

## モクズガニの遡上稚ガニを採集するための漁具とその設置時期

浜野龍夫<sup>\*1†</sup>・狩俣洋文<sup>\*1\*2</sup>・松倉一樹<sup>\*1\*3</sup>・荒木 晶<sup>\*1</sup>・  
永松公明<sup>\*4</sup>・瀧口正人<sup>\*4</sup>・青木邦匡<sup>\*5</sup>

### Collector for upstream migrating juveniles of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* and its setting timing

Tatsuo Hamano<sup>\*1†</sup>, Hirofumi Karimata<sup>\*1\*2</sup>, Kazuki Matsukura<sup>\*1\*3</sup>, Akira Araki<sup>\*1</sup>,  
Kimiaki Nagamatsu<sup>\*4</sup>, Masato Hamaguchi<sup>\*4</sup>, and Kunimasa Aoki<sup>\*5</sup>

To collect *Eriocheir japonica* juveniles for stock-enhancement program in rivers, a fishing gear was developed. It was constructed of three parts, a wooden box with a slope-slit entrance and barriers to prevent escape, two leader nets reaching to both banks of river from the entrance, and a net bag attached to the end. The slit size, slope of entrance, and size of barriers were experimentally determined using juvenile crabs in the laboratory. As a result, a slit gap similar to the carapace width of the target size of crabs, a gentle slope of the entrance, and PVC pipes larger than 26 mm in outside diameter as barriers, were found to be effective. However, the catching rate of the fishing gear was low and the escape rate was high, thus the structure of the barrier in the box and the leading nets should be redesigned and a large net bag should also be employed.

The gear was set in the mouth of the Nishida River, Shimonoseki, and hauled every day over a duration of between 2 April and 31 December in 2002, during which 3406 crabs were collected. From analysis of the daily data, the most effective operation method was as follows: the gear is set when the probability of the following day's precipitation in the weather forecast in the morning edition of the Asahi newspaper is more than 60% in June and July. Then the fishing gear is hauled everyday for the following three days. Further, a trial calculation showed that this fishing method make it possible to obtain native juvenile crabs more economically than by artificially produced seedlings.

#### 1 はじめに

モクズガニ *Eriocheir japonica* (De Haan) は、日本全域の河川に生息し、降河回遊を行うことで知られている。成体は川を下って河口付近で交尾抱卵し、孵化したゾエア幼

生は塩分のある河口～海域で育ち、メガロバ幼生になって河川感潮域へ遡上し、さらに稚ガニに変態して川を遡る<sup>1,2)</sup>。各地で様々な漁法により漁獲されて食用に供されており、島根県、広島県、山口県、大分県などでは、本種の種苗生産や放流事業が行われている。種苗放流を強く希

2003年10月27日受付. Received October 27, 2003.

\*1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan).

\*2 現所属：沖縄県水産試験場八重山支場 (Yaeyama Branch Laboratory, Okinawa Prefectural Fisheries Experiment Station, Kabira 828-2, Isigaki Island, Okinawa 907-0453, Japan).

\*3 現所属：長崎県県北水産業普及指導センター (North Nagasaki Prefectural Fisheries Popularization Guidance Center, Yamachimen 808, Tabira, Kitamatsuura, Nagasaki 859-4825, Japan).

\*4 水産大学校海洋生産管理学科 (Department of Fishery Science and Technology, National Fisheries University, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan).

\*5 水産大学校水産情報経営学科 (Department of Fisheries Information and Management, National Fisheries University, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan).

† 別刷り請求先 (Corresponding author; Phone, +81-832-86-5111; Email, hamano@fish-u.ac.jp)

望する漁協は多いが、生産される種苗数が少なかったり、地域では種苗が生産されていなかったりで、希望する数の種苗を入手できない状況が続いている。そこで筆者らは、本種の放流用種苗を天然水域で採集することを考えた。本種の需要には地域差があるため、需要の低い地域で稚ガニを採集して需要の高い地域へ放流することができれば、種苗不足の解消に役立つ。一般に、異なる水系へ生物を移植することは、遺伝子の攪乱を招く危険性がある。しかしながら、本種は幼生期を海域で過ごすため、河川間でも恒常的な遺伝的交流があり<sup>3)</sup>、比較的近距离の移植であれば影響は少ないと考える。

放流用の稚ガニを採集する漁具には、取り扱いが簡単で、活力のあるカニを採集できることが要求される。カニ籠はこの条件を良く満たしているが、籠には小型のモクズガニは入らない<sup>4)</sup>。そこで、籠に近い特性を持つ漁具として、胴に着目し、木製の胴に垣網と袋網を取り付けた漁具の開発を行った。河口から群れて遡上して来た稚ガニを垣網で胴に誘導し、カエシのある胴を通った稚ガニが袋網に入るような構造の漁具を考案した。まず、漁具設計に必要な生態的情報を得るために室内実験を行い、その結果を基にして試作した漁具を川に設置して漁獲効率などを求めた(研究Ⅰ)。さらに、漁具を設置するタイミングを明らかにするため、水位、水温、降水確率、と採集された稚ガニ個体数の関係を究明した(研究Ⅱ)。また、ここで得た結果から、人工種苗を生産する場合と天然種苗を採集する場合の経済性を比較検討した。

なお、本文では漁具内から稚ガニが脱出することを「移出」とし、稚ガニが漁具外へ脱出する確率を「移出率」と定義して使った。

## 2 研究Ⅰ 漁具開発に必要なモクズガニの生態的情報

漁具の中核となる胴の設計に必要な生態的情報を得るために4つの室内実験を実施した。室内実験A：胴入口開口部の高さで稚ガニの進入傾向の関係を調べた。室内実験B：胴入口開口部の幅と稚ガニの進入傾向の関係を調べた。室内実験C：胴入口開口部の勾配と稚ガニの進入傾向の関係を調べた。室内実験D：稚ガニを胴から移出させないようにするためカエシのサイズを調べた。

さらに、室内実験から得た情報をもとに漁具を試作して河川に設置し、漁獲効率や移出率を求める野外実験を行った。

### 2.1 室内実験 A

籠については、漁獲物の選択作用には入口の大小が影響し、それぞれの水族で固有の性状を持つと推定されている<sup>5)</sup>。そこで、漁具の開発にあたり、まず稚ガニが胴の内へ入るのに適した入口部の形状について考えることにした。ここでは、入口開口部の高さを決めるための室内実験を行った。

#### 2.1.1 材料と方法

##### 2.1.1.1 実験装置 (Figs. 1 a, 2)

実験装置は乳白色のポリプロピレン製の容器(15×15×22 cm)を加工して作製した。ポリプロピレン容器の隣り

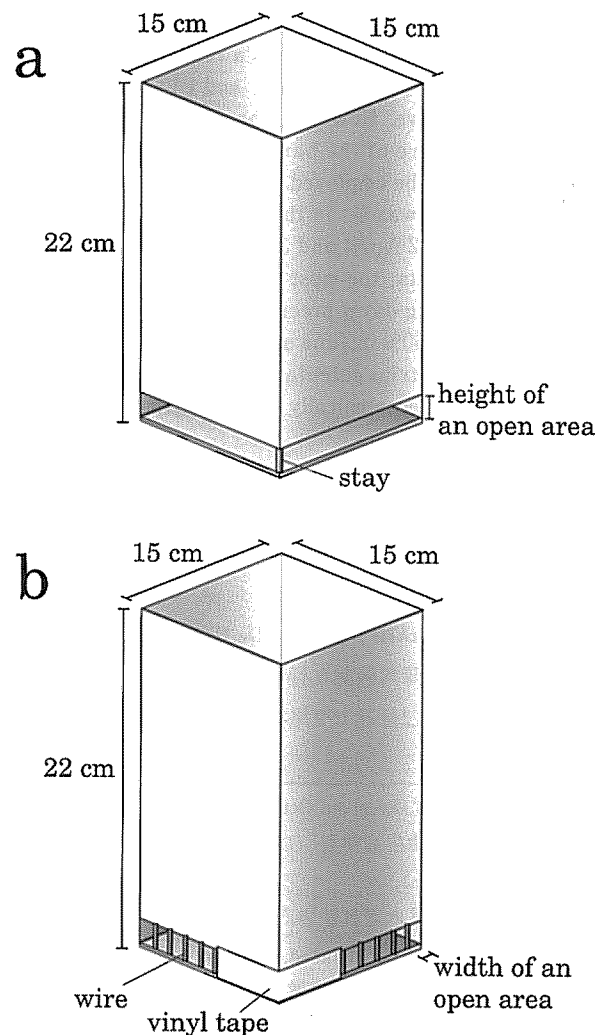


Fig. 1. White-colored polypropylene box used to study the adequate height (a) and width (b) of the entrance of the fishing gear for *Eriocheir japonica* juveniles. Four series were made for each experiment: 2.5, 5.0, 10.0, and 20.0 mm in height (Experiment A) and 5, 10, 20, and 40 mm in width (Experiment B).

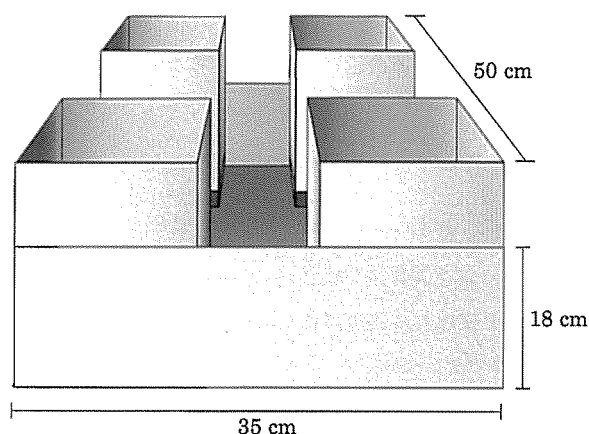


Fig. 2. Aquarium for Experiment A and B. Four boxes in Fig. 1 were set in the aquarium filled with freshwater and then 30 juvenile crabs were released in the center. The number of crabs which entered to each box was counted over a period of one minute.

合う2面の底側面を、高さ2.5, 5.0, 10.0, 20.0 mmにそれぞれ切り抜き、さらに開口部を安定して支えるために、中央部を木片(幅5 mm)で支持した。これら4つの容器を、淡水を張った水槽(50×35×18 cm)の四隅に配置した。このとき、開口部が水槽の中央に向くようにした。

### 2.1.1.2 実験個体

実験に用いた個体は、山口県水産研究センター内海研究部から提供していただいたモクズガニ種苗(737個体)で、山口県佐波川で捕獲された抱卵雌から2001年6月22日に孵化し、7月20日に着底した個体である。餌はオキアミミンチ、および海産用初期餌料(林兼産業(株)のラブ・ラァ

バ)を十分に与えて、実験開始時まで淡水飼育を行った。

この中から実験直前にランダムに30個体を抽出して使用した。これらの個体は甲幅6.0~10.6 mm(平均8.4 mm)であった。

### 2.1.1.3 実験手順

実験は2001年9月24日の日中に行った。淡水(水温25±1℃)を満たした水槽の四隅に、4つの容器を乱数表に従ってランダムに配置し、水槽の中央付近に稚ガニ30個体を放した(Fig. 2)。これらの個体のうち、1分間にそれぞれの容器内へ進入した個体数を計数した。このとき、容器から脱出する個体は計数せず、脱出後に再度、容器内に進入する個体は計数した。実験終了後、稚ガニを装置内から取り上げ、容器を再びランダムに配置し直して、同様の実験を10回反復した。

### 2.1.2 結果と考察

観察の結果、延べ120個体がいずれかの容器内に進入し(Table 1)、開口部の高さの違いにより、容器内へ進入した個体数は有意に異なっていた(1試料 $\chi^2$ 検定,  $P < 0.001$ )。開口部の高さが2.5 mmの容器へは稚ガニは進入しなかったが、高さ10 mmおよび20 mmの容器へは、それぞれ52個体(容器へ進入した個体の43.3%)および45個体(37.5%)が進入し、この10 mmおよび20 mmの容器への進入個体が全体の80.8%を占めた。

開口部の高さが10 mmと20 mmの容器に進入した個体数には有意差が無かった(二項検定,  $P > 0.05$ )。よって、

Table 1. Results of Experiment A, height selection of *Eriocheir japonica* juveniles. The number of crabs which entered four boxes with different entrance heights was counted over a period of one minute. 30 crabs, CW 6.0–10.6 mm (8.4 mm, average), were repeatedly used. Boxes were rearranged at random for each trial.

Trial	Height				Total
	2.5 mm	5.0 mm	10.0 mm	20.0 mm	
No. 1	0	7	8	2	17
No. 2	0	1	2	1	4
No. 3	0	1	4	6	11
No. 4	0	1	5	3	9
No. 5	0	1	3	0	4
No. 6	0	3	9	2	14
No. 7	0	1	4	8	13
No. 8	0	1	6	13	20
No. 9	0	5	6	6	17
No. 10	0	2	5	4	11
Total	0	23	52	45	120
Expectation	30	30	30	30	120

開口部の高さが10 mm以上の場合には、稚ガニの進入のしやすさには差がないと考える。このような現象は、ホッククアカエビやベニズワイガニにおいても認められており、それらを漁獲する籠の入口の大きさを変えた漁獲試験では、入口の大きさに関わらず小型個体が漁獲されることが報告されている<sup>6,7)</sup>。

この実験に使用した稚ガニの甲幅は6.0~10.6 mm (平均8.4 mm) であったことから、開口部の高さが甲幅以上であれば、稚ガニは問題なく容器内へ進入するものと考えられる。

## 2.2 室内実験B

実験Aでは、入口開口部の高さが稚ガニの甲幅以上であれば、稚ガニが良く容器内へ進入する傾向にあった。そこで、入口開口部の幅を決めるための実験を行った。

### 2.2.1 材料と方法

#### 2.2.1.1 実験装置 (Figs. 1 b, 2)

実験装置は、室内実験Aと同じポリプロピレン容器を加工して作製した。実験Aの結果を考慮して底側面の開口部の高さを10 mmとし、実験Aと同様に4つの容器を加工した。さらに、4つの容器の開口部に、それぞれ5, 10, 20, 40 mm間隔で直径2 mmの針金でスリットを入れ格子状にし、これを開口部の幅とした。そしてさらに開口部の中央付近を白いビニールテープで覆い、開口部の面積をどの容

器も8 cm<sup>2</sup>になるように調節した。これは針金の格子部分による開口部の面積の差異を是正し、稚ガニが各容器の開口部に遭遇する確率を等しくするためである。これら4つの容器を、実験Aと同様に水槽に配置した。

#### 2.2.1.2 実験個体

実験Aと同じ飼育ストックから、実験の直前にランダムに30個体を抽出して実験に使用した。これらの個体の甲幅は7.0~11.9 mm (平均9.1 mm) であった。

#### 2.2.1.3 実験手順

実験は2001年9月17日に行い、水温は26±1℃であった。実験手順は室内実験Aと同様である。

### 2.2.2 結果と考察

観察の結果、延べ118個体が容器内へ進入し (Table 2), 進入個体数は開口部の幅によって有意に異なっていた (1試料 $\chi^2$ 検定,  $P < 0.001$ )。開口部の幅が実験に使用した稚ガニの甲幅より狭い開口幅5 mmの容器には8個体 (容器へ進入した個体の6.8%) のみが進入し、また、甲幅と同等の幅の10 mmには24個体 (20.3%) が進入するにとどまった。一方で、開口部の幅が甲幅より広い20 mmと40 mmにはそれぞれ33個体 (28.0%), 53個体 (44.9%) が進入し、開口部の幅が広いほど多くの稚ガニが進入する傾向にあった。

**Table 2.** Results of Experiment B, width selection of *Eriocheir japonica* juveniles. The number of crabs which entered four boxes with different entrance widths was counted over a period of one minute. 30 crabs, CW 7.0–11.9 mm (9.1 mm, average), were repeatedly used. Boxes were rearranged at random for each trial.

Trial	Width				Total
	5 mm	10 mm	20 mm	40 mm	
No. 1	0	2	6	7	15
No. 2	0	3	5	10	18
No. 3	2	7	6	3	18
No. 4	1	0	2	7	10
No. 5	0	0	1	10	11
No. 6	1	6	4	1	12
No. 7	2	2	1	2	7
No. 8	2	1	1	4	8
No. 9	0	1	4	5	10
No. 10	0	2	3	4	9
Total	8	24	33	53	118
Expectation	29.5	29.5	29.5	29.5	118

モクズガニの稚ガニは通常は遊泳せず河床を匍匐しているため、本実験における開口部は、カニが発見しやすいように実験容器の底側面に設け、その形状もスリット状（横に長い長方形）にした。また、多くの稚ガニを漁具内へ進入させるには、スリットの横幅を出来るだけ広くした方がよいことも判明した。しかしながら、エビ・カニ類では、漁具上部や側部に円形の入口を持つ籠が良く用いられており、開口部が大きければエビ・カニ類は漁具内へ入りやすいが出やすいことが報告されている<sup>8)</sup>。また、円形の開口部を持つベニズワイガニ籠では、入口の大きい籠では小型個体の入口からの移出率が高いと考えられている<sup>9)</sup>。開口部が円形の場合は、漁具内に入ったカニは、どの壁面を伝い歩いても開口部へ至ることが可能であり、開口面積を大きくするほど、個体が開口部に遭遇する確率は高くなり、移出率も開口部の面積に比例して増減すると推測される。移出を防ぐには、漁具内にカエシを設ける必要があるが、円形や楕円形の籠漁具等ではカエシを形良く設置するのは容易ではない。一方で開口部がスリットの場合には、漁具内のカニが開口部へ至るには最終的に上下の壁面を伝わらなければならないため、円形の開口部よりは移出しにくいと考える。また、カエシを設けるのも容易である。

以上のことから、カニが入り易いようにスリット状の開口部をできるだけ大きくとった上で、移出を防ぐために効果的なカエシを漁具内に設けるのが効果的であると判断した。

## 2.3 室内実験C

入口開口部へ至る傾斜は、水族を漁具内への導入する部分であると同時に、籠に入った漁獲物を籠内に留めさせるカエシの役割も果たす。ここではカエシとしての機能ではなく、稚ガニを漁具内へ誘導するのに有効な勾配を求めための実験を行った。

### 2.3.1 材料と方法

#### 2.3.1.1 実験装置 (Fig. 3)

実験装置は木板を加工して製作した。30×46 cmの木板を用いて、勾配0°、15°、30°、45°の4つの傾斜板をランダムに置くことができる十字の水路を製作し、さらに16×30 cmの木板4枚を傾斜板として使った。これらを90×180×70 cmの淡水を張った水槽内に沈めた。

#### 2.3.1.2 実験個体

実験A、Bと同じ飼育ストックから、実験の直前に15個

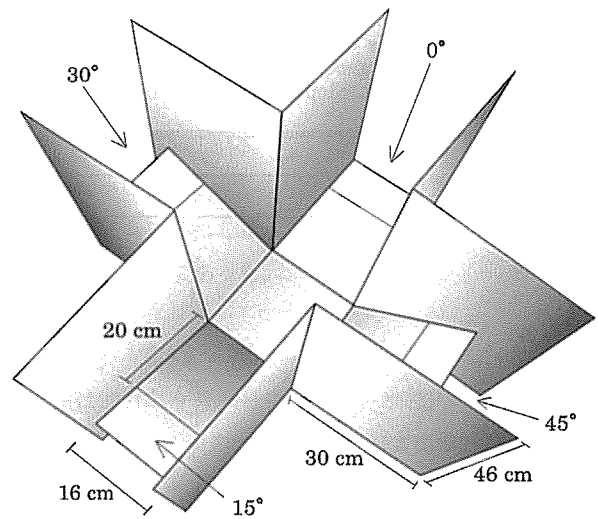


Fig. 3. Wooden experimental slopes used to study the adequate slope of entrance of a fishing gear for *Eriocheir japonica* juveniles. Four series were made: 0°, 15°, 30°, and 45° in slope. This apparatus was set in a large aquarium, 90×180×70 cm, filled up in freshwater and then 15 crabs were released in the center. The number of crabs which entered over 20 cm to each slope was counted over a period of 30 seconds.

体をランダムに抽出した。これらの甲幅は7.4～13.6 mm（平均9.7 mm）であった。

#### 2.3.1.3 実験手順

実験は2001年9月21日に行った。水槽内の水温は26±1℃であった。実験装置の4つの傾斜板をランダムに配置した後に、稚ガニ15個体を実験装置の中央部に放した。これらの個体のうち、30秒間に傾斜板に20 cm以上進入した個体を、「傾斜板を登った個体」として計数した。このとき、傾斜板を20 cm以上登った個体が傾斜板の途中まで下り、再び同じ傾斜板を登った場合には計数しなかった。実験終了後に稚ガニを実験装置内および水槽内から取り上げ、4つの傾斜板をランダムに配置し直して、同様の実験を繰り返し20回行った。

### 2.3.2 結果と考察

観察の結果、延べ179個体がいずれかの傾斜板を登り（Table 3）、各傾斜板を登った稚ガニの数は有意に異なった（1試料 $\chi^2$ 検定、 $P < 0.001$ ）。勾配が小さいほど稚ガニが良く登る傾向があり、勾配0°、15°、30°、45°の傾斜板にはそれぞれ73、52、34、20個体が登った。

籠漁具のカエシの傾斜角は、漁獲を目的とする対象生物によって様々である。同様な場所に設置する籠でも、魚類

**Table 3.** Results of Experiment C, slope selection of *Eriocheir japonica* juveniles. The number of crabs which entered over 20 cm to the four slopes was counted over a period of 30 seconds. 15 crabs, CW 7.4–13.6 mm (9.7 mm, average), were repeatedly used. Slope boards were rearranged at random for each trial.

Trial	Slope				Total
	0°	15°	30°	45°	
No. 1	1	5	5	1	12
No. 2	3	2	3	3	11
No. 3	5	3	1	1	10
No. 4	5	2	3	1	11
No. 5	8	2	0	0	10
No. 6	3	8	0	1	12
No. 7	8	0	2	3	13
No. 8	3	2	2	0	7
No. 9	3	0	4	0	7
No. 10	3	2	2	0	7
No. 11	4	4	0	3	11
No. 12	2	4	2	0	8
No. 13	1	2	3	2	8
No. 14	3	2	2	1	8
No. 15	6	3	0	1	10
No. 16	2	1	1	0	4
No. 17	3	3	0	1	7
No. 18	5	3	0	0	8
No. 19	1	4	3	1	9
No. 20	4	0	1	1	6
Total	73	52	34	20	179
Expectation	44.75	44.75	44.75	44.75	179

を対象とするものよりもエビ・カニ類を対象としたものがカエシの勾配は小さい。これは、設置する場所の流れの状況ではなく、対象とするエビ・カニ類の遊泳力が魚類より小さく、匍匐型の行動習性に対応したものである<sup>10)</sup>。本実験で対象としたモクズガニの稚ガニも匍匐移動するので、カエシの勾配が小さいほど良く登る傾向にあるのは当然の結果といえるだろう。

エビ・カニ類は匍匐移動をするがゆえに、漁具内の壁面を伝って籠外へ移出しやすい。エビ類を対象とする既存の籠には、カエシは入口幅より長いものがあり、これは、遊泳力のある魚類を対象とした場合よりも大きい。さらに、2段にカエシを設けることもある<sup>10)</sup>。以上のことから、稚ガニを採集するにはカエシの勾配をできるだけ小さく設定して稚ガニが漁具内に進入しやすくするとともに、カエシをできるだけ長くとり、さらに2段にカエシを設けるなどして移出を防ぐ機能を強化する必要があると考える。

## 2.4 室内実験D

モクズガニの稚ガニは歩行して移動するので、漁具の内

壁面上を這い歩くために移出率が高くなることが予想できる。このような匍匐型の移動を行う動物を漁獲する漁具の場合、浸漬時間が数時間から長くても半日程度であるのは、漁具の保持効果が持続しないことを経験的に体得したものと考えられている<sup>10)</sup>。そこで、カエシの機能を強化して移出率を下げる必要があると考え、漁具内部に塩ビパイプを用いたカエシを設けることを考えた。塩ビパイプは、表面が丸く平滑であり稚ガニは登りにくい。また塩ビパイプは工業製品であるため、規格が一定で加工しやすいという利点もある。本実験では、稚ガニを漁具内に留めるのに有効な塩ビパイプの外径を調べた。

### 2.4.1 材料と方法

#### 2.4.1.1 実験装置 (Fig. 4)

実験装置は塩ビパイプを加工して製作した。外径18 (VP 13), 26 (VP 20), 32 (VP 25), 38 (VP 30) mmの塩ビパイプおよびそれぞれに対応したエルボ、外径25 mm (エルボ13), 34 mm (エルボ20), 41 mm (エルボ25), 47 mm (エルボ30) のエルボ、を用いて内径が20×20 cmの

枠を4つ製作した。エルボの壁厚は3~4 mmなので、パイプを差し込んだ場合、つなぎ目に段差ができる。この段差をなくすために、エルボと床面が接する部分をヤスリで削り、間隙ができないようにした。このように加工した枠

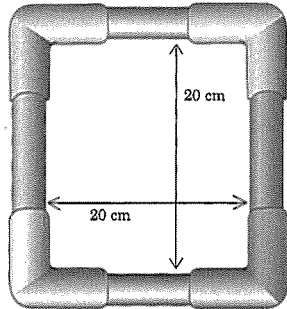


Fig. 4. Experimental wall of PVC pipes used to study the adequate pipe diameter as an effective barrier to prevent *Eriocheir japonica* juveniles' escaping from the fishing gear. Five series were prepared: 0 (no pipes), 25, 34, 41, and 47 mm external diameter. This apparatus was set in an aquarium, 50×35×17 cm, filled up in freshwater and then 15 crabs were released in the center. The number of crabs staying within walls after 30 seconds was counted.

組みから1つを選び、淡水を満たした50×35×17 cmの水槽中央に置いて実験を行った。

2.4.1.2 実験個体

実験A~Cと同じ飼育ストックから、実験の直前に15個体をランダムに抽出した。これらの甲幅は7.3~12.9 mm (平均9.8 mm) であった。

2.4.1.3 実験手順

実験は2001年9月26日に行った。水槽内の水温は26±1℃であった。4つの塩ビパイプ枠および枠無しの全5条件の中から、ランダムな順序で1つを選び出し、それを水槽中央に静置して実験を行った。なお、枠無しの場合には、水槽の底面にあらかじめ張り付けておいた白いビニールテープの枠型を使った。これらの枠の中央に稚ガニ15個体を放し、30秒後に枠内に留まっていた個体数を計数した。このとき、枠外へ出た後に、再び枠内へ進入した個体については計数しなかった。1つの枠について同様の実験を20回反復した。以上の観察終了後に、枠および稚ガニをすべて水槽内から取り出し、次の枠を設置した後、再び同様の実験を反復した。

Table 4. Results of Experiment D to study the effective wall size for *Eriocheir japonica* juveniles. The number of crabs which stayed within the wall was counted after 30 seconds. 15 crabs, CW 7.2–12.9 mm (9.8 mm, average), were repeatedly used.

Trial	External diameter of pipes					Total
	0 mm (no pipes)	18 mm	26 mm	32 mm	38 mm	
No. 1	0	1	7	12	11	31
No. 2	0	3	8	11	14	36
No. 3	0	11	12	13	14	50
No. 4	0	8	14	14	14	50
No. 5	0	8	13	14	15	50
No. 6	0	5	10	13	15	43
No. 7	0	12	14	14	14	54
No. 8	0	12	10	14	13	49
No. 9	2	6	14	13	14	49
No. 10	0	9	14	13	15	51
No. 11	0	2	7	12	12	33
No. 12	0	3	10	15	13	41
No. 13	0	7	14	13	14	48
No. 14	0	9	12	15	14	50
No. 15	0	12	13	12	15	52
No. 16	0	7	13	13	15	48
No. 17	0	8	14	14	14	50
No. 18	0	10	14	14	13	51
No. 19	0	8	12	12	13	45
No. 20	1	9	13	14	15	52
Total	3	150	238	265	277	933
Expectation	186.6	186.6	186.6	186.6	186.6	933

### 2.4.2 結果と考察

観察の結果、枠内に停留した個体数は延べ933個体だった (Table 4)。枠なしおよび外径が18, 26, 32, 38 mmの枠内に停留した個体数合計は、それぞれ3および150, 238, 265, 277個体であり、その数は有意に異なった (1 試料  $\chi^2$  検定,  $P < 0.001$ )。枠なしの場合には、実験全体を通してわずか1%しか枠内に滞留せず、どの個体もすぐに逸散した。一方で最も小さい外径18 mmの枠でも50%の稚ガニを枠内に留めることができた。また、外径26, 32, 38 mmの枠では79.3, 88.3, 92.3%の稚ガニを枠内に留めた。これら3つの枠内に残存した稚ガニの個体数に有意差は無かったことから (1 試料  $\chi^2$  検定,  $P > 0.05$ )、カエシの強化として用いる塩ビパイプは外径26 mm以上のものが有効と考える。ここで実験に用いた稚ガニの平均甲幅は9.8 mmであり、塩ビパイプの外径が甲幅の約3倍以上であれば、稚ガニを有効に枠内に留めることができると推測できる。

種苗サイズのモクズガニの遡上力はエビ類のそれに比べて明らかに強く<sup>13)</sup>、その移動能力はかなり高いと考えられる。本実験で設定した観察時間は1回30秒間であるが、実験全体を通して、稚ガニのすべてを枠内に留めることができた塩ビパイプ枠は無かった。河川に漁具を設置する時間は一般に半日程度 (日没~夜~日出) であり、本実験で設定した観察時間に比べてはるかに長い。これらのことは、塩ビパイプでカエシの機能強化を施しても、完全に移出を防ぐことは不可能であることを示唆している。しかし、塩ビパイプ枠無しの場合には、枠範囲内に留まる個体がわずか1%であることを考えると、塩ビパイプにはカエシとしての効果が期待できる。今後、さらにパイプを組み合わせてカエシの構造を複雑にするなどの工夫をすることが必要になるだろう。

### 2.5 野外実験

室内実験A~Dから得たデータを基にして、漁具の中核となる胴を製作した (Fig. 5)。広く稚ガニを胴の入り口に集めるために胴に垣網を取り付け、川の兩岸まで張り、また、胴に入ったカニの個体間距離を保ち、移出の原因となる個体間干渉が起きにくいように、胴の後部に袋網をとりつけた (Fig. 6)。このようにして試作した定置網様の漁具を天然河川に設置して、標識個体を用いて、漁獲効率と移出率を求めた。

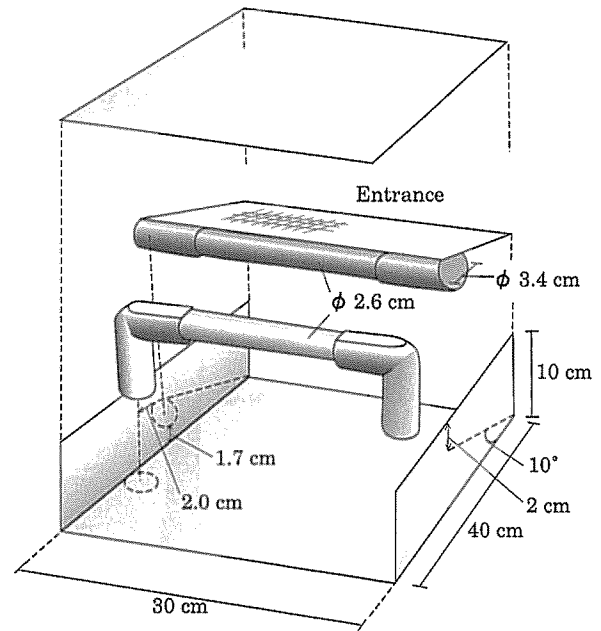


Fig. 5. Structure of a part of the fishing gear for *Eriocheir japonica* juveniles. Entrance slope, net (mesh  $3 \times 3$  mm); two barriers, PVC pipe; others, wood. Leader nets (mesh  $3 \times 3$  mm) are set between the entrance and both banks of the river. Net bag (length 150 cm and mesh  $3 \times 3$  mm) is attached to the end of this box.

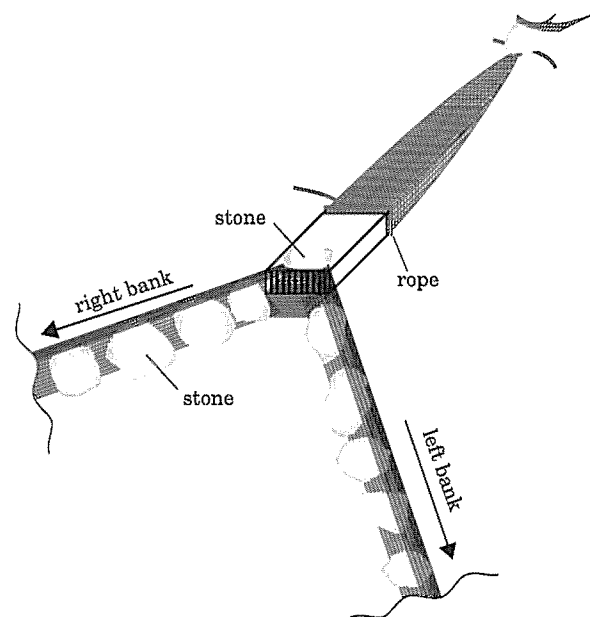


Fig. 6. The fishing gear set in the field. Entrance set with a 2 cm interval was used to stop the invasion of large *Eriocheir japonica* which promote the escape of juveniles from the gear.



## 2.5.1 材料と方法

### 2.5.1.1 漁具の構造 (Figs. 5, 6)

胴はベニヤ合板(厚さ1 cm)を用いて製作した。外寸は、縦40 cm, 横30 cm, 高さ10 cmである。胴の入口開口部には、開口前端部の底面から後部の上面に向けてモジ網(目合い3×3 mm)で傾斜路を設けた。傾斜路の勾配は、実験Cの結果から、胴の大きさの範囲でできる限り小さくし、10°とした。なお、開口前端部の上面からの傾斜路は無いが、これは胴の上面から稚ガニが進入することは少ないと考えたからである。入口開口部の高さ(内寸)は、実験Aの結果より前端部8 cm(外寸は10 cmだが、木板の厚さがあるので内寸は8 cmとなる)、後端部2 cmとした。また、入口開口部の幅(内寸)は、実験Bの結果から、胴の大きさの範囲内で最大とし、開口前端部および後端部ともに28 cmとした。すなわち、開口前端部断面積は8×28 cm<sup>2</sup>であり、後端部断面積は2×28 cm<sup>2</sup>である。

開口部の傾斜路のカエシとしての機能強化のために取り付ける塩ビパイプ(漁具内部のカエシ)は、実験Dの結果より外径26 mm(VP 20)とし、傾斜路の裏面に接着した。また、胴内の天井面から稚ガニが移出するのを防ぐために、塩ビパイプ(外径26 mm, VP 20)を「コ」の字に組んだカエシも設置した。設置位置は、入口開口部のカエシとの間に2 cmの間隙をもたせ、底面が開口する格好で固定した。2 cmの間隙があれば、稚ガニが胴内へ進入するときの妨げにならず、また、移出時に足を掛けにくいと判断した。塩ビパイプに取り付けるエルボやキャップは、塩ビパイプとのつなぎ目の段差をなくすために、胴内面との接着部をヤスリで削り、間隙が小さくなるようにした。さらに、間隙ができた部分については、間隙をシリコンシーラントでふさいだ。また、一般に昼間は入籠率および移出率が低くなるので<sup>4)</sup>、胴内の照度は低い方がよいと考え、ラッカー・スプレーを用いて胴内面を黒く塗装した。

なお、カニ籠の中ではモクズガニの大型個体がモクズガニの小型個体の移出を促すことが示唆されている<sup>4)</sup>。このため、大型のモクズガニの侵入を防ぐために、胴の開口前端部に開口幅2 cmの木製格子を取り付けた。それと共に、胴の後部に、長さ150 cmの袋網(モジ網製、目合い3×3 mm)を取り付け、漁具に入ったカニ間の個体間距離が大きくなるようにした。また、その末端を開閉して漁獲物を回収するようにした(Fig. 6)。

### 2.5.1.2 設置場所

漁具は、山口県下関市にある西田川に設置した。この川は水産大学校のある下関市吉見地区を北東から南西へ流れ響灘に注ぐ流程4.2 kmの小河川であり、日本の平野部を流れる小河川として一般的な様相をしている。漁具の設置場所は、その感潮域上限から上流へ約50 mの地点であり、川幅は5～7 m程度で、川底は平坦で礫および砂泥底となっている。平常水位では最深部でも50 cm程度しかない(Figs. 7, 8)。なお、西田川の生物相については鈴木ら<sup>4)</sup>に詳しい。

### 2.5.1.3 設置方法

胴の入口開口部を下流側に向け、高さ50 cmの垣網を右岸に向かって約11 m, 左岸に向かって約7 m岸につくまで張った。また、垣網の下部を石で敷き込み、川底と垣網の間隙が小さくなるように設置した。また、袋網を取り付けた胴は、袋網内に稚ガニが定着しやすいようにするためにキンラン3本を入れて袋網の開口部をひもでくくり、袋網を上流に向けて設置した。なお、袋網の末端には置き石をして、袋網が流されないようにした(Figs. 6, 8)。

なお、平常水位の時は、水深が深い右岸側の垣網は全て

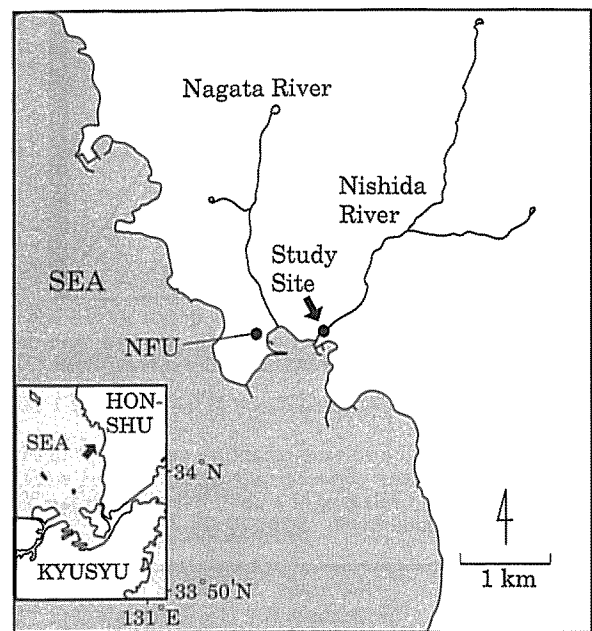







Fig. 7. Map showing study site. NFU, National Fisheries University.

水面下にあったが、水深が浅い左岸側の垣網は水面より上に出る部分が大半であった。水面下にある垣網は、敷き込まれている石を包み込んで下流側にやや傾いていた状態で

起立していた。

カニ籠に様々な餌を入れて採集を行っても小型のモクズガニは採取されないことから<sup>10)</sup>、餌で小型のカニを誘引することは難しいと判断し、漁具内には餌を入れなかった。

-  fishing gear
-  concrete bank
-  hydrophytes growing on dry pebble and sand riverbed
-  large stone on pebble and sand bottom
-  river water over pebble and sand bottom

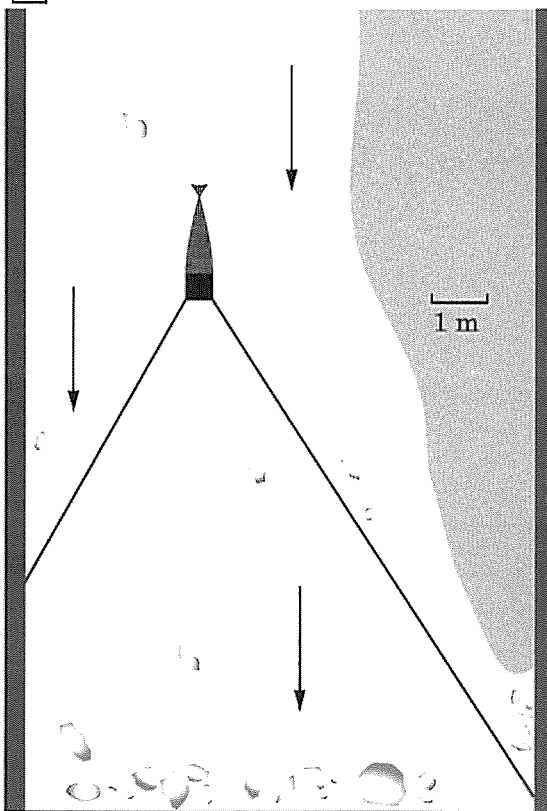


Fig. 8. Environmental conditions at the study site in the Nishida River. Arrows show the current flow.

#### 2.5.1.4 作業項目

毎日1回、袋網を揚げて中のカニを取り上げ、計数し、精度0.05mmのノギスを使用して甲幅を測定した後に、直ちに漁具の上流に放流した。

#### 2.5.1.5 漁獲効率を求めるための実験

2002年8月11日、9月17日、10月15日、10月21日に、垣網末端より5m下流の河川中央部に、1回あたり112~125個体の稚ガニを放流し、その後連続した10日間の再捕率を調べた。これを4回反復した。なお、放流した個体全ての背甲には、赤、黒、白マジックで塗って標識を施した。標識の有効期間や生残への影響を調べるために、標識した10個体の稚ガニを毎回室内で飼育し、再捕期間中に脱皮による標識の脱落や死亡が無いことを確認した。なお、この実験に用いた稚ガニは、西田川、または近隣の川棚川で、本漁具および徒手によって採集したものである。

#### 2.5.1.6 移出率を求めるための実験

上記の方法で標識をした稚ガニを、2002年10月1日、5日、14日、15日に、1回あたり50~79個体を漁具の袋網内に入れ、その後、全ての標識稚ガニが移出するまで、毎日の移出率を調べた。その他の方法は、漁獲効率を求めるための実験と同じである。

#### 2.5.2 結果と考察

漁獲効率についての4回の実験で計478個体の稚ガニを放流した結果、再捕されたのは4回目の実験の2個体のみで

Table 5. Results of a release-recapture experiment to estimate the catching rate of the fishing gear, *Eriocheir japonica* juveniles were marked on the carapace with paint and released at a point 5 m downstream from the entrance of the gear in the Nishida River.

Date of release	No. crabs released	CW of released crabs	Total of 10 days after release	
			Recaptured	Native
11 Aug.	118	7.7 mm	0	73
17 Sep.	123	7.8 mm	0	10
15 Oct.	112	7.4 mm	0	40
21 Oct.	125	6.9 mm	2	7
Total	478	7.5 mm	2	130

**Table 6.** Escape rate of *Eriocheir japonica* juveniles from the fishing gear. Crabs were marked on the carapace with paint and released in the net bag of the gear in the Nishida River. Number of crabs released and average of their carapace widths on the date of release: 57 and 7.8 mm on 1 Oct., 79 and 22.5 mm on 5 Oct., 50 and 7.7 mm on 14 Oct., 50 and 10.6 mm on 15 Oct. 2002, respectively.

Days elapsed	1 Oct.			5 Oct.			14 Oct.			15 Oct.		
	No. crabs retained	Daily escape rate	Accumulative escape rate	No. crabs retained	Daily escape rate	Accumulative escape rate	No. crabs retained	Daily escape rate	Accumulative escape rate	No. crabs retained	Daily escape rate	Accumulative escape rate
0	57	-	-	79	-	-	50	-	-	50	-	-
1	41	0.28	0.28	17	0.78	0.78	37	0.26	0.26	15	0.70	0.70
2	33	0.20	0.42	15	0.12	0.81	8	0.78	0.84	13	0.13	0.74
3	23	0.30	0.60	13	0.13	0.84	7	0.13	0.86	12	0.08	0.76
4	18	0.22	0.68	10	0.23	0.87	4	0.43	0.92	8	0.33	0.84
5	9	0.50	0.84	8	0.20	0.90	1	0.75	0.98	5	0.38	0.90
6	7	0.22	0.88	3	0.63	0.96	0	1.00	1.00	4	0.20	0.92
7	3	0.57	0.95	1	0.67	0.99	-	-	-	4	0.00	0.92
8	3	0.00	0.95	0	1.00	1.00	-	-	-	3	0.25	0.94
9	1	0.67	0.98	-	-	-	-	-	-	3	0.00	0.94
10	1	0.00	0.98	-	-	-	-	-	-	3	0.00	0.94
11	0	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	3	0.00	0.94
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.33	0.96
13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.00	0.96
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0.50	0.98
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1.00	1.00

あった (Table 5)。供試総個体数から計算した本漁具の漁獲効率は0.004で、かなり低い。また、4回目の実験結果のみで計算しても、0.016と低い。

今回試作した漁具の垣網は、設置している時、水流の影響を受けて敷きこんだ石に覆い被さるようにして下流側へ傾いている。増水時には、水中に完全に倒れ込んでいる状態となり、多くの稚ガニが垣網の倒れ込んだ部分を越えていることが考えられる。

また、モクズガニの稚ガニは水際を遡上する個体も多いと考えられることから<sup>11)</sup>、垣網を乗り越えて上流へ向かうものも多くいるのではなかろうか。よって、垣網を乗り越えようとするモクズガニをうまく漁具に誘導する工夫が必要となる。

移出についてみると、6～15日間のうちに全ての稚ガニが漁具から移出してしまった。また、日々の移出率は変動が大きかった (Table 6)。実験毎の日移出率の平均は0.29～0.56であり、そのうち3回の実験においては、1、2日目の移出率は0.70～0.78で、かなり高い値となった。よって、胴部のカエシの構造については更なる改良の必要があろう。また、漁具内における稚ガニ密度の高さも原因になっていると考える。以上のことから、稚ガニの移出を少なくするためには、カエシの改良とともに、胴・袋網内部空間

の拡大などを試みる必要があるだろう。

### 3 研究Ⅱ 漁具の設置時期

ここで試作した漁具を実用化するには、実際に必要な種苗数が確保可能だけでなく、種苗を人工的に生産するよりも安価に天然種苗を集めることができなければならない。必要経費のほとんどは人件費であるので、それを節約するには、モクズガニ種苗がたくさん採集できる時期を予測して効率よく漁具を設置する必要がある。そこで、天然河川に漁具を設置し、日々のモクズガニ漁獲個体数と環境との関係について調べた。

なお、ここで筆者らが1漁具を製作するのに要した金額は数千円であり、漁具は複数年使用できるので、人件費と比べると漁具の製作経費は些細であると考えられる。よって、ここでは漁具製作費については無視することにした。

#### 3.1 材料と方法

##### 3.1.1 漁具と設置期間

使用した漁具や設置の詳細については、研究Ⅰの野外実験と同じである。漁具は1基だけを設置し、設置期間は2002年4月2日から12月31日の9カ月間とした。極端な増水時

を除き、毎日1回、袋網を揚げて漁獲物を取りあげた。

### 3.1.2 環境情報

漁獲と密接に関係し、簡単に値が得られる環境情報として、水位、水温、月齢、降水確率を選んだ。水位は、設置場所付近の定点のコンクリート護岸部に基準点を設けて折れ尺で測定した。水温は、その護岸の直前での底層水温をデジタル式水温計（分解能0.1℃）で測定した。月齢については、朝日新聞朝刊の「月齢」で確認し、降水確率については、同朝刊で、「翌日の降水確率（下関）」の数値を使用した。

### 3.1.3 漁獲目標値、豊漁日、豊漁期間

1日あたりの漁獲目標値を決めた上で、その目標値を上回ることが期待できるときに漁具を設置する方法をとれば人件費が節約できる。そこで、次のような過程を経て、漁獲目標値を「1日に1漁具あたり40個体以上」と決めた。

モクズガニの種苗を生産しているある機関は、近年、甲幅2mm前後の稚ガニ（メガロバ幼生から稚ガニに変態した直後のカニ、C<sub>1</sub>）を1個体1円として40万個体を販売した。しかしながら、人件費と施設償却費を除いても、実際には1個体4円の生産コストが必要とのことだった。さらに、この種苗を購入した機関では、陸上水槽で一括して中間育成をしてから天然の河川に放流した。ただし、2回

脱皮して甲幅4mm程度の稚ガニ（C<sub>3</sub>）になっても放流時の食害が大きいことが判明していることから<sup>10)</sup>、甲幅7mm程度にまで育ててから放流することを目標にしていると言う。しかし歩留まりは悪く、半数程度が生残すれば良い方だと言う。以上のことから、現状では、親ガニから甲幅7mm程度の種苗を生産するとしたら、人件費と施設償却費を除いても、1個体あたりの生産コストは10円を越えると判断する。そこで、甲幅7mmの種苗の生産コストを10円/個体と仮定した。そして、作業員を時給800円で雇用して、河川で漁獲した天然種苗が、10円/個体よりも安くなるように漁獲目標値を考えた。

さらに、ある町では、町内を流れる河川の内水面漁業振興のために、甲幅7mmのカニ1万個体の放流を希望している。10円/個体であれば、種苗を購入するには10万円が必要だが、その予算化の用意はある。ところが実際には、県内にモクズガニの種苗を生産する機関が無いので、種苗を入手することができない。そこで、ここで開発した漁具を同町内を流れる小河川に設置し、作業員を雇用して種苗を採集することを計画した。この漁具の袋網からカニを回収するには1人で10分もあればできる。近い所に同じ漁具5基を設置して回収して回るとすると、移動時間と作業で2時間程度をみておけば良い。この場合、1日当たり賃金1600円と交通費が必要となる。仮に交通費を400円とすると、1日当たりの人件費は2000円で、これは生産した種苗

Table 7. Data of the good catch day when the catch over the target of 40 crabs/day/gear occurred in the Nishida River in 2002.

Date	No. crabs caught	Moon age	Water level (cm)	Water temp. (°C)
16 Apr.	49	3.3	30.9	16.7
17 Apr.	81	4.3	32.6	17.1
18 Apr.	44	5.4	26.6	17.3
5 May	98	22.3	40.2	19.1
6 May	54	23.3	33.1	17.4
16 May	44	3.7	43.6	17.5
12 June	60	1.1	18.6	20.7
20 June	78	9.1	24.4	24.4
21 June	74	10.1	19.6	22.0
1 July	365	20.1	32.1	23.4
2 July	253	21.1	30.8	23.2
17 July	707	6.7	20.6	27.3
11 Aug.	96	2.3	23.2	25.5
16 Sep.	100	9.0	34.5	22.9
4 Dec.	74	29.3	22.3	12.5
21 Dec.	40	16.8	27.6	11.5

200個体分の金額である。つまり、1日に1漁具あたり40個体以上を採集できると、生産コストを上回ることになる。よって、この数値を漁獲目標値とした。

漁獲目標値を達成した日を「豊漁日」と称した。また、豊漁日が連続した最長期間は3日間であったことから、一度漁具を設置したら3日間は連続して設置して操業することを念頭に置き、豊漁日を初日とする連続した3日間を便宜的に「豊漁期間」と呼ぶことにした。

### 3.2 結果と考察

4月2日から12月31日までの間に計3406個体の稚ガニを採集した。その間に豊漁日が計16日あった (Table 7)。

豊漁日と月齢との関係について考えた。一般的に、大潮の月齢は29~2, 14~17である。豊漁日であった16回のうち月齢が大潮の範疇にあったのは3回で、漁獲個体数と月齢の間に特別な関係はないと判断した。

次に、水位、水温との関係について考えた。実験中、豊

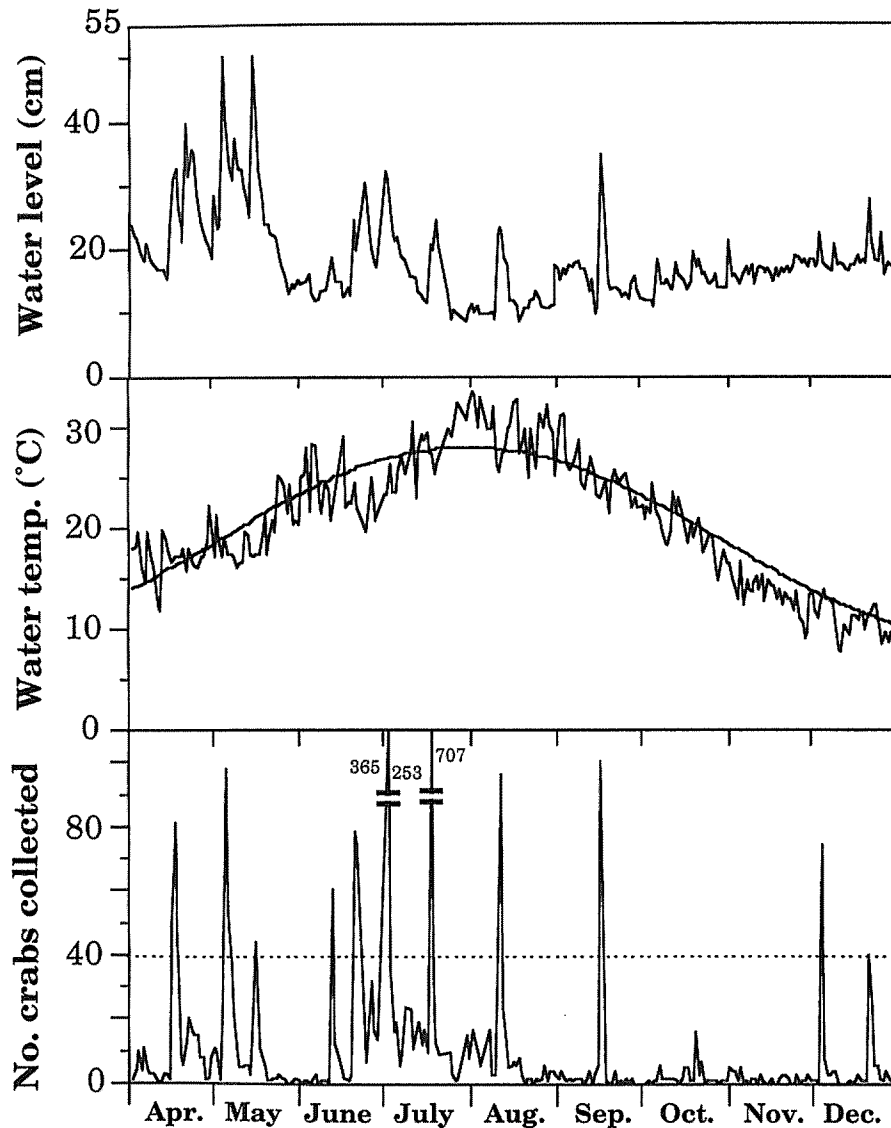
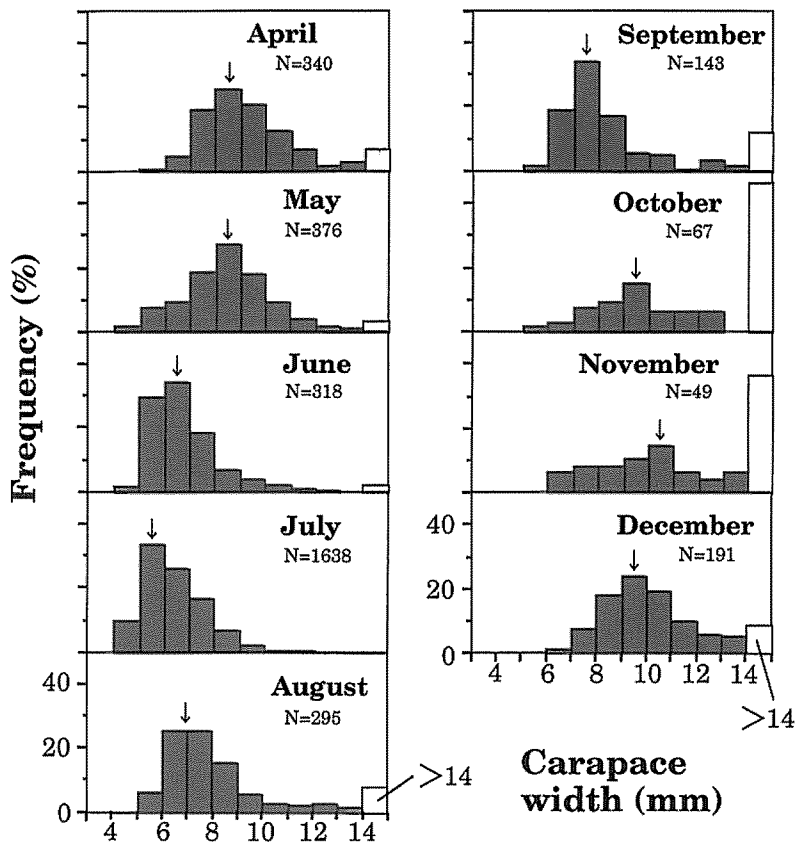


Fig. 9. Daily change of the water level, bottom water temperature, and number of *Eriocheir japonica* juveniles collected by the fishing gear during 2 April and 31 December in 2002. Water level was not the depth at the study site but was measured on the wall of a concrete bank near the site. Numerals given on the figure indicate the number of crabs over the scales, 90 crabs /day. Broken line denotes the target of 40 crabs/day/gear.

**Table 8.** Data for the day before and after setting the fishing gear. The date of setting is one day before the good catch day. The probability of precipitation of the good catch day in Shimonoseki was from the morning edition of the ASAHI newspaper of the date of setting.

Date of setting	No. crabs caught ( $n_a$ )				Water level ( $l_a$ , cm)				Water temp. ( $t_a$ , °C)				Probability of precipitation ( $p_a$ , %)
	1day after $n_1$	2days after $n_2$	3days after $n_3$	Total $\Sigma n$	1day before $l_{-1}$	The day $l_0$	1day after $l_1$	Ave.	1day before $t_{-1}$	The day $t_0$	1day after $t_1$	Ave.	
15 Apr.	49	81	44	174	15.3	19.8	30.9	22.0	18.8	17.7	16.7	17.7	50
4 May	98	54	39	191	23.8	50.0	40.2	38.0	18.9	17.3	19.1	18.4	30
15 May	44	11	9	64	24.9	50.0	43.6	39.5	17.4	17.2	17.5	17.4	40
11 June	60	13	7	80	13.7	16.6	18.6	16.3	24.5	23.7	20.7	23.0	40
19 June	78	74	7	159	13.8	12.7	24.4	17.0	22.5	22.4	24.4	23.1	60
28 June	365	253	34	652	17.7	17.1	32.1	22.3	20.7	20.9	23.4	21.7	70
16 July	707	34	13	754	12.0	11.6	20.6	14.7	28.6	29.5	27.3	28.5	30
10 Aug.	96	24	12	132	9.0	22.2	23.2	18.1	32.0	26.2	25.5	27.9	20
15 Sep.	100	1	0	101	9.8	11.1	34.5	18.5	25.5	23.2	22.9	23.9	50
3 Dec.	74	8	3	85	17.0	17.9	22.3	19.1	11.9	11.1	12.5	11.8	60
20 Dec.	40	23	6	69	18.1	17.7	27.6	21.1	11.5	10.1	11.5	11.0	70
Min.	40	1	0	64	9.0	11.1	18.6	14.7	11.5	10.1	11.5	11.0	20
Max.	707	253	44	754	24.9	50.0	43.6	39.5	32.0	29.5	27.3	28.5	70
Ave.	156	52	16	224	15.9	22.4	28.9	22.4	21.1	19.9	20.1	20.4	47



**Fig.10.** Monthly change of carapace width distribution of *Eriocheir japonica* collected by the fishing gear. Daily data were accumulated every month. Arrows indicate average values.

漁日が訪れてから数日間は、普段より漁獲個体数の多い傾向にあることが観察された (Fig. 9)。この、普段より漁獲個体数の多い数日間のうち、豊漁日が最も長く続いたのは、4月16～18日の3日間であり、豊漁日の3日後以降は、漁獲個体数が大きく減少する傾向がみられた。よって、豊漁日初日から3日間の豊漁期間には、総漁獲個体数も多くなると期待できることから、以降は豊漁期間に着目して解析を進めることにした。

豊漁期間は、4月に1回、5月に2回、6月に2回、7月に2回、8月に1回、9月に1回、12月に2回の計11回観察された (Fig. 9, Table 8)。月別の漁獲個体数は、4月340個体、5月376個体、6月318個体、7月1638個体、8月295個体、9月143個体、10月67個体、11月49個体、12月191個体であった。これを豊漁期間にのみ限定すると、4月174個体、5月255個体、6月239個体、7月1406個体、8月132個体、9月101個体、12月154個体であった。いずれの場合も7月に最も多くの稚ガニが採集された。

豊漁期間においては、例外なく初日またはその前日に降雨による水位の上昇がみられたが、水温については特に大きな変動のない場合が多かった (Fig. 9, Table 8)。したがって、水温との関係は見出せなかったが、水位の上昇と稚ガニの採集個体数の間には、密接な関係があると考えられた。なお、6月25日は増水が著しく危険であったため、実験を中断し、採集用具を引き揚げた。したがって、6月には豊漁期間がもう1回存在し、5月よりも漁獲個体数が多かった可能性が十分にある。よって、以上のことから、6、

7月は稚ガニの採集に適した時期であり、水位上昇に着目することによって、漁獲予想が可能になると判断した。

また、月によって、個体の甲幅組成に変動が見られた (Fig. 10)。4月はモード8.0～8.9 mm、漁獲個体数340個体であったが、その後、甲幅のモードは小さくなり続け、7月にはモード5.0～5.9 mmと実験中で最小となり、一方で個体数は1638個体と最大になった。しかし、8月～11月には一転してモードが概ね大きくなり続け、個体数も減少し続けた。しかし、12月はモード9.0～9.9 mmと再び小さくなり、個体数も191個体と増加した。なお、上記のように、6月は5月よりも漁獲個体数が実際には多かった可能性が高く、6月のモードは6.0～6.9 mmで、5月のモード8.0～8.9 mmに比べてかなり小さい。このことから、西田川では、6、7月は新規群の加入盛期であると考えた。なお、12月にもモードが小さくなり、漁獲個体数が増加していることから、12月前後にも稚ガニの遡上時期があることが示唆された。

### 3.2.1 条件式の提案—水位

先に、豊漁期間の初日またはその前日には降雨による水位の上昇が見られたこと、6、7月が最も稚ガニ採集に適した時期と思われたこと、の2点を挙げた。そこで、毎日の水位変動を調べて条件式を提案することにより、豊漁期間を予測できるのではないかと考えた。条件式の提案にあたっては、豊漁期間初日の前日 (実用時の漁具設置日、 $d = 0$ ) に本漁具を設置し、その翌日から連続して3日間操

**Table 9.** Number of *Eriocheir japonica* juveniles caught in the good catch period, the good catch day and following two days, and indices of the water level. See Table 8 for abbreviations.

Date of setting	$\Sigma n$	$l_0/l_{-1}$	$l_1/l_{-1}$	$(l_0/l_{-1}) + (l_1/l_{-1})$	$l_0 - l_{-1}$	$l_1 - l_{-1}$	$(l_0 - l_{-1}) + (l_1 - l_{-1})$
15 Apr.	174	1.3	2.0	3.3	4.5	15.6	20.1
4 May	191	2.1	1.7	3.8	26.2	16.4	42.6
15 May	64	2.0	1.8	3.8	25.1	18.7	43.8
11 June	80	1.2	1.4	2.6	2.9	4.9	7.8
19 June	159	0.9	1.8	2.7	-1.1	10.6	9.5
28 June	652	1.0	1.8	2.8	-0.6	14.4	13.8
16 July	754	1.0	1.7	2.7	-0.4	8.6	8.2
10 Aug.	132	2.5	2.6	5.0	13.2	14.2	27.4
15 Sep.	101	1.1	3.5	4.7	1.3	24.7	26.0
3 Dec.	85	1.1	1.3	2.4	0.9	5.3	6.2
20 Dec.	69	1.0	1.5	2.5	-0.4	9.5	9.1
Min.	64	0.9	1.3	2.4	-1.1	4.9	6.2
Max.	754	2.5	3.5	5.0	26.2	24.7	43.8
Ave.	224	1.4	1.9	3.3	6.5	13.0	19.5

業すると仮定した。その前後の漁獲個体数、水位  $l_d$ 、水温  $t_d$ 、降水確率を Table 8 に示した。なお、豊漁期間初日（40個体以上を漁獲した日、 $d = 1$ ）の水位にはかなりばらつきがあった。また、この日の水位は、濁水が続いていた後の降雨の場合には、実験期間を通しての平均水位とさほど変わらない値の場合もあった。よって、豊漁期間を予測するにあたって、「水位が一定値を越えること」ではなく、「これまでの水位より急上昇すること」が重要であると考えた。降雨により水位が急上昇した日は、それが豊漁初日の前日（ $d = 0$ ）の場合と当日（ $d = 1$ ）の場合の2通りある（Table 8）。そこで、その2通りの水位変動について考えるために、豊漁初日の前々日の水位  $l_{-2}$ 、前日の水位  $l_0$ 、当日の水位  $l_1$  についてのパラメータを計算した（Table 9）。水位の変動を表すパラメータには、水位の比または差を用いた。まず、水位の比を用いる場合について、前日に水位が急上昇した場合を想定し  $l_0/l_{-1}$ 、当日に水位が急上昇した場合を想定し  $l_1/l_0$  を計算した。そして、前日に水位が急上昇した場合と当日に水位が急上昇した場合の双方を表すために、その2つの和（ $l_0/l_{-1} + (l_1/l_0)$ ）を用いた。一方、水位の比ではなく差を用いる場合についても、比を用いる場合と同様に、 $l_0 - l_{-1}$ 、 $l_1 - l_0$ 、 $(l_0 - l_{-1}) + (l_1 - l_0)$  を使用した。

前記のパラメータを用いて、以下の2つの条件式を提案した。

$$(l_0/l_{-1}) + (l_1/l_0) \geq 2.4 \quad (1)$$

$$(l_0 - l_{-1}) + (l_1 - l_0) \geq 6.2 \quad (2)$$

式(1)と(2)は、前日に水位が急上昇した場合と当日に水位が急上昇した場合の双方に対応した式である。なお、そ

れぞれの右辺の2.4と6.2は、Table 9の最小値を代入した値である。

式(1)と(2)は、 $l_1$ を含んでいる。しかし、 $l_1$ は漁具揚げの当日にならないとわからない値なので、それを含む式では漁具を設置するタイミングを予測することはできない。そこで、次に式(3)と(4)を提案した。

$$l_0/l_{-1} > 1.0 \quad (3)$$

$$l_0 - l_{-1} > 0.0 \quad (4)$$

なお、本来なら式(3)と(4)の右辺は式(1)と(2)と同様に、Table 9の最小値を使うはずである。しかし、 $l_0/l_{-1}$ の最小値は0.9、 $l_0 - l_{-1}$ の最小値は-1.1であり、これらの値を代入すると、水位が減少した時でも条件式に適合してしまう。これらの式は、水位が急上昇した時に稚ガニを採集できる、ということ为前提に提案した式である。したがって、式(3)は1.0を超える値、式(4)は0.0を超える値を有効とした。

### 3.2.2 条件式の適用結果—水位

式(1)～(4)を実際のデータに適用した（Table 10）。データを4月2日から順に観察し、条件式に適合した日を当日とし、その日から連続する3日間を1回の操業期間とする。Table 10では、操業期間の回数を「該当回数(a)」とした。また、「的中率(c/a)」とは、aのうち、豊漁日が含まれていた回数(c)の割合である。

まず、式(1)と(2)を見ると、漁獲個体数/日が4～12月の期間で43～45個体、6～7月の期間で114個体となった。また、的中率は0.52～0.80であった。一方、式(3)と(4)は、漁獲個体数/日が4～12月の期間で12～15個体、6～7月

**Table 10.** Effectivity of discriminants from water level. Data in 2002 were used to apply with the operation rule that the fishing gear was hauled every day for a successive three days after the gear was set. Target catch is 40 crabs/day/gear, thus 120 crabs were required for the three days.  $l_0$  is the water level at the day when the gear was set. Other abbreviations in Table 8.

Duration	Discriminant	No. corresponding to formula $\alpha$	Total no. captured crabs $\beta$	$\geq 120$ crabs		$< 120$ crabs		Hitting ratio $(\gamma/\alpha)$	Ave. catch/time $(\beta/\alpha)$	Ave. catch/day $(\beta/3\alpha)$
				No. times $\gamma$	Total no. captured crabs	No. times	Total no. captured crabs			
April – December	$(l_0/l_{-1}) + (l_1/l_0) \geq 2.4$	21	2714	11	2472	10	242	0.52	129	43
	$(l_0 - l_{-1}) + (l_1 - l_0) \geq 6.2$	20	2725	11	2472	9	253	0.55	136	45
	$l_0/l_{-1} > 1.0$	41	1792	10	1362	31	430	0.24	44	15
	$l_0 - l_{-1} > 0.0$	55	1916	11	1396	44	520	0.20	35	12
June & July	$(l_0/l_{-1}) + (l_1/l_0) \geq 2.6$	5	1708	4	1645	1	63	0.80	342	114
	$(l_0 - l_{-1}) + (l_1 - l_0) \geq 7.8$	5	1708	4	1645	1	63	0.80	342	114
	$l_0/l_{-1} > 1.0$	9	691	3	519	6	172	0.33	77	26
	$l_0 - l_{-1} > 0.0$	10	699	4	578	6	121	0.40	70	23



の期間で23~26個体となった。的中率は0.20~0.40であった。このように、式(1)と(2)は、目標値(40個体以上/日)を達成し、的中率も高い値をとった。しかし、「条件式の提案—水位」で記したように、式(1)と(2)は実用に際しては漁具設置日の翌日となる水位  $t_1$  を使うため予測に用いることはできない。また、式(3)と(4)は、目標値を達成しておらず、的中率も低かった。したがって、式(3)と(4)も単独で漁獲予測に使用することはできないと判断した。

式(1)~(4)のいずれの式においても、期間を6、7月に限定した方が、4月~12月の期間よりも的中率、漁獲個体数/日ともに高い値になった。これらのことから、6、7月は稚ガニ漁獲に適した時期であることが再確認された。また、式(3)、(4)の的中率と漁獲個体数/日が低い値となったのは、6月~12月の豊漁期間のうち6回が、当日に水位が急上昇するパターンだったからであり、水位変動が稚ガニの漁獲個体数と密接な関係があることに異論はない。

### 3.2.3 条件式の提案—水温

水温と稚ガニの漁獲個体数の間に明確な関係は認められないが(Fig. 9)、降水後に水温が下降することが多かった。よって、水温変動のパラメータを用いて稚ガニ漁獲の条件式を提案できる可能性もあると考え、それについて検討した。

水位の条件式では、稚ガニ漁獲に適した条件を水位が急上昇した時と考えたが、水温の条件式では、水温が下降した時と考えた。この点以外は、「水位」と同様の手順で水

温パラメータの計算を行い (Table 11)、以下に示す4つの条件式の提案を行った。

$$(t_0/t_{-1}) + (t_1/t_{-1}) \leq 2.1 \quad (5)$$

$$(t_0 - t_{-1}) + (t_1 - t_{-1}) \leq 2.9 \quad (6)$$

$$t_0/t_{-1} < 1.0 \quad (7)$$

$$t_0 - t_{-1} < 0.0 \quad (8)$$

### 3.2.4 条件式の適用結果—水温

式(5)~(8)を実際のデータに適用した (Table 12)。表中の項目は、「条件式の適用結果—水位」のTable 10と同様である。

まず、4~12月の期間では、式(5)~(8)の平均漁獲個体数/日は14~15個体、的中率は0.15~0.16となった。一方、6~7月の期間では、式(5)、(6)、(8)で平均漁獲個体数/日が40~46個体、的中率が0.29となり、式(7)で平均漁獲個体数/日が30個体、的中率が0.18となった。このように、4~12月の期間では、いずれの式においても目標値を達成できず、的中率も低い値をとった。ただし、6~7月の期間では、式(5)、(6)、(8)の平均漁獲個体数/日が44~46となり、目標値を達成した。しかし、式(5)と(6)は、漁具設置の翌日にしか知り得ない  $t_1$  を使った式なので、予測に用いることができない。また、式(8)は、目標値を達成しており、 $t_1$  も用いていない。しかし、的中率が0.29と低い。

式(5)~(8)の全てにおいて的中率は低い値となった。式の適用結果を見ると、式(5)、(6)、(8)で平均漁獲個体数

**Table 11.** Number of *Eriocheir japonica* juveniles caught in the good catch period and indices of the water temperature. See Table 8 for abbreviations.

Date of setting	$\Sigma n$	$t_0/t_{-1}$	$t_1/t_{-1}$	$(t_0/t_{-1}) + (t_1/t_{-1})$	$t_0 - t_{-1}$	$t_1 - t_{-1}$	$(t_0 - t_{-1}) + (t_1 - t_{-1})$
15 Apr.	174	0.9	0.90	1.8	-1.1	-2.1	-3.2
4 May	191	0.9	1.00	1.9	-1.6	0.2	-1.4
15 May	64	1.0	1.00	2.0	-0.2	0.1	-0.1
11 June	80	1.0	0.80	1.8	-0.8	-3.8	-4.6
19 June	159	1.0	1.10	2.1	-0.1	1.9	1.8
28 June	652	1.0	1.10	2.1	0.2	2.7	2.9
16 July	754	1.0	1.00	2.0	0.9	-1.3	-0.4
10 Aug.	132	0.8	0.80	1.6	-5.8	-6.5	-12.3
15 Sep.	101	0.9	0.90	1.8	-2.3	-2.6	-4.9
3 Dec.	85	0.9	1.10	2.0	-0.8	0.6	-0.2
20 Dec.	69	0.9	1.00	1.9	-1.4	0.0	-1.4
Min.	64	0.8	0.80	1.6	-5.8	-6.5	-12.3
Max.	754	1.0	1.10	2.1	0.9	2.7	2.9
Ave.	224	0.9	1.00	1.9	-1.2	-1.0	-2.2

**Table 12.** Effectivity of discriminants from water temperature. Abbreviations and explanations as in Table 10.

Duration	Discriminant	No. corresponding to formula $\alpha$	Total no. captured crabs $\beta$	$\geq 120$ crab		$< 120$ crabs		Hitting ratio $(\gamma/\alpha)$	Ave. catch / time $(\beta/\alpha)$	Ave. catch / day $(\beta/3\alpha)$
				No. times $\gamma$	Total no. captured crabs	No. times	Total no. captured crabs			
April–December	$(t_0/t_{-1}) + (t_1/t_{-1}) \leq 2.1$	79	3330	12	2407	67	923	0.15	42	14
	$(t_0-t_{-1}) + (t_1-t_{-1}) \leq 2.9$	79	3323	12	2420	67	903	0.15	42	14
	$t_0/t_{-1} < 1.0$	56	2130	9	1464	47	666	0.16	38	13
	$t_0-t_{-1} < 0.0$	70	3148	11	2330	59	818	0.16	45	15
June & July	$(t_0/t_{-1}) + (t_1/t_{-1}) \leq 2.1$	14	1927	4	1625	10	302	0.29	138	46
	$(t_0-t_{-1}) + (t_1-t_{-1}) \leq 2.9$	14	1923	4	1625	10	298	0.29	137	46
	$t_0/t_{-1} < 1.0$	11	996	2	714	9	282	0.18	91	30
	$t_0-t_{-1} < 0.0$	14	1825	4	1545	10	280	0.29	130	43

**Table 13.** Effectivity of discriminants from water level, water temperature, and probability of precipitation. Abbreviations and explanations as in Table 10.

Duration	Discriminant	No. corresponding to formula $\alpha$	Total no. captured crabs $\beta$	$\geq 120$ crabs		$< 120$ crabs		Hitting ratio $(\gamma/\alpha)$	Ave. catch / time $(\beta/\alpha)$	Ave. catch / day $(\beta/3\alpha)$
				No. times $\gamma$	Total no. captured crabs	No. times	Total no. captured crabs			
June & July	$l_0-l_{-1} > 0.0$	10	699	4	578	6	121	0.40	70	23
	$t_0-t_{-1} < 0.0$	14	1825	4	1545	10	280	0.29	130	43
	$l_0-l_{-1} > 0.0$ and/or $t_0-t_{-1} < 0.0$	14	1878	5	1658	9	220	0.36	134	45
	$l_0-l_{-1} > 0.0$ and $t_0-t_{-1} < 0.0$	7	289	2	162	5	127	0.29	41	14
Probability of precipitation										
	$\geq 30\%$	13	1933	4	1638	9	295	0.31	149	50
	$\geq 40\%$	9	1097	3	884	6	213	0.33	122	41
	$\geq 50\%$	7	1029	3	884	4	145	0.43	147	49
	$\geq 60\%$	6	1023	3	884	3	139	0.50	171	57
	$\geq 70\%$	5	1526	3	1459	2	67	0.60	305	102
	$\geq 80\%$	2	113	1	73	1	40	0.50	57	19

／日が大きい値をとったものの、これらの水温による条件式で豊漁期間初日を予測できるとは考えがたい。豊漁期間初日を予測する、という点においては、的中率が高い水位の条件式の方を發展させた方が良いように思える。また、西田川のような小河川においては、1日の間で水温が大きく変動することから、やはり水温よりも水位のパラメータを用いた条件式の方が良いと考える。

### 3.2.5 実用的な予測方法

「条件式の提案—水位」と「条件式の提案—水温」に提案した条件式(1)～(8)は、単独で稚ガニの漁獲予測に用いることは難しい、と思われた。そこで、期間を稚ガニ漁獲

に適すると考えられる6～7月に限定し、式(3)、(4)、(7)、(8)のうち、それぞれの中率が良かった方の式(4)と(8)を組み合わせ、漁獲予測に適用することを検討した (Table 13)。その結果、式(4)かつ(8)の条件下では、平均漁獲個体数／日が14個体、的中率0.29と目標値を達成できず、的中率も低い値であり、漁獲予測への適用は不可能と判断した。一方、式(4)または(8)の条件下では、平均漁獲個体数／日が45個体、的中率0.36となり、目標値を達成したが、的中率はなお低い値であった。

また、実験データより、6～7月の期間は、その他の期間と比較して、少しの水位の上昇でも多数の稚ガニが漁獲できる傾向にあるように思われた。そこで、この期間につ

いては、水位、水温の変動以外に、天気予報の降水確率をもとに稚ガニの採集予測を行うことを検討した(Table 13)。目標値、表中の項目などは、水位・水温の条件式の場合と同様である。その結果、降水確率が80%以上だったのは2カ月間に2回のみで、漁獲総個体数も113個体と少なく現実的ではなかった。降水確率30%~70%以上は、期間内に5~13回あり、平均個体数/日は41~102個体、的中率0.31~0.60で、漁獲総個体数も1023~1933個体と多く、よく目標値を達成した。特に、降水確率60%以上と70%以上は5~6回で、漁獲総個体数は1023~1526個体、平均個体数/日が57~102個体、的中率も0.50~0.60で、さらに良い結果であった。

以上、漁具を設置する時期について、水位変動、水温変動、降水確率を用いて決定する方法を提案してきたが、簡便で良い結果を得られるのは、降水確率60%以上を基準にする方法であると考えられる。つまり、ここでは、「6~7月に、朝日新聞朝刊で下関地区の明日の降水確率を見て、60%以上であれば漁具を設置し、翌日から3日間、獲れたカニを毎日回収する」のが最良であろう。

### 3.2.6 採算性の検証

実験を実施した西田川において、同年に5基の同じ漁具を使って、前述の方法で操業した場合を考えてみる。降水確率60%以上で漁具を設置したとすると、そのときの平均個体数/日は57個体であるので(Table 13)、1万個体の稚ガニを漁獲するのに要する日数は、 $10000 / (5 \times 57) = 35$ 日と計算される。当初、1日の人件費を2000円と仮定した。35日間の雇用としても7万円であり、当初予算の10万円より安く入手できる。ただし、2002年6~7月の2カ月のうちに、同条件で操業できたのは6回18日であり、日数を確保できず非現実的である(Table 13)。よって、漁具改良を行ったり、稚ガニ密度の高い小河川に漁具を設置することが必要となる。

西田川では、本漁具で採集されたカニの月別の甲幅組成図から、新規加入個体の出現や成長の様子をうかがうことができる(Fig.10)。7~9月を例にとると、7月に新規加入した群の平均サイズは徐々に増加するが、その後の新規加入群は認められない。このような組成図は、通常、閉鎖水域にいる個体群を経時的に採集した場合に認められるものである。もし、モクズガニの稚ガニの加入群が全て素早く遡上するならば、8月や9月の組成図は、後から着底して加入した個体のためにもっと小さいサイズに偏るはずである。よって、Fig.10のように組成図が推移するのは、6

~7月に新規加入してきた個体群が極めて大きく(個体数が多い)、また、河口の広範囲にわたって着底していることを示唆する。そして、個体の短時間の移動速度は大きい<sup>13)</sup>、群としては、水平的にかなり広がって遡上するために、このようになったのであろう。よってこのような小河川であっても、種苗を漁獲するだけの資源量は十分にあると考える。

漁具改良によって、漁獲効率を現在の0.004から0.1に上げることができれば、漁獲個体数/日は今までの25倍になる。その場合、同河川で1万個体の稚ガニを採集するのに要する日数は、漁具1基だけで操業したとしても7日間と試算できる。これは現実的な操業日数であり、人件費も大幅に節約することができる。

なお、漁具の設置場所については、漁業権が設定されておらず、流域の住民にモクズガニを食べる習慣が無い所が良いだろう。また、遡上してきたは、上流へ行くにつれ、途中で滞留したり、小支流や水路へ分散したり、捕食によって死亡するために、個体数密度が低くなるはずである。従って、感潮域上限から数kmも離れた場所では群が離散的になり、集中的に漁獲するのは難しいと考える。このため、できるだけ感潮域上限に近いところに漁具を設置した方が良い。また、ここで使ったような漁具では、川幅が狭く、川底が平坦で浅い場所が、操業もしやすく、効率的であろう。

## 4 要約

モクズガニの放流用種苗を天然河川で捕獲するために、木製の胴の構造を持つ定置網を開発した。胴の構造を考えるために、稚ガニを使って室内実験を行った。その結果、胴のスリット状開口部の高さは稚ガニの甲幅程度の開口があれば良いこと、開口部の傾斜(カエシ)の勾配は小さいほど稚ガニが胴に侵入しやすく、胴内に設けるカエシに使う塩ビパイプは外径26mm以上のものが有効と考えた。試作した漁具の漁獲効率は低く、移出率は大きかったことから、胴内のカエシや垣網の構造を工夫し、袋網の内部空間を拡大する必要がある。

この漁具を下関市を流れる小河川の河口付近に設置して2002年4月2日~12月31日の間、毎日揚網し、計3406個体のモクズガニを採集できた。そのデータを解析した結果、6~7月に、新聞に掲載されている翌日の降水確率が60%以上のときに、漁具を設置して、翌日から3日間毎日1回網揚げをする方法が、最も効率良くカニを採集できること

が判明した。また、このような方法をとれば、生産した種苗を購入するよりも安価に、天然種苗を得ることを試算で証明した。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたってご指導を賜った水産大学校生物生産学科の林 健一教授に、心より感謝の意を表す。実験用種苗の提供をしてくださった山口県水産研究センターを始め、榎野川漁業協同組合のみなさん、大瀬戸町産業振興課の玉本泰之氏、下関市吉見地区のみなさんは、研究にご助力して下さいました。また、Dr. Chris P. Norman, 西海区水産研究所石垣支所の玉城泉也博士からは有益な助言をいただいた。これらの方々に深く御礼申し上げる。

## 文 献

- 1) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑（Ⅱ）。保育社，大阪，1983，p. 174.
- 2) 小林 哲：通し回遊性甲殻類モクズガニ *Eriocheir japonica* (De Haan) の生態—回遊過程と河川環境と観察。生物科学, 51 (2), 93–104 (1999).
- 3) 伏屋玲子・高 天翔・横田賢史・岩本美央・北田修一・渡邊精一：モクズガニの種苗放流が天然集団におよぼす遺伝的影響の検証。水産増殖, 45 (1), 25–29 (1997).
- 4) 鈴木朋和・浜野龍夫・林 健一・永松公明：モクズガニ *Eriocheir japonica* De Haan, 1835の入籠特性。水産大学校研究報告, 47 (1), 7–14 (1998).
- 5) 小池 篤：かごの漁獲選択性。漁具の漁獲選択性（日本水産学会編），恒星社厚生閣，東京，1979，pp. 97–111.
- 6) 小池 篤・石戸谷博範：試験籠の漁獲から推定されるホッコクアカエビの籠に対する行動。東京水産大学研究報告, 65 (1), 23–33 (1978).
- 7) 小池 篤・小倉通男：エビ籠，カニ籠における網目，入口の選択作用について。東京水産大学研究報告, 64 (1), 1–11 (1977).
- 8) H. J. Thomas : Creel selectivity in the capture of lobsters and crabs. *Journal du conseil/Conseil permanent international pour l'exploration la mer*, 24, 42–348 (1959).
- 9) 谷野保夫・加藤史彦：ベニズワイかご網の漁獲性能と選択性。日本海区水産研究所研究報告, 23, 101–117 (1971).
- 10) 不破 茂・川野和昭・杉本裕司・石崎宗周・今井健彦：かご漁具の形状と漁獲機構。鹿児島大学水産学部紀要, 46, 21–30 (1997).
- 11) 浜野龍夫・勝俣亮介・三矢泰彦・安田陽一：モクズガニの遡上魚道に関する実験的研究。水産増殖, 50 (2), 143–148 (2002).
- 12) 和田信大・浜野龍夫・林 健一・永松公明・三代建造：モクズガニ *Eriocheir japonica* DE HAAN, 1885 籠に使用する人工餌料について。水産大学校研究報告, 49 (1), 13–21 (2000).
- 13) T. Suzuki, T. Hamano, A. Araki, K. -I. Hayashi, H. Fujimura, and Y. Fujita : Predation by fishes on released seedlings of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica*. *Crustacean Research*, 27, 1–8(1998).