

雌ズワイガニの受精囊内の精子数*

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—IX (Ecological Studies on Snow Crab, *Chionoecetes opilio*, in the Sea off Kyoto Prefecture—IX)

初産卵雌96個体、経産卵雌103個体の受精囊内の精子数を調べた。初産卵雌の1受精囊当たり平均精子数は 780×10^4 であった。経産卵雌では平均精子数 853×10^4 と $4,929 \times 10^4$ の精子数の異なる2つの集団がみられた。後者の集団の雌では、初産卵期以外に新たな精子の充填があったと考えられた。経産卵雌では、水槽収容中に次の産卵を行った個体が7個体みられた。7個体の平均精子数は 308×10^4 で、他の集団の精子数に比べ少なかった。1回の産卵に使われる精子数は約 500×10^4 と推測された。受精囊に保存している精子数が 500×10^4 に満たない個体は初産卵雌で約47%、経産卵雌で約38%みられた。これらの個体が次の産卵で正常な受精を行うには、新たな精子の充填が必要と考えられた。

カニ類の交尾には、雌の脱皮直後の甲殻が柔らかいときだけに行われる場合と脱皮をとまわずに甲殻が硬いときにも行われる場合の2つがある(村井, 1987)。ズワイガニ *Chionoecetes opilio* では、従来は前者のタイプと考えられていた(WATSON, 1972)が、近年では前者と後者の両タイプであることが北大西洋海域で報告されている(TAYLOR *et al.*, 1985; CONAN and COMEAU, 1986; HOOPER, 1986; MORIYASU *et al.*, 1987; CONAN *et al.*, 1988; ENNIS *et al.*, 1988; COMEAU and CONAN, 1992)。京都府沖合海域においても、経産卵期に雌雄の群れが同一海域に形成されることから、雌の多回交尾が示唆されている(山崎ほか, 1993)。しかし、ズワイガニ属の雌は受精囊に精子を保存することができるので、必ずしも全ての個体で多回交尾が行われているとは限らない。本種の資源管理方策を考える場合、以上のような交尾に関する特性を明らかにすることは重要なことである。

著者らは、雌ズワイガニの受精囊内の精子数を推定することにより、上述した多回交尾の可能性や必要性などに関する予報的な検討を行った。報告に先立ち試料の一部を提供していただいた京都府機船底曳網漁業連合会の各位に感謝する。

材料および方法

本研究に供した雌ズワイガニは、1993年11月29日から1994年2月15日までに京都府沖合海域で底曳網、カニかごおよび桁曳網で採捕された初産卵雌96個体と経産卵雌103個体の合計199個体であった。初産卵雌とは生涯の最初の産卵から約6カ月以内で未発眼な腹部纏絡卵を有する個体、経産卵雌とは最初の産卵から少なくとも1年以上経過

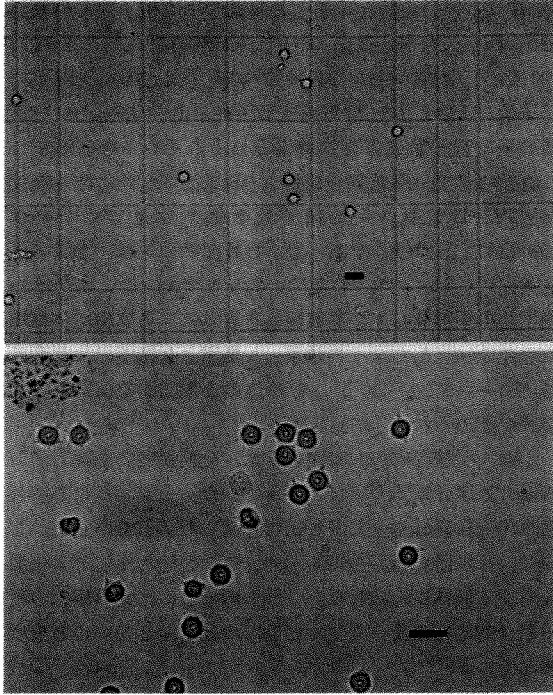


Fig. 1. The sperm cells in seminal resepectacle of female crab. Scale bar indicate 10 μ m.

Table 1. Estimated the minimum and maximum numbers of sperm cells remaining in a seminal resepectacle of primiparous and multiparous female crabs.

	Number of crabs	No. of sperm ($\times 10^4$)	
		Minimum	Maximum
Primiparous	96	15	2,861
Multiparous	96	25	8,221
Multiparous*	7	43	790

* Egg clutch with stored sperm in tank.

し発眼した纏絡卵を有する個体である。両者の甲殻は初産卵雌では柔らかく、経産卵雌では硬かった。経産卵雌の一部は、採捕されてから調査に供されるまでのあいだ水槽に収容された。収容中には、腹部纏絡卵のふ化が起こり、次の産卵を行った個体が7個体みられた。収容中は水温約5°Cを保ち、残餌のない程度に冷凍エビを与えた。

雌は左右一対の受精嚢を有するが、受精嚢内の精子数は左右で差が認められなかったので、本研究では右側の受精嚢が調査に使用された。受精嚢は雌が採捕されてから約24時間以内、もしくは水槽から取り揚げられてから約1時間以内には解剖バサミで採取された。受精嚢内の内容物は、

受精嚢を縦方向に切開しピンセットで取り出され、嚢壁に付いたものは濾過海水により洗い流された。取り出された内容物は、5 cc の濾過海水とともにホモジナイザーに入れ攪拌された。内容物の希釈液を Thoma 血球計算盤に乗せ、 $1 \times 1 \times 0.5$ mm 内の精子を光学顕微鏡により200倍で計数した (Fig. 1)。1 個体につき3検体を計数し、その平均値を求めた。個体の1受精嚢当たり総精子数は、3検体の平均値 $\times 5 \times 10^4$ として計算した。

結果

初産卵雌、経産卵雌および水槽内で産卵を行った経産卵雌の1受精嚢当たり精子数の最小値と最大値を Table 1 に示した。Fig. 2 にはそれぞれの精子数の頻度分布を示した。初産卵雌の精子数は 15×10^4 から $2,861 \times 10^4$ の範囲であり、最小値と最大値とでは約 2×10^2 の差がみられた。

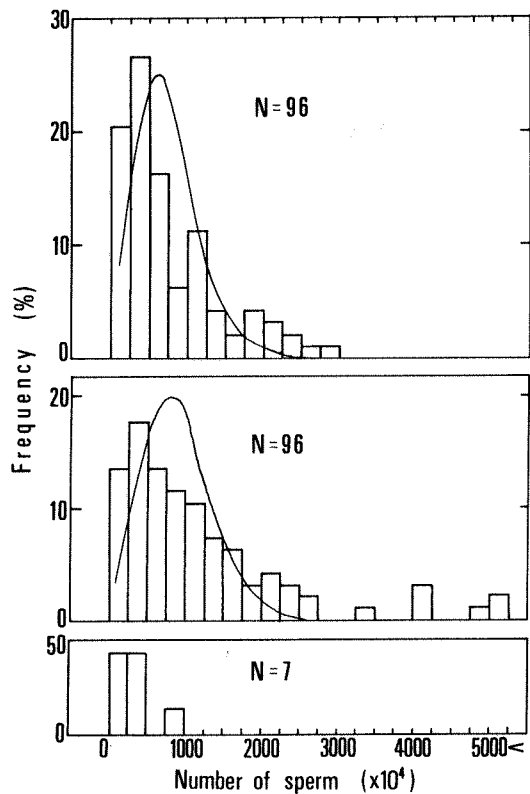


Fig. 2. Frequency distribution in estimated number of sperm cells remaining in a seminal resepectacle of primiparous females (upper), multiparous females (middle), and ones that had fertilized one successive egg clutch with stored sperm (lower).

精子数の頻度分布はポアソン分布に近似された。経産卵雌では精子数は 25×10^4 から $8,221 \times 10^4$ の範囲であり、最小値と最大値とでは約 3×10^2 の差がみられた。精子数の頻度分布はポアソン分布に近似され、分布型は初産卵雌のそれとはほぼ同じであった。経産卵雌ではこの分布から外れる精子数 $3,250 \times 10^4$ 以上を有する個体が7個体みられた。水槽内で産卵を行った経産卵雌の精子数は 43×10^4 から 790×10^4 の範囲であった。精子数の最小値と最大値の差は約 2×10^2 で、初産卵および経産卵雌に比べ小さかった。

精子数の頻度分布をもとに、経産卵雌を精子数の異なる2つの集団に分け、合計次の4つの集団に便宜的に区分した。すなわち、ひとつのポアソン分布に近似された初産卵雌の集団、経産卵雌のうちポアソン分布に近似された精子数 $3,000 \times 10^4$ 以下の集団およびこの分布から外れた精子数 $3,250 \times 10^4$ 以上の集団、そして水槽内で産卵した経産卵雌の集団である。以下、これらの集団をそれぞれA、

B、CおよびD集団と呼ぶ。各集団の平均精子数と標準偏差を Table 2, Fig. 3 に示した。A集団の平均精子数は 780×10^4 、標準偏差は 709×10^4 であった。B集団の平均精子数は 853×10^4 、標準偏差は 649×10^4 であった。C集団の平均精子数および標準偏差はそれぞれ $4,929 \times 10^4$ 、 $1,617 \times 10^4$ で、平均精子数はA、B集団のその約6倍であった。D集団の平均精子数と標準偏差はそれぞれ 308×10^4 、 241×10^4 であった。D集団の平均精子数はA、B集団の約35~40%、C集団の約6%であった。各集団の精子数の平均値および標準偏差をもとに、各集団間の平均値の差を検定した。その結果、A集団とB集団では有意差は認められず ($t_0 < t_{0.01}$)、その他の各集団間では全て有意な差が認められた ($t_0 > t_{0.01}$)。

なお、受精嚢内の内容物の量は、受精嚢内に充満している場合と半分以下の場合とがみられた。上述したC集団の個体の受精嚢は、全て内容物が充満した状態であった。しかし、B集団の精子数 500×10^4 未満でも充満した受精嚢を有する個体がみられた。これらのことは、受精嚢内の精子数は内容物の量(重量)だけでは推定できないことを示唆している。

Table 2. Estimated the mean numbers of sperm cells and standard deviation in a seminal receptacle of females of the four groups.

Group*	Number of crabs	No. of sperm ($\times 10^4$)	
		Mean	S.D.
A	96	780	709
B	89	853	649
C	7	4,929	1,617
D	7	308	241

* See Fig. 3 for explanation.

考察

本研究の結果から、初産卵雌の受精嚢内の精子数は 15×10^4 から $2,861 \times 10^4$ の範囲であり、最大値と最小値とでは 2×10^2 の差がみられることが明らかとなった。ズワイガニ属のオオズワイガニ *C. bairdi* では初産卵雌の受精嚢内の精子数は 13.2×10^4 から 122.1×10^4 (PAUL *et al.*,

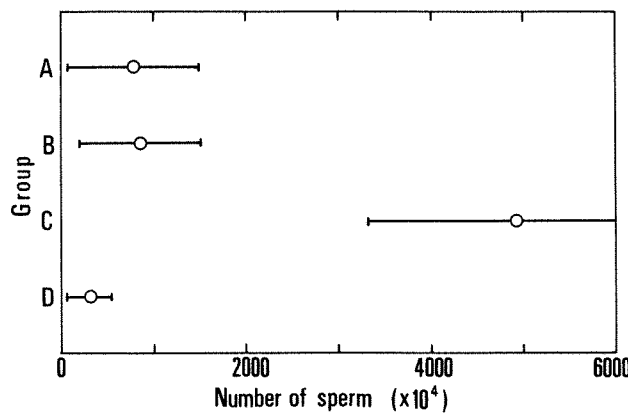


Fig. 3. The mean numbers of sperm cells remaining in a seminal receptacle of four groups female crabs. Open circles and bars indicate the mean numbers of sperm cells and standard deviation, respectively. A, primiparous females; B, multiparous females had less than $3,000 \times 10^4$ sperm cells; C, multiparous females had more than $3,250 \times 10^4$ sperm cells; D, multiparous females that had fertilized one successive egg clutch with stored sperm.

1983), 4×10^4 から 490×10^4 (ADAMS and PAUL, 1983) の範囲と推定されており, 最大値と最小値とでは $10 \sim 10^2$ の差がみられている。このような個体による精子数の変動は, 交尾相手である雄の大きさとは無関係と述べられている (PAUL *et al.*, 1983; ADAMS and PAUL, 1983)。ズワイガニとオオズワイガニでは単純に比較はできないが, 初産卵雌の受精囊内の精子数にはかなり個体差があるという点で一致した。初産卵雌が受精囊内に保存している精子数とは, 初産卵期に交尾により得た精子数から1回の産卵に使用した精子数を差し引いた残存量といえる。ズワイガニやオオズワイガニの雄は, 同じ交尾期間に複数個体の雌と交尾することが可能である (松浦, 1988; PAUL *et al.*, 1983; ADAMS and PAUL, 1983)。しかし, 交尾回数が増すごとに交尾相手である初産卵雌の受精囊内の精子数が減少する傾向がみられる (PAUL *et al.*, 1983; ADAMS and PAUL, 1983)。上述したように, 初産卵雌の受精囊内の残存精子数にはかなりの差が認められた。この差が交尾をして雄から受け取った時点で生じるのか, 産卵に使われる量が個体により異なるのか, あるいは初産卵の交尾期間に多回交尾しているために起こっているのかなど, 何によって生じているのか現状では判断できない。

次に, 初産卵雌と経産卵雌の精子数をもとに, 雌の多回交尾の可能性と必要性について考察する。初産卵群であるA集団と経産卵群のB集団の平均精子数には有意差がみられなかったが, A集団と経産卵群のC集団では有意差がみられた。このことは, 精子数の頻度分布からみれば, A集団とB集団とは同じ集団, A集団とC集団とは異なる集団と考えることができる。経産卵前の交尾行動は水槽での飼育やスキューバダイビングにより観察した結果では, 交尾は腹部總絡卵のふ化が終了し, 次の産卵が行われるまでの短い期間に行われる (PAUL and ADAMS, 1984; TAYLOR *et al.*, 1985; CONAN and COMEAU, 1986; HOOPER, 1986)。C集団の平均精子数 $4,929 \times 10^4$ の個体は, A集団からC集団に加入する過程で新たな精子の充填が行われていることを示唆している。すなわち, 雌は経産卵前の腹部總絡卵を有する時点においても交尾しているかもしれない。

本種と同じクモガニ科の *Inachus phalangium* では, 最初の交尾で得られた精子は, その後交尾が行われれば受精囊内の奥へ押しやられ, 産卵には新しい精子だけが使われることが報告されている (DIESEL, 1990)。オオズワイガニでは, 以前の交尾で得られた“古い精子”は産卵に使われなことが指摘されている (PAUL, 1984)。これらのことは, 多回交尾によって多くの精子を保有していたとしても, 産卵のときに使うことができる精子数は, 直近の交尾で得られた量だけであることを意味する。すなわち, C集団の平

均精子数 $4,929 \times 10^4$ が多回交尾によって得られたものと考えれば, この全ての精子が産卵に使われるわけではない。受精囊内の産卵に使える有効な精子数を推定するには, 多回交尾を行った個体では新しく充填された“新しい精子”と以前の交尾で得られた“古い精子”とを識別する必要がある。

初産卵雌の受精囊内の精子数には個体によりかなりの差がみられたが, この差が1回の交尾で得られた精子の量により生じたものと仮定し, 1回の産卵で使われる精子数を試算する。その精子数とは, 水槽内で産卵を行った経産卵D集団と初産卵の交尾期以外には精子の充填がなかったと考えられた初産卵A集団もしくは経産卵B集団の平均精子数の差で表すことができる。D集団とA集団およびD集団とB集団の平均精子数の差はそれぞれ 513×10^4 , 545×10^4 で, 1回の産卵では約 500×10^4 の精子が使われると推測される。この精子数はB集団の平均精子数の約60%, A集団のそれの約65%に当たる。精子数 500×10^4 に満たない個体はB集団では約38%, A集団では約47%を占めており, これらの個体は新たな精子の充填がない限り次の産卵での受精率は低下する。オオズワイガニでは1回の産卵で使われる精子数は 63×10^4 と推定されており, この精子数は初産卵雌の受精囊内の平均精子数の約40%に相当する (PAUL, 1984)。1回の交尾で4回の産卵を行ったオオズワイガニ雌では, 各産卵で受精卵を産んだ割合は3回目には約70%, 4回目には0%と順次低下したことが報告された (PAUL, 1984)。これらのことは, 初産卵期の交尾で得られた精子だけでは, 多くの場合3~4回目の産卵の際には精子が不足し, 正常な受精卵が産めないことを示唆している。一方, 小林 (1983) はズワイガニの初産卵雌を雄から隔離して4年間飼育したところ, 雌は初産卵前の1回の交尾で得た精子により4回の正常な産卵を行ったと報告した。もし, 初産卵後の3回の産卵ともに100%受精卵を産んだとすれば, この個体は初産卵を終わった時点でも $1,500 \times 10^4$ 程度以上の精子を保存していたと考えられる。

雌が受精囊内に精子を保存する機能は, 初産卵後に再び交尾できなかったときの最低限の保障であると考えられる。しかし, 初産卵以降の産卵で正常な受精を行うことのできる保障は, 保存されている精子数で決められる。1回の産卵に使われる精子数が上述したように約 500×10^4 とすれば, それ以上を保存している個体は少なくとも次の産卵は保障されるが, それ未満の個体は正常な受精卵の産卵は保障されない。産卵回数が増すごとに受精率が低下することは, 雌にとってはあまりに効率が悪すぎる。雌は, 経産卵前にも交尾をして新たな精子を充填することで効率的

な産卵を可能にしているのかもしれない。また、“新しい精子”と“古い精子”とで活力が異なるようなことがあれば、雌は積極的に交尾を行うであろう。受精嚢内の“新しい精子”と“古い精子”を識別することに加え、これらの活力についても今後検討する必要があると考える。

文献

- ADAMS, A.E. and PAUL, A.J.. 1983. Male parent size, sperm storage and egg production in the crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae). *Int. J. Invert. Reprod.*, **6**: 181-187.
- COMEAU, M. and CONAN, G.Y.. 1992. Morphometry and gonad maturity of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**: 2460-2468.
- CONAN, G.Y. and COMEAU, M.. 1986. Functional maturity and terminal molt of male snow crab, *Chionoecetes opilio*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**(9): 1710-1719.
- CONAN, G.Y., MORIYASU, M., COMEAU, M., MALLET, P., CORMINER, R., CHIASSON, Y. and CHIASSON, H.. 1988. Growth and maturity of snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Proc. Int. Workshop Snow Crab Biology*, No. 2005: 45-59.
- DIESEL, R.. 1990. Sperm competition and reproductive success in the decapoda *Inachus phalangium* (Majidae): A male ghost spider crab that seals off revals' sperm. *J. Zool. Lond.*, **220**: 213-223.
- ENNIS, G.P., HOOPER, R.G. and TAYLOR, D.M.. 1988. Functional maturity in small male snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45**: 2106-2109.
- HOOPER, R.G.. 1986. A spring breeding migration of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) into shallow water in Newfoundland. *Crustaceana*, **50**: 257-264.
- 小林啓二. 1983. 水槽飼育によるズワイガニの産卵・ふ化と、幼生から成体までの飼育過程について. 栽培技術, **12**(1): 35-45.
- 松浦修平. 1988. エビ・カニ類の種苗生産. ズワイガニ. 水産学シリーズ, **71**, 恒星社厚生閣: 76-91.
- MORIYASU, M., CONAN, G.Y., MALLET, P., CHIASSON, Y. and LACROIX, H.. 1987. Growth at molt, molting season and mating of snow crab (*Chionoecetes opilio*) in relation to functional and morphometric maturity. *Int. Coun. Expl. Sea.*, CM 1987 K, 22: 1-14.
- 村井 実. 1987. カニ類の交尾と雌による精子保存. 海洋科学, **19**(2): 118-122.
- PAUL, A.J., ADAMS, A.E., PAUL, J.M., FEDER, H.M. and DONALDSON, W.E.. 1983. Some aspects of reproductive biology of the crab *Chionoecetes bairdi*. Alaska Sea Grant Report, 83-1: 1-32.
- PAUL, A.J.. 1984. Mating frequency and viability of stored sperm in the tanner crab *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae). *J. Crust. Biol.*, **4**(4): 375-381.
- PAUL, A.J. and ADAMS, A.E.. 1984. Breeding and fertile period for female *Chionoecetes bairdi* (Decapoda, Majidae). *J. Crust. Biol.*, **4**(4): 589-594.
- TAYLOR, D.M., HOOPER, R.G. and ENNIS, G.P.. 1985. Biological aspects of the spring breeding migration of snow crab, *Chionoecetes opilio*, in Bonne Bay, Newfoundland (Canada). *Fish. Bull.*, **83**(10): 707-711.
- WATSON, J.. 1972. Mating behavior in the spider crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Fish. Bd. Canada*, **29**: 447-449.
- 山崎 淳・桑原昭彦・船田秀之助・戸嶋 孝・藤田真吾・内野 憲. 1993. 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—Ⅷ. カニかご調査から推定した経産卵期前のズワイガニの分布特性. 本誌, **16**: 10-17.

Synopsis

Number of Sperm Remaining in a Seminal Reseptacle of Female Snow Crab *Chionoecetes opilio*

Atsushi YAMASAKI, Shingo FUJITA,
Ken UCHINO and Takashi TOJIMA

Number of sperm remaining in a seminal reseptacle of female crabs *Chionoecetes opilio* was studied using 96 primiparous and 103 multiparous female crabs caught by Danish seine, trap and beam trawl in the sea off Kyoto Prefecture from 29 November 1993 to 15 February 1994. Seven of 103 multiparous female crabs were kept in tank isolated from male crab, had fertilized one successive egg clutch with stored sperm.

A seminal reseptacle from each female was taken, dissected longitudinally, and the all contents in seminal reseptacle were taken out using pincette and/or flushed with filtered seawater. The material remaining sperm was stirred with 5 cc filtered seawater in homogenizer. The number of sperm cells was count the material in 0.0001 cc by hemacytometer.

The mean number of sperm cells of primiparous females (group A) were estimated 780×10^4 ($15 \times 10^4 - 2,861 \times 10^4$). On the other hand, multiparous female crabs were classified three groups differed the mean number of sperm cells. That is, 76 female crabs (group B) had 853×10^4 ($25 \times 10^4 - 2,706 \times 10^4$) sperm cells, and 7 ones (group C) had $4,929 \times 10^4$ ($3,390 \times 10^4 - 8,221 \times 10^4$) sperm cells. Seven female crabs that egg clutch fertilized with stored sperm in tank, had 308×10^4 ($43 \times 10^4 - 790 \times 10^4$) sperm cells (group D).

Assuming that females in groups A and B mated once during the primary spawning season, based on the remainder after subtracting the mean sperm cells of group D from groups A or B, it was estimated to be around 500×10^4 sperm cells were mobilized one egg production. Thirty-eight percent of females in group B, 47 percent of females in group A which had stored less than 500×10^4 sperm cells may not be able to fertilize the next spawning. It was suggested that these females have need to be supplies new sperm mating with morphometrically mature male.