日本海ズワイガニ漁業における“水ガニ”漁獲禁止の有効性

山 崎 淳

(1996年1月29日受付)

Effectiveness of Prohibition of Taking Soft-shell Male Snow Crab
Chionoecetes opilio in the Sea of Japan*¹Atsushi Yamasaki*^{2,3}

The present paper investigates the carapace width compositions of soft-shell males *Chionoecetes opilio* caught by Danish seiners and the effectiveness of prohibition of catching soft-shell males in order to keep the optimum sex ratio at 0.47 (ratio of the number of terminal molt males with hard-shell to the number of multiparous females). The sex ratio was estimated to be 0.37 in the present fishing intensity for multiparous females, hard-shell and soft-shell males in the Sea of Japan.

Soft-shell males were mainly less than 100 mm carapace width and non-terminal molt regardless of carapace size, and terminal or non-terminal molt cannot mate with multiparous females. It seems that the abundance of recruitment to functional maturity males with hard-shell decreases due to the catch of soft-shell males.

It was ascertained that the optimum sex ratio would be maintained at the present fishing condition for hard-shell males with fishing coefficient 0.5 year^{-1} decreased effort for multiparous females and prohibition of soft-shell males catch.

キーワード：ズワイガニ，性比，資源管理，漁獲規制

雌ズワイガニ *Chionoecetes opilio* は交尾で得た精子を受精囊 (seminal receptacle) に蓄える機能をもつため，生涯に1回の交尾で数回の産卵が可能であると考えられてきた。¹⁾ しかし，日本海西部海域では経産卵雌の約38%の個体はその後の産卵に必要な精子数を蓄えていないことが明らかにされた。²⁾ これらの雌が産卵に必要な精子を得るには，産卵前に再交尾³⁻⁷⁾ しなければならない。経産卵雌がこの交尾を行うには，経産卵雌に対する成熟雄 (functional maturity male) の割合 (以下，性比と呼ぶ) が重要となる。当海域の現在の漁業の下では性比は0.37であり，最適値の0.47に比べ低下している。⁸⁾ 本種の再生産を正常に機能させるためには，低下した性比を最適値まで引上げる必要がある。そのためには，現在設定されている雄の漁獲サイズを大きくしたり，雄に対する漁獲努力を軽減することが有効な方法であることが示された。⁹⁾

当海域では，雄は最終脱皮後少なくとも1年以上経過した“たてガニ” (hard-shell crab，以降たてガニと称する) と脱皮後1年以内の“水ガニ” (soft-shell crab，

以降水ガニと称する) の2銘柄が漁獲の対象となる。⁹⁾ 前者は成熟個体，後者は未成熟個体である。⁴⁾ ズワイガニ漁業では水ガニのように交尾に参加できない未成熟群を間引いており，このことが性比を低下させるひとつの原因と考えられる。本研究では水ガニの漁獲物組成を明らかにし，性比を適性な値に戻すための水ガニの漁獲禁止の有効性について検討した。

材料および方法

水ガニの測定 水ガニの甲幅組成を調べるために，1991年から1994年に京都府沖合海域で沖合底曳網および小型底曳網で漁獲された水ガニの甲幅と鉗脚高の計測を行った。計測個体数は，1991年から1994年までそれぞれ297, 486, 569および533個体であった。計測部位および計測方法は，山崎・桑原¹⁰⁾ にしたがった。計測した個体は甲幅と鉗脚高の相対成長の関係から，判別関係式¹⁰⁾ にしたがって最終脱皮個体と未最終脱皮個体に区分けした。漁獲サイズである甲幅90 mm以上の組成の中には平均甲幅91.2 mm, 111.1 mm および130.2

*¹ 京都府立海洋センター業績 No. 113

*² 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626, Japan).

*³ 現住所 京都府農林水産部水産課 (Kyoto Prefectural Government Office, Fisheries Division, Yabunouchi, Kamigyo, Kyoto 602-70, Japan).

mm の3つの脱皮齢期群が存在する。¹¹⁾ 脱皮齢期の平均甲幅は年変動しないものとし、齢期—甲幅キ—¹²⁾により各年の脱皮齢期ごとの漁獲割合を計算した。

解析方法とパラメータ 水ガニの漁獲係数を0として、たてガニの漁獲係数を $0.1 \sim 1.5 \text{ year}^{-1}$ 、漁獲サイズを甲幅 70~110 mm の範囲で変化させた場合に、性比がどのように変化するかを計算した。性比は前報⁸⁾で示したように、経産卵雌の生残個体数に対するたてガニの生残個体数の割合とした。平均甲幅 91.2 mm 群よりも2齢期若い平均甲幅 51.0 mm 群の雌雄比は 1:1¹³⁾であることから、性比の計算はこの齢期群に毎年同数の雌雄が加入するものとした。最終脱皮後の生残り年数は、雌雄とも5年とした。⁸⁾ 雄の脱皮・成長様式や各脱皮齢期の最終脱皮率、自然死亡係数、たてガニの現在の漁獲係数、また雌の自然死亡係数および漁獲係数の各パラメータは全て前報⁸⁾と同じとした。

水ガニの漁獲禁止の経済的效果を検討するため、水ガ

ニの漁獲を続ける場合と禁止する場合の漁獲金額の相対比を計算した。たてガニと水ガニの甲幅と1個体当り単価の関係は、いずれも前報⁹⁾にしたがった。本研究で使用了各パラメータを Table 1 に整理した。

結 果

水ガニの甲幅組成 1991年から1994年までの各年の水ガニの甲幅組成を最終脱皮個体と未最終脱皮個体とに区分けして Fig. 1 に示した。測定された水ガニは、甲幅 90 mm から 150 mm までのものであった。その主体は 1994 年では甲幅 110~120 mm であり、その他の年では甲幅 90~100 mm の小型個体であった。甲幅 130 mm 以上では全て最終脱皮個体であったが、甲幅 90~100 mm ではその 66~86% が未最終脱皮個体であった。

Table 1. List of the parameters of male and female crabs for the analysis

Male

The rate occurrences of successive terminal molt in four molting stages, i.e., 67.4 mm, 91.2 mm, 111.1 mm and 130.2 mm in mean carapace width

$$r'_a=0.014, r'_b=0.157, r'_c=0.350, r'_d=1.000$$

The rate occurrences of successive non-terminal molt in the four molting stages

$$r_a=0.986, r_b=0.843, r_c=0.650, r_d=0$$

Natural mortality coefficient within a year after terminal or non-terminal molt

$$M'_m=0.35 \text{ year}^{-1}$$

Natural mortality coefficient more than one year after terminal molt

$$M_m=0.07 \text{ year}^{-1}$$

Fishing coefficient for hard-shell crabs

$$F_m=0.65 \text{ year}^{-1}$$

Relationship between carapace width in mm (CW) and the unit price in 100 yen per crab (Y)

$$\text{Hard-shell; } \ln Y = 2.708 + 0.0526 \cdot CW$$

$$\text{Soft-shell; } \ln Y = 1.869 + 0.0414 \cdot CW$$

Female

Natural mortality coefficient within a year after terminal molt

$$M'_f=0.38 \text{ year}^{-1}$$

Natural mortality coefficient more than one year after terminal molt

$$M_f=0.07 \text{ year}^{-1.14}$$

Fishing coefficient for adult crabs

$$F_f=1.0 \text{ year}^{-1.14}$$

Fig. 1. Frequency distribution of carapace width of soft-shell males caught by Danish seine from 1991 to 1994.

Open and solid columns indicate non-terminal and terminal molt males.

Table 2. Percentage occurrences of terminal molt and non-terminal molt males of three molting stage groups of soft-shell males caught by Danish seine

Year		Mean carapace width of molting stage group		
		91.2 mm	111.1 mm	130.2 mm
1991	terminal molt	6.6	13.7	3.0
	non-terminal molt	48.5	28.2	—
	total	55.1	41.9	3.0
1992	terminal molt	8.0	11.4	3.9
	non-terminal molt	52.7	24.0	—
	total	60.7	35.4	3.9
1993	terminal molt	8.9	12.4	3.2
	non-terminal molt	50.6	25.0	—
	total	59.5	37.3	3.2
1994	terminal molt	9.1	24.3	14.5
	non-terminal molt	18.6	33.4	—
	total	27.8	57.8	14.5

脱皮年齢ごとの最終脱皮個体と未最終脱皮個体の漁獲割合を計算し Table 2 に示した。平均甲幅 91.2 mm 群が全体に占める割合は 1994 年には 28% であったが、他の年には 55~61% (平均 58.3%) で全体の過半数を占めた。平均甲幅 111.1 mm 群が占める割合は 35~58% (平均 43.0%) であった。最も大きい平均甲幅 130.2 mm 群は 1994 年には全体の 14% を占めたが、他の年には 3~4% (平均 3.7%) と低い値であった。平均甲幅 91.2 mm および 111.1 mm 群では最終脱皮個体と未最終脱皮個体の両方が存在した。平均甲幅 91.2 mm 群の中の未最終脱皮個体が全体に占める割合は、1994 年 (19%) の事例を除けば 48~53% (平均 50.3%) と高い値を示した。平均甲幅 111.1 mm 群の未最終脱皮個体は全体の 24~34% (平均 27.8%) を占めた。2 つの脱皮年齢群の中の未最終脱皮個体が全体に占める割合は 1994 年では 54%, 1991 年から 1993 年では 75~77% (平均 76.0%) であった。すなわち、漁獲される大部分の個体は、翌年には脱皮を行う成長過程にあることが明らかとなった。

なお、1994 年の組成が他年に比べ大きかったこと、また最終脱皮個体の出現割合が相対的に高かった理由については、今回の結果からは明確にすることができなかった。

水ガニを漁獲禁止にしたときの性比 水ガニの漁獲係数を 0 year⁻¹ とおき、たてガニの漁獲係数を 0.1~1.5

Fig. 2. Isopleth diagram of sex ratio (terminal molt males with hard-shell/multiparous females) illustrated against fishing coefficients F_m and legal minimum carapace width in millimeter χ_c for hard-shell males at fishing coefficient 1.0 year⁻¹ for females, prohibition of catching soft-shell males.

Solid circle and area indicates the present condition of fishery for hard-shell males and optimum sex ratio 0.45-0.5, respectively.

year⁻¹, 漁獲サイズを甲幅 70~110 mm に変化させたときの性比を計算し、等しくなる性比の曲線を Fig. 2 に示した。Fig. 2 は雌の現在の漁獲係数 1.0 year⁻¹ のときの性比を示している。水ガニの漁獲を禁止にした場合には、性比はたてガニに対する現状の漁獲係数 0.65 year⁻¹, 漁獲サイズ甲幅 90 mm のときに 0.61 と計算された (Fig. 2 の黒丸)。この性比を最適値 0.47^{*)} するには、漁獲サイズが甲幅 90 mm のときにはたてガニの漁獲係数を 1.5 year⁻¹ に、甲幅 70 mm としたときには漁獲係数を 1.2 year⁻¹ まで引上げることができる。雌の現状の漁獲係数 1.0 year⁻¹ の下では、性比が適正範囲 (0.45~0.5)^{*)} に入る条件は漁獲係数が 0.95 year⁻¹ 以上、漁獲サイズが甲幅 90 mm 以下の場合に限定された。

本種の再生産を保証するためには、雌に対する現在の漁獲強度を半減する必要がある。^{*)} そこで、水ガニの漁獲係数を 0 year⁻¹, 雌の漁獲係数を 0.5 year⁻¹ にしたときの性比を計算し、等性比線図を Fig. 3 に示した。現在のたてガニの漁獲係数 0.65 year⁻¹, 漁獲サイズ甲幅 90 mm で水ガニの漁獲を禁止にしたときには、性比は 0.48 と計算された (Fig. 3 の黒丸)。この性比は、最適性比 0.47 とほぼ同値であった。雌の漁獲係数を半減した場合には、性比が最適範囲に入る条件はたてガニの漁獲係数が 0.45 year⁻¹ 以上、漁獲サイズが甲幅 70~105 mm のときであった。

^{*)} 京都府立海洋センター：日本海産重要カニ類の資源と生態に関する研究 (ズワイガニ)。水産業関係地域重要新技術開発促進事業総合報告書, 1-47 (1988)。

Fig. 3. Isopleth diagram of sex ratio (terminal molt males with hard-shell/multiparous females) illustrated against fishing coefficients F_m and legal minimum carapace width in millimeter χ_c for hard-shell males at fishing coefficient 0.5 year^{-1} decreased effort for females, prohibition of catching soft-shell males. Solid circle and area indicates the present condition of fishery for hard-shell males and optimum sex ratio 0.45–0.5, respectively.

Fig. 4. Isopleth diagram of relative values yield in percentages (prohibition of taking soft-shell males/continuation of catching soft-shell males) illustrated against fishing coefficients F_m and legal minimum carapace width in millimeter χ_c for hard-shell males. Solid circle indicates the present condition of fishery for hard-shell males.

漁獲金額の相対変化 たてガニだけを漁獲する場合に、水ガニとたてガニの両方を漁獲するときに比べ、漁獲金額が相対的にどのように変化するかを計算し Fig. 4 に示した。たてガニの漁獲係数を $0.1 \sim 1.5 \text{ year}^{-1}$ 、漁獲サイズを甲幅 $70 \sim 110 \text{ mm}$ に変化させたときは、漁獲金額はいずれの場合でも相対的に増加した。たてガニだけを現状のように漁獲した場合の漁獲金額は、水ガニの漁獲を継続する場合に比べ 81% 増加す

ることが明らかとなった (Fig. 4 の黒丸)。

考 察

本研究の結果から、漁獲された水ガニの約 54~77% が成長過程にある未最終脱皮個体であることが分かった (Table 2)。また、水ガニの甲幅組成は 1994 年を除けば、漁獲の対象では最も小さい平均甲幅 91.2 mm 群が全体の約 55~61% を占めた (Table 2)。水ガニの甲幅と 1 個体当たり平均単価の関係では正の相関関係がみられ (Table 1)、甲幅が大きくなるほど単価は高い。一方、最終脱皮個体は脱皮後 1 年以内は水ガニであるが、それ以降は甲殻が硬くなりたてガニとなる。⁹⁾ たてガニと水ガニの 1 個体当たり平均単価は、同一甲幅であっても前者が後者の約 6~12 倍高い (Table 1)。これらのことから、水ガニの漁獲はより単価の低い雄資源を間引くことであり、資源を有効利用する上では不合理な行為と考えられる。

経産卵雌との交尾が可能な雄とは、最終脱皮から少なくとも 1 年以上経過した甲殻の硬い個体である。⁴⁾ Fig. 1 の組成の中で経産卵雌との交尾が可能となるのは、最終脱皮個体では翌年、未最終脱皮個体では最も早くても 2 年後である。日本海西部海域における現在の性比は 0.37 で、最適値 0.47 に比べ低下している。⁸⁾ このことは、経産卵雌との交尾が可能な成熟雄の個体数の減少を意味する。当海域のはば中央に位置する京都府沖合海域での 1989 年から 1992 年までのたてガニと水ガニの年間の推定漁獲個体数は、それぞれ 30,100~51,400 個体 (平均 39,700 個体)、46,300~101,300 個体 (平均 72,000 個体) である。¹²⁾ 水ガニの平均漁獲個体数はたてガニのその約 1.8 倍に当ることから、現在のズワイガニ漁業では雄資源の未成熟群を主体に利用しているといえる。この傾向は若狭湾沖合海域でも指摘されている。¹⁵⁾ 日本海西部海域で性比が低下しているのは、水ガニを漁獲の対象として間引くことにより、成熟群への加入量が減少していることが大きな原因と考える。以上のことから、水ガニの漁獲は雄資源を有効利用すること、また適性な性比を確保することにおいて不合理な間引きと判断される。

本種の資源管理では、現在の雌に対する漁獲強度を半減することと、¹⁴⁾ そときの性比を最適値 0.47 に保つことが重要と考えられる。⁸⁾ この条件を満たすためには、現在の漁獲強度でたてガニと水ガニを漁獲しようとするれば、雄の漁獲サイズを現行の甲幅 90 mm から少なくとも甲幅 $100 \sim 110 \text{ mm}$ にする必要がある。⁸⁾ 水ガニの漁獲を禁止したときには、最適性比はたてガニに対する現在の漁獲強度で、漁獲サイズは現状の甲幅 90 mm のままで保持される (Fig. 3)。すなわち、水ガニの漁獲禁

止は成熟群への加入量を増大させ、実質的には漁獲サイズを引き上げる効果があることを示唆している。本種の雄だけをカニかごで漁獲しているカナダ北大西洋海域では資源保護を目的に水ガニの間引きを規制している。¹⁶⁻¹⁷⁾*5 雌の漁獲を禁止しているこの海域では、水ガニの漁獲規制は適性な性比を確保する立場から判断しても有効な方策といえよう。

最後に、日本海域における底曳網によるズワイガニ漁業の実態をもとに、水ガニ漁獲禁止の実施の可能性について若干考察する。水ガニを漁獲禁止にした場合の漁獲金額は、そのまま漁獲を継続した場合のそれよりも相対的に増加することが分かった (Fig. 4)。それぞれの場合の漁獲金額は、いずれも加入量を一定と仮定し、漁獲量が定常状態となる時点で計算されたものである。したがって、実際の漁獲金額はこの規制を実施した直後には実施前に比べ、水ガニを禁止とした分だけ減少する。当海域のズワイガニ漁獲金額に占める水ガニの割合は、1989 年以降では平均 12.2% と決して低い値ではない。^{*6} 水ガニの漁獲禁止を実施するには、当面の漁獲金額の減少割合を経営的な側面からも検討する必要がある。

現在のたてガニと水ガニの漁期は、それぞれ 11 月 6 日から翌年 3 月 20 日まで、12 月 21 日から翌年 3 月 20 日までである。^{*6} 水ガニの漁期は、たてガニのその一部と重複する。すなわち、水ガニはその漁獲が禁止されたとしても、たてガニを漁獲対象に底曳網の操業が行われれば混獲される。本種の混獲、投棄された直後の生残率は、脱皮後 1 年以上経過した甲殻の硬いたてガニでは高いが、脱皮後の間もない甲殻の柔らかい水ガニでは低い。^{8), 7-10} したがって、水ガニだけを漁獲禁止にしても、水ガニ資源は混獲、投棄により減耗するものと推察される。現在の漁業実態では、水ガニの漁獲を禁止にするだけではなく、たてガニの漁期を短縮するなどして、資源全体に対する漁獲努力量を軽減することも必要と考える。

本報告をまとめるに当りご指導いただいた京都府立海洋センター所長篠田正俊博士、同センター海洋調査部長桑原昭彦博士に厚くお礼申し上げる。資料の計測には同センター海洋調査部主任研究員藤田眞吾氏、専門員内野憲氏および研究員戸嶋孝氏にご協力いただいた。また、資料の提供には京都府機船底曳網漁業連合会の方々

にお世話になった。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) J. Watson: Mating behavior in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Res. Canada*, 29, 447-449 (1972).
- 2) 山崎 淳, 藤田眞吾, 内野 憲, 戸嶋 孝: 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—Ⅹ. 雄ズワイガニの受精嚢内の精子数. 京都海セ研報, 17, 19-24 (1994).
- 3) D. M. Taylor, R. G. Hooper, and G. P. Ennis: Biological aspect of the spring breeding migration of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in Bonne Bay, Newfoundland (Canada). *Fish. Bull.*, 83, 707-711 (1985).
- 4) G. Y. Conan and M. Comeau: Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 43, 1710-1719 (1986).
- 5) R. G. Hooper: A spring breeding migration of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) into shallow water in Newfoundland. *Crustaceana*, 50, 257-264 (1986).
- 6) G. P. Ennis, R. G. Hooper, and D. M. Taylor: Functional maturity in small male snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 45, 2106-2109 (1988).
- 7) M. Comeau and G. Y. Conan: Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49, 2460-2468 (1992).
- 8) 山崎 淳: 日本海における雄ズワイガニの漁獲サイズ. 日水誌, 62, 623-630 (1996).
- 9) 山崎 淳: ズワイガニの生態特性にもとづく資源管理に関する研究. 京都海セ研究論文, 4, 1-53 (1994).
- 10) 山崎 淳, 桑原昭彦: 日本海における雄ズワイガニの最終脱皮について. 日水誌, 57, 1839-1844 (1991).
- 11) 山崎 淳, 篠田正俊, 桑原昭彦: 雄ズワイガニの最終脱皮後の生残率推定について. 日水誌, 58, 181-186 (1992).
- 12) 山崎 淳, 桑原昭彦, 松田秀之助, 戸嶋 孝, 藤田眞吾, 内野 憲: 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—Ⅶ. 雄ズワイガニの甲幅組成からみた年級群の消長に関する予報的研究. 京都海セ研報, 16, 1-9 (1993).
- 13) 桑原昭彦, 篠田正俊, 山崎 淳, 遠藤 進: 日本海西部海域におけるズワイガニの資源管理. 水産研究叢書, 44, 日本水産資源保護協会, 東京, 1995, pp. 22-23.
- 14) 山崎 淳: 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雄ガニの資源特性. 京都海セ研報, 11, 35-42 (1988).
- 15) 今 攸, 家接直人, 木下仁徳: 若狭湾沖合におけるズワイガニ漁獲物の脱皮年齢組成. 日水誌, 59, 1831-1836 (1993).
- 16) J. S. Loch, M. Moriyasu, and J. B. Jones: An improved link between industry, management and science: review of case history of the Southwestern Gulf of St. Lawrence snow crab fishery. *Aquat. Living Resour.*, 8, 253-265 (1995).
- 17) B. Sainte-Marie and S. Raymond: Growth and maturation of the benthic stages of male snow crab, *Chionoecetes opilio* (Brachyura: Majidae). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 52, 903-924 (1995).

*5 M. Hébert, C. Gallant, C. Chiasson, Y. Mallet, P. Degrâce, and M. Moriyasu: Le suivi du pourcentage de crabes mous dans les prises commerciales de crabe des neiges (*Chionoecetes opilio*) dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent (zone 12) en 1990 et 1991. *Rapp. Tech. Can. Sci. Halieut. Aquat.*, 1886 (1992).

*6 全国底曳網漁業連合会: 平成 6 年度日本海ズワイガニ漁獲結果総まとめ資料. 1-22 (1995).

*7 吉原三隆, 柿元 皓: ズワイガニ調査. 昭和 38 年度新潟県水産試験場事業報告, 93-124 (1964).

*8 柿元 皓, 刀瀬敏彦: ズワイガニ調査. 昭和 39 年度新潟県水産試験場事業報告, 82-99 (1965).

*9 鳥取県水産試験場: ズワイガニ調査報告書, 1-33 (1965).

*10 兵庫県水産試験場: ズワイガニ調査報告書, 1-68 (1966).