

超電導 Web2.1

(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) :

特集 : 超電導電力機器技術の展開

- 「高温超電導ケーブル」の電力系統での実証運転継続中
- 「石狩プロジェクトの現状」
- 「275 kV-3 kA 超電導ケーブルの長期課通電試験」
- 超電導変圧器の技術開発

特集 : 世界のプロジェクト

- 韓国的高温超電導電力機器に関する最近の研究開発状況
- 世界の動き

- 超電導関連 2013 年 11 月-12 月の催し物案内

- 新聞ヘッドライン (9/20-10/19)

- 標準化活動 - 11 月のトピックス

-北口 仁 氏、平成 25 年度 IEC1906 賞受賞

-超電導関連規格の発行状況

- 「電気学会 電力・エネルギーフォーラム

超電導電力機器とシステムの高性能・多機能化フォーラム聴講録」報告

- 隔月連載記事ー医療用加速器と超電導 (その 5)

- 隔月連載記事ー風力熱蓄積発電 (その 6) - 「総括」

- 読者の広場(Q&A)ー「鉄道線路沿いに超電導ケーブルが置かれている写真を見ました。これは全国の鉄道路線で使われるのでしょうか？すると何かすごいことになるのでしょうか？」

[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、競輪の補助金を受けて作成したものです。

<http://ringring-keirin.jp>



超電導 Web2.1

(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

特集：超電導電力機器技術の展開

『高温超電導ケーブル』の電力系統での実証運転継続中」

住友電気工業株式会社
超電導・エネルギー技術開発部
増田孝人

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託を受けて、東京電力(株)、住友電気工業(株)、(株)前川製作所が進めている、「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」では、昨年 10 月 29 日から、高温超電導ケーブルの電力系統への連系運転を開始したが、その後、系統運転を継続し、約 11 か月が経過したが、特にトラブルもなく順調に運転ができています。

現地での運転は基本的には無人で運転されており、ケーブルの運転温度、液体窒素の圧力、流量は、冷却システムにより、所定の値や範囲におさまるように自動制御されている。これらの運転状況は監視盤にて情報が収集され、分析や蓄積が行われている。各運転パラメータにはあらかじめ閾値が設けられており、閾値から逸脱すると、この監視盤から警報が各担当者に発せられる仕組みである。尚、運転情報については、東京電力研究所、住友電工大阪製作所、前川製作所守谷工場にリアルタイムで送信されており、遠隔にて監視できるようになっている。

運転開始から、本年 9 月頃までの運転状況を下図に示す。図には超電導ケーブルが送電している電流、ケーブル入口の液体窒素温度、液体窒素圧力、流量の変化が示されている。

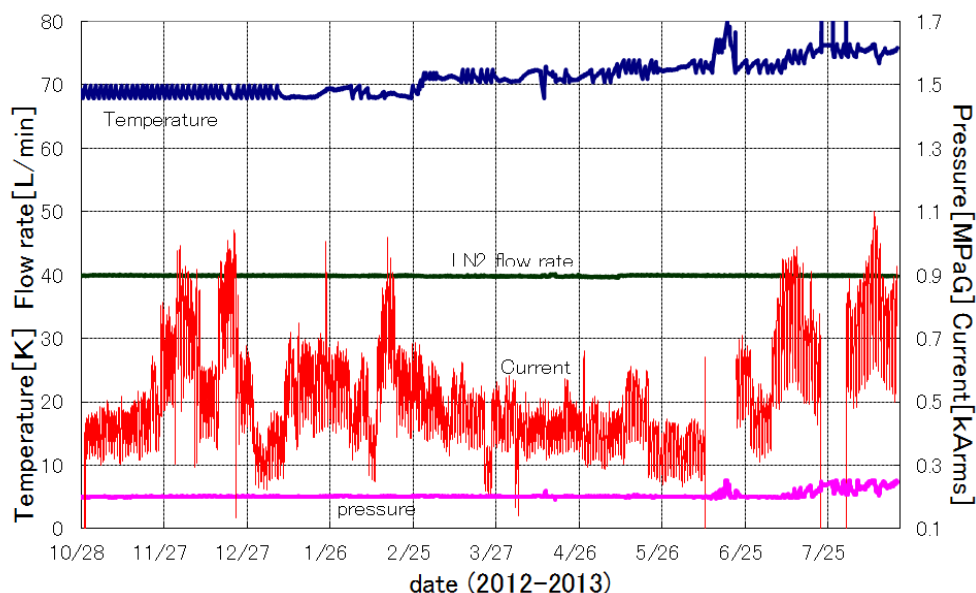


図 高温超電導ケーブルの長期運転状況

送電電流は、冬場、夏場の電力需要の多い時期には 1000 A をこえる送電がなされている。運転温度については、当初ケーブル入口温度が 69 ± 1 K に収まるよう冷凍機台数を自動制御していたが、負荷変動や外気温変化に関わらず安定した制御ができることが確認できたことから、徐々に制

超電導 Web2.1

(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

御目標温度を増加させ、高温領域での運転性の検証を実施した。最終的には 80 K まで温度を上昇させたが、安定に運転できることが確認された。なお、気温の上昇、負荷の増加とともに、ケーブル熱損失は増加し、また運転時間が増えるにつれ冷凍機の冷凍能力の低下傾向が確認されている。長時間運転においてはこれらの特性を慎重に調査するとともに、冷凍能力低下原因の検討・対応などを合わせて実施している。圧力、流量については、それぞれ 0.2 MPaG 以上、40 L/min に制御されている。

運転期間中、課電部の点検及び臨界電流 (I_c) 測定のため、6 月、7 月の 2 度にわたり、送電をバイパスさせ超電導ケーブルを系統から切り離している。測定の結果、 I_c 値は初期値 6400 A を維持しており、長期運転による特性への影響はないことが確認された。

このように系統運転は約 1 年が経過しようとしており、実証運転での各種データを収集しつつ、超電導ケーブルの安定性、信頼性が検証できつつある。尚、本プロジェクトは今年度で終了するため、その前に超電導ケーブルの送電を停止する予定である。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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

特集：超電導電力機器技術の展開

「石狩プロジェクトの現状」

中部大学大学院

超伝導・持続可能エネルギー研究センター

教授 山口作太郎

平成 24 年度補正予算で中部大学は 千代田化工建設、住友電工、さくらインターネットと協力して北海道石狩市で稼働中のデータセンター向けに直流給配電を行う超電導直流ケーブル設備を建設することになり、石狩プロジェクトと呼んでいる。現在設計作業が進んできている。簡単に現状を以下に報告する。

ケーブル及び冷凍系について

ケーブル長は 500 m と 2000 m であり、2 本のケーブル・システムを作る。2000 m ケーブルの電圧電流は ± 10 kV, 5 kA であり、同軸ケーブルである。一方、500 m ケーブルは太陽電池からの電力輸送に使い、実際に使われる電圧電流は 400 V, 5 kA であるが、ケーブルは 2000 m と同じ構造とした。また、500 m ケーブルの布設方法も 2 km ケーブルとほぼ同じである。これは 2 km ケーブルには事前試験の性格があり、工法などの確認を行うためである。現在までの超電導ケーブルが大電力輸送用に研究開発されてきたことと、本来大電力輸送が得意なことと、更に熱収縮が約 6 m と想定されたため、熱収縮対策を今までとは異なった方法を想定していることが理由に挙げられるからである。

建設の基本的な考え方は、将来に向けてより長いケーブル（冷却ステーション間距離をより長くすることに対応）を安価で高性能なシステムに作り上げることである。このため、断熱 2 重管の外管にはステンレス管ではなく、亜鉛メッキ鋼管を利用し、現地で溶接工事を行う。内管にも直管を利用して熱侵入量と圧力損の低減を狙っている。また、超電導の特長である低損失を具現化するために断熱 2 重管や端末での低熱侵入化を推し進めている。具体的には、冷凍機能力は 6 kW 程度を予定している。これは東京電力旭変電所の 230 m ケーブルでの 6 kW の冷凍機と比較すると、液体窒素循環のためのリターン管への熱負荷を入れても 1/8 以下の熱負荷となる設計であり、これの実現に向けて設計と支援研究を進めている。

設置場所及び研究開発組織など

設置地区及び構想全体を図 1 に示したように、札幌から石狩湾へ通じる隣の石狩市の臨海工業地区に設置を行う。ここにはさくらインターネット（株）の先進的な石狩データセンターがあり、ここへの電力供給を目的としている。

研究開発を行う主体は最初に述べた以外に住友電工、ジェック東理社が加わった形で現在設計作業を進んでいる。また、本年度中には技術開発組合を設立する予定である。

更に、本年 2 月には石狩市が中心になり、石狩超電導直流送電プロジェクト推進協議会が設立された。協議会の会長には田岡克介市長が就任し、メンバーには北海道庁も含まれ、北ガスを始め多くの地元企業も参画している。このため、行政や地元民間企業からの支援も得て超電導を中心にエネルギー問題一般を議論できる場ができあがって来ている。

超電導 Web2.1

(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



図1 石狩での超電導直流送電を中心にしたスマートグリッド構想

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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

特集：超電導電力機器技術の展開

「275 kV-3 kA 超電導ケーブルの長期課通電試験」

古河電気工業株式会社
パワー&システム研究所
副所長 向山晋一

2012 年 12 月 10 日の超電導 web21 の記事のとおり、古河電工では架空送電線に匹敵する大容量をもつ 275 kV-3 kA の YBCO 超電導ケーブルを M-PACC プロジェクトの中で 2008 年より開発してきた。このケーブルは 1.5 GW という架空送電線に匹敵する大容量で、従来の CV ケーブルの 3 倍の送電容量を持つものであり、将来の電力基幹線としての実用化が期待されている。

古河電工では 30 m ケーブルを作製し、検証試験を 2012 年秋季から中国遼寧省の瀋陽市に位置する瀋陽古河電纜で実施した。本検証試験では、長期の課通電試験を実施し、ケーブル I_c 、誘電損失、交流損失などの各種特性の測定を行った。試験に用いた 30 m ケーブルは、耐電圧試験、部分放電試験、交流損失試験、過電流試験などの結果に基づいて最適設計され、中間接続部も含めてあらかじめ日本で作製をした上で、試験場所である瀋陽古河に輸送、布設された(図 1)。輸送前に実施した製造余長 2 m の抜き取り試験では、設計値通りである 6440 A (導体層)、5920 A (シールド層) の I_c を、製造余長 5 m の抜き取り試験で系統異常電圧を想定した 310 kV で部分放電フリーを確認している。また、誘電損失及び交流損失を合算した全損失の設計値は 0.80 W/m である。



図 1 中国へのケーブル輸送

瀋陽古河での試験設備を図 2 に示す。超電導ケーブルは、実系統での布設を考慮して直径 (6 m) で U 字型に曲げ、その両端には終端接続部が接続されている。終端接続部は、高圧である導体層を、熱絶縁と電界緩和をして取り出し、導体相には通電トランスによる通電と、課電トランスによる 200 kV の課電を行った。CV ケーブル側は、超電導ケーブルに 3 kA の電流を流すために、CV ケーブル側は気中終端接続部を 3 組立て、3 本の CV ケーブルで 3 kA 級の電流を流した。長期課通電試験では、本システムでの安定的な運転条件となる平均液体窒素温度 73 K、液体窒素流量 30 l/min の冷却条件で、対地間電圧 200 kV の課通電条件で 30 日間連続運転を行った。通電は、3000 A の通電を日中 8 時間、夜間 16 時間をゼロとした負荷変動 (図 3) を与えて実施した。この試験は、ケーブルの運転電圧より、160kV の対地運転電圧に対して 200kV 過電圧をくわえることで、30 年相当の運転を一か月に加速した。試験は、液体窒素を循環させて常時冷却した状態で、

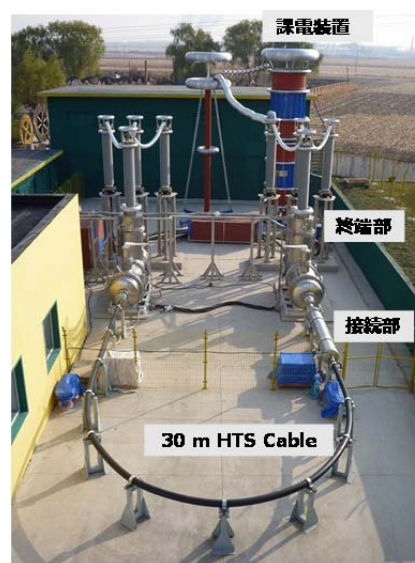


図 2 30 m ケーブル長期試験設備

超電導 Web2.1

(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

2013 年 12 月に、一カ月の長期課通電試験を無事完了した。さらに、長期課通電後に商用周波耐電圧試験電圧である 310 kV を課電したところ、部分放電フリー（図 4）であることを確認して、30 年の加速劣化後も初期性能を持ち続けていることを確認して試験を完了した。

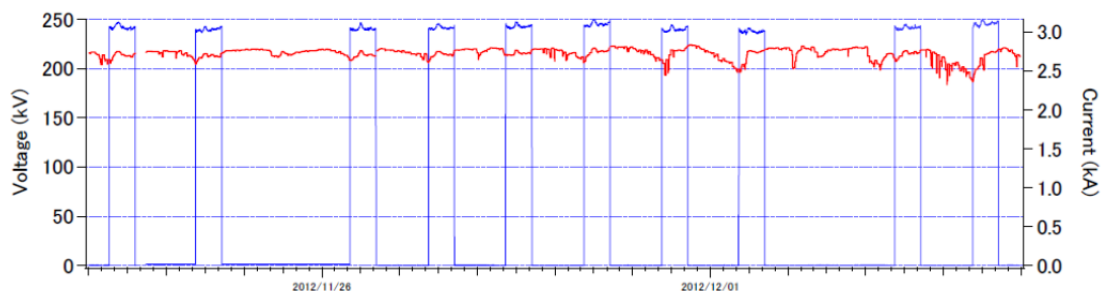


図 3 長期課通電試験の電流電圧チャートの一部

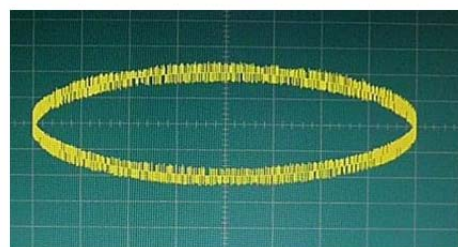


図 4 部分放電試験の通電トランスの画面と部分放電信号

現在、この試験設備においては、継続研究を NEDO 殿と結び、繰り返しによる熱履歴によるケーブルへの影響など実用化に必要とされる信頼性に関するデータの取得、過電圧などによるケーブルの限界性能の調査を行うことを実施している。

[超電導 Web2.1 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

特集：超電導電力機器技術の展開 「超電導変圧器の技術開発」

イットリウム系超電導電力機器技術開発
超電導変圧器サブリーダー
林 秀美

変圧器は高電流密度、低交流損失の超電導線材を適用することによりコンパクトで高効率になる。特に、イットリウム系（以下 Y 系）超電導線材は高温で臨界電流が大きく、超電導線材の細線加工によりさらに交流損失を低減でき、将来の低コスト化も可能となることから、Y 系超電導変圧器の早期実用化が期待されている。

NEDO の超電導技術開発事業である「Y 系超電導電力機器技術開発」において、20 MVA 級実用超電導変圧器の実現に向け、超電導変圧器の特性や製作技術を見通すため、Y 系超電導変圧器としては世界最大級となる 66kV/6kV-2MVA 高温超電導変圧器を開発・実証するとともに、数百 kVA 級変圧器モデルで超電導線材を利用した限流機能も実証した。本開発は九州電力が主体となり、富士電機、太陽日酸、国際超電導産業技術研究センター（ISTEC）、フジクラ、昭和電線ケーブルシステム、九州大学、岩手大学、及び JFCC と共同で平成 20～24 年度で行った。実証した 2 MVA 級超電導変圧器モデルを図 1 に示す。

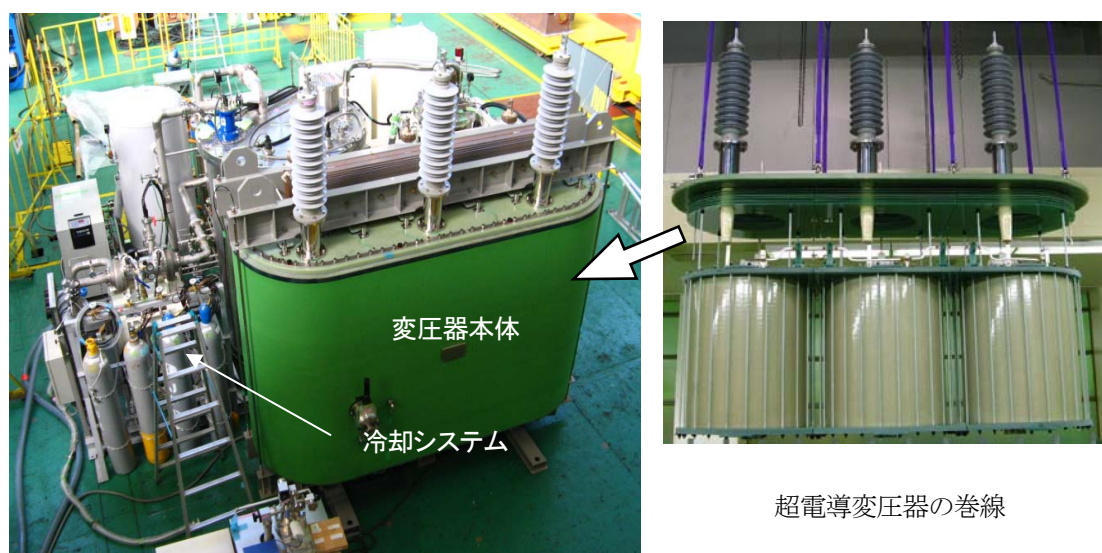


図 1 2 MVA 高温超電導変圧器の外観（変圧器本体；縦 1.6 m、横 3.2 m、高さ 3.7 m）

これまでに、本誌の 2011 年 11 月号、2012 年 12 月号、2013 年 6 月号にて要素技術や変圧器システム技術の開発状況を紹介した。今回は、これらの成果に基づき検討した限流機能付加超電導変圧器と超電導変圧器の適用展開について紹介する。

1 限流機能付加変圧器の検討

限流機能付加変圧器は、絶縁性能を確保するため巻線はサブクール液体窒素で冷却、鉄損が冷却装置の熱負荷にならないように鉄心を室温空間に配置し、保冷容器は非磁性の GFRP 製とした。また、%インピーダンスは限流機能が無い変圧器は 15 %、限流機能付加変圧器は 10 %に設定とした。

超電導変圧器の特長を活かすには、超電導線の巻線量を増加して鉄心量を減らすことが必要であるが、それではインピーダンスも増加するため、巻線間の磁路通路数を増やしてインピーダンスを調整した。ターン間電圧をパラメータにして鉄心重量、線材長及び巻線高さなどの検討結果を図 2 に示す。それらの各要素を考慮した最適値は 41.5 V/ターンとなった。

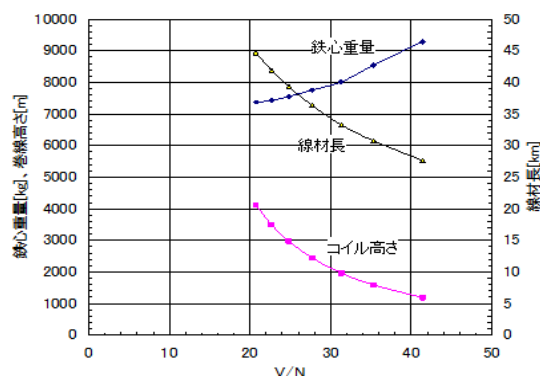


図 2 変圧器のターン間電圧の V/N 依存性

限流機能を付加するために、Y 系超電導線と CuNi 線を用いて導体化し、Y 系超電導線の CuNi 層と銀層の厚さによる限流に必要な抵抗を解析した結果を図 3 に示す。限流条件は配電系統との保護協調から短絡電流を定格電流の 3 倍以下とし、短絡継続時間は 0.2 秒とした。超電導線材の銀層を 18 μm で CuNi 層を 0.3 mm とした変圧器の短絡電流の過渡解析結果を図 4 に示す。同図から短絡電流は定格電流の 3 倍以下に限流された良好な動作であることが確認できる。

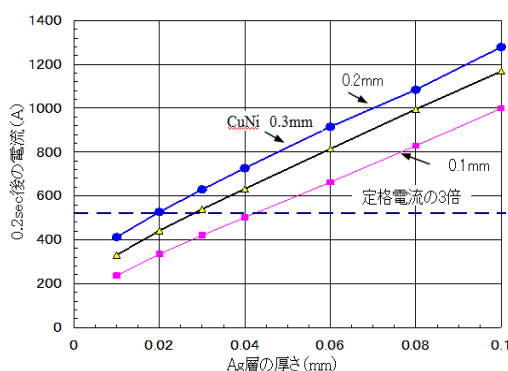


図 3 0.2 秒後の短絡電流と Ag 層厚さ依存性

それらの成果を反映して検討した 66kV/6.9kV 三相 20MVA 限流機能付加変圧器の諸元を限流機能無しの変圧器と比較して表 1 に示す。線材長が約 7%削減されている。また、既存油入変圧器と比較した結果を表 2 に示す。損失は COP が 0.06 の冷却動力を考慮しても油入変圧器の 46%で、冷却システムを含む重量及び設置面積は約半分となり、既存変圧器より高効率でコンパクトな特長を有することが確認できた。さらに、限流機能付加変圧器の外形図を図 5 に示す。

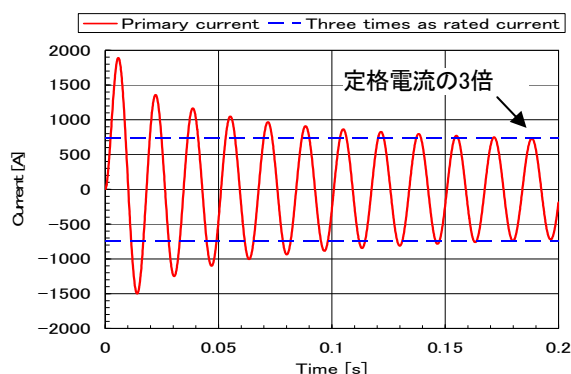


図 4 限流機能付加変圧器の短絡電流解析

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

表 1 超電導変圧器の限流機能有無の比較

	限流機能付加	限流機能無
相数、結線	3Φ、Y-Y	
定格電圧	66 kV/6.9 kV	
定格電流	175 A/1,674 A	
%インピーダンス	10 %	15 %
ターン数	918/96	1033/108
V/N	41.5	36.9
導体構成	3/24 並列	3/24 並列
線材長	33.1 km (8.0/15.0km)	35.6 km (19.3/16.3km)

表 2 超電導変圧器と油入変圧器の比較

種類	超電導変圧器	油入変圧器
損失	46 %	100 %
交流損失/銅損	31% (交流損失)	91 % (銅損)
鉄損	7 %	9 %
熱侵入	8 %	-
効率	99.7 %	99.4 %
重量(冷却含む)	50 %	100 %
設置面積(同上)	51 %	100 %

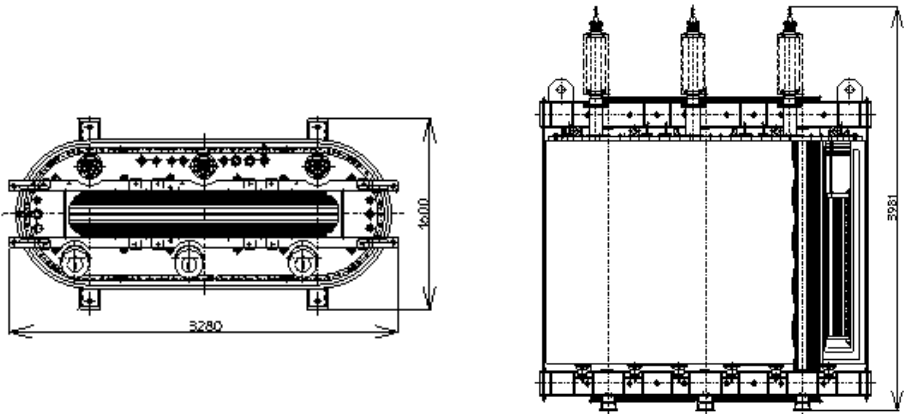


図 5 66kV/6.9kV 三相 20 MVA 限流機能付加変圧器の外形

2. 超電導変圧器の適用性

限流機能付加変圧器の配電系統への適用効果を図 6 に示す。同図では、本来の配電線の限流効果に加え、分散電源による短絡容量増加対策やループ運用での効果も示している。また、超電導ケーブルと超電導変圧器の組合せた構成を図 7 に示す。大電流の超電導ケーブルにより増加する短絡容量対策として限流機能付加変圧器の効果が期待される。

電力系統全体での超電導変圧器の適用例を図 8 に示す。変圧器、電源用から系統用や配電用、産業用及び輸送用など様々の用途がある。これらの変圧器を超電導化し、さらに限流機能を付加することにより、サイズや効率面、短絡対策などでの多くの効果が期待されると考えられる。

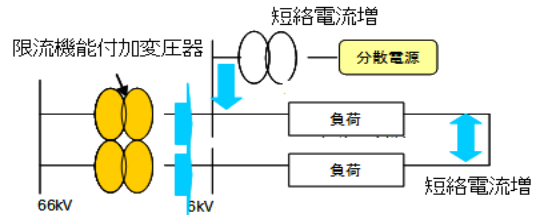


図 6 配電系統での限流機能付加変圧器の適用例

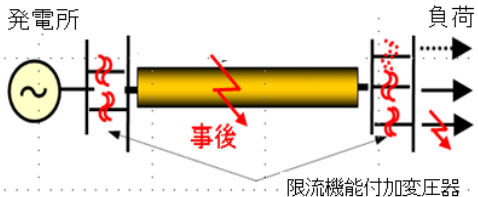


図 7 超電導ケーブルと限流機能付加変圧器の適用例

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

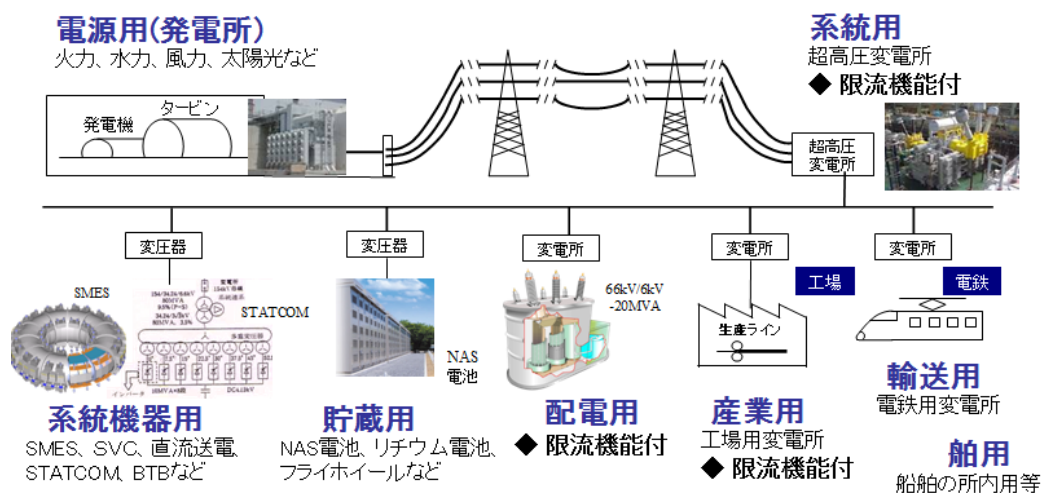


図 8 超電導変圧器の適用例

4. まとめ

今回、超電導変圧器の技術開発の成果を反映した限流機能付加超電導変圧器の検討にて、同機能を有することにより%インピーダンスが低減でき、線材長が削減されコスト低減になることも確認できた。また、限流機能付加変圧器の電力系統への適用例を明確にするとともに、電力系統全体への超電導変圧器の適用性も明確にした。今後、これらの成果を基に産業用や電力用などの超電導変圧器の実用化が促進されることを期待する。

本技術開発は、Y 系超電導電力機器技術開発の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) から受託して実施したものである。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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

特集：超電導 世界のプロジェクト



Save Earth by Superconductor

本年度、ISTEC Web21 では新たな試みとして、特集“超電導 世界のプロジェクト”の連載を 4 月号から開始しています。

今月号は、韓国 Changwon 大学の Minwaon Park 教授です。韓国の高温超電導の開発について、国プロなどの現状をレポートしてもらいました。超電導ケーブルや再生可能エネルギー応用などを含んだ活発な活動の様子がわかります

ISTEC
山田穰（和訳）

本文は、Park 教授による寄稿“Recent R&D Status of HTS Power Devices in Korea”（原文は 10 月 15 日発刊 [超電導 Web21-October issue に掲載](#)）を ISTEC の責任で翻訳したもので、文中の意見など原著者の見解であります。

「禁；無断転載」

超電導 Web2.1

(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

韓国的高温超電導電力機器に関する最近の研究開発状況

(原題 : Recent R&D Status of HTS Power Devices in Korea)

著者 :

Minwon Park
Changwon National University
20 Changwondaehak-ro Uichang-gu Changwon-si,
Gyeongsangnam-do 641-773 KOREA

最近、高温超電導の直流電力ケーブル、直流リアクター、高温超電導限流器、三相同軸高温超電導ケーブルや高温超電導線が、政府の援助のもと、多くの会社や研究所、大学などにより協力して開発されている。

韓国的高温超電導電力ケーブルの歴史 (図 1 参照) を見ると、DAPAS (Development of Advance Power System の略) プロジェクトでは世界的な高温超電導ケーブル (22.9 kV and 154 kV) が開発された。GENI プロジェクト (Green Superconducting Electric power Network at Icheon substation の略) では、22.9kV-500m の高温超電導ケーブルと限流器を 154 kV の Icheon 変電所に敷設し、高温超電導機器の商業モデルと運転技術が開発された。現在、154 kV の電圧階級で 1 GVA の容量、100 m の長さ高温超電導ケーブルが、Gochang 電力試験センターで試験中であり、韓国電力社の電力系統で 2014 年までに試験されると期待されている。

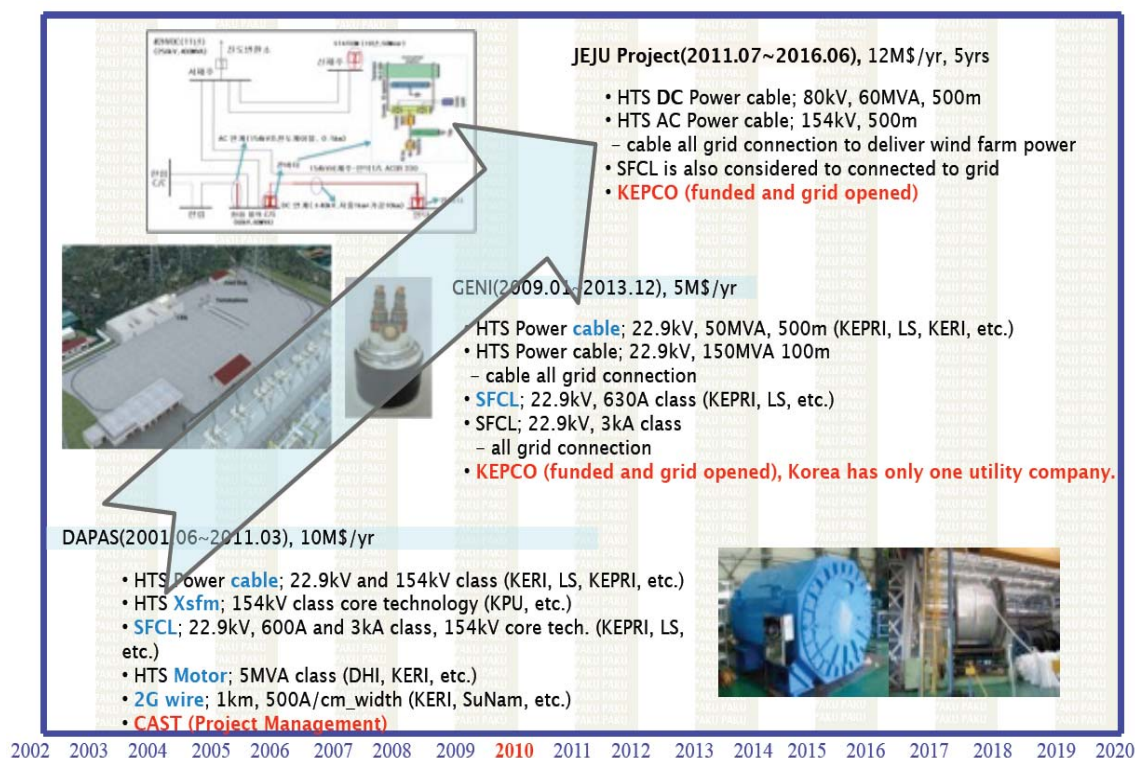


図 1 韓国における高温超電導電力機器の研究開発状況

超電導 Web2.1

(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

JEJU プロジェクト*は韓国政府ファンドによる直流高圧高温超電導直流ケーブルの研究開発であり、世界の市場に展開する直流高温超電導ケーブルシステムを狙っている。KEPCO**は JEJU スマートグリッドデモンストレーションサイトへの ± 80 kV 直流高温超電導ケーブルの敷設を計画している。このサイトでは、変電所間は高圧直流線で接続され、LS ケーブル*は ± 80 kV から ± 200 kV 級の直流高温超電導ケーブルを開発する。プロジェクトの目標は、生産技術の開発、実際のシステムの応用技術、運転技術、そして標準化であり、これにより送電レベルの高温超電導直流ケーブルを大容量、高効率化しその応用を広げていく。その開発期間は 2011 年 7 月から 2016 年 6 月までである。全体の予算額は約 6 千万 US ドル/5 年間である。参加機関は、主に KEPCO、韓国電力公社電力研究院 (KEPRI)、LS Cable & System***、韓国電気技術研究所 (KERI) といくつかの大学である。

訳注)

* JEJU プロジェクト：韓国南部の JEJU 島にあるスマートグリッド実証試験。

**KEPCO 韓国電力公社：韓国の唯一の公営電力会社。韓国政府が株式の 51 %を保有。'98 の通貨危機後、2001 年に電力自由化を見据え、発送分離し、発電部門を 6 社（水力・原子力発電会社と 5 つの火力会社）に分割。ちなみに、韓国の電力料金は、かなり安い（資源エネルギー庁資料：<http://www.enecho.meti.go.jp/denkihp/shiryo/ryokin-kokusaihihaku.pdf>）。

***LS 電線株式会社：京畿道安養市に本社を置く電線メーカー。電線で住友電気工業に次ぐ世界 4 位。売上高連結：6 兆 6,000 億ウォン（2008 年 3 月）。設立 1962 年 5 月。LG グループから LG 電線グループとして分離独立。超電導に積極的に取り組んでいる。

直流リアクターは直流電流下の電力機器や特定の応用機器に生じる電流リップルや高調波を削減する。しかしながら、直流リアクターは銅巻線に抵抗があるための電気ロスを生む。すなわち、高温超電導直流リアクター（図 2 参照）のプロジェクトのゴールは、コア技術を開発し、400 mH、400 A 級のトロイドタイプの高効率の高温超電導直流リアクターを製造することにある。プロジェクトの期間は、2011 年から 2014 年であり、予算は 3 年で 1.5 百万 US ドルである。参加機関は Uiduk 大学、Changwon 国立大学、Vector Field Korea 社である。



図 2 400 mH 400 A 級直流リアクター高温超電導コイルの外観写真

超電導 Web2.1

(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

超電導限流器 (SFCL) は、韓国の電力プラントにおける事故電流問題への解決策の 1 つであり、同様に過渡安定度の向上への 1 つのカギとなる。22.9 kV 超電導限流器が韓国の Icheon 変電所で 2011 年に運転された。154 kV 超電導限流器開発のための新しいプロジェクトが 2011 年 7 月にスタートした。このプロジェクトの目的は、154 kV 級超電導限流器システムの開発であり、実系統への応用である。プロジェクト期間は 2011 年から 2016 年で、研究予算は 3 年間で 800 万 US ドルである。

三相同軸高温超電導電力ケーブルは高い送電容量などいくつかの利点を持つ。これは、同じ電圧階級であれば従来のケーブルに比べ高温超電導が高い臨界電流密度をもつためである。三相同軸高温超電導電力ケーブルは、1 つのコア、3 つの導電層、1 つのシールド層を冷却管の中に有する。高温超電導線から成る多層構造であり、時計周り方向にツイストされている層と、これと同じ軸を中心に反時計周り方向にツイストされている層からなる (図 3 参照)。層間は低温誘電材料で満たされている。ケーブルを超電導状態にする冷媒である液体窒素は、内部のコアパイプに注入されて、外側の低温層から出て行く。この三相同軸高温超電導電力ケーブルプロジェクトのゴールは、三層構造のケーブルコアのデザイン、1.5 m 級のモデルケーブルの製造、そして実時間全デジタル電力系統解析用シミュレータ (RTDS) をもとにした電力機器のシミュレーションである。プロジェクトの期間は 2011 年から 2014 年で、総研究予算は 3 年で 40 万 US ドルである。

Parameters of tri-axial HTS power cable

Contents	Value
Voltage/Capacity	22.9 kV/50 MVA
Rated current	1260 A _{rms}
DC critical current	4,180/4,580/5,140 A @77 K
Insulation thickness	4 mm (using PPLP)
Type of HTS wire	2G YBCO (width: 4mm)
Number of wires	26 / 32 / 38
Radius of each phase	17.5 / 21.5 / 25.5 mm
Winding pitch	+405 / -545 / +795 mm
Radius of copper shield	29.5 mm

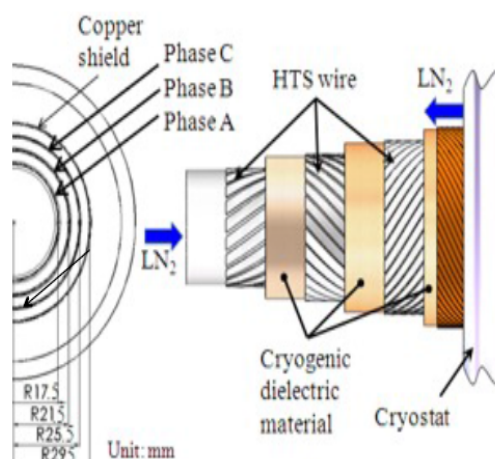


図 3 高温超電導三相同軸ケーブルの諸元

kA 級の高温超電導線が大規模な高温超電導機器には必要である。また、高温超電導線の磁場による臨界電流の減少、長尺化での不均一性などの諸問題が高温超電導機器の商業化には解決されなくてはならない。すなわち、高温超電導線のプロジェクト (図 4 参照) は 1,000 A/cm 幅の臨界電流を磁場下で有する特性を得ることを目的とし、スマートグリッド用に電力機器の効率を上げる kA 級の導体を開発する。開発期間は 2013 年から 2016 年で、予算は 4 年で約 1300 万 US ドルである。参加機関は、SuNam Co. (超電導線材会社)、韓国電気技術研究所 (KERI)、産業技術科学院 (RIST)、Seoul 国立大学、Changwon 国立大学である。

超電導 Web2.1

(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

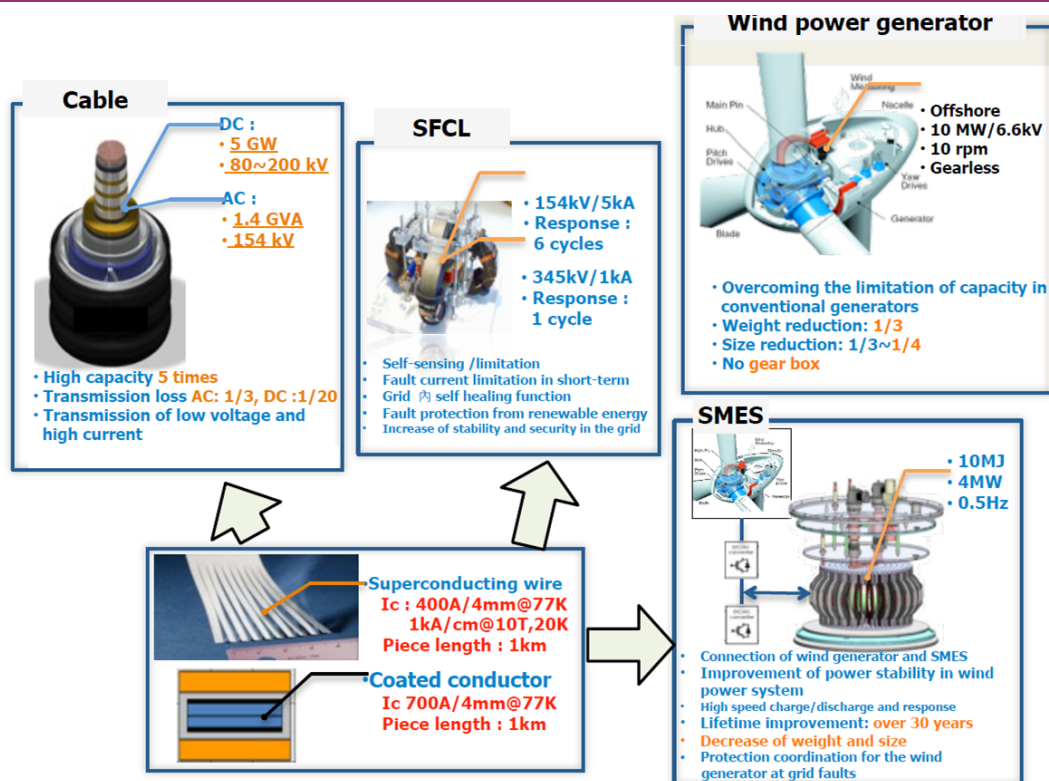


図 4 kA 級高温超電導線プロジェクトの将来図

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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

超電導速報－世界の動き（2013 年 9 月）

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



★ 今月のニュース発信地

▶ 線材



欧州 ECCOFLOW プロジェクトの限流器に線を提供

SuperPower Inc. (2013 年 9 月 23 日)

日本の古河電工の子会社である SuperPower 社は、EU 共同研究プログラムの ECCOFLOW プロジェクトに次世代高温超電導 (2G HTS) 線材を提供したことを発表した。このプログラムの焦点は、送電網の強化並びに保護することができる新しい超電導限流器 (SFCL) の開発である。ヨーロッパにおける電力会社 5 社を含む 15 組織からなるチームによって、ECCOFLOW SFCL と呼ばれる限流器が作り上げられ、このデバイスは現在、スペインのパルマ・デ・マリョルカにある Endesa 社の送電網に敷設されている。この地域では秋に落雷がたびたび起こるため、短絡から送電網を守る能力が十分に実証されると期待されている。再生可能エネルギーを活用した分散型発電の増加に伴い、ますます重要視されている送電網の短絡強度を高めるためには、SFCL を配備することが求められている。SuperPower 社の社長である白坂有生氏は、「ECCOFLOW 限流器に使用される超電導線材には、極めて高い品質が求められる。この度、さまざまな送電網の環境及び一つのデバイスに対する機能的要求に合致する最初の SFCL 設計が行われた。FCL の機能性に対する要件（高抵抗基

超電導 Web2.1

(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

板、線材の柔軟性、そして非常に高度な電流の均一性) に具体的に焦点をあてた当社独自の SFCL 線材は、綿密なテストを通過し評価された結果、本デバイスの全ての要求を満たす唯一の超電導線材であることが判明した。」と述べた。ECCOFLOW SFCL の設計および組み立ては Nexans 社が行い、タイプテストを受けるため、2012 年後半に出荷された。敷設が完了すれば、SFCL は Endesa 社の変電所において 6 ヶ月の試験運用に使用される。その後、スロバキアのコシツェにある Východoslovenská Energetika ネットワークに移されて、更なる運用テストが行われる予定である。

Source: "SUPERPOWER WIRE POWERS EUROPEAN UNION ECCOFLOW SUPERCONDUCTING FAULT CURRENT LIMITER"

SuperPower Inc. press release (September 23, 2013)

URL:

<http://www.superpower-inc.com/content/superpower-wire-powers-european-union-eccoflow-supercconducting-fault-current-limiter>

Contact: Traute F. Lehner, tlehner@superpower-inc.com

▶電力応用



南アの風力グリッド網に初の D-VAR®

AMSC (2013 年 9 月 10))

AMSC 社は、南アフリカ最大の高圧設備建設会社である Consolidated Power Projects (CONCO) 社が、同国最大規模の風力発電所とその主要電力グリッドを接続するために、AMSC 社の D-VAR®/STATCOM ソリューションを選択したと発表した。南アフリカでは、再生可能エネルギー発電所が電力グリッドに接続される際、満たされなければならない厳格なグリッドコードがあるが、AMSC 社の D-VAR ソリューションを利用することで、完全な無効電力補償と電圧制御が実現し、風力発電所に課せられた厳しい要件を満たすと同時に、発電所全体のパフォーマンスを強化させることができる。

AMSC 社の社長兼最高経営責任者である Daniel P. McGahn 氏は、「D-VAR システムがコスト効率的に、再生可能エネルギー発電所と電力グリッドを接続するために不可欠なダイナミック電力制御システムを提供できる。将来、南アフリカでの新たな再生可能エネルギー市場において理想的なソリューションとなるものである。CONCO は、アフリカ有数の高品質なターンキー型高圧ソリューション開発者として高い評価を築き上げてきた企業であり、我々は、南アフリカへのクリーンエネルギー提供の実現に向けて共同開発に参画できることを楽しみにしている。」と述べた。AMSC 社は過去に、100 台を超える STATCOM 電力グリッド・ソリューションの受注を世界中から受けており、その顧客には、世界各国の電力グリッドオペレーター 20 機関以上が含まれている。

Source: "AMSC Wins First D-VAR®/STATCOM Project in South Africa"

AMSC press release (September 10, 2013)

URL: <http://ir.amscc.com/releasedetail.cfm?ReleaseID=789769>

超電導 Web2.1

(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

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

▶基礎



トポロジカル絶縁体と高温超電導

Lawrence Berkeley National Laboratory (2013 年 9 月 16 日)、および Johannes Gutenberg University Mainz (2013 年 9 月 25 日)

トポロジカル絶縁体として知られる新しいエキゾチックな物質が、最近注目を集め始めている。トポロジカル絶縁体は、通常の絶縁体と同様に、バルク物質内部では絶縁体であるが、その物質の表面上においては伝導性を示す。トポロジカル絶縁体と超電導体を組み合わせることで、マヨラナ (Majorana) フェルミ粒子として知られる粒子が現れ、この粒子は、現在利用できるコンピューターをはるかにしのぐ高速計算能力を持つ量子コンピューターを製造するのに使用することができる。結果、トポロジカル絶縁体と超電導の結合に基づくマヨラナ粒子の研究では、最近非常に激しいレースが展開されている。

先進光源施設 (ALS) で研究に従事する Tsinghua 大学 (中国) と米国エネルギー省の Lawrence Berkeley 国立研究所の国際共同研究チームでは、最近、紫外光線を用いてトポロジカル絶縁体の表面上に高温超電導を実証してみせた。ALS の科学者である Alexei Fedorov 氏は、「我々は、トポロジカル絶縁体であるセレン化ビスマス高温超電導体である BSCCO (ビスマス・ストロンチウム・カルシウム銅酸化物) と結合させることで、トポロジカル表面状態において超電導を誘導することが可能であると証明した。トポロジカル表面状態において高温超電導を誘導し発現させた実証は、これが世界で初めての報告となる。」と述べた。トポロジカル絶縁体の使用は、「デコヒーレンス」すなわち量子ビットの脆弱性と言った問題を解決する上で有望なアプローチであると考えられている。トポロジカル量子コンピューターでは、量子ビットは、デコヒーレンスに影響されないマヨラナ粒子から作られる。従って、これらのトポロジカル量子ビットに処理及び格納された情報は、常に保存されることになる。Fedorov 氏は、「我々の研究では、BSCCO 上での成長の際、ビスマスセレン系トポロジカル絶縁体超薄膜のトポロジカル表面状態に、対形成した大きな超電導ギャップの存在を明らかにした。これは、マヨラナ・ゼロモードがこの物質の磁気渦に結合して存在する可能性があることを示唆しており、それを確認するため、我々は他のタイプの測定を行う必要がある。」と付け加えた。

研究で使用されたビスマスセレン系・BSCCO トポロジカル超薄膜のヘテロ構造は、Tsinghua 大学において分子線エピタキシー法を用いて作製された。Xi Chen 氏は、「分子線エピタキシー法を用いて慎重に成長速度を制御することにより、我々は、劈開したばかりの BSCCO 表面上の膜厚を調節しながら、トポロジカル絶縁膜を成長させることができた。この方法により、よりクリーンで制御力のある結合が実現でき、表面が敏感な測定も行える機会がもたらされた。」と説明した。この物質は、その後、角度分解光電子分光法 (ARPES) として知られている技術を用いて、その表面上の電子状態を研究するため ALS に持ちこまれた。この研究チームの研究成果は、Nature Physics で報告されている。

ドイツにある Max Planck 固体化学物理研究所並びに Johannes Gutenberg 大学 Mainz で構成された別の共同研究において、酸化物化合物の BaBiO₃ は、トポロジカル絶縁体と超電導体の両方とし

超電導 Web2.1

(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

て作用する可能性がある」と予測する研究グループが最近になって現れた。BaBiO₃ は、臨界温度約 30 K で p 型ドーピングの高温超電導体として古くから知られているが、トポロジカル絶縁体として作用するとされる n 型ドーピングの BaBiO₃ が今回発見されたのである。それゆえ、pn 接合やゲーティング、または電解質ゲートを持つ単純なデバイスが、2 つの物質を複雑に結合させるような方法を必要とせず、量子コンピューター用のマヨラナ粒子を製造することができる可能性がある。現在、この共同研究では、n 型ドーピングの BaBiO₃ の合成を試みている。この研究グループの研究成果は、9 月 22 日発行の Nature Physics に掲載されている。

Source 1: “On the road to fault-tolerant quantum computing”

Lawrence Berkeley National Laboratory press release (September 16, 2013)

URL: <http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2013/09/16/fault-tolerant-quantum-computing/>

Contact: Lynn Yarris lcyarris@lbl.gov

Source 2: “New multifunctional topological insulator material with combined superconductivity”

Johannes Gutenberg University Mainz press release (September 25, 2012)

URL: http://www.uni-mainz.de/presse/16706_ENG_HTML.php

Contact: Professor Dr. Claudia Felser susanne.zuecker@cpfs.mpg.de

▶経営・決算

ヘリウム供給問題と米国法案*” 世界的ヘリウム欠乏時代に、米国 BLM の供給継続は不可欠

Air Products (2013 年 10 月 3 日)

Air Products 社は、現在世界のヘリウム需要の 30 % を供給する米国土地管理局 (BLM) ヘリウム貯留槽でのヘリウム供給逼迫に必要不可欠な米国の法案 (後述の記事参照*) が、無事に可決されたことを称賛している。この法案が可決されたことにより、未だかつてない供給危機リスクを回避することができる。一方、こういった措置にもかかわらず、ヘリウム不足は今後も引き続き懸念される。同社ヘリウム資源部長である Walter Nelson 氏は、「この法案の結果、BLM が産出するヘリウム量が増加するわけではない。法案はヘリウム可用性という点で現状を維持できるものである。しかし我々は、この法案の可決により、困難な供給状況の悪化を防ぐことができたことをうれしく思っている。」と説明した。

同社が新しく共同所有する液体ヘリウム生産工場 (ワイオミング州ビッグパイニー市所在、2013 年後半運転予定) など、ヘリウムの継続的な供給は、新しいヘリウムプロジェクトが作動開始を迎えるまでの“パイプ役”となる。ビッグパイニーの施設では、米国最大の一つと言われるヘリウムと天然ガス田の宝庫であるリレーリッジガス田からの天然ガスが処理される。リレーリッジガス田のヘリウム埋蔵量は、今後数十年の生産をサポートできる規模と期待されている。

一方、同社は、他のヘリウム供給源を獲得する機会を探し、将来のヘリウム供給の信頼性を一層向上させる手段を求めている。同時に、全てのヘリウムユーザーに対して、ヘリウムの節約並びにリサイクル法を探究するよう奨励し、この目標を達成するため複数の顧客と協力し合っている。

*後述の“米国 He ガス問題の現状”に、本記事の背景を説明している。

超電導 Web2.1

(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

Source: "Air Products Applauds Approval of Helium Legislation"

Air Products press release (October 3, 2013)

URL:

<http://www.airproducts.com/company/news-center/2013/10/1003-air-products-applauds-approval-of-helium-legislation.aspx>

Contact: Art George, georgeaf@airproducts.com



超電導と環境に関する技術ロードマップ

Institute of Physics (2013 年 9 月 15 日)

"超電導と環境：ロードマップ"という題名の時事レビューが、英国物理学会出版局（IOP）発行のジャーナル、**Superconductor Science and Technology** に掲載された。レビューでは、水の浄化や地震モニタリング、または温室効果ガスの削減といった問題を対処するに当たり、超電導技術がどのように活かされるかということが説明されている。その他応用として、不発弾で知られている不発兵器を安全に検出し回収するための超電導量子干渉計（SQUID）の利用についても、本レビューに記載されている。何千もの不発弾が、毎年ヨーロッパにおいて、特に第二次世界大戦中にひどい爆撃を受けた地域で引き続き発見されている。レビューの別のセクションでは、SQUID のグローバルネットワークが、どのようにして通信システムの混乱を招く太陽嵐を検出するのに役立つのかを説明している。また、同様のネットワークには、地震発生前に起こる特有の磁気特性を検出できるものもある。

また、本レビューでは、ドイツ、中国、日本、ブラジルの磁気浮上式リニアモーターカーの展開状況についても言及している。現在、これらの国々では、線路を冷却する液体ヘリウムの代わりに、液体窒素を利用する高温超電導磁気浮上式鉄道を開発する計画が立てられ、これにより、冷却工程の簡略化と運用コストの削減、さらには 浮上の安定化と使用する車両の軽量化を試みている。また、風力及び太陽光発電所からの電力を貯蔵するために使用される高温超電導技術や、抵抗なしで長距離にわたる送電を行うために超電導ケーブルの利用についても論じられている。

以上のハイエンドコンピューティングおよび船舶推進用モータを含む超電導技術の環境アプリケーションについての詳細は、<http://iopscience.iop.org/0953-2048/26/11/113001/article> からダウンロードすることができる。

Source: "Superconductivity to meet humanity's greatest challenges"

Institute of Physics press release (September 15, 2013)

URL: <http://iopscience.iop.org/0953-2048/26/11/113001/article>

Contact: Michael Bishop, michael.bishop@iop.org

超電導 Web2.1

(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” その他（各社新聞発表以外のソースから）

・米国 He ガス問題の現状*

上記 AirProducts 社の発表で取り上げたが昨年 He の供給問題が話題になっていた。法案の内容について、Superconductor Week 誌に最近の動きの詳細が掲載されている。それによると、米国上院はこのたび 97:2 で、S2374 ヘリウム供給条項（現在、ハイレック職保持条項に改称）を可決した。この法案は連邦ヘリウム備蓄所（the Federal Helium Reserve）**の運転を継続可能にし、現在の米国の需要の半分、世界の 1/3 のヘリウム量をまかなうものである。1996 年に議会は、この備蓄所（the Reserve）を民営化し、資産売却などにより、その 13 億ドルもある債務を返済する改革を決めていた。このため、備蓄所は手持ちのヘリウムを売ることなく、2013 年の 10 月までに負債返済しなくてはならなかった。その結果、さらなる法案制定無くしては、備蓄所は残っているヘリウムを売る権利がなかった。

この S2374 法案は、米国土地管理局（BLM）に 2014 年 9 月 30 日までの 1 年間の猶予を与え、貯蔵所の運営に関しての新しい実行法案を策定させる。これにより、貯蔵所は 2014 年 10 月初旬から、その保管しているヘリウムを年 10 %程度の割合で競売し始めることができる。この競売は、貯蔵量が現状の約 1/10（30 億 ft³）になるまでの 6-7 年続き、以降は連邦政府の用途に限られ、民間には販売されない。上院の案では、今回のヘリウム売り上げは“安全な地方の学校プログラム”（secure rural school program）や連邦の負債返済、公園の維持管理、廃止された石油井戸の清掃などに使われる。

* 前掲の AirProducts 社の記事の背景である。

**米国政府は、冷戦時代に、軍用を含めた重大なヘリウム使用を考慮して、この備蓄所に 1x10⁹m³ 以上のヘリウムガスを貯蔵しておくように定めていた。

Source: Superconductor Week vol. Sept 26, 2013: vol. 27, No.14.

・イットリウム問題

Great Western Minerals Group（カナダの希土類金属生産会社）は、イットリウム（Y₂O₃）の資源的問題に関して発表した。それによると、2019 年までの米国の軍需要に対して、イットリウムの米国の採掘、生産は全く不十分である。現在、中国が世界のイットリウム生産量の 97 %を担っている。このため、最も楽観的なシナリオで、かつ、国内採掘、生産、リサイクルを努力しても、米国国防産業上必要なイットリウムの 12-34 %を中国に頼らざるを得ない。DOE も以前、イットリウムの生産、供給、需要バランスに関して警告を発していたが、今回の報告は、米国の安全保障に課題を投げかけるものである。

Source:

1) http://www.gwmg.ca/pdf/203494_2013-07-25_NR.pdf

2) Superconductor Week vol. Sept30, 2013: vol. 27, No.15.

・Transparency 社、超電導マーケットの市場伸長見通し発表

Transparency Market Research 社は、2018 年までの超電導市場見通しを発表した。それによると、今後、セクター別には特にヘルスケア、産業応用で著しい伸びが見られ、地域別には中国、インド、

超電導 Web2.1

(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

日本のアジア太平洋地域の寄与が大きい。製品別には、LTS（低温超電導）により成長は牽引され、HTS（高温超電導）の技術的進展で特に電力応用が加速されるとしている。

また、同社はこれらに取組んでいる企業として、American Superconductor Corporation, Furukawa Electric Co., Bruker Energy & Supercon Technologies, SuperPower, Japan, Southwire Company, Hyper Tech Research, Sumitomo Electric Industries, Oxford Instruments, LS Cable, Superconductor Technologies を挙げている。

Source:

1) <http://www.transparencymarketresearch.com/superconductors-market.html>

2) Superconductor Week vol. Sept30, 2013: vol. 27, No.15.

・JR 東海リニア進捗

今夏、東京―名古屋間の新線の計画が一般紙で盛んに報じられたが、Superconductor Week 誌¹⁾などの情報によれば、JR 東海は、現状の試験走行ラインを今の 18.4 km から 42.8 km に伸ばし 9 月にテストランを開始する。また、この線は、将来は営業線の（東京―名古屋、大阪）の一部にする。使用する L0 車両は NbTi マグネットを使っている。JR 東海はすでに 14 車両を、製造する日本車両、三菱重工に発注した。4 つの先頭牽引車両と 10 個の中間車両からなる。いくつかの車両は今年引き渡され、残りは 2015 年に引き渡される。この L0 車両を使った延長路は相模原―甲府を結び、得られる収入はさらなる線路延長に充てられる。新技術の魅力で多くの乗客を集めると期待される。

2011 年の試験の実績で、速度 581 km/h、1 日の総走行距離 2876 km などを記録し、国土交通省の超電導磁気浮上式鉄道実用技術評価委員会は営業運転への技術が到達したことを確認していた²⁾。

Source:

1) Superconductor Week, Vol.27, No.10, July 31, 2013 号

2) JR 東海 HP: <http://company.jr-central.co.jp/company/others/chuoshinkansen01.html>

再生可能エネルギーと超電導 (2013 年 11 月)

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

日本に限らず、世界的に再生可能エネルギー応用の開発検討が増えている。超電導の分野でも、こうした分野に応用しようという動きが増えてきた。また、民間各社においても、それぞれ新たな市場開拓ということで積極的に取り組んでいる。

ここでは、超電導の応用が可能な分野に関して、再生可能エネルギーの技術、市場、政策など関連情報を掲載していく。

超電導 Web2.1

(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

・欧州 超電導による巨大風力タービン開発

技術的ブレークスルーを目指す巨大風力タービン

超電導による大型風力タービン開発が世界中でいくつか行われている。その内、EU プロジェクト「SUPRAPOWER」は、大出力で軽量の超電導洋上風力タービンの研究に取り組んでいる（期間は4年でスペインの Tecnia 社ほか産業界、学界から9の機関が参加）。

SUPRAPOWER チームによれば、風力タービンの大出力化、重量の削減、信頼性の向上を計るための新たな解決策が必要である。風力発電全体、あるいはタービンが大出力になれば、その巨大なサイズと重量が基礎部分のコストのみならず、運転や維持管理費も引き上げる。Tecnia 社チームは、超電導によりこれを解決できると考えた（線材は MgB_2 を使用）。10 MW 級超電導発電機が高効率化、コンパクト化され、エネルギーや原材料の大幅な節約がなされ、タービンの耐用年数も延びると予想している。

共同研究機関の1つの Karlsruhe Institute of Technology (KIT) 低温工学部の研究者達は、 $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで超電導コイルを冷却できる回転クライオスタット（低温維持装置）を開発し、超電導発電機の効率的運転を研究する。低温工学部長の Neumann 博士は、「従来の冷却器の冷却性能には制限があり、冷却器と超電導コイルの間の熱がうまく伝わることを確保しなければならない。また、今回、使用するヒートパイプの回転による影響も考慮しなければならない。さらに、クライオスタットには極めて効果的な断熱が必要である。」とコメントしている。

全体計画は、1年目は、モジュラー式回転クライオスタットの概念の有効性を確認し、その後、コンパクトな超電導発電機の概念設計を行う。超電導発電機的设计、建設及び試験に合わせて、2014年には500 kW 規模の発電機用模擬コイルを製作する。(Tecnia 社エネルギー環境部 Iker Marino Bilbao 氏) これにより、質量と寸法が削減され、タービンの製造コストが30%削減する。

注：EU は温室効果ガス排出を1990年レベルより20%下げる目標を設定している。この目標達成に、風力発電は大きな役割を果たすとみられ、英国沖の洋上風力プロジェクトなど多数で大型風力の開発が進んでいる。

Source: <http://www.suprapower-fp7.eu/summary.php#prettyPhoto/1/>

“Super wind turbines represent a major technological breakthrough”

http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=EN_NEWS&ACTION=D&SESSION=&RCN=35671

更なる詳細は、以下を参照

SUPRAPOWER、<http://www.suprapower-fp7.eu/>

Tecnia、<http://www.tecnia.com/en>

Karlsruhe Institute of Technology (KIT)、<http://www.kit.edu/kit/english/index.php>

European Commission – Energy、http://ec.europa.eu/energy/efficiency/index_en.htm

NEDO 海外レポート No.1096, 2013.6.19

・銚子沖、福島沖など国内洋上風力の現状

2014年に世界最大の7MW機稼働、総容量16MWに

前記記事のように、今後の超電導応用においても参考になるので、ここで日本における洋上風力の現状を簡単に紹介する。現在、国内では、銚子沖、北九州沖、福島沖（以上経産省、NEDO）、長崎杵島沖（環境省）の4つの洋上風力の実証試験が行われている。

①千葉県銚子沖の試験（経産省、NEDO 事業、東電他実施）は、発電容量は2.4 MW（三菱重工製

超電導 Web2.1

(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

新方式の油圧式(後述))で2013年1月に運転を開始している。ハブは、海面高さ約80mにあり、ロータ直径は約92mと大きなものである。設置方式は重力型着床式である。②北九州市沖の試験(経産省、NEDO事業、電源開発株式会社ほか実施)では、別の設置方式ジャケット型着床式(斜面など適用範囲大)を採用して、発電容量2.0MW(日本製鋼所製風車で永久磁石を使ったダイレクトドライブのギアレス方式)でやはり、ハブが界面高さ約80m、ロータ直径約83mの大きなものである。これも2013年6月に運転を開始している。③長崎杵島沖の試験は、環境省事業で行われているが、スパー型浮体式で、まるで釣りの“うき”のように海上に浮かぶ方式を採用している点が上記と異なる。すでに、100kWの規模で2013年より実証開始しているが、近く2MW機へ容量アップする。④福島沖合の試験(経産省、NEDO事業)は、最も最近始まったものであるが、スパー型、Vサブ型の浮体式の2MW、7MW機を使う。2MW機(名称:ふくしま未来)は、全高>120mで30階建てビル以上の高さになる。これに続く7MW機は、その容量が風力発電機単体では、世界最大である。変電設備(名称:ふくしま絆)も浮体式で、また、福島の沖合18kmにおよぶ海中のライザーケーブル(敷設済み)も新しい技術である。来年2014年にはこの7MW機2台(スパー型、Vサブ型)、全高約200m(50階建てのビル並み)が稼働する。この3機を合わせた福島計画の総容量16MWは、世界でも例のない最大級の浮体式洋上風力設備である。予算(2013年度115億円)も大きなプロジェクトであるが、新技術の開発とともに日本に特有な種々の貴重なデータが取得できる。風力発電では出遅れていた日本であるが、洋上風力発電は世界的に発展段階にあり、今回の試験は、新しい技術を持って世界をリードするチャンスになる。

上記発電機は、すでに稼働中あるいは、今年、来年にかけて動き出すが、早くも重要なデータが出始めている。例えば、最も関心の高い設備利用率は、従来の陸上風車では利用率は20-25%であるのに対して、銚子沖実証試験では40%近い値であった。洋上では倍近い発電量の増大が見込め、今後の開発に大いに有望である。また、ハード技術的には、銚子沖、福島沖の発電機では、三菱重工が新たな油圧式による装置を開発している。これにより、従来故障が多発するギア部をなくすことができた。また、ポンプとモータを個々にデジタル制御することでインバータ(電力変換装置)も不要にできる。7MW機はすでにナセル組立て、国内試験を終了しており、2014年には福島沖の浮体式装置に供給される。また、英国のHunterstonでの実証試験も行う予定である。これらの成果により、英国の大型風力プロジェクト(数千基の洋上風力発電機で将来40GW以上を発電し、英国内全消費電力の1/3を賄う)である洋上風力発電Round3にも参加するとのことである。

Source:

- 1)三菱重工技法 vol.50 No.3 (2013), p49-55 風力発電(洋上風車の開発状況)
<http://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/503/503049.pdf>
- 2) http://www.nedo.go.jp/fuusha/itv_itv.html
- 3) <http://www.mhi.co.jp/csr/csrreport/specialfeature/specialfeature02.html>

・TresAmigas LCC (米国) その後

TresAmigas 計画は、米国東部、西部、南部の電力使用状況、および再生可能エネルギー(風力、太陽光)による電力需要変動を調整するため、テキサスに5GWの電力容量で各地域の電力を融通する装置を作る。その設備の中で高圧直流送電線を使うが、当初の予定では、AMSC社が3,000kmのY系超電導線材を供給し、韓国LSケーブルがケーブル化を行うものである。

最近のSuperconductor Week誌最新号¹⁾によれば、これに関して以下の動きがある。

- ・地下ケーブル化の提案: 架空送電線に対する地域住民の反対を想定して地下化も考えている。

超電導 Web2.1

(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

・工期：財政的な問題で当初計画が遅れているが、現在、建設は 2013 年末に開始され、総工費 1650 億円で 3 期に分けて行われ、2021 年に完成する予定である。ただし、下記情報¹⁾によれば現時点では、地下化の予算算定はまだこれからとのことである。
いずれにせよ高温超電導が初の大型の商用設備（しかも将来性の高い再生可能エネルギー応用）に使われることに期待したい。

Source: 1) Superconductor Week vol. Sept30, 2013: vol. 27, No.15.

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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 ‘13/11 月-12 月の催し物案内

11/13

第 16 回ミレニアム・サイエンス・フォーラム

<http://www.msforum.jp/>

11/14-16

第 54 回高圧討論会

朱鷺メッセ・新潟コンベンションセンター

<http://www.highpressure.jp/new/54forum/>

11/17

金属・セラミックス研究会

東京大学武田ホール

<https://workshop.iece.or.jp/sbtk/cgi-bin/sbtk-showprogram.cgi?workshopid=SBW00002882>

11/18-20

International Symposium on Superconductivity, ISS2013

Tokyo, Japan

<http://www.istec.or.jp/ISS/>

11/21-22

International Workshop on Novel Superconductors and Super Materials 2013

Tokyo, Japan

<http://www.supera.titech.ac.jp/ns22013/index.html>

11/25-27

International Conference on Flow Dynamics

仙台国際会館

<http://www.ifs.tohoku.ac.jp/icfd2013/index.html>

11/30

第 16 回スターリングサイクルシンポジウム

東京・日本科学未来館

<http://www.jsme.or.jp/event/detail.php?id=2301>

12/3

第 2 回超電導応用研究会／第 3 回材料研究会

名古屋大学 ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー

http://www.csj.or.jp/application/2013/3rd_1203.pdf

12/4-6

第 88 回低温工学・超電導学会研究発表会

超電導 Web2.1

(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

ウインクあいち

<http://www.csj.or.jp/conference/2013a/index.html>

(編集局)

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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 (9/20-10/19)

- 第 2 部産業新聞 40 周年特集 ニッポンの独創力 高温超電導材料、前田弘氏 10/01 日経産業新聞 第 2 部
- ヒッグス立証 日本貢献 東芝や東大の技術、加速器に世紀の発見支える 10/09 日本経済新聞 朝刊
- ノーベル賞支えた技術古河電工の超電導線材 ヒッグス粒子発見に貢献 10/10 鉄鋼新聞
- 三菱重工がトロイダル磁場コイル 2 基を新たに受注 10/11 電気新聞
- 超電導工学研など、鉄系磁石の磁力 3 倍に 微粒子使う技術、ヘリウムは不要 10/13 日経産業新聞
- 超電導電線を量産、フジクラ、医療の MRI 用。 10/18 日本経済新聞 朝刊
- 国の資金支援、受け入れ検討、リニアで JR 東海社長 10/18 日本経済新聞 朝刊

(編集局)

[超電導 Web2.1 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

標準化活動 11 月のトピックス

ー北口 仁 氏、平成 25 年度 IEC1906 賞受賞

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター

標準部

部長 角田好喜



IEC1906 賞受賞者記念撮影
(二列目中央、左から 7 番目 北口仁氏)

平成 25 年 10 月 3 日 (木)、都市センターホテル 3 階「コスモスホール」にて平成 25 年度工業標準化事業表彰式が行われた。同時に行われた IEC1906 賞表彰を独立行政法人物質・材料研究機構 超伝導線材ユニット長の北口 仁氏が受賞した。

北口 仁氏は、1990 年から VAMAS 活動に携わり、2009 年から 4 年間は VAMAS-TWA16 (超伝導材料) の議長として、IEC 61788-2, -3, -7, -8, -9, -10, -13, -15 及び -16 の基礎となった VAMAS のプレ標準化活動の遂行において顕著な貢献をされたことによる。また、IEC/TC90 においては、平成 20 年から国内技術委員会委員、WG3 委員、WG5 委員として、IEC/TC90 の国際規格案作成に貢献された。

なお、IEC 61788-2, -3, -7, -8, -9, -10, -13, -15 及び -16 は、金属系超電導線、酸化物系超電導線、薄膜を用いたエレクトロニクス特性、等の測定評価方法に関する国際規格であり、具体的には次の IEC 規格である。

- ・ IEC 61788-2 : Nb₃Sn 超電導線の臨界電流測定法
- ・ IEC 61788-3 : 酸化物超電導線の臨界電流測定法

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

- ・ IEC 61788-7 : 電気的特性測定法－超電導体のマイクロ波表面抵抗
- ・ IEC 61788-8 : 超電導線の交流損失測定法－ピックアップ法
- ・ IEC 61788-9 : 超電導バルクの捕捉磁場測定法
- ・ IEC 61788-10 : 複合超電導線の臨界温度測定法
- ・ IEC 61788-13 : 超電導線の交流損失測定法－磁力計法
- ・ IEC 61788-15 : 電気的特性測定法－表面インピーダンス
- ・ IEC 61788-16 : 電気的特性測定法－表面抵抗の周波数依存性

注) VAMAS は、新材料と標準化に関するベルサイユプロジェクト
IEC/TC90 は、IEC（国際電気標準会議）の超電導に関する専門委員会
WG は、ワーキンググループ（作業グループ）

[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

標準化活動 11 月のトピックス

「超電導関連規格の発行状況」

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
標準部
部長 角田好喜

1. はじめに

電気分野の世界的な国際標準化機関として、IEC (International Electrotechnical Commission : 国際電気標準会議) があり、1989 年の IEC 総会において、超電導に係わる TC90 (第 90 番目の Technical Committee : 専門委員会) が設立された。超電導応用に関する国際規格を取りまとめる IEC/TC90 の幹事国は日本であり、日本国内の審議団体は (公財) 国際超電導産業技術研究センターが担当しており、国際標準化の事務局は当センター内で活動を行っている。TC90 では、現在 WG1 から WG13 まで 13 の国際 WG (Working Group : 作業グループ) が活動しており、国際 WG に対応する形で国内技術委員会の下に国内 WG を組織している。また、JIS (Japan Industrial Standards : 日本工業規格) 原案審議のために JIS 原案作成委員会及び対応する JIS の WG を組織し活動を行っている。

2. 国際規格

1989 年以降、TC90 では、国際規格として用語 (IEC 60050-815) を皮切りに現在までに 19 件の IEC 規格が発行されている。その主なものは、金属系超電導線、高温超電導線、薄膜を用いたエレクトロニクス特性、等の特性測定方法である。2010 年には、超電導機器へ給電する電流リードの特性試験に関する一般要求事項についての IEC 規格が発行されている。2013 年 9 月までに発行された IEC 規格の一覧を表 1 に示す。この 5~6 年のトピックスとしては、時代の要請から、測定結果の評価に関する表現を「測定誤差」から「測定不確かさ」へ変更することを決め、規格の改訂・発行の際に個々の規格へそれを反映してきている¹⁾。

3. 国内規格

国内規格としては、基本的に IEC 規格を翻訳した形で JIS が現在までに 15 件発行されており、発行された JIS の一覧を表 2 に示す。JIS については、日本工業標準調査会 (JISC) の審議結果を受けて、一般財団法人日本規格協会から発行されている。この数年のトピックスとしては、IEC 規格に記載された「不確かさ」に関する説明はわかりにくいため、不確かさの定義を見直し、また、具体的な解析例を入れて JIS H 7306 (ニオブ・チタン複合超電導導体の残留抵抗比) の改訂版を発行し、わかり易い規格を目指した。さらに、JIS H 7306 と JIS H 7312 (ニオブ 3 相複合超電導導体の残留抵抗比) の内容は類似しており、規格体系を簡素化するため両者の統合案が作成され、審議が行なわれている。

4. IEC 規格と JIS

IEC 規格と JIS の対応について、表 3 に示す。

5. 今後の活動

日本で残留抵抗比試験方法に関する JIS H 7306 と JIS H 7312 の統合案が審議されているが、こうした動きを受けて対応する IEC 規格である IEC 61788-4 と IEC 61788-11 の統合案作成に向けた活動を行う。また、次の案件について IEC 規格開発活動を継続していく。

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

○既に NP(New Work Item Proposal : 新業務項目提案)が提出された案件

- ・ Nb₃Sn 超電導線の室温引張試験方法
- ・ 実用超電導線の通則

○今後 NP 提案が提出される案件

- ・ Bi 系超電導線の曲げ臨界電流試験方法
- ・ Nb の残留抵抗比試験方法
- ・ 超電導センサの通則

○今後の IEC 規格提案案件

- ・ イットリウム系超電導線の臨界電流試験方法
- ・ イットリウム系超電導線の引張試験方法、等

JIS については、基本的に IEC 規格を翻訳して発行するという流れであるが、国内で検討が進んでいる「不確かさ」に関する記載を IEC 規格に反映させていく。

6. 国際規格及び国内規格の充実化に向けて

国際規格の原案が作成され発行されるまでには、早くても 5～6 年かかるといわれている。TC90 で作成、発行してきた IEC 規格及び JIS は、経済産業省のご指導のもと長年の諸先輩の活動の成果であり、それに敬意を払うとともに、取引安定化・産業競争力強化の観点からも産業界他でそれらの財産が活用されていくことを望みます。また、IEC 規格及び JIS に関して、ご意見、ご要望があれば、事務局までご連絡を頂きたいと思います。なお、IEC 規格発行関連の幹事国業務は、超電導国際標準化の推進に関する事業として、平成 23 年度から (公財) JKA からの補助を受けています。

引用文献：

—TC90 設立以前の活動

低温工学協会主催：講演会「極低温材料の性能評価と標準化」1986 年 9 月、三会堂ビル

—TC90 設立後の活動

「低温工学」誌特集解説など

- 1) 佐藤謙一 超電導国際標準化活動の現状 2012 年 1 月・SEI テクニカルレビュー・第 180 号

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

表 1 超電導関連 IEC 規格の発行状況

IEC規格番号	Ed.	制定／ 改正年	タイトル
IEC 60050-815	Ed. 1.0	2000	International Electrotechnical Vocabulary-Part 815: Superconductivity
IEC 61788-1	Ed. 2.0	2006	Superconductivity-Part 1: Critical current measurement-DC critical current of Cu/Nb-Ti composite superconductors
IEC 61788-2	Ed. 2.0	2006	Superconductivity-Part 2: Critical current measurement -DC critical current of Nb ₃ Sn composite superconductors
IEC 61788-3	Ed. 2.0	2006	Superconductivity-Part 3: Critical current measurement-DC critical current of Ag-sheathed Bi-2212 and Bi-2223 oxide superconductors
IEC 61788-4	Ed. 3.0	2011	Superconductivity-Part 4: Residual resistance ratio measurement- Residual resistance ratio of Nb-Ti composite superconductors
IEC 61788-5	Ed. 2.0	2013	Superconductivity-Part 5: Matrix to superconductor volume ratio measurement - Copper to superconductor volume ratio of Cu/Nb-Ti composite superconducting wires
IEC 61788-6	Ed. 3.0	2011	Superconductivity-Part 6: Mechanical properties measurement-Room temperature tensile test of Cu/Nb-Ti composite superconductors
IEC 61788-7	Ed. 2.0	2006	Superconductivity-Part 7: Electronic characteristic measurements - Surface resistance of superconductors at microwave frequencies
IEC 61788-8	Ed. 2.0	2010	Superconductivity-Part 8: AC loss measurements-Total AC loss measurement of Cu/Nb-Ti composite superconducting wires exposed to a transverse alternating magnetic field by a pickup coil method
IEC 61788-9	Ed. 1.0	2005	Superconductivity-Part 9: Measurements for bulk high temperature superconductors - Trapped flux density of large grain oxide superconductors
IEC 61788-10	Ed. 2.0	2006	Superconductivity-Part 10: Critical temperature measurement-Critical temperature of Nb-Ti, Nb ₃ Sn, and Bi-system oxide composite superconductors by a resistance method
IEC 61788-11	Ed. 2.0	2011	Superconductivity-Part 11: Residual resistance ratio measurement-Residual resistance ratio of Nb ₃ Sn composite superconductors
IEC 61788-12	Ed. 2.0	2013	Superconductivity-Part 12: Matrix to superconductor volume ratio measurement- Copper to non-copper volume ratio of Nb ₃ Sn composite superconducting wires
IEC 61788-13	Ed. 1.0	2003	Superconductivity-Part 13: AC loss measurements-Magnetometer methods for hysteresis loss in Cu/Nb-Ti multifilamentary composites
IEC 61788-14	Ed. 1.0	2010	Superconductivity-Part 14: Superconducting power devices - General requirements for characteristic tests of current leads designed for powering superconducting devices
IEC 61788-15	Ed. 1.0	2011	Superconductivity-Part 15: Electronic characteristic measurements - Intrinsic surface impedance of superconductor films at microwave frequencies
IEC 61788-16	Ed. 1.0	2013	Superconductivity-Part 16: Electronic characteristic measurements – Power-dependent surface resistance of superconductors at microwave frequencies
IEC 61788-17	Ed. 1.0	2013	Superconductivity-Part 17: Electronic characteristic measurements – Local critical current density and its distribution in large – area superconducting films
IEC 61788-18	Ed. 1.0	2013	Superconductivity - Part 18: Mechanical properties measurement - Room temperature tensile test of Ag- and/or Ag alloy-sheathed Bi-2223 and Bi-2212 composite superconductors

※IEC 規格の入手は、IEC の Web store (<http://www.iec.ch/>)へ、直接ご用命ください。

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

表 2 超電導関連 JIS の発行状況

JIS番号	Ed.	制定／ 改正年	タイトル	対応IEC規格
JIS H 7005	Ed.1.0	2005	超電導関連用語	IEC 60050-815:2000
JIS H 7301	Ed.2.0	2009	超電導－直流臨界電流の試験方法－ニオブ・チタン合金複合超電導線	IEC 61788-1:2006
JIS H 7302	Ed.2.0	2009	超電導－直流臨界電流の試験方法－ニオブ3・すず複合超電導線	IEC 61788-2:2006
JIS H 7303	Ed.2.0	2013	超電導－機械的性質の試験方法－銅安定化ニオブ・チタン複合超電導体の室温引張試験	IEC 61788-6:2008
JIS H 7304	Ed.1.0	2002	超電導－超電導体のマトリックス比試験方法－銅安定化ニオブ・チタン複合超電導体の銅比	IEC 61788-5:2000
JIS H 7305	Ed.2.0	2010	超電導－臨界電流の試験方法－銀シースビスマス2212及びビスマス2223酸化物超電導線の直流臨界電流	IEC 61788-3:2006
JIS H 7306	Ed.2.0	2012	超電導－残留抵抗比試験方法－ニオブ・チタン複合超電導体の残留抵抗比	IEC 61788-4:2007
JIS H 7307	Ed.2.0	2010	超電導－エレクトロニクス特性測定法－超電導体のマイクロ波表面抵抗	IEC 61788-7:2006
JIS H 7308	Ed.1.0	2006	超電導－超電導体に対するマトリックス体積比試験方法－ニオブ3すず複合超電導線の非銅部に対する銅部体積比	IEC 61788-12:2002
JIS H 7309	Ed.2.0	2012	超電導－臨界温度試験方法－複合超電導体の抵抗法による臨界温度	IEC 61788-10:2006
JIS H 7310	Ed.2.0	2013	超電導－交流損失試験方法－ビックアップコイル法による液体ヘリウム温度・交流横磁界中の円断面超電導線の全交流損失測定	IEC 61788-8:2010
JIS H 7311	Ed.1.0	2006	超電導－交流損失試験方法－磁力計法によるニオブ・チタン複合超電導線のヒステリシス損失測定	IEC 61788-13:2003
JIS H 7312	Ed.1.0	2007	超電導－残留抵抗比試験方法－ニオブ3すず複合超電導体の残留抵抗比	IEC 61788-11:2003
JIS H 7313	Ed.1.0	2007	超電導－バルク高温超電導体の試験方法－捕そく(捉)磁束密度	IEC 61788-9:2005
JIS H 7314	Ed.1.0	2013	超電導－給電装置－超電導機器へ給電する電流リードの特性試験に関する一般要求事項	IEC 61788-14:2010

※JIS の入手は、(一財) 日本規格協会の Web store へ、直接ご用命ください。

<http://www.webstore.jsa.or.jp/webstore/top/index.jsp>

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

表 3 超電導関連 IEC 規格及び JIS の対応

規格化の対象	WG	IEC規格	JIS
超電導用語	WG1	IEC 60050-815	JIS H 7005
Nb-Ti超電導線の臨界電流測定法	WG2	IEC 61788-1	JIS H 7301
酸化物超電導線の臨界電流測定法	WG3	IEC 61788-3	JIS H 7305
Cu/NbTiとNb3Sn超電導線の残留抵抗比測定法	WG4	IEC 61788-4 (Nb-Ti線)	JIS H 7306 (Nb-Ti線)
		IEC 61788-11 (Nb3Sn線)	JIS H 7312 (Nb3Sn線)
複合超電導線の引張試験方法と電磁機械的特性	WG5	IEC 61788-6 (Nb-Ti線)	JIS H 7303 (Nb-Ti線)
		IEC 61788-18 (Bi系線)	
複合超電導線のマトリックス比測定法	WG6	IEC 61788-5 (Nb-Ti線)	JIS H 7304 (Nb-Ti線)
		IEC 61788-12 (Nb3Sn線)	JIS H 7308 (Nb3Sn線)
Nb ₃ Sn超電導線の臨界電流測定法	WG7	IEC 61788-2	JIS H 7302
電氣的特性測定法	WG8	IEC 61788-7 (表面抵抗)	JIS H 7307 (表面抵抗)
		IEC 61788-15 (表面インピーダンス)	
		IEC 61788-16 (表面抵抗-P依存)	
		IEC 61788-17 (局部的J _c 分布)	
超電導線の交流損失測定法	WG9	IEC 61788-8 (ピックアップ法)	JIS H 7310 (ピックアップ法)
		IEC 61788-13 (磁力計法)	JIS H 7311 (磁力計法)
超電導バルクの捕捉磁場測定法	WG10	IEC 61788-9	JIS H 7313
複合超電導線の臨界温度測定法	WG11	IEC 61788-10	JIS H 7309
電流リード	WG12	IEC 61788-14	JIS H 7314

※WG は、Working Group の略で作業グループを表す。

[超電導 Web21 トップページ](#)

超電導 Web2.1

(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

「電気学会 電力・エネルギーフォーラム 超電導電力機器とシステムの高性能・多機能化フォーラム聴講録」報告

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
普及啓発・国際部 部長 岡崎 徹

日時 2013 年 10 月 8 日 13:00-18:00
産業技術総合研究所 臨海副都心センター別館

電気学会の超電導電力機器とシステムの高性能・多機能化調査専門委員会が主催する表記フォーラムに参加し聴講してきた。その記録を示す。

全体構成は、要素技術である超電導線材とその交流損失、さらには電気絶縁と冷却について説明がされた後、限流器、超電導ケーブル、変圧器の 3 つについて、それぞれ委員が研究開発動向とその動向解析を行った結果を報告している。

要素技術については、まずフジクラの飯島氏が薄膜系線材の現状について報告し、将来的なコストダウンには現状の 100 km/年から 1000 km/年程度にまで市場が成長することが必要である、と報告している。

絶縁に関しては豊橋技術科学大学の村上氏が PD の計測を FFT で行い、室温で計測した結果から液体窒素中での試験結果を推定できると示唆した。

冷却に関しては前川製作所の池内氏が各種冷凍機の概説を行い、現状では 40 %カルノーが限界になりつつあるように見える、と報告している。また冷凍機の構成のしかたも冗長性などどの程度持たせるかなどの課題が紹介された。

次に個別の電力機器について、それぞれ仕様が詳細に調べられている。

限流器については名城大学の飯岡氏、東芝の矢沢氏が報告している。限流器の方式は各種提案されており、それぞれに得失がある。主にはグリッドがメッシュ状でリレーによる保護が困難な欧米で多くの検討が進められているが、適用場所も送電・配電まで様々である。ただし型式としては基幹系には抵抗型か過飽和リアクトル式しか無い。限流器で重要な、復帰時間について記載された文献は 4 例しか無い。

ケーブルについては古河電工の向山氏、住友電工の増田氏から報告があった。現在開発が進められている単身型、三相一括型、三相同軸型と紹介のあと、実行中、計画中の各種 PJ が紹介された。アメリカなど PJ は計画中の物も多いが実質的に動いていないと。

変圧器については鉄道総研の上條氏、名古屋大の小島氏から報告がされた。小型軽量化に期待があり、電圧は 60～100 kV、数 MVA～数十 MVA 程度が多いが、開発例はあれどもあまり情報が出てきていない。重量的には従来型変圧器と同程度まで到達したが、今後の AC ロスなどの低減に期待がある。ただ、突入電流制御やタップチェンジャーなどの課題が残されている。限流変圧器という二種類の線材を用いた高機能変圧器についても紹介された。

超電導 Web2.1

(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

最後の自由討論では EUCAS が MgB_2 線材メーカーの拠点近くで実施されたこともあるのか MgB_2 関連が伸びてきている印象がある、と名古屋大の早川氏から紹介があった。Y の温度を下げて利用すると、結局は MgB_2 が使える温度域になってくるためでもある。

電力会社からは、超電導機器となるとすぐにコストの話になり、それ以上の話が續かない、という話が出された。これに対して会場から、NEDO などの計画では再生可能エネルギーと超電導を併せた話が少ない。再エネと絡めた話、特に限流器は何か使い道があるのでは、との声が出ている。さらに直流限流器の可能性は無いのか、という意見も出された。

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

【隔月連載記事】

医療用加速器と超電導 (その 5)

京都大学
大学院工学研究科
教授 雨宮尚之

4. 粒子線がん治療装置の加速器への低温超電導電磁石の応用

4.1 超電導の応用先としての加速器

2.2 で述べたように、粒子線がん治療装置においては、高エネルギーの炭素イオンや陽子のビームを誘導・制御するために、磁場中を荷電粒子が運動するときに作用する力を利用する。磁場を発生するために大がかりな電磁石を用いることが、装置の小型化を困難にし、粒子線がん治療、特に重粒子線がん治療の普及の障害となっている。見方を変えれば、超電導の適用により電磁石の高磁場化ができれば装置の小型化が可能となり、粒子線がん治療の普及につながる。このような観点から、粒子線がん治療装置の加速器は超電導電磁石の応用先として魅力的である。

超電導応用の歴史を振り返ると、粒子加速器は核融合と並んで、超電導電磁石技術、ニオブチタン超電導線作製技術の開発の牽引役であった。ここでいう粒子加速器は主に高エネルギー物理研究用の大型加速器であるが、例えば、ヒッグス粒子を発見し今年 2013 年のノーベル物理学賞につながった CERN の LHC (大型ハドロン衝突器) などは千台を超えるビーム偏向電磁石などの多数の超電導電磁石を使用しており、高性能ニオブチタン線材の製造技術や電磁石の大量生産技術の発展に寄与するところ大であった。超電導電磁石の使用によって高磁場化による加速器の小型化が図られているのみならず、電力消費量も大幅に低減できている。

このように成熟した低温超電導技術を粒子線がん治療装置の加速器に応用する試みも行われている。以下では、陽子線がん治療装置への低温超電導電磁石の応用例と、重粒子線回転ガントリーへの低温超電導電磁石の応用例について紹介する。

4.2 陽子線がん治療装置への低温超電導電磁石の応用

(1) 陽子線サイクロトロン

Varian 社/ACCEL 社 (2007 年にドイツの ACCEL 社をカリフォルニアの Varian 社が買収) は、250 MeV 陽子線がん治療装置用の超電導サイクロトロンを製作している。研究開発の歴史は、2000 年前後の米国国立超電導サイクロトロン研究所 (ミシガン州立大学) の提案に遡る。

Varian 社/ACCEL 社の 250 MeV 陽子サイクロトロンの主要諸元を表 4-1 に示す。このサイクロトロンにおいては、ニオブチタン超電導線で作ったコイルを液体ヘリウム浸漬冷却しており、冷凍機を用いた液体ヘリウムの実効蒸発量ゼロのシステムが構成されている。

Varian 社/ACCEL 社の 250 MeV 陽子サイクロトロンは、1 台目がスイスの Paul Scherrer Institute (PSI) に設置され、2007 年から実際に治療に用いられている。2 台目は、ドイツのミュンヘンにある Rinecker Proton Therapy Center (RPTC) に設置され、2009 年から治療に用いられている。特に、RPTC の病院型施設は、陽子サイクロトロンのみならず、回転ガントリー 4 台と固定照射ポート 1 台を備え、ペンシルビームスポットスキニングも可能なものである。施設は 1 日あたり 8-10 時間、週 6 日間治療に用いられている。2 台目までが現地組み立てであったのに対し、3 台目以降は

超電導 Web2.1

(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

工場で相当部分を組み立てビーム試験も工場で行うこととなり、3 台目が 2010 年時点で工場での最終組み立て段階にあると報告されている。

(2) 回転ガントリー搭載型陽子線シンクロサイクロトロン

MEVION 社は、ニオブ 3 スズ超電導線で作ったコイルを備えたシンクロサイクロトロンを回転ガントリーに直接搭載した画期的なシステムを開発している。The Siteman Cancer Center (Barnes Jewish Hospital) と Washington University の医学部に設置 (2011 年) されたと聞くと、治療開始の有無など詳細な情報は得られていない。

表 4-1 Varian 社/ACCEL 社の 250 MeV 陽子サイクロトロンの主要諸元

鉄ヨーク		高周波システム	
外直径	3.1 m	周波数	72.8 MHz
高さ	1.6 m	高周波出力	<115 kW
重量	<90 t	デュー電圧	80 kV – 130 kV
電磁石		陽子源	
超電導線	NbTi	内部冷陰極 PIG 型	
電流	160 A	ビーム特性	
コイル経験磁場	< 4 T	エネルギー	250 MeV
中心磁場	2.4 T	最大取り出し電流	800 nA
蓄積エネルギー	2.5 MJ	取り出し効率	80%
冷凍システム		モード	CW
熱負荷 (定常)	2 W	エミッタンス	水平 $\leq 3\pi$ mm mrad 水平 $\leq 5\pi$ mm mrad
冷凍能力	6 W @ 4.2 K	周回数	650
定格電力	40 kW		

4.3 重粒子線回転ガントリーへの低温超電導電磁石の適用

重粒子線がん治療装置の主円形加速器に超電導電磁石を用いる研究はまだ進んでおらず、これには高温超電導電磁石の実用化を待つ必要があると目されている。

これに対して、低温超電導電磁石を用いて、重粒子線回転ガントリーの小型・軽量化を実現するための開発が放射線医学総合研究所において進んでいる。図 4-1 に銅電磁石を用いた重粒子線回転ガントリーと超電導電磁石を使った重粒子線回転ガントリーの概念図を示す。高磁場を発生できビームを急角度で偏向でき、また、鉄心の量が少なく済む超電導電磁石を用いることによって、回転ガントリーの小型・軽量化が実現できる。

開発が進められている回転ガントリー用超電導電磁石はニオブチタン超電導線を用いたもので、小型冷凍機により伝導冷却される。実際に電磁石を試作し各種試験が実施されている。また、電磁石の数を減らすために、偏向機能と集束機能を兼ね備えた機能結合型電磁石を用いたビーム光学設計が行われている。開発がすすめられている超電導電磁石を用いた回転ガントリーは、放射線医学総合研究所の新治療棟と呼ばれる建物に設置される計画である。

超電導 Web2.1

(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

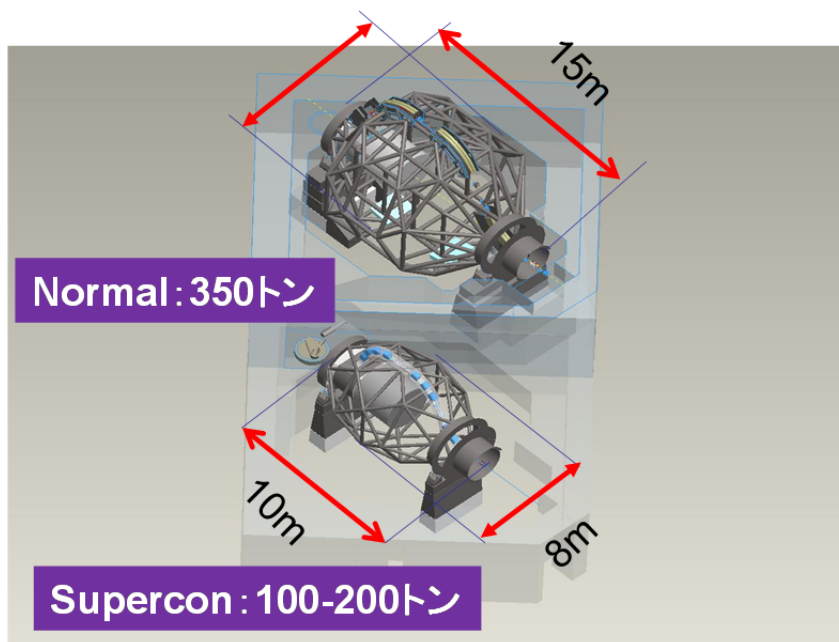


図 4-1 銅電磁石と超電導電磁石を使った重粒子線回転ガントリーの比較

[超電導 Web2.1 トップページ](#)

【隔月連載記事】

風力熱蓄積発電（その 6） - 「総括」

公益財団法人 国際超電導産業技術研究センター
普及啓発・国際部 部長 岡崎 徹

1. 電力系統に大量の風力を導入するために

風力発電は出力が不安定であるために、安定供給が責務の電力系統に大量に導入するためには何らかの対策が必須である。これを包括的に検討した場合に最も経済的なエネルギー源となり得る風力熱蓄積発電についてこれまで説明してきた。各月の内容は以下の通りである。

1 月号：発熱機とその超電導化

システム中、唯一要素部品に開発要素がある発熱機について解説

3 月号：自然エネルギーの実態

自然エネルギーを大量に導入する場合の実態を統計から解説

5 月号：太陽熱発電

近年 PV よりも伸びが著しい太陽熱発電について解説。

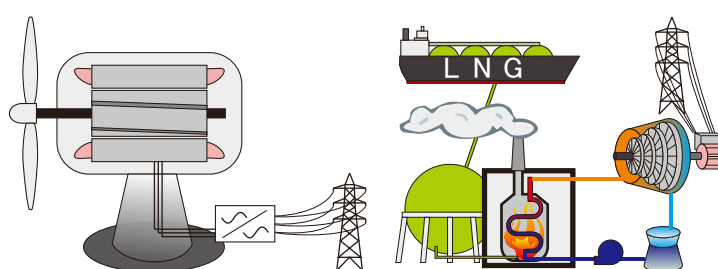
7 月号：風力発電

風力発電の経済性以外の課題を解説

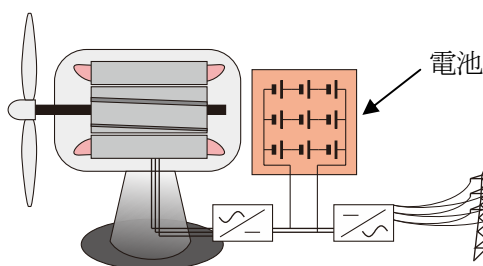
9 月号：系統安定化条件での風力発電経済性検討

風力熱蓄積発電のコスト計算を紹介。大量導入するためには系統全体で考えることが重要。

この風力熱蓄積発電は、電力系統、風力発電、太陽熱発電、回転機など多くの分野に跨がる技術であり、全体を見通し難い。今回は図 1 の(a)～(e)に現時点の風力安定化手法、電池による安定化手法、風力熱蓄積発電について並べて比較し、その得失を述べたい。



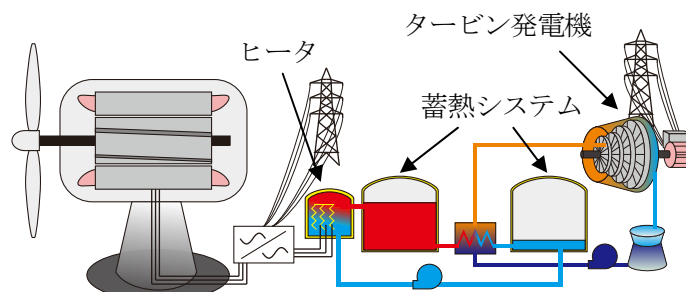
(a) 現状の風力安定化。火力の補助と系統の強化が必須。



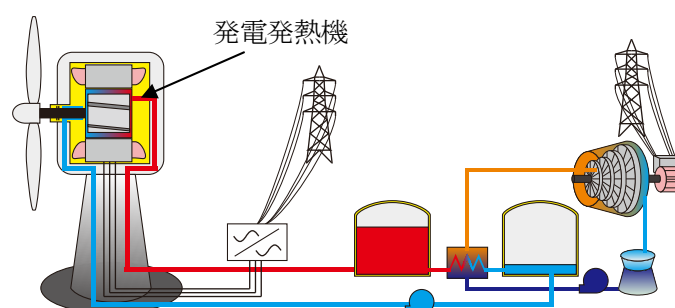
(b) 蓄電池を用いた安定化。電池の低コスト化が課題。

超電導 Web2.1

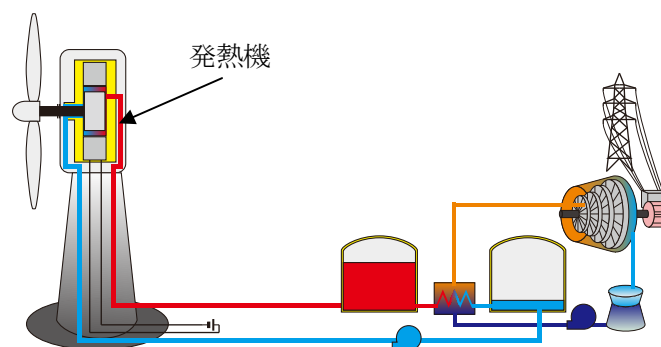
(公財) 国際超電導産業技術研究センター 〒213-0012 神奈川県川崎市高津区坂戸 3-2-1 KSP Tel: 044-850-1612



(c) 熱エネルギー蓄積を用いた安定化。電池より安価に安定化が可能。



(d) 発電発熱機を導入しての安定化。発電発熱機が軽量なため経済的。



(e) 熱エネルギー蓄積に特化した安定化。
超電導を採用して高温化すればタービン効率が 60 % に近づく。

図 1 様々な風力発電の安定化手法

(a) 現状の風力安定化

超電導 Web21 の 3 月号で詳しく説明したが、現状の風力導入によって火力発電所を削減する事は不可能で、逆に増設が必要である。そのため図 1(a)が実態である。豊富な水力を持つノルウェーなどとの電力融通が容易なデンマークでさえ火力発電所が削減できていない。スペインも同様である。欧州は電力市場が発達し市場取引などの情報が多く、一方で国毎の補助金制度も異なり実態が見え難くなっているが、経済性を維持しつつ大量に風力を導入するには火力発電所、それも出力調整が容易な最新型火力を維持し続けないと系統として運用できないというのが統計から推定される。よって現状のままではいくら風力を（太陽光も）導入しても化石燃料の使用を止めることは出来な

超電導 Web2.1

(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

い。さらに既存の火力発電所の燃費悪化や稼働率低下、系統強化の費用を加えると必ずしも言われているようなコストにはならない事を超電導 Web の 3 月号と 9 月号で示した。

(b) 電池を用いた安定化

これに対して図 1(b)に示すような電池を利用するシステムも幾つか試行されている。最大のメリットは誰にでもわかりやすいシステムである点であろう。ただ現状では kWh あたり 4 万～10 万円超と高価な点が課題である。既に開発の歴史が長い電池システムを、実用的な揚水発電所並のコストである 23,000 円程度に下げるまでには様々な課題が有り、画期的な技術開発が必要であろう。太陽電池のように面積で瞬間的パワー(kW)が決まる物は比較的成本ダウンが容易であったが、蓄電池などはエネルギー(kW-h)を貯えるため体積が必要で、太陽電池のようなドラスティックなコストダウンを実現するためには新しい電気化学反応の発見など革新的技術が必要であろう。太陽電池の様な二次元製品は薄膜化など材料を限りなくゼロに近づけることも可能であるが、体積あたりエネルギー蓄積量の理論上限があり、かつ材料コストに制限される蓄電池の改良には限界がある。ただカリフォルニアなどでは電池の導入への大きな補助金導入が実行に移されるようである。

(c) 熱エネルギー蓄積を用いた安定化

風力から一端離れるが、熱エネルギー蓄積を採用できる太陽熱発電が近年大きく伸び始めている(超電導 Web2.1 の 5 月号)。太陽電池は安定化のために高価な電池が必要であるが、太陽熱発電は電池と比べて 1/20 コストの熱エネルギー蓄積を利用することで経済的に安定発電できるためである。

この安価な熱エネルギー蓄積を風力にも利用するのがこのシステムで、風力で発電された電力を低需要時にヒータによって熱エネルギーに変換して熱媒に蓄積し、必要時に火力発電と同じシステムを用いて発電する。熱エネルギーは電力に変換する際に半分以上はロスとなり効率が良くないため、長らく実用には適さないと考えられてきた。しかし 1990 年代に入り風力の不安定性が大きな問題となる一方、電池の低コスト化課題が大きいことから安価な熱蓄積を利用したシステムの可能性が検討されるようになってきている。効率が悪くとも設備コストが安価であれば、燃料費のかからない再エネを安価に電力系統に導入できる、という考え方である。

熱エネルギーから電力に変換するには温度が高いほど効率も上がる。よって高温での熱蓄積が望ましい。現状では図の高温側タンクは最高 550 C° 程度、低温側は 200 C° 程度となっている。また蒸気タービンによる熱電エネルギー変換は規模が大きい方が有利である。太陽熱発電所の前例から見ると複数の風車をまとめたファーム全体として数十 MW 程度の規模が必要であろう。複数本の風車に対して蓄熱/タービン発電設備は 1 基で済むため大型化は経済性に直結する。

(d) 発電発熱機を導入しての熱エネルギー蓄積

上記熱エネルギー蓄積の一つの課題は、電気ヒータが必要な点である。電気ヒータは例えば 550 C° にて電気絶縁を保つ必要がある。また、室温から高温まで熱の良導体でもある導体で接続するため、この導体を伝っての熱ロスもある(話は逸れるがこの室温から高温/低温へと接続する部分はパワーリードとも呼ばれ、一つの技術分野である)。さらにはタワー頂部の発電機では熱損失もあり、全体として見た場合に効率を落とす要因を持っている。

そこで発想を変えて、タワー頂部で発電もしくは発熱を同じ回転機で実現するアイデアが図 1(d)である。この発電発熱機は超電導 Web2.1 の 9 月号で少し説明したが、基本は 1 月号で紹介した発熱機と同じで誘導通常風力と同じ双方向インバータを備えるだけである。具体的には一般の発電機では避ける「焼ける」制御(停動トルクでの運転)を行い、かご形回転子に発生する熱(発電機ではロス)に熱媒体を循環させ抜熱する。固定子側界磁巻線は 450 C° までメーカにて標準化さ

超電導 Web2.1

(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

れているため熱媒の低温側を循環させることで定格温度以下に抑え、同時にこの界磁巻き線で発生する熱も回収する。

この誘導型発電機を発電発熱機として利用すると、次のようなメリットが生じる。

- 1) 誘導発電機の定格より遙かに大きい停動トルクで運転するため、5 倍のエネルギーを吸収できる
- 2) 熱も回収するので銅損もロスにならないので高電流密度化でき、さらに軽量・コンパクトになる
- 3) よって回転機でのエネルギー変換効率が 100 % に極めて近づく (ただし熱は後段の変換時にロスが出る)

この 1) 2) のコンパクト化は大きなインパクトがある。現行の風力発電機は故障確率を下げるためにギアレス化を指向していたが、ダイレクトドライブ低速発電機は高価で効率が悪く一方で数百トンにもなりタワーを高く出来ず、良い風を捕まえられない。そのためダブルフェッドという少しギアを用いる中間的なシステムが主流となりつつある。しかし軽く・エネルギー回収効率が高い回転機が得られればダイレクトドライブでかつ、高タワーが実現できる。また体格を少し大きくすれば低速回転化も可能となり、振動・騒音・バードストライク・フリッカーなどといった公害問題も軽減できる (超電導 Web21 の 9 月号)。

一方デメリットは

- 4) 回転機に熱媒循環システムの追加が必要
- 5) 断熱・保温構造が必要
- 6) 電力ケーブルと熱媒輸送管の二系統が必要でタワー内に収納が難しくなる可能性がある
- 7) サブ MW 以上の規模が必要

であろう。この内、発電機にも水冷機構を有する物もあるため 4) の項目は特に大きな課題では無い。発電機の水冷は入り口出口の温度差が小さいため循環系の設計に苦労しているが、発熱機では大きな温度差を取れるため比較的容易になるであろう。5) の断熱・保温については現地施工も可能なので大きなデメリットでは無い。6) については太陽熱発電所の実績からみて現行の風力タワーに十分収まるサイズであるので問題では無い。7) については 9 月号でも紹介したように熱機械はある程度の規模が無いと割高になる。(c) の電気ヒータ式と比べて単一タワーで数百 kW 以上の規模において熱媒循環式の方が電気ヒータ式より有利になると推定される (Web21 の 9 月号)。

(e) 熱エネルギー蓄積に特化した安定化

前述の(c)(d)は、ピーク需要時かつ順風時には回転エネルギーを直接電力に変換し、深夜など需要が小さい場合にはヒータ駆動あるいは発熱機モードにして熱貯蔵し需要期に備える、という運用が可能である。しかし回転機が誘導発電機と同じ構造を取るため構造が複雑である。また、良風時とピーク需要時が重なる期間がどの程度あるか、も地域により異なる。そのため別の可能性として究極の単純化を狙ったものがこの(e)である。Web21 の 11 月号のトピックスにて紹介した物がこのタイプである。タワー頂部には発熱機を配置し、直接電力は作らない。すると電気ブレーキと同じになり究極の小型軽量化・単純化ができる。電気的にはごく小さな直流界磁だけ必要である。軽いためより高いタワーが可能となり、回転機のコストも下がり、公害も軽減出来る。ただし最大需要時でもエネルギーは一旦熱システムを通過するため従来風力より効率は落ちる。

この効率が良くないというデメリットは超電導を採用することで改善できる。電気ブレーキの原理は渦電流であるため、磁場が必要不可欠である。しかし発熱機の温度が 800 C° などという高温になると鉄などは磁性を失い、常電導コイルでは磁場を作れなくなる。超電導ならば非磁性体にも強力な磁場を印加することが可能となり、さらに温度を上げることが可能となる。1000 C° を越えると熱電変換の効率は 60 % に近づき、直接発電する場合と比べて効率の遜色もなくなる。

超電導 Web2.1

(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

さらに別の方法として、熱化学反応の適用も考えられる。おおよそ 800 C° を越えた温度が得られると水素製造や石炭液化その他様々な化学反応を生じさせることができるため、現在太陽熱の分野で研究が進められている。これも超電導発熱機が実現できれば適用可能となる。

(f)その他の安定化手段

図 1 には無いがその他の安定化手段について簡単に紹介する。揚水は風力の安定化に有効であるが、既に適地は少なく採用できない。この揚水発電に近い能力を持つ物として圧縮空気発電 (CAES; Compressed Air Energy Storage) がある。これは適切な岩塩ドームが等があれば有効であろうが、日本では中々に難しそうである。その他、超電導エネルギー貯蔵 (SMES; Superconducting Magnetic Energy Storage) やフライホイールは短時間の補償に向いており、24 時間単位でのエネルギー平準化にはあまり向かないと言われている。

2. まとめ

本稿では様々な風力の安定化手段のまとめを示した。(a)(b)は現在適用されている、あるいは開発が進められているシステムであるがそれぞれに課題が有り、より良い安定化手段が望まれる。これらに対して安価な熱エネルギー蓄積システムを利用する(c)～(e)を示した。これらの間で有効なシステムは規模・地域によって異なると考えている。また今回は熱機械部分について単純化した例で説明したが、さらなる発展として

- 1) 太陽熱発電、地熱発電、バイオマス発電などとの併設
- 2) 火力発電所のプレヒート利用
- 3) 熱供給も考えた CHP (Combined Heat Power)
- 4) 低温でのバイナリ発電
- 5) 離島・沿岸部などでの真水製造(造水)
- 6) 水素製造、液体燃料製造

など多種多様なバリエーションが考えられる。今後はこの風力熱蓄積発電をより深く検討し、試作機の製作を通じて実現に向かって行きたいと考えている。

[超電導 Web2.1 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



超電導ケーブルによる車両の走行試験

Q：「鉄道線路沿いに超電導ケーブルが置かれている写真を見ました。これは全国の鉄道路線で使われるのでしょうか？すると何かすごいことになるのでしょうか？」

A：線路沿いに置かれた超電導ケーブルの写真をご覧になったとのことですが、それは研究所内に敷設された超電導ケーブルのことではないでしょうか？ 国分寺市にある鉄道総合技術研究所では、これまで鉄道応用に向けた超電導ケーブルの研究開発を進めており、昨年度、電車走行試験線に 31m 長の超電導ケーブルを敷設し、今年度は、この超電導ケーブルを用いて液体窒素と冷凍機による冷却試験や通電試験、課電試験を行っています。また、今年の 7 月 24 日には世界初となる超電導ケーブルによる車両の走行試験に成功し、プレスリリースを行いました。この後の方針としては、実用化に向けた試験を繰り返し行うことで、運用上の課題、問題点を抽出し、鉄道路線での使用に適した鉄道用超電導ケーブルの開発を行います。

超電導ケーブルは電気抵抗ゼロで送電が可能であるため、電力の損失なく遠くまで電気を送り届けることができます。また、電車がブレーキを踏む際に生じる回生エネルギーを、遠くにいる電車にも送ることができ、回生失効と呼ばれるエネルギーの損失を解消することができます。

また、直流き電方式において、車両に電気を送り届けるための電線は、電気抵抗を有するため電圧が変動（降下・上昇）し、多くの変電所設置が必要となりますが、超電導ケーブルを導入することで、変電所間の電圧の低下を抑制することができます。そのため変電所間の負荷を平準化できるという利点があり、変電所の数を減らすことも可能です。また、レールからの電流の漏れにより地中の水道管等を腐食させる電食対策においても、超電導ケーブルの電流の吸い上げ効果を利用することで解決することが期待されます。

各路線ごとにメリットは様々であり、大きなメリットが得られる箇所から導入を考えています。

回答者：公益財団法人 鉄道総合技術研究所 研究開発推進室担当部長
兼 材料技術研究部 超電導応用研究室長 富田 優 様

[超電導 Web21 トップページ](#)