

温水性海産魚類の温度反応について



昭和63年8月

黒人 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55年度から昭和61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。

温水性海産魚類の温度反応について

目 次

はじめに.....	2
試験装置の構造.....	4
試験装置の性能.....	7
試験方法.....	10
イシダイ1年魚についての試験結果.....	15
温水性魚類7種の温度反応試験結果の総括.....	25
むすび.....	27
付図、日本近海の月別平均表面水温.....	29

は じ め に

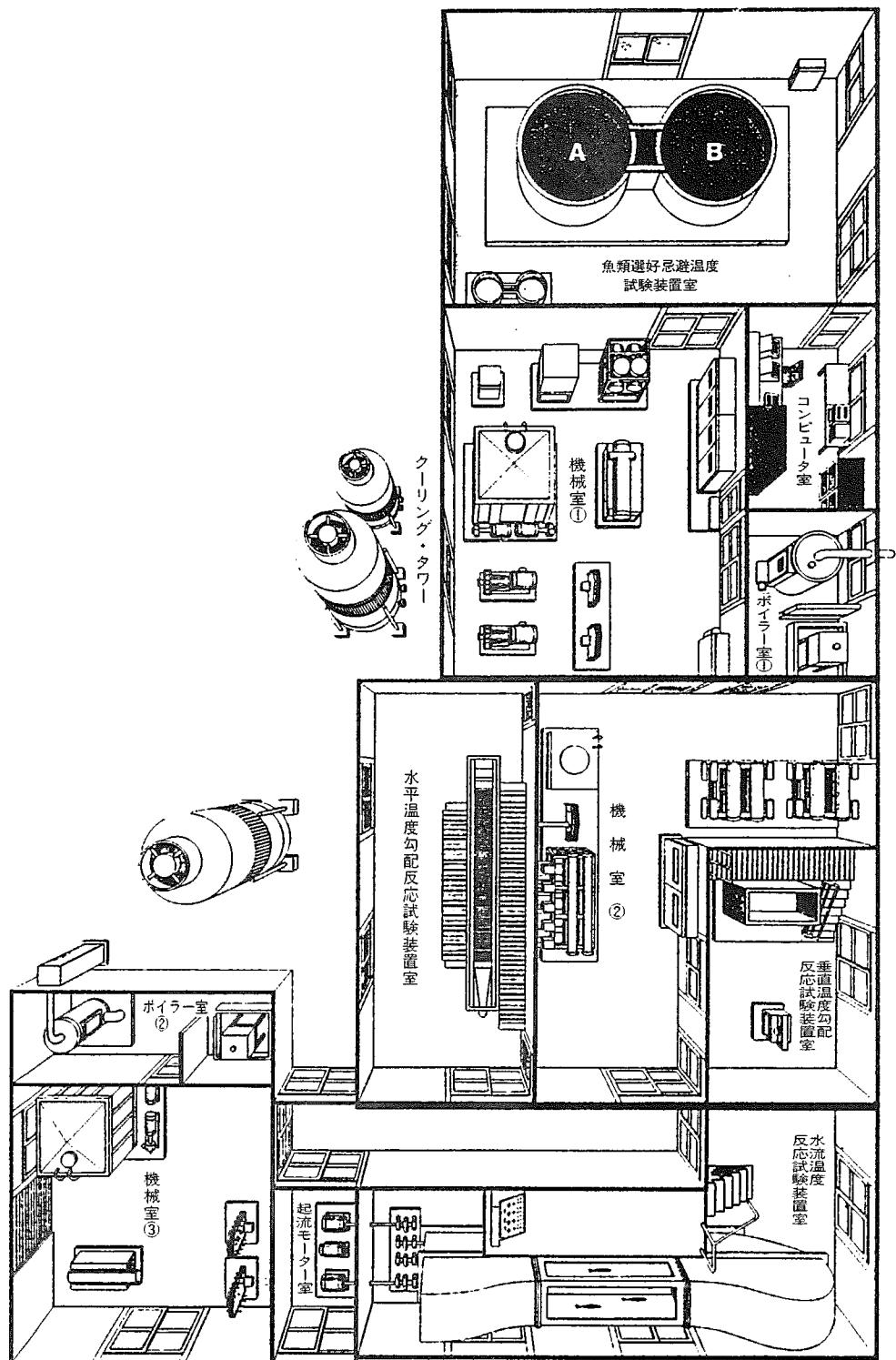
臨海発電所からの温排水放出が海産魚類等にどのような影響を及ぼすのかということは、関係者の関心事項の一つであった。この問題を明らかにするために、これまで多くの現地調査が行われてきた。しかしながら、実際の海における魚類等の行動は、多くの複雑に絡み合った要因によって左右されているので、例えば水温という一つの要因だけの影響を、現場ではっきりとつかむことには、なかなか困難な面もあった。

通商産業省資源エネルギー庁では、「大規模発電所取放水影響調査」の一環として、「温排水生物影響調査」の実施を、昭和55年度から財団法人海洋生物環境研究所へ委託している。この委託調査は、魚貝藻類の温度変化に対する反応、沿岸域の重要な魚類等の流れに対する反応など、魚貝藻類の生理・生態等を調査し、温排水による温度上昇、及び取放水による流れの程度では、魚貝藻類の生態に大きな影響を及ぼさないことを、試験装置を用いて実証していくことを内容とするものであった。

まず、この委託調査においては、昭和55年度から昭和57年度までの3ヵ年にわたり、当研究所の中央研究所(千葉県御宿町)の構内に、次の4種類の大形試験装置を順次整備した。

- ①魚類選好忌避温度反応試験装置
- ②垂直温度勾配反応試験装置
- ③水平温度勾配反応試験装置
- ④水流温度反応試験装置

第1図には、これらの試験装置を収容している建屋内の機器配置の概要を示



第1図 試験装置収容建屋内の主要機器類配置図

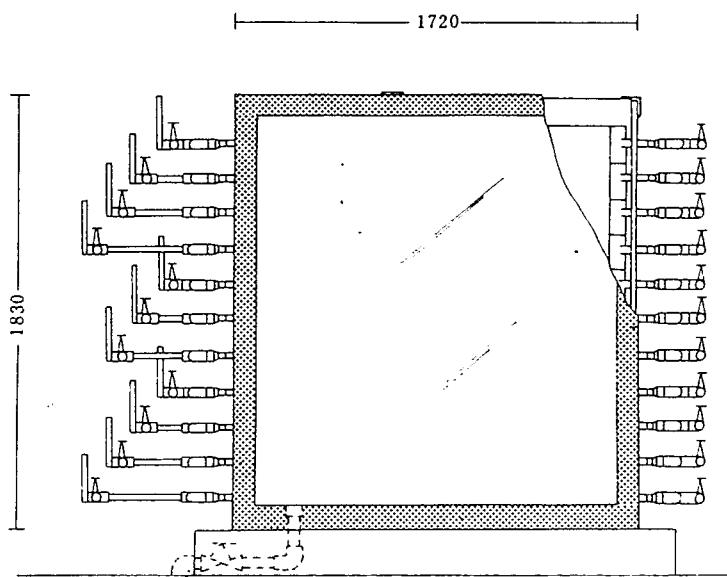
した。そして、各試験装置の製作翌年度から、これらの装置を用いて、沿岸性重要魚類の水温や水流に対する反応を明らかにするための試験を、順次実施してきた。

この委託調査は、現在も継続実施中であり、この報告は、これまで得られた調査結果のうち、海の表層部や中層部を遊泳する習性をもった温水性魚類7種に対する垂直温度勾配反応試験から得られた結果の概要を中心として、現段階における結論的な内容を紹介することにした。

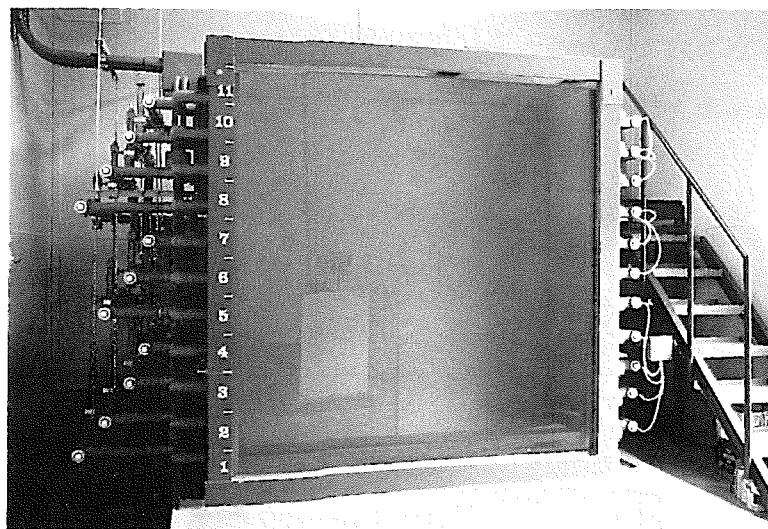
試験装置の構造

海の表層・中層部を遊泳する魚類に用いている中心的な試験装置は垂直温度勾配反応試験装置である。ここでは、この装置の構造と性能の概要を紹介する。第2図は、垂直温度勾配反応試験装置の試験水槽部を正面からみた模式図である。水槽の大部分を占める試験区の大きさは、間口で1.5m、奥行きで60cm、使用時の水位が1.65mで、比較的深い、人の背丈ほどの箱型のものであり、試験区内だけで約1.5m³の海水が入る。

水槽の向かって左側に付いている11段のパイプは、水槽内へ温度調整済の海水を送り込むためのもので、底の方から15cm間隔で設けられている。また、水槽の右側には、水槽内から海水を吸い出すパイプが、やはり11段取りつけられている。海水の注入区と吸引区は、第2図や第3図では両側の枠の部分に隠されているが、いずれもそれぞれ11段の棚に完全に仕切られており、これらの両区と試験区の間は、整流機能をもたせるために、塩ビ製の多孔板で仕切られている。



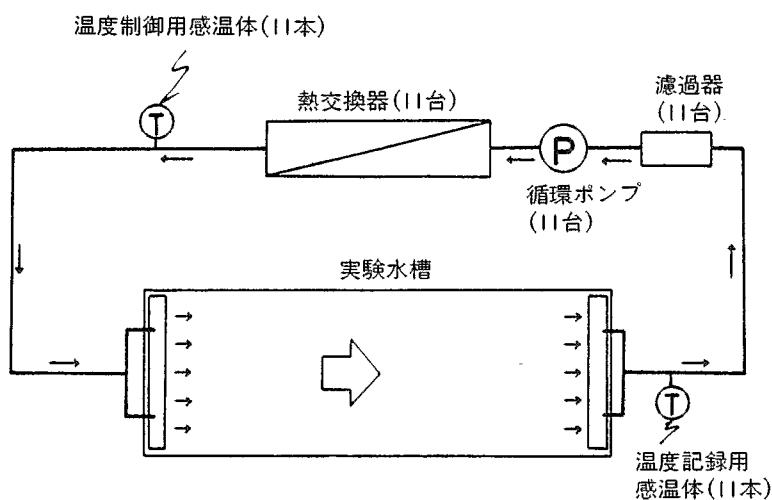
第2図 垂直温度勾配反応試験装置、試験水槽立面模式図



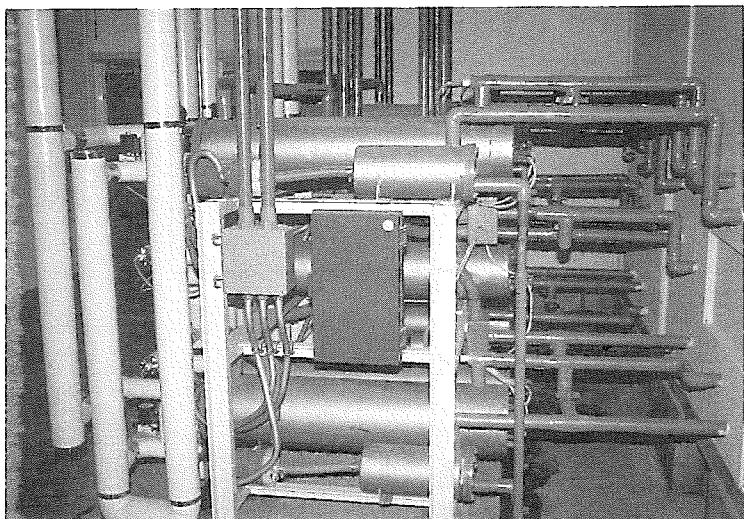
第3図 垂直温度勾配反応試験装置、試験水槽前面写真

第3図は、試験水槽の前面から撮った写真である。向かって左側の枠には各水深帯の番号が底の方の1から最上部の11までついている。水槽の前面は魚の行動を観察できるように強化ガラスとなっている。水槽の真正面にはテレビカメラが固定されており、試験中は魚の動きに不自然な影響を与えないために、試験装置室内を無人化して、このテレビカメラを通じて魚の行動をコンピュータ室から遠隔観察する方式が採用されている。

第4図には温度調節をした海水の循環回路を模式的に示した。こうした回路が上下に11段設けられている。各回路毎に、海水濾過器、循環ポンプ、熱交換器が設けられており、制御用コンピュータからの指示によって各設定温度に調整された海水が、試験期間中、絶えず反時計回りに循環している。試験区内の海水は1秒間に約4mm前後の緩やかな速度で流れている。水温記録用のセンサーは、各海水吸いだし管に取りつけられており、その信号がコンピュータに送られて記録される。この図には示していないが、試験水槽とバックの機械装置との間は、間仕切り壁で仕切られている。第5図は、その間



第4図 垂直温度勾配反応試験装置、調温海水循環回路模式図



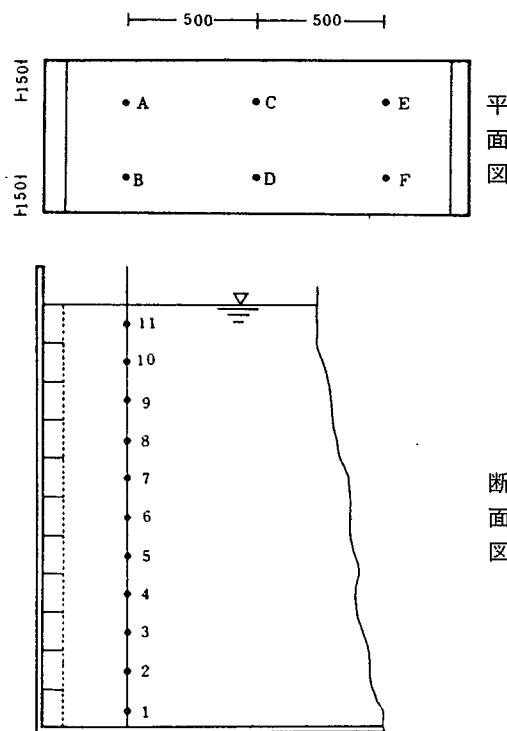
第5図 垂直温度勾配反応試験装置、循環回路の機械類

仕切り壁の外側にある機械類の写真で、3段の棚に収容されており、各回路のパイプはこの壁を貫通して試験水槽と接続している。

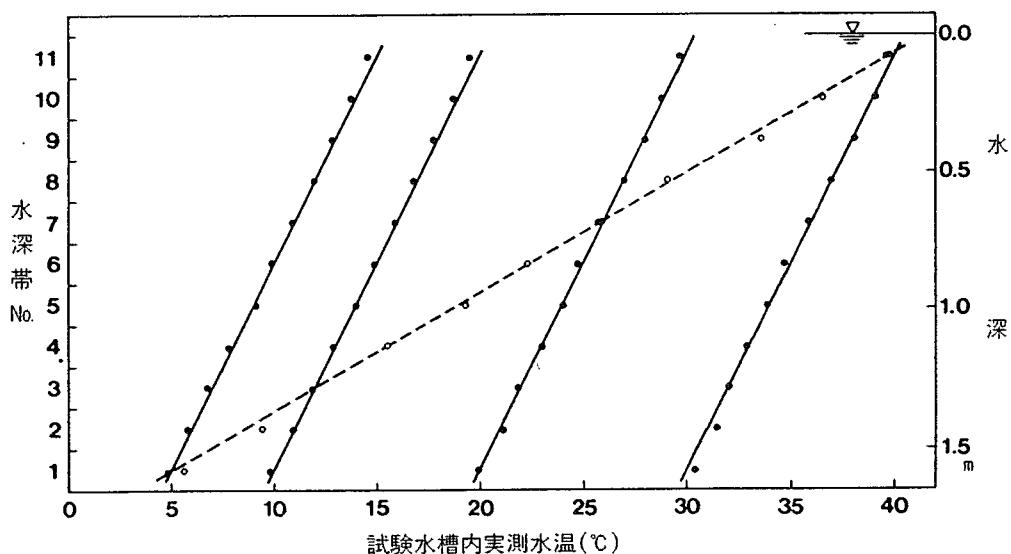
試験装置の性能

次に、この試験装置の性能、つまり、水温調節がうまく実現されるのかという点についてテストした結果を述べる。第6図に鉛直的な温度勾配の形成を確認するために行ったテスト時の水温測定位置を示した。1本のポールに15cm間隔で11個の水温センサーを取りつけ、水槽内の平面的な位置で6ヶ所、すなわちAからFに順次このポールを移して、それぞれの所で一定時間にわたって、水槽内各層の水温を測定した。

第7図はこうした水温測定結果の一部である。設計仕様条件は、水槽の上下方向に、水温5°Cから40°Cの範囲内で、10°Cの鉛直勾配をつけるというこ



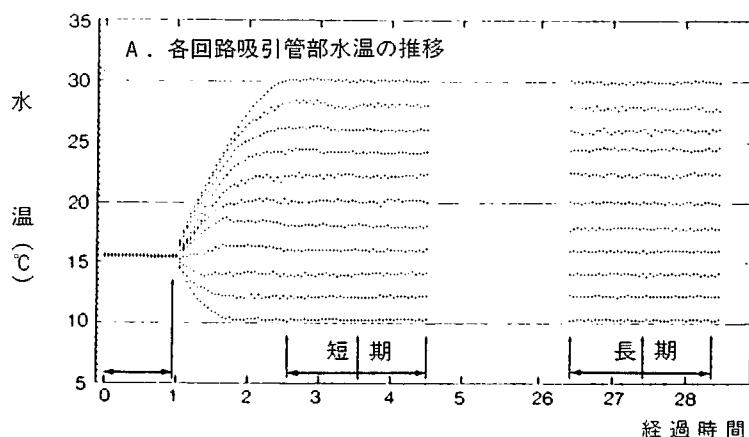
第6図 垂直温度勾配形成確認時の水温測定位置



第7図 垂直温度勾配反応試験装置の水温制御機能試験結果

とであった。この図の中の実線は求めようとした設定温度勾配であり、各黒点は、先に示した水槽内 6 カ所における各水深毎の測定水温の平均値を示している。また、破線と白丸は 5°C から 40°C までという大きな水温勾配をつけた場合の水温測定結果である。いずれの場合も線と点は接近しており、また、同じ水深の 6 カ所の水温の間には殆ど差が認められなかった。これらの事実から、試験水槽内ではうまく鉛直的な水温勾配が形成されていることが確認された。

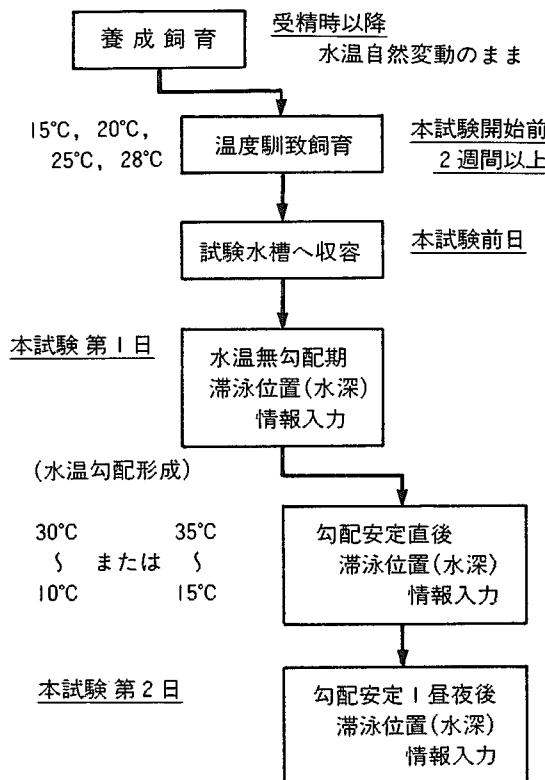
第 8 図には、実際に魚を入れて試験をした際に、水温記録用センサーから 3 分おきに送られてきた信号を、プロッターの上で打点させたものの 1 例を示した。これは、最初に水槽内全体を 15°C にしておき、それから水槽内の最下部が 10°C、最上部が 30°C になるようにする、つまり 20°C にわたる鉛直勾配を設定した場合の 1 例である。水温勾配をつけ始めてから約 1.5 時間経過後に安定した成層状態ができあがっている。この図の右側の部分は、安定勾配形成後、約 1 昼夜経過した時の記録である。この図から安定した成層状態が長期にわたってよく維持されていることが分かる。



第 8 図 試験水槽内の各層水温の推移

試験方法

第9図に垂直温度勾配反応試験の一般的な手順を示した。



第9図 垂直温度勾配反応試験の一般的な手順

養成飼育 まず、試験をしようと計画した魚の養成飼育から開始する。例えば、イシダイ1年魚の試験をしようとすれば、1年前に受精卵を得て、養成飼育を始めるわけである。卵から稚仔魚の期間には、一般の種苗生産の技術を用いて、屋内で管理飼育をするが、普通の餌につくようになってからは、屋外の水槽内で育てることになる。第10図が供試魚の養成飼育に用いている屋外水槽群の写真である。この屋外飼育スペースには、海水3m³を収容する



第10図 供試魚養成飼育用の屋外水槽群

円形水槽が5個、海水5m³を収容する、いわゆるレースウェイ方式の楕円形水槽が5個設置されている。養成期間中は、研究所前面の海から取水する海水の温度が変化するままに、その海水を緩やかな流水状態にして育てている。無論、この期間には毎日、魚に餌を与えている。

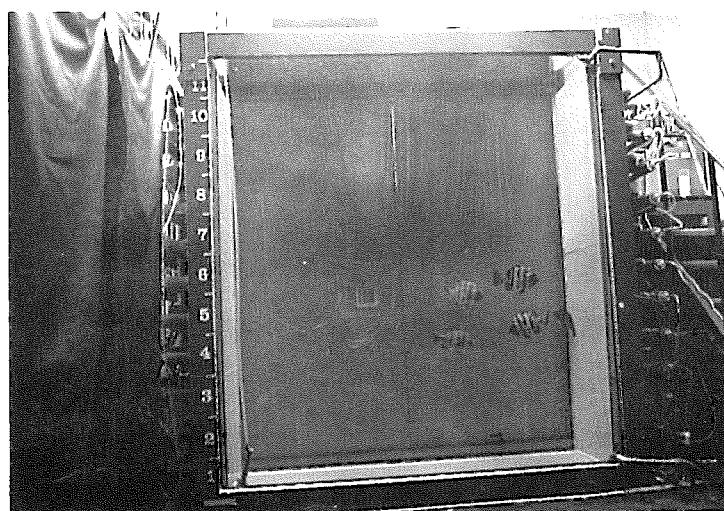
温度馴致飼育 次に、本試験を開始する前に、少なくとも2週間以上の期間にわたって、温度馴致飼育をする。なぜ、温度馴致飼育をするのかというと、同じ魚種の同じ発育段階のものであっても、以前に生活していた水温の如何によって、水温変化に対する反応の仕方が規則的に変わってくるので、その法則性を追求するためには、どうしても、いくつかの段階の温度馴致群を作つてから、試験をしなければならないわけである。温水性魚類の場合、普通、少なくとも15°C, 20°C, 25°C, 28°Cの4段階の温度馴致群を作つてから試験に入ることが多い。温度馴致飼育は、研究所の第一実験棟の屋内で行う。ここでは35°Cから40°Cの温海水と5°C前後の冷海水が常時つくられており、これらの両海水を適宜混合することによって、所定の温度馴致に必要な、何段



第11図 供試魚温度馴致飼育用の屋内保温水槽

階かの水温の海水が得られる。これらの調温済の海水を、第11図に示した0.5 m³の保温水槽内へ緩やかに流しながら供試魚の温度馴致飼育をする。この飼育期間にも引き続き魚に餌を与えておく。

試験水槽へ収容 本試験は温度馴致群ごとに順次行うことになる。ある温度



第12図 試験水槽内のイシダイ

馴致群について試験をする場合には、本試験の前日に、その馴致群から5尾もしくは10尾の供試魚を取り上げて、垂直温度勾配反応試験装置の試験水槽内に移す。第12図は、イシダイ5尾を試験水槽内に収容した時の写真である。収容時の試験水槽内の設定水温は、上から下まですべてその供試群の馴致水温と同じにしておく。つまり、水温を無勾配状態にしておく。このようにして、魚を一晩自由に泳がせて、試験水槽にも馴らすわけである。試験水槽へ魚を収容した後には、餌は与えない。

水温無勾配期の滞泳位置(水深)情報入力 本試験の第1日には、まず、水温無勾配状態のまま、1時間にわたって3分おきに供試魚の泳いでいる位置に関するデータをコンピュータに記録する。その入力が終わったら、いよいよ水温勾配の形成にかかる。

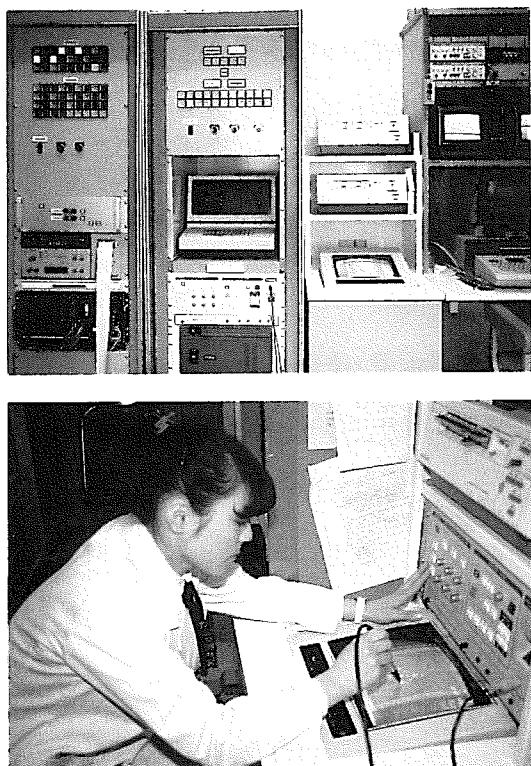
勾配安定直後の滞泳位置(水深)情報入力 第8図から明らかのとおり、水温勾配の形成にかかってから約1.5時間後には試験水槽内で安定した温度成層状態ができる。ここで、勾配形成直後の2時間にわたって供試魚の泳いでいる位置に関するデータを、やはり3分おきに入力する。

勾配安定約1昼夜後の滞泳位置(水深)情報入力 安定した温度成層状態を約1昼夜保持させておき、それから再度2時間にわたって供試魚の泳いでいる位置に関するデータを、やはり3分おきに入力する。

結局、第8図のなかで矢印で示した3つの期間にデータを入力することになるが、これから後には、勾配形成開始前の1時間を「水温無勾配期」、勾配形成直後の2時間を「短期」、勾配形成後約1昼夜経過後の2時間を「長期」

と呼んで区別することにする。

試験水槽前のテレビカメラで捉えた映像は、コンピュータ室では、モニターテレビとデジタイザーの画面上に現れる。デジタイザーの画面上に写しだされた各供試魚の位置を、3分おきにアラームが鳴った時にすばやくライトペンでタッチすれば、X, Y軸上の値としてコンピュータに記録される(第13図)。

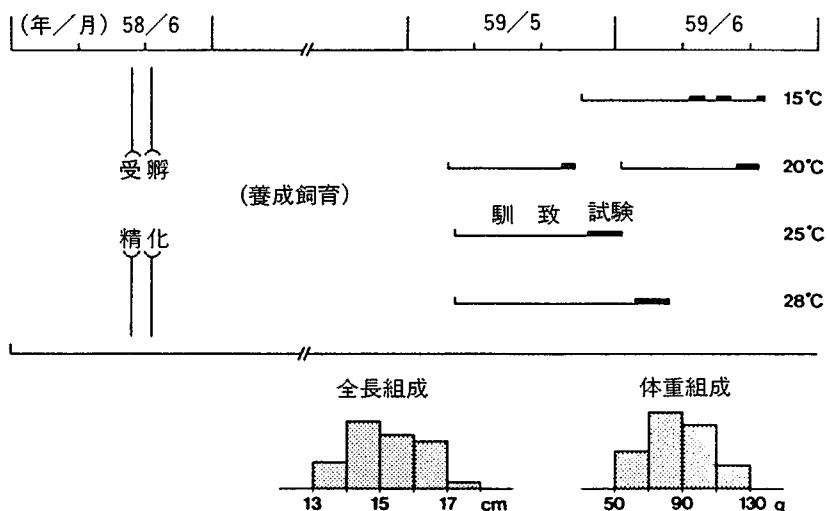


第13図 コンピュータ室内のモニター・テレビとデジタイザー

イシダイ 1年魚についての試験結果

ここでは、試験結果の内容について理解していただくために、イシダイ 1年魚についての試験を例として、やや詳しく述べる。

供試魚 第14図には試験に用いたイシダイ 1年魚の生活履歴を示した。これらのイシダイの起源は、昭和58年 6月18日に、千葉県水産試験場(千倉市)で採卵されたものである。受精卵の分譲をうけ、当研究所中央研究所(千葉県御宿町)まで運び、それから約11ヶ月間にわたって養成飼育し、59年 5月上旬から温度馴致飼育に入り、5月下旬から6月下旬までの間に、各馴致群ごとに



第14図 試験に用いたイシダイの履歴と大きさ

次々と本試験を実施した。厳密にいようと、本試験実施当時、0年魚の最終のものと、1年魚になったばかりのものとが含まれていたわけであるが、ここでは便宜上、すべて「1年魚」と表現することにした。各試験終了時に測定した供試魚の全長と体重の組成は、第14図のなかに示したとおりで、全長で約15cm、体重で約90gを中心とする大きさのものであった。

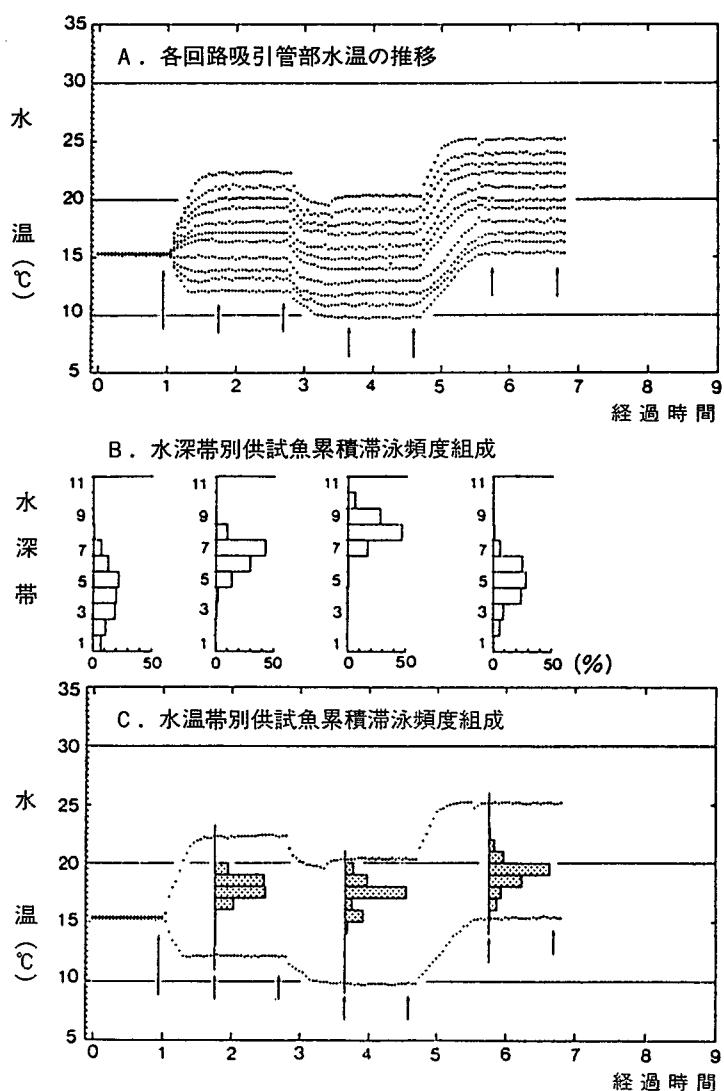
予備的試験結果 第15図には、 15°C 駐致群に対して、 10°C の温度勾配をつけ、その水温設定範囲を動かしてみた予備的な試験結果を示した。水温無勾配状態で1時間のデータ入力をし、それから最初は 12°C から 22°C にわたる水温勾配を設定し、次に水温設定範囲を 2°C だけ下の方にずらして 10°C から 20°C までとし、最後に水温設定範囲を再び 5°C 上げて 15°C から 25°C までとした。こうした操作に伴う各層の水温変化を示したのが第15図の上段である。

水温が安定していた期間内の1時間毎に、供試魚がどの水深帯を泳いでいたかを、累積滞泳頻度分布で示したのが第15図の中段である。水温無勾配期には、水槽の下の方半分に広がって泳いでいたが、 12°C から 22°C までの勾配ができると、水槽の中層部を泳ぐようになり、設定水温範囲を 2°C だけ下げる、魚はより表層の方に近づき、最後に設定水温範囲を 5°C 上げたところ、魚は水槽の中層部よりも下の方を泳ぐようになった。つまり、イシダイは、僅か 2°C の水温低下に応じて遊泳層を少し上げ、水温を 5°C 上げると、遊泳層を大きく下げたわけで、水温設定範囲の上げ下げと、魚の遊泳層の上がり下がりとは、よく対応していたことが、この図から分かる。

第15図の下段は、魚が何度の水温の所を泳いでいたかを示したものである。この図のなかには設定水温範囲の上限と下限も示してある。魚は中段の図のように水温変化に応じて遊泳層を大きく変えたが、泳いでいた水温という面からみると、殆ど変化をしていない。最後には少し高い水温を選んでいるようであるが、これは、後で述べるように、試験期間中であっても供試魚の温度駆致が進んでいることを示しているものと考えられる。

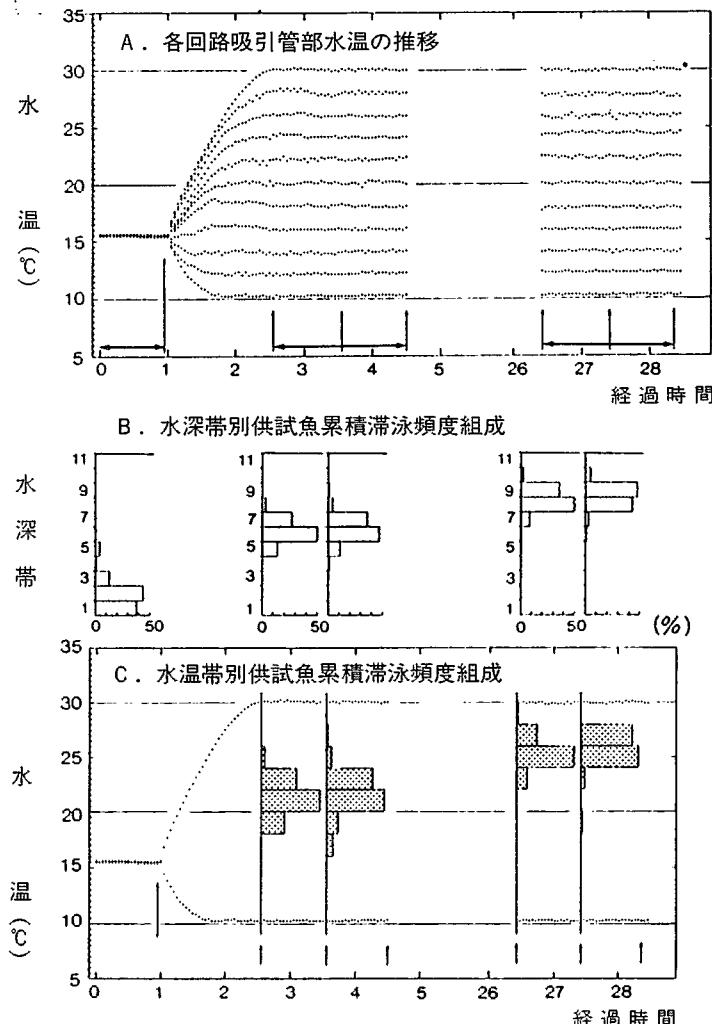
要するに、魚は試験水槽内の特定の水深帯を選んで泳いでいるのではなくて、ある好適水温を追い求めて、遊泳層を変えているのだということが、この予備的な試験で確認されたわけである。別の表現をすると、遊泳力をもった魚などは、不適当な水温に遭遇した場合には、遊泳層を変えるなど、自ら

の行動上の反応によって対処できる能力をもっているということである。



第15図 イシダイ 1年魚の15°C馴致群に対する
予備的な垂直温度勾配反応試験結果の一例

15°C馴致群に対する本試験結果 第16図は、先に示した予備的な試験とは別に、イシダイ 1年魚の15°C馴致群に対して、10°Cから30°Cにわたる20°Cの温度勾配をつけて実施した本試験結果の1例である。水温無勾配期には試験水槽の底層部にいた魚が、10°Cから30°Cにわたる勾配が形成された直後の2時

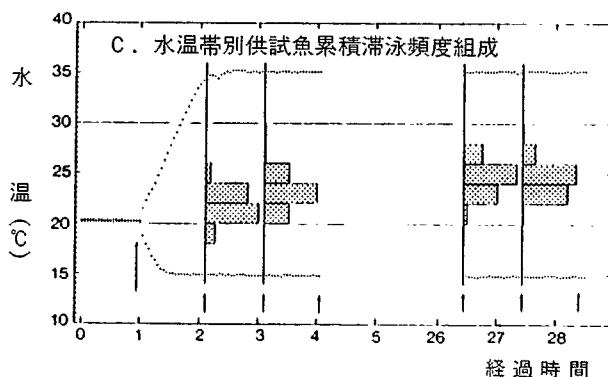


第16図 イシダイ 1年魚の15°C馴致群に対する垂直温度勾配反応試験結果の1例

間、すなわち短期には、水槽の中程(No. 6 中心)を泳ぎ、それから約1昼夜経過後の2時間、すなわち長期には、もっと表層近くを泳ぐようになった。これを水温の面からみると、短期には馴致水温の15°Cよりも5~6°C高い20~

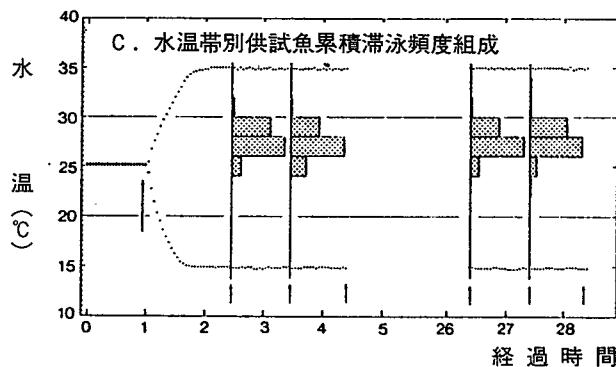
21°C台を中心にして泳ぎ回り、それから1昼夜たった長期には、馴致水温よりも約10°C高い24-25°C台を中心にして泳いでいたことが分かる。

20°C馴致群に対する本試験結果 4段階の温度馴致群について、それぞれ2例ずつ同じ試験を実施しているが、ほぼ同様の結果が得られているので、ここでは各馴致群について1例ずつの結果を図示することにした。また、水温設定範囲を動かさない試験の場合は、第16図のなかの最下段の図のなかに試験結果が要約的に表現されているので、最下段の図だけを示すことにした。第17図は、20°C馴致群に対して15°Cから35°Cにわたる20°Cの勾配をつけて実施した本試験結果の1例である。この場合も、イシダイは馴致水温よりも高温の所を泳ぎ、1昼夜後には、それよりもさらに高温の所を泳いでいたことが分かる。



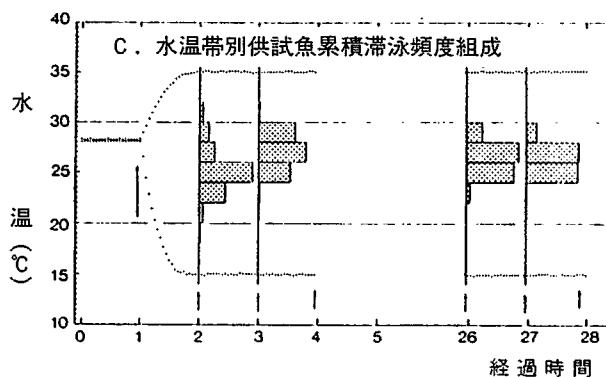
第17図 イシダイ 1年魚の20°C馴致群に対する垂直温度勾配反応試験結果の一例

25°C馴致群に対する本試験結果 第18図は、25°C馴致群に対して同様な本試験を行った結果の1例である。この例でも、イシダイは馴致水温よりもやや高温の所を泳いでいるが、短期でも長期でも、ほぼ同じ水温の所を泳いでいた点が、これまでのものと違っている。



第18図 イシダイ 1年魚の25°C馴致群に対する垂直温度勾配反応試験結果の一例

28°C馴致群に対する本試験結果 第19図は、28°C馴致群について同じ本試験をした結果の一例である。これまでの結果とは違って、馴致水温よりもやや低い水温の所を泳いでいた点が注目される。

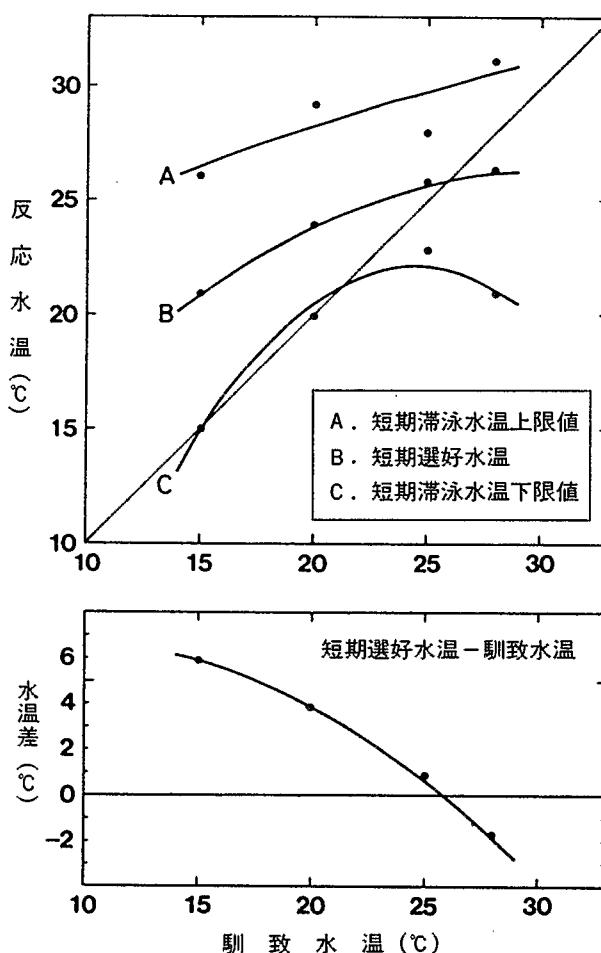


第19図 イシダイ 1年魚の28°C馴致群に対する垂直温度勾配反応試験結果の一例

イシダイの温度反応についての総合的解析 以上の本試験結果を総合的に解析するために、次の2つのスムーズィング、すなわち、バラツキを滑らかにすることを行った。その第一には、短期の2時間分と、長期の2時間分の水温帯別滞泳頻度組成を、それぞれ1つの組成にまとめて、魚の滞泳水温の平均値、上限値、下限値を求めた。第二には各温度馴致群について2例ずつの値が得られているが、その2つの値の平均を求めて、各温度馴致群の滞泳水

温を代表する値とした。そして、短期の滞泳水温と長期の滞泳水温の各平均値を、それぞれの期間に供試魚が選んだ選好水温、すなわち、「短期選好水温」と「長期選好水温」と呼ぶことにした。

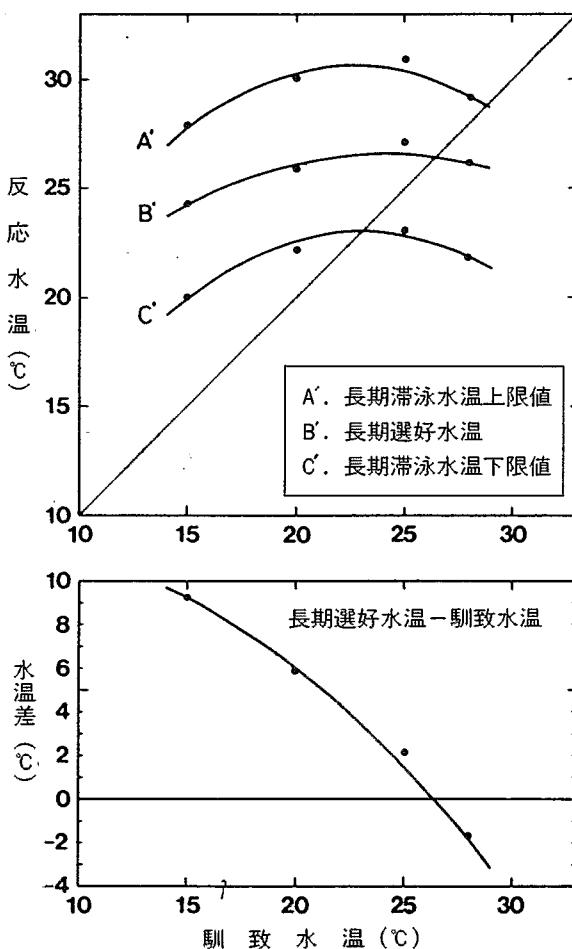
第20図には、イシダイ1年魚の馴致水温と短期の滞泳水温範囲や選好水温との関係を示した。これから後にはこれと似た形の図ができるが、横軸はいずれも馴致水温を示し、縦軸は上の図では反応水温を、下の図では二つの水温の差を表している。第20図から明らかのように、イシダイ1年魚の15°C馴致群では、馴致水温よりも約6°C高い水温を選好していたが、馴致水温が高くなるにつれて、選好水温と馴致水温の差が小さくなり、26°C付近で両方



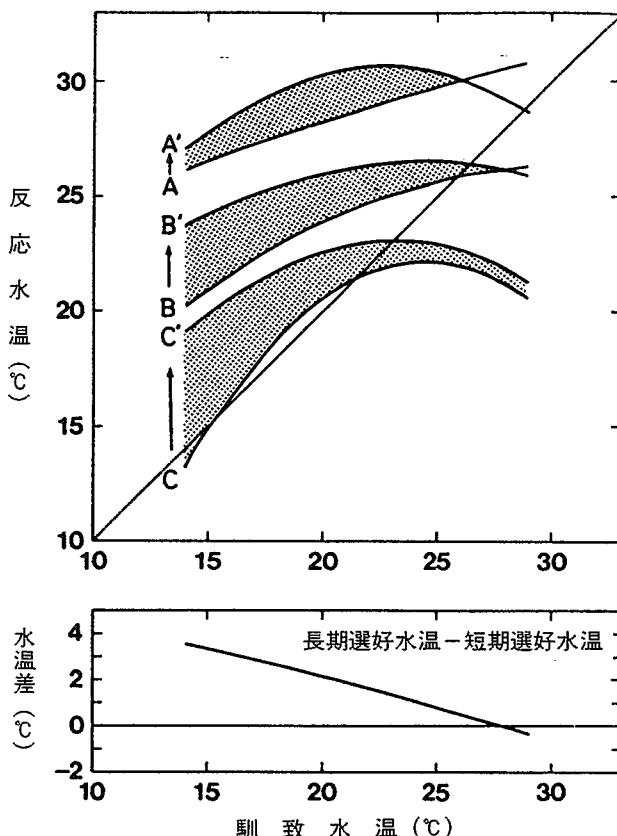
第20図 イシダイ1年魚の馴致水温と短期選好水温との関係

の水温が等しくなり、馴致水温26°C以上では、逆に選好水温の方が馴致水温よりも低くなっている。

第21図は、イシダイ1年魚の馴致水温と長期の滞泳水温範囲や選好水温との関係を示したものである。先に示した短期選好水温の場合と比較すると、上の図では曲線の傾きが緩やかになり、下の図では曲線の傾きが急になっている。第22図は、イシダイ1年魚の短期と長期の滞泳水温範囲や選好水温を比較したものである。いずれの反応水温とも、長期の方が細かな点々を打った部分だけ高温の方に移っている。このことは、供試魚の特に比較的低温で



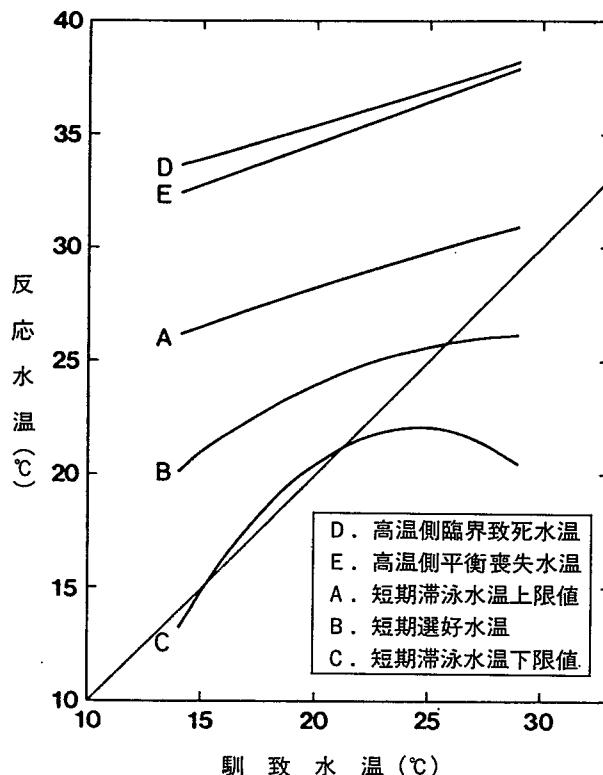
第21図 イシダイ1年魚の馴致水温と長期選好水温との関係



第22図 イシダイ 1年魚の短期選好水温と長期選好水温との関係

馴致された群では、本試験期間中にも、どんどん高温方向に温度馴致が進行していくことを示している。

第23図は、イシダイ 1年魚の短期の滞泳水温範囲や選好水温が、この魚にとって危険なレベルの高水温とどれほど離れているかを診るために作ったものである。この図のなかに示した高温側の平衡喪失水温・臨界致死水温とは、魚を入れた水槽内の水温を1時間に5°Cの速度で上昇させていき、魚が体のバランスを失ってひっくり返った時の水温が「平衡喪失水温」であり、呼吸を停止した時の水温が「臨界致死水温」である。これらの両水温は、いずれも、先に述べた垂直温度勾配反応試験装置ではなく、別の試験装置(魚類選好忌避温度試験装置)を使って求めたものである。勿論、実際の海ではこうした

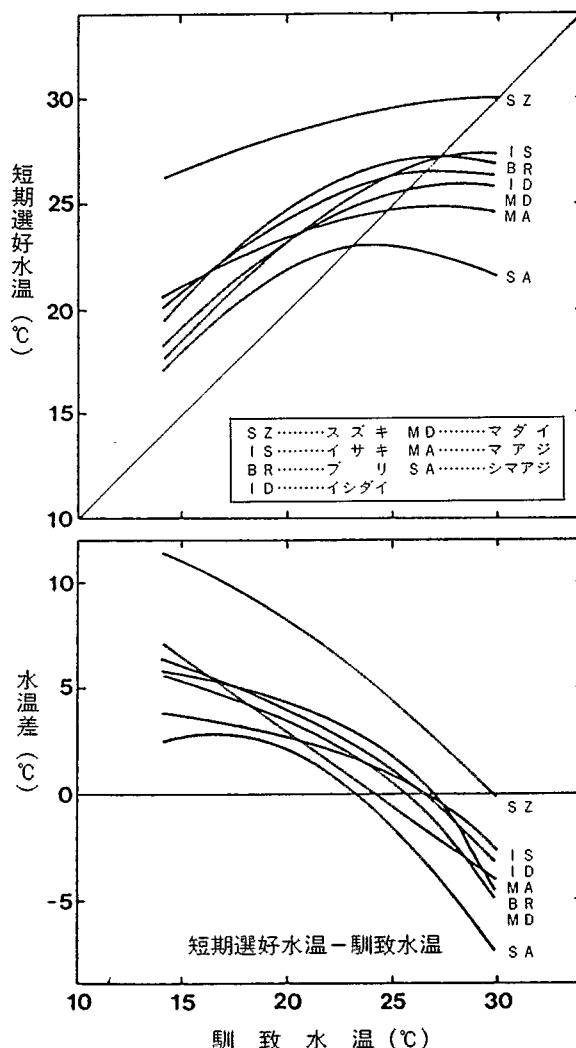


第23図 イシダイ1年魚の馴致水温と各反応水温との関係

事態は起こらないわけであるが、魚の高温耐性を比較的簡便に把握するためには、このような試験方法が採用されている。第23図から明らかのように、イシダイ1年魚は、身の危険にさらされるような高い水温よりも約10°C低い水温を選好しており、滞泳水温範囲の上限値でも、危険なレベルの高水温よりも5°Cから6°C低いことが分かる。

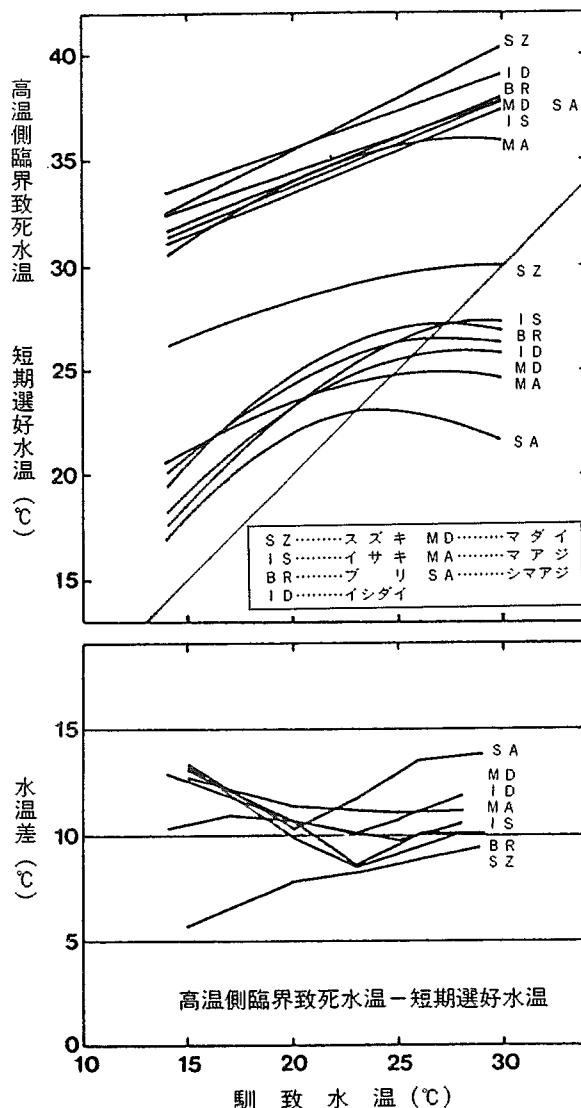
温水性魚類 7 種の温度反応試験結果の総括

第24図の上段には、イシダイ 1 年魚の他、ほぼ同様な試験を実施した温水性魚類 6 種、すなわち、ブリ、マアジ、シマアジ、イサキ、スズキ、マダイを含んだ 7 種の馴致水温と短期選好水温との関係を示した。これら 7 種のなかでは、スズキが最も高い水温を選好し、シマアジが最も低い水温を選好しております。その他の 5 魚種は、これら両種の中間的な比較的狭い範囲内の水温を選好していることが分かる。



第24図 温水性海産魚類 7 種における馴致水温と短期選好水温との関係

これらの魚種の短期選好水温と馴致水温とが等しくなるところ、つまり、第24図の上段で横軸に対して45度の直線と各魚種の選好水温を表す曲線とが交差するところは、23~30°Cの範囲内に入っている。これは、各魚種が馴致水温に関係なしに最終的に選好する水温が、この範囲内に入っていることを示している。このことを実際の問題に当てはめてみると、魚種によって多少の違いはあるが、水温23°Cから30°Cの範囲内のある温度を境にして、環境水温



第25図 溫水性海産魚類7種における馴致水温・臨界致死水温・短期選好水温との関係

がそれよりも低い場合には、これらの魚は、より高温の方に誘い込まれるような行動上の反応をし、環境水温がその温度よりも高い場合にだけ、より低温の方に誘引されるような反応をするであろうということになる。

第25図の上段には、前に示した温水性魚類7種の高温側の臨界致死水温と短期選好水温を、それぞれ馴致水温との関係において示した。これらの魚種の臨界致死水温は、比較的狭い一定の範囲内に入っており、また、短期選好水温も、最高の選好水温を示したスズキを別にすれば、いずれも一定の範囲内に入っている。そして、各魚種の臨界致死水温と短期選好水温との差を求めてみると(第25図下段)、選好水温が最高のスズキを除けば、馴致水温とはほとんど関わりなしに、10°C前後またはそれ以上となっている。このことは、いずれの魚種でも、わが身に危険が迫るようなレベルの高い水温よりも、はるかに低い水温を選ぶような行動上の反応をしているという事実を物語っている。

む　　す　　び

積極的な遊泳力をもった温水性魚類に対して実施してきた温度反応試験結果に基づいて、これまで述べてきたことの結論的な部分を再度要約すると、次の3点になる。

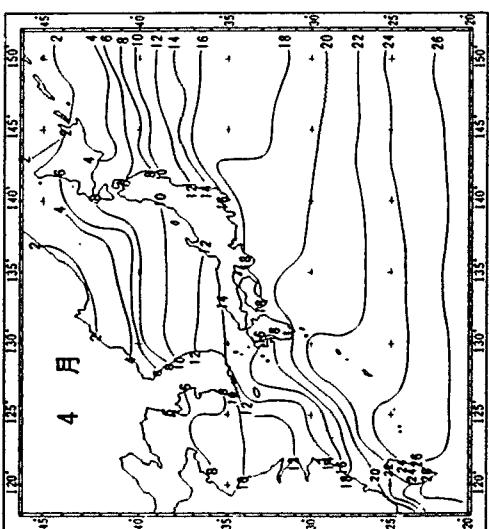
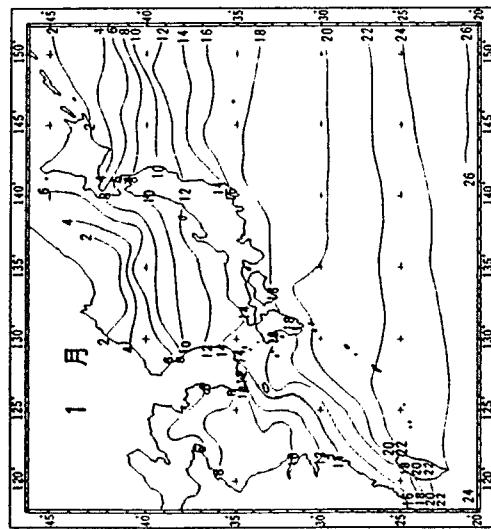
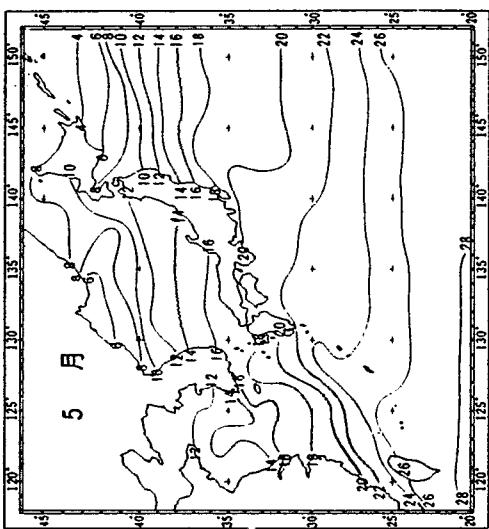
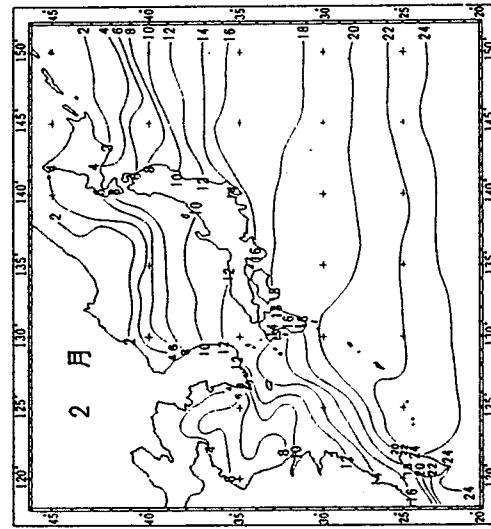
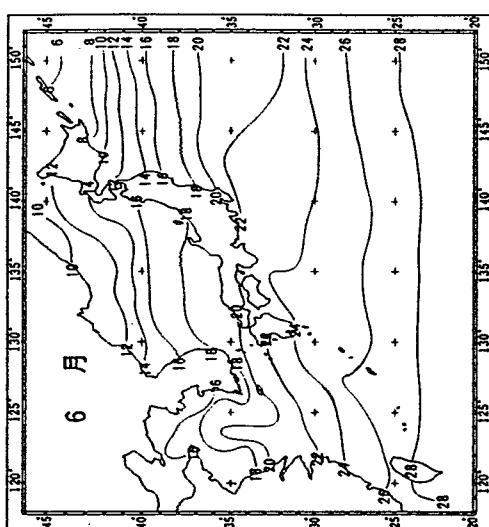
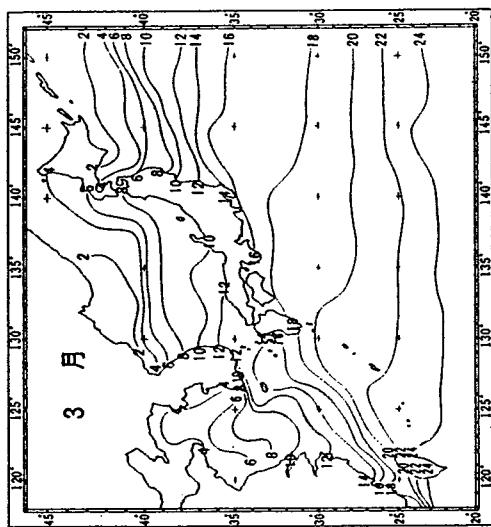
- ① これらの魚類は、不適当な水温に遭遇した場合には、遊泳層を変えるなど、自らの行動上の反応で対処できる能力をもっている。
- ② これらの魚類は、最終的には、それぞれの魚種毎に水温23°Cから30°C

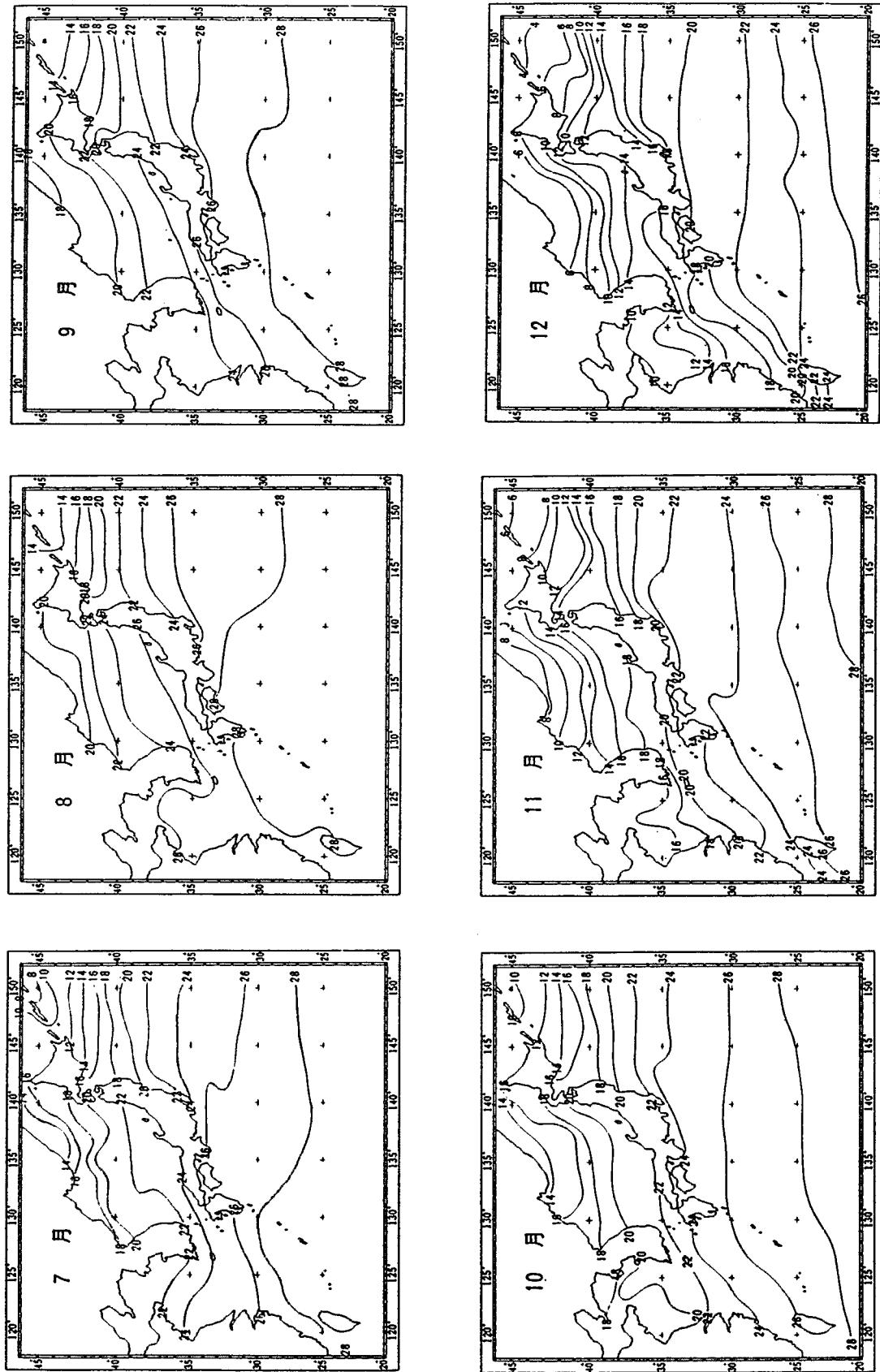
の範囲内のある特定の温度を選好し、環境水温がその温度よりも低い場合には、より高温の方に誘引され、環境水温がその温度よりも高い場合にだけ、より低温の方に誘引されるような反応をする。

③ これらの魚類は、わが身にとって危険なレベルの高温よりも10°C前後低い水温を選択する行動をしている。

以上の試験から得られた事実や、この報告の末尾に付図として示した日本周辺の沿岸各地における水温の季節的変動の実態に基づいて、さらに考察を進めると、これらの温水性魚類が水温変化に遭遇した場合には、多くの海域の大部分の季節においては、高温の方に誘引されていくような反応をしているものと考えられる。また、仮に高温期に放水口のごく近傍等が、これの温水性魚類の好適水温範囲を超えるような場合であっても、魚は自らの行動上の反応によって回避するので、危険な状態は起こらないものと考えられる。

付 図





付図 日本近海の月別平均表面水温
(海上保安庁水路部海洋情報課編, 海洋情報便覧, JODC SP, No. 3 ; 1985)



事務局 〒101 東京都千代田区内神田1-18-12／北原ビル ☎(03)233-4173
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