

応用超電導国際会議（ASC2008）の概要

長嶋 賢*

Outline of 2008 Applied Superconductivity Conference

Ken NAGASHIMA

The 2008 Applied Superconductivity Conference (ASC 2008) was held in August 2008 at Chicago, Illinois, USA. There were about 1600 participants in the conference from over 40 countries. About 1332 presentations on superconducting electronics, large scale application of superconductors, and developments of superconducting material were discussed from the 17th to the 22nd, the last day. The next conference will be held in 2010 at Washington, D.C.

キーワード：超電導，超電導線材，磁気浮上，超電導モータ，フライホイール，電力貯蔵

1. はじめに

2008年8月17日から22日まで米国イリノイ州のシカゴにおいて2008年度の応用超電導国際会議（2008 Applied Superconductivity Conference）が開催された。本国際会議は2年に1度米国内で開催され、世界各国から超電導材料、大規模機器応用、デバイス応用等に関する専門家が集まって最新の研究成果を発表する場となっている。会場となったシカゴは五大湖の一つミシガン湖の湖岸に位置する米国有数の大都市で、市内にはアムトラックのシカゴユニオン駅（図1）がある。また近郊には、超電導磁石を用いた大型陽子・反陽子衝突型加速器テバトロン（Tevatron）で、トップ・クォークの発見に成功したフェルミ国立加速器研究所がある。



図1 シカゴ ユニオン駅

2. 会議の構成

今回の会議の出席者は約1600人で、内訳は米国人が40%、それに続いて日本人が18%、ドイツ人が6%、中国人、韓国人がそれぞれ4%、イギリス人3%、フランス人2%であった。発表件数は1332件であり、発表者の国籍内訳は表1のようになっている。テーマ別に分類すると、「超電導材料」に関しては469件、「大規模応用」に関しても同数の469件、「デバイス応用」に関しては394件となっている。また、大規模応用の中では高温超電導

表1 国別発表件数一覧

国名	発表件数
米国	411
日本	282
韓国	115
イタリア	65
中国	65
ドイツ	65
イギリス	44
フランス	39
スイス	31
オーストラリア	22
ロシア	21
スペイン	20
オランダ	19
カナダ	17
台湾	12
フィンランド	12
ブラジル	10
スロバキア	7
ハンガリー	7
その他	68
合計	1332

* 浮上式鉄道技術研究部（低温システム）

特集：浮上式鉄道技術とその応用

材料を使用した研究が60%、低温超電導材料を使用した研究が40%となっており、高温超電導材料開発の進展により、低温（液体ヘリウム温度）から高温へ応用の主体が移ってきていることを反映している。

会議は、毎朝最も大きな会議室で行われる1時間の基調講演（図2）の後、一般講演、ポスター発表とも「超電導材料」、「大規模応用」、「デバイス応用」の3分野にわかれて行われる。各分野の中でも複数のセッションが同時進行するので、自分の関心がある講演を全て聴講するのは不可能である。会議の事務局によると今回は北京オリンピックの開催時期とも重なったためか、特に中国からのキャンセル数が多かったということで、急遽スケジュールが変更されるセッションもあり、会場を右往左往する参加者も見受けられたが、発表件数の膨大さから見れば会議の運営は円滑であったと言える。以下では筆者が聴講した講演を中心に紹介する。



図2 基調講演の様子

3. 講演内容

3.1 超電導材料

「超電導材料」分野の発表件数を材料別に見ると、日本の浮上式鉄道を含めて最も使われている低温超電導体ではニオブチタン（Nb-Ti）についてのセッションは1つで発表件数は3件だけであるのに対して、ニオブ3スズ（Nb3Sn）については6セッション、39件の発表がなされていた。

また、2001年1月に青山学院大学の秋光純教授が発見した二ホウ化マグネシウム（MgB2）関連のセッションは12セッション、発表件数は85件と非常に多かった。超電導転移温度が約40度と、酸化物超電導体より低い温度ではあるが、加工性の良さ、入手性の良さ等により応用が真剣に考えられている証と思われる。

酸化物超電導材料では2種類あるビスマス系超電導体のうち、Bi2212関連のセッションが2セッションで発表件数17件、Bi2223関連のセッションが3セッションで発表件数21件であるのに対して、イットリウム系超電導

体の線材（Coated Conductor）のセッション数は11、発表件数が81件となっており、研究の中心が第一世代の線材（1G wire）と言われたビスマス系超電導体から次世代線材（2G wire）と言われるイットリウム系超電導体へ移行していることがわかる。

次世代線材は筆者の今会議での最大の関心事であり、浮上式鉄道の超電導磁石にこの線材を適用した場合の検討について発表をしているので、3日目の午前中に行われた次世代線材のセッション“Coated Conductor VII - Long-Length Scale Up”はセッション全体を通して聴講した。発表は現在既に次世代線材を販売している米国の2社（SuperPower社、American Superconductor社）から始まり、日本の超電導工学研究所、フジクラ電線、ドイツのEuropean High Temperature Superconductors社、その他と続いた。

米国のSuperPower社からは超電導線材性能の指標として用いられる、線材長さ（L）と液体窒素温度の臨界電流値（I_c）の積の値で、1,030m × 227A = 233,810Am という世界記録を達成した旨の発表があった（図3）。この分野では日米独が抜きつ抜かれつの熾烈な争いをしているため、聴衆の関心も高く、熱心な質疑が行われた。現在は磁場中での臨界電流値を向上する開発が進められており、それに成功すれば、超電導磁石への適用にはずみがつくことになる。

また、本年2月に東工大の細野秀雄教授が発見した新系統の高温超伝導物質である、鉄を主成分とするオキシニクタイト化合物（LaOFeAs）についても、臨時の特別セッションが開催された。

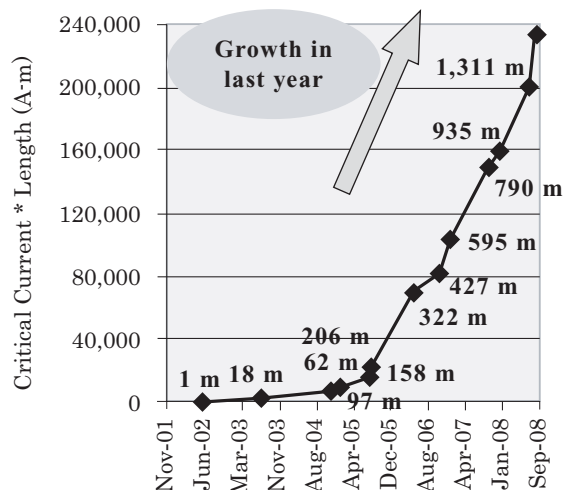


図3 次世代線材の長さ（L）と液体窒素温度の臨界電流値（I_c）の積（超電導線材性能の指標）の年毎の進展（SuperPower社）¹⁾

3.2 超電導応用

大規模応用のセッションで、圧倒的に発表件数が多かったのは限流器（Fault-Current Limiters）で7セッション61件の発表であった。続いて粒子加速器用磁石、超電導ケー

ブル、超電導モータ、核融合、磁気ベアリングを含む磁気浮上応用がそれぞれ発表件数30件程度となっている。

鉄道への応用に関連した発表はあまり多く無いが、磁気浮上応用のセッションに筆者の発表を含めて数件、浮上式鉄道の発表があった。筆者は前述した通り浮上式鉄道の超電導磁石に次世代線材を適用するという趣旨で“Preliminary study on high temperature superconducting magnets using 2G wires for the maglev train”と題するポスター発表を行った。日本の磁気浮上と言うことで関心を集めたのか、「次世代線材に対してどのような性能が求められるのか?」、「磁石の安定性をどのように確保するのか?」といった質問や超電導磁石の冷凍システムについての提言等があった。今後の研究に大変参考になる議論をすることができ、有益であった。

3.2.1 中国の高温超電導磁気浮上応用

中国の西南交通大学では液体窒素で冷却した高温超電導バルク体を搭載した車両が、永久磁石を敷き詰めた軌道上を浮上走行する磁気浮上式鉄道の研究を行っている(図4)。この方式は、磁束のピン止めにより安定浮上するので、停車時でも浮上が可能で、浮上に伴う制御が不要というメリットはあるものの、軌道のコストやメンテナンスに疑問が残る。図5の様にポスター発表が行われていたが、発表者である西南交通大学の教授本人はビザ



図4 中国西南交通大学の高温超電導磁気浮上車両²⁾

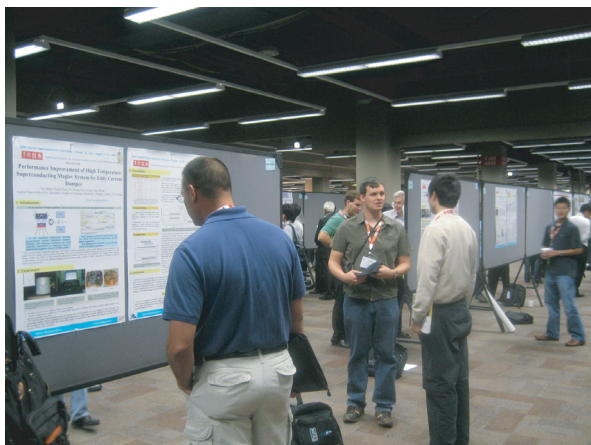


図5 ポスター発表の様子

の関係で会場に来られず、その教え子で米国に留学している学生が代わりにポスター発表していたので、残念ながら中国での最新の情勢を聞くことはできなかった。しかし、最終日の基調講演“Recent Events in Applied Superconductivity in China”の中で、核融合、送電、変圧器という研究テーマに並んで重要なテーマの一つとして高温超電導磁気浮上が紹介されていた。

3.2.2 General Atomics 社の磁気浮上応用

このほかに、General Atomics社から特異な磁気浮上技術応用に関する報告がなされた。本研究のスポンサーは米国空軍である。超高速状態での試験を地上で行うが、できるだけ振動を抑制する必要があるため、そのためにJR方式とよく似た磁気浮上システムで浮上・案内だけを行うというものである。推進は図6のようにロケットで行う。超電導磁石は日本の浮上式鉄道で使っている超電導磁石によく似ており、レーストラックに近い楕円形をしている。大きさ、起磁力も似通っている。線材はNb-Tiを使用しているが、これは1993年に計画が断念された超電導超大型粒子衝突型加速器(SSC)で使う予定だったものの流用である。超電導磁石はロケットの下に、前後2つ配置され、その両側は地上コイル代わりの幅広い銅板を配置したガイドウェイに囲まれている。実験線は空軍の基地の中にあり、起点側で磁石に液体ヘリウムを注液後、超電導磁石を励磁してロケットに点火、飛行実験(浮上実験?)を行う。日本の浮上式鉄道の様に冷凍機を搭載していないので、毎回、実験が終了すると終点側で超電導磁石はクエンチするそうであるが、それで構わないということである。地上コイルではなく銅板に発生する渦電流で浮上・案内を行うために走行抵抗が大きくなり、非常に効率の悪いシステムではあるが、目的は振動を無くすことと割り切っているのもそれにはならない。今年4月の実験で時速673 km/hを達成したそうであるが、目標はマッハ9の超音速である。これは一般の鉄道システムとは異なるが、磁気浮上システムの応用形態としては、大変新鮮に感じた。ポスターの横でノート

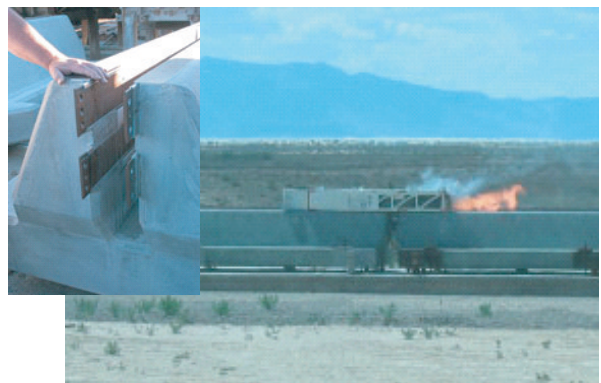


図6 General Atomics 社の磁気浮上システム試験風景^{3) .4)}
(左は幅広い銅板を配置したガイドウェイ)

特集：浮上式鉄道技術とその応用

パソコンを使ってダイナミックな走行試験の動画を見せていたため、黒山の人だかりとなっていた。

3.2.3 船舶・航空機への応用等

鉄道以外の交通機関への応用としては、日本の東京海洋大学が開発を進めている100kW/230rpmの船舶用超電導モータの報告があった(図7)。これは、小型・軽量かつ低回転で高トルクが得られる、鉄芯の無いアキシアル型超電導モータである。線材にはビスマス系線材を用いている。

また、意外な応用例として、超電導モータを用いた公害ゼロの航空機についての発表があった。ジョージア工科大学等が行っている研究である。これは2日目の基調講演“Zero-Emission Aircraft: A Potential Application for HTS Superconductors”とポスター発表の2つの場で報告があったが、センセーショナルな内容であるためか、どちらも非常に多くの聴衆を集めていた。ジェットエンジンの代わりに高温超電導モータでファンを回転させて飛行するため、「公害ゼロの航空機 (Zero-Emission Aircraft)」というシステムである。高温超電導モータの軽量化がキーとなるが、それについては液体水素を燃料

とする燃料電池の適用等、いくつかのアイデアを持っているようである。超電導機器の軽量化は鉄道にとっても切実な問題であるので、今後注目していきたい。

磁気浮上セッションでは、鉄道総研でも超電導技術の在来鉄道応用を目指して行っている超電導フライホイール電力貯蔵技術に関する応用が8件報告された。国別では韓国、筆者が共著者の発表を含む日本、米国、ドイツ、ハンガリー等の5カ国である。図8はドイツATZ社のエネルギー貯蔵量5kWh級フライホイールであり、永久磁石と超電導バルク体を組み合わせた磁気軸受を用いたシステムとなっている。発表件数は少ないものの、米国、ドイツ、日本では試作機の開発を積み重ねて研究を着実に推進している。

4. おわりに

今年はオランダのオンネスが超電導現象の発見につながるヘリウムの液化に成功してちょうど100年目の記念すべき年であり、高温超電導が発見されてからも約20年が経過している。筆者がこの国際会議に参加するのは18年ぶりであるが、参加者の数や熱気から超電導開発がまだまだ活発であることを再認識した。

本年2月には東工大の細野秀雄教授が鉄系の新系統の高温超伝導物質を発見したこともあり、今後ますます超電導開発研究が活発になることと思う。鉄道総研としても磁気浮上式鉄道のみならず、超電導技術・低温技術の在来鉄道応用を推進して、超電導産業の進展に寄与していきたいと考える。

本会議は、次回は2010年にワシントンDCで開催予定である。

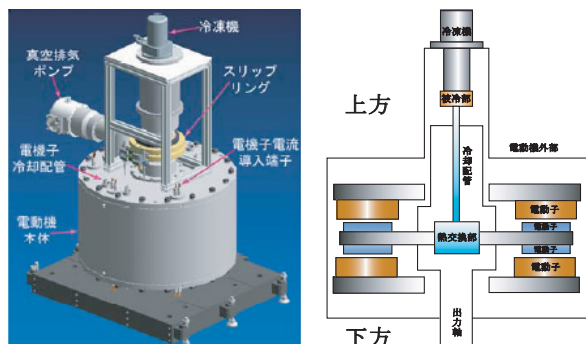


図7 東京海洋大学の船舶用高温超電導モータ⁵⁾

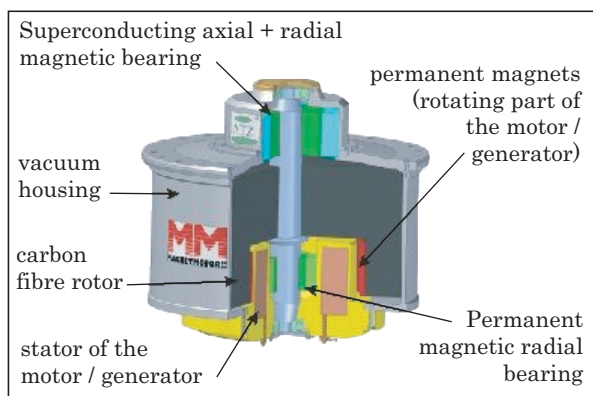


図8 ATZ社の5kWh級フライホイール⁶⁾

文献

- 1) <http://www.superpower-inc.com/index.php?p=8>
- 2) http://www.edu.cn/achievement_1509/20060323/t20060323_4403.shtml
- 3) <http://atg.ga.com/EMS/defense/holloman/index.php>
- 4) http://www.precast.org/publications/solutions/2005_summer/maglev_mach10.html
- 5) <http://www2.kaiyodai.ac.jp/~izumi/pressrelease/PRESSRELEASE080328HP.pdf>
- 6) http://www.atz-gmbh.com/Products/HTS_bearing/Flywheel/flywheel.html