

京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅳ

標識放流結果から推定した成体雌ガニの資源特性

山 崎 淳

Ecological Studies on Zuwai Crab, *Chionoecetes opilio*, in the Sea off Kyoto Prefecture-IV

Characteristic of Population Parameters from Tagging Experiments of the Adult Females

Atsushi YAMASAKI

Synopsis

In order to estimate population parameters of adult female crab, *Chionoecetes opilio*, in the sea off Kyoto Prefecture, 1953 tagged crabs were liberated in February, March, June and November 1986.

Most of the tagged crabs were caught just after opening of fishing season (6, November, 1986), namely, during the first 5-day period from the opening the average recapture rate was 27.1% and the second 5-day period 5.8%, equivalent to 32.9% during the two periods. The average recapture rate in all was 40.9% from 6 November 1986 to 31 January 1987.

From the result of the above tagging experiments, four population parameters were estimated as follows:

Natural mortality coefficient $\hat{M}$0.0002 (day⁻¹)

Fishing mortality coefficient $\hat{F}$ and fishing rate $\hat{E}$...0.0117 (day⁻¹), 61.14%

Tag diminishing coefficient $\hat{L}$0.0010 (day⁻¹)

Fishing mortality coefficient is extremely high, compared with natural mortality coefficient.

京都府では著しく減少したズワイガニ資源の回復を図る目的で、本種の生活史を通して雌雄別あるいは成熟別の生息域を明らかにし、漁獲から生活史の中のどの部分を保護するのが最も有効なのか検討している。そのひとつの考え方として直接再生産に関与する成体雌ガニの積極的な保護があげられる。雌ガニの保護については、現行の規制により漁期、漁獲量の制限および未成熟個体の採捕禁止がなされている。しかし、これらの規制が本来の目的である資源保護という点で、必ずしも十分な措置であるとは思えない。したがって、同資源を現在の漁業で安定的に継続利用するためには、早急により積極的な対策を講じる必要がある。

前報（山崎ほか、1985）では京都府沖合域における雌ガニの成熟、産卵にともなう分布、移動について述べ、成体雌ガニの成熟の度合によって分布様式が異なること

を指摘した。そこで、本研究では現在知見の乏しい成体雌ガニの資源特性について、1986年に実施した標識放流試験の結果をもとに検討した。

報告に先立ち、本研究をとりまとめるにあたり御指導をいただいた京都大学農学部水産学教室北原武博士、調査にこころよく御協力をいただいた京都府機船底曳網漁業連合会と京都府漁業協同組合連合会の関係支所および関係漁業協同組合の各位に厚く御礼申し上げます。また、兵庫県津居山港漁業協同組合、香住町漁業協同組合および所属関係漁業者の各位からも多大な御協力を得た。あわせて御礼申し上げます。

調査材料および方法

標識放流は1986年2月、3月、6月および11月に、合計1,593尾の成体雌ガニを用いて実施した。放流月ごと

Table 1. Specifications of the females liberated/recaptured in the sea off Kyoto Prefecture.

Date of liberation	Number of tagged females	Location of liberation*	Growth stage of berried egg when liberated	Rate of recapture (%)
Feb. 11, 1986	492	A	mature ("Kuroko")	35.98
Mar. 27, 〃	317	B	immature ("Akako")	37.54
Jun. 10, 〃	247	C	immature ("Akako")	41.30
Nov. 1, 〃	537	A	mature ("Kuroko")	48.60

* See Fig. 1 for explanation.

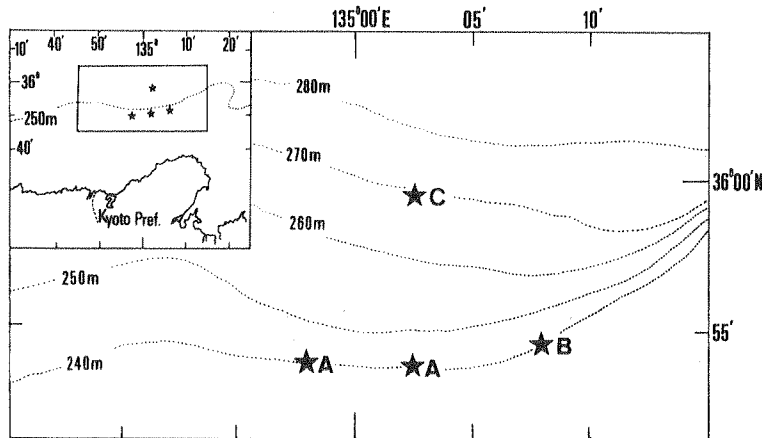


Fig. 1. Liberation sites (asterisks) of tagged adult female crabs.

の放流尾数、放流時の腹部経絡卵の発育状況および放流場所を Table 1, Fig. 1 に示した。標識放流に供したカニは、全て京都府沖合海域でカニカゴ試験操業により採集されたものである。採集したのち、船上で甲幅、硬度^{*1}の測定および腹部経絡卵の発育状況を速やかに観察し、放流までカニを碎氷中に入れるなどカニの活力が低下しないよう細心の注意を払った。標識方法は第3歩脚基部にアトキンス型タグ(直径 15 mm, 厚さ 0.5 mm)をナイロン製電線結束用ファスナーで装着した (Fig. 2)。放流は放流用のカゴ (1×1×1 m のステンレス製) を使用し、その中にカニを入れ海底近くまでカゴを降ろして行った。なお、放流したカニは生涯の最終脱皮を終え少なくとも数ヶ月が経過し、甲殻硬度が増した個体ばかりであった。

標識ガニの再捕報告依頼は府内底曳網漁船をはじめ、

*1 木屋式果実硬度計を用いて、原則として第3歩脚の長節の中央部を計測した。この計測値は甲殻硬度に比例するものと判断した。

府沖合域およびその付近で操業を行う隣接県(福井、兵庫、鳥取県)の底曳網漁船にも実施した。

また、1986年11月6日から翌年1月31日までの雌ガニ漁期間^{*2}に府沖合漁場内で漁獲された雌ガニの尾数を日別に把握するため、各水揚地の仕切伝票を調べた。漁獲量を整理した水揚地は府内の舞鶴、宮津、間人および網野市場、兵庫県津居山、香住市場である。漁獲量が重量で記されている場合には、成体雌ガニの1尾の平均重量 186 g (未発表) から尾数を算出した。

結 果

雌ガニの漁獲状況

1986年11月6日から翌年1月31日までの雌ガニの漁獲尾数を便宜的に5日間ごとにとりまとめ Fig. 3 に示した。雌ガニの漁獲は漁期開始直後の5日間に集中しており、当期間(第1期)だけで漁期全体の約65% (20万

*2 2月1日から11月5日までの期間は雌ガニの漁獲は禁止されている。

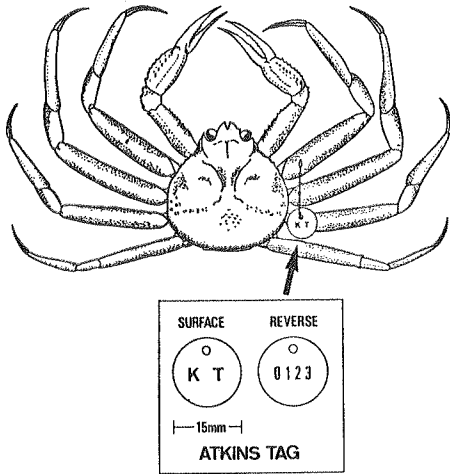


Fig. 2. Atkins tag used during the present experiments, showing its fitting point.

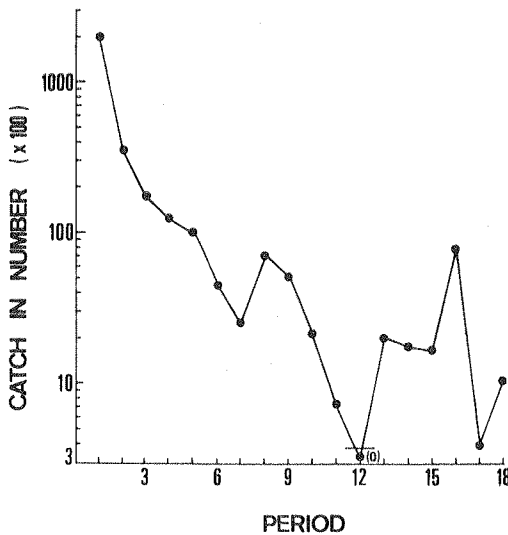


Fig. 3. Number of the females caught by Danish seine in each 5-day period since opening of fishing season.

尾)が、さらに、第2期までに約75% (23.4万尾)が漁獲されていた。その後各期の漁獲量は著しく減少し、第5期以降では1期間の漁獲は1万尾以下となった。ここで、第12期の漁獲が0となったのは年末年始による休漁のためである。

次に、漁期内の府内底曳網漁船 (15トン未満、標本船8隻)の雌ガニの一曳網当り漁獲量 (以下 CPUE と呼ぶ)を1マイル四方の小海区ごとに求め、月毎に Fig.

4に示した。この図から、11月では CPUE が250尾以上の海域は 135° E線上およびそれ以西の水深 240~250 m 域であり、同海域が漁業上重要な雌ガニ漁場 (通称“セコ場”)となっていることがわかる。Fig. 3に示す第1, 2期の漁獲は大部分この漁場内での操業によるものである。一方、 135° E以東ではほぼいずれの水深帯においても CPUE は低い傾向がみられた。12, 1月になると雌ガニ漁場内の CPUE は著しく低下し、このことが Fig. 3の第5期以降の漁獲量減少をまねいているものと思われた。

標識雌ガニの再捕状況

各放流群の漁期間中の再捕率は 35.98~48.60% (Table 1)で、放流後から再捕開始のカニ解禁日までの期間が最も長い2月放流群ではその率が最も低く (35.98%), 逆にその期間が最も短い11月放流群では最も高かった (48.60%)。各放流群の再捕は漁期開始とともに始まり、第1期に漁期中の合計再捕尾数の60~70% (放流尾数の27.1%)が、さらに、第2期までに75~85% (放流尾数の32.9%)が再捕された。再捕位置は Fig. 5に示すとおり、3月、6月放流群でそれぞれ1尾づつ鳥取県沖合で再捕されたが、前述の雌ガニ漁場内で最も多かった。また、再捕時の腹部網絡卵は全て発眼しており、クロコであった。この傾向は放流時期および放流場所の違いに関係なく各放流群に共通しており、前報 (山崎ほか, 1985)で述べた広域に分布するアカコがクロコになる際の水深 240 m、とくに雌ガニ漁場への集合的な移動結果と一致した。すなわち、このことは標識ガニであるがための特別な行動ではなく、無標識ガニと同様に行動していることを示唆するものである。

自然死亡係数 M 、漁獲率 E 、漁獲死亡係数 F' の推定

中島 (1986) はクルマエビを例にとり、漁獲がないときに放流された放流群が、放流から時間 T 後に漁獲率 E で集中的に再捕される場合の漁獲がないときの逸散を含むその他の自然死亡を推定する数学的模型を示した。前項で述べたように、休漁期間中に放流した雌ガニは漁期開始直後に集中的に漁獲 (再捕) されていたので、この方法を用いてパラメーターの推定を行った。

まず、休漁期中に標識放流した尾数 N_0 が、放流日から集中的に再捕される漁期開始までの期間 T 後における標識放流群の生残尾数 N は、休漁期中の自然死亡係数 M' を一定とすると、

$$N = N_0 S_0 e^{-M'T}$$

と表わされる。ただし、 S_0 とは放流直後の短期間の生残率である。また、再捕は漁期開始直後に集中的に行わ

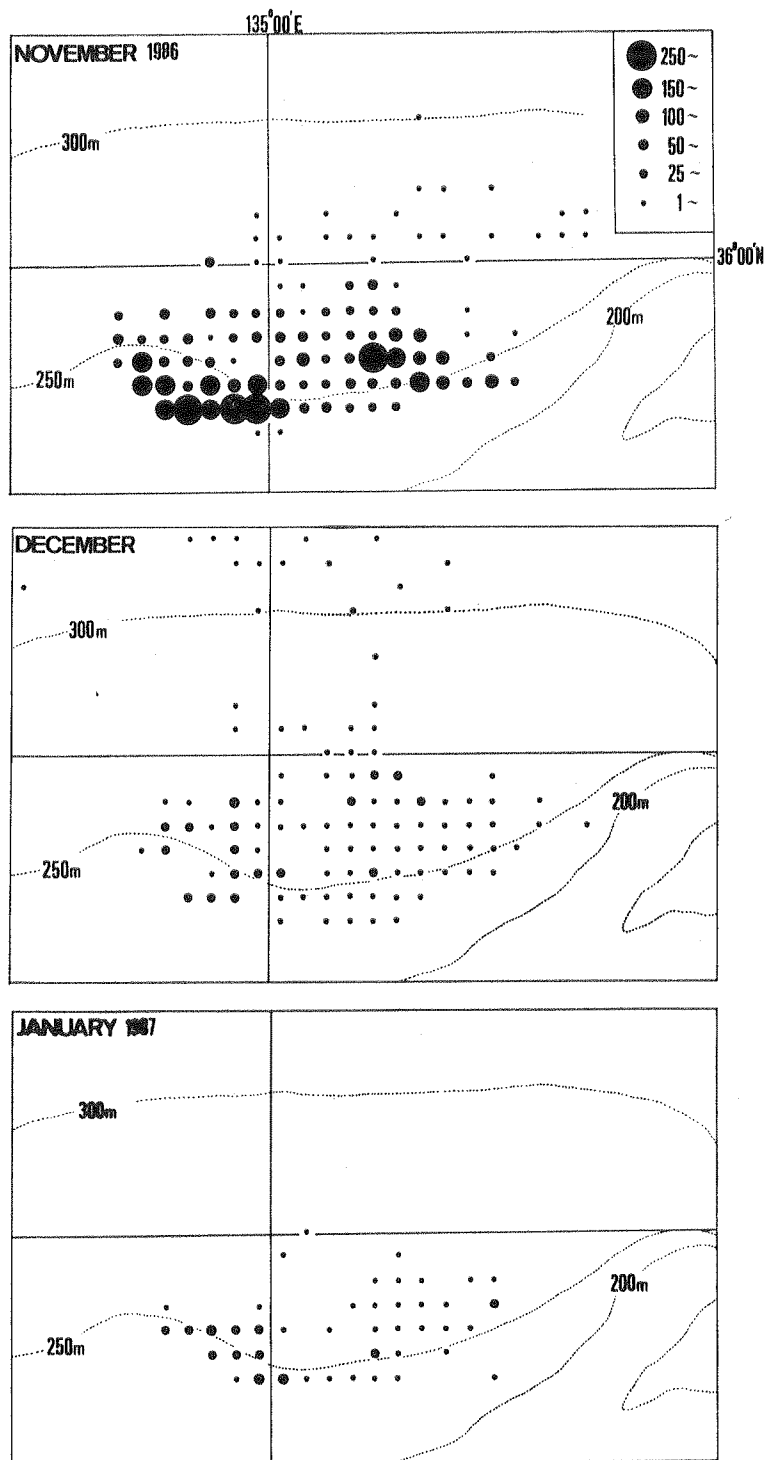


Fig. 4. CPUE (number/Danish seine haul) per mile of the females in the sea off Kyoto Prefecture, obtained from fishermen's log record from November 1986 to January 1987.

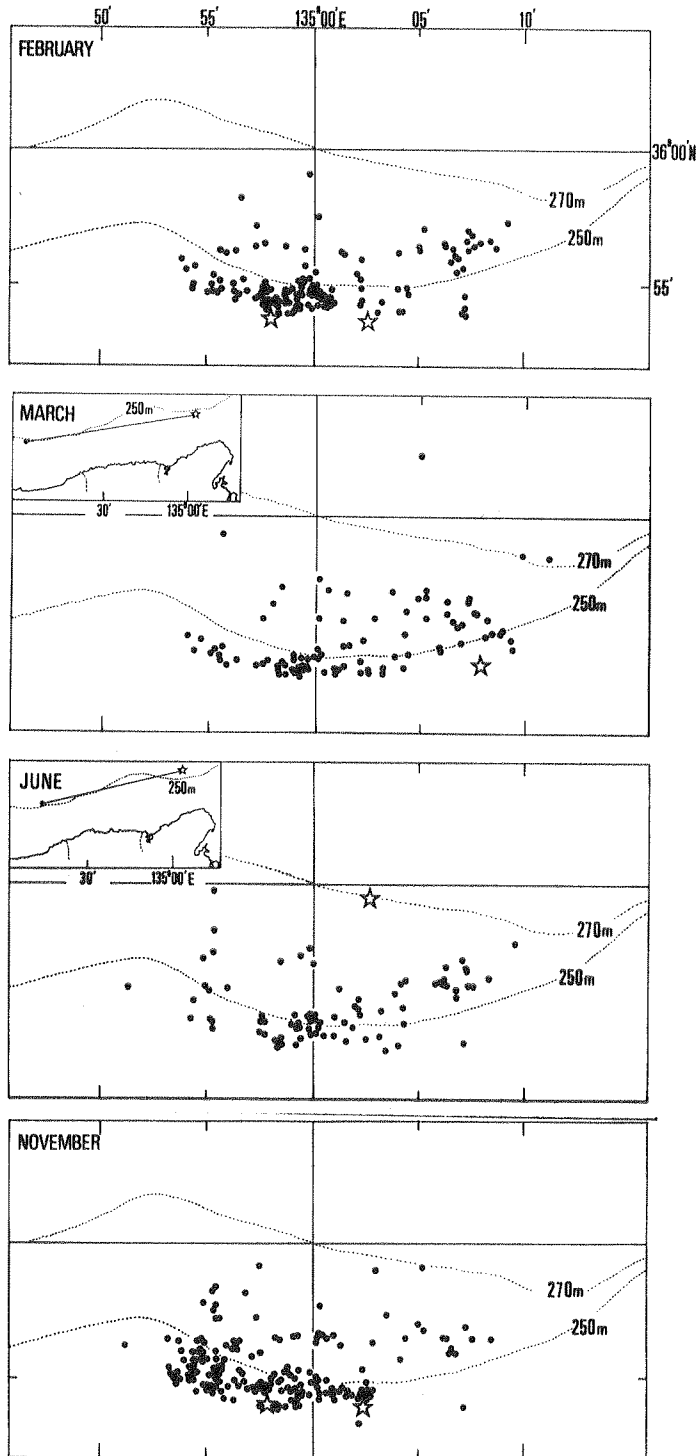


Fig. 5. Geographical distribution of the adult females recaptured by the liberation sites. Closed circles show the location of each recaptured points and asterisks show the liberation points.

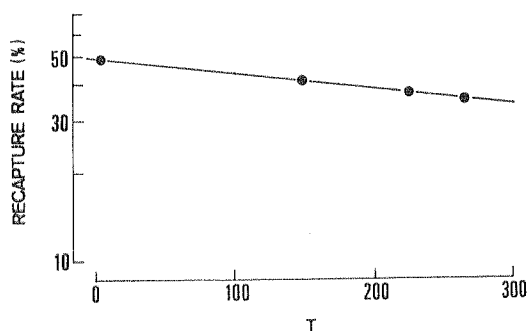


Fig. 6. Recapture rates in logarithm plotted against the mean recapture time (T).

れることから、漁獲率を E 、標識再捕尾数を C 、標識ガニの発見率と報告率の積を α とすると、再捕率 R は次のように表わせる。

$$R = C/N_0 = E\alpha S_0 e^{-M'T} \quad (1)$$

式(1)は期間 T に対する $\ln R$ のプロットは傾き M' 、 $T = 0$ で $\ln E\alpha S_0$ の直線となることを示す。実際にプロットすると Fig. 6 のようになり、回帰直線は

$$\ln R = 3.8899 - 0.0012 T \quad (r = 0.9995)$$

で表わされ、 $\hat{M}' = 0.0012$ (day^{-1})、 $\hat{E}\alpha = 48.91\%$ を与える。ただし、 $\hat{M}'$ は逸散や標識の脱落を含む自然死亡係数である。

ここで、 S_0 の値については放流直前の標識ガニの活力が良好であり、活力のないカニは放流に供しなかったことから $S_0 = 1$ として差しつかえないものと思われる。一方、 α の値については十分に検討する必要がある。府内底曳網漁船の操業形態は各地区ごとに船団を組み操業を行う。したがって、操業する漁場も各船ほぼ同じであり、漁獲量もいく分の多少はあるがほぼ同じとみてよい。しかし、再捕報告の状況に注目すると、約20%の船が末報告が極端に報告が少なかったりする。これらのことを考慮し、 $\alpha = 0.8$ とするのが妥当と思われ、この値は全放流群の再捕期間内は一定とした。以上のことから、漁

獲率 E は $\hat{E} = 48.91/0.8 = 61.14\%$ と推定された。

次に、休漁期中のみかけの $\hat{M}'$ と $\hat{E}$ が与えられたので、 M が漁期中も休漁期中と等しいとすれば、下式から近似的に漁期中の1日当りの漁獲死亡係数 F が求まる。

$$E = \frac{F}{M+F} \left\{ 1 - e^{-(M+F)U} \right\}$$

ただし、 U は漁期の長さを表わす。漁期中の1日当りの F が一定であるとすれば、 $U = 87$ であることから $\hat{F} = 0.0117$ (day^{-1}) が与えられ、漁期中の漁獲死亡係数は $\hat{F} = 1.0179$ (fishing period $^{-1}$) と計算される。ズワイガニの場合、漁期以外の期間の漁獲は禁止されているため、この値が年間漁獲死亡係数でもある。ところで、前述したとおり実際の漁業の場合は雌ガニは漁期開始直後の短期間に集中的に引かれるので、 F は漁期前期と後期では当然異なる。そこで、漁期開始から第2期までの10日間の F を同様の方法で近似的に求めると、 $\hat{F} = 0.0671$ (day^{-1}) となる。

標識減耗係数 L の推定

標識再捕データから自然死亡を推定する場合、標識減耗に留意しなければならない。そこで、本来の自然死亡を述べるには標識減耗係数 L を推定し、 M' から差し引く必要がある。能勢 (1961) は東京湾のマハゼ標識放流結果をもとに、時間 i に対する各期の標識率の逆数 (無標識尾数/標識尾数) の対数の回帰関係から L を推定する方法を次式により与えた。

$$\ln \left(\frac{ni}{mi} \right) = \ln \left(\frac{1}{\beta} \right) \left(1 + \frac{L}{2} \right) + L(i-1) \quad (2)$$

ただし、 ni は i 期の漁獲尾数、 mi は i 期の標識再捕尾数および β は標識率である。

ここで、各放流群の再捕尾数をひとまとめにし、漁期を30日間づつの1～3期に分け、それぞれの期間の再捕尾数、漁獲尾数および標識率の逆数を求め Table 2 に示した。これらの数値をもとに式(2)の回帰直線は

Table 2. Number of the tagged females all together liberated, caught in number of the females by Danish seine and reciprocal of tagged rate in each 30-day.

Period (i)	Number of recapture (mi)	Number of caught (ni)	Reciprocal of tagged rate (ni/mi)
1	593	279,115	470.68
2	35	16,938	483.94
3	31	15,465	498.87

$$\ln\left(\frac{n_i}{m_i}\right) = 6.1537 + 0.0291(i-1) \quad (r=0.9997)$$

となり、 $\hat{L}=0.0291$ (30 days⁻¹) が与えられる。したがって、1日当りの $\hat{L}$ は $\hat{L}=0.0010$ (day⁻¹)と推定され、先に推定した $\hat{M}'$ から $\hat{L}$ を差し引くと成体雌ガニの逸散係数を含んだ自然死亡係数が推定でき、 $\hat{M}=0.0002$ (day⁻¹)が与えられる。

論 議

標識放流調査の結果は、水族の移動回遊や成長、系統群の識別、漁業の資源への影響度など資源研究上重要な多くの情報を与える(鉄, 1974)。日本海のスワイガニについては主として分布、移動を解明する目的で、従来から多くの標識放流が実施されている(福井水試ほか, 1972; 兵庫水試, 1966; 坂野, 1969, 1970, 1971)。しかし、標識放流技術が十分に確立されていなかったため、これらの結果をもとに資源特性を推定した事例はないように思われる。また、試験操業結果や漁獲統計資料をもとにして、本種の資源特性を推定した例も決して多くはない。したがって、ここで推定した成体雌ガニの休漁期中の逸散を含む自然死亡係数 $\hat{M}=0.0002$ (day⁻¹)は他の事例と比較することができない。また、自然死亡のなかでは脱皮直後の軟甲期の減耗が大きいと考えられるが、本研究に供した雌ガニは生涯最後の脱皮を終え第11齢に達し、硬度の増した成体ガニであったため、漁期中の自然死亡と休漁期中のそれとは同じと考えられる。このことから、成体雌ガニの年間自然減耗は $\hat{M}=0.0730$ (year⁻¹)と推測され、極めて小さいことがわかる。このことは、府沖合域に分布する成体雌ガニが、他県沖合に至るような大きな移動(逸散)がまれであるとしたこと(京都海洋センター, 1987)の裏付けとなろうし、甲殻硬度が増した成体雌ガニでは自然死亡も極くわずかであることを示唆している。

次に、雌ガニ資源に対する漁業の影響度であるが、本研究では発見率と報告率の積 $\alpha=0.8$ として、漁獲率 $\hat{E}=61.14\%$ 、漁獲死亡係数 $\hat{F}=1.0179$ (year⁻¹)を推定した。ところで、成体雌ガニは腹部神経卵が発眼する頃には特定海域に集中分布することから(山崎ほか, 1985)、先述のように一時的に同海域で雌ガニ対象とした操業が集中する。漁期開始直後の10日間の漁獲死亡は $\hat{F}=0.6710$ (10 days⁻¹)であるから、漁期前の雌ガニ初期資源のうち当期間で約50%が漁獲されていたと推察され、成熟した雌ガニは漁期開始直後の短期間の集中操業により強い間引きをうけていることがわかる。

雌ガニの腹部神経卵が孵化するのは調査事例により若干の時期のズレは生じているが、その盛期は2~4月頃と推定されている(伊藤, 1967; 小林, 1965; 今・本間, 1970)。したがって、漁獲の間引きから免れたカニだけが孵化を行い、次の世代を生産することになる。ここで、孵化期を3月(3月1日)とすると、今回の結果によれば漁期前の雌ガニ初期資源の孵化期までの全減少係数 Z は $\hat{Z}=114\hat{M}+87\hat{F}=1.0407$ と計算され、生残率 $\hat{S}=0.3532$ と推定でき、現在では初期資源の約35%が再生産に関与しているものと考えられる。この値が本種の再生産にとって適正なものかどうかは今後の検討課題となるが、成体雌ガニへの漁獲圧が漁期開始直後の短期間に集中する現在の漁業実態では、漁期を短縮することによって漁獲圧を減じることは困難であり、他の有効な方法が検討されなければならない。

本研究では標識放流結果から、成体雌ガニの資源特性について推定したが、スワイガニ資源が著しく悪化し、現在の漁業をどう管理・調整するかを論じる上で、資源の特性値は重要な要因である。したがって、漁獲統計資料からの解析も進める必要があろう。また、再生産関係についても早急に明らかにしなければならないと考える。

要 約

1986年2月, 3月, 6月および11月に実施した成体雌ガニの標識放流結果と、同年11月6日から翌年1月31日までの雌ガニ漁獲尾数をもとに府沖合域における成体雌ガニの資源特性について検討し、以下の知見を得た。

1. 雌ガニを対象とする操業は漁期開始直後に特定海域で集中的に行われ、その結果、最初の5日間(第1期)に全漁獲量の約65%が、また、第2期までに約75%が漁獲された。そして、それ以降の漁獲量は極端に減少した。

2. 現在の成体雌ガニの自然死亡係数 $\hat{M}$ は0.0002 (day⁻¹) (0.0730/year)と推定され、逸散および自然死亡は極めてわずかであることが示唆された。

3. 漁獲率 $\hat{E}=61.14\%$ 、漁獲死亡係数 $\hat{F}=1.0179$ (year⁻¹)と推定され、とくに漁期開始直後の短期間の間引きの強さ($\hat{F}=0.6710/10$ days)が明らかとなった。

4. 現在では雌ガニの初期資源のうち、約35%が再生産に関与しているものと思われるが、この値が本種の再生産にとって適正かどうかは今後の検討課題である。

文 献

- 福井・兵庫・鳥取水試. 1972. 底魚資源調査報告書, 66 pp.
- 兵庫県立水産試験場. 1966. ズワイガニ調査報告書(第1報), 68pp
- 伊藤勝千代. 1967. 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅰ. 初産卵時期と初産群から経産群への添加過程について. 日本研報, **17**: 67-84.
- 小林啓二. 1965. ズワイガニ調査報告書. 鳥取水試資料, 33pp.
- 今 攸・本間義治. 1970. 海産無脊椎動物の生殖腺の成熟に関する研究—Ⅲ. ズワイガニの卵巢にみられる季節的变化. 日本誌, **36**(10): 1021-1027.
- 京都府立海洋センター. 1987. 昭和61年度水産業関係地域重要新技術開発促進事業報告書, 24pp.
- 鉄 健司. 1974. 標識放流による水産資源の解析. 海洋科学, **6**: 39-43.
- 中島博司. 1986. 標識実験からみたクルマエビの越冬期中の自然死亡. 日本誌, **52**(10): 1759-1764.
- 能勢幸雄. 1961. 標識率法による東京湾北部のマハゼ資源量の推定. 日本誌, **27**(8): 793-800.
- 坂野安正・松井瑛賓. 1969. 底魚資源調査(ズワイガニ). 京都水産試験場報告. 昭和44年度: 115-122.
- . 1970. 底魚資源調査(ズワイガニ). 京都水産試験場報告. 昭和45年度: 135-140.
- . 1971. 底魚資源調査(ズワイガニ). 京都水産試験場報告. 昭和46年度: 161-166.
- 山崎 淳・生田哲郎・西広富夫・内野 憲. 1985. 京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅲ. 成熟・産卵にともなう雌ガニの分布. 本誌, **9**: 17-22.