

ISSN 0285-7804

# DENKEN REVIEW

電研レビュー

環境研究 — 地域協力とよりよい  
環境の創造をめざして

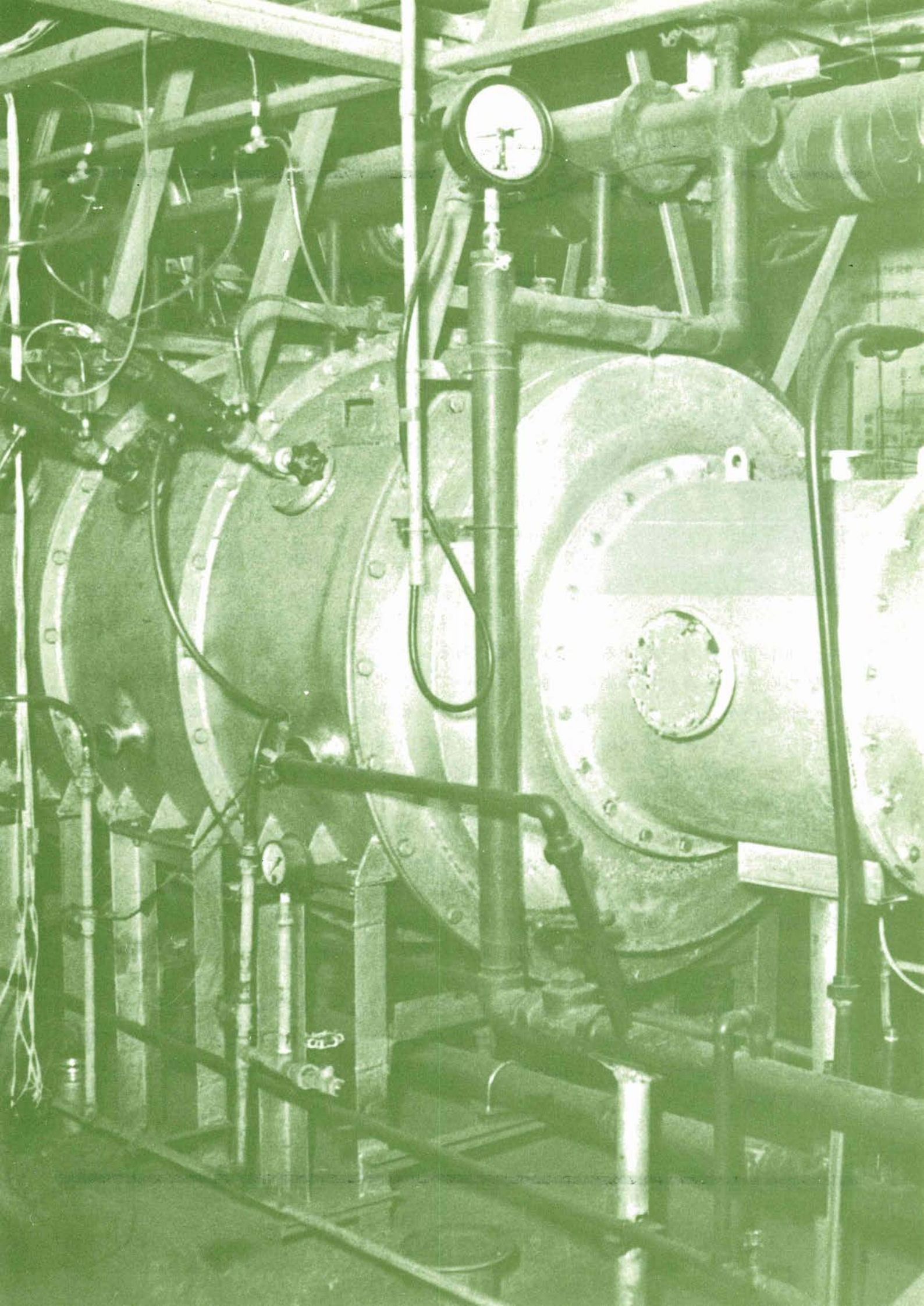
no.6 1983.1

電研レビュー 第6号 ● 目次  
環境研究——地域協力とよりよい  
環境の創造をめざして

巻頭言	2
<b>第1章 環境研究のあらまし</b> これまでの成果と今後の研究方向	
1-1●背景と研究の流れ	8
1-2●研究の現状——重点研究課題	10
1-3●今後の研究方向と研究課題	13
<b>第2章 環境研究の現状</b> 環境アセスメント手法の確立と 環境対策技術の開発をめざして	
2-1●大気環境	17
2-2●海域環境	32
2-3●陸水域環境	44
2-4●電気環境—送電線路による影響	54
2-5●地域社会環境	60
資料●内外および当所の環境研究年表	76

燃料油燃焼試験炉

燃料油燃焼試験炉は、当所の実験設備の中でも、おそらく最も利用率の高いものの一つであろう。昭和42年の設置以来、重質油はもちろん、原油、灯油、ナフサ、アスファルト、メタノール、さらに SOM（溶剤精製炭・重油混合液体燃料）などに至るまでの発電用として考えられる、あらゆる種類の液体燃料油の燃焼試験が行われ環境研究に役立っている。





## 電研への二つの提言

無資源国の日本が、  
石油に替わる新エ

ネルギーの開発に全力を挙げ、多くのテーマに取り組んで早や数年を経過しようとしていることは、ご承知のとおりである。脱石油の本命として原子力が先頭に立ち、石炭エネルギーがこれに続くことも、大方に異論がなく、燃料電池、地熱などが後を追っている。しかし、そろそろこの辺りで短・中・長期に区分して、一応これらを整理すべき時機にさしかかっているのではなからうか。

もちろん、安定性と価格を考慮しないエネルギーはあり得ない。また研究には莫大な資金を必要とするのも言うまでもなく、目標をはっきり定め

て、効率的な努力を続けることが肝要である。

夢の原子炉と言われる高速増殖炉についても、来たるべき商業炉の型式をタンク型にするのか、ループ型にするのか、これから研究を重ねて決定する必要がある。また石炭エネルギーの利用についても、生焚きがよいのか、あるいはガス化に移行すべきか、重要な課題であり、そのガス化にしても噴流床方式か流動床方式か、今後の研究に俟たなければならない。

これらはどれ一つをとっても膨大な研究費を要するものばかりであり、一步選択を誤れば、労力と資金の損失はきわめて大きいであろう。しかしながら研究者たるもの、決して失敗を恐れてはいけぬ。綿密な調査と不断の努力の積み重ねこそ、その失敗を減らし、成功の道につながることを銘記しなければならない。

この意味から、電研の研究者諸兄に寄せる各方面の期待は大きく、なお一層のご研鑽を切にお願いするものである。

そこで私も技術者の一員として、以下の二点を電研にご提言申しあげたい。

一つは、研究にとりかかることは容易であるが、これを止めることはきわめて難しい。しかし場合によっては敢然としてこれを中止するだけの勇気が必要だということである。

---

ひとたび研究にとりかかれば、全身全霊を打ち込み、成功に導くために最大の努力を払うのが研究者というものであり、周囲も是非成功させたいと思うのが人情である。しかし研究の全部が全部、成功するとは限らない。むしろ不幸にして失敗に帰する例も少なくないのが実態である。その際ここに至った経緯を冷静に反省し、ある場合には敢然、研究を取り止めるだけの勇気を持つことが、真の研究者たるものではあるまいか。

私にも経験があるが、自分の研究に没頭すると次第に悪い点に気がつかなくなり、これこそが唯一無二のもののように思い込み勝ちとなる。いわゆる「あばたもえくぼ」というものであろうか。またその研究グループの管理者も、部下にその研究は止めた方がよいとは、なかなか言い難い。しかしお互いに、あとにしこりの残らないような雰囲気職場こそ、それが可能であり、反省の上に立ち、またその失敗が貴重な捨て石となって、必ずよい研究が出来るものと思われる。

第二点は、研究には事前・事後の評価が必要であるということである。このことは、言うは易いが具体的にどうするかはなかなか難しく、各研究所でも種々努力を重ねられてはいるが、決定打の出ないのが現状であろう。

しかしその研究の門外漢をも含めて、事前・事後の評価会議を行うことによって、意外に迫真の意見が出るものであり、その結果研究に軌道修正が施されて、よりよい成果が実ることも往々見られるところである。研究者は、時として人に意見をさしはさまれると、自分のプライドを傷つけられた気持ちとなり、我を通し勝ちとなる弊を持つが、これは一面よい点でもあり欠点でもある。時によっては他人の意見を謙虚に受け入れるだけの包容力が必要ではあるまいか。

フランスの元大統領ジスカルデスタン氏が、「我が国は資源がないが、それに優る頭脳がある。」といった言葉を、いまさらのように思い出す。電研の在り方は各方面から注目されている。是非、より適切な運用によって総合力を発揮し、研究開発の着実な成果を期待するものである。

中部電力株式会社 取締役副社長

林 政 義

〔電力中央研究所 参与〕

電研・立地環境研究の歩み(昭和35年～57年5月)

昭和 (西暦)	月	電力中央研究所	月	所 外
35 (1960)	10 10 10	重質油共同研究班発足(39年3月終了) 油燃焼試験炉(立型)設置 石油学会との重質油共同試験開始(38年2月終了)		
37 (1962)			12	ばい煙規制法施行
39 (1964)	1	排ガス対策委員会発足	2	9電力会社「大気汚染防止研究会」発足
40 (1965)	5	排ガス実験棟竣工(中型風洞実験室、油脱硫実験室、アシッドスマット実験室、SO <sub>2</sub> 除去実験室)	2	中央電力協議会公害対策会議発足(48年7月電気事業連合会環境対策特別委員会に改組)
42 (1967)	10	燃料油燃焼試験炉設置(46年燃焼条件調整装置を付設)	8	公害対策基本法施行
43 (1968)			12	大気汚染防止法、騒音規制法施行
44 (1969)			2	政府、SO <sub>2</sub> 環境基準設定
45 (1970)	12	温排水拡散実験用潮汐発生装置設置	11	公害紛争処理法の施行
46 (1971)	8 11	技術第一研究所の組織拡充で環境大気部新設 温排水と海洋生物研究推進委員会発足	6 6 7 9	水質汚濁防止法施行 海洋汚染および海上災害の防止に関する法律施行 環境庁発足 中央公害対策審議会発足
47 (1972)	3 12	ガス環境実験設備設置 長20m温調拡散実験風洞設備設置	9	公害紛争の処理手続等に関する規則施行
48 (1973)	2 4 4	河川水質保全研究連絡会発足 農電研究所組織改正で水域生物部、緑地生物部、新設 外海波浪模擬実験設備設置	4 5 7 7 10 11 12	自然環境保全法施行 NO <sub>x</sub> に係る環境基準設定 大気汚染防止法施行令の一部改正で、新たに窒素酸化物の排水基準と規制対象施設が決定 通産省資源エネルギー庁発足 通産省の環境審査顧問会発足 瀬戸内海環境保全臨時措置法施行 資源エネルギー庁より通達「発電設備の設置に係わる環境保全に関する資料の提出について」
49 (1974)	4 9	将来技術企画室を発足(立地環境研究も担当) 重点研究3課題(環境保全他)設定	6 9	大気汚染防止法の一部改正(総量規制導入) 公害健康被害補償法施行
50 (1975)	4 4 7 9	エネルギー環境技術研究所発足に伴い環境化学部発足 環境保全研究推進会議発足 大気環境技術研究連絡会発足 河川湖沼水質保全研究連絡会発足	6 12 12 12	水質汚濁防止法案一部改正 総合エネルギー対策閣僚会議が「総合エネルギー政策の基本方向」を決定 財団法人海洋生物環境研究所発足 NO <sub>x</sub> 排出基準改定(第2次)
51 (1976)	11	環境アセスメント研究会発足	6	水質汚濁防止法案一部改正
52 (1977)	7 10	健康に対する環境研究連絡会発足 高温集じん実験装置設置	6 7	NO <sub>x</sub> 排出基準改正強化(第3次) 通産省が「発電所の立地に関する環境影響および環境審査の強化」について省議決定
53 (1978)	1 6 8 10	静電濾過集じん実験装置設置 海浜変形実験用大型造波水路設置 内水面漁業対策実証調査研究会発足 温排水問題研究会発足	6 6 7	水質汚濁防止法の改正(総量規制の導入) 瀬戸内海環境保全臨時措置法の改正 NO <sub>2</sub> の環境基準改定
54 (1979)	4 12	立地・環境研究総合本部発足 潮汐流・気象模擬拡散実験設備設置	6	資源省「発電所の立地に関する環境影響調査および環境審査の実施について」通達
55 (1980)	8 8	電源立地環境影響評価技術手法確立調査委員会発足 立地・環境研究総合本部を立地・環境研究総括室に改編		
56 (1981)	1 8	石炭燃焼試験炉設置 石炭新輸送技術研究会発足		
57 (1982)	4 4 4	健康影響調査委員会発足 立地・環境関係資料データベース化研究会発足 CO <sub>2</sub> の気象、生物、社会への影響評価検討会発足	5	環境庁、ばいじん排出基準を改定(石炭燃焼ボイラー標準酸素濃度6%を新設)

第 1 章

1

これまでの成果と今後の研究方向

環境研究のあらまし

## 第1章 環境研究のあらまし ● 目次

1-1 背景と研究の流れ	8
1-2 研究の現状——重点研究課題	10
1-3 今後の研究方向と研究課題	13

執筆者紹介 ( )内は担当箇所、順不同

大塚 唯男：立地・環境研究総括室 室長(1編集担当, 1-1, 1-2, 1-3)

天野 博正：立地・環境研究総括室 次長(1-1, 1-2, 1-3)

石原 義己：立地・環境研究総括室 特任研究員(1-2)



# 1 環境研究のあらまし

担当●立地・環境研究総括室 室長 大塚 唯男

昭和30年代から40年代にかけての経済の高度成長を支えるために、安価で豊富な電力の安定した供給の要請があったときにも、また、エネルギー危機への対応のための電源の多様化と経済の低成長下における電力需要の伸び悩みという今日の厳しい条件のもとにおいても、電気事業はつねに環境問題に対して最大の関心を払ってきた。

そして今日の電気事業においては、もはや、環境の保全なしに使命の達成はありえないといって過言ではなからう。このことは電気事業が積極的に環境との調和をはかりながら電源等の開発をすすめていかなければならない、という

ことである。

このように、今日の電気事業には電力の円滑な供給という本来の責務に加えて、環境の保全という新しい責任が当然のごとく、課せられてきているのである。そして当所の環境研究は、電気事業に課せられた環境の保全という責任を果すために、その一環として20余年にわたって実施してきているものである。

以下、当所のこれまでの環境研究について概観したあとで、研究の現状にふれ、将来の展望を試みることにしたい。



# 1-1 背景と研究の流れ

環境研究はそのときどきの社会の動向と技術の状況といった背景と密接に結びついている。すなわち、環境に対する社会のニーズの動きと生産や消費の過程で一般に利用されている技術の種類や程度・大きさ等によって、環境研究の対象となる問題が異なってくるのである。

当所の20余年にわたる環境研究も、当初は公害対策研究としてはじまり、やがて、環境対策研究へとかわり、現在は環境影響事前評価を含めた環境対策研究となってきている。

以下、社会の動向や技術の状況をみながら、当所の環境研究の歴史を簡単にふりかえることにしよう。

## I. 昭和30年代

### ——公害対策研究のはじまり——

この時期は経済の高度成長によって国民の生活水準も著しい向上をみたが、反面、成長に伴うひずみとして生じた大気汚染や水質汚濁などの公害現象が社会問題化し、重大化していったときでもあった。このため、水質保全や工場排水・ばい煙排出に対する法的規制が加えられるようになった時期である。

電気事業においては、この時期の急激な電力需要の伸びのなかで、電源立地の推進と公害対策にどう対応するかが問題であった。大規模な水力の開発がすすめられる一方、石炭火力も増強された。だが次第に、当時、安価で豊富な供給量をもって世界的商品となりつつあった石油が石炭にとって代るようになっていった。30年代の末になると、火力発電設備が水力のそれを上回る一方、発電燃料の面でも石油が石炭を超え、その消費量を急増させていった。これは30年代半ばに本格化した重油専焼火力の大容量化が軌道にのり、運転を開始しはじめたからである。

このような状況を背景に、当所の環境研究は、30年代前半は水力と石炭火力を対象とするものが大半であった。たとえば、水力発電では発電所建設に伴う河川水温低下対策

や水質の問題などが研究課題であった。石炭火力ではフライアッシュの性状分析や排ガス中のSO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)の分析のほかに、石炭灰の有効利用などの研究が行われていた。また、送電線からのラジオ雑音や通信線誘導対策もこのころから研究課題となっていた。

しかし、30年代後半に入ると、様相が一変し、研究対象は石油(原油、重油)火力へと重点が移っていった。ことに、中東原油の輸入の急増に伴いイオウ分の多い原油や重油を使用した石油火力の大気汚染対策が、最重点研究課題となったのである。

このためのプロジェクトチームとして排ガス対策研究委員会(39年)が設けられ、重質油水素化脱硫、重質油のブレンドによる低イオウ化、アシッドスマット防止、煙道ガス中のSO<sub>2</sub>除去、排ガスの拡散といった研究課題のほかに、SO<sub>2</sub>の植物に対する影響についても、電気事業者との共同研究体制の下で研究が推進された。そしてこれらの研究の成果が電気事業の公害対策にとり入れられていった。

## II. 昭和40年代

### ——公害対策研究から環境対策研究へ——

40年代に入っても公害問題は下火とならず、大気汚染は拡大の一途を辿り、ますます深刻化していった。公害反対の住民運動が各地で起った。国はより計画的かつ総合的な公害防止行政の推進が必要として、「公害対策基本法(42年)」を制定し、これに伴い、公害関係法令の体系的整備を行う一方、行政機構の統一をはかり、環境庁(46年)を発足させた。

この間、電気事業にあっては石油火力の大容量化と原子力発電の開発がすすめられていた。また、発電所立地地点が従来とは異なり、徐々に需要地から離れた農漁村の沿岸となっていく傾向がみられた。と同時に、発電所立地をめぐる、地域社会との間に新たな問題が惹き起されてきた。そのひとつが原子力発電の安全性をめぐる問題であり、

他のひとつは温排水をめぐる環境問題である。温排水問題については、30年代においても研究課題としてとりあげたことがあったが、そのときは冷却水として使用し、水温が上昇した海水をもう一度冷却水として取り込むといった、いわば、事業者自身の冷却水再循環問題にすぎなかった。しかし、この研究が、今日すでに完成の域に達しているといえる温排水拡散予測手法開発の端緒であったといえよう。

これに対して、この時期に提起された温排水問題はノリや魚介類への影響を対象とする新しい種類のものであった。これは結局、沿岸漁業者の温排水の影響に対する懸念にもとづくものであったが、これがその後、発電所立地のひとつの大きなネックとなっていった。

このような状況を背景に、40年代前半から後半にかけて、当所の環境研究は、30年代末からの大気汚染に関する研究(汚染物質の防除、汚染質の大気中の挙動、汚染物質の測定、汚染物質の動植物への影響)に加えて、温排水の拡散予測や海生生物への影響の究明などが研究課題としてとりあげられた。また、水力発電に係わる問題として、貯水池水質や堆砂の問題についても研究がすすめられた。

これらの研究から得られた成果は、発電所立地における地元交渉や40年代末から実施された電源開発に係わる環境調査書の作成においても大いに役立ってきているといっただろう(表1-1-1 参照)。

### Ⅲ. 昭和50年代——石炭火力環境対策技術の開発と環境アセス手法の確立——

40年代の末、突如として石油危機が世界を襲った。その後何回かの石油危機がつづき、石油価格の高価格化と供給不安をもたらした。このことが石油代替エネルギーとしての石炭の見直しをうながすことになった。

電気事業は国のエネルギー政策にしたがい、再び石炭火力の建設を決めた。今度の石炭火力は従来のものと異なり、海外からの輸入炭を使用する大容量のものである。このために従来とは異なる環境対策が必要となった。

これに伴い、当所は現在、再び、石炭火力を対象とする環境研究に重点をおいて取り組むことになった。発電設備の大容量化に伴い、大量使用による排ガス、大量のばいじん、特に大量の石炭灰の対策技術の開発が研究の対象となった。

このほかに、40年代後半から制度化の動きのあった環境アセスメントのための手法の開発が、50年代に入ってから

表1-1-1 環境研究の主要成果

(57.11.1現在)

対象分野	研究成果
環境一般	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 施設別環境アセスメント手法の体系化</li> <li>● 環境影響総合評価手法の開発</li> </ul>
大気環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染物質防除技術</li> <li>● 拡散予測手法の開発               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 特定煙源選別のためのトレーサ技術</li> <li>○ 排煙上昇高さの推定式</li> <li>○ 地上濃度の予測式</li> <li>○ SO<sub>2</sub>メーターの改良</li> </ul> </li> <li>● 炭じん飛散の予測手法の開発</li> <li>● 石炭火力における微量物質の収支</li> <li>● 汚染物質の植物への影響解明</li> </ul>
海域環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 温排水拡散予測手法の開発               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 数理モデルシミュレーション解析手法の開発</li> <li>○ 水理模型実験手法の開発</li> </ul> </li> <li>● 流動予測数理モデルの開発</li> <li>● 温排水拡散範囲の汎用計算図表を作成</li> <li>● 温排水影響低減化対策技術               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 深層取水設備の開発</li> <li>○ 水中放流設備の開発</li> </ul> </li> <li>● プラクトン、魚卵稚仔、ノリへの温度影響の解明</li> </ul>
陸水域環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 水質の予測評価と防止対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 貯水池水質変化のメカニズムの解析</li> <li>○ 水質予測モデルの開発</li> <li>○ 水質の評価手法の提案</li> <li>○ 選択取水方式の提案</li> </ul> </li> <li>● 河川の濁りおよび水温の水生生物への影響解明</li> <li>● 河川景観評価の要因の解明</li> </ul>
電気環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>● テレビゴースト・風騒音、ラジオ雑音、テレビ雑音の影響範囲予測計算法の開発</li> <li>● 静電誘導量計算法の開発とその図形表示法の確立</li> </ul>
社会環境、他	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 社会環境・景観影響予測モデルの開発</li> <li>● 立地地点選定手法の開発</li> <li>● 石炭灰利用による珪酸カリ肥料の開発</li> </ul>

も大気環境、海域環境、陸水域環境などですすめられてきた。これらの手法を整理し体系化して、火力・原子力発電所や水力発電所などの施設別環境影響評価技術手法をとりまとめるべく、「環境アセスメント手法研究会」を組織し、研究の総合的推進をはかることになった。

その後、さらに、この研究は重点的にすすめられ、手法の精度向上等をはかっている。この研究とさきの石炭火力環境対策技術の概要については次節でふれる。

# 1-2 研究の現状—重点研究課題

## I. 当面の研究目標と重点研究課題

当所の環境研究は、電気事業における

1. 将来の需要をまかなう供給力の確保
2. 供給コストの抑制
3. 社会の理解と信頼感の向上

のために役立つことを目的としている。そしてこれらの3つの目標に照らして研究課題を選び、その優先順位を決定する。

これにしたがい、当所の長期研究計画を策定するが、その一環として環境研究の計画がつくられる(図1-2-1、表1-2-1参照)。

57年度の長期研究計画にとりあげられている環境関係の研究課題は多岐多分野にわたるが、集約すれば、環境対策技術の開発に係わる課題と環境影響予測評価に係わる課題すなわち環境アセスメント手法確立のためのものの2つである。このほか、発電所立地に係わる地域対応問題も地域社会環境に係わる研究課題としてとりあげている。

これらの研究をすすめるうえでの当面の研究目標はつぎのとおりである。

- (i) 当面の石炭利用推進をはかる石炭火力環境対策技術の開発
- (ii) より一層の合理化、迅速化をはかる環境影響評価手法の効率化
- (iii) 円滑な立地推進のための地域農水産業との協調、合意形成の方策の確立
- (iv) 複雑化する環境問題への対応をはかるための電力施設に係わる環境保全技術の向上

このような研究目標を達成するために、電気事業の係わる環境研究の分野を大気環境、海域環境、陸水域環境、電気環境(送電線路の環境影響)、地域社会環境と分け、各分野においてそれぞれの課題について研究をすすめている。

これに対して、石炭火力環境対策と環境アセスメント手

法については、総合的かつ重点的に研究を行い、短期で成果をだすべき課題として、「大型総合研究」として研究計画に位置づけ、研究費・研究要員・研究設備を重点的に投入し、研究の推進をはかることになった。とくに、石炭火力環境対策は最重点課題のひとつである「石炭利用の拡大をはかる技術開発」の一環として実施するものである。

## II. 石炭火力環境対策技術の開発

石油代替エネルギーとしての石炭火力の急速な拡大が予想されるが、これに伴い、従来の石油火力にはなかった新たな環境問題として、石炭燃焼における多量の石炭灰の処理、処分ならびに排煙に伴う微量物質による環境影響に対する懸念がクローズアップされるようになった。

20数年以前は、火力発電用燃料は主として石炭であり、また、石炭は家庭用燃料としても広く利用されていた。現在計画されている石炭火力では、高性能な集じん装置、排煙脱硫装置、ならびに低窒素酸化物(NOx)バーナ、さらには排煙脱硝装置等の設置により、ばいじん、硫黄酸化物(SOx)、窒素酸化物は、いずれも石油火力並みあるいはそれ以下まで低減しようとしている。このような高度な排煙処理を行った上で、排煙を200メートルの高煙突から排出し、地表の環境への影響を極力少なくするよう計画されている。

このような対策実施の上での排煙による環境への影響と、集じん装置で捕集される多量の石炭灰の沿岸域あるいは陸域の埋立処分に伴う環境への影響については、当所の既知の見聞やアメリカ、イギリス等海外の研究調査結果から、石炭火力は周辺環境へ影響を及ぼすことはないと考えられたが、なお、解明不十分な分野や対策を必要とする分野について研究を進めるために、55年度より大型総合研究として「石炭火力環境対策技術」の研究を強力に推進してきている。そして

1. 発電用炭として使用される可能性のある海外炭の環境面からの評価、排煙中微量物質の排出実態とその排出

抑制対策

2. 排煙中の粒子状物質の大気中挙動と貯炭場等からの炭じん飛散防止対策と飛散量の予測
3. 排煙中の微量物質による動物、植物への影響
4. 石炭灰のセメント原料および肥料、土壌改良材等としての利用と埋立処分における石炭灰中微量元素の溶出性と周辺土壌、地下水への影響、海生生物への影響等の解明
5. 石炭の効率的利用と環境汚染物質低減のための石炭前処理と新しい輸送方式の調査等の諸研究、調査を総合的に推進している。

56年度は、通産省の委託により、石炭火力発電所とその周辺地域、および、石炭火力設置予定地点において、水銀などの微量元素、多環芳香族炭化水素、放射性物質などの石炭燃焼に伴い発生するおそれのある微量物質に係わる調査を実施した。

これらの研究調査により、石炭火力から排出される石炭灰排煙中の微量物質の実測結果と石炭火力周辺ならびに自然環境における大気中や土壌中等に含まれる微量物質濃度

の実測結果とから、石炭火力から排出される微量物質は自然環境にすでに存在している同様の微量物質に比し、極めて少ないことを確めた。

58年度よりは、さらに、石炭灰に重点をおいて、その環境影響評価を、大型総合研究として実施し、その実態と環境への影響の有無を確かめることにしている。この研究は石炭燃焼に伴う石炭灰および微量元素の挙動について、石炭燃焼試験炉による試験を行う一方、現地での実験と内外の文献調査をも行い、石炭灰の環境への影響を総合的に評価しようとするものである。

### Ⅲ. 環境アセスメント手法の確立

発電所の立地をすすめるためには、立地地点周辺の環境汚染を未然に防止し、自然環境の破壊を最少に抑える必要がある。このため、立地予定地点について事前に発電所の建設、運転による影響を予測し、評価を行っている。調査の対象は、大気質、水質、土壌、騒音、振動、地盤沈下、悪臭、気象、海象、地形、表層の土壌、陸水、海生生物、陸生生物、自然景観等の環境現況のほかに、人口、土地利

表1-2-1 分野と課題の関連表

分野分類	課題種別分類	環境対策技術 (石炭火力関連◎)	環境 アセスメント手法	立地方策
大気環境	大気汚染の予測と対策 (生物への影響)	● ◎ (● ◎)	●	
	電力施設の騒音の予測と対策	●	●	
海域環境	冷却水取放水の予測と対策	●	●	
	水質汚濁の予測と対策	●	●	
	海岸変形の予測と対策	●	●	
陸水域環境	貯水池水質の予測と対策	●	●	
	貯水池堆砂の予測と対策	●	●	
	河川環境の予測と対策	●	●	
電気環境	テレビ電波しゃへい	●		
	電磁誘導	●		
	風騒音・コロナ	●		
地域社会環境	社会環境・景観対策	●	●	
	合意形成と地域対応システム			●
	地域農水産業との協調	◎		●

用、海域利用、産業活動、陸上交通、文化財、レクリエーション施設など多岐の分野にわたっている。このための手法は未確立のものが多く、合理化が望まれていた。

当所は、かねてより実施してきた環境研究の知見をもとに、環境アセスメント手法の体系化を行うため、50年度末より「環境アセスメント手法の開発(環境アセスメント手法研究会)」の研究を実施した。その結果、火力、原子力発電所水力発電所など対象とした発電所別に手法の現状と問題をまとめるとともに、排煙拡散、温排水拡散などの手法を提案し手法の改善につとめた。併せて、総合的な環境影響評価手法の開発を行った。そして自然環境のほかには社会環境をも合せて総合的に評価する「総合評価方式」を新たに提案した。

以上の研究開発の過程で、電源立地にかかわる環境アセスメント手法の現状と問題点の整理を行った。これにもとづき、当所が今後さらに究明をつづけるべき研究課題を明らかにした。

これらの研究課題から、1. 大気汚染、2. 温排水をとりあげ、その拡散予測手法の精度をあげる研究とこれらの陸生生物や海生生物への影響の調査とともに、社会環境や景観

に対する影響の定量的な評価手法の開発を目的として、55年度より、「環境影響予測手法の精度向上と特殊課題の解明」の研究を重点的に推進することにした。

また、56年度より、「総合評価方式の実証・改良」と「大気汚染物質の広域環境汚染(酸性雨他)の実態解明」の2つの研究を重点的に推進することにした。

以上の3つの研究は現在(57年度)当所の大型総合研究「環境アセスメント手法」に位置づけられている。

58年度からは現在用いられている環境影響評価手法を対象に問題点を探り、手法全体のムダを省き、効果的かつ効率的な環境アセスメントができるような手法体系をつくるための研究を行う。併せて、大気環境と水域環境にかかわる予測手法の高度化をはかる研究を実施する。これらはさらに複雑な条件に適合する予測手法の開発をめざすものである。

なお環境アセスメント手法の確立と関連して、資源エネルギー庁は環境影響評価のためのマニュアルの作成をめざして、54年度より5カ年計画で「電源立地環境影響予測評価手法確立調査」の研究に着手することになった。当所はこの研究を当初より受託し、現在、研究の実施にあたっている。

図1-2-1 環境関係研究課題



# 1-3 今後の研究方向と研究課題

## I. 研究の方向

電気事業にかかわる環境問題は、その時点で利用する発電技術や燃料に依存するといつてよいし、また、この10～20年においては発電技術や使用燃料にも大きな変化はないといつてよい。ただ、量的に石油の使用量は頭打ちとなり、これに対して、原子力、石炭、LNGが増えることになろう。

このようなわけで、今後の環境研究の流れとしては、大筋で、従来の傾向を辿らざるをえないと考える。かといって、従来のままでよいかといえば、そうではない。

環境への住民のニーズは、現在、大きく変わりつつある。従来の安全や健康重視の環境観に加うるに、快適さを重視する環境観が徐々に支配的になりつつあり、やがて、社会の大勢がこのような環境観をもつことになるであろう。

とすれば、これまでの環境研究もこのような視点からの見直しが避けられないといわなければならない。

これとともに、従来は一部の地域に片寄っていた環境汚染の影響が広域化するおそれがある。また、現在、地球規模の問題としてとり上げられているCO<sub>2</sub>(炭酸ガス)などの問題についても、今後、十分注目していく必要がある。

ところで、電気事業にとって環境問題は、発電所等の電力施設の立地や運転と密接に関連するものである。いいかえれば、発電所等の立地や運転で環境問題を発生させないことが、新たな立地の推進のための必要欠くべからざる条件といえよう。

このためには環境アセスメントで事前に十二分にチェックし、モニタリングも含めそれに応じた十分の対策を講ずることである。

これには環境アセスメントに必要な予測・評価手法の開発と環境問題を発生させないための環境対策技術の開発がなされればよいといえよう。この対象には新しく開発される技術をも含め、これからどのような環境対策技術が必要になるかを事前に予測し、十分、的をしぼって効率的に研究開発を行うことを考えなければならない。

また、環境対策技術は脱硫や脱硝あるいは騒音防止といった個々の対策技術を意味するだけでなく、これらの技術を組み合わせて総合化した対策技術を考えていくべきであろう。これらの対策技術には地元対策としての地域振興対策をも組込むべきことはいままでもないことである。

さらに一步すすめて、これらの対策技術は「有害無益」なものの除去対策にとどまらずに、「有害無益(マイナス)」なものを逆に、「無害有益(プラス)」なものに転化するようなより積極的な対策技術の開発を指向すべきであろう。こうしてはじめて、単なる環境対策から一步すすんだ環境創造対策への転換が可能となろう。

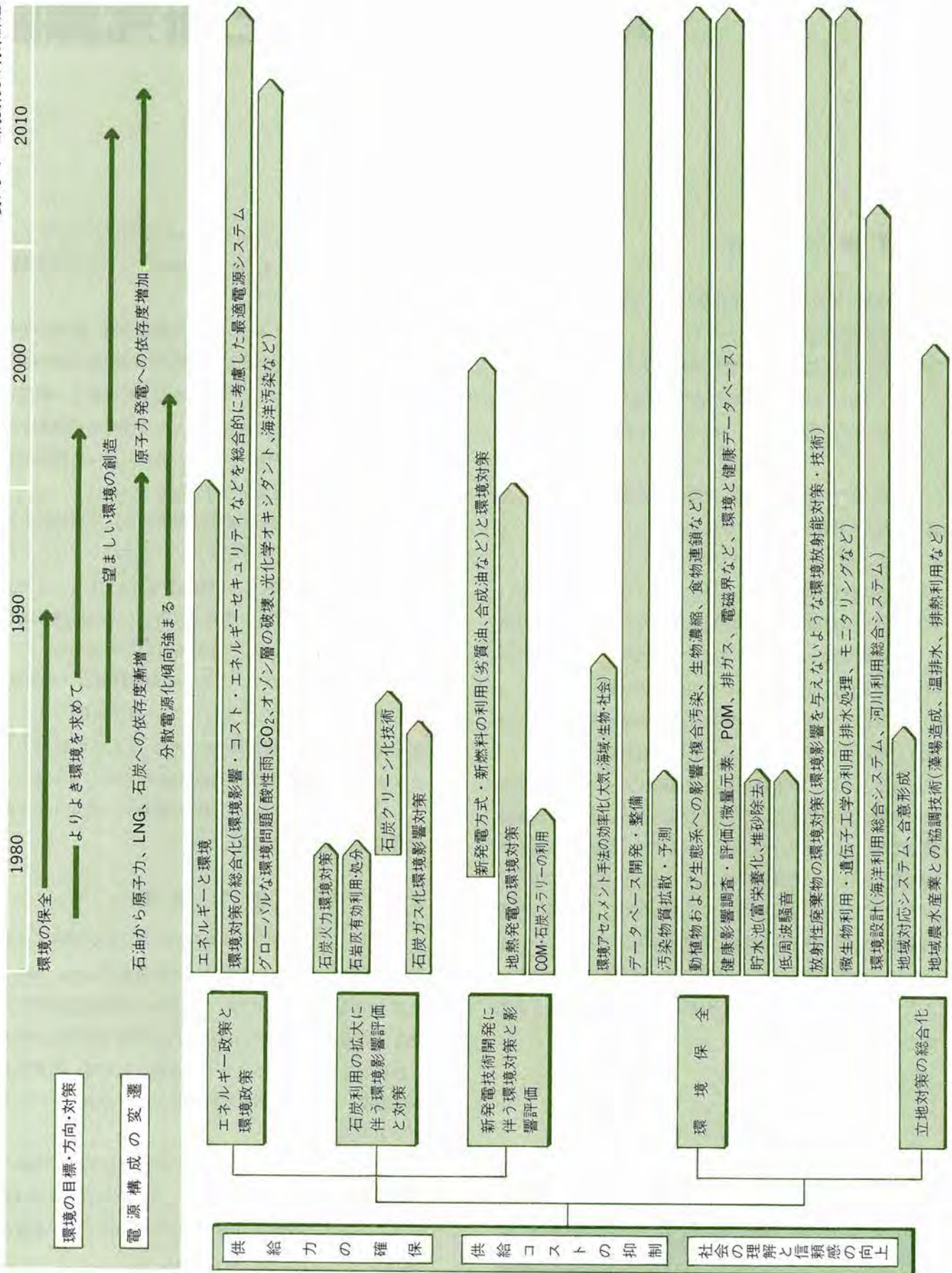
## II. 今後の研究課題

環境研究には短期的に成果をあげることが期待される課題と長期的にじっくり取り組むべき課題とがある。当面前者に該当する課題としては、「石炭火力環境対策技術」の開発と「環境アセスメント手法確立」に関する研究とがある。これに対して、後者に該当する課題としては、動植物および生態系への影響に関する研究などがその一例といつてよいであろう。

このほかに、新たに開発される技術に対する事前の環境影響評価(テクノロジーアセスメントの一環として)を徹底することも、新技術の開発を担う当局にとって重要な課題のひとつである(表1-3-1参照)。



表1-3-1 環境研究の将来課題





第 2 章

環境アセスメント手法の  
確立と環境対策技術の開発をめざして

環境研究の現状

2-1 大気環境	17	星沢 欣二：エネルギー・環境技術研究所 副所長(2-1編集担当, 2-1-1)
2-1-1 まとめ—背景と研究の流れ		千秋 鋭夫：エネルギー・環境技術研究所 環境大気部 部長(2-1-2)
2-1-2 大気汚染の予測と対策		四方 浩：エネルギー・環境技術研究所 環境大気部 大気拡散研究室 室長(2-1-2)
2-1-3 電力施設の騒音・振動対策		下田 修：エネルギー・環境技術研究所 環境化学部 部長(2-1-2)
		矢田部照夫：エネルギー・環境技術研究所 環境化学部 大気化学研究室 室長(2-1-2)
		小泉 道夫：エネルギー・環境技術研究所 環境化学部 水域化学研究室 室長(2-1-2)
2-2 海域環境	32	中岡 章：エネルギー・環境技術研究所 原子力化学部 環境安全研究室 主査研究員(2-1-2)
2-2-1 まとめ—背景と研究の流れ		石川 春彦：生物環境技術研究所 緑地生物部 部長(2-1-2)
2-2-2 冷却水取放水の予測と対策		藤原 喬：生物環境技術研究所 緑地生物部 植物環境研究室 室長(2-1-2)
2-2-3 水質汚濁の予測と水質浄化対策		志賀 陽一：生物環境技術研究所 緑地生物部 動物環境研究室 室長(2-1-2)
2-2-4 海岸変形の予測と対策		鈴木 治朗：エネルギー・環境技術研究所 機械部 燃焼研究室 室長(2-1-2)
		永山 伝：エネルギー・環境技術研究所 機械部 燃焼研究室 主任研究員(2-1-2)
		瀬間 徹：エネルギー・環境技術研究所 機械部 燃焼研究室 主査研究員(2-1-2)
		小谷田一男：エネルギー・環境技術研究所 機械部 燃焼研究室 主査研究員(2-1-2)
		相原 彰彦：エネルギー・環境技術研究所 機械部 機械研究室 室長(2-1-3)
2-3 陸水域環境	44	和田 明：土木技術研究所 環境水理部 部長(2-2編集担当, 2-2-1, 2-2-2)
2-3-1 まとめ—背景と研究の流れ		加藤 正進：土木技術研究所 環境水理部 海洋環境研究室 室長(2-2-2, 2-2-3)
2-3-2 貯水池水質の予測と対策		下茂 繁：生物環境技術研究所 水域生物部 部長(2-2-2)
2-3-3 貯水池堆砂の予測と対策		木本 直也：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 主査研究員(2-2-2)
2-3-4 河川環境の予測と対策		飯塚 貞二：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 主査研究員(2-2-2)
		清野 通康：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 担当研究員(2-2-2)
		川崎 保夫：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 担当研究員(2-2-2)
		鹿島 遼一：土木技術研究所 環境水理部 海岸水理研究室 室長(2-2-4)
2-4 電気環境—送電線路による影響	54	安芸 周一：土木技術研究所 副所長(2-3編集担当, 2-3-1)
2-4-1 まとめ—背景と研究の流れ		白砂 孝夫：土木技術研究所 環境水理部 河川環境研究室 室長(2-3-2)
2-4-2 テレビ電波のゴースト・しゃへい現象の予測と対策		宮永 洋一：土木技術研究所 環境水理部 河川環境研究室 担当研究員(2-3-2)
2-4-3 電磁誘導の予測と対策		石橋 毅：土木技術研究所 環境水理部 主任研究員(2-3-3)
2-4-4 風騒音およびコロナ騒音の予測と対策		石川 春彦：生物環境技術研究所 緑地生物部 部長(2-3-3, 2-3-4)
		下茂 繁：生物環境技術研究所 水域生物部 部長(2-3-4)
		本田 晴朗：生物環境技術研究所 水域生物部 陸水生物研究室 担当研究員(2-3-4)
		清野 通康：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 担当研究員(2-3-4)
		若谷 佳史：経済研究所 電力経済部 立地・環境研究室 担当研究員(2-3-4)
2-5 地域社会環境	60	橋本 博：電力技術研究所 調査役(2-4編集担当, 2-4-1)
2-5-1 まとめ—背景と研究の流れ		豊田 栄：電力技術研究所 電子応用部 電力通信研究室 主査研究員(2-4-2)
2-5-2 社会環境・景観対策		宮崎 好一：電力技術研究所 送配電部 電力品質研究室 室長(2-4-3)
2-5-3 合意形成と地域対応システム		佐川 敏雄：エネルギー・環境技術研究所 機械部 次長(2-4-4)
2-5-4 地域農水産業との協調		福島 充男：電力技術研究所 電子応用部 電気環境研究室 室長(2-4-4)
		天野 博正：立地・環境研究総括室 次長兼経済研究所調査役(2-5編集担当, 2-5-1)
		荒井 泰男：経済研究所 電力経済部 立地・環境研究室 室長(2-5-2, 2-5-3)
		若谷 佳史：経済研究所 電力経済部 立地・環境研究室 担当研究員(2-5-2, 2-5-3)
		木本 直也：生物環境技術研究所 水域生物部 海域生物研究室 室長(2-5-4)
		飯塚 貞二：生物環境技術研究所 水域生物部 海域生物研究室 主査研究員(2-5-4)
		山本雄二郎：生物環境技術研究所 緑地生物部 応用生物研究室 室長(2-5-4)
		下田 修：エネルギー・環境技術研究所 環境化学部 部長(2-5-4)
		荒井 泰治：エネルギー・環境技術研究所 原子力化学部 防食化学研究室 主任研究員(2-5-4)
		石原 義巳：立地・環境研究総括室 特任研究員(2-5-4)
		新島 恭二：生物環境技術研究所 水域生物部 海生生物研究室 主査研究員(2-5-4)
		青木 正則：生物環境技術研究所 緑地生物部 植物環境研究室 主任研究員(2-5-4)

## 2-1 大気環境

担当●エネルギー・環境技術研究所 副所長 星沢 欣二

### 2-1-1 まとめ

#### —背景と研究の流れ—

経済の成長とともに増大しつづけた我が国の発電設備が、昭和38年にいたりこれまでの水力発電優位から火力発電優位へと変わった。すなわち、「水主火従」から「火主水従」へと水力・火力の比率が逆転したのである。

また、火力発電用の燃料面にも、相前後して変化があらわれた。これまで発電用燃料の主力であった石炭がその座を石油にゆずり渡し、それ以降、石炭から石油へと一方的な燃料転換がすすんでいった。

そしてこのことは、電気事業の環境対策、ことに、大気汚染対策に新たな局面の到来をうながすものとなった。というのは、石炭から石油への燃料転換とともに、発電設備の大容量化がすすみ、大容量重油専焼火力が相次いで運転を開始しはじめていったからである。その結果、イオウ分の多い中東の原油、重油の燃焼に伴う大気汚染が無視しえないものとなっていったからである。

当所においては、当初は石炭火力を対象に貯炭のパイル自然発火の問題、ばいじんの集じん技術や汚染物質の測定方法などの研究を行っていたが、火力の主体が石炭火力から石油火力に移るにつれ、研究の対象も石油火力へと移っていった。

そして原重油燃焼技術やイオウ分によるボイラ腐食の対策が、原重油火力推進に伴う緊急な重点研究としてすすめられた。

一方、工業地帯における大気汚染の重大化を背景に、37年「ばい煙の排出等に関する法律」の制定、また、43年には「大気汚染防止法」の制定をみるわけであるが、この前後から重油火力発電所の高煙突化や集

じん装置の設置がすすめられていった。

このように、石油火力の急激な増大に対して、電気事業者は高煙突や集じん装置の採用による排ガス対策を実施してきたが、さらに、これらの対策を拡充する必要がある。

そこで、当所においては、排ガス対策研究委員会を設けて、排煙中のアッシドスマットの除去方法、イオウ酸化物(SO<sub>x</sub>)の除去方法、排煙の効果的な拡散方法、原油の水素化脱硫等の研究を重点的に進めることになった。このときの研究成果としては、排煙拡散実験による高煙突効果の実証、特定煙源選別のためのトレーサ技術の適用、排煙上昇高さの推定などの汚染物質の大気中の挙動に関するもの、SO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)連続自動測定計器の改良、ばいじん濃度の連続測定法などの汚染物質の測定法の開発に関するもの、さらに、アッシドスマット対策、石灰石吹込みによる排煙脱硫法、原油からの直接脱硫などの汚染物質の防除対策に関するもののほかに、SO<sub>x</sub>の植物に対する影響の解明が特記すべきものである。

40年代の半ばに入ると、公害・環境問題の深刻化に伴い、社会的関心がこの問題に集中し、公害・環境規制関係の法律が相次いで制定された。環境庁が発足したのも、この時期、46年7月のことである。

このような状況を背景に、環境規制が強化されていった。また、環境規制も事後的なものから、事前的なものへと移行し、環境アセスメントという環境影響事前評価が開発行為の実施に先立ち行うべきであるという考え方が、環境行政のなかにもち込まれるようになってきた。

当所においては、このような状況をふま

えて、発電所立地を対象とする環境アセスメント手法の体系化の研究をすすめたが、この大気環境の分野では大気汚染(SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)、ばいじん他)の現況調査手法、予測・評価手法および対策について検討を行うことになった。

その後さらに、大気汚染の拡散予測手法の精度向上をはかる必要に迫られ、従来の手法の改良改善に取り組んでいる。これに加えて、大気汚染の広域化傾向に対処するため、湿性大気汚染(雨の酸性化)や光化学オキシダントの実態解明をすすめている。

なお、40年以來、57年10月までに、火力、原子力発電所立地の環境影響評価のために当所が実施してきた風洞実験の依頼数は約140件におよんでいる。

一方、このような状況のもとで、第4次中東戦争のさなか、アラブ産油諸国による石油輸出停止に伴い、第一次石油危機が出現した。その後の第二次石油危機で石油価格はさらに急騰し、石油の入手難のおそれと高価格を定着させた。そしてこのような状況がエネルギー危機として受けとられ、石油に代る代替エネルギーの開発をうながした。

IEAの勧告により、我が国のエネルギー政策も根本的な見直しが行われ、それに伴い石油火力の新規開発を見合せ、原子力発電を主軸とした石炭火力やLNG火力の開発にすすむことになった。

これに伴い、これまで過去のものに思われていた石炭利用技術が見直されることになった。電気事業者においても、石油火力にかわって石炭火力の開発、それも従来の規模とは比べようもない位の大容量で大規模の石炭火力の建設が計画されるような

図2-1-1 大気中で見られる典型的な煙の拡散状態とその時の安定度の関係、不安定な大気ほど煙の拡散幅は大きくなる

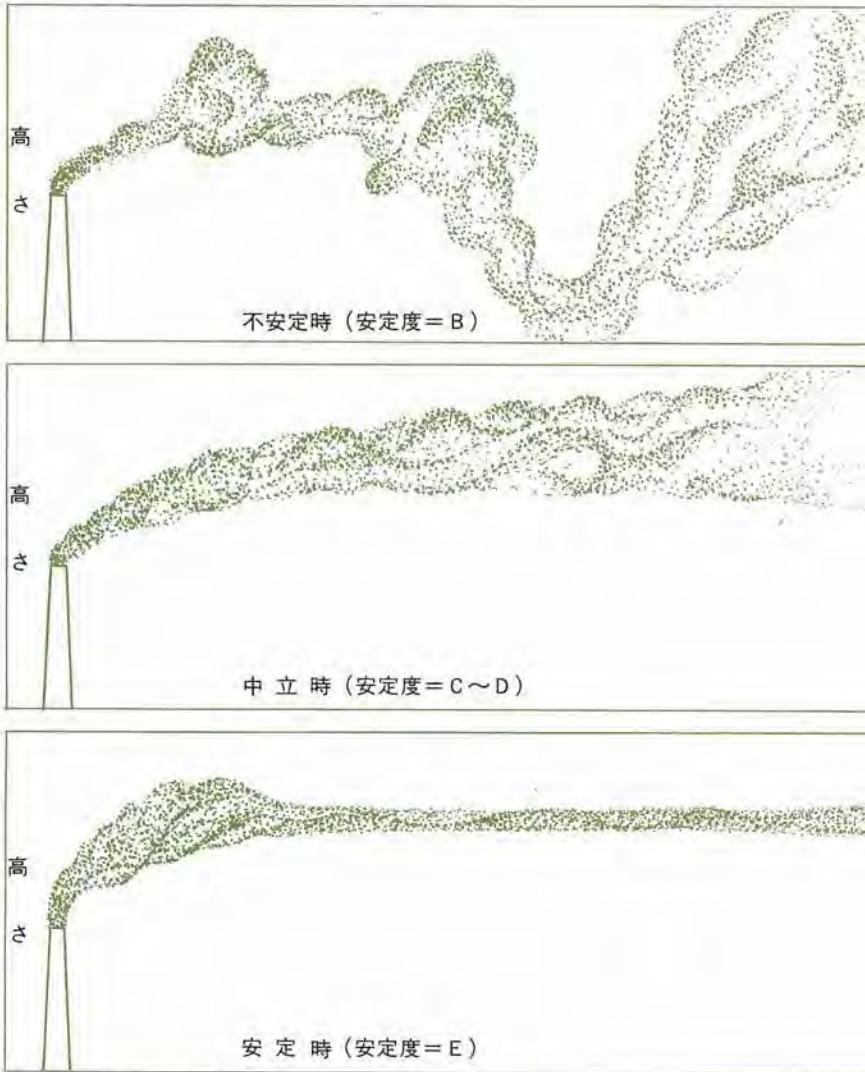
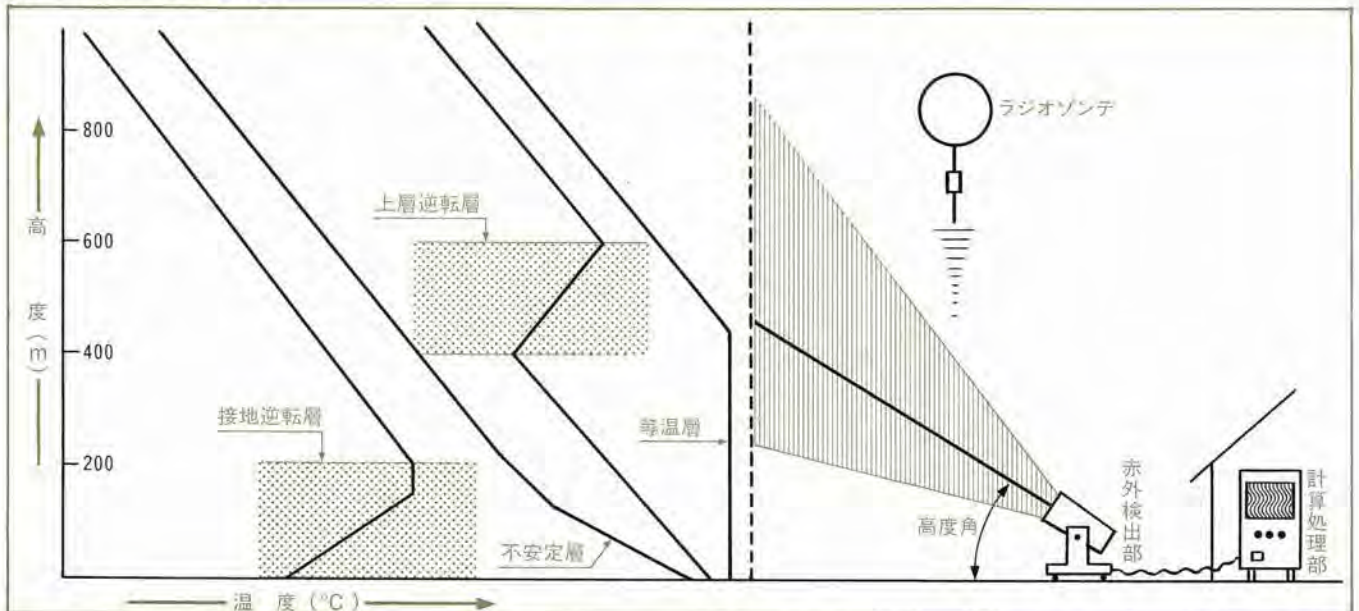


図2-1-2 排煙監視システム



った。

当所においても、このような事態の変化に対応して、大規模石炭火力の環境対策を最重点にすすめることになった。この研究には従来の石炭についての研究成果を十二分に活用し、炭じん飛散の予測手法、ばいじん対策、石炭灰の環境影響評価、石炭灰の有効利用、処分技術の開発等の研究開発を行い現在すでに、多くの成果をあげてきている。

### 2-1-2 大気汚染の予測と対策

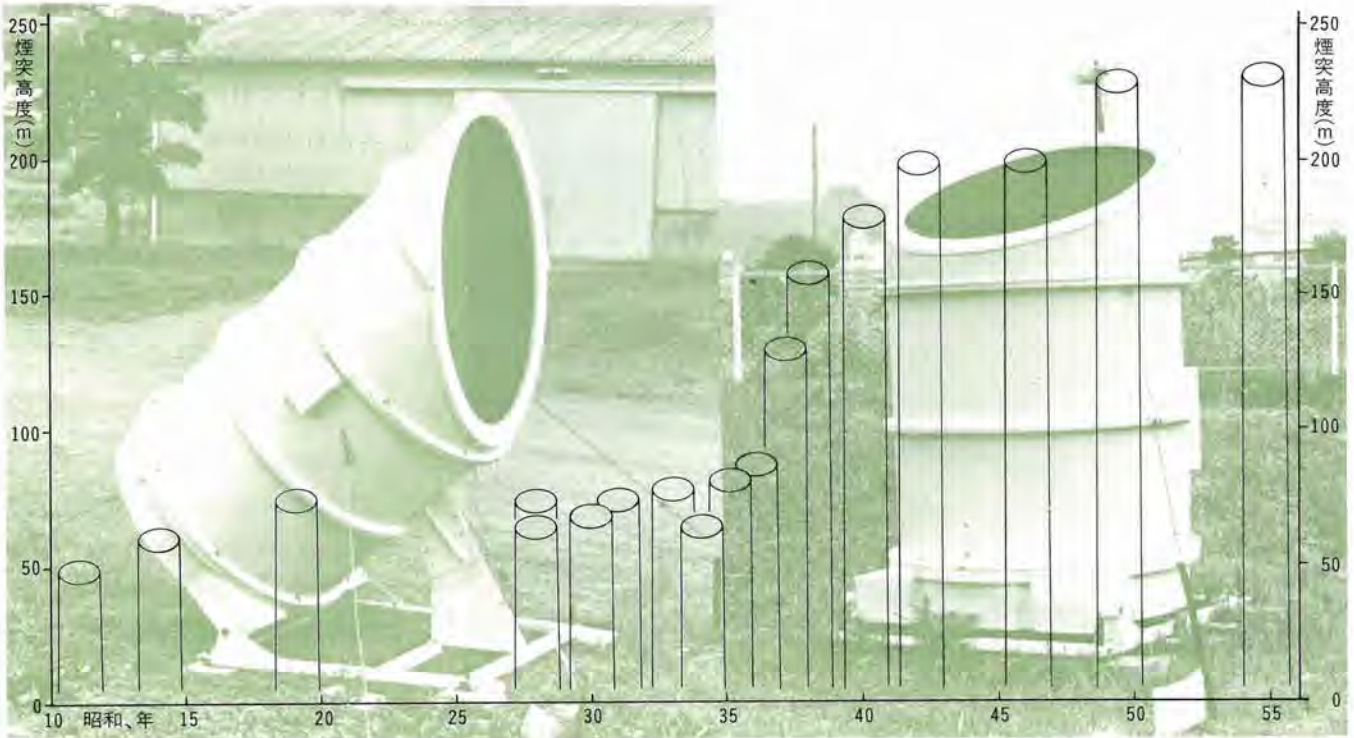
火力発電所の煙突から排出される汚染物質は、排煙の熱量と煙突からの速い放出速度とによって、煙突の約2倍の高さに上昇し、ついで、大気と混合しつつ風下へと流される。このため火力発電所からのSO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)などは、通常、数万~十数万倍に稀薄化して地表へ到達する。

火力発電所の立地にあたっては、この地表への汚染物質の着地濃度を予測し、排煙が周辺の環境へ影響を及ぼさないように汚染物質の除去を行っている。

#### I. 汚染物質の拡散予測

排煙の拡散予測はシュミレーション計算による方法と風洞等による模型実験による

図2-1-3 火力発電所煙突高度の変遷とドップラ音波レーダ



方法とがある。計算は、排煙の拡散する地域の風向、風速が一様、大気は中立状態、かつ平地の条件下に適用される拡散式に基づいており、これらの条件とかけ離れるほど、拡散予測計算の精度が悪くなる。したがって、拡散式による予測の精度向上をはかるための研究を進めてきた。

また、大気中に排出された各種汚染物質は、光化学反応等によって次第に変質し、光化学スモッグや、いわゆる酸性雨と称される降水の汚れを引き起す。これらは、数百キロメートルに及ぶ広範囲において起る現象である。その実態の解明のため、研究を進めている。

### 1. 拡散予測手法の精度向上

拡散予測の精度向上をはかることを目的として実施した、下層大気構造を解明するための気象観測法、模型実験手法、統計的解析手法などに関する成果の概要を述べる。

#### (i) 下層大気の気象観測法と大気構造

火力発電所からの排煙の流れや拡がり(拡散という)は、地上数百メートルのいわ

ゆる下層大気の層の出来具合(成層)の状態や乱れの構造によって大きく影響される(図2-1-1参照)。そこで、火力発電所排煙の拡散現象を解析する手始めとして、下層大気の状態や構造を解析するための手法として、気象観測手法を開発した。

併せて、係留気球を用いた気象観測と低層ゾンデやヘリコプタによる気象観測とを同時に実施して、両者を比較し、気球観測法の精度を検討した。また、発電所立地予定地点など各地において、気温逆転層(通常とは逆に高度が昇るにつれて気温が高くなっている状態を指す)の観測を行い、その特性を把握した(図2-1-2参照)。

このほかに、風洞を用いて煙の拡散状態の模擬実験(風洞拡散実験という)を行うために必要な気象データを実測により収集解析し、実験のための気流設定条件などを見出した。

また、当所においては、49年頃より、下層大気の遠隔探査法として音波レーダ等を用いる方法の実用化研究をすすめてきた(図2-1-3参照)。現在では、上空数百メートルまでの風向、風速のほかに、排煙その

ものの拡がる高さや流れの方向などを連続して監視する手法を開発している。

#### (ii) 模型実験による解析手法

拡散実験に基づく計算式により、比較的平坦な地域での排煙地上濃度は気象条件から推定することができるようになったが、複雑な地形が存在する場合、その影響は風洞あるいは水槽実験によって明らかにする必要がある。

当所は昭和40年に長さ10mの中型風洞を、45年に拡散実験用三次元水槽を設置し、火力、原子力発電所を対象に実験手法を開発すると共に数多くの発電所地点について実験を行ってきた。また48年には、温度成層を模擬できる長さ20mの温調風洞を、54年には温度境界層模擬水槽をそれぞれ設置して基礎実験を可能にした。これらの装置を使った一連の研究のなかで、排ガスの上昇挙動、これに及ぼす建屋の影響などの解明を行っている(図2-1-4～5参照)。

原子炉施設の安全解析のためには気体廃棄物による被曝線量計算に、立地地点の気象条件と地形条件を考慮する必要がある。

図2-1-4 水槽実験装置による排煙拡散実験

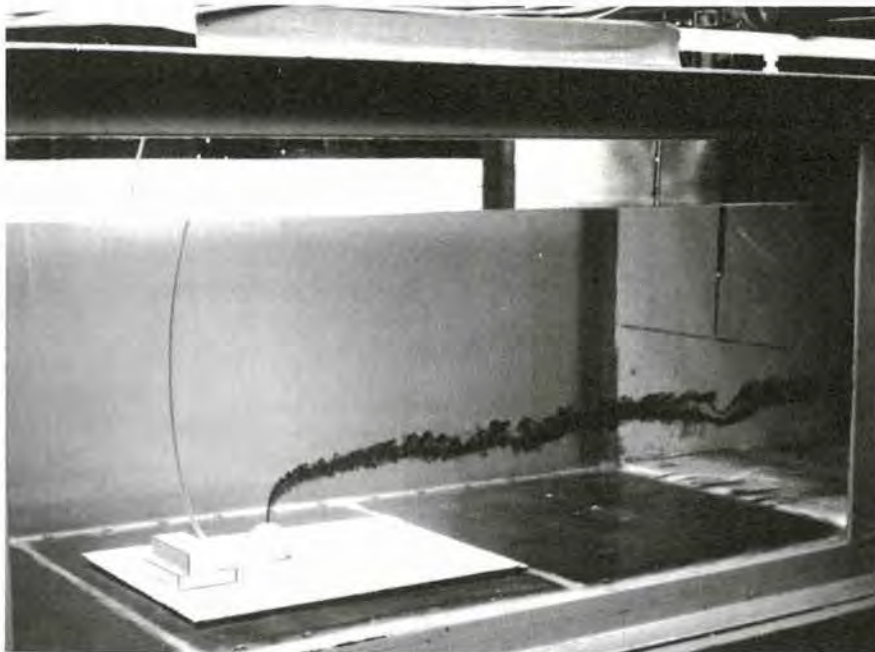
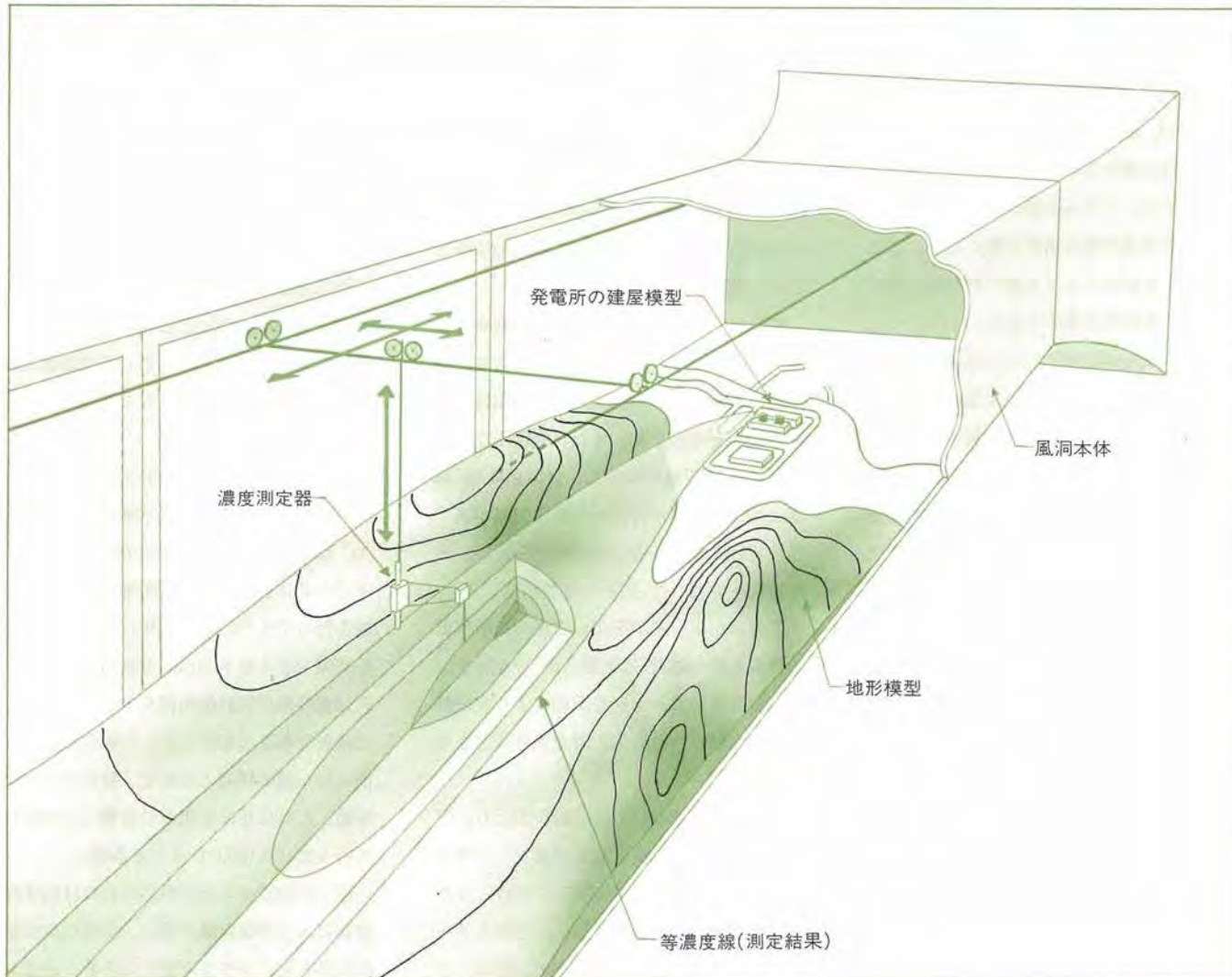


図2-1-5 風洞実験手法の仕組み



我が国における原子力発電所立地地点は複雑な地形を有することが多く、安全解析のための代表気象地点の選定、放出ガス拡散に及ぼす地形効果の推定が課題となる。

当所は、風洞を用いた流線実験手法を確立し、渦領域の検出、風速計設置点の適否判定などを行ってきた。さらに、実験結果から、大気拡散に及ぼす地形の影響を対象地点で評価し、それを排気筒の有効高さで表現する手法を確立し、安全解析のためのデータを得てきた。

iii) 環境濃度のシミュレーション

工業地域においては、汚染物質排出量、煙突高さなど発生源条件の異なった施設が多く存在する。このような地域における特定煙源の地表濃度への影響を推定するため

には、気象条件とともにこれらの煙源条件を拡散モデルに入力して模擬計算する必要がある。

当所は定常で一様な場を対象として、これまで行った拡散実験で得られた拡散パラメータを用い、多煙源の重ね合せとして環境濃度を求めるシミュレーションモデルを作成した。この場合、バック・グラウンド濃度として吹き戻し、他地域からの移流、把握しきれない中小煙源、天然起源のものなどを評価した。シミュレーションの結果、例えば大都市では、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)の環境濃度のうち、移動源が80%程度の寄与することが多いことも示された。

なお、SO<sub>2</sub>の環境基準のための環境濃度の測定に用いられている AP メータの測定値誤差の大きいことを指摘し、約10ppb の誤差が吸収液の蒸発によって生じることを明らかにした。これに基づき、今日みられる精度の高い AP メータが開発されていったのである。

#### (iv) 非定常・非一様場の模擬

排煙の拡散予測は通常気象条件が一定と仮定して行われる。しかし現実の気象は海陸風の交替、逆転層の崩壊など時間的に変化するのが常である。このため排煙についての吹き戻し現象などが指摘されるが、このような場合の排煙拡散計算手法を開発した。

一方、風向、風速などは地形によって大きくかわるので大気拡散の数値シミュレーションは地形によって生じる渦領域の模擬が困難であった。当所はポテンシャル理論を適用して地形影響を考慮した気流および排ガス拡散の実用的な数値モデルを開発した。

#### (v) 統計手法による予測

火力発電所の運用に当って、地域の汚染濃度の予測が必要とされる趨勢にある。予測手法としては物理モデルに基づくものも考えられるが、簡便、かつ現場で使いやすい統計予測も有用である。当所は総観気象解析、多変量解析など種々の手法と組み合わせた簡易な予測手法を開発した。

一方、環境濃度に対する特定煙源の寄与を実測データから評価するには、トレーサにより直接排煙を逐別測定する以外に、

- (a) プラントを一定期間停止し、その前後の期間で環境濃度を比較する方法
- (b) NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>(イオウ酸化物)、および CO (一酸化炭素)など複数汚染質の濃度およびその変動の相関から発生源の種類を識別する方法

などがある。これらの方法によって種々の発電所周辺でその環境濃度への寄与を統計的に求めたがいずれも発電所影響が顕著なものはなく、予測手法によるシミュレーション計算とよく符合した。

## 2. 汚染物質の広域拡散

種々の燃焼施設から大気中に放出された NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub> などの種々の物質は、対流圏を変質しながら広域に拡散する。その大部分は結局、雲に取り込まれ降水となって大気中から除去される。このような広域拡散による大気汚染を大別すると、光化学スモッグ等に見られる晴天時の汚染と、降水の汚れに関連した湿性大気汚染の2種にわけられる。

#### (i) 光化学オキシダントの広域実態解析

一般に高濃度のオキシダント発生は人工起源の NO<sub>x</sub> や炭化水素に起因すると考えられている。しかし、オキシダントの観測例が多くなるにつれて非都市域で一次汚染質が極めて少ないにもかかわらず、100ppb を超すオキシダントが実測されることがよくあることが判明し、その発生機構についてあらためて検討する必要が生じた。

当所は、1,000km スケールにわたり、山間地を含む広域の地上データの収集、解析や特定地域における都市、田園地域比較観測などを行ってきた。その結果水平スケール数百キロメートルに及ぶ広域の高濃度は、地上数十キロメートルにあるオゾン層に起因する場合があること、人工起源による光化学反応の指標物質としては、ホルムアルデヒドとパーオキシアセチルナイトレイト(通称 PAN)が有効であること等確かめ

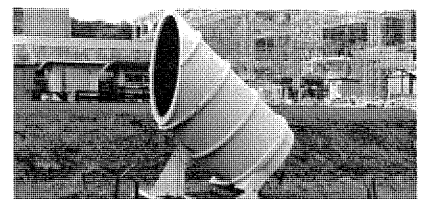
た。現在、更に高濃度オキシダント発生に対する天然起源の寄与を推定するため、航空機観測を含む3次元観測を続けている。

#### (ii) 湿性大気汚染の発生機構解明

降雨による地物の汚れ、酸性雨の実態、霧中排煙の変質など降水現象に関連する、いわゆる湿性大気汚染については、昭和50年代の初めから特定の地域で問題とされるようになった。当所は、そのような事例について広域にわたる立体観測を行い、実態の解明に努め、これより汚染の発生機構を明らかにしようとしている。

その結果、つぎのようなことがわかってきた。

- (a) 雨水中の化学成分は総観規模の気象擾乱との関連が強く、降雨をもたらした低気圧の種類、強さ、経路等による。
- (b) 擾乱の通過時、雲域は、上・下層で風系が異なり、汚染質の起源を単に地上付近の風から推定することは危険である。
- (c) 降水中の溶解成分は降雨の初期にその濃度が高く、その後急激に濃度が低下し、あとはゆっくりと減少する。前者は、降雨直前までに凝結核などとして雲中に取込まれた汚染物質が雨滴とともに地表へ放出される過程として説明される。後者の減衰は、雲底下で大気中の汚染物質が降雨により洗浄される、いわゆる雨洗効果によるものである。
- (d) 汚染質の雲中への取り込みは主として下層雲の内部で行われ、雨域の移動を支配する偏西風とは直接関係しない。
- (e) 降水中には、海洋起源、土壌起源、並びに人為起源の種々の微量成分が含まれている。この降水成分比は一般に雨の継続と共に変化するが、その時間変化パターンから汚染の地域特性を明らかにする手法を示した。



## II. 排煙の影響

火力発電所からの汚染物質の大部分は、排煙処理設備によって除去された後、高煙突から排出し拡散するため、地表に到達する濃度は極めて低濃度になる。

したがって、排煙の影響を野外実測によって直接求めることはできないので、計算により地表濃度を推定したり、または高濃度を用いた室内実験により、汚染物質の影響の生じる限界濃度を求め、これと実際の環境中濃度、その中に占める発電所排煙による予測濃度との比較、あるいは、各地の動・植物中の微量元素濃度の実測値から、発電所排煙の影響を考察している。

### 1. 石炭火力の排煙の影響

#### (i) 石炭火力発電所からの降下ばいじん

石炭火力からの降下ばいじんについて、湿式脱硫装置を設置した既存の発電所において実測した結果、石炭火力の排煙中ばいじん量は石油火力と同程度に少ないことを明らかにした。

図2-1-6 大気汚染物質による植物影響を左右する因子

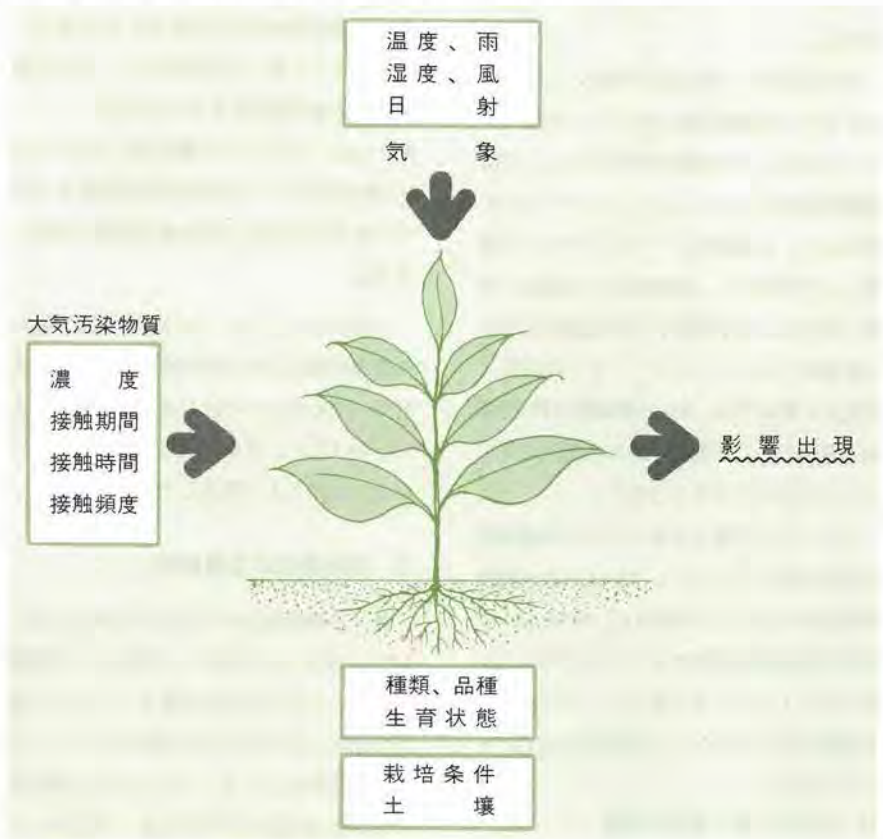
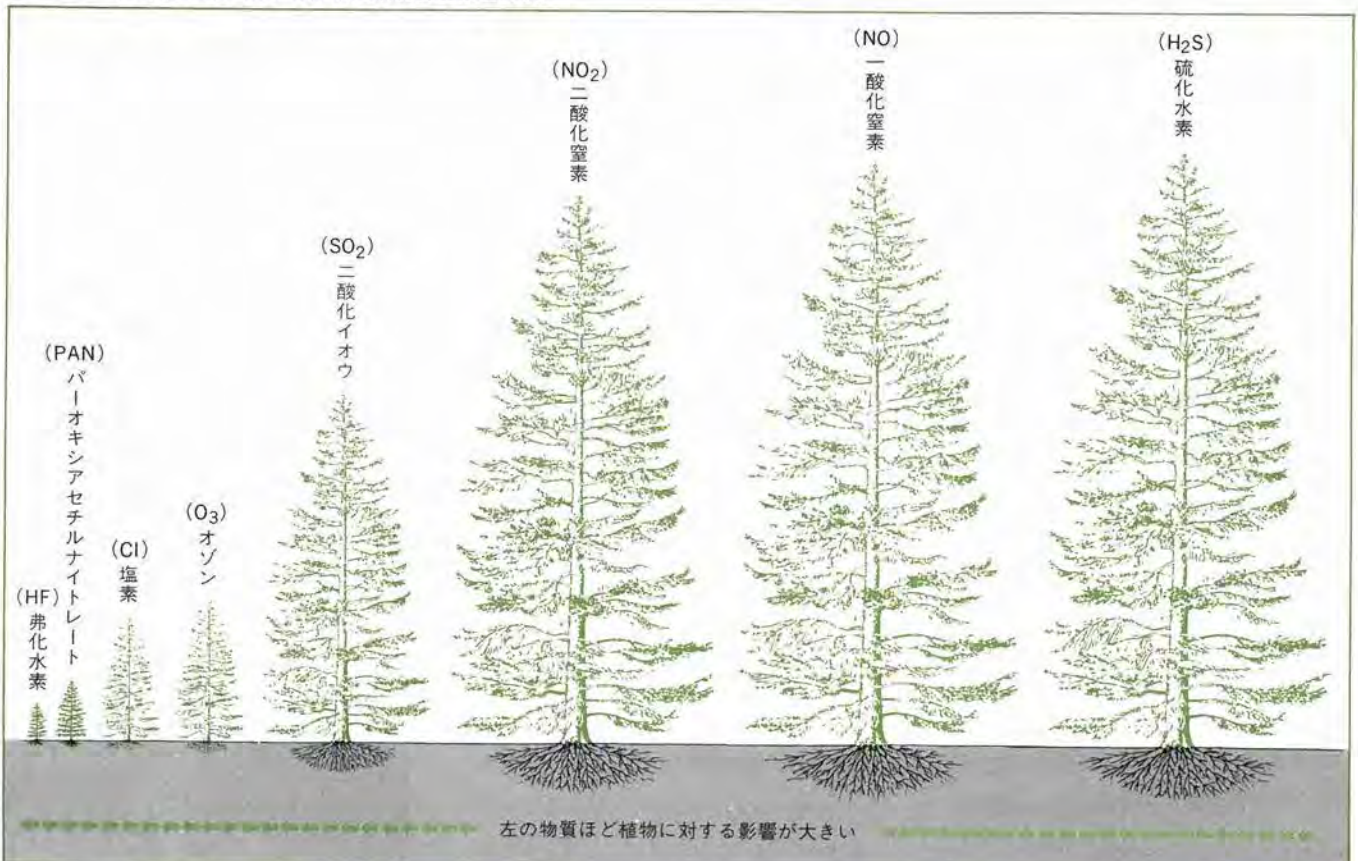


図2-1-7 植物(樹木)に対する大気汚染物質の影響序列





(ii) 石炭火力における微量物質の収支

石炭には数多くの微量元素が含まれている。石炭火力の大容量化、石炭使用量の増加に伴い排出される微量元素の総量が増加し、発電所周辺の大气汚染に影響を与えるのではないかと懸念がもたれてきた。特に、水銀や放射性物質に対する住民の関心には強いものがみられるようになった。そのため、石炭の微量元素の行方を総合的に調べ、排ガスから排出される割合を明らかにするための研究を行った。

その結果、石炭中の微量元素は、揮発性の低い元素が大部分であり、これらの元素は、大部分が集じん器で捕集されるが、揮発性の高い水銀はガス状となって集じん器を通過する。しかし、これも排煙脱硫装置で除去されるので、排出濃度は低下する。煙道中においてやや揮発性の元素はガス温度の低下とともに微粒子のフライアッシュに濃縮される傾向にあった。一方、煙突から出るばいじん量は全石炭灰の0.1%に過ぎないのでこれに伴う微量元素の排出量は極めて僅かになることを明らかにした。

また、石炭火力発電所排煙中の水銀の環境におよぼす影響に関して、発電所周辺の環境中の水銀を調査した結果、極めて少ない濃度であり、発電所排煙による影響は検知できなかった。

石炭中のウラン、トリウムなど放射性物質の影響については、排出されるばいじん濃度や、ガス濃度を基に試算した。排煙の最大着地濃度における比較においても、自然放射能の1,000~10,000分の1以下程度で影響はないものと推定された。

## 2. 動植物への排煙等の影響

(i) 植物に対するSO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)、O<sub>3</sub>(オゾン)、ばいじんの影響

火力発電所の排煙が植物に与える影響を解明するためには排煙に含まれる個々の大气汚染物質の影響について調査する必要がある。

また、植物には一年生のものから多年生の樹木まで多種類存在し、影響の現われ方

は気象、土壌、栽培方法などの条件によって大きく左右される(図2-1-6~7参照)。

したがって、排煙の植物影響は極めて多岐にわたる問題を包含しているので、ガス接触実験、ばいじん付着実験により植物影響を調べた。

(a) SO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)

主要な農作物、果樹、樹木、20数種類をを対象としたガス接触試験を積重ね、植物に障害が現われない下限の濃度、接触時間を解明した(図2-1-8参照)。

また、SO<sub>2</sub>の影響は、気象条件、土壌、栽培法、品種などにより左右されることを明らかにした。一方、我が国のSO<sub>2</sub>環境濃度は、全国的な大气汚染防止対策の効果により、経年的に急激に低下し、環境基準値(日平均0.04ppm)を大中に下回るようになってきている。

しかし、極く低濃度のSO<sub>2</sub>でも環境条件によっては、目にはみえない生育抑制や減収が生じるのではないかと懸念がもたれた。このような影響を調べるためには、より高度な実験手法、調査技術を駆使して研究することが要求される。

そこで、実験には植物の生育を適切に維持し、かつ、極く低濃度のSO<sub>2</sub>を長期間にわたって植物に接触させることが可能な自然光型の動的環境調節装置を用い、水稻をはじめ、数種の野菜を対象に実験的調査を積み重ねている(図2-1-9参照)。これによると環境基準値程度の濃度レベルのSO<sub>2</sub>を数カ月間継続して接触させても、生育、収量の変動は自然環境条件によってもたらされる影響の幅のなかにはいってしまうほどに小さいものであった。

(b) NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)

農作物、果樹のなかから水稻など16種類を対象として、NO<sub>2</sub>の環境濃度の10倍位高いレベル(0.3~0.6ppm)に数日接触させたが、植物にはほとんど影響を及ぼすことがなかった。

NOについては、著しく高濃度(20ppm)に農作物10種類を数時間接触させたが、影響は全く認められなかった。

(c) ばいじん

石炭性状が異なるばいじんを用い、ばいじん付着実験法で農作物の種類、生育時期、気象条件などの違いによる障害の現われ方を調査してきた。その結果、とくに、ばいじん水溶液が強酸性でなく、かつ、伝導度の小さいばいじんは植物に付着しても影響が起りにくかった。また、石炭ばいじんは植物に対して障害を起さなかった。

(d) 大气汚染物質の複合

大气汚染物質のそれぞれについて、植物に影響を及ぼす条件や障害の特徴を明らかにしてきたが、現実には、大气汚染物質は複合して植物に影響を与えることが考えられる。これらの問題を予測評価するために、汚染物質複合の植物影響を基礎的に研究してきた。

SO<sub>2</sub>とNO<sub>2</sub>、NOの複合影響はそれぞれ単独の影響と同じで、複合することによって影響が大きくなることはなかった。また、これらとばいじんを複合させても影響が単独の場合より大きくなることはなかった。したがって、これらの排煙中の4種の汚染物質の複合による影響はみられなかった。

一方、光化学スモッグが発生するときに生ずるO<sub>3</sub>は、比較的高濃度の場合、SO<sub>2</sub>と複合すると植物に相乗的な影響を与えることがある。O<sub>3</sub>自体は単独でも植物に及ぼす影響はSO<sub>2</sub>よりも大きい。

近年、酸性雨の問題が欧米で論議を呼んでいる。酸性雨による植物影響が我が国で大きな問題とされたことはないが、基礎的な現象を把握するため、人工酸性液を長期間散布した実験を行っている。これによると、かなり強い酸性液(pH3.0以下)の場合には植物の葉に障害が現われたり、生育が抑制される現象が見られた。

さらに、多くの地点で現地植物の調査を実施しているが、併せて、現地植物の評価を精度よく迅速に行うために、植物の生体情報計測法や年輪の非破壊調査法の開発と樹木生長の自然変動の解析についても研究を進めている。

図2-1-8 植物の害徴出現とSO<sub>2</sub>濃度、接触時間の関係

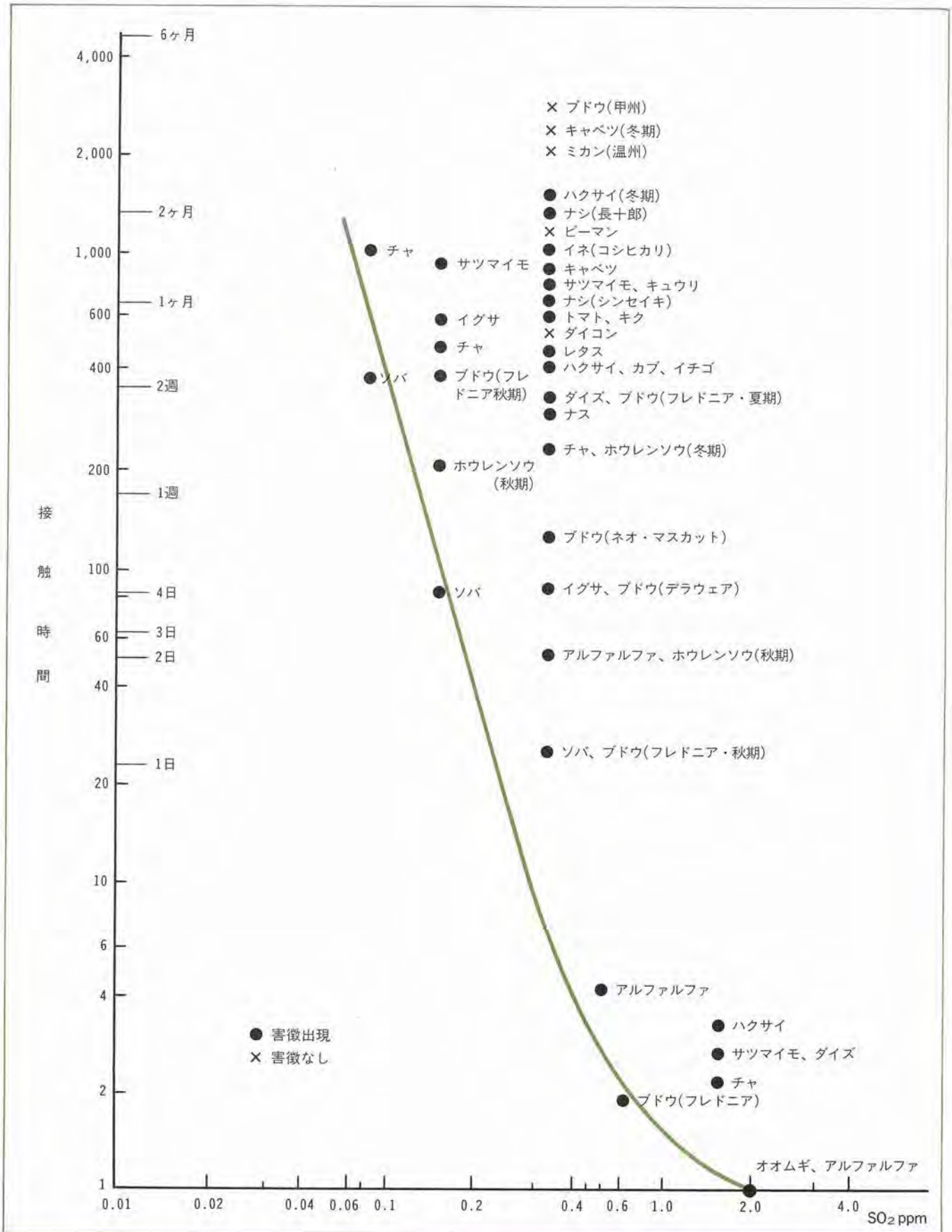
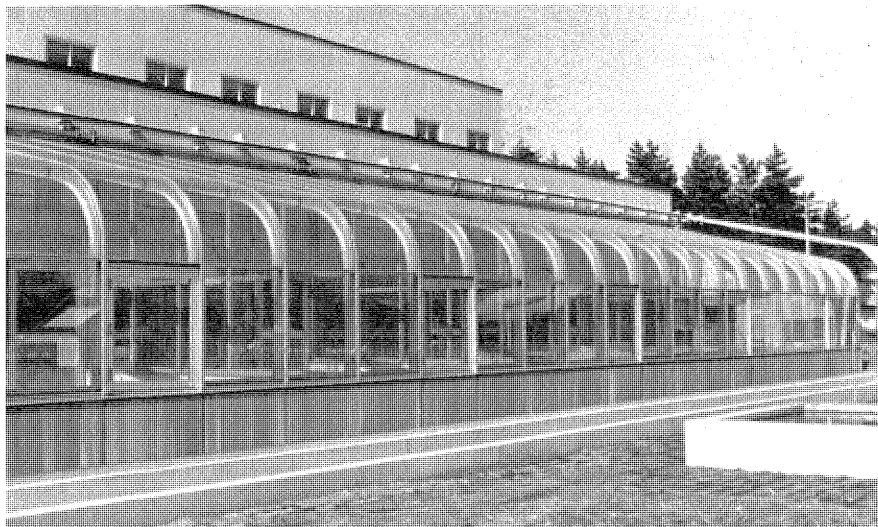


図2-1-9 植物生体動的環境調節実験装置の外観



#### (ii) 植物への石炭微量物質の影響

石炭火力からのばいじんや石炭灰の農地利用などに伴う石炭灰の農作物、樹木に対する影響を調べるために、発電所立地予定地点の植物の現況調査として、植物中の微量元素に重点をおいて調査している。

##### (a) 植物中の微量元素濃度

調査対象の植物として、我が国に広域に分布し、また人工的な干渉の少ないものとしてマツを選び、調査地点から30km範囲に工場群のない地域(A)(B)を対象とし、微量元素濃度を調査した。

マツの葉の元素は、100ppm以上を含有するもの(Cl、S、Al、Mn、Fe)から、ごく微量しか含まれないもの(Cr、Ni、V、Mo、Co、Cd、As、Be、Sb、Hg、Se)がある。土壌中の元素濃度と植物中(マツ葉)の濃度を対比すると、Cl、S、Mn、Snは、植物の方が高かったが、他の多くの元素は低かった。また、土壌中に多いものが、必ずしも植物中に多いとは限らなかった。この原因は、植物の元素要求性、吸収特性および土壌中の元素の存在形態(植物に吸収され易い形態かどうか)の差にあるものと考えられる(図2-1-10参照)。

##### (b) 石炭灰と土壌混合による植物の微量元素の吸収

石炭火力周辺において、石炭灰に由来する微量元素の植物に対する潜在的影響を評

価するために、石炭灰と土壌との混合土壌における植物の微量元素の吸収を調査している。

火山灰土壌と石炭灰の混合土壌におけるダイコンの栽培では、30%の石炭灰を混ぜても、石炭灰を入れない土壌と比べ、生育、収量が増加した。50%の石炭灰を混ぜた場合にはそれぞれ、ダイコンのなかの微量元素の濃度はB、Moが石炭灰の混合量に伸び増加した。一方Znは反対に減少した。Mn、Cuなどはほとんど変化がなかった。Asは石炭灰の混合により若干増えるようであるが、その他の元素はわずかに増加するもの、減少するものなどであった。

火山灰土壌のかわりに砂土を用い、5～20%の石炭灰の混合でダイコンを栽培すると、地上部(葉部)の生育が対照と変わらないが、根部の生育が悪かった。これはさきの火山灰土壌と比べると、土壌の緩衝能の違いが原因するものと考えられる。

微量元素の吸収は石炭灰の混合に比例して、As、B、Mo、Se、Fe、Srは若干増加したが、Sb、Hg、Mn、Znはあまり変化がなかった。

以上のように石炭灰混合土壌における植物の生育や微量元素の吸収は土壌の種類によって大きく異なり砂土のように緩衝能の低い土壌では、微量元素が土壌に固定され難いので、植物に吸収される影響が強くあ

らわれるものと考えられる。

#### (iii) 動物へのばいじんの影響

石炭の燃焼によって生じる微粒子状物質の動物影響に関する研究のうち、当所においてはラットを用い動物に対する吸入影響を調べる実験を高濃度ミストとフライアッシュについて行った(図2-1-11参照)。

また、大気汚染のイオウ化合物、窒素酸化物、オキシダント、粒子状物質、多環有機物などの健康影響に関する文献調査を実験的研究および疫学的研究を対象に行っている。

### Ⅲ. 大気汚染対策

火力から排出される大気汚染物質にはイオウ酸化物(SO<sub>x</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、ばいじんがあるが、以下では窒素酸化物対策としての低NO<sub>x</sub>燃焼法とばいじん対策についての最近の研究を中心にとりあげる。

#### 1. 低NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)燃焼法

NO<sub>x</sub>低減対策としては、燃焼時においてNO<sub>x</sub>の生成を極力抑制することが最も望ましい。このためには、燃料中の窒素分のNO<sub>x</sub>への転換および燃焼用空気の主成分である窒素の熱反応によるNO<sub>x</sub>への転換を低減させることである。そこで、NO<sub>x</sub>生成に影響を及ぼす諸要因およびその他の燃焼特性を小型燃焼試験炉で総合的に検討の上、効率的な低NO<sub>x</sub>燃焼法を発電用ボイラで実証した。さらに、発電用ボイラに適用する場合の燃焼状態の制御方法、新燃料の発電用燃料としての評価について検討した。以下に成果の概要を述べる。

##### (i) NO<sub>x</sub>の生成抑制およびNO<sub>x</sub>低減対策

燃料中の窒素分のNO<sub>x</sub>への変換率は、低O<sub>2</sub>燃焼を行うことによって低下すること、また、燃焼条件(燃焼用空気の旋回強さ、噴霧用蒸気圧力、全空気量に対する一次空気量の比など)を調整することによって、10～15%程度低減できることを明らかにし

図2-1-10 マツ葉と土壌中の元素濃度比

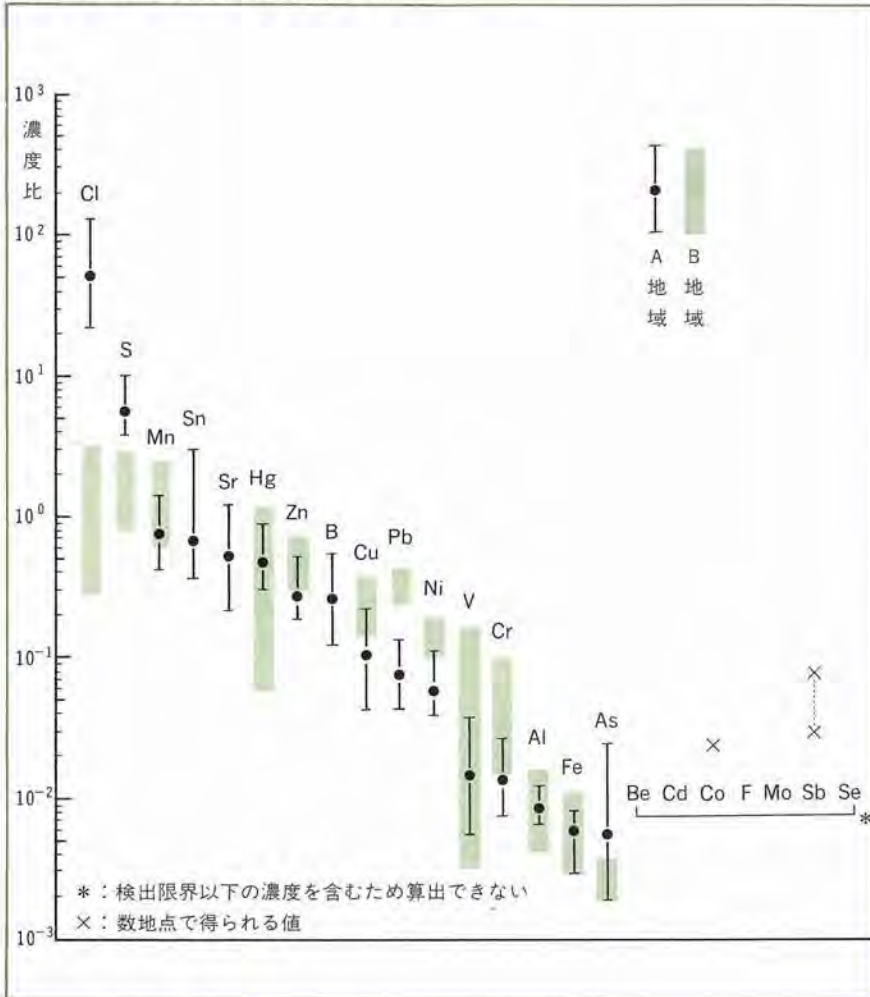
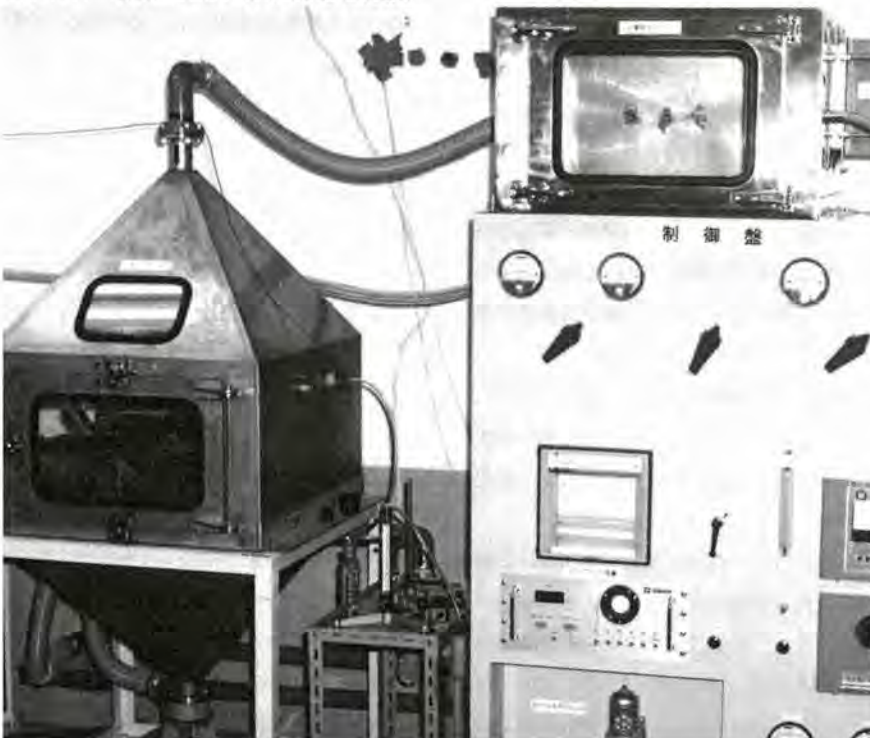


図2-1-11 動物へのばいじん吸入実験装置



た。

発電用ボイラで採用されている排ガス混合法、2段燃焼法、両者の併用法、低NO<sub>x</sub>バーナ法などに関しては、つぎの結果を得ている。

すなわち、排ガス混合法は、ばいじんなど未燃物質を増加することなくNO<sub>x</sub>を低減できるため有用な方法であるが、燃料中の窒素分からのNO<sub>x</sub>の生成にはほとんど効果がない。

また、2段燃焼法はNO<sub>x</sub>の低減は可能であるが、ばいじんなどの未燃物質が増加し、かつ火炎が伸びて過熱器管が局部的に過熱されるなどの影響を生じやすい。両者の併用法はお互いの欠点を相補うので有用であるが、NO<sub>x</sub>低減効果は相乗的には増加しないし、低NO<sub>x</sub>バーナ法は、他の対策と併用してもNO<sub>x</sub>低減効果が増加しないことなどを明らかにした。

(ii) 燃焼状態評価システムの開発

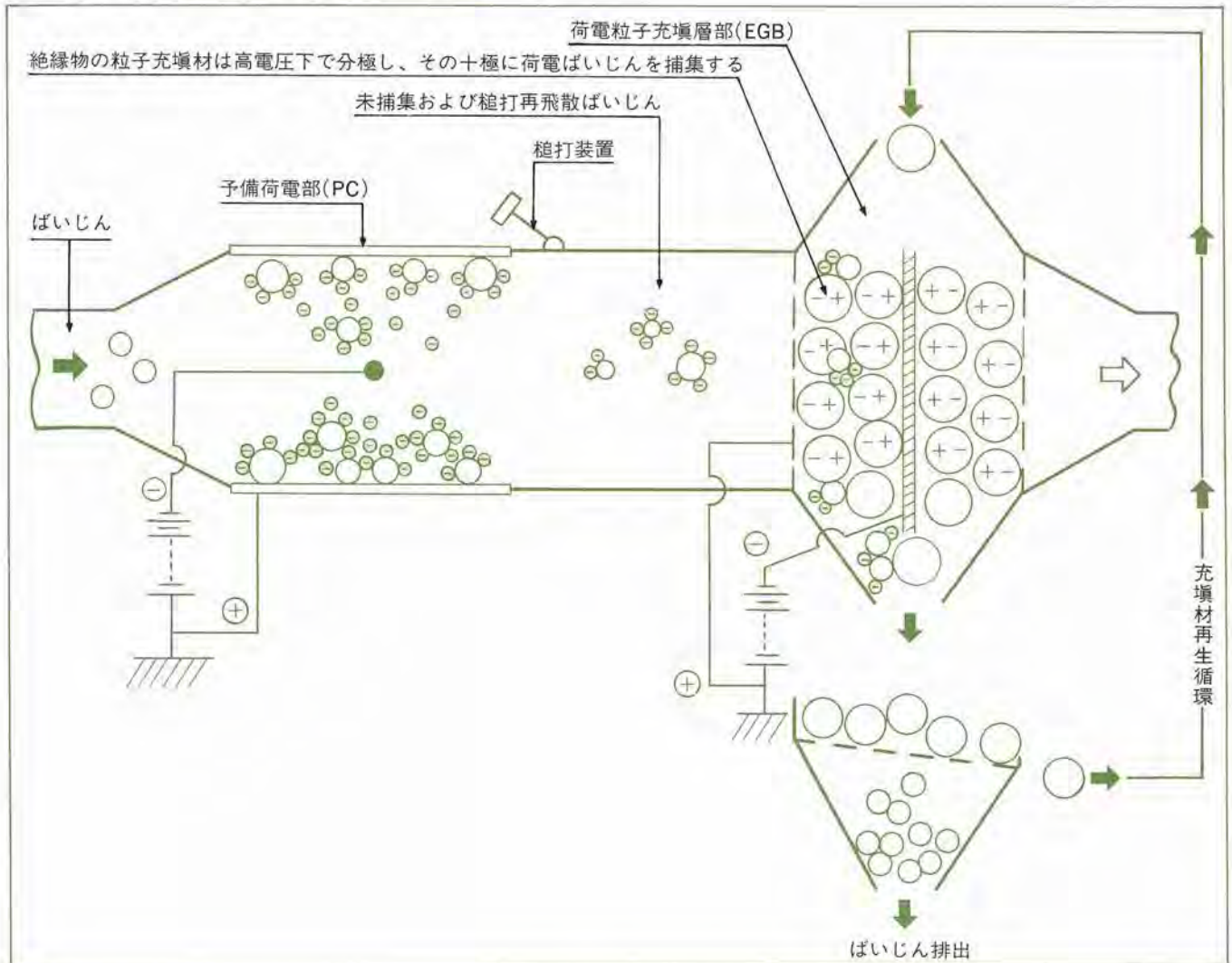
発電用ボイラは、NO<sub>x</sub>低減のための改造によって設計条件と異なる条件で運転されるため、負荷応答性の低下、未燃物質の増加、伝熱面の局部過熱などの問題が付随して起ってきた。このため、NO<sub>x</sub>、ばいじんなどの環境上の制約を満足しかつ安全で効率的なボイラ運転を可能とするため、燃焼状況および排ガス性状を常時監視する燃焼状態評価システムの開発研究を他機関の協力のもとに実施し、良好な結果をえた。

このため、本システムの採用により、環境上の制約を満足し、かつ安全効率的なボイラ運転が行えることが確認された。

(iii) 新燃料の発電用燃料としての評価

メタノールを発電用燃料として適用する際の技術的検討を小型燃焼試験炉および発電用ボイラにおいて総合的に行った。その結果、メタノールの燃焼安定範囲は燃料油よりも広いこと、SO<sub>x</sub>やばいじん、NO<sub>x</sub>のそれぞれの濃度が極端に低く、環境面ですぐれた燃料であることを明らかにした。しかし、メタノールの火炎は不揮炎であるた

図2-1-12 2段負荷電粒子充填層集じん器(PC+EGB)の原理



め、火炉の吸収熱量が燃料油に比較して減少するので改造しない重専ボイラで最大負荷は80%となることを明らかとした。

重質油の有効利用をはかるため、石油、鉄鋼、電力などの各界の協力による「重質油対策技術研究組合」が設立され、当所は電力の代表として参加し、ボイラメーカー3社とともに「劣質残渣油の燃焼技術」の開発を行った。そして、中東原油などの劣質残渣油から通常の燃料油と同程度のNO<sub>x</sub>発生量となるような燃料技術、および高ダスト・高SO<sub>x</sub>排ガスを処理する排煙処理技術などを開発した。今後は長寿命化、耐腐食性などの保守技術の開発などの課題が残されている。

また、石炭液化燃料の一つであり、常温

では固体状のSRC-Iの微粉末と重油とのスラリー状混合燃料(SOM)の環境面から見た燃焼特性の評価をEPRI(アメリカ電力研究所)との共同研究により実施し、SOMは既設石油火力用燃料の重油代替として利用可能なことを明らかにした。

## 2. ばいじん対策

ばいじん排出基準は昭和46年の改訂以来、約10年ぶりに昭和57年6月から石炭火力を対象とした基準が強化された。当所では、従来より重油火力の集じん効率の向上や測定技術の改良を主として行っており、最近の石炭火力への重点指向に伴って、これを対象に集じん性能向上対策、微量の排出ばいじん濃度の正確迅速な測定、サブミクロ

ンばいじん(粒径1μm以下の超微粒子状物質)の挙動解明などに重点をおいて研究を実施している。

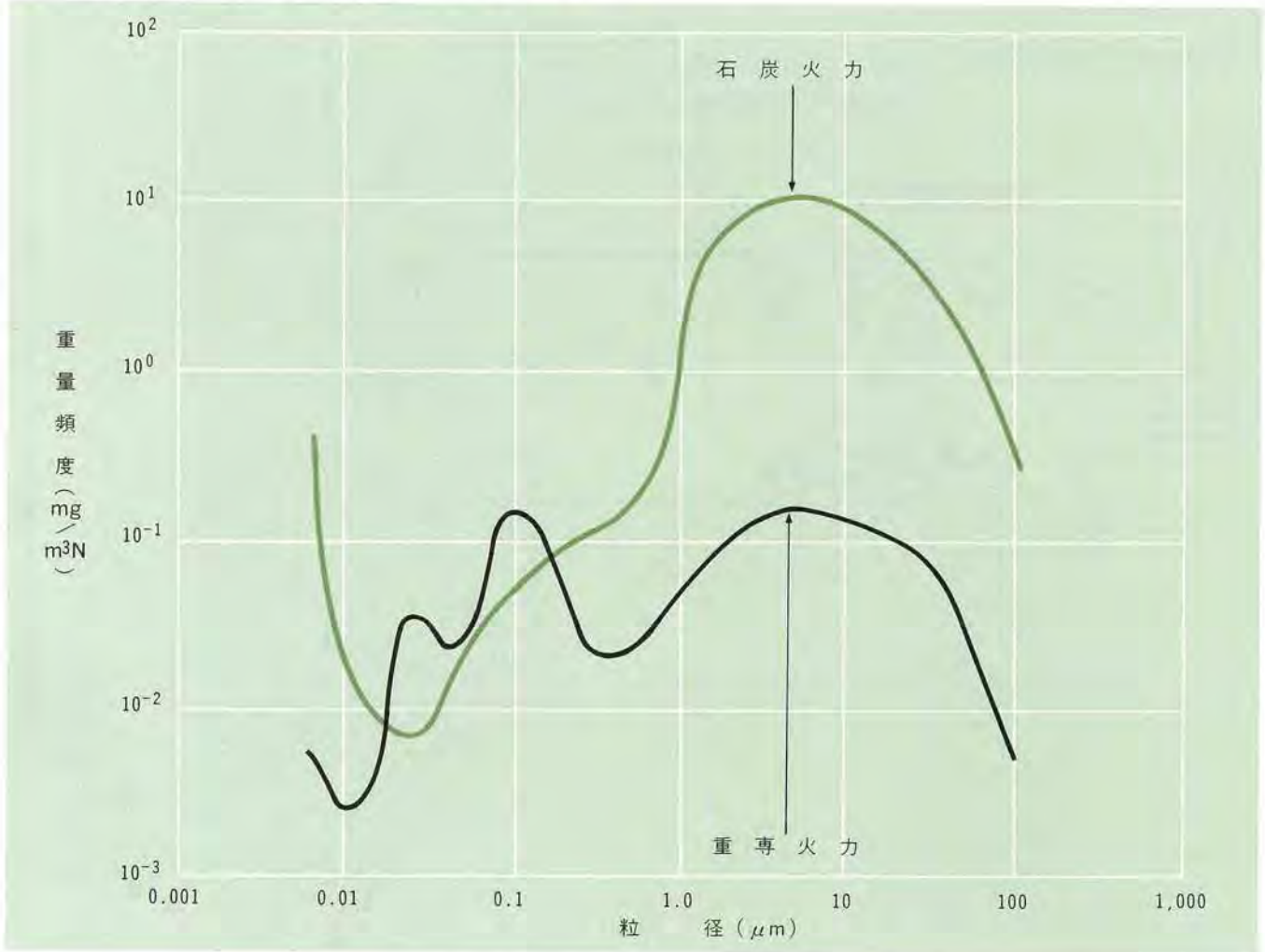
### (i) 重専火力用電気集じん器の性能向上対策

火力発電所における集じん器は電気集じん器(EPという)が用いられているが、EPでは捕集されるばいじんの固有電気抵抗値に適正な範囲(10<sup>4</sup>~10<sup>11</sup>Ω-cm)がある。

重専ボイラにおいてはばいじんの主成分が未燃炭素であり、さらに排ガス中にSO<sub>3</sub>が含まれるため、ばいじんの固有電気抵抗値はEPの適正值(10<sup>4</sup>Ω-cm)以下となり性能低下を起す。

この対策として排ガス中にアンモニア

図2-1-13 EP 出口ばいじん重量基準頻度分布の例(添加剤無注入)



(NH<sub>3</sub>)を注入してSO<sub>3</sub>を中和して固有電気抵抗の高い硫酸としてEPの性能向上を計っている。この場合のNH<sub>3</sub>注入適正量を提示し、重専用EPの性能向上、スマット(粒径100μm以上の凝集粒子)の発生防止などに役立てた。また、低質油燃焼ボイラ排ガス用脱硝装置の前集じん器として高温部にEPを用いた場合の集じん性能は低温部と同様なことが示された。

(ii) 石炭火力用電気集じん器の性能向上対策

石炭ボイラーのばいじんの主成分は銹物質のため、ばいじんの固有電気抵抗値が高く、特に、低イオウ石炭では電気集じん器の適正值(10<sup>11</sup>Ω-cm)以上となり集じん性能低下を起す。この対策として、無水硫酸の注

入により固有抵抗を低下させていたが、これに代って安価でより安全な硫酸分解調質法を実用化してEPの性能向上を計った。

また、EP電極のばいじん付着により肥大量と集じん性能低下の関連を解明しEP水洗時期判定の資料を得て、EPの運転保守などに役立てた。

(iii) 高性能集じん器の開発

石炭火力の排出ばいじん濃度を低減するために、サブミクロンばいじんに対する高性能集じん器の開発が望まれている。

これに応じて当所では高性能集じん器として圧力損失が少ない粒子充填層に荷電する静電粒子充填層(EGB)とEP方式の予備荷電部(PC)を組合せた2段荷電粒子充填集じん器(PC+EGB)を開発した(図2-1-12

参照)。

今後はパイロットプラントによる長期連続運転時の性能評価を行い実用化の可能性を確認することとしている。

(iv) ばいじん濃度の測定法

昭和30年から引き続きより正確な濃度測定を行うための研究を進め、非等速吸引がばいじん濃度の測定値に及ぼす影響、ばいじん濃度測定用ガラスウールの選定とその取扱い法、およびばいじんの連続測定法などの検討を行い、ばいじん濃度測定法のJIS改訂などに役立てられた。

(v) 煙道中サブミクロンばいじんの測定法

サブミクロンばいじんの粒度測定法としては、

- (a) 静電気を利用したエレクトロカル・エアロゾル・サイズ・アナライザ(EAA)
  - (b) 粒子の拡散現象を利用したデフュージョン・バッテリー(D, B)
  - (c) 可視光およびレーザー光を利用したダストカウンタ(D, C)
  - (d) 粒子の慣性衝突を利用したロープレッシャー・カスケード・インパクト(L, P, C)
- があるが、それぞれ長所欠点があり、特に、高温ガス中の測定ではまだ検討段階にある。

当所ではそれらの機種を用いて発電所におけるサブミクロンばいじんの発生量、集じん器や煙道を対象に(図2-1-13参照)測定精度の検討を行っている。

#### IV. 石炭対策——貯炭、適性評価

石炭火力発電所においては、燃料である石炭についての特別の問題がある。その一つが貯炭時における炭じん飛散の問題であり、また、自然発火の問題である。このほか、産地の異なる石炭の性状がまちまちであるといったことも、効率よく石炭を燃焼させるうえで考えておかなければならない

問題の一つである。

#### 1. 貯炭対策

##### (i) 揚貯炭施設からの炭じん飛散

石炭火力発電所では揚炭、貯炭の過程で炭じんが発生する可能性があり、その炭じんの一部は風に運ばれて発電所敷地外へ飛散する。

特に、発電所の土地が比較的居住地域に近い場合には、この飛散は事前に評価し防止しなければならない。

炭じんの発生量および敷地外への飛散量は石炭の粒径分布や湿分、揚・貯炭設備の機能およびレイアウト、揚・貯炭量、散水・遮風等の対策の有無、現地の気象条件などによって大幅に変化する(図2-1-14参照)。

当所は、これらの点について現地実測や風洞実験を行い、種々の石炭の粒径分布とその発生量の関係について実測し、炭種別に炭じん発生量と風速との関係を明らかにした。

これをもとに、飛散炭じんの周辺地域に及ぼす影響を評価するために飛散量の予測

手法を開発した。

また、炭じん発生抑制対策としては、散水、界面活性剤の散布のほかに、貯炭場の風速低減のため、貯炭場周辺にフェンス等の防風設備を設置する方法、および冬の石炭の凍結を防止する目的などのため設ける屋内貯炭場の有効利用などが考えられる。

##### (ii) 貯炭パイルの自然発火対策

輸入炭を用いた大型石炭火力では、大量の貯炭が必要であるため、その貯炭方式は種々検討されているが、多くの場合屋外貯炭方式がとり入れられようとしている。屋外貯炭方式においては、石炭の風化による自然発火のおそれがあるため、貯炭管理上配慮すべき点が多い。

貯炭パイルの自然発火性は、石炭の性質などにより異なる。この課題については、従来より当所においても研究がなされてきているが、これらの知見をもとに、大量貯炭される輸入炭の自然発火対策について検討を行っている。そして、従来明確でなか

図2-1-14 石炭火力発電所の炭じん飛散抑制対策の検討

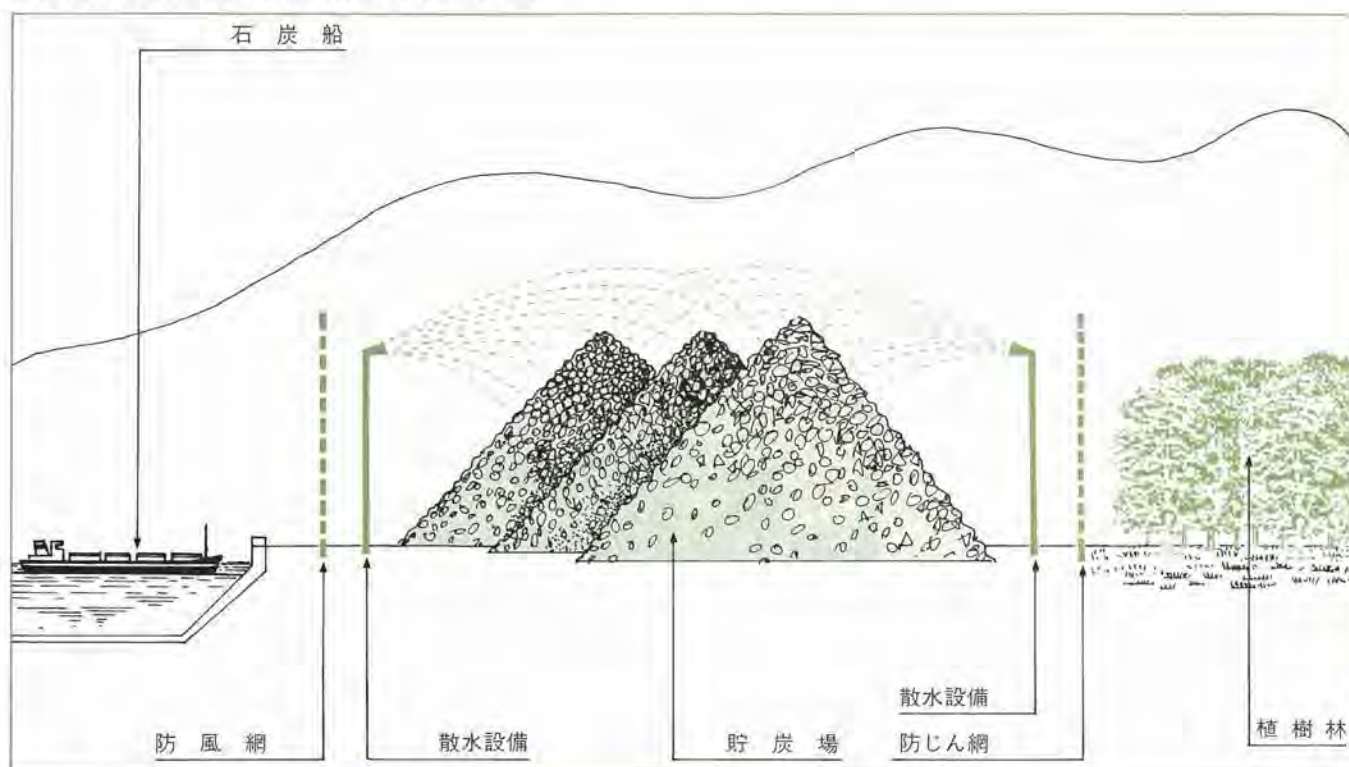


図2-1-15 石炭山の表面温度分布(緑のところが高温の部分)・上、石炭山・下



った貯炭パイル内温度上昇把握、ならびに自然発火させた貯炭パイル内部の状況把握から石炭の自然発火過程を解明している(図2-1-15参照)。

さらに、この石炭の自然発火過程の解明にもとづき、対策技術の一つとして石炭に浸透性界面活性剤を散布し、保水性を良くした場合には、貯炭パイル内温度抑制効果が生じ、自然発火対策として有効であることを明らかにした。そのほかに、貯炭場の制約や貯炭期間などから自然発火する場合が考えられる。このため、パイル内の温度上昇の早期検知による自然発火予知システムを提案し、このシステムを確立するための試験を進めている。

## 2. 発電用炭適性評価

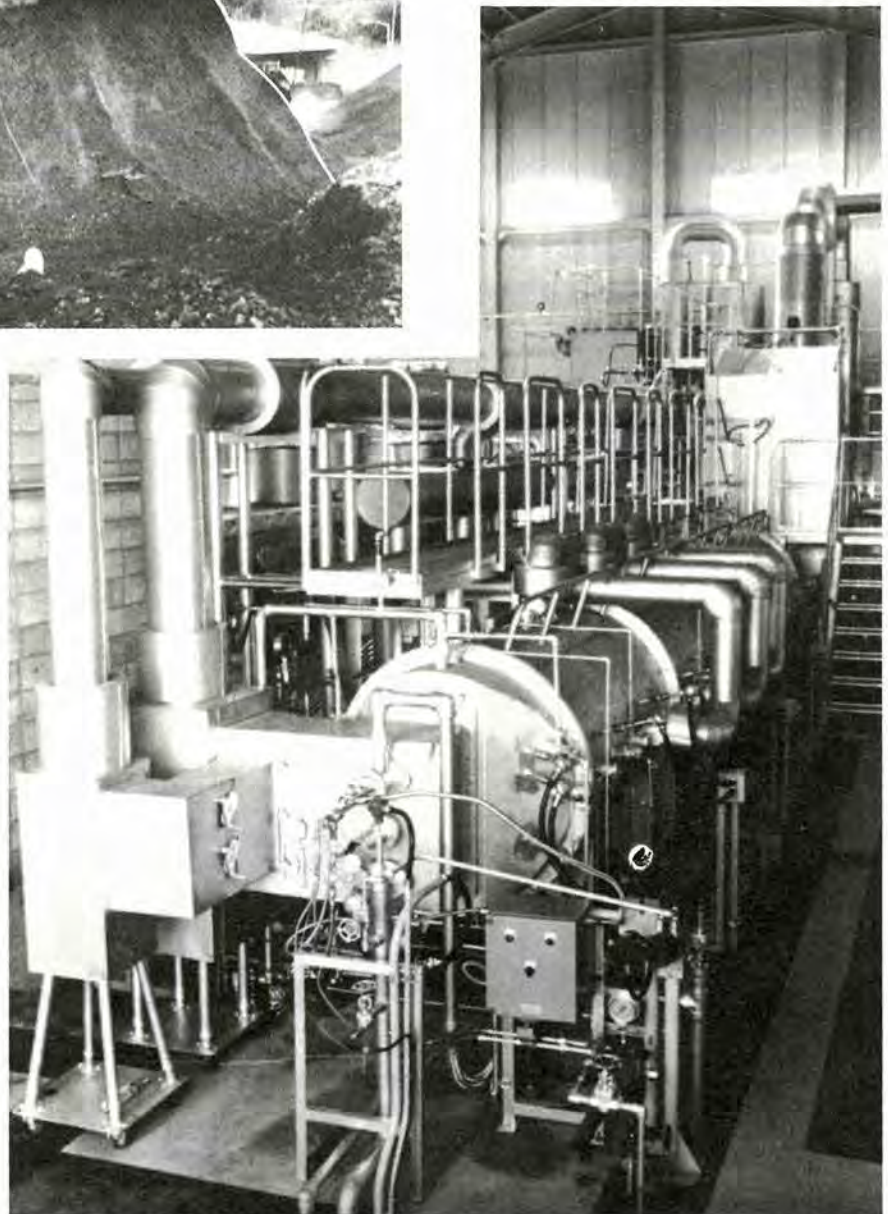
発電用ボイラで使用する石炭は、ボイラ設計上の許容範囲内の性状のものでなければならない。しかし、我が国においては、オーストラリア、中国、米国、南アフリカ

などの輸入炭に大半を依存しなければならないため、各産炭地の石炭について、発電用炭としての適性を事前に評価し、環境対策のための諸特性を明らかにしておかなければならない。

当所は、石炭の物理的・化学的性状、燃焼条件、燃焼特性および排ガス性状等の項目を対象に輸入炭の環境面からみた適性を総合的に評価するために、発電用炭の適性評価の手法の研究・開発を行っている。

現在は、各種の輸入炭について石炭燃焼

図2-1-16 石炭燃焼試験炉による発電用炭の適性評価試験



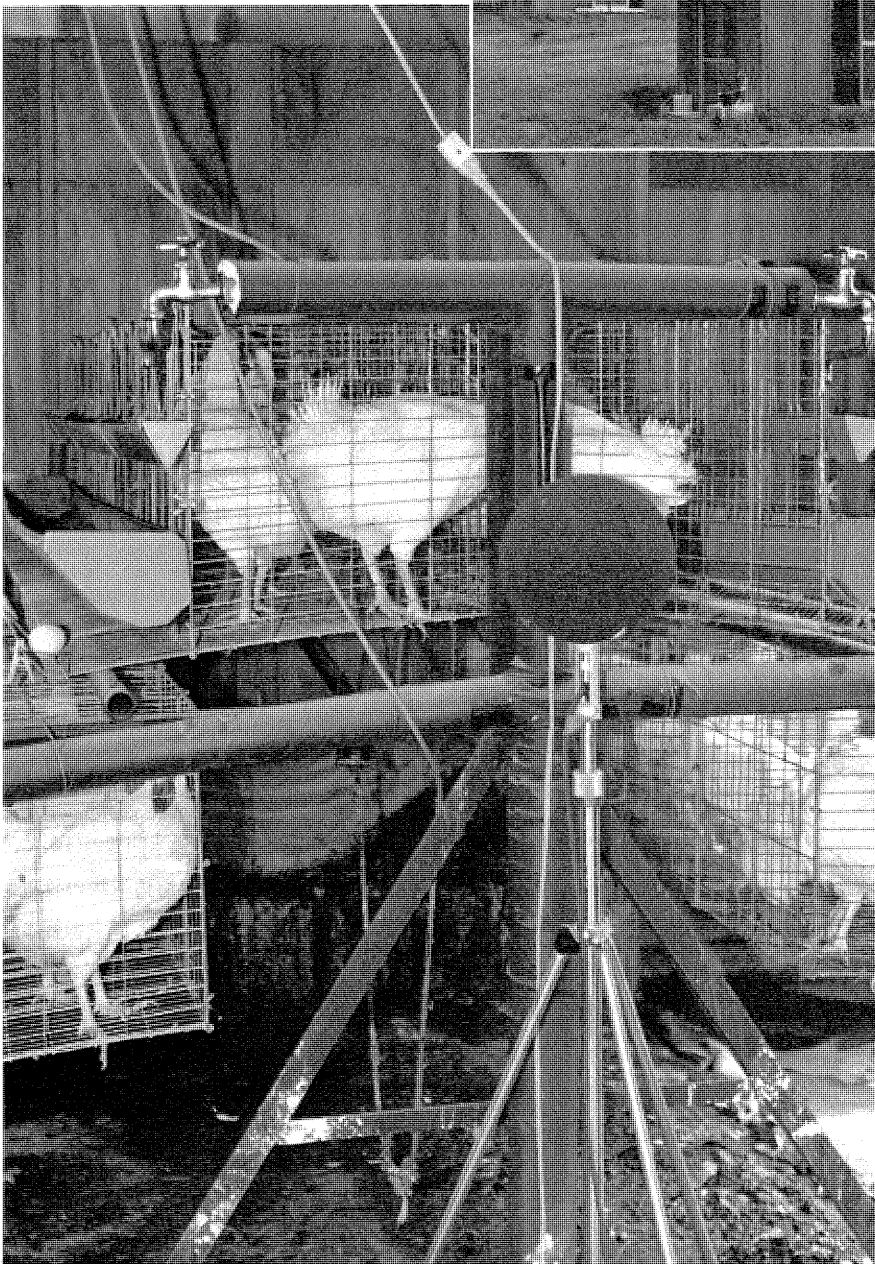


試験炉を用い燃焼試験を積み重ねている(図2-1-16参照)。燃焼試験時の主な検討項目は、燃焼特性、排ガス性状、EP性能、微量成分の排出状況(POM、サブミクロンばいじんなど)、灰中未燃分、石炭および石灰中の微量元素である。

### 2-1-3 電力施設の騒音・振動対策

電力施設に起因する低周波空気振動がところにより問題にされている。当所では低

図2-1-17 低周波空気振動暴露室(写真上)と暴露室内部



周波空気振動に係る物理的問題点の解明、対策および予測評価法と動物影響について研究をすすめている。

#### I. 物理的影響の解明

現在、当所では内外の関連文献調査と基

本的な軽減対策の検討を行い、入射音圧レベルと建具の振動および振動の大きさと二次音との関係について重点的に検討を進めている。

建具のガタツキの始まる音圧レベルについての予備の実験によると、建具のガタツキの始まる入射音レベルは、建具の使用年数(磨耗度、建付け)、開閉状態、部屋の広さなどにより相当異なることが認められた。したがって建具の振動発生しきい値についてはさらに詳細な実験検討が必要である。併せて、低周波空気振動特有の音響的諸特性、たとえば、音圧レベルの距離減衰特性、建物材料などの透過損失、樹木等の遮閉効果などについて検討を加え、これらの結果に基づいて電力施設に適合した予測手法や対策技術の研究を進める。

#### II. 家畜等の動物におよぼす影響の検討

低周波空気振動の家畜に対する影響についてはこれまでに電力施設について問題とされた例はない。しかし、これまで研究された例も殆んどなく、環境影響評価のためあらかじめ検討しておく必要があると考えられたので、当所では、ニワトリの産卵および乳牛の泌乳への影響について実験を実施中である。

ニワトリについては、周波数(Hz)17、24、31の3種類、振動圧(dB)は70、80、90の三段階として実験した。発振器は700ミリ口径のスピーカー2個を装備したものである。供試鶏は国内で広く飼育されているシェパスタークロスで産卵最盛期のものを1群40羽使った(図2-1-17参照)。

昭和57年3月から9月の間に周波数を変えた実験を3回実施した。各実験では購入した鶏を実験環境に馴らしたのち、3週間の非暴露期、つづいて3週間の暴露期、さらに1週間の非暴露期を設け、その間の産卵を調査した。

これらの結果、暴露により産卵率が低下する傾向は認められなかった。乳牛の泌乳への影響については、ひきつづいて実験を実施する予定である。

## 2-2 海域環境

担当●土木技術研究所 環境水理部 部長 和田 明

### 2-2-1 ま と め —背景と研究の流れ—

我が国の火力、原子力発電所はそのほとんどが海岸に立地し、冷却水として大量の海水を使用するなど、発電所と海域環境とは切っても切れない関係にある。

昭和30年代に建設された火力発電所は比較的需要地に接近しているものが多く、また、その後問題化する漁業権もすでに消滅している地点への立地が多かった。それに発電容量も比較的小さいものであった。当時、冷却水に関しては、冷却水の再循環、すなわち一度冷却水として使用し水温のあがった海水を再び冷却水として取り込むために再循環防止対策が研究の対象となっただけであった。まして、温排水による海域での水温上昇が問題として取り上げられることはほとんどなかった。

しかし、その後、高度成長期の急激な電力需要に応えるために発電設備も大容量化するとともに、立地地点も需要地から離れた農漁村地帯に移ることで、様相は一変した。そして漁業とのかかわり合いで、発電所からの温排水による魚介類などの海生生物への影響が問題として提起されてきたのである。

当時、欧米諸国においても、内陸部に立地された発電所からの温排水が河川や湖沼に水温上昇をもたらしたため、水生生物への影響が指摘され、温排水が環境問題のひとつとして社会的に注目を集めていた。そしてその結果、温排水に対する水温規制などの法的措置がなされ、冷却池や冷却塔などの必要な対策が施されていった。

このような内外の情勢を反映して、我が国においても、水温の人為的上昇について

法的規制を加える必要があるとの指摘がなされるようになった。そして45年12月、水質汚濁防止法が制定され、水温上昇が水質汚濁のひとつとして明確に位置づけられた。この法律により温排水の排出基準を設定し、適切な排熱管理を実施することを目的として、昭和46年以降、国は環境庁、水産庁、資源エネルギー庁などの関連省庁の協力により、温排水問題解決のための調査研究に積極的に着手した。

この間に環境庁は、中央公害対策審議会(中公審)のなかに温排水分科会を設置し、温排水の実態調査に基づき排出基準案を策定する作業を進めた。昭和50年12月には中公審から「温排水問題に関する中間報告」が発表されたが、この段階では温排水の海生生物への影響に関する科学的知見は不十分であるとされたにとどまり、いまだに排水基準は設定されるにいたっていない。

一方、通産省は電源立地に係わる環境保全の重要性にかんがみ、昭和48年より事業者者に個別電源立地について環境影響調査を実施させ、この調査結果をもとに環境審査を実施し、事業者者に所要のアドバイスを行ってきた。

さらに昭和52年7月の省議で環境影響調査ならびに審査指針の強化方針を打出した。これに伴ない、環境審査制度を適確に運用することを目的として、温排水に関しては「温排水暫定指針」が制定された。

当所においては、これに先立ち、冷却水取放水に係わる環境保全の課題を重点研究課題として物理・工学ならびに生物学的な面から研究を推進し、調査手法および影響予測手法を開発してきた。

特に温排水に関する問題を科学的に解明

し、環境保全と発電所立地計画の推進を解決するために、2つの側面からのアプローチをはかってきた。その一つは、温排水や取水の現象の水理学的究明をとおして、水温上昇等の範囲の精度の高い予測手法と水温などの影響低減化のための対策の開発であり、他は水温上昇などによって海生生物がどのような影響を受けるかの生態学的な究明である。

これらの究明の結果、すなわち、海生生物に対する水温などの影響評価と温排水等の物理的変化機構を重ね合わせることによって、はじめて冷却水取放水問題の解決がはかれるものと考えている。

現状では、当所における温排水の拡散状況の把握に関する調査研究はかなり進展しており、物理工学的な拡散予測による手法は確立されていると考えられる。一方、冷却水取放水が生物に与える影響に関しては影響予測、評価の手法が未だ十分解明されていない点もあり、定量的な影響予測評価の手法が確立されるにいたっていない。このため、海生生物に対する冷却水取放水の影響は主として定性的な評価によらざるをえない状況にある。

このような冷却水取放水問題のほかに、今日、港湾施設など臨海構造物の設置が波、流れや海浜地形におよぼす影響についても、環境保全の立場から予測評価を行い、適切な対策をたてることが緊急な課題となっている。

当所では、本課題の重要性に注目して、海浜変形現象を予測する手法を開発するために、53年度より数値モデルに関する調査研究と大型造波水路による基礎実験を実施してきた。これらの結果を総合し、58年度

末には、防波堤などの海岸構造物の建設による海浜変形を事前に予測できる実用的な予測手法を開発する計画としている。

## 2-2-2 冷却水取放水の予測と対策

火力、原子力発電所の冷却水の取放水に係わる環境問題としては、温排水による水温上昇と取放水に伴う流動(変化)が対象となる。当所ではこれらの物理的現象の解明のほかに、これらの海生生物(プランクトン、魚卵稚仔、藻類)への影響の解明と対策技術の開発をすすめている。

### I. 温排水拡散・流動予測

火力、原子力発電所の温排水の放流方式は、表層放流方式と水中放流方式に大別することができる。それぞれの放流方式にお

ける水温低減過程と、それを支配する因子を明かにするため、現地海域における実測調査ならびに基礎的研究を実施した結果、つぎの知見を得た。

表層放流方式は、温排水を海域の表層部へ低流速で放出する方式であるため、放流地点近傍領域での周囲海水の連行加入に伴う混合稀釈効果は少なく、海域の流れと乱れによる移流、拡散ならびに大気への熱逸散が水温分布の形成に重要な役割を占めている。

一方、水中放流された温排水は、温排水を高速で水中へ放流する方式であるため、放流地点近傍領域での周囲海水の連行加入に伴う混合稀釈効果がきわめて大であり、上昇水温の大部分がこの領域において低減する。

これらの知見から、表層放流方式による

温排水の拡散予測においては、海域の流れと乱れによる移流・拡散ならびに大気への熱逸散を適切に表現することができるモデルの開発が重要である。

これに対して、水中放流方式による温排水の拡散予測においては、放流地点近傍の混合稀釈現象を適切に表現することができるモデルの開発が重要であるとの結論にいたった。

### 1. 表層放流方式の拡散予測

我が国沿岸海域における流動特性を明確にするため、流速変動の長時間連続観測記録を統計解析した結果、海域の流動特性は、潮流流が卓越して流れの周期性が明瞭なタイプと、流れの周期性が微弱で不規則な流動が卓越するタイプ、に分類できることが明らかとなった。したがって、それぞれの流動特性に応じた予測モデルの開発が必要である。

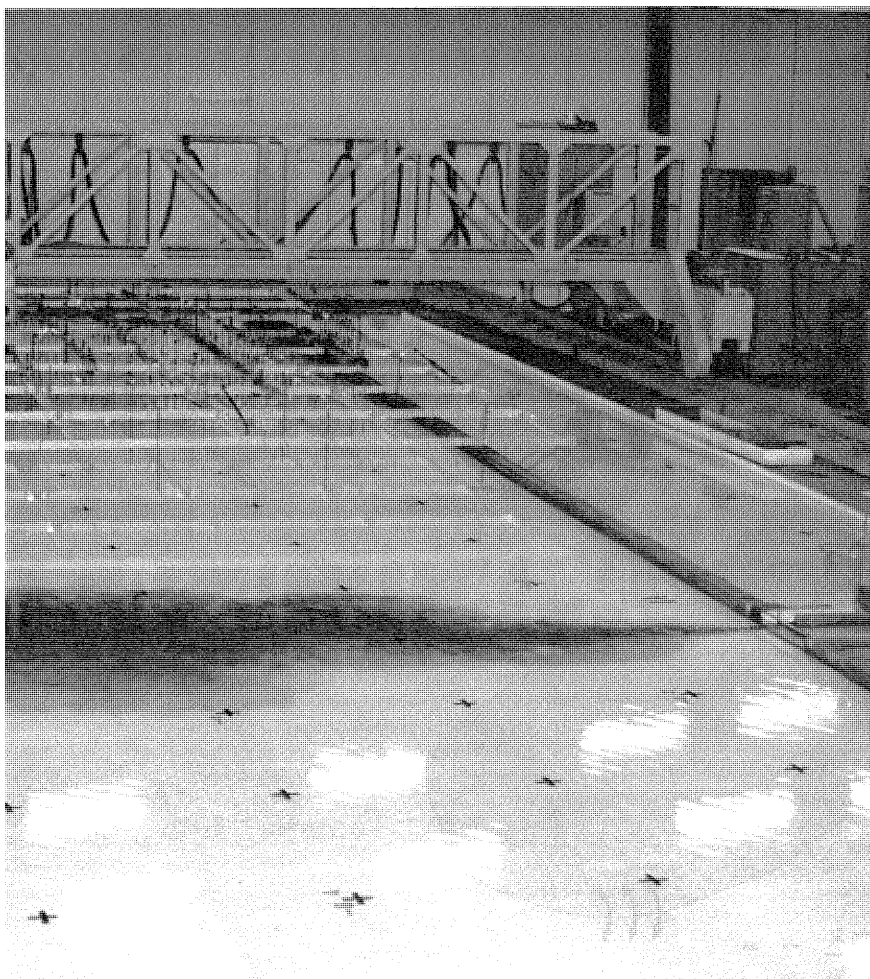
また、拡散現象にはメソスケールの乱れが重要な役割を占めていることを明らかにし、現地海域における流速変動の連続観測記録から、乱れの程度を表わす拡散係数を算出する手法を確立した。

さらに、大気への熱逸散量を算定するため、大気、海面間の熱収支に関する研究成果に基づき、熱交換係数の算定図表を作成した。

これらの研究成果を総合し、表層放流される温排水の拡散予測手法として、数値モデルによるシミュレーション解析手法を開発した。

これらの数値シミュレーション手法は、拡散に関与する多くの要素を考慮して実施するものであり、精細な計算が必要となる。そこで、拡散範囲の概略を簡便に推定するために、海域の特性を類型化し系統的な数値シミュレーションを実施して、拡散範囲の汎用計算図表を作成した。この図表により発電所規模、流動、拡散特性に応じて拡散範囲の概略を求めることができる。表層放流方式の数値シミュレーション手法の開発と並行し、水理模型実験手法の開発も実施してきた(図2-2-1 参照)。水理模型実験手法は、局所現象の再現や非定常現象の具視

図2-2-1 染料放出による温排水拡散実験



化などに利点を有しているが、実現象を模型上に相似に保つための相似則の確立がきわめて重要である。

このため、温排水の拡散現象を支配する乱れの相似性に関して研究を展開し、潮汐流が卓越した海域においては、平均的流況を再現するとともに、乱れの構造を相似に保つことにより、水温上昇域が相似に保たれることを明らかにした。

また、水理模型による拡散予測は、潮汐往復流が卓越した海域においては適用可能な手法であるが、不規則な流動が卓越した海域においては適用が困難であることを明確にした。

## 2. 水中放流された温排水の拡散予測

水中放流された温排水の水温低減は、放流地点近傍領域における混合稀釈過程に支配されており基礎実験の結果この過程は水中放流の放流条件、放流地点の地形条件な

図2-2-2 温排水が海面下(静水中)で薄められ拡散していく状況

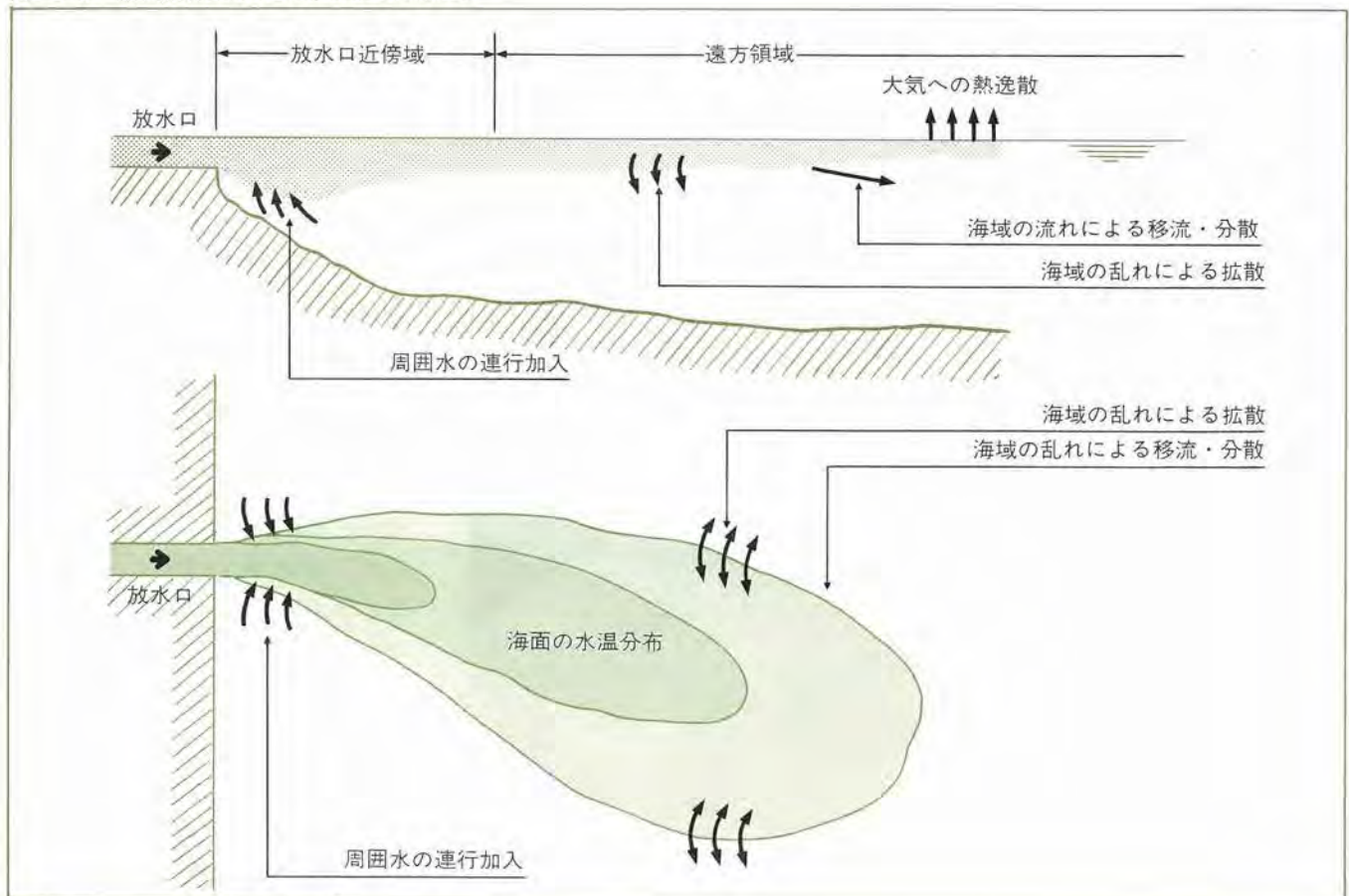


どに強く影響される3次元的现象であることが明らかとなった。

この結果に基づき実験手法を検討し、相似則ならびに模型縮尺の限界条件を明確に

した。また水中放流方式の場合には表層放流方式と異なり、現象の時間、空間的スケールが小さいため、長時間にわたる流れの相似性は必ずしも重要ではなく、水中放流

図2-2-3 表層放流された温排水の水温低減過程



方式に対する水理模型実験手法は、潮汐流が卓越した海域はもとより、不規則な流動が卓越した海域に対しても適用可能であることを明かにした(図2-2-2参照)。

大量の温排水が水中放流される場合には、放流地点近傍領域での混合稀釈による水温低減が十分ではなく、温排水が広域にひろがる場合もあり、放流地点近傍領域を対象とした水理模型では拡散予測が困難となる(図2-2-3、4参照)。しかし水中放流された温排水であっても、放流地点から離れた海域における水温低減過程は、表層放流された温排水の水温低減過程と同様に考えることができる。このため、このような場合に対し、放流地点近傍領域を対象とした水理模型実験により混合稀釈後の水温分布・流速分布を求め、この結果を表層放流の予測モデルの入力条件として設定し、広域におよぶ拡散範囲を予測する手法を開発した。

これら水中放流方式に対する予測手法の

適用性に関しては、現地実測結果と予測結果の比較により確認されている。

また、これら手法の開発と並行し、放流地点近傍における混合稀釈過程から海域における移流・拡散過程までの一連の水温低減過程を解析する3次元数理モデルの開発を実施してきた。この手法の適用性は、現地海域における実測結果と予測結果との比較により確かめられており、近い将来、予測手法として実用化できるものと考えられる(図2-2-5参照)。

### 3. 温排水拡散予測の関連問題

波浪により沿岸域に形成される海浜流が温排水の拡散現象におよぼす影響を明らかにするために、水理模型実験を実施して現象の解明に努めてきた。水理実験で得た基礎的知見に基づき数理モデルを開発し、海浜流を考慮した温排水拡散予測を実施した結果、予測結果は実測結果とほぼ一致し、

予測手法としての適用性が確認されている。

さらに、温排水の拡散予測と関連して、自然環境水温の変動特性を把握し拡散予測の精度を向上させるため、現地実測ならびに数理モデルによるシミュレーションを実施して、水温変動を支配する大気、海面間の熱収支機構の解明に努めている。また、この研究成果に基づいて、大量温排水の放出に伴う局地気象変化の予測手法の開発研究を実施している。

温排水の放出に伴い海域に形成される流動場の予測は、温排水拡散予測の一環として実施され、予測に当たっては数値シミュレーション解析手法ならびに水理模型実験手法が適用できる。

## II. 冷却水取水・流動予測

冷却水の取放水が海生生物におよぼす影響の要因としては、一般に水温、流動の変化、復水器冷却系統の通過などが考えられ

図2-2-4 水中放流された温排水の水温低減過程

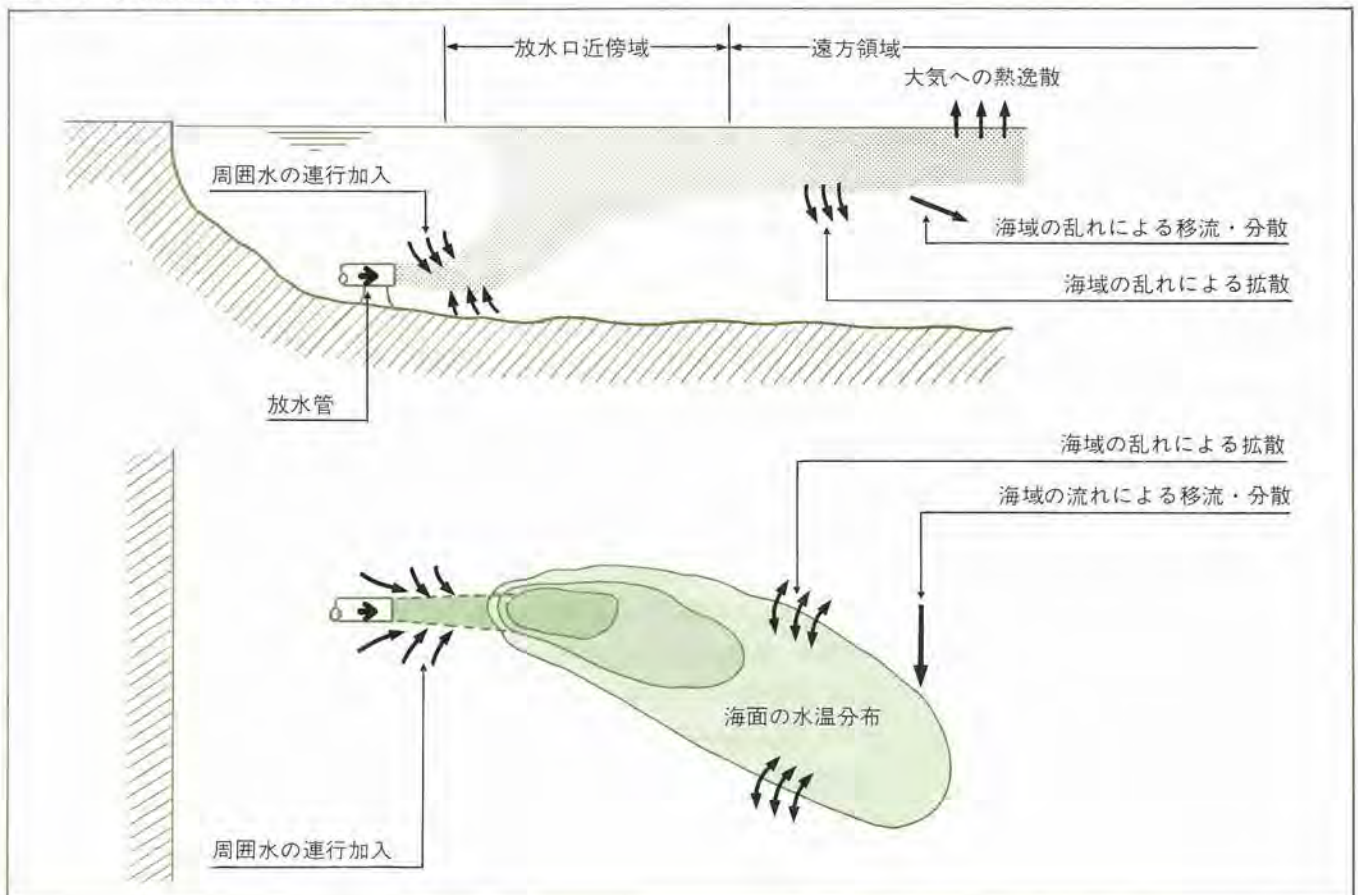


図2-2-5 数理モデルによるシミュレーション解析結果と現場実測結果(流れに周期性がない場合)

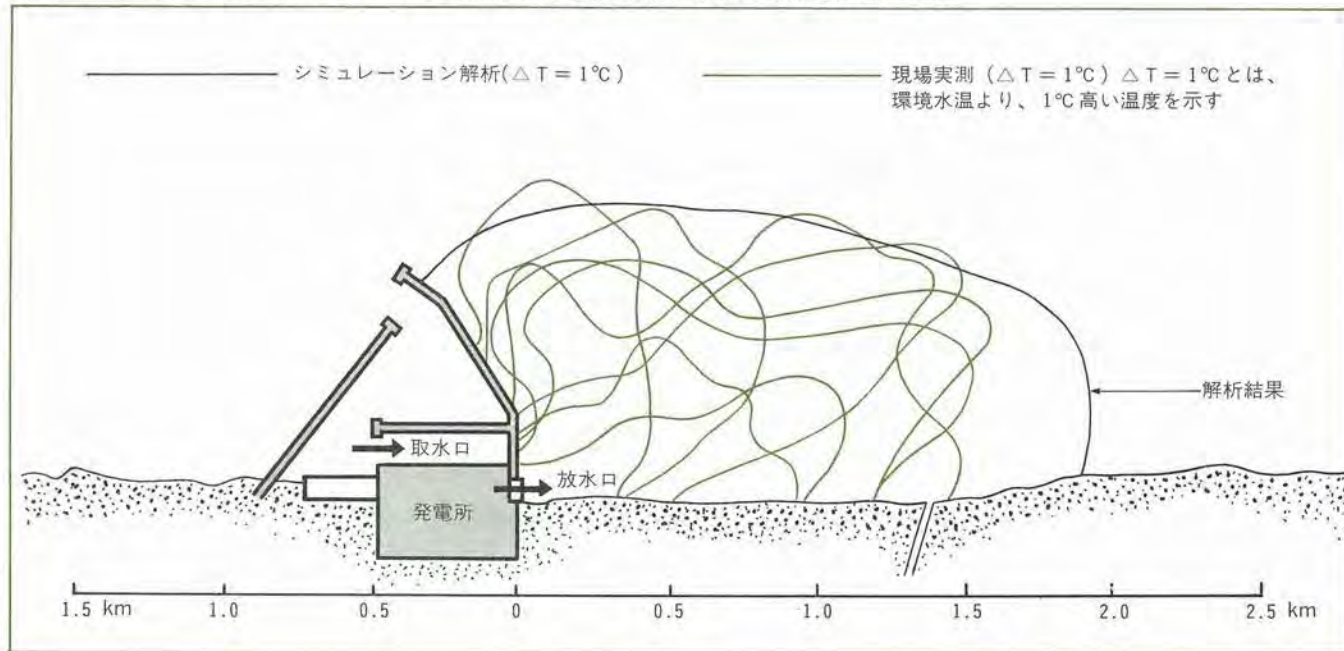


図2-2-6 冷却水取水に伴う取り込み確率のシミュレーション結果の一例(粒子投入後24時間)



る。したがって、生物環境の変化を予測するためには冷却水の取水によりどの範囲の水塊が取り込まれるのか、温排水にどの範囲の水塊が混合するのかを予測し、その結果を対象海域の生物種の分布と関連させて検討する必要がある。しかし、これらの評価に関しては、現時点では影響予測、評価の手法が確立されるに至っていないので主として定性的な評価によらざるを得ない。

発電所の大容量化に伴い、大量の冷却水

を取水する傾向にあるがそれに伴って取水される海水の範囲も広範囲におよぶことが予想される。その範囲のなかに重要な魚種の産卵場や藻場が存在している場合、浮遊している卵稚仔などの魚類プランクトンがどのような範囲から取り込まれるかを明らかにすることは、取放水による海生生物への影響を最小限にする取放水口を設計するうえで重要な課題である。

冷却水取水に伴い、取り込まれる浮遊体

の割合を量的に把握するための手段として、海域の流れと乱れを考慮した確率論的な手法の数理モデルを開発した。すなわち、平均的な流れの場としての沿岸流ならびに冷却水取水による流れの分布を流体力学の運動および連続方程式の連立解により求めた後、海域の場における個々の粒子運動に乱数を用いて不規則な乱れを与え、各粒子の位置を時々刻々計算することにより、冷却水取水によりどの範囲の水塊がどのような

確率で取水口に取り込まれるかを検討することが可能となる。

当所で展開した数理モデルの適合性を検討するために、内海域において稼動中の発電所を対象に人工くらげと称する浮遊体を海域に多数投入し、取水口に到達する浮遊体の個数を測定することにより取り込み確率を求め、その観測値と数理モデルによる予測結果とを比較した結果、両者は良好な一致を示した。

次いでこのモデルを魚卵の取り込み量に適用し、取水口で観測された魚卵の取り込み量の調査結果と比較し、予測結果は調査結果と良好な適合性を示すとの知見が得られつつある。

現在外海に面した地点を対象とした調査研究を実施しており、内海での検討結果をも含めて取水の影響を評価するための基礎資料を作成する予定である。

現在、海域の流動特性、拡散特性、取水量などをパラメータとした取り込み範囲およびその割合を示す汎用図の作成を行っている。これができあがれば、魚卵の取り込み範囲が簡易に予測することができ、冷却水取水の規模、取水施設の配置などを検討するうえでの参考資料として活用することが可能となろう(図2-2-6 参照)。

### Ⅲ. 海生生物への冷却水取放水の影響

臨海発電所の冷却水取放水に伴う海生生物への影響の可能性としては、プランクトンでは、取水連行による現存量または生産力への影響、温排水への連行加入による生産力への影響のおそれがある。魚類等遊泳動物では取水スクリーンへの衝突による損傷、温排水からの忌避またはそこへの誘引、温排水域でのガス過飽和による影響等のおそれが考えられる。また、浅海域の底生生物では温排水との接触による種組成や現存量の変化、温排水の洗掘による影響のおそれがある。

当所では、このうち、プランクトン、魚卵稚仔と藻類を研究対象の中心としている。

#### 1. プランクトン

植物プランクトンについては、冷却水の取・放水時の昇温などがその活性に与える影響を調べるための実験を行なった。

その結果、植物プランクトンの活性(増殖能、光合成能)と昇温処理との関係は発電所運転時を想定し、室内順化種を用いた実験の場合、夏季の条件では増殖能、光合成能はともに抑制され、冬季の条件では増殖能、光合成能はともに促進されることが認められた。

発電所前面における植物プランクトンに与える温排水の影響について数か所の発電所で調査を行った結果、その現存量および活性の影響範囲は放水口近傍に限られていることが認められた。

併せてまた赤潮に関する文献調査を行い発生に関する諸条件をとりまとめた。

動物プランクトンについては、温度に対する橈脚類プランクトンの耐性について実験的検討を行った。この結果にもとづき橈脚類の生存率を求める式を提案した。

火力、原子力を含む立地条件の異なる数か所の発電所について橈脚類の活性と現存量の冷却水路系通過前後比較調査ならびに前面海域調査を行った。

この結果冷却水路系通過によって橈脚類の生存率が低下することは非常に少ないが、むしろ個体数が放水側で減少する傾向がみられた。

また、前面海域では冷却水路系を通過した橈脚類が放水口から拡散していくため、通過影響は認めにくい。放水口直前の昇温による周辺水域での橈脚類への影響も認められなかった。

併せて、発電所から放出される温排水が海域の植物プランクトンの分布量をいかにか規定するかを、数理モデルを用いて予測し、予測結果について検討した。その結果、冷却水路系通過時の植物プランクトン量の減少は、放水口近傍での植物プランクトン量を減少させるにすぎないことが明らかとなった。これは過去のデータと比較して妥当と思われ、放水口近傍で植物プランクトン

量が回復するのは下層水からの連行によるものであり、ほとんど影響を受けないことが明らかとなった。

#### 2. 魚卵稚仔

発電所冷却水の大容量化に伴い、冷却水と共に取水される魚卵稚仔が冷却水路系通過中に受ける影響について、発電所周辺海域に生息する魚類の再生産維持、漁業資源の確保と云う観点から注目があつまり、これまでにも内外の多くの研究機関がその影響評価を試みている。

当所においては、魚卵稚仔の分布は時間的に極端に偏在し、野外調査から解析に足る試料を得るには多大な労力を要することを考慮し、昭和49年より主として人工採卵・孵化させたインガレイ・マダイ・イシダイの卵・仔魚を用いて、冷却水路系通過中の水温上昇、機械的刺激の影響を解明するための基礎実験を実施してきた。(図2-2-7～8 参照)。

その結果、これらの3魚種の卵・仔魚とも、発生段階により水温上昇、機械的刺激に対する耐性が異なり、胚体が出現する頃の卵が水温上昇に対し最も敏感であること、卵は孵化数日後の仔魚に比べ機械的刺激に対する耐性が大きなことが明らかにされた。また、実際の発電所復水器細管およびその後の冷却水路系内で想定される温度変化が、これらの3魚種の卵の孵化および仔魚生残に与える影響は、モデル復水器細管などを用いた実験から、胚体形成期のマダイ卵の一部を除くと極く少ないと推定された。

なお機械的刺激については、実験条件と実際の冷却水路系における刺激との再現性、相似性に関する検討が現在進められている。

#### 3. ノリ

ノリ(アマノリ類)は、我が国沿岸のいたるところで最も多く養殖されている。昭和30年後半からの養殖技術の開発によりここ数年の生産量は、75億～80億枚に達し、金額にして1,000億円を超え、沿岸漁業の重要な位置を占めている。

図2-2-7 イシガレイの受精卵(直径1 mm)

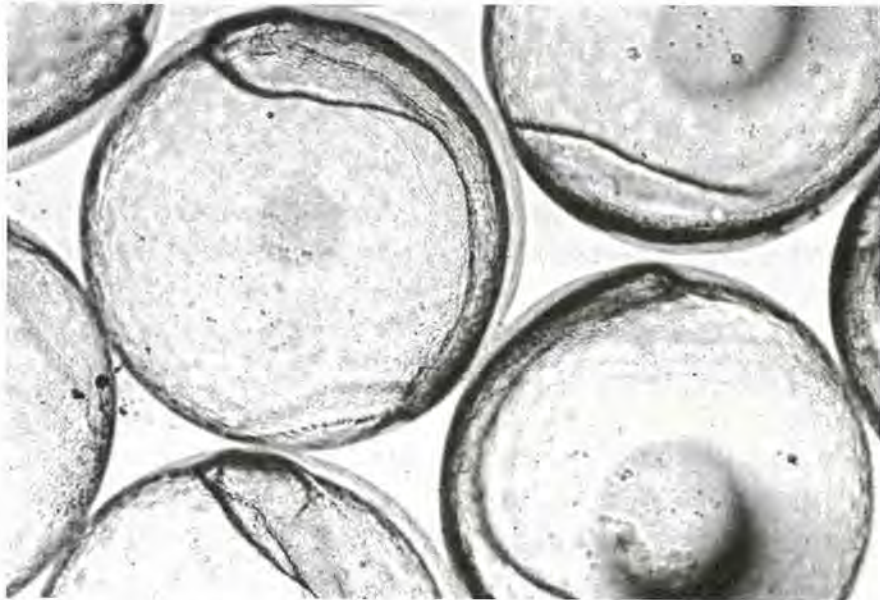
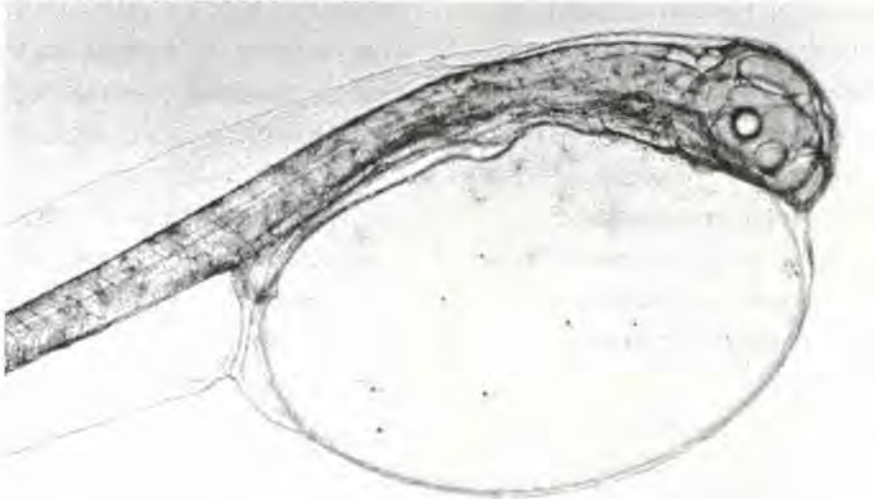


図2-2-8 イシガレイの孵化仔魚



発電所から放出される温排水のノリ養殖への影響について、当所を始め多くの試験研究機関において、調査研究が行われてきた。だが、ノリ養殖と作況は人為的、自然的、技術的な要素に支配されるため、温排水と養殖被害との因果関係については明確な結論が得られていないのが現状である。

温排水との関連で、ノリ生育と水温についてこれまでの知見を要約すると、ノリ養殖期における水温は、場所によって多少の差異はあるが2~22℃である。したがってこの範囲がアマノリ葉体の生育温度と考え

られる。

しかし、ノリの生育に好適な水温は生育段階によって異なり、初期に高く、生長するにしたがって低くなるのが好ましく、いわゆる季性温周反応\*として知られている。また、昼夜温差については、当所において昼温より夜温が低い方が好ましく夜温を昼温より高くするとノリの生育に悪影響を与えることを明らかにした。

日令(採苗後の日数)50日前後の水温(40~60日間の平均)が14℃以上の年は不作、13℃を下廻った場合は豊作になるとの報告

がある。これは、10年以上前のデータに基づくものであり、14℃と13℃との差1℃だけをとりあげ、あたかも水温が1℃上昇するとノリの作況を左右するかのよう云われる場合がある。

また養殖場の支柱棚では、干潮時に1日平均2~4時間干出され、干出時の気温と水温との差は昼間で-3~+5℃、夜間で-5~0℃に達することが実測されており、1℃の差で豊作、不作というのは妥当ではないと思われる。

温排水との関係でノリ養殖を考える場合、耐温、耐病性の優れた品種が望まれる。研究の結果、南方系マルバアサクサノリ種が耐温、耐病性に優れていることをみだした。

\*季性温周反応 植物の生育する環境要因の中で生育に大きな影響をおよぼすものに光などの他に温度があり、昼夜温の変化が生理作用に効果があることが知られ、日性温周反応の効果として知られている。ノリの生育適温は、その生育各期(幼芽・小葉体、葉体)の伸長に伴って低温となる環境がよい生育をもたらすとされている。これを季性温周反応という。

#### 4. アマモ

アマモ場は魚介類の繁殖場所であるが、それにおよぼす冷却水取放水の影響に関する調査は、国外のみならず、国内においても見あたらない。

ただ、ホンダワラ類藻場調査事例が数例あるが、冷却水の取放水による流動変化や水温上昇がアマモ\*の生育や分布に対しても影響をおよぼすかどうかについて調べるために、当所ではアマモ場調査手法の検討およびアマモへの温度影響実験を実施中である。

まずアマモ場調査手法の検討については、アマモの現存量(g/m<sup>2</sup>)および葉上、葉間動物や付着珪藻の種類と量を把握するために必要最小採取り面積と必要最少サンプリング回数を明らかにした(図2-2-9~10参照)。

また、アマモの種子発芽および生長、花



の開花・結実、光合成、呼吸等におよぼす温度の影響について研究中であるが現在までにアマモの葉長の伸長速度は20～25℃で最も早く、30℃では低下する。

また、アマモの花は水温25℃になると開花異常を起こす率が高くなることが明らかになった。

なおこれらの結果は、人為的条件下に移した場合のものであり、今後はより自然条件に近い状態でかつ、長期間(1年間以上)にわたる実験を行うとともに、アマモのライフサイクルへの低昇温影響についての研究も実施する予定である。

\*アマモ アマモは内湾の砂泥水域に生育する海産顕花植物である。日本では北海道から鹿児島県まで広く分布し、藻場を構成する海藻草類の中で、アマモは非常に分布範囲の広い種である。

アマモの生育によって、その葉上や葉間あるいは底上中の水生生物量が増加し、魚介類の産卵や生育、索餌等の主要な場となる。そしてこのような場所はアマモ場と呼ばれている。

#### IV. 冷却水取放水対策

温排水の放出に伴う影響を低減させるため、当所においては、水理学的手法による冷却水取放水対策ならびに大気への排熱を利用した冷却水放水対策について研究を実施してきた。

##### 1. 水理学的手法による対策

###### — 深層取水による放水温度の低減 —

海域には自然状態であっても日射の影響により水温成層が形成されるが、下層部には温度の低い海水が存在するため、下層水を選択的に取水することにより、放水温度を低く押えることが可能である。

また温排水の影響が取水口におよぶ場合には、温排水の再循環を防止し取水温度の上昇を防ぐ効果も有している(図2-2-11参照)。

当所においては、深層取水に関連する水理学的検討を実施し、下層水のみを選択取

水する限界取水条件を明らかにするとともに、取水構造物の設計指針を作成した。この研究成果は、多くの発電所用の取水構造物の設計に活用されている。

##### 2. 温排水放流時の対策

温排水の放出方法を工夫することにより、

周囲海水との混合稀釈を助長し、放出後の水温低減を促進して温排水の影響をできるだけ小範囲にとどめるため、放流方式に関する検討が実施された。この放流方式の一つとして稀釈混合放流がある。

この方式は、温排水を放出する以前に海水を加えて水温を低下させ、放水口から海

図2-2-9 アマモ場分布の一例(横須賀市、小田和湾・当所の研究試料採集場)



図2-2-10 海中におけるアマモ生育調査



図2-2-11 深層取水構造物の代表例

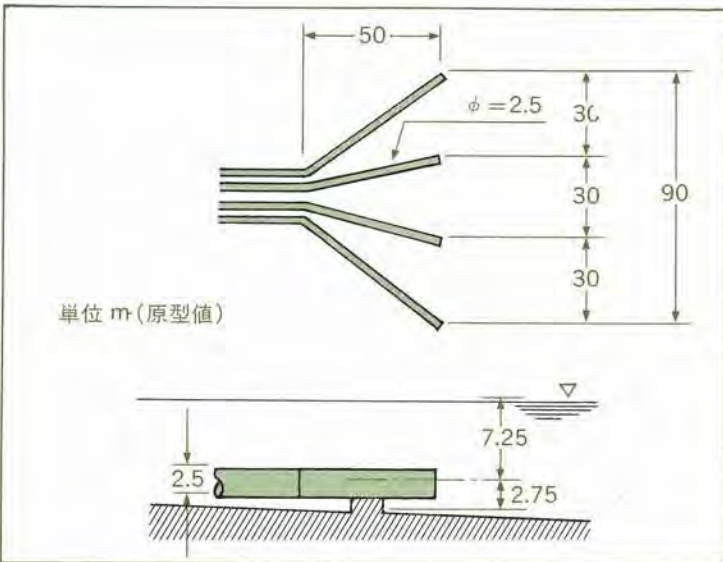
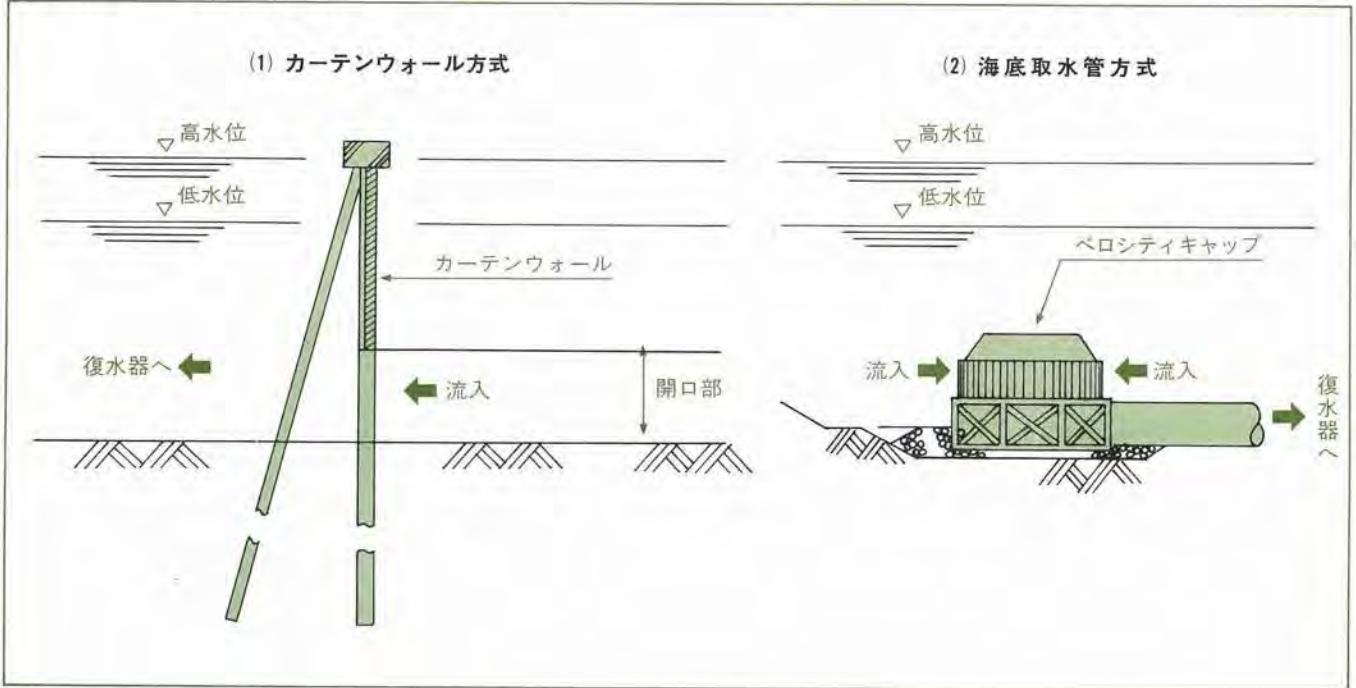
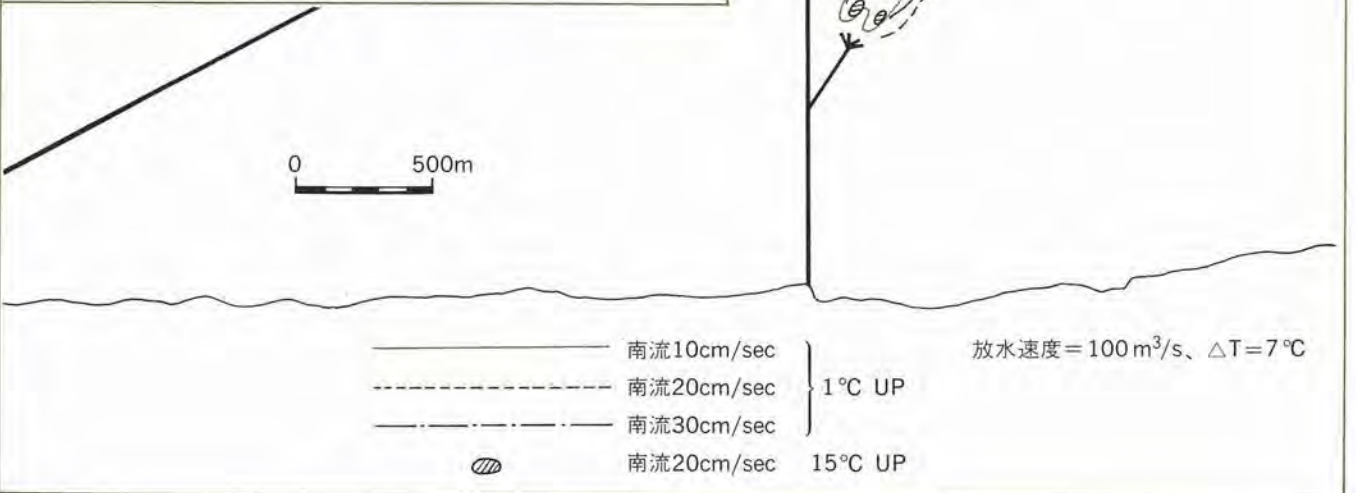


図2-2-12 水中放流構造物と水温分布の一例



域へ放水する方式である。この方式の採用は技術的に容易であり、放出水温を低下させることにより海域には高温度上昇域が形成されない利点を有している。

しかし、低温度上昇域は、排出される熱量が同等であるため、放流量の増大に伴って稀釈放流しない場合とほとんど同等となる欠点を有している。また、大容量発電所の場合、冷却用水に加えて多量の海水を取水する必要があり、大量の海水の取水に伴う生物環境影響など解明すべき問題が残されており、今後さらに検討を要する方式である。

これに対して、温排水による表層部の水温上昇範囲を小範囲にとどめる方法としては、水中放流方式がある。この方式は温排水を高流速で水中に放流することにより周囲海水との混合稀釈を促進させ、温排水が海面に到達するまでの過程において水温の低減を計る方式である。

当所においては、基礎的な水理実験ならびに理論的な研究を実施して、水中放流された温排水の混合稀釈現象の解明を計るとともに、海岸、海底地形条件をも考慮した模型実験を実施して、水中放流方式の効果について検討を加えてきた、これらの研究成果に基づき、沖合水中放流方式および護岸放流方式などの具体的な水中放流構造物の設計のための基礎資料を作成した(図2-2-12参照)。

現在、水中放流方式は発電所の温排水放流施設として採用されており、現地海域における実測結果によっても、表層における水温上昇範囲を大幅に縮少できることが実証されている。

### 2-2-3 水質汚濁の予測と水質浄化対策

火力・原子力発電所との関係で海域における水質汚濁が問題となるケースは工事中を除いて余りない。ここでは工事中の濁りの影響予測と発電所冷却水の取放水を活用した閉塞性海域における海水浄化対策についてふれる。

#### I. 工事中の濁りの予測

臨海に立地する大容量の火力、原子力発電所の建設に伴って、大規模な海域の埋立工事、港湾などの海岸構造物の建設工事が実施される。工事の実施期間中には、土砂粒子が浮遊して濁りを形成し、海域に拡散して水質を悪化させることが懸念される。

海域における濁りの拡散現象においては、海域の流れと乱れが重要な役割を占めているため、これらを考慮することができる濁りの拡散予測手法を検討し、数値モデルによるシミュレーション解析手法を開発した。

この予測手法は、工事工程に従って算出した濁りの発生量を各工事実施地点に負荷量として工事実施時間中連続的に投与し、海域に拡散した濁りの濃度分布を予測するものであり、電力各社の発電所建設に伴う環境影響評価に活用されている。

#### II. 取放水利用による水質浄化

湾などの閉塞性海域においては、産業排

水、生活排水などによる水質汚濁が懸念され、水質保全対策が重要な問題となってきた。

これに関連して、閉塞性海域内の水塊と外海水との入れ替り、いわゆる海水交換現象に着目し、これを活用する水質汚濁対策の研究を展開した(図2-2-13参照)。

海水交換現象を解明するために、基礎実験を実施し、潮汐往復流とそれに重畳する乱れ成分ならびに潮汐残差流成分が現象を支配していることを明かにした。この結果に基づいて、これら因子を考慮することができる数値モデルを検討し、海域の乱れによる水粒子の不規則運動を表現することが可能な数値シミュレーション手法を導入して、海水交換の予測手法を開発した。

この手法では、従来の手法では予測することができなかった閉塞性水域内の任意の領域における海水交換率と海水交換に要する時間を求めることができる。本手法は、湾内水の水質保全対策に関する基礎資料を

図2-2-13 海水交換率の水平分布(3ヶ月後)



求めるため、実際の湾に適用され活用されている。

閉塞性海域の水質浄化対策として、発電所冷却水の取放水が水質浄化におよぼす効果についても研究を実施してきた。

具体的地点を対象として実施した水理模型実験の結果、湾内取水湾外放水のシステムは、湾外取水湾内放水に比較して水質浄化効果が期待できるとの知見を得ることができた。

さらに、海水交換の予測モデルを発電所建設予定地点である湾に適用し、湾内取水湾外放水を実施した場合の水質浄化効果を予測した結果によれば、水質の悪化している湾奥部では、湾内取水に伴って海水交換が著しく進み、水質浄化効果が大きいとの結論を得た。今後、冷却水取放水による水質浄化対策は、閉塞性海域に立地する発電所において活用されるものと考えられる。

## 2-2-4 海岸変形の予測と対策

海浜の砂は海岸に來襲する波浪が大きい時には侵食されて沖に移動し海浜が狭くなるが、静穏な条件が継続すると砂は沖から浜にもどり海浜は回復する。大規模埋立地や港湾の建設によって波浪分布や土砂供給条件が変化すると平衡が崩れるので、新たなバランスに向かって砂が移動し海浜変形が生じる。

### I. 海浜変形予測手法

波や流れによって砂が移動する現象を漂砂というが、この漂砂の駆動力となる波や流れの分布は主に水理模型実験によって検討してきた。しかし、砂の移動の縮尺模型実験は相似性の点で問題があるので、数値シミュレーション手法が海浜変形予測にとって重要になる。そこで、海浜変形の内部機構をモデル化した予測モデルの開発に努めている。

しかし、海浜変形現象は要因相互が干渉し合う複雑な現象であり、現在、構造物周辺の局所の変形を予測する海浜変形予測2次元モデルについて第一段階のモデルを作成したところである。

海浜の短期的変形は主に岸沖方向の漂砂に基づくものである。

一方港湾建設に伴う隣接海浜の変形はもっと長期的漂砂特性が支配的になる場合が多い。これらは主に沿岸方向の漂砂に基づくものと解釈されている(図2-2-14参照)。

沿岸漂砂と波浪の関係には地域特性があるので、現地調査を実施する必要がある。これによって、波浪の沿岸分布から沿岸漂砂の沿岸方向分布を明らかにし、沿岸方向の土砂収支を海岸線の前進後退に換算する1次元モデルを構成することができる。

さらに、海底地形や構造物による波向や波高の変化の計算手法および岩礁や護岸等による沿岸漂砂の変化を検討して沿岸漂砂による海岸線変形(1-ライン)モデルを作成した(図2-2-15参照)。これは現在発電所建設に伴う環境影響評価に活用し得る唯一の

図2-2-14 沿岸漂砂による海浜変形の典型

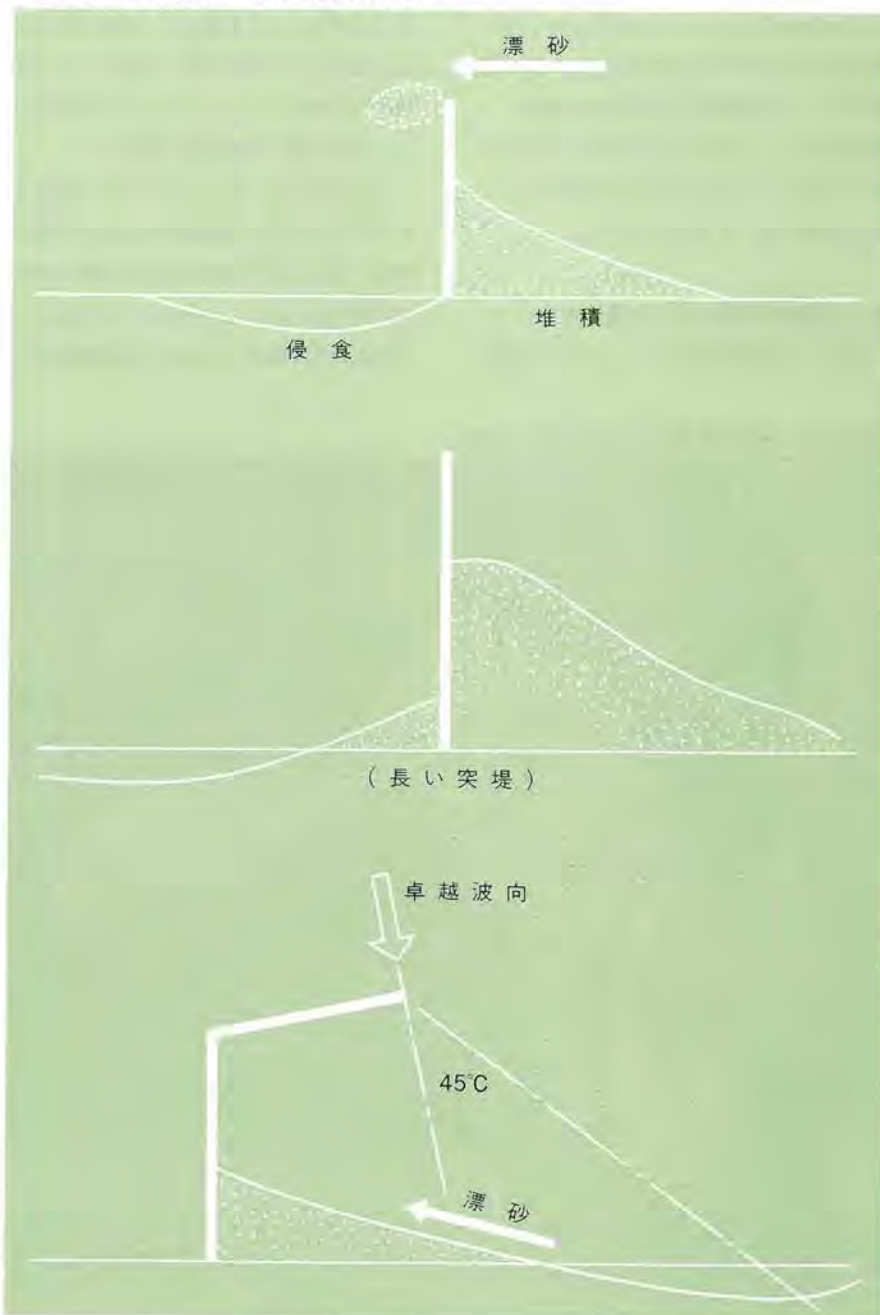


図2-2-15 沿岸漂砂による汀線の変化モデル(1-ラインモデル)



実用的予測手法である。

1-ラインモデルに波浪条件による海浜断面の変化特性を付加すれば、さらに適用対象を拡大し得るはずである。そこで大型造波水路(図2-2-16)による海浜変形実験により実規模に近い条件下で岸沖方向漂砂に関するデータを収集している。その結果、沖波条件・海浜勾配・砂の粒径等から決定される海岸の侵食・堆積限界を明らかにし、それに基づき、海浜断面変化型の分類を行った。

## II. 海浜変形の対策

海浜変形の対策のほとんどは海浜侵食対策であるが、過去の海浜侵食の事例から言えば一方向に漂砂が卓越していると判断されるところに港湾を建設することは避けるべきである。凹弧状の海岸線を呈する海岸で漂砂の方向が一方に偏していない場合は顕著な海浜変形は生じていない。

また、港湾の施工順序や埋立地形形状の変更によって海浜変形を軽減できるほかに、漂砂供給域の侵食防止(突堤群、離岸堤)に

図2-2-16 海岸変形実験用の大型造波水路



よって抑止できる。

岸沖漂砂による侵食防止としては、離岸堤が有効な例が多く、また直立護岸は脚部に波が到達すると急速に侵食が進むため避けるべきであるとされている。これらの構造物の岸沖漂砂の抑止・促進効果の定量的

把握は今後の課題である。沿岸漂砂による海浜変形は岸沖方向漂砂による変形よりも長期的に緩やかに進行するので、建設工事の進捗に伴う海浜変形状況に応じて採用すべき工法とその範囲などを変更して行くことが必要である。

## 2-3 陸水域環境

担当●土木技術研究所 副所長 安芸 周一

### 2-3-1 まとめ —背景と研究の流れ—

自然の河川を利用する水力発電は、このためのダム貯水池や取水堰の建設や運転に伴っていろいろな影響を河川環境におよぼすが、小規模な水力発電所が山間の僻地に立地され、その影響も小さいうちはあまり問題にされなかった。ところが、水力発電所も大規模化し、また、河川地域の開発がすすむにつれて、水力発電所の環境への影響が目立ち始めてきた。そして自然環境保護に対する社会的意識の高まりとともに、これらの問題が社会問題として取り上げられるようになってきた。

このような状況を背景に、当所においては関係分野の研究力を総合化して、昭和47年、河川・貯水池・湖沼環境保全研究連絡会を組織し、水力発電所関連の環境問題の研究をすすめてきている。

そしてまず、水力発電所の建設、運用に伴う貯水池水質変化のうち、水温変化現象との解明に取組んだ。48、49年の2カ年間にわたって全国大の現地調査を貯水池水温と濁度などについて行い、それぞれの特性について検討した。

室内実験も併せ、貯水池水温分布の形成過程と貯水池水の流動形態を解明し、水温変化と濁水長期化の機構を明らかにした。これらをもとに、貯水池の水温変化と濁度現象を予測するシミュレーション解析手法を開発した。

また、濁水の長期化現象の防止軽減対策として、貯水池の水温成層を利用した選択取水法を提案し、その有効性を実験と数理モデルによって確認、実用化をはかった。そしてこの方法は現在多くの貯水池で採用

されている。

水温変化と濁水現象の調査をつづけている間に、水質の富栄養化現象が顕在化しはじめていることに気づいた。

このため、50年度より、富栄養化を含めた総合的な貯水池水質の研究に着手した。全国の電力用主要貯水池約60地点における流域特性と水質の関係を把握するとともに、このなかから3つのモデル貯水池を選んで総合的な水質、生物、底質に関する研究と現地調査を行った。

これにより、貯水池水質と貯水池規模、流域特性の関係を類型化し、富栄養化に関する経験的な予測手法を開発し、評価基準を提案した。また、富栄養化現象の予測のための数理モデルを提示した。併せて、藻類生産力による水質評価手法などを開発した。

これらの成果は、総合報告書「貯水池水質の調査と解析」としてとりまとめられている。

一方、貯水池水質変化が魚類に及ぼす影響についての調査研究が行われてきた。

まず、53年度から55年度にかけて、主としてアユ、ニジマスを対象に、水温および濁度の変化が、これらの魚類の生息、行動、増殖に及ぼす影響が室内実験および現地調査により検討した。その結果、水力発電所など開発のすすんだ河川においても稚魚の放流など適切な管理を行えば、自然の河川とほぼ同じような魚類の生息が可能であろうと推定された。

水力発電に関する環境問題で、電気事業が抱えているもう一つの課題は水力発電所立地に伴う河川流量の減水区間に関する問題である。これはダムや取水堰の下流に広がる河川流量の減水区間においては、河川

の正常な機能を維持するために、少なくともどの程度の流水を確保する必要があるかという、いわばエネルギー開発と環境の調和に係わる問題である。

そこで、当所は水力開発地点の山地河川環境を維持するために必要な流量を定めるための手法の開発を56年度より3カ年計画で実施している。

また現在、貯水池の堆砂の除去方法とコンクリート骨材や農地還元を目的とした堆砂の有効利用に関する研究を中心に実施している。

### 2-3-2 貯水池水質の予測と対策

電力用ダム貯水池の築造に伴う河川水質変化の主要な項目とされている水温変化、濁水長期化および富栄養化\*のそれぞれについて、実態の把握、予測・評価手法の開発、保全対策の検討を行った。水温・濁度に関するこれらの研究成果は一応のレベルに到達し、現在は富栄養化の予測手法の確立および保全対策の検討に重点を置いた研究をすすめている。

\*富栄養化 内湾や湖沼・貯水池などの停滞水域の水に含まれる栄養物質(窒素、リンなど)が豊富になってプランクトンなどの生物活動が活発化し、その結果、水質が悪化する現象。

#### 1. 水質変化の実態調査とメカニズムの解明

ダム貯水池による水質変化の実態を定量的に把握するため、種々の現地調査を全国大の規模で行った。これらはつぎの3種類に大別される。

1. 貯水池水温・濁度特性調査(昭和48～49年)

図2-3-1 貯水池内の物質収支

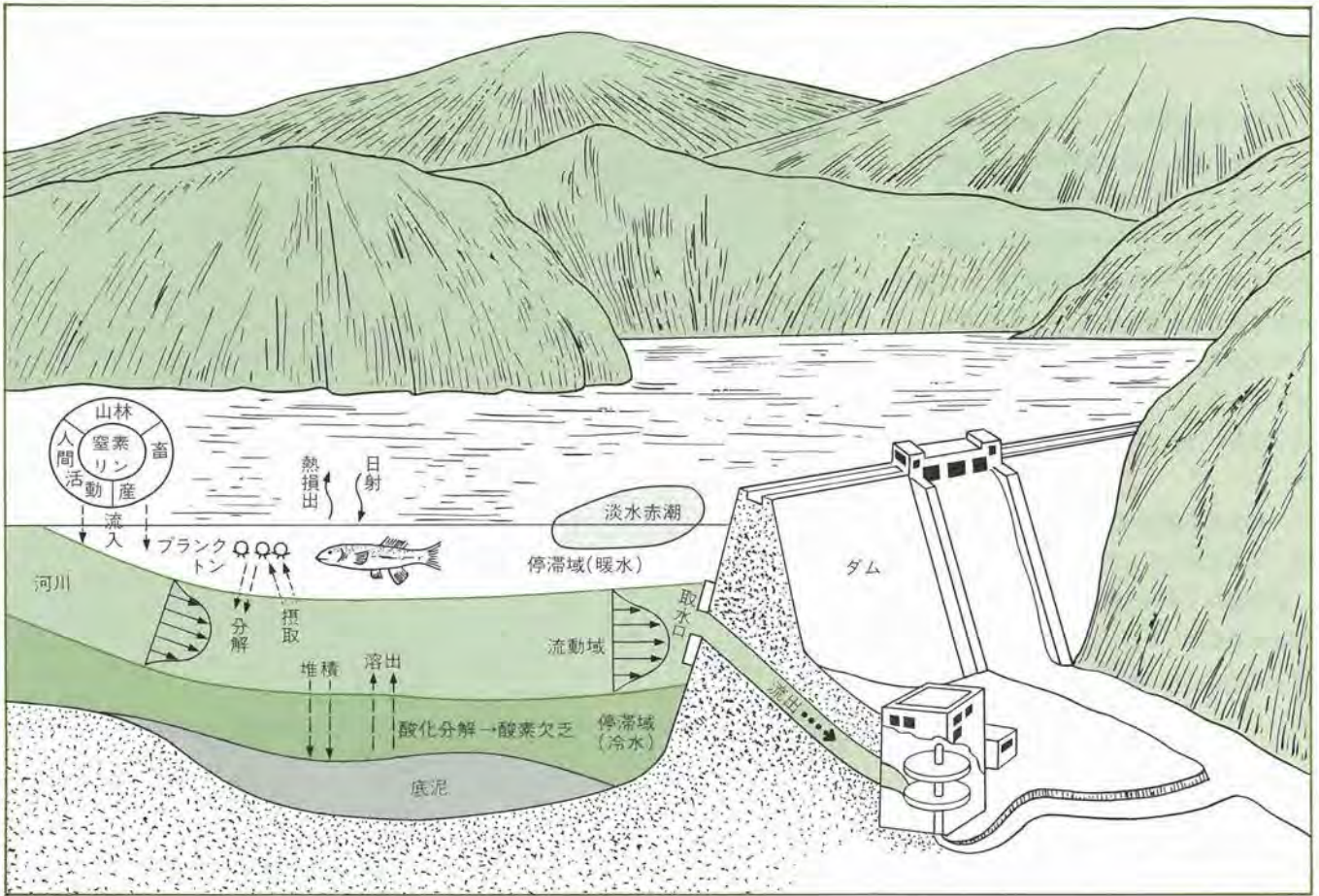


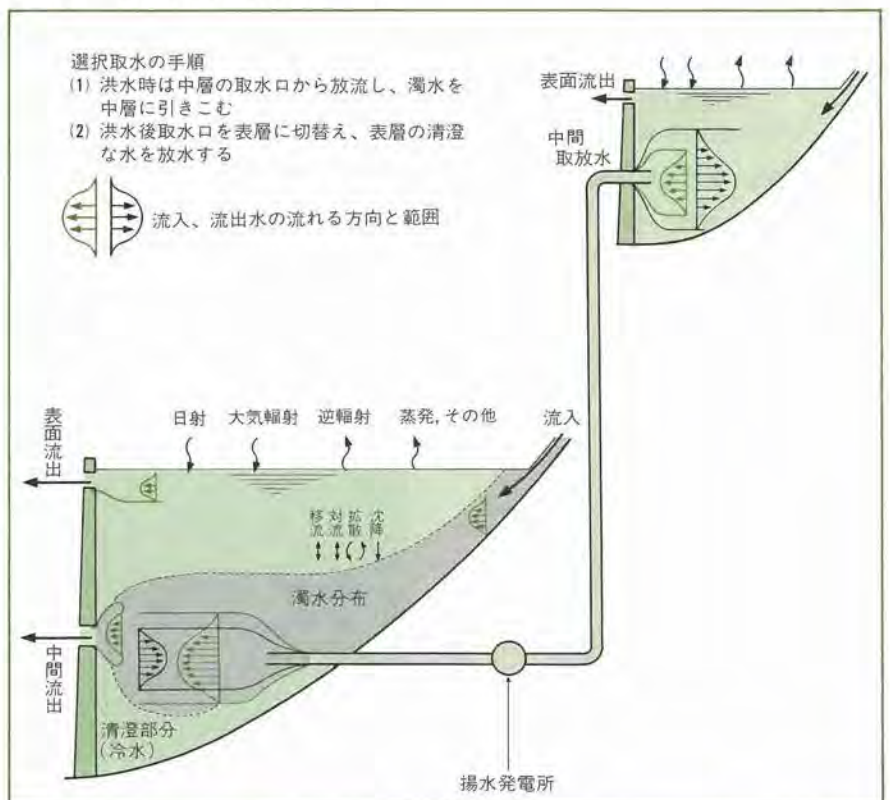
図2-3-2 貯水池濁水現象の解析モデル

2. 貯水池水質・流域特性調査(昭和50～53年)

3. 貯水池水質動態調査(昭和50～55年)

貯水池による水温変化、濁水長期化の程度は、貯水池の規模と運用、水分・気象条件などによって異なる。1.の調査はこれらの特性を把握するために行ったもので、全国の約10貯水池の水温・濁度分布資料を収集・解析した(図2-3-1～2参照)。

貯水池の富栄養化は、水温や濁度などの物理現象に比べてより複雑である。大量の生活排水・産業排水が流入する平地の湖沼と異なり、大部分が山間部に位置し、流域からの汚濁負荷量が比較的小さいと思われる電力用貯水池において、富栄養化がどの程度のレベルまで進行し、水質的に問題となりうるか否かを判断するためには、実態調査によって既設貯水池の水質レベルを把握しておく必要がある。このため、2.および3.の調査を行った。



2.の調査は、全国の約60貯水池を対象に、貯水池の水質および流域の人間活動の状況をアンケートにより収集・解析したものである。

また、3.の調査は、2.の調査で対象とした貯水池のなかから、運用条件・流域特性などの異なる3貯水池をモデル貯水池として選定し、それぞれ3年間、毎月1回程度の詳細かつ総合的な水質調査を行い、生物や化学成分の動態を把握したものである。

以上の実態調査を補完し、水質変化のメカニズムをより明確にするための研究として、当所ではつぎのような室内実験も行った。

- (i) 貯水池流動形態模擬実験
- (ii) 淡水赤潮プランクトンの培養実験

実態調査・室内実験などによって、貯水池水質変化のメカニズムの解明がすすみ、現在までに以下のような知見が得られている。

(a) 貯水池による水質変化は、夏季の水温成層\*の状況に影響されるが、水温成層が発達するかどうかは、つぎの2つの指標によってほぼ判定できる。

$$\alpha = \frac{\text{年間総流入量}}{\text{貯水池総容量}}$$

$$\beta = \frac{1 \text{ 洪水総流入量}}{\text{貯水池総容量}}$$

(b) 水温変化、濁水長期化は、混合型(貯水池内垂直水温分布が一様なタイプ)よりも成層型貯水池水中に(水温別の層があるタイプ)の貯水池の方が生じやすい。

また、洪水によって濁水が流入した場合成層型貯水池では池水の交換が遅いために濁水を放流する期間が長くなりやすい(図2-3-3参照)。

(c) 富栄養化現象は、 $\alpha$ および流域からの栄養塩負荷量\*\*が支配的因子であり、 $\alpha$ と平均水深が小さく、栄養塩負荷量が高い貯水池ほど栄養レベルが高くなる傾向がみられる。

富栄養化のメカニズムについては、なお

図2-3-3 洪水規模と濁水現象(成層型貯水池)

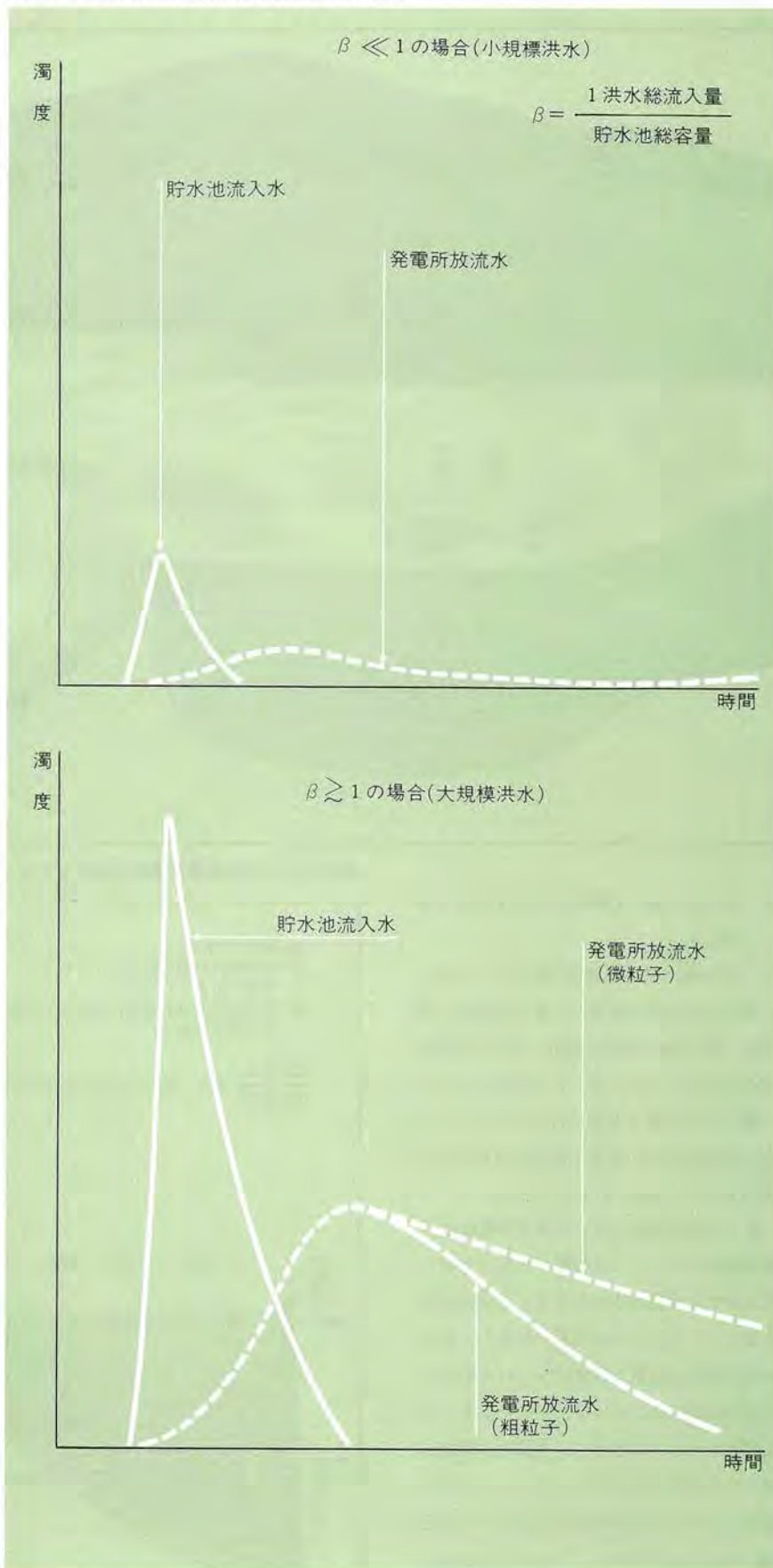
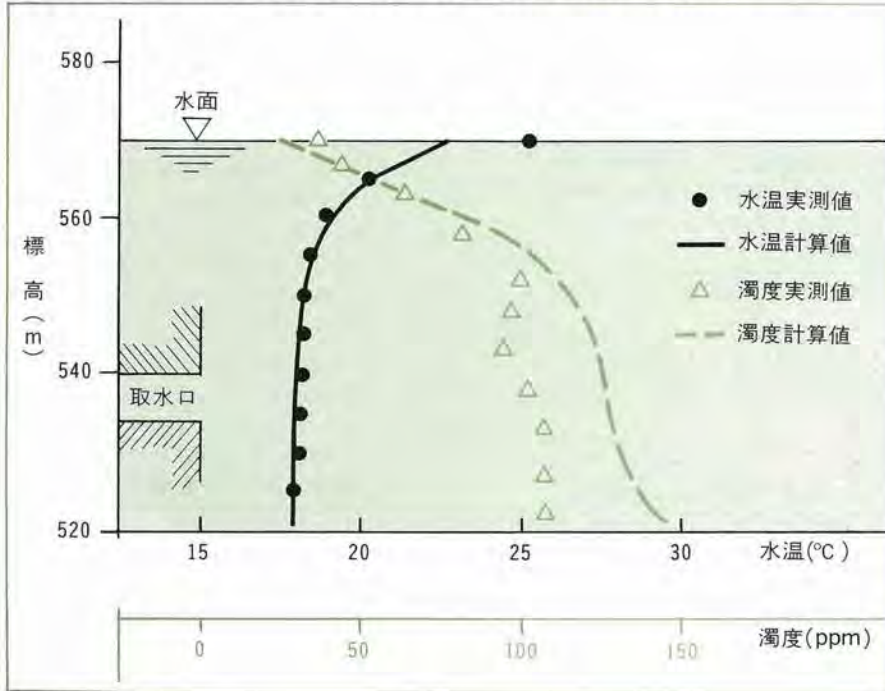




図2-3-4 貯水池水温・濁度予測手法の適用例 (Q貯水池昭和50年9月2日)



未解明の点も多く、主要な要因として深層水の酸欠化、底質からの栄養塩の溶出\*\*\*などが挙げられる。現在はこれらの残された課題の解明に重点を置いた調査・研究をすすめている。

\*水温成層 貯水池では、春から夏の受熱期に、日射および流入河川水の昇温によって上層が暖かみ、下層は冷たい水温分布となる。このように水温が層状の分布をなした状態を水温成層と呼び、特に水温が急激に変化している層を躍層と呼ぶ。

\*\*栄養塩負荷量 ある物質の流水中の濃度と流量の積を負荷量と呼ぶ。貯水池への栄養

塩負荷量とは、貯水池流入量と流入水栄養塩濃度の積で表わされる栄養塩の量のこと。

\*\*\*底質からの栄養塩の溶出 プランクトンの死骸など有機物の堆積した貯水池の底質中には、窒素やリンなどの栄養塩が多く含まれている。底質直上水が酸欠化し、還元状態になると、これらの栄養塩が水中に溶出してきて、富栄養化を促進するといわれている。

## II. 水質の予測・評価

貯水池水質の予測・評価に関して行った

研究は、貯水池内の流動を考慮した数値解析による水質予測モデルの開発と、水質評価手法の開発とに分けられる。

数値解析モデルは、貯水池を水平な層に分割し、各層についての熱・物質の収支を基礎式として水温や他の水質項目の時間変化を計算するものである。これに、貯水池の水質変化を大きく支配する貯水池内の流れの計算手法を開発し、数値解析モデルにとり入れている。

このモデルを用いて水温・濁度を予測する手法は、すでに数多くの既設貯水池・計画地点に適用され、実用性、汎用性の面で満足できる水準に達している(図2-3-4参照)。

富栄養化についても、現在同種の手法を開発中であるが、生物・化学現象の適切なモデル化が重要かつ複雑な問題であり、この点を克服するための現地調査を進めている段階である。

水質の評価手法として、当所では、TSI\*にもとづく5段階評価基準(表2-3-1参照)、およびAGP\*\*による評価の2つを提案している。

\*TSI Trophic State Index(栄養状態指数)の略。透明度64mのとき0で、以下透明度が1/2になるごとに10増えるように定義された指数。湖沼の栄養状態を、貧・中・富というような類型分類でなく、連続的に表示しうる指数としてCarlson(1970)により提案された。

\*\*AGP Algal Growth Potential(藻類潜在生命力)の略。対象貯水池の水を用い

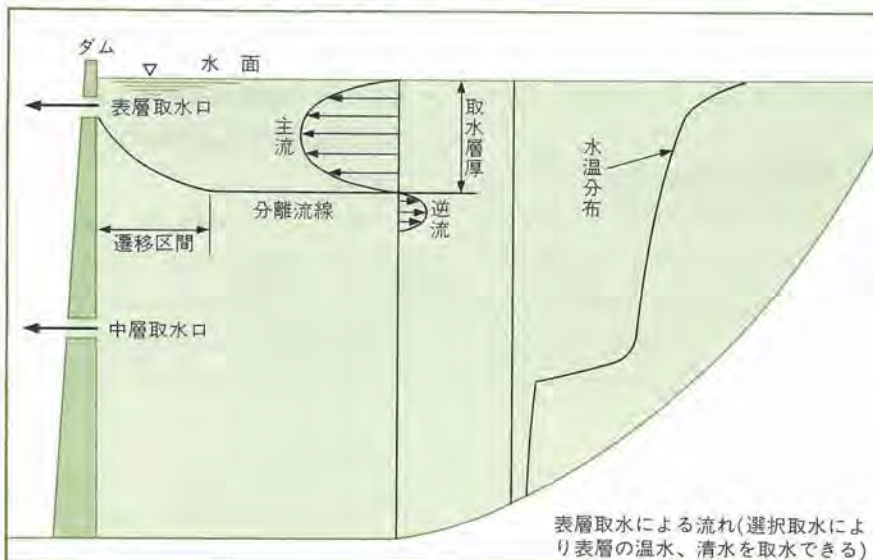
表2-3-1 貯水池水質の5段階評価

評価	T S T	参 考 項 目			他の分類との関係			
		全リン (mg/m <sup>3</sup> )	透明度 (m)	解 説	津 田	坂 本	Vollenwelder	環境庁
a	37以下	10以下	4.9以上	貯水池水は清澄であり、水域環境として快適	貧栄養	貧栄養	極貧栄養	I
b	47以下	20以下	2.5以上	貯水池水は清澄とはいえないが、なおクリエーション、自然景観上の水域環境として快適			貧-中栄養	II
c	53以下	30以下	1.6以上	水域環境として快適ではないが不快感も与えない	富栄養	中栄養	中 栄 養	III
d	61以下	50以下	0.9以上	水色変化や透明度の低下が認められ、水域環境としてやや不快			中-富栄養	IV
e	61以上	50以上	0.9以下	透明度の著しい低下や異臭の発生などがあり、水域環境として不快				富 栄 養

表2-3-2 貯水池水質の保全対策

問題	貯水池内対策		流域対策	
	方法	内容	方法	内容
水温変化	選択取水	取水口を選択取水可能な構造とし、特定の水温の層を取水することによって放流水温を制御する	流域変更	水温の異なる他の河川やダムの水を導水する
濁水長期化	選択取水	取水口を選択取水可能な構造とし、洪水時の濁水を中層に深に引込んで極力排出し、適当な時期に表層取水に切換えて清水を放流することにより下流の濁水期間を短縮する	砂防工事 植林	いずれも流域の斜面侵食・崩壊による濁水供給量を少なくするための対策。このほか道路工事に伴う残土なども濁水供給に寄与するとされており、その適切な処理が必要である
	薬剤	凝集剤を用いて濁質をフロック状にし、すみやかに沈澱させる		
富栄養化	曝気	深層に空気を注入することによって循環流をつくり、底層水の酸欠化とそれに伴う底質からの栄養塩の溶出を防止する	発生負荷量削減	流域の栄養塩発生量（生活排水、畜産排水、農地排水、工業排水など）を削減するもので、排水の高度処理、無リン洗剤の使用、畜産廃棄物のメタン発酵によるガス化利用などがある
	薬剤	殺藻剤を撒布し、プランクトンを死滅させる		
	底泥処理	栄養塩の溶出源である底泥を除去または被覆する		
	生物学的除去	ホテイソウなどの植物を用いて水中の栄養塩を吸収し、プランクトンの発生を抑制する	流域変更	栄養塩濃度の低い他の河川やダムの水を導水する。栄養塩濃度の高い流入水を流域外へ導水する
	選択取水	選択取水によってプランクトンを放流し、池内発生量を制御する		

図2-3-5 選択取水(表層取水)の原理と実験



て、定められた条件下でプランクトンの増殖試験を行い、得られた増殖量のこと。

### Ⅲ. 水質保全対策

水温変化、濁水長期化および富栄養化のそれぞれに対して、いくつかの保全対策が提案されている。これらは、流域対策と貯水池内対策とに分けられる(表2-3-2参照)。

貯水池ならびに下流河川の影響を出来る限り小さくし、貯水池管理者が何らかの水質保全対策を実施せざるを得ない場合

がある。その場合、実施しうるのは貯水池内対策であろう。

このため、当所では、水温・濁度保全対策としての選択取水に関する実験的研究を行った(図2-3-5参照)。

選択取水の原理は、水温成層のある場で取水を行うと、取水による流動層と停滞層が形成され、流動層内の水質だけが下流に放流されるというものである。たとえば、表層の温水や清水を選択的に取水し、冷水や濁水の放流を防止する場合などに利用さ

れる。

選択取水の効果を定量的に推定するためには、流動層の位置を正しく予測しなければならない。このため、模型実験と現地観測により、水温勾配・取水流量・取水口の形状と位置から流動層厚を推定する式を求めた。

現在、多くの既設、新設の貯水池でこの方式がとられ、実用化されている。また、数値解析モデルを用いて選択取水の効果を予測することもしばしば行われる。

また富栄養化の保全対策については、当所では、曝気および選択取水の2つについて現在検討をすすめている。

### 2-3-3 貯水池堆砂の予測と対策

貯水池の堆砂は通常、浮流砂が貯水池の下流部に沈積し、掃流砂が貯水池の上流末端部に堆積する形で進行する。堆積土砂が多くなると貯水池容量の減少、ダム機能の低下のほか、貯水池末端での河床上昇、これに伴って生ずる洪水時の水位上昇によって、氾濫などの原因となることもある。また、ダムの建設によって、上流からの流砂の供給を絶たれた下流では河床低下をきたす。

これまで貯水池の堆砂問題について、流

表2-3-3 水系別堆砂状況

昭和53年3月

水系	流域面積 (km <sup>2</sup> )	ダム数	当初総貯水容量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	堆砂量 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>			全堆砂率 (%)	年堆砂量 (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /年)	1ダム当りの年堆砂量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /年)	実績比堆砂量 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> /年)
				有効容量内	死水容量内	合計				
石狩川	4,217	18	771	7	15	22	2.86	1.24	68.9	294.1
北上川	3,100	10	501	3	10	14	2.78	0.99	99.0	317.9
阿賀野川	6,728	18	1,367	7	37	44	3.20	1.69	93.9	251.6
信濃川	7,416	17	333	7	12	19	5.61	1.64	96.5	220.6
黒部川	405	2	201	10	13	22	11.17	1.26	630.0	3,107.4
庄川	1,134	12	537	14	43	57	10.63	1.85	154.2	1,634.3
大井川	746	8	286	31	27	58	20.25	3.08	385.0	4,132.2
天竜川	4,895	11	619	36	117	153	24.65	7.75	704.5	1,583.4
木曾川	5,232	26	633	43	59	103	16.19	5.14	197.7	982.8
新宮川	1,644	9	697	11	15	26	3.72	1.62	180.0	983.2
吉野川	755	11	505	16	2	18	3.59	1.77	160.9	2,348.5
全国	84,739	425	13,199	292	532	825	6.3	45.54	107.2	537.4

\* 水系における最下流ダムの流域面積

入土砂量の実態把握と土砂の流送機構に関する研究および貯水池の堆砂過程、河床変動計算手法の開発、対策の検討を行ってきた(表2-3-3参照)。

I. 貯水池の堆砂過程、河床変動の予測手法

貯水池の堆砂速度と堆砂形状は流入土砂量と粒度に関係する。これを分類すると掃流砂の堆積を主とするもの、掃流砂と浮流砂堆積によるもの、および浮流砂を主とするものに分けられる(図2-3-6参照)。

河川の流砂に関する研究は、貯水池堆砂現象の解明を目的として、粒径範囲の広い河床砂礫が移動し始める限界掃流力と掃流砂量との関係について、室内実験および現地実測を行い、その結果を基として粒径別の流砂量式を求める研究に取り組んだ。

室内実験は、土砂回流実験水路で行われ、現地実験は、細砂から数10cmの玉石を含む現地河床材料を用い、現地河川で行った。現地実測は、既設、新設貯水池に関する多くの河川で実施した。

また、当所で開発した河床変動計算手法について、本手法による計算結果と各地点の貯水池堆砂の実測データとを比較し、この計算手法の適合性を実証した。

表2-3-4 堆砂の防除、河床上昇に対する対策

分類	方法・手段	問題点				
自然の流水の力を利用するもの	洪水排砂	洪水時の掃流力を利用して排砂する				
	排砂路	深部に設ける程有効であるが、河川流量が排砂路の設計流量を超えると、排砂効果がなくなる				
	排砂管	高濃度の濁水の密度流に対して有効である				
人工的に行うもの	浚渫・掘削(骨材利用)	<table border="0"> <tr><td rowspan="3">輸送形態</td><td>トラック輸送</td></tr> <tr><td>流体輸送</td></tr> <tr><td>ベルトコンベアなどによる輸送</td></tr> </table>	輸送形態	トラック輸送	流体輸送	ベルトコンベアなどによる輸送
	輸送形態	トラック輸送				
流体輸送						
ベルトコンベアなどによる輸送						
貯砂ダム	掘削により年堆砂量程度のポケットを造っておく必要がある					
その他	砂防ダム 土地の買収、家屋の移転、橋、道路の付替等					

II. 堆砂対策

当所においては、貯水池の排砂に関して実験的研究や個々の地点のシミュレーション解析を実施し、成果を得ている。

しかし、総合的な堆砂対策については、処理すべき堆砂量が多いために、未だ満足できる対策は見当たらない。現在実施されている対策としては自然の流水の力を利用するものと人工的なものがある(表2-3-4参照)。

このうち、流水の力を利用する排砂は、その効用に限度があるものの、適用可能な地点ではすでに利用されている。一方、堆積土砂の浚渫などの人工的な堆砂対策と浚渫土砂の骨材資源への活用が多くのダム地

点で検討、実施されている。

当所は、この一環として浚渫土砂のうち骨材として利用できない底泥の農業利用を目的とした研究を実施している。

III. 堆積物の農業利用

ダム・貯水池堆積物の農業利用としては、農地造成の基盤材あるいは農地への混合利用などが考えられる。

堆積物を農業面に利用するには、  
 1. 堆積物組成の化学的、物理的性状、  
 2. 堆積物を利用して栽培した農作物の生産収量  
 3. 栽培した農作物の微量元素含有量  
 の面から検討し、堆積物の適用範囲、有

図2-3-6 貯水池の堆砂形状

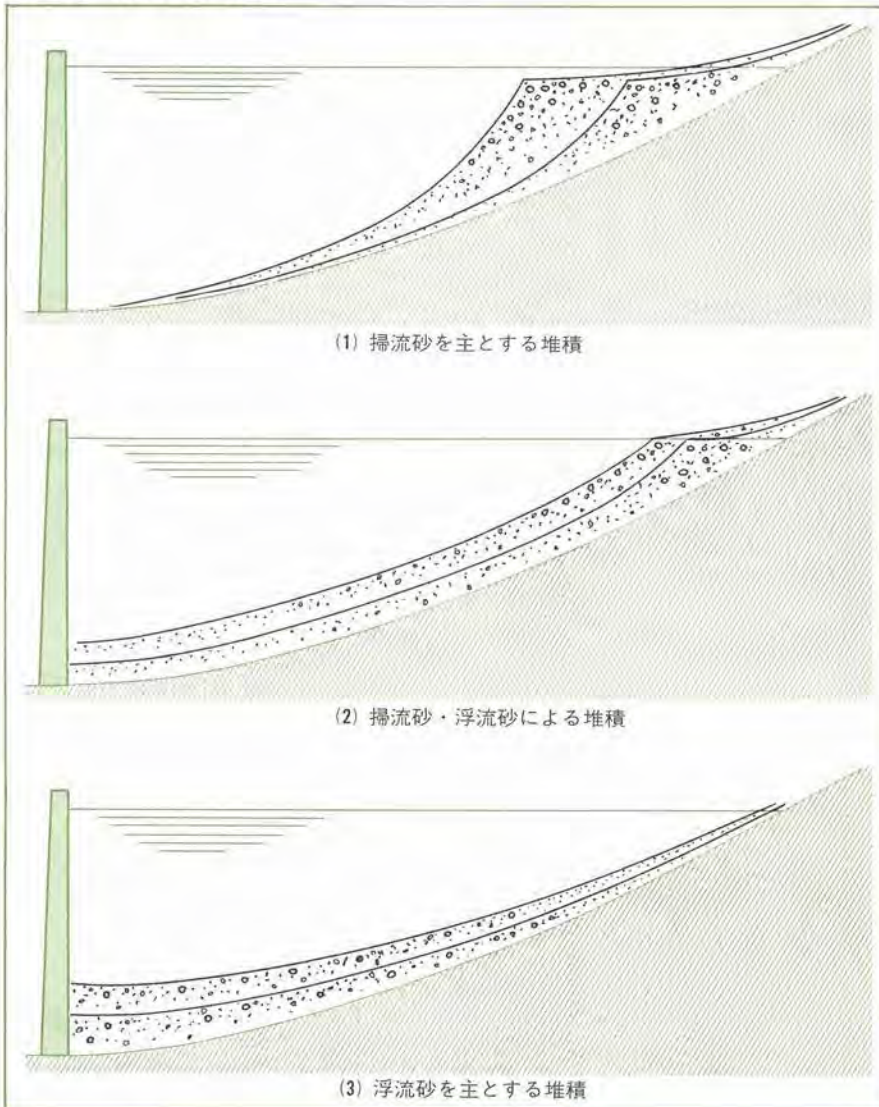
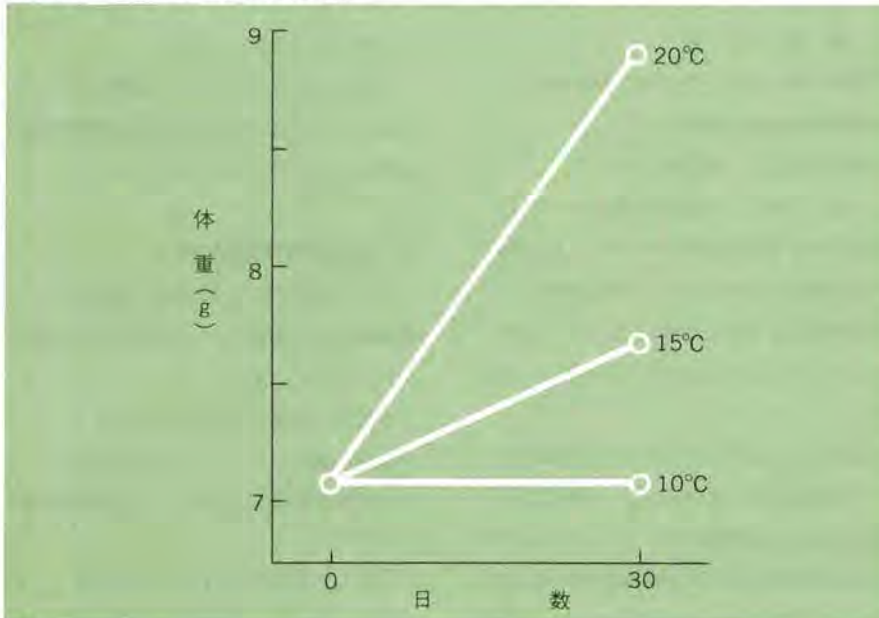


図2-3-7 水温とアユの体重の増加



効性を評価するための判断資料を得ることが必要である。

そこで、種々の立地条件の異なる貯水池から採取した堆積物底泥を用いて、数種農作物の栽培実験を行った。その結果、堆積物を水田用土として利用した場合には、初年目は無肥料でも水稲の生育、収量は期待したレベルにほぼ達した。

堆積物を畑地に混合した場合、30~50%混合までは野菜の生育、収量は増加した。また、堆積物を含む土壌で栽培した農作物の微量元素(鉛、銅など)の含量は普通の土壌で栽培した農作物のものとはほぼ同じレベルであった。このように、これまでのところダム・貯水池の堆積物は農地として使用する上で問題となるような点はないものと判断出来るが、堆積物の適用範囲、有効性をさらに拡大するために、種々の農作物を対象として、性状の異なる堆積物についての実験的研究を実施する。

### 2-3-4 河川環境の予測と対策

水力発電所の建設は河川環境へのいろいろな影響をおよぼすが、当所では現在、水生生物への影響と河川景観への影響を中心に研究をすすめている。

#### 1. 水生生物への影響

水力発電所のダムの建設は河川を遮断し、貯水池という巨大な停滞水域を出現させる。停滞水域の形成に伴って貯水地区の生態系は河川型から止水の湖沼型の生態系へと変化する。水質も河川水が貯水池内で長期間に貯留されるために自然河川とは異ってくる。

このため種々の影響を河川生態系に及ぼす可能性があるため、当所においては、水力発電所の建設・運転が河川に生息する水生生物に及ぼす影響の内容と程度を明らかにするための調査研究と影響を低減するための対策に関する研究を行っている。

#### 1. 濁りおよび水温の影響

濁りおよび水温が内水面漁業の主要対象

魚種であるアユの生活に与える影響の程度を明らかにする実験を行った。またアユとその生息環境の実態把握を目的として、開発のすすんだ水系と開発の進んでいない水系およびその中間的な開発状況にある水系のそれぞれにおいて調査を実施した。

その結果、濁りがアユの生存に与える影響について水槽中で24時間後と48時間後の生残率を調べた結果、通常河川で洪水時などに一時的に起こる数百~数千 $\mu$ m程度の濁りではアユの生存にはほとんど影響はなかった。

また、濁りに対するアユの忌避行動は約15 $\mu$ m以上の濁りに対して認められた。アユの上流へ向う行動や産卵行動は濁度が30 $\mu$ m以下の場合にはほとんど影響をうけないものと推定された。

水域における環境基準\* では濁りは25 $\mu$ m以下と規定されているが、地方自治体などとダム設置者間の協定では、これに上乗せして、15 $\mu$ mと規定されている場合がある。

さきの実験結果によれば、水力発電所など開発のすすんだ河川でも、水域環境基準や地域協定基準が満たされればアユの生育に対する影響がないことが判明した。

水温変化の影響については、アユは前歴水温(これまで生活していた水温)より5℃以上冷たい水に対して忌避行動を示すことが明らかとなった。また、平均体長86mmのアユを10、15、20、25℃で1カ月間飼育した結果、10℃と15℃で飼育したアユの大きさは20℃と25℃の場合に比べ体長、体重で劣った。また河川の調査においても水温の高い測点(20~22℃)で採集したアユほど体長、体重、肥満度とも大きい傾向を示した

(図2-3-7参照)。

大規模な貯水池を築造した場合でも、河川の水温が自然状態から5℃以上も変化することはほとんどなく、アユに対する水温低下の影響はほとんどない。

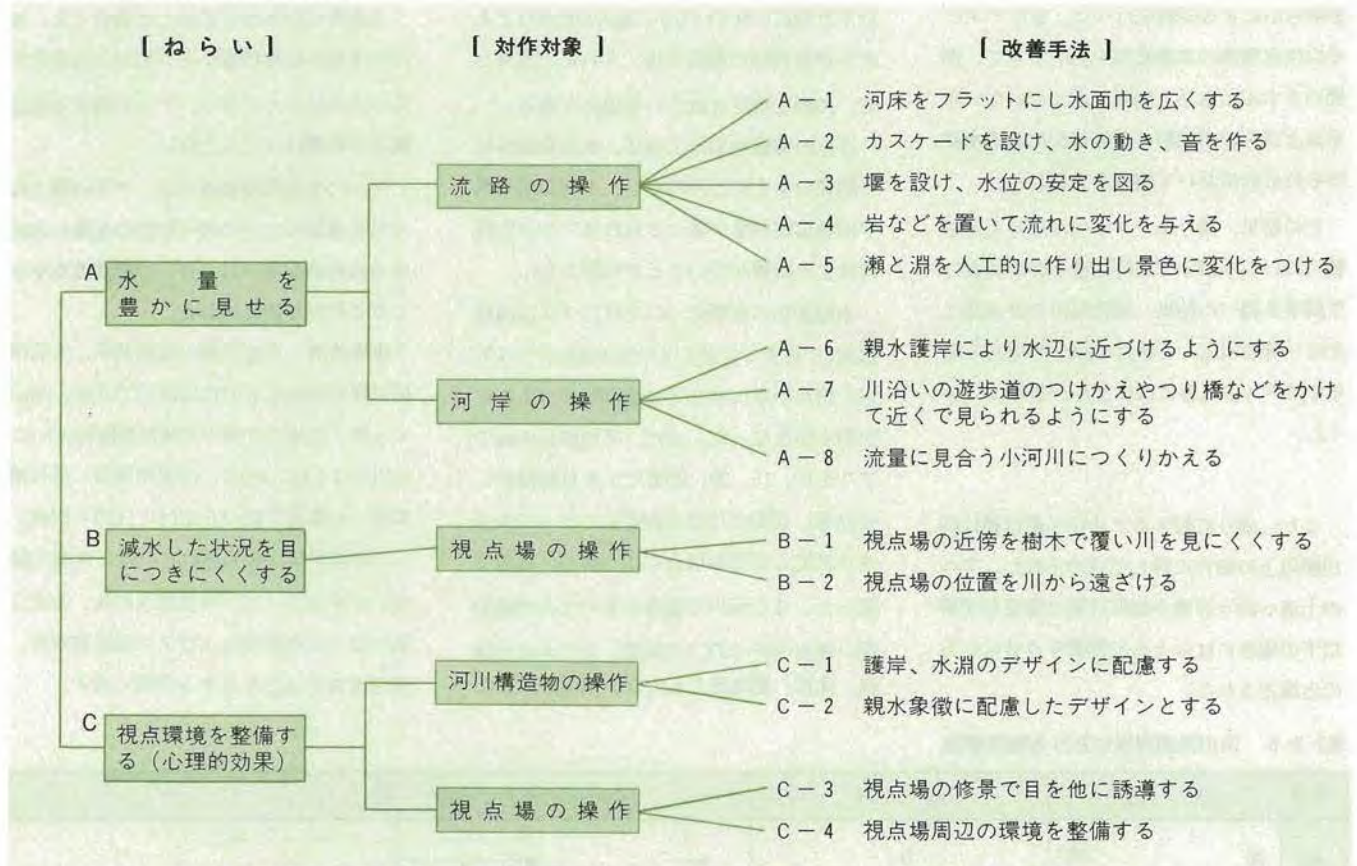
アユの生息環境調査では、アユの餌となる付着藻類のなかの濁り物質の沈降に起因する砂泥量が多いほどアユの肥満度が小さくなる傾向が認められた。

\*環境基準 水質汚濁の環境基準、生活環境の保全に係るものには河川で6種、湖沼で4種、海域で3種の水域類型種別がある。河川ではpH、BOD、浮遊物質濃度、溶存酸素量、大腸菌群数の5項目に日間平均値としての基準値が定められている。水産1級は、ヤマメ、イワナ等貧腐水性魚、水産2級ではサケ科魚類およびアユ等貧腐水性、貧栄養水域に生息する魚類に適す。

表2-3-5 河川景観評価における規定要因

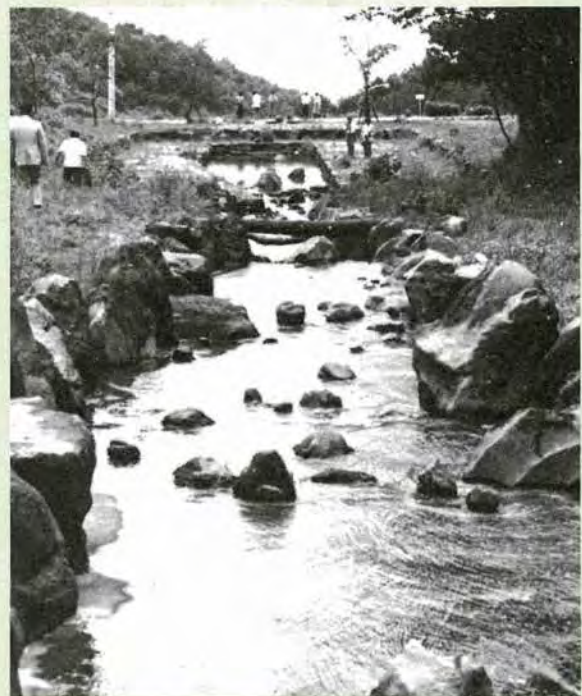
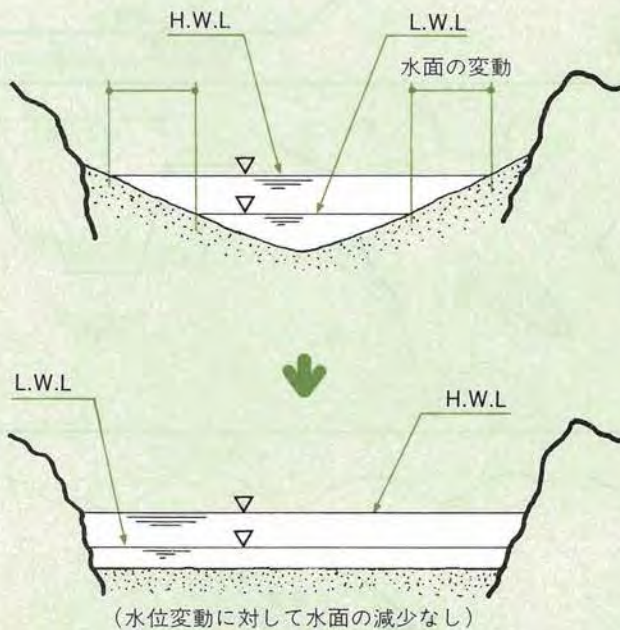
項目	要 因	備 考	図
視点に関する要因	比 高	h	
	距 離	d	
	俯 角	$\theta$	
	視 軸 方 向	流軸景、対岸景、……	
河川の内容に関する要因	水 深	瀬、淵、……	
	川 幅		
	水 面 率		
	線 型 の タイ プ	真線、曲線、……	
	水 際 の 状 況	岩、河原、……	
	添 景 の 存 在	橋、堤防、……	
背景に関する要因	水面の状態	中州、岩、……	
	スカイラインの有無	谷型、連峰、……	
	人 工 度	家、プラント、切土、……	

表2-3-6 改善手法の体系と対策例



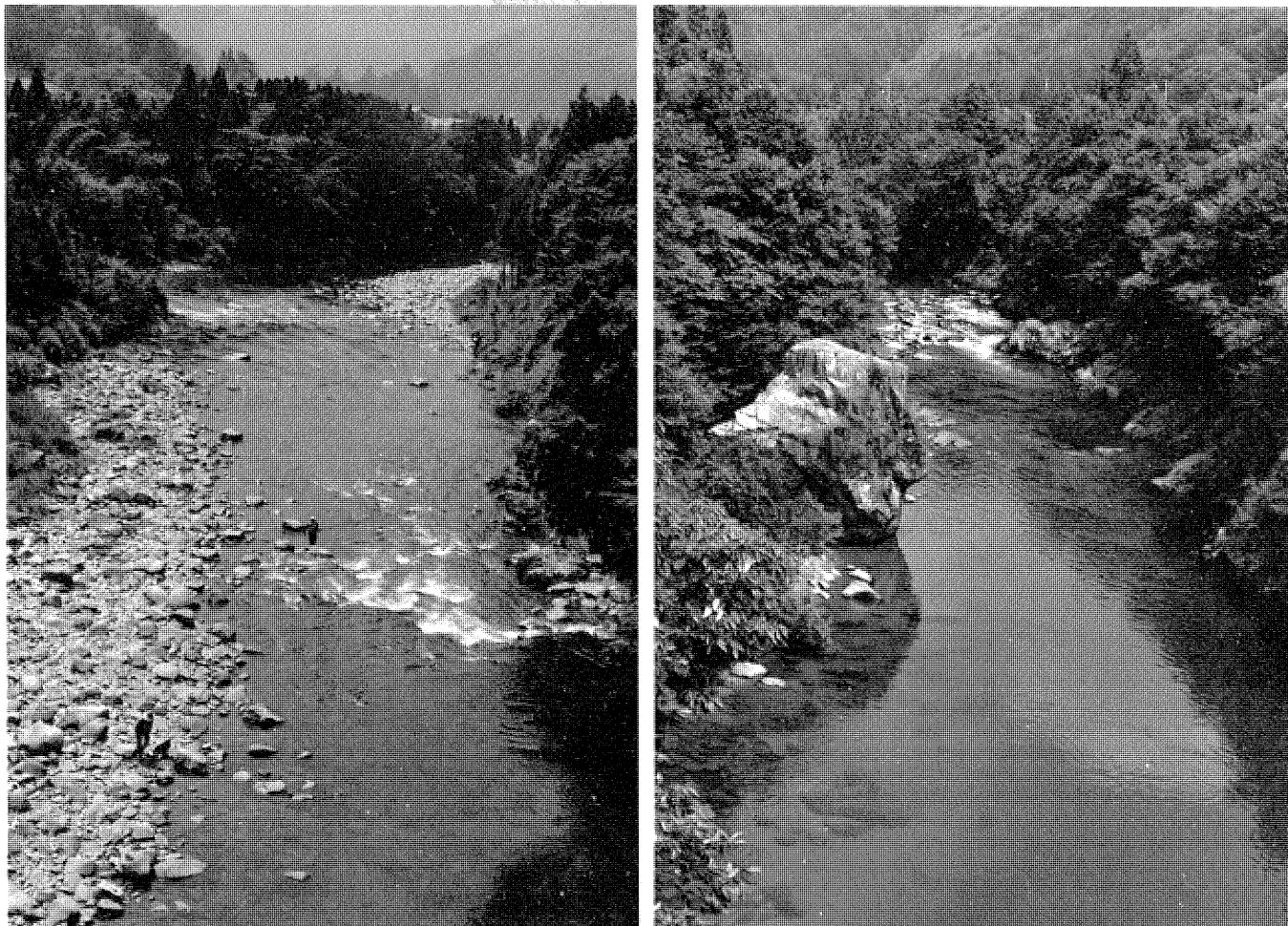
A-1 河床をフラットにし水面巾を広くする

- 河床がフラットで、かつ固定的であれば、水位変動に対して水面の面積の変化が少なく、減水感をやわらげることができる。



底面をフラットにしている三島バサデナタウン(静岡)内の流れ(人工的なせせらぎ)

図2-3-8 タイプの異なる河川景観（全く等しい流量であっても、水の表情は多様であり、河川の景観評価も異なっている）



## 2. 富栄養化

富栄養化そのものは極端に進行しなければ生物生産上必ずしもマイナスではない。生産量は富栄養化の進行と共に増加する場合が多く、生息する生物種の変化も中栄養レベルまでは、適正な管理を行えば内水面漁業上特に大きな問題とはならない。当所では、現在発電用ダム貯水池の特性を考慮しつつ富栄養化レベルに対応して貯水池を内水面漁業のために有効に利用する技術の研究を行っている。

## II. 河川景観

水力発電所が建設されると、貯水池と発電所の間減水区間が生じることによって、景観・水質・水生生物などの面から問題となる可能性を含んでいる。

こうした状況の中で、河川のもつ正常な機能を保持するために必要な流量を、適切に評価することが重要な課題となってきている。

### 1. 河川景観評価手法

水力発電所の設置が想定される河川の上・中流域を対象として、河川景観評価手法の開発を行っている。まず河川景観に対する評価の判断材料としての要因を明らかにし、評価と要因との定量的関係を、心理実験を通して計量心理学的に導いた。さらに、河川流量の減水に対する景観評価を、より改善するため景観対策手法についての検討を行った。

その結果、河川流量の変化が、「水面率」・「水深」という要因を媒体にして、河川の景観評価に影響を与えていることが明らかになった。

また、河川の景観評価は、その景観タイプの違いによって、同じ流量でも異って評

価される。そこで各河川景観タイプ別の数多くの写真を用いた心理実験によって、河川景観評価モデルを作った。

そしてこの評価モデルを用いて、河川の流量が変化したときに、「水量適否感」に関する評価値がどう変化するかを予測した（表2-3-5～6、図2-3-8参照）。

### 2. 景観保全と改善の手法

河川流量の変化は、河川景観を左右する影響を与えている。しかし、このような影響を改善する手法については、これまでほとんど検討されていない。

そこで、景観的側面から景観保全と改善の手法について検討した（表2-3-6参照）。●

## 2-4 電気環境—送電線路による影響

担当●電力技術研究所 調査役 橋本 博

### 2-4-1 ま と め —背景と研究の流れ—

高度成長期の電力需要をまかなうために大容量の発電所が各地に相次いで建設されたが、これらは需要地から離れて立地されるものが多く、生産される電力を需要地まで運ぶ必要があった。このため、各地で500kV架空送電線路の建設がすすめられた。

これらの送電線は高電圧下によるコロナ放電防止のために太線多導体電線を採用している。また、154kVまでの巢導体架空送電線路の一部で、線路新設用地の取得難と送電容量の増強の2つの問題を解決するために、多回線送電線路に建てかえたりして送電線路の集約化と大容量化をはかっている。

このような送電線路の大型化や、都市化の拡大に伴い、テレビゴースト・電波しゃへいとか、通信線などに対する電磁誘導、送電線による風騒音などと環境とのかかわり合いをもつ問題がこれまで以上に目立ってくるようになった。このため、当所においては、これらの問題に対する従来の研究成果を加え、新たに500kV級送電に関連した大型送変電設備に係わる環境保全のための研究をすすめてきた。

まず、テレビゴースト・電波しゃへいの問題であるが、これはテレビの映像が二重にみえたり、画像を不鮮明にしたりする現象である。これについては電線や鉄塔によるテレビ電波の反射やしゃへい現象を解明して、影響範囲の予測手法と対策技術の開発を行ってきた。

つぎは電磁誘導の問題であるが、これは基幹送電系統の短絡容量が大きくなったためにアースに流れる電流も大きくなり、これによって附近の電話線などの通信線に異

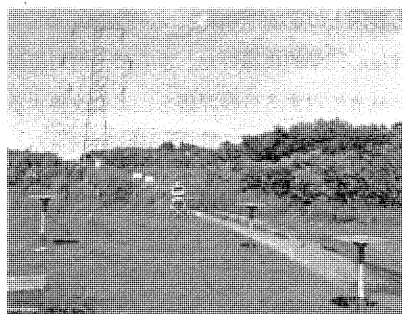
常な電圧を誘導させる問題である。これについても、誘導電圧に関する現象を解明して影響予測手法と対策技術の実用化をはかっているところである。

第三は風騒音・コロナ騒音の問題である。

風騒音とは強風時に電線が鳴る現象で、とくに多導体電線によって100Hz程度の騒音が発生する。また、降雨時に電線やがいに発生する部分放電によって生じる騒音がコロナ騒音である。

これらの騒音の発生メカニズムの解明はほぼできているが、影響範囲の予測手法と対策技術についてはさらに検討しているところである。ことに、風騒音対策とコロナ騒音対策とが相反するものとならないように、両者の協調的対策の開発をすすめている。

このほかに、交流送電線路直下の静電誘導電圧と直流送電線路におけるイオン流帯電電圧の問題がある。前者については、複雑な地形における電界(その場所に作用する電気力)の計算と樹木などによる静電誘導電圧低減効果の解析とについて検討を行い、経済的な送電線路が設計できるように研究をすすめている。これに対して、後者は、将来のUHV直流送電に備えての課題であるが、イオン流帯電電圧が交流の静電



イオン流帯電電圧測定用円板

誘導電圧と同様送電線路の地上からの高さをきめる重要な因子となるので、気象条件やしゃへい物などと帯電電圧との関係の解明と対策技術の開発をすすめている。

さらに、送電線のまわりの電界が動植物にどのような影響を与えるかについても、調査研究をすすめている。

まず、交流電界についてであるが、我が国では、人が頻りに立ち入るような送電線直下の静電誘導電圧の規制値は30V/cmで、この値は欧米諸国の実情に比べて約3分の1以下となっている。このため、我が国ではほとんど問題となるおそれはないが、欧米諸国ではこの値が高いこともあって、電界に常時さらされる場合の健康影響が検討課題となっていた。

そこで、当所においても、念のためにマウスとハムスターを用いて、250V/cmもの強い交流電界で実験した結果、異常が認められなかった。欧米諸国でも同様の結果をえており、我が国の規制値の3~5倍強い電界でも健康に影響がないという点で、各国の合意がえられるようになってきている。

直流による電界についても、動物や植物への影響について研究をすすめている。

以上のように、大型送電線路の環境へ及ぼす影響については、当所における現象解明により、影響範囲の予測計算手法や対策技術もかなり高度化されてきた。これらの成果はすでに環境への影響を極力防止するために送変電設備の設計や対策技術に活用されている。現在では、影響範囲に関する予測計算法の精度向上や図形表示方式の開発をはじめ、交流、直流送電線路設計への適用および対策技術の向上を目標に研究が進められている。



## 2-4-2 テレビ電波のゴースト・しゃへい現象の予測と対策

高層ビルによって、テレビ電波が反射されて受信機に映像が二重にうつるゴーストを発生させたり、その裏側ではテレビ電波をしゃへいして画質を劣化させたりする場合のあることはよく知られている。

電線や鉄塔もこのようなテレビ電波影響をおこす場合があり、特に大型送電線路が建設されるようになった当初はルート周辺からの居住者より苦情として提起される場合が多かった。

当所では、このような影響を防止し地元住民の合意を得て送電線路の建設が円滑にできることを目的に送電線路の計画段階でテレビ電波影響範囲を予測し、適切な対策技術の選択ができるよう研究を行ってきた(図2-4-1参照)。

現在では、影響範囲予測計算法については、ほぼ満足すべき段階にきていると考えられ、電力各社においては送電線路建設前に影響対策がとられるようになってきている。

### I. 反射・しゃへい現象の解明

VHF帯・UHF帯テレビ電波の散乱体として送電線路を見ると、電線と鉄塔とで

はその散乱特性が異なる。

当所では、電線については導体間の相互干渉を考慮して、任意の導体数の電線の散乱特性を求める理論式を開発し、模型実験によって式の妥当性を実証してきた。また、鉄塔についても理論式を開発するとともに、模型実験による検証を行ってきた。

### 1. 電線の散乱特性

1 相分の電線によるテレビ電波の散乱特性は次の通りである。

- (i) 電線からの散乱電界強度は電線と受信点間との距離の平方根に比例して減衰する。
- (ii) 電線から強い散乱波が発生する角度幅は電線が短かく、かつ電線と受信点との距離が大きくなる程狭くなる。
- (iii) 電線と受信点との離隔距離が一定のとき、光学的反射方向の散乱電界強度は一般には入射角が増大すると増加する。
- (iv) 素導体間隔が40cmや50cmの4導体電線は、VHF帯では1本の円筒導体とみなせるのに対し、UHF帯では素導体間隔とテレビ電波の波長とが同程度になるため、テレビ電波の周波数や入射角によって変化する。
- (v) 電線による散乱電界強度は水平偏波よ

りも垂直偏波の方が20dB以上小さい。

### 2. 鉄塔の散乱特性

鉄塔は種々の寸法を持つ数多くの部材で構成されているため、電波の周波数、入射角および偏波面などにより複雑に変化するが、その散乱特性は次の通りである。

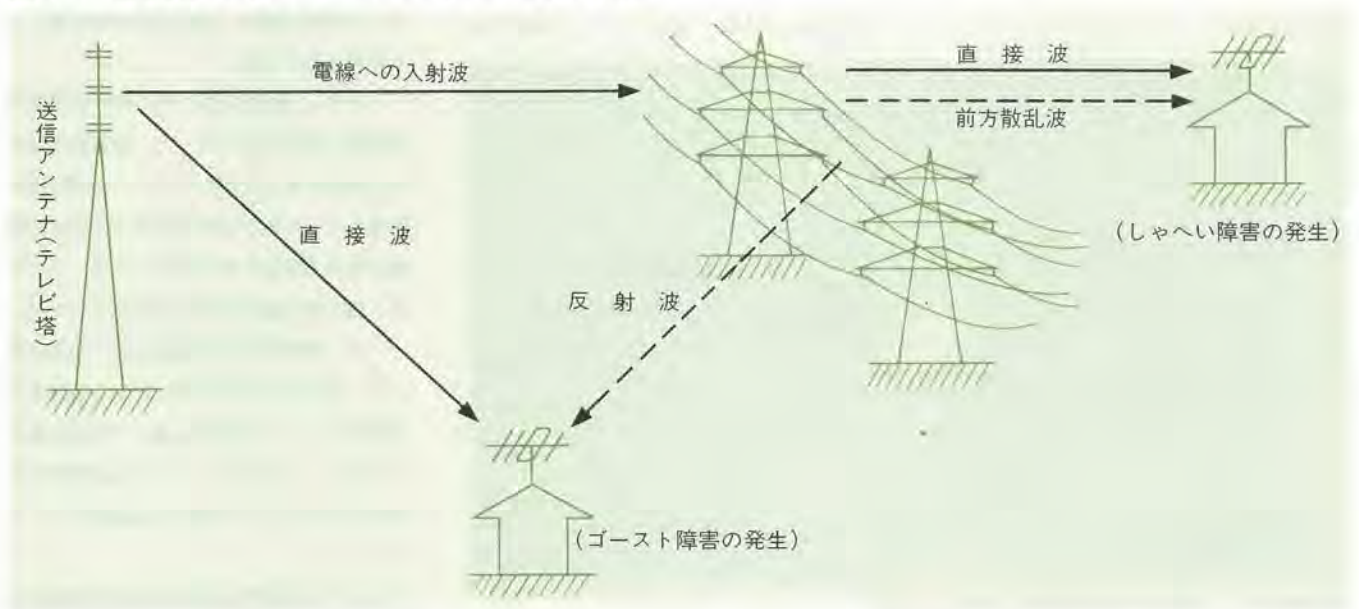
- (i) 鉄塔からの散乱電界強度は鉄塔と受信点間との距離に比例して減衰する。
- (ii) 散乱電界強度最大値は水平偏波と垂直偏波では大差がなく、VHF帯とUHF帯でもほとんど変わらない。

### II. 空間電界分布

電線によるテレビゴーストおよびしゃへい障害範囲を予測計算するためには、各相電線へ入射するテレビ電波の強さ、および視聴者のテレビアンテナに到達する送信アンテナからの電波の強さを知る必要がある。後者については地上高が10m以下なので必要に応じて簡易に測定することができる。

しかし、前者は地上高数が100mにも及ぶ場合があるため簡単には測定できない。このため、当所ではヘリコプターを用いてテレビ電界の高さ方向の分布(空間電界分布)を測定し、水上、田園、都市近郊など種々の伝搬路について、空間電界分布の計算に

図2-4-1 送電線路によるテレビゴースト・しゃへい現象の説明図



必要な大地面の等価反射係数を求めた。これにより送電線路がどのような場所に建設されても電線への入射電界を計算で求められるようにした。

### Ⅲ. 影響範囲の予測手法

#### 1. 予測計算法

我が国のテレビ放送は殆んどが水平偏波で行われているうえ、電線による散乱波は離隔距離の $1/2$ 乗に、鉄塔は $1$ 乗に比例して減衰するため、テレビ電波影響範囲は電線によってきまってしまう。このため、送電線路によるゴーストおよびしゃへい影響範囲の予測計算法は、通常電線についてのみ行えばよい。

当所では、単導体および多導体電線1相分の散乱特性を求める理論式を基礎に、各相電線への入射波の強さを考慮してその散乱波を相数分だけベクトル的に合成することにより、テレビゴーストおよびしゃへい影響範囲を予測する予測計算法を開発している。この計算式によれば、送電線路沿線の影響範囲および障害の程度を求めることができる。しかし、この計算はかなり複雑で、一般に中型以上の電子計算機を必要とする。

このため、当所では電力会社の現場で図表と電卓により影響発生の有無、最大影響範囲を簡便に求め得る簡易予測計算法を開発している。



送電線がテレビ電波に及ぼす影響の範囲の計算例

#### 2. 図形表示

送電線路は長距離にわたり屈曲し、そのルート地形も複雑に変化している。したがって、各区分毎に影響範囲を詳細に予測し、計算結果を手で図面に画くには莫大な時間を要する。

このようなことから当所では電子計算機および各種ディスプレイ装置を使用し、送電線路経過図上に影響範囲を図形表示する手法を開発した。

### Ⅳ. 影響対策

障害対策には受信側、電波側および送電線路側での対策に分けられる。

受信側での対策には、各家庭ごとに高性能のテレビアンテナを使用し設置場所や高さを変える個別アンテナ対策や、画質のよい場所にアンテナを設置しケーブルにより各家庭に配る共同受信方式が数多く用いられている。

しかし、当所におけるこれまでの研究に関連して

- (i) テレビ放送電波を現在用いている水平偏波より垂直偏波に変更すれば、影響は鉄塔によるもののみになり、その範囲は極端に縮小される。
- (ii) UHFテレビ局にすれば、受信アンテナへ入射する電界と電線へ入射する電界のレベル差を比較的簡単に小さくすることができるとともに、受信アンテナの特性も

VHF帯のものより良くなるので、影響範囲は、極限化されることを提唱してきた。最近では、既設テレビ局のサービス・エリア外での影響対策に、UHFテレビ局を誘致する機会が多くなってきている。

#### 2-4-3 電磁誘導の予測と対策

最近の電力系統は立地面の制約から電源が遠隔地に集中偏在し、これにともない500kV送電線など大容量送電線路が拡充強化されてきている。このため、系統事故時における故障電流は漸増傾向にある。

一方、電話や有線放送などの発展にともない電気通信網も面的に大きく拡大されてきており、送電線と近接する事例が増加する傾向にある。このため、電磁誘導問題はこれまでに増して重要な課題となってきている。

通信線への電磁誘導は送電線の地絡故障電流によって生ずる電圧が最も大きく、これによる人身保安を確保するため、我が国においては超高圧送電線による誘導電圧は430V、その他の送電線では300Vを制限値と定めている。

したがって、この制限値を越える誘導電圧に対しては

- (i) 通信線をアルミ被誘導しゃへいケーブルに張り変える。
  - (ii) 架空通信線を地中通信線に変更する。
- などの対策が電力、通信事業者の協議により実施されている。

しかし、最近においては対策を要する通信線の増加にともなって、対策費が増大する傾向にあるばかりでなく、環境問題に関連して、これまでの対策法では対応が困難な事例も散見される状況である。このため、新たな対策手法の開発が望まれている。

一方、誘導対策は送電線の新、増設に際して、事前に近傍通信線に対する誘導予測計算を行い、その結果に基づいて対策の要否を決定しているため、これまでの予測手法の妥当性についても見直しが必要となってきている。

特に、送電線や通信線の近傍に導電性の

構造物が存在する場合には、これにより誘導電圧が軽減される(欧米では環境しゃへい効果と呼ばれている)ことが知られているが、定量的な把握が充分に行われていないために、この効果はこれまでの予測計算には考慮されていない。このため、誘導電圧は実態よりも過大に評価されている場合が多いと考えられている。

したがって、これらの効果を解明し、予測計算に取り入れることにより、実態に即した、より適正な対策を実施していくことが可能になる。

この様な状況から、当所においては新たな対策手法として、50年より通信用アレスタによる誘導軽減対策の研究を進めてきているが、実規模実験の結果、実用し得る見通しが得られた。

また、導電性構造物のしゃへい効果に関しては、まず長大橋に通信ケーブルと電力ケーブルが添架される場合のほかに、幹線道路に施設されたガード鋼材のしゃへい効果を明らかにするとともに、現在、水道管、

ガス管など埋設構造物のしゃへい効果に関し、実験的な解明を進めている。

### I. 通信用アレスタによる電磁誘導対策

通信用アレスタは雷サージなどの異常電圧から、通信機器を保護する目的で通信回線に広く適用されているが、最近のアレスタは商用周波に対しても十分な耐量を有していることから、これを電磁誘導対策に応用するための研究を進めてきた。

アレスタ対策は通信線路の両端末において各心線の対地間にアレスタを設置し、誘導発生時にこれを放電させることにより心線の大地電圧を制限値以下に抑制しようとするものである。これは従来の対策手法に比べて経済性に勝り、通信線端末のみの施工で対処可能なことから、電線の張り変え等による対策が不可能な誘導事例にも対応が可能である(図2-4-2参照)。

これまでの基本的検討に加え、最近、実施した加入者回線をモデルとした実規模相当の実証試験の結果では、誘導発生時に心線

の大地電圧が充分に制限値以下に軽減し得ることが確認され実用化の見通しが得られた。

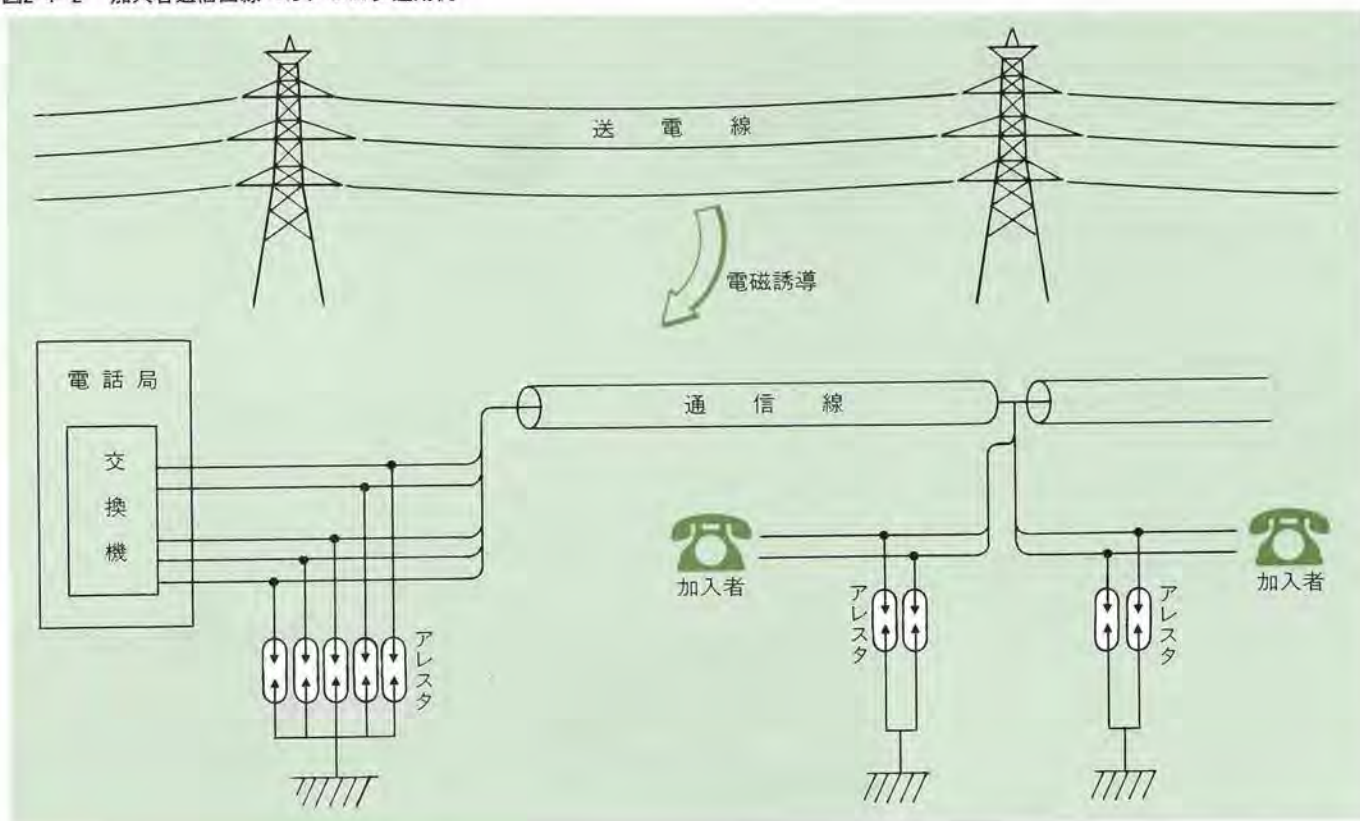
また、アレスタの放電状況や誘導軽減効果は誘導電圧の大きさの他に、通信線の巨長や心線数、アレスタの接地抵抗、端末に接続される通信線のインピーダンスなどに影響される。そこで、これらの諸条件を考慮した軽減効果の予測計算式を導出した。実証実験により、その妥当性が確認されたので、通信回線の諸条件に応じた対策設計が可能となった。

### II. 橋梁添架ケーブル送電線による電磁誘導予測

48年に開通した関門橋を始めとして、本州四国連絡橋など、近年、海峡を横断する長大橋の建設が進められているが、その建設地点は送電線の建設ルートと競合する場合が多く、橋梁の有効活用をはかり、送電線建設費を軽減する目的から、送電用ケーブルを橋梁に添加する例も少なくない。

一方、橋梁には各種の通信線も添架され

図2-4-2 加入者通信回線へのアレスタ適用例



るのが一般であり、両者が橋梁上において、極めて接近するので、誘導障害が懸念される。しかしながら、長大橋は大量の鋼材で構築され、良好な導電性を有しているため、これによるしゃへい効果が期待できる。また、送電線の故障電流が導電性の高い海水に流れることから、大地に流れる場合に比べ誘導電圧はかなり減少すると思われる。

当所では、これらの効果を定量的に把握するため、関門橋および平戸大橋において、実証実験を行った結果、橋梁は誘導電圧を1/5以下に軽減し、さらに海水は1/2程度に軽減することを確認した。そして、両者の効果により誘導電圧は1/10以下に軽減し得ることを明らかにした。

また、この実験結果に基づいて、橋梁における誘導予測手法を明らかにした。この手法は橋梁の吊線や架橋方向に貫通している数本の弦材などを等価な円筒形導体に置き換え、電気的なしゃへい体として容易に取り扱えるようにし、類似の構造を有する他の橋梁の予測計算にも適用し得るようにしたものである。

この手法は本州四国連絡橋への500kV電力ケーブルの添架計画に適用し、各種添架通信線への誘導予測計算を行い、電力ケーブルの添架が充分可能であることを明らかにした。

### Ⅲ. 導電性構造物のしゃへい効果

橋梁の他に、送電線や通信線の近傍には様々な導電性構造物が存在している。

我が国の道路網は近年、急速に充実されてきているが、幹線道路や高速道路には車輛の安全を確保するためのガード鋼材が施設されている。また、都市およびその近郊の道路面下には、水道管、ガス管、ケーブル用管路など大量の導電性埋設物が施設されている。

そして通信線路は道路に沿って施設される場合が極めて多いことから、これらの導電性構造物が、しゃへい体として有効に作用するものと想定される。

当所のこれまでの研究では、東名高速道

路ならびに中国自動車道での実験により、幹線道路に多用されているガードケーブルのしゃへい効果を明らかにした。そして、これらの導電性構造物は誘導電圧を50~70%程度に軽減し得ることを確認するとともに、施設条件に応じたしゃへい効果の予測計算式を導出した。

また、埋設構造物については、現在、当所の赤城試験センターの構内に、長さ300mに亘って鋼管を埋設し、しゃへい効果の基本的検討を進めている。

## 2-4-4 風騒音およびコロナ騒音の予測と対策

### Ⅰ. 風 騒 音

強い風が長時間継続して吹く季節風時には、高圧送電線路からの風騒音が問題となることがあるが、風の特性や地形条件にも影響され、発生地点や時間はかなり限定される。音は、上空全体から伝わってくる感じで、聞いただけでは音源の特定はでき

ヘリコプターによるテレビ電界の現地測定



ない。

電線の風騒音は、電線の後側に発生するカルマン渦に起因している。カルマン渦は、物体の表面形状や大きさ、気流のレイノルズ数に影響される。送電線に使われる鋼心アルミより線は、丸い素線をより合わせてあるので、その表面はかなり起伏があるが、渦の発生を抑制するほどではなく、また、気流条件も規則的な渦を発生させる領域に入っている。また、渦の発生は物体の振動を必要とせず、したがって、渦による騒音は、微風振動と異なって、電線の振動とは関係なく発生する。

しかし、騒音の大きさと渦の強さの関係を定量的に把握することは容易でなく、もっぱら騒音の測定結果から、発生条件、予測方法、抑制対策および評価方法の究明・確立などを目標とした研究を進めている。

送電線が高圧・大形化する動向の中で、電線も小外径・単導体から大外径・多導体の採用へと変化し、現象の複雑さと重要性

も増大した。このため研究方法も、回転フレームに小さな供試体を取付けた初期の基礎実験から、暗騒音を極度に抑制した低騒音風洞での実験、自然風のもとでの試験線での測定、および実送電線での実測まで実施してきている。

騒音源については、幾つかの測定点での同時連続測定による位相分析、あるいは周波数分析などで確認できる。卓越周波数は風速に比例し導体外径に逆比例する傾向を持っている。単導体の騒音の大きさを、簡単のため音圧レベルで表わすと、通常、 $[60 \log \text{風速}]$  に比例して増加するといえる。大きなばらつきや低風速での傾向のずれについては検討中である。

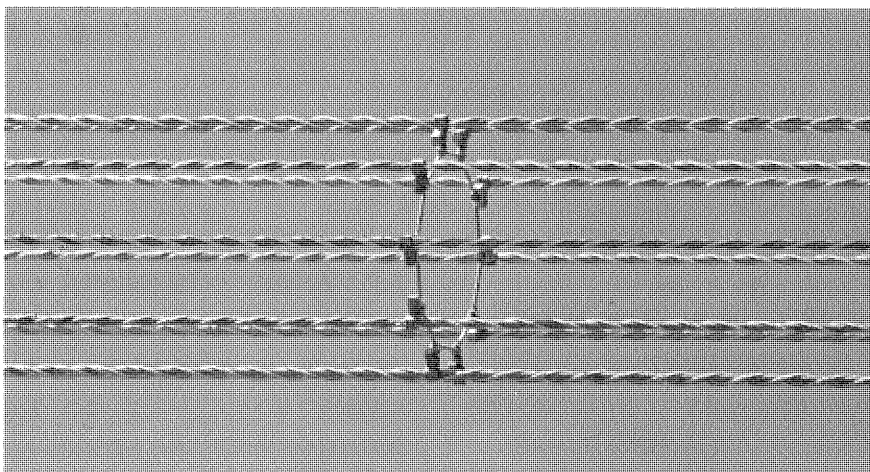
水平2導体の騒音は、素導体間隔によって著しく変化し、通常の間隔では、単導体に比べて6~10dBの増大となる。同じく導体間隔40cmの水平2導体で素導体の外径を大きくすると、騒音のエネルギーは増大傾向にあるが、聴感補正をすると、変化は小さい。多導体では、水平2導体の合成値となるが、振回角の影響とともに実証試験を行っている。

送電線から離れた位置での騒音の減衰状況は、広範囲の測定点で連続的に同時測定をして初めてわかる。

騒音の影響低減のためには、受信側の対策、風向や距離を考慮した立地上の対策、および発生源での対策がある。一般に強風時には暗騒音が増大するが、電線の風騒音対策としては卓越音の低減が必要である。ここでは、発生源の対策として、導体に外径の15~20%程度の細線を取付ける対策の効果を確かめている。このうち、スパイラル・ワイヤを1~4本取付ける方法は、実送電線にも採用され効果をあげている(図2-4-3参照)。

以上のように、電線の風騒音については、基本的な特性や対策が明らかにされているが、今後は、多様な立地条件に対応するため、試験線での実証試験を中心として研究を進め、現地状況に応じた予測・評価方法、コロナ騒音との協調対策などを確立する。

図2-4-3 電線の風騒音抑止対策としてのスパイラロッド装着電線。これにより風騒音が約10dB低減できる。(赤城試験センター UHV 実規模試験線、10導体)



## II. コロナ騒音

交流送電線のコロナ騒音(Audible Noise)は、主として降雨時の現象であり、電線表面に付着した水滴で発生するコロナ放電から、直接空間に放射される可聴音である。

コロナ騒音には、「ランダム騒音」と呼ばれる、「ザーザー」あるいは「ジリジリ」と聞える不規則音と「コロナハム音(Hum)」と呼ばれる、「ブーン」と聞える音の2つの成分が含まれている。コロナハム音は、コロナ放電によって生成されたイオン群が、電線周囲の商用周波数電界によって励振されることによって発生し、波形はほとんど正弦波で、周波数は商用周波数の2倍(100 Hzまたは120 Hz)である。

コロナ騒音レベルは、電線からのコロナ騒音発生量とコロナ騒音の伝搬減衰とから予測計算することができる。コロナ騒音発生量は、短い多導体電線をコロナケーシング内に架線し、電線周囲の電界の強さと分布が、実際の送電線と同じになるような電圧を課電し、コロナ騒音を発生させて測定する。コロナケーシングは、供試電線の変更が容易であり、また、注水装置を利用して人工降雨試験もできるので、各種の多導体電線についてのデータを蓄積し、予測に用いている。

コロナ騒音を低減するためには、多導体電線の素材電線(素導体と呼ぶ)の外径を太

くするか、または、素導体数を増加する方法が有効である。しかし、これはまた、電線重量、鉄塔強度、工事量の増加を招くこととなるので、その適切な選定により、経済性との協調をはかることが重要である。また、電線表面の化学的・機械的処理による、コロナ騒音低減効果についても、電線メーカー各社との協力により実施中である。により実施中である。

新しい課題としては、コロナ騒音と風騒音との協調対策がある。風騒音防止用としてスパイラル線を電線に取付けた場合に、降雨時にこれに付着する水滴が、新たなコロナ放電源となり、コロナ騒音、特に、コロナハム音が増大する。このため、コロナハム音を増大させないようにスパイラル線の取付方法について検討している。

直流送電線のコロナ騒音は、交流の場合とは逆に、晴天時の方が降雨時よりも騒音レベルが高くなる。また、気象条件その他の影響によるバラツキが大きく、さらに、異極性の電線で発生する空間電荷の影響や暗騒音による妨害などのため、その定量的特性は、我が国のみならず海外においても十分には解明されていない。そこで、当所では46年から塩原実験場において、500kV級を対象とした一連の実験を実施し、コロナ騒音レベルの「概略的な」予測法を開発したが、さらに、精度向上と適用範囲拡大のための検討を進めつつある。 ●

## 2-5 地域社会環境

担当 ● 立地・環境研究総括室 次長 天野博正

### まとめ

#### 2-5-1 背景と研究の流れ

高度成長期の電力需要に応えるために、発電所建設が各地ですすめられたが、大気汚染などの公害問題の社会問題化を背景に、立地予定地点の住民の同意が得られないまま、着工できない件数が年々増加していった。ここに、いわゆる電源立地難の時代が到来した。

その後、大気汚染や温排水等に対する根強い不安を背景に、公害問題は環境問題へと展開していった。そして公害の未然防止はもちろんであるが、さらに、環境を従来と変わらない程度に保全すべしとする環境保全への要請が強まってきたのである。そのうに、地域の振興や発展に対する寄与を期待されるようになってきている。

そこで、当所においては、環境アセスメント手法の一環として、発電所の立地に伴う地域社会への影響を予測評価する手法の研究をすすめた。この研究によって、発電所立地によって地域経済がどのように発展するかが解明されつつあるが、これと併せて、景観が発電所立地によってどのように変化するかについて研究を行っている。

これらの研究のほかに、さらに積極的に発電所立地に対する地域の理解をうるための研究も行ってきた。合意形成に関する研究と地域農水産業への応用技術の開発研究がこれである。

まず、合意形成に関する研究においては、40年代の後半、電源立地について総合的な研究に着手し、立地阻害要因や反対運動の分析のほかに、地元の合意形成を考慮した送電線ルート選定手法や発電所立地地点の選定手法の開発を試みた。また、アメリカ

電気事業の電源立地問題や環境問題への対応方法の調査を行うとともに、電源立地のパブリック・アクセプタンスをさぐるために発電所のもつイメージについての一般住民の意識や立地地点における漁業従事者の意識行動について調査し、分析を行った。

さらに、環境問題に対する社会意識の高まりを背景に主張されてきた「環境権」や環境アセスメントについて、その法的意義や手続等について検討を加え、それぞれの問題点を指摘する一方、環境訴訟の実態を調査し、法的検討を重ねた。

このような合意形成に関連する研究に対して、地域協調のための農水産業への応用技術の開発については、温排水利用温度や石炭灰の農業への利用についても検討をすすめているが、これらの農業への応用技術の開発に加えて、水産業への応用技術の開発も重点的に推進してきた。

そのひとつとして、最近、とくに力を入れている課題は藻場造成技術の開発である。藻場は浅海域に形成される海藻草類の群落であるが、これを人工的に造成し育成しようとする研究である。これは発電所立地による漁場の荒れや衰えを気にする地元漁業者の要望に応じて、藻場の造成を試みるためのものである。

これらの研究に加えて、将来の大容量石炭火力に備えて、石炭灰の有効利用処分技術の開発をすすめている。

これまで、当所においては、石炭灰を粘土のかわりに用いた新種セメントを開発してきたが、石炭灰から肥料を安価につくる方法も開発している。

このほか、路床・路盤材、土壌への影響、埋立処分などについても検討し、これらの

利用に伴う環境影響についての研究を行っている。

#### 2-5-2 社会環境・景観対策

環境アセスメントは自然環境のほかに社会環境をも評価の対象とすべきであるとの考えに立って、社会環境への影響の予測評価手法の開発に取り組んできているが、併せて、環境アセスメント全体のシステム設計や総合評価方式の開発も手がけてきている。

##### I. 社会環境影響の予測

発電所立地により影響を受ける項目のうち、社会環境関係として

1. 人口
2. 土地利用
3. 海域利用
4. 交通
5. 産業活動
6. 財政
7. 社会資本
8. 文化財
9. 景観

の9項目をとりあげた。これらの項目を相互関係から位置づけし、影響予測モデルの枠組を開発した(図2-5-1参照)。

すなわち、発電所の立地は大気や土地あるいは社会資本、文化財、景観といった自然および社会の資源賦存状態に影響を与え、次いで、これらが土地や海域などの資源の利用形態を制約したり助長したりする。さらに、このことが交通、産業、財政等の経済活動に影響をおよぼす。これらの結果、最終的に人口や生活水準といった生活環境へのトータルな影響が発生する。

また、資源の賦存状態や利用形態そのものも生活環境の状態や機能をあらわすもの

であるし、資源の賦存状態も経済活動に影響を与える。

このような枠組をもとに、発電所立地による社会環境影響の予測手法の開発を試みているが、その手始めに、発電所の立地地点3カ所(原子力、火力、水力各1カ所)を選び、簡単なモデルを作成した。これをさらにつめて、詳細なマスターモデルを作り、モデルの妥当性の検討を行った。

このモデル(計量経済モデル)をもちいて、発電所立地のさまざまなケースのシュミレーションを行い、社会環境影響についての情報を得てきた(表2-5-1)。

今後はこれらの3地点特有の予測モデルを一般化して、どのような地域を対象として社会環境の影響変化を予測できる手法を開発することと、これらの予測結果の評価を行う手法の開発をすすめる。

## II. 環境アセスメントシステム・総合評価方式

環境アセスメントには手続面と技術面の二つがある。前者は制度としてどのような手続で環境アセスメントを実施するかという側面であり、後者は環境影響の予測や評価に係わる側面である。

前者については、欧米諸国の手続や各地方自治体などの手続について調査分析を行い、問題点を明らかにした。

後者については、各分野別(大気、海域、陸水域など)に個別の予測評価手法の開発が行われているので、残されたアセスメントシステムの設計と総合評価について検討を行ってきた。とくに、総合評価については、当所独自の方式を開発し、現在、実証・改良中である。

この方式は、自然環境のほかに社会環境をも評価の対象に加え、メリット面デメリット面を併せて総合的に評価する「環境総合評価システム」である。この方式の狙いは、これまで個々の項目(たとえば、SO<sub>2</sub>(亜硫酸ガス)、NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)、温排水など)単位で行ってきた評価を総合して定量的

に行おうとするものである。57年度中に最後のつめを行い、利用マニュアルを作成する(図2-5-2参照)。

## III. 景観の予測と対策

自然保護意識の高まりを背景として地域住民は、発電所に係る美観的な環境問題に目を向けるようになった。すなわち、人々の意識がより文化的な方向へ移行するにつれ、自然風景地の景観や、生活環境での景観の価値に対し、人々はいままでより一層注意を払うようになってきている。

このような状況のもとで、発電所施設の景観的影響を適切に予測評価し、必要な景観対策を実施することは重要な課題となってきた。これに対応するために、発電所景観に対する評価項目や評価尺度を明らかにし、景観予測評価手法の開発を試みってきた。

発電所の建設に伴う景観の影響予測評価の作業手順はつぎのとおりである(図2-5-3参照)。

また、発電所に関する景観問題の解決策

図2-5-1 インパクトの波及過程モデル

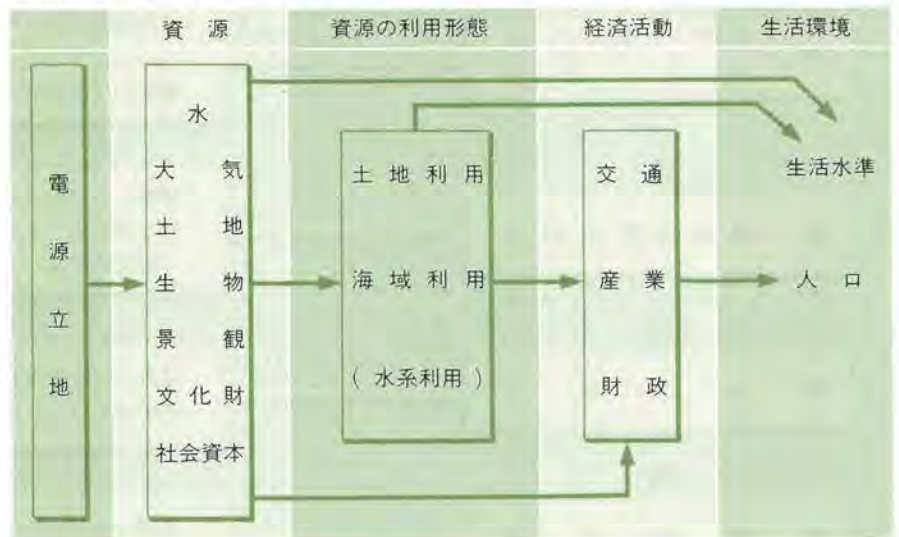
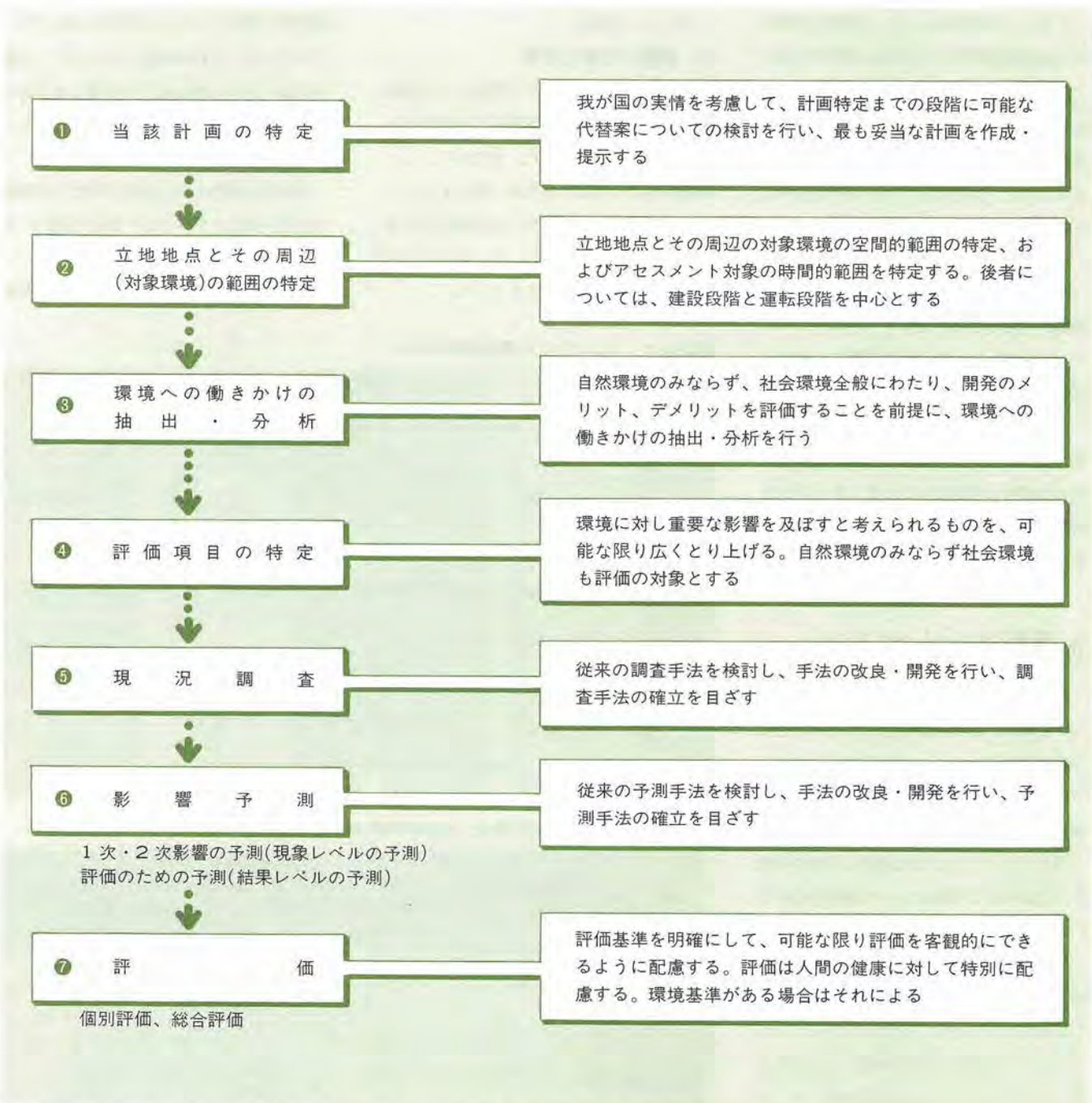


表2-5-1 モデルによる試算例 結果総括表(地点Cの例)

項目	発電所立地前の姿	10年後の姿		
		発電所の立地がなかった場合	発電所の立地があった場合	発電所の立地があった場合(投資規模2倍)
人口(人)	7,600	7,500	8,400 (112%)	9,200 (123%)
就業者数(人)	3,700	4,100	4,500 (110%)	4,900 (120%)
財政収入 昭和45年価格 (億円)	2.9	3.2	13.1 (409%)	21.6 (675%)
産業関係歳出 昭和45年価格 (億円)	0.3	0.3	1.2 (400%)	2.1 (700%)
都市化指標	6	6	12 (200%)	17 (283%)

( )内数値は発電所立地がなかった場合を100%とした時の比率である

図2-5-2 環境アセスメント手法の手順とその特色



として、景観対策について体系的に整理し、発電所のもつ技術面、環境面等の制約条件のもとで、どの程度の実施可能性を持ちあわせているかについて検討を行っている。

発電所の景観問題の解決のために景観対策について検討を行った。

景観対策の要点は、立地地点の選定、構

内施設のレイアウト、設備のデザイン、色彩あるいは修景であり、実際の立地地点の自然的、社会的環境条件のほか、発電プラント等の施設計画での制約や実施可能性を合せて考慮におかなければならない。そこで、景観対策に対する制約条件として、機能性・安全性・環境保全性・敷地制約・経済性の5つを取り上げ、それぞれの面から景観対策の実施可能性を検討した(表2-

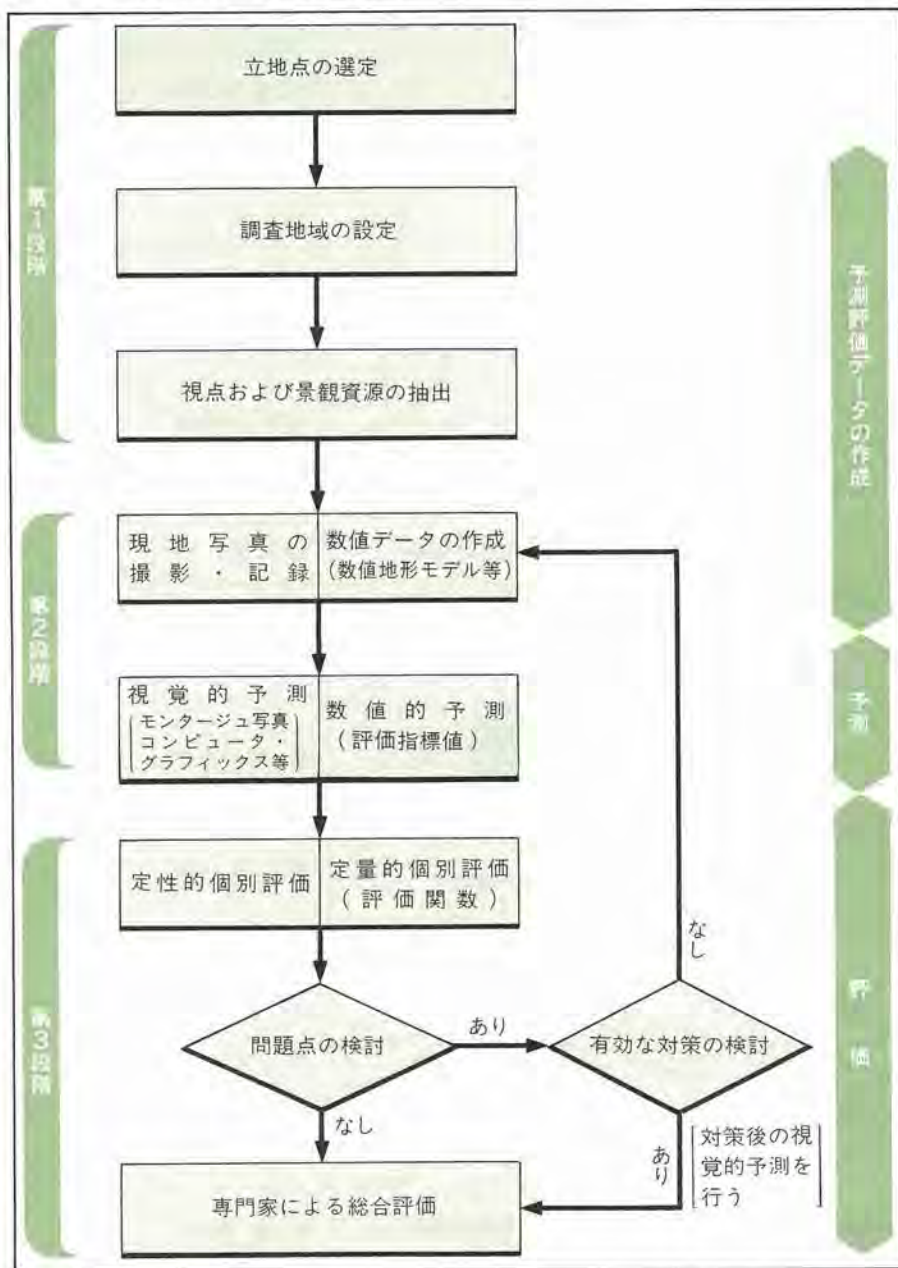
5-2 参照)。

### 2-5-3 合意形成と地域対応システム

電源立地難の原因にはさまざまなものがある。その解決策を求めて、電源立地難の事例分析や諸外国における合意形成方策の調査を行う一方、具体的な対応策について検討してきた。



図2-5-3 発電所の景観影響予測評価作業のフロー



### I. 事例研究

まず、電源立地難の事例を収集し、立地の阻害要因をとりだし、体系的に分類整理した。併せて、立地に反対する理由の分析を行い、反対運動がよりどころとする論理構造を解明し、電源立地をめぐる紛争の構造を明らかにした。

電源立地における紛争当事者(事業者反対派)の間には、最初の話し合い段階に不信感があり、計画に対しては公害や環境問題あるいは安全性問題をめぐる不安感がある。さらに、補償やその他の条件

についての不満感があって、それが解消に向えば紛争が解決するか立消えになることなどである。

このほか、漁村の社会構造の分析や漁業権の権造についても調査分析を行ってきた。

### II. 合意形成に関する調査

原子力開発のパブリック・アクセプタンスについて、欧米諸国の制度を中心に調査を行った。また、米国の電気事業者のパブリック、リレーションズ、とくに広聴活動、プレス対策等について調査した。

これらの調査、ことに後者の調査からは、原子力関連のPR活動の例では、単に技術的安全性についてだけでなく、料金問題、電源の多様化、省エネルギー、ローカルエネルギー等との関連を含めて、地域住民に総合的理解を求めるやり方が目立った。

### III. 対応策

電源立地難の事例研究や合意形成の調査を基礎に、具体的対応策についても研究をすすめてきている。これは大別して二つに分けられる。一つは計画に関連するものであり、他は紛争もしくは交渉過程に関するものである。


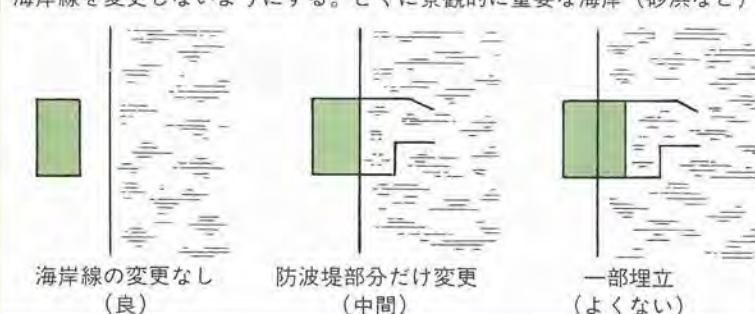
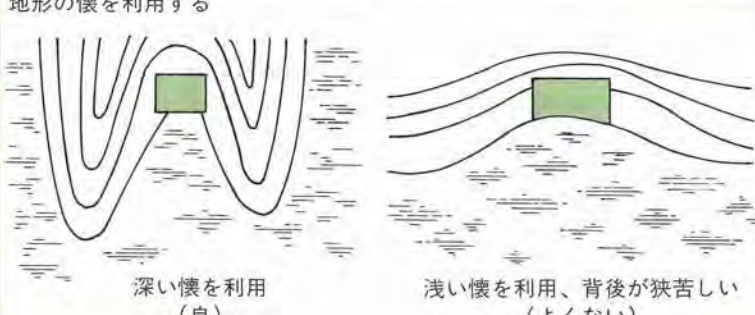
計画に関連する対応策の研究としては、電源立地地点や送電線のルートの選定手法に関するものと、地域(地元)へのメリット付与策としての発電所を中心とした地域環境システムの設計に関するものを実施した。

前者については、環境影響を考慮し、合意の得やすく、そのうえ経済性にも配慮する地点選定手法を開発した。また、送電線のルート選定についてはリモートセンシング技術を用い、経済的かつ地域への無用なトラブルをもち込まない手法を提案した(図2-5-4参照)。

後者の発電所立地地域へのメリット付与策については、事業者の負担を軽くすることによって地域振興の永続化と発電コスト上昇を防止する方法として、「マイナス」(温排水などの)「プラス」化(温排水などの有効利用)によるシステム設計を提案した(表2-5-3~4参照)。併せて、この方法によるケーススタディを実施し、その可能性について検討を行った。

このようないわば地域環境システムの設計のためには、未だこれを支える要素技術たとえば温排水や石炭灰などの利用技術が確立していないといった問題点のほかに、事業化の検討が不十分であるなどの問題が残されているが、今後の電源立地が「地域振興型発電所」を指向することを考えれば、このための検討を一層積み重ねておくこと

表2-5-2 景観対策と制約条件との関係(一部)周辺景観との関係(立地計画段階)

問題点	景観に関する対策	対策に対する実施可能性	
		制約条件の種類	制約の程度
発電所の存在そのものが持つ異和感、危険がある	地形、水面、樹林を利用して、隔離感を演出する 	機能性	○
		安全性	◎
		環境保全性	△
		敷地制約	○
		工期・経済性	○
		敷地制約(樹木利用)	△
		経済性	△
立地形態によっては、景観の連続性を損う。 ●地形へのおさまりが悪い。 ●見え掛り(見え方)がよくない。	海岸線を変更しないようにする。とくに景観的に重要な海岸(砂浜など) 	機能性	○
		敷地制約	○
		経済性	○
	地形の懐を利用する 	機能性	○
		安全性	◎
		環境保全性	△
		敷地制約	○
		◎…強い制約条件 ○…中程度の制約条件 △…代替策が容易にたてられる弱い制約条件	

が必要となる。

これに対して、紛争・交渉過程に関する対応策の研究は漁業補償交渉を中心に実施してきた。この研究は交渉過程を再現し、その過程でいろいろな対応策を試み、それぞれの対応策の効果を比較し、最適な対応策を見い出そうとするものである。

このため、まず、実例をモデルに交渉過程を再現できる仕組みをつくり、これを用いて模擬の交渉当事者によって模擬試験(ゲ

ーミングシミュレーション)を行うことになる。これまで、ゲーミングシミュレーションモデルを作成し、実験を重ねてきている(図2-5-5参照)。

この結果、交渉の展開のパターン変化の可能性、補償の種類による効果のちがひ、交渉当事者のキャラクターのちがひによる交渉期間のちがひ、仲介者の役割り、交渉膠着の交渉過程への影響、妥結額と満足度などについて多くの情報をえてきたが、モ

デルの精度向上とゲーミング実験を効率よく行うための検討が今後の課題である。

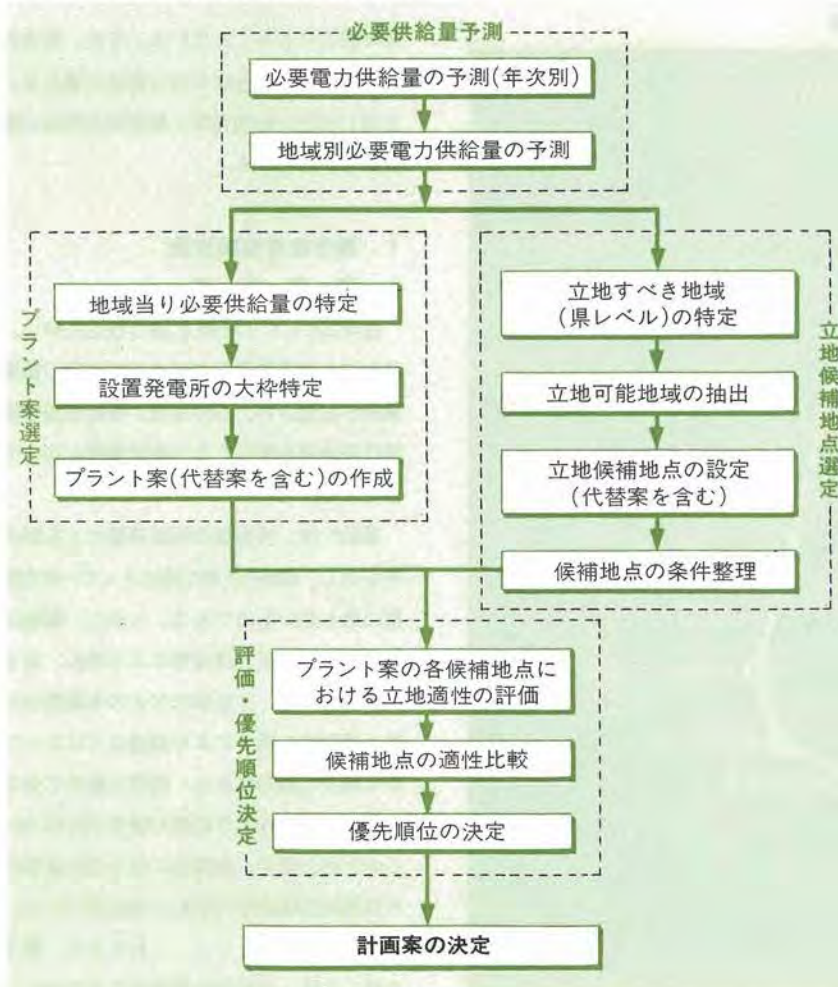
#### 2-5-4 地域農水産業との協調

発電所の立地を円滑にすすめるうえで、地域社会の理解を得ることはもちろんであるが、立地後の発電所にとっても、地域の理解と協調は欠かせない。このため、農業、漁業との協調のための技術に関する研究として、藻場造成や温排水の農業への利用技

表2-5-3 地域環境対策(一例)

調査・計画段階	建設段階	運転段階	閉鎖段階
(1) 問題や紛争を起こさない 地元へのアプローチ (2) 計画(地域協調型開発)の 作成 (3) 代替施設の建設 (4) 地元が欲しがらる情報の提供 (5) 地元の将来に係わるニーズ の調査と将来計画のための 資料収集・提供	(1) 建設時の地元へのメリット 付与 (工事の地元発注、地元雇 用など) (2) 建設工程の最適化——地元 メリット最大、デメリット 最小化 (3) 電源三法関連地元対応関係 (4) 建設用施設の提供・開放 (港湾の利用、道路の通行 など)	(1) 用地関連 用地内の有効利用・開放 地域計画との一体化 (し尿処理施設、ゴミ焼却施設等の設 置、太陽熱収集施設、墓地公園など レジャー・その他文化施設……) (2) 用水関連 水路の多角的活用 (上水道関連)の整備など (農業水関連) (3) 建造物関連 建造物の有効利用 (排煙処理施設の共用 など) エントツ施設の共用 (4) 排出物関連 排出物・廃棄物の資源化温排水の有 効利用…(取放水海域の多角的利用) 養魚、種苗生産、施設園芸、(グリー ンハウス)などへの利用など (5) その他(付(属)帯施設関連など) 港湾施設の多角的活用…… 電源三法交付金の有効活用可能性… 各種催し物の提供・開放など	

図2-5-4 電源立地計画案作成手法の構造



温排水の温室利用システムの研究

表2-5-4 対応策マトリックス

目標特性 立地 地点特性	省エネ型	省資源型	環境保全型	経済成長型	社会的公正型	地域開発型	地元福祉型
都市近郊型	温排水エネルギーの有効利用——温水の供給——冷暖房用		緑地公園 環境 モニタリング	工場誘置 電力の供給	住民参加 環境 モニタリング 電気料金	雇用促進 道路港湾 融雪 農業振興 (施設園芸)	温水プール 研究所 塩温水保養所 職業訓練所 総合病院 保育所
農漁村型		温排水 都市ごみの有効利用 バイオマス 海水淡水化				(土壌保温) 漁業振興 (養魚・種苗) (漁場開拓) 排気ガス利用の産業(副産物) 定検その他の関連産業(副産物) 工場誘致	老人ホーム レジャーおよびスポーツ施設 文化・芸術 ゴミ処理 汚染浄化 下水道 地域冷暖房 海水淡水化 融雪
	廃棄物の資源化						

図2-5-5 シミュレーションによる交渉金額の推移例



術の研究にとりくんでいる。また、将来の大容量・大規模石炭火力の建設に備えて、大量石炭灰の有効利用・処理処分技術の開発もすすめている。

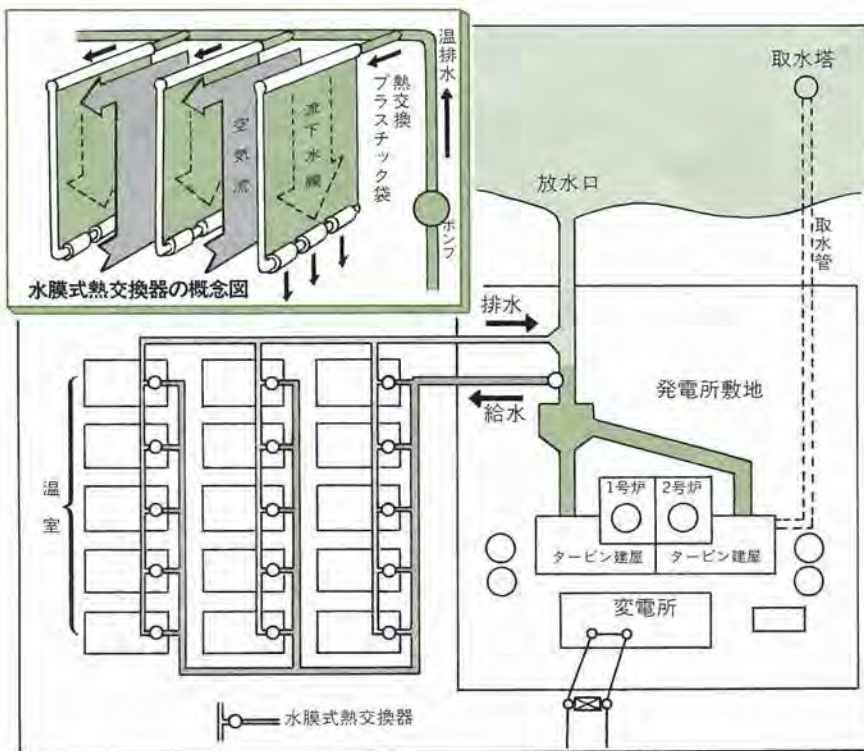
## I. 農水産業協調技術

### 1. 藻場造成

近年200カイリ経済水域の設定に伴い、我が国の漁業政策のなかで沿岸漁業の振興施策が実施され、沿岸水域や漁場資源の保護管理増殖を図ることが重要課題となってきた。

藻場\*は、浅海域の海藻草類による群落帯をさし、海域の生物生産にとって一次生産量の最も高いものである。しかし、藻場は沿岸埋立、干拓、浚渫等による消失、あるいは生活排水、工場排水などの水質悪化に伴う透明度の低下による衰退などによって年々減少の傾向にある、回復は極めて少なく漁業生産に与える影響が懸念されている。このため、埋立、浚渫に伴う消失藻場の代替藻場造成技術の開発とが望まれている。アマモ場造成法として、これまでに、種子を播く方法、分枝茎を移植する手法等につ

図2-5-6 温排水の温室利用システム



いて検討されてきたが、未解明事項も多く残されている。

当所では、

- (i) アマモ場の実態把握
- (ii) アマモ種育苗成法
- (iii) アマモの移植法
- (iv) アマモの生長におよぼす生育環境要因を柱に57年度からアマモ場造成に関する調査研究を推進している。

特に、アマモ場の実態調査に関しては、アマモ場のアマモ群落の定量化、葉上・葉間動物相および付着珪藻相の把握を行う際のサンプリングサイズの検討を行い、その必要な採り面積とサンプリング回数を明らかにした。

アマモ場の造成に引き続き、さらに、ガラモ場、アラメ・カジメ場の造成技術についても検討を加える予定である。

\*藻場 藻場は、構成している海藻草類により、アマモ場、ガラモ場(ホンダワラ類藻場)、アラメ・カジメ場、コンブ場などに大別される。また、その機能によって 1. 生活圏藻場(餌場、かくれ場、生育場)、2. 餌料藻場(アラメ・カジメなど植物自体直接

アワビ、サザエ、ウニなどの餌料となる)、3. 流れ藻供給藻場(ブリなどの幼稚魚が生息する流れ藻を供給する)ともよばれ、沿岸漁業資源再生産に果す機能から藻場の保護・造成の必要性が認識されてきている。

## 2. 温排水等の農業利用

近年、我が国の施設園芸は急速な発展を遂げ、ガラス温室、ビニールハウスの総面積はおよそ35,800haに達し、生鮮野菜類の安定供給にとって不可欠なものとなっている。しかし、施設園芸はエネルギー多消費型農業で、省エネルギー技術の開発が強く要望されている分野である。

このような状況を踏まえて、当所では従来の石油に替る温室の暖房熱源として温排水等を利用する研究を推進している。

我が国では冷却水の取水温と排出温の差を7℃に規制されており、厳寒期では暖流の影響を受ける地域でも温排水温は20℃以下の場合が多く、暖房目標温度が比較的低い温室の暖房用としても相当に利用しにくい熱源である。

そこで、温排水のような低温水と空気と

の熱交換を高効率で行うために熱交換部に薄いプラスチックフィルムを用いた水膜式熱交換器(図2-5-6)を開発し、これを温排水利用温室に適用するための研究を推進している。

これまでの研究成果から15℃の温排水によって外気温が-5℃のとき、温室内気温をトマトの栽培に必要な10℃程度に保持することが可能であることを認め、実際の火力発電所の温排水を用いて実証研究を行っている。

さらに、この水膜式熱交換器については、温排水の利用が困難な地域での実地適用化を目指して、水蓄熱式太陽熱利用温室への適用を検討している。

## 3. 石炭灰の有効利用処分技術

石炭火力の副産物である石炭灰(フライアッシュ)の本格的利用は昭和28年にすでに始められた。フライアッシュがコンクリート混和材としてすぐれており、セメント量の約20%代替可能であり、かつ、ダムコンクリートの施工性と品質向上に効果あることが明らかとなり、東京電力の須田貝ダム建設に初めて使用した。この際混和したフライアッシュがコンクリート中に均一に分散することを証明するため、フライアッシュ均等性試験法を考案して現地で適用した。

この成功に引き続いて、セメントにフライアッシュを混和したフライアッシュの市販ならびに生コン混和材としての利用が急伸したが、発電用燃料の重油への転換が進み、石炭消費量の減少とともに石炭灰利用量も減っていった。

当所は、今後の石炭火力の建設に伴い生じる大量の石炭灰の有効利用をはかるために、石炭灰を粘土代替として用い、石炭灰、石灰石および非脱石膏を原料とする新種セメントを開発するとともに、路盤、路床材としての用途を開発している。

また、肥料としての利用は当所の特許に基づく石炭灰と苛性カリ(または炭酸カリ)と配合して高温下で焼成し、く溶性カリ肥料

とする方法が電源開発により工業化されている。新たに常温で固化化可能なリン酸、窒素ならびにカリを含む複合肥料の開発を進めている。

このほか、いくつかの利用技術について検討をすすめているが、当所のフライアッシュ利用に関する最近の研究開発状況と成果はつぎのとおりである。

(i) 高アルミナ新種セメントの開発

石炭灰、石灰石および排脱石膏を原料とする高アルミナの新種セメントを開発した。これらの原料は、いずれも石炭火力発電所内で入手し得るものばかりである。

試作セメントは普通ポルトランドセメントよりも高い圧縮強度が得られ、L型無水石膏を適量加えると、ポルトランドセメントの強度を上廻るものが得られることを明らかにした。この石膏の最適添加量は石膏量として10～12%が適当である。

(ii) 路床および路盤材

路床および路盤材として、石炭灰を砂や砂利の代替として用いる研究は世界各国ならびに国内の各所で行われ、イギリス等ではかなり広く利用されている。

当所におけるこの分野の研究は2つあり、1つは排脱石膏の利用も含め、石炭灰、石膏および少量の石灰の混合物を路盤材として利用すること、あと一つは、石炭灰に硬化を促進させる添加剤を加え、路床、路盤、盛土等の土工材料として用いるものである。

前者の実証試験として、当所の狛江事業所内のアスファルト舗装駐車場の一部分の路床に石炭灰、石膏およびセメントあるいは石灰から成る混合物を用いて数年前に施工し、実用に供している。

また、後者については、硬化促進添加剤のスクリーニング試験を実施し、効果のある数種の添加剤を選定した。これらの添加剤を用いて固化体を作成し、強度、膨脹一収縮性、耐水性等の各種性状測定を行っている。引き続き、小規模な現地実証試験を実施する予定である。

図2-5-7 珪酸カリ肥料を与えたハクサイ



硫酸カリ肥料を与えたハクサイ



(iii) 肥料への利用

当所は、石炭灰の肥料化の研究により、苛性カリあるいは炭酸カリを石炭灰に添加し、600～800℃の温度で焼成することにより、く溶性のカリ肥料が得られることを約15年前に発明した。この肥料は最近になって電源開発機によって実用化された。

当所はさらに研究を進め、リン酸系の新たな石炭灰肥料として、石炭灰とリン酸を混合するのみで、自己凝固作用により固化させる粒状肥料を開発した。この肥料の凝

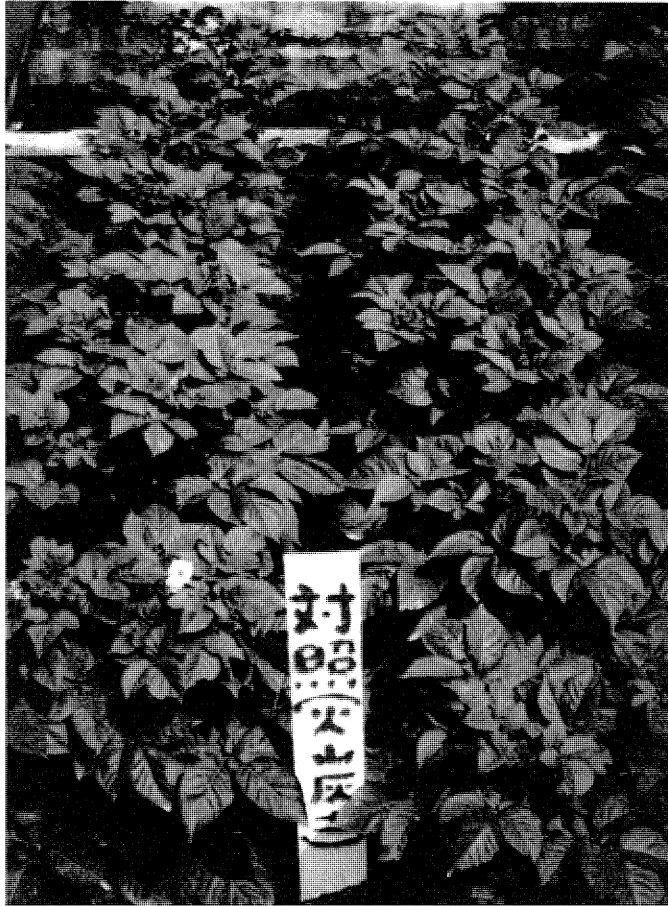
固過程で、活性汚泥のような有機質廃棄物や窒素成分、カリ成分を添加して同時に凝固させることにより、複合肥料が得られることも見出した。

本方法の製造は常温、常圧下で行われ、熱エネルギーを必要としない長所を有し、リン、窒素、カリの肥効成分を緩効性にする効果がある。

幼植物による初期吸収肥効試験の結果では、在来肥料に遜色ないことがすでに証明されている(図2-5-7参照)。引き続き、

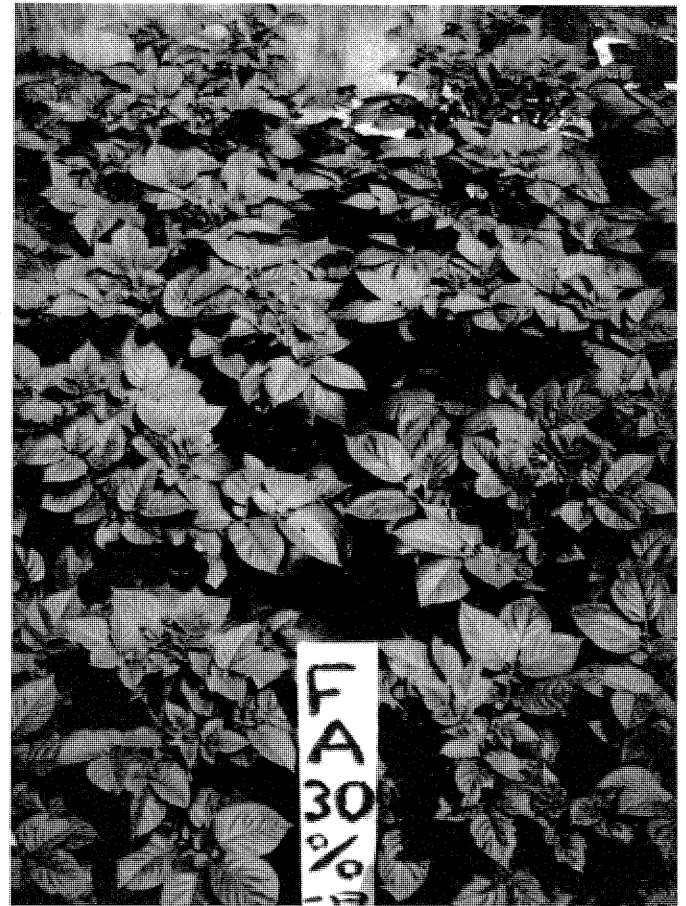
図2-5-8

石炭灰を混合しない畑地(火山灰土壌)で育てたジャガイモ(草丈高く、葉長が大きい)



石炭灰を30%混合した畑地(火山灰土壌)で育てた

ジャガイモ(草丈高く、葉長が大きい)



全生育期間を通じての生長から判定する土耕法による肥効試験を実施している。

本肥料の研究開発は、資源協会ならびに関係会社と協力して凝固メカニズム等の基本的事項、および肥効試験は公的機関へ、それぞれ一部を委託して研究開発などについて効率的推進をはかっている。

#### 4. 埋立処分

今後大量に発生することが予想される石炭灰の利用処理・処分に関しては、以上のように一部はセメント混和材、路盤材、肥料などへの利用のほか、需給のバランスからみて大部分は埋立処分せざるを得ないものと予測されている。埋立には内陸埋立と海面埋立があるが、石炭灰からの溶出水のpHが10以上のアルカリ性を示すことから、地下水と海水の水質への影響を与えないように施工しなければならない。

このことを解明する目的で石炭灰と各種土壌、ならびに石炭灰と海水を用いた溶出実験を行い、下記のことを明らかにした。

- (i) 供試土壌として我が国の代表的な土壌である火山灰土、褐色森林土、赤黄色土、灰色低地土を用い、石炭灰からの溶出水に対する緩衝作用について実測を行った結果、火山灰土以外の土壌はいずれも顕著な緩衝作用が認められ、溶出水が土壌層を通過することによりpHは5~6に低下する。このpH値は土壌のみからの溶出水のpH値とほぼ一致する。
- (ii) 石炭灰と海水とを混合するとpHは瞬時的に上昇するが、炭酸塩、水酸化物などの生成により時間の経過とともにpHは低下し、日時の経過によりほぼpH9程度になる。
- (iii) 生物影響については、石炭火力立地地点および立地予定地点においての海生生物

に含まれる微量元素の調査分析を行った。その結果、石炭灰による微量元素の影響は認められなかった。

また、石炭灰溶出液の植物プランクトンおよび動物プランクトンに対する急性毒性影響は、pHが高い程(アルカリ性)、生長が抑制される傾向があるが、pHを対照区と同程度まで下げることによって、生長は回復することを明らかにした。

以上からpHに関しては地下水と海水の水質に与える影響はほとんどないものと判断されるが、引き続き石炭灰中の微量成分の挙動と水生生物への影響を中心に調査を進めている。

さらに海面埋立の場合の余水のSS(浮遊粒子状物質)とpHの実態を把握する目的で57年度より実発電所の灰処理場において調査を行っている。今後はここで得られ

ている知見と室内実験の結果を総合することにより灰処理場の設計と運用に寄与し得るものと期待される。

## 5. 石炭灰の農業利用

石炭灰は石炭、土壌に由来する多様な元素を含み、植物の生育に必須な元素も多量に含んでいる。また、石炭灰は一般に pH が高く、粒子が細かい。このため酸性土壌の多い我が国の農地に石炭灰を施用すると、作物に必須な元素の供給、土壌 pH の調整、土壌保水力の向上などの効果が期待できる。

これまで、我が国の代表的土壌に石炭灰を種々の濃度で混合し、水稻・ムギ・野菜類の栽培試験を実施した結果、石炭灰による土壌改良の増収効果が認められた。また我が国の代表的畑地土壌である火山灰土壌に

フライアッシュを10～30%混合して大根を栽培した結果、茎葉部、根部の発育とも石炭灰を施用しない対照区より優れ、根部収量が23%増となった。同様の傾向はジャガイモ、トマト、ホウレンソウ等でも認められた(図2-5-8 参照)。

また、同時に石炭灰中の微量元素の植物への移行についても合わせて検討をすすめている。

一方、石炭灰を大量に処理する方法として荒廃地等の埋立てが行われ、跡地の農地利用が検討されている。たとえば、谷間埋立て跡地を農地化した場合、栽培可能面積の拡大、日照条件の好転、平坦化による農作業の能率向上等による農業生産性の向上が期待できる。

そこで、石炭灰捨場の跡地を水田・畑地・

果樹園等の農地として利用するために必要な技術開発を進めている。これまでの試験から、ある程度の覆土があれば、水稻・野菜類の栽培は充分可能であり、秋大根の必要覆土厚は40～50cmであることを明らかにした。

石炭灰は炭種、燃焼法により含有成分が異なること、我が国には様々な種類の農地土壌があり、栽培される作物も多様であることから、今後さらに石炭灰や土壌の種類・作物の種類に応じた最適混合割合を明らかにする必要がある。また、埋立てした石炭灰の上部の置き土(覆土)の種類と厚さ、水田とする場合の止水材、かん排水技術等についても検討を進めている。



## 関連報告書等

### 2-1

#### 2-1-2

1. 朝倉、四方「火力発電所排煙の大気拡散予測手法の検討」総合報告(1982)
2. 赤井「音波レーダによる火力発電所排煙の遠隔観測」研究報告：281029(1982)
3. 市川「地形影響を考慮した気流および排ガス拡散の数値モデル」研究報告：281030(1982)
4. 千秋「光化学オキシダントの発生機構と予測」研究報告：281005(1981)
5. 藤田「対流圏下層における降水現象に関連した物質輸送」研究報告：281018(1981)
6. 神山、高木、神戸「高煙突からの排煙選別測定法」依頼報告：69538(1969)
7. 矢田部「環境大気中のSO<sub>2</sub>自動計測器の評価」研究報告：276021(1977)
8. 中岡、福島、市川、高木「石炭火力発電所からの天然放射性核種の影響評価」研究報告：281036(1982.4)
9. 青木、小川、石川、蓑原「数種樹木の障害発現と硫黄蓄積におよぼす低濃度SO<sub>2</sub>接触の影響」研究報告：477008(1979)
10. 佐藤、梅沢、藤原「低濃度大気汚染物質複合の植物に及ぼす影響に関する研究Ⅰ.ハツカダイコン、インゲンの生長に及ぼすO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の影響」研究報告：482003(1982)
11. 佐藤、梅沢、藤原、石川「低濃度大気汚染物質複合の植物に及ぼす影響に関する研究Ⅱ.水稲の生育・収量に及ぼすSO<sub>2</sub>とO<sub>3</sub>の長期接触の影響」研究報告：482008(1982)
12. 河野、高梨、石川「ばいじんの植物におよぼす影響に関する研究」研究報告：477001(1977)、研究報告：478001(1978)、研究報告：479001(1979)
13. 藤原、梅沢、河野「酸性雨の数種植物に対する試験ならびに文献調査」調査報告：479015(1980)
14. 河野、藤原「ハツカダイコンおよびインゲンの生育、収量に及ぼす酸性雨の影響」研究報告：481008(1981)
15. 河野、藤原「ハツカダイコンおよびインゲンの酸性雨による表皮形態と無機成分濃度の変化」研究報告：481014(1982)
16. 品田、石川、高梨「阿南地域における現存植生ならびにマツの生育」研究報告：477009(1978)
17. 品田、蓑原、小林、上平、小川「地熱発電所周辺における樹木の活力調査」研究報告：478012(1979)
18. 関山、羽生、岡部「環境ストレスに対する植物生体反応の連続的測定」研究報告：481016(1982)
19. 志賀、根岸、佐野「酸性硫酸ミストの吸入影響」研究報告：480009(1982)
20. 上平、根岸、志賀「フライアッシュ吸入実験装置の試作」研究報告：482002(1982)
21. 志賀、上原、板久、井上「排煙、排ガスが人体・動物に及ぼす影響に関する文献調査」研究報告：477005(1978)、478002(1978)、480010(1982)
22. 河野、高梨、石川「能代地域におけるマツ葉および土壌含有元素の濃度分布」研究報告：480018(1981)
23. 河野、高梨、藤原「石炭ばいじん中の微量元素が植物におよぼす影響に関する文献調査」調査報告：481017(1982)
24. 河野、高梨、藤原「石炭灰混合砂土における数種作物の生育と微量元素濃度」研究報告：481018(1982)
25. 青木、小川、岡部、御園生、中岡、福島「石炭灰混合土壌における農作物の生育(その1)ダイコンの生育と無機成分の吸収」研究報告：481015(1982)
26. 大塚、長谷川、小泉、小野、矢田部、水落「カフジ原油の水素化脱硫」研究報告：66025(1966)、66031(1966)、67077(1968)、67078(1968)
27. 石原、福沢、浅川「燃焼ガス中に吹込まれた石灰石粉末と二酸化いおうとの反応機構の検討」研究報告：70006(1970)
28. 田中、小泉、石原「石炭石吸収液によるSO<sub>2</sub>吸収反応機構」研究報告：73107(1974)
29. 小泉、乗京、田中「排煙脱硫装置排水中のCOD成分一亜硫酸溶液中におけるジチオン酸の生成」研究報告：27041(1978)
30. 小野、小泉、田中、横山、木山「排水中の窒素分連続自動計測器の評価」研究報告：281028(1982)
31. 小泉、田中、石原「排煙脱硫湿式還元法一亜硫酸ナトリウム水

溶液による窒素酸化物除去反応促進用添加剤の検討」研究報告：74021(1974)、74031(1974)、275017(1976)、278027(1977)、278019(1978)

32. 瀬間、星沢、水落、園田、遠藤、笠井「メタノール燃焼に関する検討—発電用燃料として利用する際の技術的検討—」総合報告：No.35(1978.5)
33. 佐藤、瀬間、藤本、望月、栗原、小林「燃焼状態評価システムの開発—重回帰分析による発電用ボイラからのNO<sub>x</sub>の発生量予測—」依頼報告：281571(1982.6)
34. 瀬間、佐藤、鈴木、藤本、小林、栗原「燃焼状態評価システムの開発—試作システムの性能評価—」依頼報告：281578(1982.6)
35. 松田、渡辺「微量ばいじん濃度の測定—JIS法とβ線ばいじん計の比較検討」研究報告：277023(1978.2)
36. 渡辺、永山、松田「重専ボイラ用高温電気集じん器の集じん性能」研究報告：279004(1979.8)、280020(1980)、281041(1987)
37. 永山、渡辺「粒子充填層集じんの静電効果について」研究報告：277061(1978.7)
38. 永山、渡辺、牧野「2段階電粒子充填層集じん器の性能」研究報告：280032(1981.5)、281037(1982)
39. 牧野、渡辺、松田、二宮「アスファルト燃焼時のサブミクロンばいじん」研究報告：281040(1982.4)
40. 岡部「揚炭施設からの炭じん飛散に関する検討」研究報告：281060(1982)
41. 小谷田、小野、市川、織本、清水「石炭自然発火予知システムの開発(その1)」研究報告：280048(1981)
42. 宮川、小谷田、小野、織本、坂本「石炭自然発火予知システムの開発(その2)—貯炭表面温度測定への赤外画像表示装置の適用」研究報告：281061(1982)
43. 四方、星沢、松田、牧野、中井「石炭専焼火力発電所からの降下ばいじん量の実態把握」依頼報告：280511(1980)
44. 小谷田、小野、宮川、織本、清水「石炭自然発火予知システムの開発(その1)基本システムの検討」研究報告：280048(1981.8)
45. 宮川、小谷田、小野、織本、坂本「石炭自然発火予知システムの開発(その2)貯炭表面温度測定への赤外画像表示装置の適用」研究報告：281061(1982.5)

#### 2-1-3

1. 中尾「低周波騒音の発生と影響」調査資料：279005(1980.3)
2. 中尾「岐管取付による低周波空気振動軽減効果の実験的検討」研究報告：280039(1981.7)
3. 中尾「低周波空気振動の測定方法と軽減対策」調査報告：280040(1981.7)
4. 上原、永福、相原、中尾「低周波空気振動の影響の検討—にわたりの産卵、乳牛の泌乳量」

## 2-2

### 2-2-1

1. 和田、石橋「外海域における流動と拡散特性」研究報告：382002(1982.7)
2. 和田、宮池「湾内水の循環機構に関する研究」研究報告：377025(1978.7)
3. 片野、和田「温排水拡散予測における水面と大気間の熱交換過程の検討と熱交換係数計算図表の提案」研究報告：74005(1974.9)
4. 片野「海面からの蒸発と熱交換係数に関する検討と新しい熱交換計算図表の提案」研究報告：376008(1977.1)
5. 角湯、和田「瀬戸内海における流況と分散特性」研究報告：375010(1975.9)
6. 和田、片野、角湯、荒木「沿岸海域における温排水拡散予測手法の適合性に関する研究」研究報告：73001(1974.3)
7. 和田、角湯「温排水拡散予測汎用計算図表の提案」研究報告：375008(1975.7)
8. 加藤、和田「水理模型実験による温排水拡散予測手法の適用性に関する研究」研究報告：375004(1975.7)
9. 加藤、和田「水理模型実験手法による温排水拡散予測に関する研究」研究報告：381018(1981.11)
10. 加藤、田中「温排水水中放流実験における歪み模型の適用性」研究報告：376013(1977.3)
11. 和田、片野、荒木「3次元数値モデルによる排水ブルームの挙動解析—単一流管の場合—」研究報告：378031(1982.10)
12. 小森、田中、和田「碎波帯近傍における温排水の移流拡散に関する実験的検討」研究報告：377018(1978.5)
13. 田中、和田、小森「拡散に影響を及ぼす海浜流の特性」研究報告：379011(1979.9)
14. 田中、和田「海浜流を考慮した温排水拡散予測—予測結果と実験結果との比較—」研究報告：380058(1981.6)
15. 角湯、和田「瀬戸内海東部海域における自然水温の変動特性」研究報告：381037(1982.2)

### 2-2-2

1. 角湯、和田「冷却水取水に伴い取り込まれる浮遊体の確率的検討」研究報告：378027(1979.8)
2. 飯塚、後藤、下茂「塩素接触が植物プランクトンの増殖能及び光合成能におよぼす影響」研究報告：479005(1979.10)
3. 飯塚、後藤、下茂「昇温接触が植物プランクトンの増殖及び光合成能におよぼす影響」研究報告：479018(1980.3)
4. 下茂「赤潮に関する文献調査」調査報告：48006(1980.7)
5. 坂口、新島、下茂、清野「動物プランクトンの活性、現存量測定法に関する研究—分光分析による方法—」研究報告：478013(1979.11)

6. 米川、下茂「温排水拡散域における植物プランクトン分布予測」研究報告：479004(1979.10)
7. 清野「温排水が魚貝類におよぼす影響に関する研究—魚卵等のATP含量におよぼす水温の影響について—」研究報告：481012(1981.10)
8. 下茂「アサクサノリのタンク内大量培養に関する基礎的研究」研究報告：71002(1971.9)
9. 飯塚、下茂、後藤、中谷「マルバアサクサノリの環境生理 I. 中性孢子放出について」研究報告：477003(1978.2)
10. 飯塚、下茂、後藤、中谷「マルバアサクサノリの環境生理 II. 葉体の生長と品質について」研究報告：479007(1979.12)

#### 2-2-3

1. 加藤、角湯、水鳥、和田「火力発電所建設に伴う濁りの拡散予測」依頼報告：380600(1981.5)
2. 曾我「閉塞性内湾の水質浄化に関する検討」依頼報告：74566(1975.6)
3. 角湯、水鳥、和田「内湾における海水交換に関する水理学的研究」研究報告：382017(1982.9)

#### 2-2-4

1. 千秋、和田「火力発電所冷却水の深層取水に関する研究」研究報告：64005(1964.9)
2. 千秋、藤本「冷却水深層取水口の取水特性」研究報告：66079(1967.3)
3. 曾我「多孔式排気装置による温排水の水温低減化の検討」第18回電力土木研究会資料(1976.10)
4. 片野、河村「単一水平放流管による温排水の水温低減化に関する研究」研究報告：376012(1977.8)
5. 片野、河村「スロット型およびマルチパイプ型放水口による温排水の水温低減化に関する研究」研究報告：377012(1978.6)
6. 片野、河村「浅水域に放出される温水噴流の混合稀釈特性」
7. 浜松、岩田「温排水用補助冷却塔の一評価—運転条件と所要規模—」研究報告：277009(1977.8)

#### 2-2-5

1. 鹿島、斎藤「振動流による浮遊砂の濃度と粒径」研究報告：375018(1976.3)
2. 丸山、榊山、鹿島、斎藤、清水「実規模波浪を用いた碎波帯近傍の波高、水粒子速度に関する実験的検討」研究報告：382034(1982.11)
3. 丸山、鹿島「R地点海浜変形に関する水理的検討」研究報告：382534(1982.12)

## 2-3

### 2-3-2

1. 白砂「貯水池濁水対策に関する研究(第1報)」依頼報告：72503(1972.7)
2. 白砂「貯水池濁水対策に関する研究(第2報)—選択取水法の水理的検討—」依頼報告：73509(1973.11)
3. 白砂、安芸「揚水発電所貯水池における選択取放水の研究(1)」依頼報告：72575(1973.2)
4. 白砂、安芸、石川「揚水発電所貯水池における選択取放水の研究(その2)」依頼報告：74557(1975.6)
5. 安芸、白砂「貯水池濁水現象の調査と解析(その1)—貯水池の流動形態と濁水現象—」依頼報告：74505(1974.8)
6. 安芸、白砂「貯水池濁水現象の調査と解析(その2)—成層型貯水池の流動形態および選択取水に関する数値解析—」依頼報告：74506(1974.8)
7. 石橋、斉藤「貯水池、濁水現象の調査と解析(その3)—熱収支にともなう水温成層形成過程に関する予備実験—」依頼報告：74544(1975.4)
8. 安芸、白砂、斉藤「貯水池濁水現象の調査と解析(その4)—表層取水設備を有する貯水池および混合揚式発電所貯水池の流動形態の数値解析—」依頼報告：74553(1975.6)
9. 宮永、石橋、斉藤「貯水池流動形態に関する実験的研究(その1)—シミュレーションモデルによる設備の機能の検証—」研究報告：379018(1980.2)
10. 宮永、石橋、斉藤「貯水池流動形態に関する実験的研究(その2)—濁質粒度が貯水池濁水現象に及ぼす影響について—」研究報告：380016(1980.10)
11. 宮永、秋元、石橋、白砂、斉藤、尾崎「貯水池流動形態のシミュレーション解析手法」研究報告：378022(1979.6)
12. 安芸、下田、赤崎、白砂、宮永「貯水池水質の評価と保全対策(その1)—富栄養化の観点からの貯水池水質の類型化—」依頼報告：381522(1981.11)
13. 安芸、下田、赤崎、白砂、宮永「貯水池水質の評価と保全対策(その2)—富栄養化防止のための流域対策」依頼報告：381523(1981.11)
14. 坂田、下田「貯水池堆積物の組成と水質への影響」依頼報告：281530(1982.1)
15. 坂田、下田「貯水池底泥の組成と底泥による貯水池の富栄養化度の評価」依頼報告：281536(1982.3)
16. 安芸、下田、白砂、赤崎、宮永、坂田「貯水池水質の調査と解析」総合報告：302(1982.6)

17. 宮永、白砂「水力発電所貯水池富栄養化現象の予測解析」依頼報告：382509(1982.7)

### 2-3-3

1. 浅田「河川の流域特性を考慮した流砂量予測手法の検討(1)―実河川資料による流砂係数値の推定―」研究報告：73002(1973.9)
2. 浅田「河川の流域特性を考慮した流砂量予測手法の検討(2)―流砂係数の算定式について―」研究報告：73012(1974.4)
3. 浅田「山地河川の流砂量と貯水池の堆砂過程に関する研究」総合報告：2(1976.2)
4. 安芸、白砂、斉藤「調整池の洪水時排砂方法に関する研究」依頼報告：70520(1970.9)
5. 石橋、磯部「高瀬川上流部の土砂流出に関する研究(第1報)―急流河川の掃流砂量式―」依頼報告：70521(1970.9)
6. 石橋、磯部「高瀬川上流部の土砂流出に関する研究(第2報)―高瀬ダム貯水池流入土砂量の推定―」依頼報告：70522(1970.9)

### 2-3-4

1. 赤崎、平間「水質評価のための藻類培養試験法に関する研究」研究報告：476008(1977.7)
2. 赤崎、平間「藻類生産力による貯水池水質の評価」研究報告：478008(1979.4)
3. 赤崎、佐伯「淡水赤潮生物ペリジニウムの培養」研究報告：478015(1979.5)
4. 平間、赤崎「貯水池水質の調査と解析(その6)―藻類生産力による貯水池水質の評価―」依頼報告：481511(1982.2)
5. 若谷、山本、山中「河川維持流量の算定手法に関する研究―景観評価手法(その1)―」依頼報告：581520(1982.3)
6. 若谷、山本、山中「河川景観における評価構造および規定要因に関する基礎的研究」経済研検討資料(1981.10)

## 2-4

### 2-4-2

1. 橋本、竹下(信)、西山、豊田、岩崎、金丸、竹下(和)「送電線路によるテレビ電波障害発生機構と障害範囲予測計算法」総合報告：31(1976)

### 2-4-3

1. 紀村、井上「アレスタによる電磁誘導対策の保安効果と適用範囲の検討」依頼報告：179510(1979)
2. 井上、宮崎、橋本「平戸大橋における誘導実験結果および橋梁のしゃへい係数計算手法に関する検討」依頼報告：177525(1977)
3. 雪平、宮崎、井上、清水「幹線道路ガードケーブルの電磁誘導しゃへい効果」依頼報告：181537(1981)

### 2-4-4

1. UHV送電研究推進委員会「UHV交流送電線の障害対策に関する基礎研究」総合報告：110(1982)

## 2-5

### 2-5-2

1. 「発電所立地に伴う社会環境変化」経済研究所資料(1982.3)
2. 荒井、斉藤(観)「発電所立地に伴う地域社会経済の変化」経済研究所「電力経済研究」No.16(1982.2)
3. 若谷「電力施設のための景観アセスメント手法」研究報告：578005(1979.3)
4. 「電源立地環境影響評価技術手法確立調査報告書第4編景観の予測評価手法」昭和55年度資源エネルギー庁委託研究(1981)
5. 「同上」昭和56年度資源エネルギー庁委託研究(1982)

### 2-5-3

1. 斉藤(雄)「社会的紛争の基本的性質について」経済研究所「電力経済研究No.11」(1977.3)
2. 根本「主要先進国における原子力開発の最近の動向とパブリック・アクセプタンス」経済研究所「電力経済研究No.11」(1977.3)
3. 根本「新聞記事および雑誌論文における原子力発電の安全性論争の内容分析」経済研究所「電力経済研究No.12」(1977.9)
4. 高橋(真)「米国電気事業のパブリック・リレーションズ活動に関する調査」(1~6)経済研究所内部資料(1981)
5. 若谷、山中「発電所立地と地元への対応策―地元漁協との立地交渉に関するモデル分析―」経済研究所「電力経済研究No.16」(1982.2)
6. 「立地対策手法に関する研究―地域環境システムの設計―」総合報告Z03(1981.3)
7. 天野、水無瀬「送電線ルート選定手法の開発」研究報告：576001(1976.11)
8. 天野「電源立地計画案作成手法の開発」研究報告：577004(1977)

### 2-5-4

1. 山本、青木「水中熱交換方式による温室暖房への温排水利用に関する研究」研究報告：479008(1980.2)
2. 山本、青木、岡野「水膜被覆熱交換パイプによる温室暖房への温排水利用」研究報告：480004(1980.10)
3. 岡野、山本、青木「水蓄熱式太陽熱暖房温室に関する研究―低温水用乾式熱交換器の開発―」研究報告：479012(1980.3)
4. 岡野、山本、青木「水蓄熱式太陽熱暖房温室に関する研究―試作した水蓄熱システムの性能―」研究報告：480013(1981.1)
5. 岡野、山本、青木「水蓄熱式太陽熱暖房温室に関する研究―水耕

- 栽培専用システムの性能—」研究報告：482012(1982.9)
6. 山本、青木、岡野「地中熱交換ハウスの基本設計」研究報告：481011(1981.9)
  7. 岡野、山本、青木「地中熱交換温室の熱的性質に関する非定常シミュレーションモデルの開発」研究報告：482011(1982.9)
  8. 岡野、山本、青木「寒冷・低日照地域に適した省エネルギー温室の開発」研究報告：482013(1982.9)
  9. 河野、高梨、藤原「石炭ばいじん中の微量元素が植物におよぼす影響に関する文献調査」調査報告：481007(1982.3)
  10. 河野、高梨、藤原「石炭灰混合砂土における数種作物の生育と微量元素濃度」研究報告：481018(1982.3)
  11. 青木、小川、岡部、御園生、中岡、福島「石炭灰混合土壌における農作物の生育(その1)ダイコンの生育と無機成分の吸収」研究報告：481015(1982.8)
  12. 小泉、関「石炭灰からの溶出水のpHに関する検討(その1)」依頼報告：280562(1981.8)
  13. 奥田「淡・海水を溶媒とするフライアッシュ溶出液のpHに関する実験」依頼報告：380566(1980.12)
  14. 荒井、黒沢「石炭灰のけい酸カリ肥料化の基礎的検討」依頼報告：278530(1979.10)
  15. 荒井、黒沢「北海道産石炭灰の性状と肥料製造の基礎的検討」依頼報告：279532(1980.7)
  16. 荒井、黒沢「湿式石炭灰肥料化の基礎的検討」研究報告：281034(1982.8)
  17. 荒井、黒沢「北海道産石炭灰の性状と肥料製造の基礎的検討 第2報燃料混合焼成方式」依頼報告：281548(1982.9)
  18. 青木、小川、石川「水稻の耐塩性と珪酸質肥料との関係」研究報告：72001(1972.12)
  19. 青木、小川、石川「水稻の耐SO<sub>2</sub>性とケイ酸質肥料との関係」研究報告：476011(1977.10)
  20. 青木、小川、石川「形態の異なるカリ肥料のカリ収支に関する研究」研究報告：479010(1980.1)
  21. 青木、小川、石川「水稻の生育、収量におよぼす珪酸カリ肥料の肥効」研究報告：479024(1980.8)
  22. 青木、小川、岡部「ジャガイモの生育、収量におよぼすけい酸加里肥料の肥効—とくに残効性について」研究報告：480003(1980.6)

内外の動向 ① 外部

30年代	40年代	50年代
<ul style="list-style-type: none"> <li>工場排水等の規制に関する法律(33)</li> <li>中部電力・三重火力発電所4号機運転開始・我が国初の重油専焼力(36・10)</li> <li>9電力の36年度末火力出力が水力出力を上回る(37・3)</li> <li>ばい煙の排出規制等に関する法律制定(37・6)</li> <li>東京電力・南東幹線竣工(39)</li> <li>9電力会社「大気汚染防止研究会」発足(39)</li> <li>中部電力・四日市火力発電所で我が国初の乾式排煙脱硫(活性炭・マンガン法)の運転試験開始(39・11)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>中央電力協議会公害対策会議発足(40・2)</li> <li>日本原子力発電・東海発電所が一部運転開始(41・7)</li> <li>公害対策基本法制定(42・8)</li> <li>大気汚染防止法制定(43・6)</li> <li>騒音規制法制定(43・6)</li> <li>東京電力・五井火力発電所で排煙脱硫装置(活性炭法)運転開始(43・12)</li> <li>公害に係る健康被害の救済に関する特別措置法の制定(44)</li> <li>硫黄酸化物に係る環境基準設定(44・2)</li> <li>東京電力・南横浜火力発電所1号機(35万kW)竣工・世界初のLNG専焼(45・4)</li> <li>公害紛争処理法の制定(45・6)</li> <li>公害対策基本法ほか改正(45・11)</li> <li>水質汚濁防止法制定(45・11)</li> <li>環境庁発足(46・7)</li> <li>悪臭防止法制定(46・6)</li> <li>東京電力・大井火力発電所1号機(35万kW)運転開始 超低硫黄油(ミナス)を初めて使用(46・8)</li> <li>関西電力・尼崎東発電所2号機湿式排煙脱硫装置試験運転、我が国初の湿式脱硫(47・3)</li> <li>浮遊粒子状物質の環境基準制定(47)</li> <li>オキシダントの環境基準設定(47)</li> <li>自然環境保全法制定(47・6)</li> <li>四日市公害裁判決(47・7)</li> <li>NO<sub>x</sub>に係る環境基準設定(48・5)</li> <li>通産省資源エネルギー庁発足(48・7)</li> <li>NO<sub>x</sub>の排出基準設定(第一次)(48・8)</li> <li>公害健康被害補償法成立(48・10)</li> <li>通産省の環境審査顧問会発足(48・10)</li> <li>瀬戸内海環境保全臨時措置法(48・11)</li> <li>9電力会社と電源開発で湿式排煙脱硫技術を共同開発することを決定(49・1)</li> <li>大気汚染防止法の一部改正(総量規制導入)(49・6)</li> <li>関西電力・高浜原子力発電所1号機(82・6万kW)運転開始 原子力発電として我が国最大(49・11)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO<sub>x</sub>排出基準改定強化(第二次)(50・12)</li> <li>炭化水素の対策指針値(51)</li> <li>振動規制法制定(51・6)</li> <li>NO<sub>x</sub>排出基準改定強化(第三次)(52・6)</li> <li>NO<sub>x</sub>の環境基準改定(53)</li> <li>水質汚濁防止法の改正(総量規制の導入)(53)</li> <li>瀬戸内海環境保全臨時措置法の改正(53)</li> <li>通産省「公開ヒアリング開催の制度化」を省議決定(54)</li> <li>IEA閣僚理事会「石油専焼火力発電所新設の禁止」決議(54)</li> <li>伊達環境権訴訟に判決 北海道電力全面勝訴(55)</li> <li>電源開発・松島火力発電所1号機(50万kW)運転開始 我が国初の海外炭使用石炭専焼火力発電所(56)</li> </ul>

内外の動向 ② 電研

<ul style="list-style-type: none"> <li>重質油共同研究班発足(35・10)</li> <li>排ガス対策委員会設置(39・1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱硫実験室、アジッドマスト実験室、SO<sub>2</sub>除去実験室設置(40・5)</li> <li>小型SO<sub>2</sub>ガス接触装置設置</li> <li>燃料油燃焼試験炉設置(42・10)</li> <li>温排水拡散実験用潮汐発生装置設置(45・12)</li> <li>大気環境技術研究会発足(47)</li> <li>ガス環境実験設備設置(47・3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>財団法人海洋生物環境研究所発足(50・12)</li> <li>環境保全研究会推進会議発足(50・12)</li> <li>排ガス中のSO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>同時測定装置設置(51)</li> <li>環境アセスメント研究会発足(51)</li> <li>貯水池流動形態実験設備設置(51・9)</li> <li>冷却水路系模擬実験装置設置(51・9)</li> </ul>
---	---	---

- 長20m温調拡散実験風洞設備設置(47・12)
- 温排水海洋生物研究推進委員会発足(48)
- 河川水質保全研究連絡会発足(48)
- 外海波浪模擬実験設備設置(48・4)
- プランクトン自動計数装置設置(48・4)
- 窒素化合物測定装置設置(48)
- 拡散実験用水温・濃度・流速・波高記録処理装置設置(49・10)
- 窒素酸化物減少対策実験設備設置(49・10)

- 植物生体動的環境設備設置(51・11)
- 高温集じん実験装置・静電集じん実験装置設置(52)
- 排水中の全窒素連続自動分析装置設置(53)
- 植物生育反応計測実験設備設置(53)
- 海浜変形実験用大型造波水路設置(53)
- 動植物プランクトン等藻類の活性測定装置設置(53)
- 大気環境技術研究連絡会発足(53)
- 健康に対する環境研究連絡会発足(53)
- 内水面漁業対策実証調査研究会発足(53)
- 光化学反応装置設置(54)
- 潮汐流・気象観測拡散実験設備設置(54)
- 石炭燃焼炉設置(55)
- 石炭火力環境実験設備設置(55)
- POM測定用GC-MASS分析計設置(56)
- 石炭火力環境対策研究連絡会発足(56)
- 石炭新輸送技術研究会発足(56)
- 超低周波騒音実験設備設置(56)

## 環境保全対策① 水 力

- 貯水池水質保全
  - 選択取水の研究
  - 取放水設備の水理学的検討
- 貯水池堆砂対策
  - 排砂方法の水理的検討

- 貯水池水質保全
  - 選択取水の研究
  - 堆積物の農業への利用
  - 底泥からの落出
- 貯水池堆砂対策
  - 堆積物の農業への利用
- 河川環境保全
  - 河川維持流量の算定
  - 景観対策

## 環境保全対策② 石 炭 火 力

- 汚染物質の防除対策
  - フライアッシュの性状とEP集じん性能の解明
  - 排ガス中のSO<sub>2</sub>の分析
- 汚染物質の測定
  - 非等速吸引かばいじん濃度測定に及ぼす影響
  - 無水硫酸の測定
  - 粉じん濃度測定用各種試料採取管の特性
  - フライアッシュの分級について
- 石炭灰の有効利用
  - フライアッシュ・コンクリート混和剤の開発
  - 珪酸カリの大量に対する影響
- 石炭分析—水分測定誤差—
- 発電用炭の粉碎性
- 石炭サンプリングの研究
- 石炭灰の軟化係数性状の測定

- 汚染物質の防除対策
  - フライアッシュのEPによる集じん率向上対策—硫酸分解による調質法
- 汚染物質の測定
  - ばいじんの連続測定法の検討
  - ばいじん濃度測定用ガラスワークールの選定法

- 貯炭管理
  - 揚貯炭施設からの炭じん飛散の予測と対策
  - 貯炭バイルの自然発火対策
- 排煙の環境影響
  - 降下ばいじんの実測
  - 微量元素の実質取支
  - 微量元素の大気中濃度の測定
  - 天然放射能核種の影響評価
  - 石炭灰の動植物への影響評価
  - 石炭灰の有効利用
  - 高アルミナ新種セメントの開発
  - フライアッシュ肥料の開発
  - 石炭灰埋立による環境影響
- 汚染物の防除対策
  - 排水中の微量元素の除去対策
  - 高性能集じん器の開発

30年代	40年代	50年代
<ul style="list-style-type: none"> <li>● 貯炭実査方法に関する調査</li> <li>● 発熱量測定誤差の検討</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>● 発電用炭適性評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 石炭の燃焼特性把握</li> <li>● 石炭の非ガス性状把握</li> </ul> </li> <li>● 汚染物質の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>● サブミクロンばいじんの粒度測定</li> <li>● 石炭灰中の重金属類の測定</li> </ul> </li> <li>● 石炭新利用技術の評価</li> </ul>

### 環境保全対策 ③ 石油火力

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新発電用燃料の評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 原油の燃焼実験</li> <li>● 重油の燃焼実験</li> <li>● 低温腐蝕試験</li> <li>● 原油性状試験</li> <li>● AH付着物について</li> <li>● 低温部障害に対する硫黄の挙動</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染物質の防除対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 重質油水添脱硫の研究</li> <li>● 石灰石吹込みによる非煙脱硫の研究</li> <li>● 低NO<sub>x</sub>燃焼法—低O<sub>2</sub>燃焼法—</li> <li>● 低NO<sub>x</sub>バーナーによるNO<sub>x</sub>低減対策</li> <li>● アジッドスマット対策</li> </ul> </li> <li>● 汚染物質の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>● SO<sub>2</sub>の連続自動計測器の改良</li> <li>● NO<sub>x</sub>のJIS法の改良</li> <li>● ばいじんの連続測定法の検討</li> </ul> </li> <li>● 新発電用燃料の評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 重質油の熱分解</li> <li>● 低硫黄油の燃焼実験</li> </ul> </li> <li>● 冷却水取水対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 深層取水に関する水理学的検討</li> </ul> </li> <li>● 海岸変形対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染物質の防除対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 排煙脱硝                   <ul style="list-style-type: none"> <li>● 無触媒脱硝、触媒還元脱硝、湿式脱硝</li> </ul> </li> <li>● サブミクロンばいじんの除去</li> <li>● 排水処理                   <ul style="list-style-type: none"> <li>● N分処理、N分計の開発</li> <li>● COD処理</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>● 汚染物質の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>● POMの測定法・排水中のN分測定</li> <li>● サブミクロンばいじんの粒度測定法</li> </ul> </li> <li>● 新発電用燃料の評価               <ul style="list-style-type: none"> <li>● メタノール燃焼実験</li> <li>● アスファルト燃焼実験</li> <li>● SRCの燃焼実験</li> <li>● COMの燃焼実験</li> </ul> </li> <li>● 接触燃焼法               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 接触燃焼用触媒の開発</li> <li>● 接触燃焼条件の確立</li> </ul> </li> <li>● 冷却水取水対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水中放流方式の検討</li> <li>● 冷却塔方式の検討</li> </ul> </li> <li>● 水質汚濁の対策               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 冷却水取水による水質浄化対策</li> </ul> </li> <li>● 海岸変形対策</li> </ul>
--	---	---

### 環境アセスメント ① 大気

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染質の大気中挙動               <ul style="list-style-type: none"> <li>● ばい煙地上濃度の算定方法</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染質の大気中挙動               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 排煙拡散実験による高煙突効果の実証</li> <li>● 特定煙源選別のためのトレース技術の適用</li> <li>● 排煙上昇高さの推定</li> <li>● 採留気球、低層ゾンブア等を用いて気温逆転層の観測</li> <li>● 接地層の安定度の推定法</li> <li>● 大気拡散予測手法の確立（一様場）</li> </ul> </li> <li>● 汚染物質の測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 汚染質の大気中挙動               <ul style="list-style-type: none"> <li>● 音波レーダーによる気象観測</li> <li>● 大気拡散予測手法の確立（非一様場）</li> <li>● 統計手法による環境濃度の予測</li> <li>● 光化学オキシダントの広域実態解析</li> <li>● 湿性大気汚染の発生機構解明</li> </ul> </li> <li>● 汚染物質の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>● オキシダント、POM、HC、エアロゾル、微量元素</li> </ul> </li> </ul>
---	--	---



<ul style="list-style-type: none"> <li>● SO<sub>2</sub>連続自動測定計器の改良</li> <li>● NO<sub>x</sub>測定方法（JIS法）の改良</li> <li>● SO<sub>2</sub>およびNO<sub>x</sub>の標準ガス調整法</li> <li>● 無水硫酸の測定法</li> <li>● ばいじん濃度の連続測定法</li> <li>● 汚染物質の動植物への影響</li> <li>● 水稲および野菜等へのSO<sub>2</sub>の影響</li> <li>● 農作物および果樹等へのNO<sub>x</sub>の影響</li> <li>● 重油灰および降下ばいじんの動植物への影響</li> <li>● SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>およびばいじんの動植物への影響</li> <li>● 酸性硫酸アンモニウムの動物影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 貯炭管理           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 灰じん飛散量の予測と対策</li> <li>● 貯炭ハイルの自然発火対策</li> </ul> </li> <li>● 石炭火力発電所の排煙の環境影響           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 降下ばいじんの実態把握</li> <li>● 微量元素の物質収支</li> <li>● 石炭灰の動植物影響・放射性核種</li> </ul> </li> <li>● 汚染物の動植物への影響           <ul style="list-style-type: none"> <li>● ばいじん、光化学オキシダント、微量金属の植物影響</li> <li>● フライアッシュの動物影響</li> <li>● 酸性雨の植物影響</li> </ul> </li> </ul>
---	---

## 環境アセスメント ② 海域

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 冷却水取水の予測と対策           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海域の流動特性の把握</li> <li>● 大気・海面間の熱収支</li> <li>● 表層放流に対する拡散予測手法</li> <li>● 数値シミュレーション手法の開発</li> <li>● 水理模型実験手法の開発</li> </ul> </li> <li>● 冷却水取水の海生生物への影響           <ul style="list-style-type: none"> <li>● プラクトンへの影響（植物）（動物）</li> <li>● アサカサノリへの影響</li> </ul> </li> <li>● 海岸変形予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海浜変形に対する水理模型実験</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 冷却水取水の予測と対策           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水中放流に対する拡散予測手法</li> <li>● 海浜流を考慮した拡散予測手法</li> <li>● 局地気象変化の予測手法</li> </ul> </li> <li>● 冷却水取水流動予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 数値モデルによる魚卵等の取込み量予測</li> </ul> </li> <li>● 冷却水取水の海生生物への影響           <ul style="list-style-type: none"> <li>● プラクトンへの影響（植物）（動物）</li> <li>● 影響予測モデル</li> <li>● 魚卵稚子への影響</li> <li>● アマモへの影響</li> </ul> </li> <li>● 水質汚濁の予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 数値モデルによる濁りの拡散予測手法</li> <li>● 閉鎖性水域における海水交換の予測手法</li> </ul> </li> <li>● 海岸変形予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 海浜変形予測モデルの開発</li> </ul> </li> </ul>
--	--

## 環境アセスメント ③ 陸水域

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 貯水池面からの蒸発</li> <li>● 放水路の不定流の解析</li> <li>● アーチダム中央越流型洪水吐水吐きの水クッション効果に関する研究</li> <li>● サージングに関する研究</li> <li>● 土砂流の研究</li> <li>● P/Sの調整運転によって生ずる水面液に関する水理実験</li> <li>● 制水口抵抗損失に関する実験的研究</li> <li>● ダム洪水吐水理模型実験</li> <li>● 洪水吐水理模型実験</li> <li>● 低いダムの下流洗掘防止の研究</li> <li>● 低いダムの溢流係数に関する研究</li> <li>● ダム建設地点における河川水温観測</li> <li>● 貯水池の堆砂量について</li> <li>● 放水路における分流量の測定</li> <li>● 取水口水理模型試験</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 貯水池水質の予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水温・濁度特性調査</li> </ul> </li> <li>● 貯水池水質の予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 水質・流域特性調査</li> <li>● 水質動態調査</li> <li>● 淡水赤潮プラクトンの培養実験</li> <li>● 流動形態模擬実験</li> <li>● 水質モデルの開発</li> <li>● 水質評価手法の開発</li> </ul> </li> <li>● 貯水池堆砂の予測           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 河床変動計算手法</li> </ul> </li> <li>● 河川環境の予測と評価           <ul style="list-style-type: none"> <li>● 河川景観の評価</li> <li>● 内水面魚類への影響評価</li> </ul> </li> </ul>
---	---

30年代	40年代	50年代
<ul style="list-style-type: none"> <li>●ダム下流堆積土砂の洗掘模型試験</li> <li>●ダム放水管、排砂管の水理模型実験</li> <li>●埋地放流における水理模型実験</li> <li>●貯水池の底質に関する研究</li> <li>●河川水の化学的研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●堆砂したダムの越流量係数</li> <li>●河川の流域特性を考慮した流砂量予測手法の検討</li> <li>●貯水池堆砂量および排砂方法の水理的検討</li> </ul>	

環境アセスメント ④ 社会環境

<ul style="list-style-type: none"> <li>●地元産業との協調</li> <li>●水稲電動苗代に関する研究</li> <li>●植物に及ぼす温度周期性に関する試験調査</li> <li>●農村電化の実態調査</li> <li>●電熱利用による水稲室内育苗法の研究</li> <li>●アサクサノリによる水稲室内育苗に関する研究</li> <li>●ドジョウの人工養殖</li> <li>●水田用水に関する研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●地元産業との協調</li> <li>●地中熱交換ハウス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●合意形成と地域対応システム</li> <li>●電源立地をめぐる住民運動の研究</li> <li>●環境問題に関する法律的研究</li> <li>●環境アセスメントに関する研究</li> <li>●社会環境の構造分析</li> <li>●社会環境の予測評価モデルの開発</li> <li>●立地問題に関する研究</li> <li>●送電線ルート選定手法の開発</li> <li>●電力施設のための景觀評価手法の開発</li> <li>●水力資源の地理的分布と季節変化</li> <li>●電力施設の視覚的評価について</li> <li>●景觀予測評価手法</li> <li>●景觀対策</li> <li>●地元産業との協調</li> <li>●水蓄熱式太陽熱利用温室</li> <li>●温排水利用による温室暖房</li> <li>●石炭灰の農業利用</li> <li>●フライアッシュセメントの開発</li> <li>●アマモ場造成</li> </ul>
---	--	--

環境アセスメント ⑤ 電気環境

<ul style="list-style-type: none"> <li>●ラジオ雑音</li> <li>●500KV以下の送電線によるラジオ雑音レベルの予測計算式の開発</li> <li>●VHF帯における山岳地帯の電界強度計算法</li> <li>●コロナ雑音研究の現状の問題点</li> <li>●母子雑音に関する研究</li> <li>●妨害波防止回路に関する研究</li> <li>●簡易型コロナ損測定器の試作</li> <li>●送電線電波障害に関する研究</li> <li>●東京東線のコロナ雑音に関する実態調査</li> <li>●麻断と雑音に関する試験結果</li> <li>●電磁誘導</li> <li>●通信線の誘導電圧実測</li> <li>●風騒音</li> <li>●変電所における騒音測定および騒音周波数分析結果</li> <li>●発電所騒音測定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ラジオ雑音・テレビ雑音</li> <li>●600KV試験送電線によるテレビ雑音電流・ラジオ雑音電流の測定</li> <li>●コロナ騒音</li> <li>●直流送電線のコロナ騒音レベルの予測法</li> <li>●テレビゴーストしゃへい</li> <li>●鉄塔によるテレビ電波の反射・しゃへい特性</li> <li>●送電線によるテレビ電波のゴースト・しゃへい障害範囲予測手法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ラジオ雑音・テレビ雑音</li> <li>●UHVコロナケーシングによるテレビ雑音電流・ラジオ雑音電流の測定</li> <li>●コロナ騒音</li> <li>●コロナケーシングのデータを使用したコロナ騒音レベルの予測法の開発(交流)</li> <li>●スパイラル線取付によるコロナ騒音低減対策</li> <li>●テレビゴーストしゃへい</li> <li>●UHV級送電線によるテレビゴースト・しゃへい障害範囲の予測手法の開発</li> <li>●電磁誘導</li> <li>●通信用アレスタによる誘導電圧の予測計算法の開発</li> <li>●写電性構造物のしゃへい効果の解明と予測計算法の開発</li> <li>●風騒音</li> <li>●風による電線騒音—風洞実験</li> <li>●UHV試験送電線による風騒音実証研究</li> <li>●スパイラル線取付による風騒音防止対策</li> </ul>
--	---	---

## 編集後記

新しい年(1983)の年頭に当って、これまでとは多少毛色の変った「環境」という特集号を刊行しました。これまで第3号、第4号、第5号はそれぞれ「原子力発電」、「新・省エネルギー」、「UHV送電」の特集号でハード・ウェアを主体としたものが続きましたが、今回はソフト・ウェアがらみのものとなりました。

電力会社のトップ層の方々の当研究所への提言ともみられる「かんとうげん」は第4回目を迎え、いよいよ佳境に入ってきました。中部電力株式会社林政義副社長には快よくご寄稿いただきまして、紙面を借りて心からお礼を申し上げます。今回の環境特集号は、立地環境研究総括室内に編集委員会(メンバー:星沢、安芸、養原、橋本)が設けられ、大塚唯男室長および天野博正次長がそれぞれ主査および幹事として精力的に編集を担当されました。心から感謝します。

### ●エネルギー擾乱とエントロピー擾乱●

人類はかって自然の中の一因子であり、他の動物と同様に「外部の自然を利用するだけであって、単に彼がそこに居あわせることで自然のなかに変化を生じさせているだけ」であったが、人類が人類として文明を持ち始めたときにはすでに「自分が起こす変化によって自然を自分の目的に奉仕させ、自然を支配する」ことが始っていた。

したがって人類はその生活圏としての「環境」に影響をおよぼす要素を根源的にかつ宿命的に持っていると言える。しかし、その活動エネルギーが小さいときには自然の威力は偉大であった。自然は人類によって擾乱を受けなかったのである。

エネルギーの量を表わすものにQという単位がある。これは約 $10^{21}$ ジュールに相当する非常に大きな単位である。地球は太陽から年間5,200Qのエネルギーを受け、そのうち1,200Q(23%)はいったん地球にとり込まれて自然の営みを持続するエネルギーとなっている。それに比べ、人類が消費しているエネルギーは現在0.1Q程度と比較的小さいが、それでも産業革命以前の100倍以上にもなって、太陽からの自然エネルギーに近づいていると言える。これらのエネルギーは究極的には熱になる訳で、そのため局所的には気候に影響を及ぼしている面もあるし、地球規模でもその兆候が現われているのではないかとという人達もいる。

現在人類が消費するエネルギーは地表に到達する太陽エネルギーの約10,000分の1であるから、まだまだ人類のエネルギー生活を向上させる余裕はあるとは言えるが、到達太陽エネルギーに対する人類エネルギーの擾乱がどの程度になれば、「自然の復讐」が起るのかみきわめていかなければならない。

人間の生活が自然に与えるインパクトは必ずしもエネルギーの面だけではないだろう。重金属の河川・海への流出、栄養塩の貯水池・湖沼への流入、NO<sub>x</sub>やSO<sub>2</sub>の大气への拡散、酸性雨の生成・降水、炭酸ガ

スやフロン・ガスの上層大気圏への拡散等々、これらはエントロピーの増大と捕えることができるのではないだろうか。エントロピー的に考えて自然に対する人類からの擾乱である。このエントロピー擾乱がどの程度となれば「自然の復讐」が起るのかが現代の問題である。

現在の人類の生活様式では近い将来に消費エネルギーを減少させることはできない。エネルギー擾乱は増えていくばかりである。抑えることはできない。1,200Qに近づくとつれて問題がでてくるのかあるいは新たな均衡が生れるのであろうか興味のあるところである。

人類の生活に悪い影響を及ぼす物質のエントロピー擾乱は抑制すべきものである。無害化したり拡散を防いだりすればよいのであるからである。

これらのエネルギー擾乱とエントロピー擾乱を取り扱う学問が「環境科学」であり「環境工学」であるが、地球をどうするかという立場に立って今後の戦略がほしい。「天に向かって唾」という宿命的な問題について、そのメカニズムや原因をさぐるだけの「真理探求型」の研究でなく、これらの問題を地球の規模すなわち人類の規模に立ってどう解決し克服していくかを明らかにする「問題解決型」の研究をめざすべきであることはいままでのない。

当研究所は本電研レビューにみられるように環境問題について数々の成果をあげてきたが、電気事業への寄与を通して、地球レベルで貢献できるよう、今後の発展を切に望むものである。 ●

R