

九州西岸の火力発電所周辺海域における沿岸魚類の分布と 放水口近傍の魚類群集の特徴

山本正之・三浦雅大・益原寛文・余吾 豊・遠藤康之

Coastal Fish Distribution in the Waters Adjacent to a Thermal Power Station at the Western Coast of Kyusyu, Japan, with Regard for the Fish Assemblage near the Discharge

Masayuki Yamamoto^{*1 §}, Masao Miura^{*1}, Hirohumi Masuhara^{*2},
Yutaka Yogo^{*3} and Yasuyuki Endo^{*4}

要約: 九州西岸の火力発電所周辺海域において、温排水放水口近傍の魚類群集の特徴を明らかにするため、1996年10月から1997年9月に毎月潜水目視観察を実施した。設定した15測点全体で、各月57~91種、3,539~10,691個体の魚類が観察された。これらの魚類の分布傾向は、放水口との関係から4つに類型化された(類型Ⅰ、放水口近傍に周年にわたり多く出現するが周辺海域にはほとんどみられない; 類型Ⅱ、放水口近傍にも周辺海域にも出現して冬季に放水口近傍で多くなる; 類型Ⅲ、放水口近傍にも周辺海域にも出現して季節的な分布の変化がみられない; 類型Ⅳ、放水口近傍にはほとんど出現しないが周辺海域には多く出現する)。そして、放水口近傍の魚類群集は、温排水による水温上昇などの環境変化が海底まで達し、かつ海底が起伏や間隙に富む範囲でみられること、より南方の海域から移送されてきた無効散布魚類の越冬個体など、周辺海域ではほとんどみられない魚類が存在することで特徴づけられた。なお、無効散布魚類の越冬は、一般に、暖流の影響の強い海域に位置する発電所周辺でみられる可能性が高いと推定される。

キーワード: 沿岸魚類, 分布, 温排水, 群集, 潜水目視観察

Abstract: Coastal fish distribution in the waters adjacent to a thermal power station at the western coast of Kyusyu was surveyed monthly by underwater visual census from October 1996 to September 1997. The number of fish species and individuals observed at each month ranged from 57 to 91 and from 3,539 to 10,691, respectively. Distribution patterns of species were categorized into four types based on the response behavior to the thermal effluent; type I fishes were commonly observed near the discharge but scarcely in the outskirts, type II fishes were observed in both areas and increased in individual number during winter near the discharge, type III fishes were observed in both areas without any seasonal change, and type IV fishes were observed commonly in the outskirts but scarcely near the discharge. The fish assemblage seemingly gathering to the thermal effluent was found in the area where thermal plume reached to the bottom and the sea floor was rough with many crevasses. The assemblage contained characteristic fishes which were supposed to pass winters irregularly after essentially abortive migration from the subtropical-tropical regions and hardly observed in the outskirts. Similar fish distribution is expected in the waters adjacent to power stations at the temperate zone under the influence of the warm current.

Keywords: Coastal fish, Distribution, Thermal effluent, Gathering, Underwater visual census

(2002年5月21日受付, 2002年8月4日受理)

*1 財団法人 海洋生物環境研究所 中央研究所 (〒299-5105 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300)

§ E-mail: yamamoto@kaiseiken.or.jp

*2 株式会社 東京久栄 西日本事業部 (〒810-0042 福岡県福岡市中央区赤坂1-6-15日新ビル)

*3 株式会社 ベントス (〒819-1113 福岡県前原市大字前原391-2); 現住所, 有限会社 水交舎 (〒811-4175 福岡県宗像市大字田久687-2)

*4 有限会社 ケイマツダイビングサービス福岡営業所 (〒811-1365 福岡県福岡市南区皿山3-8-29 長住南ハイツ202)

まえがき

方 法

臨海発電所の温排水放水口近傍に多くの魚類が生息していることについては、国内各地から観察例が聞かれるとともに、一部の発電所では、釣り公園を開設して一般に開放している。放水口近傍の魚類群集は、温排水ないし放水口に蠕集しているとみられており、無人の水中テレビカメラ（富田，1983）や科学計量魚探（海洋生物環境研究所，1990）による調査が行われている。これらの調査のうち、前者は放水口前面に出現する魚種を記録することを、後者は放水口周辺の魚類の蠕集状況を機器による観測データとして記録することを、それぞれ主な目的として実施されたものであった。

しかし、温排水ないし放水口に魚類が蠕集するメカニズムなどの詳細については、水温上昇や水流の発生の影響、プランクトンや懸濁有機物などの餌料集積の効果、放水口周辺構造物の魚礁効果など、諸説取りざたされているが、明確な見解は示されていない。そこで、メカニズム解明の第一段階として、発電所周辺海域の魚類分布の状況と放水口近傍の魚類群集の特徴を明らかにするため、九州西岸のある火力発電所周辺海域において、潜水目視観察を実施した。また、魚類分布と温排水との関係を検討するため、水温・塩分と流況（流向・流速）を測定した。

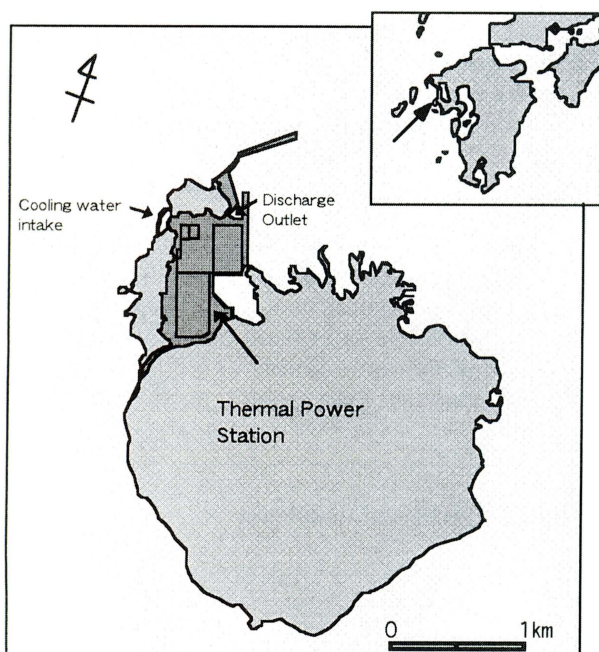


Fig.1 Location of survey region.

調査海域 長崎県西部沖合い約1.5kmにある島の北側に位置する火力発電所周辺で調査を実施した（Fig. 1）。この発電所は、出力500,000kWの発電ユニット2基からなる石炭火力発電所で、1号機は1981年1月16日から、2号機は1981年6月19日から、それぞれ営業運転が開始されている。復水器冷却用海水量は2基合計43.4m³/秒で、発電所西方の外洋側表層から取水し、東側の湾内表層に放水している。

Fig. 2に調査範囲を示した。放水口前の半円形のは、温排水とともに出てくる泡の飛散を防ぐために設置されたオイルフェンスで、水面付近のみを遮る。従って、温排水の拡散には、ほとんど影響しない。その先の突堤様の構造物は揚炭棧橋で、水中には橋脚のみが存在する。温排水の流れは、この橋脚の間を通過する。

調査範囲内の最大水深は29.5mで、放水口前方約500mに底面からの比高約20mの2つの岩礁（センガン瀬，センガンの中瀬）がある。また、放水口から荷揚岸壁までの約200mの間に岸壁に沿って岩盤が分布しており、岸壁の裾には底固め

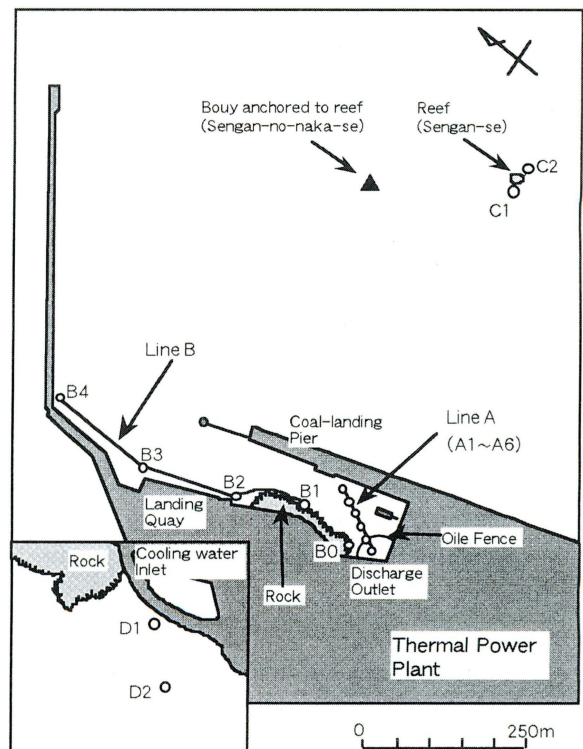


Fig.2 Lateral view of survey area with survey lines (A and B) and survey stations (Sts.A1 - 6, Sts.B0 - 4, Sts.C1 - 2, and Sts.D1 - 2).

の割石が敷設されている。これらの岩礁や割石以外の海底は、勾配 1/30～1/10の平坦面で、砂～砂泥～泥で覆われている。

この海域では、過去に科学計量魚探による魚群の分布調査が実施されており、その際、放水口近くに多数集まっているギンガメアジなどの魚類が調査員によって視認されている（海洋生物環境研究所, 1990）。

水温・塩分と流況の測定 調査海域の温排水の広がりや推定するため、放水口近傍から前面の湾内と取水口前面の海域に調査測線を設定し、水温・塩分と流況（流向・流速）を測定した。これらの測定を、以下に示した方法で、秋季（1996年11月13日）、冬季（1997年2月4日）、春季（1997年5月9日）、夏季（1997年8月7日）に、それぞれ満潮直後の下げ潮時（高潮時）と干潮直後の上げ潮時（低潮時）に実施した。

調査船の舷側に支持棒を固定し、この水深 0.5, 1, 2, 3 mに相当する位置に水温・塩分計（アレックス電子社製ADL型）を取付け、反対側の舷側に超音波ドップラー流速計（RD社製ADCP型）を取付けた。そして、あらかじめ設定した調査測線に沿って2～3ノットで航走しながら、海面下0.5, 1, 2, 3 m層の水温・塩分を測定するとともに、海面下2 mから海底上2 m程度（水深の約90%に相当）まで1 m間隔で、流向・流速を測定した。

また、毎月1回、後述の魚類分布の潜水観察と同時に、それぞれの測点において、STD（アレックス電子社製）によって表層から水深10 mまで1 m間隔で水温・塩分の鉛直分布を測定するとともに、電流速計（東邦電探社製CM-2型）によって表層から水深10 mまで1 m間隔で流向・流速の鉛直分布を測定した。ただし、一部の測点においては、オイルフェンスなどの発電所設備や海底地形の関係から調査船が近づけないため、これらの測定を行わなかった。

魚類の目視観察 放水口周辺の魚類分布を把握するために、以下に示す方法でSCUBA潜水による目視観察を、1996年10月から1997年9月までの1年間、毎月1回（1996年10月17～18日、11月14～15日、12月10～11日、1997年1月9～10日、2月5～6日、3月4～5日、4月4～5日、5月7～9日、6月10～11日、7月2～3日、8月

5～6日、9月10～11日）実施した。

観察にあたっては、放水口近傍域から温排水の流軸に沿った100 mの調査測線上に20 m間隔で6カ所の調査測点（測線A、測点A 1～6）を、放水口脇から荷揚岸壁に沿って防波堤に向かう約400 mの調査測線上に5カ所の調査測点（測線B、測点B 0～4）を設定した。対照区として、沖側のセンガン瀬に2カ所の調査測点（測点C 1～2）を、取水口前面に2カ所の調査測点（測点D 1～2）を設定した（Fig. 2）。

各調査測点においては、周囲を遊泳しながら、視認された魚種の個体数と大きさ（全長）を記録した。観察時間は、出現魚類の多寡や海底地形の複雑さなどによって変化した。1調査測点あたり5～10分間を要した。この潜水観察は、魚類の目視観察に熟練したダイバー1名を中心に、4名のダイバー（2名1組×2組）で実施した。そして、観察終了後の調査船上において、熟練ダイバーの元で観察結果を集計した。

潜水観察と同時に、写真撮影やビデオ撮影を行い、現場の目視観察で判別が困難であった魚種について、この画像や映像から種名を判定した。さらに、一部の魚種については、標本を採集して形態学的検討を行い、種名を確定した。

結果と考察

温排水の状況 Fig. 3に、放水口近傍（測点A 2に相当）と取水口前面（測点D 1に相当）の表層（水深1 m）の水温と塩分の季節変化を示した。環境水温度と見なされる取水口前面の水温は、2月の14.4℃から8月の26.7℃の範囲で季節的な変化を示した。なお、この取水口前面では、測定を実施した海底あるいは水深10 mまで、水温の鉛直的な変化は特にみられなかった。温排水の影響を受ける放水口近傍の表層水温は、取水口前面より平均5.1℃上昇しており、この上昇幅を保ちながらほぼ同様の季節変化を示したが、取水口前面と放水口近傍で大きな差異は特にみられなかった。

表層の水温分布と流況を、1996年11月低潮時のものを例として、Fig. 4に示した。この例のように、放水口にもっとも近いところでは、全調査期間（1996年10月～1997年9月）を通じて、沖側へ

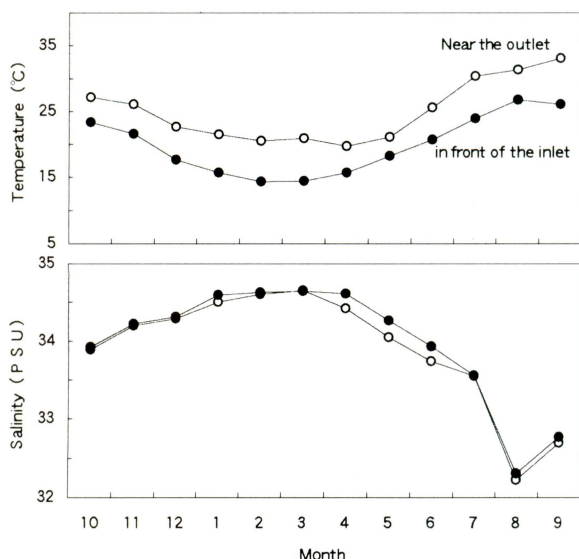


Fig.3 Seasonal change of seawater temperature and salinity at the 1m depth near the thermal effluent outlet (St.A2) and in front of the cooling water inlet (St.D1).

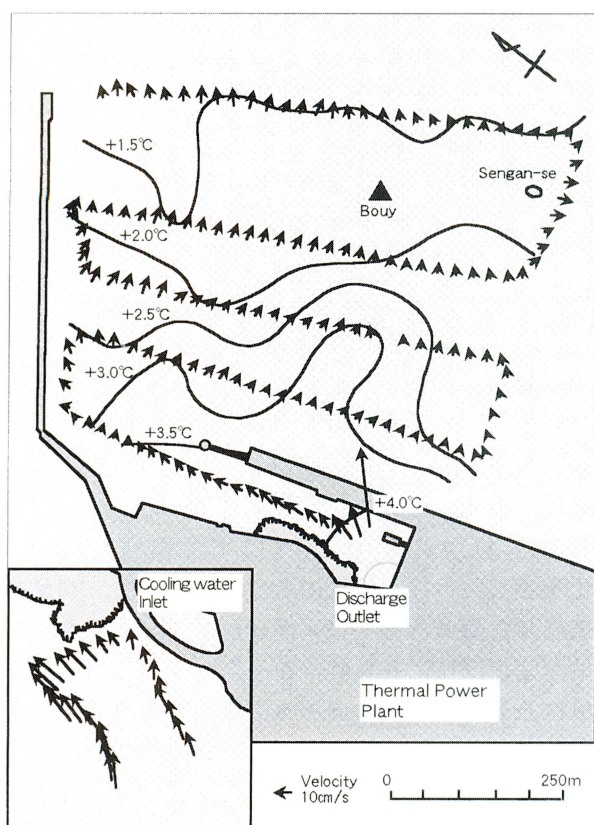


Fig.4 A lateral distribution of seawater temperature and current condition at surface of survey area at low tide, November 13, 1996. Seawater temperature is given as the elevation level at the layer 0.5m deep above the temperature (21.8°C) in front of the cooling water inlet. The current condition consists of the lateral direction and velocity at the layer 2m deep.

向かう強い流れ（流速15～50cm/秒）がみられた。この温排水の放出に伴う流れは、前方の揚炭栈橋の橋脚間を通過して沖合いへと続くが、揚炭栈橋をくぐり抜けたところで、流速10cm/秒以下の弱い流れとなった。一方、放水口から岸壁に沿う弱い流れもみられた。この流れは、防波堤にぶつかり、これに沿うように沖側へ向かう流れと変化した。これらの温排水放出に伴う流れは、低潮時に強く、高潮時に弱くなる傾向があった。なお、取水口前面の流れは、主として潮汐に伴うものと考えられた。

表層水温は、放水口にもっとも近いところで、取水口前面に比べて、多くの場合、4～5°C上昇していた。また、沖側の防波堤先端～センガン瀬の付近では、1～2°Cの水温上昇がみられた。Fig.4に示したものは低潮時（干潮直後の上げ潮時）の例であるが、この海域の温排水の広がり、潮汐流よりも潮位の影響をより強く受けて変化するものとみられ、潮位が上がると図示した例よりも水温上昇範囲が狭まる傾向があった。

調査海域表層の温排水に伴う流れの発生や水温上昇は、発電所の運転状況や気象、海象の状況によっても変化するものと考えられるが、四季の調査を通じて、おおむねこのような傾向であった。なお、塩分は図示しなかったが、四季を通じて水平的な変化はほとんどみられなかった。

調査測線A、Bの環境概況 放水口直前から温排水の流軸に沿って設定した測線A（測点A1～6に相当）の海底の状況と水温の断面分布の例（1997年2月）を、Fig.5に示した。なお、測点A1はオイルフェンスの内側になっており、調査船が近づけなかったため、水温の測定を実施しな

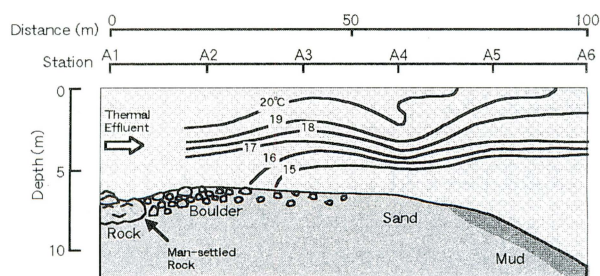


Fig.5 A sectional distribution of seawater temperature measured at 6 February, 1997 and bottom profile in Line A equal to Sts.A1 - 6. Seawater temperature measurement at St.A1 was obstructed by the oil fence.

かった。

放水口直前の海底は岩盤で、この上に底固めの割石が敷設されていた。そして、放水口から離れるにつれて、次第に礫、砂、砂泥、泥と底質が変化した。また、全調査期間（1996年10月～1997年9月）を通じて、放水口から25mくらいまでは、温排水による水温上昇が海底付近まで達しており、図中には示さなかったが、流速20～80cm/秒の沖へ向かう強い流れがあった。そして、これより離れると、温排水は海底から離れて、次第に水温上昇幅は小さく、水流は弱くなると同時に、表層のみに限られるようになった。

放水口脇から発電所岸壁に沿って設定した測線B（測点B0～4に相当）の海底の状況と水温の断面分布の例（1997年2月）を、Fig. 6に示した。なお、放水口脇の測点B0にあたる場所は、海底の岩礁に阻まれて調査船が接近できなかったため、水温の測定を実施しなかった。

放水口脇から100mくらいまでの海底は岩盤で、この上に底固めの割石が敷設されていた。これより放水口から離れると、海底は礫混じりの砂となったが、岸壁沿いには底固めの割石が敷設されていた。また、全調査期間（1996年10月～1997年9月）を通じて、放水口に近く、水深の浅いところ（放水口から150mくらいまで）では、2～5℃の水温上昇がみられ、最大で流速30cm/秒の流れがあった。これらの温排水による水温上昇と水流は、放水口から離れるにつれて弱くなり、次第に表層のみに限られるようになった。

魚類の出現概況 魚類分布の潜水目視観察では、Table 1に示すように、調査範囲全体として各月57～91種、3,539～10,691個体の魚類が観察された。なお、測点B0～3では、10月の調査を行わなかった。

放水口から温排水の流軸に沿って設定した測線Aでは、放水口周辺に多くの魚種（測点A1で26～41種、平均34.2種）が出現し、放水口から離れると極端に出現魚種が減少する（測点A2～6で0～12種、平均2.87種）傾向がみられた。これに対して、放水口脇から発電所岸壁に沿って設定した測線Bでは、放水口から離れると極端に出現魚種が減少するという傾向はみられず、測点B0～4で6～41種、平均20.6種の魚類が出現した。また、対照域とした測点C1～2、D1～2では、6～41種、平均24.2種の魚類が出現し、放水口に

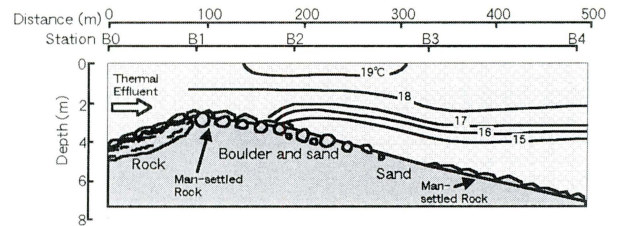


Fig. 6 A sectional distribution of seawater temperature measured at 5 to 6 February, 1997 and bottom profile in Line B equal to Sts. B0 - 4. Seawater temperature measurement at St. B0 was obstructed by the underwater topography.

比べて出現魚種が極端に少ないということは無かった。

前述のように、測点A1の海底には巨礫大の割石が敷設されていた。また、測線Bの各測点では、主として割石が敷設されている岸壁沿いで、対照域の測点C1～2、D1～2では、巨礫や岩盤などの天然の岩礁域で魚類の観察を行った。このように、これらの測点では磯魚類のすみ場（金本、1977）が多様であったのに対して、測点A2～6の海底は小礫～砂～砂泥で磯魚類のすみ場に乏しかった。このため、側線Aのうち、測点A2～6で出現魚種が極端に少なかったと考えられた。

全調査期間を通じた各測点の魚類の個体数を、Fig. 7に示した。ここでは、全調査期間、全測点を通じた合計個体数の多いもの、上位40種を示した。なお、海底の状況から魚類の出現が極端に少なかった測点A2～6は除いた。

放水口直前の測点A1では、ギンガメアジ *Caranx sexfasciatus*、ダツ科魚類 *Belonidae* spp.（主としてダツ *Strongylura anastomella* とオキザヨリ *Tylosurus crocodilus* だったが目視では判別が困難であった）、メジナ *Girella punctata*、アイゴ *Siganus fuscescens*、クロメジナ *G. melanichthys*、オヤビッチャ *Abudefduf vaigiensis*、ニセカンラハギ *Acanthurus dussumieri* などが多く出現した。温排水がほとんどあるいは全く到達しない対照区の測点C1～2、D1～2では、キビナゴ *Sprattelloides delicatulus*、クロホシイシモチ *Apogon notatus*、ミナミハタンポ *Pempheris xanthoptera*、スズメダイ *Chromis notatus*、マアジ *Trachurus japonicus*、ソラスズメダイ *Pomacentrus coelestis* などが多く出現した。

また、ギンガメアジ、ダツ科魚類、ニセカンラ

ンハギ、テンジクスズメダイ *Ab. bengalensis*, オトメベラ *Thalassoma lunare* などの数種は、放水口直前の測点では多くみられたが、放水口から離れた測点では、ほとんどないし全くみられなかった。

逆に、クロホシイシモチ、ミナミハタンポ、イトヒキベラ *Cirrhilaburus exquistus*, ハナハゼ *Ptereleotris hanae* などの数種は、放水口から離れた測点で多くみられたが、放水口直前の測点 A 1 では、ほとんどないしは全くみられなかった。

以上のことから、温排水に魚類が蜆集するといわれている現象は、種類数や個体数などの量的な側面よりも、種組成などの群集構造の差異として把握される可能性が示唆された。従って、この現象は、魚種ごとに検討されなければならないと考えられた。また、温排水に対する分布特性が異なる魚種の間で、生理的、生態的な特性を比較することが、この現象のメカニズムを解明する一つの

切り口になろう。

分布様式からみた魚種の類型化 Fig. 8～Fig. 11に、特徴的な分布を示した魚種について、個体数の季節変化を示した。ここでは、測点を、左から右へ、放水口に近い方から遠い方へ並べた。なお、海底の状況から魚類の出現が極端に少なかった測点 A 2～6 は除いた。

この海域では、Fig. 8に示した 8 種のように、周年にわたり放水口直前（測点 A 1, B 0 に相当）に多く出現し、放水口から離れたところ（測点 B 1～4, C 1～2, D 1～2 に相当）ではほとんど出現しない魚種がみられた。

このうち、ギンガメアジ、ハタタテダイ *Heniochus acuminatus*, チョウチョウウオ *Chaetodon auripes*, テンジクスズメダイ、オトメベラ、ニセカンランハギなどは、調査海域より南方の亜熱帯～熱帯海域を主要な生息域としてい

Table 1 Number of fish species (individuals) observed at stations

Station	1996			1997		
	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar
A 1	26 (662)	32 (385)	39 (1097)	33 (654)	38 (1275)	39 (1237)
A 2	6 (29)	8 (20)	8 (80)	4 (212)	1 (1)	3 (5)
A 3	6 (12)	3 (26)	5 (80)	4 (13)	3 (3)	0 (0)
A 4	2 (11)	1 (1)	2 (5)	3 (3)	2 (2)	1 (1)
A 5	1 (1)	0 (0)	4 (6)	4 (4)	6 (10)	1 (2)
A 6	1 (100)	1 (1)	4 (6)	4 (5)	4 (8)	1 (1)
B 0	— (—)	20 (277)	41 (702)	28 (331)	29 (793)	28 (324)
B 1	— (—)	13 (57)	27 (592)	15 (1250)	19 (496)	16 (179)
B 2	— (—)	17 (183)	24 (146)	16 (896)	10 (1089)	13 (154)
B 3	— (—)	6 (153)	20 (222)	21 (519)	17 (1070)	13 (382)
B 4	12 (586)	15 (311)	28 (226)	28 (1333)	18 (758)	12 (661)
C 1	26 (1343)	32 (1024)	38 (1362)	19 (1633)	14 (651)	15 (950)
C 2	15 (153)	26 (316)	35 (886)	34 (1244)	23 (605)	19 (1201)
D 1	24 (314)	34 (850)	28 (773)	22 (1658)	20 (1135)	16 (258)
D 2	22 (328)	27 (1313)	29 (690)	19 (936)	14 (376)	16 (545)
Total	57 (3539)	68 (4917)	76 (6873)	67 (10691)	69 (8272)	74 (5900)

Station	1997					
	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep
A 1	33 (558)	34 (490)	41 (1231)	35 (663)	34 (492)	26 (424)
A 2	1 (3)	0 (0)	2 (53)	1 (2)	3 (12)	5 (18)
A 3	1 (1)	0 (0)	2 (50)	0 (0)	1 (1)	4 (22)
A 4	1 (1)	3 (4)	1 (20)	5 (56)	2 (2)	5 (46)
A 5	2 (2)	1 (1)	2 (3)	2 (51)	4 (24)	5 (57)
A 6	2 (2)	3 (4)	1 (1)	4 (4)	12 (107)	4 (561)
B 0	23 (199)	23 (330)	28 (436)	23 (263)	39 (1389)	22 (247)
B 1	10 (87)	15 (71)	18 (185)	25 (341)	26 (198)	20 (280)
B 2	14 (143)	13 (94)	21 (236)	20 (235)	22 (368)	19 (495)
B 3	16 (92)	15 (101)	18 (126)	24 (231)	30 (512)	23 (420)
B 4	21 (497)	18 (384)	20 (311)	20 (431)	29 (372)	31 (634)
C 1	22 (2283)	24 (1304)	24 (501)	28 (411)	33 (786)	34 (494)
C 2	17 (765)	22 (496)	28 (671)	22 (246)	40 (860)	33 (575)
D 1	17 (715)	22 (1605)	19 (624)	33 (564)	38 (1051)	40 (663)
D 2	12 (683)	20 (1150)	14 (219)	17 (447)	22 (463)	23 (379)
Total	65 (6031)	77 (6034)	80 (4667)	81 (3945)	91 (6637)	82 (5315)

- : Visual census was not applied to Sts. B0 - 3, October 1996.

る（木村，1997；井田，1997a，1997b；荒賀，1997a，1997b；山下，1997）。従って，調査を実施した温帯海域でみられるこれらの魚類は，より南方の海域で産出され，黒潮，対馬暖流によって移送されてきた稚魚に由来するものと推測される。そして，これらの稚魚は，通常，温帯海域では越冬できずに死滅して，無効散布となるものと一般に考えられている（西村，1981）。

しかし，放水口近傍でみられるこれらの魚類は，冬季の調査でも多く観察されたこと，魚体が成魚の大きさに達している個体も多くみられたことなどから，ここで越冬して，その後に定着したものである可能性が示唆された。この可能性を検証す

るため，魚体測定による年齢や成長履歴の解析，これらの魚種の水温に対する生理特性と環境水温や温排水温度の季節変化との関係の解析が望まれる。

なお，ボラ *Mugil cephalus* とダツ科魚類に含まれるオキザヨリは，温帯から熱帯まで広く生息する魚種で（瀬能，1997；藍沢，1997），無効散布魚類の越冬個体とみられるものと同様に扱うことは出来ないと考えられる。

放水口近傍のみに多く出現する魚種とは逆で，Fig. 9に示した6種のように，ほぼ周年にわたり放水口近傍（測点A1，B0に相当）にはほとんどないしは全く出現せず，離れたところ（測点B

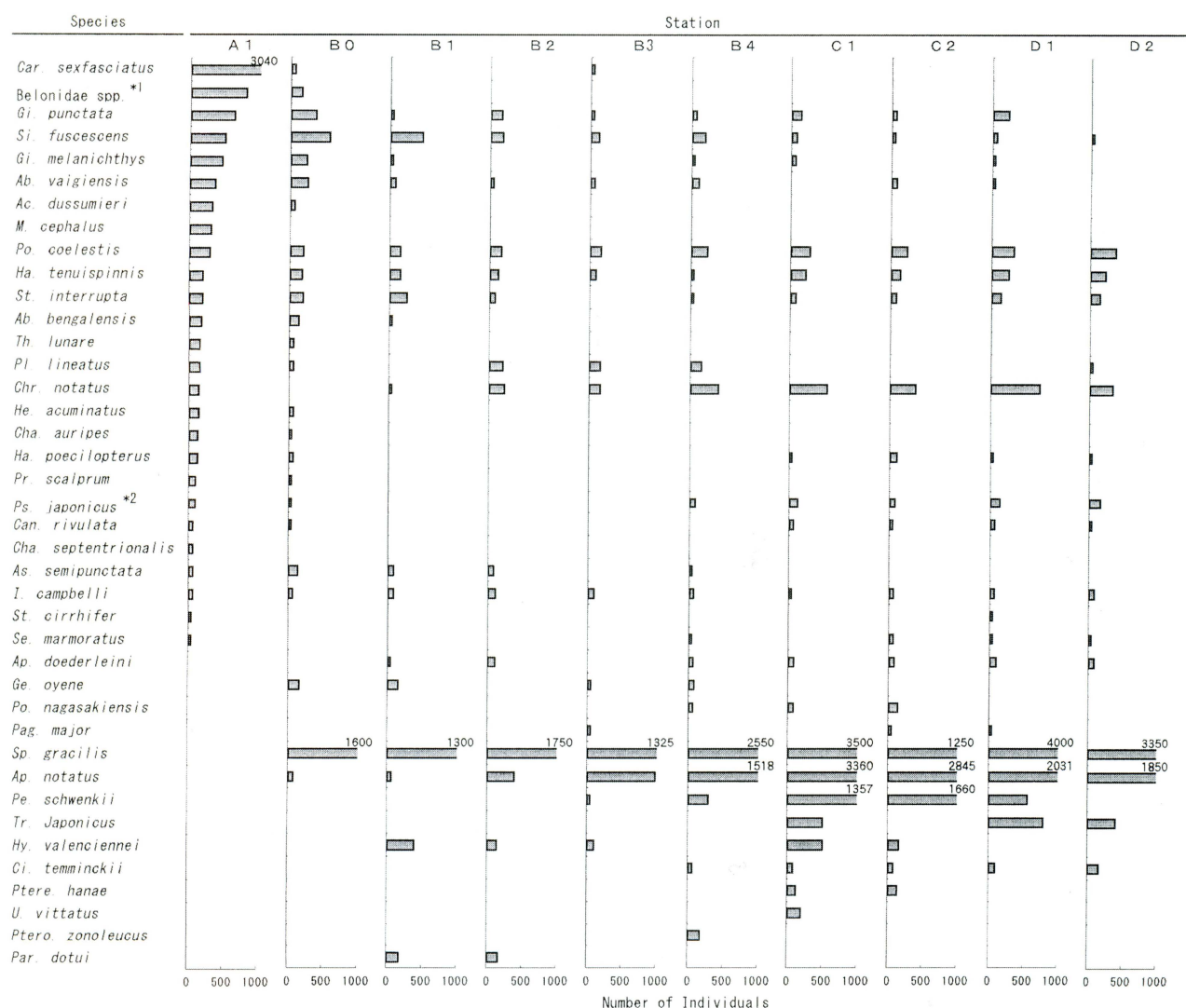


Fig. 7 Number of individuals for each species observed at each station; a total number of monthly survey through October, 1996 to September, 1997. Data are shown for the best 40 species in the total number of individuals. *1; *Belonidae* spp. includes *Strongylura anastomella*, *Tylosurus crocodilus* and others, however it was hard to distinguish them by underwater visual census. *2; Species, which was recorded as *Pseudolaburus japonicus* here, is currently recognized to include two species viz. *P. sieboldi* and *P. japonicus* (Mabuchi and Nakabo, 1997; Matsumoto et al., 1997).

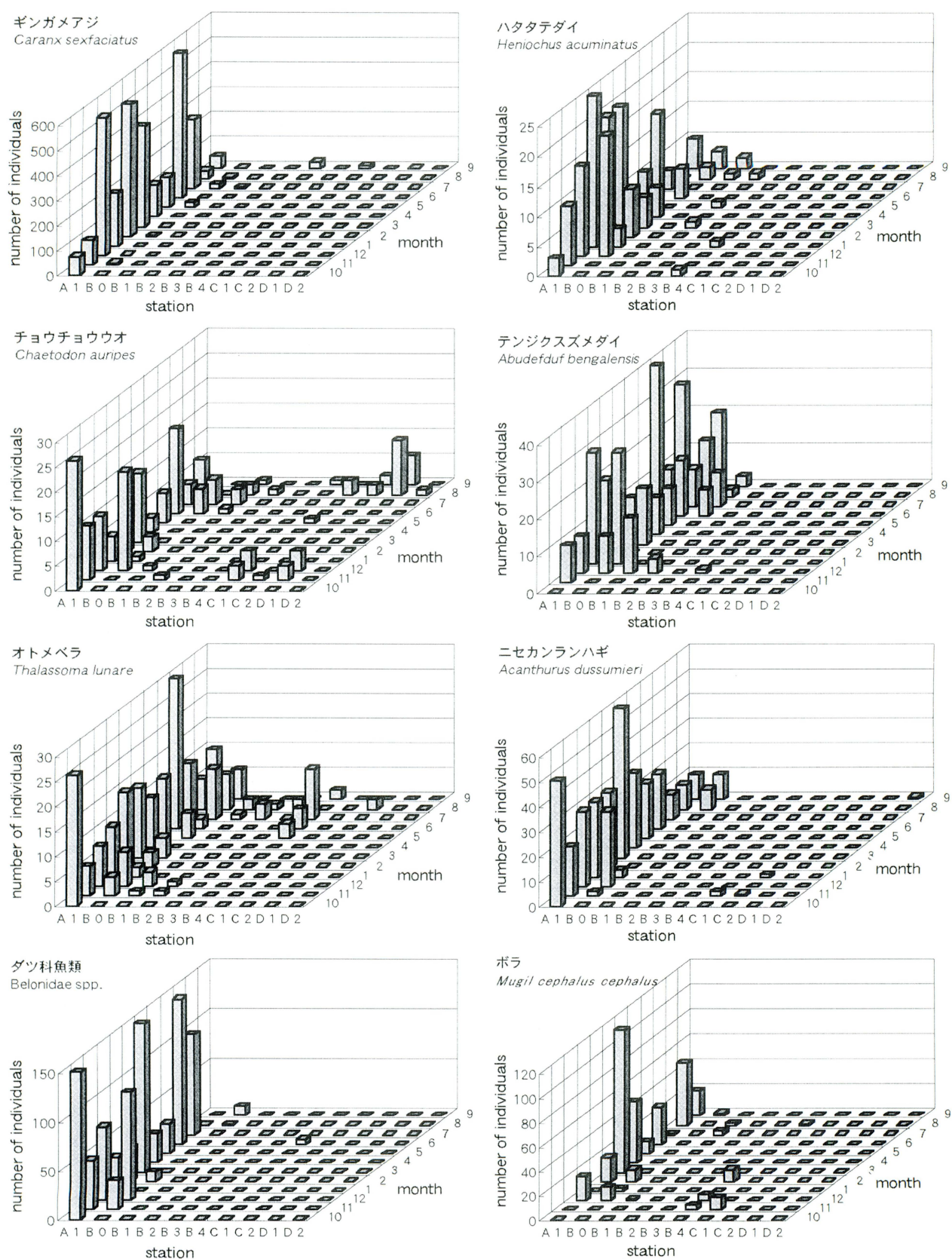


Fig.8 Seasonal and temporal distribution for remarkable fish species -1. Species observed almost only near the discharge through out the year but scarcely in the outskirts.

1～4, C1～2, D1～2に相当)に多く出現する魚種がみられた。これらの魚種が放水口近傍でほとんど出現しなかったことは、水温が低下する冬期でも同様の分布傾向であったことなどから、温排水による水温上昇以外の要因が関与しているものと推測された。

なお、ここで示した6種のうち、ミナミハタンポ、ナガサキスズメダイ、イトヒキベラは、放水口近傍に加えて、発電所の荷揚岸壁沿いのところ(測点B1～4に相当)でも、ほとんどないしは全くみられなかった。また、ミナミハタンポとナ

ガサキスズメダイは、取水口周辺(測点D1～2に相当)でも、ほとんどみられなかった。このような放水口との関係のないところでの出現の差異は、測点間の水深や海底地形の複雑さなどに起因するものと推定されたが、ここで実施した調査の範囲では、詳細な検討を行う材料は得られなかった。

また、Fig. 10に示した6種のように、放水口近傍(測点A1, B0に相当)にも放水口から離れたところ(測点B1～4, C1～2, D1～2に相当)にも多く出現する魚種がみられた。これら

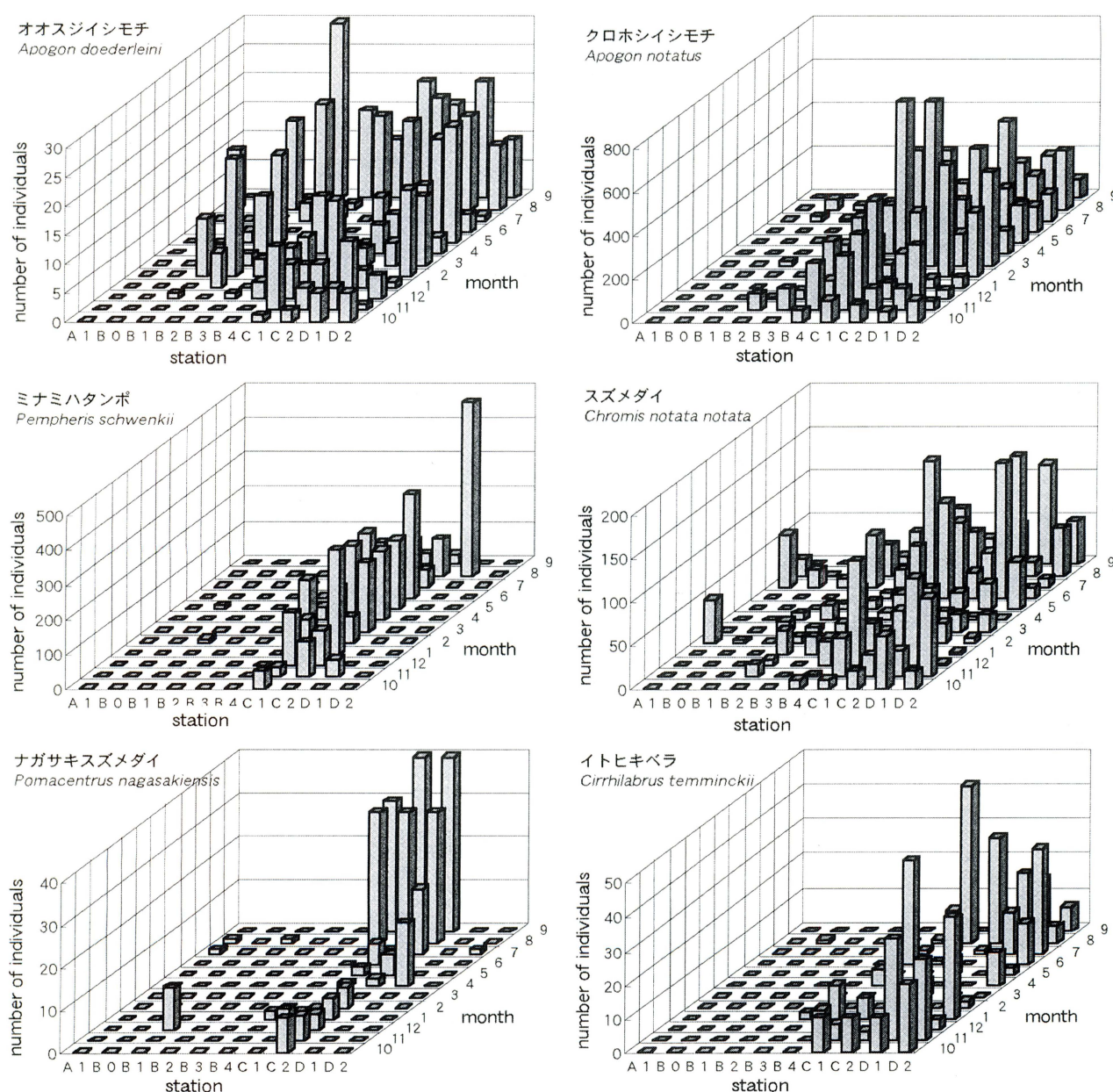


Fig.9 Seasonal and temporal distribution for remarkable fish species -2. Species observed frequently in the outskirts through out the year but scarcely near the discharge.

の魚種の分布傾向には、季節的な変化はみられなかった。このように、発電所から温排水が放出されている海域においても分布が偏らず、また、季節的な分布の変化もみられない魚種では、この海域での分布を規定する要因として、水温はそれほど強く作用していないものと推測された。

なお、ここで示した6種のうち、ソラスズメダイ、ホンベラ *Halichoeres tenuispinnis* は、設定した測点にまんべんなくほぼ同様に出現したが、キンチャクダイ *Chaetodontoplus chrysocephalus*、キュウセン、カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*、

キタマクラ *Canthigaster rivulata* は、発電所の荷揚岸壁沿いのところ（測点B 1～4に相当）ではほとんどみられなかった。このような出現傾向の差異は、前述のように、何らかの要因の測点間での差異に起因するものとみられたが、ここで実施した調査の範囲では、詳細な検討を行う材料は得られなかった。

Fig. 11に、メジナとクロメジナの個体数の季節変化を示した。これらの魚種では、出現の頻度が低くて分布の傾向が必ずしも明瞭ではないが、放水口近傍にも離れたところにも出現し、水温が低

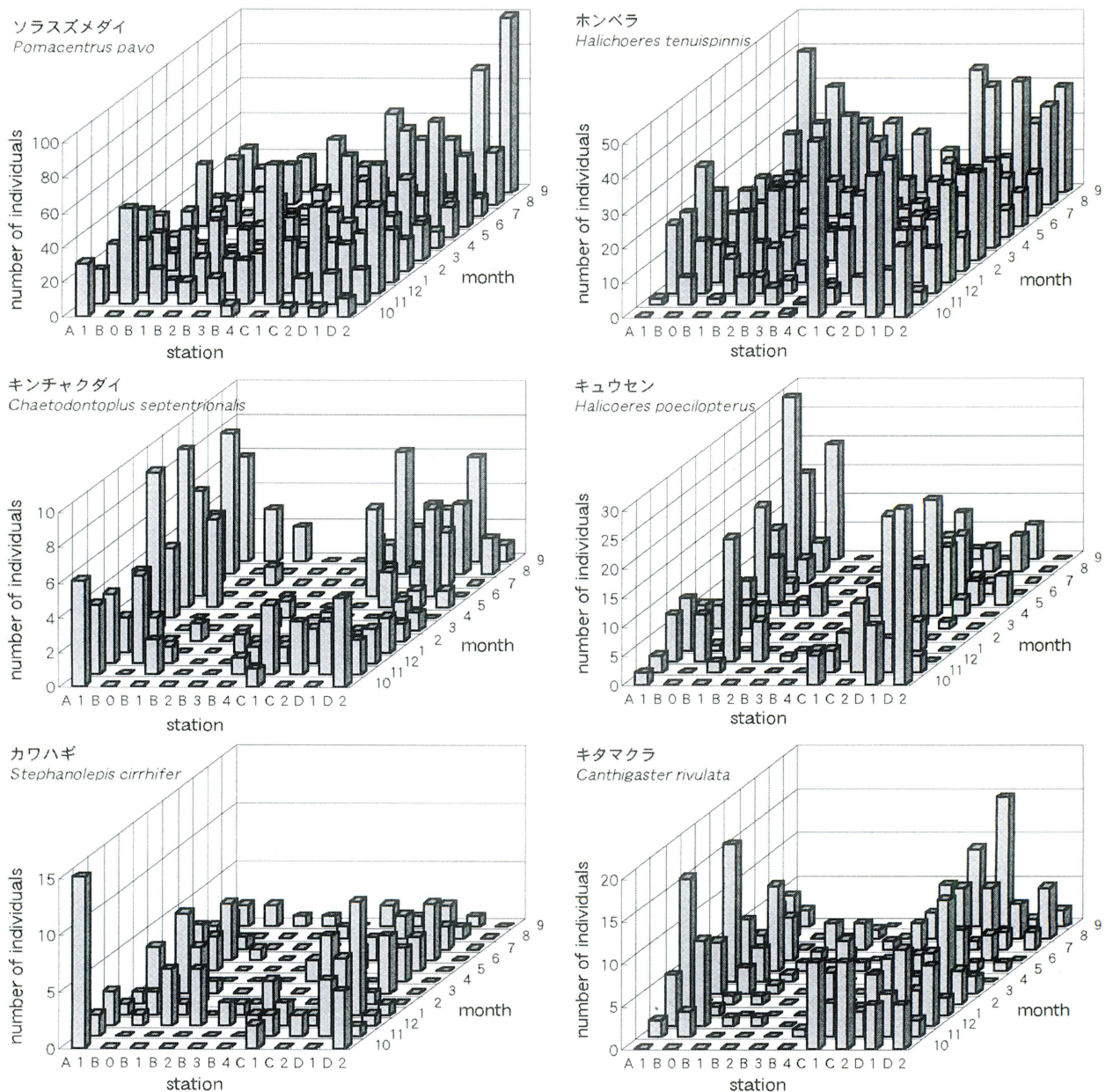


Fig.10 Seasonal and temporal distribution for remarkable fish species -3. Species observed frequently in both areas near and distant from the discharge throughout the year.

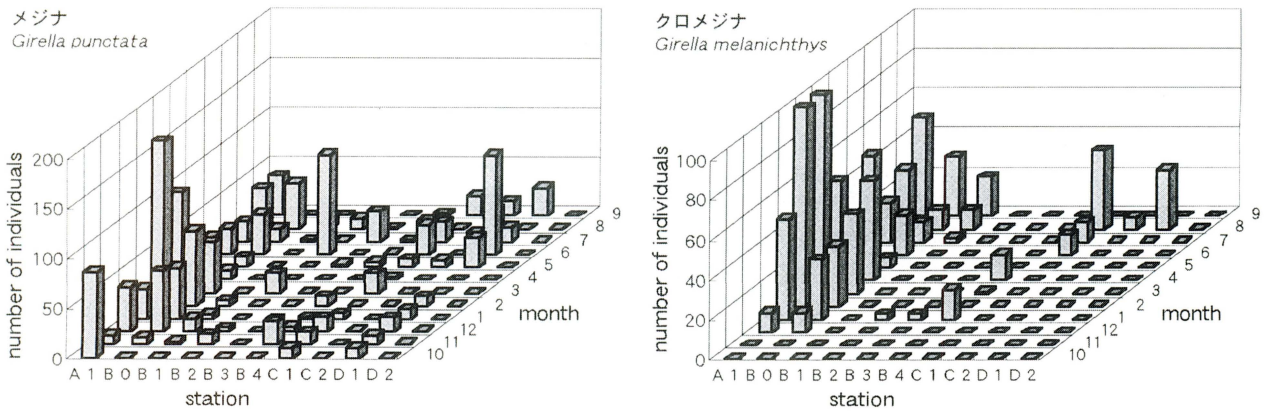


Fig.11 Seasonal and temporal distribution for remarkable fish species -4. Species observed in both areas near and distant from the discharge, and more frequently near the discharge in the winter.

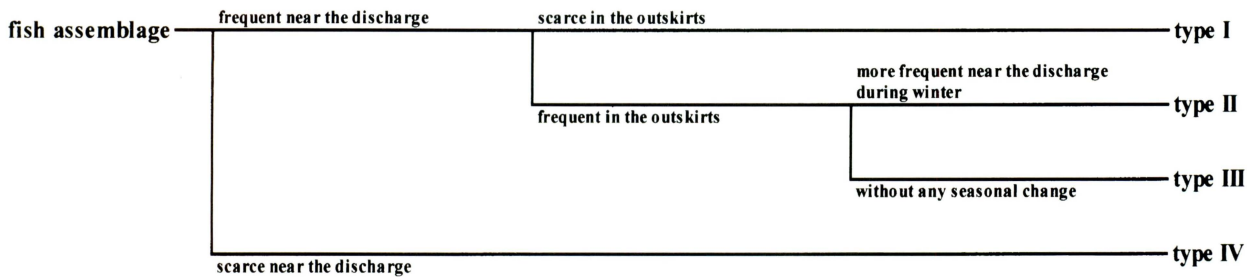


Fig.12 Four types of fish species categorized according to the state of the distribution in the waters adjacent to the electric power station.

下する冬季に放水口近傍（測点A 1，B 0に相当）での出現が多くなる傾向がみられた。このように季節的な分布の変化を示す魚種に対しては、水温に対する生理特性と環境水温や温排水温度の季節変化との関係の解析が望まれる。

以上の結果から、Fig. 12に示すように、今回調査を実施した発電所周辺海域では、魚種ごとの分布傾向が、温排水放水口の位置と季節的な出現状況の関係に基づき、4つに類型化された。なお、個体数の季節変化を図示しなかった魚種については、出現頻度が低かったり、出現個体数が少なかったりして、その分布傾向が必ずしも明瞭ではなかったが、ほとんどの魚種が4類型のいずれかに当てはまるものと考えられた。

また、この海域の蜆集域は、温排水による水温上昇などの環境変化が海底まで達して、海底が岩礁や護岸用の割石などで魚類のすみ場となる起伏や間隙に富む範囲と考えられた。そして、蜆集域の魚類群集は、より南方の海域から移送され

てきた無効散布魚類の越冬個体など、周辺海域ではあまりみられない魚種の存在で特徴づけられた。なお、黒潮や対馬暖流の影響の強い海域の沿岸に位置する火力、原子力発電所の周辺海域では、同様の状況が存在する可能性が高いものと推測される。

謝 辞

現地調査の実施にあたって、電源開発株式会社立地環境部環境室ならびに火力部の方々、同社松島火力発電所の方々、株式会社電発環境緑化センター松島事業所の方々、大瀬戸町漁業協同組合の方々、大瀬戸町役場産業振興課の方々、松島屋旅館の方々に、多くの便宜を図っていただくとともに、多大なご協力をいただいた。また、この研究の遂行と取りまとめにあたって、財団法人海洋生物環境研究所の役職員の方々に、多くの励ましや

有益なご議論をいただいた。記して、感謝の意を表する。

また、この論文は、通商産業省資源エネルギー庁（当時）から委託された海域環境調和発電所実証調査の報告のうち一部を許可を得て公表するものであり、関係各位に謝意を表する。

引用文献

- 藍沢正宏（1997）. オキザヨリ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，pp.150-151.
- 荒賀忠一（1997a）. テンジクスズメダイ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 452.
- 荒賀忠一（1997b）. オトメベラ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 478.
- 井田 齊（1997a）. チョウチョウウオ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 384.
- 井田 齊（1997b）. ハタタテダイ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，pp. 398-399.
- 海洋生物環境研究所（1990）. 放水口に集まる魚群を調べて. 海生研リーフレットNo. 4, 16pp.
- 金本自由生（1977）. アイナメ科魚類の生態Ⅲ. 磯魚類の生活様式とクジメ・アイナメの地位. 日本生態学会誌, 27, 215-226.
- 木村清志（1997）. ギンガメアジ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 317.
- Mabuchi, K. and Nakabo, T. (1997). Revision of the genus *Pseudolabrus* (Labridae) from the East Asian water. *Ichthyological Research*, **44**, 321-334.
- Matsumoto, K., Mabuchi, K., Kohda, M. and Nakabo, T. (1997). Spawning behavior and reproductive isolation of two species of *Pseudolabrus*. *Ichthyological Research*, **44**, 379-384.
- 西村三郎（1981）. 地球の海と生命－海洋生物地理学序説－. 海鳴舎，東京，284pp.
- 瀬能 宏（1997）. ボラ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 147.
- 富田愛喜（1983）. 温排水に集まる魚類の調査結果について. 関西電力研究報告, No. 31, 97-102.
- 山下慎吾（1997）. ニセカンランハギ. 「山溪カラー名鑑日本の海水魚」（岡村 収・尼岡邦夫編），山と溪谷社，東京，p. 644.