

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

植田 育男・坂口 勇・白井 一洋

Ikuko Ueda, Isamu Sakaguchi and Kazuhiro Shirai:
Thermal Conditions for the Overwintering of Tropical Originated
Green Mussel *Perna viridis* at the Artificial Seashore Facilities in
Yokohama Port, Tokyo Bay, from 2010 to 2011.

Abstract. Green mussel *Perna viridis* Linnaeus, 1758 is a tropical originated sessile bivalve. It had been introduced to Japanese waters in no later than 1967. The first occurrence of this mussel in Tokyo Bay was reported in 1985. It had spread quickly since then and is distributed widely now. The thermal condition for the overwintering of this mussel was investigated at the artificial seashore facilities in Yokohama Port of Tokyo Bay from 2010 to 2011. The survival rates of the mussel during the winter were 0.116 in 2010 and 0.387 in 2011 respectively. The lowest monthly mean water temperature of each year were 12.1°C (February, 2010) and 11.7°C (February, 2011), and the lowest mean temperature of the trisected period of the month were calculated as 11.4°C (Middle January, 2010) and as 11.3°C (Middle January, 2011). The durations of the lower temperature were estimated from recording times of each lower temperature level. It was suggested that the amount of durations of under 12 °C, 11 °C and 10 °C temperature levels were shorter than those of the extinction accrued year. The warm waters which are originated from Kuroshio current or freshwaters are considered to have influences for the overwintering of this mussel.

はじめに

ミドリイガイ (*Perna viridis* Linnaeus, 1758) は、西太平洋からインド洋の熱帯海域沿岸を原産とし (Siddall, 1980), 日本には 1967 年ごろ渡来した外来の付着性二枚貝である (鍋島, 1968; 杉谷, 1969)。東京湾内におけるミドリイガイの生息情報によれば, 1985 年に初見され (丹下, 1985), その後各地点に出現するようになり, 現在に至っている (青野, 1987, 1989; 植田, 2001, 2009)。東京湾内における観察によると, 本種の越冬の可否は温排水の影響と関連が深く, 温排水が排出される水域周辺では越冬が見られ, 温排水が排出されない地点では最低水温の時期に死滅することが知られている (梅森・堀越, 1991; 梶原, 1994; 萩原・山崎, 1996; 萩原・島村, 1999; 野中・萩原, 2001; 植田, 2001, 2009)。しかしながら植田ほか (2010) は, 横

浜港内に設けられた人工干潟とその周辺施設において 2009 年冬季に本種の越冬を観察し, 同時期の生息場所における水温観測を行った。当調査では, 潮間帯部において定面積の基盤に付着する生存個体の個体数の変化により越冬の実績が算定された。植田ほか (2010) では, 生残率の算定は前年 10 月から温度観測終了時の 4 月までの間の個体数に基づいてなされ, 10 ~ 12 月間の死亡を含んでおり, 冬季最低水温時期のみの生残状況を示すものではなかった。そこで, 同地点で 2010 年, 2011 年各冬季における生残個体の状況を査定するため, 本種を生簀籠に収容し, 温度観測場所に垂下蓄養し籠内生存個体数の変化を観察した。これにより本種の蓄養実験に基づく越冬状況に加え, 自動記録式温度計による現場水温のデータが得られたので, この地点での 2 年間にわたる越冬の実績を報告する。さらに同地点周辺の複数地点

精度で測定し、月1回程度の頻度で生死確認を行い死亡個体は生簀籠より除去した。生死確認時と実験終了時に生簀籠内全個体の殻長を計測した。

温度観測は、自動記録式温度計(UTBI-001 型, オンセツト社)を同地点水深 100cm 位置に垂下した(図 2b)。温度計垂下基部は浮体構造物であるため、温度計の水深は 100cm を保った。観測期間は 2009 年 12 月 14 日～2010 年 4 月 15 日, 2010 年 12 月 9 日～2011 年 4 月 5 日である。記録頻度は 10 分毎, 計測精度は 100 分の 2℃である。

周辺別地点の水温に関する情報を収集する目的で 2011 年 1 月 7 日～2011 年 4 月 5 日の期間に、St. 1 より北北東に約 80m 離れた St. 2 と南南西に約 430m 離れた St. 3 において、UTBI-001 型を人工護岸壁上縁より大潮最低低潮線下約 1m 位置に垂下し St. 1 と同様の計測を行った（図 1: 図 2c, f）。

観測結果から、生残について、生残率を実験開始時個体数に対する実験終了時生存個体数の比率で求め、要因 A として籠間（2010 年は 2 水準、2011 年 4 水準により）、および要因 B として殻長クラス間（両年とも殻長 40mm 以上の大型クラスと殻長 40mm 未満の小型クラ

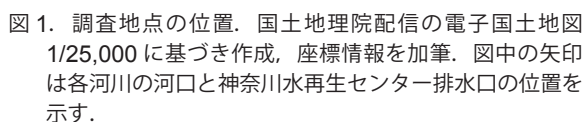




図2. 調査地点周辺の状況とミドリイガイ付着現場。a: St. 1 の周辺全景; b: St. 1 の温度計・生簀籠垂下位置 (矢印の部位); c: St. 2 の温度計垂下位置 (矢印の部位); d: 垂下開始時の St. 2 の付着現場 (2011 年 1 月 6 日); e: 温度計回収時の付着現場 (2011 年 4 月 19 日); f: St. 3 の温度計垂下位置 (矢印の部位)。

(次ページへ続く)

(前ページから続く)

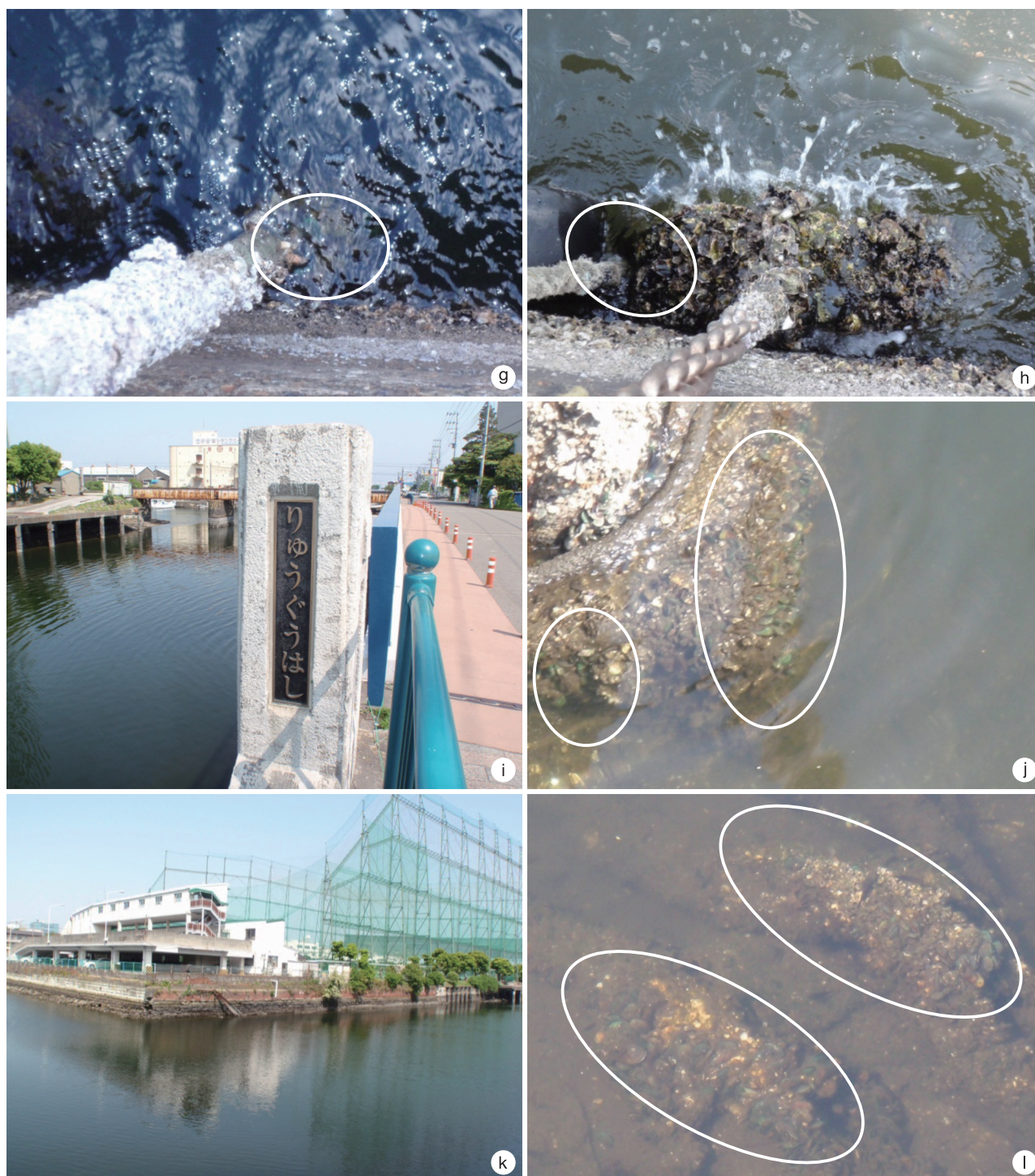


図2. 調査地点周辺の状況とミドリイガイ付着現場. g: 垂下開始時の St. 2 の付着現場 (2011 年 1 月 6 日); h: 温度計回収時の現場のミドリイガイが見られなかった様子 (2011 年 4 月 19 日); i: A 地点 (2011 年 5 月 20 日); j: A 地点の付着現場 (楕円内, 2011 年 5 月 20 日); k: B 地点 (2011 年 5 月 20 日); l: B 地点の付着現場 (楕円内, 2011 年 5 月 20 日).

スの2水準により)で生残率の逆正弦変換値を求め、生残率に差がみられるかどうかをこの変換値に基づき二元配置分散分析により検討した。温度について、1～3月全期間平均水温、月平均水温、月を1～10日の上旬、11～20日の中旬、および21～月末日の下旬の3旬に分け、月旬平均水温を求め、年度間の平均値に有意差があるかどうかについてt検定を行った。全ての観測値を対象として月旬別に、1℃区切りの区間で観測回数による頻度分布を求めた。さらに12℃未満、11℃未満、および10℃未満の各温度区分の観測回数を求め、10分(0.17時間)間隔の計測に基づき、各温度区分未満の総観測時間を算定した。ある温度未満の水温が連続して観測される場合その記録を抜き出し、その観測回数に相当する時間当該温度未満の水温が継続したものと仮定した。1回計測する毎に10分間(0.17時間)の継続とし、2回以上連続して計測された場合、10分にその回数を掛け合わせた時間継続したものと概算した。検討した温度区分は12℃未満、11℃未満および10℃未満である。両年の各温度未満の連続記録時間を1位から3位まで比較した。2011年の3地点観測結果については、1～3月全期間、月別および月旬別の平均水温を求め、地点間を水準として一元配置分散分析ならびに多重比較を行い、平均値間の有意差を検討した。

周辺別地点の越冬状況を把握するため、St. 1より北西に直線距離で約350m離れたA地点と約510m離れたB地点において2011年5月20日に最寄岸壁上から目視にて本種の生息状況を観察し、画像を撮影した(図1; 図2i～l)。

結 果

生簀籠個体の生残状況

蓄養実験の結果を表1に示す。実験中の生残個体合計数から、2010年の生残率は0.116、2011年の生残率は0.387だった。生残の実績を籠要因と殻長要因に分けて見ると、2010年、2011年ともに籠間では有意な差は見られなかった。他方殻長要因で2011年の実験では有意な差が認められ、殻長40mm以上の個体に比べ40mm未満の個体の生残率が高かった。

水温観測結果

両年の1～3月の3ヶ月全期間と月別の平均水温および月旬平均水温を表2に示す。3ヶ月全期間の平均水温では2011年が2010年より低く、月平均水温では2010年、2011年ともに2月が月平均水温の最低月で、2011年の方が0.4℃低かった。月旬平均水温では、1月中旬から3月下旬の8旬にわたって2011年が2010年より有意に低かった。

月旬毎の観測水温頻度分布(表3)では、観測水温の大半が12℃を下回ったのは2010年2月中旬の1旬、2011年2月上旬～3月上旬の4旬だった。このうちいずれの旬も観測値の大半が11℃台で、11℃を下回った観測回数は少なく、10℃を下回ったのは2010年が0回、2011年が0.1%以下の1回のみだった。

低水温の観測時間を検討した(表4)。その結果、12℃未満と10℃未満の観測回数と観測時間では2010年より2011年が上回ったが、11℃未満の観測回数と観測時間では2010年が上回った。各温度未満の連続記録では、12℃未満と10℃未満の最長記録は2011年の方が長く、11℃未満の最長記録は2010年の方が長かった。

表 1. 蓄養実験結果

籠	殻長クラス	実験開始時 個体数	実験終了時 個体数	生残率	生残率 逆正弦変換値	二元配置 分散分析	判定	多重比較 (シェフフェ法)	判定
2010 年		2009/12/14	2010/4/15						
籠 A	40mm 以上	8	0	0	0	籠間 殻長クラス間	ns		
	40mm 未満	23	3	0.130	0.131		ns		
籠 B	40mm 以上	23	3	0.130	0.131				
	40mm 未満	15	2	0.133	0.134				
合計		69	8	0.116	0.116				
2011 年		2010/12/9	2011/4/5						
籠 A	40mm 以上	5	1	0.200	0.201	籠間 殻長クラス間	ns	籠間	
	40mm 未満	20	8	0.400	0.412		*	籠 A- 籠 B	ns
籠 B	40mm 以上	9	2	0.222	0.224			籠 A- 籠 C	ns
	40mm 未満	11	5	0.455	0.472			籠 A- 籠 D	ns
籠 C	40mm 以上	16	5	0.313	0.318			籠 B- 籠 C	ns
	40mm 未満	9	5	0.556	0.589			籠 B- 籠 D	ns
籠 D	40mm 以上	3	0	0.000	0.000			籠 C- 籠 D	ns
	40mm 未満	20	10	0.500	0.524			殻長クラス間	
合計		93	36	0.387	0.397			40mm 以上 - 40mm 以下	*

二元配置分散分析の判定欄の*は5%有意水準により有意差ありを、nsは有意差なしを示す。

表 2. 1～3月全期間、月別および月旬別の平均水温（℃）と標準偏差.

	全期間	月別			月旬別								
	1-3月	1月	2月	3月	1月上旬	1月中旬	1月下旬	2月上旬	2月中旬	2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬
2010年													
平均水温(℃)	13.11	13.78	12.10	13.35	14.39	13.29	13.68	12.67	11.38	12.27	12.28	13.84	13.87
標準偏差	1.17	0.80	0.95	1.05	0.67	0.62	0.69	0.73	0.68	0.94	0.40	0.98	0.74
2011年													
平均水温(℃)	12.64	13.31	11.70	12.82	14.86	13.08	12.11	12.01	11.29	11.81	11.84	12.91	13.63
標準偏差	1.25	1.35	0.63	1.03	1.07	0.55	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
平均値間 t検定	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

平均値間 t 検定欄の ** は 1% 有意水準により有意差があることを示す.

表 3. 1～3月の旬別の観測水温の頻度分布

		1月上旬	1月中旬	1月下旬	2月上旬	2月中旬	2月下旬	3月上旬	3月中旬	3月下旬
2010年										
区 間 値 (℃)	19									
	18									0.1
	17									
	16								1.6	0.1
	15	20.6							6.7	6.0
	14	47.6	15.2	37.8	2.8		1.9	0.3	43.1	32.5
	13	31.5	52.2	41.0	33.1	0.8	21.6	4.7	30.0	55.7
	12	0.1	32.6	21.2	43.5	21.4	37.0	69.8	14.0	5.7
	11	0.1			20.6	43.8	31.8	25.3	4.7	
	10	0.1				34.1	7.7			
2011年										
区 間 値 (℃)	19									
	18									
	17	0.3								
	16	22.5								
	15	17.8								1.6
	14	38.2	2.8						8.1	38.6
	13	21.0	56.9	0.8	3.5	1.7	7.3	5.2	39.4	32.9
	12	0.1	36.0	58.2	40.6	5.1	24.5	33.8	43.8	25.3
	11		4.3	41.0	55.8	69.9	63.0	58.7	8.8	1.5
	10				0.1	23.4	5.2	2.3		
	9	0.1								

温度区間は表示した値以上、上の値未満の観測値を示し、頻度は全観測回数に対する各区間値内の観測値の観測回数の比率（％）で示した。

表 4. 低水温の連続観測記録

		総観測回数	総観測時間	連続記録時間		
				1 位	2 位	3 位
2010年	12℃未満	2308回	384.7	81.2	80.2	71.7
	11℃未満	582回	97.0	44.2	18.3	8.0
	10℃未満	0回				
2011年	12℃未満	4616回	769.3	245.7	88.7	53.5
	11℃未満	343回	57.2	18.3	13.0	10.3
	10℃未満	1回	0.17	0.17		

各温度未満の水温を観測した総回数、1 回を 0.17 時間として換算した総観測時間、および連続記録の 1 位から 3 位までを時間で示した。

周辺地点の本種生息状況と水温観測結果

2011 年 4 月 19 日に St. 2 と St. 3 において、また 2011 年 5 月 20 日に A 地点と B 地点において護岸壁上縁より目視で本種の生息状況を観察した（図 2c～l）。その結果、St. 2 では水面下数十 cm の基盤に本種生存個体が付着するのを認めたが（図 2e）、St. 3 では水面付近の係留ロープやタイヤに付着個体が認められなかった（図 2h）。A 地点および B 地点では水面下数十 cm の基盤に本種生存個体の付着を認めた（図 2j, l）。

St. 1, St. 2, St. 3 において 2011 年 1～3 月期に行った水温観測の結果を表 5 に示す。1～3 月全期間の平均水温と月平均水温では、2 月の St. 2 の平均水温が 3 地

点中最も高かった点を除き、St. 1 の平均水温が St. 2 や St. 3 に比べ高い傾向を示した。特に St. 1 からより遠方にある St. 3 との水温差が大きい傾向を示した。月旬の平均水温では、St. 3 の 2 月中旬のみ 11℃を下回った。平均水温による地点間の差の一元配置分散分析結果では、全期間、月別および月旬別の全ての期間区分にわたって平均水温に有意な差が認められた。多重比較による地点間の有意差の検定で、St. 1 と St. 3 の間と St. 2 と St. 3 の間では全ての期間区分で有意な差が見られたものの、St. 1 と St. 2 との間では全期間、3 月、月旬平均水温のうち 2 月下旬、3 月中旬、および 3 月下旬の 3 旬の各平均水温で有意差が無い結果となった。

表 5. St. 1～3 における 2011 年 1～3 月の平均水温（℃）と標準偏差

	全期間	月別			月旬別								
	1/7-3/31	1/7-31	2 月	3 月	1/7-10	1 月中旬	1 月下旬	2 月上旬	2 月中旬	2 月下旬	3 月上旬	3 月中旬	3 月下旬
st. 1													
平均水温(℃)	12.44	12.80	11.70	12.82	13.96	13.08	12.11	12.01	11.29	11.81	11.84	12.91	13.63
標準偏差	1.00	0.83	0.63	1.03	0.60	0.55	0.36	0.47	0.49	0.69	0.57	0.75	0.81
st. 2													
平均水温(℃)	12.43	12.71	11.76	12.81	13.88	12.99	12.04	12.01	11.39	11.93	11.89	12.85	13.62
標準偏差	0.95	0.88	0.60	0.93	0.67	0.66	0.39	0.48	0.44	0.69	0.49	0.65	0.66
st. 3													
平均水温(℃)	11.85	11.93	11.28	12.30	13.11	11.99	11.45	11.40	10.98	11.49	11.41	12.28	13.13
標準偏差	0.81	0.66	0.46	0.86	0.39	0.37	0.26	0.28	0.39	0.53	0.32	0.54	0.54
一元配置分散分析	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
多重比較 (シェッフエ法)													
st.1-st.2	ns	**	**	ns	**	**	*	ns	**	**	**	ns	ns
st.1-st.3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
st.2-st.3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

St. 2, St. 3 において観測した期間に基づき統計量を計算した。月旬平均水温の 3 地点間一元配置分散分析の欄の**は 1% の有意水準で有意差ありを、*は 5% の有意水準で有意差ありを、ns は有意差なしを示す。

表 6. 横浜港内の人工干潟周辺で得られたミドリイガイの年別生残率および水温条件一覧

	2008 年 ¹⁾	2009 年 ¹⁾	2010 年 ²⁾	2011 年 ²⁾
生残率	0	0.23	0.12	0.39
最低月平均水温（℃）	10.61	12.01	12.10	11.70
最低月	2 月	2 月	2 月	2 月
最低月旬平均水温（℃）	10.50	11.53	11.38	11.29
最低月旬	2 月中旬	2 月上旬	2 月中旬	2 月中旬
12℃未満観測時間	983.3	731.6	384.7	769.3
11℃未満観測時間	601.7	44.5	97.0	57.2
10℃未満観測時間	34.0	0.3	0	0.17
12℃未満最長連続記録時間	479.0	65.8	81.2	245.7
11℃未満最長連続記録時間	93.3	7.8	44.2	18.3
10℃未満最長連続記録時間	5.7	0.17	0	0.17

調査年右肩の片括弧数字は 1)：植田ほか（2010）から；2)：今調査から得られたデータに基づくことを示す。

考 察

東京湾内に見られる比較的安定した越冬地として品川区八潮の京浜運河河岸の例がある（青野，1989）。当地点では1987～1989年の3年にわたり本種の越冬が確認されており、本報の著者の1人植田も同地点にて複数回越冬を観察した（植田，2003，2009）。この地点は、隣接する火力発電所の冷却水の排水口が数十m内に開口しており、同地点で温排水の影響により京浜運河内の水温が上昇する現象も観測されている（植田，2003）。植田ほか（2010）と本報では3ヶ年にわたって、横浜市神奈川区橋本町において、本種の一部個体の越冬を観察した。当地点は先の京浜運河内の地点と同様に東京湾内で繰り返し越冬が観察された場所の2例目と考えられる。

植田ほか（2010）と本報の記録を総合すると、2008年冬季は死滅したのに対し、2009～2011年の3冬季はいずれも一部個体が越冬した。ここで死滅年と越冬年との観測された水温条件の違いを拾い出すと表6にまとめられる。

- (1) 死滅年の最低月平均水温は10.6℃に対し越冬年は11.7～12.1℃だった。また、死滅年の最低月平均水温は10.5℃に対し、越冬年は11.3～11.5℃だった。
- (2) 低温度帯の水温について観測した時間で見ると、特に死滅年は10℃未満の水温が34.0時間に達したのに対し、越冬年では0～0.3時間で極端に少なかった。

以上から、植田ほか（2010）が指摘した、冬季に死滅するか一部個体が越冬するかの臨界水温条件として、冬季全期間にわたって10℃を下回らないことが2年間の野外実験で追認された。

越冬した3ヶ年の冬季生残率のうち、2009年の生残率は定面積の生息個体数の前年10月測定値に対し4月測定値の比率により求められた。一方2010年と2011年の生残率は生簀かごを用いた蓄養実験に基づき前年12月から4月までの間の生残個体数の比率により求められた。ここで2009年は10～12月の2ヶ月間の死亡が加味されるため、12～4月期間の生残率より低く見積もられた可能性がある。ほぼ同条件で得られた2010年と2011年の冬季生残率の高低傾向と水温指標を併せて見ると、最低月平均水温、最低月平均水温、12℃未満観測時間および最長連続記録時間、10℃未満観測時間の各指標は2011年の方が寒冷であったことを示し、生残率の傾向とは異なった。一方で11℃未満観測時間と最長連続記録時間では2010年の方が2011年を上回り、生残率の高低傾向と合致した。現段階では水温が最も低くなる時期の生残状況を野外で調査した例数に乏しく、越冬の条件を確定するには至らない。ミドリイガイの日本における冬季の生存条件を査定するための水温指標を検出し、その指標における例えば50%の個体が生残する推定値を得るためには、更なる生残率と水温条件に関するデータの集積が必要と考えられる。

東京湾内の本種出現地点での観察によれば、本種は夏季から冬季まで見られるものの、年を越えた春季には死般のみが見られるようになり、冬期間に死滅するとみな

す報告が多い（萩原・山崎，1996；萩原・島村，1999；野中・萩原，2001；植田，2001，2009など）。このことは、東京湾内の沿岸では冬季に本種個体が生残できない程度まで表層水温が低下するためだと推察される。他方、今回の調査で、横浜港内において本種の越冬が確認された。

この要因を考察するために2011年冬季、St. 1周辺の別2地点（St. 2およびSt. 3）で水温観測を行った。その結果、これら2地点の水温観測結果と比較するとSt. 1の水温はわずかに高く、特に距離を隔てたSt. 3との差が大きいことが分かった。St. 1は周辺を埋立地で囲まれた横浜港内の小運河に面しており、対岸には米軍資材置き場や倉庫が立地する。St. 2の立地はSt. 1と同様だが、やや運河の奥側に位置する。St. 3は運河の外にあたり、横浜港に直接面している。位置関係から水温条件を見ると横浜港内の運河内すなわち内陸側の地点で水温が高く、横浜港に直接面している外海側で低い傾向が見られた。植田ほか（2010）は、St. 1の水温が高く維持される要因として黒潮系の外洋水の東京湾への流入とその影響の可能性を指摘した。東京湾の水温を実測した報告（二宮ほか，2009）によると、湾の中央部で外洋水の流入による水温上昇が認められている。調査地点周辺に黒潮系の外洋水が流入したとすると、より外海側で水温が高くなると考えられるが、本報の観測ではその状況は見られなかった。また植田ほか（2010）によれば、2009年2月14日にSt. 1で16.17℃の高温水温を観測したが、当日の海水温分布（神奈川県水産技術センター，2011）を見ると、相模灘から13℃の高温温帯が東京湾内の横浜港周辺まで流入した様子が見られるものの、16℃には達していない。一方St. 1では恒常的に塩分の低い状態が見られることから、淡水流入の影響が示唆される（植田ほか，2011）。またSt. 1に面した小運河内の奥部A地点とB地点では、2011年5月20日に本種越冬個体の生息が確認された。

これらの状況から、St. 1の位置する小運河内では広くミドリイガイが越冬できるような水温環境が形成されていると考えられる。この小運河に淡水の流入が絶えず認められ、その排出元の可能性がある河川は河口地点の近接順に、南南西にSt. 1から直線距離で707m離れた滝川・帷子川、北東に1,700m離れた入江川、東に3,900m離れた鶴見川が挙げられる（図1）。さらに運河内にはSt. 1から排水口まで直線距離で351m離れた神奈川水再生センター（下水処理場）が位置する（図1）。図3は過去48年間にわたる国土交通省（2011）による鶴見川河口観測点の水温観測データから、10年区分で平均、最高および最低水温を算出したものである。1980年代半ば以降明らかに鶴見川の水温は上昇傾向にあり、特に最低水温の上昇が著しい。河川や水再生センターの流出水における温度上昇は近年報告されるようになり（中山ほか，2007；近藤，2011），その影響には十分注意を払う必要があるだろう。

今回報告した事例は東京湾の沿岸水域の狭域的な温暖

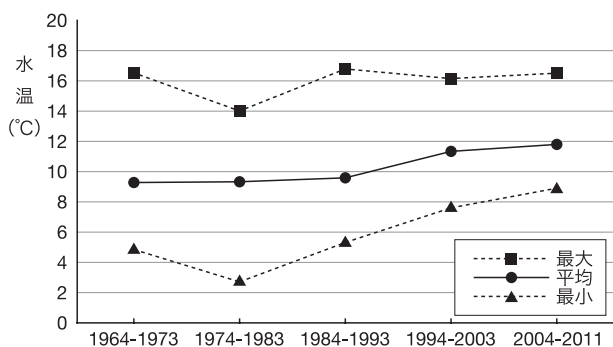


図3. 鶴見川臨港鶴見川橋地点における1～3月期の水温測定値の10年区分平均値、最高値および最低値の推移。国土交通省（2011）公表データより作成。

化を示唆する可能性があり、今後当地周辺の水温環境の現況を引き続き観察すると共に、温度上昇に関わる直接原因を究明する必要があるだろう。またその際には、熱帯原産のミドリイガイが冬季水温条件のモニター役になりうる可能性（植田，2001）を指摘しておきたい。

謝 辞

国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所の所員各位には調査に便宜を図るなど、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。本稿に対し懇切丁寧なるご助言を頂いた査読者へ感謝したい。

引用文献

- 青野良平，1987. 江戸前の貝．みたまき，(21): 34-35.
 青野良平，1989. 京浜運河のミドリイガイ（3度目の冬を越したミドリイガイ）．みたまき，(23): 14-16.
 萩原清司・島村嘉一，1999. 横浜市沿岸の海岸動物相．横浜市環境保全局 編，環境保全資料 No.188 横浜の川と海の生物 第8報・海域編，pp.59-90. 横浜市，横浜.
 萩原清司・山崎孝英，1996. 横浜市沿岸の海岸動物相．横浜市環境保全局 編，環境保全資料 No.183 横浜の川と海の生物 第7報・海域編，pp.149-184. 横浜市，横浜.
 梶原 武，1994. 横浜港における潮間帯付着生物の種類組成と現存量．付着生物研究，11(1): 1-9.
 神奈川県水産技術センター，2011. 海況図データベース 東京湾口海況図．神奈川県水産技術センター．Online. Available from internet: <http://www.agri-kanagawa.jp/suisoken/Kaikyozu/TokyoWanko.asp> (downloaded on 2011-10-24).
 近藤純正，2011. 都市気候．近藤純正ホームページ．Online. Available from internet: <http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/kisho/kisho59.html>

(downloaded on 2011-10-24).

- 鍋島結子，1968. ミドリイガイについて．かいなかま，2(4): 15-20.
 中山 有・神田 学・木内 豪，2007. 下水処理場での水温観測に基づく都市下水道の水・熱輸送に関する研究．水文・水資源学会誌，20(1): 23-33.
 二宮勝幸・水尾寛巳・柏木宣久・安藤晴夫・小倉久子・飯村 晃・岡 敬一・吉田謙一・飯島 恵，2009. 温暖化と東京湾の水環境－水温と水質との関係－．横浜市環境科学研究所報，(33): 58-67.
 野中圭介・萩原清司，2001. 横浜市沿岸域の海岸動物相．横浜市環境保全局 編，環境保全資料 No.192 横浜の川と海の生物 第9報・海域編，pp.69-104. 横浜市，横浜.
 Siddal, S. E., 1980. A classification of the genus *Perna* (Mytilidae). *Bulletin of Marine Science*, 30(4): 858-870.
 杉谷安彦，1969. 瀬戸内海で採れたミドリイガイについて．ちりばたん，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，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，2003. ミドリイガイの越冬地および非越冬地における水温条件（2002年度日本付着生物学会研究集会（第9回）講演要旨）．*Sessile Organisms*, 20(1): 21.
 植田育男，2009. 相模湾および周辺海域における2001年以降のミドリイガイの生息状況（2009年度日本付着生物学会研究集会（第16回）講演要旨）．*Sessile Organisms*, 26(2): 95.
 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に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.
 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季死亡と生残の区域差．*La mer*, (29): 103-107.
 国土交通省，2011. 観測所諸元からの検索．国土交通省水文水質データベース．Online. Available from internet: <http://www1.river.go.jp/cgi-bin/SrchSite.exe?KOMOKU=03&NAME=&SUIKEI=-00001&KASEN=&KEN> (downloaded on 2012-1-8)

植田育男：新江ノ島水族館

坂口 勇：電力中央研究所

白井一洋：

国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所