自然海域でのフサコケムシ群体の成長, 成熟*

北村 等**・平山和次**

(昭和 58 年 12 月 26 日受理)

Growth of the Colony and Maturation of Zooids of a Bryozoan *Bugula neritina* in the Sea

Hitoshi KITAMURA and Kazutsugu HIRAYAMA

Faculty of Fisheries, Nagasaki University, Nagasaki 852

(Received December 26, 1983)

The larvae attached on slide glasses were immersed two meters below the surface at two stations in Omura Bay and Nomo Inlet located near Nagasaki City. Colonial growth shown by the increase of zooid number, sexual maturation and the time span of the colony from attachment on to falling off from the slide glass (life span of the colony) were investigated in four seasons from 1982 to 1983.

There was a linear relation between the number of zooids (N) and the height (H mm) of the colony, which was represented as follows: $\ln N = 2.46 \ln H - 0.22$ ($r = 0.96$).

The lowest temperature for survival of the colony and the lower limit of temperature for the exponential growth were estimated as about 9°C and 13°C, respectively. The life span of the colony varied from 1.5-2 months in spring and summer to more than 3 months in fall and winter, depending on water temperature.

We could observe the first brood chamber in zooids when the colony had grown up at zooid number of 200-1,000. Our observation suggested that the colony could release the larvae after growing up at the zooid number of 1,000 to 5,000 (height, 2-4 cm). The minimal size of the colony in sexual maturation showed little fluctuation seasonally in zooid number.

The maximal size of a colony was estimated as 20,000-50,000 in zooid number (height of the colony, 6-10 cm).

海産汚損動物, フサコケムシ *Bugula neritina* (LINN-AEUS) は浮游幼生が基盤に付着すると, 無性出芽によって扇形に広がっていき, 樹枝状群体へと成長する。

本群体の成長について, MAWATARI (1951) は群体の成長を群体の高さを基準として1年間にわたって調べた。また, KAWAHARA (1960) は群体の枝分かれ数を基準として春期の成長を調査した。群体の高さや枝分かれ数を成長の基準とするのは, 本種が樹枝状の群体であり, その枝分かれが規則的な2分岐によることから, 有効な方法といえる。一方, KITAMURA and HIRAYAMA

(1984) は群体の初期成長を群体の基本的な構成単位である個虫数の増加で調べている。

本研究では, 本種の幼生を付着させたスライドグラスを海況の異なる2つの海域に垂下し, 個虫数の増大を基準として群体の成長をスライドグラスから脱落するまで追跡した。同時に, 個虫が卵室を持つことに着目して, 群体の成熟を観察した。

本研究に協力いただいた卒業生谷口順治氏および種々の御便宜をいただいた養殖研究所大村支所の皆様に感謝申しあげる。

方 法

幼生をスライドグラスに付着させる方法は前報 (KITAMURA and HIRAYAMA) に準じて行なった。すなわち, 本種の群体を海域で採取した後, これを実験室内の 30 l

* フサコケムシの生態学的研究—III

長崎大学水産学部付属水産実験所業績第 81 号。

** 長崎大学水産学部

本研究の一部は財団法人日産科学振興財団研究助成金によった。

パンライト水槽に収容した。この水槽に幼生の付着基盤となるようにスライドガラスを浸漬した。これらのスライドガラスはあらかじめ、海産魚を飼育している循環濾過式水槽に1週間以上浸漬しておいたものである。翌朝、群体は多数の幼生をふ出し、これらは数時間の遊泳の後、スライドガラスに付着した。付着した多数の幼生が適当な間隔を持つように間引きし、スライドガラス1枚あたりの付着数を5~8個体に調節した。このスライドガラス6枚を塩化ビニール製の板（以下、垂下板とする）に取り付けた。したがって、垂下板1枚あたりの付着幼生数は約40個体であった。成長する群体を魚による食害から守るために、この垂下板をカゴ（網目10mm）で囲って海面下2.0mに垂下した。垂下時点では、付着幼生は既に変態を終了し、全て1個虫となっていた。

垂下後、1週間から数週間おきにスライドガラスから1~8群体ずつを採取し、70% アルコールに入れて保存した。後日、各群体の全個虫数を実体顕微鏡を用いて計数した。また、各群体の付着部から先端までの高さを計測した。さらに、採取した群体について、全個虫に対する卵室を持つ個虫の割合を観察し、その割合を3段階（0%、30%未満、30%以上）に分類した。なお、群体の採取時には2.0m層の水温、塩分を調べた。

本種の垂下地点は長崎県野母湾の長崎大学水産学部付属実験所の実験用筏（以下、野母とする）、および大村湾の養殖研究所大村支所の実験用筏（以下、大村）の2ヶ所とした。大村は野母に比べると閉鎖的な内湾に位置している。

1982年4月から1983年5月までの約1年間にわたって、大村、野母とも春（1982年4月、5月）、夏（8月）、秋（10月）、冬（12月）の各4回、垂下時期をかえて付着幼生を垂下し、その成長をそれぞれ追跡した。

結 果

大村での各季節に垂下した群体の個虫数の増加と卵室を持つ個虫の割合とを、水温、塩分の推移とともに図1に示す。個虫数、卵室の保有割合は、測定した群体の平均値で示してある。

春（1982年4月）に垂下した群体では、垂下後の日数に対して個虫数が指数関数的に増加し、約2ヶ月間で44,000個虫（群体の高さは10cm）へと成長した。7月5日に、観察に使用されず垂下板に残っていた数群体は、1週間後には全てスライドガラスから脱落していた。卵室は群体が450個虫に成長した時初めて観察され、その

Fig. 1. Growth of the colony *Bugula neritina* in zooid number and the percentage of zooids having the brood chamber (○: 0%, ⊙: 30% >, ⊖: 30% ≤) at Omura station, with the seasonal changes in water temperature and salinity at two meters below the surface. Arrows indicate the colonies falling off from the slide glasses.

数は1群体あたり平均10個であった。3,000個虫に成長した時点では、卵室の保有割合は30%以上になっていた。

夏（8月）に垂下した群体は、およそ1ヶ月で32,000個虫（高さ、6cm）になり、春よりも成長は速かった。しかし、これ以後成長は停滞するとともに群体が変色し、10月上旬の調査時には全てスライドガラスより脱落していた。垂下時点の水温は28°C、塩分は28.5‰であった（図1）。28.5‰の塩分は、今回調査したうちで最も低い値であった。卵室は群体の個虫数が120個虫の時点では観察されなかったが、1,500個虫に成長した時には既に保有割合が30%以上であった。

秋（10月）に垂下した群体は実験途中で垂下板が流出してしまい、3,000個虫の時点までしか成長を追うことができなかった。卵室は群体の個虫数が200個虫の時点ではみられなかったが、3,000個虫に成長した群体では既に個虫の30%以上が卵室を持っていた。

冬（12月）に垂下した群体は他の時期の調査に比べると、その成長は遅く3ヶ月かけて700個虫（1983年3

Fig. 2. Growth of the colony of *Bugula neritina* in zooid number and the percentage of zooids having the brood chamber (○: 0%, ●: 30% >, ◐: 30% ≤) at Nomo station, with the seasonal changes in water temperature and salinity at two meters below the surface. Arrows indicate the colonies falling off from the slide glasses.

月)になった。しかし、その1ヶ月後の4月の調査時には160個虫に減少していた。この時の群体は多数の枝が消失し、一部の枝を残すのみであった。12月から翌年4月までの4ヶ月間の水温は9~13°Cであった(図1)。水温が18°C以上に上昇した4月以降、群体はふたたび成長しはじめ、5月下旬には4,000個虫に達した。3月上旬の700個虫の時点では、卵室は全くみられなかった。しかし、4,000個虫に成長した時点では卵室の保有割合が30%以上になっていた。この冬の調査では、垂下板や本種群体にはネンエキボヤ(*Diplosoma mitsukurii*), ムラサキイガイ(*Mytilus edulis galloprovincialis*)などが付着していた。

野母における群体の個虫数の増加と卵室の保有割合とを、水温、塩分の推移とともに図2に示す。春(5月)に垂下した群体は、6月下旬に7,000個虫(高さ、4 cm)になるまでは指数関数的に成長したが、これ以後成長することなくスライドガラスから脱落した。脱落した時の群体の大きさは、今回の実験中最も小さかった。6月上旬に群体の個虫数が1,000個虫に成長した頃よ

り、カンザシゴカイ科の *Hydroides elegans* が本種群体を被覆しはじめ、7,000個虫の時点ではほぼ完全に被覆した。卵室は300個虫の群体ではみられなかったが、1,000個虫の時点では1群体あたり平均10個であった。2,500個虫(5月下旬)に成長した時には、その保有割合は30%以上であった。

夏(8月)に垂下した群体では約1ヶ月で32,000個虫(高さ、6 cm)に成長した。これ以後成長は停滞し、垂下後2ヶ月たった10月中旬でも40,000個虫にとどまっていた。そして、10月下旬の調査時には残りの群体が全て脱落していた。ここでも *H. elegans* の被覆がみられたが、春に比べるとその量は少なかった。卵室は450個虫の時点(8月中旬)ではみられなかったが、9月上旬の7,000個虫に成長した群体では、その保有割合は30%以上であった。

秋(10月)に垂下した群体は、1.5ヶ月後の11月下旬には10,000個虫に成長した。これ以後、成長速度は徐々に低下していったが、翌年の1月には22,000個虫(高さ、6 cm)に達した。成長速度が低下した時期は、水温が16°Cを下まわった時期にあたる。また、この時期よりネンエキボヤが垂下板や群体に付着しはじめた。卵室の保有割合は、2,100個虫の時点(11月中旬)で既に30%以上であった。

冬(12月)に垂下した群体は、およそ6ヶ月かけて15,000個虫(高さ、4.5 cm)までに成長したが、6月上旬には全てスライドガラスから脱落した。野母では、大村の同時期に観察された群体のように、個虫数が減少(図1)することはなかった。この間の最低水温は、大村では9°Cであったが、野母では13°Cであった(図1, 図2)。卵室は、群体の個虫数が500個虫の時点(1月上旬)ではみられなかった。しかし、2月上旬の4,000個虫の時点では、その保有割合が30%以上であった。また、この期間中、秋と同様にネンエキボヤの被覆がみられた。

群体成長の追跡は2~6ヶ月の長期間に及んだため、垂下板や本種群体に種々の付着生物が付着することは避けられなかった。このうち量的に多かったものは、大村ではタテジマフジツボ(*Balanus amphitrite*), ネンエキボヤ, ムラサキイガイであった。野母では *H. elegans*, ナギサコケムシ(*Bugula californica*), ユウレイボヤ(*Ciona intestinalis*), ホンダワラコケムシ(*Zoobotryon pellucidum*)などであった。年間を通して、これらの付着動物の付着量、種類数はともに野母が大村より多い傾向にあった。

Table 1. Zooid numbers of the colonies of *Bugula neritina* at three growth stages; the first formation of brood chamber (A), formation of brood chamber in the zooids more than 30% in the colony (B), and maximal growth (C).

Sampling station	At the start of growth (1982)	Growth stage			Life span* (month)
		A	B (10 ²)	C (10 ²)	
Omura	Apr.	150-450	14-30	440	2.0
	Aug.	120<	15>	320	1.5
	Oct.	200<	30>	—	—
	Dec.	700<	40>	—	6.0<
Nomo	May.	300-1000	25>	70<	—
	Aug.	450<	70>	400	2.0
	Oct.	150<	21>	220	3.5
	Dec.	500<	40>	150	6.0

* Life span means the period from the start of growth to the falling off of the colony.

Fig. 3. Relation between number of zooids (N) and height of the colony (H) of *Bugula neritina*. The regression line, $\ln N = 2.46 \ln H - 0.22$ ($r = 0.96$).

群体が垂下されてから脱落するまでの期間と群体が初めての卵室を持った時、卵室の保有割合が 30% を越えた時および群体が最大に成長した時の各々の個虫数をまとめて表 1 に示す。表 1 より、最大成長時の個虫数は 15,000~44,000 個虫であった。垂下してから脱落するまでの期間は春、夏が 1.5~2 ケ月と短く、秋、冬では 3~6 ケ月以上であった。初卵を持った時の群体は、全調査で個虫数が 120 個虫以上であり、卵室の保有割合が

30% を越えたのは個虫数で 7,000 個虫以下であった。

群体の個虫数と群体の高さとの関係を図 3 に示す。図中の各点は 1 群体の値である。図にみられるごとく、個虫数 (N) と高さ (H mm) とには高い相関 ($r = 0.96$) があり、その関係は $\ln N = 2.46 \ln H - 0.22$ で示された。高さが 1 cm 程度の群体では、秋、冬に垂下した方が春、夏に垂下した群体に比べると、その個虫数が少ない傾向にあった。しかし、高さが 2~6 cm の群体の個虫数は、秋、冬に垂下した方が春、夏より逆に多い傾向にあった。

考 察

大村、野母での観察結果を総合すると、フサコケムシ群体は個虫数で 20,000~50,000 個虫、群体の高さでは 6~10 cm までに成長すると考えられる。群体の最大の高さについては、McDOGALL (1943), LYNCH (1947), 平野 (1973) が 8~10 cm と、MAWATARI が 4~9 cm と報告しており、今回の結果とほぼ一致する。

垂下後の経過日数に対して個虫数が指数関数的に増加するのは、冬期を除いて、垂下してからおよそ 20,000 個虫までと推定される。一方、群体の個虫数が指数関数的に増加する 1 個虫から 200 個虫になるまでの初期成長については別に調査し (KITAMURA and HIRAYAMA), この間の内的自然増加率 (r) と水温 (T) との間には、一定の関係 ($\log r = 0.04 T - 1.3$) が成立することが確かめられている。本種群体が 20,000 個虫までは指数関数的に増加することから、この成長と水温との関係は 200 個虫以上の群体についても成立するものと考えられる。

大村の冬期調査では、水温が 11°C を下回る 12 月下旬より成長速度は低下し、 9°C 近くに低下した時には群体の枝の部分的な消失が観察された。しかし、水温が 13°C を下ることのなかった野母では、群体は順調に成長した。また、夏期の高水温 (28°C) でも指数関数的に成長することが確かめられた。これらの事実は前報 (KITAMURA and HIRAYAMA) での推定、すなわち、群体が指数関数的に成長するのは 13°C 以上で、 9°C より低温域では群体の生存が危くなること、さらに 28°C でも順調に成長するという推定を裏付けた。

大村で水温が 28°C の時、塩分が 28‰ まで低下していたが、群体は順調に成長した。したがって、この程度の高水温、低塩分が重なっても群体の成長には影響を及ぼさないと考えられる。

本種は環境が良好であれば、群体は、その個虫数を指数関数的に増加させて成長し、最大成長に達すると群体の色が茶褐色にかわり、その後脱落する。脱落までの期間は、その成長速度に応じてきまり、夏は短く、冬は長い。

初めて卵室を形成する時の群体の個虫数は、季節に関わりなく 200~1,000 個虫、卵室の保有割合が 30% 以上に達する時の個虫数も季節に関係なく 1,000~5,000 個虫と推定される。群体は、その生存時間とは関係なく、一定の大きさに達しなければ成熟しないものと考えられる。卵室の保有割合が 30% 以上となる時期の群体の高さは 2~4 cm である。この大きさの群体は、採取した後室内水槽で幼生をふ出させることができるので、海域でも幼生をふ出するものと考えられる。幼生が基盤に付着し、そこで成長して新しく幼生をふ出するまでには、夏期でおよそ 1 ヶ月間、冬期では 2 ヶ月以上かかると推定される。

以上の知見および既往の報告に基づいて、長崎市周辺の海域における本種群体の四季を通じての成長を以下に概括する。3 月から 4 月、水温がおよそ 13°C に達すると群体の成長が速まり、数個虫からなる群体では、1~2 ヶ月後には 5,000 個虫 (高さ、4 cm) ほどの大きさとなる。さらに、1~2 ヶ月間成長をつづけ 6 月から 7 月には数万個虫 (高さ、8~10 cm) に達する。しかし、その後しばらくして基盤より脱落する。この間、5,000 個虫 (高さ、4 cm) を越えるころより幼生を活発にふ出しはじめる。しかし、最大に成長した群体では変色しはじめ、そのふ出数は少なくなる。この時期は初夏の水温上昇期にあたるため、付着後の成長速度は速く 1 ヶ月以内に成熟し、付着後 2 ヶ月ほどで最大成長に達し、基盤より脱

落する。真夏、水温が $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ に上昇する時期でもカゴで囲った群体は成長をつづけ、幼生のふ出も活発である。しかし、この時期は 2 海域とも天然での群体量が減少する。この原因の 1 つとして魚による食害が上げられよう。

秋期に付着した群体は、付着直後の成長は速いが、水温の低下とともに成長速度が落ちていく。冬期、水温が 13°C を下回ると成長速度は著しく低下し、付着後 1 ヶ月以上経過しても群体の個虫数が 100 個虫には達しない。さらに、 9°C を下るならば、大型群体は崩壊しはじめ、数個虫からなる群体は死亡する。大村では水温が 7°C まで下ることがあり、群体の崩壊は徐々に進むものの、残存群体や崩壊後に残る付着部分が越冬し (NUMAKUNAI, 1960)、次の春に引き継がれるものと思われる。

要 約

1. スライドガラスに付着させたフサコケムシ幼生を長崎県の野母湾と大村湾とに垂下し、それらの成長、成熟および基盤から脱落するまでの期間を調査した。
2. 個虫数 (N) と群体の高さ (H mm) との間には、式 $\ln N = 2.46 \cdot \ln H - 0.22$ ($r = 0.96$) が成り立った。群体の成長は水温によって異なり、水温がおよそ 13°C 以上の時に、群体が指数関数的に成長し、 9°C より低温域では、群体の生存が危うくなるものと推定された。
3. 幼生が付着してから脱落するまでの期間は、春・夏が秋・冬に比べて短い傾向にあった。
4. 群体が初めての卵室を形成する時の個虫数は、季節に関わりなく 200~1,000 個虫、群体が幼生をふ出しはじめる時の個虫数も季節に関わりなく、1,000~5,000 個虫 (高さでは 2~4 cm) と推定された。
5. フサコケムシ群体は、個虫数では最大 20,000~50,000 個虫、高さでは最大 6~10 cm までに成長するものと推定された。

文 献

- 平野礼次郎 (1973). 海産付着動物の生態、特に浮遊期および付着期幼生の生態について. 海洋科学, **5** (2), 29-35.
- KAWAHARA, T. (1960). Analysis of ecological phenomena in the community of sessile organisms (2). Growth, maturation and propagation in *Bugula neritina* LINNÉ. Report of Faculty of Fisheries prefectural Univ. Mie, **3** (3), 573-581.
- KITAMURA, H. and K. HIRAYAMA (1984). Growth of the bryozoan *Bugula neritina* in the sea at

- various water temperature. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **50** (1), 1-5.
- LYNCH, W. H. (1947). The behavior and metamorphosis of the larva of *Bugula neritina* (LINNAEUS): Experimental modification of the length of the free-swimming period and the responses of the larvae to light and gravity. *Biol. Bull.*, **92**, 115-150.
- MAWATARI, S. (1951). The natural history of a common fouling bryozoan, *Bugula neritina* (LINNAEUS). *Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resour.*, No. **19-21**, 47-54.
- MCDUGALL, K. D. (1943). Sessile marine invertebrates of Beaufort, North Carolina. *Ecological Monographs*, **13** (3), 321-374.
- NUMAKUNAI, T. (1960). An observation of the budding of the stolon of a bryozoan, *Bugula neritina* LINNÉ. *Bull. Marine Biol. Station of Asamushi*, **5** (2), 99-101.