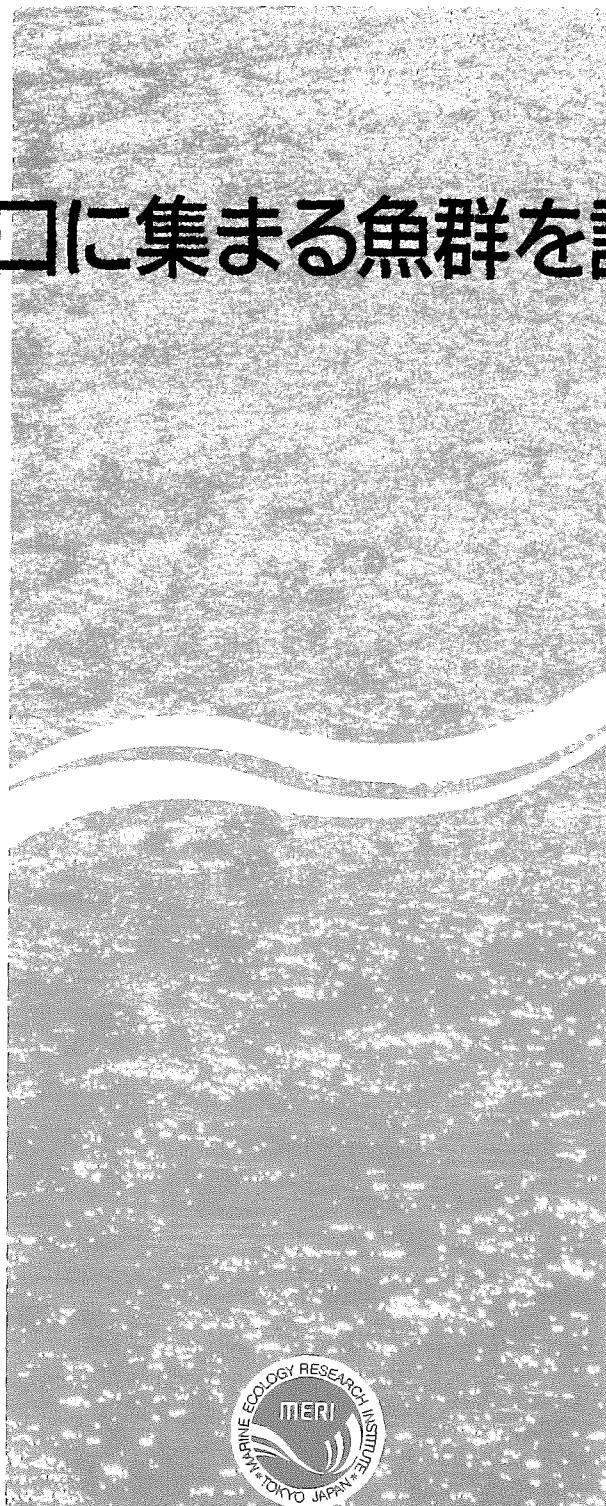


海生研リーフレット No.4

放水口に集まる魚群を調べて



平成2年3月

財團 泰國海洋生物環境研究所

本報告書は、通商産業省資源エネルギー庁の委託により
昭和58年度から昭和62年度まで実施した研究成果の一部を
取りまとめたものである。

放水口に集まる魚群を調べて

目 次

はじめに.....	3
調査機器の整備.....	4
調査方法.....	7
放水口近傍で観察された魚.....	9
観測された魚群の規模.....	11
出現した魚群の時間的変化.....	12
温排水の拡がりと魚群分布.....	13
放水口になぜ魚が集まるか.....	15
むすび.....	16

は じ め に

日本列島は亜寒帯から亜熱帯にまで及んでおり、各種の海流等の影響を受けて、南の海と北の海とでは年間を通してかなりの水温差がある。これらの海にはそれぞれの海水温度に適した魚が生息しているが、そこに自然の海水温度より約7°C高い温排水が放出された場合、発電所の周辺に生息している魚種や、その周辺を通過して回遊する魚の分布、行動に変化が起こるかどうか、また変化が起こるとすれば、それはどんな形として現れるかといったような点について從来から強い関心が持たれてきた。

しかしながら、魚の集合や分布、行動には、水温や流れだけでなく、餌料など、生活環境の種々の要因が複雑に関連していると考えられ、それを解明することは極めて難しいこととされている。

通商産業省資源エネルギー庁は、『大規模発電所取放水影響調査』の一環として、「魚群集合実証調査」の実施を、昭和58年度から62年度にわたって、財団法人海洋生物環境研究所へ委託した。この調査の目的は、発電所の放水口至近域とその周辺海域における魚群の集合・離散に関する情報を、温排水の拡がりとの関連において把握することにあった。

この報告は、5年間にわたって瀬戸内海から九州の海へ、さらに北海道の海へと、調査地点を移動して得た「魚群集合実証調査」の成果のうちからいくつかの知見を取りまとめものである。

調査機器の整備

発電所の放水口近傍には多くの魚が集まっているという情報を聞くことがある。しかし、それがどの程度の規模で集まっているのか、また、どのような条件のもとで集まっているのか、というような実証的なデータが得られている事例はない。そこでまず、放水口近傍には本当に魚が集まっているのかどうかを科学的に調査し、これらに関する実態を明らかにしておけば、今後の温排水に関する研究を進めていくうえで、それは有効な示唆を与えるものと考えられる。

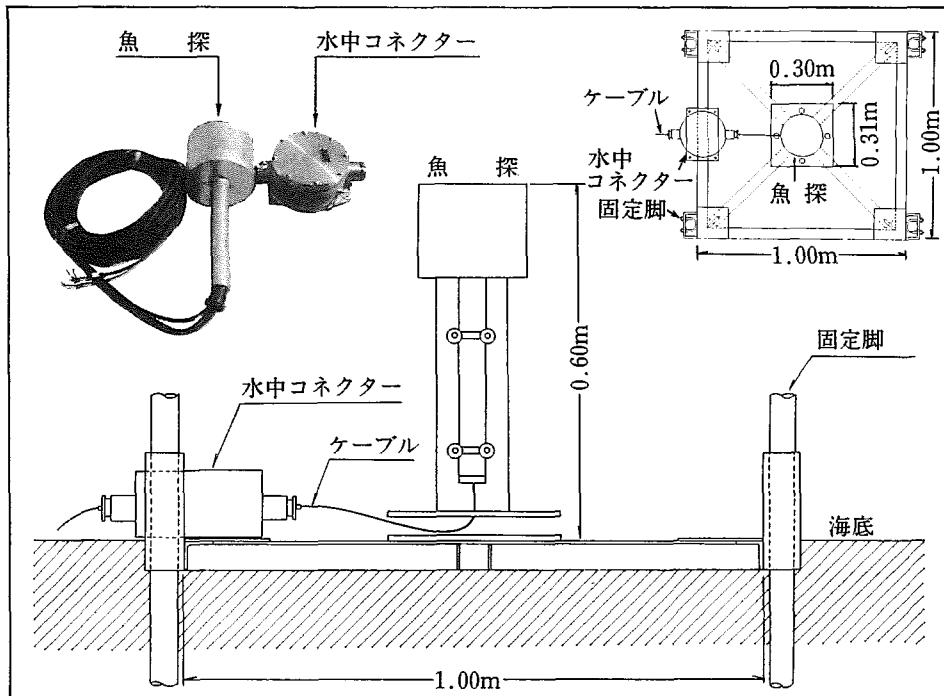
魚群をよりあるがままの状態で調べるため、魚群探知器(魚探)を使用することにした。さらに、この調査によって得られたデータをいろいろな角度から検討していくうえでは、魚群の量的規模を把握しておくことが大切であり、そのため、通常の魚探ではなく、科学計量魚探という特殊な魚群探知器を採用することにした。しかしながら、調査の対象となるところが沿岸域の水深10m程度の浅い海域であり、このような場所で、極力短時間内に広範囲のデータを取得しなければならないこと、さらには超音波の伝播特性などに関連したいいろいろの厄介な問題を解決しなければならなかった。

最終的に、放水口至近域の調査では、超音波障害を避けるため、海底直上に魚探を設置し(第1図)、下から上向きに探査した魚群の情報を全長400mのケーブルで陸上の計測室に伝送することによって、磁気テープにデータを収録することにした。この場合には、魚探の性能限界、水深等を考慮して、8個の魚探を設置することにした(第3図)。

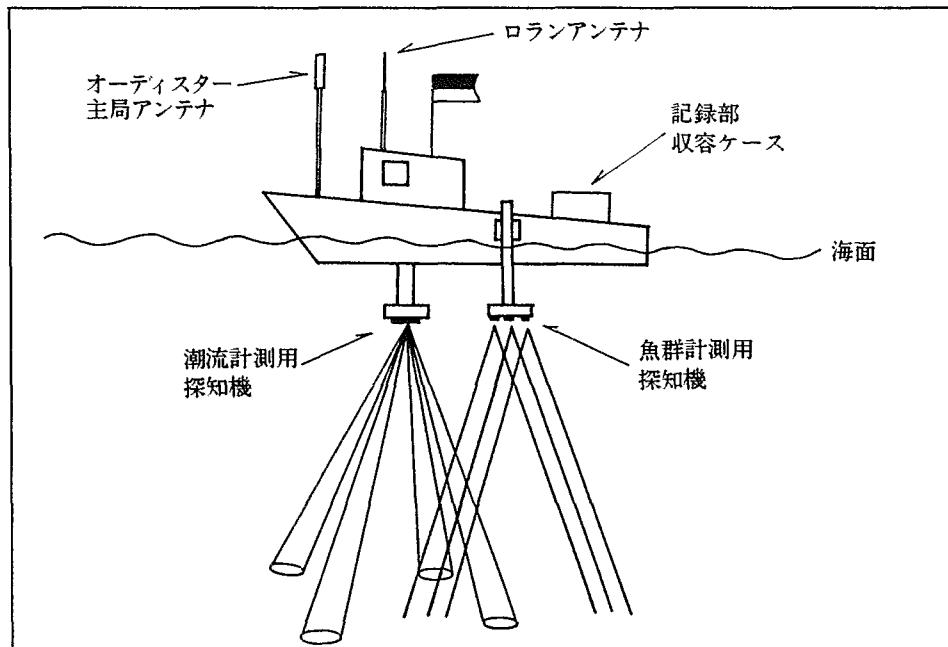
一方、放水口前面の広域調査では、2隻の船にそれぞれ魚探装置一式を搭載し、上から下向きに探査した情報を船上で収録することにした(第2図)。

どちらの調査においても使用する魚探の指向角(超音波が発射される角度)を、通常使用されている魚探の20度前後からこの調査では90度まで広げることがで

きるようにして、データの取得率を高めた。



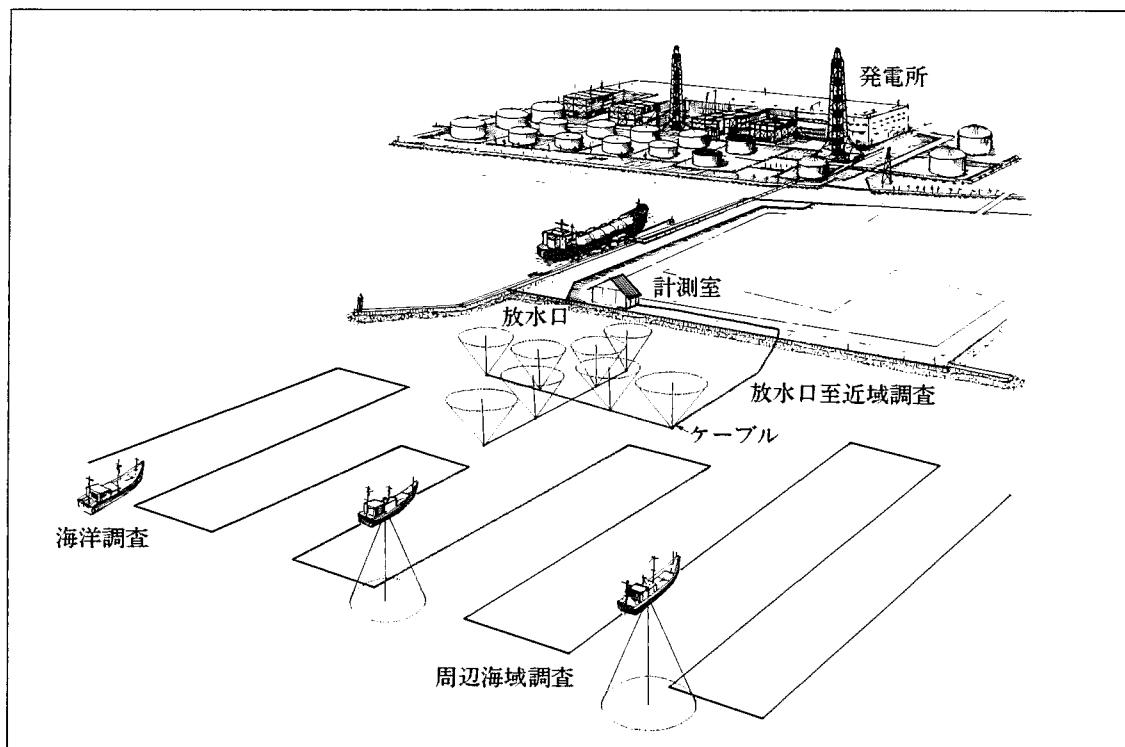
第1図 放水口近傍域で使用した魚探の海底設置方法



第2図 船を使用した周辺海域魚群探査の模式図

また、3周波(45, 50, 55kHz)の超音波を同時に送受信するマルチ・ビーム方式の魚探を採用すること等によって、データの信頼性の向上を図るとともに、磁気テープに収録したデータを計算機を使用して、より短時間内に整理・解析ができるようにした。

調査システム全体の始動は全て手元のパネル上で操作できるようにするとともに、一旦始動すれば、特別の事態が起こらない限りほとんど計器に触れなくてもいいように設計した。また、測定中は、全システムが正常に作動していることが確認できるとともに、任意の水深帯における魚群の状態を連続してモニター表示できるようにした。第3図は、調査全体の状況を模式的に描いたものである。



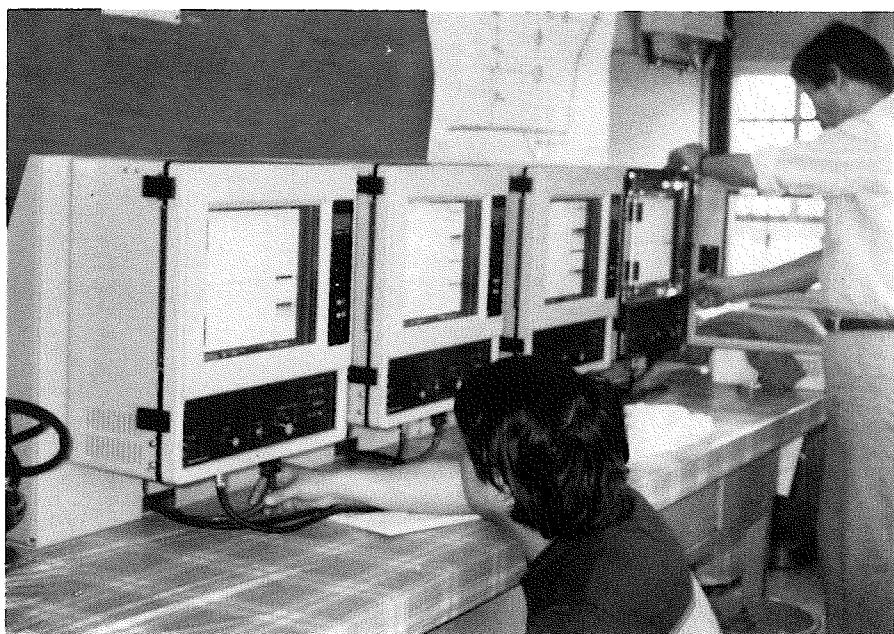
第3図 調査全体の模式図

調査方法

野外における研究では取得したデータに信頼性のあることが最も重要である。そのために、測定装置は充分に吟味されていなければならないが、これについては前述のとおりである。一方、繰り返してデータを取得しておくことが、後の解析上大切であり、いろいろな条件を考慮して、年4回、四季の調査を行うことにし、各シーズンの調査とも、6日間、同様の方法で繰り返しデータを取得した。

①放水口至近域調査

護岸から約300m以内の放水口至近域に魚探を設置した調査では、魚群の集合状態に関する時間的変化についても検討していくことを考え、6日間にわたり、8個の魚探からの情報を昼夜連続で収録した(第4図)。また、この水域には水中テレビカメラを設置し、どんな種類の魚が集まっているかを観察するととも



第4図 計測室内に設置したデータ収録装置の一部（記録計）

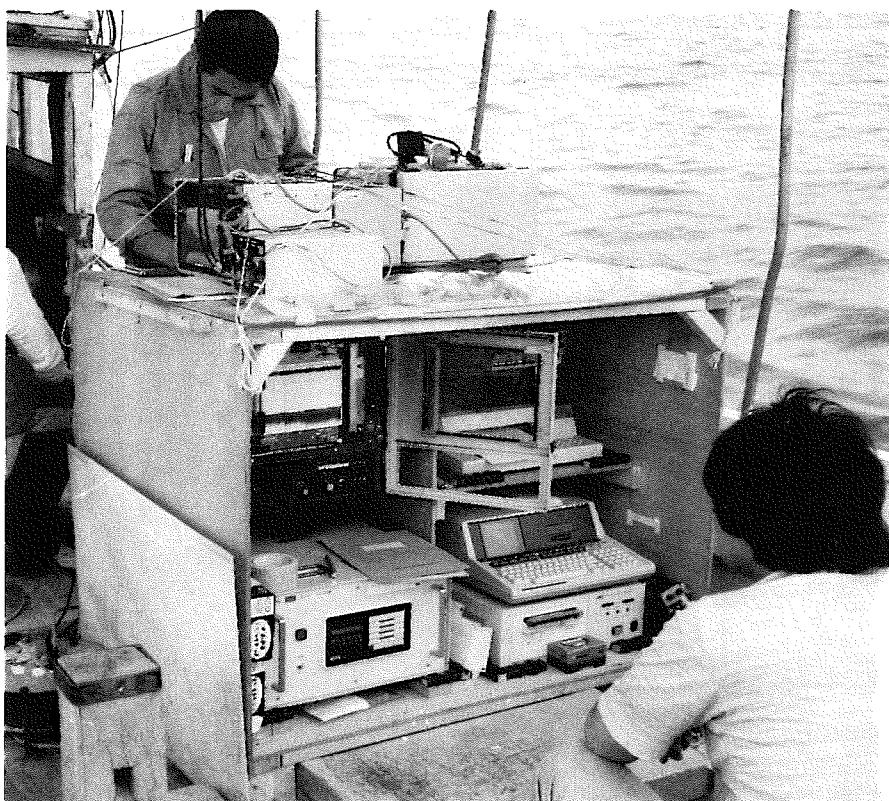
に、その映像をビデオテープに収録した。

②周辺海域調査

2隻の船を使用する周辺海域の調査では、約3km四方以内の水域を対象にして、100～200mの間隔を置いて船を航走させることにより、その水域内の層別魚群分布の情報を1日2パターン、6日間で計12パターン取得した(第5図)。また、同時にドップラー流速計を用いて、同じ水域内の層別流向・流速分布を測定した(第2図)。

③海洋調査

別に1隻の船を使用して、温排水の拡がり状態や海水の流れ、海中の酸素濃度などを測定する海洋調査を実施した。

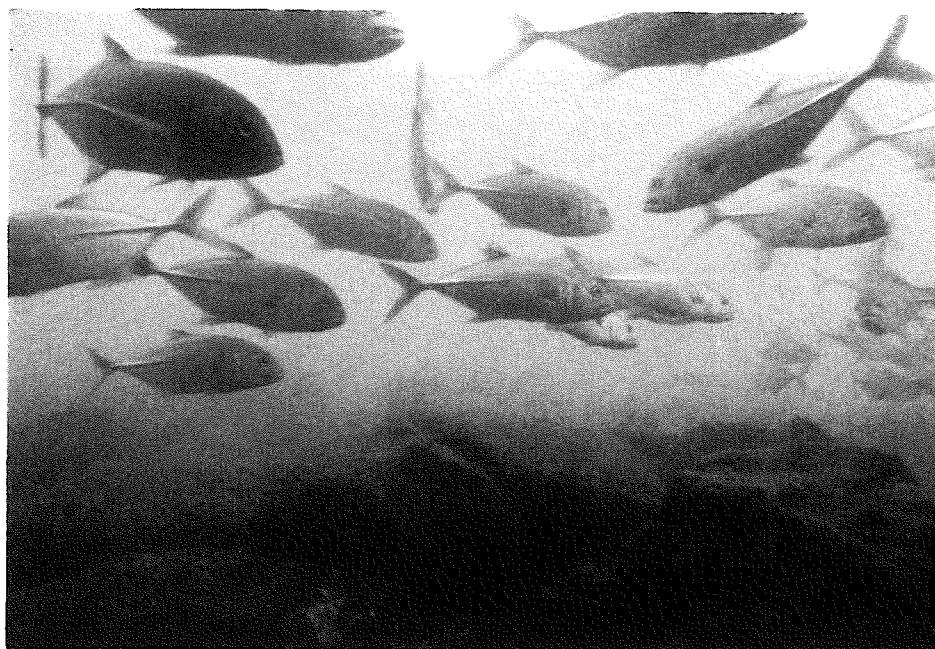


第5図 調査船上に搭載した魚探装置一式

放水口近傍で観察された魚

放水口近傍域に設置した水中テレビカメラによって、以下に述べるような魚が観察された。

九州の海（A 地点）：東シナ海側にある発電所での四季の調査から、平均水温が14(冬期)～31°C(夏期)であった放水口近くには、ギンガメアジ(第6図)、クロダイ、ボラ、アイゴなどが多数集まっていた。このうち、体長30～40cmのギンガメアジの大群が四季の調査を通じて観察された。透明度の高いこの海では、放水口付近の護岸からこれらの魚を見ることもできた。



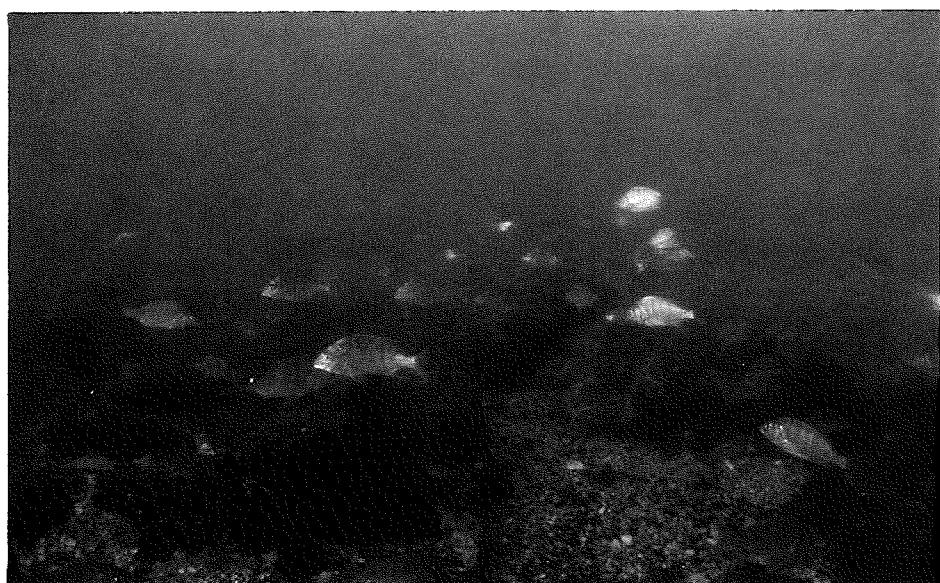
第6図 A 地点の放水口に集まるギンガメアジ

瀬戸内海(B, C地点)：ここでは、伊予灘と周防灘の境界付近に当たる地点(B)と、播磨灘の中央部に当たる地点(C)の2地点で調査を行った。

B地点における放水口近傍域の四季の平均水温は9(冬期)～25℃(夏期)で、ここではクロダイ(第7図)、ウミタナゴ、メバル、イシダイ、スズキ、サッパなどのほかに、多種類の魚が集まっていた。

C地点における放水口近傍域の四季の平均水温は8(冬期)～27℃(夏期)で、マアジ、コノシロ、サッパなどが観察された。また、テレビカメラの映像から、放水口近傍域に集まった多数のマアジが盛んに餌を摂取する光景が見られた。

北海道の海(D地点)：調査地点は道南にあって太平洋に面しており、放水口近傍域の四季の平均水温は2(冬期)～20℃(夏期)、ここでは、ウグイ、アイナメ、イシダイ、ボラなどの群れが観察された。このうち、9月の調査時に観察された体長10cm程度のイシダイは、おそらく暖水域の海からたどりついたものと考えられるが、放水口近くの温排水域に集まっていた。



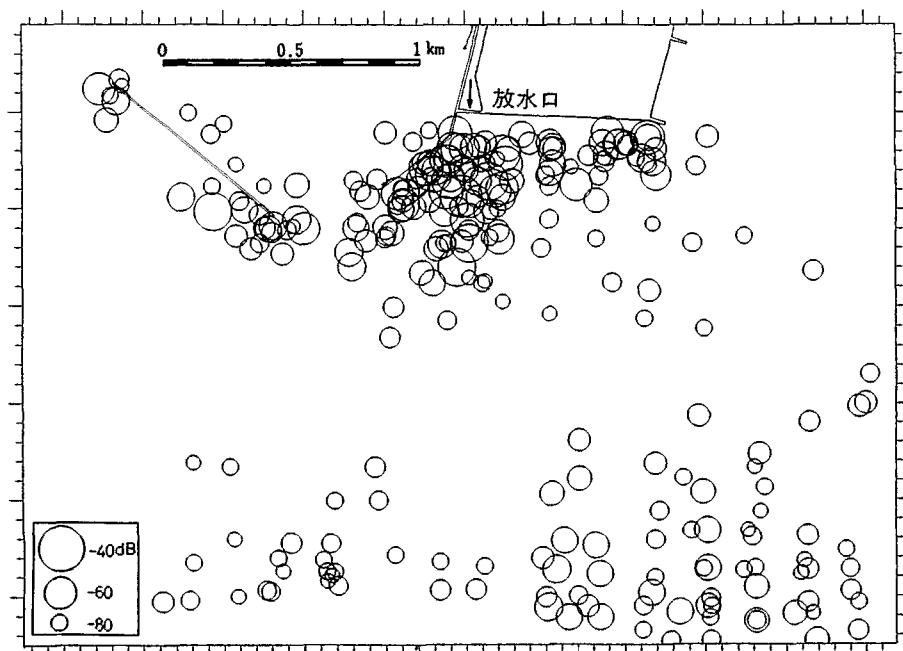
第7図 B地点の放水口に集まるクロダイ

観測された魚群の規模

水中テレビカメラによる観察から、放水口近傍域にはいろいろな種類の魚が集まっていることが確認された。そこで、これらの魚によって構成されている群れの規模(魚の分布密度)を、魚探から発射された超音波の反射強度より推定した。

第8図は、瀬戸内海のC地点で6月に調査を行った時の、海面下3m層(3~4m)における魚群分布の1例である。円の大小は魚群の大小を、円の位置は魚群の位置を示している。放水口近傍域や防波堤の付近には、多数の魚が集まっている様子がよくわかる。

図中、放水口の近くに見られる比較的大きい円は、-50~-55dB程度(dB:デシベル、音の強度比を表す単位)の反射強度を有する魚群を示しており、この魚群を水中テレビカメラから観察された体長10cm程度のマアジとして計算すると、

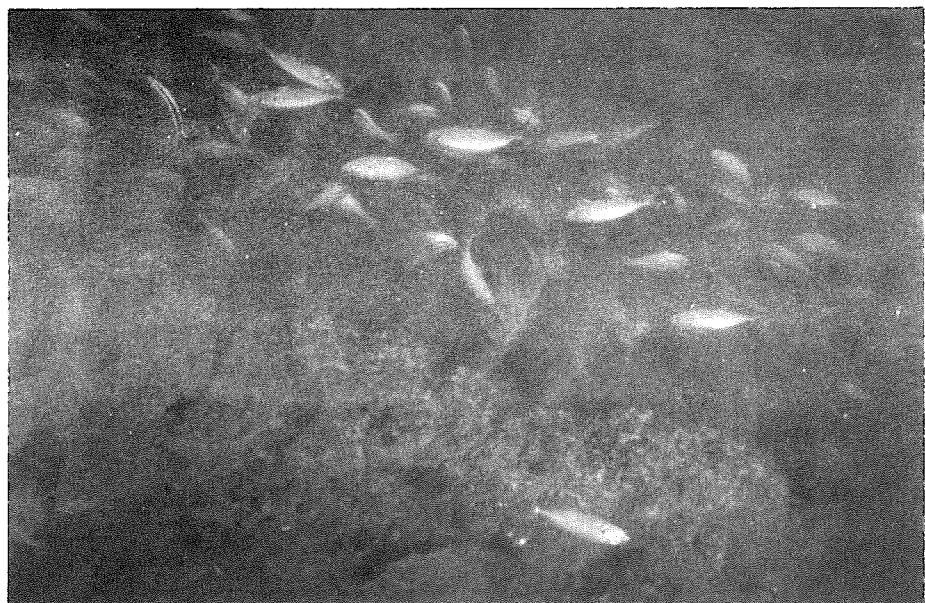


第8図 C地点の6月調査時における魚群の分布状況（水深3m層）

放水口前面の100m×100mの範囲の水深3～4mの層に、約1,000～3,000尾のマアジがいたことになる。また、沖合に比較的多く分布していた-70dB程度の魚群について同じように計算すると、約30尾程度となる。放水口近傍域とその沖合とでは、このほかの調査地点においても、これと同じような魚群の出現傾向が得られた。ただし、天然の岩礁域などでは、しばしば放水口近傍域と同程度の高密度の魚群が観測されることもあった(第9図)。

出現した魚群の時間的変化

放水口近傍域からその沖合の広い範囲にわたって、魚群の出現量には季節的な変化が認められた。九州の海でみられたその変化は、それほど顕著なものではなかったが、瀬戸内海と北海道の海では、6～9月にかけて魚群の出現量が高くなる傾向がみられた。



第9図 A地点の岩礁域に集まるマアジ

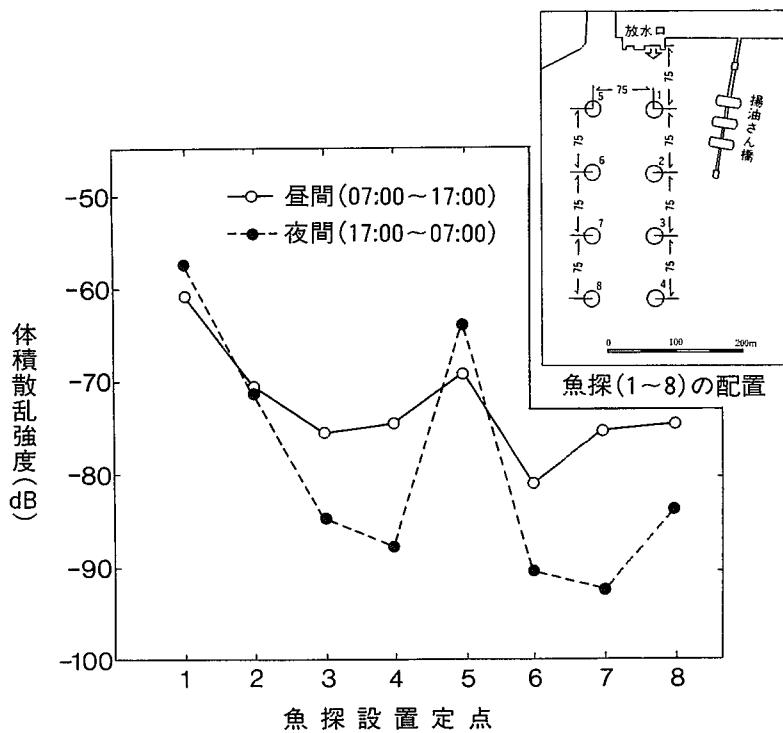
また、海底に設置した魚探による6日間の連続情報に基づいて、放水口近傍域に出現する魚群量を昼夜で比較してみたが、両時間帯による魚群の出現量は、調査地点、魚探を設置した水域あるいは調査時期によって異なる場合があり、一定した傾向を見出すことはできなかった。

調査結果の一例として、B地点における3月と9月の調査結果を第10図と第11図に示した。この調査地点では両調査時とも定点による魚群の出現傾向には類似性がみられ、放水口に近い定点1, 5では他の定点より出現量が多くなる傾向がみられた。これに対して、昼夜による出現量に関しては上述のとおりで、一定した傾向を見出すことはできなかった。

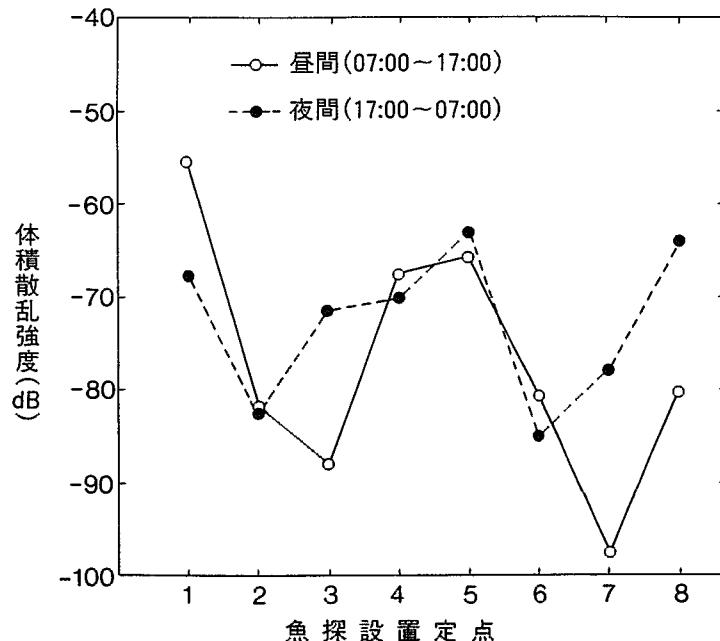
温排水の拡がりと魚群分布

放水口の近傍域では、温排水自体がもつ大きなエネルギーのために、理化学的環境要因に直接的な変化が起こる。しかしながら、暖水域、冷水域のいずれの地点においても、放水口近傍域には多くの魚が集まっているのが確認され、そこには周辺海域で観測されたものより数10～数100倍の密度で構成されている魚群がしばしば出現することがわかった。これらのことから、放水口近傍域では、温排水が放出されることによって生じる温度や流れの変化が、魚群を誘引する効果につながっている可能性が示唆され、この水域で生じる主な環境の変化は、魚の生息という観点から、むしろその周辺海域よりも好適条件の形成につながっているように推察された。

放水口近傍域外の周辺海域では、温排水のもつ温度や流れの変化よりも天然礁や人工の構造物などの方が、魚群を誘引するという意味ではより大きな効果をもっているであろうと推察された。



第10図 B 地点の3月調査時における昼夜別魚群の出現状況



第11図 B 地点の9月調査時における昼夜別魚群の出現状況

体積散乱強度(dB)：超音波の反射強度を魚の分布密度に
比例する数値に変換した値

放水口になぜ魚が集まるか

この疑問に対して明確な解答を得ることができれば、今後いろいろな研究を進めしていくうえで、それは極めて有効な示唆を与えるものとなる。しかしながら、最初に述べたように、この問題に対して科学的根拠に基づいた結論を得ることは極めて難しい。

そこで、全ての調査データを総合的に検討するとともに、魚類の一般的な行動特性等を加味することによって、一応以下のようない推測をたてるにした。

放水口近傍域に魚が集まっていることに対して最も有力であると考えられる条件は、水流等によって餌料を摂取する効率が、その周辺の海域に比べて良くなっていることであろう。すなわち、第一に、「魚類の餌料摂取効率の高揚にある」と考えられる。そして第二に、「魚類の生息に適した水温条件が形成されていること等」が考えられよう。

なお、水温条件による魚類の反応行動(選好・忌避温度等)については、海研リーフレットNo.2『温水性海産魚類の温度反応について』で紹介されており、そのなかに上述の推論に対して有効な示唆を与える結果が示されているので参考されたい。

む す び

暖水域、冷水域にかかわらず、発電所の放水口近傍には、四季によって変化があるものの、多くの魚が集まっており、そこでは沖合に分布するものよりもかなり高密度の魚群がしばしば出現することが確認された。

また、放水口近傍域以遠の広い範囲における魚群の出現量には季節的な変化が認められたが、この水域の魚群の出現には、温排水よりもむしろ天然礁や人工の構造物などの方が大きな効果をもっているであろうと推察された。

一方、放水口近傍になぜ魚が集まっているのかという疑問に対しては、推測の域に留まらざるを得なかつたが、このほかにも、集まっている魚は、どのような場所からどのような経路を通って来たのか、あるいは成長、産卵等の生理的変化の過程に伴つて、放水口近傍域を離れるのか否か、といった興味と重要性を兼ねた多くの問題が残されている。これらについてさらに究明していくことが今後の課題である。



事務局 〒101 東京都千代田区内神田1-18-12／北原ビル ☎(03)3233-4173
中央研究所 〒299-51 千葉県夷隅郡御宿町岩和田300番地 ☎(0470)68-5111
実証試験場 〒945-03 新潟県柏崎市荒浜4-7-17 ☎(0257)24-8300