

D-0801 非意図的な随伴侵入生物の生態リスク評価と対策に関する研究

(3) 外来の淡水無脊椎動物の生態リスク評価

三重大学大学院生物資源学研究所 木村妙子

〈研究協力者〉 アルゼンチン ラプラタ自然博物館 Gustavo Darrigran
韓国 国立インハ大学 Jae-Sang Hong
中国 上海水産大学 高健
独立行政法人農業環境技術研究所 生物多様性研究領域 伊藤健二
三重大学大学院 常清秀
滋賀県立大学 浦部美佐子

平成20～22年度累計予算額 8,200 千円（うち、22年度予算額 2,700 千円）
予算額は、間接経費を含む。

[要旨]淡水貝類のカワヒバリガイは、輸入シジミに付着して侵入し、1990年頃国内に定着したと考えられている。岩やコンクリートなどの固い基盤に集団で付着する性質から、生態系にも経済的にも大きな影響を与えることが懸念されている。一方、タイワンシジミは食用として輸入され、1985年頃から国内に定着したと考えられ、カワヒバリガイ移入の原因種でもある。海外では大量発生による利水施設の閉塞などの甚大な経済的被害を与える有害種とみなされている。本研究は外来淡水貝類カワヒバリガイとタイワンシジミの国内における分布を定量的に明らかにし、サブテーマ1の遺伝的解析研究と共にその移入経路と拡大過程を明らかにすることが目的である。また、ダム湖などにおけるカワヒバリガイの効果的なモニタリング方法を開発することも目的とした。

カワヒバリガイについては、本種が確認されている琵琶湖や木曾三川などの関東以西の各水域では分布拡大傾向が見られたのに対し、日本海側や九州北部には未だ侵入していないことが示された。また、初期に定着した琵琶湖における分布拡大過程を明らかにし、特に高密度水域と餌となる藻類との関連を示した。さらに海外からの移入経路を明らかにするために移入元と考えられる韓国、中国および台湾で分布調査を行った。また、魚病被害を引き起こすカワヒバリガイの腹口虫類の寄生状況に関する広域的な実態調査も行い、淀川水系で高い寄生率があることを明らかにした。

カワヒバリガイのモニタリング方法の開発のために付着装置を用いた野外付着実験を行い、モデル選択による分析を行った。その結果、ロープを使ったトラップの有効性が示された。

タイワンシジミは琵琶湖では全域的に分布が確認され、特に南湖では高密度分布が見られた。また、琵琶湖固有種であり水産重要種でもあるセタシジミと分布が重複することが明らかになり、競合や交雑の懸念が表面化した。

[キーワード]カワヒバリガイ、タイワンシジミ、淡水貝類、特定外来生物、モニタリング

1. はじめに

淡水性の無脊椎動物の多くは、現在国内の淡水域で急速に分布を広げている。しかし、その実態把握は遅れており、具体的対策は何もとられていない。特に国内の貝類漁獲の減産により、食用目的の貝類の輸入が増加しており、付着する貝類の移入定着が進行しつつある。

カワヒバリガイは、アジア原産の付着性二枚貝であり、土砂や食用の貝類に付着して日本に持ち込まれたものと考えられる。本種は1980年代後半に木曾三川や淀川水系、琵琶湖に移入定着し（木村、1994；中井、2001）^{1) 2)}、2000年以降、それより東の矢作川、天竜川で分布が確認された（内田ほか、2007）³⁾。2005年には群馬県の大塩湖で大量の発生が確認されたのがきっかけとなり、関東地方の霞ヶ浦や利根川水系にも広く分布していることがわかった⁴⁾。本種は在来生物に対する生態影響のみならず、利水施設に対して物理的障害も招いている。また本種は魚病被害をもたらす寄生虫の媒介者でもある⁵⁾。ちなみに同様な生態的特徴を持つカワホトトギスガイ（ゼブラガイ）は、アメリカ五大湖にバラスト水によって侵入した後、爆発的に増殖してアメリカ国内で年間6億ドルにも上る経済被害をもたらしているとされる。カワヒバリガイについてもこのまま放置すれば、同等もしくはそれ以上の被害が生じる恐れもあり、早急な対策が求められる。2005年に本種は環境省の特定外来生物に指定されている。

またカワヒバリガイと同じくアジア原産のタイワンシジミは、もともと食用目的で国内に輸入されたものが、人間活動に付随して分布拡大した。海外ではカワホトトギスガイに並ぶ侵略的外来種とされ、大量に発生し利水施設に対して物理的障害をもたらしている。日本国内では1987年に野外での生息が確認され、現在は北海道を除く全都府県に分布が広がっている。本種は上記カワヒバリガイの随伴侵入にも荷担している。日本国内には在来の近縁種であるマシジミやセタシジミが生息しており、タイワンシジミの分布拡大は在来固有種の生息地の圧迫に加えて浸透交雑による遺伝的固有性の破壊も懸念される。淡水外来貝類は微小な幼生期を持ち、一度侵入するとその根絶はきわめて困難である。本種は環境省の要注外来生物に指定されている。

カワヒバリガイは移入当初の1990年代には木曾三川、琵琶湖淀川水系を中心に分布調査が行われたが²⁾、それ以降、継続的な広域調査は行われていない。また、タイワンシジミに関しては分布拡大が予想されながら、ほとんど実態がつかめていない。これらの種の分布現状や詳しい生態を把握し、拡大予測や適した分布環境を明らかにすることは防除対策を確立するためには必要不可欠であり、社会的な要求も多く、環境施策上重要な課題である。

2. 研究目的

本サブテーマでは、外来淡水貝類カワヒバリガイとタイワンシジミの国内における分布の現状を明らかにし、サブテーマ1の遺伝的解析研究と共にその移入経路と拡大過程を明らかにすることが目的である。また、ダム湖などにおけるカワヒバリガイの効果的なモニタリング方法を開発することも目的とした。

カワヒバリガイの分布の現状を明らかにするために、本種が確認されている琵琶湖や木曾三川などの関東以西の水域とこれまでに分布が確認されていない日本海側と九州北部で分布調査を行った。さらに海外からの移入経路を明らかにするために移入元と考えられる韓国、中国および台湾で分布調査を行った。また、魚病被害を引き起こすカワヒバリガイの腹口虫類の寄生状況に関する広域的な実態調査も行った。

カワヒバリガイのモニタリング方法の開発のために付着装置を用いた野外付着実験を行い、最適な付着装置の分析を行った。

タイワンシジミについては特に琵琶湖の分布の現状を明らかにし、琵琶湖固有種であり水産重要種でもあるセタシジミへの影響評価を行った。

3. 研究方法

(1) 国内におけるカワヒバリガイの分布調査

2008年から2009年まで、日本国内でカワヒバリガイの分布が確認されている水域と、その分布が予想されている水域において、カワヒバリガイの分布の実態調査を行った。調査は時間努力量あたりの定量調査を行い、同時にこれら以外の絶滅危惧種を含む貝類についても生息状況を確認した。調査地は、静岡県の都田川、天竜川（10地点）、愛知県の矢作川、豊川、庄内川（6地点）、岐阜県の木曾三川（30地点）、福井県の三方五湖（12地点）、滋賀県の琵琶湖（53地点）、滋賀県、大阪府、京都府、奈良県の淀川水系とその周辺水系（30地点）、福岡県の筑後川、遠賀川水系（10地点）、茨城県の利根川（2地点）の合計129地点である。カワヒバリガイ試料は実体顕微鏡下で寄生虫の有無を観察した。調査地点にはカワヒバリガイの付着可能な岩や転石、護岸、ロープなどがある場所を選んだ。調査方法は伊藤（2007）⁶⁾の方法に従い、時間あたりの努力量による定量調査を行い、一人10分あたりに換算した。琵琶湖の多景島、沖の白石、竹生島ではスクーバ潜水による分布調査を行った。

採集したカワヒバリガイは現地では99.5%アルコールにて固定後、実験室に持ち帰り計数した。琵琶湖において、採集個体数が多かった2009年6月の7地点の試料については、殻長を測定した。また、カワヒバリガイと同所的に分布していた絶滅危惧種を含む淡水貝類の定性的な調査も行った。

(2) カワヒバリガイのモニタリング手法の開発

2009年度はカワヒバリガイの分布モニタリング方法の開発のために、付着装置を用いた野外実験を行った。作成した付着装置は、付着板を差し込んだ2個の筒とそれを結びつけるロープとロープをほぐした付着器を組み合わせて作成した（図1）。付着板には、それに巻くロープ、捕食者の侵入を防ぐための網を組み合わせ、4種類作製した（図2）。装置は産卵期の2009年の7月に長良川河口堰と琵琶湖の滋賀県水産試験場、北山田漁港の3地点に12個ずつ、計36個設置し、約5ヶ月浸漬した後、同年12月に回収を行った（図3）。浸漬期間中は月に一度装置の点検・観察を行った。その際に浮遊幼生の定量調査も合わせて行った。12月に回収した付着装置は場所ごとに付着生物を採取し、その中からカワヒバリガイを目視により選別した。その後、殻長と個体数を計数、記録した。付着板上の付着生物については被度を計測した。実験の最初と最後に各調査地のカワヒバリガイの野外個体群について、分布調査と同じ方法で定量採集を行い、殻長と個体数を計測した。

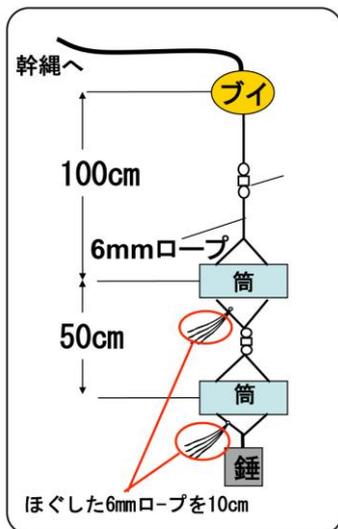


図1 付着装置の全体図

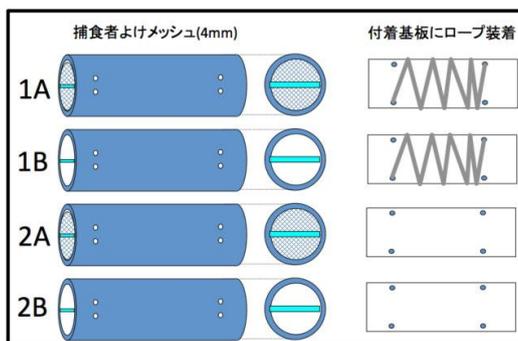


図2 4種類の付着板の組み合わせ

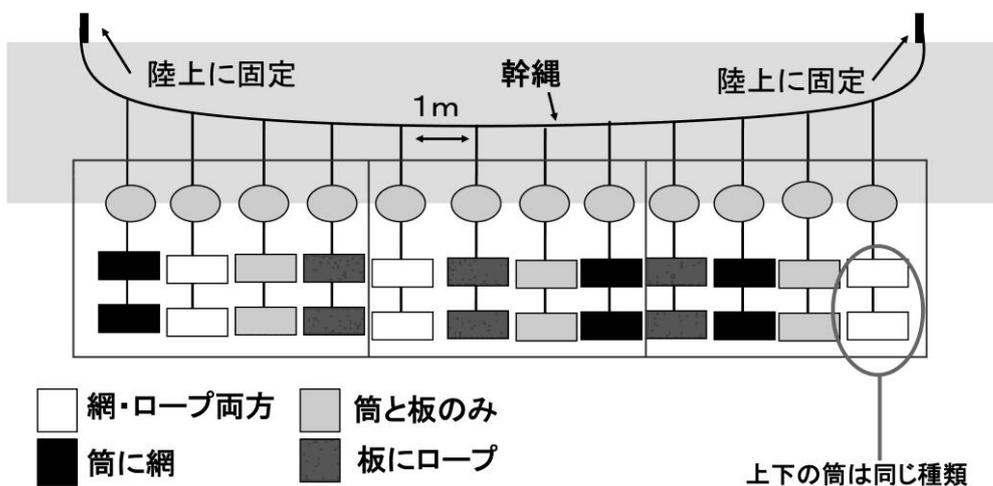


図3 付着装置の設置方法

(3) 琵琶湖におけるタイワンシジミの分布調査

調査はセタシジミ漁期半ばの2010年12月に行った。貝曳網による漁業はセタシジミの産卵期にあたる5月から7月まで禁止されており、調査期を8月以降に設定した。さらに、琵琶湖では夏季に水草繁茂のピークを迎えるため、水草が調査の支障になるおそれがある。水草は10月から11月に枯れはじめるため、水草の量がより減少する12月に調査を行った。

2008年から2009年の琵琶湖全域53地点のカワヒバリガイ分布調査において、10地点でタイワンシジミの分布が確認されたため、それを参考にして、湖岸の調査地点設定を行った。調査地点は北湖で5地点、南湖で1地点設定した（図4）。

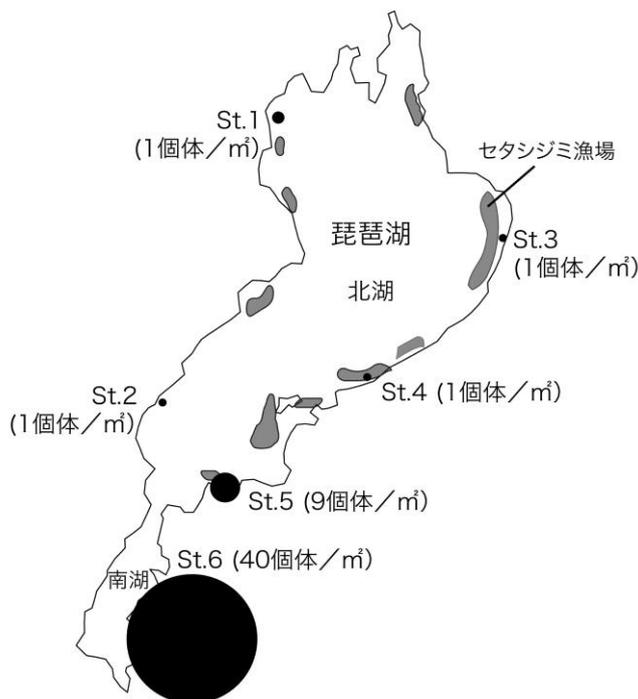


図4 琵琶湖岸のタイワンシジミの調査地点と分布
(円の大きさが個体数密度を示す)

調査は手網を用いて、2名の調査員が水深約1mをそれぞれ50m曳網し、1地点につき2試料を採集した。得られた試料は、現地にて10mmメッシュと5mmメッシュを重ねてふるい、10mmメッシュに残った大粒の礫を除去し、貝を抽出した。

水深別調査は、2010年12月に貝曳網漁船を使って行った。2008年から2009年に行われた木村らの外来二枚貝類調査において、セタシジミ漁場に近い沿岸域でタイワンシジミが見つかることから、主要な漁場の1つである北湖東岸のSt. 3において、トランセクトを2本設定した。トランセクト1本につき6水深、すなわち水深2.5m, 3.5m, 5m, 7.5m, 10m, 15mに調査地点を設け、タイワンシジミやその他の貝類、水草類の分布状況を調査した。調査は滋賀県で一般的な貝曳網漁船を使い、幅145cm、歯長15cm、目合1cmの貝曳網を船の両舷から1個ずつ同時に低速で2分間曳網し、1網を1試料とした。網の投下地点及び引揚げ地点をGPSで記録し、曳網距離を換算した。

採集した試料はDNA解析の可能性を考慮し、冷凍保存した。沿岸調査および水深別調査で持ち帰った試料は、2mmメッシュでふるった後、貝類の種同定とそれぞれの個体数計数、試料毎に湿重量

の測定を行った。台湾シジミとセタシジミは殻長および殻幅、色彩などの形態的な違いから識別を行った（図5）。



図5 タイワンシジミ（左）とセタシジミ（右）

（4）海外における分布調査

2009年6月、8月、2011年1月にはカワヒバリガイの移入経路の特定のために、韓国と中国、台湾でカワヒバリガイの分布調査を行った。

調査で採集されたカワヒバリガイとシジミ類試料は、サブテーマ1の共同研究者の侵入ルート解明のためのDNA分析試料として使用された。

（5）有効な防除手法の検討

化学的防除のための薬剤に関する情報を既存の付着生物防除剤をターゲットして収集した。また、カワヒバリガイの分散率に不確実性がある中で被害を効果的に低減させるために、物理的な除去と化学的防除を組み合わせた防除手法の空間的努力配分を求める理論的枠組みを構築した。

4. 結果・考察

（1）国内におけるカワヒバリガイの分布調査

1) カワヒバリガイの国内における分布状況と腹口吸虫寄生状態

2008年度の129地点の分布調査において、琵琶湖、木曾三川、淀川水系、天竜川および矢作川の、利根川でカワヒバリガイの分布が確認されたが、日本海側や九州北部の調査地点では分布が確認されなかった。一方、これらの調査で台湾シジミやカネツケシジミなどの外来シジミ類は調査された全ての県内で確認され、広く分布していることが明らかになった。また、淀川水系の6地点でカワヒバリガイ体腔内に腹口吸虫のスポロシスト幼生の寄生が確認された（図6）。

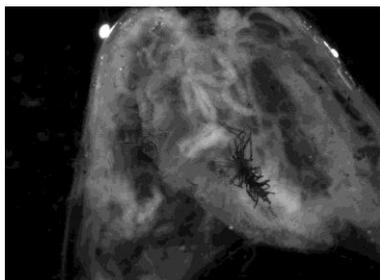


図6 カワヒバリガイ体腔内のスポロシスト幼生

2) 琵琶湖でのカワヒバリガイの分布状況

琵琶湖53地点における調査で全域的な分布状況が明らかになった（図7）。その結果、調査地点の約半分の28地点でカワヒバリガイが確認された。調査では主に護岸、転石や廃棄物の下面やロープ表面に本種の付着が確認された。

生息密度は特に北湖東岸の漁港および湖北部付属湖の余呉湖では高く、10分間に50個体以上採集された。最も高密度の北山田漁港、余呉湖ではそれぞれ188個体、116個体が採集された。それに対して、北湖北部と北湖西岸の生息地点では、密度はいずれも10個体以下だった。沖島では19個体採集されたが、竹生島、沖の白石、多景島の3島では2個体か1個体の低密度だった。これらの3島ではそれぞれ水深26m、5m、20mまで潜水調査を行い、竹生島や多景島では水深6～7m、沖の白石では水深2～3mで生息が確認された。

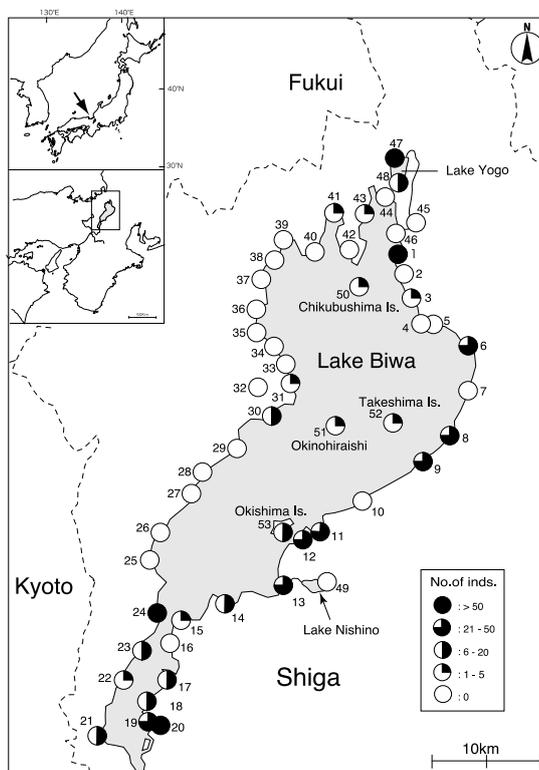


図7 琵琶湖におけるカワヒバリガイの定量調査結果

3) 琵琶湖・淀川水系におけるカワヒバリガイの分布拡大の変遷と分布要因

琵琶湖・淀川水系における本種の分布の時間的な変遷を図8に示す。今回行われた琵琶湖の全域調査は、前回の調査から10年以上が経過している。琵琶湖の北湖および南湖の湖岸周辺の分布は前調査と類似した傾向を示している。これまでほとんど分布が確認されていなかった北湖西岸は、今回の調査でも出現頻度が低く、生息密度が低かった。また、それ以外の水域の湖岸での出現頻度は高く、生息密度の多い地点もあり、現在もカワヒバリガイは安定した定着状況であることが

明らかになった。琵琶湖北部への分布拡大は比較的遅かったが、北部の付属湖である余呉湖には今回初めて高密度の分布が確認された。また、竹生島や沖の白石でも今回初めて分布が確認された。

これらの結果から初発見時の琵琶湖南東部の分布域から北湖東北部、南湖西部、琵琶湖下流域への分布拡大は急速に起こり、現在は付属湖や湖内の島へも分布が拡大しているが、北湖西岸への定着度は未だに低いことが明らかになった。北湖西岸は高密度の生息域と隔離されていないため、本種の浮遊幼生による移動や船や構造物を介した付着移動を考えるとこれまでに移入の機会があったと思われる。滋賀県琵琶湖環境科学研究センターが長期的に定点調査している水質データでは、水域別の水温は類似しているのに対し、クロロフィル量は北湖西岸では他の湖岸と比べて、年間通じて密度が低いことが示されている（図9）。このクロロフィル量の水域による相違は、周辺からの窒素やリンの負荷による富栄養化の違いと関連があると思われる。このことから北湖西岸では懸濁物食者である本種が成長、繁殖するのに必要な餌が少ないことが、本種の定着を妨げている要因と考えられる。一方、今回初めて高密度分布が確認された余呉湖では年間を通じて、非常に高いクロロフィル量を示している。また、今回の調査では懸濁物食をおこなうヒメタニシもカワヒバリガイと類似した分布傾向を示した。

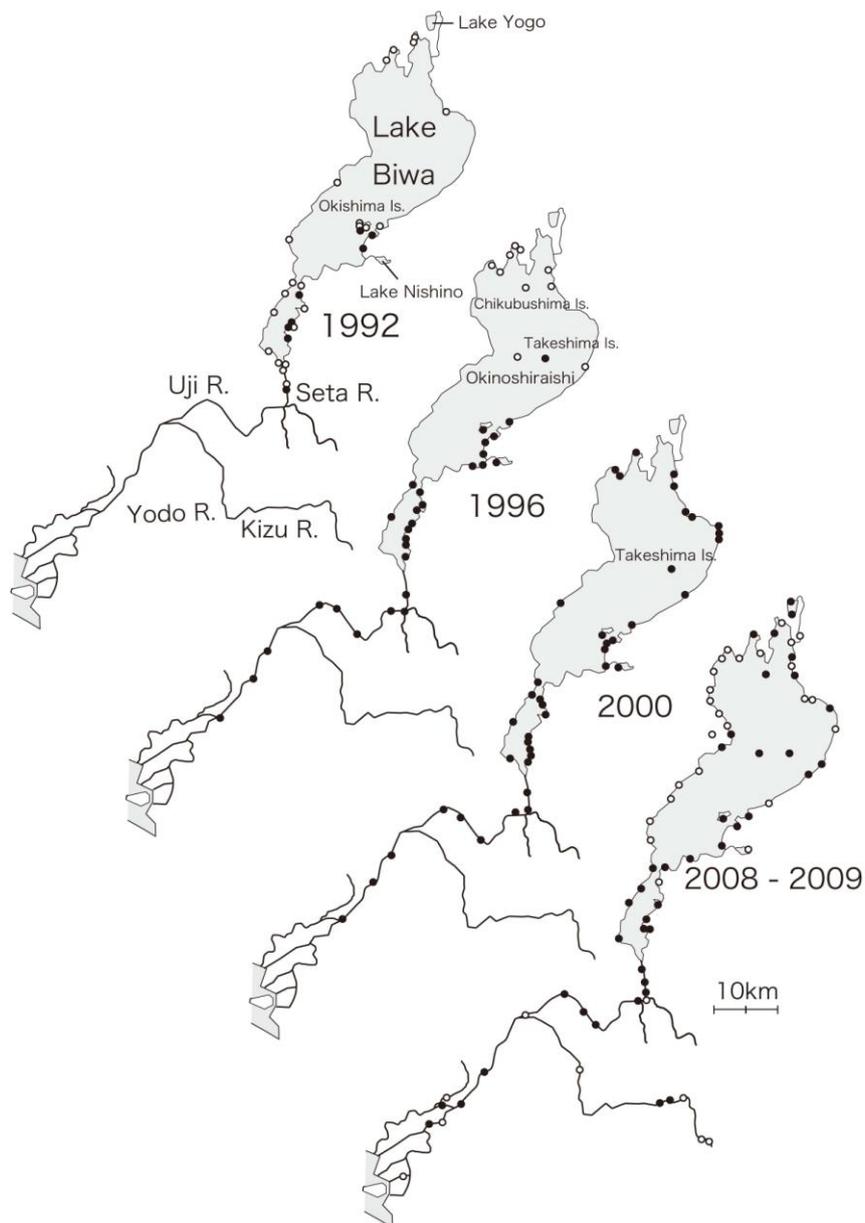


図8 琵琶湖と淀川水系におけるカワヒバリガイの分布の拡大過程
(黒丸は生息が確認された地点、白丸は確認されなかった地点)

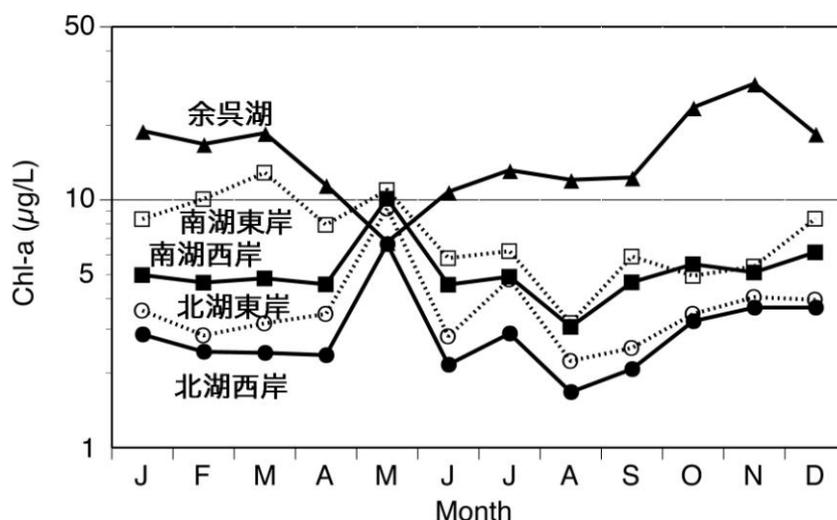


図9 琵琶湖各水域の2002年から2007年の平均クロロフィル濃度の季節変動
(滋賀県琵琶湖環境科学研究センターのデータを集計した)

(2) 付着装置を用いたカワヒバリガイのモニタリング手法の開発

① 野外付着実験

今回の長良川における付着実験の結果から、ロープや房では筒や付着板よりも付着率が高く(図10)、また、ロープを巻いた付着板では巻いていない付着板よりも付着率が高くなる傾向が認められた(図2)。付着性二枚貝は繊維質の基質に付着しやすいため、もしくは、カワヒバリガイは接触走性を持つため、この習性から筒の壁面などの平坦な場所よりもロープで付着が多いことが考えられる。

筒においては外面よりも内面で付着率が高かった。カワヒバリガイには負の走行性があることが知られており、この性質から、影になる筒内面で付着が多かったと考えられる。また、筒の内部での水流の変化の影響も理由として考えられる。また、捕食者侵入防止のための網は内部の付着の妨げになることが明らかになった。

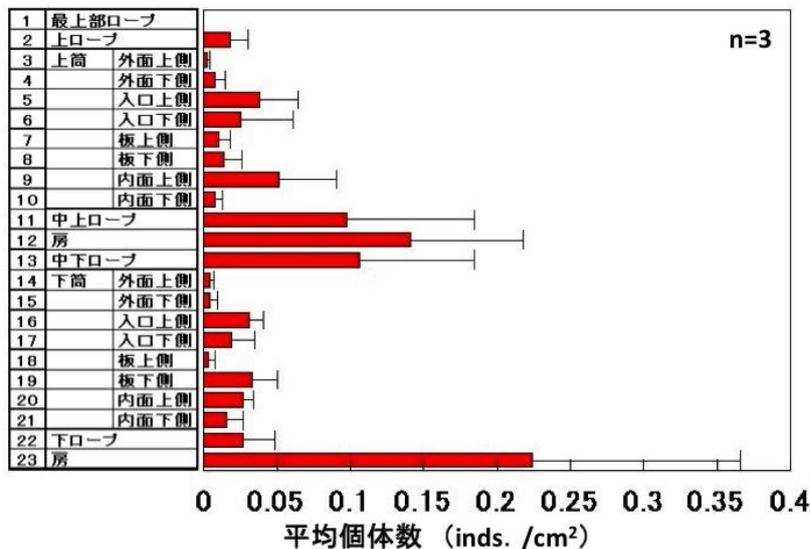


図10 長良川河口堰の付着装置の部位とカワヒバリガイの個体数数

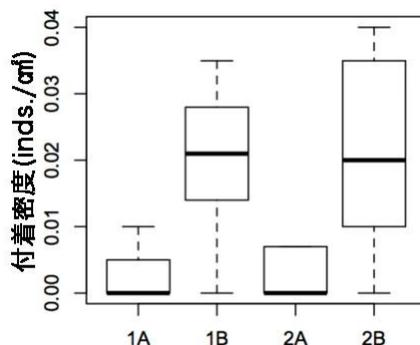


図11 4種類の付着板に付着したカワヒバリガイの付着密度

1A: 網ありロープあり、1B: 網なしロープあり、2A: 網ありロープなし、2B: 網なしロープあり。

3地点で行われた付着装置付近の底生個体群の定量調査のコホート解析の結果、いずれの地点でも2009年に新規加入したと思われる新しいコホートは見られなかった(図12)。2009年には新規加入がなかったか、あっても非常に少なかったと考えられる。また、浮遊幼生採集の結果、どの地点でも数個体の幼生しか見られなかった。このことから、2009年には加入のソースとなる浮遊幼生量が非常に少なかった可能性が示唆される。底生個体群の定量調査や幼生採集では、カワヒバリガイの新規加入をほとんど見ることはできなかったが、今回の付着実験では個体数は少ないながらも、付着した稚貝を検出することができた。したがって、本実験の手法は、カワヒバリガイの生息密度が低い場所でも、高精度にカワヒバリガイの生息を検出できるということが示唆された。

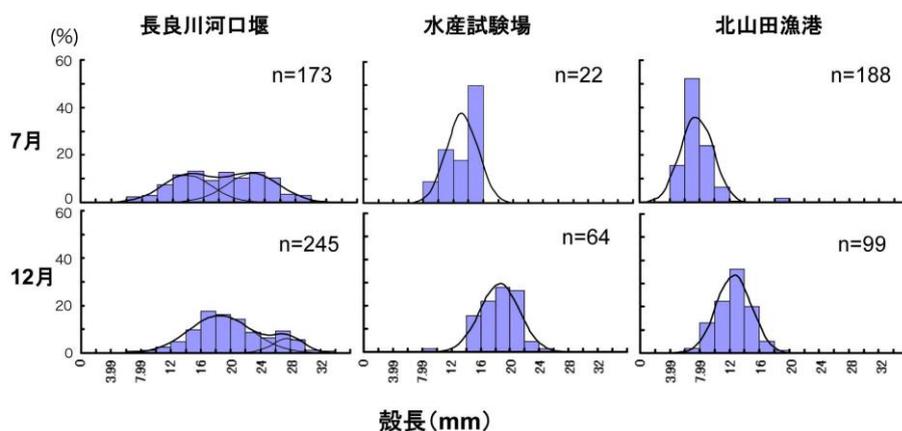


図12 2009年7月と12月の実験地点における野外個体群の殻長組成
正規分布は同一年級群（コホート）を示す。nは測定個体数。

②どのような付着装置がモニタリングに適しているのか？

今回の実験結果から、どのような付着装置がカワヒバリガイのモニタリング調査に有効なのかについて、具体的な提言が可能になった。

まず、定量調査においては、付着したカワヒバリガイを取りこぼし無く採集できることが必要だと考えられる。今回の結果から房やロープは付着率が高く、付着基質として有効であることがわかったが、構造が複雑なロープでは付着したカワヒバリガイを取りこぼし無く採取することが難しいということが実際の作業を通してわかった。一方で、ロープを巻いていない付着板では、平面であるため付着したカワヒバリガイも取りこぼすことなく採集できると考えられる。また、付着板は回収後の保存や処理が容易に行えるという利点もある。また、今回の結果からカワヒバリガイが筒の内部で付着が多くなるということが明らかになった。したがって、付着板をそのまま浸漬するよりも、筒の中に差し込んで浸漬する方が付着が多くなると考えられる。これらのことから、定量調査を行う場合にはロープを巻いていない取り外しが可能な付着板を、筒の中に差しこんだものを浸漬し、回収後に筒の中に差し込んだ付着板を筒から取り出し、そこに付着しているカワヒバリガイを歯ブラシなどで採取する方法が有効だと考えられる。

次に、カワヒバリガイを検出するという観点から考察する。カワヒバリガイを検出するために、まずカワヒバリガイが付着しやすい必要がある。また、採集確率を上げるために数多く設置する必要があるため、作製に時間やコストがかからない必要があると考えられる。今回の結果から房やロープにはカワヒバリガイの付着率が高いということがわかった。また筒などを組み合わせる場合に比べ、ロープのみで作製する付着装置は作製するのに時間やコストがかからないと考えられる。以上のことから、カワヒバリガイを検出するためには、ロープに房を複数取り付けた付着装置を作製、できるだけ数多く設置し、回収後に房やロープへの付着の有無を確認するという方法が有効だと考えられる。

また今回の実験の結果から船底などの陰になる場所や船のロープ、漁具などにカワヒバリガイが付着しやすいことが推察され、船の移動による国内移動拡散の可能性が考えられる。この防止には船の物理的、化学的手段を用いた十分な洗浄が必要であろう。

(3) 琵琶湖におけるタイワンシジミの分布の現状

1) 湖岸調査

今回対象とした琵琶湖岸の全ての調査地点において、形態的にタイワンシジミと判別される個体が確認され、タイワンシジミが全域的に分布していることが明らかになった。生息密度は北湖の調査地点では1㎡あたり1個体から9個体であったのに対し、南湖では1㎡あたり40個体以上の高密度分布だった(図4)。一方、セタシジミは、北湖の2地点と南湖の1地点で確認されたが、生息密度は1㎡あたり0.01個体であり、極めて低密度だった。

各地点のタイワンシジミの殻長組成を比較すると、北湖ではいずれの調査地点も小型個体から大型個体までの複数の年級群が認められ、安定した個体群がすでに形成されていると考えられる(図13)。一方、南湖では、高密度であったもののその殻長は20mmを越えることはなく、単峰の小型個体の年級群のみが認められた。

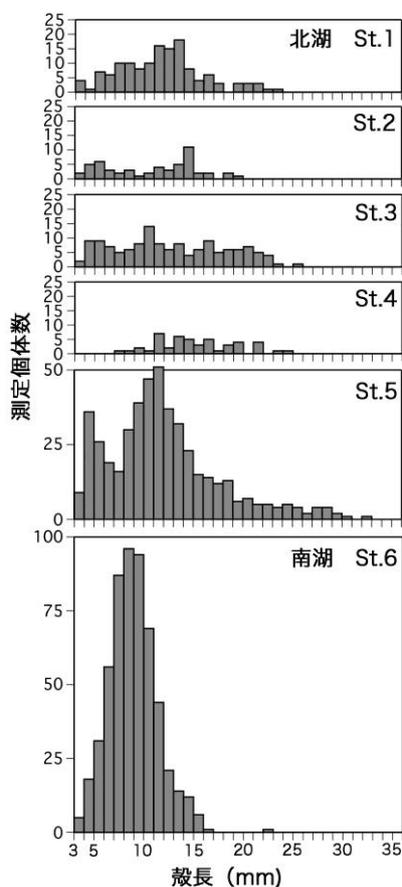


図13 琵琶湖岸におけるタイワンシジミの殻長組成

2) 水深別調査

1㎡あたりの個体数密度は、セタシジミは水深3.5mから水深10mの1.3個体をピークに、水深が深くなるに従って密度が増加し、水深15mでは急激に減少した(図14)。一方、タイワンシジミは、

1㎡あたり0.2個体以下の低密度ではあったが、水深2.5mから10mまでの広い範囲に生息が確認され、セタセタシジミと生息域が重複していることが明らかになった。

水深別の殻長組成を図15に示す。

タイワンシジミは殻長約10mmとなり成熟するが（Kennedy & Huekelem, 1985）⁷⁾、水深10m以浅で確認された個体は半数以上が10mm以上の個体であり、繁殖能力を持っていると考えられる。セタシジミは、水深5mでは殻長15mm～23mmの漁獲対象サイズの個体が多くみられ、漁場である水深7.5m～10mでは18mm以上の個体が急激に減少した。セタシジミは3歳で殻長約15mmとなり成熟し始め産卵を開始し、殻長15mm以上で漁獲対象サイズとなる（滋賀県、2006）⁸⁾。漁業調整規則では制限殻長15mmとなっているが、漁業者の自主的な取り組みによって18mmに引き上げられている（滋賀県、2006）⁸⁾。このため、水深5mでは漁獲の影響があまり見られておらず、水深7.5mから10mで漁獲圧がかかっていることがわかる。

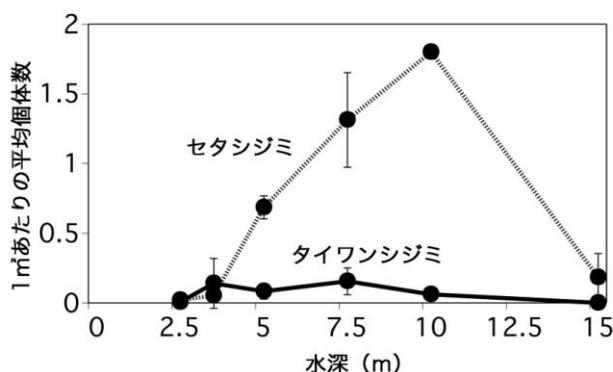


図14 水深別のタイワンシジミとセタシジミの分布

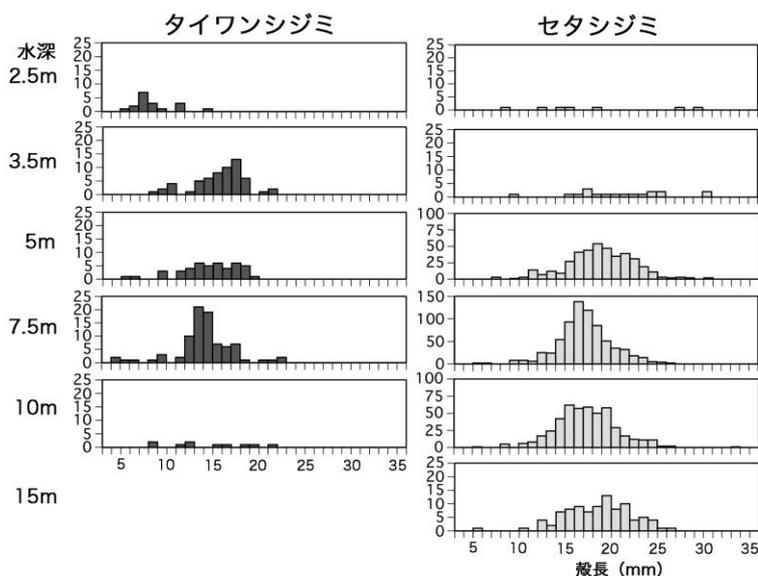


図15 水深別のタイワンシジミとセタシジミの殻長組成

3) 琵琶湖へのタイワンシジミの侵入とセタシジミに与える影響

タイワンシジミは、1987年に国内で初めて確認され、現在では北海道を除く全都府県で分布が確認されている。本種は、在来種であるマシジミと形態的に類似し、混同されていることも多かったため、侵入拡大の実態はつかみにくい。関東以西の太平洋側や瀬戸内海側では猛烈なスピードでタイワンシジミ種群が分布を拡大し、マシジミと置き換わっている場所すら存在する（増田・内山、2004）⁹⁾。琵琶湖では1998年に南湖で初めて記録されているが（石橋・古丸、2003）¹⁰⁾、これまでにタイワンシジミについて琵琶湖では全域的な分布調査は行われたことがなかった。

今回の調査でタイワンシジミは琵琶湖岸では北湖と南湖で分布が確認され、ほぼ全域に分布が広がっていると予想される。特に富栄養化している南湖では高密度に分布している。今回さらに琵琶湖の固有種であり水産重要種であるセタシジミの漁場で調査を行い、明らかに分布が重複していることが明らかになった。今回の結果から考えられるタイワンシジミのセタシジミに与える影響を以下に挙げる。

まず第1に生息地の競合である。タイワンシジミは前述のように在来種であるマシジミと分布が置き換わることが知られている。これにはタイワンシジミとセタシジミの繁殖能力の差が関係していると考えられる。セタシジミが繁殖可能になるのは3歳頃、殻長約15mmであるのに対し（滋賀県、2006）⁸⁾、タイワンシジミは殻長約10mmとセタシジミより小型で繁殖能力を持つ（Kennedy & van Huekelem, 1985）⁷⁾。さらにセタシジミは雌雄異体の卵生なのに対し、タイワンシジミは雌雄同体で卵胎生であり、鰓内で稚貝まで保育した後に放出をし、自家受精も可能である。このような特性がタイワンシジミがいったん定着すると大発生し、在来シジミに速やかに入れ替わる要因になると考えられる。特に南湖のような富栄養水域では、水質が一時的に非常に悪化するため生物の大量斃死も起きやすく、餌となる藻類も多いのでその傾向はさらに早まるだろう（図7）。また、タイワンシジミは殻長7～14mmの成長した個体でも粘液糸を使って移動することが知られており（Prezant & Chalermwat, 1984）¹¹⁾、流れに乗る移動能力も高く、急速に分布を広げる要因になると考えられる。

第2に遺伝子浸透の問題が考えられる。タイワンシジミは、セタシジミとも交雑する可能性が非常に高い。琵琶湖固有種であり淡水真珠母貝のイケチョウガイは、中国から導入した近縁種のヒレイケチョウガイと交雑し、遺伝子浸透が起こっている（Shiraiほか、2010）¹²⁾。タイワンシジミはこれまでマシジミと混同されることが多く、認識されないうちに全国に広がり、移動の過程や定量的な分布実態がほとんど知られていなかった。今回の研究はタイワンシジミと在来シジミ類の間の分布重複が定量的に検出された初めての成果であり、具体的な対策は今後の課題である。今後セタシジミの保全のために両種の遺伝子浸透の実態とその対策を早急に考える必要があるだろう。

4) 韓国と中国、台湾におけるカワヒバリガイとシジミ類の分布状況

2009年6月に韓国南部の順天市の東川と韓国北部のソウル市の漢江下流と漢江上流のダム湖、八堂湖の8地点で分布調査を行った。この内、人工湖である八堂湖の湖岸において、カワヒバリガイの分布が確認された。また、2009年8月に中国上海市の長江下流と崇明島の6地点で分布調査を行った。このうち長江河口の護岸と崇明島の農業用水路でカワヒバリガイが確認された。さらに、2011年1月には台湾台北北部10地点で調査を行い、台北市の淡水河の1地点でカワヒバ

リガイが、石門郷の水路の1地点でシジミ類が確認された。これらの調査試料はサブテーマ1と連携し、今後移入経路特定のための分析を行う。

(4) 有効な防除手法の検討

化学的防除についてはコストの面からも、船底塗料として広く使用されている物質を防除剤として活用することが有望と考えられた。これらの物質の生態毒性データおよび物理化学性状から、Zinc pyrrithioneもしくはCopper pyrrithioneが具体的に汎用可能と考えられた。今後、具体的な防除効果の試験を実施していく必要があるが、カワヒバリガイは特定外来生物のため、飼育については閉鎖空間を確保できる水利施設が必要とされる。

最後にカワヒバリガイの幼生の分散率が明らかではない状況下においても、最適駆除努力の空間配分を導き出すためのフレームワークをInformation-Gap理論を用いて構築できた。分散率以外の生態学的パラメータと組み合わせることで、実際の管理に結び付けて行くことができるようになった。また、構築したフレームワークは様々な不確実性に応用が可能であり、管理に必要なデータが十分に揃わない段階においても、効果的な管理計画を提示することができるようになった。特に侵入種の防除対策においては、早期に対策をとる事が大変重要であり、このフレームワークの適用範囲は広いと言える。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

カワヒバリガイ

附着性二枚貝の分布拡大プロセスについては、十分な情報がこれまで得られて来なかったが、今回、有効な付着装置を開発することができたことにより、今後、カワヒバリガイの浮遊期における移動個体数や移動距離に関する定量的データを得ることが可能となり、水系ごとに分布拡大の方向および速度について予測を図るとともに、導水事業のリスク評価および防除対策の立案にも結びつけることができる。また、最適駆除努力の空間配分を導き出すためのフレームワークをInformation-Gap理論を用いて構築できたことから、各侵入エリアにおける生態データの蓄積に加えて有効薬剤の開発を進めることで効果的な管理計画を示すことができる。

タイワンシジミ

これまでほとんど知見のないタイワンシジミの定量的評価や個体群構造の解明を行い、在来種であるセタシジミと比較することにより、外来種と在来種の生息地の重複の実態が明らかになった。今後の継続調査により、優占種交代過程の解明と結びつけることができる。

(2) 環境政策へ貢献

カワヒバリガイ

2008年度と2009年度には農林水産省関東農政局が実施しているカワヒバリガイの防除事業に対して防除手法およびそのリスク評価について提案を行った。カワヒバリガイの分布拡大プロセスの解明は、国土交通省が建設を進めている霞ヶ浦導水事業に対して侵入生物（特定外来生物）の分布拡大リスクを提示するとともに、その防除対策について具体的提言につながる。また、付着装置を用いたモニタリング手法の開発は、野外の新規加入が少ない場合でも高い精度で存在が検

出でき、底生個体群の定量調査が難しい水深が深い場所でも使用できる。この成果により今後の分布のモニタリング手法について具体的な提言が可能となった。

台湾シジミ

台湾シジミと琵琶湖固有種であり水産重要種のセタシジミとの分布の重複を初めて明らかにし、優占種の交代や遺伝子浸透に関しての具体的な提言が可能になった。

6. 引用文献

- 1) 木村妙子(1994). 日本におけるカワヒバリガイの最も早期の採集記録. 日本貝類学会「ちりぼたん」25(2), 34-35.
- 2) 中井克樹(2001). 4. カワヒバリガイの日本への侵入. 日本付着生物学学会編：黒装束の侵入者 外来付着性二枚貝の最新学、恒星社厚生閣 pp. 71-85.
- 3) 内田臣一ほか(2007). 矢作川におけるカワヒバリガイの大量発生後の大量死. 矢作川研究 11, 35-46.
- 4) 伊藤健二(2008). 利根川水系におけるカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* の分布状況. 日本ベントス学会誌 63, 30-34.
- 5) 浦部美佐子ほか(2001). 宇治川で発見された腹口類(吸虫綱二生亜綱)：その生活史と分布、並びに淡水魚への被害について. 関西自然保護機構会報 23, 13-21.
- 6) 伊藤健二(2007). 霞ヶ浦におけるカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* の生息・分布状況. 日本ベントス学会誌 62, 34-38
- 7) Kennedy V & van Huekelem L (1985). Gemetogenesis and larval production in a population of the introduced Asiatic clam, *Corbicula* sp. (Bivalvia:Corbiculidae), in Maryland. Biological bulletin 168, 50-60.
- 8) 滋賀県(2006). 琵琶湖セタシジミ資源回復計画. 8pp.
- 9) 増田修・内山りゅう(2004). 日本産淡水貝類図鑑②汽水域を含む全国の淡水貝類. ピーシーズ 240pp.
- 10) 石橋 亮・古丸 明(2003). 琵琶湖淀川水系、大和川水系における台湾シジミの出現状況. VENUS 62, 65-70.
- 11) Prezant RS. & Chalermwat K (1984). Flotation of the Bivalve *Corbicula fluminea* as a Means of Dispersal. Science 225, 1491-1493.
- 12) Shirai A, Kondo T & Kajita T (2010). Molecular markers reveal genetic contamination of endangered freshwater pearl mussels in pearl culture farms in Japan. VENUS 68 (3-4), 151-163.

7. 国際共同研究等の状況

カワヒバリガイ世界分布拡大プロセス研究計画について、韓国・インハ大学のJae-Sang Hong教授、中国・上海水産大学の高健教授、アルゼンチン・ラプラタ自然博物館のGustavo Darrigran博士と連携を図り、サンプル提供を受けている。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) Tominaga A, Goka K, Kimura T & Ito K (2009). Genetic structure of Japanese introduced populations of the Golden Mussel, *Limnoperna fortunei*, and the estimation of their range expansion process. *Biodiversity* 10, 61-66.
- 2) 木村妙子・井上 暁広・木村昭一・佐藤達也 (2011). 琵琶湖およびその周辺水域における特定外来生物カワヒバリガイの分布状況. *Sessile Organisms* 28(1), 9-18.

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 井上 暁広・木村 妙子: 日本ベントスプランクトン学会大会(2009)「関東以西におけるカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* の分布拡大状況」
- 2) 木村妙子: 2009 年度日本付着生物学会「カワヒバリガイの侵入と対策に関するミニシンポジウム」(2009)「カワヒバリガイの国内と海外における分布の現状」
- 3) 富永篤・伊藤健二・木村妙子: 日本生態学会第57回全国大会(2010)「あなたの知らない付着性淡水二枚貝の脅威」
- 4) 木村妙子・井上暁広・伊藤健二: 日本水産学会大会(2010)「特定外来種カワヒバリガイのモニタリング手法の開発」
- 5) 伊藤健二・木村妙子・井上暁広: 日本ベントスプランクトン学会大会(2010)「カワヒバリガイ付着トラップの開発: トラップへの処理が及ぼす付着効率への影響」
- 6) 木村妙子・谷口千恵・木村昭一: 日本生態学会第58回全国大会(2011)「琵琶湖における外来貝類の現状」
- 7) 木村妙子・谷口千恵・木村昭一・五箇公一: 日本貝類学会大会(2011)「琵琶湖における外来二枚貝タイワンシジミの現状」

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

(6) その他

特に記載すべき事項はない