

(エネルギーイノベーションプログラム・ナノテク・部材イノベーションプログラム)
「超電導技術研究開発」基本計画

省エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するため、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことを目的とした「エネルギーイノベーションプログラム」、及び、情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすることを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」、の一環として本プロジェクトを実施する。

エネルギー資源の約8割を海外に依存する我が国は、近年増加している世界のエネルギー需給動向の変動によって社会・経済が大きな影響を受けるため、エネルギー利用効率化の促進が求められている。また、地球環境問題への対策の観点から省エネルギーや環境負荷低減に配慮したエネルギー利用が求められている。このような状況においては、十分な安全確保を前提に、需要に見合った信頼性の高い安定で効率的なエネルギー供給システムを構築することが重要である。そこで本研究開発では、高機能部材である超電導線材を利用し、送電損失を大幅に低減することが可能な高温超電導ケーブルシステム及び超電導電力機器を開発することにより、経済社会を支える重要なエネルギーである電力の一層の安定的かつ効率的な供給システムの実現に資することを目的とする。

(2) 研究開発の目標

本研究開発は、電力供給信頼度の向上、電力分野におけるCO₂削減、新エネルギー導入に対する電力系統の安定化等に貢献することを目標とする。なお、個々の研究開発項目の目標は別紙「研究開発計画」に定める。

(3) 研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

[委託事業(平成19～22年度)、共同研究事業(NEDO負担率2/3、平成23～25年度)]

① 高温超電導ケーブル実証プロジェクト

[委託事業]

② イットリウム系超電導電力機器技術開発

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）が、単独ないし複数の原則本邦の企業、大学等の研究機関(原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別な研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点からの国外企業との連携が必要な場合はこの限りではない)から公募によって研究開発実施者を選定し実施する。

NEDOは、研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルを検討し、これを最大限活用することにより効率的な研究開発を図る観点から、委託先決定後に必要に応じて研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を指名し、その下に効果的な研究を実施する。なお、本研究開発ではプロジェクトリーダーは研究開発項目毎に指名し、別紙研究開発計画に記載する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標、並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて外部有識者による技術検討委員会を設置し、開発内容について審議し、その意見を運営管理に反映させる他、プロジェクトリーダーを指名しているプロジェクトは、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の実施期間は研究開発項目ごとに以下のとおりとする。

① 高温超電導ケーブル実証プロジェクト

本研究開発の期間は、平成19年度から平成25年度までの7年間とする。

② イットリウム系超電導電力機器技術開発

本研究開発の期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価及び事後評価を実施する。なお、中間評価結果を踏まえ必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等の見直しを迅速に行う。評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。なお、評価の実施時期や方法は、研究開発項目毎に別紙研究開発計画に記載する。

5. その他重要事項

(1) 研究開発成果の取扱いについて

①成果の普及

本研究開発で得られた研究成果についてはNEDO、委託先とも普及に努めるものとする。

②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るためデータベースへのデータ提供、標準案の提案等を積極的に行う。

③知的財産権の帰属

本研究開発で得られた研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

① 高温超電導ケーブル実証プロジェクト

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ」

② イットリウム系超電導電力機器技術開発

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第一号イ」及び

「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第1項第九号」

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成22年3月、2事業（高温超電導ケーブル実証プロジェクト、イットリウム系超電導電力機器技術開発）を統合して新たに制定。

(2) 平成23年1月、平成23年度より、研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」の共同研究事業（NEDO 負担率2/3）への変更及び加速による研究内容を追加する変更。また、研究開発項目②「イットリウム系超電導電力機器技術開発」について、中間評価を踏まえ開発項目（イ）の内容縮小並びに開発項目（ロ）の実施内容追加、開発項目（二）の追加による改訂。

(3) 平成23年7月、根拠法を変更。

(4) 平成24年3月 研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」の実施期間を延長。

(5) 平成25年3月、根拠法を変更。

(6) 研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」のプロジェクトリーダーを変更。

(別紙) [研究開発計画]

研究開発項目①「高温超電導ケーブル実証プロジェクト」

[研究開発の目的]

高温超電導ケーブルは、超電導技術分野技術戦略マップのエネルギー・電力分野機器開発のうち「環境・エネルギー調和型社会の構築」、「送変配電」、「電力ケーブル」および、第3期科学技術基本計画のエネルギー分野の重点科学技術「電力供給システム」、「送電技術」に位置付けられている。本研究開発項目では、この高温超電導ケーブルを社会の重要なインフラである電力供給システムに適用するために、「交流超電導電力機器基盤技術研究開発」(平成12年度～16年度)によって得られた高温超電導ケーブルの開発成果などを踏まえ、高温超電導ケーブルや冷却技術などを統合する高温超電導ケーブルシステムを構築する。また、超電導ケーブル単体だけではなく、線路建設、運転、保守を含めたトータルシステムの信頼性を実証するために、実システムに連系した実証試験を実施する。このことによって、超電導ケーブルのトータルシステムとしての総合的な信頼性を実証するとともに、革新的な高効率送電技術の開発・検証を行うことを目的とする。

これにより、安定的かつ高効率な電力供給に資する技術開発を行うとともに、超電導ケーブルの初期市場形成と新規産業の創出に資する。

[研究開発の目標]

平成21年度までに、高温超電導ケーブルシステムの重要要素(ケーブル、中間接続部、冷却システム等)に関して、実システムに適用し得る所定の性能、機能を有し、送電システムが構築できることをモデルシステムによって検証した上で、平成25年度までに、200MVA級の中間接続部を有する三心一括型高温超電導ケーブルを、冷却装置や保護装置などの付帯設備とともに66kV実システムに接続して12ヶ月以上の長期連系試験を行うことによって総合的な安全性や信頼性を実証する。

超電導ケーブルを実用に供する上での運転技術の指針や課題等を明らかにして、高効率送電技術の開発・検証を行うとともに、高圧ガス保安法の規制緩和や国際標準化の提案を行う。

[研究開発の内容]

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について実施する。

- (イ) 高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究
 - (i) 高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証
 - (ii) トータルシステム等の開発
 - (iii) 送電システム運転技術の開発
 - (iv) 実システムにおける総合的な信頼性の実証

- (ロ) 超電導ケーブルの適用技術標準化の研究

(イ)「高温超電導ケーブルの総合的な信頼性研究」

高温超電導ケーブルを社会の重要なインフラである電力供給システムに適用するためには、高温超電導ケーブル単体のさらなる低損失化や低コスト化を図るだけでなく、線路建設、運用、保守を含めたトータルシステムとしての総合的な信頼性を確立することが要求される。そのためには、実系統に連系した実負荷での実証試験は不可欠であり、高温超電導ケーブルシステムの安全性や信頼性の知見を得るための総合的な信頼性研究が必要である。

(i) 高温超電導ケーブルの重要要素技術の検証

1. 研究開発の必要性

実系統連系試験に適用する高温超電導ケーブルシステムの重要要素（ケーブル、中間接続部、冷却システム等）に関して、実系統に適用し得る所定の性能、機能を有し送電システムが構築できることを模擬システムにより事前に検証する必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

66kV、200MVA 級 3 心一括型高温超電導ケーブル等の重要要素技術が、実系統連系試験に適用可能であることを検証する。

3. 達成目標（平成 21 年度中）

重要要素技術が、実系統連系に適用し得る次の性能、機能を有することを模擬システムにて検証する。

- ・ 交流損失：1W/m/1 相（3 心一括型高温超電導ケーブル（66kV、2kA）、150mm φ 管路収容）
- ・ 短絡電流：31.5kA・2 秒の短絡電流
- ・ 中間接続部の導体接続損失：2kA 通電相当で $1\mu\Omega$ / 相以下

(ii) トータルシステム等の開発

1. 研究開発の必要性

高温超電導ケーブルシステムが、市場に導入されるためには、線路建設、運転監視、運用・保守方法などのトータルシステムとしての技術を確立する必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

高温超電導ケーブルシステムの線路建設、運転監視、運用・保守方法等のトータルシステムとしてのシステム基本設計の確立および高効率な冷却システムの開発を行うとともに、実運用を行う際の安全性や信頼性、経済性、環境面の評価を行う。

3. 達成目標

中間目標（平成21年度中）

高温超電導ケーブルシステムの線路建設、運転監視、運用・保守等を検討し、トータルシステム構築要領を作成する。

最終目標（平成23年度中）

高温超電導ケーブルシステムの線路建設、運転監視、運用・保守方法等のトータルシステムとしてのシステム基本指針を作成する。また、既存ケーブルの送電損失に比べて1/2以下の高効率送電システムの設計技術を確立する。

(iii) 送電システム運転技術の開発

1. 研究開発の必要性

送電システムの負荷や電流の変動などの系統変化や系統事故などに対応した平常時運用や事故時運用、および高温超電導送電システムの一部設備の障害時における復旧方法などの高温超電導ケーブルシステムの運転技術が、既存送電システムの運転と整合のとれた運用ができることは重要であり、そのための運転技術を開発することは必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

高温超電導ケーブルを用いた送電システムが、負荷や電圧の変動などの系統変化や系統事故などに対応した系統運用において、自動的に追従した運転（冷却含む）や、送電システムの一部設備の障害時における復旧方法など送電システムの運転技術を開発する。また、その運転技術を実系統連系試験において検証する。

3. 達成目標

中間目標（平成21年度中）

高温超電導ケーブルの運転技術が、既存送電システムの運転技術と整合するための課題を整理する。

最終目標（平成25年度中）

既存送電システムの運転技術と整合のとれた平常時/事故時および障害復旧時等の高温超電導送電システムの運転技術指針を作成する。

(iv) 実系統における総合的な信頼性の実証

1. 研究開発の必要性

高温超電導ケーブルを社会の重要なインフラである電力供給システムに適用するためには、実系統に連系した実負荷での実証試験は不可欠であり、トータルシステムとしての安全性や信頼性の知見を得るための研究が必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

実系統連系試験のためのサイト選定や試験方法などの基本事項を検討する。その上で、実証試験の目的に沿った高温超電導ケーブルシステムの構築を行い、中間接続部を有する高温超電導ケーブルを実系統に連系して、12ヶ月以上の長期試験により総合的な信頼性の検証を行う。

このことによって、高温超電導ケーブルのトータルシステムとしての安全性や信頼性を実証す

る。

3. 達成目標

中間目標（平成21年度中）

実系統連系試験サイトを決定するとともに、実系統連系試験基本計画書を作成する。

最終目標（平成25年度中）

実系統に連系した12ヶ月以上の長期試験による総合的な信頼性の評価指針を作成する。

高温超電導ケーブルは次の要求仕様を達成するものとする。

- ・送電容量：200MVA 級（66kV、3心一括型高温超電導ケーブル、150mmφ管路収容可能）
- ・交流損失：1W/m/1相（3心一括型高温超電導ケーブル（66kV、3kA）、150mmφ管路収容）
- ・短絡電流：31.5kA-2秒の短絡電流に対応
- ・中間接続部の導体接続損失：3kA 通電相当で1μΩ/相以下

(ロ)「超電導ケーブルの適用技術標準化の研究」

1. 研究開発の必要性

超電導ケーブルは、効率的なエネルギー供給システムになくってはならないものであり、エネルギーの高効率な輸送だけでなく、系統安定化にも大きな効果が期待される。その早期の市場導入や実用化を円滑に進めるためには、冷却設備における規制緩和や運転管理などを考慮した既存電力ネットワークとの整合を取るための適用技術を標準化することが必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

超電導ケーブルを適用する電力ネットワークの形態や規模などから、超電導ケーブルの適用技術の評価するとともに、冷却設備の安全性、運用性を考慮した法規制のあり方を研究する。

また、実証試験を通じて、運転管理や評価・計測技術等の超電導送電システムの国際規格化を進めるために、標準化項目を整理して必要なデータ収集を行い、適用技術標準化の研究を行う。

3. 達成目標

中間目標（平成21年度中）

- ・超電導ケーブルの適用技術の評価項目や冷却設備の法規制あり方の概要を取りまとめるとともに、超電導送電システムの国際規格化を進めるための標準化項目を作成する。

最終目標（平成25年度中）

- ・電力ネットワークの形態や規模に応じた構成、機能、経済性、環境面などの適用技術や導入効果を評価して超電導ケーブルの導入シナリオを定める。
- ・冷却設備における規制緩和に向けた技術基準を研究し、規制緩和の提案資料を作成する。
- ・超電導送電システムの運転管理や評価・計測法等の国際規格化を進めるため PAS（公開仕様書）または TS（技術仕様書）案を作成する。

[研究開発の実施方法]

(1) 研究開発の実施体制 研究開発に参加する研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDO は東京電力株式会社 技術統括部 技術開発センター 超電導技術グループマネージャー 本庄 昇一を研究開発責任者（プロジェクトリーダー）とし、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

[評価に関する事項]

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目的達成度、成果の技術的意義ならびに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度、事後評価を平成26年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえて必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗動向等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

[その他の重要事項]

(1) 研究開発成果の取り扱い

① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究開発成果のうち、下記共通基盤技術に係る研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

a) 実系統への適用技術の確立

- ・ 超電導送電システムの総合的な信頼性技術
- ・ 高効率超電導送電システムの運転技術

② 標準化等との連携

得られた研究開発成果については、知的基盤整備または標準化等との連携を図るため、データベースへのデータ提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行う。

特に、冷却設備の規制緩和に関しては積極的に提案を行う。

(2) その他

- ・ 高圧ガス保安法の緩和を提案するために委員会を設置する。

研究開発項目②「イットリウム系超電導電力機器技術開発」

[研究開発の目的]

経済社会の基盤となる電力の安定的かつ効率的な供給システムを実現するため、システムを適正に制御し、電力供給を安定化させるための技術及び発電電力を無駄なく輸送するための高効率な送電技術の確立を目指す。そのため、世界的にも我が国が最先端の技術力を有する超電導技術を活用して、コンパクトで大容量の電力供給が期待できるイットリウムに代表されるレアアース系酸化物高温超電導線材（以下「イットリウム系超電導線材」という）を用いた超電導電力機器の開発を目指す。特に、超電導電力貯蔵システム（SME S）、超電導電力ケーブル及び超電導変圧器の実用化に向けた技術を開発し、産業利用の早期実現を図ることにより、経済社会を支える重要なエネルギーである電力の一層の安定的かつ効率的な供給システム実現に資することを目的とする。

なお、本プロジェクトは、「超電導応用基盤技術開発（第Ⅱ期）」（平成15年度～19年度）及び「超電導電力ネットワーク制御技術開発」（平成16年度～19年度）によって得られた開発成果を踏まえて、実用レベルに達したイットリウム系超電導線材を用いて開発を行う。また、本プロジェクトの研究対象機器は、第3期科学技術基本計画のエネルギー分野の重点科学技術「送電技術」、「電力系統制御技術」、「電力貯蔵技術」に位置付けられており、さらに、超電導技術分野の技術マップ（平成19年4月制定）のエネルギー・電力分野機器開発にも位置づけられている。

[研究開発の目標]

(イ) 超電導電力貯蔵システム（SME S）の研究開発

平成22年度までに、2GJ級SME Sの開発を見通す高磁界かつコンパクトなコイル設計技術の開発並びにメンテナンスを容易とするコイルの伝導冷却技術開発を行う。

平成24年度までに2GJ級SME Sに必要となるイットリウム系超電導線材及びコイルの構造を評価し、高磁界コンパクトSME Sコイルシステム化技術のための重要な要素技術開発に向けた課題を抽出し、解決策を提案することで、2GJ級SME Sの開発が可能であることを証明する。

(ロ) 超電導電力ケーブルの研究開発

平成22年度までに、電力ケーブルの大電流・低交流損失ケーブル化技術、高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術に関する要素技術の開発を完了する。

平成24年度までにケーブル対応線材の安定作製技術開発及び66kV大電流ケーブルシステム、275kV高電圧ケーブルシステムの課通電特性や送電損失等の実用性を検証し、各々のケーブルシステムの実用可能性を証明する。

(ハ) 超電導変圧器の研究開発

平成22年度までに、超電導変圧器用の低損失化技術、大電流巻線技術及び限流機能の開発を行い、66kV/6.9kV-2MVA級変圧器の設計を完了する。

平成24年度までに、2MVA級超電導変圧器モデルを試作・評価し、低損失（従来線材対比の交流損失1/3以下）、大電流（2kA級）で、保護のための限流機能（過大電流を定格電流の3倍以下に抑制）を有する66/6kV 20MVA級超電導変圧器システムの成立性を実証する。

(ニ) 超電導電力機器用線材の技術開発

平成22年度までに、電力機器応用の長期信頼性試験等を実施する実用化技術開発の際に必要な性能及び製造速度等を満足させるイットリウム系超電導線材作製技術の開発を実施する。

平成24年度までに、同線材の線材長及び臨界電流等の再現性確認による安定製造技術開発を

行う。さらに、2020年頃を想定した超電導電力機器の導入・普及の際のコストを含めた必要条件に耐え得る線材の作製技術を開発する。

(ホ) 超電導電力機器の適用技術標準化

超電導電力機器の早期市場導入や実用化を円滑に進めるために共通基盤となる標準化を進める。

平成24年度までに、超電導線材及びその試験方法並びに超電導電力ケーブル及びその試験方法について、国際標準化に資する規格素案を作成する。また、イットリウム系超電導線材等を適用した変圧器等の機器及びこれらの試験方法の規格素案を作成する。

[研究開発の内容]

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について実施する。

[委託事業]

(イ) 超電導電力貯蔵システム (SMES) の研究開発

- (i) 2GJ 級高磁界・大電流コンパクトコイル構成技術開発
- (ii) 高効率コイル伝導冷却技術開発
- (iii) SMES 対応線材開発
- (iv) 高信頼性・高耐久性 SMES コイル要素技術開発

(ロ) 超電導電力ケーブルの研究開発

- (i) 大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発
- (ii) 高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発
- (iii) 超電導電力ケーブル対応線材開発
- (iv) 66kV 大電流ケーブルシステム検証
- (v) 275kV 高電圧ケーブルシステム検証

(ハ) 超電導変圧器の研究開発

- (i) 超電導変圧器巻線技術開発
- (ii) 冷却システム技術開発
- (iii) 限流機能付加技術開発
- (iv) 超電導変圧器対応の線材開発
- (v) 2MVA 級超電導変圧器モデル検証

(ニ) 超電導電力機器用線材の技術開発

- (i) 線材特性の把握
- (ii) 磁場中高 I_c 線材作製技術開発
- (iii) 低損失線材作製技術開発
- (iv) 高強度・高 J_e 線材作製技術開発
- (v) 低コスト・歩留向上技術開発

(ホ) 超電導電力機器の適用技術標準化

- (i) 超電導線材関連技術標準化
- (ii) 超電導電力ケーブル関連技術標準化
- (iii) その他超電導電力機器関連技術標準化等

(イ)「超電導電力貯蔵システム（SME S）の研究開発」

SME Sは、高速な充放電特性や高い繰り返し耐久性を持ち、高出力化や大容量化に優れた電力貯蔵装置である。今後、ますます大規模電源の遠隔化が予想されるが、有効電力・無効電力の同時補償により、有効な長距離大容量送電システムの安定化対策が可能なSME Sは、中間開閉所の設置や送電ルートの複数化等による従来の対策に替わる電力系統安定化装置として期待されている。

このため、「超電導応用基盤技術開発（第Ⅱ期）」（平成 15 年度～19 年度）及び「超電導電力ネットワーク制御技術開発」（平成 16 年度～19 年度）によって得られた開発成果を踏まえて、実用レベルに達したイットリウム系超電導線材を用い、従来の金属系超電導線材を用いたSME Sコイルでは実現不可能であった2GJ級大容量SME Sコイルを可能とする高磁界・コンパクトコイルの構成のための重要な要素技術の開発を行い、同コイル巻線に必要となる線材及びコイル構造を評価し、信頼性・耐久性を向上させることで高磁界コンパクトSME Sの実用化を目指す。また、並行してメンテナンスが容易で、イットリウム系超電導線材の性能向上が期待できる温度領域での高効率な伝導冷却技術を開発する。また、SME Sの性能向上とともに導入促進に資する線材開発を行う。

(i) 2GJ級高磁界・コンパクトコイル構成技術開発

1. 研究開発の必要性

2GJ級大容量SME Sコイル実現のためには、従来の金属系SME Sでは達成できなかったレベルの貯蔵エネルギー密度の向上が課題となり、磁場中特性に優れるイットリウム系超電導線材によるコイルを用いた高磁界化による貯蔵エネルギー高密度化が必要となる。この高磁界コイルの実現には、コイル通電時に発生する通電電流と最大経験磁場、コイル径の積として加わる強力な電磁力（フープ応力）の繰り返しに耐えるコイル構成を開発することが不可欠である。

2. 研究開発の具体的な内容

- ・ 従来の金属系SME Sコイルの許容可能なフープ応力(300MPa程度)の2倍の応力(600MPa)を連続して繰り返し加えても使用可能な高強度コイルを開発する。
- ・ SME Sシステムとして必要な通電電流を実現させる積層複合導体を用いたコイル構成技術の開発を行う。

3. 達成目標

最終目標（平成22年度中）

- ・ フープ応力 600MPa 以上、通電電流 2kA 以上のSME Sコイル構成技術を開発する。

(ii) 高効率コイル伝導冷却技術開発

1. 研究開発の必要性

SME Sの安定した動作には、コイルの熱安定性が不可欠であり、従来の金属系SME Sで用いられてきた4K温度領域に比べコイルの比熱が高くなる20K以上の温度領域での適用が可能となれば、その安定性が飛躍的に向上する。また、イットリウム系超電導線材は、低温になるに従い飛躍的に磁場中臨界電流特性が向上し、20K近傍の温度領域では、10Tの磁場中でもその特性低下が実用上の問題とならなくなる。しかし、この温度領域では熱伝導率が小さいため、高効率な熱伝導冷却技術が必要である。同時に、伝熱性能とトレードオフの関係になる電気絶縁性能においても高い絶縁性能を有したコイル構造の開発を要する。

2. 研究開発の具体的な内容

- ・ 20～40K 付近の温度領域における伝導冷却を可能とするコイル構造を開発するとともに、高熱伝導性能とトレードオフの関係になる電気絶縁性能においても、高い性能を有したコイル構造を開発する。
- ・ 上記で試作したコイルがSME Sの運転条件から予想される発生熱を伝導冷却により冷却可能であることを検証するとともに、必要な絶縁性能を有することを検証する。

3. 達成目標

最終目標（平成22年度中）

- ・ 20～40K 付近の温度領域における伝導冷却を可能とするコイル伝導冷却技術を開発する。
- ・ 2kV 以上の電気絶縁性能を有する高熱伝導コイル構造を開発する。

(iii) SME S 対応線材開発

1. 研究開発の必要性

SME S用高磁界コンパクトコイル構成のためには、積層複合導体・SME S本体の構造を含めた機器サイドの開発に必要な安定した線材製造技術の確立が求められる。

2. 研究開発の具体的な内容

(a) 線材安定製造・歩留り向上技術

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・ モデルコイル試作に必要な下記仕様に相当する線材の安定製造技術を確立する。
仕様：Ic=20A/cm 幅@77K&3T で強度 1GPa を有する 100m に相当する線材

(iv) 高信頼性・高耐久性SME S コイル要素技術開発

1. 研究開発の必要性

2G J 級電力系統制御用SME Sシステムの実用化を実現するためには、高磁場で利用できコンパクトで熱安定性に優れたコイル構造の開発や、そのコイルを高い信頼性で利用可能な冷却技術開発に加え、SME Sシステムとしての信頼性向上を図ることが必要不可欠である。SME Sは電力機器として、超電導コイルへの繰返し充放電が要求され、繰返し運転において十分な信頼性、耐久性を有していることが求められる。既に、SME Sの系統制御機能については金属系超電導コイルを用いた20MJ級SME Sシステムの実系統連系試験により確認されており、その試験で2万回以上の繰返し試験を実施している。リチウム系超電導コイルを用いたSME Sシステムにおいても同等の性能を有することを検証することが不可欠である。そのためには、SME Sシステムの要素コイルについて、SME S運転条件におけるコイルの限界性能を把握し、SME Sコイルシステムとしての信頼性・耐久性を向上させる必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

・ 電力系統制御用SME Sとして、前記(i) 2G J 級高磁界・コンパクトコイル構成技術開発、及び(ii) 高効率コイル伝導冷却技術開発の成果を踏まえつつ、SME S実運転条件を模擬した試験システムにより、コイル線材及びコイル構造を評価し、コイル限界性能を把握することでSME Sコイルシステムとしての信頼性・耐久性向上技術を確立する。また、クエンチ検出・保護も考慮し、実運転に耐えうるコイル要素技術の開発に向けて課題を抽出し、解決策を提案する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・2GJ級SME Sコイル基本システム構成の最適化並びに高磁界コンパクト・高効率伝導冷却コイルを用いた評価用試験モデルの設計を完了する。
- ・SME Sシステムとしての適用性を検証評価する試験計画を作成する。

最終目標（平成24年度中）

- ・実運転条件におけるコイル線材及びコイル構造を評価することで、2万回繰返し充放電試験と同等レベルの信頼性・耐久性を持つコイル要素技術開発に向けて課題を抽出し、解決策を提案する。

(ロ)「超電導電力ケーブルの研究開発」

超電導電力ケーブルはコンパクトな形状で大容量送電を可能とし、既設管路を有効活用した送電容量の増大が可能である。今後、都市部の電力需要増大への対策や老朽化した設備のリプレース対策として地中ケーブルへの適用が期待されている。また、超電導電力ケーブルは既存の導体ケーブルに比較し、送電ロスを低減することが可能であることから、省エネルギー、地球温暖化対策に貢献できることも期待されている。

このため、「超電導応用基盤技術開発（第Ⅱ期）」（平成15年度～平成19年度）によって得られたイットリウム系超電導線材作製技術開発、機器要素技術開発などの成果を活用し、コンパクトで大容量送電を可能とする超電導電力ケーブルについて、大電流導体化技術、冷却技術を含めた高電圧絶縁技術、低損失化技術、中間接続や終端接続等の大容量接続技術、機械的特性向上技術等の技術開発を行う。さらに最終目標として、この成果を活かした超電導電力ケーブルシステムを開発し検証することによって、高効率な超電導電力ケーブルによる送電技術に目途を付ける。

また、電力ケーブルの性能向上とともに導入促進に資する超電導線材開発を行う。

(i) 大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発

1. 研究開発の必要性

イットリウム系超電導線材はビスマス系超電導線材に比べ交流損失を低減することが可能であるが、そのためには線材を細線化する必要がある。一方、ケーブルの通電電流を5kAに大電流化する場合、多層導体を形成する必要がある。このように細線化線材を多層に集合した構造は未だ実現されておらず、ケーブルとして導体化時の線材特性への影響、多層導体構造での低交流損失設計及び実証、超電導ケーブルの機械的強度特性検証等を行う必要がある。併せて大電流適用に対応した超電導-常電導接続部の構造設計の検証と電流リード部の開発を行う必要がある。

また、三心一括ケーブルとする場合には、機械特性（引張り、曲げ）、熱収縮応力下でのケーブル変形の影響、短絡電流通過時の電磁力によるケーブルコアへの影響等が懸念されるため、それらの検証・評価を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

(a)大電流・低交流損失技術の基礎特性評価

大電流ケーブルに使用する超電導線材の多層導体化時の交流損失を含めた電気的特性の基礎データを取得し、コンパクトで低損失なケーブル設計技術を確立する。

- ・素線及びケーブル導体の交流損失の測定・評価

- ・ケーブル導体の曲げ、引張り特性の評価
- ・コンパクトで低損失なケーブル設計

(b)大容量接続技術の開発

- ・超電導-常電導接続部の構造設計検証
- ・5kA 級電流リードの開発

(c)三心一括ケーブル導体の検証

- ・三心一括ケーブル導体の試作・評価
- ・短絡電流通過時のケーブル性能への影響検証

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

大電流ケーブル導体等の特性試験によって、コンパクトで低損失なケーブル設計技術及び大容量接続技術等を確立する。

- ・ケーブル損失（交流損失） 2 W/m-相@5kA 以下
- ・短絡試験（31.5kA, 2sec 相当）でケーブルの性能に劣化が無いこと
- ・5kA 連続通電※を行いケーブル導体、超電導-常電導接続部、電流リードに異常がないこと

※ケーブルの熱平衡が得られるまで連続通電を行う

最終目標（平成24年度中）

中間接続部を有する大電流ケーブルコアを作成し、課電および機械強度特性の評価を行い、中間接続部の要素技術を確立する。また実用化に向けて、更なる交流損失の低減に向けたケーブル構造を検討し設計する。

(ii) 高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発

1. 研究開発の必要性

66kV 級超電導電力ケーブルに比べて 275kV 級高電圧超電導電力ケーブルは、高電圧に対する絶縁技術が要求される。このため、電氣的絶縁性能を確保しつつケーブルをコンパクト化する技術、誘電損失を低減しつつ液体窒素による導体冷却を適切に行う技術等を確立したうえで高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の技術開発を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

(a) 高電圧絶縁・低誘電損失技術の基礎特性評価

超電導電力ケーブルに使用する電気絶縁材料の電氣的基礎特性、絶縁厚さと誘電損失の関係など基礎データを取得し、コンパクトで低損失なケーブル設計の基礎特性を確立する。

- ・絶縁材料の基礎特性評価
- ・誘電損失の評価

(b)大径ケーブルの熱収支特性評価

常時及び事故時の発熱・冷却に関する熱収支検討を行い、ケーブルの最適設計手法を確立し、短絡電流通過時でも熱的に破壊しないことを確認する。

- ・通常通電時の熱特性把握
- ・事故時の熱特性把握

(c)高電圧接続技術の開発

中間及び終端の接続部を開発し、交流電圧及びインパルスに対して十分な性能を有することを確認する。

- ・耐電圧試験（交流耐電圧試験条件、インパルス耐電圧試験条件）計画書の作成
- ・中間接続部の開発及び耐電圧試験で異常がないこと
- ・終端接続部の開発及び耐電圧試験で異常がないこと

(d)ケーブル性能評価

中間目標で得られた技術を用いて、275kV 高電圧ケーブルシステム検証用ケーブルと同仕様の短尺ケーブルコアモデルを製作し、上記(a)～(c)の性能を確認する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

高電圧ケーブル導体等の特性試験によって、コンパクトで低損失なケーブル設計技術及び大電圧接続技術等を確立する。

- ・ケーブル損失（交流損失、誘電損失） 0.8 W/m-相@3kA 以下
- ・短絡試験（63kA, 0.6sec 相当）でケーブル性能に劣化が無いこと
- ・275kV 連続課電※を行いケーブル導体、超電導-常電導接続部、電流リードに異常がないこと

※ケーブルの熱平衡が得られるまで連続課電を行う。

最終目標（平成24年度中）

- ・中間目標で得られた技術を用いて、短尺ケーブルコアモデルを作製し、その性能について評価・検討し、各種コア構造のシステム設計の妥当性を検証することによって、275kV 高電圧ケーブルシステムに反映する。

(iii) 超電導電力ケーブル対応線材開発

1. 研究開発の必要性

大電流及び高電圧電力ケーブルを実現するためには、損失低減やコンパクト化などの課題に対する導体・ケーブルの構造を含めた機器サイドの開発に必要な線材を安定して作製する技術の確立が求められる。

2. 研究開発の具体的な内容

(a)線材安定製造・歩留向上技術

(b)システム検証用線材の安定作製、加工、評価

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・ケーブルシステム検証に必要な下記仕様に相当する線材を安定に作製可能な技術を確立する。

仕様：Je=15kA/cm²（2mm 幅×20m）に相当する線材

最終目標（平成24年度中）

上記仕様に相当するシステム検証用線材の安定作製、加工、評価、を確実に実施する。

(iv) 66kV 大電流ケーブルシステム検証

1. 研究開発の必要性

66kV 大電流ケーブルの実用性を検証するためには、大電流通電技術、交流損失低減技術、誘

電損失低減技術の開発成果を活かしたケーブルを開発し、実用化時の要求仕様に基づいた課通電試験を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

前記、(i) 大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発及び(ii) 高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発の成果を踏まえつつ、検証用超電導ケーブルシステムの設計・製作を行い、課通電試験によってケーブル性能を検証する。

- ・両端に終端接続部を有する 66kV/三心一括/5kA,15m 長の超電導ケーブルシステムを開発する。
- ・66kV 大電流ケーブル実用化時の耐久性を評価できる試験条件を設定し、開発したケーブルの課通電試験を実施する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・両端に終端接続部を有する検証用 66kV/三心一括/5kA,15m 長の超電導ケーブルシステムのシステム設計を完了する。
- ・耐久性を評価できる課通電試験計画書を作成する。

最終目標（平成24年度中）

- ・下記性能を有する 66kV/三心一括/5kA,15m 長の超電導ケーブルを作製する。
 - －ケーブル外径；内径 150mm φ の管路に収納できること
 - －ケーブル損失（交流損失、誘電損失）；2.1 W/m・相@ 5kA 以下
 - －中間目標で得られた課通電試験の設定条件下における課通電試験を実施し、試験計画書の性能を満足することを検証する。

(v) 275kV 高電圧ケーブルシステム検証

1. 研究開発の必要性

275kV 高電圧ケーブルの実用性を検証するためには、高電圧絶縁技術、誘電損失低減化技術、大電流通電技術、交流損失低減技術の開発成果を活かしたケーブルを開発し、実用化時の要求仕様に基づいた課通電試験を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

前記、(i) 大電流・低交流損失ケーブル化技術の開発、及び(ii) 高電圧絶縁・低誘電損失ケーブル化技術の開発の成果および短尺ケーブルコアモデルにおける成果を踏まえつつ、検証用超電導ケーブルシステムの設計・製作を行い、課通電試験によってケーブル性能を検証する。

- ・両端に終端接続部と中間接続部を有する 275kV/単心/3kA,30m 長の超電導ケーブルシステムを開発する。
- ・275kV 高電圧ケーブル実用化時の耐久性を評価できる試験条件を設定し、開発したケーブルの課通電試験を実施する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・両端に終端接続部と中間接続部を有する検証用 275kV/単心/3kA,30m 長の超電導ケーブルシステムのシステム設計（各種コア構造を含む）を完了する。
- ・耐久性を評価できる課通電試験計画書を作成する。

最終目標（平成24年度中）

- ・下記性能を有する 275kV/単心/3kA,30m 長の超電導ケーブルを作製する。
 - －ケーブル外径；150mmφ 以下
 - －ケーブル損失（交流損失、誘電損失）；0.8W/ m・相@3kA 以下
 - －中間目標で得られた課通電試験の設定条件下における課通電試験を実施し、試験計画書の性能を満足することを検証する。

(ハ)「超電導変圧器の研究開発」

超電導変圧器は従来の変圧器に比べ、高効率でコンパクト化が可能であり、絶縁に油を用いないため、不燃で環境負荷が小さいことを特長とする。今後、都市部を主体とした電力需要増加に伴う変圧器容量対策や変電所の新設対策及び経年劣化に伴う変圧器のリプレース対策に貢献すると考えられている。また、大容量送電を可能とする超電導電力ケーブルとの組み合わせにより、より高効率な電力供給システムが可能となる技術として期待されている。

このため、「超電導応用基盤技術開発（第Ⅱ期）」（平成15年度～平成19年度）におけるイットリウム系超電導線材作製技術開発、機器要素技術開発などの成果を活用し、コンパクトで高効率な超電導変圧器に必要な巻線技術、高電圧絶縁技術等の技術開発を行う。さらに最終目標として、超電導変圧器を開発し、検証することによって、高効率な変電技術に目途をつける。

また、変圧器の性能向上とともに導入促進に資する線材開発を行う。

(イ) 超電導変圧器巻線技術開発

1. 研究開発の必要性

20MVA 級超電導変圧器の実現のためには、従来の金属系超電導線材やビスマス系超電導線材では達成できなかった大電流化、低損失化が課題となる。これら課題の解決には、細線化したイットリウム系超電導線材を積層し、大電流化した導体による巻線コイル製作技術が必要となる。また同時に、同構造のコイルが系統や変圧器の故障により発生する短絡電流に対しても、変圧器を健全に維持できる強度を有する構造とする必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

超電導応用基盤技術開発（第Ⅱ期）における検証の結果より、以下の開発を行う。

- ・多層並列転位構造を最適化し、2kA が通電可能な巻線コイルを開発する。
- ・細線化線材により、無加工線を使用した場合に対し損失が 1/3 以下となる 100m 級巻線コイルを開発する。
- ・短絡電流（20MVA 級変圧器%インピーダンス 15%相当）により、巻線が劣化しない巻線コイルを開発する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・2kA 級の超電導通電特性を検証する。
- ・短絡電流（20MVA 級変圧器%インピーダンス 15%相当）により、巻線が劣化しないことを検証する。

最終目標（平成24年度中）

- ・2MVA 級超電導変圧器モデル検証のため、大電流モデルを設計・製作し、通電試験の実施、解析等により大電流巻線技術を確立する。
- ・100m 級巻線コイルにて、交流損失が 1/3 以下（対細線化しない線材）となることを検証する。

証する。

(ii) 冷却システム技術開発

1. 研究開発の必要性

過去最大規模の超電導変圧器を高効率かつコンパクトな姿で実現するには、超電導巻線を低温に維持する保冷容器は変圧器に対して過大とならない範囲で従来より大きいものが必要であり、また冷却システムは保守性能を高めて高効率化する必要があるため、新たな開発が必要である。

なお、保冷容器及び冷却システムの一部は、超電導変圧器システム全体が従来にない大きさのため、設計技術についても開発する必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

- ・ 超電導変圧器に適用可能な大型非磁性保冷容器を開発する。
- ・ 高効率で保守性能に優れた高効率冷却装置を開発する。
- ・ 保冷容器と冷却装置からなる冷却システムは後述の超電導変圧器モデルと組み合わせて性能を検証する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・ 保守性能の高いコンパクトな冷却システム用の高効率圧縮機（断熱効率 $\geq 65\%$ ）及び高効率膨張機（断熱効率 $\geq 65\%$ ）を検証する。

最終目標（平成24年度中）

- ・ 三相非磁性で容器容量10m³級の大型非磁性保冷容器を開発し、保冷性能（既存の小型容器相当の20W/m²以下）を試験にて検証する。
- ・ 試作した冷却システムの試験にて冷凍性能（冷凍機冷凍能力2kW@65K、冷凍機効率COP $\geq 0.06@80K$ ）を検証する。

(iii) 限流機能付加技術開発

1. 研究開発の必要性

超電導変圧器は限流機能を備えることにより自身の健全性を維持するとともに、電力系統の事故時の過大な事故電流を瞬時に抑制して事故の波及抑制ができ、電力系統の短絡容量対策にも貢献する。さらに、将来的に超電導電力ケーブルと超電導変圧器を連系して適用する場合にも限流機能は相互の導入促進に貢献すると考えられる。

2. 研究開発の具体的な内容

- ・ 限流技術の基礎試験を行い、限流機能付加変圧器の設計手法を確立する。
- ・ 数百kVA級変圧器単相巻線モデルを試作し、限流特性を検証する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・ 限流機能付加変圧器の設計手法を確立する。

最終目標（平成24年度中）

- ・ 数百kVA級単相変圧器の巻線モデルにより、過大電流の限流機能（過大電流を定格電流の3倍以下に抑制）を検証する。

(iv) 超電導変圧器対応線材開発

1. 研究開発の必要性

20MVA 級超電導変圧器を実現するためには、交流損失低減に代表される課題の解決のために超電導変圧器構造を含めた機器サイドの開発を進めるとともに、安定した線材製造技術の確立が求められる。

2. 研究開発の具体的な内容

(a)線材安定製造技術・歩留り向上技術

(b)システム検証用線材の安定作製、加工、評価

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・変圧器モデル検証に必要な下記仕様に相当する線材を安定に作製できる技術を確立する。

仕様：5mm 幅 3 分割にて $I_c=50A@65K\&0.01T$ 、100m 以上に相当する線材

最終目標（平成24年度中）

- ・上記仕様に相当するシステム検証用線材の安定作製、加工、評価を確実に実施する。

(v) 2MVA 級超電導変圧器モデル検証

1. 研究開発の必要性

配電用変圧器（66kV/6.9kV-20MVA 級）の実現には、巻線技術（低損失技術、大電流技術等）や冷却システム技術等の要素技術を総合的に組み合わせた実機を作成し、実用化時の要求使用に基づいた課通電試験による検証を行う必要がある。

2. 研究開発の具体的な内容

20MVA 級変圧器を検証可能な 66kV/6.9kV-2MVA 級モデルを開発し、前記、(i) 変圧器巻線技術開発及び (ii) 冷却システム技術開発の成果を踏まえつつ、検証用変圧器システムの設計・試作を行い、課通電試験によって性能を検証する。

- ・要素技術（巻線、保冷容器、冷却システム等）を組合せて 66kV/6.9kV-2MVA 級超電導変圧器モデルを開発する。
- ・交流損失低減や耐電圧性を考慮した試験条件の設定を行い、開発した変圧器モデルの課通電試験を実施する。
- ・66kV/6.9kV-2MVA 級超電導変圧器モデルの特性を検証する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

- ・66kV/6.9kV-2MVA 級超電導変圧器モデルのシステム設計を完了する。
- ・交流損失低減や耐電圧性を考慮した課通電試験計画書を作成する。

最終目標（平成24年度中）

- ・66kV/2MVA 級超電導変圧器モデルを試作し、中間目標で得られた設定条件における課通電試験を実施し、試験計画書の性能を満足することを検証する。

(二) 「超電導電力機器用線材の技術開発」

リットリウム系超電導電力機器開発に不可欠な超電導線材の開発は、超電導電力機器開発に並行して進めることが、将来の実用化に向けて重要かつ効率的と言える。臨界電流等の超電導特性、

交流損失、機械強度等の評価、イットリウム系超電導線材の微細構造解析、伝熱解析等の評価結果等を線材作製技術開発にフィードバックし、よりの確で効率的な線材開発を図る。また将来の実用化に向けて、磁場中臨界電流特性や線材機械強度の向上、工業的臨界電流密度 (J_e) の向上、交流損失低減技術開発と密接に係る線材特性の均一性向上等の更なる線材性能の向上を目的とした開発を行う。

本事業に引き続いて想定されている電力機器応用の長期信頼性試験等を実施する実用化技術開発の際に必要な性能及び製造速度等を満足させるイットリウム系超電導線材作製技術の開発を前期3ヵ年で実施し、その安定製造技術開発を後期2ヵ年で実施する。さらには、2020年頃を想定した電力機器の導入・普及の際のコストを含めた必要条件に耐え得る線材の作製技術の開発を目的とする。

(i) 線材特性の把握

1. 研究開発の必要性

イットリウム系超電導線材の実用化には更なる基礎特性の向上とともに機器の仕様に即した線材開発が必要である。これまでは長さや特性の向上を中心に開発が行われてきたが、ユーザー側からは同時に保存、機器化及び使用環境での耐久性に関する系統的な情報が要求される。

2. 研究開発の具体的な内容

保存環境(湿度、温度等)、機器化及び運転環境を模擬した様々な環境下(真空中、液体窒素中、曲げ、引っ張り等)に線材を保存し、臨界温度(T_c)や臨界電流(I_c)等の特性の経時・経年変化を評価する。必要に応じてX線回折による構成相の確認とともに微細組織観察を実施し、劣化機構とこれを抑制する手法の提案を目指す。

3. 達成目標

中間目標(平成22年度中)

- ・電力ケーブル耐久試験適正条件を決定する。

最終目標(平成24年度中)

- ・各種機器環境に対する耐久性を評価する。

(ii) 磁場中高臨界電流(I_c)線材作製技術開発

1. 研究開発の必要性

イットリウム系超電導線材の実用化には更なる基礎特性の向上とともに各機器の特殊仕様に即した線材開発が必要である。SMESや変圧器などの磁場中応用に対しては、それぞれの運転温度・磁場中での特性向上技術開発が必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

高磁場中($\sim 10T$)での応用となるSMES及び比較的低磁場($\sim 0.1T$)ながら垂直磁場成分が関与するソレノイドコイルが想定されている超電導変圧器等の応用を想定し、磁場中特性の向上技術を開発する。

- ・人工ピン止め点導入関連技術を開発する。
- ・高不可逆磁場材料を開発する。

3. 達成目標

中間目標(平成22年度中)

実用化技術開発時(本プロジェクト終了後)に必要な下記仕様に相当する線材の作製技術を開

発する。

- ・ Ic=30A/cm 幅@77K,3T-50m
- ・ Ic=300A/cm 幅@65K,0.02T-50m (5mm 幅-5 分割時に Ic=100A に相当)

最終目標 (平成 24 年度中)

導入普及時(2020 年頃)に必要と想定される下記仕様に相当する線材の作製技術を開発する。

- ・ Ic=50A/cm 幅@77K,3T-200m
- ・ Ic=400A/cm 幅@65K,0.1T-100m (5mm 幅-10 分割時に Ic=100A に相当)

(iii) 低交流損失線材作製技術開発

1. 研究開発の必要性

イットリウム系超電導線材の実用化には更なる基礎特性の向上とともに各機器の特殊仕様に即した線材開発が必要である。ケーブルや変圧器などの交流応用に対しては、線材としても、それぞれの用途に適応した交流損失低減技術開発が必要である。超電導電力ケーブルでは、真円断面形状からのずれや線材間ギャップ数・間隔等の制御、超電導変圧器では、コイル形状における垂直磁場成分の変動に伴う交流損失低減のためのフィラメント化が必要であり、均一な線材とともに加工技術の開発が必要となる。

2. 研究開発の具体的な内容

交流応用が想定されている超電導電力ケーブル、超電導変圧器から求められる線材として交流損失の低減化技術を開発する。

- ・ 均一線材作製技術を開発する。
- ・ 細線加工技術を開発する。

3. 達成目標

中間目標 (平成 22 年度中)

実用化技術開発時 (本プロジェクト終了後)に必要な下記仕様に相当する線材の作製技術を開発する。

- ・ 2mm 幅-Ic=300A/cm 幅-50m
- ・ 5mm 幅 5 分割-50m-分割無しに比べて交流損失 1/5

最終目標 (平成 24 年度中)

導入普及時(2020 年頃)に必要と想定される下記仕様に相当する線材の作製技術を開発する。

- ・ 2~4 mm 幅以下-Ic=500A/cm 幅-200m
- ・ 5mm 幅 10 分割-100m-分割無しに比べて交流損失 1/10

(iv) 高強度・高工業的臨界電流密度 (Je) 線材作製技術開発

1. 研究開発の必要性

イットリウム系超電導線材の実用化には更なる基礎特性の向上とともに各機器の特殊仕様に即した線材開発が必要である。SMES やケーブルなどの応用に対しては、それぞれの用途に適応した高強度化及び高 Je 化技術開発が必要である。SMES 応用においては、強磁場下での強いフープ力が想定され、ケーブル応用では冷却時収縮長の裕度を内部構造で確保しにくく冷却時の応力が想定されるとともにコンパクト化、低損失化の観点から高 Je 線材の開発が必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

強磁場中での応用に対し高強度が必要な SMES、高強度とともに高 Je 特性が求められる超電導電力ケーブルから求められる線材として高強度・高 Je 線材の作製技術を開発する。

- ・高強度金属基板対応線材作製技術を開発する。
- ・高臨界電流 (I_c) 化技術を開発する。

3. 達成目標

中間目標 (平成 22 年度中)

実用化技術開発時 (本プロジェクト終了後) に必要な下記仕様に相当する線材の作製技術を開発する。

- ・ $I_c=300A/cm$ 幅-1GPa-50m
- ・ $Je=30kA/cm^2$ -50m

最終目標 (平成 24 年度中)

導入普及時(2020 年頃)に必要と想定される下記仕様に相当する線材の作製技術を開発する。

- ・ $I_c=500A/cm$ 幅-1GPa-200m
- ・ $Je=50kA/cm^2$ -200m

(v) 低コスト・歩留向上技術開発

1. 研究開発の必要性

超電導線材の実用化には基礎特性の向上とともに、上述の機器に適応した特殊仕様を満たす技術開発が必要であるが、全ての機器に対する必要条件として、更なるコストの低減と量産化に繋がる安定製造技術開発が必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

本事業に引き続いて想定されている電力機器応用の長期信頼性試験等を実施する実用化技術開発及び超電導電力機器の導入普及が本格的となる 2020 年を見据え、その時に必要とされる低コストかつ安定なイットリウム系超電導線材の製造プロセス技術を開発する。

- ・実用化技術開発用線材の安定製造・歩留向上技術を開発する。
- ・低コスト対応高速・高 I_c 化技術を開発する。
- ・接続および補修技術を開発する。

3. 達成目標

中間目標 (平成 22 年度中)

- ・技術コスト 3 円/Am を実証する。

最終目標 (平成 24 年度中)

- ・中間目標技術を安定に作製可能な技術を開発する。(線材長及び臨界電流等の再現性を確認)
- ・技術コスト 2 円/Am を実証する。

(ホ) 「超電導電力機器の適用技術標準化」

超電導電力機器にとって共通の基盤となる超電導線関連技術並びに超電導電力ケーブル等の超電導電力機器適用技術の標準化等を行う。

(i) 超電導線関連技術標準化

1. 研究開発の必要性

超電導電力機器の開発の促進と高効率化のため、種々の超電導電力機器に共通の超電導線関連技術並びに超電導電力機器固有の超電導線関連技術の標準化研究は必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

イットリウム系超電導線と実用超電導線材との特質を対比調査するとともに、過去に実施された超電導線関連技術標準化の研究成果と一体化し、国際標準化に資する情報の集約並びに国際標準規格の素案作成を行う。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

イットリウム系を含む超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成するとともに、国際合意の醸成（アドホック設置活動）を行う。

最終目標（平成24年度中）

国際規格提案を目指して超電導線材並びにその試験方法の規格素案を作成する。

(ii) 超電導電力ケーブル関連技術の標準化

1. 研究開発の必要性

イットリウム系を含め、高温超電導線を適用した超電導電力ケーブルの実証試験が国内外で多数実施されている。特に、我が国の超電導電力ケーブル技術は世界をリードしている。

超電導電力ケーブルの開発の促進と国際競争力の確保のため超電導電力ケーブル関連技術の標準化研究は必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

イットリウム系超電導線を含む超電導線を適用した超電導電力ケーブル技術を調査するとともに、過去に実施された超電導電力ケーブル関連技術標準化の研究成果との融合を図り、

国際標準化に資する情報を整理し、国際標準規格の素案を作成する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

イットリウム系を含む超電導線を適用した超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成するとともに、IEC/TC90（超電導技術を扱う国際電気標準会議の技術委員会）、及びIEC/TC20（既存電力ケーブルを扱う国際電気標準会議の技術委員会）等と連携して国際合意の醸成（アドホック設置活動）を行う。

最終目標（平成24年度中）

国際規格提案を目指して、超電導電力ケーブル並びにその試験方法の規格素案を作成する。

(iii) その他超電導電力機器関連技術の標準化等

1. 研究開発の必要性

電力に対するニーズの多様化に伴い電力機器も多様化している。かかる状況にかんがみ、電力の安定供給のみならず、電力品質に対する技術対応が重要になっている。したがって、超電導電力ケーブルのみならず電力品質等に有効な超電導電力機器技術やシステム化技術の標準化研究は必要である。

2. 研究開発の具体的な内容

超電導変圧器、SME Sなどの超電導電力機器を対象に、その電力品質や制御に関連する技術調査を実施し、国内外における諸標準化に資する。また、冷却設備の安全性、運用性を考慮した法

規制の在り方を研究する。

3. 達成目標

中間目標（平成22年度中）

イットリウム系を含む超電導線等を適用した超電導変圧器、SME S等の機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化の基礎となるデータ等の体系化を行う。

最終目標（平成24年度中）

- ・イットリウム系超電導線材等を適用した超電導変圧器、SME S等の機器仕様並びにこれらの試験方法の標準化素案を作成するとともに、国際合意の醸成（アドホック設置活動）を行う。
- ・冷却システムの安全性、運用性を考慮した規制緩和に向けた提案資料を作成する。

[研究開発の実施方法]

(1) 研究開発の実施体制

研究開発に参加する各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、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 所長 塩原 融氏をプロジェクトリーダーとし、中部電力株式会社 電力技術研究所 研究主査 長屋 重夫氏、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 電力機器研究開発部長 大熊 武氏、九州電力株式会社 総合研究所 電力貯蔵技術グループ グループ長 林 秀美氏および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 線材研究開発部長 和泉 輝郎氏をサブプロジェクトリーダーとして効果的な研究開発を実施する。

[評価に関する事項]

NEDO は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度、事後評価を平成25年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえて必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗動向等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

[その他の重要事項]

(1) 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究開発成果のうち、下記共通基盤技術に係る研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

【標準への提案、取得】

- ・超電導線材関連技術の国際標準提案
- ・超電導電力ケーブル等の超電導電力機器適用技術の国際標準提案