

琵琶湖につながる農業水路における淡水シジミの生息状況と 絶滅危惧種マシジミの保全に係る水路管理手法の検討

北野大輔^{1*}・鈴木誉士²・中川雅博³・浅香智也⁴

¹ びわ湖サテライトエリア研究会, 滋賀県立大学大学院環境科学研究科 〒522-8533 滋賀県彦根市八坂町 2500

² びわ湖サテライトエリア研究会 〒654-0865 兵庫県宝塚市寿町 8-18 ドミール寿 205 号

³ びわ湖サテライトエリア研究会 〒520-0826 滋賀県大津市鶴の里 24-1

⁴ びわ湖サテライトエリア研究会 〒442-0844 愛知県豊川市小田渚町 3-97-9

* 責任著者 E-mail dai.suke.tdg@gmail.com

キーワード: アメリカザリガニ, 生息域内保全, 絶滅危惧種, 淡水シジミ, 微生物場所

2017 年 4 月 19 日受付 2017 年 7 月 26 日受理

要旨 マシジミ *Corbicula leana* は, 全国的に減少傾向にあり, 生息域での有効な保全策の検討が遅れている. 本研究では, 淡水産のシジミ類の管理手法を見出すため, 琵琶湖につながる農業水路で (1) シジミ類の個体数の変動と, (2) 底質の厚さと個体数の関係を調べた. さらに, 室内実験で (3) アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* の捕食がシジミ類の個体数に及ぼす影響を調査した. その結果, 水路でのシジミ類の個体数は調査期間中に 3.9 個体~34 個体/m² の範囲で変動し, 夏期から秋期の調査時には再生産個体の増加がみられた. また, 底質として砂が堆積する場所に多く生息することが分かった. 室内実験では, 特に底質が無い条件下で小型シジミ類の捕食圧が高まることが示され, コンクリートが露出した水路において捕食圧が高まる可能性が示唆された. 以上のことから, 農業水路でのシジミ類の管理には, 底質の堆積に着目することが重要で, 個体数の減少やその兆しがあるときには, アメリカザリガニを取り除くとともに, 泥溜めの設置などの工夫をすることが望ましい.

はじめに

豊かで多様な水辺を次世代に引き継ぐには, 森, 里, 川や海を一体として保全すると共に, 個体数減少が著しい種を保護保存することも必要である. 里地里山保全の要となる水田では, コウノトリ *Ciconia boyciana* やアユモドキ *Parabotia curta* などが代表的な保全対象となっている (阿部・岩田 2009, 内藤ほか 2011). これらの種を保護することは, その種の生息域を保全することであり, 同時にその生息域に生息, 生育する他の動植物を保護することにもなる (プリマック・小堀 1997). また, これらのシンボル種に着目した保護活動は, ときに経済効果をもたらす (内藤ほか 2011), ときにメディアに取り上げられるこ

とで、関係者のモチベーションが高まり、保護活動のいっそうの進展につながるため意義がある(プリマック・小堀 1997)。一方で、人々を魅了するわけではなく、経済的な価値もほとんどないような種は、注目度がおのずと低くなる。加えて、それらが人目に付きにくい種であった場合、効果的な保護保存策の実施が遅れ、局地的な絶滅に至る可能性がある。このような種に効果的な保護保存手法を見出していくことは、水辺で活動する研究者共通の喫緊の課題である。

マシジミ *Corbicula leana* は、湖沼や農業水路に生息する淡水二枚貝である。この種は、かつて河川や水路、溜め池などの純淡水域に広く分布していたが(増田・内山 2009)、全国的に減少傾向にあり、環境省がまとめたレッドリスト 2017 でも絶滅危惧Ⅱ類に指定されている(環境省 オンライン)。また、琵琶湖水系でも減少が懸念されてきた(滋賀県生き物総合調査委員会 2006)。汽水域に生息するヤマトシジミ *C. japonica* や琵琶湖固有種のセタシジミ *C. sandai* とは異なり、食材としての流通もほとんどない。そのため、保全対象としての注目度は低く、生息状況の把握や、減少要因の絞り込みが不十分である。したがって、生息域内での有効な保全策の検討が遅れており、いっそうの生息域の減少、生息数の減少、局地的な絶滅が引き起こされるリスクが高まっているが、マシジミの生態に関する研究報告はわずかである(例えば、池末・志垣 1976, 平野・藤原 1987)。

そこで本研究では、マシジミの生息域内での保全に関する知見蓄積のため、本種のすべての生活史における生息地となる底泥の状態と、農業水路でのキーストン種であるアメリカザリガニ *Procambarus clarkii* による捕食が本種の個体数の変動に大きく関わっていると考えた。これまでの各地の報告から、アメリカザリガニは侵入した水域において水生昆虫や水生植物を捕食し、生態系に大きな影響を及ぼすキーストン種であると考えられている(伴 2002, Harper et al. 2002, Anastacio et al. 2006)。なかには、レッドリスト 2017 の絶滅危惧Ⅱ類であるオニバス *Euryale ferox* (環境省 オンライン)などの希少種に対しても大きな影響を与えうることも指摘されているため(曾我部ほか 2014)、本種はマシジミをはじめとする淡水シジミ類に対しても影響を及ぼすのではないかと考えた。以上のことから、次の 3 つの研究を実施した。すなわち、生物多様性の観点から保全順位の高い琵琶湖水系において(滋賀県生き物総合調査委員会 2006)、(1)ある農業水路に生息する淡水シジミ個体数の季節変化、(2)水路内において淡水シジミが好む底質環境の解明、(3)室内実験による捕食者としてのアメリカザリガニの影響評価を行い、3 つの研究の結果から、農業水路におけるマシジミの保全について考察した。

なお本研究の対象種は、波部(1961)に従えば、ヤマトシジミやセタシジミではなく、マシジミとするのが妥当であった。しかしながら、近年、大陸由来の近縁種とされるタイワンシジミ *Corbicula fluminea* やそれとの交雑種が分布を拡大していると言われる上に(増田・内山 2009)、現時点では両種の分類上の整理ができていない(山田ほか 2010)。さらに、これら 2 種は外部形態的だけでなく遺伝的な識別も困難であり(酒井ほか 2014)、両種を同種として扱う考えもある(Morton 1986)。そのため、便宜的な措置として、本研究で取り扱ったマシジミについては、「淡水シジミ」として表記した。

方法

野外調査地の概要

調査は、滋賀県湖北平野に位置する水田地帯を流れる農業排水路で行なわれた(絶滅危惧魚種の生

息地であるため、位置情報の詳細は非公開とする)。本水路は姉川水系に属し、琵琶湖に注ぐ。水路はコンクリートで三面護岸が施されており、幅は 1.40m で、水路壁の両面に 10cm 四方の杭が 1.55m ごとに設置されている。調査区間は、「泥溜め」から下流の直線部 188m の範囲とした。泥溜めとは、2 本の水路が T 字に交差する 225cm×225cm の正方形の箇所のことを指し、流出入する水路よりもおよそ 20cm 深く、泥、砂、礫が常に堆積している(中川ほか 2009)。なお、隣接している水田では、農作物は年ごと、田畑ごとに米、麦、大豆を不規則にまわして栽培している。

(1) 農業水路での個体数密度と体サイズの調査

個体数密度と体サイズの調査は、2013 年 12 月 14 日、2014 年 9 月 13 日、11 月 15 日、2015 年 1 月 10 日および 7 月 11 日の計 5 回実施した。この地域の稲作のかんがい期は 5～9 月であるが、いずれの調査日においても出水および水位変動は緩やかであり(中川ほか 2007)、調査期間中は水路の底面に底質が堆積していた。

水路壁には等間隔でコンクリートの角柱杭が設置されているため、それらの杭を目安として 4 つの杭で囲われている区域を固定されたコドラート(1.40m×1.55m)とした。調査区間の範囲内で隣接しない 3 つの永久コドラートを、調査ごとにランダムに選択した。ただし、見た目の底泥の堆積がほぼ同じとみられるコドラートを選択した。

採集は 2 名が徒手およびタモ網(目合い 3mm)使用で 1 コドラートにつきおよそ 10 分間行い、コドラート内の淡水シジミがすべて採れたと判断した時点で採集を終えた。次に、採れた淡水シジミの個体数を記録し、殻長(mm)をデジタルノギス(ビッグマン工作所、BM-803)を用い 0.01mm 単位で計測した。なお、生体ではない貝殻は計数と計測の対象外とした。

(2) 農業水路における淡水シジミの微生物場所の調査

微生物場所の調査は、2014 年 7 月 13 日に一時的なコドラート(以下、「簡易コドラート」と言う。)を設置して実施した。底質と淡水シジミの個体数の関係を評価するために、限られた範囲に多様な底質が分布していた泥溜め直下部の水路を調査水域とした。簡易コドラート(30cm×30cm、ステンレス製)を泥溜め直下部の水路内に等間隔になるように計 27 ヶ所設置し(図 1)、コドラート内の物理環境を計測した。測定項目は、底質の種類、底質の厚み(cm)、水深(cm)の 3 つとした。底質の種類は、水野・御勢(1993)に基づき、1 泥、2 砂、3 礫、4 コンクリートの 4 種に分類して記録した。物理環境を計測した後に、簡易コドラート内の淡水シジミを採集しその個体数を計数した。簡易コドラートは計数・計測後に速やかに取り外した。

淡水シジミの好む底質環境を明らかにするため、底質別の淡水シジミの選好性を評価した。選好性の評価には、以下の式(1)に示す Jacobs(1974)の選択指数を用いた。

$$D_{sa} = (r_s - p_a) / (r_s + p_a - 2r_s \cdot p_a) \quad (1)$$

ここで、式(1)の D_{sa} は種 s における底質 a への選択度、 r_s は s が利用した簡易コドラートのうち a の占める割合、 p_a は全ての簡易コドラートのうち a の占める割合を示す。

(3) アメリカザリガニを用いた捕食実験

アメリカザリガニによる淡水シジミの捕食実験は、2014 年 9 月 1 日から 10 月 20 日にかけて行った。実験

には投げ込み式ろ過装置を設置した水槽(315mm×185mm×245mm, 約 14L)を用い, 実験に用いた淡水シジミおよびアメリカザリガニは, 豊川水系(愛知県新城市)で実験を行う前日の正午以降に採集した. アメリカザリガニは, 体長(眼窩後縁から尾節末端)57.2~87.7mm の大きさに, 体に欠損野がなく脱皮後ではないものを使用した. また, 実験まではエサを与えなかった. 各実験区の供試個体数は淡水シジミ10個体およびアメリカザリガニ1個体とした. 実験前に淡水シジミの殻長(mm)を計測し, 実験区ごとに使用する淡水シジミのサイズをそろえた. なお, 本実験で使用した淡水シジミは, 稚貝を含む殻長が10mm 未満の個体を「小型個体」, 10mm 以上の個体を「大型個体」と区分した.

捕食実験は底質の有無と淡水シジミのサイズを変えた3つの条件で行った(表1). すなわち, 実験区1

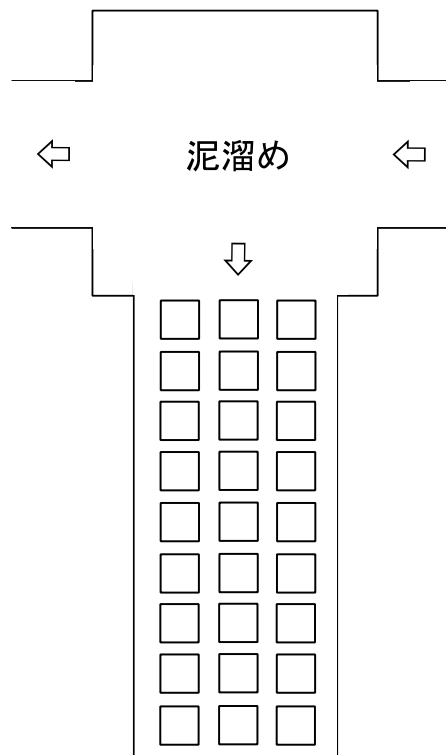


図 1. 水路内における簡易コドラートの配置図. 図中の正方形は簡易コドラート(30cm×30cm)を, 矢印は水の流れを示す.

Fig. 1. Placement of temporary quadrats in the irrigation ditch. The squares and arrows indicate the temporary quadrat and water flow, respectively.

表 1. 各実験区の実験条件. 各生物のサイズの平均値は平均±標準誤差を示す.

Table 1. The condition of each treatments. Average size of freshwater clams and red swamp crayfishes indicates average ± SE.

実験区	底質の有無 (種類, 厚さ)	淡水シジミのサイズ (殻長: mm)			アメリカザリガニのサイズ (体長: mm)			反復
		最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	
1	無	11	24	18.2 ± 0.34	57	73	66 ± 1.47	12
2	無	4	7	5.6 ± 0.10	68	78	73 ± 1.19	7
3	有 (砂; 20 mm)	4	7	5.5 ± 0.10	61	79	71 ± 3.28	6

では淡水シジミ大型個体に対するアメリカザリガニの捕食圧を、実験区 2 では淡水シジミ小型個体に対するアメリカザリガニの捕食圧を、実験区 3 では野外環境を想定し、底質存在下(粒径およそ 1mm の砂; 深さ 20mm)での淡水シジミ小型個体に対するアメリカザリガニの捕食圧を検証した。淡水シジミおよびアメリカザリガニは実験区ごとに別の個体を用いた。

水槽に両種を投入してから 7 日後、アメリカザリガニによる淡水シジミの捕食の有無を確認した。淡水シジミの殻が砕け軟体部が無いものを捕食された個体、つまり死亡個体、そうでなかったものを捕食されなかった生存個体と判断した。以上の実験について、実験区 1 を 12 反復、実験区 2 を 7 反復、実験区 3 を 6 反復行った。

淡水シジミの殻長や底質の有無がアメリカザリガニによる捕食に影響するかを検証するため、実験結果を Fisher の正確確率検定によって比較した。統計処理には、R (バージョン 3.2.4)を用いた。

結果

(1) 個体数密度と体サイズ

淡水シジミ個体数およびその体サイズの変化を図 2 に示す。個体数密度の最大は、2015 年 7 月の 34 個体/m²(3 つのコドラートの合計 219 個体)であった。また、この時には計測対象外の 4mm 未満の稚貝も多くみられたことから、調査地において再生産していることが確認された。個体数密度の最小は 2014 年 11 月の 3.9 個体/m²(3 つのコドラートの合計 25 個体)であり、この時には稚貝を含む殻長 10mm 以下の個体はほとんどみられなかった。

体サイズを示す殻長の平均値の最大は 2015 年 1 月の 14±0.6 mm (平均値±標準誤差)であり、最小は 2015 年 7 月の 6.9±0.2 mm であった。また、各調査における殻長のばらつきは小さかった。

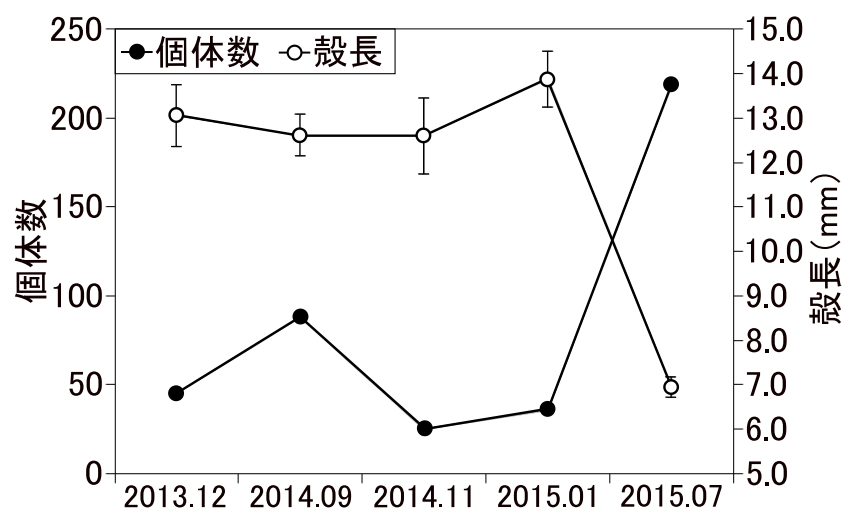


図 2. 3 ヶ所のコドラートで採集された淡水シジミの総個体数と平均殻長の変化。殻長のエラーバーは標準誤差を示す。

Fig. 2. Total number and average shell size (average ± SE) of freshwater clams collected in the three quadrats.

(2) 農業水路における淡水シジミが好む底質環境

計 27 ヶ所の簡易コドラートのうち、コンクリート、泥、砂および礫に該当するコドラートはそれぞれ 13, 6, 3 および 5 ヶ所で、コンクリートを底質としたコドラートが大半を占めた。底質別の物理環境と淡水シジミの採集個体数を表 2 に示す。底質の厚さ(コンクリート除く)、水深および流速は底質別コドラート間で顕著な違いは認められなかった。淡水シジミはどの底質タイプでも採集され、底質別のコドラート 1 ヶ所当たりの淡水シジミ個体数は、コンクリートで 2.15 個体(コンクリートのコドラートで計 28 個体)、泥で 2.50 個体(計 15 個体)、砂で 5.67 個体(計 17 個体)、および礫で 1.80 個体(計 9 個体)でありどの底質タイプでもみられた。しかし、Jacobs の選択指数は砂と礫の底質が正の値を示し、特に砂の底質が最も高い値を示した。

淡水シジミ以外の二枚貝としては、タテボシガイ *Unio douglasiae biwae* 3 個体、マツカサガイ

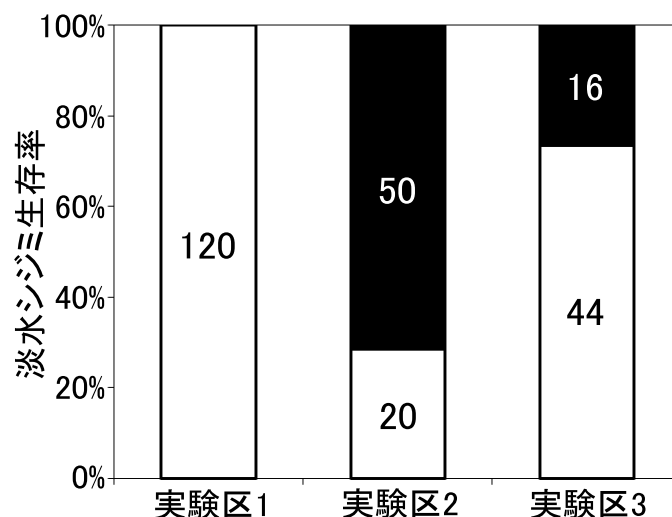


図 3. 各実験区における淡水シジミ生存率。白色のグラフは生存、黒色のグラフは被捕食個体を示す。また、グラフ中の数値は淡水シジミの個体数を示す。各実験区の条件は、実験区 1、底質なし・淡水シジミ大型個体；2、底質なし・小型個体；3、底質あり・小型個体であった。

Fig. 3 Survival rate of freshwater clams in the three treatments. Open and black bars indicate survived and predated individuals. The value in each bars indicate the number of freshwater clams. The conditions of each treatments were treatment 1, bottom sediment (-), large freshwater clams; treatment 2, bottom sediment (-), small individuals; treatment 3, bottom sediment (+), small individuals.

表 2. 各底質における簡易コドラート内の物理的環境特性と淡水シジミの個体数および Jacobs の選択指数 (D_{sa})。物理的環境の数値は、平均値 \pm 標準誤差を示す。

Table 2. Physical environment characteristics, the number of freshwater clams and Jacobs's electivity index (D_{sa}) in the quadrats for each sediment. The values of the physical environment indicate average \pm SE.

底質	コドラート数	底質の厚み (cm)	水深 (cm)	淡水シジミ 個体数	D_{sa}
コンクリート	13	0	29.4 \pm 0.77	28	-0.12
泥	6	0.83 \pm 0.26	30.5 \pm 1.05	15	-0.03
砂	3	0.83 \pm 0.29	30.3 \pm 1.15	17	0.20
礫	5	0.90 \pm 0.22	29.2 \pm 0.45	9	0.08

Pronodularia japanensis 1 個体およびササノハガイ *Lanceolaria oxyrhyncha* 1 個体が採集された。

各二枚貝のみられた底質環境は、タテボシガイがコンクリート(2 個体)と礫(1 個体)であり、マツカサガイとササノハガイはそれぞれ礫であった。

(3) アメリカザリガニを用いた捕食実験

3つの条件(実験区1 底質なし・淡水シジミ大型個体, 2 底質なし・小型個体, 3 底質あり・小型個体)での淡水シジミの生存率を図3に示す。実験区1では、淡水シジミ大型個体はアメリカザリガニに全く捕食されなかった。一方、実験区2および3では、淡水シジミ小型個体はアメリカザリガニに捕食されたが、その割合はそれぞれ71%および27%で、実験区2に比べ実験区3での捕食率は有意に低かった(Fisherの正確確率検定, $p < 0.001$)。

実験区1および3において生存していた淡水シジミ大型個体のうち、一部の個体の殻にはアメリカザリガニのものとみられる捕食痕がみられた(図4)。また、実験区2および3において、アメリカザリガニは淡水シジミ小型個体を捕食する際に殻ごと噛み砕いており、砕かれた殻が水槽内に残っていた(図5)。



図 4. 淡水シジミ大型個体の殻表面にみられたアメリカザリガニによる捕食痕。

Fig. 4 Predation marks by red swamp crayfish on the surface of large freshwater clams.



図 5. アメリカザリガニに捕食された淡水シジミ小型個体の殻。

Fig. 5 Crushed shell of freshwater clams predated by red swamp crayfish

考察

農業水路における淡水シジミの生息状況と微生物場所

本調査から、農業水路内の淡水シジミの個体数は季節によって大きく変化することが明らかになった。その生息個体数が多い時には稚貝を含む小型個体の増加がみられたが、個体数が少ない時に生息していたのはほとんどが大型個体であった。したがって、水路内の淡水シジミ個体数には再生産による稚貝個体数の増減が大きく影響していることが考えられた。

稚貝の減少について、川尻(1948)は、冬季に水温が 6℃以下に低下した際、マシジミ稚貝の斃死が多くみられたことを報告している。平野・藤原(1987)では、水温が 16℃以下の期間において、マシジミの当歳貝が多数斃死したことを報告している。中川ほか(2006)によると、本調査地の水温は 11 月～3 月にかけて 16℃以下に低下するが、まれに 6℃以下にまで低下することもある。つまり、本調査地の淡水シジミ稚貝の個体数は、低温期にある程度減少していることが推測される。したがって、本種の生息域内保全において、低温期における斃死以外の減少要因を明らかにし、それを軽減することが重要となるだろう。

淡水シジミは、底質が流されてコンクリートが露出した底面、および底質のある底面の両方の環境タイプに生息していた。しかし、淡水シジミにおいて高い選択指数(D_{sa})を示した生息環境は、砂の底質を有するコドラートであった。このことは、コンクリートで護岸された農業水路における淡水シジミの生息には、砂の底質を有する底面環境が必要であることを示唆している。したがって、コンクリートが露出しないような底面環境を維持、創出することが、淡水シジミを保全するうえで重要であるといえる。

アメリカザリガニが淡水シジミに及ぼす影響

アメリカザリガニは淡水シジミ大型個体を捕食できず、小型個体のみを捕食していた。また、淡水シジミ小型個体の生存率は底質(砂)が存在する場合に高くなっていた。本研究では底質が存在する場合の淡水シジミ大型個体への捕食圧を検証しなかったが、底質がない場合でも生存率が 100%であったことから、大型個体の生存率は底質に大きく影響されることは少ないと考察できる。以上のことから、アメリカザリガニは殻長 10mm を超える淡水シジミ大型個体を捕食することは困難であること、小型個体に対してはその捕食圧が高いこと、およびその捕食圧は底泥が堆積している場合に緩和されることが明らかになった。アメリカザリガニによる稚貝を含む淡水シジミ小型個体への捕食圧は深刻であることが室内実験により示された。

アメリカザリガニが侵入した水域では、水生昆虫や水生植物の減少が頻繁にみられる(伴 2002, Harper et al. 2002, Anastacio et al. 2006)。著者らが行った室内実験の結果から、淡水シジミに対しても同様の影響を及ぼしうることが明らかになった。したがって、野外環境においてもアメリカザリガニは淡水シジミ類の減少要因となっている可能性がある。以上のことから、護岸された農業水路における淡水シジミ集団の生息域内保全には、アメリカザリガニの個体数管理が有効かもしれない。加えて、捕食実験から、底質が存在する場合に淡水シジミ小型個体への捕食圧が低下することが示された。つまり、アメリカザリガニの捕食による淡水シジミ小型個体(稚貝)への影響を軽減するという視点からも、砂が堆積した水路環境の重要性が示される。

底質に着目した在来種保全と外来種管理の可能性

本研究により、農業水路における淡水シジミの個体数は、水路内の底質の有無に依存することが示さ

れた。このことから、淡水シジミの生息域内保全について、短期的には底質が 1cm ほどたまるような対策（例えば、土のうの投入など）をとりコンクリートの露出を防ぐとよいだろう。また、中長期的には、水路底面や側面に木杭を設けたり、底質供給装置としての泥溜めを設置したりすることも効果的であろう。この考え方は、淡水シジミと同様に、農業水路の水底を生息場所とするイシガイ *Unio douglasiae* やドブシジミ *Sphaerium japonicum* など他の二枚貝にも適用できる可能性がある。

一般に、三面コンクリート護岸が施された農業水路では、出現する水生生物の種が少なくなる（佐藤・東 2004）。しかし、護岸された水路であっても、適度に土砂を堆積させ流出させることができる泥溜めや魚溜工（皆川ほか 2015）を設置することで、二枚貝だけでなくスナヤツメ *Lethenteron reissneri*（中川ほか 2007）やドジョウ属 *Misgurnus* spp.（斉藤 2015）をはじめとする底生魚の生息にとっても有利にはたらく水底の環境を維持することができると考ええる。すでに護岸されて水辺の賑わいを失った農業水路を、農業生産と生物多様性維持が両立できる構造（平松ほか 2010）にするための知見を蓄積することが今後重要になるだろう。

本論文で「淡水シジミ」の用語を充てたのは、当地の個体群、つまり在来種であるマシジミ *Corbicula leana* と外来種であるタイワンシジミ *C. fluminea* の 2 種を分類学上の混乱のために明確に区別できなかったためである（石橋・古丸 2003, 増田・内山 2009, 山田ほか 2010, 酒井ほか 2014）。加えて、両種を別種として分けることを疑問視する考え方もある（Morton 1986, 山口正士 私信）。一般に、タイワンシジミは繁殖力が旺盛で、しばしば、水路環境を悪化させることが危惧されている（園原 2005, 安木 2012）。本研究における微生息場所の調査とアメリカザリガニによる捕食実験から、水路の底質の有無が淡水シジミの生息に直接的かつ間接的に影響する可能性が挙げられた。このことから、仮に、農業水路で外来シジミ急増の兆しがみられる場合には、泥上げ作業を実施し底質の厚みを小さくすることで、外来シジミが異常に増殖するリスクを未然に取り除けることが見込まれる。

謝辞

本研究を実施するにあたり、元琉球大学教授でありルミナス・ヒムカ水生生物研究所主宰の故・山口正士博士には、研究計画の着眼点についてご助言を頂いた。また、鹿児島大学の牧野暁世氏および滋賀県立大学の津田廉正氏、森井清仁氏には、現地での調査にご協力いただいた。最後に、本研究は平成 26 年度 TaKaRa ハーモニストファンドの援助により遂行された。ここに記して深く御礼申し上げる。

引用文献

- 阿部 司・岩田明久. 2009. アユモドキ: 存続のカギを握る繁殖場所の保全. 魚雑 54: 234–238.
- Anastacio, P.M., Parente, V.S. & Correia, A.M. 2005. Crayfish effects on seeds and seedlings: identification and quantification of damage. Freshw. Biol. 50: 697–704.
- 伴 浩治. 2002. アメリカザリガニ. 日本生態学会(編). 外来種ハンドブック, pp. 169. 地人書館, 東京.

- Harper, D.M., Smart, A.C., Coley, S., Schmitz, S., Gouder de Beauregard, A.C. North, R., Adams, C., Obade, P. & Kamau, M. 2002. Distribution and abundance of the Louisiana red swamp crayfish *Procambarus clarkii* Girard at Lake Naivasha, Kenya between 1987 and 1999. *Hydrobiologia* 488: 143–151.
- 平松 研・西村眞一・清水英良・中根正喜・一恩英二. 2010. 農業排水路の改修が魚類相に与える影響 — 生態系配慮工法を導入した大江排水路の事例 —. *農業農村工学会論文集* 270: 69–78.
- 平野克己・藤原次男. 1987. マシジミの成長と寿命. *水産増殖* 35: 183–189.
- 川尻 稔. 1948. マシジミの幼貝について. *日水誌* 14: 17–22.
- 池末 弥・志垣誠一. 1976. マシジミの生態に関する研究. *水産増殖* 24: 68–74.
- 石橋 亮・古丸 明. 2003. 琵琶湖淀川水系, 大和川水系におけるタイワンシジミの出現状況. *Venus* 62: 65–70.
- Jacobs, J. 1974. Quantitative measurement of food selection: a modification of the forage ratio and Ivlev's electivity index. *Oecologia* 14: 413–417.
- 環境省. (オンライン) 環境省絶滅危惧種検索. <http://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/env> (参照 04-2017).
- 増田 修・内山りゅう. 2009. シジミ科. *日本産淡水貝類図鑑②汽水域を含む全国の淡水貝類* 第 2 版, pp. 200–215. ピーシーズ, 東京.
- 皆川明子・山本達也・西田一也. 2015. 農業排水路における魚類の越冬場造成効果の検証事例. *農業農村工学会論文集* 83: IV_9–IV_10.
- 水野信彦・御勢久右衛門. 1993. *河川の生態学*. 築地書館, 東京.
- Morton, D. 1986. *Corbicula* in Asia – an updated synthesis. *Am. Malacol. Bull. Spec. Ed.* 2: 113–124.
- 内藤和明・菊池直樹・池田 啓. 2011. コウノトリの再導入 — IUCN ガイドラインに基づく放鳥の準備と環境修復 —. *保全生態学研究* 16: 181–193.
- 中川雅博・浅香智也・鈴木誉士. 2007. 琵琶湖につながる農業用水路における魚類の季節的消長 — 絶滅危惧種スナヤツメの増加に焦点をあてて —. *関西自然保護機構会誌* 28: 127–139.
- 中川雅博・浅香智也・山野ひとみ・鈴木誉士. 2009. 琵琶湖につながる農業水路におけるカネヒラ *Acheilognathus rhombeus* 個体数の経月および経年変化. *南紀生物* 51: 122–126.
- 波部忠重. 1961. *原色日本貝類図鑑(続)*. 保育社, 大阪.
- プリマック, R.B.・小堀洋美. 1997. *保全生態学のすすめ 生物多様性保全のためのニューサイエンス*. 文一総合出版, 東京.
- 斉藤憲治. 2015. ドジョウの仲間. *くらべてわかる淡水魚*, pp. 62–74. 山と溪谷社, 東京.
- 酒井治己・高橋俊雄・古丸 明. 2014. 日本産マシジミおよび外来タイワンシジミ類のアロザイム変異と淡水シジミ類の多様性. *Venus* 72: 109–124.
- 佐藤太郎・東 淳樹. 2004. 農業用小河川における生態系に配慮した排水路改修が魚類相と生息環境に及ぼす影響. *野生生物保護* 9: 63–76.
- 滋賀県生き物総合調査委員会. 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. サンライズ出版, 彦根.
- 曾我部共生・浦部美佐子・渡邊輝世. 2014. ミシシippアカミガメが彦根城中堀に自生するオニバス群落に与える影響の検証. 地域自然史と保全 36: 95–108.
- 園原哲司. 2005. 相模川水系におけるタイワンシジミの侵入状況とシジミ亜科分類の変遷. Actinia 16: 11–19.
- 鈴木誉士・浅香智也・中川雅博. 2006. 琵琶湖につながる護岸された農業用水路におけるスナヤツメ *Lethenteron reissneri* 個体数の経月および経年変動. 関西自然保護機構会誌 28: 49–57.
- 山田允哉・石橋 亮・河村功一・古丸 明. 2010. ミトコンドリア DNA のチトクローム *b* 塩基配列および形態から見た日本に分布するマシジミ, タイワンシジミの類縁関係. 日水誌 76: 926–932.
- 安木新一郎. 2012. 京都府木津川市における淡水性シジミの分布. 国際研究論叢: 大阪国際大学紀要 25: 235–238.

The habitat of freshwater clams found in a drainage ditch connected to Lake Biwa,
Japan, and consideration of ditch management approaches for protecting the
vulnerable Asian clam, *Corbicula leana*

Daisuque Kitano^{*1}, Takashi Suzuki², Masahiro Nakagawa³, Tomonari Asaka⁴

¹ Biwako Satellite-area Research Group; Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture, 2500 Hassaka, Hikone-shi, Shiga 522-8533, Japan

² Biwako Satellite-area Research Group, 8-18-205 Kotobuki, Takarazuka-shi, Hyogo 654-0865, Japan

³ Biwako Satellite-area Research Group, 24-1 Tsurunosato, Otsu-shi, Shiga 520-0826, Japan

⁴ Biwako Satellite-area Research Group, 3-97-9 Odabuchi, Toyokawa-shi, Aichi 442-0844, Japan

* Corresponding author E-mail: dai.suke.tdg@gmail.com

Abstract *Corbicula leana*, classified as a vulnerable species in Japan, is a freshwater bivalve. While the species is declining in number across Japan, research into the current population size and cause of decline is lacking, and an investigation into effective conservation methods is overdue. This study focuses on the waterways connecting to Lake Biwa and aims to define approaches to manage clam numbers in the wild through the following: (1) measuring seasonal changes in the number of clams in drainage ditches, (2) examining conditions of the sedimentary environments preferred by the species, and (3) evaluating the influence of predation of the red swamp crayfish *Procambarus clarkii* on the clam. Over the research period, the number of freshwater clams in the drainage ditches fluctuated and reproductive individuals increased in summer and autumn. We also found that large numbers of the species could be found in environments containing sedimentary materials such as sand. It was also clear from our laboratory experiments that the red swamp crayfish preys on small freshwater clams but we also found that predation pressure varied depending on whether sediment was present. Thus, to manage clam habitats, encouraging silt deposition and developing a means of measuring sediment thickness may be effective, in addition to regularly removing red swamp crayfish from drainage ditches.

Keywords: endangered species, freshwater clams, in situ conservation, microhabitat, red swamp crayfish

Received: April 19, 2017/ Accepted: July 26, 2017