

## 掲載内容 (サマリー):

### 特集: ISS2004

第17回国際超電導シンポジウム(ISS2004)開催  
ISS2004 トピックス: 物理、化学分野  
ISS2004 トピックス: バルク及びその応用分野  
ISS2004 トピックス: 線材及びその応用分野  
ISS2004 トピックス: 薄膜・接合、デバイス分野  
CCA2004 のトピックス

超電導関連 '04/12 - '05/1 月の催し物案内

新聞ヘッドライン (10/20-11/19)

超電導速報 - 世界の動き (2004年10月)

標準化活動 - 2006年第10回 IEC/TC90 超電導国際会議サイト、京都に内定 -

第3回 低温工学材料研究会/九州・西日本支部 合同研究会

2004年秋季低温工学・超電導学会から

2004年度第6回冷凍部会例会 - 国際会議報告会 -

隔月連載記事 - ITER 超電導コイル開発への道のり (その6 最終回)

読者の広場(Q&A) - 国際超電導産業サミットとはどのような会議ですか?

[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。

## 第 17 回国際超電導シンポジウム(ISS2004)開催

(財)国際超電導産業技術研究センターは、平成 16 年 11 月 23 日(火)～25 日(木)の 3 日間、新潟コンベンションセンター(朱鷺メッセ)で第 17 回国際超電導シンポジウム(ISS2004)を開催した。ISS は国内外の超電導に関する研究と技術開発の成果発表と国際交流を通して、超電導産業技術の開発と実用化の促進、一般社会への普及・啓蒙を図ることを目的に毎年開催しており今年で第 17 回目を迎えた。今回、海外参加 115 名を含め総参加者 613 名、参加国 24 ヶ国となり、従来に比べ海外からの参加者の増加が見られた。発表は招待講演者 73 名を含め、口頭講演 144 件、ポスター講演 354 件の合計 498 件となり昨年より 54 件の増加となった。講演の論文は論文誌 Physica C (Elsevier B.V.) の特別号として出版される予定。また、企業 9 社による超電導関連材料と製品、技術の展示会も同時開催された。

第 1 日目は田中 ISTE C 副理事長の開会挨拶、中川経済産業大臣(代読 関東経済産業局 地域経済部長 楠田昭二氏)の来賓祝辞に続き、岸尾光二氏(東京大学)、X.Obradors 氏(Institut de Ciencia de Materials de Barcelona)の両プログラム委員長の司会で、2 件の特別基調講演と 6 件の基調講演が行われた。特別基調講演では、田中昭二氏(ISTEC-SRL)が「超電導応用の新たな幕開け」、また、D.E.Peterson 氏(ロスアラモス国立研究所)が「米国における次世代線材開発について」講演された。基調講演では、H.C.Freyhardt 氏(ゲッチンゲン大学)が「欧州における酸化物超電導体開発のトピックスについて」、塩原 融氏(ISTEC-SRL)が「日本における高温超電導次世代線材開発の動向について」、立木 昌氏(物質材料研究機構)が「高温超電導体からのテラヘルツ発振について」、村上雅人氏(芝浦工業大学)が「RE-Ba-Cu-O バルク超電導体の最新動向について」、J.Clarke 氏(カリフォルニア大学バークレー校)が「SQUID の新しい応用について」、藤巻 朗氏(名古屋大学)が「SFQ マイクロプロセッサの開発について」講演された。また、夕方からバンケットが開催され、参加者の活発な交流の場が提供された。



開会式



開会挨拶をする田中 ISTE C 副理事長

第2日目、3日目は、物理・化学及び磁束物理、バルク/システム応用、線材・テープ/システム応用、薄膜・接合/デバイスの4分野に分かれての口頭発表と、2回のポスターセッションが開催され、熱心な報告と討議がなされた。

物理・化学分野では、「磁束物理：単一金属から高温酸化物へ」「ナノスケールでの超電導」と題する2つのミニシンポジウムが企画され、超電導の新材料について及び高Tc銅酸化物の超電導機構の解明などの最新トピックスが議論された。バルク/システム応用分野では、液体酸素温度での磁気浮上や微弱重力空間での大型バルク製造などの最新トピックスや、フライホイールの超電導軸受け、超電導発電機、移動型磁気分離装置などの応用について最新成果の報告と議論がなされた。線材・テープ/システム応用分野では、日米欧における線材・テープに関する最新の開発成果、さらに電力機器分野での応用などが報告され活発な議論が行われた。薄膜・接合/デバイス分野ではSFQ回路によるマイクロプロセッサの開発、超電導デバイスのマイクロ波分野への応用、SQUIDの広範囲な分野への応用などが報告された。

第3日目午後のクロージングでは、平田和人氏(物質材料研究機構)が物理化学・磁束物理分野を、D.A.Cardwell氏(IRC in Superconductivity)がバルク/システム応用分野を、D.E.Peterson氏(ロスアラモス国立研究所)が線材・テープ/システム応用分野を、田辺圭一氏(ISTEC-SRL)が薄膜・接合/デバイス分野の各発表をそれぞれ総括された。最後にISS2004組織委員長のSRL 田中所長から閉会スピーチがあり、来年10月24日から26日の3日間、つくば市で開催予定のISS2005での再会を願って盛会裏に閉幕した。



オーラルセッション



ポスターセッション及び展示会

(ISTEC 調査・企画部長 佐伯 正治)

[超電導 Web21 トップページ](#)

## ISS2004 トピックス：物理、化学分野

物質・材料研究機構  
超伝導材料研究センター  
平田和人

物理化学分野は物理化学（PC）磁束線物理（VP）の2セッションからなり、本会議ではミニシンポジウムとして、“磁束線物理 - 単純金属から高温超電導体 - ”、“ナノスケールの超電導”の2テーマを企画した。

ナノスケールの超電導ではナノスケールで高温超電導体に観察される構造、チェッカーボード（STM）動的・静的ストライプ構造（中性子散乱）と超電導、磁束線ピン止めナノ微細構造とピンニング効果等に焦点が当てられた。前者では、いわゆる、超電導相より高温側 100K 付近の擬ギャップ状態で STM によりチェッカーボードが観測された報告があり、中性子散乱、磁場中の抵抗の温度依存性からストライプ構造の存在が示唆された。キャリア濃度に依存した組成の不均一性が指摘されているが、抵抗測定、比熱測定等の結果では不均一性の可能性は否定された。La 系での常電導状態での超電導相の出現についても走査 SQUID 測定で現れていないことが報告された。超電導、常電導状態の相図は隠された秩序として電子状態にどのような秩序があるのか、そのゴールにはまだしばらく時間がかかりそうである。また、新超電導材料探索研究も活発で、超電導転移温度 7.8K の Li-Pd(Pt)-B 系、最高約 10K のボロン添加ダイヤモンド薄膜、最高 9.6K の酸化物パイロクローアの発表があった。

磁束線分野では、昨年、Abrikosov 博士にノーベル賞が贈られたことを記念してミニシンポジウムが企画されたが博士は出席することができず、誠に残念であった。理論的な磁束線物理の現状として、高温超電導体では熱的揺らぎと異方性に関連して、ジョセフソン磁束系の磁気相図が統一的に述べられ、磁束線コアに関してはスピン、電荷密度波を考慮した計算結果が示された。金属系ではフェルミ面形状を考慮した上部臨界磁場の数値計算結果が実験値をうまく説明しており、実験室にとっては有益な方法となるであろう。実験面では高温超電導体への磁束線の点、線、面状ピン止め中心（重イオン照射による柱状欠陥、双晶、不純物）と磁気相図について講演がなされ、ピン止めされた磁束線の磁気相図が議論された。これらのピン止め中心は応用上重要であり、熱力学的にどのような磁気的な相を形成しているか、詳細な議論が今後とも必要であろう。また、磁束線のダイナミクスとしての動力的摩擦状態、量子磁束線液体状、CeCoIn<sub>5</sub> 超電導体磁気相図での FFLO 相の実験的証明等が発表された。高温超電導体の磁束線物理に限らず、金属系でも着実な進展が見られ、測定技術や微細加工構造技術の発展と関連して、*d*-dots の磁束線物理も仲間入りし、磁束線物理として新しい時代を迎えつつある。

[超電導 Web21 トップページ](#)



## ISS2004 トピックス：バルク及びその応用分野

芝浦工業大学  
工学部 材料工学科  
教授 村上雅人

バルク超電導体およびシステム応用のセッションに関しては、全体的にプロセス、評価、高性能化および応用の各分野で確実な進展が伺えた。

プロセスに関しては、芝浦工大の藤倉らが、有機バインダーを前駆体に少量添加したうえで、種々の加工を施し、その後溶融プロセスを行うことで、複雑な形状をした成型体が比較的簡単に製造できることを報告した。また、ISTECの坂井らは、宇宙実験において、 $Gd_2BaO_4$ の針状結晶が一部の試料で観察されたことから、この化合物を原料として、Ba-Cu-Oを浸透させるプロセスを考案し、140mm直径程度の大型Ga-Ba-Cu-Oバルク体製造が可能となることを報告した。

高性能化に関しては、臨界電流向上の鍵を握るピンニングセンターに関して、ケンブリッジ大学のCardwellらは、 $YBa_2(Cu_x, M_{1-x})O_6$ 組成の化合物がナノオーダーの大きさでマトリックス中に均一分散し、臨界電流密度が向上することを報告した。東京海洋大学のXuらは、 $GdBa_2(Cu_x, M_{1-x})O_6$ で同様の試みを行ったが、Y系ほどは微細にならなかったと報告した。ISTECの成木らは、 $BaCeO_3$ が有効なピンニングセンターとして作用すること、さらにCeサイトをZrで置換することで微細化が可能であることを報告した。ISTECのMiryalaらは、希土類混合系において、Zrを含むGd-Ba-Cu-O化合物が微細に分散することで90Kにおいても良好な臨界電流特性が安定的に達成できることを報告した。Cardwellは、この化合物は、彼らが報告した $YBa_2(Cu_x, M_{1-x})O_6$ である可能性を示唆した。

バルク超電導体の評価に関しては、Austria大学のWeberらが、永久磁石とホール素子を同時に走査する手法により、非破壊かつ低電磁力下で性能評価する手法について報告した。捕捉磁場測定に比較して、バルク体に対するダメージが非常に小さいうえ、捕捉磁場では得られないミクロな情報が得られるという利点がある。同様の手法はISTECの河野らによっても報告されている。また、岩手大学の藤代らは、岩手大学がバルク超電導体に関する機械特性および熱的特性に関するデータベースを構築し、広く一般に公開していることを報告した。

応用に関しては、IPHTのGawalekらが、ヒステリシスモータおよびロシアにおけるバルク浮上による磁気浮上列車開発について紹介した。また、SiemensのKummethらは、バルクを用いた高性能ベアリングを400kW超電導モータに適用する計画があることを報告した。ISTECの市原らは、国家プロジェクトとして進めてきた10kWhフライホイール用の超電導磁気ベアリングの構造と、その運転結果が目標をクリアできたことを報告した。イムラ材料開発研究所の柳らは、60mm直径のSm系バルク超電導体で8Tの磁場を安定に捕捉できる励磁方法について報告し、そのマグネトスパッタリングへの応用に関して報告した。

また、ミネソタ大学の松村らは、天体物理観測用の偏光計の回転部分に超電導ベアリングを使用する計画について説明した。九州大学の前畑らは、1.8Kで20,000Aを流すことのできるYBCO系の電流リード開発について報告した。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## ISS2004 トピックス：線材及びその応用分野

線材分野では、口頭発表 38 件を含む 150 件以上の発表が、前年度との比較においても増加傾向にあり、応用へ向けて期待の大きな分野であることが伺われた。中でも、発表件数の半数以上を Y 系線材に関するものが占めていた。以下にはこれらを中心に主な内容をまとめる。

Y 系線材開発においては、日米欧の三極での開発競争が繰り広げられおり、これを韓国、中国が追いかける構図となっている。特に長尺線材に関しては日米が他を引き離している状況にある。日米欧の最近の開発状況は、Plenary Lecture の中で Shiohara 氏(SRL-ISTEC)、Peterson 氏(LANL)及び Freyhardt 氏(Goettingen 大)からそれぞれ紹介された。最近、開発の指標とされている  $I_c \cdot L$  積に関して進展をまとめてみると、昨年の ISS の時点ではフジクラの IBAD-PLD 線材で得られた 3800Am(100m x 38A)が最高で Goettingen 大の 2250Am(10m x 225A)が続いていたのに対し、今夏に米国の IGC SuperPower 社が 7000Am(100m x 70A)を IBAD-PLD 線材で達成するとともに、AMSC 社が、配向金属基板上に TFA-MOD 法で超電導層を形成することにより 5100Am(46m x 182A/cm)を実現し、上記データに取って代わった。これらの流れを受けて ISS では、日本の巻き返しが期待されていた。結果的には、フジクラが 13230Am(105m x 126A)の新記録を出し、これに続いて SRL-名古屋が 8335Am(46m x 182A)を達成し、上位 2 位を取り戻した。

その他のトピックスとしては、IBAD 基中間層基板を用いた線材で、SRL において超電導層形成技術に TFA-MOD 法を用い、413A の高  $I_c$  を実現し、16m 線材の作製にも成功している。また、SuperPower 社において MOCVD で高特性長尺線材(62m x 100A/cm = 6200Am)を得ている。一方、配向金属基板を用いた線材では、上記の AMSC 社の成果に代表されるが、それ以外の手法としては、イタリアの EDISON 社による共蒸着法による成果が注目された。これは、共蒸着法での低温合成の特徴を生かした  $CeO_2$  単層中間層構造を実現し、2m 長で 120A/cm の線材を得ている。

また、最近のトレンドとして、磁場中での特性向上を目指した人工ピンの制御技術に関する研究開発が盛んに行われており、MOD 膜へ  $(Y,Ho)_2Cu_2O_5$  ナノ粒子を分散させる手法(AMSC 社)や、PLD 膜へ BZO や Y211 粒子を分散させること(ORNL, Air Force)、また、 $Y_2O_3$  を基板に分散させて欠陥を導入する手法(京大)などで出磁場中特性向上を確認している。さらに、Y 以外の RE 系材料での特性向上に関しては Sm に関して 2 件(韓国、名古屋大)あり、いずれも特性の向上に成功している。評価技術としては日米供に "Coordinated Characterization" と称した各種技術の複合化(九州大、ANL)による評価技術確立が盛んに行われていることが特徴的であった。

応用の観点からは、やはり Bi 線材による機器化が先行しており、米国でのモーターや発電機(AMSC 社)、日本でのマグレブ(JR 東海)、ケーブル(古河電工)が印象的であった。Y 系線材を用いた検討では、米国でケーブル(SuperPower)、日本ではソレノイドコイル試作(フジクラ)の報告がなされた。

全体の印象として、Y 系線材開発においてプロセス研究は激しい開発競争の成果として 100m 級の高特性線材が現実的になり、機器化への取り組みが始動していると感じた。またその作製プロセスも複数種あることからコストや特性の観点から生き残りをかけた開発競争は暫く続きそうである。また、一方でこれを支える評価技術の充実度は向上し、応用への検討もスムーズに行われており今後の展開が楽しみである。

(SRL/ISTEC 線材研究開発部 和泉輝郎)

[超電導 Web21 トップページ](#)

## ISS2004 トピックス：薄膜・接合、デバイス分野

今年のISSにおける本分野の論文発表件数は昨年とほぼ同じ106件であったが、その中でもMgB<sub>2</sub>に関する論文数の着実な伸びが目立った。米国STI社のMoecklyは、これまで報告された中でも最高品質のMgB<sub>2</sub>薄膜( $T_c = 39.1$  K)の蒸着法による作製について報告した。回転テーブル上に取り付けた基板上にまず高真空領域でB薄膜を堆積し、次にMg蒸気を導入した"ポケット"で反応させMgB<sub>2</sub>とする工程を連続的に繰り返すという、以前Y系酸化物薄膜に対しミュンヘン大のKinderらが提案した(Mgの代わりにO<sub>2</sub>使用)のと類似の方法を採ることにより、サファイアのみならず多結晶アルミナやバッファ層を介したSi基板など多くの基板上に最大4インチ径の両面成膜を可能とした。また、MgB<sub>2</sub>薄膜を用いたSISトンネル接合の作製について、NICTのWangおよびNTTの植田らが報告した。AlNとAlO<sub>x</sub>という異なるバリア材料をそれぞれ用いているが、ジョセフソン電流と比較的リークの少ない準粒子トンネル特性の観測に成功している。ただ、いわゆる"小さなギャップ"のみが観測されており、大きなギャップを示す接合の作製が今後の課題である。一方、NTTのKurianらは、Nd-123薄膜のMBE作製の際にAgを同時に基板上に供給することにより、基板表面での原子拡散が促進され、94 K以上の高い $T_c$ と77 Kでの小さなマイクロ波表面抵抗をもつ薄膜が再現性よく形成できることを示した。

デバイス分野では、UCBのClarkeによる基調講演に加え、日立基礎研の塚本らによる51 ch HTS SQUID心磁計測システム用の新プロセス開発、豊橋技大の廿日出、田中らによる小型パルスチューブクーラ冷却の非破壊検査システム(熱交換器用の銅細管の欠陥検査)の開発や光ファイバ導入したハロゲンランプ光によるクーラ温度精密制御の報告などSQUID応用分野での着実な進展が見られた。また、マイクロ波応用に関しては、今や3億人の携帯電話加入者をもつ中国において、高温超電導フィルタを用いた基地局受信ユニットの本格的なフィールド試験が始まったことが注目された。デジタル応用では、SRL、名大、横国大、NICTなどいわゆるCONNECTグループによる低温SFQ回路の進展が目立った。例えば、ゲート間配線にマイクロストリップラインなどの受動線路を用いることにより、回路の規模拡大にとり問題となるジョセフソン接合数やバイアス電流値の増大を抑制することが可能になってきている。また、小規模のメモリを含む7200接合規模のマイクロプロセッサの動作が報告された。6-9層のNb配線を含む平坦化多層構造からなる次世代Nb系プロセスに関しても、100万個のSQUIDを含むテストチップの評価により低い欠陥密度の確認がなされている。一方、高温SFQ回路についても、薄膜積層・接合プロセスの信頼性向上により、従来にない100接合規模回路の動作実証やクーラ冷却されたサンプラー回路による50 GHz高周波信号波形の計測が報告された。SFQ回路に関しては、低温系も含め、クーラ実装したシステムにより半導体を超える性能の実証が今後の大きな課題である。

最後になるが、今回の最初のセッションでは、ジョセフソン接合を利用した3種類の量子ビット研究に関し、NIST、NTT、NECなどこの分野をリードする機関による招待講演があった。現在は2量子ビットの相互作用や絡み合い状態の検証がなされている段階で、実用レベルに比べ短いコヒーレンス保持時間の原因究明や相互作用の制御が大きな課題となっている。世の中の大きな注目を集めている分野であり、今後のISSでの進展報告が待たれる。

(SRL/ISTEC デバイス研究開発部長 田辺圭一)

[超電導 Web21 トップページ](#)

## CCA2004 のトピックス

CCA2004 ( International Workshop on Coated Conductors for Applications ) は、ISS2004 のサテライトシンポジウムとして、2004年11月19日から11月20日の2日間、大磯プリンスホテルにおいて開催された。前日に行われた見学会には、雨の中50名程度が参加し、Super-GMの500m高温超電導ケーブル試験場を見学した。

参加者数は約100名、発表件数は口頭発表54件及びポスター発表25件であった。線材性能の最近の進展としては、フジクラの105m長×臨界電流値126A、SRLの46m長×臨界電流値182Aが挙げられる。その他長尺化に関して、ISTECから220m長IBAD-GZO中間層の作製や、中部電力から200m長MOCVDプロセスの開発状況(ダミー基板210mの一部にIBAD基板を挿入したもので臨界電流値 $I_c=65A$ )が報告された。また、住友電工からは、基板両面への成膜結果( $I_c$ は、81A+98A)と、フッ素フリーMODによる10m長線材の作製(区間 $I_c=90\sim 130A$ )が報告された。欧州・韓国からも、1~10m級の線材作製の報告が多数あった。

Artificial Pinningのセッションでは、磁場中での特性向上を目指す様々な試みが紹介された。例えば、京都大学の基板表面への $Y_2O_3$ 粒形成による欠陥形成では磁場中( $B/c$ )での $J_c$ が約2倍に、Air Force Research Laboratoryでは211相と123相の積層で1T磁場中で2~3倍に向上している。ORNLではBZO、YSZ又は $CaZrO_3$ の混入などを実施している。また、Y以外のRE元素を用いたGd-123(京都大学・ISTEC)、Sm-123(名古屋大学)、(Nd,Eu,Gd)-123(IFW)による磁場中特性の向上も報告された。磁場中の特性向上については、性能指標がまだ明確ではないが、AMSCは、超電導モータ・発電機に必要な性能として、27~65K、1~3Tでの値を考慮しているとのことであった。

次回のCCAは、2005年10月30日から、米Santa Feで開催予定とのことである。

(SRL/ISTEC 線材研究開発部 名古屋高温超電導線材開発センター 小西昌也)

[超電導 Web21 トップページ](#)



## 超電導関連 '04/12 - '05/1 月の催し物案内

### 11/29-12/3

Material Research Society Fall Meeting

場所：Hynes Convention Center & Sheraton Boston Hotel, Boston, MA, U.S.A.

問合せ：<http://www.mrs.org>

### 12/1

新磁気科学研究会第8回シンポジウムおよび特定領域研究「強磁場新機能」第2回シンポジウム

場所：横浜国立大学教育文化ホール

主催：新磁気科学研究会、文部科学省科研費特定領域研究

問合せ：[kimura-tsunehisa@c.metro-u.ac.jp](mailto:kimura-tsunehisa@c.metro-u.ac.jp)（木村恒久）

### 12/3

RI ビームファクトリーと重粒子加速器の応用

場所：理化学研究所 和光研究所 仁科ホール

主催：低温工学協会 超電導応用研究会

問合せ：理化学研究所 ゲノム科学総合研究センター 前田秀明

TEL:045-508-7211、FAX:045-508-7360、e-mail:[maeda@jota.gsc.riken.go.jp](mailto:maeda@jota.gsc.riken.go.jp)

### 12/6

超伝導科学技術研究会 第60回ワークショップ「SFQ(単一磁束量子)回路はブレークスルーとなり得るか」

場所：商工会館（東京都）

主催：(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会

問合せ：(社)未踏科学技術協会 超伝導科学技術研究会 担当：為田

TEL:03-3503-4681、FAX:03-3597-0535、e-mail:[fsst@sntt.or.jp](mailto:fsst@sntt.or.jp)

### 12/10-13

Korea-Japan seminar on "Large scale application of superconductivity science and technology"

場所：CRIEPI 横須賀市 (12/10), Hotel plaza Miyazaki 宮崎市 (12/11-13)

主催：JSPS-KOSEF Core University Program

問合せ：<http://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/cup/2004/>

e-mail:[superCUP@asl.kuee.kyoto-u.ac.jp](mailto:superCUP@asl.kuee.kyoto-u.ac.jp)

### 12/12-14

第2回応用超伝導・低温工学アジア会議 (ACASC2004)

場所：ワールドコンベンションセンター“サミット”、宮崎市

主催：低温工学協会、韓国超電導・低温工学会、中国科学院

問合せ：<http://www.csj.or.jp/acasc2004/>

e-mail:[s.fuchino@aist.go.jp](mailto:s.fuchino@aist.go.jp)（淵野修一郎）

（編集局）

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 新聞ヘッドライン (10/20-11/19)

充電 1 回で 60 キロ走行 アクスル 電動バイク日中で販売へ アクスルが次世代バイク開発  
超伝導技術で急速充電 10/20 フジサンケイビジネスアイ

量子ビットを制御 究極の計算機に道 量子状態の損失 エラー補正で回復期待 中村泰信氏に  
聞く 10/20 日刊工業新聞

ITER 計画の建設候補地 誘致合戦依然こう着 日本の提案、EU は沈黙 「6 極体制」、枠組み崩  
さず 10/25 電気新聞

麵のゆで具合見えた 食品総研と日清製粉 好まれる食感視覚化 マイクロ MRI 使用 10/25  
日刊工業新聞

PET、連日のフル稼働 早期発見へ最新設備導入 10/25 電気新聞

大きさ 2 倍 超電導磁石 超電導工学研など 10/25 日経産業新聞

小型 MRI 永久磁石式で 2 テスラ NEOMAX 小動物用に最適化 10/27 日刊工業新聞

創造主義宣言 超テクへの道 強く速く夢の素材へ フジクラ 線材の性能競う 11/1 日経産  
業新聞

ITER 建設地会合 9 日ウィーンで開催 11/3 毎日新聞、朝日新聞

クリニックへ営業の種 予防検査を広げたい 医療支援事業に進出 11/4 電気新聞

脳外科手術に MRI 活用 患部撮影、メスを誘導 11/4 日経産業新聞

ITER 誘致断念側にも有利 日欧など条件詰め 9 日に次官級会合 11/4 日経産業新聞

EU に 500 億円優遇 ITER 誘致で日本新提案 11/8 日本経済新聞

「リニアコライダー」始動へ 宇宙・物質の起源に迫る 5000 億円建設費 日米欧、主導権競う  
11/9 日経産業新聞

ITER EU も誘致へ新提案 仏高官「日本案と似た内容」 11/9 日本経済新聞

6 カ国・地域 ITER 大詰め協議 日・EU、誘致巡り譲らず 11/10 日本経済新聞、電気新聞

核融合実験炉 建設地、決まらず 6 カ国・地域次官級会合 日欧誘致合戦続く 11/10 朝日新  
聞(夕)

落雷による電圧低下回避 中部電が補助電源販売 域外企業にも単品で 11/11 日経産業新聞

電子を超高速で走らせる 超伝導加速空洞 (KEK) 11/13 朝日新聞(夕)

熱核融合炉誘致協議 不調なら独自建設を 欧州委勧告年内結論目指す 11/17 日本経済新聞、  
毎日新聞、読売新聞

脊髄神経 超電導を応用し計測 金沢工大と東京医歯大、横河電 しびれ・マヒ解明へ 11/17  
日刊工業新聞

リニアすれ違い 相対速度 1026 キロを記録 11/17 日本経済新聞

電力貯蔵の夢 瞬低補償用 SMES 市場が呼んだ実用化の好機 11/18 電気新聞

核融合分野 日韓、研究協力に署名 ITER 誘致、好材料 11/18 電気新聞、

EU ITER 誘致で新交渉案 決裂なら独自建設も 誘致合戦、最終局面へ 青森県 政府に実現  
強く要望 11/18 電気新聞

変動磁場の影響消す 精密機器を正常作動 ユニテックが新技術 11/19 日刊工業新聞

日立ハイテクノロジーズ 「心臓磁気計測システム」に期待 来年、米市場投入も視野 11/19 日  
刊工業新聞

銅酸化物にリチウム注入 超電導物質を合成 東北大 11/19 日経産業新聞

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 【ビジネストレンド】超電導速報 世界の動き (2004年10月)

### 電力

#### Nexans (2004年10月5日)

Nexans は、次世代線材を使った HTS 電力ケーブルプロジェクトの推進役を果たすことになると発表した。プロジェクトの名称は「Super3C(Super Coated Conductor Cable)」である。30m、10kV/1A の単相ケーブルが製造、試験される。この Super3C は EU の第6次フレームワークの下に推進され、3年計画のプロジェクト費用の半分が EU によって負担される。このプロジェクトは 2004年6月にスタートした。このプロジェクトには Nexans のほかドイツの European High Temperature Superconductors、E.ON Energie、E.ON Engineering 並びに Center for Functional Materials( ZFW )、スペインの Barcelona Institute of Materials Sciences (CSIC) 並びに Labein、フィンランドの Tampere University of Technology、フランスの Air Liquide 及びスロバキアの Bratislava Institute of Electrical Engineering が参加している。Nexans は、ケーブルモデルのアッセンブリー及び MOD プロセスによる HTS 層の製造を担当する。

(出典)

“Nexans coordinates the first European project on second generation superconducting cable”

Nexans press release (October 5, 2004)

<http://www.nexans.fr/internet/Content.nx?f=h&contentId=1945>

#### American Superconductor Corporation and Northrop Grumman Corporation (2004年10月7日)

American Superconductor Corporation (AMSC)及び Northrop Grumman Corporation の電子部門に属する Northrop Grumman Marine Systems は、軍事用途 (米国内) 向けの HTS 線材の開発、マーケティング、販売に関し戦略的アライアンスを組むと発表した。当初、マーケティング、販売は米国海軍向け電気推進システムに焦点を当てるが、将来は、電気推進システム、エネルギー貯蔵・転換、変圧器、パルス電力応用技術の開発及び米軍の様々な部門に対する製品販売へと展開していく予定である。両社は現在、米国海軍研究所との間の 36.5MW HTS 船舶推進システムの開発で協力関係にあるが、この推進システムが 2008 年ころには従来推進システム、又は先端推進システムの代替技術になることを期待している。AMSC 社長 Greg Yurek は、「AMSC と Northrop Grumman はともに変革的 HTS 技術を追求し、軍事用途向けに革新的リーディングエッジ技術の成果を提供している。新しい戦略アライアンスは、全軍事応用に向けた現在及び将来の HTS 製品の販売、マーケティング及び開発にとって大きな力となることは間違いない。」と語った。当初のアライアンスの期間は 6 年である。

(出典)

“American Superconductor and Northrop Grumman Form Strategic Alliance to Develop and Market High Temperature Superconductor Products for U.S. Military”

American Superconductor Corporation press release (October 7, 2004)

[http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle\\_Print&ID=627643&highlight](http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=627643&highlight)

## マグネット

### Oxford Instruments plc and Varian, Inc. (2004年10月11日)

Oxford Instruments plc は、Varian Inc. と NMR 製品の継続供給に関し新たな契約を締結した。これには、Varian Inc. の NMR 向け超電導マグネットが含まれる。この契約は両社の長期供給の合意の基礎をなすものであり、2006年3月まで、今後2年間の供給のためのフレームワークとなるものである。NMR 市場は今後とも同様の需要が続くものと考えられる。

(出典)

“Contract Extension signed with Varian Inc.”

Oxford Instruments plc press release (October 11, 2004)

<http://www.oxinst.com/OIGNWP740.htm>

### Varian, Inc. (2004年10月11日)

Varian, Inc. は、Magnex Scientific Limited (Oxford, U.K.) を現金 3,200 万ドルで買収する契約を結んだと発表した。ある種の財務上の調整を行った後の負債を承継した。Magnex は、MRI 用磁石の設計、製造を行う会社で、縦型高分解能 NMR 磁石、フーリエ変換質量分析計 (FTMS) 用超電導磁石及び MRI 傾斜コイルの主要なサプライヤーである。特定の収支を基準としてそのパフォーマンス次第では、今後3年でさらに追加費用が発生する可能性がある。Varian としては、初年度、内部への既存の NMR 及び MRI に対する出荷を除き、1,500 ~ 1,800 万ドル程度の利益を期待している。Magnex は、現在 Varian に対し年間 1,000 万ドル程度分のマグネットを供給している。Magnex は Varian の 100% 子会社になるが、MRI, NMR, FTMS 向けには従来通り外販を続けていく予定。

(出典)

“Varian, Inc. to Acquire Magnex Scientific Ltd.”

Varian, Inc. press release (October 11, 2004)

[http://www.corporate-ir.net/ireye/ir\\_site.zhtml?ticker=VARI&script=410&layout=-6&item\\_id=628624](http://www.corporate-ir.net/ireye/ir_site.zhtml?ticker=VARI&script=410&layout=-6&item_id=628624)

## 通信

### ISCO International, Inc. (2004年10月25日)

ISCO International, Inc. は、2004年9月30日に終了する第3四半期の収支を発表した。総純収入は、前年同期の 378,000 ドルに対し、当期は 707,000 ドル。総純損失は、前年同期の 1,573,000 ドルに対し、当期は 1,714,000 ドルであった。2004年の9ヶ月間のグロスの利益率は、2003年の同期の 35% から、38% に増加した。

(出典)

“ISCO INTERNATIONAL REPORTS QUARTERLY RESULTS AND OTHER NEWS”

ISCO International, Inc. press release (October 25, 2004)

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

## 基礎

### Brookhaven National Laboratory (2004年10月27日)

DOE の Brookhaven National Laboratory では、これまで殆ど観察されなかったことのないホール結晶の



証拠を見出した。ホール結晶はがっしりしたホール（電子空孔）配列した様子を表す。これは、ストロンチウム銅酸化物(SCO)中でシンクロトロン放射光源からのX線を使って見出されたもの。研究リーダーの Peter Abbamonte は、「ホール結晶は非常に珍しい現象である。その存在はホール間相関の直接的結果である。また、ホール間相関は他の銅酸化物では超電導の起源であると考えられている。SCOにおけるホール結晶は次元は低い、ストライプの前駆現象かもしれない。即ち、ホール結晶は全銅酸素平面ではなく、銅酸素ラダーに沿った部分にのみ存在する。」とコメントした。今後、SCOの組成を変えて、ホール結晶の状態が変化するかを見るとともに、他の銅酸化物を調べ、ストライプとホール結晶が関係しているかどうかを検討する予定。研究結果は、Nature10月28日号に掲載予定。

（出典）

“Research on 'holes' may unearth causes of superconductivity”  
Brookhaven National Laboratory press release (October 27, 2004)  
[http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/PR\\_display.asp?prID=04-94](http://www.bnl.gov/bnlweb/pubaf/pr/PR_display.asp?prID=04-94)

（ISTEC 国際部長 津田井昭彦）

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 標準化活動 12月のトピックス

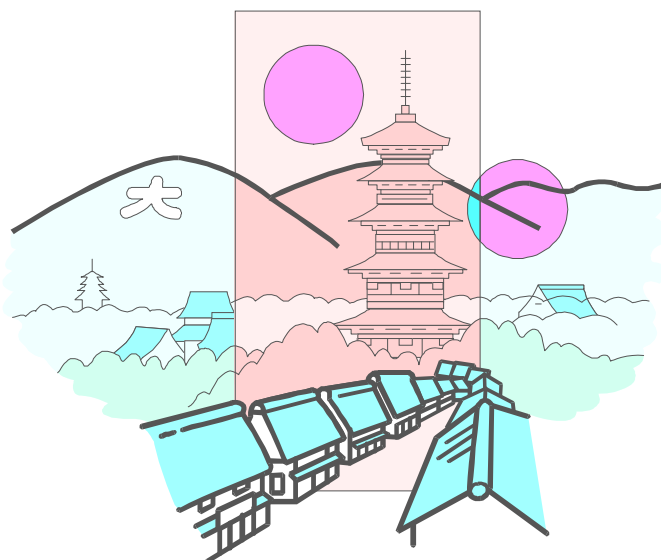
### - 2006年第10回 IEC/TC90 超電導国際会議サイト、京都に内定 -

国際電気標準会議 IEC/TC90 (超電導) の日本国内技術委員会 (委員長 長村光造 京都大学教授) は、平成 16 年 10 月 26 日、平成 16 年度第 3 回国内技術委員会を開催し、2006 年 6 月に日本で開催される予定の第 10 回 IEC/TC90 国際会議の開催場所について協議し、京都で開催することを内定した。

1987 年に IEC/TC90 (超電導) が立案され、1989 年に IEC 理事会において IEC/TC90 の設置が正式に承認されるとともに、日本が IEC/TC90 の幹事国として正式に承認された。これらの経緯から、第 1 回 IEC/TC90 国際会議は、1990 年 5 月に東京 (アジア) で開催された。その後、ヨーロッパ、米国、アジアの順で IEC/TC90 国際会議の開催主催国が回り、第 10 回はアジアで開催することになっていた。2004 年 9 月に開催された第 9 回 IEC/TC90 国際会議において、日本での開催が妥当との合意がすでになされていた。この審議結果を受け、今回第 3 回国内技術委員会において第 10 回 IEC/TC90 国際会議の開催は京都が妥当との決定がなされた。

なお、第 10 回 IEC/TC90 国際会議開催場所等の正式な決定は後日 IEC 中央事務局においてなされる。また、会議に関する詳細はその後連絡される。

(ISTEC 標準部長 田中靖三)



[超電導 Web21 トップページ](#)

## 第3回 低温工学材料研究会/九州・西日本支部 合同研究会

九州工業大学  
情報工学部 電子情報工学科  
助教授 小田部 荘司

第3回 低温工学材料研究会/九州・西日本支部 合同研究会が平成16年10月22日(金)11:00~17:00に北九州市北九州国際会議場にて開催された。今回のテーマは「HTSの永久電流とその応用」であった。

最初に松下照男氏(九工大)が「磁束ピンニングと永久電流」と題して、理論的な側面からHTSの永久電流についてまとめた。厳密には永久電流は抵抗0のマイスナー状態でしか実現できないが、磁界中ではピンニング電流に頼らざるを得ない。しかしピンニング電流は臨界電流密度以下では永久かという点、磁束クリープが問題となり、時間とともに減衰してしまう。これを防ぐ方法として、強いピンの導入、異方性の小さい3次元超電導体を用いる、十分大きなサイズの超電導体を用いることが強調された。

次に津田理氏(山口大)が「バルク搬送システム」について広範囲な内容をまとめて講演した。講演の中で紹介されたのは、中国 Southwest Jiaotong 大学の人間が乗れる世界初のバルク体浮上搬送装置、産総研の物資輸送システム、早稲田大学の方向転換可能な浮上搬送システム、および鉛直方向連続浮上システム、などであった。さらに今後の展望として、具体的な適用例をあげ、その対抗技術についても述べられた。

続いて、廣瀬誠氏(四国総研)が「電力貯蔵システム」と題して、今年度四国総研で試験をしている、10kWh級超電導フライホイール電力貯蔵システムの最新の結果を講演した。ラジアル型超電導軸受で433kgの回転体全体を支持する構造になっている。超電導軸受の間隙0.8mmに対して、軸の振動は最大でも0.2mmであり、上下変動は50 $\mu$ m程度である。目標回転数は15,860rpmであるが、現在8,000rpmまでの回転に成功し、超電導フライホイールとしては世界最高の2.5kWhのエネルギー貯蔵にすでに成功している。

次に五十嵐基仁氏(JR東海)が「超電導磁気浮上式鉄道用Bi2223コイル」の講演をした。現在山梨リニア実験線で使われている、超電導磁気浮上式鉄道(JR-MAGLEV)のNb-Ti線材の超電導磁石について、そのまま置き換え可能なBi2223コイルを1999年から開発を続けている。実際にフルスケールのコイルを試作し、目標の10%/日の電流減衰率を大幅に下回る0.44%/日の性能を得ることができた。特に長い線材を使うことから、通常よりかなり低い1nV/cmの領域での線材劣化が問題となることが議論された。

最後に、小川雄一氏(東京大)が「内部導体装置Mini-RT」と題した講演をした。Mini-RTはプラズマ実験を行うために、高温超電導コイルを永久電流モードで浮上させるプラズマ閉じ込め装置である。真空容器の中にBi2223線材によるコイル、永久電流スイッチ、冷却用の着脱式トランスファータブなどを組み込んだもので、総重量は16.8kgである。120Aのコイル電流を通电してから、機械支持で所定の位置まで持ち上げ、そののち上部にある引き上げコイルの電流を制御して、高温超電導コイルを浮上させる。精度は20 $\mu$ mで、1時間の浮上に成功したことが報告された。

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 2004年秋季低温工学・超電導学会から

2004年11月1日から3日まで八戸市の八戸工業大学にて、第71回2004年秋季低温工学・超電導学会が開催された。また、開催期間中“低温・超伝導”体験展示会と11月2日の懇親会も織り込まれ成功裏に終了した。なお、同学会へは、学生104名を含め全国の企業、大学、研究機関等から409名が参加した。

同学会では、学術講演に招待講演、論文賞受賞講演及び特別講演を含め合計251件の講演がなされた。講演の内訳は、材料関連95件（HTS57件、 $MgB_2$ 13件及びLTS25件）、応用関連115件（コイル12件、機器応用92件及び評価・計測11件）並びに冷媒・冷凍関連41件（窒素システム3件、水素システム6件、小型冷凍機5件及び他27件）であった。講演内容には3つの特徴が見受けられた。すなわち、(1)次世代線材技術に関して、長尺化、次世代線材のコイル化、次世代線材の磁場特性や角度依存性の改善などに大きな進展があった。(2)超電導応用に関して、大型プロジェクトや大型応用に加えて小型機器への応用が多くなった。(3)冷媒・冷凍技術に関して、水素システムセッションが新設されたことを挙げる事ができる。これらについてつぎに述べる。

(1) 次世代線材技術に関して、3つの進展があった。

パルスレーザー蒸着(PLD)法による105m長テープ線材で臨界電流126Aの世界記録を樹立した。この成果は、アシストイオンビーム蒸着(IBAD)法による250m長のGZO/CeO<sub>2</sub>配向基板の製作技術がすでに確立していたためである。

この長尺線材を用いたコイルが作成され、77Kで0.27Tの最大磁場が得られた。

次世代線のアキレス腱とも言われていた77Kにおける磁場特性改善と角度依存性回避の知見が得られた。この知見は、 $MgO(100)$ 単結晶基板上に $Sm_{1+x}Ba_{2-x}Cu_3O_{6+y}$ を800以上の高温でシード成膜後800以下の低温で約0.7 $\mu m$ 成膜(LTG法)し、350で酸素アニールした試料から得られた。77K、5Tにおける臨界電流密度( $2.8 \times 10^5 A/cm^2$ )はNb-Ti線材の4.2K、5Tの値に匹敵し、角度依存性は-10%程度に抑制されとのこと。

(2) 超電導応用に関して、小型応用の報告が多くなった。

SMESでは、従来系統安定化・周波数調整用としての100MW級規模SMESであったが、今回瞬低補償用として1MWから5MW級規模のSMESが5件報告された。

回転機では、酸化物線材の特性を生かした3相4極200V、1.5kW、浸し冷却型のかご型回転子にBi-2223/Agテープを適用した誘導電動機的设计・製作が注目された。

(3) 水素システムのセッションが新設された。

今回、冷媒・冷凍関連に水素システムや窒素システムセッションが新設された。

特に、水素システムは2年前の米国(EPRI)が提案した水素システム構想を日本の21世紀のエネルギー問題の1施策案として再評価しようとするもの。

液体と固体の2層共存(スラッシュ:slush)の冷媒特性を活用すると、20K(LH<sub>2</sub>)、77K(LN<sub>2</sub>)に加えて、14K(SH<sub>2</sub>)、63K(SN<sub>2</sub>)などの安価な定点冷媒を循環利用することが可能で、燃料電池、燃料供給、エネルギー蓄積、超電導総合システム開発などでも酸化物超電導体や $MgB_2$ の用途開発の光明になるといふ。

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)



2004年度第6回冷凍部会例会 - 国際会議報告会 -

核融合科学研究所  
助教授 高畑一也

低温工学協会冷凍部会恒例の「国際会議報告会」が2004年10月22日、23日に伊東市の研修所ルネッサ赤沢で開催された。「低温工学・超伝導工学における国際情勢と動向について」をテーマに、各分野の第一線で活躍されている講師の方々をお招きし、2004年に開催された4つの主要国際会議における最新情報を報告していただいた。また一泊での報告会ということで、講演とその後の限られた質疑の時間では聞けなかった具体的な話も、夜の懇談でしっかりと聞くことができた。参加者は総勢31名であった。

プログラムは以下の通り。

ASC2004 (応用超電導会議、フロリダ)

マグネット関連	妹尾和威	(核融合研)
超電導材料(金属系)	竹内孝夫	(物材機構)
クライオエレクトロニクス	橋本義仁	(ISTEC)
超電導材料(HTS系)	和泉輝郎	(ISTEC)

ICMC2004 (低温材料国際会議トピカルワークショップ、オーストラリア)

超電導材料開発の現状	西島元	(東北大)
------------	-----	-------

ICC13 (第13回クライオクーラー国際会議、ルイジアナ)

パルス管冷凍機関連	松本伸	(富士電機)
小型冷凍機とその応用	李瑞	(住友重機械)

ICEC20 (第20回低温工学国際会議、北京)

大型応用関連	淵野修一郎	(産総研)
小型応用関連	佐藤明男	(物材機構)

各報告の内容を以下にまとめる。

ASCでは約1500件の発表があった。金属系超電導材料については、核融合実験装置ITER、次世代加速器、NMRスペクトロメータが牽引力となって、 $Nb_3Sn$ 線材の発表が目立った。コイルも含めて $Nb_3Sn$ に関係する発表は100件ほどあった。また $MgB_2$ に関する発表も前回より増えて約80件あり、早期実用化への期待が高いことがわかる。4.2Kと13Kで $J_c$ が変わらないという興味深い発表もあった。高温超電導材料については、次世代線材として知られるRE系超電導線材の開発競争が熾烈に繰り広げられている。中でも長尺化開発では、(臨界電流)×(長さ)積の世界記録を巡っての日米欧の競争が日々続けられており、本会議では日本から $105m \times 126A = 13230Am$ という世界記録が発表された。コストダウンに対する要求も強い。次世代線材も応用を意識できる段階に入っている。クライオエレクトロニクス関連の発表は420件で全体の約1/3を占める。その中の比率を見るとSQUID応用、デジタル応用、ファブリケーション技術で半分以上を占める。デジタル関連では主に日米において大きなプロジェクトが進められており、今後の進展が期待される。

ICMCは $MgB_2$ の研究で有名なDou教授がホストとなって開催された。参加者は90人であった。 $MgB_2$ については、ナノスケールSiCを添加することで $Bc_2$ が37Tになり、 $J_c$ も大幅に向上することをDouらが見いだした。これがブレイクスルーとなって磁場発生装置応用への期待が一気に広がった。配向した薄膜状態では炭素添加によって $Bc_2$ が52Tまで向上したという発表もあった。

ICC はパルス管冷凍機、GM 冷凍機、スターリング冷凍機を初めとする全ての小型冷凍機技術を網羅しており、用途も宇宙用、民生用、軍用など幅広い。今回は約 120 件の発表があった。宇宙用または重力波検出器用パルス管冷凍システムでは超低振動化や小型化の開発が積極的に進められている。スターリング冷凍機については長期信頼性の向上が課題となっている。

ICEC には約 300 人の参加者があった。大型冷凍システムについては加速器用、核融合装置用の冷凍システムが紹介された。また小型システムについても、タービンの改良によって既存のヘリウム液化機の液化容量が 50%以上も向上したという興味深い発表があった。要素技術では冷媒の自然循環やヒートパイプを応用した機器開発の発表があった。衛星望遠鏡の冷却技術は大型化に伴い、これまでの液体ヘリウム冷却から太陽に背を向けた受動冷却と冷凍機冷却に移行している。

今回も講師の方々から、各分野の現状と今後の展望について熱のこもった話を聞くことができた。またそれぞれの話をリンクさせて、自分なりに低温工学・超伝導工学の明るい未来像を描くことができ、これからの仕事に対する良い刺激となった。冷凍部会では来年も国際会議報告会を開催する予定である。ぜひ一人でも多くの方にこの報告会を有効に活用していただきたい。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

ITER 超電導コイル開発への道のり (その6 最終回)

日本アドバンスト・テクノロジー株式会社  
安藤俊就

6. ITER-EDA

これまで述べてきたように核融合用超電導コイルシステムの基盤技術の開発の進展により、また、ITER の建設に必要な他の分野の開発研究も進み、ITER の最終設計を行えるようになった。その設計作業とその設計の正当性を確認するための R&D 作業を行う工学設計活動(EDA)が 1992 年からスタートした。<sup>19)</sup> この EDA の中で最も象徴的な作業が中心ソレノイド(CS)モデルコイルの製作である。<sup>20)</sup> 本節ではこの CS モデルコイル製作とその成果について記す。

6.1 CS モデルコイルの製作

CS モデルコイルは、ITER の超電導コイルシステムの中心に位置し、コイルシステムの中で最も磁場が高く、しかもパルス運転を強いられる最も高度の技術が要求される中心ソレノイド(CS)のモデルコイルである。CS モデルコイルは直径が 1.5 m の空間に 32.5 s で 0 から最大磁場 13 T を発生するコイルである (図 20)。そのコイルは内側モジュールと外側モジュールの 2 個のモジュールからなり、それらは図 21 に示す角型の Nb<sub>3</sub>Sn CIC 導体を用いてそれぞれ 10 層と 8 層のソレノイド巻き構造でワインド・リアクト・トランスファー方式

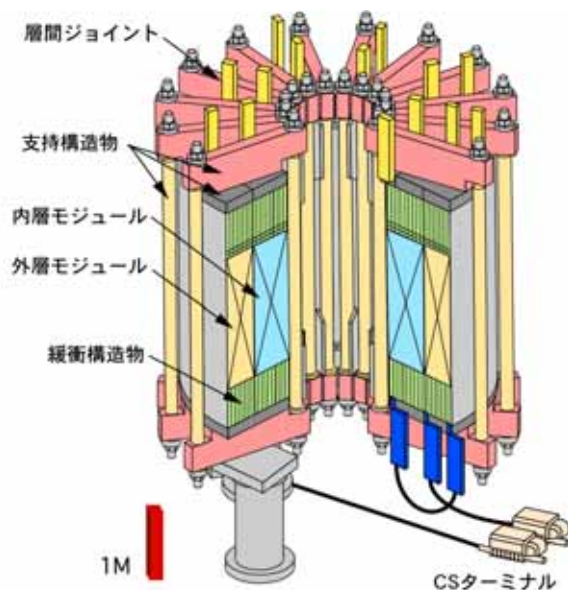


図 20 CS モデルコイル

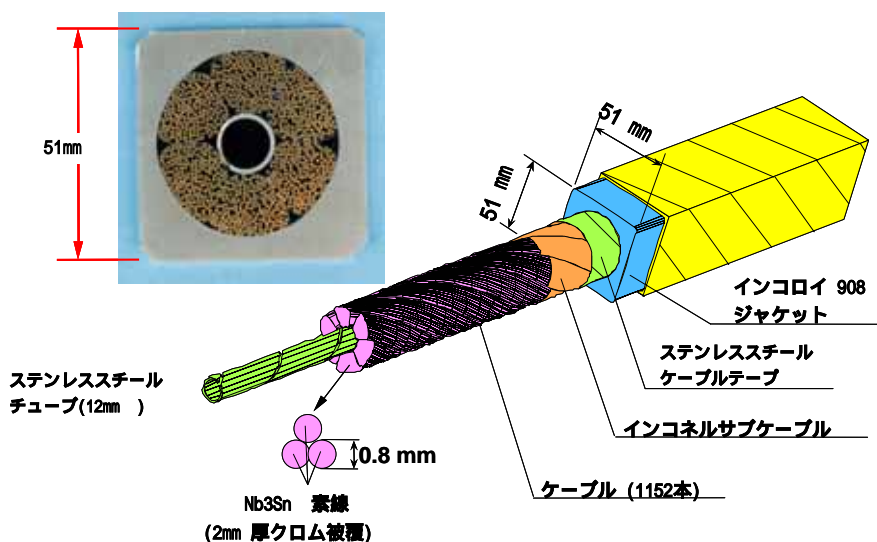


図 21 CS モデルコイル導体

を用いて製作された。その製作は日本、米国、EU で分担した。Nb<sub>3</sub>Sn 素線の製作とその燃線加工は日本、米国、EU で行われた。コンジットの製作は米国で行われた。製作された全ての燃線とコンジットはEU に集められ、コンジット内に燃線を挿入され、勘合されて導体として完成した。その導体は日本と米国に運ばれ、外側モジュール、内側モジュールとして製作され、米国で製作された内側モジュールは日本に運ばれて、外側モジュールと組み合わせられ、CS モデルコイルは完成した。それらの分担作業を図 22 に示す。このように国外で製作された品物を加工し、また熱処理を施すことが行われた。これまでの超電導コイルの製作は一括発注し(特に、我国においては分業するという理由のため)、最初の作業である超電導素線の製作から最後組み立て作業まで総ての行程を最後の担当者が責任を負う形式が取られてきたが、この EDA でのコイル製作においては各段階での製作物はそれを発注した国が責任をもつ方式がとられた。このような製作システムが成功したことにより、今後の大型超電導コイルの製作はこの ITER 方式で製作することが多くなるだろう。このことは、超電導コイルの製作が信頼できる商品として大きな技術的進展があったことを証明したことになる。このように国際協力により得意の分野をそれぞれ組み合わせることにより高品質で低コストの装置が製作出来ることが示された。但し、このような国際協力は研究開発の段階では有効な手段となるが、次の発電炉になると他国よりも優れた商品として競争に勝つ必要がある。独自で製作出来るようにできるだけ多くの分野で最先端の技術をもつ必要があるだろう。

## 6.2 CS モデルコイルの試験

製作された CS モデルコイルは、日本原子力研究所那珂研究所の超電導工学試験棟内に新設されたクライオスタット内に設置され(図 23)、超臨界ヘリウム冷媒を導体内に強制巡回することにより約 4.2 K に冷却して通電試験が実施された。大型のコイルをパルス運転するためには大容量の電

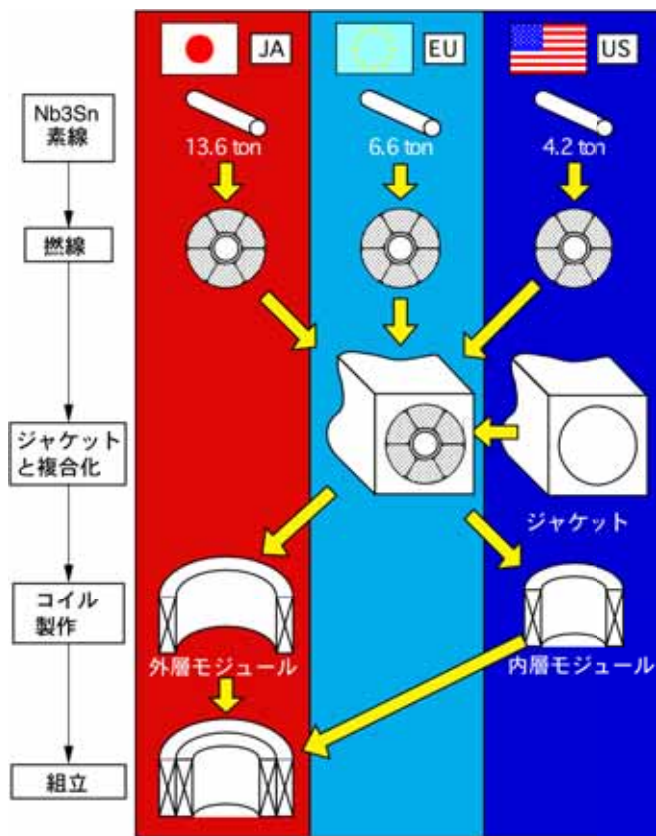


図 22 CS モデルコイルの製作工程と国際分業



図 23 クライオスタット内に設置された CS モデルコイル



源が必要となるが、那珂研究所にはJT-60核融合装置のコイルの通电のために4.5 kV-50 kAの電源があり、これを使用してCSモデルコイルのパルス通电試験が行われた。図24は46 kAまで直線的に32.5 sで立ち上げ、5 sのフラットトップ後に6 sの時定数をもって0 Aまで下げたときのパルス運転を示す。この時の最大磁場は13 Tであり、最大の磁気蓄積エネルギーは640 MJである。このようにパルス運転の目標値である立ち上げで0.4 T/s、立ち下げで1.2 T/sを達成した。導体の交流損失時定数は約0.1 sである。この結果はこれまでに達成していたパルス超電導コイルの蓄積エネルギーで21倍、磁場で1.9倍の大きさである。このようにITERの中心ソレノイドを設計通り製作出ることを実証した。

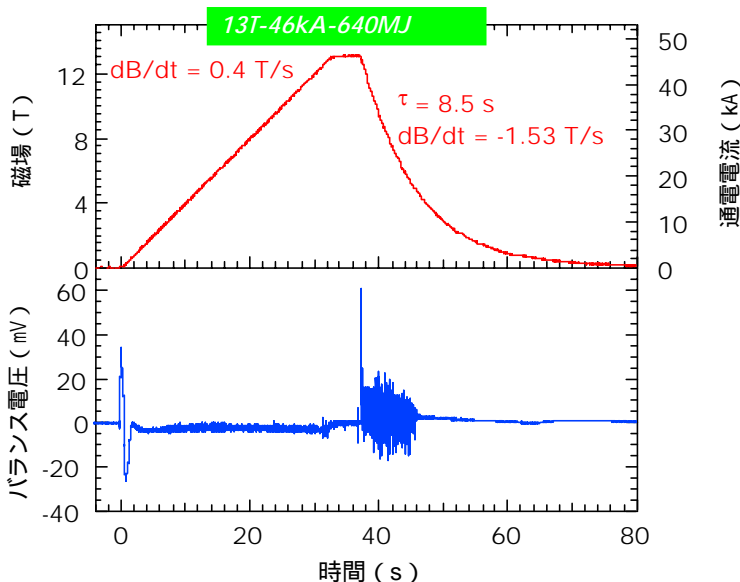


図24 CSモデルコイルのパルス通电結果  
(上：電流値、下：通电中のコイルのバランス電圧)

### 6.3 試験結果からの設計の修正

ITER-EDAでは、CSモデルコイルの他にもTFモデルコイル等の試験が行われ、CSモデルコイル同様に目標の性能を達成し、ITERの設計とその製作の正当性を実証した。しかし、唯一の課題としてNb<sub>3</sub>Sn線で作られた導体では予期しないI<sub>c</sub>の低下が見られた。その低下は導体内において導体の長手方向に垂直な電磁力が増加すると大きくなる。図25は各コイルの導体に働く電磁力とI<sub>c</sub>の低下を軸方向の歪みに換算した値(修正歪み)での関係を示す。<sup>21)</sup>熱歪みは電磁力に関係なく一定である。なお、フープ力による歪みは電磁力に比例して増加するが、本データからは差し引かれている。本現象はトランスポーズに撚られ

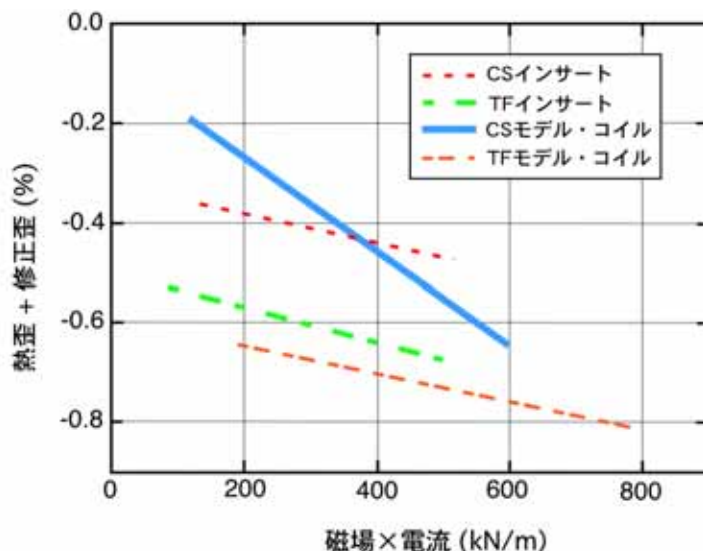


図25 ITER-EDAで発見された電磁力による導体のI<sub>c</sub>の低下

た Nb<sub>3</sub>Sn 素線に電磁力による曲げ歪みが加わったためと考えられている。電磁力は導体に流れている電流とそこでの磁場に依存するため導体が大電流化するほどこの現象が顕著になる。この I<sub>c</sub> の低下に対処するために Nb<sub>3</sub>Sn 線の J<sub>c</sub> を高くする(≥ 800 A/mm<sup>2</sup> at 12T, 4.2 K)ことで導体の寸法を変更することなく ITER コイルを製作することになっている。

## 7. おわりに

核融合炉用超電導コイルの開発の進展について記述してきたが今回で終了する。核融合用超電導コイルの開発について少しでも理解していただければ幸いです。本稿を書く機会を与えて頂いた「超電導 Web21」編集局に感謝を致します。ITER の建設場所がなかなか決まらないため建設のスタートが遅れているのは残念ですが必ず建設することについては各国は一致しているのもう少しの辛抱だと思います。核融合炉開発は ITER で終わりではなく、さらに核融合発電炉へと繋がって行きます。それを実現するためには、これまで以上に高度な技術をもった超電導コイルが必要になります。これからも核融合と超電導が共に発展していくことを祈っています。

## 参考文献

- 19) ITER EDA Agreement and Protocol 2, IAEA, Vienna (1994)
- 20) 安藤俊就、辻 博史：低温工学 **36** (2001) 309-314
- 21) K. Okuno: IEEE Trans. Appl. Superconduct., **Vol. 14** (2004) 1376-1381

[超電導 Web21 トップページ](#)

## 読者の広場

### Q&A

**Q：国際超電導産業サミットとはどのような会議ですか？**

**A：**国際超電導産業サミットは、日米欧における超電導分野のリーダーが一堂に会して、超電導技術の研究開発の推進や超電導技術の実用化に向け幅広く意見を交わし、これまでの成果や今後のあるべき姿についての方向性を見出すことを目的として毎年1回開催される会議です。1992年に、ワシントン D.C.において、第1回が開催されたのを始めとして、米日欧の持ち回りでこれまで13回開催されています。毎年のサミットは、超電導の製品化の恩恵、利益及び必要性に関する一般的理解を深めるという意味でも大きな役割を果たしてきています。

本年は、10月7～8日、米国フロリダ州ジャクソンビルで第13回国際超電導産業サミットが開催されましたが、日米欧併せて約50名が参加し、「INFRASTRUCTURE - CHALLENGES AND SOLUTIONS」をテーマに、それぞれの開発の現状、実用化の進展、予算措置など幅広い意見交換が行われました。次回の第14回国際超電導産業サミットは2005年10月に東京で開催される予定です。

下の表はこれまでの国際超電導産業サミットの概要をまとめたものです。

(表) 過去の超電導産業サミット

	開催日時	開催場所	テーマ
ISIS-13	2004年10月7～8日	米国フロリダ州ジャクソンビル	インフラストラクチャー 挑戦とソリューション
ISIS-12	2003年9月21～23日	ドイツ カールスルーエ	強固な国際協力に向けて
ISIS-11	2002年11月17～19日	東京	商業化へ向けての鍵
ISIS-10	2002年3月14～16日	米国ニューメキシコ州サンタフェ	応用とマーケット
ISIS-9	2000年10月1～3日	デンマーク、コペンハーゲン	超電導の実用化を見据えて
ISIS-8	1999年10月12～14日	京都	超電導技術 ベンチャー企業に学ぶ
ISIS-7	1998年10月11～13日	米国ワシントン DC	超電導の壮大なる挑戦： 21世紀に向けて
ISIS-6	1997年9月17～19日	イタリア フローレンス	超電導技術及び市場開発 の現状
ISIS-5	1996年5月14～16日	山梨県 山中湖	超電導の世界市場予測
ISIS-4	1995年7月24～25日	米国ワシントン DC	超電導商業化のための啓蒙 ・教育
ISIS-3	1994年5月17～19日	英国 アイリスベリー	超電導の商業化への具体的 手段
ISIS-2	1993年5月14～16日	箱根	超電導の世界市場予測
ISIS-1	1992年5月11～13日	米国ワシントン DC	超電導の将来展望： 2000年以降の超電導

(回答者：ISTEC 国際部長 津田井 昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)