「カワヒバリガイ問題」の始まりと現在の課題

中井克樹

滋賀県立琵琶湖博物館 〒525-0001 滋賀県草津市下物町 1091

Problems of the golden mussel (freshwater mytilid): Emergence and future perspectives in Japan

Katsuki Nakai

Lake Biwa Museum, Shiga Prefecture, Oroshimo-cho 1091, Kusatsu, Shiga 525-0001, Japan

(Accepted February 9, 2010)

キーワード: カワヒバリガイ、琵琶湖・淀川水系、木曽川水系、分布拡大リスク評価、着底トラップ、流下ゴミ

はじめに

カワヒバリガイ属 *Limnoperna* は、東アジアから東南アジアにかけての淡水域に生息するイガイ科二枚貝で複数種を含むことが知られており、2005年6月に外来生物法が施行された際、その規定する「特定外来生物」に属単位で指定され、厳しい規制の対象となっている。現在のところ、カワヒバリガイ属のなかで日本国内に侵入・定着した種は、カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* のみである。

カワヒバリガイの日本国内への侵入が最初に気づかれたのは1992年2月、滋賀県琵琶湖の湖岸で1個体が採取された時であった。その後、同年の秋までに、琵琶湖での発見が偶然のものではなく、すでに本種は湖内に定着していることが確認された。これに先んじて、韓国・ソウル近郊の漢江の八堂ダムにおいて、この貝が大発生し問題となっていることが国内で報告されていたため、琵琶湖でも同様の被害が生じるのではないかと懸念された。さらに、1980年代後半に、北アメリカ五大湖においてヨーロッパから侵入したカワホトトギスガイ（ゼブラガイ）*Dreissena polymorpha* が激増し、その影響は、五大湖という世界最大規模の淡水生態系を大きく変容させ、利水施設の運用にも深刻な打撃を与えるという、激甚なものであることが知られるようになってきていた。このカワホトトギスガイとカワヒバリガイとは分類的位置が大きく異なるが、淡水生貝類としては例外的に「生活史の初期にプランクトンとして生活する浮遊期を持つこと」、および「貝として着底後に足糸を分泌して固い基盤に固着した生活を送ること」という生態的特徴を共通して持

ち、これらの特徴が、まさしく生態系への悪影響や利水施設での被害に関係する。そのため、琵琶湖においてカワヒバリガイが、五大湖でのカワホトトギスガイのような著しい被害をもたらすのではないかと不安がかき立てられた。さらに、琵琶湖に次いで、木曽川水系へもカワヒバリガイが侵入していることが確認され、琵琶湖・淀川水系とともに、来るべき「カワヒバリガイ問題」に対処すべく、河川管理者や利水関係者による調査も進められた。

しかし、琵琶湖・淀川水系および木曽川水系では、一部の利水施設に大規模に侵入し、それへの対策がとられたが、深刻な被害が拡大・継続するまでにはいたらなかった。また、新たな生息確認水域が見つかることもなく、いつしか「カワヒバリガイ問題」への関心そのものが薄らいでいった。ところが、2000年代に入って、愛知県矢作川、静岡県天竜川、そして群馬県鏑川、茨城県利根川・霞ヶ浦において、カワヒバリガイの侵入がたてつづけに確認されたことで危機感が再燃し、農林水産省が対策事業を始めるなど、「カワヒバリガイ問題」への対策が本格的に検討されるようになってきた。

ここでは、日本における「カワヒバリガイ問題」の歴史の早期にあたる琵琶湖・淀川水系および木曽川水系（以下、「早期侵入水域」という）での生息確認の歴史を振り返るとともに、その後、2000年代に入って新たに確認された生息水域（「後期侵入水域」という）での状況を踏まえて、今後の課題について述べてみたい。

1. 「問題」の始まり：早期侵入水域における生息域拡大 (1) 琵琶湖・淀川水系

カワヒバリガイの最初の個体は、1992年2月に琵琶湖の北湖南東部に位置する近江八幡市の湖岸で発見された。この時に採集されたのは1個体のみで、定着には至らない偶発的なものである可能性も捨て切れなかった。しかし、同年8月に第一発見場所とは少し離れた別の地点で複数の個体が発見されたことを受け、同年の秋に湖岸全域を対象に生息調査が実施された。その結果、カワヒバリガイの生息は、琵琶湖の南東部湖岸、すなわち北湖南東部（近江八幡市）から南湖東岸（守山市、草津市、大津市）にかけて、および流出河川である淀川（滋賀県内では瀬田川と呼ばれる）の瀬田川洗堰の直下で確認され、そのサイズ分布はすでに湖内で繁殖・定着していることを示唆するものであった。

その後、1994年から1996年にかけて建設省、水資源公団、滋賀県の3者が合同で実施した大規模調査により、下流方向には流出河川である淀川（瀬田川・宇治川）の淀川大堰までの淡水域全域に、カワヒバリガイが生息範囲を拡大していることが明らかになった。また筆者らによる同時期の調査結果を合わせると、湖内での分布範囲は、北湖では分布の北端が彦根市まで伸び、南湖では西岸に及んだ。その後、1990年代末までに、生息が未確認のまま残された北湖の北岸から西岸にかけての地域においても、ベントス調査や定置網等の漁具の点検の際などに発見されるようになった。現在では、琵琶湖の全域の湖岸に生息しているとみてよい状況にある。

琵琶湖・淀川水系におけるカワヒバリガイの分布拡大の様相は、上流側の止水域の琵琶湖に侵入した後、下流側へは流出河川の水の流れ下る方向へと速やかに分布範囲を広げ、また止水域である広大な湖内では湖流の影響で徐々に湖岸沿いに広がって湖全域の分布が達成されたと推測される。こうした分布拡大のパターンは、本種が水の流れに乗って生息域を拡大した結果であることを示唆するものである。これは、カワヒバリガイが生活史初期の浮遊期に水の流れを利用した大きな分散能力を持つ、とのリスク予測を裏付けるものである。

(2) 木曽川水系（木曽三川）

カワヒバリガイが琵琶湖で発見された翌1993年には、河口堰の建設問題に揺れていた長良川から潜水調査によって採取されたイガイ科二枚貝が筆者のもとに届けられ、それがカワヒバリガイであることが判明した。採集者は、河口堰建設に伴う河道改変により汽水域が拡大したことにより、汽水生の外来種コウロエンカワヒバリガイが生息範囲を上流へと拡大している証拠になるのではないかと期待をもっていたのだが、そうではなく琵琶湖に続く、カワヒバリガイの第二の生息水域の発見となったわけだ。その後の調査により、長良川から取水する農業用水の揚水機場にも大規模に侵入していることや、長良川と平行して流れる揖斐川と木曽川の下流域に広範囲に生息していることも明らかとなった。そして、既存の標本資料を再検討した結果、1988年に揖斐川で採取された標

本がカワヒバリガイと同定され、これが国内で最も古い本種の確認記録となった。

木曽三川（木曽川、長良川、揖斐川）、すなわち木曽川水系では、最も早期に標本個体が採集されてから侵入に気づくまで5年が経過していたことから、分布調査の実施時には、すでに侵入後かなりの時期を経ていたものと推測される。長良川と揖斐川では、カワヒバリガイは河口部周辺には生息せず、生息範囲の上流端は感潮域の上限とほぼ一致していた。一方、木曽川での生息範囲は、河口域を除く木曽川大堰の下流側の一部に限られていた。

長良川河口堰がまだ操業されていない時点では、周辺の川岸の石組みだけでなく、河口堰ピアにもカワヒバリガイが付着していた。ピアにおける付着位置は水面直下に限られ、それより下部には主に汽水域から内湾に生息するコウロエンカワヒバリガイが付着していた。また、確認されたカワヒバリガイは、すべて当歳個体と推測される小型のものばかりであった。この鉛直分布のパターンと、河口部周辺ではまったく確認されない水平分布のパターンからは、カワヒバリガイは塩分耐性がかなり低いことが示唆される。

また、生息範囲の上流端が河川の感潮域の上端にほぼ一致したことは、受精卵と幼生時期に浮遊生活を送るカワヒバリガイの生息域が、潮汐によって河川水が移動する範囲内で維持されていることを示すものだと考えられる。

2. 分布拡大のパターン

(1) 水系内における分布域の確立

早期侵入水域である琵琶湖・淀川水系と木曽川水系におけるカワヒバリガイの分布域の確立過程は、「生活史の初期に浮遊期を持つ」という本種の生態的特徴から予測される結果と整合するものであった。すなわち、水の流動によって着底間近な幼生が運ばれる範囲に本種の生息域が拡大する、ということである。

同様の「当然」の予測は、これら2水系に次いで発見された愛知県の矢作川水系でも別のパターンとして検証されることになった。矢作川では、上流域に位置する矢作第一ダムの直下が最上流の確認地点であったことから、少なくともその直上の矢作第一ダム貯水池にも生息することと、そこから河川水が流下する河口域にいたるまでの範囲に分布域が確立されると予想された。そして、その後の調査により、矢作川での生息範囲がこの予想に合致していることが確かめられた。

一定期間の浮遊期を持つカワヒバリガイが、河川という水が恒常的に下流方向に流れる流水環境において安定した個体群を持続できる範囲は、感潮域のように潮汐の影響で河川水が自然に上流・下流へと移動する流程区間を除けば、ダム貯水池のような一定規模の止水環境の存在が不可欠で、生息範囲の上流端はそうした止水環境であることが予測される。

そして、矢作川と同様の分布パターンは、矢作川から県境を隔てた静岡県の大竜川水系でも、佐久間ダム貯水池と新豊根ダム貯水池を上流端とする生息範囲が確立さ

れることで、示されている。なお、天竜川・佐久間ダムの水は、佐久間導水路によって県境を越えて愛知県側の豊川水系・宇連川へと供給され、そこから下流側の豊川水系へのカワヒバリガイの侵入をもたらし、豊川を水源とする豊川用水では農業施設の被害が生じ始めている。

霞ヶ浦を含む利根川下流域では、茨城県を中心に生息確認地点が霞ヶ浦より上流側にも広がっているが、上流端としての確認地点は霞ヶ浦からの導水の供給地点であることから、この水系における分布様式も、水の循環様式によって説明できるものである。

（２）奇妙な分布が示唆するもの

日本国内におけるカワヒバリガイの分布様式のなかで奇妙なのは、群馬県を流れる利根川水系の支流、鐺川流域におけるパターンであろう。この水系では、最初に生息が確認された大塩貯水池が生息確認地点の上流端で、そこから導水される鐺川用水への侵入が問題視されているが、農業用水が流入して再度蓄えられる竹沼貯水池よりも下流側では、生息密度が著しく低く、農業用水が最終的に合流する鐺川本川や、さらに鐺川の合流点よりも下流側の利根川の中流域では、生息が確認されていない。なお、カワヒバリガイは霞ヶ浦を含む利根川下流域でも生息域を拡大しているが、それは鐺川水系のものとは遺伝的特徴が大きく異なり、本種の利根川下流域への侵入は上流の鐺川由来ではないことがほぼ確実である。

このように、鐺川流域のカワヒバリガイは、現在のところ、生息範囲が下流方向にほとんど広がっていない点で、これまで知られている貯水池を上流端とする河川における分布パターンと大きく異なっている。鐺川水域においてカワヒバリガイの生息域が下流方向へ拡大しないのは、単に時間的・確率的な問題であって時間が経てば広がっていくのか、あるいは、何か特別な原因があって分布域の拡大が制限されているのかについて、注意深く見守っていく必要がある。同様にダム貯水池で局所的に分布が確認されているパターンとして、淀川支流の木津川上流の高山ダム貯水池（京都府・奈良県）の例がある。

3. 今後の課題

（１）侵入経路の解明

カワヒバリガイは、現在のところ、琵琶湖・淀川、木津川、木曽三川、矢作川、天竜川、鐺川、利根川・霞ヶ浦において、侵入・定着している。これらの水域への侵入が、海外から輸入されたものが直接に持ち込まれたことによるのか、あるいは国内にすでに定着した水域から国内移動によって別の水域へと拡大したことによるのか、現在のところよくわかっていない。これまでの経緯を振り返ると、輸入個体の直接の持ち込みだけでなく、すでに定着した水域から国内移動によって別の水域へと広がった可能性もありうる。また、遺伝的分析によれば、利根川・霞ヶ浦以外の集団は遺伝的特徴が類似しており、後期侵入水域へは初期侵入水域に定着したカワヒバリガイがもたらされたと考えても、確かに矛盾はしない。しかし、その一方で、早期侵入水域にカワヒバリガイを持ち

込んだのと同様の行為が、後期侵入水域では行われなかったと断ずることはできず、むしろ、その蓋然性は十分に高いと想定すべきであろう。

まず、カワヒバリガイが原産地からもたらされた経路として現在、東アジア諸国からの生きたシジミ類への混入が想定されている。1980年代より増加傾向にあったシジミ類の輸入量は、国内におけるシジミ（主にヤマトシジミ）の漁獲量に匹敵する規模になっている。そして、外国産シジミにカワヒバリガイが混入していた事例としては、揖斐川河口の漁協で畜養されたシジミに混じっていた例から、シジミの味噌汁の具材として出てきた例まで、いろいろな具体例が確認されている。また、外国産シジミは形態的に変異が大きいためにマシジミなど外来種との分類の識別が難しいとされるなかで、最も外国産シジミとして認識されやすい、淡い黄褐色を基調とし一部が褐色に染め分けられた「カネツケシジミ」型のシジミだけでも、国内のかんりの水域で確認されるようになってきている。外国産シジミの野外水域での発見・確認のパターンにより、大量に輸入されたそれらが、日本国内の多くの野外水域へと独立して持ち込まれていることが示唆される。そして、こうした外国産シジミの持ち込みの際に、カワヒバリガイが混入している場合も、十分にありうると予測される。

このように、日本に侵入したカワヒバリガイが外国産シジミに混入して持ち込まれた可能性はかなり高いと思われる。ただし、各地で外国産シジミを野外水域に放つ行為自体が、なぜ、どのようにして行われるのかすら未だによくわかっておらず、われわれ人間の行為についての探求も今後の課題であろう。そしてまた、定着水域を供給源とした国内移動による分布域拡大の可能性についても、どのような経路がありうるのかを十分に想定しておくことは、リスク管理の観点からも重要である。

（２）国内移動のリスク評価

外来種が持ち込まれた先で定着するには、繁殖に成功することが不可欠である。固着生活を送り体外受精するという特徴を持つカワヒバリガイが、侵入先で繁殖に成功するには、新たに侵入した個体が雌雄の成熟個体に成長し、それらが比較的近くで固着生活を送る状況が必要だと推測される。また、カワヒバリガイの場合には、成長段階によって侵入をもたらす過程が異なっているため、受精卵・幼生の成長段階では浮遊期に水に混入した侵入を、固着期にあたる着底後の貝（幼貝～成貝）では、個々の個体が物資や他の生物に固着・混入した状態での侵入を想定する必要がある。

浮遊期の微小な個体が水に混入して持ち込まれる場合には、現場の水域の大量の水で希釈されたうえ、着底するまでに水中を漂う期間があることを考えると、変態期を迎えた幼生が持ち込まれた先で成熟後に繁殖可能な程度に近接して着底できる可能性はきわめて低いと考えられる。したがって、カワヒバリガイの生息水域の水を移動させる経路として、魚類種苗等の種苗放流が指摘されるが、放流に伴う運搬用の水の量が限定的であることも

考慮すると、少なくとも放流先が流水環境である場合には、放流種苗に混入して浮遊期のカワヒバリガイが混入したとしても、それに由来して個体群が定着するリスクは、かなり低いと推測される。

一方、魚類の移植放流に際しては、種苗の魚に食べられたカワヒバリガイが、生きたまま消化管を通過して放流先で排泄される、という固着期の貝としての侵入経路も否定できない。放流対象となる魚種が実際にカワヒバリガイを食べる可能性がある場合には、固着期のカワヒバリガイが生きたまま消化管を素通りできるかどうかを実験的に検証し、この経路のリスクの高さを評価するうえで検討する必要がある。また、固着期の貝としては、シジミや土砂などの“散布物資”に混入して導入される場合や、船舶や機材といった“利用物資”に付着して侵入する場合が想定される。どちらの場合も、持ち込まれた個体があり移動せずに居場所を定め繁殖可能な状態に至る可能性が高いため、定着リスクの高い経路と考えられる。カワヒバリガイの定着水域からのシジミ等の種苗の移植や、“川砂”としての建設・工用の土砂の搬入は混入リスクの高い行為であるため、もし実施されたとすればそのリスクを低減するための対策が不可欠である。また、船舶や機材を水系を越えて移動させて利用する場合にも、カワヒバリガイの付着や混入がないか、十分に注意する必要がある。このような導入・侵入をもたらす行為は、関係者が比較的限定され、かつ容易に特定されるため、系統だった周知・啓発の体制作りが望まれる。

（３）付着のメカニズムとその応用

導水施設におけるカワヒバリガイの着生状況でこれまでに判明した興味深いことは、水源から用水が供給された直後に非常に高い密度での着生が見られながら、下流方向に行くにつれ付着個体の密度が急速に減衰するという現象である。この顕著な減衰傾向は、水流や照度、重力等の外部刺激に対する、着底を間近にひかえたカワヒバリガイ幼生の生理的・行動的特性によってもたらされると推測される。

幼生の着底という生活史上のイベントは、その場所に固着する貝を増加させる結果に直接的につながるため、この貝の大規模な固着が通水障害等の原因となることを考えると、施設管理上はできるだけ回避することが求められている。しかし、好適な固着場所を意図的に設置してそこへの着底を促進することで、そこから先への流下量を効果的に減衰し、固着被害を軽減できるとすれば、有効な「着底トラップ」が開発できる可能性にも期待が

持てる。特に、導水施設の保圧タンクや発電施設の冷却水など、内径の小さな管内に貝が付着することでとりわけ深刻な影響が出ると考えられるデリケートな施設では、この種のトラップ開発は有効な手法ではないだろうか。

この種の発想は、外来魚の繁殖抑制のために人工産卵床を利用する試みにも通じるものであり、侵略性の高い外来生物を適切に管理しその影響を抑制するために、個体をいかに効果的に排除できるかを探るアプローチだけでなく、十分な管理状況下へと積極的に誘引する方法をも検討する必要があると思われる。

（４）付着生物として、また流下ゴミとしての対応

カワヒバリガイの大量発生による影響が、農業用水をはじめとする利水施設で顕在化するようになってきた。その中でも、着底した稚貝が付着生物として成長することによってもたらされる通水障害に関心が集まっていた。これに加えて、最近では、特に用水系統の末端における流路の閉塞が各所で問題化してきている。これは、その場所に固着した貝が次第に成長することによるものだけでなく、壁面から離脱した固着個体の死殻の塊が上流側から流下してきて詰まってしまうことによるものである。カワヒバリガイ問題は、付着生物問題だけでなく、流下ゴミ問題でもあるのだ。

これまでのカワヒバリガイ問題の検討は、この貝の基本的な生態的知見を求めながら、利水施設内への浮遊幼生の侵入とそこでの幼生の着底を防止し、固着した貝を除去するための適切な方法やスケジュールを検討することに主眼が置かれていた。しかし、ここにきて、流下ゴミ問題についても、その原因となる死殻塊の動態や性状について調査することが必要になってきた。たとえば、死殻塊の発生時期や流下・分解のプロセスは、末端施設の維持・管理のためにはきわめて重要な情報となるはずだ。しかし、死んでしばらく経過した後の生物の死骸塊への対策には、純粋な生物学的・生態学的なアプローチだけでなく、物理・化学的なプロセスの追跡も必要となってくる。

カワヒバリガイ問題の現場となる利水施設において、その付着生物としての影響は、水源側に近いほど大きいと推測される一方で、その流下ゴミとしての被害は下流側ほど顕著になるといえよう。固着個体を減らす取り組みを実施する場合には、壁面から脱落した死殻塊が流下することで、その下流側に新たな被害をもたらさないよう、十分な配慮が必要である。このようにカワヒバリガイの被害防止対策においては、対策を行う現場だけでなく、その上下流域を含めた利水施設全体に目を配ることがきわめて重要であることを忘れてはならない。