

# DENKEN REVIEW

## 電研レビュー

地域との関係——共存共栄を促進するために



NO.12 1986.1



電研レビュー 第12号 ● 目次  
地域との関係——共存共栄を促進するために

巻頭言——中国電力株式会社 常務取締役 和泉 晋…… 2

はじめに——生物研究所長 中村 宏… 5

第1章 電気事業と地域社会

1-1 ● 地域社会の中での電気事業…………… 8

1-2 ● 発電所と地域社会…………… 11

1-3 ● 農林水産業への電力の活用…………… 14

第2章 農林業の振興のために

2-1 ● 電力の有効利用…………… 21

2-2 ● 発電所副産物の有効利用…………… 31

2-3 ● 環境創業の技術…………… 37

第3章 水産業の振興のために

3-1 ● 沿岸漁業の振興…………… 51

3-2 ● 内水面漁業の振興—貯水池の多目的利用—…………… 56

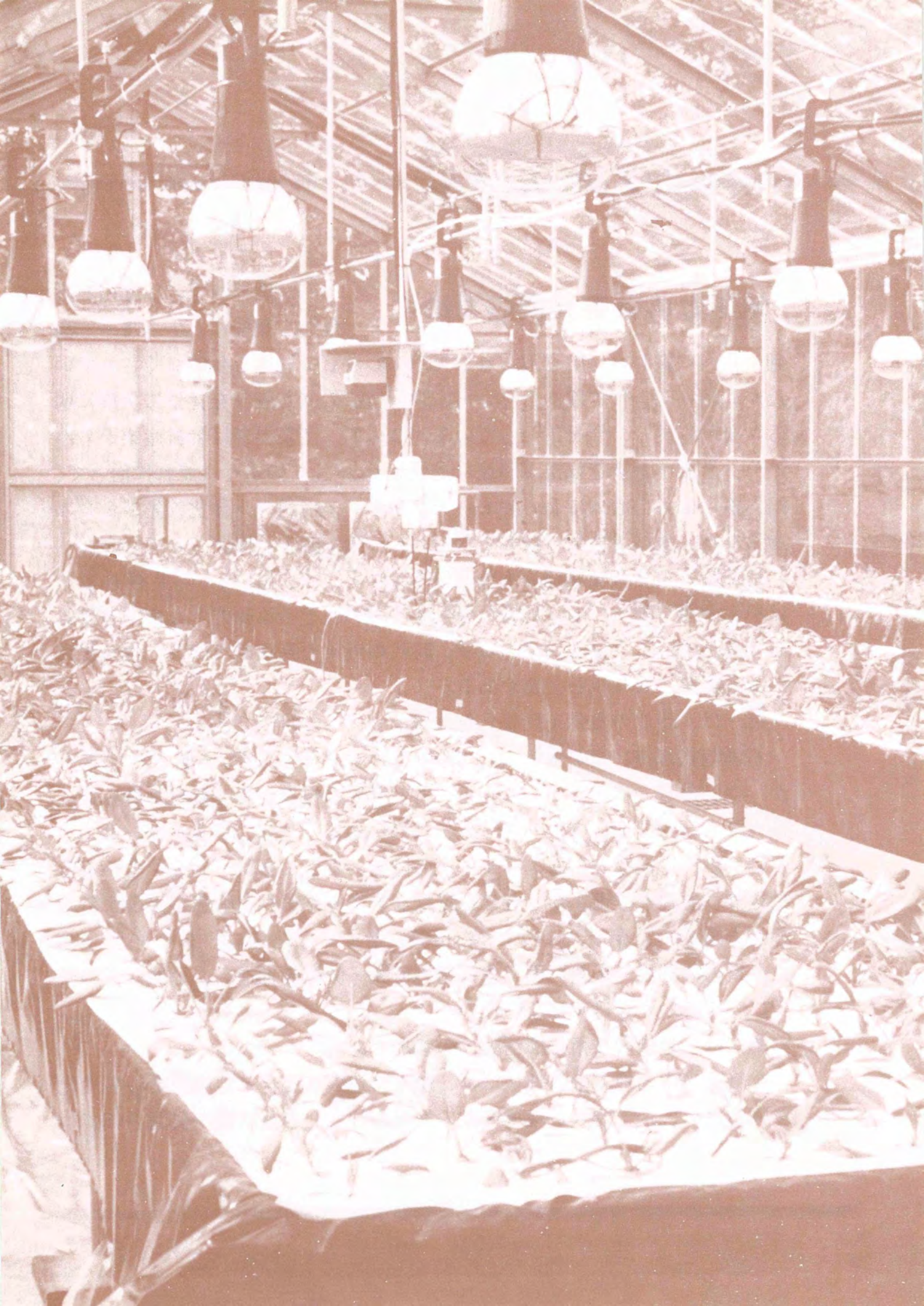
3-3 ● とる漁業からつくる漁業へ—電力の活用—…………… 58

おわりに——研究顧問 蓑原 善和… 67

関連する主な研究報告書等…………… 68

高能率野菜生産基礎実験設備の内部➔  
サラダナやハウレン草が畑に比べて、はるかに短期間で収穫できることが確められている。







## 地域との共存発展のために

わが国経済は、二度の石油  
危機を契機に、エネルギー高

価格化への厳しい対応を迫られ、長期にわたって低迷を余儀なくされていたが、昭和50年代終盤あたりから、米国経済の立ち直りを背景に次第に明るさを取り戻し、今日に至っている。この間、産業界では素材産業からハイテク産業へと構造転換が急速に進展してきた。このような流れに沿って、国あるいは各自治体においても、テクノポリス構想の具体化、先端企業の誘致など、地域活性化・振興を目指した活動が幅広く展開されている。

地域社会と密接な関係をもつ電気事業にとって、「地域との共存共栄」は不変の経営理念であり地域社会発展のため、その原動力となる電力供給面で貢献することは勿論であるが、時代の流れを見極めながら、次の視点からも課題に取り組む必要がある。

第一は、時代の変化を反映した地域ニーズへの対応である。

石油危機以来、各分野において省エネルギーが強力に推進されてきたが、今日では一歩進んでエネルギー有効利用の視点から、農林水産分野においても新たな地域のニーズが生まれつつある。一方、エネルギー供給面では、燃料電池などの新エネルギーの開発、コジェネレーションをめぐる動き等、急速な技術革新を背景に多様なエネルギー供給形態が出現する動きがあるので、今後、このような情勢を踏まえ、地域ニーズを先取りした、電力の利用・供給両面での技術の研究・開発を推進し、地域からの要請に応えていかなければならない。

第二は、地域の技術振興活動への参加である。

今日、当中国地方の各地域では、産業構造の高度化と地場産業の活性化を図るため、企業誘致と地域産業の振興を柱とした諸活動が展開されてい

---

るが、その基盤づくりとして、産業情報センター、産業技術振興機構の設立・発足が相次いでいる。「技術導入」から「技術創造」の時代へ移り変わる中であって、多様な新技術の確立に並々ならぬ意気込みを示しているものと言える。当社も経済研究所ならびに技術研究所が中心となって、地域の基幹産業としてこれらの活動に積極的に参加し多年にわたって培ってきた知識・能力・情報などの蓄積を活かしながら、新時代にふさわしい「地域との共存共栄」の実現に努力しているところである。



もとより、地域との関係に関する研究開発は、その地域特有のものが多分にあり、各電力はそれぞれに即した対応をなすべきであろうが、全電力共通の課題については、電力中央研究所におかれて電気事業の総合的研究機関として今後とも一層ご指導とご援助を賜わりたい。

このたび、電研レビューにおいて、「地域との関係・共存共栄を促進するために」と題して、地域との関係に焦点をあてられたことは、まことに時宜を得たものであり、これを機会に今後一層の充実を期待したい。

中国電力株式会社 常務取締役  
**和 泉 晋 一**  
〔電力中央研究所参与〕



電研・地域関係技術（農林水産業関係）研究の歩み

昭和 (西暦)	電力中央研究所	所 外
3 2 (1957)	電力技術研究所応用部農電課、農電研究所として独立 第1回農電技術研究会開催 水稲電熱育苗器を開発（水田用水管理の合理化研究）（昭和33年～37年）	
3 4 (1959)	アサクサノリの人工養殖の研究（昭和34年～45年）	
3 5 (1960)	微粉炭灰の農業利用に関する研究（昭和35年～37年特許取得）	当所研究の電熱ビニール畑苗代の施設基準、通産省令として公布
3 7 (1962)	農電研究所新研究棟竣工	当所開発の「大型電熱育苗施設」が農林省水田経営近代化施設に指定さる
3 8 (1963)	ベレットハウスの研究（昭和40年～46年特許取得） 電灯照明による果実吸蛾類の防除法研究（昭和38年～40年）	
3 9 (1964)	農電研究所赤城調査室設置	
4 0 (1965)	シイタケの工業的生産法の研究（昭和34年～40年特許取得）	
4 1 (1966)	園芸作物に対する人工光線およびCO <sub>2</sub> 利用の研究（昭和41年～47年）	
4 3 (1968)	農電研究所赤城実験農場設置 熱伝導式土壌小分検出器を開発 地中熱交換ハウスに関する研究（昭和43年～46年） 田植機用苗の大量生産施設の研究（昭和43年～46年 農林省より研究受託）	
4 4 (1969)	大型電熱育苗施設の設計基準作成（農林省より研究受託）	
4 5 (1970)	農電研究所、農業電化部環境生物部に改組	
4 6 (1971)	コンニャク芋のキュアリング貯蔵研究（昭和46年～51年） 超音波利用野菜・果実の洗浄研究開始（昭和46年～49年 農林省より研究受託） 施設園芸ハウスの複合環境調節に関する研究（昭和46年～51年 農林省より研究受託）	農林省「施設園芸集中管理モデル団地設置事業」（昭和46年～48年）
4 7 (1972)	ガス環境調節実験装置設置 草量計を開発（農林省より研究受託） 畜産廃棄物の処理処分とその利用研究（昭和47年～49年 農林省より研究受託）	
4 8 (1973)	乳牛用サイレージ、濃厚飼料の自動給餌装置を開発	
4 9 (1974)	養液栽培培養液の物理的殺菌法の研究（昭和49年～51年 農林省より研究受託）	通産省「サンシャイン計画」発足
5 0 (1975)	農電研究所を生物環境技術研究所と改称 赤城実験農場研究棟竣工 温排水利用温室暖房の研究（昭和50年～53年）	
5 1 (1976)	「長期電力需給問題研究会」産業調査第二専門部会設置 植物生体動的ガス環境調節装置設置 植物生体情報の工学的計測と処理研究（昭和51年～） 斜面利用ハウスの養液栽培法研究（昭和51年～54年）	
5 2 (1977)	温室暖房熱源への太陽熱利用研究（昭和52年～55年 農林省より研究受託） 珪酸カリの肥効に関する研究（昭和52年～55年）	
5 3 (1978)	生物生産加工における排熱・温排水利用熱供給システム研究（昭和53年～55年 工技院より研究受託）	農林省「グリーン・エナジー計画」発足 通産省「ムーン・ライト計画」発足
5 4 (1979)	「食糧需給の長期展望」報告 水膜式熱交換器の開発（特許出願中）	全国的省エネルギー運動開始 農林省「施設野菜省エネルギー団地設置事業」発足
5 5 (1980)	寒冷地型省エネルギー園芸ハウス研究（昭和55年～58年）	石油代替エネルギー法成立 農林省「農林水産エネルギー基本対策研究会」設置
5 6 (1981)	「超長期エネルギー戦略研究会」食糧専門部会設置	
5 7 (1982)	藻培養成実験設備設置 温排水利用温室実証実験（昭和57年～59年 中部電力と共同） アマモ場造成実験（昭和57年～、資源エネルギー庁より研究受託）	農林省「省エネルギー開発利用の方向」とりまとめ
5 8 (1983)	生物研究所と改称 高能率ヒートポンプ温室加温システム研究（昭和58年～）	農林省「新農業構造改善事業」発足
5 9 (1984)	魚類光質行動実験装置設置 「2030年の食糧問題—未来に向う食糧生産技術」報告 電熱による野菜類の生育促進研究開始	
6 0 (1985)	高能率野菜システム（野菜工場）実験設備設置 電気事業におけるバイオテクノロジー適用調査	

# はじめに

生物研究所長 中村 宏

電気事業は、今後、急激な社会の変化に対応しながら、供給力の質的強化とコストの抑制をはかり、社会の理解と信頼感の向上に努めなくてはならない。このためには、地域社会と密着した共同体としての役割を担って地域の発展に寄与しながら、新しい需要の開拓に努める必要がある。とくに、将来建設される主要な電源立地点は、今後も漁業、農業を中心とする一次産業地域に位置すると予測されるので、電源立地と農・水産業との共存共栄関係を確立する事が肝要である。

一方、わが国の農業は、人口の減少と労働力の高令化によって農村活力の低下、農用地の減少、管理の粗放化、等の多くの問題を生じている。また、諸外国からの農産物市場開放の要請の高まりは、財政再建と行政改革の推進の中で農業体質の根本的強化を強く求めつつある。

また、わが国の水産業には、従来の遠洋漁業に代る200カイリ沿岸漁業、換言すれば「とる漁業からつくる漁業」への体質転換が強く迫られている。今後、電気事業はこの水産業界の変化に対応して地域振興の立場から、漁業者との間に共存共栄の関係を樹立するよう、より一層努力する必要がある。

さらに山林管理の不在による山の荒廃は著しく、水資源涵養林の機能は次第に低下しつつある。水力電源の確保と自然災害の防止のために新しい技術の導入による林業の振

興が肝要である。

一次産業が直面するこれらの諸問題を解決するために新技術が果しうる役割は大きい。例えば電子技術を駆使した植物工場の開発は、多くの労働力に依存する野菜生産技術の革命として農業体質の強化に役立つだろう。発電所から排出される温排水を積極的に利用



した、魚介類の種苗生産や藻場造成技術の開発は、「つくる漁業」を支援する技術として電源立地と漁業との共存に貢献するだろう。また、野菜ハウスの暖冷房、水産物の乾燥、加工、林木の乾燥等へのヒートポンプの利用は、それらの生産効率の向上をうながすとともに、新しい電力需要の開拓に役立つことが期待される。

このような観点から考えると地域との連係こそ、電気事業が一次産業の技術革新への貢献を通して地域振興に寄与しながら新しい需要開拓によって自らを発展させるきわめて重要な方策と言えよう。 ●

第1章 電気事業と地域社会 ● 目次  
担当●研究顧問 袁原 善和

1-1 地域社会の中の電気事業	経済研究所 経済部 社会環境研究室 山中 芳朗	8
1-1-1 地域社会をとりまく環境		
1-1-2 地域のニーズ		
1-1-3 電気事業と地域との係わり合い		
1-1-4 今後の電気事業の役割		
1-2 発電所と地域社会	経済研究所 調査役 小野沢 輝夫	11
1-2-1 発電所の多目的利用		
1-2-2 発電所と地域振興		
1-2-3 地域振興型発電所のイメージ		
1-2-4 今後の課題		
1-3 農林水産業への電力の活用	研究顧問 袁原 善和	14
1-3-1 農業用供給電力量の動向		
1-3-2 農林水産業における電力利用		
1-3-3 電力活用の将来		





第 4 章

# 電気事業と地域社会



# 1-1 地域社会の中での電気事業

## 1-1-1 地域社会をとりまく環境

高度成長の波がひきおこした地域社会の過疎化も、オイルショックを契機にその勢いを弱め、今や“地方の時代”であるともいわれている。確かに、①所得・生活環境の面での地域間格差の縮小、②国民の居住地に関する価値観の多様化、③長男長女比率の上昇等を背景に、人口の地域定住化がすすんできている。しかし、こういった現象も大都市周辺や県庁所在地などの地方中核都市にあてはまることで、第一次産業を生産基盤とした大部分の地域においては、高齢化・後継者不在などの問題をかかえている。

現在、このような地域をとりまく環境は、大きく変化しようとしている。今後、ある地域は環境変化の渦に巻き込まれ衰退の道をたどり、ある地域は環境変化を契機に新たな発展をとげることになるであろう。

今後の地域社会をとりまく環境は、次の4つのキーワードに集約されよう。

1つめは、“国際化”である。国際化は、農産物の輸入自由化、200カイリ問題に代表されるように、第一次産業地域にとって不利な状況を生み出す場合がある。国際競争力をもった農産物づくり、栽培漁業への転換など、地域は新しい技術と生産体制を求めている。一方、海外研修や国際交流により、人材育成・情報収集を行い、村づくりの基礎を固めていった地域もある。

2つめは、“高齢化”である。第一次産業地域は、いち早く高齢化社会をむかえた地域である。本来、第一次産業地域は、産業・家庭基盤・コミュニティの特性により、高齢化に対応する力があつた。しかし、現在、地域は、若年労働力の流出・兼業化などの要因によって、生産力の低下・家庭基盤の変容・地域連帯の衰退をまねき、高齢者を扶養する経済力と高齢者に役割を発揮させるコミュニティの活力を喪失しつつある。こういった状況を迎え、高齢

者の就業機会・役割・生きがいの創出・確保および若年層の定着化が、地域の大きな課題となっている。

3つめは、“成熟化・多様化”である。社会・経済の成熟化にともない、財やサービスの多様化のならず、個人の価値観が多様化し、ゆとりや快適な環境を希求する風潮が現われている。この中で、地域は、このような多様化についていけずあいかわらず魅力のないままにいるか、多様化を逆手にとって既存の産業や大都市にない価値を創造し活性化の道を進むか、岐路に立たされているといえよう。

4つめは、“高度情報化・ソフト化”である。社会の情報化が進む中で、第一次産業地域は、多様な情報が届かない、情報が届いたとしても活かされにくい、といった問題をはらんでいる。このような情報の孤島にならないためにも、地域にあった人的資源や体制も含めた情報システムづくりが必要であろう。

## 1-1-2 地域のニーズ

以上のような環境変化に際して、第一次産業地域には何が必要であろうか。

既往の地域振興策では、道路や施設などのモノの整備に重点がおかれていた。また、都市から地方へのカネの移転によって、地域の整備をすすめてきた。確かに、モノとカネは、地域振興の基本要件であり、現実にモノ・カネの面での地域間格差は縮まってきた。

しかし、新しい時代の潮流に鑑みた場合、画一的な施設づくりや、補助金・交付金の獲得だけでは、地域の真の振興に結びつかないと思われる。これからの地域振興は、内発的な努力・工夫の中にあると考えられる。したがって、ここでは、地域ニーズとして、“人材の確保・育成”をまず挙げたい。内発的な地域振興を図る上で重要なポイントは、地域の問題点と資源を発見する目、社会の動向を把握する洞察力、これらを組み合わせ振興のシーズを見いだす着想力、運動に爆発力と持続力をもたせるためのリーダー



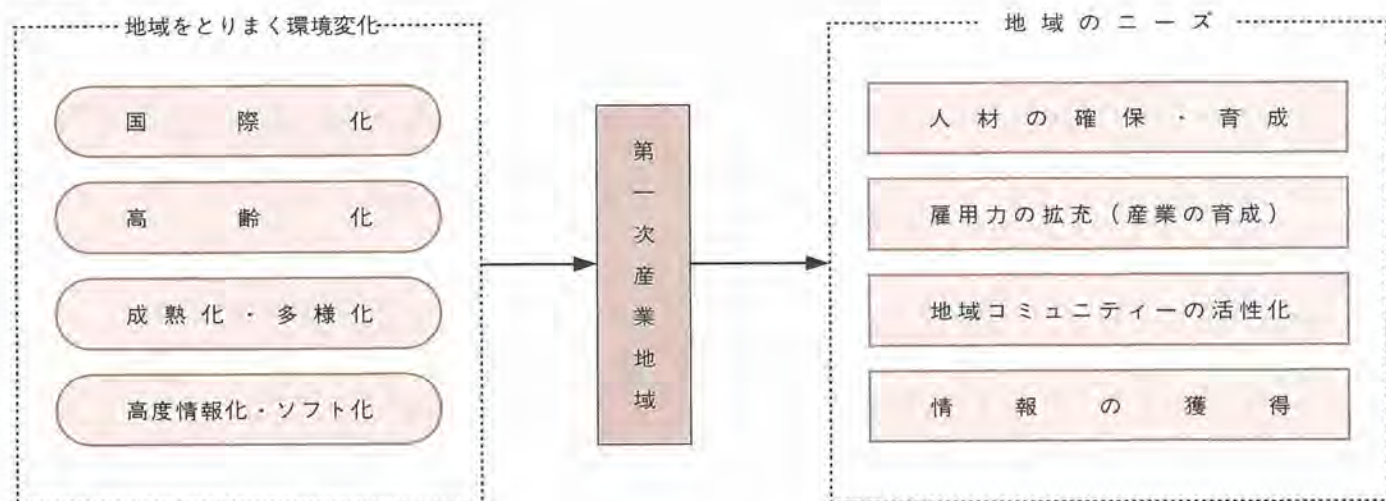
の魅力と組織力、地域間競争や地域内格差などの問題を処理する能力等、人的資源にかかわっているものがほとんどである。国際化・多様化に対応した産物づくり、高齢化対策としての地域コミュニティの形成、高度情報化に即した地域情報システムの構築などなど、どの方策にしてもマン・パワー無くしては為し得ないものである。

人材を確保するためには、“雇用力の拡充(産業の育成)”が、前提となる。価値観の多様化に加え、長男長女時代を迎え、若者が戻って来たり人材が流入してくる素地はできている。地域は、単に雇用量をふやすだけでなく、多様な就業機会とアイデンティティーをもてる仕事を整備するような策を講じるべきであろう。

人材の確保には、雇用力だけでなく地域の魅力のひとつとして“地域コミュニティの活性化”が必要であろう。コミュニティの活性化は、地域文化の伝承・創造を考える上でも、重要な条件である。イベントづくり・快適空間づくりのようなゆとりの演出、人材育成にも結びつく集まりの場づくり、地域外との交流など様々な手段が考えられる。

産業の育成や地域コミュニティづくりにおいて、アイデアやノウハウなどの意味も含めた“情報の獲得”が重要であることは、いうまでもない。また、若者をひきつけるには、娯楽、教育等の文化的な情報の量と多様性の確保が大きな一要素となる。情報の収集、分析、適用などを十分行えるだけのハード・ソフト両面の充実が期待される。

地域をとりまく環境変化と地域のニーズ



### 1-1-3 電気事業と地域との係わり合い方

一方、電気事業は、電力施設建設の合意形成、電力需要の喚起、企業イメージの向上などを目的に、様々な地域連携を行ってきた。その連携の内容は、電源立地に係わるものと電力需要に係るものとに大別される。

#### 1. 電源立地に係る地域関係

- ・生産技術の開発：第一次産業の生産技術（温排水・廃熱・石炭灰などの利用技術、電気の高度利用技術）を開発している。
- ・環境調和技術の開発：よりよい環境を創出するための技術を開発している。生き物を育む森や、人工海浜などがすでに実用化されている。
- ・資金、財源の援助：直接的には、協力金（用途は産業振興から村祭への援助まで多岐にわたる）・固定資産税、間接的には、各種交付金・補助金といった形で地元と協力している。
- ・雇用促進：電気事業および関連会社の地元雇用を積極的に行っている。
- ・地元産業の育成：事前調査・建設・運転の各ステージで、地元発注を行っている。また、地元が受注できるだけの体制づくりにも協力している。
- ・電力施設の利用：建設用道路の供用、スポーツ施設の開放、つり場の提供、PR館の設置など多彩な方法を展開している。
- ・その他：医療への助成などを行っている。



## 2. 電力需要に係わる地域関係

- ・企業誘致：企業誘致への協力は、地域の電力会社が精力を注いでいる分野で、海外企業の誘致に成功する等、実績もあがっている。主な協力内容は、立地情報の収集・整理・紹介、地元と企業との仲介、地元要望と立地希望企業との調整などである。
- ・地場産業の育成：第一次産業への電気高度利用技術の適用、PR（特産物紹介・観光案内をパンフレット、広報誌、イベント等の媒体をとおして行っている）が主なものである。
- ・その他：地域広報誌の発行、各種講座の開設、イベントへの協力などを行っている。

## 1-1-4 今後の電気事業の役割

これまで、1-1-3で述べたような地域との関係により、地域経済を立てなおす等の効果をあげてきた。しかし、既往の関係策は、地域とともに考えるというより地域に与えるといったものが多かったことも否めない。

いまや電気事業をとりまく環境も変化しようとしており、より一層の地域との関係が重要視されつつある。これからの電気事業は、時代の変化と地域のニーズをよく見極め、その役割を定めていくことが肝心である。表1-1-1に、今後考える電気事業の役割の例を示す。

以降の各章で紹介する地域関係技術は、主に“地域産業の育成”、“快適な生活環境の設計”、“立地の円滑化”、“需要開拓”の項目に位置づけられる。

表 1-1-1 今後の電気事業の役割

項目	内容	具体例
地域産業の育成	地域経済の活用化 (参画・情報提供などによる産業育成)への協力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地場産業の育成</li> <li>・観光業の育成</li> <li>・新規企業の誘致</li> </ul>
快適な生活環境の設計	明るく住みよいまちづくり	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市計画・地域内の諸計画への参画</li> <li>・電力利用による快適環境の創造</li> <li>・文化・福祉・教育活動への協力</li> <li>・送配電施設利用によるニューメディア</li> <li>・送配電施設の地中化・美化</li> <li>・電力施設周辺の空間利用</li> </ul>
立地の円滑化	電力施設建設の円滑化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地元雇用の増進・定着策</li> <li>・地元発注と受け皿づくり</li> <li>・税・各種交付金の有効活用</li> <li>・地元協力金のあり方</li> <li>・電力付帯施設の地元への開放</li> <li>・福祉（地域医療）への協力方法</li> </ul>
需要開拓	需要の開拓と負荷平準化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生産のための電気利用技術の開発</li> <li>・電気利用による生活環境の改善技術</li> <li>・ベース・ロード用電力の利用技術・体制</li> <li>・電気利用技術情報のデータベース化</li> </ul>
省エネルギー	エネルギー利用の効率化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高効率電気利用機器・技術の開発</li> <li>・電気有効利用に関するコンサルタント</li> </ul>
サービス提供	情報提供、窓口業務、需要家訪問等によるサービス提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暮らしに役立つコンサルタント</li> <li>・広報活動</li> <li>・広聴システムづくり</li> </ul>
イメージ向上 (信頼性向上)	地域住民に親しまれ、地域社会から信頼される企業行動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発電所や営業所などの地域関係活動</li> <li>・地域住民とのコミュニケーション</li> <li>・CI活動</li> </ul>
公益事業の責任	電力の安定供給と環境保全	<ul style="list-style-type: none"> <li>・停電対策</li> <li>・環境対策</li> <li>・機器安全装置の整備</li> </ul>



# 1-2 発電所と地域社会

## 1-2-1 発電所の多目的利用

発電所を単なる発電としての役割のみならず、発電所から排出される熱、ガス、石炭灰等を有効に活用するいわゆる多目的利用は、かなり以前から検討されてきている。これには、発電所から排出されるエネルギーを有効に利用するという国民経済的、省エネルギー的面からの発想と、発電所からの排出物を有効活用し、地元住民に何らかのメリットを提供するという形で、発電所立地の際の地元住民の合意形成に役立つという発想、の二つがある。

過去において検討提案された発電所の多目的利用構想の



石炭灰の農地利用の研究

事例としては、

1. 大規模電源を設置し、その発電所より発生する排熱、排ガス、石炭灰を有効利用するもの
2. 脱石油を目指し、国内のエネルギー資源を有効に活用する観点から、国内の自然エネルギーを有効活用しようとするもの
3. 産業・生活廃棄物を発電用燃料として活用し、ゴミの巻き散らし等による環境悪化を防止しようとするもの
4. 地場産業育成を主目的としたもの
5. 脱化石燃料の観点から原子力発電の開発促進を目的としたもの

等がある。

## 1-2-2 発電所と地域振興

ところで、発電用施設周辺地域整備法に基づいて設けられた電源三法交付金制度は、発電所と地域振興の結びつきに新たなイメージを提示した。このねらいは、発電所が設置される地域に交付金を与えるという形で、地域振興を積極的に図ろうとするものである。

このような社会情勢の変化は、発電所の多目的利用についても、今までのような発電所からの排熱または石炭灰等を有効利用するというだけではなく、発電所のすべての資源を活用し、地元地域社会に持続的な寄与をもたらすようなシステムを考え、地元地域社会と電気事業者とが協同して積極的に共存共栄関係を図ろうとするものになりつつある。

発電所と地域社会とが一体となった新しい地域振興像を地域社会に提示できれば、単に発電所の“副産物”を供給するという消極的手段よりも、電源立地のための地元合意形成に積極的に役立つものと期待される。

従来の考え方の多くが、発電所の地域振興に役立つ要素として、熱、排ガス、石炭灰からの生成物に限定していたのに対し、最近では、地元住民の所得の向上、雇用増大、U



ターン現象の促進、文化的生活の向上、生活環境条件の向上、等に資するものはすべて地域振興に当てはまるものとし、港湾、緑地、景観、会場、レジャー施設、公園等の提供まで含め、総合的に考えるような気運になってきた。




### 1-2-3 地域振興型発電所のイメージ

発電所と地域振興との直接的な結びつきを意図し、地域振興のための発電所の存在を明白にしたものが、いわゆる地域振興型発電所の構想である。すなわち、この発電所は、従来いわれている多目的利用、熱併給発電所の考え方をさらに発展させ、新しい地域振興機能のすべてを包含したものである。

このような地域振興型発電所に関する調査・検討については、最近、資源エネルギー庁が実施した「エネルギーフロンティア計画調査」、「地域振興型石炭火力発電所調査」等が、代表的なものとしてあげられている。また、現在開発が進められている燃料電池発電も、排熱温度が高いこと、都市内に設置可能なことから、地域振興に役立つ要素を多く保持しており、地域振興型発電所としての検討対象となってきた。

現在考えられている地域振興型発電所のイメージをわかりやすくするため、発電所が地元住民に提供し、地域社会に役立つことができる要素を列挙すると、表1-2-1のようになる。

表 1-2-1 地域振興に役立つ要素

水 力 発 電 所	火 力 ・ 原 子 力 発 電 所
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 土捨場跡地有効利用               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 農業利用</li> <li>② レジャー、リクリエーション、展望台への利用</li> </ol> </li> <li>2. 建設用道路の有効利用</li> <li>3. 原石跡地利用（野鳥の森等）</li> <li>4. 観光開発、観光施設の併設、水辺公園の設置</li> <li>5. 推砂の建築用資材利用</li> <li>6. ダム用水の漁業利用</li> <li>7. ダム用水の生活用水供給</li> <li>8. ダム用水の農林業振興利用</li> <li>9. 洪水防止</li> <li>10. 送配電線路支持物のCATV利用</li> <li>11. マイクロ波通信施設への利用</li> <li>12. NATURE TRAIL（自然遊歩道）</li> <li>13. PR館の設置</li> <li>14. 集会場の提供</li> <li>15. 釣場施設の併置</li> <li>16. ボートコース、カヌーコースの設置</li> </ol> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 温排水による融雪</li> <li>2. 温排水による漁場開拓</li> <li>3. 温排水による養魚・種苗</li> <li>4. 温排水によるグリーンハウス農業の振興</li> <li>5. 道路建設</li> <li>6. 建設用道路の有効利用</li> <li>7. レジャー施設の提供</li> <li>8. 人工海辺によるレジャー施設の提供</li> <li>9. 海水淡水化水の有効利用</li> <li>10. プロセス蒸気提供による工場誘致</li> <li>11. 緑地提供</li> <li>12. 港湾提供（火力の場合）</li> <li>13. マイクロ波通信施設への利用</li> <li>14. 送配電線路支持物のCATV利用</li> <li>15. PR館の設置</li> <li>16. 集会場の提供</li> <li>17. 地域冷暖房利用</li> <li>18. 消防施設利用</li> <li>19. 排気ガス利用、石炭灰利用 （石膏ボード、人工軽量骨材工場の建設）</li> <li>20. 冷熱利用（LNG火力の場合）</li> <li>21. NATURE TRAIL（自然遊歩道）</li> <li>22. 煙突利用（展望台として：火力の場合）</li> <li>23. 人工島（展望台として）</li> <li>24. 石炭灰捨場の農地転用（火力の場合）</li> <li>25. 土捨場跡地利用               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 農業利用</li> <li>② レジャー、リクリエーション、展望台への利用</li> </ol> </li> </ol> 
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排熱の地域冷暖房利用</li> <li>2. 排熱の病院・ホテル給湯</li> <li>3. 排熱のビル建物冷暖房</li> <li>4. 排熱のスーパーマーケット冷凍利用</li> <li>5. プロセス蒸気供給</li> <li>6. PR館の設置</li> <li>7. 生活水の提供</li> <li>8. 排熱利用による高効率野菜生産</li> </ol> 	

#### 1-2-4 今後の課題

発電所と地域振興を直接結びつけ、地元住民ないし地域社会との共存共栄を図るには、次のような諸課題を一層検討し、その具体的対応策等を明らかにしていく必要がある。

##### 1. 地元住民の意向調査

地元住民が地域開発に関して、発電所に何を期待するかについて、その意向を調査し、発電所を単に排熱、排出物の有効利用の面で捉えるのではなく、観光開発、緑地提供、会場提供、港湾施設利用等、地域振興に役立つあらゆる要素を抽出し、地元住民の意向との整合性について調査・分析すること。

##### 2. 他産業との関係と役割分担

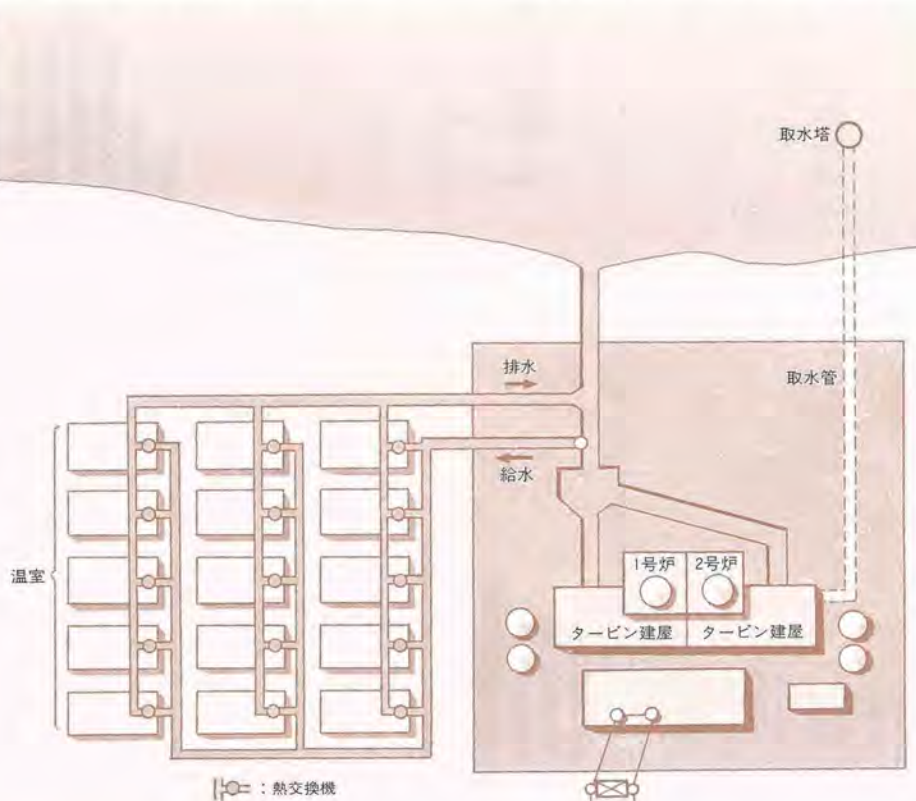
発電所のすべての資源を有効に利用するには、電気事業と他産業および地域社会との関係がうまくとられていることが前提となる。この問題は、わが国の電気事業の将来像と密接に関連するため、地域振興型発電所を中核とした、

業種の異なる産業との協調体制、それらの役割分担、さらには、国、地方公共団体との役割分担に関し望ましい姿を描き出す必要があること。

##### 3. 電源三法交付金制度の見直し

発電用施設周辺地域整備法に基づくいわゆる電源三法交付金制度は、確かに発電所立地周辺の地域振興に寄与する面が大きいですが、その反面、種々の問題を包含している。そのため、現行の電源三法交付金制度を含め、地域振興発電の推進のためのより望ましい姿を明らかにする必要があること。

今までの地域振興型発電所に対する考え方は、地域振興に寄与する要素を持つ発電所としてとらえ、地域の自然環境保全、社会福祉・社会開発指向型であった。しかし今後は、需要開拓型、多角経営型のいわばマーケティング指向の地域振興を目指す必要がある。地域密着型産業としての電気事業を考えれば、地域振興を発電所立地との関連のみで捉えることは問題をあまりにも限定しすぎるし、電気事業全体としての地域振興を考えることが重要である。●



温排水の温室利用システム



# 1-3 農林水産業への電力の活用

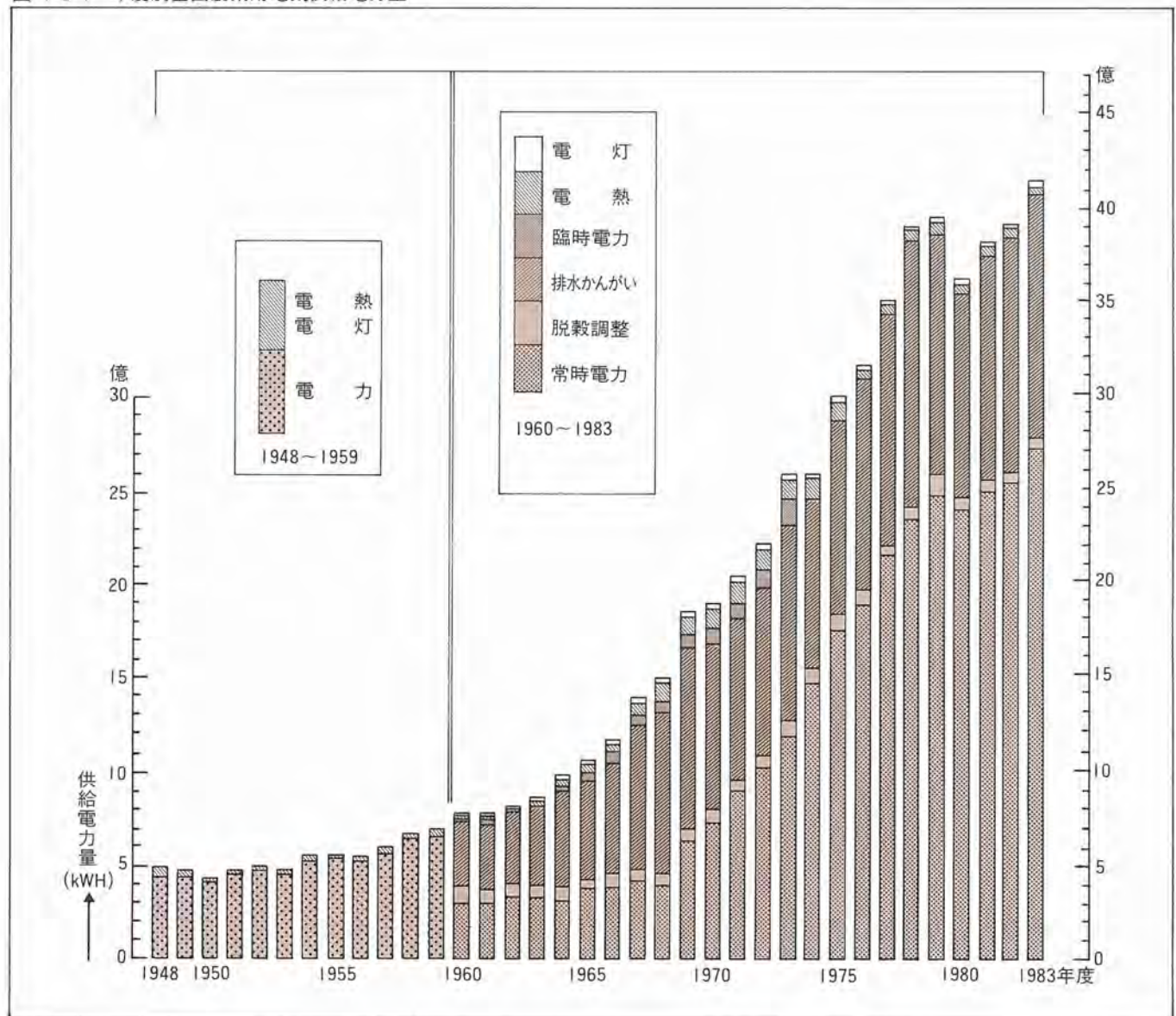
## 1-3-1 農業用供給電力量の動向

1983年度において、電力会社が全産業を含んだ電灯、電力のすべての需要に対して供給した電力量は、4808億kWhに達した。このうち農業用に供給された電力量は、約42億

kWhである。

図1-3-1は、年度別全国農業用電気供給量の推移を示したものである。このうち、農家や農業協同組合等が、一部水産施設を含む農業施設に、総合的に使用するために供給した常時電力については、統計上その用途別が明らかでは

図 1-3-1 年度別全国農業用電気供給電力量



ないが、小型電動機、電気温床線、温室内動力機器等を通して消費されていると考えられている。とくに、畜産施設ではミルクカー等の家畜管理施設、バルククーラー等の家畜飼育施設等で電化、機械化が進んでおり、常時電力が農業用供給電力量合計の約65%、27億 kWh と大部分を占めている。ついで、水稲作を中心としたかんがい排水用に供給された電力量が約32%、13億 kWh、米麦の脱穀調整用、農業用電熱がそれぞれ約1.2%の5,000万 kWh、農業用電灯が0.3%で約1,300万 kWh となっている。(なお、農業用電熱と電灯については1974年の電気供給規程の改訂によって、現在では統計が不可能となっている。)

農林水産業は今日、生物産業と言われるように、広範多岐な分野を総合した産業になっている。

ところで農林水産業から産出された生産物が社会に供給されるためには、先ずその生産過程にその生産資材を作るための直接的、間接的な電力が消費される。また、農林水産業で生産された農林水産物は、大部分、調整、加工され、さまざまな流通過程を経て消費者にわたる。このような農業資材供給部門、農業生産部門、農産物加工、流通部門をまとめた、いわゆるアグリビジネス諸産業全体に供給された電力量を調査した最近のデータはないが、1966年度における全産業に供給された電力量に対する比率では、9.69%と推定されている。

1973年度に対する1983年度の供給総電力量は143%とな

っているが、一方農業用供給電力量は162%とかなりの伸長を示しており、農林水産業の電化、機械化、加工、流通部門が著しく発達した現在では、このアグリビジネスに要する電力量は、少なく見積っても10%は占めるであろうと推察される。

ともあれ、農林水産物の生産過程に直接投入された電力量としては、1983年度においても総供給電力量のわずか0.87%に過ぎないが、今日では、農林水産業のあらゆる面で活用されており、極めて主要な役割を荷っていることは言を俟たないところである。

表1-3-1は、農林水産業における主なる電気利用の概要を示したものである。

### 1-3-2 農林水産業における電気利用

これまでの半世紀、日本は農業的工業社会から、高度工業社会へと大きな変革を遂げた。

例えば1930年の日本の自動車生産量は、わずかに458台であったが、現在では年産1,000万台に達し、貿易摩擦の大きな原因となっている。そして1980年代には「無人化工場」も出現し、世界のロボットの60%が日本で稼働しているとさえいわれるに至った。

このような状況下で日本の農林水産業はその生産額では製造業の1/10となってしまった。しかし、農林水産業の生産力は機械化、電化、化学化によるさまざまな技術革新の



高能率野菜生産基礎実験設備の内部 (2-1-3参照)



表 1-3-1 農林水産業における主な電気利用の概要

	動力利用	電熱利用	放射利用	情報伝達その他
稲畑	かんがい、排水、干拓、客土 かん水、農薬、肥料散布、防霜	催芽、育苗、土壌消毒	誘蛾、催芽・育苗(ジャガイモ等) 牧草栽培	温度調節 (サーモスタット)
園(含果樹)	換気、温風暖房、ミスト、冷房、遮光カーテン 保温カーテン、かん水、農薬、肥料散布 培養液循環(養液栽培) 地中蓄熱(地中熱交換ハウス)、ベレットハウス、 ヒートポンプ(暖冷房)、選別、選果、ケーブ 搬送、冷蔵、冷凍	催芽、育苗、栽培、促成軟化 挿木、接木、土壌消毒	誘蛾、追蛾 育苗、補光栽培、電照抑制 電照促成、着色(シヨウガ、トマ ト等)	温度調節、湿度調節 土壌水分調節、複合 環境制御、コンピュ ーター制御(各面)
高養(その他)	畜舎等換気、給水、給餌 飼料粉碎、裁断、配合、自動給餌 搾乳(ミルカー)、清掃(バーンクリーナー) ミルククーラー、缶洗浄 鶏糞乾燥(ハウス利用)	牧草乾燥、温水器、フロアヒーティン グ 孵卵、育雛 牧草栽培(グラスインキユベーター) 稚蚕飼育	飼育舎の殺菌、赤外線暖房 点灯養鶏 牧草栽培(グラスインキユベーター) 補虫機、卵鑑別	温度調節、電気牧柵 カウトレナー、コ ンピューター制御
水産	揚水、給排水、水循環、エアレーション 換気(ハウス養魚)、自動給餌 餌料調整(ミンチ、チヨツバー) 冷凍、冷蔵	温水飼育	産卵抑制(アユ、ニジマス)、採苗 抑制(ノリ)、放卵促進(アワビ、紫 外線)、焦魚灯、海水殺菌 餌料生物培養	温度調節、条件制約 条件制約、記録計 計測器
林業	原木運搬、製材、木工品製造 かん水、農薬散布	育苗、挿木、接木	乾燥(シイタケ等) 栄養添加(シイタケ)	温度調節、湿度調節
農産物加工	脱穀、通風乾燥、精米、精麦 製粉、製めん、洗浄、ワックス処理 CA貯蔵、い草加工、脱水(ノリ) 選別、選果	各種農産物乾燥(タバコ、澱粉ノリ等) 醸造、キエアリング(サツマイモ、球根等)	選別(タバコ、ノリ等) 鑑別(卵、カイコ等) 赤外線乾燥(干ガキ、カマホコ等)	温度調節

おかげで著しく増強し、例えば1980年にいたる30年間に、農業人口は1,600万人から550万人と、約30%に減少したにもかかわらず、米の生産は1,000万tから1960年にはすでに1,400万tに達し、主食である米の自給というわが国の歴史的課題が達成された。

また、3.9万ha(1983年度)という世界第一の面積を有するに至った施設園芸は、とくに冬期間の新鮮な野菜を供給する重要な役割を果たしているが、サトイモ、ダイコン等の野菜や、ミカン、ブドウを始めとするさまざまな果樹や花等、作られていないものは無いと言われるまでに普及した。そして施設の環境調節に電力が極めて重要な役割を荷っているばかりでなく、コンピューター制御による園芸施設もすでに約600基が稼働しており、さらに、後述するように人工光源を利用した完全制御環境の、いわゆる「植物工場」も出現するに至っている。

また、水産分野においても200海里経済水域の設定をふまえて、「とる漁業からつくる漁業へ」の推進がはかられつつあり、沿岸、内水面漁業ともに栽培漁業化が進み、養殖生産はすでに漁業生産量の約10%、生産額では20%(1983年で114万t、5804億円)に達した。

そしてこれらは、ノリ養殖における人工採苗技術、ホタテガイの中間育成技術、魚介類の人工採苗大量生産技術の開発によるところが極めて大きい。

以下は電力利用の目的別に利用の方向を示したものである。

## 1. 化石燃料節約のための電力利用

(1) 施設利用型農業における施設の構造および設備からの対応

例・多層カーテン保温被覆の強化(動力利用)

(2) 代替エネルギーの利用

例・太陽熱の集熱利用、潜熱利用(動力)

・もみがら、都市ゴミ焼却熱利用(動力、熱)

## 2. 生産性向上のための電力利用

(1) 生産有効面積の拡大

例・可動ベンチ、可動作業架台採用による通路廃止(動力)

(2) 適正生育環境の創出

例・環境調節のシステム化—温室内生育環境および増殖施設内環境の最適化—(熱、動力、光)

・ヒートポンプによる暖冷房、除湿による周年栽培(動力)

・水耕栽培における培養液および養殖海水の殺菌(動力、熱)

・光周期調節による産卵期、生長コントロールによる出荷調整(光)

## 3. 省力、安定生産のための電力利用

(1) 選果、薬剤散布(消毒)など若干知的な作業へのロボット利用(動力)

## 4. 多量、計画生産のための電力利用

(1) 野菜工場(熱、動力、光)

(2) マリンランチング(熱、動力、光)

## 5. 複合的な生産システム構成のための電力利用

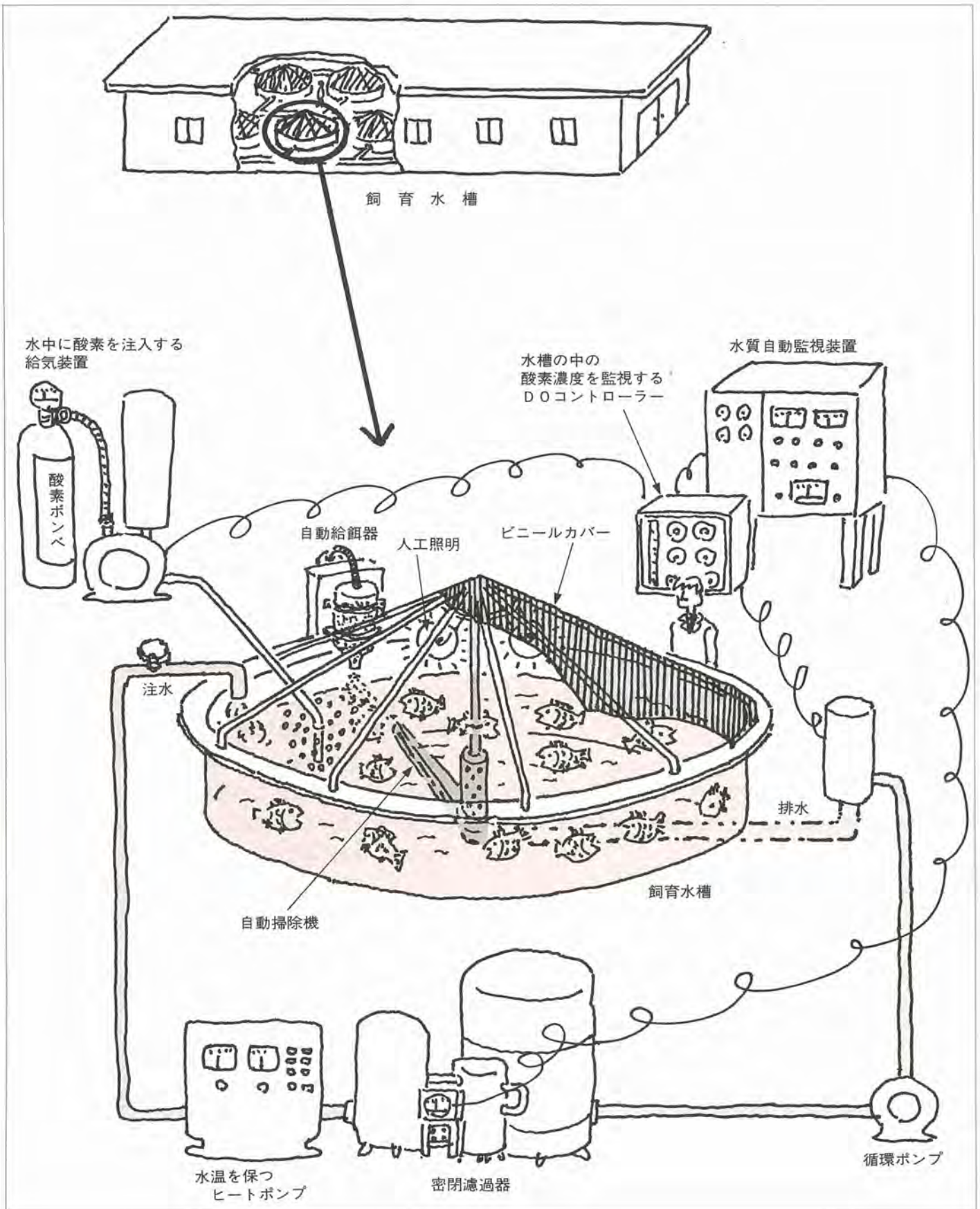
### 1-3-3 電力活用の将来

電力中央研究所では、1977年に設置した「長期電力需給問題研究会」に引続き、1981年には「超長期エネルギー戦略研究会」を発足させ、2030年を補助目標として、資源、立地、環境等の制約条件の変化と、それに伴う日本経済や電力需要の予測を行った。このうち、人間活動を支える上でエネルギーとともに極めて重要な課題である食糧については、「食糧専門部会」を設けて未来に向う食糧生産技術を中心に、2030年の食糧問題について報告書を取りまとめた。

それによると2030年には、「エレクトロニクス革命」が農林水産業を生物産業へと変革させ、そこでは電子機能が生物機能とともに産業システムを動かせる基軸となるが、そのため電子機能と組み合わせる電力が動力、熱等の主要なエネルギー源となる。また、生物産業の主体を占める食糧生産と、流通・消費を加えた食糧システム全体から見ても、それに消費されるエネルギーの大半は電力によって供給され、食糧システムの電力需要は総供給電力量の15%を越えるのではなかろうかと想定されている。

そして生物産業が、生物と電子と情報によって動く半世紀後までに、電気事業のもつ高度の電気技術は、立地をもつにする生物産業と互恵的協力関係をもつようになり、さらに電気事業の擁する技術者は、各地域において頭脳集団あるいは知識集団を形成し、電気事業のネットワークは、生物産業のもつネットワークと地域的に総合して、さらに地域産業全般の振興、発展に寄与するであろうとの想定を行っている。









章

農林業の振興のために





第2章 農林業の振興のために ● 目 次  
担当●研究顧問 荻原 善和

2-1	電力の有効利用	21
2-1-1	ヒートポンプの利用	生物研究所 緑地部長 山本 雄二郎
2-1-2	施設園芸における生産性の向上	緑地部 応用生物研究室長 関山 哲雄
2-1-3	深夜の電力を利用した高能率野菜生産システム	緑地部 専門役 石川 春彦
2-2	発電所副産物の有効利用	31
2-2-1	石炭灰の農業利用	緑地部 動植物研究室長 青木 正則
2-2-2	温排水の農業利用	緑地部長 山本 雄二郎
2-3	環境創造の技術	37
2-3-1	X線CTスキャナーによる樹木調査	経済研究所 高度情報化担当(室長) 小暮 仁
2-3-2	農業生産の効率向上のための生体センサー技術	緑地部 応用生物研究室長 関山 哲雄
2-3-3	発電所の環境緑化による野生動物の誘致効果	我孫子事業所 調査役 藤原 喬

## 2-1 電力の有効利用

### 2-1-1 ヒートポンプの利用

#### I. ヒートポンプとは

ヒートポンプは加熱、冷却、除湿の機能を有しており、使用方法が適切であれば、電力の有効利用と生産性の向上を達成できるため、施設園芸の分野においても温室内の環境調節用として利用されるようになり、

全国で約200事例を数えるようになった。

ヒートポンプは電力などのエネルギーを用いて、図2-1-1のとおり水や空気のもつエネルギーを回収する装置であり、投入エネルギーに対し何倍のエネルギーを回収できたかを成績係数(COP)と呼ぶ。ヒートポンプを用いて省エネルギー効果を得るには、高い成績係数が得られるシステムの設計と、運転方式の確立が必要である。

当所では発電所温排水や水蓄熱式太陽熱利用温室の低温水用熱交換器として水膜式熱交換器の開発を行ってきた。ヒートポンプシステムにおいても回収した熱を温室内に放熱する熱交換器が必要であり、水対水ヒートポンプに水膜式熱交換器を組み合わせた実験システムについて検討した。

#### II. 新しいヒートポンプシステムの開発

ヒートポンプと水膜式熱交換器を組み合わせた実験システムの構成を図2-1-2に示した。使用した水対水ヒートポンプの圧縮機は全密閉型で電動機容量は3.75kWである。凝縮器と蒸発器は水冷二重管式で、冷媒はフロンR22を使用している。

ヒートポンプの凝縮器側の温水ポンプは定格入力290W、実測流量52ℓ/minであり、蒸発器側の熱源水ポンプは定格入力250W、実測流量61ℓ/minである。

水膜式熱交換器は後出の「温排水の農業利用」の中で詳しく説明されているが、低温熱源水用の高性能熱交換器である。

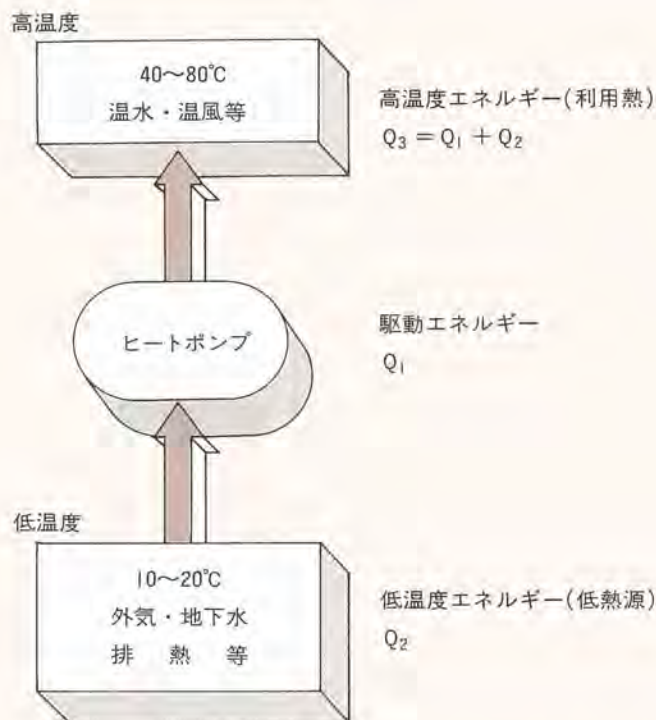
凝縮器側には500ℓのタンクを設置し、タンク内の水をヒートポンプで加熱したあと熱交換器に供給する。また、蒸発器側には300ℓのタンクを設置し、石油温水機を用いてタンク内の水温を調節することによって熱源水として用いられる地下水や温排水を模擬した。

ヒートポンプだけのCOPは次の式によって求められる。(1kWh = 860kcal)

ヒートポンプのCOP =

$$\frac{\text{凝縮器からの放出熱量 [kcal/h]}}{\text{圧縮機に要する電力量 [kWh]} \times 860}$$

図 2-1-1 ヒートポンプによるエネルギーの移動





## 水膜式熱交換器を組み合わせた 新しいヒートポンプシステムを開発している。

また、ポンプ動力、熱交換器ファンなどシステム全体が必要としたエネルギーを基礎とした実効COPは次の式によって求められる。

$$\text{ヒートポンプの実効COP} = \frac{\text{実効暖房能力 [kcal/h]}}{\text{システム全体に要した電力量 [kWh]} \times 860}$$

これらの式よりヒートポンプ—水膜式熱交換器システムの二つのCOPを求めた。

ヒートポンプだけのCOPは温水温度と熱源水温の差が20℃の場合に約4.2、5℃の場合は約5.1となり、この温度範囲では水温差と直接関係にあることが認められた。

実効COPもヒートポンプだけの場合と

同様に、水温差と直線関係が認められた。ヒートポンプの使用エネルギーにポンプ3台と換気扇2台の使用エネルギーが加わるため、実効COPはヒートポンプだけのCOPに対して平均で約1.5低下している。

以上の結果より、実験に用いた水対水ヒートポンプと水膜式熱交換器のシステムは15℃の熱源水があれば、約300㎡の保温カーテン付温室を外気温-5℃の条件下で、COP 2.8~3を維持して、温室内気温を15℃に保つ能力があると予測された。

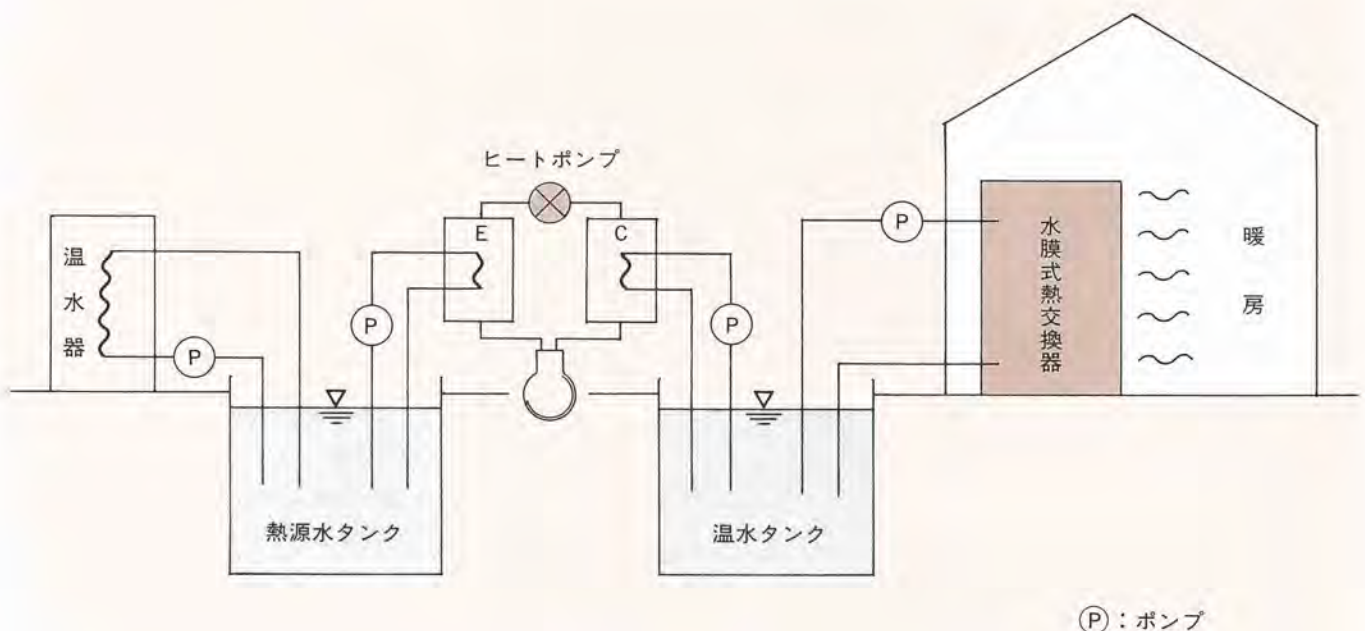
石油暖房機とのランニングコストを比較するため、燃焼効率を $\gamma$ 、A重油1ℓあたり $f_o$ 円、電力料金を1kWhあたり $f_e$ 円（基本料金込み）とし、石油暖房機とランニングコストが等しくなるヒートポンプの

COP ( $E_e$ )を表す次の式を導いた。

$$E_e \approx 10 \cdot f_e / f_o \cdot \gamma$$

図2-1-3は $\gamma=0.8$ とし、 $f_e$ が20円から30円までを2円毎に $f_o$ と $E_e$ の関係を示したものである。各カーブから上に位置するCOPが達成されればヒートポンプのランニングコストの方が有利となるが、現状では $E_e=3$ がランニングコストの採算分岐点となることが分った。したがって、ランニングコストに関するかぎり石油暖房機と競合できるといえよう。しかし、イニシャルコストの差を償却できるようなCOPとなると、かなり高いレベルを達成する必要があることは容易に想像できるので、ヒ-

図 2-1-2 水対水ヒートポンプと水膜式熱交換器を組み合わせた実験システムの構成



トポンプ暖房システムに付随する除湿機能と夏期の夜間冷房機能の活用を図る必要がある。

さらに、一層の効率アップを達成する方法を図2-1-4の蓄熱式空気熱源ヒートポンプについて検討し、温室内の余剰熱の活用を図り、ヒートポンプと水膜式熱交換器の熱交換特性を最大限に生かしたシステムを設計した。

## 2-1-2 施設園芸における生産性の向上

### I. 施設園芸の概況

1951年、ビニルフィルムが育苗用の被覆材として登場以来、ビニルハウス、ガラス室などを利用する施設園芸は栽培期間の拡大など土地生産性を著しく高めることから飛躍的に普及し、1983年の施設面積は3.9

万 ha 近くを占め世界一の規模となっている。

栽培作物はキュウリ、トマトなどの果菜類が主流で70%ほどを占めていたが、50年頃からイチゴ、メロンなどの果実的野菜が著しく増加した。作物別では、イチゴが80%、ピーマンが60%ならびにキュウリの50%が施設内で生産されており、野菜の生産に占める施設もののウエイトはかなり高まっており、とくに冬期間における新鮮野菜の供給と価格の安定化の点で施設園芸は大きな働きをしている。

一方、二度にわたるオイルショックは、施設野菜の生産費のうち光熱動力費に大きな影響を与え、例えば、1979年から81年にかけて、キュウリで1.7倍、ピーマンで2倍近い増加をもたらした。

農産物生産への生産エネルギー投入に関する分析も行われ、ハウスキュウリ、トマト生産における投入エネルギーに対する生産カロリーが10%以下であるところから、省力・高能率生産のためのエネルギー消費の方向に加えて省エネ、石油代替指向が強まっている。この傾向は、電力とくに深夜電力の需要拡大をもたらすものと思われる。

### II. 電力の使用状況

農林水産業において使用されている電力量は約42億 kWh (1983年) である。施設園芸ではその約12%、5億 kWh (推定) が図2-1-5に示すように主として環境調節を行う目的で使用されている。施設園芸における電力利用はその経営規模の拡大を図る上で不可欠となっており、有効利用のための技術開発が重視されている。

### III. 当所開発の新しい方式

施設園芸における電力の有効利用を図る目的で開発し、実用化している主な施設、

図 2-1-3 石油単価と採算分岐点となる COP との関係

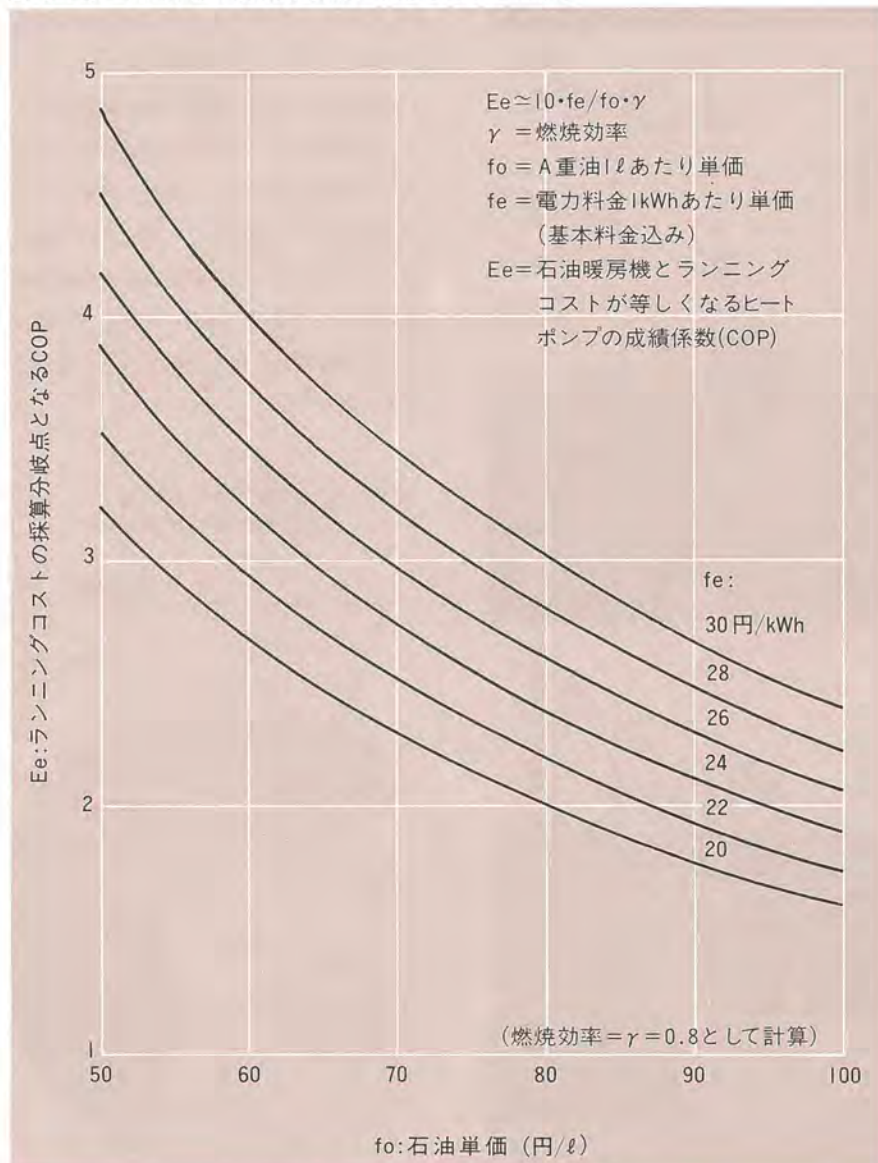




図 2-1-4 蓄熱式空気熱源ヒートポンプ（下段）とガラス室外観、内部状況



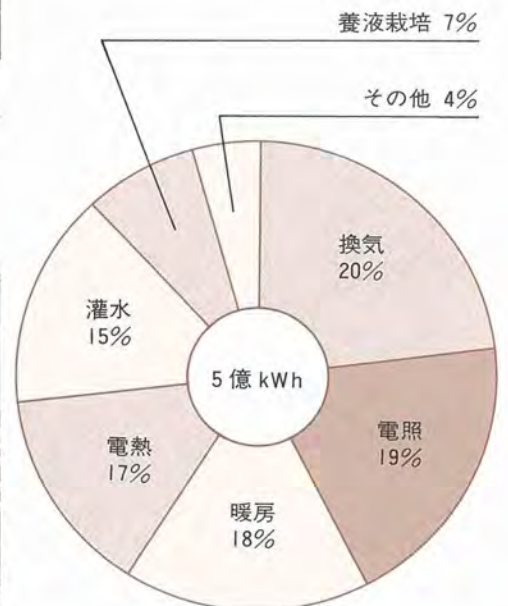
装置を以下に紹介する。

### 1. 地中熱交換ハウス

わが国では寒冷地帯を除けば冬でも晴れてさえいれば、温室内の気温は作物の適温をこえるため過剰な熱を排出し、かわりに冷たい空気を導入するなどの調節が必要である。

普通の温室では過剰な熱を外界に排出するが、回収可能な場所へ排出（蓄熱）しておけば夜間の暖房熱源として利用することができる。そこで、温室内の地下50cm前後の深さのところの薄肉の塩化ビニルパイプ（直径100～130mmが適切）を必要量埋設して、換気扇によって温室内空気をパイプを通して循環できるハウス構造を考案し、地中熱交換ハウスと称した。熱交換体である塩ビパイプを介して、昼間は温室内の過剰な熱をパイプ周辺の土壌に蓄熱し、夜間は反対の熱の流れとなり暖房を行うことができる（図2-1-6）。

図 2-1-5 施設園芸における電力利用の内訳(推定)



## 地中熱交換ハウスによるトマト栽培では 80%前後の節油率となっている。

熱交換パイプの適切な埋設量は、土壤の熱的性質によって相違するが、パイプの総内壁面積がハウス床面積相当となるパイプの本数を基準としている。

地中熱交換ハウスによる関東以西の太平洋側の各地におけるトマト栽培では、80%前後の節油率となり、暖房経費の大幅な節減をもたらす全国的に普及している。なお、電力の負荷として換気扇が使用されるが、終日にわたる運転が必要で、その稼働率は極めて高い特徴がある。

### 2. 水膜式熱交換器

太陽熱の集熱器および放熱器として、また、後述2-2-2の温排水利用の場合の放熱器として効果的な装置で、熱交換のために必要な換気扇、ポンプが負荷となる。構造、性能などは2-2-2で詳述する。

### 3. ペレットハウス

ペレットハウスはガラスとプラスチック

フィルムなどの二重壁の温室で、夜間は断熱性を良くするために発泡スチロールの小さな粒（ペレット）を送風機を用いて二重壁の間に充て、昼間は採光のために貯留庫に回収する。発泡スチロールを充填したときの断熱性はきわめて良好であり、通常温室の約10倍の保温性が得られる。山間地の厳寒期の外気温が $-10$ — $-15$ ℃のときでも、ハウス内の気温は無暖房で $5$ ℃以上に保つことができ、保温性に関してはほぼ理想的なハウスといえる。

マスクメロン、洋蘭など熱帯や亜熱帯植物用のハウスとして使用され、最近ではペレット粒の送排出操作の全自動化とともにコストの低減が図られ、比較的高温を必要とする野菜類の栽培用ハウスとして実用されはじめた（図2-1-7）。

### 4. 斜面利用養液栽培方式

養液栽培は土壌を全く使わないなどの特徴から普遍性の高い栽培方式として注目さ

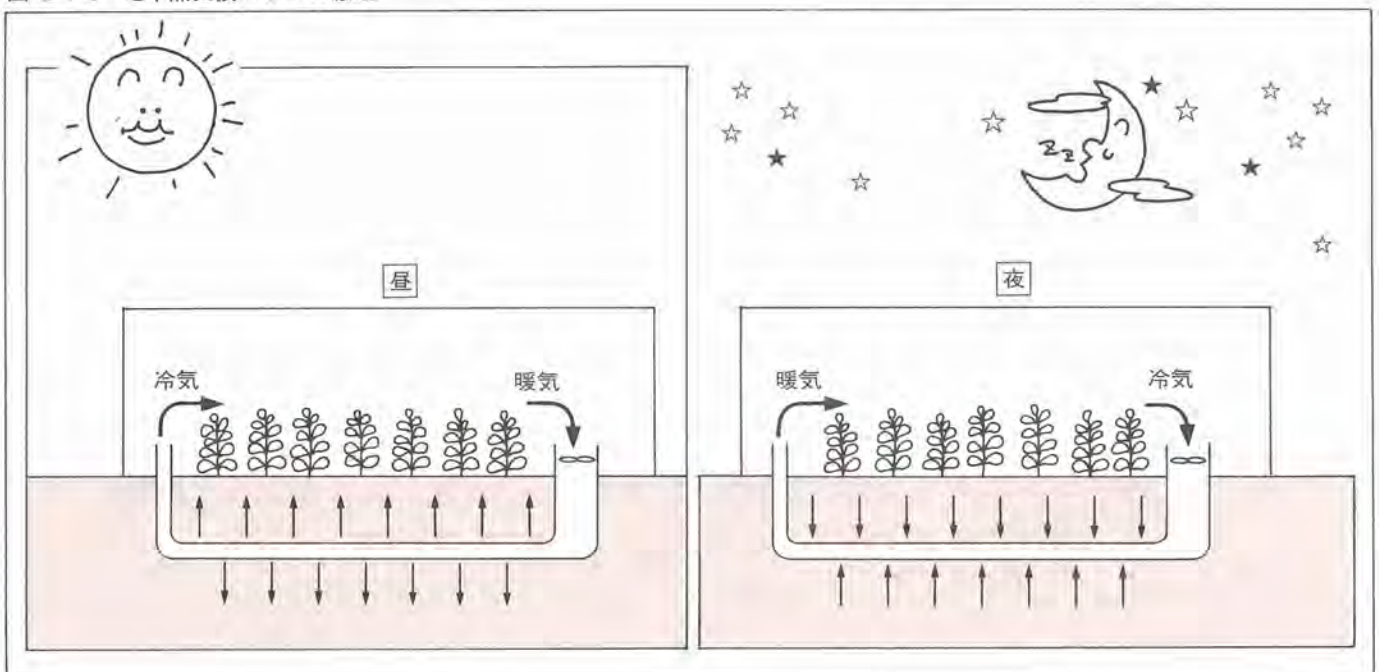
れているが、構造的に斜面への適用は困難であった。斜面利用方式は、山間地の緩斜面地への適用を図るもので、赤城試験センターで開発したものである（図2-1-8）。

この方式は $5$ — $6$ 度の緩斜面に各定植株用の培養液の湛液槽となる $2$ — $3$ ℓほどの穴を沢山あけ、その上をプラスチックフィルムで被覆し、培養液をせせらぎのように流しつけて栽培する方式である。特徴として施設費が低廉であること、南向き斜面を利用すると日射量の受光量が増加し、培養液の加温用電力量を半減できるなどがあげられ、省エネルギー効果も期待できる。トマトでは平地の場合より $20\%$ 増収し、セロリー、レタスでも同等以上の収量をあげており、それぞれこの方式に適した作物といえよう。

### 5. 複合環境調節装置

ハウス内の気温、炭酸ガス濃度を昼間は野菜の光合成作用が最大となるように

図 2-1-6 地中熱交換ハウスの原理





日射量に応じて調節し、夜間は光合成作用によって生産された炭水化物を能率的に蓄積するように調節する方式で、増収、省エネ、省力効果がねらいとなる。換気扇、暖房器ならびに灌水装置などの環境調節機器を効果的に利用することとなり、同程度の電力消費量でトマトの生育が促進され、果実の成熟日数が10日ほど短縮されたり、炭酸ガスの施用を含めた試験では、暖房エネルギーを12～35%節減する一方、総収量が

28%多く、同じ開花日の果実ではつねに早く収穫できる効果が実証されてる。

現在、農水省で推進している省エネルギーモデル団地事業の補助対象として地中熱交換ハウス、ペレットハウスとともに指定されており、本装置と地中熱交換ハウスは、58年度までに30団地に導入され最も普及率の高い省エネルギー施設となっている(図2-1-9)。

#### IV. 今後の方向

施設園芸における電力利用は、①石油代替、②省力・安定生産の観点から促進されると思われるが、今後は、③多量・計画生産(野菜工場)、④複合的な生産システム(施設園芸と養鶏、養殖などの複合生産)の構成など消費者と生産者の新しいニーズに基づく電力需要の拡大が加わり、重視されるようになると思われ、対応する技術開発が必要である。

図 2-1-7 ペレットハウスの構造

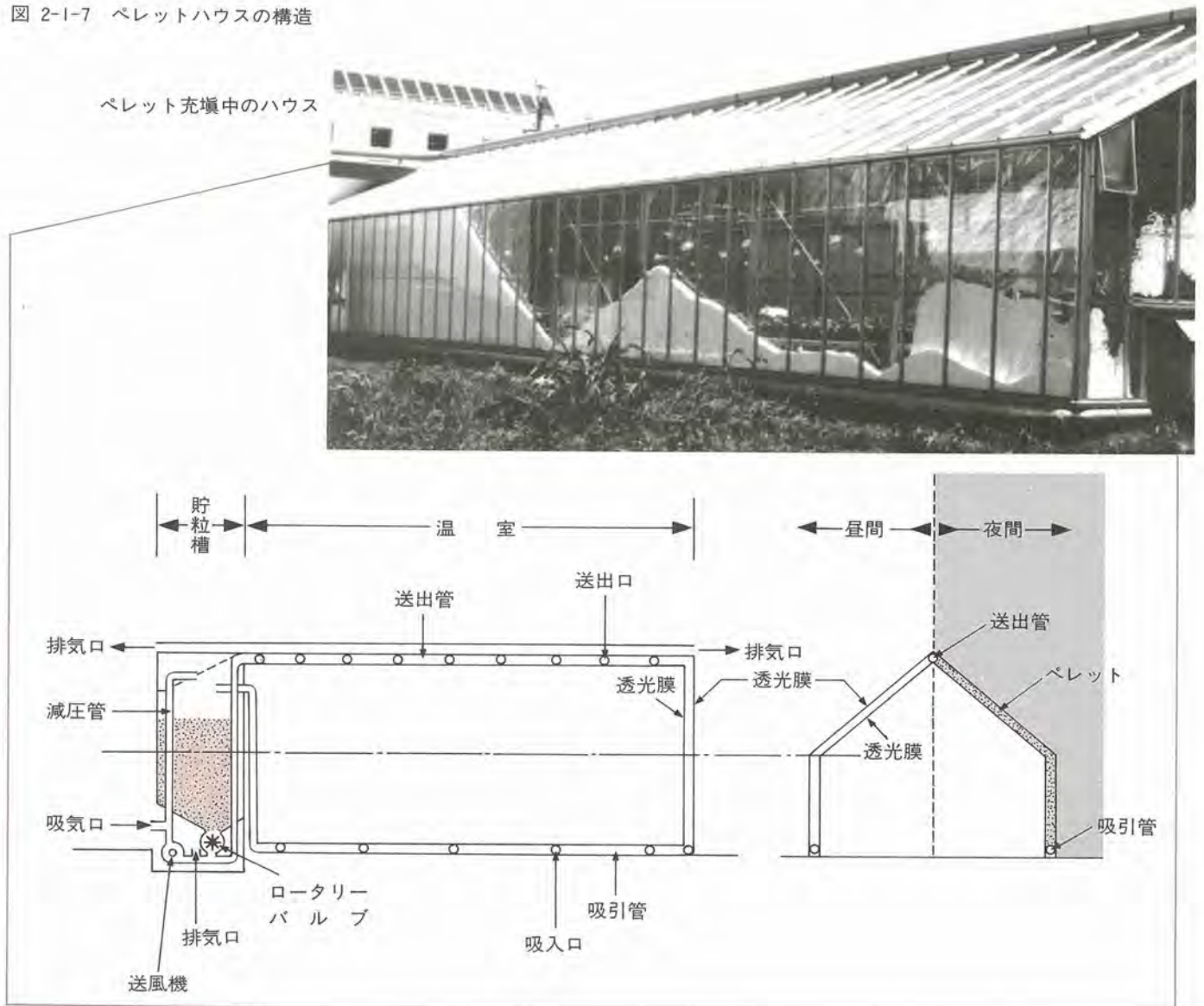


図 2-1-8 斜面利用養液栽培方式の基本的なしくみ

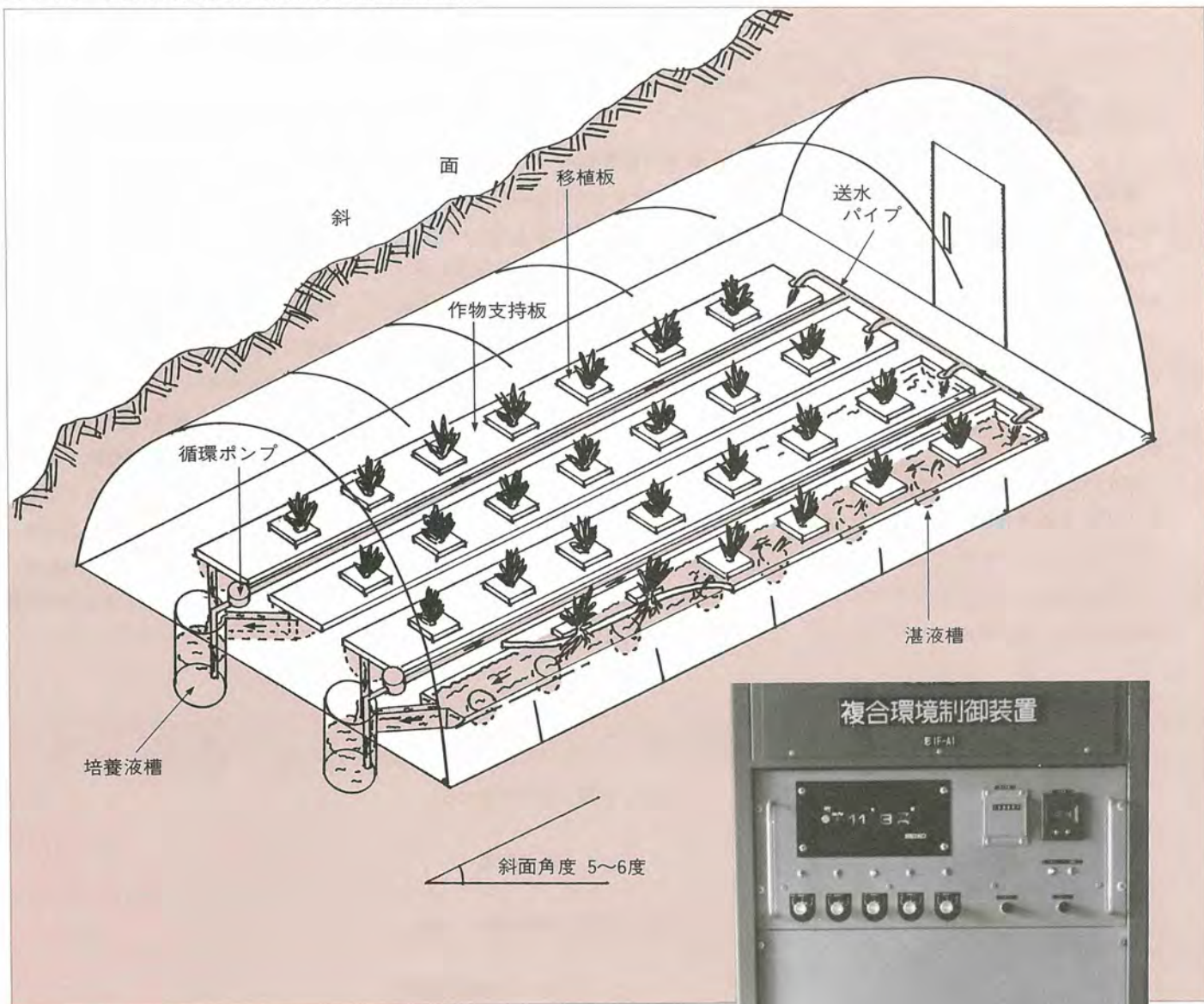


図 2-1-9 複合環境制御装置



### 2-1-3 深夜の電力を利用した 高能率野菜生産システム

農業において電気が最も導入されやすいのは施設園芸である。施設園芸は自然依存から脱却して農作物の栽培効率アップのための新しい技術導入の意欲が非常に強いからである。その端的な現われは植物工場といわれているものであるが、まだ、生産対象物は少なく、実用化には多くの隘路がある。

当所ではこの問題解決に深夜の電力をフルに利用した技術化、システム化が大いに偉力を発揮するものと考え、挑戦している。この技術が農業におけるイノベーションの起爆剤となり、電気事業と地域社会との一

層の連携に役立つことを期待している。

#### I. 野菜の需要動向

わが国の野菜は年間約1600万t生産され、生産額は1.8兆円、1人当りの消費量は約108kg(1983)である。生産量の伸びは野菜類全体で年1%位とされ、供給過剰といわれている。しかし、葉菜類(レタス、サラダナ、キャベツ、セロリーなど)、果菜類(トマト、イチゴ、メロン、スイカなど)は3~10%と著しく高く、この傾向は今後とも続くものと予想される。

一方、野菜の価格は消費の変化が小さいにもかかわらず、生産が気象条件などによって変動し、短期間に騰落をくり返すという特徴がある。計画生産、流通の安定化な

どにより供給量を確保することと、鮮度が要求され長距離輸送に適さない野菜は、都市近郊での生産振興が必要とされる。

#### II. 野菜生産方式の動向

野菜の栽培面積は約60万haで、大部分が露地栽培である。このうち、葉菜類、果菜類など鮮度が要求され需要の伸びが大きいものは、ガラスハウス、ビニルハウスなどの栽培施設で生産される割合が年々増加している。この栽培施設は約3.9万haに達し、このうち、加温設備をもつ温室が1.4万haである。これには変温管理、自動天側窓開閉、換気扇、複合環境制御、養液栽培、CO<sub>2</sub>供給が出来る装置が付随しているものが多く、マイクロコンピュータ

表 2-1-1 高能率野菜生産方式の開発段階

段階	対象作物	光条件	栽培ベツト	備 考
実 用 化	カイワレダイコン (芽物) 	人工光(微弱) 	立体、移動	栽培期間10日  生産販売
	サラダナ (葉菜) 	人工光(弱) 	平面、移動	栽培期間1ヶ月  テスト生産と販売
開 発 研 究	サラダナ (葉菜) 	人工光(弱) 	立体、移動	栽培期間1ヶ月  単位面積当りの収量増によるコスト低減化
	ホウレンソウ(葉菜)   イチゴ(果菜) 	人工光(強)と 太陽光の組合せ 	立体、移動	1.栽培期間2~6ヶ月  2.生産可能な野菜の種類増加  3.光量、光質による生育コントロール  4.生育ステージに応じた温度、CO <sub>2</sub> 濃度などのコントロール  5.深夜電力の利用

## 深夜の電力を冷暖房と照明に利用する 高能率野菜生産システムの開発を進めている。

一制御の施設が43 ha 含まれている。近年、ヒートポンプが400台近く全国で使用されるようになってきている。

野菜の生産が栽培施設によって行われ、かつ重装備の方向にあることは、生産の安定化、作業の省力化、省エネルギー化の必要にせまられていることと、生産地と消費地の接近化を促す要因にもなっている。

最近、植物工場がクローズアップされ、話題を集めているが、生産対象となる野菜は現在のところサラダナなど種類が僅少である（表2-1-1）。

### Ⅲ. 深夜の電力を利用した 高能率野菜生産システム

当所では、これまでに開発してきた野菜生産技術を組み合わせて、工業的な高能率野菜生産システムを構築するべく研究を進めている（図2-1-10）。以下にその大要を記述する。

#### 1. 光環境コントロール

野菜の種類によって生育に必要な光の強さは著しく異なる。弱光要求性のものは人工光のみで生産可能であるが、強光要求性

のものは、光量増大のためと光熱費抑制のために太陽光利用を図らねばならない。これに対し、既存の野菜工場では弱光要求性のものしか生産できないという弱点がある。さらに、葉を生産対象物とする場合、果実を生産対象物とする場合の各々によって、光照射の時間（明期の長さ）をコントロールする必要がある。

このため強光要求性の野菜を生産するためには、人工光照明と太陽光利用時間の組合せを検討しなければならない。幸い当所では、すでに開発したペレットハウス（発

図 2-1-10 高能率野菜生産基礎実験設備の外観  
（向側のハウスはペレット充填、手前のハウスはペレット排出状態）





泡スチロール粒の空気輸送により太陽光を任意に遮光して暗くすることが出来るハウス)があるので技術的には可能である。

以上のことをふまえて生産が最大となる光の強さ、明期の長さを求め、さらに深夜の時間帯の人工光利用を図った光環境コントロールシステムを開発する(図2-1-11)。

## 2. 温度環境コントロール

野菜の生育にとって適温がある。この適温を確保するためのコントロール技術の中で、加温技術はほぼ完成しているが、経済的に温度を下げるシステム、特に夏季太陽光利用の時の冷房負荷対策が問題となる。

前述の一般的な野菜の栽培施設は夏季、殆んど利用されていないのはこの問題のためである。冷房負荷を経済的に解決するための方策として〔深夜電力利用の冷水蓄熱—水膜式熱交換器(当所で開発済み)—昼

間の冷房〕が有力なシステムになる。

## 3. 栽培管理技術

工業的生産のためには土壌を使用しないで、生育に必要な肥料を含む培養液を用いることが必要である。栽培床に培養液を入れ、培養液のpH、濃度、温度を自動的にコントロールするとともに、病害予防のために培養液の殺菌を深夜電力を利用して行う。また、空気中のCO<sub>2</sub>濃度のコントロールを行う。

温湿度、光、CO<sub>2</sub>濃度などの最適条件のコントロールには、当所で開発した複合環境調節装置が偉力を発揮するものと期待される。

一方、生産施設の単位面積当り生産量を飛躍的に拡大するとともに、収穫など作業の省力化を図るためには、多段式栽培床の開発とその移動方法をモデル的に検討する

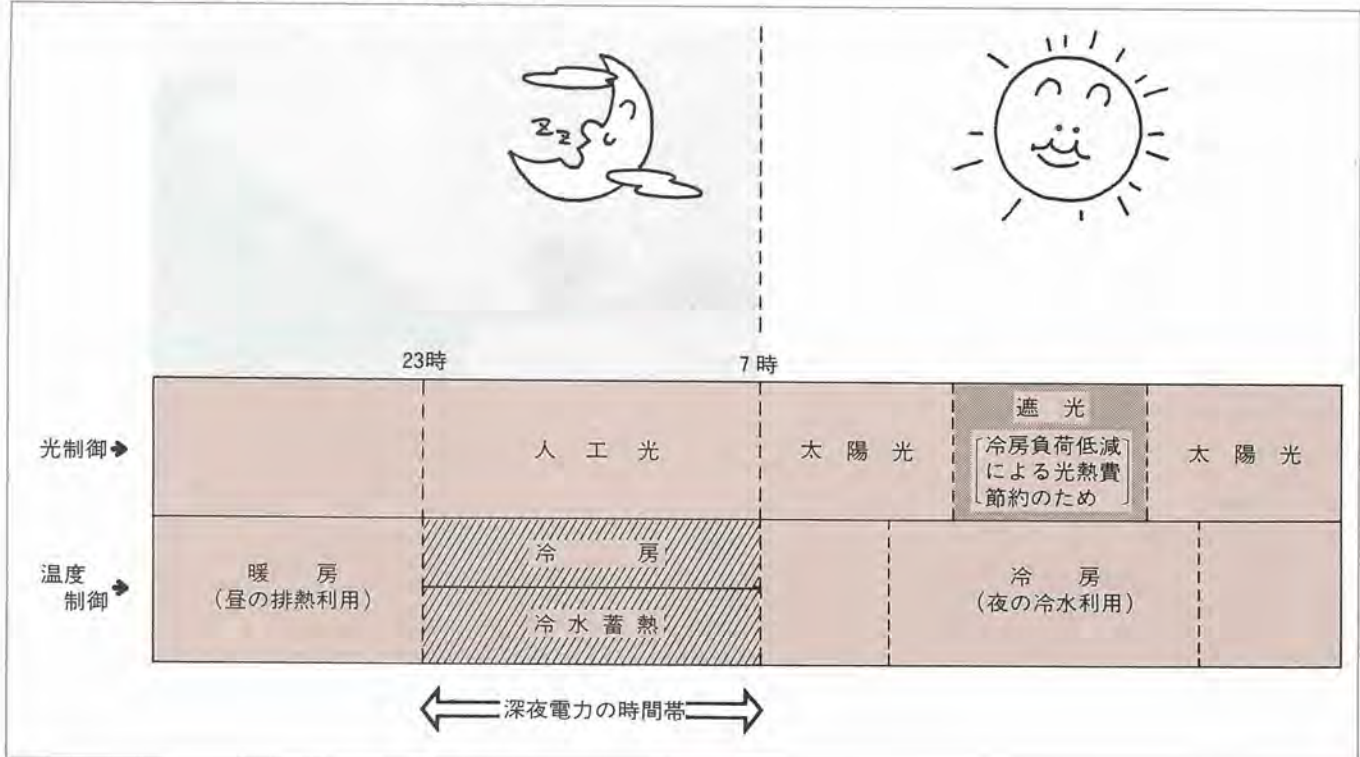
必要がある。

## IV. 地場産業としての発展

深夜電力高能率野菜生産システムは、多種の野菜を工業的に安定して生産することを目標に開発しようとするものであるが、装置産業の感は拭えない。したがって生産コストは露地栽培に太刀打ち出来ない。

しかし、端境期、気象条件の不安定な時期、あるいは寒冷地などにおける高値の野菜を生産することにより、露地栽培の補完的役割りを果し、野菜の季節的変動を緩和することが出来るので地場産業として発展することが期待される。さらに、深夜電力の利用により生産コストに占める光熱費の削減が見込め、電気事業にとっては負荷の平準化に寄与する。また、このシステムの要素技術は既存の栽培技術の改善発展に役立つものと考えられる。

図 2-1-11 野菜生産のための深夜の電力利用概念図



## 2-2 発電所副産物の有効利用

### 2-2-1 石炭灰の農業利用

#### I. 石炭灰埋立跡地の農地利用

石炭灰の大量処分法として、石炭灰で荒廃地や谷間等の未利用地、内水面、海岸などを埋立て、表面を覆土した後、公共用地、工業団地、発電用地や農地等に利用する方法が考えられている。例えば谷間を埋立て農地とした場合、土地の平坦化により、栽培可能面積の拡大、日射条件等栽培環境条件の改善、大型機械導入による作業性の向上がはかられ、土地および労働生産性の向上が期待できる。

そこで、石炭灰埋立跡地を農地として利用することを目的とし、その場合問題となる覆土の厚さ、覆土層下部でのしゅ水処理の必要性等について実験的に検討してきた。

#### 1. 畑地としての利用

石炭灰（フライアッシュ<sup>\*</sup>）は一般にpHが高く、不飽和水分状態では硬く、ち密となり作物は育ちにくい。そこで埋立てた石炭灰層の上に、周辺土壌のある厚みで覆土し、そこで作物を栽培する必要がある。

下層に石炭灰を入れ、上に厚みの異なる覆土をしてキャベツ等数種の野菜やミカンなどの栽培試験を行ったところ、キャベツ、ホウレンソウなどの葉菜類や生育期間の短いもの、灌排水設備がととのい十分な栽培管理が行える場合などは、覆土は薄くできるが、ダイコン、ゴボウ、ヤマイモなどの根の形状を問題とするもの、生育期間

の長いもの、果樹、緑化樹木など根系が深く分布し永年のなもの、栽培管理が粗放的な場合などでは、十分な生育、収量を得るには覆土を厚くする必要があることが明らかとなった（図2-2-1~2）。

#### 2. 水田としての利用

水田化に際しても石炭灰の一般的性質である高pH及び一般土壌に比べ著しく多く含有しているホウ素等による影響を防ぐために、周辺土壌による覆土が必要である。また、畑地土壌が不飽和水分状態であるのに対し、水田土壌は湛水状態（過飽和水分状態）である。この過飽和水分状態に置かれた場合、石炭灰はヘドロ状態になることも水田化に際し充分注意すべき点である。

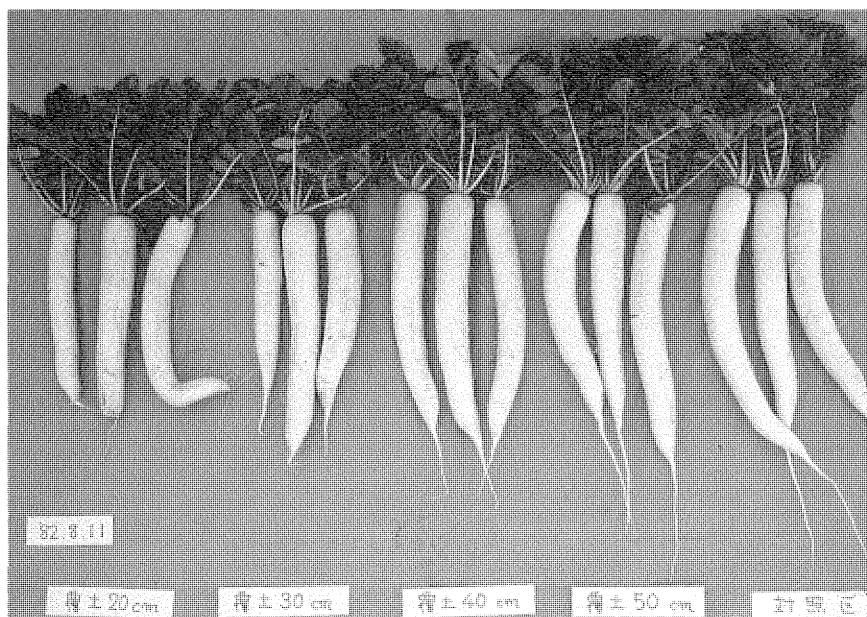
以上の観点から石炭灰埋立地の水田化に際しては、石炭灰層の上の覆土厚の検討、

石炭灰層上層における止水層の設置に関する検討が、必要である。この2点についてこれまでに行った実験結果を整理すると以下の通りである。

#### (1) 覆土厚の違いと水稻の生育

覆土用土壌として褐色森林土を供試し、石炭灰の上の覆土厚を変えて比較した結果、覆土厚20cmにおいても対照区に匹敵する水稻の生育、収量が得られた。一方、根箱を用いて覆土厚試験を行い、根の伸長を観察した結果、下層に石炭灰層をもつ区の根の伸長量は対照区に比べると少なかった。なお、畑地化において石炭灰層の表面で野菜の根の伸長に認められた曲がり根等は発生せず、石炭灰層に根はスムーズに浸入した。これは水田という特殊な環境すなわち湛水状態におかれると下層の石炭灰層

図 2-2-1 覆土の厚みを異にした場合のダイコンの生育





## 石炭灰を耕地の土壤改良剤として 利用できることを明らかにした。

がヘドロ化し、軟弱になるためと思われる。

### (2) 止水層の設置と水稲の生育

前述のように石炭灰層が過飽和水分状態におかれた場合、ヘドロ状態となり、下層に不透水層が少ない場合には浸透して、いわゆる著しい漏水田の状態となる。水稲の場合、漏水田では株立ちが悪く、生育、収量が抑制される。一方、普通の水田では、生育期には20~30mm/日程度の減水深を有することがよく、いわゆる水の動きはあるが湛水状態であることが望まれる。

そのため止水材としてビニール、ベントナイト、アスファルトを覆土層と石炭灰層の間に敷設し、止水材を敷設しない区と比較した。その結果、止水材の無い区では漏水が著しく、生育、収量が他に比べて著しく低下した。

以上2項目の検討の結果、水田化において覆土厚は十分な根系が確保される20cmあれば可能と考えられる。しかし、耕耘等の作業による覆土層への石炭灰の混入を考えると30cm程度は必要と考えられる。また、過飽和水分状態における石炭灰の性状を考慮した場合、下層には必ず止水層を敷設する必要がある。止水材料については、完全止水ではなく、前述の減水深が得られる資材の検討を必要とする。

## II. 土壤改良剤としての利用

我が国の耕地土壤は酸性土壤や微量元素等の欠乏土壤がかなり多い面積を占める。このような不良土壤に適量の石炭灰を混合施用すれば土壤の酸度矯正やB、Mo、Caなどの肥料成分の補給、さらには保水力の増加などから作物生産を高めることが可能である。また、石炭灰埋立跡地を覆土し、農地とする場合に造成過程や栽培過程で下層の石炭灰が上層の覆土層に混合することが予想される。

以上のような観点から石炭灰混合土壤における農作物の生育、収量、石炭灰混合土壤の理化学性の変化ならびに収穫された農作物の食品としての安全性の確認等について数種の野菜や水稲等で検討し、石炭灰を土壤改良剤として利用出来ることを明らかにした。

### 1. 畑地における利用

実験は屋外ライシメータ(1区3.3㎡)を用い、我が国の代表的な畑土壤である火山灰土に石炭灰を混合してダイコン他5種の野菜を3ヶ年間栽培した。

#### (1) 野菜等の生育

ダイコンの収量は石炭灰10%および30%混合区が優れ、ホウレンソウは10%区が、ジャガイモ、ダイズは30%区が最も優れた。50%区の収量は対照区に対し、ダイコンはやや劣り、ホウレンソウは優れた。トマト、キャベツの収量は各区に差はなかった。50%区においてダイズは生育初期からトマトは中期から、下位葉にB過剰症が認められた。

#### (2) 作物の無機成分含有率

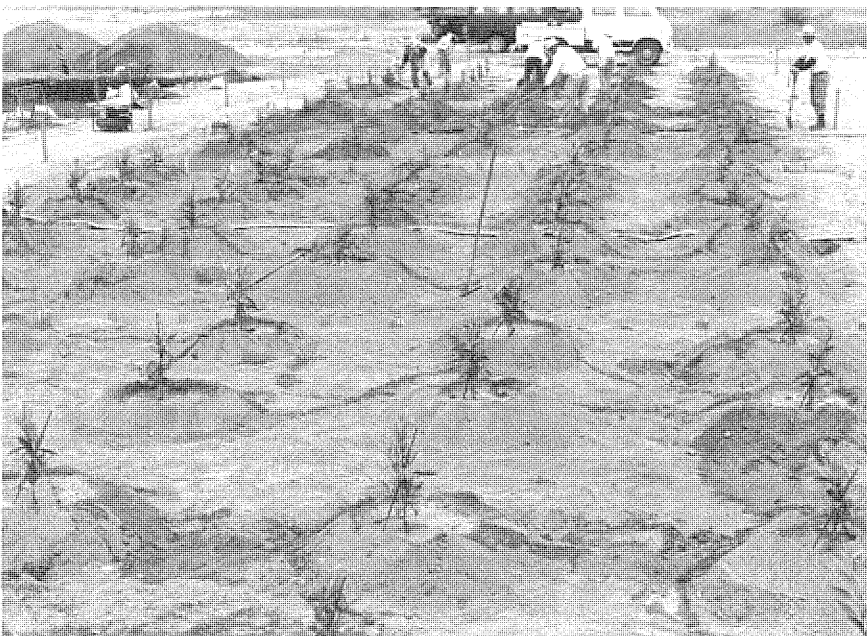
石炭灰の混合により植物体のB濃度が顕著な増加傾向を、Mo、Coもやや増加傾向を示した。一方、Mg、Mn、Fe、Zn、Cdが減少傾向を示し、その他の成分には明らかな差は認められなかった。

可食部中の重金属成分濃度は、いずれも我が国の非汚染土壤で栽培されたものと大差がなかった。

#### (3) 土壤の化学性

石炭灰の混合により土壤のPH、EC(電気伝導度)が上昇し、その効果は2年以上継続した。土壤中の交換性CaおよびB

図 2-2-2 石炭灰埋立地の農地化(ミカン園)



濃度は顕著に増加し、有効態 P も増加傾向を示した。一方、Cu は減少傾向を示し、Hg、Pb、Se は変化がなかった。

#### (4) 土壌の物理性

石炭灰の混合により、固相分が上昇し、気相分が低下し、透水係数は小さくなった。重力水割合の多い供試土壌の pF - 土壌水分特性が、石炭灰の混合により、難効性有効水割合の多い pF - 土壌水分特性に変化した。(pF : 土壌水分張力の単位)

## 2. 水田における利用

わが国の代表的な水田土壌である沖積土を用い、野菜と同様にライシメータにて栽培試験を行った。

#### (1) 水稲の生育、収量

石炭灰10%混合区では対照区を上まわる傾向を示した。また、30%、50%区でも初年度に影響がみられ、収量は著しく低下したものの第2作以降は経年的に回復し、30%区は対照区と同等ないし、それ以上の生育、収量を示した。

#### (2) 小麦の生育

第2作の水稲の後に裏作として小麦を栽培した。30%、50%は初期の生育がやや劣り、葉の黄化が一部に認められたが、気温上昇とともに生育が旺盛となり、収量は30%混合区で最も多く、50%区も対照区を上まわった。

#### (3) 無機成分の吸収

石炭灰混合区でBの含有率がとくに初年度に水稲のワラで上昇し、B過剰障害が発生した。Mn、Zn、Cd、Se等は石炭灰混合区で低下する傾向がみられた。なお、水稲、小麦とも可食部における重金属成分濃

度はいずれもわが国の非汚染土壌で栽培されたものと大差がなかった。

#### (4) 土壌の化学性

表層土壌の pH、EC、Ca、B および有効態 P は石炭灰の混合率に比例して上昇した。しかし、経年的にみると PH、EC は次第に低下し、Ca、B 濃度は顕著に減少する傾向が認められた。また、石炭灰の混合により土壌中の重金属成分濃度が異常に高まることがなかった。

#### (5) 土壌の物理性

畑地の火山灰土と同様に石炭灰の混合により、固相分が上昇し、気相分が低下し、透水係数が小さくなった。しかし、水田では湛水状態におかれるので耕耘などに影響がなければこれらの物理性の変化は栽培上問題とならない。

## Ⅲ. 肥料としての利用

### 1. けい酸加里肥料

わが国には今のところ、経済的に利用可能なカリ資源がなく、必要量の全量を塩化カリと硫酸カリの形で輸入(約130万t/年)している。これらの肥料はすべて水溶性であるため、降雨の多いわが国では流亡がはげしく、また肥料成分以外の硫酸根や塩素根は土壌を酸性にし、石灰や苦土の流亡を助長するため、作物による石灰や苦土の吸収を阻害する。このように経済性と環境保全上からもク溶性のカリ肥料の実用化が各界において待ち望まれていた。

当所では、国公立の試験場や各大学と協力のもとに肥効試験を担当し、本肥料の実用化に向けて研究を推進して来た。しかし、本肥料の製造に改良の余地が残されていたので珪酸カリ肥料研究会と連携して本肥料の製造法と肥効面からの検討を重ね

た。その結果、けい酸加里肥料の製造に際してその原料配合において Mg/k 比を現状よりも若干増やすこと。また焼成温度は出来るだけ低くして約800℃位で焼成することが緩効性の加里肥料の特徴を持続し、しかも作物にも吸収され易いことが明らかとなった。

## 2. 高度化成肥料

石炭灰とりん酸液を基本原料とし、これに窒素および加里肥料ならびに火力発電所冷却水路の付着生物等を混合して得られた3要素入り化成肥料である。

本試作肥料の特徴は、石炭灰中に含まれる石灰とりん酸液とが反応してりん酸石灰が生成される場所にある。これらの反応熱により、添加された窒素、加里ならびに有機物等は自然固化される。従って市販の化成肥料の製法(とくに造粒)に比べてエネルギーを必要としないところにある。

作物に対する肥効試験は今まで外部に委託して来た。その結果は市販の化成肥料の肥効と同等ないし、それを上まわる効果として評価されつつある。今後は、本肥料の特徴を見いだす試験法をとり入れて研究を推進する。

※ 石炭灰の理化学性 本実験に使用した石炭灰はフライアッシュと呼ばれているものであり、火力発電所で微粉炭を燃焼する際に発生する灰の微小浮遊粒子である。これらは電気集塵器、バクフィルターで捕集され、大気への放出は極力おさえられている。フライアッシュの大半は100μm以下の球状を示し、ほとんどが非晶質であり、主成分は SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO などで、若干の結晶質としてクオーツ(SiO<sub>2</sub>)とムライト(3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・2SiO<sub>2</sub>)を含んでいる。



## 温排水のような低熱源水用の 水膜式熱交換器の開発に成功した。

### 2-2-2 温排水の農業利用

近年、わが国の温室栽培は急速な発展を遂げ、前述したようにガラス温室、ビニルハウスの総面積はおよそ3.9万 ha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。

温室は3mm厚程度のガラスまたは0.1mm厚程度のプラスチックフィルムによって外界と隔離された空間を作ることによって太陽熱を一時的に閉じ込め、冬期でも高温すぎるほどの温度が得られるようにした人工空間である。ところが、それは日照のある昼間だけのことであり、夜間は作物が必要とする温度条件を作り出すためにエネルギーを付加しなければならない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、石油にかわる温室暖房熱源として、太陽熱、地熱、温排水などの利用技術の開発が進められている。なかでも発電所温排水の熱は、石油、石炭あるいは原子力の熱-電力変換の結果として冷却水の中に排出したものであり、有効利用はエネルギー資源に乏しいわが国にとって重要な課題である。

発電所温排水を温室の暖房熱源として利用しようとする研究は、わが国では電力会社を中心となって1956年頃から行われてきた。しかし、わが国の火力・原子力発電所は海岸に立地しており、温排水もまた海水である。さらにわが国では取水温と放出水温の差を7～8℃に規制しており、厳寒期の温排水温は20℃に達しない場合が多い。

このような海水での低温度の温排水は大へん利用しにくい熱源であり、暖房目標温度が比較的低い温室の暖房熱源として利用する場合にも熱交換器をどのようなものに

するかが、塩分の飛散に対する安全性や経済性の観点から重要な要因となる。

温排水と空気との熱交換方式にも乾式と湿式があるが、温室内の湿度環境を悪化させることなく、塩分の飛散による作物障害の心配もない乾式熱交換器の開発が望まれている。そこで、温排水のような低熱源水用の熱交換器を開発し、これを温排水利用温室に適用するための研究を推進した。

#### I. 水膜式熱交換器の開発

発電所温排水用の乾式熱交換器は次の4項目を満たす必要がある。

1. 水-気温差が小さいので、大きな熱交換面積を有すること
2. 温室内作業の障害とならないよう小型化が可能であること
3. 温排水中の不純物などによる熱交換部の汚れに簡単に対処できること
4. 低廉化が可能であること

発電所温排水は、多少の不純物が混入した海水であるが、温度レベルは水蓄熱式太陽熱暖房温室における水温とほぼ同じであることから、水膜式熱交換器の温排水利用温

室への適用を検討した。

熱交換器を安価なものとするためには、熱交換部に安価な素材を使用する必要がある。フィルムどうしがくっつきにくいポリエチレンフィルムを熱交換部の素材として選んだ。

図2-2-3の模式図のようにポリエチレンフィルムを袋状にし、袋内の上部から袋内に均一で薄い水膜を流下させ、袋の下側から袋の上側に空気を流せば、水と空気の熱交換は向流型となる。袋の両面を熱交換面として利用できるばかりでなく袋の枚数を増やすことで熱交換面積が自由に拡張できると考えた。

その後、薄く均一な水膜の形成を容易にする目的から袋内の全面に不織布を入れ、ポリエチレンフィルムで不織布をサンドウィッチにした構造とした。試験の結果、水量をしばっても袋全体に安定した水膜が形成され、熱交換部の有効利用と給水ポンプ容量の節減が可能であることがわかった。不織布は水滴落下を防止する目的で、温室用保温カーテンとして使用されたり、あるいは遮光資材として広く使用されているもので、ポリエステル製の長繊維からできた保

図 2-2-4 水膜式熱交換器（内部）

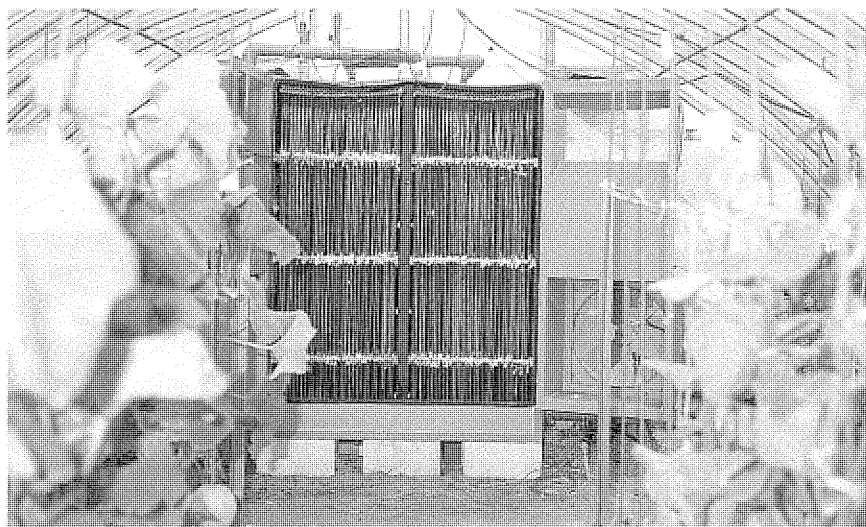


図 2-2-3 温排水用熱交換器の構想

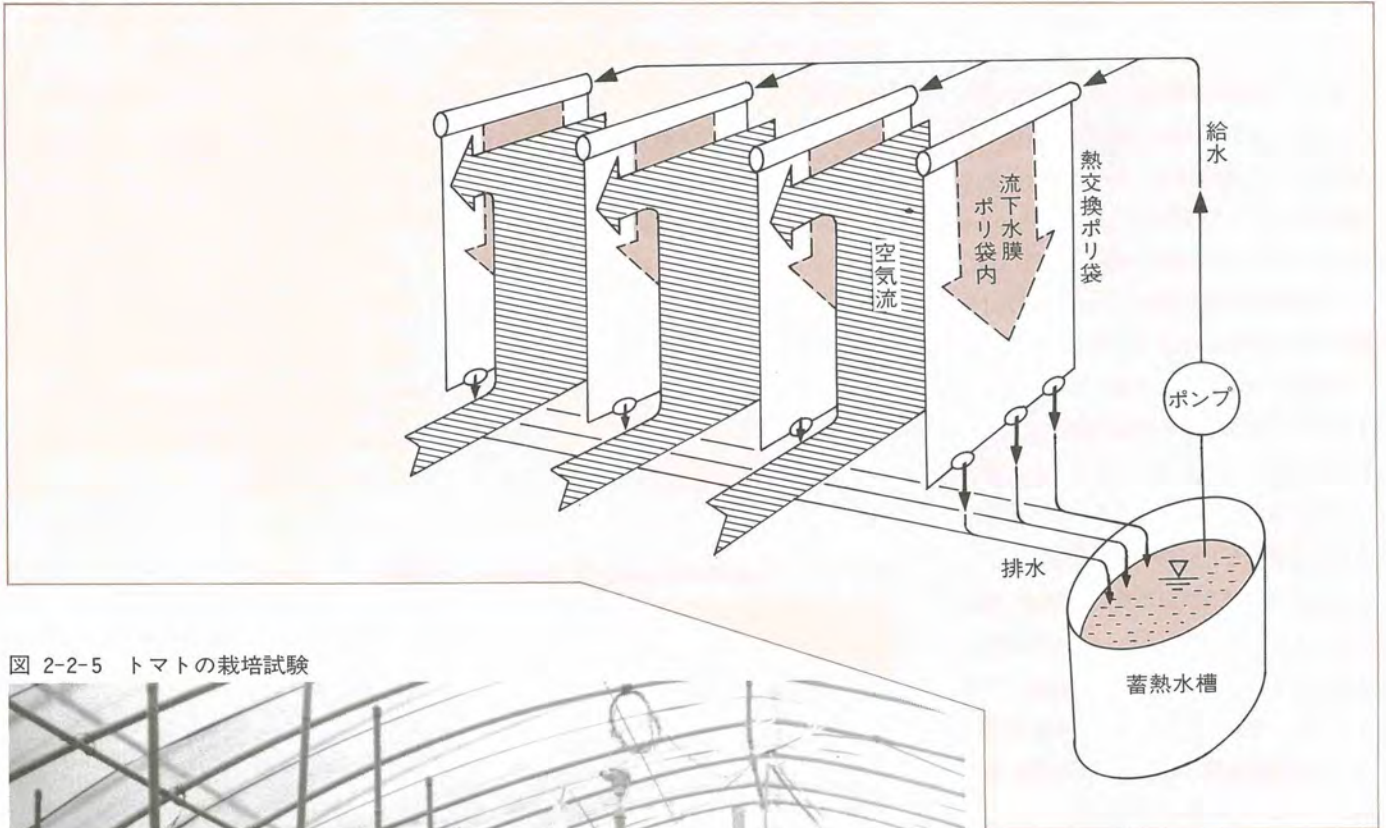
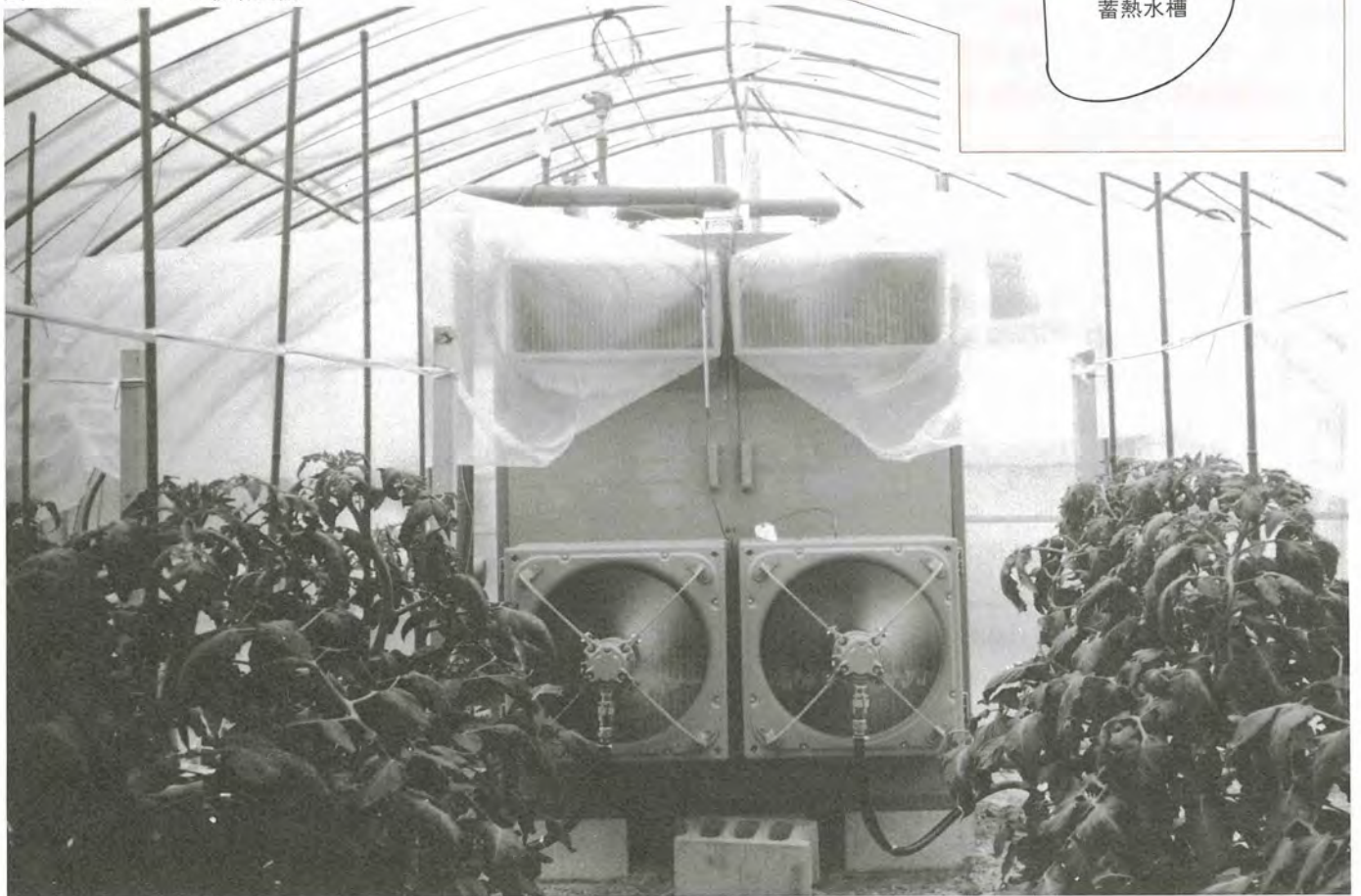


図 2-2-5 トマトの栽培試験





水力、親水性を有し、腐食に強い布状のシートである。

試作した温排水用水膜熱交換器は、図2-2-4に示すように外枠を10mm厚の塩化ビニル膜で作製、幅138cm、奥行110cm、高さ180cmである。この中に0.1mm厚の90×150cmのポリエチレン袋60枚（全有効面積134㎡）を2cm間隔に垂直に懸垂した。温排水は分配管と給水管によりポリエチレン袋の上部から供給される。送風はポリエチレン袋の下部から行われ、水と空気の流れが対向する対向流型とした。このように、熱交換部に安価な素材を利用したこと、ポリ袋の両面が熱交換面として働くことになるので、約2.6㎡の空間に134㎡の熱交換面積を収容することができること、さらには熱交換の効率が最も高いとされている対向型にできることなど温排水のような低温熱源水用の水-空気熱交換器に要求される条件をほぼ満たしているものと考えられた。

## II. 水膜式熱交換器の性能

試作した温排水用水膜式熱交換器は、外気温が-5℃のとき15℃の温排水を用いて温室内気温を10℃に保持するものとする。この熱交換器1台で約100㎡の温室を、20℃の温排水が利用できれば200㎡の温室をカバーできることがわかった。さらに、図2-2-5のとおり中部電力と共同で、火力発電所構内の温室でこの熱交換器を使い、トマトの栽培試験を行った結果、厳冬期でも、15℃の温排水によって温室内の温度を10℃程度に保つことができ、良質なトマトの生産に成功した。

このように、水膜式熱交換器は、発電所温排水等の低温水用の熱交換器としてすぐれた性能を有していることが明らかになった。しかし、発電所温排水を温室の暖房に

利用する場合は、放水路の途中からポンプで温排水を汲み上げ、これを温室まで輸送する必要がある。ポンプが消費する電力量は、温排水を汲み上げる実高さと輸送距離によってきまるが、水膜式熱交換器のファンに比べて格段に多くの電力を必要とする。そこで、水膜式熱交換器による温室暖房システムの効率として、ヒートポンプの場合と同様につぎの成績係数(cop)の推定を行った。

$$COP = \frac{Hg}{(P_w + F_w) \times 860}$$

Hg：熱交換量 (Kcal)

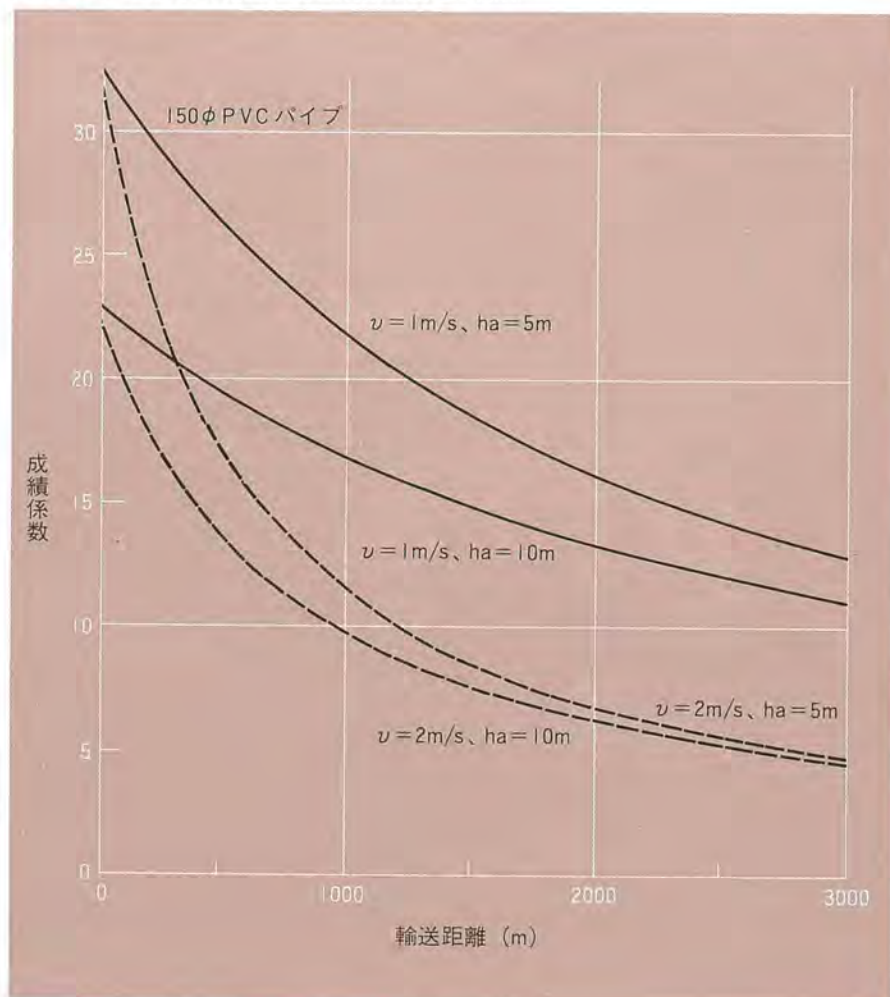
$P_w$ ：ポンプの消費電力 (Kwh)

$F_w$ ：ファンの消費電力 (Kwh)

(1kWh=860kcal)

図2-2-6は内径150mmのパイプによって1m/secと2m/secで温排水を輸送することを想定し、実高さが5mと10mの場合について輸送距離とcopとの関係を示したものである。発電所の建設や運営に当たっては、地域社会の理解と信頼をうることが極めて重要であり、地域産業への対応技術の一つとして発電所周辺での温排水利用温室の立地条件を検討するための一指針になるものと考えられる。

図 2-2-6 温排水の輸送距離と成績係数との関係



## 2-3環境創造の技術

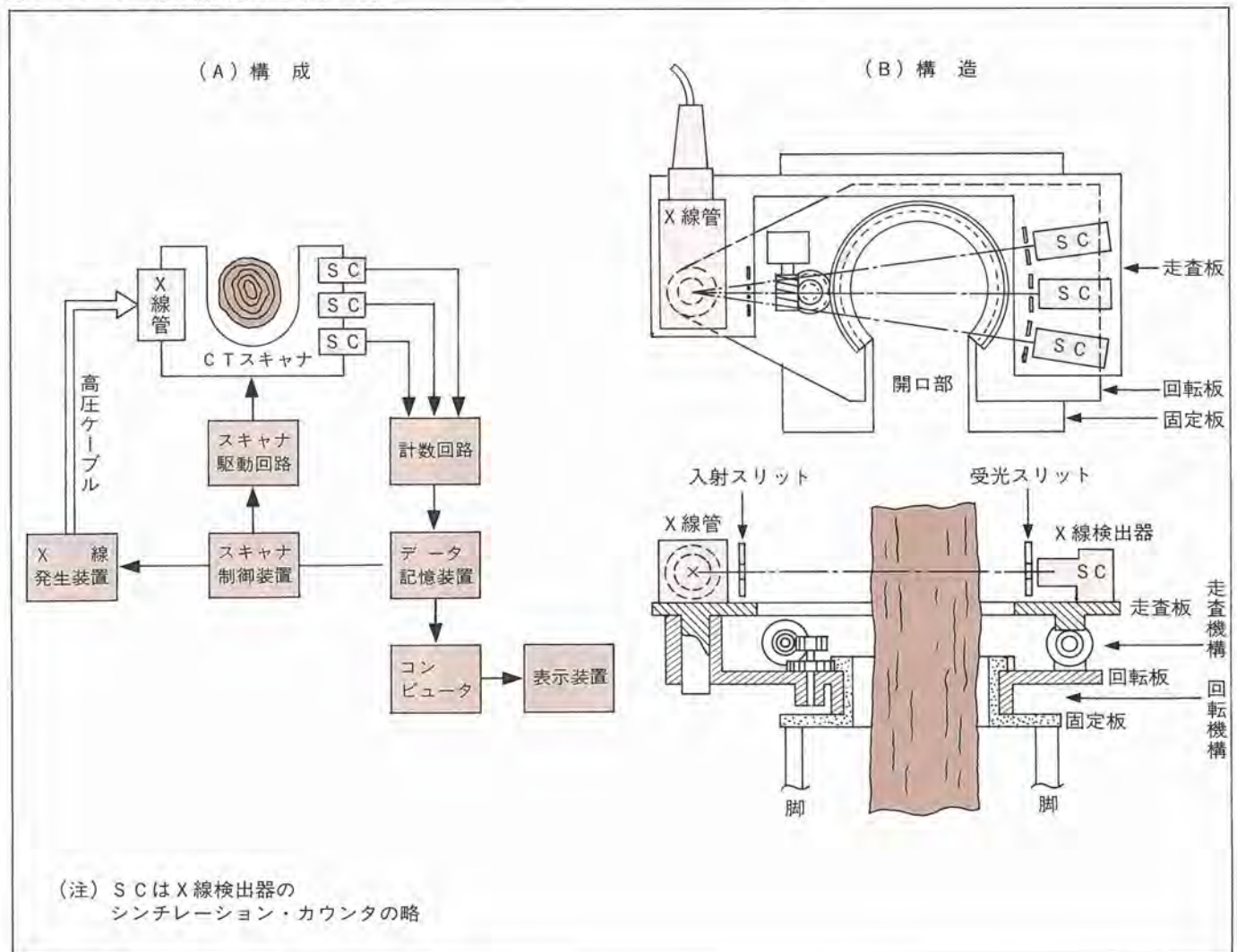
### 2-3-1 X線CTスキャナーによる樹木調査

火力発電所や石油コンビナートからの排煙、あるいは道路や送電線の建設などが周辺の自然環境に与える影響の有無を調べる方法として樹木の年輪幅などを測定し、環境への影響を評価する方法が行われている。

こうした調査を行う場合、従来は樹木を伐り倒すか、または幹に孔をあけてコアを採取して必要なサンプルを得ていたが、このような方法を貴重な樹種や高価な樹木に適用することは困難であり、多数のサンプルを得ることも難しい。そこで、樹木を伐らずに年輪などを測定するための可搬型のX線CTを開発した。

従来のX線CTがいずれも室内に固定的に設置された据置型であるのに対し、この装置は被測定物の置かれた場所まで移動可能であり、野外で使用することができる。また、被測定物をCTスキャナーの側面から撮影領域に挿入できる構造となっている。このため、移動が不可能な立木や建造物の柱などの測定が可能であり、被測定物の内

図 2-3-1 | 号機の構成とスキャナーの構造





## 樹木を伐らずに年輪を測定できる 可搬型のX線CTを開発した。

部状態を非破壊で測定することができる。

### I. 可搬型X線CTの概要

上記のような可搬型X線CTとして、これまで

1. 直径20cmまでの被測定物を測定できる  
1号機
2. 直径1mまでの被測定物を測定可能な  
2号機
3. 直径40cmまでの被測定物を測定可能  
で実用性を考慮した3号機

の三つのCTスキャナを開発した。

図2-3-1(A)は1号機の構成であり、CTスキャナとその制御装置、X線管とX線発生装置、X線検出器とその出力の計数回路、投影データの記憶装置などで全体が構成されている。現時点では投影データの記憶までを現地で行い、画像の再構成はオフラインの大型コンピュータで行われる。

1号機のスキャナには図2-3-1(B)に示すように固定板、回転板、走査板の3枚の

板がある。回転板はギヤによる回転機構を介して固定板に取り付けられており、被測定物のまわりを回転できる構造になっている。走査板上にはX線管と3個のX線検出器が取り付けられており、X線管の焦点を中心とした扇形の走査が行われる。上記の3枚の板にはU字形の開口部が設けられており、その開口部を合わせれば立木のような垂直に立った被測定物を側面から撮影領域に挿入できる。

3号機のスキャナでも1号機と同様の扇形走査を採用しているが、2号機の場合には直線走査を採用してスキャナの小型化を図っている。

### II. 立木年輪の測定

上記のような三つのCTスキャナを使用して、これまで6種16本の針葉樹と10種10本の広葉樹の樹幹の断面像を測定した。

図2-3-2(a)はスギで得られた断面像（CT再構成像）である。心材部に比較して辺材

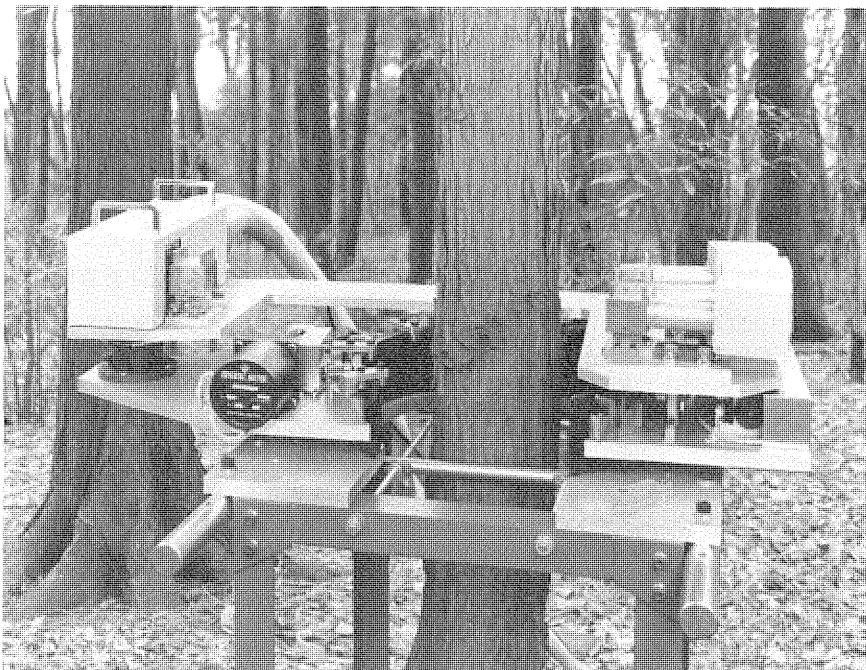
部でのX線吸収が大きく、辺材部全体が白く表示されている。これは樹木の生理活動に必要な水分が辺材部の細胞を通過して葉に送られているためである。このことを確認するため、生長錐によりコアを採取して直径方向の含水率分布を求め、CTで得られたX線吸収係数の分布と比較した。

図2-3-2(b)は同図(a)に矢印で示した方向の含水率分布と、それに対応するX線吸収係数の分布を示しており、両者の間にはよい相関が見られる。また辺材部の年輪が見えるように画像処理を行った場合は、再構成像に、樹幹の曲りに生じた“あて”や枝の付け根に形成された“あて”が表示される。

図2-3-3(a)もスギの再構成像であるが、このスギの場合には心材部でもX線吸収が大きく、辺材部だけでなく心材部も白く表示されている。同図(b)は(a)に矢印で示した方向の含水率分布とX線吸収係数の分布を示しており、両者の間にはやはりよい相関が見られる。図中の含水率分布が示すようにこのスギの場合には心材部の含水率が異常に高く、再構成像で心材部が白く表示された原因が水分の影響であることがわかる。このスギはいわゆる“くろじん”と呼ばれるスギであり、図2-3-2に示した“あかじん”に比較して木材としての品質が劣るといわれているが、X線CTを用いれば両者の非破壊判別が可能になる。

スギ以外の立木についてもそれぞれ特徴のある再構成像が得られており、そのいくつかを図2-3-4に示す。図からもわかるようにスギ、ヒノキ、サワラ、アカマツ、クロマツなどの針葉樹の場合には、いずれも心材部に比べて辺材部でのX線吸収が大きく、辺材部全体が白く表示される。これに対して、広葉樹の場合にはいずれも両者の間に顕著な差が認められないのは大変興味

立木年輪を測定中の1号スキャナ

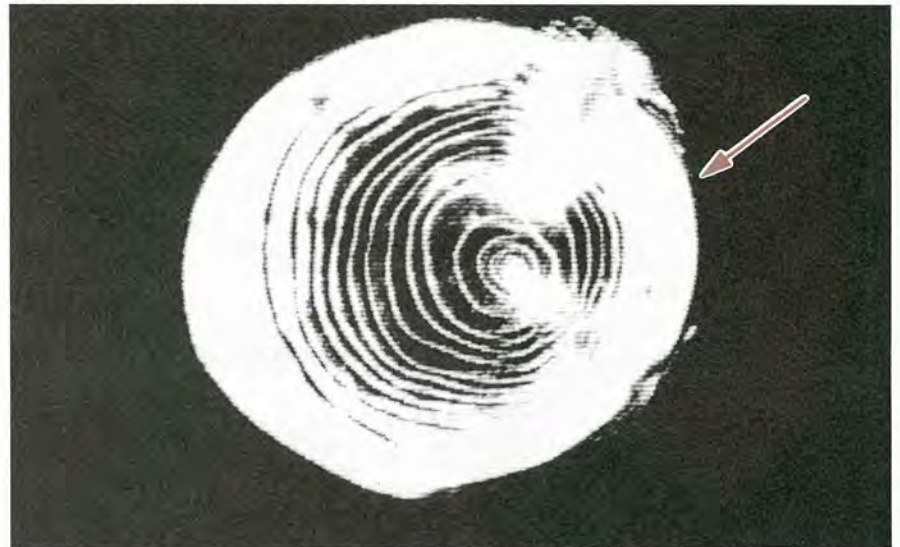


深い。なお、CTではX線吸収係数のわずかな違いを拡大して強調する処理が可能であり、この強調処理を行えば針葉樹の辺材部についても年輪を描出することができる。

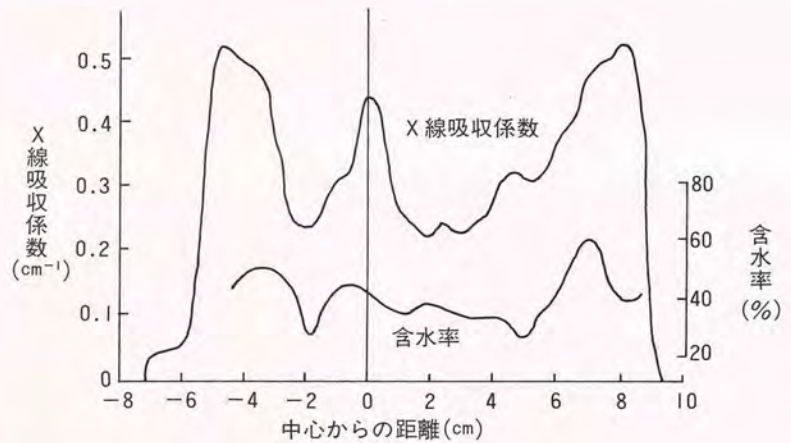
以上、可搬型X線CTを用いれば樹木を伐らずに年輪や樹幹内の水分の分布を測定できることを示したが、この装置の応用範囲は広く、他にも多くの応用面が期待できる。腐朽した配電用木柱の断面像の測定では腐朽部分の位置、大きさ、形状などが忠実に描出され、外観からはわからない木柱内部の腐朽を非破壊で的確に検出できることが明らかになっている。

歴史的建造物や仏像などの文化財の調査も応用面の一つであり、すでに江戸時代に建立された寺院の柱の断面像を測定した。箱根旧街道杉並木の保護対策を検討するため、昨年からスギの活力調査などが行われており、その一環として可搬型X線CTによるスギの内部診断も行われた。立木や木柱の年輪にはその樹木が生育した時代の気象条件の変化が記録されており、古い木造建造物の柱などの年輪を調べることにより

図 2-3-2 スギ立木の測定結果（その1）“あかじん”

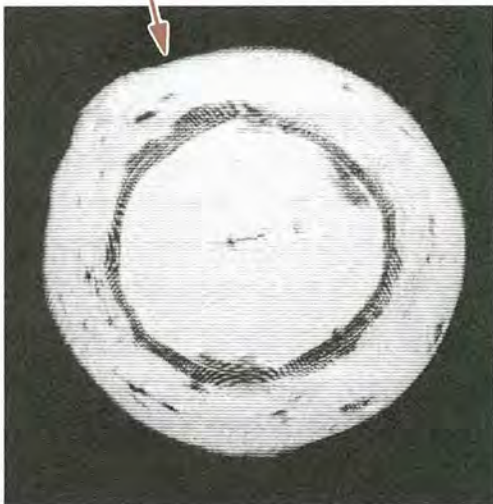


(a) 再構成像

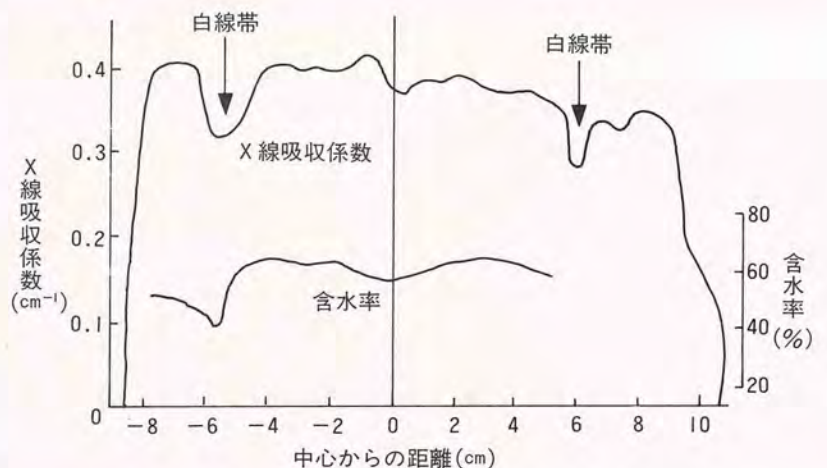


(b) X線吸収係数と含水率の分布の比較

図 2-3-3 スギ立木の測定結果（その2）“くろじん”



(a) 再構成像



(b) X線吸収係数と含水率の分布の比較

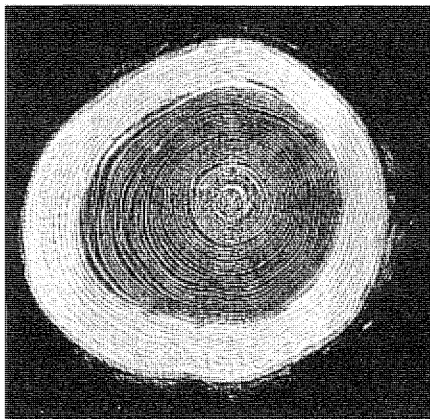


過去の異常気象などを知ることができる。

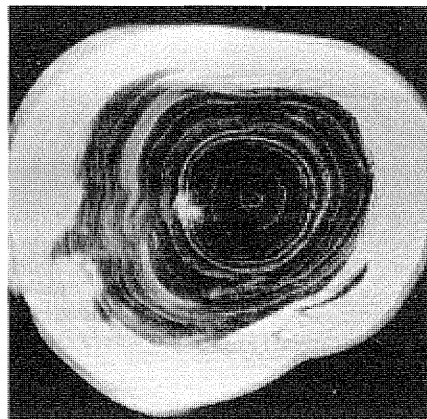
このように可搬型X線CTの応用範囲は極めて広く、環境アセスメントや自然環

境保護、木柱などの非破壊検査、林業、林学、考古学、年輪年代学など多くの分野への応用が期待できる。

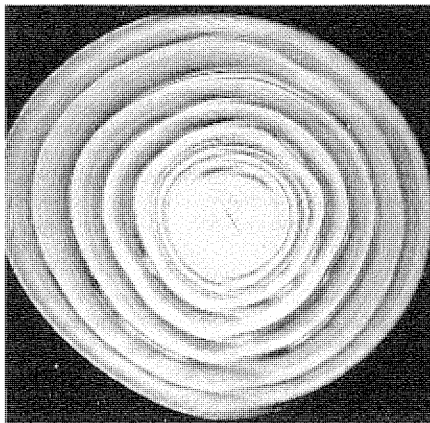
図 2-3-4 各種立木のCT再構成像



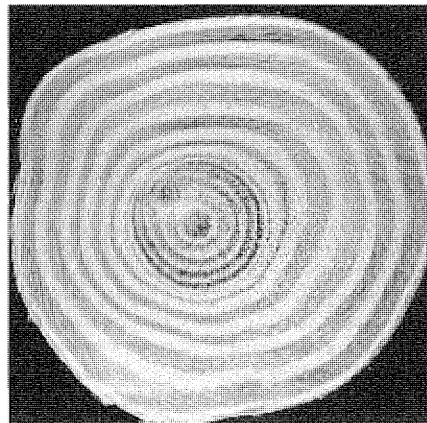
(a) ヒノキ



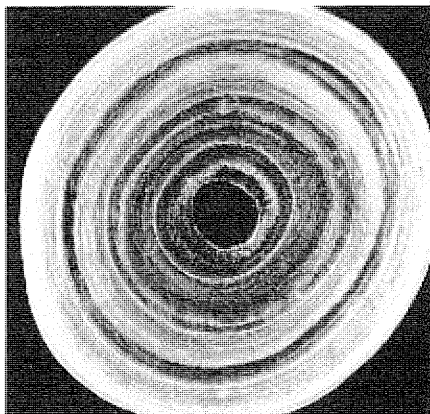
(b) サワラ



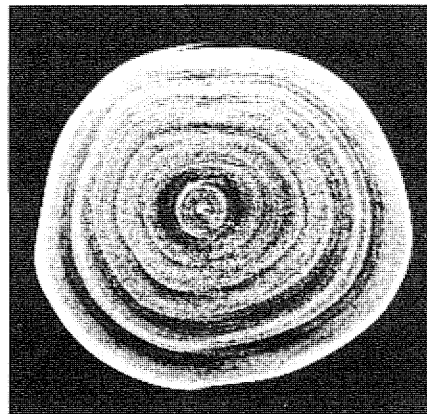
(c) ケヤキ



(d) ヒロハカツラ



(e) キリ



(f) シラカンバ

## 2-3-2 農業生産効率向上のための植物生体センサー技術

植物は日射、気温、湿度など種々の環境条件の影響を受けながら生育する。また、それらの影響は生育ステージ、履歴した環境によって異なるなど環境条件と生育状態とのかかわりは極めて複雑である。この複雑な因果関係の解明には、植物そのものをセンサーとして用い、多要素にわたる反応実験を同一個体を用いて行うことが有効であり、生理機能とか生育状態の指標となる生体情報の計測法の改良、開発が望まれる。この技術開発は、例えば環境のモニタリングとか野菜工場など高能率生産を旨とする生長促進条件の解明などに適用できると思われ、環境問題から需要開拓関係まで幅広い応用が考えられる。

### I. 植物体内水分に対する生体反応

生体反応として葉温と茎径の変化反応を対象としている。

#### 1. 葉温振動

葉温は葉における純放射量、顕熱量、潜熱量ならびに生理熱によって決定される。生理熱の葉温への影響は無視するとして、一定の外界条件下における葉温は、気孔の開閉による潜熱量の変化にともなって変化する。すなわち、光・温度・湿度条件を調節できる植物生育試験室などを用いて環境条件を一定化し、葉温の変化を調べると気孔の開閉という能動的な作用（光能動反応、水能動反応など）にともなう蒸散量の変化状態を明瞭に観察することができる。

この葉温振動を観測しやすい作物としてインゲン、ヒマワリ、水稻、甘しょがある。振動時の波形は作物の種類によって相違があり、また環境条件によって変化する。

## 植物の葉温、葉径、生体電位の変化を野菜生産の 最適環境調節に利用する研究を進めている。

る。

図2-3-5は培地水分量を徐々に低下させたときの葉温振動の変調状態をみたものである。培地水分量の低下は体内水分量の低下をもたらし、振動時の葉温の下限値（その時の気孔の最大開度を意味するものと思われる）の上昇となって現われ、体内水分の評価指標として利用が考えられる。

### 2. 茎径変化

茎径の変化は、根部における吸水速度と葉部における蒸散速度の差により生じる茎部の水ポテンシャルの過渡的変化にともなう現象と考えられる。

茎径変化の測定にさまざまな変位計の利用が試みられているが、トマトなどの作物や幼木にはストレンゲージ、圃場の樹木についてはポテンショメータを使用した（図2-3-6）。ストレンゲージは測定感度や温度特性などの点で、ポテンショメータは簡易さと広範囲にわたる直線性などの点で優れている。

植物生育試験室内において、トマト茎径変化量と蒸散流量（茎、幹内における水の流れ）との関係について実験したところ、光照射強度の変化にともなう蒸散流量の増加過程と減少過程にズレが生じることが認められた。また、茎径変化量と蒸散流量の変化量との間には、それぞれの過程で比例関係が認められた。

施設内の栽培環境の変化を作物の茎径の変化として検出する可能性を検討するため、複合環境調節法、慣行法、気温変動幅の大きい調節法により調節された場合のトマトの茎径変化を調べた。

図2-3-7は代表的な測定例である。（A）では夜間を転流促進時間帯（18～21時）と呼吸抑制時間帯（21～6時）とに分け、前

者の気温9℃、後者を6℃に設定したが、設定気温の移行にともなう影響が茎径の変化に認められた（右端は□内の拡大図）。一方、夜間、同一の設定気温（9℃）で（C）の大きな変動幅（±4℃）と（B）の変動幅（±1℃）の相違が茎径の振動的な変化の有無として観察された（AとBの□内を比較）。

これらの茎径の変化は、蒸散の少ない夜間においても周辺環境の変化により茎内の水分移動が変化することを示すものと考えられ、作物栽培のための適切な環境調節法についての知見を得ることができる。

つぎに屋外における樹木に対する環境あるいは植物生体機能の評価手法として茎径変化の適用が考えられる。圃場のサクラ、マツの成木を用い幹径変化の長期間にわたる連続測定を行ない、季節による変化などを実測するとともに茎径日変化の表示法について検討している。

落葉期のサクラ成木は、落葉にともないそれまでの大きな茎径日変化量は、急激に減少するとともに、茎径の減少も著しいことが観察された。一方、萌芽の時期には、萌芽により日変化量が增大するとともに茎径の増大がみられることが同様に示されたが、落葉期ほど顕著ではなかった。

マツは常緑樹であり、サクラのように落葉、萌芽といった著しい生体機能の変化は考えられない。冬季（1月）における茎径日変化は秋季（9月）と同程度の日変化量を示し、同時期のサクラの茎径日変化におけるような著しい減少傾向はみられなかった。

また、葉温振動と茎径の変化量の同一個体における同時測定例（ヒマワリ）をみると、光照射より葉温振動が始まると茎径が縮み、茎部から葉部への水の一時的な供給

を行っていることがわかる。このことから、水の一時的な供給能力あるいは根の吸水能力などの評価が可能と思われる。

### II. 光照射による生体電位

植物生体における電位は、細胞膜のイオンに対する選択透過性による細胞内外のイオン濃度差によって発現すると考えられており、電位差の発現要因として“光”、“温度”、“毒物の刺激”などがこれまでに指摘されている。したがって光による電位の発生（光電反応）を生体情報の1つとして利用する場合は、光合成など光条件に関する生体反応の計測がねらいとなる。

生体電位の測定には、分極作用をさけるため、不分極電極の使用が必要である。また、環境の変化に対する生体反応の測定には数日間にわたる連続測定が望まれる。

現在の不分極電極では、生体に接触する部分の乾燥などより電極の抵抗が著しく変化し、数日間にわたる光電反応の測定は困難である。

そこで、分極特性の改善のため高入力抵抗増幅器を使用するとともに生体への接触面積を広くするため、0.3mmφのAg線を導電性のペースト（ゼラチンを生理食塩水またはKCl、1mM溶液でとかし加熱する）で生体に接着する方式に改め、数日間にわたる連続測定を可能にした。

#### 1. 作物の種類、測定部位と光電反応

インゲン、トマトならびにヒマワリの光照射後あるいは消灯後の電位差の過渡変化を図2-3-8に示した。トマトとヒマワリでは光の照射後および消灯後のいずれも異なる反応を示し、またインゲンの葉枕でも異なった。なお、それぞれの電位差の変化は1週間ほど安定して測定することができた。



図 2-3-5 培地水分と葉温振動との関係

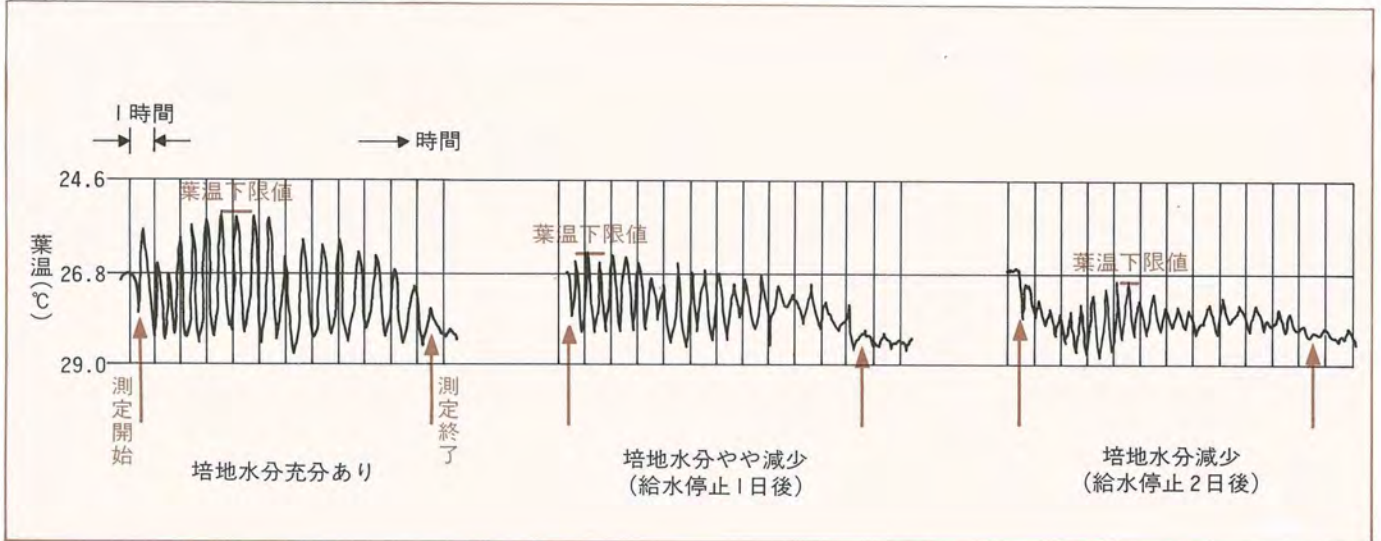


図 2-3-6 茎径変化測定法

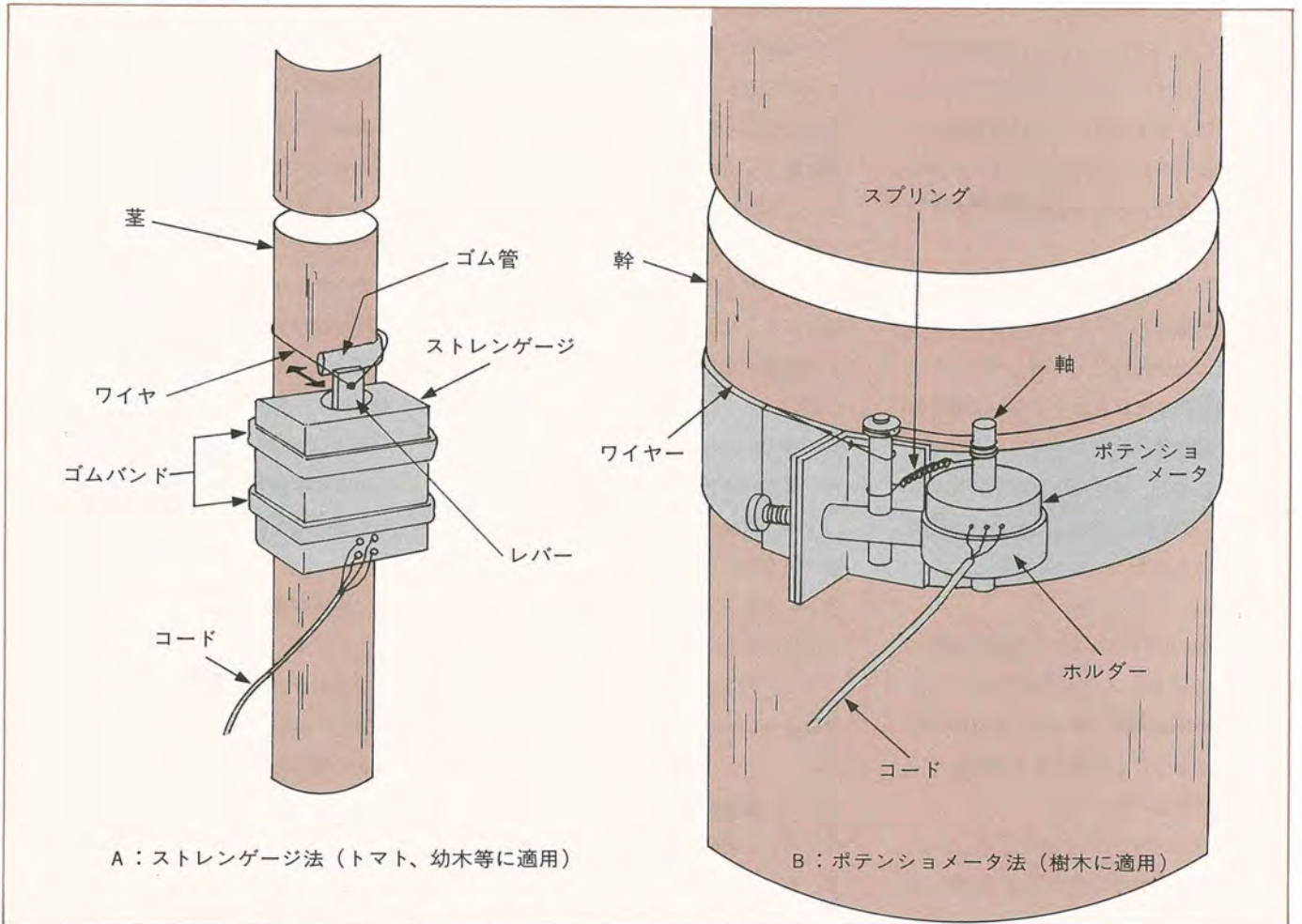
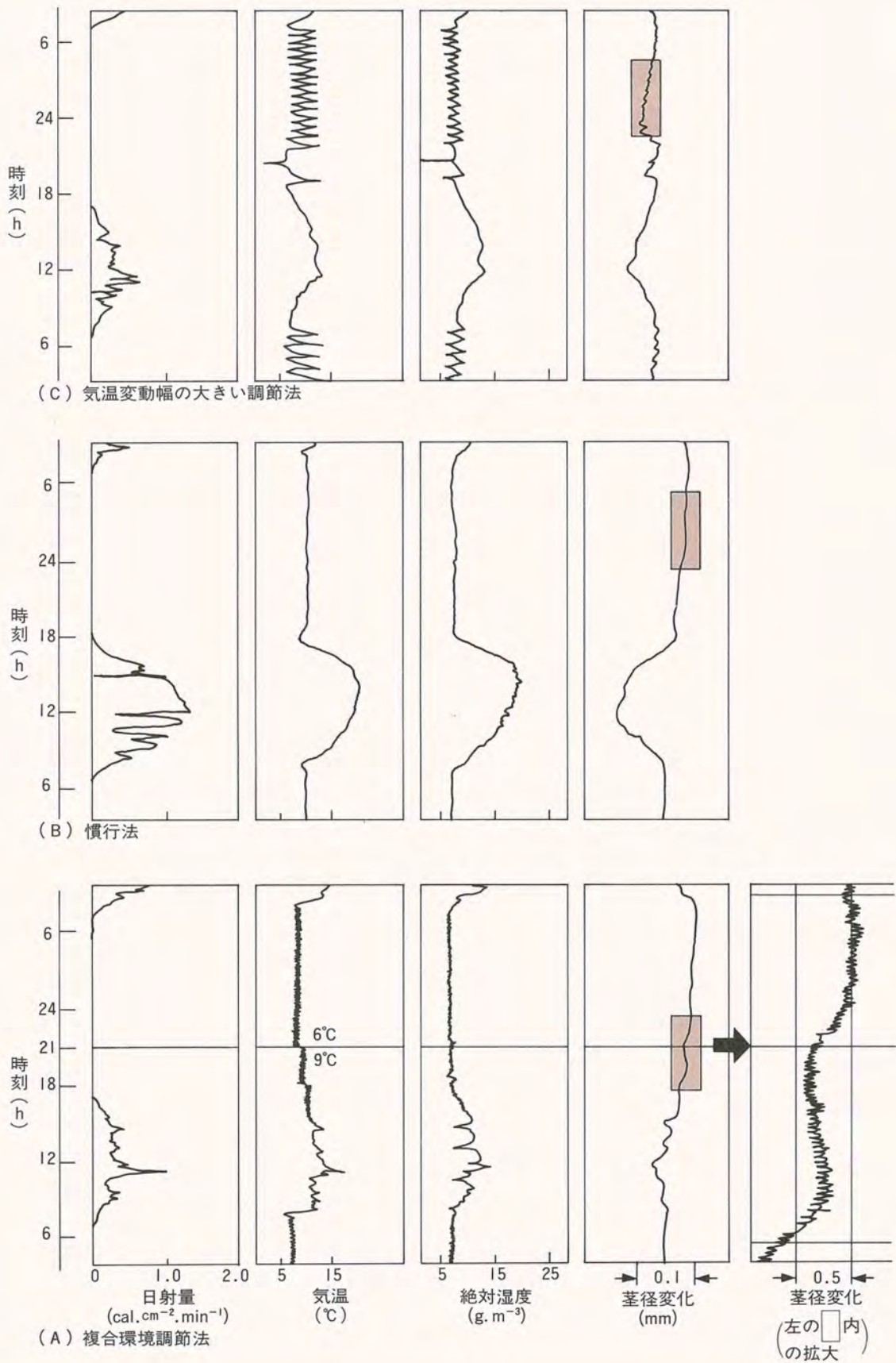


図 2-3-7 温室内気温調節法によるトマトの茎径変化への影響





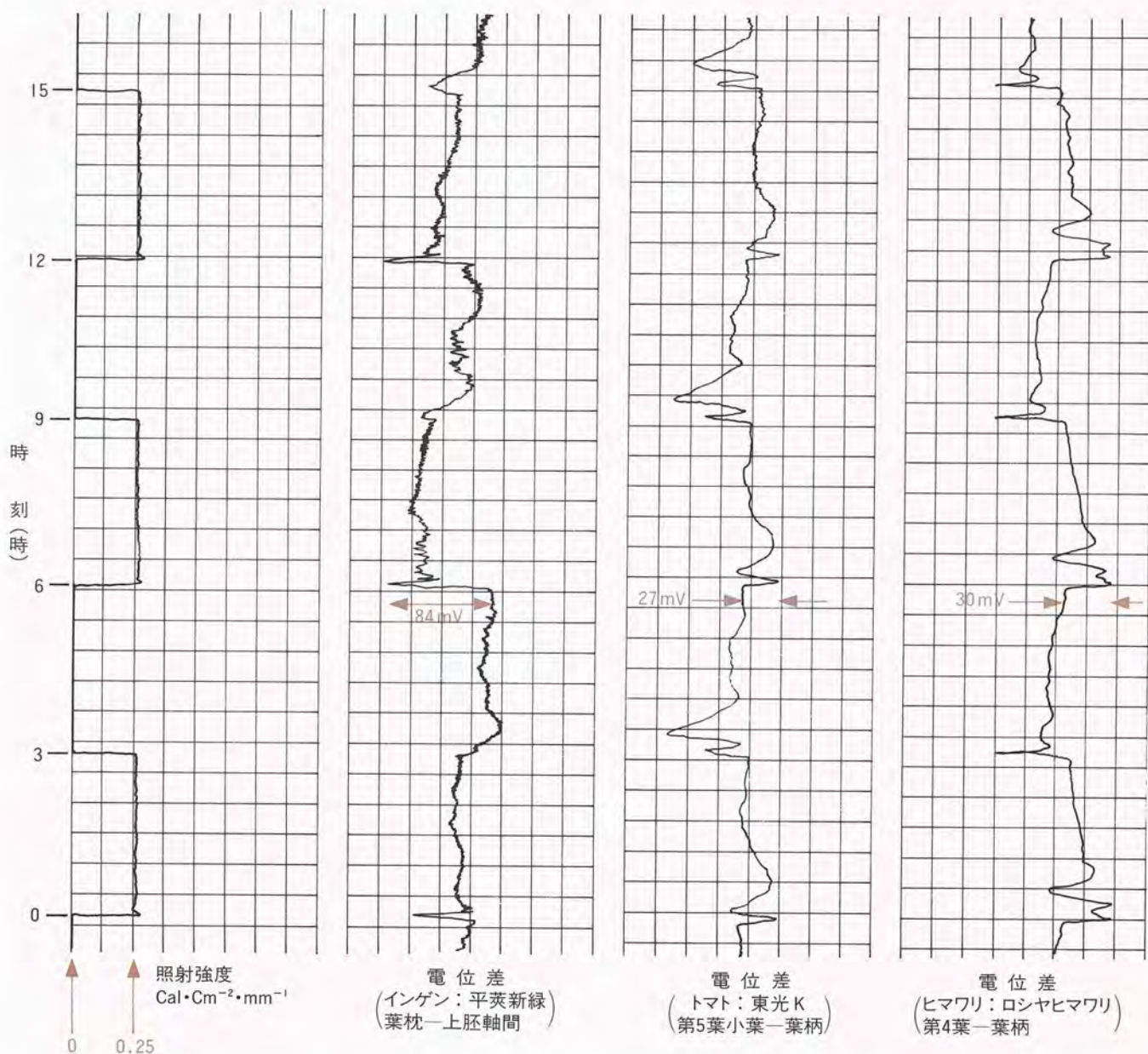
## 2. 温度による光電反応の変化

光の照射強度によってインゲンの光電反応が異なることはすでに明らかにされている。このような現象が細胞膜におけるイオンの選択透過性の変化に基づくとする温度によっても変化することが考えられる。

インゲンを供試し、25℃から5℃まで24時間ごとに段階的にさげて再び25℃にもどすような温度処理の方法とした結果を図2-3-9に示した。明期における2つ目のピーク（プラス方向）が現われるまでの所要時間が温度を下げると長くなる傾向とか、消灯時の過渡変化速度は温度が低いほど遅

くなる現象が見られる。5℃では電位差変動が著しく小さくなり、生育限界温度であることを示していると考えられる。この現象は生育限界となる環境条件を見極めたり、種々のストレスに対する感受性の品種間差などを把握するのに役立つと思われる。

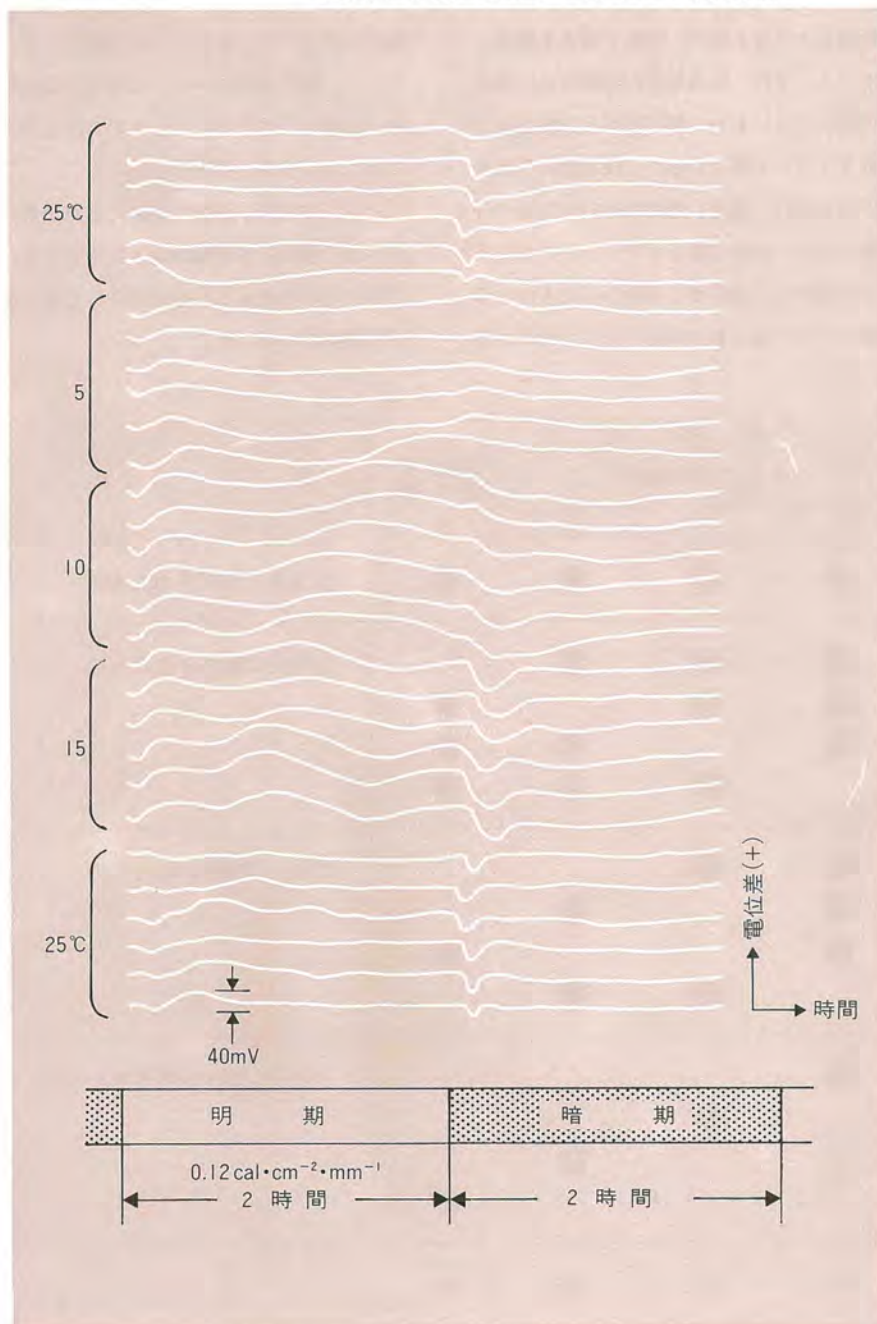
図 2-3-8 光照射にともなう電位差変動の作物による相違



3種の生体情報についてのべたが、これらの測定結果の再現性は測定法の改良によりかなり高めることができた。現在は、これらの情報を有用化するための、情報処理法が課題になっている。近い将来、これら

の生体情報の検出装置を計算機のセンサーとして用い、植物を直接利用する環境モニタリングとか、施設野菜生産の最適環境調節を行うことができるようになるであろう。

図 2-3-9 光電反応の温度レベルによる変化  
電位差：葉身-胚軸間 インゲン：平英新緑



### 2-3-3 発電所の環境緑化による野生動物誘致効果

発電所の構内では積極的な緑化が行なわれている。この緑化によって、構内の施設と施設の間に適正な緑の空間がつけられ、防災的な機能が保持される。また、緑の空間は構内の美観を高め、そこで働く人々に精神的な安らぎを与える。さらに、優れた緑の空間は、周辺の自然環境とよく調和し、地域の自然環境の保全に寄与する。このように発電所の構内緑化は多様な効果を有するため、優れた環境緑化方式を確立することが重要な課題となっている。

これまでの発電所構内における環境緑化の方向としては、周辺自然環境との調和に重点をおいて「ふるさとの森」造りを目指したもの、美観に重点をおいて庭園的なものを目指したもの、両者の折衷的なものなどがあり、それぞれ特長を発揮して効果をあげている。ところが、これらの方向で緑化された発電所の多くは既に数-10数年の歳月を経ており、緑化地帯も成熟した緑の空間を形成している。

このため、新たな視点も含め、改めて環境緑化の効果を検討しようとする動きが出ている。その新たな視点とは、成熟した緑の空間が、その到達点である森林のように野生動物誘致機能を有しているか、というものである。

このように、今までの視点に新たな視点が加わり、より総合的な視点より環境緑化の意義を見直していくことは、今後、優れた発電所の環境緑化方式を検討し、確立していく上で極めて重要なことである。

この研究は以上のような背景の基に、発電所構内の環境緑化地区の植生の現状と野



## 4つの発電所で合計71種の鳥類と 11種のほ乳類の生息が確認された。

生動物の生息状況を把握し、発電所環境緑化の野生動物誘致効果をみるために、通産省資源エネルギー庁からの受託研究として実施されている。この研究によって、野生動物の生息に望ましい環境緑化状態を明らかにし、優れた環境緑化方式を確立するための基礎資料も提供したいと考えている。

### I. 調査発電所と緑化状況

我が国の発電所には発電方式により原子力、火力、水力、地熱などがあり、これらは発電出力、敷地面積、立地の地形などが異なる。このうち、水力と地熱は、自然環境の厳しい山間部に分布し、環境緑化の目的も自然災害の防止に置かれるべきと考え

られるため、この研究では原子力と火力を対象として調査を進めた。

原子力と火力は臨海地帯に広く分布している。そして、発電所の地理的位置により植物相、動物相が異なる。このため、対象発電所としては、なるべく全国を網羅する形で、東北、関東、北陸、中部、中国、九州地方より各1地点、合計6地点を選定している。また、臨海地帯の発電所は、敷地の造成方法において埋立地型と非埋立地型のタイプに大別されるが、ほ乳類の生息面からみれば、前者は道路などで後背地と分断されるため移入がむずかしい。このような関係から、後背地と分断されたものと分断されていないものの両タイプが含まれる

ように地点を選定している（埋立地型2、非埋立地型4）。

敷地面積が大きく、その一部に以前からの自然植生がそのまま残されている場合、これらは残存植生域として扱い、残存植生域を残すこと自体も緑化方式の一環と考えている。従って、残存植生域の存在する場合には、その地域にどのようなタイプの群落がどのように分布しているか調査した。そして、緑化地域についてもそれが周辺地域との調和に重点を置いたものである場合にはこれに準じた調査を行なった。

一方、比較的小面積で美観に重点を置いたもの場合には鳥類の餌となる実を着ける木がどの程度あるかという点に重点を置いて調査を行なった。

表 2-3-1 地点間で比較した鳥類の生息状況

鳥の種類	調査地点				備考
	(常葉広葉樹林帯)			(落葉広葉樹林帯)	
	A	B	C	D	
トビ、スズメ、カラスなど11種	●	●	●	●	全地点で観察されたもの
アオサギ、ウグイスなど6種 エナガ、ホオジロなど3種 アカハラ、ムクドリ イソヒヨドリ	●	●	●	●	3地点で観察されたもの
ウミウ、イソシギなど7種 コサギ、ヤマシギなど6種 ツバメ ジュウビタキ、シロハラ	●	●	●	●	2地点で観察されたもの
ササゴイ、コガモなど11種 クロサギ、ハヤブサなど11種 チュウヒ、フクロウなど12種 アカモズ、ヒガラなど3種	●	●	●	●	1地点でのみ観察されたもの
地点別観察鳥類数	46	42	35	21	

発電所構内で観察された鳥の巣



表 2-3-2 地点別ほ乳類の生息状況

種名	地点			
	A	B	C	D
ノウサギ	●	●	●	●
アカネズミ	●	●		●
コウベモグラ	●	●		
ニホンリス	●			●
キツネ	●			
タヌキ	●			
イタチ	●			
ヒミズ		●		
ヒネネズミ		●		
ニホンジカ		●		
アズマモグラ				●

●：生息の確認されたものを示す



これまで調査した4つの発電所においては、3つの発電所で残存植生が残されていた。これらは、その地方の気候などの自然条件に対応したものがかなりの面積で残されていたため、周辺の自然環境の保全に大きく寄与していた。また、これらの中にはその内部に遊歩道やベンチを設けて憩いの場とし外部に公開しているものもあり、地域住民福祉に貢献しているものもあった。埋立地型の発電所であるため残存植生の存在しない発電所においても、周辺地域の自然環境に対応する樹種による環境緑化が行われており、自然環境の保全に寄与しているものと思われる。

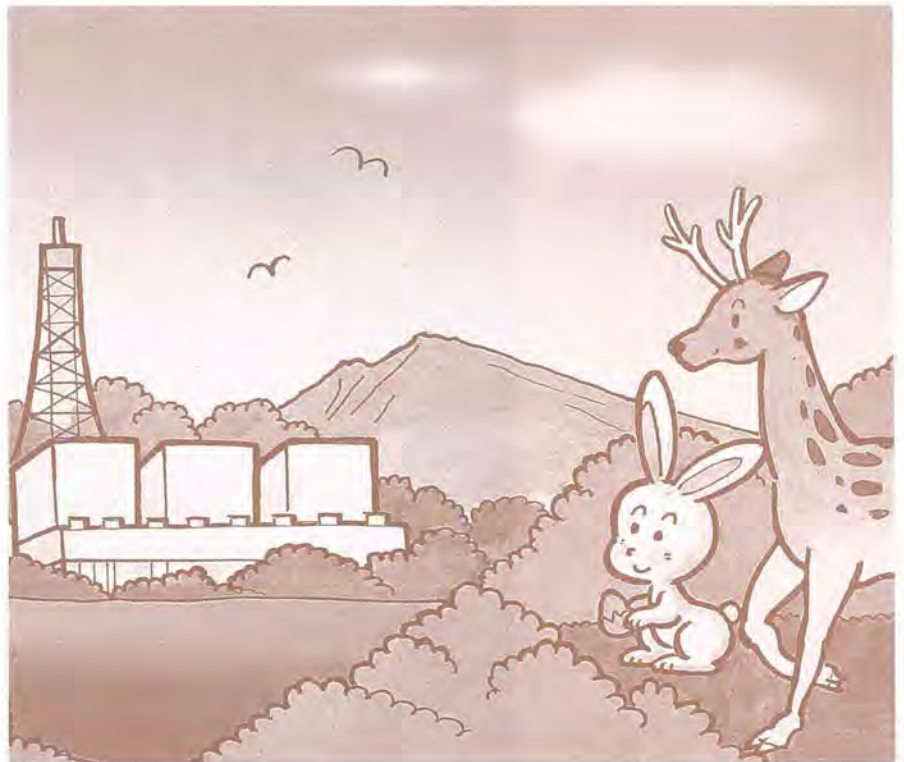
## II. 鳥類の生息状況

まず、構内でみられる鳥の種類を秋と冬に調べた。この中には、構内に完全に住みついているもの、行動圏の一部に構内を利用しているもの、渡りの時期に一時的に構内を利用するものなどが含まれる。

また、構内内部において植生の階層構造や広がり異なる所で生息密度の違いを調べた。これは、鳥類の生息にとってどのような植生の構造が望ましいか調べるためである。これらの調査は前述の植生調査結果と関連させて調べた。また、発電所の周辺においてもこのような調査を行ない、比較を行なった。

4つの発電所では合計71種の鳥類の生息が確認され、各発電所には21種から46種の鳥類の生息が確認された(表2-3-1)。

これらの中にはトビ・キジ、モズ、スズメ、ハシボソガラスなど4つのすべての発電所にみられるもの(11種)、アオサギ、ウミネコ、ウグイス、メジロ、ホオジロ、ムクドリ、カケス、ドバト、ツバメなど2、3の発電所で共通にみられるもの(28



種)、クサシギ、ハヤブサ、チョウゲンボウ、オオヨシキリなど一つの発電所でみられ他の発電所でみられないもの(32種)があった。

植生との関係でみると、緑化地帯の幅が広いと種数や個体数が増え、また、落葉広葉樹や常緑広葉樹が混生した地帯に鳥が多いことなどが明らかになった。また樹林は背の高い木や小さい木があって複雑な構造を持つての方が多くの鳥が生息することが明らかになった。

## III. 中・小型ほ乳類の生息状況

対象の中・小型ほ乳類はコウモリ類、家ネズミ、イヌ、ネコを除く陸棲ほ乳類に絞っている。ネズミ、モグラなどの小型のほ乳類については、わなを用いて捕獲し、生息状況を調べた。

これより少し大きいタヌキ、イタチ、キ

ツネなどについて、糞、足跡などのいわゆるフィールドサインを調べて生息の有無を確認した。

この他に、聞き込みによって目撃の有無を確認し、生息を確認した。

4つの発電所で合計11種(ノウサギ、アカネズミ、コウベモグラ、アズマモグラ、ニホンリス、キツネ、タヌキ、イタチ、ヒミズ、ヒメネズミ、ニホンジカ)のほ乳類の生息が確認された(表2-3-2)。

植生との関係でみると、残存植生のある発電所ではおのおの4-7種の生息が確認され、残存植生を残すとはほ乳類の生息が促進されることが確認された。中でも、広大な残存植生がそのまま人の立ち入らない形で残されている発電所の場合には、ニホンジカの生息が確認され、優れた環境緑化の方式により野生動物が大きく誘致されることが明らかになった。 ●





章

水産業の振興のために

5



第3章 水産業の振興のために ● 目 次  
担当●研究顧問 蓑原 善和

3-1	沿岸漁業の振興	.....	51
3-1-1	藻場の人工造成	.....生物研究所 水域部 水生植物研究室長 飯塚 貞二	
3-1-2	温排水の水産利用	.....水域部長 赤崎 俊夫	
3-2	内水面漁業の振興——貯水池の多目的利用	.....水域部 水生動物研究室 清野 通康、本田 晴朗	56
3-2-1	貯水池での魚類生産		
3-2-2	貯水池に適する魚類生産形態の一例	.....陸封アユ	
3-2-3	貯水池内での魚類採捕	.....集魚法の検討	
3-3	とる漁業からつくる漁業へ——電力の活用	.....	58
3-3-1	魚類生産技術の効率化	.....水域部 水生動物研究室 清野 通康、本田 晴朗	
3-3-2	海洋牧場への夢	.....水域部 水生動物研究室長 本本 直也	

## 3-1 沿岸漁業の振興

### 3-1-1 藻場の人工造成

沿岸の浅海域で大型の海藻草類が、かなりの密度である程度広い面積を占有し群落を形成しているとき、その場所または群落は藻場（もば）と呼ばれる。

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・カジメ類藻場、コンブ類藻場）に大別される。

これらの藻場は、海の草原あるいは森林にたとえられるように、海生生物にとって産卵の場、餌場あるいは住み家として重要な所である（図3-1-1）。また、海藻草類は、光合成作用による酸素の供給栄養塩類の吸収など水質浄化の機能も備えており、自然環境保護上重要な役割りを果たしている。

しかし、近年藻場は、沿岸海域の埋立

て、浚渫あるいは干拓、水質悪化（生活排水、工業排水）に伴う透明度の低下などにより年々減少の傾向にあり、衰退、消失が懸念されている。このような現状において火力、原子力発電所の立地と冷却水の取放水などに伴う藻場への影響、取放水設備の設置などにより消滅する藻場の修復代替措置が求められている。

当所では、沿岸漁業の振興と電源立地の円滑な推進をはかるため、資源エネルギー庁からの研究を受託するとともに、アマモ場造成技術の開発に積極的にとりくんでいる。

アマモ場造成手法には、(1)播種による方法、(2)花枝を投入する方法、(3)分枝茎（栄養株）を移植する方法、(4)苗を移植する方法、の4通りが考えられる。

このうち種子を播く方法、花枝を投入す

る方法、分枝茎を移植する方法について検討されて来たが未解明事項が多い。

当所では陸上で苗を育て移植する(4)の方法によるアマモ場造成研究を推進している。

#### I. アマモの生活史（消長）

アマモは、北海道から九州にいたる内湾の砂泥地に生育している海草である。小田和湾（神奈川県横須賀市）におけるその生活史を図3-1-2に示す。アマモには栄養株と生殖株とがある。

栄養株は秋から春にかけて、株分れによって株を増しながら春に草丈を伸ばす。夏に入って次第に枯れ、秋には再び株を増すサイクルで1年を過ごす。

一方、春に栄養株の一部が花枝と呼ばれる生殖株に変わり、花を咲かせ種子をつくる。その種子は、冬に発芽して新しい株に生長する。このように、アマモの増殖には栄養株（分枝茎）と種子によるものがある。

#### II. アマモ場造成法

##### 1. 種子採取法

アマモ場造成のために必要な大量の種子を育成するためには、良質の種子を計画的かつ多量に採取する必要がある。これには、天然の花枝を採取して培養し良質種子を採取しなければならない。そのために、(1)花枝採取適期の判定法、(2)花枝の培養法、(3)得られた種子の選別法を、検討した。

##### (1) 花枝採取適期

小田和湾で花枝が形成されるのは、3月

図 3-1-1 アマモ場（小田和湾 5月）





図 3-1-2 アマモ生活環の模式図（小田和湾の場合）

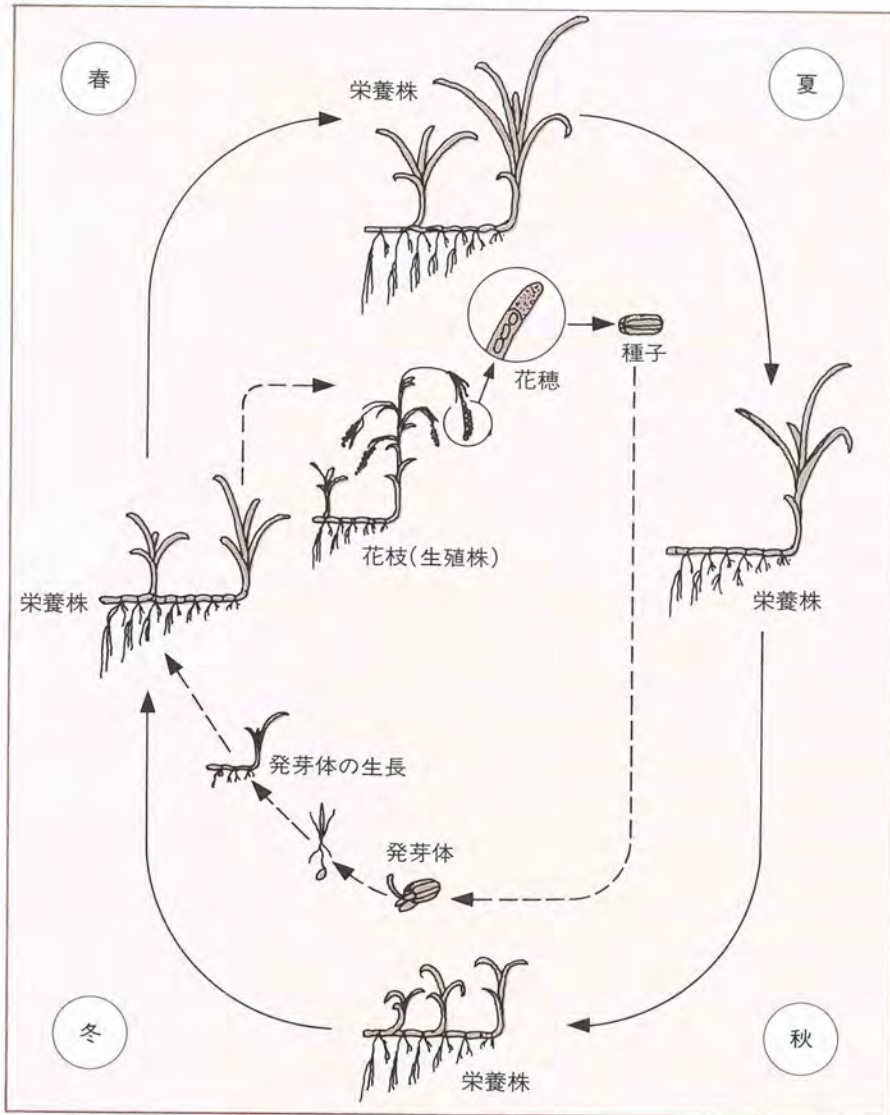
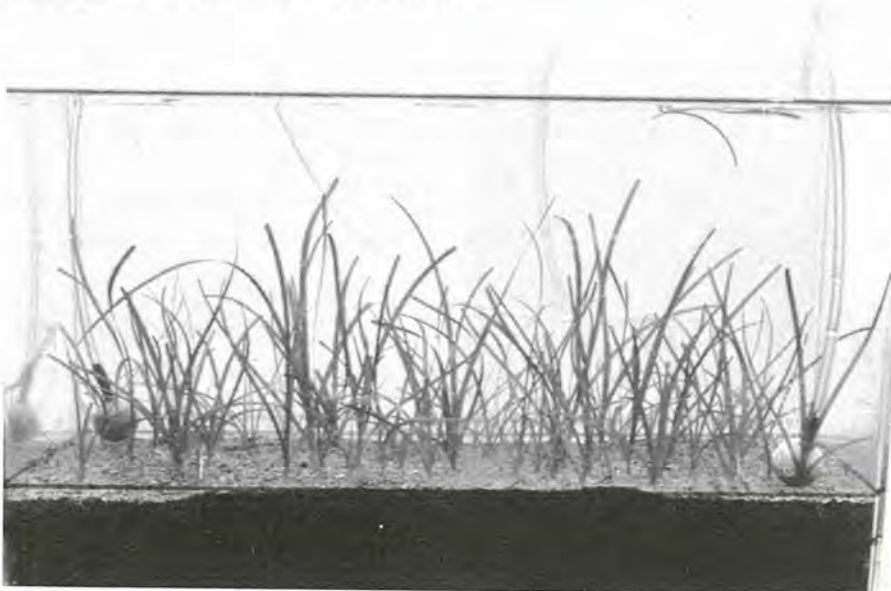


図 3-1-3 アマモの育苗状況（播種後120日目）



から6月までの間である。アマモの花枝採集時期と種子収量の関係を検討するため、4月から7月にかけて5回花枝を採集、培養して得られた良質種子の割合は6月が最も多く、この時期が花枝採集適期と思われる。

また、花穂の状態（結実した花穂の割合が多い時期）を調べることにより花枝採集適期を判断する目安となることが明らかとなった。

### (2) 花枝培養法

採取した花枝を、花穂を花枝につけたまま培養する方法と花穂のみ切りとって培養する方法について検討した。

その結果、得られた種子の比重別組成に差は認められなかったが、比重1.20以上の種子の収量は、花枝1本当たりでそれぞれ77粒と45粒であり花枝のまま培養する方法が良かった。

### (3) 種子選別法

培養して得られた種子を、食塩水を用いて比重分別した。成熟したアマモ種子のほとんどは比重1.20以上のものでその後の発芽試験結果から良質種子と判断された。

## 2. 種子保存法

藻場造成を計画的に実施する場合、採取したアマモ種子を播種する時まで保存する必要がある。そのためには保存種子の発芽を抑制し、死亡を防止する必要がある。これらを左右する要因として、保存時の塩分、水質などが考えられる。

水温、塩分をかえて保存した結果、保存中の発芽抑制率、死亡率、保存後の発芽試験結果から短期間（3ヶ月以内）の保存には、水温10℃、塩分50%が良く、3ヶ月を越える保存には、水温15～20℃、塩分33%が良いことが明らかとなった。

## 小田和湾での移植実験によれば アマモの移植適期は11月頃と思われる。

### 3. 育苗法

移植用種苗を計画的に生産するためには一斉に種子を発芽させ、発芽後の生育段階を揃える必要がある。好適な育苗条件を明らかにするため、水温、塩分、底質、照度および日長について検討した(図3-1-3)。

種子発芽時の塩分は低い方が良く、その後の生長には33% (普通海水) が良いことがわかった。

底質について小田和湾の底土をフルイ分けし粒径の異なるものについて発芽と発芽後の生長をみた。その結果、粒径の細かい泥区で根の発達が悪く、底土なしの区では発芽しなかった。

照度および日長と発芽体の生長は、水温20℃、照度5klux、日長(L/D):14/10がよいことが明らかになった。

水温とアマモの生長について現在検討中である。

### 4. 移植法

種苗移植によるアマモ場造成には、人工育苗した苗あるいは天然で採集した栄養株を移植する方法等が考えられる。また、移植に当たっては、生残率の高いことが望まれる、種苗の大きさ、移植時期、固定法、流速等について室内および野外現地移植を行い、よりよい移植法について検討した。

#### (1) 室内移植

移植に適した苗の大きさを検討するため、4段階の苗を用いて実験した。1カ月後、2カ月後にそれぞれの個体について葉条長、地下茎節数、根長、活着率等を調査した結果、室内実験で移植に適した苗の大きさは、葉条長10cm程度に達したものが良かった。

葉条長約10cm程度に達したアマモ種苗を5、8、11月および2月の4回、ガラス室

内の水槽に移植し2カ月間ずつ培養した。流速条件は、底土、アマモとも流失しない範囲の0、10、15、20および25cm/secの5実験区とし、水温は毎日午前10時に小田和湾の水温に設定した。

移植時期毎の培養2カ月後の活着率は、5月から8、11月と次第に高くなり、2月植えではやや低くなったので11月が移植適期と考えられる。

また、流速については培養2カ月後の生育および活着率から15cm/sec程度の流速がアマモ生育に適していることが明らかとなった。

#### (2) 現地移植

室内で育苗したアマモ苗を5、8、11月および2月の4回、小田和湾の湾奥部と湾口部に移植した。移植法は1株または2株の苗を、そのまま植える方法と竹箸に固定して植える4通りの方法で実施した(図3-1-4)。

移植時期については、5、8月および2月植えでは移植直後に残存率が急減した。

11月移植の湾口部では4カ月後でもかなり高い残存率を示したことから移植適期は11月頃であると思われる。移植株数は1株植えより2株植えで残存率が高かった。

なお、今後、移植地の水深や密度について検討する予定である。

### III. 生育環境要因

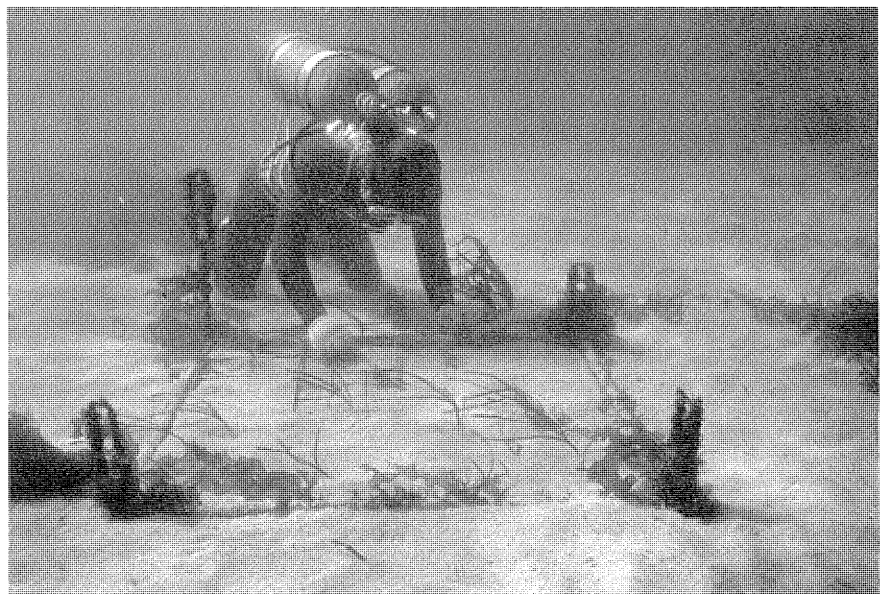
移植した苗が効率よく活着し生長するための水質、底質などの生育環境要因について検討した。

アマモ場の多くは沿岸部の浅海域にある。そこは河川水の流入する機会も多く、低塩分海水にさらされる可能性も高いことから、アマモの生長に対する低塩分海水の影響を調べた。

アマモの生育は塩分4%以下で低下し、8%以上の塩分では、珪藻および緑藻の発生下でも生存していた。

また、移植苗の生長におよぼす底質中の窒素およびリンの影響について調べた。栄養塩の添加量は、アンモニア態窒素とリン

図 3-1-4 アマモの移植状況





酸態リンとして単独および複合で用いた。

アマモ種苗は、アンモニア5,000 μM添加区で最も良い生長を示した。リン酸態リンの添加量の多少はアマモの生育にほとんど影響がなかったなど、移植苗を生育させるための基礎資料が得られた。

わが国の過去の造成実験では、1年以上アマモ場を維持することに成功した例はなく、実験の初期段階でアマモは消失している。したがって、造成したアマモ場を長期にわたって維持し、再生産に結びつけることが今後の課題である。

長期にわたって維持できなかった原因として詳しく検討されていないが、底土の堆積や逸散、照度不足、底質の変化、台風の影響などがあげられる。

今後のアマモ場造成にあたっては、造成地の物理・化学的環境条件や食害等の影響も含めて解明していく必要がある。

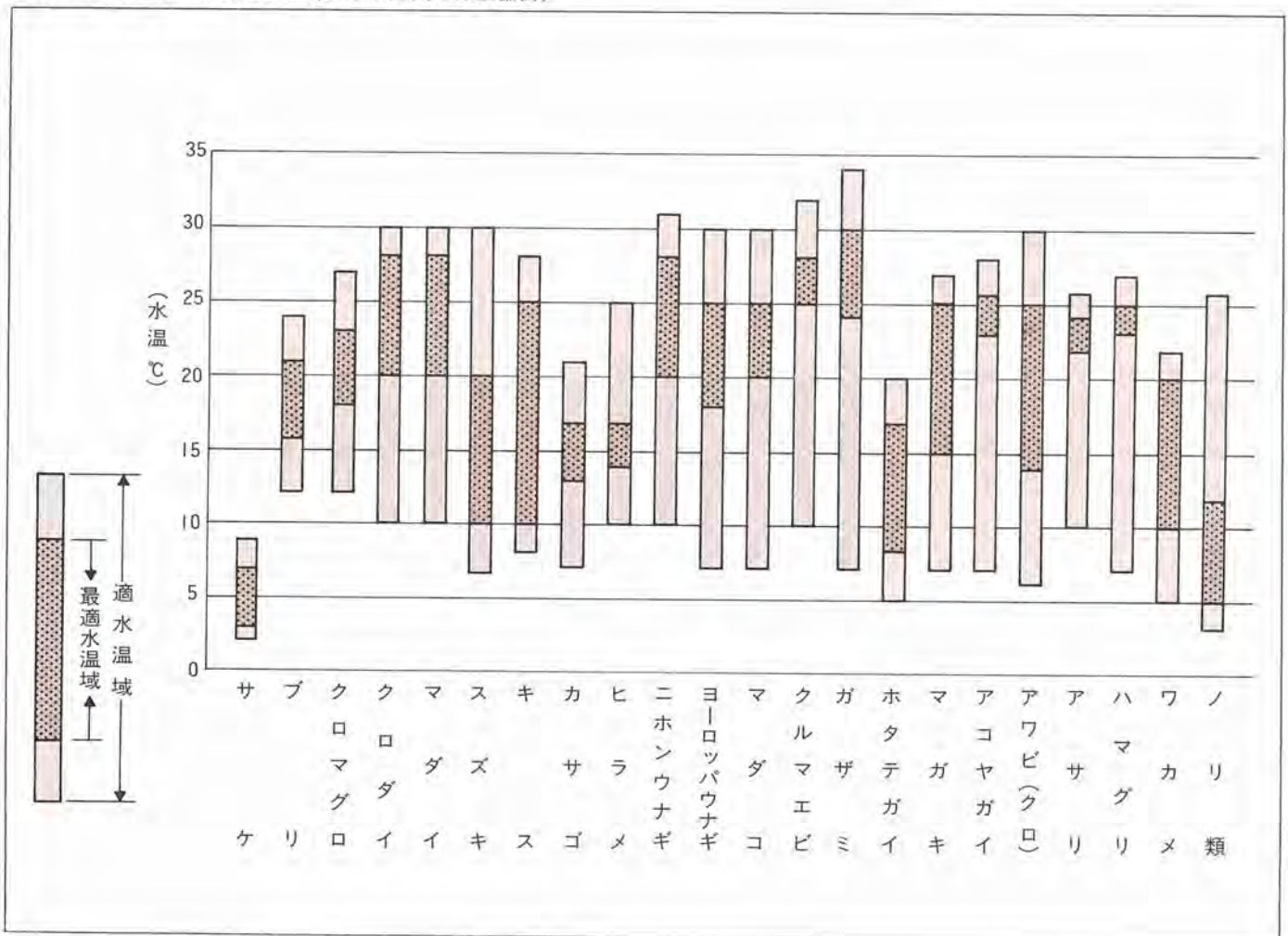
なお、当所では、アマモの育成研究に引き続き、ホンダワラ類、アラメ・カジメ類等に関する温排水の影響の解明や代替所藻場造成技術開発を積極的に進めることにより、発電所立地の円滑化と沿岸漁業の振興に寄与したいものと考えている。

### 3-1-2 温排水の水産利用

日本の火力・原子力発電所は、復水器の冷却水として海水を利用するため、海岸に立地される。冷却水として利用された海水は取水時に比べ、約7℃加温されて放出される。

この温排水を養魚に利用すれば、ある範囲内での水温調節ができるので、環境水温よりやや高いレベルに適水温をもつ魚類の養殖が可能になったり、また冬季における魚類の成長を促し、年間を通じての生産を高めるなどの可能性が考えられる。

図 3-1-5 主要魚貝類の適温図(日本水産資源保護協会)



当所ではかねてより内外の文献調査と収集を行ってきたが、温排水利用の養魚上の利点、研究開発の状況、温排水利用考慮すべき事項と今後の課題は次とおりである。

### I. 温排水利用の養魚上の利点

静岡県温水利用研究センターでは、温排水区との対照区（海面養殖）を設け、マダ

イを用いて比較試験を行い、13カ月間の試験期間において温排水区では海面養殖に比べ養殖期間が約2.5カ月短縮できたことが報告されている。

その他の利点としては、養殖時期の拡大、親魚からの採卵および孵化時期の早期化、出荷時期の調整などがあげられる。図3-1-5は主要魚貝類の生育適温の巾を示したものである。

### II. 研究開発の状況

発電所温排水の利用については、1963年に東北電力株式会社の仙台火力発電所にてアワビの飼育試験が始められたのが最初で、20年後の1983年においては、20カ所の火力・原子力発電所からの温排水を利用して研究開発が進められている。

種苗生産の面では、マダイ、ヘダイ親魚を温水で飼育することによって産卵期を約2カ月早めることができたと報告されている。

養殖生産については、魚類や貝類など約30種類について養殖試験が行われているが、企業化に成功しているのは塩田跡地を利用したクルマエビ養殖のみである。

### III. 問題点と今後の課題

7℃程度の水温上昇幅では、冬季の水温が低いところでは有用魚貝類の成長適水温を維持するのは難しい。また、夏季においては温排水の水温が高過ぎる場合がある。

陸上施設での利用の場合には、温排水をポンプで揚水しなければならない。必要水量は魚種に適した水温や酸素要求量により決まるが、揚水に要する動力費のウエイトが大きい。したがって、新設する場合には取水ポンプ揚程ができるだけ小さくなるように計画する必要がある。

養殖生産の企業化のためには、7℃程度の昇温に過ぎないが、大量に得られるという温排水の特徴を活かし、地域特性や市場を考慮して選定した魚種ごとのきめ細かい利用方法を工夫していく必要があると思われる。

また、今後の温排水利用の1つの方向としては、前面海域においてその熱や流れを利用するとともに、魚礁や藻礁を設置し、魚の牧場として利用することが考えられる。



温排水を利用した養魚実験システムの1例



# 3-2 内水面漁業の振興

## ——貯水池の多目的利用——

水力発電用ダムの建設により新たな水面が誕生する。1984年現在わが国のダム貯水池面積は960km<sup>2</sup>におよんでおり（建設中のものも含む）、これは自然湖沼の全面積2400km<sup>2</sup>の約40%にあたる。

これらの貯水池をサケ・マス類、アユ、コイ等の有用淡水魚の増殖に利用することができれば、山間部等過疎化に悩む地域に新たな産業を生み出すことが可能となる。

当所では、貯水池の建設・運用に伴う諸現象が淡水魚の行動・成長に与える影響の解明・評価を実施すると共に、貯水池を有用魚類増殖の場として有効に活用するための調査研究にとり組んできた。

### 3-2-1 貯水池での魚類生産

ダム建設により滞留水域が形成されることにより生息する魚の種類や量は大きく変化する。

一般に貯水池内では流水域に生息するサケ科魚やアユが減少し、止水域に適すコイ・フナ・ワカサギ等が増加すると云われるが、山間部に建設された貯水池では、イワナ、ヤマメ等のサケ科魚が河川時代以上に増加している地点も多い。

また、河川上一中流域に建造された貯水池ではアユがその中で繁殖し流入河川に溯上していることが知られている。

これらの貯水池の実態を把握し、適正な管理方法を開発すれば他の貯水池でも高い魚類生産をあげることは可能であると思われる。

貯水池に生息する魚種は基本的には近隣の自然湖沼のそれと変わらない。ただ貯水

池の環境は、その横断面が一般にV字状を呈し、浅い湖棚状の部分に欠くこと、運用に伴う水位変動があること等自然湖沼とはやや異なるため、生息する魚類の量、分布状態等は自然湖沼とは必ずしも同一ではない。

また貯水池では水没した樹木が残っていること、湖岸が急峻なこと等により、自然湖沼で使用されている漁具・漁法が使用できない場合が多い。貯水池の利用を図るには、貯水池の特性にあった魚種の導入、漁法開発、とくに貯水池運用を阻害しない漁法の開発が重要となる。

### 3-2-2 貯水池に適する

#### 魚類生産形態の一例—陸封アユ

先にも触れたように一部の貯水池では、その内でアユ稚仔魚が成長し、流入河川に溯上し遊漁（釣）の対象となっている（このことをアユの陸封化と云う）。

貯水池内でアユが生残り成長するための条件がわかれば、多くの貯水池でアユの生産を行うことが可能となる。

アユが陸封される貯水池の特徴として、これまでに、面積1km<sup>2</sup>以上、最高水深50m以上、最低水温4℃以上、中栄養湖、形状が半湛水～湛水型、ワカサギが生息しないこと等があげられていたが（「ダム湖の水産利用調査報告書1967」日本水産資源保護協会）、当所の調査により、これらの他にアユが陸封される貯水池は、概ね年平均気温が10℃以上の地域に位置していること、貯水池内でのアユ稚仔魚の生残りにはバックウォーターに形成される滞留水域が大きな役割を果たしていること等が明らかにされ

た（図3-2-1参照）。

即ち、河川で孵化し流下してきたアユ仔魚は、餌となる動植物プランクトン密度が貯水池内の他の地点に比べ著しく高いこの滞留水域にエンタラップされ、脆弱な仔魚期を豊富な餌環境下で過した後に貯水池内に拡散すると推定された。

アユ陸封化には他にも様々な要因が関与しようが、上記の諸点を満たす貯水池はアユを陸封化し得る可能性を有す貯水池と言うことができよう。なお、この場合、アユの産卵および採捕は流入河川で行われ、貯水池はアユ稚仔魚の成長の場としてのみ利用されるため、貯水池運用に与える影響は極めて小さいと考えられる。

### 3-2-3 貯水池内での

#### 魚類採捕——集魚法の検討

ダム貯水池の湖岸は、一般に急傾斜な所が多く、また樹林が伐採されずに水没している場合もある。さらに、放水などにより、水位が変動する。このため、魚類を採捕するために使用できる漁具の種類やその設置場所が限られる。したがって、ダム貯水池を魚類の生産の場として有効に利用して行くには、適切な魚類採捕法——集魚法の検討も必要である。

魚類も他の動物と同じように、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚などの諸感覚を動員して、仲間同士で情報交換を行っていると考えられる。この情報交換の手段について解明することができれば、魚類の行動制御のための一方法として利用可能と考えられる。

動物の情報交換のうち、嗅覚や味覚にもとづくものは、化学的交信と呼ばれる。化学的交信に用いられる物質のうち、同種個体間での交信に關与する物質は、フェロモン (Pheromone) と呼ばれる。

当所においては、淡水魚の行動に関する研究の一環として、フェロモンによる情報交換の有無について、調査研究を行ってきた。

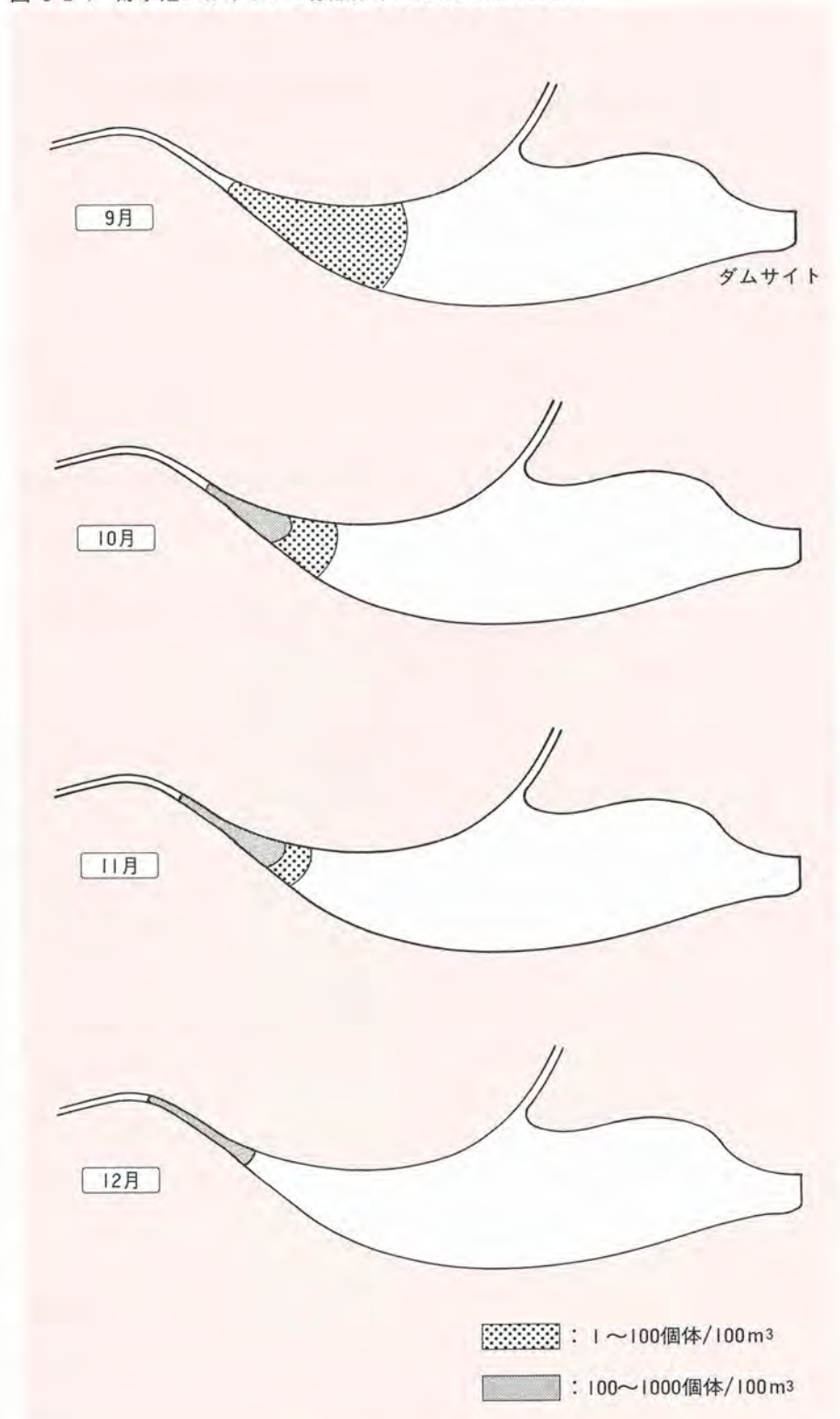
その結果、現在までにニジマス、ヤマメ、アマゴ、アユ、タイリクバラタナゴ、ヤリタナゴおよびドジョウの7種について、卵を産出可能となった雌は、性フェロモンを分泌することにより、雄に情報を伝えることを明らかにした。さらに、これらの性フェロモンには、雄に対する誘引性や雄の求愛行動を誘発する作用があること、また近縁種間で性フェロモンに種特異性があることが認められた。

これらの性フェロモンの性質を利用すれば、特定の魚種だけを誘引する集魚法のひとつとなる可能性がある。また、性フェロモンの作用によって誘発される雄の行動は、養殖業における種苗生産の際に、採卵適期の判定指標として利用できる。

集魚法としてはこのほかに、アミノ酸などフェロモン以外の誘引物質を用いる方法、光、音、流れなどに対する定位行動を応用する方法、学習による条件反射の利用などが考えられるが、いずれも刺激とそれに対する魚類の行動に関する研究が重要な基礎となる。

魚類の行動についての研究は、集魚法の開発のみならず、取水口への魚類迷入防止技術を確認して行くうえからも、重要な課題のひとつである。当所では、光を利用した魚類行動制御技術に関する研究に着手している (詳細については3-3-1)。

図 3-2-1 貯水池におけるアユ仔魚分布の経時変化の調査例





# 3-3 とる漁業からつくる漁業へ ——電力の活用——

## 3-3-1 魚類生産技術の効率化

### I. 研究開発の現状

200海里経済水域時代の今日、陸上、沿岸海域における魚介類生産の重要性が良質な食糧資源確保と云う観点から再認識されている。

魚介類の飼育環境としては一般にそれらが生息している自然環境が最適であると云われ、その方向での生産環境制御・好適生活圏の拡大が農水省を中心に多くの研究機関で試みられている。

ただ効率的な安定した生産と言う観点にたてば、魚介類の持つ特性を最大限有効に利用し得る新しい環境を人為的に作り出す試みもなされるべきであろう。

陸上・海面養殖施設における水質管理、餌供給、水槽掃除等に関する機械化が国または地方自治体経営の栽培センター等で検討されている。これらの作業の機械化は今後さらに推進される方向にある。

また安定した効率的な生産を行うため様々な生産管理技術の導入が図られている。

集魚を目的とした光利用に関する実験研究例は数多く、音波による開放海域における魚群誘導は内外で活発な実験的検討が行われている。水温制御による成長・成熟促進、光による成熟の促進・抑制に関する検討例も数多い。しかし、光、電気、磁気等を利用する生育促進、生産性増大に関する技術開発例は極めて少ない。

生産管理における電力利用技術の利用状況を表3-3-1にとりまとめ示す。

### II. 当所における研究計画

当所における今後の研究項目およびその概要は次のとおりである。

#### 1. 人工照明利用技術

##### (1) 魚類成長促進技術

タイ類の仔魚では夜間照明によって摂餌活動時間が延び、成長率が增大することをすでに実験的に確認した(図3-3-1参照)。

今後は夜間照明による魚類仔魚成長促進

技術を確立し、実際の種苗生産の場でそれらの技術の普及を図るため、より多くの魚種について有効な照明時間、光量、波長域に関する実験的検討を行う予定である。

##### (2) 魚群誘導技術

魚群誘導技術が確立されれば大型水槽内または開放水域での魚類採捕を効率よく行うことができる。

図3-3-2に示す装置を用い、波長の異なる複数の光を組み合わせ用いることによ

表 3-3-1 魚介類生産管理における電力利用技術の利用状況

電力利用形態		目 的	主な対象種	実用化の程度
熱	水温調節	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 生長促進による早期出荷</li> <li>◦ 親魚育成期間の短縮</li> <li>◦ 産卵期の調整(早期採卵)</li> <li>◦ 種苗の保存、均質化</li> <li>◦ 初期餌料生物培養効率増大</li> </ul>	ウナギ、アワビ、スッポン マダイ マダイ、ヘダイ ノリ シオミズツボウムシ	◎ ● ● ● ◎
	日照時間	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 成熟促進(早期採卵)</li> <li>◦ 成熟抑制による出荷調整</li> <li>◦ 初期減耗の低下</li> </ul>	アユ、ニジマス アユ クロダイ	● ●
光	光 量	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 集魚灯、集餌灯</li> <li>◦ 魚群誘導</li> </ul>		●
	紫 外 線	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 産卵誘発</li> <li>◦ 滅菌</li> </ul>	アワビ カキ	● ◎
音	響	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 魚群誘導</li> </ul>	マダイ	▲
電	磁 気	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 魚群、無脊椎動物群誘導</li> </ul>	アワビ	▲

◎：一部の種では実用段階、技術開発もかなり進んでいる分野  
●： // 、但し、未開発領域も多い分野  
▲：実験段階の分野

り、魚群を任意の方向に誘導する技術開発を行う。

本研究の成果は発電所取水口への魚類迷入防止方法立案にも適用し得ると思われる。なお、光による誘導の利点は音波利用と異なり馴致を必要としないところにある。

### (3) 自然水域における人工照明利用技術

自然水域における人工照明による生産性増大の可能性について、小湾またはモデル生態系を用いたフィジビリティ・スタディを実施する。

すなわち、有用生物群の生育に光が最も大きく関与する場、時期の特定、照明効果

評価および人工照明照射技術開発に関する検討を行う予定である。

## 2. 水質浄化のための電磁気利用技術

魚介類の生産向上には残餌、排池物等による飼育水質の悪化防止が最も大きな要因のひとつとなる。

生活排水、魚介類飼育水等有機物を多量に含む水の処理、再生については、アクアルネッサンス'90計画をはじめ国および民間の水処理メーカー等で膜、微生物を利用する技術の開発が活発に行われている。

当所では他機関での検討例が少ない電磁気利用の水質浄化について主に検討する。

### (1) 弱電流（電界）による水質浄化

飼育水槽に弱電流を通すことにより魚類の生育が良好となることが経験的に知られている。本題目では弱電流が水質また魚類生理に与える影響を解明し、適正な電流レベルを明らかにする。

### (2) 磁石（磁界）によるバクテリア制御

飼育水槽に磁石を投入することにより魚類の生育が良好となること、また汜過槽・浄水器に磁石を入れるとバクテリアの発生がおさえられることが知られている。

本題目では養殖水槽内で残餌、排池物等により発生するバクテリア（または病原性バクテリア）の発生制御に、磁石もしくはは

図 3-3-1 異なった光周期のもとでのクロダイ仔魚の成長、(縦棒は標準偏差値を示す)

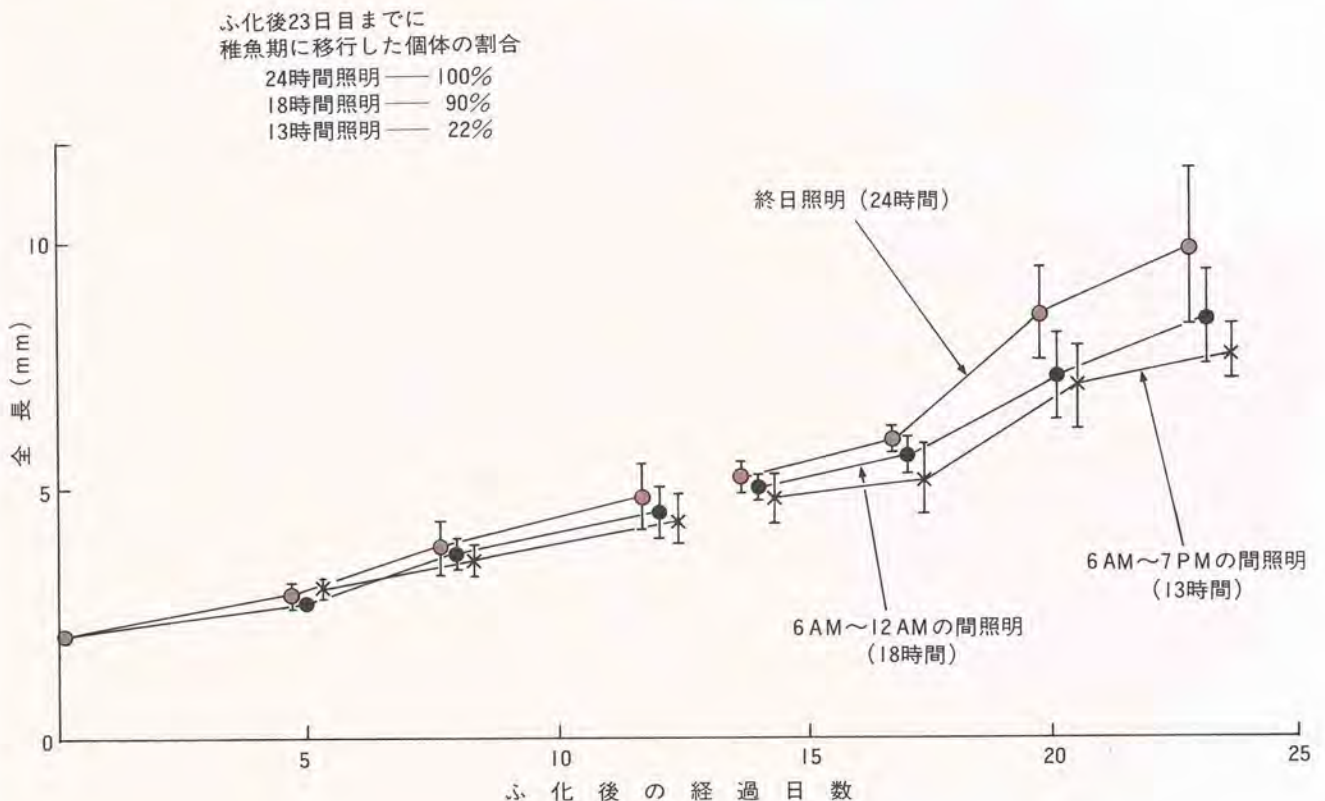
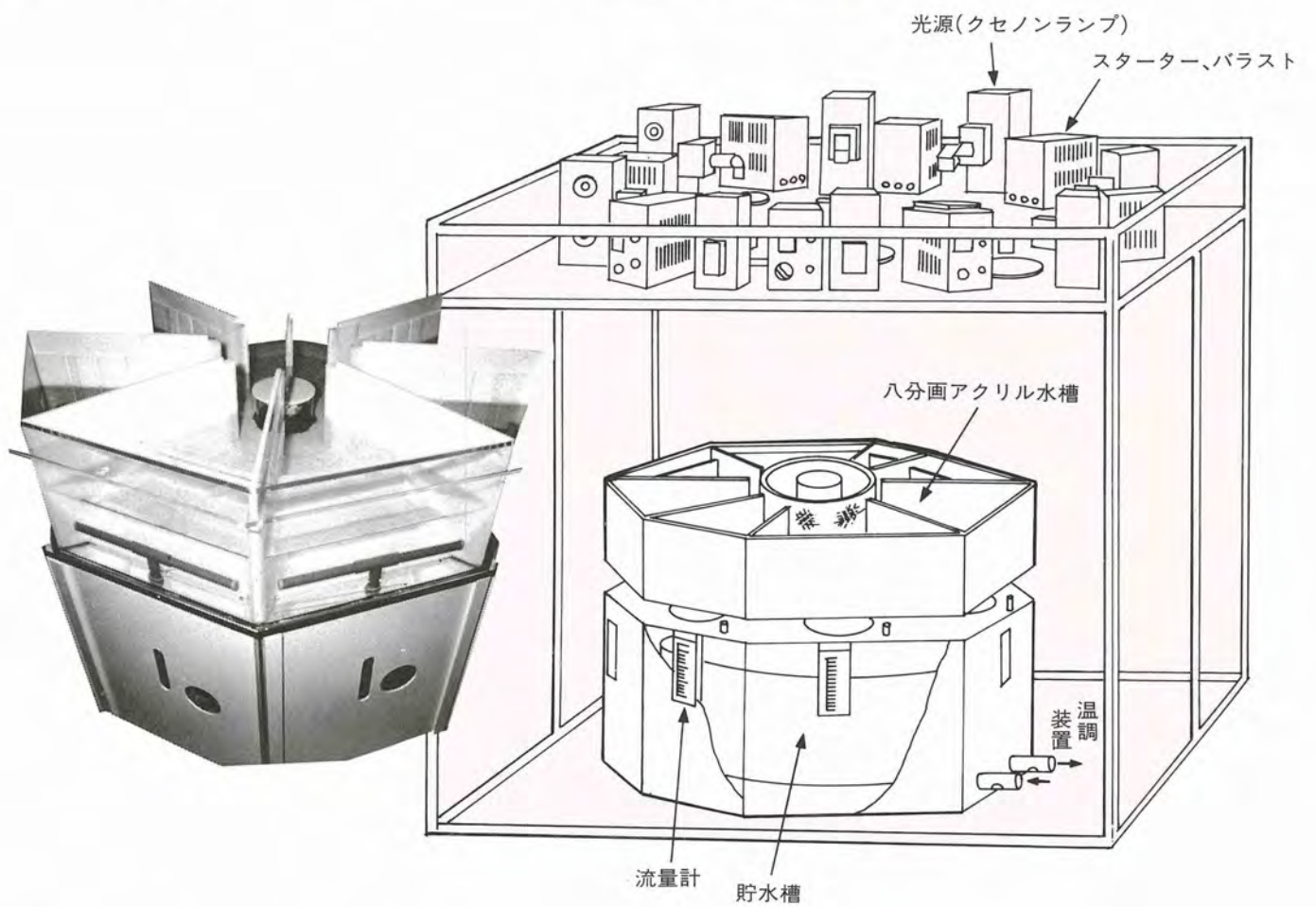
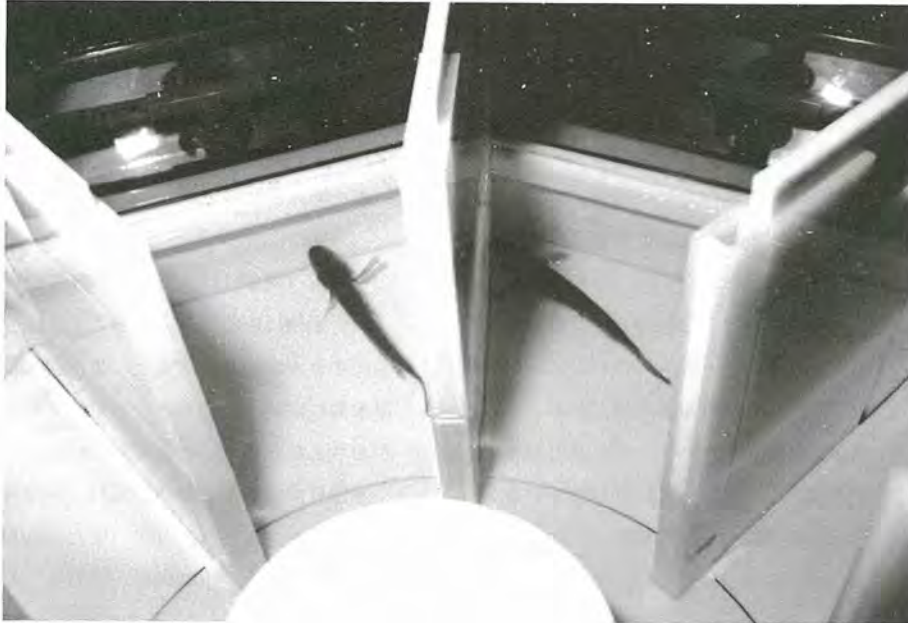




図 3-3-2 魚類光質行動実験装置の概要



## 電力を有効に利用する 効率的な魚介類生産システムの研究を進めている。

磁界を応用する可能性について検討する予定である。

### 3. 高密度飼育の検討

効率的生産のためには飼育密度、放養密度を出来る限り高めることが必要となる。ここでは、飼育密度が魚類の行動、成長に与える影響を生理生態学的な観点から実験的に検討し魚類の飼育密度をどの程度高め得るかを明らかにする。

### 4. 効率的生産システムの設計

本研究により開発された各要素技術および既存の諸技術とを組み合わせる陸上・海面養殖施設あるいは自然水域における電力有効利用効率的魚介類生産システムの概念設計を行う。

### 5. 水産分野の電力利用実態調査

上記各項目と併行して、水産養殖、加工および流通の各分野についてその電力および他のエネルギーの利用実態を抽出調査し、電力使用量の実態、将来の需要開拓の可能性を検討する。

表 3-3-2 発電システム別利用可能要素

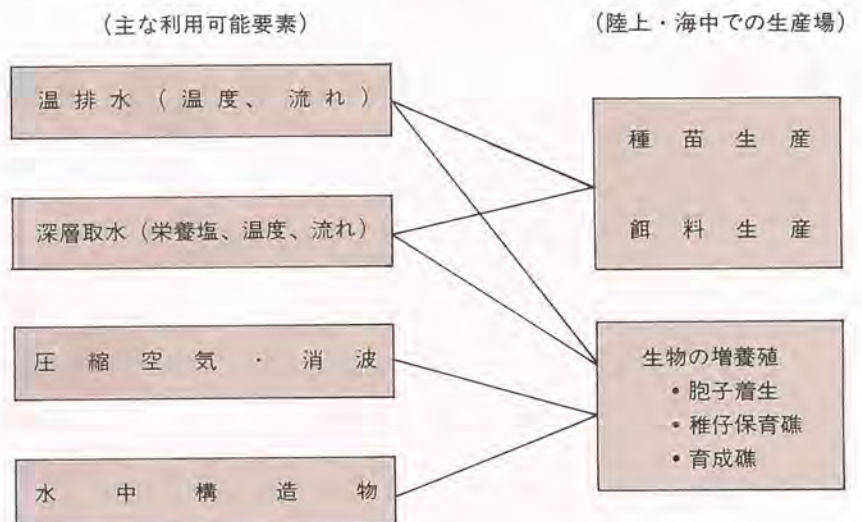
発電システム	利用可能要素と漁場環境との関係
汽力発電	廃熱→水温制御 冷却水の循環→海水交流、湧昇流発生 石炭灰→地形改善（埋立て材）、人工魚礁
温度差発電	深層水の栄養塩→施肥効果 深層水の低水温→水温制御
波力発電	消波→漁場造成 圧縮空気→曝気
海流発電	海洋構造物→魚礁効果
潮汐発電	海水の移動→海水交換、成層破壊
宇宙衛星発電（SPS）	海洋構造物→魚礁効果

図 3-3-3 発電システムの利用可能要素の牧場生産基盤への適用

### 3-3-2 海洋牧場への夢

海洋牧場という用語は、様々な概念で使われており、その意味する内容は一定していない。その機能としては「海洋生物資源からの食糧の持続的生産」という点については共通しているが、対象とする海域の広さ、人為的管理の程度は様々である。

ここでは、海洋牧場を広義の概念とし、海域を利用した生物資源の培養・管理のために設置する施設、構造物あるいは管理形態を意味することとする。すなわち、海域を利用した生物生産システムを広く包括するものである。





電源立地と海洋牧場を組合せる意義は立地に伴う沿岸域の開発・利用にあたって積極的に生産の場を造成し、生産者に提供することを通して漁業と電源立地との共存をはかることにある。

その手法としては、電源立地に伴い発生する取放水、港湾整備、埋立地造成、石炭灰等を利用し、海域における生物生産システムにこれらを組み込むことが考えられる。以下に構想を提案する。

### I. 発電システムと組合せた海洋牧場

発電システムとしては海域利用型のシステムとして、火力・原子力の汽力発電をはじめ、温度差発電、波力発電、海流発電、潮汐発電、宇宙衛星発電 (sps) をとりあ

げる。これらの発電システムについて、その建設、運転等に伴い発生する諸要素から、海洋牧場構想に利用可能な要素を抽出し、表3-3-2に、生産場との関係を図3-3-3に示した。

これらの利用可能要素を生物生産に組み込み、電源立地と組合せた海洋牧場構想を、タイプ別に2ケース想定した。

海洋牧場における生産手段は、無給餌で開放系の生産システムである増殖型を想定し、対象種としては現在の種苗生産技術とその将来性を考慮して設定した。

海洋牧場の言葉からは複数の魚種を対象とした総合的なシステムを思い浮かべるが、候補地の選定基準を明確にするために単一種型とした。

また、候補地の選定にあたって想定した生産規模は、一県の生産量としては平均的な水準と考えられる程度の生産量とした。

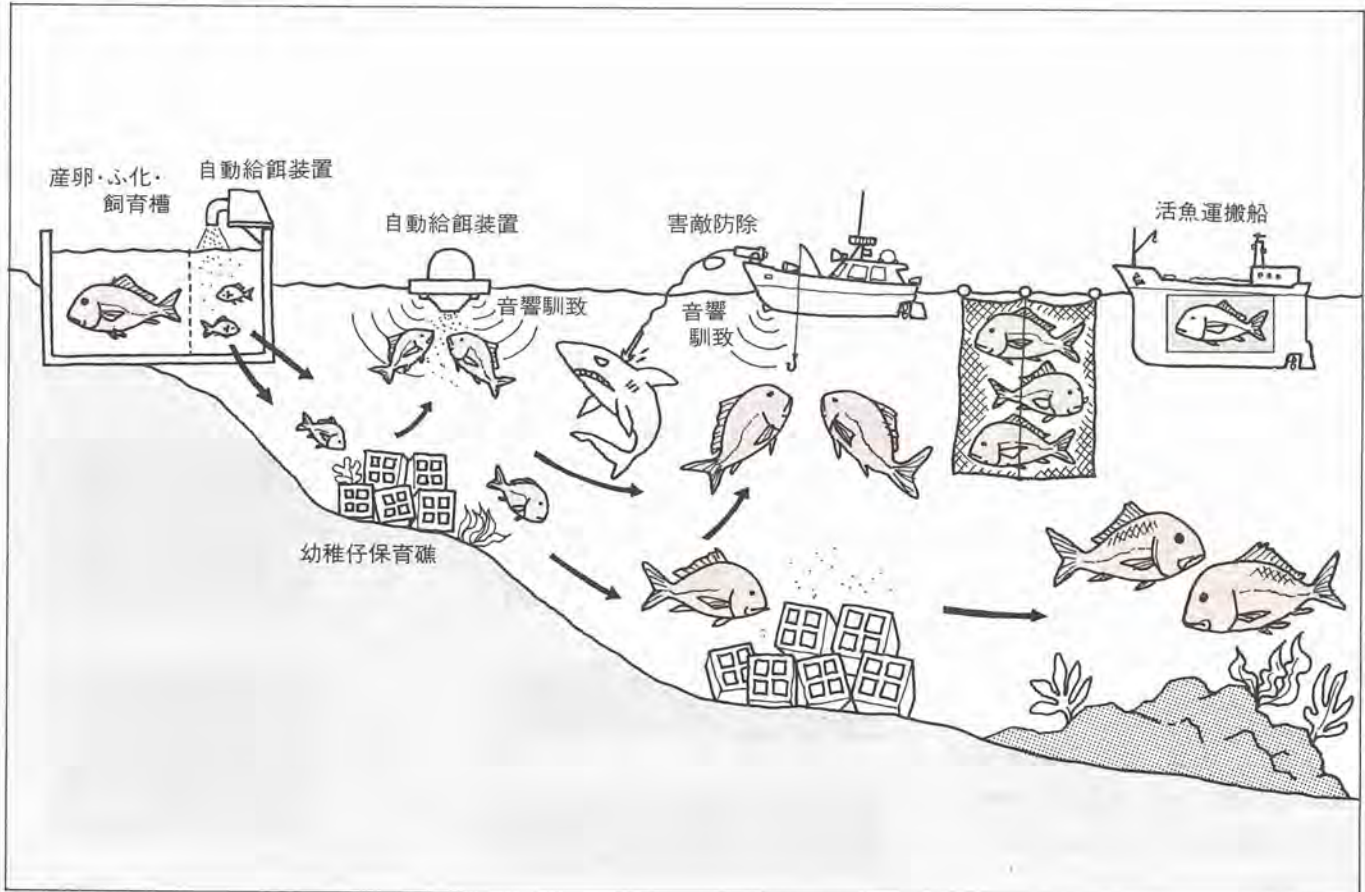
この他、種苗放流密度、漁場（魚礁、干潟など）規模、水深、生産者等の条件について検討し選定の根拠とした。実用に際しては1つの漁業組合に生産管理を任すのではなく広い（例えば県単位）範囲での管理を考えたことも、対象地域の広さから生ずるであろう。

### II. 海洋牧場候補地域

#### 1. マダイ増殖型海洋牧場

地形的な条件としては湾口部で50m程度の水深のある湾入部を想定したが、ここで海域の規模を算定する。

図 3-3-4 マダイ増殖型海洋牧場



年間漁獲量50トンに対して必要な放流尾数は、瀬戸内海栽培漁業協会玉野事業場資料1976「岡山県玉野地先海域におけるマダイの種苗放流、栽培技研5(1)」によれば、放流種苗1万尾から期待される漁獲量は4歳魚までで390kgとされているため、約130万尾必要となる。

放流した種苗は魚礁周辺に5~10尾/m<sup>2</sup>の密度で観察されたことから、130万尾のマダイ種苗を受け入れる幼稚仔保育礁は130,000m<sup>2</sup>~260,000m<sup>2</sup>の規模が必要である。魚礁の高さを1.5mとすれば87,000m<sup>2</sup>~170,000m<sup>2</sup>の魚礁となる。これだけの魚礁を水深15mを中心に配置する場合、1カ所3,000m<sup>2</sup>の魚礁を1kmごと造成すると仮定し、約30kmの距離が必要である(図3-3-

4)。

したがって選定すべき地域の地形的条件としては、湾口部で50m程度の水深を有し、15mの等深線が30km以上ある湾入部と設定できる。また、マダイの生息域、漁獲に従事する生産者の存在を考慮した場合、東シナ海区、日本海西区、瀬戸内海区の沿岸に6カ所の適水域を推定できる。

## 2. クルマエビ増殖型海洋牧場

年間20トンの漁獲を予定した場合、海域面積は以下の通り算定できる。

- (1)漁獲量 20トン=670,000尾(30g/尾)
- (2)放流尾数 22,000,000尾(定着率3%、回収率3%)<sup>2)</sup>

(3)人工干潟 67,000m<sup>2</sup>(定着密度100尾/m<sup>2</sup>)

(4)海域面積 200km<sup>2</sup>(生産力0.1g/m<sup>2</sup>)<sup>3)</sup>

放流された種苗は人工干潟で30mm以上に育成し、前面海域に分散させるように管理する。干潟を離れたクルマエビは成長とともに深みへ移動する。

漁獲対象となる30g程度のクルマエビは底曳網で漁獲されるが、水深20m程度での操業となる(図3-3-5)。

したがって、地形的条件としては海域面積から開口部で20kmの距離をもち、水深20m以上の湾口部に設定することができる。選定の対象地域は瀬戸内海区、東シナ海区、太平洋中区を中心に検討した結果、適水域として5カ所あることがわかった。

図 3-3-5 クルマエビ増殖型海洋牧場

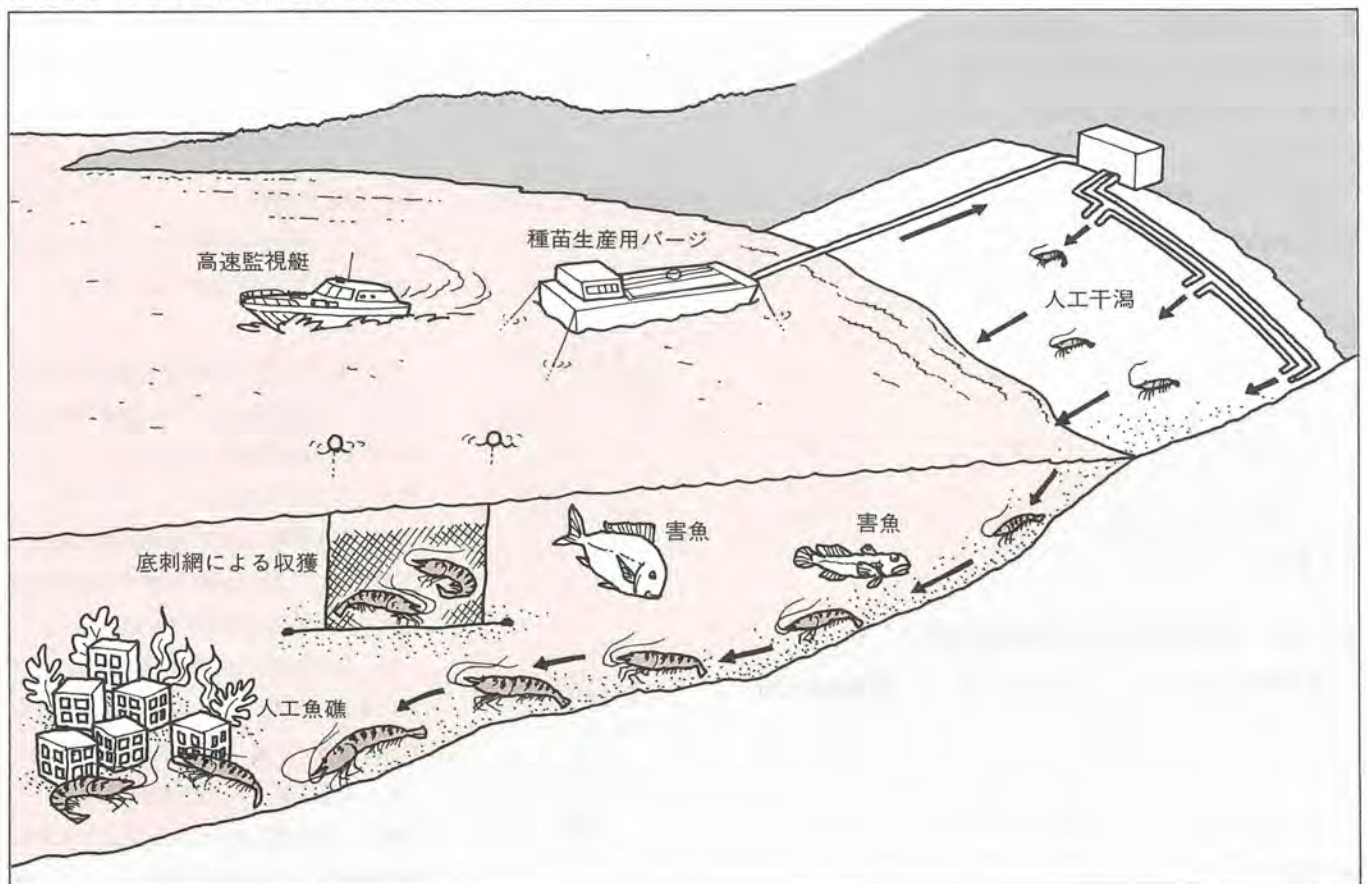
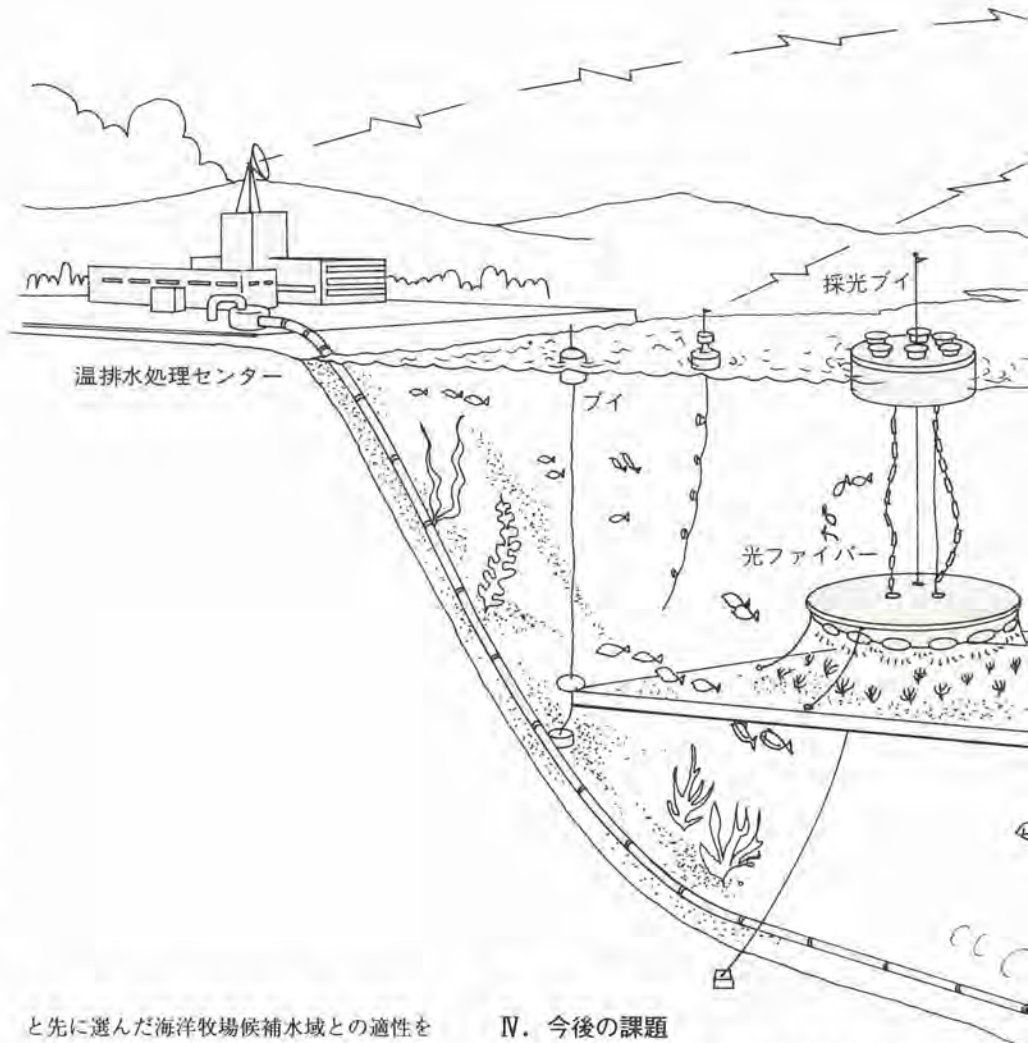




図 3-3-6 海洋牧場の将来像（水産庁資料より）



### Ⅲ. 海洋牧場の将来構想

モデル構想の2000年あるいは2030年を想定した場合の実現の可能性について検討する。なお、海洋牧場と組合せた発電システムの実現性については、2030年段階において温度差発電および波力発電は実用化されていると考えた。

提案した海洋牧場構想の2つのモデルは表3-3-3に示すとおり各発電システムとの組み合わせが可能である。したがって、発電システムの実現性から海洋牧場モデルの実現性を検討するならば、2030年時点ではいずれのモデルも可能と考えられる。

一方、海洋牧場モデルの実現性は、利用すべき発電システムの実現性と同時に、生物生産技術の面からも検討されなければならない。生物生産技術としては、種苗の生産、供給と収穫技術としての漁業実態との適合度があげられる。種苗生産について海洋牧場モデル別に技術段階を評価し、表3-3-4に示した。

発電システム、生物生産技術および漁業の実態を検討することによって、各モデル

と先に選んだ海洋牧場候補水域との適性を確認することができる（図3-3-6）。

表 3-3-3 海洋牧場モデルと発電システム

海洋牧場モデル	2000年	2030年	組合せ可能な発電システム
モデル1	●	●	汽力
モデル2	●	●	汽力、潮汐

●：実用

表 3-3-4 海洋牧場モデルと生物生産技術

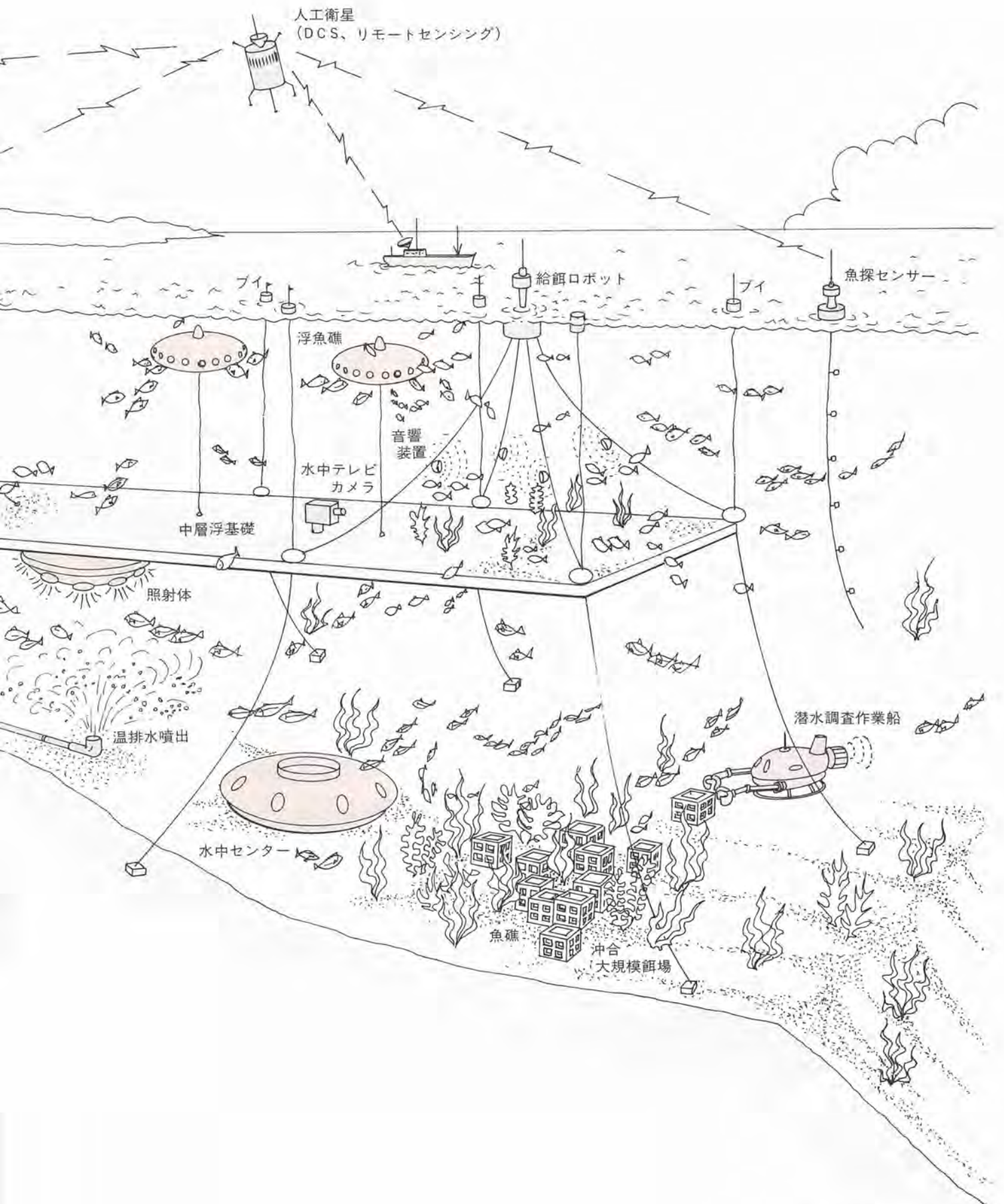
海洋牧場モデル	対象種	種苗生産技術	放流・育成技術
モデル1	マダイ	●	●
モデル2	クルマエビ	●	●

●：実用

### Ⅳ. 今後の課題

これらの構想の実現可能性をより高めるために解決すべき問題点を以下に述べる。

1. 海洋牧場に必要生物種苗の生産技術、生産育成に適する環境の造成技術、および生物資源を観測・監視するシステム技術などの開発を推進する。
2. 海洋牧場に適する生物資源を開発するためには、生物育種や生物工学面からの研究や技術の発展を期する必要がある。
3. 発電所温水の利用には、将来、より高い水温の保持、必要に応じた水温の安定供給を必要とする。
4. 発電システムと牧場構想の組合せを前提とした電源立地の計画・設計の導入方策を検討し、その実現を図る。









# お わ り に

研究顧問 蓑原 善和

「地域との関係—共存共栄を促進するために」を掲げて、電気事業と地域の係わり、地域農林水産業を振興するための動力、熱、光、情報伝達の機能としての電気の活用、石炭灰、温排水などの発電所副産物の有効利用、新しい環境創造技術について、最近における生物研究所の研究成果を中心に紹介した。

言うまでもなく、今日の各企業は、その属する地域社会が抱えるさまざまな課題や新しい目標に対して無縁のものではなく、その解決や達成について地域共同体としてその役割の一端を担うことを要請されている。

一次産業地域に主要な電源立地点を持ち、全国の消費地にネットワークを持つ電気事業も勿論例外ではなく、むしろ、公益事業であるが故の一層の社会志向的な企業活動が要請されるであろう。

一方、すでに育苗の大勢を占めるようになったランやカーネーションのメソクロン増殖（人工光線等人為的な制御

環境の下で、植物の生長点を組織培養して行う苗の大量生産法）に見られるように、バイオテクノロジーの進歩は、農林水産業をバイオインダストリー、生物産業と称することに異和感を覚えさせないような状況になっている。そしてこの生物産業は食糧生産と環境保全を基幹にすえながら、「生物」の有する極めて巧妙な機能と、人間の知恵が創り出した「情報」と、そしてその生産システムを動かすエネルギーであるところの「電力」によって支えられながら発展して行くであろう。

このような趨勢の中において、電気事業がこれまでに蓄積している高度の電気技術を地域生物産業の発展に活用することにより、地域社会と一層の共存共栄をはかりうるとともに、電気事業が擁している多彩な頭脳は、地域の一つの知識集団として機能し、地域産業全般の振興に寄与することにより、ひいては電気事業の発展に貢献するものと考ええる。



## 関連する主な研究報告等 (生物研究所研究報告、調査報告他)

### 1-3

1. (社) 農業電化協会 (1985) 「農業用電気供給統計」(昭和58年度)
2. 電力中央研究所・需要開拓検討会 (1984) 「需要開拓検討会報告書」
3. 電力中央研究所・超長期エネルギー戦略研究会、食糧専門部会 (1984) 「2030年の食糧問題—未来に向う食糧生産技術」

### 2-1-1

- 「施設園芸へのヒートポンプ適用技術」研究報告：483016 (1984.3)
- 「空気熱源ヒートポンプによる温室暖房試験」研究報告 (印刷中)

### 2-1-2

1. 「地中熱交換方式による栽培用ハウスの暖房に関する研究」研究報告：476007 (1977)
2. 「地中熱交換ハウスの基本設計」研究報告：481011 (1981)
3. 「ベレットハウスの研究」農電研所報 8号 (1967)
4. 「斜面利用ハウスの開発に関する研究」研究報告：479014 (1980)
5. 「施設園芸ハウスにおける環境調節方式」(第4報) 研究報告：480002 (1980)
6. 「同上」(第5報) 研究報告：480014 (1980)

### 2-1-3

- 「農業における炭酸ガスの有効利用に関する文献調査」調査報告：482009 (1984.4)
- その他 前章までの報告書参照

### 2-2-1

1. 「石炭灰埋立地の畑地化に関する研究 (第1報) 覆土厚と数種作物の生育、特に根の形態に関する根箱試験」研究所報告：482001 (1984)
2. 「石炭灰混合農地土壌の物理性」研究報告：484014 (1985)
3. 「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)
4. 「同上 (その2) 火山灰土壌における数種野菜の生育、無機成分吸収、土壌の理化学性」研究報告：483017 (1985)
5. 「同上 (その3) 沖積土壌における水稲、小麦の生育、無機成分の吸収、土壌の化学性」研究報告：483018 (1985)
6. 「同上 (その5) 各種土壌に対する石炭灰の混合効果」研究報告：483019 (1984)
7. 「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—とくに残留性について」研究報告：480003 (1980)
8. 「形態の異なるカリ肥料のカリ収支に関する研究 (第1報) キュウリについて」研究報告：479010
9. 「覆土厚の違いがダイコン、ラッキョの生育、根の形態に及ぼす影響」(第2報) 研究報告：485007
10. 「覆土厚及び止水材の違いが水稲の生育に及ぼす影響」(第2報) 研究報告：485006

### 2-2-2

1. 「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)
2. 「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)

3. 「同一水耕栽培専用システムの性能—」研究報告：482012 (1982.9)

### 2-3-1

1. 「可搬型X線CTによる立木年輪の非破壊測定」研究報告：482027 (1983.5)
2. 「同上 (その2) —多種類の立木の年輪測定」研究報告：483022 (1984.7)
3. 「同上 (その3) —X線CT 2号機の概要とスギ立木の年輪測定—」研究報告：483023 (1984.8)
4. 「可搬型X線CTによる木柱の腐朽検出」研究報告：483002 (1983.5)
5. Computed Tomography for Measuring Annual Rings of a Live Tree, Proc. IEEE, Vol.71, No.7, July 1983
6. Computed Tomography for Measuring the Annual Rings of a Live Tree, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, No.221, 1984

### 2-3-2

1. 「植物生体情報の工学的計測と処理に関する研究」(第1報) 研究報告：478005 (1978)
2. 「同上」(第2報) 研究報告：479011 (1980)
3. 「同上」(第3報) 研究報告：483010 (1984)
4. 「同上」(第4報) 研究報告：484024 (1985)
5. 「環境ストレスに対する植物生体反応の連続的測定法の開発」研究報告：481016 (1982)
6. 「植物生体の電気特性測定法」研究報告：484002 (1985)

### 2-3-3

1. 「自然環境アセスメント調査事例集—I (動物)」調査報告：482003 (1983)
2. 「同上—II」調査報告：483003 (1984)
3. 「環境アセスメントならびにモニタリングのための鳥獣類調査法」調査報告：482001 (1981)

### 3-1-1

1. 「電源立地点の濫場造成技術の開発 (第1報) アマモの移植適期について」研究報告：484011 (1984.9)

### 3-2

1. 「ダム貯水池における陸封アユの生態 1. アユ稚仔魚の分布」日本水産学会昭和59年度春季大会講演要旨集
2. 「淡水魚の産卵行動におよぼす濁水の影響—淡水魚の雌性フェロモンと性行動」研究報告：484019 (1985.4)

### 3-3-1

- M. Kiyono and R. Hirano: Effects of light on the feeding and growth of black porgy postlarvae and juveniles, Rapp. P-v. Reun. Cous. int. Explor. Mer. 178, 334-336pp. 1981

### 3-3-2

1. 瀬戸内海栽培漁業協会・王野事業場 (1976) 「岡山県玉野地先海域におけるマダイの種苗放流」栽培技研 5(1), 35-40
2. 農林水産技術会議事務局 (1979) 「浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究」研究成果116
3. 海洋科学技術センター (1976) 「海洋牧場のテクノロジーアセスメント」
4. 水産庁資料 (1984) 「マリナーベリション構想」



本部／経済研究所 東京都千代田区大手町1-6-1 ☎(03)201-6601 ☎100

我孫子事業所 千葉県我孫子市我孫子1646 ☎(0471)82-1181 ☎270-11

赤城試験センター 群馬県勢多郡宮城村苗ヶ島2567 ☎(0272)83-2721 ☎371-02

柏江事業所 東京都柏江市岩戸北2-11-1 ☎(03)480-2111 ☎201

横須賀研究所 神奈川県横須賀市長坂2-6-1 ☎(0468)56-2121 ☎240-01

UHV塩原実験場 栃木県那須郡塩原町関谷1033 ☎(0287)35-2048 ☎329-28

## 編集後記

電研レビュー第12号「地域との連係－共存共栄を促進するために」をお届けします。

本号では「巻頭言」を中国電力株式会社常務取締役 和泉晋一様にお願ひしました。電力会社の経営首脳としての立場から、時代の変化を反映した地域ニーズへの対応と、地域の技術振興活動への参加についての、貴重なご寄稿をいただき、誠にありがとうございました。

また、編集担当をお願いしました荻原研究顧問（前生物研究所副所長）は、今年の6月に当所の関連会社、株式会社環境サービスの代表取締役に就任されましたが、ご多忙にもかかわらず、快く編集担当を継続していただきました。

誌面をかりて厚く御礼申し上げます。

### ●地方の時代●

地方の時代が徐々に、しかし確実に近づきつつある。

ハイテク企業の誘致を中心にした通産省の「テクノポリス」構想には、多くの自治体が名乗りをあげた。一方、地方の伝統技

術を活かし、しかも現代的に洗練された木工などの工芸品が大都市で人気を呼び、それらの工房では、都会から移ってきた若者が元気で働いているという。

当所の長期展望でも、今後の20年間に加工組立業を中心に、産業の地方分散がおだやかに進展していくと見ている。

電気事業が地域と連係していく上でも、地方分散の流れに沿って、地域経済の活性化に協力していくことが重要となろう。

### ●地域振興のハードとソフト●

本レビューには、当所で研究を進めている地域協調に関連した技術のなかから、主に農林水産業に貢献すると思われるものを掲載している。

石炭灰を利用した肥料のように、すでに商品化の段階に達したものもあり、魚類の高効率生産システムのように、まだ研究の端緒についたばかりのものもある。内容も、野菜工場のように、電力の有効利用により生産性を上げようというもの、温排水利用の温室や養魚場のように、発電所の施設や副産物を利用するもの、あるいは藻場の造成のように、電源周辺環境をよりよく創造しようというものなど、様々である。

これらの研究は、当所のいわばハード面

の技術開発である。たとえ技術的には完成しても実用化されるまでには、いまひとつの関門を通らなければならない。

例えば、野菜工場などは、農業従事者にとって最初にかなりの設備投資が必要であろうが、その財源をいかにすべきか、温排水利用の場合には、電力会社が持っている「温排水」という財産を地元の漁業者がどのように活用するのか、そして、開発した技術を地域で活用できるようにするための円滑な技術移転の方法などの、つまりは、金や制度、運用面での問題である。逆にそのようなソフト面からの要求に応えやすいように、ハード面を改良していくことも必要であろう。

現在、当所では、地域振興において、電気事業が、地元、自治体や国にどのような面で、また、どのような方法で、協力していくことが最も望ましいのか、その中で本号に載っているような技術が、効率的に活用されるために必要なことは何か、を鋭意研究中である。このハードとソフト両面での融合した成果がでた暁には、私達電力中央研究所の技術が、産業の地方分散の流れのなかで、新しい時代に相応しい電気事業と地域との共存共栄に大きく寄与できると考えている。



**R**