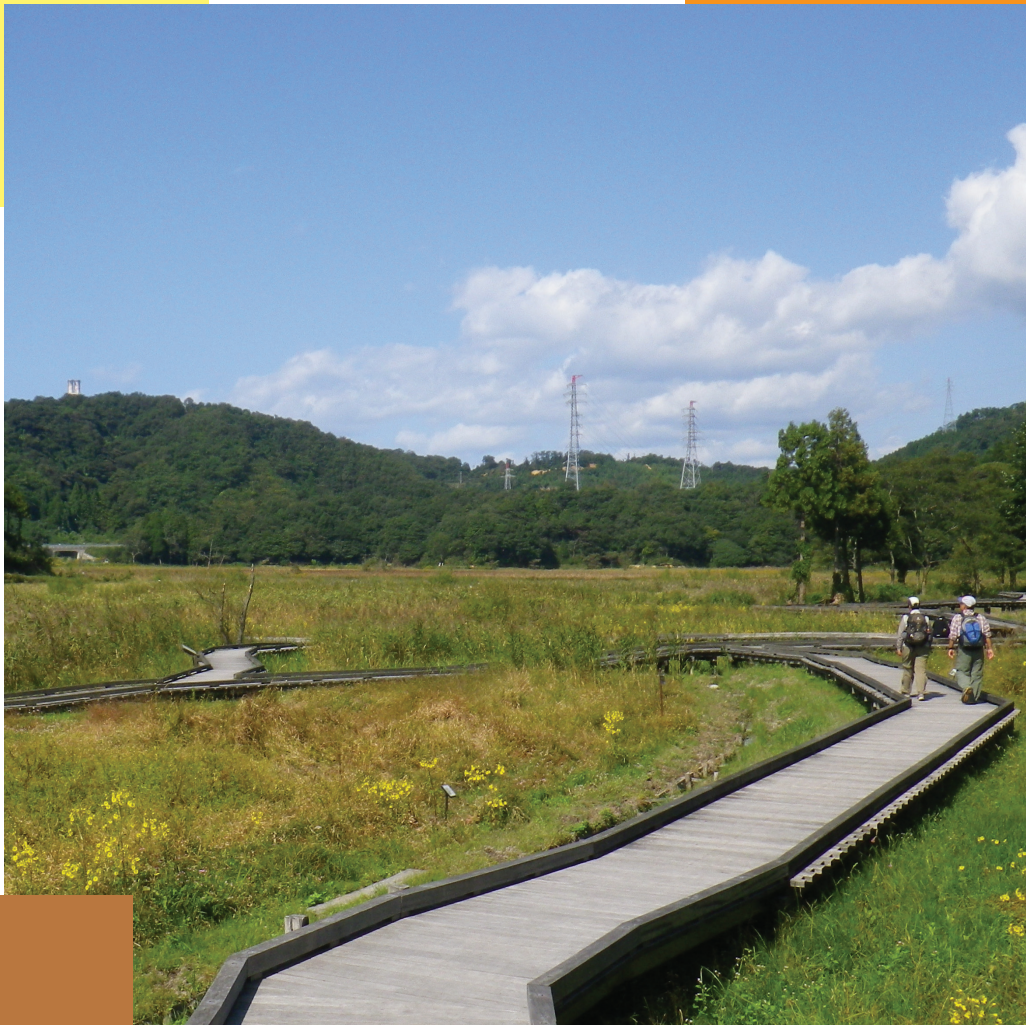


地域自然史と保全

Bulletin of Kansai Organization for Nature Conservation

特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

Volume 35
Number 2
December 2013



関西自然保護機構
Kansai Organization for Nature Conservation

表 紙 の 言 葉

袋状埋積谷としての中池見

写真・文 宮本 真二

通常、湿原もしくは湿地の存続期間は周辺の集水域からの堆積物の流入等によって埋積が進み、数千年と言われていることから、中池見が、数万年にわたって湿原的な環境が維持されてきたことこそが「奇跡」である。地形学的には「袋状埋積谷」といわれ、地盤の沈降運動によって、水域が維持されてきた。絶滅種の宝庫として中池見は注目されているが、その受け皿としての「袋状埋積谷としての中池見」というフレーズも貴重である。

写真：2013年10月13日撮影

関西自然保護機構（KONC：Kansai Organization for Nature Conservation）

KONCは自然環境保護にかかわる人たちや関心を持つ人たちを幅広く組織して、自然環境保全に関する各分野での研究を結集し、その研究の進歩と自然環境の保護・保全のために努力することをめざして、1978年に創立されました。

KONCはその活動の成果と、会員個々人の学識と経験の蓄積にもとづいて、近畿地方に於ける広い意味での自然保護の諸問題に対する有力なアドバイザー・ボディ（助言勧告機関）として、社会の要請にこたえることを企画しています。

現在、次のような活動をしています。

1. 基礎研究の実施
2. シンポジウム・セミナー・講演会などの開催
3. 現地見学会の開催
4. 研究助成金の交付
5. 会誌・連絡紙の発行
6. 自然保護に関する基礎資料の収集と配付
7. 自然保護および自然環境保全に関する提言と助言
8. 国内外の諸団体との連絡・協力

会の活動は、個人会員・維持会員の会費により、まかなわれています。

巻 頭 言

都市域における地域環境資源の保全

大阪市立大学大学院工学研究科 矢 持 進

変質する大阪湾

この秋、世界の閉鎖性海域の水環境保全に関する会議でトルコ共和国マルマリスに滞在した。環境モニタリング、数値モデルによる予測と評価、環境保全手法、地球温暖化の影響、環境政策、市民参加、さらには防災を視野にいたれた環境対策など種々多様でホットな情報提供と意見交換が行われた。その中で、瀬戸内海（大阪湾を含む）のみならず、アメリカ東海岸のチェサピーク湾、そしてヨーロッパの海も過去に比べて窒素やリンの栄養塩濃度が減少しているとの情報は意外であった。流入負荷規制、環境政策の遂行により、海健康度アップに繋がったのであればうれしいのだが、そう単純ではないらしい。大阪湾は、夏季の底層水の貧酸素化や赤潮に起因して、「死の海」とメディアに紹介されていたが、最近では湾の南部海域や沖合海域の栄養レベルが低下し、そのため植物プランクトンや海苔など基礎生産者の生産量が減少している。これは、食物連鎖を通じて漁獲量の減少に繋がり、一部の漁業者からは漁獲量の増大のため、「海に施肥を」との声もある。事実、ノリの生長期には栄養レベルが高い下水を直接、海に添加する試みが大阪湾近傍の一部の水域で実験的に行われている。このように大阪湾の栄養環境は公害問題が顕著であった1970年代とは様相を異にするようになった。ただ、やや正確に言うと、大阪湾は北部域と南部域との間の栄養勾配が急で、いまだ夏季に青潮の発生が見られ、ヘドロが海底

に貯まっていて過栄養な湾奥海域、特に湾奥の港湾海域と、溶存無機窒素濃度が1970年代の1/5以下になり、栄養レベルの低下が顕著な湾中部ならびに南部海域に大別できる。さらには、沖合海域の表層水の窒素は植物が利用しにくい難分解性の有機態窒素の比率が高く、栄養塩→植物プランクトン→動物プランクトン→プランクトン食性の魚介類→肉食性の魚介類への栄養転送がうまく機能していないのではないかと問題提起もある。総窒素の中における生物が利用しにくい窒素の割合が高く、生態系における物質循環や食物連鎖の重要性を考えると、生物利用が可能な無機窒素やリンをも考慮した水質環境基準の見直しが必要であるのかも知れない。

2013年度に第1期の大阪湾再生行動計画が終了し、これに伴って過去10年間の活動の総括と第2期計画に向けたアクションプランの策定などが産官学民の参加のもとにこの春に行われる予定である。湾奥部と中南部沖合海域との間の栄養勾配の解消、湾奥港湾海域の環境修復などによる生物生産に富み健全な大阪湾の生態系再生が重要な論点になると考えられる。

縮減する汽水域環境資源

大阪府の漁場環境保全方針（2005年3月）によれば、大阪府の海岸に900haの浅場や干潟を造成するのが望ましいとの目標値が記載されている。また、国交省による第1期の大阪湾再生行動計画

には森・川・海のネットワークを通じて、美しく親しみやすい豊かな「魚庭（なにな）の海」を回復し、京阪神都市圏として市民が誇りうる大阪湾を創出すると書かれており、これらには全体的なトーンとして生態系サービスに富む干潟や浅場を市民の元に取り戻し、地産地消を目指した内湾漁業資源の利活用の促進が謳われている。当時に比べ干潟や浅場が大阪湾に飛躍的に拡大したわけではないが、尼崎、堺浜、岸和田阪南2区など、課題はあるものの少しずつ大阪湾の渚復元の取り組みが行われている。

大阪南港野鳥園湿地は1983年に野鳥の楽園の復元を目指して大阪市の埋め立て地に造成された。北池・南池・西池の湿地部とそれらの背後にある林地で構成されており、年間約10万人の市民が散策、野鳥観察のために訪れる。環境省により日本の重要湿地500に、また、国際的にも東アジア・オーストラリア地域シギ・チドリ類重要生息地ネットワークに指定されるなど数少ない大阪市の「自然的オアシス」として評価されている。この塩性湿地が条例施設としての指定を解除され、一般公園になると聞く。NPOグループと行政との協力関係がうまく機能し、湿地の順応的管理が比較的円滑に行われていただけに、生態系の保全が心配である。

筆者はこの塩性湿地を対象に約14年間、底生生物相、窒素収支、水質浄化機能、グリーンタイド（緑藻の大増殖）の抑制、CO₂の吸収・排出などについて野外研究を行ってきた。淀川や大阪市内河川水の影響を受け、比較的低塩分（約24–28 psu）であるが栄養豊富な海水が干満により導水管を通じて湿地内に流入する。すると、底生微細藻類が豊富な栄養塩と陽光を受け、活発に増殖する。結果として、堆積物表層のクロロフィルa濃度は一般的な干潟のそれより2倍程度高い。これらは多毛類、端脚類、貝類などの餌として利用さ

れ、さらにこれらの小型底生動物はシギ・チドリなどによって捕食され、最終的には一部が鳥により系外除去される。この塩性湿地が栄養物質の吸収の場か放出の場かを知るため、一昼夜にわたって導水管を通過する海水の流速と窒素濃度を季節ごとに調べてみた。すると、この湿地（北池）は1 m²あたり1日約0.1gの窒素を湿地にトラップすることがわかった。0.1gと言うとピンと来ないが、北池の湿地面積約4 haでは334人分の汚濁物を自然浄化していることになる。しかも、下水処理場と異なり人件費や電気代などの維持費を必要としない。これらは塩性湿地の物質転送がうまく機能している場合である。

これまで、夏季に大量に繁茂したアオサを除去し、環境学習を行う取り組みが北池で行われてきた。これにより、何トンものアオサが数時間のうちに採取され、山積みされる。アオサそれ自体は悪玉ではないが、大量に繁殖し、水底面を何重にも覆うと、底質が還元化され、他の生物が棲みづらくなる。「何とかアオサの大量発生を軽減できないものか」と、調査と実験を繰り返した。どうやら、潮間帯に棲む底生微細藻類や小型底生動物の生息を阻害することなく、大量発生を抑制するには地盤高を調整し、一日の干出率を40%程度（5時間程度干出）にすると良いことがわかった。さらに雨水を貯め、大潮干潮時に貯留淡水を一定時間だけ塩性湿地に供給することによって効果が増加するらしい。但し、当時、大量増殖していた藻類種は「アナアオサ」で、この種についての軽減方法を見つけたものの、その後優占種の交代が起こり、最近では南方系の「ミナミアオサ」に変わってしまった。当然のこととして干出耐性や低塩分耐性も異なり、実験を再スタートすることになってしまった。生態系の研究は一筋縄ではいかないものである。

おわりに

大阪湾は公的機関やNPOによる水環境モニタリングが比較的継続して行われている海域である。継続するには色々と苦労が多いと推察されるが、モニタリングは環境、生態系の保全・修復・再生の基礎となる事項である。かつて「海域環境のモニタリングは30年経過して初めて平年値を示すことができる！」と先達から教えられた。漸く、大阪湾でも30年以上継続されている観測が見られるようになったことを考えると、一時的な社会動向

の変化で海域環境モニタリングの内容や頻度を変化・削減させたくないものである。

人間生活の影響を強く受ける湾奥港湾域に目を向けると、渚生態系の保全・修復はいまだ今日的な課題であろう。大阪南港野鳥園湿地のように、NPOの継続的な活動と行政や大学が協働して生態系を保持してきた水域では、順応的な管理運営体制が極めて重要である。単発的、一過的な公園の保守点検では貴重な都市の汽水域資源を満足に保全できないと考えられる。

特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

フィールドシンポジウム

「中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題」を開催して

奈良大学 岩 崎 敬 二

Comments on the field symposium "Conservation of Nakaikemi Wetland and construction of the Hokuriku-Shinkansen". Keiji Iwasaki (Nara University)

はじめに

2013年10月13日、福井県敦賀市で「中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題」というフィールドシンポジウムを開催した。日本生態学会近畿地区会自然保護専門委員会と関西自然保護機構とが共催で企画し、同学会近畿地区会から資金援助を得て、その公募集会という形で開いたものである。ここでは、その内容と議論などを紹介する。

福井県敦賀市にある中池見湿地は、数多くの絶滅危惧種が生息し、2012年7月にはラムサール条約にも登録された、現在の日本ではきわめて貴重な湿地として評価されている低層湿原である。しかし、その登録直後の昨年8月に、2025年開通予定の北陸新幹線のルートがこの湿地の一部を横切するような変更案が公表された。このルート変更は、中池見湿地の生態系に大きな影響を及ぼす可能性が高いため、関西自然保護機構は、2013年3月3日に、大阪市立自然史博物館でシンポジウム「中池見湿地の保全と新幹線建設問題」を開催し、その問題点を明らかにした。その講演記録や議論の内容などは本誌の前号（第35巻1号）で紹介されている。

今回のフィールドシンポジウム開催の目的は、中池見湿地の現状を視察し、北陸新幹線が湿地の

どの部分を通るかを現地で確認した上で、この新ルートが湿地の自然にどのような影響を及ぼすかを考え、さらに、私たちは今後どのような活動をしていくべきかを、現地で検討することであった。そこで、当日は、午前中を現地見学会とし、午後を室内でのシンポジウムの時間として企画した。日本生態学会近畿地区会自然保護専門委員会からは私（委員長）と三浦励一氏（京都大学）、関西自然保護機構からは石井実会長（大阪府立大学）と平井規央氏（大阪府立大学）、大久保その子氏（大阪市立自然史博物館）が中心となって、準備にあたった。

第一部：現地見学会

中池見湿地での現地見学会の参加者は、総勢で42名であった。10時15分頃に現地に到着し、NPO法人ウェットランド中池見代表の笹木智恵子さんに現地の説明をしていただき、北陸新幹線の新ルートが通る「後谷（うしろだに）」と呼ばれる部分の現況を確認しながら、約3時間かけて湿地を見学した。その途中、平井規央氏とその研究室に所属する学生の方々には、（許可を得た上で）採集した水生昆虫などの説明をしていただいた。淡水産珪藻の専門家である大塚泰介氏（滋賀県立琵琶湖博物館）も参加し、珪藻の観察や説明を行った。

琵琶湖博物館)からは、この湿地に生息する珪藻や水質の説明をしていただいた。

かつて、この湿地を研究対象としていた方々が何人も参加されていたが、異口同音に、湿地のあちこちでヨシなどの抽水植物群落が拡大しており、乾燥化が進んでいる、との感想を述べておられた。また、湿地の西側には国道8号線のバイパスが通っているが、その建設前に比べて、湿地の西部にある恒常的な水域部分が拡大しており、このバイパスの建設で湿地西部の地盤が沈降しているか、わき水の流れが大きく変わっているのではないかと、との声も聞かれた。

第二部：シンポジウム

「北陸新幹線建設が中池見湿地の自然に与える影響」

午後2時から、敦賀市福祉総合センター「あいあいプラザ」に会場を移して、以下のようなシンポジウムを開催した。参加者は55名であった。

- ・主催者挨拶：石井 実氏（大阪府立大学）
- ・中池見湿地の希少水生動物：平井規央氏（大阪府立大学）
- ・中池見湿原堆積物の花粉化石からみた最終氷期以降の植生変遷：宮本真二氏（岡山理科大学）
- ・危惧されるラムサール条約登録・中池見湿地に及ぼす北陸新幹線の影響と現地の動向：笹木智恵子氏（NPO法人ウェットランド中池見）
- ・新幹線ルートと中池見湿地の水生植物－危惧される影響：角野康郎氏（神戸大学）
- ・山地源流域の山体地下水が雨水の流出に果たす役割：小杉賢一朗氏（京都大学）
- ・総合討論

宮本真二氏と角野康郎氏、小杉賢一朗氏のご講演の内容は、この特集の次頁以降に掲載されているので、それを読んでいただきたい。

総合討論では、7名の参加者が質問や意見を述べられて、講演者も交えて活発な討論が行われた。主なご意見は以下の通りである。

- ・現状では、事業主体も研究者からの要望に対応する行政機関もわかりにくいので、それをはっきりとさせるべきではないか。
- ・トンネル掘削とルート変更による湿地水位への影響は、予想外のことも起こりえることがわかったので、このシンポジウムでの議論と懸念を、事業主体や敦賀市に伝えるべきだろう。
- ・昨年6月にラムサール条約登録地となったため、湿地の管理計画があるはず。それが明らかにされていないようだが、その管理計画にこの問題を組み込むよう、働きかけるべきだろう。

このような議論を踏まえて、今後は、1) トンネル掘削による湿地周辺の山体地下水や湿地水位への詳細な影響予測を行うよう、国土交通省、環境省、敦賀市に働きかける、2) 新幹線ルート変更問題も含んだ湿地管理の在り方について、専門家も交えて検討する委員会を設置するよう敦賀市へ働きかける、などの活動が必要であろうと考えている。このフィールドシンポジウムの実施を契機として、現地で中池見湿地の保全活動に従事しておられるNPO法人の方々や関西自然保護機構の皆様とともに、健全な湿地生態系の保全と管理を進めていければと思う。

最後に、このフィールドシンポジウムの開催にあたって多大なご援助とご協力をいただいたNPO法人ウェットランド中池見の笹木智恵子さん・笹木進さんご夫妻、企画の立案にあたって情報やご意見をいただいた村上興正氏（京都精華大学）と前迫ゆり氏（大阪産業大学）、会場準備等をしていただいた京都大学大学院農学研究科農学専攻雑草学研究室に所属する大学院生の皆様に、厚く御礼申し上げる。

特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

中池見湿原堆積物の花粉化石からみた最終氷期以降の植生変遷

岡山理科大学生物地球学部 宮 本 真 二

Vegetational changes since the Last Glacial from the pollen influx in Naka-Ikemi moor, Central Japan. Shinji Miyamoto (*Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science*)

The results of the pollen analysis by the relative and absolute-value methods of the boring core samples from the Naka-Ikemi (lowland in 47m a.s.l.) elucidated that there were a change related to the competition of each main plant for the past *ca.* 130,000yrs.

Cryptomeria expanded rapidly and began to compose a mixed forest with *Pinus* subgen. *Haploxylon* in the Last Glacial at the *ca.* 120,000yrs BP, *Ilex* was dominant in the lowland around the moor.

The vegetation with *Cryptomeria* lasted until *ca.* 55,000yrs BP involving a little change of species composition. After that, the vegetation with *Cryptomeria* was divided into two types: the vegetation type mainly with subarctic conifer and that with cool temperate deciduous broad-leaved trees such as mainly in *Lepidobalanus* and *Fagus* from the *ca.* 55,000 to 14,000yrs BP. The value of subarctic coniferous pollen influx was highest during the *ca.* 20,000 to 17,000yrs BP that corresponds to the Last Glacial Maximum (LGM).

The vegetation composed in subarctic coniferous trees shifted to that of *Cryptomeria* and *Pinus* subgen. *Diploxylon* and *Betula* of cool temperate deciduous broad-leaved trees shifted to *Fagus* since *ca.* 14,000yrs BP. Increase in *Diploxylon* suggests that the human impact, but that of indicates increase in snowfall on the side of the Sea of Japan. Warm species such as *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* and *Castanopsis* increase in the Holocene, since *ca.* 10,000yrs BP.

Keywords: Naka-Ikemi Moor, Vegetational Changes, Pollen Analysis, Last Glacial

要旨：北陸地域の中池見湿原（47mの低地）でのボーリング・コア試料の絶対値法、さらには相対値法による花粉分析の結果から、過去13万年間に主要な植物ごとに競合関係の変遷があったことを明らかにした。結果を以下に要約する。

日本海側の低地に立地する中池見湿原における約13万年前の最終間氷期末以降の植生は、温暖種を伴う植生が形成されていたが、約12万年前以降の最終氷期にはスギ属が急速に分布域を拡大し、マツ属単維管束亜属との混合林を構成しはじめた。この植生変遷から、約12万年以降の急速な降水量の増加が推定できる。また、湿原周辺の低地部では、約12万年前以降の最終氷期になると、モチノキ属を主体とした植生が形成された。

最終氷期に成立した植生タイプは、構成種を変遷させながらも、約5.5万年前までスギ属を主体とした植生が継続した。その後、6.5万年間主体となってきたスギ属が優占する植生タイプは、約5.5万年前から約1.4万年前の間に、亜寒帯性針葉樹を主体とする植生と、コナラ亜属やブナ属などの冷温帯性落葉広葉樹を主体と

する植生タイプに二分された。この間の亜寒帯性針葉樹の花粉流入量の変化は、約2万年前から1.7万年前の間がもっとも高く、最終氷期の最寒冷期である。また、草本花粉の変化に着目すると、ヨモギ属が約7万年前以降継続して産出するので、寒冷化にともなう変化である。

約1.4万年前以降は、亜寒帯性針葉樹で構成される植生がスギ属とマツ属複維管束亜属の植生タイプに、そして冷温帯性落葉広葉樹林は、カバノキ属からブナ属へと変遷した。前者のマツ属複維管束亜属の増加は、人為によるが、後者は日本海側地域の多雪化の進行による。また約1万年前以降の完新世にはいると、アカガシ亜属やシノキ属等の温暖種も増加した。

キーワード：中池見湿原、植生変遷、花粉分析、最終氷期

はじめに

第四紀後期の日本列島の植生変遷および気候変動の解明は、各地域からの堆積物試料の最終氷期後半から完新世を対象とした研究によって行われてきた（安田・三好，1998）。

しかし、植物の絶対量の変遷過程にもとづいた具体的な植生変遷過程の復原は行われていない。それは、大半の先行研究における花粉分析研究の目的が植生や植物群落の詳細な変遷過程の復原ではなく、検出される花粉化石の組成をもとにした気候変動の復原に研究の主軸があったからだと考えられる（杉田・高原，2001）。このことは、花粉化石生産量や花粉化石の堆積動態について考察した研究は、ほとんど進展しておらず、定性的な理解しか得られていないことにも起因している。つまり、復原された植生変遷過程における植物の絶対量の変化についての検討は不十分であると言える。

もっとも、花粉分析法の開発当初からこのような問題点は日本列島を事例とした研究でも指摘されてきた（沼田・玉田，1936）。

絶対花粉流入量は、植物種によって花粉生産量や、運搬堆積様式が異なるため、値のすべてが絶対量を表現していないが、植物の絶対量や植物間の競争関係を把握するうえで有効である（Blinman et al., 1979; Moore et al., 1991）。また花

粉分析による空間スケールの検討を行う場合、花粉化石群集の絶対値を把握することが重要である（Tsukada, 1972）。つまり、植生を構成する植物群落レベルの変化を把握するためには、各植物分類群の変動を把握する必要があり、その結果として花粉化石群集から植生の空間分布の復原に発展すると考えられる。

すでに述べたように、日本では相対値法による花粉分析結果にもとづく気候変動と植生変遷史を主題とした研究が大半であり、植生の空間的広がりについての復原を目的とした研究は不十分であった。花粉分析の分析地点が示す周辺植生の空間スケールを定量的に把握するためには、花粉生産量、花粉の飛散距離、植生分布、堆積盆の規模を考慮しなければならない。しかし、日本では植生の空間的広がりを把握するための基礎的な研究としての、現生花粉の動態研究（たとえば、日比野・安田，1973）や、絶対花粉流入量の研究は極めて少ないといえる（たとえば、Tsukada, 1972）。

その後、林分レベルでの植生の空間復原を目的とした研究（杉田・高原，2001）、さらには花粉生産量を花粉分析に応用しようとした研究（たとえば、清永，2000）が行われつつある。この中で、花粉分析によって復原される空間スケール、つまり花粉分析地点が反映する周辺植生の空間的広がりには、シミュレーションや、表層花粉と現生植生との関係性から、堆積盆の規模によって相違する

ことが明らかにされている (Sugita, 1993; 1994)。しかしながら、花粉化石による復原植生の分類群ごとの植物量の変化や、植物群落単位での植物の競争関係の検討はほとんど行われていないといえる。

さらに、ボーリング・コア試料にみられるような長いタイムスケールを対象として、絶対値法を用いた植物間の競争関係や植生の絶対量の議論は行われていない。

日本海側地域において最終間氷期の約数十万年前から現在にかけての環境変動に関する連続的なコア解析をもとにした詳細な議論はなされていない。とくに、同一地点で掘削された最終間氷期以降から現在までの連続性の高い堆積物の花粉分析が行われた地点は日本列島全体でもわずかである。

たとえば、日本列島の陸域において最終氷期開始期以降の連続した結果を示すものとして、約12万年前以降の山口県の徳佐盆地 (三好, 1989) などがある。北陸地方では、福井県の三方湖底から得た堆積物試料の花粉分析から約4万年前以降の植生変遷や気候変動を論じた事例 (安田, 1982)、最終間氷期末以降の堆積環境の変遷 (宮本ほか, 1995) や最終氷期最盛期頃の植生変遷過程を復原した事例 (Miyamoto et al., 1996, 1998) がある。さらには山地湿原の花粉分析や地球化学的分析によって晩氷期以降の植生変遷を論じた事例がある。しかしながら、これまでの先行研究では、日本海沿岸地域の陸域において最終間氷期から最終氷期にかけての連続性の高い堆積物に基づく花粉分析的研究はなされていない。さらには、上記した先行研究のすべてが相対値法による花粉分析結果からの植生変遷史の検討であり、本研究で目的とする絶対量にもとづく各分類群ごとの競合関係の解明と相違する。

対象地域と手法

日本海側の若狭湾沿岸地域は、最終氷期最盛期におけるスギの逃避地の一つと推定されていること (Tsukada, 1982) や、ブナに代表される冷温帯性落葉広葉樹林の成立過程、第四紀の陸域の気候変動、動植物相の変化、さらには日本海の海洋環境の変化との相互関係を解明するうえで重要な地域である (安田, 1982; 宮本ほか, 1995)。

本研究では、絶対量にもとづく詳細な植生変遷史研究を進展させるため、長いタイムスケールのコア試料を対象に絶対値法による花粉分析から、絶対花粉流入量を算出し、植生変遷過程を明らかにする。まず、日本海側地域の北陸地域の中池見湿原のボーリング・コア堆積物試料を分析対象として花粉分析を行い、最終間氷期末以降の植生変遷を明らかにする。そして、花粉分析によって復原される周辺植生内での詳細な植物の競争関係を把握する。

以上の研究史をふまえ、既報告 (宮本ほか, 1995, Miyamoto et al., 1996, 1998) をもとに、中池見湿原堆積物の花粉分析から明らかとなった植生変遷の概略について報告する。

中池見湿原堆積物コアの層相と連続性

敦賀平野東部には周囲を標高約200m以下の山地に包囲された3つの低湿地が位置しており、北から内池見、中池見、余座池見と呼ばれている (図1)。これら南北に連なる3つの低湿地は、これらの形態から地殻変動によって形成されたことが指摘され (岡山, 1940)、Okada (1978) は湿原東方の敦賀断層の東上がり西落ちの断層運動によって形成された袋状の埋積谷に起源するものと推定している。中池見湿原は東西約1.3km、南北約0.5kmで、西方に開く扇状の平面形を呈してい

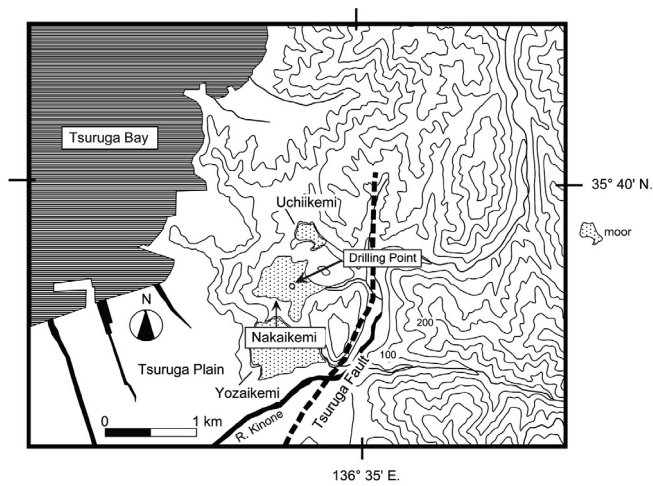


図 1. 中池見湿原の位置とボーリング・コア試料採取地点（宮本ほか，1995; Miyamoto et al., 1996, 1998より）。

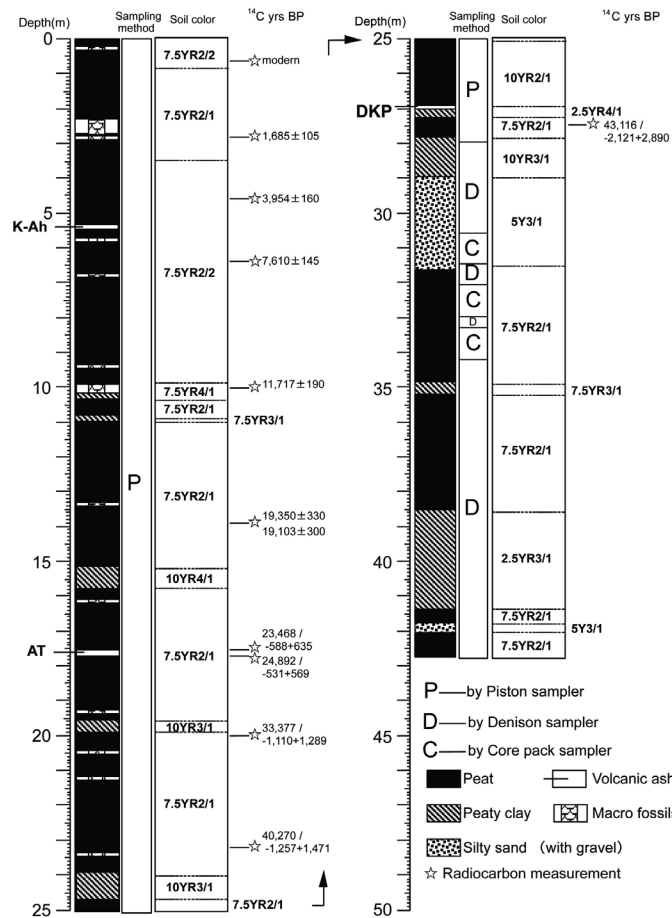


図 2. 中池見湿原堆積物の層相（宮本ほか，1995; Miyamoto et al., 1996, 1998より）。

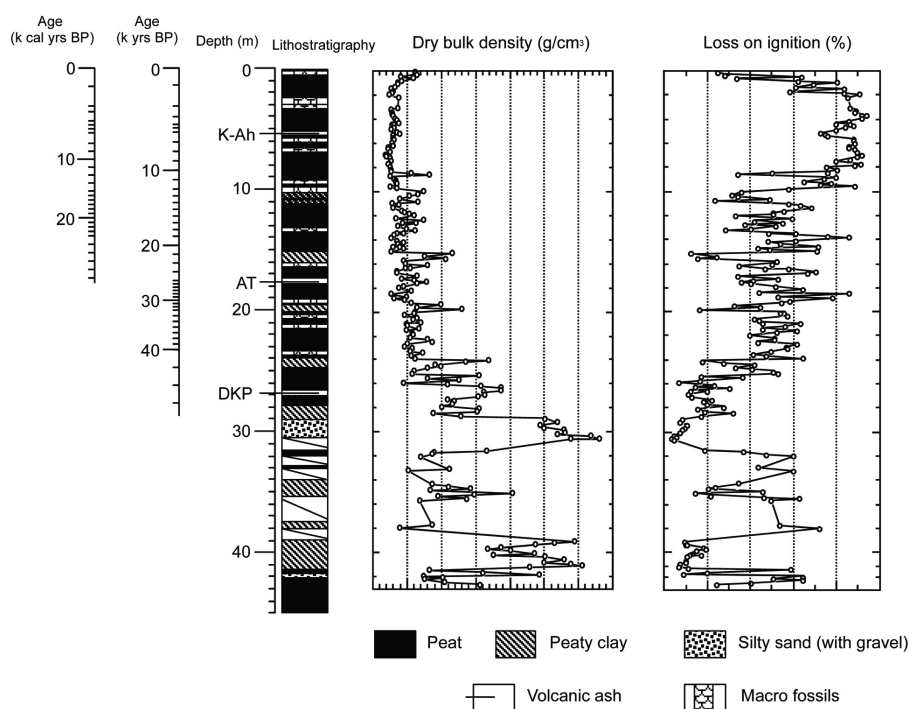


図3. 中池見湿原堆積物の容積比重と灼熱消費量の変化（宮本ほか，1995を一部改変）。

る。湿原のはぼ中央部（標高47m，35°39'N.，136°5'E.）でボーリング掘削は行なわれた。

深度約29m以浅は大型植物遺体を各地点で含有する泥炭層が認められ，それ以深には礫が混入するシルト質砂層が介在し，再び泥炭層となる（図2）。また，それ以深の深度約39～41mは泥炭質粘土層が認められた。

泥炭層は暗褐色（7.5YR2/1～2/2）で，泥炭質粘土層は褐色（10YR3/1・4/1）を呈している。また，容積比重の変化では，深度23.9m以深の泥炭質堆積物の容積比重は，約0.1～0.3の値を示し，深度24.1～28.7mまでは0.3～0.8の値を示す。それ以深の礫が混入する堆積層では，1以上の値を示す（図3）。

深度約26m以浅の容積比重に着目すると，上部にかけてほぼ連続的に減少し，再び上部で増加傾向を示す（図3）。この値は，下部で堆積物が地

層の圧密を，そして上部では近年の湿原内での水田耕作をはじめとした人間活動による地表面からの圧密を受けていることを示しているものと考えられる。また，容積比重が高くなっている数地点は，火山灰の降下などによる異種鉱物の流入に起因する可能性が考えられる。これらの値と，広域火山灰の降下年代や12点におよぶ¹⁴C年代測定の結果からみて，過去約5万年の中池見湿原堆積物コアに不整合は存在しないと言える。したがって，コアのトップから深度約26m以浅の過去約5万間は，ほぼ連続した環境変動を記録した堆積物を保持していると考えられる。

過去13万年間の植生変遷

花粉分析の結果から，以下の植生変遷過程を復原した（図4）。

13万～12万年前

日本海側の低地に立地する中池見湿原の約13万年から12万年前という最終間氷期末の段階では、温暖種を伴う植生が形成されていた。

12万～5.5万年前

約12万年前以降の最終氷期にはいとスギ属が急速に分布域が拡大し、マツ属単維管束亜属と混交した植生タイプが構成されはじめた。この植生変遷からは、約12万年以降の急速な降水量の増加が想定される。いっぽう湿原周辺の低地部では、約12万年前以降の最終氷期になると、モチノキ属を主体とした植生が形成された。この最終氷期からの植生タイプは、構成種を若干変化させながらも、約5.5万年前まで基本的に同質のスギ属を主体とした植生が継続した。草本花粉の流入量変動

に着目すると、ヨモギ属が約7万年前以降継続して産出するようになった。これは寒冷化にともなう変化であると考えられる。

5.5万～1.4万年前

約12万～5.5万年前の6.5万年間主体となってきたスギ属が優占する植生タイプは、約5.5万年前から亜寒帯性針葉樹を主体とする植生と、コナラ亜属やブナ属などの冷温帯性落葉広葉樹を主体とする植生タイプが形成され、約1.4万年前まで継続した。この間のツガ属、トウヒ属、マツ属単維管束亜属の亜寒帯性針葉樹の花粉流入量に着目すると、約2万年前から1.7万年前間がもっとも高いことから、この間が最終氷期の最寒冷期と考えられる。約1.4万年前以降は、亜寒帯性針葉樹で構成される植生が、スギ属とマツ属複維管束亜属

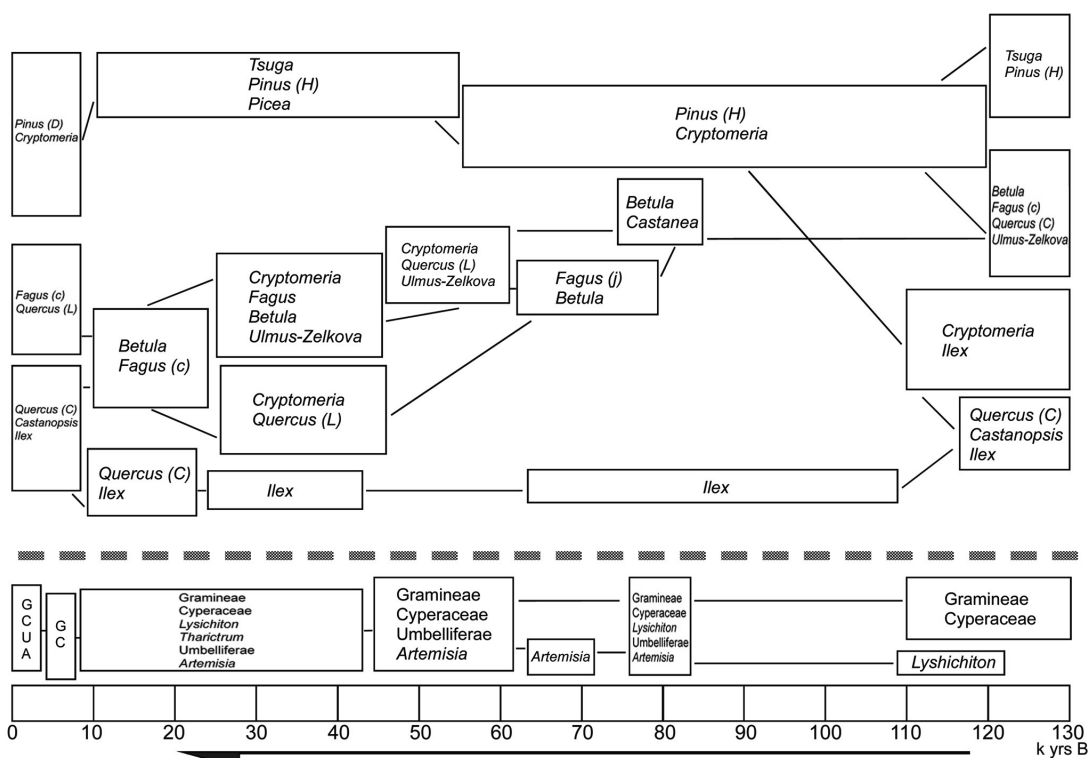


図4. 花粉流入量からみた最終氷期以降の中池見の植生変遷. G: Gramineae, C: Cyperaceae, U: Umbelliferae, A: *Artemisia* (Miyamoto, 2005より).

の植生タイプに、そして冷温帯性落葉広葉樹を主体とする植生は、カバノキ属を主体とする植生からブナ属を主体とする植生へと変遷した。

前者のマツ属複雑管束亜属の増加は、人為によると判断されるが、後者は日本海側地域の多雪化の進展によるものと判断される。また、約1万年前以降の完新世にはいると、アカガン亜属やシノキ属等の温暖種も増加した。

1.4万年前以降

約1.4万年前以降の晩氷期の植生変化は、約1.4万年前から約1.3万年前には先駆種としてのカバノキ属が優占し、約1.3万年前から約8千年前にブナ属、コナラ亜属、クマシデ属を主体とする冷温帯性落葉広葉樹林が形成された。

これらの植生変遷過程は、主要な分類群の産出時期において他地域と時間差がみとめられるが、主要な構成種の変遷過程は類似しており、北陸地域という日本海側地域に面した低地と山地域での植生変遷の典型的な事例を表しているものと考えられる。

引用文献

- Blinman, E., P. Jr. P. J. Mehringer & J. G. Sheppard, 1979. Pollen influx and the deposition of Mazama and glacier peak tephra. In: Volcanic activity and human ecology. (eds. Sheets, P. D. & D. K. Grayson), pp. 393-425. Academic press, New York.
- 日比野紘一郎・安田喜憲. 1973. 宮城県における空中花粉と植生との関係. 東北地理, 25: 224-230.
- 清永丈太. 2000. クリ空中花粉数と母樹からの距離との関係. 植生史研究, 8: 81-85.
- 宮本真二・安田喜憲・北川浩之. 1995. 福井県・敦賀市, 中池見湿原堆積物の層相と年代-過去5万年間の堆積環境の変遷-. 地学雑誌, 104: 865-873.
- Miyamoto, S., Y. Yasuda & H. Kitagawa. 1996. Palaeoenvironments in the Last Glacial Maximum around the Naka-Ikemi moor, Fukui Prefecture, Central Japan. Geographical reports of Tokyo Metropolitan University, 31: 131-147.
- , —— & —— . 1998. Palaeoenvironmental Changes in the Last Glacial Maximum around the Wakasa Bay Area, Central Japan., In: Palaeohydrology and environmental change (eds. G. Benito et al.), pp. 139-152. John Wiley & Sons, London.
- . 2005. Vegetational Changes since the Last Glacial from the Pollen Influx in Hokuriku District, Central Japan. 46pp. 東京都立大学 (博士 (理学) 学位請求論文).
- 三好教夫. 1989. 徳佐盆地 (山口県) における後期更新世の花粉分析 (予報). 第四紀研究, 28: 41-48.
- Moore, P. D., J. A. Webb & M. E. Collinson. 1991. Pollen Analysis, Second Edition. 216 pp. Oxford, London.
- 沼田大蔵・玉田和夫. 1936. 花粉分析より見たる京都付近二・三森林の変遷に就いて. 日本林学会誌, 18: 484-497.
- Okada, A. 1978. Structure of the waste-filled valleys and associated crustal movements at the eastern part of the Tsuruga Plain. North of Lake Biwa. Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene, 6: 66-80.
- 岡山俊雄. 1940. 埋積谷. 自然地理学・下巻, 563 pp. 地人書館, 京都.
- Sugita, S. 1993. A model of pollen source

- area for an Entire Lake surface. Quaternary Research, 39 : 239-244.
- . 1994. Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method. Journal of Ecology, 82 : 881-897.
- 杉田真哉・高原 光. 2001. 四次元生態学としての古生態学が森の動態を描き出す. 科学, 71 : 77-85.
- Tsukada, M. 1972. The history of Lake Nojiri, Japan. Connecticut Academy of Arts and Sciences Transactions, 44 : 349-365.
- . 1982. *Cryptomeria japonica*: Glacial refugia and Late Glacial and postglacial migration. Ecology, 63 : 1091-1105.
- 安田喜憲. 1982. 福井県三方湖の泥土の花粉分析的研究—最終氷期以降の日本海側の乾・湿の変動を中心として—. 第四紀研究, 21 : 255-271.
- ・三好教夫(編著) 1998. 図説日本列島植生史. 302pp. 朝倉書店, 東京.

特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

新幹線ルートと中池見湿地の水生植物－危惧される影響

神戸大学大学院理学研究科 角 野 康 郎

Threat to aquatic plants of Nakaikemi Wetland caused by the Shinkansen construction. Yasuro Kadono (*Graduate School of Science, Kobe University*)

中池見湿地の植物の多様性と水環境

ラムサール条約に登録された中池見湿地（福井県敦賀市）は、生物多様性豊かな湿地として、また13万年の植生と環境の変化を記録する40mの泥炭の堆積する湿地として、日本でも注目すべき貴重な湿地である。約3000種が確認されている生物相のうち、維管束植物は湿地部に287種、周辺の丘陵部に325種の計602種が記録されている（横山ほか，2003）。コケ類とシャジクモ類も含めると環境省レッドリストに28種、福井県レッドリストには39種の植物が絶滅危惧種または準絶滅危惧として掲載されている。

中池見湿地の植物の多様性は、水田耕作に依存

する人里植物と、水田耕作が始まる前からの湿地の残存要素が共存し、水分条件（水質、水温）の違いや人為的攪乱のあり方によってモザイク状に混在する多様な環境が支えてきたと考えられている（角野，1998）。

特に湧水の存在は、中池見湿地の水生植物や湿地の植物の生育を支えてきた不可欠の条件である。オオアカウキクサ（図1）やミズニラは山からのしみ出し水が湧き出す水田に分布が限られ、またヒツジグサやイヌタヌキモの生育する小水路にも湧水があった。ミツガンワやカキツバタなどの北方系の遺存種の生育も、水の動きの存在が水温の上昇を妨げていたことと結びついている。コバギボウシ、オオニガナ、サワヒヨドリなども湧水のある湿地を好む植物である。

大阪ガスの液化天然ガス基地建設計画が進行中に「環境保全エリア」への不適切な移植によって消滅した種や、計画断念後に放置状態になった湿地部分の植生遷移の進行による陸地化や外来植物の侵入が原因で現在は姿を見られない希少種も増えている。しかし、復田等の攪乱によって再生する種が確認されており、今後とも良好な水環境と適切な維持管理によって生物多様性を保全していくことが課題となっている。



図1. 湧水のある水田に生育するオオアカウキクサ。

新幹線建設が与える影響

現在計画が進行中の新幹線ルートが中池見湿地に与える影響を考えるにあたっては、通称「後谷」をルートが通過することによる環境や景観に対する影響と、中池見湿地全体への地下水の供給源のひとつである深山をトンネルが通過することの影響評価のふたつの問題がある。当初の計画ルートを移動させたことだけが問題なのではなく、後者こそ中池見湿地の将来の命運にかかわる本質的な問題であると考えてるので、ここではトンネル掘削による影響と、どのような対応が可能なのかについて考えてみたい

鉄道や道路のトンネル掘削が周辺の湧水や温泉の湧出に影響を与えた例は数多く知られている。今回の新幹線建設にともなうトンネルの掘削も深山周辺の地下水脈に与える影響は必至と考えられる。おそらく各所で湧水量の減少や枯渇がおこるであろう。問題は、今回行われようとしている程度の「調査」では、どこにどのような影響が及ぶかについてはほとんど予測できないことである。絶滅危惧植物はじめ、中池見湿地の植物相や植生に与える影響も予測できない。これは事前の対策は存在しないことを意味する。「影響は軽微である」といった結論はありえない。むしろトンネル掘削の影響は予測できないことを前提に対応を考えざるを得ない状況にある。

実際に工事が行われた後に、変化を詳細にモニタリングして順応的管理を行うというのが、唯一現実的な対応だが、これは対症療法でしかないことを自覚しておく必要がある。異常が見つかった後に、いわば救急救命装置をつけて、水環境の維持のための代償措置をとることになる。しかし、

湧水が枯渇した場合、どこに新たな水源を確保するのか、その水環境で中池見湿地の植物は育つのか、等々、すべて保証はない。

中池見湿地の保全の取り組みは、今後末永く続くものである。しかし、工事の当事者である鉄道建設・運輸施設整備支援機構が工事完了後も予算をつけて中池見湿地の保全に関わり続けることは想定できない。そうであれば、シナリオのない保全に、どこが、どのような体制で責任を持つのが問題になるが、その点は全く議論されていない。中池見湿地の生物多様性や泥炭層の価値が失われることになって、誰も責任を問われない形で事態は進行している。

今回の新幹線ルート変更の問題は、目先の対応で済む問題でないことは明らかである。鉄道建設・運輸施設整備支援機構の姿勢だけでなく、環境省、福井県、敦賀市などの行政の対応も問われる。中池見湿地の何を、どのような形で守るのか、そのためには何をすべきか。ラムサール登録湿地としての中池見湿地を保全するための全体構想を考える場を設け、幅広い議論が今からでも始まることを期待している。全てが後の祭りとならないためには、それ以外に道はない。

引用文献

- 角野康郎. 1998. 中池見湿地の植物相の多様性と保全の意義. 日本生態学会誌, 48: 163–166.
横山俊一・唐崎千春・河野昭一・角野康郎・村山恵子・宮部 満. 2003. 中池見湿地の植生と植物相(2) 中池見湿地の植物相. 国立環境研究所研究報告, 176: 44–58.

特 集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

山地源流域の山体地下水が雨水の流出に果たす役割

京都大学大学院農学研究科 小 杉 賢一郎

Role of bedrock groundwater in rainwater discharge processes at a headwater catchment. Ken'ichirou Kosugi (*Graduate School of Agriculture, Kyoto University*)

はじめに

山地源流域における水文観測によって、土層内に浸透した雨水の一部が土層の下にある岩石の層（基岩層）に浸透することが指摘されてきた（塚本，1992）。この浸透水が涵養する基岩内部の地下水（山体地下水）は、山体深部に漏逸し水収支上の損失成分になるが、山地小流域の降雨流出プロセスや物質循環においてそれ以上の影響は及ぼさない、と考えられることが多かった。しかしながら、最新の水文観測によって、実際の基岩浸透量がかなり多いこと、一端基岩に浸透した水が流域内部で土層内に湧出することなど、山体地下水と表層水文過程の間に密接な繋がりがあることが明らかにされつつある（たとえば，Katsura et al., 2008）。ここでは、花崗岩を母材とする山地源流域において、調査ボーリング孔網を利用した詳細な水文観測を実施し、降雨による山体地下水の水位変動、ならびに山体地下水が降雨流出に及ぼす影響について検討した結果（Kosugi et al., 2011；小杉ほか，2012）を報告する。

六甲山系西おたふく山における水文観測

対象とした流域

図1に対象流域（西おたふく山流域）の地形を

示す。本流域は、兵庫県六甲山系住吉川流域内の西おたふく山山頂西側に位置する、面積2.1haの森林流域である。流域出口と頂部の標高は、それぞれ742，875mであり、頂部は六甲山系の主尾根の一部を形成している。流域最上部は隆起準平原に属し比較的平坦であるのに対し、残りの部分は急峻な地形を呈している。流域全体の平均斜度は 34° である。平均土層厚は1.4m（標準偏差0.6m）である。流域の地質は六甲花崗岩と呼ばれる黒雲母花崗岩から成り、植生は、コナラ、アカマツ、

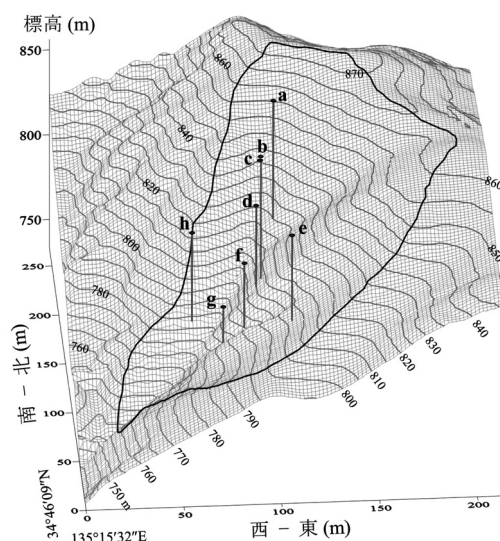


図1. 西おたふく山観測流域の地形と調査ボーリング孔.

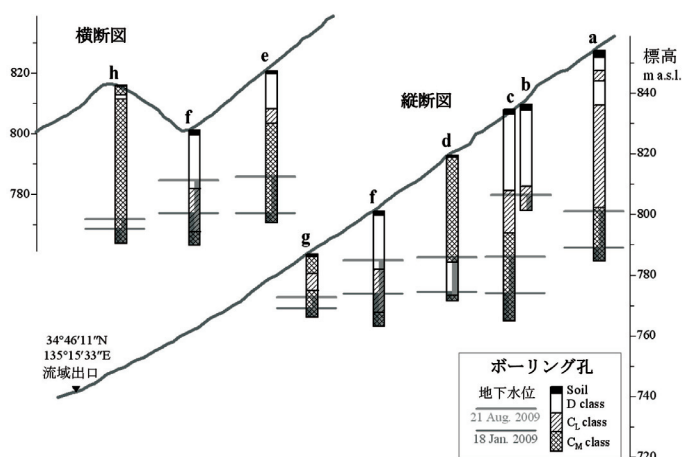


図2. 縦・横断面図上における調査ボーリング孔の位置・深さと観測地下水位. ボーリング孔の様子は岩石の風化区分を表す.

エゴ、リョウブ、ネジキ、アセビ等が繁茂する二次林で、林床はミヤコザサに覆われている。

水文観測

流域の尾根付近の樹冠被覆の無い地点において雨量を計測した。また、流域出口に三角堰を設けて流量を計測した。流域主谷沿いの6地点（a, b, c, d, f, g地点）と、f地点の東西方向2地点（e, h地点）には、深度21～70mの調査ボーリング孔を設置し、基岩内地下水位を水圧式水位計で計測した。計測インターバルは10分、計測期間は2008年2月～2010年2月の2水文年である。

図2は、流域の主谷沿いの縦断面図と、f地点を通過する横断面図上に、各調査ボーリング孔の位置・深さと、採取されたコアの風化区分（土質工学会, 1979）を示したものである。また図3は、e, g地点で採取された基岩コアサンプルの様子を示したものである。e地点では、深さ12.7mまでD級の風化花崗岩が分布し、強度の風化が深部まで進行していることがわかる。同様の傾向は、a, b, c, f地点でも観察された（図1, 2）。一

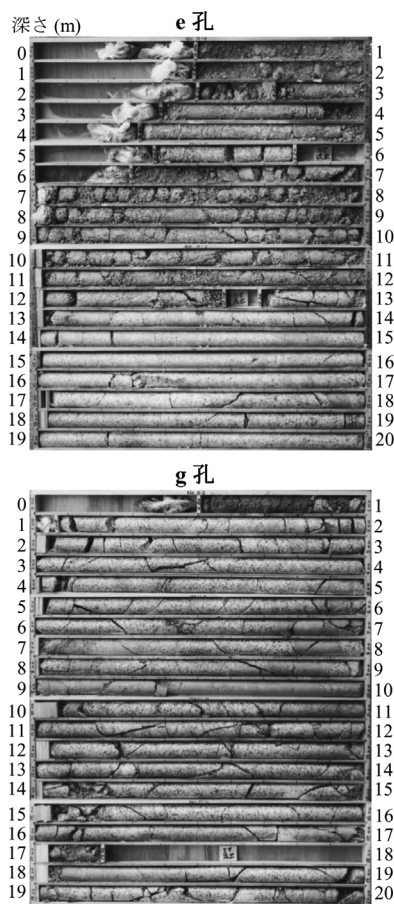


図3. 調査ボーリング孔で採取された岩石コアの様子。

方、g地点の岩盤の風化程度は相対的に低く、全深度においてCL～CM級であり、D級の岩盤は見られなかった。ただし、多くの亀裂が存在していた（図3）。同様の傾向は、d, h地点でも観察された。

西おたふく山の地下水と流出

深度でみた山体地下水位

図4に、観測された日雨量ならびに二週間雨量と、ボーリング孔内の地下水位の変動を示した。

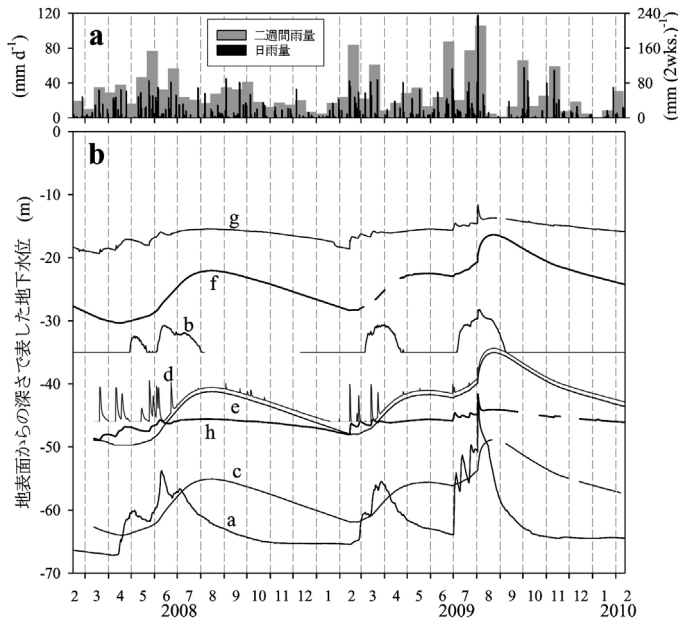


図4. (a) 日雨量・二週間雨量と (b) 地下水位の時間変化.

この図の地下水位は、地表面からの深さで表示している。地下水位変動を見ると、規模の大きな日雨量に反応して比較的鋭敏な反応を示す場合や、より長期にわたる積算雨量に対応して緩やかな反応を示す場合など、観測孔による違いが大きいことがわかる。一般に、地下水面が深い位置にあるほど降雨浸透に時間を要するため、降雨に対する反応は緩やかになると予想される。しかしながら図4の結果は、地下水位変動が深さとはあまり関係しないことを示している。例えば、a孔の水位は最も深い位置（40～70m）で観測されたにもかかわらず、降雨に反応した比較的素早い変動を示した。このことは、山体のかなり深い位置にある地下水であっても、雨水の影響を比較的早く受ける場合があることを示している。一方f孔の水位は、より浅い20～30mの深度に存在するものの、極めて緩やかな季節変動を示した。

標高でみた山体地下水位

図5bは、地下水位を標高で示したものである。標高別に見ると、地下水位の変動パターンは大きく三種類に分類されることがわかる。最も標高が高い地下水位は、流域最上流部のa, b孔（図1参照）で観測されたものであり、降雨に対して比較的鋭敏な反応を示した。以下では、この地下水帯を上流地下水帯と呼ぶ。

中位の標高の地下水位は流域中央部のc, d, e, f孔で観測され、ほぼ同じ標高に位置し、互によく似た変動を示した。このことから、空間的に大きな広がりを持つ地下水帯（以下、中流地下水帯と呼ぶ）が存在することが示唆された。但しd孔の水位のみは、強度の強い雨に対して非常に素早い反応を示す場合があった。これは、基岩の割れ目を水みちとする選択的な降雨浸透によるものと推察された。また、c孔は上流地下水帯に属するb孔とほぼ同じ位置にあるが（図1, 2参照）、

両者で観測された地下水位は、標高も波形も大きく異なっていた。中流地下水帯の水位は、地表面からの深さ16～62mの範囲に分布しており（図4）、まとまった量の降水（図5aの二週間雨量参照）があった後に緩やかな上昇を示す傾向が見られた。その涵養源は、雨水の鉛直浸透と上流地下水帯からの側方流と考えられる。水位波形が、個々の降雨イベントには反応を示さず、極めて緩やかな季節変動を示すことから、中流地下水帯は大きな貯水容量を持つと推察された。

g, h孔で観測された地下水位も、互いによく似た標高と時系列を示し、空間的な広がりを持つ地下水帯（以下、下流地下水帯と呼ぶ）の存在が示された。g孔の地下水位は地表面からの深さが12～19mと比較的浅いが、流域界の尾根に位置す

るh孔の水位は深い位置（深さ42～48m）に存在していた（図4）。この結果、h孔の水位は、谷筋にあるf孔、g孔よりも低いレベルにあり（図5）、山体地下水の実際の流動方向と表面地形が示す流動方向とは異なる場合があることがわかった。さらに下流地下水帯の水位は、豪雨の波形に敏感に反応した小刻みな変動と、中流地下水帯とよく似た緩やかな季節変動の2つが重なった波形を示した。このことから下流地下水帯は、降雨の鉛直浸透と中流地下水帯からの側方流によって涵養されていると考えられる。

各孔の地下水位が平均的に低いレベルを示した2009年1月18日と、高いレベルを示した2009年8月21日について、縦・横断面図上の地下水位分布を、図2中に示した。中流地下水帯に属するc, d, e,

f孔の水位はほぼ同じ高さにある一方で、上流地下水帯と中流地下水帯、中流地下水帯と下流地下水帯の間には、大きな水位差が存在することがわかる。この様に西おたふく山の地下水位は、尾根から谷にかけて連続的に分布するわけではなく、複数の地下水帯を形成して階段状に変化することがわかった。この原因の一つとして、断層などの地質的な不連続面によって地下水帯が分断されていることが推察される。

山体地下水と流出ハイドログラフ

流域からの流出ハイドログラフ（図5c）は、降雨に対応した洪水ピークを示した。その一方で、無降雨時の流量（基底流量）が極めて緩やかな季節変動を示し、2008年8月中旬、2009年5月下旬、8月中旬にピークが観測された。

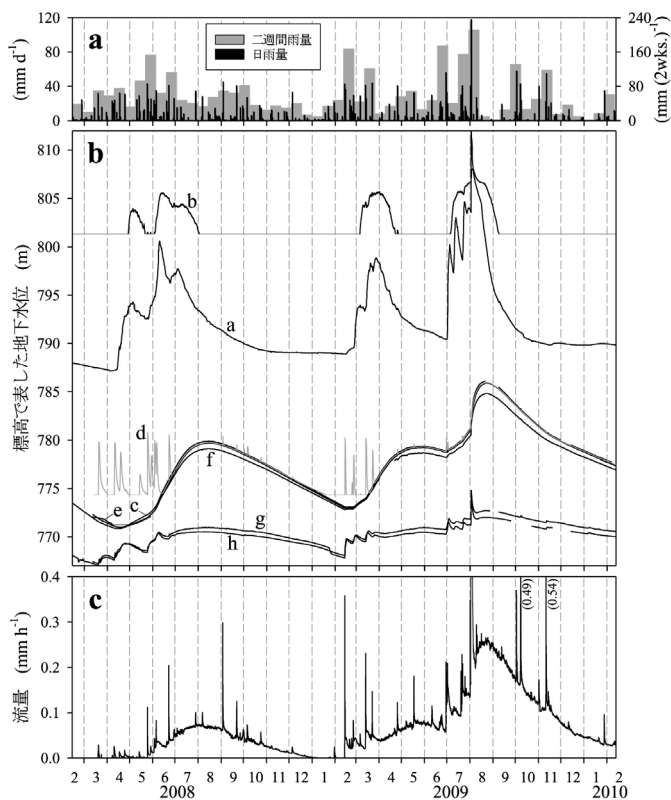


図5. (a) 日雨量・二週間雨量, (b) 地下水位, (c) 流量の時間変化.

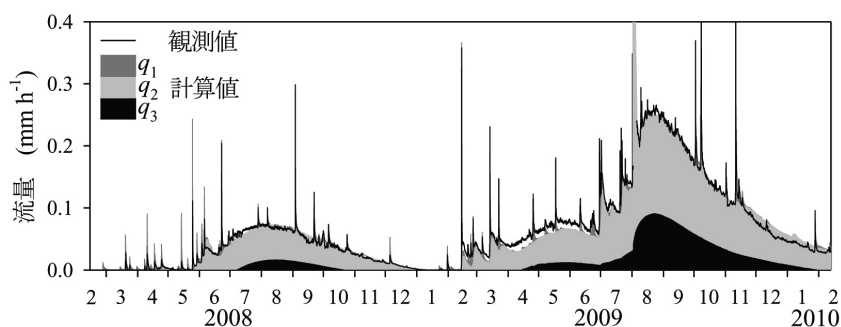


図6．流量の観測値と計算値.

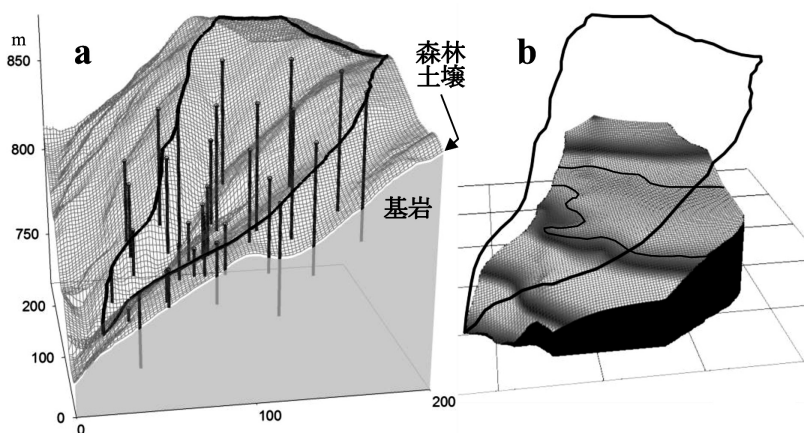


図7．(a) 調査ボーリング孔の位置と (b) 観測された地下水面分布.

基底流量のピークは、中流地下水帯水位のピークや、下流地下水帯水位に見られる緩やかな季節変動のピークとほぼ同時刻に発生しており、山体地下水と降雨流出との密接なインタラクションを示唆している。すなわち西おたふく山では、空間的な拡がりを持ち貯水容量が大きな中流地下水帯が、浸透雨水や上流域からの流入地下水を蓄え、緩やかな波形に変換した後に、下流域に供給していると考えられる。中流地下水帯からの地下水流は、直接、あるいは下流地下水帯を経て、流域出口からの流出成分になると推察される。

以上の考察に基づき、流域出口からの流出をシ

ミュレートした結果を図6に示した。流出成分 q_1 は、流域出口付近の土層からの流出を貯留関数モデル (Kirchner, 2009) で表現したものである。流出成分 q_2 、 q_3 は、それぞれ下流地下水帯と中流地下水帯からの地下水流出成分を、Dupuit-Forchheimer式 (Bear & Cheng, 2010) を使用してh孔、f孔の観測地下水位から算定したものである。三つの成分を足し合わせた計算流出波形は、観測波形を良好に再現していることがわかる。この計算結果に基づくと、年総流出量のおよそ93%が、山体地下水から供給されていると考えられた。

以上の様に西おたふく山では、雨水の流出に山体地下水が大きな役割を果たしていることがわかってきた。特に中流地下水帯は、大量の雨水を一時的に貯留して下流域に持続的に供給する「水瓶」の役割を果たしていると考えられた。そこで、より多くの調査ボーリング孔を設置して、この水瓶の容量を定量化し、水資源上の役割を解明する追加調査を開始した（図7a）。これまでのところ、図7bの太線で囲んだ範囲に中流地下水帯が拡がり、多量の地下水が貯留されていることがわかり始めている。

まとめ

花崗岩を母材とする六甲山源流域において、調査ボーリング孔網を用いた山体地下水観測を実施した。また、降雨量、流出量の観測を併せて行った。その結果、上流・中流・下流域に互いに不連続な山体地下水帯が存在すること、各地下水帯の雨水貯留特性と異なる地下水帯間の地下水流動特性が、降雨流出プロセスを大きくコントロールしていることが示された。

謝辞

本研究の実施にあたり、JST CRESTならびに科学研究費補助金（22248018, 23221009）の補助を受けた。ここに記し、深く謝意を表します。

Bear, J. & A. H. -D. Cheng. 2010. Groundwater Motion. In: Modeling Groundwater Flow and Contaminant Transport, pp. 152-159. Springer, Dordrecht.

土質工学会（編）. 1979. 風化花崗岩とまさ土の工学的性質とその応用. 316 pp. 土質工学会土質基礎ライブラリーNo.16, 東京.

Katsura, S., K. Kosugi, T. Mizutani, S. Okunaka & T. Mizuyama. 2008. Effects of bedrock groundwater on spatial and temporal variations in soil mantle groundwater in a steep granitic headwater catchment. *Water Resources Research*, 44 : W09430, doi: 10.1029/2007WR006610.

Kirchner, J. W. 2009. Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall - runoff modeling, and doing hydrology backward. *Water Resources Research*, 45 : W02429, doi: 10.1029/2008WR006912.

Kosugi, K., M. Fujimoto, S. Katsura, H. Kato, Y. Sando & T. Mizuyama. 2011. A localized bedrock aquifer distribution explains discharge from a headwater catchment. *Water Resources Research*, 47 : W07530, doi: 10.1029/2010WR009884.

小杉賢一朗・藤本将光・水山高久. 2012. 降雨による山体地下水の水位変動について. 「深層崩壊の実態, 予測, 対応, 特定研究集会23C-03」, pp. 56-63. 京都大学防災研究所, 京都.

塚本良則. 1992. 山地の地下水. 「森林水文学」, pp. 161-163. 文永堂出版, 東京.

特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題

チョウ類群集から見た中池見湿地の植生の変化

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 石 井 実

Vegetation change from the view point of butterfly assemblage in the Nakaikemi Wetland, Japan. Minoru Ishii (*Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University*)

はじめに

本会と日本生態学会近畿地区会（以下、近畿地区会）自然保護専門委員会の共催によるフィールドシンポジウム「中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題」が、2013年10月13日に敦賀市で開催された。当日は天候にも恵まれ、午前の部（中池見湿地における現地見学会）、午後の部（敦賀市内でのシンポジウム）ともに、多くの参加者を得て、無事終了した。このシンポジウムの開催にあたり、補助金によるご支援をいただいた近畿地区会、会場の確保や現地での解説等でたいへんお世話になったNPO法人ウェットランド中池見の笹木進・智恵子ご夫妻、ご講演いただいた平井規央（大阪府立大学）、宮本真二（岡山理科大学）、角野康郎（神戸大学）、小杉賢一郎（京都大学）の各先生方、準備や当日の設営等でご協力いただいた京都大学雑草学研究室の皆様、本会事務局の大久保その子さんほかの方々に、会長として厚く御礼申し上げます。

このシンポジウムの概要については、近畿地区会自然保護専門委員会の岩崎敬二委員長が本誌に報文を寄せておられるので、ご参照いただきたい。ここでは、筆者が関わっているチョウのトランセクト調査の結果にもとづき、中池見湿地の現状について情報提供したい。

中池見湿地はモニタリングサイト1000のコアサイト

環境省は2003年より「重要生態系監視地域モニタリング推進事業」（通称、モニタリングサイト1000事業）を開始し、高山、森林、里地、湖沼、砂浜、干潟、サンゴ礁など約1000ヶ所の日本の重要な生態系を選び、それぞれ適当な生物指標を設定してモニタリング調査を継続している。この事業は100年にわたって継続することになっており、得られた情報は地域の保全施策に反映される。そのうち里地部門は事務局を公益財団法人日本自然保護協会が担当し、コアサイト（100年継続）と一般サイト（一般募集により5年ごとに更新）を合わせて全国の約200ヶ所で植物、鳥類、哺乳類、指標種群（カヤネズミ、カエル類、チョウ類、ホタル類）、水環境などのモニタリング調査が市民ボランティアなどにより実施されている。中池見湿地は、里地部門のコアサイトのひとつで2006年からモニタリング調査が始められた。

筆者は、モニタリングサイト1000里地部門のチョウ類のトランセクト調査方法の策定に関わり、その技術指導のために全国各地で講習会等を行ってきた。中池見湿地では、NPO法人ウェットランド中池見の池上博さんがチョウ類調査の担当に決まり、筆者はルートの設定と調査方法の確認のために2005年8月下旬に現地を訪れた。池上さんは

敦賀市内の中学校で理科の先生を務めておられ、中池見湿地のチョウ類についてもとてもよくご存じであった。ここでのトランセクト調査は、湿地本体部分の周囲に約2.3kmの周回ルートを設定し、4～11月まで毎月2回行うことになった。筆者は、このルート決めの日に、クロコノマチョウを中池見湿地で初めて確認したのを覚えている。

トランセクト調査の結果から

池上さんは、2006年の春から熱心に調査を行ってくださり、時々筆者にも整理したデータを送っていただいた。そこで、調査開始から5年が経過した時、筆者の方から、「昆虫と自然」という商業誌に調査結果を紹介して下さるようお願いし、ご快諾いただいた。その報文（池上，2012）によると、2006年から2010年の5年間に中池見湿地から合計61種のチョウ類が確認され、各年の合計種数は44～50種、合計個体数は803～1057個体であった。また、5年間の合計個体数からみた最上位種はキタキチョウ（1087個体）であり、次いでヤマトシジミ（405）、アオスジアゲハ（314）、モンキアゲハ（243）、ヒメウラナミジャノメ（242）（図1）の順であった。アオスジアゲハやモンキアゲ

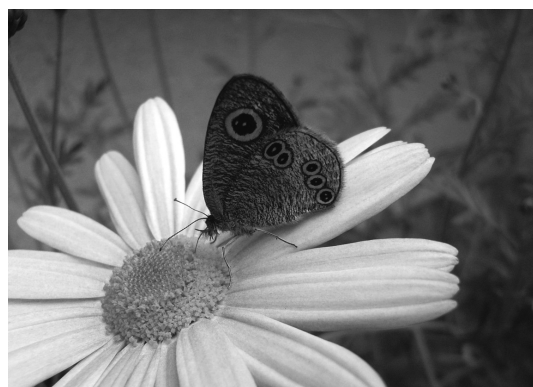


図1. ヒメウラナミジャノメ（2007年5月3日，堺市美原区で撮影）。

ハ、ヤマトシジミは南方系の種であり、モンキアゲハを除けば、大阪周辺の里山とあまり違わない上位種構成といえる。同じく南方系のウラギンシジミが毎年多く確認され、ツマグロヒョウモン、クロコノマチョウ、ナガサキアゲハも見られることから、ここでも温暖化の影響が指摘できるかもしれない。

池上さんは、この報文に種ごとの確認個体数を記載した表を掲載しておられるので、筆者は中池見湿地の変化を検討するために、「SR指数」（Nishinaka & Ishii, 2007）を用いて独自に簡単な解析を行った。SR指数は、チョウ類各種の寄主植物が自生する植生の遷移段階にもとづく指標で、SR1（シバ草地）からSR8（照葉樹林）の値をとる。また、この5年間に増減が顕著な種については、種別に個体数変化をグラフ化した。

まず、SR指数による解析であるが、種数については、各ランクの種数にあまり大きな増減は認められなかった（図2）。しかし、個体数について

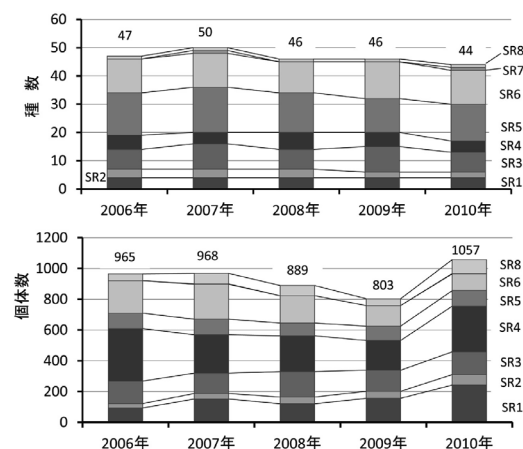


図2. 中池見湿地において行った2006～2010年のトランセクト調査にもとづく「SR指数」（Nishinaka & Ishii, 2007）各ランクのチョウ類の種数と個体数の変化。池上（2012）のデータより描く。

ては、SR 1とSR 2（草丈の低い草地）の種の増加傾向と、SR 6（落葉広葉樹林）の種の減少傾向が確認された。SR 1の種についてはとくにヤマトシジミ（食草はカタバミ）、SR 2の種ではキタテハ（食草はカナムグラ）がそれぞれ顕著に増加しており（図3）、その要因として乾性草地の拡大が考えられる。

一方、SR 6の種の減少については、モンキアゲハ（ミカン科）やクロヒカゲ（ササ類）などの個体数の減少が関わっている（図3）。それ以外にも、SR 6では、ウラゴマダラシジミやミズイロオナガシジミなどのゼフィルス類もこの5年間で急速に減少している。SR 6はSR 5とともに、里山林周辺の種を多く含んでおり、クモガタヒョウモンやメスグロヒョウモン、ウラギンヒョウモンといった林床のスミレ類を寄主とするヒョウモンチョウ類（SR 5）の急激な減少とあわせて考えると、周囲の丘陵部における植生遷移の進行が

要因と推定される。またスギ・ヒノキ植林の成長も関係しているかもしれない。

チョウ類群集の変化から見えるもの

前述した種以外で気になるのは、キアゲハ（SR 3）（図4）の減少である（図3）。このチョウは湿地のセリ科植物などを食草とするため、その減少はやはり湿地の乾燥化を示すものと思われる。また、上位種のヒメウラナミジャノメ（SR 3）も減少を始めており（図3）、低茎草地の高茎草地化が要因と考えられる。すなわち、中池見湿地の湿原部分のチョウ類群集は、湿地性（キアゲハなど）・低茎草地性（ヒメウラナミジャノメなど）の種から、乾地性（ヤマトシジミなど）・高茎草地性（キタテハなど）の種に置き換わりつつあると言えるかもしれない。このことは、今回の現地見学会で、以前の中池見湿地を知っている参加者がヨシなどの抽水植物群落の拡大と乾燥化を指摘していたことと一致する。

里山林の遷移の進行は、ヒョウモンチョウ類やヒカゲチョウ類、ゼフィルス類の減少ばかりではなく、かつては少なくなかったギフチョウの衰退（池上、私信）の要因にもなっているようだ。昨

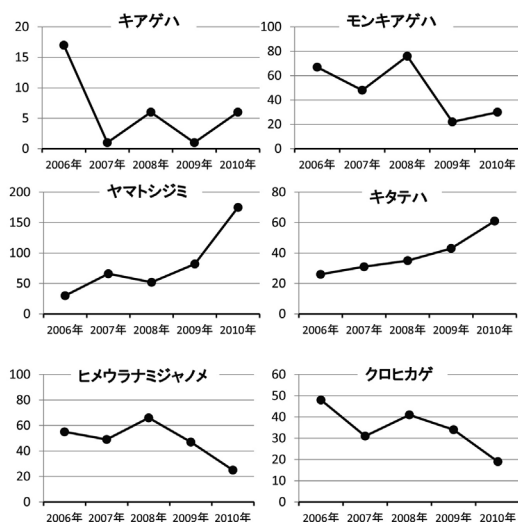


図3. 中池見湿地において行った2006～2010年のトランセクト調査における6種のチョウ類の個体数の変化。池上（2012）のデータより描く。



図4. キアゲハ（2001年10月6日、二上山雌岳で撮影）。



図5. 周囲の丘陵部で見られたカンアオイの一種（未同定）。林内が暗く，大部分の株は小さかった（2011年9月7日撮影）。

年，池上さんとともに湿地を取り囲む丘陵部を歩いたが，食草のカンアオイ類（図5）がほとんど見られない状態であった。里山林の遷移が進行すると湿地への水分供給が減少する可能性もあり，

湿地の乾燥化に拍車をかけることも考えられる。中池見湿地の生物多様性を維持するためには，北陸新幹線のルート変更問題とともに，湿地本体および周囲の里山林の植生管理にも目を向ける必要があるだろう。

引用文献

- 池上 博. 2012. 中池見湿地におけるチョウ類の
トランセクト調査による環境評価. 昆虫と自然,
47 (4): 20–23.
- Nishinaka, Y. & M. Ishii. 2007. Mosaic of
various seral stages of vegetation in the
Satoyama, the traditional rural landscape
of Japan as an important habitat for but-
terflies. Trans. Lepidopterological Society
of Japan, 58: 69-90.

原 著

兵庫県宝塚市西谷地区における準絶滅危惧種スズサイコ *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag.の繁殖特性及び訪花昆虫相

京都大学大学院農学研究科

中 濱 直 之

神戸大学大学院人間発達環境学研究科

丑 丸 敦 史

京都大学大学院農学研究科

井 鷲 裕 司

Reproductive traits and flower visitors fauna of *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag. in Nishitani area of Takarazuka City, Hyogo Prefecture. Naoyuki Nakahama (*Graduate School of Agriculture, Kyoto University*), Atsushi Ushimaru (*Graduate school of Human Development and Environment, Kobe University*) and Yuji Isagi (*Graduate School of Agriculture, Kyoto University*)

We examined the mating system and flower-visitor fauna of *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag. in the Nishitani area of Takarazuka City, Hyogo Prefecture. The results of hand pollination experiment indicated that *V. pycnostelma* is self-incompatible and that resource and weak pollinator limitation causes low fruit sets (4.9%) in the field. Twenty-two moth species and one mosquito species were recorded as flower visitors. Four small-sized and one medium-sized moth species carried *V. pycnostelma* pollinarium on their bodies, suggesting that they are pollinators of *V. pycnostelma*. The facts that most pollinators were common species and that *V. pycnostelma* did not suffer from strong pollinator limitation together suggest that recent declines of *V. pycnostelma* populations have been caused by habitat destruction rather than pollinator declines under human impacts.

Keywords: Flower visitors, Rare plants, Resource limitation, Self-incompatibility, *Vincetoxicum pycnostelma*

要旨：スズサイコ *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag. は日本国内では半自然草原に生育する多年生草本である。本研究では兵庫県宝塚市西谷地区に生育するスズサイコ集団を用いて本種の繁殖特性及び訪花昆虫相を明らかにし、観察された訪花昆虫各種がスズサイコの繁殖に与える影響について議論した。調査地におけるスズサイコの自然条件下での結果率は4.9%と非常に低い値であった。交配実験により繁殖様式を調査した結果、スズサイコは自家不和合性であることに加え、果実生産に資源制限及び弱い送粉者制限がかかっていることが明らかとなった。スズサイコの訪花昆虫については2目8科23種が確認され、そのうち花粉塊体が付着していた個体は1目2科5種だった。観察された訪花昆虫のうち開張50mm以下の鱗翅目小型及び中型蛾類については、体表に花粉塊体が付着していたこと、及び柱頭室に口吻を挿入するなど送粉者として適切な行動をとっていた個体が観察されたことから、スズサイコの主要な送粉者であると考えられる。今回観察された訪花昆虫はいずれも広域分布種であり、送粉者制限による果実生産への影響も小さかった。そのため送粉者の減少がスズサイコの主要な減少要因となっている可能性は小さく、従来のリスク評価は妥当なものであろう。

キーワード：訪花昆虫、希少植物、資源制限、自家不和合性、スズサイコ

はじめに

虫媒は被子植物で最も多く見られる送粉様式である(菊沢, 1995)。虫媒植物にとって花粉を運ぶ昆虫種がいなくなった(送粉者制限が起きた)場合、種子繁殖による集団の維持は困難になると考えられている。実際に、送粉者制限による種子生産の減少は多く報告されている(鷲谷・矢原, 1996)。例えば、埼玉県田島ヶ原に自生するサクラソウ *Primula sieboldii* E.Morren 集団では、送粉者であるトラマルハナバチ *Bombus* (*Diversobombus*) *diversus diversus* Smith の女王バチの訪花が観察されずサクラソウの結実が非常に少なくなってしまう結果、将来的に集団の遺伝的多様性の維持が難しくなることが危惧されている(Washitani et al., 1991, 1994; Washitani, 1996)。

一方で、レッドデータブック(環境庁, 2000)では、日本国内における被子植物の主な減少要因として送粉者の減少・喪失を含む「生物間相互作用(主に相利共生)の低下・喪失」は「減少要因」リストに取り上げられていない。近年、我が国の絶滅のおそれのある野生生物の保全に関する点検とりまとめ報告書(URL:http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=19532&hou_id=15012 2012.3.参照)においては新たに「生物間相互作用の低下・喪失」が減少要因として加えられたが、本要因が減少の主要因であるとした植物の例は全く取り上げられていない。このように希少植物の保全を考える際に送粉者の減少・喪失に対する社会的認知度は低いのが現状である。

スズサイコ *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag. は東アジアに広く分布し、日本では半自然草原に生育する多年生草本である(北村ほか, 1957)。本種は環境省レッドリスト(2012b)において準絶滅危惧種(NT)に選定され、またレッドデータブッ

ク近畿研究会(2001)においても絶滅危惧種Cに選定されている。本種の主な減少要因は自然遷移、草地開発及び管理放棄とされている(環境庁, 2000)。一方で、野外での果実形成が稀であることが報告されており(Nakahama et al., 2013)、送粉者制限が減少を促進している可能性も考えられる。本種が属するキョウチクトウ科ガガイモ亜科植物は、花粉塊や肉柱体副花冠といった特有の花形態を持つことから(Endress, 1994)、送粉に関して多くの研究がなされてきた(Lumer & Yost, 1995; Wyatt & Bloyles, 1994; Sugiura & Yamazaki, 2005; Wolff et al., 2008)。スズサイコでは鱗翅目及び双翅目昆虫が送粉者として確認されている(Yamashiro et al., 2008; Nakahama et al., 2013)が、いずれも観察時間が短く、各昆虫種の詳細な訪花行動は明らかにされていない。また、野外での非常に低い結果率について、自家不和合性による受精制限もしくは資源制限に起因する可能性が指摘されているが(Nakahama et al., 2013)、その検証は行われていない。さらに、交配実験による送粉者制限の有無の検証もされていない。そこで本研究では、保全上の基礎情報を得るため、長期観察に基づいたスズサイコの訪花昆虫相の解明及び各昆虫の訪花頻度及び訪花行動の詳細な観察を行うことで本種に有効な送粉者を記述すること、交配実験により自家不和合性の確認と送粉者・資源制限の有無の確認を行うことを目的とした。また、今回の結果から、近年のスズサイコの減少に送粉者が影響していないかについて考察を行った。

材料と方法

調査地

調査は兵庫県宝塚市西谷地区(北緯34度53分, 東経135度12分)に位置している約0.5haの非整備

棚田畦畔で実施した。スズサイコは本調査地においておよそ200株が複数の棚田畦畔に沿って生育し、調査地周辺においても小規模な集団を複数形成していた。

交配実験及び結果率調査

2012年6月から7月にかけて、調査地に生育するスズサイコの花に対して以下の4つの処理区を設定し、結果率を比較した。

1. 強制他家受粉区（開花前に袋掛けを施し、開花後に他株の花粉塊を人工授粉）
2. 強制自家受粉区（開花前に袋掛け、開花後に自株の花粉塊を人工授粉）
3. 袋掛け区（開花前に袋掛け、人工授粉なし）
4. 放任区

各処理区につき、それぞれ25株のスズサイコの花を用い、1株あたり1花序（5－6花）を袋掛け試験に使用した。強制他家受粉に用いた花粉塊は、近縁個体間の受粉を避けるために人工授粉した株からそれぞれおよそ20m離れた株の花より採集して用いた。強制自家受粉に用いた花粉塊は、実験処理を施した株で開花している別の花より採集して用いた。実験処理後、受精に成功した花は子房が残存したが、何らかの理由で受精に失敗した花は子房含め全ての花器官が落下した。残存した子房は全て成長するわけではなく、長さ約5mmの未成長果実も観察された。そこで、開花期後、落下せず残存した子房の数と、結果数を計測した。各実験区の結果数から、花あたりの子房残存率（子房が残った花の割合）及び結果率、さらに子房残存花序率（子房が残った花序の割合）及び結果花序率（結果した花序の割合）を算出した。なお、放任区の結果率を自然状態下での結果率とした。処理区間における子房残存率及び結果率、また子房残存率及び結果花序率の比較にはフィッシャーの正確確率検定を用いた。

実験中に草刈りなどの要因で地上部が失われた株を除いた結果、強制他家受粉区では24株140花、強制自家受粉区では23株138花、袋掛け区では24株144花、放任区では24株144花から得られたデータを解析に供した。

訪花昆虫調査

2012年6月25日から8月7日にかけて、およそ週に1回の頻度で計7回、スズサイコの訪花昆虫を調査した。先行研究から、スズサイコは日中花弁を閉じて夜間に開花し、訪花昆虫の大部分は夜行性の昆虫であることが明らかになっている（Nakahama et al., 2013）。なお、スズサイコは降雨時間中には日中も咲いていたが、6月25日の16時から18時30分（16時から17時30分まで降雨あり）まで予備的な観察をしたところ、訪花昆虫は確認されなかった。したがって本研究では夜間に訪花者の採集とデジタルカメラ（Pentax, Optio W30）によるインターバル撮影を実施した。

見つけ採りは各調査日の19時から21時30分まで、スズサイコ開花株のうち15－30株を観察し、7日間で計17.5時間、花に着地し柱頭室に口吻を挿入していた昆虫をできる限り採集した。採集した訪花昆虫は日本産蛾類大図鑑（井上ほか, 1982）に基づいて同定した。また、採集した個体については実体顕微鏡を用いて観察し、スズサイコの花粉塊体の付着の有無を確認した。

インターバル撮影は各調査日の19時30分に開始し、スズサイコの花に訪花する昆虫を10秒に1回の頻度で1時間から2時間程度、7日間でのべ89.5時間撮影した。デジタルカメラは1日あたり5－10台設置した。撮影した写真から訪花頻度及び各昆虫の訪花行動を分類した。ガガイモ亜科 *Vincetoxicum* 属植物の場合、主に訪花昆虫の口吻に花粉塊体を付着させて送粉が行われることが観察されているが、花粉塊体が訪花昆虫の脚に付着

している例も観察されている (Lumer & Yost, 1995; Yamashiro et al., 2008; Nakahama et al., 2013)。本研究では、昆虫の訪花行動を「花への接近」「花への着地」「口吻の挿入」「蜜をなめる」の4つに区分した。なお、訪花昆虫の脚の柱頭室への挿入行動の有無はデジタルカメラ撮影による判別が難しいため、観察から除外した。さらに、各昆虫の撮影枚数から、花における滞在時間を算出した。デジタルカメラによる撮影開始以前から訪花していた昆虫や撮影終了後も花に滞在していた昆虫は滞在時間が不明であるため、滞在時間の計算から除外した。

花粉塊体持ち去り率及び受粉率調査

2012年7月5日にスズサイコ20花序144花を採集し、研究室に持ち帰り、花を一つずつ解剖した。スズサイコの各花が持つ5つの花粉塊体のうち少なくとも1つが訪花昆虫によって持ち去られていた花の割合を花粉塊体持ち去り率として計算した。また、花粉管の伸長した花粉塊が柱頭室に見られた花を受粉が完了した花とし、受粉した花の割合を受粉率として計算した。

結果

交配実験及び結果率

強制他家受粉区では花あたりの子房残存率は25.7%であった一方、結果率は11.4%だった(図1)。子房残存花序率は62.5%，結果花序率は58.3%だった。株あたりの果実数はいずれも1個及び2個で、3個以上の子房が果実に成長した株は見られなかった。強制自家受粉区及び袋掛け区においては、全ての花が開花後落下し、残存した子房、果実形成ともに全く見られなかった。放任区では子房残存率6.3%で、結果率4.9%であった。フィッシャーの正確確率検定の結果、花あたりの子房残

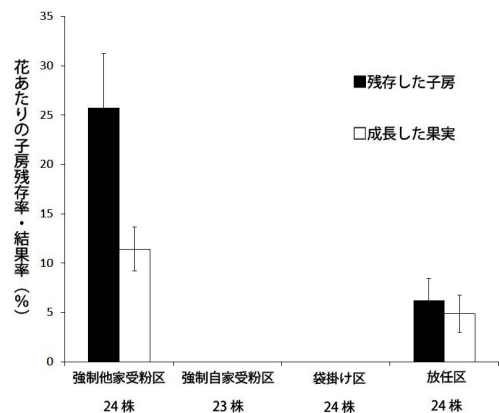


図1. 各実験区での花あたりの子房残存率（開花後、子房が残存した花の割合）及び結果率（成長した果実をつけた花の割合）。

存率には強制他家受粉区と放任区間で有意差が見られた ($p < 0.001$) 一方、花あたりの結果率には両処理区間で有意傾向 ($p = 0.051$) が見られた。放任区の子房残存花序率29.2%，結果花序率は25.0%であり、どちらも強制他家受粉区よりも有意に半分以下であった（子房残存花序率， $p = 0.041$ ；結果花序率， $p = 0.039$ ）。

訪花昆虫相

スズサイコの訪花昆虫は2目8科23種88個体採集され、そのうち花粉塊体が口吻や脚に付着した昆虫は1目2科5種6個体だった(表1)。採集された昆虫は鱗翅目小型蛾類(開張30mm以下)の個体数が最も多く77個体だった。一方、鱗翅目中型蛾類(開張30–50mm)は3個体、大型蛾類(開張50mm以上)は1個体で訪花は非常に少なかった。双翅目はシナハマダラカ *Anopheles (Anopheles) sinensis* Wiedemannのみ7個体採集した。なお、スズサイコや他のガガイモ亜科 *Vincetoxicum* 属植物では訪花昆虫の体の一部が柱頭室に挟まれて動けず死亡する例が知られているが (Yamashiro et al., 2008; Nakahama et al.,

表 1. 兵庫県宝塚市西谷地区におけるスズサイコの訪花昆虫相（無印は小型種，*は中型種，**は大型種を表す）。

目名	Order name	科名	Family name	種名	Species name	平均開張 (mm)	採集 個体数	花粉塊付着 個体数
鱗翅目	シャクガ科	Geometridae		ウスクロテンヒメシャク	<i>Idaea salutaria</i> (Christoph)	18.2	1	0
				キナミシロヒメシャク	<i>Scopula superior</i> (Butler)	20.6	1	0
	スズメガ科	Sphingidae		コスズメ	<i>Theretra japonica</i> (Boisduval)	**59.4	1	0
				アヤナミノメイガ	<i>Eurrhparodes accessalis</i> (Walker)	18.1	7	1
	ツトガ科	Crambidae		イネコムズメイガ	<i>Paraponyx vittalis</i> (Bremer)	13.7	1	0
				クロモンキノメイガ	<i>Udea testacea</i> (Butler)	16.1	3	0
				シロアヤヒメノメイガ	<i>Diasemia reticularis</i> (Linnaeus)	14.6	10	1
				シロテンウスグロノメイガ	<i>Bradina atopalis</i> (Walker)	17.3	3	0
				シロマダラノメイガ	<i>Glyphodes</i> sp.	19.1	1	0
				ツトガ	<i>Ancylolomia japonica</i> Zeller	*30.3	1	0
				ホソミスジノメイガ	<i>Pleuroptya chlorophanta</i> (Butler)	16.6	1	0
	トリバガ科	Pterophoridae		マエウスモンキノメイガ	<i>Paliga ochrealis</i> (Wileman)	28.2	1	0
				<i>Hellinsia</i> 属の一種	<i>Hellinsia</i> sp.	13.0	1	0
	ハマキガ科	Tortricidae		ヒメハマキガ亜科の一種	<i>Olethreutinae</i> gen. sp.	8.8	2	0
				ウラジロキノメイガ	<i>Uresiphita gracilis</i> (Butler)	20.1	1	0
	メイガ科	Pyralidae		キモントガリメイガ	<i>Endotricha kuznetzovi</i> Whalley	13.2	9	0
				モモノハマキマダラメイガ	<i>Psorosa taishanella</i> Roesler	15.5	1	0
				アシブトクチバ	<i>Parallelia stuposa</i> (Fabricius)	*45.2	2	2
	ヤガ科	Noctuidae		<i>Schrankia</i> 属の一種	<i>Schrankia</i> sp.	13.2	23	0
				テンオビヨトウ	<i>Sesamia turpis</i> (Butler)	22.9	1	1
				テンクロアツバ	<i>Rivula sericealis</i> (Scopoli)	13.4	9	0
				ホシコヤガ	<i>Ozarba punctigera</i> Walker	18.6	1	1
双翅目	Diptera	カ科	Culicidae	シナハマダラカ	<i>Anopheles (Anopheles) sinensis</i> Wiedemann	8.2	7	0
合計							88	6

2013), 本研究においてそのような個体は観察されなかった。

花粉塊体が付着していた個体は鱗翅目小型蛾類 77個体のうち 4 個体 (5.2%) であり, いずれも口吻に花粉塊体が付着していた。同様に鱗翅目中型蛾類 3 個体のうち 2 個体 (66.7%) でも花粉塊体の付着が観察され, いずれも脚に付着していた。鱗翅目大型蛾類及び双翅目では花粉塊体が付着していた個体は観察されなかった。

訪花頻度及び行動

インターバル撮影の結果, 103個体の昆虫が観察された。鱗翅目昆虫は小型蛾類（開張30mm以下）と中型蛾類（開張30－50mm）が観察された（図 2）。双翅目昆虫は糸角亜目及び短角亜目の昆虫が観察されたが, いずれも体長10mm以下の小型種のみだった。

訪花頻度は双翅目糸角亜目が最も高く, 次いで鱗翅目小型蛾類, 中型蛾類, 双翅目短角亜目となっ



図 2. スズサイコに訪花する鱗翅目および双翅目昆虫。

た（表 2）。双翅目糸角亜目及び鱗翅目小型蛾類は訪花時に80%以上の個体が柱頭室へ口吻を挿入し, 鱗翅目中型蛾類においても62.5%の個体が柱頭室へ口吻を挿入していた（表 2）。双翅目短角亜目はいずれも口吻が短く, 花に着地した際に蜜をなめる程度にとどまっていた。

表 2. 各訪花昆虫の訪花行動.

訪花昆虫	訪花 個体数	訪花行動(頭)				平均訪花 時間(秒)
		接近	着花	口吻挿入	蜜をなめる	
鱗翅目小型蛾類	35		6	29		810.0
鱗翅目小型蛾類	8	1	2	5		306.7
双翅目糸角亜目	57	3	8	46		448.7
双翅目短角亜目	3				3	150.0
合計	103	4	16	80	3	

訪花時の滞在時間は鱗翅目小型蛾類が最も長く、次いで双翅目糸角亜目、鱗翅目中型蛾類、双翅目短角亜目となった(表 2)。

花粉塊体持ち去り率及び受粉率

採集した144花から合計134花粉塊体が持ち去られ、少なくとも1つの花粉塊体が持ち去られたのは80花(花粉塊体持ち去り率は55.6%)だった。また、合計22花粉塊体が柱頭室に挿入されており、少なくとも1つの花粉塊体が受粉していたのは19花(受粉率は13.2%)だった。

考察

自生地での低い結果率をもたらす要因

ガガイモ亜科植物は*Asclepias*属において多くの種で自家不和合性であることが知られている(Wyatt & Broyles, 1994)。他の属においても、自家不和合性を示す種が報告されているものの(Lipow & Wyatt 1998; Shuttleworth & Johnson, 2006), *Tylophora*属及び*Vincetoxicum*属などで自殖をおこなう種も知られている(Lumer & Yost, 1995; Yamashiro & Maki, 2006)。今回、交配実験において袋掛け区及び強制自家受粉区では果実形成が見られなかったことから、スズサイコは自家不和合性であることが示された。

強制他家受粉区において、離れた位置に生育する個体を花粉親としたにもかかわらず、子房残存率は25.7%にとどまった。さらに結果率は子房残存率の半分以下であり(図 1), 1株あたりの果

実数はいずれも2つ以下であった。スズサイコは草丈が40–100cmしかない一方、果実は長さ5–8 cmと、植物体に比べ果実の大きさは非常に大きく(北村ほか, 1957), 繁殖コスト(cost of reproduction)が大きい(受精した花全てを果実まで成長させた場合、全ての果実に十分な栄養を投資できなかったり、翌年の栄養成長に悪影響が出る)可能性がある。本研究において、株あたりの最大果実生産をしていると仮定される強制他家受粉区でも非常に低い結果率が見られたことによって、資源制限による選択的な中絶の存在が示唆された。

さらに、顕花植物において結果数が花数を下回る現象の至近要因として資源制限に加えて送粉の不足による花粉制限が知られている(菊沢, 1995)。本研究では多数の訪花昆虫が観察され、花あたりの受粉率も強制他家受粉区における花あたりの結果率をわずかに上回っていたことから送粉された花粉塊はスズサイコの最大果実生産量に必要な数を満たすものの、放任区の子房残存率・結果率は強制他家受粉区と比べ低かった。花粉塊のうち自株由来の花粉塊が混合していた場合、自家花粉塊では自家不和合性により果実を形成できないために結果率は低下する。本研究においても受粉していた花粉塊の一部が自株由来だったために、結果率が受粉率と比べ低くなったのであろう。また、放任区の子房残存率及び結果花序率は強制他家受粉区に比べ有意に低かった。このことから野外において訪花昆虫による訪花がされなかった、もしくは訪花した際に正常な送粉が行われなかった花序が複数存在していた可能性が考えられる。

このようにスズサイコでは、資源制限に加え、送粉者の不足により受粉制限(送粉者制限)、さらに送粉者の隣花受粉による他株由来花粉塊の制限(受精制限)によって結果率が低くなったと考えられる。しかしながらガガイモ亜科植物の結果率

は、*Asclepias*属植物では0.3–5.0% (Wyatt & Broyles, 1990), ガガイモ *Metaplexis japonica* (Thunb.) Makinoでは0.03–0.1% (Sugiura & Yamazaki, 2005), また、スズサイコでは2.3% (Nakahama et al., 2013) といずれも低いことが知られている。本研究におけるスズサイコ集団の結果率はこれらの先行研究と比べて高く、調査地において送粉者制限による影響はそれほど大きくないのかもしれない。

訪花昆虫相及び訪花行動

鱗翅目のうち開張30mm以下の小型蛾類の訪花頻度は高く、同時に多くの個体で花の空隙に口吻を挿入する行動が見られたものの、実際に花粉塊体が付着していた個体は少数であった。一方、開張30–50mmの中型蛾類の訪花頻度及び訪花時に口吻を挿入する行動をとった個体の割合は小型蛾類に比べて非常に低かったものの、花粉塊体が付着していた個体の割合は高い結果となった。Nakahama et al. (2013) は、スズサイコの送粉に鱗翅目小型蛾類が重要な機能を担っている可能性を指摘したが、鱗翅目中型蛾類は小型蛾類と比べ訪花頻度が低いものの送粉効率はより高く、送粉者として重要な機能を担っていることが考えられる。

また、花粉塊体の付着が見られた個体について、小型蛾類ではすべて口吻に、中型蛾類ではすべて脚に付着していた。ガガイモ亜科植物はガガイモ *Metaplexis japonica* (Thunb.) Makinoなど送粉者が口吻に花粉塊体を付着させる種 (Sugiura & Yamazaki, 2005; Kunze, 1991) と同様に *Sarcostemma clausm* (Jacq.) Schult. や *S. viminale* (Linn.) L.Br. など送粉者が脚に花粉塊体を付着させる種も知られている (Kunze & Liede, 1991; Liede & Whitehead, 1991)。スズサイコでは、送粉者によって花粉塊体を付着させる部位が異なっ

ている可能性が示唆された。

一方、双翅目昆虫はいずれも体長10mm以下の小型種で、体表に花粉塊体の付着した個体は観察されなかった。既知のスズサイコの訪花昆虫のうち、双翅目小型種は宮城県仙台市において体表に花粉塊体の付着したアカイエカ *Culex pipens* Coquillett が1頭のみ観察されている (Yamashiro et al., 2008) が、一般的に小型の双翅目昆虫は体が小さいことから花粉塊体を付着させることが難しく、花粉塊を運ぶ機会が非常に少ないと考えられる。一方、宮城県仙台市及び愛知県新城市において鱗翅目昆虫の他に双翅目ガガンボ科ヒメガガンボ科昆虫 *Limonia* sp. のスズサイコへの訪花がそれぞれ2種及び1種確認され、いずれの種も花粉塊体が付着した個体が確認されている (Yamashiro et al., 2008)。本研究においてガガンボ科昆虫など双翅目大型種の訪花は観察できなかったが、このような双翅目大型種は比較的容易に花粉塊を運ぶことが可能であるため、送粉者として働く可能性も十分に考えられるだろう。

スズサイコの減少要因

今回観察された訪花昆虫種の大部分を占める鱗翅目昆虫種の多くが北海道から九州まで分布する広域分布種であり (井上ほか, 1982), 訪花が確認された昆虫のうち環境省レッドリスト (2012a) 及び兵庫県レッドデータブック (2003) に記載されている種はいなかった。さらに、花粉塊体が付着していた昆虫5種のうちアシブトクチバ *Parallelia stuposa* (Fabricius) (寄主植物: ザクロ, サルスベリ), シロアヤヒメノメイガ *Diasemia reticularis* (Linnaeus) (寄主植物: オオバコ, コウゾリナ), ホシコヤガ *Ozarba punctigera* Walker (寄主植物: キツネノマゴ) の3種でこれまでに寄主植物が知られている (井上ほか, 1982)。上記の寄主植物はいずれも栽培種, もしくは野外で

普通に見られる植物であることから、生息地周囲の植生の変化により本種の送粉者が急激に減少する危険は小さいと考えられる。また送粉者制限の程度は強くないと考えられることから、送粉者制限による果実生産の減少がスズサイコの主要な減少要因となっている可能性は低く、生息地環境の変化が減少の主要因であるとする従来のリスク評価は妥当なものであろう。したがって、スズサイコの保全を検討する際、送粉者相への配慮よりも本種の生育環境の確保が優先されるべきであると考えられる。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、ご指導、ご助言を賜った京都大学の山崎理正博士には厚く御礼申し上げます。伊東あずさ氏、伊藤拓也氏、坂田ゆず氏、田下直人氏（京都大学）、永田優子氏（福井県）、日下石碧氏（神戸大学）には調査にあたり大変お世話になった。今住悦昌氏（宝塚市）には私有地における調査を快く許可くださった。ここに深く感謝の意を表す。なお、本研究の一部は関西自然保護機構による研究助成の支援のもと実施された。

引用文献

Endress, P. K. 1994. 87 Gentianales Asteridae, 872 Evolutionary steps towards the asclepiad flowers. In: Diversity and evolutionary biology of tropical flowers, pp. 302-319. Cambridge University Press, Cambridge.

井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺 湛・大和田守. 1982. 日本産蛾類大図鑑, 966 pp. 講談社, 東京.

兵庫県. 2003. 改訂・兵庫の貴重な自然－兵庫県

版レッドデータブック 2003. 382pp. (財) ひょうご環境創造協会, 神戸.

環境庁自然環境局野生生物課 (編). 2000. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 8 植物 I (維管束植物). 16-21+515pp. (財) 自然環境研究センター, 東京.

—— (編). 2012a. 第 4 次レッドリスト付属説明資料 昆虫類. 22pp. 環境省自然保護局野生生物課, 東京.

—— (編). 2012b. 第 4 次レッドリスト付属説明資料 植物 I (維管束植物). 15pp. 環境省自然保護局野生生物課, 東京.

菊沢喜八郎. 1995. 花・受粉の生態学. 「植物の繁殖生態学」, pp. 13-68. 蒼樹書房, 東京.

北村四郎・村田 源・堀 勝. 1957. スズサイコ. 「原色日本植物図鑑草本編 (1)」, pp. 206-207. 保育社, 大阪.

Kunze, H. 1991. Structure and function in asclepiad pollination. *Plant Systematics and Evolution*, 176 : 227-253.

—— & S. Liede. 1991. Observations on pollination in *Sarcostemma* (Asclepiadaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 178 : 95-105.

Liede, S. & V. Whitehead. 1991. Studies in the pollination biology of *Sarcostemma viminalis* R. BR. sensu lato (Asclepiadaceae). *South African Journal of Botany*, 57 : 115-122.

Lipow, R. S. & R. Wyatt. 1998. Reproductive biology and breeding system of *Gonolobus suberosus* (Asclepiadaceae). *Journal of the Torrey Botanical Society*, 125(3) : 183-193.

Lumer, C. & S. Yost. 1995. The reproductive biology of *Vincetoxicum nigrum* (L.) Moench (Asclepiadaceae), a Mediterranean weed in New York State. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 122(1) : 15-23.

- Nakahama, N., R. Miura & T. Tominaga. 2013. Preliminary observations of insect visitation to flowers of *Vincetoxicum pycnostelma*. (Apocynaceae: Asclepiadoideae), an endangered species in Japan. Journal of Entomological Science, 48(2) : 151-160.
- レッドデータブック近畿研究会. 2001. 改訂・近畿地方の保護上重要な植物—レッドデータブック近畿2001. 125pp. (財) 平岡環境科学研究所, 川崎.
- Shuttleworth, A. & S. D. Johnson. 2006. Specialized pollination by large spider-hunting wasps and self-incompatibility in the African milkweed *Pachycarpus asperifolius*. International Journal of Plant Sciences, 167(6) : 1177-1186.
- Sugiura, S. & K. Yamazaki. 2005. Moth pollination of *Metaplexis japonica* (Apocynaceae): pollinaria transfer on the tip of the proboscis. Journal of Plant Research, 118 : 257-262.
- 鷺谷いづみ・矢原徹一. 1996. 生物多様性を脅かす景観の変容. 「保全生態学入門—遺伝子から景観まで」, pp. 195-209. 文一総合出版, 東京.
- Washitani, I. 1996. Predicted genetics consequences of strong fertility selection due to pollinator loss in an isolated population of *Primula sieboldii*. Conservation Biology, 10 : 59-64.
- , R. Namai & M. Niwa. 1991. Species biology of *Primula sieboldii* for the conservation of its lowland-habitat population I. Inter-clonal variations in the flowering phenology, pollen load and female fertility components. Plant Species Biology, 6 : 27-37.
- , M. Kato, J. Nishihira & K. Suzuki. 1994. Importance of queen bumble bees as pollinators facilitating inter-morph crossing in *Primula sieboldii*. Plant Species Biology, 9 : 169-176.
- Wolff D., U. Meve & S. Liede-Schumann. 2008. Pollination ecology of Ecuadorian Asclepiadoideae (Apocynaceae): How generalized are morphologically specialized flowers?. Basic and Applied Ecology, 9 : 24-34.
- Wyatt, R. & S. Broyles. 1990. Reproductive biology of milkweeds (*Asclepias*): recent advances. In: Biological approaches and evolutionary trends in plants: (ed. Kawano, S.), pp. 255-272. Academic Press, London.
- & —— . 1994. Ecology and evolution of reproduction in milkweeds. The Annual Review of Ecology, Evolution, 25 : 423-441.
- Yamashiro, T., A. Yamashiro, J. Yokoyama & M. Maki. 2008. Morphological aspects and phylogenetic analysis of pollination systems in the *Typhora-Vincetoxicum* complex (Apocynaceae - Asclepiadoideae) in Japan. Biological Journal of the Linnean Society, 93 : 325-341.
- & M. Maki. 2006. A comparative study of the reproductive character and genetic diversity of autogamous *Tylophora matsu-murae* and its progenitors *Tylophora tanakae* (Apocynaceae-Asclepiadoideae). Plant Systematics and Evolution, 256 : 55-67.

原 著

紀伊半島3河川における十脚甲殻類の分布 —2011年台風12号による大洪水後の経時変化—

奈良女子大学大学院人間文化研究科 田 中 薫 子
奈良女子大学共生科学研究センター 浜 崎 健 児
奈良女子大学共生科学研究センター 山 田 誠
NPO法人日本国際湿地保全連合 青 木 美 鈴
奈良女子大学研究院自然科学系 遊 佐 陽 一
奈良女子大学共生科学研究センター 和 田 恵 次

Temporal change in the distribution of decapod crustaceans prior and posterior to catastrophic flooding by a typhoon in 2011, in three rivers of the Kii Peninsula, western Japan. Kaoruko Tanaka, Kenji Hamasaki, Makoto Yamada (*Nara Women's University*), Misuzu Aoki (*Wetlands International Japan*), Yoichi Yusa and Keiji Wada (*Nara Women's Univeristy*)

Temporal change of the distribution of decapod crustaceans in relation to a catastrophic flooding caused by a typhoon in September 2011, was investigated in three rivers, Koza River, Arida River and Miya River, in the Kii Peninsula, western Japan. Species richness was lower shortly after the catastrophic event than 1 year after the event in all the three rivers. Species composition, which differed among the three rivers, remained more or less constant throughout the research period (1 year). Diversity index also remained constant irrespective of the catastrophic event in Koza R. and Miya R., but in Arida R. it decreased 1 year after the catastrophic event. Abundances of atyid shrimps and the brachyuran crab *Eriocheir japonica* became lower shortly after the catastrophic event, whereas abundance of palaemonid shrimps remained constant irrespective of the catastrophic event. Size structure of the atyid shrimp *Palaemon paucidens* also remained unchanged before and after the catastrophic event. Longitudinal distribution pattern of the two atyid shrimp *Paratya compressa* and *Caridina leucosticta* shifted slightly upstream after the catastrophic event, whereas that of *Palaemon paucidens* remained constant throughout the period. Our finding shows that a catastrophic flooding does not influence occurrence of decapod crustaceans so severely as to lead to local extinction.

Keywords: Decapod crustaceans, Distribution and abundance, Catastrophic flooding, Kii Peninsula

要旨：2011年9月の台風12号による大洪水が、十脚甲殻類に与えた影響とその回復過程をみるために、古座川・有田川・宮川において、種数と個体数、主要種の流程分布とサイズ組成を台風の直前・直後（1.5ヶ月以内）・1年後で比較した。種数は、いずれの河川でも台風直後に減少したが、主要種の種組成は大きく変化しなかった。多様性指数は古座川・宮川では台風の前後でほとんど変化せず、有田川では台風直後よりも1年

後に低下した。各河川の主要種の生息数は、ヌマエビ類やモクズガニでは台風直後に少なくなったが、テナガエビ類ではほとんど変化がみられなかった。モクズガニは古座川と宮川のいずれでも中・大型個体に比べ稚ガニの生息数が直後に減少していた。テナガエビ科に属するスジエビは、個体数・体サイズともに台風直前と直後で変化はなかった。また、流程分布は、ヌマエビとミゾレヌマエビでは主分布域が台風後に上流側へ移動したが、スジエビではほとんど変化がみられなかった。以上より、十脚甲殻類は、大規模な河川の攪乱があっても、一部の生息数が減少し、流程分布に若干変化がみられることはあるものの、絶滅または激減するような大きな影響を受けることはないと言える。

キーワード：十脚甲殻類, 分布と個体数, 大洪水, 紀伊半島

はじめに

2011年9月2日から4日にかけて紀伊半島を襲った台風12号は、総雨量が1000mmを越す記録的な豪雨をもたらし、紀伊半島の河川で大規模な氾濫と流域の土砂災害（大規模斜面崩壊、土石流、河道閉塞）を引き起こした。このような大規模な攪乱が河川に生息する生物に与える影響は、大洪水の前後で水生生物の生息数や分布を比較することで評価できる。このような研究はこれまで、魚類（Tew et al., 2002；Lojkásek et al., 2005；Pires et al., 2008；Chuang et al., 2008；Kano et al., 2011）や水生昆虫類（Mundahl & Hunt, 2011；Lee & Bae, 2011）で知られているが、河川河口付近から上流域までを幅広く利用し、河川全体の攪乱の影響を評価できるとみられる十脚甲殻類については例がない。また、これまでの研究では河川の氾濫の直前と直後を比較したものはない。日本で、河川の大洪水後の水生生物の生息量を経時的に追跡した研究例としては、宮川の魚類相を調べたものがある（Kano et al., 2011）が、それによると台風後4年以内で魚類の種数・生息数の回復が認められている。一方、水生昆虫類では、洪水後には種数や個体数、または密度がいずれも激減し、個体数の回復にも長い時間がかかる（Lee & Bae, 2011）とされている。

日本における河川の十脚甲殻類の分布に関する研究は、これまで、関東地方の複数河川（宇佐美ほか, 2008）や紀伊半島南西部の複数河川（原田, 2005, 2006；今井・大貫, 2013）、京都府の由良川、伊佐津川（Yatsuya et al., 2012）、兵庫県の夢前川（丹羽・横山, 1993）、徳島県の複数河川（浜野ほか, 2000；Saito et al., 2012）、鹿児島県での複数河川（Suzuki et al., 1993）、琉球列島の複数河川（諸喜田, 1979）でおこなわれている。それによると、十脚甲殻類の流程分布には、下流から上流にかけて広く分布するパターンや、下流付近に分布するパターンなど、種ごとに特徴があり、それは異なる河川間でも同様の傾向を示すことが知られている。しかし、このような分布が台風などによる大洪水によってどのように変化するかについては明らかではない。

本研究は、紀伊半島の3河川（有田川、古座川、宮川）に生息する十脚甲殻類を対象に、2011年の台風12号の直前直後と1年後、あるいは直後（1.5ヶ月以内）と約1年後の生息数や分布を比較することで、大洪水の影響とその回復過程を明らかにすることを目的とした。

方法

調査地域

十脚甲殻類の採集は、紀伊半島東部に位置する三重県の宮川、紀伊半島南端に位置する古座川、紀伊半島西部の有田川の3河川で行った (Fig. 1)。3河川の本支流総流路長と本川流路長 (国土交通省国土数値情報ダウンロードサービス: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/> 2012参照), 洪水時の流量 (国土交通省水文水質データベース: <http://www1.river.go.jp/> 2013.1参照; 和歌山県県土整備部河川・下水道局河川課私信) をTable 1に示す。本川流路長は有田川と宮川がほぼ同じで、古座川はその半分の規模である。台風12号通過時の降雨量 (1時間あたり) の最大値は、有田川上流で39.5mm、

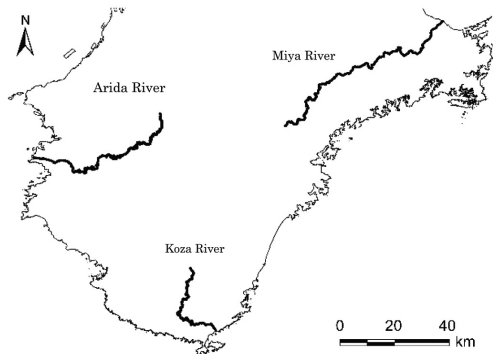


Fig. 1. A map showing Arida River, Koza River and Miya River in the Kii Peninsula.

古座川上流で75mm、宮川上流で85.5mmとされている (気象庁: 気象統計情報. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> 2012参照)。台風12号による洪水時の流量は宮川で最も大きく、平水時の240–400倍に達し、台風12号による洪水時以外の増水時流量の平均 (古座川2011年: 865.5 m³/sec, 有田川2011年: 558.1 m³/sec, 宮川2010年: 530.2 m³/sec) と比べても、5–13倍の規模であった。

採集

古座川では、台風数日前の2011年8月29日–9月2日、台風数日後の9月12–15日、そして1年後の2012年8月21–24日、9月20–22日、10月3–5日の計5回調査を行った。有田川では台風1.5ヶ月後の2011年10月25–28日と、2012年4月24–25日、8月7–10日の計3回、宮川では台風1ヶ月後の2011年10月4–6日と1年後の2012年9月4–7日の計2回調査を行った。

十脚甲殻類の採集地点は、いずれの河川とも河口部から上流部にかけての8地点とした (Fig. 2)。このうちの最下流地点は、いずれの河川とも感潮域で、最上流地点は、いずれも河川ともダムの上流側とした。各地点では、流程100–200mの範囲内で、すくい取りとトラップによる採集を行った。ただし、有田川の2012年4月は最下流部の3地点のみとした。すくい取りによる採集は、足で石などを蹴り上げ、潜んでいた生物をタモ網 (幅36 cm, 目幅2 mm) ですくい取る方法でおこなっ

Table 1. Length of stream channel, length of main stream, ordinary water discharge (2011) and the maximum flood discharge at typhoon in 2011.

	Length of stream channel (km)	Length of main stream (km)	Ordinary water discharge (m ³ /sec)	Flood discharge (m ³ /sec)
Koza River	472	49	17.71	4206.03
Arida River	431	102	8.87	2909.15
Miya River	892	93	17.65	7038.61

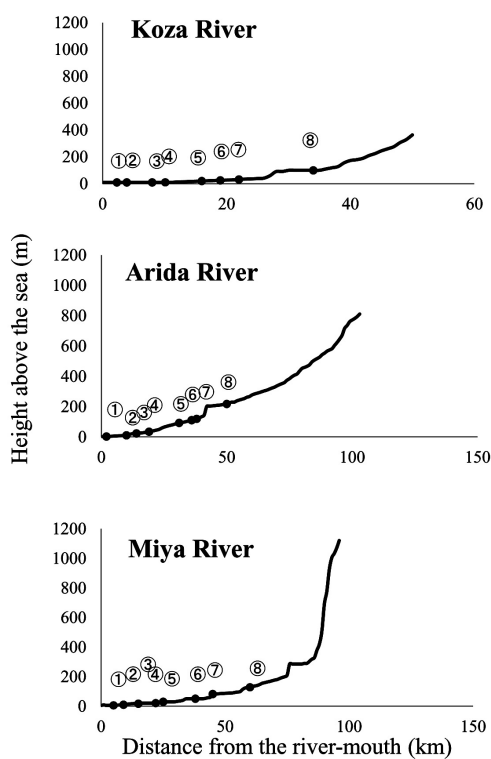


Fig. 2. Location (Distance from the river mouth) and altitude of 8 sampling stations on Arida River, Koza River and Miya River (国土交通省URL: <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, <http://www.gsi.go.jp/kiban/> 2012参照).

た。一度にすくい取る範囲は、タモ網の幅×1 mとした。これを1地点あたり、植生のある場所を中心に10回ずつおこなった。トラップによる採集は、淵などの深い場所や植生のある場所を対象として1地点あたり5ヶ所にトラップ(TACTICS ENJOY・魚キラー)を午後に設置し、翌日の午前中に回収する方法でおこなった。トラップのサイズは26cm×26cm×44cmで目幅は2 mmである。トラップの上部についているポケットとトラップ内部に、粉末のウナギ養殖用配合飼料(74%が魚粉)(中部水産株式会社・くみあい配合飼料うな

ぎ養中用A)を水で練ったものを入れた。これら
の方法で得られたサンプルは、植物残渣と一緒に
アルコールで固定した。サンプルは大学にて選別
し、林(1989a, 1989b, 1990, 1999, 2000) およ
び浜野ら(2000)に従って種を同定した。種ごと
の個体数は、地点別に集計した。

主要種のサイズ測定

個体数の多い種(古座川ではミゾレヌマエビ
Caridina leucosticta, ヌマエビ*Paratya compressa*,
スジエビ*Palaemon paucidens*, モクズガニ*Eriocheir*
japonica, 有田川・宮川ではミゾレヌマエビとモ
クズガニ)について、エビ類は頭胸甲長(cephalo-
thorax length, 眼窩後縁から頭胸甲正中線上の
最後部までの長さ)を、カニ類は甲幅(carapace
width)を測定した。小型の個体は実体顕微鏡
(OLYMPUS SZ-ST)のマイクロメーターを用い、
大型の個体はデジタルノギス(Mitutoyo CD-
S15CT)を用いて、0.1mm単位で計測した。雌
雄は、第2腹肢の雄性突起の有無により判別した。
ミゾレヌマエビでは頭胸甲長2.5mm未満、ヌマ
エビでは3 mm未満、スジエビでは5.5mm未満、
モクズガニでは甲幅10mm未満の個体で雄を確認
することができなかったことから、これらは性別
不明の稚エビまたは稚ガニ(juveniles)とした。

多様性指数

各河川の調査月ごとに、多様性指数を算出した。
多様性指数は、各河川の調査地点ごとに得られる
シン普森の多様性指数を基にJack-knife法
(Magurran, 1988)により算出した。

結果

3 河川の種組成の特徴

十脚甲殻類の種組成(Table 2)は、各河川

Table 2. Decapod species recorded in each of 5 surveys in Koza River, in each of two surveys in Arida River and Miya from 2011 to 2012.

Species	Koza River					Arida River		Miya River	
	Aug.2011	Sep.2011	Aug.2012	Sep.2012	Oct.2012	Oct.2011	Aug.2012	Oct.2011	Sep.2012
Palaemonidae									
<i>Macrobrachium nipponense</i>			●	●	●		●	●	●
<i>Macrobrachium formosense</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Macrobrachium japonicum</i>	●	●		●	●	●	●	●	
<i>Palaemon paucidens</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Palaemon serrifer</i>	●		●		●	●	●		
Atyidae									
<i>Paratya compressa compressa</i>	●	●	●	●	●	●	●		●
<i>Paratya compressa improvisa</i>									●
<i>Caridina multidentata</i>	●	●	●	●	●	●	●		●
<i>Caridina leucosticta</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Caridina serratiostris serratiostris</i>	●	●	●	●	●				
<i>Caridina typus</i>	●	●	●	●	●		●		●
<i>Neocaridina denticulata</i>	●	●	●		●	●	●	●	
Cambaridae									
<i>Procambarus clarkii</i>								●	
Varunidae									
<i>Ptychognathus ishii</i>	●		●			●	●		
<i>Ptychognathus capillidigitatus</i>						●	●		
<i>Parapyxidognathus deianira</i>						●			
<i>Varuna litterata</i>			●	●					
<i>Eriocheir japonica</i>	●	●	●	●	●	●	●	●	●
<i>Hemigrapsus penicillatus</i>						●	●		●
Sesamidae									
<i>Chiromantes dehaani</i>	●	●		●	●		●	●	●
Camptandriidae									
<i>Deiratonotus cristatus</i>									●
<i>Deiratonotus japonicus</i>	●		●	●	●				
Potamidae									
<i>Geothelphusa dehaani</i>	●			●		●	●		●

間で明確に異なっていた (Fig. 3)。各河川での種組成に関しては、古座川ではミゾレヌマエビとヌマエビが優占し、続いてスジエビが多く、この特徴は調査時期に関わらず同様であった。宮川では台風直後（1ヶ月後）・1年後ともにミゾレヌマエビだけが大半を占めていた。有田川ではミゾレヌマエビに加えて、ヒラテテナガエビ *Macrobrachium japonicum* とスジエビモドキ *Palaemon serrifer* とミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata* が優占していた。台風1年後は台風直後（1.5ヶ月後）に比べてヒラテテナガエビの割合が減少し、ミナミヌマエビとミゾレヌマエビの割合が高かった。種数 (Fig. 4) は古座川での5回の調査でそれぞれ11–15種、有田川では調査地点数の少ない

4月の調査を除く2回の調査で14、16種と両河川間で似ていたが、宮川では9、13種とやや少なかった。種数の経時変化に関しては、古座川は台風直後（数日後）に減少し、その後増加した。有田川・宮川はともに、台風直後（1–1.5ヶ月後）で少なく、1年後に増加した。総個体数の経時変化 (Fig. 4) に関しては、古座川は台風1年後まで減少し、その後は増加した。有田川・宮川は直後に少なく、1年後は増加した。多様性指数 (Fig. 4) は河川間では、有田川が最も高く、宮川が最も低かった。多様性指数の経時変化に関しては、古座川・宮川ではほとんど変化がないのに対し、有田川では台風直後（1.5ヶ月後）に比べて1年後に低下した。

主要種の個体数

古座川のテナガエビ類 (Fig. 5 a) では、ヒラテテナガエビとミナミテナガエビはともに調査期間を通じて大きな変化は見られず、ともに100個体前後が採集された。モクズガニ (Fig. 5 a) も調査期間を通じて50–100個体前後が採集された。一方スズエビ (Fig. 5 a) は、台風直前 (数日前) に比べて台風直後 (数日後) に少し増加し、台風

1年後には減少するものの、その後は時間とともに増加し、10月には前年の台風前のレベルに戻った。ヌマエビ類 (Fig. 5 a) に関しては、優占種であるヌマエビとミゾレヌマエビはともに、台風1年後までは徐々に減少し、その後はわずかに増加したが、ヒメヌマエビ *Caridina serratiostris* (Fig. 5 a) は台風直後に大きく減少し、そのレベルのまま10月まではほとんど増加しなかった。

有田川 (Fig. 5 b) では、台風直後 (1.5ヶ月後) と1年後でヒラテテナガエビとスズエビはほとんど個体数が変化しなかった。一方、スズエビモドキ、ミゾレヌマエビ、ミナミヌマエビの3種は、いずれも台風1年後は台風直後よりも増加した。

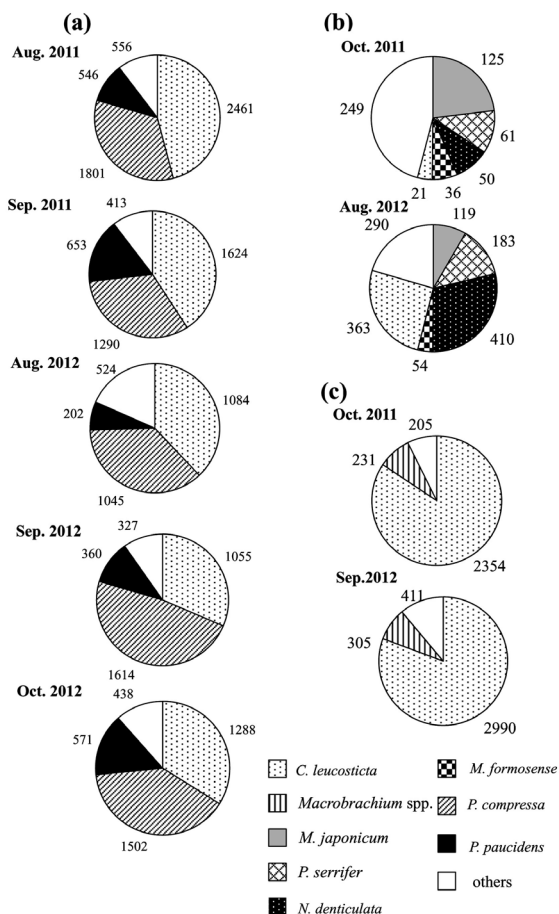


Fig. 3. Species composition of decapod crustaceans collected in each of 5 surveys in Koza River(a), and two surveys in Arida River(b) and Miya River(c) from 2011 to 2012. Numeral represents the number of individuals.

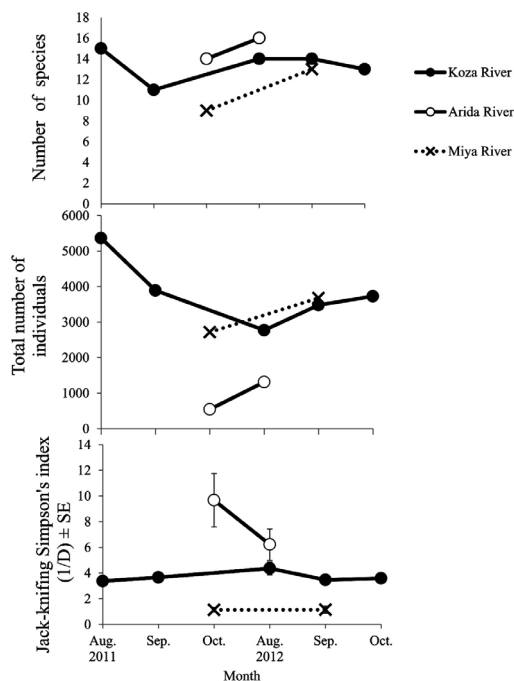


Fig. 4. Temporal change in the number of species, the number of individuals and the diversity index of decapod crustaceans in Koza River, Arida River and Miya River.

宮川 (Fig. 5 c) では、ミゾレヌマエビとモクズガニとともに、台風直後（1ヶ月後）に比べて台風1年後に増加した。

主要種の体サイズ組成

古座川のミゾレヌマエビの体サイズ組成 (Fig. 6) に関しては、台風直前（数日前）と直後（数日後）の間で頭胸甲長2.5mm未満の稚エビ（juveniles）に比べて、2.5mm以上の雄または雌個体の比率に大きな減少がみられた。また、1年後の2012年8-9月には2.5mm以上の個体が増加した。抱卵雌は全調査月に見られたが、2011年に比べて2012年の方が、より小型の雌個体が抱卵していた。

古座川のヌマエビの体サイズ組成 (Fig. 7) に関しては、台風直後（数日後）と直前（数日前）の間では、頭胸甲長3mm以上の個体に比べ、3mm未満の稚エビの減少が顕著であった。しかし、翌年には稚エビの個体数はほぼ回復した。一方、3mm以上の個体は、翌年には大きく減少した。

古座川のスジェビの体サイズ組成 (Fig. 8) に関しては、台風の直前（数日前）と直後（数日後）の間で大きな違いはないが、ヌマエビ同様、1年後の2012年8月に頭胸甲長5.5mm以上の個体は大きく減少した。しかし、9-10月には、これら大型個体の個体数は増加し、2011年のレベルに回復した。

古座川のモクズガニの体サイズ組成 (Fig. 9) は、台風直前（数日前）と直後（数日後）では異なっていた。10mm未満の稚ガニの個体数は、直後（数日後）に減少した。一方、10mm以上の個

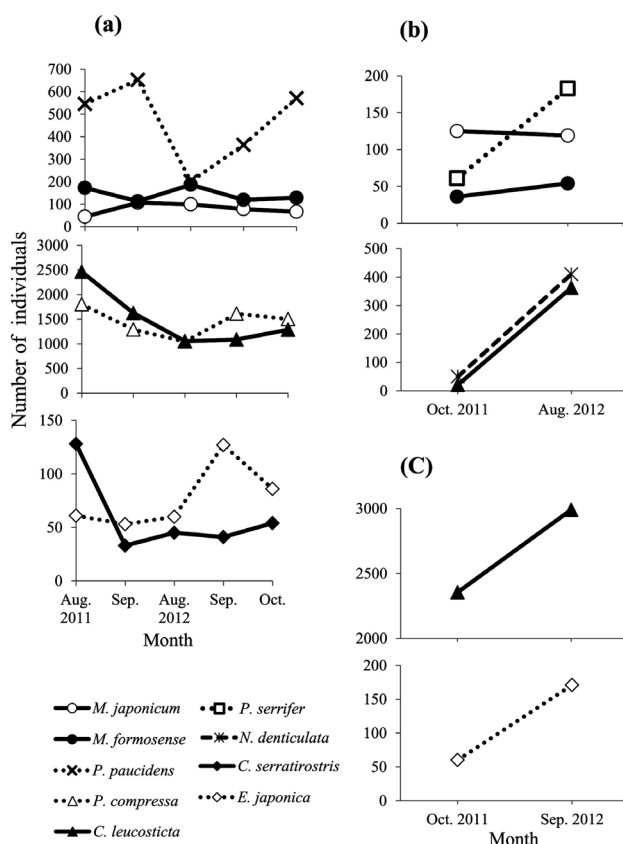


Fig. 5. Temporal change in the number of individuals of each decapod species (*Macrobrachium japonicum*, *M. formosense*, *Palaemon paucidens*, *P. serrifer*, *Paratya compressa*, *Caridina leucosticta*, *C. serratiostris*, *Neocaridina denticulata*, and *Eriocheir japonica*) collected in Koza River(a), Arida River(b) and Miya River(c).

体の個体数は、稚ガニのような減少はほとんど見られず、その体サイズは、2011年では30-40mmにピークがあったが、2012年では、より大型（50-60mm）に移動していた。

有田川のミゾレヌマエビ (Fig.10) は、台風直後（1.5ヶ月後）では、頭胸甲長4mm未満の小型個体だけであったが、1年後には稚エビ・大型個体ともに増加した。

宮川のミゾレヌマエビの体サイズ組成 (Fig.

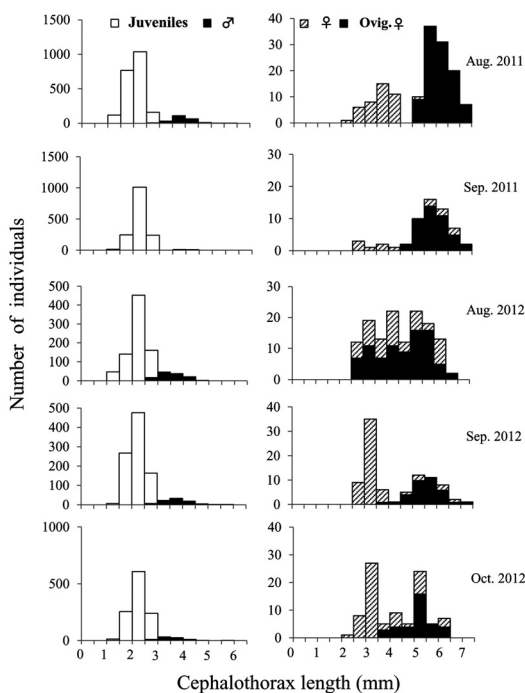


Fig. 6. Size frequency distribution of *Caridina leucosticta* collected in Koza River from August 2011 to October 2012.

11a) は、台風直後（1 ヶ月後）と 1 年後で大きな違いは認められず、小型個体・大型個体ともに 1 年後でやや多い傾向が見られた。宮川のモクズガニの体サイズ組成 (Fig.11b) は、台風の直後（1 ヶ月後）と 1 年後で異なっており、どのサイズグループも 1 年後の方が個体数が多くなっていた。

主要種の流程分布

古座川のスズエビの流程分布 (Fig.12) は、台風の直前（数日前）と直後（数日後）で変化が認められなかった。いずれの時期も最下流部の地点 1 または 2 に分布のピークが見られた。ヌマエビ (Fig.12) では台風直前（数日前）は地点 2 に分布のピークがあったが、台風直後（数日後）は地

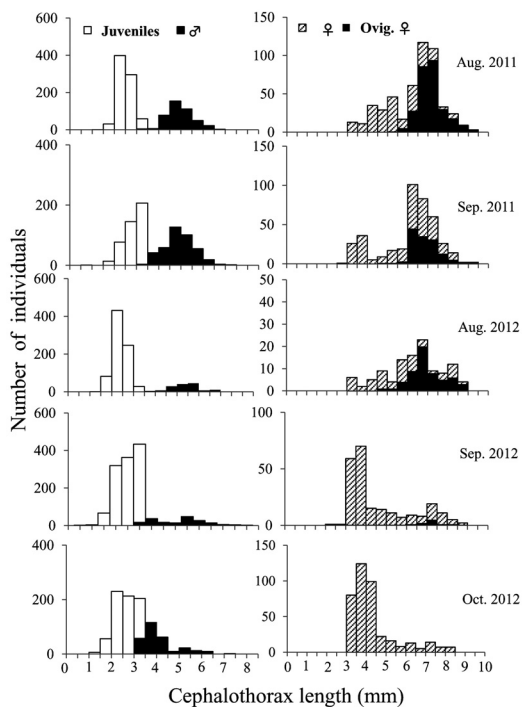


Fig. 7. Size frequency distribution of *Paratya compressa* collected in Koza River from August 2011 to October 2012.

点 2 で個体数が減少し、1 年後には再び地点 1 または 2 で最も多くなった。ミゾレヌマエビ (Fig. 12) では台風直前（数日前）は地点 1 にピークがあったが、台風直後（数日後）には地点 1 で個体数が減少し、翌年には再び地点 1 で多くなった。一方ヒメヌマエビ (Fig.12) では、台風直前（数日前）は分布のピークは地点 2 にあったが、台風直後（数日後）は地点 2 で個体数が顕著に減少し、翌年には地点 2 でやや回復した。モクズガニの流程分布 (Fig.12) は、台風直前（数日前）・直後（数日後）ともに地点 2 に分布のピークが認められたものの、1 年後の 3 回の調査ではいずれも、より上流の地点 5 に分布のピークがあった。

有田川のスズエビモドキ (Fig.13) では、調査時期に関わらず最下流部の地点 1 でしか確認され

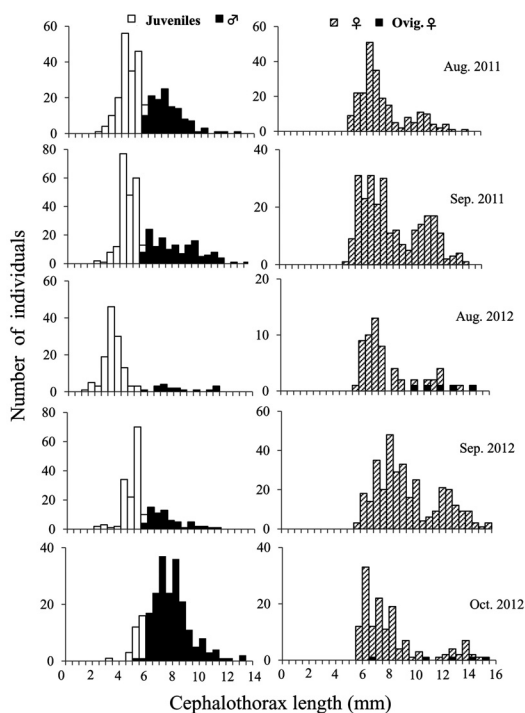


Fig. 8. Size frequency distribution of *Palaemon paucidens* collected in Koza River from August 2011 to October 2012.

なかった。ミズレヌマエビ (Fig.13) は3回の調査を通して、主に地点1と2で確認されたが、時期を追って個体数は回復し、1年後の8月には最下流部の地点1で最も多くなった。ミナミヌマエビ (Fig.13) は3回の調査を通して主に地点2-4で見つかり、分布のピークは地点2のままであったが、個体数は1年後に大きく増加した。

宮川のミズレヌマエビ (Fig.14) は、古座川・有田川とは異なり、下流部だけでなく、上流部の地点6-7でも得られたが、多く分布しているのは台風直後(1ヶ月後)・1年後ともに下流部の地点2-3であった。本種の分布のピークは、台風直後(1ヶ月後)は地点3であり、台風1年後には下流の地点2となったが、個体数は1年後に大きく増加した。モクズガニは、台風直後(1ヶ月

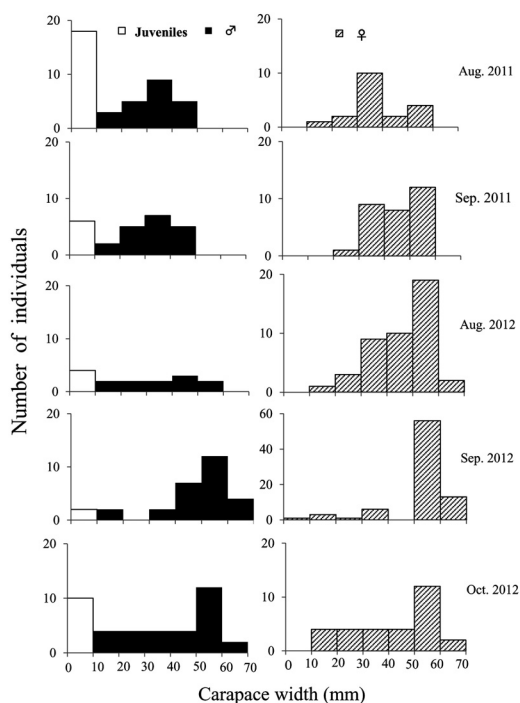


Fig. 9. Size frequency distribution of *Eriocheir japonica* collected in Koza River from August 2011 to October 2012.

月後)では地点8を除くいずれの地点でも10個体前後が採集されたのに対し、1年後では地点5-7の上流部よりも地点1-4の下流部で個体数が多い傾向を示した (Fig.14)。

考察

3 河川の種組成

古座川・有田川・宮川において、十脚甲殻類の種組成はそれぞれの河川間で明確に異なっていた。種数や総個体数は、いずれの河川でも台風後は、台風前あるいは台風1年後に比べて低くなっているが、古座川と宮川の優占種や、主要種の占める割合は大きく変化しなかった。多様性指数に関しては、古座川と宮川では時期を通してほとんど変

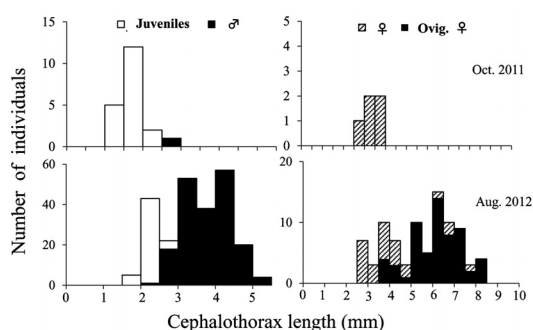


Fig.10. Size frequency distribution of *Caridina leucosticta* collected in Arida River in October 2011 and August 2012.

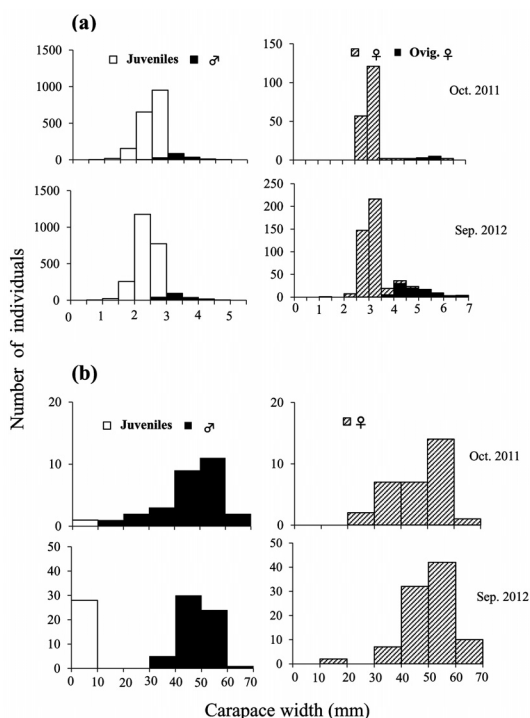


Fig.11. Size frequency distribution of *Caridina leucosticta* (a) and *Eriocheir japonica* (b) collected in Miya River in October 2011 and September 2012.

化がないが、有田川の多様性指数は台風直後に比べて1年後に低下した。これは、台風直後に減少したヌマエビ類（ミナミヌマエビ、ミゾレヌマエビ）の個体数が一年後に増加した結果、この2種が総個体数の大部分を占めるようになったためであると考えられる。

主要種の個体数

古座川ではヒラテテナガエビとミナミテナガエビの個体数は台風直前と直後で大きくは変わらず、有田川でもこの2種の個体数は台風直後と1年後であまり違いがみられなかった。また、古座川のスジエビは台風直前よりも直後に増加する傾向を示した。これらの3種（ヒラテテナガエビ、ミナミテナガエビ、スジエビ）はいずれもテナガエビ科に属しており、このことは、テナガエビ科が洪水による河川の攪乱の影響を受けにくいことを示している。その理由としては、テナガエビ科は石の下などに隠れていることが多いため（川井・中田, 2011）、急な流れの中でも流されにくいことが考えられる。一方、古座川のミゾレヌマエビ、ヌマエビ、ヒメヌマエビは台風直前に比べて直後に減少し、ミゾレヌマエビとヒメヌマエビでは1年経過後も少ないままとなっていた。宮川と有田川のミゾレヌマエビ、有田川のミナミヌマエビも、台風直後は1年後に比べて大幅に少なかった。これらの4種のエビ（ミゾレヌマエビ、ヌマエビ、ヒメヌマエビ、ミナミヌマエビ）はいずれもヌマエビ科であるが、ヌマエビ科はテナガエビ科とは異なり、石の下などに隠れずに植生のある岸辺で浮遊していることが多く（川井・中田, 2011）、洪水によって流されやすいために個体数が減少したのではないかと考えられる。

主要種の体サイズ組成

古座川のミゾレヌマエビは、台風直後に大型個

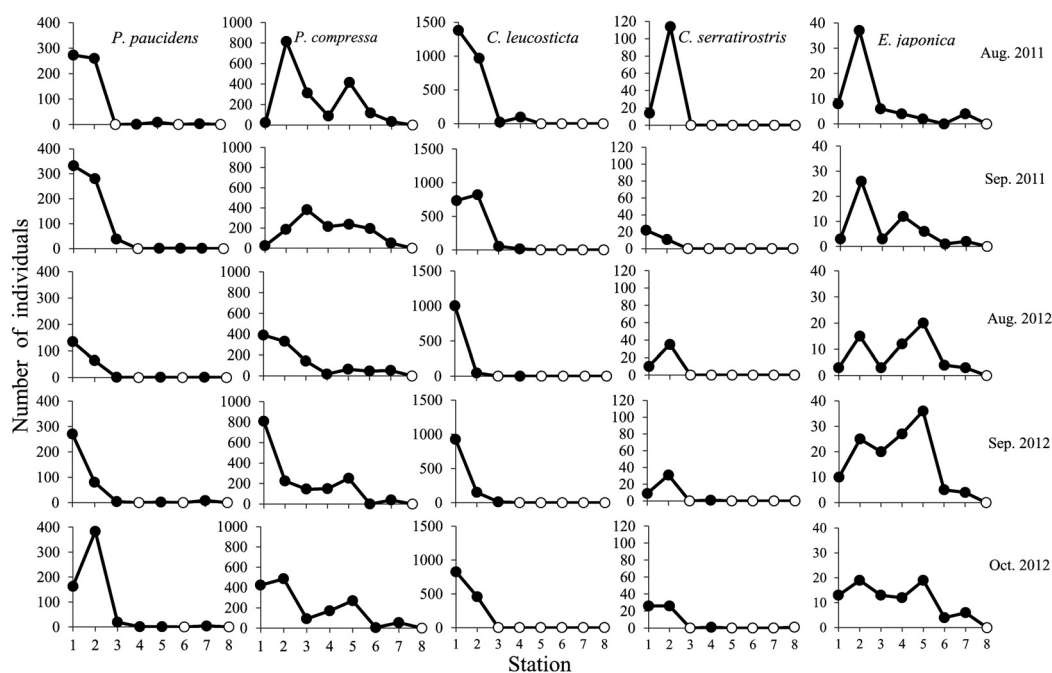


Fig.12. Abundances of 5 decapod species (*Palaemon pauciden*, *Paratya compressa*, *Caridina leucosticta*, *C. serratiostris*, and *Eriocheir japonica*) at 8 sampling stations of Koza River from August 2011 to October 2012. Station number corresponds to that in Fig. 2. Open circle represents 0 value.

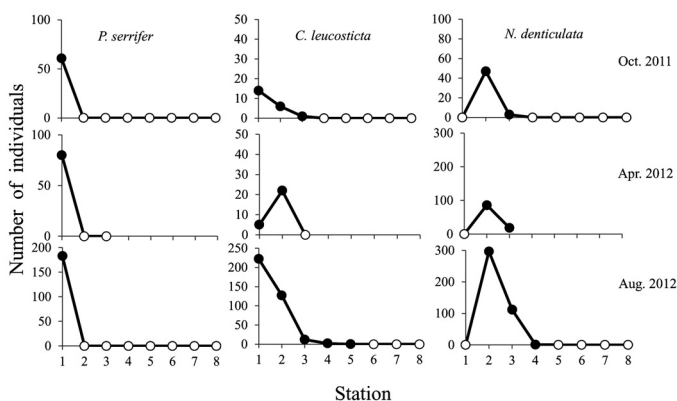


Fig.13. Abundances of *Palaemon seririfer*, *Caridina leucosticta* and *Neocaridina denticulata* at 8 sampling stations of Arida River in October 2011, April 2012 and August 2012. Station number corresponds to that in Fig. 2. Open circle represents 0 value.

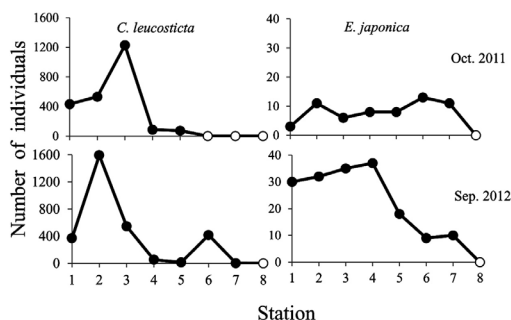


Fig.14. Abundances of *Caridina leucosticta* and *Eriocheir japonica* at 8 sampling stations of Miya River in October 2011 and September 2012. Station number corresponds to that in Fig. 2. Open circle represents 0 value.

体の比率が大きく低下し、1年後には再び増加していた。雄と雌のサイズを比較すると、雄は頭胸甲長2.5–4.5mmであるのに対し、雌は2.5–7.5 mmで、雌の方が大きい傾向があり、これは琉球列島（諸喜田，1979）での報告と一致する。有田川のミゾレヌマエビは、台風直後に比べて台風1年後には稚エビと大型個体がいずれも増加しており、宮川では稚エビと大型個体ともに大きな変化はないが、いずれもやや増加している。すなわち、台風による影響の受け方が3つの河川間で異なることがうかがえる。古座川は、有田川や宮川に比べて稚エビにとって洪水の影響を回避しやすい環境が備わっているのかもしれない。

一方、古座川のヌマエビでは、ミゾレヌマエビとは反対に台風直後は直前に比べて大型個体よりも稚エビの減少が顕著であった。ヌマエビの場合は、稚エビよりも大型個体の方が洪水を回避しやすい環境があったのかもしれない。

スジエビの場合は、台風直前と直後でサイズ組成に変化があったミゾレヌマエビやヌマエビとは異なり、台風直前と直後でサイズ組成にほとんど

変化はみられなかった。スジエビは総個体数においても流程分布においても、直前と直後ではほとんど違いがないことから、ヌマエビ科とは異なる固有の洪水回避特性を持っていることが考えられる。

モクズガニの体サイズ組成に関しては、古座川では台風直後は直前に比べて稚ガニが減少していた。宮川でも、台風直後は1年後に比べて稚ガニは際立って少なくなっていた。これに対して中大型個体では、このような台風後の減少傾向は認められていない。これらより、本種では、大型個体よりも稚ガニの方が台風の影響を受けやすいことが示唆される。

主要種の流程分布

古座川のスジエビは下流部～上流部にかけて広く分布し、これは千葉県河川の報告（宇佐美ほか，2008）と一致する。下流部に多いことから、陸封型ではなく、両側回遊型のスジエビである可能性がある。

古座川のヌマエビは、いずれの調査時期でも最上流部の地点8を除く全ての地点で確認された。河川の河口部から上流部にかけて広く分布することは徳島県（浜野ほか，2000）や千葉県（宇佐美ほか，2008）の河川での報告と一致する。

ミゾレヌマエビは古座川と有田川では地点1と2で、宮川では地点2–3で多く見られた。ミゾレヌマエビが河川の下流部に多く分布する傾向は、徳島県（浜野ほか，2000）、鹿児島県（Suzuki et al., 1993）、琉球列島（諸喜田，1979）の河川での報告と一致する。宮川のミゾレヌマエビは台風直後には分布のピークは地点3だったが、1年後には地点2に移っている。台風1年後に、台風直後に比べて分布のピークが下流側に移るのは、古座川と同じ傾向である。宮川では台風直後は地点6より上流ではミゾレヌマエビは確認されなかったが、台風1年後は地点6でも小さな分布のピーク

クが生じていることや、さらに上流の地点7でも採集されたことから、台風による洪水の後に上流部へ移動したことが示唆される。

モクズガニは、古座川と宮川とともに下流部から上流部にかけて広く分布することが確認された。これは徳島県の河川での報告（浜野ほか，2000）と一致する。古座川では台風直前と直後は地点2に分布のピークがあったが、2012年の8月と9月にはより上流部の地点5にピークが移動している。宮川では、台風1年後は直後に比べて河口部から中流部で個体数が増加しており、古座川とは反対に分布のピークが下流側に移動している。古座川でピークが上流に移動したのは、2011年は小型個体が多かったが、翌年は稚ガニや小型の雄個体が少なく、2011年に多かった中型個体の成長に伴う上流への移動（小林・松浦，1991）を反映していると考えられる。一方、宮川では1年後に稚ガニが大幅に増加しており、この稚ガニの主要生息域が河口寄りの地点にある（小林・松浦，1991；Kobayashi & Matsuura，1995）ため、流程分布のピークも下流側へ移動したとみられる。

スジエビモドキは、有田川では河口部でしか確認されていない。スジエビモドキは、テナガエビ科の中で、台風直後に比べて台風1年後に個体数の増加が最も顕著であった種であり、これは河口部に分布が集中しているため洪水によって海へ流されやすく、そのことが台風直後の個体数減少につながった可能性がある。

ミナミヌマエビは有田川で下流部や中流部で確認されているものの、河口部では確認されておらず、河口部に生息しないことは京都府（Yatsuya et al.，2012）や静岡県（宇佐美ほか，2008）の報告と一致する。ミナミヌマエビは陸封型である（浜野ほか，2000）が、上流部に限って生息しているわけではなく、植生があるなどの棲みやすい環境であれば生息可能であることがうかがえる。

台風直後から1年後にかけて地点2と3で徐々に個体数が増加しており、台風1年後には台風直後と半年後には採集されていなかった地点4でも採集されているため、台風後1年が経過し、生息域を上流へ伸ばしながら個体数を増加させていることがうかがえる。

洪水による影響のまとめ

洪水による河川の生物への攪乱の影響に関しては、魚類と水生昆虫類を扱った研究が知られている。魚類は洪水によって種数（Lojkasek et al.，2005；Pires et al.，2008）や漁獲量（Tew et al.，2002；Lojkasek et al.，2005；Chuang et al.，2008；Pires et al.，2008）は大きく変化しないという報告がされており、個体数が大幅に減少しても17ヶ月（Tew et al.，2002）または1年以内（Lamberti et al.，1991）で回復するとの報告もある。日本で唯一、台風後に魚類相の回復過程を追跡した宮川での研究（Kano et al.，2011）によると、台風直後より4年の間に種数は増加し、ほとんどの種で生息数が増加したとしている。一方、水生昆虫類は種数・個体数（Lee & Bae，2011）や、密度（Mundahl & Hunt，2011）は洪水によって大幅に減少し、回復には3年（Snyder & Johnson，2006）または4年以上（Lee & Bae，2011）かかるという報告がされている。今回の十脚甲殻類の場合、生息数、流程分布とも、台風前後であまり変わらない種と、台風後に生息数の減少や分布が若干下流側に移動するといった変化を示す種が認められ、これらは総じて、洪水の影響が、水生昆虫で知られているほど大きくはないと評価できよう。洪水によって水生昆虫類が魚類や十脚甲殻類よりも影響を受けやすい理由としては、水生昆虫類は川底の堆積物の中に潜んでいるため、洪水が起こった時に堆積物とともに流され、遊泳力も弱い流れに逆らうこ

とができないのに対し、魚類や十脚甲殻類は遊泳力によって洪水の流れを回避できるところへ移動したりして身を守ることができるためと考えられる。ただし、今回の大洪水によって生息場所が大きく改変され、特に水際に植生のある場所が著しく減少していることがわかっている。今回の調査では、可能な限り植生のある場所でサンプリングをおこなうという調査法をとっているため、植生のある場所の大幅な減少が採集体数には反映されていない可能性がある。すなわち、十脚甲殻類の生息可能環境の量的評価を通して河川全体での十脚甲殻類生息数を推定することで、河川の大洪水による影響評価を検討する必要がある。

謝辞

河川でのサンプル採集にご同意いただいた有田川漁協組合長前川正氏、有田簗島漁協組合長嶋田栄人氏、有田簗島漁協北簗島支所長中村育生氏、古座川漁協組合長谷口友弘氏、七川漁業協組合長杉本善次氏、宮川漁協組合長大釋恭治氏、宮川上流漁協組合長水谷幸夫氏、和歌山県農林水産部水産局資源管理課見世真弓氏、三重県農林水産部水産資源課漁業調整グループ林清二氏、調査に協力いただいた奈良女子大学の保智己教授、近畿大学水圏生態学研究室の奥村大輝氏・川端青氏、京都大学フィールド科学教育研究センター瀬戸臨海実験所の大和茂之博士、有益な情報をいただいた奈良女子大学の高田将志教授に厚くお礼申し上げます。

引用文献

Chuang, L-C., B-S. Shieh, C-C. Lui, Y-S. Lin & S-H. Liang. 2008. Effects of typhoon disturbance on the abundances of two mid-

water fish species in a mountain stream of northern Taiwan. *Zoological Studies*, 47: 564-573.

浜野龍夫・鎌田正幸・田辺 力. 2000. 徳島県における淡水産十脚甲殻類の分布と保全. 徳島県立博物館研究報告, 10: 1-47.

林 健一. 1989a. 日本産エビ類の分類と生態 (47) ヌマエビ科-ヒメヌマエビ属①. 海洋と生物, 62: 227-231.

——. 1989b. 日本産エビ類の分類と生態 (50) ヌマエビ科-ヌマエビ属・チカヌマエビ属. 海洋と生物, 65: 497-501.

——. 1990. 日本産エビ類の分類と生態 (51) ヌマエビ科-カワリヌマエビ属・属の検索. 海洋と生物, 64: 376-379.

——. 1999. 日本産エビ類の分類と生態 (109) テナガエビ科・テナガエビ亜科-マイヒメエビ属・スジエビ属①. 海洋と生物, 125: 522-526.

——. 2000. 日本産エビ類の分類と生態 (112) テナガエビ科・テナガエビ亜科-テナガエビ属①. 海洋と生物, 128: 240-245.

原田英司. 2005. 富田川と日置川（和歌山県）でのエビ類の流程分布. 南紀生物, 47: 1-8.

——. 2006. 富田川下流部でのエビ類の季節的変動. 南紀生物, 48: 99-104.

今井 正・大貫貴清. 2013. 紀伊半島南西部の河川で採集されたザラテナガエビとコンジテンナガエビの未成体. 南紀生物, 55: 11-14.

Kano, Y., K. Ohnishi, Y. Tomida, N. Ikeda, N. Iwasaki, M. Miyagawa, Y. Harada, H. Ichianagi & K. Watanabe. 2011. Fluctuation and variation in stream-fish assemblages after a catastrophic flood in the Miyagawa River, Japan. *Environmental Biology of Fishes*, 92: 447-460.

- 川井唯史・中田和義. 2011. エビ・カニ・ザリガニ 淡水甲殻類の保全と生物学. 154pp. 生物研究社, 東京.
- 小林 哲・松浦修平. 1991. 鹿児島県神ノ川におけるモクズガニの流程分布. 日本水産学会誌, 57 : 1029-1034.
- Kobayashi, S. & S. Matsuura. 1995. Maturation and oviposition in the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) in relation to their downstream migration. Fisheries Science, 61 : 766-775.
- Lamberti, G. A., S. V. Gregory, L. R. Ashkenas, R. C. Wildman & K. M. S. Moore. 1991. Stream ecosystem recovery following a catastrophic debris flow. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48 : 196-208.
- Lee, H. G. & Y. J. Bae. 2011. Recovery of aquatic insect communities after a catastrophic flood in a Korean stream. Animal Cells and Systems, 15 : 169-177.
- Lojkásek, B., S. Lusk, K. Halačka, V. Lusková, & P. Drozd. 2005. The impact of the extreme floods in July 1997 on the ichthyocenosis of the Oder Catchment area (Czech Republic). Hydrobiologia, 548 : 11-22.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. 179pp. Princeton University Press, Princeton.
- Mundahl, N. D. & A. M. Hunt. 2011. Recovery of stream invertebrate after catastrophic flooding in southeastern Minnesota, USA. Journal of Freshwater Ecology, 26 : 1-13.
- 丹羽信彰・横山達也. 1993. 兵庫県夢前川水系におけるミナミヌマエビを中心とした十脚甲殻類の分布. 水産増殖, 41 : 519-528.
- Pires, A. M., M. F. Magalhães, L. Moreira da Costa, M. J. Alves & M. M. Coelho. 2008. Effects of an extreme flash flood on the native fish assemblages across a Mediterranean catchment. Fisheries Management and Ecology, 15 : 49-58.
- Saito, M., T. Yamashiro, T. Hamano & K. Nakata. 2012. Factors affecting distribution of freshwater shrimps and prawns in the Hiwasa River, southern central Japan, Crustacean Research, 41 : 27-46.
- Snyder, C. D. & Z. B. Johnson. 2006. Macroinvertebrate assemblage recovery following a catastrophic flood and debris flows in an Appalachian mountain stream. Journal of the North American Benthological Society, 25 : 825-840.
- 諸喜田茂充. 1979. 琉球列島の陸水エビ類の分布と種分化について－Ⅱ. 琉球大学理学部紀要, 28 : 193-278.
- Suzuki, H., N. Tanigawa, T. Nagamoto, & E. Tsuda. 1993. Distribution of freshwater caridean shrimps and prawns (Atyidae and Palaemonidae) from southern Kyushu and adjacent islands, Kagoshima Prefecture, Japan. Crustacean Research, 22 : 55-64.
- Tew, K. S., C. C. Han, W. R. Chou & L. S. Fang. 2002. Habitat and fish fauna structure in a subtropical mountain stream in Taiwan before and after a catastrophic typhoon, Environmental Biology of Fishes, 65 : 457-462.
- 宇佐美葉・横山賢史・渡邊精一. 2008. 関東を中心とした淡水生十脚目甲殻類ヌマエビ科とテナガエビ科の流程分布様式. 日本生物地理学会会

報, 63 : 51–62.

Yatsuya, M., M. Ueno & Y. Yamashita. 2012.
Occurrence and distribution of freshwater

shrimp in the Isazu and Yura Rivers,
Kyoto, western Japan. Plankton and Ben-
thos Research, 7 : 175-187.

短 報

香川県小豆島における淡水魚類相と現状

近畿大学大学院農学研究科 井 藤 大 樹

近畿大学農学部環境管理学科 細 谷 和 海

The freshwater fish fauna and current status of the Shodoshima Island, Kagawa Prefecture, Japan. Taiki Ito (*Graduate School of Agriculture, Kinki University*) and Kazumi Hosoya (*Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University*)

要旨：瀬戸内海の東部に位置する香川県小豆島における淡水魚類相の現状を明らかにするため、2012年7月29、30日に6河川14地点で調査を行なった。調査の結果、5目7科14種の淡水魚類が確認され、環境省版レッドリストで絶滅危惧に指定されているニホンウナギ*Anguilla japonica*、ナガレホトケドジョウ*Lefua* sp., ミナミメダカ*Oryzias latipes*の生息が確認できた。一方、2河川からは、特定外来生物に指定されているオオクチバス*Micropterus salmoides*の生息が記録された。本調査から、小豆島でオオクチバスとタモロコ*Gnathopogon elongatus elongatus*が新たに採捕されたが、タモロコは移殖された可能性が高く、その由来をめぐっては今後精査が必要である。また、小豆島でのミナミメダカの分布は局在しており、今後は外来魚類駆除とともに施設内での系統保存の必要性があると考えられる。

キーワード：外来種、淡水魚類相、瀬戸内海、島嶼

はじめに

香川県小豆島は、瀬戸内海東部の播磨灘に位置し (Fig. 1), 年間を通じて降水量が少なく、温暖な瀬戸内海式気候に属する (日本建築学会, 1978)。小豆島が位置する瀬戸内海東部には、旭川、吉井川、淀川等の大水系が流れ込んでおり、これらの水系には、国指定の天然記念物であるアユモドキ *Parabotia curta*, イタセンバラ *Acheilognathus longipinnis*をはじめとした数多くの希少淡水魚類が生息している (倉敷市立自然史博物館, 2010; 滋賀県生きもの総合調査委員会, 2011)。さらに、琵琶湖・淀川水系には、日本に生息する純淡水魚類の約3分の2の種が生息するなど (西野, 2009),

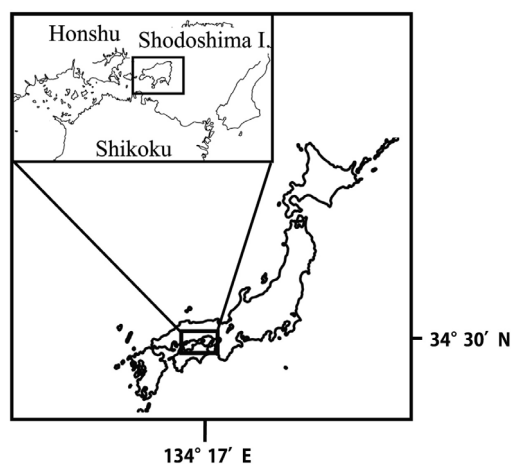


Fig. 1. Location of the Shodoshima Island, Kagawa Prefecture, Japan.

淡水魚類多様性が極めて高いことで知られ、我が国における淡水魚類のホットスポットと言える。

市原（1996）は、地質学的情報に基づき、今から約500万年前の瀬戸内海には古琵琶湖層群堆積盆地や東海層群堆積盆地などの周辺の水系を合わせて西流する大水系（古瀬戸内河湖水系）が存在し、九州西方で海に注いでいたと推定している。さらに桑代（1959）は、同様に地質学的情報から瀬戸内海東部には最終氷期に広大な紀淡川が流れ、紀伊水道から太平洋に注いでいたと推測した。古瀬戸内河湖水系や紀淡川の存在は、現在の瀬戸内海東部流入河川における淡水魚類の多様性形成に大きく影響したと考えられる。とりわけ古瀬戸内河湖水系および紀淡川の流路に位置していた小豆島に生息する淡水魚類は、生物地理学的に重要な情報を有している可能性が高い。

小豆島の淡水魚類相に関しては、須永ほか（1972）、尾島（1977）、須永ほか（1987）によって調査され、汽水性魚類を除くと今までに14種の淡水魚類が記録されている。加えて、大高・安芸（2005）では、小豆島でのナガレホトケドジョウ *Lefua* sp. の生息を報告している。以上、小豆島ではこれまで15種の淡水魚類が確認され、瀬戸内海の島嶼としては淡路島に次ぐ種数を誇っている（大高ほか，1989；平山・頭山，2011）。しかし、近年、小豆島の河川環境は、ダム建設や河川改修によって大きく変化し、さらに須永ほか（1987）では、国外外来種であるブルーギル *Lepomis macrochirus* の生息が記録されている。このように、現在の小豆島の淡水魚類を取り巻く状況は急激に悪化しているが、1987年の報告以降、淡水魚類相に関する調査は行われていない。そこで本研究では、小豆島における淡水魚類相の最新情報を収集するとともに、過去の調査との比較から、小豆島の淡水魚類の現状を報告する。

材料と方法

調査地

調査は、小豆島を流れる二級河川6河川（伝法川、殿川、桂川、吉田川、森庄川、別当川）を対象とし、伝法川4地点、殿川1地点、桂川2地点、吉田川3地点、森庄川2地点、別当川2地点の計14地点で実施した（Fig. 2）。調査期間は、2012年7月29、30日の2日間とした。

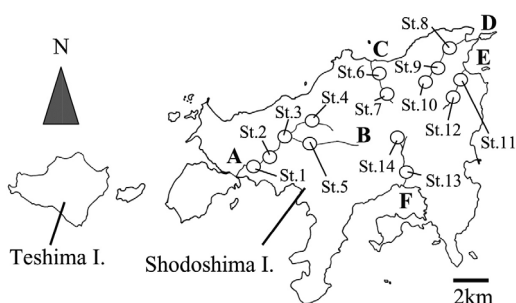


Fig. 2. Study sites of freshwater fish fauna survey in the Shodoshima Island. A: Denpo River; B: Tono River; C: Katura River; D: Yoshida River; E: Morisho River; F: Betto River. Circles show the study sites.

調査方法

魚類の採集は、各調査地点に50mの調査区間を設け、タモ網（35×30cm：φ 1 mm）を用いて20分程度行なった。必要に応じて投網（φ 1 mm）、もんどり（φ 5 mm）も合わせて使用し、水面上からの観察も補助的に行なった。採集した魚類は、中坊（2013）に従い同定し、個体数を計数後、必要数のみ水冷麻酔を施し10%ホルマリン溶液で固定した。

標本の計測

持ち帰った標本は、近畿大学農学部（Kinki

University, Nara) 所蔵標本として登録し (KUN-P 43988-44025), 標準体長 (SL), 背鰭条数 (D), 臀鰭条数 (A), 脊椎骨数 (Vert) を計測した。脊椎骨については軟X線写真撮影後, 腹椎骨数+尾椎骨数=総脊椎骨数とし, 尾部棒状骨までを計測対象として計数した。また, コイ目魚類の脊椎前部に存在するウェーベル氏器官支持椎体は, 4つの脊椎骨として計数した。鱗数は中坊 (2013) に従い, コイ科では側線鱗数 (LL) を, サンフィッシュ科では側線有孔鱗数 (LLp) を, メダカ科およびハゼ科では横列鱗数 (LR) を計数した。加えて, ヨシノボリ類では, 分類形質となる胸鰭条数 (P) の計数を行なった。一部のコイ科魚類についても分類形質となる鰓耙数 (GR) を計数した。

結果

本調査の結果, 5目7科14種の淡水魚類が記録され (Table 1), 環境省版レッドリストで絶滅危惧に指定されているニホンウナギ *Anguilla japonica*, ナガレホトケドジョウ, ミナミメダカ *Oryzias latipes* の生息が確認できた (環境省,

2013)。一方, 吉田川と別当川には, 特定外来生物に指定されているオオクチバス *Micropterus salmoides* が生息していた。本調査で確認された各魚種の詳細について以下に記す。

ANGUILLIFORMES ウナギ目

Anguillidae ウナギ科

1. ニホンウナギ *Anguilla japonica* Temminck & Schlegel, 1846

本種は, これまで繁殖生態等に不明な部分が多いことから第3次環境省版レッドリストにおいて情報不足とされていたが (環境省, 2007), 2013年のレッドリストの改訂とともに絶滅危惧IB類に改定された (環境省, 2013)。本調査においては, 伝法川 (St.1) と森庄川 (St.11) で目視された。両河川とも最下流部のみで本種の生息を確認できた。

SALMONIFORMES サケ目

Plecoglossidae アユ科

2. アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* (Temminck & Schlegel, 1846)

本亜種は, 伝法川の下流部 (St.1) のみで目

Table 1. List of freshwater fishes from the Shodoshima Island.

River name study site	Denpo R. St.1	Denpo R. St.2	Denpo R. St.3	St.4	Tono R. St.5	Katura R. St.6	Katura R. St.7	Yoshida R. St.8	Yoshida R. St.9	Yoshida R. St.10	Morisho R. St.11	Morisho R. St.12	Betto R. St.13	Betto R. St.14
Anguillidae														
1 <i>Anguilla japonica</i>	○										○			
Plecoglossidae														
2 <i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>	○													
Cyprinidae														
3 <i>Cyprinus carpio</i>			1											
4 <i>Carassius</i> sp.	32	6	5											
5 <i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	20	3												
6 <i>Opsariichthys platypus</i>	87	20	42					○						10
7 <i>Candidia temminckii</i>	2	2	41	1	17			1	3	2	2	12		
Cobitidae														
8 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>			7											
9 <i>Lefua</i> sp.										1				
Adrianichthyidae														
10 <i>Oryzias latipes</i>			9											
Centrarchidae														
11 <i>Micropterus salmoides</i>								1						○
Gobiidae														
12 <i>Rhinogobius brunneus</i>				2		1			23	3	1	23		5
13 <i>Rhinogobius giurinus</i>	1							4			2			
14 <i>Rhinogobius nagoyae</i>			1					1						

○: visual observation

視された。

CYPRINIFORMES コイ目

Cyprinidae コイ科

3. コイ *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

KUN-P 43989 (Fig. 3 -a).

SL 65.43mm; D iii+17; A iii+5; LL 35; Vert

21+16=37.

本種は、古くから養殖が盛んであることから、日本全国に放流されている。そのため、自然分布の実体は明らかではない。小豆島では、伝法川の下流部 (St. 2) で幼魚 1 個体が採集された。

4. ギンブナ *Carassius* sp.

KUN-P 43990-43993 (Fig. 3 -b).

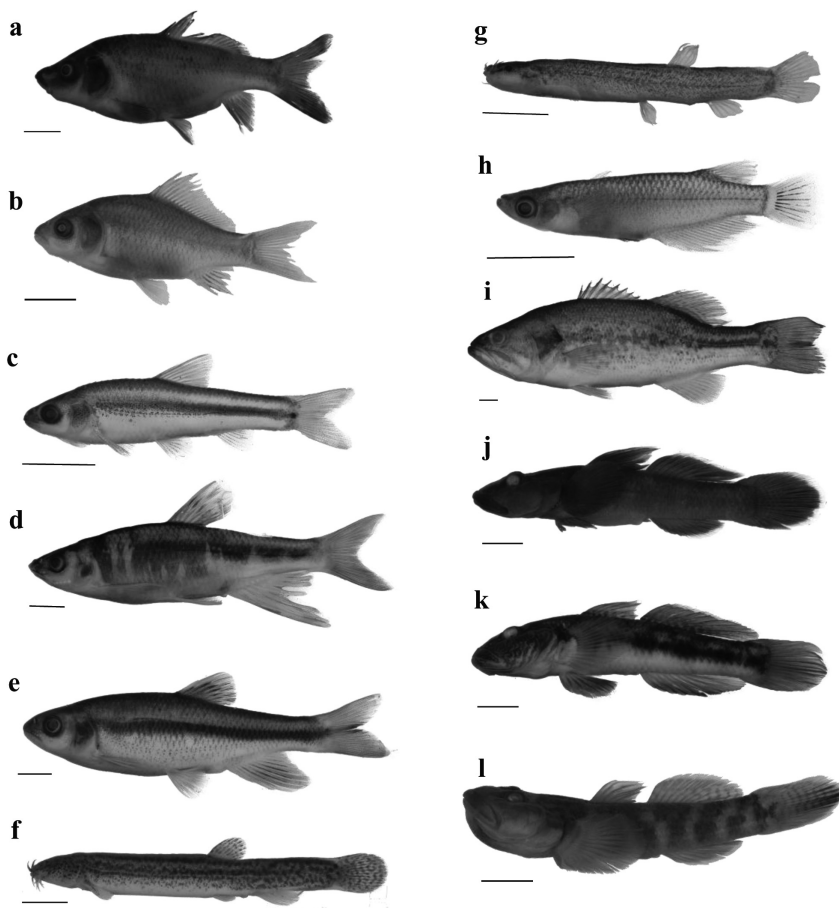


Fig. 3. Freshwater fishes collected from the Shodoshima Island during the field survey, July 29-30, 2012. a *Cyprinus carpio* (KUN-P 43989); b *Carassius* sp. (KUN-P 43992); c *Gnathopogon elongatus elongatus* (KUN-P 43994); d *Opsariichthys platypus* (KUN-P 43999); e *Candidia temminckii* (KUN-P 44004); f *Misgurnus anguillicaudatus* (KUN-P 44010); g *Lefua* sp. (KUN-P 44011); h *Oryzias latipes* (KUN-P 43988); i *Micropterus salmoides* (KUN-P 44012); j *Rhinogobius brunneus* (KUN-P 44013); k *R. giurinus*. (KUN-P 44020); l *R. nagoyae* (KUN-P 44024). Scale: 10mm.

SL 37.67~49.64mm (44.98mm); D iv~v+17~19; A iii~iv+5~6; LL 28~31; GR 34-43 (37.75); Vert 18+13~14=31~32.

本属魚類の分類は現在混乱しており、学名についてもまだ確定していない種が多い(谷口, 2002)。本調査では、伝法川の下流部から中流部(St. 1, St. 2, St. 3)において本種が採捕された。

5. タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus* (Temminck & Schlegel, 1846)

KUN-P 43994 (Fig. 3 -c).

SL 43.85mm; D iii+7; A iii+6; LL 38; GR 12; Vert 22+15=37.

伝法川の下流部(St. 1, St. 2)で記録され、特に最下流部(St. 1)で多数の個体が採捕された。

6. オイカワ *Opsariichthys platypus* (Temminck & Schlegel, 1846)

KUN-P 43995-43999 (Fig. 3 -d).

SL 80.07-130.89mm (107.41mm); D iii+7; A iii+9; LL 39~46; Vert 20~22+20~21=40~43.

伝法川の下流部から中流部(St. 1, St. 2, St. 3), 吉田川の下流部(St. 8), 別当川の下流部(St.13)に生息していた。伝法川と別当川の下流部では本種が優占していた。

7. カワムツ *Candidia temminckii* (Temminck & Schlegel, 1846)

KUN-P 44000-44009 (Fig. 3 -e).

SL 83.42-136.75mm (94.15mm); D iii+7; A iii+9~10; LL 44~51; Vert 18~21+20~24=40~42.

伝法川, 殿川, 吉田川, 森庄川のすべての調査地点で採捕されたが、桂川と別当川では生息が確認されなかった。本種が採捕された河川では、上流部に多く生息していた。また、伝法川およびその支流である殿川で採集されたカワムツは、9本の臀鰭軟条を有していた。これは近縁種であるヌ

マムツ *C. sieboldii* の特徴とされているが、伝法川と殿川で採集された個体の側線鱗数はヌマムツより少なく、体形や色彩もカワムツの特徴を示した。よって本報では伝法川と殿川の個体についてカワムツと同定したが、今後の精査が必要である。

Cobitidae ドジョウ科

8. ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor, 1842)

KUN-P 44010 (Fig. 3 -f).

SL 76.82mm; D ii+7; A iii+6; Vert 27+21=48.

本調査では、伝法川の中流部(St. 3)のみで採集された。日本には、要注意外来生物に指定されている近縁種のカラドジョウ *M. dabryanus* が生息しているが、今回採集された個体は“体高/体長”と“尾柄高/尾柄長”の値が低かったことからドジョウと同定された。

9. ナガレホトケドジョウ *Lefua* sp.

KUN-P 44011 (Fig. 3 -g).

SL 50.17mm; D iii+7; A iii+6; Vert 15+24=39.

本種は、従来、ホトケドジョウ *Lefua echigonia* として報告されてきたが、生息環境や形態がホトケドジョウと異なるため細谷(1993)では未記載種の可能性を示唆している。本調査において、本種は、吉田川の最上流部(St.10)で1個体のみ採捕された。

BELONIFORMES ダツ目

Adrianichthyidae メダカ科

10. ミナミメダカ *Oryzias latipes* (Temminck & Schlegel, 1846)

KUN-P 43988 (Fig. 3 -h).

SL 33.69mm; D 6; A 18; LR 31; Vert 14+18=32.

本調査では、本種は伝法川中流部(St. 3)のみで採集された。

PERCIFORMES スズキ目

Centrarchidae サンフィッシュ科

11. オオクチバス *Micropterus salmoides* (Lacepede, 1802)

KUN-P 44012 (Fig. 3-i).

SL 162.02mm; D XI,12; A III,11; LLp 66; Vert 13+16=29.

本種は、アメリカ東部原産の国外外来種で（細谷，2006），現在は我が国の特定外来生物に指定されている。本調査においては，吉田川（St. 8）と別当川（St.13）の下流部で生息が確認された。

Gobiidae ハゼ科

12. クロヨシノボリ *Rhinogobius brunneus*

(Temminck & Schlegel, 1845)

KUN-P 44013-44019 (Fig. 3-j).

SL 45.84~94.34mm (63.24mm); D VI-I, 8~9; A I, 8~9; P 17~19; LR 30~36; Vert 9~11+14~16=25~26.

殿川以外のすべての河川で生息していた。特に各河川の上流部では，本種が優占していた。

13. ゴクラクハゼ *Rhinogobius giurinus* (Rutter, 1897)

KUN-P 44020-44023 (Fig. 3-k).

SL 54.20~88.41mm (72.02mm); D VI-I, 8; A I, 8; P 18~19; LR 31~33; Vert 10~11+15~16=26.

伝法川（St. 1），吉田川（St. 8），森庄川（St. 11）の下流部で採集された。

14. シマヨシノボリ *Rhinogobius nagoyae* Jordan & Seale, 1906

KUN-P 44024 (Fig. 3-l).

SL 73.19mm; D VI-I, 8; A I, 8; P 20; LR 39; Vert 10+15=25.

伝法川の中流部（St. 3）と吉田川の下流部（St. 8）において，それぞれ1個体ずつ採捕された。

考察

本調査によって，小豆島に生息する淡水魚類として新たにタモロコとオオクチバスの2種が記録された。よって，本結果に須永ほか（1972），尾島（1977），須永ほか（1987）を合わせると，小豆島には6目9科17種の淡水魚類が生息していることになる。今回新たに生息が確認されたタモロコは，須永ほか（1987）では小豆島西方に位置する豊島からも報告されている（Fig. 2）。しかし，須永ほか（1987）の調査では，本種が生息していたのは1地点のみであり，精査が必要としている。本調査でも，本種は伝法川の下流のみで多数の個体が確認されている。また，四国および淡路島の淡水魚類の分布を調べた岡田・中村（1946）では，四国東部のタモロコは移殖の可能性があるとしている。さらに，タモロコが採集された地点から1 kmほど離れた釣り具店で“モロコ”という名称でタモロコとホンモロコの雑種由来（タモロコの特徴である第1鰓弓の鰓耙数が少ないこととホンモロコの特徴である側線下方の暗色線が1本であることを併せ持つ）とみられる個体が釣り餌として販売されているのを筆者の井藤が確認している



Fig. 4. Possible hybrid or its descendant between *Gnathopogon elongates* and *G. caerulescens*. This fish was bought in fishing tackle shop at Tonosho Town in the Shodoshima Island. KUN-P 44025. SL 62.88mm; D iii+7; A iii+6; LL 38; GR 9; Vert 20+16=36. Scale: 5 mm.

(Fig. 4)。よって、今回伝法川で確認されたタモロコについても、形態的にはタモロコの特徴を示すが、雑種由来である可能性があり、釣り餌用に持ち込まれた個体が伝法川に放されて定着したものであると思われる。本種は、西日本に普通に生息している魚類であるが、もし移殖されたものであれば、生態的な競合等で小豆島の在来種に悪影響を与えることが危惧される。今後、在来の可能性も含めその由来について精査する必要がある。

須永ほか(1987)では1985年に行なった小豆島での調査において、国外外来種としてブルーギルのみが記録されていたが、本調査で新たにオオクチバスの定着が確認された。ブルーギルは、オオクチバスとセット放流されることが多いことから(則, 1986)、小豆島にオオクチバスが侵入したのは1980年代後半であると考えられる。本種は、強い肉食性の魚類で、日本各地で在来生態系に壊滅的な被害をもたらしている(細谷, 2007)。小豆島において定期的なモニタリングを行なうとともに、早急に何らかの駆除対策を講じる必要がある。

本調査では、過去に小豆島での生息が確認されているナマズ *Silurus asotus*、ドンコ *Odontobutis obscura*、ウキゴリ *Gymnogobius urotaenia* は採集されなかった。しかし、ナマズ、ドンコの生息を報告している須永ほか(1972)では、聞き取り調査のみで、過去の調査では実際にこれら2種が採集されたことはない。今後は、小豆島にナマズとドンコが生息しているか調査する必要がある。また、ウキゴリは、尾島(1977)の調査で、別当川下流部から5個体が採捕されている。本調査だけでなく、須永ほか(1972)、須永ほか(1987)の調査でも本種が採捕されていないことから、近年に個体数を大きく減じたものではないと考えられるが、小豆島での生息状況をあらためて調査する必要があるだろう。

須永ほか(1987)では、河川の下流部でミナミ

メダカが広く記録されている。しかし、本調査では過去に生息が記録されている地点の多くで本種は採集されず、伝法川中流部の1地点のみで採捕された。現在、本種は、日本各地で急激に個体数を減少させ、環境省版レッドリストで絶滅危惧II類に指定されている。小豆島においても、本種は河川改修等による生息環境悪化などにより個体数を減少させている可能性が高い。また、過去に本種の生息が報告されていた別当川下流部ではオオクチバスの生息が確認されており、小豆島でのミナミメダカの減少は、外来魚の食害による影響を受けている可能性がある。

本調査から、小豆島の淡水生態系を取り巻く状況は大変厳しいもので、外来種の駆除を含めた対策を講じなければならないことが明らかとなった。また、絶滅危惧種であるナガレホトケドジョウやミナミメダカなどは、個体数がきわめて少なく、マニアによる採集圧も無視できない。今後は、これらの種の系統保存も視野に入れた総合的な保護活動が必要となるだろう。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、森宗智彦博士、川瀬成吾氏、北川哲郎氏をはじめ近畿大学農学部水圏生態学研究室各位には多くのご助言をいただいた。また、新田理人氏(広島大学)、小西雅樹氏、奥村大輝氏(近畿大学)、中川 光博士(神戸大学)、山崎 曜氏(京都大学)、播磨英三郎氏、川本朋慶氏、小山彰彦氏、富山雄太氏、脇谷量子郎氏(九州大学)、曾我部共生氏(滋賀県立大学)、駕海智佳氏(島根大学)、乾 隆帝博士(徳島大学)、金 銀眞博士(東京大学)をはじめとした、第6回水生生物勉強会に参加された方々には魚類の採集でお世話になった。ここに深く感謝の意を表す。なお、本調査は、関西自然保護機構による研究助

成の支援を受けて実施された。

引用文献

- 平山琢朗・頭山昌郁. 2011. 広島県の瀬戸内海島嶼部における淡水魚類相の特性. 魚類学雑誌, 58(2): 161-169.
- 細谷和海. 1993. ドジョウ科. 「日本産魚類検索 全種の同定」(中坊徹次編), pp. 1260-1261. 東海大学出版会, 泰野.
- . 2006. ブラックバスはなぜ悪いのか. 「ブラックバスを退治する」(細谷和海・高橋清孝編), pp. 3-12. 恒星社厚生閣, 東京.
- . 2007. ブラックバスを科学する. 82pp. 財団法人リバーフロント整備センター, 東京.
- 市原 実. 1996. 大阪層群と中国黄土層 自然環境の変遷をさぐる. 191pp. 築地書館, 東京.
- 環境省. 2007. レッドリスト 汽水・淡水魚類. 5 pp. 環境省, 東京.
- . 2013. レッドリスト 汽水・淡水魚類. 7 pp. 環境省, 東京.
- 桑代 勲. 1959. 瀬戸内海の海底地形. 地理学評論, 32(1): 24-35.
- 倉敷市立自然史博物館. 2010. 岡山県のレッドデータ生物. 69pp. 倉敷市立自然史博物館, 倉敷.
- 中坊徹次(編). 2013. 日本産魚類検索 全種の同定 第三版. 2428pp. 東海大学出版会, 泰野.
- 日本建築学会編. 1978. 建築設計資料集成 1 環境. 117pp. 丸善, 東京.
- 西野麻知子. 2009. とりもどせ! 琵琶湖・淀川の原風景. 286pp. サンライズ出版, 彦根.
- 則 弘祐. 1986. Bass stop. 別冊フィッシング 第33号, 192pp. 廣済堂出版, 東京.
- 尾島邦昭. 1977. 小豆島における淡水魚類相の研究—オイカワとカワムツの分布について—(その1). 清心中学校・清心女子高等学校紀要, 4: 75-91.
- 岡田彌一郎・中村守純. 1946. 四国及淡路島に於ける淡水魚とその分布. 資源研短報, (7): 1-11.
- 大高裕幸・安芸昌彦. 2005. 四国, 小豆島および淡路島におけるナガレホトケドジョウ (*Lefua* sp.) の分布. 香川生物, 32: 21-34.
- ・尾島邦昭・河内直人・小北泰作・須永哲雄. 1989. 淡路島における淡水魚の分布. 香川生物, 15, 16: 115-128.
- 滋賀県生きもの総合調査委員会. 2011. 滋賀県で大切にすべき野生生物—滋賀県レッドデータブック2010年版—. 583pp. サンライズ出版, 彦根.
- 須永哲雄・植松辰美・川田英則. 1972. 香川県の淡水魚 5. 伝法川・殿川および曾江谷川・横川. 香川大学教育学部研究報告II, 222: 1-8.
- 須永哲雄・吉田時子・大高裕幸・倉沢 均・河内直人・植松辰美. 1987. 香川県小豆島地域における淡水魚の分布. 香川県自然環境保全指標策定調査研究報告書, 121-129.
- 谷口順彦. 2002. フナ属. 「日本の淡水魚」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編), pp. 339-353. 山と溪谷社, 東京.

短 報

カワバタモロコ当歳魚の性成熟

大阪教育大学大学院理科教育専攻・南河内水生生物研究会 吉 村 元 貴
大阪府立懐風館高等学校 青 木 隆

Sexual maturation of yearling Golden venus chub *Hemigrammocypris rasborella*.
Motoki Yoshimura and Takashi Aoki

要旨：石川流域におけるカワバタモロコ*Hemigrammocypris rasborella*当歳魚の性成熟の把握を目的に，大阪府立懐風館高等学校の中庭池で2013年7月18日から9月27日まで，原則として週に一度トラップによる調査をおこなった。

二次性徴は雌で7月18日から8月29日までみられ，雄で7月18日から9月27日までみられた。また，二次性徴を示し，繁殖に参加できる体長は雄で25mm，雌で33mm以上であった。当歳魚は8月7日に確認された。その後，8月23日には性成熟し，腹部指圧により放精する当歳魚が確認された。以上から，中庭池の当歳魚は生息地のため池に比べて成長が早く，少なくとも雄は繁殖可能な状態であることが明らかとなった。

キーワード：カワバタモロコ，当歳魚，性成熟，石川流域，生息域外保全

はじめに

カワバタモロコ*Hemigrammocypris rasborella*は静岡県以西の本州太平洋側と瀬戸内海側，および九州の北西部に分布し，平野部の浅い湖沼・ため池や流れの緩い川を好む（星野，1998）。カワバタモロコは環境省第4次レッドリストでは絶滅危惧種IB類（汽水・淡水魚類 環境省第4次レッドリスト，環境省URL：http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21437&hou_id=16264 2013.11参照）に，大阪府のレッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類に位置づけられている（大阪府，2000）。

絶滅危惧種の保全策を検討するうえで生息個体数や成長，寿命といった個体群特性は最も基礎的な知見（鷲谷・矢原，1996）で重要である。しかしながら，カワバタモロコに関するそのような知

見は十分とは言えず，稚魚に関しても同様のことがいえる。稚魚期のカワバタモロコを対象とした研究は高久・細谷（2008）の飼育下での当歳魚の成長に関する研究や，野外ではOnikura et al.（2009）の成長段階毎のハビタットの利用に関する研究が，性成熟に関してはOnikura et al.（2010）の雌雄の生殖腺の発達に関する研究が存在するが，決して多いとはいえない。

石川流域におけるカワバタモロコ個体群は一カ所のため池でのみ生息が確認されており，絶滅の危険性が高い（吉村ほか，2012）。石川流域は大阪府南東部の金剛山脈と和泉山脈の燈明岳を水源として，大和川左岸側（河口から距離約17km地点）で合流し，流域面積は222km²である。そのような石川流域のカワバタモロコ個体群の保全を目的として石川流域内の学校や公園等の人工ビオ

トープを生息域外保全拠点としてカワバタモロコを放流し様々な機関・団体が協力してモニタリング調査や維持管理作業をおこなっている。また、それらの活動は学校教育の一部に組み込まれていることが多く、高等学校では生物学の実習として扱われている。

本報は上述の石川流域におけるカワバタモロコの生息域外保全拠点の一つで、石川流域内に位置する大阪府立懐風館高等学校の中庭にある池（以下：中庭池）で、実習としておこなわれているカワバタモロコ保全プロジェクトより判明した、野外における当歳魚の性成熟について報告し、高等学校の実習でカワバタモロコの生息域外保全を扱う意義について述べる。

本研究をおこなうにあたり、大阪府立懐風館高等学校の先生方には調査場所をご提供いただくとともに、研究遂行に様々な便宜をはかっていただいた。南河内水生生物研究会の石田真隆氏、中野修一氏、大門聖氏、山本真太郎氏には中庭池の環境改善作業に快く協力していただいた。同研究会の平塚安氏には中庭池の事前調査にご協力いただいた。大阪教育大学教育学部教養学科の近藤高貴教授には、調査方法、データの解析、および本報の執筆にあたり丁寧に指導いただいた。以上の皆様には厚く御礼申し上げる。本研究は平成25年度関西自然保護機構研究助成を一部受けて実施した。

調査地の概要

調査は大阪府立懐風館高等学校の中庭池でおこなった。中庭池は東西12m・南北4mの長方形をしており、水面の面積は48㎡である。植物はスイレンとガマが植えられている。中庭池は3面コンクリート張りで底面に土砂は無いが、スイレンの葉が腐敗し2cm程堆積している。水深は一様で

満水時で67cmである。

中庭池へのカワバタモロコの導入

導入前の中庭池にはフナ類のみが生息していた。そして、20年以上前からプランターに植えられているスイレンの葉が腐敗し、底面に21cm～47cm堆積していた。そこで、2013年3月6日に懐風館高校の生徒30名と南河内水生生物研究会が協力し、池を干上げ、堆積物の除去をおこなった。池干しによる堆積物の除去後、石川流域のカワバタモロコが生息するため池で2013年4月21日に採集されたカワバタモロコ50個体を2013年5月10日に導入した。導入の際、生徒が実習の一環として標準体長を後述の方法で測定した。

調査期間と方法

調査は2013年7月18日から9月27日まで原則、週に一度おこなった。カワバタモロコの採集にはプラスチック製のモンドリ（トヨゼン製作所、外形寸180×250mm；以下セルビン）を用い、市販の釣り餌（マルキュー株式会社、ハエ競技用まきえ）15～20gを市販の茶葉用不織布パックに入れて集魚材とした。セルビンは定点に10個、午前8時～午後16時までの8時間設置した。

採集した個体は魚類・甲殻類麻酔剤FA100（田辺製薬株式会社製）で麻酔後、測定板を用いて標準体長を0.5mmまで現地で測定した。

また、カワバタモロコは繁殖期には顕著な性的二型が見られ、雌は雄より大型で、抱卵により腹部が膨満になり、雄は鮮やかな黄金の婚姻色を呈する。そのため、雌雄判別は、婚姻色を呈している固体を雄、腹部が膨張して明らかに抱卵している個体を雌として記録した。

結果と考察

導入個体と調査毎の採集個体の体長分布を図1に示す。導入個体は体長53mmが最大で、19mmが最小であった。また、体長30mmの階級の個体が最も多く18個体であった。導入時は繁殖期ではなく、雌雄とも二次性徴が見られなかったため、雌雄判別は不可能であった。

7月18日には二次性徴がみられ、採集された個体の雌雄判別をおこなった。雄で16個体、雌で13個体、雌雄不明の個体は1個体で最小の体長は19mmであった。雄では体長39mmの階級の個体が最も多く8個体、雌では体長42mmと45mmの階級が最も多く各階級5個体であり、雄より雌の方が大型であった。体長39mmから45mmの階級に含まれている個体は雄で11個体、雌で10個体であり、導入時の同一階級に含まれる8個体より多いため、導入個体は成長していることがわかった。

8月7日は雄が25個体、雌が5個体、雌雄不明の個体が34個体であり、雌雄判別できない個体が7月18日・8月2日に比べて急増していた。導入時の最小体長である19mmより小さい体長15mm・17mm・18.5mmで雌雄判別ができない個体が3個体採集された。そして、体長21mmの階級に含まれる個体は導入時1個体であったが、8月7日には雌雄不明で8個体と増加していた。以上より、8月7日には未成熟の当歳魚が採集され、体長21mmの階級にまで成長していることがわかった。

8月16日は雄で24個体、雌で13個体、雌雄不明の個体で13個体であり、雌雄判別できない個体が8月7日と比べ、半数以下に減少している。また、雌雄判別できない個体の最小体長は23mmであり、8月7日に採集された15mm～21mmの階級の個体は採集されなかった。

8月23日は雄が24個体、雌が12個体、雌雄判別できない個体が11個体であった。雄では最小25.5

mmの個体が採集された。そして、体長27mmより小さい階級に含まれる雄は9個体であり、導入時の同階級に含まれる個体数と同等であった。7月18日の結果から導入個体は導入後成長しているので、8月23日に採集された体長が27mmより小さな階級に含まれる雄は当歳魚であると考えられる。つまり、少なくとも当歳魚の雄は繁殖可能な状態であることが明らかとなった。雌では最小体長33.5mmの個体が採集され、体長27mmの階級に含まれる個体は採集されなかった。一方、雌雄不明の個体では最小体長23mmの個体が採集され、体長27mmの階級の個体は1個体が採集された。以上より、成熟個体は雄より雌の方が体長は大きい（吉村ほか、2013）ので、雌は成熟可能な体長に達していないのかもしれない。

雄は9月27日まで、雌は8月29日まで採集された。なお、成熟した雄は9月20日まで採集されているが、9月6日以降、成熟した雌が採集されていないため、9月6日以降で雄が繁殖に貢献している可能性は低い。

また、雄で最小の個体は25mm（8月2日・8月7日採集）であった。一方、雌で最小の個体は33mm（8月29日採集）であった。このことから、二次性徴を示す体長は雄で25mm以上、雌で33mm以上であり、それ以上の体長であれば繁殖に参加できることがわかった。

本研究より8月中旬以降に二次性徴を示す体長に達した当歳魚の雄は繁殖に参加可能となることが明らかとなった。

それはカワバタモロコと同じコイ科のタイリクバラタナゴで、春生まれの成長の良いものは、その年の秋に成熟すること（宮地ほか、1976）と一致する。なお、カワバタモロコに関しては雌の当歳魚が繁殖に参加可能かは不明で今後の課題である。

中庭池への導入個体の産地であるカワバタモロ

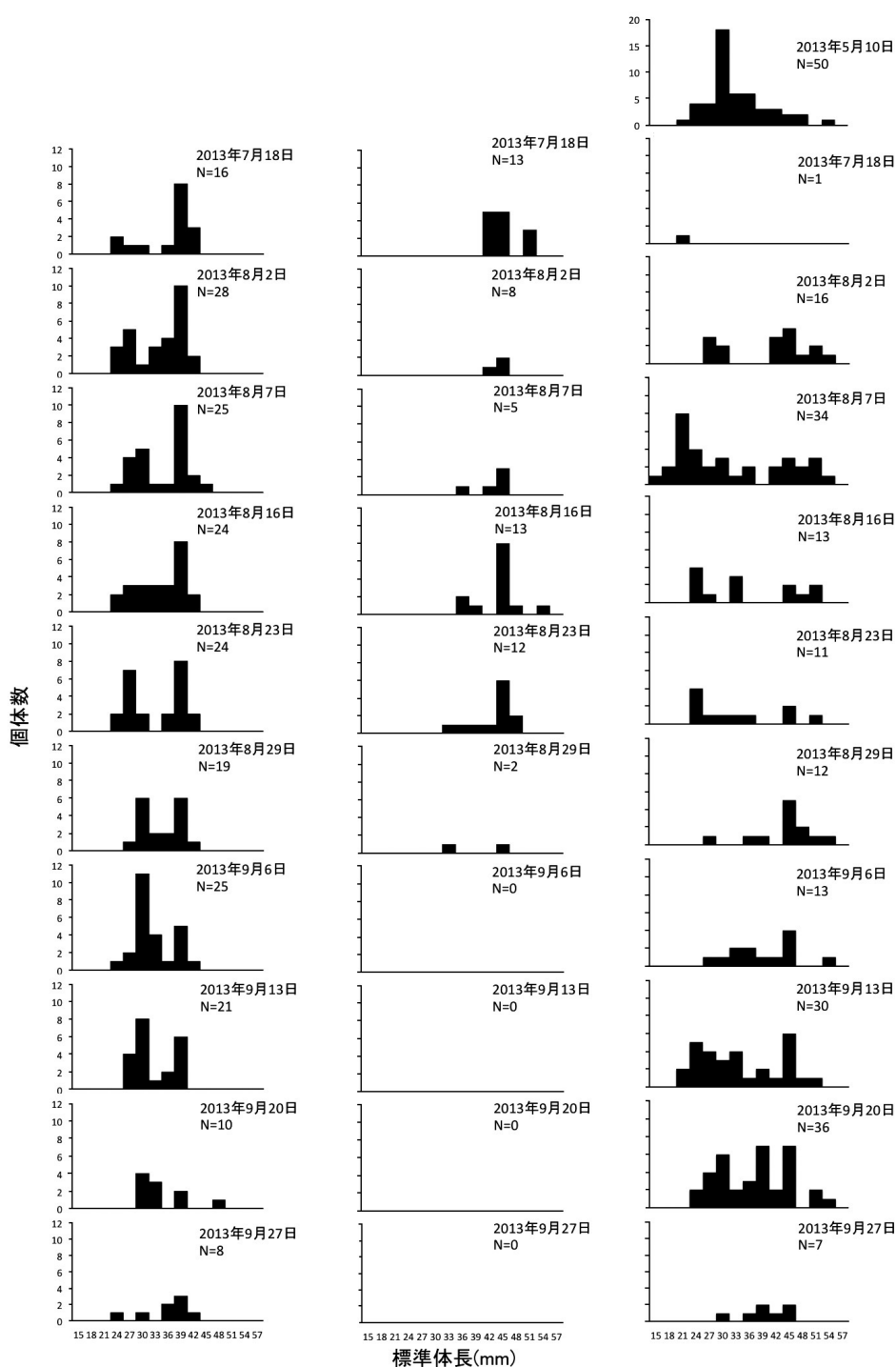


図1. 導入個体と調査日毎の採集個体の個体数と体長組成の推移。左は雄・中央は雌・右は雌雄不明の個体である。

コが生息する石川流域内のため池では当歳魚は繁殖に参加可能な状態にはならず、1歳魚で6月に平均体長が雄で約27mm、雌で約29mmにまで成長し繁殖に参加可能になることがわかっている(吉村ほか, 2013)。しかしながら、本研究では当歳魚の雄で25mm以上であれば繁殖可能になることがわかった。つまり、繁殖に参加可能になるまでの時間がため池では1年で、中庭池では2~3ヶ月と大きく異なることから、カワバタモロコは繁殖生態を柔軟に変化させていることがわかった。

上記の様に大阪府立懐風館高等学校の中庭池を石川流域のカワバタモロコ個体群の生息域外保全拠点とする取り組みは順調にはじまり、保護の側面からはある一定の結果を得ることができた。一方、保護の側面の他に、生物学の実習としておこなうことで科学的根拠を基に自らの考えを作り、結論を出す能力である科学的リテラシーが育まれることが期待されがちであるが、他にも、生徒が実際に保全活動に関わることで学校周辺地域の生物多様性の保全や希少種保護に貢献しているという自己肯定感を実感する等、様々な意義があることも明記したい。今後、この実習をきっかけに生徒自身の居住地域や、地球規模の環境問題へ広がっていけるように実習を工夫し、学校周辺地域の生物多様性保全の貢献という保全的側面と地球規模で起こる環境問題について自分の考えを持ち、地道に行動できる生徒の育成という教育的側面が両立する実習にしていきたい。

引用文献

星野和夫. 1998. カワバタモロコ. 「日本の希少

な野生水生生物に関するデータブック」(水産庁編), pp. 136-137. 日本水産資源保護協会, 東京.

宮地伝三郎・川那部浩哉・水野信彦. 1976. 原色日本淡水魚類図鑑. 462pp. 保育社, 大阪.

Onikura, N., J. Nakajima & H. Kouno. 2009. Habitat use in Irrigation chennels by the golden venus chub (*hemigrammocypis rasborella*) at different growth stages. Zoological Science, 26 : 375-381.

——, ——, ——, Y. Sugimoto & J. Kaneto. 2010. Maturation and Growth in the Wild Population of *Hemigrammocypis rasborella*. Aquaculture Science, 58(2) : 297-298.

大阪府. 2000. 大阪府における保護上重要な野生生物—大阪府レッドデータブック—, 443pp. 大阪府, 大阪.

高久宏佑・細谷和海. 2008. 絶滅危惧種カワバタモロコの人工繁殖. 水産増殖, 56 : 13-18.

鷺谷いづみ・矢原徹一. 1996. 保全生態学入門—遺伝子から景観まで—. 270pp. 文一総合出版, 東京.

吉村元貴・浦部美佐子・鈴木規慈. 2012. 大阪府南河内地域におけるため池の現状と魚類相, およびカワバタモロコの生息状況. 地域自然史と保全, 34 (2), 137-143.

——・細沼美穂・柴田園江・吉村充弘・堀井宏行・林紀子・北井美喜子・林武彦・升方拓郎・石田真隆. 2013. 石川流域におけるカワバタモロコの生活史—市民によるモニタリング調査の成果—. 地域自然史と保全, 35 (1) : 33-43.

■自然へのアプローチ — 今、若い研究者がとりくんでいること — 17

地域社会の課題として野生動物保全に取り組む — “ねじれ” が生み出す Human Dimensions 研究 —

北海道大学大学院文学研究科地域システム科学講座 立 澤 史 郎

Approaches of young scientists for Human Dimensions studies as regional issues.
Shirow Tatsuzawa (*Research Group of Regional Sciences, Hokkaido University,
Graduate School of Letters*)

“ねじれる” 北大

火曜日朝8時、アカゲラのドラミングを聞き、キタキツネの足跡を目でたどりながら、約1 kmあるメインストリートを抜けて全学教育棟（元教養棟）に辿り着く。待っているのは、講義「野生動物保全と人間社会」を受講する約400人の学生たち。ほとんどが新一年生で、必修科目でもないのに入学者（約2500人）の2割近くが毎年履修する。

しかも、文学部開講科目にもかかわらず、いわゆる理系の学生が95%を占めるという“ねじれ現象”が起こっている。さらにおかしなことに、彼・彼女らのなかから、毎年必ずと言っていいほど、野生動物のことを学びたいからと“文転”（文系学部への移籍）する学生が出てくる。

さすが札幌農学校と言えなくもないが、この1科目に学生が集中する背景には、北海道大学（以下、北大）の現状がよくあらわれている。北大は、地方大には珍しく、その環境やイメージで全国から学生を集めている。道外から入学する学生の多くが“自然好き”“北海道好き”“野生動物好き”という、大変恵まれた状況である。ところが、その個々人の動機を研究の世界に導く“入口”はむ

しろ狭まっているのだ。

もちろん、北大では、農学部や環境科学院（旧演習林など）が生態学や環境科学の、総合博物館や農学部植物園博物館が博物学の、それぞれ全国的拠点として活躍し、多くの学部生、大学院生、研究者を育てている。しかし、生態学が生態科学として細分化され、博物学が自然史科学として先端科学研究を志向するなか、General EcologyやNatural Historyの“空気を味わう”講義はほぼ姿を消した。野生動物（とくに鳥獣類）の生活史を研究テーマに選べる研究室も減った。北大の実学志向、リベラルアーツ志向を下支えしてきたナチュラリスト養成の空気が希薄になった結果、自然好き“野生動物好き”は文学部開講科目に押し付けざるをえなくなったのである。

講座の沿革と特色

この“ねじれ”現象は、実は30年以上前に準備されていた。かつて北大には、文系なのに数学Ⅲ（今で言う数学Ⅲと数学C）を入試の必須科目とした専攻があった。1977年に実験心理学系2講座と社会学講座の改組で生まれた文学部行動科学科がそれで、当時のひねくれた高校生は、入試で現

代国語を必須とした京大理学部とあわせて“ひねくれ大学”と呼び讃えていた。

1979年、この行動科学科に社会生態学講座が新設され、北方諸民族の生態人類学研究で著名な岡田宏明氏（故人）が初代教授（1980～1992年）として着任、動物行動学の鈴木延夫氏（講師、のち助教授）とともに、ヒトを含めた動物の行動学的研究、さらにはヒトと動物の関わりに関する人類学的研究を展開した。

行動科学科はその後、大講座制への移行（1995年）に伴い4講座（心理システム科学、行動システム科学、社会システム科学、地域システム科学）に再編され、大学院重点化（2000年）を経て文学研究科人間システム科学専攻となって現在に至る。現行の4講座は、それぞれ心理学、行動科学、社会学、地域科学という異なるスコープと学問基盤を持つが、文理融合型で（というよりも、そもそも“日本の常識・世界の非常識”である文理分割を是とせず）、また、ヒトを特別視しない精神は今も受け継がれている。

先の社会生態学講座の系譜は、当時学部生・大学院生だった池田透さん（2007年から教授）が継承し、筆者がスタッフに加わる（2003年から助手、のち助教）ことで、上述のような迷える学生の受け皿になってきた。現在、池田さんと筆者が属する地域システム科学講座は、講座自体が、人文地理学、地域社会学（実質的に環境社会学）、社会生態学（同じく保全生態学）という異なる3分野（教員各2名）で構成されるが、教員はいずれも地域社会と自然環境のかかわりを研究テーマとし、社会問題解決への貢献を志向し、行政や市民活動とのリンクを重視している。

そもそも、いずれも境界領域を扱いフィールドワークをベースとする分野であり、行動圏や土地利用、GISやGPSの活用、環境政策や市民調査等々、概念やツールを共有して議論をしやすい。つまり、

“ほどほどの異分野交流”を、教員も学生・院生も、日常的に体験できるしくみになっている。

このような環境で、学部生・院生はおのずと社会とのかかわりを強めることになる。地域興しや獣害など地域社会の課題解決のために、異分野間で協働したり多様なステークホルダー間の調整をしたりする経験を積む。そのためか、学生の就職率（とくにNPO、地方行政、ジャーナリズム）は高く、講座の学生数も、学部生（2年生以上）約70名、修士30名、博士13名と多い。学生の指導権限を持つ教授・准教授一人あたりの学生数は、学部生が13.6人（学部平均5.6人）、院生が8.4人（研究科平均4.4人）と、学内でも飛び抜けている。

不完全な対策からHuman Dimensions研究へ

この講座に筆者が赴任した2003年当時、社会生態学分野には二人の大学院生がいた。一人は鈴木克哉さん（現・兵庫県立大学自然・環境科学研究所）。北大教育学部を卒業して当講座の大学院に入り、ある人から下北半島のニホンザル調査に誘われ現地入りしたところ、何も計画が決まっておらず、あげく現地に置き去りにされたそうである。しかしそれから5年間、ほとんど一人でフィールドを開拓し、地元農家と一緒にネットの張り方を工夫し、行動圏調査の成果（鈴木、2003）を生かして電波発信機を用いた群れの接近警報システムを開発し、さらには被害農家の話し相手になって、天然記念物猿害対策のあり方を模索した。

彼の着眼点はユニークだった。曰く、“怒りながらサルを追っているおばあさんが、サルが来ないとすごく寂しがります” “カボチャを食べたことを怒るのでなく、きれいに食べないことを怒るんですよ” “野菜が食べ尽くされたのに、僕が顔を出すと残った野菜を惜しみなくくれるんです”。まだ、獣害といえば被害の額や量しか取りざたさ

れなかった頃に、彼はその背景にある“被害”意識の多層性や野生動物のかかわりの多様性に気づき、技術論一辺倒の被害対策に疑問を呈した（鈴木，2007）。

そうして、予算や技術だけにものを言わせた対策よりも、地域社会が主体的に取り組む対策の方が、コンフリクトの解消・軽減に効果があるという仮説を実証的に検証し、博士論文「野生ニホンザル被害問題の地域生態学的研究」（2004年度）にまとめた。現在彼は軋轢管理（Conflict Management）の発想を導入し（鈴木，2008，2009；Suzuki & Muroyama，2010）、農家ともに“被害に強い地域作り”を実践している。

もう一人、この講座の私の“先輩”に、阿部豪さん（現・兵庫県立大学自然・環境科学研究所）がいた。彼は北大文学部で文化人類学を学び、外来生物対策に欺瞞性を感じ、池田さん（当時助教授）を指導教員兼“仮想敵”として大学院に進んだ。勝手に導入して増やしたあげくに「絶対悪」のレッテルを貼る外来種対策の方針に疑問を抱き、本当に外来種が問題なのかどうか、アライグマを題材に自分で検証してやろうと乗り込んできたのである。

当時、池田さんは北海道におけるアライグマの分布拡大状況を整理し、対策を進めるための制度作り、例えば北海道ブルーリスト2004（URL：<http://bluelist.ies.hro.or.jp/gaiyou/> 2013.11 参照）の策定や、外来生物法の制定（2005年）に奔走していた。その一方で、アライグマはいよいよ全道に分布を広げ（図1）、道はアライグマ対策事業の受け手を探していた。研究室でそれを受ける余力がない中で、院生の阿部さんが、自分で組織を立ち上げ、実質的に捕獲事業をスタートさせてしまったのである。

それならばと筆者も入れ知恵し、事業の一部はワナの設置方法（間隔や時期）がアライグマ密度

に及ぼす影響をみる検証実験としてデザインされた。彼は3年間にわたる事業と調査を仲間とともにやり抜き、その成果は捕獲手法の効率化や、なにより罠捕獲事業の定量的評価に道を拓き、そして同所的に生息するタヌキとの種間関係解明の糸口もつかんだ（Abe et al., 2006; Ikeda et al., 2004）。現在この事業は後輩たちが受け継ぎ、その現場である馬追丘陵ではアライグマの密度が確実に減少している。

阿部さん自身はこの事業の経験も生かし、外来生物対策事業の実施効率に影響する人的要因の分析や、在来種（タヌキ）への悪影響（混獲）の少ない捕獲手法の検討などをふまえ博士論文「北海道におけるアライグマ対策の地域生態学的研究～農作物被害防止に主眼をおいた外来種対策の実践と検証～」（2007年度）をまとめた。結局、彼の池田さんへの“挑戦”は、アライグマの影響の大きさの認識が進むとともに、外来種対策の否定ではなく、それを実効的かつ動物福祉的に進める手法の開発へと進み（阿部ほか，2006，2011）、ご



図1. 牧舎を利用するアライグマの親子（提供：アライグマ研究会）。道内179市町村中142市町村*に分布を広げた特定外来生物アライグマは、冬は自然界では樹洞などを利用するが、北海道では食料も確保できる牛舎を非常によく利用する（*2012年末現在、北海道環境生活部資料より）。

本人たちの意識はどうあれ、理念と実践の見事なタッグが組まれたのであった。

鈴木さんと阿部さんは、いずれも獣害や外来種問題の現場で被害対策を担い、被害の発生や捕獲・捕殺といったクリティカルな“場面”を参与観察し続けることで、対策の不完全さが生じるプロセスを理解し、鈴木さんはおもに人間社会のソフト面、阿部さんはおもにハード（技術・運用）面からアプローチすることで、人と野生動物、もしくは人同士の軋轢を軽減する実践研究を続けている。フィールドから帰るたび、調査結果やアイデアについて遅くまで行った議論は、日本のHuman Dimensions研究の黎明だったと思っている。

野生動物保護管理の現場担当者へ

その後も、ユニークな人材は続く。竹下毅さんは、岩本俊孝さん（宮崎大教育文化学部）の指導の元、企業とタイアップして里山の哺乳類複数種に発信機を付けて追いかけて卒論を書いた。当講座の修士課程に入り、さぞ予算や設備のなさに驚いただろう。同時に、年中山に入れる宮崎と、雪やヒグマに備えねばならない北海道の、フィールドのアクセシビリティの違いにも当惑したに違いない。

彼はとにかくフィールド好きで、最低でも丸一年は哺乳類を追いかけていたいという。しかし、安全かつ確実なフィールドを探すのは難しく、なかなかテーマが決められない。筆者が目をつけていた釧路湿原周辺にも行って見たが、いくらスポットライトを振ってもそうそう動物は見られない。

ところが、二人で途方に暮れ、湿原の木道を歩いていると、イタチ科の糞がやたら目につく。約2 kmの木道を朝一周すると約200個。とりつくしたつもりでも、翌朝にはまた50個以上。そのほとんどはアメリカミンク（以下、ミンク）（図2）

のようだが、実は北海道の古い外来生物であるミンクの生息実態は何もわかっていなかった。

彼はまだピンときていなかったようだが、ミンクの食性分析と個体数推定をめざし、半ば強制的に糞拾いが始まった。ルーチンが決まれば彼は強かった。環境省の許可を取り、竹下さんは2年間、隔月で釧路湿原に通い、膨大な数の糞を回収した（図3）。

現場である温根内ビジターセンターや市民グループの協力で情報を集めてみると、やはりそこはミンクのホットスポット。広大な湿原の中でも非常に目撃密度が高く、関係者はニホンザリガニ（絶滅危惧Ⅱ類）やサンショウウオ類への影響を心配していた。



図2. 捕獲されたアメリカミンク（筆者撮影）。アメリカミンクは、農閑期の花形産業として道内各地で養殖が行われ、釧路湿原はその中心地の一つだった。毛皮産業の斜陽化とともに多数の個体が野外に放逐され、1980年代にはすでに道内各地に広がっていたようだが、生息状況や在来生態系への影響は明らかになっていない。特定外来生物に指定され、北海道ではアライグマとともに「北海道アライグマ・アメリカミンク防除実施計画」（2006年～）が策定されている。

いざ糞分析を始めると、ほとんどの糞から甲殻類が出る。色めき立って同定をせかすと、ほとんど全てがウチダザリガニだった。竹下さんはがっかりするが、しかし保全生態学的にはむしろ面白い。古い外来種である両者の被食-捕食関係が強いのであれば、どちらかだけの捕獲事業を進めれば、いずれにしてもニホンザリガニへのプレッシャーが高まってしまうからだ。

糞拾いも周年で行うと、色々なことが見えてくる。季節的にテン類の糞がまじっている。ニホンイタチの可能性もある。当初から、経験的な種同定と糞DNAによる同定結果の比較も企図していたので、共同研究者である増田隆一さん（北地理学研究院）とその院生（当時）の島谷ひとみさんの分析結果を待つ。実は食肉目の糞DNAによる種同定技術は当時まだ未確立で、島谷さんはまずそこからとりかかって種同定手法を確立し（Shimatani et al., 2008）、その上で糞DNAによるミンクの性判定と個体識別を成功させた（Shimatani et al., 2010）。

竹下さん自身は、糞DNA分析の結果を活用し、同所的に生息する食肉目の食性の季節変化、経験

的種同定法の効率と問題点、温根内エリアのミンクの密度分布と個体数の季節変化、と、いずれも大変興味深いテーマで論文を執筆し・・・はじめたところで就職が決まり、現在は長野県飯田市で日本初のガバメントハンターとして主にニホンジカの密度管理の仕事に奔走している。教員としては“痛し嬉し”と言ったところだが、釧路湿原の外来生物問題も待ったなしの状況にあり、地元の方々が論文を心待ちにしていることも忘れないようにしてほしい。

行政の専門職に就いたもう一人の例が増山雄士さんだ。彼は奈良大地理学科の高橋春成さんに野生動物問題を学び、なぜかツル類にはまり、自力で山口県八代のツル生息地（特別天然記念物「八代のツルおよびその渡来地」）をフィールドとし、そこでの蓄積を持って当講座の大学院に入学した。大学院でも主に八代で観察や実験を続け、地道な努力が認められて地元（周南市）の職員となり、新設された現地の管理運営施設（鶴いこいの里交流センター）に赴任した。

彼も竹下さん同様、博士論文準備中であつたため就職には迷いもあつただろうが、保護管理の現

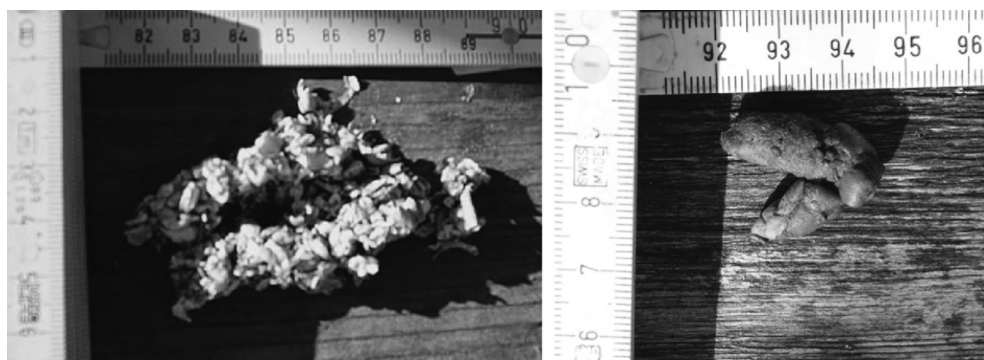


図3. 木道上のアメリカミンクの糞（左）とクロテンの糞（右）（釧路湿原温根内地区 竹下毅氏撮影）。秋、アメリカミンク（左；雨に洗われた後）の糞の内容はほとんどザリガニ類の外骨格でしめられており、捕食圧の大きさが推測される。それに対して在来種クロテンの糞（右）はサルナシなどの果実・種子が大半を占める。春夏はクロテンも昆虫やネズミ類を食べ、アメリカミンクと競合する。

場と大学・研究者をつなぐ役割は誰でもできるものではない。しかも国（環境省）がナベヅル保全の命運をかけて千羽以上を出水（鹿児島県）から移動させる方針を発表したこともあり、合意形成や調査研究のマネジメントにますます忙しくなりそうだ。

また、彼ら同様、特定の種（分類群）に“はまって”大学院に進学したのが小島瑛介さんだ。彼は村野紀雄さん（元酪農学園大学）の研究室でコウモリ類にはまり、当講座の大学院に進学してから、石狩川水系の水門という水門を、車に寝泊まりしながら調べて回った。修士論文では、モモジロコウモリと近縁種ドーベントンコウモリの水門利用習性の違いを明らかにし、それが分布域の違いに及ぼす影響を考察した。その成果の一部は村野ほか（2012）で公表されているが、彼自身は、調査は好きだが研究には情熱を持ってないと、さっさと研究から身を引いてしまった。彼が集めた膨大な情報はコウモリ類だけでなく河川生態系の保全に貴重なものであり、その“保全”をぜひ検討してほしいと思う。

現場要請とのマッチングー知床プロジェクト

筆者が赴任した頃と今とで、大学はずいぶん変わった。独法化して研究費のほとんどを外部予算に頼るようになり、内部予算も院生の数や出した博士号の数で決まるようになった。池田さんや筆者は、農水省の外来種プロジェクト（アライグマ、ヌートリア）や環境省の総合推進費（アライグマ、ヤクシカ）などの事業で研究を行う一方、無理に学生を引き込むことはせず、むしろ、自分たちの学生時代のように、自力で道を拓くことをよしとしてきた。

ところが、知床半島周辺でアライグマの目撃例がではじめた。危惧した環境省の予算で筆者と阿

部さんが予備調査を行ったところ、新たな足跡（図4）と目撃情報が確認され、半島奥部への侵入も時間の問題と思われた。そして、池田さんが腰を上げ、対策事業（侵入・定着阻止）が本格的に立ち上がろうかという時、とにかくイヌの研究がしたいという中井真理子さんが、翌年にはとにかく外来哺乳類問題でフィールドワーク（現場作業）がやりたいという島田健一郎さんが、大学院に入った。中井さんは横畑泰志さん（富山大理学部）に、島田さんは故・小倉剛さん（琉球大農学部）に、それぞれ哺乳類学や動物学の薫陶を受けている。

池田さんとの協議をへて、侵入初期で低密度状態にある知床半島のアライグマに適用することも念頭に、中井さんはアライグマ探索犬の科学的育成、島田さんは半島における生息状況把握と効率的な対策検討をテーマに、プロジェクトメンバーとして研究を行うことになった。



図4. 確認されたアライグマの足跡（2004年12月斜里町富士 阿部豪氏撮影）。当時、知床地域（斜里町・羅臼町）では、アライグマの情報は非常に少なく断片的で、しかも半島部での情報がなく、侵入を危惧する声はあまり聞かれなかった。しかし収集してみると毎年生息情報があり、そしてこの足跡で冬の生息も確認された。このあと数年のうちにアライグマ情報は増加し、世界遺産地域内への侵入も確認された。

中井さんの場合、自身もハンドラーとなるトレーニングを行いながら探索犬を育成する必要があるが、もちろん教員にそのような指導はできない。しかし彼女は、客観的・論理的にドッグトレーニングを実践している指導者に自力で交渉し、共同研究として自身が指導を受けつつ、子犬選定から始まる探索犬の育成過程の記録を足かけ5年間続け、今年はいよいよその分析を元に実戦可能かどうかが試される段階に来ている。

一方、島田さんは、毎年のべ数百箇のカメラトラップを仕掛け、低密度ながらアライグマが生息すること、そしてあろうことか、試行されていた捕獲罠がアライグマでなくヒグマを誘引していることを確認してしまった。

普通ならそれで捕獲を諦めるところだが、彼は小倉門下でマンガースの飼育実験をこなしていたこともあり、アライグマが“使いたくなる”巣箱の開発へと駒を進めた。現在は、なるべく自然な条件下でアライグマを飼育している協力施設を求め、九州某所に通って実験を重ねている(図5)。

両名とも、予算的裏付けのあるプロジェクトの有り難さと不自由さの両方を感じていることだろう。いずれもわが国初の試みであり、場合によっては、知床世界自然遺産地域、ひいては全国の外来生物対策の状況が変わるかもしれない。ぜひ、プロジェクト全体が成功することの喜び、成果が目に見えるという応用(保全生態学)研究の醍醐味を味わってほしい。

生物屋による政策研究

さて、これまで紹介した大学院生(元・現)は、みな“ベタベタの”フィールド系だったが、昨今少し状況が変わってきた。現在修士課程に所属する4名のうち3名が、「政策」をテーマにしているのだ。

アライグマ情報をお知らせください!
(環境省によるアライグマ侵入状況調査で)

知床半島における農作物被害の防止や生態系保全のために、環境省では外来種アライグマの情報を収集しています。アライグマは天然記念物であるシマフクロウの巣を襲う可能性があり、トウモロコシやスイカなどの農作物に甚大な被害をもたらします。ここ数年の調査では、斜里町・羅臼町の両町で毎年、アライグマの生息が確認されています。知床半島でのアライグマ分布拡大を防ぐためにも、アライグマの姿や痕跡を見つけた場合は、至急下記までご連絡ください。

アライグマかな??と思ったら・・・
連絡先: 知床アライグマ調査グループ
(北海道大学大学院文学研究科 地域システム科学講座 池田研究室内)
電話&FAX: 011-706-4163, 又は3029
E-mail: shiretoko_raccoon@gmail.com

アライグマってどんな動物?
耳のふちが白い
立派な白いヒゲ
斜里町漁港で回収された交通事故遺体
尻尾はしましま模様
前足・後足はヒトにも似た5本の指
アライグマの痕跡って?
足跡はわかりやすく、人型の掌のようにグッキリ5本の指の跡が残ります。
ぬかるんだ場所や、雪の中での車輪の上なども要チェック!!
アライグマによる農業被害
斜里町でのスイカの被害
スイカは穴を開けて、農用中身だけをくりぬき、トウモロコシはきれいに皮をむいて食べます。
【ウラにも情報があります!】

図5. アライグマ情報提供を呼びかけるチラシ(島田健一郎氏作成 環境省提供)。環境省事業を受け、知床地域でのアライグマの生息・侵入状況を把握するためにチラシの作成・配布を行った。代々の大学院生が蓄積した情報や知識が生かされている。この作業には、情報収集だけでなく、特定外来生物アライグマに対する関心を高め知識を共有してもらうという普及啓発・環境学習の意味もある。

鈴木嵩彬さん(修士2年生)は、外来生物対策において地方行政間の連携が進まないことに関心をもち、都道府県の担当者を対象に質問紙法による全国調査を行い、その現状と原因の分析を修士論文にまとめている。博士課程では、実際に対策連携のためのネットワーク構築をめざすそうだ。

また、同じく修士2年生の張勁草さんは、母国である中国と日本の外来生物対策の現状を、法律制度、担当機関、市民参加の3点から比較分析して

いる。中国ではいま外来生物問題が拡大し、国家レベルの対策が始まっているが、隣国にもかかわらずその情報はほとんど日本に入っていない。彼女の研究で連携すべきポイントが明確になれば、今後両国の外来生物対策の進展に役立つだろう。

この二人に共通するのは、学部時代にしっかりと生物学の教育を受けて、政策研究の道に入っていることだ。鈴木さんは、北大理学部の卒論で外来植物と近縁の在来種とのハビタット比較を行い、外来種がいかに巧みに好適ニッチに侵入・定着するか実感した。張さんも母国で動物学を修め、在来生物相が攪乱される現状を見てきた。

修士1年生の林大希さんも、状況が似ている。彼は同志社大法学部で学び、日本の外来生物法の運用面に関心を持ち、特に訴訟事例の実際を追ひ、いかに法律の精神が生かされていないか、いかに日本の裁判資料等が入手しにくいかを嘆いている。そう聞くと制度研究そのものが目的のように思うが、聞けば、彼はカメ類飼育の経歴が長く、その（カメの？）立場から外来生物法の経緯にずっと関心を持っていたのだそう。彼を通じて筆者も、いかに飼育スペシャリストのネットワークが奥深いかを学んでいる。

彼・彼女らのように、外来生物の生態や在来種とのせめぎ合いの現場、もしくは規制を受ける側の実状に関する知識や体験は、きっとより実効的で説得力のある政策分析を生むものと期待している。

“一匹オオカミ” 健在

もう一人の修士1年生、大坪心さんは、北大農学部で安定同位体比分析をツールに、択捉島と北海道のヒグマの食性比較を行い卒論を書いた。進学先を探して当講座を訪れ、シベリア研究の話聞くなどして帰り、次に会った時には入学してい

た。

シベリア研究というのは、池田さんと筆者が総合地球環境学研究所のプロジェクトとしてサハ共和国でそれぞれ行っている研究で、池田さんは狩猟統計の分析を、筆者は衛星追跡した野生トナカイの土地利用情報を元に保護区等を設定する仕事を行っている。このプロジェクト自体は今年度で終了するが、カウンターパートに恵まれ、交流協定も締結できたため、野生トナカイの分布と北方少数民族の生活に影響を及ぼすシベリアオオカミの実態解明（行動圏と食性）を次のテーマに企画していたところだったのである。

確かにテーマとツールは合致しそうだ。しかし文学研究科としては、化学分析の結果が出るだけでも生態学的な議論ができるだけでもダメで、それが保全問題にどのように寄与するか、人の暮らしとどう関わるかを説明できなければいけない。どうやら「シベリア!」「オオカミ!」と血が騒いだらしいが、はたしてどこまで目処が立っているだろう・・・。

そんな教員側の不安には目もくれず、彼女は自力で学内の競争資金に応募して渡航助成を確保し、今冬の渡航をめざしている。そろそろ、卒論の雑誌投稿がシベリア行きの条件であることを急押ししようと思っている。一匹オオカミこそ、論文がなければ生きていけない時代なのだから。

もう一人、独立独歩の人がいる。全国的に広まった国蝶オオムラサキの保護活動（幼虫飼育、放蝶、生息地整備など）を、環境教育と保全生態学の両面から評価・分析している和田貴弘さんだ。

環境教育と保全生態学は、近いようでいて実は非常に交流が少ない。何をもって教育活動やその効果を評価するかは教育学の永遠のテーマだが、少なくとも環境教育（環境学習）活動においては、環境への影響が評価項目に含まれて然るべきだ。ところが実際には、環境影響を客観的に調べる余

力や意識が教育現場にないことも多く、それが余計に両者の溝を深めている（筆者見解）。

和田さんは、このような環境教育活動の現状に疑問を抱き、札幌近郊のいくつかの保護活動に参加し、それらの「理想（理念）」と「現実」の乖離をつぶさに観察した。放蝶や放虫の時期、場所、数などが適切でないために、実はほとんど死滅してしまった例もあったようだ。

社会学者であれば現場を突き放して客観的に分析すればよいが、彼は活動内容の改善のため、つい意見してしまう。それだけでなく、文学部（早稲田大）の出身ながら、現場で欠けているデータ（幼虫の死亡率、成体の定着率など）を独力調査で得て「保護」になっていないことを実証してしまった。そうすると、「環境教育」「希少種保護」という錦の御旗を汚されたと思い、二度と協力してくれなくなる人もいよう。博士論文では、そんな苦労を経て集めた事例を武器に、ぜひ自然環境保全の核である2つの世界をブリッジしてほしいと思う。

“ザリガニ料理”の愉しみ

最後に、一番“若い”（最近入学した）博士課程院生、田中一典さんを紹介する。田中さんのテーマは、まさしく生態工学と環境教育を統合した保全システムづくりである。対象は絶滅危惧種ニホンザリガニと特定外来生物ウチダザリガニ。

両種の生息実態調査（Ikeda et al., 2012; Nunokawa et al., 2012）、HIS（Habitat Suitability Index）などを導入した生息地評価、さらには、駆除技術の開発と実践、在来種がすみやすく外来種がすみにくいハビタットづくり、子供たちや地域住民を対象とした学習活動（田中、2012）等々、手がける内容は幅広い。

これが“普通の”院生なら、池田さんも私も間

違いなくストップをかけるだろう。しかし、実は田中さんは、民間企業に勤めながら個人的にザリガニ研究を長年続け、その蓄積を持って博士課程に入学した。すでに他の研究者と強固なネットワークを持ち、道内のザリガニの生息状況や調査状況をつぶさに把握し、環境学習活動も積極的に運営している。そればかりか、学務や雑務で動きが取れない教員にかわり、学生をフィールドに連れ出し、互いの研究に協力し合う土壌を再生してくれてもいる（図6）。

学費を払ってもらうのが申し訳ないくらいの実績であり、博士論文のネタは十分にある。ただし、食材が豊富なほど料理は苦労するものだ。広い視野から自分の課題を位置付け、集中してデータを分析し、研究をまとめることができるかどうかがこれから問われる。どんなザリガニ料理が出てく



図6. ニホンザリガニの生息実態調査（えりも町豊似湖 田中一典氏撮影）。ニホンザリガニは、北海道および東北の一部のみに生息する在来種。田中さんの調査地の一つである豊似湖は、道内でも安定したニホンザリガニの生息地で、交通の便も（北海道としては）よいので、学生たちも安心して調査に参加できる。ここ豊似湖でも、ニホンザリガニを大量に採食したアライグマの食痕が見つかっている。ちなみに、昔、関西の子供たちが“ニホン”と呼んでいたザリガニは“アメリカ”の幼体なのでご注意ください。

るのか、いまから楽しみである。

おわりにー“ねじれよ”北大

ここで紹介したように、大学院生13名のうち9名は他大学出身であり、その多くは大学院（博士課程）がないため移籍せざるをえなかった人たちだ。また、やはり9名が理系出身ということは、野生生物に関する文理融合型研究の受け皿がまだ少ないということかもしれない。いずれにしても、この分野における本講座の役割を実感させられる。

また、お気づきだと思うが、ここで紹介した大学院生の全員が講座外の出身である。年に数回は学部生から“なぜ文学部に理系の研究室があるのか”との質問が出て、院生たちは回答に苦慮する。しかし、このような“文理の狭間”での苦悶は、必ず役に立つ。そもそも、現場に出れば、文理を分ける方が非常識なのだから。

しかも、この状況もこれから数年で変わる予感がする。修士課程の北大出身者2名（鈴木さん、大坪さん）は、冒頭で紹介した講義の受講が“ねじれた”きっかけだったようだが、彼・彼女らのように受講中（つまり1年生）から大学院生のフィールドワークに同行したり、文転を検討する“ねじれ予備軍”が増えているからだ。

そして、この“ねじれ”は環境社会学分野にも及んでいる。例えば寺林暁さんは、修士課程に進学した際、筆者にそそのかされて、日本生態学会におそらく初の社会学論文を発表した（寺林，2008）。その後も日々保全生態学者を横目で睨みつつ、環境ガバナンス研究に勤しんでいる（竹内・寺林，2010；寺持・竹内，2013）。その後輩の杉本正太さんは、筆者がチューターを務めた屋久島フィールドワーク講座（屋久島町主催）の“ヤクシカ班”での活躍がきっかけで本講座の大学院に進学し、環境社会学を学んだ後、環境省（吉野熊

野国立公園アクティブレングジャー）に勤めている。

こうやって、いよいよ北大の“ねじれ”も本格化しつつある。それが常態化し、文系・理系の区別がなくなる日が来ることを心から願っている。

謝辞とお詫び

本稿は、基本的に院生のみなさんからの情報をベースに起こした。情報提供してくださった方々に感謝したい。情報提供がなかった方については筆者の思い込みで書いているので、この場を借りてお詫びしたい。また、あたかも自分が指導教員のように書いたが、筆者は助教であり学生の指導権限を有さない。本稿を読んで筆者が指導教員だと誤解した院生がいたらお詫びする。最後に、いろいろ偉そうに書いたことを池田さんにお詫びする。

引用文献

Abe, G., T. Ikeda & S. Tatsuzawa. 2006. Differences in habitat use of the native raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides albus*) and the invasive alien raccoon (*Procyon lotor*) in the Nopporo Natural Forest Park, Hokkaido, Japan. In: Assessment and control of biological invasion risks. (eds. Koike, F., M. N. Clout, M. Kawamichi, M. De Poorter & K. Iwatsuki), pp. 116-121. Shoukadoh & IUCN, Japan.

阿部 豪・青柳正英・的場洋平・佐鹿万里子・車田利夫・高野恭子・池田 透・立澤史郎. 2006. 北海道におけるアライグマ捕獲のための Eggtm Trap の有効性と混獲防止効果の検証. 哺乳類科学, 46 (2): 169-175.

——・三好英勝・佐鹿万里子・中井真理子・島田

- 健一郎・上田一徳・富樫 崇・池田 透・立澤史郎・室山泰之. 2011. Eggtm Trapで捕獲されたアライグマを回収するための誘導型捕獲箱の開発. 哺乳類科学, 51 (2): 257-263.
- Ikeda, K., K. Nunokawa & K. Tanaka. 2012. Measurement method of the underground water level in habitats of Japanese crayfish *Cambaroides japonicas*, Crustacean research, Special number (7): 69-74.
- Ikeda, T., M. Asano, Y. Matoba & G. Abe. 2004. Present status of invasive alien raccoon and its impact in Japan. Global Environmental Research, 8(2): 125-131.
- 村野紀雄・近藤憲久・小島瑛介・宮木雅美・芹澤裕二・沖山 茂. 2012. 北海道石狩低地帯江別地域におけるモモジロコウモリおよびドーベントンコウモリのねぐら移動. 酪農学園大学紀要, 36 (2): 377-391.
- Nunokawa, K., K. Tanaka & K. Ikeda. 2012. Habitat characteristics of small creeks inhabiting Japanese endemic crayfishes (*Cambaroides japonicus* De Haan) in northern Japan. Crustacean research, Special number (7): 133-140.
- Shimatani, Y., T. Takeshita, S. Tatsuzawa, T. Ikeda & R. Masuda. 2008. Genetic identification of mammalian carnivore species in the Kushiro Wetland, eastern Hokkaido, Japan, by analysis of fecal DNA. Zoological Science, 25: 714-720.
- , ——, ——, T. Ikeda & R. Masuda. 2010. Sex determination and individual identification of American minks (*Neovison vison*) in Hokkaido, northern Japan, by fecal DNA analysis. Zoological Science, 27: 243-247.
- 鈴木克哉. 2003. 下北半島北西部の野生ニホンザルによる夏期農地利用. 野生生物保護, 8 (2): 49-61.
- . 2007. 下北半島の猿害問題における農家の複雑な被害認識とその可変性—多義的農業における獣害対策のジレンマ—. 環境社会学研究, 13: 184-193.
- . 2008. 野生動物との軋轢はどのように解消できるか?—地域住民の被害認識と獣害の問題化プロセス. 環境社会学研究, 14: 55-68.
- . 2009. 半栽培と獣害管理—人と野生動物の多様ななかかわりにむけて—. 「半栽培の環境社会学—これからの人と自然」(宮内泰介編), pp. 201-226. 昭和堂, 京都.
- Suzuki, K. & Y. Muroyama. 2010. Resolution of human-macaques conflicts: changing from top-down to community-based damage management. In: The Japanese macaques (eds. Nakagawa, N., M. Nakamichi & H. Sugiura), pp. 359-373. Springer, Tokyo.
- 竹内健悟・寺林 暁. 2010. 多様な価値・目的が生み出す環境管理の正当性. 環境社会学研究, 16: 169-178.
- 田中一典. 2012. ザリガニを通じた環境教育と外来種問題への啓発. CANCER (日本甲殻類学会和文誌), 21: 103-105.
- 寺林 暁. 2008. 生態系保全における社会的諸条件への考慮のあり方: 岩木川下流部ヨシ原を事例とした環境史による提言. 保全生態学研究, 13 (2): 169-177.
- ・竹内健悟. 2013. 地域環境保全をめぐる「複数の利益」: 青森県岩木川下流部ヨシ原の荒廃と保全. 「なぜ環境保全はうまくいかないのか 現場から考える「順応的ガバナンス」の可能性」(宮内泰介編), pp. 101-121. 新泉社, 東京.

<編集後記>

人間の予測と自然動態

本誌12月号のお届けが新年一月になりますこととお詫びしつつ、新年のご挨拶を申し上げます。会員のみなさまには本誌をご愛読いただき、また本会運営にご協力いただきましたことを厚くお礼申し上げます。本年もどうぞよろしくお願いいたします。

さて昨年のKONCの活動は誠に活発なものでした。2013年6月号本誌の特集は「中池見湿地の保全と新幹線建設問題」および「国内希少野生動植物種アユモドキの保全」でしたが、本会では関係機関に自然保護に関する要望書などを提出致しました。2013年10月には中池見湿地の問題を再び取り上げ、生態学会近畿地区会とKONC主催で現地シンポジウムを開催しました。本号では、シンポジウム「中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題」にご講演いただいた研究者のみなさまに、生態学、地学および水文学分野からの研究報告をいただきました。これらの研究報告は、中池見湿地の重要性はもとより、湿地生態系にもたらす新幹線建設の影響が予測不可能な危険性を含むものであることを示唆しています。

視点は少し異なりますが、人間の予測をはるかに超える大規模自然災害の発生とその影響の甚大さは、2011年3月に東日本大震災で日本と世界が経験したことです。その後、2011年秋に発生した紀伊半島大水害での深層崩壊、2013年秋の台風18号の大水害など、近年、人間の予測を上回る災害が頻発している感があります。国土交通省の資料によると、深層崩壊は明治以降、122事例あり、とくに中央構造線より南のエリアで多く発生しているようです。自然攪乱によって生じる生物群集や生態系の変動をとらえることは、今後、人間の暮らしとも関連してますます重要になるだろうと思われます。今号に自然攪乱と生物群集の変動を捉えた原著論文が掲載されていますが、そうした視点に立つ情報はまだまだ不足しています。

2013年10月に東北地方太平洋側の海岸を1年ぶりに訪れ、林野庁がクロマツ苗の植栽事業を積極的に進め、国土交通省があらたな防潮堤を着々と築いている現場を視察することができました。砂浜後背地の森林では外来種ニセアカシアが、砂浜では外来種オニハマダイコンが繁殖していましたが、その一方、砂浜ではオカヒジキ、ハマニガナ、ウンランなどの地域本来の植生が回復していました。旧堤防や後背地ではクロマツの実生や萌芽が生育し、オミナエシ、カワラナデシコなどの開花を確認することができました。これらを埋め立てて堤防をあらたに築く必要があるのか、人の営みを取り戻しながら、人の安全な暮らしと生態系保全の道筋を示すことはなかなか難しいことだと感じます。

さて、今号は特集のほかに、現代的課題に応える良質な研究論文4報が掲載されています。若い研究者シリーズは北海道大学立澤氏の興味深いエッセイです。巻頭言および特集では会員外のみなさまにもご寄稿いただきました。本号発刊に際してご協力いただいたみなさまに厚くお礼申し上げます。会員のみなさまには、良き一年となりますことを心より祈念申し上げます。(前迫ゆり)

2013年度発刊の35巻1号および2号において、編集委員以外につぎのみなさまに査読いただきました。記して深くお礼申し上げます。

上原一彦氏(大阪府水生生物センター)、高久宏佑氏(環境省自然環境局 生物多様性センター)、山城考氏(徳島大学)、山西良平氏(大阪市立自然史博物館)

関西自然保護機構

名誉会員

千地 万造 宮本 憲一

会長

石井 実

副会長

山西 良平

運営委員

上原 一彦	奥平 敬元	角野 康郎	神崎 護	熊井 久雄
佐久間大輔	布谷 知夫	野寄 玲児	平井 規央	前迫 ゆり
村上 興正	和田 恵次	和田 岳		

編集委員会 (*委員長, **副委員長)

奥平 敬元	角野 康郎	神崎 護**	幸田 正典	高柳 敦
立澤 史郎	布谷 知夫	原田 泰志	平井 規央	藤井 伸二
前迫 ゆり*	山倉 拓夫	和田 岳		

会計監事

原田 泰志 森本 幸裕

事務局長

山西 良平

事務局員

大久保その子

関西自然保護機構への入会希望，その他のお問い合わせは，事務局までお願いいたします。

お 願 い

1. 本機構では会誌の他に「KONCニュース」を年若干回発行しています。
各地の自然保護に関するニュースを2000字以内でお寄せ下さい。
2. 本機構では，次のものについて原則として発表先を問わず業績番号をつけることにしましたのでご協力下さい。
 - 1) 本機構が事業として行った調査研究成果
 - 2) 本機構が助成金を交付した調査研究成果
 - 3) 会誌その他，KONC出版物に掲載した調査研究論文
 - 4) 上記研究から派生して得られた結果，あるいは会員が業績番号を付した方がよいと判断されたもの本機構の出版物以外に投稿された場合の業績番号を入れる位置は，各出版物の規定に従ってください。ただし，和・欧文とも下記の表現をお使い下さい。
関西自然保護機構業績 第 号
Contribution from Kansai Organization for Nature Conservation,
no. _____
番号はその都度，編集委員会にお問い合わせ下さい。
3. 投稿規程は，会誌の奇数号に掲載します。

目 次

表紙の言葉 袋状埋積谷としての中池見	宮本真二
巻頭言	
都市域における地域環境資源の保全	矢持 進 89
特集 中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題	
フィールドシンポジウム「中池見湿地の保全と北陸新幹線ルート変更問題」を開催して	岩崎敬二 93
中池見湿原堆積物の花粉化石からみた最終氷期以降の植生変遷	宮本真二 95
新幹線ルートと中池見湿地の水生植物－危惧される影響	角野康郎 103
山地源流域の山体地下水が雨水の流出に果たす役割	小杉賢一朗 105
チョウ類群集から見た中池見湿地の植生の変化	石井 実 111
原著	
兵庫県宝塚市西谷地区における準絶滅危惧種スズサイコ <i>Vincetoxicum pycnostelma</i> Kitag. の繁殖特性及び訪花昆虫相	中濱直之・丑丸敦史・井鷲裕司 115
紀伊半島 3 河川における十脚甲殻類の分布－2011 年台風 12 号による大洪水後の経時変化－	田中薫子・浜崎健児・山田 誠・青木美鈴・遊佐陽一・和田恵次 125
短報	
香川県小豆島における淡水魚類相と現状	井藤大樹・細谷和海 141
カワバタモロコ当歳魚の性成熟	吉村元貴・青木 隆 149
報告	
自然へのアプローチ－今、若い研究者がとりくんでいること－17	
地域社会の課題として野生動物保全に取り組む－“ねじれ”が生み出す Human Dimensions 研究－	立澤史郎 155
編集後記	167

CONTENTS

COVER PICTURE

Miyamoto, S.: Naka-Ikemi as "Waste-filled Valley".

KONC SAYS

Yamochi, S.: Preservation of local environmental resources in the urban area. 89

FEAUTURES: Conservation of Nakaikemi Wetland and construction of the Hokuriku-Shinkansen.

Iwasaki, K.: Comments on the field symposium "Conservation of Nakaikemi Wetland and construction of the Hokuriku-Shinkansen". 93

Miyamoto, S.: Vegetational changes since the Last Glacial from the pollen influx in Naka-Ikemi moor, Central Japan. 95

Kadono, Y.: Threat to aquatic plants of Nakaikemi Wetland caused by the Shinkansen construction. 103

Kosugi, K.: Role of bedrock groundwater in rainwater discharge processes at a headwater catchment. 105

Ishii, M.: Vegetation change from the view point of butterfly assemblage in the Nakaikemi Wetland, Japan. 111

ORIGINAL ARTICLES

Nakahama, N., Ushimaru A. & Isagi, Y.: Reproductive traits and flower visitors fauna of *Vincetoxicum pycnostelma* Kitag. in Nishitani area of Takarazuka City, Hyogo Prefecture. 115

Tanaka, K., Hamasaki, K., Yamada, M., Aoki, M., Yusa, Y. & Wada, K.: Temporal change in the distribution of decapod crustaceans prior and posterior to catastrophic flooding by a typhoon in 2011, in three rivers of the Kii Peninsula, western Japan. 125

SHORT COMMUNICATIONS

Ito, T. & Hosoya K.: The freshwater fish fauna and current status of the Shodoshima Island, Kagawa Prefecture, Japan. 141

Yoshimura, M. & Aoki, T.: Sexual maturation of yearling Golden venus chub *Hemigrammocypripis rashorella*. 149

REPORTS

Tatsuzawa, S.: Approach to Nature -The ambition and reality of young researchers- 17. Approaches of young scientists for Human Dimensions studies as regional issues. 155

EDITORIAL NOTES 167

地 域 自 然 史 と 保 全 35 巻 2 号 (通算 66 号) 2013 年 12 月 31 日 発行
 編集発行人 関西自然保護機構
 事 務 局 〒546-0034 大阪市東住吉区長居公園 1-23 大阪自然史センター 気付
 TEL 06-6697-6262 FAX 06-6697-6306
 振替口座 00990-2-16679
 編集事務局 〒574-8530 大阪府大東市中垣内 3-1-1
 大阪産業大学大学院人間環境学研究科 (前迫研究室) 気付
 TEL 072-875-3001 FAX 072-871-1259
 印 刷 所 光栄堂印刷株式会社