

掲載内容 (サマリー):

超電導関連 9-10 月内外催し物
新聞ヘッドライン (7/19-8/17)
超電導速報 - 世界の動き (2007年7月)
NPO 法人未来技術フォーラム「超電導講演会」報告
低温工学協会 材料研究会
「医療分野における超電導応用展開と超電導材料技術」報告
低温工学第2回材料研究会, 東北・北海道支部合同研究会
「超伝導材料・デバイスの最近の動向」報告
2007 Space Cryogenics Workshop (7/12-13) 報告
CEC-ICMC2007 (7/16-20) 国際会議報告
隔月連載記事 - 高温超電導の謎に迫る (その5)
読者の広場(Q&A) - 風力発電に超電導技術は役立つのでしょうか?

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web21

発行者

財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-3 栄進開発ビル 6F

Tel (03) 3431-4002 Fax(03) 3431-4044

超電導 Web21 トップページ: <http://www.istec.or.jp/Web21/index-J.html>



この「超電導 Web21」は、競輪の補助金を受けて作成したものです。

<http://ringring.keirin.go.jp>



超電導関連 9月 - 10月の催し物案内

9/3-8

低温工学協会 低温技術講習会夏合宿「7T 超伝導マグネットへの挑戦(10)」
場所：高エネルギー加速器研究機構 STF 棟、つくば市大穂
問合せ・申込み：物質・材料研究機構/強磁場共用ステーション 佐藤明男
E-mail: inquire@akahoshi.nims.go.jp、Fax: 029-863-5470、Tel: 029-863-5453

9/10

超伝導科学技術研究会 第67回ワークショップ
「SMES 開発の現状と負荷変動補償」及び SMES 見学会
場所：古河電工厚生会館「季潤舎」
主催：(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会、(独)物質・材料研究機構 超伝導材料センター
申込み：<http://www.sntt.or.jp/fsst/67thWSprogram.html>

9/9-14

Gordon Research Superconductivity Conference
場所：Conference Center, Les Diablerets, Switzerland
問合せ：<http://www.grc.org/programs.aspx?year=2007&program=supercon>

9/10-13

EUROMAT 2007- Materials for Fusion Applications
場所：Nuremberg, Germany
問合せ：<http://www.euromat2007.fems.org/>

9/12-14

低温工学協会関西支部 第23回低温工学基礎技術講習会
場所：大阪市立大学文化交流センター(9/12) 大阪大学及び大阪市立大学理学部(9/13-14)
申込み：低温工学協会関西支部事務局(大阪大学低温センター内)
Fax: 06-6879-7986、E-mail: kousyu2007@mail.jcryo-kansai.ltc.osaka-u.ac.jp

9/13-15

PASREG, 2007
場所：Corpus Christi College and the Department of Engineering, University of Cambridge, Cambridge, England
問合せ：Mrs. Julie Bazin, Fax: +44(0)1223 332662, E-mail: jb520@cam.ac.uk

9/16-20

EUCAS'07: 8th European Conference on Applied Superconductivity
場所：Brussels, Belgium
問合せ：<http://www.eucas2007.org/>

9/21

計測技術、ヘリウム、超伝導に親しむ
場所：つくば市(産業技術総合研究所及び筑波大学)
主催：低温工学協会、教育・セミナー委員会
問合せ：物質・材料研究機構 材料ラボ 沼澤健則
Tel: 029-863-5454、Fax: 029-863-5460、E-mail: numazawa.takenori@nims.go.jp

9/22-27

ESF-EMBO Symposium Biomagnetism and Magnetic Biosystems Based on Molecular Recognition Processes

場所：Hotel Eden Rco, Sant Feliu de Guixols(Casta Brava), Spain

問合せ：E-mail: conferences@esf.org、<http://www.esf.org/conferences>

9/25-27

低温物性・超電導特性の測定法

場所：北九州国際会議場 3階 33会議室、小倉市

主催：低温工学協会 九州・西日本支部

問合せ：九州工業大学 情報工学部 小田部 荘司

Tel: 0948-29-7683、E-mail: otabe@cse.kyutech.ac.jp

9/30-10/5

8th international I Symp. On Fusion Nuclear Technology

場所：Heidelberg, Germany

問合せ：<http://iwrwww1.fzk.de/isfnt/>

10/5

「超伝導入門 - 高温超伝導のなぞ - 」

場所：群馬工業高等専門学校 大講義室、前橋市

主催：電気学会 関東支部 群馬支所

問合せ：群馬工業高等専門学校電子メディア工学科 小幡常啓

Tel: 027-254-9160、Fax: 027-254-9080、E-mail: obata@elc.gunma-ct.ac.jp

10/15-16

標準化と品質管理全国大会 2007

場所：虎ノ門パストラルホテル

主催：財団法人日本規格協会

問合せ：Tel: 03-3583-8008、Fax: 03-3582-0698

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (7/19-8/17)

日本システム企画 配管更生装置を拡販 NMR 利用で基本特許 7/19 日刊工業新聞
レアメタル9種 再利用 日鉱金属 100億円投じ大型設備 7/19 日本経済新聞
リニア新幹線「25年開業」 JR 東海の宣言に国は冷淡 7/20 朝日新聞
高温超電導線材 一度に500メートル焼成 昭和電線HD、大型炉導入 7/23 日経産業新聞
電気二重層蓄電器にカーボンネノチューブ 東海大、抵抗4分の1に エルナーが捲回型試作品
100ファラッド超の大容量化めど 7/23 日刊工業新聞
復旧を遅らせた分散電源 出力・周波数とも制御難しく 7/24 電気新聞
東北新幹線 最速320キロ 東京～新青森 3時間に短縮 JR 東日本、2010年度 7/26 朝日新聞
核融合 今秋始動へ 仏で実験炉建設に着手 日米欧など7ヶ国・地域 高出力、CO₂も抑制 核融合発電 実用化へコスト課題に 7/27 日本経済新聞
電力制御用 SMES で実証試験 中部電、安定供給に狙い 効率良く充・放電 信頼性・コスト詰める 7/27 日経産業新聞
安定した電力供給を可能にする 瞬低・停電対策装置 7/30 日刊工業新聞
超電導引き起こす電子 低温で動き高温で動かず 原子力機構など解明 7/30 日経産業新聞
ヘリウム外部放出制御 東大、冷却用システム改良 7/31 日経産業新聞
系統全体で1つのシステムに 運用面はパッチワークのよう 7/31 電気新聞
フッ素系銅酸化物の高温超電導体 反強磁性・超電導が共存 阪大 5層積層構造で確認 従来の定説覆す可能性 室温での開発に道 8/1 日刊工業新聞
棋士の「直感」解明 理研・富士通・将棋連盟 脳の共同研究 「fMRI」など3方法駆使、解析 8/4 フジサンケイビジネスアイ
事故対応に必要な「縦の連携」 提要運用が分散電源も抑制 8/7 電気新聞
三菱電機 陽子線型がん治療装置 九州の施設から受注 8/7 電気新聞
希土類金属・アクチノイド化合物 超電導や磁性の現象解明 原子力機構 8/8 日刊工業新聞
クレーン接触で首都圏停電発生 2回線損傷、「N-2」状態に 8/14 電気新聞
超電導製品 技術規格 国際標準化目指す IEC傘下の委員会 新規参入を容易に 8/15 電気新聞
人間がつくる太陽に輝き 核融合 「ITER計画」今秋スタート 10年がかりで仏に実験炉 競争から協調へ「BA計画」は日本が主導権 有力なトカマク装置に 8/16 日刊工業新聞
超電導材料使い送電実験 住友電工、東電変電所で2010年に 商用施設では国内初 8/17 日本経済新聞
超電導電力機器 実用化支援を強化 エネ庁 製造技術確立へ 8/17 電気新聞
古河電工 超電導開発部を日光に 線材の研究を強化 8/17 電気新聞
素粒子で探る極微の世界 茨城県東海村で建設進J-PARC 来秋以降に実験開始 産業への利用に有効 新材料開発、物性研究に 8/17 日刊工業新聞

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報 世界の動き (2007年7月)

電力

Oak Ridge National Laboratory (2007年7月2日)

Oak Ridge National Laboratory (ORNL)は、R&D Magazine 社から高性能 LMO-HTS 線材の開発で R&D 100 award を受賞した。この賞は、当年の 100 件の最も技術的に優れた新製品に贈られる。SuperPower Inc.と共同で開発した LMOe-HTS は、強度、柔軟性、生産性、歩留まりに優れ、低コストかつ電流密度の高い次世代線材である。これらの優れた特徴は、コイルやモーター、また電力グリッド応用のためには非常に重要である。この線材は 2006 年に 3 度も世界記録を打ち立てた。この線材開発プロジェクトは DOE の Office of Electric Transmission and Distribution 下の高温超電導プログラムから資金を受けて実施された。

出典:

“ORNL wins six R&D 100 Awards, pushing total to 134”

Oak Ridge National Laboratory press release (July 2, 2007)

http://www.ornl.gov/info/press_releases/get_press_release.cfm?ReleaseNumber=mr20070702-00

Zenergy Power plc (2007年7月2日)

Zenergy Power plc は、ドイツ連邦経済産業省から Trithor GmbH が 825,000 ユーロの開発資金を受け取ることになったと発表した。この資金は ELSA として知られている次世代線材の製造方法に関わる技術的、理論的な共同開発プロジェクトのためのものである。ELSA プロジェクトは総額 170 万ユーロ。このプロジェクトの中で、Zenergy は自社技術である低コスト次世代線材製造技術の開発をさらに進めていくことになっている。Zenergy グループは、この技術の産業応用や送配電、医療分野等の重要分野への展開を視野に入れている。RWTH Aachen Institute for Materials in Electrical Engineering, Research Center Jülich, 及び University of Tübingen Institute for Applied Physics もこの技術開発に参加する。さらに、Zenergy は GTT Technologies 社と協力して、次世代線材の更なる進歩を目指した新しい層状材料のシステムティックな開発を加速するための自動計算ツールの開発を行う予定。

出典:

“Government R&D Grant for 2G HTS Wire”

Zenergy Power plc press release (July 2, 2007)

http://www.trithor.com/pdf/press-en/2007-07-02-GMET_Grant_TT.pdf

American Superconductor Corporation (2007年7月11日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、ペンシルバニア州に本拠を置く Power Quality Systems, Inc.の最近の買収により商品群に加わった Power Quality Static VAR Compensator (PQ-SVC™)について、何件かの受注を受けたと発表した。PQ-SVC を使用することにより、電圧の瞬間的な降下や変動を除去し、地域電力グリッドを広域電力負荷に安全に繋ぐことが可能となる。PQ-SVC はモジュールに分解可能で、可搬式であり、現地で構成を変更することができる。PQS 社の買収以来、4 社の新規顧客から総額約 150 万ドルの受注を受けた。新規顧客は、ペンシルバニアの鉄鋼会社、カナダの石油・ガス会社、ウィスコンシンの消費財製造会社、スイスの鉱山会社である。AMSC 社電力システム事業部担当役員、総支配人 Chuck Stankiewicz は次のように述べた。「PQS 社のサイリスタ技術と AMSC 社の制御技術を組み合わせることにより新たな工業用電力製

品を生み出すことができ、また、その製品である PQ-SVC ソリューションが非常に速やかに顧客に受け入れられたことを嬉しく思っている。また、この製品は広い分野の産業から大いに関心を集めている。また、PQS 社の買収により、市場における競合製品と比べても運転コスト、価格面で優れた大型 SVC 製品を顧客に提供できるようになった。」

出典:

“AMSC Receives Series of PQ-SVC™ Orders from Industrial Sector”

American Superconductor Corporation press release (July 11, 2007)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1024832&highlight

American Superconductor Corporation (2007年7月20日)

American Superconductor Corporation (AMSC) は、1株当たり 21.25 ドルで一般株 470 万株を売り出すと発表した。また、AMSC 社は、引き受け会社に 30 日以内にさらに 705,000 株を買い増すことができるオプションを与えた。この新規募集は、2007年7月25日に締め切られる。主幹事会社は Morgan Stanley & Co. Incorporated。

出典:

“AMSC Announces Pricing of Public Offering of Common Stock”

American Superconductor Corporation press release (July 20, 2007)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1028606&highlight

American Superconductor Corporation (2007年7月24日)

American Superconductor Corporation (AMSC)は、中国北京の Sinovel Wind Corporation Limited から 7,000 万ドル相当の風力発電システムの追加発注を受けた。AMSC 社の完全子会社 AMSC Windtec 社は、2008年に Sinovel 社の 1.5-MW 風力発電所向けに調整したシステムを出荷の予定。Sinovel 社最高責任者 Han Junliang は次のように述べた。「中国では以前に増して風力発電産業が強化されてきている。わが社は増加する環境にやさしい風力発電システムへの需要を満たすために全力を挙げているところである。AMSC Windtec 社は、これまでも、そしてこれからも、わが社の重要なパートナーであり、わが社は同社と協力して、中国、世界の風力発電のリーダーの役割を果たしていく。」 Sinovel 社は 2006年には 100 基以上の 1.5-MW 風力発電システムを生産したところであり、2007年には 500 基以上の生産を予定している。

出典:

“AMSC Receives New \$70 Million Order from China's Sinovel Wind”

American Superconductor Corporation press release (July 24, 2007)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1029686&highlight

センサー

Georgia Institute of Technology (2007年7月24日)

ジョージア工科大学では、ナノ構造における機械的な動きを交流ジョセフソン効果を使って測定できることを見出した。この現象を使えば、ナノ粒子の構造及び機械的性質を明確にすることができる。同大学の研究者は原子がジョセフソン接合中を移動するとき、ジョセフソン効果を使ってその動きを検出できるということを発見した。微細な接合を超電導転移温度以下に冷却すると、印加電圧の変化に伴い電気伝導度がわずかに変化するという現象を示した。特に、ナノワイヤーにおいては印加電圧 電気伝導度カーブに付加的な一連のピークが観測された。研究者は、この新たなピ

ークはダイマーの機械的な動きから生じたもので、特定の電圧で電流を変化させるものと推定した。各々の電圧ピークにおいて交流ジョセフソン電流は接合中のナノ構造の振動周波数と共鳴を起こしており、その実験結果と理論的予測が定量的にも定性的にも完全に一致した。同大学 Uzi Landman 教授は次のように述べた。「交流ジョセフソン電流の電磁放射効果を測定できるのみならず、これを使って接合中の原子や分子の機械的な動きを探ることができる。この効果を使って原子レベルの現象を探り、利用できる可能性は非常に興味深いものである。」研究結果は Nature Nanotechnology に掲載の予定。

出典:

“Scientists discover new way to study nanostructures”

Georgia Institute of Technology press release (July 24, 2007)

<http://www.gatech.edu/news-room/release.php?id=1433>

ISCO International, Inc. (2007年7月25日)

ISCO International, Inc.は、2007年6月30日に終了する第2四半期の収支を発表した。全体の純収入は340万ドルで前年同期と同額である。粗利益率は前年の40%から50%に増加。これは現在進めているコスト削減努力の結果である。当期の全体の純損失は、前年同期の120万ドルに対し、当期は80万ドルと改善した。キャッシュフローは前年同期に比べ改善、これはサプライチェーン・マネージメント、在庫管理、生産効率向上によるものである。ISCO社最高責任者 John Thode は次のように述べた。「当産業分野における構造の変化により需要は弱含みではあるが、第1四半期から第2四半期は大幅に改善が見られた。特に、生産効率向上を図り、それに伴い利益は改善している。我々は通年では需要は上向いていくと考えている。」

出典:

“ISCO International Reports Financial Results for the Second Quarter 2007 and Investor Call”

ISCO International Inc. press release (July 25, 2007)

<http://www.iscointl.com/news.htm>

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

NPO 法人未来技術フォーラム「超電導講演会」報告

NPO 法人未来技術フォーラム神戸（事務局長 大森 信）は、平成 19 年 7 月 24 日 セントキャサリンス・カレッジ 神戸インスティテュート(オックスフォード大学) 講堂において、「超電導講演会」を開催した。会場は、六甲山の中腹あたりに位置し、神戸港が一望に見下ろせる素晴らしいところである。講演会は、関係者約 30 名が一堂に会した盛大なものであった。また、講演会終了後、盛大な懇親会も催され、参加者相互の活発な意見交換と交流がなされた。



セントキャサリンス・カレッジ
神戸インスティテュート(オックスフォード大学)正門

講演は、つぎの基調講演 1 件及び特別講演 2 件であった。

1. 基調講演「MRI の強磁場化について」

講師：和田仁氏（東京大学大学院 新領域創成科学研究科）

少子高齢化社会において有力な医療・教育ツールとして期待されている高磁界 MRI について紹介がなされた。現在、診断用として 1.5T の MRI が普及しているが、その分解能、感度及び計測速度を向上し、アルツハイマー、うつ病、脳梗塞、糖尿病などの診断・治療を行うためには、MRI の更なる高磁界化が不可欠とのことであった。

当面、3T 以上 11.7T 級の MRI を開発し、これまでの水素に加え、生体機能研究に不可欠なりん、フッ素、リチウム、炭素核種の NMR 技術が不可欠という。この目的達成のために進めている金属系 Nb-Ti 及び Nb₃Sn 超電導材料を適用した 11.7T (30-50 トン) の MRI の設計例が紹介された。

2. 特別講演「三菱電機の超電導マグネットへの取り組み」

講師：久野和雄氏（三菱電機株式会社 電力システム製作所）



三菱電機株式会社神戸地区で実施されている研究用加速器、半導体単結晶引上装置及び MRI を中心とした超電導マグネット事業並びに ITER や粒子線治療装置への事業展望の報告がなされた。研究用加速器として、理研の RI ビームファクトリーのリングサイクロトロン(8,500 トン、直径 20 m、Al 安定化 Nb-Ti 合金超電導線適用)を開発納入、KEK の J-PARC 50GeV 陽子シンクロトロンを開発中とのことであった。半導体単結晶引上装置はすでに数十台製作済みである。また、1.5T トンネル型 MRI の量産実績、0.7T 開放型 MRI 200 台の米国輸出実績及び 3T トンネル型 MRI を開発中とのことであった。

一方、将来の展望として、ITER ではトロイダルコイル(TF コイル)の製作技術を開発中とのことであった。さらに、粒子線治療装置の放医研をはじめとする 4 件の国内納入実施を踏まえ、シンクロトロンやカントリーの超電導化という難題に取り組み中とのことであった。

3. 特別講演「神戸製鋼グループの超電導分野への取り組み」

講師：濱田衛氏（神戸製鋼所電子技術研究所）

神戸製鋼所グループにおける 43 年の超電導の歴史において、2002 年に資本金 4 億円で設立した現在のジャパン スーパーコンダクタテクノロジー(JASTECH)の前身であるジャパンマグネットテクノロジー(JMT)を 1989 年に設立できたことが、このグループにおける NMR を機軸とする超電導ビジネスの幕開けとなった。以降、高磁界 NMR に不可欠な高磁界用ブロンズ法 Nb₃Sn 超電導線の開発に専念し、920MHz NMR の製作及び 930MHz NMR の製作によって実証できた。しかし、NMR の高磁界化に対応するためには、Nb₃Sn 超電導線などの金属系超電導線の開発に加え、Bi-2223 超電導線を適用する高磁界化の必要性が明らかにされた。すでに、23T 級 NMR のための要素コイルとして、Bi-2223 線材を適用した 4 ダブルパンケーキ型コイルの実験結果が披露された。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学協会 材料研究会「医療分野における超電導応用展開と超電導材料技術」報告

低温工学協会は、材料研究会の主催のもとで、平成 19 年 7 月 27 日 上智大学 四谷キャンパス内 中央図書館にて、平成 19 年度第 1 回材料研究会「医療分野における超電導応用展開と超電導材料技術」を開催した。この研究会は、医学分野における超電導応用側のニーズとこれを支える材料側のシーズ技術の現状を問いかける新しい手法が盛り込まれており、33 名の参加者による活発な意見交換がなされた。

同研究会では、つぎの 6 名の講師がそれぞれ講演を行った。



上智大学 四谷キャンパス内 中央図書館における材料研究会風景

1. 「DDS 技術からの材料への要請」

講師：西嶋茂宏氏（大阪大学）

生体患部へ薬剤を配送する手法の一つとして磁気誘導型薬剤配送システム（MDDS）がある。生体深部 10-20cm にある 100nm 級の薬剤を配送するためには、通常の永久磁石では磁化力と磁気勾配が不十分であり技術課題であった。そのため強磁界化可能な擬似永久磁石であるバルク超電導磁石の適用の可能性が話題になっている。特に、生体深部において 0.3T の磁界と 18T/m に磁気勾配を達成するためには、バルク超電導磁石にも更なる捕捉磁束密度の向上が必要とのことであった。

2. 「DDS ニーズに対応するバルク材料技術」

講師：藤代博之氏（岩手大学）

現状性能のバルク超電導磁石であっても、着磁方法の改良によって捕捉磁束密度を向上させる手法が開発されたとの報告がなされた。臨界温度 T_c 以下の高温における着磁に加え、低温での着磁を重畳する 2 段階パルス着磁法（MMPSC 法）の適用により、45 mm の Gd 系バルク超電導磁石においては、従来法で 3.75T に留まっていたものが、世界最高の 5.2T の捕捉磁束密度を達成できたとの報告がなされた。

3. 「理研での NMR の活用と最近の技術トピックス」

講師：前田秀明氏（理化学研究所、横浜市立大学）

900MHz から 600MHz の NMR 40 台を動員した「タンパク 3000」プロジェクトは、2007 年 3 月成功裏に終了した。おそらく世界最強のこの設備群とたんぱく質の解析技術をもとに、新たに 2 つの事業が開始されている。一つは、一般的なバイオ、材料、有機化学研究のために NMR 施設を外部に開放する事業である。もう一つは、ターゲットタンパク研究事業である。後者の事業には 1GHz 以上を達成する NMR 装置（beyond 1GHz NMR）の開発が必要であり、Bi 系超電導線を適用した電源駆動型 NMR 装置の技術開発が 2006 年から開始されているとのことである。

4. 「NMR 装置用超電導材料技術」

講師：長谷隆司氏（神戸製鋼所）

920MHz や 930MHz の NMR の製作には高濃度 Sn ブロンズ法による高性能超電導線材が適用されていた。しかし、これ以上の高磁界 NMR、たとえば 1GHz (1,000MHz) 以上を達成する NMR 装置 (beyond 1GHz NMR) に適用可能な超電導線候補の一つとして、粉末法 Nb₃Sn が新たに開発できたとのことであった。

5. 「NMR 用バルク超電導材料」

講師：坂井直道氏（超電導工学研究所）

バイオサイエンスや医薬品開発に欠くことのできない 400MHz 以下の小型 NMR の開発が、国際超電導産業技術研究センター、イムラ材料開発研究、理化学研究所及び日本電子株式会社による共同開発により 2006 年 10 月に開始された。このプロジェクトの第 1 ステージ (2008 年 3 月まで) の目標は、バルク超電導磁石を適用して、4.7T の磁界、4Hz/h(0.02ppm)の磁界安定性及び 1ppm 以下の磁界均一度を達成することである。また、第 2 ステージでは 9.4T の磁界達成を目指すとのことであった。

6. 「生体磁気計測における SQUID 技術の応用」

講師：内川義則氏（東京電機大学）

生体の微弱磁気測定における SQUID 技術の役割について、平易な解説がなされた。代表的な生体の微弱磁気測定に SQUID 技術を適用した脳磁図 (MEG) 測定と心磁図 (MCG) 測定がある。MEG 計測における頭表に垂直な磁界成分に加え、脳内の信号源の計測に不可欠な頭表に平行な磁界線分を計測する三次元ベクトル計測用 SQUID 磁束計の報告がなされた。また、高い空間分解能を持つマイクロ SQUID 磁束計の報告もなされた。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

低温工学第2回材料研究会，東北・北海道支部合同研究会

「超伝導材料・デバイス」の最近の動向」報告

東北大学
金属材料研究所
准教授 淡路 智

この研究会は、低温工学協会 東北・北海道支部（通称北支部）が毎年、同材料研究会と合同で開催している研究会である。主に若手研究者を講師に招いて、最近の先端研究を紹介してもらい、東北ならではの趣旨として各地のお祭りに合わせて開催されるが特徴である。

今年は、八戸三社大祭に合わせて7月31日（火）と8月1日（水）の2日間の日程で、八戸工業高等専門学校にて行われた。今回のテーマは、「超伝導材料・デバイスの最近の動向」で、2人の特別講演を含む8人の講師を招いて行われた。

初日は主に基礎に主眼をおいた講演が行われた。秋田大の林正彦先生は磁場侵入長よりも小さいサイズの試料で起こる特異な磁束状態に関して、GL方程式に基づいた研究を紹介した。仙台電波高専の林忠之先生は、高温超電導 SQUID 顕微鏡について最新の研究状況を紹介した。宮城教育大学の内山哲治先生は、高温超電導薄膜作製に関して Y 系と Bi 系の相違点について解説した。特に、結晶成長における次元性の違いや、最適条件の幅の大小についてわかりやすくまとめた解説を行った。東北大学の西寄照和先生は、高温超電導体における複雑な磁束状態に関する研究を解説し、最近の研究として、STM による磁束格子の欠陥などの直接測定結果に基づき磁束の物理について紹介した。初日の最後は、特別講演として八戸高専の長谷川章先生による「チタンジオレート熱分解による角柱状酸化チタンの調製とその光触媒作用」と題する講演が行われた。講演では、八戸が工業都市としての側面を有している事を紹介し、最近製品化が進んでいる酸化チタンについて、本人と地元企業との共同研究による高性能かつ低コストの酸化チタンコート材料の開発に関し、主に合成と効果の観点から講演を行った。

2日目は主に高温超電導薄膜における磁束ピンニングと磁束状態に関する講演が行われた。特別講演として九州大の向田昌志先生は、主に RE123 膜に人工的な装飾を行うことにより様々な人工ピンの導入が可能であり、実際に多種類の人工ピンを導入した薄膜試料を作製し、その特性について興味深い実験結果を紹介した。この特別講演は、低温工学協会北支部と九州・西日本支部との交流ということで行っている。さらに、超電導工学研究所の三浦正志先生は、シード層を作製した上に低温で成膜するという独特の低温合成法で作製した Sm123 膜について解説した。低温で合成することで薄膜成長モードが変化することや、スピノーダル分解に起因していると思われる RE が Ba サイトに置換した結果、低 T_c のナノパーティクルが分散した組織が出来ることで高い臨界電流密度特性が得られる点を、薄膜成長と磁束ピンニングの両方の立場から解説した。東北大学の難波雅史先生は、これら的高特性を示す薄膜について主に c 軸相関ピンに着目し、その磁束状態と磁束ピンニングの両方の立場で解説した。相関ピンの数よりも磁束線の数が等しくなるマッチング磁場よりも高い磁場では、c 軸相関ピンの種類によって磁束ピンニング相図が異なる点を紹介した。

初日の夜は八戸三社大祭の前夜祭で、町中には各グループ毎に作られた力作の山車が飾られ、その前では高校生以下の子供達がお囃子を奏で、山車とともに迫力のあるお祭りであった。その余韻の中で、翌日に影響が出ない程度に八戸の山海珍味に舌鼓を打った。本研究会は毎年東北の祭りを巡り、来年は大曲の花火大会を予定している（未確定）。多数の皆様の参加をお待ちしている。

2007 Space Cryogenics Workshop (7/12-13) 報告

住友重機械工業株式会社
量子機器事業部
平林誠之

2007 Space Cryogenics Workshop (SCW) は NASA/ Marshall Space Flight Center の主催により 7 月 12 日～13 日、米国アラバマ州ハンツビルで開催された。今回で 22 回目を迎える Space Cryogenics Workshop は 1980 年以來、宇宙低温工学のワークショップとしてほぼ毎年開かれており、Cryogenic Engineering Conference (CEC) が開催される年には連動して開催されるのが慣わしとなっている。CEC が米国最大の低温工学の会合であり、数百名が参加し、産業機器から宇宙機器まで幅広い低温工学を扱うのに対して、SCW は参加者も数十名と小さく、宇宙関係（宇宙機器のための地上装置も含む）という限定されたテーマを深く議論するのが特徴である。



会議が行われた Embassy Suites

今回の参加者は全体で約 80 名、日本人は 6 名、ヨーロッパからも 5～6 名の参加者があった。全体は機器冷却に関する 2 つのセッション、月探査に関するセッション、低温推進系に関する 2 つのセッション、冷凍機およびマグネットに関するセッションの合計 6 つのセッションから成り、全部で 25 件の発表が行われた。

今回の SCW の最大の特徴は、副題に“Space Cryogenics in the Age of Exploration Agenda”とあるように、米国の有人月・火星探査計画に関する発表が約半数を占めていることである（月探査及び低温推進系のセッションのほとんどは月・火星探査計画関係の発表である）。同計画絡みでは、月面上でタンク内の極低温の燃料を長期間保持するための研究（Hamilton Sundstrand）、宇宙空間での低温燃料の移送（NASA Glenn Research Center）などの発表があった。ロケットの推進を軌道上で長期間保持するための研究も盛んで、Boeing および Lockheed-Martin からはクライオスタットのよう蒸発した燃料で断熱シールドを冷却するシステムが、NASA/Kennedy Space Center からはエアゲルを液体水素タンクの断熱材に使用したユニークな研究が発表され目を引いた。発表の中で、今でも 40 年前のアポロ計画時の実験結果を利用しているという事実を目の当たりにし、改めてアメリカの底力を感じた。（予算不足で、新たに大規模な実験できないという事情もあるようだ）

米国の発表が、月・火星探査関係に集中する一方、ヨーロッパからの発表は X 線天文衛星 XEUS、赤外線天文衛星 Herschel 及び DARWIN などの科学衛星ミッションに関する発表が計 4 件あった。日本からは赤外線天文衛星「あかり」の熱設計と軌道上性能（住友重機械）、次期赤外線天文衛星 SPICA の冷凍機開発成果（JAXA）、液体水素ジェット流の数値シミュレーションの研究（東北大）が発表された。

超電導関係では、NASA/Goddard Space Flight Center から ADR 用の Nb₃Sn ワイヤーを用いた軽量マグネット（10K で 5.25A、中心磁場 4T）の実験に成功したとの報告があった。

今回の SCW に参加し、従来フォーム材等の比較的シンプルな外部断熱に頼ってきたロケットの推進タンク断熱技術に新たな冷却技術が応用され、軌道上での運用を目指し高度化しようとしていること。一方、衛星搭載機器に対しては、機械式冷凍機のフライト実績を背景に、従来の寒剤を用いた冷却システムから、寒剤フリーで機械式冷凍機 + 放射冷却ラジエータという組み合わせに移行しつつあるという流れを強く感じた。



会場入口で談笑する参加者

[超電導 Web21 トップページ](#)

CEC-ICMC2007 (7/16-20) 国際会議報告

高エネルギー加速器研究機構
素粒子原子核研究所
教授 春山富義

CEC/ICMC2007 は2007年7月16日～20日の5日間、アメリカ、テネシー州、チャタヌガ国際会議場で開催された。今回は特に決まった会議テーマは掲げられていなかった。主催者の情報によると、世界28カ国からの会議参加者数（フル参加）は約510名、内訳は米国406、日本60、ドイツ32、フランスとポーランドが23、スイスと韓国が19名で、日本は外国からの参加者数第1位である。40社以上がポスター会場に隣接して活発な展示を行っており、130名程の企業展示関係者の参加があった。チャタヌガはテネシー州で4番目の都市で、南北戦争の激戦地になったところである。会議場のコンベンションセンターは壮大で、数万人規模の催し物ができるとのことである。本会議に先立ち、前日にはCSA（Cryogenic Society of America）主催の恒例 Short Course が行われた。2件のCEC関連1日コース（Cryocooler とヘリウム冷凍機最適設計）と4件のICMC関連2時間コース（低温超電導、高温超電導、金属合金材料、非金属材料）が今回のトピックスであった。

今回から論文提出がすべて電子化された。WEBサイトから投稿、修正、著作権委譲の手続きをすることになった。プロシーディングスはハードカバーのAdvances in Cryogenic Engineering Vol.53-54、CD付で出版される予定である。

4日間の会議は、毎日朝8時からまず各賞受賞の紹介が日替わりで行われ、引き続き1件のプレナリ講演、ポスター発表、パラレル口頭発表が夕方まで続いた。今回のSamuel Collins賞はMMR（Micro Miniature Refrigeration）の開発者であるW.A. Little氏に贈られた。また日本からは横浜国大の中村、塚本氏、新潟大の小川氏らのYBCOテープに関する論文がICMC Best Paper賞を受けた。

初日のプレナリ講演は低温材料の長年の研究が評価されCryogenic Materials Award for Lifetime Achievementsを受けたフロリダ州立大のD.C. Labalestier氏による“Are New Superconductors ready for Prime Time yet?”であった。低温金属超電導体、高温超電導体、MgB₂などについて特に高磁場、超高磁場応用の可能性を材料開発の視点からレビューした。

2日目のプレナリ講演はCOBEミッションで2005年にノーベル賞を受賞したスタンフォード大のJ. Mather氏が“How Cryogenic is Revolutionizing Astronomy and Astrophysics”というタイトルで宇宙での科学ミッションにいかに関わって成果を挙げているか、NASAの生い立ち、COBEミッション成功、ノーベル賞授賞式の様子などを交えてわかりやすく語った。

プレナリ講演の3日目は日本の原子力エネルギー機構の中島氏の“Cryogenic Structural Materials for the ITER Superconducting Magnets”であった。1985年にジュネーブでレーガン・ゴルバチョフ合意に始まるITERの歴史、昨年の最終合意までの説明、全体規模などが報告された。特にITERで使用される超電導、低温材料については綿密に行われている検討内容が紹介され、日本国内における標準化の体勢等が報告された。

4日目はAGL ResourcesのR.T. Rogers氏による“Overview of the Liquefied Natural Gas (LNG) Industry”という講演があった。

プレナリ講演以外の特にCECの低温技術関連では、小型冷凍機、とくにパルス管冷凍機の研究・開発が米国では盛んだ。軍、宇宙、電力と関連しているのだろうが、冷凍機産業、大学からの発表が相次いだ。CEC関連のセッション総数はポスターも含めて50、そのうちの10セッションが小型

冷凍機に関係していた。小型冷凍機のセッションでは質疑応答も盛んで、しばらく前の国内低温工学会におけるパルス管冷凍機セッション最盛期の盛り上がりを彷彿とさせた。トピックスはスターリング型パルス管冷凍機で 4K を達成している点で、³He ガスの使用に伴い高周波駆動の作業ガスとしての基礎的な検討も報告されていた。また大学の授業で使っているというスターリングパルス管冷凍機の作り方を紹介する発表も興味深かった。今、パルス管冷凍機、とりわけスターリング型に関しては、色々な意味で大きく水を開けられているという危惧を抱いた。

なお、2006 年の Cryogenics 誌 Best Paper Award が S. Triqueneaux 氏らの “Design and performance of the dilution cooler system for the Plank mission” に贈られると発表された。最後に、次回の CEC/ICMC は 2009 年 6 月 28 日～7 月 2 日にアリゾナ州ツーソンで開催されること、関連国際会議として ICC (小型冷凍機国際会議) が 2008 年 6 月 9 日～11 日にカリフォルニア州ロングビーチで、また ICEC22/ICMC2008 が 7 月 21 日～25 日に韓国ソウルにおいて開催されること等が紹介された。



企業展示会場



活発な議論が行われた
並列セッション
口頭発表会場

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

高温超電導の謎に迫る (その5)

東京大学
大学院理学系研究科
教授 内田慎一

5 回目は、これまで掲げた高温超電導の謎に対して、我々の理解はどこまで進んでいるのか、謎相互の関連、解明へ向けてのポイントは何かについて述べる。

5.1 斥力が引力か？

この問いに対する最終決着は多分、最後の最後になると思われる。他のすべての謎が矛盾なく、皆が納得する形で解明されて、初めて理解されることになるであろう。現在、我々は斥力だけでもクーパー対が形成されるメカニズムが(理論的に)存在することを知っている(RVB理論と一般的に呼ばれている)。前回(その4)述べたCuO₂面の特殊な舞台が、通常、反強磁性(AF)秩序の形成をもたらす斥力を対形成に向くよう働かせる。斥力が強い対形成はT_cのかなり上(T*)から始まり、超電導ギャップの前触れとして「擬ギャップ」をもつ状態を用意する。T_cがT*に比べ低いのは、対の位相を揃えるのに必要な超流動密度がアンダードープ域では不足しているからと考える。

一方、CuO₂面で躍動する俳優達を見ると、引力の起源となる接着剤(ボソン)の役割を果たす存在にも事欠かない。スピン・電荷・フォノン等多くの自由度が「引力源」となりうる。特に、複数の秩序が競合しているため、その境界でスピン・電荷・フォノンが複合した強力な接着剤(ゆらぎ)が生じる可能性がある。理論的に想定されているのは、「擬ギャップ相」と呼ばれる相と正常金属(フェルミ液体)相との境界である(量子臨界点と呼ばれ、T_cが最高値を示すドーピング量x=0.16~0.20にあるのではないかと考えられている)。d波超電導は、この相境界近傍に発生するとされる。

5.2 d波クーパー対と乱れ

s波のBCS超電導が磁性不純物に弱いものに対して、d波超電導は格子欠陥や非磁性不純物により容易に破壊される。現実のCu酸化物は、乱れだらけの結晶であるのに、何故d波超電導が高い温度まで安定なのかという謎である。この問題に対する理解は現在かなり進んでいる。

まず、乱れの場所が重要である。Cu酸化物結晶は乱れているとはいえ、乱れはCuO₂面外に存在している。従って、面内のキャリアがこの乱れから受ける影響は比較的弱いと考えられる。キャリアは乱れにより散乱されて、その運動量を変化させる。乱れの影響が弱い場合は、運動量変化が小さくなるため、d波超電導秩序パラメータの符号の変化による対破壊が起こり難くなるのである(図1、その4参照)。

超電導の発生に重大な役割を果たしていると考えられる擬ギャップ状態(相)においては、面間(c軸方向)の電気伝導が著しく抑制されている(その3)。擬ギャップの存在によりキャリアがCuO₂面内に強く閉じ込められていることを意味している。従って、面外の乱れの影響を増々受け難い状況が実現しているのである。

d波クーパー対と乱れとのパラドックスは以上のように理解されている。しかし、高温超電導は、

いつも一筋縄ではゆかないのが常であり、この問題にも別の側面がある。乱れが CuO_2 面に隣接する頂点酸素を含む面にあるときは、やや複雑な事態が起こり、 T_c を減少させるのである。この T_c に関連した問題は最終回（その6）で議論する。

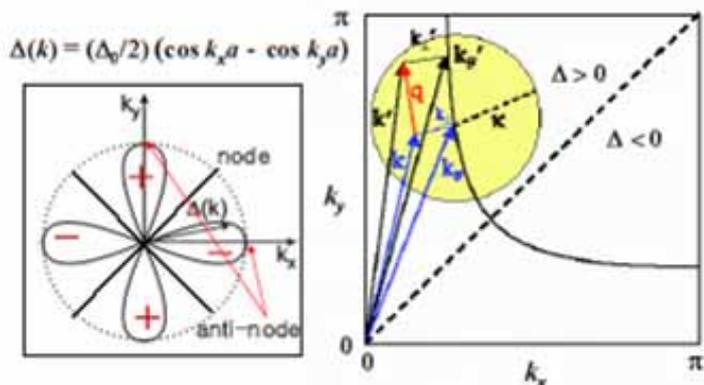


図1 d波超電導ギャップの運動量依存性。弱い散乱の場合、ギャップの符号が変わり難い。

5.3 競合相（秩序）と電子相図

正孔をドーピングされた CuO_2 面で実現するのは d 波超電導相だけではない。最初に見つかった La 系におけるストライプ相は、超電導が出現する前の稀薄ドーピング域 ($0.02 < x < 0.08$) そして $x=1/8$ の近傍で超電導相に打ち勝っている。La 系以外でも、稀薄ドーピング域、アンダードーピング域の、 T_c と T^* との間の温度領域、そして $T=0$ K 近くでも超電導相と共存する形で、超電導とは異なる「状態」の存在が確認された。この正体は未だわからないものの、一括して「擬ギャップ相」と呼んでいる。未だ論争はあるが、ストライプ相は La 系における特殊事情、例えば結晶格子の変形、により「擬ギャップ相」が形を変えたものであると見ることができる。

擬ギャップと超電導とのかかわりを理解するためのポイントは、高温超電導体の電子相図を決定、理解することである。本連載で2度（その2及びその3の図1）相図を示した。前者は擬ギャップの存在を、後者は正常金属の存在を無視している。現状では完全な相図の決定に至っていない。その困難さは、相図の横軸がドーピング量であることから来る。物質によりドーピングの化学プロセスが異なり、局所的なドーピング量の多少が熱力学的に存在する。また、多くの場合、ドーピングにより結晶の乱れが導入され、相競合・共存状態を微妙に変化させてしまう可能性がある。物質によっては、ドーピング可能な範囲が限られており、すべての領域をカバーできない場合もある。

特に、論争の的となっているのは、擬ギャップの $T^*(x)$ と超電導の $T_c(x)$ との関係である。(a) 高ドーピング域で両者が漸近するのか、(b) T^* が T_c の曲線と交差し貫いているのが問題になっている(図2)。前者の場合は、

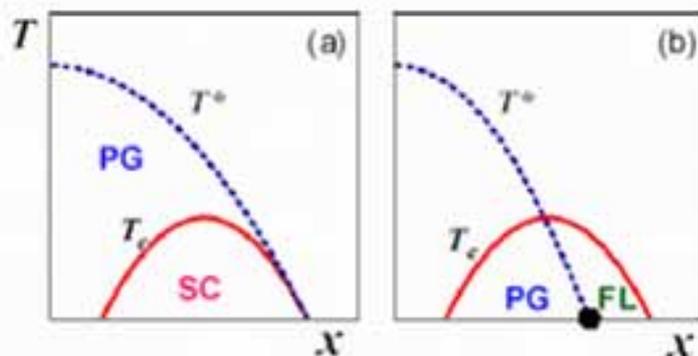


図2 2つの有力な電子相図。SC、PG、FL は、それぞれ、超電導相、擬ギャップ相、正常金属相を表す。

5.1 で述べた量子臨界点の存在を示唆しており、引力起源のクーパー対を支持する。また、擬ギャップ相は超電導相とは異なる相ととらえることができるであろう。後者の場合は、擬ギャップは超電導の前駆的なもので、斥力起源のクーパー対形成説を利することになる。

5.4 1つのギャップか2つのギャップか？

相図が(a)か(b)かという問題の解決のヒントになると考えられているのが、擬ギャップ、超電導ギャップの大きさである。両者の大きさ、ドーピング依存性が決定的に異なれば、それぞれが別の状態(相)を表していることになるであろう。この問題に焦点をあてた分光実験が最近行われている。光電子分光(ARPES)¹⁾、STM/STS、そしてラマン散乱²⁾、いずれの実験も2つの大きさの異なるギャップ(Δ_1 、 Δ_2)を検知している。 T^* と T_c との大きさの違いをなぞって、大きなギャップ Δ_1 は擬ギャップ、小さなギャップ Δ_2 は超電導ギャップと解釈されている。事実、両者はそれぞれ、 $T^*(x)$ 、 $T_c(x)$ と似たドーピング依存性を示す。また、 Δ_1 と Δ_2 は高ドーピング域で1つに収束する(図3)。この意味では、相図(a)を支持しているように見えるが、どの実験も「ギャップに焦点をあてている」ことに注意が必要である。ギャップを持たない正常金属(フェルミ液体)の存在は無視されている。実際の物質では、高ドーピング域で正常金属相が混在してくるのである(相図(b)を支持するように)。

注意しなければならないのは、両者とも運動量に依存するd波的なギャップであり、ギャップの大きさは、最小値0から最大値 Δ_0 まで分布していることである(図1)。観測された Δ_1 と Δ_2 が、どの運動量でのギャップ値であるかが問題である。 Δ_1 はアンチノードの運動量に対応する最大値であることは疑いないが、 Δ_2 に関しては解釈が分かれる。d波超電導ギャップの最大値であるという解釈(ARPES)に対して、STM/STSとラマンはノード近くの運動量での値であると解釈している(図4)。前者は、2つの異なった相に付随した2つのギャップという説を支持している。後者は、基本的に1つのd波ギャップが存在しているが(電子対形成のための

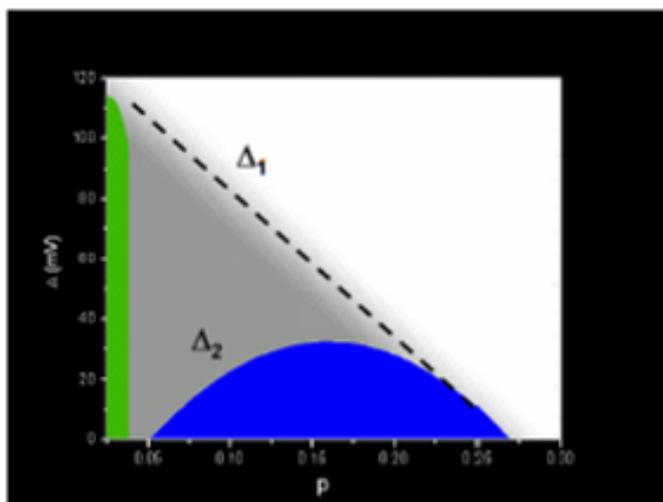


図3 最近の分光実験で観測された2つのギャップ(Δ_1 、 Δ_2)のドーピング依存性。

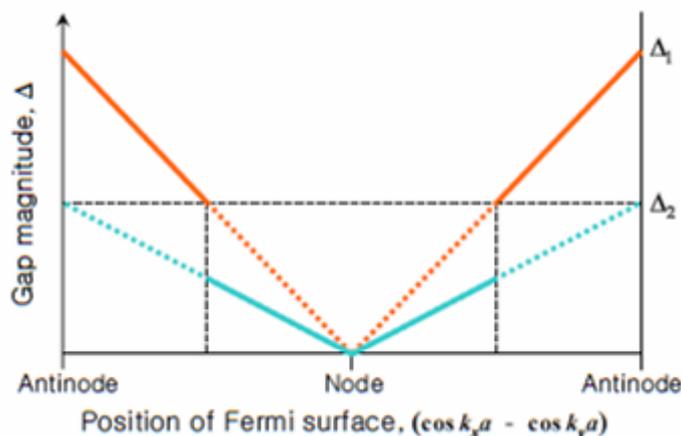


図4 ギャップの運動量依存性と2つのギャップ(Δ_1 、 Δ_2)の解釈。ARPESは橙色と水色の実線部分を観測していると主張。STM/STSとラマンは、橙色の線上の2点のギャップ値と解釈している。

ギャップ) その位相が揃ってクーパー対として振舞うのは、ノードを中心とした限られた運動量領域であるとの説を支持する。データ、解釈が収束するまでに多少の時間が必要であるが、その時には、擬ギャップに対する理解が大きく進展することになるであろう。

5.5 まとめ

「擬ギャップ相」は影のように「超電導相」につきまとっている。ドーピング不足で超電導相形成に至らないとき、温度を上げて T_c で超電導秩序を壊したとき、また磁場をかけて、磁束芯の近くの超電導秩序を弱めたとき、更には、 CuO_2 面を 3 枚以上もつ多層系の内側の CuO_2 面で、必ず「擬ギャップ相」が顔を出し、場合によっては超電導相と入れ替わる。この「擬ギャップ相」の起源と「超電導相」とのかかわりを理解しなければ高温超電導のメカニズムの解明には至らないということと多くの研究者の意見は一致している。

参考文献

- 1) K. Tanaka *et al.*, Science 314, 1910 (2007).
- 2) M. Le Tacon *et al.*, Nature Physics 2, 537 (2006).

[超電導 Web21 トップページ](#)

読者の広場

Q&A

Q：「風力発電に超電導技術は役立つのでしょうか？」

A：超電導の特長は、電気抵抗がゼロになるのと同程度しくはそれ以上に重要なのは電流密度が銅の2桁以上大きいことです。このため、銅線では考えられないような高い磁界を大きな空間に非常に小さな損失で発生できる点です。従って、超電導を電気機器に応用すれば、高効率化とコンパクト化、軽量化を同時に実現できることです。ただし、超電導のこのような特長を生かすするためには、超電導の特長を活かすような設計をしなければなりません。つまり、従来 機器の銅線の部分をただ超電導化したのでは、単に銅の抵抗分が減るだけで、超電導化のメリットを生かすものではありません。

さて、風力発電機について超電導技術が役立つのかについて述べます。

現在、風力発電システムの大容量化開発が主としてヨーロッパで精力的に行われています。ヨーロッパでは、CO₂削減、電源の多様化の観点から風力発電システムに対する関心が強く、すでに多くのシステムが導入されています。風力発電システム単機の大容量化は1つのサイトでの発電総容量を大きくできて、発電コストも下げることが可能になり、大容量化は時代の流れとなっています。

近年、2MW機が実用化され多数導入されており、次のステップとして、5MVAのプロトタイプ機が開発され、現在その性能評価が行われております。さらに、10MVA級の大容量機実現に対する期待が高まっています。大容量化にあたっては、回転翼の径を大きくしなければならず、回転翼端の速度は騒音の関係からあまり大きくできず、したがって、回転翼の回転速度が小さくなるざるを得ません。このため、風力発電システムでは容量が大きくなるにしたがって、発電機の重量（増速ギアを用いる方式ではその重量も含めて）は、容量に比例する以上に増すことになります。一方、発電機の単機容量が増すと、現在多くの風力発電機が採用している増速ギア/誘導発電機システムでは出力変動が電力系統に与える影響が大きくなり、系統導入上の制約がきつくなる可能性があります。さらに、大容量化に伴い増速機の入力トルクが巨大になり、増速機の開発が難しくなります。このため、増速機を用いない直接駆動方式、かつ、電力系統への親和性のよい同期発電/電力変換装置方式が有利になります。しかし、このような発電方式では、5MVA級のものが開発中ですが、発電機が非常に大きくなり、ナセル（タワーの頂部に載せてある部分）の重量が500tにもなっています。このため、従来技術では5MVA級が容量的な限界と考えられ、技術的なブレイクスルーとして上述した特長を持つ超電導技術の応用に対する期待が高まっています。

実際、すでに前回の記事（ISTEC 超電導技術動向報告会の紹介「各国の超電導回転機の研究開発状況と動向」）で述べてあるように、英国のConverTeam社が超電導機の8MVA機的设计を完了しそのメリットを明らかにしております。また、NEDOの風力発電機の超電導化FS委員会においても、超電導化による大幅な発電機重量の低減が可能であることが示されています。

以上のように、超電導技術は風力発電の大容量化に大いに役立つと期待されております。

回答者： 横浜国立大学
名誉教授 塚本修巳 様

[超電導 Web21 トップページ](#)