

三河湾の人工干潟域に出現した大型表在動物相

武田和也・家田喜一・石田俊朗・石田基雄

Mega-epifaunal composition in an artificial tidal flat in Mikawa Bay

TAKEDA Kazuya^{*}, IEDA Kiichi^{*}, ISHIDA Toshiro^{*}, and ISHIDA Motoo^{*}

Abstract : Mega-epifaunal composition in an artificial tidal flat off Nishiura, Gamagori, in Mikawa Bay, was investigated for a period of two years. Despite being created only recently (3-5 years ago) the artificial tidal flat appeared to be used by many different species including some which are commercially important. A total of 47 species were identified including 32 fishes, 13 crustaceans, and 2 cephalopods. This total included not only the fry of species which inhabit Mikawa Bay throughout their life, but also the fry of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, mainly caught outside Mikawa Bay and the fry of ayu, *Plecoglossus altivelis*, commercially important riverine fisheries species. Thus, the creation of the artificial tidal flats seems to have had an almost immediate effect in compensating for the biological function which was lost along with the natural tidal flats. A common characteristic of benthic species was that their maximum biomass or population densities occurred during the latter period of the breeding season or immediately after it. This shows that these species used the tidal flat as their nursery grounds so appeared intermittently. The dominant species was the fry of stone flounder, *Platichthys bicoloratus*, which were recorded at densities 0.36-22.5 higher than previously reported for any natural tidal flat. A comparison of the data from the two breeding seasons sampled during our investigation showed a negative correlation between the density and the growth rate of stone flounder. This is the first time that the carrying capacity of an artificial tidal flat, for the fry of stone flounder, has been reported.

キーワード;三河湾, 環境修復, 人工干潟, イシガレイ

三河湾には,現存する一色干潟,福江干潟,汐川干潟,六条潟などの他にも,かつては多くの干潟・浅場(以下両者をまとめて干潟域と呼ぶ)があり,1955年頃から1970年にかけて窒素・リンの流入負荷量が急増した時期にも,干潟域の持つ浄化機能¹⁻⁴⁾が効果的に作用し,赤潮や貧酸素化による漁業被害が発生することは少なかった。ところが,1970年代になって干潟域の多くが埋め立てにより失われると同時に,赤潮,貧酸素水塊,苦潮といった現象が拡大するようになった。⁵⁾このような漁場環境の悪化に危機感を持った愛知県漁業協同組合連合会は,漁場環境の改善を求める要望書(1996年)⁶⁾や環境修復のための干潟・浅場造成を求める要望書(1997年)⁷⁾

を国・県等の関係機関に提出し,干潟・浅場造成による環境修復を強く要請した。その結果,中山水道航路浚渫砂を使用した干潟・浅場造成事業が実現し,1998年から2004年の間に,愛知県および国土交通省中部地方整備局により合計39カ所,約620haの干潟域が造成された。人工干潟域の造成のような環境修復を行う場合,目的とした機能を有する生態系の構造が長期にわたって維持されることが重要である。⁸⁾そこで,人工干潟域生態系の生物生産機能を評価し,それを維持,管理するための基礎的知見を得るため,蒲郡市西浦町地先に造成された人工干潟域(以下西浦人工干潟域)において大型表在動物について,2年間に渡るモニタリング調査を実施した。

^{*} 愛知県水産試験場(Aichi Fisheries Research Institute, Miya, Gamagori, Aichi 443-0021, Japan)

材料及び方法

本調査では、1999年6月に蒲都市西浦町地先において、国土交通省が造成した人工干潟域(12ha)を研究対象とし、地盤高別に大型表在動物の採集調査を行った。図1に調査海域の位置および調査定線を示す。調査定線は、地盤の高い方から順にL.1, L.2, L.3とした。各定線における調査開始時の地盤高は、基本水準面(D.L.)を基準として、D.L.+0.5m, D.L.-0.4m, D.L.-1.6m程度である。造成から約3年が経過した2002年10月より、毎月1回、曳

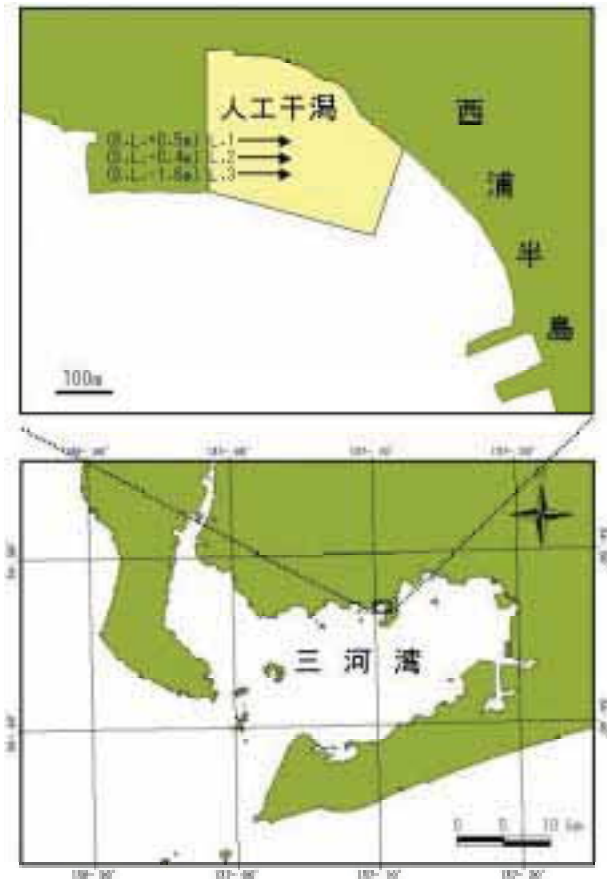


図1 調査海域および定線の位置

各定線における地盤高は、L.1がD.L.+0.5m, L.2がD.L.-0.4m, L.3がD.L.-1.6mである。

網に十分な水深(概ねL.1において0.5m以上)がある日時を選んで調査を行った。調査日を表1の上段に示す。その調査時の実測水深を各調査日における平均水深とともに図2に示す。平均水深は季節的に変化したが、いずれの定線とも、ほとんどの調査日において、平均水深付近であった。大型表在動物の採集調査には、主に表在性の魚類、甲殻類の採集を目的として、西海区水産研究所型ソリ付き桁網⁹⁾(網口幅2m, 網口高30cm, ソリ幅10cm 図3)を使用した。通常の調査では、網長6m, 追い込み部網目幅約9.5mm, 採集袋部網目幅約1.8mmの網を使用した。1月から3月の調査では、小型のイシガレイ種

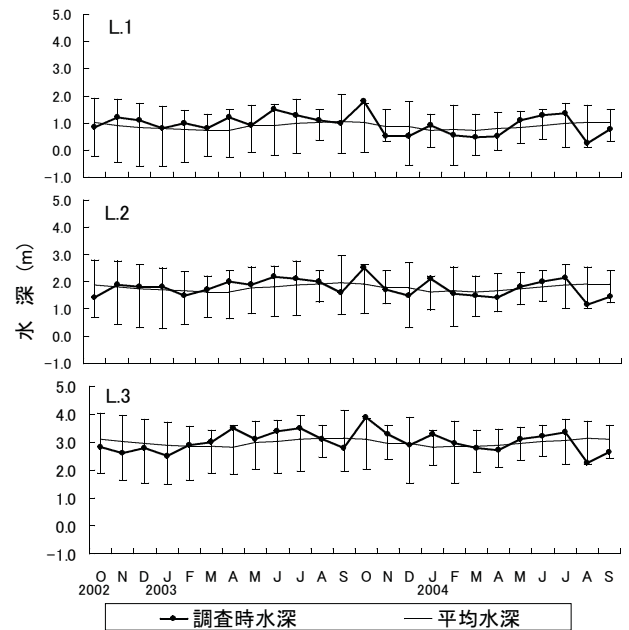


図2 採集調査時における各定線西端の実測水深および各調査日における平均水深

上下のバーは各調査日の各定線における最大水深および最小水深を示す。平均水深, 最大水深, 最小水深は, 調査開始時の地盤高および海上保安庁海洋情報部監修の「電子汐見表」による予測潮位から計算した。

表1 ソリ付き桁網による採集調査および水質調査の日

調査項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	
採集調査	2002年									10日	20日	19日	
	2003年	17日	14日	14日	7日	28日	19日	18日	21日	12日	1日	18日	10日
	2004年	16日	20日	17日	15日	14日	11日	8日	12日	9日			
水質調査	2002年									10日	20日	18日	
	2003年	16日	10日	13日	10日	23日	18日	17日	20日	10日	3日	12日	11日
	2004年	14日	19日	16日	13日	13日	10日	9日	9日	8日			



図3 ソリ付き桁網の全体写真

魚を採集するために、追い込み部網目幅約3.3mm、採集袋部網目幅約1.8mmの網を使用した。これらの網により採集可能な表在動物のサイズは、それぞれの種の形態により異なるが、1月から3月にかけて使用した網では、着底、変態を完了した異体類稚魚（イシガレイでは約13.5mm以上）の採集が可能である。調査日には30馬力の船外機を装備した1tの小型船により、各定線の西端（L.1：34°47.167' N, 137°10.145' E, L.2：34°47.141' N, 137°10.145' E, L.3：34°47.117' N, 137°10.145' E）を起点として、1.1~1.3ノットの速度で東へ約100m曳網した。採集したサンプルは、曳網後すばやく海水入りのサ

ンプル瓶に移し、中性ホルマリンを最終濃度が10%になるように加えて固定した。サンプルは実験室に持ち帰り、魚類、甲殻類、軟体類（頭足類）について種の同定を行い、種ごとに個体数、各個体の大きさ（魚類、エビ類は全長、カニ類は甲幅、頭足類は外套長）と湿重量を測定した。1種のサンプルが多い場合は、全数を計数した後、そこから30個体程度を無作為に抽出して個体測定を行った。なお、棘皮動物、貝類等については測定を行わなかった。また、表1の下段に示す日には、各定線の西端において、表層および底層における水温および塩分を、水温塩分計（アレック電子社製,ACT20-D）により測定した。

結 果

(1) 水質調査

図4に調査期間中における水温および塩分を示す。表層水温の最高値は30.1（2004年7月9日 L.1）、最低値は5.8（2003年1月16日 L.2, L.3）であった。底層生物への影響が大きいと考えられる底層水温の最高値は30.1（2004年7月9日 L.1）、最低値は5.9（2003年1月16日 L.3）で、表層とほとんど差はなかった。底層水温が20 を上回ったのは、2002年10月10日、2003年5月23日から10月3日、2004年6月10日から9月8日であった。一方、表層塩分の最高値は32.1psu（2004年2月19日 L.1, L.2, L.3）、最低値は23.8psu（2003年8月20日 L.3）

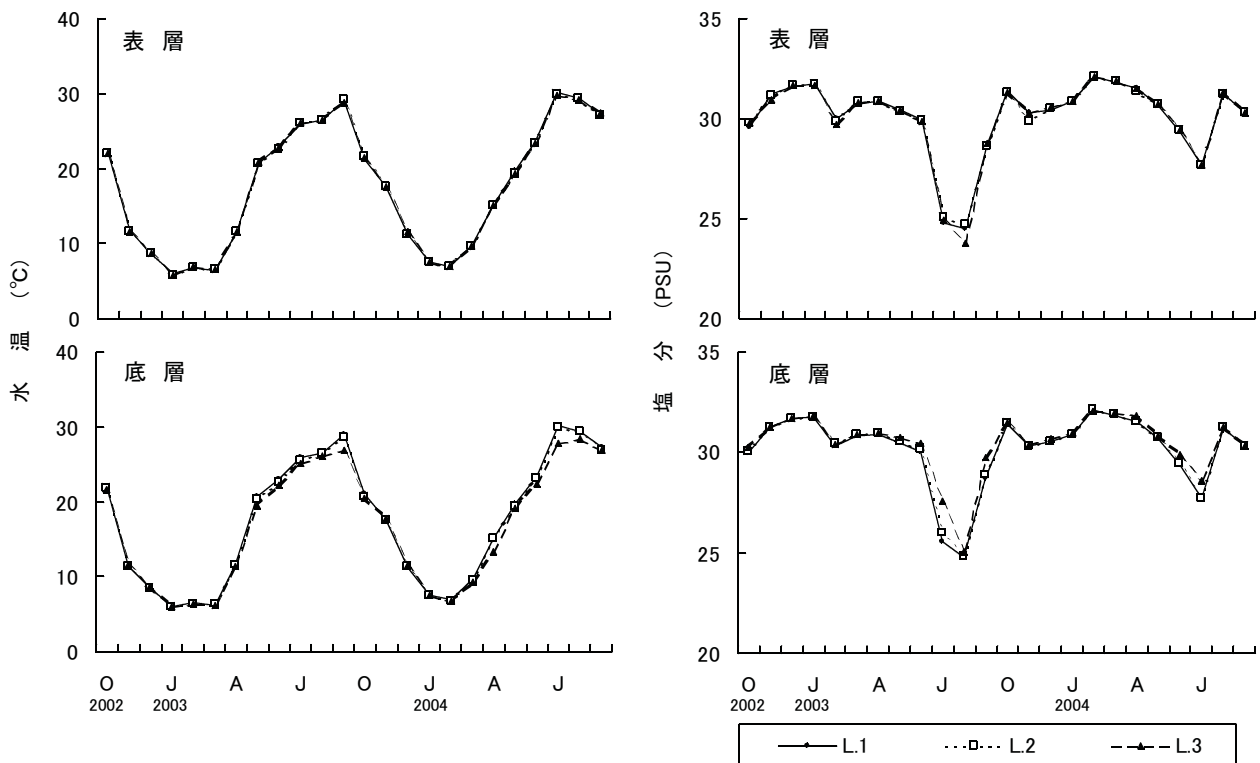


図4 調査期間中の表層および底層における水温および塩分の推移

であった。底層塩分の最高値は32.1psu (2004年2月19日 L.1, L.2, L.3), 最低値は24.8psu (2003年8月20日 L.1, L.2) で, 水温と同様に表層とほとんど差はなかった。水温, 塩分とも3定線での値はほとんど同じであった。この干潟域の付近には大きな流入河川がないため, 梅雨時や台風の直後においても底層塩分は25psu以下には低下しなかった。

(2) 採集調査

表2に人工干潟域において採集された大型表在動物お

よび3定線における24ヵ月間の合計採集個体数を示す。1月から3月にかけては網目幅をやや小さなものとしているが, 木元ら(1998)¹⁰⁾ は, 水工研 型ソリ付き桁網にて全長30~70mmのヒラメ稚魚を採集する場合, 網目幅2.1mmと3.7mmとで差はみとめられなかったと報告している。この調査でも網目幅による採集効率の差は小さいと考え, 他の月の調査と同等に扱った。全調査期間を通じて, 魚類32種, 甲殻類13種, 頭足類2種の合計47種の他, 環形動物, 棘皮動物, 刺胞動物, 貝類等が若干採集された。調査を行った24ヵ月間の合計で, 最も多く採

表2 ソリ付き桁網により採集された大型表在動物及び, その合計採集個体数

分類群	種名	和名	合計採集個体数 (3定線×1曳網×24ヶ月)
脊索動物門 (魚類)	<i>Platichthys bicoloratus</i>	イシガレイ	2934
	<i>Favonigobius</i> sp	ヒメハゼ属	1470
	<i>Repomuscenus</i> sp	ネズツボ属	847
	<i>Leiognathus nuchalis</i>	ヒイラギ	246
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	マハゼ	138
	<i>Enedrias nebulosa</i>	ギンボ	118
	<i>Triacanthus biaculeatus</i>	ギマ	106
	<i>Plecoglossus altivelis</i>	アユ	71
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	スズキ	22
	<i>Rudarius ercodes</i>	アミメハギ	19
	<i>Syngnathus</i> sp	ヨウジウオ属	18
	<i>Sebastes inermis</i>	メバル	16
	<i>Platycephalus indicus</i>	コチ	15
	Soleidae	ウシノシタ科	9
	<i>Hexagrammos otakii</i>	アイナメ	8
	<i>Siganus fuscescens</i>	アイゴ	6
	<i>Sebastes</i> sp	上記2種以外のメバル属	5
	<i>Upeneus bensasi</i>	ヒメジ	5
	<i>Sillago japonica</i>	シロギス	4
	<i>Sebastes oblongus</i>	タケノコメバル	4
	<i>Dasyatis akajei</i>	アカエイ	3
	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	カワハギ	3
	<i>Hippocampus takakurae</i>	タカクラタツ	2
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	ヒラメ	2
	<i>Chelidonichthys spinosus</i>	ホウボウ	2
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	メイタガレイ	2
	<i>Fugu niphobles</i>	クサフグ	1
	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	ガンゾウビラメ	1
	<i>Loctoria cornuta</i>	コンゴウフグ	1
	<i>Takifugu vermicularis</i>	ショウサイフグ	1
	<i>Mugil cephalus</i>	ボラ	1
	<i>Conger myriaster</i>	マアナゴ	1
	節足動物門 (甲殻類)	<i>Crangon affinis</i>	エビジャコ
<i>Palaemon paucidens</i>		スジエビ	173
<i>Charybdis japonica</i>		イシガニ	146
<i>Penaeus japonicus</i>		クルマエビ	30
<i>Portunus pelagicus</i>		タイワンガザミ	14
<i>Portunus trituberculatus</i>		ガザミ	10
<i>Matepenaeus joyneri</i>		シバエビ	5
Alpheidae		テッポウエビ科	5
<i>Portunus sanguinolentus</i>		ジャノメガザミ	4
<i>Penaeus semisulcatus</i>		クマエビ	3
<i>Upogebia major</i>		アナジャコ	1
<i>Trachypenaeus curvirostris</i>		サルエビ	1
<i>Charybdis feriatius</i>		シマイシガニ	1
軟体動物門 (頭足類)		<i>Idiosepius paradoxus</i>	ヒメイカ
	Loliginidae	ジンドウイカ科	1

集された種はイシガレイで、2003年1～5月および7月、並びに2004年1～9月に、合計2,934個体が採集された。ついで多かった種はヒメハゼ属、エビジャコで、それぞれ合計1,000個体以上が採集された。ガンゾウピラメ、シマイシガニなど10種は、1個体のみが採集された。

図5に魚類および甲殻類の1曳網(200m²)あたりの出現個体数密度および出現種数を、図6に1曳網あたりの出現生物量(湿重量)密度を、定線ごとに示す。頭足類については、個体数および湿重量ともわずかであったため、ここでは省略した。1曳網あたりの平均出現個体数密度は、L.1, L.2, L.3それぞれ、89, 145, 109個体/200m²で、L.2における出現個体数密度が高かった。平均出現種数は、それぞれ、5.3, 6.5, 6.7種であり、定線の地盤

盤が低いほど多かった。表3にShannon-Weaverの多様度指数 H' (1949)¹¹⁾ を示す。各定線共に経時的な消長はみとめられないが、出現種類数が少なかった場合や、エビジャコやイシガレイなどの単一種が多量に採集された時には、著しく低い値となった。 H' の平均は、L.1が 1.00 ± 0.36 , L.2が 1.20 ± 0.29 , L.3が 1.25 ± 0.33 であった。分散分析を行った結果、3定線間の H' には有意水準5%で差があった。そこで、LSD検定による多重比較を行った結果、L.1とL.2の間およびL.1とL.3の間の H' には有意水準5%で差があり、干潮時に干出するL.1は、L.2, L.3に比べ多様度が低いと言えた。平均出現生物量(湿重量)密度は、それぞれ107, 166, 220g/200m²で、定線の地盤が低いほど高かった。

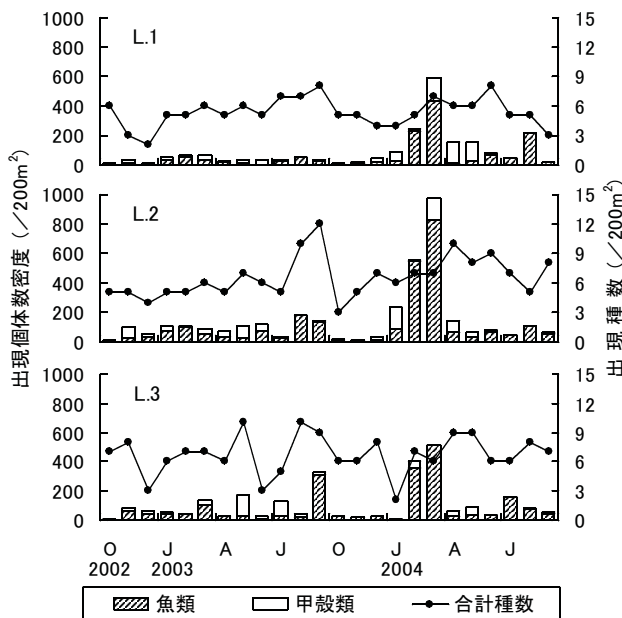


図5 ソリ付き桁網による魚類および甲殻類の1曳網あたり出現個体数密度および出現種数

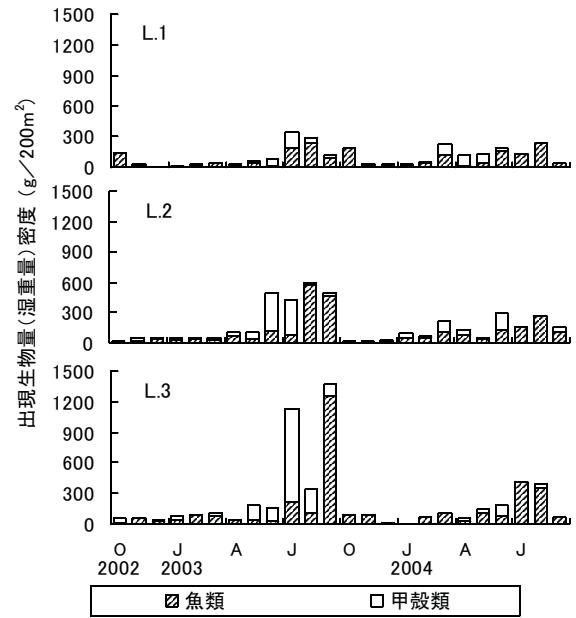


図6 ソリ付き桁網による魚類および甲殻類の1曳網あたり出現生物量(湿重量)密度

表3 ソリ付き桁網による調査における採集物のShannon-Weaverの多様度指数 H' 自然対数による計算値で示す。

定線		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均 ± S.D.
L.1	2002年										1.64	0.55	0.60	1.00 ± 0.36
	2003年	1.10	0.78	1.35	1.14	0.84	0.61	1.65	1.29	1.32	1.30	1.41	0.93	
	2004年	0.70	1.06	1.06	0.38	0.67	1.42	0.51	0.89	0.85				
L.2	2002年										1.43	0.92	1.17	1.20 ± 0.29
	2003年	1.28	1.17	1.58	1.31	1.32	1.47	1.04	1.36	1.20	0.90	1.47	1.33	
	2004年	0.96	0.34	0.72	1.31	1.56	1.23	1.31	0.86	1.49				
L.3	2002年										1.83	1.49	1.01	1.25 ± 0.33
	2003年	1.58	1.34	1.37	0.93	1.38	1.05	1.25	1.92	0.81	1.34	1.39	1.54	
	2004年	0.69	1.03	0.60	1.46	1.51	1.23	0.86	1.33	0.98				

調査期間中において出現個体数密度が高かった時期は、2004年の冬季で、いずれの定線においてもイシガレイ稚魚が多く採集されたためである。2004年2月においては、L.1, L.2, L.3それぞれ、155, 519, 288個体/200m²、3月においては、それぞれ338, 762, 434個体/200m²が採集され、特にL.2における出現個体数密度が高かった。しかし、イシガレイ稚魚の1個体あたりの生物量（湿重量）が少ないため、出現生物量（湿重量）密度のグラフには反映されていない。調査期間中において出現生物量（湿重量）密度が高かった時期は2003年の夏季で、L.2においては、2003年6月にイシガニが353.0g/200m²（15個体/200m²）、7月にイシガニが337.2g/200m²（12個体/200m²）、8月にネズツポ属が252.4g/200m²（95個体/200m²）、9月にネズツポ属が347.6g/200m²（98個/200m²体）採集された。L.3においては、7月にイシガニが898.6g/200m²（55個体/200m²）、8月にイシガニが232.0g/200m²（17個体/200m²）、9月にネズツポ属が873.1g/200m²（256個体/200m²）、マハゼが342.9g/200m²（45個/200m²体）採集された。

図7に合計出現個体数で優占した上位5種の出現個体数密度の推移を、図8に合計出現生物量（湿重量）で優占した上位5種の出現生物量（湿重量）密度の推移を、3定

線の平均値で示す。図の横軸の下部には、文献¹²⁻¹⁶⁾から推定される種ごとの産卵期を矢印で付す。生活史の全ての時期を河口域などの浅海域で過ごすヒメハゼ属は、¹⁷⁾周年出現した。一生を沿岸域で過ごすエビジャコは、水温が20℃を越える夏季には休眠¹³⁾もしくは深所へ移動するため、^{18,19)}西浦人工干潟域においても7月から9月にかけては、ほとんど出現しなかった。ヒメハゼ属とエビジャコ以外の種では、出現個体数密度や出現生物量（湿重量）密度が高い時期と低い時期とが明確に分かれ、イシガレイは1~4月、イシガニは6~8月、ヒイラギは8, 9月、ネズツポおよびマハゼは7~9月に、出現個体数密度または出現生物量(湿重量)密度のピークが認められた。

次に、最も出現個体数密度が高く、水産資源としても重要なイシガレイについて、1月から5月における月別、定線別の全長組成を図9に示す。6月以降も48mmから110mmの個体が出現することもあったが、全長組成をみるにはサンプル数が少ないために省略した。図9中の各図の右肩には、全長の平均値および度数の合計を付した。いずれの採集日においても、3定線間における全長の平均値の差は小さい場合が多かった。分散分析を行った結果、3定線間に有意水準5%で差があったのは、2003年2月14日

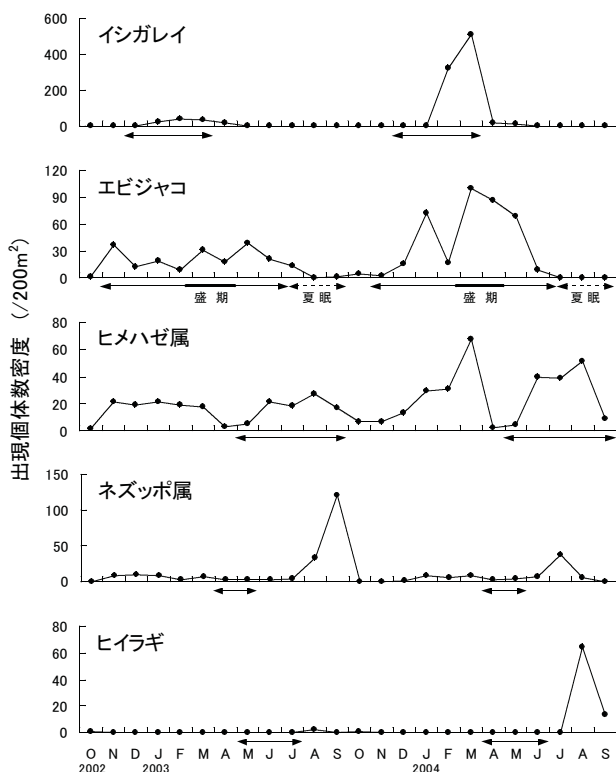


図7 ソリ付き桁網による優占5種の1曳網あたり出現個体数密度の推移

3定線の平均値で示す。水平方向の矢印で表される区間は産卵期を、その区間中の太い横線は産卵の最盛期を示す。

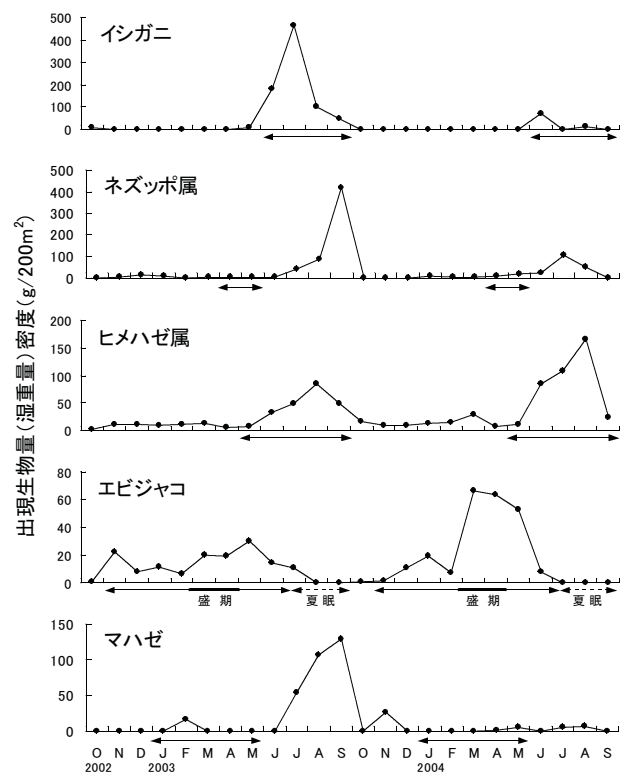


図8 ソリ付き桁網による優占5種の1曳網あたり出現生物量(湿重量)密度の推移

3定線の平均値で示す。水平方向の矢印で表される区間、その区間中の太線は図7と同じ。

および2003年4月7日のみであり、その他の調査日には差がなかった。これらのことから、各調査日におけるイシガレイの全長組成は、調査期間を通して定線間に明確な差があったとは言えないので、各調査日における全定線の標本を合計して成長曲線を描くと、図10のようになった。採集した合計個体数では、2004年は2003年の7.6倍であったが、全長を各年の同月で比較した場合、2004年の方が小型の傾向にあり、約1ヵ月ほど成長が遅れていた。また、直線的な成長がみとめられた2003年2月14日から5月28日および2004年3月17日から7月8日における、近似直線から推定される全長TL(mm)の成長式は、各年の1月1日からの経過日数をtとして、それぞれ $TL=0.45t-2.02$ ($R^2=0.999$), $TL=0.42t-9.14$ ($R^2=0.992$)と計算された。

考 察

(1)人工干潟域の水質環境

三河湾においては、例年夏季に形成される密度躍層下部の底層に貧酸素水塊が発達する。地理的条件や気象条件によっては、密度躍層上部の干潟域に生息する生物が貧酸素水塊の影響を受ける場合もある。²⁰⁻²³⁾ 今尾ら(2001)²⁴⁾ は、アサリの生残率モデル²⁵⁾ をもとに、三河湾内9地区において夏季にアサリの生残率が70%以上確保できる地盤高を計算した。それによると、西浦地区における設計地盤高はD.L.-3.2mと計算されている。今回調査した人工干潟域は、地盤がD.L.-3.2mよりも高いため、貧酸素水塊の影響を受けにくい海域であると考えられる。河口

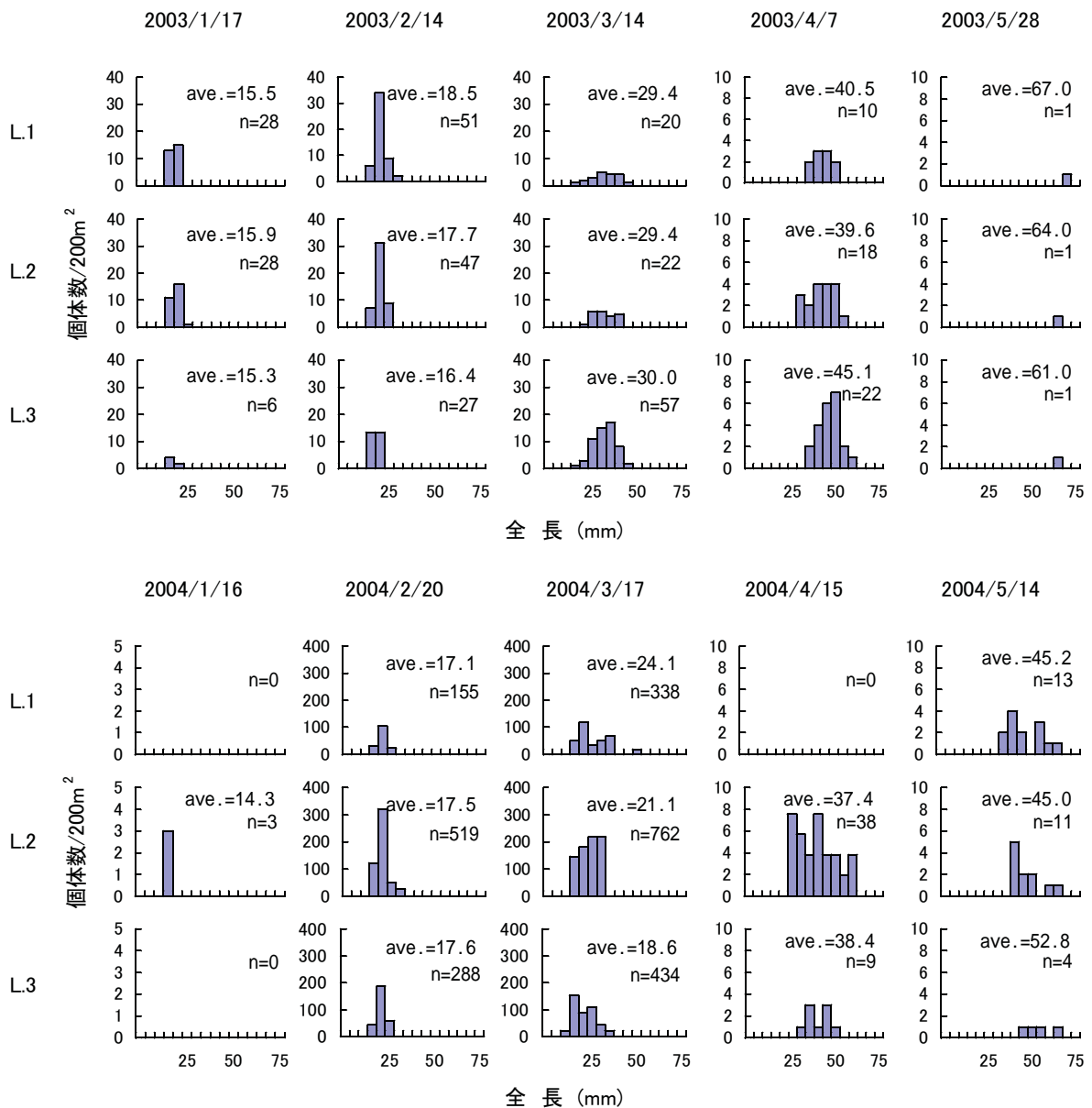


図9 ソリ付き桁網により採集されたイシガレイの月別、定線別の全長組成

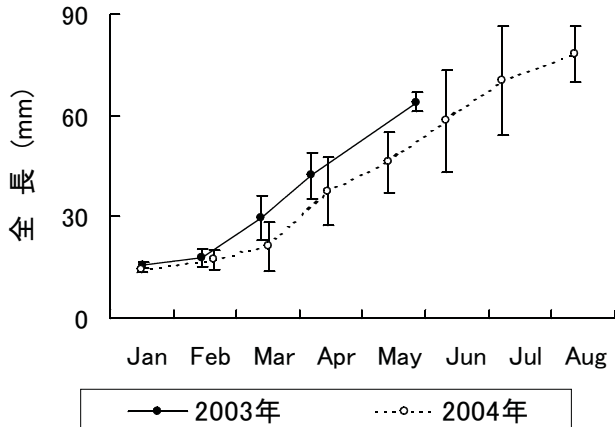


図10 ソリ付き桁網により採集されたイシガレイの年別の平均全長の推移

横軸は、各年の1月1日からの経過日数。各調査日とも3定線における全標本の平均値および標準偏差（上下のバー）を示す。採集された標本数が3未満の調査日は省略した。

や沿岸域においては、塩分等の環境要因が時空間的に著しく変化し、移動できないベントスの生存に大きな影響を与えるが、^{26,27)} 水質調査の結果、西浦人工干潟域は塩分の変化が小さく、低塩分に対する耐性の低い種にとっても好ましい環境であったと考えられる。また、干潟域の直上水の水温は、夏季においても30℃を超えることは稀であった。水質調査は冠水時に行っており、L.1付近が干出した状態において泥温がどの程度であったかは不明であるが、潮汐による短時間の干出であれば、L.1付近に生息していた生物が、高温や低温によってへい死した可能性は低かったと考えられる。

(2)人工干潟域に出現した動物相

採集調査時の各定線における水深については、調査日によるばらつきがあるが、ほとんどの調査日において、平均水深付近であったため、大型表在動物の分布に及ぼす水深の影響については、ここでは考慮しない。本調査においては、魚類、甲殻類、頭足類を合わせて、合計47種の大型表在動物が出現し、このうち36種は愛知県での漁獲対象種であり、愛知県に水揚げされる主要な漁獲対象種のほとんどが、調査対象とした西浦人工干潟域に出現したことになる。特に、水産有用種であるイシガレイは、主な出現時期が2~4月に限られるにも関わらず、3定線、24ヵ月の合計で約3,000個体が採集され、三河湾において減少しているイシガレイの資源増大効果が期待できる。出現種のほとんどは、一生を三河湾内において過ごす種であるが、ヒラメのような外海域での漁獲対象

種や、アユのような河川有用種も出現している。アユは、今回の干潟域における調査において、L.3<L.2<L.1の順に多くの出現がみとめられたが、アユの稚仔魚は砕波帯において出現するという報告がある。²⁸⁾ 今回は調査を行っていないが、L.1よりもさらに岸寄りの砕波帯には、より多くのアユが出現していたことが予想されるため、近年その天然資源が減少傾向にあるアユの資源増大効果が期待できる。この調査では大型表在動物の採集を目的として、ソリ付き桁網を用いて調査を行ったが、ガザミ類やクルマエビ類など、主に埋在している甲殻類も採集された。我々は、これらの大型埋在動物の採集を目的として、水流噴射式桁網を用いた調査についても行っている。²⁹⁾ 水流噴射式桁網によるガザミ類（ガザミ、タイワンガザミ、ジャノメガザミの3種合計）の出現個体数密度は、今回のソリ付き桁網による出現個体数密度の約91倍であり、今回の採集結果は過小評価の可能性はある。水流噴射式桁網による調査結果の詳細については別に報告する予定である。また、今回出現したアユ、クルマエビ、ガザミ、ヨシエビは、愛知県の栽培対象魚種でもあり、人工干潟域の造成が栽培漁業の効果向上にも役立つことが期待できる。三河湾の天然の干潟域における調査事例がないので比較はできないが、西浦人工干潟域は、造成からわずか3~5年で多様かつ有用な種が多数出現したことから、失われた干潟域の有していた生物生産機能の修復策として人工干潟域を造成することの有用性と即効性の一端が明らかとなった。

出現個体数密度と出現生物量（湿重量）密度の両方で上位5種に優占したエビジャコ、ヒメハゼ属、ネズツポ属のうち、エビジャコとネズツポ属については、出現個体数密度と出現生物量（湿重量）密度のピーク時期が、ほぼ一致している。ところが、ヒメハゼ属は周年出現しているものの、出現生物量（湿重量）密度では2003年、2004年ともに8月にピークがあるのに対し、出現個体数密度ではいずれの年も8月に小さなピークがある他に、2004年には3月にもピークが存在している。これは、小型のイシガレイ稚魚の採集を目的として、1~3月に網目幅の小さい網を使用したことにより、通常は採集されることの少ない全長30mm程度の小型のヒメハゼ属が、この時期にのみ多く採集されたためであり、同一条件で曳網すれば、出現個体数密度の3月のピークは現れなかったと考えられる。

調査地に優占した種のうち、イシガレイ、ネズツポ属、ヒラギ、マハゼの4種は、各種の産卵期の後期から産卵期の直後にかけてのみ多く出現し、その他の時期にはほとんど出現しなかった。これは、これらの種が、産卵、

ふ化後、干潟域において幼稚仔の時期を過ごし、成長した個体から沖合域へ移動する生活史を有していたためと推測された。一方、ヒメハゼ属およびエビジャコは、生活史の全ての時期を干潟域などで過ごすため、ほぼ周年出現したが、いずれも産卵期の後期に出現ピークがあることは前記の4種と同様であり、この時期に干潟域を最大に利用していた。例外的にイシガニは産卵期に出現ピークがあり、干潟域を産卵場所として利用している可能性が示唆された。イシガニ以外の各種が干潟域を主に生育場として利用する時期は、全体としては分散しており、各種幼稚仔が時期をずらして干潟域を利用していた。四万十川河口域の河岸浅所において出現する仔稚魚相についても同様の結果が報告されており、³⁰⁾ 人工干潟域のような相対的に狭い空間においては、各種が出現交替を繰り返すことによって、同じ場所を成育場として効率よく利用していることが分かった。

イシガレイの出現個体数密度は、2003年の最多出現月である2月14日には、全定線の平均で、 $2,078$ 個体 ha^{-1} 、2004年の最多出現月である3月17日には、 $25,567$ 個体 ha^{-1} であり、仙台湾の河口干潟域4地区（蒲生干潟 $13ha$ など）において、1992～1996年の4月中旬に観測された個体密度（ $1,620 \sim 8,192$ 個体 ha^{-1} ）³¹⁾ を上回る値であった。採集漁具の採集効率は曳網条件や対象個体の大きさによって変化する。¹⁰⁾ 本調査での採集効率は曳網速度³²⁾ から約 0.4 （ $E = -0.2497x + 0.7087$ 、 x : 曳網速度(knot)、 E =採集効率）、採集個体の体長⁹⁾ から約 $0.4 \sim 0.7$ （ $E = 0.0042BL + 0.37$ 、 BL : 体長(mm)）とそれぞれ計算される。過大評価を避けるため最も高い採集効率 0.7 を用いて、西浦人工干潟域におけるイシガレイの推定生息密度を算出すると、2003年、2004年それぞれ $2,969$ 個体 ha^{-1} 、 $36,524$ 個体 ha^{-1} となり、仙台湾での観測結果の $0.36 \sim 22.5$ 倍の値となる。このことから、西浦人工干潟域は、イシガレイ稚魚にとって天然の干潟域と比較して遜色ない、良好な生育環境を有していたと考えられた。

出現したイシガレイの全長組成の分布には、出現時期や地盤高による差がみられたが、今尾ら(2003)³³⁾ が一色町地先の人工干潟域において行った調査で認められたような、イシガレイの出現サイズの地盤高による差は、明確ではなかった。一方、イシガレイの2003年および2004年の成長率は、それぞれ 0.45 、 $0.42mm/day$ と計算され、2004年におけるイシガレイの成長は、2003年と比較して劣っていた。また、2004年においては、2003年と比較して全長の標準偏差が大きい傾向にあり、成長のばらつきが大きかったと考えられた。魚類の成長は積算水温に大きく影響されるが、この期間の底層水温は2004年の

方が全般に高めであった（図4）にも関わらず、イシガレイの成長は劣っていた。一方、異体類当歳魚の密度と成長との間には負の相関があると言われている。^{34,35)} 本調査と同時期に実施した水流噴射式桁網による大型埋在動物の調査では、イシガレイがその水管を餌として利用するアサリ等の二枚貝類の出現量が減少傾向にあったので、²⁹⁾ 稚魚が大量に出現した2004年には餌をめぐる種内競争が人工干潟域で起こっていた可能性がある。このことは今後、人工干潟域の造成面積を検討する際、イシガレイ稚魚の収容能力という視点で検討することも重要であること示唆している。

本調査においては、干潟域の造成より3～5年経過した時期における大型表在動物相についての調査を実施した。天然の干潟域は、河口域の近くに大規模に形成されることが一般的である。本調査の対象干潟域は河口域に造成されたのではなく、 $12ha$ 足らずの小規模なものではあったけれども、生物生産機能の面から、干潟域造成の効果が現れていることが示された。造成後、次第に砂が移動することによる地形変化が起きているが、現在のところ大型表在動物の出現個体数密度や出現生物量（湿重量）密度の低下はみとめられていない。人工干潟域の持つ効果の持続性について検討するためには、今後も継続して調査を実施していくことが必要である。

要 約

三河湾奥に造成された人工干潟域（ $12ha$ ）において、ソリ付き桁網を使用した大型表在動物の採集調査を2カ年実施した結果、魚類32種、甲殻類13種、頭足類2種の合計47種が出現した。出現種のほとんどは、一生を三河湾内において過ごす種であったが、ヒラメのような湾外での漁獲対象種や、アユのような河川有用種も出現した。造成からわずか3～5年で多様かつ有用な種が多数干潟域を利用しており、失われた干潟域の有していた生物生産機能の修復策として人工干潟域を造成することに、即効性があることが明らかとなった。出現種のほとんどは、各種の産卵期後期から直後にかけて分散した出現ピークが観測され、各種が出現交替を繰り返すことによって同じ場所を成育場として効率よく利用していることが分かった。最多出現種はイシガレイ稚魚で、報告されている天然干潟域の $0.36 \sim 22.5$ 倍の高い推定生息密度が観測された。また、調査期間中の2度の出現期を比較することにより、イシガレイ稚魚の出現個体数密度と成長速度とは負の関係が認められ、人工干潟域の造成面積とイシガレイ稚魚の収容量に関する新たな知見が得られた。

謝 辞

本稿のご高閲ならびに貴重なご助言を頂いた，東京大学 海洋研究所の小松輝久 助教授ならびに，愛知県水産試験場 漁業生産研究所長の鈴木輝明 博士に，厚くお礼を申し上げます。また，調査に際してご協力いただいた漁場環境研究部の関係者および中山富久子さんに深謝いたします。

文 献

- 1) 木村賢史・三好康彦・嶋津暉之・赤沢豊(1991)人工海浜の浄化能力について(2)．東京都環境科学研究所年報1991, 141-150.
- 2) 青山裕晃・鈴木輝明(1997)干潟上におけるマクロベントス群衆による有機懸濁物除去速度の現場測定．水産海洋研究, **61**(3), 265-274.
- 3) 細川恭史(1999)干潟の水質浄化システムとその再生・造成の可能性．沿岸海洋研究, **36**(2), 137-144.
- 4) 青山裕晃・甲斐正信・鈴木輝明(2000)伊勢湾小鈴谷干潟の水質浄化機能．水産海洋研究, **64**(1), 1-9.
- 5) 青山裕晃(2000)三河湾における海岸線の変遷と漁場環境．愛知水試研報, **7**, 7-12.
- 6) 愛知県漁業協同組合連合会・愛知県沿岸漁業振興研究会(1996)提言「愛知県の沿岸漁場環境を改善するために」．pp.8.
- 7) 愛知県沿岸漁業振興研究会(1997)愛知県の漁場環境修復策としての干潟・浅場造成について．pp.11.
- 8) 国土交通省港湾局(2003)海の自然再生ハンドブック その計画・技術・実践 第1巻 総論編．ぎょうせい，東京，pp.107.
- 9) 輿石裕一・清水節夫・大阪幸男・澤野敬一・木元克則(1999)西水研 型桁網のヒラメ稚魚採集方法の実際．ヒラメ・カレイ類幼稚魚採集調査指針，(増殖関係生態調査標準化作業部会報告書)，中央水産研究所，53-59.
- 10) 木元克則・藤田薫・野口昌之・輿石裕一(1998)水産工学研究所型桁網の開発とヒラメ稚魚の採集効率の推定．小型桁網による底生幼稚魚の採集に関わる標準化に関する研究報告書，増殖関係生態調査標準化作業部会報告書，中央水産研究所，51-72.
- 11) Shannon, C. E. & Weaver, W. (1949)The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press, Urbana, pp.117.
- 12) 八塚剛(1952)イシガニ幼生の変態成長について．日水誌, **17**(11), 17-22.
- 13) 安田治三郎(1956)内湾に於ける蝦類の資源生物学的研究() 各論 各種類の生態に関する研究．水産庁内海区水産研究所研究報告, **9**, pp.81.
- 14) 岩井保(1986)検索入門 魚の図鑑．保育社，大阪，pp.215.
- 15) 阿部宗明(1987)原色魚類大圖鑑．北隆館，東京，pp.1029.
- 16) 荒賀忠一・望月賢二・中坊徹次・小西和人・今井浩次(1995)新さかな大図鑑．週間釣りサンデー，大阪，pp.559.
- 17) 岩田明久・細谷誠一(2005)ハゼ類の多様性からみた四万十川河口域．海洋と生物, **27**(1), 39-46.
- 18) 小坂昌也(1970)エビジャコの生態．東海大学紀要海洋学部, **4**, 59-80.
- 19) 森純太(1994)若狭湾西部海域におけるエビジャコの生態．1993年度京都大学農学部水産学科卒業論文．
- 20) 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・今尾和正(1998)底層の貧酸素化が内湾浅海底生生物群集の変化に及ぼす影響．海の研究, **7**(4), 223-236.
- 21) 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・畑恭子(1998)貧酸素化の進行による底生生物群集構造の変化が底泥 - 海水間の窒素収支に与える影響 - 底生生態系モデルによる解析 - . *J. Adv. Mar. Sci. Tech. Soci.*, **4**(1), 65-80.
- 22) Teruaki Suzuki(2001)Oxygen-deficient waters along the Japanese coast and their effects upon the estuarine ecosystem. *J. Environ. Qual.*, **30**(2), 291-302.
- 23) 今尾和正・鈴木輝明・高倍昭洋(2004)溶存酸素環境の変化に伴うマクロベントス群集の構造と機能の変化予測．水産工学, **41**(1), 13-24.
- 24) 今尾和正・鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信・伊東永徳・渡辺淳(2001)貧酸素化海域における水質浄化機能回復のための浅場造成手法に関する研究．水産工学, **38**(1), 25-34.
- 25) 青山裕晃・甲斐正信・鈴木輝明・中尾徹・今尾和正(1999)三河湾における貧酸素化によるアサリ(*Ruditapes Philippinarum*)の死亡率の定式化．海洋理工学会誌, **5**(1&2), 31-36.
- 26) 栗原康(1988)河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー．東海大学出版会，東京，pp.335.
- 27) 西條八束・奥田節夫(1996)河川感潮域 - その自然と変貌 - . 名古屋大学出版会，名古屋，pp.248.
- 28) 辻野耕實・安部恒之・日下部敬之(1997)大阪湾南部碎波帯に出現する幼稚仔魚．大阪水試研報, **9**, 11-32.

- 29) 武田和也・石田基雄・石田俊朗・家田喜一(2004)人工干潟・浅場の水質浄化機能定量化手法確立試験. 平成15年度水産試験場業務報告, 愛知県水産試験場, 70-72.
- 30) 藤田真二(2005)沿岸魚類の大成育場 - 四万十川河口域 -. 海洋と生物, **27**(1), 10-17.
- 31) Yamashita Y., H. Yamada, H. Tamaki, T. Kawamura and Y. Tsuruta(1999)Occurrence, distribution and utilization of nursery grounds of settling and newly settled flounder, *Platichthys bicoloratus*, in Sendai Bay. *Bull. Tohoku Natl. Fish. Res. Inst.*, **62**, 61-67.
- 32) 増殖関係生態調査標準化作業部会(1999)ヒラメ・カレイ類幼稚魚採集調査指針. ヒラメ・カレイ類幼稚魚採集調査指針(増殖関係生態調査標準化作業部会報告書), 中央水産研究所, 1-9.
- 33) 今尾和正・鈴木輝明・浮田達也・高倍昭洋(2003)底生動物の出現動向から見た人工干潟の効果評価. 水産工学, **40**(1), 29-38.
- 34) Edwards R, Steele JH(1968)The ecology of 0-group plaice and common dabs at Loch Ewe I. Population and food. *J.Exp Mar Biol Ecol*, **2**, 215-238.
- 35) Rauck G, Zijlstra JJ(1978)On the nursery aspects of the wadden sea for some commercial fish species and possible long-term changes. *Rapp PV Reun Cons Int Explor Mer*, **172**, 266-275.