

東京湾の潮間帯におけるムラサキガイの付着、 生長および死亡について^{*1}

梶原 武・浦 吉徳・伊藤 信夫

(1978 年 3 月 11 日受理)

The Settlement, Growth and Mortality of Mussel in the Intertidal Zone of Tokyo Bay

Takeshi KAJIHARA^{*2}, Yoshinori URA^{*2} and Nobuo ITO^{*3}

Mussel (*Mytilus edulis galloprovincialis* LAMARCK) is the most important animal in the intertidal sessile fauna of Tokyo Bay. The settlement of young mussel to the mussel beds occurred during the period from March to September with the peak May to July in Tokyo and Yokohama Harbors, and occurred throughout the year with the peak May to August in Yokosuka Harbor.

The growth and mortality were studied on the mussel population found on a horizontal plane (D.L.+1 m) in the intertidal zone of Yokohama Harbor. The linear growth of shell length was found during the warm season (April to December), but the growth was almost absent during the winter. The annual variations in growth were illustrated for two different year mussels, i. e. the mean shell sizes of one year-age mussels settled in 1973 and 1974 were 33 mm and 28 mm, respectively. The life span of mussels after settlement was about two years. The monthly mortality rates of juvenile mussels (less than 20 mm in shell length) settled in 1974 and 1975 were 25% and 55%, respectively. Increases of mussel biomass during the spring to summer and the fall were caused by growth in 0 and one year-age mussels of same year settlement, and decreases of the biomass occurred in August and January when the maximum solar radiation and colder weather seemed to contribute to mass mortality of mussels during the exposure to the air.

ムラサキガイの幼生の付着について BAYNE¹⁾ は pediveliger (匍匐仔貝と仮称) の第一期付着と次の発育段階の plantigrade (稚貝) が付着する第二期付着があり、主な付着基盤は前者では海藻やヒドロ虫類などの糸状の生物体であり、後者稚貝では成貝の足糸であるとしている。本種の個体群は稚貝付着により維持されるので²⁾、付着期やその盛期はムラサキガイ床に出現する稚貝数により判定するのが妥当といえる。日本沿岸域における本種の付着についてはいくつかの報告³⁻⁷⁾ があるが、いずれも第一期と第二期の付着は区別されておらず、またムラサキガイ床での観察はない。さらに天然個体群において生長を観察した例⁸⁾ も少ない。

ムラサキガイ (*Mytilus edulis galloprovincialis* LAMARCK)* が東京湾に分布を拡大してきたのは 1930 年前後と推定されるが、現在では湾内の海中構造物や岸壁においては最優占の付着生物である⁹⁾。本報告では、

1974 年 3 月～1977 年 2 月に東京港、横浜港および横須賀港の潮間帯のムラサキガイ床においてムラサキガイの付着期を、また横浜港では生長と個体数の消長を調査したのでこれらの結果を述べる。本研究において採集と生物測定に協力された原ひとみ、岡美奈子の両氏に感謝する。

材料と方法

1974 年 3 月～1975 年 10 月に横浜港山下埠頭岸壁の基準面上 1 m にある平坦部 (広さ 3 m×5 m) に生育していたムラサキガイ床において、毎月 2～3 回付着生物を採集した。1976 年 3 月～1977 年 2 月に東京港晴海埠頭岸壁と横須賀港夏島岸壁の垂直壁面のムラサキガイ床において、前者では基準面上 1 m より、後者では基準面上 0.5 m と 1 m の 2 カ所より毎月 1 回付着生物を採集した。基準面上 0.5 m および 1 m をここで

^{*1} 本研究の一部は昭和 51 年度文部省科学研究補助金ならびに財団法人鹿島学術振興財団研究助成金による。なお要旨は日本水産学会 (1975 年 10 月, 1977 年 10 月) において講演発表した。

^{*2} 東京大学海洋研究所 (Ocean Research Institute, University of Tokyo, Minamidai, Nakano, 164, Japan).

^{*3} 海洋科学技術センター (Japan Marine Science and Technology Center, Natsushima, Yokosuka, 237, Japan).

* 学名は波部忠重 (日本産軟体動物分類学, 二枚貝綱/掘足綱, 北隆館, 東京, 1977, pp. 50-51) による。

は下層 および 中層とよぶ。各層での1回の採集面積は20 cm×20 cmであつた。採集時には各港内で表層の水温と塩分を観測した。

採集物は10%ホルマリン海水で固定した。生物量は濾紙上で水分を除去した後に測定した湿重量である。測定した殻長は殻の最大部位長である。ムラサキガイ床に付着する稚貝殻長は0.9~1.5 mm¹⁾で、本研究において測定した着色稚貝の最小は0.8 mmであつた。水温15°C以上では付着後1カ月間で約3 mmに生長するとされているので^{10,11)}、本研究では採集間隔を考慮して殻長3 mm以下を付着稚貝とした。なお本報告ではムラサキガイの生物量および個体数は1,000 cm²当りの値で示す。

結 果

付着期 各採集場所における月別稚貝数を Fig. 1 に示す。付着期は東京港と横浜港では3~9月、横須賀港では周年であつた。稚貝が千個体以上出現した付着の山

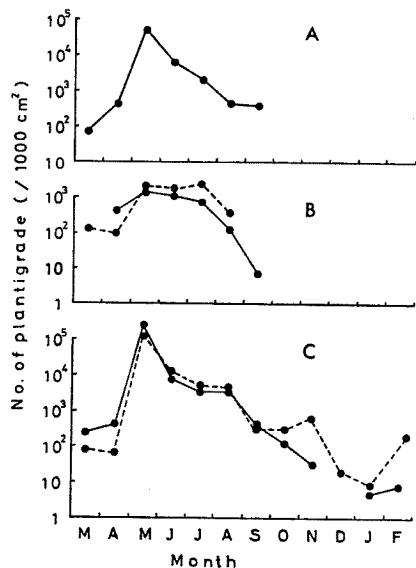


Fig. 1. The number of plantigrade of *Mytilus e. galloprovincialis* per 1,000 cm² in mussel beds found in the intertidal zone of Tokyo Bay. A, a middle site (D.L. +1 m) on the vertical plane of Harumi pier in Tokyo Harbor, from March 1976 to February 1977. B, a middle site on the horizontal plane of Yamasita pier in Yokohama Harbor, a solid line indicates the samples collected in 1974, a dotted one in 1975. C, a middle site (solid line) and lower site (D.L. +0.5 m, dotted line) on the vertical plane of Natsushima pier in Yokosuka Harbor, from March 1976 to February 1977.

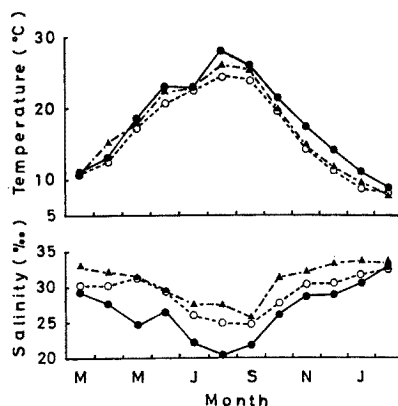


Fig. 2. Monthly changes of temperature and salinity at surface layer in Tokyo Bay. ●—●, Tokyo Harbor; ○····○, Yokohama Harbor; ▲---▲, Yokosuka Harbor.

は東京港と横浜港では5~7月、横須賀港では5~8月にあり、これらの期間が付着盛期であつたとみなされる。以上より東京湾におけるムラサキガイの付着期および付着盛期は共に湾口域が湾奥から湾奥域よりも長いといえる。

付着期の海況条件では、付着盛期の水温は三港とも17~25°C、塩分は東京港22~27‰、横浜港25~32‰、横須賀港27~32‰であつた (Fig. 2)。周年的にも東京港、横浜港、横須賀港の順に高鹹になつており、付着期と付着盛期は高鹹域が低鹹域よりも長くなつていく。

Fig. 1において東京港と横須賀港では5月に稚貝出現数の顕著なピークがみられたが、横浜港ではこのようなピークは出現しなかつた。5~7月の横浜港におけるムラサキガイの生物量は東京・横須賀港のそれらの1/2以下で、したがって付着基盤としての成貝の足糸量が小さかつたことが、横浜港の付着盛期の稚貝数が他二港より少なかつた原因と考えられる。横須賀港の中層と下層とでは付着期間はほぼ等しいが、付着数では6~2月には下層が多く、3~5月には中層が多くなつていた。しかし成貝の単位生物量当りの稚貝数は周年的に下層が中層よりも多かつた。

生長および死亡 横浜港山下埠頭岸壁群では秋から冬にかけて殻上に小型海藻と浮泥が付着するので、これらを標識にして翌年の初夏には越冬個体と新付着の生長の早い個体が区別され、また初夏には越冬個体の殻には冬期と春から初夏にかけての生長差に基づく輪紋が形成された。東京港と横須賀港では上記のような識別はできなかった。以下では主として横浜港群の生長と死亡について述べる。

横浜港の試料について、各付着年群 (以下年群という)

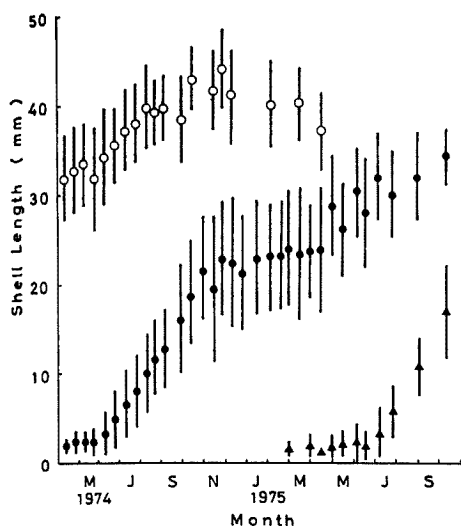


Fig. 3. Growth of *Mytilus e. galloprovincialis* settled in 1973 (○), 1974 (●) and 1975 (▲) at a middle site on the horizontal plane in the intertidal zone of Yokohama Harbor. Each point represents the mean shell length, with the range of standard deviation.

の殻長の平均と標準偏差の月変化を Fig. 3 に示す。各年群の 0 才および 1 才貝の殻長は 4~12 月 (水温 12~26°C) にはほぼ直線的に生長するが、1~3 月 (8~11°C) には生長がみられない。'73 年群の平均殻長は満 1 才貝となる '74 年 6 月には 33 mm, '74 年 12 月の 1.5 才貝では 44 mm となり、以後は大きな個体の消失により平均殻長は減少している。'74 年群の平均殻長は '74 年 12 月に 23 mm, 満 1 才の '75 年 6 月には 28 mm, 約 1.5 才の '75 年 10 月には 34 mm となっており、'73 年群よりも生長がおとつていた。これは '74 年群が '73 年群よりも高密度であつた (Fig. 4) ことと、後述の '75 年夏の高い死亡率によつたものと考えられる。'75 年群では同年 10 月には平均殻長 18 mm になり、'74 年群の同年令貝のそれとほぼ同じであつた。

生長期における各年群の殻長生長には、以下のような関係がみられた。時間 t を日数、 $t=0$ を各年令群の測定開始日、殻長単位を mm とすると、'73 年群 1 才貝殻長 $=0.048t+30.85$ (測定期間 '74 年 4 月 1 日~'74 年 12 月中旬, 測定回数 $n=16$, $F_0=6.0^*>F(0.05)=4.6$), '74 年群 0 才貝殻長 $=0.111t-5.54$ ('74 年 6 月 1 日~'74 年 12 月中旬, $n=13$, $F_0=52.6^*>F(0.01)=9.7$), '74 年群 1 才貝殻長 $=0.050t+24.20$ ('75 年 4 月 1 日~'75 年 10 月中旬, $n=11$, $F_0=4.4^*>F(0.1)=3.4$), '75 年群 0 才貝殻長 $=0.109t-8.35$ ('75 年 6 月

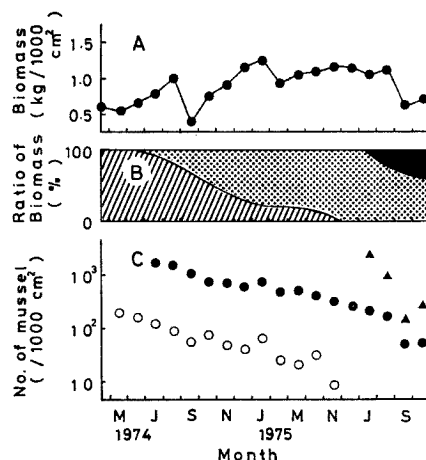


Fig. 4. Monthly changes of *Mytilus e. galloprovincialis* biomass (A), biomass ratios between three different year mussels (B) and individual number of mussels (C), at a middle site on the horizontal plane in the intertidal zone of Yokohama Harbor. B, a striped area shows biomass of mussel settled in 1973, dotted area in 1974 and black one in 1975. C, ○, mussel settled in 1973; ●, in 1974; ▲, in 1975.

1 日~'75 年 10 月中旬, $n=5$, $F_0=330.4^*>F(0.01)=34.1$) である。各年群により生長速度は多少異なっており、0 才貝では '74 年群>'75 年群、1 才貝では '74 年群>'73 年群となつていた。しかし各年群の同年令貝の生長速度は似た値で、平均日間生長は 0 才貝で約 0.11 mm, 1 才貝で約 0.05 mm であつた。

横浜港においては '73 年群の個体数は '74 年 5 月に約 200 であつたが、'75 年 5 月には数個体に減少し、同年 6 月には消失した。'74 年群では '75 年 5 月には約 400, '75 年 10 月には約 30 となつた。この群は '76 年 6 月には消失していた。これらより横浜港潮間帯でのムラサキガイの生存期間は約 2 年とみなされた。東京港と横須賀港の試料についても、殻長組成から推定した生存期間は 2 年であつた。

横浜港群のムラサキガイの生物量、年群別の生物量比および各年群の個体数 (対数) の月変化を Fig. 4 に示す。生物量は周期的に増減しており、9~1 月と 2~8 月に増加し 8 月と 1 月に減少していた。年群別の生物量比では、新付着群が付着年の 10 月から翌年の 10 月の間には総生物量の 50~100% を占めていた。したがって、生物量の 2~8 月の増加と 8 月の減少は主として前年の付着群 (0 才と 1 才貝) の生長と死亡により、また 9~12 月の増加は主として同年付着群の生長により、さ

* 殻長生長に関する回帰の有意性検定のための分散比。

Table 1. Mortality of mussel in the intertidal zone of Yokohama Harbor. IMR, instantaneous mortality rate (μ); MRPM, mortality rate per month ($1 - e^{-\mu}$, %). Numeral in parenthesis shows the age of month in mussels observed.

Mussel biomass	Observed periods	Settled year					
		1973		1974		1975	
		IMR	MRPM	IMR	MRPM	IMR	MRPM
Increase	April '74~ Aug. '74	0.187	17.1 (9~13)				
	Sept. '74~ Jan. '75	0.036	3.6 (14~18)	0.062	6.0 (2~6)		
	Feb. '75~ Aug. '75	0.329	28.1 (19~22)	0.173	15.9 (7~13)		
Decrease	July '74~ Oct. '74	0.206	18.6 (12~15)	0.291	25.3 (0~3)		
	Dec. '74~ Mar. '75	0.313	26.9 (17~20)	0.121	11.4 (5~8)		
	July '75~ Oct. '75			0.561	42.9 (12~15)	0.794	54.8 (0~3)
	April '74~ May '75	0.211	19.0 (9~22)				
	July '74~ Oct. '75			0.207	18.7 (0~14)		

らにこの群の死亡により1月の減少がおこつたといえる。

上記各周期の死亡率を求めるために、増加期間を2~8月と9~1月、減少期間を7~10月と12~3月とし、各期間中の各年群では死亡率が一定であつたと仮定して瞬間死亡係数(μ)を $N_t = N_0 e^{-\mu t}$ (t : 月を単位とした時間, N_0 : t が0のときの個体数, N_t : t カ月のときの個体数)より、また死亡率/月を $1 - e^{-\mu}$ より計算した¹²⁾。Table 1にこれら各期間の値と、'73年群では'74年4月から消失前の'75年5月までの、'74年群では'74年7月~'75年10月の値を示す。新付着群では7~10月の減少期間は初期減耗期でもある。初期減耗期では'74年群の死亡率は25.3%、'75年群54.8%とかなり高率であつた。しかし生存期間を通じての死亡率は約19%と推定される。同年群の20カ月以下のほぼ同じ年令貝では、減少期間の死亡率が増加期間のそれよりも高い。冬~夏と秋の増加期間では、前者期間の死亡率が秋のそれよりも高い。冬~夏には1才貝と生長の早い0才貝では産卵から産卵後の時期であり¹³⁾、また4月から8月は塩分の低下する海況時でもあり (Fig. 2)、このような内外要因により秋よりも死亡率が高くなつたと考えられる。

8月と1月の減少期における高死亡率の原因になつたとみられる外的要因としては、干出の影響があげられる。東京湾の潮間帯では干出により空中に露出する時間

は夏期には日中が夜間よりも長く、冬期には逆に夜間が長くなる。夏期の干出時における日光照射は死亡の大きな原因になる¹⁴⁾。東京で測定された8月と9月の月平均全天日射量は'74年が315, 223 cal/cm²、'75年は403, 312 cal/cm²と'74年より大きかつた¹⁵⁾。このことが12~15カ月貝の夏の死亡率において、'73年群が18.6%であつたのに'74年群では42.9%と2倍以上の高率になつた原因であろう。'75年群の7~10月の大きな死亡率(54.8%)は、日光照射による死と'74年群の死(42.9%)によりこれらの足糸に付着していた'75年群の流失とが重なつてもたらされたと考えられる。冬期(1~2月)の平均気温は4~5°Cで、最低は0°Cであつた¹⁵⁾。このような干出時の低温は生長停止因と同時に死亡因になるとものと考えられる¹⁶⁾。

考 察

Miyazaki¹³⁾によると1930年代中期の横浜沖におけるムラサキイガイ付着期は1~6月で、盛期は5~6月であつた。この調査では第一・第二期付着が区別されていない。しかし調査時には現在よりも本種の個体群は小さく、さらに夏~秋には付着競合種も多かつたので7月以降の稚貝付着数はごく少数であつたかも知れない。

安田¹⁷⁾は本種の付着盛期より産卵盛期を推定している。しかし本種のように産卵から付着までの時間が長く、また幼生の死亡も高率と考えられる種類では、産卵

盛期の幼生により付着盛期の稚貝がもたらされたとはいえずともいえないであろう。むしろ付着盛期から推定されるのは盛期の稚貝供給に効果的に寄与した有効産卵期といえる。従来、本種では産卵から稚貝付着までの期間は3~4週間と見積られていた¹⁷⁾。しかし BAYNE¹⁾ は第一期付着前の浮遊幼生から稚貝付着まで約2カ月と推定している。また受精卵から第一期付着前の幼生になるには13°Cで約1カ月かかる¹⁸⁾。すなわち産卵から稚貝付着までの期間は10~15°Cの水温条件下では約3カ月と推定される。世界的に集められた本種の産卵期と同時に付着期の記録のある18水域中、13水域までもが産卵期の初期は付着期のそれよりも3~6カ月前である²⁾。このことは産卵から稚貝付着までの期間を約3カ月と推定する一つの根拠になるものと思われる。

東京湾の殻長5 cm以上の本種の成貝では周年完熟個体がみられるが、完熟個体が100%出現するのは11~4月で、この期間が主産卵期とみなされる¹³⁾。したがって、5月の付着ピークの幼生を供給した有効産卵期は2月と推定される。しかしこの推定は今後さらに第一期付着の期間と関連させて検討する必要がある。

横浜港のムラサキイガイでは付着後満1才貝の殻長は、殻長組成のモードからでは'73年群35 mm、'74年群30 mmで、平均殻長による値とほぼ一致した。'75年群の満1才貝の殻長は、殻長組成のモードからでは東京港40 mm、横須賀港50 mmで、横浜港群よりも生長がよい。しかし前二港群については年令査定により、より正確な生長を確かめる必要がある。特に殻上の輪紋形成に個体差の大きいこれら二港群では、殻の内層の輪紋¹⁹⁾による年令査定が有効な方法と考えられる。

東京港と横須賀港のムラサキイガイ生物量の季節変化では、横浜港におけると同様な増減の周期がみられたが、前二港では夏と冬の減少する月が横浜港よりも1カ

月早くなっていた。このような差異の原因は不明である。しかし今回の調査における生長度や生物量からは、潮間帯岸壁では垂直面が平坦面よりも本種の生育には好条件であると推察される。

文 献

- 1) B. L. BAYNE: *J. Anim. Ecol.*, **33**, 513-523 (1964).
- 2) R. SEED: in "Marine mussels" (ed. by B. L. BAYNE), Cambridge Univ. Press, London, 1976, pp. 13-65.
- 3) I. MIYAZAKI: *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, **6**, 223-232 (1938).
- 4) 内橋 潔: 水産界, **807**, 53-64 (1951).
- 5) 谷田専治・佐藤省吾: 東北水研報, **2**, 56-66 (1953).
- 6) 梶原 武: 長大水産研報, **16**, 1-138 (1964).
- 7) 安田 徹: 水産増殖, **15**, 31-38 (1967).
- 8) 細見彬文: 日生態会誌, **16**, 109-113 (1966).
- 9) 梶原 武: 海洋科学, **9**, 58-62 (1977).
- 10) A. E. WAAREN: *J. Fish. Res. Board Can.*, **2**, 89-94 (1936).
- 11) R. SEED: *Oecologica*, **3**, 277-316 (1969).
- 12) 久保伊津男・吉原友吉: 水産資源学, 第2版, 共立出版, 東京, 1957, pp. 147-158.
- 13) 杉浦靖夫: 日水誌, **25**, 1-6 (1959).
- 14) 佐藤省吾・武田忠郎: 東北水研報, **1**, 63-67 (1953).
- 15) 気象庁: 気象庁月報, 1-93 (1974, 1975).
- 16) B. L. BAYNE, R. J. THOMPSON and J. WIDDOWS: in "Marine mussels" (ed. by B. L. BAYNE), Cambridge Univ. Press, London, 1976, pp. 121-206.
- 17) P. N. T. CHIPPERFIELD: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **32**, 449-476 (1953).
- 18) B. L. BAYNE: *Ophelia*, **2**, 1-47 (1965).
- 19) R. A. LUTZ: *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, **56**, 723-731 (1976).