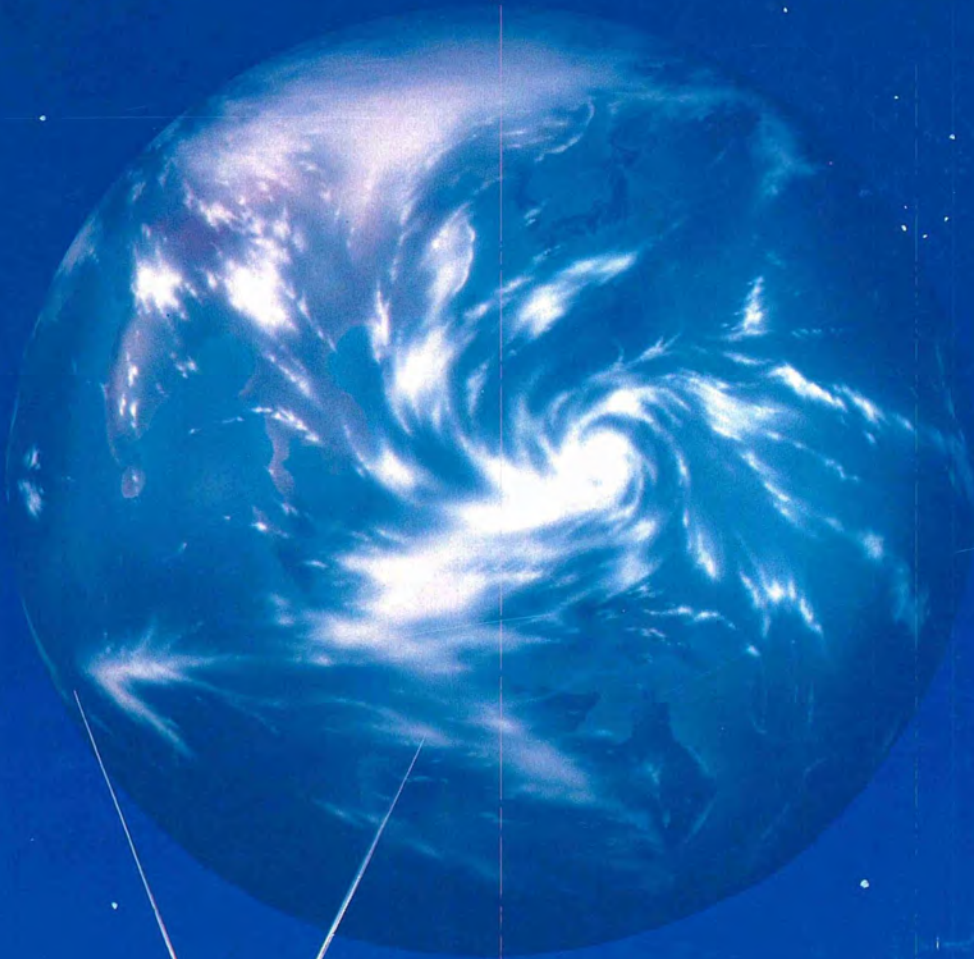


ISSN 0285-7804

DENCHUKEN REVIEW

電中研レビュー

新発電・新電力貯蔵・コジェネレーション
複合エネルギー時代に向けて



NO.17 1987.11

電中研レビュー 第17号 ● 目 次
複合エネルギー時代に向けて

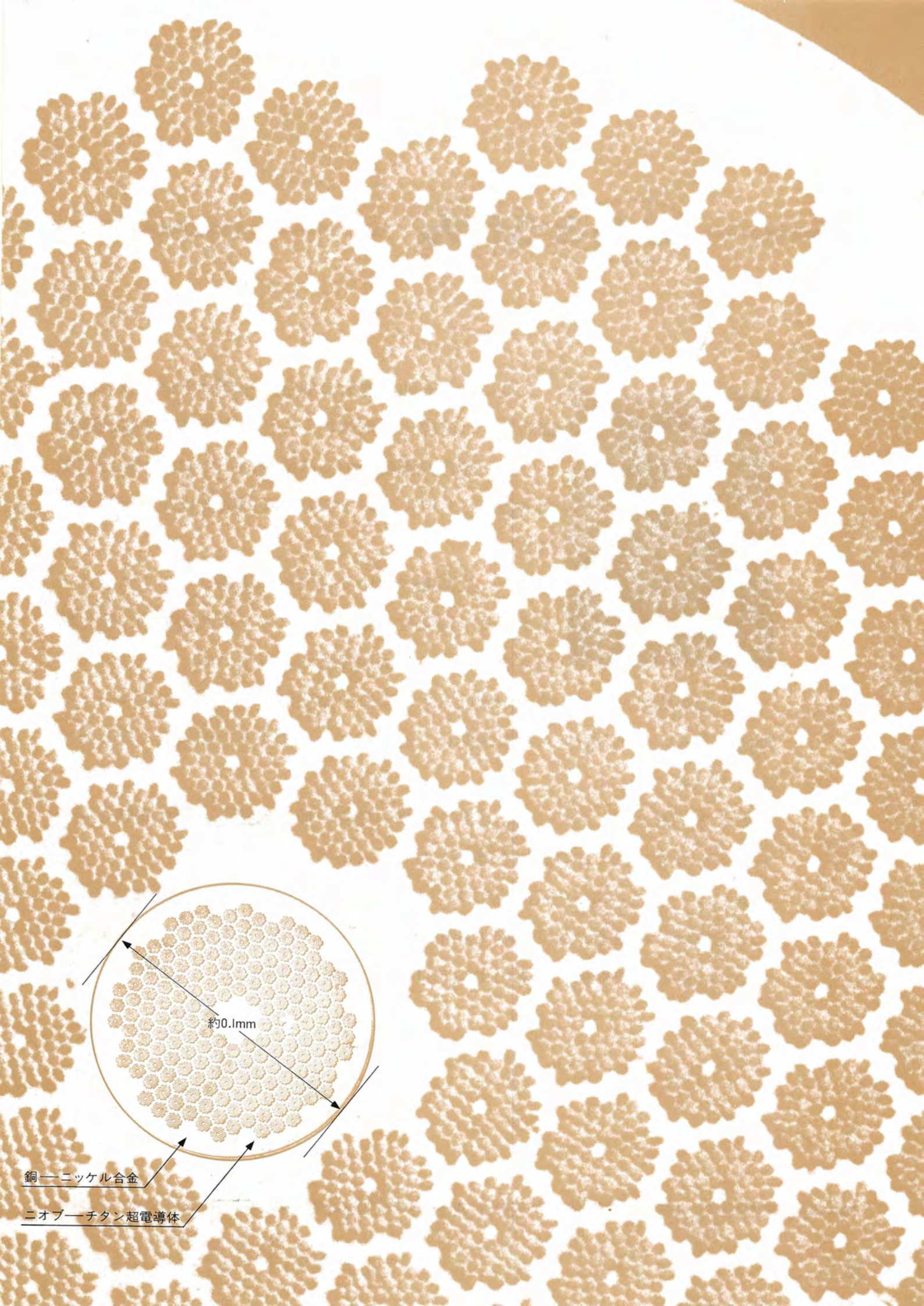
—新発電・新電力貯蔵・コジェネレーション—
編集担当●管理部 新エネルギー担当部長 上田 隆右*
粕江研 開発部長 田中 祀捷

巻頭言	電気事業連合会 理事 事務局長 岩崎 隆	2
はじめに	常務理事 尾出 和也	5
第1章 複合エネルギー時代の新エネルギー技術		
1-1 ●新エネルギー技術開発		8
1-2 ●内外の研究開発動向		12
1-3 ●当所の研究開発の概要		16
第2章 燃料電池発電技術		
2-1 ●燃料電池		21
2-2 ●トータルシステム技術		28
第3章 新電力貯蔵技術		
3-1 ●消費者用ロードコンディショナー		37
3-2 ●電池電力貯蔵システム		44
3-3 ●超電導エネルギー貯蔵		49
3-4 ●圧縮空気貯蔵システム		51
第4章 自然エネルギー技術		
4-1 ●太陽光発電		55
4-2 ●地熱発電		60
4-3 ●海洋等エネルギー利用		64
第5章 エネルギー間競合とコジェネレーション		
5-1 ●業務用コジェネレーションと産業用自家発電の動向		69
5-2 ●複合エネルギー時代に対応した新技術評価		73
5-3 ●エネルギー間競合技術としての 分散型エネルギーシステムとその展望		76
おわりに	理事 管理部長 上之蘭 博	80
関連する主な研究報告書等		81

*：現在 超電導発電関連機器・材料技術研究組合 常務理事

交流超電導線の断面写真➡

左下の円は交流超電導線(直径約0.1mm)のおよそ600倍の断面拡大写真。直径0.44 μ mのニオブ—チタン合金超電導フィラメントを54本ずつ束ねて、銅—ニッケル合金中に180束埋込んでいる。この線1本で2テスラーの磁界中でも7アンペアの電流が流せる。(約900 A/mm²の電流密度)。背景はおよそ5000倍の拡大写真。



約0.1mm

銅—ニッケル合金

ニオブ—チタン超電導体

かんとうげん



二度に亘る石油危機後の混乱期を経た今日、我が国の経済社会は国際化や情報化さらには技術革新や規制緩和といった時代的潮流の中で政治経済から産業・社会・生活の幅広い分野において新たな構造変化が進行しつつある。

また、生活面においても人々の意識やライフスタイルが多様化・個性化し物的充足だけでなく精神的・文化的豊さを重視する傾向が強まってきている。

こうした状況の中で、経済産業面はもとより日常生活に不可欠なエネルギーを供給するという使命を担う電気事業は、21世紀に向けて大きな転換期を迎えようとしている。

まずその第一は、ここ一兩年急激な円高の進展や原油価格の大幅な変動を始めとしてかつてないほどの激変を経験したことである。

第二は、コジェネレーション等にみられるエネルギー間の競合の激化である。

第三には、超電導の温度の壁が昨年来次々と突き破られるなど、今世紀最大ともいえるほどの技術革新が実用化へ向けて第一歩を踏み出したことである。

そして第四は、産業経済の構造的な変化による需要の低迷である。

このような大きな変革の時代の中で、電気事業が21世紀にサバイバルしていくためには従来のような安定供給志向だけに留まることなく、新たなマーケットのクリエイションが必要となってくるであろう。ややもするとテクニカルオリエンテッドであった電気事業が業際のマーケットを自らのマーケットにしていくため、また本来のマーケットをより豊かなものにしていくために必要なことは、人々が何を考え何を求めているかを知ることであろう。

電中研の研究の目標として、1. 供給コストの低減、2. 新サービスの創出、3. 供給力の質的向上、が掲げられているが、今後の電気事業にとっては利用者サイドに立った電気利用技術の研究開発がますます大きな課題となってくる。そのためには将来のエネルギー需要構造、電力システム、電気利用技術のベーシックな研究はもとより社会・人間に対する社会科学的な研究のアプローチがますます重要となってくるのではないだろうか。

電中研は電気事業における総合的な研究機関であり、新たなマーケット開発に向けてのシンクタンクとしての役割を果たし電気事業をリードされることを期待したい。

電気事業連合会 理事 事務局長

岩 崎 隆

〔電力中央研究所 参与〕

電中研新エネルギー研究の歩み(昭和51～62年7月)

昭和 (西暦)	電力中央研究所	所 外
51 (1976)	燃料電池の研究開始(富士電機と共同研究) 地熱の調査研究開始	工業技術院サンシャイン計画発足(昭和49年)
52 (1977)	蓄エネルギーの調査、分析、評価を実施	
53 (1978)	太陽光発電について工業技術院より研究受託(サンシャイン計画) 超電導コイルによる電力貯蔵について研究開始 波力発電の合理的な設計案を提示	工業技術院ムーンライト計画発足 葛根田地熱発電所運開(5万kW、東北電力、日本重化学工業)
54 (1979)	3 kW 太陽光発電実験装置を設置(後に6 kWに増強)	全国的な省エネルギー運動開始
55 (1980)	新型電池電力貯蔵システムについてNEDOより研究受託(ムーンライト計画) 200 kW 級分散配置型太陽光発電システムの研究開始(東京電力と共同研究) 1000 kW 級集中配置型太陽光発電システムの本格的実証運転研究開始(四国電力と共同研究)	
56 (1981)	「2000年電力需給の展望——長期エネルギー戦略を探る」発表 熔融炭酸塩型燃料電池の研究開始(日立製作所、富士電機と共同研究) 燃料電池発電技術について工業技術院より研究受託(ムーンライト計画) 海洋エネルギー検討会設置——海洋エネルギー利用技術調査 高温岩体について地熱地質構造調査実施(関西電力に協力)	BEST 施設(新型電池による電力貯蔵実験施設)開所(米国)
57 (1982)	小型超電導コイルによる系統連系試験 電池電力貯蔵システムシミュレータの設置 海洋エネルギー検討会——ソーラーポンド海洋温度差組合せ方式の検討	
58 (1983)	熔融炭酸塩型燃料電池評価試験設備完成	太陽熱発電プラント運転研究終了 IFC 社製4.5MW リン酸型燃料電池の発電に成功(東電) 500 kWh 亜鉛塩素電池の BEST で試験
59 (1984)	25 KJ 小型 SC コイルによる交流損失等の解析 赤城試験センターでの小型太陽光発電システムの配電系統連系試験 熔融炭酸塩型燃料電池の共同研究追加(東芝、三菱電機、IHI)	
60 (1985)	高温岩体発電研究のフェントンヒル計画に参画	スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システム技術研究組合(理事長:当所成田理事長、1987.7現在) 新エネルギー導入ビジョン
61 (1986)	コジェネレーションシステムに関する調査 2 kW、100台による小型分散発電装置群と配電線との連系運転実証研究開始(関西電力と共同研究) 1 kW 級熔融炭酸塩型燃料電池の2000時間連続運転に成功 「21世紀経済社会の展望とエネルギー・電力需給」発表 新種電池の電気事業適用可能性評価に関する EPRI とのアセスメント・ミーティング開催	1MW 改良鉛電池によるシステム試験施設運開 電気事業の21世紀ビジョン 21世紀エネルギービジョンの策定(通産省)
62 (1987)	500 kVA 交流超電導コイルの開発に成功 10 kW 級熔融炭酸塩型燃料電池評価試験設備の建設に着手 電中研式高温岩体水圧破砕現場実験(秋の宮地点) 超電導発電技術に関する日米合同シンポジウム開催	新型電池電力貯蔵システムの導入ビジョン 10 kW 級新型電池第2次中間評価 NEDO、1000 kW 級 PAFC 発電に成功 10 kW 級 MCFC の運転試験 超電導発電関連機器・材料技術研究組合

はじめに

常務理事 尾出 和也



電力、ガス、石油など、それぞれのエネルギー産業では、需要の獲得や創出にきわめて積極的であり、また、ニーズの多様化とエネルギー利用技術の進歩はエネルギー間競合の色合いをますます強め、同一のエネルギーに複数のエネルギー産業が対応可能であるなど、消費者による選択の幅を大きくしております。

このように、現在、わが国は複合エネルギー時代の歩みを早めつつあります。

電気事業がエネルギー産業の中核として、このような時代に、広く国民生活のニーズに応えていくためには、クリーンで質の高いエネルギーを安く供給することが必要であります。このため、電気のみならず熱をも供給できる技術やエネルギーの利用効率を高くし、コスト低減をはかるための技術などの開発が大変重要になります。

当研究所はこのような展望のもとに、複合エネルギー時代を先取りし、これに必要な技術の開発に積極的に取り組んでおります。その多くは目標達成までに長時間を必要とするものでありますが、着実に研究を進めていく所存であります。

第1章 複合エネルギー時代の新エネルギー技術 ● 目 次

1-1 新エネルギー技術開発	上田 隆右	8
1-1-1 複合エネルギー時代に向けてのエネルギー供給		
1-1-2 新エネルギーの現状と導入の見通し		
1-1-3 電気事業における新エネルギー技術の開発と将来イメージ		
1-2 内外の研究開発動向	狛江研 ロードコンディショナー特別研究室 システム担当室長 石川 力雄	12
1-2-1 新発電技術——燃料電池——		
1-2-2 エネルギー貯蔵——新型電池電力貯蔵、超電導エネルギー貯蔵、圧縮空気貯蔵——		
1-2-3 自然エネルギー——太陽、地熱、海洋、風力エネルギー他——		
1-2-4 コージェネレーション		
1-3 当所の研究開発の概要	田中 祀捷	16

第 1 章

**複合エネルギー時代の
新エネルギー技術**

1-1 新エネルギー技術開発

1-1-1 複合エネルギー時代に向けてのエネルギー供給

「複合エネルギー時代の幕開け」のキャッチフレーズに代表される21世紀をめざした国のエネルギービジョンがまとめられた。

これによると、今後の経済は安定・低成長期を迎え、エネルギー需要の伸びはかつての高度成長期の再現はできず、エネルギー供給面ではエネルギー産業間の競合が余儀なくされる。また、消費者側においても快適性などのニーズの高度化・多様化と厳しい経営環境、省エネルギー意識の高揚などから、エネルギーの選択も一層厳しくなるものと考えられる。

一方、技術的な面でも二度にわたる石油ショック以後、石油に代る新しいエネルギーの供給・利用技術の研究開発が、電気の分野のみならず、ガス、石油などの分野においても積極的に進められ、これらの技術の実用化にともない

エネルギー産業間の垣根は次第に下がり、複合エネルギー時代のきざしが見えはじめている。

このような背景から、今後は消費者の多様なニーズに応え得る安価で多様な形態のエネルギー源の開発とともに、エネルギーの効率的な利用技術の開発、さらに消費者への新たなサービスの提供などが重要になってくる。

当研究所ではこのような時代に向けて、燃料電池やロードコンディショナーなどの開発を精力的に進めている。本レビューはこれらの技術を中心に、関連する新エネルギー技術も含めて、当所の研究開発を主体として、国内外の現状を紹介したものである。

1-1-2 新エネルギーの現状と導入の見通し

新エネルギーは将来のエネルギー供給源の一翼を担うものとして期待されるが、現在はいまだ技術開発途上にありコストは高く、ソーラーシステムや太陽電池などその一部が局部的に利用されているものの、殆んどが実用化されて



図1-1-1 資源エネルギー政策の体系と将来の政策概念

いない。

この技術開発は石炭液化・ガス化、燃料電池、地熱、バイオマスなど多様でかつ広範な分野にまたがり、技術的にも高効率化やコスト低減のための多くの研究要素と開発課題を有しており、また長いリードタイムと高いリスクを伴うことから官民が総力を結集し一体となって計画的かつ効率的に推進する必要がある。

先に発表された「21世紀エネルギービジョン」によると新エネルギーは西暦2000年(昭和75年)までは本格的に導入される可能性は少ない。しかし原油価格の上昇、技術開発の進展に伴って、それぞれの特性に応じて徐々に市場に入ってくると考えられ、この主なものとして太陽光発電、燃料電池、風力発電などが期待されている。

これを数量的に示すと、昭和62年10月の総合エネルギー調査会でまとめた「長期エネルギー需要見通し」によれば、西暦2000年の時点では新燃料油、新エネルギー他は2450万kl(石油換算)で、全一次エネルギー供給の4.5%(61年度実績は550万kl(13%))を担うことが期待されている(図1-1-2)。

この新しい需要見通しは最近の石油価格の下落やエネルギー需要の低迷などの情勢をふまえ、見直されたもので将来(2000年時点)のエネルギー総需要および新エネルギー供

給量は前回見通し(58年11月)に比べて、多少下方修正されている(総エネルギー供給量は5年程度のおくれ)。

1-1-3 電気事業における新エネルギー技術の開発と将来イメージ

電気事業における新エネルギーの技術開発は、従来から太陽、燃料電池、風力発電などについて当所を始め各電力会社において積極的に研究が推進されて来た。

長期技術開発戦略から電気事業に関連する技術開発の方向性は表1-1-1のように予測され、原子力と石炭を中心に重点指向することとしている。

これによると、新エネルギー技術の開発に関しては石炭ガス化複合発電など石炭利用技術の開発を重点に、自然エネルギーの利用は局地的補完的なものと位置づけ、必要な技術開発を進める。また高効率発電のための燃料電池、負荷率向上のための新型電池電力貯蔵システム、スーパーヒートポンプ、電気自動車なども積極的な技術開発を進めることとしている。

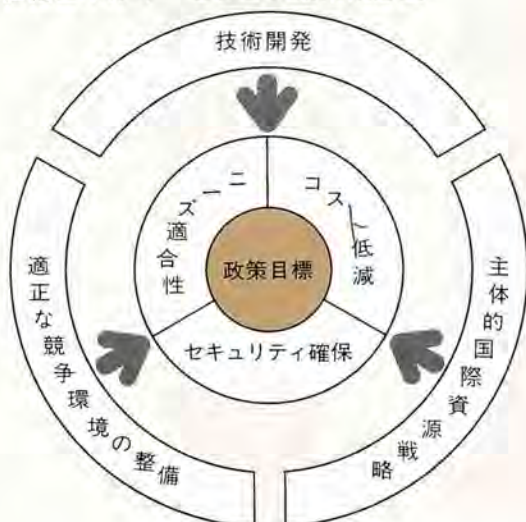
石炭ガス化によるコンバインドサイクル方式は、環境適合性、高効率性に加え、中小容量機開発による計画面の柔軟性が期待できるなどから、在来型石炭火力以上の経済性を前提として石炭利用技術の主流になると考えられる。

また、太陽光発電、風力発電等の自然エネルギーならびにコジェネレーション、燃料電池等の新発電方式は、主として消費地に設置され、系統設備の効率化、エネルギー総合効率向上の観点から実用化される。しかし太陽光発電については、主として消費者側設置を主体として導入されよう。

本号では新エネルギー技術の内、石炭ガス化複合発電*を除く燃料電池など新発電、新電力貯蔵、太陽光発電、地熱などの自然エネルギー利用、コジェネレーションなどについての当所の技術開発状況および21世紀における複合エネルギー時代に向けて電気事業をとりまく諸課題と展望について紹介する。

(注)*: 石炭ガス化複合発電については「電研レビュー石炭ガス化複合発電の実現に向けて」NO.15(61.7)にて紹介している。

21世紀エネルギービジョン政策概念図



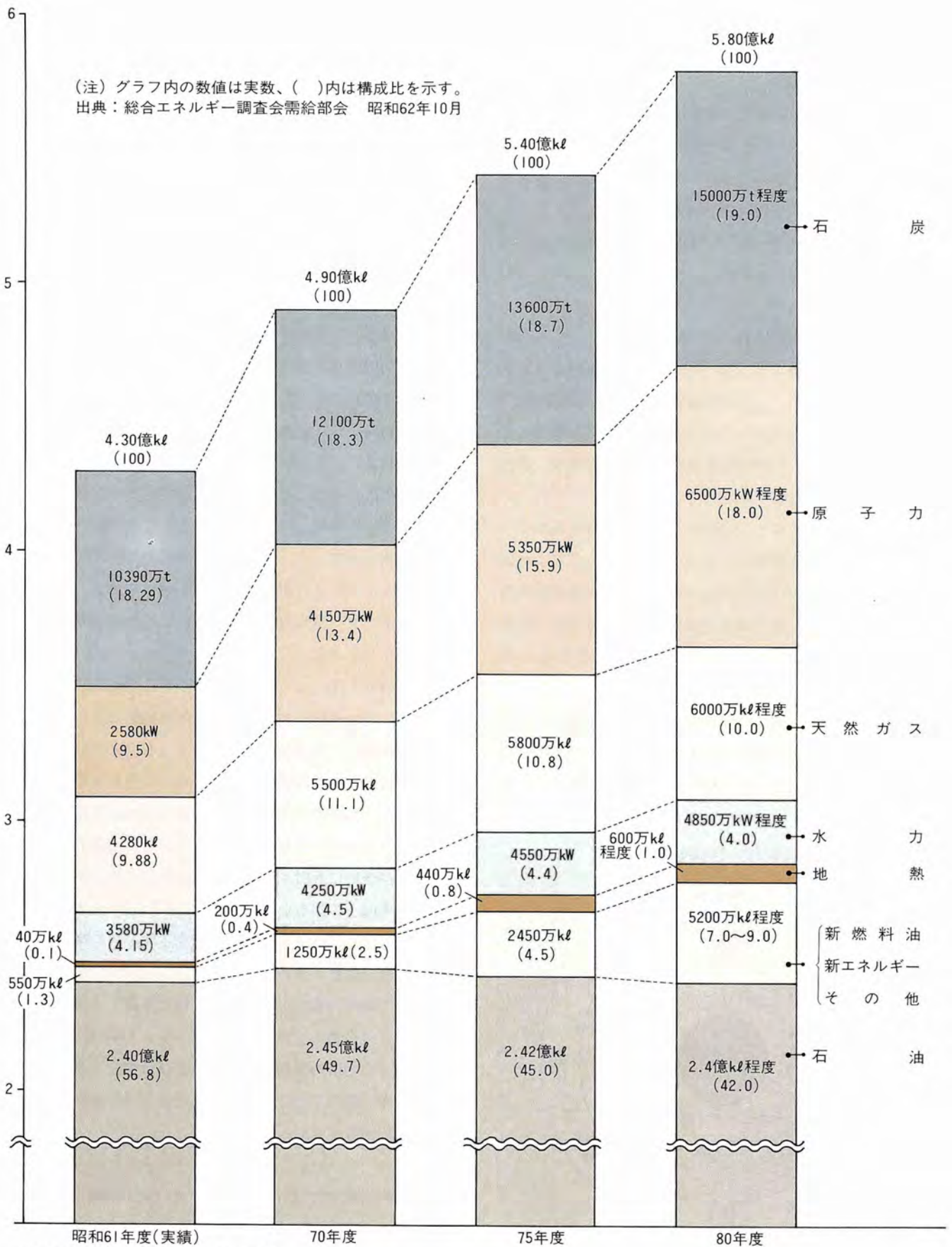


図1-1-2 長期エネルギー需給見通し

表1-1-1 電気事業に関連する主要技術開発課題と開発目標

		各技術開発課題の開発目標		
		2000年以前	2000～2030年	2030年以降
エネルギー供給技術	原子力技術	<ul style="list-style-type: none"> 改良型軽水炉 (A-PWR、A-BWR) 原子燃料サイクル 	<ul style="list-style-type: none"> 次世代型軽水路 高速増殖炉 廃炉 原子力新立地 	<ul style="list-style-type: none"> 核融合炉 多目的高温ガス炉
	石炭利用技術	<ul style="list-style-type: none"> CWM 	<ul style="list-style-type: none"> 石炭ガス化複合発電 石炭液化 (技術確立時期) 	
	高効率発電技術	<ul style="list-style-type: none"> 高効率ガスタービン 	<ul style="list-style-type: none"> 超々臨界圧火力 (350kg/cm²650℃) 超電導発電機 	
	新エネルギー技術	<ul style="list-style-type: none"> リン酸型燃料電池 バイナリー発電 太陽光発電 (離島用) 風力発電 メタノール利用 (リン酸型燃料電池への利用) 	<ul style="list-style-type: none"> 熔融炭酸塩型燃料電池 高温岩体発電 太陽光発電 (住宅用) 波力発電 海洋温度差発電 	<ul style="list-style-type: none"> 水素 (水からの低コスト) 製造技術
	エネルギー貯蔵		<ul style="list-style-type: none"> 新型電池電力貯蔵 圧縮空気貯蔵 フライホイール貯蔵 	<ul style="list-style-type: none"> 超電導エネルギー貯蔵 圧縮空気貯蔵 フライホイール貯蔵
	大電力送電		<ul style="list-style-type: none"> 超電導送電 	<ul style="list-style-type: none"> 超電導送電
	その他			<ul style="list-style-type: none"> 宇宙発電
エネルギー利用技術	熱利用技術	<ul style="list-style-type: none"> スーパーヒートポンプ 電気加熱 (プラズマ加熱レーザ加熱等の普及) 		
	輸送技術	<ul style="list-style-type: none"> リニアモーターカー (都市間交通用) 	<ul style="list-style-type: none"> 電気自動車 (本格的普及) 	<ul style="list-style-type: none"> リニアモーターカー (高速大量輸送用)

(注) : 新省エネルギー関連技術を示す (出典) 電気事業の21世紀ビジョン

1-2内外の研究開発動向

現在、我が国ではサンシャイン計画およびムーンライト計画で、また諸外国の研究機関等において燃料電池、新型電池電力貯蔵システム、太陽光発電、風力発電、地熱発電等の新エネルギー技術の開発が積極的に進められている。これらは、パイロットプラントの研究を終了し実用化に向けての具体的知見を得たもの、パイロットプラントの建設ないし運転中のもの、比較的近い将来にその成果が展望さ

れるもの、と様々である(表1-2-1)。

1-2-1 新発電技術

燃料電池

燃料電池は使用する電解質によってアルカリ型、リン酸型、熔融炭酸塩型、固体電解質型の4種類に分けられ、この

表1-2-1 内外の新エネルギー技術開発状況

新技術	日本	諸外国
1. 燃料電池	<ul style="list-style-type: none"> ●リン酸型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・1MW級パイロットプラントの運転研究中(NEDO、中部電力、関西電力他1986～) ・200kWプラント実証研究へ(NEDO、関西電力、大阪ガス他) ・50～200kWプラントの運転研究中(北海道、東北、東京他) ・10MW級プラント建設計画の作成(工業技術院) ●熔融炭酸塩型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・10kW級電池の製作、試験に成功(日立、東芝、三菱、富士、IHI各社1987) ・1kW級MCFC評価試験中(電力中央研究所1980～) ●高温固体電解質型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・500Wの電池開発(電子技術総合研究所1987) 	<ul style="list-style-type: none"> ●リン酸型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・11MWプラントの概念設計終了(米国IFC社1986) ・40kWオンサイト型電池のフィールド試験実施中(米国GRI計画1985) ・1MW級実証プラントの建設を予定(イタリア) ・数十～数百kWプラントの建設計画(オランダ、デンマーク1987) ●熔融炭酸塩型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・15kW級電池、2000時間運転達成(米国IFC社1987) ・1kW級内部改質型電池1500時間運転達成(米国ERC社1986) ●高温固体電解質型燃料電池 <ul style="list-style-type: none"> ・5kW電池の開発(米国ウェスティングハウス社1986)
2. 新型電池電力貯蔵システム	<ul style="list-style-type: none"> ・10kW級(8時間容量)ナトリウム・硫黄、亜鉛・塩素、亜鉛・臭素、レドックスフロー電池の開発運転中(湯浅電池、古河電工、明電舎、三井造船1987) ・1MW級改良型鉛電池によるシステム試験(関西電力1986～) 	<ul style="list-style-type: none"> ・500kWh亜鉛・塩素電池BESTで試験(米国EDA社) ・30kWh亜鉛臭素電池の開発試験(米国エクソン社) ・10MW、40MWh鉛電池電力貯蔵システム建設中(米国サザンカリフォルニアエジソン社) ・17MW14.4MWh鉛電池電力貯蔵システムを運転中(西ドイツ、BEWAG社) ・LL用ナトリウム・硫黄電池の開発(米国クロライドサイレントパワー(CSPL)社)
3. 超電導エネルギー貯蔵(SMES)	<ul style="list-style-type: none"> ・小型コイルによる試験研究を実施中(メーカ、大学等) ・10MWh、5GWhの概念設計(NEDO) ・10GWhの概念設計(東京電力、関西電力) 	<ul style="list-style-type: none"> ・30MJ、超電導コイルの実系統連系試験(米国BPAタコマ変電所) ・5.5GWh、10GWhSMESの概念設計終了(米国EPRIウィスコンシン大学)

うち電気事業では、リン酸型が最も早く実用化されるといわれている。

リン酸型燃料電池は60年代後半の実用化を目指し、56年度に要素技術の研究に着手され、現在1000kW級パイロットプラントの運転研究が行われている。また、離島用などオンサイト型プラントの開発なども進められている。

熔融炭酸塩型燃料電池は、61年度までに10kW級電池が試作・試験され、開発目標をクリアした。今後、スタック技術の開発を経て、MW級プラント開発へと進む計画とされている。

高温固体電解質型燃料電池は500Wの電池開発に成功している。

アメリカにおける電気事業用のリン酸型燃料電池の開発は、主にインターナショナル・フュエル・セル社(IFC社)

によって進められている。東京電力は五井火力発電所構内にIFC社の4.5MW燃料電池発電プラントを設置し、運転研究を行った。1984年2月に最大出力4.5MWを達成し、一連の運転研究を通して種々の特徴や問題点を明らかにするとともに、電池の解体研究を進めている。IFC社は現在、11MW発電プラントを設計し、商用化へ向けての研究開発を行っている。また、IFC社の40kW級オンサイト型プラントが各所でフィールド試験されている。

熔融炭酸塩型燃料電池はIFC社により15kW電池が開発され、2000時間運転された。また、内部改質型1kW級電池がエナジーリサーチコーポレーション(ERC)社で開発され1500時間運転された。

高温固体電解質型燃料電池は、ウエスチングハウス(WH)社により、5kWの電池(400時間の運転実績)が開発中

新技術	日本	諸外国
4. 圧縮空気貯蔵 (CAES)		<ul style="list-style-type: none"> 290MW CAESを1978年より運転中(西独フントルフ発電所) 25MW試験プラントの建設・試験中(イタリア) 実証プラントの建設中(米国)
5. 太陽エネルギー 太陽光発電 太陽熱発電	<ul style="list-style-type: none"> 低コスト化、高効率化の研究開発(NEDO他) 3kW個人住宅用システムから1000kW集中配置形システムの開発(NEDO他) 1MW級パイロットプラント(2方式)の運転終了 	<ul style="list-style-type: none"> 6.5MW級プラント他多数運転中(米国) 基礎研究、システム研究(ヨーロッパ諸国) 1~10MW級プラントの運転(イタリア、フランス、米国)
6. 地熱エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 9発電所で約21.5万kW発電中 資源量の調査、熱水利用発電システムや高温岩体発電システムの開発を実施中(NEDO) 米国フェントンヒル計画に参加 	<ul style="list-style-type: none"> 144万kW発電中(米国) 熱水利用発電で55MW発電中、65MW試運転中(米国) 高温岩体発電として2~5万kWシステムを日、独と共同で開発中(米国) フィリピン、イタリア、ニュージーランド、メキシコ、エルサルバドルそれぞれ10~数十万kWの発電
7. 海洋エネルギー、風力エネルギー他		
海洋エネルギー 海洋温度差発電	<ul style="list-style-type: none"> 100kW(ナウル島)、50kW(徳之島)プラント発電実験終了、75kW(佐賀大学)実験中 	<ul style="list-style-type: none"> 50kWプラント実験終了(米国) 1000kW級熱ループ実験プラント実験終了(米国) 40MW級、5MW級プラント開発計画中(米国、英国)
波力発電 潮汐発電	<ul style="list-style-type: none"> 波力発電船(海明)による実験終了(1987) 	<ul style="list-style-type: none"> 500kW発電設備(ノルウェー) 24万kW発電(1966年竣工フランス) ソ連、中国、大韓民国、カナダ、英国で実証ないし計画中
風力発電	<ul style="list-style-type: none"> 100kWプラント(三宅島)実験終了 300kWプラント(沖永良部島)実験中 	<ul style="list-style-type: none"> 2~4MW大型風力発電機の運転研究中(米国) 数十~数百kW機の実用化(ウィンドファーム、米国) 数百kW~数千kW級の運転中(カナダ、オランダ、イタリア、イギリス、フランス、西独)

である。

この他に、イタリアでは1000 kW 級リン酸型燃料電池の実証プラントの建設が、オランダ、デンマーク等で数十～数百 kW プラントの設置等が計画されている。

1-2-2 エネルギー貯蔵

新型電池電力貯蔵システム

61年度までに10 kW 級(8時間容量)のナトリウム・硫黄、亜鉛・塩素、亜鉛・臭素、レドックス・フローの4種類の新型電池がそれぞれ開発・試験された。現在、1000kW級パイロットプラント試作運転研究のため、大型化技術(60 kW 級モジュール電池)の研究が行われている。また、1 MW 4 MWh改良型鉛蓄電池を用いたシステム試験が61年10月より行われている。

アメリカでは500kWhの亜鉛-塩素電池が1984年にBEST (Battery Energy Storage Test) 施設で試験され、1985年に125 kW モジュール電池が開発された。ナトリウム・硫黄および亜鉛・臭素電池の BEST 施設での試験は1990年代初めと予想されている。

鉛蓄電池を用いた電池電力貯蔵システムの商用化を目指してピークカット用の500kWh鉛蓄電池(1時間放電)がBEST 施設で試験された。また、負荷平準化用10MW 40MWh 電池電力貯蔵システムがサザンカリフォルニアエジソン社のチノ変電所構内に建設中である。

一方、西ベルリン電力(BEWAG)は瞬動予備力や周波数調整用に17 MW 14.4 MWh の鉛蓄電池電力貯蔵システムを建設し、1987年1月より運転を行っている。

超電導エネルギー貯蔵

超電導エネルギー貯蔵は90%以上の変換効率を持つものの、実用化は2000年以降と考えられている。我が国では、小型超電導コイルの試作・試験によりクエンチ挙動や系統安定化、有効電力・無効電力の独立制御など電気的特性や機械的構造等が研究されている。また、10 MWh トロイド型コイルおよび5 GWh ソレノイド型コイルによる貯蔵

システムの概念設計も行われた。

アメリカにおいては、ボンネビル電力庁のタコマ変電所で、30MJ (8.3 kWh) の超電導貯蔵装置と電力系統とを連系した電力系統安定化の実験が行われた。EPRI は5.5 GWh 超電導電力貯蔵システムの概念設計を行った。

圧縮空気貯蔵

圧縮空気貯蔵は地下空洞等の耐圧容器内に空気を圧縮・貯蔵し、発電時は圧縮空気でガスタービン等を駆動するシステムである。我が国では、適切な地下空洞がないことから、本格的な検討はない。

西ドイツのフントルフ発電所で290MWの圧縮空気貯蔵発電プラントが1978年以降運転されている。またイタリアでは25MWの試験プラントが建設・試験されており、ソ連でも350MWユニット3台が建設中である。アメリカにおいても、1970年代後半より研究開発が進められ、アラバマ電力でプラントが建設中である。

1-2-3 自然エネルギー

太陽エネルギー

太陽光発電は本格的実用化に向けて、その低コスト化(普及時100～200円/ワット程度)を促進するため、太陽電池製造技術と利用技術の開発が行われている。

太陽電池を安価に製造するため、シリコンの純度を太陽電池級に製造する技術や量産化が期待できるキャスト基板製造技術の開発などが進められている。

これと並行して、周辺装置、既存電力系統と連系する技術等を含めた総合的なシステム技術の開発として、個人住宅システム(3 kW)から集中配置型システム(1000 kW)に至るまでの多くの利用システムの開発が進められている。

一方、太陽熱発電については、タワー集光式と曲面集光式の2つの1 MWパイロットプラントが昭和56年に完成し、定格出力の発電に成功し昭和58年3月まで運転研究が行われた。また、民生用として冷暖房、給湯に用いるソーラーシステムの開発はほぼ終了し、現在産業用ソーラーシステ

ムの開発が行われている。

アメリカやヨーロッパにおいても、太陽電池の低コスト化や高効率化の研究や発電プラントの開発が進められている。アメリカでは6.5MW級太陽光発電プラント他多数のプラントが運転・研究中である。

太陽熱発電プラントについても、アメリカの10MW級プラント、イタリアの1MWプラント、フランスの2.5MWプラントなどが運転研究中である。

地熱エネルギー

我が国の地熱エネルギーの賦存量は1億kWを超えると推計されている。現在、9発電所で約21.5万kWが運転されている。資源量の調査、熱水利用発電システムの開発(10MW級デモンストレーションプラントの概念設計や要素技術の開発等)、高温岩体発電システムの開発(山形県肘折地区での実用化を目指した実験研究)等が実施されている。高温岩体発電の研究開発はアメリカのロスアラモス研究所等で行われ、日本もこの研究プロジェクトに参加した。

この他アメリカでは144万kW(1986年3月末)が発電中で、ほとんどがカリフォルニア州ガイザース地域に設置されている。またイタリア、ニュージーランド、メキシコ等でも運転されている。

海洋エネルギー、風力エネルギー他

海洋温度差、波力、海流および潮汐などの海洋エネルギーは、地理的偏在性やエネルギー密度などの課題があるが、実用化の研究が進められている。

我が国では東京電力の100kWプラントなどによる海洋温度差発電や実験船「海明」による波力発電などの実験が行われた。

アメリカはハワイ島に165kW海洋温度差発電プラントを建設する計画がある。波力発電では、ノルウェーで最大1000kWの波力発電装置が運転中のほか、イギリス、スウェーデン、西ドイツ、アメリカ、カナダ等でも実用化研究が行われている。

風力発電は、太陽光発電とともに、自然エネルギーの有

効利用として実用化が期待されている。三宅島に100kW級パイロットプラントが建設・運転されたが、62年度には研究開発を終了する計画である。大型風力発電システムの開発に必要な要素・技術の開発等は継続される。民間においても300kW機で運転研究中である。

アメリカでは発電条件(風況)のよいカルフォルニア州を中心に数十～数百kW級でウィンドファーム形式で実用化されている。また、大型風力発電として、2～4MW級のものが運転研究中である。西ドイツやイギリスなどヨーロッパ諸国でも数百kW級が運転されるとともに、数千kW級の大型風力発電機が試験運転中かもしくは建設予定である。

1-2-4 コージェネレーション

産業用や業務用の電力と熱を供給するコージェネレーションの設置は、円高、石油価格の下落、貿易摩擦などを契機として、徐々に増加する傾向にある。業務用では昭和62年9月末現在の見込数字で137件、設備出力合計で約6万3000kWとされている。ディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービンを利用したコージェネレーション等を推進、検討するために、100数社からなるコージェネレーション研究会をはじめとする研究会、組合などが設立され、低コスト(目標建設コスト10～15万円/kW)、高効率(目標総合効率70～80%)、省スペースなどの技術開発が行われている。また、コージェネ用として潜在力を有する燃料電池や汎用スターリングエンジンなどの早期の開発・実用化が期待されている。

アメリカと西ドイツで、コージェネレーションの技術開発、普及が盛んに行われている。 ●

1-3 当所の研究開発の概要

高度エネルギー成長時代を過ぎ、高度情報化社会へと移行している中で、エネルギー源の多様化、エネルギーの最適有効利用、エネルギー業種間の規制緩和など複合エネルギー時代を迎えつつある。エネルギーの主要な利用形態である電気エネルギーの分野においても大きな変化が起きており、①燃料の多様化、②分散型電源、③新しい電気利用法などを通して、電源構成や利用法を再構築する必要性にせまられている。そこで当所でも上記①②③に関する研究を強力に推進しており(表1-3-1)、本レビューにおいては、このうち複合エネルギー技術に密接に関連した研究を紹介している。

以下にその概要を示す。また、当所では自然エネルギーあるいは再生可能エネルギーの利用についても注目し、その研究を併せて進めている。

融融炭酸塩型燃料電池は LNG ばかりでなく石炭ガスも燃料源とすることができるので燃料の多様化路線にあり、また発電として50%以上の効率が期待できるので、エネルギーの有効利用の観点からも優れた技術である。この技術は火力発電所規模の集中型電源として有望であるが、小型分散型電源としても可能性がある。当所はこれまでに 1 kW 級の技術を完成したが、具体的な成果としては

(1) 単セルについては1500時間程度の運転では性能の低下はほとんどない。

(2) スタックによる要素技術開発についてはガスシール技術、ガス均一フロー技術、電解質のワレ防止技術などを開発した。

(3) 1kW 級スタックでは電極面積200～2500cm²、積層数4～30セルを用いて、0.5～1.5 kW の発電電力の実験を行い2000時間の連続運転の実績をあげたことなどである。今後は10 kW 級の技術開発を行うが、耐久性と共にガスリサイ

表1-3-1 当所における新エネルギー技術に関する研究課題

融融炭酸塩型燃料電池発電技術の開発

分散型電源技術の開発

地熱発電技術の開発

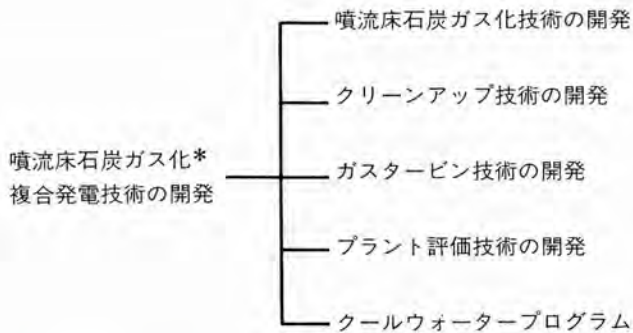
ロードコンディショナーの開発等負荷平準化

新技術の電力機器への適用

規制緩和と経営多角化

料金の多様化

(注) : 本電中研レビューの対象項目



10kW級溶融炭酸塩型燃料電池発電システムの開発

分散型電源のトータルシステム開発

コージェネレーションなどの分散電源の導入・普及

太陽光発電系統連系技術の開発

地熱開発技術

ロードコンディショナー技術の開発

極低温ケーブルの開発

超電導技術の電力機器への適用

光電子技術応用

新素材の電力機器への適用

規制緩和と経営多角化

料金の多様化

クル系を備えたミニ発電プラントとして研究を推進し、大容量化への展望を明らかにする。

そのほかリン酸型燃料電池については導入ビジョンを中心に検討を行い、火力代替、分散型およびオンサイト型電源の標準目標仕様を明らかにした。さらに、第三世代の固体電解質燃料電池についても基礎検討を開始した。

分散型電源として燃料電池発電、電池電力貯蔵システム、太陽光発電などが考えられ、電源の過度の遠隔地化の緩和、中間負荷対応、熱供給も含めたエネルギー有効利用などへの対策として、必要性が増している。当所ではこれら発電システムの研究開発を行うと共に、電力系統に導入された場合の技術的諸問題を解明しつつあるが、究極的には導入効果を総合的に評価することを目的としている。これまでにリン酸型燃料電池、電池電力貯蔵システムの導入形態や環境影響等を明らかにした。今後は分散型電源の付加価値の定量的評価や系統連系シミュレーション解析を行う。

そのほか圧縮空気貯蔵システムについては、ガスタービン発電と組合せたピーク・ミドル負荷兼用の分散型電源に注目し、基礎検討を進めている。

太陽光発電や地熱発電は自然エネルギーの有効利用である。太陽光発電は分散型電源とも位置づけられるが、当所では主に配電系統との連系の問題を中心に研究を行ってきた。これまでに小型太陽光発電システムが多数連系された場合や1000 kWの大規模システムが連系された場合の連系技術を開発した。小型システムとしては出力3 kW 2台を用いて配電系統の電力品質を維持する基本技術を開発したが、ひきつづき出力2～5 kWの小型システム7台を用い、連系配電線の電力品質が低下しないインバータ方式や運転制御方式を開発した。200 kWや1000 kWの大規模システムではそれらを実証すると共に運転経験を得た。今後は2kW100台というような多数連系の実証試験を行うと共に電気事業と利用者の双方にメリットの出る運転方法を探る。

地熱発電技術では探査技術を中心に研究を行ってきたが、これまでに熱水評価法をほぼ確定した。今後は水圧破碎等の現地実験を積み重ね、評価法の妥当性を実証すると共に高温岩体発電の基礎技術の確立をはかる。

*：電研レビューNo.6参照

そのほか海洋エネルギー利用発電については、海洋温度差、波力、海・潮流による発電に注目し、土木工学的観点も含め導入可能性の検討を行っている。

ロードコンディショナーは業務用や家庭用規模の比較的小容量の蓄電池を設置して、負荷平準化をはかると共に消費者の経済性や利便性に寄与しようとするもので、ある意味では究極の分散型電源である。これまでに鉛電池を用いた10 kWh 級ロードコンディショナーを設計試作すると共に将来鉛蓄電池に代る新種電池の開発に着手した。新種電池としてはエネルギー密度が高く、常温で作動し、補機も必要としないリチウム電池、高分子電池などを対象としているが、現在1 Wh 級の試作を行うと共に特別なものとして70 Wh 級のリチウム電池の性能評価を行っている。

今後は新種電池の大型化をねらうと共にロードコンディショナーの最適設計と導入メリットの創出を行っていく。

超電導は揚水発電対応のエネルギー貯蔵装置として研究を行ってきたが、これまでに小型超電導コイルを用いて機能の実証を行った。機能としては20kJ(6Wh)のコイルで電力の出し入れ、系統安定化、有効電力・無効電力の独立制御などの基本特性を明らかにした。

交流用途の研究も行っているが、最近世界最大容量の500 kVA 交流超電導コイルの試作に成功した。今後は高温超電導体を用いたエネルギー貯蔵装置のフィージビリティ研究を行う。

コジェネレーションは分散型電源に位置づけられるが、さらに熱利用を行えばエネルギーの有効利用がはかれる。これは電気事業が熱供給も行うよう規制緩和が行われれば都合がよい。これまで情勢分析を行ったが、今後は最適なエネルギー供給システムの検討、導入戦略の構築を行う必要がある。 ●

第 章

2

燃料電池発電技術

第2章 燃料電池発電技術 ● 目 次

2-1 燃料電池	伯江研 開発部 新発電研究室長 堀内 長之	21
2-1-1 概 要		
2-1-2 熔融炭酸塩型燃料電池		
2-1-3 リン酸型燃料電池・固体電解質型燃料電池		
2-2 トータルシステム技術	堀内 長之	28
2-2-1 リン酸型燃料電池発電の導入評価		
2-2-2 熔融炭酸塩型燃料電池発電プラントの検討		
2-2-3 燃料電池発電の導入ビジョン		

2-1 燃料電池

2-1-1 概要

燃料電池発電は、水力、火力、原子力に次ぐ第4の発電として最も有望な新発電方式である。天然ガス、石炭ガス化ガスなどの燃料がもつ化学エネルギーを電気化学的に反応させて電気エネルギーに変換する燃料電池は、第4の発電すなわち化学力発電

装置といえる。燃料電池発電の原理を図2-1-1に示す。

我が国の燃料電池の研究開発は、アメリカの電気事業用(4.5MW)、ガス事業用(40kW)等の研究開発に刺激され、国のムーンライト計画に取り上げられ56年10月より6ヶ年、110億円の研究規模でスタートした。

これまでの燃料電池の開発経過を図2-1-2に示す。

まず、リン酸型燃料電池発電の開発については、火力代替型1MWシステム(高温・高圧型、中部電力知多第二火力PS構内設置)、分散配置型1MWシステム(低温・低圧型、関西電力堺港火力PS構内設置)の運転研究に入りつつある。62年9月には我

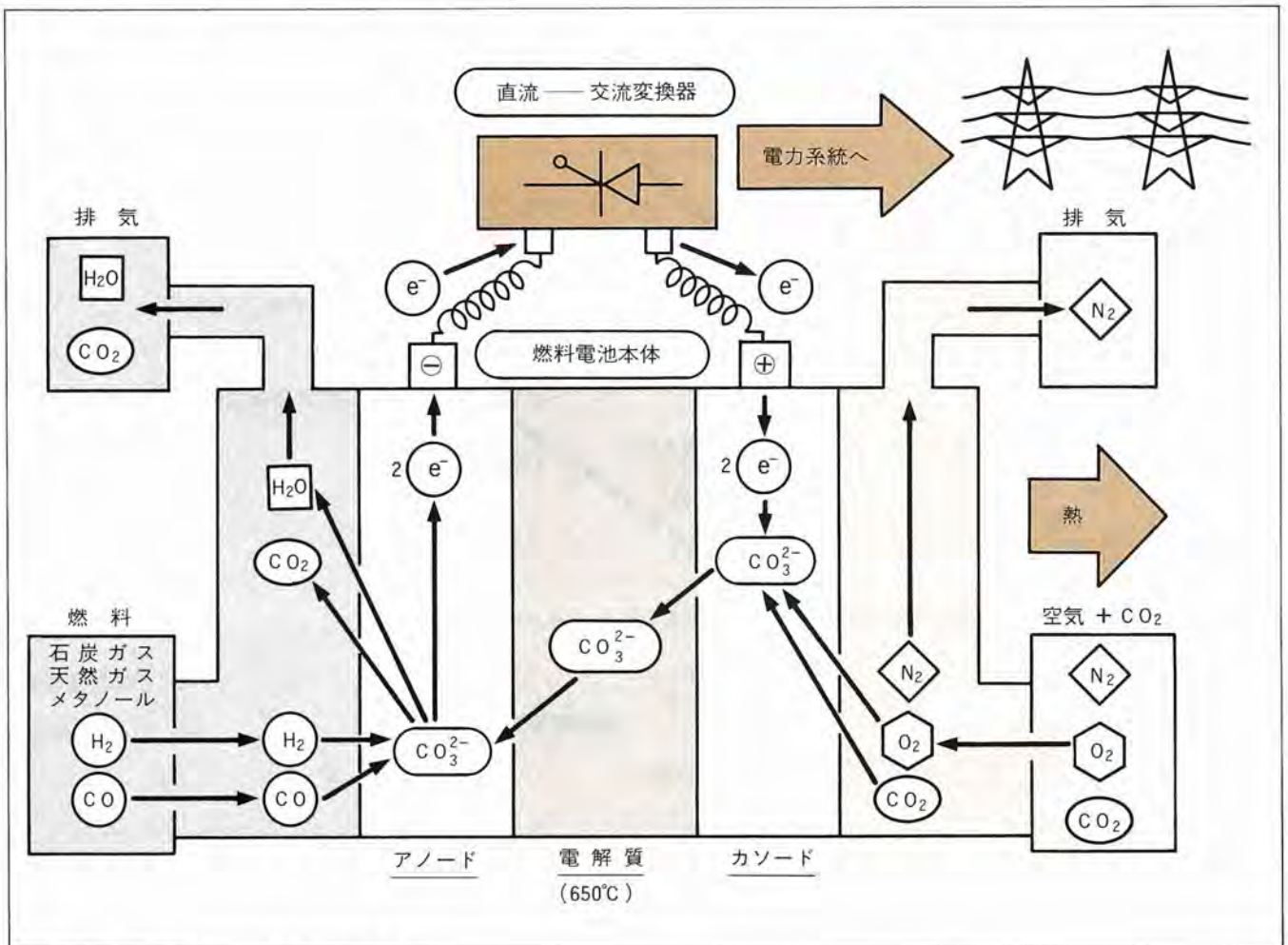


図2-1-1 熔融炭酸塩型燃料電池の原理

が国初めての1 MW出力の発電を達成した。引続き電力系統に連系運転され、様々な実験が行われる予定である。

また、離島用200 kWシステム(沖縄電力管内渡嘉敷島設置予定)、オンサイト型200 kWシステム(関西電力管内ホテル設置予定)の実証研究は61年度から開始し、65年までに実証運転を行う予定である。

その他、電力会社においても独自に研究開発を進めており、最近5ヶ所(北海道電力、東北電力、東京電力、四国電力)で実証運転に入っている。また、ガス会社にお

いても、コジェネレーションタイプ(アメリカ IFC社)として長期運転の実績を得ている。

このようにリン酸型燃料電池発電の開発は、実用化研究段階に入っており、さらにデモプラントとして数万 kW級の実証に進みつつある。

当所においては、国・NEDOからの受託研究を通してシステム構成の最適化、環境影響・安全性等の検討を行い、将来の方向性を示した。

一方、石炭をも利用可能な熔融炭酸塩型

燃料電池の開発は、リン酸型燃料電池につづいて、現在まで10 kW級電池の試作検証に取りかかったところである。ムーンライト計画では、59年度末に1 kW級スタックの運転、61年度末に10 kW級プロトタイプ1号試作機設置と運転評価を進め、62年3月末には、我が国初の10 kW級スタックの運転に成功した。この成果は、日米間の技術格差、リン酸型燃料電池とのレベル差をかなり縮めたものとして大きな意義をもっている。

引続き62年から9ヶ年間、約300億円以上

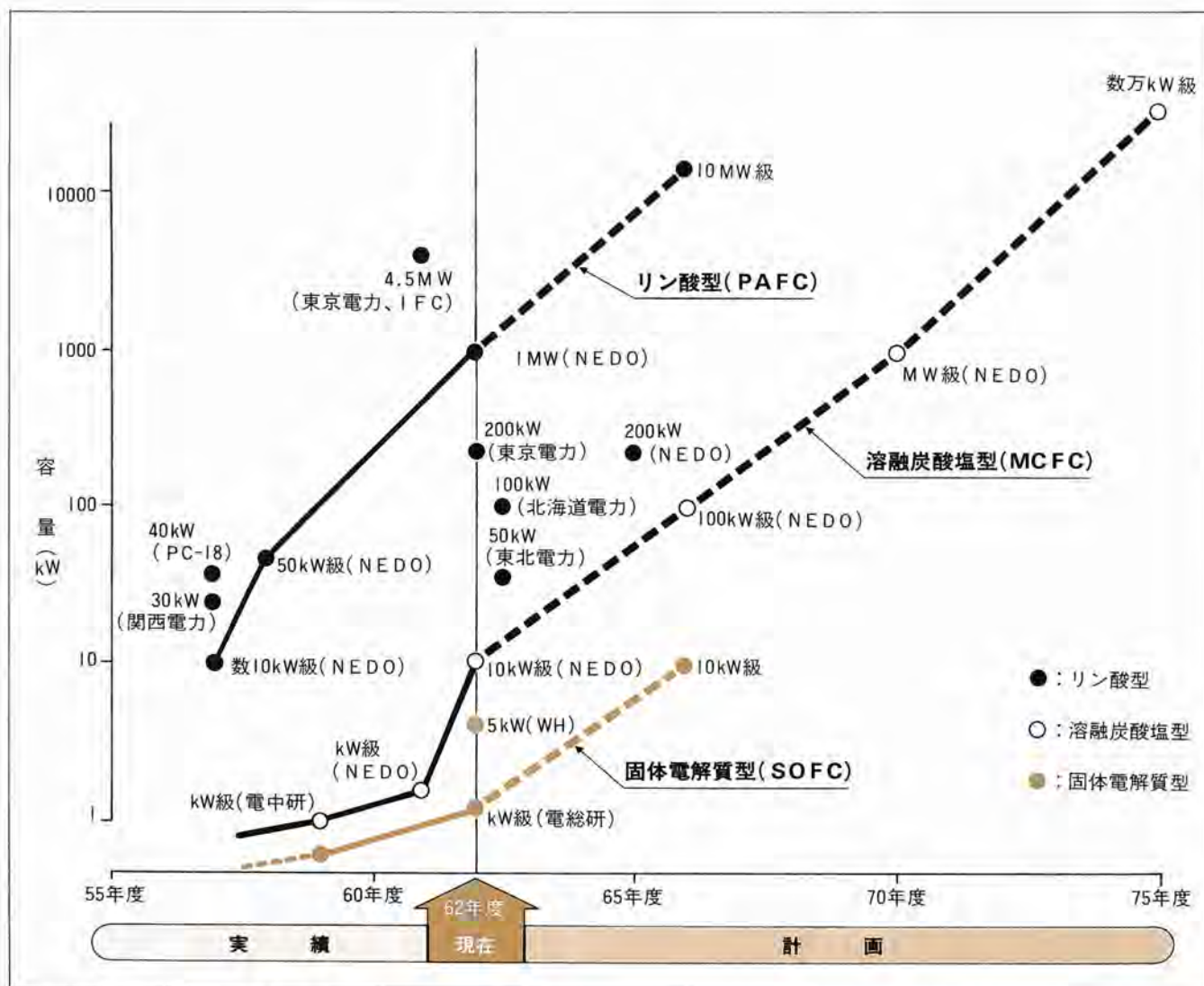


図2-1-2 燃料電池の開発状況

の予算規模で1 MW 級パイロットプラントの開発研究がまもなく開始される(表2-1-1)。

当所では、将来の電気事業の石炭利用拡大を図り、より高効率、低コスト化を狙う新電源の要として、この熔融炭酸塩型燃料電池発電を位置づけ、研究開発を進めている。

主要研究項目は次の通りである。

- ① 1～10 kW 級スタックによる長期信頼性評価と実用化技術の確立
- ② 発電システムの高効率化を図る電池サブシステムの開発と実証
- ③ 燃料電池の最適運転条件の確立
- ④ 100 kW 級スタックの実用化検証
- ⑤ 発電システムの設計技術の確立

そのため、現有の1 kW 級評価試験設備に加え、将来に備えて小型加圧試験装置を稼働させるとともに63年度中頃の運転開始を目指して、10 kW 発電システム試験設備の建設を進めている。これらの研究は、国のムーンライト計画と協調・支援するとともに電気事業への導入促進を図るべき技術開発を先駆的に行うものである。

さらに高効率発電が期待されている高温

固体電解質型燃料電池の開発は、基礎研究段階であるが、61年末に500 kW 級スタック(電子技術総合研究所)の運転に成功している。

当所では技術調査活動の成果を踏えて基本研究を進める予定である。

2-1-2 熔融炭酸塩型燃料電池

I. 特長

熔融炭酸塩型燃料電池は、リン酸型燃料電池と比較して次の特長を有している。

- 貴金属など高価な触媒を使用せずに高い特性が得られる。→低コスト化
- 石炭ガスなどに含まれている一酸化炭素(COガス)などによる被毒がなく逆に燃料源として活用できる。→燃料の多様化
- 動作温度が650℃であることから高品質の排熱が得られ、熱供給など多目的利用が可能である。→エネルギーの有効活用
- 複合発電として構成することにより55～60%の発電効率が得られる。→高効率化、大規模化

反面、腐蝕性の強い電解質を用いているための耐久性や高温であるための材料面での選択性、システムの複雑化などの問題点がある。

II. 我が国の開発状況

ムーンライト計画に沿って61年度末に開発メーカー5社により10 kW 級電池の試作とその運転に成功した。電池仕様は以下の通りである。

電極面積	1600～3600cm ²
積層数	29～57セル
発電出力	7～12 kW 級
電池電圧	0.75 V /セル以上 (平均電圧)

若干、セル面積、積層数等に幅があるが、いずれも、ムーンライト計画の目標値0.75 V/セル、150 mA/cm²、900cm²を全て超え、次の目標である100 kW 級スタックに向けて開発が可能であることを示した(表2-1-2)。

当所は、今回の10 kW 級評価試験に際し、評価試験法を新たに作成し、国、メーカーではこの試験法に基づいて一連の評価試験、データ収集が行われた。

表2-1-1 ムーンライト計画における燃料電池発電技術研究開発

	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	64年度	65年度	66年度	67年度	68年度	69年度	70年度
リン酸型	要素研究			1000kW級プラント			総合的技術開発								
熔融炭酸塩型	要素研究		10kW級		スタック開発(50～100kW級)			1000kW級プラント							
固体電解質型	要素研究														
アルカリ型	要素研究(1kW級)														
	第 I 期 開 発						第 II 期 開 発								

表2-1-2 10kW級溶融炭酸塩型燃料電池試作運転結果

メーカー 項目	A社	B社	C社	D社	E社
最大出力 (kW)	12.4	10.4	9.1	7.1	12.5
最大平均セル電圧 (V/セル)	0.76	0.76	0.76	0.79	0.80
有効電極面積 (cm ²)	3600	1600	2000	2500	3600
積層セル数	30	57	40	24	29
ガス供給方式	内部マニホールド	外部マニホールド	外部マニホールド	ハイブリッド マニホールド	内部マニホールド
ガスフロー方式	直交式	直交式	直交式	直交式	並行式

(注) ・ムーンライト計画目標平均セル電圧：0.75(V/セル) ・運転条件：大気圧、650℃、電流密度 150mA/cm²

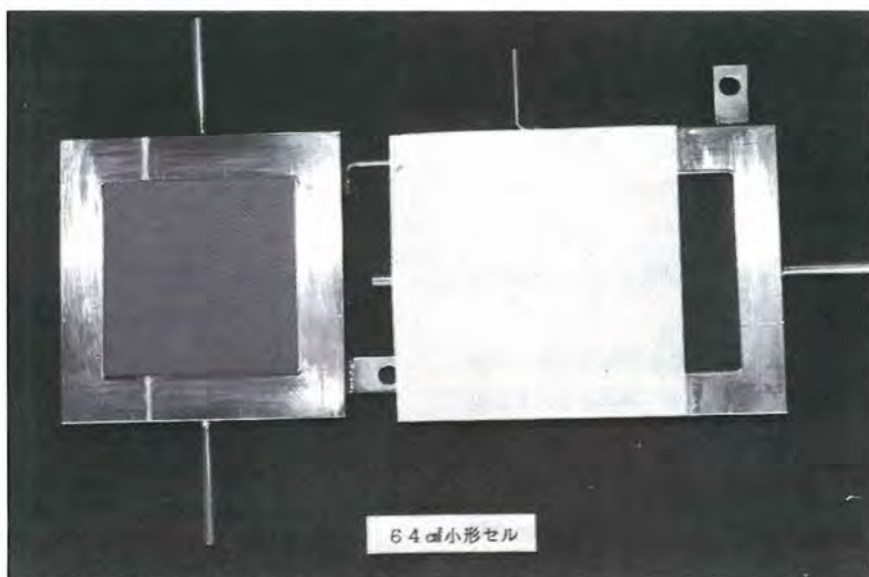


図2-1-3 電極板(左)と電解質板

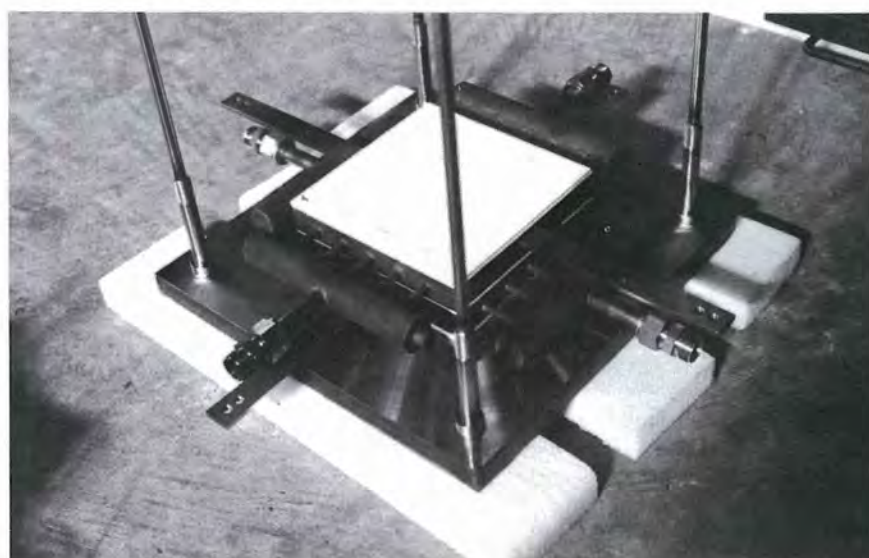


図2-1-4 小型単セルの組み込み状況

Ⅲ. 当所におけるこれまでの成果

(1) 単セルによる要素技術

将来技術の可能性を見極めるため小型単セルを用いた、数多くの基礎的実験を行い、以下の成果を得た。

- 1500時間程度の連続運転では、基本的な劣化は少ない(図2-1-3、図2-1-4)。
- H₂S不純物ガス濃度が5 ppm程度であれば特性は一時的に低下するが急速に回復する。
- 負荷の繰り返し変化に対しての性能劣化は極めて少ない。
- セパレータ材質に与える燃料ガス組成の影響は少ない。
- 燃料ガスの高利用率運転での性能低下は少ない。

今後は、電池の耐久性、安全性等について5000時間以上の連続運転もを行い評価する。

(2) スタックによる要素技術

セルを複数積層したスタック(図2-1-5)による運転試験を実施し、以下の成果を得た。

- 起動から安定までの最適時間は約100時間以上で最良となる。

- ガスシールと上下間締付け圧力との適正化の見通しを得た。1～3 kg/cm²の圧力により数%以下のガスリークに抑制可能である。
- 電池内部ガス等配方式の知見を得た。
- 電解質板のワレ原因を究明した。主として不均一化、強度不足など初期的なものであった。
- 電池性能の低下要因として接触性、ヌレ性などの分析検討を行った。

(3) kW級スタックによる特性評価

これまで1 kW 級スタック10台について開発・評価ならびに大型化、高積層化のための運転試験を行った(図2-1-6、図2-1-7)。

電極面積	200～2500cm ²
積層数	4～30セル
発電出力	0.5～1.5 kW
電池電圧	0.75V/セル(平均電圧)
燃料ガス供給	外部マニホールド又は 内部マニホールド
電解質板製法	ホットプレス法、テー プキャスト法

この1 kW 級電池による試験結果の分析から次の結果が得られた。

- 2000時間に及ぶ連続負荷運転に成功した。
- 1500時間を超えると電解質の移動現象等が顕著になり、性能劣化の要因となる。
- 初期の目標値である150mA/cm²、0.7V/セル平均電圧をクリアーし、後半のスタックでは、61年度末目標と同様の0.75V/セル以上を達成した。発電効率として最少45%以上が確保できる。
- 各種燃料ガス、ガス供給量、動作温度出力量などに対する基本性能と感度特性を把握し、大型化、高積層化への方

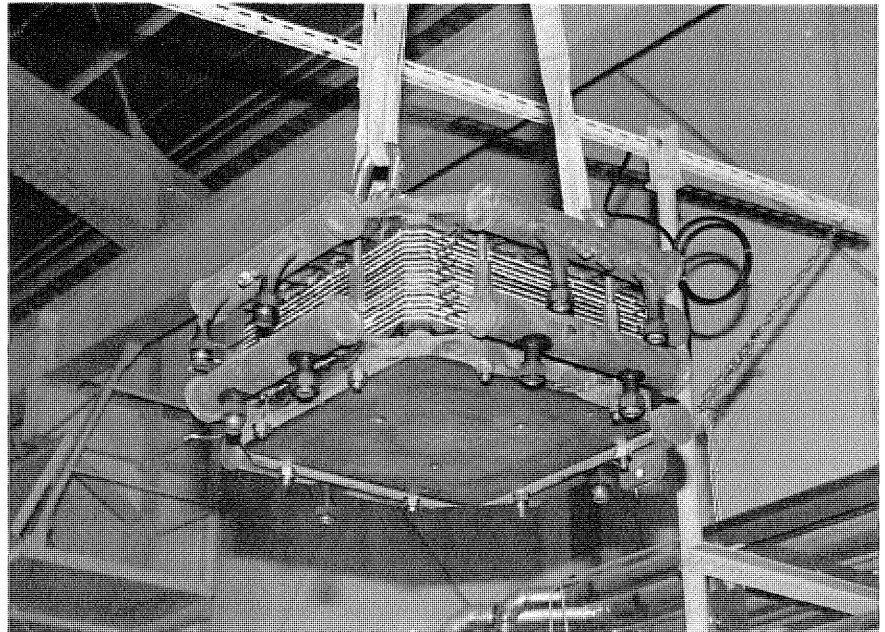


図2-1-5 単セル10段積のスタック(燃料、空気供給ロや排気口が見える)

- 向性を見通しを得た。
 - 起動手順、制御手法などの基本機能の最適化方策の知見を得るとともに、全行程中での故障要因の早期発見、処置方法等の診断技術の指針を得た。
- これらの結果を得て、次の開発である10 kW 級スタックの試作の可能性を示唆するとともに、今後の研究開発課題の抽出を行った。

IV. 今後の展開

国のムーンライト計画では、前半(62～66年度)に100 kW 級スタックを開発・評価し、その後(67～70年度)1 MW パイロットプラント(LNG ガス燃料)の建設、運転技術の研究を行うものである。また、前半では、システム技術を主としてMW 級プラントの開発研究としている。石炭ガス化装置との組合せプラントの実証に向け開発する石炭関連、周辺技術の開発も予定されている。

当所は、これらの研究に全面的に協力す

るとともに、将来技術に向けて次の研究を進めている。

- 1～10 kW 級スタックによる長期信頼性評価と実用化技術の確立
長期連続運転の評価が可能な規模となる1～10 kW 級スタックを用い、将来の目標である数万時間の寿命に対する評価を行なうものである。耐久性評価や劣化メカニズムの解明を行う。
- 発電システムの高効率化を図る電池サブシステムの開発と実証
電池サブシステムを構成するガスリサイクルシステムの効果、最適化等を見出すとともに、これらを構成する高温ガスブローア、ガス分離器等の性能仕様を決定し、その開発と評価を併せ行う。図2-1-8に10 kW 級システム試験設備の概要を示す。
- 燃料電池の最適化運転条件の確立
発電システムの安定運転を図る上で必要となる燃料電池本体の起動・停止、抑制・保護システム、計測・監視システム等の最適化条件を明確にしていく。

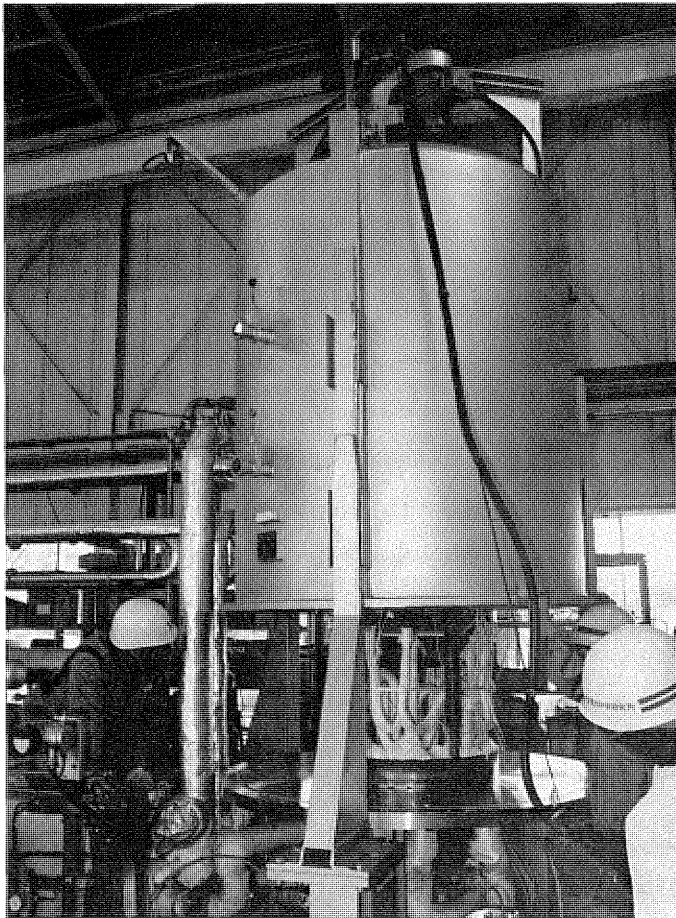


図2-1-6 1kW級燃料電池の据え付け状況
(スタックに加熱容器(大気圧試験用)を組み込んでいる)

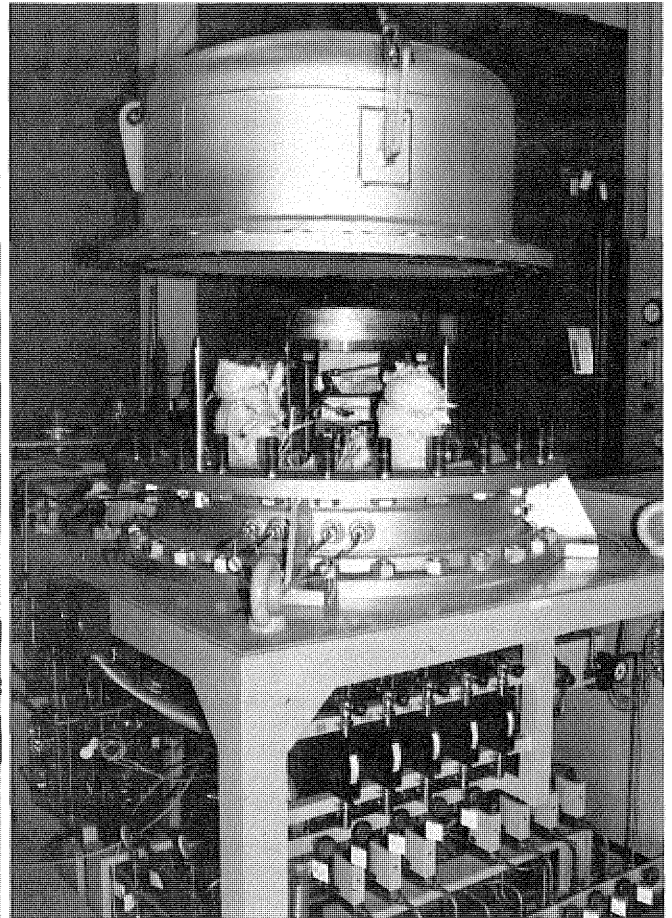


図2-1-7 小型単セル加圧試験装置
(圧力容器の内圧は10kg/cm²以内)

- 100 kW 級スタックの実用化検証
100 kW 級スタックの開発評価を行うとともに改良技術とその評価を行う。
- 発電システムの設計技術の確立
MW級パイロットプラントの在り方、将来の商用化について検討するとともにシステム設計を行う。
その他、加圧下の挙動解明、内部診断技術の確立など要素技術についても研究を進めていく。

2-1-3 リン酸型燃料電池・固体電解質型燃料電池

I. リン酸型燃料電池の我が国の開発状況

リン酸型燃料電池の開発は、実用化研究段階に入っており、既に12ヶ所(総出力約7 MW)で実証研究が進められている。我が国における電池開発状況は、スタック容量50~500 kW、電極面積3600cm²、動作温

度190℃~205℃、圧力常圧~6 kg/cm²、電流密度200~220 mA/cm²約0.7 V/セルと巾をもつが、当初目標である40~42%効率に近づくつつある。また電池冷却方式には、水冷却の他に空気冷却、排熱回収方式の採用、燃料種類に天然ガスの他にメタノール、石油ガスなどの採用等の多種多様の検証が行われている。とくに初期導入として最も期待できる需要家端設置のコジェネレーション用として、また離島用電源としての適用評価が当面の重要な課題といえる。

II 固体電解質型燃料電池の内外における開発状況

(1) 特長

固体電解質型燃料電池は、電解質が固体であり、熔融炭酸塩型、リン酸型電池と異なって気体、液体、固体の三相界面を作る必要がないため、電池構造がきわめて単純である。また、動作温度が1000℃と高いた

め電池構成の主要材料はセラミックスが使用される。これまで開発が進められている電池構成は、図2-1-9に示す円筒構造が主であるが、リン酸型などと同様で構造が簡単な平板型や高いエネルギー密度が得られるハニカム構造をしたモノリシス型などの研究も行われている。

(2) 開発状況

現在内外で最も開発の進んでいるのはアメリカのウエスチングハウス(W-H)社で、324個の円筒型電池から成る5kWスタックについて、400時間以上の試験に成功している。ハニカム状の一体化構造の電池については、ANL(Argonne National Laboratory)で開発を行っており、電極作動面積9cm²の電池を2ヶ直列に結んだスタックについて、1000℃、50 mA/cm²で650時間の試験実績がある。

我が国においては、開発の対象とされているのは主として円筒型であり、工業技術

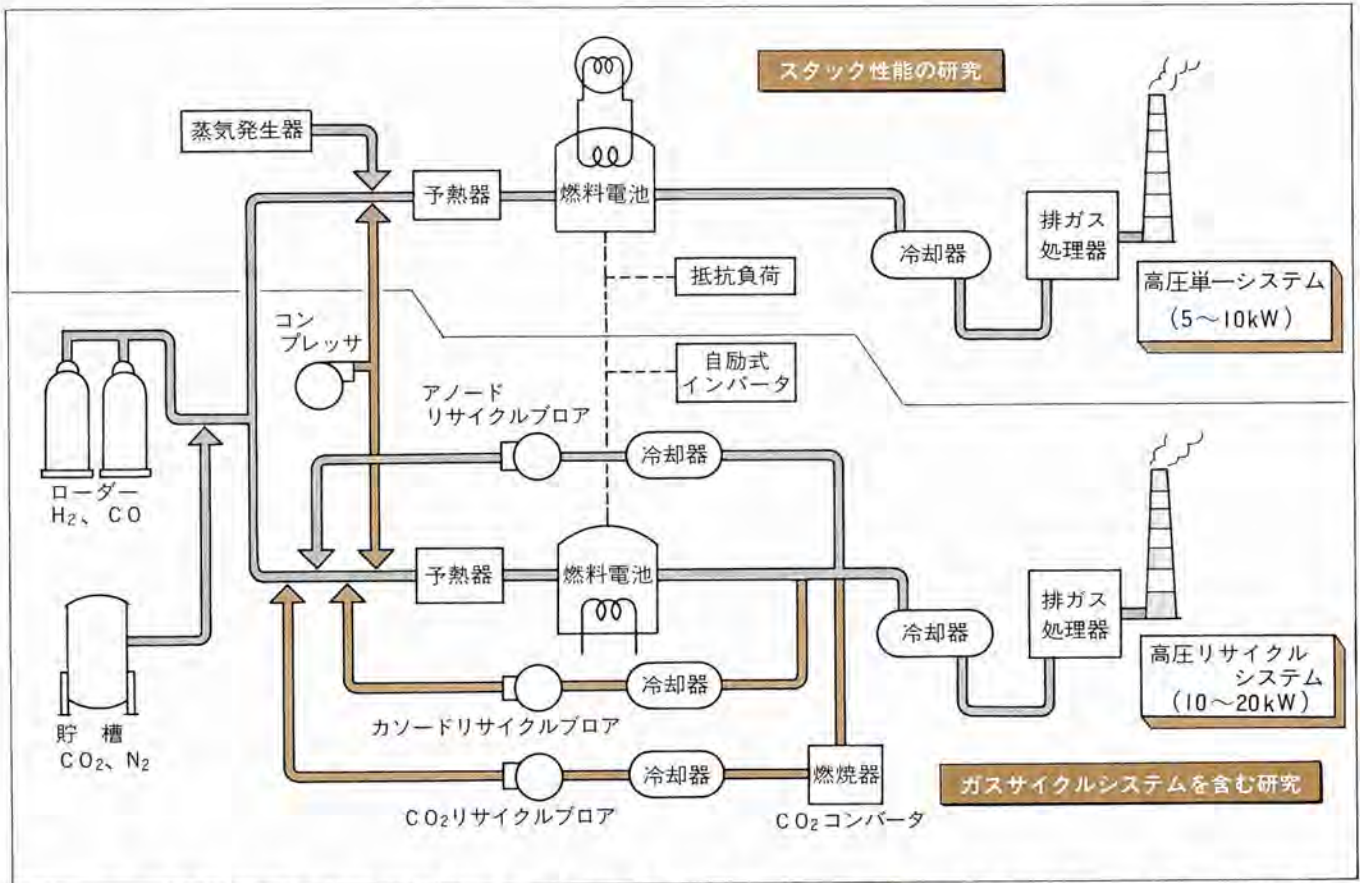


図2-1-8 燃料電池発電システム試験設備(10kW・昭和62~75年)の概要

← : 空気系の流れ ← : 燃料系の流れ

院電子技術総合研究所が最も開発が進んでいる。その他、化学技術研究所、大学などの国立研究機関、および三菱重工など2、3の企業において電池の開発が進められている。また東京ガス、大阪ガスがW.H社の3kWの電池をこの秋に導入、11月より実証試験に入る予定である。

(3) 今後の技術課題

○ 高温材料・加工技術

固体電解質型燃料電池で使用される材料の原料はニッケル、ジルコニア、ランタン等であるが、これらは高価であり、かつ高度な加工技術を必要とするため、電池の製造コストが高くなる。これに代る他の安価な材料の開発ならびに簡易で高精度な加工技術開発が必要である。

○ 電流経路の長大化

固体電解質型燃料電池の出力特性は期待値より大幅に低い。これは数多くの単セルを直列・並列に接続しなければならず、電

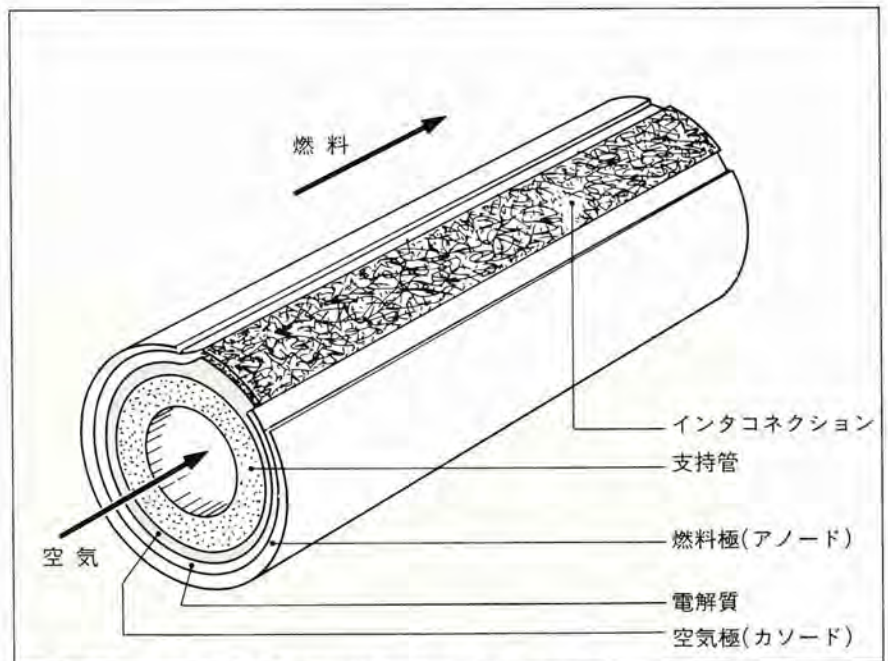


図2-1-9 高温固体電解質型燃料電池セル(円筒構造のセル、WH社)

流経路が長くなり内部低抗が大きくなるためである。期待値に近い特性を得るためにはこの点を解決する必要がある。

その他、発電原価の試算、発電システム

の在り方等の課題があるが、電気事業は将来の実現可能性について、さらに内外の調査を詳細に行い、開発課題の探索、将来見通しなどの調査検討を行っていく必要がある。

2-2 トータルシステム技術

2-2-1 リン酸型燃料電池発電の導入評価

当所では、リン酸型燃料電池が、火力代替用、分散配置型用あるいはオンサイト型として導入される場合の導入方策、導入効果を明らかにするため、予想される適用条件に対しての要求性能、標準仕様を示すと

ともに、分散配置等に伴う付加価値(クレジット)を追求し、その定量的評価を行ってきた。

以下にその概要を述べる。

I. リン酸型燃料電池発電の目標仕様の作成

リン酸型燃料電池発電プラントを将来の

分散型および熱併給型システムとして位置づけ、火力代替電源、分散型電源およびオンサイト用電源について目標仕様を作成した。

なお、導入促進をはかるため設置場所、運用目標、規模などから標準的な目標仕様の代表例として表2-2-1に示す12の事例を選択した。

想定した条件は次の通りである。

表2-2-1 リン酸型燃料電池発電プラントの標準目標仕様

運用目標	プラント規模	設置場所等	供給燃料	効 率		電 池 条 件				スタック容量 kW
				発電 %	総合* %	圧 力 kg/cm ²	温 度 °C	電流密度 mA/cm ²	電極面積 cm ²	
火力代替	300MW	火力発電所	LNG	45	45	7	205	300	10000	1000
	100MW	石油コンビナート化学工場等の自家発電所	〃	45	70	〃	〃	〃	〃	〃
分散型電源	30MW	商業地域の配電変電所	〃	43	60	〃	〃	〃	〃	〃
	20MW	工業地域の配電変電所	〃	42	42	〃	〃	〃	〃	〃
	10MW	事務所ビル内変電所	〃	42	65	〃	〃	〃	〃	〃
	4MW	ビル街地域内変電所	〃	42	60	〃	〃	〃	〃	〃
	2MW	食品工場化学工場等の22万V受電室	LNG、メタノール	40	65	4	〃	220	3500	250
	1MW	離島発電所	LPG、メタノール	40	40	〃	〃	〃	〃	〃
オンサイト用	400kW	ホテル・病院等600V受電室	LNG、メタノール	38	65	大気圧	〃	200	〃	200
	200kW	離島発電所	LPG、メタノール	37	37	〃	〃	〃	〃	〃
	100kW	プール・レストラン等200V受電室	LNG、メタノール	37	60	〃	〃	〃	〃	50
	50kW	学校・公共施設等200V受電室	〃	35	60	〃	〃	〃	2000	〃

*：総合効率、排熱利用を含めた効率

(a) 火力代替発電プラントでは、老朽火力の代替および、自家発電用として石油コンビナート用の化学工場等に併設して積極的に排熱を利用する(100～300MW級)

(b) 分散型電源用は、配電用変電所構内への併設、あるいは事務所ビル用変電所との併設等でそれぞれ負荷形態の異なるものへ供給する(1～30MW級)

(c) オンサイト型システムはホテル、学校等比較的小規模な消費者を対象とする(20～500kW級)

発電システムの目標仕様を決定する上で今後検討すべき課題は次の通りである。

(a) 燃料電池の発電効率に影響する要因として、燃料電池の特性、改質器の運転条件、空気圧縮機の効率があるが、特に空気供給系のタービン圧縮機に対して極力高い性能を得る必要がある。その他燃料電池の動作圧力、燃料ガス利用率、電流密度等は、経済性をも考慮した最適値を算出することが必要である。

なお燃料ガスの組成による発電効率への影響は少ないので、LNG、メタノール、LPG等の燃料選択ができる。

(b) オンサイト型では、スケールメリットが少なく、設置自由度も小さいことから極力簡易化、省力化で構成できるようなシステム構成とすべきである。

II. リン酸型燃料電池発電の導入効果

リン酸型燃料電池発電は従来型の電源と競合関係にあるが、高効率、クリーン、使用場所近傍に設置可能、負荷応答性に優れ、モジュール単位で増設可能で工期が短いなどの特長がある。この特長を活かせば、導入に伴う付加価値として以下の効果がある。

○ 燃料電池排熱の地域冷暖房、温水など

への有効利用(排熱利用効果)

○ 使用場所近傍への設置に伴う、送変電設備などの既設流通設備の有効活用(流通設備増強繰り延べ効果)および送電損失の低減(送電損失低減効果)

○ 電圧・無効電力の調整能力の活用による調相設備の低減(無効電力制御効果)

○ 低NO_x、SO_x、無排水、低騒音などによる都市近傍地点への電源導入(環境・立地効果)

○ 起動・停止が容易で負荷変動に対する高速応答(負荷応答効果)

○ 燃料電池モジュール化による負荷増への小容量段階的増設(段階的容量増加効果)

○ 送電線中間あるいは使用場所近傍への設置による電力系統安定度の低下抑制(安定度向上効果)

この内、付加価値の大きなものは排熱利用効果と流通設備増強繰り延べ効果であり、これらを主体に定量的に評価し、燃料電池発電の限界建設単価を求めた。

1. 排熱利用効果

燃料電池発電の排熱は蒸気(約180℃)、高温水(約90℃)、低温水(約35℃)があり、この熱源は冷暖房や給湯に利用できるので、このシステム構成例を図2-2-1に示す。有効な排熱利用の観点からは、事務所ビル、レストランなど熱・電力需要バランスのよい場所が効果的であり、冷暖房などの燃料費を10～20%低減できる。しかし、住宅地域、ホテルなどの熱・電力需要バランスの悪い場所においては、特に冬季に追炊燃料が多くなり、燃料費の低減は10%以下となる。

2. 流通設備の増強繰り延べ効果

燃料電池発電を電力系統内に導入すれば、設置地点より上位系統の潮流の平準化が図れ、既設流通設備の利用率を高めることが

できる。それ故に、流通設備の投資繰り延べが可能である。この結果、付加価値(クレジット)として設置場所が使用場所に最も近傍となるオンサイト用電源で10～23万円/kW、次に分散型電源で8～13万円/kW、最も遠方となる火力代替電源で4～8万円/kW程度となる。

3. 燃料電池発電の限界建設単価

上記の効果の他に無効電力制御効果、環境・立地効果、送電損失低減効果を定量的に評価し、その結果を考慮して限界建設単価を算出した(表2-2-2)。

なお、燃料電池発電からの排熱を有効利用すれば、冷暖房などの燃料費を10～20%程度節減できる。

2-2-2 熔融炭酸塩型燃料電池発電プラントの検討

I. プラント構成の要因

燃料電池発電は、従来の発電方式(火力、水力、原子力)と異なり、電源の多様化に則して、小型分散電源から大規模集中電源あるいは、熱併給電源といった多面的な利用が予想されるため、利用形態はもちろん、その他システム構成に影響を及ぼす要因が存在すると考えられる(図2-2-1)。したがって、熔融炭酸塩型燃料電池発電システムの設計に当たっては、これら構成要因を十分に把握する必要がある。

当所においては、電池本体の運転試験を通じて、各要因の検討を実施している。例えば、燃料の多様性に関しては、各種シミュレート燃料による発電を試み、電池本体の燃料多様性を実施している。また、運転機能に関しても、将来要求される運転モードへの電池本体の適応性の実証を進めている。さらに、システムの効率面に関しては、シミュレーションプログラムを用い、将来

の利用形態を想定し、達成可能な効率の試算を行っている。

II. 分散型電源への適用

熔融炭酸塩型燃料電池はモジュール構造であり、プラント構成の1つに分散型電源への適用が考えられる。このため天然ガスを燃料とし、使用場所近隣に設置可能な数

万kW級プラントの概念設計を行った。

規模は郊外配電変電所への設置を想定し、現在の郊外配電変電所のバンク容量に準じ、3万kWを目標とし、また設置場所が内陸部付近であることから導入の容易性を考えシステム構成をできるだけ単純化して、起動停止や負荷追従が容易に行えるようにし、モジュール容量は500kWと小さく設定した。

プラントの基本的構成は図2-2-2に示す通りで、電池本体の他、天然ガス(CH_4)を水素に転換するリフォーマと、高温高品質の排出ガスからコンプレッサ用動力を回収し、一部付加発電も行うターボコンプレッサから構成されている。リフォーマ用燃料には電池アノード末反応ガスと天然ガスを併用し、改質に必要な水蒸気はアノード出口ガスを冷却して得た凝縮水を用いた。

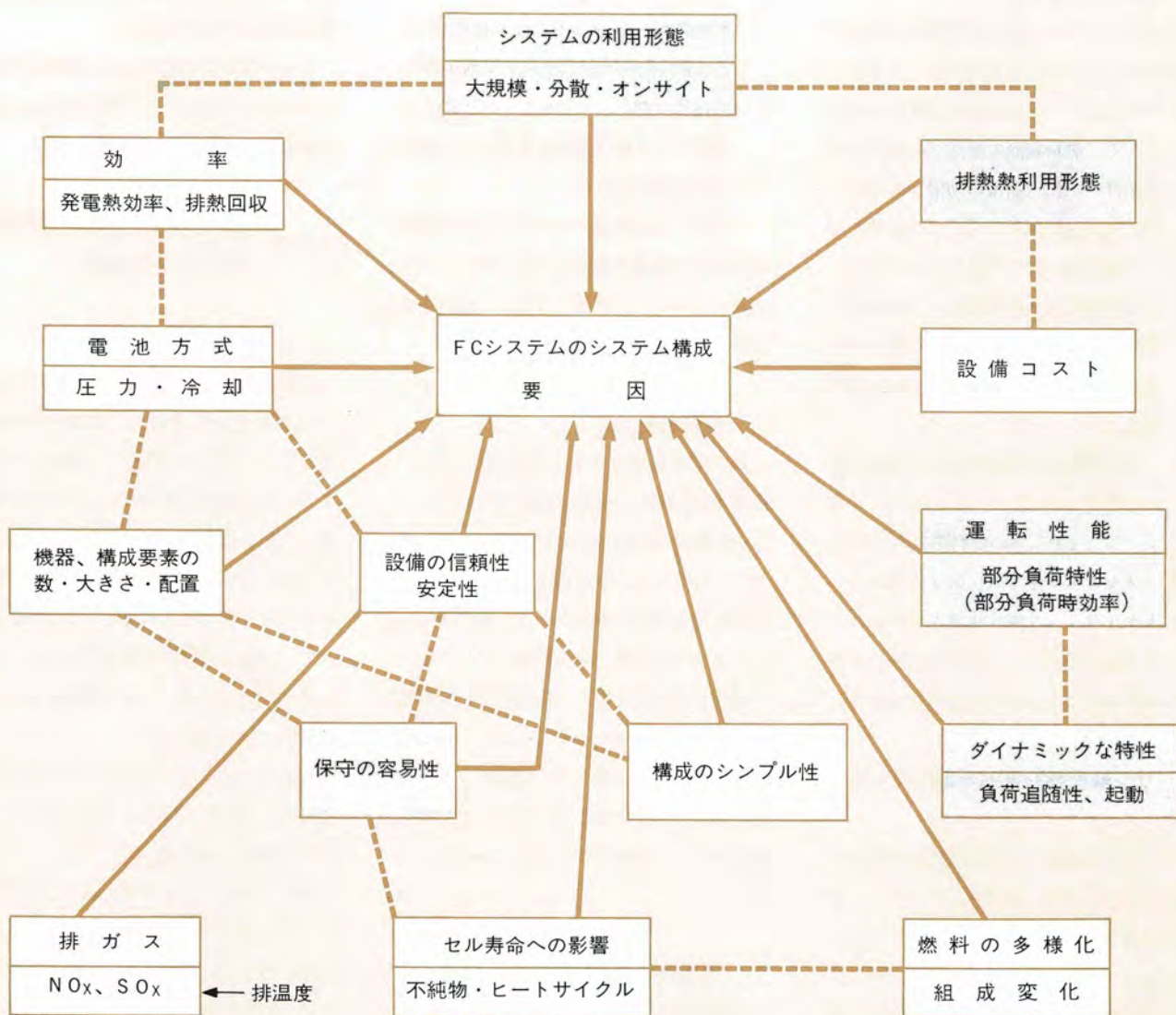


図2-2-1 燃料電池発電システムの構成要因

さらにカソードガスを再循環させることにより入口ガス温度を調整している。

この様なシステムの熱・物質収支の計算を行ない効率を求めたところ表2-2-3に示す様に送電端効率で55.0%と非常に高い値を得た。その内訳を図2-2-3に示す。電池本体のみの発電においても45%を越える効率が見込めることが明らかとなった。

さらにプラントのレイアウトを行い、 $0.1\text{m}^3/\text{MW}$ を目標として機器は立体配置とした。

経済性としては建設費約25万円/kW、

表2-2-2 リン酸型燃料電池発電の限界建設単価

単位：万円/kW

	電源単価 相当分	クレジット分				限界建設 単 価
		流通設備 増強繰り 延べ	無 効 電力制御	環境性	送電損失	
火力代替電源	18~25	4~8	0.3	0.4~0.5	0.2~0.5	24~34
分散型電源	17~25	8~13	0.2	0.4~0.5	0.3~0.8	28~39
オンサイト用電源	11~23	10~23	0.1~0.3	0.4~0.5	0.5~1.4	22~42

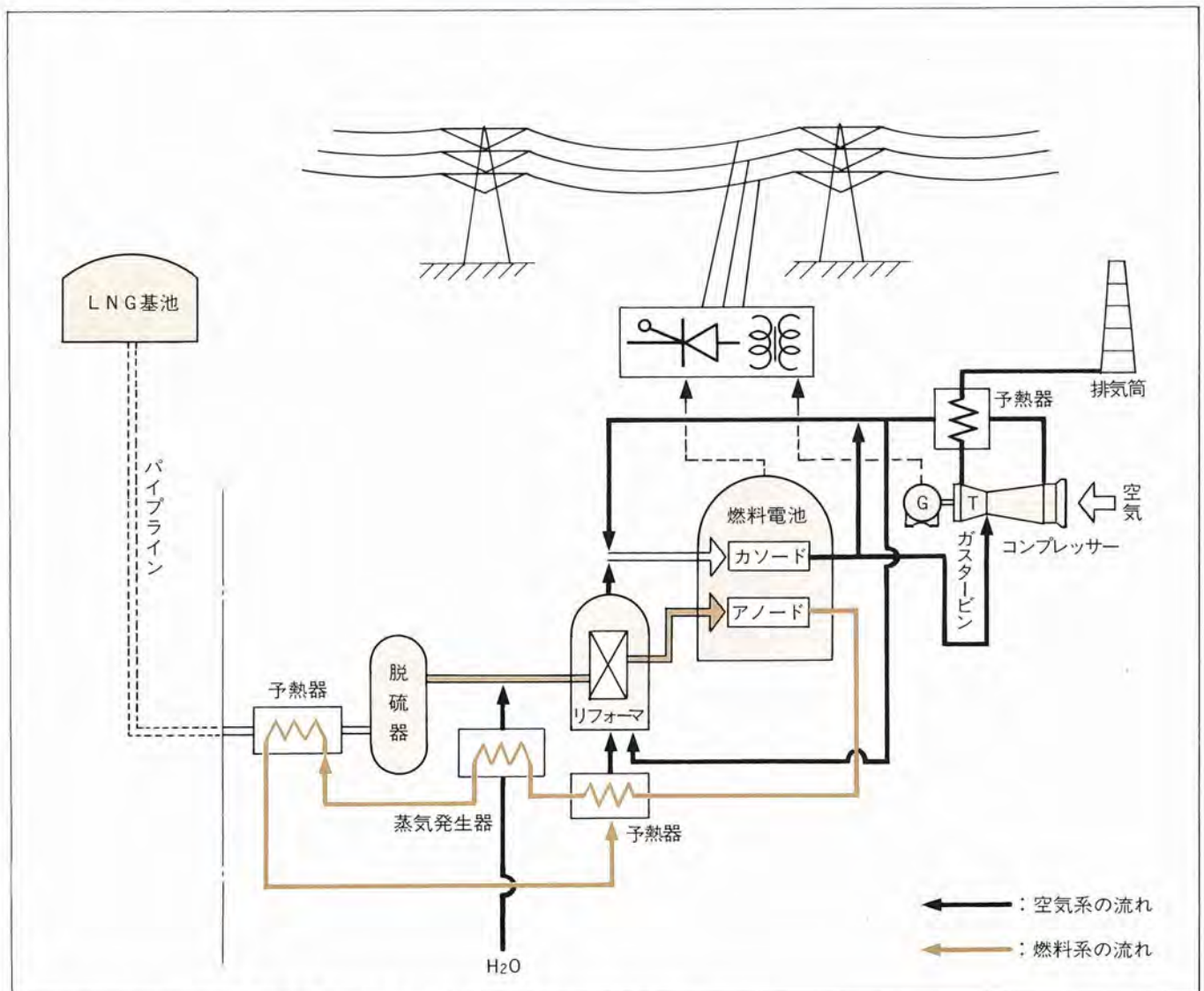


図2-2-2 30MW級LNG改質溶融炭酸塩型燃料電池発電システムフロー

発電単価約19円/kWhと現状LNG火力にほぼ匹敵する値を得た。建設費のうち電池は全体の約1/3と最も大きく、残りのリフォーマ、コンプレッサ、計装、建屋等が各15~20%でほぼ同じ割合となった。発電原価は年経費率を用いて算定したが、現状火力での方式との相異点としては電池本体部分の耐用年数を5年、残存価値を0%としている点が挙げられる。その他の値は現状火力の値を参考にした。その結果、発電単価のうち可変費分が固定費分よりわずかに高くなった。

以上の概念設計により、天然ガスを用いた分散型電源においては55%と高い発電効率が得られ、経済性もLNG火力並みとなる見通しが得られた。

Ⅲ. 石炭ガスを利用した集中型電源への適用

熔融炭酸塩型燃料電池の特徴を最大限に活かす発電システムは石炭を利用したシステムである。熔融炭酸塩型燃料電池は安価な石炭による生成ガスを直接燃料として利用できる燃料電池である。これにより石炭利用の拡大を図り、発電コストの低減を期待できる。

運用形態としては石炭ガス化装置の特性を考慮し、集中型のベースロード用が考えられる。そこでユニット規模として、現在の大規模原子力に匹敵するものとして100万kW程度を想定した概念設計を行った。この場合には電池排ガスを利用するガスタービンと蒸気タービンとの組合せによる複合発電方式が想定できる。

石炭ガス化複合熔融炭酸塩型燃料電池発電方式の主要構成機器としては石炭ガス化装置、ガス精製装置、燃料電池サブシステム、ボトムリングサイクル、電力変換装置等があり、このシステムの概略構成を図2-2-4に示す。ガス化炉は噴流床式の酸素吹き、

表2-2-3 30MW級LNG改質熔融炭酸塩型燃料電池発電プラントの総合効率

燃 料	LNG使用量 LNG発熱量 総入熱量	4.401Nm ³ /h 10.65Mcal/Nm ³ HHV 46.87Mcal/h (54.56MW)
発電端出力	燃料電池(AC) パワータービン 合計	26.02MW 4.67 30.69MW
発 電 端 効 率		56.3(%)
所 内 動 力	カソード再循環ブローア リフォーマ燃料ブローア その他の動力 合計	0.21MW 0.21 0.27 (0.69MW)
送 電 端 出 力		30.00MW
送 電 端 効 率		55.0(%)

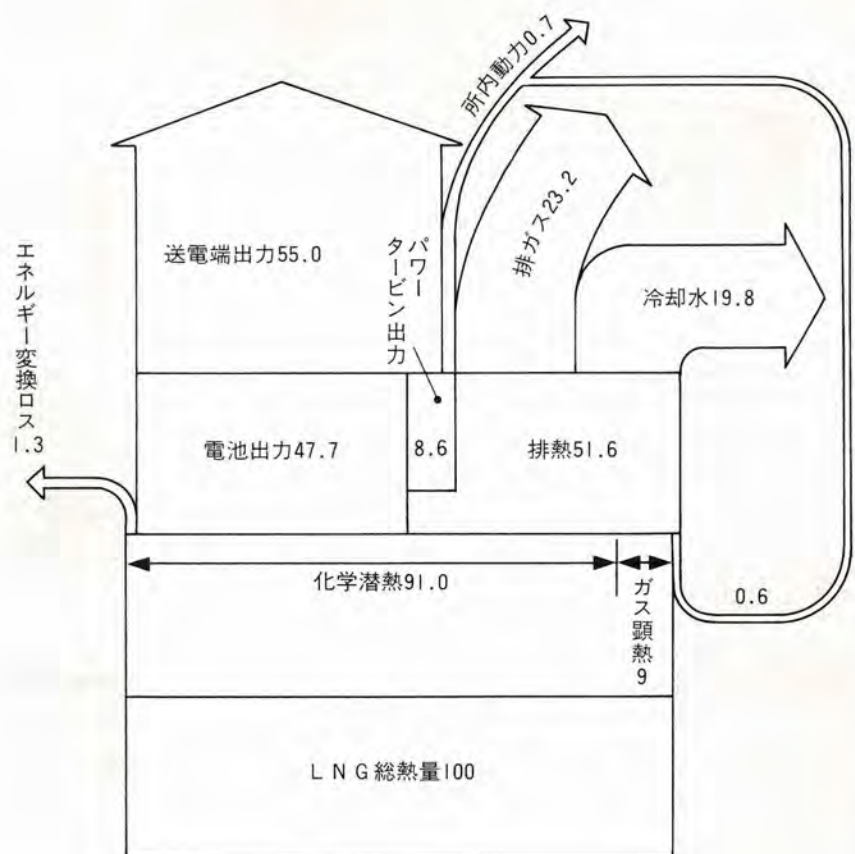


図2-2-3 30MW級LNG改質熔融炭酸塩型燃料電池発電プラントのエネルギーフロー

ガス精製系は乾式とした。さらに電池カソードに供給が不可欠な炭酸ガスをアノード排ガスから化学的に分離供給する設備を組

込む新しい方式を採用した。熱、物質収支解析の結果、全負荷送電端効率として石炭利用プラントとしては非常

に高い53.1%を達成した(表2-2-4)。このシステムによる発電効率は他の方式に比べ最も高い(図2-2-5)。

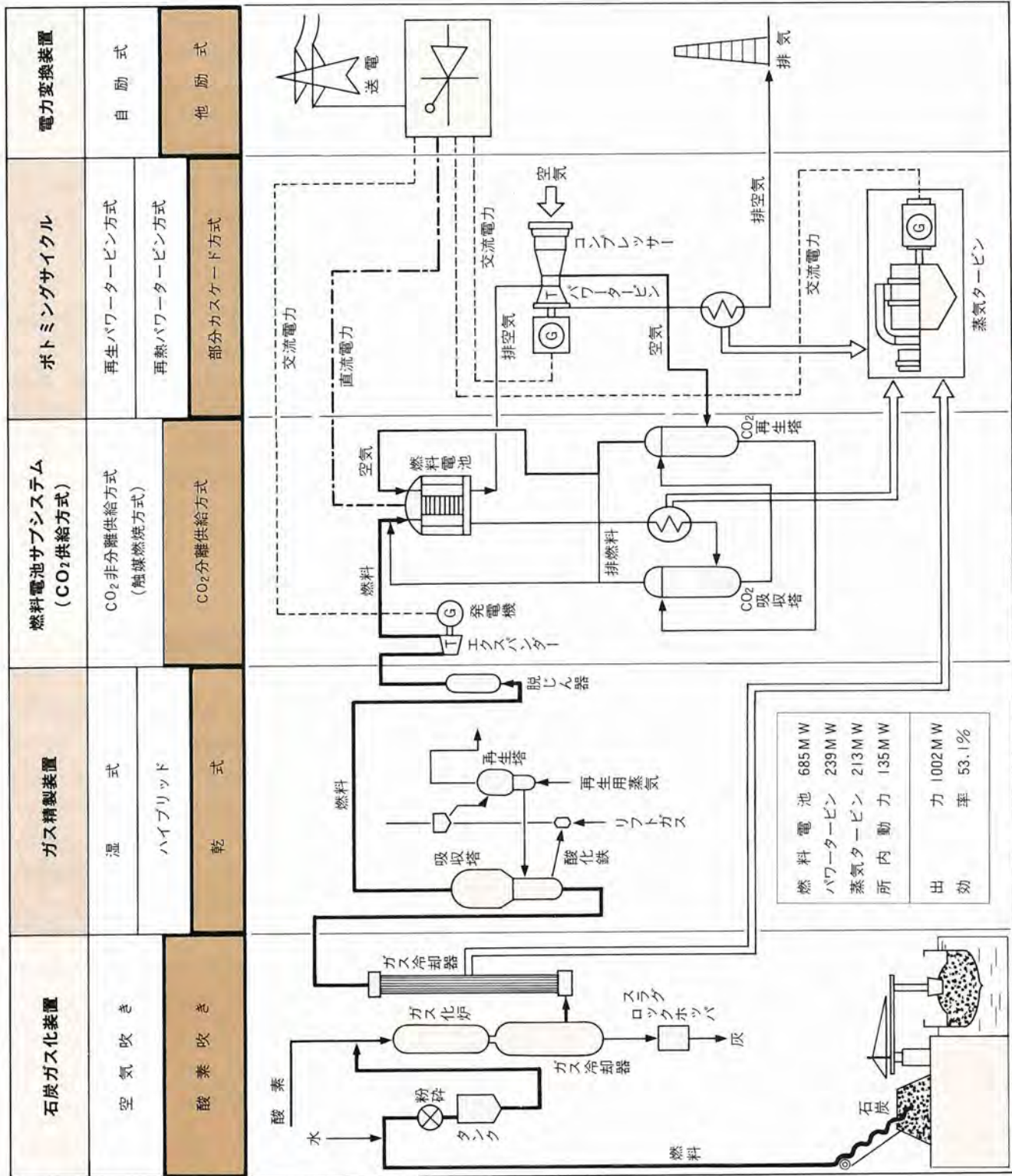


図2-2-4 1000MW級石炭ガス化複合溶融炭酸塩型燃料電池発電プラントの概略構成図

表2-2-4 1000 MW 級石炭ガス化複合 MCFC 発電プラントの総合効率

燃料	石炭使用量 石炭発熱量 総入熱量	251.0 dry T/H 6470.0 kcal/kg HHV dry 1624.0 Gcal/h (1890.0 MW)
発電端出力	燃料電池 (AC) パワータービン エキスパンダ 蒸気タービン 合計	685.1 MW 143.5 95.4 212.6 1136.6 MW
発電端効率		60.2%
所内動力	揚運炭設備 前処理設備 酸素供給設備 石炭ガス化設備 ガス精製設備 燃料電池設備 ボトミングサイクル設備 (含;付帯設備) CO ₂ 分離設備 給水処理設備 排水処理設備 合計	1.42 MW 6.57 83.07 2.33 4.74 20.55 7.39 4.80 1.83 2.00 134.7 MW
	送電端出力	1001.9 MW
	送電端効率	53.1%

このシステムの概念設計を行った。立地点としてはプラントが大規模で海外炭を利用することを想定し、湾岸地帯への設置とした。この結果、敷地面積としても約350m²/MWと、現状微粉炭火力相当まで抑制されている。建設費のうち約1/4は燃料電池設備であり、次いで石炭ガス化設備、ボトミング設備、ガス精製設備がそれぞれ10~20%の割合を占めた。発電原価については固定費分は可変費分の約3倍となった。建設費は将来の量産性を考慮すれば、現状の火力発電プラント程度が見込める。したがって発電コストは石炭を利用する場合、現状の微粉炭火力以下が期待できる。

以上の様な発電システムの機能、経済性の観点から見ても、MCFC 発電プラントは火力代替電源として十分に導入可能であり、将来の電気事業における供給力の質的確保、発電コストの低減に寄与するものと考えられる。

2-2-3 燃料電池発電の導入ビジョン

開発状況、適用分野等の分析から、今後の燃料電池発電の導入展開は、まずリン酸型燃料電池発電では、数百kW級オンサイト型電源が予想される。続いて2000年当初にデモプラントの実証を踏まえて数1000kW級(LNGガス燃料)~数万kW級の熔融炭酸塩型燃料電池発電が順次導入されていくと考えられる。その後、固体電解質型燃料電池発電が実用期に入る。規模としては数1000kW級以下の中小容量で排熱を有効に使うコージェネレーションとして最も優位になる。

この導入方策の実現には、燃料電池本体の一層の技術開発、周辺技術を含むシステム技術開発、さらに導入の基本となる経済性をより高めることが必要である。

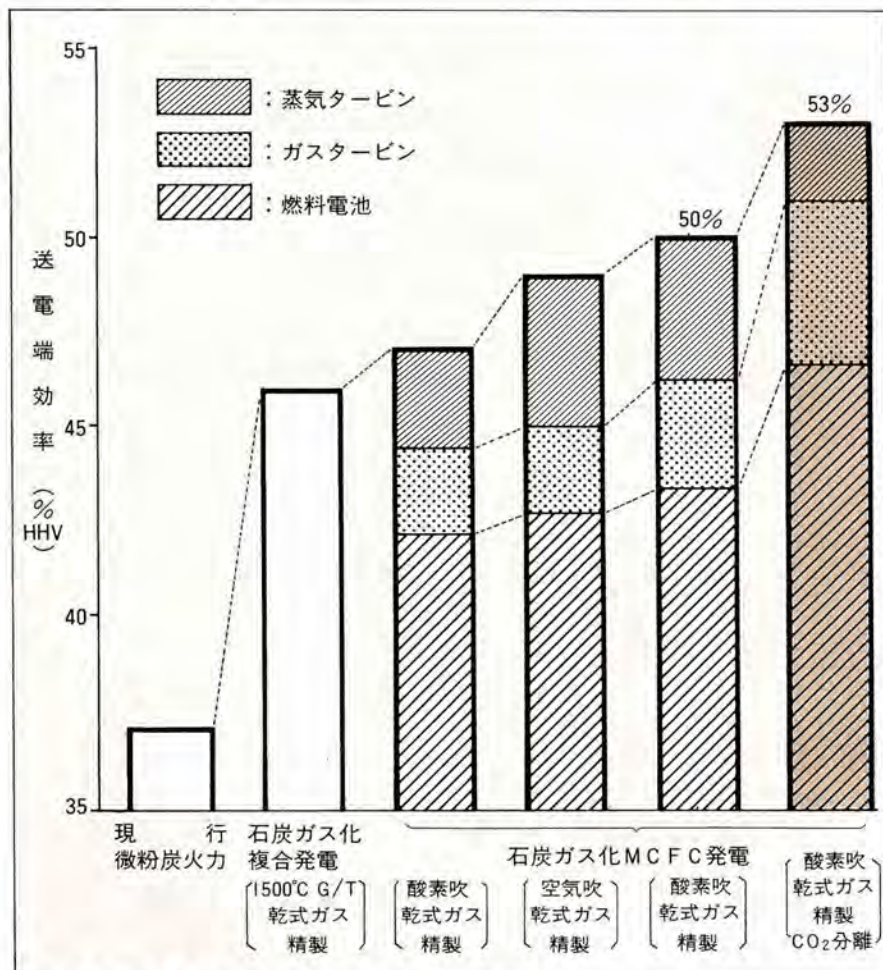


図2-2-5 石炭を用いる発電方式による発電効率の比較

第 5 章

新電力貯蔵技術

5

第3章 新電力貯蔵技術 ● 目次

3-1 消費者用ロードコンディショナー	石川 力雄	37
3-1-1 ロードコンディショナーの基本設計		
3-1-2 鉛蓄電池を用いたロードコンディショナー		
3-1-3 新種電池の開発		
3-1-4 ロードコンディショナーの導入のビジョン		
3-2 電池電力貯蔵システム	堀内 長之	44
3-2-1 新型電池の開発状況		
3-2-2 システムの目標仕様		
3-2-3 システム構成の最適化		
3-2-4 経済性の評価		
3-2-5 信頼性・安全性の指標		
3-3 超電導エネルギー貯蔵	田中 祀捷	49
3-3-1 超電導エネルギー貯蔵(SMES)装置の概要		
3-3-2 SMESの当所の研究経緯と成果		
3-3-3 交流超電導コイル		
3-4 圧縮空気貯蔵システム	石炭ガス化複合発電プロジェクトチーム 運営担当次長 石森 岐洋	51
3-4-1 新しい圧縮空気貯蔵ガスタービン発電(GT-CAES)システム		
3-4-2 GT-CAESシステムの特徴と技術開発課題		

3-1 消費者用ロードコンディショナー

現在、電気事業にとって重要な課題の一つに、負荷平準化対策がある。夏期冷房需要の増大等により、電力の消費が昼間と夜間とで大きな差がでてきている。

このことは、最大電力を供給するための発電設備の建設や火力発電設備等の部分負荷での運転などの設備稼働率低下など供給コスト上昇の要因となっており、負荷平準

化対策は電気事業にとって重要な課題の一つである。

当所では、一般家庭などで安い深夜電力を貯蔵し、昼間にこれを利用する小型の貯蔵システムを設置し、お客様に使っていただくという新しい電気利用技術の一つとして、ロードコンディショナーという新しい概念を創出し、その具体的可能性を追求した。

蓄熱や蓄電池の利用技術を検討した結果(図3-1-1)、蓄電池によるロードコンディショナーが実現の可能性が高いとして、鉛蓄電池を用いたロードコンディショナーおよび鉛蓄電池よりも小型で高性能化が期待できる新種電池の研究開発を進めている(図3-1-2)。

以下にこれらの成果の概要を述べる。

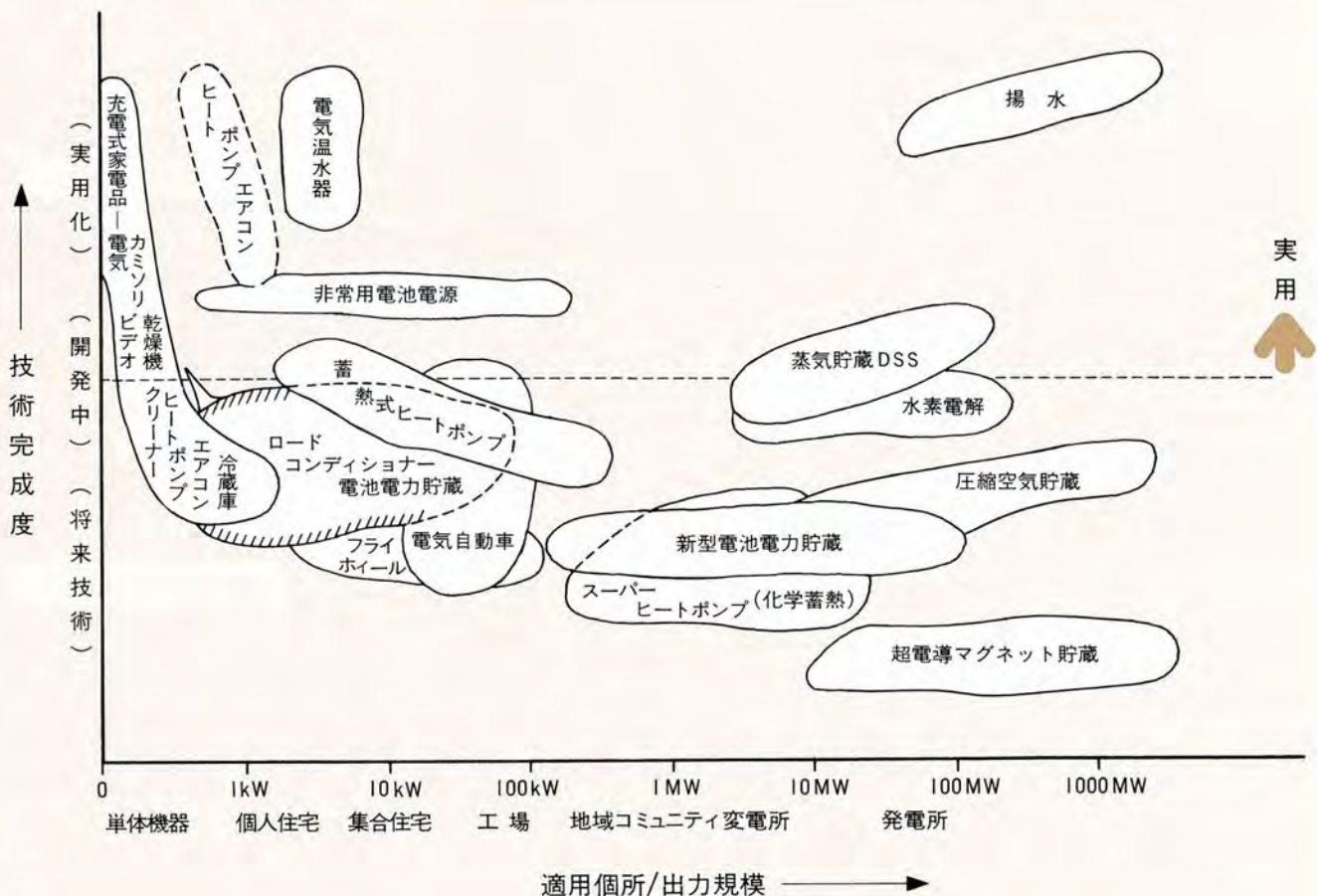


図3-1-1 主なエネルギー貯蔵システムの適用性概念図

3-1-1 ロードコンディショナーの基本設計

家庭用ロードコンディショナーは、深夜電力の料金時間帯に蓄電池に電力を貯え、電力負荷がピークとなる9時～17時の時間帯に、家庭内の需要に応じて必要な電力を供給するシステムが基本となる。

出力、容量は消費者の機器構成や使用状況によって異なるが、2～3 kW、2～8 kWh 程度となる。

業務用ロードコンディショナーは、冷房

や設備の増加などによる電力需要の増大に対し、契約電力を変更する代わりに、お客様が蓄電池を設置し、契約電力以上に使用電力が増えた時に蓄電池より必要な電力を供給するもので、ピークカット用とも呼ばれるものである。出力は数十～数百 kW 程度で、放電時間は4時間程度である。原理的な機能は、家庭用も業務用も基本的には変わらない。

基本構成は図3-1-3に示す通りで、充電用の整流器、放電用の自励式インバータ、蓄電池、制御装置から構成される。電力は

深夜に整流器で直流に変換されて蓄電池に貯えられ、昼間にインバータにより交流に逆変換されて消費される。

この場合、ロードコンディショナーは昼間も配電線と連系しておく場合と連系は行わずに独立して運転する方法とが考えられる。現在のところ、システムの効率、配電線への逆潮流防止対策、高調波抑制対策、技術成熟度、製作コスト等から、昼間はロードコンディショナーから負荷へ独立して給電する方式を採用している。容量が不足した時には、自動的に配電線より給電される。

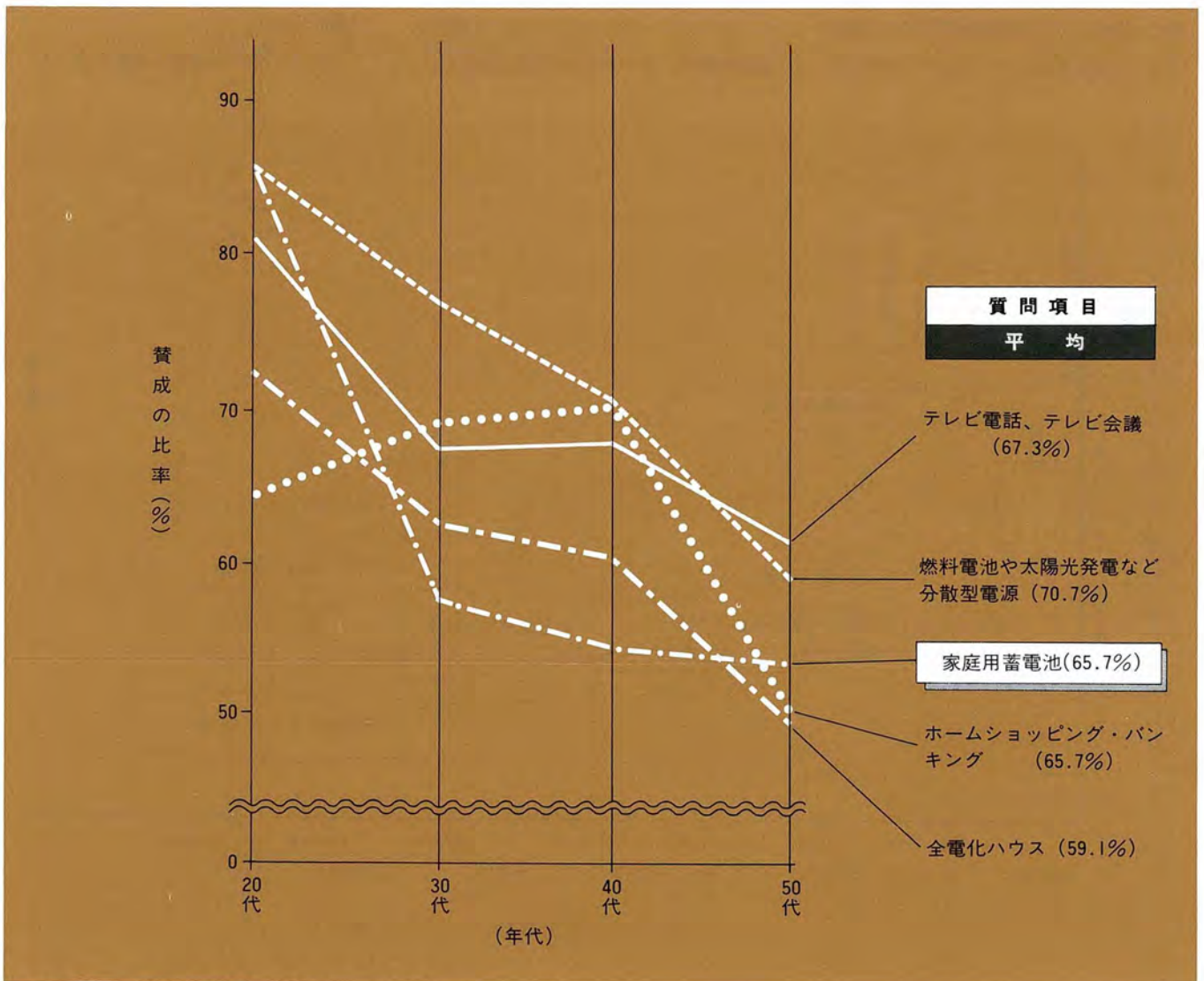


図3-1-2 家庭用蓄電池などの新技術の普及についての意見

3-1-2 鉛蓄電池を用いたロードコンディショナー

蓄電池をベースとしたロードコンディショナーについては、現在、鉛蓄電池を用いた小型のロードコンディショナーの開発を行っている。

電池は低コスト、長寿命、軽量、コンパクト、無保守であることなどが望まれるが、全ての条件を満足することは難しい。

ロードコンディショナーに必要な鉛蓄電池容量はロードコンディショナー容量の2倍以上が必要と考えられている。これは、電池の放電深度(定格容量に対してどれだけ放電させるかの割合)、安全率(寿命末期での容量減少割合や温度による出力容量変化等を考慮した係数)、インバータの変換効率から算出される。

使用する鉛蓄電池としては、寿命やコストを重視すると、ゴルフカートに用いられているペースト型で電極の厚みのある電池が有望な候補と考えられる。ただし、補水など保守が必要となってくる。一般に、電

池は用途に応じて設計・製作されていることから、ロードコンディショナーの使用条件のもとに、どのくらいの寿命があるのかを明らかにすることが重要である。しかしながら、寿命の長い電池を実時間で繰り返し充放電させて寿命を確認することは、かなり長い年月が必要である。そこで、短時間で寿命予測できる新しい加速寿命試験方法の開発を進めている。

この方式により、加速倍数はロードコンディショナー用電池で約10倍と想定している。したがって、ロードコンディショナーに用いる鉛蓄電池の寿命を1年以内に推定できるものと期待している。

家庭用ロードコンディショナーは、現存する無停電電源装置と似た構成となる。したがって、これら技術の応用により装置の開発と低コスト化を図っていくこととなる。ロードコンディショナーは無停電電源装置に比べ、放電深度の深い充放電が毎日繰り返されること、電池の容量が大きいこと、放電は負荷追従で行うこと、電池の残存容量が常に変化すること、配電線と無瞬断の

高速切換が必要なことなどで異っている。したがって、ロードコンディショナーの試作と試験により、運転特性の把握とシステム構成の最適化、コスト低減の改良策などを行っていく予定である。

3-1-3 新種電池^{*}の開発

ロードコンディショナーに用いる二次電池は、お客様が使う電池であることから、コンパクトであること、信頼性・安全性が高いこと、常温で補機がなく使い易いこと、高効率であることなどが望まれる。

現在、実用化されている鉛蓄電池はいくつかの条件は満足するものの、コンパクト性や保守などの面ではまだ課題がある。

注)*:現在国のムーンライト計画では負荷平準化用として「新型電池」を開発中であり、このため当所で検討しているロードコンディショナー用電池を「新種電池」という。

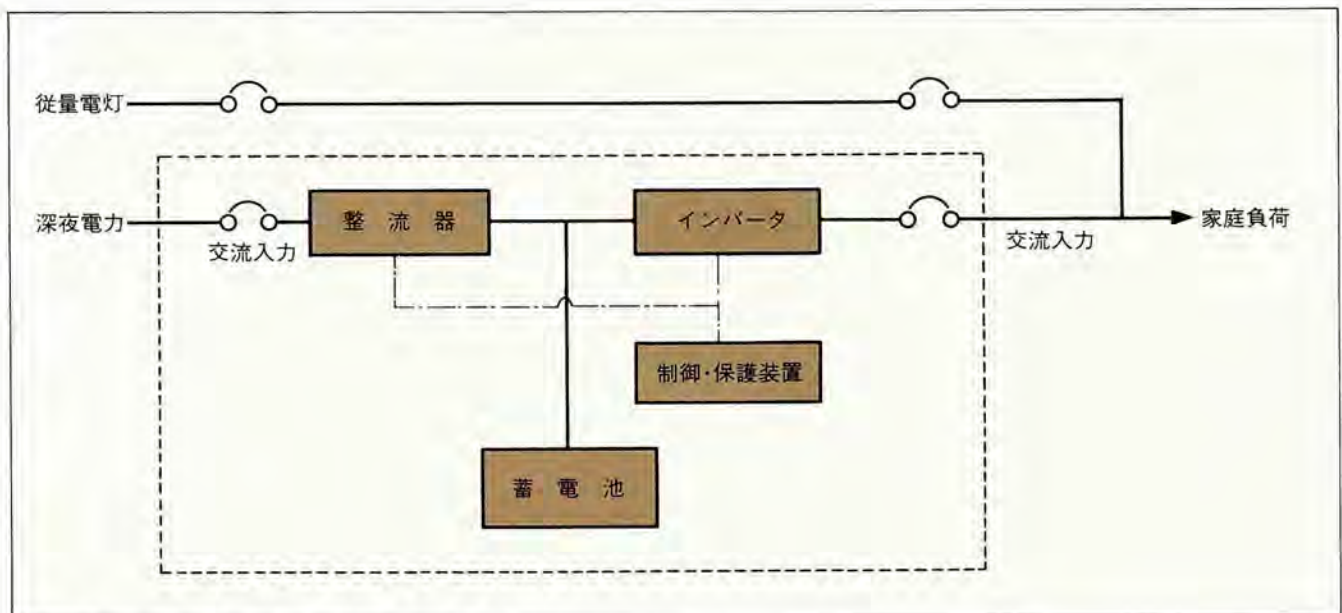


図3-1-3 ロードコンディショナー基本構成概念図

表3-1-1 ロードコンディショナー用電池適用性の評価

電池の種類 評価項目	実 用		開 発 中		
			新 型 電 池		新 種 電 池
			L L 用	電気自動車用	
	鉛	ニッケル ・カドミウム	ナトリウム-硫黄 亜鉛-塩素 亜鉛-臭素 レドックス・フロー	ニッケル-鉄 ニッケル-亜鉛 金属-空気 ナトリウム-硫黄 リチウム-硫化鉄 亜鉛-臭素	リチウム系二次電池 ポリマー電池 亜鉛・ヨウ素電池 など
小型コンパクト性	△	△	△×		●
容 量	●	△	△	△	×
運転性 補機の有無	無	無	有	有	無
作動温度	常	常	常、(高)	常(高)	常
保守性 保守の必要性	少	少	有	有	少
保守の容易性	●	●			
信頼性	●	●			
耐久性	△	△		△	
充放電の回数(寿命)	△	●	△	●～△	
安全性	●	●	△	△	●
経済性(生産コスト)	△	×			
量産化の難易度	易	やや難			
開発の現状	実用	実用	10kW級 プロトタイプ	一部車載試験	実験室レベル
開発課題	少	少	多	多	多
開発の難易度	易	易	難	難	難
総合評価	●	△	△	△	

(注) 新型電池：およそ10年後に実用化目標

新種電池：15～20年後に実用化目標

L L 用：電気事業での負荷平準化用

●：秀れているもの

△：普通のもの

×：劣るもの

表 3-1-2 新種電池の現状

項目	L ₁ /M ₀ S ₂	L ₁ /V ₆ O ₁₃	L ₁ /T ₁ S ₂	L ₁ /C ₁ O ₈	ポリアニリン	ポリアセチレン	Z _n /I ₂	鉛(密閉)	Ni-Cd(密閉)
理論エネルギー密度(Wh/kg)	230(0.8L ₁) 290(1L ₁) 480(1.5L ₁)	430(3.6L ₁) 636(6L ₁) 866(8L ₁)	480(1L ₁)	1984(6L ₁) 985(3.8L ₁)	344(50%) 502(100%)	290(6%) 398(10%)	218	175(161)	218
理論容積エネルギー密度(Wh/ℓ)	1040(0.8L ₁) 2160(1.5L ₁)	1020(6L ₁) [1173(φ)]	1440(1L ₁)		*263(50%) 509(100%)	199~388(10%)	1024	749(688)	968
達成エネルギー密度(Wh/kg)	50~60(Moli,AA) 62(C) 40~93(BC)	225(US Army)	90~140(EIC) 21(日立マクセル)		15(ブリジストン) 40~60(豊田中研)	鉛電池並み	99~135(活物質) 27~42(0.2Whセル、容器除く)	25~30(商用)	20~30(商用)
達成容積エネルギー密度(Wh/ℓ)	180(C) 140(AA)		160~200(EIC)			鉛電池並み	64~107(0.2Whセル、容器除く)	60~70(商用)	50~100(商用)
平均電圧(V)	1.8(2.3) [2.4-1.1] 電圧やや低、電圧巾やや大	2.2(2.8) [2.8-1.1] 電圧巾やや大	2.1(2.6) [2.8-1.6] 電圧巾やや大	3.0(3.7) 電圧高、電圧巾やや大	2.5(3.7) [3.9-1.5] 電圧高、電圧巾大	3.0(3.5) [4.2-2.5] 電圧高、電圧巾大	1.2(1.35) [1.5-0.8] 電圧低	2.0(2.1) [2.6-1.8]	1.2(1.35) [1.6-1.0] 電圧低
作動温度(°C)	常温(-12~75) 低温特性劣る	常温 固体電池(70°C以上)	常温 固体電池(70°C以上)	常温	常温	常温	常温(0-50)	常温	常温
補機	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要	不要
効率(%)	90	75~80 電流効率(~100%)	60~75			電流効率(55~85)		60~75	~75
放電深度(%)	100(可)						100(可)	70程度	
寿命(サイクル)	140(AAセル) (DOD100) 300(AAセル) (DOD90)	~100(深いDOD)	~250 (5Ahセル) (DOD60)		200(DOD100) 2000(DOD25)	~100(ボタン型)	100~400(0.1Ah DOD100) 200~300(0.15Ah DOD100)	100~300(商用) (DOD70)	300~1000(商用)
自己放電(%/月)					10%など	20%/日など		5%	20%
開発メーカー・レベル	[Moli] AAセル (0.6~0.8Ah) (1~1.5Wh) BCセル(45Ah)	[AERE] 30mAh(固体) [IREQ] 0.1Ahバイセル 10Wh積層(固体) [US Army]	[EIC Lab] 6Ah(12Wh) [JPL] 35Ah(73Wh) [日立マクセル] ボタン(10mAh)		[豊田中研] ~10mAh [住友化学] ~10mAh [ブリヂストン] 4, 7, 10mAh		[三井東圧] 0.15Ah (0.2Wh)	•小型シール(商用) ~65Ahまで •陰極吸収シール ~100Ahまで	•小型シール(商用) ~20Ahまで

*ポリアニリンのPを0.59/ccとし、ClO₄の挿入により体積不変と仮定

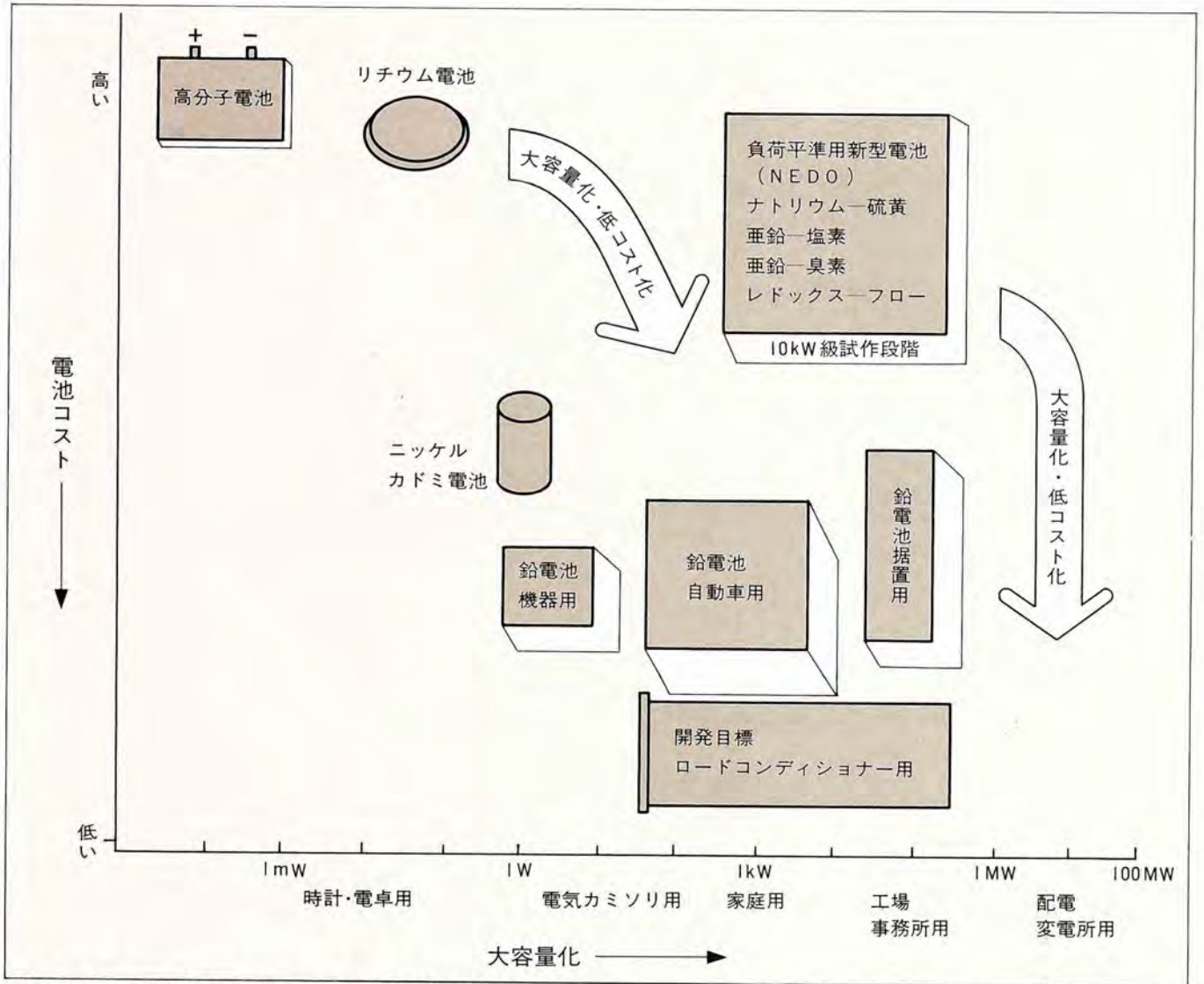


図3-1-4 ロードコンディショナー用電池開発の目標

コンパクト性を満すものとして、理論エネルギー密度が高い常温型のリチウム二次電池(新種電池)がある(表3-1-1)。

この電池は一部に電子機器用として実用化されているものの、まだ実験室レベルであり、電力貯蔵用として開発・実用化するには、かなりの時間が必要と予想される。この電池は負極に金属電子の中で最も軽くて小さいリチウムを用いており、正極にポリアニリンやポリアセン系の導電性高分子を用いる高分子電池、酸化バナジウムや酸化クロム、二硫化モリブデンを用いる無機

インタカレーション型電池がある(表3-1-2)。これらを有望な電池として取り上げ、開発目標値を設定し、ロードコンディショナー用電池の概念設計を行なうとともに、試作・試験等により、開発可能性を探究している(図3-1-4)。

新種電池の開発目標

ロードコンディショナーとして 3 kW / 8 kWh の出力・容量とし、省スペース型の電気温水器と同等程度の重量・容積を仮定した場合の新種電池の開発目標を次の様

に設定した。

電池容量	16 kWh
体積エネルギー密度	120 Wh/ℓ
重量エネルギー密度	70 Wh/kg
出力密度	13 W /kg以上
サイクル寿命	2500サイクル
充放電エネルギー効率	80%以上
放電深度	70%以上
単セル容量	数十 Wh 級

新種電池の開発状況

ポリアニリンやポリアセン系を用いた高

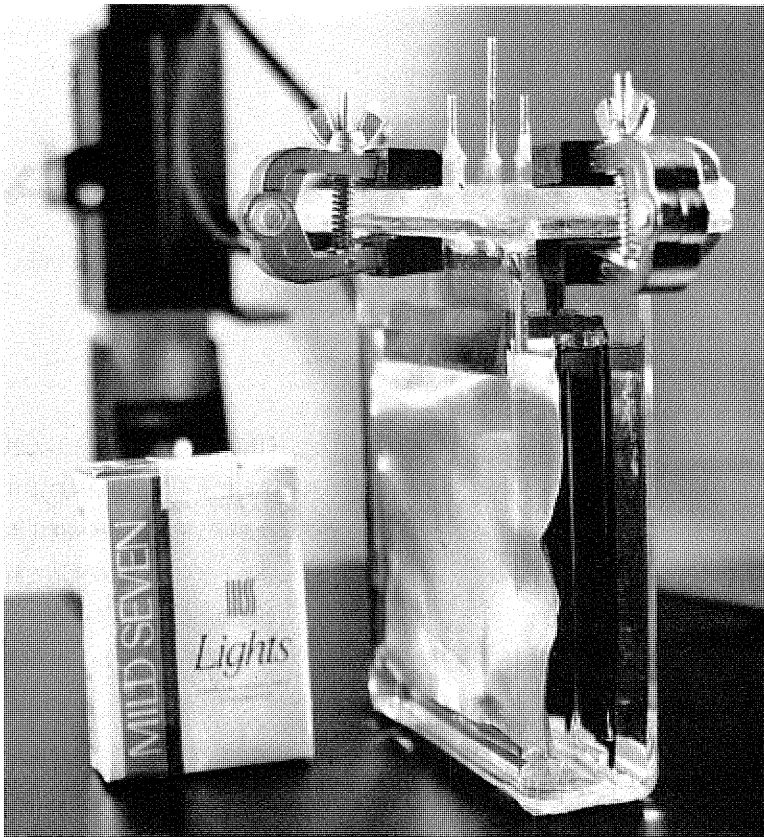


図3-1-5 1Whポリアニリン電池

分子電池および酸化バナジウムや酸化クロムを用いたインタカレーション型電池の理論エネルギー密度は約400 Wh/kg以上で、開路電圧も2.5~3.3Vと高い。

これら電池の大型化、長寿命化等の克服すべき課題は、負極・正極材料、電解液、電池構造のすべてにわたって存在する。このことから、0.1~1Wh級電池を試作し、要素技術の検討評価と電池の基本性能・特性の把握と改良に努めている(図3-1-5)。

新種電池を1Wh級、10Wh級へと段階的に大型化し、基本性能・特性の把握・評価と長寿命化方策の検討を行うとともに、コスト予測や安全性の研究を行う予定である。

また、理論エネルギー密度はやや低いものの、現在、開発の最も進んでいるカナダのモリエネルギー社のリチウム-二硫化モリブデン電池について、性能・評価を進めている。

試作販売されている0.6 Ahの単三型電池を用いてのサイクル寿命試験などを行うとともに、約70 Whと言われる缶ビール大の電池の性能評価に関し、同社と共同研究を行っている(図3-1-6)。

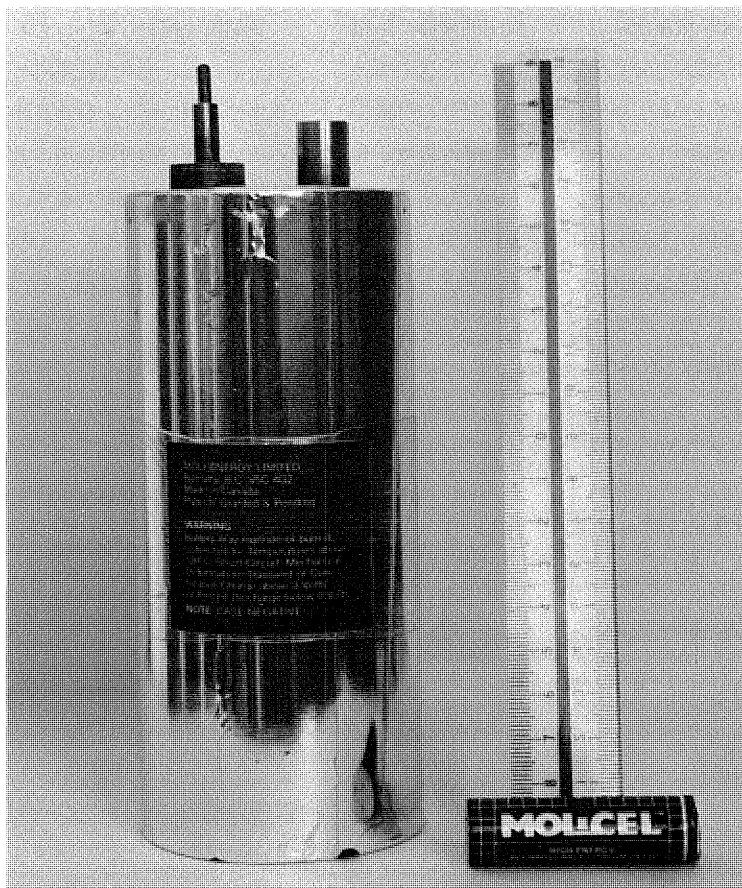


図3-1-6 70Whリチウム・二硫化モリブデン電池

3-1-4 ロードコンディショナーの導入ビジョン

ロードコンディショナーは新しい電気利用技術の一つであり、まだ世の中には十分定着していない。広く普及を図っていくためには、低廉なシステムの開発とともに、無停電電源としても使えるなど幅広い利用方法や意義を明らかにすることが重要であり、今後はこれらについて検討を進めていくこととしている。

3-2 電池電力貯蔵システム

蓄電池を用いた電池電力貯蔵システムは、小型分散型として設置可能であること、高効率であること、短期間に建設できることなど、現在の揚水発電と比べ優れた特長をもっている。

我が国の開発は、新型電池を対象に国のムーンライト計画により55年度より開始され、これまで61年度末に10kW—8時間、効率70%以上の所期目標を達成し、引続き、1MW級パイロットプラントの実証を目指して60kW級モジュールによる信頼性、安全性等の検証に入りつつある。

一方、電力系統との連系、システム構成の有り方等の開発研究としてMW級鉛蓄電池によるシステム試験研究(関西電力異電力貯蔵試験所)が現在行われている。

当所は、これらの研究開発を支援するとともに、電力系統のロードレバリングの将来の有り方を明確にするため、電池電力貯蔵システムの最適構成法、システム連系技術、制御方法と要求性能等の指標、導入に伴う

経済的効果や限界建設費等について明らかにしてきた。以下にこれらの成果を中心に述べる。

3-2-1 新型電池の開発状況

分散設置可能な高エネルギー密度、高効率、低コストな貯蔵用電池として、4種類の新型電池が工業技術院ムーンライト計画の一環として昭和55年度より開発されてきている(表3-2-1)。これまで昭和58年度に1kW級電池による第一次中間評価、昭和61年度に10kW級電池による第二次中間評価が行われ、各電池とも現段階での目標をほぼ達成してきた。表3-2-2に各新型電池の特性比較を示す。

昭和61年度には1MW級パイロットプラントの概念設計が行われ、各電池ともに製作・運転等の対応が可能とされている。昭和62年度には4種類の新型電池についてMW級システムの1モジュールとなる60kW級電池の開発を行い、より実用化に近づいた

検証として、信頼性、安全性を主とした試験が行われる予定である。その結果により1MW実証試験を行う電池を2種類選定されるが、現在はナトリウム—硫黄電池と亜鉛—臭素電池が候補とされている。図3-2-1にナトリウム—硫黄電池モジュールの概念図を示す。

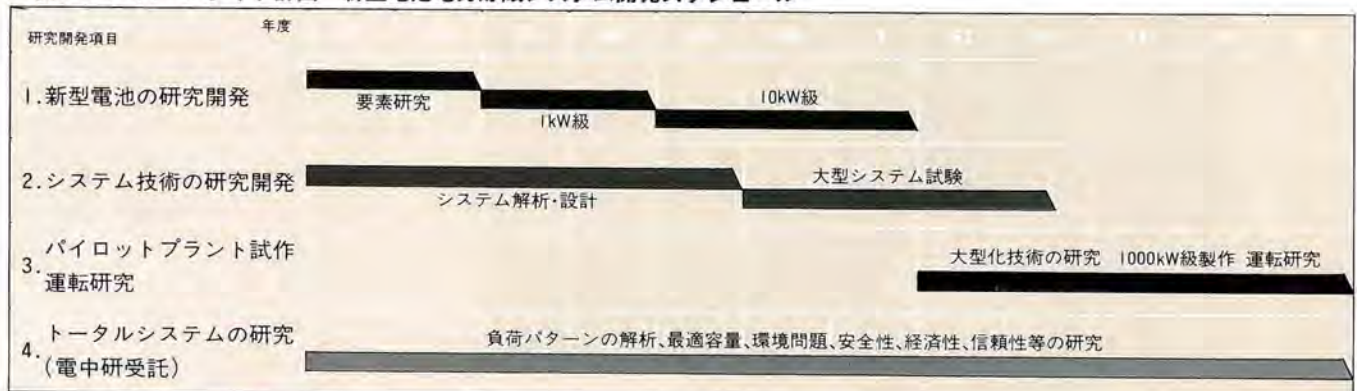
3-2-2 システムの目標仕様

新型電池電力貯蔵システムは分散効果を狙いとして、配電用変電所2次側、一次変電所2次側や高圧・特高需要家等に設置される。これらの設置場所における基本的な目標仕様は次の通りである。

(1) 電池開発の目標

○充放電時間各々8時間程度において、1500サイクル以上の寿命、総合エネルギー効率70%以上、総合アベラビリティ95%以上を達成し得ること。

表3-2-1 ムーンライト計画・新型電池電力貯蔵システム開発スケジュール



○所要性能として、冷機状態からの起動、暖機状態からの停止までの時間は極力最小化を図るとともに、暖機状態からの起動時

間5分以内、暖機状態での負荷調整速度10%/秒以内および充放電切替時間10分以内とすること。

(2) システム構成

○より安定、高信頼性のあるシステム構成の上に立って、最小ユニット単位の保護方

表3-2-2 新型電池の特性比較

項目		ナトリウム—硫黄	亜鉛—塩素	亜鉛—臭素	レドックス フロー	
基本特性	理論エネルギー密度 (Wh/kg)	780	828	428	103	
	開路電圧(V)	2.08	2.1	1.8	1.1	
	活物質(正極/負極)	S(溶)/Na(溶)	Cl ₂ (気)/Zn(固)	Br ₂ (溶)/Zn(固)	Fe ³⁺ (液)/Cr ²⁺ (液)	
	電解質	固体電解質(β ⁻ アルミナ)	ZnCl ₂ 水溶液	ZnBr ₂ 水溶液	HCl, HBr水溶液	
	作動温度	350℃	常温	常温	常温	
	構造	円筒密閉型	液循環スタック型	液循環スタック型	液循環スタック型	
	主な補機	ヒーター	液・ガスポンプ、冷却器	液ポンプ	液ポンプ、リバランスシステム	
動作原理	動作原理	$2\text{Na} + x\text{S} \xrightleftharpoons[\text{充 (X=3-5)}]{\text{放}} \text{Na}_2\text{S}_x$ (正極) $\text{S} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{S}^{2-}$ (負極) $\text{Na} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{e}^-$	$\text{Zn} + \text{Cl}_2 \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^-$ (正極) $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-$ (負極) $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Zn} + \text{Br}_2 \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} \text{Zn}^{2+} + 2\text{Br}^-$ (正極) $\text{Br}_2 + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Br}^-$ (負極) $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$	$\text{Fe}^{3+} + \text{Cr}^{2+} \xrightleftharpoons[\text{充}]{\text{放}} \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{2+}$ (正極) $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{2+}$ (負極) $\text{Cr}^{2+} \rightleftharpoons \text{Cr}^{3+} + \text{e}^-$	
	構成	電圧(V)	50	46.8	40.0	54.0
10kW級電池成 (昭和61年第二次中間評価)	電流(A)	250	252	250	185	
	容量(KWh)	100	94.4	80	83.2	
	電極面積(cm ²)	495	2800	1600	6000	
	電流密度(mA/cm ²)	50.5	22.5	13.0	30.8	
	電池構成	(7°×10 ^P)×4°	(24°×2 ^P)×2 ^P	(24°×3 ^P)×4 ^P	30°×2°	
	外形寸法	1.3×1.6×2.0	2.0×1.4×2.0	1.6×1.4×1.7	4.0×4.0×1.5	
	特性	効率： 電池のみ (総合)	88.0% (77.1%)	78.0% (83.4%)* (65.7%) (70.8%)	82.4% (71.1%)	81.7% (82.7%)* (69.4%) (70.2%)
		エネルギー密度： 重量(Wh/kg)	42.6	29.1	28.0	6.3
		(面積)(Wh/m ²)	(52.4)	(33.6)	(37.5)	(5.0)
		放電容量減少率	0%	4.5%	7.4%	5.4%
充放電切替		1秒以内	充→放2分、放→充77分以内	1秒以内	1秒以内	
負荷応答性		10%/1.2ms以上	10%/0.9ms以上	10%/0.9ms以上	10%/1.0ms以上	
絶縁耐力		DC3000V 1分間	同左	同左	同左	
電圧変動幅		(充)11.8%(放)14.2%	(充)7.5%(放)24.5%	(充)19.9%(放)15.5%	(充)18.7%(放)24.8%	
待機エネルギー	19.4%/日	0.7%/日	0%/日	25.1%/日		

(注)*：追試結果

式であること、故障時の初期異常検出・処理が的確に、迅速かつ容易にできるとともに、その故障範囲の極限化と、早期復旧が可能であること。

○システム構成全般として、極力ユニット化を図ること、遠隔常時監視による運転状態、充放電状態、残容量の把握、運転モードの選択制御、設定値制御等を備えた自動運転方式とすること。

○また、保守点検として2回/月程度の普通巡視、1回/年程度の普通点検を目標に最少人員、特殊作業を必要とせずできること。

(3) 規模および工期

○システムの所要面積は、実証機において、

500m²/MW(変電所面積以下)、実用機でその20~30%程度、高さ8m以内を目標とする。

○建設工期については新設で着工から運転まで1年程度、増設で6ヶ月程度とする。

(4) 環境適合性

○排ガス、排水、騒音、振動などに対応する関連法規を満足し得る環境対策がとれること。

○保安対策として、危険物の貯蔵、取扱い、処理などに係わる関連法規を満足すること。

(5) 経済性

○建設コストは送変電クレジットを含めた

揚水発電所コスト相当(25万円/kW程度)以下とすること。

3-2-3 システム構成の最適化

新型電池電力貯蔵システムは多数の直並列接続された新型電池群(補機を含む)、交直変換装置、制御保護・監視装置などで構成される。システムの容量は設置場所により、一次変電所に集中設置する場合は数十MW級、配電用変電所に分散設置する場合は数MW級、需要家端設置の場合には数百kW級と様々である。

このような複雑なシステムに対して信頼性や運転性能あるいは安全性について検討

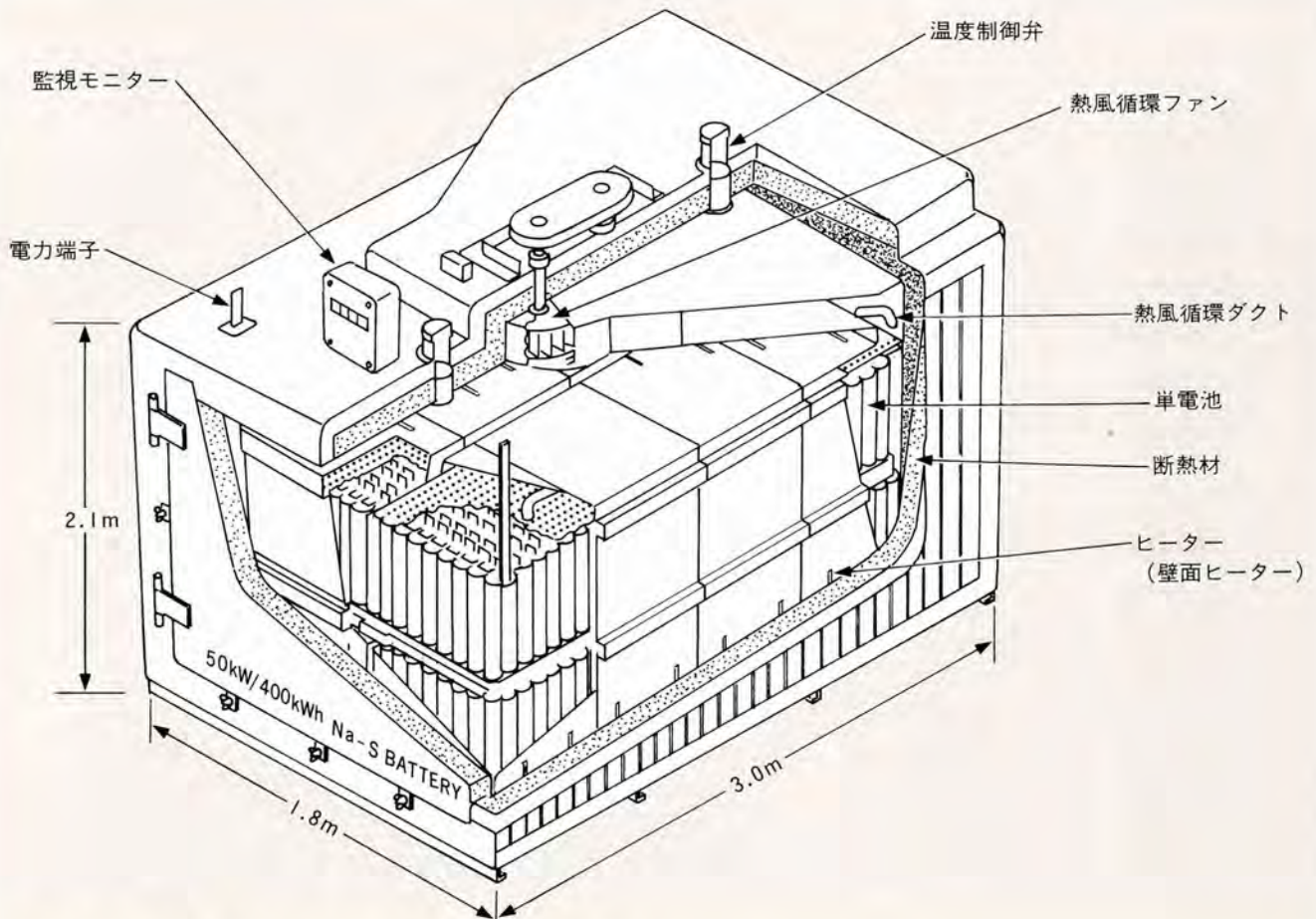


図3-2-1 50kW級ナトリウム-硫黄電池モジュール概念図

し、新型電池電力貯蔵システムの構成のあり方を明らかにする必要がある。

そのための手法として、電池構成最適化プログラム、フォールトツリー解析プログラム、電池電力貯蔵システムシミュレータ、新型電池電力貯蔵システムの挙動の電力系統動特性解析プログラムなどの開発を行い、それを用いて検討を行っている。

電池構成最適化プログラムは多数の電池の直並列接続において、単電池の故障が全体のシステム出力低下にできるだけ影響を及ぼさないような直並列接続構成を求めるプログラムである。

フォールトツリー解析プログラムでは、システム停止に至る条件を抽出し、信頼度

上の弱点を明らかにしてそれを修正し、もっとも信頼度の高いシステム構成を求めることができる。

電池電力貯蔵システムシミュレータは図3-2-2の構成をしており、これを用いて電池システム単体に対して内部での事故、系統事故などの際の挙動を模擬し、事故波及を抑制し、安全にシステムを停止、保護させるための方法や、効率の高いシステムの運転法の検討を行っている。

電力系統動特性解析プログラムでは、多数の電池電力貯蔵システムが電力系統に分散配置されたときの、システム相互間の協調、電力系統運用への影響、電力系統や電池電力貯蔵システム内部で発生した外乱の

影響などについて検討を行っている。

これらの解析検討の結果はMW級実証試験に向けての設計に反映されていくものと期待される。

3-2-4 経済性の評価

新型電池電力貯蔵システムは①貯蔵効率、負荷応答性など優れた性能を有し、②容量の選択に柔軟性があり、立地環境上の制約が少ないなどの幅広い適応性があること、さらに、③他に新貯蔵方式に比べ最も実現性が高いなどの特徴がある。

これらの特徴を活かせば、近い将来、揚水発電の電源代替として可能であり、負荷

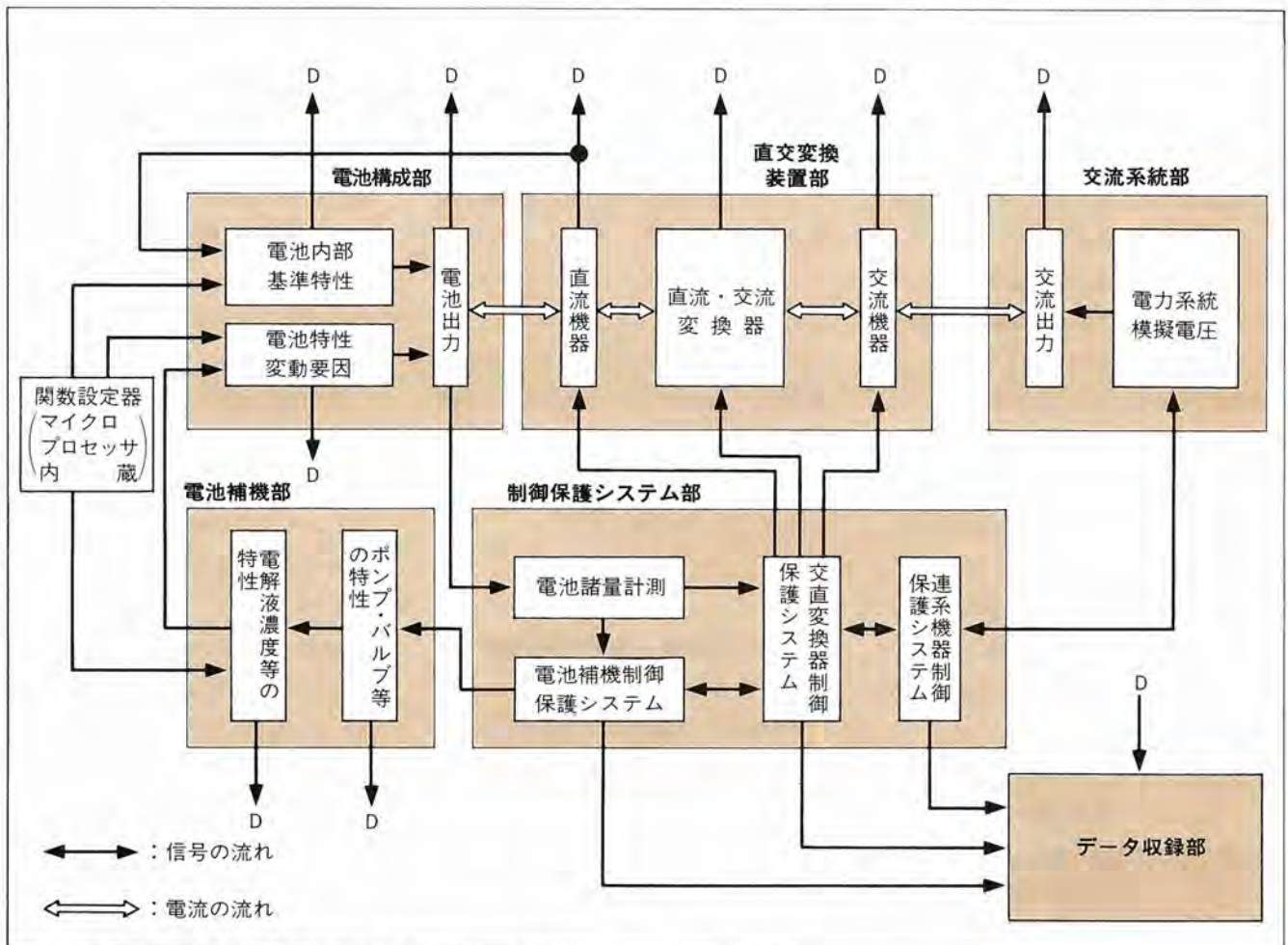


図3-2-2 電池電力貯蔵システムシミュレータの構成

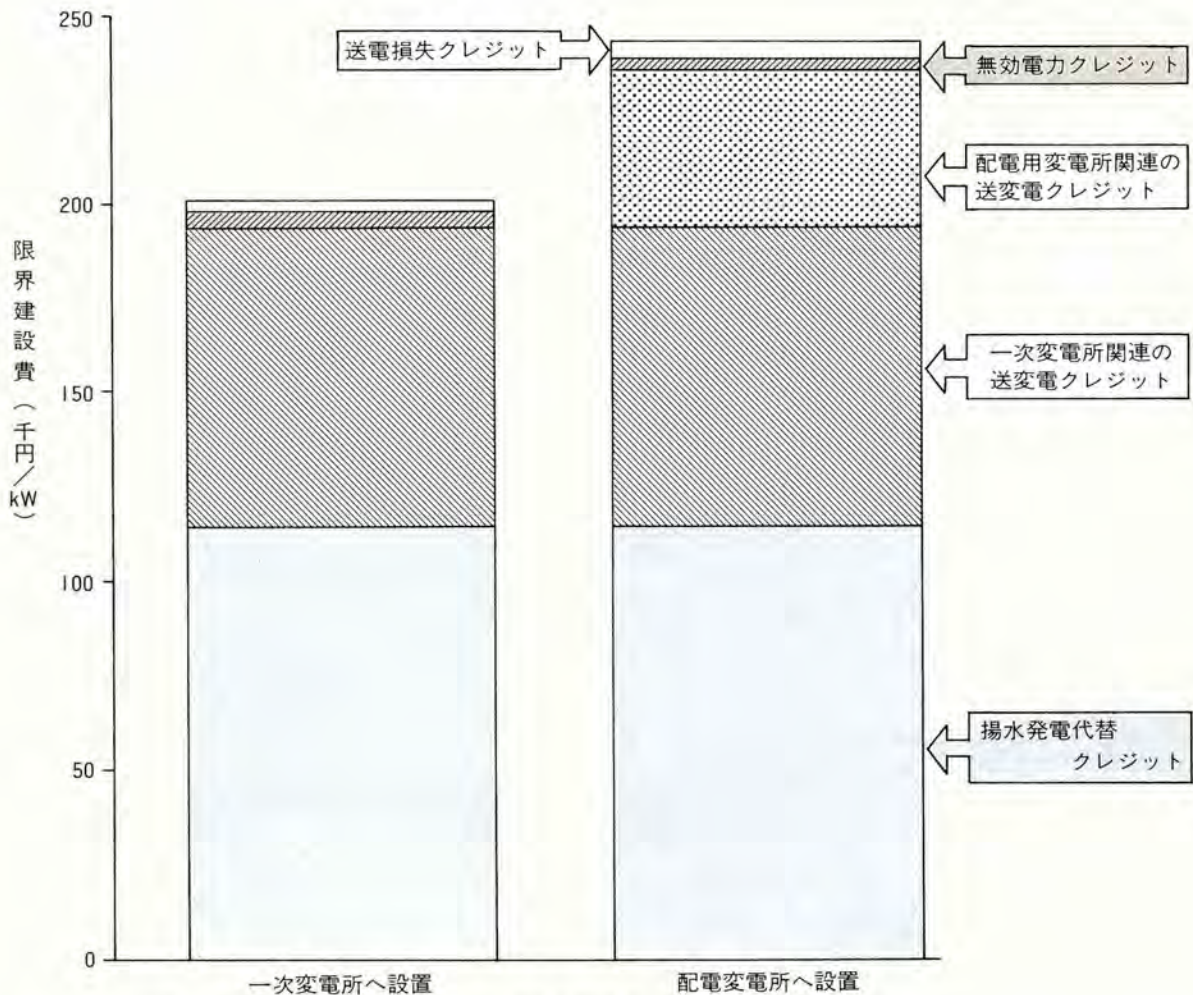


図3-2-3 都市中心部に新型電池電力貯蔵システムを設置する場合の限界建設費

平準化が図れる。この他に、揚水発電に比べて、以下の付加価値がある。

- ① 使用場所に近接して分散設置できるため、送変電設備などの流通設備の増強繰り延べが可能であり(送変電クレジット)、送変電損失の低減が図れる。(送電損失クレジット)
- ② 設置点のローカルの電圧調整、無効電力供給が可能であり、調相設備の削減が可能である。(無効電力クレジット)
- ③ 数10 kW 級のモジュール電池の集積であり、設置工期が短かく、需要に見合った規模で段階的に導入できる。(段階的容量増加クレジット)
- ④ 起動・停止が容易で負荷変動に対して、応答がより早く、瞬動予備力などとして使用可能である。(負荷応答クレジット)
- ⑤ その他、非常用電源や変動負荷の吸収、太陽光、風力などの間欠電源の出力平滑化に使用可能である。

この内、付加価値が大きく、定量的に評価できる、送変電クレジット、送電損失クレジットと無効電力クレジットを評価すれば図3-2-3の通りである。

この結果、電池電力貯蔵システムの限界建設費は、都市中心部の一次変電所2次側に設置する場合で20万円/kW程度、都市中心部の配電用変電所2次側に設置する場合で20数万円/kW程度となる。

3-2-5 信頼性・安全性の指標

新型電池の電極活物質や電解液などは、反応活性が大きく、腐食性があり、単一物質では毒性を有するものもあり、MW級規模となると、各新型電池とも活物質量は20~50トン程度となる。また、MW級電池システムの構成では、まず小容量の単電池(280~1600Whのセル)を多数直並列接続し

たモジュール電池(管理単位)とし、さらにそれらを直並列接続してシステム定格まで形成する。1例では、気体、液体等の漏洩が起り易いシール部分が約10万ヶ所、配管等の溶接部分が約2千ヶ所となる。

新型電池の環境・安全対策としては、本質的には単電池やモジュール単位で活物質の漏洩がない構造にて対処し、万一漏洩があっても、早急に検知し、除害装置を動作させ、中和無害化する対策を施することを原則とする。

信頼性・安全性の指標としては、定常運転時に、全ての環境基準(法令)を満足することは勿論のこと、電力系統事故時、電池電力貯蔵システム内部故障時や過充電・過放電においても、環境基準を満足しなければならない。

そのため60 kW 級モジュールや1 MW 級パイロットプラントでの実証運転で安全性・信頼性の確認をするようにしている。 ●

3-3 超電導エネルギー貯蔵

超電導は1911年に発見されたもので NbT_3 や Nb_3Sn のような実用に供しうる超電導線材の出現によって、1960年代に入り応用研究がなされたが、その結果、素粒子研究用マグネット、核融合用マグネットなど直流の超電導磁石が開発された。

電力用としては1970年代から超電導ケーブル、超電導エネルギー貯蔵装置、超電導発電機と順次開発が着手された。

当所は10年前に超電導エネルギー貯蔵や

超電導発電機の応用開発をめざして基礎研究および電気事業への導入の効果の研究を行うと共に、高エネルギー物理学研究所や日立製作所と共同研究を行ってきた。それらに基づく超電導技術の知見や電力システムへの導入の考え方を国の開発プロジェクト策定に反映してきた。

現在は、実用化が期待される交流超電導材料の応用研究に焦点をあて、基礎特性の研究を行っている。その一環として東芝と

共同で世界最大容量である500 kVAの交流超電導コイルの開発に成功した。

今後は超電導発電機に関しては国のプロジェクトに全面的に協力していくと共に、独自に交流超電導材料および高温超電導材料の応用研究を行う。

超電導エネルギー貯蔵についてはこれまでの技術開発の成果に立脚し、導入のメリットや意義を解明する調査活動を行う。

ここでは超電導エネルギー貯蔵(SMES)

表3-3-1 各種エネルギー貯蔵装置の特性比較

項目	貯蔵技術	超電導エネルギー	圧縮空気	フライホール	蒸気	揚水(参考)
規模(MWh)		1000~10000	100~1000	1~10	10~1000	100~5000
貯蔵特性	エネルギー	磁気エネルギー	圧力エネルギー	運動エネルギー	熱および圧力エネルギー	位置エネルギー
	エネルギー密度	12 Wh/kg	~1700 Wh/kg	4~17 Wh/kg スーパー40~50 Wh/kg	—	高さ400m 1 Wh/kg
	効率	80~90%	70~80%*	60~70%	60~80%	70%
	時間	日・週単位	日単位	分・時間単位	時間・日単位	日・週単位
運転特性	運転システム	入出力装置がやや複雑、補機システムが複雑、地下空洞等強固な収納容器が必要	地下空洞等耐圧容器が必要であり、プラントシステム(火力発電所等)中での運転が必要	入出力装置が複雑、補機システムが複雑	蒸気発生源(原子力発電等)と組合せて行なう必要がある	簡単
	起動・停止時間	瞬時	20~30分	瞬時	数分	数分
	信頼性	確立への努力要	有	確立中	有	有
	寿命	30年	20年以上	30年	40年程度	
立地・環境	環境保全	磁気対策が必要	—	振動騒音対策が必要	—	—
	安全性	超電導崩壊時の被害大	圧縮空気漏れ対策が必要	異常時対策が必要	蒸気漏れ対策が必要	—
	立地	立地点が限定される	立地点が限定される	制約が少ない	立地点が限定される	立地点が限定される
熟成度		小	実績例あり	中	中	現状技術

(注)*: ガスタービン用燃料を含めた有効効率

の概要と当所の成果を述べる。

3-3-1 超電導エネルギー貯蔵 (SMES) 装置の概要

SMES は、超電導コイルに永久電流を流し、電磁エネルギーの形でエネルギーを貯える方式で、サイリスタと変圧器を介して、交流の電力系統と連系されて電力貯蔵装置となる。この SMES 装置は90%以上もの高い往復変換効率をもち、数10ミリ秒程度の短時間に応答する特性をもっている

- ① 負荷平準化
- ② 瞬動予備力
- ③ 系統安定化

などに利用できるものと期待されている。

超電導線材としては従来は Nb_3Tl や Nb_3Sn のような金属超電導体を用いて液体ヘリウム温度 ($4^{\circ}K$ 、 $-269^{\circ}C$) で運転する SMES が検討されてきた。1987年に液体窒素温度 ($77^{\circ}K$ 、 $-196^{\circ}C$) で超電導を示すセラミックス超電導体が発見されたので、冷却が容易になるメリットに注目して、その応用も検討され始めた。さらに常温以上で超電導体が発見される兆しもあるので、それが実現し、線材化が可能になれば革命的な結果になる。

液体ヘリウム温度での応用開発において、①の目的にはスケール・メリットの観点から揚水発電規模の5000 MWh 級の概念設計が日米で行われた。②は①の装置があれば容易に行える。③の目的のためだけならば比較的小規模のものでよいが、米国では30 MJ (8.3 kWh、電流5000 A) の超電導コイルが製作され、実系統と連系した実験が行われた。

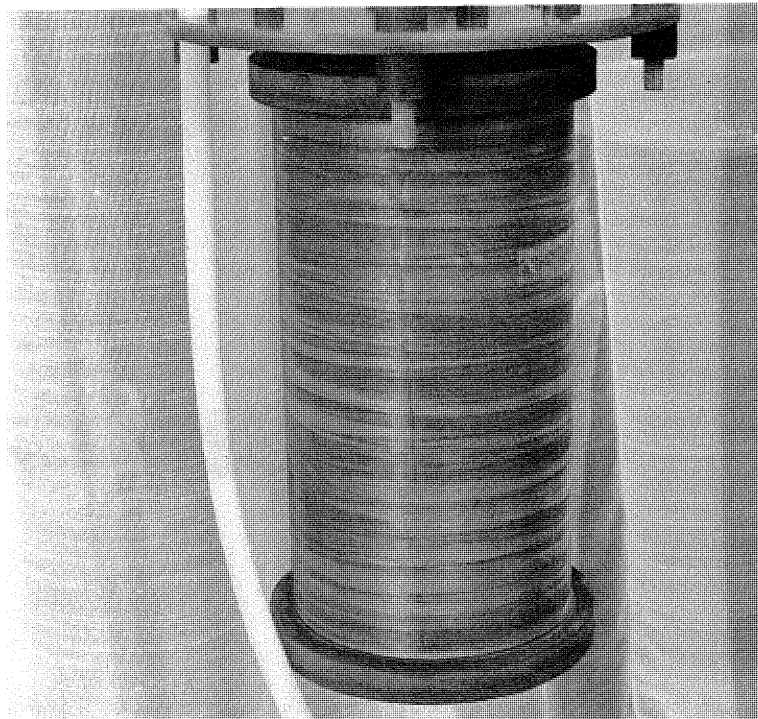


図3-3-1 世界最大容量500kVA 交流超電導コイル

建設コストに近い値である。

3-3-2 SMES の 当所の研究経緯と成果

1977年 SMES の調査を開始した。翌年1978年にはサンシャイン計画の委託調査に参画し、「新エネルギー技術シーズに関する調査研究」第I編“エネルギー貯蔵用超電導マグネットに関する調査研究”に協力した。そこでは10 MWh ~10000 MWh 規模の概念設計ならびに、経済性、技術的問題、立地・環境の問題の検討が行われ、これが我が国の SMES 評価研究の基礎となった。

1982年~1985年には NEDO の超電導エネルギー貯蔵システムに関する調査研究に参画し、10 MWh トロイド型コイルおよび5000 MWh ソレノイド型コイルの設計に協力した。5000 MWh SMES については建設費算定も行い、2900億円と評価された。

実験的な検討としては

- (i) 25 KJ 小型超電導コイルの試作
 - (ii) 小型コイルのクエンチ挙動の解明
 - (iii) 小型コイルによる電力の出し入れ
 - (iv) 100 KJ コイルによる系統安定化実験
 - (v) 有効電力と無効電力の独立制御
- コンピュータを用いたシミュレーション研究としては
- (vi) 電力系統の安定化 ((iv)のシミュレーション)

ョン)

(vii) 実規模系統の安定化モデルの開発
調査研究としては

(viii) 米国における SMES 研究の現状

(ix) SMES の現状と今後の課題

などの研究を行った。さらに今後は

(x) 有効無効電力独立制御による系統安定化の実験を行う。

その結果、SMES はエネルギー貯蔵装置として負荷平準化、瞬動予備力、系統安定化に機能を発揮する能力をもっていることが判明した。問題は極低温の大構造物の建設技術、もれ磁界等の環境問題、建設費等である。他のエネルギー貯蔵装置との特性の比較を表3-3-1に示す。

液体窒素冷却 SMES では建設費は15~30%減となると予想される。常温超電導体が開発され SMES に用いることができれば、大きな飛躍が期待される。

3-3-3 交流超電導コイル

従来の超電導線材は本来的に直流用途である。1983年交流の超電導体の可能性が提案されて以来研究が活発に行われてきた。当所は、東芝と共同で1987年500 kVA という世界最大容量の交流超電導コイルの開発に成功した。0.5 μm という超電導極細線フィラメントがみそである。図3-3-1にその写真を示す。

3-4 圧縮空気貯蔵システム

西独の Huntorf において、290 MW 圧縮空気貯蔵 (CAES; Compressed-Air Energy Storage) 発電プラントが、1978年以來9年間にわたり運転されている。この圧縮空気貯蔵システムは、負荷平準化に有効な技術として、現在米国 (EPRI、SCE 電力等)、イタリア (ENEL 国有電力)、ソ連 (Donbass 岩塩鉱床地帯) 等においても検討が進められている。

圧縮空気貯蔵発電プラントの運転は揚水発電プラントの運転に類似しており、エネルギーをオフピーク時に貯蔵し、高負荷時 (ピーク時) に使用される。

この方式では、現行の定置型のガスタービン発電のシステムを構成する燃焼器・タービン・発電機の系列と電動機・圧縮機の系列を機能的に分割し、電動機・圧縮機作動加圧アキュムレータ (深部地下空洞) を独立させ、発電時間帯とは別な時間帯 (夜間等) に原子力発電所等の余剰電力を受電し、圧縮機を運転してアキュムレータに圧縮空気を貯蔵する。

貯蔵された圧縮空気は、ピーク時 (昼間) に取り出され、ガスタービンが増出力で運転される。

新しい圧縮空気貯蔵 ガス 3-4-1 タービン発電 (GT-CAES) システム

当所では新しい「圧縮空気貯蔵-ガスタ

ービン (GT-CAES) 発電システム] として、これまでの揚水発電の機能を有する圧縮空気貯蔵発電と新たに DSS (Daily Start and Stop) 運用ガスタービン発電とを組合せたピーク・ミドル兼用の分散型発電方式を提言し、経済性評価を行うとともに技術的検討を進めている。このシステムでは一日を電力貯蔵 (受電、モード I)、中間負荷発電 (定格運転、モード II)、ピーク発電 (増出力運転、モード III) の3つのモードに分けて運転が行われる (図3-4-1)。

圧縮空気貯蔵-ガスタービン発電システムがピーク専用ではなく、ミドル負荷用 (DSS 運用) としての機能をも有するシステムとして成立するためには、通常のみドル火力と同程度の熱効率を有する高効率ガスタービンの開発が重要となる。

当所では、圧縮空気貯蔵と通産省・ムーンライト計画で開発が試みられた高効率ガスタービン (再生レヒートガスタービン、高圧タービン入口条件: 1300°C、55kg/cm²) とを組合せた新しい GT-CAES システムを概念的に設計し検討を行った。このシステムの概要を図3-4-2に示す。

このシステムは、中間負荷時間帯では170 MW の定格運転が行われ、ピーク時には240 MW まで増出力し、深夜には100 MW の受電によるエネルギー貯蔵を行うことができる。これは、機能的に170 MW の DSS 運用火力発電設備とピーク出力70 MW の揚水発電設備の能力を兼ね合わせたプラントと等価であり、優れた負荷平準化用発電シ

テムとなることが期待できる。

3-4-2 GT-CAES システムの 特長と技術開発課題

圧縮空気貯蔵-ガスタービン発電システムは需要地に隣接した地点でエネルギー貯蔵が行えること、環境影響が小さいこと、負荷変動への柔軟な対応ができることなどの長所を有する。

このシステムの最大の技術開発課題はアキュムレータであり、我が国では Huntorf にみられる岩塩層や硬質の岩盤等は存在せず、アキュムレータの建造は困難とされてきた。我が国において立地点として湾岸の LNG 火力発電所等を想定し検討された例があるが、当所ではアキュムレータに関する例があるが、当所ではアキュムレータに関し、軟質岩盤中でも新技術にて建設可能なこと、とくに水没式地下タンクによる圧縮空気貯蔵方式が優れていることを提言している。

水没式地下タンクは図3-4-1 b) に示す無人掘削機を用い地下400~600mの深部に建造される。さらに、安定性・気密効果を向上させるため、地中のエアドーム工法など新しい建設工法をも提案し、検討を開始している。主要な技術検討課題として以下の項目があげられる。

- (1) 軟質岩盤中に無人で空洞を建造するための掘削技術の開発
- (2) 水没式空洞を長期に安定維持するための構造設計法の開発
- (3) 加圧空気の熱損失の低減化対策、等。●

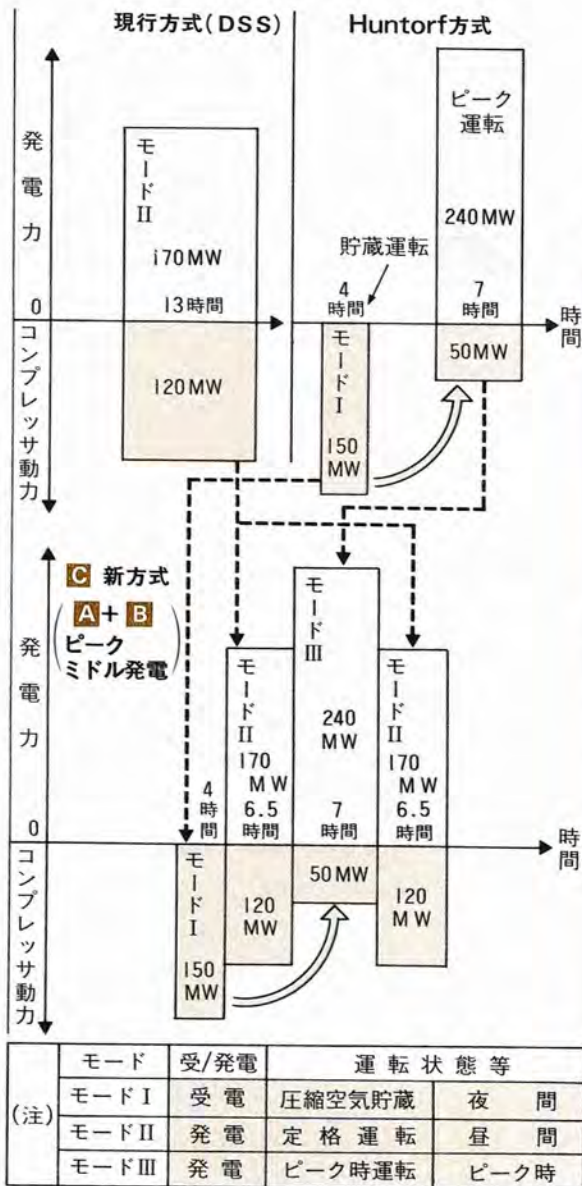


図3-4-1 圧縮空気貯蔵ガスタービン発電システムの原理
a) 発電力とコンプレッサ(圧縮機)動力の関係

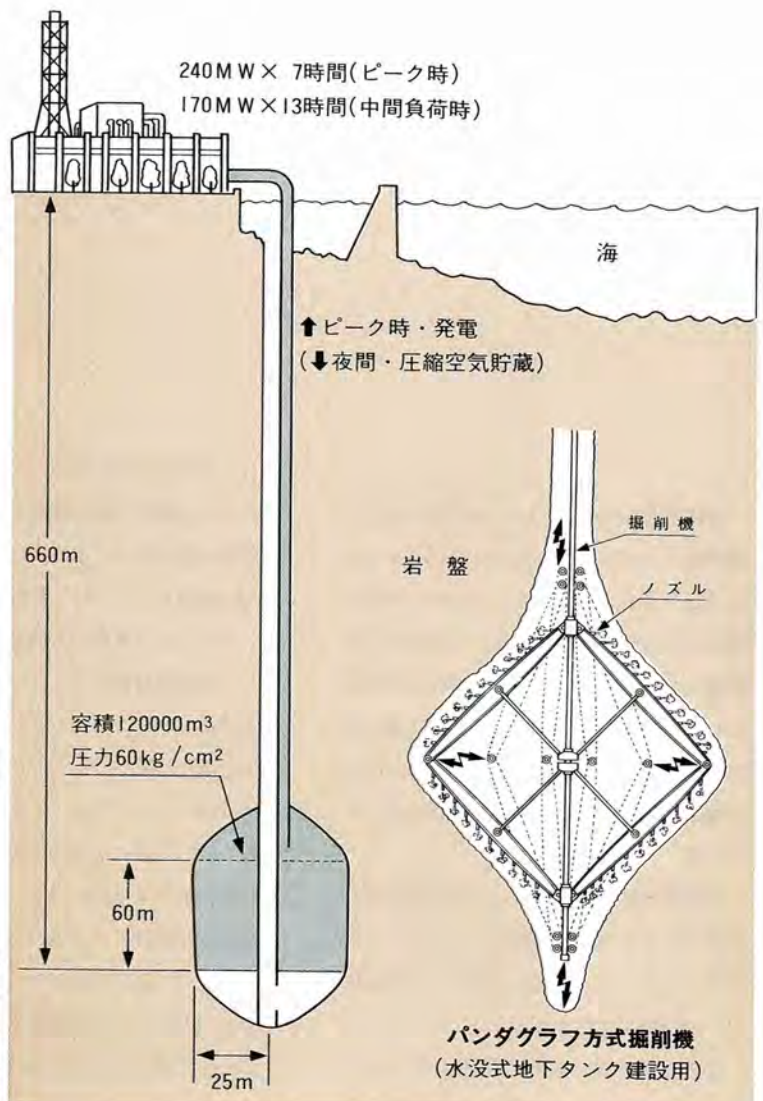


図3-4-1 圧縮空気貯蔵ガスタービン発電システムの原理
b) 発電プラントとアキュムレーター

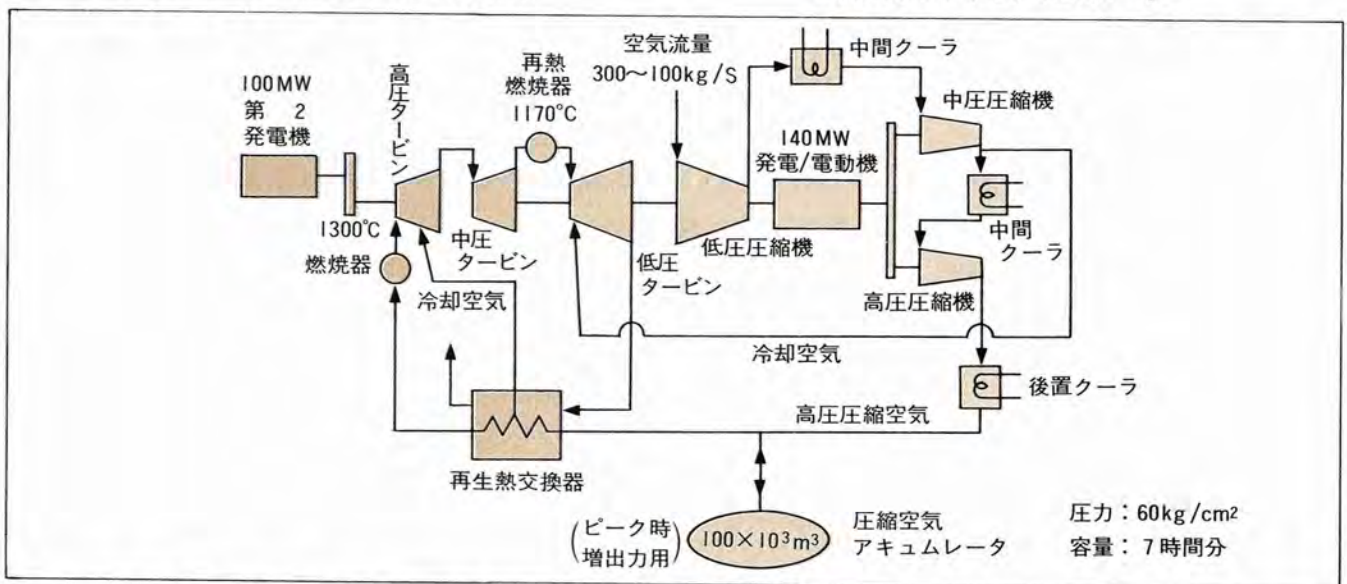


図3-4-2 圧縮空気貯蔵-再生レヒートガスタービン発電システムのサイクル線図

第 4 章

自然エネルギー技術

第4章 自然エネルギー技術 ● 目 次

4-1 太陽光発電	柏江研 電力システム部 情報制御研究室長 武田 行弘	55
4-1-1 研究の目的		
4-1-2 研究の内容		
4-1-3 研究の成果		
4-2 地熱発電	我孫子研 立地部 地盤研究室 専門役 日比野 敏	60
4-2-1 地熱源の探査技術		
4-2-2 貯留層構造の評価技術		
4-2-3 岩盤破碎・抽熱技術		
4-3 海洋等エネルギー利用	我孫子研 水理部 構造水理研究室 広瀬 学	64
4-3-1 海洋エネルギー利用	上田 隆右	
4-3-2 風力エネルギー利用		
4-3-3 バイオテクノロジー		

4-1 太陽光発電

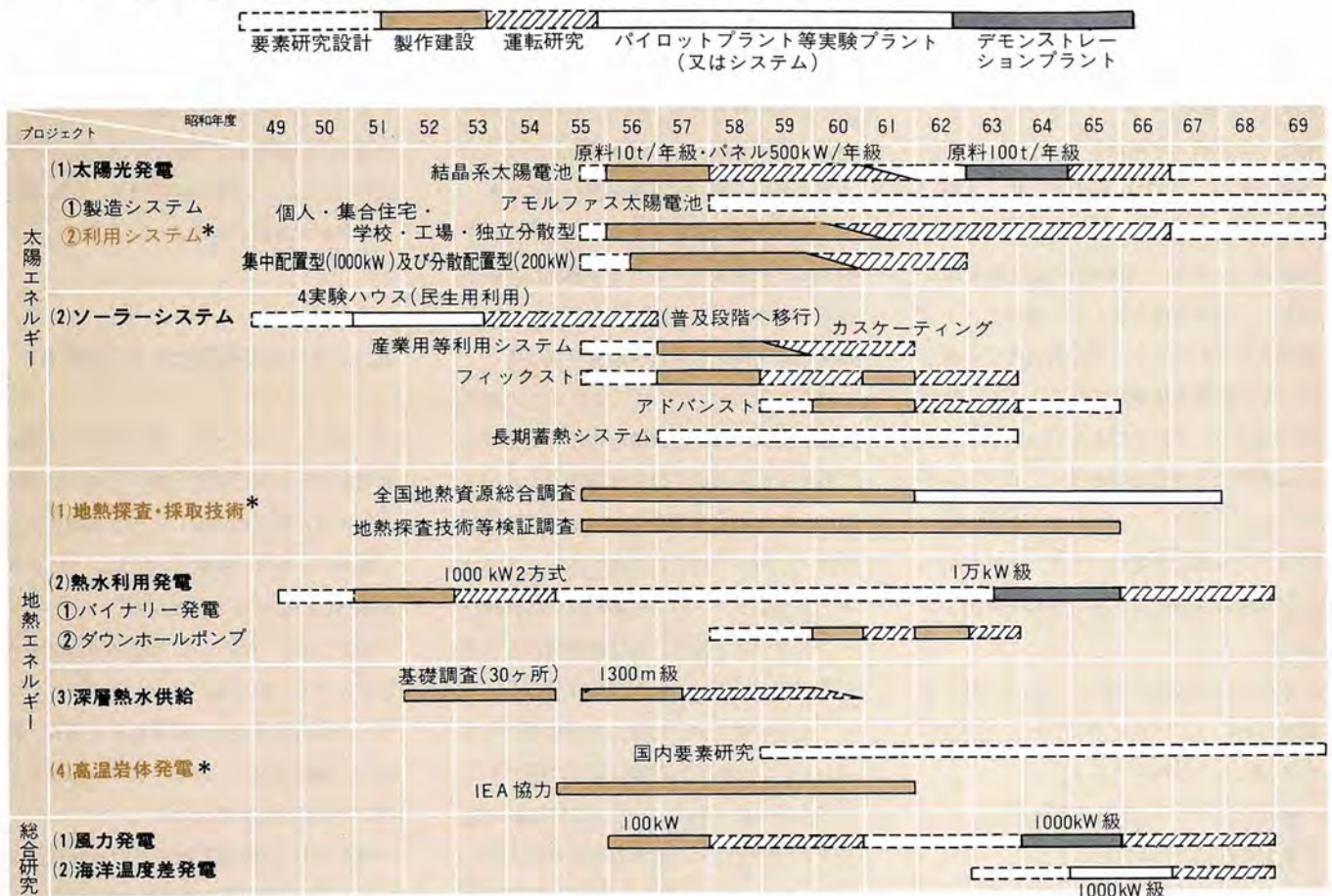
4-1-1 研究の目的

1973年の第一次オイルショックを契機に、各国で太陽光発電の開発研究が活発に行われてきた。我が国においてもサンシャイン計画の名のもと、産学官が一致協力して研究開発を推し進めてきた結果、太陽電池の低コスト化技術は着実に進み、サンシャイン計画発足当時2～3万円/Wであった

ものが、現在は900～1000円/W程度で購入できるところまで開発が進んだ。また、システム開発の研究も進み、小容量の独立型はもちろん、系統と連系するタイプでも3kW級の個人住宅システムから1000kW級の発電所システムまで幾つかの利用システムが建設されて、それぞれ運転研究が進められている。
太陽光発電システムの実用化にとって最

も重要な課題が低コスト化にあるのは言うまでもない。それと広範な普及を考えると、どうしても用途の限定される独立形に加えて連系形の利用形態となることが考えられるので、電力系統との連系技術を確立しておく必要がある。我が国における太陽光発電システムの開発では、この2点に重点を置いて行われているが、当所は後者の研究開発を実施している。

表4-1-1 サンシャイン計画新・省エネルギー関連主要プロジェクトの長期開発計画(案)



注) *: 電中研が一部を分担

出典: サンシャインジャーナル1986 Vol.7 No.5

4-1-2 研究の内容

当所における太陽光発電の研究は昭和49年度より開始したが、特に昭和53年度からは、国のサンシャイン計画に参画して一般消費者用の小型のシステムから電気事業用の大規模システムまで、幅広くそのシステム技術の開発研究を実施してきた(表4-1-1)。特に小型システムについては昭和58年度より、赤城試験センターに将来の実用化普及時の形態を想定した2~5kWの小型光発電システムを7台設置し、同センターの実験配電線との連系運転試験を通して、発生する電力の品質向上や安全、確実な保護・保安方式の確立について研究を実施してきた。さらに昭和61年度からは関西電力と共同で神戸市六甲アイランドにある関西電力実験場に2kW、100台の小型システムと10km相当の模擬配電フィーダを設置し、より幅広い実証研究を開始した。一方、大規模システムについては、昭和55年度より東京電力と共同で200kW級を市原市に、また四国電力と共同で1000kW級を西条市に建設し、電気事業用としての最適システム形態や効率的システム運転制御方法の確立について研究を実施している。さらに昭和60年度より、上記小型あるいは大規模システム実用化普及促進を側面からサポートするために、架台、インバータ、蓄電池というシステム周辺装置について、仕様や試験法に関する標準化のための検討を実施している。

以上、当所が現在実施している太陽光発電のためのシステム技術について大略区分して示すと次の通りである。

- 小型システムの系統連系技術
- 大規模システム技術
- システムの標準化および試験法
- システム運転評価

4-1-3 研究の成果

I. 小型システムの系統連系技術

(1) 粕江研究所屋上に設置した小型システム(出力3kW、2台)を使い、配電系統の電力品質を維持する基本技術を開発した。

引き続き、出力2~5kWの小型システム7台(総出力21kW)を実験用配電線に連系し、太陽光発電の直流電力を交流に変換するインバータの方式やその運転制御方式が配電線の電力品質に及ぼす影響を明らかにし、望ましい方式の提案を行った。

表4-1-2に太陽光発電システムの系統連系上の諸問題、それに対する代表的対策例ならびに今後必要と考えられる解明事項などを示す。

(2) (1)の結果を用い、我が国における平均的な配電系統を対象に検討し、電力品質を所定の制限値以内に維持することができる太陽光発電の導入可能性を明らかにした。

(3) 配電系統の事故発生時に、その異常を検出し、光発電システムを自動的に系統から切り離す基本方式について検討し、実験用配電線を用いてその性能を実証した。

表4-1-3に示すように、これまでの逆充電運転方式には、配電線の電圧と周波数を監視する従来方式を含め5種類の方式があるが、いずれも光発電出力と配電線負荷が完全に平衡した場合に問題が残る。このため、光発電システムの同期回路に周波数バイアスを与えて置き、周波数異常により逆充電状態を検出する新方式を開発した。

(4) 上記成果をより幅広く実証するために、図4-1-1に示すように関西電力六甲アイランド実験場に2kW、100台の実験設備を建設する計画をたて、昭和62年3月末までにそのうちの20台を設置し、部分的な運転実証を開始した。

II. 大規模システム技術

(1) 電気事業用として、幾つかのシステムユニットを分散配置し高圧配電線で連系し、一つの発電システムとして運転する形態と、従来の発電システムと同様に1ヶ所で発電システムを作る形態とを考案し、前者は200kW級、後者は1000kW級のシステムをそれぞれ建設して運転研究を行った。

(2) 両システムの建設は昭和56年度から昭和59年度末および昭和60年度末にかけて段階的に行った。この間低コスト架台の開発、高効率アレイ構成技術の開発、直流集電技術、最適インバータおよび貯蔵システムの構成と運転方式、等について成果を得た。

(3) 特に分散配置形システムでは、貯蔵装置付システムユニットを活用して定電力運転方式(負荷のピーク時に定格出力で運転する方式)や潮流安定化運転方式(変電所との連系点の潮流を管理値内に安定化する方式)を行えば、配電線負荷パターンに適合した有利な運用の行えることを見いだした。

III. システムの標準化および試験法

(1) 架台、インバータ、蓄電池等の太陽光発電システム周辺装置の標準仕様を作成した。また、蓄電池に関し太陽光発電用として使用する場合の試験法を作成し、IEC規格等へ反映させることとした。

図4-1-2に一例として充放電特性試験のためのサイクル試験パターンを示す。

(2) 各周辺装置の開発研究状況を調査、検討し、現状技術レベルでのコスト分析ならびに将来見通しを得た。

図4-1-3に小容量系統連系型光発電システムの場合の各周辺装置コスト(BOSコスト)の推移見通しを示す。

表4-1-2 太陽光発電システム系統連系上の問題点と対策

項目	問題点	対策例	必要な説明事項
① 発電特性	① 発電出力の不安定性	<ul style="list-style-type: none"> 蓄電池による出力安定化と需要時間帯への電力移動 他の電源とのハイブリッド化 	<ul style="list-style-type: none"> 光発電システムによる負荷パターンの変化
② 電力品質	① 電圧変動	<ul style="list-style-type: none"> 自励式システムの推奨 他励式システムでは進相コンデンサの設置 力率、無効電力を規制する ソフトスタート、ソフトストップ方式の採用 	<ul style="list-style-type: none"> 分散電源の存在を考慮した電圧制御方式の開発 フィーダ単位のシステム並入限度を明らかにし、総量規制の指針とする
	② 高調波	<ul style="list-style-type: none"> 電磁誘導障害の防止を含め、十分なフィルタ設置 自励式システムの推奨、さらにその多相化、PWM化、高周波化を進め、直列挿入形フィルタの採用を推奨する システム個別に高調波電流を規制する 	<ul style="list-style-type: none"> 同上
③ 保護・安全性	① 事故時保護 (a) 内部事故波及の防止	<ul style="list-style-type: none"> 遮断器、ヒューズなどの事故遮断機能の付加 内部回路の異常を検出し、システムを自律的に系統から切り離す機能を付加する 直流遮断・絶縁用の需要家トランスの設置 	<ul style="list-style-type: none"> 内部事故の波及防止方式の開発
	(b) 系統保護方式との連系協調	<ul style="list-style-type: none"> 系統側事故時の異常を検出し、システムを自律的に系統から切り離す機能を付加する システム規模、利用形態に応じた電気事業による直接または間接制御（転送遮断など）の実施 	<ul style="list-style-type: none"> 分散電源と配電線保護方式との協調
④ その他	② 系統作業時の安全性確保	<ul style="list-style-type: none"> 連系遮断器の設置と、電気事業による優先操作権の確保 自励式システムは他制式とする 	<ul style="list-style-type: none"> 逆圧防止リレーといった専用リレー要素の開発
	① 装置信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 連系装置の形式認定制度 定期点検の義務付け 立入検査権の確保 	<ul style="list-style-type: none"> 光発電システムを系統と接続するための規格形の連系保護装置の開発
	② 電力量問題	<ul style="list-style-type: none"> 逆回転防止メータや2メータ方式の計量 	

表4-1-3 これまでの逆充電防止方式と提案方式の比較

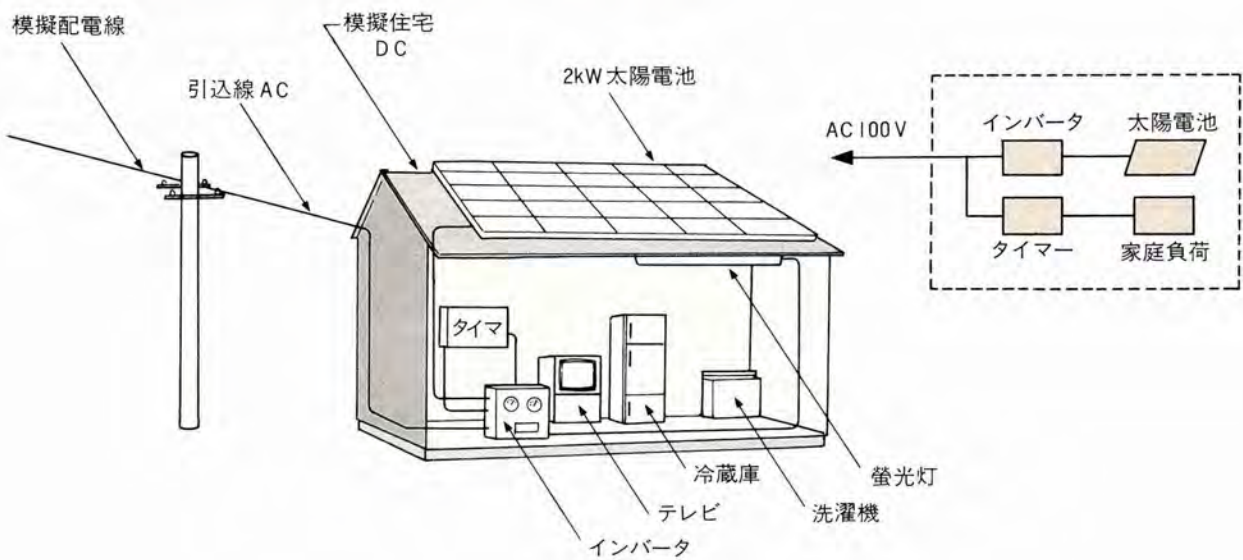
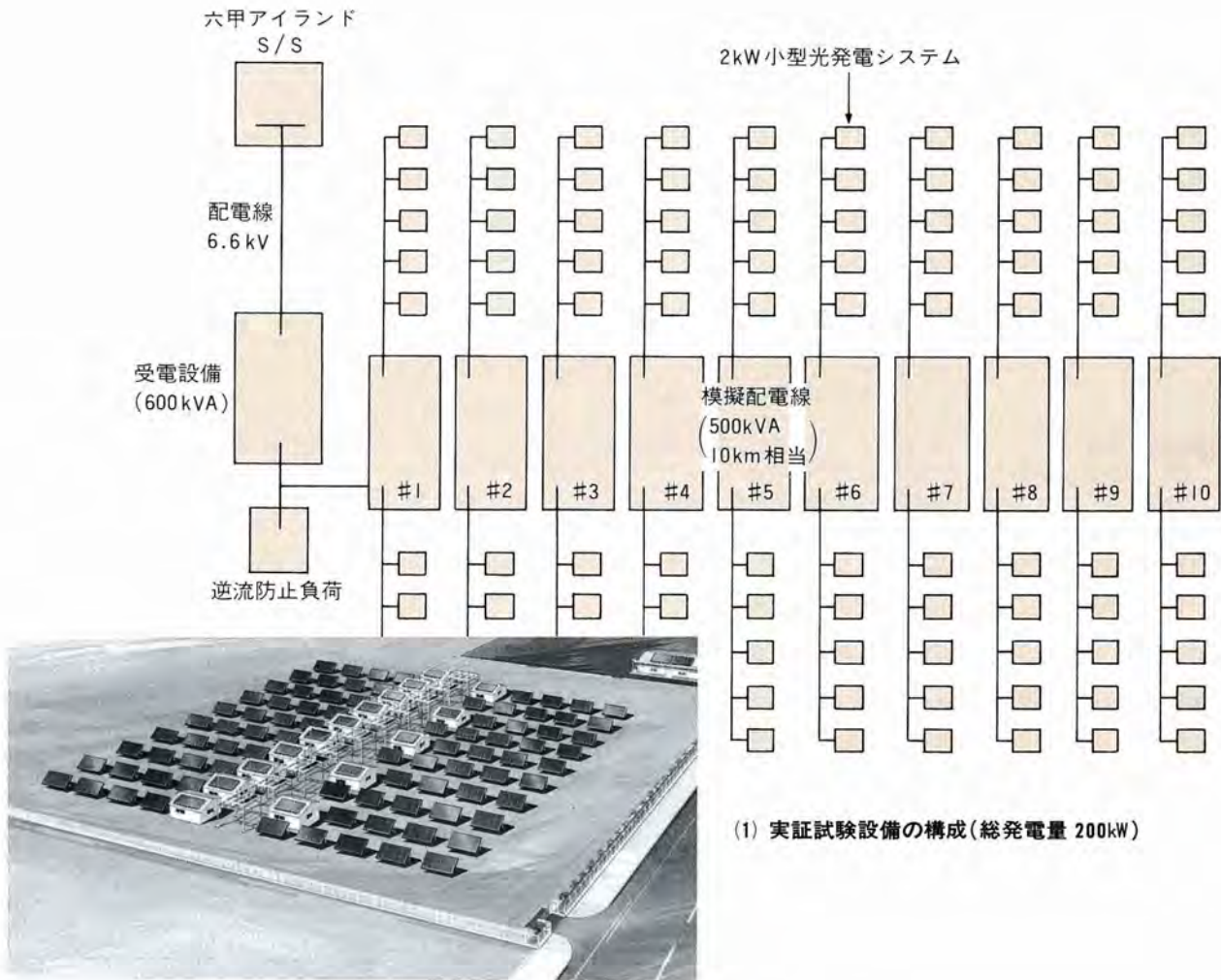
方式種別	内容の概略	小型装置への適用評価	効果
① 電圧・周波数監視方式	系統の電圧と周波数を監視することにより、配電線の異常を検知する	光発電装置群の出力と配電線負荷が完全に平衡すると、逆充電状態を検出できない	△
② 位相変動検出方式	出力位相（V、I、Var等）の急変を監視することにより、配電線の異常を検知する	同上	△
③ 高調波検出方式	光発電装置出力の第2次高調波成分を監視する	他励式の装置にしか適用できない	△
④ 無効電力バイアス方式	光発電出力の無効電力を規則的に変動させ配電線負荷と平衡しないようにする	小型装置では多数の装置群からの無効電力が中和され、逆充電検出の効果が減殺される	○
⑤ 周波数分散現象を利用する方式	通常の同期回路（PLL）の誤差積分による周波数分散効果を利用する	多数の小型装置群により疑似的な周波数基準が確立する状態では効果が確率的である	○
⑥ 周波数バイアス方式（提案方式）	同期回路に一定の周波数バイアスを与え、配電線からの周波数基準が無くなった時、自律的に出力周波数を低下させる	従来の方式と組合わせて逆充電状態を検出でき、他励式にも効果が及ぶ	◎

Ⅳ. システム運転評価

各種実用規模システムを想定し、あらかじめ、その問題点および発電・運転特性な

どが評価できるようなシミュレーション評価プログラムを開発した。評価プログラムは、太陽電池アレイ出力特性計算プログラム、発電運転出力計算プログラム、地域光発電出力簡易評価推定プログラムより成る。

(1) 太陽電池アレイ出力特性計算プログラムは、実用太陽電池アレイを対象に、日射量のアンバランス、影等の影響を考慮した場合に発電損失、逆バイアス電圧の発生等を解析するものであり、サブアレイの最適



(2) 小型光発電システム(模擬住宅用)の構成

図4-1-1 六甲アイランド太陽光発電実験設備の構成

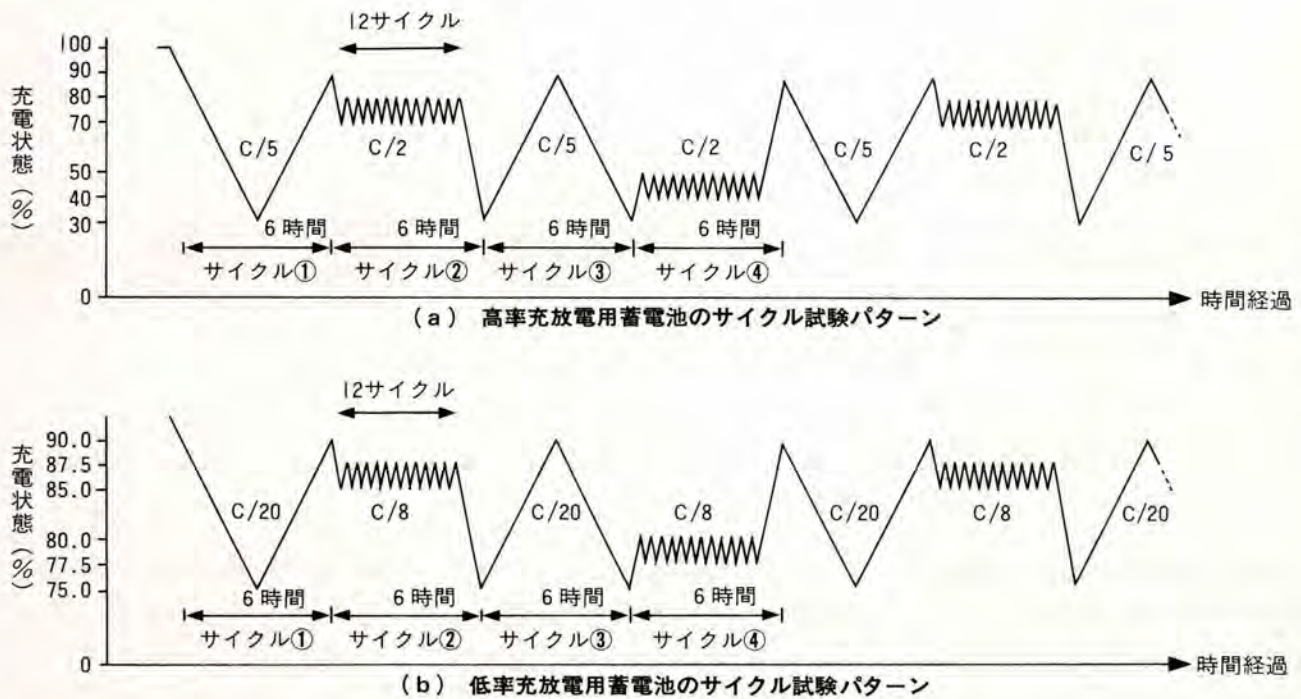


図4-1-2 光発電システム用蓄電池のサイクル試験パターン

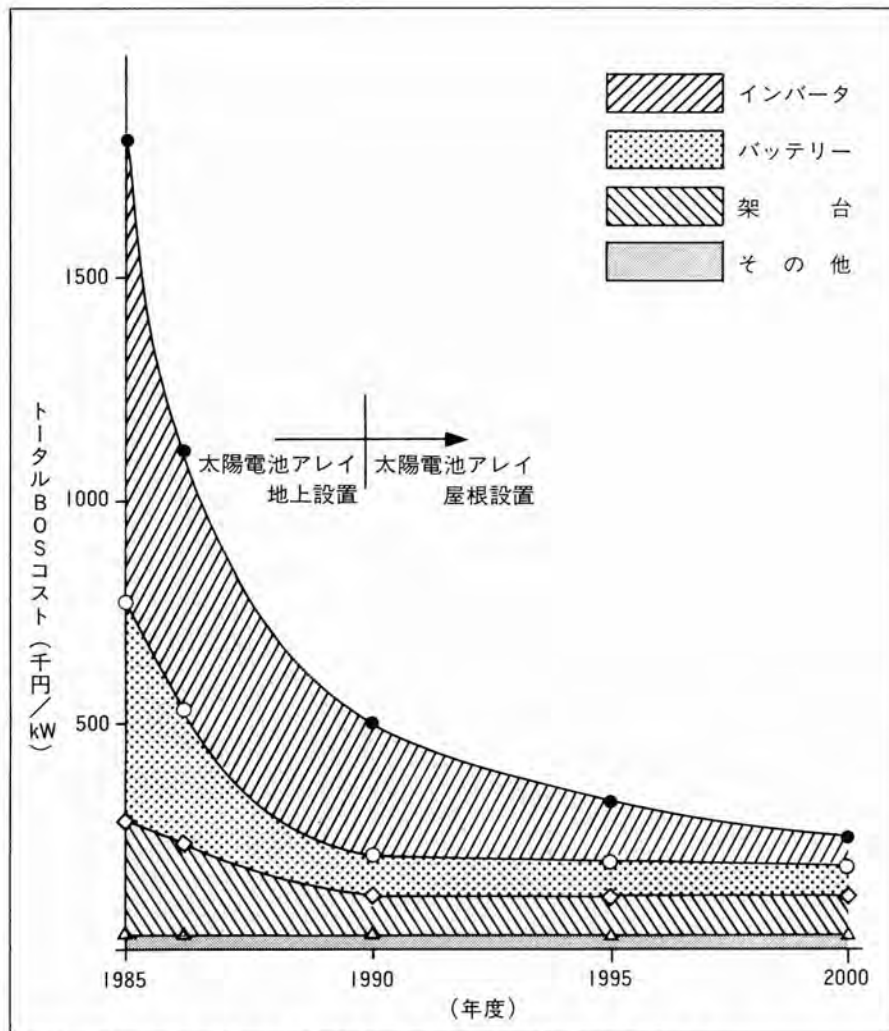


図4-1-3 小容量系統連系型発電システムBOSコストの推移見通し (バッテリー容量は6時間分で試算)

構成をはじめ、最適配置法などを明らかにし、アレイ構成の最適化を図るためのプログラムである。

(2) 発電運転出力計算プログラムは、各地域の発電特性データをもとに光発電システムの発電出力経時特性をシミュレーション評価するものである。なお本プログラムは、市販型のモジュール特性や、日射量等の気象条件を入力するだけで発電出力経時特性が近似計算出力できるように改良もしてある。

(3) 地域光発電出力簡易評価推定プログラムは、日射量の累積分布特性をもとに、光発電システムの年間発電電力量を推定する簡易計算プログラムであり、日射量の累積分布特性は各地域の発電特性実測データから得るが、標準気象データも使用可能である。

以上の結果、各種実用規模システムにおける発電運転特性について、詳細なシミュレーション解析を行なうことが出来るようになり、システムの総合評価が可能となった。

以上が研究成果の概略要旨であるが、その大部分はNEDOからのサンシャイン計画委託研究を実施した中で得られたものであることを最後に記しておく。

4-2 地 熱 発 電

我が国の自然エネルギーのうち、地熱は賦存量が1億kWを超えると考えられるが、現在では約20万kWの地熱発電が稼働しているに過ぎない。残る膨大なエネルギーの効率的開発のためには、従来、発電には使用されていなかった温度の低い熱水を効率的に利用するバイナリー発電の研究、あるいは今後開発が予想される深部地熱や高温岩体発電のための技術開発が重要である。高温岩体発電についてみれば、賦存量は7000万kWと想定され、国内ではNEDOによる山形県肘折での研究、海外ではアメリカのロスアラモスでの実験が実施されており、電中研もこれらの研究に協力している。

このような背景のもとに、当所においては、地熱源に関する探査技術、貯留層構造の評価技術および高温岩体発電の基礎技術である水圧破碎方式による岩盤破碎・抽熱技術に関する研究を推進中である。

4-2-1 地熱源の探査技術

地熱開発にあたっては、地熱源の分布、位置、規模等を正確に把握することが重要である。特に調査の初期に、地熱源の位置、地熱流体を支配する地質構造を正確に把握することは、以後の地熱開発を効率的に進めるにあたり必要不可欠である。

このため、56年度からは地化学探査、リモートセンシング手法による研究を開始し、これまでに全国の約10地点の非地熱、地熱

地点において予備調査およびケーススタディを実施し、手法の適応性の検討を行ってきた。また、昭和59年度より物理探査および熱年代測定に関する研究に着手し、数地点でのケーススタディを実施し手法の適用性の検討を行った。

その結果、これらの調査手法を総合的に活用することにより、地熱の通路となる地質構造把握が可能となることを明らかにし、地熱源探査システムを確立した。本探査システムの特徴は次の通りである。

(1)人工衛星から得られた情報を用いて、地熱により変質した地域や温度の高い地域をまず探査する。(2)地下から上昇するガスを測定し、地熱の通路となる地質構造を把握する。(3)岩盤の比抵抗を調査することにより地下深部の熱水の通り易い「割れ目」の分布を明らかにする。(4)岩石が熱によって変質した時代を電子スピン共鳴法により求め、その地域の地熱活動がどれだけ継続しているかを推定する(図4-2-1)。

今後は、上述の総合的探査システムを地熱開発地点に適用し、本探査システムや新しい手法の高精度化を図る。また、生産井や調査井からのガスや水を採集・分析することにより、貯留層の体積や寿命を評価する研究を実施する予定である。

4-2-2 貯留層構造の評価技術

地熱開発に伴う貯留層の挙動、とくに生産井や還元井の寿命評価、熱や流体の賦存

量の予測・評価が地熱開発設計に際し重要であり、高温岩体発電においては、破碎面の評価が人工貯留層評価上必須となる。

そこで、昭和57年度より人工貯留層評価手法の開発を目指して、水圧破碎時に発生するAE(Acoustic Emission)計測をロスアラモス(図4-2-2)、稲田、今市、肘折等において実施し、破碎面の形状を決めると共に、昭和60年度より貯留層評価のためのシミュレーションプログラムの開発を行った。これらの成果は次の通りである。

NEDOによって肘折地点で実施された約1800m深部での水圧破碎実験に協力し、水圧破碎面の評価がAE計測により可能であることを明らかにした。

地熱貯留層のうち熱水系を多孔質モデル、人工熱水系(高温岩体)を割れ目モデルとして設定し、昭和60年度に開発した多孔質モデルの熱水シミュレーション手法を地熱貯留層モデルに適用した。その結果、観測井と生産井の圧力、温度の経時的変化が求まり、その特徴を読み取ることにより、貯留層からの回収可能なエネルギー量と期間を推定できる見通しを得た。

今後は肘折での水圧破碎実験のAE計測データやこれまで実施した各地でのAE計測データを集約検討し、AEによる水圧破碎面の形状評価手法の確立を図る。また熱水シミュレーション手法の開発に関しては、実績の判明している地点に本手法を適用・確認してその完成を図る。

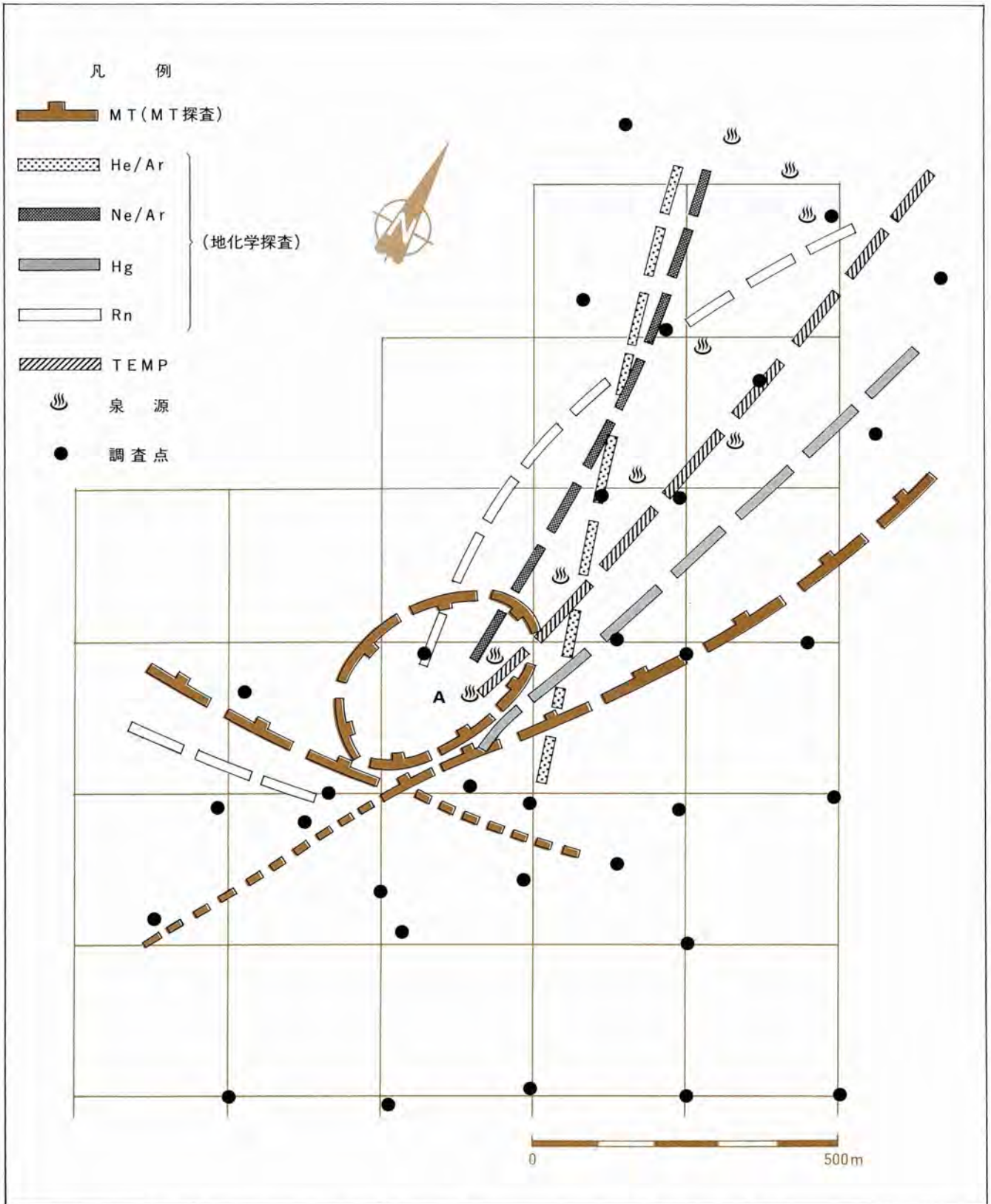


図4-2-1 地化学、物理探査の適用結果の例(鳥取県鹿野温泉) (各探査による異常値、高濃度値の分布を示す。ほとんどの分布がA点に集中しており、地熱徴候が顕著である)

4-2-3 岩盤破碎・抽熱技術

高温岩体発電方式は地殻中に蓄えられた熱を対象としており、地上から水を注入するため、天然の地下水などの存在を必要とせず、環境へ与える影響が少ない方式である。そして発電コストも LNG 発電なみと評価されており将来有望な方式である。

さらに、要素技術としての岩盤破碎技術はその応用として浅部地熱発電におけるドライホールの活用や生産井・還元井の目詰り解決にも資することが可能である。

当所では水圧破碎による新しい岩盤破碎方式の開発を推進中である。つまり電中研独自の手法による岩盤破碎方式のケーシングリーマーサンドプラグ (CRSP) 方式は、多重の割れ目を希望する位置に容易に作成できる特徴を持っている (図4-2-3)。

この方式の開発のための実験着手は昭和61年度であり、秋田県秋の宮において深さ412mのボーリングを実施した。

62年度以降において、CRSP方式による水圧破碎実験を実施し、破碎面をAE観測、ポアホールテレビ、透水試験などにより評価する。その後、多重きれつ系の造成ならびに孔井間の導通を図り、水循環による岩盤からの熱抽出システムの実験的造成を行い、電中研の岩盤破碎方式を完成させる予定である。

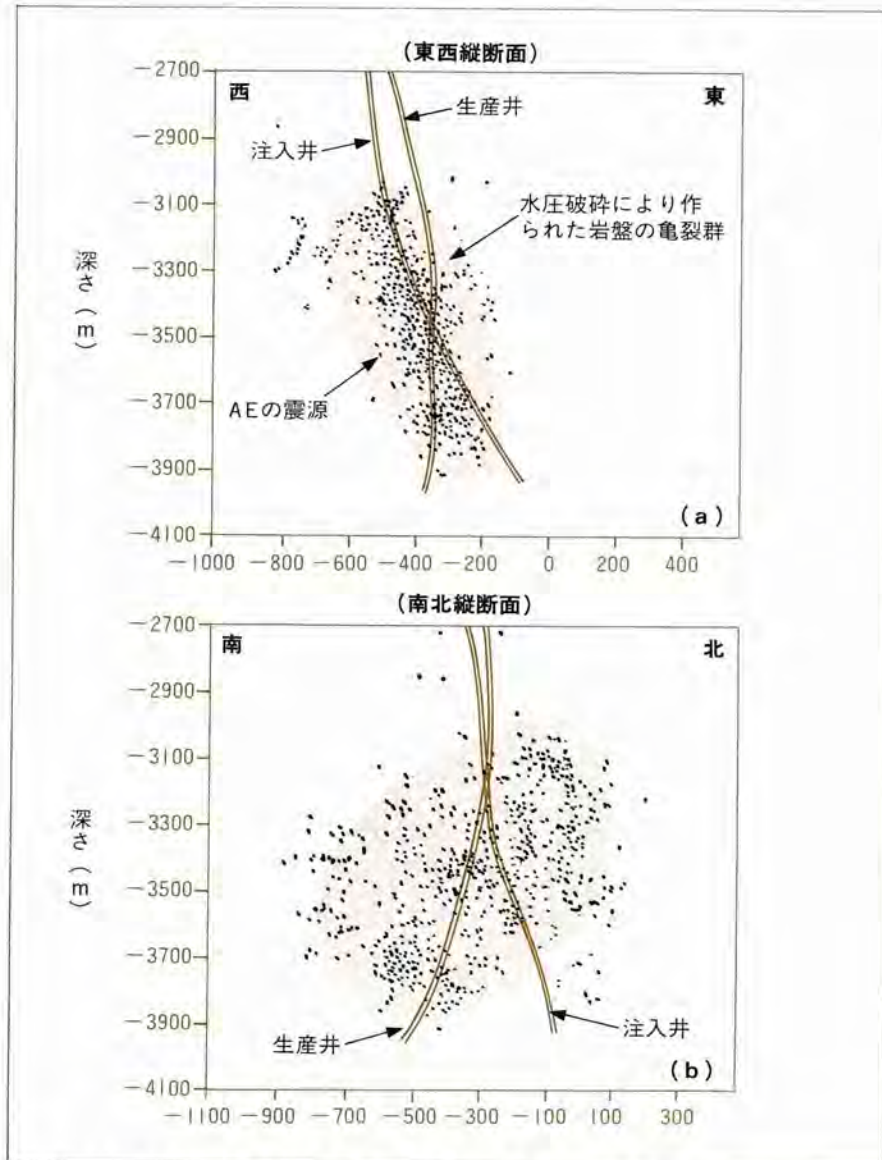
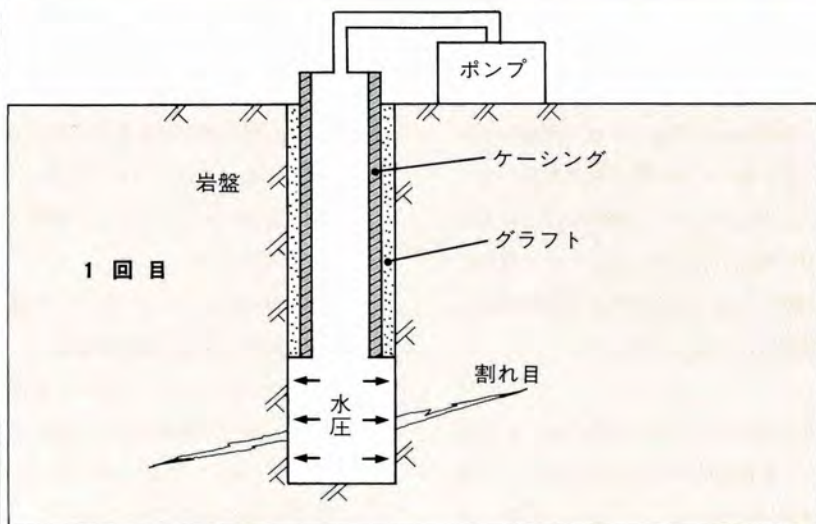
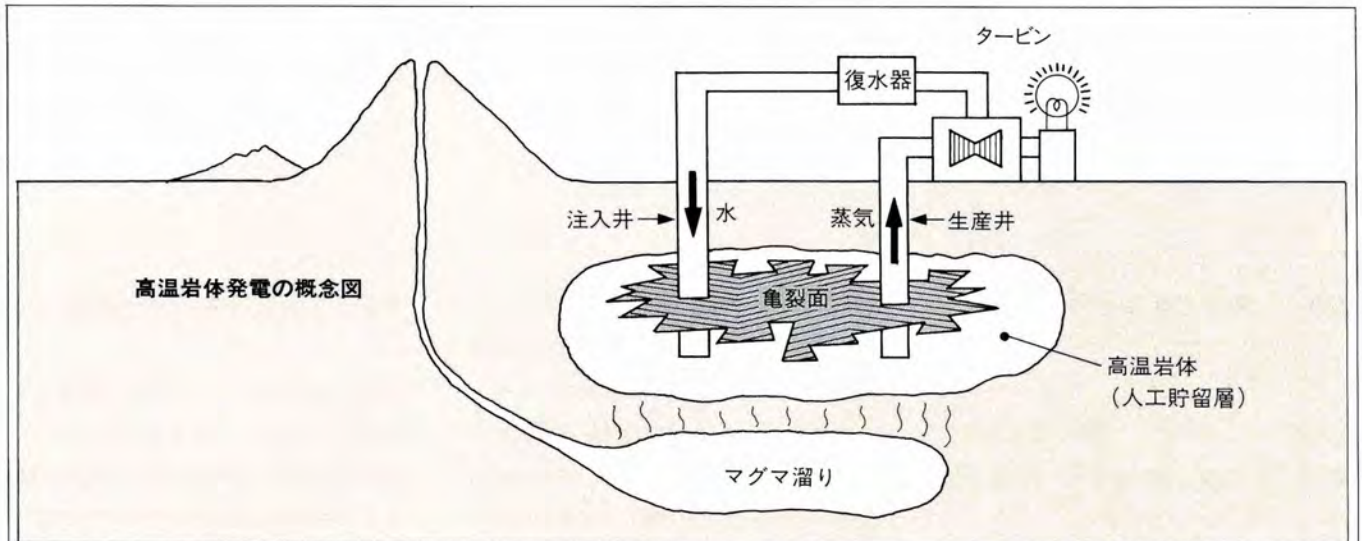
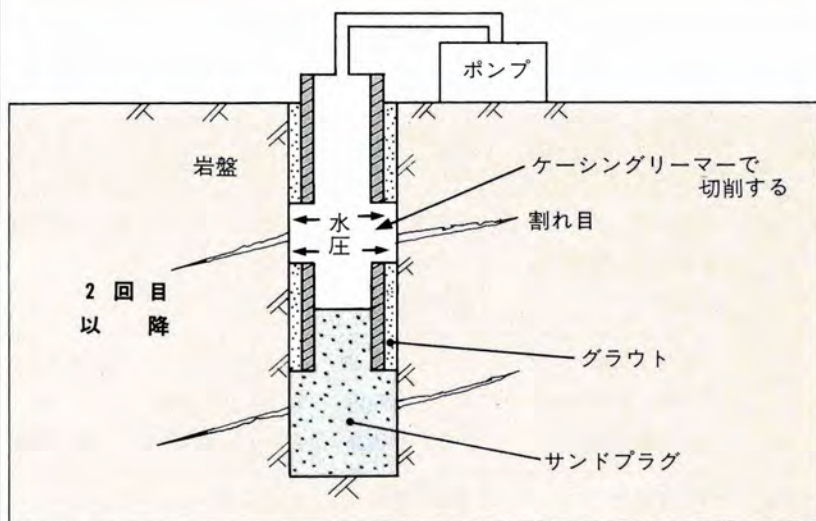


図4-2-2 水圧破碎により発生したAEの震源を投影した分布図 (ロスアラモスでの結果)



孔底に水圧をかけて割れ目を作る。



- ①先に作った割れ目はサンドプラグでふさぐ
- ②ケーシングをリーマーで部分的に切断する
- ③水圧をかけて岩盤に割れ目を作る

①、②、③を繰り返すことにより、多数の割れ目を希望する位置に容易に作る事が出来る(サンドプラグは最後に水で洗い流す)。

図4-2-3 電中研方式岩盤破碎(ケーシングリーマーサンドプラグ方式・CRSP)の概念

4-3 海洋等エネルギー利用

4-3-1 海洋エネルギー利用

海洋エネルギーには、潮汐、海洋温度差、波力、海・潮流、塩分濃度差、生物(海洋バイオマス)などがある。

海に取り囲まれた我が国では、海洋エネルギー利用について古くから研究が実施されてきたが、航路標識用ブイの灯火用電源など局部的に利用されているに過ぎない。現在実施中または完了した海洋エネルギー利用の実海域実験の代表例としては、表4-3-1のものがあ

る。世界的にみて、現在、商用段階に入っている海洋エネルギーは、潮汐発電だけである。フランスのランス発電所(1966年竣工、出力24万kW)が稼働中のほか、ソビエト、中国、大韓民国、イギリスなどで、潮汐発電の実証あるいは、計画が進められている。我が国の潮汐のエネルギーは、残念ながら、これら諸外国に比べ小さく、潮汐発電の可能性は小さいといわれている。

内外の関連機関と情報交換を積極的に行うとともに、海洋エネルギー利用に関する基礎的な研究を実施している。

海洋温度差発電に関しては、冷水取水路敷設工事に伴う土木工学的な検討を行った。また、海洋温度差発電とソーラーポンドとの組み合わせ方式について、ソーラーポンドの蓄熱保温効果および同方式の経済性に関する研究を実施した。

波力発電については、電力会社からの依

頼により、波エネルギーを水の位置エネルギーに変換するタイプの波力発電(波流発電方式)、波エネルギーを空気エネルギーに変換するタイプの波力発電(多方向波力発電方式)の研究を実施した。現在、波力発電の機能をも備えた新しい防波堤「低天端越流防波堤」について基礎的な研究を実施中である(図4-3-1)。

海・潮流発電に関連しては、潮流エネルギーの賦存量ならびに賦存特性を明らかにすることを目的とした基礎的な研究を実施し、国で実施中の研究に協力して、鹿児島県出水郡にある「乳之瀬戸」の賦存量ならびに賦存特性を明らかにした。

今後の海洋エネルギーの利用は、経済性はもとより技術的にも諸問題を有し、本格的な利用(実用化)は、これからの問題と言える。

4-3-2 風力エネルギー利用

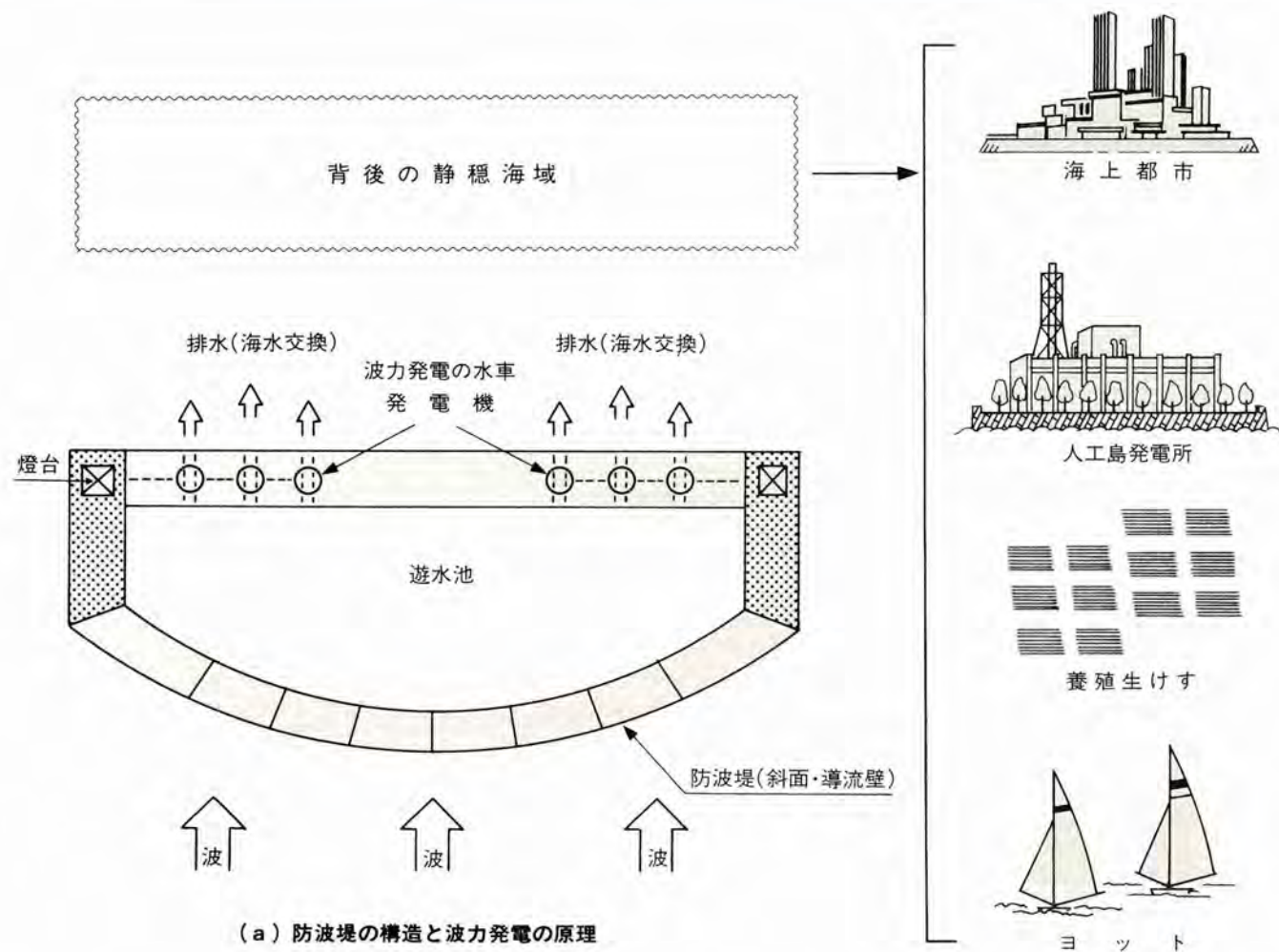
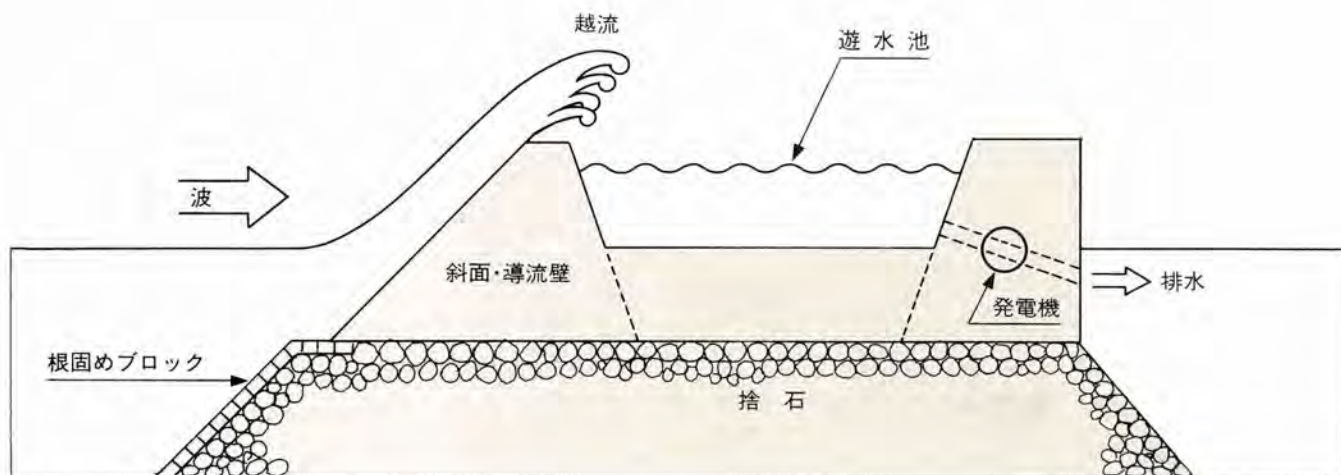
風力エネルギーはエネルギー密度が低く不安定であるが、エネルギー源多様化の視点から風況など立地条件のよい離島や僻地などで小規模な分散型の電源として期待される。

国のサンシャイン計画では三宅島で100kW級のパイロットプラントによる運転研究を経過し、現在1000kW級の要素研究・概念設計を実施している。また電力会社などにおいても数10~300kW級の調査・運転研究を行っている。

一方アメリカにおいてはDOEの主導のもとに現在2500kW級の実証試験を行っており、またカリフォルニア州では風況条件の良好な丘陵に多数集散的に設置され、実用化されている(ウインドファーム方式……60kW級8500台 図4-3-2)。

表4-3-1 我が国における主な実海域実験

エネルギーの種類	主な研究開発機関	地点	設置	備考
海洋温度差	佐賀大学	島根県沖	洋上	クローズドサイクル方式
	東京電力、東電設計	ナウル共和国	陸上	〃
	九州電力	鹿児島県徳之島	〃	〃
波力	海洋科学技術センター	山形県由良沖	洋上	空気式 通称：海明
	増毛町、室蘭工業大学	北海道増毛町	陸上	受圧板式
	海洋環境技術研究所	沖縄県西表島	洋上	回転浮体式 通称：海陽
海・潮流	日本大学	愛媛県来島海峡	海底	ダリウス水車方式
	徳島大学	徳島県鳴門海峡	洋上	クロスフロー水車方式



(a) 防波堤の構造と波力発電の原理

(b) 静穏海域の利用例

図4-3-1 低天端越流防波堤と波力発電システムの概念と利用例



図4-3-2 風力発電(ウインドファーム方式 カリフォルニア州)

風力発電の技術開発の課題として設計仕様の合理化、および適正規模の選定とこの量産化などコストダウン方策が重点となる。また、他の分散型電源(燃料電池・太陽電池)と併用して運用した場合の技術的に解

明すべき諸課題について、当所も電力会社と共同で調査検討を実施する計画である。

風力発電は今後発電用以外に給湯・暖房等のための熱源としての利用や、地下水の揚水等のための直接利用等が期待されよう。

4-3-3 バイオテクノロジー

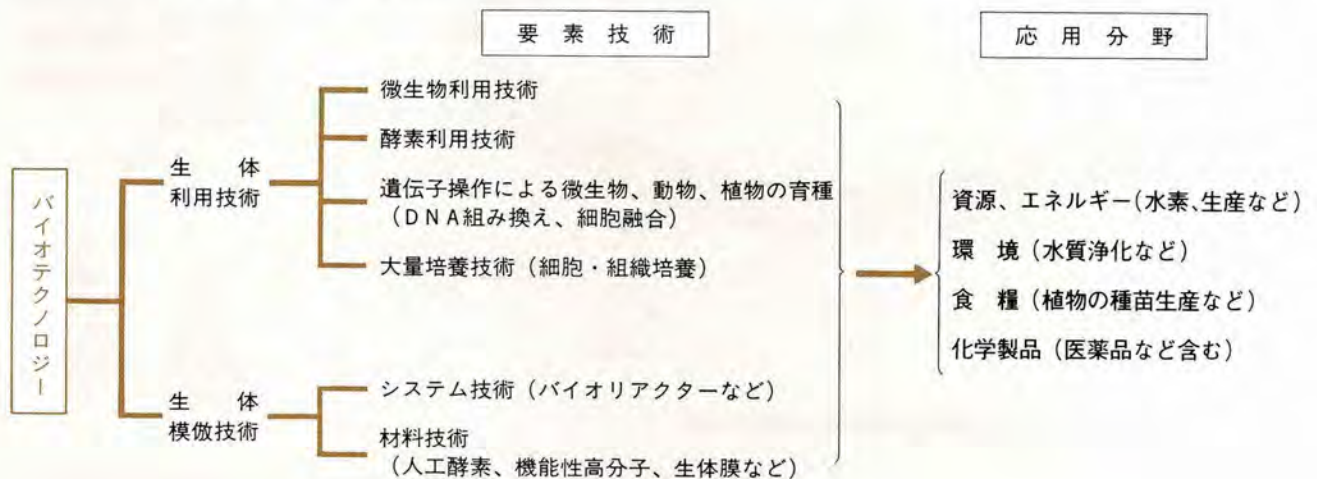
バイオテクノロジー(生物工学または生命工学)とは動植物、微生物など生物のもつ有機物を有効に利用する技術である。

現在、医薬品、農業畜産、水産、食品などの各種分野で急速に研究開発が進められている。しかし、この本格的な実用化は21世紀になってからと考えられ、また生物学、農学、理学、工学などにまたがる広範な分野の境界領域における要素技術の結集が必要とされる。

バイオテクノロジーを構成する要素技術および応用分野をまとめ表4-3-2に示す。

当所はこれまで国内外のバイオテクノロジーの研究状況を調査し電気未来への適用の可能性を検討してきたが、これまでの技術的蓄積をもとに当面は、電力需要開拓の立場から野菜工場ならびに魚工場の実用化のための重要な技術である組織培養による種苗生産ならびに微生物利用による水質浄化の技術開発を行うとともに、さらにこれまでの研究を進展させ、生体の模倣による水素生産技術の基礎的検討を行うことになっている。

表4-3-2 バイオテクノロジーを構成する要素技術および応用分野



第 5 章

エネルギー間競合と
コージェネレーション

5

第5章 エネルギー間競争とコジェネレーション ● 目 次

5-1	業務用コジェネレーションと産業用自家発電の動向	石炭ガス化複合発電プロジェクトチーム	
5-1-1	業務用コジェネレーション		調査役 北見 恒雄*・69
5-1-2	産業用自家発電		企画部 企画調査担当課長 福島 充男
5-2	複合エネルギー時代に対応した新技術評価	経済研 経済部 エネルギー研究室	内山 洋司…73
5-2-1	社会環境の変化と技術評価のあり方		
5-2-2	期待される電力技術と新エネルギー技術の研究課題		
5-3	エネルギー間競争技術としての分散型エネルギーシステムとその展望	経済研 調査役	西野 義彦…76
5-3-1	エネルギー間競争技術の概要		上田 隆右
5-3-2	ガスタービン等によるコジェネレーション・システム		
5-3-3	新しい分散型エネルギーシステムの動向		
5-3-4	エネルギー間競争技術の今後の課題と展望		

*：石炭ガス化複合発電技術研究組合出向

5-1 業務用コジェネレーションと産業用自家発電の動向

低成長が予想されているエネルギー産業の中で、病院、ホテル、オフィスビル、スーパーマーケットなどの業務用エネルギーは、今後も堅調な伸びが期待されている。このため、この分野ではガスエンジンやガスタービン、ディーゼルエンジンなどによって、発電と同時に給湯や冷暖房のための熱を供給するコジェネレーション(熱併給

発電)の導入をめぐり、電力、ガス、石油業界間で熾烈な競争が展開されている。

また、最近、大口電力需要の低迷が続いているが、この原因の一つに産業用自家発電の増加が挙げられる。昭和60年末からの原油価格の大幅な低落と急激な円高との相乗効果により、産業用自家発電は高い伸びを示している。

5-1-1 業務用コジェネレーション

業務用コジェネレーションは、昭和48年の第2次石油ショック以来、エネルギーコストを低減するために急速に導入されつつあり、62年3月末現在で108ヶ所、約5万kWに達している。

コジェネレーション・システムは、電気

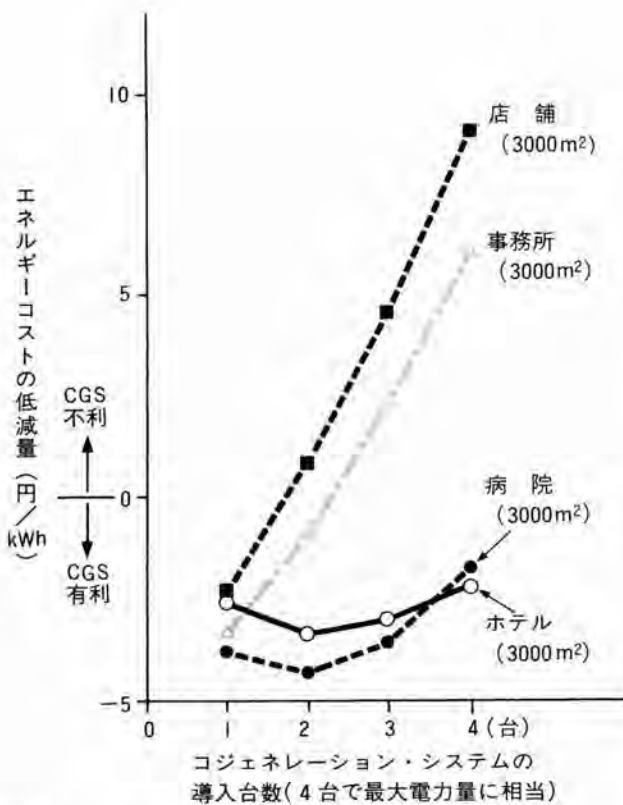


図5-1-1 業務用コジェネレーション・システムの経済性試算例(導入業種、規模別)

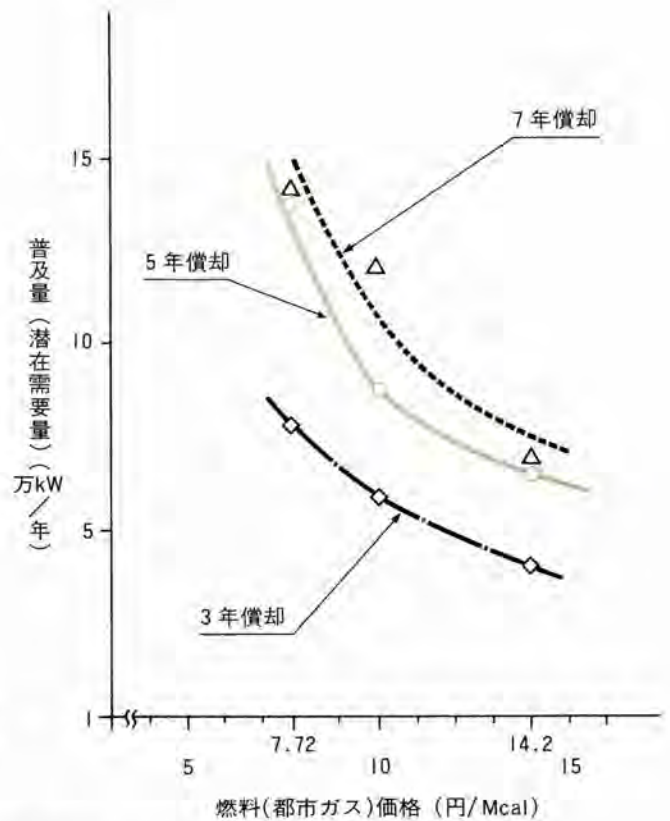


図5-1-2 業務用コジェネレーション・システムの普及量の予測結果

と熱を別々に発生する従来のシステムと比べ、設備を新設するときの初期投資は大きいですが、熱効率が良いので燃料費が節減でき経済性が成立すると一般に言われている。しかし、図5-1-1の試算結果に示すように、業種やシステムの導入規模により経済性が制限される。

業種については、電力と冷房用熱源も含めて熱をバランス良く消費する病院やホテル、スポーツランドなどが、事務所や店舗などよりも有利である。また、設備規模については、年間を通じた最大電力量に相当

する設備よりも、その約半分の容量がまかなえる程度を導入の方が経済的である。

コジェネレーション・システムの普及量(年間潜在需要量)は次のようにして予測した。まず、経済性が見込めるような対象施設を選定し、それらが現在どの位存在するか、年間着工件数はどの程度かを調べ、今後の建設量を推定した。つぎに建物の単位面積当たりに必要な発電容量を計算し、これからコジェネレーション・システムの普

及量を求めた。なお、建物量、年間着工件数はここ数年安定しており、今後も、この傾向が継続するものと仮定している。年間の潜在需要量は、図5-1-2に示すように、償却年数を約7年、燃料(都市ガス)コストを10円/Mcalとすると、ほぼ10万kW/年と予測される。しかし、運転・保守、利便性、信頼性などを考えると、実際の普及量はこれよりも少ないものと予測され、量的には小さいといえる。

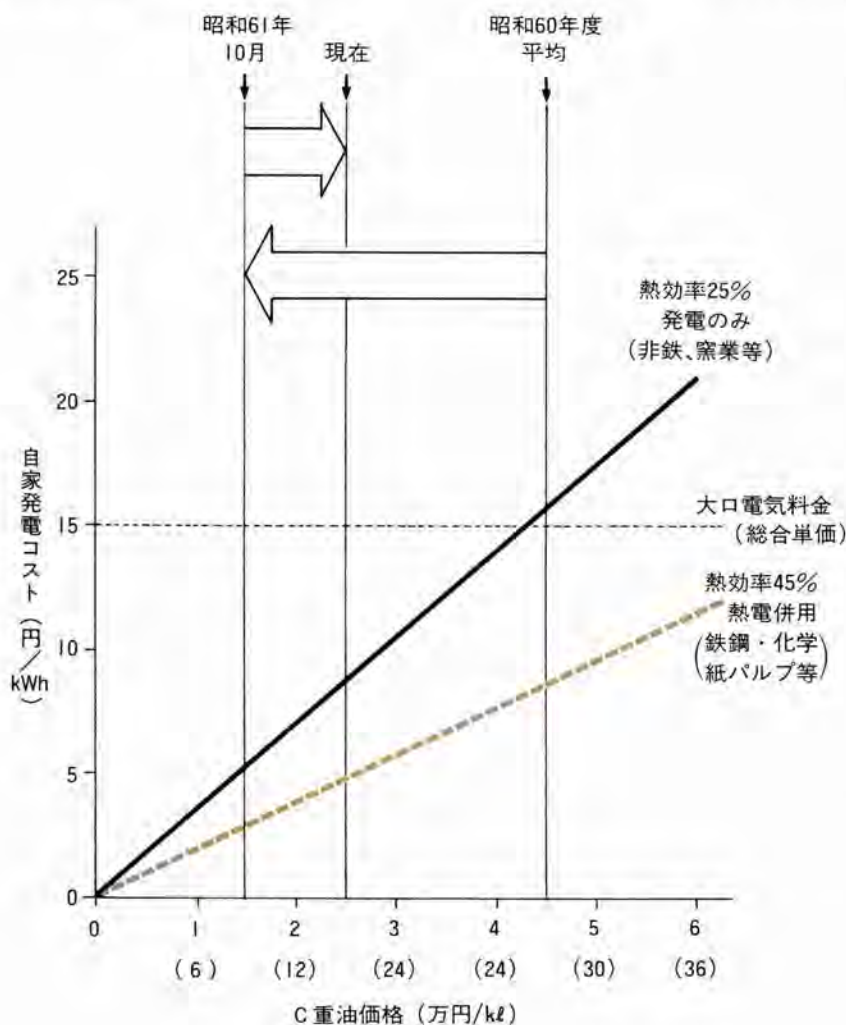
5-1-2 産業用自家発電

産業用の自家発電量は昭和60年度現在で579億kWhであり、また、自家発電設備も1507万kWと我が国の総発電出力の約10%を占めている。これらは、中部電力につぐ大きさであり、我が国の電力供給における産業用自家発電のウエイトは非常に大きいといえる。

自家発電量(kWh)は、第2次石油ショック以降における原油価格の高騰により一時減少したがその後増勢に転じ、昭和61年度に入ってから対前年比10%も急増した。しかし、自家発電設備出力(kW)はこの間微増で推移し、電力量のような原油価格による顕著な影響はみられない。

業種別では化学、鉄鋼、紙・パルプなど、発電と同時に排熱も利用する業種に多い。また、地域別では、発電量、設備量ともに東京、中国が多いが、大口電力における比率からみて大きいのは北海道であり、つづいて中国、四国、九州となる。昭和61年度上期における自家発電量の伸びでは、四国、関西、北海道が特に大きくなっている。

産業用自家発電の経済性は、その発電コストと、電力会社から購入するときの電力料金との対比で評価される。まず、既にある自家発電設備を稼働するときの経済性を



注：()内は原油価格(ドル/バレル)

図5-1-3 自家発電コスト(既設設備)

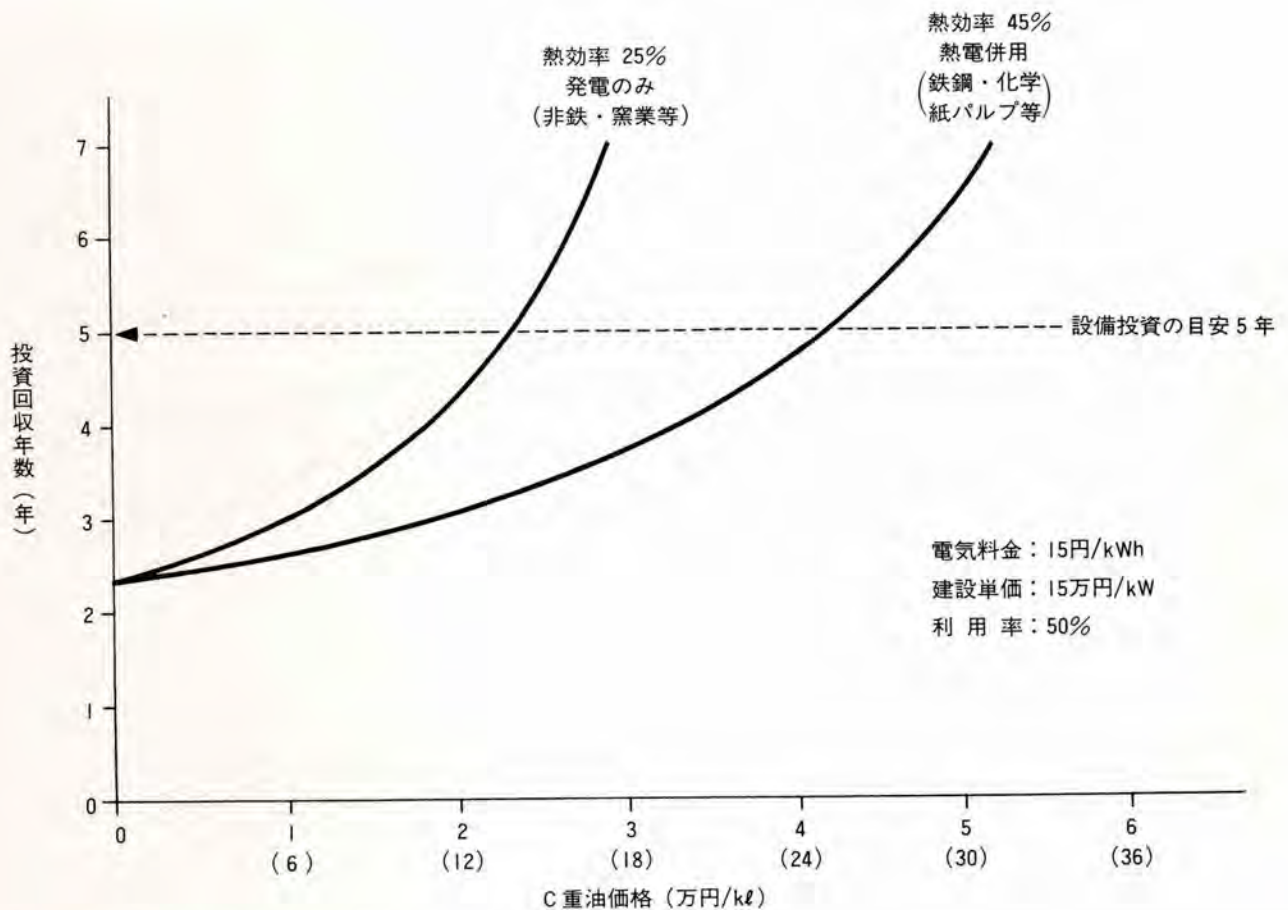


図5-1-4 産業用自家発電設備の経済性試算例(新設時)

試算すると、図5-1-3に示すように鉄鋼など熱も利用する業種ではエネルギー効率が高いので自家発電コストは電気料金の約1/3と大幅に安い。また、発電のみの業種でも約1/2であり、今後も燃料コストがかなり上昇しない限り、自家発電の方が有利と考えられる。

つぎに、自家発電設備を新設する場合については、設備投資を回収するのに必要な年数で経済性が評価できる。ここでは、5年を一応の限界として試算すると、図5-1-4のように鉄鋼など熱も利用する業種では有利である。しかしこれらの業種では、生産削減による電力需要の減退、生産工程の省エネルギー化などにより、今後の新設意

欲は、それほど顕著でないと予想される。また発電のみの業種では、燃料コストがかなり安くない限り不利であり、やはり今後の新設は少ないと予想される。

産業用自家発電の電力量(kWh)は燃料コストと電気料金との相対価格に応じて変動するのに対し、発電設備(kW)の新設動向はこのような短期的な要因の影響を受け難いことが、これまでの動向と経済性の検討から明らかである。この傾向をもとに、過去5年間のデータについて、自家発電(kWh)比率に対する相対価格と自家発電設備(kW)比率の影響を多重回帰分析し、予測計算式を求めた。この式による計算結果は、最近

の急激な増加傾向も良く表現しており信頼できる。

今後の動向をこれから予測すると、自家発電量は今後も増加するが、大口電力に占める割合、すなわち自家発電(kWh)比率で見れば、図5-1-5のように昭和61年度上期の大幅な増加は一時的な現象であり、その後は、峠を越えて横ばいないしは減少傾向で推移する。原油価格の影響は、これが3ドル/バレル変化すると自家発電(kWh)比率は約1%増減する。また、自家発電設備(kW)比率が約1%(約100万kW)増加すると、自家発電(kWh)比率は約0.5%増となる。

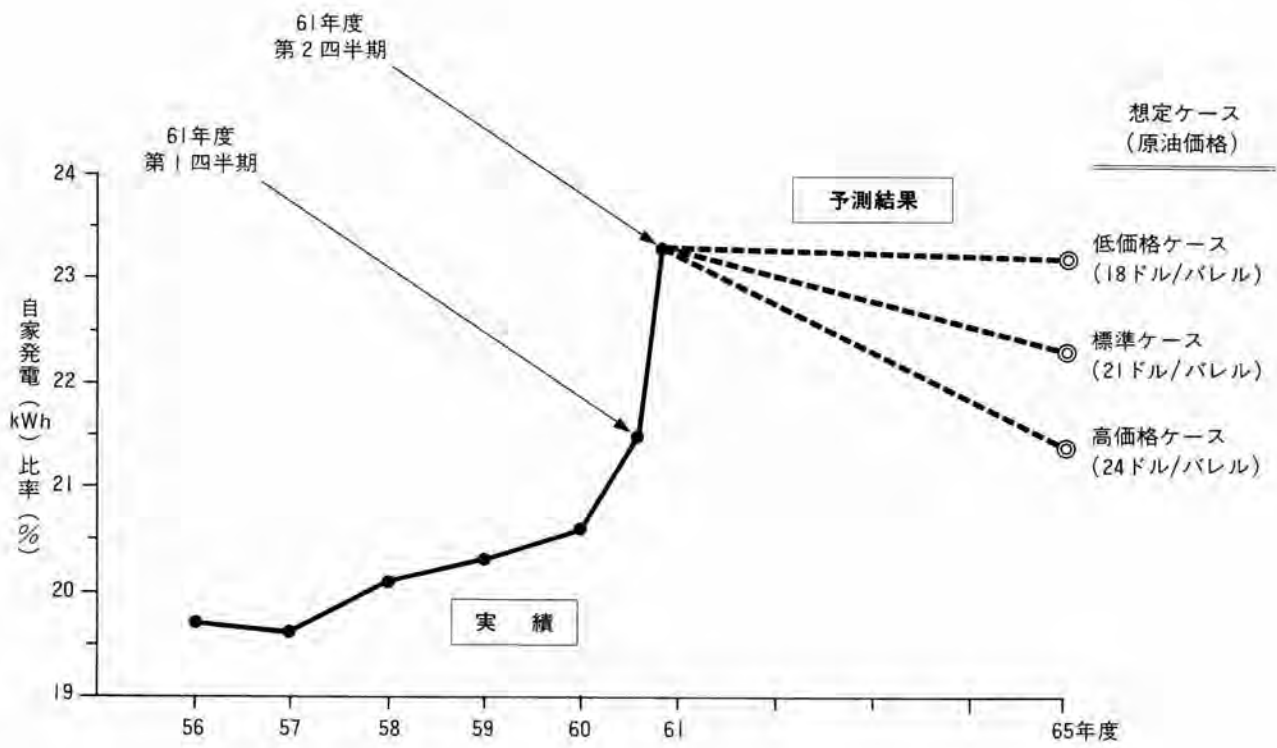


図5-1-5 自家発電(kWh)比率の推移と今後の動向の予測結果

5-2 複合エネルギー時代に対応した 新技術評価

5-2-1 社会環境の変化と 技術評価のあり方

世界経済は石油価格の高騰とそれに伴って生じた高インフレーション、高金利、為替変動などにより激動の時代を経てきた。1973年の石油危機の発生当初、石油への依

存からいかに脱却するかは、各国における最重要政策であった。しかし、1980年代に入って世界の経済とエネルギー情勢は大きく変わり始めてきた。すなわち、エネルギー需要の低迷と石油を始めとするエネルギー価格の安定化傾向である。この情勢変化は、新エネルギー技術の開発についても従来と

異なる形で進める必要がでてきている。

1980年代初期の技術評価は、選別を主たる目的としていた。すなわち、多種多様な石油代替技術のうち、どれが重要であるかを技術特性、経済性を中心に評価し、重点的に開発すべき技術を選択することであった。当時は、スケールメリットのある大容

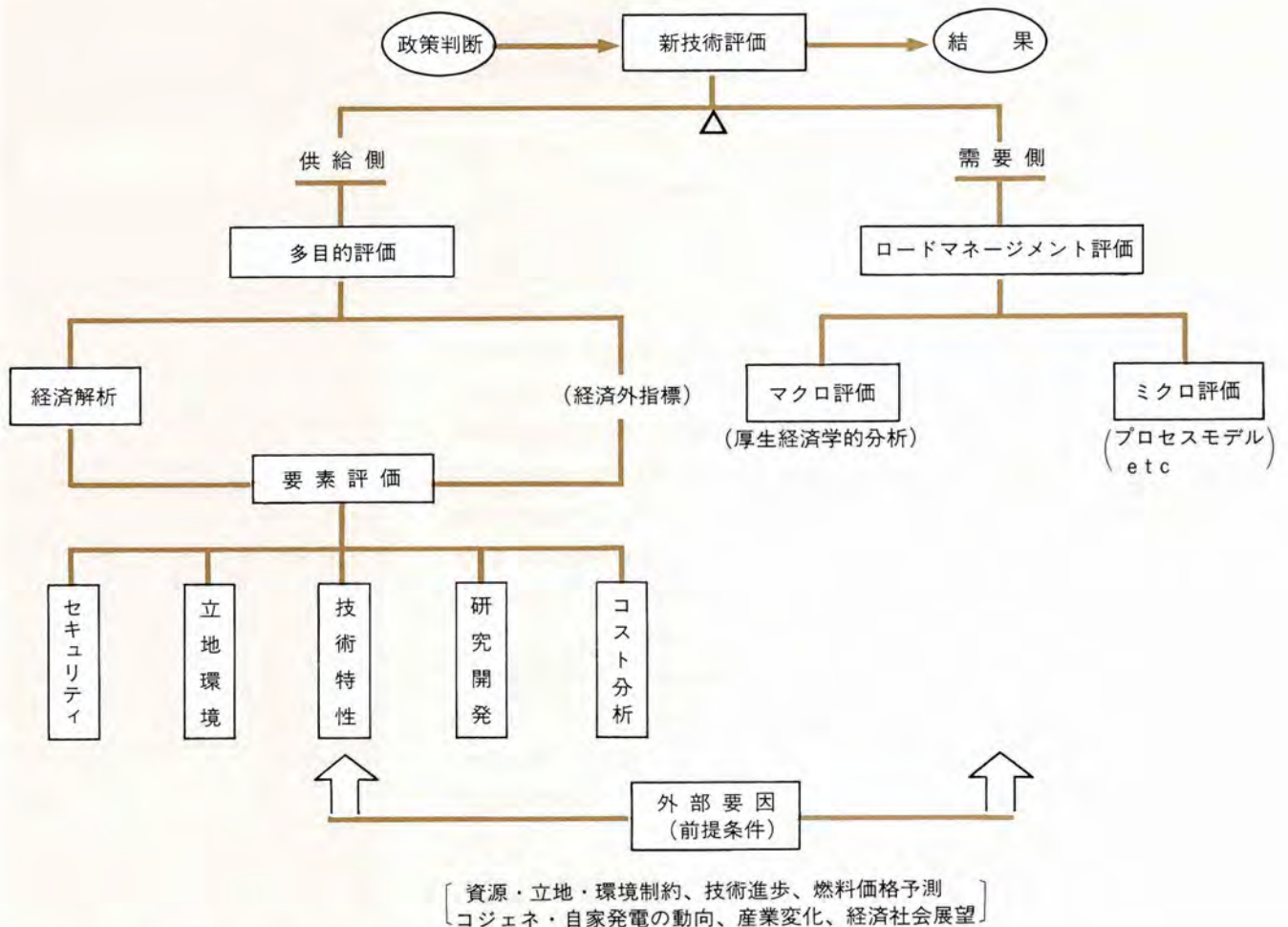


図5-2-1 新技術評価手法のフレームワーク

量技術あるいは燃料消費の少ない高効率の石油代替技術が有利となる面があった。

しかし社会情勢の変化により、これからの技術評価には、多くの複雑な評価基準を考慮することのみならず、その解析手法も社会の変化に対し柔軟に対応でき、評価の対象も、供給側の技術だけでなくロードマネージメントや電力利用技術といった需要側の利用も考慮する必要がある。また、技術に社会化とソフト化が強求められている今、その評価も社会的な影響を重視したものにしなければならない。

図5-2-1は、現在開発中の新技術評価のフレームワークを示したものである。その概要は以下のようなになる。

最初に、新技術を取り巻く外部要因である将来の経済社会、産業変化、燃料価格、技術進歩、あるいは資源・立地・環境制約など前提条件を決めておく。次に、それら前提条件をもとに、供給側と消費側とで対象となる新技術の評価を行う。

まず、供給側では、対象技術を要素項目によって分析し、その分析結果のうち、経済性に関するものは、経済解析に当たっての入力データとなる。経済解析にあたっては、発電コストや総費用最小を目的関数とした解析モデルによって、我が国全体あるいは各電気事業の電源構成のなかで評価する。また、経済性によっては表わせない評価因子については、経済外指標として定量化される。評価対象技術は、経済外指標と経済解析の結果を評価項目とし総合的に評価される。

これに対し、需要側の技術は、ロードマネージメントにより評価される。ロードマネージメントは、需要家への働きによって負荷特性を良くすることを目的としたもので、その展開の仕方には、料金メニュー、直接負荷制御、利用技術開発がある。また、その評価の方法には、国全体を捉えたマク

ロ評価と各産業における具体的なプロセスモデルなどがある。

新技術の評価は、最終的には国や電気事業の政策判断を基にして行われ、その開発の優先順位が決められることになるが、不確実性の高い将来を考えると、その選択は、供給側と需要側とでバランスをとり柔軟性のあるものしておく必要がある。

変化の速いこれからの社会において、技術評価をより良いものにするには、政策を推進する関係者および研究者に正確かつ有用な情報をタイミング良く伝達する情報伝達システムを構築していくことも重要となる。

5-2-2 期待される電力技術と 新エネルギー技術の研究課題

図5-2-1のフレームワークに従い、新技術の選択とその商用化政策が決められることになる。表5-2-1は、来世紀の始め頃までに導入が期待される電力技術を選び出し、その特徴を示したものである。供給側の新技術の種類は、1980年前後に考えられていたものに比べてその数がかなり少なくなっている。これは、電力需要の長期的な伸びの低迷化により、導入可能な技術だけが絞り込まれたためである。絞り込まれた新技術は、そのほとんどが商用化に近いものばかりであり、研究投資リスクの高い基礎的研究段階のものは除外されている。

供給側の発電技術を将来の電源構成の中で考えたとき、原子力発電はベース負荷電源としてそのウエートを徐々に増していくのに対し、火力発電はそれを補完する技術として位置づけられている。これからの火力発電は、環境面、運用面で技術の高度化が要求され、ユニット容量も500 MW かそれ以下となる可能性がある。今後開発すべき新省エネルギー技術の多くは、中小容量

の分散型で、かつ高度な技術的機能が要求されることになる。

こういった技術を開発する上で重要な点は、小規模容量による経済性のデメリットと技術の高度化による費用増大を、モジュール生産によるコスト低減、短い建設期間、老朽化した既存設備の代替電源、あるいは需要地近接立地による送配電費用の節約といった資本費の低減でもっていかに補えるかにある。

技術開発の立場から見ると、小型のモジュール技術は、大型技術に比べ資本投資が少なく、電気事業以外の民間企業がその開発に幅広く参加しやすい。また分散型技術は、立地の確保が容易で、不確実な将来の電源計画に柔軟に対応でき、熱併給によるエネルギーの有効利用がはかられるなど大型技術では得られない多くの特徴を有している。

表5-2-1 供給側と消費側で期待できる電力技術

技 術		利 点	制 約
供 給 側 技 術	在 来 技 術	<p>豊富な資源</p> <p>短期リードタイム 環境保全 ピーク負荷対応</p> <p>低燃料費 燃料の安定供給</p> <p>高稼働率 低運転費 ピーク負荷対応</p> <p>環境保全</p>	<p>大気汚染 灰捨て 燃料費の不確実性 低効率〔ガスタービン〕</p> <p>高建設費 長期リードタイム 許認可問題 廃棄物処理問題 廃炉費用 立地点の確保</p> <p>高建設費 立地点の確保 低エネルギー密度 地理的制約 土地利用問題</p>
	新 技 術	<p>環境保全 低品位炭利用 モジュール生産 高熱効率 安全性向上 リードタイムの短縮 豊富な燃料〔増殖炉〕 短期リードタイム モジュール生産 環境保全 高熱効率 潜在的に豊富な資源 環境保全 モジュール生産 低運転費 変換効率大 ピーク負荷対応 モジュール生産</p> <p>太陽光・風力発電</p> <p>貯蔵技術 蓄電池 圧縮空気貯蔵 超電導</p>	<p>灰処理 〔石炭ガス化複合は小〕</p> <p>高建設費 Pu拡散問題〔増殖炉〕</p> <p>燃料費の不確実性</p> <p>低エネルギー密度 広大な敷地</p> <p>高建設費</p>
消 費 側 技 術	ロ ー ド マ ネ ー ジ ン グ 技 術	<p>負荷平準化</p> <p>谷間消費創成 消費者の費用削減 電気事業のピーク制御 負荷率向上</p>	<p>高コスト 建物の設計変更 高コスト 未成熟技術 消費者の受入れ 消費者の費用/便益</p>
	電 力 利 用 技 術	<p>消費者の費用削減 省エネルギー</p> <p>効率向上（約25%）</p> <p>消費者の費用削減 効率向上（約25%） 石油・ガスの節約 消費者の生産性向上 負荷率向上 企業間の競争</p>	<p>電力の質 設計の基本変更 交換費用 寿命 光の色 高コスト 現場実証試験 高コスト 高い初期コスト ピーク負荷の悪化 不況産業の資金負担</p>

(注) は新省エネルギー関連技術を示す

5-3 エネルギー間競合技術としての分散型エネルギー技術システムとその展望

5-3-1 エネルギー間競合技術の概要

最近の厳しい経営環境、省エネルギー意識の高揚などから、エネルギー間における競合は厳しくなっている。

一方、技術的な面でも新しいエネルギーの供給・利用方法が、積極的な技術開発により実用化され、これらがエネルギー間の垣根を下げ、融通性を高めており、今後エネルギーの競合と選択は一層激化することが予想される。

エネルギー間の競合技術の概要についてエネルギーの供給および利用分野からまとめると表5-3-1に示す通りである。家庭では給湯・冷暖房用として電力・ガス・石油および太陽エネルギー(ソーラーシステム)が、業務用および地域の冷暖房に各種ヒートポンプやコジェネレーションが、また産業分野では自家発電がそれぞれエネルギー間で競合しており、需要家側での選択の幅を拡大している。

このような分散型エネルギーシステムの中で、現在実用化され、さらに高効率化、コンパクト化が期待されるガスタービンなどによるコジェネレーションシステムがある。

また国・電気事業などで研究開発が推進され実用化が間近でエネルギーの効率的な利用、負荷平準化などによるコスト低減が期待され、供給側、利用者側共通して導入が予想されるものに、燃料電池、電池電力貯蔵システム(蓄電池)などがある。

5-3-2 ガスタービン等によるコジェネレーション・システム

コジェネレーション・システム(CGS)とは、前述したごとくディーゼルエンジン、ガスエンジン、ガスタービン、燃料電池等により発電を行う一方で、その排熱を給湯、冷暖房等に有効に活用するシステムであり、電気と熱が適切に利用された場合、エネルギー利用効率の向上、エネルギーコ

ストの大幅な低減が期待できる。

またこの使用燃料も灯油、天然ガス、都市ガス、石炭ガスなど広範囲に及び将来のエネルギー間の競合と選択のツールといえよう。

このCGSの代表例としては、ガスタービンによるコジェネレーション・システムがあり、その特徴としては構造が簡単で排(抽)気系があり熱利用が可能なこと、また大型の電気事業用(10万kW級)から、産業用需要の小規模プラント(500kW級)までの幅広い適用が可能なことである。

この中心になるガスタービンの技術開発は、電気事業用は大型化・高効率化(高温化)等が、また需要家用としては小型・軽量化と、高効率が重要な研究開発要素であり、セラミックス材料の適用等をふまえ、将来のエネルギー有効利用面から成果が期待される。

5-3-3 新しい分散型エネルギーシステムの動向

将来の新しい電源として注目されている燃料電池は、前述したような特徴を持っており、将来のコジェネレーション・システムなどのエネルギー供給面および利用面から新しい複合エネルギー時代のエースとしてその技術開発と実用化が注目されている。

電池電力貯蔵システムは、深夜の電力を蓄電池に充電し、需要の増加する昼間に発

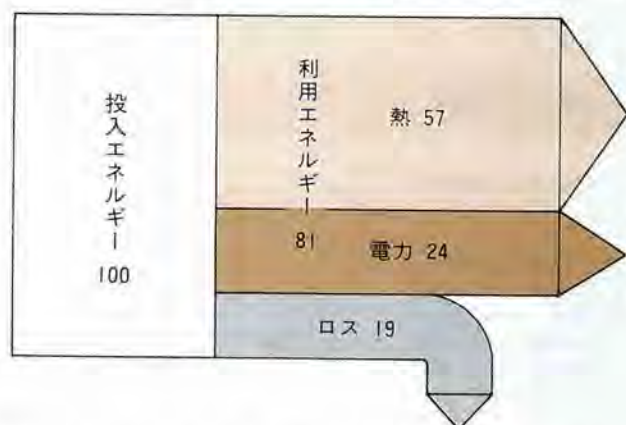


図5-3-1 コジェネレーションシステムのエネルギー収支(試算の一例)

表5-3-1 エネルギー需要分野とエネルギー間競合技術(概念)

	家庭用		業務用		産業用
	厨房	冷暖房・給湯	冷暖房	電気・熱 (コジェネレーション)	熱
電 力	電 磁 調 理 器	ヒートポンプ エア・コン 電気床暖房 電気温水器等	蓄熱式ヒートポンプ		産業用ヒートポンプ 電気加熱(誘導加熱等)
都 市 ガ ス	ガ ス コ ン ロ	F・Fヒーター ガスファンヒーター ガスふろ釜 ガス給湯機	ガス吸収式冷暖房 ガスエンジン ヒートポンプ	燃料電池 産業用自家発電 (ガスタービン) コジェネレーション (ガスタービン) ガスエンジン	ポイラー等 (産業用LNG)
石 油		石油ストーブ 灯油ファンヒーター	石油による地域暖房	産業用自家発電 石油トータルシステム (ディーゼルエンジン)	ポイラー等
そ の 他 (自 然 エ ネ ル ギ ー 利 用)		ソーラーシステム 太陽光発電			

(注) : 従来の利用分野 : 研究試験の段階

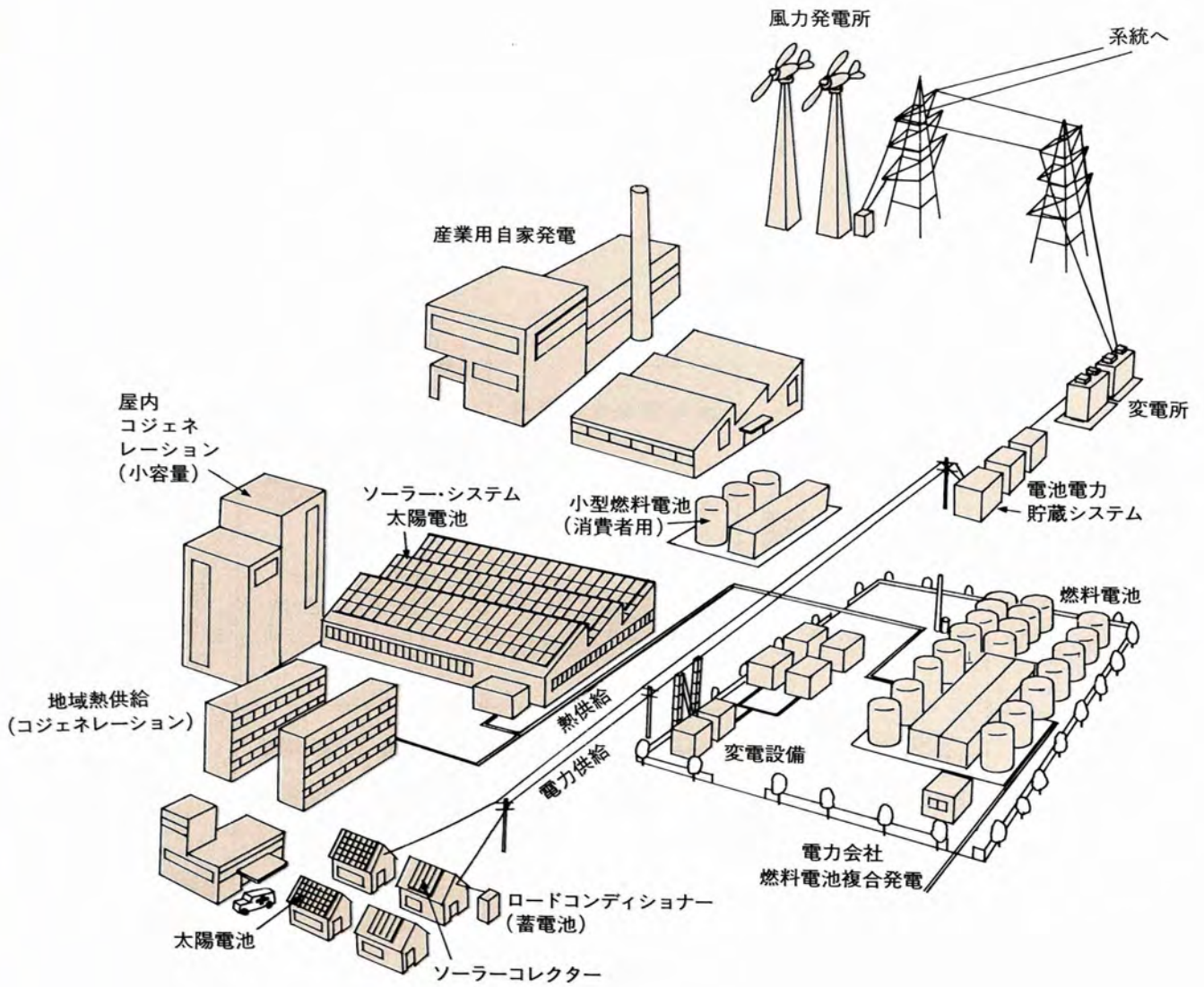


図5-3-2 新エネルギーを利用した分散型エネルギー供給・利用システム(概念図)

電利用するもので、電気事業にとって電力負荷の平準化を図ることにより、発電設備の稼働率向上、供給コストの低減、エネルギー利用の効率化など大変有効である。小型で高性能な蓄電池の開発は、家庭や工場などの需要家側の負荷調整(ピークシフトなど)や非常時対応(瞬時電圧低下、短時間の停電補償)、さらには電気自動車の普及促進、太陽光発電、風力発電と組み合わせた供給の安定化など、電力利用分野でも大きなインパクト(メリット)を与えるものである。2000年に入れば、一次および配電用変電所、特高消費者用として都市内に分散設置が期待されている。また、家庭や工場など消費者を対象とした小型ロードコンディショナーについても、電気自動車の増大と相まって普及して行くものと考えられる。

また太陽光発電(太陽電池)については、電気事業用よりは家庭など需要家側での導入が主体となると考えられる。将来の新エネルギーを利用したエネルギー供給・利用

システム(分散型)の概念図は図5-3-2に示す通りである。

5-3-4 エネルギー間競合技術の今後の課題と展望

エネルギー間競合の進展は、様々なエネルギー関連の技術開発を促進させてきたが、これらは現在進行しつつある規制緩和や自由化の社会経済的潮流と決して無関係ではない。

従来我が国においては、電気事業、都市ガス事業、熱供給事業、石油業界など、エネルギー関連事業の事業分担が比較的是っきりしており、それぞれに対応した形で、その運営を方向づける各種事業法が存在していた。しかし、規制緩和によってそれぞれの事業間の垣根は低められ、相互に多角的な事業展開をはかることが可能になりつつある。特にコージェネレーションは、どの事業者からの参入も容易で、しかも何らか

の形のメリットもあり、今後の法制度の改編が注目されている。

電気事業経営面について言えば、電気事業は本来の電力供給のほかに熱供給事業や都市再開発事業に積極的に参入するという形で事業の多角化をはかって行くことだろうが、一方、都市ガス事業者をはじめとする各種事業者は、このコージェネレーションによって、熱供給とともに様々な形態の電力供給をも行うという複合電力供給体制が実現する可能性が大きい。

コージェネレーションをはじめとするこうしたエネルギー競合技術は、規制緩和の時代的潮流のもとで、今後とも急速に進展しつつ、我が国経済社会に多大の影響を与えることになるが、その技術開発およびその利用は、将来の「新電気文明社会」の実現に積極的に寄与する方向のものであることが重要であろう。表5-3-2に複合エネルギー時代への課題と展望を示す。

表5-3-2 複合エネルギー時代への課題と展望

	主 な 課 題	将 来 方 行
電気事業経営面	<ul style="list-style-type: none"> ・電気料金の低位安定維持 ・各種料金体系の見直し ・新サービスの展開 (⇒電力の高品質化・差別化など) ・事業多角化 (⇒都市再開発への積極的参画など) 	
社会・制度面	<ul style="list-style-type: none"> ・各種事業規制の緩和 (⇒自由化の進展) ・消費者ニーズの高度化・多様化に対応した新利用技術の開発 ・新技術に向けた環境対策の充実 	
技術面その他	<ul style="list-style-type: none"> ・高効率化・省エネルギー化のための技術開発 (⇒超電導技術の応用など) ・トータルエネルギーシステムの構築 	

お わ り に

理事 管理部長 上之菌 博

エネルギー産業がわが国の産業経済の発展と国民生活の向上に貢献していくためには、エネルギーの安定供給、コスト低減に加えて、今後は何より消費者のニーズの動向を踏まえた幅広い的確な対応が重要になってくるものと考えます。

本レビューでは当研究所の研究成果を中心に新エネルギー技術の現状を紹介しましたが、いずれの技術についても電気事業の本来の使命達成のみならず、消費者ニーズへの対応という視点から、今後の技術開発の方向を柔軟に捉えていくことも必要となろう。

たとえば、熔融炭酸塩型燃料電池は高温排熱を利用した集中型の複合発電システムの開発と合わせて、熱併給を主体とした分散型電源としての位置付けも考えていく必要がある。

また、電力貯蔵技術にしても、負荷の平準化による電力設備の稼働率の向上という視点だけでなく、ここで紹介したような需要サイドにおける小容量の電力貯蔵システム（ロードコンディショナー）は質の高い電気を割安に使用できるなどの効果が期待できる。

消費者ニーズへの対応という面からは、今後さらに、現在の商用周波数以外の周波数や直流による供給など新しい電力供給システムの開発、さらに電気の利便性、クリーン性を活かした新しい電気の利用技術やサービスの創出を図っていくことも重要である。

当研究所ではこの厳しい競争社会の中にあって幅広い視点と積極的な新技術への挑戦を通して、いままで以上に電気事業ならびに社会へ貢献したいと考える。

一層の御指導、御鞭達を願って止まない。

関連する主な研究報告書等

● 1 ●

1. 「21世紀エネルギービジョン—複合エネルギー時代の幕明け—」 通商産業省編 (1986.12)
2. 「電気事業の21世紀ビジョン—新しい電気文明時代をめざして—」 電力21世紀ビジョン検討委員会 (1986.10)
3. 「エネルギー電力需給の長期展望—21世紀に向けての戦略をさぐる—」 電力中央研究所 (1984.2)
4. 「新エネルギー開発ビジョン—サンシャイン計画主要プロジェクトの新たなる展望—」 通産省工業技術院サンシャイン計画推進本部編 (1985.9)
5. 「ニューエナジー 技術と導入へのビジョン」 新エネルギー総合開発機構編・著 (1985.9)
6. 「新エネルギー導入ビジョン」 資源エネルギー庁編 (1985.7)
7. 「'86～'87 エネルギー総合便覧」 日本工業新聞社 (1986.12)
8. 「新型電池電力貯蔵システムの導入ビジョン」 通商産業省工業技術院 (1987.1)
9. 「国際電池技術総合シンポジウム会議記録」 エネルギー総合工学研究所 (1986.3)

● 2 ●

1. 「燃料電池発電システムの検討」 電中研 研究報告：178076 (1979.6)
2. 「ビル用燃料電池発電所の概念設計」 電中研 研究報告：180039 (1981.6)
3. 「熔融炭酸塩型燃料電池の評価に関する研究 (その1) 評価試験装置仕様の検討」 電中研 研究報告：183010 (1983.10)
4. 「熔融炭酸塩型燃料電池の評価に関する研究 (その2) 技術動向と研究展望」 電中研 調査報告：183027 (1984.5)
5. 「熔融炭酸塩型燃料電池の評価に関する研究 (その3) 電池効率のガス依存性に関するシミュレーション解析」 電中研 研究報告：185002 (1985.7)
6. 「熔融炭酸塩燃料電池の評価に関する研究 (その4) 電池サブシステム運転条件の最適化」 電中研 研究報告：185013 (1985.12)
7. 「リン酸型燃料電池発電システムの構成評価—システム効率計算プログラムの開発—」 電中研 研究報告：184022 (1985.1)

- 8.「燃料電池発電の排熱利用システム構成と経済性の検討」電中研 研究報告：T86013 (1986.12)
- 9.「ガス分離膜開発状況調査と熔融炭酸塩型燃料電池への適用」電中研 研究報告：T86033 (1986.10)
- 10.「熔融炭酸塩型燃料電池の内部診断技術—排出ガス分析による基本機能評価手法の開発—」電中研 研究報告：T86052 (1987.3)
- 11.「高温型固体電解質燃料電池の動向調査」電中研 調査資料：T86924 (1987.3)
- 12.「熔融炭酸塩型燃料電池発電システムの環境影響・安全性」電中研 調査資料：T87905 (1987.8)

● 3 ●

- 1.「高分子およびリチウム二次電池の電気事業への適用可能性の評価—電中研—EPRI アセスメント・ミーティングより—」
電中研 研究報告：T86054 (1987.5)
- 2.「蓄電池によるロードコンディショナーの基本設計」電中研 研究報告：T86087 (1987.7)
- 3.「ロードコンディショナー用リチウム系新種電池の開発—開発目標の設定と候補電池の選定—」電中研 研究報告：T86055
(1987.5)
- 4.「単3級リチウム/二硫化モリブデン二次電池の評価」電中研 研究報告：T86088 (1987.9)
- 5.「亜鉛・ヨウ素電池の開発(その1)0.2Wh単電池の基本性能」電中研 研究報告：T86056 (1987.6)
- 6.「電源構成における電力貯蔵設備の役割の評価」電中研 研究報告：183026 (1983.12)
- 7.「分散電池用電池システムの最適化に関する検討(その1)電池構成の最適化」電中研 研究報告：183033 (1884.4)
- 8.「電池電力貯蔵システムシミュレータの開発と実証(その1)シミュレータの概要と充放電時の制御保護特性」電中研 研
究報告：184006 (1984.10)
- 9.「分散電源電池システムの最適化に関する検討(その2)システム構成面からの高信頼度化」電中研 研究報告：184035
(1985.8)
- 10.「電池電力貯蔵システムシミュレータの開発と実証(その2)各種新型電池の充放電時電圧変動の影響」電中研 研究報告：
185303 (1986.3)
- 11.「離島への新発電技術導入の評価—電池電力貯蔵、太陽光発電の導入の経済性評価—」電中研 調査資料：T86901 (1986.11)
- 12.「新型電池電力貯蔵システムの環境影響・安全性」電中研 調査資料：T86911 (1987.2)
- 13.「電池電力貯蔵システム用自動式変換装置の損失評価」電中研 研究報告：T86032 (1987.6)
- 14.「エネルギー電力需給の長期展望—21世紀に向けての戦略をさぐる」電力中央研究所 (1984.2)

- 15.「超電導エネルギー貯蔵装置の基礎特性—小型コイルによる実験—」電中研 研究報告：182017(1982.10)
- 16.「小型超電導コイルの交流損失と常電導発生時の制御法」電中研 研究報告：184036(1985.4)
- 17.「超電導エネルギー貯蔵装置の特性—有効・無効電力の独立制御特性—」電中研 研究報告：T86017(1987.2)
- 18.「超電導エネルギー貯蔵技術の現状と今後の課題」電中研 研究報告：184005(1984.9)
- 19.「米国における超電導エネルギー貯蔵研究」電中研 調査資料：184002(1984.9)
- 20.「電力貯蔵設備の動的価値の検討（その1）超電導エネルギー貯蔵設備の瞬動予備力クレジットの評価」電中研 調査資料：185914(1986.4)
- 21.「超電導エネルギー貯蔵による電力システムの安定化（その1）模擬送電設備による実験的検討」電中研 研究報告：181044(1982.8)
- 22.「超電導エネルギー貯蔵装置による電力システムの安定化—解析モデルの開発と試験結果の検証—」電中研 研究報告：185005(1985.6)
- 23.「超電導交流発電機の開発に関する共同研究（その1）」超電導交流発電機共同研究運営委員会技術運営委員会 調査資料：179009(1980.2)
- 24.「超電導発電機の解析手法と安定度向上効果」超電導交流発電機共同研究委員会 研究報告：183055(1985.6)
- 25.「超電導発電機による電力システムの安定度向上効果」電中研 研究報告：T87001(1987.9)
- 26.「圧縮空気貯蔵 ガスタービン発電の新しい可能性」火力原子力発電技術協会昭和62年度大会講演予稿集(1987.10)

● 4 ●

- 1.「電力システムと太陽電池の連系（その1）太陽電池の基礎運転特性」電中研 研究報告：177063（1978.6）
- 2.「電力システムと太陽電池の連系（その2）日照下における太陽電池の定電圧運転特性」電中研 研究報告：179005（1979.9）
- 3.「太陽電池アレイの構成法—種々の影パターンを考慮した最適構成法の検討—」電中研 研究報告：183011（1983.9）
- 4.「電力用アモルファス太陽電池の開発動向」電中研 調査報告：183045（1984.8）
- 5.「地域気象条件を考慮した太陽光発電・運転特性評価方式」電中研 研究報告：183044（1985.1）
- 6.「小型光発電システムにおける系統連系上の諸問題と対策」電中研 研究報告：185020（1985.5）
- 7.「太陽電池アレイの構成法（その2）大規模システムにおける集電方式の検討」電中研 研究報告：185017（1986.1）

- 8.「太陽光発電システムにおける蓄電池運用法の検討—大規模蓄電池システムの運転特性シミュレーション—」電中研 研究報告：T86053 (1987.5)
- 9.「小型発電システムにおける系統連系上の諸問題と対策（その2）連系仕様条件とシステム設計上の対応策の検討」電中研 研究報告：T87008 (1987.12予定)
- 10.「地熱源の総合探査技術とその適用」電中研 地熱源探査技術研究グループ 総合報告：U02 (1987)
- 11.「地化学、物理探査による地熱源探査—鹿野温泉地域の地質構造モデルの検討—」電中研 研究報告：U86063 (1986)
- 12.「水圧破砕で発生するAEの特性と破壊メカニズム」電中研 研究報告：U86032 (1986)
- 13.「海洋エネルギーの賦存特性と発電利用技術の現状」電中研 調査報告：A81001 (1982.3)
- 14.「ソーラバンド・海洋温度差組合せ発電方式のコスト評価」電中研 調査報告：A82002 (1983.3)
- 15.「海洋エネルギー利用に関する技術開発の予備研究—沖合波流発電構造物の水理学的検討—」電中研 研究報告：381019 (1984.2)
- 16.「海洋エネルギー利用に関する技術開発の予備研究（海洋温度差および波力に関する2,3の水理学的検討）」電中研 研究報告：384001 (1984.9)
- 17.「海・潮流エネルギー利用技術に関する調査」電中研 調査報告：U86033 (1987.6)

● 5 ●

- 1.「コジェネレーション(熱電供給)システムに関する調査—実態把握と経済性評価—」電中研コジェネレーション研究会 調査資料 (1986.2)
- 2.「産業用自家発電の現状と今後の動向」電中研産業用自家発電検討会 調査資料：C87901 (1987.5)
- 3.「太陽光発電の価値評価に関する調査研究(Ⅱ)」電中研 66度 NEDO 委託調査報告書 (1986.3)
- 4.「住宅用太陽光発電の経済評価」電力経済研究所 No.22 (1987.1)
- 5.「21世紀経済社会の展望とエネルギー・電力需給」電中研長期電力政策課題研究会 (1986.7)
- 6.「21世紀エネルギービジョン—複合エネルギー時代の幕明け—」通商産業省編 (1986.12)
- 7.「電気事業の21世紀ビジョン—新しい電気文明時代をめざして—」電力21世紀ビジョン検討委員会 (1986.10)
- 8.「新エネルギー導入ビジョン」資源エネルギー庁編 (1985.7)
- 9.「エネルギー'87—新時代への挑戦—」通商産業省編 (1987.5)

電中研レビュー NO.17

●昭和62年11月12日発行

●編集兼発行・財団法人 電力中央研究所 広報部
東京都千代田区大手町1-6-1[大手町ビル7階]☎100
☎03 (201) 6601(代表)
●印刷・株式会社 電友社 ●Layout・Onobi

本 部／経済研究所

東京都千代田区大手町1-6-1 ☎(03)201-6601 ☎100
我孫子研究所 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

柏江研究所／原子力情報センター／ヒューマンファクター研究センター

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

☆ 電中研レビュー第17号「複合エネルギー時代に向けて——新発電・新電力貯蔵・コジェネレーション」をお届けいたします。

エネルギー利用技術の進展により、電気をはじめとする安全でクリーンなエネルギーをお客様がその目的に応じ、選択して利用する時代が近づいているようです。

☆ 本号では「巻頭言」を電気事業連合会、事務局長、理事、岩崎隆様をお願いいたしました。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。

☆ 本号から『電中研レビュー』となりました。創刊からNo16号までは電研レビューでしたが、当研究所の略称が電中研となったことにより、本小冊子も電中研レビューとなりました。今後ともご愛読のほどよろしく願いいたします。

☆ 本号“複合エネルギー時代に向けて”の企画を提案され、編集担当者のお一人でありました上田隆右氏は10月から発足した超電導発電関連機器・材料技術研究組合の常務理事にご就任されました。これまでのご尽力に深く感謝いたします。超電導技術の発電・電力貯蔵などへの応用という最先端の研究・開発の場でのご活躍をお祈りいたします。また、研究、開発という同じ道を歩む者として、これまで以上のご指導、ご協力をお願いいたします。

☆ 過日、ガス会社のパビリオンを見学させていただきました。

入ってすぐのところに、グリーンラボと名付けられた実験温室があり、美しい花や観葉植物が庭園風に栽培されていて、たいへん印象的でした。

温室内はむろんのこと、館内のほぼ全域の暖房や館内で使用する電力の50%が、地階にある2台のガスエンジン（合計出力333馬力）を使ったコジェネレーションシステムで供給されているとのことでした。

そして、パンフレットでは、未来のエネルギーとして、天然ガス燃料電池による家庭用のコジェネレーションシステムが紹介されておりました。

また最近では、石油会社や自動車会社などがコジェネレーションシステムの販売に参入してきております。

これに対し、電気事業では、電気、熱、情報の3点セットを都市に供給する構想をまとめています。情報を知の力と解せば、これはトリプルパワーシステムといえます。東京電力(株)のCIのコンセプトワード「Energy for Your Energies」に象徴されるように、消費者にとって最も使いやすい形で経済的にエネルギーを供給できる方式が選択されていくと思われまます。

このように複合したエネルギーや、エネルギー間競争のなかで燃料電池や電池電力貯蔵などの新技術は大きな役割を果たすことが期待されています。

本レビューが複合エネルギー時代に向けての様々な取り組みの一助となれば幸いです。

R