

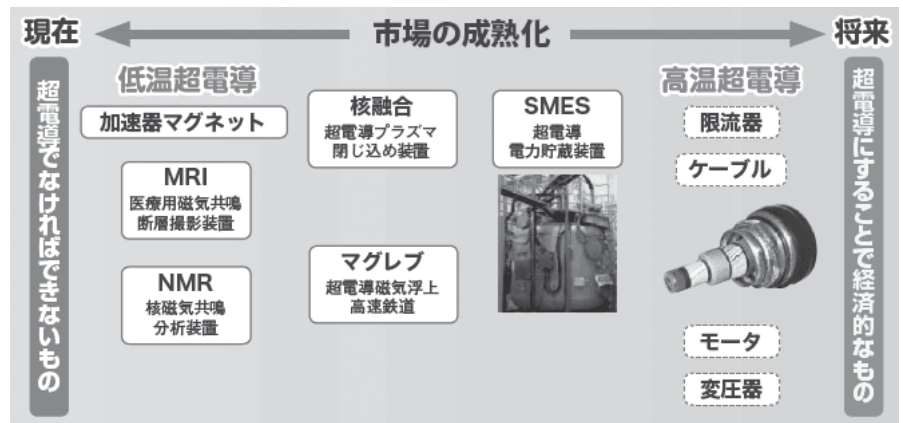
超電導の最前線

超電導は環境に負荷をかけない究極の省エネルギー技術

芝浦工業大学 村上雅人学長

超電導は、電気抵抗がゼロになり、強い磁場が電力消費をせずに発生できるほか、弱い磁場を検出したり、磁場を遮断したりできるなどの特徴があることから、超電導線材を利用した送電ケーブル、発電機、電力貯蔵装置、リニアモーターカーや医療用MRIなど、幅広い応用が見込まれる。エネルギー分野でもその果たす役割が期待されている。長く超電導技術を研究してきた芝浦工業大学の村上雅人学長は、「超電導は環境に負荷をかけない究極の省エネルギー技術」と語る。

——超電導技術の開発に携わった経緯は
村上 大学院で低温超電導の研究をしており、1984年に新日本製鐵(当時)に入社した。当時会社は新規事業として超電導を伸ばしたいという考えだった。鉄を製造する過程で、超電導を利用した強い磁場をかければ不純物を除けられるのではないか、という研究が世界的になされていた。この考えは、半導体用のシリコンを製造する時、シリコンの引き上げ行程で不純物を取り除く技術として適用されるようになった。付加価値の高いシリコンウエハを製造するのならば、コスト的に見合うようになった。もうひとつ、医療用磁気共鳴断層撮影装置(MRI)も成功した例になる。超電導を適用すれば良いだろう、という事例は数多く見てき



古河電工資料より

たが、結局はコストに見合うかどうか、ということになる。

1986年に高温超電導物質の、酸化物系超電導物質が発見されたが、これは加工が難しく強度が低いセラミックス

であることが普及に向けてのハードルになっている。現在、結果的に実用となっているのは、低温超電導の金属系(ニオブチタン系)になっている。いろいろな製品とするには、強度がある金

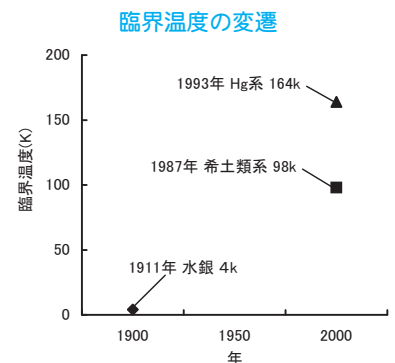
超電導とは

1980年代の高温超電導開発が契機でMRIなど実用化

超電導とは、ある温度以下で電気抵抗がゼロになること。1911年にはオランダの物理学者ヘイケ・カメルリング・オネスが、水銀を液体ヘリウム温度(−269℃)にまで冷却すると、電気抵抗がゼロになることを発見している。それが一躍注目されるようになったのは、1986年に「高温超電導物質」と呼ばれる酸化物系超電導物質が発見されたため。1911年当時の水銀の臨界温度は4k(−273.15℃)なのに対して1987年には98k(−175.15℃)、1993年には164k(−109.15℃)となった。超電導を得るには冷やす必要があるが、液体ヘリウム温度(−269℃)が使用でき、さらに安価で実用的な液体窒素温度(−196℃)を使うことが可能になった。

2005年に新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)が作成した技術戦略マップでは、超電導技術を適用した機器の実現が期待される分野として、①エネルギー・電力分野(電力ケーブル、限流器、変圧器、発電機、フライホ

ール、SEMS(超電導電力貯蔵装置)等)、②産業・輸送分野(船用モータ、磁気浮上式鉄道用マグネット、半導体引上装置、磁気分離装置等)、③診断・医療分野(MRI、NMR、MCG(心磁計)、MEG(脳磁計)、質量分析器等)、④情報・通信分野(ルータ・スイッチ、SFQコンピュータ、バンドパスフィルタ、ADコンバータ等)の4分野を示している。現在超電導を用いて最も身近なものは、MRI(医療用磁気共鳴断層撮影装置)があり、2027年にはJR東海のリニアモーターカーが開業を目指している。





村上雅人氏

属系が扱いやすいということだ。

今注目を集めているリニアモーターカーもニオブチタンの技術開発を進めることで実用段階まで来た。リニアモーターカーに用いられる超電導の基礎技術は当然あったが、実際の動く車両に搭載する上での実用化技術の開発が課題だった。熱のために常電導になってしまう現象を防ぐため、磁石を銅で覆っているが、車両に搭載するには軽量化が必要で、そのために銅の部分をいかに薄くするかを工夫して、超電導線を非常に細くしたり、日本独自の技術開発でクリアしてきた。実際に乗客が乗るために磁気シールドをどうするかなど、超電導の技術そのものというより、周辺技術の開発で実用段階まで来た。

ここまで超電導応用製品が普及してきたのは、超電導物質の改良だけが要

因ではない。超電導は冷凍することが不可欠だが、その冷凍技術の進歩も大きく貢献している。液体ヘリウムを再利用するなど上手に使うことで、メンテナンスコストなどトータルコストの削減に寄与している。リニアモーターカー同様に周辺技術の底上げが実用域を広げていく。

今後超電導の送電ケーブルなどを実用するには、大きなインフラを形成するため、これに液体ヘリウムを使用するのは現実的ではなく、液体窒素で使える高温超電導で無ければならない。

——超電導の技術開発、応用開発はどのような方向に行くのか

村上 よく誤解されるが、超電導はエネルギーを作り出す技術ではない。ただ、超電導の一番大きな特徴は電気抵抗がゼロで「環境を汚さない究極の省エネルギー技術」と考えている。国としてもこの特徴を捉えているいろいろな応用を検討していくべきだろう。

一方で、会社員として営業活動をしてきた経験で言えば、ユーザーは何か新しい装置やシステムを検討する場合、どうしても初期投資の多寡に目を向けがちになる。例えば、蓄電システムに利用するフライホイールの場合、機械式の場合はベアリング部分などが摩耗することで、数年でのメンテナ

ンスが必要だったり、破損事故などのリスクもある。そこで超電導のフライホイールならば、回転部分が浮いているために接触することが無く、長寿命なことをアピールしても、なかなか説得し切れない。担当者の方に理解を頂いても、トップに説明する段階で、インシヤルコストの高さや長期の安定運転をどのように担保するのかなど、実際の採用は難しいになってしまう。超電導に限らず多くの技術導入に通じることだが、インシヤルコストの問題、信頼性の問題はどうしても出てくる。

超電導ケーブルも実用段階に入ることを見込んでいる。電力会社の方と話していると、都市部では電力需要が伸びているが、現在の導管では流せる容量が限界に近付きつつあるという。超電導ならば今ある導管を用いて容量を拡大できる。

今後の技術開発に必要なのは、国際協力にある。例えばアフリカ大陸からEUへ送電するようなプロジェクトも出てきた。国家や大陸を跨いだ送電網も現実的になる。そうすると送電損失の小さな超電導ケーブルは必要とされるが、これを実現するには、各国が得意分野を持ち寄って共同開発を進めることが重要になる。「究極の省エネルギー技術」を広めるためにも、技術協力の輪が広がることを望んでいる。

東京農工大、鉄系高温超電導応用の強力磁石開発に成功 数年内に10テスラ級の小型磁石

東京農工大学は、鉄系高温超電導を応用した強力磁石の開発に初めて成功した。10テスラ級の小型磁石が数年以内に実現することが期待できる。結晶サイズをナノ領域まで微細化した多結晶をバルク(塊)状にすることで、直径1cmの小型サイズでも、鉄系高温超電導体が1テスラを超える強力な磁石となることを実証した。また、ナノ多結晶からなる鉄系バルク磁石は磁力の均一性が高く、さらに硬く割れにくいことを明らかにした。

超電導を使った強力磁石の小型化、ポータブル化につながる。医療用磁気イメージング診断(MRI)、コンパクト核磁気共鳴分析装置(NMR)、高エネルギー加速器や、エネルギー・輸送分野での、究極の省エネを可能にする高効率超電導モーターなどへ応用が期待される。

原料にレアアース元素を含まず、作製プロセスも単純・安価で、小型冷凍機で動作させることができるの

で、強力な超電導磁石の小型化、ポータブル化につながる。セラミックス合成の標準的な作製プロセスが応用できるため、他の材料でも同様の強力磁石ができると予想され、ナノ多結晶からなる超電導バルクは強力磁石開発の新しい指針となると期待される。

鉄系超電導体は2008年に日本で東工大グループが発見した新しい高温超電導体群で、銅酸化物系に次ぐ高い転移温度を持つことから、量子コンピュータ、高効率送電ケーブル、強力磁石など幅広い分野への応用が期待できる。

