

河川横断工作物がエビ・カニ類に及ぼす影響と その個体群の復元について

The Effect on Shrimp and Crab Populations of Engineering Structures Damming Rivers and on Methods to Restore Populations to the Upper Reaches

浜野龍夫¹・三矢泰彦²・石崎勝義³

Tatsuo HAMANO, Yasuhiko MIYA and Katsuyoshi ISHIZAKI

1. はじめに

子どもたちには川の魚をとることは難しく、かつては、エビ・カニ類をとって遊んでいた。ところが近頃では、一見すると水辺の風景は昔と変わらないのに、川の中からエビ・カニ類が姿を消している所が多い。モクズガニやテナガエビ類は食用としても有用な種類である。日本の河川の淡水域には、エビ類12種、カニ類2種（地域限産種、ザリガニ類は除外）が分布している。これらは生活史により、「陸封型」と「通し回遊型」に大別できる。陸封型の動物は淡水域だけで繁殖が可能であるが、通し回遊型のものは、生活史の中で一度は海に下らなければ繁殖ができない。上記14種のうち、エビ類7種（ヌマエビ類とテナガエビ類）・カニ類1種（モクズガニ）の計8種が、通し回遊型の生活史を持ち（表－1）、浮遊幼生期を塩分のある水域（河口

表－1 河川の中・上流域に生息するエビ・カニ類の生活史による分類

生活史	グループ	種 類*	分布地域
通し回遊型	ヌマエビ類	ヌマエビ（小卵型） トゲナシヌマエビ ミゾレヌマエビ ヒメヌマエビ ヤマトヌマエビ	本州中部以南 本州中部以南 本州中部以南 本州中部以南 本州中部以南
	テナガエビ類	ヒラテテナガエビ ミナミテナガエビ	本州中部以南 本州中部以南
	カニ類	モクズガニ	日本各地
陸封型	ヌマエビ類	ヌマエビ（大卵型） ヌカエビ ミナミヌマエビ	北海道を除く 本州中部以北 本州中部以南
	テナガエビ類	スジエビ テナガエビ	日本各地 本州中部以南
	カニ類	サワガニ	北海道を除く

*地域限産種、ザリガニ類は除外

キーワード：河川，ダム，エビ，カニ，魚道

1 農林水産省 水産大学校 助教授 生物生産学科（〒759-6595 下関市永田本町2-7-1, hamanot@fish-u.ac.jp）

2 長崎大学 教授 環境科学部 環境科学科（〒852-8521 長崎市文教町1-14, miya@net.nagasaki-u.ac.jp）

3 長崎大学 教授 環境科学部 環境科学科（〒852-8521 長崎市文教町1-14, isizaki2@net.nagasaki-u.ac.jp）

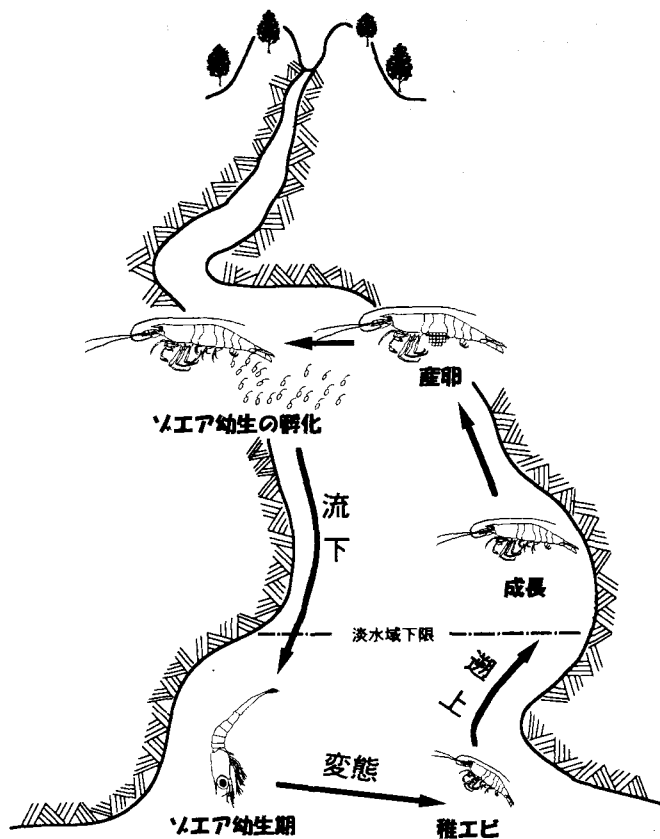


図-1 通し回遊型であるヤマトヌマエビの生活史。

メスは淡水域で産卵し、ふ化するまで卵を腹に抱いて保育する。ふ化したゾエア幼生は海域まで流下し、幼生期を海で過ごして稚エビに変態した後、川を遡上する。ヌマエビ類やテナガエビ類も同様の生活史を持っているが、モクズガニやテナガエビ類の一部では、成体が降河し、河口付近で交尾し抱卵することが知られている。

や海)で過ごした後に、稚エビや稚ガニとなって川を遡上する。

1.1 通し回遊型の生活史

たとえば、ヤマトヌマエビという観賞魚としても人気のある美しいエビは、河川源流部、最上流域に生息するため、淡水で生活史が完結していると誤解されていることが多い。しかしながら、本種の幼生は淡水中では育たず、海水濃度が50%以上(体積)なければ稚エビに変態できないことが確認されており¹⁾、さらに、稚エビが海から群れて遡上してくる現場も観察されている²⁾ことから、幼生期を海域で過ごしていることは間違いない。よって、典型的な「通し回遊型」の生活史を持つエビと言えよう(図-1)。

1.2 遡上阻害により衰退した個体群の復元方法

著者らは、これらのエビ・カニ類の河川における分布や生態について調査研究を継続してきた。その結果、ダム・堰・砂防堤により、エビ・カニ類の遡上が阻害されているために、その上流域では、エビ・カニ類の個体群の絶滅あるいは衰退が起きている所が見受けられた。こうした個体群を復元する現実的な方法としては、「種苗の放流」と「魚道の設置」という二つの手法が考えられる。産業的に重要なモクズガニでは、実際に種苗が生産され試験放

表-2 長崎県雪浦川にある魚道のないダムにより通し回遊性エビ・カニ類が受けた影響

種 名	本来の主生息場	ダムの影響
ヤマトヌマエビ	ダムより上流域	ダムを越えて遡上するものもわずかにいるが、上流域の個体群はほぼ絶滅。
トゲナシヌマエビ ヒラテテナガエビ ミナミテナガエビ	ダムより上流域	ダムを越えて遡上できない。上流域の個体群は絶滅。
ミゾレヌマエビ ヒメヌマエビ	ダム付近	主分布域がダム湖に沈み、また、ダムを越えることができないため、結果として分布の上限が下流域に移った。
モクズガニ	河川全域。ただし、大型個体はダムより上流部	ダムを上ってもダム湖内に留まり、それより上流へは遡上しない。上流域の個体群はほぼ絶滅。

流が実施されているものの、かなりの生産コストが必要である。さらに、通し回遊型のヌマエビ類やテナガエビ類については、まったく種苗生産は行われていない。よって、これらの個体群を、目に見えて実感できる資源量にまで復元するには、種苗の放流に頼るには技術的、経済的に無理があることから、現時点では「魚道の設置」を検討する方が得策であろう。ところが、エビ・カニ類は魚類とは異なり、主に歩行により遡上を行うため、遊泳力の強い魚類を念頭に置いて設置された魚道が、彼らにとって機能的なものかどうかは疑わしい。しかしながら、実験の結果、これらの工作物に比較的簡便な改良を加えることによって、エビ・カニ類を上流域へ遡上させることが可能のように思われた。

本稿では、これまでの著者らの調査研究結果を総括する形で、河川における横断工作物の影響、エビ・カニ類の遡上生態、専用魚道に関する研究例を紹介し、絶滅あるいは衰退したそれらの個体群の現実的な復元方法について提案を行う。

2. エビ・カニ類の遡上を妨げる横断工作物の実例

2.1 長崎県雪浦川の例

長崎県大瀬戸町を流れる雪浦（ゆきのうら）川は、東シナ海へと流下する流路延長約 14.5 km の二級河川で、河口より約 5.5 km 上流に魚道のない雪浦ダム（堤高 44 m、総貯水量 390 万 m^3 ）が設置されている。エビ・カニ類の分布調査を行った結果^{3,4)}をもとに考察したところ、すべての通し回遊型のエビ・カニ類にとって、このダムは障害となっており、表-2 のような影響を及ぼしていると考えられた。

2.2 熊本県河内川の例

また、熊本県天草の栖本町内を流れ不知火海に注ぐ流程十数 km の河内川は、ほぼ垂直の高さ 2 m 前後の堰あるいは落差工が河口から上流域にかけて 15 基ほど存在する。1997 年 10 月に河内川の 6 カ所で採集および目視調査を実施したところ、通し回遊型のエビ・カニ類では、エビ 2 種（ミゾレヌマエビ・ミナミテナガエビ）とカニ 1 種（モクズガニ）の分布を確認できた。このうち、モクズガニは上流部まで観察されたものの、

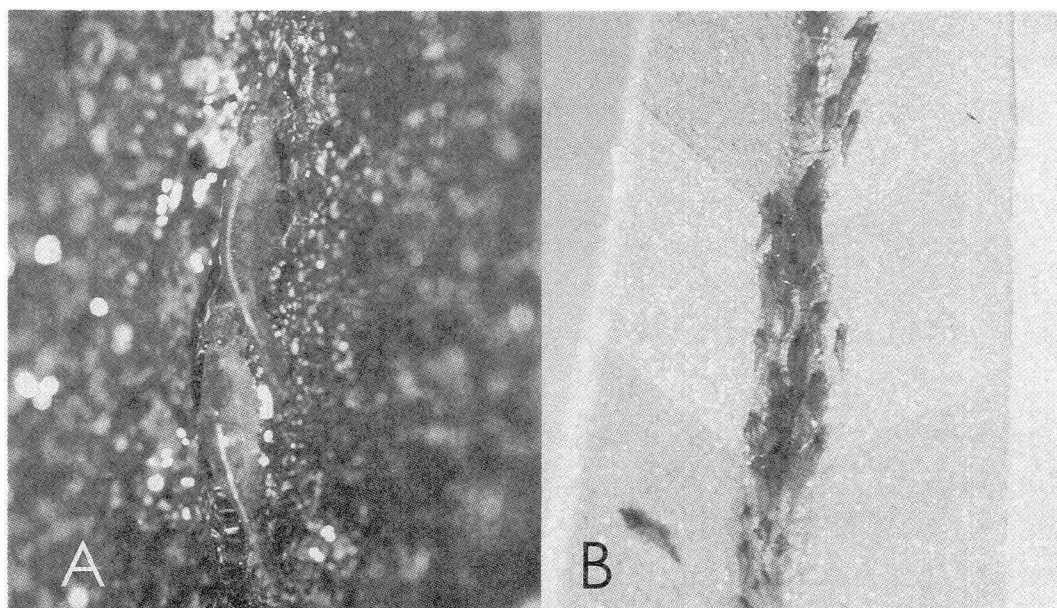


図-2 遡上中のエビ類。(A) 垂直に近い岩面を登攀するエビ類。夏の夜間に強い水流の縁辺部を遡上する。(B) V字型の断面を持つ傾斜 50° の実験魚道を群れて遡上するエビ類。魚道表面には脚先が引っかかりやすい素材を使っているため、落下する個体はいない。

本来は中流域まで分布するはずのエビ類は両種とも分布が下流域に偏っていた。特に、海から500 m上がったところにある最下流の堰（感潮域上限）の下には、遡上できないまま留まっているミナミテナガエビやモクズガニの小型個体が多数観察され、すでに第1番目の堰で遡上阻害が起きていることが判明した。

3. エビ・カニ類の遡上生態

3.1 エビ類の遡上

著者らの観察²⁾では、ヌマエビ類やテナガエビ類は稚エビに変態した後に遡河を行う。遡上はもっぱら夏から秋の夜間に行われる。川の流芯部ではなく、岸辺の、エビの背部が空気中に露出するほど浅い、ゆるやかな流れの部分で、腹肢を使って泳ぎ、あるいは歩脚で歩きながら遡って行く。岩が川を遮っているような所では、水が上から伝わり落ちてくるところを選んではい上がる。どの個体も同じルートを通って壁面をよじのぼり、多いときには隊列を組んでいるかのようにひしめきあって登って行く（図-2A）。写真撮影のストロボ閃光により遡上行動が止まることはなかったが、懐中電灯の連続光では壁面上のエビは遡上を中断し、後退するか落下した。また、流れをせき止めて壁面の違う部分から水が伝わり落ちるようにすると、ただちに遡上経路もそちらに変わった。このような観察結果から、これらの稚エビが連続光を嫌うことや正の流れ走性を持つことが判明し、河川水の流向や流速が遡上方向や遡上速度を決定する主要因になっていると考えられる。

3.2 モクズガニの遡上

モクズガニの場合には、メガロパ幼生の状態で遊泳あるいは川岸付近を歩行して遡河する。遡上は周年認められ、河川によって盛期が異なる。稚ガニになるとエビ類とは異なり、流れの速い流芯部の川底を歩いて遡河する。流速と水温が一定の条件を充たしていれば、昼夜にかかわらず遡上し、エビ類のように連続光によって遡上が阻害されるようなことはない（浜野・稲田、未発表資料）。

4. エビ・カニ類のための魚道の条件

4.1 素材、構造

すぐれた遊泳力や跳躍力を持たないエビ類やモクズガニには、アユなどの魚類を対象に設置された魚道は通りにくい。著者ら⁵⁾は、魚道の表面構造について野外実験を行った結果をもとに、魚道表面の素材として、耐久性がありエビやカニが脚先をひっかけやすい「気泡コンクリート」を提案した。また、併せて、こうした素材を表面に使った上で勾配を50°以下にすれば、エビ類が容易に遡上できることも明らかにした（図-2B）。

同様の実験魚道はモクズガニにとっても有効で、魚道を通過中にカニが落下するようなことはなかった。比較的大きい流速で水を通した場合に、モクズガニはその流芯をよく遡上し、一方で、エビ類はその水際の飛沫帯を遡上した（浜野・稲田、未発表資料）。

なお、エビ・カニに対して機能していない魚道についても、その側壁の一部を傾斜させ、気泡コンクリートのような表面材を張ることによって、エビ・カニ類が遡河しやすい魚道に改良できよう。また、ダムや堰、砂防堤などの水が伝わり落ちる壁面の一部を気泡コンクリートで覆うだけでも、エビ・カニ類の遡上をずいぶん助けることができる。勾配はゆるい方が良いが⁵⁾、垂直の壁面を上ることも不可能ではない。

4.2 魚道入口への誘導

また、魚道が機能するためには、エビ・カニ類が迷うことなく魚道の入口に到達することが必要である。そこで、魚類で一般に用いられる「呼び水」について、エビ・カニ類への適用を検討する必要がある。エビ類については強い正の流れ走性が観察されており²⁾、モクズガニの場合にも遡上行動を解発する刺激として、流速が重要であることが判明している（浜野・稲田、未発表資料）、呼び水の効果は期待できる。しかし、自然の河川の流況は複雑であるために、選好性のある流れを維持することは難しい。よって、それ以外の方法を発見して、流れと組み合わせる方法が好ましい。

たとえば、夜間のみに遡上を行うエビ類の場合には、連続光を嫌う習性²⁾を利用することができる。連続光の効果については、著者ら⁶⁾がすでに野外で実験済みで、指向性の強い水中ライト（波長400～700 nm）を使用して、光線の数や照射方向を変えて実験した結果、川底を斜めに横切る光線（照度2400～15000 lx）1本で、一方の岸沿いを遡上していたエビ類を川を横切って対岸に移動させることができた。しかしながら、モクズガニの場合には、一定の水温と流速条件の範囲内であれば、日中露天（平均照度15697 lx）・日中遮光（平均照度292 lx）・夜（平均照度0 lx）・夜の照明下（平均照度3247 lx）のいずれの光条件下でもよく遡上し、エビ類のように連続光によって遡上が阻害されるようなことはなかった（浜野・稲田、未発表資料）。よって、光を使って魚道入口へ誘導する方法は、エビ類については有効であるが、モクズガニには適しておらず、さらに別の方法を研究する必要がある。

5. 魚道を用いた上流域の個体群の復元方法

ここで提案したような魚道を使って、下流から遡上してくるエビ・カニ類を上流にたどりつかせることができたとしても、産卵のために降河する親（モクズガニやエビ類の一部）やふ化した幼生（エビ類）を、再び、海域まで帰してやらなければ再生産はできない、しかし、それらを可能にする方法を考えることは難しい。そこで、上流域の個体群を維持するためには：

- (1) 障害となっている工作物にエビ・カニ類が効果的に遡上できる魚道を整備
- (2) その河川の個体群の供給源（メタ個体群）となる個体群を保護

の二つを実行するのが得策であろう。つまり、「降河については考慮せず、遡上できる環境を作り、他所からの加入に期待する方法」である。

しかしながら、(1)では、前述のように魚道入口への誘導方法が解決されていない。また、(2)では、これらのエビ・カニ類は、海域においてプランクトンとしての長い幼生期（ゾエア幼生期、一般には1カ月程度）を持つため、そのメタ個体群がどこにあるかをつきとめることは実際には極めて困難である。その研究も始まったばかりで、やっとエビ類について初期幼生の種判別が可能となった^{7,8)} ところである。

それでも、何もしないよりは、現時点で最善と思われる方法を採用し実行した方が良い。とりあえずは、(1)については「呼び水」を使い、(2)については、メタ個体群となる可能性のありそうな群を、障害となっている工作物の下流に流れ込む支流やその近隣河川から探し出し、その個体群を保護するという考え方で良いのではないだろうか。ただし、せっかくダム・堰・砂防堤を遡上させることができて、そこにできた湖や淵などにブルーギルやオオクチバス（ブラックバス）などのエビ・カニ類を好む肉食魚が高密度に分布している場合には、食害を被ることは必至であるため、これらの駆除が困難な場合には、この水域を回避させて上流へ向かわせるための水路も必要となろう。

6. おわりに

ここで紹介した内容は、著者らの生態学的研究の中から生み出されたものであるが、通し回遊型のエビ・カニ類の個体群の復元を実現させるために必要となる基礎的な知見はかなり蓄積されてきた。よって今後は、経済的かつ技術的に実現可能なより良いプランについて検討し、できるだけ早急に個体群の復元が行われるように、研究・社会活動を続けて行く所存であり、そのためには河川工学を専門とする方々の参加を期待したい。

かつて私たちが幼いときに経験した、手の長いエビ（ミナミテナガエビなど）や爪に毛の生えた大ガニ（モクズガニ）を川で採ったときの感動を、子供たちにも味わってもらえることを心から願っている。

参考文献

- 1) Hayashi, K.-I. & Hamano, T.: The complete larval development of *Caridina japonica* De Man (Decapoda, Caridea, Atyidae) reared in the laboratory. Zoological Science, Vol. 1, No. 4, pp. 571–589, 1984.

- 2) 浜野龍夫・林 健一：徳島県志和岐川に遡上するヤマトヌマエビの生態。甲殻類の研究, No. 21, pp. 1-13, 1992.
- 3) 三矢泰彦・浜野龍夫：魚道のないダムが十脚甲殻類の流程分布に与える影響。日本水産学会誌, Vol. 54, No. 3, pp. 429-435, 1988.
- 4) 井手口佳子・浜野龍夫・玉本泰之・三矢泰彦：大瀬戸町雪浦川水系および多以良川水系に生息する十脚甲殻類と魚類について。長崎県生物学会誌, No. 49, 1998 (印刷中).
- 5) 浜野龍夫・吉見圭一郎・林 健一・柿元 皓・諸喜田茂充：淡水産（両側回遊性）エビ類のための魚道に関する実験的研究。日本水産学会誌, Vol. 61, No. 2, pp. 171-178, 1995.
- 6) Hamano, T. & Honke, K: Control of the migrating course of freshwater amphidromous shrimps by lighting. Crustacean Research, No. 26, pp. 162-171, 1997.
- 7) Kikkawa, T., Nakahara, Y., Hamano, T., Hayashi, K.-I. & Miya, Y.: Chromatophore distribution patterns in the first and second zoeae of atyid shrimps (Decapoda: Caridea: Atyidae): a new technique for larval identification. Crustacean Research, No. 24, pp. 194-202, 1995.
- 8) Kikkawa, T., Hamano, T. & K.-I. Hayashi: Chromatophore color fading in the zoeae of *Caridina japonica* (Decapoda: Caridea: Atyidae) under various preservative and temperature conditions. Crustacean Research, No. 25, pp. 93-97, 1996.