

長良川河口堰「せせらぎ魚道」における 密度流の特性とモクズガニの着底・生息分布

SETTLEMENT AND UPSTREAM MIGRATION FOR JAPANESE MITTEN CRAB AND FUNCTION OF SESERAGI-FISHWAY IN NAGARA ESTUARY BARRAGE

和田 清¹・小出水 規行²・今村 和志³
Kiyoshi WADA, Noriyuki KOIZUMI and Kazuyuki IMAMURA

¹正会員 工博 岐阜工業高等専門学校教授 環境都市工学科 (〒501-0495 岐阜県本巣郡真正町上真桑2236)

²正会員 農博 農業工学研究所 主任研究官 生態工学研究室 (〒305-8609 つくば市観音台2-1-6)

³学生会員 岐阜工業高等専門学校 専攻科 建設工学専攻

Settlement and upstream migration in the Japanese mitten crab (*Eriocheir japonica*) was investigated in the Seseragi-fishway in the Nagara estuary barrage. Megalopa larvae settled and metamorphosed to crab stage in the upper tidal zone in the Seseragi-fishway. The youngest crabs were nearly two millimeters in carapace width. After attaining a minimum of four millimeters, the crabs began to migrate upstream and reach the freshwater area. Settlement of megalopa larvae occurred mainly in early summer (June) and early winter (December). Their upstream migration to the freshwater area began in July and August. The majority of larvae that settled in winter did not survive and metamorphose to the crab stage due to low water temperatures. Thus, the growth and upstream migration of the Japanese mitten crab seemed to be strongly influenced by water temperature in the estuary. This mode of settlement with two peaks in summer and early winter reflected the temporal pattern of reproduction observed in the sea. In this study, it is clarified that the Seseragi-fishway have a function of settlement and upstream migration for supplement of decreased estuary zone. With respect to engineering works in estuaries such as the Seseragi-fishway, it is recommended that we take into account the processes of settlement and migration of young crabs.

Key Words : Japanese mitten crab, megalopa larva, settlement, upstream migration, fishway, estuary

1. はじめに

長良川河口堰の運用は1995年に開始され、各々の魚道には、目的に合わせた工夫が凝らされている。魚道の機能評価は、河口堰の運用方針のみならず、今後の魚道のあり方や河口域生態系保全のためのミティゲーション手段を考える上できわめて重要である。

せせらぎ魚道を含めた異なったタイプの魚道の機能評価については、モニタリングデータを利用した遡上魚類や甲殻類に関する解析などが行われている¹⁾²⁾。その結果、河口堰を多数の回遊性水生動物が通過している事実が報告された。降河回遊性のモクズガニについては、成体、未成体ごとに分類して採捕数を比較した結果、せせらぎ魚道で未成体が多く採捕されたこと、成体は呼び水式魚道で多いことなど、甲殻類や魚類の種類・個体数について、各種魚道の特性が明らかにされつつある。

一方、河口堰による汽水域の大幅な縮小は、モクズガ

ニなどの甲殻類にとって、①幼生の着底場所の制限、②稚ガニの生息場所の制限、③堰や湛水域による稚ガニの遡上や親ガニの降下障害などの影響を及ぼすことが考えられる¹⁾。これらの環境変化によって、具体的にどのような変化が生じているのか、また、甲殻類はその変化を通じて魚道をどのように利用して回遊しているのかという実態についての認識が不足しているのが現状である。

こうした観点から、本研究は、モクズガニの生活史の初期段階（メガロパ幼生～稚ガニ）に着目して、せせらぎ魚道におけるモクズガニの生息分布とメガロパ幼生の着底・変態状況を、現地調査から明らかにしようとするものである。具体的には以下のようなものである。まず、せせらぎ魚道の詳細な地形情報を測量によって明らかにし、潮位、流速および密度分布（温度、塩分濃度）などの水理特性を把握する。次いで、約2週間ごとのサンプリング調査結果から、メガロパ幼生の着底場所と最盛期を明らかにすること、また、メガロパ幼生が一齡稚ガニに変態する状況、数年を経過した稚ガニとしての生息量など、

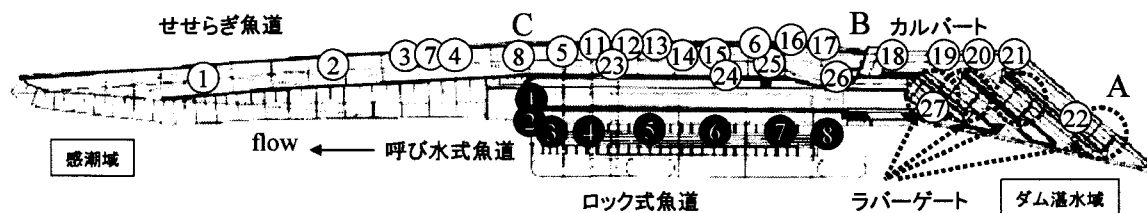


図-1 長良川河口堰右岸における各種魚道の配置と稚ガニトラップ設置地点

モクズガニの成長段階ごとの生息分布を明らかにして、それらの統計的な有意性を検定する。さらに、潮位、流速および密度分布との関係で、メガロパ幼生の着底状況を考察するとともに、せせらぎ魚道と呼び水式（階段式）魚道の比較によって、モクズガニの生活史の観点から感潮域における魚道の機能を評価する。

2. 現地調査の概要

2.1 地形測量

長良川河口堰には3種類（せせらぎ・呼び水式・ロック式）の魚道が設置されている。図-1に示したように、せせらぎ魚道（図中上側）は河口堰の最右岸に設置され、全長320m、幅15m、図中のC地点で河床は、1/347（魚道上流部）、1/110（魚道下流部）の2段勾配となっている。魚道底部は玉石（粒径20～40cm）が配置され、河川のように蛇行と瀬・淵が形成されている。せせらぎ魚道の構造を明らかにするために、2001年12月22～24日および2002年2月19～21日にトータルステーションによる地形測量を実施した。測量範囲は魚道下流端から200m上流までの主要部とし、魚道内における地形変化点や鳥害防止ブロック等の位置を三次元座標に整理した。測量点数は合計850に及び、測点数の多い空間を対象に魚道の河床構造のコンターラインを作成した。魚道には幅約3mの蛇行した濤筋が形成され、その濤筋には鳥害防止ブロック4個単位でマウンド（瀬）が規則正しく配置されていること、魚道は竣工されてから、その構造に大きな変化はないことなどが確認されている³⁾。

2.2 稚ガニトラップ調査

せせらぎ魚道を遡上するモクズガニの幼生（メガロパ）や稚ガニを採捕するために、鳥害防止ブロックの間にレンガと人工芝マット（全4種類）で加工した稚ガニトラップ（縦20cm×横10cm×厚さ1～5cm）を設置した。設置方法の詳細は、参考文献3)を参照されたい。その設置場所の概略を示したものが図-1であり、せせらぎ魚道内に25ヶ所（図中白丸、⑨⑩欠測）、呼び水式魚道周辺に8ヶ所（図中黒丸）の計33地点に40個のトラップを設置している。表-1は、稚ガニトラップの設置状況の推移をまとめたものである。せせらぎ魚道の下流側を地

表-1 稚ガニトラップ設置状況の推移

期間	地点数	個数	種類数
2001.12.25～2002.3.2	6	18	1
2002.3.2～2002.5.25	8	24	2
2002.5.25～2002.12.7	10	28	4
2002.12.7～2003.4.19	18	36	4
2003.4.19～2003.5.26	33	52	2
2003.5.26～	33	40	2

点No.1、上流側をNo.6とした。調査開始当初は、近接したトラップ設置位置による偏りの影響を検討するために、濤筋に沿う流れと鳥害防止ブロックの間（約1m範囲内）に、芝状のトラップを3つ並べて設置した（6地点、計18個：図中①～⑥、同一種類のマット）。その後、2002年3月2日～5月25日：計24個（8地点：異なる種類のクローバ状マットを図中⑦⑧に追加）、同年5月25日以降：4個追加（図中⑤⑧に間に設置）、同年12月以降、呼び水式魚道の入口、出口、魚道内の8箇所に稚ガニトラップ（計8個）を追加している。後述するように、トラップの形状によるモクズガニの採捕効率の差異が明らかになり、①～⑥には芝とクローバ状の2種類、それ以外ではクローバ状マットを基本として、2003年4月からトラップの設置場所と個数を上流側の広範囲に拡大した。

稚ガニトラップの回収は約2週間ごと（メガロパ幼生が一齢稚ガニに変態する期間）に行い、採集した幼生・稚ガニなどのサンプル個体は甲幅や体長を測定するために10%濃度のホルマリン水溶液あるいはエチルアルコールの原液で固定化した。また、トラップに付着した堆積物や藻類、貝類等はブラシ等でトラップから剥がした後、同様にホルマリン溶液で固定化した。

2.3 水理特性量の調査

せせらぎ魚道は汽水域に設置されているために、潮汐の影響を受けて流況や密度場は著しく変化する。また、せせらぎ魚道は他の魚道に比べて、稚アユの遡上の最大時が潮汐周期の小潮時とよく一致することが指摘されている²⁾。これらの挙動を把握するために、水温、塩分濃度、流速の測定調査を2001年12月24日の小潮時に実施した。測定には、水質モニタリングシステム（HORIBA製）、2次元電磁流速計（KENEK製）を用いた。また、

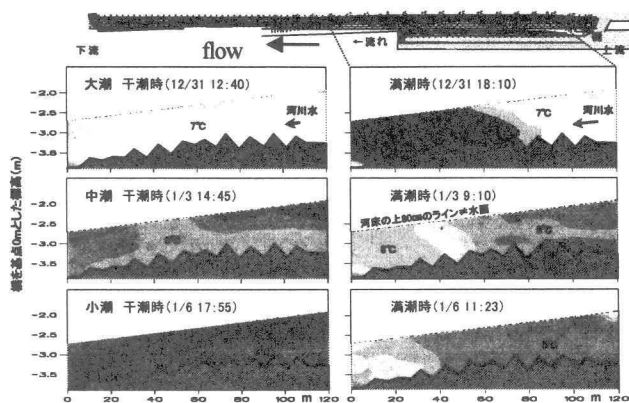


図-2 大潮、中潮、小潮における満潮・干潮時の水温分布

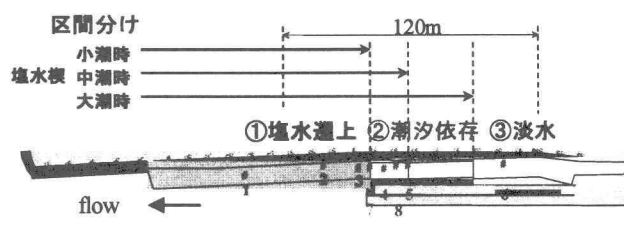


図-3 塩水の遡上頻度に基づくせせらぎ魚道の区分分け

温度データロガー（onset社製）をせせらぎ魚道の広範囲（25箇所、33個）に設置して、冬季（2001年12月24日～2002年3月3日）の水平・鉛直の水温分布を計測した。

せせらぎ魚道における小潮時の塩水遡上過程については、塩水は蛇行水路を伝わりながら、単純に上流へと遡上するのではなく、河床の瀬・淵構造により、むしろ、最初は魚道脇から進入し、一度、淵に滞留する。その後は、徐々に直上流の瀬へと遡上する過程が見られることが確認されている。

河川と海水の水温差が比較的大きくなる冬季において、せせらぎ魚道に設置した33個の温度ロガーデータから、2001年12月31日の大潮、2002年1月3日の中潮、2002年1月6日の小潮について、鉛直2次元の水温分布を作成した。図-2は、各潮汐における干潮および満潮時の水温分布である。同図をみると、干潮時はどの潮汐においても、水温分布の温度差は1℃程度にとどまり、魚道内に塩水は遡上していない。一方、満潮時は、大潮と中潮において魚道下流側に10℃と8℃程度の水塊がそれぞれ存在しているものの、小潮時においては、下流端付近でやや水温が上昇している程度である。これは、河川水より高温の塩水が魚道内に遡上していることを表し、その遡上距離は潮汐によって異なることを意味している。

すなわち、図-3に示すように、潮汐に伴う塩水の遡上頻度から、せせらぎ魚道は塩水が①ほぼ毎日遡上する、②潮汐によっては遡上する、③遡上しないという3つの区間に分けることができる。さらに、このような区分分けは、魚道における生物分布量とも深く対応している。

例えば、付着藻類に関しては、クロロフィルbで表される緑藻類が、下流から上流に行くにしたがい減少し、

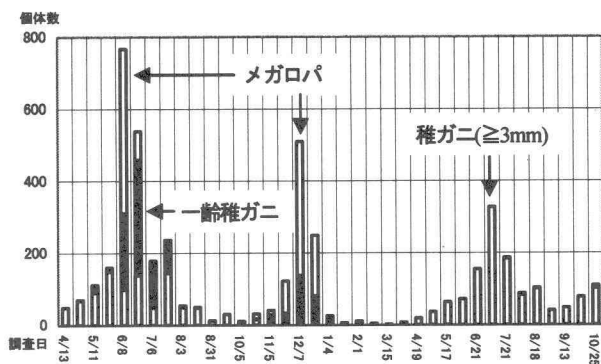


図-4 モクズガニの個体数（2002.4.13～2003.10.25）

表-2 2002年ピーク時における成長段階ごとの組成

成長段階	6/8（1次ピーク）		12/7（2次ピーク）	
	個体数	比率(%)	個体数	比率(%)
稚ガニ	98	13	9	2
一齢稚ガニ	213	28	128	25
メガロパ	456	59	373	73
合計	767	100	510	100

その差は統計的にも有意となっている[※]。また、貝類については、塩水遡上域①にはイシマキガイ（淡水～汽水域）、淡水域③には、チリメンカワニナやヒメタニシ、呼び水式魚道内にはカワヒバリガイ類、魚道入口付近にはコウロエンカワヒバリの生息が確認されている。

3. モクズガニの個体数と生息分布

3.1 全個体数の変動

図-4は、2002年4月～2003年10月において採捕されたモクズガニの全個体数の時間的な推移（約2週間間隔）を示したものである。同図から、2002年遡上量のピークは2回、6月8日と12月7日に発生したことが確認できる。このピーク時における成長段階ごとの個体数の割合を示したものが表-2である。表中には、モクズガニを、メガロパ（幼生）・一齢稚ガニ（甲幅2～3mm）・稚ガニ（3mm以上）の3種類に大別して表示されている。一齢稚ガニとは、メガロパ幼生（海水の流れに浮遊）が脱皮・変態後、2週間ほど経過した年齢の稚ガニ（着底後、底面を這って移動）のことである。これらの結果から、ピーク時にはメガロパの個体数の割合が50%を超えていること、その約2週間後には、メガロパが一齢稚ガニに変態したこと、1月から3月の冬季にはメガロパは全く採捕されず、8月から11月にかけて、メガロパと一齢稚ガニはわずかに採捕されていることなどがうかがえる。

モクズガニは親ガニが産卵のために降河し、河口域で

※京都大学防災研究所助教授 竹門康弘博士 私信

繁殖活動を行う。平均水温が20℃以上で産卵すると2週間ほどで孵化（ゾエア幼生）し、15℃から10℃以下に水温が低下する秋から冬になると3ヶ月近く孵化に時間がかかるといわれている⁴⁾。また、産卵→孵化→ゾエア幼生（海域）→メガロバ幼生（淡水への適応）→せせらぎ魚道への着底、というプロセスを考慮すると、繁殖期は5月上旬頃と9～10月あたりにあると考えられる。一般に、繁殖期は2つに分けられるグループがあり、秋から冬にかけて繁殖を行うものと、冬から初夏にかけて産卵を行うものから成り立っているとされている⁴⁾。調査結果から、長良川河口堰周辺においても同様の傾向にあることが明らかにされた。

3.2 統計的な有意差の検定

(a) 生息場所の差異による個体数変動

同種類のトラップを用いたNo.1～6における個体数の統計的有意差の検定を行った。検定にあたって、繰り返しのある二元配置分散分析と最小有意差検定の方法を用いた。因子A：地点No.、因子B：調査日、帰無仮説：個体数への各因子による有効的な影響はない（場所と時期とは無関係にモクズガニは生息している）とした。二元配置分散分析の結果、両因子とも帰無仮説が棄却され、地点、調査日ごとに有意差があることが認められた。また、最小有意差の検定によれば、地点No.4とNo.1,2,6、地点No.6とNo.3,4,5には有意差がある。この最小有意差検定の結果と各地点の個体数の平均値と変動幅を示したものが図-5である。同図から、No.3,4,5の差異は明確でないが、他の地点と有意な差が生じていることが検証された。このNo.3,4,5の地点は、小潮時における塩水楔の侵入上流端に位置している。

(b) トラップ形状の差異による個体数変動

本調査では、4種類（クローバ、マツ、ササ、芝状）の稚ガニトラップを用いており、これらの差異を検定した。上記と同様に、二元配置分散分析と最小有意差検定を用いた。因子を調査日、トラップの種類とし、帰無仮説を「個体数への各因子による有効的な影響はない（トラップの種類、時期に関係なくモクズガニは生息している）」とした。検定結果は帰無仮説を棄却できない結果となり、この4種類のトラップに有意差は認められなかった。さらに、芝状マットをレンガの片面と両面、クローバ状を片面にセットしたトラップ設置地点No.4,7,8において、この3種類のトラップ状況による有意差を検定した。この場合、地点間距離（±3m）という確定因子が存在するが、この影響はないものと仮定した。因子A：地点No.4,7,8（トラップの種類）、因子B：調査日、帰無仮説：個体数への各因子による有効的な影響はない（トラップの種類と時期とは無関係にモクズガニは生息している）とした。その結果から、両因子とも帰無仮説が棄却され、地点（各トラップの種類）、調査日ごとに

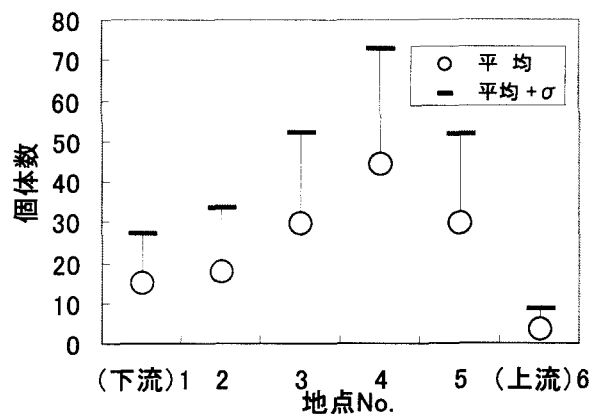


図-5 モクズガニの個体数の変動（最小有意差検定）

有意差があることが認められた。また、最小有意差検定によれば、地点No.4（芝状片面）とNo.8（クローバ状）、No.7（芝状両面）とNo.8（クローバ状）には有意差がある。したがって、クローバ状のトラップの採捕効率が最も高い。この結果から、芝状マットの隙間（5mm）以下のサイズのメガロバ幼生を採捕対象とする場合には、芝状トラップは有効であるが、5mm以上のサイズの稚ガニも採捕する場合には、立体的な空隙をもつクローバ状トラップが有効であることが明らかになり、2003年4月以降はこのトラップをせせらぎ魚道の広範囲に設置した。

(c) 甲幅測定による個体群の変動

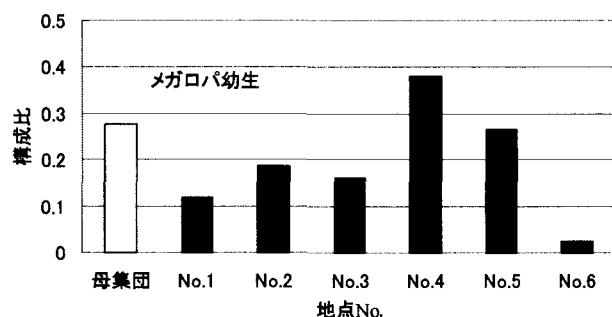
孵化した幼生（ゾエア幼生）は、5回の脱皮を続けることで、体長約0.3mmの1齢幼生から1.5 mm程度の5齢幼生を経て、2mm程度のメガロバ幼生となる⁵⁾。このメガロバが脱皮して甲幅2mm程度の1齢稚ガニに成長する。稚ガニは感潮域の最上部付近でしばらく留まり、多くはそこで甲幅7mm程度まで脱皮を続け、あるいは、甲幅4～7mm（最小3.7mm）ほどの稚ガニが淡水域に侵入し上流へ遡上を開始する。遡上しながらカニは脱皮成長を続け、甲幅20mm前後になるとかなり上流部まで遡上するといわれている⁶⁾。このことから、甲幅によってモクズガニの成長段階と年齢を推定することができる。

地点ごとに採捕されたモクズガニを甲幅2mm未満（メガロバ幼生）、2～3mm（1齢稚ガニ）、3～5mm（稚ガニ小サイズ）、5～7mm（中）、7mm以上（大）に分類し、割合（構成比）を比較した。適合度の検定には、 χ^2 検定を用いた。なお、 χ^2 検定ではデータ数>5、期待度数>5が必須条件であり、これを満たしていない地点No.6では信頼度が低い。母集団：採捕された全個体数、標本：各地点の個体数、帰無仮説：母集団が各標本の確率分布にしたがう（全個体数と各地点における個体数の甲幅の構成比が一致する）とした。

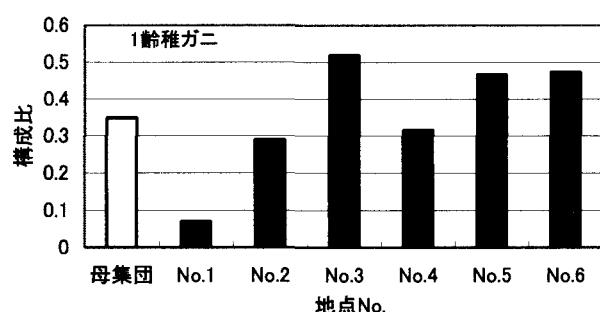
χ^2 検定（適合度の検定）の結果、全ての地点において帰無仮説は棄却された。つまり、各地点における個体数の甲幅の構成比と全個体数の甲幅の構成比は一致しな

表一3 χ^2 検定による各地点の甲幅構成比

地点No.	甲幅構成比
1(下流)	甲幅5mm以上 (中・大サイズ) に偏り
2	甲幅7mm以上 (大サイズ) に偏り
3	甲幅2~3mm (一齢稚ガニ) に偏り
7	甲幅5~7mm (中サイズ) に偏り
4	2mm未満 (メガロパ幼生) に偏り
8	2mm未満 (メガロパ幼生) に偏り
5	甲幅2~3mm (一齢稚ガニ) に偏り
6(上流)	甲幅2~3mm、5~7mm (一齢・中) に偏り



図一六 メガロパ幼生の構成比の空間的変化 (χ^2 検定)

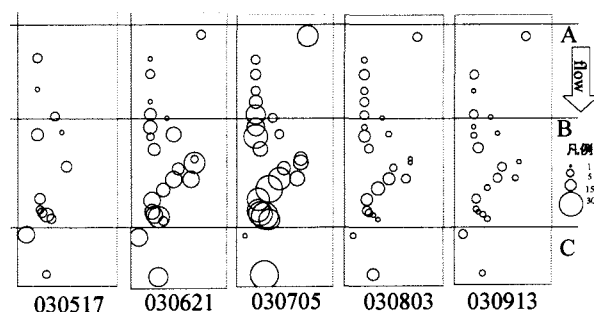


図一七 一齢稚ガニの構成比の空間的変化 (χ^2 検定)

ということである。母集団構成比と各標本構成比を比較した結果を表一3にまとめた。地点No.3,4,5ではメガロパ幼生と一齢稚ガニが、地点No.1,2では比較的大きいサイズの稚ガニが多く採捕されたことがわかる。メガロパ幼生は着底後、汽水域で6~7mm程度に成長した後、遡上を開始するといわれており⁶⁾、この魚道周辺の汽水域を生息場としていることが確認された。

図一六および図一七は、メガロパ幼生と一齢稚ガニについて、 χ^2 検定で得られた構成比を地点ごとに比較したものである。図中の左側は母集団における構成比を示している。同図から、メガロパ幼生はNo.4で多く、No.6ではきわめて少ないこと、一齢稚ガニはメガロパ幼生の着底が多いNo.3,4,5周辺で多く、No.1で少ないことなどがわかる。なお、No.1は海水が進入する塩水遡上域、No.6はほぼ常時河川水で満たされる淡水域である。

2.3で述べたように、潮位によって塩水の遡上状況は大きく異なっている。すなわち、小潮時でも塩水が侵入



図一八 稚ガニの生息分布 (2003.5.2~2003.9.13)

する地点はNo.3,4周辺であり、この地点は上げ潮時の塩水楔の遡上 (弱混合) によって流れに受動的なメガロパ幼生を輸送し、河床に設置されたトラップに着底したものと推察される。なお、大潮時における塩水楔の遡上の到達点 (No.6周辺) では、メガロパ幼生の着底割合はきわめて少ない。

3.3 稚ガニの生息分布

せせらぎ魚道内における稚ガニ (5mm以上) の生息分布を詳細に検討するために、採捕効率の高いクローバ状トラップを設置した2003年4月以降のデータをもとに、1ヶ月ごとの個体数の空間分布を表したものが図一八である。図中のA,B,Cは、図一1の位置 (A: 魚道出口、B: カルバート、C: 魚道入口) と対応している。なお、最大の円は30個体数を示している。同図から、5mm以上の稚ガニは、メガロパ幼生の着底などと同様に、5月上旬せせらぎ魚道と呼び水式魚道の入口 (図中C地点) から遡上を開始していること、その後C付近を中心に分散しながら生息分布が拡大していること、7月上旬に個体数のピークを迎えた後、やがて減少することなどがうかがえる。また、3.1で述べたように、2002年の第1次ピークは6月8日で、その80%以上がメガロパ幼生や一齢稚ガニで占められていた。一方、2003年の第1次ピークにおけるメガロパ幼生と一齢稚ガニの全個体数に占める割合は5%以下であり、メガロパ幼生の着底状況、ひいては親ガニの降下・産卵過程、ゾエア幼生の浮遊過程が、2002年では大規模に行われた可能性があり、これらの過程が経年的に大きく変動することを示唆している。

4. 呼び水式魚道との比較

せせらぎ魚道と呼び水式 (階段式) 魚道の最も大きな違いは、塩水遡上を魚道内に許容しているか否かである。呼び水式魚道の最下流端の隔壁は可動式となっており、塩水が魚道内に入らないように潮位に追従して制御されている。したがって、可動制御されている隔壁の存在によって、流れに受動的なメガロパ幼生や一齢稚ガニは呼

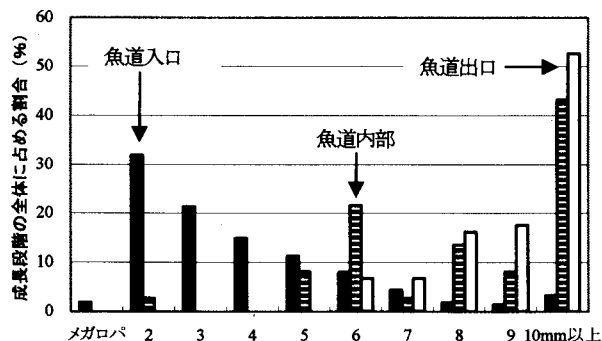


図-9 呼び水式魚道におけるモクスガニの生息分布

び水式魚道内に進入できず、魚道隔壁あるいはロープを利用して遡上できる体サイズに成長するまで、魚道入口に滞留することになる。

図-9は2002年12月以降のデータについて、呼び水式魚道の内部（全個体数：37）、入口（276）および出口（74）における成長段階ごとの割合を示したものである。同図から、魚道の入口（図-1中、①②③）では、一齢稚ガニをはじめ比較的サイズの小さい個体が存在しているのに対して、魚道出口（⑧）では、甲幅10mmを超える大きな個体が占める割合が多い。また、魚道内（④～⑦）では、甲幅5mm以上の個体がほとんどであることがわかる。このように、魚道内部の個体数は、魚道入口・出口を含めた全体の10%程度であること、魚道内では流れに受動的なメガロバ幼生が全く採捕されなかったこと、魚道入口では一齢稚ガニ、各種サイズの稚ガニ（モクスガニ以外を含む）が多く採捕されたこと、魚道出口には甲幅6mm以上の比較的大きなサイズの個体が採捕されたことなどが明らかにされており、能動的な行動ができるサイズの稚ガニに成長するまで、モクスガニは、呼び水式魚道を利用していない可能性を示唆している。

一方、せせらぎ魚道では、図-10の模式図のように、塩水楔の遡上によって流れに受動的なメガロバ幼生を輸送し、河床の着底条件がよければその場所にトラップされて一齢稚ガニに変態することができる。天敵からの捕食、餌料環境がよければ、この汽水域で成長を続け、上流側へ遡上を開始することになる。また、そのサイズは6～7mm程度といわれているが⁶⁾、10mmを超える個体が確認されていることから、上流に遡上する個体群と、あるサイズまでせせらぎ魚道周辺の汽水域に留まって生息するグループに大別される可能性を示唆している。

5. おわりに

以上、長良川河口堰の「せせらぎ魚道」において現地調査を実施し、せせらぎ魚道の詳細な地形情報や塩水楔

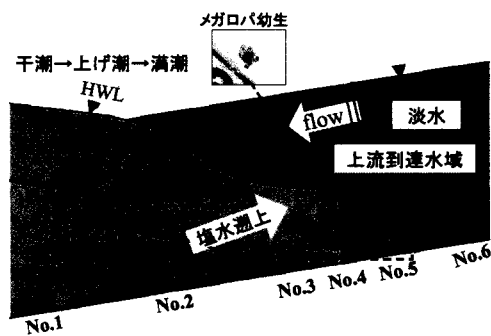


図-10 せせらぎ魚道におけるメガロバ着底の模式図

の進入状況、モクスガニの遡上のピーク時期、メガロバ幼生の着床場所、稚ガニの生息分布などを把握することができた。モクスガニのメガロバ幼生や稚ガニの採捕個体数については、せせらぎ魚道内の①塩水遡上～②潮汐依存区間において、増加する傾向にある。したがって、せせらぎ魚道におけるこの区間は、稚ガニの着底場所としての機能をもち、回遊生物にとって重要な汽水環境を形成していると推察される。本来ならば、総延長十数kmに及んでいたと考えられる汽水環境が、せせらぎ魚道内の、特に①～②区間に圧縮されている様子を示すことができたと考えられる。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、助言を頂いた京都大学防災研究所助教授 竹門康弘博士、調査データを提供して頂いた新村安雄氏、せせらぎ魚道の調査にご協力頂いた水資源開発公団・長良川河口堰管理所環境課に深く感謝の意を表します。なお、本研究は、科学研究費補助金（基盤研究(C)(2)：課題番号15560450）および（財）土屋環境教育振興財団の研究助成（平成14,15年度）を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 竹門康弘：長良川河口堰におけるモクスガニの遡上分析に基づく魚道の評価，応用生態工学 3(2)，pp.153～168，2000.
- 2) 新村安雄：長良川河口堰の呼び水魚道とせせらぎ魚道—稚アユの遡上からみた機能比較—，応用生態工学 3(2)，pp.169～178，2000.
- 3) 和田 清・小出水規行・今村和志・志村俊輔：長良川河口堰「せせらぎ魚道」におけるモクスガニの着底・生息分布，土木学会河川技術論文集，第9巻，pp.493～498，2003.
- 4) 小林 哲：河川環境におけるカニ類の分布様式と生態—生態系における役割と現状—，応用生態工学 3(1)，pp.113～130，2000.
- 5) 小林 哲：モクスガニの繁殖生態（総説），日本ベントス学会誌，No.54，pp.24～35，1999.
- 6) 小林 哲：通し回遊性甲殻類モクスガニの生態—回遊過程と河川環境—，生物科学，No.51，pp.93～104，1999.