

カワヒバリガイの濾過摂食能力

川瀬 基弘

愛知みずほ大学人間科学部

1. はじめに

カワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* は、中国大陸・朝鮮半島に分布しており、特定外来生物に指定されたイガイ科の淡水二枚貝である^{1, 2)}。日本でも 1990 年代になって野生化した個体が確認されるようになった³⁾。日本での生息域は、琵琶湖・淀川水系および木曾川水系等に加え、2005 年には豊田市矢作川水系での大量繁殖が報告されている^{4, 5)}。

カワヒバリガイの大量発生による被害は、利水施設の導水障害、寄生虫の中間宿主となること、生態系の破壊、大量死滅による水域の汚濁や腐敗臭の発生などが知られている³⁻⁶⁾。一方、カワヒバリガイは濾過摂食性であり、透明度低下の原因となる植物プランクトンを減少させることが知られている⁷⁾。しかし、本種の濾過摂食能力に関する研究は極めて少なく、汚濁の原因となる生元素の分析まではほとんど行われていない。そこで本研究では、研究例の少ないカワヒバリガイの濾過摂食能力を、濁度、クロロフィル a(Chl.a)、炭素および窒素に注目して室内実験により検証した。

2. 実験方法

実験には、豊田市矢作川水系で採集したカワヒバリガイ *Limnoperna fortunei* を用いた。実験に用いたカワヒバリガイは実験に供する植物プランクトン *Chlorella vulgaris* を毎日充分に与え、30 日以上室内の水槽に馴致させた。

実験には市販の縦 270 mm×横 180 mm×高さ 120 mm のプラスチック容器を使用し、飼育実験溶液 2.5 L を投入した。飼育実験溶液中のクロロフィル a (Chl.a)濃度は約 400 μ g L⁻¹とした。実験中はエアレーションを充分に行い、水温を 20(±1.5)°C に保ち、*C. vulgaris* の沈殿を防ぎ、均等に分散させるために適度な水流を作った。昼夜における濾過摂食能力の違いを求めるために、明条件、暗条件とそれぞれの対照区の 4 容器を用いた。明条件には 2 本の 40 W 普通蛍光灯(2000 Lx)を当て、暗条件は二重のアルミ箔で容器を被い光を遮断した。また、それぞれの対照区の容器では貝を入れないプランク実験を実施した。

実験容器には、殻長 18(±1)mm、軟体部湿重量の平均 0.12g のカワヒバリガイを各 10 個体ずつ投入した。

実験方法は、二枚貝の濾過速度を測定するのに多く用いられている間接法⁸⁾を採用し、実験開始時から 1 時間毎に採水して 6 時間後までの 7 回を測定した。採水時には、粘液状物質として排出された糞と擬糞の混入を避けた。

2-1. 測定項目と測定機器

濁度は積分球式法[JASCO V-550]で、カオリン濁度標準液を基に定量した。クロロフィル a (Chl.a)は、試料水をガラス繊維濾紙(Whatman GF/F)で吸引濾過後、92%アセトン抽出し、ロレンツェン法により蛍光光度計[TURNER 10-AU]で測定した⁹⁾。全有機炭素(TOC)、溶存有機炭素(DOC)および全窒素(TN)、全溶存窒素(TDN)の分析には、ガラス繊維濾紙(Whatman GF/F)で濾過後の濾液を溶存態炭素と溶存態窒素、処理をしないものを全炭素と全窒素とした。試料に塩酸 200 μ L を加え、炭酸を追い出した後に TOC 分析装置[SHIMADZU TOC-V, TNM-1]による乾式(850°C 燃焼)法を用い定量した。

2-2. 汚濁物質の除去量

汚濁物質の除去量を無次元で表示するために、次の式(Nakamura et al.¹⁰⁾)を用いた。

$$F = V/T[\ln(C_0/C_t) - \ln(C_{b0}/C_{bt})] \cdots (1)$$

F: 濾水量(ml h⁻¹), V: 実験に用いた水量(ml), T: 実験時間(h), C₀: 淡水貝を投入した容器内での実験開始時の濁度(mg L⁻¹), C_t: 淡水貝を投入した容器内での t 時間後の濁度(mg L⁻¹), C_{b0}: 対照区の容器内での実験開始時の濁度(mg L⁻¹), C_{bt}: 対照区の容器内での t 時間後の濁度(mg L⁻¹)を表す。(1)式を対照区の変化量で除して、以下の(2)式のように変換し、縦軸を無次元化した。

$$(C_t/C_0)/(C_{bt}/C_{b0}) = \exp[-(F/V)T] \cdots (2)$$

濁度の経時変化と同様に、本式を用いて、Chl.a, TOC, TN の除去量を図示した。

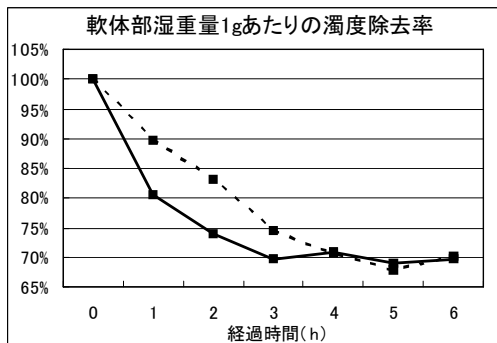


図1 カワヒバリガイの濁度除去率
(実線は明条件, 破線は暗条)

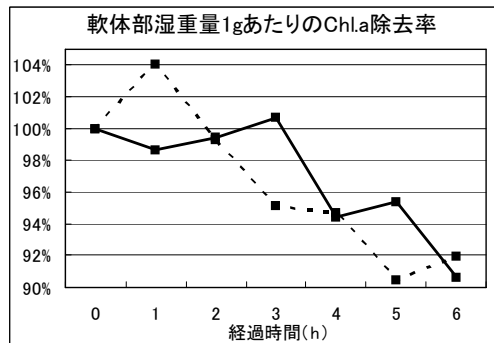


図2 カワヒバリガイのChl.a除去率
(実線は明条件, 破線は暗条)

3. 濾過摂食能力

3-1. カワヒバリガイの濁度除去量の経時変化

カワヒバリガイの6時間の濁度除去量を無次元化して示すと図1のような経時変化を示した。なお濁度の除去量が初期濁度に依存しないように(2)式の左辺を縦軸として示した。図1より、カワヒバリガイは6時間で軟体部湿重量1gあたり明・暗条件ともに30%の濁度を除去し、透明度低下を防止していることが分かった。

3-2. カワヒバリガイのChl.a除去量の経時変化

同一実験でのカワヒバリガイのChl.aの除去量を図2に示した。明・暗条件ともに実験開始時から6時間後の間にChl.aが一時的に増加するなど、やや不安定な経時変化を示したが、全体的には減少傾向を示した。実験開始から6時間後の値は、明・暗条件ともにChl.aを減少し、明条件では実験開始6時間後に9%、暗条件では8%のChl.aを減少した。

3-3. カワヒバリガイのTOC除去量の経時変化

実験開始から6時間後までのTOC減少の経時変化を図3に示した。明条件では3時間までは減少傾向の変化がみられたが、それ以後の変化は少なく6時間で24%(100%−76%)の減少が認められた。暗条件でも3時間までは減少傾向の変化がみられたが、それ以後の変化は少なく6時間で34%(100%−66%)の減少が認められた。

3-4. カワヒバリガイのTN除去量の経時変化

TOC同様に、実験開始から6時間後までのTN減少の経時変化を図4に示した。明・暗条件ともに実験開始から急速に減少し、その後も3時間後まではTNを減少しており、その後特に大きな変化は認められなかったが、6時間での減少率は明条件で27%、暗条件で29%が得られた。

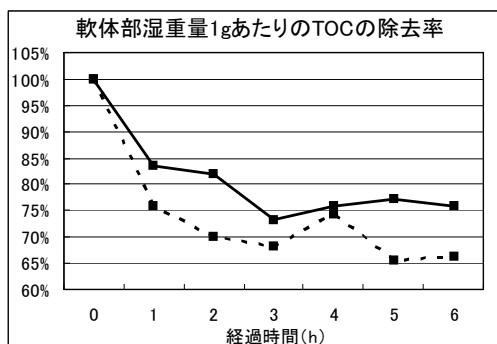


図3 カワヒバリガイのTOC除去率
(実線は明条件, 破線は暗条)

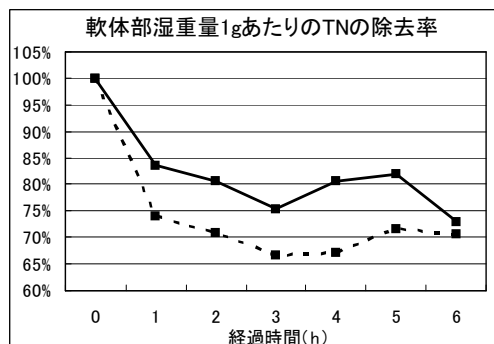


図4 カワヒバリガイのTN除去率
(実線は明条件, 破線は暗条)

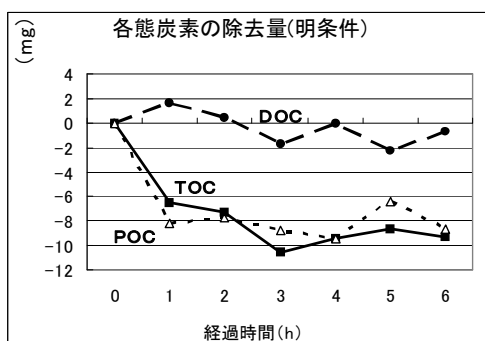


図5 カワヒバリガイ軟体部湿重量 1g あたりの各態炭素の除去量 (■ : TOC, ● : DOC, △ : POC)

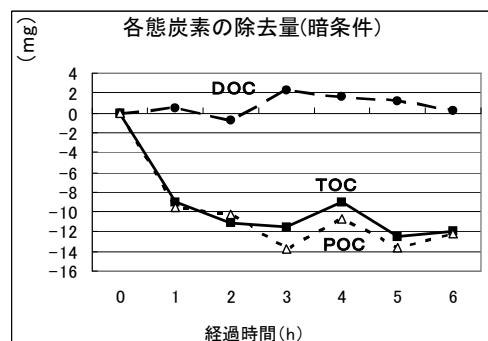


図6 カワヒバリガイ軟体部湿重量 1g あたりの各態炭素の除去量 (■ : TOC, ● : DOC, △ : POC)

3-5. TOC・DOC・POC 除去量の経時変化

図3からカワヒバリガイは、6時間に明条件で24%、暗条件で34%のTOCを減少していることが分かったので、TOCが溶存態か懸濁態であるかを知るために、DOC(溶存態有機炭素)とPOC(懸濁態有機炭素)を計測した。POCは $POC=TOC-DOC$ により算出した。その結果を明条件は図5に、暗条件は図6にそれぞれ示した。なお縦軸の単位は0時間を基準とした増減値で示した。DOCの減少はほとんど認められずに、POC値に大きな減少があり、TOCの除去はPOCであり、明条件でPOCは8.6mg、暗条件で12.2mgの減少が認められた。

3-6. TN・TDN・PON 除去量の経時変化

図4によって、6時間に明条件で27%、暗条件で29%のTNを減少していることが分かったので、TNが溶存態か懸濁態であるかを知るために、TDN(全溶存窒素)とPON(懸濁態有機窒素)を計測した。そこで、減少しているTNの状態が溶存態か懸濁態であるかを調べるために、TDN(全溶存窒素)を計測した。PONは $PON=TN-TDN$ により算出した。その結果を明条件は図7

に、暗条件は図8にそれぞれ示した。なお縦軸の単位は0時間を基準とした増減値で示した。明・暗条件ともにTDNの変動は小さく、減少したTNの大部分はPONであり、明条件でPONは 2.5mg g^{-1} 、暗条件で 2.6mg g^{-1} の減少が認められた。

3-7. 淡水二枚貝類の濁度除去量

カワヒバリガイの濾過摂食能力が大きいことは、Sylvesterら⁷⁾の研究で明らかにされている。しかし、実験方法や実験条件が異なるため、日本産の他の淡水二枚貝類と濾過摂食能力を比較することは困難である。そこで、本実験では、愛知県豊田市の矢作川水系で採集したカワヒバリガイの他に、国内の河川や湖沼に生息するタイワンシジミ *Corbicula fluminea* (外来種)、イシガイ *Unio douglasiae nipponensis*、マツカサガイ *Pronodularia japonensis*、ササノハガイ *Lanceolaria grayana*、ドブガイ *Anodonta woodiana*、カワシジメ *Margaritifera laevis*、オバエボシガイ *Inversidens brandti* との濁度の除去量を比較し図9に示した。種類毎の個体の大きさによる影響が、濁度の除去量に与える影響をなくすために、軟体部湿重量1gあたりの濾過

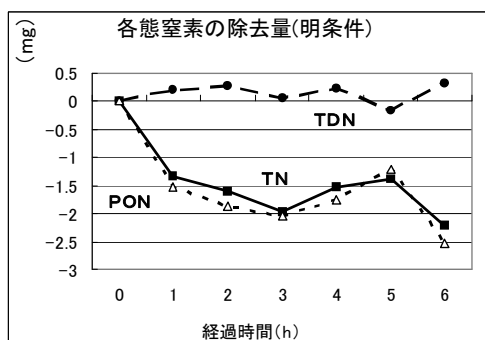


図7 カワヒバリガイ軟体部湿重量 1g あたりの各態窒素の除去量 (■ : TN, ● : TDN, △ : PON)

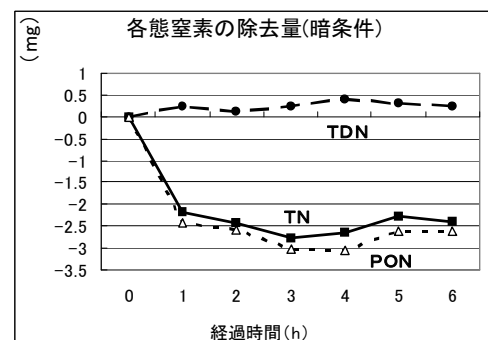


図8 カワヒバリガイ軟体部湿重量 1g あたりの各態窒素の除去量 (■ : TN, ● : TDN, △ : PON)

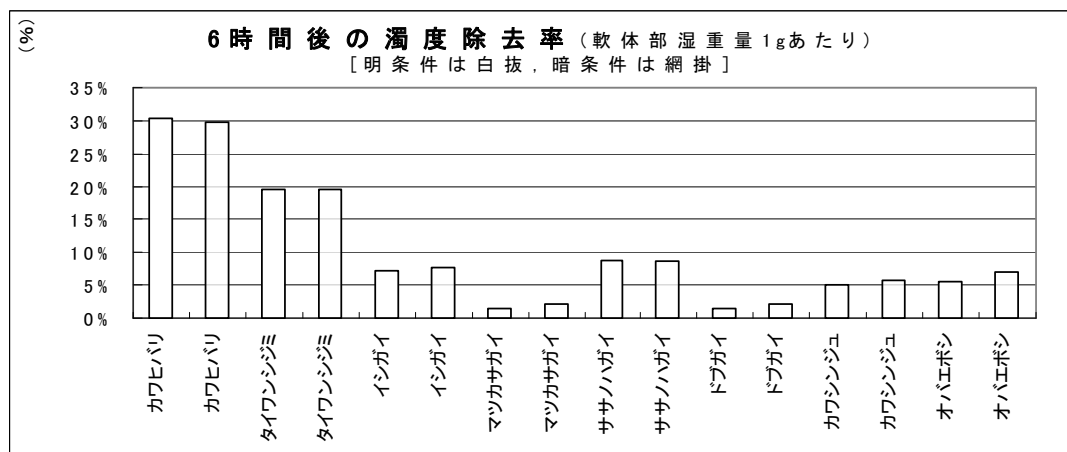


図9 淡水二枚貝類の濁度除去率 (大きさの違いが除去量に影響しないように軟体部湿重量1gあたりで示した)

摂食能力として示してある。カワヒバリガイの濁度除去量が明・暗条件ともにもっとも大きい値を示した。

カワヒバリガイ(明条件 30.3%, 暗条件 29.8%)の除去量は、2番目に大きい値を示したタイワンシジミ(明条件 19.6%, 暗条件 19.5%)と比べて、明・暗条件ともに約 1.5 倍であった。次に、もっとも小さい値を示したマツカサガイ(明条件 1.4%, 暗条件 2.1%)やドブガイ(明条件 1.4%, 暗条件 2.1%)と比較すると、カワヒバリガイは明条件で 21.6 倍、暗条件で 14.2 倍の濾過摂食能力をもつことが分かった。また、図9よりイシガイ類の多くは、明条件より暗条件で濁度の除去量が若干大きい値を示すが、カワヒバリガイでは明・暗条件の違いがほとんどないものと考えられる。

3-8. カワヒバリの濾過摂食能力

以上の実験結果から、カワヒバリガイは、外来種を含めた国内に生息する主要な淡水二枚貝類の中で、もっとも大きな濾過摂食能力をもつことが分かった。濁度、POC、PON の 6 時間後の収支は、いずれも概ね 30% を減少させた。また、実験の結果から計算されたカワヒバリガイ 1 個体あたり 1 時間の濾水量(Filtration rate)は、約 112 ml ind⁻¹ h⁻¹であった。これは、Sylvester et al. 7) の研究(125-350 ml ind⁻¹ h⁻¹)に比較してやや低い値であった。この原因としては、実験方法の違いや水温、個体数、個体サイズなどの実験条件の違いによるものと考えられる。

4. まとめ

本研究により特定外来生物のカワヒバリガイには、6 時間に濁度で約 30%、Chl.a で約 9%、POC の明条件で 22%、暗条件で 34%、PON の明条件で 31%、暗条件で 32%の減少と大きな濾過摂食能力があることが

分かった。また、単位湿重量 1g あたりの濾過摂食能力は、他の淡水二枚貝類よりも極端に大きいことも判明した。したがって、サイズの大きいイシガイ類などと比較して、サイズの小さいカワヒバリガイの個体あたりの濾過摂食能力は小さいが、本種は大量繁殖し巨大な個体群を形成するのでその濾過摂食能力は極めて大きいと推定できる。

5. 謝辞

本研究は、私立大学等経常費補助金特別対象事業の「教育・学習方法等改善支援」の助成を受けて行われた。ここに記し、貴重な成果が得られたことについて深謝する次第である。

6. 引用文献

- 1) 松田征也, 中井克樹; カワヒバリガイ~利水施設に悪影響をもたらす二枚貝~. 外来種ハンドブック, 地人書館, 173, 2002.
- 2) 池田晴彦; 外来生物辞典. カワヒバリガイ属の全種, 東京書籍, 164-165, 2006.
- 3) 中井克樹; カワヒバリガイの日本への侵入. カワヒバリガイの日本への侵入. 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, 71-85, 2001.
- 4) 内田臣一, 白金晶子, 内田朝子, 田中良樹, 土井幸二, 松浦陽介; 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, 2007.
- 5) 櫻庭宏宇, 濱田稔, 上原正成; 矢作川のカワヒバリガイの生態, 電力土木, 334, 26-29, 2008.
- 6) 中西正治, 向井聖二; 浄水施設におけるカワヒバリガイの駆除方法とその駆除事例, 用水と廃水, 39 (11), 15-18, 1997.
- 7) Sylvester, F., Dorado, J., Boltovskoy, D., Juarez, A. and Cataldo, D.; Filtration rates of the invasive pest bivalve *Limnolerna fortunei* as a function of size and temperature, *Hydrobiologia*, 534, 71-80, 2005.

- 8) 山室真澄；懸濁物食性二枚貝と植物プランクトンを通じた窒素循環に関する従来の研究の問題点(総説), 日本ベントス学会誌, 42, 29-38, 1992.
- 9) 日本分析化学北海道支部；水の分析 第3版, 化学同人, 1-504, 1981.
- 10) Nakamura, M., Yamamuro, M., Ishikawa, M. and Nishimura, H. ; Role of the bivalve *Corbicula japonica* in the nitrogen cycle in mesohaline lagppn, *Marine Biology*, 99, 369-374, 1988.