神奈川自然誌資料 (36): 31–36, Feb. 2015

江の島の海岸におけるミドリイガイの生息状況と理化学的条件

植田 育男・荒 功一

Ikuo Ueda and Koichi Ara: Inhabitation and Physicochemical Factors of the Green Mussel *Perna viridis* at Enoshima Island, Sagami Bay, Central Japan

Abstract. Distribution of introduced green mussel *Perna viridis* and physicochemical factors of sea water were investigated monthly from June 2006 to March 2008 at Enoshima Island, Sagami Bay, central Japan. The mussels were confirmed at proximal sites from the rivermouth throughout the investigation period. Living individual was confirmed neither at distal sites from the rivermouth nor at the site isolated by the sandbank. At the site which is located between inhabited sites and uninhabited ones, the living mussels were confirmed in the beginning of the investigation period, then disappeared. Among the physicochemical factors, salinity and pH were significantly low at the inhabited sites than at the uninhabited ones. Particulate carbon(PC) and particulate nitrogen(PN) were apparently high than at the inhabited ones. Carbon nitrogen ratio at the inhabited sites also showed higher. These results probably suggest that the mussels are dependent on the particles of freshwater origin.

はじめに

海産の付着性二枚貝であるミドリイガイは，日本に1967年頃侵入した外来種である（鍋島 , 1968; 杉谷 , 1969）。目下本種は東京湾や相模湾を北限とする関東地方以南に分布する。本種の関東地方における生息状況では，各地からの初見記録（丹下, 1985; 青野 , 1987; 植田・萩原 , 1989, 1990 など），分布（植田 , 2000, 2001, 2014; 大谷 , 2002; 岩崎ほか , 2004），個体群動態（植田ほか , 2011），繁殖周期（吉安ほか , 2004），越冬温度条件（梅森・堀越 , 1991; 植田ほか , 2010, 2012），他生物との関係（植田・崎山 , 2001）などの観点から調査報告がなされている。しかし本種の生息・非生息と餌量との関係については，情報が不足している。

本種の摂餌に関して，Vakily(1989) によると，植物プランクトンや動物プランクトンに加え，水中のデトリタスを鰓部で濾し取り摂餌するとされる。原産地であるインド洋・西太平洋の熱帯海域では本種が重要な養殖対象種である（FAO, 2014）こともあり，養殖現場での餌料条件の調査が行われている（Vakily, 1989; Rajagopal *et al*, 1998; Soon and Ransangan, 2014 など）

相模湾の奥部に位置する江の島では，本種が1988年に初見されて以来，2013年6月までほぼ毎年生息する（植田・萩原 , 1989, 1990, 2009; 植田 , 2001, 2014）。特に島の北西岸では周年にわたって生息個体が見られるのに対し，北東岸や南岸では見られない（植田 , 2001; 植田・萩原 , 2009）。またこれまでの調査で，江の島の海岸のうち有機負荷が大きな地点と小さな地点があり，これらの地点間で潮間帯の動物の生息種が異なる状況が報告されている（植田ほか , 2003, 2008, 2013）。本種の生息が餌料の多寡と関連のあることが予想されるものの，本種の潜在的な餌料となる懸濁質有機物に関する情報はこれまで得られていなかった。そこで，本種が生息する地点と生息しない地点における沿岸水の懸濁質有機物量を含む水質の周年調査を行った。

調査方法

調査日と地点

調査地点は，江の島沿岸域に設定した8地点とした（図1）。調査期間は，2006年6月27日から2008年5月9日までで，調査日は表1に示した。月に1回の頻度で調査の実施を目指したが，天候や海況が不良のため欠測となった月もある。

現場観測と試料分析

調査地点では，接岸水の水温とpHを共に東亜化学研究所社製TPX-90SiN pH/ORPメータを用いて測定した。ポリバケツを用いて表層より海水試料を採取した。クロロフィル *a* 濃度およびフェオ色素濃度の定量分析用

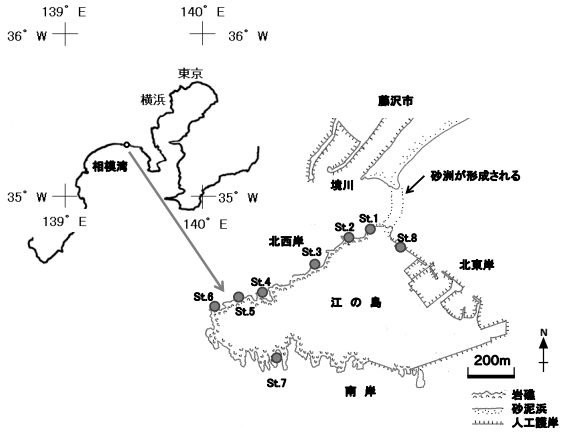

図 1. 調査地点.

として，目視による濁度判定に応じて 100 ～ 500 ml の海水試料をワットマン GF/F ガラス繊維フィルターで濾過した。クロロフィル *a* 濃度およびフェオ色素濃度は，90% アセトンで抽出後，ターナーデザイン社製蛍光光度計 TD-700 を用いて測定した（Holm-Hansen *et al.* 1965; Parsons *et al.* 1984）。懸濁質炭素・窒素（PC, PN）の定量分析用として，100 ～ 500 ml の海水試料を予め電気炉で燃焼処理（400℃で 4 時間）したワットマン GF/F ガラス繊維フィルターで濾過した。フィルターは，60℃で 2 時間完全に乾燥させ，デシケーター内に保管した。フィルター上の懸濁質炭素･窒素（PC，PN）は，ヤナコ社製 HCN コーダー MT-700HCN を用いて測定した。塩分測定用として，250 ml の海水試料をポリエチレン容器に入れ持ち帰った。塩分は，鶴見精機社製電気伝導度塩分計 DIGI-AUTO 3-G を用いて測定した。

試料を採取した岸壁から半径 5 m 以内の潮間帯基盤に付着するミドリイガイの生息密度について，最も高密度で付着する部位に基づき，0：見出されず，1：100 cm^2 当たり 1 個体，2：100 cm^2 当たり 2 ～ 9 個体，3：100 cm^2 当たり 10 個体以上の 4 段階の指数で記録した。さらに水質の現地調査が完了した約 3 か月後の 2008 年 8 月 2 日, 8 月 30 日に各調査地点で 25 × 25 cm の方形枠内の付着個体数を 1 地点あたり 16 枠計測した。

データ処理

得られた水質観測値は欠測が多く地点間に測定回数の違いが生じたため，項目ごとに地点間の分散の正規性をルビーン検定により検討した。その結果，分散の分布が地点間で正規分布であると見なされた水温，pH，PN, については，地点ごとに全測定値の平均を求め平均値を代表値とした。分散の分布に正規性が認められなかった塩分，PC, クロロフィル *a*，フェオ色素については中央値を求めこれを代表値とした。PC と PN の比の値として C/N 比を求め，本算定値についてルビーン検定により地点ごとの分散は正規分布するとの結果から，地点の代表値として平均値を求めた。地点間の分散の分布に正規性が認められた項目については一元配置分散分析(one-way ANOVA）により地点間の平均値の有意検定を行い，有意差が認められた場合にはシェフェ法による多重比較を行った。地点間の分散の分布に正規性が認められなかった項目についてはクラシカル・ウォリス検定により中央値の有意検定を行い，有意差が認められた場合にはシェフェ法による多重比較を行った。その際，統計計算ソフト「エクセル統計 2010」を利用した。

2008 年 8 月の生息個体数について，25 × 25 cm 方形枠による観測値 16 枠分をすべてたし合わせてその地点の 1 ㎡当たりの生息密度とし，本値を代表値とした。

生息密度の地点数列と理化学的条件を含む水質の各項目の平均値および中央値の地点数列により，順位相関係数の算定と検定を行った。その際地点間の代表値に有意差のなかった水温については検討項目から除外した。検定には非正規型の検定法であるスピアマンの順位相関係数検定に基づき，計算は統計計算ソフト「エクセル統計 2010」を使用した。

結　果

ミドリイガイの生息状況

St.1 ～ 4 においては全調査期間にわたって高密度で生息が確認されたが，St.6 ～ 8 においては全調査期間にわたって生息せず，St.5 では調査開始時の 2006 年 6 月から 2007 年 4 月までは生息が認められたものの，その後 2007 年 6 月以降見られなくなった（表 1）。繁殖期にあたると考えられる 2008 年 8 月時点で，St.1 から St.4 まで生息個体がみられ，St.5 から St.8 にはみられず，生息密度は St.1 で最高であった。

水質条件

全測定結果を図に示した（図 2）。水温については，全地点同様の季節性を示し，また同一観測日での地点間

表 1. 調査日と各調査地点におけるミドリイガイの生息状況

調査日	St.1	St.2	St3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8
2006/6/27	3	3	3	3	3	0	0	0
2006/7/10	3	3	3	3	3	0		0
2006/8/7	3	3	3	3	3	0	0	0
2006/9/8	3	3	3	3	3	0	0	0
2006/10/4	3	3	3	3	3	0	0	0
2006/11/20	3	3	3	3	3	0	0	0
2006/12/20	3	3	3	3	0	0	0	0
2007/1/18	3	3	3	3		0	0	0
2007/2/24	3	3	3					0
2007/3/23	3	3	3	3	3	0	0	0
2007/4/20	3	3	3	3	2	0	0	0
2007/5/18	3	3	3					0
2007/6/16	3	3	3	3	0	0	0	0
2007/8/11	3	3	3					0
2007/9/8	3	3	3	3	0	0	0	0
2007/10/9	3	3	3					0
2007/11/22	3	3	3				0	0
2007/12/20	3	3	3				0	0
2008/1/18	3	3	3				0	0
2008/2/26	3	3	3					0
2008/3/25	3	3	3	3	0	0	0	0
2008/4/10	3	3	3					0
2008/5/9	3	3	3	3	0	0	0	0
観測回数	23	23	23	14	13	14	16	23
2008年8月生息密度 (個体数/m^2)	115	54	39	2	0	0	0	0

表中の各調査日の行中の数字はミドリイガイの生息密度指数を示し，区分は以下の通り．0；100 cm^2 あたり生息個体なし，1；100 cm^2 あたり 1 個体生息，2：100 cm^2 あたり 2-9 個体生息，3;100 cm^2 あたり 10 個体以上生息．2008 年 8 月の生息密度は，25 × 25 cm 方形枠で 1 地点あたり 16 枠分計測した結果をすべて足し合わせて当該地点の生息密度とした.

の観測結果の差も小さかった。pH，塩分，PC，PN，クロロフィル *a*，フェオ色素については，変化に季節性が見られず，また同一観測日における地点間の観測値のばらつきが大きかった。

地点間の観測結果を見ると（表 2），水温では地点間で平均値に有意差が認められなかった。 水温を除く pH，塩分，PC，PN，クロロフィル *a*，フェオ色素については，地点間で代表値に有意差が認められた。多重比較の結果（表 3），pH については，St.1 が最も低く，St.6 と St.7 が最も高く，St.1 と St.6，St.7，St.8 との間で有意差が認められた。塩分では St.1 が最も低く，St.7 が最も高く，高低の傾向は pH の観測結果と似るが，St.1 ～ 3 の各地点と St.7，St.8 の各地点間で有意差が見られ，St.1 と St.6，St.4 と St.7 との間でも有意差が認められた。PC，PN，クロロフィル *a*，フェオ色素，C/N 比の 5 指標は pH や塩分と傾向が異なった。これら 5 指標では，St.2 もしくは St.3 の代表値が最も高く，St.7 の代表値が最も低かった（表 2）。また PC，PN，クロロフィル *a*，C/N 比では St.1 ～ 3 と St.7 の地点間で，フェオ色素では St.2 ～ 3 と St.7 の地点間で有意差が認められた。さらに C/N 比では St.7 と St.8 の地点間で代表値に有意差が認められた（表 3）。

ミドリイガイの生息密度と水質項目の代表値との相関を見ると（表 4），有意な相関のあった水質項目は pH，塩分，PC，PN，C/N 比で，ミドリイガイが生息していた St.1 ～ 4 では，各項目の代表値で，pH が 7.6 ～ 7.9，塩分が

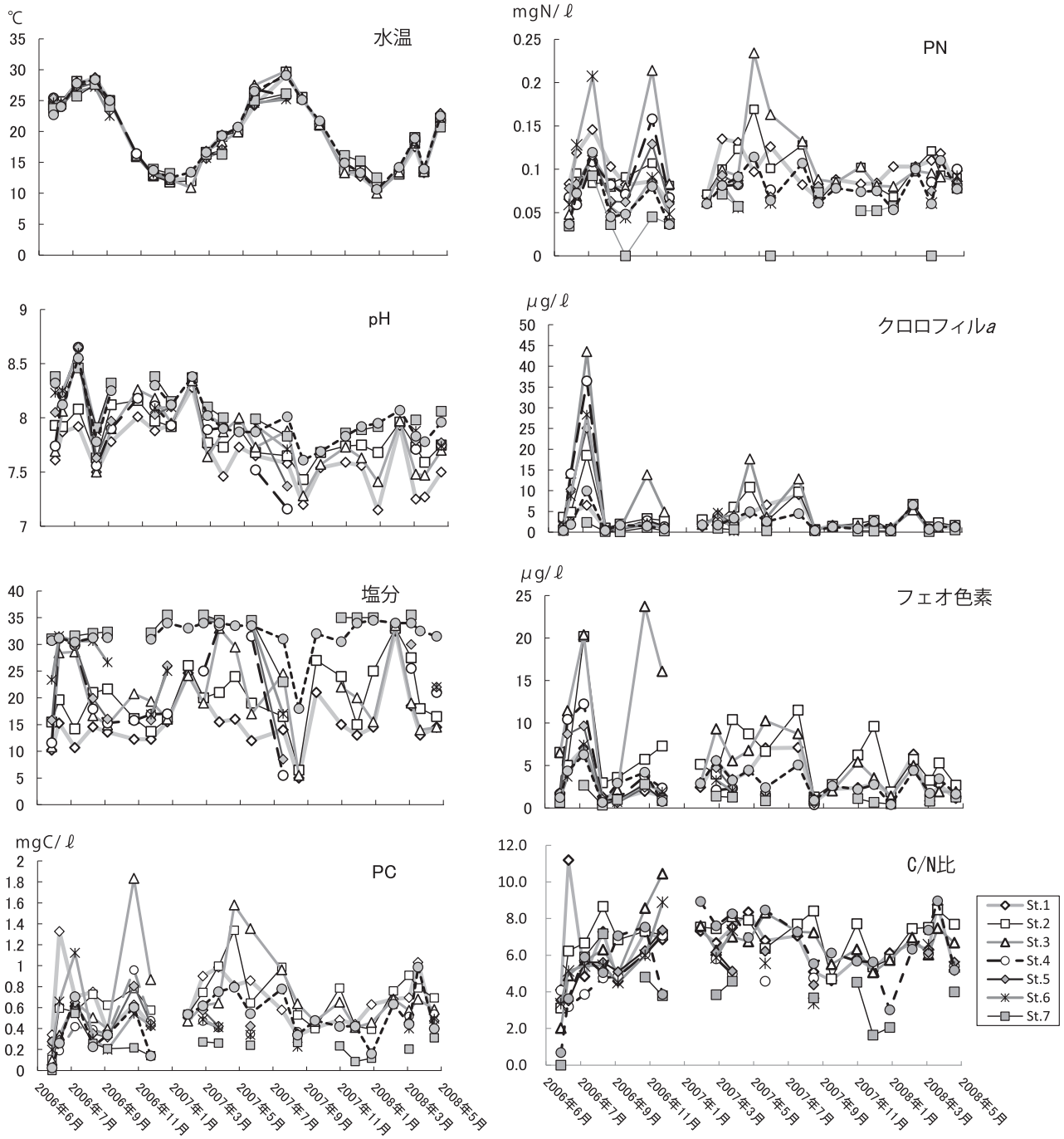

図 2．水質項目測定結果.

表 2. 水質項目測定結果の分散の正規性検定結果 (ルビーン検定) に基づく代表値の選定と地点ごとの代表値

	ルビーン検定 P値	判定	代表値	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8	有意検定判定
水温(℃)	0.929		平均値	19.3	19.4	19.4	21.2	21.4	21.0	19.7	19.8	
pH	0.580		平均値	7.6	7.8	7.8	7.9	8.0	8.1	8.1	8.0	＊＊
塩分	0.000	＊＊	中央値	14.5	19.6	19.2	19.5	26.0	30.6	34.5	32.3	＊＊
PC (mgC/ℓ)	0.026	＊	中央値	0.63	0.67	0.63	0.41	0.42	0.41	0.24	0.46	＊＊
PN (mgN/ℓ)	0.224		平均値	0.098	0.094	0.104	0.086	0.082	0.081	0.046	0.075	＊＊
クロロフィル*a*(μg/ℓ)	0.001	＊＊	中央値	1.36	2.74	1.75	1.30	1.50	1.07	0.32	1.58	＊＊
フェオ色素(μg/ℓ)	0.000	＊＊	中央値	2.41	5.49	5.20	1.67	1.73	1.42	0.89	2.82	＊＊
C/N比	0.412		平均値	6.53	7.00	6.50	5.04	5.43	5.60	3.83	6.14	＊＊

地点間の代表値の有意検定については，平均値の場合は一元配置分散分析 (one-way ANOVA) を，中央値の場合はクラスカル・ウォリス検定を行った．判定；＊：＜ 5%，＊＊：＜ 1%有意水準.

表 3. 水質項目ごとの地点間多重比較結果

pH

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
塩分 St. 1						＊	＊＊	＊
塩分 St. 2								
塩分 St. 3								
塩分 St. 4								
塩分 St. 5								
塩分 St. 6	＊＊							
塩分 St. 7	＊＊	＊＊	＊＊	＊				
塩分 St. 8	＊＊	＊＊	＊					

PC

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
PN St. 1							＊＊	
PN St. 2							＊＊	
PN St. 3							＊＊	
PN St. 4								
PN St. 5								
PN St. 6								
PN St. 7	＊＊	＊＊	＊＊					
PN St. 8								

クロロフィル*a*

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
フェオ色素 St. 1							＊＊	
フェオ色素 St. 2							＊＊	
フェオ色素 St. 3							＊＊	
フェオ色素 St. 4								
フェオ色素 St. 5								
フェオ色素 St. 6								
フェオ色素 St. 7		＊＊	＊＊					
フェオ色素 St. 8								

C/N比

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	St. 8
St. 1							＊＊	
St. 2							＊＊	
St. 3							＊＊	
St. 4								
St. 5								
St. 6								
St. 7								＊

代表値が平均値 (one-way ANOVA) の場合も中央値 (クラスカル・ウォリス検定) の場合も多重比較はシェッフェ法に依った．＊：＜ 5%，＊＊：＜ 1%有意水準.

表 4. 生息密度と水質項目の順位相関係数および係数の検定結果

スピアマンの順位相関係数

	生息密度	pH	塩分	PC	PN	クロロフィル*a*	フェオ色素	C/N比
生息密度		−0.943	−0.862	0.738	0.862	0.457	0.596	0.723
pH			0.897	−0.822	−0.897	−0.618	−0.727	−0.740
塩分				−0.602	−0.952	−0.381	−0.476	−0.548
PC					0.735	0.892	0.952	0.952
PN						0.571	0.643	0.667
クロロフィル*a*							0.976	0.762
フェオ色素								0.857

順位相関係数の検定P値

		生息密度	pH	塩分	PC	PN	クロロフィル*a*	フェオ色素	C/N比
判定	生息密度	−	0.000	0.006	0.037	0.006	0.255	0.119	0.043
判定	pH	＊＊	−	0.003	0.012	0.003	0.102	0.041	0.036
判定	塩分	＊＊	＊＊	−	0.114	0.000	0.352	0.233	0.160
判定	PC	＊	＊		−	0.038	0.003	0.000	0.000
判定	PN	＊＊	＊＊	＊＊	＊	−	0.139	0.086	0.071
判定	クロロフィル*a*				＊＊		−	0.000	0.028
判定	フェオ色素		＊		＊＊		＊＊	−	0.007
判定	C/N比	＊	＊		＊＊		＊	＊＊	−

順位相関係数はスピアマンの順位相関係数に従って算出した．検定結果の上三角マトリックスは P 値，下三角マトリックスは検定結果を示す．判定；＊：＜ 5%，＊＊：＜ 1%有意水準.

14.5 ～ 19.6，PC が 0.41 ～ 0.67 mgC/ℓ，PN が 0.086 ～ 0.104 mgN/ ℓ，C/N 比が 5.04 ～ 7.00 の値をそれぞれ示した（表 2）。これに対し，ミドリイガイが非生息の St.6 ～ 8 では，pH が 8.0 ～ 8.1 で，また塩分が 30.6 ～ 34.5 で，ともに生息地点よりも高く，PC が 0.24 ～ 0.46 mgC/ ℓ で，PN が 0.046 ～ 0.081 mgN/ℓ で，C/N 比が 3.83 ～ 6.14 で，ともに生息地点よりも低い値を示す傾向があった。

考　察

1. 水質項目とミドリイガイの生息・非生息との関連について

江の島を始めとして関東沿岸のミドリイガイの生活史に関する情報では，年間のうち 8 月から 9 月にかけてその年生まれの幼貝の新規加入が生じ，越冬を経て翌年の夏季に繁殖する実態が示唆されている（植田 , 2001; 吉安ほか , 2004; 植田ほか , 2011）。この生活史情報に基づき，今調査で得られた江の島におけるミドリイガイの生息情報を整理すると，次のように考えられる。St.1 ～ 4 では年間を通じて本種の生息が確認されたことから，新規加入から越冬を経て繁殖期までの付着生活期全般に亘って生息が認められる。これに対し St.6 ～ 8 では，新規加入時期から年間を通して生息が認められない。また St.5 では，新規加入から越冬を経た時期にあたる 4 月ごろまでは生息するものの，夏季の繁殖期に入る前に生息個体が見られなくなる。

ミドリイガイが生息する地点と非生息の地点において，2 年間にわたる水質環境の調査の結果，生息密度と代表値に有意な相関が見られた項目は pH，塩分，PC，PN，C/N 比の 5 項目で，前 2 項目では非生息地点に比べ生息地点の方が有意に低く，後 3 項目では有意に高い傾向があった。

本種の塩分に対する対応について，27 ～ 33 の範囲で好適とされるが，20 あたりの低塩分にも耐えるとする報告がある（Vakily, 1989）。今調査では，33 を越えるような純海水の場所よりもむしろ汽水の環境で周年本種が生息していた。また塩分と正の相関の見られた pH についても，本来の海水が示す pH 値 8.2 前後よりは低い値の場所で通年生息していた。

今調査で観測した餌料指標のうち，PC，PN，C/N 比については，生息密度と有意な正の相関を示した。一方で，クロロフィル *a* とフェオ色素については，生息密度と正の相関を示すものの，有意ではなかった。既報では，ミドリイガイの養殖に適している海域の餌条件がクロロフィル *a* 量で指摘されており，Vakily (1989) の総説では，17 ～ 40 μ g/ ℓの範囲で好適とする報告や，それよりも低い 3.5-5.2 μ g/ ℓで有効と考えられる報告が記載されている。また別の報告では，0.7 ～ 17 μ g/ ℓの範囲で好適条件とするものもある（Rajagopal *et al*, 1998）。日本国内のミドリイガイ生息地におけるクロロフィル *a* が横浜港内で 1.0 ～ 17.3 μ g/ ℓの間だったとの報告がある（植田ほか , 2011）。今調査では，各地点のクロロフィル *a* の観測値が観測のたびに大きく変動し，その結果地点間で代表値の有意差が認められたものの，生息密度との間に相関が認められなかった。またフェオ色素についても，生息と非生息の違いを決定づける水質項目とはならなかった。

生息密度と相関が認められた PC，PN，C/N 比において，代表値の有意差が認められた地点間は St.1 ～ St.3 と St.7 との間であり，ミドリイガイが生息する地点と生息しない地点の違いを反映する。St.1 ～ St.3 の中で各指標の下限値に注目すると，PC の場合 0.63 mgC/ℓ 以上が，PN の場合 0.094 mgN/ ℓ以上が，また C/N 比の場合 6.50 以上が周年生息する環境の条件として考えられた。

ところで，調査期間途中にミドリイガイの生息が見られなくなった St.5 について，その理由としてどのようなことが考えられるであろうか？　そこで注目するのは生息，非生息と相関のあった PC や PN で，St.5 の代表値が，生息地点と非生息地点の代表値のほぼ中間の値となったことである。さらに，St.5 でミドリイガイが消失した時期は 5 月から 6 月で，越冬後繁殖に向けて栄養分を蓄積する時期（吉安ほか , 2004）に当たると予想される。この時期に餌料となる有機物が不足したならば，蓄積栄養の低下から斃死を招くことも考えられる。PC や PN の代表値が周年生息地点よりも St.5 でわずかに低くかったことが，そのことを示唆しているものとも思われる。

河口干潟におけるアサリの生息要因を調査した報告で，井芹ほか（2003）はアサリの生息の有無を決定づける環境要因として溶存酸素量の枯渇を指摘した。さらに非生息地点周辺に供給される有機物が酸素消費を引き起こし，加えて周辺の海水交換の悪化により貧酸素化から還元的環境の形成につながったことも推察している。このようなことが St.5 周辺で生じたとする形跡は見られなかったが，St.5 周辺は入り組んだ小規模の入り江になっており，貧酸素化が局所的に生じることは否定できない。

2. 水質項目に変化をもたらす要因について

調査地点ごとの塩分の代表値では，St.7 が最高の 34.5 で，ここはほぼ純海水の地点と見られる。St.1 ～ 6 と St.8 は塩分の代表値が 14.5 ～ 32.3 で，これらの地点は汽水環境にあり，近隣の境川からの淡水が流入しているものと見られる。またその程度は，単純に河口からの距離に相関せず，河口に近い St.8 では河口との間に砂州が形成される（図 1）ことから，純海水に近い塩分条件が成立している。塩分の低い地点では相応の河川水の流入が見込まれ，それと関連して pH も純海水の値より低い値を示した。今回の調査で，特に St.1 から St.4 にかけては塩分がかなり低下する条件にあり，そのような条件でミドリイガイが通年生息することも確かめられた。

さらに St.2 から St.3 にかけて，植物プランクトンなど植物体が分解してできるフェオ色素濃度が高く，この付近の懸濁質有機物の構成要素として生きた植物体よりも枯死・分解された植物派生のものが多いことが示唆された。また St.1 から St.3 にかけて C/N 比が高い状況が見られ，この付近の懸濁質有機物を構成する要素に河川

由来の傾向があることも伺われた。生息密度とPC，PNとの間に正の相関があったことから，ミドリイガイにとって水中の懸濁質有機物の相対的に多い条件が生息に有利に影響していることが考えられる。C/N比との間で有意な正の相関があったことは，St.1からSt.4に通年生息するミドリイガイが河川由来の有機物を利用して生活している可能性を示している。

ところで，ミドリイガイは有機物量の増加に伴って濾水して集めた水中の懸濁物を擬糞として排出する行動が知られている（Rajagopal *et al*., 2006）。擬糞は摂食されない残渣であるが，これらのものがミドリイガイから排出されて水中に懸濁する場合には，PCやPNに反映される可能性がある。しかしながら今調査では，ミドリイガイが生息する地点で高濃度を観測したPCやPNに反映される物質をミドリイガイが実際に摂食し同化しているかについては情報が得られなかった。今後ミドリイガイの体構成物と周囲の環境水中の安定同位体比の比較検討などを行って，今回観測された懸濁質有機物がミドリイガイに実際摂食・同化されているのかといった観点から調査を進める必要があるだろう。

謝　辞

この調査を進めるにあったては，日本大学生物資源科学部海洋環境学研究室の廣海十朗教授に有益な助言をいただいた。同研究室の奥津 剛氏，八巻 康氏，和田圭輔氏，福山哲司氏ほか大学院生・学生諸氏に野外調査及び室内実験に多大の協力をいただいた。ここに記して深謝の意を表したい。また本稿を投稿するにあったては，匿名の査読者より有益な助言をいただいた。感謝申し上げる次第である。

引 用 文 献

青野良平, 1987. 江戸前の貝．みたまき , (21)：34-35.

FAO, 2014. FAO fish finder fact sheets "*Perna viridis*". http://www.fao.org/fishery/en (accessed on 2014-August-22).

Holm-Hansen, O., C. J. Lorenzen, R. W. Holmes & J. D. H. Strickland, 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. *Journal du Conseil / Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 30: 3–15.

井芹　寧・中茂義晶・井上徹教・馬場大哉・平島英恵・渋江吉之・子犬丸智明・小松利光 , 2003. 河口干潟におけるアサリ生息底泥域の水質環境について．海岸工学論文集 , 50: 1031-1035.

岩崎敬二・木村妙子・木下今日子・山口寿之・西川輝昭・西栄二郎・山西良平・林　育夫・大越健嗣・小菅丈治・鈴木孝男・逸見泰久・風呂田利夫・向井　宏 , 2004. 日本における海産生物の人為的移入と分散；日本ベントス学会自然環境保全委員会によるアンケート調査の結果から．日本ベントス学会誌 , 59: 22-44.

鍋島結子, 1968. ミドリイガイについて．かいなかま , 2(4): 15-20.

大谷道夫 , 2002. 日本における移入付着動物の出現状況 , 最近の動向．Sessile Organisms, 19(2): 69-92.

Parsons, T.R., Y. Maita & C. M. Lalli, 1984. A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. 173pp. Pergamon Press, Oxford.

Rajagopal, S., V.P. Venugopalan, K.V.K. Nair, G. van der Velde, H.A. Jenner & C. den Hartog, 1998. Reproduction, growth rate and culture potential of the green mussel, *Perna viridis* in Edaiyur backwaters, east coast of India. *Aquaculture*, 162: 187-202.

Rajagopal, S., V. P. Venugopalan, G. van der Velde & H. A. Jenner, 2006. Greening of the coasts: a review of the *Perna viridis* success story. *Aquatic Ecology*, 40: 273-297.

Soon, T. K. & J. Ransangan, 2014. A review of feeding behavior, growth, reproduction and aquaculture site selection for Green-Lipped Mussel, *Perna viridis*. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 5: 462-469.

杉谷安彦 , 1969: 瀬戸内海で採れたミドリイガイについて．ちりぼたん , 5(5): 123-125.

丹下和仁 , 1985. 東京湾に発生したミドリイガイ．みたまき , (18): 26.

植田育男 ,2000. 相模湾におけるミドリイガイの分布．動物園水族館雑誌 , 41(2): 54-60.

植田育男 , 2001. ミドリイガイの日本定着．日本付着生物学会編 , 黒装束の侵入者．pp.27-45. 恒星社厚生閣 , 東京 .

植田育男 , 2014. 関東地方および周辺地域における外来種ミドリイガイの分布.　神奈川自然誌資料 , (35): 9-16.

植田育男・萩原清司 , 1989. 相模湾江の島で観察されたミドリイガイについて．神奈川自然誌資料 , (10)：79-82.

植田育男・萩原清司 , 1990. 江の島のミドリイガイその後．南紀生物，32 (2)：99-102.

植田育男・萩原清司 , 2009. 相模湾江の島における潮間帯イガイ科二枚貝類相.　神奈川自然誌資料 , (30): 41-48.

植田育男・萩原清司・崎山直夫・足立　文 , 2003. 江の島の潮間帯動物相 - Ⅳ.　神奈川自然誌資料 , (24): 25-32.

植田育男・萩原清司・櫻井　徹 , 2008. 江の島の潮間帯動物相－Ⅴ．神奈川自然誌資料 , (29): 163-169.

植田育男・萩原清司・伊藤寿茂・北嶋　円・村石健一 , 2013. 江の島の潮間帯動物相－Ⅵ.　神奈川自然誌資料 , (34): 25-32.

植田育男・西　栄二郎・眞田将平・下迫健一郎 , 2010. 横浜港内の人工干潟おけるミドリイガイの越冬温度条件．神奈川自然誌資料 , (31): 13-18.

植田育男・坂口　勇・佐藤恵子・白井一洋 , 2011. 横浜港内の人工干潟周辺におけるミドリイガイの生息状況 , 2008-2010 年．神奈川自然誌資料 , (32): 43-49.

植田育男・坂口　勇・白井一洋 , 2012. 横浜港内の人工干潟周辺におけるミドリイガイの越冬時温度条件 , 2010-2011 年．神奈川自然誌資料 , (33): 27-35.

植田育男・崎山直夫 , 2001. 相模湾江の島に生息するミドリイガイ殻表面の付着動物．神奈川自然誌資料 , (22): 61-64.

梅森龍史・堀越増興 , 1991. 東京湾西岸におけるミドリイガイの冬期死亡と生残の区域差．La mer,（29）：103-107.

Vakily J. M., 1989. The biology and culture of mussels of the genus *Perna*. ICLARM studies and reviews 17. 63pp. International center for living aquatic resources management, Mnila.

吉安洋史・植田育男・朝比奈　潔 , 2004. 相模湾 , 江ノ島におけるミドリイガイの生殖年周期.　Sessile Organisms, 21(1): 19-26.

植田育男：新江ノ島水族館

荒　功一：日本大学生物資源科学部海洋生物資源科学科