

平成16年度
行徳内陸性湿地
生物調査委託報告書

平成17年 3月

東邦大学 理学部
東京湾生態系研究センター

市 川 市

はじめに

1970年以前、市川市行徳は東京湾奥部の海岸部として、広大な前浜干潟、塩性湿地、汽水池が連なり、湾奥の陸から海への移行域としての自然環境に恵まれていた。そのためシギ・チドリ類やカモ類を中心として多くの水鳥が飛来し、宮内庁新浜鴨場がその中に存在したことから「新浜（しんはま）」として、知られるようになった。しかし1960年後半以降には、湿地部の乾陸化や盛り土、そして干潟の埋立によりその自然環境は壊滅的な影響を受けた。行徳野鳥保護区は、このような自然環境の消失の補償策として1970年初頭に造成されたもので、その中に東京湾と連絡する塩水湖「新浜湖」が出現した。

この新浜湖は造成直後の1975年から5年間、地域の研究者グループ「新浜研究会」が千葉県自然保護課の支援を得て、水質、プランクトン、ベントス、魚類、陸上植物、鳥類に関する詳細な研究を行い、造成直後の生物の変遷が把握された。その後新浜湖にはトビハゼやカワアイなどの東京湾や全国の干潟でも希少的な生物の棲息が見られるようになり、新浜湖は東京湾奥部の海洋生物の生息環境として重要な水域との認識を得るに至った。

近年、行徳沖に広がる三番瀬の環境修復議論が盛んとなり、その中で新浜湖と三番瀬の海水交換促進による三番瀬ならびに新浜湖両水域の環境改善が議論されるようになった。今回の調査研究は、この環境改善策の検討の基礎資料を提供するために、造成後1/4世紀が経過した新浜湖の環境と生物の生息状況とくに底生動物と稚仔魚の生息状況、ならびに希少種であるトビハゼとカワアイの新浜湖での生活史について、市川市の委託のもとで千葉県中央博物館、横浜国立大学、東京海洋大学、(株)日本ネヌ・ユー・エスの研究者の参画を得て、東邦大学理学部東京湾生態系研究センターが実施したものである。この調査研究が、新浜湖ならびに三番瀬の環境改善において科学的議論の支援になることを切に祈る。

東邦大学理学部東京湾生態系研究センター長 教授 風呂田 利夫

1. 行徳野鳥保護区内人工潟湖（新浜湖）の底生動物

風呂田利夫（東邦大学理学部）、西 栄二郎（横浜国立大学教育人間科学部）、黒住耐二（千葉県立中央博物館）、駒井智幸（千葉県立中央博物館）、中山聖子（東邦大学理学部）、多留聖典（東邦大学理学部）

1. はじめに

行徳野鳥保護区内の新浜湖は 1970 年初頭に人工的に造られた塩水潟湖で、東京湾とは北東部の千鳥水門を経て江戸川放水路東京湾開口部と、また西部の暗渠により三番瀬との海水交換がある（図 1）。このうち、暗渠からの海水交換はほとんどなく、潮汐による海水交換のほとんどは 1977 年に開門された千鳥水門経由である。湖底は造成時に浚渫されたため、東から北東部の大半ならびに西部の暗渠開口部地先での平均水深は約 5 m に達する。千鳥水門からの潮汐流が侵入するため、ゆりが浜沖を含む北東部の湖底は湖水の混合が盛んで、夏季の湖底の貧酸素化は抑制されるが、西部の UFO 島沖にあたる暗渠水門地先は湖水の停滞が著しく、夏季には貧酸素化が進行する。

今回の調査は、湖底の底生動物の生息状況を季節的に調査し、海底地形と貧酸素化が底生動物の生息に与える影響を把握し、今後潟湖の環境修復の基礎資料とすることを目的として行なわれた。

2. 調査方法

湖底の地形と湖水の停滞性ならびに水深を考慮して、潟湖東部（ゆりが浜沖、測点 Y-0~4）ならびに暗渠開口部地先（UFO 島沖、測点 U-0~4）に、大潮干潮線を起点（水深 0 m）として水深ほぼ 1 m ごとに、ならびに潟湖中心部（測点 SM）、さらに浅底部として両地先の間中部（通称簀だての瀬、測点 SN）とスズが浦中心部（測点 SZ）に測点をもうけた（図 1）。

各測点において 1 mm メッシュで蓋をした手動の 22.5×22.5 cm のスミスマッキンタイヤ型採泥器（芙蓉海洋社製）を用い、ダイバーにより採泥器を完全に底泥中に差し込んで採泥した。採泥回数は 4 月では 5 回、8 月と 11 月では 3 回とした。採泥物は現場で 1 mm メッシュでふるい、残留物

を冷蔵保存して研究室に持ち帰った。採集から 1 日以内に残留物中から底生動物を回収し、多毛類は 70% エチルアルコール、その他の動物は 5% 海水ホルマリンで固定した。

固定された標本は、甲殻類は駒井、軟体類は黒住、多毛類を含むその他の動物は西により同定と定量がなされた。

3. 結果

表 1 に調査日と水深、ならびに底質環境を示す。底質は測点 Y-0、Y-1、Y-2、Y-4 が砂泥であったことを除き軟泥であった。ただし、測点 SN においては底質の締まりが高かった。

表 2 に出現生物の一覧を示す。刺胞動物門イソギンチャク類 1 種、環形動物門多毛類 22 種、軟体動物門腹足類 6 種、同門二枚貝類 12 種、節足動物門甲殻類 17 種、触手動物門ホウキムシ類 1 種、脊索動物門ホヤ類 2 種の計 60 種であった。このうちカワゴカイ属については今回は種の同定には至らなかった。また、岩崎ほか (2004) の指定する外来種としては、ホンビノスガイ、チチュウカイミドリガニ、マンハッタンボヤ?があった。そして付着性とみなされる種はホヤ類の 2 種があり、この 2 種は今調査の砂泥底生動物群集としての解析から除外した。

表 3 に各調査期における優占種を示す。3 回の調査で常に上位 10 位に入って多かった種はホトトギス、アサリで、2 回入っていたのはミズヒキゴカイ、ウミゴマツボ、アナジャコ、アシナガゴカイ、イトゴカイの一種 *Heteromastus filiformis*、コケゴカイ、イソギンチャクの一種であった。また、重量では 3 回とも入っていた種はオキシジミ、アサリ、シオフキ、ミズヒキゴカイ、ホトトギスガイ、アラムシロ、ヒメシラトリで、2 回入っていた種はイソギンチャクの一種であった。すなわち、数的には優占種の季節的变化は大きい、重量的には安定し、そのなかでも二枚貝類が主要な分類群であった。

図 2 に各調査時の出現個体数と湿重量分布を示す。貧酸素化の始まる前の 4 月、個体数ではゆりが浜沖の水深 2 m 以深 (測点 Y-2、Y-3、Y-4)、ならびに UFO 島沖水深 1 m 以深 (測点 U-1、U-2、U-3、U-4) で 50 個体 / 0.1 m² 以下と少なかったものの、全測点で動物の出現が見られた。湿重量で

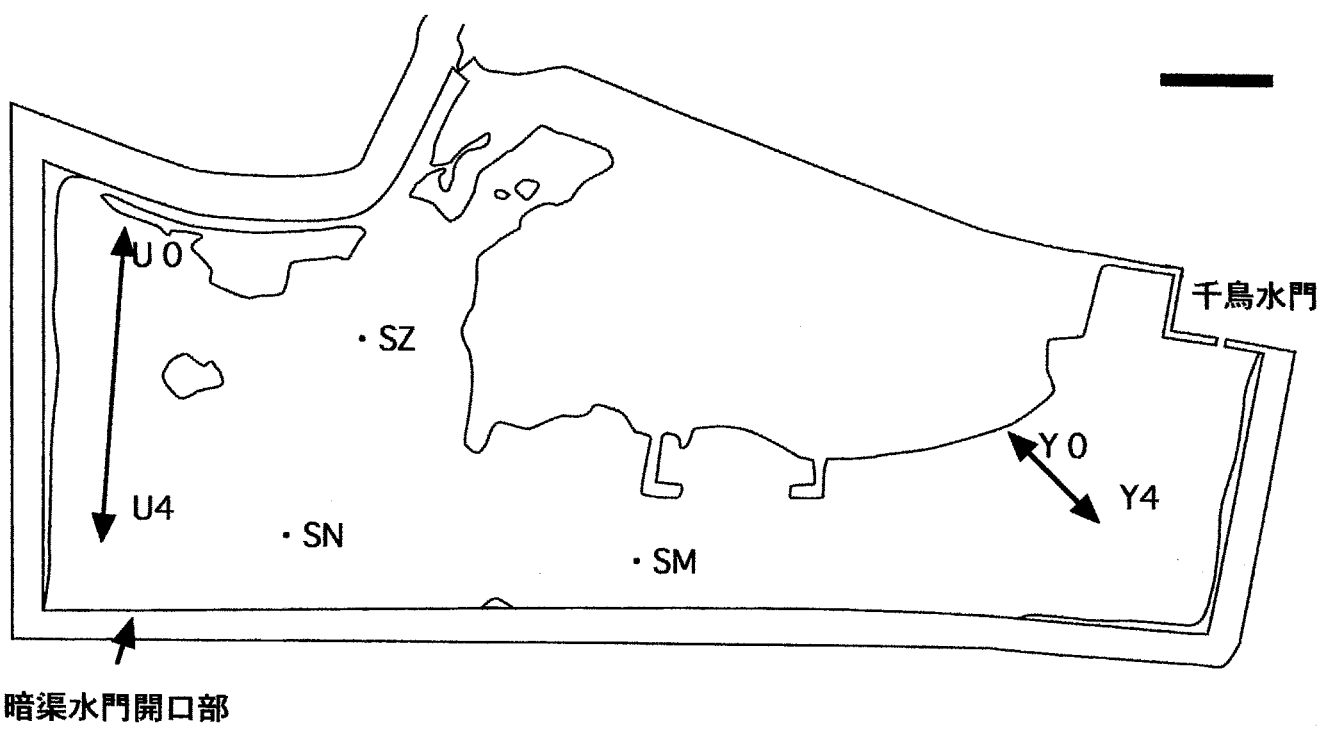


図1 調査測点

表1 調査測点と底質

2004.4.26			
測点	水深 (m)	水温 (°C)	底質の状態
Y-0	0	17.3	砂、無臭、還元層無
1	1.05	-	砂、泥、無臭、還元層無
2	2.05	17.3	砂、泥、無臭、還元層無
3	3.05	-	砂少、泥多い、無臭、還元層無
4	4.05	-	泥、無臭、還元層無
SK	3.45	17.3	泥、一部黒色、無臭
SN	1	-	泥、黒色部微小、無臭
SZ	0.2	-	泥、黒色部微小、無臭
U-0	0	18.6	砂、無臭
1	0.95	18.1	砂、泥、黒色部微小、無臭
2	1.85	17	泥、表面のみ酸化、ほとんど還元層、臭い少し有
3	2.25	17	泥、表面のみ酸化、還元層有、無臭
4	3.7	-	泥、表面のみ酸化、ほとんど還元層、臭い少し有

2004.8.16			
測点	水深 (m)	水温 (°C)	底質の状態
Y-0	0	28.1	砂泥、還元層・無臭
1	0.9	28	砂泥、還元層・無臭
2	1.85	23.5	砂、一部泥、還元層・無臭
3	3.05	23.5	泥、還元層・無臭
4	5.5	23.5	泥、還元層・無臭
SK	2.8	27.3	泥、還元層・無臭
SN	0.75	28	泥、還元層・無臭
SZ	0.2	29.2	泥、還元層・無臭
U-0	0	29.7	砂泥、還元層・無臭
1	0.8	29.2	泥、還元層・無臭
2	2	27.4	泥、還元層有、臭い少し有
3	3.1	27.6	泥、還元層有、臭い有
4	3.6	27.4	泥、還元層有、臭い有、表面のみ酸化

2004.11.15			
測点	水深 (m)	水温 (°C)	底質の状態
Y-0	0	17.2	砂泥、還元層・無臭
1	1	17.2	砂泥、還元層・無臭
2	2.1	17.5	砂泥、還元層・無臭
3	3.2	17	砂泥、還元層・無臭、アナジャコ巣穴多
4	4	17.3	泥、還元層・無臭、アナジャコ巣穴多
SK	3.4	17.3	泥、還元層少、無臭
SN	1.6	15.6	泥、還元層少、無臭
SZ	0.2	15.8	泥、還元層・無臭
U-0	0	15.8	泥、還元層・無臭
1	1	15.8	泥、還元層・無臭
2	1.9	15.6	泥、還元層少、無臭
3	3.05	16	泥、還元層有、無臭
4	3.9	16	泥、還元層有、無臭

表2 出現生物一覧。1979年の出現において○は同種記録あり、△は同定精度から同種とは判断できないが同種である可能性が高い。

門	綱	科	和名	学名	属性	1979年出現記録
刺胞動物	花虫		イソギンチャクsp.A			△
刺胞動物種数 1種						
環形動物	多毛	チロリ科	チロリ	<i>Glycera nicobarica</i>		△
			チロリ属の1種	<i>Glycera macintoshii</i>		△
		シロガネゴカイ科	ミナミシロガネゴカイ	<i>Nephtys polybranchia</i>		
		ゴカイ科	カワゴカイ類	<i>Hediste</i> spp.		△
			コケゴカイ	<i>Ceratonereis erythraensis</i>		△
			アシナゴカイ	<i>Neanthes succinea</i>		○
		サシバゴカイ科	ホソミサシバ	<i>Eteone</i> cf. <i>longa</i>		△
			サシバゴカイ科の1種	<i>Eumida</i> sp.		
		カギゴカイ科	クシカギゴカイ	<i>Sigambra phuketensis</i>		△
		ウロコムシ科	カクレウロコムシ属の1種	<i>Harmothoe</i> sp.		△
		ギボシイソメ科	コアシギボシイソメ	<i>Scoletoma nipponica</i>		△
		ナナテイスメ科	スゴカイイソメ	<i>Diopatra sugokai</i>		○
		スピオ科	ドロオニスピオ	<i>Pseudopolydora kempii</i>		○
			ポリドラ類の1種	<i>Polydora nuchalis</i>		△
			ホソエリタテスピオ	<i>Streblospio benedicti japonica</i>		
			ヤマトスピオ	<i>Prionospio japonica</i>		
			ヨツバネスピオA型	<i>Paraprionospio</i> sp. Type A		△
			マドカスピオ	<i>Spio filicornis</i>		
		ミズヒキゴカイ科	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriformia</i> cf. <i>comosa</i>		△
		ヒトエラゴカイ科	ヒトエラゴカイ属の1種	<i>Cossura</i> sp.		
		イトゴカイ科	イトゴカイ科の1種	<i>Heteromastus filiformis</i>		
			イトゴカイタイプ1	<i>Capitella capitata</i> sibling species type 1		△
環形動物種数 22種						
軟体動物	腹足	ワカウラツボ科	カワグチツボ	<i>Iravadia elegantula</i>		○
		ミスゴマツボ科	ウミゴマツボ	<i>Stenothyra edogawensis</i>		○
		オリレヨフバイ科	アラムシロ	<i>Reticunassa festiva</i>		○
		トウガタガイ科	ヨコイトカケギリ	<i>Cingulina cingulata</i>		○
			クチキレモドキの一種	" <i>Odostomia</i> " sp.		○
			マツシマコメツブ	<i>Decorifer matsusima</i>		
腹足綱種数 6種						
	二枚貝	フネガイ科	サルボオ	<i>Anadara kagoshimensis</i>		
			ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>		○
		バカガイ科	シオフキ	<i>Mactra quadrangularis</i>		○
			ヒメシラトリ	<i>Macoma incongrua</i>		○
		アサツガイ科	シズクガイ	<i>Theora fragilis</i>		○
		マテガイ科	マテガイ	<i>Solen corneus</i>		○
		マルスタレガイ科	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>		○
			オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>		○
			カガミガイ	<i>Disinia japonica</i>		○
			ホンビノスガイ	<i>Mercenaria mercenaria</i>	外来種	
		オオノガイ科	オオノガイ	<i>Mya arenaria oonogai</i>		
		オキナガイ科	ソトオリガイ	<i>Letemula truncata</i>		○
二枚貝綱種数 12種						
軟体動物種数 18種						
節足動物	甲殻	コノハエビ科	コノハエビ	<i>Nebalia japonense</i>		○
		クーマ科	ミツオビクーマ	<i>Diastylus tricinctus</i>		
		ニッポンシロクーマ科	ニッポンシロクーマ	<i>Nippoleucon enoshimensis</i>		
			ニホンドロソコエビ	<i>Grandidierella japonica</i>		△
		クチバシソコエビ科		<i>Synchelidium</i> sp.		
		ドロクダムシ科	トンガリドロクダムシ	<i>Monocolophium insidiosum</i>		△
		フトヒゲソコエビ科	未同定	<i>Lysianassidae</i> gen. sp.		
		クルマエビ科	シバエビ	<i>Metapenaeus joyneri</i>		
		モエビ科	トゲトゲモエビ	<i>Spirontocaris pectinifera</i>		
		テッポウエビ科	セジロムラサキエビ	<i>Athanas japonicus</i>		
		エビジャコ科	ウリタエビジャコ	<i>Crangon uritai</i>		○
		ハサミシャコエビ科	ハサミシャコエビ	<i>Laomedea astacina</i>		○
		アナジャコ科	アナジャコ	<i>Upogebia major</i>		
		ホンヤドカリ科	ユビナガホンヤドカリ	<i>Pagurus minutus</i>		○
		コブシガニ科	マメコブシガニ	<i>Philyra pisum</i>		○
		カクレガニ科	ラスパンマメガニ	<i>Pinnixa rathbuni</i>		○
		ワタリガニ科	チチュウカイミドリガニ	<i>Carcinus aestuari</i>	外来種	
節足動物種数 17種						
触手動物	樽虫	ホウキムシ科	ホウキムシの一種	<i>Phoronis</i> cf. <i>valida</i>		
触手動物種数 1種						
寄葉動物	ホヤ		ホヤ (薄黒、函着)		付着性	
			マンハッタンボヤ?		外来種・付着性	
寄葉動物種数 1種						
総出現種数 60種						

表3. 優占種（個体数ならびに重量での上位10種）

月	個体数優占種		重量優占			
	種名	個体数/0.1 m ²	種名	質量 mg/0.1 m ²		
4月	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriiformia cf. comosa</i>	19.6	オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	4433.8
	ウミゴマツボ	<i>Stenothyra edogawensis</i>	13.2	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	3396.1
	アナジャコ	<i>Upogebia major</i>	8.8	サルボオ	<i>Anadara kagoshimensis</i>	838.0
	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>	5.3	シオフキ	<i>Mactra quadrangularis</i>	722.2
	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	3.9	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriiformia cf. comosa</i>	287.2
	アシナガゴカイ	<i>Neanthes succenea</i>	3.4	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>	198.8
	イトゴカイ科の1種	<i>Heteromastus filiformis</i>	1.8	アシナガゴカイ	<i>Neanthes succenea</i>	193.5
	イトゴカイタイプI	<i>Capitella capitata sibling species type I</i>	1.5	アラムシロ	<i>Reticunassa festiva</i>	147.7
	チロリ属の1種	<i>Glycera macintoshi</i>	1.1	ヒメシラトリ	<i>Macoma incongrua</i>	141.5
	コケゴカイ	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	1.0	イソギンチャクの一様 sp.A		129.0
	イソギンチャクの一様 sp.A		1.0			
	クシカゴカイ	<i>Sigambra phuketensis</i>	1.0			
	8月	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>	108.0	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>
アサリ		<i>Ruditapes philippinarum</i>	25.9	オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	8386.1
イトゴカイ科の1種		<i>Heteromastus filiformis</i>	1.8	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	6467.1
コケゴカイ		<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	1.6	ヒメシラトリ	<i>Macoma incongrua</i>	368.1
アラムシロ		<i>Reticunassa festiva</i>	1.1	アラムシロ	<i>Reticunassa festiva</i>	204.8
チロリ属の1種		<i>Glycera macintoshi</i>	0.7	アナジャコ	<i>Upogebia major</i>	139.7
カワゴカイ類		<i>Hediste spp.</i>	0.7	シオフキ	<i>Mactra quadrangularis</i>	132.0
イソギンチャクの一様 sp.A			0.6	オオノガイ	<i>Mya arenaria oonogai</i>	115.5
コアシギボシソメ		<i>Scoletoma nipponica</i>	0.6	イソギンチャクの一様 sp.A		109.3
マテガイ		<i>Solen corneus</i>	0.5	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriiformia cf. comosa</i>	78.8
11月	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriiformia cf. comosa</i>	33.0	オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	12110.5
	ウミゴマツボ	<i>Stenothyra edogawensis</i>	12.1	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	9070.9
	アサリ	<i>Ruditapes philippinarum</i>	5.0	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>	1359.5
	アシナガゴカイ	<i>Neanthes succenea</i>	4.7	ヒメシラトリ	<i>Macoma incongrua</i>	385.7
	ホトトギス	<i>Musculista senhousia</i>	4.4	カガミガイ	<i>Disinia japonica</i>	291.2
	オキシジミ	<i>Cyclina sinensis</i>	1.2	ホヤ（薄黒、固着）		279.1
	アラムシロ	<i>Reticunassa festiva</i>	1.1	シオフキ	<i>Mactra quadrangularis</i>	172.2
	アナジャコ	<i>Upogebia major</i>	0.9	ミズヒキゴカイ	<i>Cirriiformia cf. comosa</i>	117.1
	ニホンドロソコエビ	<i>Grandidiereilla japonica</i>	0.8	アラムシロ	<i>Reticunassa festiva</i>	114.2
	イトゴカイ科の1種	<i>Heteromastus filiformis</i>	0.6	マメコブシガエ	<i>Philyra pisum</i>	78.8

は、ゆりが浜沖では測点 Y-1 での $64.8 \text{ g} / 0.1 \text{ m}^2$ を最高に水深の増加とともに $3.2 \text{ g} / 0.1 \text{ m}^2$ まで減少した。また、UFO 島沖では湿重量は低く、特に測点 U-1、U-2、U-3 では $1 \text{ g} / 0.1 \text{ m}^2$ に達しなかった。湿重量のほとんどは二枚貝類で占められていた。

貧酸素期である 8 月では、ゆりが浜沖の測点 Y-0 と Y-1 を除いて個体数は $50 / 0.1 \text{ m}^2$ と少なく、特に UFO 島沖の深部、測点 U-3 では $4 / 0.1 \text{ m}^2$ 、U-4 では $2 / 0.1 \text{ m}^2$ と著しく少なかった。湿重量も個体数と同様の傾向にあり測点 U-3 と U-4 では $0.005 \text{ g} / 0.1 \text{ m}^2$ と著しく少なかった。

貧酸素状態からの回復期である 11 月では、個体数はゆりが浜沖では腹足類と環形動物、UFO 島沖では環形動物と二枚貝類の増加による底生動物群集の回復が見られた。しかし、湿重量の回復は顕著ではなかった。

これらの結果は、深部では基本的に生物の生息は少なく、特に閉鎖性の高い UFO 島沖の深部では貧酸素期に無生物状態近くまで生物群集が衰退し、不安定な環境であることを示していた。

4. 考察

今回の調査では、風呂田 (1980) による 1979 -1980 年の潟湖における調査結果と比較して、多毛類や小型の甲殻類において新たに出現し多種が多く見られた (表 3)。これは今回、同定精度が向上したため出現種名の変更ならびに新たに同定された種の記載増加が大きく貢献したためである。そのなかで、1979 年においても同定が確かな腹足類、二枚貝類、大型甲殻類相との比較で今回新たに出現が確認されたのは、マツシマコメツブ、サルボオ、ホンビノスガイ、オオノガイ、シバエビ、アナジャコ、チチュウカイミドリガニがある。これらの中で、ホンビノスガイとチチュウカイミドリガニは 1980 年代以降に日本に定住したもの (岩崎ら 2004) であり、東京湾での定住により潟湖内での生息が始まったものであろう。サルボオやシバエビは近隣の東京湾部で出現があり、湖内での生息もその延長であらう。また、オオノガイやアナジャコは湖内では 1990 年代には干潟部の下部を中心に豊富な生息があり (風呂田、未発表資料)、その生息がいまだに継続しているとみなされる。さらに、マツシマコメツブは小櫃川河口沖前浜干潟で出現するが、その密度や分布域は限定的である (風呂田・黒住、未発表資料)。今回新浜湖で出現が確認

されたことは、本種が東京湾に広く生息している可能性を示している。

一方、1979年には出現したが、今回確認されなかった種としてチヨノハナガイがあるが、本種は東京湾の湾口部の泥底に多い種であり（風呂田 1985）、湖内へは偶発的に侵入していたのだろう。これらのことは、潟湖内の底生動物群集は外来種の新たな侵入を受けながらも、1979年以降大きな変化をしめしていないと言えよう。

潟湖造成約5年後、千鳥水門の開放による潮汐作用の影響を受けるようになってから2年後の1979年の貧酸素期にあたる8月のゆりが浜沖の底生動物湿重量は2から70 g / 0.1 m²、UFO 島沖では0から8 g / 0.1 m²の間であった（風呂田 1980）。またその翌年の貧酸素解消後の1980年の5月でのゆりが浜沖の底生動物湿重量は20から30 g / 0.1 m²、UFO 島沖では0.5から8 g / 0.1 m²の間であった（風呂田 1980）。これに対して今回の調査では4月ではゆりが浜沖で3から65 g / 0.1 m²、UFO 島沖で0.2から6 g / 0.1 m²で、8月でのゆりが浜では2から189 g / 0.1 m²、UFO 島沖では0.004から70 g / 0.1 m²であった。同時期においても測点間の値に大きな差異があり、これら両調査期の比較は困難であるが、酸素回復期（4月）のゆりが浜沖の測点において湿重量の最低値（測点 U-4）が今回の調査の方が低く、深部の底質環境悪化が水門開口後進行しつつある可能性が指摘され、今後の検証が求められる。

今回の調査では、閉鎖的な水域となっている UFO 島沖の深部で酸素回復期でも生物量は少なく、また生物相も変化が大きかった。したがって、底生動物の生息環境としては、貧酸素化のみならず、粒度や還元状態など底質自体の環境が悪化していることが示された。千鳥水門からの流入潮汐流の影響により貧酸素化の進行が抑制されているゆりが浜沖では、岸に近い斜面部では比較的豊富な底生動物の生息が見られたものの、最深部では湿重量は常に少なかった。これらのことは新浜湖における底生動物の生息環境の回復には、潟湖全体での貧酸素化の抑制とともに深部の底質環境の改善が求められることを示唆している。

参考文献

風呂田利夫 1980. 新浜湖の底生動物調査（1979年度）. 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告書 V, 自然保護課委託調査, 新浜研究会. P.

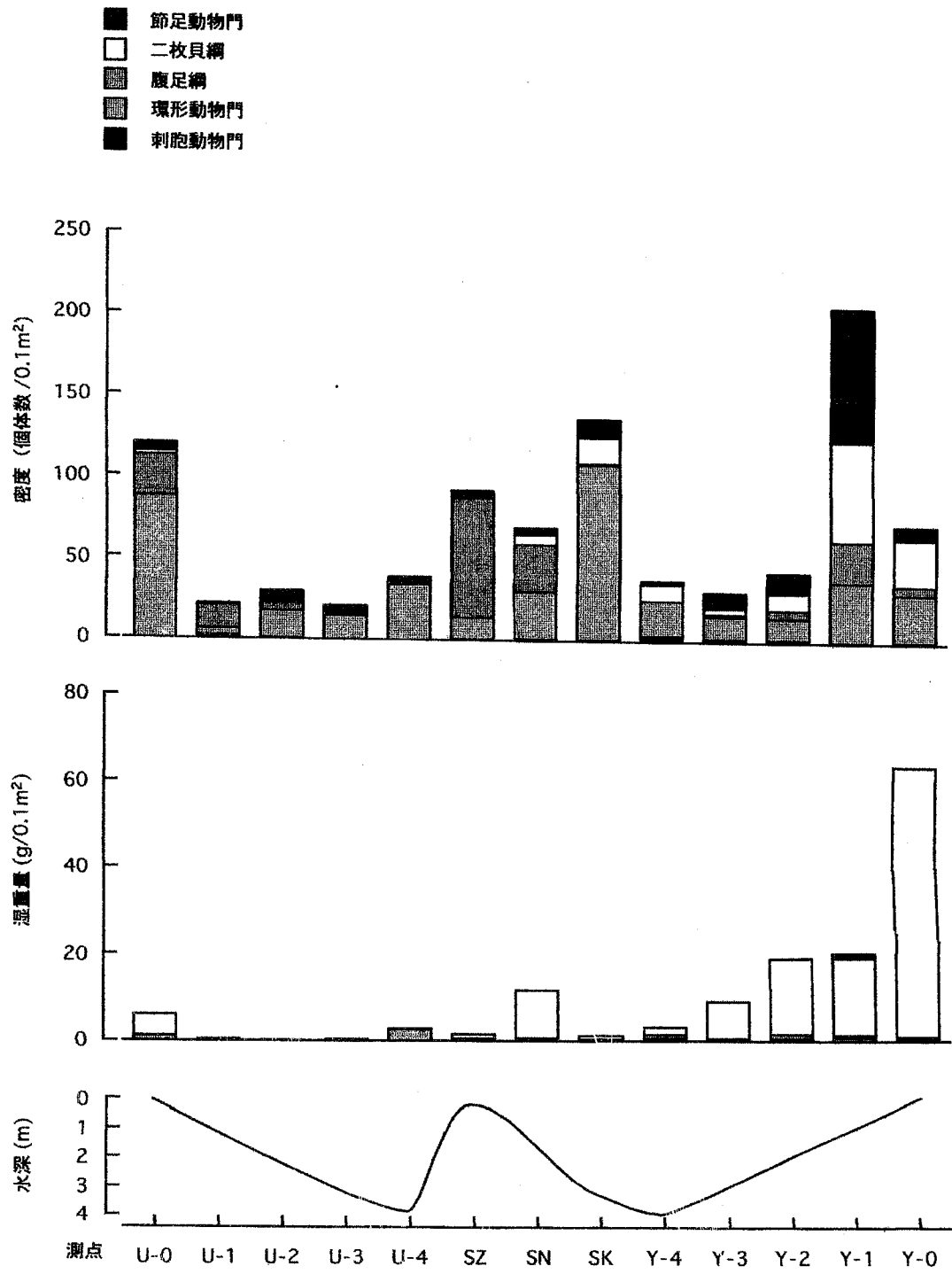


図 2-1 水深と底生動物 (4月)

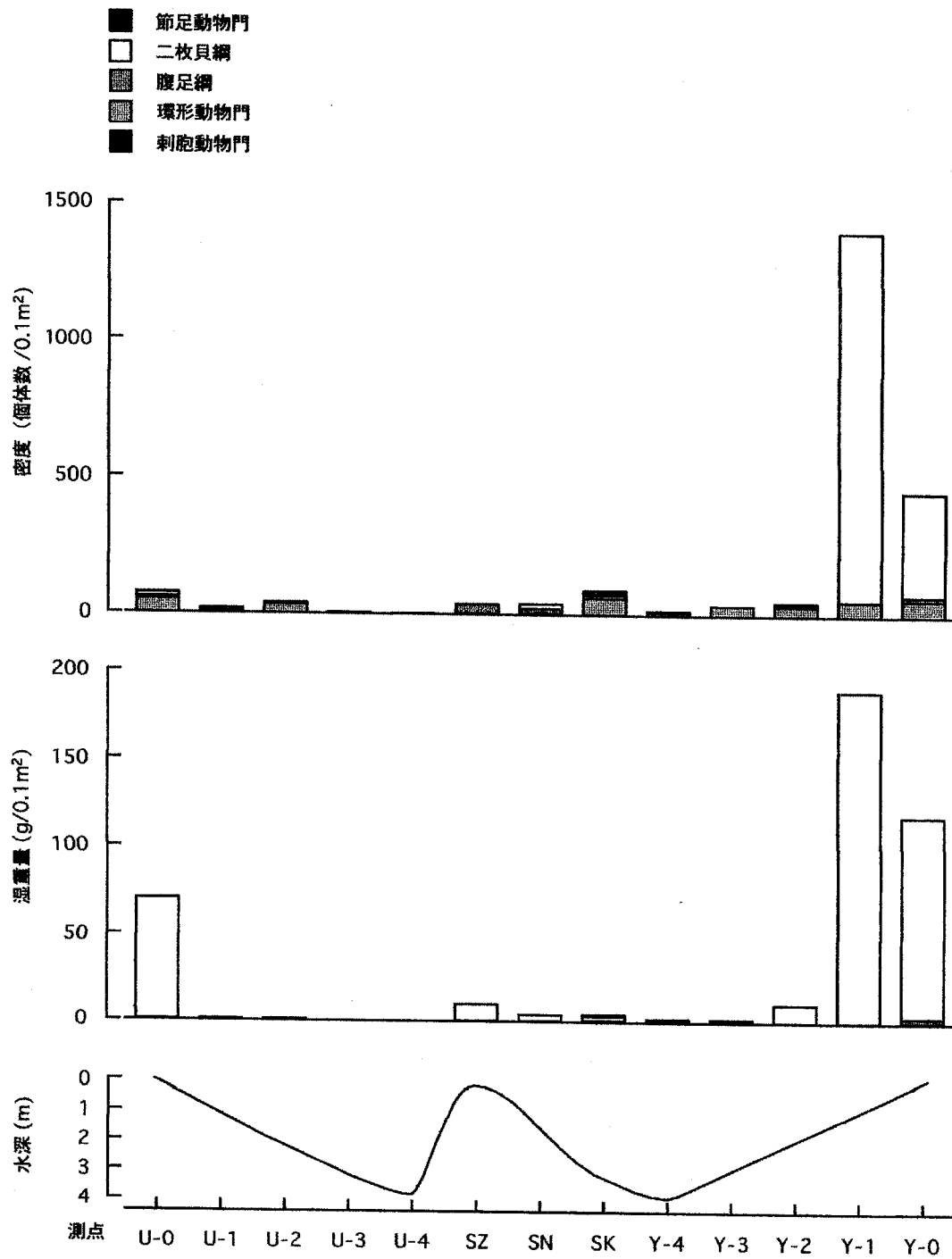


図 2-2 水深と底生動物 (8 月)

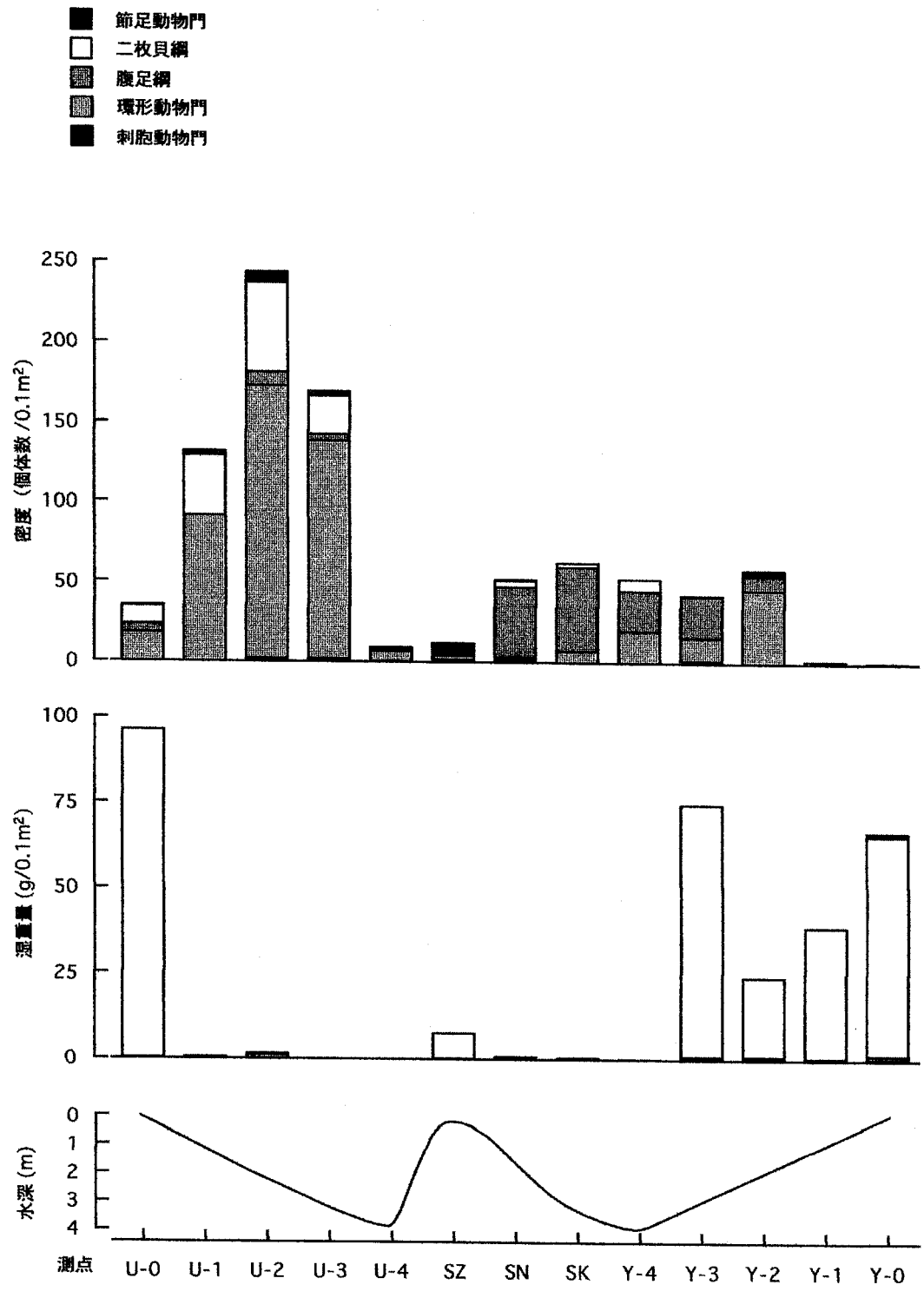


図 2-3 水深と底生動物 (11 月)

10-17.

風呂田利夫 1985. 東京湾の底生動物分布からみた汚濁海域での個体群維持機構に関する考察. 海洋と生物, 40 :346-352

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 育男・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 : 22-42.

II. 新浜湖におけるカワアイ *Cerithidea djadjariensis* (Martin, 1899)の個体群特性

中山聖子 (東邦大学理学部), 高崎隆志 (日本エヌ・ユー・エス (株)),
飯島明子 (NPO 法人日本国際湿地保全連合), 風呂田利夫 (東邦大学理学部)

1. はじめに

カワアイ *Cerithidea djadjariensis* (Martin, 1899)は内湾潮間帯の泥場、アシ原内に生息する中腹足目フトヘナタリ科に属する巻貝である (図 1)。本種は以前日本全国に普通に見られ、東京湾においても戦後数十年は多数生息していたと言われている。現在では各地で個体群が減少し、東京湾内では東京湾奥部に残された人工潟湖である新浜湖の個体群のみが残されていて絶滅が危惧されている。しかし本種の生態学的研究は少なく、特に個体群生態に関する知見は乏しい。本調査は新浜湖におけるカワアイの生息状況とその生態学的特性を明らかにすることを目的として行った。

2. 調査方法

調査は新浜湖内でカワアイの生息が確認されている UFO 島沿岸および鈴が浦沿岸の 2 箇所で行った (図 2)。UFO 島沿岸は軟泥質の干潟で陸域のヨシ群落から次第に泥質干潟へと移行している。鈴が浦沿岸は砂泥質で底質の状態は比較的締まっている。また陸域と海域との間に多少の段差があり構造的に隔てられている。

2004 年 4 月から 10 月の間にほぼ月 1 回の間隔で計 6 回調査を行った。カワアイは気温の低下にともない底質に潜り活動を停止することから、冬には目視による採集が困難になるため調査は春から秋の間に行なわれた。

各調査地を 5m×5m のメッシュに区切り、区画毎に出現する全てのカワアイの採集を行った。採集されたカワアイの殻表面に個体識別番号を付け、殻高を測定した後採集された場所に再放流した。卵塊が確認された場合は数と確認位置を記録した。



図1 カワアイ



図2 調査地

□ : 調査エリア

3. 結果

図 3 に UFO 島および鈴が浦沿岸において採集されたカワアイの殻高分布を示した。UFO 島、鈴が浦いずれも 4 月、6 月には殻高 36mm 前後の 2 歳以上の大型個体のみ採集され、この大型個体のモードは調査期間中一定に保たれていた。7 月には昨年生まれの 1+歳と考えられる約 12mm の小型個体が UFO 島で数個体出現し、8 月には鈴が浦においても多数採集され 16mm にモードを持つ年級群を形成した。この 1 歳のモードは 9 月に 23mm、10 月に 26mm に達し、速い速度で成長している様子うかがえた。さらに 10 月には今年生まれと考えられる約 10mm の新規加入個体が確認された。

カワアイの殻高分布から 2+歳、1+歳、0+歳に分類しそれぞれの殻高平均値を算出しその季節変化を追跡した (図 4)。調査開始時から継続して採集されている 2+歳の大型個体の殻高平均値は約 36mm で調査期間中ほぼ一定だった。7 月に採集された 1+歳は夏から秋にかけて成長し 10 月には約 26mm に達した。調査終了時の 10 月に採集された 0+歳とそれ以前の 7 月に採集された 1+歳の殻高平均値はほぼ一致した。

UFO 島におけるカワアイの年級群毎の分布と卵塊の分布を図 5 に示した。カワアイは 2 歳以上の大型個体、1 歳の小型個体および 0 歳の新規加入個体いずれも最大満潮線付近のヨシ群落との境界に多く分布した。卵塊は 7~8 月に観察され、卵塊の分布とカワアイの分布は重なっていた。同様に鈴が浦でのカワアイの分布を図 6 に示した。カワアイは鈴が浦でも海岸線付近に集中して分布した。卵塊は UFO 島よりも 1 ヶ月早い 6~8 月にかけて観察された。8 月には大型個体が減少したが、周辺に移動したためなのか底質内に潜ってしまい採集されなかったのかは不明である。

個体識別番号をつけたカワアイの再捕率から、UFO 島および鈴が浦沿岸に生息するカワアイの個体数を推定した (表 1)。カワアイは 8 月以降に 1+歳の小型個体が多数出現することから採集個体数が増加し、それに伴い推定個体数も増加した。UFO 島における再捕率は平均 33%で、推定個体数は約 430 個体だった。鈴が浦での再捕率は平均 28%で、推定個体数は約 740 個体だった。UFO 島の潮間帯の面積は約 550m²で、カワアイの個体密度は 1m²あたり約 0.78 個体、鈴が浦の潮間帯の面積は約 750m²で、カワアイの個体密度は 1m²あたり約 0.99 個体と推定された。

個体識別番号をつけたカワアイが採集された位置から本種の行動範囲を予測した。調査期間中に連続して採集されたカワアイの採集地点を模式地図上にラインで結んで示した（図 7）。UFO 島における行動範囲は直径 15m 程度の範囲内に限られていて、調査期間中ずっと同じ地点で確認された個体も複数存在した。鈴が浦での行動範囲は UFO 島よりやや広く、直径 30m ほどに達した。UFO 島と鈴が浦の両方で確認された個体は全く存在しなかった。

4. 考察

10月に採集された0+歳と7月の1+歳の殻高平均値がほぼ一致することから、カワアイは新規加入後12mm程度まで成長した後、低温期には活動を停止するため成長しないまま越冬することが予測された。春の温度上昇に伴い活動を再開させたカワアイは夏から秋にかけて急速に成長し、冬の活動停止前までに殻高約26mmに達する。その後は同様な活動周期で成長を続けると考えられるが、現時点ではこの1+歳の殻高平均値と大型の2+歳の殻高平均値にはまだ10mm程度の開きがあり、成長を停止させる殻高約36mmに達するまでにどの位の年月を要するのか今回の調査では明らかにできなかった。

卵塊と小型個体の出現状況から新浜湖におけるカワアイの繁殖期は夏で、新規加入期は秋であることがわかった。また、2歳以上、1歳、0歳の3つの年級群が確認されたことから、カワアイは新浜湖において再生産を行っており、正常に個体群が維持されていることがわかった。

今年度の調査では UFO 島および鈴が浦沿岸域の2箇所において、約1,170個体のカワアイが生息することが推測された。新浜湖では鈴が浦沿岸から北に続くウラギク湿地においてもカワアイの生息が確認されていることから、新浜湖全域ではおそらく数千個体のカワアイが生息しているものと考えられる。

本種の行動特性として移動は狭い範囲に限られていて、成体になってからの長距離分散は行わないことが予測された。カワアイでは底質に産み落とされた卵塊からプランクトン幼生が発生することから（波部 1955）、本種の分散はもっぱら幼生期になされると考えられる。カワアイと近縁のフトヘナタリ科に属する巻貝では底質選好性があることが知られている（Sreenivasan 1995, 真木他 2002, 安東 2005）。また近年ウミニナ類の絶滅が危ぶまれているが、その要因として発生段階にプランクトン幼生期を持つ種は、生息場である干潟

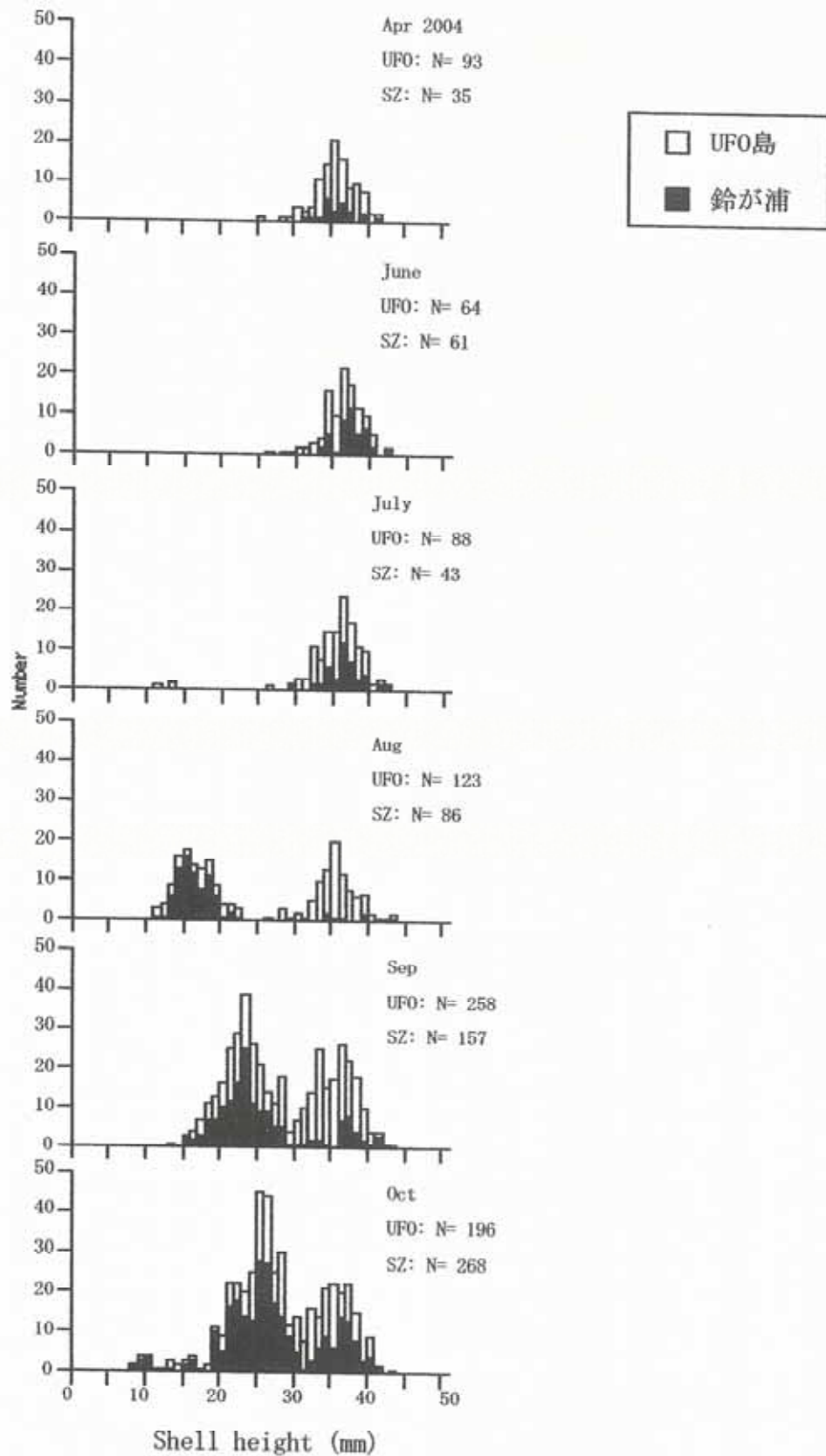


図3 UFO島および鈴が浦沿岸におけるカワアイのサイズ組成の季節変化

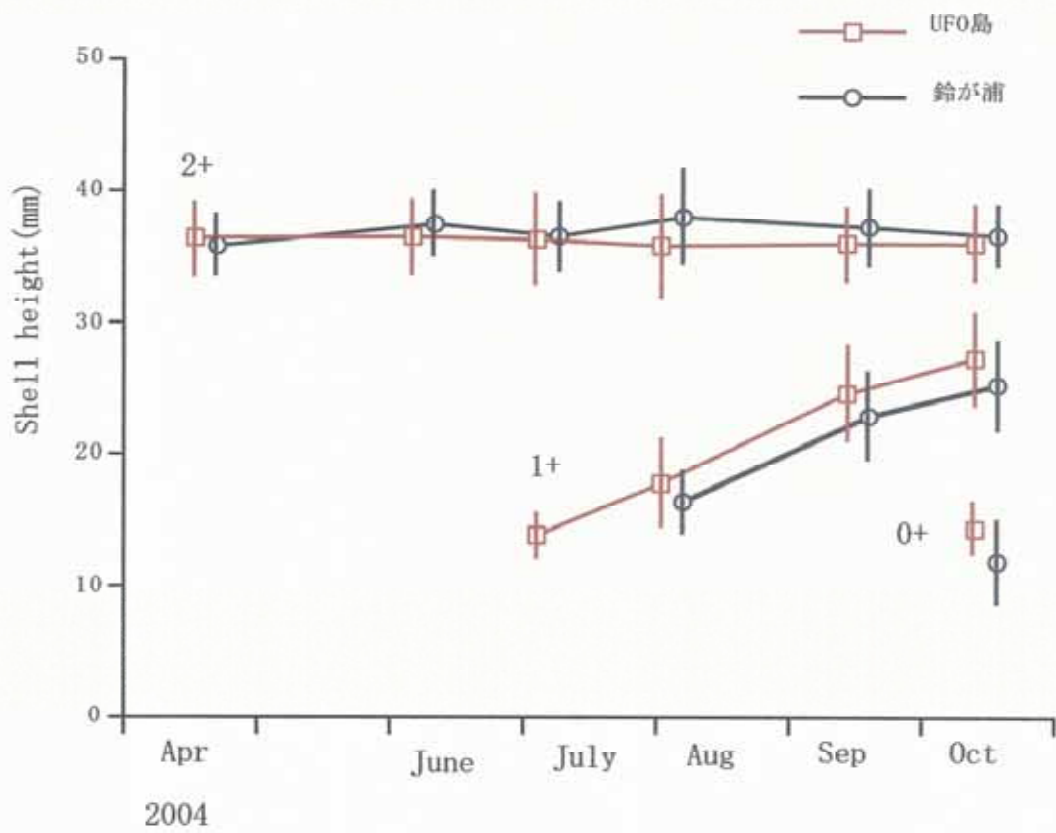


図4 UFO島および鈴が浦におけるカワアイの殻高平均値の季節変化

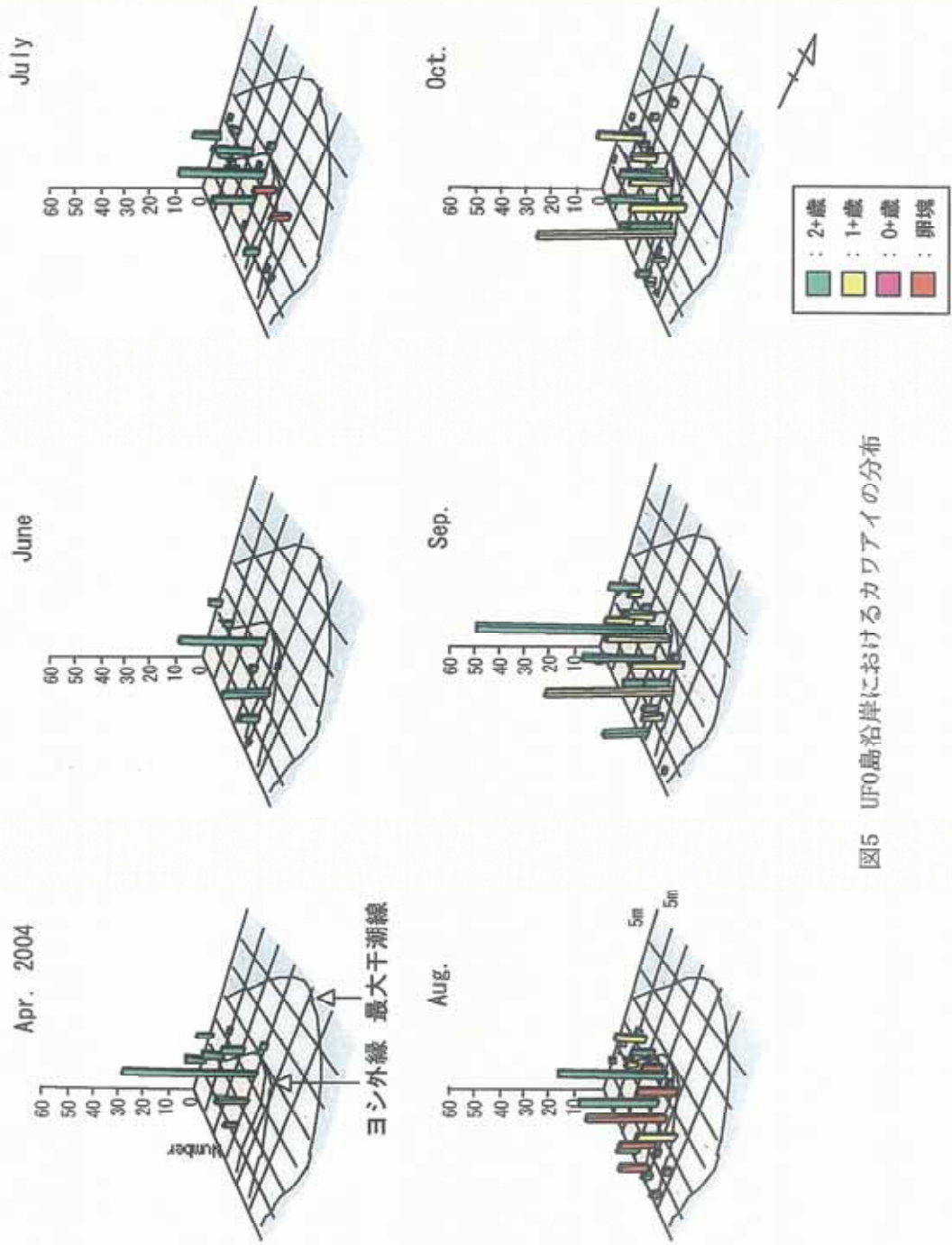


図5 UF0島沿岸におけるカワアユの分布

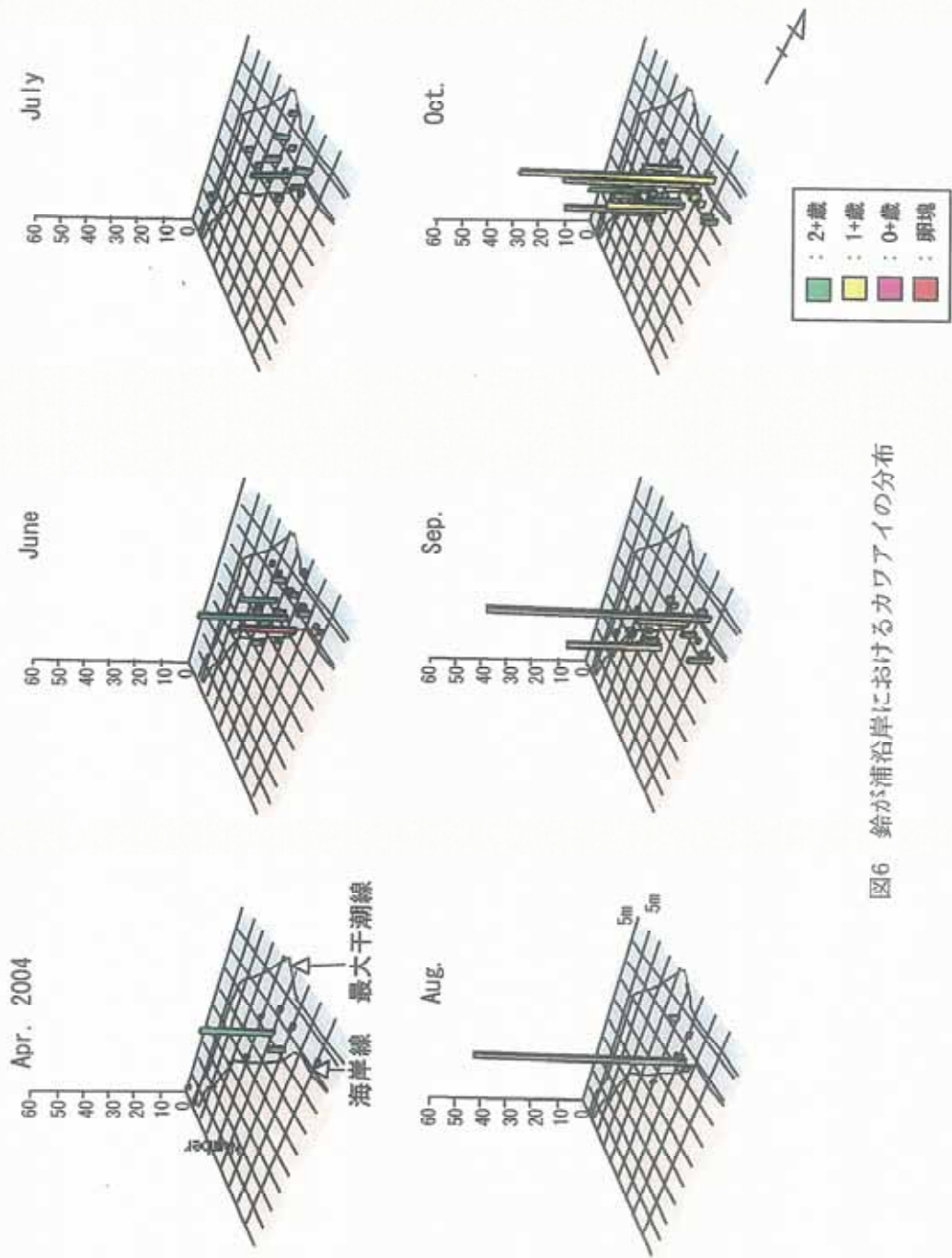


図6 鈴が浦沿岸におけるカワアいの分布

表1 UFO島および鈴が浦沿岸におけるカワアイの再補率と推定個体数

再補率= 再補数/前月までの標識個体数×100

推定個体数= 採集個体数/再補率×100

U F O 島					
	前月までの標識個体数	再補数	採集個体数	再補率(%)	推定個体数
7. Jun	85	20	64	23.53	272.00
5. Jul	85	25	88	29.41	299.20
2. Aug	88	24	123	27.27	451.00
13. Sep	120	42	258	35.00	737.14
12. Oct	213	106	196	49.77	393.85
平均	118	43	146	33.00	430.64

鈴 が 浦					
	前月までの標識個体数	再補数	採集個体数	再補率(%)	推定個体数
7. Jun	23	13	61	56.52	107.92
5. Jul	85	28	43	32.94	130.54
2. Aug	85	6	86	7.06	1218.33
13. Sep	146	16	157	10.96	1432.63
12. Oct	182	60	268	32.97	812.93
平均	104	25	123	28.09	740.47

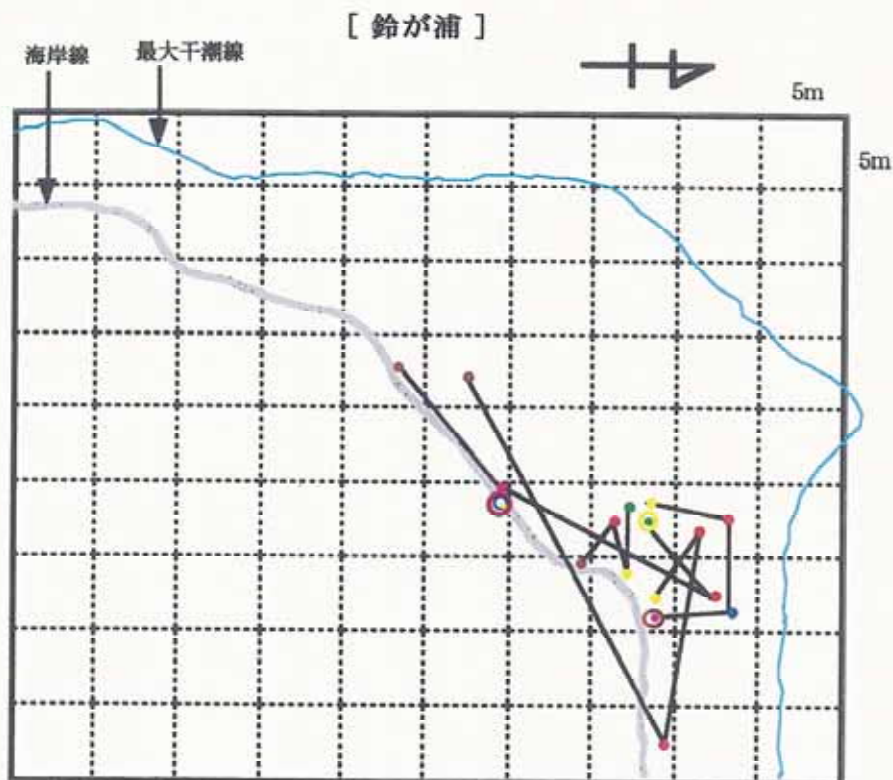
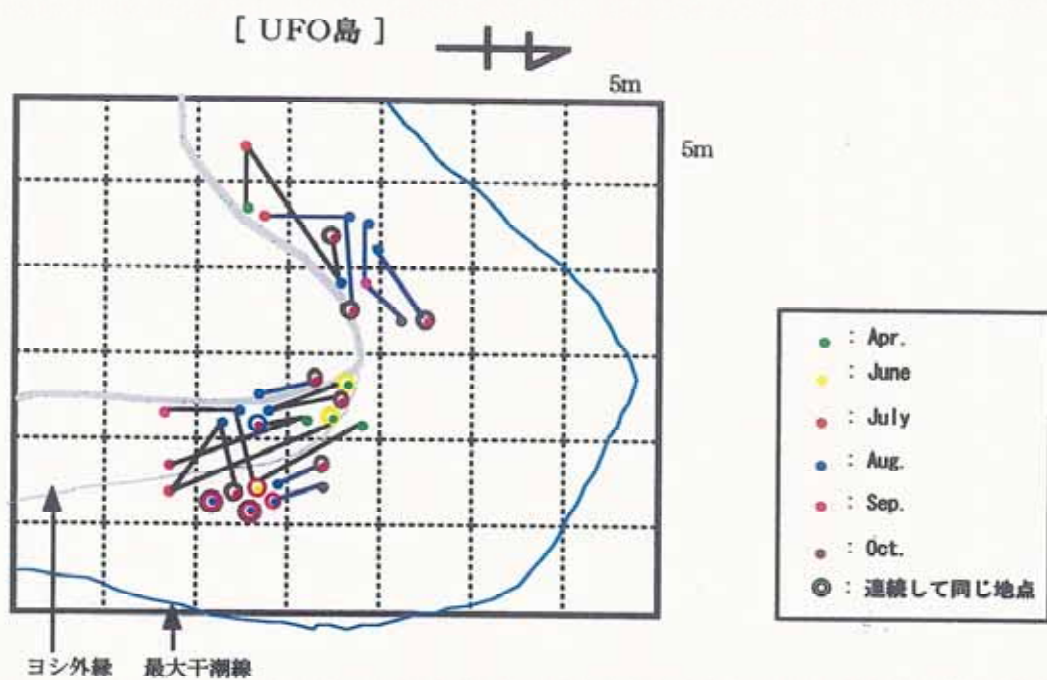


図7 カワアイの行動範囲

(調査期間中に同じ個体が採集された地点をラインで結んだ。

細線(黒) : 大型個体 (2+歳) 、太線(青) : 小型個体 (1+歳)

環境の多くが消失したことにより浮遊分散をしても好適な着底場所を発見できないことがあげられている（風呂田 2000）。新浜湖に生息するカワアイも軟泥質の干潟を好み、新浜湖内での生息域も西部に限られている。カワアイ個体群が各地で減少している原因として、生息環境である泥質干潟の消失が考えられるが、泥質干潟が安定的に存在する新浜湖は本種の個体群維持にとって貴重な場所であるといえよう。

5. 参考文献

- 波部忠重 1955. カワアイとフトヘナタリの産卵. 貝類学雑誌 18: 204-205.
- 安東美穂, 富山清升 2005. マングローブ干潟におけるヘナタリ（腹足綱：フトヘナタリ科）のサイズ分布の季節変化. Venus, 63(3-4): 145-151.
- 風呂田利夫 2000. 内湾の貝類, 絶滅と保全 - 東京湾のウミニナ類の衰退からの考察 -. 月刊海洋, 号外 20: 74-82.
- 真木英子, 大滝陽美, 富山清升 2002. ウミニナ科一種とフトヘナタリ科3種の分布と底質選好性：特にカワアイを中心にして. Venus, 61: 61-76.
- Sreenivasan, P. V. 1995. Digestive system and physiology of digestion in a style-bearing mesogastropod snail *Cerithidea cingulata* (Gmelin). Journal of the Marine Biological Association of India 37: 11-21.

III. 新浜湖の仔稚魚相

河野 博 (東京海洋大学魚類学研究室)

1. はじめに

東京湾の湾奥に位置する新浜湖の魚類、とくに仔稚魚については、1975年から5年間にわたって集中的に調査が行われ、その成果は「千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告」として公表されている(新浜研究会, 1979~1980)。また、加納ほか(2000)によっても、新浜湖をふくめた東京湾内湾干潟域での仔稚魚調査が行われている。さらに最近では、東京湾内湾や外湾でかなり多くの仔稚魚相研究が見られる。

そこで本報告では、まず、新浜湖での仔稚魚の出現様式を明らかにした。さらに、とくに過去の新浜湖の研究結果や小櫃川、あるいは葛西人工渚西浜の仔稚魚相と本報告の結果を比較した。本報告の目的は、これらの比較研究によって近年の新浜湖の環境状況を明らかにすることである。

2. 調査方法

採集は東京湾の湾奥にある新浜湖の2地点(百合が浜と高校側水門)の干潟域の水深50から80cmくらいで行った(図1)。採集期間は2004年4月から12月の各月(高校側水門では4月の調査はしていない)。採集には袖網部の長さ4m、深さ1m、網目2mmで胴網部の長さ3.5m、網目0.8mmの地曳き網(Kanou et al., 2002)を用い、毎月1回、20mあるいは30mの距離を1~3回曳網した。採集の終了とともに表層水の水温と塩分を測定した(5月から測定)。採集物は現場でただちに10%ホルマリンで固定し、研究室に持ち帰った。その後、魚類のみを選別し、種の同定と個体数の計数を行った。出現個体数については、1000 m²あたりの個体数の換算も行った。作業の終わった標本については、70%エチルアルコール液に移し変え、東京海洋大学水産資料館の所蔵標本として保管している。なお、和名と学名は中坊(編)(2000)にしたがった。

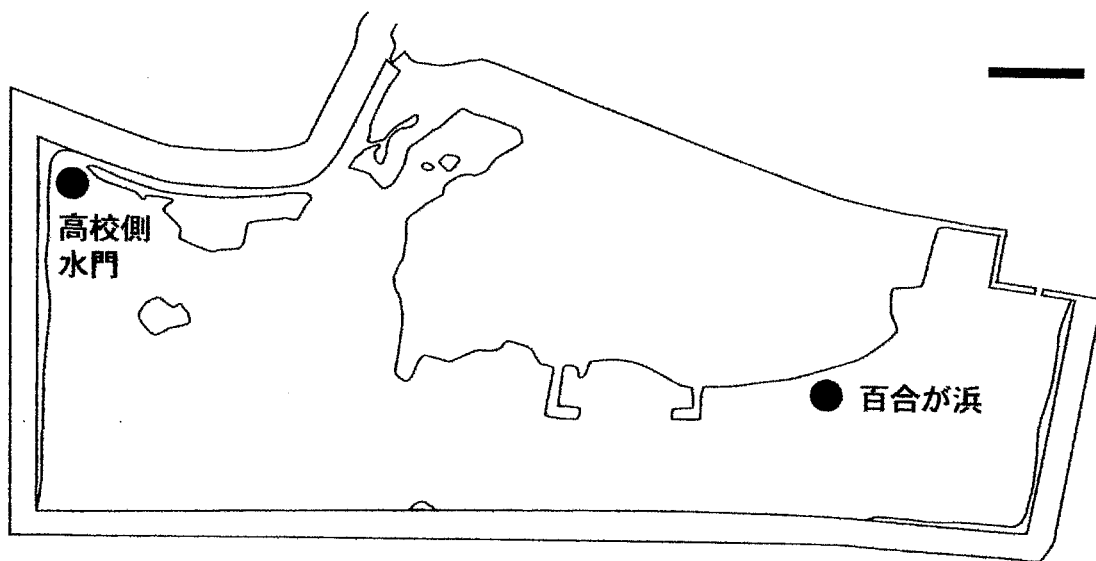


図1 調査地点

本研究との比較として、過去の新浜湖調査（竹内・安田，1980（調査期間は1979年4月から1980年5月）；加納ほか，2000（調査期間は1997年4月から1998年3月）），小櫃川調査（竹内・安田，1980（元々のデータは辻（1980）のもので，調査期間は1977年4月から1978年1月）；加納ほか，2000（調査期間は1997年4月から1998年3月）），葛西臨海公園の調査（桑原ほか，2003（調査期間は2000年9月から2001年8月））で得られた結果を用いた。多様度については，加納ほか（2000）の多様度指数 B を用いた方法をさらに簡単にした次の方法で比較した。すなわち，個体数上位1番目から k 番目の種までの総個体数に占める割合を積算し， x 軸に種の順位を， y 軸に積算割合をプロットした。個体数順位が低くなるほど（ x の値が大きくなると），積算割合は100%に近づくことになる。なお，積算割合が95%以上になる種の順位を個体数多様度決定種順位とした（加納ほか（2000）での多様度決定要因の個体数順位と同じ）。

3. 結果

水温と塩分

水温は，春から夏にかけては高校側水門でやや高く，秋から冬にかけては百合が浜でやや高かった（図2）。百合が浜の最高は7月の29.8℃，最低は12月の10.7℃，高校側水門の最高は7月の33.3℃，最低は12月の8.7℃だった。

塩分は冬にやや高く，夏にやや低い傾向を示した。また，高校側水門の方が百合が浜よりもやや低かった。最高は両地点とも30%（高校側水門では12月，百合が浜では11月と12月），最低は25%（高校側水門では8月と10月，百合が浜では8月）だった。

高校側水門では，北側にある淡水の水路からポンプで水をくみ上げているため，やや塩分が下がる。しかし，場所的に最も奥まったところにあり，海水の循環も良くないため，夏季には水温がかなり上昇する。さらに，底質も両地点で砂泥質ではあるが，高校側水門の方で泥質度が高く（粒子が細かく），透明度も低い。

出現魚種の概要

9目13科35種以上、22,811個体が出現した(表1)。

スズキ目では4科、ニシン目では2科が出現したが、ほかの7目では1科が出現した。種数ではハゼ科が最も多く18種以上で、次いでニシン科の3種、スズキ科の2種であった。

個体数で最も多いのはエドハゼ(9,362個体、全体の41.0%)で、次いでマハゼ(7,824個体、34.3%)、ニクハゼ(3,373個体、14.8%)、ピリンゴ(1,234個体、5.4%)であった。これら4種21,793個体で全体の95.5%を占めた。また、ハゼ科22,643個体で99.3%を占めた。1個体しか出現しなかったのは、ソトイワシ、カタクチイワシ、スズキ、ハゼ科sp.2、ヒモハゼ、クサフグの6種で、また2~5個体しか採集されなかった種はニシン目sp.1とsp.2、マルタ、スズキ科sp.、コトヒキ、ナベカ、シモフリシマハゼ、スジハゼ、トビハゼ、ヒメハゼ、イシガレイの11種であった。

頻度としては、9回の採集のうち9回とも出現したのがエドハゼとニクハゼ、8回がピリンゴとマハゼ、6回がチチブ、5回がハゼ科sp.1とアベハゼ、マサゴハゼであった。1回しか採集されなかった種も多く、ソトイワシ、ニシン目sp.1とsp.2、サツバ、カタクチイワシ、マルタ、クルマサヨリ、スズキ科sp.、スズキ、コトヒキ、ナベカ、ハゼ科sp.2、ハゼ科spp.、シモフリシマハゼ、ヒメハゼ、ヒモハゼ、イシガレイ、およびクサフグであった。

出現種数は夏から秋に多く、春と冬では少なかった(表1)。最も多いのは7月(17種)で、次いで9月(16種)、8月(15種)だった。また、少ないのは12月の5種と11月の6種だった。

一方、出現個体数は春が最も多く、次第に減少していった(表1)。最も多かったのは4月(14,030個体、112,240個体/1,000㎡)で次いで5月(6,188個体、70,128個体/1,000㎡)、7月(1,121個体、4,005個体/1,000㎡)、6月(872個体、5,100個体/1,000㎡)であった。最低は12月の62個体(253個体/1,000㎡)だった。

百合が浜と高校側水門の比較

出現魚種は百合が浜の21種に対して高校側水門では31種であった(表2, 3)。百合が浜にだけ出現したのは、ヒメハゼ、ヒモハゼ、イシガレイの3種で、高校側水門にだけ出現したのは、未同定種を除いて、ソトイワシ、カタクチイワシ、マルタ、クルマサヨリ、スズキ、ナベカ、シモフリシマハゼ、スジ

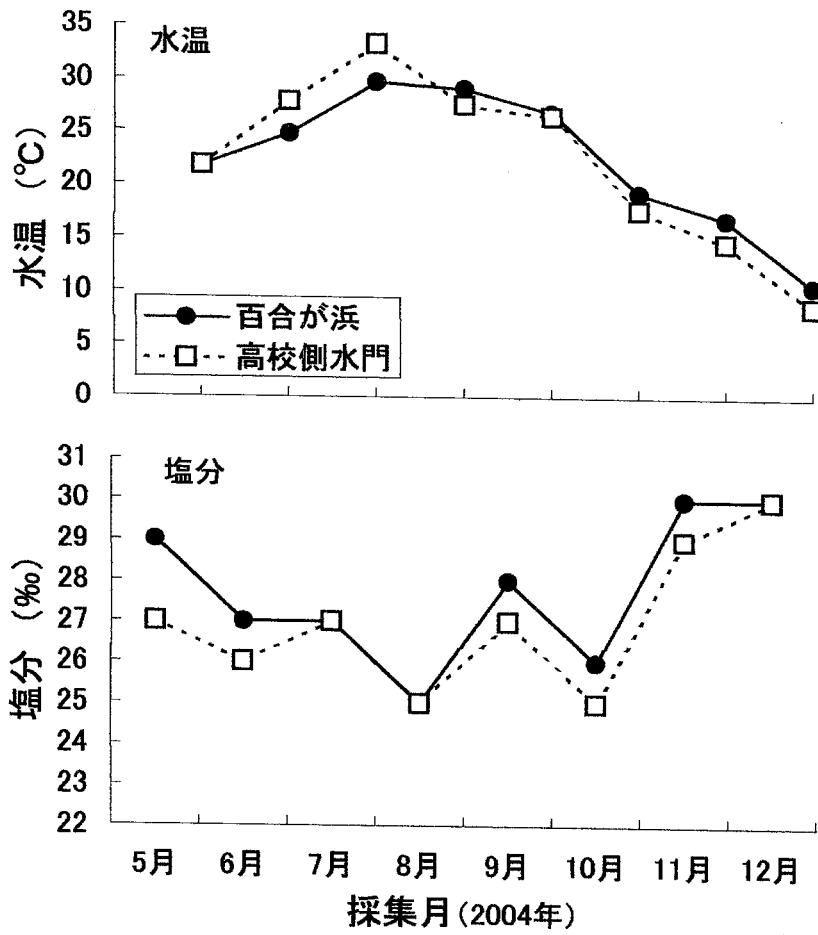


図2. 新浜湖(百合が浜と高校側水門)の水温と塩分の経月変化.

表1. 新浜湖で2004年4月から12月に採集された仔稚魚

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	総個体数	出現回数	個体 /1,000m ²
ソトイワシ目												
ソトイワシ科												
ソトイワシ						1				1	1	10
ニシン目												
ニシン目sp.1						4				4	1	40
ニシン目sp.2						2				2	1	7
ニシン科												
ニシン科sp.			5	15	5					25	3	138
コノシロ		4	2	3	3					12	4	116
サッパ										6	1	47
カタクチイワシ科												
カタクチイワシ							1			1	1	10
コイ目												
コイ科												
マルタ			4							4	1	40
ボラ目												
ボラ科												
ボラ	22	26	19	3						70	4	774
トウゴロウイワシ目												
トウゴロウイワシ科												
トウゴロウイワシ					3	21				24	2	87
ダツ目												
サヨリ科												
クルメサヨリ						6				6	1	60
スズキ目												
スズキ科												
スズキ科sp.												
スズキ		1							2	2	1	20
ヤカタイサキ科										1	1	16
コトヒキ					2					2	1	13
イソギンボ科												
ナベカ				2						2	1	10
ハゼ科												
ハゼ科sp.1					42	51	1	4	1	99	5	890
ハゼ科sp.2					1					1	1	10
ハゼ科spp.				322						322	1	1463
アシシロハゼ				1		2	4			7	3	28
アベハゼ		2	1	181	4	8				196	5	897
ウキゴリ	21	64								85	2	872
エドハゼ	5187	4096	56	8	8	1	2	1	3	9362	9	90939
シモフリシマハゼ						3				3	1	30
スジハゼ				1			1			2	2	15
チチブ			4	1	1	2	1	1		10	6	95
トビハゼ				2	1					3	2	20
ニクハゼ	2446	46	358	298	12	1	63	95	54	3373	9	22859
ヒメハゼ				3						3	1	5
ヒモハゼ						1				1	1	3
ピリンゴ	129	698	204	94	24	43	26	16		1234	8	8490
マサゴハゼ				68	22	7	10		2	109	5	743
マハゼ	6217	1245	219	118	12	7	4	2		7824	8	66047
ミズハゼ	3	6								9	2	120
カレイ目												
カレイ科												
イシガレイ	5									5	1	40
フグ目												
フグ科												
クサフグ				1						1	1	5
総個体数	14030	6188	872	1121	141	165	113	119	62	22811		
総種数	8	10	10	17	15	16	10	6	5	35		
個体/1,000m ²	112240	70128	5100	4005	990	1163	523	557	253			

表2. 百合が浜(新浜湖)で2004年4月から12月に採集された仔稚魚

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	総個体数	出現回数	個体 /1,000m ²
ソトイワシ目												
ソトイワシ科												
ソトイワシ												
ニシン目												
ニシン目sp.1										2	1	7
ニシン目sp.2												
ニシン科										2	1	7
ニシン科sp.			5	1						6	2	18
コノシロ					2					2	1	7
サツバ										2	1	7
カタクチイワシ科										2	1	7
カタクチイワシ												
コイ目												
コイ科												
マルタ												
ボラ目												
ボラ科												
ボラ	22	2	1							25	3	195
トウゴロウイワシ目												
トウゴロウイワシ科												
トウゴロウイワシ					2	21				23	2	77
ダツ目												
サヨリ科												
クルメサヨリ												
スズキ目												
スズキ科												
スズキ科sp.												
スズキ												
ヤカタイサキ科												
コトヒキ					1					1	1	3
イソギンボ科												
ナベカ												
ハゼ科												
ハゼ科sp.1					13					15	3	50
ハゼ科sp.2									1			
ハゼ科spp.				44						44	1	73
アシンロハゼ				1						6	3	18
アベハゼ				51			2	3		51	1	85
ウキゴリ	21	40								61	2	488
エドハゼ	5187	2057	42	6	7	1	2	1	2	7305	9	58145
シモフリシマハゼ												
スジハゼ												
チチブ												
トビハゼ												
ニクハゼ	2446	9	355	296	12	1	58	78	52	3307	9	21987
ヒメハゼ				3						3	1	5
ヒモハゼ						1				1	1	3
ビリンゴ	129	690	132	59	24	41	26	16		1117	8	7447
マサゴハゼ							1			1	1	3
マハゼ	6217	812	8	19	1	3				7060	6	56304
ミミズハゼ	3									3	1	24
カレイ目												
カレイ科												
イシガレイ	5									5	1	40
フグ目												
フグ科												
クサフグ												
総個体数	14030	3610	543	480	63	73	91	95	55	19040		
総種数	8	6	6	9	9	8	6	3	3	21		
個体/1,000m ²	112240	28880	1810	800	210	243	303	317	183	144987		

表3. 高校側水門(新浜湖)で2004年5月(4月には採集を行わなかった)から12月に採集された仔稚魚.

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	総個体数	出現回数	個体 /1,000m ³
ソトイワシ目												
ソトイワシ科												
ソトイワシ						1				1	1	10
ニシン目										1	1	10
ニシン目sp.1						4				4	1	40
ニシン目sp.2												
ニシン科												
ニシン科sp.				14	5					19	2	120
コノシロ		4	2	3	1					10	4	109
サツバ										4	1	40
カタクチイワシ科												
カタクチイワシ									1	1	1	10
コイ目												
コイ科												
マルタ			4							4	1	40
ボラ目												
ボラ科												
ボラ		24	18	3						45	3	579
トウゴロウイワシ目												
トウゴロウイワシ科												
トウゴロウイワシ					1					1	1	10
ダツ目												
サヨリ科												
クルマサヨリ						6				6	1	60
スズキ目												
スズキ科												
スズキ科sp.									2	2	1	20
スズキ		1								1	1	16
ヤカタイサキ科												
コトヒキ					1					1	1	10
イソギンボ科												
ナベカ				2						2	1	10
ハゼ科												
ハゼ科sp.1					29	51		4		84	3	840
ハゼ科sp.2					1					1	1	10
ハゼ科 spp.				278						278	1	1390
アシシロハゼ							1			1	1	10
アベハゼ		2	1	130	4	8				145	5	812
ウキゴリ		24								24	1	384
エドハゼ		2039	14	2	1				1	2057	5	32794
シモフリシマハゼ						3				3	1	30
スジハゼ				1			1			2	2	15
チチブ			4	1	1	2	1	1		10	6	95
トビハゼ				2	1					3	2	20
ニクハゼ		37	3	2			5	17	2	66	6	872
ヒメハゼ												
ヒモハゼ												
ピリンゴ		8	72	35		2				117	4	1043
マサゴハゼ				68	22	7	9		2	108	5	740
マハゼ		433	211	99	11	4	4	2		764	7	9743
ミミズハゼ		6								6	1	96
カレイ目												
カレイ科												
イシガレイ												
フグ目												
フグ科												
クサフグ				1						1	1	5
総個体数	-	2578	329	641	78	92	22	24	7	3771		
総種数	-	10	9	15	12	11	7	4	4	31		
個体/1,000m ³		41248	3290	3205	780	920	220	240	70	49973		

ハゼ、チチブ、トビハゼ、クサフグの 11 種にのぼった。

出現個体数は百合が浜の 19,040 個体に対して、高校側水門では 3,771 個体であった。また、1,000 m²あたりの採集個体数も、百合が浜の 144,987 個体に対して高校側水門では 49,973 個体であった。採集個体数が 5 個体以下の種は、未同定種を除いて、百合が浜ではコノシロ、サッパ、コトヒキ、ヒメハゼ、ヒモハゼ、マサゴハゼ、ミミズハゼ、イシガレイの 8 種である（表 2）のに対し、高校側水門ではソトイワシ、サッパ、カタクチイワシ、トウゴロウイワシ、スズキ、コトヒキ、ナベカ、アシシロハゼ、シモフリシマハゼ、スジハゼ、トビハゼ、クサフグの 12 種（表 3）であった。

多様度を表す図を図 3 に示す。上で述べたように種数は高校側水門の方が多かった。また、個体数多様度決定種順位は高校側水門の 7 種に対して百合が浜では 4 種だった。その一方で、高校側水門では最も個体数の多い 1 種（エドハゼ）だけで全体の個体数の 65.6%を占めたが、百合が浜ではエドハゼの 40.1%であった。

これまでの研究との比較

表 4 に本研究およびこれまでの新浜湖と小櫃川、および葛西人工渚で採集された魚種を示す。なお、シラウオ sp.とマゴチ sp.1、ニベ科 sp.以外の未同定種は省いた。

確認された種数は小櫃川で多く 29 種あるいは 30 種であったのに対し、新浜湖では 21 種（過去の研究）あるいは 28 種（本研究）であった。葛西では 29 種が記録されている（表 4 には葛西に出現したすべての魚種を示しているわけではない）。また、種数で多いのはハゼ科魚類で、本研究では 15 種を記録した。過去の研究では、小櫃川では 6 種あるいは 10 種であるのに対して、新浜湖では 6 種あるいは 9 種であった。一方、ハゼ科以外の種数では小櫃川で多く、20 種あるいは 23 種であった。新浜湖では 12~15 種で、葛西では 18 種であった。

小櫃川でのみ得られたのは、アカエイ、イシカワシラウオ、ヨウジウオ、サンゴタツ、ダツ、アイナメ、ニベ科 sp.、カワハギ、およびメバル、イネゴチ、クロダイ、シマイサキ、ベニツケギンポ、チクゼンハゼ、アイゴ、ギマ、アミメハギの 17 種である。このうちアカエイからカワハギまでの 8 種は 1980 年以前の調査で、またメバルからアミメハギまでの 9 種は 1990 年代後半の

調査でのみ採集されている。

さらに、新浜湖だけで採集されたのは、ソトイワシ、マルタ、シラウオ sp., コボラ、メナダ、クルマサヨリ、イシモチ、アカハゼ、アベハゼ、ウキゴリ、トビハゼ、マサゴハゼ、マコガレイの 13 種であった。このうち、過去の調査では採集されたが、今回の調査では採集されなかったのは、シラウオ sp., イシモチ、アカハゼ、マコガレイの 4 種、その逆に今回の調査のみで採集されたのはソトイワシだけであった。

個体数多様度決定種順位は本研究全体では 4 種だったが、1980 年以前の新浜湖では 3 種、小櫃川では 7 種、葛西では 7 種であった (図 4)。また、最も個体数の多い種類が占める割合は、本研究ではエドハゼの 47.3%、1980 年以前の新浜湖ではマハゼの 78.2%、小櫃川ではコノシロの 33.7%、および葛西ではエドハゼの 41.0%であった (加納ほか (2000) については、個体数の比較は行わなかった)。

4. 考察

まず、新浜湖内の百合が浜と高校側水門を比較すると、どちらかに出現した種は 14 種で、このうちクルマサヨリ以外は 5 個体以下しか採集されなかった。これらの種は遇来的に来遊したと考えられる。種数では高校側水門で多いが、これは新浜湖の中でも奥まったところにあり、さらに水質や底質が良い状態とはいえないため、これらの遇来種が取り残された可能性が高い。

したがって、百合が浜と高校側水門とでは、仔稚魚相としてはあまり相違のないものと判断された。

新浜湖の仔稚魚相で特徴的なのは、「ハゼ類が多い」ということである。これは個体数でも (ハゼ科のみで全体の 99.3%を占める)、種類数 (35 種中 18 種) でも、あるいは出現頻度 (9 回の採集のうち、5 回以上出現したのはハゼ科の 8 種) でも優占していた。また、これらのほとんどは春に出現していた。その一方で、ハゼ科以外の 17 種では、採集個体数は少なく、出現頻度も 1 回から 4 回であった。また、出現した 26 種・月のうち、初夏から初秋の 6 月から 9 月に出現したのは 20 種・月であった。

これらの結果から、「春には数種のハゼ科仔稚魚が大量に発生・来遊し、初夏から初秋にかけては個体数の少ない多くの種類が遇来的に来遊する」といっ

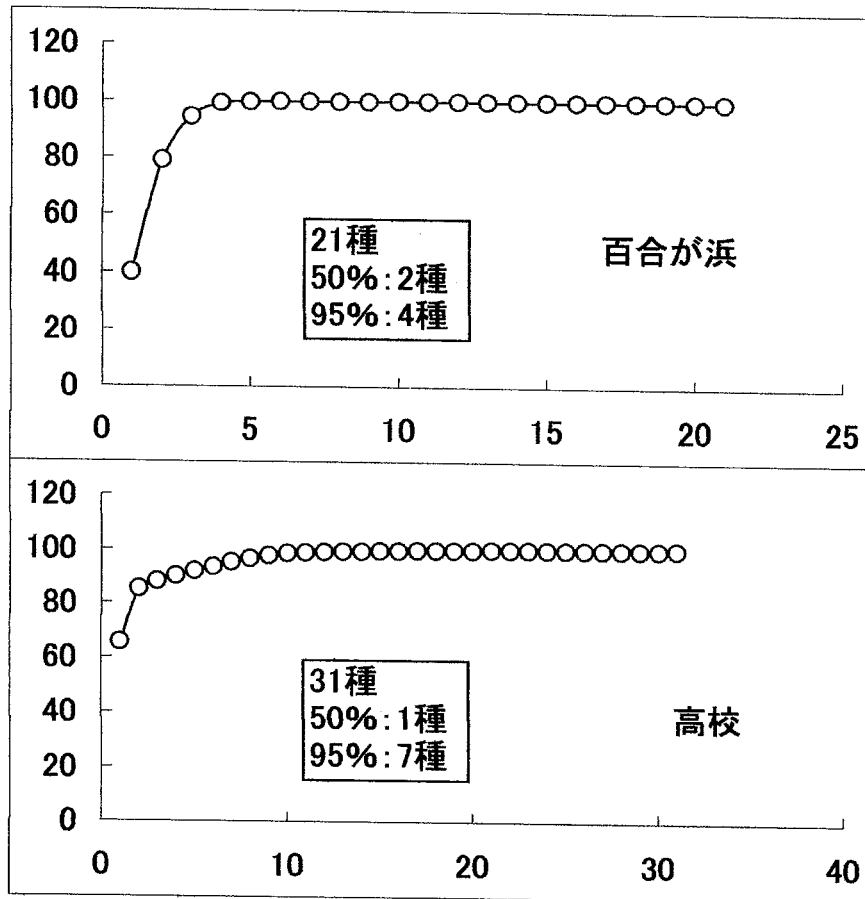


図3. 新浜湖(百合が浜と高校側水門)で2004年4月から12月に採集された仔稚魚の個体数多様度決定種順位. X-軸は個体数の多い順にならべた種. Y-軸は総個体数に占める各種の割合の積算したもの.

表4. 本研究と過去との研究で採集された仔稚魚の比較(その1)

	本調査		加納ほか(2000)		竹内・安田(1980)		土田ほか(2003)	
	(1,000m ²)		(1は出現のみを示す)		(1,000m ²)		(個体数)	
	(個体数)		新浜湖	小櫃川	新浜湖	小櫃川		
エイ目								
アカエイ科								
アカエイ							0.1	
ソトイワシ目								
ソトイワシ科								
ソトイワシ	1	10.0						
ウナギ目								
ウナギ科								
ウナギ				1		20	0.1	
アナゴ科								
(マ)アナゴ								
ニシン目								
ニシン科								
コノシロ	12	115.7	1	1	1,175	121.6		1328
サツパ	6	46.7	1		142	0.5		1994
カタクチイワシ科								
カタクチイワシ	1	10.0					0.1	9
コイ目								
コイ科								
マルタ	4	40.0	1					
サケ目								
アユ科								
アユ					1	10	0.2	2429
シラウオ科								
イシカリ(ワ)シラウオ							0.1	
シラウオsp.						10		
トゲウオ目								
ヨウジウオ科								
ヨウジウオ							0.7	1
サンゴタツ							0.1	
ダツ目								
ダツ科								
ダツ							0.7	
ボラ目								
ボラ科								
コボラ				1				
セスジボラ				1	1		0.8	
ボラ	70	774.3	1	1	550	0.2		11
メナダ			1		10			
トウゴロウイワシ目								
トウゴロウイワシ科								
トウゴロウイワシ	24	86.7	1		10	3		13
ダツ目								
サヨリ科								
クルマサヨリ	6	60.0	1					
カサゴ目								
カサゴ科								
メバル				1				1
コチ科								
マゴチsp1.				1	5			2
イネゴチ				1				
アイナメ科								
アイナメ							0.1	
スズキ目								
スズキ科								
スズキ	1	16.0	1	1	155	85.2		1328
ヒイラギ科								
ヒイラギ				1	65	19.5		111
キス科								
キス								15
タイ科								
クロダイ				1				

(続く)

表4. 本研究と過去との研究で採集された仔稚魚の比較(その2)

	本調査		加納ほか(2000)		竹内・安田(1980)		土田ほか(2003)
	(1,000m ²)		(1は出現のみを示す)		(1,000m ²)		
	(個体数)		新浜湖	小櫃川	新浜湖	小櫃川	(個体数)
ニベ科							
ニベ科sp.							
イシモチ						0.1	
ヤカタイサキ科					10		
コトヒキ	2	13.3	1	1			0.1
シマイサキ				1			
タウエガジ科							
ベニツケギンポ				1			
ニシキギンポ科							
ギンポ			1	1			2.9
イソギンポ科							28
ナベカ	2	10.0					
ハゼ科							
アカハゼ							
アシシロハゼ	7	28.3	1	1	1025		
アベハゼ	196	897.0	1				130
ウキゴリ	85	872.0	1				305
エドハゼ	9362	90939.3	1	1	7550	0.2	138
シモフリシマハゼ	3	30.0					10799
スジハゼ	2	15.0	1	1	25		
チクゼンハゼ				1			
チチブ	10	95.0		1			
トビハゼ	3	20.0					378
ニクハゼ	3373	22858.7	1	1	10		
ヒメハゼ	3	5.0	1	1		0.5	21
ヒモハゼ	1	3.3		1		10.6	13
ピリンゴ	1234	8490.0	1	1		1	18
マサゴハゼ	109	743.3				40.1	2190
マハゼ	7824	66046.7	1	1	50		
ミミスハゼ	9	120.0			39355	58.6	5032
アイゴ科							
アイゴ				1			
カレイ目							
カレイ科							
イシガレイ	5	40.0		1	90	9.7	34
マコガレイ					35		
フグ目							
ギマ科							
ギマ				1			16
カワハギ科							
アミメハギ				1			
カワハギ						0.1	
フグ科							
クサフグ	1	5.0		1		4	2
種数	28		21	30	21	29	29(*)
(ハゼ科を除いた種数)	13		12	20	15	23	(*)

(*) 葛西についてはすべての出現種をここに示しているわけではない。

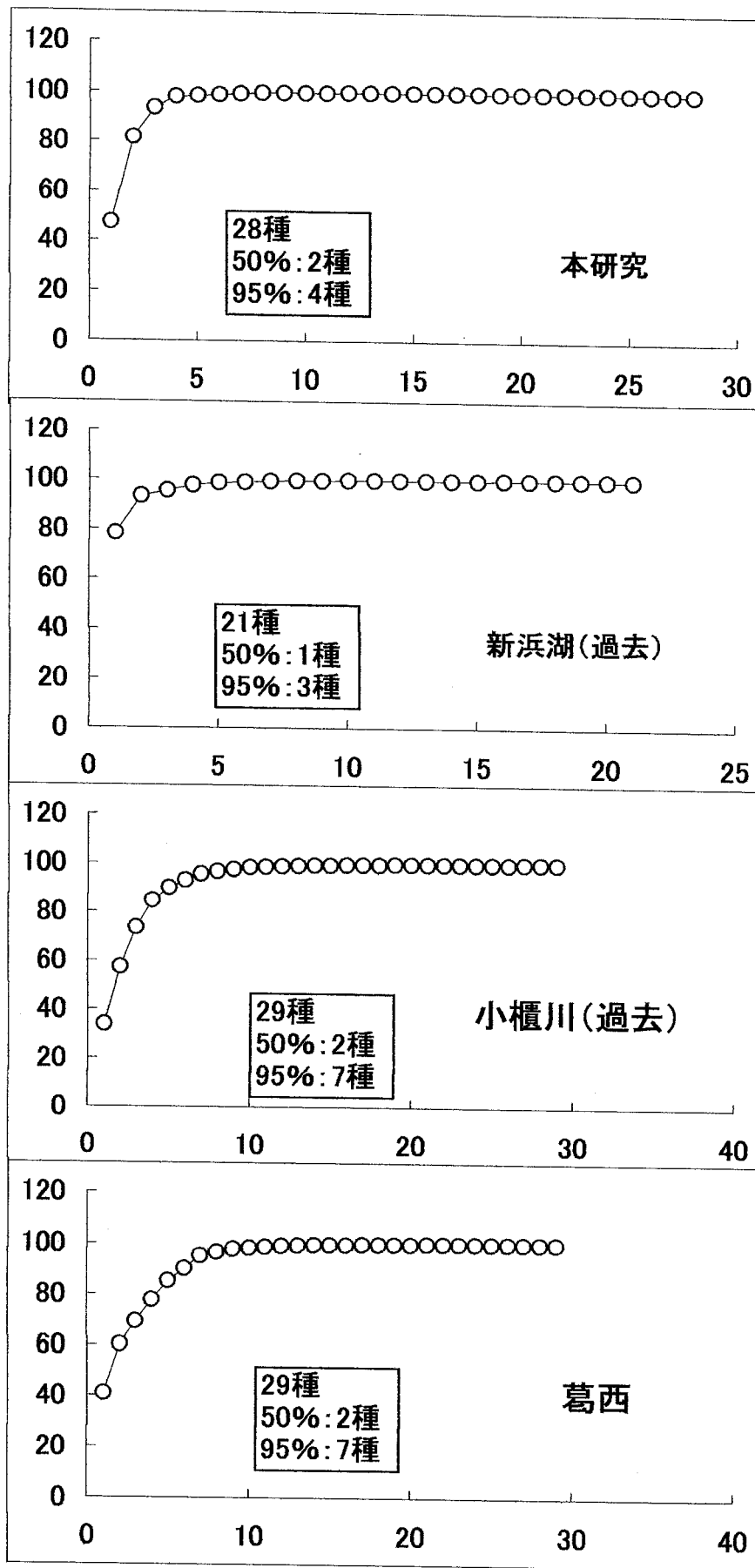


図4. 新浜湖と過去の研究とで採集された仔稚魚の個体数多様度決定種順位. X-軸は個体数の多い順にならべた種. Y-軸は総個体数に占める各種の割合の積算したもの. 出典と採集期間については本文を参照のこと.

たことが新浜湖の仔稚魚相の特徴であると考えられる。

過去の結果と比較すると、新浜湖だけではなく小櫃川でもハゼ科魚類の出現種数が増えている（未同定種を除くと、小櫃川では6種から10種へ、新浜湖では6種から9種あるいは15種へ）。この傾向によって「環境状況が回復したのか」あるいは「環境が悪化しているのか」という判断は難しいが、加納ほか（2000）は今後見守る必要があるとしている。しかし、本研究で明らかになったように、ハゼ科以外の出現魚種は小櫃川や葛西で多く（18～23種、新浜湖では1980年以前には15種、最近では12あるいは13種）、またある特定の種が個体数の大半を占めているという現象は新浜湖で著しい（個体数多様度決定種順位が低く3あるいは4であるのに対し、小櫃川と葛西では7）ことなどから考えると、新浜湖の環境は決して回復していると楽観できる状態ではないことが推察できる。

以下では、過去と現在の新浜湖での出現魚種のうち、特徴的な種の比較を行う：

現在の新浜湖では見られないが、過去には採集されている種－ウナギ、アユ、シラウオ科 sp.、マゴチ sp.、ヒイラギ、アカハゼ、マコガレイ。このうち、ウナギについては、個体数は少ないものの、小櫃川や小糸川などでも採集されている（加納ほか、2000）。また、アユについては、葛西では冬の優占種となっている（桑原ほか、2003）。シラウオ科については、現在内湾ではあまり見られないが、東京湾の外湾では優占種として知られている（荒山ほか、2002）。マゴチとヒイラギは内湾に広く分布していることが知られている（加納ほか、2000；桑原ほか、2002；山根ほか、2003）。

現在の新浜湖でのみ見られる種－マルタとクルマサヨリ。このうちマルタは、一時期東京湾から見られなくなったが、ここ10数年見られるようになった種で、多摩川などでもよく採集されている（那須ほか、1996）。

以上の結果から、かつては前浜干潟のような特徴をもっていた新浜湖では、過去20から30年の間に潟湖のような様相を示し、なおかつ近年では環境の悪化に予断を許さないような状況になっていることが推察される。

5. 参考文献

荒山和則・今井 仁・加納光樹・河野 博. 2002. 東京湾外湾の碎波帯の魚

- 類相. うみ, 40 : 59-70.
- 加納光樹・小池 哲・河野 博. 2000. 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. 魚類学雑誌, 47(2) : 115-129.
- Kanou, K., H. Kohno, P. Tongnunui and H. Kurokura. 2002. Larvae and juveniles of two engraulidid species, *Thryssa setirostris* and *T. hamiltoni*, occurring in the surf zone at Trang, southern Thailand, Ichthyol. Res., 49: 401-405.
- 桑原悠宇・土田奈々・元山 崇・河野 博・加納光樹・島田裕至・三森亮介. 2003. 葛西人口渚西浜（東京湾湾奥部）の魚類相. うみ, 41 : 28-36.
- 中坊徹次. 2000. 日本産魚類検索—全種の同定 第2版. 東海大学出版会, 東京, 1474pp.
- 那須賢二・甲原道子・渋谷浩一・河野 博. 1996. 東京湾湾奥部京浜島の干潟に出現する魚類. 東京水産大学研究報告, 82(2): 125-133.
- 新浜研究会. 1979~1980. 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告Ⅰ~Ⅴ. 千葉県・新浜研究会.
- 竹内博治・安田秀司. 1980. 魚卵。稚仔魚および幼魚の垂直分布と季節的変遷. 千葉県新浜水鳥保護区生物調査報告Ⅴ : 57-90.
- 辻 幸一. 1980. 小櫃川河口干潟の魚類特に河口干潟の利用と生活について. 千葉県木更津市小櫃川河口干潟の生態学的研究Ⅰ. 東邦大学理学部海洋生物学研究室・千葉県生物学会（編）. 42pp.
- 山根武士・岸田宗・原口 泉・阿部 礼・大藤三矢子・河野 博・加納光樹. 2004. 東京湾内湾の人工海浜 2 地点（葛西臨海公園と八景島海の公園）の仔稚魚相. うみ, 42 : 35-42.

IV. 新浜湖におけるトビハゼの繁殖特性

多留聖典（東邦大学理学部），須之部友基（千葉県立中央博物館）

1. はじめに

トビハゼ (*Periophthalmus modestus*) は、スズキ目ハゼ科オクスデルクス亜科トビハゼ属の魚類である。オクスデルクス亜科は、ハゼ科魚類の中でもっとも陸上生活に適応したグループであり、いずれも温帯～熱帯域にかけての、内湾の河口に形成される泥干潟を主な生息場所としている。日本にはトビハゼの他にミナミトビハゼ (*Periophthalmus argentoilineatus*) が奄美大島以南、ムツゴロウ (*Boleophthalmus pectinirostris*) が有明海および八代海沿岸、そしてトカゲハゼ (*Scartelaos histophorus*) が沖縄本島に分布している（鈴木他 2004）。

トビハゼはオクスデルクス亜科に属する種の中で、最も北部に分布する種である。日本では東京湾以南、沖縄本島まで分布しているが、その分布は愛知県～九州に集中しており、東京湾および沖縄本島の個体群は他の分布地と隔絶された状態にある（萩原 1996）。そのため、環境省により「絶滅のおそれのある地域個体群」に指定されている。東京湾は東日本における本種の唯一の生息地であり、また北限の生息地でもある。その中で個体群が維持されているのは湾奥部の江戸川放水路および行徳鳥獣保護区（市川市）、谷津干潟（習志野市）の3カ所である（萩原 1996, 田中 1998）。

以上のように本種の東京湾の個体群は地理的に他の分布地と隔絶され、また生息域がごく狭い範囲に限られるため、危急種に該当すると考えられており（萩原 1996）、生息環境を含めた保護対策が求められている。本調査は、今後の東京湾のトビハゼ個体群の保護策を決定する上で必要となる繁殖特性、すなわち繁殖期、繁殖の周期、繁殖場所などの基礎的な知見を得ることを目的とした。

2. 調査方法

調査地点は、市川市の行徳鳥獣保護区新浜湖（以下、新浜湖）の北西部に位

置する通称セイコ水道の最北部とした(図 1)。本地点は、新浜湖が江戸川放水路と連結している千鳥水門から最も遠い場所にあり、護岸とヨシ原に挟まれた入り江に干潟を形成していた。干潟面はヨシ原から約 30cm 程度の高低差のある斜面で連結し、全域にシルト分の厚い堆積が見られた。

本調査においては、捕獲調査および求愛行動の観察の 2 種類の手法を用いた。捕獲調査は 2004 年 5 月から 10 月にかけて毎月一回(5 月 6 日, 6 月 14 日, 7 月 5 日, 8 月 16 日, 9 月 14 日, 10 月 12 日), 捕獲調査を行った。セイコ水道北部の干潟面において、出現したトビハゼを 50 個体を目安に夕暮網を用いて捕獲し、麻酔後に性別・体長・全長・質重量を測定・記録した。性別の判定は萩原(萩原 1996)に従い、生殖突起の形状により区別した。成熟卵により腹部が膨満していた雌の場合、また 0+ 齢と考えられる個体であった場合はその旨を記録した。捕獲した個体は麻酔から覚醒した後に捕獲地点に放流した。

求愛行動の観察はセイコ水道の北端部に、ヨシ原際と干潟面を含む 9m×15m の観察区を設けて行った。なお、観察区は捕獲調査を行った範囲とは重複しないように設定した(図 1)。2004 年 5 月から 10 月にかけて毎月一回(5 月 17 日, 6 月 29 日, 7 月 24 日, 8 月 18 日, 9 月 28 日, 10 月 14 日), また同年 7 月 17 日から 8 月 1 日の 15 日間、最干潮 1 時間前より最干潮 1 時間後の 2 時間に行われた、雄による雌への求愛の回数を計数した。求愛の観察は行動に影響を与えないために、ヨシ原の対岸となる護岸の上から双眼鏡および単眼鏡を用いて行った。求愛回数の計数は、同一の個体間で連続して行われた場合を一回として計数した。

3. 調査結果

体長分布

5 月から 10 月の各調査で捕獲されたトビハゼは雄 171 個体, 雌 118 個体, 0+ 齢のもの 22 個体の計 311 個体であった。0+ 齢の個体を除く, 雌雄それぞれの個体数および体長分布を図 2 に示す。雌雄の体長を比較すると 5 月を除くいずれの月においても雌が有意に大型であった(t-Test, $p < 0.01$)。また, すべての月において, 体長が 75mm を超える個体はいずれも雌であった。

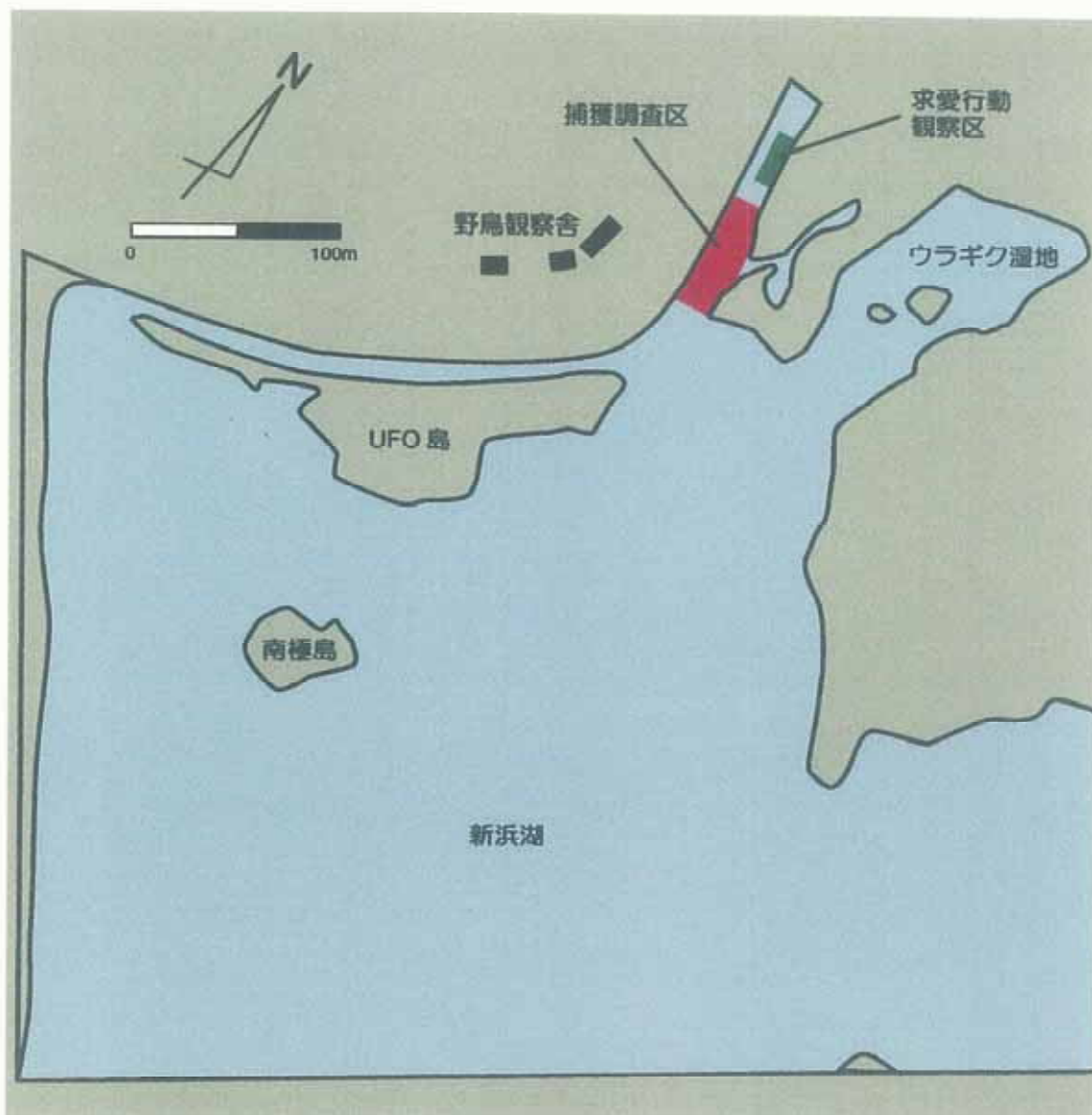


図 1. 調査地点

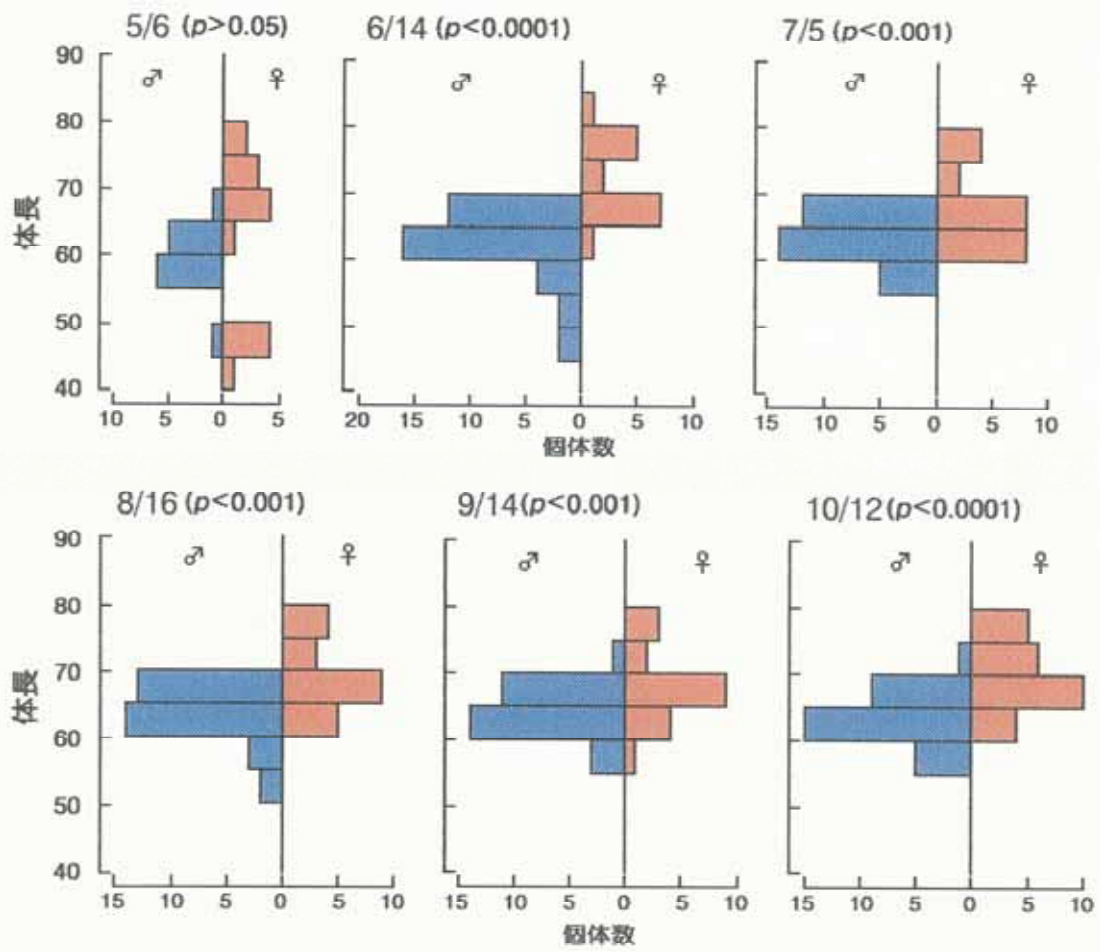


図2. 各月ごとの雌雄別体長組成。カッコ内は t 検定の p 値を示す。

肥満度の変化

肥満度は、湿重量(g)を体長(cm)の3乗で除した値を用いた。各月の雌雄別の肥満度の季節的变化と、成熟した卵を持つ雌個体および0+齢個体の出現頻度の季節的变化を図3に示す。雌雄ともにほぼ同様の变化を示しており、5月から6月にかけてやや上昇し、7月に大きく低下した。その後、8月と9月は5月とほぼ同水準に回復し、10月には再び上昇が見られた。

卵成熟雌及び0+齢個体の出現

成熟した卵を持つ雌個体は、7月には出現した雌の約30%が、8月には同約20%を占めたが、他の時期には出現しなかった(図3)。また、9月および10月には、体長が30~50mm程度である0+齢の個体が捕獲された(図3)。また求愛行動の観察を行った2004年7月31日に、体長約12mmの小型個体が干潟面で確認された。

求愛行動

本調査地で確認されたトビハゼの求愛行動を図4に示す。(A)雄は背鰭を広げ、大きなジャンプを繰り返した。雌は求愛する雄に対し、背鰭を広げた。(B)雄は背中を丸めて高く上げ、雌を誘引した。雌はそれに従い雄に接近した。(C)雌との距離が近くなると、雄は体の後半部をゆっくり左右に振る動作を行った。(D)雌が巣に向かう雄の後に追従した。その途中、雄はときどき体を反転し、雌の頭をつつくような動作をした。(A)から(D)の行動は繰り返し行われた。また、これらの求愛行動は観察区のなかでもヨシ原際でのみ観察された。

雄の求愛行動の頻度の季節的变化を図5に示す。求愛行動は5月にはまったく観察されなかったが、6月には1時間あたり4回、7月には同7回と頻度が上昇した。しかしながら8月には同1回と大きく低下し9月以降はまったく観察されなくなった。

2004年7月17日から8月1日までの15日間の雄の求愛行動の毎日の頻度を図6に示す。上段の月齢は潮汐を表し、満月および新月が大潮、半月が小潮に相当し、観察期間は1潮汐周期であった。最大干潮時刻が午前10時より遅い日では全ての日で、一時間あたり2~9回の求愛が観察された。一方、

干潮時刻が午前 10 時以前であった 7 月 26 日から 7 月 28 日までの 3 日間においては求愛が全く観察されなかった。

4. 考察

繁殖期

本調査によって得られた各調査の結果から、新浜湖におけるトビハゼの繁殖期について考察した。

雌の繁殖可能時期を反映する卵成熟雌は 7 月及び 8 月に出現した。雄の繁殖可能時期を示す求愛行動も 6 月から 8 月にかけて観察された。卵成熟雌の出現と、雄の求愛行動の頻度ともに盛期は 7 月であった。また、7 月 31 日に確認された体長 12mm の個体の日齢を小林ほか (1972) および萩原ほか (1993) に従い計算すると、孵化後約 45 日程度と推定された。本種は産卵から孵化まで約 7 日を要することが報告されている (小林ほか 1972, 萩原ほか 1993) ため、産卵が行われたのは 6 月中旬であると考えられた。

また、肥満度の変化から、6 月に見られた上昇は繁殖期の直前にあたる時期に、繁殖の準備としてエネルギーを蓄積していること、7 月の減少は繁殖盛期であることから、卵の生産や卵保護などのコストの増大が反映されたものと推定された。

以上のことから、本種の新浜湖における繁殖期は 6 月中旬に開始され 8 月まで続くこと、その盛期は 7 月であることが示唆された。これは近隣の江戸川放水路における報告 (田中 1998) とも合致していることから、両地域の個体群間に共通する特性であると考えられた。

繁殖周期

求愛行動の連続観察により、新浜湖における本種の繁殖周期を考察した。

今回の調査においては、潮汐周期及び気温との直接の関連性は見いだせなかった。しかしながら、7 月 26 日から 28 日までの三日間は求愛が全く観察されなかった (図 6)。これらの日は最大干潮時刻が 10 時より前であり、行動の観察は午前 11 時より前に行われた。一方、最大干潮時刻が 10 時以降であり、観察時刻が午前 11 時以降に及ぶ日は全ての日で求愛行動が観察された。このことから、新浜湖において本種は、干潟表面の温度が上昇する午後を中心

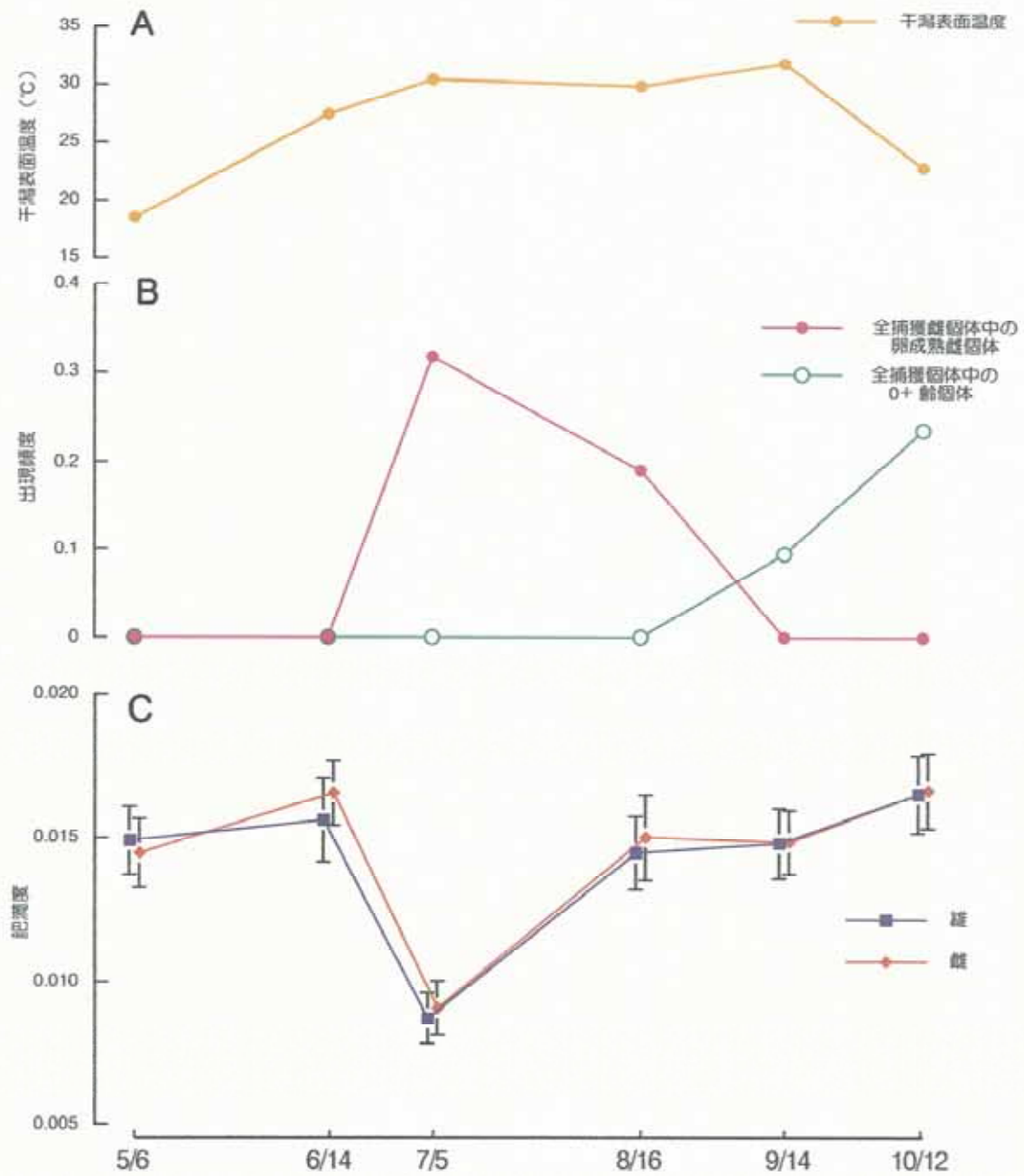


図 3. 捕獲調査結果の季節的变化。A: 干潟表面温度, B: 卵成熟雌および 0+ 齢個体の出現頻度, C: 雌雄別肥満度 (縦のバーは標準偏差を示す)。

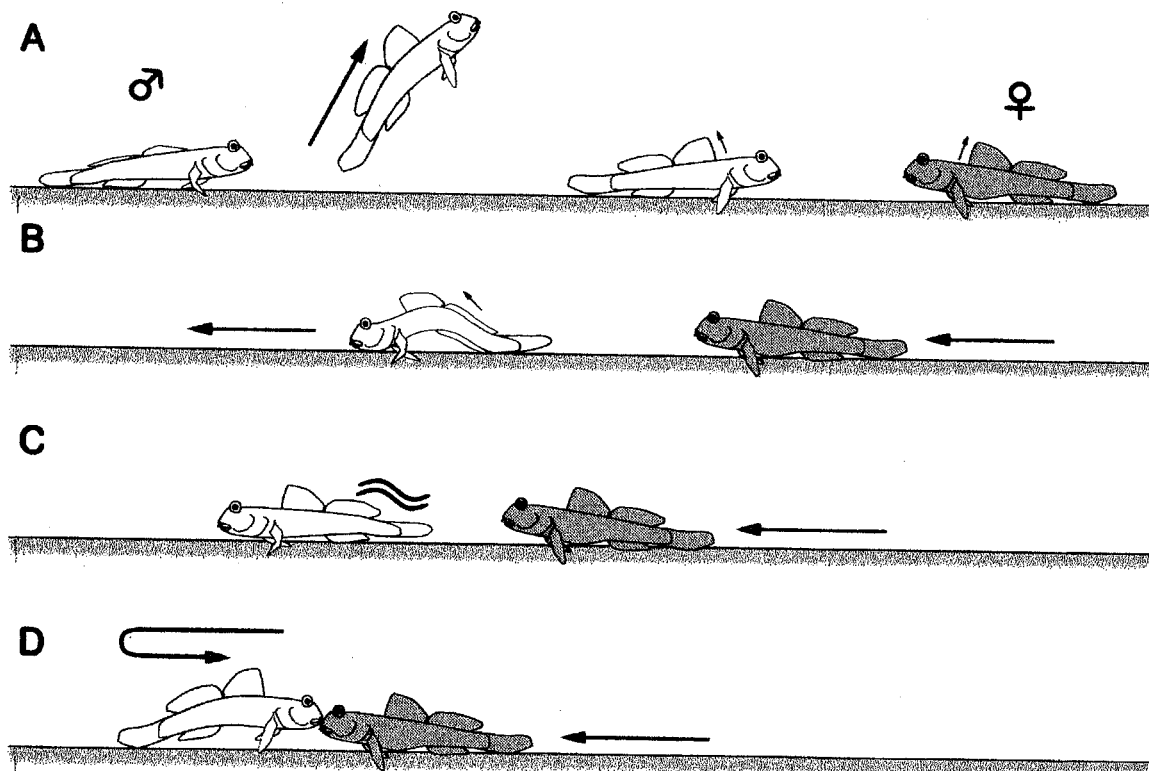


図 4. トビハゼの求愛行動。明色で示した個体は雄，暗色で示した個体は雌。
 A: 雄は雌を発見すると背鰭を広げ、ジャンプを繰り返す。雌は雄の求愛を認めると、背鰭を広げて応答。
 B: 雄は背中を丸めて高く上げ、雌を誘引する。雌が雄に追随する。
 C: 雌雄間の距離が近くなると、雄は体の後半部をゆっくり左右に振る。
 D: 雌が巣に向かう雄の後に追随する途中で、雄は反転して雌に接近し、雌の頭部をつつく。

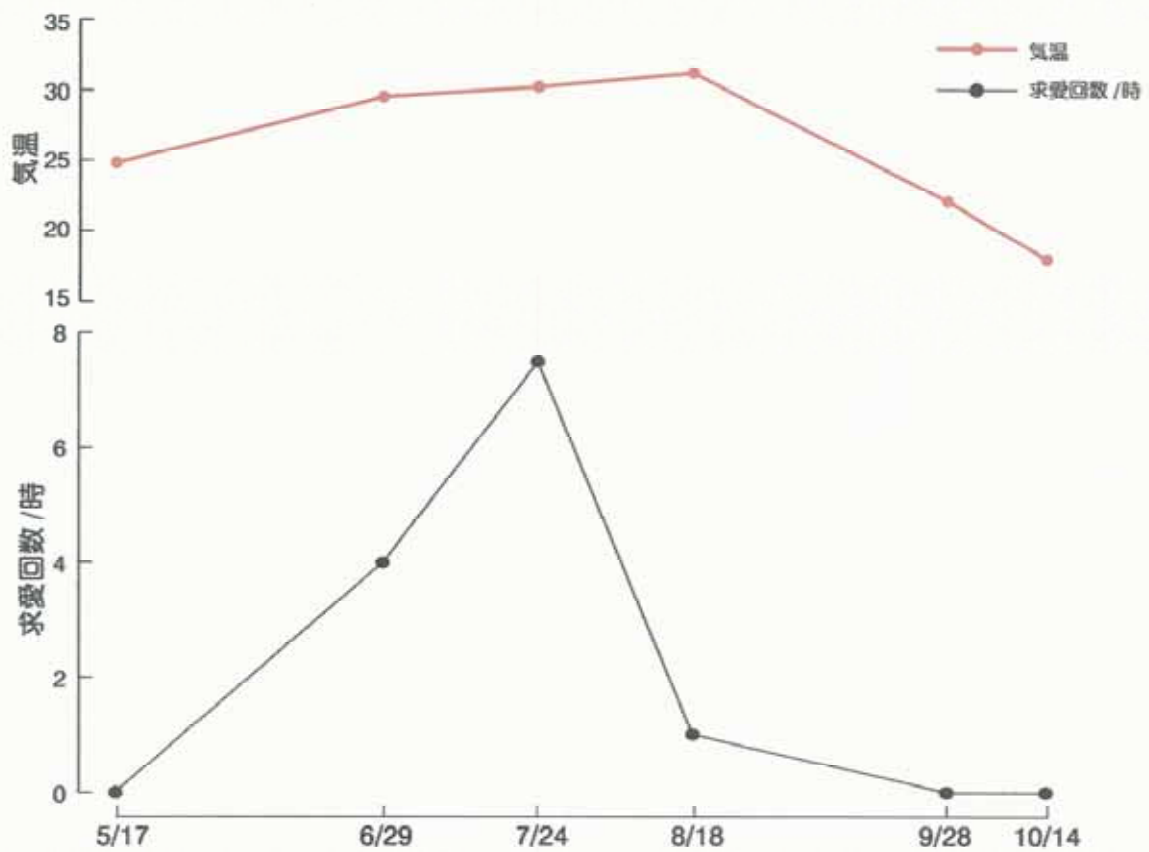


図 5. 求愛行動の頻度の季節的变化。上段は気温，下段は各観察日の 1 時間あたりの求愛回数。

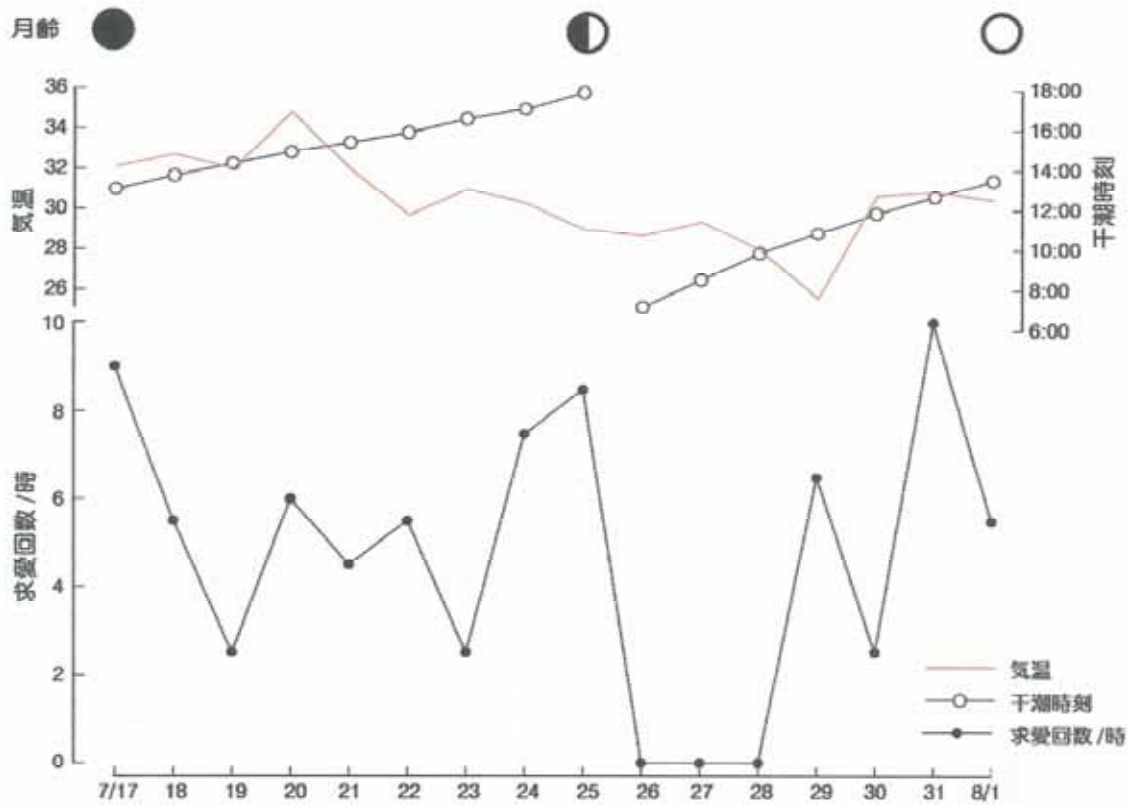


図 6. 7/17~8/1 の求愛行動連続観察の結果。最上段の月齢は潮汐を示し、新月及び満月は大潮、半月は小潮に相当する。中段の赤折線は気温の変化、白丸は各日の最大干潮時間を示す。下段は各観察日の1時間あたりの求愛行動の頻度を示す。

に求愛を行っていることが推測された。

繁殖場所

本調査において、実際に求愛行動が観察されたのは、観察区の大部分を占める開けた干潟面ではなく、東端のヨシ原から干潟に移行するような場所であった（図 7）。求愛行動の観察中に確認された巣穴も、いずれも求愛行動の行われた地点の近傍であった。このことは、本種の繁殖にとって、干潟面とヨシ原が斜面や土手などの地形で連続する環境が必要であることを示している。従って、干潟面に隣接するヨシ原が失われてしまうこと、または干潟面とヨシ原を分断してしまうような構造を設置することは、本種の繁殖の機会を損ない、個体群の存続に重大な影響を及ぼす可能性が高いと考えられる。

5. 参考文献

- 鈴木寿之・渋川浩一・矢野維幾（2004） 決定版日本のハゼ 536pp.
瀬能宏監修，平凡社，東京
- 田中正彦（1999） 江戸川放水路におけるトビハゼの生態 千葉県動物誌
p. 887-897 千葉県生物学会編，文一総合出版，東京
- 小林知吉・道津喜衛・三浦信男（1972） トビハゼの卵発生及び仔稚魚の飼育
長崎大学水産学部研究報告（33） p. 49-62
- 萩原清司・棚瀬信夫・北島洋二・越川義功・町井みのり（1993） 干潟の生態に関する研究（その 3）-トビハゼの種苗生産技術の開発- 鹿島技術研究所年報（41） p. 343-349
- 萩原清司（1996） 8. トビハゼ *Periophthalmus modestus* Cantor, 1842 平成 7 年度希少水生生物保存対策試験事業 日本の希少な野生水生生物に関する基礎資料（Ⅲ） p. 136-141 社団法人日本水産資源保護協会



図 7. 求愛行動が確認された環境。ヨシ原が干潟面と斜面で連続している。

