

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## 掲載内容 (サマリー) :

- 超電導関連 2015年9月-10月の催し物案内
- 新聞ヘッドライン (7/20-8/19)
- 「世界の動き」
- 隔月連載記事「鉄道と超電導 (その5 - 浮上式用高温超電導磁石②)」は都合により10月掲載予定
- 2015 Cryogenic Engineering Conference/International Cryogenic Materials Conference (IEC/ICMC 2015) 会議報告
- 研究室紹介 静岡大学大学院 総合科学技術研究科 工学専攻 電気電子工学コース 喜多研究室
- 読者の広場「高温超電導線で交流応用の場合、交流ロスが問題だと聞きましたが、YBCO線では交流ロス低減にどんな手法があるのでしょうか？」

[超電導 Web21 トップページ](#)

---

### 超電導 Web21

〈発行者〉

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター 超電導 Web21 編集局

213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号 KSP A-9

Tel 044-850-1612 Fax044-850-1613

超電導 Web21 トップページ : <http://www.istec.or.jp/web21/web21.html>



この「超電導 Web21」は、公益財団法人 JKA の補助金を受けて作成したものです。 <http://ringring-keirin.jp>



# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## 超電導関連 ‘15/9月－10月の催し物案内

### 8/31-9/3

Workshop on the two-dimensional chalcogenides: exotic electronic orders, superconductivity and magnetism

IFW Dresden

<https://www.ifw-dresden.de/index.php?id=3282>

### 9/1-4

第55回真空夏期大学

ヤマハリゾートつま恋

<http://www.vacuum-jp.org/SUMMER/summerhome.html>

### 9/2-4

The 9th International Workshop on Processing and Applications of Superconducting (RE)BCO Large Grain Materials (PASREG 2015)

Liege, Belgium

<http://www.aimontefiore.org/pasreg2015/>

### 9/3-4

International Superconductivity Industry Summit

Koeln, Germany

### 9/6-10

12<sup>th</sup> European Conference on Applied Superconductivity

Lyon, France

<http://www.eucas2015.org/>

### 9/11-12

The HTS4Fusion Conductor workshop

Pieve Santo Stefano, Italy

<http://www.fusione.enea.it/HTS4Fusion2015/index.html>

### 9/13-16

応用物理学会

名古屋国際会議場

<http://meeting.jsap.or.jp/>

### 9/12-17

Vortex Matter in nanostructured Superconductors

Rhodes, Greece

<http://www.kuleuven.be/inpac/vortex/>

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## 9/16-19

物理学会

関西大学千里山キャンパス

<http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>

## 9/28-29

低温工学・超電導学会 九州・西日本支部研究会

KKR 山口、山口市

[http://www.csj.or.jp/kyushu/2015/joint\\_1008.pdf](http://www.csj.or.jp/kyushu/2015/joint_1008.pdf)

## 10/14-16

International Workshop on Cooling-system for HTS applications

くにびきメッセ、松江市

[https://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/IWC-HTS/invited\\_speakers.html](https://www.asl.kuee.kyoto-u.ac.jp/IWC-HTS/invited_speakers.html)

## 10/18-23

Magnet technology 24

Seoul, Korea

<http://www.mt24.org/index.php?userAgent=PC&>

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## 新聞ヘッドライン (7/20-8/19)

- 夏季特集 エレクトロニクス・超電導 化学工業日報 8/03
- 超電導き電ケーブル／鉄道での実用化進展 日刊産業新聞 8/06
- 北海道・石狩の技術研究組合、500メートル超電導送電に成功 9月から運用試験 電気新聞 8/07
- 住友電工、直流超電導送電に成功 石狩で試験実施 日刊産業新聞 8/07
- 住友電工など4者 超電導送電試験に成功 石狩市にケーブル500メートル敷設 鉄鋼新聞 8/07
- 超電導 500メートル送電成功 石狩湾新港 世界最長規模 北海道新聞 朝刊 8/07
- 超電導送電500mに成功 石狩湾新港で技術研究組合が実証実験 北海道建設新聞 8/08
- 超電導ケーブル送電成功、住友電工など実験 損失ロス少なく 日経産業新聞 8/10
- 北海道の拠点、発電開始、さくらインターネット 太陽光で省エネ 日経産業新聞 8/11
- 太陽光電力を自社データセンターに直流送電 日本経済新聞 電子版 8/14

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

## 世界の動き

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター  
超電導工学研究所  
特別研究員 山田 穰



★News sources and related areas in this issue

## ▶電力応用

### Resilient ケーブルシステムの評価

AMSC社 (2015年7月9日)

暴風雨による電力供給停止の頻度と期間を減らし、サービス地域全体における送電システムの信頼性を高めることを目的に、Pepco社(ワシントンD.C.)がAMSC社独自のResilient Electric Grid (REG) システムの強固さについて調査に取り掛かったことを発表した。都市部の電力グリッドの強固さ、信頼性、そして供給容量の向上を目標にしており、この新しいREGシステムの評価が行われる。

AMSC社が開発したREGシステムは、地下送電システムに対して革新的なアプローチを使って、都市環境における信頼性の確保に加え、送電容量を上げることができる。またこのREGシステムは、変電所間を相互接続する都市部の電力グリッドに高信頼性を持たせ、従来の技術では成し遂げられなかった電力需要の変化に応じた供給容量に対応できる。AMSC社の社長兼最高経営責任者であるDaniel P. McGahn氏は、「ワシントンD.C.地域への電力供給を確保する電力グリッドにREGシステムを利用すれば、設備保護が強化され、安定したシステム運用が実現される。」と述べた。またPepco社は、国

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

土安全保障省が掲げるREG公益事業グループ（政府と協力して、電力システムの安全性に向けて取り組む公益事業団体）に加盟する予定である。

Source: "AMSC and Washington D.C.'s Pepco are Undertaking Deployment Study of Resilient Electric Grid System" (9 July, 2015) Press Release

<http://ir.amsc.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=921430>

Contact: Kerry Farrell, Kerry.farrell@amsc.com

## ▶産業応用

### 70億円の加速器マグネット受注

#### **ASG Superconductors社（2015年7月30日）**

Malacalzaファミリー所有の超電導会社ASG Superconductors社は、FAIRプロジェクトの一環として、ドイツの研究施設であるGSI重イオン研究所 (Gesellschaft fuer Schwerionenforschung - GSI Helmholtz Center for Heavy Ion Research) から新規契約を受け、約10台の加速器と検出器の構築に携わることとなった。ASG社の技術及び業界専門知識は高く評価され、ドイツのダルムシュタット市において中核的研究拠点として認められている。イタリア企業として、今回の契約は5年間で4番目の大型国際契約となる。

5,000万ユーロ（約70億円）に上る新規契約では、一連の双極磁石と集束磁石（四重極、六重極、そして八重極）を通過する粒子の軌跡に変化をもたらすために、異なった形状のマグネットで構成される33の超電導多重項を構築する。この複雑な装置は、特注設計と製造技術を必要とし、高精度を保証しながら長年にわたって稼動できるのに加え、長さ1ミリメートル未満、1テスラの何百万分の1という磁束密度まで測定できる精密さを発揮する。

同研究関連プロジェクトにおける専門知識は、産業が進展する中、そしてColumbus Superconductors社製二ホウ化マグネシウム (MgB<sub>2</sub>) 超電導ケーブルなどの新製品において継続して活かされてきた。ASG社が生成したマグネットは、エキゾチック原子核を研究するNUSTAR（核構造、天文物理学、核反応）実験のために使用される。

Source: "Contract worth EUR 50 million to build magnets for German research facility GSI" (30 July, 2015) Press Release

[http://www.asgsuperconductors.com/doc/comunicatoGSI\\_eng.pdf](http://www.asgsuperconductors.com/doc/comunicatoGSI_eng.pdf)

Contact: Luca Pezzoni, lpezzoni@hofima.it

## ▶医療応用

### 液体 He 不用の 7 T-MRI 開発

#### **MR Solutions（2015年7月9日）**

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

MR Solutions社は、2015年6月に行われたISMRM2015およびSNMMI2015の国際学会で、前臨床用MRIで寒剤不要のマグネット技術（3 T、4.7 T、および7 T）を提示した。また、PET-MRIイメージングが同時にまたは連続してこなせる新しいPET-MRI技術も紹介された。

この前臨床用MRIシステムは、軟部組織コントラストをより詳しく映し出し、高い空間分解能を発揮する。システムには、超電導線材を利用したマグネット技術が組み込まれ、それゆえ従来のMRIシステムでは不可欠だった大規模なヘリウム冷却システムや外部通気口の必要性がなくなり、クラス3または4の実験室内に設置することが可能となった。

コスト削減や漏洩磁場を数センチ以内に排除すること、また専用施設に配置されてきたものを実験室内へ配置できるなど、このシステムによって前臨床用画像システム市場に大きな改革をもたらされる。

Source: "MR Solutions displays world-leading cryogen-free magnet technology at ISMRM and SNMMI Conferences" (9 July, 2015) Press Release

<http://www.mrsolutions.com/news-events/news-item/mr-solutions-displays-world-leading-cryogen-free-magnet-technology-ismrm-snmml-conferences/>

Contact: information@mrsolutions.com

## ▶線材

### 550 A線材、FCLやRoebelケーブルに使用される

#### Superconductor Technologies 社 (2015年7月20日)

超電導限流器 (SFCL) に使用されるSTI社のConductus®線材の評価とテストが複数の顧客によって行われた結果、これまでのテストに比べ、性能の大幅な向上が実証された。今回行われた一連のテストでは、高電流密度動作時の超電導線材の熱サイクルを模した電気テストとともに、SFCL装置における線材の性能特性をシミュレートするテスト等が含まれた。

顧客たちは、Conductus線材の機械的強度を把握するだけでなく、電流550 Aの通電特性についても実証した。さらに同社は、ビクトリア大学ウェリントン校ロビンソン研究所と協力し、認定試験も無事終了させた。なお、高磁場マグネット、変圧器、実用規模の発電機、大型モーターで現在使用されているRoebelケーブルを製造する際に、Conductus線材の使用が承認されている。

同社社長兼最高経営責任者であるJeff Quiram氏は、「Conductus線材は、ほぼ全試験をクリアした状態にあり、顧客からの信頼こそがわれわれへの激励である。また平行して、需要に応じた製品出荷を確保していくための商談にも取り掛かっている。」と述べた。

Source: "STI Advances Development With SFCL Customers - Completes Qualification of Conductus Wire for Robinson's Roebel Cable" (20 July, 2015) Press Release

<http://phx.corporate-ir.net/phoenix.zhtml?c=70847&p=irol-newsArticle&ID=2068941>

Contact: Cathy Mattison, invest@suptech.com

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## ▶基礎

### 新鉄系超電導体

#### Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO) (2015年7月21日)

一次元超電導を示す新たな鉄系化合物が、国際共同研究チームによって特定された。鉄系化合物中の超電導が観察されたのは、最近まで二次元正方格子をもつ鉄ニクタイトのみであった。高温超電導体は銅のみで発生すると想定されていたが、2008年によく似た新種の鉄系超電導体が発見された。それゆえ、このはしご格子をもつBaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>での超電導の発見は、鉄系超電導の基礎を調査する上で新たな指針を提供している。

日本大学の高橋博樹教授、そしてANSTOの計測器科学者であり、シドニー大学非常勤准教授であるMax Avdeev氏を筆頭とする日本、中国、オーストラリアからの共同研究著者たちは、Nature Materialsの公開論文で、11万気圧の圧力下で、バリウム硫化鉄 (BaFe<sub>2</sub>S<sub>3</sub>) が14 K以下で超電導を示すことを明らかにした。高圧を利用することによって、研究者たちは動作中のマイクロ構造や超電導の出現に関する情報を取得することに成功した。研究結果では、10万気圧から11万気圧間で超電導転移を示し、13 Kでは電気抵抗に急激な減少があった。

高分解能の粉末回折装置Echidnaを使用したANSTOでの実験では、119 K以下の大気圧下で物質に磁気配列の特性が見受けられた。化合物の合成やその他全ての物理的特性の測定は、他の共同研究機関によって行われ、高橋博樹氏（日本大学）と大串研也氏（東京大学および東北大学）が責任著者となって研究チームを率いている。

Source: "A step closer to understanding superconductivity with large international collaboration" (21 July, 2015) News

<http://www.ansto.gov.au/AboutANSTO/MediaCentre/News/ACS072735>

Contact: Phil McCall +61 438 619 987

[超電導 Web21 トップページ](#)

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

## 「2015 Cryogenic Engineering Conference/International Cryogenic Materials Conference (IEC/ICMC 2015)」 会議報告

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
エネルギー技術研究部門 超電導技術グループ長  
山崎裕文

標記国際会議は、6月28日(日)から7月2日(木)まで、米国アリゾナ州ツーソン市の砂漠の中にあるリゾートホテルで開催された。筆者は7月1日のみの参加となったため、その日のセッションについて報告する。

朝一番のプレナリー講演では、Rolls-Royce 北米会社の M. Armstrong がターボエレクトリック分散推進型航空機への超電導の応用について紹介した。超電導・極低温技術の信頼性を飛躍的に高める必要があるが、面白い試みである。

午後のパネルセッション「超電導風力発電機、回転機、およびその材料」は、6つの招待講演から構成された。筆者は、NEDO 委託の「10 MW 超級風車の調査研究」(2013/10~2013/3)の成果などについて報告した。同プロジェクトでは、超電導発電機の研究以外に、従来技術による 10 MW 級風車の設計研究が遂行され、従来型発電機としては、増速比の少ないギアを用いる中速機が想定されている。増速ギアを使わないダイレクトドライブ超電導風力発電機の研究開発では、10 MW 発電機に要望される 3~4 億円というコストを目指す観点から高温超電導線材の使用量が小さい鉄心利用突極型発電機を採用した。超電導コイルのみを冷却するコイルモジュール方式を提案するとともに、実際に 1 極分の超電導コイルを製作して熱侵入を測定し、鉄心と組み合わせた時の発生磁界を実測して、本方式超電導コイルの実現可能性を確認した(古河電工)。高信頼性ターボブレイトン冷凍機の研究開発では、システム設計と冷凍機概念設計を行って、発電機ナセル内のスペースに冷凍機を設置可能であることを確認した(前川製作所)。回転側に配置される冷媒循環ポンプと回転・静止型熱交換器から構成され、高圧極低温ガスの回転シール問題を回避できる極低温冷媒給排装置の研究開発を行なった(産総研)。

TECO-Westinghouse の H. Karmaker は、空心・鉄心利用など色々な設計のダイレクトドライブ超電導発電機(4倍高電流密度線材を使用)のコストを比較して、鉄心利用突極型発電機が少々重量増となるものの、最も低コストであることを示した。関連して、Houston 大学の V. Selvamanickam は、 $J_c$  と膜厚の向上により、風力発電機での運転条件(30 K, 2.5 T)で電流密度を4倍向上させた線材の開発について報告した。Illinois 大学の K. Haran は、General Electric (GE) 社で開発された超電導回転機や、超電導応用分散推進型航空機を紹介するとともに、GE 設計の 10 MW 低温超電導風力発電機についても言及した。10 MW 永久磁石機や増速ギア使用中速機、高温超電導機のコスト(ベアリング・構造体等を含む)が 400~460 万ドルになるのに対して、280 万ドルと約 3 割低減できると述べた。

講演終了後のパネル討論では、超電導回転機を今後どのように開発を進めて行くべきかなどについて議論があった。筆者は、「コスト・信頼性が最重要であることや、10 MW 級発電機に要望されるコストが 4 億円程度であることについてコンセンサスが得られているようで安心した。FS をやってみて、冷却システムの研究開発が遅れていることが分かった。」とコメントを述べた。

[超電導 Web21 トップページ](#)

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

## 研究室紹介

「静岡大学大学院 総合科学技術研究科 工学専攻 電気電子工学コース 喜多研究室」

### 【はじめに】

当研究室は、1998年喜多が静岡大学に赴任後にスタートした（1990-94年は超電導工学研究所で酸素イオンビームを用いた超電導薄膜作製の研究に従事）。静大着任時は、部屋があるだけで全くの“手ぶら”状態でスタートしたが、山田先生（島根大）のご指導を仰ぎつつ、まず液相エピタキシャル法による超電導膜成長の研究を始めた。その後、低コスト化が容易な有機金属塗布法（MOD法）による超電導薄膜作製プロセス、超電導線材の実用化に向けた薄膜人工ピン材料を中心に、現在は教授1名、大学院生7名、学部生4名で研究を進めている。

### 【研究テーマ】

#### ・超電導薄膜人工ピンニングセンター (APC) 材料の研究

大電力輸送用への応用とともに、強磁場発生用への応用には高い  $J_c$ -B 特性を有する超電導薄膜の実現がキーとなる。そのためには、超電導薄膜中に非超電導相として導入する安定性の高い APC 材料が不可欠である。LPE 用るつば材で使用していた  $BaZrO_3$  が高い安定性を示すなど、これまでの研究で Ba を含む酸化物が超電導相中で安定であり、特に PLD 法で作製した  $BaSnO_3$  ドープ薄膜は高いピン力 ( $28.3GNm^{-3}$  @77K) を示すことが明らかとなっている (図1)。

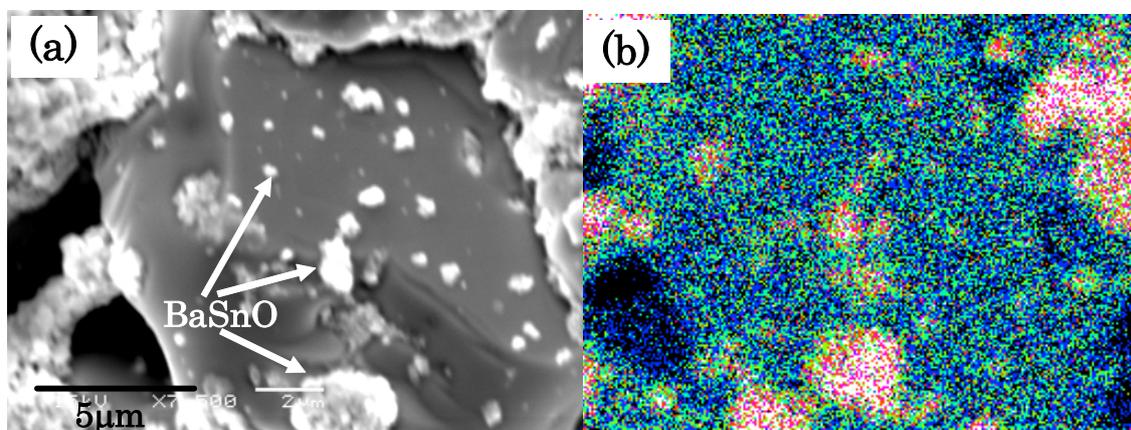


図1.  $BaSnO_3$  添加 YBCO. (a) SEM 像, (b) EDS マッピング

#### ・MOD 法による超電導薄膜作製プロセスの研究

当研究室では、作製プロセスが比較的簡単なフッ素フリー原料を用いて超電導薄膜の作製を行っている。特徴としては、比較的短時間（～1時間程度）かつ超低酸素分圧 ( $10^{-6}$  atm) で結晶化を行うことにある。これにより、良好な結晶成長と  $J_c$  (2-3 MA/cm<sup>2</sup>) の GdBCO 薄膜が得られており (図2)、更なる高  $J_c$  化や厚膜化に向けて研究を進めている。

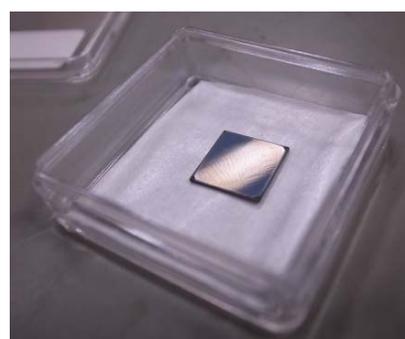


図2. MOD-GdBCO 膜

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

## 【おわりに】

当研究室は、多くの卒業生（図 3）をはじめ様々な研究機関（首都大学東京、九州大学、九州工業大学、広島大学、島根大学等）との協力により研究を進めている。

今後も様々な方と力を合わせて超電導研究を進めたい。



図 3. 研究室メンバーと（中央左が喜多）

研究室 URL : <http://www.ipc.shizuoka.ac.jp/%7Eeterkita/>

[超電導 Web21 トップページ](#)

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

## 読者の広場

### Q&A

**Q.** 「高温超電導線で交流応用の場合、交流ロスが問題だと聞きましたが、YBCO 線では交流ロス低減にどんな手法があるのでしょうか？」

**A:** 高温超電導に限らず、全ての超電導体は交流電流を印加した場合に交流損失 (AC-loss) を発生します。交流損失が生じる原因は、ヒステリシス損失、カップリング損失、渦電流損失、強磁性損失などです。高温超電導線材の一種である YBCO 線材は、金属テープ上に 2 軸配向したバッファ層で格子定数を整合させた基板の上に、薄膜プロセスによって作製された YBCO 層があり、さらにその上に安定化金属 (通常 Ag) が成膜された構造です。線材は超電導層の厚さ (数  $\mu\text{m}$ ) に比べて幅の広い (10~30 mm) テープ状の形状をしています。そのため、交流損失の主要な原因はヒステリシス損失となります。ヒステリシス損失は、超電導体の臨界電流値  $J_c$  と線幅に比例する量ですが、実用上  $J_c$  値は下げられないので、線幅を狭めることによって低減することができます。つまり、細い線幅に加工してその集合体を一つの線材とみなせるような、マルチフィラメント構造が最も単純な解決手法となります。低温の金属系超電導線材で、フィラメント化された多芯線とすることで交流損失を低減しているのと、原理的には同じ手法です。例えば 5 分割すればヒステリシス損失は 5 分の 1 になります。

具体的にどうやって細線化するかについては、様々な研究機関が研究開発に取り組んでいます。例えば超電導ケーブルでは 2~4 mm 程度の幅に切断して、それを束ねることで損失を低減しようとしています。もっと細い線幅にすればよいのですが、現在のところ特性を劣化させずに切断できるのはこの程度の幅が限界となっています。別の発想として、テープ状の線材の金属基板と絶縁性のバッファ層を残して、超電導層に溝を形成して超電導層を分割し幅を細くする手法があります。この手法は、**scribing** あるいは **striation** と呼ばれています。線材には機械的強度も必要ですので、機械的強度は金属基板が保持し、超電導層は細分化されることによってヒステリシス損失が低減されるという利点があります。また金属基板まで切断するよりも超電導層へのダメージが小さいので、線幅 (フィラメント幅) を 1 mm 未満にまで狭くすることが可能です。フィラメント化すると、次に問題になるのがカップリング (結合) 損失です。フィラメント間の溝は常伝導あるいは絶縁体ですが、もしも溝の電気抵抗が低く、フィラメント間に電流が流れる場合にはカップリング損失が発生します。ヒステリシス損失よりは小さいですが、他の 2 つの損失に比べて無視できないものです。ちなみに、金属系超電導線材は、通常金属シースによってフィラメントが分割されているためフィラメント間抵抗を高めることが困難で、カップリング損失の存在の方が深刻です。渦電流損失は交流電流が安定化層の金属に誘起する電流に起因する損失で、上述の 2 つよりはるかに小さい損失ですので、通常は無視されています。最後に、強磁性損失とは、金属基板に強磁性体の Ni などを含む場合に発生する損失です。よく使われる非磁性の Hastelloy 基板よりも安価ということで使用されることがある基板で、**RABiTS** (rolling assisted biaxially textured substrate) と呼ばれています。しかし、この基板の YBCO 線材ではまだ **scribing** 線材を作製したという報告はありませんので、**RABiTS** 線材を使用しない限りは強磁性損失を考慮しなくてもよいでしょう。

YBCO 線材の交流損失を低減する方法としては、もう一つ、**ROEBEL** ケーブルという手法があります。これは金属系のマルチフィラメント線材では、フィラメント同士をツイストさせることで交流損失を下げる構造になっている方法を模したものです。YBCO 線材は金属系超電導線材とは異

# 超電導 Web21

(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612

---

なり、ツイスト加工することができませんので、テープ状の線材をパンチングあるいはレーザー切断によってジグザクに切抜いた線材を複数作製し、ジグザクの周期がずれるように貼り合わせて、擬似的なツイストを実現しようとする手法です。この手法は、経時変化しやすいなどの問題があるため、一般的な手法とは言えません。

**\*参考:**

T. Machi, *et al.*, Supercond. Sci. Technol. 26 (2013).

G. Majkic, *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. 21, 3297 (2011).

R. Nast, *et al.*, J. Phys. : Conference Series 507 (2014) 022023.

回答者: (公財) 国際超電導産業技術研究センター 超電導工学研究所  
線材・パワー応用研究部 主管研究員 町 敬人

[超電導 Web21 トップページ](#)