

Title	低温工学 : 超伝導の電気工学への応用
Author(s)	犬石, 嘉雄
Citation	大阪大学低温センターだより. 1974, 7, p. 1-4
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/10878
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

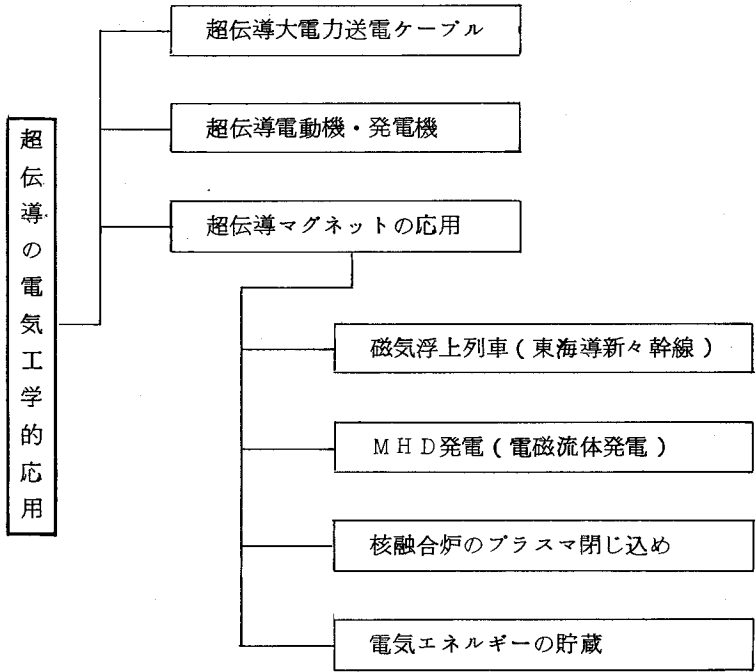
<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

低温工学—超伝導の電気工学への応用—

工学部 犬石嘉雄

1911年カマリン・オンネスが発見した超伝導現象の物理的基礎づけはBCS理論とクーパー対の概念によって解決され、第2種超伝導についてもギンツブルグ・ランダウの現象論からアブリコソフの量子論に至る一連の研究によってほぼ確立されたと言ってよい。オンネスの発見後約60年を経た今日になって超伝導はやっと工学的応用の入口にさしかかり、“超伝導工学”の分野が遅いが、しかし北国の春のような一斉の開花期を迎えようとしている。このことはエレクトロニクスの分野でのショックレイに始まる半導体物理から半導体工学への急激な発展に比べると大変興味深い。超伝導の電気工学的応用はエレクトロニクスから電力に至るまで広い範囲にわたり色々な可能性が試みられているが現在まで実用化されているのは超伝導マグネットとジョセフソン効果を用いたSQUID（超伝導量子干渉素子）である。その他の応用については実用化までに克服しなければならない技術的問題、経済的問題が多くある。たとえば超伝導の電力工学への応用は第1表のようになるが、これらについて述べてみたい。



第 1 表

我国の電力需要は年々急増し15年先には現在の約4倍の250GW（ギガ・ワット）の電力供給量が必要と見込まれている。また公害問題、石油資源問題を考えると、ここ数10年間は孤島や遠隔地に充分モニタリング設備のととのった大容量原子力発電所団地を造って需要地まで長距離大電力送電を行うより手になさそうである。例えば1プラント当りの発電容量も10GWを越すと思われるが、在来の送電線容量は送電電圧の上昇にも限度があり1回線当り1.5GW 発電機容量は1台当り2GWが限界とされているため、この様な大容量化が困難である。また長距離送電線の抵抗によるジュール損失も電力量の5%を越えるとして総計10GWとなる。このような事情から送電線や発電機を超伝導化することによってエネルギー節約ができると同時に、同じ大きさ、重量での発電機の発電容量、送電線の送電容量が飛躍的に増え前述の要請を満たすことができる。

我国の都市部は現在送電線建設のための深刻な用地難に悩んでいるが、コンパクトで地下に埋められる超伝導地下ケーブルによる大電力送電が現実の切実な問題として各電力会社で検討計画され、殆どどのケーブル会社が試作ケーブルについて2～3GW 通電の実験を行っている。超伝導発電機、電動機は米国で特殊な船舶用としてまず実用化されようとしているが、大容量のものが原子力発電所用として、米のメーカーが開発が進められている。将来の夢として西半球と東半球を超伝導送電大幹線で結び昼間の太陽電池発電の電力を融通し合うことも考えられる。

超伝導マグネットは我国ではMHD 発電用として国家プロジェクトで開発され、MHD 発電自体が種種の困難にぶつかって実現が遠のいた今日でも将来の超伝導工学の担い手として注目されている。例えば国鉄の技術研究所では列車に超伝導マグネットを積んで地上コイルとの磁気反発力で磁気浮上させ、リア・モータで駆動することによって車輪列車の速度の壁を突破し時速550Kmの東海道新々幹線を1978年に実現する目標で試作開発を行っている。騒音、大気汚染などの公害問題やエネルギー資源を考えるとこの型のいわゆる“Magneto-plane” が近い将来国内線のジェット機にとって代ることが充分考えられる。この他電気エネルギーの貯蔵用として超伝導マグネットを用いることが試みられ、例えば米国のロス・アラモス研究所ではθピンチによる核融合研究装置のエネルギー貯蔵用及び磁界用に300KJ（キロジュール）のマグネット試作を終え250MJを計画している。この型はエネルギー貯蔵密度が高いので制御装置さえうまくゆけば深夜電力を貯え昼間放出することが考えられる。

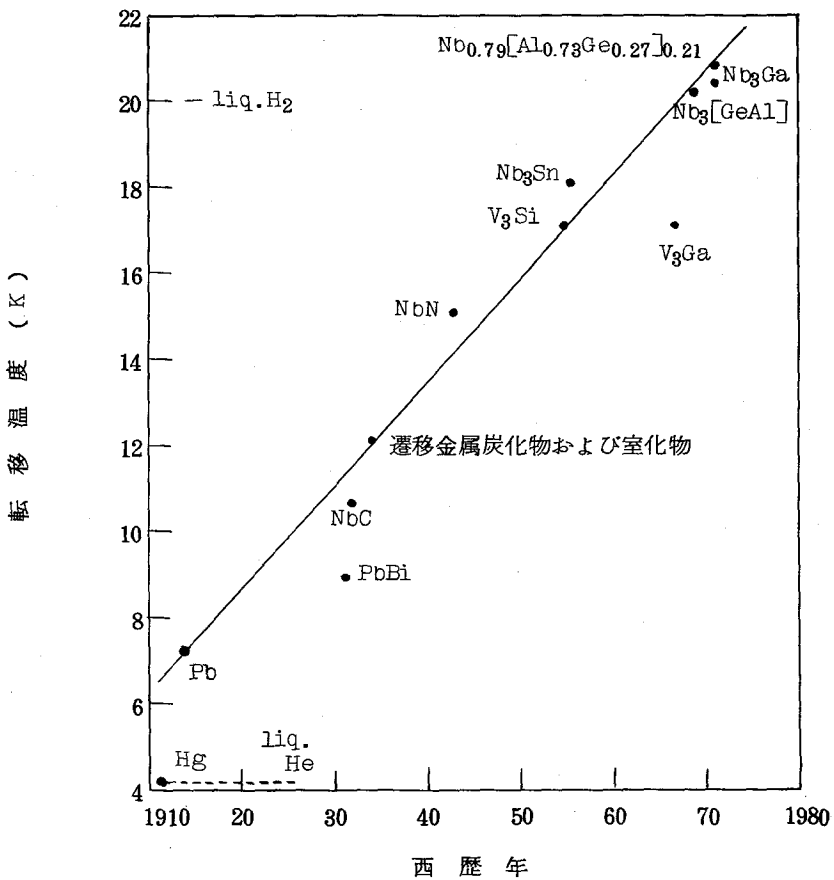
しかし、これらの超伝導電力機器に所望の性能を持たせるためには、臨界磁場、臨界電流の大きい新しい第2種超伝導材料を開発すると共に、大型超伝導機器に必ずついて回る種々の技術的問題、例えば超伝導材料の加工、超伝導コイルの安定化、交流損失の軽減、機器の冷却方式、機器の制御方式などの技術を確立しなければならない。物理的にはほぼ完全に理解されている超伝導も、工学的に利用しようとすると技術的に未解決な難問を多くかかえているのが現状である。

電力工学への超伝導応用はいずれの1つを取りあげても大規模なプロジェクトであるので、電力機器そのものの試作開発を目標とするプロジェクトは大学の研究のあり方として必ずしも適切ではない。多

種多様な応用の中から共通かつ基本的な問題だけを抽出し、それに焦点をしぼる必要がある。この基本的課題として次のような事柄が考えられる。

- ◎ 高転移温度超伝導材料の開発
- ◎ 高臨界磁場超伝導材料の開発
- ◎ 第2種超伝導材料の交流損失と安定化
- ◎ 超伝導電力機器の制御方式
- ◎ 超伝導大型機器の冷却方式

熱的擾乱に対する超伝導機器の安定度を良くするには転移温度を出来るだけ高くしなければならない。



図は超伝導材料の転移温度が研究の進歩と共に次第に高くなっていく様子を示す。これまで1年間にほぼ0.25 Kの速さで転移温度が高くなっており、現在のところ最高値は20.7 Kであるが、転移温度を今後同じペースあるいはそれ以上のペースで高くしていくためには非常な努力が必要であろう。転移温度が30 Kを超えると液体水素(常圧下の沸点は20 K)を寒剤として使用できる可能性があり、も

し実現されれば超伝導の応用面は飛躍的に拡大されると共に、ヘリウムガスを輸入に頼っている我国の低温工学にとって画期的な意義を持つと思われる。また大型超伝導機器の冷却に、従来のヘリウムⅠに代り、冷却能力の大きい超臨界ヘリウムを利用するための検討が必要である。

水素エネルギー、太陽エネルギーなどいわゆるきれいなエネルギー技術の開発が要請されている時代の中にあつて、電力を殆んど損失なく発生、輸送、貯蔵、利用できる超伝導電力機器の開発はエネルギー技術革新のための重要な研究テーマの1つである。しかし超伝導電力機器の開発研究は従来技術の延長線上にない技術的に未踏の分野である上に、材料からシステムまで広い範囲の技術者の協力なしには遂行できない大きなプロジェクトでもあるので、一貫した長期展望の下で組織的な研究が必要である。このような周囲情勢の中にあつて、大学が研究の指導的役割を果たすためには、基本的な問題点の把握と基礎技術の確立を目標に、低温工学研究を本格的に開始する時期に来ていると考えられる。大阪大学の低温センターが一応供給機関として完成された現在、これを足がかりとして学部間、学科間の協力態勢をつくり低温工学の研究がスタートすることを切望し、関係者各位の御理解をお願いしたい。

豊中地区低温会議から

5月8日、理学部会議室に於て豊中地区低温会議が行われ、(1)経過報告、(2)50年度概算要求、(3)液体ヘリウム等の暫定利用規定、(4)49年度運営方針、(5)液体ヘリウム小委員会、に關し報告及び議論が行はれた。暫定利用規定は48年度に設置された新液化機CTi 1400による大量供給に対処するためのもので、今までの利用規定に比べ主な変更点は、(1)ストレージ供給を主体とすること、(2)割当量は定めないこと、(3)各研究に取付けられたガスメーターによる回収状況のチェック及び当センター内での不純ガス混入のモニター制、などである。この暫定利用規定の細かい点について活発な議論がなされたが今年の10月に再検当することになった。また当センター豊中地区のセンター長(または副センター長)の諮問機関として液体ヘリウム小委員会がおかれ、液体供給の実体改善の研究などに従事することになった。49年度は本河(理)、邑瀬(理)、菅(理)、西田(基工)、朝山(基工)の5氏に依頼された。