

「6.1-5. ケーブルの高性能化」 (公開)

平成26年9月3日

住友電気工業株式会社
増田 孝人

①重要要素技術の検証

公開

Ⅲ p.13-17

2

年度展開

項目	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度
1. システム構成・ 運転技術	実証場所選定	系統要求仕様・影響調査	平常時運転指	警報・遮断システムの設計 関連法令手続き	異常時運転指針		
2. ケーブル設計・ 製造	要素技術開発 交流損失 <1W/m/ph@2kA 短絡電流対策		30mケーブル 検証(熊取工場)		交流損失低減検討 <1W/m/ph@3kA ケーブル製造・布設	ケーブル 単体試験(旭)	
3. 冷却系設計・ 製造	冷却システム設計	冷却システム 製造		システム検証 (守谷工場)	冷却システム 単体試験(旭)	システム 総合試験(旭)	
4. 実系統運転							実証運転
5. ケーブル高性能 能化						ケーブル高性能化 コンパクト端末開発	
6. 冷却システム 高性能化					システム基本設計	性能検証	長期試験
7. 標準化	標準化項目整理		要素技術データ収集・提供			実証データ収集・提供	

開発目標

発電機引き出し部のような、大電流(12kA以上)が通電可能な超電導ケーブルの開発を実施する。

項目	開発目標	達成度
④ケーブルの高性能化	ケーブル 【1】大電流ケーブル開発の課題の抽出 【2】ケーブルの設計検討、基本設計の完了 【3】12kA通電特性の確認、他相通電の影響確認 【4】事故電流通電時の評価	○ ○ ○ ○
	端末 【5】コンパクト端末の設計検討、基本設計の完了 【6】端末部材の試作、評価 【7】ブッシングの試作、評価	○ ○ ○

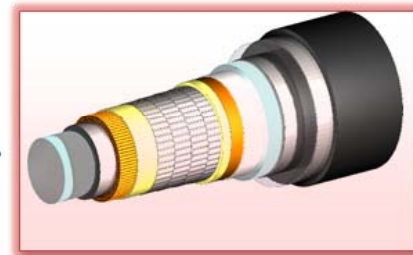
達成度：◎ 大幅達成、○達成、△達成見込み、×未達

大電流ケーブル適用のターゲット

発電機引き出し線 (22kV/12kA級)



相分離密閉母線
(φ1000mm×3)



超電導ケーブル
(φ150mm×3)

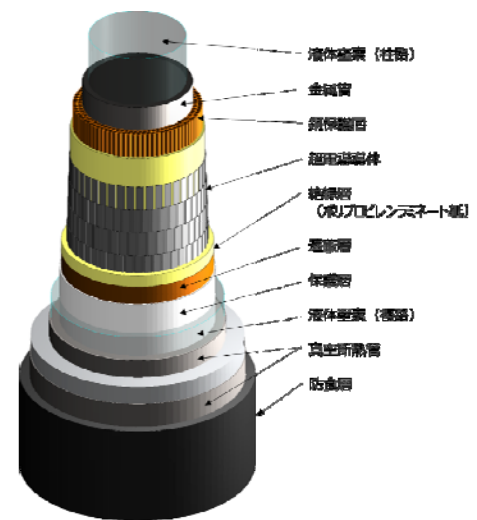
- ・コンパクトな形状
→水力、揚水発電所でのトンネル・岩盤掘削のコスト削減
- ・大電流送電時の低損失化
- ・フレキシブルなケーブル適用で、発電機と変圧器の配置自由度増

主要成果 【1】大電流ケーブルの課題

部位	項目	課題	今回検討内容
ケーブル	定格電流通電	12kA安定通電	<ul style="list-style-type: none"> ・ 導体部冷却特性向上を目指して、コア中心に冷却チャンネルを設ける。 ・ 短尺での12kA通電確認
	低損失化	<10W/m/ph	<ul style="list-style-type: none"> ・ シールドなし検討 ・ 短尺での損失測定（従来設計適用性確認）
	事故電流対応	63kA/0.6 sec対応	<ul style="list-style-type: none"> ・ 銅保護導体の検討 ・ 短尺での温度特性、線材への影響確認
端末	コンパクト化	現地スペース対応	コンパクト化のための基本構造検討
	通電・低損失化	電流リード、接続部の安定通電、低損失化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 従来設計による電流リード試作、評価。 ・ 低損失化のための指針確認

主要成果 【2】ケーブル基本構造の設計検討

部位	仕様	補足説明
構造	単心型	三心型ではケーブル外径大で製造不可
フォーマ	中空金属パイプ（内部冷却） + 銅保護導体 (400 mm ²)	冷却能力の向上 60kA級短絡電流対応
超電導導体	4層 (DI-BSCCO線材)	AC線材にて低損失化
電気絶縁	PPLP (t=3 mm)	22kV級の従来設計
遮蔽層	銅テープ	超電導層なし（低コスト化）
保護層	クラフト紙、布テープ	
断熱管	二重SUSコルゲート管 (SI & 真空断熱)	従来設計



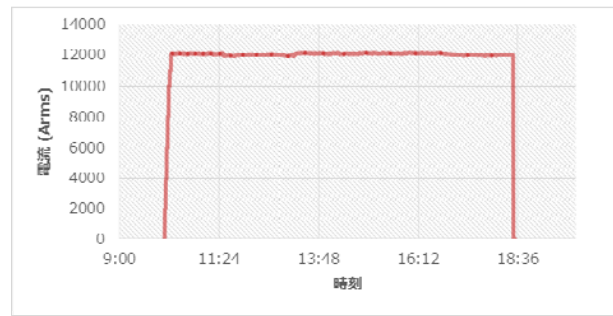
主要成果 【3】ケーブル通電特性の確認

12kA安定通電、交流損失評価

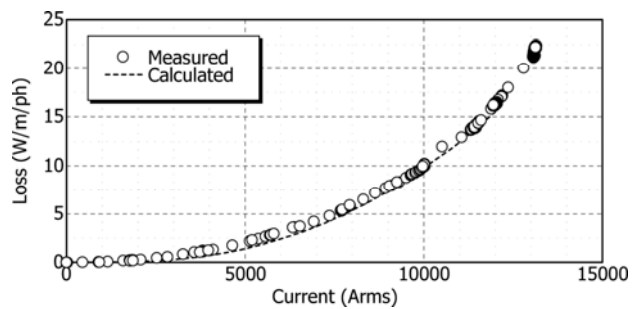


サンプルケーブル(3m)

15W/m@12kA
→さらなる低減が必要



12kA安定通電の確認



交流損失測定結果

主要成果 【3】ケーブル通電特性(他相の影響)

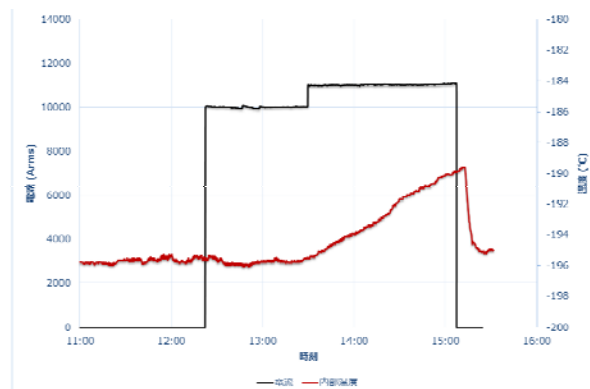
通電特性(2相通電)



サンプルケーブル(3m)

通電結果

単相通電では12kA安定通電可能であったが、
2相通電では、他相の磁場の影響により11kA通電時で温度上昇
→他相磁場考慮したIcマージンを設計に考慮



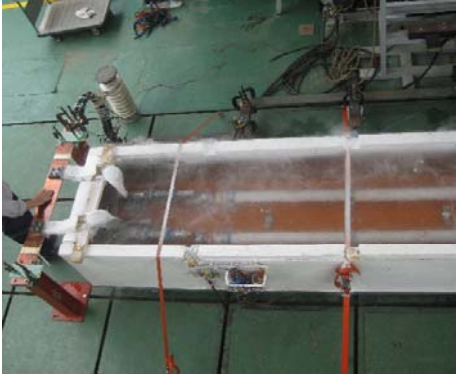
通電試験結果(2相)

主要成果 【4】事故電流通電時の評価

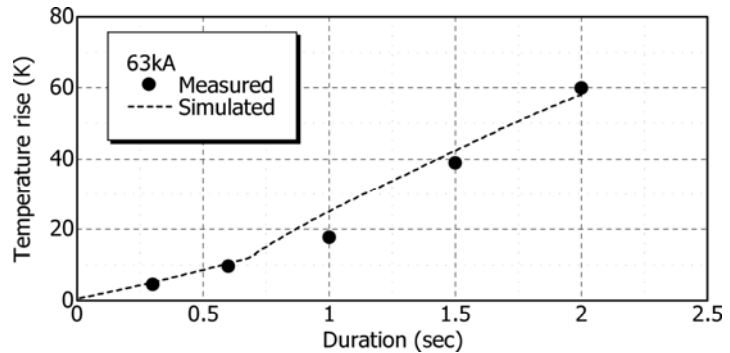
短絡試験(63kA, 2sec)

試験結果

63kA/2secでの温度上昇は、約60Kと計算通りの値。
試験前後でのIc特性に変化なし。



サンプルケーブル(3m)
フォーマCuサイズ(400mm²)



通電試験結果(2相)

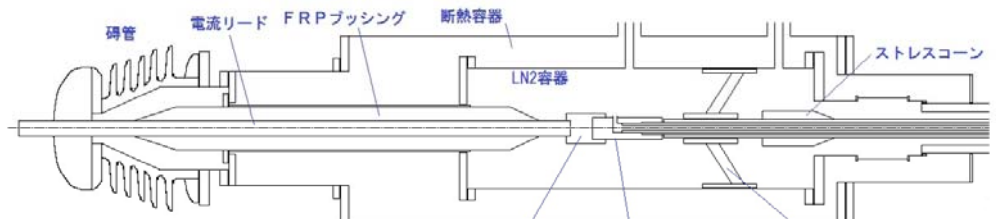
高温超電導ケーブル実証プロジェクト事後評価



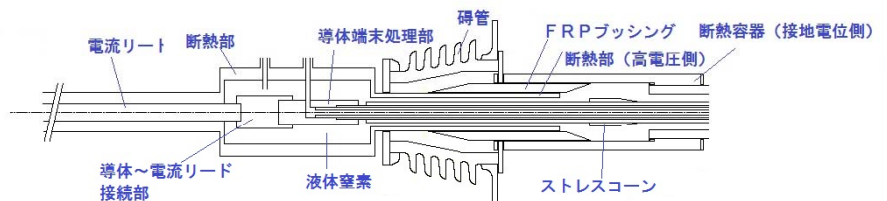
主要成果 【5】端末のコンパクト化検討

設計の特徴

- 電流リードとブッシングを分離
→ブッシングと電流リードを個別に設計
・従来設計では、電流リードとブッシングが一体化しているため、ブッシングが大きくなる方向
・本設計では、ブッシングサイズを小さくし、電流リードの設計に自由度あり。
- 電流リードとケーブルの接続部を高電圧部に設置
→容器側と同電位であるため、大きな離隔は不要



従来設計



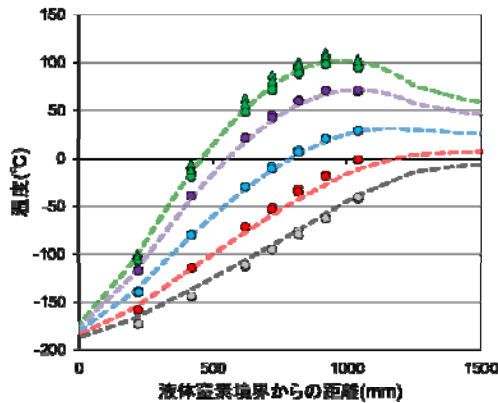
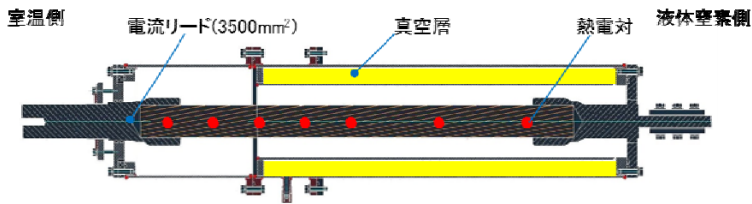
考案した設計

高温超電導ケーブル実証プロジェクト事後評価



主要成果【6】電流リードの設計検討

従来設計での電流リード試作、評価（撚り線、3500mm²）



12kA安定通電の確認

損失820W@12kA

→従来設計通り

低損失化の指針

・導体の交直比の低減

3500SQ(交直比3)

→3次撚線等、交直比を1に近づけ

通電に寄与しない断面積の低減

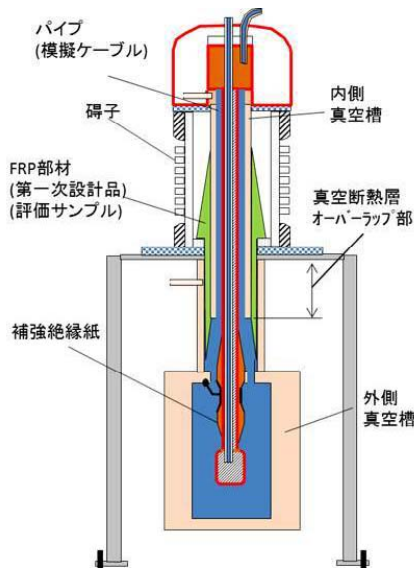
・常温部での熱交換量の増加

→熱交換面積の増加等

高温超電導ケーブル実証プロジェクト事後評価



主要成果【7】ブッシングの試作・評価



試験装置全体写真

電圧が印加するブッシング部を

FRPにて試作し、課電試験を実施。

試験条件

AC45 kV × 10分間、

IMP ±165 kV 各3回

(電力用規格A-257「22 kV

CVケーブル用がい管」による)

→良好に課電できることを確認

高温超電導ケーブル実証プロジェクト事後評価



成果のまとめと今後の課題

大電流超電導ケーブルと端末の設計検討および要素技術開発を行った。

- ・ケーブル構造→単心型(空芯コア、超電導シールド無し)を選択。
- ・12kA安定通電、交流損失は15W/m/ph
→今後、低交流損失線材の使用等で低損失化を計る。
- ・他相の磁場の影響を調査→設計に反映する。
- ・電流63kA/2secの短絡試験を実施→ケーブルにダメージがないことを確認。
- ・短絡時の電磁力は1300kg/m

- ・端末については、大電流通電可能なコンパクトな構造の基本設計を行った。
- ・従来設計での電流リードで12kA通電を実施。損失820W/本。
→電流リード導体の交直比を低減させ、低損失化を計る。
- ・FRPブッシングを試作→課電試験良好



大電流ケーブル、端末の基本設計を完了