

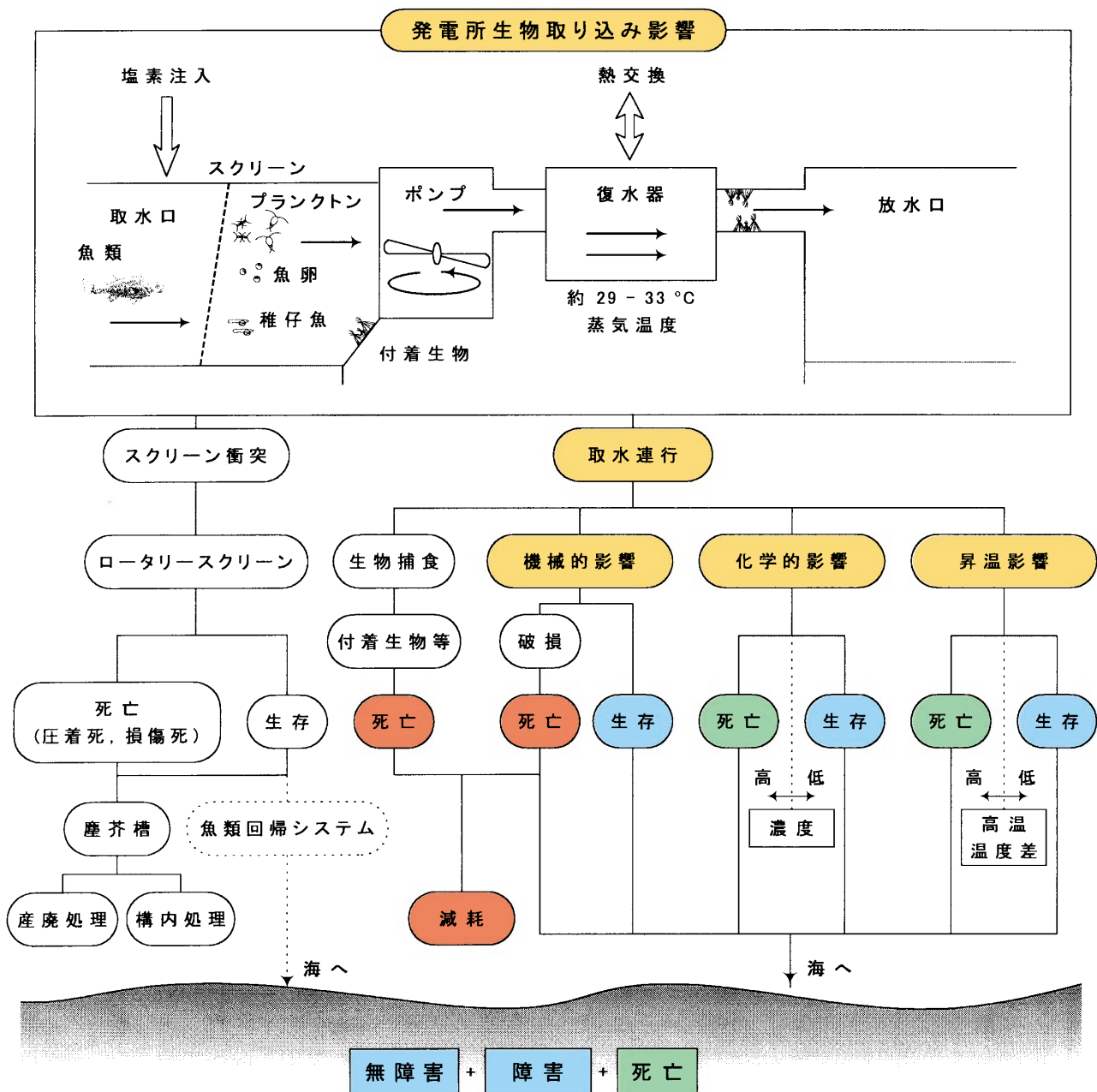
# 創立25周年記念研究成果報告会研究報告

## 微小生物の冷却水路系通過に伴う影響

### 目的

海水と共に取り込まれる魚卵、稚仔魚や動・植物プランクトンが、発電所冷却水路系を通過する際に受ける影響要因には、取水ポンプ、冷却水路系壁面への接

触、衝突、圧力変化、乱流による機械的な影響、取水系への付着生物防止のために注入される薬物による化学的影響、および復水器における昇温影響などが考えられている(第1図)。



第1図 生物取り込み影響の概念

第1表 発電所の運転条件別に作用する要因

運転条件	揚油棧橋	取水ピット	放水路
a: 通水のみ	h	hM	hM
b: 塩素注入なし	h	hM	hMT
c: 通水に塩素注入	h	hMC	hMC
d: 通常運転	h	hMC	hMTC

h:自然死亡, 採集操作による死亡 M, M:機械的影響 T:昇温影響 C, C:化学影響

当研究所がこれまでに取り組んできたこの分野の研究には, 実際の発電所で行われた野外研究と, 主に昇温影響の有無を明らかにするため行われた室内実験研究がある。

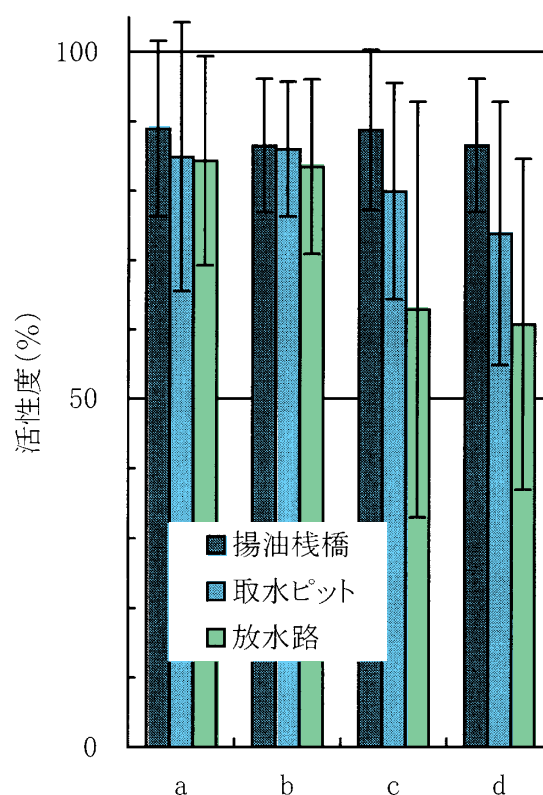
野外では, 復水器通過後の動物プランクトンに現れる影響について行った調査, 冷却水路系に取り込まれる魚卵・稚仔魚, 幼魚の出現量の実態調査, 冷却水路系に連行される量と周辺海域の分布量の調査などが行われた。

それらの結果によると, カイアシ類の復水器通過の遅発的影響調査における生残日数, 産卵数, 次世代の孵化率は, 取水口で採集された対照群に比べて若干の減少が認められたが周辺海域現存量への影響は認められなかった。冷却水路系に取り込まれる魚卵・稚仔魚の種類, 数量は, 周辺海域の出現量の変化と同様に, 季節や時刻によって大きく変化するなど海域の特性をよく反映しており, 取り込まれるものの多くは発電所取水口のごく近傍で生み出されたものであることが明らかにされてきた。また, それら取り込まれた魚卵等の減耗が周辺の現存量に対してどの程度の比率になるのかについて評価が試みられ, 自然死亡率などに比べ比較的小さいとの結果が得られている。

室内実験では, 多様な微小生物の様々な発育段階について高温耐性実験が行われ, それぞれの種毎に高温致死水温と接触時間の関係や適水温の範囲が求められている。

しかしながら, 発電所に冷却水とともに取り込まれた動物・植物プランクトン, 魚卵, 稚仔魚, 幼魚等の微小な生物が水路内で何らかの影響を受け, このことによって発電所前面海域に悪影響を及ぼすのではないかと

懸念には根強いものがある。当所では冷却水路系を通過する微小生物が受ける影響の要因と程度について調査し(第1表), その実態を把握するとともに, 将来の新規発電所立地に際し微小な生物が受ける影響を予測するモデルの開発を目指している。



第2図 植物プランクトンの活性度

運転条件; a:通水のみ, b:塩素注入なし, c:通水に塩素注入, d:通常運転, 棒グラフ上のバーは標準偏差を示す。

## 成果

発電所冷却水路系に取り込まれた微小生物が死亡する程度、減耗する程度について野外調査を行っている。その調査の結果、中間の段階ではあるが次のことが分かってきた。

①発電所通過直後の植物プランクトンの活性は、種、季節、調査日、発電所の運転状況それぞれで異なるが(第2図)、自然界における活性の変動も大きいことが示された(第3図)。また、植物プランクトンの残留塩素に対する耐性を室内実験で求めた結果では、種、増殖段階等によって異なることが示唆された。

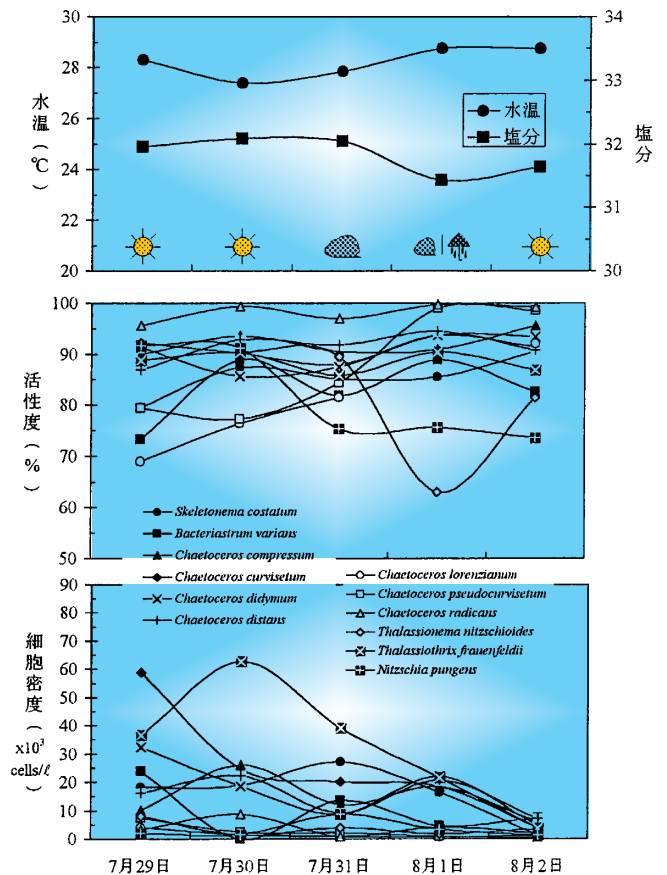
②発電所通過直後の動物プランクトンの生存率は、発電所運転条件の違いに関わらず非常に高く、変動も小さかった(第4図)。

③発電所通過後の魚卵・稚仔魚の生存率は、従来0%と仮定され扱われることが多かったが、放水路で採集されたものの内、30~40%程度は生存していることが確認された。

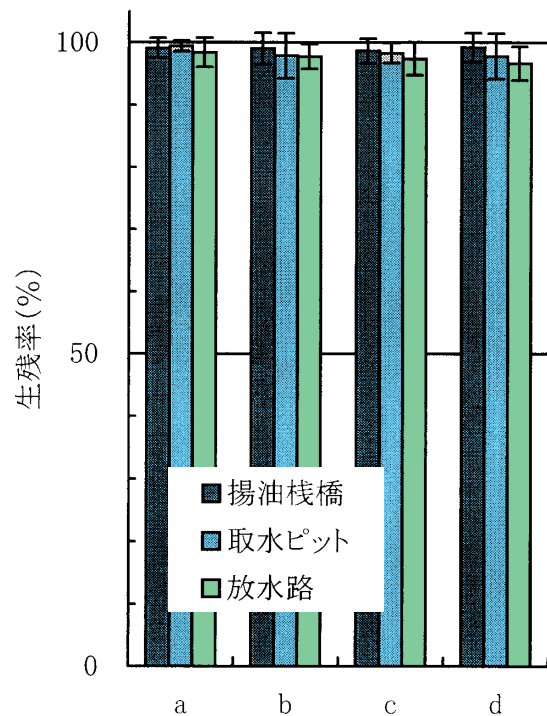
④これら現地調査や室内実験で得られたデータ(第2表)を解析した結果、プランクトンの死亡率を、機械、塩素、昇温の要因に分解し、「発電所内の要因別影響の程度」を整理すると、動物プランクトンの要因別死亡率はそれぞれ1%程度で小さく、植物プランクトンでは塩素を注入した場合、自然死亡率と同じオーダーの活性度低下が見られたが、その他の要因では自然死亡よりも小さい低下率が見積もられた(第5図)。

これらの知見は、揚油栈橋、取水ピット、および放水路に出現した細胞の活性度および個体の生残率を観察、比較し得られたものである。一方、量的な比較でみると、植物プランクトンの生産力指標であるクロロフィルa値は、取水ピットの観測値に比べ放水口で低く、放水口に至る間の細胞数の減少が示唆された(第6図)。動物プランクトンの出現個体数は、揚油栈橋や取水ピットに比べ放水路で減少しており(第7図)、また、水温の高い夏季に低下率が大きいなど季節性の存在も示唆された(第3表)。さらに、発電所の放水路では、黒褐色の糞様物質(第8図)が度々観察された。

これらの事実は、発電所内に取り込まれたプランクトンなど微小な生物が、冷却水路内を通過する間にそこ



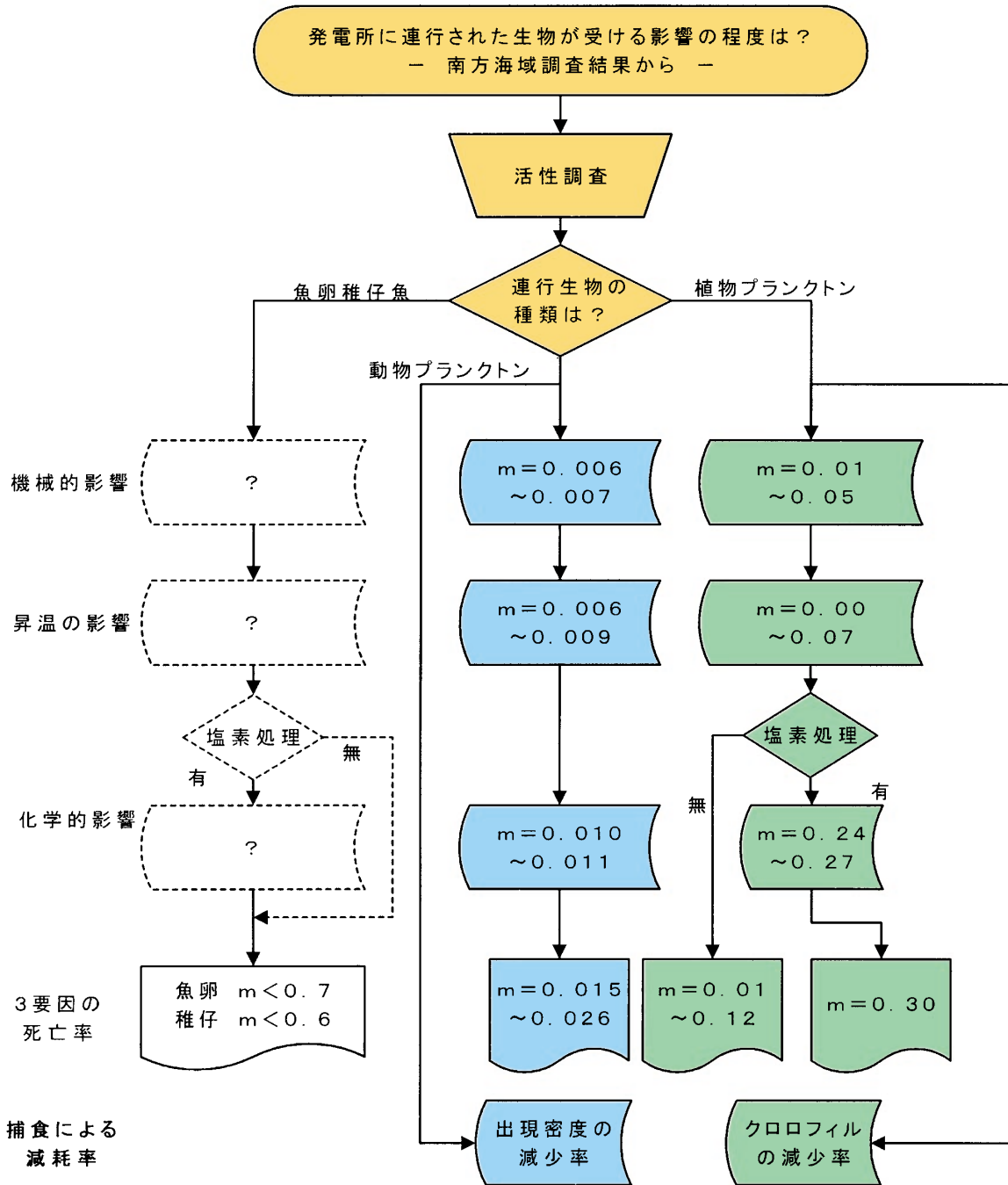
第3図 植物プランクトン活性度の日変動  
揚油栈橋で午前、午後各1回10リットル採水したものの平均



第4図 動物プランクトンの生残率  
運転条件: a:通水のみ, b:塩素注入なし, c:通水に塩素注入, d:通常運転,  
棒グラフ上のバーは標準偏差を示す。

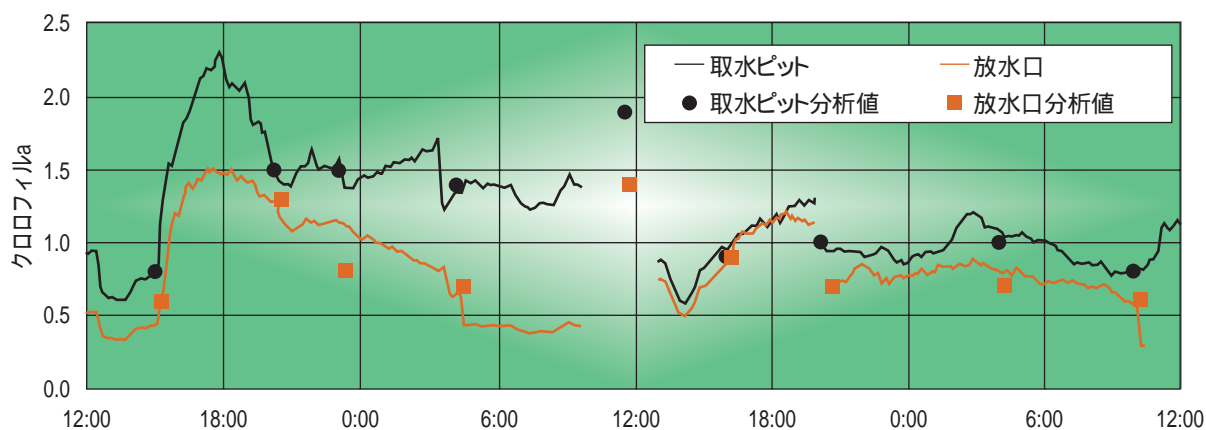
第2表 発電所運転状況，採集場所別に求めた植物プランクトン活性度の平均値（％）

運転条件	揚油栈橋	取水ピット	放水路
a：通水のみ	88.93	84.88	84.31
b：塩素注入なし発電	86.48	85.96	83.40
c：通水に塩素注入	88.73	79.87	62.86
d：通常発電	86.48	73.78	60.73



第5図 微小生物が発電所内を通過する際に受ける影響を要因別に整理した結果





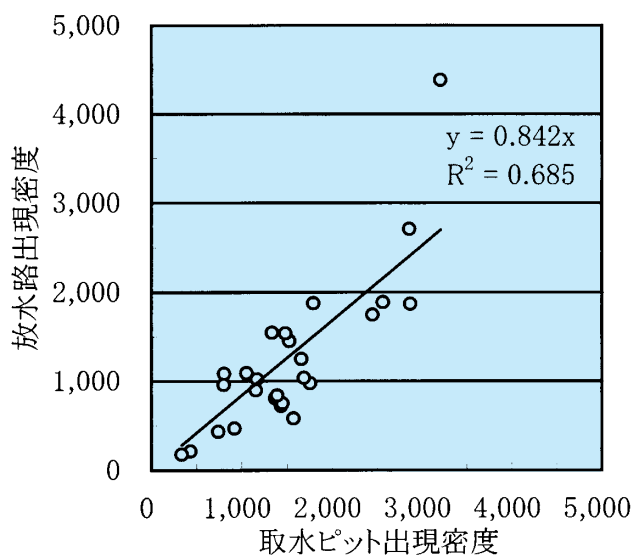
第6図 取水ピットおよび放水口におけるクロロフィルa計測値の時系列 (µg/l)

第3表 発電所冷却水路系通過に伴う動物プランクトン個体数の変化 (個体/l)

時期	揚油栈橋	取水ピット	放水口(Δ%)	ΔT≒3℃	ΔT≒2℃	ΔT≒1℃
夏季	2.0	0.9	0.1(95)	—	—	—
秋季	13.7	10.0	4.0(71)	9.2	11.9	12.1
春季	6.9	4.5	2.6(62)	—	—	—
冬季	1.3	1.3	1.3(0)	—	—	—

注1：( )内の数値は揚油栈橋でみられた出現個体数に対する放水口のその減少率(%)

注2：カイアシ類の個体数密度は、50ℓを18回濾過採集、計数したものの平均値



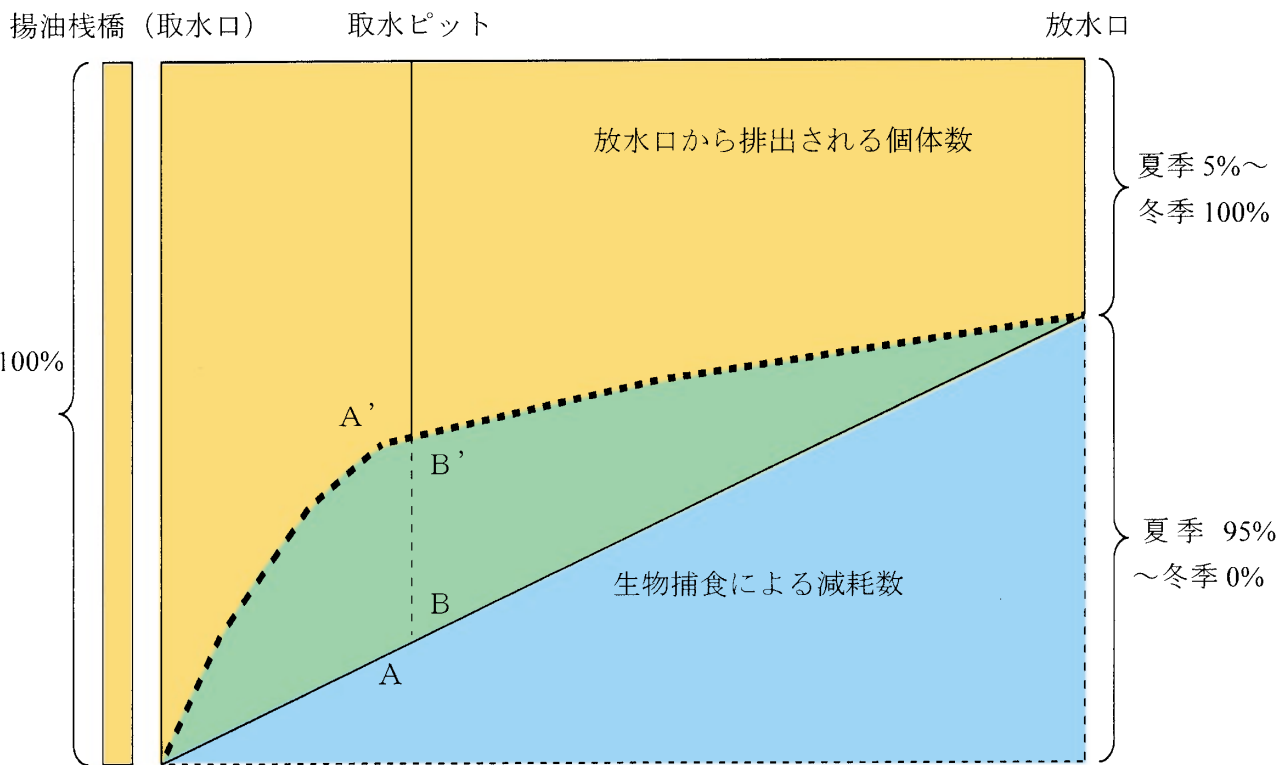
第7図 動物プランクトン出現個体数の比較

Acartia属, Oithona属, Paracalanus属, その他のカイアシ類の別, 季節別, 50ℓ当たりの個体数



第8図 放水路で採取された糞様物質, 他

図中のカイアシ類は, *Oncaea madia*(A), *Euterpina actifrons*(B), *Paracalanus parvus*(C), *Oithona nana*(D), *Pseudodiaptomus marinus*(E). 背景1升は1辺0.5mm。



第9図 動物プランクトンが付着生物の捕食によって減耗するモデル  
 取放水路系に捕食者が均等に付着している場合は実線，上流側で大型個体が高密度に付着している場合は，太破線のようにになると考えられる。

に生育する付着生物に捕食され、減耗する可能性を強く示唆するものと思われた(第9図)。

### 今後の課題

これまでに得られたデータからは、植物プランクトンの活性度が塩素注入時に低下した他、発電所取り込みによる影響は小さいことが示唆された。しかし、これらの結果はある限られた発電所で得られたデータであることから、他の地点での調査結果と既往知見等を総合し、普遍性について検討する必要がある。

調査は継続中であり、塩素接触後の植物プランクトンの回復が速いこと、動物プランクトンの耐性は他の地点でも高いこと、調査方法の改良によって魚卵稚仔の生存率がもう少し高くなりそうであることなど、の事実が判

明しつつある。また、発電所冷却水路系内の付着生物が動・植物プランクトンを捕食している可能性があり、これによる減耗要因をモデル中に配列する必要も増している。当面は、これらの事実を裏付けるデータの取得、蓄積を急ぐ必要がある。

また、これらの結果を基に、発電所の新規立地やその運用に際して定量的に影響を予測し得る、妥当なモデルを確立する必要がある。

(中央研究所 海洋環境グループ  
 原 猛也・青山善一・山田 裕)

本稿は、去る平成13年1月30日に神田・如水会館で開催された、海生研の創立25周年記念研究成果報告会で発表した研究報告を編集したものです。