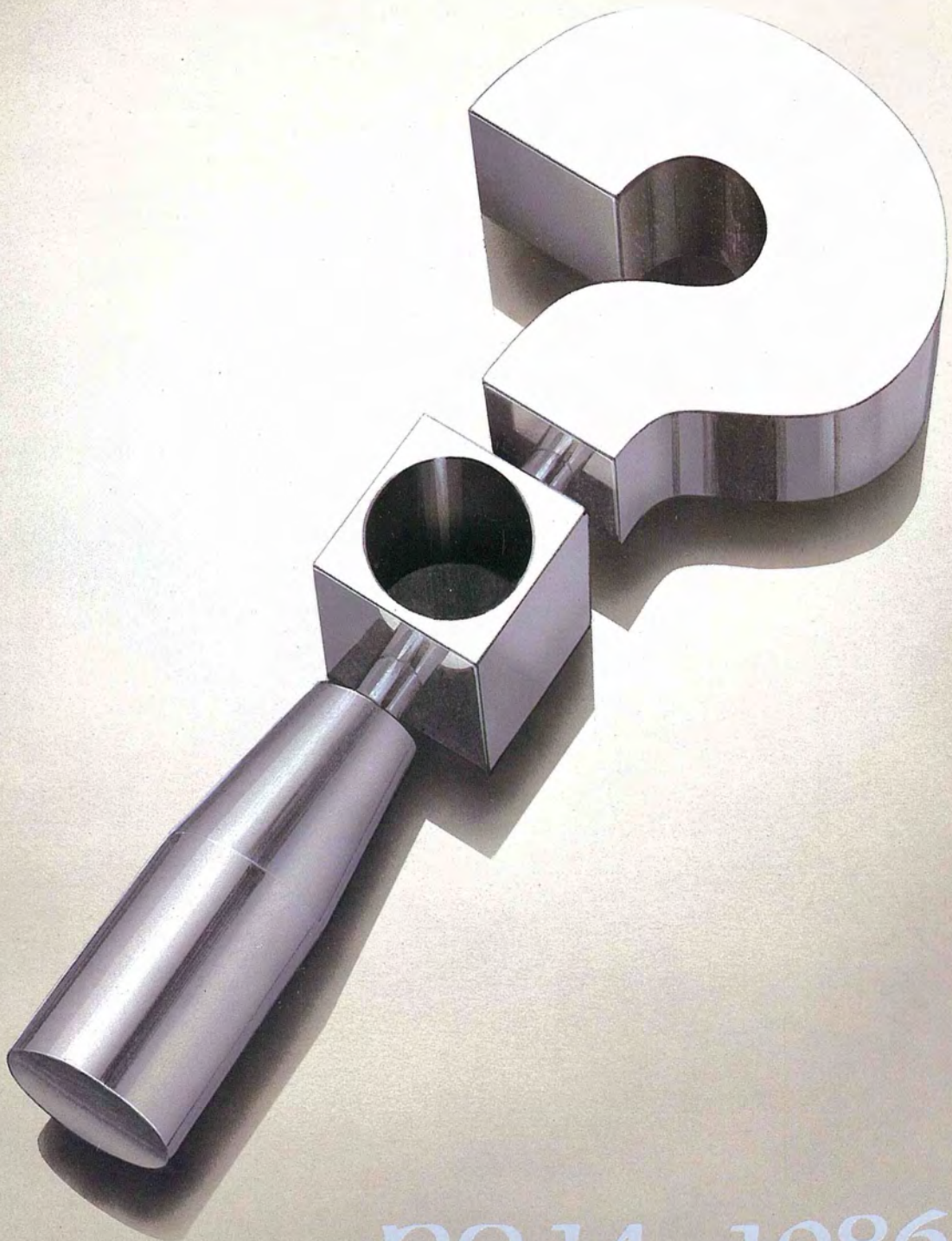


DENKEN REVIEW

電研レビュー

社会に役立つ独創研究



NO.14 1986.5

巻頭言 ————— 九州電力株式会社 代表取締役副社長 石橋 周一……………2

はじめに ————— 表彰審査委員会 委員長 常務理事 沼田 郁夫……………5

第1章 理事長表彰

100万ボルト級(UHV)交流送電の実証研究……………8

第2章 各長表彰

2-1 ● NIC原子力発電情報システム(NICS)の開発……………17

2-2 ● 狛江事業所における危険物削減等に対する安全管理方策の提言と推進 ……21

2-3 ● 接触燃焼用高性能触媒の開発とその耐久性の実証……………24

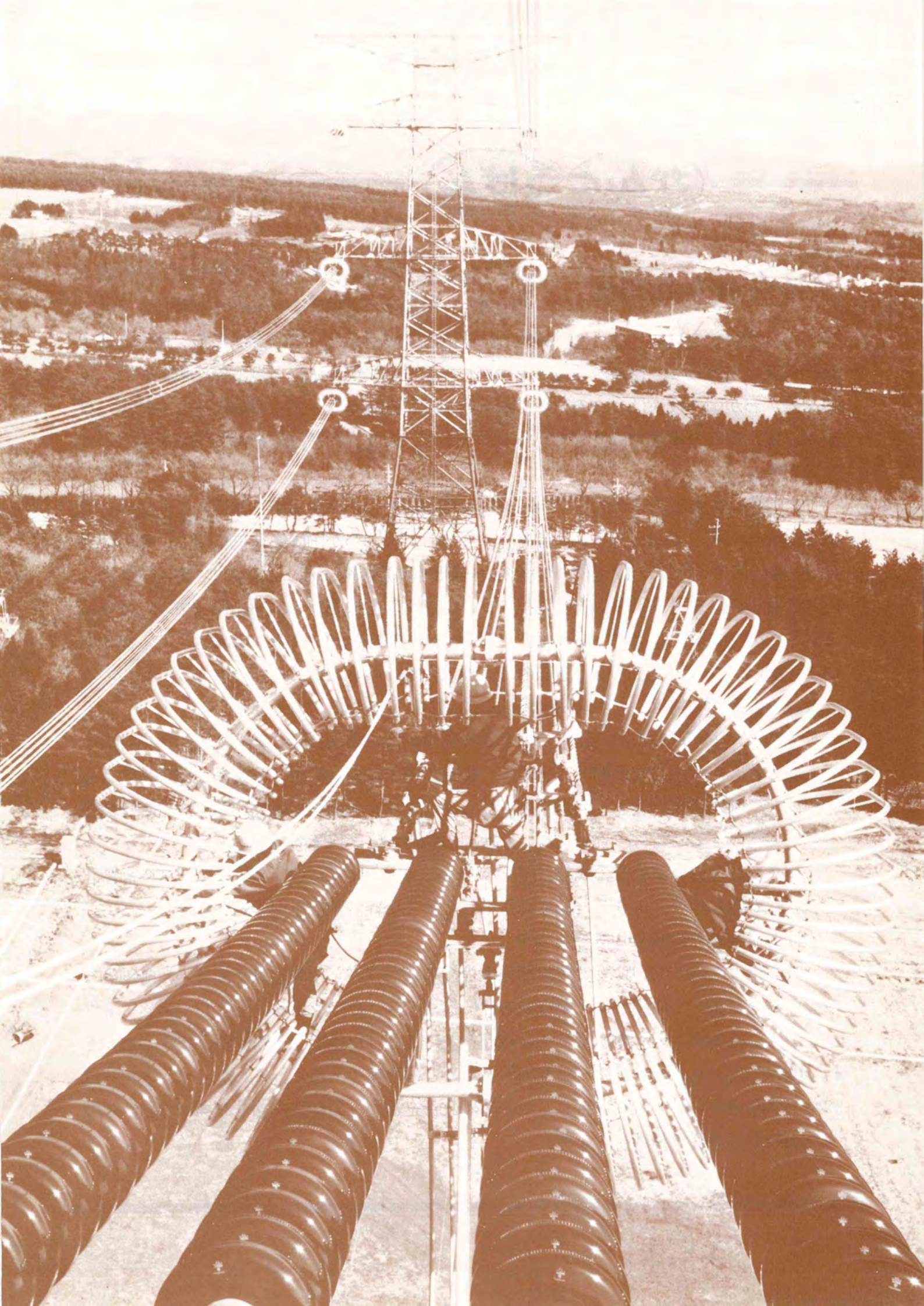
2-4 ● 断層内物質を用いた断層活動時期の評価手法の開発……………28

2-5 ● 交流電界の実験動物への無害性実証研究……………32

2-6 ● ケーブルの地絡・短絡時におけるアーク現象の解明と対策……………35

2-7 ● 景観影響予測・評価手法の開発とその実用化……………40

関連する主な研究報告書……………44



求められる独創性

第二次世界大戦後のわが国は、欧米に比べて技術水準も低く、研究の蓄積も乏しかったことから、先進諸国との技術格差を埋めるために、積極的に先進技術を導入し、これを改良し、更には自主技術の開発もあって、技術の「追い上げ」が世界歴史に例をみないほど急速に進んだ。今日では、わが国の技術は多くの分野で欧米に比べて遜色がない高い水準に達し、鉄鋼、自動車、電子などの産業では世界をリードするまでになり、わが国の経済的繁栄をもたらすことになった。

このように先進技術を導入して効率的に技術開発を行い高度成長を遂げたことについて、欧米の批判がないわけではない。世界をリードしているわが国の産業にしても、その技術開発や商品化の多くは、欧米の科学者の長い間の基礎研究に基づくもので、換言すれば、欧米の独創的な研究成果を、その過程のリスクを負わずに利用し、商品化に成功しているというものである。商品化となれば、生産効率の高い日本的システムで欧米よりも競争力のある製品を量産することができるので、欧米企業のいらだちも当然であろうし、このような技術開発の姿勢はこれからは国際的に通用しにくくなるであろう。

世界経済に占めるわが国の比重の大きさや世界経済の再活性化に必要な国際技術協力を考えるとき、わが国の技術開発の主眼を、従来の導入技術の応用・改良から独創性のある技術開発に移す必要がある。欧米諸国が欲しがるような独創的な研究開発の成果を多数生み出して提供することは、資源のないわが国の経済的安全保障の道でもある。

国内をみても、経済社会の成熟、産業構造の高度化、それに伴う国民のニーズの高度化と多様化が進む中で、こうした動きに対応した新たな経済社会をつくる原動力としても、独創的な研究開発は重要な要素となる。

今日では、このような戦後の技術開発過程やそれから生じた問題点を踏まえ、独創的な研究開発を目指した体制づくりが官民あげて進められ、その成果が出現しつつある。しかしながら、独創性という面では、長い時間をかけて培った豊富な基礎的科学技術の蓄積を持つ欧米に比べれば、まだまだわが国が劣ることは事実であろう。これからは、人材育成のための教育から研究体制に至るまで一層の改善を進め、独創性の格差を埋めるために欧米を追い上げて行かねばならない。

電気事業についてみると、他産業と同じように、欧米からの導入技術を基に設備と運用技術の両面にわたって自主技術の開発を進め、今日の高い水準の技術力を持つに至り、大方の部門で技術の成熟化が図られたといえる。しかし、これからは、電気事業をとりまく環境は大きく変化することが予測される。例えば、エネルギー情勢の流動化、エネルギー間競争、電力需要構造の変化、高度情報化などである。これらの変化に対応して経営基盤を確固たるものにするためには、電源技術から電力流通技術、電気利用技術に至るまであらゆる分野で、電気事業として新たな視点に立った独創的な技術を開発する必要がある。



巨大技術である原子力発電を例にあげるまでもなく、電気事業は技術集約型産業であり、円高・景気停滞の現在ではその技術開発が経済活性化に与える影響は特に大きなものがある。また、地方の時代といわれる今日、各地域産業の中心的存在である電気事業の技術開発は、地域振興の役割を果たすこともできる。電力各社とも技術開発を経営の基本方針の一つに据え、技術開発体制の強化を図っているところであるが、これまでは応用研究や実用化研究を重視し過ぎたきらいもある。これからは、電気事業の長期的な技術ビジョンに基づいた目的指向型の長期的・組織的基礎研究、例えば電力技術の革新に不可欠な新素材などの研究開発が特に必要であろう。新素材の開発には多大の労力と時間とを要するとされており、開発を効率よく進めるには研究体制とともに研究者のたゆまぬ努力が非常に重要となる。このような観点から、電気事業の中核的・総合的研究機関としての電力中央研究所に対する期待は大きい。

九州電力株式会社 代表取締役副社長

石橋 周一

〔電力中央研究所 参与〕

理事長表彰・各長表彰一覧

◎ 理事長表彰 ◎

「100万ボルト級(UHV)交流送電の実証研究」

◎次期の電力輸送技術としてのUHV交流送電の実証研究の結果、概念設計に比べて①送電線導体を10導体から8導体に減らした②電力線の相間間隔を11メートルから9メートルに縮めた③変電所のブッシングの長さを20%短縮した。これらによりUHV送電線の設計手法を確立するとともに、送電線の建設費を約20%、1キロ当たり約3億円低減できた。このことは既設送電線の信頼性向上、コスト低減にも寄与するところが大きい。

- 電力研究所 送変電部調査役・福島 充男、同・送変電部 放電研究室長・新井 昇、横須賀研究所 試験研究部 高電圧研究室長・渡辺 泰夫

◎ 各長表彰 ◎

「NIC原子力発電情報システム(NICS)の開発」……………研究開発本部

◎当所の大型計算機に、原子力発電所の運転に必要な内外情報のデータベースとこれを活用するプログラムを構築し、全国の電力会社の端末機器を電話回線で結んで情報を交換するシステム、略称NICSを開発した。現在、このシステムによる、電力会社からの情報利用頻度は、月平均150件を数える。

- 原子力情報センター・統計解析担当課長・佐藤和正、同・横尾 健、同・統計解析担当課長・福本 弘（現在 企画部 企画調査担当課長）、同・情報分析担当課長・大野 忠行（現在 中部電力㈱）

「狛江事業所における危険物削減等に対する安全管理方策の提言と推進」……………狛江事業所

◎住居密集地域にある狛江事業所では、防火対策、危険物管理に厳しい条件が付与されている。これに対応して、主に薬品の管理については、コンピュータを使った全数管理方式とし効率化をはかり、危険物の量を大中に削減した。放射線管理においても創意工夫に基づく厳正な管理を行っている。また安全関係の種々の内規を作成し、これらは他事業所の参考となっている。これまで無事故の実績を保持してきたことは、安全管理方策の提言と推進に絶えず努力してきたことによるものである。

- 事務部 調査役・町田 忠夫

「接触燃焼用高性能触媒の開発とその耐久性の実証」……………エネルギー研究所

◎接触燃焼用的高性能触媒の開発に世界で初めて成功し、LNGの長時間燃焼試験によりその耐久性を実証した。接触燃焼法を適用することにより、燃焼器の小型化が図れるとともに、脱硝装置が不要となり、大中な経費節減が期待できる。当面はLNGガスタービンへの実用化を目指す。ガスタービンの高温化・低NOx化を可能にする技術としても、国内外から大きく注目されている。

- 環境部 陸域環境研究室・福沢 久、同・小沢 靖

「断層内物質を用いた断層活動時期の評価手法の開発」……………土木研究所

◎断層内の破砕状の物質を指標とする断層の活動時期を推定する手法を開発し、十分有効であることを立証した。この手法は、原子力発電所の耐震設計において、周辺の断層が活動性のものかどうかの評価に有効であり、実際に原子力地点の耐震設計ならびに安全審査資料に活用され、学会でも高く評価されている。

- 立地部 地盤地質研究室・金折 裕司

「交流電界の実験動物への無害性実証研究」……………生物研究所

◎交流電界の健康影響に関する動物実験において、供試動物として初めてハムスターを採用し、電界の長期的影響を検討できる独自の動物実験手法により無害性を立証した。これはわが国における唯一のデータであり、UHV送電線の環境影響評価に活用されている。

- 緑地部 動植物研究室・根岸 正

「ケーブルの地絡・短絡時におけるアーク現象の解明と対策」……………横須賀研究所

◎大容量ケーブルで、地絡・短絡故障が万一発生した場合を想定し、アーク現象や電磁機械力現象などに対して、種々の対策が有効であることを検証した。これらの試験結果を体系的にとりまとめた、この成果は、諸対策の基準の確立に寄与するものである。

- 試験研究部 大電流研究室・砂辺 欣也

「景観影響予測・評価手法の開発とその実用化」……………経済研究所

◎景観影響の子測評価という人間の美的感覚を、心理学実験等を通して客観的に判断できる体系的、総合的な予測評価手法を完成させた。この結果は、地元住民や関係省庁への説明資料として有効活用されている。この手法は、電力施設立地の環境アセスメントにおける有効なパブリック・アクセプタンス手段として使い得るだけでなく、電力施設の環境との調和、環境創造設計法として、今後、実用に供される可能性が大きい。

- 経済部 社会環境研究室・若谷 佳史、同・山中 芳朗、同・山本 公夫

はじめに

表彰審査委員会 委員長 常務理事 沼田 郁夫

世界のエネルギー情勢は、最近の原油の値下がりによって小康状態にあるものの、これは一時的な現象と考えられ、長期的には依然楽観を許しません。

特に、エネルギー資源の大半を他国に依存している我が国にとって、安定したエネルギーを確保するためには、将来を見通した着実な技術開発が必要です。

この技術開発の大部分は、多方面の分野の新技术を総合化して進められる大型で、かつ、業際的な技術開発であり、そのため、これまでの各専門分野の技術の延長だけではなく、これを総合化した研究が重要になります。

このような意味合いから、電気事業の研究開発を担当している当研究所としては、当所の待っている総力を結集し、将来、電気事業にとって役に立ち、社会に貢献できる課題を先取りして、鋭意、研究に取り組んでいるわけでありませぬ。

昨年度より、当研究所では、電気事業の、ひいては将来の経済社会の発展に寄与する貴重な研究成果をあげたものを顕彰し、職員の活力を一層高揚することにいたしました。

今年度はその2回目で、前回にひきつづき、表彰は理事

長表彰と各研究所の所長表彰の二本立てとしました。

選考にあたっては、電気事業の総合研究機関という立場から

- 独創性を発揮した研究成果であること
- 電気事業全体にかかわる諸問題の解決に

大きく寄与した研究成果であること

という観点で慎重に審議しました。

そして、理事長表彰には、「100万ボルト級（UHV）交流送電の実証研究」に関する研究成果を選びました。

その他、各研究所の所長の表彰は、本誌に収めているように、7件を選定し、表彰を行った次第であります。

これらは、いずれも将来にわたって電気事業の発展に寄与するもので、この成果が広く実用に供され、社会に貢献することを期待しております。



100万ボルト級(UHV)交流送電の実証研究……………電力研究所 送変電部 調査役 福島 充男… 8

1-1 研究の目的

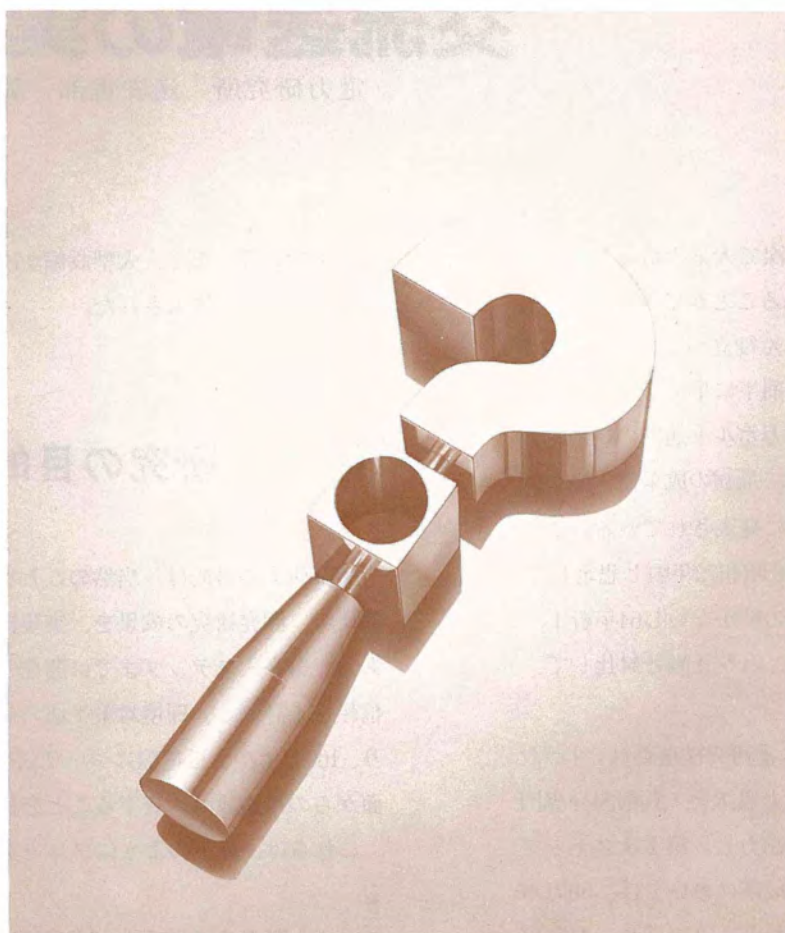
1-2 研究の実施体制

1-3 成果の概要

1-3-1 環境対策

1-3-2 絶縁設計

1-4 研究結果の効果



第 1 章

理事長表彰

100万ボルト級(UHV) 交流送電の実証研究

電力研究所 送変電部 調査役 福島 充男

UHV送電は、1ルートの送電線で大量の電気を長距離にわたって需要地まで効率よく送ることができ、国土の有効利用や送電コストの低減に大へん役立つ。当所におけるUHV送電の研究は昭和40年代の前半に早くもスタートしている。現在、最盛期を迎えた50万ボルト送電の技術開発が終了するやいなやの時点であり、最初の成果は、総合報告書第1号として、昭和47年4月に発表されている。この中で100万ボルト送電の実現時期を昭和72年頃と想定しているが、先般発表された東京電力の63年ないし64年着工、70年代後半以降100万ボルト運転という計画と対比して、当らずとも遠からずと言えよう。

昭和47年には、所内に「UHV送電研究推進委員会」が設置され、翌48年に発足した中央電力協議会・技術開発専門委員会「UHV開発推進委員会」に協力し、第1次ステップの基礎研究がスタートした。この段階においては、50万ボルト送電技術の開発過程で得られたデータの延長、およびUHV送電の研究が先行して進められていた、アメリカ、カナダ、フランス、イタリアなど諸外国における成果をもとにして検討が行なわれ、UHV送電線の概念設計も行なわれた。

第2次ステップの開発研究は、学識経験者、官庁、電力各社、メーカーを含めた全国的組織としての「UHV送電特別委員会」が、当所に設置され、昭和53年から開始された。この段階での広範な研究成果については、先の「電研レビュー第5号（昭和57年10月）」に詳しい。

そして、UHV送電技術開発の第3次ステップとしての実証研究が昭和57年より本格的にスタートし、昭和60年3月に所期の成果をあげて終了した。また、実証研究の終了と相前後して、東京電力より100万ボルト設計送電線の建設計画が発表され、その成果がタイミングよく活用されることとなった。実証研究においては、赤城試験センターに「UHV赤城実規模試験線」、UHV塩原実験場には「相間開閉サージ実験設備」、さらに、横須賀研究所には「UHV

霧中実験設備」など、大型設備が次々と建設され、研究費、人員も集中的に投入された。

1-1 研究の目的

実証研究の目的は、当然のことながら、これに先立つ基礎研究、開発研究の成果を、実規模設備で検証することである。第2次ステップまでに開発された、絶縁設計手法の信頼性を評価し、環境対策手法の効果を確認することにより、100万ボルト送電線について信頼性、経済性および環境面からの最適設計に資することを目的としている。

これらは、以下のようにブレイクダウンすることができる。

- コロナ騒音の予測手法、UHV送電用がいし・がい管の耐汚損設計手法など、第2次ステップで新たに開発した成果の実証。
- 相間開閉サージに対する絶縁設計手法など、海外で従来まちまちなデータが得られているものについての、実規模設備による確認。
- ラジオ雑音の予測法、風騒音対策法、対地絶縁設計法など、50万ボルト以下の送電線を対象とした技術を、100万ボルト送電線に延長適用することの妥当性の検証。

1-2 研究の実施体制

UHV送電特別委員会における開発研究の成果を受けて、中央電力協議会の依頼にもとづき、昭和57年12月、当所に学識経験者、官庁、電力各社、メーカーを含めた「UHV交流送電実証試験委員会」が設置され、これのもとに、プロジェクト研究として推進された。研究の実施は、電力研究

所が主体となり、横須賀研究所、エネルギー研究所、生物研究所の能力、技術を結集、総合化して推進した。

1-3 成果の概要

100万ボルト送電線の環境対策について検討し、コロナ騒音、風騒音、ラジオ雑音などが、50万ボルト送電線と同程度に抑制可能であることを実証した。また、絶縁特性を精細に調査し、絶縁設計の合理化による送電線の小型化が可能であることを実証した。

1-3-1 環境対策

100万ボルト送電線の環境対策については、50万ボルト送電技術の開発研究以来蓄積されてきた成果、UHVコロナケージなどの基礎実験設備による研究成果、および、海外における研究成果などをもとにして、概念設計検討が第2次ステップにおいて行われた。この結果、環境影響は、長年運転実績のある50万ボルト送電線と同程度に抑制可能であるとの予測がなされた。しかし、100万ボルト送電の実用化のためには、実規模設備による予測結果の実証と対策効果の確認、さらには、一層の経済性の追求が必要である。このため、赤城試験センターにUHV実規模試験線を設置して、環境対策に関する総合的実証研究を実施した。

(1) コロナ騒音

コロナ騒音 (Audible Noise) は、降雨時に電線に付着する水滴から発生するコロナ放電により、空間に放射される可聴音である。100万ボルト送電線には、図1-3-1のような多導体電線が用いられるが、これの導体数を多くするか、または、導体サイズを太くすることにより、コロナ騒音を減少させることができる。しかし、これは、電線重量、鉄塔強度、工事量の増加を招き、建設コストを上昇させるので、導体数とサイズの適切な選定により、コロナ騒音の防止と経済性とを協調させることが重要である。

アメリカにおいては、1960年代の後半に、50万ボルト送電線などにおいてコロナ騒音に対する苦情が発生し、このため早くから精力的な研究が開始されている。第1次ステップにおいては、これら海外における研究成果を有効に活

用するため、アメリカの電力研究所 (EPRI)、ゼネラルエレクトリック社 (GE)、および、ボンネビル電力庁 (BPA)、における、UHV試験線による実験に研究者を参加させ、データを入手して解析を行った。この結果、わが国の100万ボルト送電線のコロナ騒音を、50万ボルト送電線と同程度にするためには、電線を10導体にする必要があることが予想された。

しかし、第2次ステップにおいて、UHV塩原実験場にUHVコロナケージを設置して独自の検討を進めた結果、100万ボルト送電線用多導体電線のコロナ騒音は、海外のデータに比べてかなり小さいことが明らかとなった。このため、コロナケージによって得られたデータをもとにして、新たにコロナ騒音予測法を開発し、これにより、100万ボルト送電線の電線について再検討を行ったところ、8導体でも50万ボルト送電線と同程度に抑制できる見通しが得られた。海外のデータとの差は、騒音計規格の違いや系統周波数の差 (50Hz/60Hz) によるものであることも明らかとなった。

赤城試験線における実証試験結果は、図1-3-2に示すように予測値とよく一致し、100万ボルト送電線に8導体電線を適用できることが実証された。

(2) 風騒音

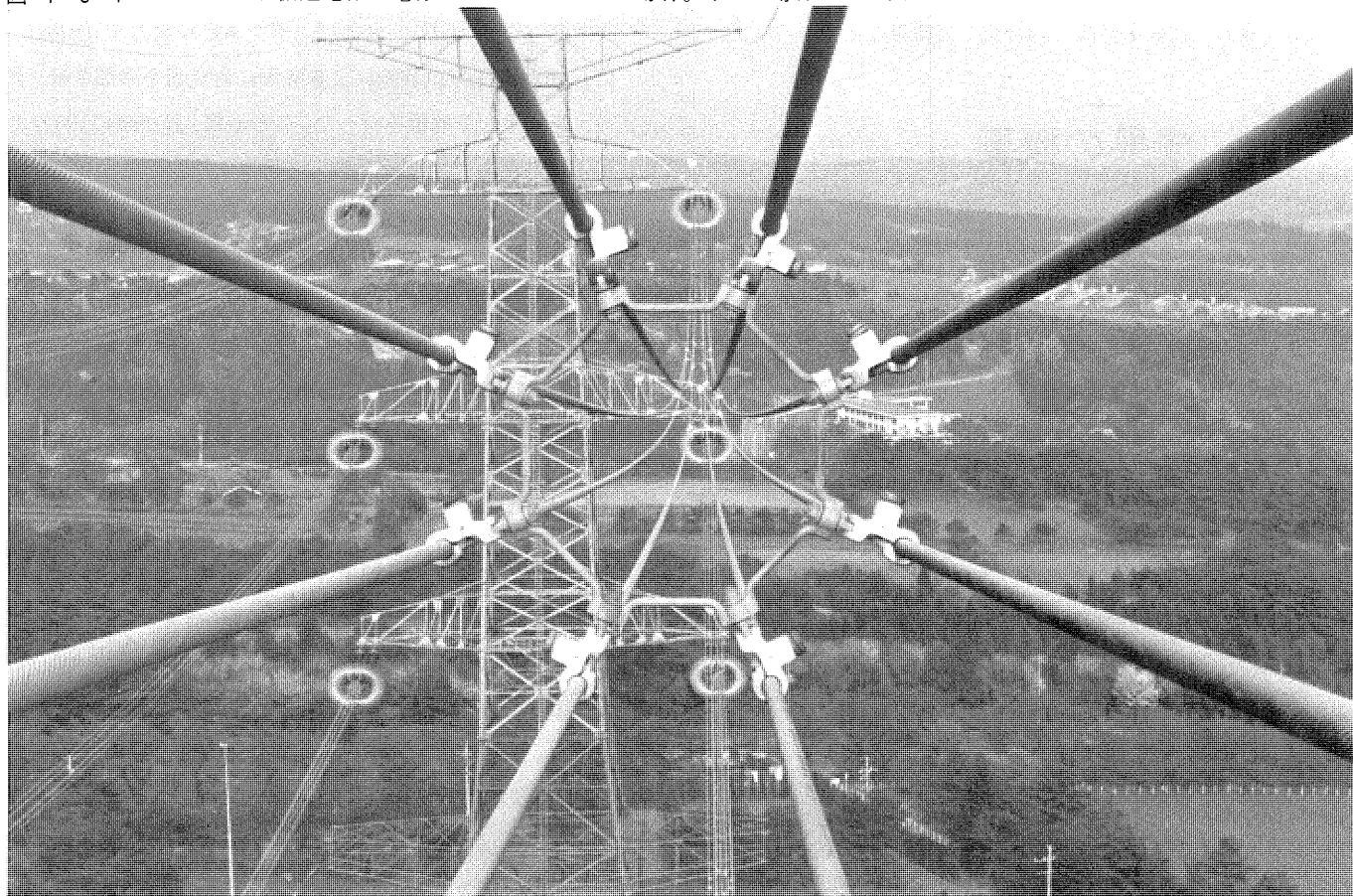
風騒音は、強風時に電線から発生する一種の風切音である。この防止対策としては、図1-3-1の10導体電線のようにスパイラル線を巻き付ける方法が効果があり、広く実用化されている。100万ボルト送電線においても、これと同様のスパイラル線を適用することにより風騒音がなくなることを確認することができた。また、風騒音の予測は、風洞実験によるデータをもとに行っているが、100万ボルト送電線についても、この方法が適用でき、スパイラル線による対策を行わないとき、風騒音がどの程度の大きさになるかなどの検討に活用できることが実証できた。

(3) ラジオ雑音

コロナ放電からは、先のコロナ騒音の他に電波雑音も発生する。この内、ラジオ受信に障害を与えるラジオ放送周波数帯の雑音をラジオ雑音 (Radio Interference) と呼んでいる。ラジオ雑音に関しては、50万ボルト送電技術の研究開発時に、当所において精力的な研究が行われ、予測手

図 1-3-1 100万ボルト級送電線の電線

上は8導体。下の10導体には風騒音対策用のスパイラル線が巻き付けてある。



法が既に開発されている。赤城試験線による実証研究においては、この手法を100万ボルト送電線に対しても延長適用できることを確認し、また、8 導体電線を用いることにより、ラジオ雑音を50万ボルト送電線以下に抑制できることを明らかにした。

(4) テレビ受信対策

テレビ放送における新技术の一つとして、衛星放送の実用化が進みつつある。これに対し適切に対処するために、100万ボルト送電線による衛星放送テレビ電波のしゃへいについて検討した。この結果、電波が電線により陰となる極く狭い範囲で、電波の強さが最大でも約30%弱くなる程度であり、理論計算による予測ともよく一致することが確認された。

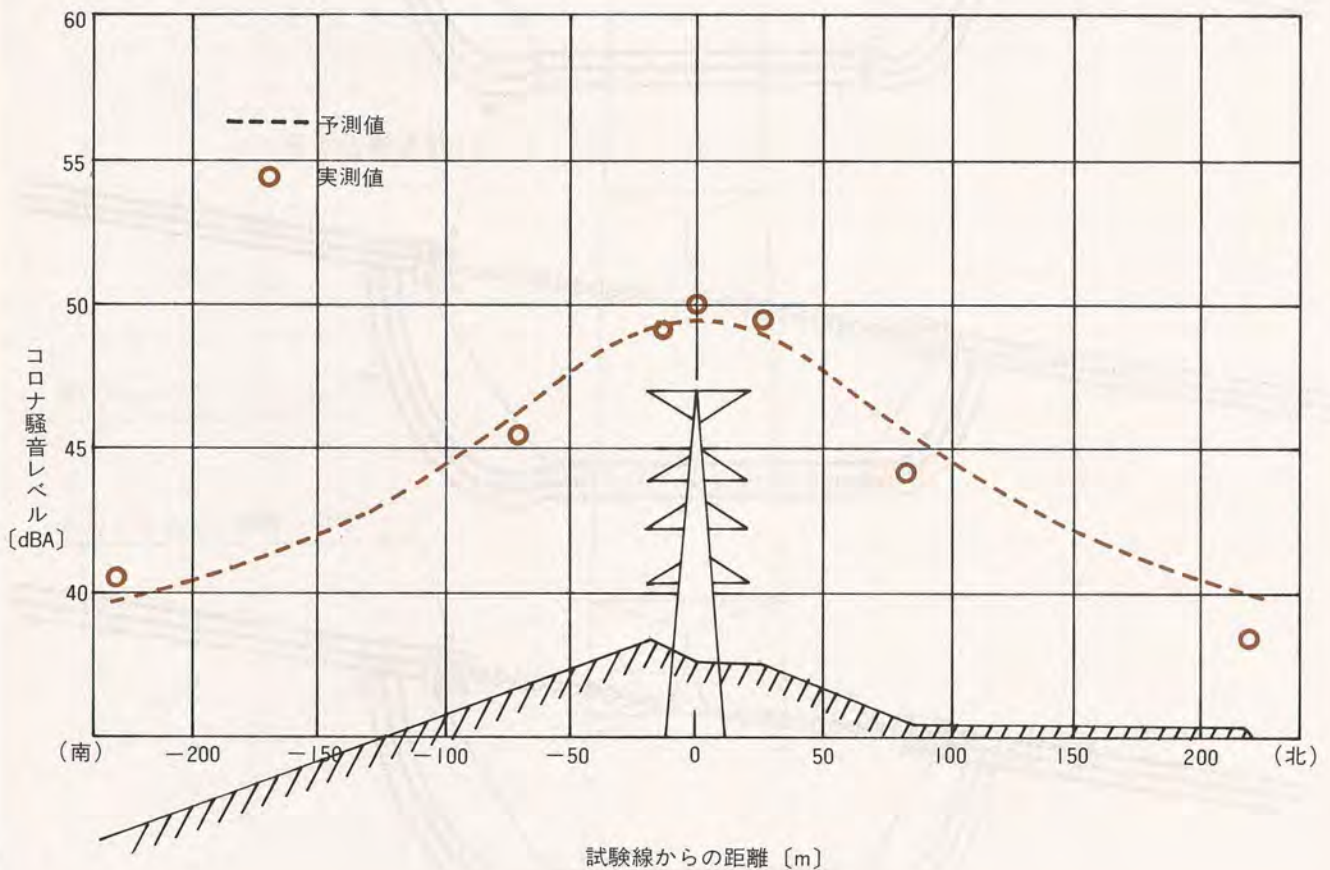
(5) 静電誘導

送電線の下で人がカサなどに触れたとき、静電誘導によ

る微小な放電が発生して、軽いショックを感じることもある。静電誘導については電線の地上高を決定する要因の一つとして、ラジオ雑音と同様に、50万ボルト送電技術の開発に際して種々の検討が行われた。100万ボルト送電線の静電誘導対策に関しても、基本的には50万ボルト送電線の対策と変ることではない。しかし、その後、大型計算機を用いた数値計算手法が進歩し、当時では精細な解析が困難であった3次元配置についての検討も可能となった。

送電線の下を道路が横断する場合に、通行者に対する静電誘導対策として、道路に沿ってしゃへい線を設置する方法が効果的である。この場合の対策効果を、当所で開発した3次元電界計算法により解析し、赤城試験線における測定結果とよく一致することを確認した。また、送電線下のバスやトラレーラなどに誘導される電流についても、50万ボルト送電線と同程度であり測定値と計算値とはよく一致した。以上のように100万ボルト送電線の静電誘導対策に、3

図 1-3-2 赤城試験線におけるコロナ騒音の測定結果と予測値の比較



次元電界計算法が活用できることを明らかにした。

1-3-2 絶縁設計

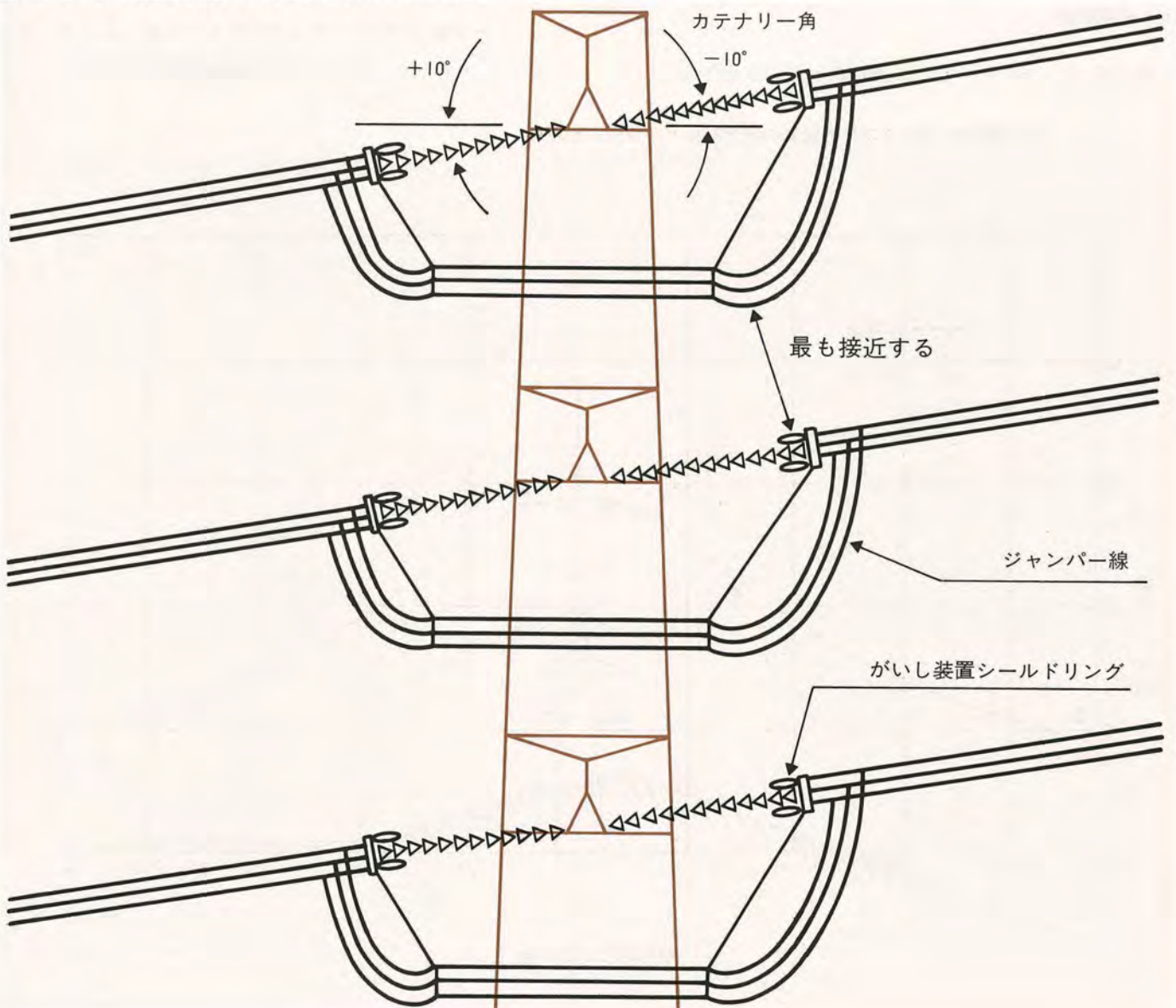
送電線によって電力を送るためには、電線など電圧の高い部分を確実に絶縁する必要がある。このために、空気中の絶縁間隔を十分に広くしたり(気中絶縁)、がいしを長くしたりすればそれだけ安全になるが、100万ボルト送電線では、これらによる鉄塔の大型化が経済性に大きな影響を与える。したがって、絶縁間隔とがいしの長さを必要最小限とし、できるだけ小さくする工夫が重要である。

(1) 気中絶縁

送電線では、しゃ断器の開閉時などに、瞬間的に高い電圧が発生することがあり、これを開閉サージと呼んでいる。気中絶縁は主として、この開閉サージに耐えるように設計される。

100万ボルト送電線について、第2次ステップで概念設計を行ったところ、図1-3-3のように、鉄塔のジャンパ線とその下側相のがいし装置のシールドリング間の絶縁が特に問題であり、この間隔が鉄塔の大きさの決定に際し、支配要因となることが判明した。この場合は、電圧の位相が異なる部分間の絶縁であるので、相間絶縁と称している。

図 1-3-3 高低差が著しい山岳地における相間絶縁



開閉サージに対する相間絶縁については、アメリカ、カナダ、フランスなどで実験が行われているが、図1-3-4に示すように、得られたデータには幅があり、これらを用いて設計するときには、安全側、すなわち、絶縁間隔が最大となるデータを採用せざるを得ない。またこの間隔には、ジャンパ線やシールドリングの形状の影響も大きい。

このため、相間開閉サージ実験設備をUHV塩原実験場に建設し、実際のジャンパ線やシールドリングを用い、開閉サージの大きさと必要な絶縁間隔との関係を詳細に調べた。この結果、海外のデータを用いた場合の絶縁間隔11m

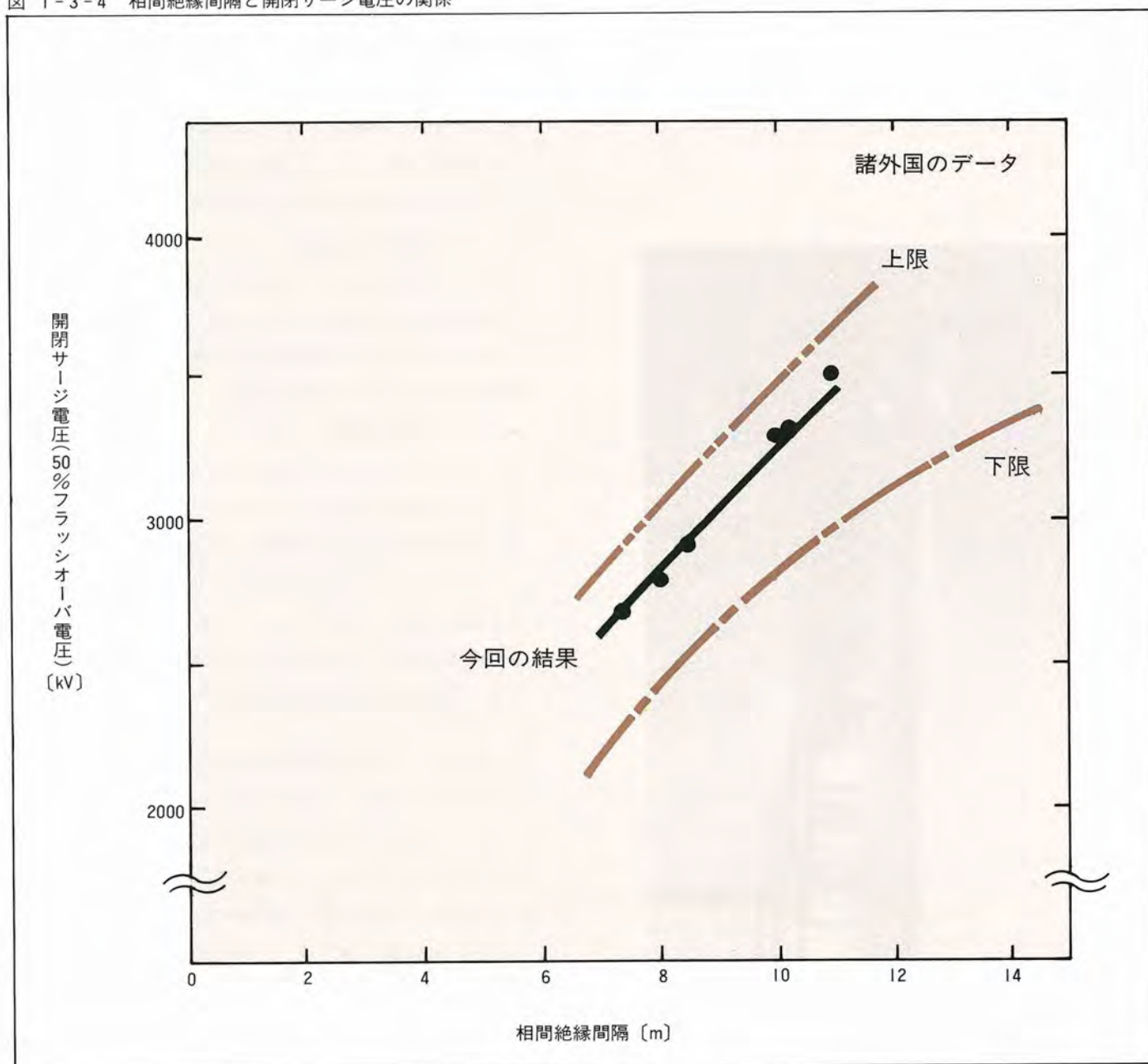
に比べ、約20%短い9mに縮小できることが明らかとなった。

また、電線など電圧の高い部分と、鉄塔など大地電位部分との間の絶縁（対地絶縁）に関しても、実際の形状について詳細に実験し、これまでの手法で十分信頼度の高い絶縁が可能であることを確認した。

(2) がいしの耐汚損設計

電線を鉄塔から絶縁して保持するためにはがいしが用いられる。がいしは、台風や季節風など厳しい気象条件にさらされることが多く、その表面に多量の塩分を含む汚損を

図 1-3-4 相間絶縁間隔と開閉サージ電圧の関係



受ける。そして、汚損したがいしが霧などによって湿潤すると、一時的に絶縁性能が低下することがある。

汚損による絶縁破壊（フラッシュオーバー）事故を防止するためには、がいしの汚損程度を把握し、その汚損程度におけるがいしの絶縁性能（耐電圧特性）を明らかにして、所要がいし長を求めることが必要である。特に、100万ボルト送電線では、使用されるがいしは大型で長大となるため、その絶縁性能を詳細に把握し、設計を合理化することが極めて重要となる。

このため、海外でもUHV級の大型長大がいしの絶縁性能について実験が行なわれているが、結果に重大な問題点が含まれていることが明らかとなった。すなわち、がいしの長さ絶縁性能との関係には非直線性があると海外の一部で発表されていることである。もしこれが事実であれば、100万ボルト送電線のがいしの長さは、電圧比例以上に大きなものとしなければならない。

図 1-3-5 がい管



この点を解明し、信頼性のある設計データを得るため、自然の湿潤状態を再現できるUHV霧中実験設備を横須賀研究所に建設し、100万ボルト送電用の各種がいしについて、汚損時の絶縁性能を詳細に調べた。この結果140万ボルト程度までの電圧では、絶縁性能とがいしの長さとの比例を確認でき、これらのデータをもとにして、がいしの汚損設計基準を作成した。

(3) がい管の耐汚損設計

変電所では、がいしの他に、電圧が高い部分を絶縁するために、図1-3-5のようながい管も用いられる。これまでの50万ボルト送電用と同じ形状のがい管を用いると、100万ボルトではその長さが14.5mにも達する。このため、がい管の笠の形状を工夫することにより、UHV用がい管が開発されている。本研究では、このがい管について、汚損時の絶縁性能を明らかにし、100万ボルト送電用がい管の長さは、約20%短い12mで良いことを実証した。

1-4 研究結果の効果

本研究の実施により、100万ボルト送電線の環境対策および絶縁設計手法を確立することができた。これにより、第2次ステップにおける概念設計と比較して、

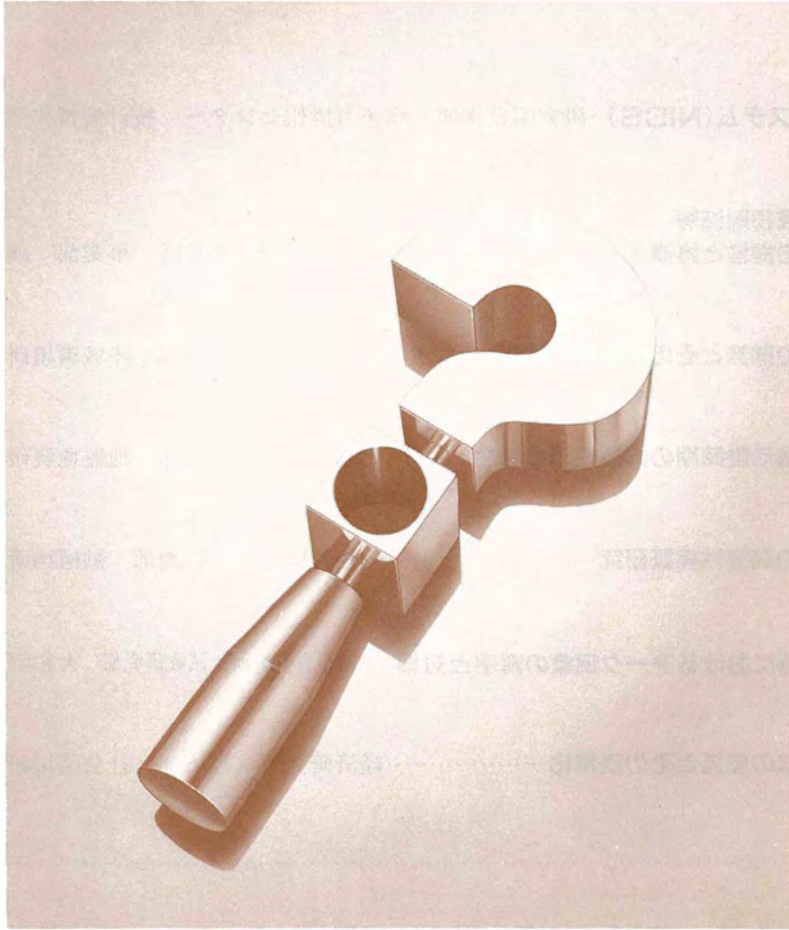
- 電線を10導体から8導体に減らし、
- 鉄塔の相間絶縁間隔を11mから9mに縮め、
- 変電所のがい管の長さを20%短縮することができた。

これらの結果を総合することにより、100万ボルト送電線の建設費を概念設計と比較して約20%低減することができる。すなわち、送電線の長さが200kmの場合のコスト低減は約600億円と試算される。

本研究の成果は、東京電力が建設を計画している100万ボルト送電線の設計に反映されている。

実証研究は、多勢の研究者が長年にわたって、積み重ねてきた創造と努力の、総仕上げと言える。これまでの成果にもとづく予測に十分な自信と責任を持ちつつも、「もし間違っていたら」とのスリルも満点であり予測通りの結果が得られた時の、乾杯の味もまた格別である。

しかし、常識や予測と違う結果が得られたとき、「しめた、もしや大発見では！」と胸おどらせる、基礎研究あるいは開発研究への新たな挑戦が、実証研究に参加した数十名の研究者にとって、今また始まっている。



第 5 章

各長表彰

第2章 各長表彰 ● 目次

2-1	NIC原子力発電情報システム(NICS)……研究開発本部 原子力情報センター 統計解析担当課長 佐藤 和正…17
2-2	柏江事業所における危険物削減等 に対する安全管理方策の提言と推進……………柏江事業所 事業部 調査役 町田 忠夫…21
2-3	接触燃焼用高性能触媒の開発とその耐久性の実証……エネルギー研究所 環境部 陸域環境研究室 福沢 久…24
2-4	断層内物質を用いた断層活動時期の評価手法の開発……………土木研究所 立地部 地盤地質研究室 金折 裕司…28
2-5	交流電界の実験動物への無害性実証研究……………生物研究所 緑地部 動植物研究室 根岸 正…32
2-6	ケーブルの地絡・短絡時におけるアーク現象の解明と対策……横須賀研究所 試験研究部 大電流研究室 砂辺 欣也…35
2-7	景観影響予測・評価手法の開発とその実用化……………経済研究所 経済部 社会環境研究室 若谷 佳史…40
	関連する主な研究報告書等……………44

2-1 NIC原子力発電情報システム (NICS)の開発

研究開発本部 原子力情報センター 統計解析担当課長 佐藤 和正

2-1-1 システム開発の 必要性及び経緯

I. システム開発の必要性

原子力発電所の稼働率のより一層の向上を図るためには、原子力発電所で起り得ると推測される事故・故障を極力未然に防止するとともに、事故・故障による停止時間を極力減少することが肝要である。

このため、機器の的確な予防保全による信頼性向上、機器故障の前兆の早期発見、故障時対策の迅速化など幾多の方策が検討されているが、これに対する有効な手段は内外の多くの原子力発電所の運転・保守等の経験情報を、電算機を駆使して十分に活用し、同一あるいは類以の事故・故障の発生を極力防ぐことであり、また万一発生した場合は過去の経験情報を生かして迅速に対処することである。

原子力情報センター(NIC)では、国内原子力発電所(32基)の事故・故障情報等は勿論のこと、米国の原子力発電運転協会(INPÖ)のニュークリア・ネットワークシステム(NN情報)や欧州発送配電事業者連合会(UNIPED)の原子力発電情報システム(USERS)を通じて、海外16ヶ国の原子力発電所(約236基)で発生した事故・故障等の情報が直ちに収集されている。

これらの膨大な経験情報を、当所及び国内電力各社が容易に利用できるようにするため、NIC原子力発電情報システム(NICS)の開発が推進された。

II. システム開発の経緯

NICは、昭和58年6月に設立され、その年

の10月にNICSの基本計画の検討を開始した。昭和59年4月に基本計画として、当所の大型電算機に内外原子力発電所の事故・故障情報等のデータベースとこれを活用するプログラムを構築すること、電力各社に設置する端末機より必要に応じ随時文書及び図面を検索し出力させる機能をもつこと、計算機に馴じみのない人でも容易に日本語で利用し得ること、電力会社相互間でも情報交換を可能とすることなどが決められ、そのシステム作りに着手した。昭和59年9月にNICSの試運用を行い、昭和59年10月から電力各社への本運用が開始された。

現在、当所の大型電算機と公衆電話回線によって結ばれている端末機は、全電力会社の本店・原子力部の10ヶ所と原子力発電所の5ヶ所及びNIC内の1ヶ所の合計16ヶ所である。

2-1-2 NICSの概要

I. ハードウェア構成 及びシステム構成

(1) ハードウェア構成

NICSのハードウェアの主な特徴は次の通りである。

(イ) 当所の大型電算機をホストとして、全電力会社に設置された端末機器(パソコン及びファクシミリ)と公衆電話回線で結んだネットワークシステムを構成している。

(ロ) 電力会社に設置された端末機は、多機能パソコンであり、計算機端末としての一般的機能のほか、ホスト電算機からの転送データ結果の保存、作表、グ

ラフ化も行える。また、ファクシミリは計算機に記憶された図面の出力に用いられる。

(ハ) データベースは多量の情報の記憶が必要なため、NIC専用として2.23ギガバイト(A4版で223万枚相当の記憶容量)の磁気ディスクを利用しているが、61年3月に更に大容量記憶装置として光ディスク(A4版で13.2万枚相当の記憶容量)を導入し、イメージスキャナから図面並びにFAX情報を入力している。

(2) システム構成

NICSのシステム構成を図2-1-1に示すが、この主な特徴は次の通りである。

(イ) 情報データを蓄積し、その検索・集計処理を行う「データベースシステム」とNIC及び各社間の情報交換を行う「情報交換システム」の二つのシステムで構成されている。

(ロ) システム全体に日本語のメニュー画面を採用し、電算機の知識がなくとも容易に利用できる。

(ハ) 情報は特定の利用者しか出力し得ないよう機密保持されている。

II. データベースシステムの機能

(1) 内外事故・故障情報等の

データベースシステム

図2-1-1に示したシステム構成の内、現在のデータベースは図2-1-1に示す各種の情報が蓄積されている。

国内の事故・故障情報は、昭和41年にわが国の原子力発電が運転開始して以来、法や規制に基づいて官庁に報告されたもの総

てが、日本語で原文のまま入力されている(昭和61年4月現在887件)。

海外の情報については、NIC設立以後入手した運転保守に関するINPO情報翻訳文(1113件)及びINPO情報の全英文(2106件)、LER情報(39,347件)、USERS情報翻訳(1985年1月からの入手情報199件)などが入力されている。

これらの情報の内、国内の事故・故障情報及びINPO情報翻訳については、43項目のキーワードをNICで付けており、これを用いて、分析や評価に必要な資料を得るための検索、分類集計、作図・作表、原情報・参考図出力などを行うことができる。

NICSの検索処理機能には、これらの機能に加えて、既定帳票として、事前に分類され作表されたものを出力する機能も含まれている。

(2) 設備データベースシステム

設備データベースは、国内原子力発電所の既設ユニット(25基)の工事計画書が入力され、「設備データの検索・処理システム」

(現在ポンプ、タービン、発電機の3機種を対象)と「工事計画書設備仕様ファイルシステム」の2つのサブデータベースから成っている。

「設備データの検索・処理システム」は、ユニット、機器、仕様項目、仕様内容等の複雑な検索を可能とし、その結果の表示、印刷、分類集計、参考図の出力ができる。

「工事計画書設備仕様ファイルシステム」は、工事計画書の記載内容を表示及び印刷するのみの単機能である。

(3) 信頼性システム

信頼性システムは、国内の総ての原子力発電所について、統一した対象機器を選定し、それらの機器の型式・仕様等を「技術データ」として入力しており、現在29基約4万個の機器が登録されている。

登録された機器に故障が生じた場合、故障の原因、状況、影響の範囲等が「機器故障調査表」として報告される。また、原子炉運転時間が報告され、これを機器の運転時間の近似値として用いている。

機器毎の故障件数を延べ運転時間から、機器毎の故障率の点推定値および信頼区間を算出する。

III. 情報交換システムの機能

情報交換システムは、ホストコンピューターと各電力利用者端末機器を用いた情報交換、情報伝達を行うシステムである。

コンピューターを利用したシステムであることから、情報を何度も取り出すことができ、更に情報を受け取る側ではコンピューターに保存・蓄積されている文書を目的に応じて編集することもできる。

情報を送る側では、一度の入力で複数の相手に情報を送ることができるなどの長所がある。

情報交換の方法として「文字情報交換」と「イメージ情報交換」の二つがある。

前者の文字情報交換システムでは、伝える情報は文字情報として、端末機よりコンピュータに入力するものであり、後者のイメージ情報システムはファクシミリにより図

図 2-1-1 NICSのシステム構成

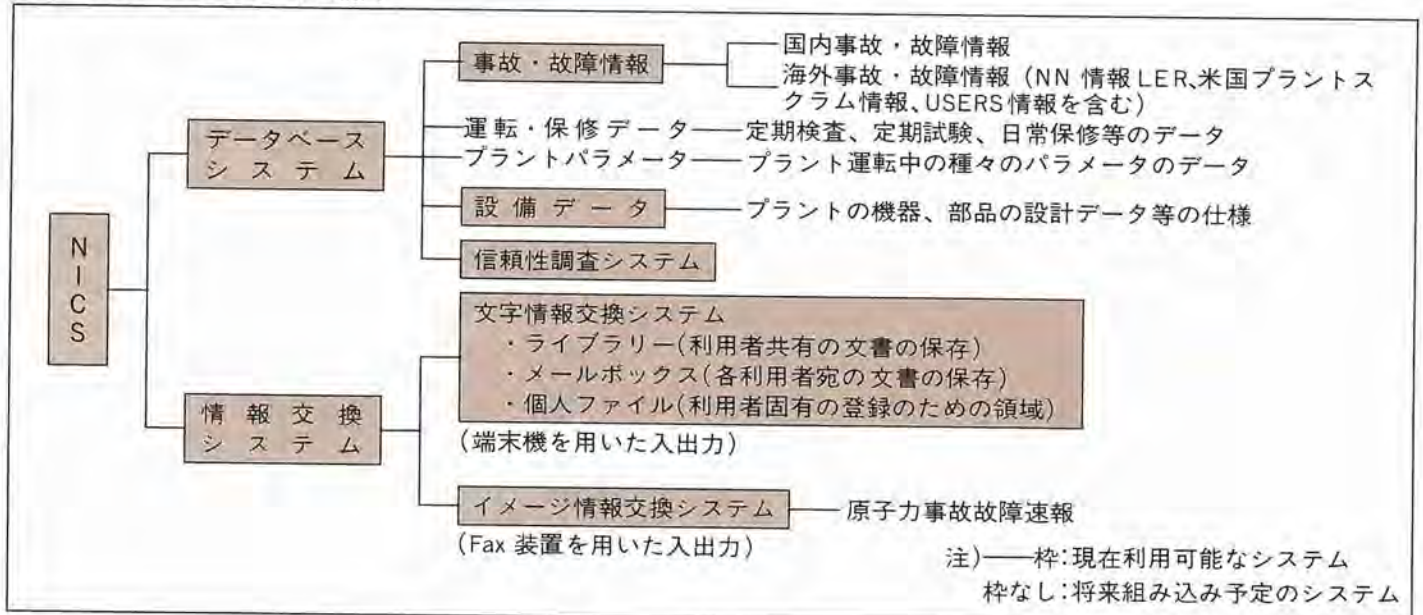
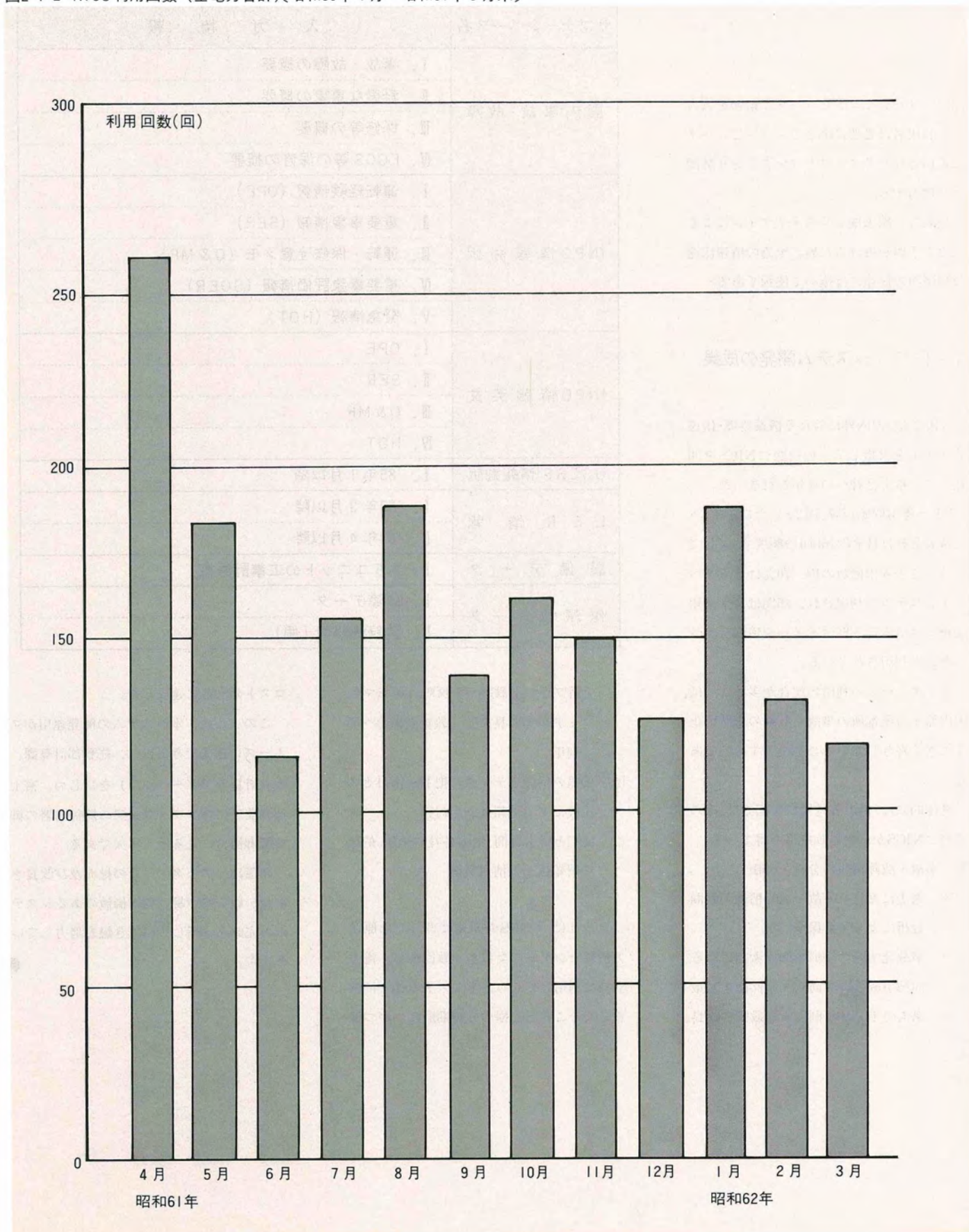


図2-1-2 NICS利用回数（全電力合計）〔昭和60年4月～昭和61年3月末〕



面のイメージでコンピュータに情報を入力し、利用者は必要に応じて、コンピュータに蓄積されたイメージをファクシミリ装置より出力する。

後者は、端末機よりのタイプインによる入力の手間が省けるため、至急の情報伝達及び図面の伝達には極めて便利である。

2-1-3 システム開発の成果

NICでは、国内外に誇れる情報処理・伝達システムを目指して、短期間にNICSを開発して、電力会社への運用を行なった。

NICS運用開始以降、図2-1-2に示すように電力会社は月平均160回の頻度で活用している。この利用回数の内、70%はデータベースシステムが利用され、25%は文字情報交換システム、5%はイメージ情報交換システムが利用されている。

データベースの利用の度合いが多いことは、国内原子力発電所の事故・故障の未然防止に大きく寄与していることを示すものである。

具体的には、電力各社及びNICでは、次の業務にNICSが活用され成果を得ている。

- (1) 事故・故障情報の分析・評価
 - (イ) 過去における事故・故障情報の傾向分析による予防保全対策
 - (ロ) 事故発生時の類似事例検索等による、同種事故の再発防止・未然防止対策
 - (ハ) 過去の不具合事例による設備の改良、

表 2-1-1 NICSデータベースに入力されている主な情報

サブデータベース名	入力情報
国内事故・故障	I. 事故・故障の概要
	II. 軽微な事象の概要
	III. 保修等の概要
	IV. ECCS等の保修の概要
INPO情報翻訳	I. 運転経験情報(OPE)
	II. 重要事象情報(SER)
	III. 運転・保修注意メモ(O&MR)
	IV. 重要事象評価情報(SOER)
	V. 緊急情報(HOT)
INPO情報英文	I. OPE
	II. SER
	III. O&MR
	IV. HOT
USERS情報翻訳	I. '85年1月以降
LER情報	I. '83年3月以降
	II. '83年4月以降
設備データ	I. 2.5ユニットの工事計画書
信頼性データ	I. 故障データ
	II. 登録機器数〔個〕

新プラント設計への反映、運転マニュアル等の見直し、教育訓練等への利用

- (2) 機器の信頼度データの把握と海外との比較による信頼度向上対策
- (3) NICと電力社間、電力各社の迅速、的確な情報伝達と情報交換

おわりに、NICSの開発に当っては原子力情報センターの全員が一致団結し、電力会社に利用してもらえるシステム作りに創意工夫をこらし、極めて短期間に、かつ低

コストのもとに達成した。

このように、本システムの開発運用がスムーズに達成できたのは、総務部計算課、電力計算センター(DCC)をはじめ、富士通㈱並びに㈱ソフトウェアの関係部署の御支援御協力によるところ大である。

今後は、データベースの拡充及び改良を重ね、更に使い易い利用価値のあるシステムの完成を目指して引き続き鋭意努力していきます。

2-2 狛江事業所における危険物削減等 に対する安全管理方策の提言と推進

狛江事業所 事務部 調査役 町田 忠夫

2-2-1 目的

昭和26年当時は多くの畑地で囲まれていた狛江事業所の周辺も、最近では人家密集地域に変貌してきており、特に狛江事業所は第二種住居専用地域であるため、他事業所より厳しい地域対応が迫られている。このような状況において、狛江事業所が研究機関としてこの地域で存続してゆくためには、火災・爆発その他の事故を一度でも起こすことの無いよう、十分な対策を立て安全を重視した管理を実施する必要がある。

近隣の居住者に影響を及ぼす事故等が発生させないため、狛江事業所においてはこれまで全所を挙げて各種の対策を実施し、幸いこれまで事無きを得ているが、事故発生確率を低下させて一層の安全を期し、将来にわたってこの地域との共存を図ることを目的として、所内保有の各種危険物を大幅に削減する方策を提言し、これを実施に移したものである。

2-2-2 内容

狛江事業所で研究遂行上使用または貯蔵している危険物は、大別して①石油類、②高圧ガス、③薬品類の三種類に分類され、これら危険物に係る法規として次の三法が施行されている。

- (1) 消防法（主に石油類および薬品類に関連）
- (2) 建築基準法（主に石油類、高圧ガスおよび薬品類の一部に関連）
- (3) 高圧ガス法（高圧ガスに関連）

この三法の、危険物の保有数量に対する規制には次の特徴がある。

- (1) 消防法 建物または防火区画毎に危険物の保有数量が定められてお

り、これを超える場合は届出または許認可となる。

- (2) 建築基準法 狛江事業所全敷地に対するの保有数量が定められており、これを超える保有はできない。ただし、この法律は建物についての法律であるので、地下埋設された危険物施設は規制対象外となる。
- (3) 高圧ガス法 建物別、ガス設備間の距離、配管の共有等に基づく区分単位毎での保有数量が定められており、これを超える場合は許認可となる。

狛江事業所としては前記目的に鑑み、昭和54年秋より各種方策を実行し、保有危険物の減量を推進したが、その主な推進事項は次の通りである。

I. 石油類に関する対策

狛江事業所の石油類としては、本館および第五実験棟の暖房用燃料油および燃焼実験用の燃料油がある。

一般にボイラーは高温高圧で使用し、比較的危険度が大きい。労働安全衛生法関係の規制が厳しく、毎月の自主点検以外に年1回の官庁検査が行われ、その維持、保守に多大の労力と費用を必要とする。

このことから、石油類に関しては次の対策を実行し、あるいは将来推進を検討すべく計画を立案した。

- (1) 屋外タンクで貯蔵していた本館暖房用と燃焼実験用燃料油は、第一次対策として地下タンクに収納し、屋外タンクを撤去した（図2-2-1 A、H）。

- (2) 以後、当所内の建物設置に際しての暖房は、全てヒートポンプ方式とし燃料油不要とした。

- (3) 昭和60年度、燃焼実験の終了とともに実験設備を解体、撤去し、あわせて実験用燃料油貯蔵地下タンクを廃止した（図2-2-1 A、C、D）。

- (4) 本館暖房用ボイラーの老朽化に従い、本館へのヒートポンプ方式の導入を図るとともに、将来第五実験棟の暖房もヒートポンプ方式に切り換えるべく計画を推進している。

これらの措置により、54年当時の200分の1に減量することができた。

II. 高圧ガスに関する対策

所内の高圧ガスとしては、実験用の各種ボンベガスが保有量の大半を占め、その他として冷却用の液体窒素タンクが2基設置されていた。また、都市ガスは食堂に配管されているのみで、本館および各実験棟用の燃料としてはLPGボンベによっていたため、LPGボンベが数多く構内に点在していた。

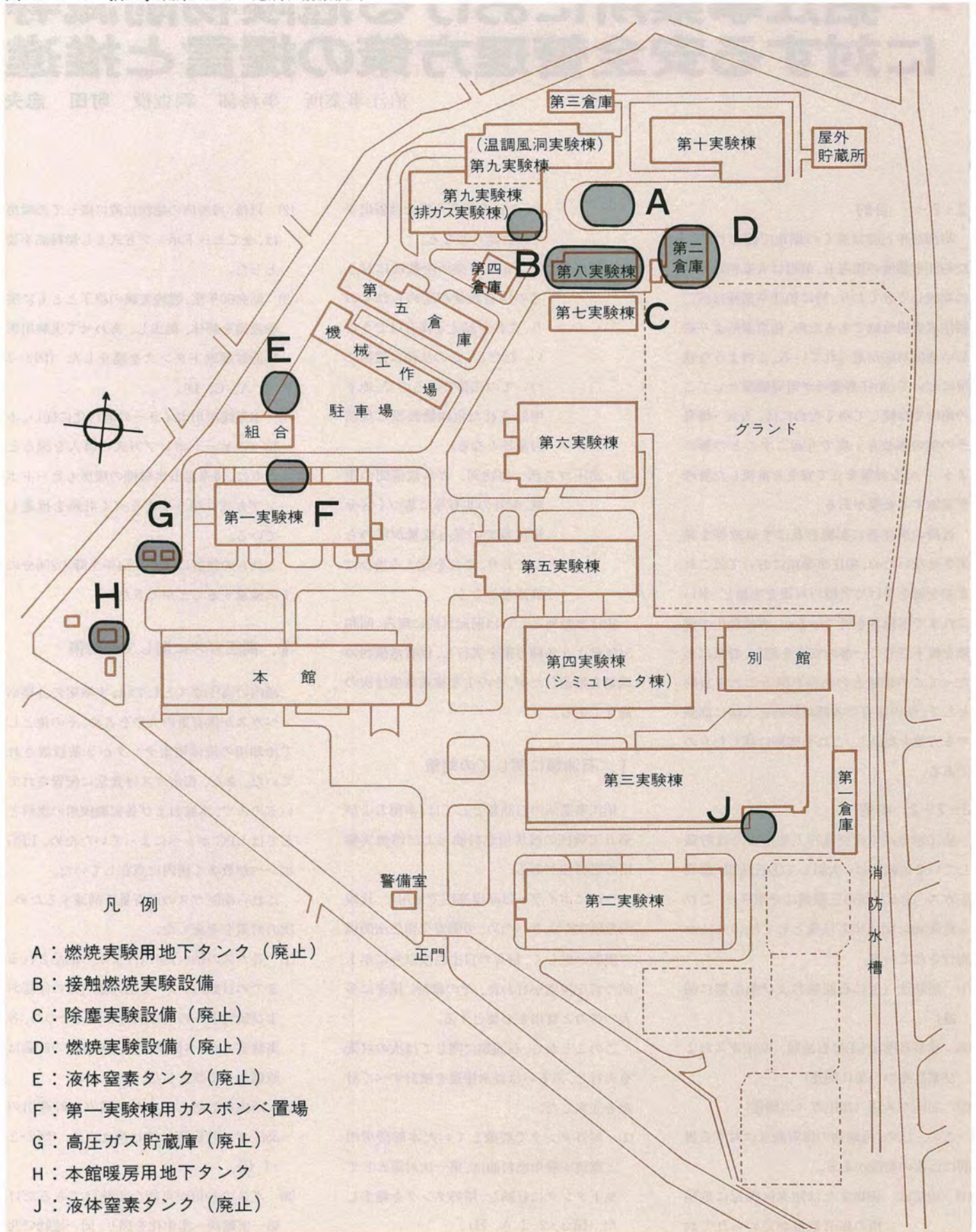
これら高圧ガスの保有量を削減するため、次の対策を実施した。

- (1) 各ガスの納入期日（注文から納品されるまでの日数）について納入業者との確認および研究室への周知徹底を図ったのち、各実験室、ボンベ置場での予備ガスの貯蔵は原則として禁止した。

- (2) 所内に設置していた予備ガス貯蔵用の高圧ガス貯蔵庫2棟は廃止した（図2-2-1 G）。

- (3) ガスの共用が可能な実験はできるだけ第一実験棟へ集中化を図り、同一建物で共

図 2-2-1 狛江事業所における危険物削減箇所



用配管による使用を推進し、ポンペの本数を減らした(図2-2-1 F)。

(4) 本館各階の給湯器をLPG用から電気湯沸器に変更した。

(5) 液体窒素タンクを廃止し、機器冷却用液体窒素は容器による定期購入方式に切り換えた(図2-2-1 E、J)。

(6) 接触燃焼実験用LPGガスの使用を取り止め、都市ガス配管に切り換えた(図2-2-1 B)。

(7) 61年度にコンピューターによる全数管理を実施し、使用量、使用頻度、その他の状況により、共用あるいはポンペの小容量化等による減量をさらに推進すべく計画を立案した。

これらの措置により、54年当時の64%に減量することができた。

Ⅲ. 薬品に関する対策

狛江事業所における薬品類は、多種類のものが各実験室に分散して使用・保管され、その実態把握が最も難しい危険物であった。

これまで狛江事業所においては、薬品について年1回全数調査を実施し、保有量の確認、一覧表の整備等を行い、さらに有害薬品についてはこれに加えて年1回、管理研究室長による有害薬品カードとの照合を実施して、余剰薬品の廃棄による危険物減量を推進してきた。しかし、この年1回の全数調査の間の管理としては、有害薬品購入時の薬品カードによるチェックを実施するのみであったため、年1回の全数調査の結果、毎年その都度、少量の薬品を法規に従って廃棄しなければならない状況が生じていた。

このため狛江事業所においては、薬品に関してコンピューターによる全数管理を実施することを計画した。ソフトの作成にあたっては、これまでの実態調査により次の条件を満足するよう考慮した。

表 2-2-1 消防法危険物の数量

類	品名	数量	類	品名	数量	
第一類	塩素酸塩類	50 kg	第四類	ぎ酸エステル類	200 ℓ	
	過塩素酸塩類	50 kg		メチルエチルケトン	200 ℓ	
	過酸化物	50 kg		アルコール類	200 ℓ	
	硝酸塩類	1,000 kg		ピリジン	200 ℓ	
	過マンガン酸塩類	1,000 kg		クロールベンゾール	300 ℓ	
第二類	黄りん	20 kg		第五類	第二石油類	500 ℓ
	硫化りん	50 kg			第三石油類	2,000 ℓ
	赤りん	50 kg			第四石油類	3,000 ℓ
	硫黄	100 kg			動植物油類	3,000 ℓ
	金属粉A	500 kg		硝酸エステル類	10 kg	
	金属粉B	1,000 kg	セルロイド類	150 kg		
第三類	金属「カリウム」	5 kg	第六類	ニトロ化合物	200 kg	
	金属「ナトリウム」	5 kg		第七類	発煙硝酸	80 kg
	炭化カルシウム (カーバイト)	300 kg	発煙硫酸		80 kg	
	りん化石灰	300 kg	クロールスルホン酸		80 kg	
	生石灰	500 kg	無水硫酸		80 kg	
特殊引火物	50 ℓ	濃硝酸	200 kg			
第四類	第一石油類	100 ℓ	濃硫酸	200 kg		
	さく酸エステル類	200 ℓ	無水クロム酸	200 kg		

すなわち、薬品保管場所としての実験室数は50室以下とし、そこで保有する薬品数は最大350種以下、薬品の区分は6種(毒物、劇物、特定化学物質、有機溶剤、消防法危険物、一般薬品)に限定する。特に消防法危険物については、その保有量が、届出不要の限界数量(表2-2-1に示す数量の5分の1)を超えないことを確認するため、上記限界数量に対する保有量の割合(保有率)を出力させ常時チェックできるようにした。

薬品のコンピューター管理の実施にあたっては、購入・譲渡・流用・廃棄等の都度、コンピューターへの入力が確実に実行されるようルールを確立し、関係者全員に周知した。

この方式実施以前の薬品類の整理・廃棄と、コンピューター管理による余剰薬品の廃棄等により、薬品類は54年当時の60%以下に減量することができた。

Ⅳ. 成果

これまでに実施した危険物の各種減量対策によって、所内の危険物量は対策推進前に比べて合計で20分の1以下に減量することができ、狛江事業所における危険度もそれだけ減少したものと考える。しかしながら、狛江事業所における危険物の減量という問題は、現在推進途中であり、これに関しての問題点はまだ多く堆積している。したがってこれからも電力およびエネルギー 両研究所の協力を得た上、さらに強力に推進して行きたいと考える。以上

(狛江事業所担当理事 千秋 信一 付記)

なお今回の表彰は、狛江事業所における各種危険物の削減方策の提言のほか、放射線管理の厳正化、安全関係内規の整備、防火管理の徹底等に対して行われたものであるが、最も問題点の大きい危険物の削減についてのみ述べたことを付記する。

2-3 接触燃焼用高性能触媒の開発とその耐久性の実証

エネルギー研究所 環境部 陸域環境研究室 福沢 久 小沢 靖

2-3-1 研究の目的

クリーンな燃料である液化天然ガス (LNG) を使用してガスタービンと蒸気タービンを組合せて発電する、いわゆる LNG 複合発電においても、ガスタービン燃焼器で LNG を燃焼する際に、空気中の窒素 (N_2) と酸素 (O_2) が高温域で反応して窒素酸化物 (NO_x 、サーマル NO_x) を発生する。このため、同発電プラントに排煙脱硝装置を付設して NO_x を 10ppm 程度に低減している現状である。

近年、新しい NO_x 低減技術として国内外で注目されている触媒の酸化促進効果を利用する接触燃焼法によれば NO_x の発生を 10 ppm 程度に抑制できる可能性があるため、その実用化を目標として研究開発が進められている。研究開発上の当面の最重要課題は長時間使用可能な触媒の開発であり、日本および米国の各研究機関でその開発が競われている。

本研究は接触燃焼法の LNG 複合発電プラント・ガスタービン燃焼器への適用を目標に、接触燃焼用的高性能・高耐久性触媒の開

発を目的として実施された。

2-3-2 研究の内容

LNG 用接触燃焼器の概念図を図 2-3-1 に示したように、接触燃焼法は、図 2-3-2 に例示する触媒を内蔵した燃焼器へ燃料と空気の混合気を通じ、触媒の酸化効果によって燃料を無炎で燃焼させる方法である。以下に本研究の内容を紹介する。

I. 接触燃焼の特徴

プロパンおよび天然ガス (都市ガス) の接

図 2-3-1 接触燃焼器の概念図

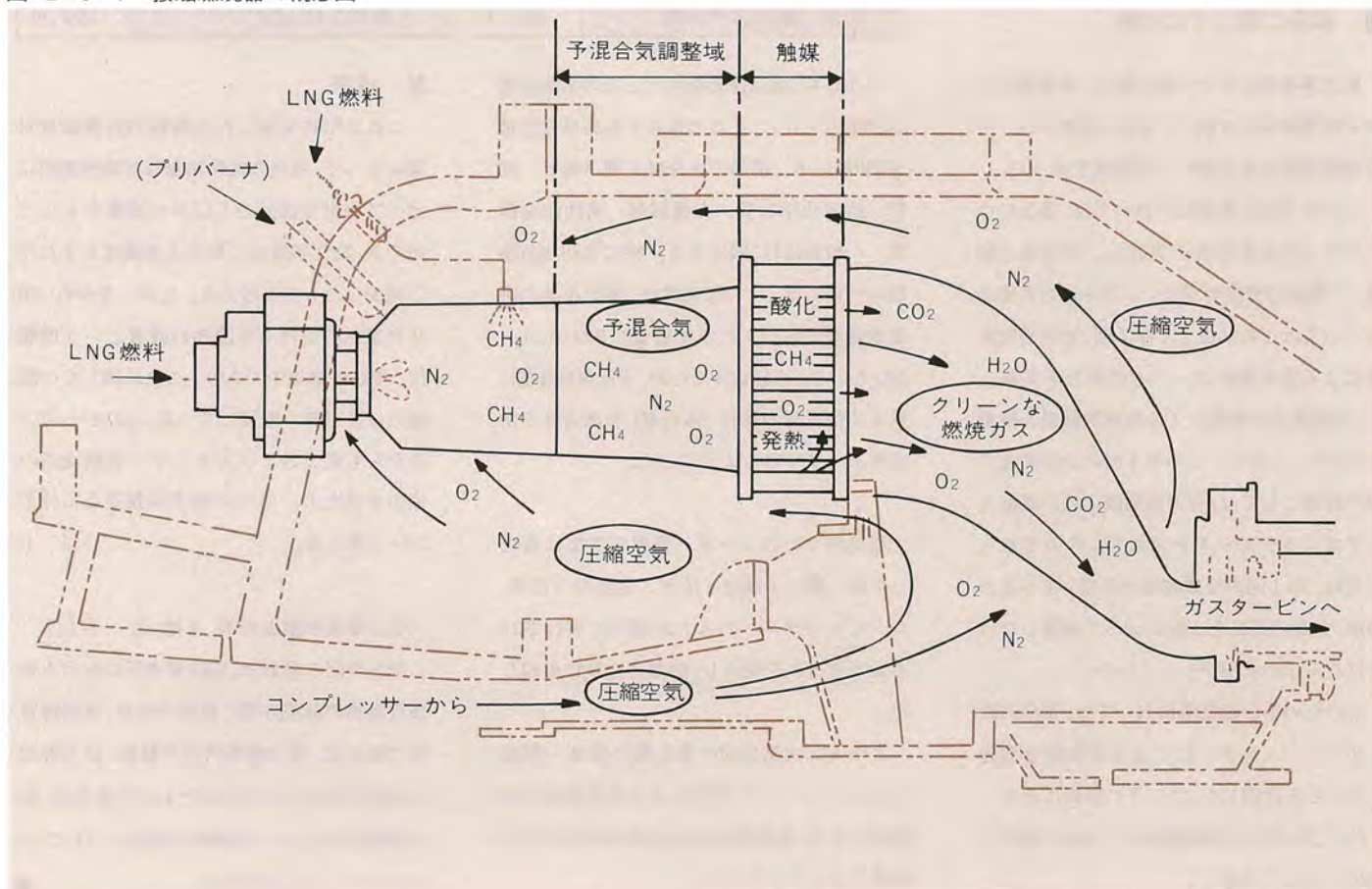
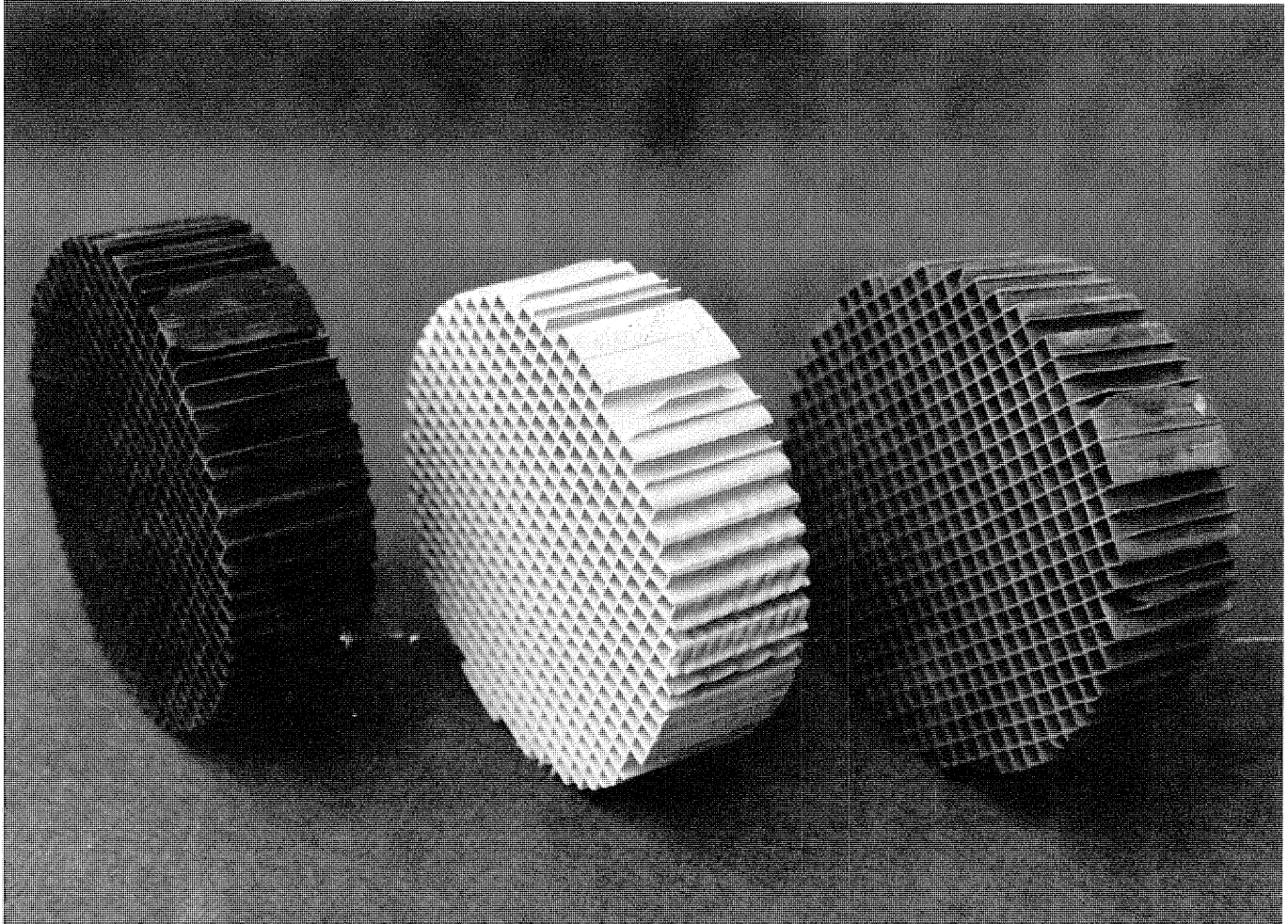


図 2-3-2 燃焼試験を行った各種の触媒



触燃焼試験の結果、

- i. 通常の炎燃焼では燃料が高温の火炎内で完全酸化されるのと比較して、接触燃焼では触媒の働きによって低温度で燃料の完全酸化が可能であり、かつ、燃焼ガス温度の均一性が高い。
- ii. 燃焼温度は燃料と空気の混合比を変化させることによって、容易に調節できる。
- iii. NO_x 生成量は燃焼温度の上昇とともに増加するが、極微量である。
- iv. 未燃炭化水素(UHC)はほとんど残存せず、一酸化炭素(CO)の生成も微量であることから、燃焼効率がほぼ100%と高い。
- v. 触媒の単位容積当りの燃料の燃焼可能量(容積燃焼率)は常圧下においても大きく、かつ圧力の上昇とともに増加することから、燃焼器の小型化が図れる。

などの接触燃焼の特徴が明らかになった。また、各種ガス燃料の接触燃焼の容易さは、メタン、天然ガス<プロパン<一酸化炭素<水素の順に高くなることも明らかになった。

Ⅱ. 試作触媒の初期性能

接触燃焼用触媒として具備すべき条件として、

- i. 耐熱温度性、耐熱衝撃性に優れていること。
 - ii. 圧力損失が小さいこと。
 - iii. 耐燃焼振動性に優れていること。
 - iv. 広範な燃焼条件下で高性能、かつ長寿命であること。
- などが挙げられる。

本研究では、上記の観点を考慮して耐熱性

セラミックスのハニカム担体に活性成分を担持した約200種類の触媒を試作し、その初期性能をプロパンの常圧燃焼試験によって評価した。燃焼試験結果の一例を図2-3-3に示したように、白金(Pt)、パラジウム(Pd)、ロジウム(Rh)などの貴金属触媒は燃焼温度1,000~1,500°Cで、UHC残存濃度0 ppm、CO生成濃度0~6 ppmの高い初期性能を示した。さらに、 NO_x 生成濃度は1,400~1,500°Cで7~12ppmであったが、1,300°C以下では7 ppm以下であった。数多くの金属酸化物触媒の中で、コバルトおよびクロムの酸化物触媒は最も優れた初期性能を示したが、その性能は貴金属触媒よりも著しく低かった。また、貴金属と金属酸化物を組合せた貴金属系触媒は貴金属触媒とほぼ同程度の高い初期性能を示した。

また、貴金属触媒および貴金属系触媒はいずれも、プロパンよりも著しく化学的反応性の低いメタンを主成分とする天然ガスの燃焼試験において高い初期性能を示した。しかし、これらの貴金属（系）触媒の中でも、パラジウム（系）触媒は最も優れた安定燃焼性を示すことが明らかになり、同触媒がLNGの接触燃焼用として最適であると考えられた。

Ⅲ. 担体の耐熱性

接触燃焼用触媒の開発に際して、触媒材料、とくにセラミックスのハニカム担体の耐熱性（耐熱温度、耐熱衝撃性など）は重要な検討課題となる。すなわち、担体の耐熱温度が低いと高温下で使用できず、また耐熱衝撃性が低いと割れを生じ、触媒の継続使用が不可能になる。このため、ハニカム担体に白金を担持した触媒によるプロパンのDSS (Daily Start Stop) 常圧燃焼試験を行い、担体の耐熱性について予備検討した。

その結果、燃焼温度1,100℃、DSS72回（延べ燃焼時間：500時間）および1,300℃、DSS26回（延べ200時間）のいずれの試験においても、触媒は安定な燃焼状態を維持し、試験後触媒にはクラックや割れの発生および変形がみられなかったことから、担体は優れた耐熱性を有していることが確認された。

しかし、1,500℃での5回目のDSS試験（延べ25時間）において、触媒が割れ、かつ欠け落ちたため、以後の試験は継続できなかった。今後、1,500℃の超高温下でも長時間使用可能なハニカム担体の開発が待たれるところである。

Ⅳ. 高性能・高耐久性触媒

LNGの接触燃焼用として試作したパラジウム触媒の性能および耐久性を評価するために、燃焼温度1,300℃での天然ガスの連

続的常圧燃焼試験を実施した。

試験中の燃焼器内温度と燃焼ガス性状の経時変化を図2-3-4に示したように、燃焼器内の燃焼ガス温度はほぼ一定であったが、触媒層温度は試験時間の経過とともに低下する傾向であった。触媒層温度の変化傾向から、供試触媒による天然ガスの燃焼反応は、試験開始（あるいは再開）直後には触媒層での接触酸化反応のみで完結したが、試験時間が経過すると、低温度の触媒層での接触酸化（あるいは接触分解）反応と触媒層下流での気相酸化反応とによって完結したと考えられる。この燃焼反応から、低温度の触媒層で容易に気相酸化される反応中間体が生成し

ている可能性があると考えられる。また、触媒層の低温化によって、触媒の性能、耐久性に対するシンタリング現象などの熱的影響が著しく緩和されると考えられる。

図2-3-4から明らかのように、供試触媒は広範な条件下において、NO_x生成濃度3～8 ppm、CO生成濃度0～6 ppm、UHC残存濃度0～2 ppmの安定な燃焼状態を5,000時間持続した。試験後触媒には、一部にクラックの発生がみられるものの、割れや変形はみられなかった。また、図2-3-5に例示したように、試験前後において触媒の表面状態が変化するとともに、触媒の比表面積は約90%減少していた。

図 2-3-3 貴金属触媒の初期活性

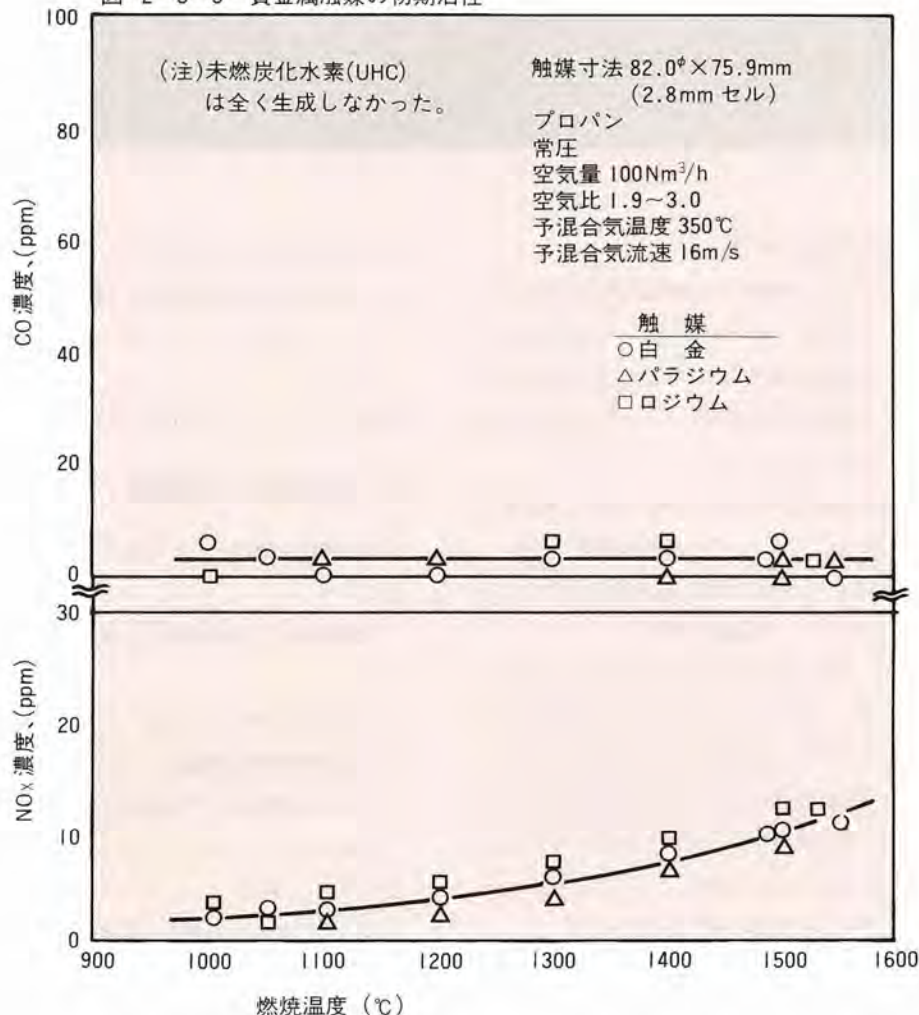
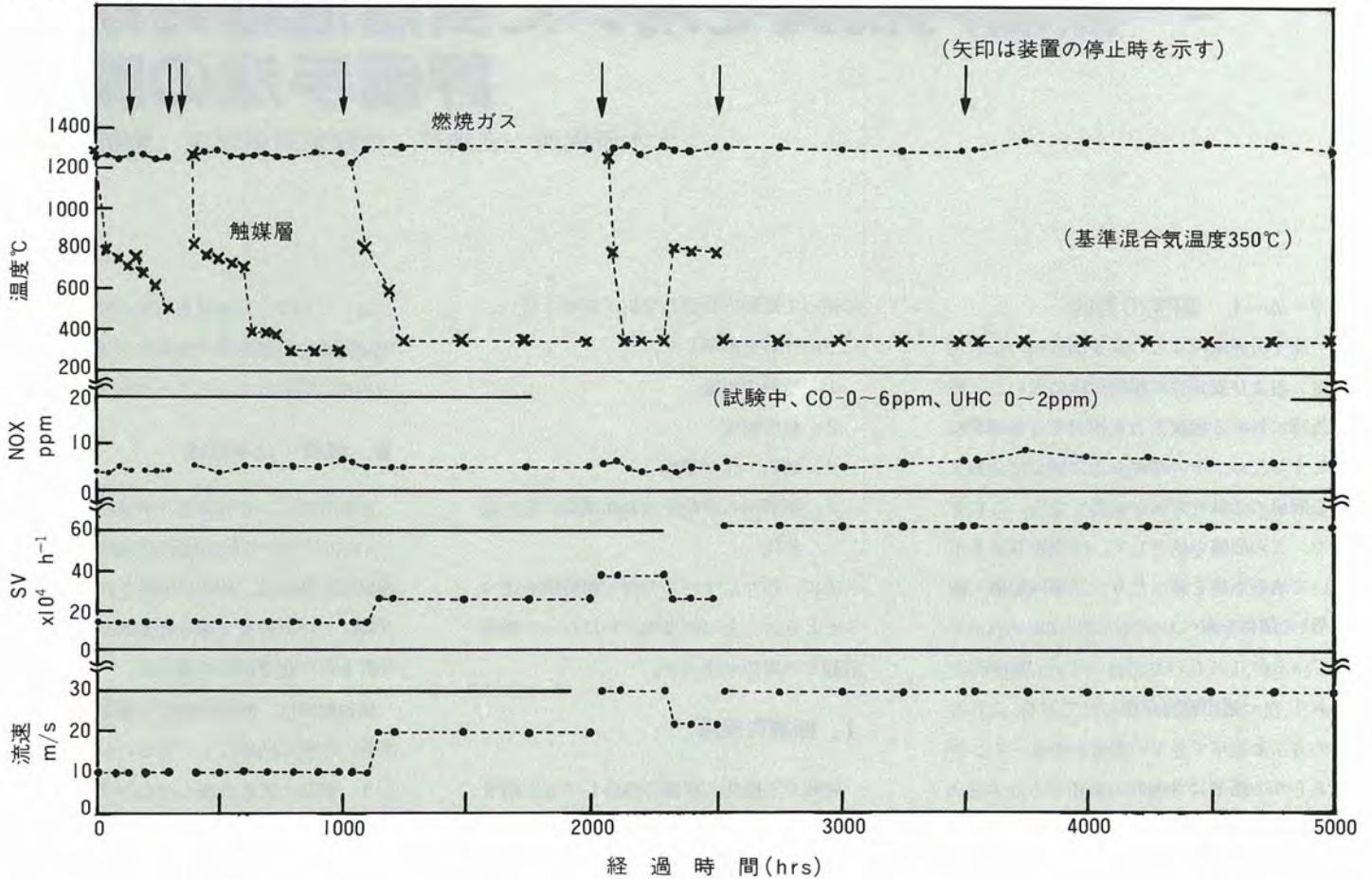


図 2-3-4 天然ガスの接触燃焼試験結果



以上のように、天然ガスの常圧燃焼試験において、触媒性状変化を生じるものの、供試触媒は触媒層下流での気相酸化反応を伴う接触反応を励起して、長期間、高性能かつ高耐久性を示すことが確認された。すなわち、供試触媒はLNGの接触燃焼用として、長時間使用可能な触媒であると考えられる。

2-3-3 研究成果とその寄与

本研究において、接触燃焼法の特徴とし

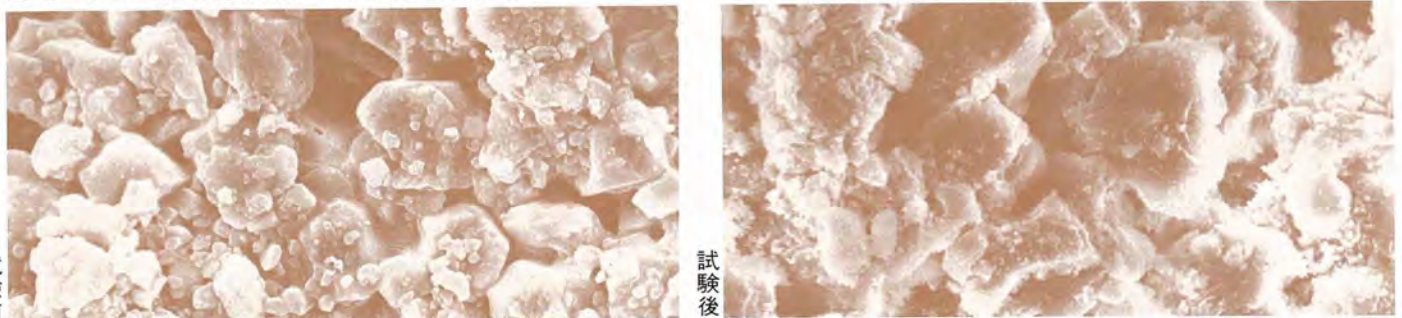
て、燃焼効率が高く、燃焼器の小型化が図れる新しい低NO_x燃焼法であることを明らかにした。また、国内外に先がけて実施した天然ガスの長期燃焼試験で、試作触媒がLNGの接触燃焼用として長期間使用可能な高性能・高耐久性触媒であることを実証した。この成果により、接触燃焼法の実用化が一步前進した感がある。

接触燃焼法の実用化に際しては、触媒の改良、担体の大型化と耐熱性、加圧燃焼下での

触媒性能、実機への適用技術および実規模燃焼器による実証試験、などについて、今後、さらに検討しておかねばならないが、試作触媒の性能に基づく接触燃焼器の開発が待たれる。

接触燃焼法をLNG複合発電プラント・ガスタービン燃焼器へ適用した場合、排煙脱硝装置の節減によるコストの低減化に寄与することが期待される。

図 2-3-5 燃焼試験前後における触媒表面変化



試験前

試験後

2-4 断層内物質を用いた断層活動時期の評価手法の開発

土木研究所 立地部 地盤地質研究室 金折 裕司

2-4-1 研究の目的

原子力発電所などの重要構造物の位置選定、および安定性の検討段階において、構造物に対する地震入力を検討する基礎資料とするため、その基礎および周辺に分布する断層の活動性評価が必要となる。これまで、この評価方法として、(1)空中写真を用いて地形形態を調べたり、(2)第四紀層と断層との関係を調べたりする方法が用いられてきているが、これらの方法はいずれも間接的であり、かつ適用範囲が限られており、これらの方法を適用できない断層もある。そこで、あらゆる断層に普遍的に適用できる方法の開発が急務とされた。

これまで当所では、ダム、水路トンネル、発電所などの電力構造物の基礎調査を通じて、断層はその規模の大小にかかわらず常に“断層内物質”を伴っているという知見を得ており、これらの基礎の安定性の検討に重要な物質であることを明らかにしてきた。この断層内物質は、粘土や角礫などから構成されており、断層の活動によって生成し、その後風化・変質および再活動を受けて形成されたものである。したがって、この断層内物質の性質に注目し、断層内物質を分析・解析することにより種々の性質を明らかにすることができれば、断層の活動時期に関する資料を得ることができることになる。この観点から、断層内物質を手がかりとして断層活動性評価手法の開発に関する研究を行った。

2-4-2 研究の内容

断層内物質の分析・解析をする上で図2-4-1に示す流れ図を新たに考察し、それ

に従って断層内物質の分析・解析を行い、以下の性質を解明した。

1. 断層内組織
2. 粒度組成
3. 鉱物・化学組成
4. 断層内石英粒子の表面構造とESR年代

次に、各々について分析・解析法を述べるとともに、その結果明らかになった断層活動との関係を述べる。

I. 断層内組織

現地で不撓乱の状態で採取してきた断層内試料を肉眼や拡大鏡、軟X線撮影装置で内部組織を観察する。

断層内組織の違いから断層が生成した時の破壊条件が流動破壊であったか、ぜい性破壊であったかを調べることができ、断層の生成深度の目安を知ることが可能となった。また、岩盤との境界面に存在する細粒のフィルム状粘土を詳細に調べることによって断層の最新の活動時期に関する資料も得られる可能性がある。

II. 粒度分布

断層内試料について、日本工業規格(JIS)に基づき粒度分析を行う。粒度分析結果から、粒度一加積曲線を作成する。

粒度 加積曲線のピークの位置、分散等に注目すると、新しい断層ほど粗粒側にシャープなピークを持ち、風化・変質が進行していくにつれ分散が大きくなり、古い断層では細粒側にピークを持つようになる。また、2つのピークが認められるものもあり、再活動や母岩からの粒子の混入を示唆

する。このように断層内物質の粒度分布曲線は断層の活動時期や断層内の風化・変質の程度に関係していることがわかる。

III. 鉱物・化学組成

粒度分析により分級された試料のうち、 2μ 以下についてはX線回折装置を用い鉱物組成を調べる。同時に分級された各々の試料について蛍光X線分析装置を用い化学分析を行い化学組成を調べる。

鉱物組成は、断層内物質の強度や風化・変質の程度に関係していることが明らかになり、風化・変質の進んだものほど母岩に含まれない粘土鉱物を多く含んでいる。断層内における風化・変質による物質の移動を評価することを目的として実施する。

IV. 断層内石英粒子

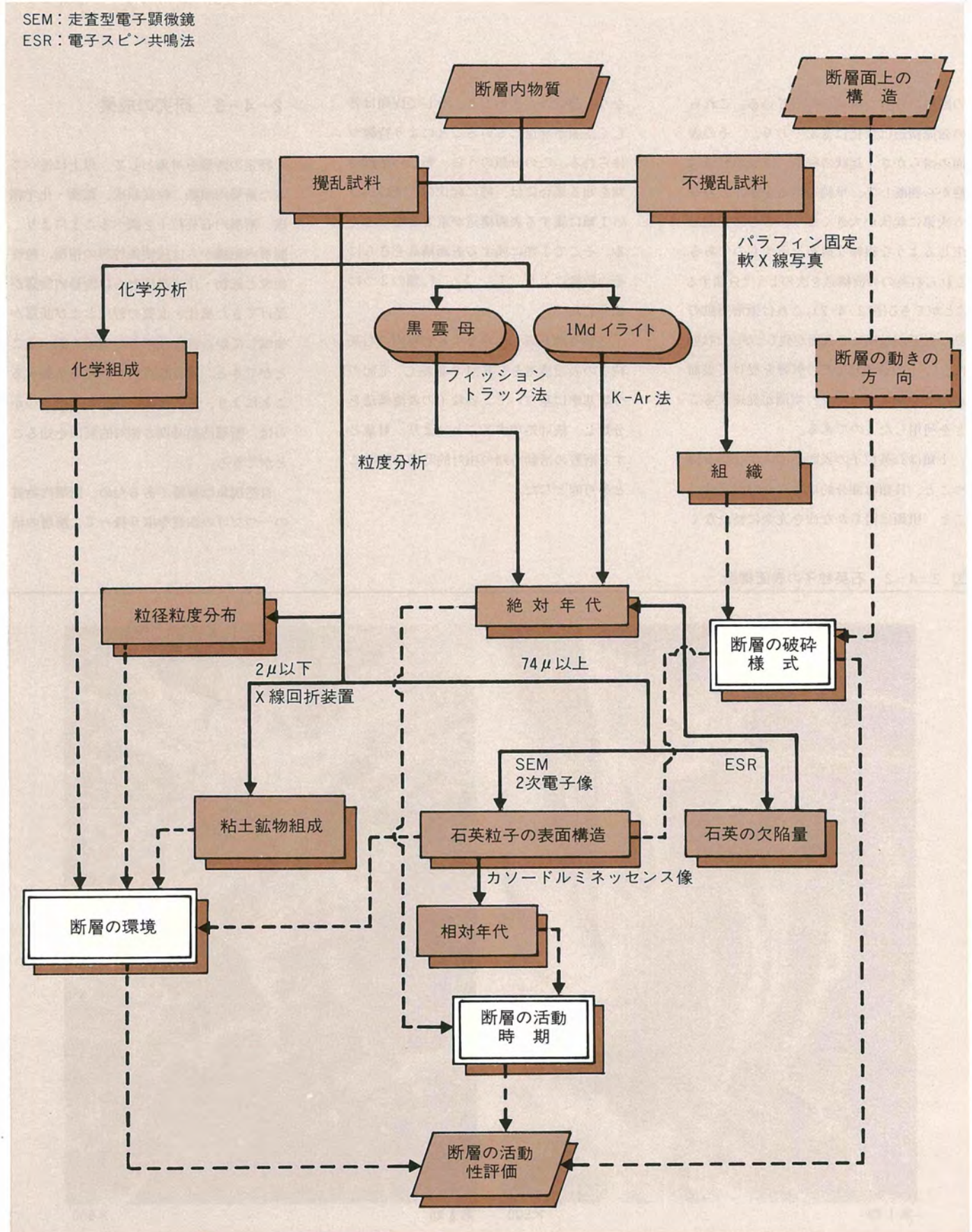
断層内物質には、母岩中の石英が断層活動時に破断され形成された石英粒子が普遍的に存在する。この石英粒子に着目して、断層内物質から石英粒子を選別し、走査型電子顕微鏡(SEM)を用い、2次電子像による微細な表面構造を調べる。精度良く分類するための一つの手段として、電子ビームを受けることにより得られるカソードルミネッセンス像を調べるために、新たに装置を改良した。また、同じ石英粒子を試料として電子スピン共鳴法(ESR)によりESR年代を調べる。カソードルミネッセンス像による分類、ESR年代測定については、現在研究中であり、ある程度の見通しが得られている。

表面構造

断層内石英粒子の表面構造は、それぞれ

図 2-4-1 断層内物質の分析・解析流れ図とその解析目的

SEM：走査型電子顕微鏡
ESR：電子スピン共鳴法



の断層に特有な構造を持っている。これらの表面構造は変化に富んでおり、その表面の滑らかさ、起伏の程度、空洞の発達状態から判断して、単純な構造を示すものから次第に起伏が大きくなり、さらに空洞を生じるような複雑な構造を示すものである。これら石英の表面構造を次のように分類することができる(図2-4-2)。これは断層運動の際に石英が破断して表面が鋭くがった状態になり、その後風化などの影響を受けて表面がなだらかになったり、空洞が発達することを利用したものである。

I類は石英粒子の表面が滑らかな面を持つこと、II類は部分的に滑らかな面を持つこと、III類は滑らかな面を完全に持たなく

なり、起伏が大きいこと、そしてIV類は著しく空洞が発達していることにより特徴づけられる。この分類のうち、新しい活動時期を知る場合には、特に起伏の程度の小さいI類に属する表面構造が重要となってくる。そこでI類に属する表面構造をさらにその特徴により、I_a、I_b、I_c類の3つに細分した。

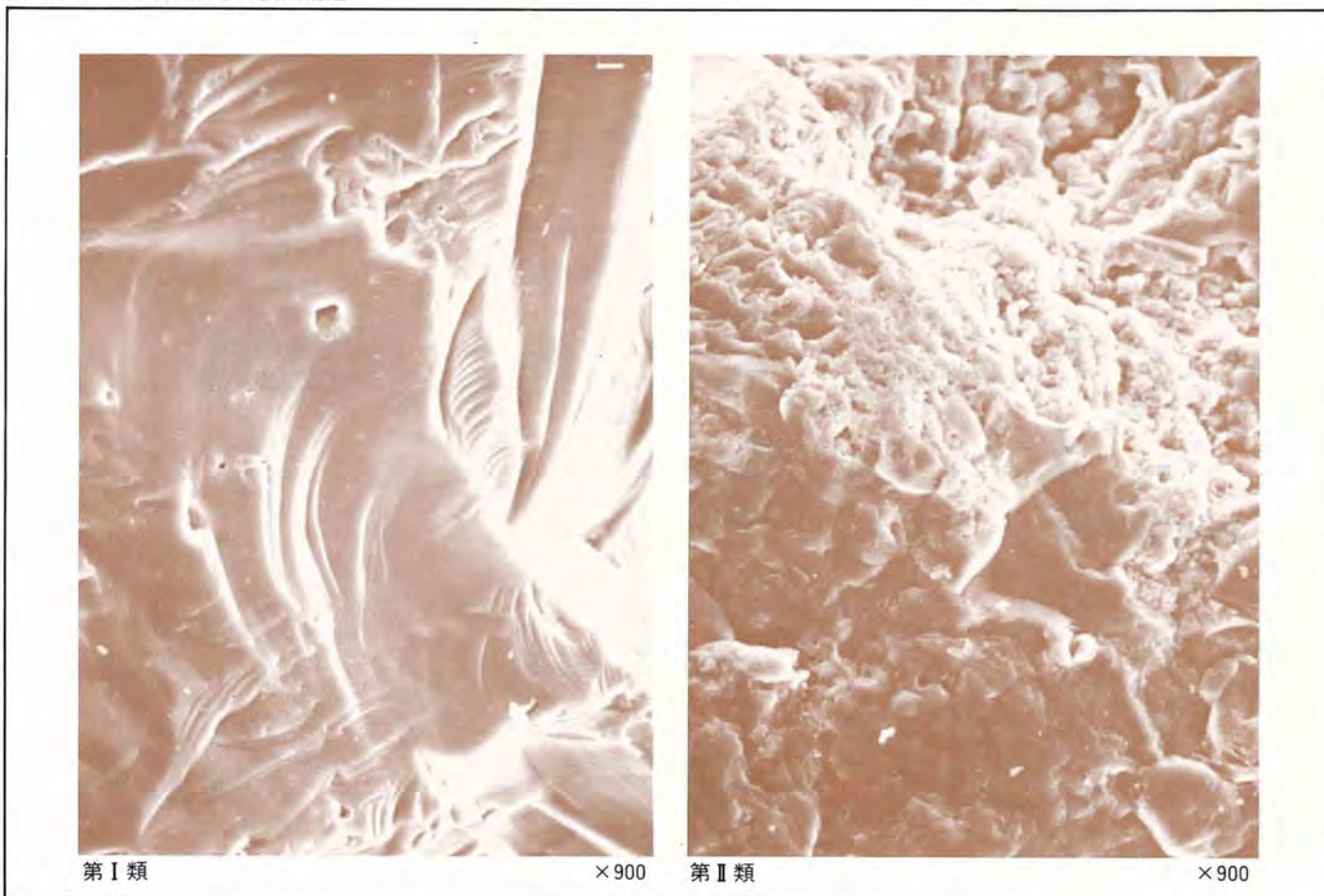
活動時期を調べようとする断層内の石英粒子の表面構造をSEMで観察し、上記の分類基準に基づいて、各粒子の表面構造を分類し、統計処理することにより、対象とする断層の活動時期の相対的時期を知ることが可能とした。

2-4-3 研究の成果

特定の断層を対象として、以上に述べてきた断層内組織、粒度組成、鉱物・化学組成、断層内石英粒子を調べることにより、断層内組織からは破壊条件等の情報、粒度組成と鉱物・化学組成からは断層内物質が受けてきた風化・変質の程度および断層が生成してから置かれてきた環境を調べることができる。特に断層内石英粒子を調べることにより、その微細な表面構造の違いからは、断層活動時期の相対的新旧を知ることができる。

自然現象は複雑であるため、断層内物質の一つだけの性質を取り扱って、断層の活

図 2-4-2 石英粒子の表面構造



動性を評価するのではなく、上述した種々の性質を分析・解析することにより、総合的に断層の活動時期を調べ、断層活動性評価を行うことが重要である。

この断層内物質を用いた断層活動性評価手法は、我国における著名な大規模断層のうち、当所で詳細に断層露頭調査を行い分布・性状を解明してきている中央構造線紀伊半島西部地域および四国北東地域、跡津川断層、梶尾谷（温見）断層などから系統的に採取された断層内物質に適用され、これらの大規模断層の活動性評価に関する資料を得てきている。

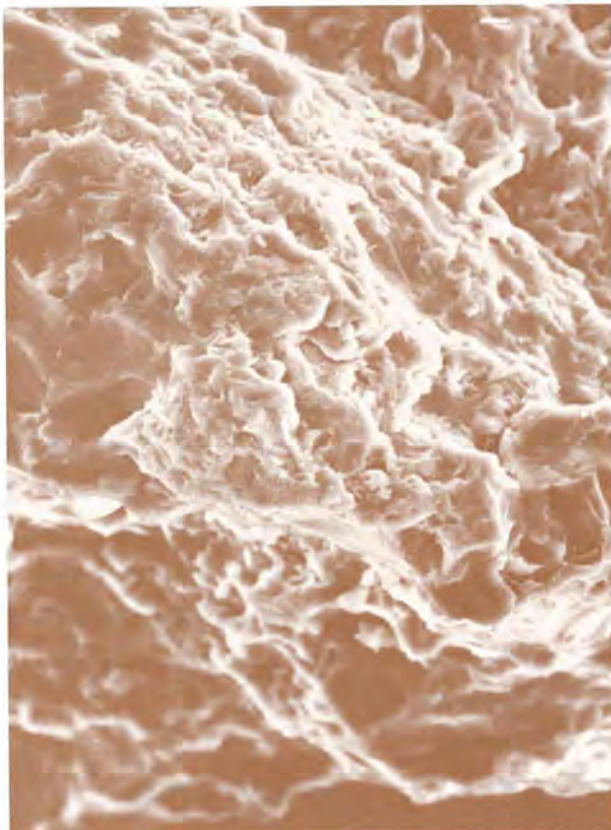
また、実際に電力各社の原子力発電所立地地点に分布する中小規模断層について、

この断層内物質を用いた評価手法が適用され、これらの断層の活動時期に関する資料を得ており、活動性評価に成果をあげてきている。多くの立地地点において、原子力発電所設置許可申請書の中の断層活動性評価における基礎資料として利用され、審査の促進に寄与している。

今後、この手法を多くの地点の断層活動性評価に適用することにより、手法の有効性を確認するとともに、事例研究を蓄積する予定である。

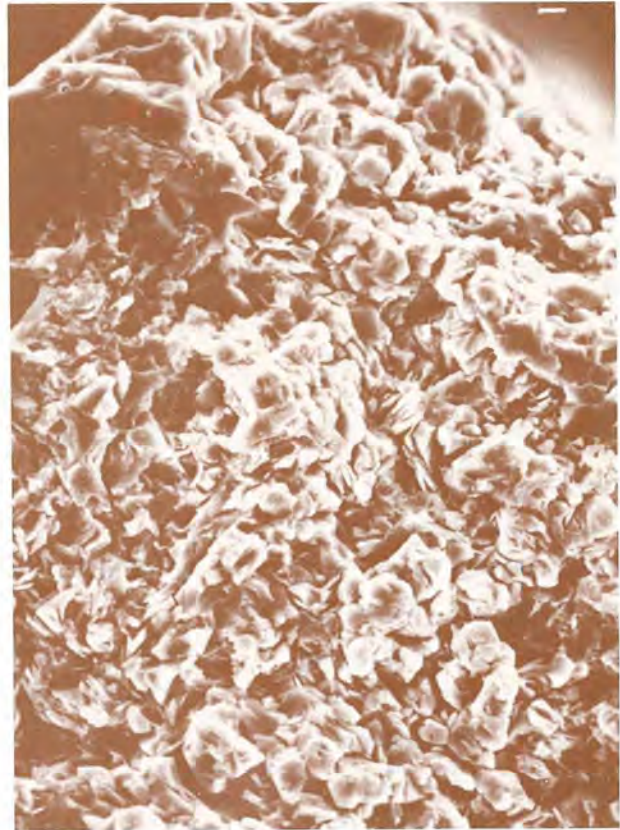
さらに、当所立地部では断層内の石英粒子を用いて、断層活動時期の絶対年代を測定する研究を進めており、本手法と併せて、断層活動時期の精度向上を計る予定である。

最後に断層活動時期を明らかにするためには断層内物質の解析が必要であるというアイデアは当土木研究所の緒方正徳立地部長によるところが大きい。鉱物分析は角田隆彦課長、粒度分析は宮腰勝義氏、断層内組織は猪原芳樹氏との共同研究による成果である。断層内石英粒子の絶対年代測定は田中和広氏が実施しており、参考データを提供して頂いた。各手法の総合評価については、佐竹義典氏との共同研究によるところが多い。本手法の開発はここに記した諸氏および協力いただいた多くの方々との共同研究の成果が結実したものである。ここに記して謝意を表したい。



第Ⅲ類

×900



第Ⅳ類

×900

2-5 交流電界の実験動物への無害性実証研究

生物研究所 緑地部 動植物研究室 根岸 正

2-5-1 研究の背景と目的

送電線からは50ヘルツ、あるいは60ヘルツの交流電界が発生するが、1960年代半ばに電界有害説がソ連より発表され、これを機として、欧米を中心に活発な研究が進められている。研究の内容は代謝、発生、内分泌、神経、行動、繁殖など、多岐にわたっており、実験に供試される動物もマウスやラットなどの小動物から、ウシ、ウマなどの大動物にまで及んでいる。

そして、研究の進展に伴い多数の報告が発表されてきたが、同様の実験を行なっても結果が一致しない場合が現われ、実験方法や課電設備の見直しを行なうと共に、結果に不一致の見られる分野、例えば、成長や繁殖に関する研究の進展が急務となった。

本研究はこの様な背景を基に、交流電界が成長や繁殖に有害な影響を与えるか否かを明らかにする目的で実施した。

2-5-2 研究の内容

I. 課電設備

本研究で使用した課電設備は北海道大学と生物研究所、および電力研究所との直流電界影響に関する共同研究の成果の一つとして開発されたもので、接地電極を兼ねた金属性の半球状金属ケージと円盤状の課電電極とから構成されている。(図2-5-1)

従来、この分野では課電、接地電極に平行極板を使用し、供試動物はプラスチックケージに収容する方式が用いられているが、プラスチックケージ内面が供試動物の糞尿

などで汚染されると、所定の電界が動物にかからないことが上記共同研究で明らかとなった。一方、新しく開発された金属ケージは動物の居住部が接地電極を兼ねているため、ケージ内面の汚染があっても電界が減衰しない利点がある。しかし、この金属ケージでは動物の飼育環境として重要な保温、保湿効果がなく、特殊な形状からくるストレスの心配も懸念されたが、当所ではケージ底部に断熱材を使用することなどにより、一般のプラスチックケージと同様の飼育結果が得られることを課電実験の前に明らかにした。

II. 電界強度

実験動物を用いて得られた結果からヒトへの影響を推定するためには動物にかかる電界強度をヒトの場合と同様にする必要がある。ヒトが2足歩行するのにたいし、実験小動物は4足歩行をするため電界のかかりかたが異なり、同じ電界内ではヒトがより強い電界の集中を受けることが知られている。このため、実験動物と人間の電界の集中に関する比較研究を参考として通常の送電線下の電界より約8倍強い25kV/mの電界強度を決定した。

III. 実験方法の改良

成長、繁殖に関する試験法は医薬品や食品添加物の安全性確保の観点から検討が進められ、現在ではかなり厳密な試験法が確立している。特に、繁殖試験法は親から子、子から孫への影響を明らかにすることが目的の一つであり多世代試験法という繁殖試

験法が一般的に用いられている。この多世代試験法は親の血液から母体中の胎仔へと胎盤を移行する可能性のある物質には催奇形性を明らかにすることができる点で適した試験法であるが、一回の繁殖(交尾、妊娠、出産、哺育)の期間が実験小動物では短いため、長期間にわたる電界への暴露影響を明らかにすることはできない。そこでこの点を改良するため、実験処理群の雄親と雌親のペアを決め、この親どうしに複数回繁殖させる試験法を考案し、実験に用いた。マウス、ラット、ハムスターなどの齧歯類は3経産から4経産目にかけて自然に繁殖能力が低下するため、この試験法を用いることにより催奇形性の有無だけでなく、ストレスが原因となる繁殖能力の低下の有無をも明らかにすることができる利点を持っている。

2-5-3 研究の成果

I. 成長への影響

供試動物にはマウスとゴールデンハムスターを用い、電界の暴露を離乳直後(3週令)と性成熟期(8週令)という2つの異なる発育ステージで開始し、その後の体重変動、臓器の異常の有無と重量の変動、血液中の血球数や各種酵素の変動を調査したが雌雄ともに影響はみられないことが明らかとなった。

II. 繁殖への影響

供試動物にはゴールデンハムスターを用

図 2-5-1 課電設備



い、前述の試験法で実験を行なった。まず、実際の繁殖開始前に性周期に影響を与えるか否かの検討を行なった。性周期の発現は視床下部、下垂体前葉、性腺から分泌される各種ホルモンの複雑な支配下にあり、この3者のどこが影響を受けても性周期が乱れたり、性周期が起らないことが知られている。暴露開始後、毎日検査を行なったが1ヶ月間経過しても、性周期は4日のサイクルを維持し、性周期の乱れは全くないことが明らかとなった。

こののち6ヶ月間の連続暴露の間に母獣の休養期間を置きながら3回繁殖を行なわせ、母獣の繁殖能力の指標である交尾、妊娠、出産、出産仔数、仔の性比、新生仔生存率（出産後4日目まで生存していた出産仔の割合）、哺育率（出産後3週令まで生存

していた出産仔の割合）について詳細な調査を実施したが、全ての項目で影響は認められなかった。また、3回目の繁殖能力の低下も比較対照とした無課電の群と同様であった。一方、出産仔についてみると出産仔全例に奇形の発生は観察されず、出産後の仔の発育、成長(図2-5-2)、反射機能の獲得なども正常であり3回の繁殖を通じて影響はないことが明らかとなった。以上の全実験は全く同様に2回繰り返して実施したが、2回目の実験においても電界の影響は認められなかった。

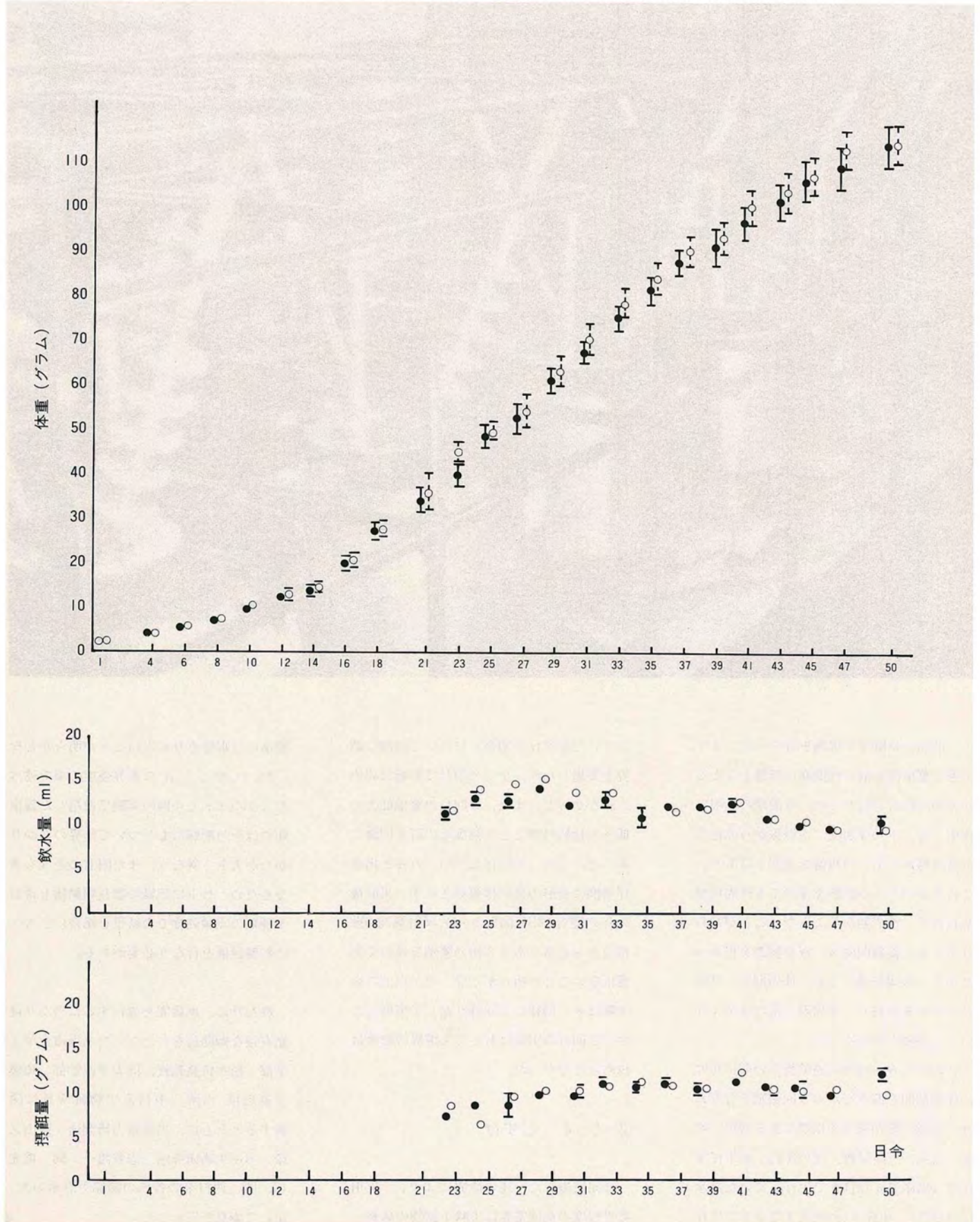
2-5-4 むすび

今回実施した一連の研究により、実用電界程度の交流電界は実験小動物の成長、

繁殖には影響を与えないことが明らかとなった。しかし、IIの電界強度の項で述べたように、ヒトと今回の実験で使用した齧歯類ではその形態にもとづいて電界のかかりかたが大きく異なり、また固有の生理も異なるため、ヒトに近縁の霊長類動物も含む多種類の実験動物での結果を総合して、人への影響評価を行なう必要がある。

終わりに、本研究を遂行するに当たり終始有益な御助言をいただいた北海道大学工学部 松本伍良教授、同大学医学部 加藤正道教授、当所 中村宏生物研所長に深謝するとともに、当所電力研究所 西山文彦、当所生物研究所 志賀陽一、同 重光司、同 西村泉の各氏の御協力を頂いた。記して謝意を表わしたい。

図 2-5-2 繁殖第3回目の出産仔(雄)の体重、飲水、摂餌量の変動 黒丸は暴露群、白丸は対照群をあらわす。



2-6 ケーブルの地絡・短絡時におけるアーク現象の解明と対策

横須賀研究所 試験研究部 大電流研究室 砂辺 欣也

2-6-1 研究の背景と目的

近年、産業規模の増大、人口の都市集中化等に伴う電力需要の増大に対処するため、電力ケーブルの大容量化が図られ、積極的に都市内ケーブル送電が推進されてきた。また、オイル危機を契機に、低損失化ならびに縮小化による低コスト化を図るべく、新形ケーブルの研究・開発が鋭意行われてきた。このように、開発された新形ケーブルが実用に対して、十分な長期性能を有しているかどうか、その信頼性を検証するために、当所において長期課通電試験が行われ、その結果、良好と判定されたものが実用に供されてきた。しかし、実用中には、第三者による過失などの外傷により、このようなケーブルに万一、損傷や地絡が発生しないとも限らない。そのため、地絡に伴う諸現象を十分に把握するとともに、万一の場合にも影響が他に波及しないための対策を予め確立し、具体的に措置しておくことが肝要である。

このため、当所では、所内の大容量短絡発電機を用いて、ケーブルが実際に使用される系統で、最も過酷な条件を想定した地絡・短絡試験を実施し、種々の対策の有効性を検証してきた。

本稿は、電力ケーブルに関するそれらの研究結果を体系的にとりまとめたものである。

ケーブルの地絡・短絡

2-6-2 対策に具備すべき条件

通常、都市部の電力需要の担い手であるケーブルは、その重要性から十分な長期安定性を検証し、十分な配慮のうえで実用に供せられていると言っても過言ではない。しかし、

第三者による過失など外的条件により、ケーブルが損傷を受けることなどが考えられるため、トラフや管路、コンクリートボックスなど種々の防護物で保護されている。これらの防護物に対しては、このような外的条件に対して持たねばならぬ性能の他に、いざ地絡・短絡が発生した時の諸現象に対する性能をも具備せねばならない。というも、もし、不幸にして、ケーブルの故障が地絡・短絡に発展した場合、そのアークエネルギーによりケーブル内に圧力上昇が生じ、条件によっては、防護物内の圧力が十数気圧以上に達することも考えられるからである。このため、防護物を適切に保護するためには、圧力上昇を適切に抑制することが必要である。そのためには、①圧力上昇のもとになるケーブル内アークエネルギーそのものの抑制、②アークエネルギーが周囲媒体を加熱する割合の低減、

③適切な放圧対策の導入、などの対策が考えられる。これらの対策のほかに、実用化に際しては、さらに、施工性、保守・点検の容易性、コスト、ケーブルの熱的挙動、電磁力対策などの検討も加えられる必要がある。

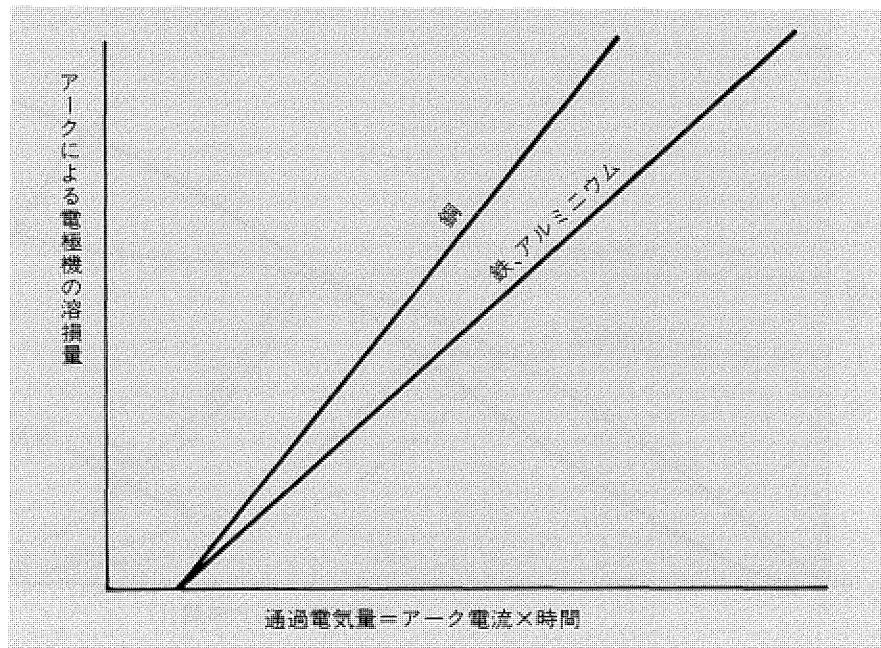
アークエネルギーと圧力

2-6-3 抑制対策

1. アークエネルギーに影響する因子

密閉された空間内に万一アークが発生すると、アークエネルギーにより、絶縁物や空気などの周囲媒体が加熱されて圧力が上昇する。アークエネルギーはアーク電圧と電流、およびその持続時間に比例して増加するため、圧力上昇を抑制するにはこれらの要因を低減する必要がある。このうち、地絡電流持続時間は一般に、系統構成、系統運用および地絡・短絡位置で定まり、高性能遮断器や将来

図 2-6-1 電極機のアークによる溶損量



的には、高速度限流装置の開発などの対策が考えられる。

Ⅱ. アーク電圧に影響する因子

アーク電圧は、周囲媒体の種類、圧力、電流値等で定まる。圧力に関しては、圧力が高いほどアーク電圧も上昇するため、液体や気体を絶縁体として使用する場合には、加圧圧力が低いほどアークエネルギーを低減できる。

(1) 溶融金属の影響

アークに金属蒸気が混入すると導電性が良くなるため、アーク電圧は低下する。したがって、アークが電極材を溶融・蒸発させると自らの電圧を低下させて、アークエネルギーを抑制することになる。図2-6-1に通過電流量（アーク電流×時間）と電極溶損量との関係を示す。最初、電極材を融点近くまで温度上昇させるエネルギー分が必要であるが、通過電流量がそれ以上となれば、ほぼ、通過電流量に比例して電極が溶損し、金属蒸気を発

生させることになる。溶損量の材料による相違では、鉄とアルミニウムはほぼ同じであるが、銅はそれより2～3割多い。

(2) アーク直径の影響

アーク電圧はアーク半径が小さいほど増加し、逆に周囲空間が広いほど低下する性質がある。そのため、絶縁材料およびケーブル外被が溶け易いほどアーク直径が太くなり、アーク電圧が低下し、エネルギーを低減させる効果がある。

Ⅲ. 圧力上昇の時間的变化と抑制対策

(1) ケーブル外被の強度

アークエネルギーによる圧力上昇過程は、アーク周辺の構造材が密閉されている場合と、放圧機構を有する場合とで異なる。地絡直後には、アークがケーブル内部に密閉されているため、絶縁物中アークとして取り扱えるが、アーク熱でケーブル外被が穿孔した後には、アークは大気との混合アークとなり、ケ

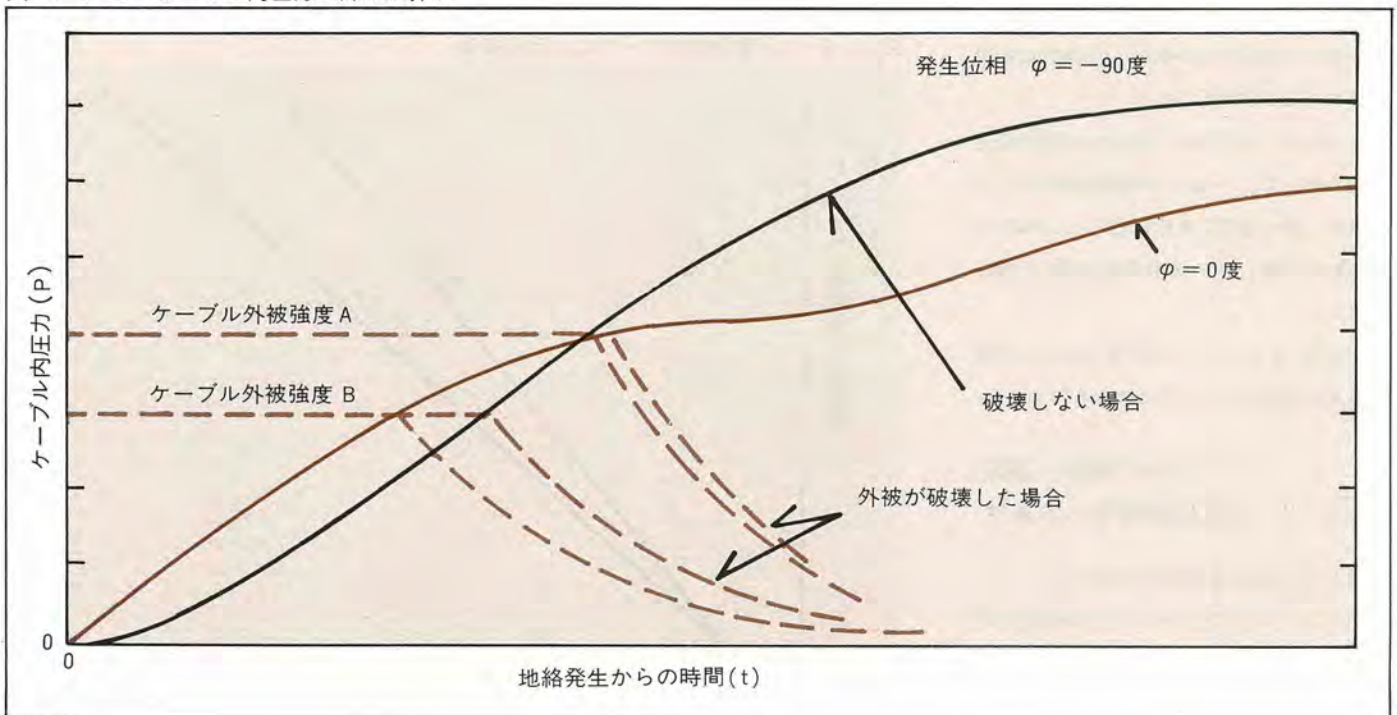
ーブル圧力は防護物内に広がる。穿孔する時のケーブル内圧力上昇値が低いほど防護物内圧力上昇も低減できるため、穿孔するまでの時間を早めることも一対策となる。このためには、ケーブル外被の肉厚や材質を選択して、強度を適度に低めること、アークで溶損し易い材質を使用することなどの対策が考えられる。しかし、強度に関しては、外傷に対する防護強度の観点からの十分な配慮が必要である。したがって、材質と板厚に関しては、構造形状等も加味して総合的に判断することが重要となる。

(2) ケーブル内発生圧力

ケーブル内発生圧力は、ケーブル外被が穿孔する直前までにケーブル内で消費されるアークエネルギー、ケーブル内容積、ケーブル外被の膨張量および絶縁材の圧縮量などにより定まる。

アーク電圧および絶縁材の気化エネルギーを一定として試算すると アークエネルギー

図 2-6-2 ケーブル内圧力上昇の試算例



Ea(J)とケーブル内発生圧力P(気圧)との関係は次式で表わされる。ここに、係数Kは具体的なケーブル寸法で定まる値である。

$$P \approx K \sqrt{Ea}$$

上式によれば、圧力はエネルギーのほぼ平方根に比例して増大することになる。実際の地絡の場合には、アークエネルギーは地絡発生位相と時間の関数となる。上式をもとに計算したケーブル地絡時のケーブル内圧力の時間的変化の例を図2-6-2に示す。内部圧力は発生位相が0度と90度とで大きさに差があるものの、時間とともに増大し、外被強度に達すると外被に穿孔が発生し、ガスを放出するため、ケーブル内圧力は急速に低下する。

(3) 圧力上昇抑制対策

以上の結果を総括し、アーク電力およびアークエネルギーと圧力上昇の関係を図2-6-3に示す。

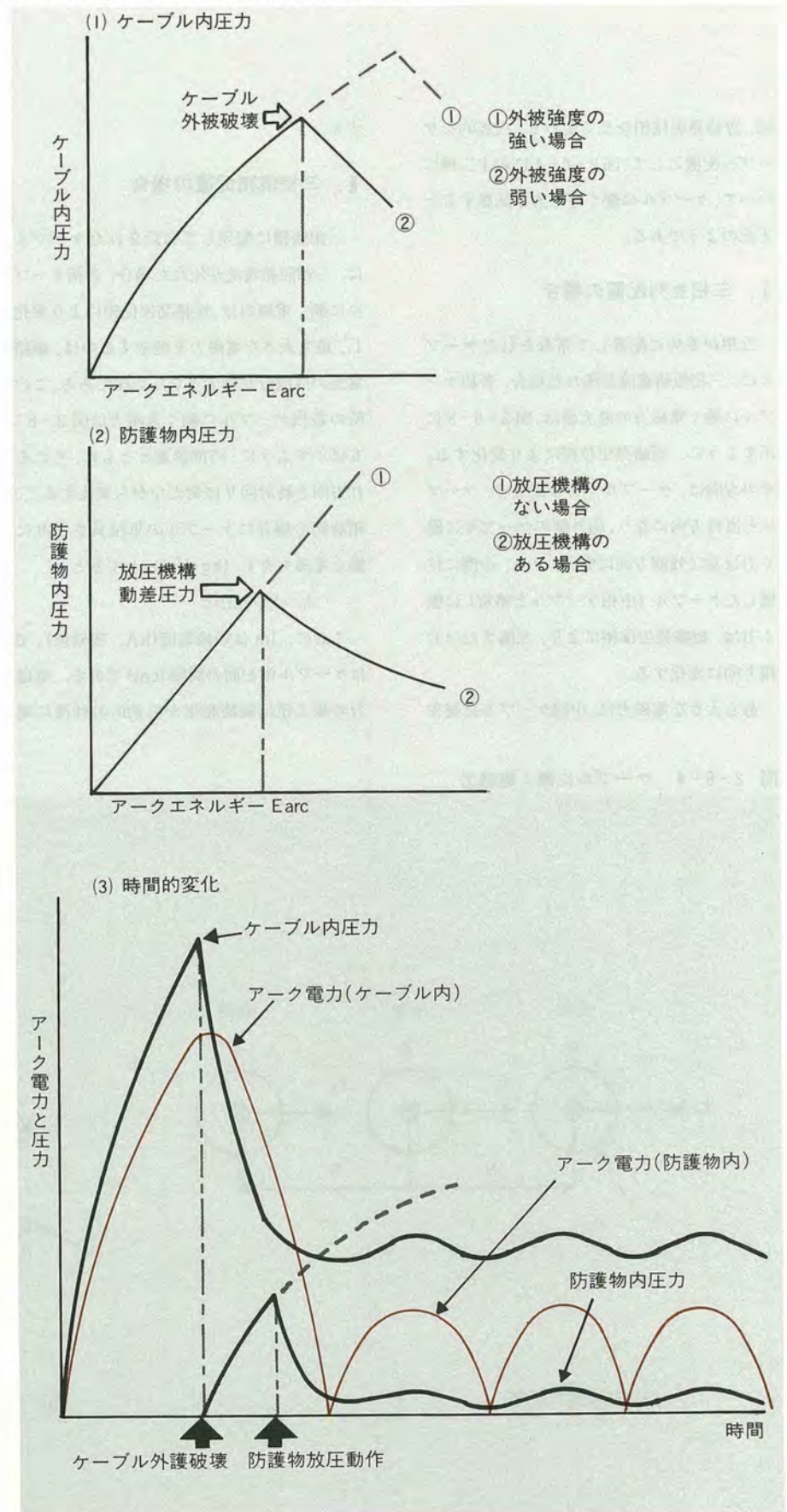
アークエネルギーのうち、圧力上昇に変換される割合は一般に50%前後であるが、その割合は周囲条件により相違する。残りのエネルギーは、ケーブルや防護物など周囲の機材に熱伝達され、圧力上昇を抑制する。したがって、防護物材として、熱吸収性の良い耐熱機材を使用することも、圧力上昇の抑制に寄与できる。防護物に放圧機構がある場合には、その圧力が動作圧力に達するとガスが外部に放出され、内圧は大気圧程度にまで低下する。

電磁力によりケーブル 2-6-4 に働く力

機器の故障に起因して、ケーブルに短絡電流が流れた場合、他相の電流により発生する磁界と自己電流との相互作用により、ケーブルには非常に大きな電磁機械力(以下電磁力と呼ぶ)が働く。この電磁力にケーブルその他の付属設備が耐えることが必要である。

発生する電磁力は、ケーブル配置、短絡電

図 2-6-3 アーク電力と圧力上昇との関係



流、短絡発生位相などで変わる。代表的なケーブル配置として、図2-6-4に示す二種について、ケーブルに働く電磁力を試算すると下記のようなのである。

I. 三相並列配置の場合

三相が並列に配置して布設されたケーブルに、三相短絡電流が流れた場合、各相ケーブルに働く電磁力の最大値は、図2-6-5に示すように、短絡発生位相により変化する。その方向は、ケーブルを含む面上で、ケーブルと直角方向になり、両外側のケーブルに働く力は常に外側方向に向う。また、中側に位置したケーブル（中相ケーブルと略称）に働く力は、短絡発生位相により、左側または右側方向に変化する。

最も大きな電磁力は、中相ケーブルに発生

する。

II. 三相俵積配置の場合

三相俵積に配列して布設されたケーブルに、三相短絡電流が流れた場合、各相ケーブルに働く電磁力は、短絡発生位相により変化する。最も大きな電磁力を発生するのは、短絡電流の直流分が最大となった相である。この時の各相ケーブルに働く電磁力は図2-6-6に示すように、時間経過とともに、それぞれ方向を時計回りに変えながら変化する。二相短絡の場合にケーブルの単位長さ当りに働く電磁力を f_0 (kg·f/m) とすると

$$f_0 = 1.8 \cdot I_m^2 / d$$

ここに、 I_m は短絡電流 (kA、実効値)、 d はケーブル中心間の間隔 (cm) である。電磁力の最大値は短絡発生から約0.01秒後に発

生し、 f_0 の約2.7倍となる。

2-6-5 おわりに

当所の研究は主として、電気的現象を中心として行ってきたので、その結果を記したが、さらに、経済性、作業性なども総合的に勘案して、ケーブルならびに防護物の防災対策を図る必要がある。本研究は、その基礎的研究成果を述べたものであり、この結果を踏えて、ケーブル防護物の具体的な対策が各方面で検討されるならば、著者の望外の喜びである。

最後に、本研究を共同で遂行した、同じく大電流研究室 千野 孝主査研究員に深く感謝の意を表します。

図 2-6-4 ケーブルに働く電磁力

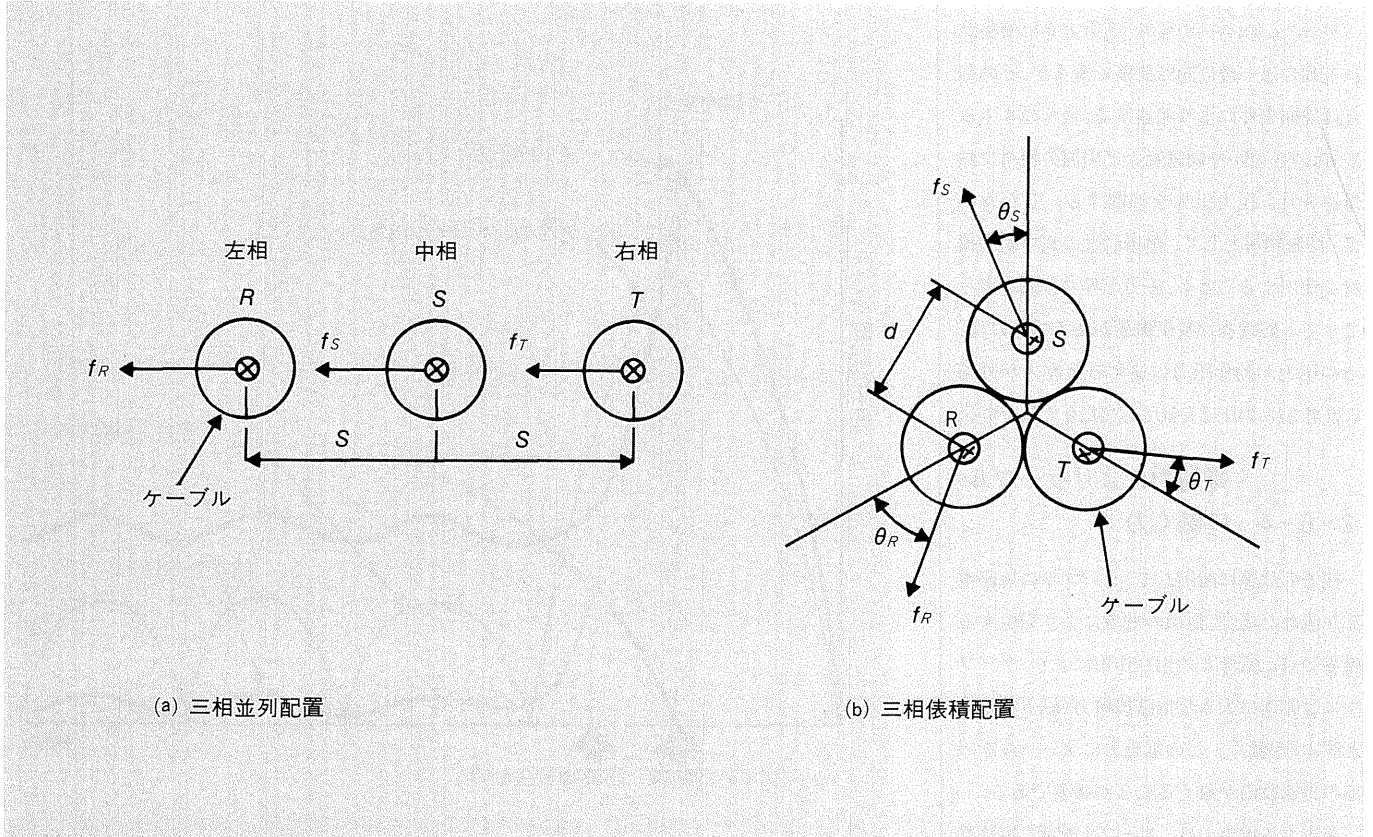


図 2-6-5 三相並列配置ケーブルに働く電磁力の最大値

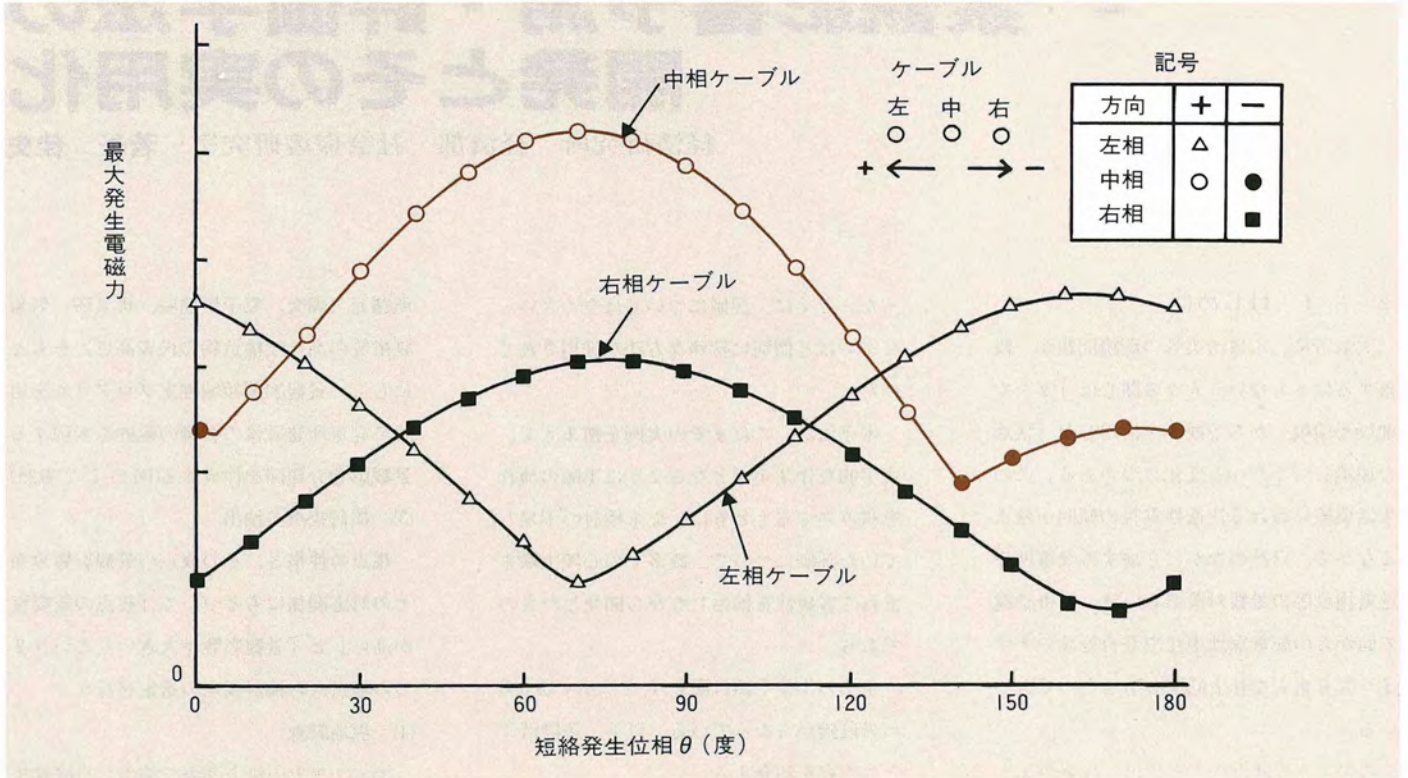
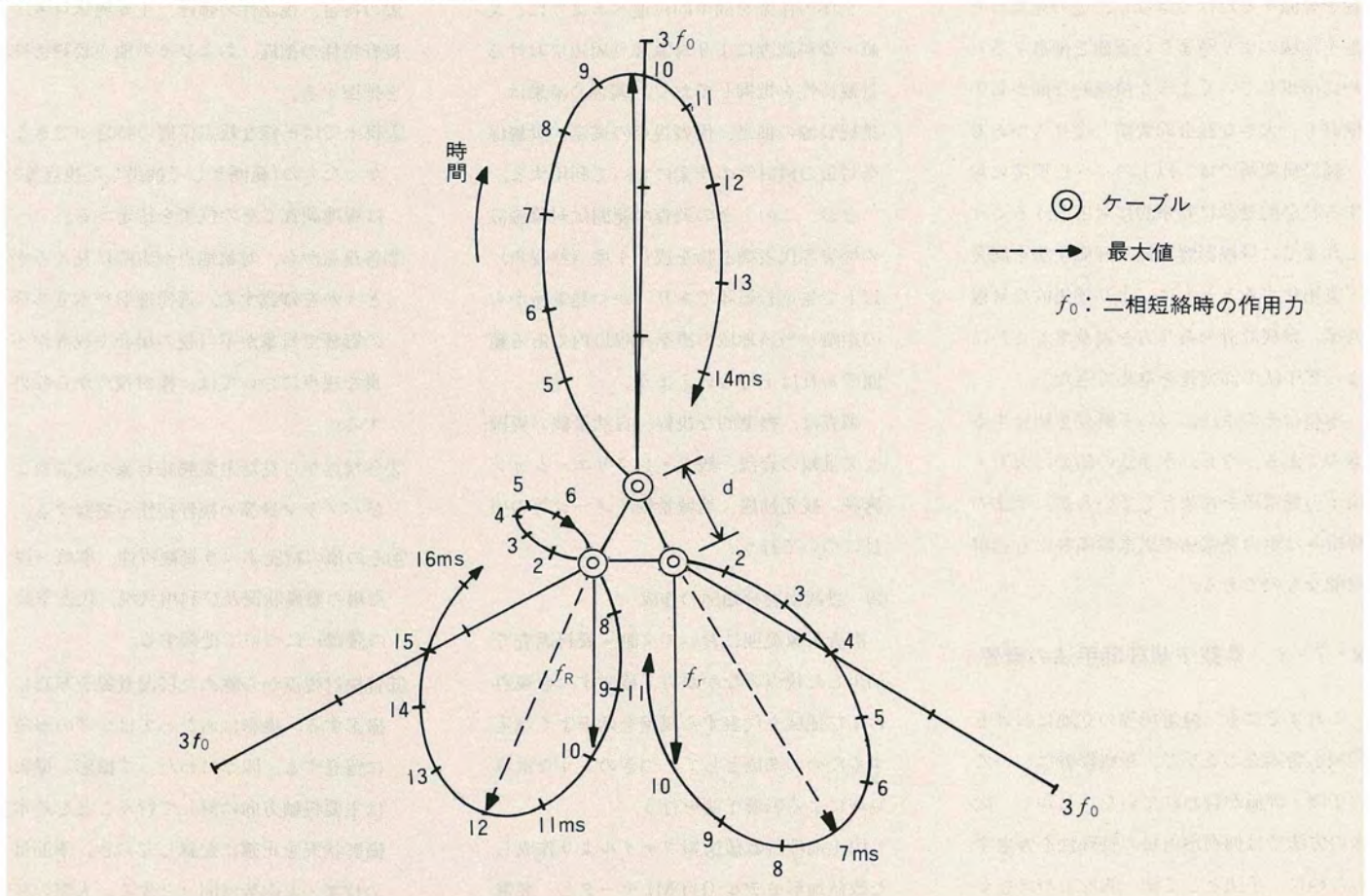


図 2-6-6 三相俵積配置ケーブルに働く電磁力



2-7 景観影響予測・評価手法の開発とその実用化

経済研究所 経済部 社会環境研究室 若谷 佳史

2-7-1 はじめに

大気汚染、水質汚染等の環境問題が一段落するにともない、人々の関心は「安全で健康な環境」から景観等を活用した「快適な環境」づくりへと変化しつつある。この生活環境における快適性重視の傾向が強まるなかで、自然のなかに立地する発電所や送電施設等の景観対策あるいは、都市景観の面からの配電線地中化や電力施設のデザイン等も重大な社会的関心事となってきた。

このような状況のもとでは、従来のように電力施設による周辺景観へのマイナス影響を軽減するだけでなく、電力施設の立地を地域のより望ましい景観を創造するために活用していくような積極的な面からの検討も、大きな社会的要請となりつつある。

経済研究所では、以上のような環境に対する社会的要請に効率的に対応しよう。これまでに景観影響予測・評価手法を開発・実用するとともに、より効果的な景観対策、景観設計のあり方を追及することによって手法の高度化を進めてきた。

本稿はその手法について概要を紹介するものである。なお、本手法の紹介は火力・原子力発電所を対象としているが、手法の枠組みは水力発電所や送電設備等にも適用可能なものである。

2-7-2 景観予測評価手法の概要

これまでも、発電所等の立地における環境影響調査のなかで、景観影響についての予測・評価が行われていた。しかし、従来の方法では個別地点毎の特殊性を考慮するために、手法として統一的なものはなか

った。とくに、評価については全くといってよいほど個別に特殊な方法が採用されていた。

本手法は、これまでの実例を踏まえて、現実的な作業手順となるように手順の流れを組み立てるとともに、従来検討の不足していた評価について、数多くの心理実験を重ねて客観性を補強しながら開発したものである。

手法の作業手順は図2-7-1に示す通り8つの段階からなっている。以下、各段階ごとに内容を紹介する。

(1) 文献・資料による景観調査

全体の作業を効率的に運べるように、文献・資料調査により対象地点周辺における景観特性を把握しておく。調査の結果は、景観資源の抽出、代表視点の選定、景観保全対策の検討等の作業において利用する。

なお、このときの調査の範囲は対象施設の煙突等代表構造物を視覚1度（熟視角）以上で見込む範囲であり、かつ発電所からの距離が当該地域の標準視程以内である範囲であれば十分といえよう。

調査は、標準的な視程、自然景観の資源、人文景観の資源、観光・レクリエーション施設、観光動態、地域景観イメージ等の項目について行う。

(2) 景観影響分類図の作成

調査対象範囲において文献・資料調査で抽出した視点のなかから、検討すべき視点および地域を代表する視点を効率よく選定するための準備として、つぎのような電算処理による影響予測を行う。

国土地理院数値情報ファイルより作成した数値地形モデル (DTM) データと、発電

所諸元（煙突、原子炉建屋、排気塔、気象鉄塔等の高々度構造物の代表高さ）をもとにして、景観影響領域判定プログラムを用いて発電所建設後の影響の範囲を表現する景観影響分類図を作成する(図2-7-2参照)。

(3) 検討視点の抽出

視点の性格と、その視点の景観影響分類との対応関係にもとづいて、「視点の重要性が高い」と「景観影響が大きい」という2つの観点から検討視点の選定を行う。

(4) 現地調査

(1)~(3)までの机上調査で抽出した検討視点に対して現地調査を行い、正確な視点位置の特定、視認性の確認、主要興味対象・視野特性の把握、およびその他の景観特性を把握する。

①机上では正確な視点位置の特定ができなかったもの(範囲として抽出した視点等)は現地調査でその位置を特定する。

②各視点から、対象地点が実際に見えるかどうかを確認する。近傍地形や木立ち等の影響で対象が不可視の場合や視界が不良な視点については、検討視点から除外する。

③各視点から見た主要興味対象の位置およびパノラマ景等の視野特性を把握する。

④その他の特記すべき景観特性、事項(視点場の整備状況及び利用状況、代表季節の確認)について把握する。

⑤各検討視点から眺めた現況景観を写真に撮影する。撮影にあたってはつぎの事項に留意する。四季にわたって撮影。撮影は主要視軸方向に対して行うことを基本。撮影状況を正確に記録しておき、季節毎の位置・方向等は同一とする。人間の視

図 2-7-1 景観影響予測評価の手順

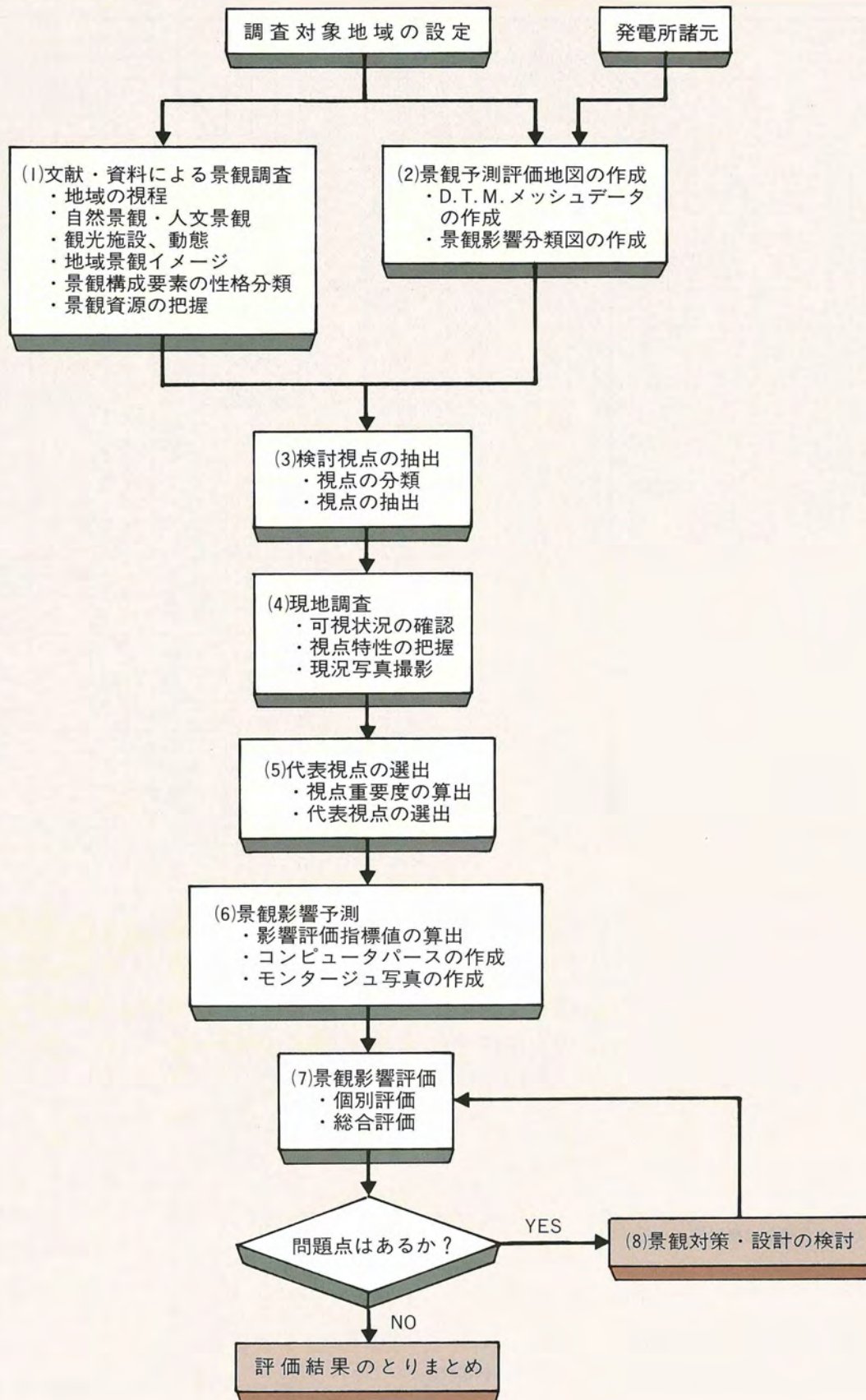
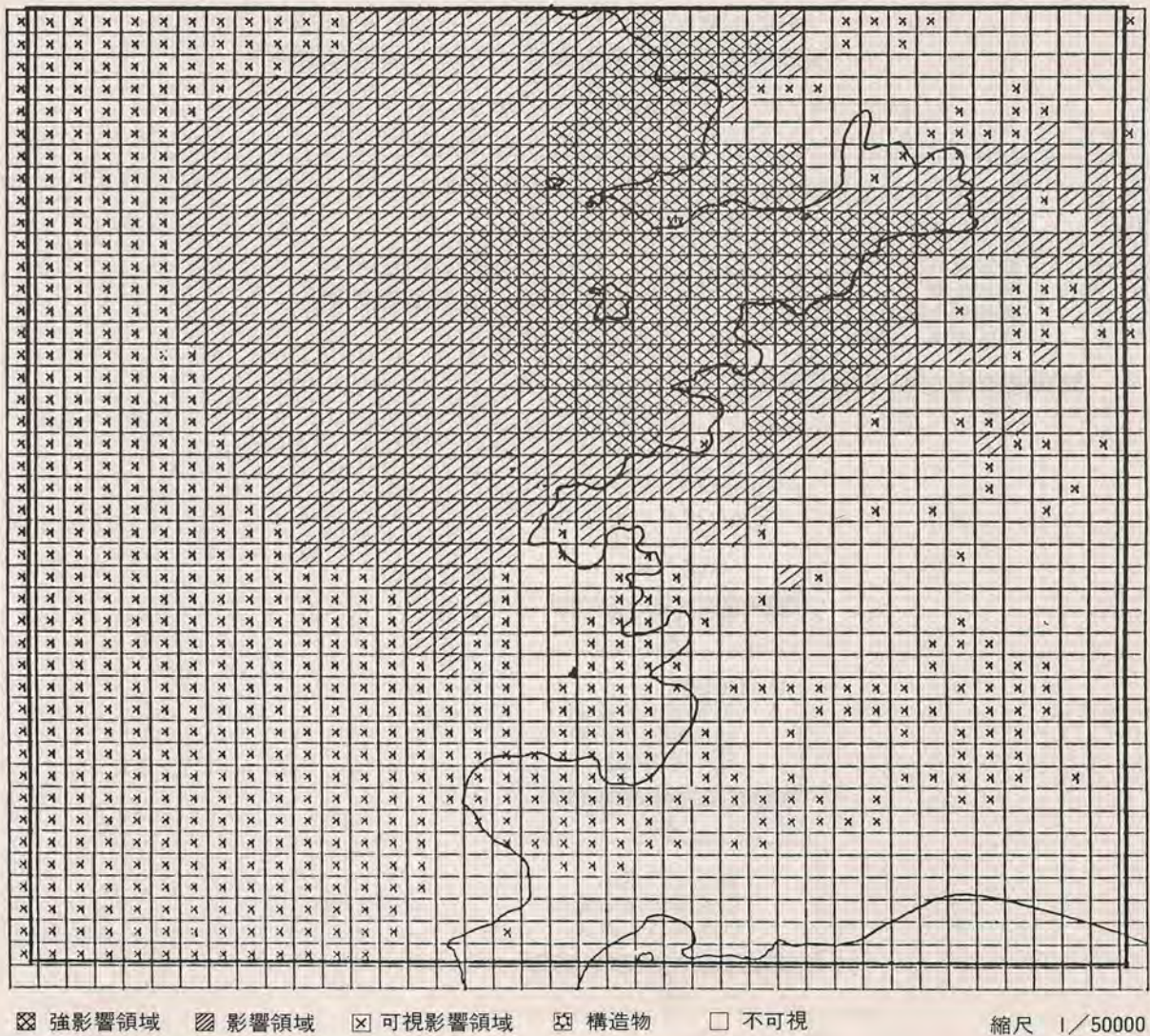


図 2-7-2 景観影響領域図



野・遠近感と同じになるよう使用フィルム・レンズを選定する。

(5) 代表視点の選出

現地調査で特性を把握した各検討視点について視点重要度の算定を行う。このとき現況写真と簡易コンピュータ・パスを用いて景観を予測し、影響評価値を求める。この結果、問題なしとされた場合は検討視点から除外する。

つぎに、視点重要度と影響評価値にもとづいて、代表視点がバランスよく選出されるようにする。

(6) 景観影響予測

各代表視点における影響の評価値を求め

るため、影響評価指標値（視距離、垂直見込角、背景とのスケール比、地形タイプ等）を算定する。

つぎに、数値地形データと発電所諸元データを用いて、各視点からの景観をコンピュータ・パス（透視図）によって予測する（図2-7-3）。さらにコンピュータ・パスを参考にしながら、代表季節の景観写真と発電所施設とを合成してモニタージュ写真を作成する。

(7) 景観影響評価

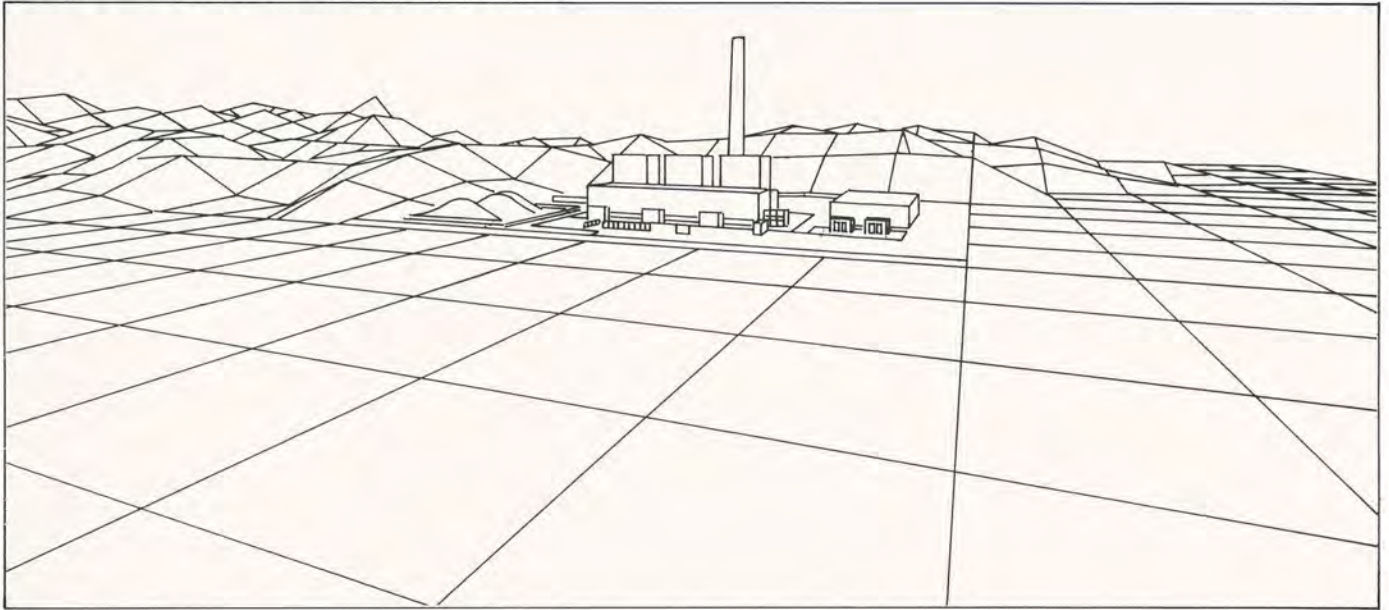
まず、影響評価指標値とコンピュータ・パスまたはモニタージュ写真を用いて、各視点ごとに個別評価を行う。

個別評価は、発電所施設全体が、周辺景観のスケール、コンテキスト、雰囲気、色彩、等を破壊することがなく、調和しているかどうかを評価する「周辺景観との調和感」、構内施設のレイアウトやデザインのバランスが、統一感がとれ整然としたものとなっているかどうかを評価する「施設配置の統一性・秩序性」、個別施設の“見えの大きさ”の影響及び“施設デザイン”の好ましさを評価する「個別施設の目立ち具合・デザインの良さ」の3つの評価軸から行う。

具体的には、個別評価は以下に示す2通りの方法によって行う。

〔a〕 定量的評価

図 2-7-3 コンピュータ・パース（石炭火力発電所）



影響評価指標値をもとに、別途心理実験を通して導出した評価関数を用いて定量的な評価を行う。

〔b〕 定性的評価

現在定量的に扱うことができない項目については、パースまたはモニタージュ写真を用い、評価の目安となる事例集をもとに定性的な評価を行う。

つぎに、周辺景観に与える影響を総合的に評価するために、次のような2段階の総合評価を行う。

〔a〕 個別視点の総合評価

個別評価結果をもとに、各視点ごとの総合的な評価を検討する。このとき、評価項目のウエイト関係を考慮して総合化を行う。

〔b〕 対象地域の総合評価

すべての視点における評価を総合化し、対象地点周辺地域における全体的な景観影響の評価を行う。ここでは、視点ごとの重要度を加味して総合化を行う。

(8) 景観保全対策の検討

個別評価～総合評価の流れの中で景観的な問題を十分に吟味し、それらを解消するための景観保全対策を検討する。デザイン等に関する対策の検討では、(1)において調

査した“地域景観イメージ”を基本ポリシーとして捉え、地域景観にマッチしたものを提案する(図2-7-4)。

以上で本手法の概要を紹介した。

2-7-3 今後の展開

最後にこれからの展開についてふれておくことにしたい。

今後、ますます地域のアイデンティティについての関心が高まっていくに従い、景観は地域の個性を表す代表的なものとして重要性を高めてくる。それにともない、電

力施設立地地域の地域特性を考慮した景観対策の検討がより重要になってくると思われる。

都市地域や自然地域にかかわらず周辺景観との調和に配慮するとともに、地域のシンボルとなるような電力施設を景観的に設計し、地域に快適な景観空間を創造していくことが大きな要請となっていくであろう。

本手法もその動向を先取りしつつ、より高度な社会的要請に対応できるよう改良していく必要があろうと考える。 ●

図 2-7-4 景観保全対策例



関連する主な研究報告書等

第 1 章関連

- UHV送電特別委員会中間報告書—UHV交流送電に関する研究：電力中央研究所委員会報告、Z82001、昭和57年5月
- UHV交流送電実証試験委員会報告書—UHV交流送電に関する実証研究：電力中央研究所委員会報告、Z85801、昭和60年3月
- UHV送電—将来の送電幹線への展望：電研レビュー、No. 5、昭和57年10月

第 2 章関連

2—1

- 原子力情報センター活動 2年を経て：ENERGY 昭和60年8月。
- 原子力発電情報の高度活用—原子力情報センターの活動：原子力工業 第31巻6号 昭和60年
- NIC原子力発電情報システムの開発：情報管理 Vol. 28 No. 3、昭和60年6月

2—3

- 接触燃焼法(その1)接触燃焼の特性とNO_x低減：電力中央研究所研究報告 No. 279039 昭和55年5月
- 接触燃焼用試作触媒の初期活性：電力中央研究所研究報告 No. 283006 昭和58年8月
- プロパンの接触燃焼における白金触媒性能：電力中央研究所研究報告 No. 283050 昭和59年4月
- 天然ガスの接触燃焼におけるパラジウム触媒の性能：電力中央研究所研究報告 No. 285071 昭和61年4月

2—4

- 断層粘土中の石英粒子の表面構造(その1)：電力中央研究所研究報告 No. 377011 昭和53年2月ほか
- 跡津川断層に伴う断層内物質の特性(その1)：電力中央研究所研究報告 No. 381001 昭和56年6月ほか
- 断層内物質の粒度分布特性と表面積：電力中央研究所研究報告 No. 379029 昭和55年2月
- カソードルミネッセンスによる断層活動性評価(その1)：電力中央研究所研究報告 No. 383062 昭和59年6月ほか
- 中央構造線と跡津川断層の分布性状と活動性：電力中央研究所研究報告 No. 384012 昭和60年3月

2—5

- 交流電界が実験動物に与える影響 (1) 課電用半球状金属ケージの飼育環境：電力中央研究所研究報告 No. 480021 昭和56年10月
- ” (2) 小動物用の課電暴露設備：電力中央研究所研究報告 No. 481010 昭和56年9月
- ” (3) 齧歯類の成長および性周期への影響：電力中央研究所依頼報告 No. 481508 昭和57年8月
- ” (4) 成長期および成熟期ゴールデンハムスターの血液学的、血清化学的パラメーターへの影響：電力中央研究所依頼報告 No. 484503 昭和59年6月
- ” (5) ゴールデンハムスターによる3腹繁殖実験：電力中央研究所依頼報告 No. 485503 昭和60年9月

2—7

- 自然風景地における送電線の景観的影響の評価：電力中央研究所研究報告 No. 582010 昭和58年6月
- 発電所の景観評価手法—定量的評価について—：電力中央研究所研究報告 No. 582011 昭和58年7月
- 発電所の景観設計手法—景観対策の効果と海岸イメージ—：電力中央研究所研究報告 No. 583017 昭和59年9月

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14号「社会に役立つ独創研究—昭和60年度表彰」をお届けします。

本号では「巻頭言」を九州電力株式会社代表取締役副社長 石橋 周一様にお願ひしました。ご多忙中にもかかわらず快くご寄稿をいただき、心からお礼を申し上げます。

本号は、昨年の第11号にひきつづき、60年度表彰の研究内容のダイジェストをとりまとめたものです。

是非、ご一読をお願いします。

●巨大技術●

このところ、日航ジャンボ・ジェット機やスペース・シャトル、衛星打上のタイタン、テルタ・ロケット、さらに、チェルノブイリ原子力発電所など、巨大システムの事故があいついでいます。

これらは、各々の稼動時間・回数などが増えるにつれて、何事もなく順調なのが当たり前のように思われていましたが、一転

事故が起きると逆にその分だけ影響が大きかったようです。

事故原因は、それぞれの詳細な調査によって今後明らかになっていくでしょうが、巨大システムに共通する何かがあるのでしょうか。

この巨大システムの特徴は、多くの分野の総合化された技術により成り立っていることです。部外者の一つの見方ではありますが、これらの巨大技術がスタートした時点では、いくつかの分野にまたがる最先端の研究を開発に結びつけた、小数精鋭によって運行されていたものが、量産体制などに移るにつれて、人もかわり、何らかの見落としがでてきたのではないのでしょうか。

日本では、新幹線など、かなりの実績を積んだ巨大技術があり、また、最近の情報化技術なども急速なテンポで進んでいます。これらの技術をさらに発展させて、安全性のチェックに実際に役立つエキスパート・システムなどを開発することが、今後重要になるものと考えられます。

●縦と横●

地質学では、従来、地向斜と呼ばれる造

山帯に土砂が厚く堆積した後、隆起して陸地ができると考えられていました。ところが現在では、例えば、太平洋のかなたから押し寄せるプレート(板状岩体)によって、陸地の生成も説明されるようになりました。つまり、縦から横に考え方が大きく変わったわけです。

これは地球物理学的手法によるところも大きいのですが、地質学との学際領域の研究の成果とも言えます。このプレートの理論によって、両方の分野がその後飛躍的に発展しました。

この縦から横に至る発想は、場面が異なれば、まだ無数に出てくる余地があるはずで、そして、それは分野を越えた新しい視点を必要とするのでしょうか。

今年度の受賞研究も、他の分野にまたがる研究が多く、キラリと輝く発想を育て上げた成果です。これらのうちのいくつかは、実用化を目前にしており、社会に役立つ日ももうすぐと期待されます。 ●

IR