

掲載内容 (サマリー) :

トピックス :

- 新規プロジェクト「イットリウム系超電導電力機器技術開発」スタート
- 超電導関連 9-10 月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン (7/20-8/19)
- 超電導速報—世界の動き (2008年7月)
- 「低温工学協会 東北・北海道支部/材料研究会」報告
- 「ICEC22-ICMC2008 国際会議」報告
- 「The international Conference of the Stripes and High T_c superconductivity —STRIPES08」報告
- 隔月連載記事—粒子加速器と超電導 (その5)
- 読者の広場(Q&A)—銅酸化超電導体に続き、鉄砒素系超電導体が発見されましたが、その後どのように進展しているのでしょうか?

[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

〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13

Tel (03) 3536-7283 Fax(03) 3536-7318

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.jp>



トピックス：新規プロジェクト「イットリウム系超電導電力機器技術開発」スタート

イットリウム系（Y系）線材の開発を目的とした「超電導応用基盤技術開発（第II期）」は、(株)フジクラによる IBAD-PLD 法を使用した線材作製プロセス開発でプロジェクトの最終目標である 500 m-300 A/cm-幅(@77 K, s.f.)の達成など、大きな技術の進展をもって 2008 年 3 月に終了した。この 5 年間での同線材の開発は著しく、当初、長さが数 10 m 級、臨界電流 I_c も 100 A/cm-幅級であったものが、上記(株)フジクラをはじめ、昭和電線ケーブルシステム(株)による MOD 法、住友電工(株)の RABiTS/PLD 法、中部電力(株)の MOCVD 法などにおいても、線材の長尺化、高 I_c 化ともに約 200 m から 500 m 長で 200-300 A/cm-幅を達成するなど、その線材作製技術は大幅に進展した。これを受けて、2008 年の 6 月より、新たに「イットリウム系超電導電力機器技術開発」プロジェクト（英語名：Materials & Power Application of Coated Conductor, M-PACC Project）が、図 1 に示すように産学連携体制のもと新たにスタートした。実施期間は平成 20 年度～24 年度の 5 カ年で、そのうち前半の 3 カ年についての契約が NEDO と各社間で締結される見込みである。

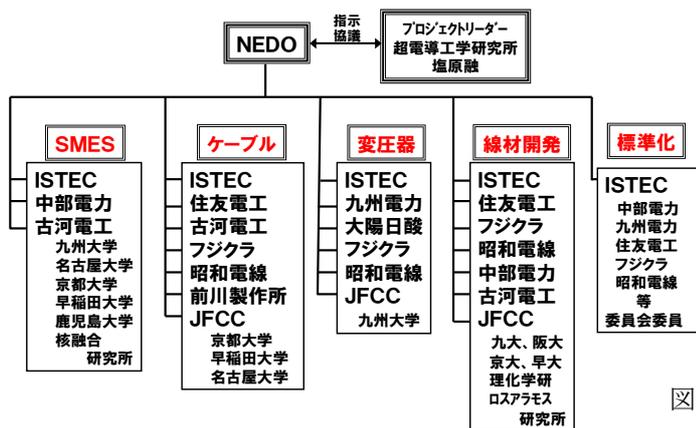


図 1 開発実施体制図

本プロジェクトでは、Y系線材を用いた SMES、電力ケーブル、変圧器の3つの電力機器が 2020 年頃に普及導入することを目指して、各機器の技術開発を行うとともに機器の性能向上に必要な線材の開発も合わせて行う。超電導電力機器導入時の概念図を図 2 に示す。



図 2 超電導電力機器による都市部への大容量安定供給の概念

SMES

長距離送電における電圧変動、発電機脱調等の問題に対し有効電力制御することによって電力系統制御を行う 2 GJ 級 SMES (図 3) の実用化に向けた技術開発を行う。平成 19 年度まで行ってきた「超電導電力ネットワーク制御技術開発」プロジェクトの開発成果をさらに発展させ、Y 系線材を用いた 2 GJ 級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発、高効率コイル伝導冷却技術開発を行う。

具体的には、2 GJ 級コイルの技術見通しを得るために必要な 20 MJ 級システムの要素コイルを開発する。600 MPa 級のフープ応力、2 kA 以上の通電特性、2 kV 以上の耐電圧性能を有し、20~40 K 付近の温度領域における伝導冷却を可能とする Y 系超電導コイルを開発する。後半 2 年では高磁界 2 MJ 級評価用試験モデルを用いたシステムモデル検証試験を行う。

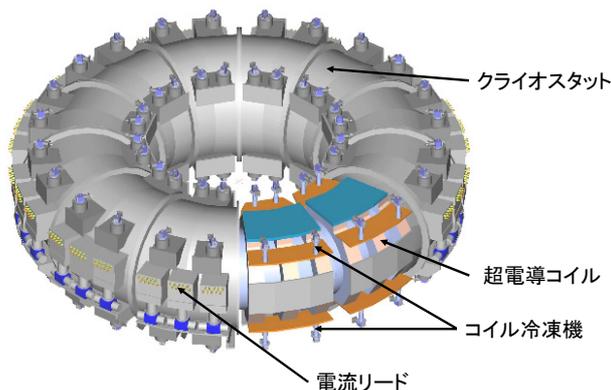


図3 2 GJ級SMESの概念図

電力ケーブル

既存の電力ケーブルに比べ、送電効率が高く送電損失が小さくかつ大容量でありながらコンパクトである超電導電力ケーブルの開発を行う。66 kV/5 kA 三心一括の大電流ケーブル (15 m) および 275 kV/3 kA 単相の高電圧ケーブル (30 m で中継接続部有り) の 2 種類の超電導電力ケーブル (図 4) の開発を行う。

具体的には、大電流・低交流損失ケーブル化技術、高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術、電力ケーブルの熱収支に関する技術開発を行い、既存のケーブルと同等の仕様 (たとえば短時間耐過電流試験) を満足しつつ、高効率・コンパクトな超電導電力ケーブルを開発し、後半 2 年では長期課通電試験によるシステム検証を行う。

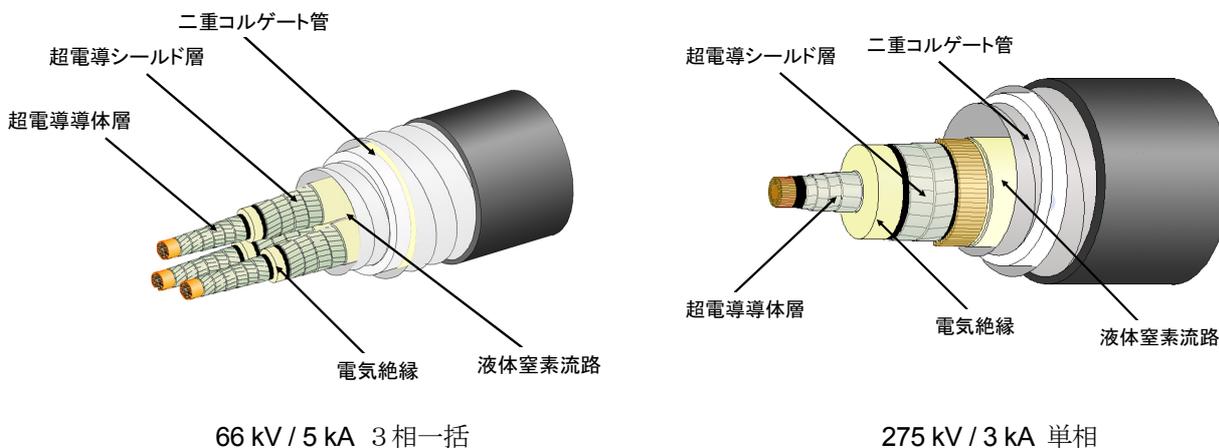


図4 超電導ケーブルの概念図

変圧器

既存の常電導変圧器に比べ、低損失、コンパクト、不燃といった特長を有する超電導変圧器の開発を行う。66 kV/6.9 kV-20 MVA 級超電導変圧器 (図 5) の実現に向けて必要となる技術開発を行う。

具体的には、2 kA 級大電流巻線技術、耐短絡対応線材巻線技術、低交流損失化技術、高効率 Turbo Brayton 式冷凍機開発を含めた冷却技術を複合した変圧器システム化技術の開発を行う。後半 2 年では 66 kV/6.9 kV-2 MVA 級変圧器のシステム検証を行う。また、変圧器自身を保護するとともに電力系統の事故時の短絡容量対策にも貢献できる限流機能を変圧器機能に付加する技術開発を行い、後半 2 年では数百 kVA 級限流機能付加超電導変圧器を開発する。

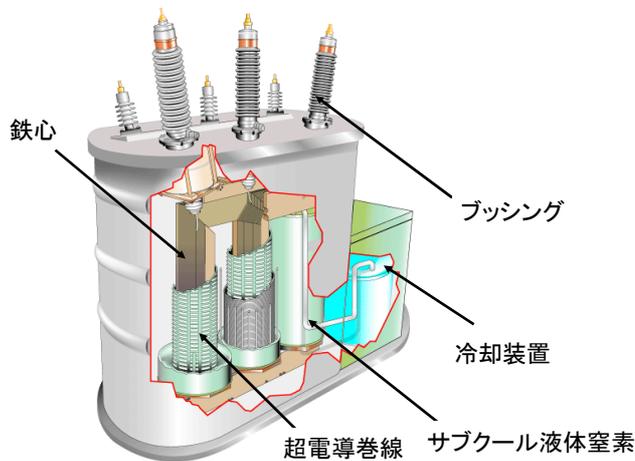


図5 超電導変圧器の概念図

線材開発

例えば IBAD-PLD 法を用いて 500 m-300 A 級の線材作製技術開発に成功している (図 6)。しかしながら、本プロジェクトでは、各々の機器開発に対して総量で 20-30 km の線材が必要であり、イットリウム系線材の量産化・安定製造技術開発が必要となる。また、安定製造を重要視しつつ、歩留り/原材料の収率の向上、特性向上、且つ、工業製品としての信頼性も向上させる必要がある。

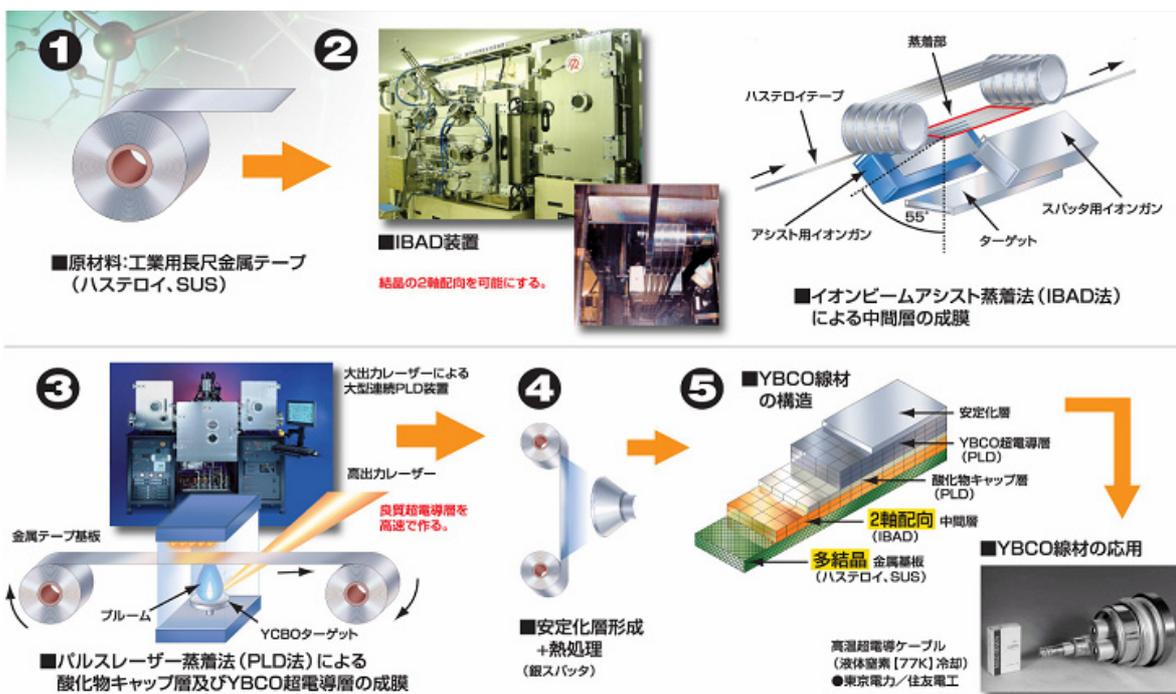


図 6 IBAD-PLD 法による線材作製一貫工程

このため、本プロジェクト中の線材開発においては、2020年頃に想定される超電導電力機器の普及・導入時の線材仕様を見据え、1) 線材特性の把握、2) 磁界中高 I_c (臨界電流)、3) 低ロス化、4) 高強度・高 J_c (工業的臨界電流密度)、5) 低コスト・高歩留まり向上の線材作製技術開発を行なう(表1参照)。1) は温度、応力などの高負荷運転での機器使用環境下での特性の変化、対策を検討する。これまでの線材作製に主眼を置いた研究開発から機器を意識した内容になる。また、温度履歴、湿度環境等による線材の経時/経年劣化特性を把握するとともに、その劣化防止策も開発する。2) は十数テスラの磁場を発生させなくてはならない SMES に必要であり、3) および 4) は交流機器である SMES、ケーブル、変圧器において、低交流損失で熱発生が少なく、よりコンパクトで低コストの機器の開発のために必要である。5) は、線材産業の事業化を目指すために必要な項目である。本プロジェクトにおけるイットリウム系線材安定製造技術開発後、線材各社による市場投入を可能にするには 3 円/Am 以下の技術コストが必須となる。前プロジェクトでは、パルスレーザを使用した PLD 法により作製された線材で 12 円/Am、溶液の塗布・熱分解法による低コストな MOD 法で 8 円/Am の見通しを得たが、これを市場で競争力あるものにするため臨界電流、製造速度をさらに向上させる。これにより、3 円/Am 以下の低コスト化を実現し、本プロジェクト後の線材の事業化を可能にする。

表 1 線材開発項目

中テーマ	小テーマ
(1) 線材特性の把握	・経年劣化・耐久性評価等
(2) 磁界中高 I_c 線材作製技術	・ピン導入技術開発 ・高 B_{ir} 特性材料開発
(3) 低損失線材作製技術	・特性均一線材作製技術開発 ・細線化加工技術及び評価技術の開発
(4) 高強度・高 J_c 線材製作技術	・薄肉基板高強度化技術開発 ・高 J_c 化技術開発
(5) 低コスト・歩留向上技術	・実用化技術開発用線材安定製造技術開発 ・極低コスト対応高速・高 J_c 化技術開発 ・接続・補修技術開発

以上、本プロジェクトの実施により、機器から線材産業事業化にわたる主要な技術開発、ならびに超電導電力機器の適用標準化がなされ、新しいイットリウム系線材による超電導電力機器の技術的見通しが得られる。世界的にも米国、欧州でもケーブルを含め、いよいよイットリウム系線材の機器適用検討が進められており、本プロジェクトも日本におけるイットリウム系線材の事業化並びに超電導電力機器開発の先鞭を担うものと期待される。

(SRL/ISTEC 所長代行兼副所長 兼線材研究開発部長 塩原 融)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導関連 9-10月の催し物案内

9/1-6

7T 超伝導マグネットへの挑戦(11)

場所：高エネルギー加速器研究機構 STF 棟、つくば市大穂

主催：低温工学協会冷凍部会

問合せ：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

9/4

応用物理学会 特別企画「鉄系新高温超伝導体特別セッション」

場所：中部大学、愛知県春日井市

主催：応用物理学会 超伝導分科会

問合せ：東北大学 金属材料研究所 強磁場超伝導材料研究センター 淡路 智

Tel: 022-215-2151、Fax: 022-215-2149、E-mail: awaji@imr.tohoku.ac.jp

【会告】

応用物理学会(9/2-5:中部大学)における特別企画「鉄系新高温超伝導体特別セッション」のご案内

鉄系新高温超伝導物質（鉄系ニクタイト高温超伝導物質）が東工大 細野教授のグループにより、本年2月に発見され、新しい高温超伝導ファミリーとして研究が活発になっています。応用物理学会、ならびに超伝導分科会では、議論の場を提供し、会員研究者の皆様の研究を支援したいと考え、ポストデッドライン特別セッションを以下のように企画しました。

多くの皆様の参加をお待ちしております。

特別企画「鉄系新高温超伝導体特別セッション」プログラム

9月4日(木) 12:20-14:30, 18:30- G会場(3F-932)

座長：淡路 智（東北大）

12:20-12:25 企画趣旨説明 藤巻 朗（名古屋大）

第1部 招待講演「鉄系新高温超伝導体の作成法」

12:25-12:50 JST ERATO-SORST¹, 東工大フロンティア² 神原 陽一^{1,2}, 細野 秀雄²

12:50-13:15 産総研 伊豫 彰

第2部 一般講演 座長 藤巻 朗（名古屋大）

13:15-14:30 鉄系ニクタイト高温超伝導に関する一般講演 5件

第3部 「鉄系新高温超伝導体インフォーマルミーティング」

18:30- (終了時間未定) ポストデッドライン一般講演

講演時間は10分以内（詳細は応用物理学会ホームページ等でご案内します。）

9/10-12

若手セミナー「超電導材料・線材の臨界電流とその応用」と見学会

場所：講義 山口大学工学部 D 講義棟、宇部市常盤台

見学会 宇部コンビナート内工場見学

主催：低温工学協会 九州・西日本支部

問合せ：山口大学工学部 原田直幸 Tel:0836-85-9476、E-mail:naoyuki@yamaguchi-u.ac.jp

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

9/11-13

第36回日本磁気共鳴医学会大会

場所：北海道、旭川市

問合せ：<http://www2.convention.co.jp/jsmrm36/index.html>

9/16

NEDO 超電導応用基盤技術研究開発成果報告会

場所：九段会館 真珠の間、東京

問合せ：(財) 国際超電導産業技術研究センター (ISTEC) 超電導工学研究所 (SRL)

企画部 岡田吉弘 Tel: 03-3536-7327、Fax: 03-3536-5714、E-mail: okada@istec.or.jp

9/19-20

低温工学協会 東北・北海道支部第13回超伝導・低温若手セミナー「ここまで進んだ超伝導(1)ー交流ー」

場所：たざわこ芸術村 温泉ゆぼぼ、秋田県仙北市

問合せ：秋田県立大学システム科学技術学部 二村宗男

E-mail: futamura@akita-pu.ac.jp TEL: 0184-27-2112 FAX: 0184-27-2188

9/24-26

低温工学協会 関西支部 第24回低温工学基礎技術講習会

場所：9/24、9/25ー大阪大学工学部(吹田市)及び神戸大学海洋科学部(神戸市)

9/26ー大阪府立大学文化交流センター(大阪市、大阪駅前第2ビル6階)

問合せ(申し込み)：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: jcryo-kansai-kousyu2008@su.ltc.osaka-u.ac.jp

10/27-29

21st International Symposium on Superconductivity (ISS2008)

場所：EPOCHAL TSUKUBA、つくば市

主催：(財) 国際超電導産業技術研究センター、ISTEC

問合せ：<http://www.istec.or.jp/ISS>

10/27

第6回超電導電力機器関連パネル討論会ー標準化調査ー

場所：3:30-5:30pm、中会議室#202、EPOCHAL TSUKUBA、つくば市

主催：(財) 国際超電導産業技術研究センター・(独) 新エネルギー産業技術総合開発機構

問合せ：(財) 国際超電導産業技術研究センター標準部 田中靖三 檜山由紀子

Tel: 03-3536-7214、Fax: 03-3536-7318、E-mail: tc90tanaka@istec.or.jp

10/28

第2回超電導エレクトロニクス関連パネル討論会ー標準化調査ー

場所：6:30-8:30pm、中会議室#202、EPOCHAL TSUKUBA、つくば市

主催：(財) 国際超電導産業技術研究センター・(独) 新エネルギー産業技術総合開発機構

問合せ：(財) 国際超電導産業技術研究センター標準部 田中靖三 檜山由紀子

Tel: 03-3536-7214、Fax: 03-3536-7318、E-mail: tc90tanaka@istec.or.jp

10/30-11/1

2008CHATS on Applied Superconductivity Workshop

場所：つくば市

問合せ：Naoyuki Amemiya, Kyoto University, E-Mail: chats2008@rain.dnj.ynu.ac.jp

<http://www.chats-as.org/News/news.html>

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

新聞ヘッドライン (7/20-8/19)

- リニアモーターカー 摩擦に頼らず、速度無限大 7/20 朝日新聞
- コージェネの「総合効率」とは 熱と電気のエネ単純合算は乱暴? 7/22 電気新聞
- 中部電力関営業所 核融合研など見学会 美濃商工会 女性会メンバー招く 7/23 電気新聞
- 陽子線がん治療装置 米で本格稼働を開始 日立 高精度にビームを照射 7/24 電気新聞
- 性能2倍の熱電変換材料 阪大など 廃熱エネ再利用に道 7/25 電気新聞、日経産業新聞
- ナゾ 謎 かがく 超電導はなぜ起きる 新物質発見、研究再び活気 7/27 日本経済新聞
- JR 東海会長葛西敬之 一兆円の赤字 最大の成功例 日本の動脈もう一本 「リニア」使う 7/28 読売新聞
- 燃料別に見る電源構成の変遷 石油機器を契機にシフト加速 7/29 電気新聞
- リニア新幹線 10月に調査結果 JR 東海 7/29 日本経済新聞
- 新エネルギー 系統対策、集中議論へ エネ庁 8月にも専門小委員会 導入量 コスト検証 7/31 電気新聞
- 注目のテクノロジー 電気推進船 船体スリム化、CO₂削減 7/31 日経産業新聞
- 先端装置 民間開放を拡大 まず大強度加速器 文科省、法改正へ 企業の競争強化 7/31 朝日新聞
- 国際標準化技術を促進 情報8団体 開発センター設立 8/1 フィジサンケイビジネスアイ
- 宇宙の起源解明 日本で 次世代加速器 誘致議論が発足 8/1 日経産業新聞
- 温水熱使った動力装置 水素吸蔵合金を活用 8/1 日経産業新聞
- NEC 研究員に サイモン記念賞 量子コンピュータで 8/4 日経産業新聞、日刊工業新聞
- 極低温粒子 摩擦ゼロで移動 固体で初の実証 情報学研など 8/4 日本経済新聞
- 高温超電導の機構解明 東大・電通大など 鉄・ヒ素含む新物質で 8/4 日経産業新聞、日本経済新聞、日刊工業新聞
- 石炭火力も世界トップクラス 日本の先進技術、今こそ世界へ 8/5 電気新聞
- クォーク 4個の新粒子 国際研究グループ 加速器での3種発見 8/7 フィジサンケイビジネスアイ
- 再生可能エネルギー 有効利用のための電力貯蔵技術 2008 夏季刊号 環境市場新聞
- 21の革新技術 温暖化ガスを半減 クールアース 50へ技術開発ロードマップ 経産省まとめ 2008 夏季刊号 環境市場新聞
- 野口、五輪前に入院 すでに退院 8/9 朝日新聞(夕)
- 野口が精密検査 藤田監督きょう会見 女子マラソン 8/10 日本経済新聞、読売新聞
- カーボンナノチューブ 零下261度で超電導 微量ホウ素混入時 8/10 読売新聞
- ヒッグス粒子「今こそ」 唯一残された粒子 最強加速器で未踏の領域へ 8/10 読売新聞
- 太陽の力をフルに使い 太陽エネルギーを多様に活用 発電に熱を利用 光より低コスト 8/10 日本経済新聞
- 野口肉離れ 2、3日で出場判断 左太もも 8/11 読売新聞
- 大気汚染防止へ低NO_x対策 発生抑制と脱硝で低濃度化成功 8/12 電気新聞
- パリ送配電会議 UHV国際規格も議論 CIGRE 25日から 8/14 電気新聞
- 車の排熱で発電 古河機械金属 変換材料を実用化 温度差利用 燃費を向上 8/15 日経産業新聞
- 省エネ送電、超電導に再び脚光 住友電工、10年度 実証試験 8/15 日本経済新聞
- 情報量100倍の光通信・1秒充電の高機能カード 応用性豊か 分子磁石 8/17 読売新聞

- 神の粒子を探して 組織の成功 絞れぬ「受賞者」 8/17 読売新聞
- JR 東海、日本車両を子会社に リニア実現へ「連結」 自前開発、「輸出」に布石 8/18 日経産業新聞
- 変圧器の消費電力大幅減 アモルファス生産 3 倍に 日立金属 8/19 日経産業新聞
- 「超流動」気体 磁気で爆発 東大など観測成功 8/19 日経産業新聞
- MRI 設置スペース 40 %減 日立メディコ ユニット半減 8/19 日刊工業新聞
- SO_x、ばいじん低減でも実力 優秀な石炭火力「対策 3 点セット」 8/19 電気新聞

(編集局)



[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導速報—世界の動き (2008年7月)

電力

American Superconductor Corporation (2008年7月1日)

American Superconductor Corporation は、Static VAR Compensator (SVC) に関しいくつかの発注を受けたと発表した。最近の一連の発注は、各種工業分野における新規顧客 5 社からのものである。AMSC 社の SVC ソリューションは、2007 年の Power Quality Systems, Inc. (PQS) 買収の結果品揃えされたものであり、PQS 社のサイリスタスイッチ技術と AMSC 社の制御技術から生まれたスケラブル SVC システムである。この SVC システムは送電・配電いずれの場合にも使用可能で、電力の信頼性、品質の改善を図るものである。最近 SVC ソリューションを購入した顧客には、北カリフォルニアの電力会社、テキサスのガス会社、金属回収事業者、分散発電事業者などがある。

出典:

“AMSC Announces Increasing Adoption of Its SVC Solution for Industrial Applications”

American Superconductor Corporation press release (July 1, 2008)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1170888&highlight

Zenergy Power plc (2008年7月21日)

Zenergy Power plc は、世界初の HTS 商用誘導加熱装置をドイツ Weseralu GmbH & Co. KG (‘Weseralu’) の工場に設置し、稼動することに成功した。この HTS 加熱装置は、自動車、航空機、建設用機械のような産業向け各種製品の製造に使われる大型 AI ビレットを過熱するため特別に設計されたもの。現在稼動中のこの HTS 誘導加熱装置は、フル運転状態でも 450 kW の電力しか必要とせず、従来機の 1 MW に比べ 55 % の省エネ効果がある。また、従来機に比べてメンテナンスの手間も少なく、年間 300 トンの CO₂ 削減効果がある。これは 150 世帯の CO₂ 排出量に相当する。Weseralu 社のオーナーで役員 Hagemann は次のように語った。「Zenergy 社の HTS 技術は我々産業にとって大きな進歩であり、我々がこの技術を世界で初めて使うことを喜ばしく思っている。私は、この技術が既存のビレット加熱装置と比べて経済的にもエコロジカルな観点からも優位であることを確信している。また、この HTS 誘導加熱装置により、従前の装置に比べ他に例を見ないほど加熱中の AI ビレットの温度均一性が実現された。その結果として、大きな省電力から得られる生産性向上とも相俟って大きな経済的利益が期待できる。」

出典:

“Successful Operation of World’s First Commercial Full Scale HTS Induction Heater”

Zenergy Power press release (July 21, 2008)

http://www.zenergypower.com/images/press_releases/2008-07-21-ih-weseralu.pdf

American Superconductor Corporation (2008年7月29日)

American Superconductor Corporation は、HTS 消磁コイルシステム用主要部品をフィラデルフィアの U.S. Office of Naval Research (ONR) と Naval Surface Warfare Center, Carderock Division (NSWCCD) Ship Engineering Station に出荷したと発表した。8000 トンの米国駆逐艦 Higgins 上で行われた初期試験は上首尾であった。この AMSC 社の HTS 線材とマグネット・ケーブル技術を使ったシステムは、今後 2 年間米国海軍による海上試験に供される予定。この消磁システムは海軍艦船の磁気的痕跡を消すことを目的としている。従来のシステムは何トンもの銅を使い、船体回りに

設置された電気ケーブル配線が必要であった。HTS 消磁システムは従来のものと同じ機能を持ちながら、ずっと効率的で艦船への障害にもならない。米国海軍は、従来システムと比べこの HTS 消磁システムが重量で 50~80 %削減され、全体コストも低減できるものと考えている。さらに、設置ケーブル長も 90 %削減できるものと期待されている。

出典:

“American Superconductor and U.S. Navy Initiate Testing of an HTS Degaussing System on USS Higgins”

American Superconductor Corporation press release (July 29, 2008)

http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=86422&p=irol-newsArticle_Print&ID=1180520&highlight

通信

Superconductor Technologies Inc. (2008年7月29日)

Superconductor Technologies Inc. (STI)は、同社の HTS 材料の専門的な能力、知見をエネルギー省 Los Alamos National Laboratory (LANL)が実施する送電用 Y 系線材開発計画の中で利用すべく、同研究所との共同研究に着手した。この共同研究の一環として、STI 社と LANL は 2008 年に行われる DOE の Peer Review での発表を行う。発表のタイトルは“Progress in Reactive Coevaporation on IBAD” and “Growth of YBCO Thin Films by Reactive Coevaporation”である。

出典:

“Superconductor Technologies and Los Alamos National Laboratory Collaborate On Superconductor Materials for Next Generation Commercial Power Transmission Networks”

Superconductor Technologies Inc. press release (July 29, 2008)

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=1180484&highlight>

基礎

National High Magnetic Field Laboratory (2008年7月10日)

National High Magnetic Field Laboratory は、カナダ University of British Columbia 及び英国 University of Cambridge と共同で銅酸化物中の超電導電子対の生成に関する知見を得た。45-Tesla ハイブリッドマグネットによる強磁場の下で、超電導による遮蔽効果を打破り、銅酸化物超電導体の電子構造を調べた。その結果、これら材料に見られる電子構造の中で、「(ホール) ポケット」に関する情報を得ることができた。また、実験から大部分が超電導状態になった後も磁性が生き残っていることを示唆する結果が得られ、このことは超電導と磁性が関連していることをうかがわせる。磁性と超電導が競合しているのか、助け合っているのかについては明らかではない。研究結果は、Nature 7月10日号に掲載された。

出典:

“Scientists sneak a peek under the veil of superconductivity”

National High Magnetic Field Laboratory press release (July 10, 2008)

<http://www.magnet.fsu.edu/mediacenter/news/pressreleases/2008/2008july10.html>

Massachusetts Institute of Technology (2008年7月18日)

Massachusetts Institute of Technology (MIT)では、高温超電導と関連していると思われる奇妙な状

態を見出した。研究グループは超電導臨界温度以上の物資の状態に着目してきた。擬ギャップとして知られている状態である。MIT のグループが得た結果は、擬ギャップが従前理論化されたような超電導の前駆状態ではなく、競合状態であることを示唆している。この新たな知見が確認されれば、物理研究者の超電導に対する従来の考え方を完全に変わってしまうかもしれない。研究グループでは、異なるドープレベルの Bi 超電導体を調べ、擬ギャップが電荷密度波であることを示唆する結果を得た。このような可能性は以前から指摘されていたが、MIT の結果は走査型トンネル顕微鏡による観察時にあらわれるチェッカーボード・パターンを初めて体系的に検討して得られたものである。チェッカーボード・パターンのドーピング依存性は、これが電荷密度波であることの証拠であると考えられる。この研究は、National Science Foundation 及び Research Corporation の支援を受けたものであり、結果は Nature Physics 7 月 6 日号オンライン版に掲載された。

出典:

“MIT physicists shed light on key superconductivity riddle”

Massachusetts Institute of Technology press release (July 18, 2008)

<http://web.mit.edu/newsoffice/2008/super-conduct-0718.html>

Rutgers University (2008年7月21日)

Rutgers University 及び Columbia University は、Np 及び Pu を含むエキゾチックな化合物を調べ、超電導メカニズムに関する新たな知見を得た。これらの超電導体は実用向きではないが、材料が超電導に転移するための要因に関して重要な情報を取り出すことができる。Np 及び Pu はアクチノイド系の元素である。重い電子系の超電導体として知られているこれら超電導体においては、電子は *f* 軌道に存在している。これは銅酸化物の電子が *d* 軌道に存在しているのと対照的である。*f* 電子材料は比較的低い超電導臨界温度を持つが、試料作成が容易で、理解がより容易である。重要なことは、これらの新しい材料では、他の超電導体と異なり、磁性が Cooper ペアのドライビング・フォースとなっているということである。重い電子系超電導体はスピンとして知られる多くの原子レベルのマグネットを持ち、これらスピンの中を電子が動く時、電子は通常減速されあたたかも重量が極めて大きくなったかのようにゆっくり動く。最も重い電子を持つ超電導体では、電子は減速されており、超電導体になる以前に大きな質量を持つようになる。一方、高温超電導体の場合は、電子が重くなると同時に超電導体になっている。この現象を説明するため、研究グループは電子がスピンを媒介としてペアリングを起こすという新たなモデルを提案した。研究グループはこの考え方が *d* 電子材料にも適用でき、臨界温度がもっと室温に近い超電導体が生み出せるようにと考えている。この結果は Nature Physics に掲載の予定。

出典:

“Exotic materials using neptunium, plutonium provide insight into superconductivity”

Rutgers University press release (July 21, 2008)

<http://news.rutgers.edu/medrel/news-releases/2008/07/exotic-materials-usi-20080721>

Helmholtz Association of German Research Centres (2008年7月24日)

ドイツ・ヘルムホルツ協会傘下のユーリッヒ研究所では、新しい超高分解能電子顕微鏡を使って、原子の間隔を数ピコメートルのレベルまで正確に測定することに成功した。この結果を使えば、超電導体のような材料の物理的性質を決定しているパラメータを顕微鏡を使って原子レベルまで正確に決めることができる。この技術を検討するための研究の一環として、酸化物超電導体 (YBa₂Cu₃O₇) の直交グレインバウンダリーを調べた。異なったいくつかの条件下で得られた顕微鏡写真を使って、研究グループは電子の波動関数を計算機により求めた。その計算結果は原子の正確な位置を決定するための基礎として使うことができる。その結果、化合物中の比較的重い元素(Ba、

Cu、Y)はグレイン・バウンダリー中では数ピコメートル変移していることを見出した。より軽い元素である酸素もやや変移している。これらの結果から、電流がグレイン・バウンダリー中を流れるとき、超電導特性が低下することが理解できる。脳波のような微弱磁場測定のためこのような乱れの磁場依存性を利用した SQUIDS の製造にこの現象が使われている。研究リーダー Knut Urban は次のように述べた。「これは、原子間隔の極めて高精度な測定を通じて物理パラメータや特性を決定することができるという新しい材料科学の始まりである。また、この技術により新しい機能や既存特性の改善のため、物理特性をどのように操作すればよいかというヒントを得ることができる。」この結果は、7月25日の Science に掲載の予定。

出典:“Electron microscopy enters the picometer scale”

Helmholtz Association of German Research Centres press release (July 24, 2008)

<http://www.fz-juelich.de/portal/index.php?cmd=show&mid=615&index=163>

University of California – Davis (2008年7月30日)

University of California – Davis、Los Alamos National Laboratory (LANL)及び University of California – Irvine は、いかに重い電子系材料が超電導となるかについての理解する上での重要な前進を果たした。研究グループは新しい物質の状態である近藤液体が生じる温度を計算する簡単な方法を見出した。重い電子系材料は、自由に動き回れる伝導電子と局在電子による近藤格子から構成されている。温度が一定以下になると、局在電子はその磁性を失い量子効果により集団として伝導電子とからみあい状態になる。また、伝導電子は重くなって、近藤液体となる。さらに温度を下げると、重い電子は磁性を持つか、又は超電導状態になる。重い電子に関する過去 30 年のデータ及び LANL で得られた新たなデータを検討した結果、主要研究者の 1 人である UC Davis のポスドク Yi-feng Yang は物質中の単一不純物と格子の振る舞いの間の関係を明確化することに成功した。その結果、研究グループは近藤液体の生じる温度は個々の局在電子と伝導電子との結合状態に依存していることを見出した。この結果を基に、重い電子系の超電導の総合的な原則を明らかにできるようになるものと考えられる。研究結果は、Nature 7月31日号に掲載された。

出典:

“New insight on superconductors”

University of California – Davis press release (July 30, 2008)

http://www.news.ucdavis.edu/search/news_detail.lasso?id=8725

(ISTEC 国際部長 津田井昭彦)

[超電導 Web21 トップページ](#)

「低温工学協会 東北・北海道支部/材料研究会」報告

山形大学
大学院理工学研究科
教授 大嶋重利

2008年度の東北・北海道支部研究会が、第2回材料研究会との共催で、8月5日(火)、6日(水)、山形市のウエルサンピアで開かれた。今回のテーマは「実用が見えてきた超伝導技術—物質と応用—」というテーマで以下のような9件の講演をお願いし、30名の参加のもと活発な討論が繰り広げられた。

プログラム：

1. 金属系超伝導材料.....物材機構 竹内孝夫
2. MgB_2 超伝導材料.....物材機構 熊倉浩明
3. 蛍石ブロックをもつ層状銅酸化物(鉄系も少し紹介)
.....東工大 山内尚雄、ヘルシンキ工科大 Maarit Karppinen 東工大 田中良明
4. 基礎物性に基づいた高温超伝導材料の高特性化開発.....超電導工研 筑本知子
5. 特別講演(九州・西日本支部との交流)
超伝導体の磁束ピンニング特性.....九工大 松下 照
6. 気象レーダ用超伝導フィルタの開発.....東芝 加屋野博幸
7. 超伝導デジタル応用の進展.....超電導工研 日高睦夫
8. SMESによる瞬低保障と変動負荷保障.....中部電力 長屋重雄
9. MCZ用超伝導磁石.....住友重機 櫻庭順二

物材機構の竹内氏は $NbTi$, Nb_3Sn , Nb_3Al の超伝導線材の開発状況や今後の取り組み方などについてまとめて報告し、今後 $LowT_c$ 線材と $HighT_c$ 線材の住み分けが重要であると力説した。物材機構の熊倉氏は MgB_2 の基礎から線材応用について、特に線材化のプロセスや MgB_2 線材の利点、問題点について詳しく報告した。東工大の山内氏は長年研究してきた蛍石ブロックを持つ層状銅酸化物の特徴と T_c の関係について、また山内先生と研究を共にしているヘルシンキ工科大学の Maarit Karppinen 教授は、高温超伝導発現における頂点酸素の役割について、山内研究室大学院生の田中君は、 $(Nd,Ce)CuO_4$ 超伝導体の正確な電子ドーピング量測定法とドーピング量と T_c の相関について報告した。超電導工研の筑本氏は、YBCO テープ線材の作製法やその超伝導特性について、磁気光学法を用いた材料の評価法などについて報告した。九工大の松下氏は、超伝導体の磁束ピンニング特性について、学生にも理解できるように基礎方程式から最近の研究結果まで報告した。東芝の加屋野氏は、気象用レーダに応用する狭帯域の超伝導バンドパスフィルタの設計やその特性について報告した。超伝導フィルタでなければ実現できないフィルタの性能をアピールした。超電導工研の日高氏は、超低消費電力の超伝導 SFQ デバイスの設計やその性能について報告した。高速・低消費電力のデジタル応用の中核を担うであろう SFQ デバイスの今後の発展に期待したい。中部電力の長屋氏は、瞬低補償用 SMES についてそのマグネット設計や利点についてと今後の YBCO 線材の開発動向について報告した。住友重機の櫻庭氏は、シリコン単結晶を作製するチョクラルスキー(CZ)法に用いられる超伝導マグネットについての現状を報告した。

この研究会は、若手参加者による情報提供を目的としたナイトセッションや親睦・交流を目的としたミッドナイトセッションにも力を入れている。今回は、夜の9時から以下の5名によるナイトセッションを行った。

- (1) Atomic layer deposition and its recent applications to sciences and industry
.....Helsinki Univ. Technology Maarit Karppinen
- (2) 超伝導薄膜における磁束線可逆運動の解析.....秋田県立大 二村宗男
- (3) 超電導バルク体の磁気浮上応用～免震・除振装置.....東北大 津田 理
- (4) 総務省プロジェクトへの大嶋研究室の取り組み.....山形大 齊藤 敦
- (5) 強磁場超伝導マグネット開発の現状と将来.....東北大 淡路 智

ビールを飲みながらの気軽なセッションであるので、研究成果発表というよりも話題提供が主となっていた。自作した超電導耐震キッド、超電導ミニチュアカー、超電導フィルタなどの動作ビデオが紹介され、大変面白かった。その後、参加者同士の交流・情報交換を目的としたミッドナイトセッションを開催した。お酒が入るごとにボルテージが上がり、最近の超電導研究の状況や国プロのスタンスなどが判り、学会などでは聞くことができない貴重な情報を得ることができた。

閉会は朝の3時になってしまったが、翌朝は定時に研究会を開始した。



参加者の写真 (途中で帰られた方は残念ながら写っていません)

[超電導 Web21 トップページ](#)

「ICEC22-ICMC2008 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

7月21日～25日、韓国ソウルにおいて ICEC22-ICMC2008（第22回国際低温工学会議／2008年国際低温材料会議）が開催された。今回から ICEC と ICMC は常に共同で開催することが両国際委員会で正式に決められている。世界 21 カ国からの参加者総数は 370 名、国別の参加者数が多い順に韓国（135）、日本（74）、フランス（27）、中国、ドイツ（各 22）、スイス（21）、米国（18）などであった。3 日間にわたる発表件数は、6 件のプレナリーを含む口頭、ポスターを合わせて 250 件を越えた。企業展示には 21 社が参加、Air Liquide, Linde Kryotechnik, WEKA など主立った低温設備、機器メーカーが新技術等を紹介していた。日本からは 3 社（住友重機械工業、英国物理学会出版局、Quantum Design Japan）が参加した。



ヘリウム液化 100 年記念基調講演

会議のテーマは「ヘリウム液化 100 年」である。今年は、1908 年 7 月 9 日にオランダ・ライデン大学のカムリン・オネスが人類史上初めてヘリウムを液化してからちょうど 100 年目にあたる。これを記念する行事として、ヘリウム関連の基調講演が 4 件あった。ライデン大学 Boerhaave 博物館の Delft 氏が博物館に展示してある当時のヘリウム液化装置等、歴史的に貴重な資料をふんだんに織り交ぜながら、オネスの業績を語った。ドイツ Dresden 大学の Quack 氏はオネス以後のヘリウム液化技術の変遷を、また MIT の Brisson 氏は 1 K 以下の超低温発生技術の詳細と到達点について講演し、最後に AirProducts の Smith 氏が資源としてのヘリウムガスについて世界的状況を報告した。

2 日目の基調講演では、横浜国立大学の塚本氏が日本における高温超電導の電力応用について、また韓国国立核融合研の Kwon 氏は KSTAR の最新の成果についてホットな報告を行った。

3 日目には ICEC 恒例のメンデルスゾーン賞授賞式が行なわれ、前述の Quack 氏が受賞した。受賞理由は、長年にわたるヘリウム冷凍機開発と世界への貢献である。この席で、ICE 国際委員会が新 Chairman として春山（高エネルギー加速器研究機構）を選出したことを報告した。1967 年にオックスフォード大学・K. Mendelssohn 教授と東大・大島恵一教授ら（いずれも当時）によって創設された ICE 国際委員会の歴史において Chairman がアジアから選出されたのは初めてである。

最終日にはテクニカルツアーが催され、6月に始めてプラズマ発生に成功した韓国超電導トカマク核融合炉 KSTAR や韓国ガスの LNG ファシリティに、あわせて 200 人近くが参加した。

提出された 200 件近くの論文は、今後査読審査を経て、2009年7月までに ICEC22-ICMC2008 プロシーディングスとして発行される。

次回の ICEC23-ICMC2010 は 2010年7月19日～23日にポーランドの Wroclaw (ブラスロフ) で開催される予定である。



ポスターセッション会場

なお本会議の写真集は、現地実行委員会の下記 URL で当分の間、閲覧可能である。

<http://www.icec-icmc-seoul.org/Default.asp>

[超電導 Web21 トップページ](#)

「The 6th international Conference of the Stripes and High T_c superconductivity —STRIPES08」報告

東京大学
大学院理学系研究科
教授 内田慎一

この高温超電導基礎研究の会議としては異色なタイトルを冠する会議は 1996 年から始まり、ほぼ 2 年毎に開催されている。主催は一貫して、X 線を用いた結晶構造、電子構造解析を専門としているイタリアローマ大学の Antonio Bianconi 教授である。開催地は通常ローマ市内にあるローマ大学キャンパスであるが、何か記念すべき年に当たる場合は、シチリア島内北西端の町エリーチェ (Erice) が開催地となる。前回 2006 年のエリーチェ会議は、高温超電導発見 (1986 年) 20 周年を記念したものであった。



ストライプ会議の
ロゴマーク

この会議が始まったのは、1995 年の中性子散乱実験 (米国ブルックヘブン国立研の Dr.J.M.Tranquada と筆者のグループ) でストライプ秩序の存在が発見されたことがきっかけである。La 系銅酸化物高温超電導体で発見されたストライプ秩序は、超電導相で均一に分布していた電子 (正孔) が一列に並んでしまう状態である。この状態では超電導は殆ど消滅している。ストライプ秩序は $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_4$ の $x=1/8$ で最も安定で、このため、「1/8 問題」と呼ばれ、永らく高温超電導の謎の 1 つであった。ストライプ秩序は La 系物質に特有なものであり、高温超電導にとっては本質的なものではないという見方もされてきた。しかし、現在では、高温超電導機構解明のための鍵の 1 つは「秩序競合」であり、ストライプ秩序の発見はそれを認識させた最初の実験とされている。

実は、Bianconi 教授は、他の研究者からは信用されていなかったのであるが、1995 年以前から、ストライプの存在を自らの実験で主張していた一人である。Bianconi 教授の「ストライプの第 1 発見者」としての自負がストライプ会議を主催し続けている動機である。彼の会議の主催を後押しする一人に高温超電導体の発見者 K.A.Mueller 教授がいる。Mueller 先生がストライプと高温超電導とのかわりをどう考えているのか不明であるが、少なくとも、ストライプの形成を結晶格子の変形が手助けしているという点は彼の好みに合っているようである。彼が、電子と格子の相互作用を追及した結果、銅酸化物にたどり着いたことは良く知られている。

余談の続きとして開催地エリーチェに触れると、エリーチェはシチリア島内の多くの町と同様、古代ギリシャの海洋植民都市の 1 つであった。古代ギリシャの衰退とともに支配は北アフリカの都市国家カルタゴに移り、ポエニ戦役を経て古代ローマの支配するところとなった。地中海の要衝、そして世界都市ローマの穀倉地としてシチリアは豊かな地であったが、近代になるとその意義は失われ、特別な産業もないことから、イタリアでは貧しい地域の 1 つになってしまった。この貧しさが「イタリアマフィア」を産み、エリーチェはマフィアの根拠地として名を馳せることになる。第 2 次大戦後、その汚名を返上すべくマフィアを一掃し、国連、ユネスコの支援の下に、物理学を中心とした科学スクールの開催地、そして観光地として生まれ変わったのが現在のエリーチェである。



エリーチェの基本構造は山の上の城砦都市であり、
石畳の小さな町である

標高が 750 m の地で夏も涼しく、冬は温暖で、毎年様々なテーマのスクールが開校され、各国の研究者、学生はこの地を訪れる。先の Mueller 先生も、1986 年の 1 年前にエリーチェで開かれた超電導をテーマとするスクールに参加し、そこで銅酸化物にたどり着くヒントを得たという話が伝わっている。当時は、物理学においても物質科学においても超電導はマイナーなテーマであり、超電導をテーマに様々な国の研究者が集まり議論する機会と場所はエリーチェ以外になかったということである。Mueller 先生は、このような思い入れからエリーチェの会議には欠かさず参加されてきたが、今回は体調が許さず参加できなかった。

2008 年 7 月 26 日—8 月 1 日に開催された STRIPE08 での主な発表は、タイトルどおり高温超電導体のストライプ秩序研究の最近の進展であった。おりしも、東工大細野グループの鉄—砒素系高温超電導の発見とそれに続く爆発的な研究の展開があり、多くの講演者が銅酸化物に加えて鉄—砒素系についての実験結果、また独自の見解をコメントした。28 日と 30 日の夜 (21 : 30—23 : 00) には鉄—砒素系に関するセッションが特別に設けられた。高温超電導を示す鉄化合物は銅酸化物とは全く別系統の物質で、電子構造も大きく異なっている。しかし、層状の結晶構造、磁気的状態の近くで超電導が起こる等共通点も垣間見える。特に、鉄系の磁気構造が銅酸化物のストライプに似たものであるということも会議参加者の関心を一層刺激したようである。前述のように、何か特別な理由があるときに、この会議はエリーチェで開催されるのだが、今回はその理由が見つからなかった。結果的に、新高温超電導体発見を記念した会議ということで、参加者は納得したのであった。

[超電導 Web21 トップページ](#)

【隔月連載記事】

粒子加速器と超電導 (その5)

日本大学
大学院総合科学研究科
教授 新富孝和

5.1 LHC

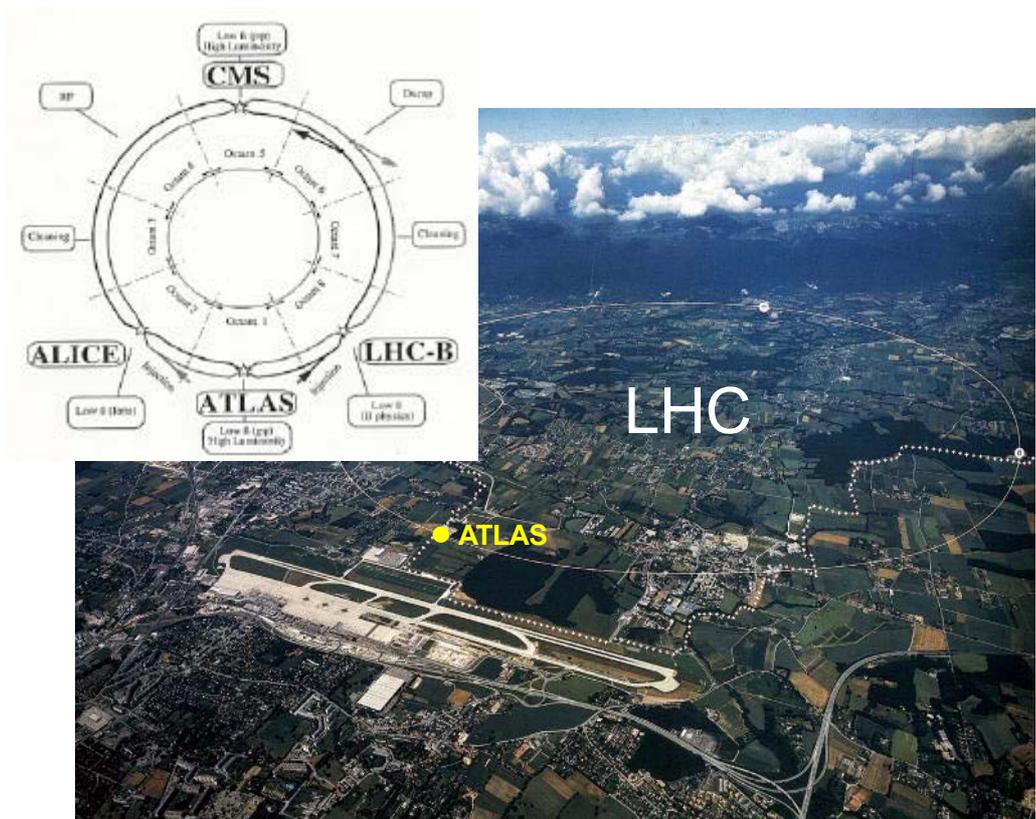


図 5-1 LHC の構成模式図。8 回対称になっており、4 ヶ所の衝突点で実験が行われる。ATLAS には KEK 他日本の実験グループが参加している。

LHC では陽子を 7 兆電子ボルトのエネルギーまで加速し、ヒッグス粒子の探索などビッグバン宇宙の誕生直後など素粒子物理の研究を行う。周長 27 km の地下トンネル内に 1,232 台の主超電導双極電磁石と 386 台の主超電導四極電磁石、4 ヶ所のビーム衝突点に 32 台の強収束超電導四極電磁石などを設置する (図 5-1、5-2)。補正磁石を加えると総数 6,000 台を越える超電導磁石群は 1.9 K まで冷やされ、Nb-Ti では限界の 8 T を越える磁場を発生する。

1980 年頃から SSC と LHC 計画が相次いで出されたが、SSC 計画は 1989 年からテキサス州で建設が始まったものの、87 km の加速器トンネルの 3 割を掘り進んだ時点で、財政難のため 1993 年に中止された。計画頓挫の理由は、大幅な予算超過のほかに、international project にならなかったこと、研究所の上層部が軍関係者で占められていたことなどと言われている。しかし、超電導技術の観点からは、いろいろな貢献をしている (本稿 7 月号)。

SSC の中止を受けて、LHC 計画の実現への機運が全世界的に高まり、1994 年末の CERN 理事会

で建設が正式に承認された。その後、日本・米国・カナダ・ロシアなどからのプロジェクト参加があいつぎ、現在では全世界的なプロジェクトとなっている。総工費は 3,500 億円であり、超電導、低温機器が大きな比率を占めている。



図 5-2 トンネル内に設置された超電導磁石群。(CERN 提供)

5.2 LHC に使われる低温・超電導技術

LHC の主要な超電導磁石のパラメータを表 5-1 に示す。加速器の最小構成単位であるハーフセルは、3 台の主双極電磁石と 1 台の主四極電磁石で構成され、全長 53.2 m である。ハーフセル 1 対で 1 セルになるが、これが冷却の最小単位になる。Octant (1/8 周) は 24 セルで構成される。

表 5-1 LHC の主要な超電導磁石のパラメータ

		主双極電磁石	主四極電磁石	強収束四極電磁石 (KEK 設計)
定格磁場；定格磁場勾配	[T;T/m]	8.36	223	215
コイル最大磁場	[T]	8.7	6.87	8.63
冷却温度	[K]	1.9	1.9	1.9
定格電流	[A]	11,470	11,750	7,119
実効磁場長	[m]	14.2	3.1	6.3
コイル電流密度 (内)/(外)	[A/mm ²]	405/520	464/464	440/487
コイル内径	[mm]	56	56	70
ヨーク外径	[mm]	540	444	470
貯蔵エネルギー	[kJ/m]	274×2	127×2	350
磁石構成		two-in-one	two-in-one	単口径
個数	台	1232	386	16

財団法人 国際超電導産業技術研究センター 〒135-0062 東京都江東区東雲 1-10-13 Tel: 03-3536-7283 Fax: 03-3536-7318

CERN で開発された主双極電磁石 (図 5-3) は、欧州企業 3 社に発注され、製作された。1~3 回のクエンチで 8.3 T の定格値を越えたものを合格とする。また、主四極電磁石は、Saclay 研究所 (仏) と共同で開発され、欧州の会社が製作した。

補正電磁石を含めた電磁石群には、13 kA、6 kA、0.6 kA の 3 種類、総数 1,070 本の HTS 電流リードが使用されている。

電磁石の総冷却重量は 37,000 トンになる。8 台の冷凍機 (1 台当り 18 kW @ 4.5 K 相当) を用い、Octant (3.3 km) 毎に冷却する。基本冷却ユニットのフローを図 5-4 に示す。効率よく He II を発生するため、合計 8 ユニットの低温圧縮機 (2.4 kW @ 1.8 K) が使われる。トンネルに設置された磁石は、Octant 毎に冷却、励磁試験をしている。

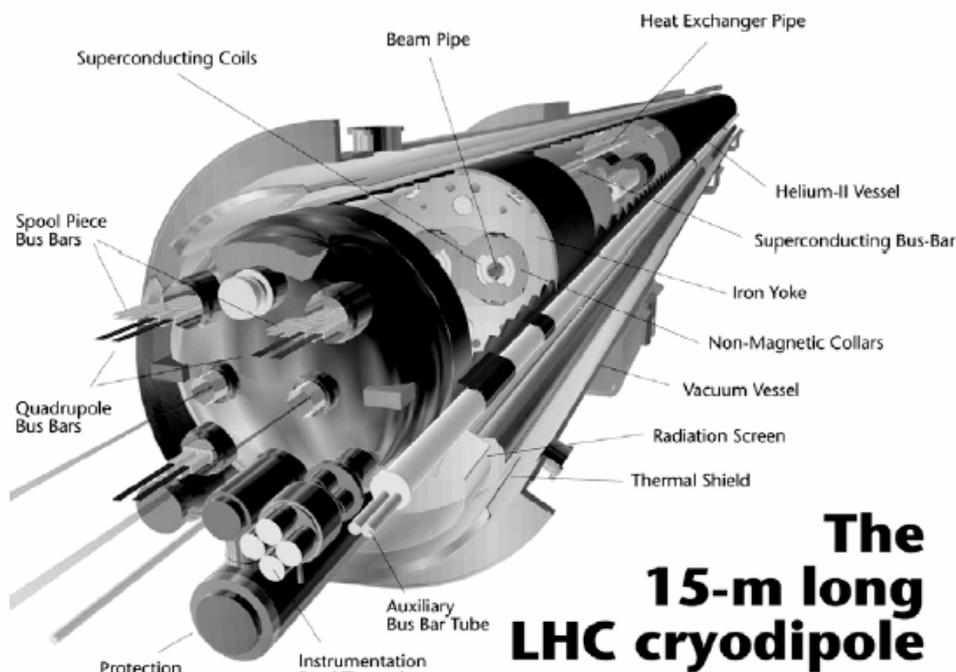


図 5-3 LHC 主超電導双極電磁石

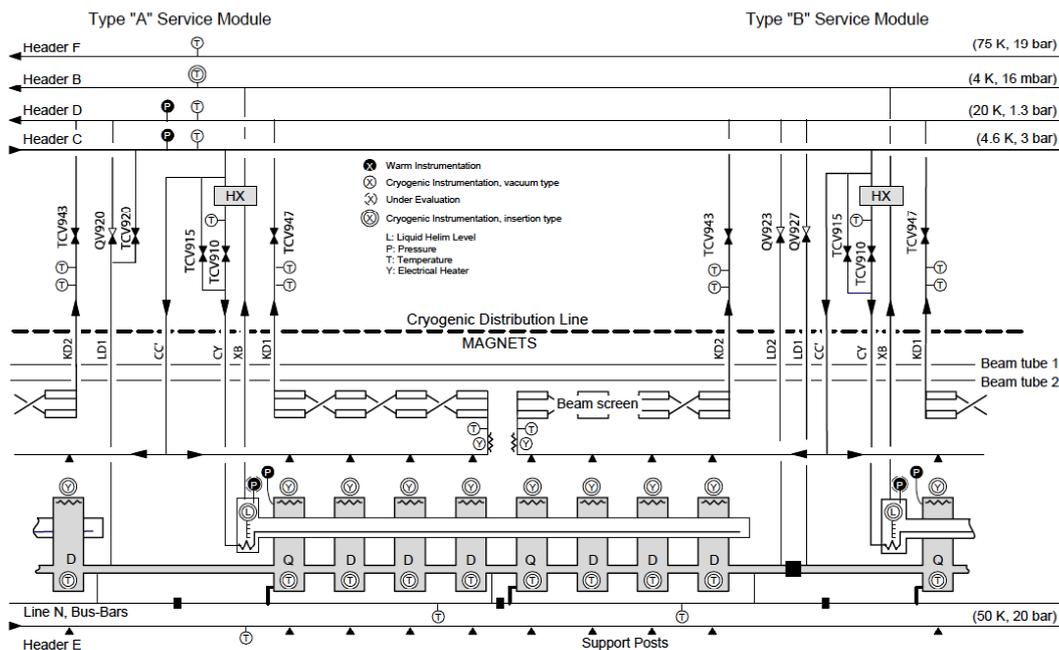


図 5-4 LHC の基本冷却ユニットのフロー D: 主双極電磁石、Q: 主四極電磁石

5.3 我国の LHC への取り組み

我国は、1995年6月に当時の与謝野文部大臣が CERN 理事会に出席し、建設協力を表明した。これにより日本企業の応札も可能となり、最終的に受注総額は日本政府の総出資額を越える規模になった。日本以外の国が担当する実験装置の部品を受注するケースもあり、日本企業がもつ技術力と品質の良さを示している。以下に、超電導・低温機器関係での我国の寄与について述べる。

5.3.1 強収束超伝導四極電磁石

超電導電磁石のなかで最も条件の厳しいものが、衝突点最近傍の強収束四極電磁石である。合計 32 台の電磁石を KEK と FNAL が分担し、各々 16 台ずつ製作した。表 5-1 に示すように、高磁場勾配、大口径のため最大経線磁束密度が ~ 9 T、散乱ビームによる加熱などの厳しい条件で運転される。高磁場精度を得るため、コイル、カラー、ヨークなどの各部の寸法精度を $\pm 25 \mu\text{m}$ 以下に管理する。磁場精度に影響するケーブルの寸法管理も厳重に行われた。1995年から KEK が開発を行い、その結果を東芝へ技術移転し、スケジュール通りに製作、納入された。クライオスタットへの組み込みは FNAL が担当した。

5.3.2 超電導線

LHC では大量の Nb-Ti 超電導線を使用する。主双極電磁石の内コイル用の超電導ケーブルは約 500 トン、外コイル用(同じものが主四極電磁石にも使われる)が約 700 トンになる。古河電工が外コイル用超電導ケーブルの 1/8 余を受注、製造した。電磁石の磁場精度や安定性のため、厳しい規格が要求される。例えば、厚みでは $1.480 \pm 0.006 \text{ mm}$ の精度に管理され、それ以外にも、フィラメント径、磁化率、銅比など従来にない厳しい仕様が要求された。高い品質によって、古河電工は LHC Golden Hadron Award を受賞した。

5.3.3 低温ヘリウム圧縮機

LHC の膨大な冷却重量を 1.9 K、1 気圧の加圧 He II を用いて効率よく冷却するために、8 ユニットの低温圧縮機(1 台当りの He 流量が 125 g/s)が使われる。プロトタイプによる性能試験評価の結果、高効率の低温圧縮機(図 5-5)を開発した IHI が半分の 4 台のユニットを受注し、納入した。IHI はその優れた性能から同じく LHC Golden Hadron Award を受賞している。



図 5-5 LHC 用に IHI で開発された低温圧縮機 (IHI 提供)

参考文献

近藤敬比古、新富孝和、木村嘉孝、「CERN-LHC への日本の協力」、低温工学、vol. 36 (2001) pp. 562-575.

山本明、「CERN との国際協力-LHC 加速器超伝導磁石の開発協力-」、加速器、vol. 2 (2005) pp. 263-269.

LHC Design Report, CERN 2004-003-v1, "The LHC Main Ring," 2004.

「小特集：LHC 実験が始まる」、日本物理学会誌、vol. 62, no. 12 (2007).

読者の広場

Q&A

Q:「銅酸化超電導体に続き、鉄砒素系超電導体が発見されましたが、その後どのように進展しているのでしょうか？」

A: 今年 2 月に東京工業大学の細野秀雄教授のグループから LaFeAs(O,F)で表される化合物が 26 K の臨界温度を持つ超電導体である事が発表されました。実は同グループはすでに 2 年前に LaFeP(O,F)という物質が超電導になる事を発表していましたが、その臨界温度はせいぜい 5 K であったため、あまり注目を集めなかったのです。しかし同グループは研究を続け、構成元素の一つである P (りん) を As (ヒ素) で置き換える事により、より高い臨界温度が実現する事を突き止めたのです。26 K という臨界温度は従来のすべての金属系超電導体の臨界温度を超えており、約 20 年前に最初に見つかった銅系酸化物高温超電導体の臨界温度に匹敵するので大きな注目を集める事になりました。

この物質系が注目を集める理由は単に臨界温度が高い事だけではありません。この物質はこれまでの銅系高温超電導体（これまでこれらは単に高温超電導体と呼ばれる事が多かったのですが、鉄系高温超電導体が出現してしまったので、区別するためにこれからは銅系 をつけて呼ばれる事になると思われます）との関連で極めて重要な特性を持っているのです。一つは銅系との共通点で、どちらも層状物質であり、超電導を示さないある母物質の一部元素を置換する事により超電導を発現します。そのために銅系で起こったと同じような多くの類縁超電導体の発見と臨界温度の急速な上昇が再現するのではないかと期待されたのです。そしてその期待は現実のものとなり、最初の報告から数ヶ月の間に多数の類縁物質が発見され、臨界温度も 55 K 付近まで上昇しています。もう一つの特性は言うまでもない事ですが、銅の代わりに鉄が含まれている事です。銅系高温超電導体の研究が始まった当初、多くの研究者が銅を含まない類似の高温超電導体を発見しようとして努力したのですがどうしても発見できなかったのです。それが 20 年ぶりに発見されたのですからすべての研究者が驚いたのですが、特にそれが鉄を含む物質だったので驚きは深かったのです。鉄は代表的な強磁性体ですが、強磁性と超電導の相性が悪い事は常識でしたから鉄系の超電導体というだけで意外性があったわけですが、鉄を含むすべての化合物が強磁性を示すわけではなく、そもそも単体の鉄自身も超高压下では超電導性を示す事が数年前から知られていましたので、鉄の可能性を考えないのは偏見だったようです。

鉄系の高温超電導体が将来の応用に結びつくかどうか現在のところ全く未知数です。しかし全く別系統の高温超電導体が発見された事により、銅系を含む高温超電導体に関する基礎的な理解が急速に進む事は間違いないと思われます。

ところでヒ素化合物の多くは毒性を有する事がよく知られています。従って鉄ヒ素系高温超電導体の作製や取り扱いには細心の注意が必要です。但し同じヒ素を含む化合物である GaAs が半導体として広く産業応用されている事からも分かるように、特性さえ優れていれば毒性の問題は実用化のための大きな障害にはならないものと考えられています。

(SRL/ISTEC 材料物性バルク研究部 中尾公一)

[超電導 Web21 トップページ](#)