝. 2006. オオサンショウウオの繁殖移動と堰堤による移動の阻害. 大阪府立大学大学院農学生命科学研究科修士論文. 大阪. 46pp.
- 田尻滋. 1960. 日本大山椒魚の生態と採集. 採集と飼育, 22:198-204.
- 栃本武良. 1988. オオサンショウウオの研究Ⅱ—分布と調査地—. 兵庫生物, 9(4):206-208.
- 栃本武良. 1994. 兵庫県市川水系におけるオオサンショウウオの生態 VII繁殖場所について(1)産卵場所. 動物園水族館雑誌, 35(2):33-41.
- 栃本武良. 1995. オオサンショウウオの生物学. 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料(Ⅱ)両生・爬虫類. pp422-488. 日本水産資源保護協会.
- 上田弘隆. 1988. オオサンショウウオの繁殖生態. 大阪市立大学卒業論文. 大阪. 26pp.
- U. S. Fish and Wildlife Service. 1980. Habitat Evaluation Procedure (HEP) Manual (102 ESM). U. S. Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- 若林文典・桑原一司・足利和英・井上孝・鈴木信義・小原二郎. 1976. 広島県のオオサンショウウオの保護に関する調査研究 その3 産卵期移住と小堰堤の関係について. 動水誌, 18(2):31-36.
- Wyant J. G., Meganck R. A. & Ham S. H. 1995. A planning and decision-making framework for ecological restoration. *Environmental Management*, 19: 789-796.

## 付記

神戸新聞ニュース

[<http://www.kobe-np.co.jp/kobenews/sougou/>

00010436sg200507090900.shtml]

(2007.7.30 参照)

To predict suitable habitat of Japanese Giant Salamander (*Andrias japonicus*) for conservation planning, existent distribution data were organized by 1)hearing, 2)questionnaire, 3) literature, and 4)field surveys in Hyogo prefecture. We collected 610 distribution records between in 1937 and 2007, and calculated Jacobs's Electivity Index for three environment variables, elevation, slope, and flow accumulation, which would affect habitat condition. The suitable habitat was predicted by making an overlay map of these indices using GIS. This result suggested that there are many suitable habitats in upper and middle reaches of Muko-river, Kako-river, and Ichi-river system, and upper reaches of Maruyama-river and Chikusa-river systems. We made a pocketbook for protecting *A. japonicus*, and delivered to the people and public offices concerned with river. Conserving those core habitats will make possible to protect *A. japonicus* persistently.

# IBA(Important Bird Area 重要野鳥生息地) 保護保全ハンドブックの作成

財団法人 日本野鳥の会  
古南 幸弘<sup>1)</sup>・高井 健慈<sup>1)</sup>

Publication of handbook for conservation at IBAs in Japan

Wild Bird Society of Japan  
Kominami Yukihiko and Takai Kenji

IBA (Important Bird Area、重要野鳥生息地)は、鳥類を指標とした世界共通の基準により優先順位の高い重要な自然環境を選定し、個々の生息地とそのネットワークを保全していくことを目的としたプロジェクトである。国際自然保護組織バードライフインターナショナルが世界100ヶ国以上の加盟団体と共同で実施している。日本におけるIBAリストは(財)日本野鳥の会が中心となって選定し、167地点のリストを2004年3月に公表した。

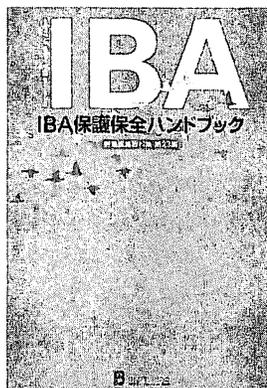
この167地点の、土地の保全のための法的担保(鳥獣保護区特別保護地区、自然公園特別保護地区、自然環境保全地域、天然記念物指定地域等)について調査したところ、法的指定が全くない地点は59(35%)、指定があるが不十分な地点は37(22%)、指定範囲がIBAをほとんどあるいは全域カバーしている地点は71(43%)という結果であった。

IBAは様々な要因の脅威にさらされていることも明らかになったが、ともかくも全体で57%にのぼる地点に法的担保の網をかけることが必要である。そこで法的規制の網をかけるための保護保全活動を支援するツールを提供することを目的として、「IBA保護保全ハンドブック」(写真1)を製作した。内容は3部で構成した。

1. IBAの選定基準を具体的に紹介する
2. 土地を担保する法律を解説する
3. 保護活動の成功事例を紹介する

1. については4つの国際基準を解説し、各区分に該当する地点の分布を示した。2. については、畠山武道上智大学大学院教授による法律の解説を掲載した。3. については、成功事例として愛知県の藤前干潟と青森県の仏沼をとりあげ、保護活動を担った方々に取材して法指定に至るプロセスの事例を収録した。

完成したハンドブックは、地域で活動する自然保護団体及び個人、都道府県の自然環境担当部署、市町村に1200部を配布した。このツールを活用し、市民セクターでも行政セクターでも、未担保IBAへの法的規制の網掛けの促進に向けた活動が活発になり、また野生動植物に関する分布等のデータをもとにした明確な規準による政策が展開されていくことを期待している。



IBA保護保全ハンドブック 2007	
目次	
1 はじめに	001
2 IBAとは	005
2-1 IBAの概念	005
2-2 日本のIBAの選定	006
2-3 IBAの指定基準	010
3 アジアにおける日本のIBA基準値	011
A1 猛禽レトリブー	011
A2 猛禽 空白地域指定	011
A3 猛禽 レトリブー指定	011
A4 猛禽 レトリブー指定	011
4 IBAの法的担保状況	011
4-1 日本における法的担保の現状と課題	011
4-2 世界のIBAの法的担保状況	011
5 IBA保護保全の成功事例	011
5-1 藤前干潟の事例	011
5-2 仏沼の事例	011

写真1 IBA保護保全ハンドブック表紙、目次

1) 財団法人 日本野鳥の会 自然保護室：東京都品川区西五反田3-9-23 丸和ビル

## 日本におけるリーフチェック活動10周年報告書の作成

コーラル・ネットワーク  
宮本 育昌<sup>1)</sup>・豊島 淳子<sup>1)</sup>

### Publication of Reef Check Report in Japan 1997-2006

#### Coral Network

Yasuaki Miyamoto and Junko Toyoshima

#### 1. 目的

サンゴ礁は、熱帯・亜熱帯の海洋域に存在し、生物多様性や生産性が高い重要な生態系である。近年サンゴ礁は世界的な規模でさまざまな人間活動の影響により衰退し、失われつつある。特に地球温暖化の影響で2050年にはその大半が失われるという予測もなされており、非常に危機的な状況にある。これに対し、科学者が呼びかけ、世界中で同じ調査方法を用い、科学者に加えて市民も参加する新しいタイプのサンゴ礁モニタリング調査「リーフチェック」が1997年に開始された。現在、リーフチェックは世界で最も大規模なモニタリングであり、各地で貴重なデータが蓄積されている。日本では1997年にWWF-JAPANが支援し調査が開始された。1998年からは我々を中心に推進し、約40箇所に調査地点が増えるという広がりを見せている。今回の助成事業では、特に一般市民に対して、サンゴ礁の現状と保護の必要性を効果的に訴えたいと考えた。そのため、10周年を機にこれまでの日本国内での調査結果について、その成果をまとめて報告書の形で出版し、サンゴ礁保全の周知を図ることを目的とした。

#### 2. 方法

リーフチェック調査は、多くの団体が各地で独立したチームを結成して行なっている。調査の動機、リーダー、調査の指導科学者、メンバーは多様であ

る。この特色を活かすため、チーム毎に、調査にかける想い、メンバー、結果推移などの執筆をお願いした。

我々は、自ら関わるチームについての執筆、調査データの加工・表示、レイアウトを行った。

印刷は市民に親しみやすいようカラーにした。

#### 3. 結果

目的通り、報告書を作成・印刷した。課題はスケジュールの大幅な遅れである。理由としては、各チームの執筆担当者の多忙に加え、我々のフォローおよび編集も遅れたことである。そのため、当初予定していた2007年内の配布は十分にできなかった。

#### 4. 考察

10年間の活動の中で、市民のサンゴ礁の危機への認識および活動希望は着実に増えてきた。しかし、自ら何ができ、何をすれば良いかについて判断するための材料は乏しかった。今回作成した報告書は、科学的データのみならず、チーム情報を提供しているため、市民の要求に合致しており参加意欲を高められると考えている。2008年は国際サンゴ礁年であり、集中的に配布することで、市民のサンゴ礁保全への参画を促したい。

1) 神奈川県横浜市緑区十日市場町1258-14-2-502

## 堆砂垣と植生保護を組み入れた海岸砂浜保全活動

特定非営利公的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・田中 美奈子

### Coastal Sand Preservation using Sand-Fences and the Native Vegetation

NPO Omotehama Network, Sand-fence and Vegetation Group  
Kazuo Ichino, Yuji Tanaka and Minako Tanaka

#### 1. 活動の目的

北太平洋のアカウミガメは日本列島西南部が唯一の産卵繁殖地として知られる。近年、産卵場所である海岸砂浜の侵食が著しいが、この主たる原因は、日本列島のほとんどの河川にダムができ、河口から海に供給される砂が減っていることである。また、海岸侵食の進む副次的な要因として、1960年代まで行われていた沿岸住民による堆砂垣の設置が行われなくなったことがあげられる。さらに、公共事業による埋立てや侵食防止を目的とした不適切な工事・構造物の設置によって海岸砂浜・植生が影響を受けてもいる。海岸の砂浜に自生する海浜植物も、砂浜侵食や開発によって生育地ごと消失の危険にさらされている。当活動の目的は、アカウミガメが産卵に来る海岸砂浜を自然植生ごと保全するとともに、観察会を開き市民に海岸植生と自然保護について学ぶ機会を提供することにある。

#### 2. 活動の方法

##### (1) 堆砂垣の設置による養浜活動

2005年～2006年冬から開始している、メダケ・アシなどの自然素材を使った堆砂垣を設置する活動を、北西風の吹く秋冬期に行う(写真1)。

##### (2) 砂浜植生による堆砂の安定化をすすめる試行活動

海浜植生の最前線に帯状に分布しているコウボウムギを使って、新しく堆砂した不安定な砂を定着させ、砂浜の侵食を防ぐ効果を確認する(写真2)。

##### (3) 海岸植物および海岸植生の自然観察会

海蝕崖部分に発達する森林も含めて、海岸植物群落と、砂浜保全活動の現場について観察会を実施する。

##### (4) 砂浜侵食を抱える他地域の保護団体との連絡・交流を進める。

##### (5) 海浜植物ハンドブックを作成し、市民に対して海浜植物の興味を高める。

#### 3. 結果

##### (1) 堆砂垣設置活動

合計3回40名の参加、延べ128mの堆砂垣を設置することができた。

##### (2) 種子発芽実験、フィールドでの実生の生育調査、および播種実験

7～8月に採取し、8月中に播いた種子、年を越した2月に播いた種子ともに3月に発芽することがわかった。3月中旬以降に播いたものではほとんど発芽しなかった。砂浜における実生の自然発芽は3月に観察された(写真3、4)。

##### (3) 自然観察会

砂浜での植生観察を堆砂垣設置作業後3回実施した。

##### (4) 他団体との交流

愛知県、豊橋市などから、堆砂垣用の資材の提供など、一定の支援を得ることができた。

##### (5) 「表浜海岸の植生ハンドブック」

A-5版、16ページ、写真図版88枚、発行部数 2007年1月に完成した。

#### 4. 考察

堆砂垣は冬季の北西季節風による飛砂をとらえる効果が著しいが、海岸での風は地形などの影響で複雑であり、試行・調査を試みつつ、より効果的なやり方をみだしたい。

天竜川からの砂供給が減少し、表浜の砂浜がやせ細ってきているため、堆砂垣による砂浜保全効果は安定したものとなっていないが、市民や行政の意識を変えていく上で、この活動は意義があるものと思われる。今期の活動では、マスコミ報道もあり、参加者はもちろん、一般市民にも、砂浜保全活動の必要性についての理解を広めることが一歩前進したように思われる。

発芽実験・観察の結果からみて、コウボウムギの発芽には冬の低温が必要であるものと思われる。砂浜のフィールドにおける観察でも、実生の自然発芽は3月に観察されており、播種した場合と結果に矛盾はない。砂浜に播種する場合には、7～8月頃採取しておいた種子を、2月に場所を選んで播けば、風波による損失を減らして、意図した位置で発芽させることができるものと考えられる。



写真1 堆砂垣設置活動

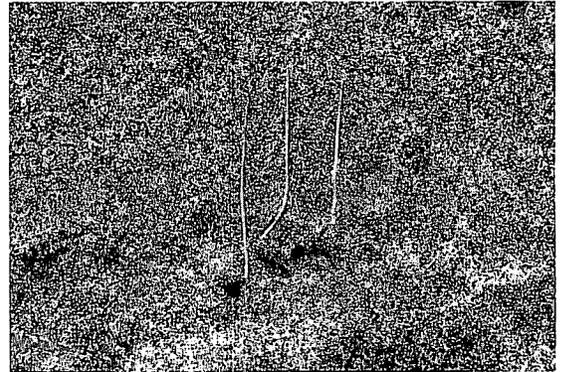


写真3 砂から顔を出したばかりの芽生え  
(2007年3月14日)

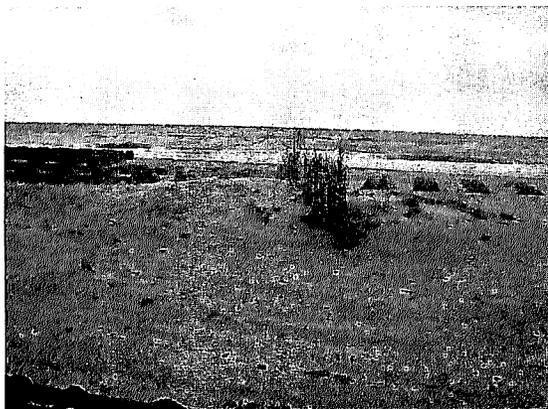


写真2 砂の溜まった状態がわかる  
(2007年3月31日)



写真4 少し伸びた天然の芽生えの第1葉  
(2007年3月31日)

## 愛知県渥美山塊の猛禽類・哺乳類の生息環境を 保全するための調査と啓蒙活動

渥美自然の会

大羽 康利

Field research and enlightening activities to protect and preserve native habitats of the bird of prey and wild mammals in the area of Mts. Atsumi in Aichi Prefecture

Group of Atsumi natures

Yasutoshi Ohba

渥美半島西部に位置する「渥美山塊」には植生自然度の高い自然林が残されており、その多くが三河湾国定公園特別地域に指定されている。この山塊の最高峰・大山(標高328m)山頂近くに陸上自衛隊のヘリコプター離着陸訓練場が2005年10月に設置された。

しかしながら、全国の多くの野鳥・自然保護団体の声を受けて防衛省は「自然環境に配慮した訓練を実施」と言わざるを得なくなり、2007(平成19)年1月～7月には環境コンサルタント会社に委託して猛禽類生息調査を行った。

大山訓練場(田原ヘリパッド)(写真1)の使用中止等を求める活動の一環として私達は下記の事業をプロ・ナトゥーラ・ファンドの助成を受けて行った。

1. 伊良湖フォーラム06 2006年10月8日(日)  
伊良湖ガーデンホテルで開催した。当日の講演・報告者は以下の通りである。
  - (1) 報告「伊良湖のタカ渡り 今年のトピックス」  
渡辺 幸久氏(渥美自然の会)
  - (2) 講演「ニホンイタチの遺伝学的研究から見えてくること」  
黒瀬 奈緒子氏(神奈川大学理学部)
  - (3) 講演「里山に住む猛禽類の生態と保全」  
百瀬 浩氏「中央農業総合研究センター」参加者からは「いつも勉強になるフォーラムありがとうございます。イタチの糞DNAによる種同定法には驚きました。オオタカ、サシバの生息地モデルは面白い。他の動物にも適用していけば、残すべき影響、地域をつくっていくのではと思いました。」などの感想が寄せられた。(写真2)
2. 鮎川の道 秋の観察ハイキング 2006年10月29日(日)  
地図に掲載されている大山への登山道は工事車両の通過によってできた南斜面の急坂である。「鮎川の道」は「渥美自然の会」が2005年4月に溪流沿いを踏査して開拓した、ハイキングしながら植物・小鳥を観察できる小径である。当日は沼津市や尾張地方などからの30名弱がコナラの紅葉など晩秋の渥美の自然を満喫した。(写真3、4)  
2007年2月11日には「渥美半島ハイキングクラブ」と共に樹木への名札付けも行った。
3. 渥美山塊での猛禽類繁殖調査を2007年1月から8月にかけて実施した。繁殖調査は調査記録を専用開設したメーリングリスト上で共有し情報交換を行いながら、進めた。  
2006年8月に調査協力者の一人がハチクマの幼鳥

と営巣木を確認していたが、2007年はハチクマに加えてオオタカの繁殖も確認することができた。またハヤブサとノスリの繁殖に関わる行動が複数回目撃されており、2008年に引き続き調査が必要なことも明らかになった。

以下に「伊良湖フォーラム07」（2007年10月7日）で公にした調査結果の一部を紹介する。

#### (1) ハチクマ

- 050813 ②から③へUJがハチクマみAの後ろについて旋回・滑空…S
- 060814 ③ハチクマUJ及びその営巣木発見(写真5)…T
- 070630 ⑥へビを持ったみA(写真6)…Y・O
- 070809 ③UUハチの巣を足に持って運ぶ…T
- 070830 ⑦♀み成鳥と幼鳥1羽と一緒に飛翔するのを確認…S
- ※ 少2005年、2006年、2007年共に巣立った幼

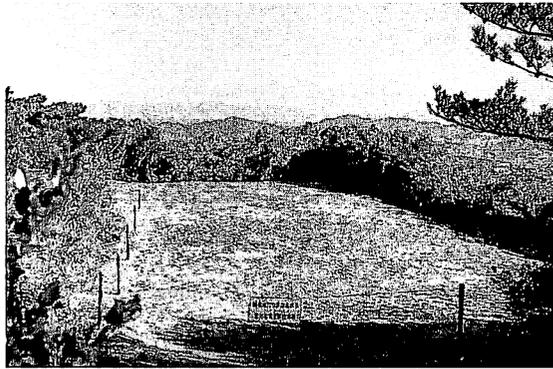


写真1 大山ヘリコプター訓練場(田原ヘリパッド)



写真2 伊良湖フォーラム06

鳥を確認できた。2007年は複数の繁殖可能性がある。

#### (2) オオタカ

- 060210 ① UU2鳴き交わしの声…W
- 060303 ⑦ UA2度(2度目にディスプレイ - 浅いV字で尾羽をあげている)…K
- ※ 繁殖初期に、繁殖行動をとる「ペア」が確認された。
- 070409 ③ みU羽づくろい、別のオオタカにつっかかる…T
- 070623 ① 幼鳥の声(ギャーギャーという獣のような声)成鳥の警戒声も…O
- 070712 ① 成鳥警戒声 営巣木発見(写真7)…I・O
- ※ 繁殖に成功した可能性が極めて高い。また、他の場所での繁殖の可能性もある。



写真3 大山観察ハイキング

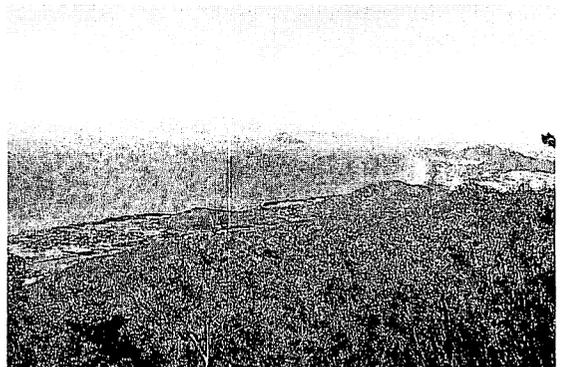


写真4 大山から伊勢・神島

(3) ノスリ

060308 ③ UU2度出現、UU鳴きながらディスプレイ何度も…K

070322 ⑦ ♂A・♀A 同時に2羽、ディスプレイ(写真8) …S・O

※ 繁殖の可能性があり、調査の継続が必要である。

(4) ハヤブサ

060225 ③ ♂U餌を持ってくるくると回って飛ぶ…IH・SI

070709 ② UA、続いて別のUU2羽が攻撃し合いギーという悲鳴のような声…O

※ 繁殖の可能性を含めた調査の継続が必要である。

4. まとめ

調査期間中にはサンコウチョウ、ヤブサメなどに加えてアカショウビン、ブッポウソウも記録された。

なお、調査中に陸上自衛隊ヘリコプターの「離着陸を伴わない低空での飛行」が何度も目撃されており、防衛省もその事実を認めている。2007年は防衛省の委託した調査が行われていたことを考えると「科学的な調査」への防衛省の姿勢が問われると考えている。(写真8)



写真5 ハチクマ幼鳥



写真7 オオタカ営巣木



写真6 ヘビを持つハチクマ

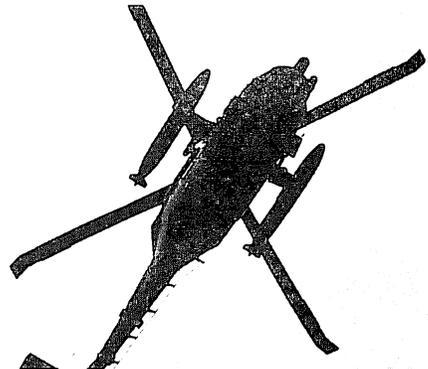


写真8 低空を飛ぶ自衛隊ヘリコプター

表1 「遊海鳥記」(抜粋)

1898年、民俗学者柳田國男が大山に登頂した印象を記している。

柳田國男著「遊海鳥記」(抜粋)  
出典 筑摩書房 文庫版『柳田國男全集』巻2

和地の大山は、伊勢の海を大観するには、この上もなき山なり。北の方田原の山の陰を除きては、見渡さぬ境もなく、入海の八十島より、知多郡の山脈まで、皆その山の嶺を見下すべし。近国十州の山々、さまざまの形して並び立ち、海は遠く遠江の果てより、志摩の東南端まで、ことごとく見渡すべく、わずかに半島一片の土塊に隔てられたるがために、内外二様の海の怪しきばかりその趣を異にせるも、この山の頂にあれば、ただちにこれを知らることを得べし。況して麓なる一色の海岸は、岩も松も皆土佐などの画のようにて、曇み寄する浪の上に、帆の静かに横走る、または雲の往来の珍しきも、いまだ見ぬ人には語りがたき景なり。

## ハッチョウトンボを主とした希少生物の調査と保全活動

### 新山山野草等保護育成会

北原 重利・中山 智・武村 輝雄・中山 徹夫・筒井 弘

Investigation and preservation activities of rare species of creatures,  
mainly hattyou tombos.

### Niyamasanyasotohogoikuseikai

Shigetoshi Kitahara, Satoru Nakayama, Teruo Takemura, Tetsuo Nakayama and Hiroshi Tsutsui

#### 1. 活動の内容

- (1) 自生するザゼンソウ、アケボノソウ、シュンラン、オミナエシ等の在来植物の山野草を保護し繁殖させるため、荒廃化した農地と崩壊した湧水路の整備と、植栽、草刈等の維持管理を行なう。
- (2) ハッチョウトンボを保護するため、昨年は生息地である湿地帯が踏み荒らされないように管理するため、「トンボの楽園」として木製の遊歩道、駐車場、当該地域に生息する希少昆虫の紹介看板等を作成した。
- (3) 「トンボの楽園」内のトンボの種類別生息環境に合わせて、草刈、除草等の環境整備と維持管理作業(写真1)を行なった。
- (4) 日本蜻蛉学会会長の枝重夫先生と地元会員に地区一帯のトンボの生息調査を依頼して調査結果の報告会を開催した。
- (5) 「ハッチョウトンボ」など希少生物の市民観察会を小学生、保育園児を対象として開催した。

#### 2. 活動の成果

- (1) ハッチョウトンボの生態環境の確認ができた(以下1)~5))ので、保全管理手法が分かってきた。
  - 1) 日当たりが良い
  - 2) 水が綺麗
  - 3) 浅い水溜りがあり少しずつ流れている
  - 4) 草丈が20~30cmの湿地帯
  - 5) 夜間を過ごす乾燥地帯が周りにあること
- (2) 新山地区では平成17年度より本年度までの継続調査により36種類のトンボが確認された。また、当地域にハッチョウトンボの大量発生地が7ヶ所確認された。
- (3) 環境省が「良好な自然環境を知る目的」として選定した生物指標昆虫10種のうち下記の7種を確認できた。残る3種のうち2種(ムカシヤンマ、ガロアムシ)の確認が可能になってきた。
  - 1) ハッチョウトンボ
  - 2) ムカシトンボ
  - 3) タガメ
  - 4) ハルゼミ
  - 5) ヒメギフチョウ
  - 6) オオムラサキ
  - 7) ゲンジボタル
- (4) 近隣市町村の保育園、小中学校、市民、親子学習の場となり、学習会には会員が自然環境と希少昆虫の係わりについて説明に当たっている(写真2)。



写真1 生息地整備作業(除草)



写真2 親子自然学習会

## 日米カキ礁シンポジウムの開催 「三番瀬とチェサピーク湾カキ礁の比較」

日米カキ礁シンポジウム実行委員会  
伊藤 昌尚

### Japan-U.S Oyster-Reef Symposium Comparing Oyster Reefs in Sanbanze and Chesapeake Bay

Us-Japan Oyster-Reef Symposium Executive Committee  
Masahisa Ito

#### 1. 経過

日米カキ礁シンポジウムの開催計画は、2004年に三番瀬市民調査の会により三番瀬猫実川河口域のカキ礁が発見されて以来、懸案となっていた。

猫実川河口域のカキ礁は市川塩浜護岸から450mの沖合に位置する。ほとんど生きたカキが集まってできた島で長手方向は120m、短手方向は48mで約5,000m<sup>2</sup>の広さがある。

2006年2月より開催の準備に入り、5月に高島麗実行委員長はバージニア州オイスターフェアに参加、帰国後、「世界が注目するカキ礁～米国チェサピーク湾の試み」と題し報告会を開き、米国でのカキ礁研究事情を紹介した。7月にはプロ・ナトゥーラ・ファンドに助成金の申請を行い、幸いにも助成金申請が認められ本格的な企画づくりに取り組んだ。

10月には準備会を開催し、三番瀬の自然環境の重要性とカキ礁の価値について広く県民と市民に呼びかけるシンポジウムが提案され、実行委員会を立ちあげた。

2007年4月、米国の東海岸バージニア州と西海岸ワシントン州の海外研究者3名の来日が実現した。海外ゲストの方にシンポジウムに先がけて、4月6日は市川市猫実川河口沖、7日は船橋市海浜公園沖のカキ礁へ案内した。晴天に恵まれ干潟の干出域も予想以上に広がりカキ礁周辺を観察した。

4月8日「日米カキ礁シンポジウム」を和洋女子大学(市川市)にて開催した。

海外ゲスト3名を招くとともに、(財)日本自然保護協会のご尽力により、国内の研究者として日本ベントス学会会長の向井宏先生にご出席いただき、来賓として京都大学名誉教授鎮西清高先生にお越しいただいた。シンポジウムは150人を超す参加者があり盛会の中に終了した。全国から多くの一般参加者と各分野の研究者や専門家が加わり充実した内容となった(写真1、2)。

#### 2. 講演の概要

(1) 高島麗氏(実行委員長)は「カキ礁とは/米国での環境教育/オイスターガーデニング」と題し、カキの分類学的位置やカキ礁の形成、米国のカキ礁研究、オイスターガーデニングの発展の歴史や活動について報告。

高島氏は「日本では、なじみの薄いカキ礁という言葉ですが、米国ではオイスターリーフという言葉は認知度が高く、あらゆる側面から研究が進んでいる」、「オイスター・ガーデニングやサンクチュアリ・リーフ(カキ礁保護区)で育てたカキを移植する活動を多くのボランティアが支えている」と紹介した。

(2) ジェニファー・ルエシク氏(ワシントン大学助

教授)は「ワシントン州における日本産マガキの生態的機能」と題し、最新の研究結果にもとづいて米国西海岸ウイラパ湾における日本産マガキのカキ礁の濾過能力の実験、底質の変化の測定を講演。

ルエシク氏は「生物学的に非常に活発な窒素化合物の一つであるアンモニアの間隙水中濃度を測定した。カキ礁がある所ではカキの排泄作用により、間隙水中のアンモニア濃度が上昇すると予測していた。しかし、実際にはカキ礁がある所ではアンモニア濃度が低下していた。カキが生態系から窒素を除去する微生物活性を促進している可能性があると考えられる。これは特に富栄養

化など人間の活動によってもたらされる余剰窒素を考える上で非常に重要なこと。」とカキ礁の脱窒機能と底質の変化を述べた。

(3) アラン・トリンプル氏(ワシントン大学助教授)は「ワシントン州におけるカキ礁復元の試み」と題し、ウイラパ湾における1850年からのカキ漁の歴史と在来カキの衰退、日本産マガキによるカキ礁復元の取り組みを講演。干潟上の定着実験や潮位、陶板の実験、生存率の実験など発表され注目を集めた。

トリンプル氏は「東京湾三番瀬にカキ礁があることは、カキ礁の役割を研究するため膨大なお金や時間や労力を使ってカキ礁を復元に費やさな

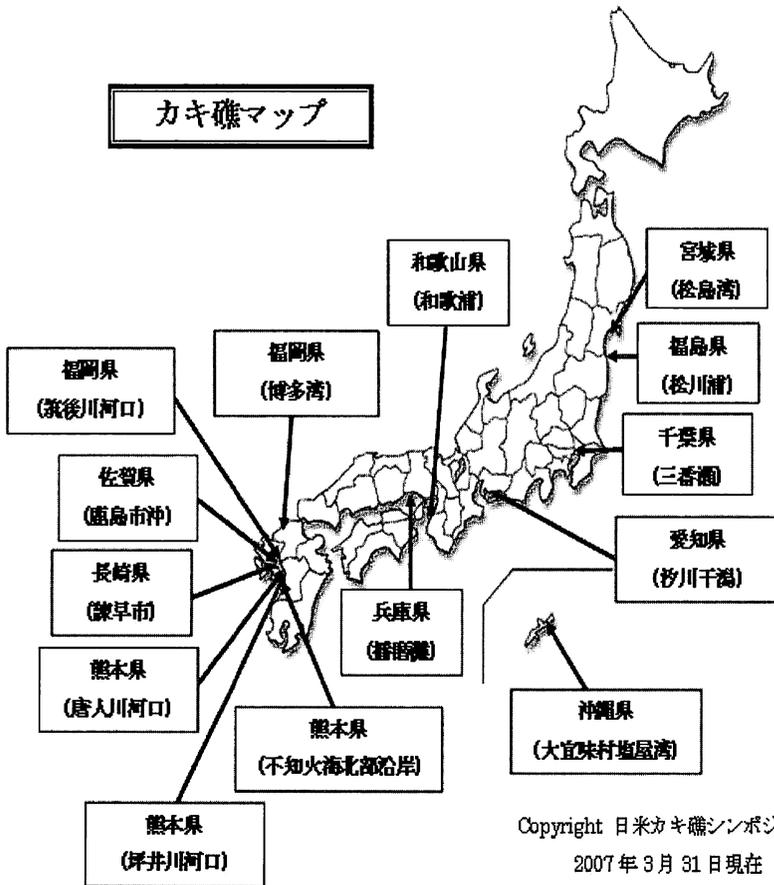


図1 カキ礁マップ

くて良いので、とても幸運である。」と述べた。

- (4) マーク・ルーケンバーク氏(バージニア海洋科学研究所臨海実験所所長)は「チェサピーク湾におけるカキ礁復元と漁業」と題し、米国西海岸のバージニアガキによるカキ礁復元の研究や試みを発表し、カキ漁崩壊の歴史やカキの復元実験、生息魚類の調査、カキの浄化機能、またカキによる環境教育に触れ、カキ礁の重要性を講演。

ルーケンバーク氏は「カキ礁は平坦な泥干潟など他の生息地と比べて表面積が非常に大きいため、非常に豊かな生態系を支えている」、「窒素循環においてカキが果たす役割を理解することが重要である。カキは組織内に取り込む2倍の窒素を水中に放出する。バクテリアの作用によって窒素ガスに変換され大気中に放出される」、「アメリカ東海岸では病害や乱獲により、在来種のカキの個体数が大幅に減少した。カキ礁が失われるとその重要な生態系の恩恵も失われるとの認識が広まった」と述べた。

- (5) 向井宏氏(北海道大学名誉教授)は「カキ礁の役割と干潟生態系」と題し、カキの生態と役割(住み込み連鎖)、厚岸のカキ礁、サロマ湖のカキ礁の紹介、カキやアナジャコ、アサリの浄化能力について講演。

向井氏は「かつては東京湾には広大な干潟が全域に存在していたが、埋め立てになどによる干潟の大部分の消失が、東京湾の浄化能力を大幅に低下させた」と述べた。

- (6) 鎮西清高氏(京都大学名誉教授)は「カキの自然史～その適応と進化～」と題し、2.7億年前の最古のカキから大規模なガキ礁の出現までのカキの自然史を講演。

鎮西氏は「北海道厚岸のものすごいカキ礁を見て、カキたちの生命力、自然の迫りに実に感動し、身体が震える思いがした。東京湾のカキ礁を今のままに残して、多くの人に見てもらい、感動を共有したいと願っている」と結びました。

- (7) 牛野くみ子氏(千葉県自然保護連合代表)は「東京湾三番瀬の現状」と題し、埋め立て計画が白紙撤回された東京湾三番瀬に再生という名の埋め立

てや第二湾岸道路建設計画が浮上していることを報告。

牛野氏は「三番瀬は“生きもののゆりかご”である。猫実川河口域は多種多様な生き物が生息する海域である。大潮の干潮時には広大な泥干潟が現れる。県の生物調査では、動物196種、植物15種が確認されている。東京湾の漁業にとっても大切な“命のゆりかご”となっている」と述べた。

### 3. 三番瀬カキ礁と米国チェサピーク湾およびウイラバ湾のカキ礁の比較

今回のシンポジウムでは日本と米国のカキ礁の比較を掘り下げた議論には至らなかったが今後の研究・調査に期待したい。以下に講演・報告で言及された日米のカキ礁の類似点及び相違点を列記した。

#### (1) 猫実川河口域と船橋側のカキ礁(写真3、4)

- 1) 東京湾でできているカキ礁は、マガキという種類である。日本のあちこちでできているカキ礁は、ほとんどすべてがこのマガキである。(向井宏)
- 2) カキ礁は河口域にできる。厚岸湖もそうだが、カキはある程度淡水が混じったところで生息する。(向井宏)
- 3) カキの上にカキが固着して重なり、大きな礁をつくって生活する方式を、適応戦略論風にリレー戦略という。(鎮西清高)
- 4) 猫実川河口のカキ礁は、戸塚カキ礁の次に来た高海水準期、すなわち約1万年以後現在に至る後氷期を代表するものである。(鎮西清高)
- 5) 三番瀬の猫実川河口には約5,000平方メートルのカキ礁がある。三番瀬市民調査の会がおこなっている調査では、猫実川河口のカキ礁周辺海域で150種以上の生き物が確認されている。(高島麗)
- 6) 最も強い印象は2つの場所にあるカキ礁が異なっていたということです。(M・ルーケンバーク)
- 7) 船橋海浜公園は猫実川河口よりもカキの大きさもカキ礁も大きかった。カキ礁の深さも深かった。(A・トリンプル)
- 8) これほどの大都会の傍らに、すぐく生き生きした生物が生息している生態系環境があることは思いがけなかった。(J・ルエシク)

9) 船橋海浜公園地先のカキ礁は緑のアオサに覆われているのが特徴である。猫実側のカキ礁の上アオサで覆われたことはこの5年間の観察では皆無であったので、海の環境に違いが存在すると思われる。船橋側にはイソギンチャクが多く生息しており、ムラサキガイの塊と同居している。猫実側はケフサイソガニやウネナシトマヤガイが多数観察できる。(補足伊藤昌尚)

#### (2) ワシントン州ウイラパ湾のカキ礁(写真5、6)

- 1) ウイラパ湾の在来カキは商業的には絶滅したと見なされている。(A・トリンプル)
- 2) 在来カキが絶滅してしまったので本来生息していた環境でどのような役割をしていたかを研究することが全くできない。カキがいったんなくなってしまうと、さまざまな要因が重なって、カキ礁の復元は非常に難しくなってしまう。(A・トリンプル)
- 3) 在来カキはカキ礁とか大きな塊をつくらないで、干潟の上一面に散らばっているような様相を示している。(A・トリンプル)
- 4) 在来カキが生息している場所は、水草であるアマモが占めている場所にみずたまりがあり、その中に比較的高い密度で在来カキが生息している。(A・トリンプル)
- 5) カキ礁の複雑な構造が、小型生物に生息地を提供する。カキは海水から浮遊物質を漉し取り、栄養分を泥底に蓄える。(J・ルエシク)

#### (3) バージニア州チェサピーク湾のカキ礁(写真7)

- 1) 現在アメリカの東海岸に生息する在来種カキは3種である。そのうちの2種は既に希少種となっており、生息域は極めて限られている。残りの1種はバージニアガキである。(M・ルーケンパーク)
- 2) チェサピーク湾はアメリカ東海岸で最大の河口域で、歴史的にカキが多く生息していた。特に下干潮帯に大きなカキ礁が形成された。チェサピーク湾を囲んでいる州は、北はメリーランド州、南はバージニア州の2州で、この海域一帯は、1世紀ほど前はカキの一大生産地であった。(M・ルーケンパーク)
- 3) 在来カキの生息地のひとつは干潟で、マガキの

生息地と似ている。(M・ルーケンパーク)

- 4) カキ礁の近くは他の所に比べて非常に魚類が多い。(M・ルーケンパーク)

#### 4. 全国カキ礁マップの作成

シンポジウム開催にあたりカキ礁実態調査グループと貝類保全研究会(代表山下博由)の協力により日本におけるカキ礁の分布を調査するため、全国アンケートを実施した。

2月～3月に郵送とホームページを通じて長辺方向3m以上のもので島状に固まっているものを対象に各地に情報提供をお願いした。その情報を整理して全国カキ礁マップとしてまとめた。日本の14の河口域・海域にカキ礁が確実に存在することが明らかになりシンポジウムで報告した。

今後、さらに情報収集を進め、日本のカキ礁の実態を把握に努めたい。

#### 5. 終わりに

実行委員会では報告書「日本で初めて、カキ礁の重要性を学ぶ」の作成に取り組み9月末に発行した。この日米カキ礁シンポジウムの開催が日本におけるカキ礁研究の前進とカキ礁生態系の位置づけを固める端緒となれば真に幸いである。

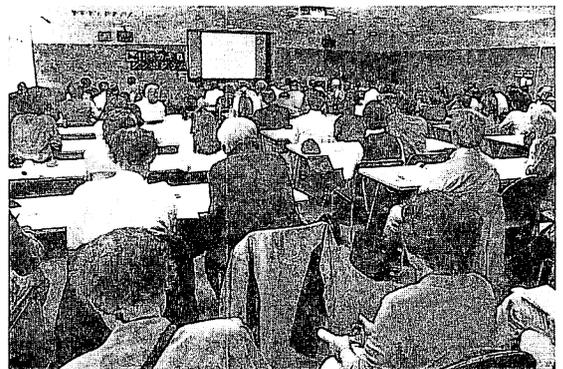


写真1 シンポジウムの様子

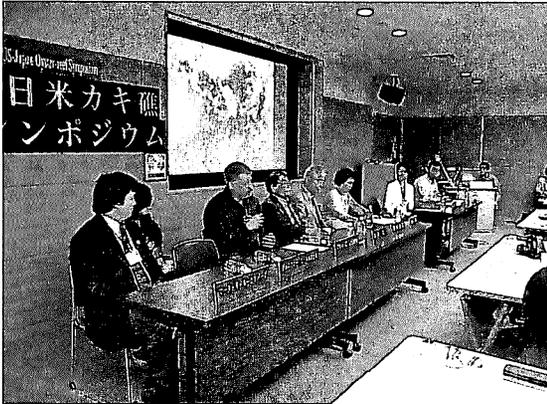


写真2 討論パネリスト



写真5 1800年代のウィラパ湾のカキ礁



写真3 猫実川河口域のカキ礁



写真6 現在のウィラパ湾のマガキ礁

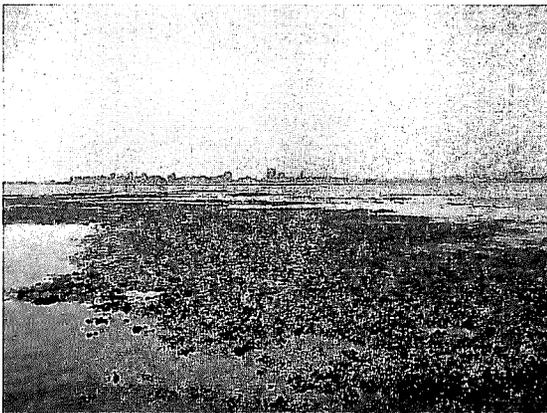


写真4 船橋海浜公園のカキ礁

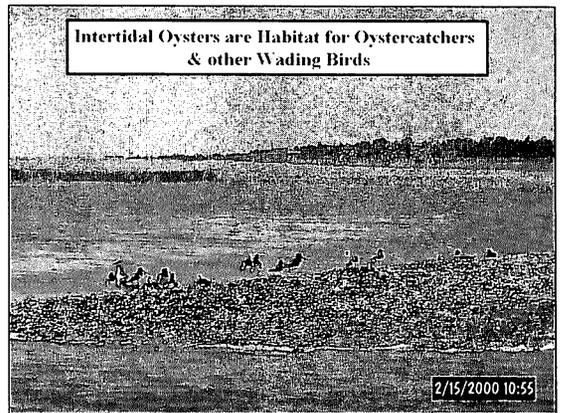


写真7 チェサピーク湾のカキ礁

# Human-wildlife conflict in Odzala - Kokoua National Park, Republic of Congo - Challenges for protecting crops from forest elephants (Continuation)

Mikiko Hagiwara

## SUMMARY

In the villages along the northern border of the Odzala-Kokoua National Park in Republic of Congo, a study on crop raiding by wildlife animals, mainly by forest elephants, was conducted for two years from November 2005 to September 2007 in search for sustainable solutions. Compared with the past four years' record, crop damage caused by elephants increased quantitatively and geographically and gave majority of villager serious food shortage especially in villages of Mielekouka and Goa. Crop raiding pattern by elephants was not regular by season nor geography, but it decreased by the influence of poaching of elephants induced by the anger of villagers asking the park authority for solutions. Measurements against crop raiding and anti-poaching should be taken in parallel. Since local people by nature dislike additional labor even it is to protect their crops, comparatively easier and costless method of surrounding fields with a barrier using clothes soaked with used engine oil and chili pepper was experimented to establish its efficacy. Both of two experimental fields were raided by elephants only after eight and eleven months of each plantation, but if the barrier was erected all around the field and maintained regularly, it could be effective as elephants seemed to avoid touching it.

## 1. INTRODUCTION

### (1) Background to the study

In many of the range states of African elephants (*Loxodonta africana*), conflict between people and elephants has become a serious problem, especially in competing agricultural food due to the expansion of areas for human activities (Hoare 2000). Although many researchers and wildlife authorities have been studying this issue and various preventive measures have been developed, the best solution has not been yet introduced for situation in the tropical forests in Central Africa because of its agricultural style and surrounding dense forests.

Since Odzala-Kokoua National Park in the Republic of Congo was expanded in 2001, local small villages located along the northern border of the park have been involved in 'conservation' (Figure 1) and at the same time, they have started to suffer from hunger and loss of cash income because of the rampant incidents of crop raiding by protected wildlife animals such as elephants, gorillas, and chimpanzees. The park authority lacked expertise to investigate the issue to find solutions, which has caused adverse sentiment of villagers toward local authorities while the cooperation and understanding of local people is inevitable for sound management of the protected area.

The first year's research from November 2005 to September 2006 showed that the crop damage by elephants sharply increased quantitatively and geographically compared with the past record collected by the park staff, which gave majority of villager serious food shortage and hardships of life (Hagiwara 2007). The result of investigation of various preventive methods against crop raiding indicated that it should be long-lasting and comparatively easy, complying with local people's characteristics which does not prefer a lot of work. Based on this, the second year's research was initiated

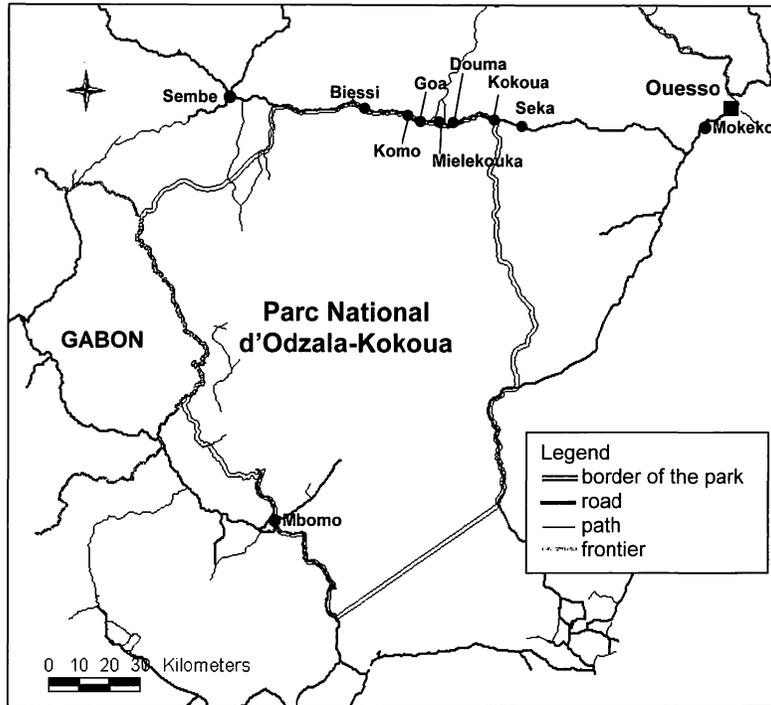


Fig.1 Location of villages along the northern border of the Odzala-Kokoua National Park

to continuously investigate the situation of crop raiding and to establish the experimental preventive method using barriers of long clothes soaked with used engine oil and chili pepper, which showed effectiveness in the first year study.

## (2) Objectives

- 1) To investigate the damage of crop raiding by wildlife, especially elephants, to clearly figure out its extent and pattern.
- 2) To evaluate the efficacy of the experimental method for protecting crops from elephants.
- 3) To investigate and analyze ecological aspects of crop raiding by elephants.
- 4) To make a proposition of sustainable measures to solve human-wildlife conflict.

## (3) Study Area

Odzala-Kokoua National Park is located at the north of the equator in Republic of Congo in Central Africa (0°09'-1°35' N, 14°18'-15°21' E). Created in 1935 with the size of 2,850km<sup>2</sup>, the park was extended to 13,200km<sup>2</sup> in 2001. Since 1992 ECOFAC - EU funded project, Conservation et utilisation rationnelle des Ecosystems Forestiers d'Afrique Centrale - has started conservation and development program in collaboration with the Congolese Government; Ministry of Forest Economy and Environment. Vegetation of the park consists of forest-savanna mosaic in the south and the wet tropical semideciduous forest to the north. Most of the forest is semi-evergreen, with a fairly open canopy and a dense Marantaceae understory; most of the rest is taken up by swamp-forest (Maisels 1996, ECOFAC 2004). The climate is

characterized with the moderately high temperature of 23 to 25°C, annual rainfall of more than 1,500mm, with relative humidity always higher than 80% (Maisels 1996). The bimodal rain seasons consist of 'major rainy season' from mid September to November, 'minor dry season' from December to March, 'minor rainy season' from April to June and 'major dry season' from July to mid September in the north of the park.

The northern boundary of the park consists of a main road connecting two district towns, Mokeko and Sembe, along which there are eight villages with the population of over 100 and in between are located small villages with several households (Figure 1). They live on subsistence agriculture, mainly consisting of cultivation of plantain banana and cassava, plantation of cacao, and small bushmeat hunting. They demonstrate shifting slash-and-burn cultivation of two to three year cycle in nearby forests inside and outside of the park. In this thesis 'Human-wildlife conflict' means mostly crop raiding by wildlife with no human death or injury, whereas illegal hunting of elephants was constantly detected inside the park for ivory and meat.

## 2. METHODOLOGY

### (1) Investigation of crop damage caused by wildlife

Monitoring of crop damage by a reporting system by farmers was done in five villages, Kokoua, Douma, Miele-kouka, Goa and Komo. Incidents were reported to an investigator or an employed enumerator and the sites were visited. Damaged crops were counted by number of roots, and locations of the damaged fields were recorded with GPS (Garmin GPS 76) to be mapped by ArcView GIS 3.2.

### (2) Experiments of the preventive measures

Two experimental fields of 1ha (hectare) each (100m X 100m) were cultivated in villages of Mielekouka and Goa. In order to evaluate the efficacy of the preventive method, the places of the fields were chosen near the crop fields where the crop damages by elephants frequently happened, and in the forest where tracks of elephants had been frequently observed. In this choice, it was consulted with the chief of the village and permission was obtained. In the fields, crops which are preferred by elephants are also main staple food of local people, such as plantain banana, cassava, and maize were planted. After plantation, a barrier of the long clothes soaked with used engine oil and crashed chili pepper was erected in all sides (total length of 400m) (Photo 1, 2, 3). Intrusion or approach of elephants to the fields was periodically monitored.

In ten villagers' fields which were raided by elephants, above mentioned barriers were applied as well in the part where elephants entered the fields in Mielekouka. This was done when owner of the field had a motivation to do it so that he/she would also participate in the work of setting a barrier or provide their old clothes. Also it was applied in four fields where presences of elephants were confirmed nearby forest. The effect was monitored periodically.

### (3) Investigating ecological factors of crop raiding

Simple phenology study was conducted along the path into the park from the village Mielekouka for 4.5km in order to see the relation between fruiting season of trees and seasonal change of occurrence of crop raiding. Within 5m in both sides along the path, trees whose fruits elephants prefer to eat were identified and monitored its flowering and fructification in a monthly basis. Flowers and/or fruits of those trees dropped on the ground were observed and amount of them was recorded with categorized numbers, i.e. 0: no flowers nor fruits, 1: countable flowers and/or fruits, 2: in between 1 and 3, 3: many are spread.

### 3. RESULTS

#### (1) Damage record of crop raiding by elephants

During October 2006 to September 2007, total number of 208 fields in Mielekouka, Goa, Komo, Douma and Kokoua were raided by elephants. In Mielekouka, 81 fields were damaged, in Goa, 110 fields, and in Komo, 12 fields. Same as in the first year, the most raided crop was plantain banana (6,641 trees), then was cassava (2,774 roots), followed by maize (1,019) and cacao (694). Total economic damage of plantain, cassava and maize amounted to 15,381,699FCFA (US\$35,302.60, US\$1=453.33FCFA, as of November 30, 2007), based on Fixant les indemnities dues en cas de destructions d'arbres à fruits et de dommage aux cultures, Decret No. 86/970 du 27/9/86.

Crop raiding happened all through the year although regional and seasonal variables were observed (Figure 2). Cacao's damages happened only in its ripening season, i.e. October, November, May and September, and so did maize, in December and January, but plantain and cassava were raided irrespective of the seasons (Figure 3). Geographically crop raiding occurred almost all parts in the agricultural zone of Mielekouka, but it was localized in Goa and Komo (Figure 4). In December 2006 and January 2007 damages by elephants expanded to four fields, in Douma and Kokoua, 5km and 12km east to Mielekouka respectively where there used to be only crop damage by gorillas.

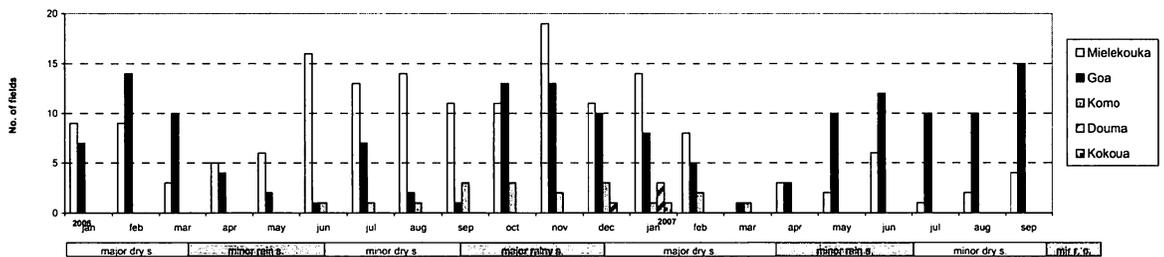


Fig.2 Monthly variation of the number of fields raided by elephants per village

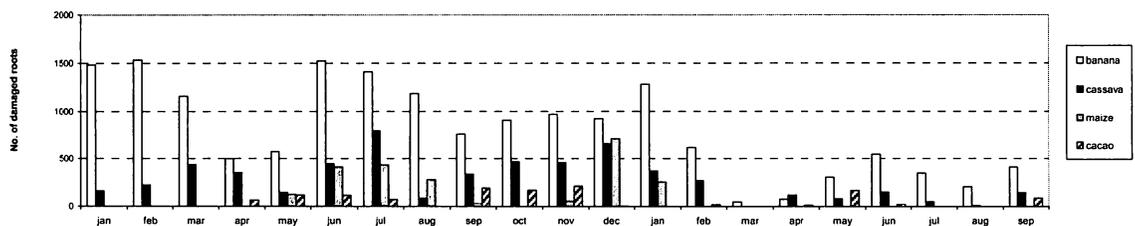


Fig.3 Monthly variation of the number of roots of crops raided by elephants

(2) Preventive methods in experimental fields

In the experimental field in Mielekouka, elephants approached the barrier twice but without entering (Photo 4), and finally only 11 months after the plantation elephants entered to raid crops by breaking the barrier of the engine oil and chili pepper from the point where it used to be an elephants' path. They visited three times and destroyed 34.5% of plantain (n=61) and 24.6% of cassava (n=75). In Goa elephants entered the field repeatedly after eight months of plantation from the place where the barrier was broken due to thick weed and a fallen tree, and raided nearly 100% of plantain and cassava. This happened during two weeks of absence of the person in charge, and also it lacked manpower of mowing due to the local festival. In both fields maize had been successfully harvested before devastation (Photo 5).

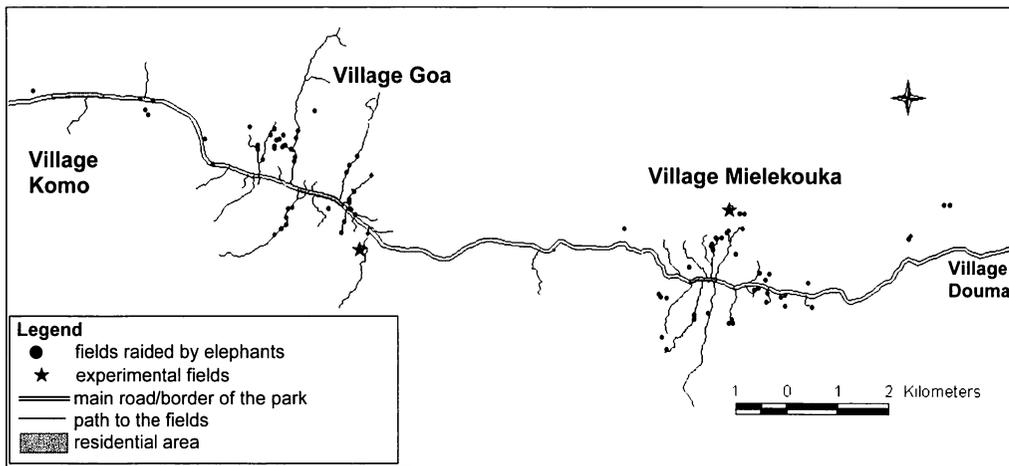


Fig.4 Distribution of damaged crop fields in Mielekouka, Goa and Komo, and the locations of the experimental fields

(3) Preventive methods in farmers' fields

Among fourteen fields where barriers were erected in one or two sides of the fields, elephants did not appear again in five fields while elephants avoided the barrier and entered from different sides in nine fields (Figure 5).

No.	Area (m <sup>2</sup> )	-06 sep	oct	nov	dec	07 jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep
1	5,010	X	B X				X							
2	2,640	X		B										
3	2,590				X B	X								
4	2,750					X B	X							
5	4,200				X	B				X				
6	7,420					B	X					X		
7	1,125						X B				X			
8	2,500							B						
9	3,600								B					
10	2,730										X B		X	
11	2,475										X B		X	
12	9,000										B			
13	34,200	X	X	X	X				X	X	X B	X		
14	4,650												X B	

Fig.5 Result of the experiments of preventive methods in farmers' fields

(X: occurrence of crop raiding, B: installation of barrier,  : field was finished)

#### (4) Fruiting of trees in the forests

In 20 months from February 2006 to September 2007, fructification peak of *Panda oleosa*, which the fruit is one of the important food for elephants (Maisels 1996), was observed in August 2007. All five trees of *Panda oleosa* under observation bore fruits, and this was also seen in the surrounding forest of all villages of the study area, while other species of trees did not have this peak of fructification.

#### 4. DISCUSSION

##### (1) Crop damage pattern and illegal killing of elephants

Through two year study, the occurrence of crop raiding by elephants have become more frequent than before, but its seasonal and geographical variables were not regular, but may be affected by social factors such as frequency of poaching of elephants. The economic loss of crops in 2007 was less than in 2006 but it was still four times as much as in 2003 when the loss was at maximum in the past (3,785,243FCFA), and the villagers' lives were always under the threat of food shortage attributable to elephant marauds. Because of this, resentment of farmers toward the park authority became stronger and they agitated for government's prompt measure, preventing park rangers' patrol for anti-poaching twice in October 2006 and July 2007. This provoked rampant poaching of elephants in the forest surrounding the villages, which might have caused the decrease of crop damage in 2007. This is because only ecological factors cannot clearly explain the fluctuation of crop raiding. The frequency of crop raiding did not change regularly by seasons, regardless of the recognition of villagers that elephants often raid crops in rainy seasons. Abundance of food in the forest, fructification of *Panda oleosa*, did not affect it either. Thus, for the park authority, it is necessary to improve relationship with local people by solving crop raiding problem, for protecting their elephant populations.

##### (2) Effectiveness of the preventive method

The barrier with the smell of used engine oil and chili pepper is an effective, costless and easy method in protecting crop fields from elephants in tropical forests if it is surrounding all the border of the field and well maintained. There was a case where it was set only in a part of the border, elephants avoided it and entered from other sides. Also when it was broken and dropped, elephants did not avoid passing through that place. From this, it was assumed that elephants could come very close to the barrier but avoid touching it due to its strong smell. This method can be economical if we think of compensation of damage which the government was paying for the farmers. To surround a field of 1ha costs about 55,000FCFA, which is equivalent to the legal indemnity for 24 banana trees. The average loss of plantain banana per farmer was 148 in the first year's research, which was worth 340,844FCFA, six times more than the cost of barrier. From the point of labor work, compared with vigilance which requires everyday work, this barrier requires only a weekly visit once constructed, and after six months oil can be added again to keep the strong smell. To practice this method, financial aid from the park authorities or other organizations should be considered to encourage local people.

#### ACKNOWLEDGEMENT

I am very grateful to PRO NATURA FUND for funding the project. I thank Ministere de l'enseignement Superieur et de la Recherche Scientifique, Ministere de l'Economie Forestiere et de l'Environnement, and Ministere d'Agriculture et Elevage, Republic of Congo. Special thanks goes to Mr. Kobayashi of Earthwatch Japan for recommending me in applying funding and supporting the work.

## REFERENCES

ECOFAC (Conservation et utilisation rationnelle des Ecosystems Forestiers d'Afrique Centrale). 2004. Le Parc National d'Odzala (Congo) Panoramique. Available at: <http://www.ecofac.org/Composantes/CongoOdzala.htm>. Accessed February 8, 2005.

Hagiwara, M. 2007. Human-wildlife conflict in Odzala National Park, Republic of Congo. Annual Report of Pro Natura Fund, 16:201-213.

Hoare, R.E. 2000. African elephants and humans in conflict: the outlook for co-existence. *Oryx*, 34(1):34-38.

Maisels, F. 1996. Synthesis of information concerning the Park National Odzala, Congo. Projet ECOFAC-Composante Congo. 184pp.



Photo 1 Village women are planting cassava in the experimental field



Photo 2 Setting a barrier of clothes with engine oil and chili pepper



Photo 3 Maize grown in the experimental field



Photo 4 An elephant fell a banana tree but did not go inside the field



Photo 5 Harvest of dried maize

## 要約

# コンゴ共和国オザラ国立公園北部における野生生物と 人間の共存のための調査研究 —マルミミゾウから農作物を守るための挑戦— (継続)

萩原 幹子

コンゴ共和国オザラ・ココウ国立公園の北部境界線に沿って存在する村々において、野生動物、おもしろにもマルミミゾウによる畑荒らし問題の長期的解決策を求めて、2005年11月から2007年9月まで2年にわたり調査を行った。過去4年間に比べ、作物被害は量的に増加、地理的にも拡大し、特にミエレカ、ゴア村では大多数の村人に深刻な食糧難をもたらしていた。畑荒らしのパターンは季節的・地理的に規則的でなく、公園当局の対策の遅延への怒りから村人が引き起こすゾウの密猟の影響で減少することもあった。畑荒らし問題対策と密猟対策は並行し

て取り組まれるべきである。また原住民は作物保護のための追加労働を嫌っているため、比較的容易で安価な、車の廃油と唐辛子に浸した布による柵で畑を囲う方法の効果を確認させるための実験を行った。2件の実験用畑ではそれぞれ耕作の8ヶ月、11ヵ月後にゾウに荒らされたが、それ以前はゾウは柵に触れるのを避けていたようであり、柵で畑の全周囲を囲み、定期的にメンテナンスされていれば、この方法は効果的といえる。

(推薦者：小林 俊介)

## タイにおけるマングローブ植林・保全事業の現状と問題点 —生態系復元に向けて—

池島 耕<sup>1)</sup>

### Review of current status and issues of mangrove replantation and conservation in Thailand — toward ecological restoration —

Kou Ikejima

近年、マングローブ林の重要性が認識され、タイ国においても多くの植林事業が行われている。しかし、その現状、植林の効果や問題点はほとんど整理されていない。統計によっては、タイのマングローブ林の面積は過去数年増加傾向を示しているが、面積回復のみからマングローブ林の保全が良好な状況になってきたと判断することはできない。植林の目的が明確に設定され、それに沿った樹種、植林の方法や場所の選択が行われなければならない。さらに、地域住民が植林の意義、受益について理解し、さらに事業に参加することも保全事業の持続性に重要な要因である。本研究では、タイ国を対象としてマングローブ植林・生態系復元事業の現状とその問題点を明らかにする。すなわち、植林事業の実施主体、場所、目的、モニタリング、管理、住民参加等について、政府の担当部局の資料、事業者および住民への聞き取り調査から明らかにし、現在のマングローブ植林の問題点を生態系機能の復元、持続性の観点から評価し、どのような要因が生態系復元や持続的な保全の妨げになっているのかを明らかにすることを目的とした。

タイでは海洋沿岸資源局(Department of Marine and Coastal Resources: DMCR)がマングローブ林の保護管理に責任を持ち、植林も行っている。DMCRの計画部局により植林面積目標や予算の獲得が行われ、沿岸4地域のDivisionを通じ、各県に設置されたStationによって植林が実施される。現在行われている王妃記念植林事業では、マングローブ林の再生を目的とした植林の目標面積が設定されているが、植林場所や樹種は各Stationの判断によって行われている。Stationでは、職員の知識(林学を専攻した職員がいる)と経験に基づき、土壌条件や周りの植生を考慮して、2~5種程度の樹種を選んで植林しているが、生態系の復元のための明確な基準は無かった。植林後の管理・モニタリングは5年後まで毎年行われるが、その内容は一律でなく、生残率のみを計測している場合から、樹高、成長率等を測定している場合までであった。一部では、動物相についての簡単な調査も行われていた。植林に際しては、原則として事前に住民へ意見を求め、種子の採集・育苗、植林にも参加を得ており、特に2004年の津波災害以降、住民のマングローブ林再生への理解・支持は強まっていると考えられた。しかし、マングローブ林の再生は、経験的に行われている面が強く、生態系機能の回復のために適切な樹種の選択や植林方法については、より学術的な知見の蓄積が必要であり、林学以外の専門家や大学等の研究者との協力を進めることが望まれる。

1) Asian Institute of Technology, JSPS Bangkok Office

## 1. はじめに

熱帯・亜熱帯の沿岸で主要な生態系であるマングローブ域は沿岸の開発により、世界でその約1/3～1/2の面積が失われたと推定されている(Alongi 2002)。近年はその重要性が認識され、タイ国においても政府機関やNGOの主導による植林が多く行われるようになった(Havanond 2005)。統計資料によってはマングローブ林の面積は過去数年増加傾向を示している。しかし、森林面積の回復のみからマングローブの保全が良好な状態になってきたと判断することはできない。

保全生態学的なアプローチ(Primak 2004)を適用すれば、マングローブ植林の目的は次の3つに分けられるであろう。1)特定の利用を目的とした有用樹林の造成、2)樹木の利用に加えて生態的な機能を部分的に修復させる(Rehabilitation)、3)本来のマングローブ林の生態系を復元させる(Restoration)。生態系・生物多様性の保全の観点からは3つ目の生態系の復元がもっとも望ましいが、そのためには、しばしばマングローブの生物資源の直接的な利用を排除する必要があり、多くの住民が直接的な利用を必要とする発展途上地域においては、住民の賛同を得られないなど実施が困難な場合が多いと考えられる。また、タイでの植林の事例を見ると、多くの場合苗木の入手の容易な樹種(*Rizophora apiculata*や*R.mucronata*)のみが、干潟に植林されたりしており、マングローブ生態系の復元には十分な効果を上げていないと考えられる場合が多い。一方、住民からは本来あった樹種を植えてほしい、構成樹種が違うために、植林されたマングローブの環境は本来のものと異なり、水産資源の回復に必ずしもつながらないという意見も耳にする。つまり、住民には生態系機能や多様性についての認識があり、RehabilitationもしくはRestorationを目的とした植林を実施できる可能性があると考えられる。しかし、現実には、植林の目的が明確でない、あるいは住民と共有されていないため、保全策の持続性にも問題がありそうな場合がみうけられる。

しかし、これまで、タイにおいて多くの植林事例があるにもかかわらず、その現状、成果あるいは問題点はほとんど整理されていない。特に、どのよう

な要因がより生態系復元に効果的な植林、また持続的な保全を妨げているのか明らかにすることは、今後のマングローブ保全に重要である。2004年の津波被害以降、沿岸を守る環境としてのマングローブ域の重要性と植林の重要性が強調され、時には短絡的なほどマングローブ植林の必要性が主張されており、植林・保全のための科学的な知見の整理が急がれる。

そこで、本研究ではタイ国を対象としてマングローブ植林・生態系復元事業の現状とその問題点を明らかにする。すなわち、植林事業の実施主体、場所、目的、モニタリング、管理、住民参加等について政府の担当部局の資料、事業者および住民への聞き取り調査から明らかにし、現在のマングローブ植林の問題点を生態系機能の復元、持続性の観点から評価し、どのような要因が生態系復元や持続的な保全の妨げになっているのかを明らかにすることを目的とした。

## 2. 調査の方法

文献資料よりマングローブ林の現状と政策について、また、政府の担当部局:沿岸海洋資源局(Department of Marine and Coastal Resources;DMCR)の Mangrove Resource Research and Development group と、Mangrove Resource Administrative Division(2ヶ所)、Mangrove Resource Development Station (5ヶ所)で聞き取り調査により、マングローブ植林事業の実施方法を調べた。さらに村(3ヶ所)での住民からの聞き取りにより、植林事業に対する住民の意識を調査した。聞き取りを実施したDivisionとStationは表1に示すとおりである。

## 3. 結果と考察

### (1) タイ国のマングローブ林の現状

タイ国の沿岸に面する23県にマングローブが分布し、現在の面積では、およそ3分の2がインド洋アンダマン海沿岸に、残りの3分の1がタイ湾に分布する。タイの沿岸域は行政上4地域に区分され、DMCRの未発表データ(2005)によれば、2004年の各地域でのマングローブ林面積は表2のようになっていた。

4つの地域区分は行政的区分であるが、マングロー

ブ木の発達する環境や開発などの人為的な要因に関する状況の違いにも良く対応していた。例えば、エビ養殖場の発達によるマングローブ木の破壊は Central region→Southern region : Gulf of Thailand→ Eastern regionの順に、エビ養殖の開発地域が移動して起こった。Southern region : Andaman Sea地域は養殖場開発による消失は比較的少なく、マングローブ木の面積が最も多く、また、マングローブを構成する樹種も最も豊富である(約50種)。

マングローブ木の面積の推移については、年次による測定、推定方法の変化や、マングローブ木、特に陸域の移行帯の境界線の定義の難しさなどから、傾向の分析には問題点が残るが、FAOのレポートに示された2000年までの数値に、DMCRによる2004年の推定値を加えると、表3のようになり、少なくとも急速な減少傾向は止まったと考えられる。

## (2) 行政組織

以前はタイ王立林野局(Royal Forestry Department : RFD)がマングローブ木の利用、保護管理についての責任を持っていたが、現在は2002年に沿岸域の環

境・資源をより総合的に保管理することを目的として発足した、DMCRがほぼその責任を受け継いでいる。しかし、RFDも存続しており、また制度上RFDの管轄になる事項もあるが、その場合はDMCRが実務を行いRFDが承認をするということであった。DMCRの中ではMangrove Resource Conservation Bureauがマングローブ木を管轄し、Mangrove Resource Administrative Divisionとその下にある40のStationがマングローブの植林事業を実施していた(図1)。

### (3) マングローブ木保全にかかわる政策、法制度

マングローブ木の利用、保護管理に関わる政策、制度のうち特に保全、修復事業に直接的に関わるものとして以下の政策があることがわかった。

マングローブ木(沿岸湿地帯木)は1987年(仏歴2530年)の閣議決定で保護区域、第一経済区域、第二経済区域の3つに区分され、それぞれに管理方針が決められている。このうち、保護区、第一経済区域でマングローブ木を維持することが求められている。それぞれの区域の定義と、いくつか示された利用基準のうち、植林、再生事業に特に関係の深いものは以下

表1 聞き取り調査を行ったDivisionとStation

Division (Location of the center)	Station
1. Division 2 (Krabi)	Phanga (St 16)
	Krabi (St 14)
	Phuket
2. Division 3 (Trang)	Kantang (St 30)
	Sikao (St 31)

表2 タイの地域別マングローブ木面積

地域	面積 (ha)	面積比 (%)
Eastern region	24,369	10.4
Central region	6,357	2.7
Southern region : Gulf of Thailand	28,637	12.3
Southern region : Andaman Sea	174,334	74.6

表3 タイにおけるマングローブ木面積の変化

年	1973	1979	1982	2000	2004
総面積 (ha)	312,723	287,308	268,693	244,085	233,699

の通りである。

- 1) 保護区域とは、沿岸湿地帯林の形状・環境を変更せしめるような利用や改変を禁止する区域を指す。沿岸湿地帯林の自然状態保護のほか、環境と生態系の保護監視を行う。
  - A 保護区域とされた地域で、もし、森林の衰退が著しい場合、関係担当部門に経済利用の継続の代わりに植林を行わせる。
  - B 新しい地域、例えば、河口の砂州・三角洲、泥湿地などは国有林として見なされる。そして、その土地には植林が行われる。ただし、民間の地権がある土地は除く。また、国が他の経済利用のために利用する必要がある場合はその地域の利用は諸関連法に基づいて運用される。
- 2) 第一経済区域とは林学的研究に基づいた生産活動を行うため、特に森林伐採業などに利用することを認められた沿岸湿地帯林を指す。
  - A 改変された地域は、関係者に林業利用を目的として沿岸湿地帯林を復旧させ、研究調査に基

づく基準に則って持続的な生産活動を行う。

- B 法律規定に抵触する方法で開発が行われた地域は、開発を撤収させ、林野局が植林を行なう。
- C 調査、管理、提言、持続的な助言によって、関係者に事業許可取得業者の沿岸湿地帯林の伐採、植林を管理させる。

上記の区分からすると、保護区域には生態系復元(Restoration)もしくは、複合的な生態系機能の修復(Rehabilitation)を目標とした植林を行い、第一経済区域には林業もしくは一部の生態系機能の修復(例えば、浄水機能の利用)を目標とした植林事業が行われていれば、区域指定と植林事業に一貫性があり、植林事業の効果、持続性は高まるものと考えられる。しかし、1990年の閣議決定では、「1987年以前に利用が始まっていた場合には、保護区域内であっても改変的利用(例えば、エビ養殖)が一時的に許可される(後、1993年に許可されないとする閣議決定)」など、エビ養殖への高い需要や利用実態によって、改定されてきた経緯があった。また、DMCRのDivision、Station

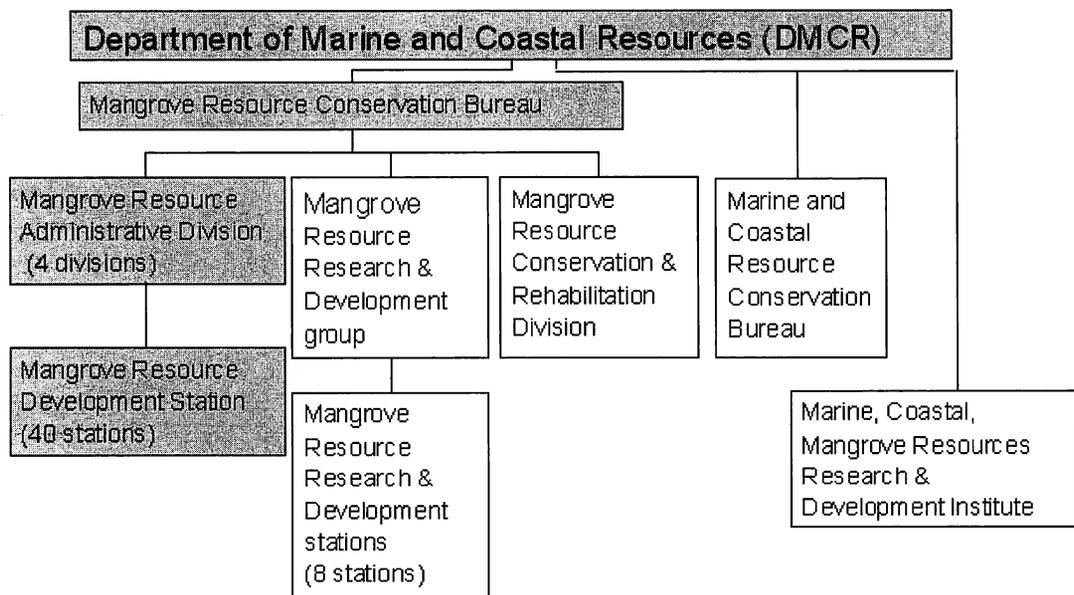


図1 DMCRの行政組織

資源の保護管理を行う部局は、マングローブ林とその他の海洋沿岸資源(サンゴ礁、大型野生動物など)を保護管理とする部局(Mangrove Resource Conservation BureauとMarine and Coastal Resource Conservation Bureau)に2分されている。

での聞き取り調査の結果、この区域区分とその指定は現在、実質的に適用されていないことがわかった。

#### (4) 現在行われているマングローブ林再生、保全事業

DMCRは王妃の72歳を記念する事業として、2004年より3年計画のマングローブ林の再生、保全事業を行っていた。

##### 1) 植林事業の実施方法

数値目標、予算の獲得はDMCRの計画部局によって行われ、事業の実施はDivision(タイ沿岸の4地域にRegional Centerとして事務所が設置されている)を通して、各県に設置されたStationによって実施されている。DMCRでの聞き取り調査から、マスタープラン、全体の植林面積の数値目標、予算の確保等は中央の部局で行われるが、事業の実施場所、植林の方法、樹種選定等はDMCRによって作成されたガイドラインに沿って、Mangrove Resource Administrative Divisionとその下にある40のStationの判断で行われるということがわかった。そこで、植林の実施方法についてMangrove Resource Administrative Division(2ヶ所：TrangとKrabi)と、Mangrove Resource Development

Station(5ヶ所：Trang 2ヶ所とKrabi 3ヶ所)のそれぞれで、原則として所長を含むスタッフ3～5人から聞き取り調査を行った。Mangrove Resource Administrative Division はそれぞれの地域のMangrove Resource Development Stationを統括し、Mangrove Resource Conservation Bureauから来るプロジェクト実施の要請を各Stationに伝えたり、あるいはStationからの報告を取りまとめてMangrove Resource Conservation Bureauに伝える役割をしていた。各Divisionはその下にあるStationの活動を監督する役割をしているので、各Divisionの方針はStationの植林事業の方法に影響すると考えられるが、実際の植林場所や樹種の選択については各Stationが情報を収集して決めていた。Stationにおける聞き取り調査の結果を表4にまとめて示した。

いずれのStationも正規職員は大学において林学を専攻していた。任期付職員の中にも林学を専攻した職員がおり、また、海洋生物学を専攻した職員がいる例も1ヶ所あった。マングローブの植林はDMCRの事業のほか、村や住民グループの要請に基づいて

表4 植林の実施場所、樹種の選択、維持管理、住民参加についての聞き取り調査の結果

職員構成	正規職員(2~3人, 林学専攻), 事務職員(0~2人) 任期付職員(3~7人, 林学, 海洋学等専攻の場合もあり) 作業員(仕事量により変動)
植林事業	DMCRの事業(例えば, 王妃記念植林) 村, 住民グループからの要請
植林の目的	マングローブ林(生態系)の再生 コミュニティ林の場合: 燃料, 木材供給を含む
植林の方法についての情報源	職員の知識・経験 (DMCRのガイドブック, DMCRの研究者)
植林場所の選択	マングローブ林が破壊もしくは状態の悪化している場所
樹種の選択	元の植生, あるいは周辺の植生と土壌条件, 地形を考慮して選択
樹種	2~5種( <i>Rhizophora</i> spp., <i>Bruguiera</i> spp., <i>Ceriops tagal</i> , <i>Avicennia</i> spp.)
植林後の維持管理	間伐, 下草狩, 再植林などを1年後から毎年, 5年後まで行う
植林後のモニタリング	1年後から毎年, 5年後まで, 測定項目はStationによって異なった いずれのStationも生残率は測定 2つのStationでは成長率, 水生生物の調査も実施
評価基準	生残率(85%以上), 面積
住民参加	
1 計画への参加	計画段階での参加は, コミュニティ林の場合のみ有り
2 意見	事業の説明と, 住民からの意見(場所や樹種について)聞き取り
3 植林	種子の採集, 育苗, 植林
4 維持・モニタリング	参加(謝金が支払われる)

行うこともあった。植林の目的はマングローブ林(生態系)の再生とされていたが、職員との議論において、「再生」を目指している林(生態系)の状態がどのようなものか(より本来のマングローブ林に近いものか、利用しやすい樹種が優占したものか)について、明確な回答を得ることはできなかった。植林の方法、場所や樹種の選択は職員の知識や経験に基づき、マングローブ林が破壊もしくは状態の悪化した場所を選び、以前あるいは周囲の植生と土壌や地形を考慮して行われていた。樹種は2~5種が用いられていたが、Stationによっては以前の樹種構成より単純になることはわかっているものの、労力の制約から2種のみを植えていた。植林後の維持管理はいずれのStationも5年後まで毎年行っているが、管理の内容はやや異なり、間伐、下草狩を積極的に行う場合とそうでない場合があった。モニタリングでも5年後まで行う点は

Stationによって異ならなかったが、測定項目は植林した樹木の生残率を除いてStationにより異なった。樹木の成長率や水産生物についての簡単な調査(漁獲物の調査)を行っている場合もあったが、一方で労力の制約から植林した樹木の生残率しか測定していない場合もあった。事業達成度は植林後の生残率(85%)と植林面積で評価されているが、その他の指標については評価の基準は無かった。

いずれのStationでも植林事業の実施はあらかじめ住民に通知され、住民から植林の場所や樹種について意見の聞き取りを行い、種子の採集から植樹、その後の維持管理まで住民の参加を促していた。しかし、植林計画の作成段階から住民の参加を得ているのは、住民からの要望による植林の場合で、DMCRが主体となる事業では計画段階での住民参加は無かった。

表5 住民のマングローブ植林、保全事業に対する意識

質問	回答	%(n=28)	備考
マングローブを植えたこと	あり	100	
マングローブを植えたプログラムの実施主体は*	DMCR	50	
	NGO	43	
	住民グループ	100	
	学校	18	
マングローブ植林に参加した理由*	マングローブ林は重要だから	100	
	他の人が参加しているから	21	
	他の人に言われたから	7	
	謝金をもらえるから	0	
	その他		他の地域での成功例を見ているから;教育の一環
マングローブ植林のプログラムへ参加した段階*	計画	71	
	準備	68	
	植林作業	100	
	維持管理	54	
マングローブ林をどのように利用しているか*	漁業	75	
	木材	36	
	観光案内	4	
	教育	25	
マングローブの植林でどのような利益が期待できるか*	漁業資源の増加	100	
	海岸侵食の防止	82	
	木材	64	
	観光案内	57	
	良好な水質	79	
現在のマングローブ植林事業への満足度	大変満足	50	水産資源の回復が見られる;地域のまとまりを良くしている;教育に有効である
	満足	36	
	普通	0	
	不満足	7	政府の認識・支援が不十分
	大変不満足	4	一部の地域しか対象にされていない
	無回答	4	

\*複数選択可

## 2) 住民の意識

地域の住民はマングローブの植林によって直接的にその影響あるいは利益を受ける立場にあり、住民のマングローブ植林に対する意識は、保全事業の継続性に重要な要素である。そこで、3つの村で、地域住民からマングローブ植林事業への参加経験、意見の聞き取りを行った結果を表5に示した。なお、回答の傾向に、村による大きな違いは無かったので、ここではまとめて示した。

回答者のすべてはマングローブの植林に参加したことがあった。回答者のすべては住民グループが主導した植林に参加経験があったが、DMCRの主導した植林に参加しているのが50%にとどまっている点が注目される。マングローブ植林に参加した理由やマングローブ林から期待できる利益についての解答を見ると、マングローブ林の持つ生態的な機能とその重要性が認識されており、啓蒙活動が比較的良く行きわたっていることがうかがえる。しかし、植林のプログラムへは計画段階から約70%の回答者が参加していたが、植林後の維持管理では54%とやや低くなっていたことから、「植えっぱなし」ではない継続的な保全活動への理解を広める必要があると考えられる。また、この回答は村の代表者にマングローブ植林についての聞き取り調査への協力をあらかじめお願いして、回答者を招集してもらっているため、マングローブへ関心の高い回答者に標本が偏っている可能性があり、対象を住民全体に広げた場合、マングローブ保全への理解度はこの調査結果よりも低くなることが考えられる。DMCRによる植林事業への低い参加率(50%)と、マングローブ植林事業の満足度についての回答において政府への不満を挙げる例が見られたことから、DMCRのStationと住民との連携については改善する余地があると考えられる。

## 3) 王妃記念植林事業の中間評価報告書の解析

上記の聞き取り調査の結果に加えて、ここでは、DMCRがSilapakorn大学、Sukhothai Thammathirath大学と共に行った2005年度までの実施分についての評価報告(2007年公表)から読み取ることのできた、植林事業の方向性について述べる。報告書では、全国の沿岸4地域とそれぞれの地域の支所について、1)新たな

植林、2)密度の低い林への補助的な植林、3)保全地域への指定、の3項目それぞれに目標面積と2005年までに達成された面積が示されている。また、植林のほかに、1)水産生物の種苗放流、2)住民への環境保全に関するトレーニングコース、についての目標値と達成値が、それぞれ放流個体数とコースの実施回数で示されている。この数値での達成度の他に、重要業績評価指標(Key Performance Indicator : KPI)と呼ばれる、事業目標達成へのプロセスの実施状況を測定する手法による評価が行われている。その指標としては、住民への参加が促されているか、利害関係者が一体となっているか、地元の知識が取り入れられているかなど、事業のマネジメントについての項目が用いられている。つまり、評価は事業のプロセス、とくに住民参加(Community participation)や関係者間の統合(Integration)といった開発や資源管理プロジェクトの成功に必要とされる、マネジメントに重要な項目に注目している。その一方、植林によるマングローブ林の修復効果など、達成される効果やその質については、ほとんど注目していないことが報告書からもうかがうことができた。中間報告のための制約はあるが、目標の達成(期待される効果)よりもプロセスを重視する傾向は、マングローブ植林に限らず、途上国の保全プロジェクトにはしばしば見られる傾向である。DMCRでの聞き取りの結果からも明らかになったように、植林事業の目標設定と達成度の評価に、マングローブ生態系を評価できる指標や基準が欠けており、今後はより明確な目標とそれに沿った生態学的な指標を設定することが必要であろう。

## 4) DMCR以外の機関による植林事業

NGO等、DMCR以外の組織がマングローブ植林を行う際には、植林を行う地域のStationに連絡をとり、実施の許可を得るということであった。原則として、各地域のStationは全ての植林事業について事業主体からの申請を受けて、その事業を把握しているはずであるが、その情報について、Regional Centerおよび本局への通知は特に行われていない。従って、DMCRはDMCR以外の組織が主体で行われた植林事業について、その全体は把握していなかった。

#### 4. 総合考察

タイのマングローブの植林・保全事業は、2002年に設置された海洋沿岸資源局(Department of Marine and Coastal Resources ; DMCR)が責任を持っていた。この政府部局は林野局、水産局など沿岸の環境や生物資源を管轄する部局の一部を統合しており、沿岸域の統合的な管理・保全を行うことを目指していることは明らかである。マングローブ生態系の修復や保全を考えた場合、DMCRの設置は大きな利点となりうる。すなわち、マングローブ林を水陸にまたがる生態系として総合的に保全できる可能性がある。しかし、現実にはDMCRの部局は図1に示されるように、Mangrove Resource Conservation BureauとMarine and Coastal Resource Conservation Bureauというそれぞれ林野、水産分野にあたる二つの部局に大きく分かれ、Mangrove Resource Conservation Bureau の下にあるMangrove Resource Administrative DivisionとStationは林野局から移管されており、職員も林学を専攻する職員で占められていた。したがって、マングローブ林を生態系として捉えるための人材資源がDMCRにはありながら、旧部局の区分を保っているために、マングローブの植林、保全事業は林学的なアプローチのみにとどまっていると考えられる。実際に、マングローブ林の再生を目的とした植林の目標面積は設定されているが、生態系の復元を評価するための基準は無かった。さらに、本調査中には明らかにできなかったが、DMCR内の研究部門との交流も十分に行われていないことがうかがわれ、この点については今後さらに調査を進めたい。

タイにおいては近年、さまざまな事業の実施に住民参加を重視した政策が採られており、マングローブの植林・保全事業についても、原則として事前に住民へ意見を求めており、また啓蒙活動の充実、2004年の津波被災の経験も相まって、住民のマングローブ林再生への理解・支持は強まっていると考えられた。Community forestとして住民が主体的に保全・管理策を行いながら、自家消費として樹木の利用を行っている例がいくつかあり、また住民からはCommunity forestをもっと増やしてほしいという要望が聞かれた。Community forestはStationの協力あるい

は認知を得て管理されているが、タイの法制度上はCommunity Forestという管理区はなく、またマングローブ林での樹木の伐採(私有地を除く)は原則として禁止されている。したがって、Community forestは住民の協力によりマングローブ林を管理できるという実質の利便上、法制度上の根拠には基づかず、Stationの判断で実施されているものである。このように、有効な管理策に法制度上の根拠が無い、あるいは保護区、経済区の区分で見られたように、有効な制度が実際には適用されていないなど、法制度の整備も持続的な保全には必要と考えられる。

以上のように、タイでは、マングローブ林の再生は、経験的に行われている面が強く、生態系機能の回復のために適切な樹種の選択や植林方法については、より学術的な知見の蓄積が必要であり、DMCR内部の組織間の連携を強め、また林学以外の専門家や大学等の研究者との協力を進めることが望まれる。

#### 謝辞

本研究に助成いただいたプロ・ナトゥーラ・フェンド、聞き取り調査にご協力いただいた、DMCRのMr.Viroj Teratanatorn、各Division、Stationのスタッフの皆様、Namkhen、Bangrong、Khok Yong村の皆様には謝意を表します。

#### 参考文献

- Alongi DM. 2002. Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29: 331-349.
- Havanond S. 2005 Mangrove resource management in Thailand. <http://www.assn.moe.go.th/MANGROVE%20RESOURCE%20MANGAGEMENT.htm>: April 2 2005.
- Primack R. 2004. *A Primer of Conservation Biology, Third Edition*. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Willie ML and Fortuna S. 2003. Status and trends in mangrove area extent worldwide. Forest resources assessment working paper No.63. Forest Resources Division, FAO, Rome.

## SUMMARY

Along with increasing recognition of importance of mangrove ecosystem in Thailand, many attempts for mangrove replantation has been done recent years. However, status, outcome and issue of replantation programs have not been well studied. For example, some statistic figure shows that area of mangroves has been increasing during recent a few years, but the areal increase may not necessary indicate that the status of mangroves conservation is being improved. The objective of mangrove plantation must be set clearly, and the tree species, methods and place of planting must be selected following the objective. In addition, the benefit from mangroves should be recognized by the community of the plantation site, and their participation to the program also an important factor to make the conservation program sustainable. Thus, this study reviewed the current status of mangrove replantation and conservation programs in Thailand. From the literature information and interview to government sectors, organizations and communities, the management system of mangrove replantation and conservation measures, such as, responsible organization, regal system, places, objectives, monitoring, community participation, were studied. The efficiency in ecosystem rehabilitation and sustainability of the program were specially focused in reviewing.

The Department of Marine and Coastal Resources (DMCR) is responsible for mangrove forest conservation and replantation programs. Mangrove Resource Conservation Bureau of DMCR prepares budget and set the target number of replantation area, and replantation program is implemented by 4 regional centers and subordinate stations of DMCR, and this was also the case for the currently implemented project (commemorate the 72nd birthday of Her Majesty the Queen Sirikit). At each station, based on the knowledge and experience of the staffs who majored forestry, with consideration of soil condition and fauna of the area, 2 to 5 species of mangrove trees were planted. There was no clear criterion of rehabilitation of ecosystem functions. All stations had monitoring until 5 years after planting, but items in monitoring were vary depends on the stations (e.g. some stations measure only survival rate, but others measure tree height and growth rate). There was a station which is monitoring aquatic fauna with a simple method. All stations, as a principle, informed the project and asked opinions from the community of the plantation site. Communities participated in seeds collection, nursing of seedling, and planting. The mangrove rehabilitation programs are considered to be gaining stronger support from communities, especially after the Indian Ocean Tsunami in 2004. However, in practice, most measures in mangrove replantaion and conservation was rather based on empirical procedures. Studies that examine appropriate tree species and methods of plantation and project management, by collaboration beyond the government sector (e.g. with university researcher) and science area (e.g. fisheries and aquatic science), are needed for more effective replantation for the ecosystem level rehabilitation.

(推薦者：佐野 光彦)

# Importance of Kamchatka in Waterfowl and Shorebird Migration on East Asian Australasian Flyway

Yuri Gerasimov

Kamchatka Institute of Ecology Far-East Branch Russia Academy of Sciences.

## SUMMARY

The importance of south-west Kamchatka coast in waterfowl and shorebird migration on East Asian to Australasian flyway was confirmed during field season of 2007 year.

The main works included observation and counting during northward and southward migration. In total about 632 thousand waterfowls and shorebirds were counted during spring migration studies (April 22 to May 24) on Levashova Cape 52°47'N, 156°10'E, including 15,033 Loons, 4,425 Grebes, 14,375 Cormorants, 444,706 Anatidae, 55,172 Gulls, 4,472 Terns, 1,193 Jaegers, 86,989 Auks, and 5,200 Waders. Data about daily and hourly intensity of migration was received for each species.

Investigation of southward migration was conducted on Bolshoe Lake 52°30'N, 156°30'E by the international team of ornithologists from July 28 till September 12. 30 Wader species were recorded. International importance of this staging place for Red-necked Stint, Mongolian Plover and Whimbrel was confirmed.

Also in total 413 waders, 45 terns and 7 gulls were ringed and flagged on Bolshoe Lake from August 21 till September 8. During September to October 4 flagged on Kamchatka Red-necked Stints was recorded in Japan.

## 1. DESTINATION AND GOALS OF THE PROJECT

Destination of the projects is getting essential information about waterfowl and shorebird migration along south-west Kamchatka coast.

The goals of the project are:

- (1) To confirm the importance of west coast of Kamchatka (including Sea of Okhotsk adjacent area) for waterfowl and shorebirds;
- (2) To involve attention of the scientists and public to the problem of nature conservation of this region;and,
- (3) To make a base for future monitoring programs connected with planned development of oil exploring industry on West Kamchatka shelf.

## 2. SITE OF THE PROJECT

Site of the project was south-west coast of Kamchatka Peninsula (Fig. 1). The spring work was conducted on Levashova Cape 52°47'N, 156°10'E.

Investigation of southward migration was carried out on Bolshoe Lake 52°30'N, 156°30' (25 km to south from Levashova Cape).

### 3. BACKGROUND

Kamchatka is a large north-south peninsula in Far East Russia with a length of 1200 km. Until now Kamchatka has rich and wild nature, most of which has not been developed yet. The peninsula is very important salmon breeding place and salmon fishing is the most important industry in Kamchatka.

Recently, a big discussion about development of nature in Kamchatka was raised, which involved central government, local government and local community. This discussion is connected with possibility of development of oil exploring industry in the Sea of Okhotsk along west coast of Kamchatka. Such development have already begun besides this matter. The industries which explores gas, gold, platinum and nickel started working. The works have begun in search of petroleum at western coast of a peninsula and they will go on to search of oil on shelf of the Sea of Okhotsk near the peninsula coast next year.

This development can have very negative influence on West Kamchatka nature as well as on all ecoregion of Sea of Okhotsk. Now various nature protection organizations, scientific researches and citizens try to show the importance of nature of West Kamchatka for fishes, crabs, birds and sea mammals. Our project is the part of this work and it focused on investigation of south-west Kamchatka as area of migration and breeding for waterbirds and shorebirds.

The investigation has demonstrated that the peninsula is located on the flyway of millions of water-birds, shorebirds and seabirds which breed in north-eastern Asia and Alaska and spend the non-breeding season in the region from East Asia to Australia and New Zealand.

The investigations raised information on migrated waterbirds and shorebirds. This activity is also a part of implementation of Shorebird Action Plan of East Asian - Australasian Flyaway (Wetlands international) and Dunlin Action Plan (Wetlands international). The received data can be basis for future monitoring investigations during industrial development of this area.

### 4. MATERIALS AND METHODS

Two long field expeditions and some field trips to southwest coast of peninsula was conducted during April to November 2007 (Table 1).

#### (1) The main methods of migration studies

The main methods of migration studies were visible migration studies, counting feeding and resting shorebirds on mudflats and sandbeaches during low tide, and mistnetting.

Table 1 Time, areas and main purposes of field trips in 2007

	Date	Area	Main purpose
1.	April 22 – May 24	Levashova Cape (SW coast of Kamchatka)	Observation of northward migration
2.	Jun 2–5	SW coast of Kamchatka	Breeding biology studies
3.	Jun 8–12	SW coast of Kamchatka	Breeding biology studies
4.	Jun 20–25	SW coast of Kamchatka	Breeding biology studies
5.	July 10–17	SW coast of Kamchatka	Breeding biology studies
6.	July 27–September 12	Bolshoe Lake	Southward migration studies
7.	October 18–20	SW coast of Kamchatka	Observation of the end southward migration
8.	October 25–26	SW coast of Kamchatka	Observation of the end southward migration
9.	November 6–7	SW coast of Kamchatka	Observation of the end southward migration

### 1) Visible migration studies

Direct count of flying past birds was the main method in visible migration studies during April 22 to May 24. The observation point was located on steep shore of Sea of Okonsk on Lavashova Cape 52°47'N and 156°10'E. Car "Mitsubishi Delica" was used as observation house. Period of daily observation was from 4 to 17 hours (mainly 12 to 17) and total period of direct observation was 424 hours. The time of daily observation are shown on figure 2.

Very short observation time on May 11 was caused by necessity of repair of the car in Petropavlovsk (250 km from observation point). In this connection we were absent from the area of works almost all day. Therefore, we had decided to receive total number of birds which migrated that day as an average number between two nearest dates.

The observations were purposely carried out in various time of day with the purpose of reception of the information about change of activity of migration depending on time of day.

As the point of observations settled down at height about 20 meters, we had an opportunity to carry out calculation of birds in good weather on distance up to 10 kilometers and probably and more.

For observation we used the field-glass "Swarovski" 10x40 and field scope "Kowa" 27x70.

For receiving total number of migrated birds we calculated received data daily for all day time (for 15 hours in April and 17 hours in May).



Fig.1 Location of investigated area

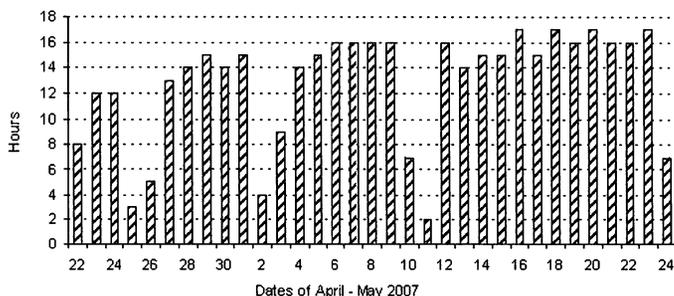


Fig.2 Duration of daily observation on Levashova Cape in 2007

## 2) Counting feeding and resting shorebirds on mudflats and sandbeaches during low tide

For the study of southward migration of shorebirds on Bolshoe Lake, we used mainly count of feeding and resting birds on mudflats and sand beaches of western part of the lake. One or two counts were made every day from July 28 till September 12.

Additionally, we counted shorebirds flying past the study area (including at night time). But these type of investigations were made for a tentative estimation of an opportunity of reception and importance of such data and for reception of experience of researchers by such method.

## 3) Mistnetting

Mistnetting were conducted on Bolshoe lake from August 21 till September 8. We used standard Japanese mistnets which were set on mudflats or small island on Bolshoe Lake nearby our camp. Mistnetting were used at night mainly.

## (2) The main methods of breeding biology investigations were:

- 1) Transect counts of birds for estimation of breeding density of birds in the different types of habitats: fixed width of count transect 100-500 m were used;
- 2) Searching of nests of birds; all nests were described, standard measurements and photos of them were made when it was possible;
- 3) Studies of timing of breeding of birds (making nest, laying eggs, incubating period, hatching time, broods observation and so on);
- 4) Studies of behavior of birds during breeding period.

## 5. RESULTS

### (1) Migration studies

#### 1) Spring visible migration studies

Waterfowl spring migration studies were conducted from April 22 to May 24 on Levashova Cape (Fig. 3). It located on the west coast of Kamchatka near north end of lagoon which formed by Bolshaya and Amchagacha rivers.

In total about 632 thousand waterfowls and shorebirds were counted, including 15,033 Loons, 4,425 Grebes, 14,375 Cormorants, 444,706 Anatidae, 55,172 Gulls, 4,472 Terns, 1,193 Jaegers, 86,989 Auks, and 5,200 Waders (Tables 2 to 5; figures 1 to 46 in appendix).

Most essential data was received for Anatidae species (Table 2). We can confidently estimate the total number of Anatidae which migrated in spring along south-west coast of Kamchatka to be not less than half million individuals. Big quantity of different information about daily and hourly intensity of migration (Appendix fig. 1-16, 37-46), size of flocks, and distance of movements of ducks from the coast and other data were received.

The counting data of Laridae demonstrates that the migration of birds of this group is going in two different direction simultaneously (Table 3).

The spring migration of gull on southwest Kamchatka has rather complex character, as we can propose now. Many gulls migrate along coast of Sakhalin to north. Then they reach edge of ice and move along ice to east to Kamchatka. Then they reach Kamchatka and further significant part migrate along coast to southward, then around the peninsula and further fly on northward along east coast of Kamchatka. Black-headed gulls fly inland mainly on this part of coast (Fig. 4). Now only by such way we can explain why seagull, especially large species, migrate southward almost all at southwest coast of Kamchatka in spring. We observed at southwest coast to Kamchatka also earlier years, and we always received

Table 2 Total counted number of Anatidae on Levashova Cape in April to May 2007

<b>Species</b>	<b>Counted number</b>
Whooper Swan	23
Been Goose	76
Brant	30
Mallard	241
Pintail	9,372
Wigeon	5,855
Green-winged Teal	34,292
Shoveler	161
Falcated Teal	22
Common Goldeneye	772
Grate Scaup	42,199
Tufted Duck	166
Common Merganser	268
R-breast. Merganser	6,407
Smew	42
Oldsquaw	79,662
White-wing. Scoter	86,179
Black Scoter	175,747
Steller's Eider	497
Harlequin Duck	2,690
Baer's Pochard	5
<b>Total</b>	<b>444,706</b>

Table 3 Total counted number of Gulls, Terns and Jaegers on Levashova Cape in April to May in 2007

<b>Date</b>	<b>Northward</b>	<b>Southward</b>	<b>Total</b>
Glaucous Gull	247	1829	2076
Slaty-backed Gull	654	26221	26875
Herring Gull	41	1223	1264
Black-tailed Gull	18	68	86
Mew Gull	3480	7248	10728
Black-headed Gull	166	9135	9301
Black-legged Kittiwake	605	4216	4821
Sabine's Gull			2
Parasitic Jaeger			586
Long-tailed Jaeger			209
Pomarine Jaeger	18	380	398
Common Tern			4412
Aleutian Tern			40
Arctic Tern			20
<b>Total</b>			<b>60837</b>

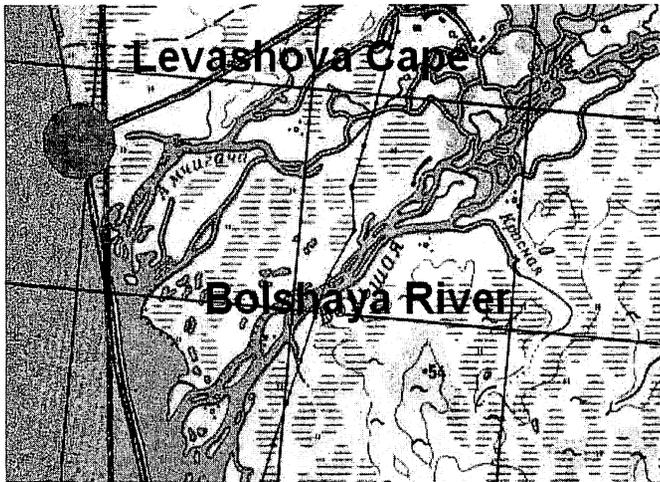


Fig.3 Location of spring observation point

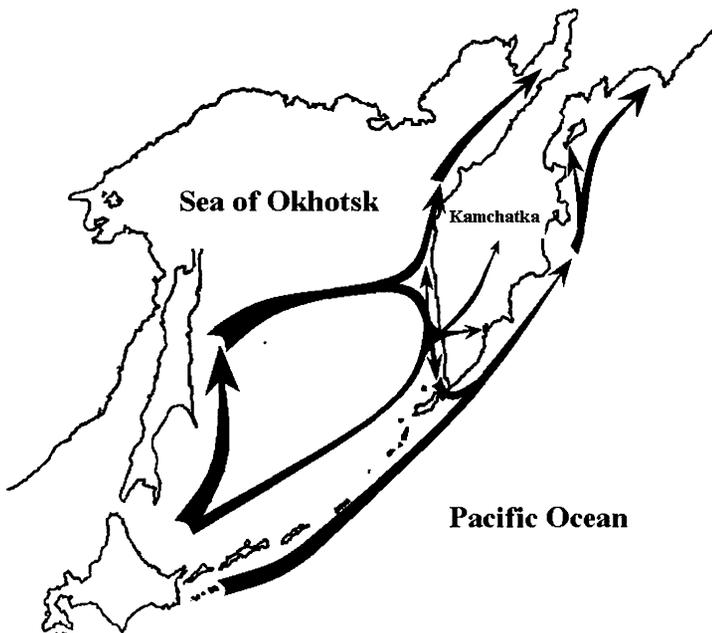


Fig.4 The main direction of gulls migration on Kamchatka in spring

similar information.

The daily intensity of Gulls, Terns and Jaegers migration are demonstrated in appendix on figures 17-28.

The number of counted loons was rather high (Table 4). But unfortunately we could not separate main part of them from species as Loons which migrate mainly over the sea far from a coast. Also we counted significant number of Grebes of two species (Table 4). Almost all Loons and Grebes migrated to northward. Small number birds which we saw flew to south could be birds and they migrated inland in studied area or breeding nearby. Migration of Loons and Grebes was the most intensive in third decade of May and we thought it proceeded after our observations. The daily migration intensity of Loons and Grebes are demonstrated in appendix on figures 29-31.

Table 4 Total counted number of Loons, Grebes and seabirds on Levashova Cape in April to May 2007

<b>Species</b>	<b>Counted number</b>
Yellow-billed Loon	268
Arctic Loon	18
Red-throated Loon	38
Loon sp.	14709
<b>Total Loons</b>	<b>15033</b>
Red-necked Grebe	3445
Horned Grebe	980
<b>Total Grebes</b>	<b>4425</b>
Pelagic Cormorant	14375
Murre sp. (southward)	86457
Murre sp. (northward)	13
Pigeon Gullmot	82
Small auks	210
Auklet sp.	227
<b>Total seabirds</b>	<b>10364</b>

Table 5 Total counted number of waders on Levashova Cape in May 2007

<b>Species</b>	<b>Counted number</b>
Pacific Golden Plover	4
Mongolian Plover	6
Turnstone	6
Dunlin	4,358
Red-necked Stint	291
Great Knot	31
Wood Sandpiper	81
Spotted Redshank	6
Greenshank	1
Terek Sandpiper	6
Black-tailed Godwit	39
Bar-tailed Godwit	124
Eastern Curlew	228
Whimbrel	1
Common Snipe	18

The number of counted cormorant was also rather big (Table 4). All birds have flown northward, and the peak of migration was in the second decade of May (appendix, Fig. 32).

Thick-billed Murre and Thin-billed Murre were counted together as it is impossible to separate these two species from long distance. The number of counted Murres was also big. More than 99.98% of Murres migrated southward (Table 4) in big flocks on a distance of some km from the shore. The maximum birds were recorded on May 10 to 11 (appendix, Fig. 33).

Other seabird species were rather rare (Table 4). Obviously they migrate far from coast on this latitude and we could not see them.

The number of counted waders was rather small for birds of this group. In total we counted 5200 waders of 15 species (Table 5). We think, it is because this point of observations is not convenient enough for counting waders.

Dunlin was most numerous wader species (Table 5) and active migration of it started on May 15 and reach the peak on May 17 (appendix, Fig. 35). Eastern Curlew was observed in significant number (this species included in Red Data Book of Russia). Maximum number (almost 150 individuals) was recorded on May 17.

## 2) Counting shorebirds during southward migration

Counting shorebirds during southward migration was conducted on mudflats and sandbeaches of Bolshoe Lake (52°30'N, 156°30'E) (Fig. 5).

The maximum number of all waders as well as maximum number of Dunlins was smaller than we expected. But number of recorded species 30 was rather high.

The daily intensity of wader migration (all species together) is demonstrated on figure 6. The daily intensity of different species - on figures 47-63 in appendix.

The very interesting point for us was observations of two species: Spoon-billed Sandpiper and Western Sandpiper.

Spoon-billed Sandpiper is globally threatened species and observation of this bird is very interesting for researchers.

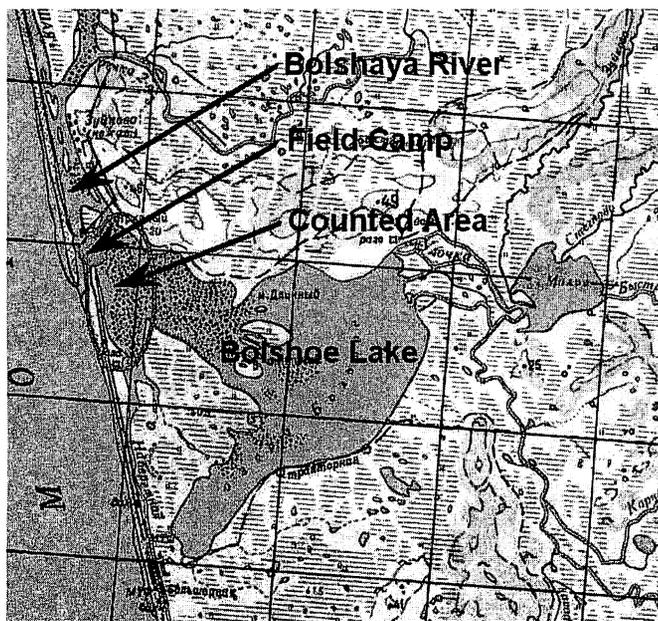


Fig.5 Area of works during southward migration

Single Spoon-billed Sandpipers were recorded during mudflat counting on August 19, 20 and September 1, 2, 5 and 6. Two birds together we observed August 26 and September 3, three Spoon-billed Sandpipers - September 4.

Western Sandpiper was found on Kamchatka only in August 2004 in the Moroshechnaya Estuary. We observed these species on mudflats quite regularly from August 18 till September 9, and maximum number - 8 birds - was seen on August 19.

The big number of shorebirds was flying past above the lake without stop. These birds are not so important for an assessment of value of the lake as staging place. But the data on them could be very important for general study of shorebird migration on south-west Kamchatka. Especially it is important for Whimbrel and some other species, which feeding mainly not on mudflats (Wood Sandpiper, Greenshank, Long-toed Stint and some others). For a tentative estimation of passing migration we have made some counting of flying birds, including at night time.

For example, on August 29 from 16 p.m. till 23 p.m. we counted 10 flocks of Whimbrel flying past with total estimated number of more than 1100 birds; on August 30 from 17 p.m. till 23 p.m. - 21 flock - 2300 Whimbrel; August 31 from 19 p.m. till 21 p.m. - 4 flocks - 286 Whimbrels; September 3/4 from 22.30 p.m. till 1 a.m. - 11 flocks - 1200 Whimbrels and so on.

We have assumed that migration of Dunlin as well as migration of some other wader species would proceed much longer than middle of September (time of end of our observations).

To receive information about the end of shorebird migration in studied area 3, additional field trips were conducted to the mouth of Bolshaya River: October 18-19, 25-26 and November 6-7.

One of the tasks of our counting work on Bolshoe Lake was confirmation of this place as staging site of international importance for shorebird during migration. Though the number of counted waders was less than we expected, nevertheless we could confirm staging criterion (0.25%) for assessment for three species (Table 6).

### 3) Shorebird banding

From August 21 till September 8 on Bolshoe Lake we caught and banded waders, Gulls and Terns parallel with the count of waders on mudflats. In total 413 waders, 45 Terns and 7 Gulls were banded (Table 7).

During September to October we received information about observation 4 flagged Red-necked Stints in Japan.

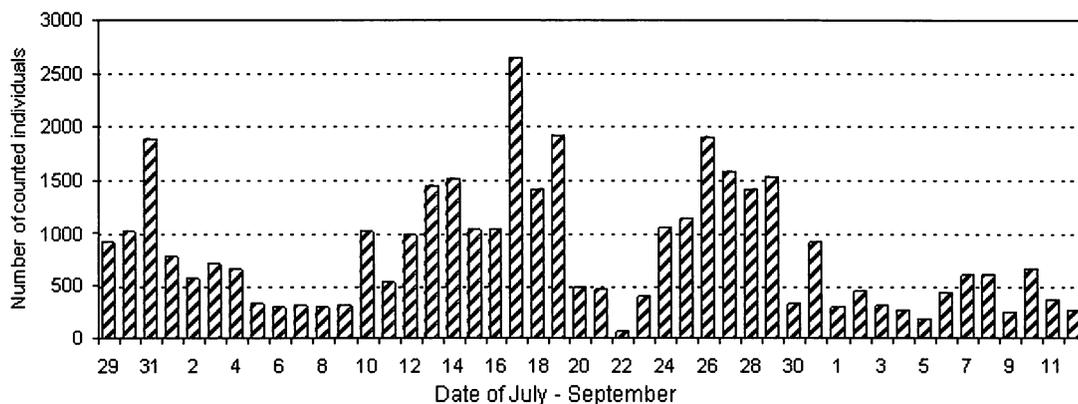


Fig.6 Daily count of waders (all species together) on mudflats of Bolshoe Lake

Table 6 Maximum numbers of some shorebird species on Bolshoe Lake

Numbers according to the 1% and 0/25% criteria to assess international importance are shown.

Species	Maximum count	1% criterion	0.25% criterion for staging places
Mongolian Plover	394	1300	325
Red-necked Stint	2500	3150	788
Whimbrel	409	550	138

Table 7 The total number of shorebirds banded on Bolshoe Lake

Species	Counted number
Mongolian Plover	5
Ruddy Turnstone	1
Gray-tailed Tattler	12
Common Sandpiper	1
Terek Sandpiper	7
Red-necked Stint	325
Long-toed Stint	2
Western Sandpiper	3
Dunlin	16
Great Knot	5
Red Knot	25
Sanderling	1
Common Snipe	4
Whimbrel	5
Bar-tailed Godwit	1
Common Black-headed Gull	4
Mew Gull	3
Common Tern	45
<b>Total</b>	<b>465</b>

## (2) Breeding biology studies

During breeding biology research we investigated birds, which inhabited South-west Kamchatka:

Some transect counts were carried out on tundra and

- 1) Transect counts of birds for estimation of breeding density of birds in the different types of habitats: fixed width of count transect 100-500 m were used;
- 2) Searching of nests of birds; all nests were described, standard measurements and photos of them were made when it was possible;
- 3) Studies of timing of breeding of birds (making nest, laying eggs, incubating period, hatching time, broods observation and so on);
- 4) Studies of behavior of birds during breeding period.

Finding of two new breeding species for Kamchatka - Black-tailed Gull and Brown Thrush was the most significant result of research during breeding season. Other received data about breeding biology of different birds should be used for further investigations and will be published in different papers.

### (3) Publishing activity

The short comment "Observation of visible northward migration shorebirds on south-west Kamchatka in May 2007" with reference to "Pro Natura Fund" was published in Australia in Newsletter for Asia Pacific Flyways "Tattler" No. 7 October 2007.

During December we should send two more comments to the same newsletter No.7 about our work in July - September and October - November.

Paper about results of the expedition on Bolshoe Lake will be sent during this winter to Australian Journal for the East Asian-Australasian Flyway "Stilt".

Not less than 5 papers about results of this field season should be published also in Russia.

Reference that works were supported by Pro Natura Fund would be made to in each paper.

### ACKNOWLEDGMENTS

We wish to extend special thanks to all people who worked with us during carrying out this project: Japanese ornithologist Takeyoshi Matsuo; Polish researchers Wlodzimierz Meissner and Katarzyna Zolkos; Dr. Vladimir Melnikov from Ivanovo State University; students of Ivanovo University and Kamchatka State University - Veronika Gridneva, Yuliya Zavgarova and Rimma Bukhalova.

## 要約

# 東アジア・オーストラリア地域渡り経路を利用する水鳥およびシギ・チドリ類の渡りに関するカムチャツカの重要性

ユーリ・ゲラシモフ

2007年の現地調査を通して、カムチャツカ南西海岸の東アジア・オーストラリア地域のフライウェイを利用する水鳥およびシギ・チドリ類にとっての重要性が確認された。

主に行った作業は繁殖地に向かう(北への)渡りと、非繁殖地に向かう(南への)渡りの時期における目視調査および個体数調査である。確認された水鳥およびシギ・チドリ類の総個体数は春の渡りの時期(4月22日～5月24日)に63万2千羽である。調査地はレヴァショーヴァ岬(52°47'N、156°10'E)であり、アビ類15,033羽、カイツブリ類4,425羽、ウ類14,375羽、ガン・カモ類444,706羽、カモメ類55,172羽、アジサシ類4,472羽、トウゾクカモメ類1,193羽、ウミスズメ類86,989羽、シギ・チドリ類5,200羽を数えた。種ご

とに渡りの個体数について日変化・経時変化のデータを取った。

南への渡りはボリショイ湖52°30'N、156°30'Eにおいて、7月28日から9月12日まで、国際的な鳥類研究者がチームを組んで調査をした。シギ・チドリ類30種が記録された。この中継地が、トウネン、メダイチドリ、チュウシャクシギにとって国際的に重要な生息地であることが明らかになった。

また、全体で、シギ・チドリ類を413羽、アジサシ類45羽、カモメ類7羽標識をつけて放鳥した。9月から10月までの間に、カムチャツカでフラッグをつけたトウネンのうち4羽が日本で観察された。

(推薦者：柏木 実)

APPENDIX

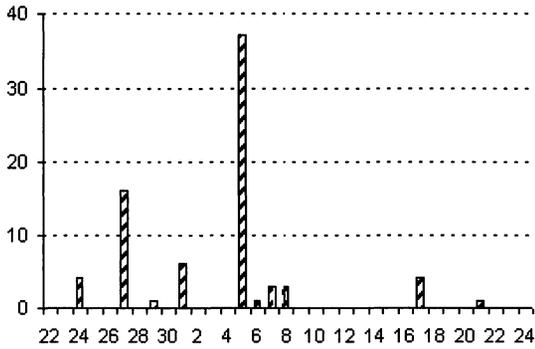


Fig.1 Daily migration of Bean Goose

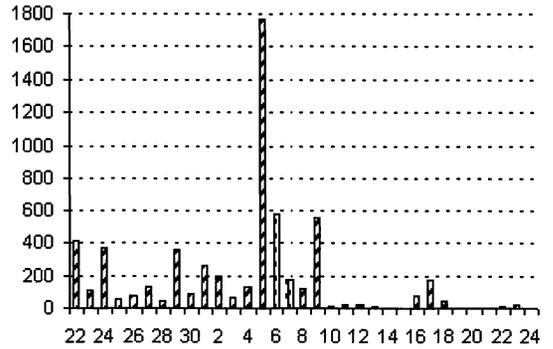


Fig.4 Daily migration of Wigeon

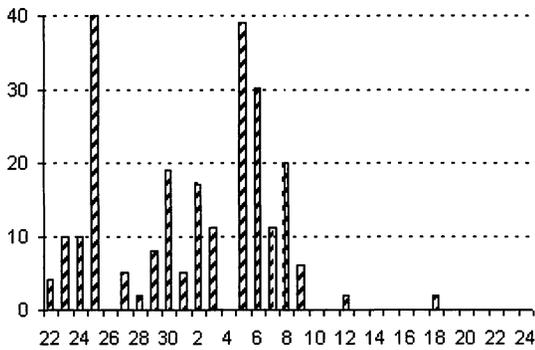


Fig.2 Daily migration of Mallard

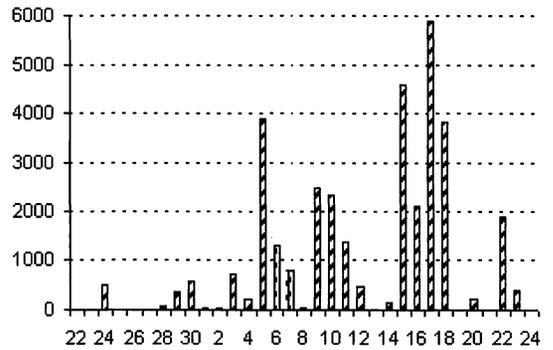


Fig.5 Daily migration of Green-winged Teal

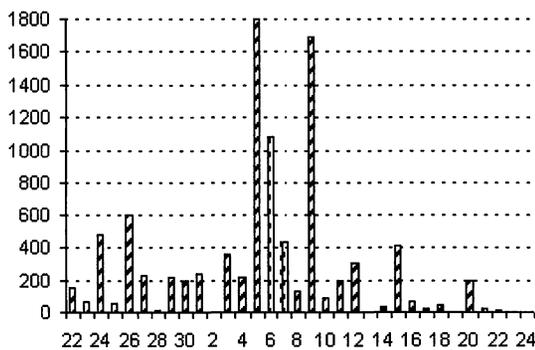


Fig.3 Daily migration of Pintail

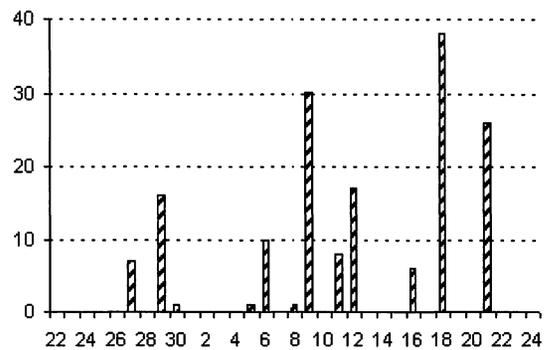


Fig.6 Daily migration of Shoveller

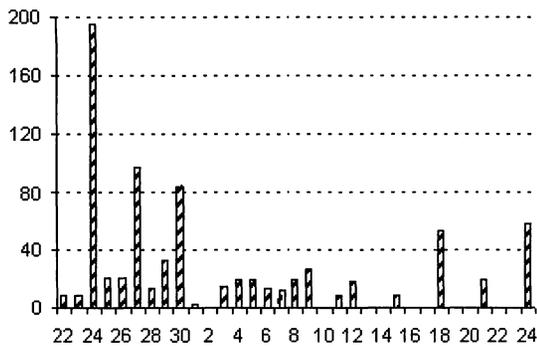


Fig.7 Daily migration of Common Goldeneye

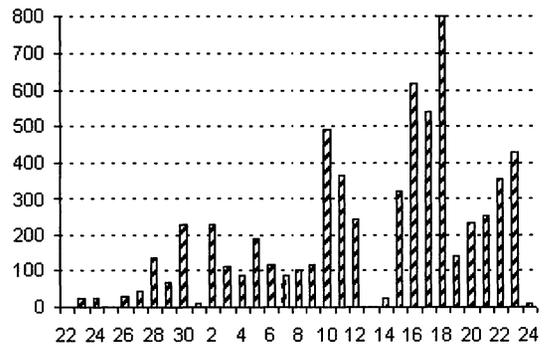


Fig.10 Daily migration of Red-breasted Merganser

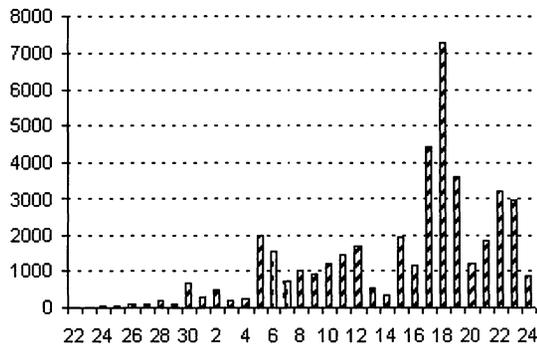


Fig.8 Daily migration of Greater Scaup

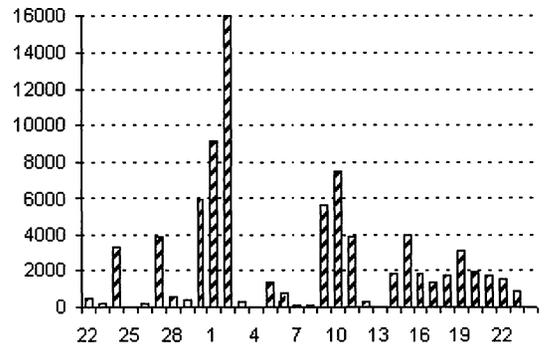


Fig.11 Daily migration of Oldsquaw

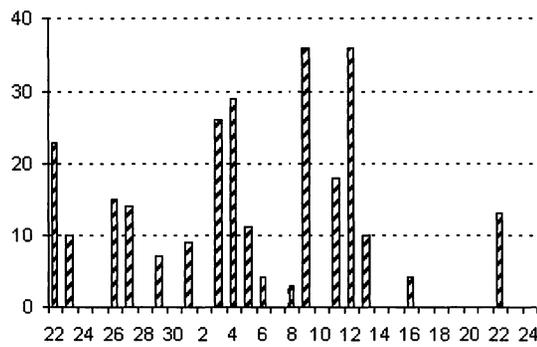


Fig.9 Daily migration of Common Merganser

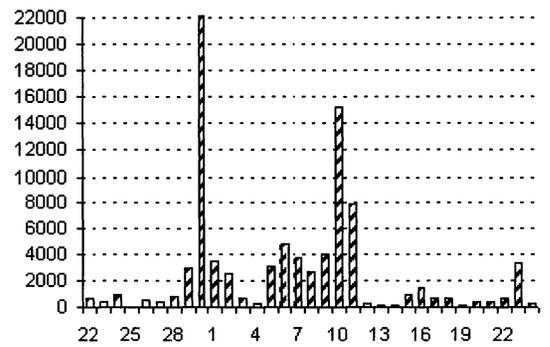


Fig.12 Daily migration of White-winged Scoter

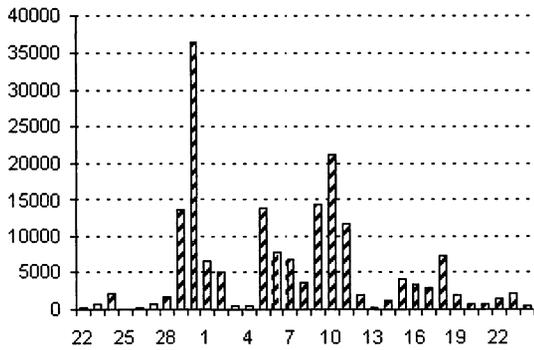


Fig.13 Daily migration of Black Scoter

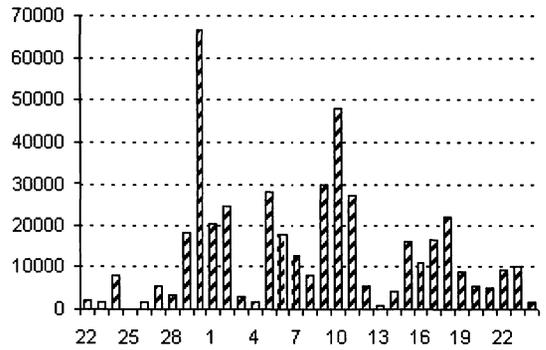


Fig.16 Daily migration of Anatidae (all species together)

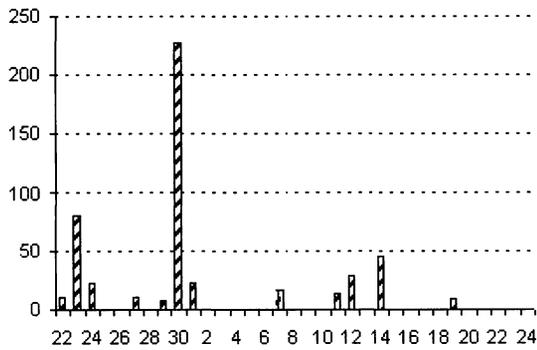


Fig.14 Daily migration of Steller's Eider

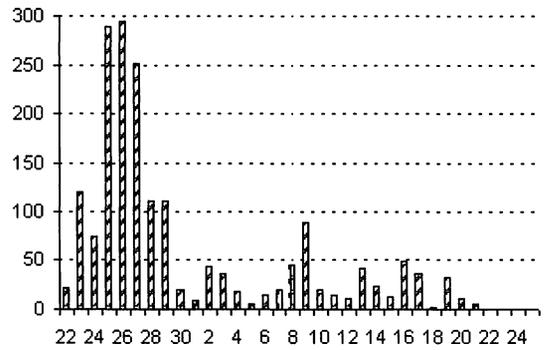


Fig.17 Daily migration of Glaucous Gull

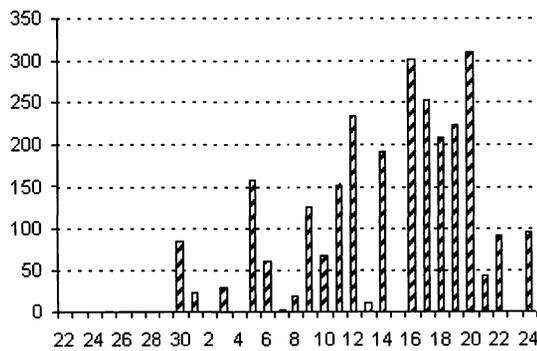


Fig.15 Daily migration of Harlequin Duck

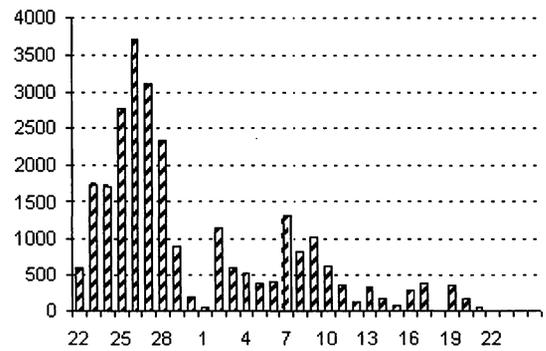


Fig.18 Daily migration of Slaty-backed Gull

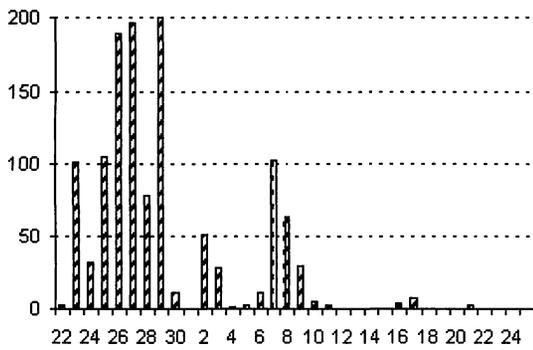


Fig.19 Daily migration of Herring Gull

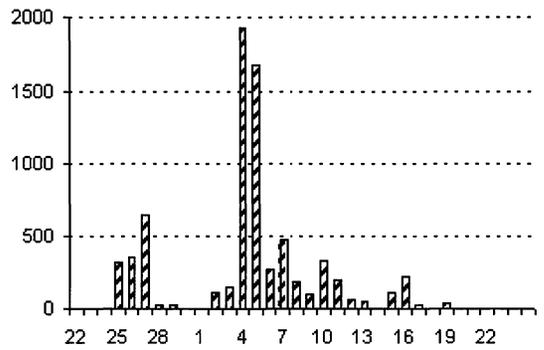


Fig.22 Daily southward migration of Common Gull

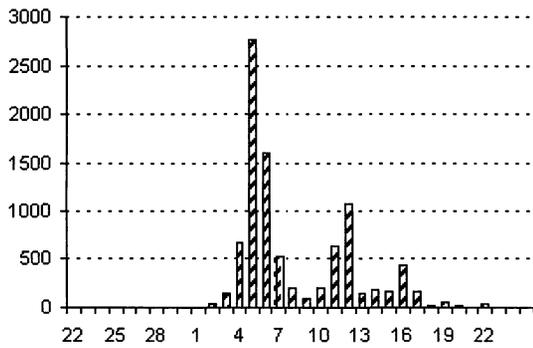


Fig.20 Daily migration of Common Black-headed Gull

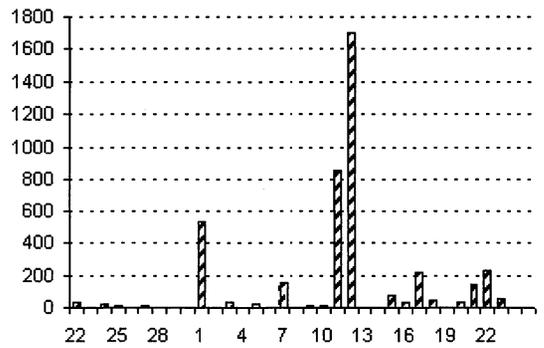


Fig.23 Daily migration of Black-legged Kittiwake

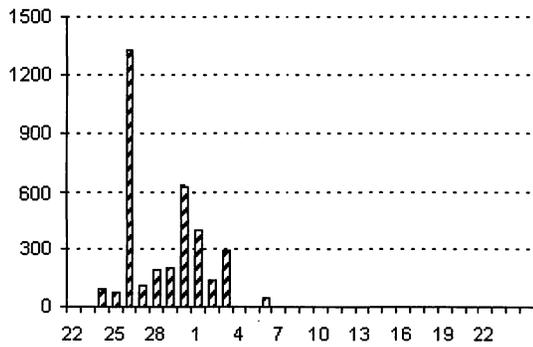


Fig.21 Daily northward migration of Common Gull

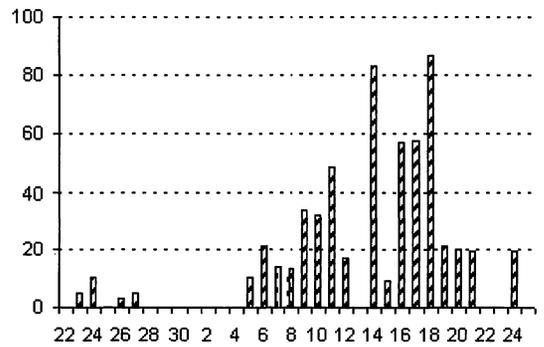


Fig.24 Daily migration of Parasitic Jaeger

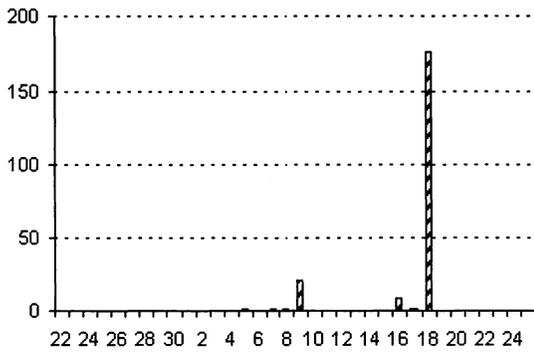


Fig.25 Daily migration of Long-tailed Jaeger

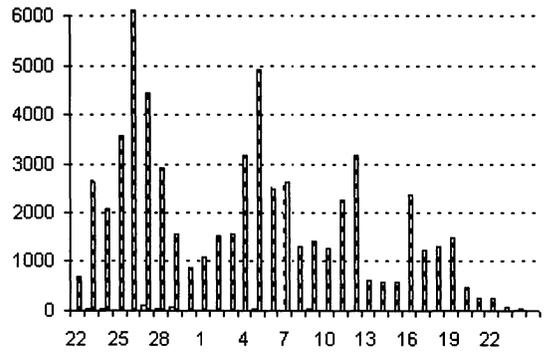


Fig.28 Daily migration of Laridae (all species together)

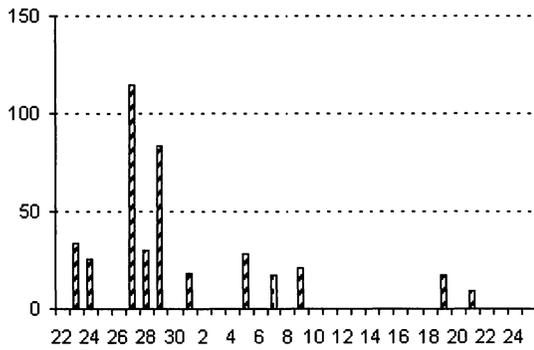


Fig.26 Daily migration of Pomarine Jaeger

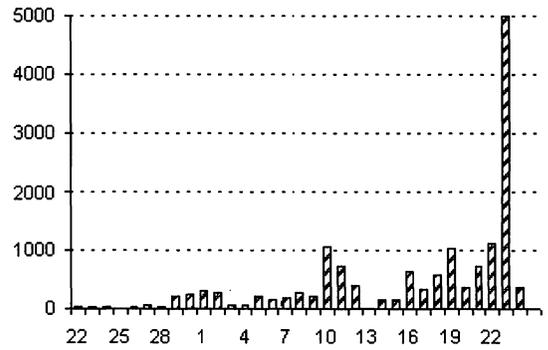


Fig.29 Daily migration of loons (all species together)

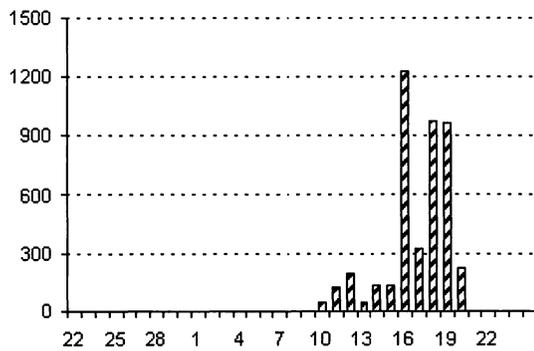


Fig.27 Daily migration of Common Tern

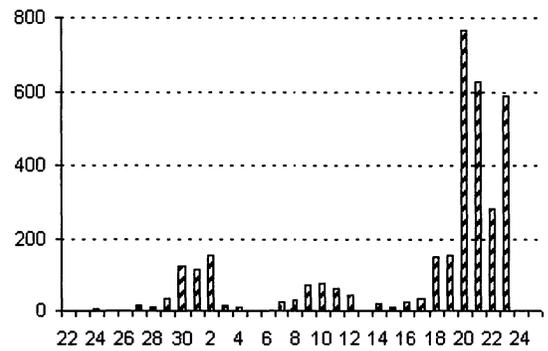


Fig.30 Daily migration of Red-necked Grebe

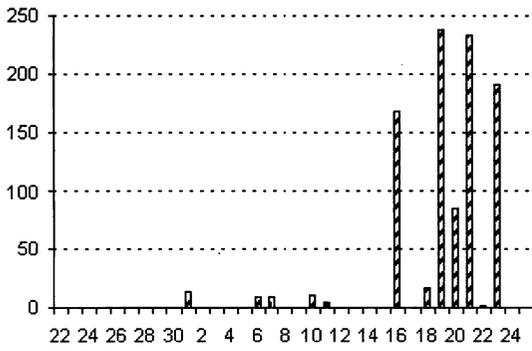


Fig.31 Daily migration of Horned Grebe

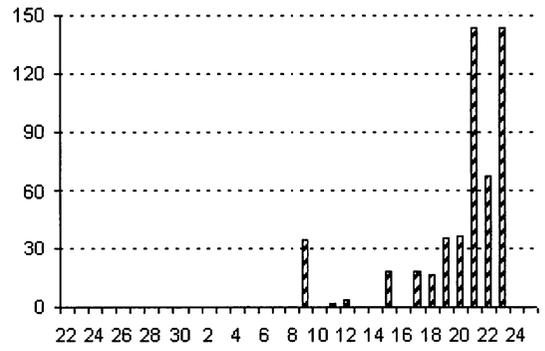


Fig.34 Daily migration of small seabirds (all species together)

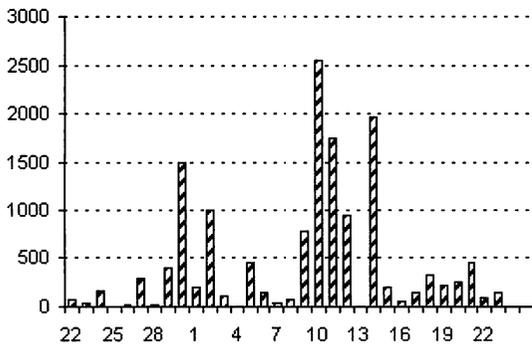


Fig.32 Daily migration of Pelagic Cormorant

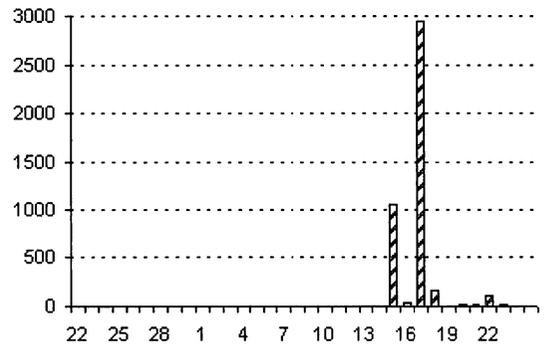


Fig.35 Daily migration of Dunlin

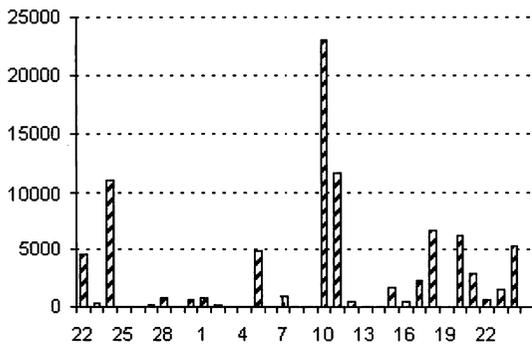


Fig.33 Daily migration of Murries (two species together)

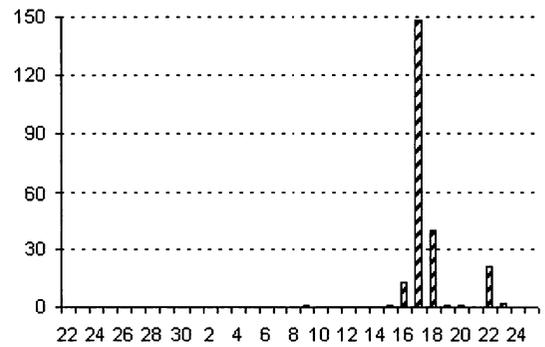


Fig.36 Daily migration of Eastern Curlew

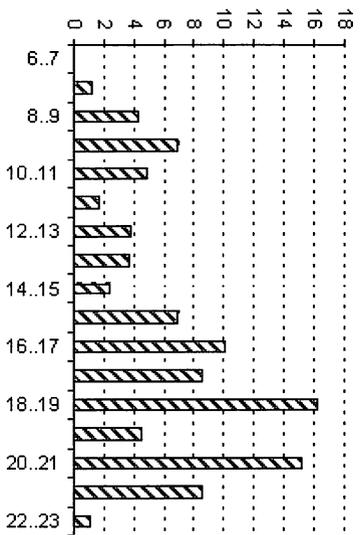


Fig.37 Hourly migration of Pintail

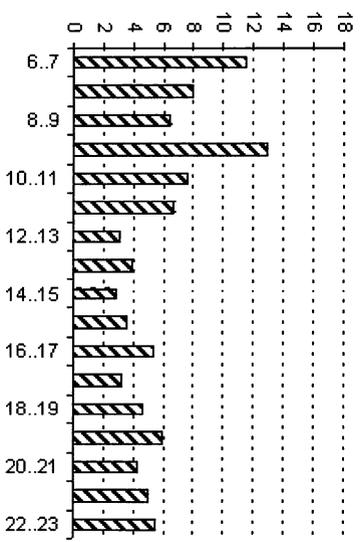


Fig.40 Hourly migration of Greater Scaup

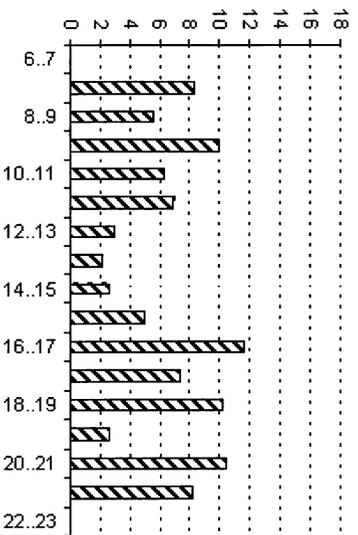


Fig.38 Hourly migration of Wigeon

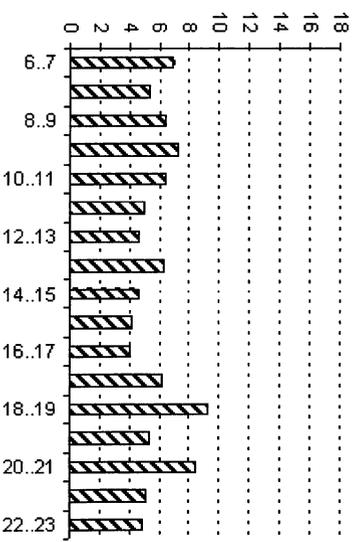


Fig.41 Hourly migration of Red-breasted Merganser

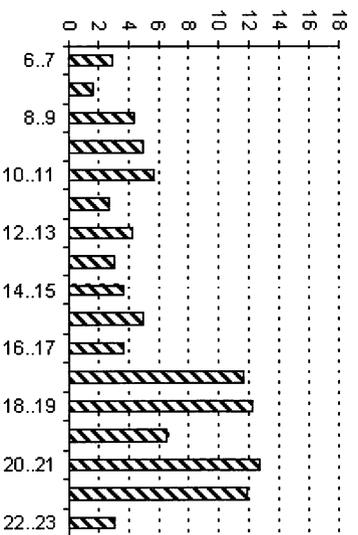


Fig.39 Hourly migration of Green-winged Teal

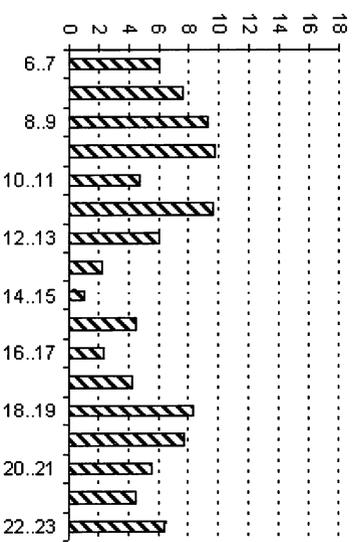


Fig.42 Hourly migration of Oldsquaw

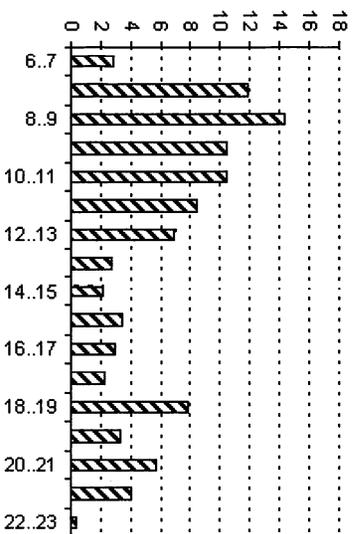


Fig.43 Hourly migration of White-winged Scoter

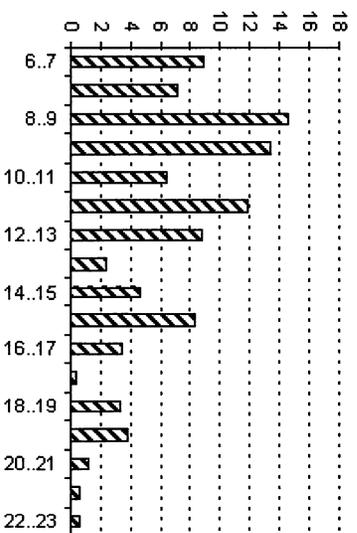


Fig.45 Hourly migration of Harlequin Duck

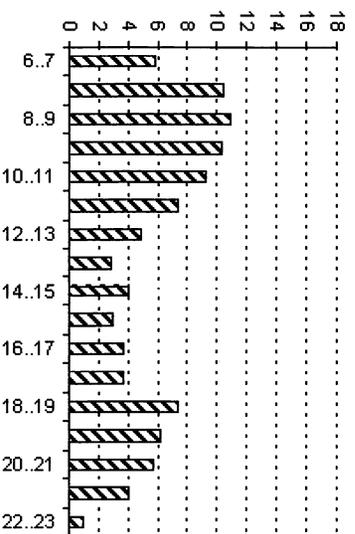


Fig.44 Hourly migration of Black Scoter

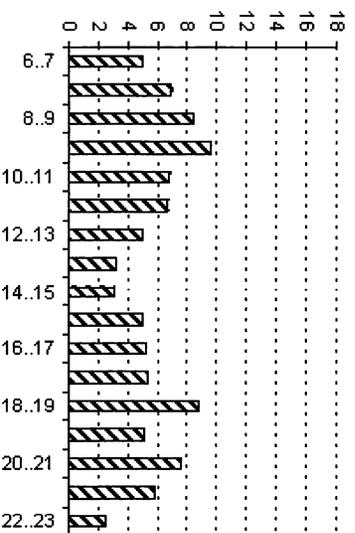


Fig.46 Hourly migration of all species of ducks together

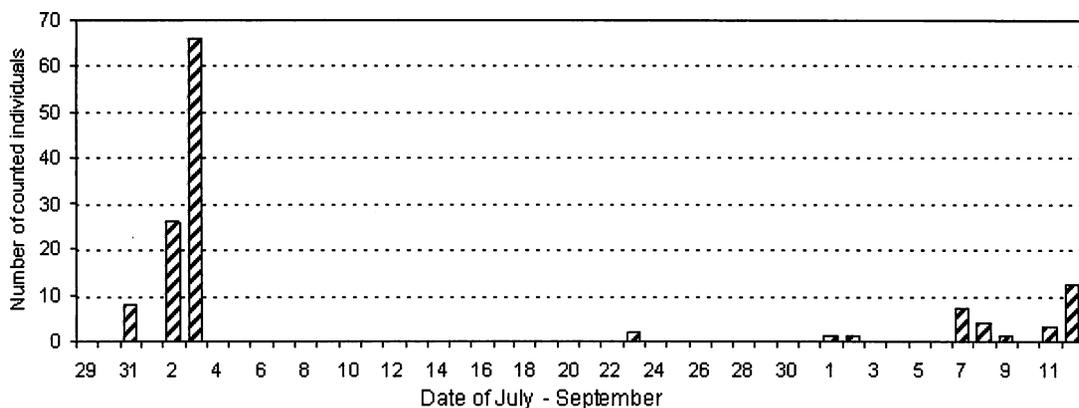


Fig.47 Daily count of Pacific Golden Plover on mudflats of Bolshoe Lake

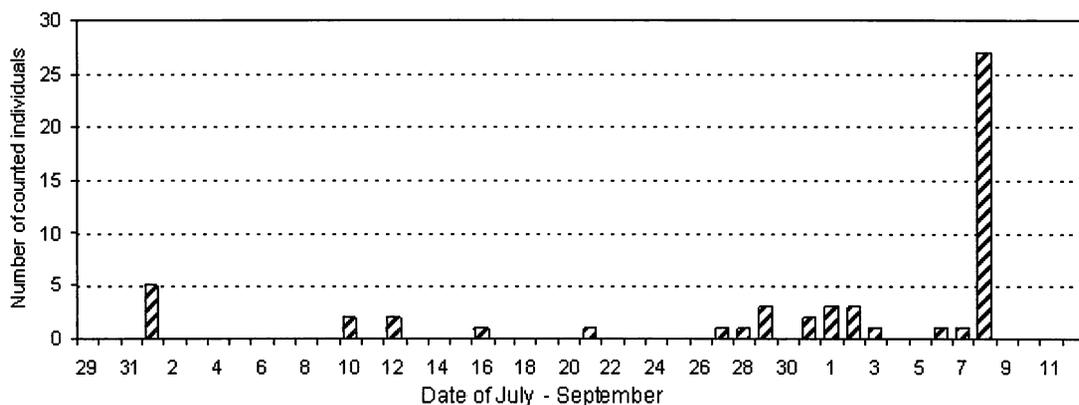


Fig.48 Daily count of Gray Plover on mudflats of Bolshoe Lake

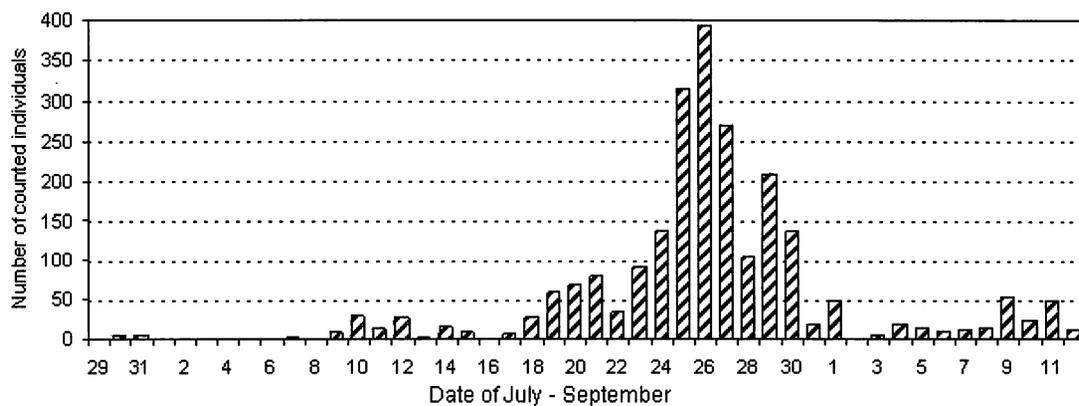


Fig.49 Daily count of Mongolian Plover on mudflats of Bolshoe Lake

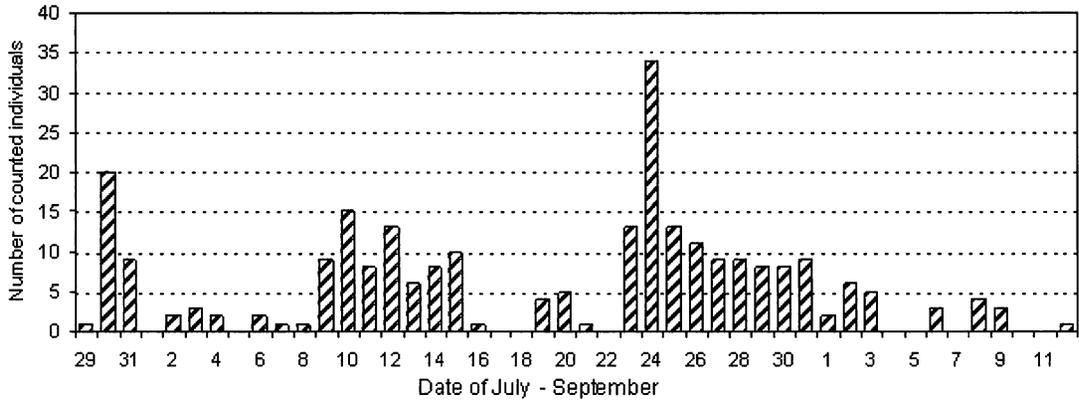


Fig.50 Daily count of Ruddy Turnstone on mudflats of Bolshoe Lake

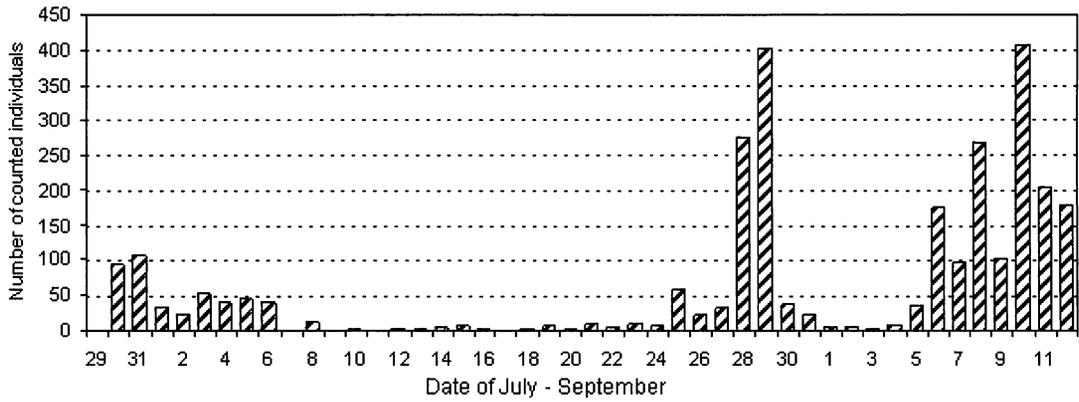


Fig.51 Daily count number of Dunlin on mudflats of Bolshoe Lake

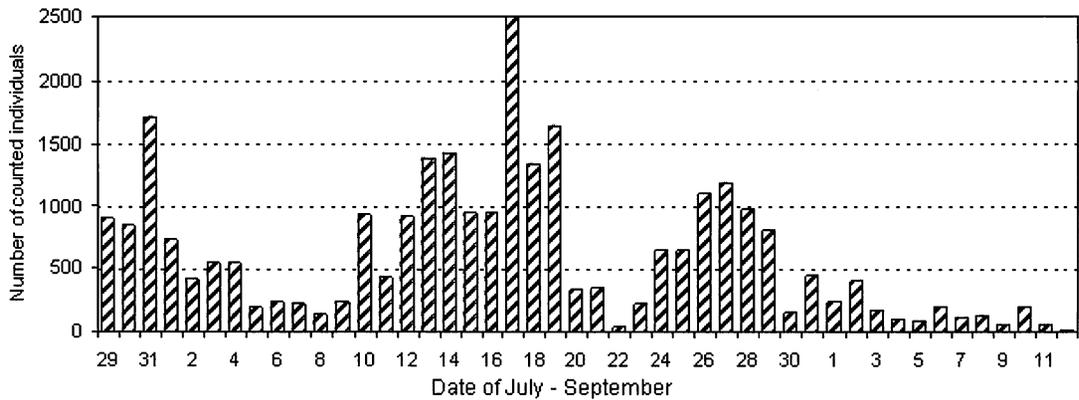


Fig.52 Daily count of Red-necked Stint on mudflats of Bolshoe Lake

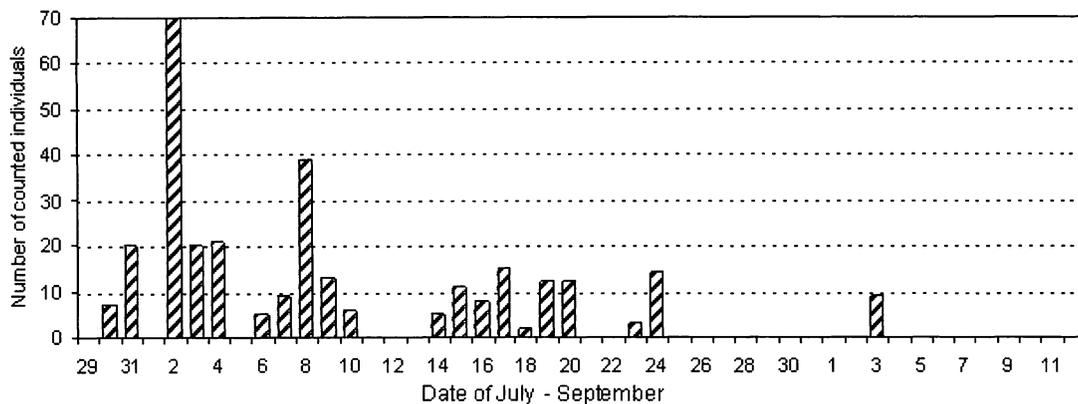


Fig.53 Daily count of Great Knot on mudflats of Bolshoe Lake

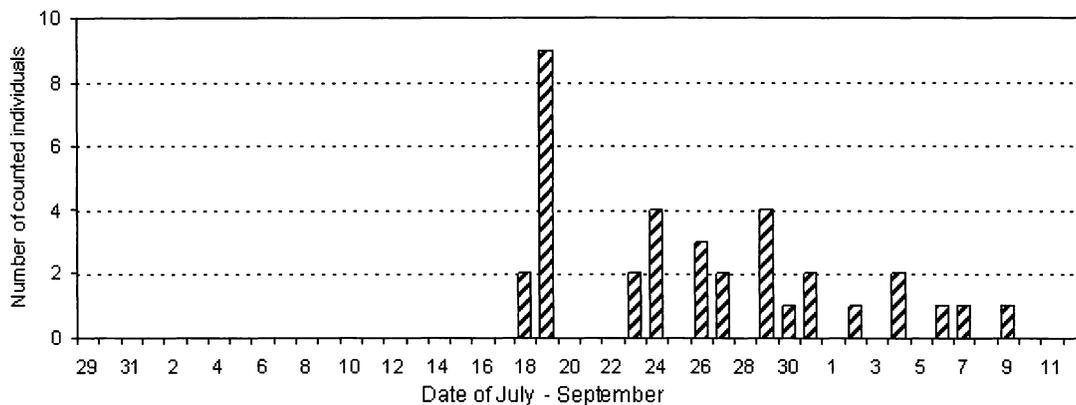


Fig.54 Daily count of Western Sandpiper on mudflats of Bolshoe Lake

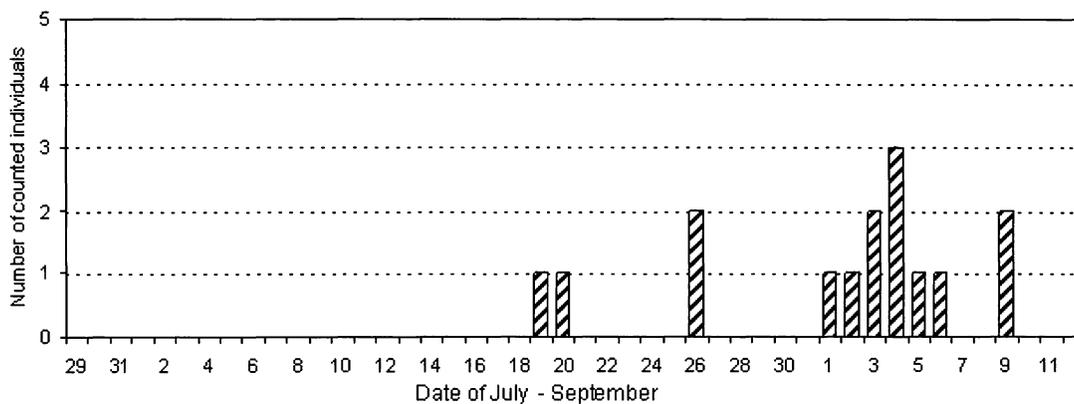


Fig.55 Daily count of Spoon-billed Sandpiper on mudflats of Bolshoe Lake

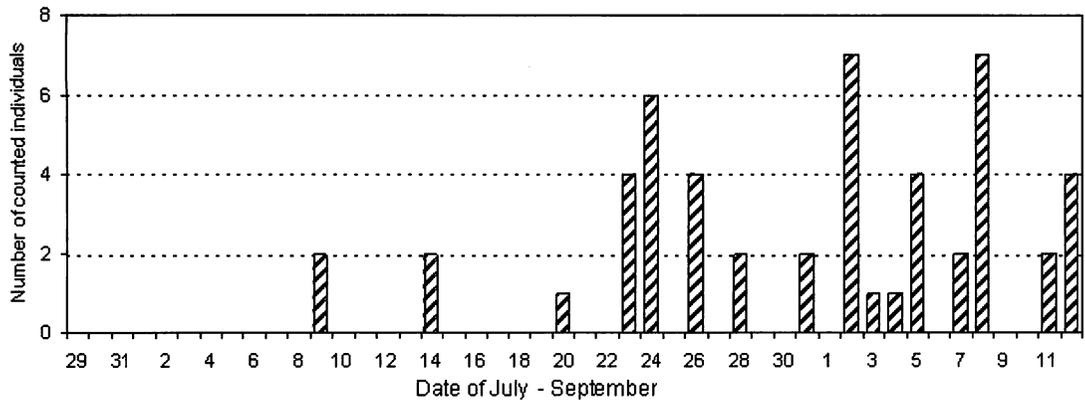


Fig.56 Daily count of Greenshank on mudflats of Bolshoe Lake

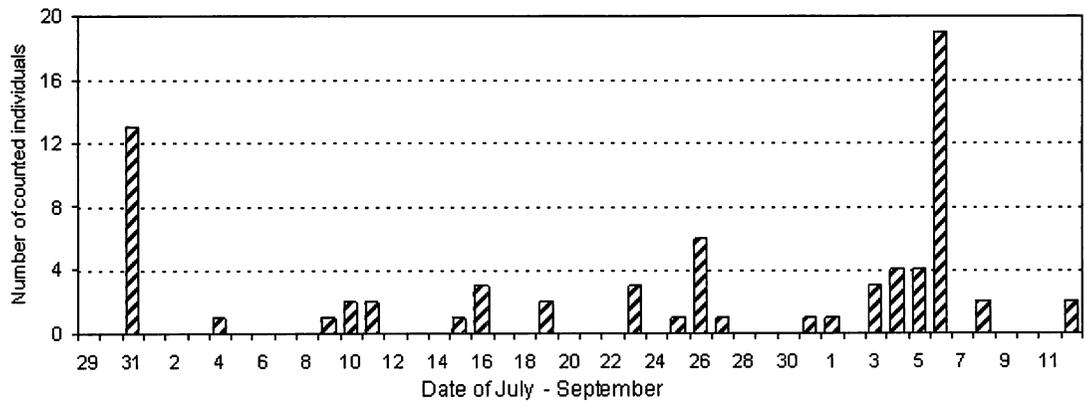


Fig.57 Daily count of Gray-tailed Tattler on mudflats of Bolshoe Lake

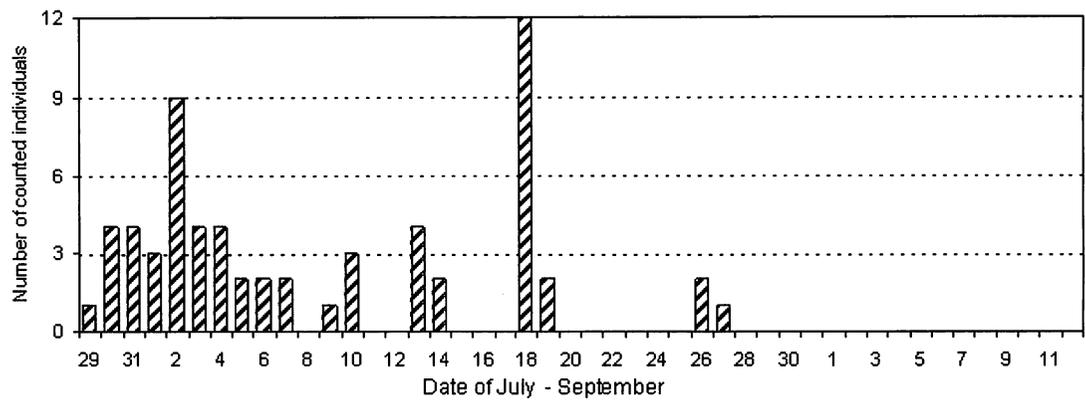


Fig.58 Daily count of Terek Sandpipers on mudflats of Bolshoe Lake

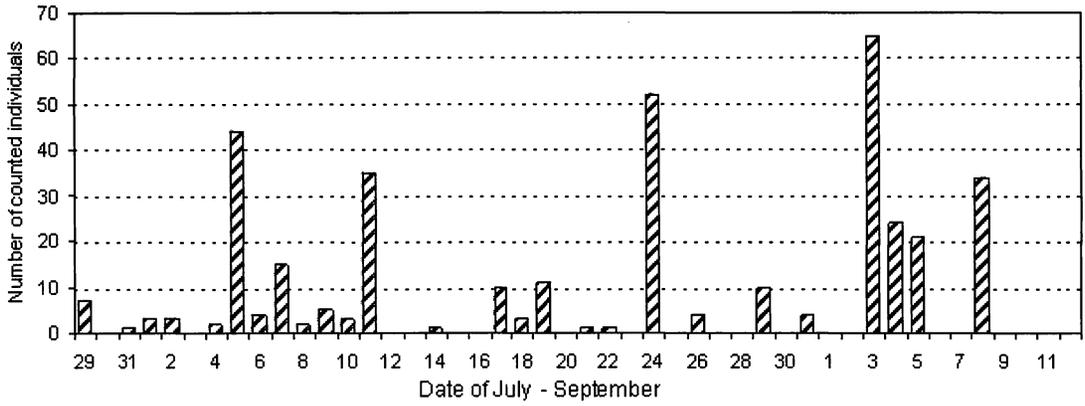


Fig.59 Daily count of Black-tailed Godwit on mudflats of Bolshoe Lake

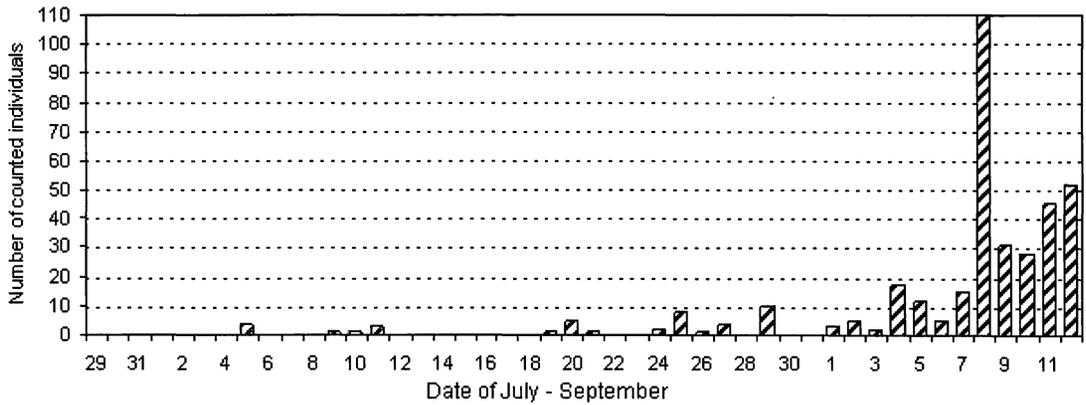


Fig.60 Daily count of Bar-tailed Godwit on mudflats of Bolshoe Lake

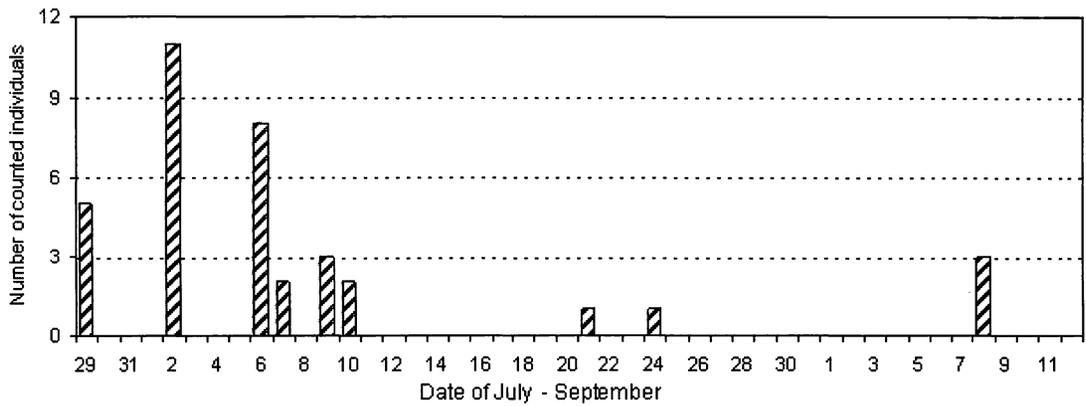


Fig.61 Daily count of Eastern Curlew on mudflats of Bolshoe Lake

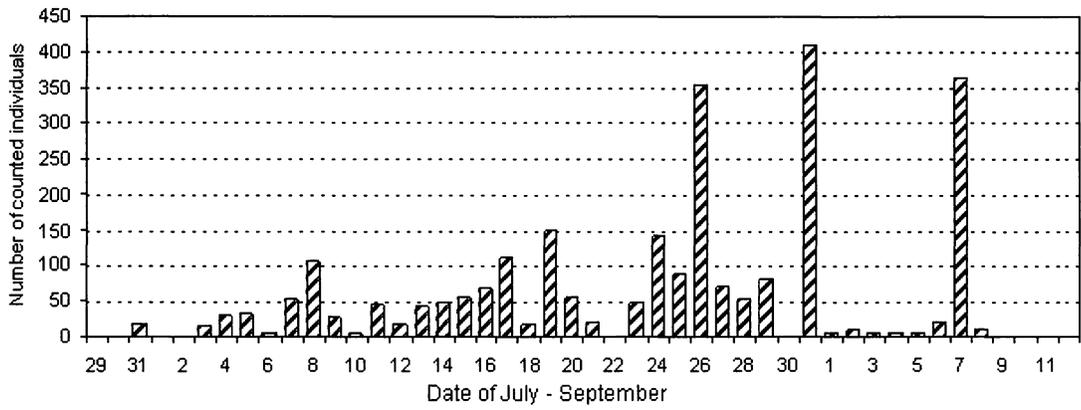


Fig.62 Daily count of Whimbrel on mudflats of Bolshoe Lake

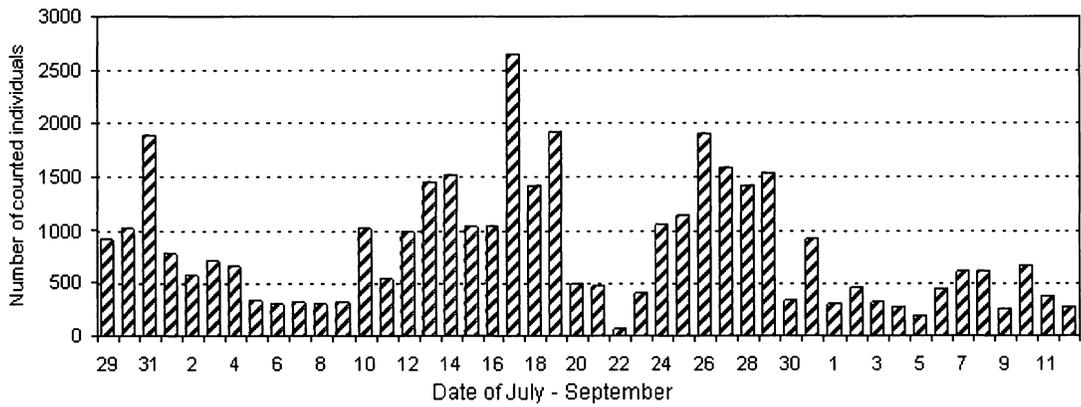


Fig.63 Daily count of waders (all species together) on mudflats of Bolshoe Lake

## Habitat destruction and threat on the large- and medium-sized mammals in Sumatra, Indonesia (Continuation)

Rizaldi<sup>1)</sup>, Santi Nurul Kamilah<sup>1)</sup> and Kunio Watanabe<sup>2)</sup>

### SUMMARY

Habitat destruction was being occurred in many places of Sumatra which might cause local extinction of some mammal species. We studied how large- and medium-sized mammal species responded to various intensities of habitat alteration in three provinces of Central Sumatra (West Sumatra, Riau and Jambi), Indonesia. Our goals are to evaluate the current status of 26 subject mammal species, to predict those population changes and to find key factors for sustaining each species in their habitat. Data on the distribution of each species and relating ecological factor were collected through direct interviewing to the local people and observation on those species traveling around whole areas with a car. We also conducted intensive surveys at some selected areas to assess more precisely the current status of subject species. Intensive surveys covered four main habitat types; natural forest, agro-forestry and/or rubber forest as mixed plantations, palm oil plantation as monoculture plantations and human settlement or rice fields as artificial habitats. Analyses were made in term of species existence by different habitat types and their responses to the habitat degradation. We found many mammal species can survive in traditionally managed agro-forestry areas and mixed forests mainly composed of rubber plantations. The large scaled palm oil plantation was the most serious threat for most subject species. They cannot survive in the newly established monoculture ecosystem where oil palm trees dominate and the under-storey vegetation is very poor. The distribution pattern of each species in various habitat types revealed that habitat degradation could have threatened those subject species in different levels (i.e. no influence, low, moderate, high, and extreme influence). Wild boars and common palm civets, for instance, appeared not to be influenced by habitat degradation while Malayan tapirs, bear cats, flying lemurs, Sumatran tigers, siamangs and elephants extremely suffered from habitat degradation. We further discussed the possibility on sustainability and/or local extinction of those subject species as a consequence of habitat alteration. We suggested the importance of retaining mixture vegetation within appropriate locations even when habitat alteration was inevitably,

### 1. INTRODUCTION

Sumatra Island is a biodiversity hotspot for conservation priorities (Myers et al. 2000). It is home to many large- and medium-sized mammals including the Sumatran elephant, Sumatran tiger, rhino, tapir, primates and others. Most of these mammal species are threatened (Kinnaird et al. 2002, Donald 2004). It is, therefore, very important to prepare the exact data sets on the distribution and biology of these species for establishing conservation measures. At present, the deforestation in Sumatra occur very rapidly and appropriate actions should be taken immediately to prevent the local extinction of these species (Jepson et al. 2001, Myers et al. 2000).

During 2004 to 2006, we conducted studies on the distribution of 26 mammal species and their populations in various habitats, together with land use trends, in the central landmass of the island covering about 130,780 km<sup>2</sup>. The study has

---

1) Department of Biology, Faculty of Science, Andalas University, Padang, West Sumatra, Indonesia.

2) Primate Research Institute, Kyoto University, Inuyama, Japan

enabled the preparation of distribution maps for each species. In particular, for both Sumatran tigers and elephants, we have been able to retrace the historical changes in their populations. We found that local extinctions had already occurred for some of the species studied. Threats to these species became increasingly serious, especially in lowland habitats. On the other hand, our data suggested that some of the species, for instance, wild boar and crab-eating monkeys might adapt to habitats with various degrees of disturbances. These species may increase in number because they could tolerate the disturbed habitats that created by humans, where their natural predators no longer survive. Human interference was found to have increased the vulnerability of certain species but could be tolerated by some others (Bakar et al. 2007).

However, these findings were based on general questionnaire surveys of local inhabitants across a very wide area. Detailed studies are still required to evaluate how these species survive in or disappear from particular habitats and what the critical demands for their survival are. Moreover, we need to clarify what essential resources each habitat type provides for these mammal species and what degree of habitat disturbance can be tolerated. To obtain such data, we have continued with intensive investigations in some representative habitats. Our goals are to explain the current status and to predict population changes of the 26 subject mammal species. Most importantly, we need to identify key factors necessary for the conservation of these mammal species.

## 2. METHODS

### (1) Study Sites

Based on data from our previous studies, in West Sumatra, Riau and Jambi Provinces, of the current distribution of the subject species, we conducted intensive field studies in selected sampling areas to assess the current situation. The study areas covered four main habitat types; namely, natural forest, agroforestry and/or rubber forest as mixed plantations, palm oil plantation as monoculture plantations, and human settlement or rice fields as artificial habitats. Natural forest was represented by that being managed by the Andalas University in West Sumatra, Taman Hutan Raya Sultan Syarif Hasyim in Riau, and Kebun Raya Bukit Sari in Jambi. Mixed plantation was represented by agroforestry areas (a complex of fruit trees and other utilised species with some natural vegetation) in West Sumatra, and rubber forest in Jambi. Monoculture plantation was represented by palm oil plantations in Riau and Jambi. Artificial habitat was represented by human settlements and rice fields in West Sumatra.

### (2) Species Existence and Species Richness in the Different Habitats

Data was mainly collected using questionnaire surveys of the local people. Direct and indirect observations (visual, footprint, faeces, auditory census, and other evidence referring to the existence the species) were employed when possible. Interviews were carried out at random at 26 locations with 75 respondents in West Sumatra, 36 locations with 78 respondents in Riau and 50 locations with 94 respondents in Jambi. The preferred respondent was male, old, a permanent resident (at least 2 years or more) and a farmer. In those representative habitats where the initial respondents suggested the existence of most of the subject species, additional respondents were surveyed to confirm the information through direct observation. Data collected included, the location of each species found, the existence of the target species, species richness and historical changes of those mammal species in the habitats. In particular, effects of the habitat changes were estimated, to examine what changes may lead to species extinction in the near future.

### (3) Habitat Use and Survival of Mammal Species

To clarify the relationship between the subject species and habitat changes we collected information on habitat use by the subject species, rate and history of deforestation, habitat utilization by human beings, land ownership, general vegetation, and species response to altered habitats, using questionnaire surveys and direct observations in the relevant habitats. We also asked respondents about the occurrence and/or degree of forest logging, animal poaching, animal trade and animal utilization for medicine, human-animal conflict, animal extinction or population decrease from the 1940s to the present time (using 10 years intervals). The information provided us insightful estimations on the current status of the subject species and predictions of population changes or possible extinctions.

We categorized the effect of habitat degradation into five levels (i.e. No influence, Low, Moderate, High and Extreme influences) and classified each species into an appropriate level. The levels are evaluated by decreasing numbers of locations they existed when habitat altered from forest reserve to monoculture plantation, i.e. No influence (<15% decreased), Low (16-40% decreased), Moderate (41-60% decreased), High (61-85% decreased) and Extreme (>85% decreased). Here, we assume that forest reserve is the best habitat form comparing to traditional land use and monoculture plantation regarding variation of trees availability and intensity of human interferences.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### (1) Habitat Condition

Agroforestry is a prominent component of farming systems in Sumatra as a whole (Thiollay 1995). The most prominent farming system in Riau is a palm oil plantation, while in Jambi rubber plantations or rubber mixed forests dominate, and agro-forestry dominates in West Sumatra. Logging and habitat alteration in Riau started in the 1970s, and rapid and large-scaled habitat changes occurred after the 1990s. The predominant change was to palm oil and acacia (for pulp) plantations. The predominant land-use in Jambi is old rubber forest. Logging and habitat alteration in Jambi started in the 1970s, and rapid habitat changes occurred after the 1990s, predominantly to traditional-type rubber plantations. The land use in West Sumatra has not changed much from the 1970's through the 1990's, with the exception of some specific areas. This is because West Sumatra has a larger human population compared to the other two provinces and traditional agro-forestry is being carried out in most areas. Land ownerships by the resident population in these small and subdivided areas could be a factor that has prevented the introduction of large-scale plantations.

### (2) Effect of Habitat Quality

The most evident findings are that traditional land use, mainly composed of agroforestry, can sustain populations of most subject species even though their abundance or population density may decrease (Table 1). In the agroforestry areas in West Sumatra many subject species still exist and the species richness does not differ from that in the natural forest. Some species, reported in the agroforestry areas but not in the natural forests, can be the unavoidable consequences of the study methods, since information on some species were quite difficult to collect and confirm in the natural forest habitats, especially in West Sumatra. Such species are tiger, serow, clouded leopard, binturong and flying lemur. We are convinced that all of these species exist in the area although no information in the natural forest could be acquired. As would be expected, many subject species did not live in the artificial habitats.

It was apparent that oil palm plantations did not harbour many of the subject species (Table 1). This was especially true in Riau, where more large-scaled and well organized oil palm plantations managed by big companies exist. It is interesting that some species, like wild boar, leopard cat, otter, civet, porcupine and pangolin, adapt well to this newly

established habitat and could be found in many sites. In the oil palm plantation areas of Jambi the species richness was higher than that in Riau. Some primate and ungulate species could be found in the oil palm plantations in Jambi, although their numbers were markedly depleted. Their persistence may be due to the relatively small-size of plantations and variation in management practices; such that some were well-managed, while others were left relatively untouched. These different types were mixed within the area. However, oil palm plantations need to be managed intensively to make a profit. The use of chemical fertilizers, mowing and herbicides are common. For this reason, areas of oil palm plantation usually become very homogenous and many species cannot live there. Land use alteration into palm oil plantations in Riau increased rapidly after the late 1990s. This has caused local extinctions or population decreases of many primate and ungulate species.

In the rubber forests of Jambi many mammal species still exist (Table 1). Most species living in natural forests can also be found in the rubber forests. The species richness in the rubber forests is higher than in the agroforestry areas in West Sumatra. The traditional rubber forests surveyed varied notably due to different management practices. In some rubber forests, understorey vegetation was very dense and ordinarily the areas surveyed included many scattered small forest patches being differently managed. Thus, in general, understorey vegetation was more abundant in rubber plantations compared to agroforestry areas. This may be the reason why rubber plantations still harbour so many mammal species.

Elephant and tiger were the easiest targets for evaluation of current status and/or local extinction. As these species are involved in serious conflict with humans, precise and detailed information is available. At the survey location in

Table 1. Comparison of species existence from specific habitat types in three study sites, indicated by the number of existing per number of sampling locations (%)

No	Common name	Local name	Scientific name	West Sumatra			Riau		Jambi		
				Natural forest	Agroforest	Human settlement	Natural forest	Palm oil plantation	Natural forest	Rubber forest	Palm oil plantation
1	Slow loris	Dukang	<i>Nycticebus coucang</i>	50	7.5	15	75	0	100	100	20
2	Long-tailed macaque	Marvet	<i>Macaca fascicularis</i>	100	100	25	100	11.1	0	100	20
3	Pig-tailed macaque	Beruk	<i>M. nemestrina</i>	100	100	5	100	0	100	66.7	20
4	Mitred leaf monkey	Simpai	<i>Presbytis melalophos</i>	100	100	10	50	0	100	100	20
5	Banded leaf monkey	Kobah	<i>P. femoralis</i>	0	0	0	50	22.2	0	0	0
6	Silvery langur	Cirehruk	<i>Trachypithecus cristatus</i>	0	0	0	75	0	0	66.7	0
7	Agile gibbon	Unako	<i>Haplorhina agilis</i>	50	7.5	0	100	0	100	33.3	0
8	Samang	Simang	<i>H. syndactylus</i>	0	0	0	50	0	0	0	0
9	Wild boar	Babi	<i>Sus scrofa</i>	100	100	35	100	100	100	100	100
10	Samber deer	Rusa	<i>Cervus unicolor</i>	50	7.5	0	100	0	100	66.7	40
11	Barking deer	Kijang	<i>Mosiacus mosiac</i>	50	7.5	0	100	0	100	66.7	40
12	Moose deer	Kancil	<i>Tragulus sp.</i>	0	50	0	75	0	100	66.7	40
13	Sumatran serow	Kambing Hutan	<i>Capricornis sumatrensis</i>	0	50	0	0	0	0	0	0
14	Sumatran tiger	Hirinau	<i>Panthera tigris</i>	0	50	0	100	0	100	33.3	0
15	Asian golden cat	Hirinau Buluh	<i>Felis ben galensis</i>	50	7.5	50	75	66.7	100	66.7	80
16	Clouded leopard	Hirinau Dahan	<i>Nephesa nebulosa</i>	0	50	0	75	0	100	33.3	40
17	Sun bears	Beruang madu	<i>Elliotia malayana</i>	100	100	5	100	0	100	66.7	20
18	Common palm civet	Musang	<i>Paradoxurus hermaphroditus</i>	50	7.5	90	100	100	100	100	100
19	Binturong	Binturong	<i>Arctictis binturong</i>	0	50	0	25	0	100	33.3	60
20	Malay weasel	Muntia	<i>Mustela muntias</i>	50	7.5	40	25	22.2	100	100	50
21	Otter	Berang-berang	<i>Lutra lutra</i>	50	7.5	70	50	55.6	100	100	80
22	Flying lemur	Kibune	<i>Cynocephalus variegatus</i>	0	50	0	25	0	100	33.3	0
23	Sunda pangolin	Tenzelina	<i>Manis javanica</i>	50	7.5	40	100	77.8	100	66.7	100
24	Porcupine	Landak	<i>Hystrix sp.</i>	100	100	30	50	44.4	100	66.7	100
25	Malayan tapir	Tapir	<i>Tapirus indicus</i>	50	2.5	0	100	0	100	66.7	20
26	Asian elephant	Gajah	<i>Elephas maximus</i>	0	0	0	50	0	0	0	0

Riau, most conflict between humans and mammal species (human-attacks by animals, disturbance on plantations) happened in the 1990s and some have occurred in the 2000s. The same was reported for Jambi. In the study sites of Jambi many species still survived. One reason for this may be that the area is near to the Barisan Mountains and so remnant populations of some species still occur.

West Sumatra typically has old villages in most areas, where human settlement has occurred for more than 100 years and the traditional land use of rice fields and agroforestry is maintained. In comparison to Riau and Jambi, land use or habitat alterations occurred a long time ago in West Sumatra, which has contributed to the significant difference found in patterns of local extinction of the subject species, which is restricted only in a few lowland areas. In particular, in artificial habitats in West Sumatra, civets and otters are widely distributed. We might conclude from this that these species can endure habitat changes if they are restricted to these traditional human usages. Changes from natural forests to secondary habitats mainly composed of agroforestry fields did not cause local extinction of civet or otter, which indicates that they might be able to adapt to habitat disturbances of various intensity as long as a food source for them remains available. The Minang (West Sumatra) ethnic group, habitually plant a variety of fruiting plants surrounding their communities. This may sustain some mammals near human settlement. For instances, common palm civet could eat various fruits and sometimes they may prey farm chickens. Although otters could persist near human settlement, they actually live away from villeges but come at night to prey on pond fishes as it is common in West Sumatra. We assume that this tradition also provides opportunities for these species to survive in this area.

In general, many species could not be longer existing after habitat degradation although some species are found

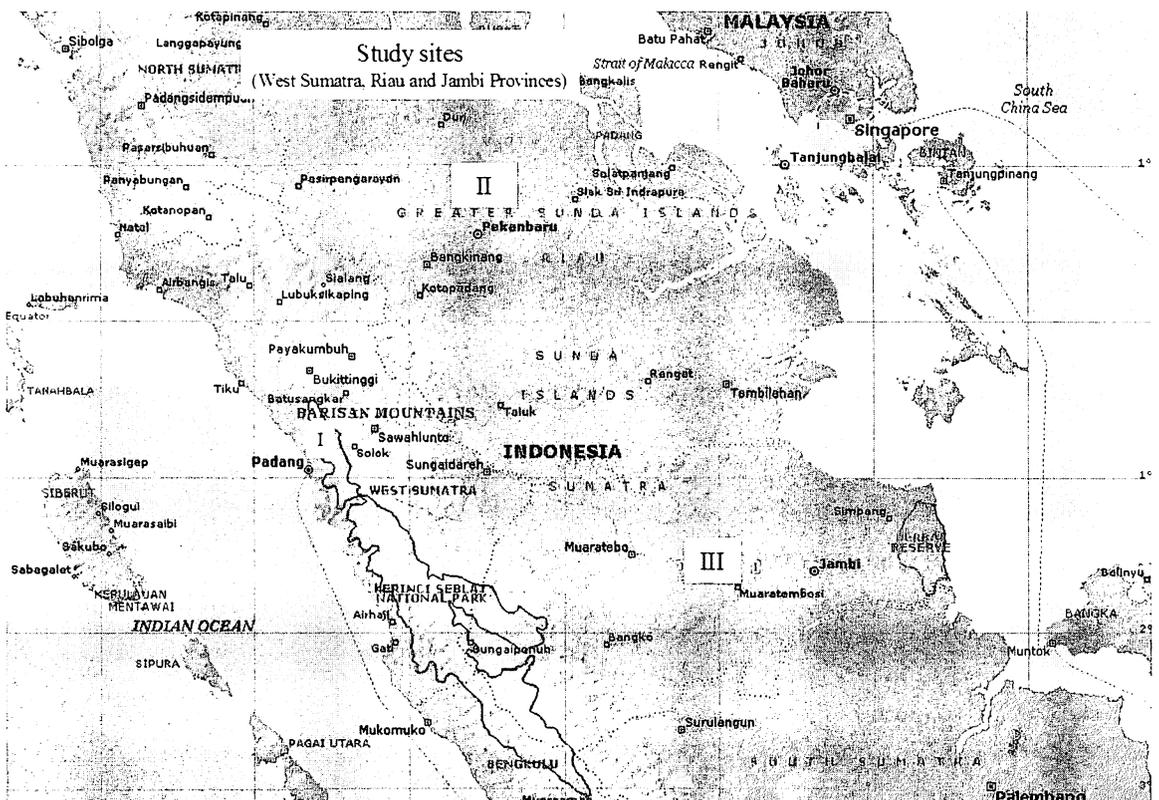


Fig.1 Study sites within three provinces in Sumatra

tolerant to some degree of the degradation (Fig 2). Wild pig and common palm civet are the most tolerant mammal species to the habitat degradation. They showed a similar trend of existences in all habitat types (Fig. 2a). This is because they could feed on various resources, active during the night even near human settlements. Although wild pig hunting is a common practice in West Sumatra and some adjacent areas but the hunting has no significant influence on their populations since the number of pigs killed is very few (Rizaldi et al. 2007).

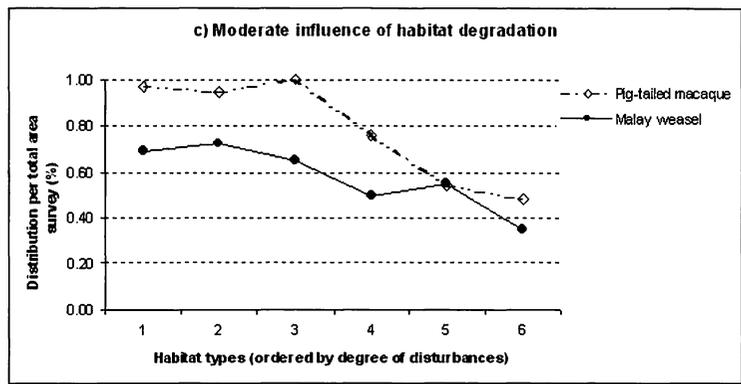
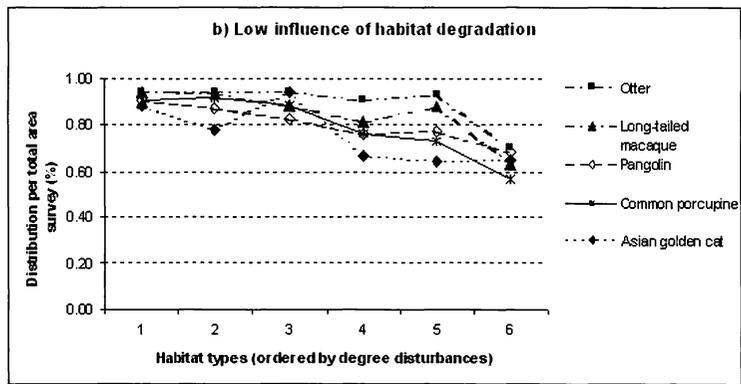
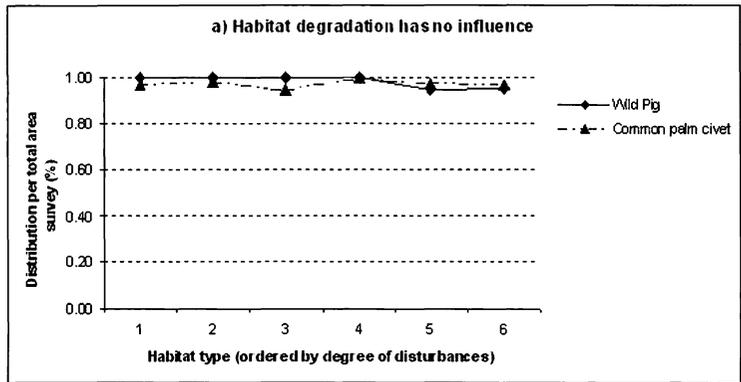
Otter, long-tailed macaques, pangolin, common porcupine and Asian golden cat are the species, which showed low influence of habitat degradation (Fig. 2b). All of these species are nocturnal except long-tailed macaques. They are found in all level of habitat degradation although most of them decreased at monoculture plantation. In large palm oil plantation usually some water canals and swampy water streams, that could provide fish for otters, still remain. Pangolin feed on insect especially ants which are available even in palm oil plantations. However, such low diversity vegetation may not fulfil their need for shelter and breeding. Porcupine are reported to feed on various fruits that usually found on the ground. They also eat fruits of palm oil so that they could survive in wide plantations although their population could be small. Asian golden cat is the only carnivore that may suffer low influence of habitat degradation. They were often reported to exist in large palm oil plantation. This is possible because they could prey on rats that are reported very common in palm oil plantation. During this study we found at least three cases of traffic accidents that kill the cats on the road along palm oil plantations (Fig. 3). Long-tailed macaques appear to be the most tolerant among primate species. Habitat degradation has a low influence although population density may be small in monoculture plantation. Actually, palm oil itself could support their need but some natural vegetation usually remains in some plots with slope areas, near water stream or border area.

In this analyses we could not classified leaf monkeys (e.g. silver langur, Mitered and banded leaf monkeys) only based on the influence of habitat degradation. Those species showed more geographical distribution separated by main rivers in Sumatra (Aimi & Bakar 1992) and elevation. However, all of them are still found in the all types of habitats. They were also found in large plantations but depending much on scattered natural vegetations, which was true especially in the newly established plantation areas. They could live in rubber forest because such vegetation provide them food and shelter although conflict with local farmers occurred sometimes.

Pig-tailed macaques and Malay weasel are diurnal and appeared to depend on forest vegetations (Fig. 2c). Distribution per total area surveyed decrease in traditional land use and plantation where the vegetation is far different from a forest form. These two species could be found near villages of human beings but natural vegetation is important to provide them with variety of foods and shelters. Pig-tailed macaques sometimes enter plantations and gardens from the adjacent forest habitats and they can cause considerable damage to grain and fruit crops (Payne et al. 1985). Their encounter in traditional land use and plantation can be due to the widely foraging habits of the species, but they may not use those areas for their core habitats.

Many species could be categorized into species with high influence of habitat degradation (Fig. 2d). All of ungulate species (barking deer, mouse deer, Sambar deer), two primate species (agile gibbon, slow loris) and two large carnivores (sun bear, clouded leopard) are in this category. Although habitat alteration from forest form to plantation could provide ungulate with more grazing area but hunting and trapping may cause serious threat since it become easy to detect them whenever they get close to plantation. We found that deer was the most favourite bush meat in the area, and most of the people in this study area did not eat pork. Agile gibbons cannot survive in plantation unless some fragmented natural vegetation support them. The fragmental natural vegetation may not sustain gibbon populations for longer to next generations. During field surveys we could find some fragmental forests remaining in large plantations that still harbour

animal flocks in them. Local people sometimes reported that clouded leopards and sun bears might come close into traditional land use and plantation. Crop damage by sun bear on coconuts are also reported but we noticed those areas were usually close to the forest that heavily disturbed.



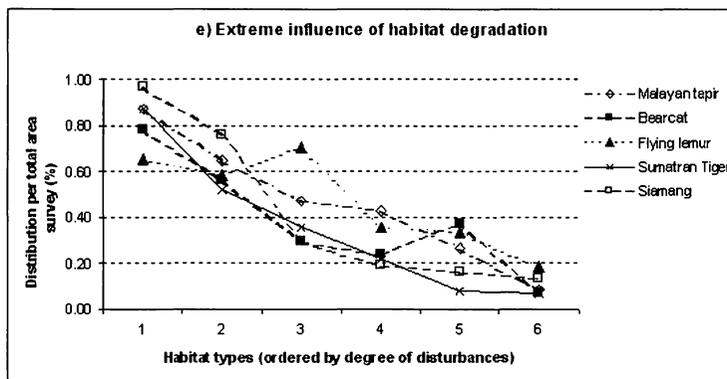
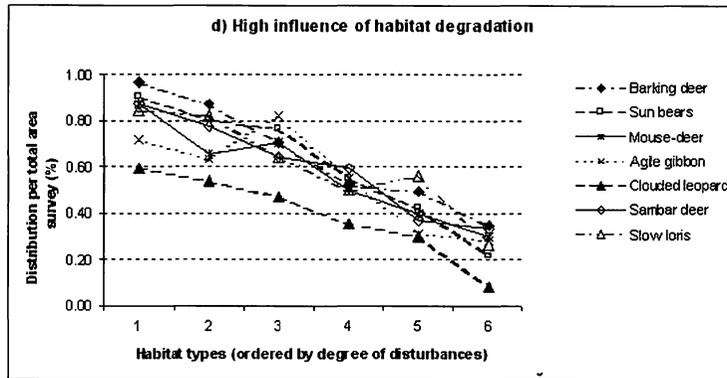


Fig.2 a-e: Influence of habitat degradation to each species of mammals

Habitat types are ordered from low to high degree of disturbances: 1= forest reserve (n=32 locations), 2= forest form adjacent to traditional land use (n=168 locations), 3= forest form adjacent to monoculture plantation (n=17 locations), 4= traditional land use adjacent to plantation (n=42 locations), 5= traditional land use (n=170 locations), and 6 = monoculture plantation (n=60 locations).

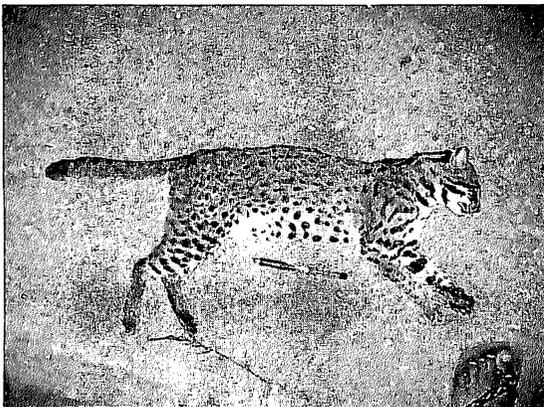


Fig.3 An Asian golden cat was killed by traffic accident

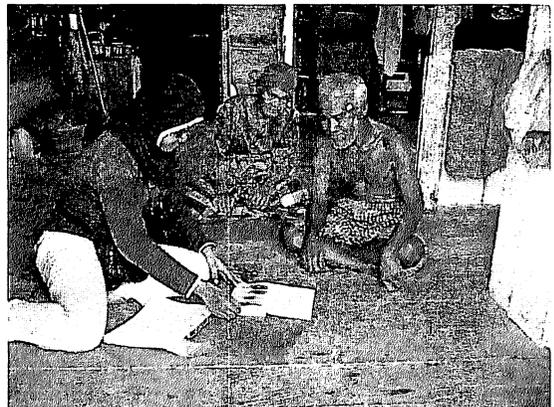


Fig.4 An interview with a preferred respondent

Existence of at least six mammal species (including elephant) is extremely influenced by habitat degradation. All those species demand natural forest and they are very sensitive to the habitat disturbances (Payne et al. 1985). Many serious threats are facing them; those are habitat loss, hunting pressure, illegal trading, trapping, poisoning and human-animal conflict. Therefore, it is understandable why these species disappear faster than others. Elephant and Sumatran tiger has experienced local extinction in Riau and Jambi Provinces since last five decades (Bakar et al. 2007). Bear cat and flying lemur are nocturnal species that found extremely influenced habitats. However, these two species were also reported to enter traditional agricultural lands and to feed on fruit and flowers. They may not enter monoculture plantation unless fragmented forest form was still remained. Malayan tapir is also depended much on forest habitat. This species were sometimes reported to be accidentally trapped and killed in hunting for wild pigs near the forest edge. Siamang is an arboreal primate that could survive only in the forest habitat. Actually, most of the siamang populations were reported from higher elevation and mountain slopes in West Sumatra Province but few in Riau and Jambi. Siamang is also reported existing near traditional agricultural lands and plantations where fragmented forests still remained.

#### 4. TENTATIVE CONCLUSIONS

- (1) Many mammal species can survive in traditionally managed agroforestry areas and mixed forests mainly composed of rubber plantations.
- (2) The most serious threat for most of the subject species is large-scale and monoculture plantations, intensively managed by large companies. Most species cannot survive in the newly established monoculture ecosystem where oil palm trees dominate and the understorey vegetation is very poor.
- (3) The natural forest should be protected for the conservation of mammal species. When habitat alteration is inevitable, the key factor is to retain a mixture of many kinds of habitat with understorey vegetation and some natural vegetation within some appropriate areas.
- (4) Habitat degradation influences different species in different ways. Some species may disappear very rapidly while others endure. Some species, like wild boars, may increase in population size. When habitat alterations occur rapidly, management of species must be carried out carefully, considering the different needs of the relevant species.

#### REFERENCES

- Aimi M. & Bakar A. 1992. Taxonomy and distribution of *Presbytis melalophos* group in Sumatera, Indonesia. *Primates*, 33: 191-206.
- Bakar A., Rizaldi, Kamilah S. N. & Watanabe K. 2007. Distribution of large- and medium-sized mammals in Sumatra Island, Indonesia. *Annual Report of Pro Natura Fund*, 16:131-141.
- Donald P. F. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production system. *Coservation Biology*, 18: 17-37.
- Jepson P., Jarvie J. K., MacKinnon K. & Monk A. 2001. The end for Indonesia's lowland forest? *Science*, 292: 859-861.
- Kinnaird M.F., Sanderson E.W., O'Brien T.G., Wibisono H.T. & Woolmer G. 2003. Deforestation trends in a tropical landscape and implications for endangered large mammals. *Conservation Biology*, 17: 245-257.
- Myers N., Mittermeier, R. A., Mittermeier C. G., da Fonseca G. A. B. & Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for

conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.

Payne J., Francis C. M. & Phillipps K. 1985. A field guide to the mammals of Borneo. World Wildlife Fund Malaysia. Kuala Lumpur.

Rizaldi, Watanabe K. & Bakar A. 2007. Communal hunting of wild boars (*Sus scrofa*) as a common practice in West Sumatra, Indonesia. *Suiform Soundings*, 7: 25-30.

Thiollay, J.M. 1995. The role of traditional agroforests in the conservation of rain forest bird diversity in Sumatra. *Conservation Biology*, 9: 335-353.

## 要約

# スマトラ島における現生中大型哺乳類の生息地破壊と その影響に関する調査研究(継続)

リザルディ、サンティ・ヌーラル・カミラー

インドネシアのスマトラ島では大規模な環境破壊が進んでおり、いくつかの哺乳類種の地域的な絶滅が危惧されている。中部スマトラの3つの州(西スマトラ州、リアウ州、ジャンビ州)で、生息する中大型哺乳類種がどのようにこうした生息地破壊に対応しているのかについての調査を行った。

調査の目的は、1. 対象とした26種の中大型哺乳類種の生息実態を明らかにすること、2. これらの種の個体数変動を予測すること、3. これらの種が将来生息していく上での鍵となる要因を見いだすことである。車を用いてほぼこれらの州全域をまわりながら、それぞれの土地の住民に対する聞き取り調査を行い、さらに直接観察を行って対象種の分布実態と関連する生態要因に関するデータ収集を行った。またより正確に分布実態を把握するために、いくつかの重点調査区をもうけて調査を行った。重点調査区では、4つの生息環境、すなわち自然林、さまざまな種の混交林となるアグロ・フォレストリー地域もしくは伝統農法によるゴム林、アブラヤシのみが生育する集約的なプランテーション地域、人間の生活する集落やその周辺の田園地帯を区分けして、それぞれ生息環境の違いにより、どのように種の生息

状況が変わっていくのか、またそれぞれの種の生息地破壊に対する影響の受け方を分析した。調査の結果、伝統的なやりかたで維持されてきたアグロ・フォレストリー地域や主としてゴム林からなる混交林では、個体数は少なくともまだ多くの種が生息していることが明らかになった。アブラヤシの大規模農園はほとんどの種にとって重大な脅威となっている。新しく作られたアブラヤシだけが生育し下生えが非常に貧困な単純生態系の中では、彼らは生息していくことはできない。種の分布パターンにより、生息地の環境変化に対してそれぞれ少しずつ異なった対応があることが認められ、影響の大きさによって5段階に分類した。イノシシやジャコウネコは環境変化に対してもっとも影響を受けない種であり、ゾウ、トラ、フクロテナガザル、タピル、マレーグマ、ヒョケザルなどがもっとも影響を受ける種である。こうした結果に基づいて、それぞれの種の存続可能性、あるいは地域的絶滅の可能性について検討した。また環境破壊が避けられないとしても、混交林地帯を適切に残していくことが多くの種の存続のために重要であることを論じた。

(推薦者：渡邊 邦夫)

## 焼畑移動耕作者定住化政策による焼畑短周期化が 植物の多様性と遷移に及ぼす影響

### The Effects of the Shorten Fallow on Plant Diversity and Succession in Laos

Mone Nouansyvong・安部 華枝・山田 祐彰・平田 豊

本研究では、焼畑短周期化による山間農村自然環境への負荷増大を検討するため、常緑樹林と落葉混交林の原生林と焼畑放棄約10年、20年後の植生・土壌を比較し、その遷移状況を明らかにした。

常緑樹林と落葉混交林の調査地では、ともに原生林と焼畑放棄地における種数に大差がなかったが、出現種や林層構成種に違いが見られた。原生林に比較すると、焼畑放棄地で確認された植物は、20年経過しても確認されない場合があり、焼畑後の植生回復には時間を要することがわかった。

常緑樹林と落葉混交林を比較すると後者の方が出現種数は多かった。常緑樹林調査地での土壌状況は、NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>をのぞくP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ECは原生林で高い値を示していた。落葉混交林調査地では、土壌状況に大差は見られなかったが、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が原生林で最高値を示していた。

調査の過程において、焼畑放棄10、20年後の調査を実施し、確認種数や土壌状況に大差が見られなかったが、放棄10年後の植生ではパイオニア種が確認された。さらに焼畑耕作直後や放棄1年後、2年後、3年後などの短年の植生遷移を把握することで、いっそうの焼畑短周期化による山間農村自然環境への影響が把握できるであろう。

#### 1. 背景と目的

隣国タイでは、山岳民族移動耕作による森林減少を洪水渇水の主要因として重視し、1980年以降定住化政策を推進している。しかし、同国の10年を経た休閑地で隣接天然林構成植物319種の70%に当たる223種が確認されたとの報告もあるため(Genesis of Eden Diversity Encyclopedia online : book/diversit/extra/slash.html 2006. 7. 18)、十分休閑すれば、焼畑移動耕作は必ずしも自然破壊に直結しないとも考えられよう。ラオス政府はタイ政府に倣って1990年代から3年周期の定住化政策を強制し、2015年までに焼畑移動耕作をなくすことを目標としている。その一方で多くの農民は、農地として利用可能な土地の制限、不十分な農作物収量、農業技術・知識の不足という理由により、移動耕作をやめることができない現状にある(Nafri *et al.* 2005)。

そこで、焼畑短周期化による山間農村自然環境へ

の負荷増大を検討するため、常緑樹林と落葉混交林の未開拓地と休閑地の植生・土壌比較において、焼畑耕作後の遷移状況を明らかにする。

#### 2. 調査方法

調査地は、ラオスにおいて焼畑耕作が盛んな上、近年は大面積の長期休閑地が陸稲水田やトウモロコシのプランテーションに転換されているXiengkhouangにあるKham県とした。その地域のHuat村で常緑樹林、Yorkua村で落葉混交林を選定した。各調査地において、原生林、焼畑放棄約10年後と20年後の場所で調査を実施した。

調査方法は、調査地において20m×50mの調査区域を無作為に設定し、さらに調査区域内には2m×5mのプロットAとB、5m×20mのプロットCを設定した(図1参照)。

植物調査は、A、B、Cの3プロット内で、Caryl (2001)

の方法を用いて植物相を把握した(図2参照)。

土壌調査は、A、B、Cの3プロット内で縦・横0.3～0.5m、深さ0.3mの土壌を採取(図3参照)して混合し、各調査地内の土壌サンプルとして土壌栄養分を分析した。分析項目は、植物の生長状況に関するpH、NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ECとした。

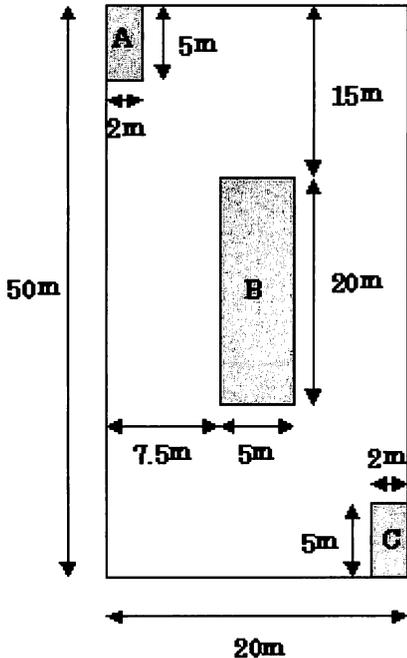


図1 調査区詳細図



図2 植物調査風景

### 3. 結果

#### (1) 常緑樹林

##### 1) 植物調査結果

###### A. 植物種数

原生林は、局部的に湿潤土壌を含む小さな丘であり、ラオスでPa Dongと呼ばれている。この調査地では、23科、43属、49種の植物が確認された。最も多かった植物は、Samat (*Micromelum minutu*)であり、次に多かったのはPor Keekaidum(*Helicteres sp.*)、Kuakandailing (*Bauhinia penicilliloba*)、Lerplang、Kuakao(*Byttneria pilosa*)、Tabuam、Leuanglotであった。その他には、Phao(*Engelhardtia chrysolepis*)、Hanghorn(*Diospyros gardneri*)、Sidin(*Walsura robusta*)、Nangdum(*Diospyros mun*)が見られた。

放棄10年後では、27科、51属、57種の植物が確認された。PIPERACEAEの植物が多く、特にSakan(*Piper sp.*)が多く確認された。その他には、GRAMINEAE、MENISPERMACEAE、URTICACEAE、LEGUMINOCEAE、Kuakao、Kuakao Daeng、Kuakao Mon、ZINGIBERACEAE、RUTACEAE、Phapok、LAURACEAEの植物が確認された。また、Mark Naeng(ZINGIBERACEAE)、Ya France(COMPOSITAE)やPhai Narm / Phai Pa(*Bambusa bambos*)のようなGRAMINEAEの植物がよく見られた。

放棄20年後では、24科、45属、54種の植物が確認された。Sakarn(PIPERACEAE)、PTERYDOPHYTAの植物が最も多く、次に多かったのは



図3 土壌調査風景

Tangkai(VITACEAE)であった。さらに、Markphong (GUTTIFERAE)、Kadoi(EUPHORBIACEA)、Yayung (GRAMINEAE)、Markmankeo(COMPOSITAE)、Kuamor (MENISPERMACEAE)、Phapokがしばしば見られた。

## B. 植生構造

各調査地における植生構造を表1に示す。

原生林は樹高30m以上の種が多く、林冠は密生していた。垂直分布構造は、様々な生育段階の樹種や実生が確認されたが多様ではなかった。上層から下層にかけて観察すると、草本と木本をあわせて4つの層に分けられた。最上層は、Mailahn(*Legerstoemia spp.*)、Peur puakbang(*Legerstoemia spp.*)、Duapong (*Ficus hispida*) が確認された。二番目の層は厚く密集した林冠であり、Khoudarm、Leuanglort、Tabuam、Papok、Lumyai pa(*Dimocarpus longan*)、Lerplang、Phao(*Engelhardtia chrysolepis*)、Hanghorn(*Diospyros gardneri*)、Nangdum(*Diospyros mum*) が生育し、Kuakandailing(*Bauhinia penicilliloba*) や Kuakao (*Byttneria pilosa*)のようなツタ植物と混生していた。三番目と最下層は、Samat(*Micromelum minutum*)、Por Keekaidum(*Helicteres sp.*)、Sidin(*Walsura robusta*)の小低木や実生が繁茂していた。土壌表層は植物がほとんどなく、草本類も見られなかった。

放棄10年後は、3つの層に分けられた。上層はPhapok、Phao(JULANDACEAE)、Fungfard(EUPHORBIACEAE)、Kilek(LEGUMINOCEAE)、Pam (URTICACEAE)、Sapam、Kibae (RUTACEAE) が確認された。さらにこの層には、STERCULACEAE、SOLANACEAE、Kuakaodaeng、Kuakaomon、LAURACEAE のようなツル性の植物も生育していた。中層はTang、Soy (VITACEAE)、Kimoth(EUPHORBIACEAE)が生育していた。土壌表層は様々な植物で覆われており、主要な種はSakam(PIPERACEAE)、Yayung (GRAMINEAE)、Kuamor(MENISPERMACEAE)であった。

放棄20年後は、二次植生が成熟していた。原生林のような大木はなかったが、上層はEUPHORBIACEAE、Phapok、JULANDACEAE、URTICACEAEなどの樹冠が重なりあって密集していた。中層は、VITACEAE、EUPHORBIACEAEの植物が生育し、下層の土壌表層にはRUTACEAE、MELIACEAE、PIPERACEAE、PTERYDOPHYTAの植物が見られたが少なかった。

## C. 植生遷移

調査地間における出現種と消失種を表2に示す。

原生林で確認されたが、放棄10年、20年後に確認されなかったのは、EBENACEAE、HYDROCHARITACEAE、

表1 常緑樹林調査地の植生構造

		原生林	放棄10年後	放棄20年後
層	上層	LYTHACEAE GUTTIFERAE, Khoudarm, Phapok, EBENACEAE, Tabuam, Leuang lort, JULANDACEAE, SAPINDACEAE, LEGUMINOSEAE	EUPHORBIACEAE, RUTACEAE, LEGUMS, JULANDACEAE, Phapok, URTICACEAE, Soy, EBENACEAE	EUPHORBIACEAE, Phapok, JULANDACEAE, URTICACEAE
	中層	VITACEAE, seedlings of tree in second class	VITACEAE	VITACEAE, EUPHORBIACEAE
	下層	RUTACEAE, MELIACEAE	ZINGIBERACEAE, MENISPERMACEAE, PIPERACEAE, PTERYDOPHYTA, GRAMINEAE	RUTACEAE, MELIACEAE, PIPERACEAE, PTERYDOPHYTA

OPILIACEAE、SAPINDACEAEの植物であった。一方で、原生林では確認されなかったが、放棄10年後に出現して20年後も生育しているのは、ARALIACEAE、EUPHORBIACEAE、GRAMINEAE、PIPERACEAE、SOLANACEAEの植物であった。

原生林で確認されず、放棄10年後に出現し、20年後には消失するのは、LAURACEAE、MYRTHACEAE、RUBIACEAE、SIMAROUBACEAE、TILIACEAEの植物であった。また、原生林と放棄10年後で確認されず、20年後に出現するのは、APOCYNACEAE、UMBELLIFERAEの植物であった。

## 2) 土壌分析結果

各調査地における土壌分析結果を表3に示す。

pHは原生林が中性に近い値を示し、焼畑放棄から年数が経過するにしたがって、酸性に変化している。NH<sub>4</sub>およびNO<sub>3</sub>は放棄10年後が最も高い値を示し、原生林が最も低かった。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびK<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は、原生林が他の調査地よりも2倍近く高い値を示し、放棄10、20年後での数値差はほとんどなかった。ECは原生林が他の調査地よりも高い値を示し、放棄20年後が最も低かった。

## (2) 落葉混交林

### 1) 植物調査結果

#### A. 植物種数

原生林は、低く緩やかな傾斜の小さな丘であった。この調査地では、25科、31属、94種が確認された。最も多かったのは、FAGACEAEの植物であり、その他は主にTor Long、Muard(*Aporosa villosa*)、Dok Ban(*Bauhinia variegata*)、Fan(*Protium serratum*)が見られた。また、Hing(*Keteleeria evelyniana*)が点在し、しばしば確認された。

放棄9年後では、32科、36属、95種が確認された。Peek Kai Dum(*Pseuderanthemum crenulatum*)、Som Kop(*Hymenodictyon orixense*)、Som Lour、Mon Keap、ツタ植物が多く、Mon Yang(*Dioscorea sp.*)が点在していた。

放棄19年後では、30科、33属、94種が確認された。PTERYDOPHYTA、Yaku、Ya Yung (*Microstegium sp.*)、Kaem(*Thysanolaena latifolia*)、Ya Kon Mu Dong、着生ランのepiphytic orchids、Mon Keap、Kao Mao、Mon Pao(*Dioscorea bulbifera*)、Mon Yang(*Dioscorea sp.*)が多かった。

表2 調査地間における出現種と消失種の比較

原生林～放棄10年後		放棄10年後～20年後		原生林～放棄20年後	
原生林にあって放棄10年後に消失した植物	原生林になく、放棄10年後に出現した植物	放棄10年後にあって20年後に消失した植物	放棄10年後になく、20年後に出現した植物	原生林にあって放棄20年後に消失した植物	原生林になく、放棄20年後に出現した植物
ARACEAE	ARALIACEAE	LAURACEAE	APOCYNACEAE	COMPOSITAE	APOCYNACEAE
EBENACEAE	EUPHORBIACEAE	MYRTHACEAE	MORACEAE	EBENACEAE	ARALIACEAE
HYDROCHARITACEAE	GRAMINEAE	RUBIACEAE	PTERYDOPHYTA	GUTTIFERAE	EUPHORBIACEAE
LYTHACEAE	LAURACEAE	SIMAROUBACEAE	UMBELLIFERAE	HYDROCHARITACEAE	GRAMINEAE
MORACEAE	MYRTHACEAE	STERCULIACEAE	ORCHIDACEAE	LAURACEAE	PIPERACEAE
OPILIACEAE	PIPERACEAE	THEACEAE		OPILIACEAE	SOLANACEAE
ORCHIDACEAE	RUBIACEAE	TILIACEAE		SAPINDACEAE	UMBELLIFERAE
PTERYDOPHYTA	SIMAROUBACEAE	COMPOSITAE		THEACEAE	URTICACEAE
SAPINDACEAE	SOLONACEAE				VITACEAE
	TILIACEAE				
	URTICACEAE				

表3 土壌分析結果

分析項目		原生林	放棄10年後	放棄20年後
PH	H <sub>2</sub> O	6.86	6.03	5.65
	kcl	6.65	5.92	5.43
NH <sub>4</sub>	ppm	16.1	21	16.8
NO <sub>3</sub>	ppm	9.1	12.6	10.73
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P ppm	0.15	0.07	0.07
K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.11	0.06	0.04
EC	ms	160.1	103.6	64

## B. 植生構造

各調査地における植生構造を表4に示す。

原生林は3層に分けられ、上層の大木下にTang(*Aralia sp.*)、Mark Luang(*Garcinia multiflora*)があり、中層にはツタ植物が確認された。下層の土壌表層は、Yaku、Ya Yung Kon(*Microstegium sp.*)、Kaem(*Thysanolaena latifolia*)、Ya Kon Mu Dong、ラン植物、Mon Pao(*Dioscorea bulbifera*)、Mon Yang(*Dioscorea sp.*)で覆われていた。

放棄9年後は3層に分けられ、上層にKam Pome(*Phyllanthus emblica*)、Kabor(*Dalbergia lanceolaria*)、Tor long、Nau Din(*Ficus heterophylla*)、Pha(*Callicarpa tomentosa*)、Hing(*Keteleeria evelyniana*)、Sa panhが確認された。この層にある樹木の高さは、8m以下であった。中層はURTICACEAE、VITACEAEの植物が確認された。下層の土壌表層はYa Fa Lang(*Eupatorium odoratum*)、Ya Ka(*Imperata cylindrica*)、Ya Kon Mu Dong、Ya Yung(*Microstegium sp.*)、Ya Phaeで覆われていた。

放棄19年後は3層に分けられ、上層はMark Kor(*FAGACEAE*)、Kabor(*Dalbergia lanceolaria*)、Mark Sim(*Amalocalyx microlobus*)、Lum Yai(*Dimocarpus longan*)、Mar Moa、Hing(*Keteleeria evelyniana*)、Pao(*Croton joufra*)、Maurt(*Aporosa villosa*)、Kaeng

kouangが密集していた。中層はVITACEAE、RUBIACEAEの植物が確認された。下層はTang、Kao、Tew(*Wendlandia tinctoria*)がかなりの面積を占めており、ツタ植物、Bubeがしばしば見られた。

## C. 植生遷移

調査地間における出現種と消失種を表5に示す。

原生林では確認されたが、放棄9年、19年後に確認されなかったのは、EBENACEAE、MELIACEAE、TERNSTROEMIACEAE、UMBELLIFERAEの植物であった。一方で、原生林では確認されなかったが、放棄9年後に出現して19年後も生育しているのは、ACANTHACEAE、RUTACEAEの植物であった。

原生林で確認されず、放棄9年後に出現し、19年後には消失するのは、ASCLEPIADACEAE、BIGNONIACEAE、BOMBACACEAE、ERICACEAE、PASSIFLORACEAE、VERBENACEAEの植物であった。また、原生林と放棄9年後で確認されず、19年後に出現するのは、ACANTHACEAE、FLACOURTIACEAE、HYDROCHARITACEAE、JULANDACEAE、SAPINDACEAEの植物であった。

## 2) 土壌分析結果

各調査地における土壌分析結果を表6に示す。

表4 落葉混交林調査地の植生構造

		原生林	放棄9年後	放棄19年後
層	上層	FAGACEAE, BURSERACEAE, EUPHORBIACEAE, LEGUMINOSEAE, Tolong	RUBIACEAE, FAGACEAE, EUPHORBIACEAE, LEGUMINOSAE VERBENACEAE, MORACEAE, PODOCARPACEAE	FAGACEAE, APOCYNACEAE, EUPHORBIACEAE, PODOCARPACEAE
	中層	VITACEAE	URTICACEAE, VITACEAE	VITACEAE, RUBIACEAE
	下層	YAKU, ORCHIDACEAE, PTERYDOPHYTA, GRAMINEAE DIOSOREACEAE	YaKu, ORCHIDACEAE, PTERYDOPHYTA, GRAMINEAE DIOSOREACEAE	YaKu, ORCHIDACEAE, PTERYDOPHYTA, GRAMINEAE DIOSCOREACEAE, COMPOSITAE

pHは、全ての調査地が酸性であり、特に原生林の値が低かった。NH<sub>4</sub>、K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ECは、調査地間で大差はなかったが、原生林が最も高い値を示し、放棄9年後が最も低かった。NO<sub>3</sub>は放棄9年後が最も高い値を示し、原生林が最も低かった。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は原生林が他の調査地よりも7倍以上高い値を示した。

#### 4. 考察

##### (1) 植物調査結果

##### 1) 植物種数

常緑樹林と落葉混交林において、原生林と放棄約10、20年後の科、属、種数の大差は見られなかったが、放棄後20年後に比較して10年後が最も種数が多かった。その理由は、焼畑によって切り開かれた森林に様々なパイオニア種が侵入したこと、陽性植物の生育が可能になったことが理由として考えられた(Vieira and Proctor 2007)。

両調査地において、放棄約10年と20年後に多く見

られる種には共通性が見られたが、原生林と放棄10、20年後に多く見られる種には、あまり共通性が見られなかった。このことから、焼畑によって切り開かれた森林は、焼畑放棄後20年間では、原生林に近い状態に回復しないことがわかった。

#### 2) 植生構造

常緑樹林における原生林調査地の植生構成は4層であったが、その他は3層であった。

常緑樹林は原生林の上層の植物種数が多く、下層にかけてその多様性が減少していたが、放棄10、20年後は中層の多様性が低かった。一方、落葉混交林では、原生林、放棄9、19年後の各層を比較した結果、各層を構成する植物種数および種は類似していた。このことから、常緑樹林に比較して落葉混交林は、焼畑耕作後の原生林までの回復が早いと考えられた。

表5 調査地間における出現種と消失種の比較

原生林～放棄9年後		放棄9～19年後		原生林～放棄19年後	
原生林にあって放棄9年後に消失した植物	原生林になく、放棄9年後に出現した植物	放棄9年後にあって19年後に消失した植物	放棄9年後になく、19年後に出現した植物	原生林にあって放棄19年後に消失した植物	原生林になく、放棄19年後に出現した植物
EBENACEAE	ACANTHACEAE	ARACEAE	ACANTHACEAE	ARACEAE	ACANTHACEAE
MELIACEAE	ANACARDIACEAE	ASCLEPIADACEAE	FLACOURTIACEAE	EBENACEAE	CAESALPINIOIDEAE
OLEACEAE	ARALIACEAE	BIGNONIACEAE	HYDROCHARITACEAE	MELIACEAE	COMPOSITAE
ORCHIDACEAE	ASCLEPIADACEAE	BOMBACACEAE	JULANDACEAE	SIMARUBIACEAE	FLACOURTIACEAE
SMILACACEAE	BIGNONIACEAE	ERICACEAE	SAPINDACEAE	TERNSTROEMIIACEAE	HYDROCHARITACEAE
TERNSTROEMIIACEAE	BOMBACACEAE	LEGUMINOSAE	SMILACACEAE	THEACEAE	HYPERICACEAE
UMBELLIFERAE	ERICACEAE	MIMOSIODEAE		TILIACEAE	JULANDACEAE
	PASSIFLORACEAE	PASSIFLORACEAE		UMBELLIFERAE	LEUGUMINOSAE
	RUTACEAE	THEACEAE			RUTACEAE
	URTICACEAE	VERBENACEAE			SAPINDACEAE
	VERBENACEAE				

表6 土壌分析結果

分析項目		原生林	放棄9年後	放棄19年後
PH	H <sub>2</sub> O	4.46	4.58	4.5
	kcl	3.73	4.19	4.06
NH <sub>4</sub>	ppm	14	11.2	12.6
NO <sub>3</sub>	ppm	5.6	7	4.2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P ppm	28.04	1.22	3.8
K <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.052	0.044	0.042
EC	ms	14.2	13.6	13.7

### 3) 植生遷移

常緑樹林において、焼畑耕作によって消失して20年後も回復できない種は4科の植物であり、原生林では確認されなかったが、放棄10年後に出現して20年後も生育しているのは5科の植物であった。一方で、原生林で確認されず、放棄10年後に出現して20年後には消失したのは5科の植物であった。植生遷移課程でパイオニア種が移入することにより一時的に植物種数が増加し(Barua and Singh 2006)、移入した様々な植物が、次世代の植物を誘導すると考えられた。また、原生林と放棄10年後で確認されず、20年後に出現した植物は2科であり、原生林に生育して放棄20年後に再出現したのは、MORACEAE、PTERYDOPHYTA、ORCHIDACEAEの3科の植物であり、これらの回復には10年以上の年数が必要であることがわかった。

落葉混交林において、焼畑耕作によって消失して19年後も回復できない種は4科の植物であり、原生林では確認されなかったが、放棄9年後に出現して19年後も生育しているのは2科の植物であった。一方で、原生林で確認されず、放棄9年後に出現して19年後には消失したのは、6科の植物であった。また、原生林と放棄9年後で確認されず、19年後に出現したのは5科の植物であり、原生林に生育して19年後に回復したのは、SMILACACEAEの植物1科のみであり、これらの回復には9年以上の年数が必要であることがわかった。

### (2) 土壌分析結果

常緑樹林において、pHに大差はなかったが、原生林が中性に近い値を示しており、安定した土壌であると考えられる。NH<sub>4</sub>およびNO<sub>3</sub>は放棄10年後が最も高い値を示し、原生林が最も低かったのは、森林が切り開かれて日射量が増加し、地表温度が上昇して有機物の分解が進んだためと考える。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびECは、原生林が他の調査地よりも高い値を示しており、その理由は放棄10、20年後では耕作時に作物が吸収したことと、原生林に比較すると地力を保持することができなかったことが考えられた。

落葉混交林においては、pHは全ての調査地が酸性

であり、ほとんどの分析項目について大差はなかった。ただし、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>は原生林が他の調査地よりも7倍以上高い値を示しており、この理由を特定することはできなかった。

### 5. 結論

焼畑短周期化による山間農村自然環境への負荷増大を検討するため、常緑樹林と落葉混交林の原生林と焼畑放棄約10年、20年後の植生・土壌を比較し、その遷移状況を明らかにした。

常緑樹林と落葉混交林の調査地では、ともに原生林と焼畑放棄地における種数に大差がなかったが、出現種や林層構成種に違いが見られた。原生林に比較すると、焼畑放棄地で確認された植物は、20年経過しても確認されない場合があり、焼畑後の植生回復には時間を要することがわかった。

常緑樹林と落葉混交林を比較すると後者の方が出現種数は多かった。常緑樹林調査地での土壌状況は、NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>をのぞくP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、ECは原生林で高い値を示していた。落葉混交林調査地では、土壌状況に大差は見られなかったが、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>が原生林で最高値を示していた。

本研究では、焼畑放棄10、20年後の調査を実施し、確認種数や土壌状況に大差が見られなかったが、放棄10年後の植生ではパイオニア種が確認された。さらに焼畑耕作直後や放棄1年後、2年後、3年後などの短年の植生遷移を把握することで、いっそうの焼畑短周期化による山間農村自然環境への影響が把握できるであろう。また、本研究で実施した焼畑放棄10年、20年後の調査地は、少ない土地で農業を営む地域住民が長期間放棄していたことから、十分な土壌養分がないと住民が判断したため、人々が利用せずに放棄したことも考えられた。今後同様な調査を実施する際には、放棄理由を十分に調査し、原生林と比較する対象地となりうる調査地を十分に検討する必要があると考える。

### 謝辞

本研究の一部は、2006年度(第17期)プロ・ナトゥーラ・ファンド助成により、実施することができた。この場を借りてお礼を申し上げます。

## 参考文献

- Barua, K.N. and Singh, J. 2006. Phytodiversity of jhum fallow communities in Karbi Anglong District of Assam. *Indian Journal of Tropical Biodiversity*, 14 (2) : 144-152
- Caryl, L. Elzinga. 2001. *Monitoring Plant and Animal Populations*. Blackwell Publishing.
- Slash and Burn may Preserve Biodiversity Better than Plantations. 1997.11.15. Charlie Pyo-Smith. *Genesis of Eden Diversity Encyclopedia*. Available at: <http://www.dhushara.com/book/diversit/extra/slash.html>. Accessed 2006.7.18.
- NAFRI, NAFES, NUOL. 2005. *Improving livelihoods in the upland of Lao PDR, Volume 1: Initiatives and approaches*. National Agriculture and Forestry Research Institute. Vientiane. Lao PDR. 264 pp.
- Stohlgren, T.J., Falkner, M.B. and Schell, L.D. 1995. A Modified-Whittaker Nested Vegetable Sampling Method. *Vegetatio*, 117 (2) : 113-121
- Vieira, I.C.G. and Proctor, J. 2001. Mechanisms of plant regeneration during succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. *Plant Ecology*, 192 (2) : 303-315.

## SUMMARY

This study aims to identify the plant diversity, their succession patterns in different ages of fallows after slash and burn agriculture. By which, compare change of plants species and dominance including soil nutrients in two types of forest, hill evergreen and mixed deciduous forest.

There was really not much difference about number of species but there were difference of appearance and structure species between primary forest and slash and burn field in hill evergreen and mixed deciduous forest. We could find out that it needs much time to recover the vegetation as primary forest in slash and burn field because some species of primary forest could not be seen in 20 years fallow field.

Mixed deciduous forest had a lot of species to compare with hill evergreen. About soil nutrients, primary forest had high number about  $P_2O_5$ ,  $K_2O_5$  and EC except  $NH_4$  and  $NO_3$ . On the other hand, there was really not much difference about soil nutrient except  $P_2O_5$  in mixed deciduous forest.

The study revealed that, there was really not much difference about number of species and soil nutrient in different age field but 10 years fallow field had pioneer species. We guess that we can see more full impacts for environment if we show the succession after 1, 2 or 3 years follow after slash and burn.

## Biodiversity of plant resources in homesteads: its meaning and change

Md. Rashedur Rahman<sup>1)</sup>

### SUMMARY

Research on plant diversity and its change in homestead was conducted in Bangladesh where is on the huge delta of Ganges, and forest coverage is only 13%. Kazirshimla village in Mymensingh District was selected as research village. After conducting general basic survey on whole households in the village, six(6) sample households were selected based on the landholding size.

All the plants in homestead were listed, then usage and care/management on each plant, and perception towards plants were interviewed. In addition, data on plant utilization were also collected from twenty six(26) students of class V level.

From the collected data we have found that the number of plant species was about 84 which comprised timber yielding plants, fruit cum timber trees, seasonal vegetables (both summer and winter) and some wild species. The age of fruit trees and timber yielding trees varied from 3 years to 25 years, and aged trees were planted by their ancestors. Seeds and seedlings were usually collected from markets or nurseries and some were also collected from neighboring houses and relatives.

Uses varied plant by plant, and some plants got multiuse while some were of single use. Main multipurpose plants were such as Jackfruit(*Artocarpus heterophyllus*), Mango (*Mangifera indica*) and black berry (*Syzygium cumini*), and the uses included fruit, timber, fuel, fodder etc. Wild species which had medicinal value (*Datura metal*, *Eclipta alba* etc.) got single use. Among timber yielding plants, village people mainly utilize Mahogoni (*Swietenia mahagoni*), Koroï (*Albizia spp*), Jackfruit and Mango. It was observed the decrease of the number of timber yielding plants like Mahogoni, Koroï etc. due to monetary need of household members. Farmers were more likely to plant fruit trees since they provided different product like timber, food, fodder, fuel etc.

Regarding data collection by students, we found that students had much perception about their local trees and plants, and it differed student by student.

The care and management of plants was practiced by female members of the household, and the utilization patterns of plants were based on their daily needs. It was clear that women were mainly interested to keep the biodiversity of plants from interview. The homestead plants were also a hard cash income source which was another important reason for villagers to grow different plants in their homesteads.

### 1. OBJECTIVE AND BACKGROUND OF THE RESEARCH

Bangladesh is on the huge delta of Ganges, and forest coverage is only 13%, unevenly distributed. Except for mangrove areas in southern parts and hilly tribal areas around the border, there are very few forest areas. Under such environmental situation, homesteads play important role as the growing place for perennial plants since it is almost the only place free from inundation by flooded water in deltaic area. Homestead is also the place for livestock rearing, and working such as post-harvest activities along with household chores, and plants are grown under space competition.

---

1) Bangladesh Agricultural University

In homesteads, villagers understand characteristics of each plant, and various plants including wild plants are growing and utilized to meet daily needs. Regarding diversity of plants on homesteads, it is reported that more than 120 species were observed in one village on the floodplain (Yoshino K. and Ando K. 1999. Utilization of plant resources in homestead (bari-bhiti) in flood plain in Bangladesh. Japanese Journal of Tropical Agriculture, 43(4)).

These days, with the expansion of market economy, villagers' interests tend to be concentrated on limited number of commercially variable species, and slow growing or less commercially variable indigenous species/varieties have come to be less grown, which accompanies the loss of bio-diversity.

It is emergently required to evaluate the meaning of diversity of homestead plantation. The evaluation should be based on the villagers' daily life, and villagers' knowledge on the plants fostered by generations. Thus a research was conducted to grasp the diversity and villagers' knowledge on plants in the homesteads in detail and visually so that villagers' also can share the information and to seek for the possibility to maintain the diversity considering villagers' sift of interest.

## 2. DATA COLLECTION PROCEDURE

### (1) Site selection

Kazirshimla village in Mymensingh District, Bangladesh has been selected as research village because Bangladesh Agricultural University conducted farming research since 1986 to 1991, and some basic data can be available and the change of utilization of homestead can be seen.

### (2) Base line data collection

Initially at the starting of the research work each and every household were visited to collect the basic data about the household. This included name of the household (like khar bari or molla bari etc.), name of the head of the household, family members of each household, age of the each family members, land possesses (own land, rent in as well as rent out), rice production sufficiency (i.e. buy or sell) and other income sources, if any.

### (3) Selection of sample households

After conducting general basic survey on whole households in the village (about 300 households), sample households were selected based on amount of land they are possessing (marginal, small, and medium). There were two household of each category. So total number of sample households were six (6).

### (4) Listing up of plants in selected household

After selection of sample household each of the households were visited time to time for listing up all the plants.

### (5) Data gathering on plant usage from selected household and school students

#### 1) Data from sample household

After completion of listing up of all the plants, knowledge of household members about the usage of plants planted were gathered. The usage, care/management, and other information (e.g. perception towards the plants, origin of name, traditional habit on the plants, origin of the plant if it is newly introduced, etc) on each plant were interviewed.

## 2) Data from school children

There was a primary school in the situated in the village. Data were also collected on plant utilization in a small scale from the students of class V level. There were 26 students who were interacted with us and supplied the information that they know about the plant usage.

All the research was jointly conducted with Keiko Yoshino.

## 3. RESULT AND DISCUSSION

The number of plant species was about 84 which comprise timber yielding plants, fruit cum timber trees, seasonal vegetables (both summer and winter), flowerig plants, medicinal plants and some wild species of plants.

The age of the fruit trees and other timber yielding trees varied from 3 years to 25 years. The aged trees were planted by their ancestors and the relatively younger trees and seasonal vegetables have been planted by the present household members. The seeds or seedlings of the plants, they usually collect from the market or nursery and some also collected from the neighboring house and relatives and some also from their own source.

The uses varied from the types of the plants. Some plants have got multiuse and some are of single use to the household members. The multipurpose plants include mainly Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), Mango (*Mangifera indica*) and black berry (*Syzygium cumini*). The uses include fruit, timber, fuel, fodder etc. The wild species of plants which have medicinal value have got the single use which may include *Datura metal*, *Eclipta alba* etc. Among the timber yielding plants the village people mainly utilize the Mahogoni (*Swietenia mahagoni*), Koroi (*Albizia spp*), Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) and Mango (*Mangifera indica*).

The number of timber yielding plants like Mahogoni (*Swietenia mahagoni*), Koroi (*Albizia spp*) etc. was found to be rednced due to monetary need of the household members. The farmers are more likely to plant fruit trees as they provide different product like timber, food, fodder, fuel etc. A list of the plants that have been found from the sample household is given in the following table.

The students showed much interest in collecting the information about the plants in their homesteads and their utilization pattern also. They themselves as well as with the help of their senior family members, collected information about the plants of their own household. We have found that the students have much perception about their local trees and plants. Different students has different attitude to the plants. For example some like jackfruit due to its taste and aroma but some don't like it as it has got some sticky substances and so on.

The care and management was practices by the female members of the household. The utilization patterns of the plants were based on their daily needs. Almost all the plants were commercially important and also frequently used by the household members to fulfill their daily needs. Except for some wild species, all of the other plants and trees were grown by the household members and they try to maintain the species diversity. It has been found from the sample household that the number and diversity of plants is large in the medium category of household than that of marginal category due to space limitation of homestead. But they have the interest to grow more plants in their homestead as they are now concern about the economic benefit of this different types of plants which have been grown in their homestead area. By interviewing the household members, it was found to be also clear that women were mainly interested in keeping the biodiversity of plant as they usually remained the home and took care and managed the plants rather than male members of the household. The homesteads plants are also a hard cash income source to them which is an another important reason to grow different plants in their homesteads.

#### 4. CONCLUSION

From the research, more than eighty plant species were observed among 6 sample households, and it was clear that the plant diversity in homestead had dual meanings for the villagers to meet daily needs and to meet their economic needs. Women were the main care takers of homestead plantation, and more interested in keeping the plant diversity than men. Thus, to keep plant diversity in homestead, the roles and importance of each plant species should be examined, especially paying attention to women's voices.

Table List of the observed species of the plants with their local name, common name, and scientific name in homesteads

Name of the plants		Scientific name	Name of the plants		Scientific name
Local name	Common name		Local name	Common name	
am	Mango	<i>Mangifera indica</i>	Shimul	Silk cotton tree	<i>Bombax ceiba</i>
Kanthal	Jackfruit	<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Jarul	Pride of india	<i>Lagerstroemia speciosa</i>
Boroi	Jujube (Ber)	<i>Zizyphus mauritiana</i>	Koroi	Albizia	<i>Albizia spp</i>
Nankel	Coconut	<i>Cocos nucifera</i>	Arjun	Arjun	<i>Terminalia arjuna</i>
Jam	Black berry	<i>Syzygium cumini</i>	Choroi	-	-
Tentul	Tamarind	<i>Tamarindus indicus</i>	Raintree	Raintree	<i>Samanea saman</i>
Jolpai	Olive	<i>Elaeocarpus robustus</i>	Chondon	Chandan	<i>Santalum album</i>
Khejur	Date	<i>Phoenix sylvestris</i>	Jiga	Jiga	<i>Lamnea coromandelica</i>
Tal	Date palm	<i>Borassus flabelifer</i>	Bandorlori	Indian laburnum	<i>Cassia fistula</i>
Pyeara	Guava	<i>Psidium guajva</i>	Krishnachura	Peacock flower	<i>Delonix regia</i>
Kola	Banana	<i>Musa sapientum</i>	Shishu	Indian red wood	<i>Dalbergia sisso</i>
Jambura	Pumelo	<i>Citrus grandis</i>	Mehedi	Henna	<i>Lawsonia inermis</i>
Amra	Hog plum	<i>Spondias pinnata</i>	Patabahar	Croton	<i>Acalypha wilkesiana</i>
Supari	Arca nut	<i>Areca catechu</i>	Bet	-	-
Lebu	Lemon	<i>Citrus spp</i>	Mandar	Coral tree	<i>Erythrina variegata</i>
Litchu	Litchi	<i>Litchi chinensis</i>	Gojari	Gojari	<i>Shorea robusta</i>
Pepe	Papaya	<i>Carica papaya</i>	Rongin	-	-
Bel	Bael	<i>Aegle marmelos</i>	Rokto joba	China rose	<i>Hibiscus rosasinensis</i>
Ataphol	Bullock's heart	<i>Annona muricata</i>	K amiri	China box	<i>Murraya paniculata</i>
Kamranga	Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	Beli	Jasmine	<i>Jasminum sambac</i>
Lotkon	Burmese grape	<i>Bixa orellana</i>	Golap	Rose	<i>Rosa centifolia</i>
Dalim	Pomegranate	<i>Punica granatum</i>	Duranta	Duranta	<i>Duranta repens</i>
Anarosh	Pineapple	<i>Ananas comosus</i>	Chau	Sikas	
Jamrul	Wax jambu	<i>Syzygium samrangense</i>	Bakul	Bakul	<i>Mimusops elengi</i>
Hontoki	Haritaki	<i>Terminalia chebula</i>	Bot	Banayan tree	<i>Ficus benghalensis</i>
Gab	River ebony	<i>Diospyros peregrina</i>	Tulshi	Tulshi	<i>Ocimum americanum</i>
Amloki	Indian gooseberry	<i>Phyllanthus embelica</i>	Bajna	Bajna	<i>Zanthoxylum rhetsa</i>
Chalta	Indian dillenia	<i>Dillenia indica</i>	Kalahuta	Kalokeshi	<i>Eclipta alba</i>
Sojna	Drum stick	<i>Moringa oleifera</i>	Nailta	-	-
Dewa	Monkey jack	<i>Artocarpus lacucha</i>	Haora	Shaora	<i>Streblus asper</i>
Arboroi	Star gooseberry	<i>Phyllanthus acidus</i>	Bait	-	-
Golappum	Rose apple	<i>Syzygium jambos</i>	Gamar	Gamar	<i>Gmelina arborea</i>
Daufol	-	<i>Garcinia xanthochymus</i>	Shialmoti	Shialmutra	<i>Vernonia patula</i>
Tukma	-	<i>Hyptis suaveolens</i>	Dhutura	Datura	<i>Datura metal</i>
Morich	Chilli	<i>Capicum annum</i>	Kashtula	-	-
Kachu	Taro	<i>Colocasia esculenta</i>			
Begun	Brinjal	<i>Solanum melongena</i>			
Lau	Bottle gourd	<i>Lageneria siceraria</i>			
Sheem	Bean	<i>Dolichos lablab</i>			
Tormuj	Water melon	<i>Citrullus colocynthis</i>			
Akh	Sugarcane	<i>Saccharum officinarum</i>			
Kumra	Sweet gourd	<i>Cucurbita pepo</i>			
Neem	Indian lilac	<i>Azadirachta indica</i>			
Pitraj	Pitraj	<i>Aphanamixis polystachya</i>			
Mahogoni	Mahogoni	<i>Swietenia mahagoni</i>			
Akashi	Akashmoni	<i>Acacia auriculiformis</i>			
Bash	Bamboo	<i>Bambusa spp</i>			
Segun	Teak	<i>Tectona grandis</i>			
Kodom	Cadamba	<i>Anthocephalus chinensis</i>			

## 要約

# バングラデシュにおける屋敷地の植物の多様性と、 その意味と変化に関する研究

ラシュデウール・ラーマン

巨大なデルタ上に位置し、森林面積が少ないバングラデシュにおける屋敷地の植物の多様性とその変化について、調査をおこなった。

調査地は、マイメンシン県カジシムラ村である。村内の世帯の基礎情報収集をおこない、所有土地面積階層により事例世帯を6世帯選定した。事例世帯に対しては、屋敷地内の植生、各植物の利用法、管理、植物に対する意識等を把握した。また、村内の小学校5年生26人に対し各自の屋敷地内にある植物とその利用について記録してもらった。

調査の結果は以下の通りである。事例世帯で観察された植物種数は84種であり、木材用樹種、木材+果樹用樹種、季節の野菜、その他野生種等であった。果樹および木材用樹木の樹齢は3年から25年までさまざまであり、樹齢の高い植物は先代から引き継がれたものであった。種子や苗木は、主に市場か苗木園から入手していたが、いくつかは、近隣世帯や親戚から入手されており、また自分の屋敷地からのものもあった。

利用法は植物により異なり、多目的のものとしては、ジャックフルーツ(*Artocarpus heyerophyllus*)、マンゴ(*Mangifera indica*)、ブラックベリー(*Syzygium cumini*)などがあり、これらは果物の他、木材、燃料、飼料などに利用されていた。単一の利用に用いられ

るものとしては、*Datura metal*、*Eclipta alba*など、主に野生種で薬用に利用されるものであった。木材用としては、マホガニー(*Swietenia mahogani*)、コロイ(*Albizia spp.*)、ジャックフルーツ、マンゴなどが利用されていた。

植生の変化としては、マホガニ、コロイなどの木材用のみの樹種の減少があり、これは現金獲得のために利用(伐切)されたためであった。近年は、木材、食料、飼料、燃料など多様な用途を提供してくれる果樹を好む傾向が見られた。

小学5年生の記録では、彼らは家族と相談するなどしつつ、自分の屋敷地の植物についての情報を集めていった。記録からは、子供たちが植物についてよく理解していることが伝わってき、また、各植物に対する認識は、個々人で異なることも明らかになった。

屋敷地の植物の管理は、屋敷地を主な活動場所とする女性によって主になされ、生活の必要に応じた利用がされていた。インタビューからは、屋敷地の植物の多様性の維持に対する女性の意識が明らかとなった。また、屋敷地の植物は、収入源としても重要であり、それが屋敷地でさまざまな植物を植栽させる要因ともなっていた。

(推薦者：吉野 馨子)