アオリイカの多回産卵について^{*1, 2}

和田 洋蔵, 小林 知吉

(1994年3月14日受付)

On an Iteroparity of the Oval Squid *Sepioteuthis lessoniana*Yozo Wada^{*3} and Tomokichi Kobayashi^{*4}

We reared the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* in pens from June 3 to July 31 1992. The eggs spawned by these squid were reared in a tank to hatch. A female reared with a male in a pen spawned 11 times at intervals of 1-9 days from June 11 to July 30. This female laid 1,540 egg capsules containing 7,780 eggs in total (55 to 302 capsules containing 231 to 1,388 eggs at one spawning). The hatchability of the eggs at each spawning ranged from 66.7 to 97.8%. Another female reared without a male in a pen spawned more than four times, but the hatchability rate of the eggs was lower than the former female. The female with a male had spermatophores when she died, while the female without a male had no spermatophores after several spawnings (both females had spermatophores at the beginning of the experiment). These results suggest that the oval squids copulated over the period from the previous spawning to the next.

The number (Y) of eggs in one capsule was related to the water temperature (X , °C) on the day of spawning. This relation was expressed by the following equation. $Y = 15.1 - 0.426X$.

キーワード: アオリイカ, 多回産卵, 多回交配, 産卵数

アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* はジンドウイカ科 Loliginidae に属し、インド洋および太平洋の沿岸域に分布するイカであり、高価で取引されることから重要な漁業資源の一つになっている。最近、本種資源の増殖を図るべく、日本各地で種苗生産技術の開発や産卵基質の投入事業が行われている。¹⁻⁴⁾

本種は沿岸域に生息し、浅場の海藻などに産卵するため、生殖行動⁵⁾や産卵期、⁵⁻⁸⁾ 初期発生、^{3, 5)} 成長⁶⁾ についての知見はあるが、1個体の雌の産卵回数、産卵数など成熟や産卵に関する知見は必ずしも十分得られていない。特に産卵回数については、生涯に1回産卵するヤリイカ *Loligo bleekeri*,⁹⁻¹²⁾ 多回産卵を行うヨーロッパコウイカ *Sepia officinalis*^{13, 14)} などで報告されているものの、まだ多くのイカ類で明らかにされておらず、イカ類の産卵生態を調べる上での重要な課題の一つとなっている。

本研究では、成熟したアオリイカを生簀網内で約2カ月間飼育し、その間の産卵回数や産卵数などの産卵生態について観察を行った。その結果、本種が多回産卵、多回交配することや、1回当たりの産卵数、産卵からふ化

までの期間と水温との関係などが明らかにされたので報告する。

材料および方法

本研究に用いたアオリイカは、京都府沿岸の小型定置網 (Fig. 1) で1992年6月3日に漁獲された雄2個体、口球外唇に精葉がみられる既交配の雌7個体の計9個体である (Table 1)。イカの死亡時または飼育終了時に外套背長と体重を測定し、雌については輸卵管内と卵巣内の熟卵 (輸卵管内にみられる卵とほぼ同径の卵を熟卵として取り扱った) を計数し、口球外唇の精葉の有無を確認した。

飼育条件と試験区の設定 イカは漁獲後、直ちに試験区として設定した3カ所の網生簀内 (4 m × 4 m × 4 m, 目合約4 cm) に収容された。それぞれの生簀網内には産卵基質として広葉樹の束を垂下した。雌雄1対を収容した区を (A), (B), 雌のみを5個体収容した区を (D) として飼育を開始したが、6月11日からは試験区 (C) を設定し B 区の雄1個体と D 区の雌1個体とを1対とし

^{*1} 本研究の概要は、平成4年度日本水産学会秋季大会において発表した。

^{*2} 京都府立海洋センター業績 No. 96.

^{*3} 京都府立海洋センター (Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Miyazu, Kyoto 626, Japan).

^{*4} 山口県外海水産試験場 (Yamaguchi Prefectural Open-Sea Fisheries Experimental Station, Nagato, Yamaguchi 759-41, Japan).

Fig. 1. Sites of the set net (solid circle) and the laboratory (solid star) where the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* was caught and reared, respectively.

Table 1. Sex, size, and weight related to each experimental group of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana*

No.	Sex	D.M.L.* ¹ (mm)	B.W.* ² (g)	Group	Date of measurement (1992)
1	Male	349	1,317	A	July 31
2	Female	237	607	A	July 30
3	Male	313	1,286	B (C)	July 13
4	Female	292	1,243	B	June 11
5	Female	236	527	D (C)	July 28
6	Female	222	500	D	June 24
7	Female	284	804	D	June 28
8	Female	300	1,130	D	July 11
9	Female	189	363	D	July 17

*¹ Dorsal mantle length.

*² Body weight.

て飼育した (Fig. 2)。各試験区における産卵回数、産卵数、ふ化率を調べ、それらが試験区内の雄の有無によって違いがみられるかを検討した。餌料として冷凍アジを1日3回与え、その際に生簀内の卵塊の有無を調べた。卵塊が認められた場合には、直ちに卵塊を水槽に収容し、卵囊数と卵数を計数した。また、水槽内に収容した卵からのふ化稚子を計数し、ふ化率を求めた。

なお、飼育水温を生簀内の水深3m層と卵塊を飼育した水槽内でRMT型水温記録計 (株式会社離合社製) を用いて、10分間隔で測定した。

結 果

生簀内および水槽内の水温変化 アオリイカを飼育し

た生簀内および卵を飼育した水槽内の水温を Fig. 3 に示した。生簀内の水温はイカを収容した1992年6月3日には18~19℃、産卵が開始された6月11日には19~20℃であった。その後、水温が上昇し、A区の雌が死亡したため生簀内での飼育実験を終了した同年7月30日には約28℃であった。卵を飼育した水槽の水温は、生簀内に比べ1~2℃程度低かった。

飼育経過 各試験区における飼育経過および産卵状況を Fig. 2 に整理した。A区では試験開始時の6月3日から雌雄1対で飼育されたが、雌が7月30日、雄がその翌日に死亡した。B区でもA区と同様に雌雄1対で飼育されたが、産卵直後に残っている輸卵管内の卵数を確認するため、6月11日に産卵した雌を産卵直後に取り上げ直

Fig. 2. Date of spawning (open and/or circles) and death (arrows) in each experimental group.

Fig. 3. Fluctuations of the water temperature both in the pen (3 m deep) and in the rearing tank.

ちに解剖した。C区では、D区で産卵した雌とB区から移し替えた雄との1対で6月11日から飼育実験を始めた。しかし、雄が7月13日死亡したため、その後は雌が死亡した7月28日まで雌1個体のみで試験を続けた。また、雌のみを収容したD区では、1個体をC区に移し替えた6月11日からは4個体で試験を行った。その後、6月24日、6月28日、7月11日に各1個体が死亡し、最後の1個体は7月17日死亡した。また、それぞれの試験

区において、最終産卵当日から2日以内が雌が死亡したり衰弱して生簀の底に沈んでいるのがみられた (Table 2)。

なお、飼育中に得られた卵のふ化は7月14日から8月27日まで確認された (Fig. 3)。

雌1個体当たりの産卵回数と産卵数 雌雄1対で飼育されたA区の雌は、6月11日から産卵を開始し7月30日までに1~9日間隔で11回産卵した。1回の産卵での

Table 2. Periods from the last spawning to death, and number of mature eggs in the oviduct and in the ovary of *S. lessoniana*

Date of death	Period from last spawning (days)	Male	Spermatophores	Number of matured eggs	
				Oviduct	Ovary
June 11 ^{*1}	0 ^{*1}	Present	Present	86	621
24	2	None	None	95	110
28	Unknown	None	None	36	136
July 11	1	None	None	181	146
17	2	None	None	46	134
28	0	None ^{*2}	None	88	303
30	0	Present	Present	227	79

*¹ Dissected.

*² Male died on July 13.

Fig. 4. Relationship between a period (X, day) calculated from the previous spawning to the next and number (Y) of eggs in each spawning.

The line shows $Y = 130.3X$ ($r = 0.79$, $p < 0.01$).

卵嚢数が 55~302, 卵数が 231~1,388 で, 11 回の産卵での卵嚢数の合計は 1,540, 卵数は 7,780 であった (Table 3)。また, この試験区では産卵の 1~2 日前には雌雄が並んで遊泳し, それ以外は雌雄が別々に行動している様子が観察された。

雌雄 1 対で飼育された試験区 (C) では, 6 月 11 日から 7 月 28 日までに 1~12 日間隔で 9 回の産卵がみられた。1 回目の産卵では生簀の網地に産卵したため卵塊の一部しか得られなかったが, 2 回目以降の産卵では, 1 回の産卵での卵嚢数が 7~365, 卵数が 26~2,169 で, 卵嚢数の合計は 1,108, 卵数は 6,565 であった。

一方, 雌のみの 5 個体で飼育を開始した試験区 (D) では, 6 月 11 日から 7 月 15 日までに合計 12 回の産卵がみられた (Table 3)。ただし, この区では複数の雌が収容さ

れていたため, それぞれの個体が何回産卵したかは不明であった。しかし, 産卵行動が観察され, 産卵した個体の識別が可能となった 7 月 4 日以降, 外套背長 189 mm の雌は 4 回, 300 mm の雌では 3 回の産卵が確認された。

本種が多回産卵する際, 産卵から次の産卵までの間隔は 1~12 日で, 変異が大きかった。また, 各産卵について産卵 1 回当たりの卵数にも大きな変異がみられた。ところが, 産卵から次の産卵までの期間が長いほど卵数は多くなる傾向がみられ (Fig. 4), 産卵間隔 (X, day) と 1 回の産卵における卵数 (Y) との間には, 次式

$$Y = 130.3X (r = 0.79, p < 0.01)$$

で表される関係が認められた。このことは, 時間が経過するほど卵巣内卵の成熟が進み, 卵巣内から輸卵管内へ送られる熟卵数が 1 日約 130 個の割合で増加すること

Table 3. Spawning date, numbers of capsules, number of eggs, and hatchability of each egg mass by group: A group (1♂, 1♀), B group (1♂, 1♀), C group (1♂, 1♀), and D group (5♀)

Group	No.	Date of spawning	Number of capsules	Number of eggs	Hatchability (%)
A	1	June 11	110	900	95.6
	2	14	62	378	96.8
	3	23	187	1,231	66.7
	4	28	112	641	95.5
	5	July 6	134	897	82.1
	6	11	55	341	92.4
	7	16	302	1,388	83.5
	8	17	105	545	94.3
	9	23	140	701	93.0
	10	24	84	231	97.8
	11	30	249	527	87.3
B	1*	June 11	124	1,024	97.6
C	1	June 11	—	—	78.7
	2	21	365	2,169	62.2
	3	July 3	231	1,540	85.8
	4	12	139	928	85.1
	5	17*	137	755	67.0
	6	22*	92	447	49.0
	7	25*	87	502	22.7
	8	27*	50	198	3.0
	9	28*	7	26	11.5
D	1	June 11	—	—	78.7
	2	14	—	—	88.5
	3	17	—	—	94.7
	4	22	152	1,030	77.1
	5	29	320	1,655	5.6
	6	July 4*	206	1,248	22.1
	7	4*	90	396	35.4
	8	7*	67	359	24.2
	9	10*	56	80	20.0
	10	11*	69	299	15.7
	11	13*	62	235	6.8
	12	15*	43	106	11.3

*1 Dissected.

*2 Female only (male died on July 13).

*3 D.M.L 300 mm, B.W. 1,130 g.

*4 D.M.L 189 mm, B.W. 363 g.

を意味する。

1 卵嚢中の卵数 1 卵嚢中の卵数は飼育初期には 5～10 であったが、水温が上昇した飼育後期には 0～5 とその数が減少していた。産卵日の日平均水温 (°C) と 1 房の卵嚢に含まれる卵数の平均値との関係を見ると、産卵時の水温が高いほど 1 卵嚢中の卵数が少なくなる傾向が認められた (Fig. 5)。産卵時の水温 (X , °C) と 1 房当たりの卵数 (Y) との間には、次式

$$Y = 15.1 - 0.426X (r = 0.74, p < 0.01)$$

で表される相関関係が認められた。

各試験区でのふ化率の変化 各試験区におけるふ化率

の変化をとりまとめ、Fig. 6 に示した。雌雄を 1 対で飼育した A 区の 11 回の産卵でのふ化率は 66.7～97.8% といずれも高い値であった。また、C 区でも 7 月 13 日に雄が死亡するまでの 4 回の産卵でのふ化率は 62.2～85.8% と A 区での値とほぼ同じであった。それに対して、雄の死亡後のふ化率は 4 日後に 67.0%、9 日後に 49.0%、12 日後には 22.7% と短期間に低下した。

一方、雌のみで飼育した D 区のふ化率は、最後の交接から少なくとも 20 日間経過するまで (6 月 22 日) は 77.1～94.7% と A 区とほぼ同様の高い値であったが、その 7 日後の産卵では 5.6% と C 区と同様に短期間にふ化

Fig. 5. Relationship between water temperature (X , °C) on the day of spawning and average number (Y) of eggs contained in one capsule.

The line shows $Y = 15.1 - 0.426X$ ($r = 0.74$, $p < 0.01$).

Fig. 6. Changes of hatchability in each experimental group.

The arrow indicates the date when the male died.

Circle: A group (1♂, 1♀).

Star: B group (1♂, 1♀).

Square: C group (1♂, 1♀).

Triangle: D group (5♀).

率の低下がみられた。

ふ化までの日数 1卵塊からのふ化には開始から終了までに2~14日間を要したので、ここではふ化稚仔数の50%に達した日をふ化日として取り扱った。各卵塊の産卵日からふ化日までには21~46日を要し、飼育水温の

上昇につれて、その期間は短くなった。産卵からふ化までに要する期間 (Y , day) とその期間の平均水温 (X , °C) との間には、次式

$$\text{Log } Y = 2.771 - 0.057X \quad (r = 0.95, p < 0.01)$$

で表される相関関係が認められた (Fig. 7)。この式に

Fig. 7. Relationship between water temperature (X , $^{\circ}\text{C}$) in the egg rearing tank and the period (Y , day) from spawning to hatching.

Solid line: $\text{Log } Y = 2.771 - 0.057X$, this paper.

Broken line: $\text{Log } Y = 2.136 - 0.028X$, Segawa, 1987.

よるふ化期間の計算値を恒温水槽を用いた Segawa の報告⁹⁾と比べると、ふ化までの期間は 22°C 付近ではほぼ一致したが、これより低い水温では長く、高い水温では逆に短くなった。

精英および生殖腺の状況 B区で産卵直後に取り上げた雌の熟卵数は、輸卵管内に86、卵巣内には621であった。この産卵で産み出された卵数が1,024個であったことから、1回の産卵で輸卵管内卵のほとんどが産み出されることが分かった。また、死亡したり衰弱した雌にも輸卵管内に36~227個の熟卵が、卵巣内には79~303個の熟卵と多数の未熟卵がみられ、さらに産卵が可能と考えられる状態であった (Table 2)。今回の実験に用いた雌のすべての個体には、飼育開始時に口球外唇に精英が確認できた。しかし、雌のみで飼育されたD区の個体や雄が死亡したため雌のみの飼育となったC区の雌の場合には死亡時に精英がみられなかった。一方、雌雄1対で飼育されたA・B区の雌 (B区では産卵直後に解剖され、A区では飼育から約2カ月経過した7月30日に死亡した時点で解剖された) には口球外唇に精英がみられ、貯精嚢にも活性を持った精子が認められた。一方、雌の死んだ翌日に死亡したA区の雄を解剖したところ精英嚢内には99本の精英がみられ、60日間の飼育後でも雄が交配可能であると考えられる状態であった。これらのことは、雌雄を共に飼育した場合には、飼育期間中に複数回の交配を行っていた可能性を示唆している。また、交配により雌の口球外唇に植え付けられた精英が、

比較的短期間に脱落することが分かった。

考 察

今回のアオリイカの飼育試験では、雌だけで飼育した場合と雌雄を共に飼育した場合とでは、得られた卵のふ化率や口球外唇に付けられた精英の数の変化に大きな違いが認められた。これらの現象から、本種の産卵生態についての、いくつかの推定ができる。

まず、雌のみの試験区での飼育結果をみると、飼育開始から20日後に産卵された卵からのふ化率は77.1%であり、雌雄を共に飼育した区と同様に高い値であった。このことから、交配から少なくとも20日経過するまでは受精率に影響するほど貯精嚢の精子の活性が低下しなかったものと考えられた。しかし、その7日後の産卵ではふ化率が5.6%と著しく低下した。また、C区で雄が死亡した場合にも死亡から9~12日間でふ化率の低下がみられた。このようなふ化率の急激な低下の原因としては、貯精嚢内の精子の活性の低下によるものより、産卵によってその数が減少したことにより受精率が低下したと考える方が妥当である。一方、口球外唇の精英についてみると、雌のみで飼育された場合には比較的短期間に精英が脱落することが観察されたが、雄と共に飼育された雌には約2カ月後でも精英が認められた。これらのことから、雌雄を共に飼育した場合には、直接に交配行動の観察ができなかったものの、飼育期間中にアオリイカが複数回の交配を行っていたことはほぼ間違いない。ま

た、アオリイカは卵の高い受精率を維持させるだけの精子数を確保するために産卵から次の産卵までの間に再び交接する必要があると考えられ、天然海域においても多回産卵、多回交接を行っているものと推察された。

なお、イカ類が交接後、直ちに産卵することは、本種と同科に属するヤリイカ⁹⁻¹²⁾やコウイカ科¹⁴⁾の多くの種類で確認されている。また、本種についても Segawa が、交接直後に産卵することを観察している。⁵⁾しかし、今回の試験では雌のみでも、すなわち交接がなくても少なくとも数回の産卵が観察されており、交接以外の要因が産卵の契機となり得ることが分かった。

謝 辞

この研究を行う機会を与えられ、御指導下さった京都府立海洋センター所長 篠田正俊博士、ならびに前山県外海水産試験場長 中原民男博士、有益な御助言をいただいた東京水産大学 瀬川 進博士および京都府海洋センター海洋調査部長 桑原昭彦博士に心から厚くお礼申しあげる。また、調査に御協力して下さい同センターの西岡 純主任研究員、田中雅幸技師に感謝の意を表す。

文 献

- 1) 奥谷喬司: アオリイカの生活史. 栽培技研, 13, 69-75 (1984).

- 2) 大島泰雄, 崔 相: コウイカ類およびアオリイカ稚仔の育成について. 日水誌, 27, 979-986 (1961).
- 3) 崔 相, 大島泰雄: アオリイカ (*Sepioteuthis lessoniana* Lesson) の発生と稚仔の成長について. *Venus*, 21, 462-476 (1961).
- 4) 山本浩一: アオリイカの増・養殖技術開発. 栽培技研, 13, 77-79 (1984).
- 5) S. Segawa: Life history of the oval squid, *Sepioteuthis lessoniana* in Kominato and adjacent waters central Honshu, Japan. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 74, 67-105 (1987).
- 6) 上田幸男, 城 泰彦: 紀伊水道外域産アオリイカの生態学的知見. 日水誌, 55, 1699-1702 (1989).
- 7) 内野 憲: 若狭湾西部海域のアオリイカの成熟・産卵・成長. 京都海洋センター研報, 2, 101-108 (1978).
- 8) 鈴木重喜, 桑原昭彦, 鷺尾圭司: 京都府沿岸で漁獲されるブドウイカ・アオリイカの生態的特徴について. 水産海洋研究会報, 42, 21-27 (1983).
- 9) 奥谷喬司: 頭足類の生物学⑥, ジンドウイカ科の分類と生態 (2). 海洋と生物, 6, 20-24 (1980).
- 10) 浜部基次, 清水虎雄: ヤリイカ *Loligo bleekeri* KEFERSTEIN の交接行動. 日水研年報, 3, 131-136 (1957).
- 11) H. Araya and M. Ishii: Information on the fishery and the ecology of the squid, *Doryteuthis bleekeri* Keferstein, in the waters of Hokkaido. *Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab.*, 40, 1-13 (1974).
- 12) 浜部基次: スルメイカの話-1, イカ・セウアリス. さかな, 11, 13-18 (1973).
- 13) K. Mangold-Wirz: Biologie des cephalodes benthique et technique de la Mar Catalane. *Vie et Milieu*, Suppl. 13, 1-285 (1963).
- 14) 奥谷喬司: 頭足類の生物学④, コウイカ目の分類と生態 (3). 海洋と生物, 4, 65-71 (1979).