

巻 頭 言

森林の動的平衡

鹿児島大学名誉教授 米 田 健

“動的平衡”の視点から熱帯雨林の現状と保全の森林利用について2, 3の私見を述べる。

森林の“平衡性”は、評価する属性や時空間的な広がりの違いで異なる。かつて農用林や薪炭林も一定の面積内で持続的に利用されてきたことから、バイオマスの面からは人間により管理された一種の動的平衡系といえよう。しかし現実には、とくに薪炭林では薪炭生産量がしだいに回復量を上回り、平衡系が崩れ荒廃した山林が多いようだ。一方、人手が入らない発達した森林は、樹木の枯死によるバイオマスの減少量が若木の成長量で補完されることで平衡性を維持している。その若返り現象が、林冠木の枯死で誕生するギャップ（林冠の欠所部）を単位とするのがギャップ更新説である。この説では、成熟林はギャップを起源とする様々な更新段階にある林分（パッチ）の集合体として捉える。森林が平衡性を維持するのに最低限必要なワンセットの集合体が平衡系の単位となる。それを構成する各パッチが持つ多様な表情（種構成、バイオマス、さらに成長速度などの振動性）が、今回のもう一つのキーワードである“動的性（変動性）”を現している。

時間的また空間的にも大きなスケールで進行する林冠木の動態を考慮して、成熟林がもつ平衡系の特性を把握するのは容易でない。しかし、いま世界各地の熱帯雨林で進められている長期・大面積での生態観測からその実態が明らかになりつつある。半島部マレーシアの中部に位置するパソ森林保護区でも1969年から動態観測が続けられている。2ヘクタールの調査面積で43年間継続観

測されたデータからは、生態系としての年間の炭素収支が林冠木の動態により20年程度の周期で変動していた。この年変動性を考慮して、炭素収支でバランスがとれた系を数学モデルで推定すると最低400年必要となる。すなわち、 $2\text{ha} \times 400\text{年} = 800\text{ha} \cdot \text{年}$ の時空間的な広がりであらねば炭素収支では動的平衡系といえる。

同じパソ森林保護区内で、50ヘクタールの調査区を用いた生態観測も1987年から始まった。そこで得られた15年間のデータからは炭素の放出系となった。先に推定した平衡単位に近い50ヘクタール $\times$ 15年 $= 750\text{ha} \cdot \text{年}$ の広がりを持つが平衡系ではなかった。その実態を詳しく調べると、先に示した2ヘクタール調査区と同様に丘陵地の西向き斜面ではほぼ平衡系とみなせたが、東向き斜面や粘土質土壌の平坦地では多くの林冠木が枯死し、その分解により固定量の1.4倍相当の炭素を放出して炭素放出系となっていた。

熱帯雨林の林冠木の枯死には、強風や少雨気象が強く影響しているらしい。熱帯雨林気候下でも瞬間風速では20m/秒近い強風が発生する。この風速は台風のカテゴリーに入るが、沖縄では毎年5回程度は襲来している。日本では樹木がバタバタ倒れるのは35m/秒以上といわれているが、樹高が30mを超す木々が林立する熱帯雨林は強風に弱いようだ。スマトラの雨林で生態調査中に強風が吹き始め、木々が倒れる大きな音が響き、危険を感じて避難した経験がある。翌日調査地にもどり多くの林冠木がなぎ倒されているのを見て、胸をなでおろしたことが思い出される。パ

ソの 50 ヘクタール調査区でも、1987 年、2004 年、2010 年の強風で多くの林冠木が枯れた。

東南アジアでは、エルニーニョ現象で強い少雨現象が不定期に発生する。一斉開花現象もこの異常気象を引き金にしているといわれている。しかし、一年を通じた湿潤な気候に適応した熱帯雨林の木々にとって水不足は大きなストレスでもある。1997 年の異常気象時には、スマトラの雨林で多くの高木が落葉し、森林内を歩いていても青空が見えた。とくに成長が良く大量の水を消費する樹木には致命的な影響を与えることがある。体力のある大径木では異常少雨で衰弱が始まり、数年後に死亡するケースが多いようだ。

先に示した 50 ヘクタールの調査区においても、解析した 15 年間は強風と乾燥が林冠木の枯死要因として強く影響していた。そのストレスの強さが地形や土壌の違いで異なり、それが炭素代謝の水平的な変動を発生させたようである。これらのリスクは大径木ほど強く影響していた。この地域で、1947 年から 1981 年までの 34 年間の観測結果では、樹木の死亡率はサイズとは関係なく一定であったと報告されている。今回の死亡率は、その時よりも高く、さらにサイズ依存性が明瞭に現れた。両期間の変化を解析したところ、パソ保護林を取り巻く環境の変化が影響していることが示唆された。つまり、1950 年代からは保護区内の周辺部でも択伐され、また 70 年代からは周囲の森林がアブラヤシに切り替えられた。このことが、強風や異常少雨からのストレスを増幅させている可能性が示唆された。地球的規模で進行している気候変動も影響しているかもしれない。おそらく、多くの要因が複合的に影響しているであろう。パソ森林保護区の面積は 2400 ヘクタールあり、50 ヘクタール区は周辺効果を受けにくいほぼその中央に位置している。この広がりであっても、今の環境下においては成熟した熱帯雨林が

平衡系を維持するには十分ではないようだ。

さきに持続的利用されている薪炭林は動的平衡系とみなせると書いた。南西諸島に属する奄美大島の亜熱帯林では、いまでもパルプ生産が高い萌芽更新力に支えられ、持続的に続けられている。これらの森林は、アマミノクロウサギをはじめ多様な野生生物の生息・生育地でもある。とくに発達した森が創り出す多様な環境が貴重なハビタットになっている。島の暮らしを支える林業と野生生物の保護をどのようにすれば両立できるか、多くの野生生物が絶滅危惧状態にある現在、大きな課題となっている。多様なハビタットを維持するためにはパルプ林全体を高齢化させる必要がある。たとえば、木材生産量を最大にする伐期から 14% 延長して伐採すれば生産は 3 % 減少するが、森林全体のバイオマスは 26% 増やすことができる。伐期を 23% 延長すればそれぞれ 7 % 減と 40% 増になる。少しの生産減でバイオマス増にともなう環境機能を大幅に高めることができる。この林業経営は生産者の努力のみでは成立できない。消費者である私たちの課題でもある。

亜熱帯林を構成する多様な樹種の特性を生かした林業も根づかせたい。資源量は少ないが多様性を生かした小規模多角経営の林業である。いま都会からの I ターン者が放置状態にある中山間地帯の植林地に入り森をよみがえらせているという(2017 年 4 月 8 日付朝日新聞)。大型機械に頼らない小回りの利く林業で、“自伐型林業”と呼ぶらしい。I ターンだけでなく U ターンにもつながると、各地で注目されている。この手法を、天然林を対象とする奄美での小規模多角経営に活用できないだろうか。多角経営では、林業だけでなくエコツーリズムなど観光業にまで広げてよいのではないか。地域の風土を活用した産業の振興と野生生物の両立をなんとか図れないものかと思案している。

特集1 シンポジウム「在来種を脅かす近縁外来種の侵入—水域の生物を中心に—」

気づかない間に進行する在来種から近縁外来種への入れ替わり

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 平井規央

Insidious progression of replacement from native species to alien-related species. Norio Hirai (*Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University*)

はじめに

近年、外来種の侵入とそれらの分布拡大が生態系に与える影響は深刻化の一途をたどっている。オオキンケイギク、オオクチバス、セアカゴケグモなど、環境省の特定外来生物に指定されている種の多くは、在来種に似たものが少なく、外見で容易に見分けることができる。一方で、在来種に近縁外来種が導入された場合は、発見が難しいことが多く、気づいた時には在来種との入れ替わりが生じていたり、交雑が進んでいたりする例が結構あることが明らかになってきた。特に魚類で深刻化が伝えられる国内外来種についても関連の問題である。このような現象は多くの分類群で進行していると考えられ、DNA解析技術の向上もあって今後ますます表面化する例が増加する可能性がある。本稿ではまず、さまざまな分類群で知られる近縁外来種問題について紹介する。

多岐にわたる近縁外来種の例

植物では、セイヨウタンポポと在来タンポポの分布調査が各地で古くから行われてきた（例えば堀田, 1977）。総ほう外片や種子の形態による判断で在来と外来の分布に関する市民調査は現在で

も盛んにおこなわれている。一方で1990年代以降は、セイヨウタンポポと在来種との雑種問題が指摘され、関西自然保護機構会誌においても「雑種は従来のタンポポ調査を変革する」と題した特集が組まれた（例えば布谷・木村, 2004; 26巻1号参照）。雑種形成の判断は形態のみでは困難で、それらの進行は、アロザイム解析（例えばMorita et al., 1990）や葉緑体DNAマーカー（例えばShibaike et al., 2002）によって、明らかにされるようになった（後者の葉緑体DNAの解析では、在来種のDNA型を持つものを雑種と判断している）。植物ではこれ以外にも、カワデシヤとオオカワデシヤ（例えばTanaka, 1995）、在来と外来アゾラ類（例えば鈴木, 2010）など近縁外来種の分布拡大や雑種が問題となっている例は多い。このような近縁外来種は在来の植食者の寄主植物としても利用されている。チョウ類の幼虫では、シルビアシジミがセイヨウミヤコグサを（本来の寄主は在来のミヤコグサ；例えばMinohara et al., 2007）、ツマグロキチョウがアレチケツメイを（本来はカワラケツメイ；高橋, 2012）、ミヤマシジミが外来コマツナギを（飼育下のみ；例えばOzaki et al., 2013）、というように本来の寄主植物の近縁外来種で繁殖する例が報告されている。これらのチョウ類はいずれも環境省のレッド

リストに掲載されている希少種であり、外来植物種によって繁殖が助けられている可能性があるものの、本来の生態系を考慮すると望ましいこととは言えない。

魚類では、大陸産モツゴ（例えば Watanabe et al., 2000）、大陸産コイ（例えば馬淵ほか, 2010）、カラドジョウ（例えば清水・高木, 2010）などの国外近縁外来種のほか、ハリヨ（国内外来種イトヨとの交雑；例えば森ほか, 2016）、シナイモツゴ（国内外来種モツゴとの入れ替わり；例えば小西・高田, 2005）など国内近縁外来種も問題となっている。亜種の関係にあるニッポンバラタナゴ（在来）とタイリクバラタナゴ（外来）の関係については詳細な調査が行われ、外来亜種や交雑個体の適応度が高いこと、ある程度の交配前隔離が存在すること、遺伝子浸透が在来亜種の絶滅後も継続することなどが明らかにされている（例えば河村ほか, 2009）。

昆虫類では、アカハネオンブバッタ（オンブバッタに近縁；例えば町田, 2016）、ムネアカハラビロカマキリ（ハラビロカマキリに近縁；例えば藤野ほか, 2010）、ヒラタクワガタ類（例えば Goka et al., 2004）といった国外由来の近縁外来種のほか、リュウキュウベニイトトンボ（ベニイトトンボに近縁；荏部, 2007）などの国内近縁外来種の事例も報告されている。

その他の分類群でも、シナハマグリ（例えば岩崎ほか, 2004）、タイワンシジミ（例えば古丸, 2002）、タイワンザル（白井・川本, 2011）、チョウセンイタチ（佐々木, 2011）など、近縁外来種の例は身近な生き物の間でも多岐にわたり、疑いのあるものも考慮すると今後さらに事例が増加すると考えられる。

このような近縁外来種の調査には、部分的に述べてきたように遺伝的解析が不可欠となっている。川井ほか（2009）によるワカメの移入集団

の解析では、ミトコンドリア DNA の解析と核遺伝子マイクロサテライトの解析の両者の結果から、ニュージーランドに日本と韓国の集団が移入して交雑している可能性を指摘している。このように、外来種、外来個体群の侵入が疑われる際には、まず比較的容易なミトコンドリア DNA の解析によつての侵入の有無を確認し、それが明らかになった時点でマイクロサテライトマーカーなどを用いて雑種形成の有無を調査するというステップが標準的と考えられる。

シンポジウムの内容と今後の展望

2016 年 3 月に開催された「地域自然史と保全研究発表会 2016 年度大会」のシンポジウムでは、近縁外来種問題が深刻な水生動物に注目し、「在来種を脅かす近縁外来種の侵入－水域の生物を中心に－」というテーマで魚類、両生類、爬虫類、甲殻類から各一題ずつ話題提供を頂いた。プログラムは以下の通りであった。

「趣旨説明」 平井規央（大阪府立大学）

「メダカにおける遺伝的攪乱の現状
～飼育品種のヒメダカがもたらす危機～」
北川忠生（近畿大学農学部）

「チュウゴクオオサンショウウオが在来の
オオサンショウウオに与える影響」
松井正文（京都大学名誉教授）

「淡水棲カメ類の種間交雑とその保全生物学的示唆：
スッポンの問題を中心に」
太田英利（兵庫県立大学）

「外来カワリヌマエビ属および
共生動物の侵入の状況について」
西野麻知子（びわこ成蹊スポーツ大学）、池田実（東北大学）、大高明史（弘前大学）、丹羽信彰（神戸市立六甲アイランド高校）

総合討論

いずれの研究においても、前述のようにミトコンドリア DNA の解析から近縁外来種または、外来個体群の侵入を検知し、核 DNA やマイクロサテライトマーカーなどを用いてより深く交雑等の解析を行い、現状の深刻さを明らかにする点が共通していた。

今回のシンポジウムを通じて、近縁外来種の侵入と雑種の形成はさまざまな分類群で生じていることが改めて明らかとなった。西川ほか (2009) は、遺伝的解析による起源や拡散様式は予防策に役立ち、遺伝的多様性の解明は、駆除単位の設定や駆除効果の検証にも有効であることを指摘している。これまでは、現象の把握にとどまっていることが多かった近縁外来種問題も、遺伝的解析技術の向上にともなって予防、駆除へのさらなる応用が期待される。

引用文献

藤野勇馬・岩崎 拓・市川顕彦. 2010. 福井県敦賀市でハラビロカマキリ属不明種の成虫と卵囊を採集. 昆虫と自然, 43 (5): 32 – 34.

Goka, K., H. Kojima & K. Okabe. 2004. Biological invasion caused by commercialization of stag beetles in Japan. *Global Environmental Research*, 8 : 67–74.

堀田 満. 1977. 近畿地方におけるタンポポ類の分布. 自然史研究, 1 : 117 – 134.

岩崎敬二・木村妙子・木下今日子・山口寿之・西川輝明・西栄次郎・山西良平・林 育夫・大越健嗣・小菅丈治・鈴木孝男・逸見泰久・風呂田利夫・向井 宏. 2004. 日本における海産生物の人為的移入と分散: 日本ベントス学会自然環境保全委員会によるアンケート調査の結果から. 日本ベントス学会誌, 59 : 22 – 44.

荻部治紀. 2007. 神奈川県横浜市で発生したリュ

ウキュウベニイトトンボについて. 月刊むし, (434): 42 – 45.

川井浩史・上井進也・羽生田岳昭・寫田 智・J. Broom・W. Nelson・F. Viard. 2009. 遺伝子マーカーを用いた褐藻ワカメ, 緑藻アオサ類移入集団の起源と動態の解析. 日本生態学会誌, 59 : 145 – 152.

河村功一・片山雅人・三宅琢也・大前吉広・原田泰志・加納義彦・井口恵一朗. 2009. 近縁外来種との交雑による在来種絶滅のメカニズム. 日本生態学会誌, 59 : 131 – 143.

古丸 明. 2002. タイワンシジミ. 「外来種ハンドブック」(日本生態学会編), p. 174. 地人書館, 東京.

小西 繭・高田啓介. 2005. シナイモツゴからモツゴへ. 「希少淡水魚の現在と未来」(片野 修・森 誠一編), pp. 99 – 110. 信山社出版, 東京.

馬淵浩司・瀬能 宏・武島弘彦・中井克樹・西田睦. 2010. 琵琶湖におけるコイの日本在来 mtDNA ハプロタイプの分布. 魚類学雑誌, 57 : 1 – 12.

町田龍一郎監修・日本直翅類学会編. 2016. 日本産直翅類標準図鑑. 384pp. 学研, 東京.

Minohara, S., S. Morichi, N. Hirai & M. Ishii. 2007. Distribution and seasonal occurrence of the lycaenid, *Zizina emelina* (de l'Orza) (Lepidoptera, Lycaenidae), around the Osaka International Airport, central Japan. *Trans. Lepd. Soc. Japan*, 58 : 421–432.

森 誠一・小北智之・松田征也. 2016. 滋賀県ハリヨの危機. 魚類学雑誌, 63 : 148 – 152.

Morita, T., S. B. J. Menken & A. A. Sterk. 1990. Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section *Ruderalia* and section *Mongolica*) 1. Crossability and breakdown of self-incompatibility. *New Phytologist*, 114 : 519–529.

- 西川 潮・米倉竜次・岩崎敬二・西田 睦・河村 功一・川井浩史. 2009. 分子遺伝マーカーを用いて外来生物の侵入生態を探索：生態系管理への適用可能性. 日本生態学会誌, 59 : 161 – 166.
- 布谷知夫・木村 進. 2004. タンポポ調査の意味と雑種問題. 関西自然保護機構会誌, 26 : 41 – 42.
- Ozaki, E., K. Koda, & H. Nakamura. 2013. Oviposition preference of adult females of *Lycaeides argyrognomon* (Bergstrasser) (Lepidoptera: Lycaenidae) for three food plants: *Indigofera pseudotinctoria*, Chinese-grown *Indigofera* sp. and *Vicia cracca*. Lepidoptera Science, 64 : 103–107.
- 佐々木浩. 2011. シベリアイタチ. 「日本の外来哺乳類」(山田文雄・池田 透・小倉 剛編), pp. 259 – 284. 東京大学出版会, 東京.
- Shibaike, H., H. Akiyama, S. Uchiyama, K. Kasai & T. Morita. 2002. Hybridization between European and Asian dandelions (*Taraxacum* section *Ruderalia* and section *Mongolica*). 2. Natural hybrids in Japan detected by chloroplast DNA marker. Journal of Plant Research, 115 : 321–328.
- 白井 啓・川本 芳. 2011. タイワンザルとアカゲザル. 「日本の外来哺乳類」(山田文雄・池田 透・小倉 剛編), pp. 169 – 202. 東京大学出版会, 東京.
- 鈴木 武. 2010. 特定外来生物アメリカオオカウキクサを含む外来アゾラの現状. 「外来生物の生態学」(種生物学会編), pp. 181 – 194. 文一総合出版, 東京.
- 清水孝昭・高木基裕. 2010. 愛媛県に侵入したカラドジョウ集団内に見られた起源の異なる2つの遺伝子系統. 魚類学雑誌, 57 : 125 – 134.
- 高橋匡司. 2012. 名古屋におけるツマグロキチョウの増加. 昆虫と自然, 47 (10) : 27 – 29.
- Tanaka, T. 1995. *Veronica* × *myriantha*, a new hybrid from the Kansai District, Japan. Journal of Japanese Botany, 70 : 260–267.
- Watanabe, K., K. Iguchi, K. Hosoya & M. Nishida. 2000. Phylogenetic relationships of the Japanese minnows, *Pseudorasbora* (Cyprinidae), as inferred from mitochondrial 16S rRNA gene sequences. Ichthyological Research, 47 : 43–50.

特集1 シンポジウム「在来種を脅かす近縁外来種の侵入—水域の生物を中心に—」

見えてきた、全国の野生メダカにおける遺伝的攪乱の実態

近畿大学農学部 北 川 忠 生

Current status of genetic disturbances in wild medaka populations has become clear. Tadao Kitagawa (*Faculty of Agriculture, Kindai University*)

キーワード：ミトコンドリア DNA, マイトタイプ, ヒメダカ, *b* マーカー

はじめに

メダカの移植などによって天然集団に遺伝的攪乱が生じる問題は、有名な童謡「めだかの学校」にかけて、「メダカの転校」の問題ともよばれている。1990年代頃にはこの問題が認識され始め、生物の保護に少しでも関心をもつ方であれば誰もが知っている問題であろう。この誰もが知っているメダカの問題に対して、著者の研究室では今更ながらに調査に取り組んでいる。その理由は、これだけ生物多様性保全の意識が高まり、DNA分析が普及している現在においても、メダカにおける遺伝的攪乱の実態について、状況からの感覚的な推測だけで、具体的な情報がほとんどなかったからである。

私たちが本格的にこの問題に取り組み始めてから10年あまりが経過した。さいわいメダカは実験モデル動物であり、また系統地理分野における十分な知見が蓄積されていたことによって、特に進んだDNA解析技術をもたない私たちの研究室でも外来の遺伝子の検出を比較的容易に行うことができてきた。今更ながらの地道な解析を積み重ねてきた結果、感覚的なものでしかなかったこの問題の実態が見えはじめてきたのである。本稿では、これまでに報告された知見の概説をするとともに、本問題において残された課題について述べる。

ただし、本稿では概略の紹介のみにとどめ、詳しい内容については引用文献に示したそれぞれの原著論文をご参照いただきたい。

「メダカの転校」問題の本質は？

「メダカ」は、かつては日本中の小川やため池、水田でもみられた日本人にとって最も馴染みの深い淡水魚である。メダカは国内では北海道を除く国内全域に自然分布するが、近年の分類学的整理により、主に西日本全域と中部東日本の太平洋側に生息する「ミナミメダカ *Oryzias latipes*」と本州北部の日本海側に生息する「キタノメダカ *Oryzias sakaizumii*」の2種に分けられている(Asai et al., 2011)。これは過去のアロザイム分析により、それぞれ「南日本集団(グループ)」と「北日本集団(グループ)」とされていた遺伝的に大きく異なる2のグループに相応する(酒泉, 1990; Sakaizumi et al., 1983; 酒泉, 2000; Takehana et al., 2003; Setiamarga et al., 2009)。本稿でいう「メダカ」とは、日本産のこれら2種をまとめて示すものとする。

野生のメダカは、この30年あまりの間に農地改革や農薬の使用や外来種の分布拡大などによって両種ともに減少し、環境省版レッドリスト(RL)では、絶滅危惧種として掲載されていることはご

存知のとおりである。全国各地で野生メダカの保全活動が進められているが、これらの保全活動の中には身近な自然のシンボルとして復活させようとメダカを自然水域に放流する活動も行われている。「メダカの転校」の問題を引き起こす第1の根源はそれらに代表される放流活動である。また、メダカは小学校5年生の理科の教育教材として用いられ、それ自体が観賞魚として人気があったりするため、家庭や学校組織で気軽に飼育されている。このような飼育には、飼育放棄による野外への流出のリスクを伴う。特に学校教材としての利用は、飼育を維持することよりも繁殖させて観察することが目的であるため、教材目的使用後のその後の維持管理に注意が払われていない。場合によっては、命の大切さが説かれ、自然に帰すという意味での放流も行われている可能性がある。また、メダカの転校問題の第2の根源となるのは、飼育や餌魚としての利用を目的とした養殖業の現場である。一般にメダカの養殖はキンギョ養殖業者によって行われている。キンギョ養殖の施設は水田を作りかえたような簡単な構造が多く、増水による個体の漏出もおきやすい。また、養殖池管理における水抜き時にも養殖個体の流出が生じている。

「メダカの転校」において問題となるのは、放流や流出によって導入されるそれらのメダカの由来である。すなわち、他地域に由来するメダカや養殖されたメダカ、特に全国各地の鑑賞魚店やホームセンターのペットコーナーの店頭で売られているヒメダカなど、本来その場所に存在しなかった遺伝子が野生集団中に入りこむことによって、もともと集団がもっていた遺伝子構成を変化させることである。それならば、その場所にいたメダカを増やして放流すればいいと、自分たちで増やしたメダカをもともと生息した川に放流するケースも後をたたない。しかし、実はこれも問題

の多い行為であり、野生の集団の遺伝子型の構成割合を変えてしまう可能性のある行為である。生きものの保全のための放流が有効な手だてとなるケースはごくまれであり、本当に必要な場合にのみ限るとともに、その場合も保全生物学や集団遺伝学の専門家の指導なしには実施すべきではない。

従来、「メダカの転校」の問題については、一般的には遺伝子汚染 *genetic pollution* という言葉も用いられてきた。しかし、汚染とはそれ自体が有害なもの（物質）が本来存在しない場所にもたらされ、害をひきおこす現象をさす。しかしメダカの転校の問題の場合、導入される遺伝子の多くはそれ自体が有害なものではないため、汚染という言葉はなじまない。人為的な作用によって集団の本来の遺伝子の構成を変化させ、集団の特性に影響を及ぼすということで、「(人為的) 遺伝的攪乱 (*artificial genetic disturbance*)」という用語を使う方が妥当であろう。また、遺伝的攪乱のなかでも特に外来の遺伝子が侵入する現象自体をさす場合については「(人為的) 遺伝子移入 (*artificial genetic introgression*)」という用語で示すべきである。

人為的な遺伝的攪乱が問題となることの根底にあるのは、メダカのそれぞれの種内に地域固有の遺伝的に分化した集団が存在していることにある。例えば、ミナミメダカではアロザイム遺伝子座やmtDNAのチトクロム*b*遺伝子 (*cytb*) 領域の分析における地域固有の遺伝子型の分布から、「東日本型」、「東瀬戸内型」、「西瀬戸内型」、「山陰型」、「北部九州型」、「大隅型」、「有明型」、「薩摩型」および「琉球型」の9つの「地域型」に分けられている(酒泉, 1990; Sakaizumi et al., 1983; 酒泉, 2000; Takehana et al., 2003)。一方のキタノメダカも、日本海側の2種の境界付近である丹後地方に不連続的に分布する、かつて「ハイブリッ

ド集団（群）」と呼ばれていた集団（個体群）の一群である「境界集団（群）」が存在する (Takehana et al., 2016)。またここに挙げたこれらの地域分化は、ある程度の精度の DNA 分析で検出できるというだけにすぎない。実際には、淡水魚であるメダカは河川ごとに、ある程度大きな河川では支流ごとに分化していることが予想される。人為的な遺伝的攪乱は、進化的に種が生き残っていくうえで重要なそれぞれの種内の分化（遺伝的多様性）を失わせる現象なのである。

メダカの遺伝的攪乱の全国調査の結果

全国で行われているメダカ放流によって、野生のメダカ集団中に他地域由来の遺伝子がある程度入り込んでいることは 1990 年代にはすでにその可能性が示唆されていたが、それらがどの程度生じているのかその実態は不明であった。当時から問題視されていたのは、体色が黄色い「ヒメダカ」とよばれる飼育品種である。それ自体が人気の高い観賞魚であるとともに、安価で入手しやすいことから他の肉食性の観賞魚の餌としても利用され、わが国において飼育魚として最も身近でなじみの深い魚の 1 つとなっている。公園などの管理内の池では、ヒメダカが飼育されていることが多いが、野外の河川や水路においてもヒメダカが泳ぐ姿が確認されていた。ところが、私たちが調査を開始した 2000 年代当時、野生メダカにおける遺伝的攪乱の実態はまったくわかっていなかった。特に全国各地の自然環境下で目撃されているヒメダカについては、どの程度遺伝的攪乱を引き起こしているのかは不明で、すでに手遅れな状態にあるだろうという意見さえもあった。また、遺伝学的調査とは別に行った私たちの飼育実験により、野生型とヒメダカの体色の違いに全く関係なくメダカはお互いを同類と見なして群れを形成

し、交配相手の選択性にも全く影響しないことが確認できた (Nakao & Kitagawa, 2015)。野外環境に放たれたヒメダカは、野生メダカと交配していることは、状況証拠的に疑いようがなかった。

幸いにも私たちが調査を始めたときには、全国的な遺伝学的調査研究によってメダカのミトコンドリア DNA の遺伝子型の全国における分布様式がすでにある程度明らかにされていた。詳細は原著を参照いただきたいが、Takehana et al. (2003) による *cytb* 領域の塩基配列決定と同領域の PCR 増幅断片を対象とする制限酵素断片長多型を用いた簡易分析法 (PCR-RFLP) では、67 種類のマイトタイプとよばれる mtDNA の遺伝子型が存在し、それぞれの種や地域型を構成するマイトタイプが明確に示されていたのである。この情報を用いた DNA 分析調査により、基本的な DNA 解析の設備があれば各個体の mtDNA がどの地域に由来するかを知ることが出来るようになっていた。これにより、ある地域で採集した個体からその地域には本来存在しないはずのマイトタイプが検出されれば、人為的な移殖の結果として解釈される。したがって、特別な新しい分析法など何も必要とすることなく、地道に各地の野生メダカのサンプルを集めて解析すれば、遺伝的攪乱の状況を知ることが出来たのである。その一方で、大量に流通し野外への大量の流出が懸念されているヒメダカ遺伝的特徴に関する情報は意外にも断片的なものに限られていた。そこで筆者らは、ヒメダカの養魚場や全国の観賞魚店からヒメダカを購入し、種苗の由来や流通経路についての聞き取り調査とともに、それらの遺伝的特徴（マイトタイプの構成）を調査した。また、著者らは、ヒメダカの体色変異にかかわる遺伝子（通称 *B* 遺伝子）自体の変異を直接的に検出する DNA マーカー (*b* マーカー) を作製した (中井ほか, 2011)。この *b* マーカーは、ヒメダカの原因となっている DNA 上の特徴的な

欠失をもつ変異型の対立遺伝子 (*b* 対立遺伝子) を検出するものである。ヒメダカの体色は *b* 対立遺伝子がホモ接合になったときに発現するが、このマーカーを使えば、ヒメダカの体色表現系を発現しないヘテロ接合体の検出も可能である。全国の養魚場および、全国の観賞魚店から購入したヒメダカの分析の結果、ミナミメダカの東日本型に由来する遺伝子型 (マイトタイプ B27) と、ミナミメダカの東瀬戸内型に属する遺伝子型 (マイトタイプ B1a) の 2 つの遺伝子型のみが検出された (小山ほか, 2011 ; 北川ほか, 2017)。つまり、野生下で野生型の個体からヒメダカの特徴を持つ *b* 対立遺伝子やそれぞれの本来の分布域以外から mtDNA のマイトタイプ B27 または B1a が検出されれば、過去にヒメダカと野生個体の交雑による遺伝的な攪乱が生じている確かな証拠として検出出来るのである。

全国の野生メダカにおける遺伝的攪乱の実態を明らかにするため、筆者らはこれらの方法を用いて 2006 年から 2015 年にかけて北海道から沖縄までの全国で採集された野生メダカ 2 種 105 地点 974 個体 (キタノメダカ *Oryzias sakaizumii* 7 地点 49 個体, ミナミメダカ *Oryzias latipes* 97 地点 916 個体, 北海道移入集団 1 地点 9 個体) について遺伝解析を行った (Nakao et al., 2017a)。この調査のために採集されたメダカのなかには、ヒメダカの体色表現型をもつ 20 個体が含まれていた。そもそもメダカの本来の分布域外の北海道の集団も含まれており、DNA の分析をするまでもなく、この問題の深刻さを物語っていた。

2 つの DNA マーカーを使った解析の結果、本来その地域に分布しない外来遺伝子型は 50 地点で 288 個体からみつき、この調査でサンプリングを行った地点のうち、約半数で外来の遺伝子の移入が生じていると判断された。50 地点のうち、ヒメダカ由来と思われる遺伝子は 48 地点 260 個

体 (90.2%) でみられ、これ以外の他地域の集団からの移入と考えられる遺伝子型のほとんどは、ヒメダカ由来の遺伝子の検出と重複する 10 地点の 28 個体から検出された。このように全国レベルの調査は、約半数の地点で人為的な攪乱が生じており、それらは主にヒメダカによって引き起こされていることが明らかとなった。また、もともとミナミメダカに由来するヒメダカの遺伝子は、キタノメダカ両種から検出されており、遺伝的攪乱が種をまたがった現象・問題であるといえる。この他、各地域レベルでの調査結果が報告されている。現時点で筆者が把握している対象となった場所は次のとおりである。奈良県下大和川水系 (小山・北川, 2009 ; 中井ほか, 2011), 兵庫県武庫川水系 (横田ほか, 2014), 琉球列島 (今井ほか, 2017), 九州・琉球列島 (Nakao et al., 2017b)。

最近、特に関東地方において外来マイトタイプを判別するには従来の *cytb* 領域を用いた方法だけでなく慎重な精査が必要であることを示した。マイトタイプ B1a をもつ個体について、*cytb* 領域よりも進化速度が速いとされる mtDNA の NADH 脱水素酵素サブユニット 2 (ND2) 遺伝子領域の塩基配列を比較したところ、従来の方法では見落とされていた関東地方在来である可能性の高い集団を見つけ出すことができたのである (入口ほか, 2017)。今後、関東地方において、DNA 分析を実施される場合はそちらも参照されたい。

野生メダカの遺伝的多様性保全にむけた課題

今回紹介したメダカにおける遺伝的攪乱の実態は、放置しておけばさらに進行していくことは想像に難くない。今後、野生メダカのもつ遺伝的多様性を保全していくために求められる最大の課題は、遺伝的攪乱をこれ以上進行させないこと、そして現時点で残されている遺伝的多様性

を喪失しないことである。筆者らの研究から、野外へ流出したヒメダカは野生メダカの群れに参加し、容易に交配することがわかっている (Nakao & Kitagawa, 2015)。流出したヒメダカと野生メダカが接触してしまった場合、遺伝的攪乱が発生することは必然である。また、一度侵入した外来の遺伝子は、支流レベルでは急速に広がっていく危険性も示されている (中尾ほか, 2017)。

先に紹介した Nakao et al. (2017a) では、広い範囲で大規模な遺伝的攪乱が認められた一方で、約半数にわたる残りの 54 地点は在来型の遺伝子のみで構成される純粋な在来集団がみとめられた。その後追加で行った九州や琉球諸島に調査においては、これらの地域にはかなり高い割合で在来集団が残存していることも分かってきた (Nakao et al., 2017b)。これらの結果は野生メダカを保全するうえで重要な各地域の遺伝的多様性がまだある程度残されていることを示している。

遺伝的攪乱の主要因がヒメダカであることが明らかとなっている以上、ヒメダカの流出を防止できれば遺伝的攪乱の進行を効果的に抑制することができるはずである。そのためには、まずヒメダカによる遺伝的攪乱のリスクについて啓発し、移入や流出の防止に努めていかなければならない。また、すでに遺伝的攪乱が生じていると判断されてしまった野生集団の取り扱いについて、保全するのか駆除するのか、外部への流出および持ち出しへはどのように対策するのか、などをしっかりと取り決めていくことが重要である。これらの取り決めが十分に行われることで、現在残されているメダカ種群の遺伝的多様性の保全にむけた提案や活動はより明確なものになるだろう。

何故、遺伝的攪乱が良くないのかということについては竹花・北川 (2010)、北川 (2013)、北川ほか (2017) にて述べているが、簡単にまとめると適応度の低下 (環境への不適応)、遺伝的多様

性の低下 (環境変化への不適応)、進化可能性の低下という理由が挙げられる。ただし、どれほど適切な言葉を用いてこれらのことを説明できたとしても、全ての人に理解していただけるわけではない。遺伝的攪乱は、遺伝子レベルという一般の人たちに認識することや理解することが難しいことにより引き起こされている問題である。したがって、ある程度専門的な知識を持つ者が社会啓発を行うとともに積極的に保全事業に関わっていくことが重要である。また、野生メダカや飼育品種メダカに関する知識がなくても一般の方々が当たり前のように異なるものとして取り扱うルールや、その違いを認識できる仕組みが必要であると考えている。その一環として、われわれは飼育品種や実験品種を「イエメダカ」という名称でよび、野生のメダカとは異なるものであるとの認識を持ってもらうことを提案している (細谷ほか, 2017)。さらに現在、メダカの生産者やそれを管轄する行政に対して、対策の働きかけを行っているところでもある。

引用文献

- Asai, T., H. Senou & K. Hosoya. 2011. *Oryzias sakaizumii*, a new ricefish from northern Japan (Teleostei: Adrianichthyidae). *Ichthyological Exploration of Freshwaters*, 22 : 289-299.
- 細谷和海・小林牧人・北川忠生. 2017. 野生メダカ保護への提言. *海洋と生物*, 229 : 138 - 142.
- 入口友香・中尾遼平・高田啓介・北川忠生. 2017. 関東地方におけるミナミメダカ集団の在来マイトタイプの再検討. *魚類学雑誌*, 64 : 11 - 18.
- 今井秀行・米沢俊彦・立原一憲. 2017. ミナミメダカ琉球個体群における他個体群の放流による

- 遺伝的攪乱の初事例. 生物地理学会会報, 71 : 121 – 129.
- 北川忠生. 2013. 大和川水系で認められたヒメダカによる遺伝的攪乱. 「見えない脅威, 国内外来種—どう守る」(日本魚類学会自然保護委員会編), pp. 101 – 107. 東海大学出版会, 泰野.
- ・中尾遼平・中井宏施・入口友香. 2017. 野生メダカの遺伝的多様性と飼育品種メダカの遺伝的特徴. 海洋と生物, 229 : 120 – 125.
- 小山直人・北川忠生. 2009. 奈良県大和川水系のメダカ集団から確認されたヒメダカ由来のミトコンドリア DNA. 魚類学雑誌, 56 : 153 – 157.
- ・森 幹大・中井宏施・北川忠生. 2011. 市販されているメダカのミトコンドリア DNA 遺伝子構成. 魚類学雑誌, 58 : 81 – 86.
- 中井宏施・中尾遼平・深町昌司・小山直人・北川忠生. 2011. ヒメダカ体色原因遺伝子マーカーによる奈良県大和川水系のメダカ集団の解析. 魚類学雑誌, 58 : 189 – 193.
- Nakao, R. & T. Kitagawa. 2015. Differences in the behavior and ecology of wild medaka (*Oryzias latipes* complex) and an orange commercial variety (himedaka). Journal of Experimental Zoology Part A, 323A : 349–358.
- , Y. Iguchi, N. Koyama, K. Nakai & T. Kitagawa. 2017a. Current status of genetic disturbances in wild medaka populations (*Oryzias latipes* species complex) in Japan. Ichthyological Research, 64 : 116–119.
- 中尾遼平・入口友香・周 翔瀛・上出櫻子・北川忠生・小林牧人. 2017. 東京都野川のミナミメダカにおける外来遺伝子の河川内分布現況. 魚類学雑誌, 64. (印刷中)
- Nakao, R., Y. Kano, Y. Iguchi & T. Kitagawa. 2017b. Genetic disturbance in wild Minami-medaka populations in the Kyushu region, Japan. International Journal of Biology, 9 : 71–77.
- Sakaizumi, M., K. Moriwaki & N. Egami. 1983. Allozymic variation and regional differentiation in wild population of the fish *Oryzias latipes*. Copeia, 1983 : 311–318.
- 酒泉 満. 1990. 遺伝学的にみたメダカの種と種内変異. 「メダカの生物学」(江上信雄・山上健次郎・嶋 昭紘編), pp. 143 – 161. 東京大学出版会, 東京.
- . 2000. メダカの系統と種内構造. 蛋白質核酸酵素, 45 : 2909 – 2917.
- Setiamarga, D. H. E., M. Miya, Y. Yamanoue, Y. Azuma, J. G. Inoue, N. B. Ishiguro, K. Mabuchi & M. Nishida. 2009. Divergence time of the two regional medaka populations in Japan as a new time scale for comparative genomics of vertebrates. Biology Letters, 5 : 812–816.
- Takehana, Y., N. Nagai, M. Matsuda, K. Tsuchiya & M. Sakaizumi. 2003. Geographic variation and diversity of the cytochrome *b* gene in Japanese wild populations of medaka, *Oryzias latipes*. Zoological Science, 20 : 1279–1291.
- 竹花祐介・北川忠生. 2010. メダカ：人為的な放流による遺伝的攪乱. 魚類学雑誌, 57 : 76 – 79.
- Takehana, Y., M. Sasaki, T. Narita, T. Sato, K. Naruse & M. Sakaizumi. 2016. Origin of boundary populations in medaka (*Oryzias latipes* species complex). Zoological Science, 33 : 125–131.
- 横田弘文・桑原なつき・中野瑛子・江口さやか. 2014. 武庫川水系に生息する野生メダカ遺伝子の移入実態. 地域自然史と保全, 36 : 53 – 58.

特集1 シンポジウム「在来種を脅かす近縁外来種の侵入ー水域の生物を中心にー」

チュウゴクオオサンショウウオが 在来のおオサンショウウオに与える影響

京都大学名誉教授 松 井 正 文

Effects of introduced Chinese giant salamander on native Japanese congener. Masafumi Matsui (*Professor Emeritus, Kyoto University*)

Japanese giant salamander, endemic to Japan and protected as a natural monument by Japanese Government, has been quickly driven away by the introduced Chinese congener through genetic pollution and niche segregation in the Kamo River, Kyoto City of western Japan. Presence in the river of the Chinese haplotype was confirmed through mitochondrial DNA analyses. Some individuals with the Japanese haplotype showed morphology not typical of Japanese one, but the occurrence of hybridization was not confirmed through mitochondrial analyses. Subsequent isozyme analyses confirmed presence of hybrids of the two species, and further genetic analyses using 15 microsatellite markers proved critical situation of Japanese species in the river. In the case of 2015, no Japanese haplotypes were detected but some Chinese ones were found widely in the river and seemed to continue breeding. As many as 84% of individuals examined proved to be hybrids or back-crossed ones. This case clearly indicates that pure Japanese species is completely inferior to pure Chinese ones or hybrids of the two species. Similar cases have been detected in other rivers of western Japan and urgent conservation measures for Japanese species are strongly required. However, many problems, such as selectively removing invaders and hybrids from the river, and management of removed individuals, are left unresolved.

Keywords : extinction, genetic pollution, giant salamander, hybridization, microsatellite analysis

要旨 : 日本固有種で国の特別天然記念物であるオオサンショウウオが、人為的に導入されたと考えられる中国産チュウゴクオオサンショウウオの遺伝子汚染を受け、生態的競争にも破れている実態を京都市賀茂川の例で紹介した。この河川に中国産に似た形態をもつ個体が生息することが30年ほど前から知られていたが、ミトコンドリアDNAの数遺伝子を調査したところ、中国産の遺伝子型をもつ個体が確認された。その一部は中国産の外部形態を示したが、多くは日本産と区別が付きにくかった。また日本産と判定された個体の多くも形態的に異様であった。細胞質由来のミトコンドリアDNAでは、雌親の判定しか出来ないため、個体間の交雑の有無は不明であった。そこで核DNAの代替としてアイソザイム（酵素蛋白）を調査したところ、ミトコンドリアDNAでは日本産と判定された個体の多くが雑種であることが確認された。その後、核DNAそのものの特定塩基の反復配列に注目するマイクロサテライト解析が可能になったので、特定15遺伝子の組成から両親の遺伝子型を推定した。その結果、京都市賀茂川では特別天然記念物が危機的状況にあることが分かってきた。2015年度の場合、日本産と判定された個体は皆無であり、分析された個体の84%が雑種であり、中国産も少数ながら広域に見られ、繁殖もしていると推定されたのである。賀茂川の例は日本産が中国産および、それとの雑種に比べ、完全に劣勢で一方的に生態的地位を奪われ、遺伝子汚染を受けていることを顕著に示している。同様の交雑例が賀茂川以外でも見つかりつつあり、早急な日本産の保護対策が必要となっているが、純粋日本産以外の河川からの除去は困難で、除去後の処分も多くの課題を残している。

キーワード : 絶滅、遺伝子汚染、オオサンショウウオ、交雑、マイクロサテライト解析

はじめに

岐阜県と愛知県以西の本州と、九州・四国の一部に分布するオオサンショウウオ *Andrias japonicus* は、現生両生類の中では中国産のチュウゴクオオサンショウウオ *A. davidianus* とならび世界最大で全長 1.6 m ほどになる。オオサンショウウオ科の現生種の分布域は非常に狭く、オオサンショウウオ属は日本と中国大陸中南部、近縁のアメ리카オオサンショウウオ(ヘルペンダー)属はアメリカ東部に限られている。オオサンショウウオ属の現生種は、骨格形態がヨーロッパで見つかっている 3 千万年の化石種とよく似ていることもあって、生きた化石と言われている。

このように大きさ、分布、骨格形態が特異な日本固有種オオサンショウウオは、昭和 27 年(1952 年)に特別天然記念物に指定された。しかし、個体の保護は周知されてもその生息環境に関しては長い間ほとんど配慮されてこなかった。本種は河川の上・中流に生息し、主にサワガニや小魚を捕食する。8 月下旬～9 月中旬に岸边にある深い横穴で繁殖し、卵は雄に守られて 2 カ月ほどで孵化する。幼生は冬季に巣穴から河川に流出して約 3 年で変態した後も水中に留まる。このような生態を示すので、河川改修工事、圃場整備事業、道路拡幅工事、護岸工事等は本種の生息地の破壊、産卵場の消失を引き起こす。また堰堤やダム建設は、繁殖移動を阻害し、上中流の個体群の分断と交流に脅威となる。こうした問題が注目され出し、本種の生息環境の保全の研究・活動が進むようになったのはようやく 1980 年代の終になってからだが、今では各地で積極的に行われている。

一方、ここ 10 年ほどの間に新たに浮上してきたのが、外来種チュウゴクオオサンショウウオによる遺伝子汚染、生態的競合の問題である。本小文では特別天然記念物が危機的状況にある現状

を、その端緒となった京都市鴨川での 2015 年 4 月から 2016 年 3 月までの調査結果をもとに紹介したい。

なお、以下に紹介する研究の一部は文部科学省科学研究費、河川環境管理財団、文化庁、京都市の補助を受けて行われたものである。野外調査、室内実験に協力して下さった京都大学大学院人間・環境学研究科旧松井研究室の方々に深謝の意を表する。

賀茂川のオオサンショウウオ

京都北山の東に端を発する高野川と、西からの賀茂川が合流して京都市の中央を流れる鴨川にはオオサンショウウオがたくさんおり、大雨が降ったりすると街中にまで出てきてよく新聞に載る。発見の通報があると警官や動物園関係者などが緊急避難のために上流に持って行って放すといったことが、延々と続けられてきた。この鴨川の上流、とくに賀茂川に変な色模様のオオサンショウウオがいるという情報が 1980 年代からあり、確認のために遺伝的調査をしたいと考えていた。

一方、オオサンショウウオの調査研究を阻んできたのは、本種が特別天然記念物であるという事実である。調査の際には文化庁から現状変更の許可をもらわなければ何もできない。法律では個体を損傷するとか殺生するといったようなことは認められていないので、許可はなかなか得にくかったが、調査研究が進むにつれ、文化庁も個体に識別のためのチップを入れることなどに次第に理解を示された。しかし、最大の問題は、遺伝的な研究をする場合で、個体から組織をとり、場合によっては個体の殺生を伴うからである。1980 年代当時は遺伝的特性を調べようにも DNA 分析はまだ容易にはできず、許可がおりそうにもない酵素蛋白によって遺伝調査を行うしかなかったのでは

る。幸いにもその後、遺伝解析の技術が飛躍的に進展し、遺伝子の本体である DNA が比較的容易に調べられるようになり、以下に紹介するような調査結果を得ることができた。

オオサンショウウオ野外調査

オオサンショウウオは主に夜行性なので、生息確認調査は夜間に下流から上流に向けて踏査しながらの視認、棒による触認と、水深の深い場所では潜水ないし、蟹簗トラップを仕掛けることで行う。こうした調査には、事前に関係漁業共同組合の許可を得る必要もある。オオサンショウウオが発見された場合には、タモ網により捕獲し、個体ごとに、すでに半導体チップ（ドイツ、トロバン社製）が埋め込まれているかどうかを調べる。

また、冬期には、産卵巣穴から分散した幼生の確認を目的に、主に昼間に調査を行う。河川内を下流から上流に向けて踏査し、幼生の潜んでいそうな浅瀬の落ち葉溜まり、河畔の樹木の根際、岩石の隙間などを中心に、箱メガネを用いて視認し、発見された幼生は目の細かい網で捕獲する。

いずれの場合も個体の、体全長、尾長、尾高、両眼間距離、体重などを計測・記録し、同時に発見地点の水温、気温、川幅、岸からの距離、水深、隠れ家となる岩石の有無と大きさも記録する。オオサンショウウオの個体の識別のために、尾部左側面や頭部を中心に写真を撮影した後に半導体チップを埋め込む。

京都賀市茂川の調査では、明らかに日本産と思われた個体についてはただちに発見地点に放逐し、外見から明らかに中国産ないし雑種と判定された個体はすべて衣裳ケースに収容して持ち帰り、遺伝的調査を行い、その後、これらの個体は飼育施設で保管した。孵化幼生は半導体チップを埋め込むには小さすぎるため、遺伝子型の判定後、容器に分別して飼育保管した。

オオサンショウウオ遺伝調査

鴨川産について詳しい遺伝的調査を行うに先立って、日本産オオサンショウウオの変異と、チュウゴクオオサンショウウオとの関係を調べることにした。日本国内の分布域をほぼカバーするように組織資料を集め、チュウゴクオオサンショウウオは各地水族館などで飼育されていた個体を用いた。こうしてミトコンドリア DNA の合計 3753 塩基対の変異を調べた。その内容は、シトクロム *b* 遺伝子は 1141 塩基対全て、コントロールリジョンも 816 塩基対全て、ND1、ND3 についても 975、369 の塩基対全部、その他にその間を結ぶトランスファー RNA である。

その結果、日本産と中国産は遺伝的にかなり違い、3753 塩基対のうち、5.4% に違いがあった。しかし、日本国内ではあまり遺伝的違いが見られず、岐阜県とその他に約 1% の違いが見られたが、近畿以西ではわずか 0.1% しか違わなかった (Matsui et al., 2008)。

京都鴨川産オオサンショウウオ遺伝調査

ミトコンドリア DNA

日本産と中国産がミトコンドリア DNA によって明瞭に区別されることが分かったので、同様の手法を用いて京都鴨川産オオサンショウウオの遺伝調査を行うことにした。その結果、驚くべきことに、調査された京都市鴨川産全 18 個体中の 2 個体が他の日本産とは異なり、チュウゴクオオサンショウウオと同一の遺伝子型を示したのである。すなわち、外部形態からの懸念を裏付けるように、遺伝子の面から見てもチュウゴクオオサンショウウオと同定される個体が確実に鴨川に生息することが明らかになったのである。

これらの個体には、形態的に中国産と非常に良く似たものもいたが、日本産との中間型、日本産と良く似たものが含まれており、外見では簡単に

同定ができなかった。なお、中国産の由来については推定が難しいが、1973年に食用のため多量に輸入された個体の一部が絡んでいると思われる(図1)。

一方、ミトコンドリア DNA を用いたこの遺伝

調査の難点は、ミトコンドリアが細胞内で核の中ではなくて細胞質にあることであった。細胞質は雌由来で、雌の卵の中で雄の精子と融合してできる核 DNA と違って雌の性質しか受け継がない。従って、ここから得られるのは雌親由来のミトコンドリアだけであり、父親の判定はできないのだ。



図1. オオサンショウウオ(上), 日本産と中国産の雑種(中), チュウゴクオオサンショウウオ(下)。

京都鴨川産オオサンショウウオ遺伝調査

アイソザイムによる核 DNA の分析

核 DNA はミトコンドリア DNA にくらべ、はるかに解析が難しい。そこで昔から用いられてきた手法である酵素蛋白の解析を行った。核 DNA の指令によって生産されるアミノ酸の集まりであるアイソザイム(酵素蛋白)を電気泳動することによって、間接的に核 DNA の変異を調べようとしたのである。この手法では DNA 解析にくらべ大量の生組織を要するため、文化庁の許可を得て、自然損傷することのある尾鰭などのごく一部を集めた。これらの組織は肝臓や筋肉組織にくらべると、必ずしも明瞭な泳動像を示さなかったが、それまでミトコンドリア DNA 調査では、外見から日本産と判定されたものの大多数が雑種と思われるという結果をもたらした。京都鴨川では予想以上に大規模な交雑の生じていることが判明したのだ。

京都鴨川産オオサンショウウオ遺伝調査 核 DNA

アイソザイムを用いた調査は DNA にくらべ、はるかに困難で結果も明確でないことがあり、より容易に核 DNA を解析することが切望されていた。そして、日々進む技術の御陰で、この問題もその後数年の間に解決できることになった。両親由来の遺伝型の判定を可能にする核 DNA が扱えるようになったのだ。次世代シーケンサーという機械が開発され、それを使うことによって核 DNA 中の特定塩基の反復配列を拾うための道具

表 1. 2014, 2015 年度確認個体の内訳（幼生 *21 個体, ** 1 個体を含む）.

地域	2014 年度				2015 年度			
	捕獲数	日本	交雑	中国	捕獲数	日本	交雑	中国
賀茂川源流部	2	0	2	0	2	0	1	1
賀茂川上流部	7	0	7	0	40	0	32*	8
賀茂川中・下流部	11	0	8	3	10	0	10	0
鴨川	4	0	4	0	9	0	8**	1
高野川	1	0	1	0	11	0	10	1
	25	0	22	3	72	0	61	11

（プライマー）が設計可能になった。これにより特定の遺伝子 20 個以上を用いて、高い精度で両親の遺伝子型が分かるようになった。

核遺伝子由来のマイクロサテライト領域（単純反復配列：SSR）の解析は、過去に開発していた計 21 遺伝子座（Yoshikawa et al., 2011, 2012）のうち、特に判定に有効と思われる 15 遺伝子座を用いて行った。マイクロサテライトの解析に際しては、各個体から抽出した DNA を鋳型として PCR 反応で増幅し、PCR 産物のサイズを ABI3130 オートシーケンサーと GENEMAPPER ソフトウェアを用いて決定した。

京都鴨川産オオサンショウウオのマイクロサテライト解析

2015 年度のマイクロサテライト解析では、比較のために純粋なチュウゴクオオサンショウウオとして、各地の水族館等で飼育されていたチュウゴクオオサンショウウオ、純粋なオオサンショウウオとしては三重県伊賀市産と京都市右京区清滝川産の個体を用いた。

遺伝解析による個体の判定は、指定された 2 種の親種（純粋な日本産と純粋な中国産）の遺伝子型データを元に、対象とするサンプルが 2 つの親種のいずれか（日本産もしくは中国産）、雑種第 1 代（日本産と中国産との間の子）、雑種第 2

代（雑種第 1 代同士の子）、日本産との戻し交雑（日本産と雑種第 1 代の間の子）、中国産との戻し交雑（中国産と雑種第 1 代の間の子）の 6 つのカテゴリのどれに含まれるかをベイズ法に基づいて統計的に推定するソフトウェア NewHybrids を用いて行った。

マイクロサテライト 15 遺伝子座を使用した遺伝子鑑定の結果、日本産、雑種、中国産の 3 者は高い精度で判定された。ただし、中国産か交雑種か、または交雑種については何世代目かが明確でない個体、戻し交雑かどうかに関して判定精度の低い個体も一部見られ今後の課題として残された。

ともかく、遺伝子鑑定の結果、2015 年度には鴨川産のオオサンショウウオに、純粋な日本産と判定される個体を認めることができなかった（表 1）。これは 2013, 2014 年度と同様の恐るべき結果であった。その一方で、やはり前 2 年度と同様に、中国産と判定される個体が未だ存在することが分かった。そして賀茂川産のオオサンショウウオの多く（83.9%）は日本産と中国産の雑種であるという、前 2 年の結果が再確認されたのである。中国産と判定される個体は 2014 年度には賀茂川最下流部の市街地のみで見つかったが、2015 年度には流域全体から広く確認された。このことは、数 10 年前に移入されたと思われる中国産が

死に絶えることなく、未だに数多く生存している可能性を示唆する。また、上流で捕獲された小形個体は高い信頼度で中国産と判定され、賀茂川産まれの可能性が高いと推定された。

オオサンショウウオ問題の今後

以上に紹介したように、これまでの調査から京都賀茂川では特別天然記念物のオオサンショウウオは絶滅寸前ないし、すでに絶滅してしまった恐れがある。現在見られるオオサンショウウオはほとんどが雑種であり、雑種同士の繁殖によって個体群が維持されている可能性が高い。また、日本産が激減するまでの間に戻し交雑が頻繁に行われ、そのために交雑種は遺伝的に複雑な要素をもち、交雑の内容についての判定が技術的にも難しい現状をもたらしていると考えられる。他方、移入されたチュウゴクオオサンショウウオは完全に絶滅することなく残っており、今も繁殖している可能性がある。日本固有の特別天然記念物が、人為的に導入された近縁の別種によって駆逐され、遺伝的純粋性を失っているという事実は、極めて重大な問題と受け止められねばならない。こうした事態を今後どう考え、純粋日本産のみを保護していけば良いのだろうか。

理想的には賀茂川に生息するすべてのオオサンショウウオを捕獲して遺伝子判定を行い、純粋種以外を河川に戻さないことである。しかし、これは現実的ではない。ある地域に生息する個体のすべてを除去するようなことはほとんどの動物で極めて困難だが、ことにオオサンショウウオのように隠遁性が強く、必ずしも毎日活動せず、しかも寿命が極めて長い動物ではほぼ不可能に近いと言えよう。

当面の問題は外来種チュウゴクオオサンショウウオと、中国産遺伝子をもつと判定された個体の

処置である。かつては街中で発見されたオオサンショウウオは、動物園などに引き取られたり、発見地点周辺の河川源流域に放逐されたりしてきた。しかし、それらのほとんどは純粋日本産でないことが明らかになった現在、安易にそうした処置をとる事はもはやできない。

少なくとも、諸悪の根源であり、外来種であることがはっきりしているチュウゴクオオサンショウウオを駆除すべきであるが、これはそれほど単純にはできない。それは日本産だけでなく、チュウゴクオオサンショウウオも特別な保護動物だからである。この種は1988年に中華人民共和国野生動物保護法で、1993年には中華人民共和国野生水生動物保護規制によって保護されている。さらに、チュウゴクオオサンショウウオは日本産のオオサンショウウオとともに、国際自然保護連合(IUCN)のレッドリスト2003年版で危急種とされ、サイテスの附属書Iに掲載されて商取引は禁止されている。こうした国際的な保護動物を撲滅させることには批判があるだろう。

それでは日本産と中国産の雑種および、その子孫はどうかと言うと、これまた厄介である。それはサイテスの附属書Iには、オオサンショウウオ類として日本と中国の2種ではなく、*Andrias* 属全体が掲載されているからである。すなわち、雑種および、その子孫も親種同様に国際保護動物の扱いを受けているのであり、単純に駆除し、撲滅させることには問題がある。少なくとも一時的には、逃走しないような施設で保護飼育しておく必要があり、そのための施設と人員が必要となっている。

こうした現実の問題を解決するためには、法的な問題を中心に関係諸機関で協議する必要があるが、チュウゴクオオサンショウウオ及び、日本産との雑種を特定外来種ないし、少なくとも生態系被害防止外来種に指定し、駆除を可能にすべきだ

と考える。すでに京都市は文化庁と共同して日本産オオサンショウウオ保全のための対策委員会を立ち上げ、調査を行ってきたが、外来種問題を管轄する環境省にも同様の活動を早急に始められるよう希望する。

なお、京都市内では、水系の異なる上桂川でも賀茂川ほどではないが、雑種化が進んでいることが分かっている。さらにここ数年の間に隣接する三重県の一部でも同様の事態が確認されており、今後雑種問題は西日本の各地で増加することは間違いない。そして分布域全体で遺伝的点検が必要となり、外来種や雑種の存在が判明した場合にはそれらの処分が必要となるのである。しかもオオサンショウウオは、しばしば本来の分布域以外の地点でも発見され、多くの場合、外見から日本産と見られてきたことが多い。しかし、今後はこれらについても遺伝的点検が必要となるであろう。こうした事態に備え、少なくとも日本産かそれ以外かの遺伝子判定が現場で簡易的にできるような装置の開発が望まれる。

引用文献

- Matsui, M., A. Tominaga, W.-Z. Liu & T. Tanaka-Ueno. 2008. Reduced genetic variation in the Japanese giant salamander, *Andrias japonicus* (Amphibia: Caudata). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 49 : 318-326.
- Yoshikawa, N., S. Kaneko, K. Kuwabara, N. Okumura, M. Matsui & Y. Isagi. 2011. Development of microsatellite markers for the two giant salamander species (*Andrias japonicus* and *A. davidianus*) . *Current Herpetology*, 30 : 177-180.
- , M. Matsui, A. Hayano & M. Inoue-Murayama. 2012. Development of microsatellite markers for the Japanese giant salamander (*Andrias japonicus*) through next-generation sequencing, and cross-amplification in its congener. *Conservation Genetics Resources*, 4 : 971-974.

特集1 シンポジウム「在来種を脅かす近縁外来種の侵入ー水域の生物を中心にー」

日本への外来カワリヌマエビ属 (*Neocaridina* spp.) の 侵入とその分類学的課題

びわこ成蹊スポーツ大学 西 野 麻知子

Invasion of alien freshwater shrimps, *Neocaridina* spp., into Japan and taxonomic problem of the genus. Machiko Nishino (*Biwako Seikei Sport College*)

It is obvious that alien freshwater shrimps *Neocaridina* spp. have invaded and settled into Japan. However, as taxonomic studies on the genus *Neocaridina* have been confused, it is hard to identify the species or population that have invaded into Japan. The morphology of male third pereopod may be useful for discriminating between the indigenous *Neocaridina denticulata denticulata* and the alien species.

Keywords : freshwater shrimps, *Neocaridina*, alien species, taxonomy, morphology

要旨 : 日本全国の淡水域に外来カワリヌマエビ属の種 *Neocaridina* spp. が侵入, 定着していることはほぼ間違いない。しかしカワリヌマエビ属の分類は混乱しており, 種の同定は難しい。日本在来のミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata denticulata* と外来カワリヌマエビ属の区別点として, 第3胸脚が雌雄異形で, 雄では前節が強く湾曲し, 指節が幅広く, 末端の2–3棘が太く湾曲することが挙げられるが, 詳細な比較が必要である。

キーワード : 淡水エビ, カワリヌマエビ属, 外来種, 分類, 形態

はじめに

エビやカニ類には, 扁形動物, 環形動物, 甲殻類をはじめ複数の分類群が寄生・共生することが知られている。日本を含む東アジアでは, 淡水エビ類のヌマエビ科にはふつう扁形動物(切頭類)が, ザリガニ類には環形動物(ヒルミミズ類)がそれぞれ外部共生する(大高, 2004)。日本では, 淡水エビ類のヌマエビ *Paratya compressa* とミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata denticulata* に扁形動物のエビヤドリツノムシ *Scutariella japonica* が, 中国ではヌマエビ科の *Caridina* sp. に *Scutariella*

sinensis が共生する(上田, 1970; Matjašič, 1990; Kawakatsu, 1998)。しかし, 中国の広東省・河南省では, 例外的にミナミヌマエビの亜種シナヌマエビ *Neocaridina denticulata sinensis* にヒルミミズ類が共生することが知られていた(表1; Gelder, 1999)。

2003年, 兵庫県夢前川水系の菅生川で, 中国にだけ生息するはずのヒルミミズ類の一種であるエビヤドリミミズ *Holtodrilus truncatus* が「ミナミヌマエビ」の体表に多数付着していることが分かった(Niwa et al., 2005)。また, 2000年頃から, 琵琶湖周辺や深泥池など西日本各地で「ミナミヌ

表 1：日本および中国におけるヌマエビ科，ザリガニ類と共生動物との関係。

ホスト種（宿主）	共生種
日本・中国	
ヌマエビ科	
<i>Paratya compressa</i> スマエビ	扁形動物（切頭類 Temnocephallida） <i>Scutariella japonica</i> エビヤドリツノムシ
<i>N. denticulata denticulata</i> ミナミヌマエビ	
ザリガニ類	環形動物 ヒルミズ類（Branchiobdellida）
例外（中国だけ）	
<i>N. denticulata sinensis</i> シナヌマエビ（広東省，河南省）	<i>Holtodrilus truncatus</i> （エビヤドリミズ）
<i>Caridina yunnannensis</i> （雲南省）	<i>Caridiniphola unidens</i> （ヒルミズ類の 1 種）

マエビ」が突然大量に採集されるようになった。しかし琵琶湖では Annandale（1922）の報告以来、深泥池でも 1970 年代にはミナミヌマエビの分布記録は皆無であった（西野・丹羽，2004；西野，2008）。

その後，釣り餌業者へのヒアリングから，1994 年に開港した関西国際空港，および中部国際空港などを經由して，中国，韓国から通称「ブツエビ」（ミナミヌマエビの外来個体群，または近縁亜種・種かと思われる）が，釣り餌として生きて空輸され，輸入量は最大（1999 年）で年間 20 トン（約 1 億尾）にものぼることが報告されている（西野・丹羽，2004；丹羽，2010）。「ブツエビ」は，「ミナミヌマエビ」の名で，観賞用や水槽の苔取り用にインターネットでも全国販売されている。実際，「ミナミヌマエビ」の分布域外である関東や仙台，札幌からも *Neocaridina* spp. が確認されている（遠山・池田，未発表；西野，未発表）。ミナミヌマエビの外来個体群および近縁亜種・種が共生種とともに日本に侵入・定着していることはほぼ間違いない。

ただ，中国にはミナミヌマエビと近縁のカワリヌマエビ属 (*Neocaridina*) が 17 種分布する (Liang, 2004)。また，シナヌマエビの分布域外とされる中国北部（遼寧省瀋陽）からも，日本に「ブツエビ」が輸入されている（丹羽，2010）。さらに，

韓国からもミナミヌマエビをはじめ 3 種のカワリヌマエビ属が知られている (Lee, 1958；Kim, 1976)。

そのため，カワリヌマエビ属のどの種が国外のどの地域から日本に侵入，定着しているのか，また，在来ミナミヌマエビとの交雑の可能性の有無についても不明である。ここでは，現時点で明らかになっている在来ミナミヌマエビと外来カワリヌマエビ属との種の区別点およびその分類学的な課題について報告する。

本報告をまとめるにあたり，上田コレクションの検鏡を許可いただいた島根県立三瓶自然館，原稿にコメントいただいた大高明史博士（弘前大学）および川勝正治博士（元 藤女子大学），カワリヌマエビ属等の試料・文献を提供いただいた丹羽信彰博士（元 六甲アイランド高校）に深く感謝する。

ミナミヌマエビと外来カワリヌマエビ属の形態的差異

西野・丹羽（2004）は，琵琶湖産（長浜市早崎町）の *Neocaridina* spp. の額角の長さを調べたところ，雄では第 1 触角柄部（peduncle）の第 3 節先端（図 1：矢印）より明らかに短い一方，雌では柄部の先端を超えていたことを報告した（図 1）。この形態は，Kubo（1938）のキーによれ

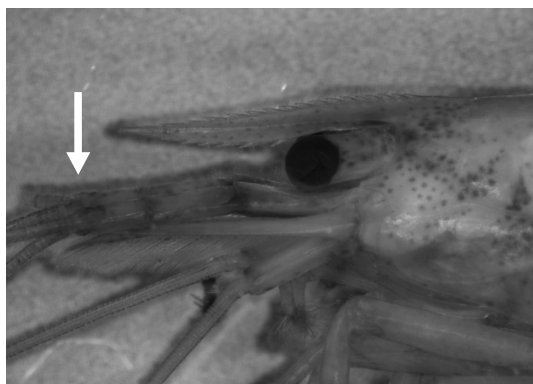


図 1：琵琶湖（長浜市早崎町）の *Neocaridina* sp. 雄の額角（西野・丹羽，2004 から）。矢印は第 1 触角柄第 3 節先端の位置を示す。本種雄の額角長は，第 1 触角柄第 3 節よりも明らかに短い。

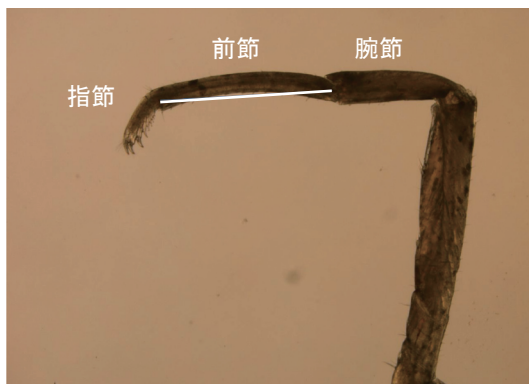


図 2：琵琶湖（長浜市早崎町）の *Neocaridina* sp. 雄の第 3 胸脚。写真中の白い線は，前節の両端の中点を結んだもの。前節が強く湾曲し，指節の先端の棘（複数）もやや太く，湾曲している。

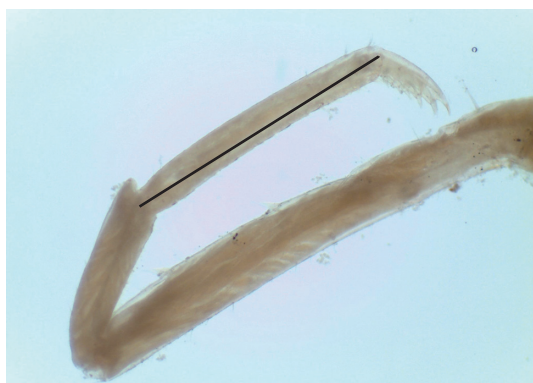


図 3：上田コレクション（島根県立三瓶自然館所蔵）の *Neocaridina denticulata denticulata* 雄の第 3 胸脚（1931. 5. 14. 山口県篠目駅横水田溝：標本番号 1385）。写真中の黒い線は，前節の両端の中点を結んだもの。前節はまっすぐで，湾曲していない。



図 4：上田コレクション（島根県立三瓶自然館所蔵）の *N. denticulata denticulata* 雄の第 3 胸脚（1930. 7. 30. 和歌山県西牟婁郡朝来水田の溝川：標本番号 609），写真中の黒い線は，前節の両端の中点を結んだもの。前節は僅かに湾曲し，指節の先端の棘も湾曲する。

ば，日本に分布しないはずの近縁亜種シナヌマエビ *N. denticulata sinensis* に該当する。

その後，琵琶湖産の雄の形態を詳細に調べたところ，いずれも第 3 胸脚の前節（propodus）が湾曲し，ミナミヌマエビに比して指節（dactylus）の幅がやや広く，先端の棘（複数）もやや太くて

湾曲していたことが分かった（図 2）。しかし，雌の額角の長さは第 1 触角の柄部を超え，また第 3 胸脚には前節の湾曲等は見られなかった。深泥池や夢前川でも，雄の第 3 胸脚前節の湾曲が確認できている。これらの形態は Liang（2002，2004）の *Neocaridina heteropoda heteropoda* の記載と類似

していた。

一方、在来のミナミヌマエビの形態については、タイプ標本が失われていることもあり（山口，1993），外来カワリヌマエビ属が日本に侵入する以前の標本で確認する必要があった。そこで，島根県立三瓶自然館所蔵の上田常一コレクション標本を検鏡したところ，1930年に和歌山県で，および1931年に山口県で採集されたミナミヌマエビ *N. d. denticulata* では，第3胸脚の前節が全く湾曲しない個体と，僅かに湾曲する個体とがみられた（図3，4）。筆者が検鏡した限りでは，雄の第3胸脚の前節が強く湾曲した個体はなかった。

ただ次節で述べるように，シナヌマエビと *N. h. heteropoda* の分類は混乱しており，在来ミナミヌマエビと外来カワリヌマエビ属を区別するには，まずカワリヌマエビ属の分類学的課題について整理する必要がある。

ミナミヌマエビと外来カワリヌマエビ属の 分類学小史

ミナミヌマエビは，フォン・シーボルトが幕末に日本から持ち帰った標本をもとに，de Haan (1849) が *Caridina denticulata* として記載した。原記載論文にはエビの全形図が描かれていたが，付属肢の詳細な図はなく，また模式産地も不明である。本種は，九州，四国，中国地方，近畿など主に西日本に広く分布する（Kubo, 1938；上田，1970）。

Bouvier (1904) は，中国陝西省漢中地区産の *Caridina davidi* を新種記載したが，形態の図は示さなかった。Bouvier (1925) はその後，本種を *C. denticulata denticulata* のシノニム（同種異名）に戻した。

Kemp (1918) は中国太湖周辺の水路等で採集された標本を新亜種 *Caridina denticulata*

sinensis として記載し，本亜種は，*C. denticulata denticulata* よりも上下の額角歯が多く，腕節（carpus）の先端が大きく凹む点で異なると主張した。その後，Bouvier (1925) は，この形質は不安定で区別点にならないと指摘し，*C. davidi* とともに *C. d. sinensis* も *C. d. denticulata* のシノニムとした。ただし，Kemp (1918) は同じ論文で，インド博物館所蔵の *C. davidi* の co-type 標本は第3，4，5胸脚の前節が強く湾曲しており，また額角が押し下げられている（depressed）点で，*C. d. denticulata* や *C. d. sinensis* と明瞭に異なると述べている。

Kubo (1938) は，雄の第1腹肢の内肢が膨大すること，第2腹肢内肢付属の雄性突起が著しく大きいこと，卵サイズがヌマエビ科中でとびぬけて大きいことから，新たに *Neocaridina* 属を確立し，*N. d. denticulata* を名義タイプ種とした。また，台湾と上海の標本から *N. d. sinensis* をその亜種として再記載し，本亜種では，額角の長さが第1触角柄部を超えないが，*N. d. denticulata* は第1触角柄部を超えることを大きな区別点とした。しかし，Kemp (1918) の原記載論文には，*sinensis* も *denticulata* も額角長は第1触角柄第3節先端とはほぼ同じか，それよりもやや長い—と書かれており，実際，*sinensis* の図の額角長は第1触角柄第3節先端（図1，矢印）とはほぼ同じだった。問題は，Kubo (1938) が *sinensis* のタイプ標本を検査することなく台湾と上海の標本を *N. d. sinensis* として記載したことで，これが後の分類学的混乱の一因となった。

Cai (1996) は，タイプ標本の産地である太湖の標本を *N. d. sinensis* と同定，再記載した。しかし彼の描いた図では，雄の第3胸脚の前節が湾曲しており，Kemp (1918) の *C. d. sinensis* の原記載とは明らかに異なっていた（そのことについての言及はなかった）。また，Cai (1996) は，華北

地区産の標本を *N. denticulata davidi* と同定、再記載した。彼は、*N. d. denticulata* との違いは、雄の第1腹肢、第2腹肢等の形態で、*N. d. davidi* の各胸脚は雌雄同型だと述べている。

Liang (2002) は、浙江省の標本から新種 *Neocaridina heteropoda* を記載し、Cai (1996) の *N. d. sinensis* およびオアフ島（ハワイ諸島）のダム湖等に移植された *N. d. sinensis* (Englund & Cai, 1999) をそのシノニムとした。*N. heteropoda* の第3、第4胸脚は雌雄異形で、雄のそれは長く、また前節が湾曲して弓形を呈し、指節は幅広で末端の2-3棘は明らかに長く、かつ湾曲する。その後、Liang (2004) は *N. heteropoda* を亜種 *N. heteropoda heteropoda* としたうえで、*N. davidi* をそのシノニムとした。しかし、学名の先取権の原則については言及していない。また、Kubo (1938) と同様、Cai (1996) も Liang (2002, 2004) も *N. d. sinensis* のタイプ標本は検査していない。

Shih & Cai (2007) は、台湾のカワリヌマエビ属の形態を調べ、台湾から2新種を記載した。その上で、ミトコンドリアDNAの16S rRNAおよびCOI領域から、琵琶湖産のカワリヌマエビ属は（その分布から）*N. d. denticulata* と考え、台湾の2種と *N. d. sinensis* の類縁関係を調べた。その結果、琵琶湖産とオアフ島産（移植種：Englund & Cai, 1999）と台湾産の *N. d. sinensis* の間では16S rRNAは僅か1bpしか違わないが、COIマーカーでは区別できる一とした。しかし、前述したように、琵琶湖産のものは外来カワリヌマエビ属と考えられる。そのため、現在、琵琶湖に侵入、定着している外来カワリヌマエビ属は遺伝的には台湾やオアフ島のものに近いと思われる。

Fujita et al. (2011a) は、西日本各地で採集した *Neocaridina* spp. のミトコンドリアDNAを解析して5つのクレードを報告し、Shih & Cai (2007) を参考に、1クレードを *N. d. sinensis*、他の4ク

レードを *N. d. denticulata* と考えた。しかし、前述の理由で、Shih & Cai (2007) の *N. d. denticulata* は誤同定と考えられるため、他の4クレードをすべて *N. d. denticulata* と見なすのは難しい。いずれにせよ、遺伝解析の結果からも、*Neocaridina* 属の外来種が日本に侵入しているのは確実と考えられる。

最近、アジア原産で鑑賞用の *Neocaridina* 属の種が野生化し、ドイツのライン河の支流に定着、繁殖している。Klotz et al. (2013) は、それら標本の形態を、フランス国立博物館所蔵の *Caridina davidi* のタイプ標本と比較したうえで、*N. davidi* と同定、再記載した。*N. davidi* のタイプ標本は、第1腹肢内肢が膨大し、第1胸脚の腕節の先端が深く窪み、第3胸脚は明らかに雌雄異形だった。額角にも僅かの性差があり、多くの雄の額角歯は雌よりも小さく、より密着（appressed）していた。また、Cai (1996) の *N. sinensis* および Liang (2002, 2004) の *N. h. heteropoda* は、形態から *N. davidi* のシノニムと考えられ、学名としては先取権の原則に従い、*N. davidi* を用いるべきだとした。ただ、この分類学的問題の解決には、*N. sinensis* と *N. h. heteropoda* のタイプ標本を検査する必要がある—とも述べている。

日本のカワリヌマエビ属と今後の課題

Klotz et al. (2013) は、*N. davidi* のタイプ標本の図を掲載していないが、野生化した *N. davidi* を記載した図では、第3胸脚の前節が湾曲し、指節の幅が広く、棘も大きく湾曲している。前述したように、Kemp (1918) は *davidi* の co-type 標本の第3-5胸脚の前節は湾曲するが、*denticulata* と *sinensis* のそれは湾曲しないと明記している。また、筆者の確認した限りでは、琵琶湖、深泥池、夢前川、徳島県の吉野川およびミナミヌマエビの

本来の分布域以外の地域（千葉，神奈川，札幌）で採集されたカワリヌマエビ属は，雄の第3胸脚の前節が湾曲していた。このことから，現在日本に侵入，定着している外来カワリヌマエビの一部は *Neocaridina davidi* である可能性が高いと推定される。

ところで *N. d. denticulata* の地理分布については，様々な意見がある。Kemp (1918) は日本，Kubo (1938) は日本と中国，Lee (1958) は日本・韓国・中国，Liang (2004) は日本・中国・台湾と極めて幅広い地域に分布すると考えている。一方，Cai (1996) は *N. d. denticulata* を日本固有種と考えている。本種が日本固有かどうかは，今後の課題といえる。なお，和歌山県産と山口県産のエビでは，今回，僅かながら第3胸脚の形態に違いが確認されており，日本国内でも何らかの形態的分化が生じている可能性も否定できない。

Fujita et al. (2011b) は，近畿および北陸地方の *N. d. denticulata* のミトコンドリア DNA を比較し，Fujita et al. (2011a) をもとに2つのクレードを報告している。ただ，前述したように，Fujita et al. (2011a) の4クレードすべてが *N. d. denticulata* である確証はなく，また形態的な比較も行われていないため，2つのクレードがともに在来種の *N. d. denticulata* であるかどうかについては，疑問が残る。

そもそも *Neocaridina* 属の卵はヌマエビ科中で最大である（上田，1970）。近縁の *Caridina* 属は，浮遊幼生期をもち両側回遊の種が多いが，本属は直達発生で，浮遊幼生期をもたず，全生活史を淡水環境で過ごす。そのため，地域個体群間で容易に生殖隔離が生じ，分化が起こりやすいと考えられる。

もし，*N. d. sinensis* や *N. h. heteropoda* が共に *N. davidi* のシノニムだとすると，*N. davidi* は中国に広く分布するだけでなく，韓国や海を隔てた台

湾にも生息することになる。*N. d. denticulata* であれ，*N. d. sinensis* であれ，*N. davidi* であれ，それらが日本海や黄海，東シナ海を隔てた国々に広く分布するのだとすれば，いつ，どのようにして分布域を広げたのか，また種内での変異はどうなっているのだろうか？さらに，それらはなぜ南西諸島には分布せず，イシガキヌマエビ *Neocaridina ishigakiensis* が石垣島と中国浙江省（Liang, 2004）だけに生息しているのであろうか？

いずれにせよ，日本各地の淡水域に外来のカワリヌマエビが侵入していることは確実で，純系のミナミヌマエビとその外来個体群や近縁亜種との交雑が進んでいる可能性もあり，形態的および遺伝的調査を早急に進める必要がある。また同時に，中国，韓国，台湾および南西諸島におけるカワリヌマエビ属の本来の分布や形態，遺伝的特性を明らかにすることも，この問題を考えるうえで，重要な示唆を与えてくれるであろう。

引用文献

- Annandale, N. 1922. The macroscopic fauna of Lake Biwa. Annotationes zoologicae japonenses, 10 : 127-153.
- Bouvier, M. E.-L. 1904. Crevettes de la famille de Atyidés: Espèces qui font partie des collections du Muséum d'histoire Naturelle (Paris), Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris), 10 : 129-138.
- . 1925. Recherches sur la morphologie, les variations, la distribution géographique des crevettes de la famille des Atyidés. Encyclopédie Entomologique, 4(A) : 1-370, figures : 1-716.
- Cai, Y. 1996. A revision of the genus *Neocaridina* (Crustacea: Decapoda: Atyidae). Acta Zootaxonomica Sinica, 21 : 129-160 (in Chinese with English

- summary).
- Englund, R. A. & Y. Cai. 1999. The occurrence and description of *Neocaridina denticulata sinensis* (Kemp, 1918) (Crustacea: Decapoda: Atyidae), a new introduction to the Hawaiian Islands. Bishop Museum Occasional Papers, 58 : 58–65.
- Fujita, J., K. Nakayama, Y. Kai, M. Ueno & Y. Yamashita. 2011a. Comparison of genetic population structures between the landlocked shrimp, *Neocaridina denticulata denticulata* and the amphidromous shrimp, *Caridina leucosticta* (Decapoda, Atyidae) as inferred from mitochondrial DNA sequences. In: New frontiers in crustacean biology. (ed. Asakura, A.), pp. 183–196. Brill, Netherland.
- , ——, —— & —— . 2011b. Geographical distributions of mitochondrial DNA lineages reflect ancient directions of river flow: a case study of the Japanese freshwater shrimp *Neocaridina denticulata denticulata* (Decapoda: Atyidae). Zoological Science, 28 : 712–718.
- Gelder, S. R. 1999. Zoogeography of branchiobdellidans (Annelida) and Temnocephalidans (Plathelminthes) ectosymbiotic on freshwater crustaceans, and their reactions to one another in vitro. Hydrobiologia, 406 : 21–31.
- Haan, W. de. 1849. Crustacea. In: Fauna Japonica sive descriptio animalium, quae in itinere per Japoniam, jussu et auspiciis superiorum, qui summum in India Batavia Imperium tenent, suscepto, annis 1823–1830 collegit, notis, observationibus et adumbrationibus illustravit (Crustacea). (ed. von Siebold, Ph. F.), p. 186. Lungduni-Batavorum, Leiden.
- 上田常一. 1970. 日本淡水エビ類の研究 (改訂増補版). 213pp. 園山書店, 松江.
- Kawakatsu, M. 1998. The correct scientific name of the Japanese temnocephalid species erroneously known as "*Caridinicola indica* Annandale, 1912". A list of publications on Japanese Turbellarians (1997) -Including titles of publications on foreign turbellarians written by the Japanese authors-, Part II. Bull. Fuji Women's College, (36) II : 72–74 (Pl.I).
- Kemp, S. 1918. Zoological results of a tour in the Far East, Crustacea Decapoda and Stomatopoda. Memoirs of the Asiatic Society of Bengal, 6 : 219–297.
- Kim, H. S. 1976. A new subspecies of *Caridina denticulata* (Crustacea, Decapoda, Atyidae) from Jeju Island, Korea. The Korean Journal of Zoology, 19 (4) : 155–160. (in Korean with English summary)
- Kubo, I. 1938. On the Japanese atyid shrimps. Journal of the Imperial Fisheries Institute, 33 : 67–100.
- Klotz, W., F. W. Miesen, S. Hüllen & F. Herder. 2013. Two Asian fresh water shrimp species found in a thermally polluted stream system in North Rhine-Westphalia, Germany. Aquatic Invasions, 8, Issue 3 : 333–339.
- Lee, B. D. 1958. On the freshwater shrimps of Namhae Island. The Korean Journal of Zoology, 1(1) : 25–29. (in Korean with English summary)
- Liang, X-Q. 2002. On new species of atyid shrimps (Decapoda, Caridea) from China. Oceanologia et Limnologia Sinica, 33 : 167–173. (in Chinese with English summary)
- . 2004. Crustacea Decapoda Atyidae. Fauna Sinica Invertebrata, 36 : 1–375. (in Chinese).
- Matjašič, J. 1990. Monografija Družine Scutariellidae (Turbellaria, Temnocephalidea). Razred za Naravoslovne Vede Classis IV: Historia Naturalis, 28, Znanstvenoraziskovalni Center Sazu, Biološki Inštitut Jovana Hadžija, 9, 166pp. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana.

- 西野麻知子. 2008. 外来のカワリヌマエビの侵入.
「深泥池の自然と暮らし」(深泥池 7 人委員会
編), pp. 74 – 75. サンライズ出版, 彦根.
- ・丹羽信彰. 2004. 新たに琵琶湖へ侵入した
シナヌマエビ? (予報). オウミア (琵琶湖研
究所ニュース), 80 : 3.
- 丹羽信彰. 2010. 外来輸入エビ, カワリヌマエビ
属エビ (*Neocaridina* spp.) および *Palaemonidae*
spp. の輸入実態と国内の流通ルート. *Cancer*,
19 : 75 – 80.
- Niwa, A., J. Ohtomi, A. Ohtaka & S. R. Gelder.
2005. The first record of the ectosymbiotic
branchiobdellidan *Holtodrilus truncatus* (Annelida,
Clitellata) and on the freshwater shrimp *Neocaridina*
denticulata denticulata (Caridea, Atyidae) in Japan.
Fisheries Science, 71 : 685–687.
- 大高明史. 2004. ザリガニの体表で暮らすヒルミ
ミズーその分布と生態. うみうし通信, 42 : 2
– 4.
- Shih H-T. & Y. Cai. 2007. Two new species of the
land-locked freshwater shrimps genus, *Neocaridina*
Kubo, 1938 (Decapoda: Caridea: Atyidae), from
Taiwan, with notes on speciation on the island.
Zoological studies, 46 (6) : 680–694.
- 山口隆男. 1993. ファウナ・ヤポニカにおいてデ・
ハーゲンが記載した甲殻類. 「シーボルトと日本
の博物学 甲殻類」(山口隆男編), pp. 571 –
598. 日本甲殻類学会, 東京.

特集2 シンポジウム「都市が里山に関わるということ ―森里川海と都市住民―」

大阪の生物多様性を維持するために

―森里川海の多様性ホットスポットの保全と地域・都市における合意形成の重要性―

大阪市立自然史博物館 佐久間 大 輔

Managing biodiversity of Osaka – Conservation of biodiversity hotspots in rural area and the importance of shared vision among residents and urban population. Daisuke Sakuma (*Osaka Museum of Natural History*)

はじめに

2014 年、大阪府はレッドリストを改定した（大阪生物多様性保全ネットワーク，2014）。この中では 1485 種の大阪府の保護上注目すべき野生動植物（情報不足を含む）が選定されただけでなく、「地形・地質」，「生態系」のレッドリストと「生物多様性ホットスポット」55 ヶ所が選定された。生物多様性ホットスポットは生物多様性の高い場所としてではなく，絶滅危惧種が集中して分布する，「保全上重要な場所」として 55 ヶ所が選定されている（和田，2014）。しかし，この 55 ヶ所は当初から「和泉葛城山のように特別保護区が設定されている場所もあるが，多くが保護が不確かな本当のホットスポットだといえる」（夏原，2014）と，多様性が高いから保護が必要な場所としての「ホットスポット」だけでなく，保護と開発のコンフリクトが最も苛烈な場所としての「ホットスポット」というもう一つの定義をも内包している現状にある。

レッドリストは地域での生物多様性保全のためのツールとして活用すべきものである（佐久間，2015）。本稿では，この大阪府の生物多様性ホッ

トスポットを中心に，生息地を基礎とした生物多様性の保全・維持とそのための体制構築を目的として 1．生物多様性ホットスポットの保全への認識の現状を改めて確認し，さらに，2．現状の保全政策との対応，3．今後必要な施策取り組みについて概観してみたい。

大阪の生物多様性ホットスポットをめぐる認識

大阪府のレッドリスト選定と前後して，保全上重要な場所を例示する全国的な取り組みが相次いだ。環境省により 2001 年に選定され 2016 年に見直された「重要湿地 500」（http://www.env.go.jp/nature/important_wetland/ 2017.5 参照），2016 年に選定された「重要里地里山」（<https://www.env.go.jp/nature/satoyama/jyuuyousatoyama.html> 2017.5 参照）がある。選定の基準は，希少種を含む多様な野生動物種の重要な生息場所を国土全体の生物多様性保全の観点から全国から 500 ヶ所選定したのとなっている。大阪の生物多様性ホットスポット 55 ヶ所と，これらとの重複関係について表 1 にまとめた。結果，重要湿地については府内の 5 ヶ所全てがホットスポットと一致してお

表 1. 大阪府生物多様性ホットスポットの保全にむけた取り組み状況.

No.	名称	市町村名	大阪府ホットスポット		広域的保全要請		政策対応					保全活動	
			ラ 環境区分 ン ク		重要 里地	重要 湿地	自然環境保全 地域・緑地環 境保全地域	自然海浜 保全地区	府天然記念 物(単木を 除く)	国定 公園	府自然 公園	さ と も り	ト ラ ス ト
1	能勢町天王, 上山辺	能勢町	A 林, 農耕地周辺	27-18							●	●	
2	剣尾山	能勢町	B 林	27-18							●		
3	三草山	能勢町	B 林, 湿地・草地, 農耕地周辺	27-19	●						●	●	●
4	地黄湿地	能勢町	B 湿地・草地	27-20	●						●	●	●
5	妙見山・初谷	豊能町・能勢町	B 林, 河川	27-17	●				●		●		●
6	北摂の鉾山跡	能勢町・豊能町・ 池田市・箕面市	C その他										
7	箕面公園	箕面市	A 林, 河川							●		●	
8	余野川周辺	池田市・箕面市	C 林, 河川, 農耕地 周辺	27- 427-16									
9	伊丹空港周辺	豊中市	C 湿地・草地, 河川										
10	竜王山周辺(車作, 忍頂寺, 下音羽, 清阪, 長谷, 銭原), 安威川上流部	茨木市	B 林, 河川, 農耕地 周辺	27-9							●	●	
11	摂津峡	高槻市	C 林, 河川	27-7									
12	ボンボン山・本山寺	高槻市・島本町	B 林	27-6	●						●	●	●
13	旧樫田(中畑・二科・田能・ 出灰)	高槻市	B 林, 河川, 農耕地 周辺									●	
14	高槻市南部の水田群(柱本, 三箇牧, 西面, 三島江, 唐崎)	高槻市	C 農耕地周辺										
15	若山神社・尺代	島本町	C 林, 河川	27-15	●				●			●	●
16	穂谷・尊延寺	枚方市	A 林, 農耕地周辺	27-8									
17	淀川鶴殿	高槻市	A 河川			317							
18	淀川ワンド群(城北・庭窪・ 榎葉など)	大阪市・守口市・A 寝屋川市・枚方市・ 高槻市	A 河川			317							
19	淀川汽水域	大阪市	A 海岸・河口			317							
20	南港野鳥園・夢洲	大阪市	A 海岸・河口			327							
21	上町台地	大阪市	C 林										
22	星田・交野	交野市	B 林, 農耕地周辺	27-14						●		●	
23	室池	四条畷市	B 林, 農耕地周辺	27-13						●			
24	枚岡公園	東大阪市	C 林							●		●	
25	八尾ため池群	八尾市・東大阪市	B 農耕地周辺	(27-10)		329						●	●
26	大和川堤防	八尾市・松原市・C 大阪市	C 湿地・草地										
27	太子町・河南町の棚田群	太子町・河南町	C 農耕地周辺									●	
28	美具久留御魂神社	富田林市	C 林		●							●	●
29	大和葛城山	千早赤阪村・河南 町	C 林	27-22						●			●
30	金剛山	千早赤阪村	A 林							●			
31	天見, 岩湧山, 滝畑, 槇尾 山	河内長野市・和泉 市	A 林, 農耕地周辺	27-11						●			
32	石川周辺	南河内地域	C 河川, 農耕地周辺										
33	鉢ヶ峯寺, 豊田, 別所, 金 剛寺	河内長野市・堺市	A 林, 農耕地周辺	27-1								●	
34	堺 2 区埋立地	堺市	C その他										
35	堺 7-3 区埋立地	堺市	C その他										
36	堺東部ため池群	堺市	C 農耕地周辺										
37	大津川河口	泉大津市・忠岡町	C 海岸・河口										
38	信太山丘陵部	和泉市	A 林, 湿地・草地, 農耕地周辺	27-12								●	●
39	意賀美神社・神於山	岸和田市	C 林	27-2	●							●	●
40	和泉葛城山(牛滝, 塔原, 蕎原, 柗谷, 馬場, 大鳴)	岸和田市・貝塚市・A 泉佐野市	A 林, 農耕地周辺	27-3						●		●	●
41	阪南 2 区埋立地	岸和田市	C 海岸・河口										
42	近木川河口	貝塚市	C 海岸・河口			328							
43	二色ノ浜	貝塚市	C 海岸・河口			328							
44	泉州ため池群	和泉市・岸和田市・B 貝塚市・熊取町・ 泉佐野市・泉南市	B 農耕地周辺										

表 1. 続き.

			大阪府ホットスポット		広域的保全要請		政策対応					保全活動	
No.	名称	市町村名	ラン ク	環境区分	重要 里山	重要 湿地	自然環境保全 地域・緑地環 境保全地域	自然海浜 保全地区	府天然記念 物（単木を 除く）	国定 公園	府自然 公園	さ とも り	ト ラ ス ト
45	関空二期島周辺	泉佐野市・田尻町・B 泉南市		海岸・河口									
46	樫井川河口	泉州地域	C	海岸・河口									
47	男里川河口	泉南市・阪南市	A	海岸・河口		328							
48	泉南地域の砂浜	阪南市・岬町	A	海岸・河口									
49	茶屋川河口	阪南市	C	海岸・河口									
50	せんなん里海公園	阪南市, 岬町	C	海岸・河口		326							
51	長松・小島海岸	岬町	C	海岸・河口		326		●					
52	東川河口	岬町	C	海岸・河口		326							
53	孝子	岬町	A	林, 農耕地周辺								●	
54	岬町照葉樹林（国道より西）	岬町	C	林	27-21				●		●		
55	紀泉高原	泉南市・阪南市・C 岬町		林							●		●
-	五月山	池田市		林	27-5								
-	豊能町木代地区	豊能町		林			●						

※環境区分は大阪府レッドリスト 2014 の生態系レッドリストの環境区分を用いた
 ランクは大阪府レッドリスト 2014 の「生物多様性ホットスポット」におけるカテゴリーを示す
 Aランク → 貴重性の程度が高く、失われると大阪の生物多様性の損失につながるもの
 Bランク → Aランクに進ずるもの
 Cランク → 特定の分類群の生息地として外せないもの
 ※重要里地里山・重要湿地の番号はそれぞれの指定地コードを示す
 ※政策対応・保全活動は大阪府ホームページ、大阪みどりのトラスト協会ホームページを参照して筆者が該当地域を判断して作成。
 （さともり、トラストの活動地はホットスポット以外にも多数存在するが、ここでは割愛した）

り、重要里地里山に関しては 22 ケ所のうち 21 ケ所が一致する結果となった（大阪府生物多様性ホットスポットでは広域を一体として指定している場合も多く、名称が一致しない例も多い）。重要里地里山のうちホットスポットに含まれなかったのは、「五月山」であった。これもホットスポットの議論の中では昆虫を中心に最後まで検討対象になっていたが、より希少種に重点をおいた今回のホットスポット選定では見送られた結果となったことを付け加えておきたい。大阪の生物多様性ホットスポットのうち重要湿地・重要里地里山のどちらにも含まれていない地点が 34 ケ所あった。ここには水田、棚田、溜池、堤防など河川周辺の草地、埋立地などの代償生息地、坑道などの特殊な生息場所が多く含まれる。このうち、水田などについては特に大阪周辺においては減少が激しく、また絶滅危惧種の特に多い生態系であることが指摘されており、積極的に指定された結果であ

ろう（和田，2014；平井，2014）。また、大阪湾岸の埋立地もシギ・チドリの渡りの中継地として、チュウヒやコアジサシなどの繁殖場所として代替生息地であるが現況の大阪の環境としては重要な場所となっていることがかねてより指摘されている（江崎・和田，2002；大阪生物多様性保全ネットワーク，2014）。

このように、大阪の生物多様性ホットスポットは、重要湿地や重要里地里山と重要な生息場所の認識を包含し、さらに地域の絶滅危惧種の現状を反映して追加されたものといえる。地域の絶滅危惧種を保全するという観点のみならず、日本の生息地ネットワークを保全するという意味でも重要な地点をカバーしたものと言えよう。これらのホットスポットは関西広域連合による「関西の活かしたい自然エリア」の基礎資料としても他県の指定する絶滅危惧生態系などとともに活用されている。

ホットスポット保全のための既存政策手段

では、その政策的な対応はどうなっているだろうか。地域の開発行為などを規制する地域指定としては鳥獣保護法に基づく鳥獣保護区、森林法に基づく保安林や地域森林計画、近畿圏の保全区域の整備に関する法律に基づく近郊緑地保全区域など様々な制度があるが、生物多様性の保全を目的としたものは少ない。大阪府の環境保全関連の制度としては自然環境保全条例に基づく自然環境保全地域および緑地環境保全地域、さらに自然海浜保全地区条例に基づく自然海浜保全地区、文化財保護条例に基づく天然記念物などがある。

表1には大阪府の自然環境保全地域、緑地環境保全地域、自然海浜保全地区、天然記念物（社叢など生態系単位で指定したものに限り、単木指定のものを除いた）に指定されている場所を示した。自然環境保全地域のすべての箇所はホットスポットと一致したが、緑地環境保全地域のうち豊能町木代地区は今回のホットスポットの検討に入らなかった。同地区の指定に関わる保全計画書（<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/217/00020569/kisiro-siteisyo2.pdf> 2017.5 参照）からは、北摂自然公園との一体的な運用のための指定であることが読み取れる。北摂自然公園は幾つものホットスポットを含んでおり、木代地区は単独の保全すべきスポットというよりはバッファゾーン的な指定であると認識すべきだろう。また、自然海浜保全地区は長松海岸・小島海岸のみが指定地となっている。天然記念物に指定された妙見山ブナ林などは全てホットスポットに含まれている。これらの条例の対象になっているのは55箇所のホットスポットのうち9ヶ所にすぎない。この他大阪府自然公園条例に基づく北摂自然公園、阪南・岬自然公園、国定公園法に基づく金剛生駒紀泉国定公園がある。これらの自然公園制度で17ヶ所が

カバーされる。しかし、保全条例とあわせても21ヶ所にしかならず、過半である34ヶ所の残りのホットスポットについては保全の法的根拠は希薄と言わざるをえない。

2017年現在の大阪府の環境政策の基礎は昨年改定された「新環境総合計画」（<http://www.pref.osaka.lg.jp/kannosomu/shin-kankyousoukei/> 2017.5 参照）であり、その4つの柱の一つとして「全てのいのちが共生する社会の構築 ～生物多様性の恩恵を継続して享受するために～」が上げられている。この計画は大阪府の生物多様性地域戦略として位置づけられている。この中においてホットスポットのような重要生息地の保全に関わっては「地域指定の拡大と生物多様性推進拠点の整備」が記述され、「保安林、鳥獣保護区等の地域を拡大するとともに、都市公園、府民の森、河川、自然海浜保全地区等を、生物多様性の保全、再生、生息環境を創造する府民活動を行う拠点とし、周辺の緑地の整備や水辺環境の整備等と連携して、周辺山系から農空間、都市、沿岸までをつなぐエコロジカルネットワークの形成を進めます。」とされる。この記述は「愛知目標」の戦略目標C目標11陸域の17%、海域の10%の保全地域確保を念頭に置いたものだろう。しかし、従来型の「保安林、鳥獣保護区等」での保全でいいのだろうか。表によれば保全地域指定から漏れているのは「保安林、鳥獣保護区等」では対象とすることが難しい、農地や草地、河口や埋立地などのホットスポットである。これらは既存の他の制度でもなかなか保全が難しい。例えば、7ヶ所がホットスポットとなっている河川河口部については、大阪府自然海浜保全条例の条例中に河川区域を対象としないと明記されており、現状のままでは同条例による指定は難しい。

今後必要となる政策手段

新環境総合計画の目標を達成するためには、新たなホットスポット保全のための枠組みが必要ではないか。

第一には森林や河川、港湾行政と行った縦割りを横断できる生物多様性の保全を目的とした保全地域の指定制度が必要だろう。例えば、京都府では「絶滅のおそれのある野生生物の保全に関する条例」で絶滅危惧種の生息地等保全地区の指定制度と府民協働による保全回復事業（生息地等協働保全制度）をもつ。具体の地区の指定のためには土地所有者や関係部局、市町村などの同意がいるが、地域に保全への熱意があれば保全担当部局から働きかけができるというメリットがある。現行の縦割りのままでは、それぞれの部局の第一ミッションが生物多様性保全とならない限り、保全への動きは進まないだろう。地域の保全に向けた意識の共有などがすすむ、ということが最も基礎的な条件となる。地域の合意のない、保全計画は（条例に関わらず）しばしば難しくなる。

第二に、「行為規制型」の地域指定だけでなく、保全・回復のための「活動推進型」の地域指定が必要である。例えば、里山林、草地、湿地など人為による攪乱が必要な地域の保全のためには、規制だけでなく積極的な保全管理が欠かせない。長期間放置された場所のうちには多様性の観点からは劣化した状態にある場所も少なくない。重要な場所については、回復の取り組みが重要である（愛知目標の目標 15 に相当）。現状で、大阪における自然環境保全地域指定は、大阪みどりのトラスト協会による管理活動につながっている。この他に、自然公園、国定公園の一部としての府の園地になることによって管理や保全、さらに回復が進んでいる部分もあるだろう。国土緑化推進機構による「緑と水の森林ファンド」を基礎とした「さと

り事業」も管理が必要な里山などの生態系の保全・回復に重要な役割を示している。他にも市町村や企業が支援するものもあるが、大阪府の政策として支援している保全回復事業はトラストとさとの事業となる。しかし、これも 21 ヶ所であり、多くが「林」タイプのカテゴリーに偏っているなど、全体をカバーできているわけではない。

これらの政策を現状以上にすすめるためには、森林環境税などの財源を生物多様性管理・回復に振り向ける必要がある。しかし、それでも私有地の多い大阪の森林では地権者の同意を集めることがしばしば難しく、事業導入が簡単な地域は少ない。また、農業空間への保全事業導入は簡単ではないだろう。これらを乗り越えるためには生物多様性地域連携推進法に基づく地域連携保全活動計画のような、地域合意に基づく、地域の将来を見越した共有ビジョンの形成が欠かせない。行政的な地域指定はこうした地域の合意形成の一つのきっかけにすることができるだろう。

第三には、民間取り組みを促進するために、ホットスポットなどでの保全に寄与するさまざまな間接的活動を促進する枠組みの検討が必要であろう。保全のためには農林業の継続を含めた積極的な人間活動が欠かせない場所も多い。直接の保全活動だけでなく、これらの産業の支援も鍵となる要素だ。愛知目標に照らして言えば戦略 B 目標 7「農業、養殖業、林業が行われる地域での生物多様性の保全確保」に相当する部分である。この取り組みの促進施策に力を入れる必要があるだろう。

例えば営農が重要な農耕地周辺（水田、棚田、溜池やその周囲の草地や小河川など）の生態系にとって、活動の規制はしばしば営農の妨げとなってしまう。むしろ、生物多様性が高い事を地域が活かし、地域の魅力を発信することで「棚田米」（例えば落合、2009）などによって地域をブランド化

させるような取り組みが欠かせない。農業に限らず、自然体験を魅力として押し出す、保全に配慮したエコツーリズムのような可能性もあるだろう。ホットスポット指定がこうした環境保全に向けた積極的な社会的投資の呼び水にならなければならない。良好な生態系があることが、地域の誇りとなり、活動を生み出し、必要な外部資金を呼び込むきっかけとなる。例えば、兵庫県の生態系レッドリストはこうした資金循環を目的とした部分もあるという（三橋，2012；大嶋，2015）。大阪でも各地の生物多様性ホットスポットの保全のために、大阪自然環境保全協会を始め、各地の保全団体の活動が貢献している。しかし、これらはいずれも限られたマンパワーで行われており、必ずしも地域住民と将来にわたる地域像を共有できていない。こうした状態では投資や助成金を呼び込むことも難しい。寄付も含めた地域への投資がうまく行き、保全だけでなく地域全体の活動を活性化させることで、都市住民にアピールするような活動を行うことが必要だ。このことで地域で若者が働けるような状況も作れるかもしれない。こうした好循環をめざすことで、地域全体で取り組むことができるだろう。コウノトリでの地域共生を目指した豊岡市（2012）、茶草場で世界農業遺産を取得した掛川市など静岡県（楠本，2014）は、決して行政が保全区域を設定したからではなく、地域のビジョン共有を進めた結果として地域の保全と活性化を図っている。

実現のための基礎的条件としての都市の巻き込み

前項で述べたような保全政策の実現のためには、まずはステークホルダーの理解が重要である。この場合のステークホルダーは各部局の行政関係者や政治家だけではなく、まずは地域住民であり、そしてもう一方、都市住民でもある。地域での合

意とビジョンの共有の重要性は前項の各項目で言及したところである。これは必ずしも自然発生的に形成されるものではなく、非常にデリケートに育まれるものでもある。大阪のほとんどの生物多様性ホットスポットは都市域ではなく、農耕地、及び中山間地にある。まずは地域の資源として生物多様性資源（自然資本）を再確認すること。そしてそれが何をもたらすのか可能性を探る。こうした一連の作業は非常に重要であろう（栗山ほか，2017）。

地域合意が重要ではあるが、もう一方のステークホルダーとして「都市住民」を意識することは重要である。都市住民は税負担者の多数であると同時に、市民参加での保全活動の潜在的な担い手でもある。ホットスポットの保全のためには、生物研究者や保全関係者だけでなく地域の巻き込みが重要であることはこれまでも言われてきたが、同時に広域圏での利益享受者である都市住民へのアピールも重要である。特に政策の実現のためには、都市住民の理解が重要な後押しとなる。森林環境税のような政策では、都市住民にどのようなメリット（生態系サービスがもたらされているのか）を積極的に示す必要がある。林業政策、防災政策上、のアピールだけでなく、都市住民にとってのリクリエーションや景観といった、従来「都市近郊林」への投資の根拠としてかわされてきた多面的価値に関する議論を、再度「生態系サービス」を生み出す良好な生態系に適用して議論して見る必要があるのではないか。開発とのコンフリクトを起こしやすい都市近郊のホットスポットは、直接都市住民も利益を享受することの多い場所であり、活動への関与もしやすい。保全管理への税などリソースの投資をすることに理解が得やすい面もある。中長期的には「より生物多様性の高い里山」での自然体験が価値あるものとして都市住民にアピールするものとなるよう、生物多

様性の価値の普及にも努力を続けなければならない。

都市住民への生物多様性の価値の共有は保全管理の将来の担い手の確保にも重要である。特に、農耕地では大阪近郊の棚田でさえしばしば高齢化や離農によって営農が困難になっている。それによって生息場所としての質が低下している事例も少なくない。ボランティアであれ、営農希望者であれ、それは（Uターン組も含め）都市から募るしかない。グリーンツーリズムも都市から参加者を得る必要があり、生物多様性でブランディングをした製品も主要な需要地は都市である。

ここまで大阪を事例として生物多様性ホットスポットの保全に向けた現状と課題を議論してきた。森里川海といった生息地をかかえる地域で、その資源を活かして地域どうしていくのかというビジョンをしっかりと持つことと同時に、そのビジョンの中に都市での理解獲得を掲げる必要があることを述べてきた。こうした構図は現在能勢町と吹田市で展開されている「地域循環共生圏構築に向けた実証地域における活動助成」事業にまさに当てはまっている。しかしこの構図は一事業にとどまるものではない。これは取りも直さず、各地域での保全を基礎とした地域づくりビジョン策定、都市での主流化、政策集団の充実と財源確保、民間取り組みの活性化促進といった将来の大阪府の生物多様性地域戦略の中核部分に他ならない。その嚆矢として保全活動に住民を巻き込むイタセンバラの保全活動（上原，2017）、徳島での保全区域管理のために都市住民をツーリストとして、また消費者として巻き込みをはかる上勝のとりくみ（飯山，2017）、能勢の諸事業とその方向性（天満，2017）を報告してもらった。これらを読み解きながら、粘り強く現場での努力と政策枠組みづくりを両面で働きかけていく必要があるのではないだろうか。

謝辞

本論の基礎となった「シンポジウム 都市が里山に関わるということー森里川海と都市住民ー」は環境省「地域循環共生圏構築に向けた実証地域における活動助成」の一部として行われた。

引用文献

- 江崎保男・和田 岳(編). 2002. 近畿地区鳥類レッドデータブックー絶滅危惧種判定システムの開発. 226pp. 京都大学学術出版会, 京都.
- 平井規央. 2014. 改訂版大阪府レッドデータリストにおける昆虫類掲載種ー特に減少の著しい水田周辺の昆虫に注目してー. 地域自然史と保全, 36(1): 37 - 39.
- 飯山直樹. 2017. 里と都市をつなぐ, 保全と地域経済をつなぐ試みー徳島県上勝町の事例ー. 地域自然史と保全, 39(1): 37 - 41.
- 栗山浩一・香坂 玲・古谷愛子・上岡啓之・中川 一郎・千田純子・西田貴明. 2017. パネルディスカッション 経済的連携を進めていくための具体策と担い手について考える: 多様な主体をつなぐ「連携推進機関」の役割と期待. 季刊政策・経営研究, 2017(1): 94 - 108.
- 楠本良延. 2014. 茶草場を介した生物多様性保全と茶生産の両立. 農業および園芸, 89(3): 360 - 365.
- 三橋弘宗. 2012. 兵庫県版生態系レッドデータリストの作成と活用. 地域自然史と保全, 34(2): 107 - 114.
- 夏原由博. 2014. 「大阪府レッドリスト2014」の有効活用への期待. 都市と自然, 461: 8 - 9.
- 落合良平. 2009. 全国のモデルタウンのとりくみたかしま生きもの田んぼプロジェクト. 農業と経済, 75(3): 128 - 129.

- 大阪生物多様性保全ネットワーク（編）. 2014. 大阪府レッドリスト 2014. 48pp. 大阪府環境農林水産部みどり・都市環境推進室 みどり推進課, 大阪.
- 大嶋範行. 2015. 地域で保全を実行するために. 地域自然史と保全, 37（2）: 91－95.
- 佐久間大輔. 2015. レッドリストを生物多様性保全ツールとして活用するために. 地域自然史と保全, 37（2）: 83－86.
- 天満和久. 2017. 「地域循環共生圏」の構築と大阪の生物多様性を支える能勢町の魅力. 地域自然史と保全, 39（1）: 47－51.
- 豊岡市. 2012. コウノトリ野生復帰のあしあと. 31pp. 豊岡市, 豊岡.
- 上原一彦. 2017. 多様な主体による生物多様性保全に向けて－イタセンネットを例に－. 地域自然史と保全, 39（1）: 43－46.
- 和田 岳. 2014. 大阪府のレッドリスト改訂 新たな取り組みと残された課題, 及び大阪府の水田環境の危機について. 地域自然史と保全, 36（1）: 21－26.

特集2 シンポジウム「都市が里山に関わるということ ―森里川海と都市住民―」

里と都市をつなぐ、保全と地域経済をつなぐ試み

―徳島県上勝町の事例―

一般社団法人かみかつ里山倶楽部 飯 山 直 樹

Challenge for cooperation between satoyama and cities, challenge for linking nature conservation and regional economy -A case study in Kamikatsu town-. Naoki Iiyama (Kamikatsu Satoyama Club)

はじめに

2012年8月に徳島で開催された第4回生物多様性協働フォーラムは、関西に食料と燃料を供給してきた生態系サービスの重要性を意識させる内容であった。中心テーマは生物多様性の保全と持続可能な利用の実現であったが、都市住民の消費活動が、里の経済循環を生み出す原動力であることを再認識させられるきっかけとなった。徳島には二次的自然が生業によって支えられている場面や奥山の自然の獣害を近傍の過疎の集落が対策している実態がある。集落存続が生物多様性の保全に直結するため、経済が寄与する歩合が増しているように感じる。

山間地を取り巻く状況は厳しく、2014年から各地で取り組まれている地方創生では、人口減少が加速的に進むことに対応して、その克服を目標に掲げている。また雇用の創出や経済活動の活性化については、地域資源を活用した、多様な地域社会の形成によって実現しようとしているので、生態系サービスを持続的に活用するならば地域の存続にも配慮が要するという具合である。経済活動が弱い地域では、地域産業の担い手としての

人口の奪い合いの様相を呈している。これは、生態系サービスを利用・保全している中山間地域の生態系保全の担い手として人口が欲しいといった課題と共通する。本稿ではそうした中山間地の事例として、徳島県上勝町において行われている自然林再生活動などと地域経済をつなぐ試みについて紹介する。

自然林再生事業を核にした取組

上勝町全体の森林面積率は88%であり、そのうち82%が主にスギの造林地で占められている。

一方、町の西部にある高丸山にはブナ林を中心とした広葉樹林があり、自然環境保全条例による自然保護区域に指定されている。

自然林再生事業は、保護区域に隣接するスギ林伐採跡地を広葉樹林化する取組であり、自然保護区域の一部を再生目標のモデル森林として取り組まれている。この自然林再生事業には以下のような特徴がある。1)「とくしまビオトーププラン」といった県域レベルのマクロスケールでの生態系ネットワークの再生方針に合致していること。2)生態学的に検証可能な計画であるこ



図 1. 自然再生への作業参加(下草刈りと防鹿ネット設置)(左), ボランティアの皆さん(右). 森づくり, シカ対策等をイベントとして企画して山間地での生物多様性の保全に都市からの参加を募っている (写真は一般社団法人かみかつ里山倶楽部 HP より転載).

と。3) 遺伝子攪乱を防止するために自生する樹種を採用したこと。4) 苗木づくりが地域の林家組織に担われていること。5) 県民ボランティアが植栽と管理に関わっている事。6) 利活用について地域住民, 学識者, ボランティア市民, 行政などの協働で実施されていることである。なかでも, できるだけ科学的に根拠付けを行う事で, 取組が研究材料として利用できるように考慮している。これらの経緯と科学的な説明は鎌田の報告 (<http://www.1000nen.biz-awa.jp/takamaruyama/1000/PDF/jirei.pdf> 2017.5 参照) や, 自然再生ハンドブック (矢原ほか, 2010) に詳しいので参照されたい。この場所には, 企業や市民のボランティアが活動に訪れ, 産直市での買い物を楽しみ, 道中の食事や温泉等で消費者となる。また, 素人が育林作業を担うため, 慣れない作業で進捗は劣るが, 過疎地域にボランティアが入る事は有難い。そこで, 森づくりに代表されるような直接森林に働きかける保全活動を含めたイベントを年間 50 本程度, 地元の方々と企画し, コンスタントに都市から山間地への人の流れをつくろうとしている (図 1)。次にもうひとつの特徴である「葉っぱビジネス」を例に考えたい。

経済活動と自然資本の関係

上勝町は平成の大合併に入らず, 面積は 206.8km² を保った。人口は, 1950 年の 6,356 人をピークに減少し, 2017 年 4 月では 1,594 人となっている。今後も減少傾向が続き, 2040 (平成 52) 年には, 884 人にまで減少する見込みである。現在の高齢化率は 52.5% である。平成 26 年値であるが大阪府 25.7%, 徳島県 30.1% と比較して進行していることがわかる。

有名になった葉っぱビジネスは, 看板産業であり, 料理のつまものとして出荷され「いろいろビジネス (または, いろいろ)」と呼ばれている。年間売上は 2.6 億円であるが, 高齢者が工夫を続けることと山間地の立地環境を考えると, 経済活動としての意味が大きい。生態系サービスとの係わりを考えるために, 使用されている植物をリストした。会社の HP によれば, 2017 年現在つまものの種類として 320 以上ある。材料となる植物としては 66 種を数え, なかには園芸品種, 栽培品種が半数以上含まれるが, 二次林に生育する種も含まれていることがわかる (表 1)。実際の栽培農家を訪問すれば理解できるのだが, 季節感の先

表1. 「いろどり」に使用される植物. 葉っぱビジネス「いろどり」に使用されている植物をリストした. 66種のうち栽培種園芸種が多く含まれるが, 里山の植物も多く含まれていることがわかる. 二次林を含め, 自然から生み出されるイメージが活用されている.

	商品名	出荷月	植物名	学名	区分
1	南天葉, 赤南天など	周年	ナンテン	<i>Nandina domestica</i>	低木
2	ゆずり葉	周年	ユズリハ	<i>Daphniphyllum macropodum</i>	中木
3	うらじろ	周年	ウラジロ	<i>Gleichenia japonica</i>	シダ
4	花つばき, 葉つばき	周年	ツバキ	<i>Camellia japonica</i>	低木
5	ささ葉, 大笹など	周年	クマザサ	<i>Sasa veitchii</i>	中木
6	松葉	周年	アカマツ	<i>Pinus densiflora</i>	高木
7	五葉松	周年	ゴヨウマツ	<i>Pinus parviflora</i>	高木
8	大王松	周年	ダイオウシヨウ	<i>Pinus palustris</i>	高木
9	ひいらぎ	周年	ヒイラギ	<i>Osmanthus heterophyllus</i>	低木
10	千両	1, 12	センリョウ	<i>Chloranthus glaber</i>	低木
11	万両	1, 12	マンリョウ	<i>Ardisia crenata</i>	低木
12	青もみじ, 紅葉もみじ等	周年	イロハモミジなど	<i>Acer palmatum</i>	高木
13	青柿葉, 赤柿葉など	5 ~ 10	カキ	<i>Diospyros kaki</i>	中木
14	山ぶどう葉	5 ~ 9	ヤマブドウ	<i>Vitis coignetiae</i>	つる
15	山いも葉	5 ~ 9	ヤマノイモ	<i>Dioscorea japonica</i>	つる
16	さつまいも葉	6 ~ 9	サツマイモ	<i>Ipomoea batatas</i>	草本
17	かじ葉	5 ~ 8	カジノキ	<i>Broussonetia papyrifera</i>	低木
18	ほお葉	5 ~ 10	ホオノキ	<i>Magnolia obovata</i>	高木
19	くず葉	5 ~ 8	クズ	<i>Pueraria lobata</i>	つる
20	つた	5 ~ 9	キツタ	<i>Hedera rhombea</i>	つる
21	朝顔	5 ~ 9	アサガオ	<i>Ipomoea nil</i>	つる
22	いちよう葉	8 ~ 11	イチヨウ	<i>Ginkgo biloba</i>	高木
23	くり葉	8 ~ 11	クリ	<i>Castanea crenata</i>	高木
24	れんこん葉	6 ~ 9	ハス	<i>Nelumbo nucifera</i>	草本
25	ハラン	周年	ハラン	<i>Aspidistra elatior</i>	草本
26	ひのき葉	周年	ヒノキ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	高木
27	ゆず葉, 黄玉ゆず等	周年	ユズ	<i>Citrus junos</i>	低木
28	すだち	周年	スダチ	<i>Citrus sudachi</i>	低木
29	たらめ	3, 4	タラノキ	<i>Aralia elata</i>	高木
30	白梅, 紅梅など	1, 2, 12	ウメ	<i>Prunus mume</i>	中木
31	花桃	2, 3	モモ	<i>Prunus persica</i>	中木
32	桜	2 ~ 4	サクラ	<i>Prunus jamasakura</i>	高木
33	カリン	4	カリン	<i>Pseudocydonia sinensis</i>	中木
34	しゅんらん	1 ~ 4	シュンラン	<i>Cymbidium goeringii</i>	草本
35	ぼけの花	2 ~ 4	ボケ	<i>Chaenomeles speciosa</i>	低木
36	あんずの花	4	アンズ	<i>Prunus armeniaca</i>	中木
37	リンゴの花	4	リンゴ	<i>Malus pumila</i> var. <i>domestica</i>	中木
38	つつじ (ピンク)	4, 5	ミツバツツジ	<i>Rhododendron reticulatum</i>	低木
39	つつじ (赤)	4, 5	オンツツジ	<i>Rhododendron weyrichii</i> var. <i>weyrichii</i>	低木
40	あやめの花	4, 5	アヤメ	<i>Iris sanguinea</i>	草本
41	都忘れ (紫)	4 ~ 6	ミヤコフスレ	<i>Aster savatieri</i> var. <i>hortorum</i>	草本
42	都忘れ (ピンク)	4 ~ 6	ミヤマヨメナ?	<i>Aster savatieri</i>	草本
43	ききょう	7	キキョウ	<i>Platycodon grandiflorus</i>	草本
44	つるむらさきの花	7, 8	ツルムラサキ	<i>Basella alba</i>	草本
45	さざんか	1, 12	サザンカ	<i>Camellia sasanqua</i>	低木
46	水仙	1, 12	スイセン	<i>Narcissus tazetta</i> var. <i>chinensis</i>	草本
47	寒桜	1, 12	カンザクラ	<i>Prunus kanzakura</i>	高木
48	葉わさび	1 ~ 5, 12	ワサビ	<i>Eutrema japonicum</i>	草本
49	のびる	1 ~ 3, 12	ノビル	<i>Allium grayi</i>	草本
50	ふきのとう	1 ~ 3	フキ	<i>Petasites japonicus</i>	草本
51	わらび	4, 5	ワラビ	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	シダ
52	つくし	2, 3	スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	シダ
53	山ぶき	4 ~ 9	ヤマブキ	<i>Kerria japonica</i>	低木
54	よもぎ	4 ~ 9	ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i>	草本
55	よめな	4 ~ 9	ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	草本
56	たんぽぽ	4 ~ 9	カンサイタンポポ	<i>Taraxacum japonicum</i>	草本
57	どくだみ	4 ~ 9	ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	草本
58	おおばこ	4 ~ 9	オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>	草本
59	ゆきのした	1 ~ 9	ユキノシタ	<i>Saxifraga stolonifera</i>	草本
60	つゆくさ	6 ~ 8	ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	草本
61	すべりひゅ	6 ~ 9	スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	草本
62	クローバー	4 ~ 9	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	草本
63	芽甘草	1, 12	カンゾウ	<i>Hemerocallis fulva</i> var. <i>longituba</i>	草本
64	はすいも葉	周年	ハスイモ	<i>Colocasia gigantea</i>	草本
65	かいどう桜	4	ハナカイドウなど	<i>Malus halliana</i>	中木
66	なるこゆり葉	4 ~ 6	ナルコユリ	<i>Polygonatum falcatum</i>	草本
67	お茶の葉	4 ~ 6	チャノキ	<i>Thea sinensis</i>	低木
64	菖蒲, 葉しょうぶ	4, 5	ショウブ	<i>Acorus calamus</i> var. <i>angustatus</i>	草本
65	すすき	8	ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	草本
66	稲穂	9, 10	イネ	<i>Oryza sativa</i>	草本

取りや無傷の美しい葉を出荷するために、ビニールハウスなどで栽培されているものも多い。しかしながら、地域の自然豊かなイメージが、販売活動の基盤にあることは間違いない。山間地の美しい風景や自然が連想できるから、葉っぱの価値が出るはずで、食品でないつまものだからこそ、自然のメッセージが活きる。これを生態系サービスと捉えれば、このサービスを利用して高齢者の現金収入や活躍の場を実現し、地域を支えている資本であるといえよう。

また、いざい以外にも町を特徴付ける取組がある。ごみ焼却場を持たず 34 分別でゴミをゼロにするゼロ・ウェイスト宣言である。町内の豊かな自然環境を意識するほどこの政策の価値が際立つ。登山ハイキング、温泉リゾート、アユ釣り、キャンプ、農産物生産など、背景にある自然資本を利用している事例が多い。また、この山間地ビジネスモデルのブランド（広島大学総合博物館研究報告 URL : <http://home.hiroshima-u.ac.jp/museum/siryu-data/kennkyuuhoukoku7/01%20ishikawa.pdf>

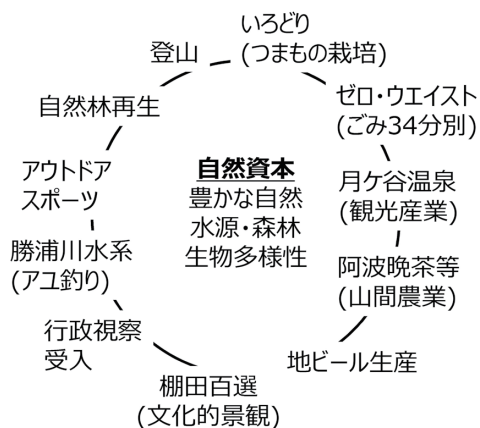


図 2. 上勝町における主な取組。自然林再生などの保全活動と一次産業は自然に対して働きかけるが、他は自然を利用するのみで保護管理にならない。

2017.5 参照) を見学する目的の視察観光客が多くある。都市住民をターゲットに自然資本を活用している例と言えよう。ただし、多くはイメージを利用しているのみで、生物多様性の保全によって持続的な生態系サービスの享受を意図した活動にはなっていない (図 2)。

生態系サービスの保全と経済活動との両立

町内には、自然的な価値を認められた高丸山自然環境保全区域のほか、生物多様性保全上重要な里地里山に「檜原の棚田」「八重地」の 2 箇所が選定されている (環境省 HP : <http://www.env.go.jp/nature/satoyama/jyuuuyousatoyama.html> 2017.5 参照)。

また、文化的な評価としては、「にほんの里 100 選『八重地』」,「日本の棚田百選及び重要文化的景観『檜原の棚田』」,「かおりの風景 100 選『神田』」などがある。これらの区域指定が十分に意図されて活用されることで、生態系サービスが維持されることが重要であろう。そのためには、里地里山のような二次的な自然の保全に、基礎自治体や地域スケールの計画や取組が重要であるし、集落の存続を考える経済活動の単位も似たようなスケールの規模で維持されることが必要だろう。いたるところが過疎地であるので、指定された区域の存続には、人が住み続けられる経済を入れた保全と活用の計画が重要となる。

例えば、町が進めるサテライトオフィスの誘致は、自然から乖離し、ストレスの増大などが危惧されている働き方を見直し、ワークライフバランスに配慮した企業が対象となる。企業は、すぐれた景色をはじめとする里地里山の生態系サービスを期待しているだろう。指定区域は、企業にとっては魅力に映る。指定区域を含めた生態系サービスの保全には、サテライトオフィスが実現するよ

うな外部人材の取り込みや地域外の市場との積極的なつながりによって恩恵を享受しながら、持続的に利用・保全するために、経済的な循環による支えも含めたバランスのとれた方策が期待できるだろう。

これからの都市の巻き込み計画

地域の資源として自然資源を利用・保全する活動では、人の巻き込みと経済の巻き込みを拡大したいと考えている。

例えば、人の巻き込みでは、高丸山千年の森では、森の学校というコンセプトで参加した人々が、保全活動の担い手となることを意図したプログラムを行おうとしている。人材育成を行って、生物多様性や森づくりのリーダーを養成することで活動を支援し、経験者達が各地で活動を広げ、再び上勝に戻ってくる事を狙っているのである。これはNPO 法人川塾が行っているサーモンバック方式に学んでいる。

人材に加えて、都市から里への経済の流れを考える場合、生物多様性の保全に向けて資金が流れる仕組みが欲しいと感じることが多くある。徳島県では森林環境税施策を採っていないので、森づくり関連のイベントや観察会の提供、農林水産業と関連する地産品の販売と視察や観光が主力になりそうである。

森づくりボランティアなどの自然体験活動はボランティア・ツーリズムとして個人からも企業からも収益できるようにすべきだろう。

このような直接的な経済活動とは別に、間接的

に都市とのつながりを関連づけた経済循環が起きている。環境と社会に配慮した消費行動でありエシカル消費あるいはエシカルと呼ばれ、生態系と生物多様性の経済学（TEEB）と通じている（環境省 HP：<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/h26/pdf/1-3.pdf> 2017.5 参照）。

調達から廃棄まで環境と社会に配慮した商品の消費が、都市と中山間地に生態系サービスをつなぎ、支えるという方法である。このような調達や企業のCSRや寄付行為によって、経済的な支援が、生態系サービスに還元させる仕組みに期待したい。エシカルに関しては、上勝町は平成29年度「ゼロ・ウェイスト型エシカル購買モデル形成特区」に取り組むと宣言した。（<http://www.pref.tokushima.jp/docs/2017051300018/> 2017.5 参照）。エシカル消費が生態系サービスに寄与することを期待している。

謝辞

本原稿は「都市が里山に関わるということー森里川海と都市住民ー」シンポジウムでの発表を再構成した、発表と議論の機会を与えてくださった関係者の皆さんに謝意を表する。

引用文献

矢原徹一・松田裕之・竹門康弘・西廣 淳（監修）.
2010. 自然再生ハンドブック. 264pp. 地人書館,
東京.

特集2 シンポジウム「都市が里山に関わるということ ―森里川海と都市住民―」

多様な主体による生物多様性保全に向けて ―イタセンネットを例に―

大阪府立環境農林水産総合研究所・水生生物センター 上 原 一 彦

Coordinate and cooperate with diversified bodies for conservation of biodiversity : Activities of Itasen-net as an example. Kazuhiko Uehara (*Aquatic Life Conservation Research Center, Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture*)

はじめに

多様な主体が連携して取り組む生物多様性保全の促進は、生物多様性基本法（2008年6月施行）をはじめ、生物多様性地域連携促進法（地域における多様な主体の連携による生物の多様性の保全のための活動の促進等に関する法律）（2011年10月施行）などに謳われている。多様な主体とは、行政、企業、地域住民、市民団体、専門家などを指す。本報では、多様な主体の連携促進について、淀川水系イタセンパラ保全市民ネットワーク（以下、イタセンネット）による生物多様性保全モデルを紹介したい。

イタセンネットの取り組みは、2015年7月に多様な主体が連携する生物多様性保全モデルとして日本水大賞の環境大臣賞を受賞するとともに、2016年10月には国連生物多様性の10年日本委員会による連携事業に認定されている。未だ試行錯誤の状況であるが、多様な主体との連携を模索している保全団体において、少しでも役立てば幸いである。

保全活動の現状

生物多様性をめぐって活動する市民団体を対象にした「いきもの意識しらべ2014」（国連生物多様性の10年市民ネットワーク；http://jcnundb.org/category/cbd_academics/ikimono/ 2017.5参照）によると、「自身の活動の中で難しさを感じることに」についての回答で、多くの関係者が人材不足を挙げている。現在、里山など自然環境の保全に取り組んでいる市民団体は、参加者の高齢化、固定化が進んでおり、活動を継続することが困難な団体も多い。

一方近年、CSR（企業の社会的責任）の一環として、生物多様性保全に取り組む企業も少なくない。従業員や退職者が保全活動に積極的に参加する例も見受けられる。大学や高等学校では、地元への地域貢献が求められていることや、生徒のボランティア活動参加が進学や就職に有利となる場合もあることから、学生向けに保全活動を紹介する学校も多い。これまで自然保護ボランティアに参加する学生は、生物や自然に関心が高い理系の学生が多かったが、近年では社会貢献の一環として、理系文系を問わず多くの学生が生物多様性保

全の取り組みに参加している。

一見すると現場の保全団体の要望と、都市部の企業や学校のニーズが合致しているように見えるが、実際にはこれらのマッチングや連携体制が適切ではない場合が多く、相互交流が進んでいないのが現状である。

保全シンボルの明確化

現場で活動している市民団体などが、企業や学生を呼び込む場合、保全すべきシンボル（場所、生物）を明確化し、目標を具体的に共有する必要がある。活動エリアが重要里地里山などに選定されている場合や、対象とする生物が天然記念物や種の保存法に指定されている場合、より高い価値観を共有可能であろう。その際、保全すべき場所や生物が、その地域固有の自然や生態系を代表するような存在であることが望ましい。本来その地域に生息しない生物をシンボルに位置づけることはあってはならない。シンボル化した場所や生物の保全に取り組むことにより、その地域固有の自然や生物、生態系が維持再生されることが理想である。

イタセンネットの運営体制

イタセンネットは、淀川のシンボルフィッシュと呼ばれているイタセンパラの保全に賛同する団体のネットワークである（上原，2016）。イタセンパラは国の天然記念物で、国内希少野生動植物種にも指定されており、現在、大阪府立環境農林水産総合研究所と国土交通省近畿地方整備局淀川河川事務所が野生復帰に取り組んでいる。ネットワークは2011年8月に17団体でスタートし、現在42団体に拡大している（図1）。以下に企業や大学等の多様な主体との連携を想定したイタセン

ネットの運営体制について紹介する。

イタセンネットは個人会員の制度はなく、団体のみで構成される。一般参加を募るイベントを除き、活動参加者に対するボランティア保険等の配慮は、各自が属する団体の責任による。個人での参加を希望する場合は、連携団体のいずれかに属することが前提となる。たとえば、筆者が所属する大阪府立環境農林水産総合研究所の場合、水生生物センターサポートスタッフに登録（無料）することにより、ボランティア保険が付与される。

保全活動に参画する際、ノルマとして資金援助や参加者動員が求められると、多くの団体は参加しづらい。イタセンネットでは、年会費等を徴収せず、活動ノルマも課していない。それぞれの団体は負担にならない範囲で保全に取り組み、ゆるい連携で繋がっている。そして参加団体はその規模に関係なく横並びである。保全に向けた活動方針などの重要な検討課題は、各団体の総意により、総会において決定する。

イタセンネットには関連する行政が参画している。行政の関与は、連携する民間団体にとって、大きな安心感となっている。これまで規模の小さな役所では、自然や生物の保全という業務に相当する行政上の担当課がない等の理由で、取り付く島がない状況が見受けられた。しかし、現在では、生物多様性基本法に記されているように生物多様性地域戦略を立案する市区町も数多く存在する。また、役所に自然や生物に係る担当課がない場合でも、文化や観光、街づくり等のテーマでは連携は可能であろう。ゆるい連携と横並びの組織構成、行政関与は、企業や大学の学生サークルなどの参画を促す際に有効である。

イタセンネットの運営は、連携する団体の自主的な関与により成り立っている。たとえば、会計、広報、各種調査に伴う許可申請、調査データの解析、啓発活動など、個別の実務はそれぞれの団体

〈市民団体、NPO等〉 ○ 旭屋市運営委員会 ● 一般社団法人 水生生物保全協会 ○ 一般社団法人 消防潜水連盟 ○ 自然にみちた水辺づくりプロジェクト ● 水生生物センター・サポートスタッフ ○ せいわエコクラブ ○ NPO法人 nature works ○ NPO法人 エコネット近畿 ○ NPO法人 大阪府海域美化安全協会 ○ 公益財団法人 河川財団 近畿事務所 ○ 公益社団法人 大阪自然環境保全協会 ○ 人を自然に近づける川いい会 ● 琵琶湖を戻す会 ● 淀川管内河川レンジャー ● 淀川水系イタセンバラ研究会 ○ 淀川を守ろう会 〈企業〉 ○ 大阪トヨタ自動車株式会社 CSR・お客様相談室 ○ 大阪トヨタ豊友会 地域貢献倶楽部 ○ 京都水族館 ○ 武田薬品工業株式会社 環境安全管理室 ○ パシフィックコンサルタンツ株式会社 ● パナソニック エコリレー ジャパン ○ パナソニック松愛会 大阪市内支部 ○ 株式会社 エコトラック ○ 株式会社 天辻鋼球製作所	〈大学等〉 ● 大阪工業大学 城北水辺クラブ ○ 大阪国際大学・大阪国際大学短期大学部 地域協働センター ○ 大阪国際大学・大阪国際大学短期大学部 プレッパース部 ● 大阪産業大学 エコ推進プロジェクト ● 大阪産業大学 水生生物研究室 ● 大阪商業大学 経済学部 原田ゼミナール ● 大阪府立大学 キャンパスビオトープ研究会 ● 大阪府立大学 里環境の会OPU ○ 近畿大学 バスバスターズ ● 摂南大学 エコシビル部 ○ ルネサンス大阪高等学校 環境保全クラブ 〈行政〉 ● 環境省 近畿地方環境事務所 ● 国土交通省 近畿地方整備局 淀川河川事務所 ● 大阪府 環境農林水産部 みどり企画課 ○ 大阪市 旭区役所 市民協働課 にぎわい創出担当 ○ 大阪市立自然史博物館 ● 大阪府立環境農林水産総合研究所 ●は設立時の連携団体 平成23年8月28日設立、平成29年6月15日現在42団体
--	---

図1. イタセンネットの連携団体.

(あるいは団体に所属する個人) が分担している。基本活動は、冬季を除く月数回の魚類調査を兼ねた外来種駆除と、年1回の外来魚駆除釣り大会であり、それ以外の取り組みについては、各団体が自主的に企画運営している。たとえばパナソニック エコリレー ジャパンでは、地域住民や従業員家族向けの自然観察会を主催したり、大阪トヨタ自動車株式会社は「大阪トヨタ独自 AQUA SOCIAL FES!! with イタセンネット」を開催するなど、ネットワークを活用した企画を実施している。

このようにイタセンネットでは、多様な主体が連携するメリットを生かし、運営資金の多少にかかわらず最低限の活動が継続できるよう、参加団体が可能な範囲で労力を分担している。

持続的な保全に向けた課題

前述の「いきもの意識しらべ2014」では、人材不足の声とともに、活動資金の不足を挙げる関係者が多い。イタセンネットでは活動エリア拡大

のため、インターネットで広く資金を調達するクラウドファンディングを行った。2015年12月に新たな活動場所で用いる地曳網の購入に必要な30万円の資金援助を募った。その結果、翌年1月にプロジェクトが成立し、45万5千円の支援を頂いた。クラウドファンディングは、まだ新しい概念で、広く浸透したシステムとはいえないが、保全活動に必要な資金を調達するツールとして検討すべきと思われる。

日頃の保全の現場では、除草や外来種駆除、土木作業など体力と根気を必要とする単純作業が多い。しばしば炎天下や雪中での作業が必要となる場合もある。そのような活動では、参加者のモチベーション維持が重要課題となる。その際、活動成果の「見える化」が肝要となる。目標に向かって僅かでも前進していることを示さなければ、活動は長続きしない。時には活動時に得られる自然の恵みを用いた食味イベントの開催など、参加者を飽きさせない工夫も必要である。

イタセンバラ生息地の地元大阪市旭区では、イ

タセンパラを区の魚に指定するとともに、ご当地キャラクター「パラッチ」を作成するなど、地域に根ざした取り組みが進んでいる。地域の自然や生物は、そこに住む地域住民や、価値観を共有する様々な人々がその恵みを享受し、世代を越えて大切に受け継がれることが理想である。

謝辞

イタセンネットの設立にあたって、一般社団法人水生生物保全協会の小林光理事長、パナソニック エコリレー ジャパンの山口進事務局長には多

大なご指導とご助言を賜った。心よりお礼申し上げます。なお、本ネットワークの体制整備は、新しい公共支援事業および地球環境基金の助成によって実施した。

引用文献

上原一彦．2016．イタセンパラ：生息地再生と野生復帰プロジェクト．「淡水魚保全の挑戦－水辺のにぎわいを取り戻す理念と実践－」（渡辺勝敏・森 誠一編），pp. 67－85．東海大学出版会，泰野．

特集2 シンポジウム「都市が里山に関わるということ ―森里川海と都市住民―」

「地域循環共生圏」の構築と大阪の生物多様性を支える能勢町の魅力

特定非営利活動法人大阪自然史センター 天 満 和 久

Construction of 'Regional circulation symbiotic area' and attraction of Nose Town supporting biodiversity in Osaka. Kazuhisa Tenma (*Osaka Natural History Center*)

はじめに

「生物多様性国家戦略 2012 - 2020」も終盤にむけ、特定非営利活動法人大阪自然史センターが事務局を務める大阪生物多様性保全ネットワークにおいても、その国家戦略に設定された5つの基本戦略の実現に向けて取り組みを進めている（道盛, 2012）。

そうした中、2016年度から3年間にわたり環境省の公募事業である「地域循環共生圏構築検討業務」を実施することとなった。これは、地域の自然資源のストックつまり自然資本の持続的な管理手法とそれを支える仕組みを備えた「地域循環共生圏」を構築して、日本の豊かな生物多様性と、その恵みを持続的に次世代に継承していく「環境・生命文明社会」の実現を目指すものである。具体的には、「多様な主体によるプラットフォームづくり」、「自立のための経済的仕組みづくり」、「人材育成」の活動を実施するとともに、森里川海が生み出す恵みの経済的な評価を行い、その効果を検証し、「地域循環共生圏」の構築に向けた具体的な方策の検討を行うものである。そして、その対象となった実証地域が大阪府吹田市と豊能郡能勢町である。今回はその能勢町が有する文化財的資産等の他、能勢町でのこれまでのさまざまな活

動等を通じて能勢の魅力伝えたい。

能勢町吉野地区における活動において、ともにギフチョウやキマダラルリツバメなどの保護活動に協力してくれた地元吉野地区の方々、とくに故岩井正行氏や故子安鎮郎氏、それに旧能勢町立歌垣小学校の奥畑司校長、辻新造教諭、谷口徹教諭他、たくさんの方々にご理解とご協力いただきましたこと、重ねて心より感謝申し上げます。また、調査等では、古川寛貴氏をはじめ、旧能勢町立歌垣小学校の生徒のみなさんにも感謝の意を示したい。

組織体制の拡充とそのねらい

大阪生物多様性保全ネットワークは教育機関・研究機関・NPO・行政・地域といった学官民で構成されており、その構成員会議のもとに「レッドデータブック専門部会」と「普及啓発専門部会」の2つの専門部会を設けられていたが、今回の事業を実施するにあたり、持続的な活動展開を見据えた取り組みとするため、新しく構成員を追加するとともに、新部会として「街と里の連携推進部会」を設置した。これは2016年12月21日に開催した大阪生物多様性保全ネットワーク構成員会議で承認された。これにより、吹田市環境部環境

政策室、能勢町環境創造部地域振興課、公益財団法人大阪みどりのトラスト協会、大阪府森林組合が新たに構成員として加わり、「街と里の連携推進部会」には上記の新たな構成員に加え、既存の大阪府環境農林水産部、大阪府北部農と緑の総合事務所みどり環境課、公立大学法人大阪府立大学、大阪市立自然史博物館、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所、生物多様性かんさい、特定非営利活動法人大阪自然史センターで構成されることとなった。

この部会では、以下のような活動を目指していく。

1. 能勢町内の里山の保全・整備に関する協議・調整
 2. 都市と農山村の交流を通じた生物多様性保全の普及啓発活動
 3. 里山の保全・活用に関する取組などを通じた青少年等の次世代への環境教育活動
- などである。

こうした活動を通じて、都市及び都市近郊でのモデルとして、それぞれの地域特性を活かしながら、本事業が目指す3つの活動をきっかけとして、経済循環や産業振興の増大が図れればと考えている。

能勢町における生物多様性に関するポテンシャル

事業の主な実施場所となる能勢町は、大阪府が指定する大阪府自然環境保全地域の妙見山（正式には、無漏山眞如寺境外仏堂能勢妙見山の寺を中心とした9.50ha（うち特別地区5.75ha））、また大阪府緑地環境保全地域の三草山（山頂の南東部周辺14.48ha（うち野生動植物保護地区14.48ha）及び地黄湿地（地黄財産区の一部で、湧水湿地とその周辺の集水域17.70ha（うち野生動植物保護地区17.70ha））を有している。あわせて2014年

版大阪府レッドリストにおいても、大阪府内の生物多様性ホットスポットとして、Aランクに1箇所、Bランクに4箇所、Cランクに1箇所が能勢町から選定されている（大阪府、2014）。これは能勢町には今なお、さまざまな生物をはぐくむ多様な環境が残されていることを意味するものである。このようなことから、能勢町が大阪府内の生物多様性を考える際、重要となる地域のひとつであることは明らかである。

生物多様性の保全や里山環境の評価について、さまざまな生物を指標とした研究が行われている。なかでも、昆虫類ではチョウ類群集を用いたものがよく知られている（石井ほか、1991；服部ほか、1997；竹中ほか、2004；西中、2015）。

これまで、大阪府には102種（偶産蝶、迷蝶、人為的に持ち込まれた蝶を除く）のチョウ類が確認されている（大阪昆虫同好会、2013）。うち、能勢町からの記録は94種で（仲田、1982）、そのチョウ類の多様性に改めて驚かされる。

そうしたことを地元の子どもたちにも実感してもらうため、旧能勢町立歌垣小学校において、学校周辺で確認できるチョウ類を調べてもらうこととした。調査は、2014年及び2015年の4月から10月のおもに成虫が飛び交う時期を中心に、授業時間内の1時間30分程度とし、天候にかかわらず実施した。そのため、ルートセンサスのようなものではなく、地域のチョウ類相の基礎資料程度を目的としたものである。基本的に捕虫網を使用するのは子どもたち10名程度で、自分たちが捕獲し、捕獲したものが何なのかということを自らが考えることとした。これは、チョウ類に身近に触れ、より関心をもってもらうためである。12月はオオムラサキの幼虫を探すこととした。

その結果、確認することができたチョウ類は表1に示されるとおり30種をこえ、その中には2014年版大阪府レッドリスト掲載種が3種含ま

表 1. 旧能勢町立歌垣小学校周辺において 2014 年及び 2015 年に確認されたチョウ類.

種 名		2014 年					2015 年				備考
		4.23	6.4	7.11	10.1	12.18	6.4	6.24	7.8	9.4	
アゲハチョウ科	Papilionidae										
ジャコウアゲハ	<i>Atrophaneura alcinous</i>			+					+		
アゲハチョウ	<i>Papilio xuthus</i>			+			+	+	+		
クロアゲハ	<i>Papilio protenor</i>						+			+	
ナガサキアゲハ	<i>Papilio memnon</i>		+					+			
モンキアゲハ	<i>Papilio helenus</i>		+								
シロチョウ科	Pieridae										
モンキチョウ	<i>Colias erate</i>	+	+				+				
ツマキチョウ	<i>Anthocharis scolymus</i>	+									
モンシロチョウ	<i>Pieris rapae</i>	+	+				+	+			
シジミチョウ科	Lycanidae										
キマダラルリツバメ	<i>Spindasis takanonis</i>							+			絶滅危惧 I 類 (CR+EN)
ベニシジミ	<i>Lycaena phlaeas</i>	+		+	+		+	+	+		
ゴイシシジミ	<i>Taraka hamada</i>							+	+		
ヤマトシジミ	<i>Pseudozizeeria maha</i>				+			+	+		
ルリシジミ	<i>Celastrina argiolus</i>							+	+		
ツバメシジミ	<i>Everes argiades</i>							+		+	
ウラギンシジミ	<i>Curetis acuta</i>				+						
タテハチョウ科	Nymphalidae										
テングチョウ	<i>Libythea celtis</i>		+				+	+	+		
ツマクロヒョウモン	<i>Argyreus hyperbius</i>		+		+		+	+	+		
コミスジ	<i>Neptis sappho</i>			+							
ホシミスジ	<i>Neptis pryeri</i>						+		+		
ヒオドシチョウ	<i>Nymphalis xanthomelas</i>						+				
アカタテハ	<i>Vanessa indica</i>						+				
ゴマダラチョウ	<i>Hestina persimilis</i>						+				
オオムラサキ	<i>Sasakia charonda</i>					+					準絶滅危惧 (NT)
ヒメウラナミジャノメ	<i>Ypthima argus</i>		+		+		+	+	+	+	
ジャノメチョウ	<i>Minois dryas</i>			+					+		
クロヒカゲ	<i>Lethe diana</i>		+				+	+		+	
ヒカゲチョウ	<i>Lethe sicelis</i>									+	
サトキマダラヒカゲ	<i>Neope goschkevitschii</i>						+			+	
ヒメジャノメ	<i>Mycalasis gotama</i>						+				
セセリチョウ科	Hesperiidae										
オオチャバネセセリ	<i>Polytremis pellucida</i>							+			準絶滅危惧 (NT)
イチモンジセセリ	<i>Parnara guttiata</i>			+						+	

れていた。この子どもたちとの調査の他にも、シロチョウ科のキタキチョウ、タテハチョウ科のミドリヒョウモンやイチモンジチョウを確認することができた。

一方、近年、各地でシカの採食行動などによる森林生態系への被害は、里地里山の生物多様性が危機的な状況になっていることに加えて、森林の再生・更新といった点についても問題となっている（前迫，2009；常俊，2009）。この問題は採食を直接受ける植物に限らず、それに関連したチョウ類をはじめとした昆虫類への影響も懸念されている（岸本，2013；近藤，2013）。このようなこ

とは、自然豊かな能勢町においても少なからず影響を受けており、その現状を早急に把握し、その対策なども検討していかなくてはならない。

シカやイノシシによる獣害被害を避けるために周囲に柵が張りめぐらされた銀寄のクリ林には、林縁部などにみられる希少な草本植物が多種にわたり林床をにぎわせている。つまり、クリ林での営みとその林床の植物の多様性を保持していることになるのである。ここにクリ林の管理と生物多様性の保全との関係性が垣間見える。

このように、能勢町の生物多様性を知る上でも、チョウ類をはじめとした生物相のモニタリング調

査なども、今後とも継続的に実施していきたいと考えている。

おわりに

このように豊かな自然が残されている能勢町であるが、一方で文化的にも豊かであることを忘れてはならない。能勢町役場のホームページ（2015年9月現在）によると、能勢町内の指定文化財として、能勢町指定文化財12、大阪府指定文化財19、国指定文化財4、国登録文化財1を有している。その中には自然物として、大阪府指定文化財には倉垣天満宮のイチョウ、八坂神社のシイ、天王のアカガシ、妙見山のブナ林の4つの大阪府指定天然記念物が、国指定文化財には特別天然記念物のオオサンショウウオ、国指定天然記念物の野間の大ケヤキが含まれている。その他にも、仏像なども数多く指定されている。能勢の浄瑠璃は国指定文化財ともなっている。また、能勢町内には縄文期の土器や石器、弥生期の石包丁などにつづき、遺跡や古墳も数多く残されており、古代から脈々と受け継がれてきた能勢の歴史性も感じられる。

また、能勢町の特産品に関する言葉にもあるように“三黒（さんぐろ）三白（さんぱく）”のひとつでもある、里山が人間の文化や生活に深く関わってきた菊炭もまさにそのひとつである。三黒とは、炭・栗・牛のことであり、三白とは、米・寒天・高野豆腐をさしている（能勢町、1985）。これらは生物多様性を基盤とする生態系からの恵みと関連している。

能勢町でのギフチョウの保全（植田ほか、2010）についても、その昔、個人所有の山林にはスギやヒノキの植林がなされ、燃料をとるために残されてきた共有林や個人所有のわずかなクリ林がギフチョウにとって好都合な落葉広葉樹林とし

て残存していた。しかし、高齢化や人手不足に加えて、薪炭として利用することも極端に少なくなり、手入れ不足の里山となっていく。そんな里山にでも、ほそぼそと希少な動植物が生きながらえてきたのである。そこにシカのような大型哺乳類がギフチョウの幼虫の餌であるミヤコアオイまでも食べてしまったのである。

陸域の自然つまり広義の里地里山に暮らす動植物は、人の営みと大きな関わり合いをもちながら、共存してきたのである。能勢町においてもその通りであるが、単に薪炭や肥料を採取するだけではなく、銀寄などのクリ林がその一躍を担ってきたのである。今回の事業をきっかけとして、自然と文化が織りなすすばらしい環境に恵まれた能勢町での生物多様性を確保するとともに、その魅力をさらに発信していくため、地元の方々とともにさまざまな手段を検討していきたい。

引用文献

- 服部 保・矢倉資喜・武田義明・石田弘明.
1997. 蝶類群集による自然性評価の一方方法. 人と自然, 8: 41 - 52.
- 石井 実・山田 恵・広渡俊哉・保田淑郎.
1991. 大阪府内の都市公園におけるチョウ類群集の多様性. 環動昆, 3 (4): 183 - 195.
- 岸本年郎. 2013. シカが生物多様性や昆虫に与える影響. チョウの舞う自然, 17: 8 - 10.
- 近藤伸一, 2013. シカがチョウ類に与える影響 - 兵庫県における状況 -. チョウの舞う自然, 17: 12 - 15.
- 前迫ゆり. 2009. 森とシカの生態学的問題をめぐって. 関西自然保護機構会誌, 31 (1): 39 - 48.
- 道盛正樹. 2012. 大阪生物多様性保全ネットワークの取り組み. 地域自然史と保全, 34 (2):

- 131－136.
- 仲田元亮. 1982. 増補改訂能勢の昆虫(蝶の部). 304pp. 阪堺出版印刷, 大阪.
- 西中康明. 2015. 昆虫類を指標とした里山の生物多様性の保全に関する研究. 環動昆, 26(2): 63－68.
- 能勢町. 1985. 能勢町史第5巻. 665pp. 河北印刷株式会社, 京都.
- 大阪府. 2014. 大阪府レッドリスト2014. 48pp. 大阪府, 大阪.
- 大阪昆虫同好会. 2013. 増補改訂版大阪府の蝶. 288pp. 北東工業株式会社, 大阪.
- 竹中 健・野津晃司・吉田宗弘. 2004. チョウ類群集を指標に用いた神戸市内保養地の里山環境評価. 環動昆, 15(2): 119－130.
- 常俊容子. 2009. 大阪のシカ事情. 関西自然保護機構会誌, 31(1): 49－56.
- 植田義輔・森地重博・天満和久. 2010. 大阪府能勢町におけるギフチョウの保全活動. 昆虫と自然, 45(6): 17－21.

原 著

カワムツ属2種とオイカワの交雑個体の 形態比較およびミトコンドリア DNA 解析

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 松 岡 悠
大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 平 井 規 央
大阪府立大学大学院生命環境科学研究科 石 井 実

Mitochondrial DNA and morphologic analysis of the hybrids of *Candidia* spp. and *Opsariichthys platypus*. Haruka Matsuoka, Norio Hirai and Minoru Ishii (*Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Prefecture University*)

We collected the specimens of the dark chubs *Candidia sieboldii* and *C. temminckii*, the pale chub *Opsariichthys platypus*, and the suspected hybrids of *Candidia* spp. and *O. platypus* in the Senzu River, Wakayama Prefecture and in the Daisoku River, Kagawa Prefecture, western Japan. We conducted both morphological analysis and genetic analyses using the *cyt b* gene of mtDNA on these specimens. The phylogenetic analysis based on the *cyt b* sequences showed that the three species diverged into three clades; two individuals suspected as hybrids were included in the same clade as *O. platypus*. Principal component analysis based on morphological characteristics separated the three species into three groups, and the suspected hybrids from Wakayama and Kagawa Prefectures fell midway between *C. sieboldii* and *O. platypus* and between *C. temminckii* and *O. platypus*, respectively. These results demonstrate that the maternal line of both suspected hybrids is *O. platypus*; the paternal lines of the suspected hybrids from Wakayama and Kagawa Prefectures are presumed to have been *C. sieboldii* and *C. temminckii*, respectively.

Keywords : *Candidia* spp., *Opsariichthys platypus*, hybrid, genetic analysis, morphologic analysis

要旨:和歌山県の紀ノ川水系支流千手川, 香川県の大東川水系大東川からカワムツ属のヌマムツ, カワムツと, ハス属のオイカワ, およびそれらの属間交雑が疑われる個体が採集された。これらの3種と交雑が疑われる個体について, ミトコンドリア DNA の *cyt b* 遺伝子塩基配列を用いた遺伝子解析と形態比較を行った。分子系統樹を推定したところ, 3種は種ごとに3つのクレードに分かれ, 交雑が疑われる2個体はいずれもオイカワのクレードに含まれた。形態比較では7形質のデータに基づく主成分分析を行った。その結果, 3種は3つのグループに分かれ, 和歌山県産の交雑が疑われる個体はヌマムツとオイカワ, 香川県産の交雑が疑われる個体はカワムツとオイカワの中間に位置した。また, 各形態形質について比較したところ, 側線上方鱗数, 側線鱗数, 背鰭前方鱗数の3形質で主成分分析と同様の結果が得られた。これらのことから, 交雑が疑われる2個体の母系はオイカワ, 父系は和歌山県産の個体がヌマムツ, 香川県産の個体がカワムツである可能性が高いと考えられた。また, これらの個体の生殖腺には発達が認められず, 繁殖能力はもたないことが示唆された。和歌山県のオイカワは人為的移入による分布とされているため, 国内外来種オイカワが在来種ヌマムツに対して, 交雑による繁殖干渉等の影響を与えていることが懸念された。

キーワード: カワムツ属, オイカワ, 交雑, 遺伝子解析, 形態観察

はじめに

西日本の河川に生息する淡水魚のカワムツ属 *Candidia* とハス属 *Opsariichthys* (いずれもコイ科) は、属間で交雑することが知られており、埼玉県、福井県、香川県、山口県ではヌマムツ *C. sieboldii* とオイカワ *O. platypus* (酒井ほか, 1992; 渡辺・坂戸自然史研究会, 2000; 安芸, 2004; 加藤, 2004), 愛知県, 広島県ではカワムツ *C. temminckii* とオイカワ (吉郷, 2000; 荒尾・下山, 2006), 九州地方ではヌマムツとハス *O. uncirostris* (鬼倉・向井, 2013) の交雑個体が報告されている。これらの交雑個体のうち、カワムツ属 2 種とオイカワの交雑個体については、これらが各種間の中間的な形態的特徴を示すことから交雑個体と判断されている (酒井ほか, 1992; 吉郷, 2000; 加藤, 2004; 荒尾・下山, 2006)。3 種は、2013 年まで同属 *Zacco* とされていたが、形態比較と Chen et al. (2008) が示した分子系統関係からヌマムツとカワムツはカワムツ属 *Candidia*, オイカワはハス属 *Opsariichthys* とされている (細谷, 2013)。

本研究では、和歌山県和歌山市と香川県丸亀市で採集されたカワムツ属とオイカワの交雑が疑われる個体について、形態的特徴を比較するとともに、ミトコンドリア DNA の解析結果について報告する。

本研究を遂行するにあたり、標本の収集にご協力いただいた高槻市立自然博物館の花崎勝司氏、自然再生学会の三宅壽一氏、京都大学大学院 (当時) の小松聖児氏、および大阪府立大学 (当時) の猪塚彬士氏、大阪府立大学大学院 (当時) の原仁志氏に厚くお礼申し上げます。また、データの統計解析にあたりアドバイスをいただいた大阪府立大学大学院の鈴木真裕氏に感謝申し上げます。

調査地と方法

2011 年 11 月 16 日に和歌山県和歌山市の紀ノ川水系支流千手川, 2012 年 3 月 5 日に香川県丸亀市の大東川水系大東川で魚類の採集調査を実施した。採集はタモ網を使用して行った。採集した個体は細谷 (2013) に従い、体側の色帯の方向、側線鱗数、臀鰭分岐軟条数などに基いて同定した。

遺伝子解析には和歌山県千手川産のヌマムツ 11 個体, カワムツ 3 個体, 交雑が疑われる 1 個体 (以下, OM-W; Fig. 1) および香川県大東川産のヌマムツ 10 個体, カワムツ 1 個体, 交雑が疑われる 1 個体 (以下, OM-K; Fig. 2) を用いた。また、比較のために 2015 年 6 月 28 日に和歌山県日高郡の水路で採集したカワムツ 3 個体, 2012 年 3 月 6 日に香川県丸亀市土器川で採集したカワムツ 5 個体も使用した。全 DNA は鰭や粘膜から DNA すいすいー F (株式会社リーゾ製) を用いて抽出した。ミトコンドリア DNA の cytochrome *b* 遺伝子の一部を増幅する PCR は、プライマーに nscytbf (5'-GAG ACC AAT GAC TTG AAG AAC CAC-3') と F7420C05 (5'-TYC GAC YYC CGR WTT ACA AGA CCG-3') (Takehana et al., 2003) を使用し、サーマルサイクラー (C1000 Thermal Cycler, Bio-Rad) で、94℃ 120 秒, 次に 94℃ 90 秒・55℃ 120 秒・72℃ 120 秒を 29 サイクルの条件下で行った。PCR 増幅産物は精製後、シーケンサー (ABI PRESIM®3100 Genetic Analyzer, Applied Biosystem) を使用して配列を読み取り、得られた配列は GenBank/EMBL/DDBJ [accession numbers. LC158447-LC158448, LC168798-LC168827, LC168833-LC168835] に登録した。また、比較のため、GenBank/EMBL/DDBJ に登録されている滋賀県彦根市産のヌマムツ (LC021311), 滋賀県高島市産のカワムツ (LC021310) および



Fig. 1. A suspected hybrid individual of *Candidia sieboldii* and *Opsariichthys platypus* collected in the Senzu River in Wakayama Prefecture, western Japan on November 16, 2011.



Fig. 2. A suspected hybrid individual of *Candidia temminckii* and *Opsariichthys platypus* collected in the Daisoku River in Kagawa Prefecture, western Japan on March 5, 2012.

滋賀県長浜市産のオイカワ (LC019793) の塩基配列 (Kitanishi et al., 2016) を一緒に解析した。MEGA6 (Tamura et al., 2013) を用いて、デフォルトの設定でこれらの塩基配列のアライメントを行った。ハプロタイプの系統解析は MEGA6 を使用し、BIC (Bayesian information criterion; Schwarz, 1978), AICc (Akaike's information criterion corrected for small sample sizes; Hurvich & Tsai, 1989) によって選択された TN93 (Tamura-Nei model; Tamura & Nei, 1993) +G (Yang, 1996) モデルに基づいて、NJ (neighbor-joining; Saitou & Nei, 1987) 系統樹を推定した。系統樹は 1,000 回反復のブートストラップ法を用いて評価した。

形態観察には、遺伝子解析に用いた個体のうち、和歌山県産ヌマムツ 9 個体、カワムツ 6 個体、OM-W, 香川県産ヌマムツ 10 個体、カワムツ 6 個体、OM-K を用いた。そのほかに 2015 年 6 月 28 日に和歌山県日高郡の水路で採集した遺伝子解析を行っていないカワムツ 3 個体を用いた。また、比較のために 2011 年 10 月 29 日, 2012 年 1 月 19 日, 5 月 17 日に大阪府阪南市男里川で採集したオイカワ 12 個体も使用した (きしわだ自然資料館収蔵標本: KSNHM-P3166, 3217, 3337)。

形態計測は酒井ほか (1992), 吉郷 (2000), 加藤 (2004), 細谷 (2013) を参考にして, 標準体長, 体高, 頭長, 眼径, 臀鰭分岐軟条数, 側線上方鱗数, 側線鱗数, 背鰭前方鱗数の 8 形質について行った。3 種の比較については, 分散分析 (ANOVA) で有意な差が認められた場合は Tukey-Kramer 法による多重比較を行った。

これらの計測値のうち, 標準体長を除いた 7 形質に基づく主成分分析を行った。解析には R (3.2.2) を用いた。

結果

和歌山県と香川県で採集されたヌマムツ 21 個体とカワムツ 15 個体, 交雑が疑われる 2 個体について, ミトコンドリア DNA の cytochrome *b* 遺伝子 (1,152 bp) の塩基配列を決定した。その結果, ヌマムツは和歌山県から 1 ハプロタイプ (Cs-W), 香川県から 1 ハプロタイプ (Cs-K), カワムツは和歌山県から 2 ハプロタイプ (Ct-W1, W2), 香川県から 2 ハプロタイプ (Ct-K1, K2) が確認された。交雑が疑われる個体の塩基配列 (OM-W, K) はいずれもオイカワに類似しており, 系統樹

を推定したところ、オイカワのクレードに含まれた (Fig. 3)。なお、形態的特徴と遺伝子解析による同定結果は、遺伝子解析に使用したヌマムツとカワムツの全標本で一致した。

ヌマムツ 19 個体、カワムツ 15 個体、オイカワ 12 個体および交雑が疑われる OM-W、OM-K の 8 形質を計測し、体高、頭長、眼径は標準体長比を算出した。Table 1 に、標準体長を除く 7 形質の計測値を示した。その結果、標準体長に対する体高を除く 6 形質で種間に有意な差が認められた (Tukey-Kramer 法, $p < 0.05$)。標準体長に対する

頭長と眼径の平均値はオイカワがそれぞれ 25.4、6.5%であり、カワムツ属 (それぞれ 26.8、7.8 ~ 8.5%) より低かった。また、同定形質とされる臀鰭分岐軟条数と側線鱗数の平均値は細谷 (2013) と一致し、側線上方鱗数の平均値はヌマムツ、カワムツ、オイカワが 13.9、11.0、9.1%、背鰭前方鱗数の平均値は 25.4、21.9、16.1%とヌマムツ、カワムツ、オイカワの順に高かった。

和歌山県で採集された OM-W は標準体長 104.0mm で、体側部にはカワムツ属の特徴であるがね色の縦帯が薄く確認された (Fig. 1)。胸

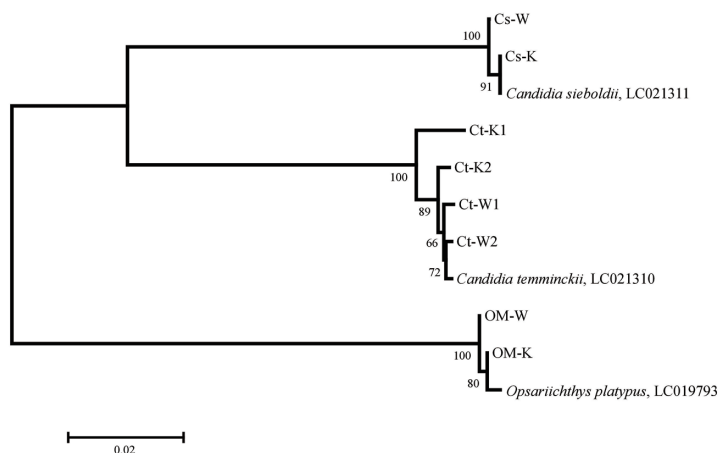


Fig. 3. A NJ tree of *Candidia sieboldii*, *C. temminckii*, *Opsariichthys platypus* and two suspected hybrids based on the mtDNA cytochrome *b* sequences (1,152 bp). Numerals at nodes indicate NJ bootstrap probabilities.

Table 1. The mean measured values and standard deviations of morphological characteristics of *Candidia sieboldii*, *C. temminckii*, *Opsariichthys platypus*, and the measured values of two suspected hybrids, OM-W and OM-K. Different alphabets indicate significant differences ($P < 0.05$ by Tukey-Kramer's test).

Characteristics	<i>C. sieboldii</i> n = 19	<i>C. temminckii</i> n = 15	<i>O. platypus</i> n = 12	OM-W n = 1	OM-K n = 1
Body depth/ Standard length (%)	21.9 ± 1.1 a	23.3 ± 1.4 a	21.5 ± 2.1 a	23.4	20.4
Head/ Standard lengths (%)	26.8 ± 1.1 a	26.8 ± 1.0 a	25.4 ± 0.8 b	25.5	25.4
Eye diameter/ Standard length (%)	7.8 ± 0.8 a	8.5 ± 0.9 a	6.5 ± 1.0 b	5.7	7.4
No. of anal fin rays	9.0 ± 0.0	10.0 ± 0.0	9.0 ± 0.0	9	10
No. of scales above lateral line	13.9 ± 0.7 a	11.0 ± 0.8 b	9.1 ± 0.7 c	12	11
No. of lateral line scales	56.8 ± 2.9 a	48.3 ± 2.8 b	43.2 ± 1.5 c	49	45
No. of predorsal scales	25.4 ± 1.6 a	21.9 ± 1.6 b	16.1 ± 1.2 c	23	20

鰭と腹鰭の前縁は朱色で、ヌマムツ、オイカワの特徴と一致した。香川県産のOM-Kは標準体長52.9mmで体側部には縦帯があり、胸鰭と腹鰭の前縁は黄色で形態的特徴はカワムツ属に類似していた (Fig. 2)。計測した形質のうち種間に有意な差が認められた6形質について交雑が疑われる2個体と3種を比較すると、標準体長に対する頭長はOM-W, Kが25.5, 25.4%で、オイカワの平均値25.4%とおおよそ一致した。一方、眼径はOM-Wが5.7%, OM-Kが7.4%で、OM-Kはカワムツ (8.5%) とオイカワ (6.5%) の平均値の間であった。臀鰭分岐軟条数はOM-Wが9でヌマムツ、オイカワ、OM-Kは10でカワムツと一致した。3種で平均値が異なる側線上方鱗数、側線鱗数、背鰭前方鱗数はいずれもOM-WがOM-Kより高かった。また、OM-Wは側線上

方鱗数、側線鱗数、背鰭前方鱗数が12, 49, 23で、3形質ともカワムツの平均値 (順に11.0, 48.3, 21.9) よりも高く、OM-Kは側線鱗数、背鰭前方鱗数が45, 20で、カワムツとオイカワ (順に9.1, 43.2, 16.1) の間であった。

7形質について行った主成分分析の結果、3種は3つのグループに分かれ、OM-Wはヌマムツとオイカワ、OM-Kはカワムツとオイカワの中間に位置した (Fig. 4)。

考察

本研究では、和歌山県と香川県で採集されたカワムツ属とオイカワの交雑が疑われる個体について、遺伝子解析と形態観察を行った。遺伝子解析には母系遺伝とされるミトコンドリアDNAを使用したため、交雑が疑われる2個体の母系はオイカワであることが明らかになった。形態計測値の主成分分析の結果から、和歌山県産のOM-Wはヌマムツとオイカワの交雑個体、香川県産のOM-Kはカワムツとオイカワの交雑個体であると考えられた。各形質のうち、側線上方鱗数、側線鱗数、背鰭前方鱗数でOM-Wはヌマムツとオイカワ、OM-Kはカワムツとオイカワの中間的な値を示した。また、OM-Wの胸鰭と腹鰭の前縁にはヌマムツとオイカワが呈する朱色が観察され、OM-Kの胸鰭と腹鰭はカワムツと同様に黄色であったが、これらのことも主成分分析の結果と矛盾しなかった。

カワムツ属2種とオイカワの繁殖行動は比較的類似しており、基本的に雄と雌の一对で行われることが知られている (川那部・水野, 1989)。渡辺・坂戸自然史研究会 (2000) はオイカワの雄がヌマムツの産卵に参加する例は観察されるものの、ヌマムツの雄がオイカワの産卵に参加する例は確認されなかったとしている。また、鬼倉・向

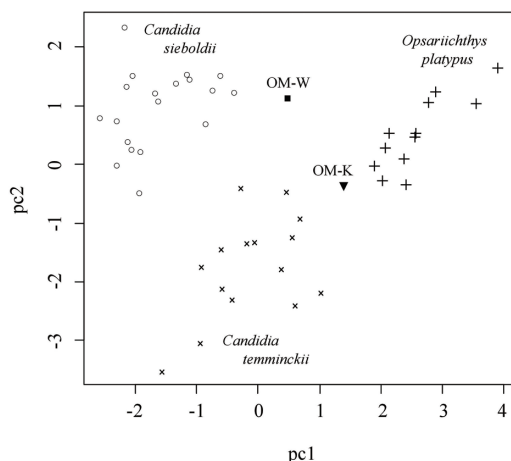


Fig. 4. Principal component analysis (PCA) based on 7 morphological characteristics of *Candidia sieboldii*, *C. temminckii*, *Opsariichthys platypus* and two suspected hybrids. Open circles, x-marks, plus signs, close squares and close triangles represent *C. sieboldii*, *C. temminckii*, *O. platypus*, OM-W and OM-K, respectively. The contribution ratios of pc1 and pc2 axes were 0.47 and 0.28, respectively, and the cumulative contribution ratio was 0.75.

井 (2013) は九州地方でヌマムツとハスの交雑個体を確認し、それらのミトコンドリア DNA の配列はハスと同じであったと報告しているが、この場合、ヌマムツの雄がハスの産卵に参加したと推測される。本研究で遺伝子解析に用いた交雑個体 OM-W, K はともに母系がオイカワであったことから、カワムツ属の雄がオイカワの産卵に参加したことで生じた可能性が高いと考えられる。

ヌマムツとオイカワの交雑個体の繁殖能力については、酒井ほか(1992)が生殖腺の状態を観察し、極めて未発達であることを確認している。本研究で使用した交雑個体 2 個体のうち、香川県産の OM-K は未成魚であり、和歌山県産の OM-W は成魚であったが、生殖腺の発達は認められなかった。また、カワムツ属 2 種とオイカワの交雑個体は埼玉県から山口県に至る各地から記録があるものの (酒井ほか, 1992; 渡辺・坂戸自然史研究会, 2000; 吉郷, 2000; 安芸, 2004; 加藤, 2004; 荒尾・下山, 2006), 確認された個体数は酒井ほか (1992) で 10 個体, 渡辺・坂戸自然史研究会 (2000) で 20 個体以上である以外は 1 ～ 数個体と少なかった。これらのことから、カワムツ属とオイカワが同所的に生息する場所では、交雑個体が偶発的に発生するが、それらの個体数密度は極めて低く、繁殖能力はもたない可能性が高いと考えられる。

鬼束ほか (2012) は統計的手法を用いてカワムツのオイカワに対する忌避行動を観察している。また、川那部 (1969) はカワムツ (ヌマムツが独立種となる以前で、本研究のカワムツかヌマムツのいずれを指すかは不明) とオイカワが、多様な河川環境下において同所的に生息していても互いに微生息場所を変えていることを確認している。産卵場所については、カワムツは淵尻から平瀬にかけての砂泥底や礫底部を利用するのに対し、オイカワは平瀬の岸寄りの流れがゆるい砂礫底であるとされ (川那部・水野, 1989), それらはある

程度分離していると考えられる。しかし、開発によって一様化された河川環境下では、生息環境が開発前より重なる可能性が高く、雑種形成の機会を増加させる一因になっていると考えられる。近年、多くの淡水魚類が国内外来種として各地で確認されており、カワムツ属 2 種およびオイカワも本来は生息しない地域に分布を拡大している (細谷, 2013; 斎藤, 2015)。本研究で採集を行った香川県では 3 種とも自然分布とされているが、和歌山県のオイカワは人為的導入による分布とされている (細谷, 2015)。和歌山県でオイカワとヌマムツの交雑個体 OM-W が確認されたことから、国内外来種のオイカワが在来種のヌマムツに対して、繁殖能力を持たない交雑個体を生じることによって繁殖機会を奪う繁殖干渉等の影響を与えていることが懸念される。河川環境の一様化やカワムツ属とオイカワの生息環境の重複が互いに与える影響の程度については、継続した個体群の観察によって明らかにすることが必要である。

引用文献

- 安芸昌彦. 2004. 栗林公園の淡水魚類. 香川生物, 31 : 13 – 22.
- 荒尾一樹・下山淳二. 2006. 愛知県で採集されたオイカワとカワムツの交雑個体. 豊橋市自然史博物館研報, 16 : 53 – 54.
- Chen, I. S., J. H. Wu & C. H. Hsu. 2008. The taxonomy and phylogeny of *Candidia* (Teleostei: Cyprinidae) from Taiwan, with description of a new species and comments on a new genus. *Raffles Bulletin of Zoology*, 19 : 203–214.
- 細谷和海. 2013. コイ科. 「日本産魚類検索 全種の同定 第三版」(中坊徹次編), pp. 318, 1815. 東海大学出版会, 泰野.
- . 2015. コイ目. 「山溪ハンディ図鑑 15 日

- 本の淡水魚」(細谷和海編), pp. 88 – 95. 山と溪谷社, 東京.
- Hurvich, C. M. & C. L. Tsai. 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika*, 76 (2) : 297–307.
- 加藤文男. 2004. 福井県におけるオイカワ属魚類の分布と雑種の記録. 福井市自然史博物館研究報, 51 : 15 – 24.
- 川那部浩哉. 1969. 川と湖の魚たち. 196pp. 中公新書, 東京.
- ・水野信彦. 1989. 日本の淡水魚. 720pp. 山と溪谷社, 東京.
- Kitanishi, S., A. Hayakawa, K. Takamura, J. Nakajima, Y. Kawaguchi, N. Onikura & T. Mukai. 2016. Phylogeography of *Opsariichthys platypus* in Japan based on mitochondrial DNA sequences. *Ichthyological Research*, doi 10.1007/s10228-016-0522-y.
- 鬼束幸樹・秋山壽一郎・松田孝一郎・臼杵幸平・竹内 光. 2012. 板櫃川における魚類生息域の季節変化の調査. 土木学会論文集 B1 (水工学), 68 (4) : I_703 – I_708.
- 鬼倉徳雄・向井貴彦. 2013. 有明海沿岸域のクリーク地帯における国内外来魚の分布パターン. 「見えない脅威 “国内外来魚” — どう守る地域の生物多様性 —」(向井貴彦・鬼倉徳雄・淀 太我・瀬野 宏編), pp. 25 – 37. 東海大学出版会, 泰野.
- 斎藤憲治. 2015. オイカワの仲間. 「くらべてわかる 淡水魚」, pp. 38 – 41. 山と溪谷社, 東京.
- Saitou, N. & M. Nei. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution*, 4 : 406–425.
- 酒井治己・永田昭広・藤岡 豊. 1992. 山口県におけるオイカワ属魚類の分布と雑種の出現. 水産大学校研究報告, 40 : 75 – 82.
- Schwarz, G. 1978. Estimating the dimension of a model. *The Annals of Statistics*, 6 : 461–464.
- Takehana, Y., N. Nagai, M. Matsuda, K. Tsuchiya & M. Sakaizumi. 2003. Geographic variation and diversity of the cytochrome b gene in Japanese wild populations of Medaka, *Oryzias latipes*. *Zoological Science*, 20 : 1279–1291.
- Tamura, K. & M. Nei. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10 : 512–526.
- Tamura, K., G. Stecher, D. Peterson, A. Filipski & S. Kumar. 2013. MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6. 0. *Molecular Biology and Evolution*, 30 : 2725–2729.
- 渡辺昌和・坂戸自然史研究会. 2000. 魚の目から見た越辺川. 160pp. まつやま書房, 東松山.
- Yang, Z. 1996. Among-site rate variation and its impact on phylogenetic analyses. *Trends in Ecology and Evolution*, 11 (9) : 367–372.
- 吉郷英範. 2000. 広島県下におけるオイカワ属の交雑個体の記録とカワムツ A 型の分布 (予報). 比婆科学, 194 : 1 – 8.

原 著

春日山原始林において観察記録が途絶えた鳥類の音声による再確認

大阪市立大学・大学院理学研究科	大 矢 樹 *
大阪市立大学理学部	岡 本 真 帆 *
大阪市立大学理学部	武 田 紗 季
大阪市立大学大学院理学研究科	伊 東 明
大阪市立大学大学院理学研究科	名 波 哲

Sound recordings of rare bird species in the Kasugayama Forest Reserve, Nara, Japan. Itsuki Ohya* (*Graduate School of Science, Osaka City University*), Maho Okamoto*, Saki Takeda (*Faculty of Science, Osaka City University*), Akira Itoh and Satoshi Nanami (*Graduate School of Science, Osaka City University*)

*equally contributing authors

The populations of many bird species in the Kasugayama Forest Reserve, Nara Prefecture, Japan, are decreasing in size, as revealed by observations made from 1977 to 2016. We focused on 11 bird species whose numbers have significantly declined over the past 40 years, and that have not been recorded within the past 5 years. We recorded bird calls, songs and drummings at 19 sites in the forest. We detected sounds made by Chinese bamboo partridge (*Bambusicola thoracicus*), copper pheasant (*Syrnaticus soemmerringii*), Japanese night heron (*Gorsachius goisagi*), lesser cuckoo (*Cuculus poliocephalus*), ruddy kingfisher (*Halcyon coromanda*), ashy minivet (*Pericrocotus divaricatus*), Asian brown flycatcher (*Muscicapa dauurica*) and grey wagtail (*Motacilla cinerea*). Among the eight species recorded in this study, Japanese night heron and ashy minivet are listed as vulnerable species (VU) in the Red Data Book of Japan. Ruddy kingfisher and Asian brown flycatcher are categorized as a vulnerable and a near threatened species, respectively, in the Red Data Book of Nara Prefecture, Japan. The other 4 species are considered to be decreasing at present due to vegetation modification by deer in the Kasugayama Forest Reserve. Urgent conservation measures and promotion of forest regeneration are essential to prevent local bird extinctions.

Keywords : evergreen broad-leaved forest, forest bird, endangered species, sound recording, conservation

要旨 : 奈良県春日山原始林では、多くの鳥類の観察頻度が低下している。本研究では、1977年から2016年の40年間の観察頻度に有意な減少傾向があり、かつ最近5年間で観察記録がない11種に注目した。これらの種が実際に春日山からいなくなってしまったのかを調べるために、音声による探索を試みた。春日山原始林とその周辺域の林内に19個のICレコーダーを設置し、その録音記録から鳥類の種同定を行った結果、11種の対象種のうちコジュケイ (*Bambusicola thoracicus*)、ヤマドリ (*Syrnaticus soemmerringii*)、ミゾゴイ (*Gorsachius goisagi*)、ホトトギス (*Cuculus poliocephalus*)、アカショウビン (*Halcyon coromanda*)、サンショウクイ (*Pericrocotus divaricatus*)、コサメビタキ (*Muscicapa dauurica*)、キセキレイ (*Motacilla cinerea*) の鳴き声およびドラミングを確認することができた。本研究において確認された8種のうち、ミゾゴイとサンショウクイは、日本の絶滅危惧種II類 (VU) に、アカショウビンとコサメビタキはそれぞれ、奈良県の絶滅危惧種と希少種に指定されており、他4種も春日山では森林の衰退により今なお減少傾向にある。これらのような減少傾向にある鳥類が春日山から実際に姿を消してしまう前に、早急な保全対策と森林更新の促進が望まれる。

キーワード : 照葉樹林, 森林性鳥類, 絶滅危惧種, 音声録音, 保全

はじめに

奈良県春日山原始林は、留鳥や夏鳥の繁殖地、冬鳥の越冬地、渡り鳥の経由地となっている（小船，1974）。日本野鳥の会奈良支部の先駆的かつ精力的な調査によって、1977年から2016年の間に合計82種（日本野鳥の会奈良支部，2004，2009－2016；柴田，2013）の鳥類が記録されている。しかし、記録される鳥類種数は減少傾向にある。1982年には既に、森林性鳥類の個体数の減少が指摘され（奈良公園史編集委員会，1982），その後も種数の減少や、種によっては生息密度の減少について警告が再三発せられてきた（小船，2001；日本野鳥の会奈良支部，2004；柴田，2013；小船・川瀬，2013）。例えば、ミゾゴイは1985年から一度も確認されておらず、アカショウビンは1990年からほとんど記録されていない（小船・川瀬，2013）。また、ヤマドリやキジは1980年代後半から激減している（小船・川瀬，2013）。一方、姿を消したと考えられている種やほとんど見られなくなった種が、不確かではあるものの、その後も渡りの途中に立ち寄り、繁殖している可能性が指摘されている（柴田，2013）。

しかし、これまでの春日山原始林の鳥類の生息状況についてのまとまった調査記録は、「特別天然記念物春日山原始林の緊急調査報告」（小船，1974）と「春日山原始林生息鳥類調査」（日本野鳥の会奈良支部，2004）のみであり、その後、春日山全体の鳥類相の調査は行われていない（柴田，2013）。そこで著者らは、現在の春日山原始林とその周辺域における鳥類相の詳細な把握を試みた。本稿では、減少傾向にあり、かつ最近記録がない鳥類種の生息状況に焦点を当て、春日山原始林の鳥類相の現状を報告するとともに、保全の必要性について考察する。

本研究を行うにあたり、奈良公園事務所と奈良県景観・自然環境課には、春日山原始林およびその周辺の森林での調査の許可を頂いた。厚く御礼申し上げる。また、長年にわたり春日山での鳥類相の記録を取り続けておられる日本野鳥の会奈良支部の皆様に、心より敬意を表する。本研究は、関西自然保護機構2016年度研究助成事業および日本学術振興会科学研究費補助金（15K07231，16K07783）の支援のもとに行われた。

調査地

調査地は、奈良県奈良市の東部に位置する春日山原始林とその周辺域である。春日山原始林は、広さ298.63haを有し（前迫，2002），古くから春日大社の神奈備として積極的に保護されてきた。都市近郊にありながらも温帯・寒帯の植物を保持し極相に近い状態を残している森林は、学術的・文化的に価値が高く、1956年には国の特別天然記念物に、1998年にはユネスコの世界文化遺産に登録された。春日山の植生は、コジイ（*Castanopsis cuspidata*），アカガシ（*Quercus acuta*），ツクバネガシ（*Quercus sessilifolia*）などのシイ・カシ類をはじめ、多様な植物種で構成されている。また、留鳥はもちろんのこと、夏鳥や冬鳥の飛来地として利用され、豊かな鳥類相が見られる（小船・川瀬，2013）。

方法

1977年～2016年の40年間の繁殖期に春日山原始林で確認された55種の鳥類のうち（柴田，2013；日本野鳥の会奈良支部，2009－2016），減少傾向にあり、かつ春日山から姿を消した可能性のある鳥類を以下の手順で抽出し、探索の対象種とした。

まず、40 年間を 5 年間隔の 8 つの期間に分け、期間内の出現年数を種ごとに数えた (表 1)。次に Spearman の順位相関係数 (r_s) により期間ごとの出現年数の増減傾向を解析し、有意な負の相関が見られた種を減少傾向にある種と見なした。さらに減少傾向にある種のうち、最近 5 年間 (2012 年～2016 年) で記録がなかった種を抽出した。例えば、キビタキやカッコウの r_s はそれぞれ -0.026 ($p=0.952$)、 -0.412 ($p=0.310$) であり、有意な増減傾向は見られなかった。ヤブサメの r_s は -0.856 ($p=0.007$) であり、有意な減少傾向が見られたが、最近 5 年間で記録があるため対象種からは除外した。ホトトギスの r_s は -0.970 ($p<0.001$) であり、有意な減少傾向が見られ、かつ最近 5 年間で記録がないため対象種とした (図 1)。その結果、11 種 (コジュケイ、ヤマドリ、ミゾゴイ、ホトトギス、ハチクマ、サシバ、アカシヨウビン、サンショウクイ、メボソムシクイ、コサメビタキ、キセキレイ) が対象種となった。

これらの鳥類を探索するために、本研究では、従来の目視によるラインセンサス法 (日本野鳥の会奈良支部, 2004) ではなく、IC レコーダーを用いたスポットセンサス法を行った。IC レコーダーにより記録される鳥類の種数は、目視により記録される種数に比べ、遜色がない (松岡, 2004)。また、スポットセンサス法により記録される鳥類の種数も、ラインセンサス法による種数に比べ、同等以上である (平野ほか, 2009)。さらに、IC レコーダーを用いることにより、目視が困難な早朝などの時間帯を含む長時間の記録や高頻度の調査、同時刻・多地点での記録、記録の再検討、情報の公開や提供等が可能になり、個体数の少ない鳥類や短期間しか滞在しない鳥類を発見しやすくなると考えられる。

春日山原始林とその周辺域において、シイ・カシ類が優占する照葉樹林、コナラが優占する二次

林、スギ・ヒノキ人工林の 3 タイプの植生 (図 2) の閉鎖林冠下 3 箇所と林冠ギャップ下 3 箇所に 1 個ずつ、合計 18 個の IC レコーダー (Panasonic RR-XS460) を、地上から約 2 m の位置に設置した (図 2)。さらに、原始林近くの池 (地獄谷新池) のほとりの 1 箇所にも設置した。各設置場所は 200m 以上離れるよう心掛けたが、林冠や林内の状態を考慮した結果、設置に適さない地点もあり、2 地点の組み合わせ 171 組のうち 7 組の距離は 200m 未満 (最も近接した組の距離は 131m) となった。

過去 40 年間の鳥類相のデータは、繁殖期に行われた調査に基づいている。このデータと比較するため、本研究では過去の調査と同じ繁殖期を調査時期とし、2016 年 4 月 17 日から 7 月 31 日までを選定した。この期間毎日、日の出時刻前後の 40 分間録音を行い、2 週間ごとに録音データを回収した。

希少鳥類種の声を探索するためには、録音記録の合計聴取時間を長くすることが重要である。録音記録の合計聴取時間を長くするためには、1 日当たりの聴取時間を長くすることと、聴取日数を増やすことの 2 通りが考えられる。鳥類が鳴く頻度は、日の出前後が最も高いと言われており (Oba, 1994)、その時刻に絞って聴取する日数を増やすことで最も効率よくデータを集めることができると考えられる。そのため、1 日 1 箇所あたりの聴取時刻を日の出前後、聴取時間を必要最小限の 6 分間 (Oba, 1994) とし、聴取日数を増やすことに努めた。1 日 18 箇所分のデータを聴取することを考慮すると、聴取可能な日数は 30 日と判断した。繁殖期および渡りの時期である 4 月～6 月には記録される種数が多いと考え、原則 3～4 日間に 1 度の頻度とし、風雨の影響で音声を聞き取りにくい日を除いて聴取日を選定したところ、その間隔は平均 3.17 日となった。7 月には記録さ

表 1. 春日山原始林における 1977 年～2016 年の繁殖期に確認された鳥類と 5 年毎の出現年数. 最も古い期間である 1977 年～1981 年に順位 1 を, 最も新しい期間である 2012 年～2016 年に順位 8 を与え, 各期間内の出現年数との順位相関係数 r_s を計算した. 有意 ($p < 0.05$) な r_s を太字で示した. * は, r_s の負の値が有意で, かつ 2012 年～2016 年に記録がない種を示す. 本研究で確認された種には○印をつけた. ただし, オオアカゲラ, アカゲラについては, 鳴き声またはドラミングでの種同定が困難であったため, 確認された種とは見なさなかった. 1977 年～2008 年の記録は柴田 (2013), 2009 年～2016 年の記録は「いかる」(日本野鳥の会奈良支部会報) に基づき作成.

種名		1977-1981	1982-1986	1987-1991	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	r_s
コジュケイ *	○	5	4	1	2	1	2	1	0	-0.786
ヤマドリ *	○	3	1	1	0	1	1	0	0	-0.730
キジ *	○	4	3	0	0	1	1	0	0	-0.626
キジバト	○	5	5	4	5	4	5	3	3	-0.694
アオバト	○	3	5	2	2	2	5	3	4	0.148
ミゾゴイ *	○	3	2	0	0	0	0	0	0	-0.764
ホトトギス *	○	4	3	2	1	1	0	0	0	-0.970
ツツドリ	○	1	0	0	0	1	1	0	1	0.218
カッコウ	○	0	1	0	0	0	0	0	0	-0.412
アマツバメ		0	2	0	3	0	0	0	0	-0.343
ハチクマ *		1	3	1	0	1	0	0	0	-0.769
トビ		3	2	0	0	1	0	1	2	-0.222
ツミ		0	1	0	0	0	0	0	0	-0.412
ハイタカ		2	0	1	1	0	0	0	0	-0.674
オオタカ		0	0	0	0	1	1	0	0	0.252
サシバ *		4	3	3	1	0	1	0	0	-0.902
クマタカ		2	0	0	0	1	0	0	0	-0.436
フクロウ	○	2	4	3	1	1	5	2	1	-0.295
アオバズク	○	4	3	3	4	4	4	2	0	-0.472
アカショウビン *	○	4	4	3	0	0	0	1	0	-0.741
ブッポウソウ		0	2	0	0	0	0	0	0	-0.412
オオアカゲラ		3	1	2	1	1	2	1	0	-0.626
アカゲラ		1	2	0	1	1	3	1	1	0.082
アオゲラ	○	5	5	4	4	5	5	3	4	-0.496
サンショウクイ *	○	5	5	3	2	4	3	1	0	-0.843
サンコウチョウ	○	4	4	1	3	3	0	3	2	-0.577
モズ		1	1	1	0	1	2	0	1	-0.069
カケス	○	5	5	5	3	3	5	3	2	-0.730
ヒガラ	○	5	5	5	3	5	5	3	4	-0.536
ツバメ		5	5	5	5	5	5	2	3	-0.733
コシアカツバメ		1	4	5	0	1	2	1	0	-0.442
イワツバメ		0	0	2	0	1	0	0	0	-0.156
ヤブサメ	○	5	5	5	4	5	4	3	2	-0.856
エナガ	○	5	5	4	5	5	5	3	4	-0.536
メボソムシクイ *		2	2	0	0	0	0	0	0	-0.756
センダイムシクイ	○	1	2	0	1	1	2	3	1	0.306
マミジロ		1	0	0	0	0	1	0	1	0.169
トラツグミ	○	1	0	1	1	0	2	2	0	0.139
クロツグミ	○	4	1	0	0	1	2	2	3	0.206
コサメビタキ *	○	4	3	1	2	1	0	0	0	-0.933
キビタキ	○	3	5	4	5	5	5	3	4	-0.026
オオルリ	○	5	5	5	3	5	5	3	4	-0.536
キセキレイ *	○	4	5	4	3	4	3	1	0	-0.859
セグロセキレイ		3	3	0	4	5	0	1	2	-0.265
ホオジロ	○	5	5	5	4	5	5	3	2	-0.709

上記の表では, 毎年確認されている 10 種 (コゲラ, ハシボソガラス, ハシブトガラス, ヤマガラ, シジュウカラ, ヒヨドリ, ウグイス, メジロ, カワラヒワ, イカル) は省略している.

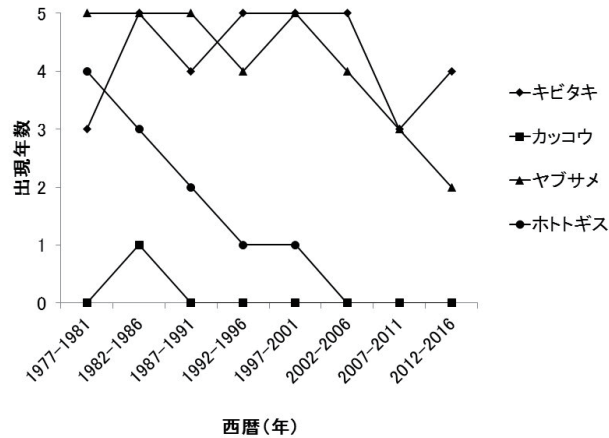


図 1. 奈良県春日山原始林における 40 年間（1977 年～ 2016 年）の繁殖期の鳥類の観察頻度の変化の例．ホトトギスについては，Spearman の順位相関係数 (r_s) の値が有意に負であり ($r_s = -0.970$, $p < 0.001$)，かつ，最近 5 年間で観察記録がないため，探索の対象とした．キビタキは減少傾向にあるとは言えなかった ($r_s = -0.026$, $p = 0.952$)．40 年間を通して観察頻度が低いカッコウも，減少傾向にあるとは言えなかった ($r_s = -0.412$, $p = 0.310$)．ヤブサメについては，有意な減少傾向が見られたが ($r_s = -0.856$, $p = 0.007$)，最近 5 年間で観察された年数が 2 年あった．本研究では，これらの 3 種は探索の対象外とした．

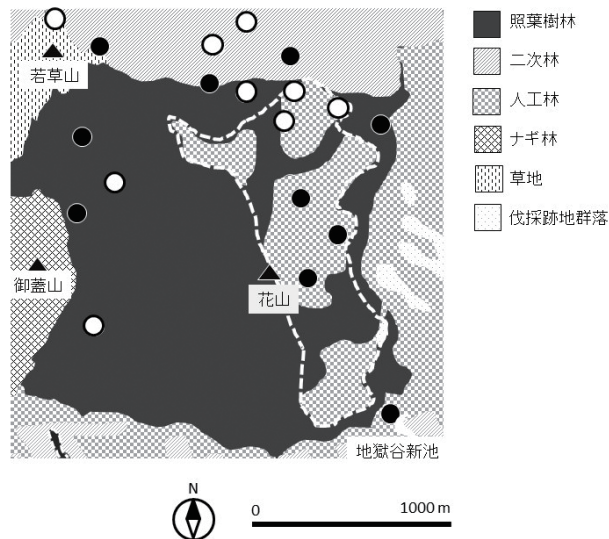


図 2. 奈良県春日山原始林（破線内側以外の照葉樹林）および，その周辺域の植生と IC レコーダーの設置場所．●は閉鎖林冠下，○は林冠ギャップ下を示す．環境省生物多様性センター (<http://gis.biodic.go.jp/webgis/sc-002.html#webgis/523506> 2017.1 参照) および，奈良公園事務所管内図（奈良県，2015）より作成．

表 2. 2016 年 4 月下旬～ 7 月下旬に奈良県春日山原始林とその周辺域において、鳴き声またはドラミングが記録された鳥類.

和名	学名	4 月下旬	5 月上旬	5 月下旬	6 月上旬	6 月下旬	7 月上旬	7 月下旬
コジュケイ	<i>Bambusicola thoracicus</i>	○	○	○				
ヤマドリ	<i>Syrnaticus soemmerringii</i>	○	○	○				
キジ	<i>Phasianus colchicus</i>	○	○					
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	○			○			○
アオバト	<i>Treron sieboldii</i>	○	○	○				
ミゾゴイ	<i>Gorsachius goisagi</i>	○	○					
ジュウイチ	<i>Hierococcyx hyperythrus</i>		○					
ホトトギス	<i>Cuculus poliocephalus</i>		○	○	○	○	○	
ツツドリ	<i>Cuculus optatus</i>	○				○		
カクコウ	<i>Cuculus canorus</i>				○	○		
フクロウ	<i>Strix uralensis</i>	○	○	○	○	○	○	
アオバズク	<i>Ninox scutulata</i>		○	○	○		○	○
アカショウビン	<i>Halcyon coromanda</i>				○	○	○	
コゲラ	<i>Dendrocopos kizuki</i>	○	○	○	○	○	○	○
アオゲラ	<i>Picus awokera</i>	○	○	○	○	○	○	○
キツツキの一種 *		○	○	○	○	○	○	○
サンショウクイ	<i>Pericrocotus divaricatus</i>	○						
サンコウチョウ	<i>Terpsiphone atrocaudata</i>	○	○	○	○	○		
カケス	<i>Garrulus glandarius</i>	○	○	○	○	○		
ハシボソガラス	<i>Corvus corone</i>	○	○	○	○	○	○	○
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	○	○	○	○	○	○	○
ヤマガラ	<i>Poecile varius</i>	○	○	○	○			
ヒガラ	<i>Periparus ater</i>	○	○	○	○	○	○	○
シジュウカラ	<i>Parus minor</i>	○	○	○	○	○	○	○
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	○	○	○	○	○	○	○
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	○	○	○	○	○	○	○
ヤブサメ	<i>Urosphena squameiceps</i>	○	○	○	○	○	○	
エナガ	<i>Aegithalos caudatus</i>		○	○	○	○	○	○
センダイムシクイ	<i>Phylloscopus coronatus</i>	○		○				
メジロ	<i>Zosterops japonicus</i>		○	○	○	○	○	○
キバシリ	<i>Certhia familiaris</i>		○			○		
ミソサザイ	<i>Troglodytes troglodytes</i>	○	○					
トラツグミ	<i>Zoothera dauma</i>	○	○	○				
クロツグミ	<i>Turdus cardis</i>		○	○	○	○	○	
シロハラ	<i>Turdus pallidus</i>	○	○					
アカハラ	<i>Turdus chrysolaus</i>	○						
コマドリ	<i>Luscinia akahige</i>		○					
コサメビタキ	<i>Muscicapa dauurica</i>		○			○		
キビタキ	<i>Ficedula narsissina</i>	○	○	○	○	○	○	
オオルリ	<i>Cyanoptila cyanomelana</i>	○	○	○	○	○	○	
キセキレイ	<i>Motacilla cinerea</i>		○		○			
アトリ	<i>Fringilla montifringilla</i>	○						
カワラヒワ	<i>Chloris sinica</i>	○	○	○	○	○	○	
マヒワ	<i>Carduelis spinus</i>	○						
ウソ	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>		○					
イカル	<i>Eophona personata</i>	○	○	○	○	○	○	○
ホオジロ	<i>Emberiza cioides</i>						○	
アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	○						

*アオゲラ, アカゲラ, オオアカゲラの地鳴きやドラミングによる種同定は困難であったため, 「キツツキの一種」とした.

月		4月														5月																																	
日		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
コジュケイ																																																	
ヤマドリ																																																	
ミソゴイ																																																	
ホトトギス																																																	
アカショウビン																																																	
サンショウクイ																																																	
コサメビタキ																																																	
キセキレイ																																																	

月		6月																														7月										確認 された 地点数	確認 日数				
日		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
コジュケイ																																														7	4
ヤマドリ																																														5	6
ミソゴイ																																														2	3
ホトトギス																																														10	7
アカショウビン																																														10	10
サンショウクイ																																														1	1
コサメビタキ																																														2	2
キセキレイ																																														2	2

図3. 奈良県春日山原始林とその周辺域において、2016年4月下旬から7月上旬にかけてコジュケイ、ヤマドリ、ミゾゴイ、ホトトギス、アカショウビン、サンショウクイ、コサメビタキ、キセキレイの鳴き声あるいはドラミング音が記録された日、地点数および日数。7月11日以降はこれら8種の鳴き声あるいはドラミング音は記録されなかった。

れる種数が少ないと考え、平均6日間隔とした。

音声の解析には、Raven Lite 1.0 (Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY, USA) を使用した。

結果

春日山原始林とその周辺域において47種の鳴き声またはドラミング音が記録された(表2)。探索の対象種の中では、コジュケイ、ヤマドリ、ミゾゴイ、ホトトギス、アカショウビン、サンショウクイ、コサメビタキ、キセキレイの8種が記録されていた(図3)。ミゾゴイは照葉樹林のみ(2地点)、サンショウクイとキセキレイは二次林のみ(それぞれ1地点、2地点)、コサメビタキは人工林のみ(2地点)で記録された。コジュケイ、ヤマドリ、ホトトギス、アカショウビン、は3タイプ全ての植生で記録された(それぞれ7地点、

5地点、10地点、10地点)。サンショウクイは4月のみ1日間記録された。コジュケイ、ヤマドリおよびミゾゴイは4月～5月にそれぞれ4日間、6日間、3日間、コサメビタキとキセキレイは5月～6月にそれぞれ2日間、2日間、ホトトギスは5月～7月の7日間、アカショウビンは6月～7月の10日間に記録された。

考察

春日山原始林の鳥類相の衰退が危惧され始めてから久しい(奈良公園史編集委員会, 1982; 小船, 2001; 日本野鳥の会奈良支部, 2004; 柴田, 2013; 小船・川瀬, 2013)。本研究では録音記録の聴取により、47種の鳥類が記録された。この値を過去5年毎の繁殖期に記録された種数と比較すると、一番多かった1977年～1981年の49種(表1)に近い種数であった。また、最近5年間(2012

年～2016年)の31種と比べると多かった。さらに、本研究における探索の対象種のうちコジュケイ、ヤマドリ、ミゾゴイ、ホトトギス、アカショウビン、サンショウクイ、コサメビタキ、キセキレイの8種(図3)が含まれていた。

コジュケイは、4月18日から5月26日の39日間に3タイプの植生において記録された(図3)。ヤマドリは、5つの地点で6日記録された。また、照葉樹林、二次林、人工林の3タイプの植生で記録された。これらの2種は、春日山原始林とその周辺に、ある程度の個体数が生息している可能性がある。ホトトギスは、5月9日に初めて記録され、その後7月10日までの63日間に、10地点で7日記録された(図3)。アカショウビンは、6月10日から7月4日までの25日間に、10地点で10日、照葉樹林、二次林、人工林の3タイプの植生で記録された。個体を識別できていないのははっきりしたことはいえないが、これらの2種は少なくとも、1～2カ月程度の期間、春日山に滞在していた可能性がある。1984年を最後に生息が確認されていなかったミゾゴイは照葉樹林のみで記録された。今後も、ミゾゴイの生息が保障されるためには、照葉樹が優占する植生の保全が大切であろう。二次林のみで記録されたサンショウクイやキセキレイ、人工林のみで記録されたコサメビタキの生息には、照葉樹林とは異なるタイプの植生が必要かもしれないが、記録された地点数や日数が少ないため、さらなるデータの蓄積が必要である。

しかし、過去40年間の繁殖期の記録(表1)を見る限り、生息が確認された8種が減少していることは間違いない。これら8種のうち、ミゾゴイとサンショウクイは、日本の絶滅危惧種Ⅱ類(VU)に(環境省, 2014)、アカショウビンとコサメビタキはそれぞれ、奈良県の絶滅危惧種と希少種に指定されており(奈良県, 2009)他4種も

春日山では今なお減少傾向にある。これらのような減少傾向にある鳥類が春日山から実際に姿を消してしまう前に、早急な保全対策が望まれる。

春日山原始林では、林内に高密度で生息するニホンジカ(以下シカ)の摂食圧により植物種の更新が阻害され、森林構造に変化が起きており、これが鳥類相の衰退の一因であることが示唆されている(前迫, 2002)。藪などで生活するコジュケイやヤマドリは、シカの摂食圧による下層植生の減少に直接影響を受けているだろう。さらに下層植生の衰退は、腐植層の乾燥や保水力の低下を引き起こす(小船・川瀬, 2013)。アカショウビン、ミゾゴイ、キセキレイは、林床の乾燥による餌動物(サワガニ、カエル、水生昆虫など)の減少が原因で個体数を減らした可能性があり、春日山におけるこれら5種は、シカの摂食圧に負の影響を受けていると考えられる。ホトトギスやサンショウクイ、メボソムシクイ、コサメビタキは、近畿地方の広い範囲または奈良県で個体数を減らしており(江崎・和田, 2002)、その減少傾向が春日山でも現れているのかもしれない。

本研究で上記の8種が見つかったことは、個体数が少ない種を確認するためには、ICレコーダーによる多地点かつ高頻度の記録が有効であることを示している。しかし、ICレコーダーには、あまり鳴かない鳥の音声記録されにくいことや、アカゲラやオオアカゲラのような鳴き声が類似する種の判別が困難であるという欠点がある(松岡, 2004)。今回、過去40年間を通じて記録された55種の中に本研究において記録されなかった種が17種ある。その内訳をみると、今回の探索対象種であるハチクマやサシバをはじめとする猛禽類、ツバメ類、アマツバメが多く含まれる。これらの鳥類は、ほとんど鳴かなかつたり、上空を通過することが多いと考えられるため、ICレコーダーには音声記録されず、実際の生息数が十

分に反映されていない可能性がある。一方、ハチクマやサシバは、近畿地方の広い範囲または奈良県で個体数を減らしており（江崎・和田，2002），春日山でも個体数が減少しているのかもしれない。

鳥類が生息できる森林が失われる中で，春日山原始林の重要度は非常に高い。一方で，現状を知るための動植物の基礎情報が少なく，不明な点がまだ多く残されている（前迫，2002）。本研究の対象である鳥類相について，正確な現状を把握するためには，録音記録による調査と目視による調査を組み合わせることが有効であろう。また，本研究の対象種の選択は，日本野鳥の会奈良支部が野鳥の繁殖期に行った調査に基づいているため，今後は繁殖期以外においても同様の調査が必要である。

本研究でシカの摂食による下層植生の衰退が直接的・間接的に春日山原始林の鳥類相の衰退を招いていることが示唆された。春日山原始林の森林生態系の保全と回復のため，シカ柵を設置するなどの早急な対策が望まれる。また，探索の対象としなかった種の中にも，カケス，ツバメ，ヤブサメ，ホオジロのように，現在は生息が確認されているが，有意な減少傾向にある種がいる（表1）。限られた種のみにも焦点を当てるのではなく，多くの種の生息状況を継続的に調査し，注意深く鳥類相を把握し続ける必要があるだろう。

引用文献

- 江崎保男・和田岳．2002．ミゾゴイ，アカショウビン，ホトトギス，サンショウクイ，コサメビタキ．「近畿地区・鳥類レッドデータブックー絶滅危惧種判定システムの開発」（山岸哲監修），pp. 62, 77, 116, 120, 166．京都大学学術出版会，京都．
- 平野敏明・植田睦之・今森達也・川崎慎二・内田博・加藤和明・金井裕．2009．森林におけるスポットセンサスとラインセンサスによる鳥の記録率の比較．*Bird Research*, 5 : 1 - 13.
- 環境省．2014．「レッドデータブック 2014 2 鳥類」，250pp．ぎょうせい，東京．
- 小船武司．1974．春日山原始林の鳥類．「特別天然記念物春日山原始林の緊急調査報告（概報）」，pp. 7 - 10，奈良県教育委員会，奈良．
- ．2001．春日山原始林の鳥類（観察記録）について．*関西自然保護機構会誌*，23 : 197 - 201．
- ・川瀬 浩．2013．春日山原始林の鳥ー森林の変化による鳥類への影響は？「世界遺産 春日山原始林ー照葉樹林とシカをめぐる生態と文化」（前迫ゆり編），pp. 61 - 70．ナカニシヤ出版，京都．
- 前迫ゆり．2002．春日山原始林と草食保護獣ニホンジカの共存を探る．*植生学会誌*，1 : 61 - 67．
- 松岡 茂．2004．ラインセンサスと音声録音による鳥類記録種数の比較．*日本鳥学会誌*，53 : 87 - 92．
- 奈良県．2009．大切にしたい奈良県の野生動植物ー奈良県版レッドデータブック，111pp．奈良新聞社，奈良．
- ．2015．奈良公園事務所管内図．奈良県，奈良．（地図）
- 奈良公園史編集委員会．1982．奈良公園史 自然編．95pp．奈良県，奈良．
- 日本野鳥の会奈良支部．2004．春日山原始林生息鳥類調査；27年間で何が変わったか．78pp．日本野鳥の会奈良支部，奈良．
- ．2009 - 2016．日本野鳥の会奈良支部報「いかる」，124号 - 153号．
- Oba, T. 1994．Sampling methods for the study of the

natural sound environment in Japan: Consideration
of the sample time unit. Natural History Research, 3:
27-32.

柴田憲一．2013．春日山原始林．「奈良の野鳥も

のがたりー今，自然におきていることー」（日
本野鳥の会奈良支部編），pp. 25 - 36．トンボ
出版，大阪．

報 告

琵琶湖内湖の神上沼における魚類相

滋賀県立大学大学院環境科学研究科・滋賀県大生き物研究会

滋賀県大生き物研究会

滋賀県立大学環境科学部環境生態学科

北 野 大 輔

菅我部 共 生

浦 部 美佐子

Fish fauna in Jinjou-numa, a "Naiko" lagoon around Lake Biwa. Daisuke Kitano (*Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, U.S.P. Biological Research Group*), Tomoki Sogabe (*U.S.P. Biological Research Group*) and Misako Urabe (*Department of Ecosystem Studies, School of Environmental Sciences, The University of Shiga Prefecture*)

要旨：琵琶湖周辺に点在する内湖は魚類の生育や繁殖の場として重要な環境であるが、その多くは環境が悪化しているとされる。琵琶湖の再生に向けた内湖の現状把握を目的に、滋賀県彦根市の神上沼において2011年4月～2015年12月に魚類調査を実施した。調査の結果、23種の在来魚類と7種の外来魚類が採集され、在来魚類の種数は滋賀県のほかの内湖よりも豊かであった。さらに、いくつかの魚類は神上沼内で産卵していることが示唆され、これらを保護するために外来魚の駆除や繁殖環境の整備が重要であると考えられた。

キーワード：回遊様式、魚類相、内湖、琵琶湖

Keywords : Fish fauna, Lake Biwa, Migration pattern, "Naiko" lagoon

はじめに

日本最大の湖である琵琶湖の周辺には内湖が点在する。内湖とは、水路で琵琶湖と直接接続している小規模な水域のことである(池田, 2005)。内湖は多面的な機能を持つことが知られており(倉田, 1984)、その一つとして琵琶湖固有種を含む多くの魚類の生育や繁殖の場となっている(細谷, 2005a)。つまり、内湖は魚類の安定した再生産に大きく関係しており、琵琶湖の在来魚類にとって必要不可欠な環境である。加えて、我々が在来魚類をはじめとする生物多様性の維持を考えるうえでも非常に重要な環境である。しかし、既存する多くの内湖は、物理的、生物的要因により

その環境が著しく悪化しているとされる(西野, 2005; 滋賀県水産試験場, 2005)。したがって、内湖を魚類の生育の場、繁殖の場として再生し、保全していく必要がある。そのためには、内湖において長期的な調査を行い、生息する魚類相の把握や生活史の解明が求められる。

内湖の魚類相についての報告は調査期間が1年間未満のものが多く(美濃部・桑村, 2001; 福田ほか, 2005)、数年に渡る長期的な調査報告は中川・鈴木(2008)などわずかである。特に、琵琶湖大橋よりも北部の琵琶湖(以下、北湖)周辺の内湖において、複数年にわたり継続して行なわれた調査報告はない。北湖周辺の内湖には、琵琶湖大橋より南部の琵琶湖(以下、南湖)周辺の内湖より

も多様な魚類が生息していることが報告されており（滋賀県，2001），北湖周辺の内湖においても魚類相に関する知見を多く蓄積する必要がある。

著者らは，琵琶湖北湖に位置する内湖である神上沼において，2011年から2015年にかけて生息魚類相を継続調査した。本稿においてその調査結果を報告する。

調査地と方法

調査水域の概要

神上沼（35°13'37"N，136°09'37"E）は，滋賀県彦根市稲枝地区の水田地帯に位置する琵琶湖の内湖である（図1）。神上沼の中央を道路が通り，この地域では北部の水域を古矢場沼，南部の水域を神上沼と称するが，本稿では両水域をまとめて神上沼とした。北部と南部の水域はつながっているため水や魚類の移動に影響はない。水域の表面積はおよそ6.2haであり，底質は主に

泥と砂が占めている。水深はおよそ2mであるが，岸から1～5mの範囲は水深50cm以下と浅く，ヨシ *Phragmites australis* が自生している。流入水路は4本あり，南東部に接続している水路がもっとも大きい。この水路の200m上流にはアユ *Plecoglossus altivelis altivelis* の養殖施設があり，そこからの排水が流入している。琵琶湖への流出水路は2本あり，北東部の流出水路では，下流部にある水門の操作により水が逆流する場合がある。流入，流出のいずれの水路も三面コンクリート護岸が施されている。

魚類定性調査

神上沼に出現する魚類を調査するために，2011年4月から2015年12月にかけて，投網（目合い9mm，1200目），タモ網（目合い3mm）を用いて採集を行った。調査は月1回以上の頻度で行った。投網による調査は調査開始時の2011年から行い，神上沼の外周（およそ1800m）を一周する間に投網をおよそ30回打った。2014年からは投網と並行してタモ網による調査も行い，一周する間に5分間の採集を6回行った。

採集した魚類については現地で種を同定し，各種の個体数と標準体長を記録した後に採集地点に再放流した。また，稚魚が採集された場合には，種の同定のみを行い速やかに再放流した。現地での同定および本論文における学名と標準和名の表記は中坊（2013）に従った。採集した魚類のうち，特定外来生物であるオオクチバス *Micropterus salmoides* およびブルーギル *Lepomis macrochirus* は再放流せず，現地で殺処分した。

フナ属魚類の一部は実験室に持ち帰って精査し，神上沼にはギンブナ *Carassius auratus langsdorfii*，ニゴロブナ *C. a. grandoculis*，ゲンゴロウブナ *C. cuvieri* の3種が生息することを確認した。しかし，これらの小型個体は現地での同定

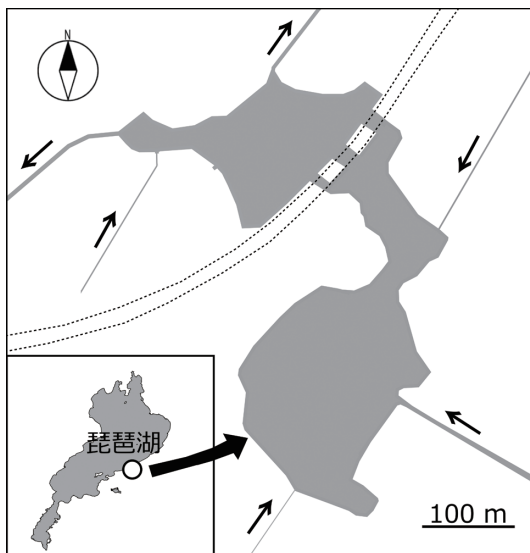


図1. 調査地の神上沼。矢印は流れの方向を，破線は道路の位置を示す。

が困難であったため、本稿においては便宜的にこれら 3 種をまとめてフナ類 *Carassius* spp. とした。

結果と考察

魚類定性調査の結果、5 年間で計 30 種 (28 分類群) の魚類が採集された (表 1)。採集された魚類のうち、在来魚類は 23 種であり、環境省レッドリストに記載されているのは 11 種 (表 1 ; 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室, 2015)、滋賀県レッドリストに記載されているのは 14 種であった (表 1 ; 滋賀県生き物総合調査委員会, 2016)。先行研究によると、南湖の小津袋内湖において採集された魚類は少なくとも 3 種の外来種を含めて 22 種であり (美濃部・桑村, 2001)、同じく南湖の堅田内湖において採集された在来魚類は 9 分類群のみであった (中川・鈴木, 2008)。以上のことから、神上沼の魚類相はこれまで報告されている南湖の内湖のものよりも豊かであることがわかった。

本稿では、採集された魚類のうち、細谷 (2005a) が分類した在来魚類の生息場所の利用様式において内湖を繁殖・成育の場として利用することが示されている 9 分類群 (フナ類, ワタカ *Ischikauia steenackeri*, コイ *Cyprinus carpio*, タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus*, モツゴ *Pseudorasbora parva*, オイカワ *Opsariichthys platypus*, カネヒラ *Acheilognathus rhombeus*, ミナミメダカ *Oryzias latipes*, オウミヨシノボリ *Rhinogobius* sp. OM), 繁殖のみに利用する 2 分類群 (ビワヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus microoculus*, ホンモロコ *Gnathopogon caerulescens*) について、以下にその出現状況等の特徴を記し、考察を述べる。

内湖で繁殖・成育する分類群

フナ類は調査した 5 年間すべての年において採集され、在来魚類のうち最も高い頻度で採集された。近年、琵琶湖の水位調整による水位低下がフナ類の産卵場や初期生活場所の減少に深く関係していることが指摘されている (山本, 2002)。しかし、調査地ではフナ類の稚魚や当歳魚とみられる個体が多く採集されており、調査地において安定した再生産を行っていると考えられる。

ワタカは調査した 5 年間すべての年において採集されたがその個体数は計 12 個体のみであり、出現時期に傾向はみられなかった。琵琶湖周辺での本種の個体数は減少傾向にあり、その原因は外来魚による捕食であるとされている (滋賀県生き物総合調査委員会, 2016)。個体群を保全するためには、オオクチバスおよびブルーギルを継続的に駆除し、親魚や卵を保護することが必要である。

コイは調査した 5 年間すべての年において採集されたが、その個体数はあまり多くなかった。しかし、稚魚が採集されており神上沼内で繁殖し成育していると考えられる。琵琶湖には在来系統である野生型と外来系統である養殖型の 2 型のコイが生息しており、野生型は滋賀県レッドデータブックにおいて絶滅の恐れのある地域個体群 (LP) に指定されている (滋賀県生き物総合調査委員会, 2016)。しかし、調査地のある北湖東岸においては養殖型の遺伝子を持つ個体の頻度が高いことがわかっており (Mabuchi et al., 2010)、さらに調査地では飼育型の特徴とされる体高が高い個体も採集されている (北野, 未発表)。よって、調査地で採集された本種の多くは養殖型かもしれない。

タモロコは内湖や湖に連結する水路に多く生息しているとされているが (細谷, 2005b)、神上沼では 2014 年 5 月に 1 個体のみが採集された。また、ほかの内湖においても接続する水路以外

で本種が採集された報告はなく（美濃部・桑村，2001；福田ほか，2005；中川・鈴木，2008），内湖に本種が生息することは非常にまれであると考えられる。しかし，接続する水路には本種が生息している可能性があり，今後調査が必要である。

モツゴは調査した5年間すべての年において採集されたが，その採集頻度と個体数は2012年以降大きく増加していた。また，初夏には稚魚が多く採集されており，本種は調査地で繁殖している可能性が高い。本種はオオクチバスなどの魚食性外来魚による捕食で減少しうるとされている（滋賀県生き物総合調査委員会，2016）。よって，

2012年以降に本種の採集頻度が増加したのは，2011年から開始したオオクチバスの駆除が要因のひとつとなっているかもしれない。

オイカワは調査した5年間すべての年において採集され，採集頻度も比較的高い。また，稚魚も採集されているため，神上沼で繁殖・成育している可能性がある。しかし，ダム湖などの止水域に生息する本種は接続する水路や河川を遡上し産卵することが報告されているため（水野・名越，1964），神上沼に生息するオイカワの産卵場所については今後詳細な調査が必要である。

カネヒラは調査した5年間すべての年において

表1. 2011年～2015年にかけて神上沼で採集された魚類とその月別採集個体数.

(a) 2011 年		RL カテゴリー		外来種***	採集個体数****											
標準和名	学名	環境省*	滋賀県**		Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec			
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>		V													
ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>			○								+				
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>															
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>				+	+	+					+				
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>															
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>	LP	III			+	+	+	+	+						
スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>	VU	III				+	+								
ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>	VU	III			+	+									
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>															
ツチフキ	<i>Abbottina rivularis</i>	EN		○									+			
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>															
ハス	<i>Opsariichthys uncirostris</i>	VU	III													
ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>															
フナ類	<i>Carassius</i> spp.						+	++	+	+++		++				
ギンブナ	<i>Carassius auratus langsdorffii</i>															
ゲンゴロウブナ	<i>Carassius cuvieri</i>	EN	III													
ニゴロブナ	<i>Carassius auratus grandoculis</i>	EN	III													
ホンモロコ	<i>Gnathopogon caeruleus</i>	CR	II		+											
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>		III		+							++				
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>	CR	I					+	+							
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>		II		+				+	+						
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>			○												
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	DD	IV													
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>		IV					+								
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>	VU	III													
カムルチー	<i>Channa argus</i>			○					+							
オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>			●	+	+	+	++	++	+++	+	+++	+++			
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>			●	+	++	+++	+++	+++	+++	++	+++	+			
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>															
オウミヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OM															
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>			○												
採集分類群数														15		

*環境省レッドリスト 2015 年版；CR：絶滅危惧ⅠA 類，EN：絶滅危惧ⅠB 類，VU：絶滅危惧Ⅱ類，LP：絶滅の恐れのある地域個体群，DD：情報不足。

**滋賀県レッドデータブック 2015 年版；I：絶滅危惧種，II：絶滅危機増大種，III：希少種，IV：要注目種，V：分布上重要種。

***○は国内移入種を含む外来種，●は特定外来生物指定種を示す。

****調査1回当たりの採集個体数を示す。+：1-10，++：11-20，+++：>20。

(b) 2012 年

標準和名	学名	採集個体数											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>				+								
ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>	+						+				+	
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>			+									
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>			+	+	+				+		+	+
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>				+								
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>			+	+	+	+						
スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>							+					
ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>												
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>												
ツチフキ	<i>Abbottina rivularis</i>					+				+		+	+
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>			+									
ハス	<i>Opsariichthys uncirostris</i>											+	
ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>												
フナ類	<i>Carassius</i> spp.	+		+	++	+		++		++		+	
ホンモロコ	<i>Gnathopogon caeruleus</i>			+	+	+							
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>				+	+		+				++	+
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>			+	+					+			
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>				+	+		+					
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>												
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>												
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>			+									
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>												
カムルチー	<i>Channa argus</i>					+				+			
オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>	+	+	+	++	+		+		+	+	+	+
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>	++	+	+	+	+		+		+		++	+
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>												
オウミヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OM				+	+				+			
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>												
採集分類群数		20											

(c) 2013 年

標準和名	学名	採集個体数											
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>												
ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>											+	
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>												
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>			+	+	+	+	+	+				
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>						+						
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>				+	+					+		
スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>					+	+						
ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>				+	+							
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>												
ツチフキ	<i>Abbottina rivularis</i>			+	+	+					+	+	
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>			+									
ハス	<i>Opsariichthys uncirostris</i>										+		
ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>										+		
フナ類	<i>Carassius</i> spp.				+	+	++	+++	++	+	++		
ホンモロコ	<i>Gnathopogon caeruleus</i>				+	+	+						
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>			+	+	+	+	+	+		+++	+	
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>									+			
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>				+		+		+			+	
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>					+	+				+		
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>												
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>			+									
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>												
カムルチー	<i>Channa argus</i>				+							+	
オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>			+	+	++	+	+	+	+++	+++	+	
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>			+	+	++	+++	+++	+	+	+		
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>												
オウミヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OM										+		
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>												
採集分類群数		21											

(d) 2014 年		採集個体数											
標準和名	学名	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>					+							
ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>											+	
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>												
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>		+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>					+					+		
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>				+			+		+	+	+	
スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>					+		+					
ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>				+	+	+						
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>					+							
ツチフキ	<i>Abbottina rivularis</i>				+				+	++	+	+	
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>			+									
ハス	<i>Opsariichthys uncirostris</i>				+	+	+						
ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>					+		+					
フナ類	<i>Carassius</i> spp.		+		++	+	+	+	+	+++	+	+	
ホンモロコ	<i>Gnathopogon caerulescens</i>				+	+							
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>		+	+	+	+	+			+++	+	+	
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>							+					
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>					+		+		+		+	
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>				+	+	+	+					
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>						+		+	+	+		
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>												
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>					+							
カムルチー	<i>Channa argus</i>									+			
オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>			+	+	+	+	+	++	++	+++	++	
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>				+	++	+	++	+	+++	+++	+	
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>					+							
オウミヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OM					+					+		
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>										+		
採集分類群数		26											

(e) 2015 年		採集個体数											
標準和名	学名	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
アユ	<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>								+				
ワカサギ	<i>Hypomesus nipponensis</i>												
ウグイ	<i>Tribolodon hakonensis</i>												
オイカワ	<i>Opsariichthys platypus</i>			+		+	+	+	+	+	+		
カマツカ	<i>Pseudogobio esocinus</i>					+							
コイ	<i>Cyprinus carpio</i>				+	+	+	+	+	+	+		
スゴモロコ	<i>Squalidus chankaensis biwae</i>												
ゼゼラ	<i>Biwia zezera</i>				+	+							
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>												
ツチフキ	<i>Abbottina rivularis</i>					+				+	+		+
ニゴイ	<i>Hemibarbus barbus</i>												
ハス	<i>Opsariichthys uncirostris</i>												
ビワヒガイ	<i>Sarcocheilichthys variegatus microoculus</i>					+	+	+					
フナ類	<i>Carassius</i> spp.			+	++	++	+	+	+	+	+	+	
ホンモロコ	<i>Gnathopogon caerulescens</i>		+	+		+							
モツゴ	<i>Pseudorasbora parva</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
ワタカ	<i>Ischikauia steenackeri</i>							+					
カネヒラ	<i>Acheilognathus rhombeus</i>				+	+	+	+	+	+	+	+	
タイリクバラタナゴ	<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>				+	+	+	+					+
ドジョウ	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>						+			+			+
ナマズ	<i>Silurus asotus</i>			+									
ミナミメダカ	<i>Oryzias latipes</i>												
カムルチー	<i>Channa argus</i>						+						
オオクチバス	<i>Micropterus salmoides</i>			+	++	++	+	++	++	+++	+	+	
ブルーギル	<i>Lepomis macrochirus</i>		++	++	++	++	+	+++	++	+	+	+	+
ウキゴリ	<i>Gymnogobius urotaenia</i>												
オウミヨシノボリ	<i>Rhinogobius</i> sp. OM				+	+					+	+	
ヌマチチブ	<i>Tridentiger brevispinis</i>												
採集分類群数		19											

採集されたが、2011～2014年にかけての採集頻度は高くなく、環境の変化により生息数を大きく減少させる可能性がある。減少要因の一つとされる魚食性外来種を継続して駆除することに加え（滋賀県生き物総合調査委員会、2016）、産卵基質となるイシガイ科二枚貝の生息量の調査と保全が必要である。

ミナミメダカは2014年5月に1個体のみが採集された。調査地と同じ滋賀県彦根市において本種は内湖やその周辺の水路に分布しておらず（中野・岩間、2016）、その要因として止水的環境に生息しているオオクチバスやブルーギルによる影響が挙げられている。ほかの内湖においても本種が多数生息しているという報告はなく（美濃部・桑村、2001；福田ほか、2005；中川・鈴木、2008）、現存する内湖は本種の生息に適した環境ではないのかもしれない。

オウミヨシノボリは2012年以降採集され、その多くは接続水路の周辺で採集されていた。本種の稚魚も採集されており、調査地で繁殖していると考えられる。2014年から開始したタモ網での調査を継続していくことで、今後採集頻度が増える可能性が高い。

内湖で繁殖する分類群

ビワヒガイは2013年以降採集され、その多くは産卵期である5～7月に採集された（細谷、2005c）。しかし、採集個体数は3年間でわずか11個体のみであった。さらに、本種と同じく二枚貝に産卵するカネヒラの採集頻度も低かった。以上のことから、調査地では本種のような二枚貝に産卵する魚類の繁殖が困難である可能性があり、二枚貝が生息しやすい底質環境を整備することが必要である。

ホンモロコは調査した5年間すべての年において採集された。本種は内湖を産卵の場として一時

的に利用するために琵琶湖から内湖へ移動することが報告されており（中村、1969）、また採集時期は中村（1949）に示されている本種の産卵期（4月上旬～7月上旬）とほぼ一致していたことから、産卵のために調査地を利用している可能性が非常に高い。しかし、本種は調査地で捕獲された大型のオオクチバスに捕食されているため（北野、未発表）、その個体群の保全のためには産卵期の親魚を保護することが重要である。

謝辞

滋賀県立琵琶湖博物館の金尾滋史博士、東北大学の谷口順彦名誉教授および中央水産研究所の斉藤憲治博士には、本稿を執筆するにあたり貴重なご意見を頂いた。滋賀県立琵琶湖博物館の中井克樹博士には、神上沼での調査に関して有益なご意見を頂いた。彦根市愛西土地改良区の魚住俊介氏には、神上沼で調査を開始する際に様々なご支援を頂いた。滋賀県立大学学生団体である滋賀県立生き物研究会（旧滋賀県大 BASSER'S）に所属する方々には、現地での調査にご協力いただいた。最後に、本研究は平成23～27年度滋賀県立大学近江楽座活動助成金および平成27年度タカラ・ハーモニストファン活動助成金の援助により遂行された。ここに記して深く御礼申し上げる。

引用文献

福田大輔・辻野寿彦・細谷和海・西野麻知子.
2005. 湖北野田沼における在来魚と外来魚の現状. 「内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全」（西野麻知子・浜端悦治編）, pp. 126－140. サンライズ出版, 彦根.
細谷和海. 2005a. 琵琶湖の淡水魚の回遊様式と内湖の役割. 「内湖からのメッセージ 琵琶湖

- 周辺の湿地再生と生物多様性保全」(西野麻知子・浜端悦治編), pp. 118 - 125. サンライズ出版, 彦根.
- . 2005b. タモロコ. 「山系カラー名鑑 日本の淡水魚 改訂版」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編), pp. 298 - 299. 山と溪谷社, 東京.
- . 2005c. ビワヒガイ. 「山系カラー名鑑 日本の淡水魚 改訂版」(川那部浩哉・水野信彦・細谷和海編), pp. 312 - 313. 山と溪谷社, 東京.
- 池田 碩. 2005. 琵琶湖周辺内湖とその成因. 「内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全」(西野麻知子・浜端悦治編), pp. 33 - 40. サンライズ出版, 彦根.
- 環境省自然環境局野生生物課希少種保全推進室. 2015. レッドデータブック 2014 - 日本の絶滅の恐れのある野生生物 - 4 汽水・淡水魚編. 413pp. 環境省自然環境局野生生物課, 東京.
- 倉田 亮. 1984. 内湖 - その生態学的機能. 滋賀県琵琶湖研究所所報, 2 : 46 - 54.
- Mabuchi, K., H. Senou, H. Takeshima, K. Nakai & M. Nishida. 2010. Distribution of native Japanese mtDNA haplotypes of the common carp (*Cyprinus carpio*) in Lake Biwa. *Japanese Journal of Ichthyology*, 57 : 1-12.
- 美濃部博・桑村邦彦. 2001. 琵琶湖周辺の内湖における魚類相の変化と生息環境分析 - 在来魚の繁殖・生息の場としての生態的機能の復元に向けて -. 応用生体工学, 4 : 27 - 38.
- 水野信彦・名越 誠. 1964. 奈良県猿谷ダム湖の魚類Ⅲ : オイカワの生活. 日本生態学会誌, 12 : 115 - 126.
- 中坊徹次. 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.
- 中川雅博・鈴木誉士. 2008. 琵琶湖の堅田内湖におけるコイ科魚類から侵略的外来種への優占魚種の置き換わりとそれに伴う損失の数値化. 伊豆沼・内沼研究報告, 2 : 1 - 12.
- 中村守純. 1949. 琵琶湖産ホンモロコの生活史. 日本水産学会誌, 15 : 88 - 96.
- . 1969. 日本のコイ科魚類. 455pp. 資源科学研究所, 東京.
- 中野光義・岩間憲治. 2016. 滋賀県彦根市の水路における魚類の種層と分布 - 地理情報システムを導入した大学実習の事例 -. 地域自然史と保全, 38 : 121 - 128.
- 西野麻知子. 2005. 内湖の変遷. 「内湖からのメッセージ 琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全」(西野麻知子・浜端悦治編), pp. 41 - 49. サンライズ出版, 彦根.
- 滋賀県. 2001. 平成 12 年度水辺環境創生計画策定調査報告書. 500pp. 滋賀県, 大津.
- 滋賀県生き物総合調査委員会. 2016. 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 2015 年版 -. 647pp. サンライズ出版, 彦根.
- 滋賀県水産試験場. 2005. 内湖. 「平成 14 - 15 年度琵琶湖および河川の魚類等生息状況調査報告書」. pp. 76 - 84. 滋賀県水産試験場, 彦根.
- 山本敏哉. 2002. 水位調整がコイ科魚類に及ぼす影響. 遺伝, 56 : 42 - 46.

平成 28 年度四手井綱英記念賞 選考理由

受賞対象論文

大美博昭・日下部敬之．2015．淀川河口域におけるアユ仔魚の出現．地域自然史と保全，37（2）：103－114．

選考理由

本論文は2015年「地域自然史と保全」第37巻2号に掲載された原著論文である。夏場の河川中上流域での友釣りなどでよく知られるアユは、日本の代表的な淡水魚である。アユは両側回游魚であり、近年大阪湾に流入する複数の大型河川で若魚の遡上が報告されている。しかし、ふ化後から遡上をはじめるまでの仔稚魚期の大阪湾岸域での生態は、ほとんどわかっていない。

著者は、淀川の流程10kmに及ぶ河口域の中央部と沿岸部、さらに河口の沖合域においてアユ仔稚魚の出現状況を、2010年11月から2011年3月の4ヶ月にわたり定量的に調べた。その結果、10月下旬から11月下旬にふ化し河口域まで流下してきたアユ仔魚は河口域に留まり成長していることが明らかにされた。特に河口域の流程10kmに及ぶ岸沿いの浅場がこの時期のアユ仔魚にとって重要な成育場となっていることを明らかにした点は特筆すべきである。

大阪湾の海岸線は、そのほとんどがコンクリートの人工護岸で覆われており、アユ仔魚が成長できる生息環境はほとんどない。このため淀川河口域の岸沿いが流下したアユ仔魚にとって極めて重要な生息場所となっていると言える。このことは淀川以外の大阪湾に注ぐ大型河川においても河口域の岸沿いの浅場の意義が高いことを示唆している。

本研究は、淀川のアユ個体群を保全する上で、淀川の河口域の岸沿いの浅場の存在の重要性を示したものである。これらの知見は、大阪湾岸域における護岸のありかたにとっても貴重な情報となる。大阪湾に注ぐ大型河川に生息するアユの仔稚魚期の生態を明らかにし、その保全にとって貴重な知見を報告した点において貴重である。

以上のことから、本論文を高く評価し、ここに平成28年度四手井綱英記念賞を授与することとした。

関西自然保護機構編集委員会
四手井綱英記念賞選考委員会

＜編集後記＞

最近、ヒアリを筆頭に、カミキリムシ類など、外来種が社会的にも大きな話題となっています。本号には、外来種をテーマにしたシンポジウム、生物多様性と人を繋ぐシンポジウムの2テーマを特集しています。また、若手研究者の興味深い投稿論文など、充実した記事を多数、掲載することができました。

さて、コンパクトで充実した雑誌をめざして、編集後記を掲載しないスタイルをとっていましたが、本誌の編集および印刷体制を本号より変更しましたので、若干スペースをいただき、ご説明申し上げます。まず、これまで外部業者に委託していたレイアウトなどの編集業務を内部で行うこととしました。そのため、フォントなどがこれまでと若干異なります。印刷業者は価格などを勘案し、変更いたしました。これまでお世話になった光栄堂印刷株式会社には厚くお礼申し上げます。

この事に関連して、執筆要領なども次号より若干、改訂致しますが、めざすところは良質の地域自然史ジャーナルですので、これまでと同様、よろしくお願い致します。編集・印刷体制などにご意見などがありましたら、編集事務局までお寄せください。執筆要領は改訂次第、ホームページに掲載いたします。みなさまのご投稿を期待しています。

(前迫ゆり)

■ 関西自然保護機構ホームページ

<http://www.omnh.net/konc/>

■ 「地域自然史と保全」投稿規定・執筆要領

http://www.omnh.net/konc/toukou_kitei.pdf

■ 四手井綱英記念賞に関する内規

http://www.omnh.net/konc/shidei_naiki.pdf

■ 「地域自然史と保全」39巻1号のPDFは以下のURLにて公開しています。

ログインのためのIDとパスワードはKONCニュースをご覧ください。

http://www.omnh.net/konc/konc_member