

超電導き電ケーブルの開発状況

研究開発推進部 担当部長

超電導き電ケーブル課 課長

材料技術研究部 超電導応用研究室 室長

富田 優



発表概要

1. 鉄道システムへの適用手法
2. 超電導き電ケーブルの研究開発

超電導とは

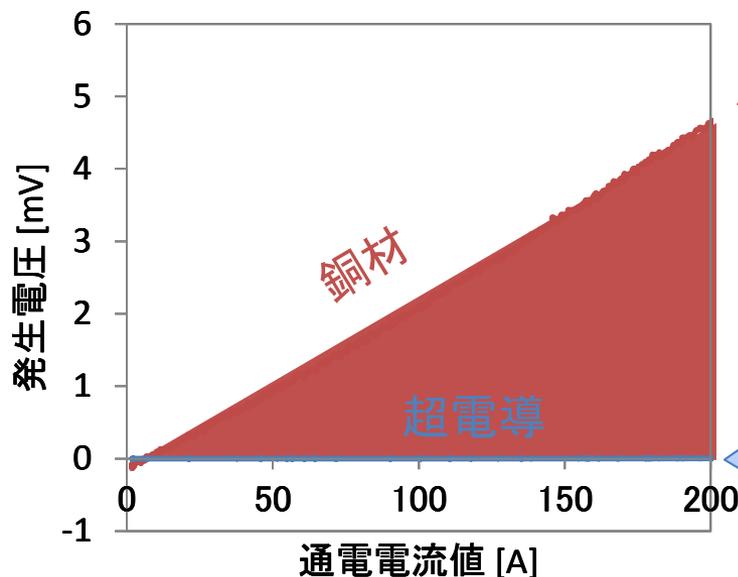
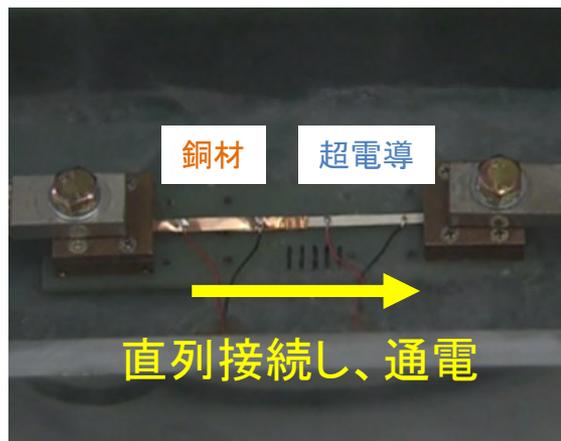
超電導の特性

電気抵抗ゼロで高い電流値！



超電導線材

超電導線材と銅材への通電試験



電気抵抗に比例した電圧発生
↓ $V=R \times I$
送電損失が発生！

電圧発生なし(電気抵抗ゼロ)
↓
送電損失なし！

ただし、電気抵抗ゼロは直流送電のみ！

1kW/km程度

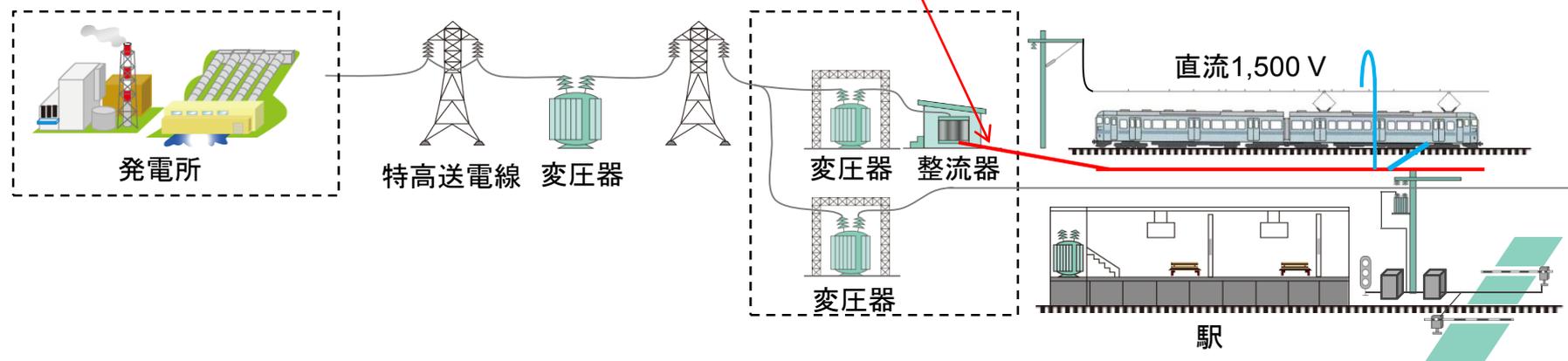
変動磁場が発生すると周囲の線材に悪影響が生じ、損失となる(交流損失)

直流送電が有利！ → 超電導き電ケーブルの開発

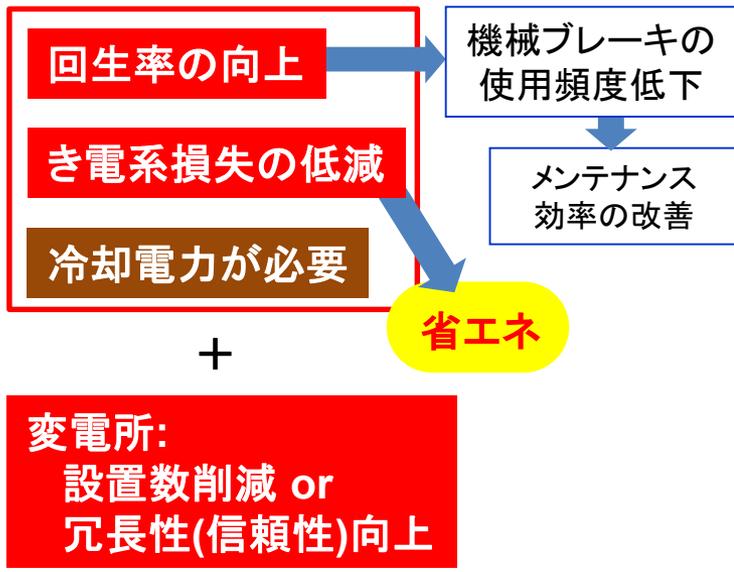
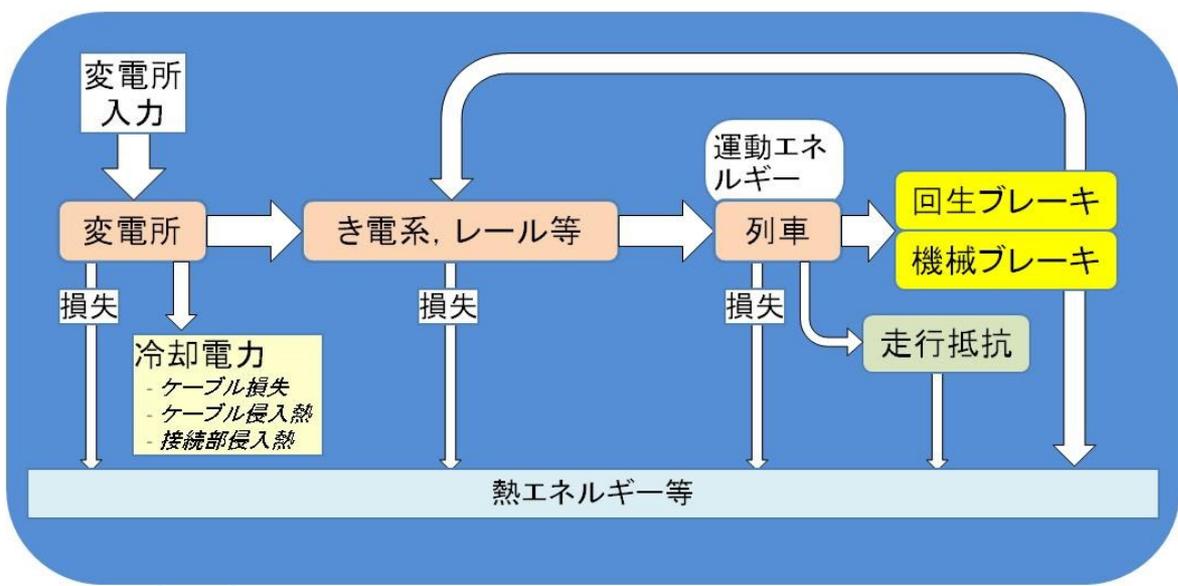


超電導ケーブルの導入法とエネルギーフロー

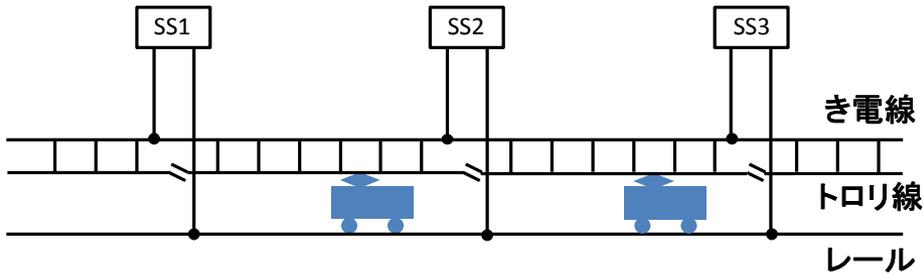
超電導ケーブル



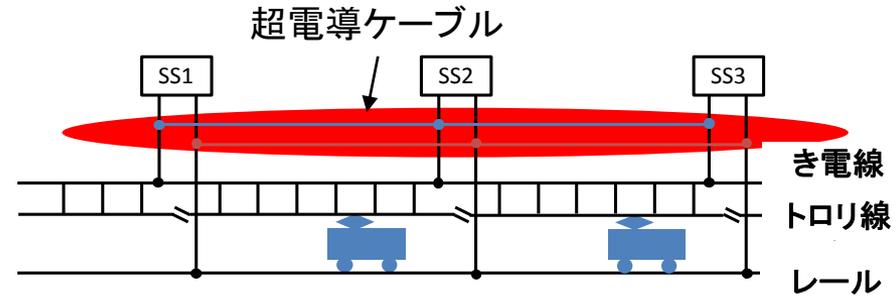
超電導ケーブル



超電導ケーブルのき電導入例

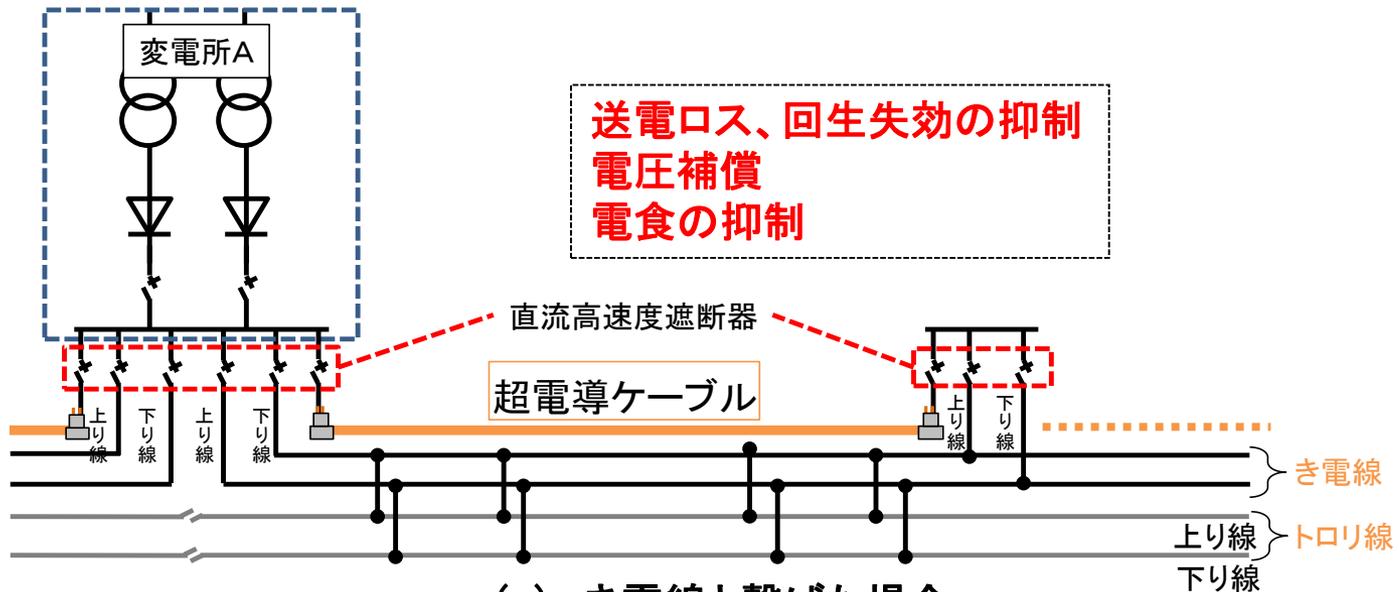


(a) 現在の直流き電システム



(b) 変電所間を結んだ場合

変電所間の負荷平準化
送電ロス、回生失効の抑制



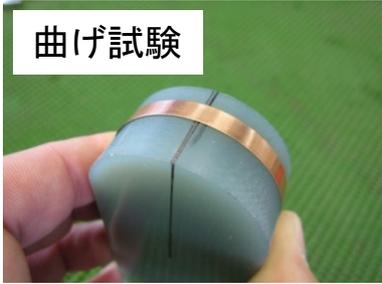
送電ロス、回生失効の抑制
電圧補償
電食の抑制

(c) き電線と繋げた場合

(基礎研究の一例) 超電導ケーブルの試作

超電導線材の評価

曲げ試験

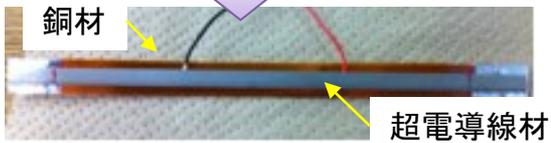
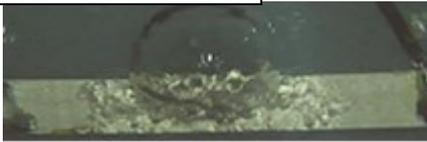


許容曲げ半径の確認



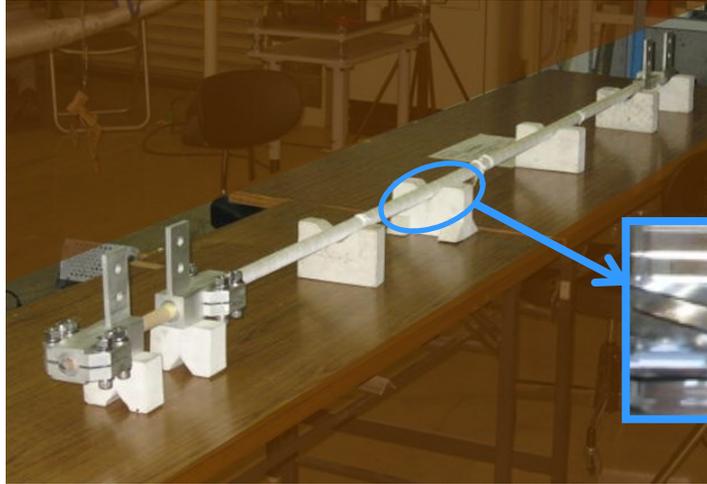
許容巻きピッチの確認

過電流特性評価



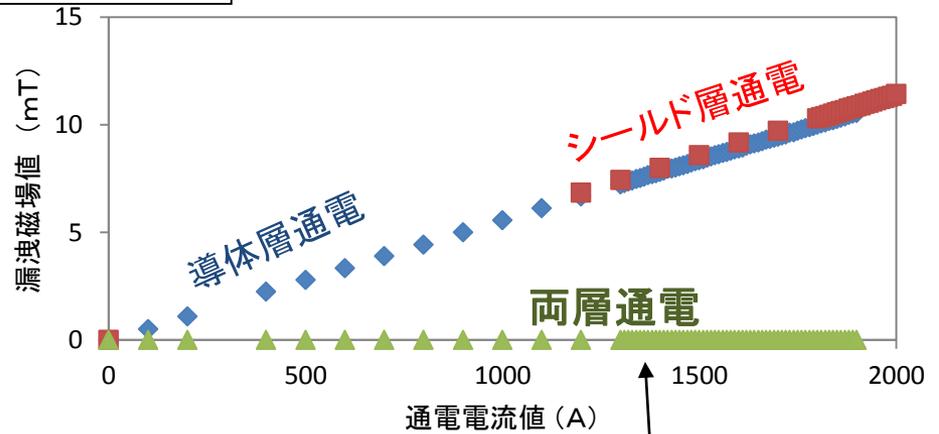
銅保護層により過電流特性向上

ケーブル化



超電導ケーブル巻線部

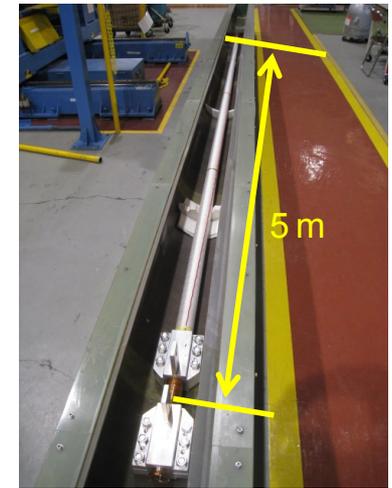
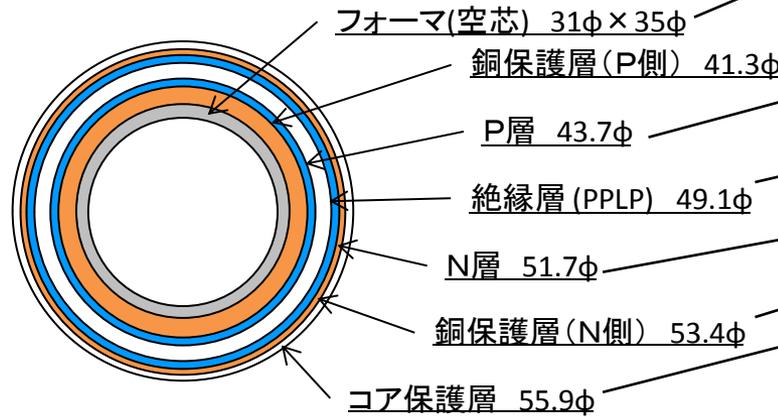
漏洩磁場測定



両層通電により漏洩磁場がキャンセル

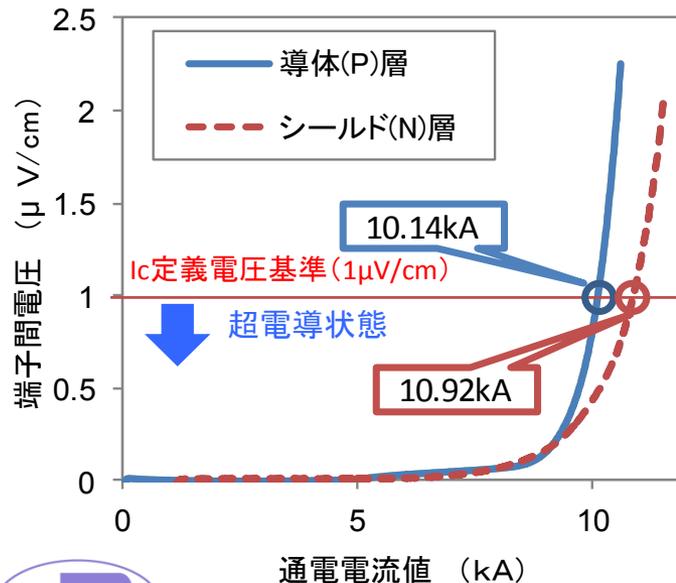
(応用研究の一例) 8kA級超電導き電ケーブル

製作した8kA級超電導き電ケーブル



断熱管

断熱材、真空層



導体(P)層: **10.14kA**
 シールド(N)層: **10.92kA**

(温度 77.3K)

P,N共に世界トップクラスとなる
10kA以上の臨界電流値を確認



(応用研究) 超電導き電ケーブルの開発

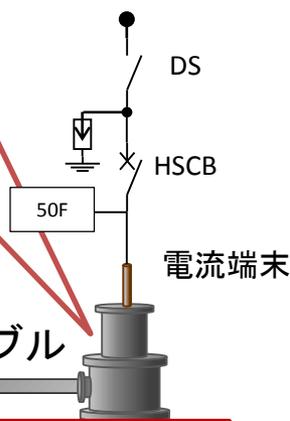
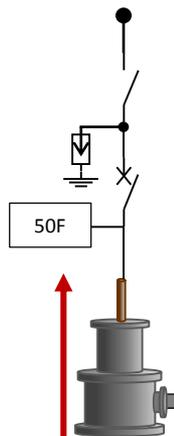
- 2007年度 超電導き電ケーブルの開発に着手
2 m超電導き電ケーブル試作
- 2010年度 5 m超電導き電ケーブル試作
- 2012年度 30 m級超電導き電ケーブル、試験開始
- 2013年度 300 m級超電導き電ケーブル、試験開始
- 2014年度 試験列車の走行試験
- 2016年度 400m級超電導き電ケーブル製作
- 2017年度 400m級超電導き電ケーブル試験開始

昨今の超電導き電ケーブルの開発(日野土木実験所)

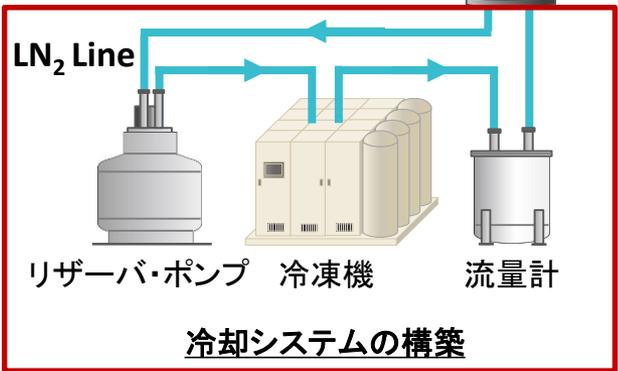
400m級超電導き電ケーブル



敷設技術(超電導き電ケーブルの断熱管への引込手法)



鉄道接続に向けた回路の設計検討

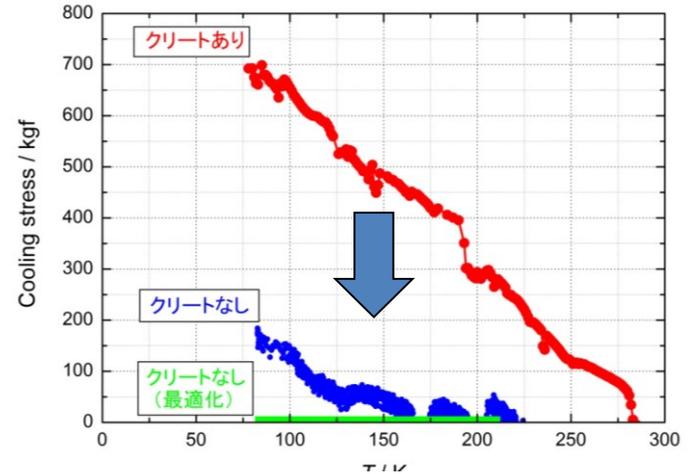
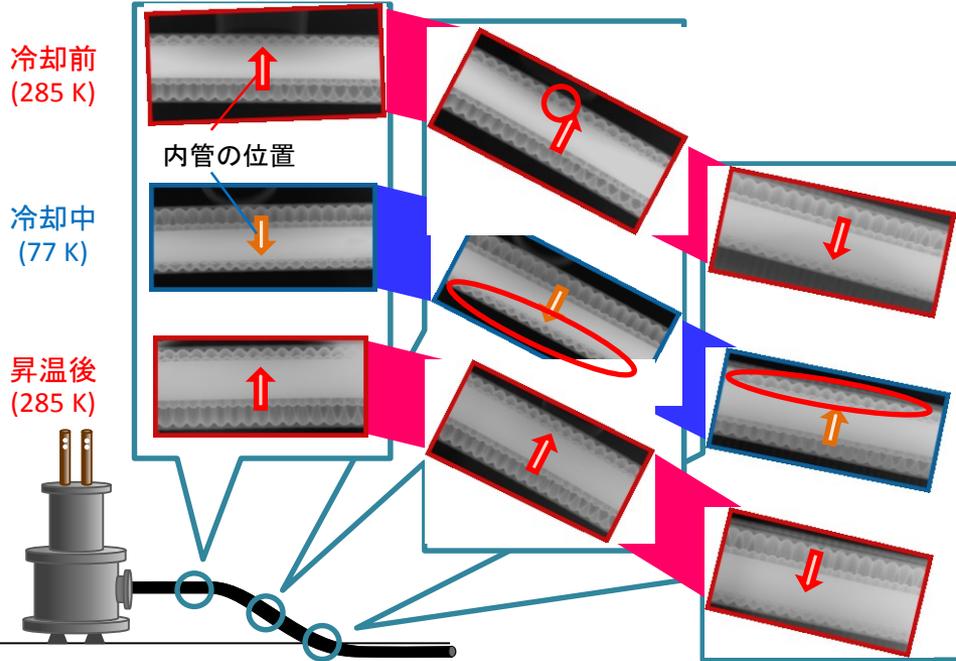


国立研究所における超電導き電ケーブル開発

応力緩和手法

断熱管の固定式の課題

内管と外管が接近し侵入熱が増加



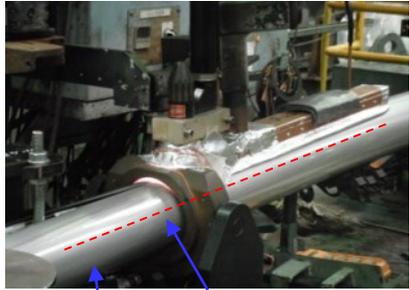
固定解除により張力が緩和



国立研究所における超電導き電ケーブル開発

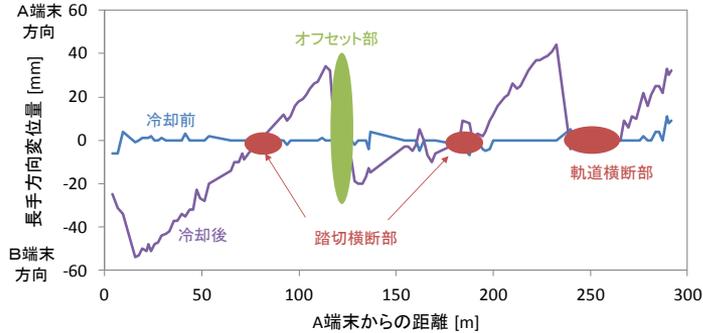
300m級超電導き電ケーブル

敷設方法



超電導ケーブル
断熱管の内管

応力緩和手法



スネーク、オフセットの設置

スネーク



オフセット



固定点に応力が集中

➡ 前後にオフセット・スネークを設置するのが有効



超電導き電ケーブルによる初の電車走行試験に成功

超電導き電ケーブルの断熱管への引込手法

敷設技術

開発方針

- ・張力緩和のため、固定をしない手法を検証する。
- ・メンテナンスなどを考慮し、断熱管へ引込、引出せる構造とする。

超電導き電ケーブルに引込層としてSUS素線で形成する鋼線ネットの付与を考案

- (効果)
- ・超電導材料へ直接張力を加えない
 - ・断熱管と超電導き電ケーブルが直接接触しないため、擦れの影響がない

100 mサンプルでの 模擬試験



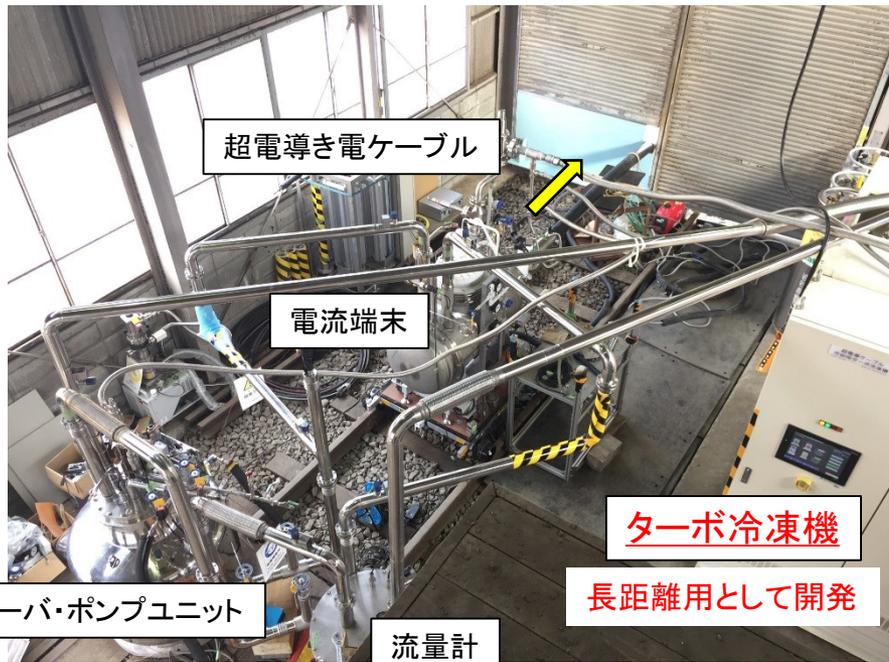
6.1kN(450m相当)までの動摩擦力を模擬。
超電導に異常のないことを確認

400 m級超電導き電ケーブルの引込



張力を監視し、
最大1.3kNで引き込みに成功

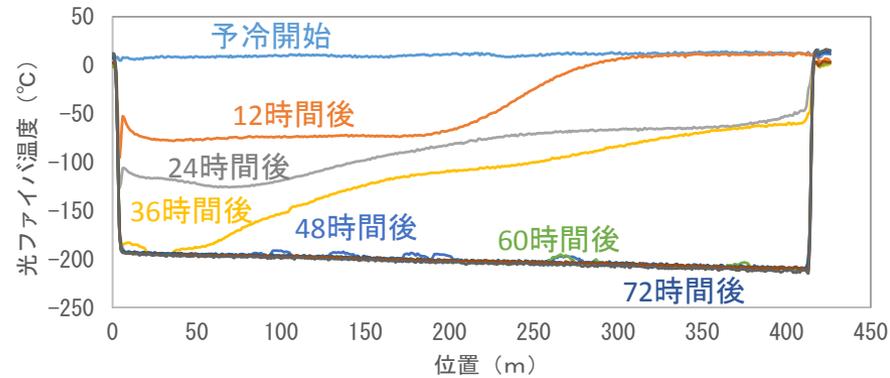
開発した超電導き電ケーブルシステム



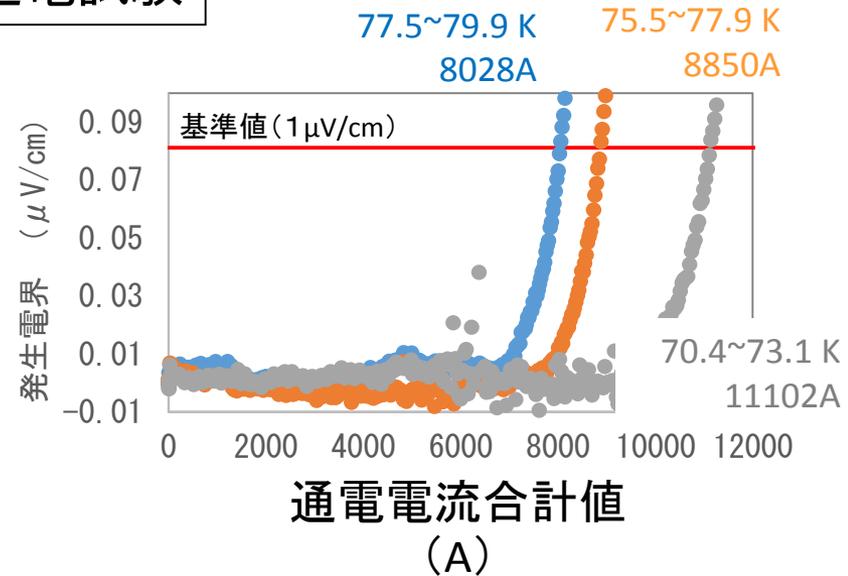
超電導き電ケーブルシステム外観

実路線で使用できる8kA級の超電導き電ケーブルシステムを開発

冷却試験



通電試験



ご清聴ありがとうございました

本研究の一部は、国土交通省の補助金を受けて行った。

また、本研究の一部は、(独)科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「戦略的イノベーション創出推進プログラム」における研究課題「次世代鉄道システムを創る超電導技術イノベーション」の支援を受けて行った。

