

地域自然史と保全

Bulletin of Kansai Organization for Nature Conservation

特集 2010年代の里山管理シンポジウムⅡ／里山資源の循環的利用

Volume 37
Number 1
June 2015



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

表 紙 の 言 葉

兵庫県宍粟市の里山のタムシバ

写真 伊東 明

文 名波 哲

タムシバはモクレン科の落葉高木で、その大きな白い花が開けば、山が一気に華やいてくる。タムシバの性表現は両全性雌雄同株であるが、1つの花の中で雌しべと雄しべの成熟時期が異なる花内異熟性をもつ。これは、雌雄の性機能を時間的に分離することにより同花受粉をさける巧妙なシステムであり、タムシバの場合は雌しべが雄しべに先んじて成熟する雌性先熟である。集団を構成する各個体の開花時期が少しずつ異なることにより、他家受粉が促進されていると考えられる。特別の管理はされていないそうだが、里山の適度な光環境がタムシバの生育に適しているのだろう。

写真：2007年3月31日撮影

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

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

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

現在、次のような活動をしています。

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

会の活動は、個人会員・維持会員の会費により、まかなわれています。

巻 頭 言

環境省「侵略的外来種リストと行動計画」と 今後の新たな外来種対策

森林総合研究所 山 田 文 雄

環境省による「生態系被害防止外来種リスト」と「外来種被害防止行動計画」が2015年3月に公表された。ちょうど10年前に施行された「特定外来生物法」(2005年)で指定された100種ほどの特定外来種に加えて、今回、対象種を大幅に加えて合計429種の外来種がリスト化されたことは歓迎すべきと考えられる。しかし、希少種保全の現場の立場から見ると、希少種がすでに絶滅したり、絶滅寸前に追いやられたりしている状況があり、遅きに失したのではないかと危惧される(日本生態学会, 2015)。本稿では、今後の外来種対策を考える上で、島嶼で起きている野生化イエネコ対策の破綻と早急な新たな対策の必要性を紹介し、次の段階の外来種対策を考えたい。

さて、今回公表された外来種リストと行動計画を少し説明したい。これは、2010年名古屋で開催された「生物多様性条約締約国会議COP10」における2020年までの達成目標である「愛知目標」の一つ「愛知目標9」の「侵略的外来種対策目標」達成の一環で作成され、公表されたものである。愛知目標9では、「侵略的外来種とその定着経路が特定され、優先順位付けられ、優先度の高い種が制御され又は根絶される。また、侵略的外来種の導入又は定着を防止するために定着経路を管理するための対策が講じられる」としている。今回公表された外来種リストでは、「定着予防外来種101種」、「総合対策外来種310種」および「産業管理外来種18種」が選定された。この中で、外来哺乳類

の立場から注目したいのは、これまで問題とされてきたにもかかわらず、特定外来生物に指定されてこなかったペット由来の野生化イエネコや、明治以前に定着したイエネズミ、さらに国内外来種(天敵導入されたイタチなど)などの追加があげられる。

これらの外来種は、IUCNの「世界の侵略的外来種ワースト100」(2000年, URL: http://www.issg.org/worst100_species.html 2015.5参照)や、これを参考とした生態学会の「日本の侵略的外来種ワースト100」(村上ほか, 2002)として10年以上も前に指摘されている。しかし、「特定外来生物法」(2005年)では、被害情報収集の不足や社会的影響の配慮などを理由に、これらの外来種は選定されなかった。ようやく、今回の外来種リストに加えられることになったのは好ましいことではあるが、リスト化で終わらず、実際の本格的対策の実施と成果を出すことが重要で、希少種生息地現場からは急がれる。

最も身近な外来哺乳類として野生化イエネコ問題がある。家畜で伴侶動物としてあまりにも身近な存在のイエネコは全国で約1,000万頭が飼育されている。少子高齢化時代で、人間の子供の数よりも多いという。イエネコは高いハンティング能力と繁殖力をもつために、人間が適正飼養を行わないと、自然界で在来野生動物を捕殺・捕食し、生態系に大きな被害を及ぼし、島嶼などでは野生種の絶滅を起こす影響力を持つ存在となる。わが

国では、野生化イエネコによる在来種への捕食影響の問題が顕在化してきたのは、1990年ごろからである。例えば、北海道天売島（面積6平方km、人口400名）や小笠原村父島（23平方km、人口2,000名）、沖縄島北部のヤンバル地区などの島嶼である（長嶺，2011）。

対策としては、イエネコの適性飼養条例の制定、不妊去勢、野生化イエネコの捕獲と排除（生捕り、馴化、収容保管、譲渡の方式）などである。この不妊去勢には、飼いネコだけでなく、特定の飼い主のいない放浪生活を送るノラネコも対象となり、「TNR」と称する「捕獲（Trap）、不妊去勢（Neuter）および放獣（Release）」が行われる。野生化イエネコ（ノネコ）は「鳥獣保護管理法」では狩猟鳥獣として指定されているが、動物愛護関係者の強い要望でこのような方式の対策が、いつの間にか標準化してしまったらしい。そして、はるか1,000kmも離れた小笠原父島の海鳥生息地から船に乗せられ、都会に生還した野生化イエネコが美談としてメディアに報道される。このような野生化イエネコは10年間に400頭ほどに達し、保全対象のアカガシラカラスバトは大幅に生息数を回復したが、いまだに希少種生息地には野生化イエネコの繁殖個体群が生き続けているという。一方、海外事例では、父島と同じサイズの島で、20頭ほどの野生化イエネコを2年で完全排除（根絶）させ、希少種の回復に成功している（Nogales et al., 2004）。外来種対策といえども、効率的排除と低コスト化が求められ、ましてや、動物愛護的にも、捕獲排除される個体数は少ないほどよい。

さて、わが国におけるこのような方式による野生化イエネコ対策が各地で実施され、やがて10–20年を経過する。しかし、このような野生化イエネコ対策システムは、実際には破綻状態にあると、この分野の専門家は憂いている。希少種生息地の野生化イエネコはいまだに繁殖個体群が残存して

おり、現状の捕獲方式では完全排除には到底成功できそうにない。また、捕獲排除された野生化イエネコの馴化・譲渡される個体の数は限られているため、収容保管数が増えるばかりで限界にきている。

ここに新たな問題が発生してきた。これまでの小さな島嶼に比べると、十数倍から数十倍の巨大な島嶼の奄美大島（720平方km、人口6万人）と徳之島（300平方km、人口1万人）の野生イエネコ問題である。両島は深い森で覆われ山岳地帯が多い。しかも、これまでの小さな島嶼の保全対象は、繁殖期を島嶼で過ごす海鳥などが主体であったが、奄美大島や徳之島における保全対象は、島嶼に周年生息し続ける陸生哺乳類（ケナガネズミ、トゲネズミ、アマミノクロウサギ）などである。

奄美大島や徳之島では、これまでにも野生化イエネコ対策は細々とながら実施されているが、これら希少種に対する野生化イエネコの捕食は続いていた。しかし、次第に両島の様々な地域で、野生化イエネコによる希少種捕食が顕在化し、さらには徳之島のように、トクノシマトゲネズミやアマミノクロウサギが大いに減少する地域も出現してきた。これに対して、本格的対策を緊急に取る必要があるにもかかわらず、従来の馴化譲渡方式が整備できていない理由のために、2013年10月から両島における野生化イエネコの捕獲排除が停止し、やがて17ヶ月が経過しようとしている。この放置の期間、可能な限りの方法でモニタリングが実施されている。希少種生息地での捕食事例が増えており、このまま放置すると、やがて希少種の地域絶滅が起きると危惧されている。ましてや、この島々は「奄美・琉球世界自然遺産」指定のために今年9月には推薦書を提出する段階に来ているというから、足元をすくわれかねない事態である。

このような状況を打開するために、地元の奄美

哺乳類研究会や日本哺乳類学会は、環境省や鹿児島県などに対して、本格的対策の実施を要望している（日本哺乳類学会「奄美大島と徳之島におけるノネコ対策緊急実施についての要望書（環境大臣望月義夫殿・鹿児島県知事伊藤 祐一郎殿，2015年1月5日付）」，URL：<http://www.mammalogy.jp/doc/20150225.pdf> 2015.5参照）。これに対して環境省は、希少種保全の必要性から、新たな野生化イエネコ対策の必要性の理解拡大と対策づくりのために、講演会などの活動に乗り出してきている。

さて、環境省の新たな外来種リストと行動計画は用意され、両島の住民や地元行政もこの問題の早急な対策の必要性を理解し求めている。飼育ネコの適正飼養条例も整備され、地元では活発に専門家による講演会などの普及啓発も行われつつある。奄美大島では「奄美大島生物多様性地域戦略」が2015年3月に策定され、希少種保全のためのイエネコ対策も含まれている。また、奄美大島は外来種根絶成功寸前の「マングース防除事業」も知られている。地元メディアも対策の必要性を報道し続けている。

特定外来生物法施行から10年が過ぎ、新たな外来種リストと行動計画が公表され、愛知目標達成年を5年後に控え、外来種対策は新たな段階を迎えている。新たな野生化イエネコ対策として、破綻をきたしているこれまでの方式に頼らずに、タ

ブーを乗り越えて、海外では常識となっている外来種対策をわが国でも実施する段階に来ている。このためには、生物多様性保全の意味をもう一度しっかりと理解する必要がある。生物多様性保全の保全対象は野生の動植物や自然生態系であり、また、外来種対策のめざすところは、あくまでも保全対象である野生の動植物や自然生態系の回復である。これらに被害を及ぼし破壊する外来生物の自然生態系からの排除は、回復のための手段である。

引用文献

- 村上興正・鷲谷いづみ・日本生態学会. 2002. 外来種ハンドブック. 412pp. 地人書館, 東京.
- 長嶺 隆. 2011. イエネコ もっとも身近な外来哺乳類. 「日本の外来哺乳類 管理戦略と生態系保全」(山田文雄・池田 透・小倉 剛編), pp. 285-316. 東京大学出版会, 東京.
- 日本生態学会. 2015. 南西諸島の生物多様性, その成立と保全. 68pp. 南方新社, 鹿児島.
- Nogales, M., A. Martin, B. R. Tershy, C. J. Donlan, D. Veitch, N. Puerta, B. Wood & J. Alonso. 2004. A review of feral cat eradication on islands. *Conservation Biology*, 18: 310-319.

特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用

二酸化炭素排出抑制と生物多様性の二兎をおうために 利用促進から改めて里山管理を考える

大阪市立自然史博物館 佐久間 大 輔

Redesigning SATOYAMA coppice woods management for reducing CO₂ emission and biodiversity conservation by promoting utilization of fuel wood. Daisuke Sakuma (*Osaka Museum of Natural History*)

環境保全課題と社会課題の交差点としての里山

「里山」は人間が生活するために持続的に利用をしてきた森林や農耕地、ため池などを含む環境である。そこではかつて、コナラやクヌギなどを薪、小低木を柴として燃料に使い、アカマツなどは建材に使い、下草や落ち葉は飼料や肥料に用い、さらに山菜やキノコ類、動物も含め様々な利用がなされてきた。里山はかつて村落に生活した人々にとって、燃料源であり、また収入源であり、日々の糧をもたらす場所でもあった。生活に必要なバイオマス・燃料を得る環境として、持続的に長年にわたり使われてきた環境と見ることもできる。その利用体系の歴史は長く、低山帯の自然に大きな影響を及ぼしてきた（大住・湯本，2011）。里山は人間にとっての資源であり、同時に生物多様性が維持されてきた場所でもあった（田端，1997）。里山はそのなりたちから、エネルギー問題と生物多様性課題の接点であった。さらに、次項にのべるように人間の社会活動の変化に密接に関わる課題でもある。生物多様性保全上の課題としては「SATOYAMAイニシアティブ」として国からも提唱され、持続可能な生産ランドスケープとして、また世界農業遺産と結びつけた文化的景観としての価値も含めても再検討が進む（武内，2013）。

筆者らは「2010年代のための里山シンポジウム」どこまで理解できたか、どう向き合っていくか」（森林総合研究所関西支所，2010a，URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/various/documents/2010satoyama_20101030-31.pdf 2015.4参照；大阪自然史センター，2014，URL：<http://www.omnh.net/npo/what-we-do/education/pdf/kouenkirokushu.pdf> 2015.4参照）として、その豊かな生物多様性がどのような自然史的な背景を持っているのかを探ってきたところだが、放置された里山の活用など社会的・経済的な側面をどのように解決するかについては十分な議論ができなかった。しかし、その一端として示されたのは、「生物の多様性は保全を目的とした維持管理で守られてきたのではなく、持続的利用があり、その結果として保全されてきたのではないか」という歴史的事実に基づくシンプルな論点であった。ボランティアベースの保全のための里山管理を長く続ける仕組みづくりには様々な困難がある。しかし、一方で2010年代の今、里山利用にはどのような道があるのか。現実的な可能性を探すべく再びシンポジウム「2010年代の里山管理シンポジウムII」を2014年11月16日に開催し、議論を行った。これは薪やペレットなどの燃料源としての里山活用の可能性をふたたび問うものであった。

里山の薪炭から化石燃料へのシフトと その社会への影響

生活上の必要要素であった里山が放置され、今日のような状態になった背景は言うまでもなく社会経済的な背景が大きい。大都市周辺のエネルギー事情は利便性の向上と経済性という2つの大きな駆動力を背景に、この100年あまりで大きく様変わりしてきた。大阪をはじめとする近畿圏を例に取れば、大阪市内でガス供給が始まったのが明治38（1905）年であり、戦争を挟んで府内全域にプロパン供給が始まったのが昭和38（1963）年である。これは台所や暖房の近代化の歴史であるとともに、再生可能な木質資源から化石燃料へのシフトの歴史でもある。電力も含め、熱源、光源、動力源のすべてがこの間に大きく化石燃料への依存を強めた。単に家庭での利用燃料の変化や家事労働の変化、というだけでなく社会面、環境面にもドミノのように様々な変化をおこしている。里山は単に生物多様性分野の課題ではなく、多くの課題を内包している。まずは里山で生産されていた薪炭から化石燃料へのシフトが引き起こした影響について、改めて振り返ってみたい。

第一に、薪炭生産という中山間地域の産業の崩壊がおきた。加工林産物のなかでも大きなシェアを持っていた薪炭は販路を失い、林業は針葉樹木材生産に一極集中する。中山間地の多くは農地も限られ、主力となる後継産業を持たず、集落の過疎化が進んだ。かつて里山は生業の一部であったが、近年の里山論（たとえば松村・香坂，2010；日本の里山・里海評価，2010，URL：http://isp.unu.edu/jp/publications/files/16853108_JSSA_SDM_Japanese.pdf 2015.4参照）は、里山を経済的生産の場というより生態系サービスの供給源という、より一般的な捉え方をする傾向にある。もちろん生業も生態系による供給サービスだが、社会にとっ

ての生態系サービス以前に、中山間地に暮らす人々の現金収入源であった。生態系サービスに変わりはなく、様々なものが維持されたとしても、そこから現金収入をあげる社会的なシステムが失われたことによって人為は減り、結果として生態系サービスが変質していった。

第二に起きたことは、その里山林の生態系変化である。クヌギ・コナラといった薪炭材に用いられた木が定期的に伐採されることで明るい森林として維持されてきた広葉樹林が、放置されて遷移が進み、それまでの明るい林床、林縁を好む生物たちが住み場所を失っている問題だ。里山は人が適度に使ってきたことで様々な生物の住み場所を増やしてきたが、使われなくなった今、多くの生物が絶滅の危機にあるというのが里山の生物多様性保全上の大きな課題である。絶滅危惧種だけでなくマイナーサブシステムとしてこれまで利用されてきた松茸やシメジ、コウタケなど多様なアカマツ林の食用菌類、林縁で採取されてきた山菜類の発生にも影響をしている。大きく育ちすぎたことが一因となって、カシノナガキクイムシによるナラ枯れなども発生している（黒田，2008）。このような現状に対してボランティアによる里山林の「保全のための伐採・管理」がおこなわれてきた。大阪府下でも各地の自然保護団体などを中心にこうした活動が行われているが、しかし、せっかくの木材の殆どは活用の道が用意されず、腐るままになっている。ボランティアの熱意だけに頼る活動にも限界があるだろう。

第三の課題が、化石燃料へのシフトによる二酸化炭素の排出である。薪などの木質資源を燃やしても当然二酸化炭素は排出される。しかし、植物の成長によって取り込まれ、再び木材となり薪となるので、循環利用されるとみなすことができる。しかし、地下から掘り起こされた化石燃料を燃やした分を再び化石燃料に戻すことはできない。そ

の分森を増やせば吸収させることも可能かもしれないが、むしろ世界的には森林は減少が続いている。化石燃料を燃やした分だけ二酸化炭素排出量は増えており、地球温暖化などの問題を引き起こしている。里山を使わなくなったから二酸化炭素の濃度上昇が起きたわけではなく、全体的な化石燃料消費の増大が大きいのだが、循環利用が可能という点で木質バイオマス燃料が注目されている（たとえば阿部，2014）。

新たな価値観の胎動

もちろん、化石燃料の使用は利便性や快適性の面で大きな恩恵を我々にもたらしてきたことは言うまでもない。化石燃料に上記のような負の側面があるからといって「全てを昔のように」というのは少なく都市生活には現実的ではない。一方で、近年各地で建造される大規模バイオマス発電所も森林の持続的利用には問題を含んでいるという指摘もされている。他方、薪ストーブ、ペレットストーブのような地域での小規模分散型のバイオマス利用はどうだろう。薪のかまどでピザを焼き、暖炉を眺めワインを飲めるのがあこがれの暮らしだ、というのは（どこかメディアに作られた幻想ではあっても）ある程度理解される状況にある。実際、「薪ストーブライフ（沐日社）」など専門誌まで刊行されている。「スローライフ」などの経済性や効率とは一線を画したオルタナティブな価値観も一定の市民権を得はじめている。これらは実際には簡単なことではなく、楽しむためには知識や経験が必要とする部分もある。生態系サービスを活かしていくためにはそれを使う側の享受能力が必要だという奥（2013）の指摘は興味深い。では、山に入ること、木を利用すること、山の変化を楽しむことといった里山の生態系サービスの享受能力が高いユーザーはどこにいるのか。自然

を楽しむスキルの高い層との重なりは大きいのではないか。さらに言えばスキルも重要だが、まず動機の部分で面白そうだと取り組める意欲のあるユーザーとして自然保護関係者、自然観察愛好者の適性は高いのではないだろうか。2014年度に大阪自然史センターが大阪市立自然史博物館や大阪生物多様性保全ネットワークとともに展開した「二酸化炭素排出抑制対策事業（地域における草の根活動支援事業）」（大阪自然史センター，2015）が潜在的ユーザー層として狙ったのはそんな自然愛好家のコミュニティである。

近年、薪ストーブの燃焼効率改善、ペレットストーブ化による手軽な管理、EPA基準を満たす煙やススの少ない排気など、いくつかの技術革新もあり、一般家庭への薪ストーブ導入が現実的なものになってきている。ふつうの家庭の暖房を薪ストーブ化するには、まず、周辺に使っている人が出てきて、それが魅力的にみえることが重要であろう。太陽光パネルでもスマートフォンでもそして薪ストーブにも、普及の第一段階にはそれを「面白い、やってみよう！」と（苦労も厭わず）取り組んでみる挑戦的な利用者、「アーリーアダプター」が重要なのではないか。技術革新をした薪ストーブの普及にはそうした価値観をふくめた提案が重要な状況だと考えた。きっとそれは自然が好きな人達だろう。生物多様性課題にとりくむ、自然史博物館の周りにあつまるコミュニティには潜在的薪ストーブユーザーが多いに違いない。自然が好きな人がアーリーアダプターとして薪ストーブを使い、山に踏み入り薪を得る。この行為は単に里山の木質バイオマスを求めるだけではなく、そこで出会える様々な生物、木を切る営み、変わる景観といったストーリーをも含めて得ている。奥（日本森林学会大会発表データベース，URL：https://www.jstage.jst.go.jp/article/jfsc/125/0/125_40/_pdf 2015.4参照）のいうところの生態系の「供

給サービス」だけでなく「文化的サービス」をも薪ストーブから得ることができる。言い換えれば知識を得るだけでなく生活の中で自然を味わう行為に繋がる。

大阪府においても、人工林・里山ともに「健全な森林を次世代につなぐ」ための課題は山積している。行政による対策も求められるところだが、波及効果の高い施策は限られる。こうした中において、薪や木質ペレットなどの木質バイオマスは、小規模ではあっても今後ニーズの増大が期待できる分野である。薪の消費をひとつのライフスタイルとして確立させることで、このニーズを広げ新たな山間産業を産むことにつながる。これにより、二酸化炭素排出抑制を促し、同時に生物多様性課題の改善にも繋がる実際の森林管理と改善手段の糸口にすることができるだろう。

上記のような薪炭・木質ペレットの利用による暖房を楽しむ、といった新たな価値観の胎動を目指すために単なる一方通行の講演やアピールではなく、学習と体験にディスカッションなど多様なプログラムとしての展開が重要である。少人数での座談会や観察会、フィールドツアーなど多様な携帯の事業展開を試みた。このために、大阪市立自然史博物館は学術監修と教育プログラムの調整という形で、さらに大阪生物多様性保全ネットワークは行政機関との調整として連携をくむ形となった。

この事業は「草の根活動」と名がつけられているところからも大規模な事業を展開するというよりも、魅力的で長く活動のバックボーンとなるような視点、価値観、人的ネットワークの基盤となることが大切と考えた。社会教育機関としての人的ネットワークの基盤となる博物館を主要な舞台の一つとしたことは、本事業の展開に効果的であったと言えるであろう。

二酸化炭素排出抑制と生物多様性課題の両者に 関わった成果はあったのか

この事業はいくつかの点で評価できるように思う。まず、学術団体と里山保全活動を行う市民、ペレットや薪を提供する森林組合などの事業者、さらには行政関係者をつないだ場が持てたことを評価したい。これまでも里山研究会など大阪府森林組合などをなかだちとして、行政と研究者がともに里山を考える場は設定されていた。しかしその中で、しばしば里山の生物の保全を担う団体と、林業的に管理をする団体の目線がずれてしまうこともあった。シンポジウム当日の議論の中でも記録やデータを取ることを重視する「文化系」市民団体と、木を切ることに情熱を燃やす「体育会系」の市民団体があるなどの比喻がなされていたが、「どうすれば保全のために良いのか」を重視する学術系市民団体と、まずは山をきれいにしたいという里山ボランティアで「目標イメージ」を共有することが重要な点である。生物の多様性は、積み上がる薪に比べれば、やはり成果がわかりにくい。「生き物のため」という不確実で目に見えにくい成果より、積み上がる薪や景観などの具体的で目に見える目標を共有し、明るい雑木林といった生息場所整備を目的にすることで結果としての保全を図ることが試みられている。例えば、森林総合研究所関西支所（2014、URL：<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/3rd-chuukiseika11.html> 2015.4参照）などのマニュアルは地域で自律的に実行可能な手法として、小面積皆伐による薪ストーブ用の薪などの生産を提案している。こうした活動の実行には目的意識の共有や、里山の生態的プロセスの理解を深めることは重要なステップになる。これまでも、森林総合研究所関西支所などでシンポジウムを開催し、小冊子「里山に入る前に考えることー行政およびボラン

ティア等による整備活動のためにー」(森林総合研究所関西支所, 2010b, URL: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/2nd-chuukiseika5.html> 2015.4参照)を発行するなど、これまでも繰り返し訴えられてきた課題でもある。それでも、様々な立場の関係者が共同で議論する機会は限られている。今回は社会的合意形成の場として博物館という低い敷居で交流できる場の活用を試みたところである。自然に関わる市民から企業・行政が一堂に会することの出来る場はそれほど多くない。

次に、身近な森林を、二酸化炭素排出抑制と生物多様性という二つの地球規模の課題と結びつけて議論できた点がある。森林に関する二酸化炭素課題は通常人工林と関連づけられてしまい、里山とつなげて今回のように整理された形で議論できる機会はそれほどない。この二つの課題は地球環境政策としてともに大きな課題であり、環境教育面でも重要なトピックである。その中でともに森林は重要な要素であるにもかかわらず複合的に語られることは少なかった。今後大阪府において二酸化炭素排出抑制のための森林整備計画、人工林や里山を活用の産業育成を実施する際に、事業目的として生物多様性配慮を盛り込む必要性と事業事例を提供することができたのではないかと考えている。

最後に、木質バイオマスを事業者にとっては都市部の潜在的なユーザーの「見える化」につながった点をあげておきたい。林業関係者と自然愛好者は近いようでいて、異なるコミュニティとなっていることも多い。大阪自然史フェスティバルなどの機会を通して、多くの参加者にペレットストーブや薪ストーブの現状に触れてもらった。展示参加したストーブメーカー、ペレット事業者は来場者の引き合いに手応えを感じたそうである。里山の活用は、送り手である山の管理者だけでは成り立たず、その資源を使いたいという受け手のユー

ザーがいてはじめて資源が循環する。言い換えれば木を切るボランティアの熱意だけでは持続的な活用は進まず、エンドユーザーの開拓がなければ出口のない保全活動となってしまうがちである。森林の持続的な活用、というゴールを達成することができるような適正なユーザーの確保と、ペレットや薪の使用にとどまらない、里山自体への関心を持ってもらってはじめて、里山問題と二酸化炭素排出抑制は前に進んでいくであろう。その意味で、ユーザーに転化しうるナチュラリストと事業者とをつなぐことができた事業の意義は大きいであろう。エコツーリズム的な薪生産現場の見学やペレット生産、伐採した広葉樹林の見学など教育プログラムの展開にも、関係者は手応えを感じていた。里山管理はこれまで担い手の育成に力を注いできたが、持続的な活動のためにも薪やペレットなどのユーザー開拓に一層力を注ぐ必要がある。里山関係者には薪ストーブユーザー層が見えてきただけでなく、今後の教育普及事業の展開にも新たな方向性が生まれてきたとも言える。

残る課題

最後に単年度の事業としては解決できなかった課題を挙げておきたい。一つには二酸化炭素削減活動主体で活動を続けるNPOとの十分な連携を築けなかったことである。関西においてはKIKO(気候ネットワーク)などの地球温暖化問題に取り組む有力なNPOがあるが、今回の取り組みにおいてはそれらの団体との連携は「大阪府地球温暖化防止活動推進員・自然エネルギーを推進する会」など一部に限られ、必ずしも十分ではなかった。このために、里山利用による地域分散型の利用が、どのくらい二酸化炭素排出抑制にインパクトを持ちえるのか、説得力のある評価、展開ができなかった。もう一つには恒久的に二酸化炭素排

出抑制と生物多様性課題をつなぐネットワーク・拠点の形成にまでは至っていないことである。上記のNPOのほか、今回の取り組みの窓口となった主な行政機関は生物多様性・森林系部局に限られてしまった。二酸化炭素排出抑制・地球温暖化問題を取り扱う部局が産業関係に多く、自然保護のような多様な市民団体との接点が薄かったことが背景にある。また、博物館も分化・教育部局であるために産業系部局との連携が十分ではない。このために、二酸化炭素排出抑制と生物多様性課題を統一的に取り扱う市民ネットワークを構築し、関連企業や行政とのネットワーク形成にまではいたらなかった。

草の根の取り組みが市民の支持を得るためには安定して問題に取り組むネットワークの核の形成が重要であり、もう少し息の長い取り組みをする必要がある。今回の事業で作成した資料集や記録集などのコンテンツは大阪自然史センターのウェブサイト（URL：<http://www.omnh.net/npo/what-we-do/education/index06.html> 2015.4参照）で公開している。この資産を各地の里山保全活動を行っている団体・行政の今後の活動の参考として活用してもらえれば幸いである。我々自身も可能であれば今後ともこうした取り組みにチャレンジしていきたいと考えている。

引用文献

- 阿部 勲. 2014. わが国の木質バイオマス利用の動向と課題. 森林技術, 862: 4-8.
- 黒田慶子. 2008. ナラ枯れと里山の健康（林業改良普及双書157）. 180pp. 全国林業改良普及協会, 東京.
- 松村正治・香坂 玲. 2010. 生物多様性・里山の研究動向から考える人間 自然系の環境社会学. 環境社会学研究, (16): 179-196, 2010.
- 日本の里山・里海評価. 2010. 里山・里海の生態系と人間の福利：日本の社会生態学的生産ランドスケープー 概要版ー. 36pp. 国際連合大学, 東京.
- 奥 敬一. 2013. 里山林の生態系サービスを発揮するための課題と農村計画の役割. 農村計画学会誌, 32 (1): 20-23.
- . 2014. 里山林生態系からの供給サービスを文化的サービスへ拡張する装置としての薪ストーブ. 日本森林学会大会発表データベース, 125.
- 大阪自然史センター. 2014. 2010年代のための里山シンポジウムーどこまで理解できたか、どう向き合っていくかー 講演記録集. 72pp. 大阪自然史センター, 大阪.
- . 2015. 平成26年度二酸化炭素排出抑制対策事業（地域における草の根活動支援事業）活動報告書. 71pp. 大阪自然史センター, 大阪.
- 大住克博・湯本貴一. 2011. 里と林の環境史. 284pp. 文一総合出版, 東京.
- 森林総合研究所関西支所. 2010a. 2010年代のための里山シンポジウム講演要旨集. 59pp. 森林総合研究所関西支所, 京都.
- . 2010b. 里山に入る前に考えることー行政およびボランティア等による整備活動のためにー. 37pp. 森林総合研究所関西支所, 京都.
- . 2014. 里山管理を始めようー持続的な利用のための手帳ー. 40pp. 森林総合研究所関西支所, 京都.
- 田端英雄. 1997. 里山の自然. 199pp. 保育社, 大阪.
- 武内和彦. 2013. 世界農業遺産ー注目される日本の里地里山. 220pp. 祥伝社, 東京.

特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用

里山林を管理すること

鳥取大学農学部 大 住 克 博

The perspectives from environmental history at local scale are needed for the safe management of the Satoyama woodlands. Katsuhiko Osumi (*Faculty of Agriculture, Tottori University*)

移ろいゆく里山林

昔のことはあまり覚えていないものである。まして、時間とともに少しずつ変わってきたものは、うっかりすると昔からずっと同じだったと思ってしまいがちである。里山の林についての記憶も同様だ。それでもふと、木陰にザイフリボクの白い花が控えめに咲いていた様子や、松葉の敷き詰められた見通しの良い林床に、ジガバチソウが風変わりな花を着けて群れていた様子を思い出すことがある。秋の山裾の道には、アワコガネギクやリュウノウギクが光を浴びていた。40年も前の記憶の中の里山林は、思い出してみると随分明い。

今の里山林は、すっかり木が大きくなり深々としている。常緑樹が勢いを増し、林縁の茂みは深くなり、少し近寄りにくい雰囲気になった。マツ林はザイセンチュウ病により退場し、後を担ったナラ類もナラ枯れに脅かされている。気がつけば、里山林はすっかり変わってしまっている。このような変化を目の当たりにすれば、里山を保全したい、できれば昔のような明い里山の林を取り戻したいと考えることはごく自然な感情であり、生物多様性という科学的理由を持ち出すまでもないだろう。

しかし、里山林の保全あるいは再生の厄介な点は、その移ろいやすさや不安定さにある。我々が

保全したい、再生したいと思う里山林の姿は、歴史的にも植生遷移の過程においても変化の一時点の断面として現れるものであり、安定したものではない。そもそも、人の影響下で成立した二次林あるいは天然生林なので、その保全においては、移ろいゆくことを押しとどめる努力を我々に要求するのである。

里山コナラ林の場合

里山林の不安定さと管理の問題について、里山林の一典型であるコナラ林を取り上げて、以降の話を進めたい。

コナラ林は、全国の大半の地域の里山において、極めて当たり前の存在である。しかし一方で、関東以西における里山のコナラ林は不可解な存在でもある。まず、コナラは暖温帯あるいは照葉樹林帯にあって落葉樹林を成立させている（野嵜，2007）。さらに、コナラは特に散布、更新過程において、例えばアカマツやシラカンバのように典型的な攪乱依存種ではないのに、里山の人為攪乱下で優占してきた。

では、なぜコナラは、強い人為攪乱体制下にある里山で優占種になれたのか？ この問題については以前本誌で議論しているので詳細はそちらに譲るが（大住・石井，2008），そこで提示した仮

説は、過去の里山の土地利用、特に緑肥採取に伴う人為攪乱様式がコナラの更新特性に合致し、コナラが優占する二次林を導いたと考えるべきというものである。単純に森林が伐採され、あるいは攪乱が起きさえすればコナラ二次林が成立する、というわけではないのではないか。さらに成立したコナラ林の多くは、薪炭林として萌芽林管理され、一定の人為攪乱を受け続けてきた。近代以前の伝統的な里山管理においても、伐期や伐採季節は、萌芽能力を阻害しないように設定されていたのである（日本学士院、1959）。

しかしこのような管理は、1960年代以降、薪炭から化石燃料への転換が進むと共に劇的に消滅し、伐採されなくなった里山のコナラ林には、その後様々な変化が現れ始めた。コナラは加齢とともに大径化し、深々としたコナラ林が大面積で成立するという、おそらく過去に無かった状況が出現した。このコナラ林の大径化は、ナラ枯れ菌を媒介するカシノナガキクイムシの個体群の増加率を高め、ナラの集団枯損の近年の急速な拡大の要因の一つになったと考えられている（森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会、2012、URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/nara-fsm_201202.pdf 2015.5 参照）。また関東以西の温暖地では、コナラを主とする落葉樹林内に次第に常緑樹が進入し、暗くなった林内では、落葉樹林の比較的明るい環境に依存していた多くの草本類の衰退を引き起こしていった。

成立過程が示唆する管理方法

このように、里山のコナラ林は強い人為影響のもとに成立し、その多くはその後人の管理下で維持されてきたものと考えられる。とすれば、コナラ林を今後も持続させようとすれば、何らかの

管理が必要なことは自明であろう。

現在まで里山林の保全・管理の主流になってきたのは公園型管理などと呼ばれるもので、上層木は多少間伐をしながらも残し、林内に進入した下層の常緑樹を除去することが基本となっている。これは、伝統的な里山林管理である皆伐して萌芽更新させるという方法と比べると、上層木の伐採について回る高コストは回避し、一方で林内の光環境が改善されることで生物多様性の保全を図ることができるという点で優れている。しかし、先に紹介した大径化に伴うナラの集団枯損の拡大という全く新しい状況は、里山林の保全に厄介な問題を投げかけることになった。公園型管理ではコナラの大径化は解消されず、場合によってはナラの集団枯損の拡大に肩を貸す可能性さえ出てきたのである。

大径化を回避することは、コナラ林の萌芽更新能力を維持し持続を図るためにも必要である。これらを考えあわせると、結局のところ、従来の薪炭林利用のように、短伐期で皆伐して萌芽更新をさせるような里山林管理、林学でいう低林管理の復活が必要だという答えにたどりつく。ただし、コナラ林の多くが既に大径化し、またシカの個体群が増加している現在では、その低林管理は従来の皆伐萌芽更新施業にシカ柵の設置、萌芽更新の成否のチェックと不良な場合の植え込み、植え込み用の苗木の育成と備蓄といった手だても組み込んだものであることが必要だろう。

利用しながら管理する可能性

低林管理ということは、つまりは昔の里山管理に戻れということか？ そもそも社会が低林管理を負担できなくなったから里山は放置されたのではないか？ 今さら低林管理を再提案するのは非現実的ではないか？ 低林管理復活という提案に

対し、このような疑問や批判がただちに呈され発せられるに違いない。いずれももっともである。伐採から更新完了までのコストの負担は、低林管理復活の大きな障害となる。木は太くなると共に急速に難しく危険になり、熟練技術者の仕事となる。そしてそれは、伐採とその後の処理のコストを跳ね上げる。一方、小径木や低木の伐採、シカ柵の設置、再生状況の把握、植栽、萌芽の刈り出しなどについては、地域社会や市民団体からのボランティアで実施することも可能だろう。このことは、里山林の情報を地域社会や市民との間で共有し、今後の管理を共に考えていく基盤を作ることに役立つ。

低林管理の実行可能性や持続性を高めるためには、管理に何らかの利用を組み込んでいくことが有効だろう。単に生物多様性や景観維持のために伐採するだけではなく、利用により何がしかの便益が得られるのであれば、管理はより強い社会の支持を得ることができるのではないか。第一に挙げられるのは薪だろう。最近、高性能化した薪ストーブが注目を浴びようになり、薪の需要も上向きつつある。地域での薪需要を掘り起こし、伐採した木材を昔のように薪材として利用することを、里山林管理に組み込むのである（奥，2010，URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/firewood-stove_201010.pdf 2015.5参照）。

このような低林管理の実行可能性を推し量るためには、まず、実施の負担を具体的に押えてみることである。筆者らは森林総合研究所のプロジェクトとして、皆伐萌芽更新と薪利用を組み合わせた里山の低林管理を、市民のボランティア参加を得て実施するという社会実験を行った（大住ほか，2014，URL：http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/documents/satoyamakanri_201402.pdf 2015.5参照）。これはごく小規模な試行であっ

たが、実施した6ヶ所の管理コストは、専門業者に依頼した大径木の伐採からボランティアによる薪の生産と運搬、シカ柵設置、補植まで含めても、薪の平均的な市販価格の前後に納まっていた。コストの大半を占めたのは、大径木の伐採委託費である。栃木県におけるコナラ・クヌギ林経営を解析した津布久（2008）は、大径化が進むと採算が急激に悪化することを指摘している。このことは逆に、次回以降では大径化する前に伐採を行うようにすれば、管理コストを大きく引き下げることが可能であることを示している。里山林整備については、現在、国や自治体の様々な補助事業が実施されている。これらを地域で薪利用をしながら里山林の整備を進めるシステムの支援に向けることができれば、ボランティアの有償化も可能になるだろう。低林管理の復活は、決して絵空事ではないというのが我々の結論である。

地域性と持続性

上記のプロジェクトが始まった2009年頃は、里山の管理は自然景観保全事業、あるいは生物多様性保全のための生態系修復事業として行われることが専らであり、資源利用の再開により低林としての里山林の構造と持続性をまず復活させ、結果として多様性保全などにも好ましい里山林を復活させていこうというシナリオに基づく試みは、ほとんど見当たらなかった。しかし5年間が経つ間に、東北や北陸、中国地方などの各地で、同様の考えにより薪生産と里山林再生を組み合わせる試みが、市民団体の活動などとして始まっていることが分かってきた。薪需要が伸びているという追い風もあり、今後もこのような動きは広がっていくだろう。そのような里山林再生活動・事業に取り組む場合に考えておいて頂きたいことを、最後に少し述べておきたい。

一つは、里山林の利用や管理は、里山林の持続性の担保から始めなければいけないということである。里山林が成立したメカニズムやその後の管理の歴史を理解していないと、温暖多雨な日本列島では、里山の雑木林は伐って放っておけば自然に再生するのだという誤解を抱きやすい。しかし前述のように、コナラ林の成立や持続には、規則的な利用の長い歴史が必要だったのである。さらに現在の里山林では、大径化によりコナラが萌芽能力を減退させていることが推測される上に、シカの食害の問題も深刻化している。伐採とその後の森林の更新を確実にするためには、里山林管理の中に、シカ柵の設置や更新状況のチェック、更新が不十分な場合の補植などが必ずセットされ、それらのための予算措置も伴わなければならない。最近、全国で薪の生産量が急速に増加しつつあるものの、果たしてそれらは更新を担保した持続的な森林管理のもとに生産されているのであろうか？

二つ目は、地域性に根差したものであるべきということである。そもそも里山林は地域社会の利用と管理の歴史の中で形成されてきたものである。現在の里山林は一度放棄されたことで、過去に無かったような姿に変容しつつある。里山林管理を復活しても、今後どのような姿になっていくのかは不確実な部分も多い。いわゆる順応的管理が必要になるだろう。そこでは管理状況の日頃のチェックが重要であり、そのためには、その里山林に愛着と責任感を持った地域の人々の参加が望ましい。多くの公共事業のように、誰かが地域外部から一時的にやってきて、マニュアルにより画一的な作業を行って去っていくということでは、管理も一過性に終わることが危惧される。自然エネルギーへの評価の高まりや林業の活性化政策などを背景に、最近、大型の木質バイオマスを電熱利用する

プラントの設置が相次いでいるが、それらはより広域の資源利用を対象とした事業であり、里山林管理とのすり合せは、なかなか難しそうである。

里山林の保全は、単なる自然の保全には止まらない。なぜなら、里山林は地域の中で歴史的に形成されてきた文化的自然であり、里山林保全では、自然の管理における文化性も問われるという複雑さを持つ。里山林保全の文化的な側面は、それを担う人間社会の問題である。その意味でも、地域の中で顔の見える世界で議論され考えられることが必要だと思う。

引用文献

- 日本学士院（編）．1959．明治前 日本林業技術発達史．774pp．日本学術振興会，東京．
- 野寄玲児．2007．ナラ林の自然史と二次的自然の保護．関西自然保護機構会報，29：127－142．
- 奥 敬一（編）．2010．薪ストーブがうちにきた：くらしにいきる里山．14pp．森林総合研究所 関西支所，京都．
- 大住克博・石井敦子．2008．里山林でコナラが優占する仕組み．関西自然保護機構会報，30：49－55．
- ・奥 敬一・黒田慶子（編）．2014．里山管理を始めよう ～持続的な利用のための手帳～．40pp．森林総合研究所関西支所，京都．
- 森林総合研究所関西支所「ナラ枯れ」パンフレット製作委員会（編）．2012．ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー．21pp．森林総合研究所関西支所，京都．
- 津布久隆．2008．補助事業を活用した里山の広葉樹林管理マニュアル．112pp．全国林業改良普及協会，東京．

特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用

薪ストーブ利用のコストベネフィット

京都女子大学 中 田 兼 介

Cost and benefit of wood stove use. Kensuke Nakata (*Kyoto Women's University*)

要旨：エネルギー供給体制を再生エネルギー中心に変えて行く事は重要であり、市民レベルで可能な再生エネルギー利用として、薪ストーブによる暖房は有効である。このため筆者は自宅に薪ストーブを導入し利用してきた。本稿ではこの経験に基づき、住宅地における薪ストーブ運用について、利用者の視点から、特にその経済面を中心に考える。薪の入手方法として、市販薪の購入、森林整備ボランティア等に参加して安価なものを譲り受ける、植木などの伐採木を無料で入手する、等が主なものとしてあげられる。市販薪は入手してすぐに使う事ができるが、それ以外の方法で入手した場合は、使えるようになるまで、玉切りや薪割り、また最低一夏、可能なら二年間の乾燥が必要である事が多い。一冬に120日、一日10時間の稼働に必要な薪の量は4-5 m³で、これを入手するための費用は、その方法によって0円から10万円を大きく越える程度までまちまちだが、やり方次第では灯油・ガスファンヒーターやガス床暖房、エアコンと比べても安価なランニングコストが実現できる。一方、薪ストーブや煙突の設置費及び薪割り用の斧や煙突掃除用ブラシ、薪ラック等の購入費用を合計すると、筆者の場合、120万円程がかかっており、ファンヒーターやエアコンはもちろんガス暖房の設置費と比べても高価であった。この高価な設置費用を安価なランニングコストで賄うには、市販品でない薪に頼る事が不可欠だが、そのためには乾燥のための広い保管場所が必要で、これは市街地での薪ストーブの導入・運用の障害になる可能性がある。また薪ストーブ運用にかかる手間ひまをコストではなく効用と考える事ができるかどうか、その経済性評価に大きく影響するだろう。さらに、適切に薪ストーブを利用し、汚れた排ガスを出さない事が市街地での薪ストーブ普及にとって重要であると考えられる。

はじめに

福島第一原発事故による被害の甚大さを目の当たりにした私たちにとって、エネルギー供給を再生エネルギー主体に変えていくことは急務といえる。また、再生エネルギー利用は大気中の温室効果ガス濃度の上昇に歯止めをかける上でも重要である。では、一市民が再生エネルギーを利用しようとした時に、できることは何だろうか？日本のエネルギー消費のうちほぼ1/3を占める民生部門において、暖房のために使われるエネルギー量は全体の約1/4を占めている（経済産業省、2014）。

このことから、市民生活に再生エネルギーを導入しようというときに、暖房から始めることは極めて自然かつ有効であるといえる。そして、私たちには再生エネルギーを暖房に利用する事については既に長い歴史がある。木を燃やして熱を得る事は、基本的には単純な技術に基づいており、個人レベルでの再生エネルギー利用として最適であると言える。このような思いから、筆者は2013年に戸建て住宅を新築した際、その主暖房として薪ストーブを導入し、2015年時点で2シーズン運用を続けている（図1）。本稿では、その経験を元に、市街地での薪ストーブについて利用者の視点から、



図1. 筆者宅の薪ストーブ。

特にその経済面を中心にして考えてみたい。ただし筆者は薪ストーブや再生エネルギー利用の専門家ではないので、本稿の内容はあくまで個人的な経験から導かれる範囲内のものである。本稿の執筆において（株）京阪エンジニアリングさんから数多くの有益な情報をいただいた。佐久間大輔氏からは本稿執筆の基となる講演機会をいただいた。薪ストーブ導入にはジョセリン・ウィメ、春美・ウィメ、石田 惣、佐藤ミチコ、中川 仁の各氏の後押しが必要不可欠であった。この場を借りて御礼を申し上げる。

基礎的な条件

本質的に経験譚である本稿の内容は、筆者のストーブ利用条件に大きく依存するものと思われるので、ここでその居住環境・スタイルまたストーブの特徴について簡単に触れておくのは有益だろう。筆者の居住地は、大阪平野北部に位置し北摂山地にも近く、また最寄りの駅まで徒歩10分、大阪市中心部まで電車に乗って20分強で移動可能な郊外住宅地の一典型である。市街地での薪ストーブの運用では、近隣住民からの煙に対する苦情がトラブルの元となることがあるが（環境省URL：http://www.env.go.jp/air/co-benefits/conf_tech/h

23_report.pdf 2015.4参照）、今回の立地は三方を道路、店舗、駐車場で囲まれており、民家と接しているのは一方向だけである。このため近隣とのトラブルが生じにくい点で薪ストーブ運用に有利な場所だと言える。建屋は木造二階建てで、断熱性能を示すQ値は $2.33\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ と次世代省エネ基準に適合しており、延べ床面積は 120m^2 強である。4人家族で居住しており日中も家族の誰かは在宅している事が多い。導入した薪ストーブは鋳鉄製で、ストーブに取り込んだ空気を熱して燃焼ガスに吹きつける事で二次燃焼を促すクリーンバーン方式を用いており、微小粒子状物質の排出に関してアメリカ環境保護局の2013年時の規制をクリアしている。カタログによるとストーブの最大出力は $10,321\text{kcal/h}$ 、暖房面積は 130m^2 であり、よほど寒い日でない限り、薪ストーブ一台で家屋全体を暖める事ができる。熱効率は63%である。外気温によって必ずしも一樣ではないが、多くの場合は点火を始めて一時間ほどで室温を25度近くまで上げる事ができる。

薪の入手と消費量

薪の入手経路はさまざまである。最も手軽な方法としては、市販薪の購入がある。 1m^3 あたり25,000–30,000円程度の価格が相場だが、これに5,000–10,000円ほどの送料が追加される事が多い。次に、森林整備活動ボランティア等に参加するなどして山林の伐採木を譲り受ける方法がある。といっても薪の状態で手に入るわけではなく、場合によっては玉切りをする必要があり、玉切り済みであっても薪割りは必須である。当初は電動薪割り機を借りていたのですが、その費用も含めて材 1m^3 あたり12,000円ほど払っていたが、最近では自ら斧で割って薪にしておりその費用は折々で異なるが、場合によっては 1m^3 あたり5,000–6,000円程

度という破格の値段で譲ってもらうこともある。ただ、この方法は誰でも確実に使えるものではなく、価格もこれほど安価になるとは必ずしも期待しない方が良くだろう。実際、京都市が行っている伐採木の薪配布イベントに参加した際は、薪割り済みの材をもらい受けるだけだったとはいえ1 m³あたり20,000円弱の費用がかかった。最後に植木や街路樹の伐採があるなどの情報を聞きつけた時には駆けつけて譲り受ける方法がある。この場合も、もらった材は玉切り・薪割りをする必要があるが、無料で薪が入手できる事が多い。造園業者さんと知己になれば、伐採情報をより多く入手できるだろう。

薪販売の専門業者から薪を購入するのであれば、運搬は自分で行わなければならない。筆者は自家用車を用いているが、最大でも一度に0.5 m³程しか運ぶ事ができないのが難点である。また、薪は使用前に最低でも一夏、理想的には二年間風通しが良く雨の当たらない場所で乾燥させて中の水分量を低下させておく必要があり、市販品以外は、入手してもすぐに使えるわけではない。すぐ使える薪の場合でも、一定量は保管場所が必要である。このために、筆者は市販の薪ラックを二台、DIYで作った薪ラックを二台設置し、合計6 m³の収容量を確保している（図2）。



図2. DIYで作った薪ラック。

薪使用量の見積もりとしては、薪ラックのこの場所からこの場所まで使用した、というおおまかなものしかないが、2013-2014年に5 m³、2014-2015年は4 m³程（この年は日中誰も在宅していない事が多かったので消費量が少ない）の消費があったと考えている。とはいえ、これではあまりにおおまかなので、ここで他の方法から1シーズンあたりの使用量を推定してみたいと思う。そのために、まず、ストーブの稼働期間を11月の半ばから3月の終わりまでとし、温暖な日や家族で旅行に行くなどしてまったく火を入れない日を除いて、120日運転したと仮定する。運転日は、起床時に点火し10-11時ごろまで薪の投入を続けて家屋内を暖め、その後は熾火と余熱で室温を維持する。そして外気温が下がってきた18時ごろに再点火、23時から24時ごろに薪投入を止めて就寝、というのが通常の生活パターンであり、1日10時間の薪投入があったと想定する。巡航運転時には最大出力の6割程度の発熱量が生じるとされるので、1シーズンの総発熱量は、 $10,321 \text{ kcal/h} \times 0.6 \times 10 \text{ h/d} \times 120 \text{ d} = 7.43 \times 10^6 \text{ kcal}$ と推定される。一方、里中（1963）によると、針葉樹の材1.1gには4,310cal、広葉樹の場合は4,100calの熱量が存在する。両種の薪をおおよそ1:1の割合で使用したと考えると、薪1kgは、 $(4,100+4,310) / 2 / 1.1 \times 1000 = \text{約} 3.8 \times 10^3 \text{ kcal}$ の熱量を持つが、熱効率は63%なので、1kgの薪を燃やすと約 $2.4 \times 10^3 \text{ kcal}$ の熱を暖房用として得られた事になる。ここから、 $7.43 \times 10^6 \text{ kcal}$ の熱を発生させたと言う事は、重量にして約3.1tの薪を1シーズンで消費したと推定される。乾燥した薪の比重を0.6g/cm³程度とすると、3.1tの薪の体積は5.17m³ということになる。この値は、上の見積もりとおおむね一致する事から、実際と大きく異なる事はないだろうと考えられる。

薪ストーブの経済性

さて、薪ストーブの導入を考える上で、その費用的側面（燃料費と設備投資費）の検討、特に既存の暖房方式（ここでは灯油ファンヒーター、ガスファンヒーター、ガス床暖房、エアコンの4種類を考える）との比較は避けて通る事ができない。まず既存方式の燃料費から検討しよう。灯油では、資源エネルギー庁総合エネルギー統計「2013年度以降適用する標準発熱量・炭素排出係数一覧表」（URL：http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/carbon.html 2015.4参照）によると、その熱量が1ℓあたり36.5MJ = 8.72×10^3 kcalなので、薪ストーブと同等の 7.43×10^6 kcalの熱量を灯油ファンヒーターで発生させるには852ℓが必要となる。灯油1リットルあたりの価格を100円とすると、1シーズンの燃料費は85,200円と算定される。一方、都市ガスの場合、同一覧表によると、その熱量は m^3 あたり40.1MJ = 9.58×10^2 kcalである。ここから、ガスファンヒーターで775 m^3 の都市ガスを消費すれば薪ストーブの1シーズンの発熱量と同等になるといえる。ガス1 m^3 あたりの価格を150円とすると、その費用は約116300円である。ガス床暖房のランニングコストの推定には、富士環境システム株式会社の「床暖房 ランニングコスト 自動計算フォーム」（URL：http://www.fek.jp/cost_running.asp 2015.4参照）を用いた。1階部分は風呂やトイレ等を除いた居住部分の面積として24帖=40 m^2 、1日16時間暖房するとし、2階部分は12帖=20 m^2 を1日6時間暖房すると仮定して、ガスヒートポンプを使用する設定で推定したところ、1ヶ月当たり13,119円という値を得た。4ヶ月分では約52,500円である。エアコンの場合は、10月28日から4月14日までの165日間1日18時間稼働させた場合の暖房期間消費電力量がカタログに掲載されている場合があり、

一例としてF社のものを参照すると、23帖用の機種では1,777kWh、12帖用の機種では1,090kWhとある。これらを120日間それぞれ16時間と6時間使用した場合に換算すると、1,149kWhおよび264kWhとなり合計1,413kWhである。使用1kWh当たりの電気代を22円とすると、これは31,086円に相当する。設備投資費としてはファンヒーターが1台10,000円程度のものを4台導入するとして40,000円である。ガス床暖房の場合、熱源なしで6帖12万円程かかるとし、1階に24帖2階に12帖とすると、少なくとも72万円となる。これに熱源を加えたり、既存住宅に設置する時のリフォーム代などを考えると、かなりの出費になるだろう。エアコンは23帖用の機種が30万円程度、12帖用の機種が20万円程度かかるとすれば50万円となる。このように考えると、設備投資費は安い燃料代の高いファンヒーターに対して、エアコンは電気代がかからない上に設備投資費もガス床暖房ほどではないのでバランスの取れた方式のように見える。しかし、筆者の主観的な好みを言えば、ファンヒーターやエアコンの暖房はお世辞にも快適とは言えず、その点ではコストがかかるけれどもガス床暖房は捨てがたい。

さて薪ストーブの場合はどうだろうか？先にも述べたように薪の入手手段は様々で、かかる費用も大きく変わると考えられる。筆者の場合、薪ストーブ導入1年目には市販薪2.5 m^3 を購入し、残りを諸所から集めた無料薪で賄った。1年目という事で薪の価格はサービスしてもらい送料込み68,500円で済んだが、もしすべて市販薪を使っていたら、この倍の値段はかかっていたはずで、燃料費としては他の暖房方式と比して大きくコスト高である。2年目には安価に入手した薪の利用比率が増えたため、年間50,000円ほどに収まり、ファンヒーターや床暖房よりも燃料費が低くなった。3年目は年間30,000円程度になる事が見込まれ、

エアコンにも比する程にコストを下げる事ができる。要は工夫次第である。一方、設備投資費としては、ストーブの周囲を熱から保護するための炉台工事、ストーブ本体、煙突、工事費、薪割り用の斧、煙突掃除具、薪ラックの製作費などで120万円ほどを費やしたので、他の暖房方式と比してコスト面ではまったく太刀打ちできない。この費用を節約するには、ストーブ本体や煙突を安価なものに変えるという方法があるが、安価な機種・煙突の利用には排気ガス中の汚染物質の増加が生じるリスクがあるので、市街地では採用しない方がよいであろう。ただし、もし薪をすべて無料の材でまかなうことができれば、トータルコストは、長くても10-15年ほどでファンヒーターとガス床暖房に、20年少したてばエアコンに勝つ事ができる。金銭的な側面から見ると、いかにして安価に入手した薪を多く使用するかが重要になってくるが、その際には保管場所の確保が問題になってくるだろう。未乾燥の材を二年保管して乾燥させるならば、年間5 m³薪を燃やすとして、薪置き場として10m³の空間が必要になる。これを市街地で確保するのは容易ではない。

置き場を確保できたとしても、安価な薪の入手には材探し、運搬、薪割りなどの手間ひまがかかる。手間ひまの点では、煙突掃除も必要だし、そもそも運転の際に常に薪を絶やさないと気を使う必要もある。既存暖房方式のように、スイッチ一つですべてが回ると言うわけには行かない。通常このような手間ひまは経済的コストとしてカウントされてしまうものだろう。もし本当に手間ひまを上記のコストに上乗せしてしまうと、薪ストーブは到底経済的に引きあわないものとなってしまう、導入が難しいものと言わざるを得なくなる。しかし、実際に薪ストーブを運用したものの実感としては、これらの手間ひまは決してコストではなく、むしろ喜びなのである。おそらくこれは自

分の行っている事が直接生活に結びつくがゆえの喜びで、例えば丁寧に料理を作って美味しいものができた時に感じる喜びと類似のものだろう。

経済効率コスト当たりの効用で測られるわけだが、効用は満足の水準を意味するのだから、こう考えると薪割りや煙突掃除などは効用にカウントすべきものとも言える。このタイプの効用をエアコンやファンヒーターから得られる人は稀であろう。また、もっと直接的な効用としては、暖房の質の高さを上げる事ができる。体の芯から暖まるという薪ストーブの宣伝文句が決して誇大ではない事は一度体感すれば瞭然である。筆者は5年ほど前から冬季の肩凝りに悩まされてきたが、薪ストーブを運用するようになって凝りが大きく軽減されるようになった。

市街地で薪ストーブは可能か？

以上の事から、経済的な側面から見ると、薪ストーブ利用を可能にする鍵は二つあるように思われる。一つは、薪の保管場所で、もう一つは、手間ひまを効用にカウントする事である。この二点のいずれかがクリアされるなら、薪ストーブは好事家の道楽品と位置づけられるべきものではなくなるだろう。むしろ、経済効率と言う点からも十分に引きあう実用品であると言えるのだ。実際のところ、既に薪ストーブは筆者の貧困な想像力を越えて普及が進んでいるようである。というのも、戯れに自宅周辺の家屋に薪ストーブがどの程度設置されているのか知りたくなり、煙突を備えた家を探して回ってみたのである。すると次々にそのような家屋が見つかり、見て回った地域の戸数からすると少なくとも350軒に一台ほどの割合で薪ストーブないしペレットストーブが設置されている事が分かったからだ（これは歩き回って目に入った煙突の数を数えることで得られた信頼性の低い

値で、過小評価になっていることは確実である)。この割合は、自動車販売で言えばプジョーやルノーと言った輸入自動車と同程度のものである。輸入自動車の運用には、多少は趣味的な点があるとは言え、現在では決して特殊な嗜好品ではなく十分実用品の範囲内である事は多くの方々に同意してもらえる事であろう。

最後に、経済的な面とは別の薪ストーブ利用可能性に関わる要因として、排ガスにまつわる諸問題に触れておく必要があるだろう。先にも書いたように、薪ストーブから出る煙が原因の近隣住民とのトラブルは現在でもしばしば見られる(筆者も知人のトラブルを複数件見聞きしている)。この事は、地域コミュニティの更なる弱体化が進むと予想される将来に薪ストーブ普及の足かせになる怖れがある。場合によっては、薪ストーブの規制に進むことも全くの絵空事ではないだろう。本年アメリカでは、環境保護局によって薪ストーブ排ガス規制基準の強化が決定されている(URL: <http://www2.epa.gov/residential-wood-heaters/>

[final-new-source-performance-standards-residential-wood-heaters](#) 2015.4参照。これにより、筆者の所有するストーブも2020年にはアメリカ国内での販売が不可能になる)。この規制は、より排出物の少ないストーブを開発するインセンティブとして働き、普及の妨げになるものではないと思われるが、いずれにせよ薪ストーブには大気に対して負の影響がある事は確かである。筆者も含め利用者はその点を正しく意識してストーブを運用する必要がある(環境省URL: http://www.env.go.jp/air/co-benefits/conf_tech/h23_report.pdf 2015.4参照)。このことは市街地における薪ストーブの社会的受容を進めていくうえで必須だと考えられる。

引用文献

- 経済産業省. 2014. エネルギー白書: 2014年版. 311pp. ウィザップ, 新潟.
- 里中聖一. 1963. 木材炭化の基礎的研究. 北海道大学農学部演習林研究報告, 22: 609-814.

特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用

芸北せどやま再生事業の開始30ヶ月における成果

北広島町立芸北高原の自然館 白川 勝信

The 30-month progress of Geihoku Sedoyama Restoration Project. Katsunobu Shirakawa (*Natural History Museum of Geihoku*)

要旨：広島県北広島町では2012年10月に「芸北せどやま再生事業」が始まった。当該事業では、広葉樹を受け入れる市場を地域に設置・運営することを通じて、山の持ち主による森林の施業を促すとともに、地域経済の活性化、木質バイオマスエネルギーの利用促進を担っている。

はじめに

里山の利用低下による生物多様性の劣化や、それに伴う公益的機能の低下が問題となっている（国際連合大学高等研究所日本の里山・里海評価委員会，2012）。とりわけ、林業の担い手不足や、木の利用に関する知識の消失が重要な課題である。

里山の再生を目的に掲げる取組は各地で行われているが、その多くがいわゆるボランティアによる活動である。かつて我々に様々な恵みをもたらした里山が、今日では、我々の社会から、ボランティアという形の労働力や、補助金という名の経済力を奪う存在になっている。ボランティア活動は里山の機能を絶やさないという意味では重要な意味を持つが、根本的な再生のためには、今日的な利用の仕組みが求められている。

「芸北せどやま再生事業（以下「せどやま事業」と呼ぶ。）」は北広島町芸北地域において、里山の再生を目的として2012年に始まった取り組みである。本稿ではせどやま事業を紹介してこれまでの事業成果を検証し、今後の展望を示す。

本事業を開始するにあたり、高知県のNPO法

人土佐の森救援隊の中嶋健造氏に助言いただいた。また、特に北広島町企画課の矢部芳彦氏の尽力が大きかったことを記し、両氏に謝意を表す。

せどやま事業の背景

背戸山（せどやま）とは民家の裏手にある山を指す用語である。芸北地域における聞き取りによると、1960年代頃まで、使役牛馬の飼料、屋根葺きのカヤ材、また堆肥原料としての草や、燃料としての薪など、生活に必要な資源を得る場として背戸山が利用されてきた。これら主産物以外にも、山菜、薬草、仏花など、日常生活や行事、文化活動に必要な資源を背戸山が供給していた。さらに、樹木の伐採により日照が確保されるので、家屋が乾燥し、良好に維持することができたと住民にも実感されていた。今日では、里山としての利用が低下し、このような多面的機能が失われつつある。

芸北地域の広葉樹林利用が進まない理由は大きく3つある。第一に、広葉樹の買取価格が低いため、商品として採取されないこと、第二に木を伐採する「林業の担い手」が不足していること、第

三に生活の中で木を使う必要が無いことである。そこで里山の利用推進には、それぞれの背景に対応して「木を買い上げるしくみ作り」、「だれでも着手しやすいしくみ作り」、「消費地の確保」を同時に進める必要があった。

事業の内容

せどやま事業の枠組みは、高知県の町を拠点に活動するNPO土佐の森救援隊が自伐林家による植林地施行の方法として開発した「C材で晩酌を！」の取り組み（中島，2012）を参考に設計された（図1）。当初は広葉樹のみを受け入れ、2014年6月からは針葉樹の受入も開始された。

事前に事業の説明を受けて出荷登録をした林家は、末口6cm以上、長さ1m以上に切った材を「せどやま市場」に持ち込む。受け入れ量は、つり下げ秤で計量され、材の対価は地域通貨によって、1ヶ月ごとに支払われる。チップ用材などでは1tあたり5千円で買い取られる木に対し「せどやま市場」は6千円分の地域通貨を発行している。

地域通貨の名前は「せどやま券」、単位は「石」で、発行から6ヶ月間の有効期限内に、芸北地域

の商店で使うことができる。現在、せどやま券が使えるのは23の店舗で、食品、日用品、燃料、農機具、自動車、飲食など様々な用途に利用できる。商店で使用されたせどやま券は、せどやま市場の職員が月末毎に日本円と引換に回収する。

せどやま市場に集められた広葉樹は、原木のまま、あるいは薪に加工されて、地域内外の消費者へ販売される。この売上がせどやま券の回収資金、職員の人件費、土地と機械の賃借料などの運用資金に充てられる。

事業の成果

2012年10月のせどやま事業の立ち上げに際し、広島県過疎地域の生活支援モデル事業から350万円の補助金が交付された。また、2013年から2014年にかけては、起業支援型地域雇用創造事業を約190万円で北広島町から受託した。

一方、2014年3月までに、出荷登録者は51人となり（図2）、広葉樹856tを含む木材956tが出荷され（図3）、5,379枚のせどやま券（約538万円分）が発行された（図4）。すなわち、事業開始から30ヶ月で行政からの補助金と同額が、完全に地域内で消費される地域通貨として林家に還元さ

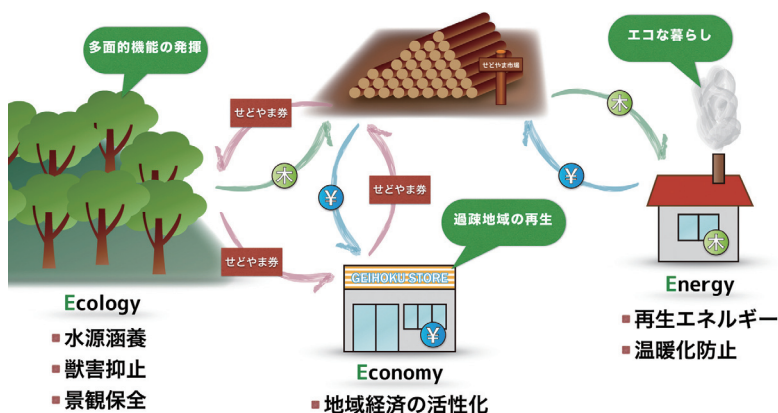


図1. 芸北せどやま再生事業の全体像。

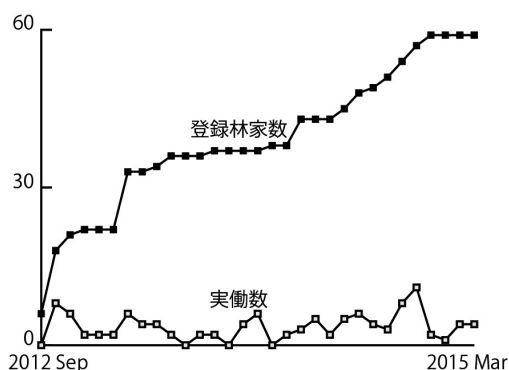


図 2. 芸北せどやま再生事業の出荷登録者数および各月の出荷者の数。

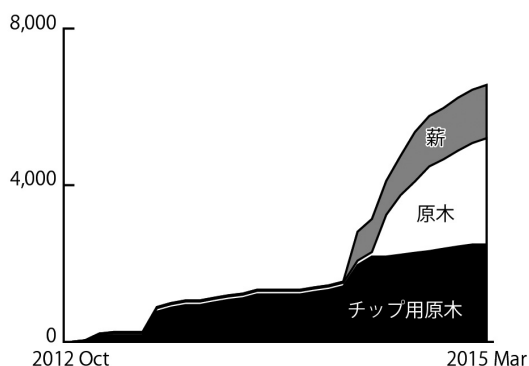


図 5. 芸北せどやま再生事業における製品売上積算額の推移（単位：千円）。

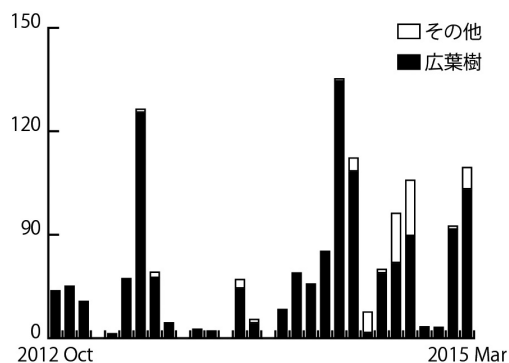


図 3. 芸北せどやま再生事業の月別出荷量（単位：トン）。

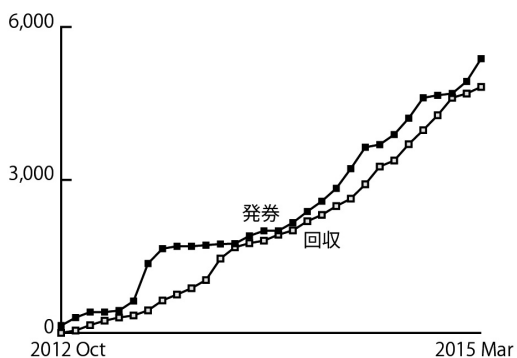


図 4. 芸北せどやま再生事業における地域通貨発券総枚数および回収総枚数の推移。

れたことになる。また、この間の事業収入は668万円であった（図 5）。

せどやま事業がもたらす価値の変換

せどやま事業は、せどやま券による地域経済の流れ、薪を通じたバイオマスエネルギーの流れ、販売を通じた外部経済の流入を促進している（図 1）。これらは、過疎地域における経済の活性化や、再生可能エネルギーの利用による温暖化防止など、多くの社会的課題を解決に導くと期待される。水源涵養やバッファゾーンの形成による獣害抑止、景観保全など、かつての里山が持っていた多面的機能は、その結果としてもたらされる。

里山の「保全活動」を出発点とするのではなく、里山からもたらされる資源の流通を促すことによって、結果として里山の機能を再生させるというアプローチは、一見遠回りに見える。しかし、本来の里山は資源収奪の場である。また、家中（2014）が指摘するように、（共有林に加え民有林も含めた）森林資源が産み出す利益は個別的なものでなく、地域社会において、世代を超えて生み出される公共的価値である、という視点は重要である。今求められる林業は、木材生産だけに

着目した施行委託型林業に留まらず、例えばせどやま事業のような、里山の多面的機能の発揮を促す社会全体仕組み作りであると考えてる。

課題と今後の展望

せどやま事業において、出荷登録者や出荷量は増加し続けている。しかし、実際に出荷する林家は一部に限られており、地域に根ざした活動になっているとはまだ言い難い。また経営の面では、入荷した材の販売先が限られているために、在庫と負債を抱えながらの運用となっている。今後、健全に事業を継続するためには、チップ原料や原木よりも付加価値の高い薪の消費地を増やすことが課題である。これに関連し、現在、北広島町芸北支所は提案型事業として「薪活！」を提唱し、温浴施設への薪ボイラー導入や、個人宅の薪ストーブ設置への補助金制度など、薪の利用を推進している（北広島町，2015）。十分に市場が形成され

るまでは、運営そのものへの行政の支援が期待される。

引用文献

- 北広島町．2015．薪活！No.11芸北からはじまる薪を使った豊かな暮らし．広報きたひろしま，123：17．
- 国際連合大学高等研究所日本の里山・里海評価委員会．2012．里山・里海－自然の恵みと人々の暮らし－．201pp．朝倉書店，東京．
- 中島健造．2012．バイオマス収入から始める副業的自伐林業．212pp．全国林業改良普及協会，東京．
- 家中 茂．2014．運動としての自伐林業．「林業新時代－『自伐』がひらく農林家の未来－」（佐藤宣子・興梠克久・家中 茂編著），pp．153－292．農山漁村文化協会，東京．

特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用

粗朶の生産と利用による里山の保全

岐阜県立森林文化アカデミー 柳 沢 直

Conservation of satoyama by production and utilization of fascines. Nao Yanagisawa (*Gifu Academy of Forest Science & Culture*)

Fascine production used to consume considerable amount of satoyama resource and it contributed to the forest management of satoyama. However, it has been difficult in recent years, owing to the aging of its producers. The unit price of fascine bundles as a construction material stays low, so the volunteer groups aiming at forest management are expected to play key role instead. Fascine production also faces difficulties from the demand side. Fascine mattresses are used for river civil engineering works, but the demand is not stable, although massive amount is required once a demand occurs. Using fascine bundles in agricultural water channels can produce stable demand of fascine. Most of agricultural water channels are made of concrete both in revetment and riverbed. A construction with fascine bundles is effective to aggregation of aquatic organism in the channels. Fascine production in satoyama forests and its utilization in agricultural environment contribute not only to the sustainable use of satoyama, but also to the biodiversity of both in satoyama forests and in agricultural water channels.

Keywords: biodiversity, fascine, forest management, satoyama, sustainable use

要旨：粗朶は河川護岸工事の工法のひとつである粗朶沈床工などに使われる資材であり、里山林から伐りだした低木を規格にしたがって束ねたものである。粗朶生産は現在も行われている里山利用の一つであり、昭和30年代まで行われていた里山林の皆伐短伐期萌芽更新という施業方法を継続しているという点で、里山景観、里山林生物相の保全の点で重要である。しかし粗朶生産者の高齢化と後継者不在、継続的な粗朶需要の減少など、粗朶生産を取り巻く環境は厳しい。一方で森林整備を目的とする森林ボランティア団体の数は増加し、その中には里山整備を目的とするものも多い。こういった団体が里山整備の際に除伐した低木層の樹木は林内に放置されているが、これを元に粗朶の生産が可能である。粗朶需要に関しては、粗朶沈床工のほかに、粗朶の持つ生物凝集効果を利用してコンクリートで固めた農業用水路での環境整備の目的で使うことにより、小規模だが安定した需要を作り出すことができる。粗朶の需要と供給が安定することで、里山内で完結する持続的な利用が可能になるだけでなく、里山の自然である農業用水路と里山林の両方で生物多様性の保全に貢献することが可能である。

キーワード：粗朶、生物多様性、森林管理、里山、持続的利用

はじめに

近年も森林ボランティアの増加傾向は続いており、平成24年度の活動団体数は3,060を数え、平

成12年度の581団体と比較して5倍以上に増加している（林野庁、2014）。森林ボランティアの活動内容のうち、「里山林等身近な森林の整備・保全」をあげている団体は平成24年度には80%近く

に達しており、市民や企業による森林ボランティア活動が盛んになっていることを示している。ここでいう「里山林」には、スギ・ヒノキ等の人工林が含まれていることに注意する必要があるが、昔から薪炭材や肥料としての落ち葉を供給してきた広葉樹林やアカマツ林がこういった森林整備の主要な対象となっている。本論では、生活や農業のために日本人が古くから利用してきた、水田・畑・森林・草地のまとまりを里山として定義し、その中で広葉樹林とアカマツ林を合わせたものを特に里山林と呼ぶことにしたい。ここでは里山林にスギ・ヒノキ等の人工林は含まない。人工林は植林によって作られた林であり、人間による働きかけで長い期間かけてできあがってきた半自然とは異なること、補助金についても既に以前から林野庁を主体とした体系ができあがっていることが理由である。

一方で里山林は地域住民のエネルギー源、肥料源として直接利用されてきただけでなく、薪や炭の販売による重要な収入源でもあった。現在ではこういった里山の経済的重要性は相対的に薄れてきているものの、炭・シイタケ原木の他に、薪ストーブユーザの増加に伴う薪需要の増加によって薪材の販売による現金収入の道も拓かれてきており、各地で薪の生産や販売についての取組みが行われてきている（奥，2014；戸軽，2014）。森林ボランティアによる里山林の整備を進めるにあっても、活動のインセンティブとしてこれらの林産物による現金収入は重要である。広葉樹の薪生産や、シイタケ等のキノコ類栽培のためのほだ木生産は、里山林からの現金収入を得る方法として現在も続いている（総務省統計局URL：<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001129283> 2015.3 参照）。

しかし、こういった里山林の利用には問題もある。薪として扱うのに手頃な太さの材は直径10

cm程度であるが、実際の広葉樹里山林の林冠木は、生育条件にもよるが、戦後すぐ伐採されて萌芽更新したもので、胸高直径が30cm以上に生育してしまっているものが多い。薪の場合は大きな材であってもいくつかに分けることで利用可能であるが、ほだ木として利用する場合は割ってしまっただけでは利用できない。胸高直径10cm程度に生育するのにかかる年数は、立地にもよるが昔薪炭利用がされていた時代の伐期である15～20年程度であるため、全国的に里山利用が一般的でない現在の里山林は伐期齢を超えており、効率的な薪生産やほだ木生産に向いていない。

そのような林であっても、林内の低木層を構成する樹木を使えば工事資材である粗朶を生産し、対価を得ることができる。しかし、現在行われている里山整備では、除伐された林内の低木は利用されずに林内に放置されていることが多い（図1）。本論では粗朶の生産と利用を里山整備に結びつけることによって里山の保全につなげることができないか、その可能性について論じたい。

本論は、平成26年12月14日に開催されたシンポジウム「低炭素化社会の実現に向けて 里山資源の循環的利用」内で講演した内容を元にまとめた



図1. 森林整備の際に除伐された低木。林内に放置され、利用されない場合がほとんどである。

ものである。講演内容には、森林文化アカデミー卒業生栗岩平氏、水生生物の同定や助言をくださった水圏域研究会の寺町茂氏、粗朶に関する工学的知見に関してご教授いただいた岐阜工業高等専門学校和田清教授の協力による研究結果が含まれている。ここに謝意を表したい。また、研究にあたって粗朶の材料の採取を許可していただいた美濃市片知の下牧財産区議長小椋将道氏、粗朶沈床工や粗朶の生産に関する取材に応じていただいた株式会社井納木材社長井納英昭氏にもお礼を申し上げる。

粗朶とその利用について

山から伐りだしてきた木を束ねて使った工事資材は古くから使われてきた。万葉集にも詠われており、「山川に 風のかけたる しがらみは 流

れもあへぬ 紅葉なりけり」という百人一首でも有名な和歌に詠まれている「しがらみ」は、現在でも使われている「しがら」もしくは「柵粗朶（しがらそだ）」のことである。広辞苑（第五版）には「しがらみ【柵】」の意味として、「水流を塞ぎとめるために杭を打ちならべて、これに竹や木を渡したもの」とある。柵粗朶は現在の土木工事でも、何本か立てた杭の間を互い違いにからめてゆき、柵のような構造を作るのに使われる。杭の間からませて使うので、切っても切れない関係を「しがらみ」と言うが、語源はここに由来する。

現在河川工事に使われる工事資材で、里山林から伐りだしてきた樹木を使うものには、粗朶（そだ）、柵粗朶（しがらそだ、またはさくそだ）、杭木（くいぎ）の3種類がある（図2）。以後特に断らない限り、3種類をまとめて粗朶と呼ぶことにする（表1）。

表1. 樹木を材料とした工事用資材の種類.

種類	規格
粗朶	直径3 cm未満の広葉樹を次の規格で束ねたもの。長さ2.7m以上 太さ 元口より 45cm 上り 周長60cm。
柵粗朶	直径2～3 cm内外、長さ3 m以上の広葉樹を25本束ねたもの。
杭木	長さ0.9m, 1.2m または 1.5m 元口径3～5 cm内外のものを10本束ねたもの。

土木工事設計材料単価表による（国土交通省中部地方整備局URL：

URL:http://www.cbr.mlit.go.jp/architecture/kensetsugijyutsu/unit_price/pdf/shizai201404.pdf 2015.3参照)

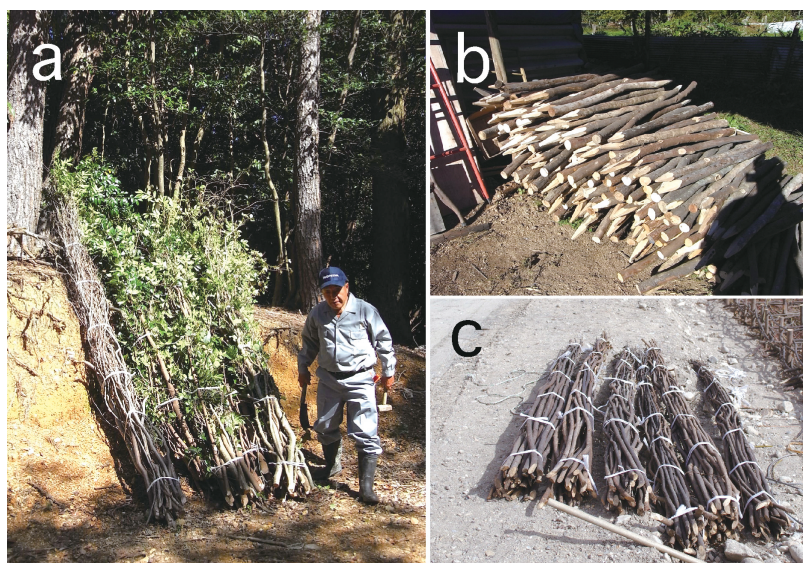


図2. 里山の樹木を使った工事資材. a：粗朶，b：杭木，c：柵粗朶粗。朶には短い枝条も使えることに注意。

粗朶に使うことのできる樹種には、広葉樹であること以外制限はないが、柵粗朶については、リュウブやヤマザクラなどが粘りが強くて折れにくい
ため、特に適しているとされている（若月、2000）。

なお、これら資材は工事資材としての単価が決まっており、国土交通省の各地方整備局が出している土木工事設計材料単価一覧表により、工事単価が確認できる（国土交通省中部地方整備局URL：URL: http://www.cbr.mlit.go.jp/architecture/kensetsugijutsu/unit_price/pdf/shizai201404.pdf 2015.3参照）。当然ながら、生産者が出荷する際の買い上げ価格はこの単価よりも低くなる。

工事資材として粗朶が使われる場合、護岸工事、暗渠材、治山工事の土留めなどの用途がある。このうち護岸工事に使用される粗朶沈床という構造

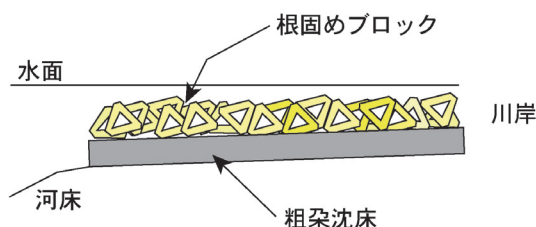


図3. 粗朶沈床を用いた護岸工事の模式図。施工後、粗朶沈床は常時水没するため人の目に触れることはほとんどない。



図4. 粗朶沈床工の施工現場。冬の洪水時に河道を閉め切って工事を行っている。

物は、規模も大きく使用する粗朶の量も多いので、粗朶沈床工について説明する。粗朶沈床は河床勾配の小さい下流域の護岸工事の現場でコンクリートブロック等の根固めに使用される（図3）。粗朶沈床は杭木と柵粗朶を使って格子状に編んだ構造物の中に粗朶を敷いたもので、さらに石を積んで河床に固定する（図4）。コンクリートの構造物の場合、上流からの川の流れが表面で反射し、川底を削ってしまう洗掘という現象が起きるが、粗朶沈床は隙間の多い構造であるため、流れが反射せず洗掘が起こらない。また、屈撓性があり、河床の形に合わせて変形するため、設置後の安定度も高い。粗朶は一度水底に沈められると洪水期でもほとんど水面上に出ないため、空気に触れることが少なく、ほとんど腐朽しない。日本に粗朶を用いた工法を伝えたオランダ人技師ヨハネス・デ・レーケが指揮して作成された木曽川河口部の水制工は100年以上経過した現在でもその姿を保っている。粗朶沈床はコンクリートと異なり、製造時の二酸化炭素排出量が少なく、環境負荷が小さい。さらに水中の沈床は魚類等水生生物の生息場所として機能するため、河川の生物多様性維持にも貢献しているとされているが（山本、1999）、具体的に科学的な手法を用いて粗朶が生物多様性の維持に貢献していることを検証した事例は少ない。

現場にもよるが、粗朶沈床工の場合、護岸1㎡あたり6～7束の粗朶が使用されるため、1回の工事区間が数kmにわたる場合、数万束の粗朶が使用されることになる。かつては全国の河川工事で多くの粗朶が使われたが、現在では粗朶沈床を用いた大規模な護岸工事は散発的にしか行われておらず、粗朶の需要も安定的であるとは言い難いのが現状である。中部地方では長良川・木曽川・揖斐川のいわゆる木曽三川での粗朶沈床を用いた工事は2010年以降少なく、土岐川・矢作川・矢田川などで規模の小さい粗朶単床を用いた護岸工事

が行われているにすぎない。

粗朶の生産について

次に河川工事で使用される粗朶を生産している現場について述べる。粗朶沈床工は伝統工法のひとつであり、沈床を組むには専門技術を持った職人が必要である。そのため粗朶沈床工を用いた大規模な河川工事や港湾工事を施工する技術を持つ業者は新潟県に2つ、岐阜県に1つしかない。全国で行われる粗朶沈床工は、ほとんどこの3事業者が請け負っている。新潟の施工業者に近い新潟県加茂市では江戸時代から粗朶の生産が行われているが、近年ではスギを植林する場所が多く、粗朶山の適地は少なくなってきている（長谷川、2002）。現在岐阜県の業者に粗朶を納入しているのは、岐阜県関市、揖斐川町、山県市などの生産者であり、粗朶沈床工をはじめとした粗朶を用いた工事を支えている。粗朶沈床を用いた護岸工事は全国規模でみると継続して行われてきたため、工事事業者の近くの地域には粗朶を供給してきた山、いわゆる粗朶山が普通にみられる。粗朶山は2013年に現役で粗朶を生産している岐阜県関市の生産者A氏（聞き取り当時77歳）と、数年前に生産を引退したB氏（同81歳）にお話を伺った。両氏が粗朶を生産していた（もしくはしている）林は関市の中心街から5kmほど離れた場所であり、林はコナラを主体とする暖温帯性の落葉広葉樹二次林である。

B氏は昭和30年代に拡大造林が盛んだった頃、造林前に皆伐された雑木や、造林後の下刈りで出る木を使って粗朶を生産していた。造林の仕事と同時に生産できるので効率がよかったそうだ。昔は親子2人で伐採から結束、搬出までを分担して行い、一日60束の粗朶を生産していたとのことである。昭和30年代には、居住する集落で5軒の生

産者がいたが、現在は1軒のみである。粗朶の生産は現金収入にはなったが、お金のためというよりは、先祖から受け継いだ山の手入れを欠かさないためにやっていたそうだ。粗朶山には無駄がなく、大きくて粗朶にできないものは、ほだ木や薪に使い、伐採したものすべてを利用していた。体力が衰えたので生産をやめてしまったが、息子（50歳代）が生産を受け継ぐ可能性はあるそうである。

現在も粗朶を生産しているA氏は、一日8:00～16:00まで作業をして1人で25束の粗朶を生産している。集材はワイヤーによる簡易架線集材で、一度に10束を人力で曳きながら斜面を降ろしているそうである。自分が粗朶の生産を始めたのは60歳を過ぎてからであるが、子供の頃に山仕事を手伝っていた経験があるので抵抗なく粗朶の生産を始めることができたそうだ。一方で、この地域では昭和25年以降に生まれた人は、プロパンガスの普及などで焚き木を使わなくなり、山仕事をした経験がないため、こういった仕事には携わらないのではないかとのことであった。A氏も山に入って作業する動機は「山を掃除するため（山の手入れ）」と述べていた。

取材をした関市の集落周辺では、昭和の時代から継続して粗朶を生産している方は既におられず、生産者の高齢化が進んでいる。新しく生産に加わる方はA氏のように、都会で働いたあと定年後に集落に戻ってきて粗朶生産を始めるケースが多いため、50代で粗朶生産をしている人はいない。

生産した粗朶は、10tもしくは4tのトラックが入れる幅の道路まで搬出しておく、業者が集荷してくれる仕組みになっている。集積場所までの運搬には軽トラックが使われる場合が多い。そのため、伐採現場から集積場所まで軽トラックの通行できる程度の幅の作業道が必須である。山から作業道までの搬出には生産量が多かった頃にはヤ



図5. 粗朶の搬出方法. a: トタン板の橇, b: 木馬, c: 一輪車, d: 簡易架線. 木馬と簡易架線は設置に経験が必要である.

エンと呼ばれる簡易架線がおもに使われていたそうだが、現在は木馬やビニールの波板を加工した橇、一輪車など生産者がそれぞれに工夫して搬出を行っている(図5)。

粗朶の生産は基本的に秋から冬にかけて行われる。これは河川の護岸工事がおもに河川流量の少ない冬期に行われることが多いためである。生産した粗朶は陸上では分解が進み強度が落ちるため、長期間の在庫を持つことができない。そのため生産した粗朶は、その年度内に現場で使われる。冬期に伐採が行われるため、伐根からの萌芽の発生もよく、皆伐後の成長もよいものと考えられる。

2013年冬に森林文化アカデミー学生(女性:20歳)がB氏と共に粗朶を生産した際、伐採された粗朶を結束する作業を行ったところ、1人で1時間に約3束の生産ペースであった。林業のコースの20代から30代の学生3名が伐採・搬出込みの作業で粗朶を生産した際には、1日5時間の作業で

1日1人20束の粗朶を生産することができた。習熟して効率よく作業できれば、ボランティアであっても伐採と搬出を含め1日15束程度の粗朶生産が可能ではないかと思われる。

こういった生産者による取組みを進めるため、2008年に岐阜県大垣市上石津町細野地区にて岐阜県立森林文化アカデミーを中心に基礎調査を進め、大垣市里山保全利用推進計画を策定した(大垣市, 2009)。細野地区は岐阜県西端の大垣市上石津町に位置しており、県境を境に三重県と接している。基礎調査に先立ち、地元住民を対象に里山整備に関する説明会および住民の意向調査を行った。説明会に参加した住民は60代以上の方がほとんどであった。住民からは「都会から子供たちが遊びに来るよう落葉による堆肥づくりをしたい」「昔炭焼きに使っていた林が荒れているのを心苦しく思っている」「昔と比べて自然が変わってしまい、手を入れる必要を感じている」「みな高齢化してい

るので、林をなんとかしようと思ったら、今が最後のチャンスかもしれない」等、みな里山林の変化に危機意識を持っているようであった。具体的な施業については、「収益をあげることの難しい林で無理をして収入を得る必要はない」「街場の人がたくさん来られるような林にしたい」という意見があった一方で、「里山林整備をするには費用がかかる」「整備をするだけ持ち出しになるのでは、持続的な整備は難しい」「林産物を利用するには林から出してくるための作業路が必要だ」「行政による整備を期待したい」等の意見も出された。住民の方は昔炭焼きをしていて作業を経験されている方がほとんどであり、総じて里山林整備についての意欲は高いものと感じられた。ここで粗朶の生産に関する提案を行ったところ、「それなら昔やっていた山仕事と一緒になのでできそうだ」との意見をいただき、保全利用推進計画に従って補助金を基に作業道が整備され、粗朶生産に関する講習会を開催したのち、地元有志による粗朶生産が始まった。

対象区域は大垣市上石津町細野地区の南側に位置している。稜線の標高は290m～340m、対象区域内の平地との標高差は90m～140mであり、なだらかで歩きやすい地形である。植生帯は暖温帯で、区域内の里山林は稜線近くでアカマツ林、斜面中部から下部にかけてはコナラ林、ないしは落葉広葉樹林が成立している。アカマツ林、コナラ林、落葉広葉樹林の面積はそれぞれ1.5ha、3.3ha、1.8haであった。これらの林は植生遷移が進行し、下層にはヒサカキ、ソヨゴ、ウラジロガシなどの常緑樹が侵入していた。粗朶山であれば、萌芽更新した萌芽条が互いに競争するため側枝が生じにくいため、束ねやすく粗朶に適した樹形の樹木が多いが、対象地区の林では低木層のヒサカキ等側枝を発達させた樹木が多く、束ねる前に枝を折り曲げる作業が必要である分効率が落ちる。また、

高木層のコナラやアカマツは樹齢が50～60年生、胸高直径が20cm程度に生育しており、炭材やほだ木として利用するには直径が大きすぎるものが多かった。粗朶の生産開始から2年間は粗朶の出荷が進んでいたが、地元有志の主要メンバーの年齢が75歳を越えていたこともあり、メンバーの体力、健康上の理由で現在粗朶の生産は中断している。若いメンバーの新規加入が望まれるが、残念ながら高齢化率の高い中山間地の人口構成からいってメンバーの若返りは困難であると言わざるを得ない。

粗朶と生物多様性の保全について

粗朶沈床を用いた河川工事は大量の粗朶需要を生み出し、大規模な里山整備につながる一方、需要が継続的とは言い難い。しかし粗朶を用いた工事が農業用水路でも行われれば、農地と里山林を結ぶ循環型の里山利用が実現する。近年生物多様性に乏しいと批判されることの多い小規模なコンクリート三面張り農業用水路に粗朶を沈めることにより、生物を呼び戻すことはできないだろうか。規模は小さいが、全国の用水路の護岸やワンド様構造物に粗朶を使うことによって需要は継続するはずである。そこで、長さ50cm、直径20cm程度の小さな粗朶を農業用水路に沈め、生物の凝集効果を検証した。調査は岐阜県本巣市にあるコンクリート三面張り用水路5水路で2011年9月から11月に行った。粗朶は設置から1週間後に引き上げ、粗朶ごと中に入っていた生物を回収し、同定、個体数を計数して元の河川に放流した。また、同一河川内に粗朶を沈めた区間である粗朶区と、対照区をそれぞれ5mの長さで設置し、粗朶設置前後で動物相の調査を行った。その結果、粗朶設置前の河床に砂や泥などが堆積している水路ほど種数が多いことがわかった（表2）。河床に堆積物の

みられた3つの水路は、粗朶設置後に種数が変化しなかったか、減少していた。河床に何も堆積していなかった2つの水路のうち、上下流1km以上にわたって生物相の豊かな場所がなかった水路は種数が変化しなかったが、10m上流に生物相の豊かな環境をもつ水路は種数が増加した。粗朶内部に入り込んだ種は底生生活を営むものがほとんどであった（表3）。これは、元々河床の環境が多様性に富み、種数の多い水路では、粗朶を設置

表2. 各用水路の環境と事前調査時の種数。菱野川は近くに生物相の豊かな区間があったが、政田川は上下流ともに1km以上生物に乏しい環境が続いていた。

水路	河床堆積物	事前調査種数	粗朶設置後種数
菱野川	まったく無し	2	9
政田川	ほとんど無し	3	3
寺川	所々に砂利	9	8
5号水路	砂利・シルト	6	6
宝江川	砂利・シルト	11	11

表3. 各用水路で設置した粗朶の中に侵入した種。ほとんどが底生生活を営む種である。

和名	学名
タモロコ	<i>Gnathopogon elongatus</i>
ドジョウ*	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>
ヨシノボリ類*	<i>Rhinogobius</i> sp.
ヌマチチブ*	<i>Tridentiger brevispinis</i>
アメリカザリガニ*	<i>Procambarus clarkii</i>
サワガニ*	<i>Geothelphusa dehaani</i>
モクズガニ*	<i>Eriocheir japonica</i>
ヌマエビ*	<i>Paratya compressa</i>
ハグロトンボ類*	<i>Calopteryx</i> sp.
ギンヤンマ類*	<i>Anax</i> sp.
サナエトンボ類*	<i>Gomphidae</i> sp.
コオニヤンマ*	<i>Sieboldius albardae</i>
キベリマメゲンゴロウ	<i>Platambus fimbriatus</i>
チリメンカワナ*	<i>Semisulcospira reiniana</i>
ヒメタニシ*	<i>Bellamya quadrata histrica</i>
スクミリンゴガイ*	<i>Pomacea canaliculata</i>

*：底生生活を営む種。

しても粗朶内部に入り込む種はいるが、設置区間全体では種数が増えないのに対し、河床がコンクリートのみで構成されている水路では、近くに生物相の豊かな環境があればそこから生物が移動してくることを示唆している。近くに生物相の豊かな環境がなくても、豊かな環境から10m間隔で粗朶を設置することで、底生の生物を誘導してることができるとも考えられる。

人工物と自然素材である粗朶の特性の違いを知るため、穴の直径5cmの塩ビ管を粗朶と同じように長さ50cm、直径20cmに束ねたものを5号水路に設置したが、塩ビ管を設置した区間では設置後に種数が10種から3種に減少した。塩ビ管に入り込んだ種は、ほとんどがヨシノボリであった。それに対して粗朶にはヨシノボリのほかに、ハグロトンボやギンヤンマのヤゴも入り込んでいた。塩ビ管は直径が揃っているため利用できる生物に限られるのに対し、粗朶は間隙の大きさにばらつきがあり、より多くの種が利用できるのではないかと考えられる。種は同定できなかったが、貝類による粗朶内部への産卵も確認できた。長期間の設置が可能であれば、魚類・貝類による産卵と個体数の増加についても検証できると考えられる。

現代の里山林整備では、樹高15m前後に成長した林分の高木層は残して低木層のみを除伐し、林内を歩きやすく整備するケースが多い。しかし、昭和30年代まで里山林利用がされていた時代には、皆伐が一般的な施業方法であった。燃料としての柴や、肥料としての刈敷の採取を行う場合、皆伐から萌芽更新させて次の皆伐までのサイクルは15年程度、クヌギによる炭材生産の場合7、8年～10年であった（佐久間，2011）。現在の粗朶山は揖斐川町の場合で10～15年程度の伐期で伐採されているが、これはかつての里山林の利用形態に近い。岐阜県の粗朶山に、遷移の進んだ林にはみられない特徴的な植物が生育している訳ではないが、

伐採翌年には光環境が整って一斉に開花するヤマツツジやモチツツジなどのツツジ類がみられる。こういった風景はかつての農村景観には普通であったが、現在はみられなくなったものの一つであり、景観上重要であると考え。また、粗朶山では1ha未満の林分が毎年伐採されていくため、異なった環境のモザイクができあがっている。こういった環境の多様性が、異なる複数の環境を利用する生物の生息環境となり、生物多様性を高めていると指摘されている（Tabata, 2001；中村ほか, 2010）。今後昆虫や哺乳類・鳥類がどのようにこの環境を利用しているのか、調査する必要がある。また、岐阜県内では揖斐川町でニホンジカの生息密度が高く、粗朶山も伐採後更新した萌芽条が食害を受けている。人工林の新規造林が少なく、間伐中心の施業が行われている昨今、ニホンジカにとって良好な餌環境である皆伐跡の植林地は限られており、粗朶山の皆伐地にはニホンジカが集中しているように見受けられる。シカの嗜好性植物の増加による偏向遷移等、シカが粗朶山の植生に与える影響や、持続可能な形で粗朶山の利用が可能かどうか、継続した調査が望まれる。

粗朶生産と市民ボランティアについて

昭和30年代の燃料革命以降、燃料や肥料の供給源として生活に不可欠であった里山林は、地域差はあるものの全国的に利用が停止していった（Tabata, 2001）。しかし、岐阜県内では粗朶の生産が続いていたため、粗朶山という形でかつての里山林の利用が継続していた。しかし、生産者が高齢化しており、生産をやめる人も多くなっているため、粗朶の供給力が不足している。粗朶は工事資材としての単価が決まっているため、買い上げ価格が抑えられており、粗朶専業で生計をたてることができるだけの収入にはならない。その

ため粗朶生産は現在ではいわゆる年金世代の副収入として位置付けられており、現時点では若い世代による新規参入の可能性は少ない。ただし、農業と組み合わせた中山間地での収入源の一つとして位置付けることは可能であると思う。また、森林ボランティアの里山整備活動の中で粗朶を生産し、活動資金に加えることも可能である。環境税等の補助金を活用して作業道等のインフラを整備することによって粗朶生産活動への敷居を下げることもできる。

そのためには、粗朶生産が森林ボランティア団体をはじめとした里山整備を行っている人たちに広く認知されることが必要である。また、小さくても継続した粗朶の需要を全国各地でおこすことも重要である。そのためには用水路で多自然型工法の一つとして使用し、腐朽したら取り替えるなどの利用法も検討してみてもどうか。用水路は粗朶沈床と異なり、冬場など水をとめてしまう期間もあるため、粗朶が水上に出ている間に腐朽が進むと考えられる。中村ら（2006）は、生態系配慮型水路にて粗朶柵工の耐用年数を検証し、水上に出ている粗朶柵工の場合の耐用年数は2年半から3年間であると報告している。用水路で使用する場合も同程度の耐用年数であるならば、一箇所につき施工後2年半から3年後に粗朶の需要が発生する。この需要をそれぞれの地域での里山整備に結びつけることが重要である。

こういった活動は里山整備活動など林野庁の管轄分野だけでなく、農業土木工事など農政の管轄分野にも関わっているため、行政の垣根を越えた取り組みが必要である。里山の保全を実現するうえで重要な、いかに人が手を入れ続けていくか、その仕組み作りが今求められている。

引用文献

- 長谷川昭一. 2002. 里山利用としての粗朶生産とその歴史－新潟県加茂市の事例から－. 森林利用学会誌, 17: 81－82.
- 中村俊彦・北澤哲弥・本田裕子. 2010. 里山里海の構造と機能. 千葉県生物多様性センター研究報告, 2: 21－30.
- 中村俊信・矢野佳代子・渡辺一哉・松野 肇. 2006. 生態系配慮型水路における粗朶柵工の耐用年数と維持管理－新潟県塚山地区を事例として－. 農業土木学会論文集, 44: 251－256.
- 奥 敬一. 2014. 薪で変える里山と社会の関係. 「2010年代のための里山シンポジウムII－薪のある暮らしは何を変えるか－プログラム・発表要旨集」, p. 5. 特定非営利活動法人大阪自然史センター, 大阪.
- 大垣市. 2009. 大垣市里山保全利用推進計画（大垣市上石津町細野地区）. 38pp. 大垣市経済部農林課, 大垣市.
- 林野庁. 2014. 社会全体に広がる森林づくり活動. 「平成25年度 森林・林業白書」, pp. 65－72. 林野庁, 東京.
- 佐久間大輔. 2011. 里山の商品生産と自然. 「里と林の環境史」（湯本貴和編）, pp. 101－128. 文一総合出版, 東京.
- Tabata, H. 2001. The future role of Satoyama woodlands in Japanese society. In: Forest and Civilizations. (ed. Roli), pp. 155-162. Lustre Press, New Delhi.
- 戸軽秀雄. 2014. 得意のインターネットでみんなの薪を販売. 季刊地域, 16: 62－65.
- 山本 充. 1999. 河川の公益的機能評価に関する考察（1）. 商学討究, 50: 131－150.
- 若月 学. 2000. 粗朶材の保全・育成と活用状況. 建設マネジメント技術, 271: 19－24.

原 著

京都市久我水路における魚類群集

近畿大学大学院農学研究科環境管理学専攻

(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所水生生物センター・近畿大学農学部環境管理学科

近畿大学農学部環境管理学科

近畿大学農学部環境管理学科

近畿大学大学院農学研究科環境管理学専攻・近畿大学農学部環境管理学科

田 中 和 大

川 瀬 成 吾

須 藤 允 之

辻 晃 一

細 谷 和 海

Fishes of the Koga Creek, Kyoto City. Kazuhiro Tanaka (*Program in Environmental Management, Graduate School of Agriculture, Kinki University*), Seigo Kawase (*Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University*), Masayuki Sudo, Koichi Tsuji (*Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University*) and Kazumi Hosoya (*Program in Environmental Management, Graduate School of Agriculture, Kinki University; Department of Environmental Management, Faculty of Agriculture, Kinki University*)

To reveal the fish fauna in the Koga Creek with traditional condition in the Yodo River Basin, Kyoto City, we surveyed it from April 2012 to March 2013. In all, 2655 individuals of 18 species or subspecies were collected from the creek. Many threatened species, such as *Candidia sieboldii*, *Biwia yodoensis*, *Acheilognathus rhombeus*, *Misgurnus anguillicaudatus*, and *Oryzias latipes*, were collected. Based on cluster analysis with seasonal variations, we revealed that fishes used this creek for foraging, settlement, or reproduction. We concluded that the Koga Creek was an important conservation spot for fishes in the Yodo River Basin.

Keywords : *Biwia yodoensis*, flood plain, *In-situ* conservation, Lake Biwa-Yodo River system

要旨：京都市に残存している素掘りの農業水路における魚類群集を明らかにするため、環境条件の異なる4地点で月に1回、魚類相および物理環境を調査した。その結果、18種の魚類を採集し、そのうち5種は環境省および京都府レッドリスト掲載種、2種は外来種であった。ヨドゼラやタモロコのような底生性の強い魚類は、通年未改修地点で成魚や未成魚が採集されたため、水路内に定住していると考えられた。また、コウライモロコやコウライニゴイといった河川性魚類は、秋期から冬期にかけて流れの速い地点で採集されたため、越冬や採餌を目的に本流から水路へ侵入していると推察された。コイやナマズのような大型魚類では、成熟個体が出現したため、繁殖目的で水路へ侵入していると考えられた。以上の魚類は未改修地点に多く出現したが、オイカワやフナのような都市化に強い魚類は、水路改修された地点で優占していた。一方、外来魚では特定外来生物に指定されたオオクチバスとカダヤシが採集されたが、それぞれ通年で1個体のみであったことから、本水路に定着していないと考えられた。その要因として、水位変動などの大きな環境変化が関与していると示唆された。以上から、久我水路の未改修区間は淀川中・下流域の在来魚類にとって残された数少ない良好な生息・繁殖場であることが明らかとなった。

キーワード：ヨドゼラ、氾濫原、生息域内保全、琵琶湖・淀川流域

はじめに

農業水路は水田生態系の主要な構成要素であり、河川から水田への魚類の移動経路のみならず、生息・繁殖場となるなど、魚類多様性にとって重要な役割を担っている（片野，1998；片野・森，2005；鬼倉ほか，2007；斉藤ほか，1988）。また，都市部に近い農業水路は自然離れの進んでいる都市生活者にとって，自然と親しむ格好の場となると考えられる。そのため，魚種の豊富な農業水路は環境教育の場としても注目を集めている（斉藤，1984；嘉田・遊磨，2000；渡部，2002）。

しかし近年，生産効率の向上を目的とした圃場整備事業によって，ほとんどの地域で水路形状を土水路から三面コンクリート張りへ，灌漑方式は用排兼用型から用排分離型へと改変された。このような改修工事に伴い，水田地帯のような氾濫原環境を好むミナミメダカ *Oryzias latipes* やアユモドキ *Parabotia curtus* などの魚類は移動経路，生息・繁殖場を失い，次々と姿を消している（紀平，1983；水谷，2000；長田・細谷，1997；細谷，2009）。

淀川中・下流域は日本でもっとも多く純淡水魚類の生息する地域の1つで，天然記念物のイタセンパラ *Acheilognathus longipinnis* やアユモドキをはじめ，固有のヨドゼゼラ *Biwia yodoensis*，ヨドコガタスジシマドジョウ *Cobitis minamorii yodoensis* など学術的に貴重な氾濫原性魚類が生息している（長田，1975；西野，2009；Kawase & Hosoya，2010；Nakajima，2012）。そのため，当流域における魚類多様性にとって，水田地帯はきわめて重要な役割を果たしてきたと考えられる。実際に，紀平（1983）は，枚方の淀川左岸域にかつて存在した農業水路において，イチモンジタナゴ *A. cyanostigma* やカワバタモロコ *Hemigrammocypripis neglectus* など近年では絶滅寸前の氾濫原性

魚類を含む約20種類もの魚類を採集している。しかし，淀川中・下流域の農業水路における魚類の報告例は紀平（1983）を除くと皆無に等しい。さらに，当流域における水田地帯は都市化の影響によりほとんど消失あるいは圃場整備されている。そのため，未改修の水路におけるデータ集積は急務といえる。

淀川中・下流域の都市化が急速に進行する中で，京都市近郊の久我（こが）地域に伝統的農法で水田を灌漑する水田地帯が残存している。本地域の幹線水路（久我水路）で川瀬・木村（2012）は，環境省（URL：http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21437&hou_id=16264 2013.3参照）で絶滅危惧IB類に指定されているヨドゼゼラを発見し，本地域の重要性を指摘している。しかし，本種の報告だけに留まり，久我水路における魚類相の全貌は明らかにされていない。そこで，久我水路において月1回の採集調査を1年にわたり行ない，出現魚種を記録するとともに，魚類の生息・利用に関する情報の蓄積を本研究の目的とした。

材料と方法

調査地の概要

久我水路は桂川本流より導水される幹線水路である（Fig. 1）。久我地域周辺の水田地帯では，主に水路の水位を操作することによって灌漑を行なう伝統的な農法で稲作が営まれる。ただし，幹線水路下流部では水路改修が行なわれており，水田へパイプラインにより灌漑される。また，本水路はヨドゼゼラにおける副模式標本の産地であり，生物分類学上貴重な場所である（Kawase & Hosoya，2010）。

地点選定（Fig. 2）

調査地点は久我水路の下流部から環境条件の異

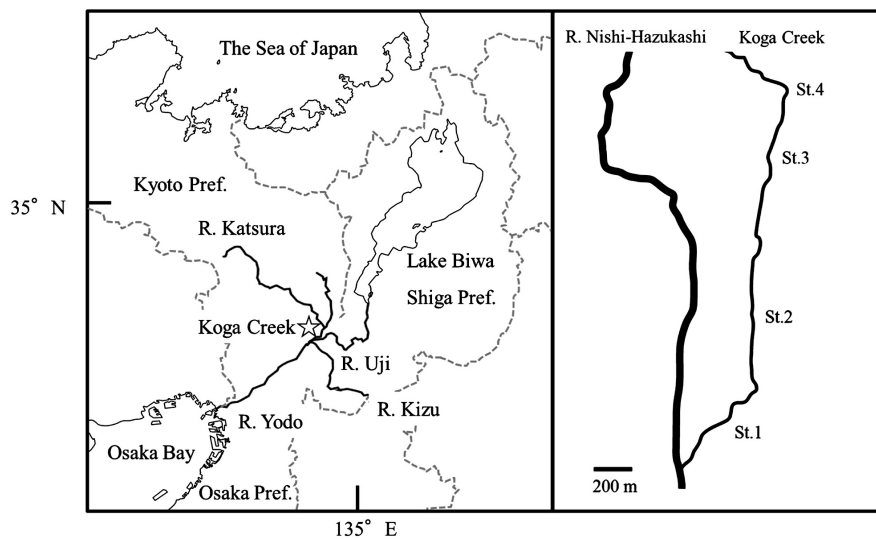


Fig. 1. Location of the Koga Creek, Kyoto Prefecture.



Fig. 2. View of research sites: St.1, St.2, St.3 and St.4. (See text for explanation of the research site)

なる4地点を選定し、その詳細を以下に記す。

St. 1 周辺には、水田と住宅地がある。水路は改修によって河床の掘り下げられた都市河川の様相を呈し、その護岸は二面コンクリート張りとなり、水田との間に260cmもの落差が存在する。また、水田への導水はパイプラインにより行なわれる。水路の底には5cmほどの泥が堆積し、ヨシなどの抽水植物は生えるものの、沈水植物は生育しない。

St. 2 周辺には、住宅地の間に水田が残存しており、水位を操作するための水門がある。また、本地点は素掘りで、護岸の高さは140cm、水路幅は540cmであり、水路の底には泥質が約30cm堆積する。さらに、水路にはヨシなどの抽水植物のみならず、ササバモやエビモなどの沈水植物が群生する。

St. 3 周辺には、水田と住宅が混在しており、調査期間中に宅地化が進行していた。護岸は木板やトタン板と木柱を組み合わせて補強され、その高さは110cm、水路幅は295cmである。底質は砂泥質であり、泥の堆積は少ない。水路内にはエビモに加え、外来種のオオカナダモとコカナダモが繁茂する。

St. 4 周辺には、水田や畑が広がる。護岸は木材で補強されるが、その一部はコンクリート張りである。護岸の高さは150cm、水路幅は225cmである。また、水路の底には泥が約10cm堆積し、ササバモやオオカナダモなどの水草が繁茂する。

魚類相調査

調査は2012年4月から2013年3月の間に計12回の定量調査を実施し、各地点、投網（目数2000、丈4.16m）5投、タモ網（目合い約3.5mm、底辺長約300mm）2人15分間を基準に行なった。捕獲した魚類は個体数と体長を測定後、その場で再放流した。ただし、久我水路における魚類群集を

正確に把握し、証拠として残すため、1種につき5個体を上限に標本を作製した。標本用に持ち帰った個体はフェノキシエタノールで麻酔後、鰭立てを行ない、10%ホルマリンで固定・保存した。これらの標本は近畿大学農学部所蔵標本として登録・保管した（KUN-P:44288-44314）。なお、種の同定は日本産魚類検索（中坊，2013）に従い、同定の困難であるフナはフナ類*Carassius* spp. として取り扱った。

物理環境調査

物理環境のデータとして水温、水深、水路幅、DO、流速の5項目を測定し、流速、水路幅、水深3項目から流量を算出した。水温とDOの測定にはハンディ溶存酸素計（OM-51, HORIBA, Ltd社, 京都）、流速の測定にはプロベラ式流速計（VR-301, KENEK社, 東京）を用いた。

統計解析

地点別で魚類多様性の違いを検証するために、多様度指数Shannon-Wiener Index (H') を算出後、一元配置分散分析（ANOVA）により、差の検定を行なった。さらに、事後検定にはTukey-Kramer法による多重比較で有意差の有無を検証した（有意水準： $p=0.05$ ）。

久我水路における魚類出現パターンを把握するため、地点・季節ごとに各魚種の個体数を算定し、それらのデータをユークリッド距離に変換後、Ward法によりクラスター分析を行なった。ただし、データを季節ごとにまとめる際、4-6月を春期、7-9月を夏期、10-12月を秋期、1-3月を冬期とした。また、データの正規性および等分散性を配慮するために、個体数データを対数変換 $\{\log_{10}(x+1)\}$ した。なお、ANOVAにはSPSS (ver.10.0J) を、クラスター分析にはR (ver. i386 2.15.2) を用いた。

結 果

物理環境

水温 (Fig. 3a) : すべての地点での水温は1月にもっとも低く, 2月を境に上昇し始めた。また, 水路改修されたSt. 1は7月に31.6℃の水温を記録するなど, 4地点中でもっとも高い水温変動を示した。

水深 (Fig. 3b) : 全地点に共通して, 4月から9月にかけての灌漑期に水位変動が大きい傾向にあった。特に, St. 2で変動が大きく, 夏期と秋

期では約81cmの差があった。

流速 (Fig. 3c) : すべての地点で流速が冬期に上昇する傾向にあった。St. 3を除く3地点で, 0.20m/sを超えることはなく, 流速は遅かった。一方, St. 3は平均0.15m/sで, 2月に0.38m/sともっとも大きな値を示した。St. 2の流速に大きな変動はなかったが, 7月に水門の開門に伴って水が逆流し, 流速の上昇が見られた。

流量 (Fig. 3d) : 月変動パターンは地点ごとに差が見られた。St. 2とSt. 4の流量は灌漑期に増加し, 非灌漑期に減少した。また, St. 3の流量

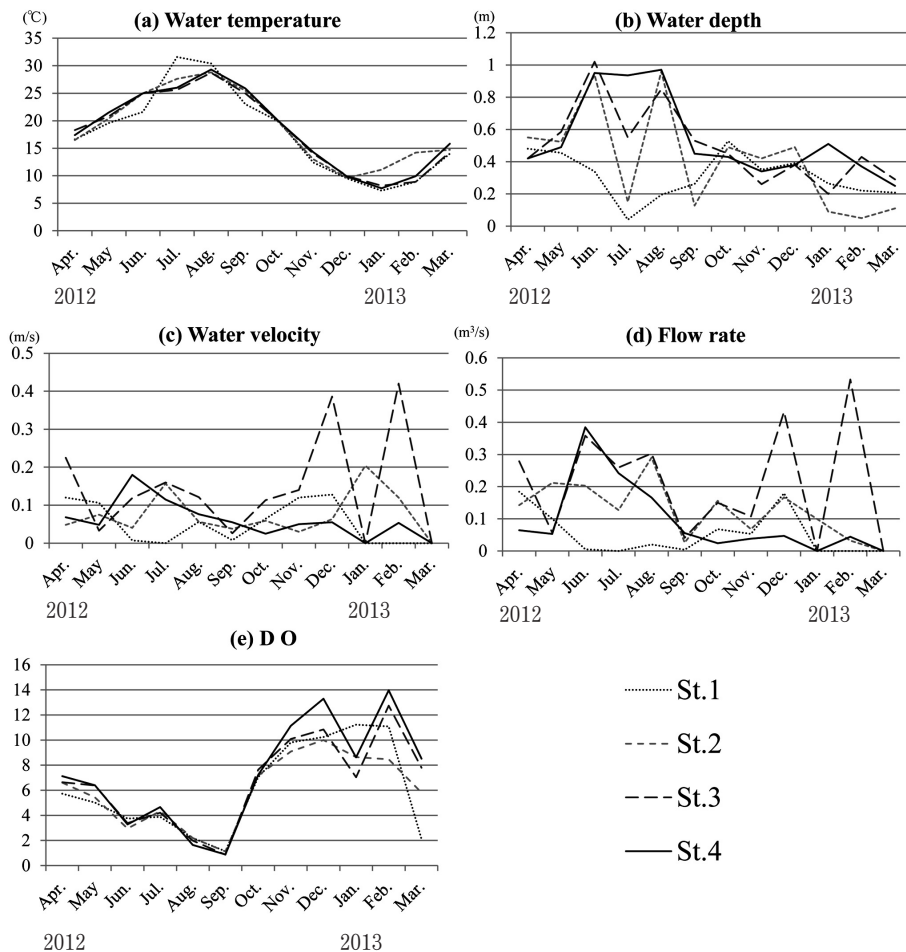


Fig. 3. Environmental factors with seasonal changes. (a) Water temperature, (b) Water depth, (c) Water velocity, (d) Flow rate, (e) Dissolved Oxygen (DO).

は5月, 9月, 1月, 3月で大幅に減った。St. 1では6月, 7月, 9月, 1月, 2月, 3月に流入がなくなった。一方, 非灌漑期の2月にSt. 3でもっとも多い流量を記録した。

DO (Fig. 3e) : DO値は, 4地点ともに10月以降に上昇する傾向にあった。St. 4では他3地点よりもDO値が高く, 2月に調査期間内で最高値の13.3mg/ℓを記録した。

魚類相

今回採集された魚類は18種2655個体であった (Table 1 ; Fig. 4)。環境省版レッドリスト (URL : http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21437&hou_id=16264 2013.3参照), 京都府版レッドリスト (京都府文化環境部環境・エネルギー局自然環境保全課, 2013) に掲載されるヨドゼゼラ, スマムツ *Candidia sieboldii*, カネヒラ *A. rhombeus*, ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus*, ミナミメダカの計5種が採集された。一方, 外来生物法によっ

て特定外来生物に指定されるオオクチバス *Micropterus salmoides* およびカダヤシ *Gambusia affinis affinis* が採集された。

St. 1ではミナミメダカ, オイカワ *Opsariichthys platypus*, フナ類がほぼ通年優占した。出現種数は4地点中もっとも少なかった。また, 同地点でカダヤシが1個体採集された。St. 2ではモツゴ *Pseudorasbora parva*, ミナミメダカ, タモロコ *Gnathopogon elongatus elongatus* の3種が優占した。6-7月において, ヨドゼゼラの成熟個体が出現し, 夏期にその当歳魚が多数採集された。St. 3ではミナミメダカ, バラタナゴとフナ類が優占した。他3地点と比較すると, ドンコ *Odontobutis obscura* やコウライモロコ *Squalidus chankaensis tsuchigae* が多い傾向にあった。St. 4ではオイカワ, バラタナゴ, フナ類が優占した。加えて, 同地点ではヨドゼゼラが周年採集された。また, オオクチバスは1個体のみ採集された。

Table 1. Faunal list of fishes collected from the Koga Creek, Kyoto Prefecture with individual numbers at each station

Species		St.1				St.2				St.3				St.4			
Research year		2012		2013		2012		2013		2012		2013		2012		2013	
Scientific name	Japanese name	spr.	sum.	fal.	win.	spr.	sum.	fal.	win.	spr.	sum.	fal.	win.	spr.	sum.	fal.	win.
<i>Candidia sieboldii</i>	Numamutsu	0	0	0	5	0	1	0	2	5	0	31	20	4	1	61	34
<i>Opsariichthys platypus</i>	Oikawa	15	1	24	6	4	17	10	0	8	9	32	22	61	33	128	25
<i>Gnathopogon elongatus elongatus</i>	Tamoroko	1	0	0	0	14	39	4	3	1	11	1	4	13	10	10	0
<i>Pseudorasbora parva</i>	Motsugo	0	0	1	0	2	270	11	3	1	5	5	2	3	6	10	0
<i>Pseudogobio esocinus</i>	Kamatsuka	0	0	0	0	0	8	3	1	14	5	23	14	18	21	29	13
<i>Biwia yodoensis</i>	Yodozezera	0	0	0	0	3	33	11	0	0	4	4	18	16	16	17	23
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	Koraimoroko	0	0	0	0	0	1	1	0	2	1	11	7	3	0	6	1
<i>Hemibarbus labeo</i>	Korainigoi	0	0	2	0	0	28	0	0	0	1	1	0	0	10	6	0
<i>Cyprinus carpio</i>	Koi	0	4	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	1	1	3	1
<i>Carassius</i> spp.	Funa	6	5	11	1	2	51	1	0	27	10	21	18	22	40	34	3
<i>Rhodeus ocellatus</i>	Baratanago	1	6	6	3	0	42	9	1	8	24	30	27	20	27	78	36
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	Kanehira	0	0	0	0	0	4	0	0	2	0	1	0	3	12	0	0
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	Dojo	1	2	0	1	6	6	0	2	1	1	0	2	9	2	13	5
<i>Silurus asotus</i>	Namazu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0
<i>Oryzias latipes</i>	Minanimedaka	1	57	23	26	12	50	81	14	3	41	32	11	21	6	71	17
<i>Gambusia affinis affinis</i>	Kadayashi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odontobutis obscura</i>	Donko	0	1	1	0	0	0	1	2	4	12	13	26	2	0	3	4
<i>Micropterus salmoides</i>	Okutibasu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

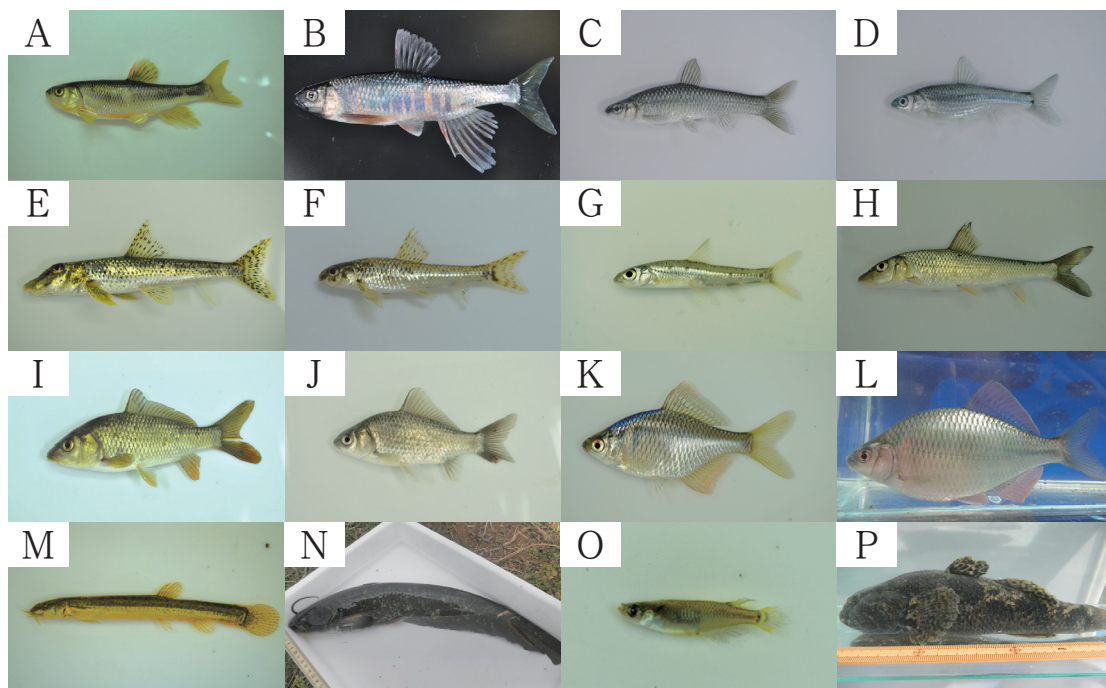


Fig. 4. Fishes from the Koga Creek. (A) *Candidia sieboldii*, (B) *Opsariichthys platypus*, (C) *Pseudorasbora parva*, (D) *Gnathopogon elongatus elongatus*, (E) *Pseudogobio esocinus*, (F) *Biwia yodoensis*, (G) *Squalidus chankaensis tsuchigae*, (H) *Hemibarbus labeo*, (I) *Cyprinus carpio*, (J) *Carassius* sp., (K) *Rhodeus ocellatus*, (L) *Acheilognathus rhombeus*, (M) *Misgurnus anguillicaudatus*, (N) *Silurus asotus*, (O) *Oryzias latipes*, (P) *Odontobutis obscura*.

統計解析

各地点における多様度指数の平均はSt. 1で1.04, St. 2で1.85, St. 3で2.78, St. 4で2.77となり, St. 3–St.4間を除くすべての地点間で有意差が認められた (Fig. 5)。

クラスター分析の結果, クラスターは大きく2つに分かれ (A, B), さらにクラスターAは3つのサブクラスター (a, b, c) に細分された (Fig. 6)。サブクラスターaには, ヨドゼザラやカマツカ, モツゴなど通年水路に出現する底生性の強い魚類が含まれた。また, このグループにおける一部の魚類では, 調査期間中に成熟個体や当歳魚がみられた。サブクラスターbには, ドンコやコウライモロコなどの流水域であるSt. 3で多

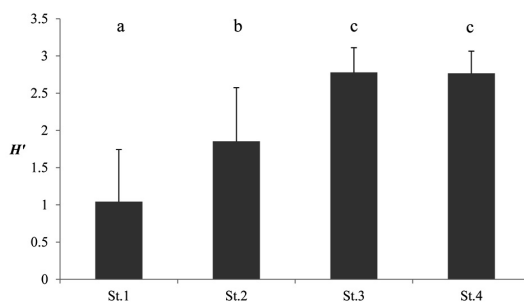


Fig. 5. Comparison of species diversity of fishes, Shannon-Wiener Index (H'), among four stations (ANOVA, Tukey-Kramer Method). The mean values and standard errors among sampling sites are shown. Words on top of each bar indicate the significant difference ($p=0.05$).

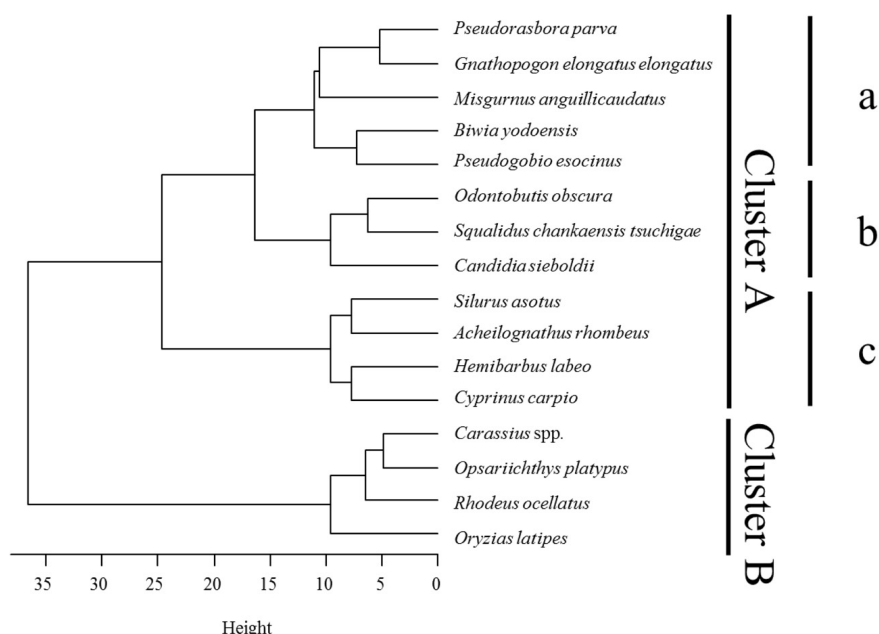


Fig. 6. Similarity among patterns of fish appearing at each season and area, using cluster analysis (Distance matrix : Euclidean distance, Clustering : Ward Method).

く採捕された魚類が含まれた。また、採集された魚種の個体はほとんど未成魚であった。サブクラスターcには、コイ *Cyprinus carpio* やナマズ *Silurus asotus* など大型の魚類が含まれた。本グループの魚類はSt. 2とSt. 4の夏期に集中して出現した。クラスターBには、オイカワやフナ類をはじめとするすべての地点で採集された種が含まれた。

考 察

魚類の水路利用様式

一般に、魚類の水路利用様式は種によって異なる(中村・尾田, 2002; 中島・鬼倉, 2009; 水谷・森, 2009; 栗田ほか, 2011; 永山ほか, 2012)。片野(1998)は、魚類が主に農業水路を産卵や採餌、越冬の場として利用していると述べている。そこで、クラスター分析の結果から、久我水路における魚類の利用様式をめぐる議論する。

クラスターAには、3つのサブクラスターが含まれた。本クラスターを構成する魚類はSt. 1ではほとんど採集されなかった。St. 1では水路の人為改変に伴う不自然な水文環境の変動が見られたため、クラスターAにおける魚類の生息に悪影響を与えていることが示唆された。

サブクラスターaには、ヨドゼゼラやカマツカなどの底生魚類が多く含まれた。これらの魚類はSt. 2やSt. 4を中心に通年出現し、当歳魚が採集されたことから、水路内で生活史を全うしていると考えられる。中でも、ヨドゼゼラやタモロコは一時的水域で産卵することから(中村, 1969; Kawase & Hosoya, 2010)、水位変動の大きい久我水路は、これらの産卵に重要な役割を果たしていると考えられる。実際に、5月中旬にSt. 4でヨドゼゼラの産卵が観察されている(川瀬ほか, 未発表)。

サブクラスターbには、緩やかな流水を好むコ

ウライモロコ、ヌマムツ、ドンコの3種が含まれた。秋期から冬期にかけて当歳魚と思われるこれら魚種の小さな個体が多数採集されたことから、主に当歳魚の越冬場として水路を利用している可能性がある。

サブクラスターcには、主に河川で生活すると考えられる大型のコイ、ナマズ、コウライニゴイ、カネヒラが含まれた。これらの魚類は春期から夏期にかけて出現した。採集されたコイ、ナマズ、カネヒラは成熟した個体であったことから、産卵のために水路へ侵入してきたと考えられる。一方、コウライニゴイは未成魚のみ採集されたことから、採餌目的で水路へ侵入してきたものと思われる。以上から、サブクラスターcに属する魚類は春から秋にかけて産卵または採餌を目的として水路を利用していると考えられた。

クラスターBには、St. 1でも出現した魚類が含まれた。St. 1は水路改修され都市河川の様相を示すことから、本クラスターに含まれた魚類は都市化に強い魚類であると考えられる。オイカワやフナ類は改修された都市河川で増加するといわれており（水野，1965），先行研究を支持する結果となった。一方，ミナミメダカやバラタナゴは一般に改修された水路では減少することが知られるが（紀平，1983），St. 1にも出現した。この理由として，両種は上流部の水田地帯に大きな個体群を形成することから，St. 1の個体群は流下個体によって維持されている可能性がある。

久我水路における侵略的外来魚の欠落

本調査において，特定外来生物であるオオクチバスとカダヤシが出現した。しかし，両種ともに1個体しか採集されなかったため，定着してないものと思われる。隣接する桂川や下流の淀川では，オオクチバスやカダヤシがすでに相当数繁殖しているにもかかわらず（淀川河川事務所，2011），

久我地域にはほとんど生息していない。このことは，川瀬・木村（2012）が触れており，本研究によって改めて確かめられた。また先行研究では，オオクチバスが水位変動の大きい水域に定着できない可能性を示唆している（斉藤，2003；小川，2005；鬼倉ほか，2008）。本研究において水位や流量の大きな変動が確かめられたため，先行研究を支持する結果となった。オオクチバスと同様に，カダヤシも北米原産であり，環境変化の激しい氾濫原環境へ適応できない可能性がある。つまり，淀川中・下流域の魚類にとって，久我水路は外来魚から逃れる避難場所（refugia）であることが示された。

久我水路の重要性と保全

本研究により，久我水路には絶滅危惧種が多数生息し，魚種ごとに異なる水路利用をすることが明らかとなった。しかし，久我水路下流部では，水路末端から1.5km区間の水路改修が計画され（京都府建設交通部河川課，2010），工事が進行中である。すでに水路改修されたSt. 1では，出現種数，多様度指数がともに低かった（Fig. 5）。さらに，久我地域では宅地化が進行し，年々その田園風景が失われつつある。京都市によると，1989年時で水田地帯を含む緑地面積が69.4%，住宅面積が30.6%であったが，2008年になると緑地が41.8%にまで減少し，住宅が57.2%に増加している（伏見区役所，2010）。以上から，圃場整備や宅地化の進行は水路改修を促し，久我水路の魚類多様性へ甚大な被害をもたらすものと予想される。とりわけ，都市河川の環境に定着できないヨドゼザラにとって，久我水路の改修事業は大きなダメージを与えるものと懸念される。

久我地域の水田地帯は京都市という市街地に立地しながらも，伝統的農法とともに豊富な魚類相が維持されている。本地域には京都市の支援する

体験農園が設置されており、市民に開かれた水田地帯となっている。そのため、体験農園の主眼である農作業に生物多様性という付加価値をつけることができれば、農業従事者、都市住民の一体となった生物多様性保全が可能となる。実際に、本地域では小学生を対象とした魚類の観察会が行なわれており、環境教育の場として活用されている。このような活動を推進することで、生物多様性ひいては農業への理解がさらに深まり、生物多様性保全の活用を含めた地域振興につながっていくと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、洛西土地改良区の樋口忠夫氏には調査を快諾して頂いた。さらに、久藤勝氏をはじめとする地域住民や農家の方々に調査の際に水位管理や魚類に関する情報を賜った。また、本調査は京都府のレッドリスト改訂に向けた調査の一環であり、府より一部助成を受けて実施した。さらに、日本学術振興会科学研究費補助金（特別研究員奨励費：課題番号24・4703：川瀬）および関西自然保護機構の研究助成を受け、本調査の一部（交通費等）を実施した。調査の際、松尾扶美女史をはじめとする近畿大学農学部水圏生態学研究室の学生諸志に協力を賜った。以上の方々へ、この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

伏見区役所. 2010. 久我・久我の杜・羽束師地域の総合的なまちづくりの推進にかかわる調査報告書. 35pp. 伏見区役所, 京都市.
細谷和海. 2009. 圃場整備事業がもたらす水田生態系の危機. 「田園の魚をとりもどせ！」(高橋清孝編), pp. 6-14. 恒星社厚生閣, 東京.

嘉田由紀子・遊磨正秀. 2000. 水辺遊びの生態学—琵琶湖地域の三世代の語りから—. 211pp. 農山漁村文化協会, 東京.

片野 修. 1998. 水田・農業水路の魚類群集. 「水辺の環境保全—生物群集の視点から—」(江崎保男・田中哲夫編), pp. 67-79. 朝倉書店, 東京.

——・森 誠一. 2005. 希少淡水魚の現在と未来—積極的保全のシナリオ—. 416pp. 信山社出版, 東京.

Kawase, S. & K. Hosoya. 2010. *Biwia yodoensis*, a new species from the Lake Biwa/Yodo River Basin, Japan (Teleostei: Cyprinidae). Ichthyol. Explor. Freshwater, 21: 1-7.

川瀬成吾・木村亮太. 2012. 淀川下流域におけるヨドゼゼラの分布域の退縮. 地域自然史と保全, 34(1): 13-25.

紀平 肇. 1983. 環境変化と魚類相の変遷—用水路の変化と魚相の変遷—. 淡水魚, 9: 58-59.

栗田喜久・乾 隆帝・中島 淳・鬼倉徳雄. 2011. 福岡県北部の遠賀川水系山田川用水路における魚類の出現パターン. 日本生物地理学会報, 66: 183-193.

京都府文化環境部環境・エネルギー局自然環境保全課. 2013. 京都府改訂版レッドリスト2013. 72pp. 京都府文化環境部, 京都市.

京都府建設交通部河川課. 2010. 桂川下流域河川整備計画検討委員会第1回資料. 13pp. 京都府建設交通部, 京都市.

水野信彦. 1965. 淀川下流域の水質汚濁と魚類の分布. 大阪学芸大学紀要 B 自然科学, 13: 203-211.

水谷正一. 2000. ドジョウの水田への遡上. 農村と環境, 16: 70-76.

——・森 淳 (編). 2009. 春の小川の淡水魚—その生息場と保全—. 191pp. 学報社, 東京.

- 長田芳和. 1975. 淀川の魚. 淡水魚, 1:7-15.
- ・細谷和海(編). 1997. よみがえれ日本産淡水魚 日本の希少淡水魚の現状と系統保存. 379pp. 緑書房, 東京.
- 永山滋也・根岸淳二郎・久米 学・佐川志郎・塚原幸治・三輪芳明・萱場祐一. 2012. 農業用の水路における季節と生活史段階に応じた魚類の生活場利用. 応用生態工学会誌, 15(2):147-160.
- 中坊徹次(編). 2013. 日本産魚類検索-全種の同定-第三版. 2400pp. 東海大学出版会, 秦野.
- Nakajima, J. 2012. Taxonomic study of *Cobitis striata* complex (Cypriniformes, Cobitidae) in Japan. Zootaxa, 3586:103-130.
- 中島 淳・鬼倉徳雄. 2009. 野外におけるヒナモロコの成長と利用環境. 魚類学雑誌, 56(2):135-143.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 456pp. 緑書房, 東京.
- 中村智幸・尾田紀夫. 2002. 栃木県那珂川の農業水路における遡上魚類の季節的变化. 魚類学雑誌, 50(1):25-33.
- 西野麻知子(編). 2009. 水辺の生物多様性保全に向けて とりもどせ! 琵琶湖・淀川の原因風景. 292pp. サンライズ出版, 彦根市.
- 小川力也. 2005. 砂州の性水域の環境特性と魚類の生態. 「流水・土砂の管理と河川環境の保全・復元に関する研究(改訂版)」, pp. 127-135. 財団法人河川環境管理財団, 東京.
- 鬼倉徳雄・中島 淳・江口勝久・三宅琢也・西田高志・乾 隆帝・剣持 剛・杉本芳子・河村功一・及川 信. 2007. 有明海沿岸のクリークにおける淡水魚類の生息の有無・生息密度とクリークの護岸形状との関係. 水環境学会誌, 30(5):277-282.
- ・——・——・三宅琢也・河村功一・栗田喜久・西田高志・乾 隆帝・向井貴彦・河口洋一. 2008. 九州北西部, 有明海・八代海沿岸域のクリークにおける外来魚類の分布の現状. 水環境学会誌, 31(7):395-401.
- 斉藤 大. 2003. さくら湖(三春ダム)の水位変動がオオクチバスの繁殖に与える影響. 応用生態工学, 6(1):15-24.
- 斉藤憲治. 1984. 農業用水路の改修工事の影響を少なくするために(私案). 淡水魚, 10:47-51.
- ・片野 修・小泉顕雄. 1988. 淡水魚の水田周辺における一時的な水域への侵入と産卵. 日本生態学会誌, 38:35-47.
- 渡部一二. 2002. 水路の用と美 農業用水路の多面的機能. 198pp. 山海堂, 東京.
- 淀川河川事務所. 2011. 淀川河川事務所管内侵略的外来種ワースト100. 42pp. 淀川河川事務所, 枚方市.

原 著

湿地の植生復元を目的とした埋土種子の評価：ベイズモデルに基づく実生発生法と直接観察法の統合的評価

滋賀県立大学大学院環境科学研究科	郭 英 華
滋賀県立大学環境科学部	高 倉 耕 一
株式会社ラーゴ	西 川 博 章
滋賀県立大学環境科学部	西 田 隆 義
滋賀県立大学環境科学部	浜 端 悦 治*

Evaluation of seed banks for restoration of wetland vegetation: an integrated assessment of the seedling establishment and direct counting methods based on a Bayesian model. Yinghua Guo, Koh-ichi Takakura, (*The University of Shiga Prefecture*), Hiroaki Nishikawa (*Largo company limited*), Takayoshi Nishida and Etsuji Hamabata* (*The University of Shiga Prefecture*)

*物故 deceased

Diaspore (seed and spore) banks are critically important to conserve and restore lost wetland ecosystems. The seedling establishment and direct counting are two major methods to know plant communities of lost wetlands, but no studies have synthesized quantitatively results of the two methods to access the spatio-temporal dynamics of underground diaspores. We examined diaspore banks of a former Syo-Nakanoko, an old inner lake of Lake Biwa, on the basis of the two methods, and estimated the density, survival rate, and germination rate of following four major taxonomic groups (*Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*, *Scirpus*, *Najas*, and *Characeae*) by constructing a Bayesian model. The analysis revealed that density or survival of diaspores and the depth of soil layer were highly variable among species. For instance, propagule density was greater in shallower layers for *M. vaginalis* var. *plantaginea* and *Characeae*, but greatest in the second layer for *Scirpus* and *Najas*. Interestingly, survival rate of diaspores was large in deep layers with low density of propagules for *Najas* and *Characeae*. On the basis of these results we discussed efficient utilization of diaspore banks for conservation and restoration of wetland ecosystems.

Keywords: aquatic plants, Bayesian statistics, diaspore bank, vegetation reconstruction, wetland ecosystem

要旨：埋土種子（散布体）は、失われた湿地生態系の保全と復元にとってきわめて重要である。これまで埋土種子群集を把握するため主に実生発生法と直接観察法という2つの方法が用いられてきたが、両者を統合して評価した研究はない。本研究では、かつて琵琶湖の内湖であった旧小中の湖沿岸の埋土散布体（種子および孢子）集団を対象として、2つの埋土散布体解析法を組み合わせる行うとともに、2つの方法から得られた結果を合理的に統合して理解することを目指した。具体的には、実生発生法と直接観察法を組み合わせ、各種（あるいは系統群）の散布体数、散布体の生存率、発芽率を、ベイズモデルを用いて推定した。この解析の適用範囲はある程度の発芽数および散布体数があった分類群に限られるものの、本研究ではコナギ、ホタルイ属、イバラモ属、シャジクモ科の4分類群について実施することができた。この解析の結果、層の深さと埋土散布体密度および生存率の関係は分類群ごとに大きく異なっていることが示された。例えば、コナギとシャジクモ科では浅い層ほど散布体密度が高い傾向があったものの、ホタルイ属とイバラモ属では第2層に特に埋土種子が集中していると推定された。さらに、層の深さと埋土散布体の密度の関係、層の深さと生存率についての関係は必ずしも一致せず、シャジクモ科やイバラモ属では種子密度が低い深い層で生存率が比較的高いことが推定された。これらの結果に基づいて埋土散布体を用いた湿地植生の復元について議論した。

キーワード：植生復元、散布体バンク、水生植物、ベイズ統計、湿地生態系

はじめに

湿地生態系の中には、人間活動による影響を受けて劣化あるいは喪失したものがあり、それらの回復のためには植生の再生がまず必要となる（荒木ほか，2003；西廣・西廣，2010）。しかし，失われた過去の植生を自然に近い状態で再生することは困難である。保全生態学の見地によれば，失われた生育場所に特有の植生を復元するためには，単に種組成などを模倣するだけではなく，構成種の地域個体群がもつ遺伝特性と変異を保持した形で復元させることが望ましい（鷲谷・矢原，1996）。そのためには，現地の土壌中に含まれる散布体（種子および孢子），すなわち埋土散布体の集団（Simpson et al., 1989）を用いた植生の復元が好適である。なぜならば，現地の埋土散布体を利用する手法は，復元場所の個体群が本来持っていた遺伝的特性を変化させることがなく，また，材料の入手・採集が比較的容易で，さらに，絶滅した種の復元の可能性もあることなど多くの利点を持つためである（Middleton, 1998）。しかし，日本においては，千葉県手賀沼での研究報告（百原ほか，2001）が見られるものの，埋土散布体を対象とした湿地植生復元の研究は十分に蓄積されているとはいえない。

埋土散布体集団の解析方法は，大きく実生発生活と直接観察法の二つに分けられる。実生発生活とは，植物群落または生態系の土壌から実際に発芽させる方法であり，直接観察法（種子回収法，種子選別法，直接分離法，ハンドソーティング法）とは土壌中の散布体を直接数える方法である。実生発生活は，比較的容易で種までの同定が可能な点で優れているが，すべての種の散布体休眠を解除することができないことと，発芽しなかった散布体については情報が得られないのが欠点である（DeBerry & Perry, 2000）。これに対して，直接

観察法は，発芽の有無に関わらず過去の散布体について情報を得られる点で優れているが，計数に多大な労力がかかる上，種レベルでの同定が困難なことが欠点である（DeBerry & Perry, 2000）。両方を行うこともできるが，多大な時間と手間がかかることもあり，実施している研究例は限られており（津田・西廣，2008），さらに両調査法の結果を統合して解析した研究は見当たらない。

各調査法は，埋土散布体集団の状態についてそれぞれ異なる側面を観測していることから，それらの結果を統合して解析することができれば，新たな知見をもたらすかもしれない。たとえば，ある土壌から実生が全く発生しない場合，土壌中に埋土散布体が全く含まれていないことが原因のことも，埋土散布体は含まれているものの発芽能力を失っていることが原因のことも，2つの原因が混合していることも，いずれもありうる。この実生発生活の結果に，埋土散布体を直接観察した結果を統合することができれば，2つの要因がある程度分離することができると期待される。土壌中の散布体の分布と生存過程が明らかになれば，より効率的に土壌から実生を得ることも可能になるかもしれない。また，実生発生によって復元される植生は，必ずしも元の植生を直接反映しているわけではなく，散布体の土壌中における生存率によって重み付けされた結果である。そのため，散布体の土壌中生存率の推定は，埋土散布体をもとに過去の植生を復元する上で必要不可欠な情報であると言える。

本研究では，かつて琵琶湖の内湖であった旧小中の湖沿岸の埋土散布体集団を対象として，2つの埋土散布体解析法を組み合わせるとともに，2つの方法から得られた結果を合理的に統合して理解することを目指した。具体的には，実生発生活と直接観察法を組み合わせ，各種（あるいは系統群）の散布体数，散布体の生存率，発芽率を，

ベイズモデルを用いて推定した。そして得られた結果に基づいて、埋土散布体を用いた植生復元のために必要な情報について議論した。

材料と方法

調査地の概要

本研究の調査地である旧小中の湖は、琵琶湖の内湖干拓地である。琵琶湖周辺にはかつて多数の内湖が存在し、1940年頃には37ヶ所で総面積29 km²に及んだが、1970年までに23ヶ所総面積4.28 km²に減少した（西野，2005）。

本研究で用いた土壌は、滋賀県東近江市きぬがさ町の耕地（N35°09'22.4", E136°08'51.0"）で採取した。調査地は旧小中の湖の干拓地であり、土壌を採取した地点は旧小中の湖の湖岸に相当する。このことは、干拓完了以前の1946年に撮影された航空写真（URL：http://mapps.gsi.go.jp/maplib/Search.do 2014.10参照）を地理情報システムにより解析した結果から確認できる。小中の湖は琵琶湖に接続する内湖の一つであったが、1946年から始まった干拓事業により陸地化され、現在では水田として利用されている。干拓当時の事情を知る農家への聞き込みから、干拓による水田化に際しては客土の持ち込みは行われていないと考えられる（郭，未発表）。土壌採取地点の表層には、埋土散布体集団を多く含む可能性の高いスクモ層土壌が残されていた。スクモ層土壌とは、軟弱で腐植質に富む土壌のことである。干拓以前の小中の湖についてのアンケート調査に基づいて作成された湖底環境図（松尾・井手，2012）においても、本研究の土壌採取地は「スクモ（腐植土）」地帯に相当する。

土壌採取

調査地における土壌の採取は、2009年3月5日

に行った。表面（0～20cm）の耕作土層は採取の対象外とした。耕作度層を除く20～160cmの深さの土壌を、土質および色彩の違いに基づいて、深さ各20cmの4層に分割した（Fig. 1）。第1層は深さ25～45cmで、茶褐色を呈し有機物に富んでいた。第2層は深さ50～70cmで暗褐色の粘土層、第3層は深さ80～100cmで、外観は第2層と同様であった。第4層は深さ110～130cmで灰白色の粘土層であった。これらの4層それぞれについて、約2 m四方の土壌を油圧ショベルを用いて採取し、ビニールシートに包んだ状態で搬出した。搬出した各層の土壌は撒き出し実験に用いた。土壌採取に先立って、洗い出し

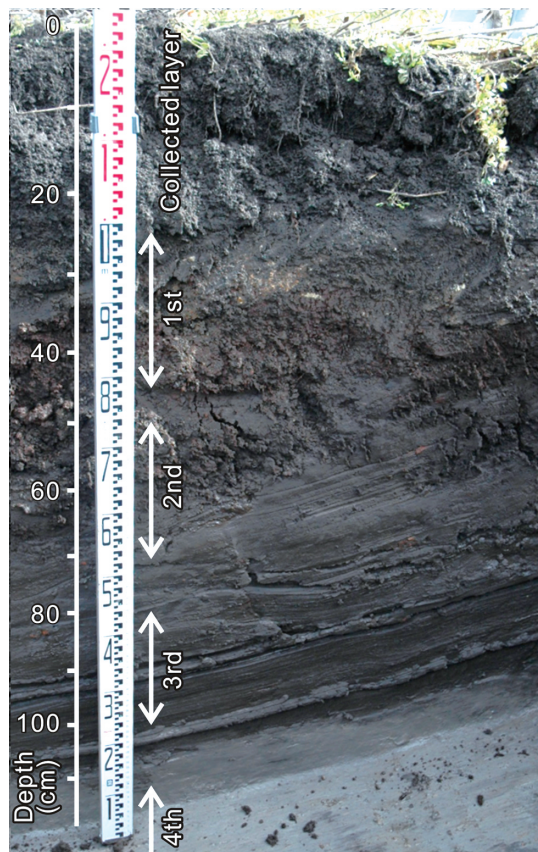


Fig. 1. Soil profile at the study site and layers used in this study.

調査用のサンプルとして、直径10cmの土壌コアサンプラーを用いて、各層につき2本ずつ高さ20cmの土壌を採取した。土壌コアサンプルを採取した2地点は、土壌採取を行った約2m四方に含まれ、互いに約1.5m離れていた。

実生発生法

滋賀県立大学実験圃場施設 (N35°15'27.5", E136°12'54.8") で実生発生実験を行った。土壌を採取した同じ日に、予めビニールシート (厚さ0.21mm) を敷き詰めたライシメーターの1区画 (1.8m×4.8m=8.64m²) の上に、採取した土壌を厚さ5cmになるよう均一に撒き出した。外部からの散布体の飛び込みを防ぐため、区画全体に防鳥ネット (高さ1.8m, 網目3mm) を張った。ただし、アリによる散布体の持込みや、防鳥ネットの網目を通過して外部から散布体が侵入する可能性は完全には否定できない。そこで、散布体侵入の可能性を考慮し、対照区を設置してそこに散布体を含まない無機質土壌 (真砂土) を撒き出した。

湛水には、農業用水が利用できる時期 (5月から8月の間) には、琵琶湖から汲み上げられた農業用水を用いた。それ以外の時期には水道水を用いて湛水した。琵琶湖からの農業用水を用いたのは、水道水による水温低下を防ぐためである。いずれの区も湛水深は常に20cmになるようにした。農業用水からの散布体混入を防ぐため、農業用水の蛇口に濾過用の網 (網目1mm) を設置した。さらに、万一散布体が飛来した場合に、その発芽・定着をできるだけ防ぎ、散布体が流出するように、農業用水からの水が常に流れている状態にした。

撒き出した土壌は、撒き出し作業の翌日から2009年10月30日まで、毎日～1日おきの頻度で観察し、実生の出現を記録した。新しく発見された実生は、角野 (1994)、清水ら (2001)、谷城 (2007)、桑原 (2008)、植村・勝山 (2010) および星野ら

(2011) にもとづいて同定し、個体数を記録するとともに、ライシメーター内における位置をメジャーで計測し、記録した。さらにタグを付けたワイヤーの輪を実生の根本に固定し、次回以降の観察で重複してカウントされることを防いだ。全ての実生は、毎回の調査の度に繰り返し写真撮影をして、発育途中で枯死した場合でも同定できるようにした。発芽の記録は、発芽日を基準に月ごとに集計した。

直接観察法

土壌採取時に得られたコアサンプル内の土壌を、0.1mm, 0.25mm, 0.5mm, 1mm, および2mmメッシュの篩を用いて洗い出した。篩に残った残渣は、実体顕微鏡下で散布体と散布体以外の植物残体や土壌などに選別した後、デジタルマイクロスコープ (NHX-100, Keyence) で観察および撮影した。発見された全ての散布体について、実体顕微鏡下で観察し、内部に胚乳ないしは細胞質が残存しているかどうか押しつぶし法 (高柳, 2004) で確認した。すなわち、散布体をピンセットでつまんで潰れた場合は胚乳や細胞質が残存していないと判断し、そうでない場合は顕微鏡下で解剖して内部を確認した。本研究では、散布体内部に健全な内部構造が残存していることを基準に、その散布体が生存していると見なした。散布体は5%ホルマリンに浸漬したのち、実体顕微鏡下で同定を行った。散布体の同定にあたっては、石川 (1994)、角野 (1994)、中山ら (2000)、清水ら (2001)、谷城 (2007)、桑原 (2008)、植村・勝山 (2010) および星野ら (2011) を参照し、可能な限り種のレベルまで同定するよう努めたが、それが困難な場合には属あるいは科のレベルまでの同定にとどめた。

統計解析

実生発生法および直接観察法の結果に基づき、各層における埋土散布体の数と散布体生存率、および実生発生法での発芽率について推定を行った。直接観察法で確認される散布体数は土壌中の散布体密度に直接左右されるが、実生の発生数はそれに加え散布体の生存率と発芽率に影響を受ける。このうち生存率は、直接観察法による調査時に調べた散布体生存率からある程度は推定できると考えられる。このように、両調査法の結果は互いに共通するパラメータに影響されるが、その組み合わせは完全には一致していない。そのため、両調査法の結果を関連付けて解析し各パラメータを推定するためには、各調査法を反映した統計モデルを構築する必要がある。そのような統計モデルは一般的ではなく、なおかつ複雑な構造を持つため、本研究での調査過程を記述した統計モデルをベイズモデルとして構築した。ベイズモデルは近年多様な分野で利用されており、特徴の一つとして複雑なデータ構造や調査過程に合わせ柔軟にモデル構築が可能であるという利点がある（深澤・角谷、2009）。

本モデルでは、各分類群は互いに独立であることを前提とし、分類群ごとに解析を行った。埋土散布体の密度と生存率は層ごとに異なっていると仮定した。内容物が残されていた、すなわち生存していると見なした散布体については、その散布体の由来する層にかかわりなく、実生発生法における発芽率は植物分類群ごとに一定であると仮定

した。本推定は、散布体同定の精度がある程度高いと考えられ、埋土散布体が比較的多く発見された分類群であるコナギ、イバラモ属、ホタルイ属、シャジクモ科について行った。

採取されたコアサンプル中の散布体数の期待値は、採取された土壌の体積に比例すると考えられ、さらに散布体がランダムに分布するなら、散布体数はポアソン分布に従うと考えられる。本研究において長さ20cm直径5cmのコアサンプルの体積は $0.2 \times 0.05^2 \times \pi$ 立方メートルであるから、第*i*番目の層に含まれる埋土散布体の密度（個/立方メートル）を x_i とすると、この土壌について行った直接観察法で発見された散布体数 W_i は、

$$W_i \sim \text{Poisson}(0.0005\pi \times x_i) \quad (1)$$

と表すことができる。 $N \sim \text{Poisson}(\lambda)$ は観測値 N が平均 λ のポアソン分布に従うことを表す。同様に、実生発生法では縦横それぞれ1.8m×4.8mのライシメーターに厚さ5cmで撒き出したことから、第*i*層に由来する $1.8 \times 4.8 \times 0.05$ 立方メートルの土壌を用いた実生発生法で発芽した散布体の数 g_i は、各層における生存率を s_i 、発芽率を r とした場合

$$G_i \sim \text{Poisson}(0.432 \times s_i r x_i) \quad (2)$$

と表すことができる。さらに、第*i*層の土壌に由来する y_i 個の埋土散布体について生存を調べた結果、生存していた散布体数 K_i は

$$K_i \sim \text{Poisson}(s_i y_i) \quad (3)$$

に従うと考えることができる。

以上のモデルに実測データを当てはめ、各層に

Table 1. Priors and initial values for parameter to be estimated.

	Parameter	Prior	mean	95% range	Initial value
x_i	Density of diaspores in the <i>i</i> th layer (per m ³)	Log.normal(0, 100)	2.72	<0.001~1.3・10 ⁸⁵	100
s_i	Survival rate of diaspores in the <i>i</i> th layer	Beta(1, 9)	0.1	0.003~0.336	0.1
r	Germination rate of survived diaspores	Beta(1, 1)	0.5	0.025~0.975	0.5

含まれる埋土散布体の密度 x_i 、その生存率 s_i 、撒き出し後の発芽率 r の各パラメータの事後分布をWinBUGS 1.4.3 (Spiegelhalter et al., 2002)を用いてMarkov chain Monte Carlo (MCMC)法によって推定した。ベイズ統計学に基づく推定では、各パラメータに関する事前の知見を事前確率として与え推定を行うが、埋土散布体数やその発芽率については具体的な知見を参考とすることができなかった。そのため、どのような値でも取りうることを仮定した無情報事前分布とした (Table 1)。ただし、後述するように、押しつぶし法による内部構造観察の結果から埋土散布体の生存率については十分に小さい値であると考えられたため、生存率 s_i の事前分布は期待値0.1のベータ分布とした (Table 1)。

パラメータの推定にあたっては、110万回のMCMCステップを互いに独立に3回計算し、初期値の影響を取り除くために最初の10万ステップを取り除いた上で、近いステップ間の自己相関を取り除くために1000ステップに1回のサンプリングを行った。そのサンプリング結果の分布から事後分布を得て、その中央値を推定値、事後分布の中央95%を含む範囲、すなわち95%ベイズ信用区間 (95% Bayes credible interval, 95%BCI) を推定誤差とした。モデルとデータとの適合性は、MCMCステップの収束状況から判断した。収束状況の判定基準として $\hat{R}$ 値 (Gelman et al., 2004)を計算した。この値は、収束が良い場合に1.0に近付くため、各パラメータについての $\hat{R}$ 値が1.1未満になった場合に、良好な収束であるとした。

結果

実生発生法

旧小中の湖干拓地土壌を撒き出した実験区から1454個体の実生が発生し、真砂土を撒き出した対

照区からは25個体の実生が発生した (Table 2)。アゼナ属については、実生ではアゼナとタケトアゼナの識別が困難なため属までの同定にとどめたが、その他の個体については種までの同定を行うことができた。その結果、実験区で発生した実生は、シダ植物1種、被子植物19分類群、シャジクモ類2種の合計22分類群、対照区では被子植物6種であった。実験区で発生した実生のうち、最も多かったのはアゼナ属であり、全体の約3分の1にあたる479個体が確認された。しかし、次に多かったキカシグサを含め、実生の分布は蛇口付近に集中していた (分布に関するデータは示していない)。また、キカシグサについては対照区でも実生が観察されていた。発芽した実生の多くは一年生の抽水・湿性植物であった。土壌が由来する層で比較すると、全体的には最も浅い第1層からの発芽が多かったが、アブノメやミズマツバ、キカシグサなどのように第4層で最も多く発芽した種もあった。

確認された分類群のうち、環境省および滋賀県のレッドリスト種は、イトトリゲモ (環境省・絶滅危惧IB類)、ホシクサ (滋賀県・絶滅危機増大種)、シャジクモ (滋賀県・その他重要種)、ミズマツバ (環境省・絶滅危惧II類)であった (環境省自然保護局野生生物課, 2000; 滋賀県生きもの総合調査委員会, 2006)。また、ミズワラビは近畿地方における要注意種とされている (レッドデータブック近畿研究会, 1995)。

直接観察法

土壌コアサンプルの洗い出しによって散布体を直接観察したこの調査では、合計で1212個の散布体を確認した (Table 3)。本調査法では散布体の形態のみに基づいて同定を行うことから、属までの同定にとどまった分類群が多かった。カヤツリグサ科の種子が最も多く全体の80%以上を占め、

Table 2. Plant taxa and the number of seedlings found from each layer and control soil (CS) by the seedling establishment method.

Japanese name		Scientific name	Layer				Total	CS
			1	2	3	4		
Family	Species	Species	(top)	(bottom)				
イノモトソウ科	ヒメミズワラビ	<i>Ceratopteris gaudichaudii</i> Brongn. var. <i>vulgaris</i> Masuyama et Watano	100	2	0	0	102	0
ミゾハコベ科	ミゾハコベ	<i>Elatine triandra</i> Schkuhr var. <i>pedicellata</i> Krylov	23	6	9	39	77	0
ミソハギ科	ミズマツバ	<i>Rotala mexicana</i> Cham. et Schltdl.	2	0	1	2	5	0
	キカシグサ	<i>Rotala indica</i> (Willd.) Koehne var. <i>uliginosa</i> (Miq.) Koehne	2	10	80	166	258	16
アカバナ科	チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i> Maxim.	13	2	2	1	18	1
ゴマノハグサ科	アゼナ属	<i>Lindernia</i> spp.	373	46	50	10	479	0
	アゼトウガラシ	<i>Lindernia micrantha</i> D.Don	4	0	0	4	8	0
	アブノメ	<i>Dopatrium junceum</i> (Roxb.) Buch.-Ham. ex Benth.	0	0	0	13	13	0
キク科	トキンソウ	<i>Centipeda minima</i> (L.) A.Braun et Asch.	5	1	3	0	9	0
イバラモ科	イトトリゲモ	<i>Najas gracillima</i> (A.Braun ex Engelm.) Magnus	5	2	9	18	34	0
オモダカ科	オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i> L.	3	0	0	0	3	0
ミズアオイ科	コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i> (Burm.f.) C.Presl ex Kunth	115	12	6	2	135	2
イグサ科	コウガイゼキショウ	<i>Juncus prismatocarpus</i> R.Br. subsp. <i>leschenaultii</i> (J.Gay ex Laharpe) Kirschner	13	2	2	1	18	0
ツクサ科	イボクサ	<i>Murdannia keisak</i> (Hassk.) Hand.-Mazz.	7	0	0	0	7	0
ホシクサ科	ホシクサ	<i>Eriocaulon cinereum</i> R.Br.	4	3	1	2	10	0
ウキクサ科	アオウキクサ	<i>Lemna aoukikusa</i> Beppu et Murata *	+	—	—	—	—	—
カヤツリグサ科	イスホタルイ	<i>Schoenoplectiella juncoides</i> (Roxb.) Lye	1	1	1	1	4	0
	マツバイ	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult. var. <i>longiseta</i> Svenson	44	0	0	1	45	1
	タマガヤツリ	<i>Cyperus difformis</i> L.	2	7	3	19	31	0
ガマ科	ヒメガマ	<i>Typha domingensis</i> Pers.	2	102	12	10	126	4
シャジクモ科	シャジクモ	<i>Chara braunii</i> Gmelin	13	14	23	12	62	1
	フラスコモ属	<i>Nitella</i> sp.	2	4	4	0	10	0
Total			733	214	206	301	1454	25

*Because the number of seedling could not be counted, and then the presence (+) or the absence (—) was recorded.

Table 3. Plant taxa and the number of diaspores found from each layer by the direct counting method. Two core samples from a stratum are referred as c1 and c2, respectively.

Japanese name		Scientific name	Layer 1		Layer 2		Layer 3		Layer 4		Total
Family	Genus/species	Taxon	(top)		(top)		(bottom)		(bottom)		
			c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2	
タデ科	不明	Polygonaceae spp.	0	0	0	0	1	0	3	0	4
ナデシコ科	ハコベ属	<i>Stellaria</i> spp.	12	0	0	0	0	0	0	0	12
ハゴロモモ科	ジュンサイ	<i>Brasenia schreberi</i> J. F. Gmelin	1	0	0	0	0	0	0	0	1
オトギリソウ科	オトギリソウ属	<i>Hypericum</i> spp.	7	8	19	40	7	0	0	0	81
マメ科	不明	Fabaceae spp.	0	2	0	0	0	0	0	0	2
シソ科	不明	Lamiaceae sp.	1	0	9	1	1	0	0	0	12
ヒルムシロ科	ヒルムシロ属	<i>Potamogeton</i> sp.	0	0	0	0	6	0	0	0	6
イバラモ科	イバラモ属	<i>Najas</i> spp.	0	0	13	17	1	0	0	0	31
ミズアオイ科	コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i> (Burm.f.) C.Presl ex Kunth	0	5	0	0	0	0	0	0	5
ホシクサ科	ホシクサ属	<i>Eriocaulon</i> sp.	0	0	0	4	0	0	0	0	5
カヤツリグサ科	ホタルイ属	<i>Schoenoplectus</i> spp.	80	21	97	324	86	137	0	0	745
	スゲ属	<i>Carex</i> spp.	0	0	5	0	4	0	0	0	9
	マツバイ	<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. et Schult. var. <i>longiseta</i> Svenson	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	アオテンツキ	<i>Fimbristylis dipsacea</i> (Rottb.) C.B.Clarke var. <i>verrucifera</i> (Maxim.) T.Koyama	0	0	0	1	0	4	0	0	5
	シロガヤツリ	<i>Cyperus pacificus</i> (Ohwi) Ohwi	0	0	0	0	0	33	0	0	33
	ミズガヤツリ	<i>Cyperus serotinus</i> Rottb.	0	0	0	0	0	9	0	0	9
	その他のカヤツリグサ属	<i>Cyperus</i> spp.	6	1	147	6	4	1	1	0	166
	上記以外のカヤツリグサ科	Cyperaceae spp.	0	0	0	0	10	3	0	0	16
シャジクモ科	不明	Characeae spp.	20	1	7	6	0	0	0	0	34
上記以外	不明	Unknown	9	2	14	4	2	0	4	0	35
Total			136	41	311	403	122	187	8	0	1212

さらにその内の70%以上がホタルイ属であった。層別に見ると、第1層と第2層に含まれる散布体が多かった。同じ層から各2本のコアサンプルを採取し本調査に用いたが、コアサンプル間で散布体数がばらつくことが多かった。

生存率は多くの分類群で極めて低かった。最も散布体数が多かったカヤツリグサ科では984個の種子について調べたが、生存していたものはホタルイ属の種子1個のみであった。散布体の生存は3分類群から合計7個のみで確認され、全て第1層に由来していた。内訳は、コア2からのコナギ種子が5個、コア1からのホタルイ属種子が1個、コア1からのハコベ属種子が1個であった。

統計解析

最初にモデルの適合性について述べる。埋土散布体密度、生存率、発芽率のパラメータ推定を行った結果、後述するように第4層でのイバラモ属種子を除き、全てのパラメータについて $\hat{R}$ 値は1.1未満となった。このことから、MCMCステップの収束はほとんどの場合は良好であり、モデルはデータに適合していた。ただし、イバラモ属の第4層内の種子密度については、MCMCステップが収束せず、 $\hat{R}$ 値は1.51と大きかった。そのため、パラメータの推定には至らなかったと見なし、第4層におけるイバラモ属種子についての解析結果は示さないこととする。

各分類群についての推定結果をFig. 2およびFig. 3に示す。直接観察法で最も多くの種子が発見されたホタルイ属では、推定された種子密度も最も高かった。しかし、生残率は最も低かった。ほとんどの分類群において第1層または第2層で埋土散布体の密度が高い傾向があったが、必ずしも深い層ほど単調に散布体密度が低くなるわけではなかった。散布体の生残率は、コナギとホタルイ属では第1層で高く、シャジクモ科では第3層

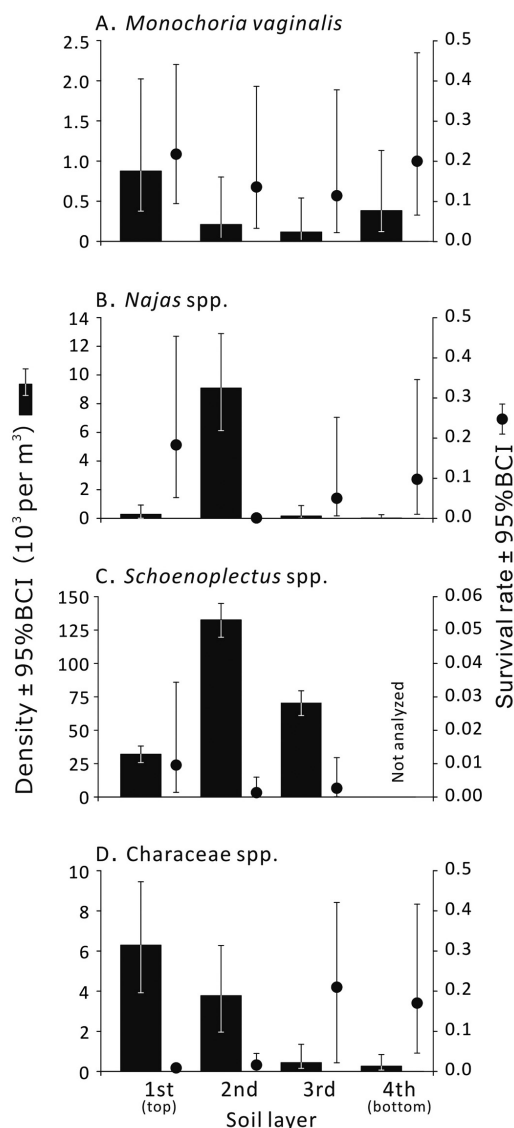


Fig. 2. Estimated densities (per m³) and survival rates of diaspores in each soil stratum. A: *Monochoria vaginalis*, B: *Najas* spp., C: *Schoenoplectus* spp. and D: *Characeae* spp. Bars and plots represent densities and survival rates, respectively. Error bars represent 95% Bayesian credible intervals (BCIs).

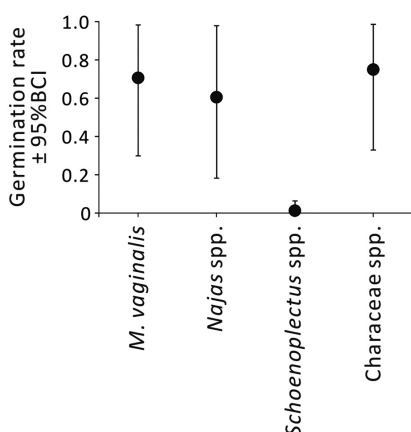


Fig. 3. Estimated germination rates of survived diaspores for four taxa; *Monochoria vaginalis*, *Najas* spp., *Schoenoplectus* spp. and *Characeae* spp. Error bars represent 95% Bayesian credible intervals (BCIs).

と第4層で高くなる傾向があったが、イバラモ属では層の深さによる違いは不明瞭であった。発芽率についてはホタルイ属で約0.01ときわめて低かったほかは、どの分類群においても0.6以上の高い値が推定された。

考察

本研究では埋土散布体の分布および生残率を推定するために、旧小中の湖干拓地の土壌を用いて実生発生法と直接観察法を組み合わせた調査を行った。実生発生法における真砂土を撒き出した対照区で確認された実生は6分類群25個体に限られたことと、対照区では実生のほとんどが撒き出しから6ヶ月後の2009年9月以降に確認されたこと（実生発生時期についてのデータは示していない）などから、実験区で確認された実生の多くは撒き出した土壌に由来するものであると考えられた。ただし、キカングサについては対照区においても実生が見られ、その分布も蛇口近くに集中してい

たことから、湛水に用いた農業用水からの種子の混入が疑われた。アゼナ属についても同様の実生分布が見られたことから、混入の疑いがあった。確認された実生は、多くが一年生の抽水植物または湿生植物で、かつて湿地などに優占していた雑草である。この傾向は、過去に行われた他の実生発生法による実験でも見られたものである（中本ほか，2000；松本ほか，2009）。観察された実生個体数の合計は、最も浅い層である第1層で733個体と最も多かった。

直接観察法で確認された散布体の種構成は、実生発生法での種構成と一部重複していたものの、いずれかの方法でしか確認されなかった分類群も多かった。実生発生法でのみ観察された分類群としてはミズワラビやミソハギ科、ゴマノハグサ科、ガマ科などがあり、直接観察法でのみ観察された分類群としてはシソ科やオトギリソウ科などがあった。全ての分類群を合計した散布体の数は、実生発生法とは異なり、第2層で最も多く、ついで第3層で多かった。また、直接観察法で見出された散布体については生存率を調べたが、生存率はきわめて低く、全ての分類群を合わせても7個の散布体でしか生存を確認することはできなかった。実生発生法では土壌中に存在してはいるものの発芽能力を失っている種子は検出できず、直接観察法では処理できる土壌量が少ないために、密度が低い分類群の散布体は検出できないことが必然的に多くなると考えられる。このような両調査法の得手不得手により、本研究でも検出分類群の違いが発生したと考えられ、このことも両調査法を統合することの必要性を示唆していた。

以上の結果から、実生発生法と直接観察法とでは、得られる情報が異なっているだけでなく、少なくとも見かけ上の傾向に違いがあることが示唆された。たとえば、散布体生存率のデータは直接観察法でしか確認できないものの、この方法では

大量の土壌を処理することが困難であるため、散布体の生存率を精度よく推定することは困難である。また、本研究では一部の分類群で、実生および散布体が最も多い層が両調査法間で異なっていたことがあった。実生発生法と直接観察法はいずれも埋土散布体調査法として主要な手法であり、多くの研究が蓄積されてきたものの、両調査法は埋土散布体についてそれぞれ異なった側面に注目した手法であるといえる。この2つの調査法を同時に行った研究は少なく、その少ない研究(Moore & Wein, 1977; Leck & Graveline, 1979)でもそれぞれの結果を統合した解析は行われていない。本研究では統合的な解析手法として、新たにベイズモデルを構築し、埋土散布体の個体数と生存率を層別に推定することを提案した。

この解析の適用範囲はある程度の発芽数および散布体数があった分類群に限られるものの、本研究ではコナギ、ホタルイ属、イバラモ属、シャジクモ科の4分類群について実施することができた。この解析の結果、層の深さと埋土散布体密度および生存率の関係は種ごとに大きく異なっていることが示された。例えば、コナギとシャジクモ科では浅い層ほど散布体密度が高い傾向があったものの、ホタルイ属とイバラモ属では第2層に特に埋土種子が集中していると推定された。さらに、層の深さと埋土散布体の密度の関係、層の深さと生存率についての関係は必ずしも一致せず、シャジクモ科やイバラモ属では散布体密度が低い深い層で生存率が比較的高いことが推定された。これは深い層では多くの散布体が死亡し、直接観察では確認できないほどに分解された一方で、ごく少数の散布体が発芽能力を保ったまま生存し続けたためかもしれない。また別の可能性として、深い層が形成された時期には、周辺にシャジクモ科やイバラモ属などの抽水植物が乏しかったのかもしれない。どちらの仮説がより妥当であるかについて、

本研究の結果からは判断できなかった。

このように2種類の調査法から得られたデータを統合・解析することによって、一部の分類群については土壌中の散布体の分布および生存率をそれぞれ推定することができた。これらの推定結果は、土壌中における散布体の生存過程を定量的に理解する上で必要な情報であり、より効率的な植生復元を可能にするかもしれない。内湖も含めて広大な水辺環境を要する琵琶湖周辺地域においても、その植生復元に埋土種子が有効であることはこれまでも示されてきた(今西ほか, 2012)。たとえば、本研究では、稀少な沈水植物であるヒルムシロ属やイバラモ属の種子も確認されており、そのうちイバラモ属についてはベイズモデルによる解析を実施することができた。その推定結果は、イバラモ属の種子密度は第2層で高いものの、この層における生存率がほとんど0であることを示しており、見かけ上種子密度が高いこの層は、実は植生復元には全く適さないことを示唆している。散布体密度は低いもののある程度生存率が高い層の土壌を用い、散布体と土壌の比重の差を利用した散布体の分離(Tsuyazaki, 1993, 1994; 嶺田・沖, 1997)などの方法を組み合わせることで、発芽能力を有する散布体をより効率的に得ることができると期待される。このように、本研究で提案した解析手法は、復元対象種によって土壌のどの層を用いるのがよいのか、同時にどの技術と組み合わせることで効率化を図ることができるのかなどについて具体的な示唆を与え、効率的な植生復元に貢献しうると考えられる。

散布体の形態による同定は分類群によっては困難であるため、本研究では一部の分類群については属あるいは科のレベルでまとめて解析に用いた。そのため、その分類群に複数の種が含まれ種間で分布や生存率に大きな違いがある場合には、解析結果が実際の傾向を反映していない可能性も否定

できない。この問題の解決のためにも、埋土散布体の同定法のさらなる改善が待たれるところである。また、本研究では散布体の分布がランダムであることを前提として、誤差分散がポアソン分布に従うモデルを構築した。しかし、いくつかの研究 (Thompson, 1986; Bigwood & Inouye, 1988) は土壌中の散布体の分布はより集中分布に近いことを示唆している。本研究は1つの調査地と2個のコアサンプルのみを対象としており、サンプルサイズは限られていた。より多くの地点で採取した土壌を用いた実生発生法や、より多数の土壌コアサンプルを用いた直接観察法により、本研究で採用したモデルの妥当性をより詳細に検討することができると期待される。たとえば、集中分布である可能性を考慮して負の二項分布を仮定したモデルを構築するなど、より現実在即した推定ができるかもしれない。

また、各調査法の精度や効率をより高めることも必要であると考えられた。実生発生法で数多くの個体が観察されたアゼナ属とキカシグサでは、ライシメーター内における実生個体の分布が蛇口付近に集中していたことから、湛水に用いた農業用水からの種子のコンタミネーションが強く疑われた。その可能性をあらかじめ考慮し、蛇口には網を設置していたが、結果的にコンタミネーションを防ぐことができなかった。よりろ過能力の高いフィルターを用いるか、あるいは流量を制限して水温低下を防ぎながら水道水で湛水を行うなどの工夫が必要であろう。直接観察法についても、単純な洗い出しで多くの土壌コアサンプルを処理するのは現実的でない。比重の大きな塩類溶液を用いて散布体を効率的に分離する比重分離法 (高柳, 2004) など、効率的な種子分離法を用いてより多くのサンプルを処理することにより、より高精度な推定が可能になると期待される。

埋土散布体を用いた植生復元は、湿地環境の破

壊の進行や遺伝的多様性保全への関心の高まりから、生態系保全での実用への期待が高まっている技術の一つである (西廣・西廣, 2010)。日本においても実施例は増えてきているが、実際の復元事業への応用が十分に進んでいるわけではない。埋土散布体による植生復元を効率よく行い成功率を高めるためには、散布体の同定や収集に関する技術の集積 (小林・渡邊, 2010) とともに、本研究で提案したような、調査結果からより有用な情報を抽出するための手法のさらなる発展が必要であると考えられる。

謝辞

土壌サンプルの採取に際しては、東近江市の西康隆氏に農地の掘削を許可していただきました。散布体の同定にあたっては、滋賀県立琵琶湖博物館の山川千代美博士、岡山大学資源植物科学研究所の山下純博士、榎本敬博士にお世話になりました。調査および本稿の取りまとめにあたっては、株式会社ラージおよび滋賀県立大学環境科学部環境生態学科の皆さんから多大なご助力・ご助言をいただきました。厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 荒木佐智子・安島美穂・鷲谷いづみ. 2003. 土壌シードバンクを自然再生事業に活かす。「自然再生事業—生物多様性の回復を目指して」(鷲谷いづみ・草刈秀紀編), pp. 187–211. 築地書館, 東京.
- Bigwood, D. W. & D. W. Inouye. 1988. Spatial pattern analysis of seed banks: an improved method and optimized sampling. *Ecology*, 69: 497–507.
- DeBerry, D. A. & J. E. Perry. 2000. An

- introduction to wetland seed banks. Wetland Program Technical Report Number 00-2. 6pp. Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point.
- 深澤圭太・角谷 拓. 2009. 始めよう! ベイズ推定によるデータ解析. 日本生態学会誌, 59: 167-170.
- Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern & D. B. Rubin. 2004. Bayesian data analysis (2nd ed.). 675pp. Boca Raton: Chapman and Hall, London.
- 星野卓二・正木智美・西本真理子. 2011. 日本カヤツリグサ科植物図鑑. 778pp. 平凡社, 東京.
- 今西亜友美・小田龍聖・今西純一・夏原由博・森本幸裕. 2012. 琵琶湖の浚渫土中の散布体バンクの種組成と空間的分布. 日本緑化工学会誌, 38: 85-90.
- 石川茂雄. 1994. 原色日本植物種子写真図鑑. 328pp. 石川茂雄図鑑刊行委員会, 東京.
- 角野康郎. 1994. 日本水草図鑑. 188pp. 文一総合出版, 東京.
- 環境省自然保護局野生生物課. 2000. 改訂・日本の絶滅のおそれのある野生生物 植物I (維管束植物). 660pp. 財団法人自然環境研究センター, 東京.
- 小林浩幸・渡邊寛明. 2010. 雑草研究における埋土種子調査の目的と手法. 雑草研究, 55: 194-207.
- 桑原義晴. 2008. 日本イネ科植物図譜. 503pp. 全国農村教育協会, 東京.
- Leck, M. A. & K. J. Graveline. 1979. The seed bank of a freshwater tidal marsh. American Journal of Botany, 66: 1006-1015.
- 松本 仁・今西亜友美・今西純一・森本幸裕・夏原由博. 2009. 巨椋池・横大路沼干拓地の表層土壌における水生植物散布体の残存状況とその鉛直分布. ランドスケープ研究, 72: 543-546.
- 松尾さかえ・井手慎司. 2012. 昔ここは内湖やったんよ. 60pp. サンライズ出版, 彦根.
- Middleton, B. 1998. Succession and herbivory in monsoonal wetlands. Wetlands Ecology and Management, 6: 189-202.
- 百原 新・上原浩一・藤木利之・田中法生. 2001. 千葉県手賀沼湖底堆積物中の埋土種子の分布と保存状態. 筑波実験植物園研究報告, 20: 1-9.
- 嶺田拓也・沖 陽子. 1997. 雑草防除法, 耕起法および作付け様式の異なる水田における埋土種子の比較. 雑草研究, 42: 81-87.
- Moore, J. M. & R. W. Wein. 1977. Viable seed populations by soil depth and potential site recolonization after disturbance. Canadian Journal of Botany, 55: 2408-2412.
- 中本 学・名取祥三・水澤 智・森本幸裕. 2000. 耕作放棄水田の埋土種子集団: 敦賀市中池見の場合. 日本緑化工学会誌, 26: 142-153.
- 中山至大・井之口希秀・南谷忠志. 2000. 日本植物種子図鑑増補改訂版. 670pp. 東北大学出版会, 仙台.
- 西廣 淳・西廣美穂. 2010. 湿地の土壌シードバンク調査法. 「保全生態学の技法: 調査・研究・実践マニュアル」(鷲谷いづみ・宮下 直・西廣淳編) pp. 298-313. 東京大学出版会, 東京.
- 西野麻知子. 2005. 日本の湿地環境と琵琶湖周辺内湖. 「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. 41-43. サンライズ出版, 彦根.

- レッドデータブック近畿研究会. 1995. 近畿地方の保護上重要な植物 レッドデータブック近畿. 121pp. 関西自然保護機構, 大阪.
- 滋賀県生きもの総合調査委員会. 2006. 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2005年版. 563pp. サンライズ出版, 彦根市.
- Simpson R. L., M. A. Leck & V. T. Parker. 1989. Seed banks: general concepts and methodological issues. In: Ecology of Soil Seed Banks. (eds. Leck, M. A., V. T. Parker, R. L. Simpson), pp. 3-8. Academic Press, San Diego.
- 清水矩宏・森田弘彦・廣田伸七. 2001. 日本帰化植物写真図鑑. 554pp. 全国農村教育協会, 東京.
- Spiegelhalter, D. J., N. G. Best, B. P. Carlin & A. Van Der Linde. 2002. Bayesian measures of model complexity and fit. Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology), 64 : 583-639.
- 高柳 繁. 2004. 関東黒ボク土地帯における主要一年生畑夏雑草の定量的発生予測. 中央農業総合研究センター研究報告, 5 : 23-58.
- Thompson, K. 1986. Small-scale heterogeneity in the seed bank of an acidic grassland. Journal of Ecology, 74 : 733-738.
- 津田 智・西廣美穂. 2008. 埋土種子の調査. 「発芽種子学 種子発芽の生理・生態・分子機構」(種生物学会編), pp. 319-325. 文一総合出版, 東京.
- Tsuyazaki S. 1993. Seed viability after immersion in K_2CO_3 solution. Seed Science and Technology, 21 : 479-481.
- . 1994. Rapid seed extraction from soils by a flotation method. Weed Research, 34 : 433-436.
- 植村修二・勝山輝男. 2010. 日本帰化植物写真図鑑第2巻. 579pp. 全国農村教育協会, 東京.
- 鷺谷いずみ・矢原徹一. 1996. 保全生態学入門. 270pp. 文一総合出版, 東京.
- 谷城勝弘. 2007. カヤツリグサ科入門図鑑. 248 pp. 全国農村教育協会, 東京.

報 告

大阪府石川流域におけるカワバタモロコ个体群の冬期減耗 ～子どもたちによるカワバタモロコの生態調査の結果～

南河内水生生物研究会 石 田 真 隆

南河内水生生物研究会 吉 村 元 貴

南河内水生生物研究会 升 方 拓 郎

Winter decrease in the population size of the golden venus chub *Hemigrammocyptris neglectus* in the Ishi River basin, Osaka Prefecture: results of ecological investigation by children. Masataka Ishida, Motoki Yoshimura and Takurou Masukata

要旨：カワバタモロコ个体群の冬期減耗率を明らかにするために、大阪府南河内地域を流れる石川流域のため池とビオトープ3ヶ所で個体数の調査をおこなった。ため池ではトラップを用いて採集し、Jolly-Seber法で推定個体数を、ビオトープでは水を全て抜き個体数を把握した。その結果、冬期減耗率はため池で58%、ビオトープで34%～55%であった。年や場所、年級群による冬期減耗率の差を検討したが、いずれも差は得られなかった。それに加え、個体群密度と冬期減耗率の関係を検討したが相関関係はなかった。以上より、カワバタモロコ个体群の冬季減耗は、水温低下によって活動がにぶくなり食物要求が低下することにもない、ランダムにおこると考えられた。

キーワード：冬期減耗、ビオトープ、カワバタモロコ、石川流域、生息域外保全

はじめに

カワバタモロコ *Hemigrammocyptris neglectus* は環境省第4次レッドリストで、絶滅危惧種 I B 類 (URL : http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21437&hou_id=16264 2013.11参照)、大阪府のレッドリストでは絶滅危惧 I 類に位置づけられている (大阪生物多様性保全ネットワーク, 2014)。カワバタモロコの生活史に関する知見として、例えば吉村ほか (2013) では本種の繁殖期は5月下旬から8月までで、生まれた個体は1年で成熟して繁殖に参加するが、一部の個体はその後生き残って翌年の繁殖に参加することが明らかになっ

ている。その他には、成長段階ごとのハビタット利用に関する研究 (Onikura et al., 2009) や、雌雄の生殖腺の発達に関する研究 (Onikura et al., 2010) がある。

大阪府を流れる石川流域ではカワバタモロコ个体群の絶滅回避を目的として石川流域内の学校や公園等のビオトープを生息域外保全拠点として、様々な機関・団体が協力して維持管理作業や定期的な生態調査をおこなっている。また、本活動の特徴として小中学生が主体的に生態調査をおこなっている点がある。本研究はそれら調査から明らかとなった、ビオトープとため池におけるカワバタモロコ个体群の冬期減耗率についてまとめる。な

お、カワバタモロコの冬季減耗率を明らかにすることはため池、および生息域外保全地における個体数の概算を容易にし、個体数の管理に寄与する。個体数の管理は絶滅危惧種の個体数確保に直結し、個体数減少にともなう遺伝的な偏りの未然防止など、個体群の保全にとって重要となる。

本研究をおこなうにあたり、大阪教育大学教育学部教養学科の近藤高貴教授にはデータの解析、本報の内容について詳細で有益なご助言、ご指導をいただいた。また、南河内群内の小学校の先生方や市民団体の皆様には調査場所を提供くださるとともに、研究遂行に様々な便宜をはかっていただいた。以上の皆様には心より感謝する。本研究は平成25年度関西自然保護機構研究助成を受けて実施した。

調査地の概要

調査は石川流域においてカワバタモロコの生息が唯一確認されているため池（以下；ため池）、生息域外保全拠点の南河内郡内の小学校ビオトープ2カ所（以下；ビオトープA・ビオトープB）、飛鳥川じゃこ取りネットワークが所有する保護池（以下；ビオトープC）でおこなった。カワバタモロコ保護の観点から調査地の地図等の記載は控える。なお、調査地はすべて同一流域内に位置する。

ため池にはカワバタモロコ、ミナミメダカ *Oryzias latipes*、フナ類 *Carassius* spp.、ドジョウ *Misgurnus anguillicaudatus* の4種の魚類が生息している。その他にアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* が多数生息している。ため池内に沈水植物や抽水植物は認められず、底質は砂泥で、リターの堆積が認められる。水深は1m以上で、水面の面積は621㎡である。

ビオトープAではカワバタモロコとドジョウの

2種の魚類が生息している。ヒメガマ、クワイ等の抽水植物があるが、沈水植物は認められない。底質は砂泥である。水深は最深部で約50cm、水面の面積は約15㎡である。ビオトープBにはカワバタモロコとミナミメダカの2種の魚類が確認されている。ジュンサイ等の浮葉植物があるが、抽水植物・沈水植物は認められない。水深は最深部で約45cm、水面の面積は約9.5㎡である。ビオトープCにはカワバタモロコのみが生息しており、ガマやツルヨシ等の抽水植物がある。水深は最深部で約60cm、水面の面積は約9㎡である。

調査の方法

ため池においてカワバタモロコの採集には網製モンドリ（目合8mm、59×60×40mm、商品名；お魚キラー）を用い、市販の釣り餌（マルキュー株式会社、ハエ競技用まきえ）15～20gを市販の茶葉用不織布パックにいれて集魚材とした。網製モンドリは努力量が一定（5時間・個）になるように設置した。採集したカワバタモロコは魚類・甲殻類麻酔剤FA100（田辺製薬株式会社製）で麻酔後、測定板を用いて標準体長を0.5mmまで現地で測定した。そして、体長25mm以上のカワバタモロコの冬期減耗率を推定にするために、2013年4月から9月にかけて原則1ヶ月に1度、2014年4月に2度調査をおこなった。採集個体を現地で麻酔後、調査日ごとに異なる色の蛍光イラストマー（Northwest Marine Technology製）を背びれと尾びれの付け根の皮下に注射器で打ち込んだ。なお、2014年4月のみ腹ビレを切除し標識した。標識後、その場で放流した。

ビオトープBとCではビオトープの水を全て抜き、採集個体の体長を測定し、再び水を張ったビオトープへ戻す調査をおこなった。ビオトープBでは2013年10月21日、2014年3月25日に、ビオトー

プCでは2012年10月6日，2013年3月2日，2013年10月5日，2014年3月2日に実施した。なお，ビオトープAでは2011年10月1日にトラップで採集された個体に蛍光イラストマーで標識し，再びビオトープに戻し，2012年3月26日に水を全て抜き，標識された個体の体長測定をおこなった。なお，ビオトープAの2011年10月のデータは吉村ほか（2013）のデータを用いた。

結果と考察

ため池

Jolly-Seber法を用いてため池における本種の生息個体数を推定した。ため池では2013年5月から2014年4月まで合計6回調査をおこない，計1081個体が採集された。採集個体数は2013年5月で248個体，6月で78個体，7月で221個体，9月で158個体，2014年4月1回目で113個体，2回目で83個体であった（図1）。推定個体数は6月には1390個体7月には1139個体，9月には3453個体で，4月には1457個体であった。当該ため池におけるカワバタモロコの繁殖期は5月下旬から8月まで（吉村ほか，2013）であることから，6月から7月にかけては親魚の減耗したことで推定個体

数が減少し，その後，当歳魚の新規加入によって9月の推定個体数が増加した。そして，9月から4月にかけての減耗率は約58%であった。

ビオトープ

ビオトープAで2011年10月に標識をおこなった117個体が，2012年3月には52個体採集され，冬期減耗率は55%であった。ビオトープBで2013年10月には62個体，2014年3月には41個体採集され，冬期減耗率は34%であった。ビオトープCでは2012年10月には183個体，2013年3月には118個体採集され，2012年10月から2013年3月にかけての冬期減耗率は36%であった。2013年10月には437個体，2014年3月には239個体採集され，2013年10月から2014年3月にかけての冬期減耗率は45%であった。以上より，ビオトープ等の小規模水域における冬期減耗率は34%～55%の範囲であった。

冬期減耗率の年による差を検討するためにビオトープCの2012年と2013年の冬季減耗率を，ビオトープ間の差を検討するためにビオトープCの2013年～2014年とビオトープBの冬期減耗率をそれぞれFisherの正確確率検定を用いて分析した。その結果，統計的に有意な差はなかった（表1）。以上より，冬期減耗率はビオトープ間の差，およ

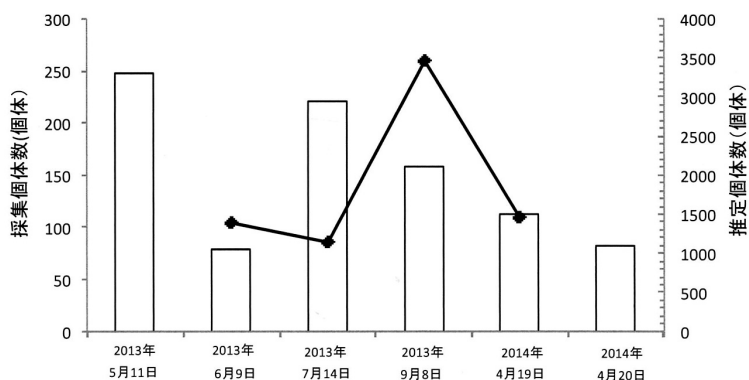


図1. 大阪府にあるため池における2013年から2014年にかけてのカワバタモロコの採集個体数（棒グラフ）とJolly-Seber法による推定個体数（折れ線グラフ）の変化。

表 1. 2013年10月と2014年 3 月のビオトープBとビオトープCおよび、2012年10月と2013年 3 月・2013年10月と2014年 3 月のビオトープCにおけるカワバタモロコの個体数.

ビオトープC				ビオトープB ビオトープC			
	2012-2013年	2013-2014年	合計	2013-2014年	2013-2014年	合計	
10月	183	437	620	10月	62	437	499
3 月	118	239	357	3 月	41	239	280
冬季減耗率	45%	36%		冬季減耗率	34%	45%	
P値	0.25			P値	0.38		

表 2. ビオトープA（2013年10月と2014年 3 月）とビオトープB（2013年10月と2014年 3 月）とビオトープC（2012年10月と2013年 3 月・2013年10月と2014年 3 月）における体長40mm以上と以下のカワバタモロコの個体数.

標準体長				標準体長			
ビオトープA	≤40	>40	合計	ビオトープB	≤40	>40	合計
2011年10月	89	28	117	2013年10月	53	9	62
2012年 3 月	44	8	52	2014年 3 月	33	8	41
合計	133	36		合計	86	17	
P値	0.23			P値	0.59		

標準体長				標準体長			
ビオトープC	≤40	>40	合計	ビオトープC	≤40	>40	合計
2012年10月	142	41	183	2013年10月	395	42	437
2013年 3 月	97	21	118	2014年 3 月	208	31	239
合計	239	62		合計	603	73	
P値	0.38			P値	0.20		

び年による差は認められなかった。

ビオトープAにおける 6 月・7 月の体長の平均値は 1 歳魚の雄で約34mm，雌で約38mm，2 歳魚の雌で約50mmである（吉村ほか，2013）。それを参考に，体長が40mm以上を 2 歳魚，以下を 1 歳魚および当歳魚であるとして，体長による冬季減耗率の差を検討するため，それぞれの体長に含まれる個体数の割合をFisherの正確確率検定を用いて分析した。その結果，全てのビオトープにおいて統計的に有意な差が得られなかった（表2）。体長が大きな個体つまり，2 歳魚以上の高齢個体の冬季減耗率が若年個体のそれに比べて高いということは言えず，冬季減耗は年級群に関係なくランダムであることが推察された。

次にビオトープにおける個体群密度と冬季減耗率の関係を調べた。各ビオトープの水深は45cm～60cmなので，水深による差はないと仮定し，

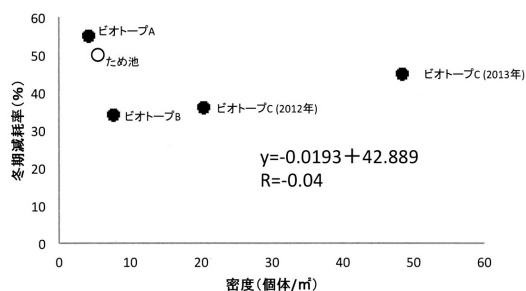


図 2. ビオトープA・B・Cにおけるカワバタモロコの冬季減耗率と個体群密度の関係（ため池は相関分析に用いなかった）.

個体群密度は単位面積あたりの個体数とした。その結果，図 2 より有意な相関関係は得られなかった（相関係数 $R=-0.04$ ， $n=4$ ， $P>0.05$ ）。温泉水の活動期は春から秋であり，冬季には活動がにぶくなり，食物要求も低下する（須永，1964）。つま

り、冬期の減耗は個体群密度や年級群に関係なく、活動がにぶくなり食物要求が低下することにもない、ランダムにおこると考えられる。その結果、年級群、個体群密度、年、場所による差はなかったと言える。なお、冬期の水温等の環境条件が冬期減耗率に影響をおよぼす可能性があるが、本研究は環境条件を測定しておらず、環境条件を考慮する事が出来ず、今後の課題である。

本研究はビオトープの水抜き、ビオトープに残った魚の採集、計測、計数の全てにわたって、大人のサポートを受けながら小学生から高校生までの子どもたちがおこなった。調査の回を重ねる毎に子どもたちも慣れ、熟練の子どもたちが新米の子どもたちに調査の方法を伝授する等、年代を超えた交流がうまれた。また、低学年の子どもたちは魚の採集に夢中になり、高学年の子どもたちは低学年の子どもたちが採集した魚の計測を手際よくおこなうなど、子どもたちの関与が調査の回を重ねる毎に大きくなってきた。このように、ある程度調査方法を知った人間が子どもたちとともに調査をおこなうことで生態学的な知見を得ることができるとともに、将来の保全活動を担う次の世代を育成する事にも大いに寄与することを明記したい。

引用文献

- 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, 大阪.
- Onikura, N., J. Nakajima & H. Kouno. 2009.
Habitat use in irrigation channels by the golden venus chub (*Hemigrammocypripis rasborella*) at different growth stages. Zoological Science, 26 : 375-381.
- , ——, ——, Y. Sugimoto & J. Kaneto.
2010. Maturation and growth in the wild population of *Hemigrammocypripis rasborella*. Aquaculture Science, 58(2) : 297-298.
- 須永哲生. 1964. びわ湖産魚類数種における食性の季節変化について. 生理生態, 12 : 252-258.
- 吉村元貴・細沼美穂・柴田園江・吉村充弘・堀井宏行・林 紀子・北井美喜子・林 武彦・升方拓郎・石田真隆. 2013. 石川流域におけるカワバタモロコの生活史—市民によるモニタリング調査の成果—. 地域自然史と保全, 35 (1) : 33-43.

追 悼

自然保護の活動家として、博物館の先輩として

関西自然保護機構副会長 山 西 良 平

1977年に私が大阪市立自然史博物館に就職してから数年経った頃、設立後間もない関西自然保護機構の事務局が当時の千地万造館長のもとに置かれていました。自然保護の研究や活動は動植物学や生態学の研究者が担うものだという固定観念にとらわれていた私には、地質学者である千地さんがこのような団体の世話を引き受けられるということがとても新鮮でした。お聞きしたところによると、設立当時は吉良竜夫先生の“かばん持ち”をして関西の企業をまわり、維持会員を勧誘し、基金を募るために奔走されたとのことでした。当初、関西自然保護機構は財団法人化を目指していたのですが、残念ながら実現しませんでした。このような“企業まわりをする団体活動家”としての一面は、学者としての千地さんの風貌からはなかなか想像しがたいものです。設立時のご苦労には頭が下が

ります。

千地さんとお付き合いは、博物館の採用試験の面接から始まります。そして博物館に在職されていた1986年まではもちろん、博物館を去られてからも関西自然保護機構の活動を通じて続けました。関西自然保護機構が大阪自然史センターに合流する際に繰り返し議論をしたことは、きのうのことのように思い出されます。

しかし私にとっての千地さんは、やはり何と言っても博物館の先輩であり、ひとつ屋根の下で、市民に親しまれる大阪の博物館活動の流儀を仕込んでくださった恩人です。「博物館を良くするのも悪くするのも学芸員だ。学芸員は責任をとれ！」と若い学芸員を奮い立たせ、しかもものびのびと仕事をさせてくださいました。私が館長になってからもいろいろ相談に乗っていただきました。

若いころからフィールドワークで日本各地を歩きまわり、海外も広く見聞され、また研究者、博物館関係者との交友も幅広く培っておられた千地さんは、話題が豊富で尽きることがありませんでした。ゆったりとした口調で、話し始める前に少し間をおいて聞き手を集中させる話術は独特のもので、今でも千地さんを思い出すとその話しぶりが目に浮かび、今日は何を話されるのだろうかと少し緊張してしまいます。長い間ほんとうに有難うございました。



図1. 梅棹忠夫氏（手前）との対談にて（2001年9月15日、大阪市立自然史博物館）。

追 悼

千地万造先生を偲んで

三重県総合博物館 布 谷 知 夫

千地万造先生は2015年1月31日に帰らぬ人となられた。訃報をメールでいただいたのは2月1日の午後であった。お体が弱っておられたのは知っていたが、急なことに驚いた。こちらの都合にかまけて、しばらくお目にかかる機会が無かったことが悔しい。

先生にはそれこそ私の人生の大事な場面で、何度も世話をおかけしていた。千地先生が居られなければ、今の私は全く違った場所で、違ったことをしていただろう。

初めてお目にかかったのがいつだったのかははっきりとは覚えていない。まだ大学院に進む前の学生時代だった。当時、大阪市西区の鞆公園内の大阪市立自然科学博物館に、日本自然保護協会関西支部の事務所があり、博物館の館長であった先生は、関西支部の事務局長のような立場で活動しておられた。当時、自然保護運動に関心を持つ学生集団が関西支部の手伝いなどをしており、そういう一人として私も博物館に行き、学生の幹事のようなことをしたのが最初だった。当時の関西支部は非常に活発に活動しており、関西各地の様々な自然保護の問題に取り組んでいて、定期的に役員会も開かれ、その役員会にも出席させていただいていた。その役員会のメンバーは関西の生物学や生態学の重鎮がそろっており、森林生態学を学び始めていた私は、非常に強い影響を受け、結局今も日本自然保護協会のお手伝いをしている。

先生は、自分は地質屋なので、自然の開発が無

いと研究が進まない分野で自然保護とは反対の立場だけれども、だからこそそういう立場の研究者が自然保護に関わることは大事なことだと思っている、ということをご自己紹介などのたびにおっしゃっていた。そして生物系の大学教授などを前に立てて、ご自分は事務局を担当してそういう運動を実質的に進めていく役割に徹しておられた。

その後鞆公園にあった博物館はリニューアルして長居公園に移転、新館が開館し、その際の学芸員6人の増員の最後の1人として、普及担当学芸員という肩書の募集がかかることになり、千地先生から試験を受けてみないか、と教えていただき、受験した。たしか32倍の高倍率だったが、運よく合格して、学芸員として働くことになった。

その後、日本自然保護協会の関西支部は本部の都合で解散となり、関西支部の役員を中心として、自然保護について発言している関西の研究者に声をかける形で、関西自然保護機構の立ち上げとなった。事務所は博物館に置かれ、千地先生は理事であり、実質的な責任者で、私は世話役の事務局のような形で、お手伝いをさせていただいていた。

就職してすぐのころには、何度か先生の調査旅行に同行したことがある。先生は有孔虫の化石を研究されており、そのサンプル採集のお供の形であったが、何も役に立つはずもなく、ただいろいろと昔からのこと、博物館の事を話しておこうと思われたのだろう。博物館のイロハも知らないで勉強しない学芸員を見るに見かねて、必要なこと

を教えておこうと思われたのかもしれない。ただ先生のお供をして山をうろうろしたことが記憶に残っている。そして千地先生の秘書役をし、自然保護協会の事務を執っていた女性と知り合うことになったのも、先生からの御縁ということだ。

ひとつ白状しておこう。開館して間もない新しい博物館で普及教育活動の担当者になり、友の会と博物館行事と普及誌（Nature Study）の編集担当という三部門の仕事をし、何とか最低限度の仕事はしていたが、新しいアイデアなどわかるはずもなかった。ある日、千地先生に呼ばれ、1枚1テーマの図の多い解説シートを作り、展示室に置いて自由に持ち帰ってもらうというのはどうか、というアドバイスを頂き、それを企画としてまとめて学芸員の会議で提案して、実施することになった。これは月に1種類ずつの「今日はこれを見ていこう」というシリーズのシートとして学芸員が分担して執筆し、かなり長期間にわたって発行された。これは私が実施した新しい仕事ということになっているが、アイデアは千地先生からの受け売りであり、何も考えていないような私を心配されたのだろう。会議の後で当時の学芸課長から、「布谷君もいろいろ考えてるんやなあ」と声をかけてもらったのをよく覚えており、千地先生のアイデアです、とは言わなかったのが、今でも気にかかっている。

館長としては、普段は学芸員とあまり行き来はなかったが、年に1度の職員旅行などでは意外な面も見せておられた。普段の紳士としての面と違って、くだけると、とことんくだけ、お茶目というか、学生のようなノリではしゃいでおられることもあり、かなり違った雰囲気で、学芸員や職員と楽しく過ごしておられた。当時の大阪市は55歳定年で、定年後は徳島県博の館長、橘女子大学の教授、学長を歴任された。

橘女子大学におられたころ、滋賀県が新しい県

立博物館を作ることが決まり、滋賀県に学芸員経験者を1人欲しい、大阪には同じ年齢の学芸員が何人もいるので、誰か来てくれないか、という話があり、結果として私が大阪市を退職し、割愛人事によって滋賀県に行くことになった、先生は滋賀県の新博物館の基本構想委員会のメンバーであり、またその委員の何人かと委員長は関西自然保護機構の役員でもあり、多くの方の顔見知りということで推薦していただいたのだと思う。

千地先生が橘女子大学学長になった時に、大学での博物館実習の授業を代わりに持ってほしいと言われ、3年間ほど初めての大学での授業、それも女子大という経験をした。先生の研究室を使わせていただき、カリキュラムも真似をしながらの授業だった。この後に琵琶湖博物館が開館して、私は博物館の側の事情もあって専門を生物学分野から博物館学に転向し、開館翌年に初めての博物館学の論文を学会誌に発表した。私は現場の学芸員経験はあっても、博物館学に対しての意識がそれほどあったわけではないが、大学での博物館実習の授業を準備・実施したことがそのきっかけになったのだと思う。ついでながらこの当時は大学の新入生獲得競争が激しくなっていた時期で、先生の提案で大学の名前が変えられた。橘女子大学ではどこにあるのかもわからないが、京都橘女子大学とすることで憧れの京都の大学と思ってもらって、入学希望者が増えるだろう、と笑って話しておられた。いかにも先生らしい大胆でありながら繊細なアイデアだと思ったものだ。

私は滋賀県の琵琶湖博物館で18年間仕事をし、定年後に三重県立博物館の常勤館長となったが、博物館事務所に久しぶりに先生から電話があり、博物館学や地学の専門書はいくつかの機関に寄贈したが、まだ家に残っている本を三重県の博物館で引き受けてもらえないか、ということだった。ほとんど博物館学の本が無い県立博物館であるた

めにありがたく、すべていただくことにした、最初はダンボールで10箱ほど、その後も何度か電話があって、追加を送っていただいた。また千地先生が日生財団から依頼されて、おそらく30年近く毎年全国の2館程度のカラーの博物館総合案内という冊子を作るという事業の委員長をしておられたが、琵琶湖博物館の時にも、お世話をおかけして作っていただき、三重県でも新しい博物館が開館したら作りましょうという話で、日生財団の担当者と一緒に古い博物館に来ていただいたことがある。

この時には歩くのが少し御不自由と聞いていたので、時間をお聞きして車で駅までお迎えに上がったのだが、改札から出ておいでにならず、どうしようかと相談していると、もう博物館に着かれたとの電話があった。どうも早くにおいでになり、昼食をとられて、博物館においでになったらしい。大慌てで博物館に戻った。実はこの時が直接に先

生にお目にかかった最後の機会となった。そしてこの本は、ようやく写真や原稿の作成が終わり、現在編集作業がされている。

こうして思い出してみると何と多くのことで先生にお世話をおかけし、それに対して私は先生に対して何も恩返しができていないことかと思う。

大阪市立自然科学博物館の初期から自然史博物館の事業までを一緒に進めておられた学芸課長の日浦勇さんは若くして亡くなられたが、お葬式の時の千地先生からの弔辞の冒頭で、「日浦君、聞こえますか、聞こえていますか」と何度も呼びかけておられた。そして今度は先生が向こうに行ってしまった。何かあるたびに「布谷君、どうしてるの」と声をかけていただき、電話をしていた声は今も耳に残っている。

千地万造先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

追 悼

名誉会員 千地万造先生を悼む

京都大学名誉教授・元関西自然保護機構理事長 渡 辺 弘 之

関西自然保護機構（KONC）の創設者のお一人で、理事長・会長をされ、名誉会員に推挙されていた千地万造先生が平成27年1月31日に亡くなられた。1927年生まれだったので、享年87歳だった。大阪市のお生まれで、大阪府立岸和田中学校（旧制）、第五高等学校（旧制）を経て1950年、京都大学理学部地質学鉱物学科を卒業され、大学院に在籍されながら大阪府立泉陽高校の教諭をされたようだ。

その後、1958年、大阪市立自然史博物館の前身大阪市立自然科学博物館開設準備室に勤められ、1965年、自然科学博物館館長に就任された。1974年、自然史博物館への改組・開館とともに1986年まで館長を務められた。1983年から2007年まで京都山科の橘女子大学（1988年、京都橘女子大学に、さらに京都橘大学に名称変更）教授に就任され、その間1992年～1995年には学長を務められた。退任後は名誉教授の称号を受けられた。さらに、こ

の間、1990～1992年には徳島県立博物館館長、1995年～2007年にはお住まいの岸和田市の市立きしわだ自然資料館館長を務められた。

このほか地学団体研究会会長、日本博物館協会評議員、日本自然保護協会理事、岸和田市教育委員、大阪自然史センター理事長などたくさんの役員を引き受けられ、日本地質学会名誉会員、自然史博物館名誉会員にも推挙されていた。

「恐竜の世界」（大阪自然科学研究会、1975）、「古生物学各論」（築地書館、1975）、「古生物学から人類まで」（講談社、1981）、「博物館学講座5 調査研究と資料の収集」（雄山閣、1978）、「きょうりゅう」（保育社、1982）、「概説 地球の科学」（学術図書出版社、1985）、「大阪府の博物館」（中央公論美術出版、1983）、「きょうりゅう そのなかまたち」（金の星社、1987）、「博物館の楽しみ方」（講談社、1994）、「地学事典」（平凡社、1996）、「自然史博物館一人と自然の共生をめざして」（八坂書房、1998）、「大阪層群のはなし」（轟陶磁器史料室、2006）、「ひろがる日本のミュージアム みんなで育て楽しむ文化の時代」（晃洋書房、2007）などたくさんの著作がある。

大阪市立自然史博物館の創設に努力され、全国ではじめての「自然史」を表にだした博物館を創りだされた。それも国立や都道府県立でなく、大都市ではあるが市町村レベルでの博物館である。そこには恐竜の実物化石あるいはレプリカを日本でいち早く導入され、ユニークな展示、奇抜な特別展を続け、高い研究レベル、豊富な所蔵標本数



図1. 千地万造先生。

を誇っている。もちろん、大阪という地域にもこだわっている。博物館活動での千地さんの功績については博物館関係者が、またマチカネワニの発見など地質学での功績は地質学関係者が書かれるであろう。

ここでは関西自然保護機構（KONC）の創設、その後の会の発展への貢献を述べさせていただこう。

関西自然保護機構の発足は1978年4月のこと、設立後、すでに37年にもなる。設立時の役員は、会長四手井綱英さん、副会長森下正明さん・吉良竜夫さん、理事長朝日稔さん、理事には奥田東さん・今西錦司さん・小川房人さん・石井健一さん・菅沼孝之さん・千地万造さんと私であった。千地さんが設立に大きく動かれたのだが、理事長を朝日さんに頼み、ご自身は裏方にまわられたようだ。設立時の理事に私が入っているが、会長につかれた四手井さんが近くにいた私を連絡係として推挙したのであろう。それでも奥田東（元京大総長）さんや著名な今西錦司さんを理事に加えていたのだから、豪華な布陣だったといえよう。しかし、奥田さん・今西さんが理事会に来られることはなかった。

関西自然保護機構会誌第1号の発行が1978年10月のこと、KONC Newsの第1号（1978年5月）、第2号（7月）はガリ版、第7号（1980年3月）になってやっとタイプ印刷になっている。千地さんは1985年に理事長に就任され、事務局が自然史博物館へ移り、布谷知夫さんが事務局長を引き受けてくれた。1992年には、会長四手井綱英さん、副会長吉良竜夫さん・千地万造さん、理事長には牧岩男さん、1996年には四手井さん・吉良さんが会長・副会長を退かれ、会長に千地万造さん、副会長には小川房人さん・菅沼孝之さん・川那部浩哉さんが選出された。会長には2007年11月、自然史センターへ移行するまでとどまられた。

実質運営の理事会の理事長は牧岩男さん、山岸哲さん、そして私が引き継いだ、私の理事長時代が財政的にもっともきびしい時代であった。事務局を大阪市大の山倉拓夫さんの研究室や彦根の小林圭介さんのお自宅などに置かせてもらった。

とても、このままでは活動が続けられないと大阪自然史センター傘下への移行を決め、千地さんに報告すると、「考えられた末に理事会で決めたこと、ご苦労さん」といっていただいたのだが、創設者として行く末を心配しておられたことは確かだろう。理事長として力不足だった。ともかく、古い理事には退任してもらい、石井実さん・山西良平さんを新しい運営委員に推挙し、後を託した。千地さんも会長を辞任された。

しばらくお目にかかっていなかった。お元氣にされているのかなと心配していたところへご訃報を聞かされた。長い病院生活の果てでなく、夕食後の一家団欒の中で息を引き取られたと聞いた。

関西自然保護機構も大阪自然史センター傘下に移行し、若く元氣な役員が伝統を守りながら、時代に即した新しい活動を始められている。千地さんに「KONCは大丈夫ですよ、活発に活動していますよ」と報告し、ご冥福を祈る。



図2. 京都での理事会の後で、左から、千地先生、四手井さん、牧さん。理事会の後、賀茂大橋近くの飲み屋にて。

環境Eco選書10「冬芽と環境 ～成長の多様な設計図～」

"Winter buds and environment -Diverse designs of shoot growth-" edited by Hiroaki Hatta
八田洋章（編），北隆館，340pp，定価4,968円（本体4,600円＋税）（2014）

冬芽はヒトの顔やケモノの顔にも似て，その表情はさまざま，見ていても面白い。冬芽の写真を撮っているヒトもいるし，もうすでに冬芽の図鑑もある。実際，冬芽で樹種がわかる。冬芽は乾燥や低温から未熟な葉や芽を守っている器官だが，高温多湿の熱帯の樹木にも芽はある。

本書では冬芽・芽そのものに焦点を，それも，樹木だけでなく，タケや草本はもちろん，シダやコケ類などの芽の多様さ，特徴を述べ，その器官形成や花成誘導に関する遺伝子の発現機構など最新の研究が紹介される。冬芽・芽は展開後の枝の伸ばし方にまで関与する。多様な内容だけに簡単には紹介できないので，分担項目と執筆者名をあげよう。その方が内容をよりわかっていただけるだろう。22名の分担者の原稿を八田洋章（国立科学博物館名誉研究員・樹形研究会代表）が編集したものである。

I 冬芽とは何か，（1）冬芽と環境（菊沢喜八郎），（2）冬芽の種類とウォッチング（八田洋章），（3）常緑広葉樹の芽タイプ第3の冬芽「苞芽」の提唱（大澤雅彦），（4）花芽形成の遺伝的制御機構（久本洋子），（5）冬芽の器官形成と発達経過（伊東明子），（6）いろいろな冬芽の使い分けー芽構造の個体内変異とシュート伸長の可塑性ー，（7）多様な針葉樹の冬芽（逢沢峰昭），（8）熱帯樹木は1年に何度伸びるか（八田洋章），IIさまざまな植物の冬芽，越冬の姿，（1）タケ類における冬芽（小林幹夫），（2）草本植物の冬芽と

越冬（森田竜義），III冬芽の伸長と展開，その実証的研究，（1）成長段階によって変わる冬芽や枝の伸ばし方ーカバノキ属の例（石原正恵），（2）広義サクラ属の冬芽の多様性ー冬芽の形態は系統を反映するか？（岩元明敏），（3）ヤマボウシの樹冠形成と開花周期（八田洋章），IVフェノロジー調査の現場から，（1）カエデ属における冬芽の構造とその伸長（尾谷幸寿），（2）矮小低木類の冬芽と越冬（鈴木崇夫），（3）モクレン属の冬芽とその展開ー芽鱗は托葉由来（渡邊途子），（4）日本産ヤナギ科樹木の冬芽（山田寛治），それに9つの「冬芽のコラム」がある。

多様な植物があるのだから，すべての植物の芽・生活史（フェノロジー）がわかっているはずはない。そのフェノロジーの調査・観察の仕方，注意点については，IVフェノロジー調査の現場から，が参考になろう。索引に種名として約430種もの植物名がリストされている。多様な植物が取り上げられ，調査されていることがわかる。

たくさんの英文文献がつけられているように，最新の研究の紹介，あるいはレベルの高い記述で，専門外の私には少しむづかしいとの印象だが，冬芽，さらには芽についての知識を広げてくれた。写真は内容・観察したことを知ってもらうのに必須のものだが，つけられているスケッチが写真よりもより特徴をとらえている。スケッチの大きさがよくわかる。

（渡辺弘之）

平成26年度四手井綱英記念賞 選考理由

受賞対象論文

渡部哲也・淀 真理・木邑聡美・野元彰人・和田恵次. 2012. 近畿地方中南部沿岸域におけるスナガニ属4種の分布－2002年と2010年の比較－. 地域自然史と保全, 34(1): 27–36.

選考理由

海浜の潮上帯に造穴して生活するスナガニ科スナガニ属のカニ類は、自然海岸の指標であり、海浜を訪れる人々に親しまれている動物でもある。かつて日本の暖温帯域においては、スナガニとミナミスナガニの2種が分布するとされていたが、近年は熱帯・亜熱帯性のツノメガニ、ナンヨウスナガニが頻繁に記録されるようになっている。

著者は、このような現象が南方系同属種の北進を示すもので、在来の温帯性種であるスナガニの生息・分布への影響が危惧されると捉え、広域的な分布調査に取り組んでいる。

調査は、近畿地方沿岸を中心とした岡山県東部沿岸域から紀伊半島南岸までの範囲に存在する砂浜海岸45地点に調査地を設定して行われ、2002年と2010年に同一の方法でスナガニ属の生息調査を実施し、8年間における経年変化について検討された。

受賞論文はこれらの調査データを取りまとめ、両時期のデータについて比較したものである。その結果、近畿地方中南部の沿岸域では8年間に熱帯性のツノメガニとナンヨウスナガニが外海域から内海域に分布を拡大していることが明瞭に示された。

温暖化に伴うと考えられる南方系生物の北進現象についての知見は数多いが、断片的な記録が多く、本研究のように長期的視野に立ってデザインされ、経年変化を立証して得られた成果は貴重である。また考察においては、スナガニと南方系種との競争関係について既往の知見と重ねつつさまざまな角度から検討し、「ツノメガニの進出がスナガニ個体群の消滅に必ずしも結びつくわけではないことを示唆している」と慎重に論じている。このような成果は、スナガニ類に精通している5名の著者たちによる精力的なフィールドワークとチームワークに負うところが大きいと考えられ、調査手法もユニークである。

以上の理由から、本誌第34巻1号に掲載された論文「近畿地方中南部沿岸域におけるスナガニ属4種の分布－2002年と2010年の比較－」を高く評価し、平成26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>

本誌の編集が佳境に入った5月上旬、山々にはもこもこした黄色のパッチが目立ち始めます。コジイに代表されるブナ科の雄花が咲いているのですが、とくに社叢が多い京都や奈良では照葉樹林に囲まれていることを実感します。

さて、今号は2014年11月16日に開催された「2010年代の里山管理シンポジウムII」と12月14日に開催された「里山資源の循環的利用」を特集しています。薪やペレットなど、燃料源としての里山活用の可能性を探る企画です。早春からカタクリ、タムシバ、コバノミツバツツジなどが開花する里山は十分に魅力的ですが、この里山の恵みを燃料源として人間が享受していたのは1950年代あたりまで。今、里山と人間とのあらたなつきあいを問う時代を迎えています。

巻頭言をいただいた森林総合研究所の山田文雄氏とは、カイウサギとオオミズナギドリが生息する島嶼の調査をご一緒して以来の親交ですが、「イエネコ」というあらたな外来種問題に一石を投じていただきました。原著論文などの投稿原稿も好調で、すでに12月号の原稿がスタンバイしています。本号発刊にご協力いただいた著者のみなさまに感謝いたします。

さいごに、関西自然保護機構会長を長年にわたって務められ、本会を支えてこられた名誉会員千地万造先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

(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」37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

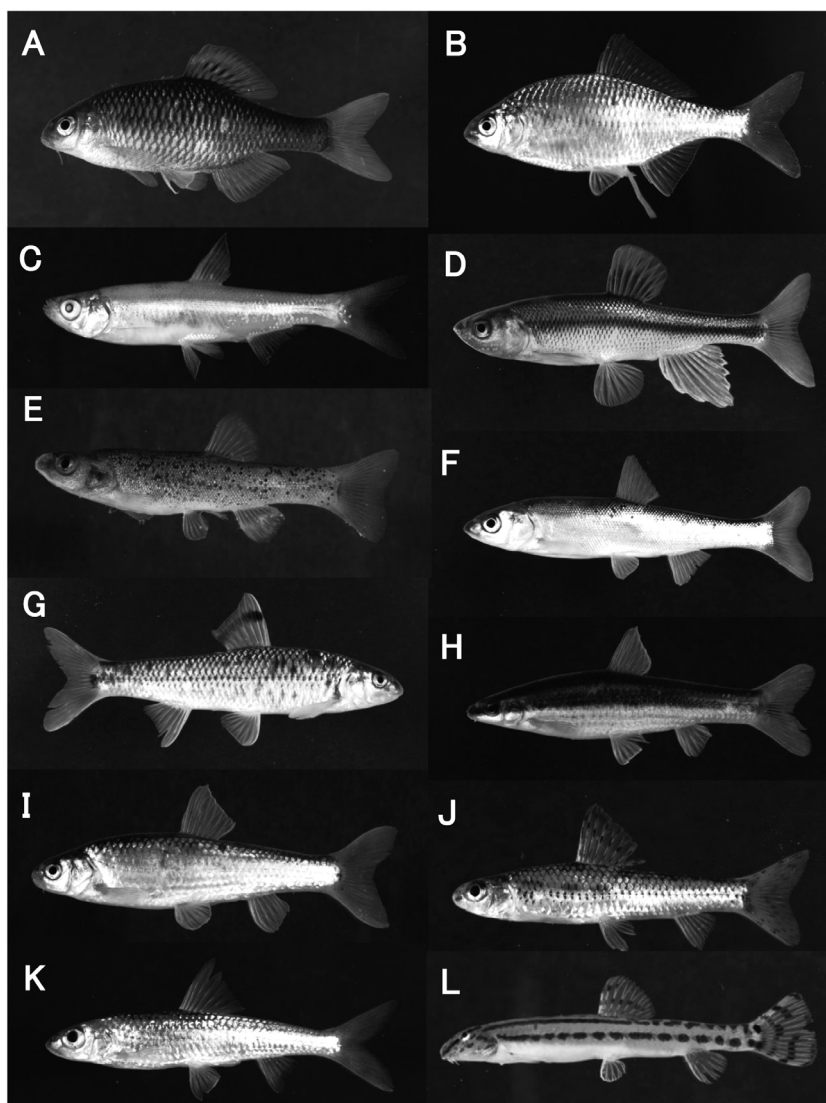


図 2. 芥川水系において2009年5月から2013年6月に記録された魚類12種. A. アブラボテ *Tanakia limbata*, AQP-F480, 49.0mmSL ; B. カネヒラ *Acheilognathus rhombeus*, AQP-F566, 60.9mmSL ; C. ワタカ *Ischikauia steenackeri*, AQP-F1997, 44.5mmSL ; D. ヌマムツ *Candidia sieboldii*, AQP-F1366, 86.8mmSL ; E. タカハヤ *Phoxinus oxycephalus jouyi*, AQP-F490, 68.8mmSL ; F. ウグイ *Tribolodon hakonensis*, AQP-F1191, 90.6mmSL ; G. カワヒガイ *Sarcocheilichthys variegatus variegatus*, AQP-F1221, 93.1mmSL ; H. ムギツク *Pungtungia herzi*, AQP-F1200, 62.7mmSL ; I. タモロコ *Ganthopogon elongatus elongatus*, AQP-F1197, 69.0mmSL ; J. ヨドゼゼラ *Biwia yodoensis*, AQP-F1218, 34.4mmSL ; K. コウライモロコ *Squalidus chankaensis tsuchige*, AQP-F471, 60.8mmSL ; L. チュウガタスジシマドジョウ *Cobitis striata striata*, AQP-F1189, 48.5mmSL.

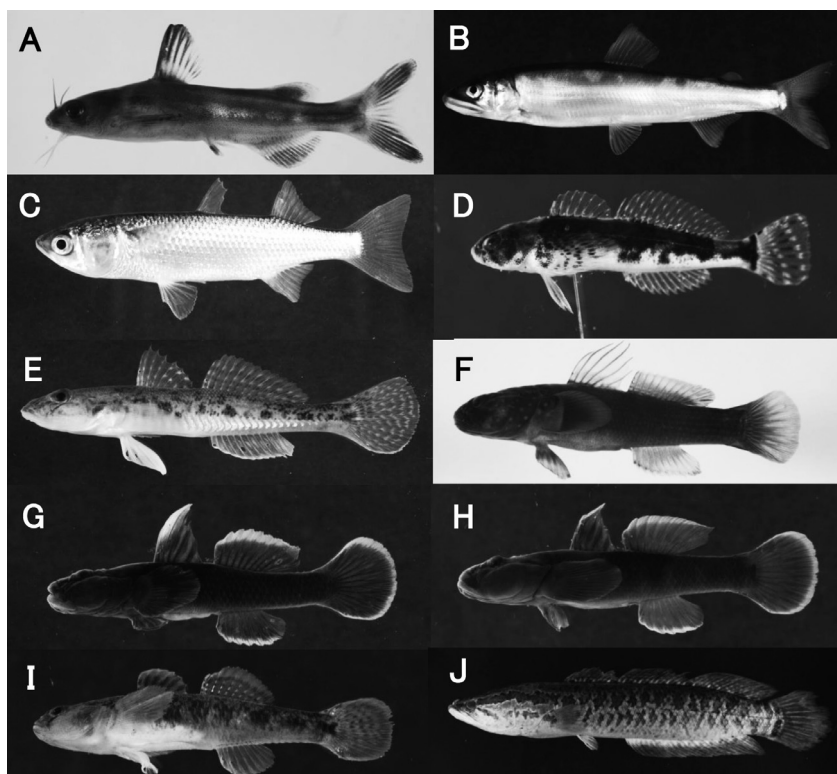


図 3. 芥川水系において2009年5月から2013年6月に記録された魚類10種. A. ギギ *Tachysurus nudiceps*, AQP-F792, 39.0mmSL; B. アユ *Plecoglossus altivelis altivelis*, AQP-F1936, 92.0mmSL; C. ボラ *Mugil cephalus cephalus*, AQP-F1203, 69.7mmSL; D. カジカ (大卵型) *Cottus pollux*, AQP-F778, 29.4mmSL; E. マハゼ *Acanthogobius flavimanus*, AQP-F1219, 71.1mmSL; F. スマチチブ *Tridentiger brevispinis*, AQP-F783, 68.0mmSL; G. カワヨシノボリ *Rhinogobius flumineus*, AQP-F1199, 54.8mmSL; H. トウヨシノボリ *R. kurodai*, AQP-F1999, 52.4mmSL; I. シマヒレヨシノボリ *R. sp. BF*, AQP-F1998, 35.5mmSL; J. タイワンドジョウ *Channa maculata*, AQP-F899, 290.0mmSL.

エラータ

本誌36巻2号pp. 135–146「芥川水系（大阪府高槻市）から2009年～2013年に記録された魚類」の図2・図3の写真が、不鮮明でした。本誌はデジタル版をカラーで掲載していますが、経費削減のため紙媒体の著者校正PDFをカラー版で行っていました。そのため、当該ページのモノクロ写真の不鮮明さを校正段階で確認することができませんでした。こうした事態を避けるために、今後、著者の要望あるいは編集委員会の判断によって、モノクロ校正（この場合、デジタル版はモノクロ）を導入することにいたしました。先の写真においては種の判別が不明瞭な写真であった点をお詫びし、図2・図3を著者によるモノクロ校正をしたうえで再度、掲載いたします。

関西自然保護機構編集委員会

関西自然保護機構

名誉会員

宮本 憲一

会長

石井 実

副会長

山西 良平

運営委員

岩崎 敬二	上原 一彦	大住 克博	大塚 泰介	奥平 敬元
角野 康郎	熊井 久雄	幸田 正典	佐久間大輔	野寄 玲児
平井 規央	前迫 ゆり	村上 興正	和田 恵次	和田 岳

編集委員 (*委員長, **副委員長)

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

会計幹事

布谷 知夫 原田 泰志

事務局長

山西 良平

事務局員

大久保その子

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

お 願 い

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

目 次

表紙の言葉 兵庫県宍粟市の里山のタムシバ	伊東 明・名波 哲
巻頭言	
環境省「侵略的外来種リストと行動計画」と今後の新たな外来種対策	山田文雄 1
特集 2010年代の里山管理シンポジウムII／里山資源の循環的利用	
二酸化炭素排出抑制と生物多様性の二兎をうために利用促進から改めて里山管理を考える	佐久間大輔 5
里山林を管理すること	大住克博 11
薪ストーブ利用のコストベネフィット	中田兼介 15
芸北せどやま再生事業の開始30ヶ月における成果	白川勝信 21
粗朶の生産と利用による里山の保全	柳沢 直 25
原著	
京都市久我水路における魚類群集	田中和大・川瀬成吾・須藤允之・辻 晃一・細谷和海 35
湿地の植生復元を目的とした埋土種子の評価：ベイズモデルに基づく実生発生法と 直接観察法の統合的評価	郭 英華・高倉耕一・西川博章・西田隆義・浜端悦治 47
報告	
大阪府石川流域におけるカワバタモロコ個体群の冬期減耗 ～子どもたちによるカワバタモロコの生態調査の結果～	石田真隆・吉村元貴・升方拓郎 61
追悼記事 千地万造先生を偲ぶ	
自然保護の活動家として、博物館の先輩として	山西良平 67
千地万造先生を偲んで	布谷知夫 69
名誉会員 千地万造先生を悼む	渡辺弘之 73
書評	
「冬芽と環境 ～成長の多様な設計図～」	渡辺弘之 75
四手井賞	
平成26年度四手井綱英記念賞選考理由	77
編集後記	78
エラータ	79

CONTENTS

COVER PICTURE	
Ito, A. & Nanami, T.: Flowering of <i>Magnolia salicifolia</i> trees in a satoyama woodland.	
KONC SAYS	
Yamada, F.: "Invasive Alien Species List and the Invasive Alien Species Control Action Plan" enacted by the Ministry of the Environment and new measures on invasive alien species in next step.	1
FEATURES: Symposium for SATOYAMA management in 2010s part II.	
Sustainable use of satoyama resources.	
Sakuma, D.: Redesigning SATOYAMA coppice woods management for reducing CO ₂ emission and biodiversity conservation by promoting utilization of fuel wood.	5
Osumi, K.: The perspectives from environmental history at local scale are needed for the safe management of the Satoyama woodlands.	11
Nakata, K.: Cost and benefit of wood stove use.	15
Shirakawa, K.: The 30-month progress of Geihoku Sedoyama Restoration Project.	21
Yanagisawa, N.: Conservation of satoyama by production and utilization of fascines.	25
ORIGINAL ARTICLES	
Tanaka, K., Kawase, S., Sudo, M., Tsuji, K. & Hosoya, K.: Fishes of the Koga Creek, Kyoto City.	35
Guo, Y., Takakura, K., Nishikawa, H., Nishida, T. & Hamabata, E.: Evaluation of seed banks for restoration of wetland vegetation: an integrated assessment of the seedling establishment and direct counting methods based on a Bayesian model.	47
REPORTS	
Ishida, M., Yoshimura, M. & Masukata, T.: Winter decrease in the population size of the golden venus chub <i>Hemigrammocypripis neglectus</i> in the Ishi River basin, Osaka Prefecture: results of ecological investigation by children.	61
MEMORIES	
Yamanishi, R.: Memory of Dr. Manzo Chiji as an activist for nature conservation as well as my senior in the museum.	67
Nunotani, T.: In thought of Dr. Chiji, Manzo.	69
Watanabe, H.: A memorial address for the soul of honorary member Professor Manzo Chiji.	73
BOOK REVIEWS	
Watanabe, H.: Winter buds and environment -Diverse designs of shoot growth-.	75
THE SHIDEI PRIZE	
Editorial committee of KONC : The selection reason for the Shidei Tsunahide Prize in 2014.	77
EDITORIAL NOTES	78
ERRATA	79

地 域 自 然 史 と 保 全 37巻 1号 (通算69号) 2015年6月30日発行

編集発行人 関西自然保護機構

事務局 〒546-0034 大阪市東住吉区長居公園1-23 大阪自然史センター 気付

URL <http://www.omnh.net/konc/> e-mail konc@mus-nh.city.osaka.jp

郵便振替口座 00990-2-16679

編集事務局 〒574-8530 大阪府大東市中垣内3-1-1

大阪産業大学大学院人間環境学研究科 (前迫研究室) 気付

TEL 072-875-3001 FAX 072-871-1259

印刷所 光栄堂印刷株式会社