テーマ解説

NEDO「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

本庄 昇一^{*1,†}, 丸山 修^{*1}, 中野 哲太郎^{*1}, 増田 孝人^{*2}, 渡部 充彦^{*2},
大屋 正義^{*2}, 町田 明登^{*3}, 矢口 広晴^{*3}, 仲村 直子^{*3}

NEDO “High- T_c Superconducting Cable Demonstration Project”

Shoichi HONJO^{*1,†}, Osamu MARUYAMA^{*1}, Tetsutaro NAKANO^{*1}, Takato MASUDA^{*2}, Michihiko WATANABE^{*2},
Masayoshi OHYA^{*2}, Akito MACHIDA^{*3}, Hiroharu YAGUCHI^{*3} and Naoko NAKAMURA^{*3}

Synopsis: The high-temperature superconducting (HTS) cable demonstration project is now underway at Asahi substation in Yokohama city. This project aims to operate a 66 kV, 200 MVA HTS cable system in a real power network of the Tokyo Electric Power Company in order to verify its reliability and stable operation. A 240-meter-long HTS cable was successfully installed and other system components – such as a cable-to-cable joint, terminations and a cooling system – were also constructed at the substation. After several completion tests and performance tests of the system, the cable was connected to a real grid, and the in-grid demonstration began on October 29, 2012. So far, the cable system has been operating quite well despite the fluctuations of the transport current or the climate change.

Keywords: high-temperature superconductors, HTS, superconducting cable system

1. はじめに

高温超電導ケーブルの実証評価を目的とした NEDO プロジェクトである「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」が、2007 年度～2013 年度のスケジュールで進行中である。このプロジェクトでは、66 kV 級の高温超電導ケーブルシステムを東京電力の旭変電所に構築し、実系統に連系した実証試験を行うことで、線路設計、建設、運転、保守を含めた、システム全体の信頼性や安全性を評価することとしている¹⁾。

後述するとおり、2012 年 10 月に 240 m 長の高温超電導ケーブルを実系統に連系し、実負荷試験を開始した。系統連系開始以来 10 カ月余りが経過したが、超電導ケーブル、冷却システムとも大きなトラブルなく順調に運転を継続し

ている。本報では、この実証プロジェクトの概要を紹介するとともに、短絡・地絡電流などの系統条件の検討結果や初期冷却特性結果、長期にわたる実証運転から得られた特性データ等を紹介したい。

なお、旭変電所の高温超電導ケーブルの運転状況は、次のウェブサイトにおいて常時確認できる。

<http://www.sei.co.jp/super/cable/jissho.html>

2. 実証プロジェクトの概要

2.1 プロジェクトの目標とスケジュール

高温超電導ケーブルの実用化のためには、個々の要素技術の確立に加えて、実系統における長期にわたる運転試験により、システムとしての運転性能を検証することが重要である。このため本実証プロジェクトでは、66 kV 級の超電導ケーブルシステムを 1 年以上にわたって実系統に連系運転させることにより、超電導ケーブルシステムの信頼性や安定性を実証することを目指としている。プロジェクトメンバーは、系統解析、系統運用を担当する東京電力、超電導ケーブル開発、製造、運転特性評価を担当する住友電気工業、冷却システム設計、製作、運転保守技術検証を担当する前川製作所の 3 社である。

Fig. 1 にプロジェクトの全体スケジュールを示す。本プロジェクトは 2007 年に始まり、最初の 2 年間で、要素技術の設計・検証や、交流損失評価、耐短絡電流試験、機械

Received August 20, 2013

^{*1} 東京電力(株)技術開発センター

〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1

Tokyo Electric Power Company, 4-1 Egasakicho, Tsurumi-ku, Yokohama, Kanagawa 230-8510, Japan

^{*2} 住友電気工業(株)

〒554-0024 大阪府大阪市此花区島屋 1-1-3

Sumitomo Electric Industries, 1-1-3 Shimaya, Konohana-ku, Osaka 554-0024, Japan

^{*3} (株)前川製作所 守谷工場

〒302-0118 茨城県守谷市立沢 2000

Mayekawa MFG, 2000 Tatsuzawa, Moriya, Ibaraki 302-0118, Japan

[†] E-mail: honjo.shoichi@tepcoco.jp

Fig. 1 Time schedule of the demonstration project.

強度試験などの開発試験、系統導入時の影響評価解析等を実施した。続く2年間で高温超電導ケーブルシステムと冷却システムを設計・試作し、工場において性能検証試験を実施した²⁾。この試験結果を受け、実証試験用のケーブルシステム、冷却システムを製造し、旭変電所にて布設、建設を行った。

当初のスケジュールではプロジェクト開始から5年目にあたる2011年秋からの系統実証を予定していたが、2011年3月の震災を受け、系統実証開始を1年延期するとともに、終了年度も1年延期することとなった。このため2011年度は、主として旭変電所において冷却システム単体での長期性能検証試験を実施した。その後2012年度前半に、ケーブルシステム、冷却システムの性能評価を個別に実施した上で、両システムを組み合わせたトータルシステムとしての最終性能検証試験を行った。これら一連の試験は受入試験に相当するものと位置付けている。

最終的には、2012年10月29日に超電導ケーブルシステムを実系統に連系し、国内で初となる高温超電導ケーブル実証試験を開始した。本系統実証試験は、今のところ2013年度末まで継続する予定である。

2.2 試験場所と布設レイアウト

実証試験場所は、布設スペースや連系する系統側の電流容量等の条件を考慮し、横浜市に所在する旭変電所を選定した。旭変電所は、154 kV 送電系統から受電し、1台あたり200 MVAの容量を持つ3台の154/66 kV 変圧器で降圧した後、66 kV 送電系統を用いて需要家および配電変電所へと送電する機能を持つ一次変電所である。

Fig. 2 に、旭変電所における超電導ケーブルの接続形態を示す。超電導ケーブルは、変圧器2次側と66 kV 母線の間を接続する形となっている。これにより変圧器を流れる電流が全て超電導ケーブルを介して66 kV 系統側へ流れることとなる。超電導ケーブルの両端には、遮断器(CB1, CB2)と断路器(LS1, LS2)が設置されている。また超電導ケーブルと並列にバイパス用の断路器(LST10)を設置しており、超電導ケーブルを系統から切り離す際は、このバイパス回路を併用することで、無停電での切り離しが可

Fig. 2 Simplified power network diagram at the Asahi substation.

能となっている。また、超電導ケーブル内部故障を検出するため、超電導ケーブル両端に接地したCTにより、内部故障を検出するリレーを設置した。

Fig. 3 は旭変電所における実証設備のレイアウトを示している。同図からわかるように、総長約240 mの超電導ケーブルの両端は、超電導-常電導接続機能を備えた端末により、常温の既存変電設備と接続されている。超電導ケーブルの途中には1カ所の中間接続部(ジョイント)を設け、将来長距離線路に用いる場合に必須となるケーブル接続機能の検証を行っている。超電導ケーブルは敷地境界で180度の折り返しをするレイアウトとなっており、この部分の曲げ直径は約10 mとした。また、超電導ケーブルの一部は地上布設とし、一部は地下埋設を行っている。

冷媒である液体窒素は、冷却システム室から断熱配管を通じて超電導ケーブル端末に送られ、超電導ケーブル内を通ったのち、反対側の端末から冷却システム室に戻る構成となっている。

2.3 系統解析

超電導ケーブルの仕様検討にあたり、接続を予定する系

Fig. 3 Layout of the demonstration system.

統構成において、超電導ケーブルに流れ込む事故電流（短絡電流）条件の解析を実施した。事故電流継続時間は、主保護リレー動作時に加え、主保護リレー動作不良時の後備保護リレー動作時も考慮して決定した。**Fig. 4** に解析結果を示す。●は事故除去と同時に、超電導ケーブルが系統から切り離される場合であり、例えば超電導ケーブルに直列に接続された変圧器の事故時が挙げられる。このケースで短絡エネルギーが最大となるのは短絡電流 20 kA、2 秒の場合である。電力系統において 66 kV 機器に求められる短絡電流耐量は 31.5 kA、2 秒であり、上記解析結果はこの標準値よりも小さな値となっている。一方図中の△は事故除去と同時に、超電導ケーブルに再び電流が流れる、いわゆるもらい事故の場合であり、例えば下位系統の送電線における事故が挙げられる。このケースで短絡エネルギーが最大となるのは 10 kA、2 秒である。これから、超電導ケーブルは 10 kA、2 秒の通過事故電流が流れた直後に、定格容量での運転が継続できる必要があることになる。

旭変電所は屋外変電所であり、雷サージ侵入の確率が高いこと、また超電導ケーブルは既存ケーブルに比較して抵抗値、サージインピーダンスともに小さく、サージの影響がより大きくなることが想定されたことから、事前に雷サージの影響評価を行った。ちなみに超電導ケーブル、既存ケーブルのサージインピーダンスはそれぞれ 0.11 Ω/m、

0.27 Ω/m 程度である。**Fig. 5** に旭変電所の 66 kV 側の直近鉄塔に 30 kA の雷撃があった場合の、雷サージ電圧波形の解析結果を示す。超電導ケーブルの場合、雷サージの波高値は、雷撃から 17 μs 後に 196 kV であり、伝搬速度は 206 m/μsec であった。これは既存ケーブルの伝搬速度の解析結果 121 m/μsec と比較して約 2 倍となっている。ただし、雷サージの波高値に関しては、両者に大きな違いは見られなかった。また 66 kV 系統の雷インパルス耐電圧試験条件は 350 kV であり、上記解析結果はこの試験電圧よりも十分小さな値であることが確認できた。

2.4 システム仕様

以上の事前検討結果を受け、旭変電所での系統実証に用いる超電導ケーブルの仕様を **Table 1** のとおりと決定した。コンパクト大容量送電という超電導ケーブルの主要開発目標を考慮し、ケーブル構造は三心一括型とした。電圧・電流容量は、接続する変圧器の定格容量に合わせた。交流損失の目標値は、実証用ケーブルでは 1 W/m/相 at 2 kArms としたが、これとは別にプロジェクト最終目標として、モデルケーブルにて 1 W/m/相 at 3 kArms を達成することとしている。なお冷却システムに関しては、システム全体のサイズや冗長性を考慮して、サブクール液体窒素による直接循環方式を採用することとした。

3. システム構成

3.1 ケーブルシステム

今回用いた三心一括型超電導ケーブルの構造を **Fig. 6** に示す。3 本の超電導ケーブルコアが SUS コルゲート二重真空断熱管内に収められており、コアと断熱管の隙間は加圧液体窒素の流路となる。各ケーブルコアは、銅撚り線フォーマ上に、超電導導体層 4 層、厚さ 7 mm の複合絶縁紙からなる絶縁層、超電導シールド層 2 層、銅シールド層を同軸状に巻きつけた構造となっている。

超電導線材としては、大電流容量確保と低交流損失特性を両立させるため、高 I_c 用線材に加え、フィラメントツイ

Fig. 4 Estimated fault current conditions of the HTS cable.

Fig. 5 Lightning surge voltage waveforms of cables.

Table 1 Specifications for the HTS cable system

項目	仕様
ケーブル構造	三心一括型
定格容量	66 kV, 1.75 kArms, 200 MVA
過電流耐量	2.6 kArms
ケーブル長	約 240 m
交流損失	1 W/m/ph @ 2 kArms (実証用ケーブル) 1 W/m/ph @ 3 kArms (PJの最終目標)
短絡電流条件	最大短絡電流 31.5 kA, 2 sec 最大通過事故電流 10 kA, 2 sec
付属機器	端末 2 基、ジョイント 1 カ所
冷却システム	サブクール液体窒素による直接循環冷却

Fig. 6 Structure of the three-in-one HTS cable.

ストを施した低交流損失用線材を採用した。定格 2 kA 通電時に発生する磁場分布を考慮して、超電導導体層 4 層のうち磁場の大きい外側 2 層に、この低交流損失用線材を用いている。超電導シールド層は、ケーブル両端末内部において 3 相短絡処理を行うことで、導体層と逆位相ではば同等の遮蔽電流がされ、導体層から生じる磁場が隣接する他相の導体層に加わらないようになっている。

断熱管の外側には防食用のシースおよび布設張力把持用のテンションメンバを施した。特に今回の布設においては、通常のケーブル布設にはない 180 度の曲がり部が存在する。このため布設ルート形状および管路内の摩擦係数を考慮し、テンションメンバの設定張力を 2,000 kgf として設計した。製造した超電導ケーブルは、工場にて真空層のベーキングおよび窒素封入処置を行った後、直径 3 m 弱のドラムに巻きつけて現地へ輸送し、通常のケーブルと同様、ドラムからのサプライにより管路内へ引き込み布設を行った³⁾。布設時のサプライの様子を Fig. 7 に、また布設完了後のケーブル曲がり部の管路外観を Fig. 8 に示す。

Fig. 3 に示すように、2 本の超電導ケーブルのそれぞれ一方は端末において超電導-常電導処理を施した上で、気中ブッシングを介して変電設備と接続される。また他端はジョイントにおいて超電導-超電導処理により接続されている。これらの外観を Fig. 9 および Fig. 10 に示す。これらはいずれも現地にて組立、接続、ベーキングが行われている。真空層については、端末、ケーブル、ジョイントが

Fig. 7 Installation of the demonstration cable.

Fig. 8 180-degree bent portion of the installed HTS cable.

Fig. 9 HTS cable terminations.

Fig. 10 Cable-to-cable joint.

それぞれ独立した構造となっている。

3.2 冷却システム

冷却システムは、今回のプロジェクトにおいても非常に重要なテーマの一つである。超電導ケーブルを実系統で運用することから、運用性・信頼性・安定性が求められるためである⁴⁾。Fig. 11 に冷却システム構成、Fig. 12 には旭変電所の冷却システム室に設置したシステム外観を示す。今回の冷却システムの主要構成機器は、リザーバタンク、循環ポンプ、冷凍機および配管、各種計測機器である。冷凍機は 1 kW 級のスターリング冷凍機を選定し、システム熱負荷と冗長性を考慮して 2 台×3 並列の 6 台運用とした。

Fig. 11 Cooling system diagram.

Fig. 12 Photograph of the cooling system.

また循環ポンプについても冗長性を考慮して 2 台並列構成とした。

LN₂ 系内の温度変化による体積変化を考慮して、リザーバタンクの容積は 1,000 L とした。またケーブルコアの複合絶縁紙部分の電気絶縁特性維持のため、LN₂ 系内の圧力を常時 0.2 MPaG 以上に保持させるとともに、系内の過剰な圧力変動を防ぐため、リザーバタンク内に 3 種類の加圧制御機構と 2 種類の減圧制御機構を持たせた。

冷凍機は、循環冷却運転状態でもメンテナンスのための交換作業ができるよう、冷凍機にバイパス配管を設けるとともに、系統連系に先立ち、実際に交換作業を実施して運用性の検証を行った。同様に、循環ポンプについても冷却運転状態での交換作業を想定したバルブ構成とした。

4. 系統実証

4.1 初期冷却試験

実系統連系に先立ち、超電導ケーブル系と冷却システム系を個別に初期冷却および循環冷却を実施した。

ケーブル系の初期冷却は、タンクローリーを用いて片側の端末に冷媒を供給し、ケーブル部、ジョイント部を経てもう一方の端末から放出する形で行った。初期冷却にあたっては、まず液体窒素を気化した -100℃ の低温ガスによる徐冷工程を 24 時間、次に -150℃ の低温ガスによる徐冷を 24 時間実施した後、液体窒素の貯液工程を行い、最終的に初期冷却開始から約 3 日間で予冷を完了した。超電導ケーブルには温度計測用の光ファイバを全長にわたって沿わせてあり、その光ファイバにより測定された初期冷却時のケーブル長手方向の温度分布を Fig. 13 に示す。

冷却システム系の初期冷却は、Fig. 11 においてケーブルとの連絡用バルブを閉止し、模擬ヒータ (Heater) を経由した冷却システムだけの循環ラインを構成した上で、リザーバタンクに貯液したのち、全体の循環冷却を行った。その後、模擬ヒータを用いて冷却システム系の熱負荷、冷凍機の冷凍能力、ポンプの並列運転特性、冷凍機の台数運転制御特性等、各種機能・特性評価試験を実施している⁴⁾。

ケーブル系、冷却システム系それぞれの冷却が完了した後、ケーブル系と冷却システム系との連絡用バルブを開くことで、システム全体が循環冷却に移行する。この際、サブクール度を取るためリザーバタンクを加圧してから冷却両系の接続を試みたところ、両系の差圧が大きいためリザーバタンク内の液体窒素がケーブル側に逆流して、タンク液面の低下を引き起こし、液体窒素の補給作業が必要となることが判明した。このため 2 回目の初期冷却時には、差圧を抑えつつ両系を接続したところ、比較的短時間での循環運転に移行できることを確認した。

4.2 臨界電流測定

循環冷却が安定状態に移行した後、超電導ケーブルの臨界電流測定を実施した⁵⁾。液体窒素温度はケーブル平均値が 77.3 K となるよう、冷却システムにおいて冷媒温度調整を行った。また外気温や日射の影響を避けるため、測定は深夜に実施した。長尺線路では、1 つのコアの両端に電源を接続して通電することは困難なことから、実用化時を想

Fig. 13 Temperature distribution along the HTS cable at initial cooling measured by optical glass-fiber.

Fig. 14 Critical current measurement result just after the initial cooling of the HTS cable system.

定して、3 コアを片端のブッシング上部で短絡した上で、他端から 2 コアに往復通電し、各相の発生電圧を測定する「2 コア往復通電方式」により測定した。**Fig. 14** は測定された電圧波形の一例である。測定結果は各相とも 6.4 kA 前後であり、予想値とほぼ一致し、製造、布設、施工を通じて、超電導体層の健全性が確認された。

また実システムでの運転開始から 9 ヶ月後に、改めて臨界電流測定を実施したが、測定結果は系統実証開始前とほぼ同等で、実系統運転を通じても性能が維持されていることを確認している。

4.3 冷却システム系特性

(1) 温度制御

冷媒の温度制御方法としては、冷凍機駆動部のインバータ制御、冷凍機低温端の内部ヒータ加熱による冷凍能力調整、冷凍機の運転台数制御等が挙げられる。今回のシステムでは、臨界電流測定のように一定温度運転が求められる際には内部ヒータ加熱による温度制御を行ったが、系統連系運転時には、冷却システムの効率、冷凍機の運用性等を考慮して運転台数制御を採用した。運転台数制御における留意点は、冷凍機の ON/OFF が頻繁に繰り返される場合には、冷凍機への負担が大きくなり、性能低下に繋がりがやすい点である。これを避けるため、系統連系初期時はケーブル入口の LN₂ 温度を、基準温度 69 K に対して、±1 K を不感帯とし、68~70 K に維持されるよう台数制御することとした。実証試験時のケーブル入口温度と出口温度の一例を **Fig. 15** に示すが、ON/OFF のインターバルは 48.5 時間となっており、ON/OFF の頻度として妥当なレベルであると考えている。台数制御方式の長期運転への影響については、本実証試験を通じて検証を続ける予定である。

Fig. 15 において、入口温度と出口温度のピークに 2.5 h の時間差が生じている。この時間差はケーブル系での冷媒との熱交換に要する時間遅れにより生じたものであり、容積が大きく熱容量が大きい端末部の影響が最も大きくなっている。なお、ケーブル長 240 m を冷媒流速 40 L/min で輸送される場合の時間遅れは 30 min 程度である。

Fig. 15 Temperature control results.

(2) 圧力制御

冷媒圧力制御は、前述のとおりリザーバタンク内の圧力制御機構を用いて行われる。加圧機構としては、圧力低下時に外気との熱交換で気化した冷媒をリザーバタンク上部から供給する自然加圧機構、タンク内ガス層に設置したヒータによるガス加圧、およびガスボンベからの加圧の 3 種を備え、減圧機構としては、リザーバタンク自体が常時減圧方向の指向性を持つよう設計されているのに加え、圧力上昇時に冷媒をタンク内ガス層に直接戻す凝縮減圧機構を備えている。これらの制御機構により、系統連系後の冷媒温度変化や負荷変動にかかわらず、リザーバタンク内圧力は常時 0.2~0.25 MPaG に保持されており、設計通りの機能が維持されていることを確認している。

(3) 冷凍能力温度依存性

冷却システムの冷凍能力の温度依存性を評価するため、実証試験を通じて運転温度を変化させたときの冷凍能力変化を測定した結果が **Fig. 16** である。同図は 5 台運転状態での冷凍能力の実測データの温度依存性を示しており、温度上昇とともに冷凍能力が向上することがわかる。図中の実線は、冷凍機単体での能力測定結果から推定した能力-温度依存性を示しており、68 K、2400 W を基準として、1 K あたり 19.7 W/台増加するものとして算出したものである。

Fig. 16 Temperature characteristics of cooling capacity.

実測データと推定値の比較から、冷凍機性能の個体差や経時変化によりばらつきはあるものの、全体としては冷凍機単体時と同傾向の特性が維持されることが確認できた。

4.4 長期運転特性

(1) 系統接続時のシステム安定性

系統接続前後の送電電流、冷媒温度、流量、およびケーブル各部の熱負荷の推移を Fig. 17 に示す。系統接続直後の送電電流は 300~500 A で、その後最大 1000 A 程度まで増加している。また系統切替操作のため急激な電流変動も経験していることがわかる。一方冷媒の温度、流量変化を見ると、送電電流の変化にかかわらず、流量は一定となっており、また冷媒のケーブル供給温度（入口温度）は 69 ± 1 K の範囲に制御されている。さらにケーブル供給温度と戻り温度の温度差はほぼ一定で推移しており、システム全体が安定な運転を維持していることがわかる。

(2) 熱負荷特性

循環冷却運転中のケーブル系の熱負荷を測定した結果、無負荷損失はケーブル部で約 1.2 kW、端末部 2 基で 1.2 kW であった。ケーブル部の直線部分の侵入熱は約 3 W/m であるが、旭変電所では Fig. 3 に示すとおりレイアウトの約 40% を曲がり部が占めており、冷却時のケーブルコアの収縮応力のため、曲がり部の侵入熱が直線部の 3 倍程度に増加していると推定している。

ケーブル A 部の熱負荷の推移を Fig. 16(c) に示す。熱負荷は、測定区間の温度差、冷媒の流量および比熱を用いてカ

(a) current.

(b) LN₂ flow rate and temperature.

(c) heat loss of the cable part.

Fig. 17 Transition of system characteristics.

ロリメトリック法により算出している。系統接続直後にケーブル部の熱負荷が増加しているが、これは超電導体およびシールドに発生する交流損失、電気絶縁部に発生する誘電損失が加わるためである。また熱負荷は、電流の変化の他、外気温や日射の影響を受け、日間で周期的な変動を繰り返している。ただし、これらの擾乱に対しても、熱負荷の異常な増減は見られず、安定的に推移している。

(3) 長期特性

系統連系開始から約 9 ヶ月間の長期運転特性を Fig. 18 に示す。各データは 1 日の平均値とした。また 6 月中旬および 7 月下旬の 2 回、超電導ケーブルを系統から切り離し、臨界電流測定などの定期性能確認試験を行っている。運転温度の変化によるシステム特性への影響を評価するため、系統連系初期に 69 ± 1 K で制御していたケーブル供給温度の制御範囲を徐々に変化させ、8 月時点では 75.5 ± 1 K での制御を行っている。このように、運転電流や運転温度の変化に対して、システムは安定して追従していることがわかる。

5. 高効率冷凍機開発状況

高温超電導ケーブルの実用化のためには、大容量・高効率冷凍機の開発が非常に重要である。今回使用したスターリング冷凍機の実測冷却効率 COP は 0.05 程度であった。これは、1 W のケーブル熱負荷の除去に、20 W の動力が必要なことを意味しており、低損失な超電導ケーブルのメリットを相殺してしまうことになる。そこで本プロジェクトでは、旭変電所での実証試験と並行して高性能なブレイトン冷凍機の開発を進めている。

(a) voltage and current.

(b) LN₂ flow rate and temperature.

Fig. 18 Long-term transition of system characteristics.

大屋正義ら：「三心一括型超電導ケーブルによる日本初の実
系統送電（高温超電導ケーブル実証プロジェクト）」，SEI
テクニカルレビュー 182 号 (2013) 39-47

本 庄 昇 一 1965 年 5 月 29 日生。1988 年横浜国立大学
工学部電子情報工学科卒業。1990 年同大学院工学研究科博士前
期課程（電子情報工学専攻）修了。同年東京電力(株)入社。1993
年 4 月より同社技術開発センター(現)勤務。主に超電導ケーブル
開発に従事。電気学会会員。博士（工学）。

丸 山 修 1981 年 11 月 17 日生。2004 年横浜国立大
学工学部電子情報工学科卒業。2006 年同大学院工学府博士前期
課程（物理情報工学専攻）修了。同年東京電力(株)入社。2013
年 4 月より同社技術開発センター勤務。主に超電導ケーブル開発
に従事。電気学会会員。

中 野 哲太郎 1984 年 2 月 9 日生。2007 年名古屋大学工
学部電気電子情報工学科卒業。2009 年同大学院工学研究科博士
前期課程（電子情報システム専攻）修了。同年東京電力(株)入
社。2013 年 7 月より同社技術開発センター勤務。主に超電導
ケーブル開発に従事。電気学会会員。

増 田 孝 人 1962 年 1 月 23 日生。1985 年大阪府立大学
工学部電子工学科卒業。1987 年同大学院工学研究科博士前期課
程（電子情報工学専攻）修了。同年住友電気工業(株)入社。主に
超電導ケーブル開発に従事。低温工学・超電導学会、電気学会会
員。

渡 部 充 彦 1967 年 7 月 5 日生。1991 年関西大学工学
部電気工学科卒業。1993 年同大学院工学研究科博士前期課程
（電気工学専攻）修了。同年住友電気工業(株)入社。1995 年 1
月より同社超電導製品開発部(現)勤務。主に超電導ケーブルシス
テム開発に従事。低温工学・超電導学会、電気学会会員。

大 屋 正 義 1977 年 5 月 3 日生。2006 年京都大学エネ
ルギー科学研究科博士課程修了。同年 4 月住友電気工業(株)入
社。現在、高温超電導電力ケーブルの開発に従事。低温工学・超
電導学会、電気学会会員。エネルギー科学博士。

町 田 明 登 1961 年 7 月 1 日生。1985 年千葉工業大学
工学部機械工学科卒業。同年(株)前川製作所入社。ヘリウム、空
気、ネオン等を用いた極低温冷凍機の開発に従事。2012 年 8 月
より技術研究所所長。低温工学・超電導学会、電気学会、冷凍空
調学会会員。

矢 口 広 晴 1986 年 3 月日本大学理工学部卒業。同年 4
月(株)前川製作所入社。ヘリウム液化冷凍システム、ヘリウムガ
ス中の不純物、スラッシュ窒素、高温超電導ケーブル用冷却シス
テム、低温粉碎などの研究に従事。

仲 村 直 子 1975 年 5 月 7 日生。2000 年神戸商船大学
大学院海洋電子機械工学専攻修了。同年就職後パルス管冷凍機開
発に従事。2008 年前川製作所入社。以降、超電導機器の冷却シ
ステム、ブレイトン冷凍機開発に従事。低温工学・超電導学会会
員。