

# 海生研リーフレットNo.1

## 動物プランクトンの復水器通過影響について



昭和63年8月

国立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52年度から昭和56年度までの5カ年間にわたり実施し  
た研究成果の一部を取りまとめたものである。

# 動物プランクトンの復水器通過影響について

## 目 次

調査のねらい.....	3
調査実施場所.....	4
調査の内容.....	5
得られた成果の概要.....	6
生残能力.....	6
産卵能力.....	10
群としての増殖能力.....	13
前面海域の水質・特に懸濁物質指標.....	17
むすび.....	20



## 調査のねらい

火力・原子力発電所では、タービンを回した後の蒸気を水に戻すために、ポンプで汲み上げた冷却水を復水器に送っている。四面海に囲まれたわが国では、大量に必要な冷却水の供給源を海に求めている。海にはきわめて多種多様の生物が住んでいるが、そのなかにはプランクトンと呼ばれるグループがあり、植物性と動物性の両方が含まれている。これらのプランクトンは、ほとんどが数ミリメートル以下の大きさで、自分で泳ぎまわる力は全く無いか、あってもきわめて弱いものであるが、海中に生息しているその数量は莫大なものである。魚などの水産資源にとってプランクトンが重視されるのは、大型生物の餌生物の役割を演じているからで、どんな魚でも生涯のうちのある時期には、必ずプランクトンを食べて育っている。

発電所の取水には、復水器の冷却水とともにプランクトンが取り込まれている。最近のわが国の発電所では、冷却水が復水器を通る間の温度上昇や、冷却水路内の各所で起こる機械的衝撃、塩素注入などが、冷却水中のプランクトンにどんな影響を与えるのかということは、関係者が関心を寄せてきた事項の一つであった。

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、「復水器通過影響実験調査」の実施を、昭和52～56年度にわたって財團法人海洋生物環境研究所へ委託した。この調査は、冷却水として取り込まれる海水中の動物プランクトン等の微小生物が、復水器を通過する際に受けける影響を検討するため、既設発電所において形態学的、生理学的および生化学的手法を中心とした調査実験を行い、大規模発電所の取放水による影響評

価に必要な基礎資料を得ることを目的としている。この調査では、動物プランクトン、そのうちでも生息量、種類数とも多く、魚などの餌生物としての重要性が古くから認識されているカイアシ類(Copepoda)を主な調査対象とした。また、この調査の特徴の一つは、プランクトンが復水器を通った直後だけではなく、何日かたってから現れる、いわゆる「遅発的影響」の有無を確かめることにもあった。

この報告は、復水器通過影響実験調査の実施経過、調査内容、得られた成果の要点などを取りまとめたものであり、前述の問題に関心を寄せられている方々のお役に立つところがあれば幸いである。

## 調査実施場所

この調査では、プランクトンの復水器通過影響の有無を実証的に把握するために、モデルとして選んだ発電所で実際に復水器を通過したプランクトンについて実験や調査を行うように計画された。発電所所在地の海の条件などを考えて、A、B、C、Dの4発電所を調査実施場所に選び、各発電所では1年間の四季毎にそれぞれ約1ヵ月にわたる現地調査を行った。

復水器を通過したプランクトンに対する遅発的影響を調べるために、現地でプランクトンを飼育する必要があるので、発電所の構内にプレハブ式やトレーラー式の実験室を設置し、1年毎にそれらを次の調査実施場所へ移設して、実験や調査を行った。

## 調査の内容

この調査では、復水器通過がカイアシ類に及ぼす影響の有無を明らかにするために、主として次の4項目を検討した。

### (1) 生残能力

復水器を通ったカイアシ類を飼育して、その後何日間生きられるかを調べ、これを復水器を通過していないカイアシ類の生残経過と比較検討する。また復水器内に塩素が注入されている場合といない場合についてもカイアシ類の通過前後の比較を行った。

### (2) 産卵能力

復水器を通ったカイアシ類の雌を飼育して産卵数を調べ、これを復水器を通過していないカイアシ類の産卵数と比較検討する。

### (3) 群としての増殖能力

復水器を通過した海水を一定量採り、そのなかのカイアシ類の群が、産卵や生育・死亡にしたがって、どのように個体数などを変化させていくかを、飼育実験によって調べ、これを復水器を通過しない海水中のカイアシ類の群の場合と比較する。

### (4) 前面海域の水質、特に懸濁物質指標

発電所前面海域で海上調査を実施し、水質、特に海水中の懸濁物質に関する深い項目について、カイアシ類等の復水器通過影響を示す徴候が現れているかどうかを検討する。

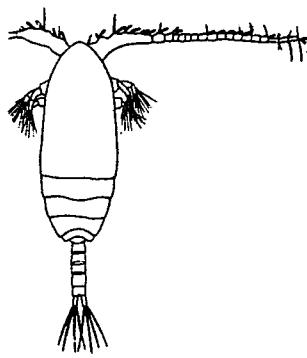
なお、どの項目の場合でも、復水器通過後のカイアシ類とは発電所の放水口側で採取したものであり、復水器を通過していないカイアシ類とは復水器に入る前の段階の取水口側で採取したものである。

## 得られた成果の概要

カイアシ類には多くの種類があり、季節的、地域的に出現する種類と量に変化がみられる。この調査では、日本各地の沿岸にごく普通に出現する種類の中から、年間を通じて出現するパラカラヌス属、夏・秋季に多く現れるオイトナ属、ユーテルピナ属、冬・春季を主な出現期とするアカルチア属を主な対象とした。第1図に実験に使用したカイアシ類を示す。

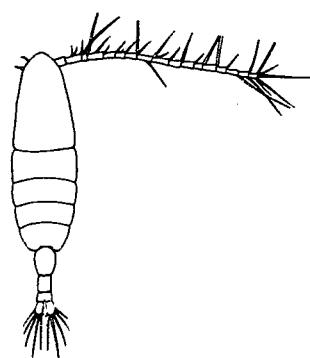
### 生残能力

プランクトンネットで採取したカイアシ類を水槽の中で飼育していくと、衰弱したもの、寿命の尽きたものから死んでいく。これを毎日数えて、はじめの個体数が半分になるまでの日数によって生残能力を調べることができる。第2図についてみると、飼育したA、B群のカイアシ類は、最初を100%とした場合、飼育日数の経過とともに生残率が低下し、半数生残つまり50%に達するのにB群では6.5日、A群では12日とB群の方が早く衰弱していることがわかる。これから後ではこの日数のことを「半数生残日数」と呼ぶことにする。



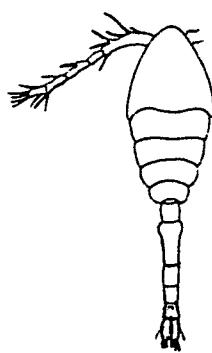
パラカラヌス属

体長 ♀ 0.7~1.0mm  
♂ 0.8~1.0mm



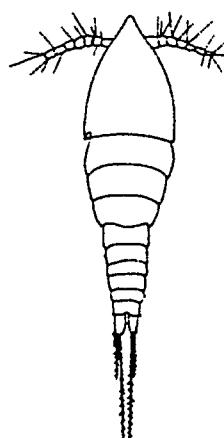
アカルチア属

体長 ♀ 1.1~1.2mm  
♂ 0.9~1.2mm



オイトナ属

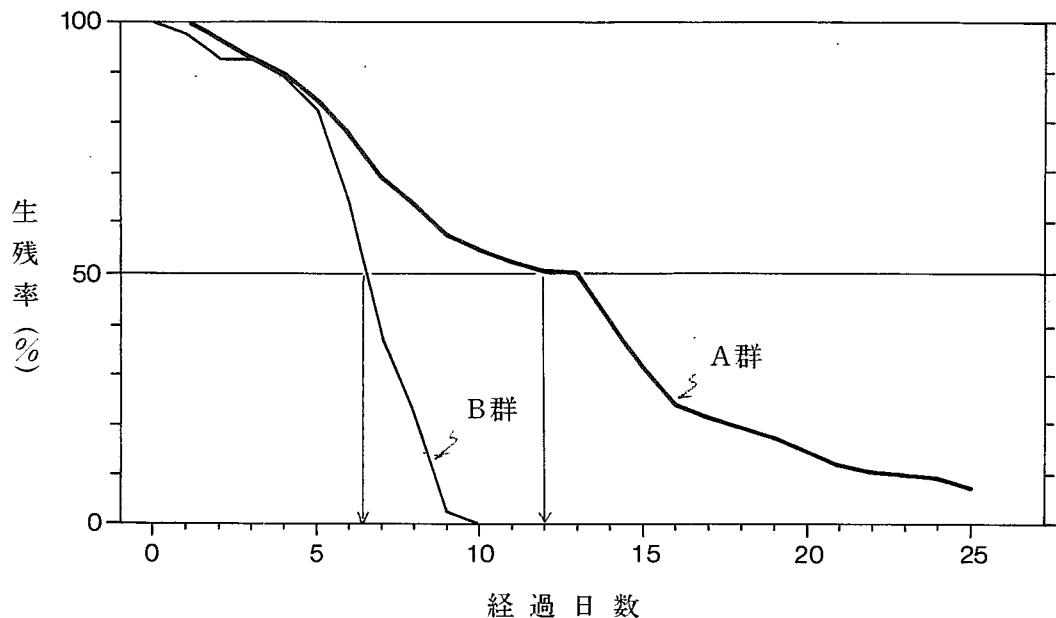
体長 ♀ 0.6~0.7mm  
♂ 0.5~0.6mm



ユーテルピナ属

体長 ♀ 0.6~0.8mm  
♂ 0.5~1.0mm

第1図 実験に使用した主なカイアシ類

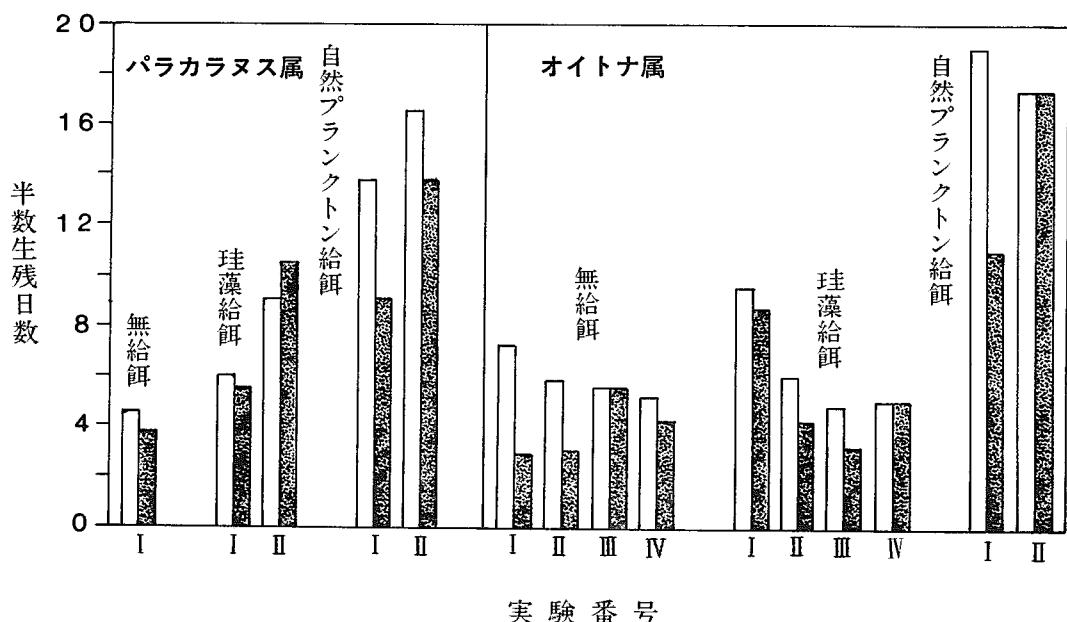


第2図 半数生残日数の求め方

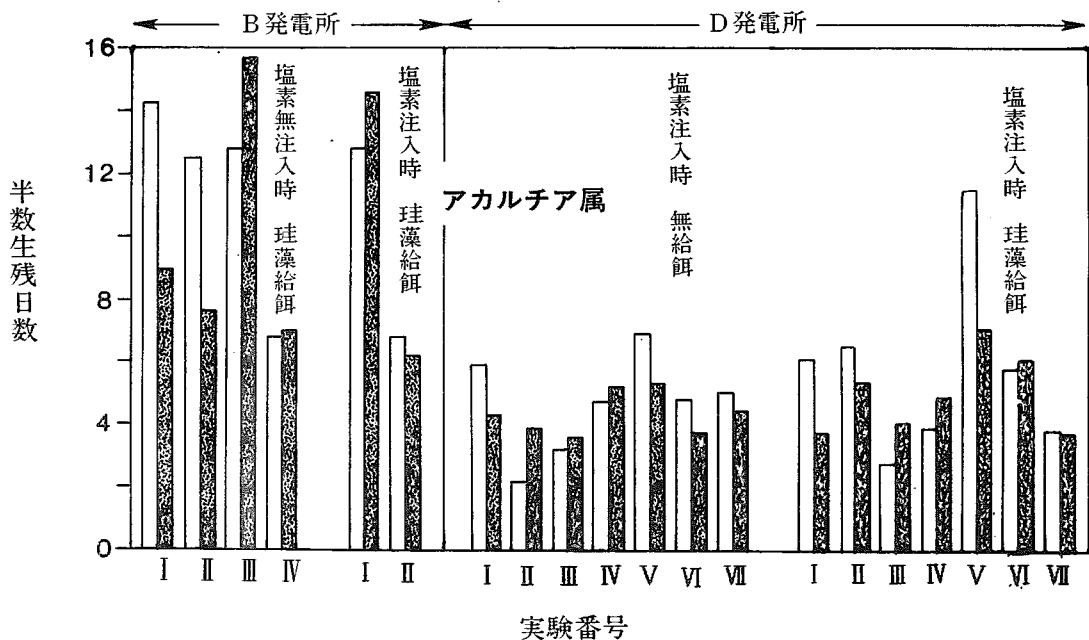
半数生残日数は、同じ種類のカイアシ類でも場所や季節によって違ってくる。採取したカイアシ類個体群の日齢組成はまちまちであり、寿命の終わりに近い老齢のものが多い個体群では、当然、半数生残日数も小さくなるはずである。また、与えた餌の適否によっても変わることもある。

しかし、復水器通過後のカイアシ類と復水器を通過しないカイアシ類とを同時に採取し、同じ条件で飼育して半数生残日数を比較すれば、復水器通過による生残能力の変化の有無を確かめることができる。

第3図と第4図に実験結果の一部を示した。第3図にみられるように、夏・秋季の調査結果では、D発電所で復水器通過後の半数生残日数が、通過しないものに較べてやや短くなっている場合が多くた。しかしながら、冬・春季の調査結果では、第4図に示すようにB発電所及びD発電所とも復水器通過後の半数生残日数は、通過しないものに較べて長い場合も短い場合もあり、顕著な差は認められなかった。



第3図 復水器通過の有無によるカイアシ類の半数生残日数の比較  
〔夏・秋季；塩素注入時；D発電所；□非通過・■通過〕



第4図 復水器通過の有無によるカイアシ類の半数生残日数の比較

冬・春季；

B発電所：塩素無注入、塩素注入

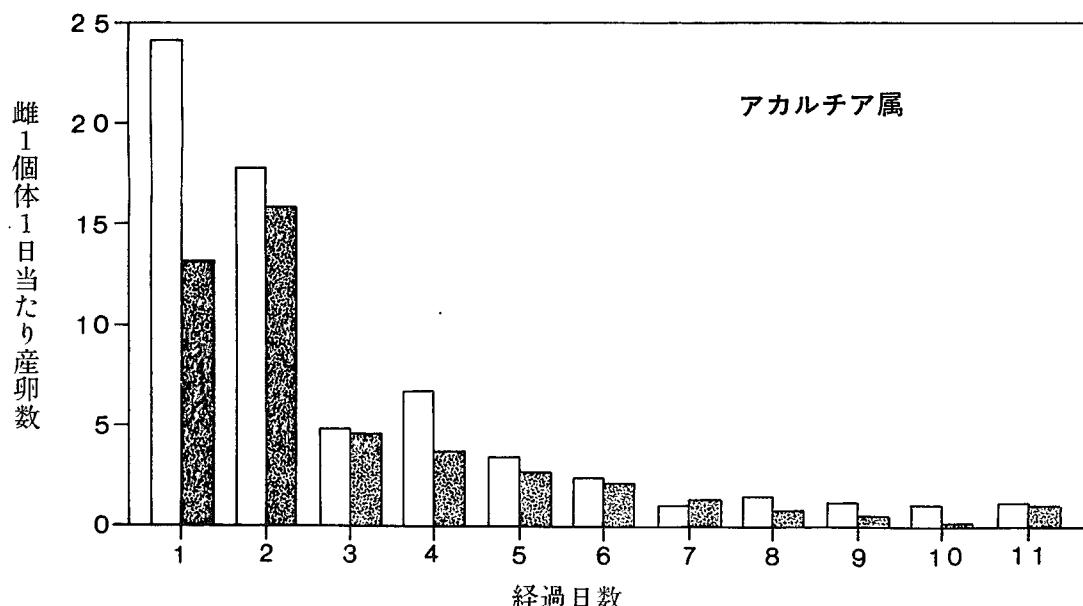
D発電所：塩素注入時

□ 非通過 ■ 通過

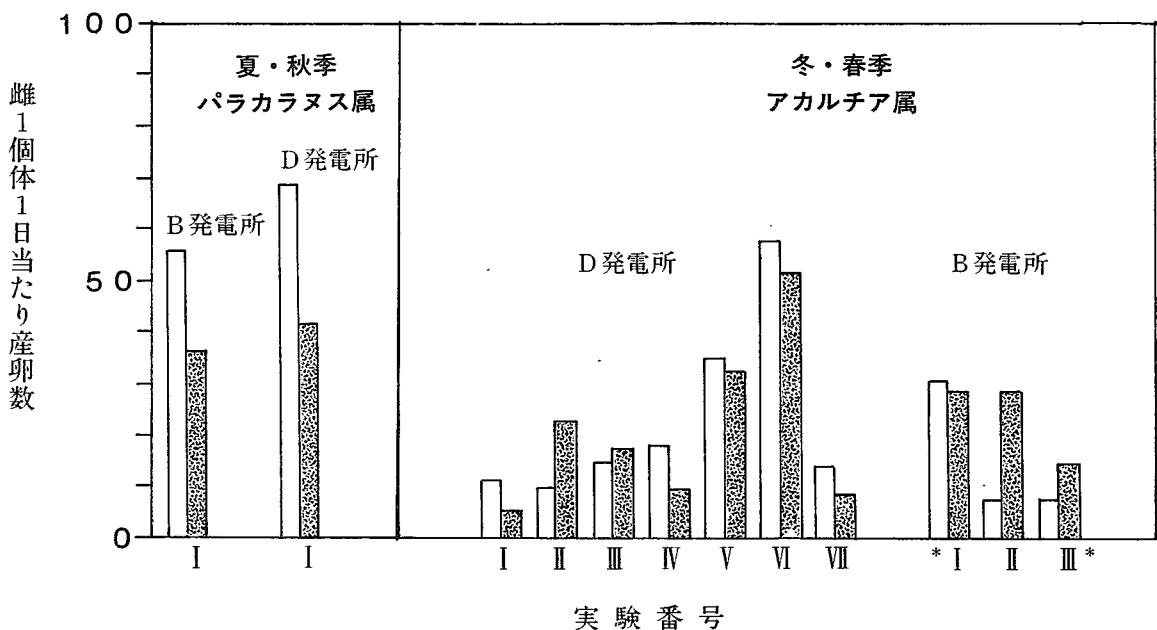
### 産卵能力

プランクトンネットで採取したカイアシ類の中から雌親を選別し、シャーレに移して飼育すると、産まれた卵はシャーレの底に沈むので、顕微鏡下で毎日の産卵数を調べることができる。この産卵数を復水器通過後の親と通過しない親とで比較した結果の1例を第5図に示した。採取時にカイアシ類の卵巣内にあった卵は、1～2日のうちに産卵されるようで、3日目以降の産卵数は急に減少している。この図に示した例では、復水器通過直後の1日間の産卵数が低下しているが、2日目には通過しないものの産卵数とほぼ同程度に回復している。多数の実験を繰り返したが、第5図と同様な結果の多いことが認められた。

飼育期間中に1匹の親が1日当たり産出した卵の数を産卵能力とみなし、  
パラカラヌス属（夏・秋季）とアカルチア属（冬・春季）について、復水器  
通過の影響を調べた結果を第6図に示した。復水器通過後の産卵能力が通過  
しないものに較べて低くなっている場合は、前に述べたように通過直後1日  
間の低下によるものであった。以上のことから、復水器を通過したカイアシ  
類は、一時的に産卵能力の低下を示すが、その影響は1日後には回復するこ  
とが認められた。



第5図 復水器通過の有無によるカイアシ類の産卵能力の比較  
〔冬・春季；B発電所；塩素無注入；□非通過・▨通過〕



第6図 復水器通過の有無によるカイアシ類の産卵能力の比較

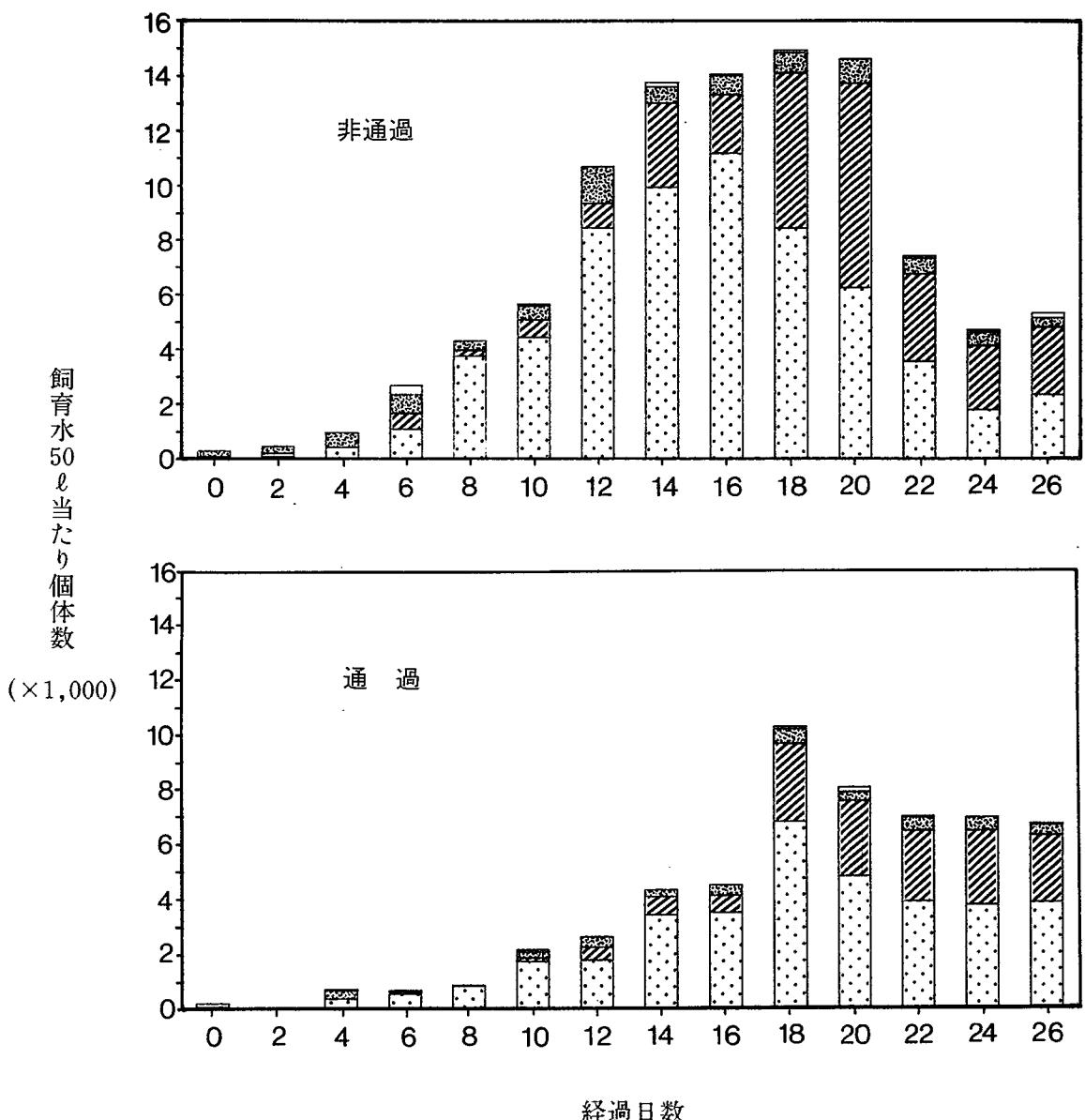
[\*印のみ：塩素無注入， 他のすべて：塩素注入； □ 非通過・▨ 通過後]

## 群としての増殖能力

飼育容器に一定量の海水を汲み取ってそのまま、あるいは培養した植物プランクトンを添加して放置しておくと、その中でカイアシ類の産卵、成長、死亡などが起こり、飼育容器の中でカイアシ類群の生活史が展開される。このような考え方から、復水器通過の影響が次の世代に及ぶかどうかを検討するために、放水口で採取した復水器通過後の海水と、取水口で採取した復水器を通過しない海水を、それぞれ別の飼育容器に汲み入れ、そのなかで形成されるプランクトン群、特にカイアシ類の種類別組成や各種類毎の発育段階別個体数の変化を追跡するという方法を採用して、プランクトンの群としての増殖能力を比較した。

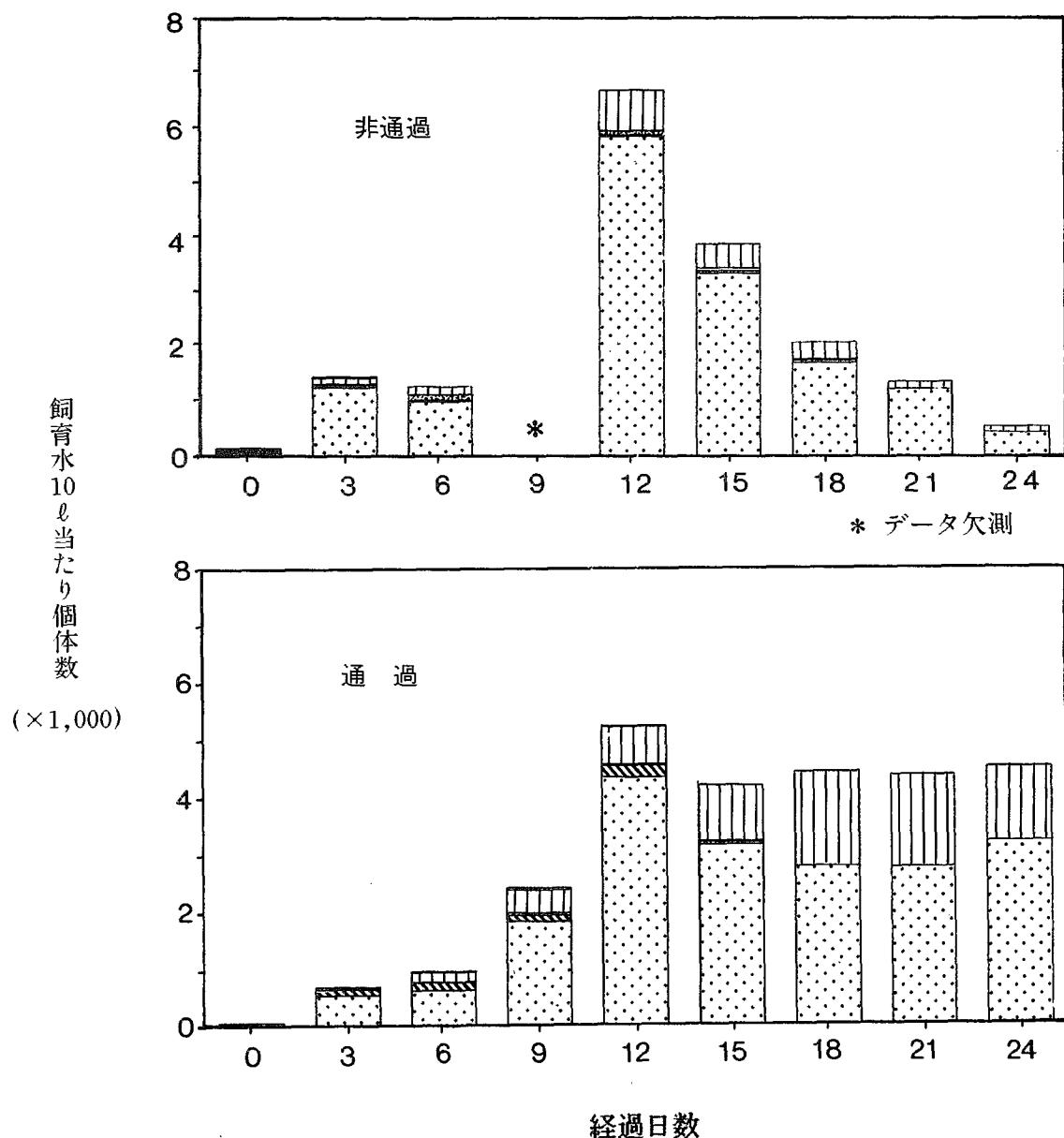
ここには実験結果の3例を示した。前述のとおり、カイアシ類の出現種類や出現量は、地域的にも季節的にも大きく変動するものであるので、主として増殖する種類は実験毎に異なっている。第7図に示したA発電所における冬・春季の例では、主にパラカラヌス属・オイトナ属の幼生と同じ属の成体が、第8図に示したB発電所における夏・秋季の例では、主としてパラカラヌス属・オイトナ属・ユーテルピナ属の幼生とそれらの成体とが、また、第9図に示したC発電所における夏・秋季の例では、ほとんどオイトナ属の幼生・幼体・成体のみが、それぞれ増殖していた。

いずれの場合も、飼育開始後、容器内でカイアシ類が産卵し、卵がかえってノープリウスと呼ばれる発育段階の幼生の数が増えていく。飼育容器の中では自然の海と違って、海水の流動で拡散して薄められることもなく、また魚などに捕食されることもないから、幼生の数は自然界の何十倍、何百倍にも増え、餌を食べて成長していく。そして、飼育容器の中のカイアシ類が過



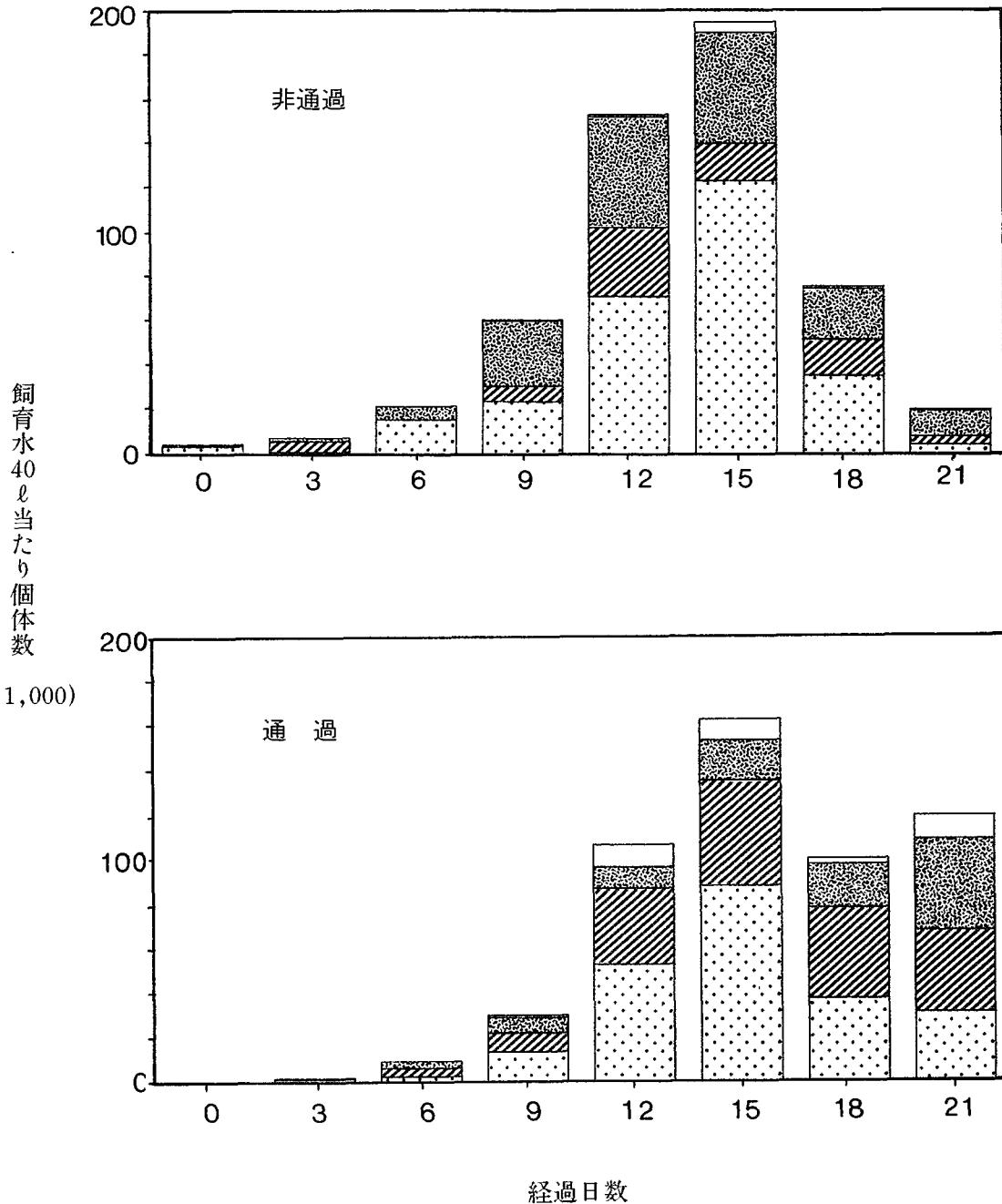
第7図 復水器通過の有無によるカイアシ類の群としての消長の比較  
〔冬・春季；A発電所〕

■ パラカラヌス属とオイトナ属の幼生, ▨ パラカラヌス属の成体,  
▨ オイトナ属の成体, □ その他のカイアシ類



第8図 復水器通過の有無によるカイアシ類の群としての消長の比較  
〔夏・秋季；B発電所〕

- パラカラヌス属, オイトナ属, ユーテルピナ属の幼生
- ▨ パラカラヌス属の成体, ▨ オイトナ属の成体
- ユーテルピナ属の成体, □ その他のカイアシ類



第9図 復水器通過の有無によるカイアシ類の群としての消長の比較

(夏・秋季; C発電所)

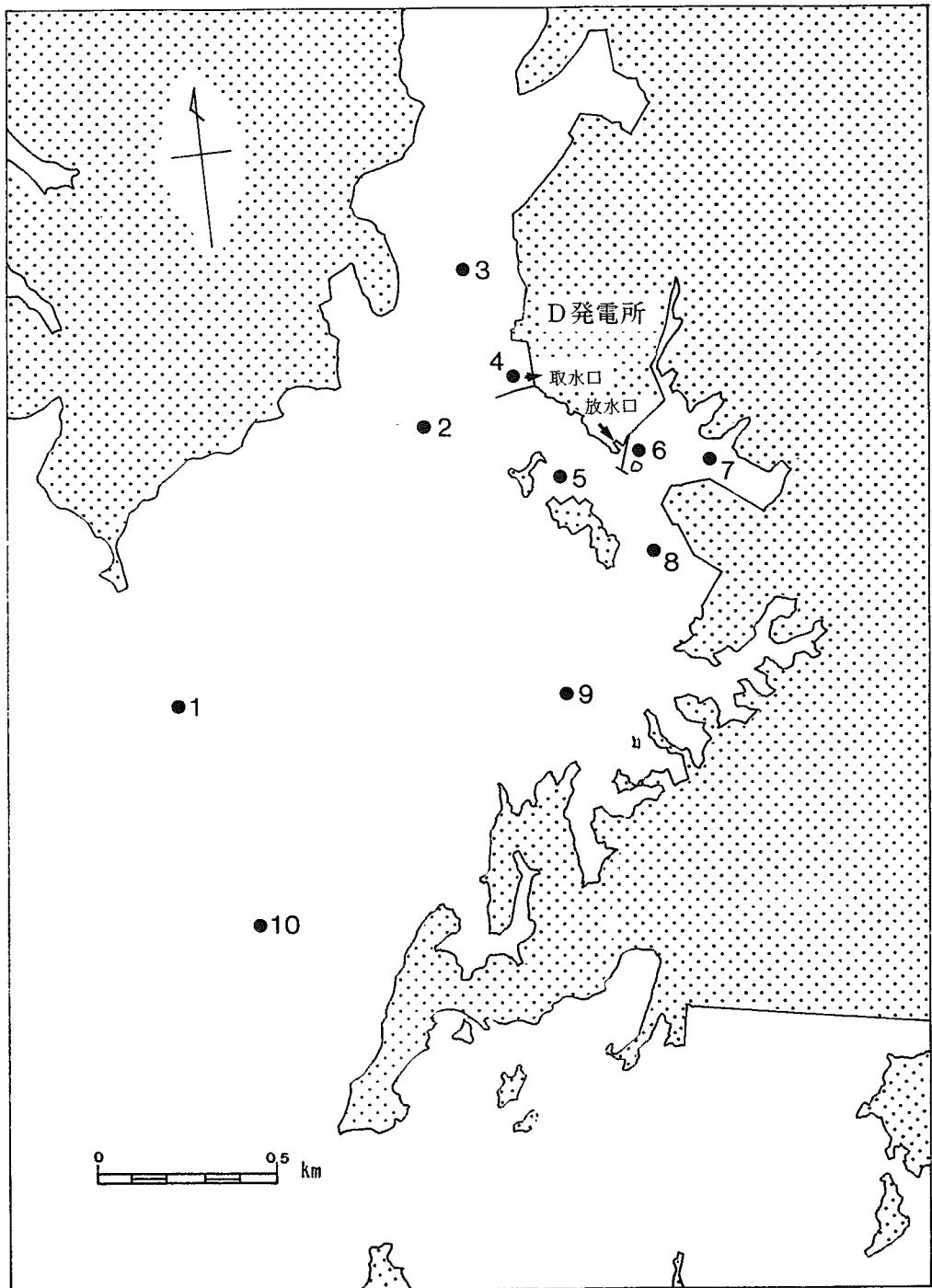
- オイトナ属の幼生,    ▨ オイトナ属の幼体
- ▨ オイトナ属の成体,    □ その他のカイアシ類

密になると死亡して個体数が減っていく状況がわかる。復水器通過後のカイアシ類群の増殖状況は、通過しないものに比較して大きな違いはない。個体数がピークに達した後に減少する程度は、復水器通過後のものの方が緩やかであることが、いずれの例でもみられる。

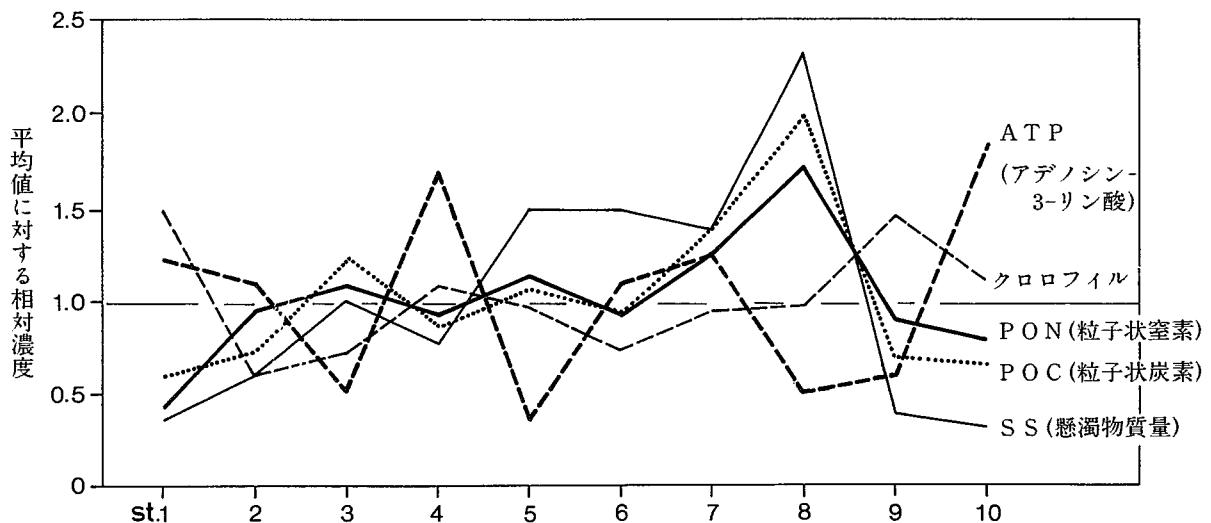
こうした実験を多数繰り返した結果から判断すると、カイアシ類の群としての増殖力が、復水器通過によって失われることはないものと判断される。

#### 前面海域の水質・特に懸濁物質指標

発電所の取放水に伴って、前面海域の水質やプランクトンの分布が変化しているかどうかを大局的に調べるため、これまで述べてきた実験と並行して、4ヶ所の発電所の周辺海域で、水質やプランクトンの海上調査を繰り返し実施した。D発電所周辺海域で第10図に示す10定点で調査した結果に基づき、SSやクロロフィルなど、海水中の懸濁物質指標について分析した結果の例を第11図に示した。定点のうち、St. 4は取水口直前、St. 5とSt. 6とは放水口前面に位置しているが、これらの定点における指標値が、湾内の他の定点と特に異なっているという傾向は認められなかった。St. 8では懸濁性物質の指標値のいくつかが、平均的な値とやや異なっているが、全体としては、湾内の広域にわたる変化は起こっていないものと考えられる。他の発電所の周辺海域における調査結果もほぼ同様で、発電所冷却水の復水器通過によって、周辺海域の水質やプランクトンの分布が顕著な影響を受けているという事態は、現実には起こっていないものと判断される。



第10図 D 発電所前面海域調査定点位置



第11図 D発電所前面海域における懸濁物質の分布〔冬・春季〕

## む　す　び

この調査においては、冷却水の復水器通過が、動物プランクトン、特にカイアシ類に及ぼす影響の有無について、現場での飼育実験や海上調査によつて、いろいろな側面からの検討が行われた。それらの結果を細かくみると、カイアシ類の生残能力や群としての増殖能力については、復水器通過によつて若干低くなる場合と高くなる場合とがあつて、一定の傾向を示さなかつた。また、産卵能力については、通過直後に産卵数が一時的に低下するが、すぐに回復するという現象もみられた。これらの結果を総合的にみると、復水器を通過したカイアシ類の増殖に特に悪い影響はみられない。さらに、復水器を通過する動物プランクトンは前面海域に分布するもののうち極く一部分にすぎないこと、また動物プランクトンは一般に世代交代が早いため一部の個体が損傷を受けてもそれを補償する力が強いことなどを考えあわせると、冷却水利用海域における動物プランクトンの生産力に影響を与えるとは考えられない。





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