

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

山根武士*・岸田宗範*・原口 泉*・阿部 礼*・大藤三矢子*・河野 博*・加納光樹**

Larval and juvenile ichthyofauna in artificial beaches facing Tokyo Bay

Takeshi YAMANE*, Munenori KISHIDA*, Izumi HARAGUCHI*, Rei ABE*, Miyako DAITO*,
Hiroshi KOHNO* and Kouki KANOU**

Abstract : A total of 95,804 fishes of 35 species and 8,008 fishes of 38 species were collected from Kasai and Hakkei-jima artificial beaches, respectively, in the inner Tokyo Bay by monthly seine-net (mesh size 1.0mm) samplings from July 2002 to June 2003. Cluster analyses based on species and individual numbers collected from each station and sampling month showed that each month by stations were classified into seven groups such as 1) early summer in Kasai, 2) summer to autumn in Kasai, 3) summer to autumn in Hakkei-jima, 4) winter in both stations, 5) spring in Kasai, 6) spring in Hakkei-jima, and 7) June in Hakkei-jima. Comparisons of fish species collected from the two sites suggested that the difference of fish assemblage between the both sites would be caused partly by the salinity tolerance of the species and partly by the geographic condition of the sites, Kasai being located in the bottom, whereas Hakkei-jima near the mouth, in the bay.

Keywords : Tokyo Bay, artificial tideland, fish fauna, juveniles

1. 緒言

東京湾内湾（富津と観音崎を結んだ線より北の海域）は、かつて遠浅の干潟や浅瀬が全域に広がり豊かな海域であったが、1960年代からの埋め立てにより、自然の干潟や浅瀬は著しく減少した（小倉，1993）。しかし1980年代から、干潟や浅海域が生物にとって重要であることが見直され、失われた干潟や浅海域を復元する機運が高まり、人工的に海浜などが造られ始めた。なかでも、葛西臨海公園の人工渚や八景島海の公園の人工砂浜などはその代表的な例である。

両地点とも魚類相のモニタリングは盛んで、葛西では東京都環境局環境評価部（2002）、桑原ら（2003）などが、八景島では田辺・林（1999）や工藤ら（2002）などが研究を行っている。工藤ら（2002）は、八景島海の公園とそれに隣接する自然海浜の野島海岸の魚類相が異なることを示し、その原因が人工海浜か否かではなく、汽水の影響や地理的要因の可能性もあると推測している。桑原ら（2003）は、既往の文献に基づいて東京湾内湾の13地点の魚類相を比較し、八景島海の公園の人工砂浜の魚類相が東京湾内湾の他の地点と大きく異なることを指摘している。しかし、東京湾を代表する人工海浜である八景島海の公園と葛西臨海公園での、出現魚種の季節変化などの詳細な比較はなされていない。

本研究では、2002年7月から2003年6月までの1年間にわたり、八景島海の公園と葛西臨海公園で、地曳網による同一の方法で魚類の採集を行い、魚類相の比較を行うとともに、魚類相の違いに影響する環境要因を推測した。

2. 材料と方法

採集は東京湾内湾湾奥部に位置する葛西臨海公園の西

* 東京海洋大学魚類学研究室
〒108-8477 東京都港区港南4-5-7
Laboratory of Ichthyology, Tokyo University of
Marine Science and Technology, 4-5-7 Konan,
Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan
* 東京大学大学院農学生命科学研究科農学国際専攻
〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1
Department of Global Agricultural Sciences, Graduate
School of Agricultural and Life Sciences, Uni-
versity of Tokyo, 1-1-1 Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo
113-8657, Japan

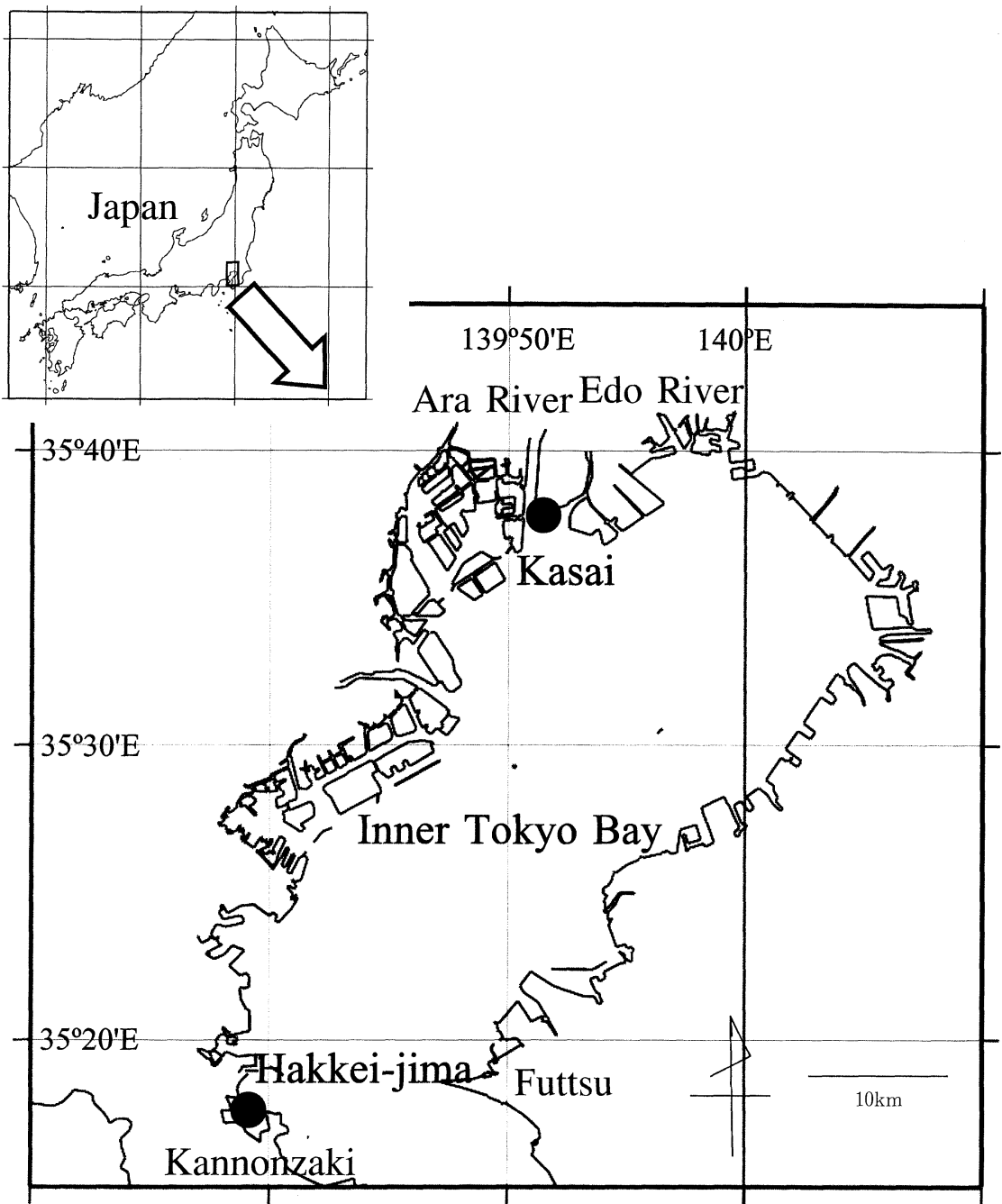


Fig. 1. Map of sampling sites in the inner Tokyo Bay.

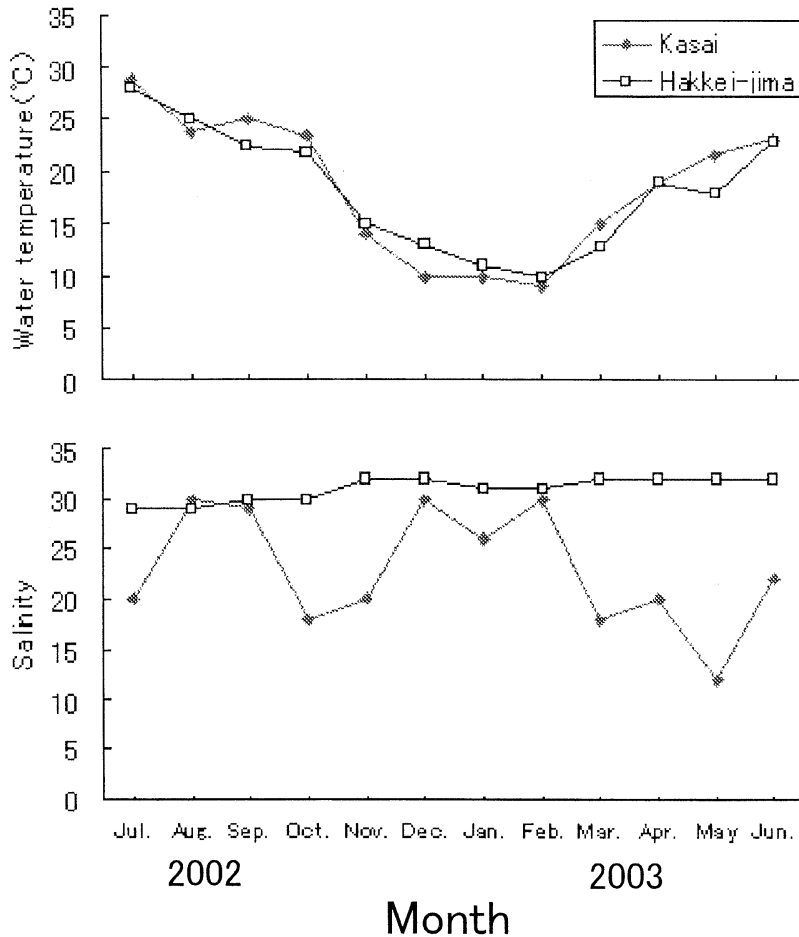


Fig. 2. Monthly changes of water temperature (°C) and salinities at Kasai and Hakkei-jima artificial beaches in the inner Tokyo Bay.

渚と横浜八景島海の公園の人工海浜で行った (Fig. 1)。葛西臨海公園は、1970年代末に造成された人工海浜で、荒川と江戸川の河口にはさまれている。八景島海の公園は、1980年に竣工された延長約1 kmの人工海浜である。両地点とも海岸タイプはSHORT and WRIGHT (1983) に従うと反射型の海岸に分類される。

両地点ともに2002年7月から2003年6月にかけて、毎月一回大潮前後の昼間の干潮時に採集を行った。採集には小型地曳網 (袖網長4 m、高さ1 m、目合い1 mm) を用い、水深1 m以浅の場所を汀線とほぼ平行に約50 m、3回ずつ曳網した。採集物は現場でただちに10%海水ホルマリンで固定し研究室に持ち帰った。また、魚類の採集と同時に棒状水銀温度計とアタゴ社製海水濃度屈折計で水温と塩分をそれぞれ計測した。採集された魚類については、種同定と個体数の計数、標準体長の測定、および発育段階の観察を行い、それぞれの種の生活史型 (加

納ら、2000) (海水魚、河口魚、両側回遊魚、遡河回遊魚) と発育段階 (仔魚: 鱗条が未完成; 稚魚: 鱗条が完成し鱗も出現するが、体形、模様は成魚と異なる; 若魚: 鱗、模様がほぼ完成、体形が成魚に近いが未成熟; 成魚: 成熟しているもの) を特定した。リストの科の配列はNELSON (1994) に、和名と学名は中坊 (編) (2000) に従った。

両地点の各月に採集された魚類の種ごとの個体数に基づき、類似度をもとめクラスター分析を行なった。類似度指数にはBray-Curtis指数 (PS_2) を、クラスター連結には群平均法を用いた (小林, 1995)。なお、本研究で採集された魚類の個体数は種間の差が大きく、類似度が個体数の多い種に影響されやすい。したがって、各種の個体数を対数変換し、個体数が少なかった種の貢献度を高めた。なお、クラスター分析において、 PS_2 が0.3以上のクラスターを群集構造がよく似たグループとした。

Table 1. Fish collected from artificial beaches of Kasai and Hakkei-jima in Tokyo Bay from July 2002 to June 2003

Family	Species	Kasai			Hakkei			Life type	Species code
		Number	Size rang (SL, mm)	Developmental stage	Number	Size rang (SL, mm)	Developmental stage		
Gymnuridae	<i>Gymnura japonica</i>	1	225	A	0		-	M	
Clupeidae	<i>Sardinella zunasi</i>	8399	4.4-103.7	L-Y	150	6.7-46.9	L-J	M	SZ
	<i>Konosirus punctatus</i>	2966	5.4-72.8	L-Y	174	5.5-60.6	L-J	M	KP
Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	8	8.0-32.7	L-J	2	9.3-27.0	A	M	EJ
Plotosidae	<i>Plotosus lineatus</i>	0		-	2	28.5-128.7	A	M	
Plecoglossidae	<i>Plecoglossus altivelis al tivelis</i>	1181	4.4-56.1	L-Y	1006	16.1-45.1	L-J	Am	PA
Osmeridae	<i>Hypomesus nipponensis</i>	1	37.7	L	0		-	An	
Atherinidae	<i>Hypoatherina valenciennei</i>	3	11.0-12.5	J	30	5.6-84.7	J-A	M	HV
Scorpaenidae	<i>Sebastes inermis</i>	1	38.1	J	0		-	M	
Platycephalidae	<i>Platycephalus sp.2</i>	60	6.2-45.1	Y	0		-	M	PS
Cottidae	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	0		-	36	14.7-52.8	Y-A	M	PbC
Liparidae	<i>Liparis tessellatus</i>	0		-	1	23.4	A	M	
Moronidae	<i>Lateolabrax japonicus</i>	500	10.7-365	J-A	1	125.4	A	M	LJ
Teraponidae	<i>Rhyncopelates oxyrhynchus</i>	4	10.9-14.8	J	18	9.9-28.1	J	M	RO
Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	63	12.4-70.0	J-Y	152	8.3-32.6	J-A	M	SJ
Leiognathidae	<i>Leiognathus nuchalis</i>	1586	5.8-34.4	L-Y	52	5.0-24.9	J-Y	M	LN
Gerreidae	<i>Gerres equulus</i>	0		-	1198	10.3-23.8	J	M	GE
	<i>Gerres filamentosus</i>	2	15.4-16.2	J	0		-	M	
	<i>Gerres japonicus</i>	1	10.3	J	0		-	M	
Sparidae	<i>Acanthopagrus Schlegelii</i>	1	11.1	J	2	10.3-50.8	-	M	
	<i>Acanthopagrus latus</i>	3	10.3-11.8	J	0		-	M	ApL
Sciaenidae	<i>Pennahia argentata</i>	11	15.3-39.3	J	0		-	M	
Embiotocidae	<i>Ditrema temmincki</i>	0		-	33	40.0-133.4	Y-A	M	DT
Mugiliformes	<i>Mugil cephalus</i>	20	21.7-30.0	J	0		-	M	MC
	<i>Chelon affinis</i>	0		-	1	13.4	J	M	
Pholidae	<i>Pholis nebulosa</i>	0		-	10	37.8-112.2	Y	M	PN
	<i>Pholis crassispina</i>	0		-	31	39.6-68.9	Y	M	PhC
Blenniidae	<i>Omobranchus punctatus</i>	2	3.7-5.1	Y	0		-	E	
	<i>Omobranchus fasciolatocep</i>	12	2.9-12.7	Y	0		-	E	
Stichaeidae	<i>Dictyosoma rubrimaculatum</i>	0		-	1	14.9	Y-A	M	
Callionymidae	<i>Repomucenus beniteguri</i>	0		-	1	55.7	Y	M	
Gobiidae	<i>Luciogobius guttatus</i>	8	6.8-15.2	-	2	10.1-10.8	J	E	
	<i>Luciogobius sp.</i>	0		-	4	4.3-8.5	J	-	
	<i>Eutaeniichthys gilli</i>	20	5.0-34.2	J	5	4.2-6.9	J	E	
	<i>Gymnogobius urotaenia</i>	623	5.2-30.0	L-J	3	15.3-17.5	J	AM	GU
	<i>Gymnogobius macrognathos</i>	9911	7.6-44.0	L-A	0		-	E	GM
	<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	5	7.7-34.3	J	4097	5.0-49.0	L-A	E-M	GH
	<i>Gymnogobius breunigii</i>	3761	5.4-39.7	L-Y	29	5.3-13.0	L	E	GB
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	64691	10.1-52.8	J-Y	249	11.3-172.4	J-Y	E	A
	<i>Acanthogobius lactipes</i>	52	5.3-43.4	J-A	0		-	E	AL
	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	13	14.6-53.1	J-A	67	13.4-54.5	J-A	E	FG
	<i>Acentrogobius pflaumii</i>	0		-	28	12.1-45.7	J-A	M	AgP
	Gobiidae spp.	<i>Tridentiger spp.</i>	1745	4.2-15.6	L-J	563	4.3-33.1	L-J	-
<i>Gobiidae sp.</i>		0		-	1		J	-	
<i>Gobiidae spp.</i>		25	5.3-9.9	L-J	17	4.4-8.8	L-J	-	
Siganidae	<i>Siganus fuscescens</i>	0		-	1	15.6	Y	M	
Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>	1	13.2	J	0		-	M	
Pleuronectidae	<i>Kareius bicoloratus</i>	7	9.5-11.9	J	1	52.8	J	M	KB
Triacanthidae	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	117	5.4-38.4	L-Y	18	5.9-42.8	L-J	M	TB
Monacanthidae	<i>Rudarius ercodes</i>	0		-	11	6.3-35.6	J	M	RE
Tetraodontidae	<i>Takifugu niphobles</i>	0		-	10	6.2-137.4	J-Y	M	
	<i>Tetraodontidae sp.</i>	0		-	1	12.1	J	M	

Developmental stage : A, adult ; J, juvenile ; L, larva ; Y, young. ; and -, absent. Life type : Am, amphidromous fishes ; An, anadromous fishes ; E, estuarine fishes ; M, marine fishes ; and -, indeterminate. Species codes being used in Fig.4.

また、各地点の各月の群集の多様度を計量するために、Shannon-Weaver diversity index (H') (木元, 1993) を求めた。

3. 結果

3.1 水温と塩分

両地点の水温は7月に最高を示し、28.9°C (葛西臨海公園, 以下葛西と略す) と28.0°C (八景島海の公園, 以下八景島と略す) であった (Fig.2)。それ以降は下降し、2月に最低になった (10.0°Cと9.0°C)。塩分は、八景島では年間を通じてほぼ一定 (29~32) で推移した。一方、葛西では調査月ごとに大きく変動したが、概ね夏季に高く、冬季に低い傾向を示した。最高は8月と12月の30、最低は5月の12であった。

3.2 種数と個体数

葛西では合計35種 (2未同定種を含む) 95,804個体で、生活史型で分けると、海水魚21種, 13,759個体, 河口魚9種, 78,470個体, 両側回遊魚2種, 1,181個体, 遡河回遊魚1種, 1個体, 不明2種, 1,770個体が採集された (Table 1)。一方、八景島では合計38種 (4未同定種を含む) 8,008個体で、海水魚27種, 6,062個体, 河口魚5種, 352個体, 両側回遊魚1種, 1,009個体, 不明4種, 585個体が採集された。

葛西のみに出現した種は14種10,078個体 (海水魚: 9種, 100個体; 河口魚: 4種, 9,977個体; 遡河回遊魚: 1種, 1個体) であった。一方、八景島のみに出現した種は17種1,933個体 (海水魚: 15種, 1,365個体; 不明: 3種, 568個体) であった。

3.3 優占種

葛西の最優占種はマハゼ (64,691個体, 葛西全体の個体数の67.5%) で、次いでエドハゼ (10.3%), サッパ (8.8%), ビリンゴ (3.9%), コノシロ (3.1%), チチブ属 spp. (1.8%), ヒイラギ (1.7%), アユ (1.2%), ウキゴリ (0.6%), スズキ (0.5%) の順で、この上位10種で全体の99.5%であった。特に春期のマハゼとエドハゼの仔稚魚で全体の77.8%を占めていた。

八景島の最優占種はニクハゼ (4,097個体, 八景島全体の個体数の51.2%) で、次いでクロサギ (15%), アユ (12.6%), チチブ属 spp. (7%), マハゼ (3.1%), コノシロ (2.2%), シロギス (1.9%), サッパ (1.9%), ヒメハゼ (0.8%) で、これら10種で全体の96.2%を占めていた。とくにニクハゼとクロサギ, アユの3種で全体の78.6%を占めていた。

3.4 種数と個体数, 多様度の経月変化

種数は、葛西では7月と8月が最多で15種であった (Fig.3)。それ以降は減少し、12月に1種と最も少なくなり、その後、月を追うごとに増加した。一方八景島では、

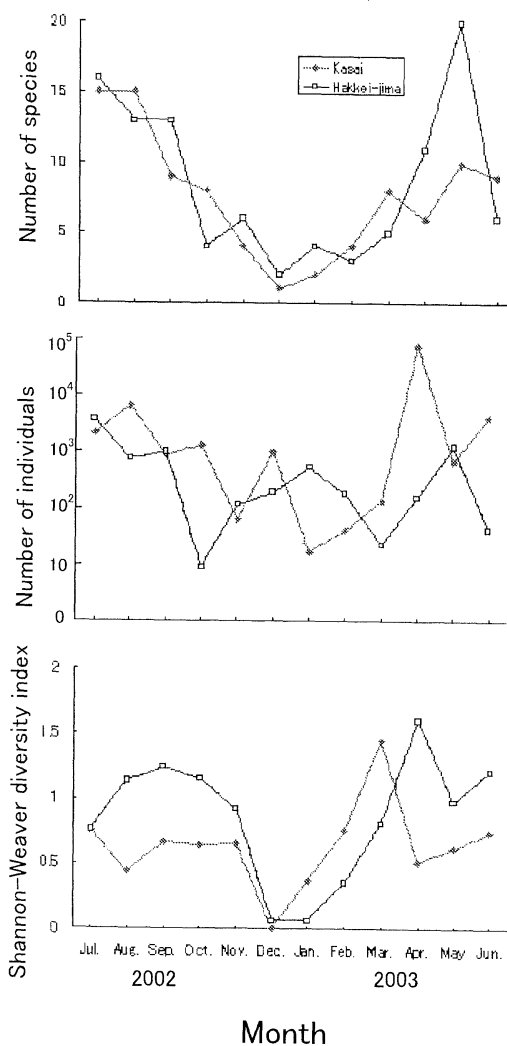


Fig. 3. Monthly changes of numbers of species and individuals and Shannon-Weaver diversity index (H') of fish larvae and juveniles collected at Kasai and Hakkei-jima artificial beaches in the inner Tokyo Bay from July 2002 to June 2003.

5月に最多で20種であったが、それ以外の経月変化は夏から冬にかけて減少し、冬から春に向けて増加した。最少は12月の2種であった。八景島の5月の急激な種数の増加を除けば、両地点ともほぼ同様の傾向であった。

採集個体数は、葛西では、4月が最多で78,715個体, 1月が最少で17個体であった (Fig.3)。一方八景島では、7月が最多で3,709個体で、10月が最少で9個体であった。

多様度は、葛西では、3月が最大で1.44, 12月が最小で0であった (Fig.3)。一方八景島では、4月が最大で

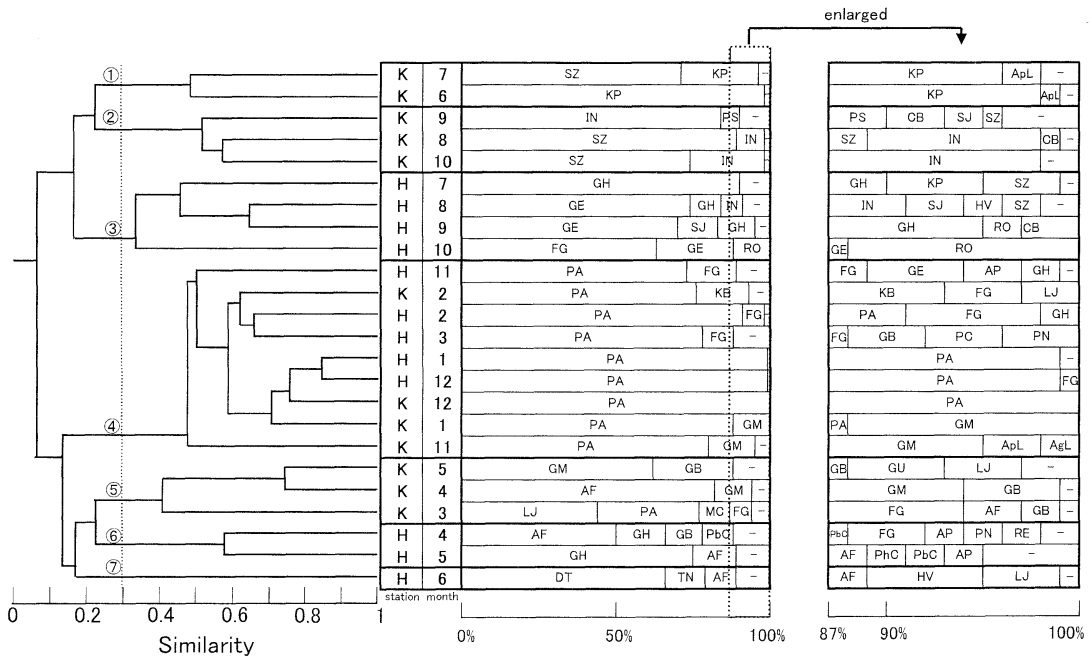


Fig. 4. Dendrogram based on similarity index among sampling months of each station in species compositions of fishes collected from Kasai(K) and Hakkei-jima(H) artificial beaches in the inner Tokyo Bay from July 2002 to June 2003. Species codes are given in Table 1.

1.72, 最小は12月と1月の0.06であった。両地点を比べると1～3月に葛西が八景島を上回る以外は、八景島の方が高い多様度を示した。

3.5 両地点の各月の魚類相の類似性

クラスター分析の結果、葛西と八景島の各月は7つのグループに分けられた (Fig.4)。すなわち、①初夏 (6, 7月) の葛西, ②夏～秋 (8～10月) の葛西, ③夏～秋 (7～10月) の八景島, ④冬 (11～2月あるいは3月) の両地点, ⑤春 (3～5月) の葛西, ⑥春 (4, 5月) の八景島, ⑦6月の八景島である。

3.6 各グループの優占種

前項で得られた各グループの優占種は以下のとおりである。

①初夏の葛西 (6, 7月)

両月にコノシロが、7月にはサッパが多く出現した (Fig.4)。両種とも東京湾全域に広く出現する浮遊生活を送る仔稚魚である (加納ら, 2000; 荒山ら, 2002)。また、それ以外に、キチヌなども比較的多く出現した。

②夏～秋の葛西 (8～10月)

サッパ、ヒイラギなどの東京湾全域に広く出現する浮遊生活を送る仔稚魚 (加納ら, 2000; 荒山ら, 2002) や、9月には東京湾内湾に広く出現するマゴチ (加納ら, 2000) などが出現した。

③夏～秋の八景島 (7～10月)

ニクハゼ、ヒメハゼ、アミメハギ、クロサギ、シロギス、シマイサキなど、比較的高塩分のところに多く出現する種が多く採集された。

④冬の両地点 (葛西: 11～2月, 八景島: 11～3月)

アユが優占していた。また、アユ以外には、八景島には高塩分のところにも比較的多く出現するヒメハゼが、葛西にはエドハゼなどの汽水域特有の種が出現した。

⑤春の葛西 (3～5月)

マハゼ、エドハゼ、ウキゴリ、ビリンゴ、スズキ、アユなどの、仔稚魚期に汽水域に出現する種 (藤田, 1998; 加納ら, 2000) が優占していた。この内、マハゼとビリンゴは東京湾内湾に最も広く分布する種である (桑原ら, 2003)。

⑥春の八景島 (4, 5月)

ニクハゼ、アサヒアナハゼなどの比較的高塩分域に出現する種とともに、葛西にも出現した汽水魚のマハゼやビリンゴなども多く出現した。

⑦6月の八景島

春の八景島 (4, 5月) に引き続き、汽水魚のマハゼが多く出現したが、それ以外に、ウミタナゴなどの海産魚やクサフグなどの内湾にはあまり出現しない種も多く出現した。

4. 考察

葛西は、春先に河口魚のハゼ科魚類の仔稚魚の個体数が多くなるという特徴をもつ（グループ⑤，Fig. 4）。また、海水魚でも広塩性魚類であるスズキやボラなどが出現した。一方八景島では、春先にはマハゼも多く出現するが、海水魚の仔稚魚も種数、個体数ともに多くなる（グループ⑥と⑦，Fig. 4）。夏～秋には、葛西では仔稚魚期に東京湾全域に出現するサッパやコノシロ、ヒイラギ（加納ら，2000；荒山ら，2002）や東京湾内湾の河口干潟域に広く出現するマゴチ（加納ら，2000）が多く出現した（グループ①と②，Fig. 4）。一方八景島では、これらの魚種に加えて、アミメハギ、クロサギ、シロギスといった海産魚の仔稚魚や、ニクハゼ、ヒメハゼなどの比較的高塩分を好む種（加納ら，2000）によって特徴づけられた（グループ③，Fig. 4）。

以上のような比較から、春から夏、さらには秋にかけての両地点の魚類相の違いは、主に塩分による出現魚種の違いに起因するものと考えられた。実際の塩分記録でも、八景島では常に30前後の安定した塩分を保っているが、江戸川と荒川の河口にはさまれた葛西では、夏の一時を除いて、春から秋にかけては12から20の範囲で変動した（Fig. 2）。さらに、八景島の近隣で塩分の比較的低い平潟湾や野島海岸の調査（工藤ら，2002）では、マハゼ、スズキ、ボラ、マゴチなど、葛西と同じような魚種が採集されている。このような出現魚種の違いは、多様度にも反映されている。すなわち、春から秋にかけては両地点とも高い多様度を示し、さらに4月以降は八景島の方が葛西よりも高い値を示している（Fig. 3）。

一方冬季には、両地点ともアユが優占した（グループ④，Fig. 4）。このため、両地点の多様度も、とくに12月から2月にかけては小さい値を示した（Fig. 3）。なお、この時期の塩分は、葛西の11月を除けば25から30前後と高かった（Fig. 2）。アユは夏から秋に河川から流下した後、冬の河川への遡上を前にして、沿岸の汀線域に集積することが知られている（SENTA and KINOSHITA, 1985；塚本，1988）。したがって両地点とも、アユにとって冬季の一時滞在の場を提供していると判断される。なお、工藤ら（2002）は八景島より野島海岸の方がアユが多いとしているが、これは11月のみの調査で、冬季に採集を行っていないためであると考えられる。

葛西にのみ出現した種の個体数は河口魚のエドハゼやアシシロハゼが大部分をしめた（Table 1）。また、葛西にのみ出現した海水魚はマゴチやボラなどで、これらは比較的広塩性であるとされている（藤田，1998）。一方、八景島にのみ出現した種はすべて海水魚で（Table 1）、クロサギ、アサヒアナハゼ、ウミタナゴ、スジハゼ、タケギンボ、アミメハギ、クサフグなどであった。これらの魚種は、葛西でも塩分が30近くになる時期がある（Fig. 2）にもかかわらず、葛西では出現しなかった。さらにこれらの魚種は、汽水域や湾奥では出現が稀であ

るとされている（加納ら，2000）。したがって、上で述べた塩分という要素以外にも、八景島がより東京湾の湾口に近く、葛西が湾奥に位置するという、両地点の地理的な条件が出現する魚種に影響を与えているものと考えられる。

以上のように、東京湾の内湾に位置する人工海浜である葛西と八景島は、冬はアユの優占という共通した特徴をもつが、春から秋にかけては、異なる生活様式をもつ魚類が出現することにより魚類相が大きく異なることが判明した。さらにその原因については、両地点の塩分と地理的立地条件が関わっていると考えられた。今後はさらに、東京湾の湾奥から外湾にかけてのさまざまな立地条件および水環境の場所で調査を行い、どのような環境がどの魚種に利用されているのかを詳しく調査する必要がある。

謝辞

本研究を行うに当たり、採集調査の許可を快諾していただいた横浜市漁業協同組合の方々に厚くお礼申しあげます。また、採集調査に協力して頂いた東京都葛西臨海公園水族館の方々に厚くお礼申し上げます。

文献

- 荒山和則・今井 仁・加納光樹・河野 博（2002）：東京湾外湾の砕波帯の魚類相。うみ，40，59-70。
- 藤田真二（1998）：砂浜海岸と河口域浅所との比較，砂浜海岸における仔稚魚の生物学（千田哲資・木下 泉編）。水産学シリーズ116，恒星社厚生閣，東京，42-51。
- 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，47，115-129。
- 木元新作（1993）：集団生物学概説。共立出版，東京，188pp。
- 小林四郎（1995）：生物群集の多変量解析。蒼樹書房，東京，194pp。
- 工藤孝浩・滝口直之・棚瀬信夫（2002）：横浜市平潟湾流域の魚類相と人為的環境改変。神奈川県水産総合研究所研究報告，7，135-148。
- 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）：葛西人工渚西浜（東京湾奥部）の魚類相。うみ，41，28-36。
- 中坊徹次（編）（2000）：日本産魚類検索 全種の同定 第2版。東海大学出版会，1474pp。
- 小倉紀雄，1993。東京湾100年の環境変遷。恒星社厚生閣，東京，193pp。
- NELSON, J.S. (1994) : Fishes of the world 3rd ed. John Wiley & Sons, New York. 600pp.
- SENTA, T. and I. KINOSHITA. (1985) : Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of western Ja

- pan. Trans. Am. Fish. Soc., **114**, 609-618.
- SHORT, A.D. and L.D. Wright (1983) : Physical variability of sandy beaches. *In* : A. Mclachlan and T. Erasmus (eds.) Sandy beach as ecosystems, W. Junk, Hague, 133-144.
- 田辺秀樹・林 公義 (1999) : 横浜市沿岸域の魚類相 (1996年度) 魚類相及び漁獲状況の経年変化. 横浜の川と海の生物, 第8報海域編, 横浜市環境保全局環境保全資料, (188), 15-58.
- 東京都環境局環境評価部 (2002) : 平成12年度水生生物調査結果報告書. 東京都環境局環境評価部, 東京, 476pp.
- 塚本勝巳 (1988) : アユの回遊メカニズムと行動特性. 現代の魚類学 (上野輝彌・沖山宗雄編), 朝倉書店, 東京, 100-133.

2004年1月19日受付

2004年11月5日受理