

**研究評価委員会**  
**「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」(中間評価) 分科会**  
**議事録**

日 時：平成 21 年 11 月 25 日 (水) 12:45 ~ 17:10

場 所：主婦会館 プラザエフ 9階「スズラン」

東京都千代田区六番町 15 番地

**出席者 (敬称略、順不同)**

<分科会委員>

分科会長	岩本 伸一	早稲田大学理工学術院 先進理工学部 電気・情報生命工学科 教授
分科会長代理	伊瀬 敏史	大阪大学大学院 工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授
委 員	秋田 調	(財)電力中央研究所理事 企画グループマネージャー
委 員	加藤 雅恒	東北大学大学院 工学研究科 応用物理学専攻 准教授
委 員	白井 康之	京都大学大学院 エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻 教授
委 員	前川 治	(株)東芝 電力システム社 統括技師長
委 員	山口 浩	(独)産業技術総合研究所 つくば中央第二事業所 エネルギー半導体エレクトロニクス研究ラボ 副研究ラボ長

<オブザーバー>

竹村 文男	経済産業省 産業技術環境局 研究開発課 産業技術総括調査官
鈴木 俊吾	経済産業省 製造産業局 ファインセラミックス室 ナノテクノロジー・材料戦略室 ファインセラミックス一係長、ナノテクノロジー・材料戦略係長

<推進部門>

市村 知也	NEDO 新エネルギー技術開発部 部長
石田 文章	同上 統括研究員
木戸口 幸司	同上 主任研究員
山下 恒友	同上 主査
川上 耕司	同上 主査

瀬村 滋            同上    主査

<実施者>

原   築志（プロジェクトリーダー）東京電力（株）技術開発研究所     所長  
本庄 昇一            同上    超電導技術グループ    グループマネージャー  
三村 智男            同上    主任研究員  
鬼頭 豊            同上    主任研究員  
野口 裕            同上    主任  
増田 孝人            住友電工（株）超電導・エネルギー技術開発部    主幹  
廣瀬 正幸            同上    主幹  
湯村 洋康            同上    グループ長  
渡部 充彦            同上    主席  
芦辺 祐一            同上    主査  
池内 正充            （株）前川製作所    技術研究所    課長  
矢口 広晴            同上    課長

<企画調整>

加藤 茂実            NEDO 総務企画部    課長代理

<事務局>

竹下 満            NEDO 研究評価部    統括主幹  
寺門 守            同上    主幹  
室井 和幸            同上    主査

<一般傍聴者>    12名

議事次第

<公開セッション>

- 1.開会、分科会の設置、資料の確認
- 2.分科会の公開について
- 3.評価の実施方法・評価報告書の構成について
- 4.プロジェクトの概要説明
  - (1) 事業の位置付け・必要性
  - (2) 研究開発マネジメント
  - (3) 研究開発成果
  - (4) 実用化、事業化の見通し

## 5.プロジェクトの詳細説明

### (1) 高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究

- ①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証
- ②トータルシステム等の開発
- ③送電システム運転技術の開発
- ④実系統における総合的な信頼性の実証

### (2) 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

## 6.全体を通しての質疑

## 7.まとめ・講評

## 8.今後の予定、その他

## 9.閉会

## 議事内容

(公開セッション)

### 議題 1. 開会、分科会の設置、資料の確認

事務局より本分科会設置についての説明があり、予め NEDO 技術開発機構理事長より指名された岩本分科会長が紹介された。岩本分科会長の挨拶の後、分科会委員、プロジェクトの推進・実施部門、評価事務局の出席者が紹介された。事務局から配布資料の確認が行われた。

### 議題 2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1、2-2、2-3、および 2-4 に基づき説明し、全て公開で行うことが了承された。

### 議題 3. 評価の実施方法・評価報告書の構成について

事務局より資料 3-1、3-2、3-3、3-4、3-5 に基づき、評価の実施方法について説明が行われた。事務局からの提案を基本に本評価を進めることが了承された。また、事務局より資料 4 に基づき、評価報告書の構成について説明が行われ、事務局案どおり了承された。

### 議題 4. プロジェクトの概要説明

資料 6-1、6-2 に基づき推進者・実施者より説明が行われた後、質疑が行われた。

【岩本分科会長】 ありがとうございます。ただいまのご説明に対してご意見、ご質問等がございましたら、よろしく願いいたします。技術の詳細につきましては、この後のプロジェクトの詳細説明の部で議論いたしますので、ここでは主に事業

の位置付け、必要性、マネジメントについてのご意見をお願いいたします。

【秋田委員】 資料 6-1 の 11 枚目、実施の効果ということで、エネルギー効率化による省エネ及びCO<sub>2</sub>削減効果、それから電気料金の低減と二つ挙げていただいています。CO<sub>2</sub>削減効果は、国内での CO<sub>2</sub>削減効果かと思いますが、これは NEDO の事業の位置付けとして、この技術を国際的に展開して、国際的に CO<sub>2</sub>を削減するのだというあたりは事業の目的に含まれるのか、含まれないのかを教えていただきたいと思います。

【木戸口主任研究員（推進者）】 まずは国内で展開していったら、その後国内である程度導入が促進されていけば、世界的にも広げていきたいと思っております。今、海外でも高温超電導ケーブルの開発はかなり進められておまして、特に米国では実系統に入れたケーブルの開発なども既に行われておりますので、このプロジェクトとしてはまずは日本国内で導入していこうということで進めています。

【加藤委員】 今回はビスマス系のケーブルということですが、資料 6-1 の 6 ページ目でイットリウム系も同時に進行しています。そこはどういう関係で、もちろん線材以外への応用も含めまして共通の点は多いと思いますけれども、棲み分けというか、後々どちらかになるかとか、何かあるのでしょうか。

【木戸口主任研究員（推進者）】 イットリウム系のプロジェクトの中には、電力ケーブル以外にも SMES、変圧器がありますが、この中では重要な要素技術開発を行っています。今のビスマスについては実系統に導入した検証試験になりますが、イットリウムの位置付けは重要な技術開発ということで、ビスマスに比べるとまだ少し遅れています。棲み分けとしては、ビスマスはイットリウムに比べると比較的電流の小さいところ、だいたい 3kA ぐらい、イットリウムの方はそれよりも更に電流の大きいところということで 5kA ぐらいを狙った形で、今のところ棲み分けをしております。ビスマス系の方が実用化に近いということで、まずはビスマスの方で導入していったら、イットリウム系の方がコストは下がるという試算もありますので、イットリウム系が開発が進んで、実用化の目途がたてば、将来的にはイットリウム系に置き換わっていくのではないかと考えています。

【白井委員】 事業化までのシナリオで、ニーズの話がありました。資料 6-2 の 18 ページ、2016 年に本格導入という話ですが、大電流ケーブル代替とか OF、POF ケーブルの代替と書いてありますが、具体的にはどれぐらいの規模で入っていくと考えておられますか。

【原 PL（実施者）】 先ほど都内ケーブル導入と申し上げましたが、やはりこういったものは新技術ですので、段階的に入っていくという感じです。まず大電流ケーブルの代替は、例えば発電所の引出口、ここはまだ系統の電圧が 50 万 V とか 27 万 V に昇圧する前の 2 万 V とか 6 万 V とか、そういう電圧であるところまで行くのですが、そこには電圧が低いので電流が結構大きなケーブルがあります。結構古い

ケーブルがあって、同じケーブルをリプレースするためにまた作ってくださいという、ケーブルがありません。代わりに、超電導の特性を活かして、低電圧大電流という用途で使っていこうと、例えば原子力発電所では、いきなり使うのは厳しいので、やはり水力発電所といったところにニーズがありますので、そういうところから入れていくというのが、この大電流の代替ということです。もう一つの OF ケーブルの代替も似たようなものです。基本的にオイルについてはなるべく使いたくないという話で、特に POF に関しては当社でも限定的に使っていますが、やはり劣化してきます。その際に大容量の代替ケーブルというのが、なかなかないというのが現状です。まず、都内系統の一部などに超電導ケーブルが使われていって、最後に先ほどモデル系統に示したように 27 万 V の都心導入系統（10 系統ぐらいありますが）それをリプレースするときに、いわゆる土木費を大幅に浮かせるというニーズで使います。基本的には段階的な適用になっていくのではないかと考えています。

【前川委員】 資料 6-1 の 3 ページ目で、実証プロジェクトの全体のお話がされており、その中の二つ目に国際標準化が取り上げられています。この文言をそのまま見ると、「データとして提供し、国際標準化に貢献する」とありますが、やはりデータだけを日本側から提供して世界が標準化するというのは、非常にもったいなくて、日本が標準化のところまで是非引っ張っていただきたいと思います。ロードマップ的にも、国際標準化はこれから先ということもあり、あまり明確には書かれていないのですが、現状何か計画はお持ちなのでしょうか。

【増田主幹（実施者）】 また後ほどご説明させていただきますが、現在日本の IEC の TC20 と TC90 で、アドホック委員会が設けられています。その中で超電導ケーブルの試験法に関して、まず国際標準化しようという動きがあります。その中で、本プロジェクトのデータを提供して、世界の中で日本が引っ張っていけるという役割をしようと今進めています。

【前川委員】 規格化までを日本側でするのですか。

【増田主幹（実施者）】 そうです。その後今 CIGRE で規格化を検討するワーキンググループが立ち上がっており、そこでデータ提供するということになっています。

【伊瀬分科会長代理】 資料 6-1 の 10 ページ目に国内外の超電導ケーブルの開発状況の表がありましたが、これを一目見て、日本のプロジェクトはすごいな、世界一だなというふうに思われるような格好にしたいと思います。長期的に見ると今回の実証試験が 200~300m あたりを狙っているということですが、それに対して他を見ますと、韓国で 800m とか、あるいはアメリカでは 1760m とか、そういったところがある中で、このプロジェクトがすごいなというのを、どういうふうに見せていくのかということところが一つのポイントだと思います。これは予算との関係もありますが、できればもう少し長いところを狙うとか、そういうことは考えら

れないのでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 後ほど試験場所のご説明をする予定ですが、まず今回につきましてはケーブル全長にわたって、我々がしっかりと評価できるということを一つの考えに置いて、一つの場所ですべて評価できるということで、変電所内にケーブルをすべて置いて、そこですべての部分を見ようという考えで当初からおりました。試験できるサイトをいろいろ探したのですが、結果としては旭変電所で実施することになり、そこでのケーブルの引き回しがだいたい250m ぐらいが上限だということで、一つはそうなっています。通常使われるケーブルですと、だいたい200~300mが1スパンということですので、この1スパンに相当する長さを評価することができれば、実用化に対してはこれで十分応用していけます。それからジョイントについても今回、中で評価しておりますので、通常使うケーブルとしての基本的な要素については、このケーブルの試験の中で網羅できていると考えております。確かにもっと長いものでできればということもあったのですが、場所的な制約等も勘案して今回の長さに設定しています。

【伊瀬分科会長代理】 こういう一覧表にするときには、日本のプロジェクトがすごいということで世界から注目されるような表を作った方がいいと私は思います。そのあたりが今回のプロジェクトの一つの狙い目かと思います。これと同じようなことをやっているなという感じがしないでもありません。

【木戸口主任研究員（推進者）】 資料6-2の5ページ目にありますが、確かに長さというのは他の国と比較して短いかもしれません。しかし、エネルギー密度でいうとこのプロジェクトは世界最高水準のところを狙っていますので、そういう意味では高い目標が設定されているプロジェクトではないかと考えています。

【白井委員】 今のエネルギー密度という話ですが、三心でやられているのと、単相3本と比較されているのですが、先ほどの国内外のケーブル開発状況で形態がtri-axialなプロジェクトが結構出ています。特にY系については、外国との比較は、先ほどのエネルギー密度の表には出ていないのですが、このあたりは少し説明された方がいいと思います。

【増田主幹（実施者）】 この表の中に入っています。オハイオというのが三相同軸の密度です。基本的には三相同軸は、もちろん開発されている方に直接聞かないとわからないのですが、今のところ低い電圧を開発されていますので、エネルギー的には、それほど大きくありません。コンパクトですが、密度だけはこれぐらいになるということです。

【山口委員】 資料6-1の6枚目に、今回の実証プロジェクトを受けて、2015年度以降に実用化に入るという計画で現在のプロジェクトが進められていうことになっています。実際にこういった電力用機器が使われる際には、かなり長期信頼性も技術的にきちんと検証しなければいけないと思います。一方で資料6-2の6枚目に、

最後の実証試験に使ったものは 24 年度を最後に解体撤去されてしまうという計画になっています。この間、実証試験として実際に課通電をする期間が 1 年ほど取ってあるスケジュール表になっていますが、この期間で長期信頼性などの技術的な検証もある程度できると考えていいでしょうか。

【増田主幹（実施者）】 1 年間を選んだ理由というのが、日本の四季をまず経験させたいことと、通常のケーブルの長期試験がだいたい半年から 1 年間ぐらいに設定されることが多いこと、それから今回運転するに当たっては、特に冷却システムのメンテナンスが一つのポイントで、それは機器のメンテナンス間隔がだいたい 1 年弱ということで、これらを 1 回経験させる期間として最低 1 年間ということで選んでいます。本当は長い方が、よりいいのかもしれませんが、プロジェクト期間もありますので、その中で終わることができるものというところで、この 1 年間を選んでいます。

#### 議題 5. プロジェクトの詳細説明

資料 7-1、7-2 に基づき実施者より説明が行われた後、質疑が行われた。

【伊瀬分科会長代理】 超電導の交流応用で、電流がフィラメント間で均等に流れないという偏流の問題が一時ありました。これは、このケーブルでは完全に解決していると考えていいでしょうか。

【増田主幹（実施者）】 理論的には損失が今回得られた値になっているというセオリーがまだできていませんが、線材の実測値から考えた交流損失は実験値と計算値がだいたい合ってきています。線材の中の話までは、まだ解析できていないというのが本音のところ、今後検討していきたいと思います。

【加藤委員】 大電流を流すと温度が 130K ぐらい上がるのですか。

【増田主幹（実施者）】 はい。31.5kA で 110K ぐらいです。

【加藤委員】 私が学生時代液体ヘリウムを扱ったときに、温かいものを入れるとすぐ蒸発したり、中には密閉容器が膨らんだり危険なことがありますが、この際には液体窒素も一気に蒸発してしまい、危険性はないのですか。

【増田主幹（実施者）】 蒸発はします。ただ、蒸発潜熱が非常に大きいので、一気に蒸発することはありません。

【加藤委員】 高温超電導研究開発が始まった時点で、まさかセラミックスがケーブルになって曲げるなんてできないのではないかと言われていました。今回は、結構曲げても大丈夫というデータがありましたが、何かポイントがあってそういうことが可能になったのでしょうか。

【増田主幹（実施者）】 このあたりは、ビスマスの初期の線材の開発の話です。写真が鮮

明ではありませんが、1本1本フィラメントになっていて、フィラメントを細くすることで、セラミックスですが曲げることができます。光ファイバーなどもそうですが、細く薄くすることでフレキシブル性を持たせています。1本1本がそれぞれ持っているので、曲げても大丈夫になっている。多心化にすることで、曲げ特性をよくするという事です。

【加藤委員】 どれぐらい曲がりますか。

【増田主幹（実施者）】 線材としては、今は80ミリぐらいの直径に曲げても大丈夫です。

【加藤委員】 そのときに、クラックか何かで欠陥が入ったりしてACロスなどには影響がありませんか。

【増田主幹（実施者）】 それ以下の曲げで曲げると、クラックが入って臨界電流値が悪くなっていきます。

【加藤委員】 それぐらいまでは大丈夫ということですか。

【増田主幹（実施者）】 それまでは大丈夫です。

【白井委員】 現地調査会でもお聞きしたと思いますが、短いオープンバスで、蒸発しているその冷却状態で過電流の試験をやっていて、100 何度か上がっているのですか。

【増田主幹（実施者）】 実験で上がっています。

【白井委員】 加圧条件は2気圧ぐらいで、課電しながら過電流通電をやるのが限界性能試験ということですか。

【増田主幹（実施者）】 限界性能試験では一緒に課電はできません。

【白井委員】 設備的に一緒にはできないということですか。

【増田主幹（実施者）】 そうです。Ic というか、ダメージをまず考えて計測したいと思っています。そうすると、より精度のよいIcを測るために高圧部に計測線を付ける予定なので、電圧は一緒にかけられない状況にあります。

【白井委員】 絶縁の話で、たぶんバブルが出るのではないかと思います。

【増田主幹（実施者）】 そうです。今日は割愛しましたが、ここで10kA、2秒のときにだいたい定格で40kVかけています。この試験は大気圧で実施しており、実際には31.5kAまで電流を流し、その後電圧をかけました。この状態は非常に泡だらけですが、そういう中でもこの電圧が持つことを確認しています。

【前川委員】 最終のゴールに向けたアプローチについてお聞きします。今回、中間目標値を設定していて、ずっとご説明いただいた中で、結果としてそれぞれの目標をクリアしているのは非常によくわかりました。資料7-1の6枚目に交流損失の話があって、2kAで0.8W/m/ph達成したというのは事実だと思いますが、もともと最終の3kAに向かってスタートしているはずで、2kAを置かれている根拠は理解していますが、3kAに行く途中にいくつかのパラメータサーベイをしていてこういう成果が得られて、ただし、結果としてはまだ2kAまでしか来ていない。

だから、これから先こういうところを変えていけば、間違いなく 3kA のゴールにたどり着くという、一面で言えば解析側からのアプローチもたぶん実施していると思います。今日ご説明いただいたスライドの中には実験値は全部出てきますが、予測値、解析値、あるいはいくつかはパラメータに振ってこういうところを狙っているけれどもどうだというご説明がなく、私はあまり追い切れませんでした。そのあたりのアプローチの仕方はどう考えているか教えてください。

【増田主幹（実施者）】 確かに、今日はそういう説明はしていないのでご理解できないと思いますが、ここで書いたように、線材の高性能化をさらに進めたいとは思っています。この開発は、実はこのプロジェクト外で住友電工が独自にやっている部分で、今のところツイストピッチをどこまで短くすればいいとか、抵抗をどこまで上げたらいいかという数値目標はだいたいわかってきていて、それをいかに実現するかという開発をしています。今のところそういうところまでしかお話できない状況です。

【前川委員】 このプロジェクトの外側で住友電工が独自にやっている成果もこのプロジェクトに入れ込んでいるという理解でいいですか。

【増田主幹（実施者）】 できた線材は使えるという意味です。ただ、目標の設定は我々から線材開発にフィードバックしています。

【山口委員】 ケーブルの終端についてお聞きしたいと思います。資料 7-1 の 20 枚目は、一応設計検証が終わり、これで十分使えるものになっているということかと思えます。全体を通して見たときに、やはりリードからの熱侵入を中心とした損失はまだまだ数値的には大きいと思えます。この部分について、今日は技術的なお話があまりありませんでしたが、現状や限界が何かあれば補足でご説明をお願いします。

【増田主幹（実施者）】 特に電流値が大きくなると、端末の侵入熱は電流リードからの侵入熱がほとんどで、ここの部分の損失を減らすのは一つの課題ではあります。ただ、このプロジェクトの中では、まず安定に電流を流すことやシステム検証を第一と考えているので、今実現できる中での最適化を考えています。170W/本というのは、銅の電流リードを使ったときの最適の値に近いところです。これを 2 分の 1、3 分の 1 にしようとする、例えば中部大学でペルチェ素子などを使っているように、材料を変えたりする必要があると思いますが、今回はそこまで踏み込んで開発していません。現状で考えられる最適を狙ってやっています。

【秋田委員】 熱機械的などところをお伺いしたい。熱収縮対策については既に開発された三心撚りを使っていますか。それから、中間接続部に引っ張りの耐力を 3 トンと設定していますが、これはどういったときに発生する力を想定しているのですか。もう一つ、こういった力が発生したときに、管路敷設を考えると、断熱管に横方向の力が加わって侵入熱が増える恐れがありますが、程度はどのぐらいでしょう

か。最後に、侵入熱については今回データがありませんが、どういう目標を設定しているのかをお伺いしたいと思います。

【増田主幹（実施者）】 まず、発生する力 3 トンというのは、三心をまったく隙間なく撚り、両端固定で冷やしたときのケーブルの特性です。これは、実測値からの値です。今回は、三心を緩ませて撚るという収縮を吸収する手法は使っていません。ですから、そのままケーブルを冷やせば張力が 3 トン近くかかります。実際に 30m ケーブルではだいたい 2.5 トンかかっています。ですから、それに耐える力ということで中間接続部の機械的試験を実施して、良好であることを確認しています。それで、ご指摘どおり、曲がり部では側圧がかかるので断熱管の侵入熱が大きくなります。今回は直管部分ではだいたい 1.5W/m～2W/m の性能の断熱管ですが、曲がり部で 2.5 トンかかった状況では、3 倍から 4 倍ぐらい侵入熱が増えていることは確認しています。今回はまずコンパクトな中でケーブルを実現し、かつ実際の性能を考えたときに、もちろん多少曲がり部はあるでしょうが、曲がり部の侵入熱は冷却の能力で賄うという考え方をしています。もちろんこの部分は改善されるべきですが、今は基礎的な試験としていろいろ並行して研究しています。

【岩本分科会長】 運用容量を決めるときに、例えば 2 回線の母線至近端で 3 相地絡故障が起こって 1 回線開放という過度安定度計算をしますが、そういうものに対する試験は今回の中には含まれていると考えてよろしいですか。

【増田主幹（実施者）】 まず電圧の試験と考えて、1 回線が事故を起こしたときに残っている相の電圧が上がるのを加味して、先ほどの例えば AC90kV というのは対地の 90kV なので、定格対地 38kV に対して 2 倍以上の電圧をかけています。それは、1 回線が事故を起こしたときの電圧を基準にして、裕度をかけて電圧 90kV を出しているのです、そこには入っています。

【岩本分科会長】 発電機が動いている状態なので、電流が行ったり来たりしている状態ですが、単に短絡したというのではなくて、そういうものも入っているかという質問です。たぶんそれも性能的には一応入るでしょうね。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 今の問題としては、どこに出てくるのでしょうか。

【岩本分科会長】 要するに、一回故障を除去した後、2 回線のうち 1 回線開放します。ですから、故障を除去したら系統状態が変わってきてしまって、電流が揺れる感じになります。先ほど発電機の端、変電所から持っていくところで、非常に電圧が低いので大電流、低電圧で考えているとおっしゃったので、発電機に関する過度安定度も入るのかなと思って質問しています。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 今おっしゃったように、個別の発電端での使用方を想定したときに、特にこれをしておかなければいけないという検討はまだしていませんが、一般的なケーブルに求められる特性としての評価は全部してい

るので、私も細かいところは調べ直さないといけないと思いますが、おそらく今の試験でそのあたりは網羅できていると思います。

【加藤委員】 ケーブル長 250m の場合には冷凍機を置く場所は 1 カ所ですが、そのときには何 m のケーブルをいくつ接続するのですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 この実証ケーブルでのケーブルという意味ですか。

【加藤委員】 そうです。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 2 本ケーブルを作ります。これはジョイントの部分で分かれますが、こちらのジョイントからこちらの部分が 1 本、それからもう 1 本がここからずっと行って、グルッと回って戻ってくるということで、2 本作って、それを現地で引き込みまして、最終的にここでジョイントするという形です。

【加藤委員】 1 本分はかなり長くなるわけですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 なります。

【加藤委員】 それに対して一つの冷凍機ですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 全体を一つの冷却にしております。このジョイントの中も液体窒素が中をスルーして、こちら側まで流れますので、これが一つの冷却のパスになっています。

【加藤委員】 実際に将来的にはどれぐらいの長さで、何 m おきに冷凍機が必要になりますか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 いろいろと試算した例があります。今後もういった成果を踏まえて試算していく必要がありますが、基本的には 200~300m おきにジョイントを設けて、超電導ケーブルを接続していくという形をとります。そして数 km を一つのスパンとして、一つの冷凍機システムで冷却していきます。だいたい 2.5km ぐらいを一つの冷却の系にして、距離が伸びれば、また新しい冷却ステーションを置くという形になるかと思えます。

【加藤委員】 冷却ステーションというのは、現地調査会で視察したもので冷凍機はいくつぐらいありますか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 冷凍機 2 台です。

【加藤委員】 それが 5 台とか、もっと多くなるようなものが 2~3km に 1 台ずつあるということですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 そうなると思います。実は熊取でご覧いただいたのは、今回使うのと同じ冷凍能力 1kW の冷凍機で、将来的にどのぐらいの容量が必要になるかはいろいろと計算しなければいけないのですが、少なくとも 1kW の冷凍機を複数台というよりは、もう少し大きな容量の冷凍機を使っていくような形になるかと思えます。

- 【白井委員】 関連して、ケーブル長 200m ぐらいであれば、冷凍機入口温度 65K で決まっているわけですね。液体窒素は何リットルぐらいですか。
- 【増田主幹（実施者）】 だいたい 7000~8000L です。
- 【白井委員】 そうすると何か冷却で問題が起きてバブルがあった場合に、運転を止めて、ずっと持ってくるまではだいぶ時間がかかると考えていいのですか。
- 【増田主幹（実施者）】 7000~8000L ですが、端末部分がほとんど入ってしまっていて、ケーブル部分にはさほど入っていません。1 周するのにその 7000~8000L を 40L/min で割りますと、だいたい 200 分ぐらいですから、3 時間ぐらいかかるのですが、実際には流れない部分もありますので、もう少し短い周期で 1 周すると思います。
- 【白井委員】 別のところで、負荷変動に追従した運用という言葉があったのですが、これは具体的にどういう話ですか。
- 【本庄グループマネージャー（実施者）】 熊取の試験におきましても、昼間 ON、夜 OFF というような負荷の変動をかけております。通常で使う場合には、夜は負荷が低くて、朝方から立ち上がって、昼間に非常に大きいという負荷の変動があります。当然、超電導ケーブルは負荷が変わりますと、損失が変わります。交流損失が変わるということで、それを自動運転するということを今回の設計のコンセプトにしておりますので、そういった負荷の変動があっても、それに追従して、冷却システムの方が自動で運転できるようにします。そのやり方は、ケーブルの入口温度を一定にコントロールします。一定になるように、必要な台数の冷凍機を ON したり、OFF したりするという形になっています。
- 【白井委員】 流量を変えるというわけではなくて、流量は一定ですか。
- 【本庄グループマネージャー（実施者）】 流量は一定のまま、冷凍機の出力で対応するという形です。
- 【白井委員】 温度は入口、出口でいつも一定になるようにということですか。
- 【本庄グループマネージャー（実施者）】 出口温度は負荷の量によって、交流損失が変わりますので、若干上下しますが、入口は常に一定にするというコンセプトです。
- 【山口委員】 変電所のところに設置するというので、非常にいろいろ細かい検討をされているということがよくわかりました。逆にここで得られている知見がどのくらい汎用性のあるものなのかというようなことに関して、ちょっと補足説明をお願いできませんでしょうか。
- 【本庄グループマネージャー（実施者）】 基本的に短絡電流で見ますと、今回は 31.5kA・2sec ということで、これは機器に要求される一番厳しい条件です。これを満足しているということであれば、この場合は 66kV の系ですが、問題ないということです。もう一つの条件として、事故電流直後に課通電がある場合ということで、この旭変電所の場合は 10kA・2sec という条件を設定していますが、これは場所によって変わる可能性があります。より汎用性を持たせるという意味では、

例えば 15kA あるいは 20kA 流れても、その後健全に使えるということがわかることだと思っておりますので、このあたりは鋭意、引き続き検討したいと思っています。

【伊瀬分科会長代理】 今回の実証試験では、二つの超電導末端が同じ場所にあるわけですが、実際はそうではありませんので、そのあたりの違いはどうなりますか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 おっしゃるとおり、同じところにあります。今回の場合はこの部分に二つ末端が並ぶという形になっておりますので、冷却系からすると、ここから出ていったものが隣へ返ってくるということで、一つのクローズサイクルが簡単に作れることとなります。ただ実際に送電系統に使った場合には、あるところから入れて、それが 2km、3km 先から出ていくという形になりますので、そうすると一筆書きにはなりません。ただし実系統においては、2 回線もしくは 3 回線で運用する形になりますので、1 回線が行きで、残りの 2 回線もしくは 1 回線が戻りのフローになるということで、往復で一つのフローを作るような冷却のフローになるかと思っております。そのような形で対応しようと考えています。

【伊瀬分科会長代理】 必ずペアで考えるというお話ですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 基本的にケーブル系統は 1 本で使うということはありません。事故時も考えて、必ず 2 回線、3 回線で一つのセットになりますので、そのような形の運用を考えております。

【前川委員】 1 点、確認です。この実証に布設されるケーブルは 24 年度のスペックを満足するケーブルで引かれるのか、今年度のレベルで引かれるのか、それはどちらになりますか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 ここでは 200MVA 級、定格電流 1.75kA ということですので、今年度までに達成した成果のもので作ります。そしてこれとは別に 3kA 仕様で 1W/m を実現するという最終目標がありますので、これについては検証試験とは別の形で、ある程度の長さのもので検証することを考えています。ですから最終の成果がここで採用されるものではないということです。

【前川委員】 それから実際の変電所をお使いになるので、試験実施に際しても当然制約が出てくると思いますが、将来このケーブルの適用先を広げていこうというようなことを考えたときに、本来、変電所のケーブルとしては要らない機能であるけれども、別のところの適用を考えると、こういう試験もやっておいた方がいいとか、そういった検討というのは何かなされているのでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 当面は実負荷の変動に対して、しっかりとした追従ができるかどうかということの一つを検証しようということですので、今の負荷そのままを載せるということを考えています。ただそれで問題ないということがはっきりしてきた場合には、例えば変圧器 3 台運用のうち 1 台を停止して、負荷をより超電導ケーブルに載せてみるといったことが後半の方でできれば、その

ような形も少し検討したいと思っています。

【秋田委員】 レイアウトを見ますと、引き込みがどうなるのかわからないのですが、実線路の引き込みと、この変電所布設で引き込みが違うのでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 引き込みについては、実系統の引き込みとはやはり若干形が違うかと思います。実系統では道路からマンホールを介して引き込んでいくということで、基本的にはほぼ直線で引く形がほとんどだと思います。しかしこの場合は、かなり曲がりの部分も多く、こちらにU字の形で戻るということで、こういった形状は実系統では基本的にはあり得ません。このあたりについては現在検討中ですが、実系統での実際の引き込みを想定した部分での引き込みの形状、通常の引き込みの形では、おそらく対応できないところもあると思いますので、引き込みの方法についてはもう少し検討したいと考えております。

【増田主幹（実施者）】 試験項目の整理の中でも、引き込み試験という項目があります。長さ的にはこれほど長くないですが、引き込み試験というのを計画して、検証したいと思っています。

【秋田委員】 もう一つは冷却システムのことです。今のご紹介ですと、冷却システムコストは線路建設コストの評価ということで、これから検討されるということで理解しました。PLのご発表の中で、資料6-1の13ページ目、いろいろケースを振られて、CVケーブルよりも安くなるという説明がありました。この中で、冷却システムは薄いブルーだと思いますが、ケース2、3、4の場合とケース5の場合で冷却システムの値段がかなり違うように見えます。このあたりは既に検討された結果なのか、あるいはあくまでもこれは仮の数字なのか、いかがでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 現在の冷凍能力1kWの冷凍機を想定し、なおかつ受注生産ということでかなり高価なものになります。効率も0.06~0.07ということで、今の1kWのスターリング冷凍機で作った場合には、このようなコストになるということです。将来的にはこちらにありますように、線材のコストを下げるのと同時に冷却システムのコストを下げていく必要があるということで、これについてはまず一つは単機容量を上げるということ、冷凍機の効率は0.1を目指すということ、それから汎用品によるコストダウンが見込まれた場合という期待値も含めた予測の数値になっています。ですから厳密なものではないということです。

【増田主幹（実施者）】 補足しますと、現状、交流損失は今の目標値ではなく、前の値が入っています。今は1W/m/相というのを挙げていますが、これを4~5W/m/相の値を入れて計算をしているので、その効果が一番大きいと思います。

【伊瀬分科会長代理】 今のお話に関連して、長期運転した場合に冷凍機の信頼性、保守、そのあたりの検討が十分必要だと思いますが、このプロジェクトの中ではいかがでしょうか。

【増田主幹（実施者）】 もちろんハードができてしまっからの運転で、結局、動いているのは冷却システムだけですので、そこが一番問題になるところです。我々もこのプロジェクトの中で、1年に1回、2回のメンテができる、動かしながらメンテができる方法というのを今検討しているところです。説明にもありましたが、冗長性を持たせたシステム設計をしていますので、故障あるいはメンテナンスで1台はずしても運転ができるようになっています。だから運転を止めないような工夫はしております。

【伊瀬分科会長代理】 メンテナンスのために変電所に人を置くのは大変でしょうから、それを置かずにどこかで集中的に監視して、できるだけメンテナンスの手数がかからないようにするとか、そこはいかがでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 先ほど機器の故障にはこんなものがあるご紹介しましたが、想定される故障に対しては、重故障と軽故障に分類して、それを遠方に飛ばすという形です。事業原簿にはそのフロー図を描いておりますが、基本的には遠方監視をする形で、異常警報を遠方に投げる。我々がそれに対応していくという形です。

【伊瀬分科会長代理】 冷却系についてもそうですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 そうです。電気系だけではなくて冷却系についても、情報は全部遠方に飛ばして、遠隔監視するという形をとっております。ですから今回も現地は無人で運転するというのを基本的な考え方にしております。

【山口委員】 冷却システムの冗長のところを教えてくださいたいのですが、実際には5台で賄えるところを1台余分に付けているということで、冷却能力の余分を見ているという構成になっていると思います。図で見ると、3パラ2直の構成になっているように見えますが、そうした構成になっているときに、1台止まるということは、2直がそのまま脱落してしまうようなことになって4台の冷凍機しか効かないように見えます。実際にはどういう形でこれを運用されるのですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 実際は例えば6台フルに必要な場合は、この6台全部を運転しまして、負荷が減ってきて冷凍機がそこまで必要ない。例えば5台で十分だという場合には、このうちの1台が停止するという形になります。そして例えば2台が不必要であれば、この冷凍機を2台停止するという形になりますが、冷媒が流れるフローについてはコントロールしておりませんので、停止している冷凍機に対しても、冷媒は流れる形になります。停止している冷凍機については、純粋な熱負荷になるという形です。冷凍はしないで、ただ単にそこにあるということで、そこを液体窒素が流れますので、そのときに外部からの熱侵入で、この部分で若干の熱ロスが出るという形になります。

【山口委員】 例えば2台が止まっているとすると、残りの4台は止まっている2台の分の熱負荷も背負うような形で頑張って運転をするというイメージでよろしいでし

ようか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 そういう形です。例えばそうしないで、2 台不  
必要であれば、ここを止めておいて、こちらには冷媒を流さないという考え方も  
あるのですが、冷凍機が 1 台故障したときに、すぐにこちらを使用したいという  
場合に、冷凍機温度が常温に上がっていると、この部分を冷やすことから始めな  
いと冷凍機が使えません。また自動で復旧するのは非常に大変なことになって、  
現地へ行って操作をしなければいけないということになりますので、今回、この  
部分の停止しているときの熱負荷には目をつぶって、すべてを使うという形で考  
えております。

【岩本分科会長】 資料 7-2 の 17 ページに、インピーダンスの話がありました。ここの値で  
ちょっと意味がわからなかったのは、今開発していらっしゃる超電導ケーブルと  
いうのは実質的には超電導の部分と銀の部分と銅の部分があるということで、電  
気的には合成インピーダンスみたいな形になっているように見えます。そうす  
ると現象によって、このインピーダンスの値が変わるのではないかと思います。こ  
の高温超電導ケーブルのこの値は、超電導+銀+銅のインピーダンスなのか、そ  
れとも超電導だけのインピーダンスなのか、超電導と銀のインピーダンスなのか、  
それがちょっとよくわかりません。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 ここで出しているのは L 分と C 分で、抵抗成分  
の R 分は出しておりません。R については、おっしゃるとおり、通常状態で使っ  
ていれば、ほとんどゼロで、交流損失分の換算程度の数値が出てくるだけですが、  
大きな事故電流が流れて、 $I_c$  を超えるような状況になった場合には、銅とか銀の  
抵抗が見えてくるという形になってきます。そういう意味では、R 分の変化はあ  
るのですが、R 分は L 分とかに比べると非常に小さいので、ここでは L 分と C 分  
で代表的に出しています。そこで、この L 分、C 分は超電導の特性が変わったと  
きに変わらないのかということになります。基本的にインダクタンスは電流の流  
れているところと外側との距離で決まってくるのですが、超電導の場合はシールドが  
ありますので、このシールドと超電導との距離がインピーダンスを決定する重要  
なファクターになって、ほとんどその距離で決まってくる。そういった意味で  
は超電導の部分が常電導になるかどうかは、インダクタンスに対してはほとんど  
影響を及ぼさないということです。

【岩本分科会長】 資料 7-2 の 16 ページで、図のキャプションのところには、雷サージの  
解析結果で 30kA 雷撃と書いてあります。この電流波形のところには 3000A とある  
のは、これでよろしいのですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 これはこの部分に雷撃が 30kA 入ったというこ  
とで、これはすべてこちらの方の架線とか、鉄塔の部分、それからガントリ、こ  
ういったところでのサージの逃げもすべて EMTP 上で計算しております。その結

果として、超電導ケーブルに流れ込むサージが 3kA となっています。

【伊瀬分科会長代理】 この超電導ケーブルのインピーダンスの値は、実測値ですか、計算値ですか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 これは理論値です。ただ以前 100m のケーブルを作ったとき、それから今回についても実測をしまして、ほぼ理論値相当の数値が出るということを確認しております。

## 議題 6. 全体を通しての質疑

プロジェクトの概要説明、プロジェクトの詳細説明の全体を通しての質疑応答が行われた。

【岩本分科会長】 一応リプレースメントも考えてあるということで、対象として地下変電所などがいろいろあると思います。そういうときに冷却システムがどれぐらいの体積というか、どれぐらいの大きさになるのかわかりませんが、スペース的にトランスとか、GIS とか、それがうまく調整できて入るようになるのでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 細かい検討まではまだしていませんが、現在の洞道に入るような大容量 CV ケーブル等ですと、間接冷却用の水冷却システムを持ってあります。そういったものの用の冷却ステーションが現にありますから、その部分をうまく有効活用するというコンセプトに立っております。ただそこで冷凍機のサイズが十分かどうかというのは、まだ計算されていません。理由は、将来的には今の 1kW の冷凍機ではなくて、もっと大型の冷凍機が必要になるということもあり、設計がまだ十分に煮詰まっていないからです。

【加藤委員】 初めの部分で、このケーブルが実現すると、CO<sub>2</sub> の排出量が減るとか、電気料金が低減するということがありました。例えば CO<sub>2</sub> 削減については、25%削減という新政府の方針がありますが、実際にパーセントとしてはどれぐらいの貢献ができますか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 電力系統における送電系統でのロス発電力は発電電力のおよそ 5%程度です。実は発・送電を含めて、一番ロスが大きいのは火力発電所等での熱ロスです。そこについては、現在、熱効率 40%ということで、どんどん上げる努力をしています。やはり電源系での効率向上が非常に大きく、電力系統側の 5%というのは、総合評価すると小さい数字になります。ただし現在、電力系統側の送電ロスを低減する技術は他にありませんので、そういった意味では、この超電導ケーブルができますと、今 5%でずっと止まっている送電系統のロスを低減するという一つの起爆剤にはなると考えております。

【加藤委員】 電気料金の低減というのがありますが、それはどれぐらい変化するものなのでしょうか。

【本庄グループマネージャー（実施者）】 現状、送電ケーブル系統を製造するのに、キロメートル当たり 10～11 億円ぐらいかかるということで、これが 3 分の 1 程度に減少すれば、この部分が電気料金の低減に反映されるということですが、どのくらいの距離のものを引くのかということで決まってくるかと思います。後は全体の電力料金に占める割合としては、おそらく他のところの影響の方が大きいと思いますので、これで 1 円、2 円下がるとか、そういう話にはならないと思います。

【伊瀬分科会長代理】 実証試験の実施期間が 1 年間ということですが、やはり 1 年だけでなく、もっと何年も何年も使ってみると、いろいろ問題点が出てくるわけです。これはプロジェクトとの関係もありますが、1 年間やって終わりというのではなくて、可能であれば 3 年、5 年、せっかく作るわけですから、そういうふうにした方がいいと思います。そのあたりはどうですか。これは NEDO の他のプロジェクトもそうなのですが、せっかくいいものを作っても、プロジェクトが終わったら、それでおしまい、潰してしまうということになります。そこはいつも矛盾を感じているところです。

【木戸口主任研究員（推進者）】 このプロジェクトは平成 24 年で終わって、その後の後継プロジェクトは今のところ予定はありません。その後、国費を使ってプロジェクトが立ち上がるのかどうかというのも、まだ今の段階では全然検討していませんが、実際にこのプロジェクトが終わってすぐに実用機として導入できるかということ、まだまだ課題があります。また、コストの面もありますので、そういうところを国の補助でやるのか、民間主導でやっていくのかということも含めて、今後もう少し検討していきたいと思っております。

【伊瀬分科会長代理】 せっかくお金をかけてハードを作っても、潰してしまうのがほとんどです。それは非常にもったいないです。それをできるだけ使い続けて、問題点を明らかにして、そして実用化していくということが大切だと思いますが、だいたいのプロジェクトがそうではなくて、潰してしまう。例えば海外から来た人が見学しようとしても、あれはないよと言われてしまって、終わりです。そういうこともあって、実用化までのステップの中でやはり長期間使い続けるということは非常に大事だと思います。そういうことはできないのでしょうか。

【木戸口主任研究員（推進者）】 NEDO の制度には継続研究というのがあります。プロジェクトが終わった後に、その設備を使って研究するということです。そういう中でも、今回のケーブルについては残存性能の試験をやるということになっていますが、例えば残りのケーブルを使って、何年か継続研究という形でやるということも一つあると思います。長期の信頼性という意味で、極力それができるような形で考えてみたいと思います。

【前川委員】 今回、検証用で長さ 30m のケーブルを作られたということで、この 30m の位置付けを教えてください。逆にこれができたことで、特に長さの制約というのは、経済性も含めて一応クリアしたと理解していいのでしょうか。経済性まで入れると、もっと長いケーブルが必要ということになり、また別の開発要素が入ってくるのか、そのあたりを教えてください。

【増田主幹（実施者）】 30m のシステムの試験では、ケーブルとジョイント機器を組み合わせた中で冷やして、機械的に大丈夫か、あるいは熱的、電氣的に大丈夫か、そういう確認をするということが一番の目的でした。そういう意味ではその目的は達成できると思います。今は 30m を作って OK でした。過去もっと長いケーブルの製造の経験もありますし、今のところ長くなったからといって、今のやり方であれば、課題はないと思っています。

【山口委員】 今の長さの件で、ケーブルについてはそういう事情だということはよくわかるのですが、冷却の方は逆に長くなると熱負荷も増える、圧損も増えるということで非常にハードルが高くなると思います。そういった観点からはどういう状況でしょうか。

【増田主幹（実施者）】 このプロジェクトではないのですが、過去の経験として、アメリカの方で 350m のケーブルを作って、リターン管があったので、往復して 700m の循環システムを作っています。基本的には圧損であったり、温度の上昇であったり、だいたい計算に乗るレベルになりましたので、長くしても、予想外のことが起こるということは、今は考えていません。だいたい計算どおりにいけると思います。後は冷却ステーションの間隔をどれぐらいのスパンで置くかとか、経済性の方をもっと検討すべきだと考えております。

【山口委員】 冷凍機の大容量化についても、ある程度目処がついているのですか。

【増田主幹（実施者）】 冷凍機に関しては、実はまだ何とも言えないところがあります。ご存じのように、世の中的に大容量といわれるブレイトン型冷凍機は今数 10kW とか、100kW とか、そんなものがありますが、それでは少し大きすぎます。今回の冷凍能力 1kW の冷凍機ではちょっと小さいです。たぶん 5~10kW のものが複数台集まって一つのステーションになるのではないかと考えていますが、そのあたりのところが現在存在していないというのが実情です。このクラスの冷凍機の開発を目指していただければいいなと思っていますところでは。

【白井委員】 長尺化という話があって、今度、実系統に入れられるというのは非常に大きなことだと思います。これの次というわけではないですが、先ほど原所長も言われましたように、発電所のブスパーのような集中した場所、管理されている場所で運用できますので、そういうところで全体的なシステムの長期の信頼性の試験を是非東京電力でやっていただいたらいいのではないかと思います。

【原 PL（実施者）】 先ほど水力発電所の立ち上げの部分のところを申し上げたのですが、

公にそれが試験だとは言いがたい点があります。ただ現実的には水力発電所とか、揚水発電所とかは系統の端の方にあるものの、容量的には大きいので、ケーブルとしてはかなりパワーが流れます。そういう系統というのは、仮に何か初期トラブルみたいなものがあって止まっても、他のところよりは影響が少ないため、長期という言い方ができるかどうかかわからないですが、いわゆる電力設備として枯れた技術に持っていくというようなことは、設備形成の上でもやっていることなので、是非やっていきたいと思っています。それから資料 6-2 の 18 ページの最後のところに、このプロジェクトが終わってから、すぐに実用化になるかということ、まだまだ少しスペック上の問題とか、積み残されたものとかがあると思います。その部分を実用化の間はどうつなげていくかというのは、このプロジェクトが終盤にかかったところで、また議論になるのではないかと考えております。

**【秋田委員】** 今、原 PL からお話があったとおり、当面は日本の国内で適用を目指すというプロジェクトですが、このタイプのケーブルを今世界で製造できるのは、今実施されているグループしかないはずなので、是非世界で通用するケーブルができたらいいなと思っています。その世界で使うときに、今実施されている項目で足りないというところは何かあるのでしょうか。海外に持っていくためには、こういうこともやらなければいけないとか、そのあたりはいかがでしょうか。

**【本庄グループマネージャー（実施者）】** 今回は実系統に使うということで、ケーブルに必要な性能というのは基本的に満足していると思っています。ただ海外でどういうスペックのものが求められるかというあたりは調査しなければいけないのですが、仮にスペック的に電圧や電流が今回のケーブルとかなりの相違があるということであれば、そこは再検討する必要があると思いますが、基本的なケーブルの技術としては、最終的に十分満足できるものが達成できると考えています。

**【増田主幹（実施者）】** 補足ですが、今のところ、今開発しているケーブルが一番難しいです。スペック的にも、要求仕様のにも一番難しいと思いますから、これができれば、今海外でやられているスペックには対応できるのではないかと考えています。ただちょっと電圧が高いところもありますので、そういうのは電圧を高くする開発が必要だと思いますが、短絡電流のスペックを見たり、スペースの要求を見たりして、これが一番難しいのではないかと考えております。

**【岩本分科会長】** 5～6年前に超電導機器の NEDO 分科会で、送電損失によるロス削減と冷却システムによる電気の使用量がバランスしてしまうというようなお話があったのを覚えています。ですから私はそれ以降、やるのであれば、世界一の超電導ケーブルを作ると同時に、やはり人を納得させるような冷却システム、要するに電気の使用量を削減できるような冷却システムの開発が必要だと思っています。やはり本当に実用化しようとしたら、それを並行してやっていくようなプロジェクトが必要ではないかと思っています。私はやはり革新的な冷却システムがないと、

電気がそこでたくさん使われるというのは、ちょっと説得力に欠けてしまうと思います。世界一の超電導ケーブルというのは非常にいいと思いますが、実用化に向けてやるのであれば、両方を一緒にやらなければいけないのではないかと個人的には思っています。

**【池内課長（実施者）】** 現在、70K 程度ですと、カルノー効率という理論熱効率の最高効率がだいたい 0.3 程度です。それに対して現在のものが 0.06 とか 0.07 ということで、我々はパーセントカルノーという言い方をしているのですが、それがだいたい 30% です。パーセントカルノー30% というと実はかなり高いところで、たしかにこれをさらに上げていくとなると、いろいろな問題はあるかと思えます。ただそれについても、現在イットリウム系の方でもヘリウムではなくて、ネオンのようなものを使って、さらに効率を上げようとか、いろいろな努力をしているところです。要は冷凍機メーカーとしても、そこにチャレンジしたいのですが、1 台、2 台作って、数年需要がなくて、また 1 台、2 台作るということだと、なかなか技術的な継続性がないということで、今岩本分科会長がおっしゃったように、継続的に実施できるプロジェクトがあれば、是非チャレンジさせていただきたいと思っています。また信頼性の面においても、定量的な評価がなかなかできないところですが、やはりそれとこの効率の面、この二つは冷凍機にとっては非常に重い宿題として、我々の方も努力していきたいと思っております。

**【岩本分科会長】** 個人的にはトータルシステムというのはやはり冷却システムも入ったシステムだと思いますので、冷却システムが現状のままという、私にとってはトータルシステム開発じゃないという気がしています。

## 議題 7. まとめ・講評

プロジェクト全体について、評価委員から講評がなされた。

**【岩本分科会長】** 各委員の皆様からご講評をいただきたいと思えます。

**【山口委員】** 前回の現地調査会も含めて、いろいろご説明を伺いまして、プロジェクト全体としてのまとまりもよく、非常に順調に進んでいるということで、その点については関係者の皆様方のご努力の賜物ではないかと思っております。こういったプロジェクトを是非実用化というところに繋げられるように、引き続き関係者の皆様方のご努力に私としても非常に大きく期待するところです。それと併せて、やはりこういったプロジェクトの性格ということではあるのかもしれませんが、是非汎用性のある情報発信をしていただいで、日本国内だけにとどまらず、世界で競争できる技術として一本立ちしていただけるような形に活用していただければと思うところです。

**【前川委員】** プロジェクト全体で、中間目標をほぼ達成ということで、順調に高いハー

ドルをクリアされているというところは今日よく理解することができたと思います。その一方で非常に難しい技術にチャレンジしていること、それから東京電力の実変電所を活用されて、いろいろな試験もされるというようなことで、もちろんこれまでも十分な検討はされていると思いますが、せっかくやるところで落ちが一つもないか、もう一度、実証项目的なところを確認いただければと思います。また先ほど来、冷凍機の話が出ていますが、そういったところも将来いろいろなところに広げていったときに、データを取り落とされているというようなことがないように、是非お願いします。それから冒頭ちょっと申し上げましたが、規格というのは、自戒も込めて言うと、データの供給者側に回って、どうもルールは外から入ってくるというのが、これまで結構多かったように思います。世界で一番進んでいるこういった技術ですので、オリジナルな事業のスコープでは入っていないようですが、データだけ提供して外国に規格を持っていかれると、非常に残念なことになるとと思いますので、是非規格化するといったことも含めてご尽力いただければ、さらにいいプロジェクトになっていくのではないかと考えておりますので、今後の発展を祈念いたしております。ありがとうございました。

【白井委員】。非常に順調に進められているということで、期待がますます高まったというところですね。実システムに導入ということですので、試験ということと、ちゃんと動かなければいけないという信頼性の両面があって大変だと思います。そういう意味では是非試験が本当に成功裏に終わるということを期待しております。それとともに、他の電力関係、エネルギー関係の電力機器への波及効果は本当に大きいと思いますので、是非成功させていただきたいと思っております。

【加藤委員】 私は高温超電導の基礎の方はずっと携わってきました。25年ぐらい前に高温超電導が始まって、その当時のマンガに、超電導が実現された将来の社会という概念図がありました。基礎は最近ちょっと停滞気味ですが、前回また今日、お話を聞かせてもらって、本当にマンガにあった社会に近づいているなということを感じました。また大学にいと、まだまだ超電導をやりたいという学生が根強くいます。当初に比べれば少なくなりましたが、それは新聞やテレビであまり報道されなくなったからで、まだまだ根強い人気がありますので、またここで実用化を実現していただいて、そういう若い人たちにもっと夢を持たせていただくよう頑張ってほしいと思います。2日間、ありがとうございました。

【秋田委員】 非常に順調に進んでいるプロジェクトだと実感いたしました。途中、意見で申し上げたのですが、日本はもとより世界を見て、日本で実証された技術が世界で広く使われ、さらにそれが日本に帰ってくるというような構想の下に進めていただくのがいいのではないかなと思っております。ちょっと他人事のように話しておりますが、実は私も高温超電導ケーブルの開発者として従事しましたので、今日は評価者という立場ですが、是非ご協力もさせていただきたいと思っております。

で、よろしくお願いいたします。

**【伊瀬分科会長代理】** 1986年に高温超電導が出てから、当時は非常にフィーバーだったわけで、いろいろなところが研究開発をやりました。最近そういったことが下火になってきて心配していたところでした。住友電工はメーカーとして非常によく努力されて、東京電力もそれをサポートされて、ここまで技術を持ってこられたということに対して、非常に敬意を表します。この技術、超電導は今忘れられかけているところがありますので、超電導はここまで来たということ、これで本当に実用化できるということで、世間に再認識させて、超電導が一般に役に立つものとして認知されることを期待しております。今回のプロジェクトに関しては、研究自身をやるということはもちろん大事なわけですが、それをどういうふうに世間に見せていくのか。それでまた超電導はここにいるということで、またいろいろなところが超電導をやり始めるというようなことになってほしい。そしてそれによって超電導の実用化が加速されるということになってほしいと思っております。

**【岩本分科会長】** 今日は本当にすばらしい研究開発のご説明をいただいて本当にありがとうございました。大変感心いたしました。世界一でなくてもいいという人もいますが、やはり日本は技術立国ですから、是非世界一の超電導ケーブルを作っていて、実用化まで進んでいただいて、世界をリードしていただければと思っております。

#### 議題 8. 今後の予定、その他

事務局から、資料 8 に基づき、今後の予定について説明がなされた。

#### 議題 9. 閉会

## 配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5 事業原簿（公開）
- 資料 6 プロジェクトの全体概要説明資料（公開）
- 資料 6-1 プロジェクトの概要（Ⅰ）
- 資料 6-2 プロジェクトの概要（Ⅱ～Ⅳ）
- 資料 7 プロジェクトの詳細説明資料（公開）
- 資料 7-1 (1)高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究
  - ①高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証
- 資料 7-2 (1)高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究
  - ②トータルシステム等の開発
  - ③送電システム運転技術の開発
  - ④実系統における総合的な信頼性の実証(2)超電導ケーブルの適用技術標準化の研究
- 資料 8 今後の予定

以上