



# 超電導の電力応用への歩み

## Applying Superconductivity in Power Systems

名古屋大学 工学部

教授 堀井 憲爾

Since last year, there has been a world boom in the field of superconductivity. This paper outlines the history of superconductivity, which the author has researched for thirty years or more. The paper also traces the current developments and the future related to superconductivity.

One of the most practical applications of superconductivity in power systems is its use in generators. Accordingly, a research institute opened in the fall of 1987 with the aim of completing a wholly superconducting synchronous generator. Scientists also expect to see the development of high-temperature superconducting products, such as wire materials, which are thought to be of great advantage in heat insulating structures and cooling systems.

Large gains in system stabilization can be achieved with the development of superconducting magnetic energy storage (SMES) systems. For this and other reasons, superconductivity will be used in future generators, cables, transformers, and most other power system components.

The practical application of superconductivity to power systems is eagerly awaited, but to make this a reality, careful research and step-by-step cooperation among industry, government, and research institutes will be necessary.

## 1 まえがき

昨年は超電導ブームが世界中を沸かせた科学史上特記されるべき年であった。超電導に関する論文・解説は巷に溢れ、学会・講演会は盛況を極めた。地味で堅実な電力機器業界にも波が押し寄せ、そのあおりで筆者が本稿を書く機会を与えられることになったと思う。しかし、今更一般的解説を書くよりも、筆者がこれまで超電導の研究にたずさわってきた経緯を話の筋にして、最近の超電導電力応用に関する研究の歩みをふりかえってみようと思う。

## 2 ブーム前の研究状況

筆者が昭和27年3月、名古屋大学工学部電気学科を卒業した頃は、超電導に関する講義は全く無かった。卒業後、通産省工業技術院の電気試験所（現、電子技術総合研究所）に一緒に入所した名古屋大学理学部卒業の友人から話を聞き、有山兼孝名古屋大学理学部教授編の物性論の本<sup>①</sup>を購入したのが、そもそも筆者の超電導との付き合いのはじまりである。ちなみにこの本には超電気伝導とあり、用語として超電導をとるか超伝導をとるかの昨今の論争は、単に略し方の違いに過ぎない。この本では、現象論的なLondonの理論が紹介されているが、量子論に

もとづくBCS理論はまだきざしも見られない。実験方面では、合金超電導体が0.1テスラ程の臨界磁界を示し、超電導体内部への磁束侵入を認めるなど、第2種超電導体発見の芽が見られるものの、未だ実用的なニオブ系合金は発見されていない。要するに、物理屋さんの研究対象としてみられていたに過ぎず、筆者もいつしかこの本のことを忘れてしまった。

1960年代に入ると、BCS及びGLAの超電導理論の完成と、高磁界・高電流密度で使えるニオブ系超電導体の発見により、急に超電導応用技術の研究開発が活発となった。電気試験所ではすでにヘリウム液化機を備えており、前述の友人の他にも多くの物理屋さんが極低温の研究を進めていたので、研究は急速に立上がった。

当時、大型プロジェクト研究として進められていたMHD発電機の界磁コイルに超電導を利用する計画を先頭にして、電力部の中でもいち早く、エネルギー貯蔵装置の研究を開始した。昭和42年頃には、極く小形の超電導マグネットに超電導変圧器とスイッチを組合わせた入出力装置を試作して実験を重ねていた。当時のコイルは、ニオブとジルコニウムの硬い合金線を手で巻き上げたもので、超電導状態から常電導状態への転移が起りやすく、極めて安定性に欠けるものであった。その上、液体ヘリウムの製造や取り扱いも面倒で、超電導の実験は実に苦勞の多いものであった。超電導線材に、銅やアルミニウムの安

定化材をつけたり、細線化する技術がようやく実用化されはじめた頃で、未だ大型のコイルによるエネルギー貯蔵などは夢のまた夢といった時代であった。当時、安定化超電導線の開発にリード役となっていたアメリカのある研究者が実験室を見学した時、われわれのエネルギー貯蔵の研究には両手を広げてあきれたほどであった。

さてその後も超電導電力応用の研究は、MHD発電機の界磁コイルの開発がリード役となり、直流単極発電機や電力ケーブルなどが続々と試作された。しかし、エネルギーショックの後は電力需要の停滞と共に、超電導電力応用の研究は、再び苦難の十余年を経験することになった。

昭和46年筆者が名古屋大学に戻り、研究テーマの柱の一つとして、超電導電力応用を据えたのは、ある意味では時代への逆行であった。極低温電気絶縁の研究を基礎として、超電導電力ケーブルの開発を目指し、乏しい研究費を割いて、高価なヘリウムや実験装置を購入した。これには、せっかく芽の出かかった超電導電力技術の研究が衰退し、研究者と共に貴重な経験やノウハウが散逸するのに、少しでも歯止めがかけられればとの思いもあった。

昭和52年から小崎助教授(現・豊橋技術科学大学教授)が、続いて昭和54年に筆者が米国ブルックヘブン国立研究所にて、超電導電力ケーブル(138kV、1GVA、100m)の開発研究に参加し、この方面の世界の動きを体験できたことは大きな収穫であった。ここでは、連続27日間にわたる課通電試験に成功し、現在も世界をリードする成果を挙げている。

ここで超電導電力応用の着実な前進を肌で感じて帰国した時、ちょうど文部省のエネルギー特別研究がスタートし、ここで超電導電力応用の研究が開始されることになった。筆者らにとって、これに参加する機会を得たことは大きな前進であった。昭和59年には、待望の超電導ケーブル(20kV、2kA、20m)を豊橋技術科学大学に設置し、共同研究を開始するまでに至った。図1はこのケーブルの設置状況を示す。

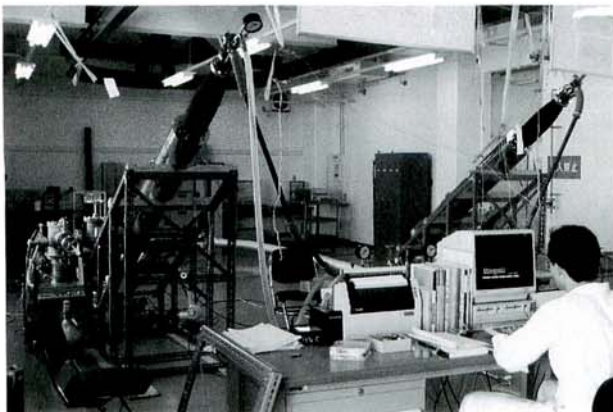


図1 / 超電導電力ケーブル(豊橋技術科学大学)  
Fig. 1/ Superconducting cable

昭和60年暮れの通電実験成功が、正月のNHKテレビで放映されたのは記念すべき出来事であった。実験は、20mにわたるケーブルの冷却が先ず大変で、低温窒素ガスからはじめて液体窒素に移り、続いて液体ヘリウムへと進むのであるが、ポリエチレン絶縁の冷却による収縮対策には今も悩まされている。電流は2kAを超えて通電に成功したが、絶縁にクラックが入ったため、電圧課電には成功しなかった。しかし、ケーブルの設計試作を通して、メーカーとの共同研究により多くの問題点が明らかとなった収穫は大きい。今日もなおこの研究は、文部省重点領域研究の中で、超電導電力応用の一環として継続している。

最近では、交流超電導線材の開発に伴い超電導変圧器の研究も活発化しており、筆者の研究室でも超電導ケーブルの研究で得た経験を生かして、液体窒素冷却変圧器の開発研究を、愛知電機㈱と共同で推進している。従来から、コイルと鉄心を液体窒素中に浸漬して、油代わりに絶縁にも利用する方式があるが、開発中の変圧器は、導体内部から冷却し、絶縁は高分子固体層でもたせて、コイルは真空中に置き、鉄心からも熱絶縁をするという新方式である。これは、将来の液体窒素冷却超電導変圧器を目標とするばかりでなく、当面、銅導体を利用する液体窒素冷却常電導変圧器としても、小形化、高効率化の点でメリットがあると期待される。図2に試作した変圧器を示す。

### 3 超電導発電関連機器・材料技術研究組合の発足

昭和60年、通産省工業技術院の肝入りで、超電導発電関連機器の開発を国家プロジェクトとして推進するべく、

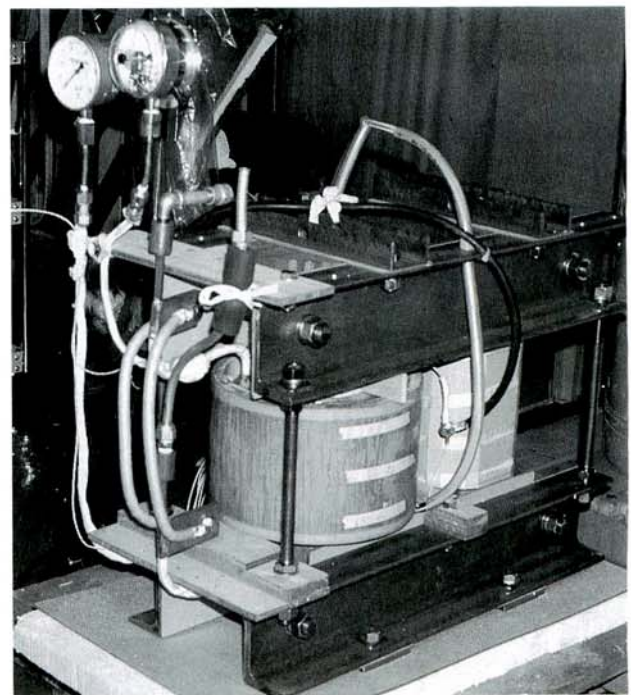


図2 / 液体窒素冷却変圧器(愛知電機、試作品)  
Fig. 2/Liquid nitrogen cooled transformer

そのフィージビリティ調査研究がはじめられた。

この背景は、重電機メーカー各社による超電導発電機の開発研究がようやく実を上げ、MVA級の試作・運転にも成功し、自信を持ってきたことにあるが、大学などの基礎研究がその背後を支えてきたことも見逃せない。特に、電子技術総合研究所が、大型マグネットをはじめMHDやケーブルなど電力技術への超電導応用の大型プロジェクト研究の推進に、意欲を示してきたことが大きい。これが、最近の電力需要の回復の傾向と合わせて、電力技術革新の柱として、ここに超電導発電機の開発プロジェクトの発足を促したといえる。

このプロジェクトは、発電機を突破口として、更に変圧器・ケーブルからエネルギー貯蔵用コイルに至る広範囲の応用への展開を目指しており、超電導電力システムの構築という、21世紀へつながる壮大な研究開発のスタートと考えられるものである。

この調査研究は、昭和60、61年度の2年間にわたり、大学やメカから100名を超える研究者を集めて、発電機本体、超電導材料、冷却機などの周辺機器の検討にもとづくモデル機の設計から、電力システムへの導入の効果にわたる広範囲の問題について、ワーキンググループ方式により検討が進められた。筆者も、発電機以外の関連電力機器への超電導応用についての調査を担当し、後述するような超電導電力システムの構築への戦略をまとめるのに与った。

この調査報告は、次のような答申をまとめた。<sup>②</sup> まず、超電導導体、回転子、電機子、冷却システムなどの各要素技術の開発研究を、部分モデルの試作研究を通して系統的に進める。これと並行して、7万kW相当のモデル機の設計・製作を行い、各種の運転試験により評価を行う。この評価をもとに、20万kW相当のパイロット機の設計を経て、将来の実用機開発へとつなぐという8年間の大計

表1/超電導発電機の開発スケジュール

Tab. 1/Development program of superconducting generator

項目	年度	62	63	64	65	66	67	68	69	70	
1. フィージビリティ・スタディ & トータル・システム	FS	トータルシステムの検討(運転、保護、試験、解析)									
2. 超電導発電機の開発	要素研究、モデル試験、製作							据付、運転、解体調査			
3. 超電導線材の開発	酸化物系の合成、線材化、金属系の低損失、大容量化										
4. 冷凍システムの開発	在来型システムの高信頼度化、新型システムの製作										
5. 関連技術調査	国内外研究機関との情報、技術交流、データファイルシステム構築										

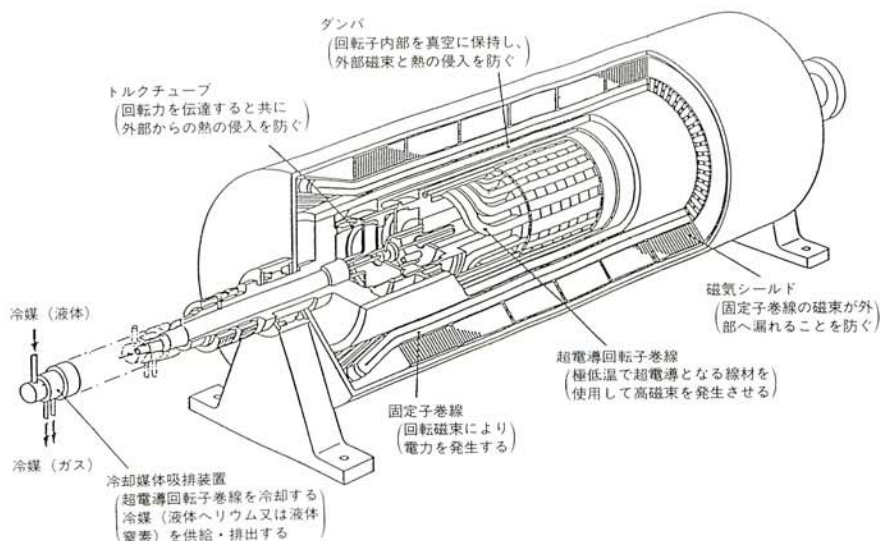


図3/超電導発電機の構造(超電導発電関連機器・材料技術研究組合パンフレットより引用)

Fig. 3/Construction of superconducting generator

画である。

発電機としては、2極の回転界磁コイルを超電導化したもの为目标とするが、将来は、交流電機子コイルも超電導化した全超電導発電機を目指している。この計画は、昭和62年秋に関西を中心として、研究組合（理事長森井関西電力社長）の発足によりいよいよ本格的に動き出した。図3及び表1は、同研究組合のパンフレットから引用した開発目標の発電機の構造図と開発スケジュールである。

## 4 高温超電導の発見とその波及効果

前記の超電導発電関連機器のフィージビリティ調査報告がまとまった昭和61年暮れから翌年春にかけての超電導ブームは、まさにこの研究推進のための神風となった。この調査報告講演会は、聴講者の申込み殺到のため、急きょ日経ホール大講堂に会場を移し、テレビのライトが交錯する中で行われた。

しかし一方で、重大問題が提起された。それは、近い

表2/電力機器の超電導化(金属及びセラミック系)のメリットと研究課題  
(超電導産業技術懇談会報告書 昭62.12より引用)

Tab. 2/Merits and subjects of applications of superconductivity to power apparatus

適用機器	超電導化のメリット		課題	酸化物(セラミック)系超電導(液体窒素冷却)の効果	
	狭義なメリット(注1)	広義なメリット(注2)			
発電機	低速応励磁 超速応励磁 界磁巻線のみ超電導化	<ul style="list-style-type: none"> <li>効率向上(0.5~1.0%)</li> <li>小型化(50%)</li> <li>軽量化(50%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定度向上 低速応励磁で1.3倍程度 超速応励磁で1.7倍程度</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転子構造 電磁力、冷却</li> <li>界磁巻線の機械的・電氣的安定性</li> <li>固定子巻線の機械的・電氣的安定性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>回転子構造が一部簡略化され、構造上の問題が軽減される</li> <li>発電効率は0.03%向上する</li> <li>重量が95%となる</li> </ul>
	完全超電導 界磁巻線 固定子巻線	<ul style="list-style-type: none"> <li>効率向上(0.8~1.3%)</li> <li>小型化</li> <li>軽量化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定性向上</li> </ul>		
変圧器	<ul style="list-style-type: none"> <li>効率向上(0.1~0.2%)</li> <li>軽量化(60%)</li> <li>小型化(40%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>超電導系と常温系との結合(系統連系)</li> <li>故障電流抑制</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電磁力</li> <li>絶縁</li> <li>巻線構造→交流損の低下</li> <li>冷却(超臨界ヘリウム)</li> <li>クエンチ時の運転方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器の構造が簡略化され、絶縁面でも楽になる</li> <li>冷却効率が向上する</li> </ul>	
交流ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> <li>効率向上 275kV 3GVAで損失がOFケーブルの場合の1/10</li> <li>小型化 275kV 3GVAで所要スペースがOFケーブルの場合の1/5</li> <li>製造限界容量の拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>許容送電距離の長距離化</li> <li>電力系統の大電流化、低電圧化(系統構成の低コスト化)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ケーブル構造</li> <li>交流損失</li> <li>熱収縮</li> <li>絶縁</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断熱構造、冷却システムが簡略化され、ケーブルコストが20~40%低下する</li> <li>冷却効率と併せて、送電コストが10~30%低下する</li> </ul>	
電力貯蔵		<ul style="list-style-type: none"> <li>高効率電力貯蔵(貯蔵効率90%以上)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電磁力支持(岩盤)</li> <li>クエンチ防止対策</li> <li>磁気シールド</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>断熱構造が簡略化され、建設費が低減できる。</li> </ul>	

注1 狭義なメリット：適用機器単体として現有機と比較して見たときのメリット

注2 広義なメリット：適用機器を電力システムやプラントに組み込んだときのメリット

将来液体ヘリウムに代わり液体窒素冷却のセラミック系高温超電導体が出現するならば、前記の開発計画を見直す必要はないか？液体窒素冷却高温超電導機器は、液体ヘリウム冷却金属超電導機器に比べてどの程度有利なのか？といった問題である。このため急ぎよ、通産省工業技術院に超電導産業技術開発懇談会が設けられ、この下で超電導電力応用機器等調査研究委員会が、上記の調査委員会に代わり先の答申を再検討することになった。そのねらいはもちろん、液体ヘリウム冷却金属超電導体に代わり、液体窒素冷却セラミック超電導体を導入したときのメリットを比較検討することであった。

比較検討するといっても、セラミック超電導体は発見されたばかりで、まだその特性には不明の点が多く、線材化技術も未開発の段階にある。こんな状態では正しい評価は下せないが、少なくとも臨界温度が94Kに上昇した効果は検討に値する。液体ヘリウムは、蒸発温度4.2Kで蒸発潜熱が小さく(0.62cal/ml)、わずかの熱ですぐに蒸発するため取り扱いがむづかしい上に、 $\ell$ 当たり2000円と高価である。これに対し、液体窒素は、蒸発温度77Kで蒸発潜熱が大きく(38cal/ml)、大気から容易に液化できて、 $\ell$ 当たり30円であり、これをふんだんに利用できる効果は大きい。また、断熱材や冷凍システムもヘリウム冷却に比べて簡単となり、冷凍機の熱効率もヘリウム液化機が1/(200~500)の低さであるのに、窒素液化機は1/(7~10)に改善され、それだけ運転コストの低減につながる。

委員会ではあらためて、ヘリウム冷却金属超電導体を利用する電力機器と窒素冷却セラミック超電導体のそれとを比較検討した。その結果をまとめたものが表2である。<sup>(3)</sup>ここではセラミック超電導体として、金属系の中でも最も高性能のNb<sub>3</sub>Sn(ニオブ錫金属化合物)と同等の電気的性能が得られるものと仮定している。

超電導電力機器のメリットの第1は、抵抗損失の消滅ないしは激減による効率の向上である。本来、大量の電力を扱う電力機器の効率は限界迄高めてあり、例えば、発電機や変圧器では98%以上にも達している。しかし、超電導化により損失の半分ほどがなくなり、1%も効率が向上すれば、その経済効果は莫大である。30年の運転期間中にわたる1%の節電額は、その機器の建設費をまかなっても余りあるといわれる。残る損失の中身は、渦電流などの誘導損失や鉄損、誘電体損、風損などの他に、冷却システムの運転費、すなわち低温部の損失熱や流入熱を外部室温へ汲み出すための冷凍機の負荷を含む。液体ヘリウムから液体窒素に代わることにより、この熱機関効率は1/(200~500)から1/(7~10)に数十倍も向上する。しかしながら、この冷却効率向上の効果も、損失全体の低減にはそれほど寄与せず、例えば発電機では0.03%の効率向上にすぎないとしている。

超電導電力機器の第2のメリットは、機器の小形・軽量化である。発電機などは従来機の1/2ほどにもなり、逆

に同一寸法では大容量化のメリットとなる。ただし、機器本体は小形化されても、冷却システムなどの付帯設備が大きくなれば効果は帳消しされてしまう。かつて開発された3000kW直流単極発電機が、本体よりはるかに大きい付帯設備のために、結局は工場から現場へ納入できなかった教訓を忘れてはならない。ここでも、液体窒素冷却セラミック超電導体に代える効果は、機器の断熱構造を若干簡略化できることにより若干のメリットはあるものの、それほど期待できるものではない。ただし、長大な地下ケーブルでは外部からの流入熱が大きく、かつ交流通電時の導体損失があるため冷却機負荷が大きいが、液体窒素冷却の方が断熱構造と冷却システムを簡易化できる効果は大きい。

結局、両者の経済性を比較すると、機器の製造価格に占める断熱・冷却システムの割合、及びそれが運転コストに占める割合の高いケーブルにおいては、窒素冷却の方が10~30%のコスト低減効果があるものの、その他の電力機器ではセラミック高温超電導体の効果はあまり期待できないものとみられる。今のところ、高温超電導体の特長を十分に生かす新しい設計概念はまだ開発されておらず、一方で、高温超電導体にとって最も重要な臨界電流密度や臨界磁界についても十分なデータが得られていないことが、結論を不明瞭にしている原因である。

以上のような経過で、先の答申の方針通り研究組合は発足したが、高温超電導材料の開発結果も取り入れていく考えを加えたことは当然であろう。この組合と並行して、高温超電導材料の研究を目的に、国際超電導産業技術研究センターが設立され、この分室が名古屋のファインセラミックセンター内に開設されることになったことは、東海地区にとっても心強い限りである。

## 5 将来の超電導電力システムの構築

石油ショックに始まる社会・産業構造の変革は、電力需要の鈍化と共に電力システムに対して一層の質的向上すなわち経済性、信頼性、安全性、環境調和性などを求めてきている。換言すれば、よりきめ細かな柔軟性と多様性をもった電力システムを要望するようになった。この流れに沿った電力システムの変革の例を、ガス絶縁電力機器の一貫システムに見ることができる。それらの機器は、その小形・軽量化及び高信頼性と安全性によって、従来の架空線や油入絶縁機器にとって代わり、送変電システムの主軸になろうとしている。

このような時代の流れをもとに、これから続々と開発され、登場するであろう超電導発電機をはじめ各種超電導電力機器が、将来の電力システムに対する要請にどのように対応し、また電力システムそのものにどのような変革をもたらすかを考えてみる。

超電導電力機器は、エネルギー貯蔵用マグネットを除

き、その原理・構造などにおいて、従来の電力機器と著しく変わったものはない。したがって、それらの電力システムへの導入は、従来機器の置き換えの形で徐々に浸透するものと予想される。それは、超電導界磁発電機から始まり、続いて全超電導発電機の開発を引金として、これに連なる発電所内の変圧器、母線、限流器などの超電導化へと進むであろう。これには、交流超電導線材の開発が前提となることは言うまでもない。

更に進んで、全超電導一貫の電力システムを構築するためには、残るコンデンサ、開閉器、避雷器、ケーブルなどの極低温・超電導化が必要である。コンデンサは、極低温超電導化により誘電体損失と箔導体損失の大幅な低減が見込まれ、また開閉器も低温液体中の遮断器や低温真空遮断器などの新技術開発が期待される。避雷器についても、超電導と常電導の間の転移やジョセフソン接合の非直線性を利用した新技術開発が考えられる。これら、極低温一貫システムは、終端の超電導変圧器においてはじめて磁力線を介し熱流入を遮断して、室温の低圧側配電システムに接続される。これによって、極低温発電システム全体は一貫して共通に冷却され、冷却効率向上が期待できる。ただし、配電システムの超電導化は、将来の室温超電導体の開発をまつほかはなからう。

超電導発電機は、鉄心の飽和磁界を越えた強磁界を利用するため、界磁及び電機子の鉄心は不要となり、発電機を包むように磁気しゃへいを目的とする鉄ケースが設けられるだけになる。このため、電機子コイルの接地鉄ケースに対する絶縁が容易となる結果、発電電圧は従来の発電機が20kV以下であるのに比べると、66kV以上の高電圧に昇圧できる可能性がある。一方、送電ケーブルとしては超電導大電流化によって、必ずしも超高压送電をする必要はなくなる。このため、将来の超電導電力システムは、送電側の変圧器を省略して、発電機から送電ケーブルに直結することも充分考えられる。

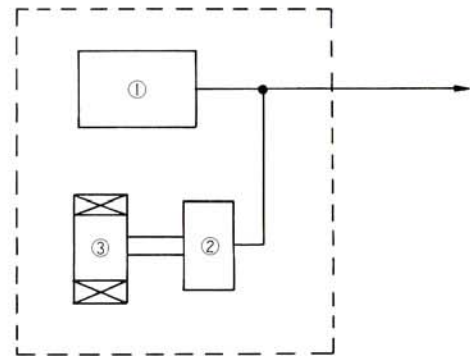
基幹送電システムとしての直流送電線の超電導化も当然問題となる。超電導送電ケーブルとしては、交流より

も直流の方が電流量・高電圧絶縁の両面から有利であり、長距離の大容量送電線として、絶縁性及び系統安定性の両面から、直流超電導ケーブルの重要性が高まるであろう。ただし、このためには、整流器・コンデンサ・リアクトルなどを含む交直変換装置の全超電導化・価格低減が課題である。超電導整流素子として超電導・常電導転移方式あるいは超電導変流器を介した室温整流器などが考えられるが、将来は極低温半導体素子や電力用ジョセフソン素子の開発が本命となろう。

超電導エネルギー貯蔵マグネットは、全く新しい概念による高効率・即応性のエネルギー貯蔵装置として、電力システムの安定化及び負荷の平滑化の両面で将来ますますその必要性が高まるであろう。これと同時に、交直変換装置の全超電導化が期待されることは、上に述べたところと同様である。

以上述べたところにより、交流及び直流の超電導応用電力システム概念構成を図4に示す。

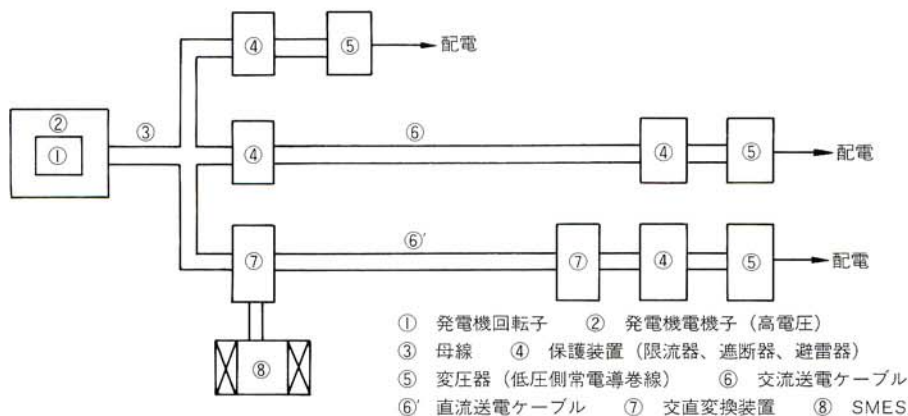
これまで述べた超電導電力システムは、集中形・大容量システムを想定したものであるが、これに対して都市



- ① 電源（燃料電池、太陽電池など）
- ② 超電導交直変換装置（整流器、コンデンサー、変圧器など）
- ③ SMES（超電導エネルギー貯蔵マグネット）

図5/分散形小容量電源ユニットの概念構成（超電導発電関連機器・材料技術のフィージビリティ調査研究報告書より引用）

Fig. 5/Conception of distributed small power source unit



- ① 発電機回転子 ② 発電機電機子（高電圧）
- ③ 母線 ④ 保護装置（限流器、遮断器、避雷器）
- ⑤ 変圧器（低圧側常電導巻線） ⑥ 交流送電ケーブル
- ⑥' 直流送電ケーブル ⑦ 交直変換装置 ⑧ SMES

図4/超電導電力システム概念構成（超電導発電関連機器・材料技術のフィージビリティ調査研究報告書より引用）

Fig. 4/Conception of superconducting power system

内では、分散形・小容量システムの要求も高まることが予想される。そこで、分散形・小容量電力システムに対応する超電導電力機器の役割を考察する。一般に、極低温機器は冷却効率の点で、大型化するほどそのメリットが高いといわれるが、各種機器を一貫して冷却するシステムを構築すれば、小容量電力システムといえども同等の効果が期待できる。このことは、超電導化のもう一方のメリットであるサイズ縮小化の特長を生かして、小容量分散形の超電導電力システムの構築が、その経済性・環境調和性を武器に展開される可能性を示している。この場合、燃料電池、太陽電池などのオンサイト電源と超電導エネルギー貯蔵装置とを組み合わせた小容量のユニットシステムが、都市内に分散配置されることになろう。また、電源からの排熱供給に合わせて、極低温システムからの排冷熱供給も可能であり、将来のエネルギー供給センターとしてその役割が期待される。図5に分散形小容量ユニットの概念構成を示す。

以上述べた将来の超電導電力システムにとって最大の課題は、その運転信頼性にある。超電導電力機器の固有の超電導・常電導転位に伴う電力供給停止の障害、その時の異常発熱とヘリウムガス突出の対策、及び冷却システムの故障など、従来からの電力システムにみられる事故と合わせて、信頼性に対する十分な検討と対策が必要であり、これには長期にわたる経験と実績の積み重ねが要求される。この意味で、超電導発電機の開発を突破口として、超電導電力機器の実用化の基礎を固め、その波及効果によって次第に全超電導化電力システムの構築への道程を強力に推進することが、長期戦略の要であろう。

## 6 あとがき

高温超電導体の発見をきっかけに、超電導の研究は急激なたかまりを見せ、電力応用に対してもばら色の未来を約束しているかに見える。特に、超電導発電機の開発をめぐる産官学の動き、研究組合の発足など、昨年はめまぐるしい展開が見られた。しかし、研究開発の歩みには必ず波があり、再び苦難の時期が来ることを、筆者の経験からも十分に推測できる。しかしやはり、超電導電力システムの構築にむかって世の中が動いていくことは間違いなく、大勢を見失うことなく、一步一步研究を積み重ねていくことが大切である。

## 参考文献

- (1) 有山編、近代物理学全書、物性論(2)、共立出版社 昭和、22.11.
- (2) 超電導発電関連機器・材料技術のフィージビリティ調査研究、昭和60年度報告書、総論、及び昭和61年度報告書、総論、(ムーンライト計画委託調査研究成果報告書)、(株)テクノバ 1986. 3 及び1987. 3
- (3) 超電導産業技術開発懇談会、超電導電力応用機器等調査研究委員会報告書 昭62.12