

超電導き電ケーブル

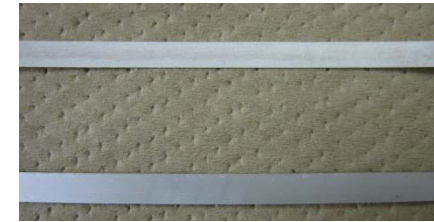
研究開発推進部 担当部長
超電導き電ケーブル課 課長
材料技術研究部 超電導応用研究室 室長
富田 優



超電導とは

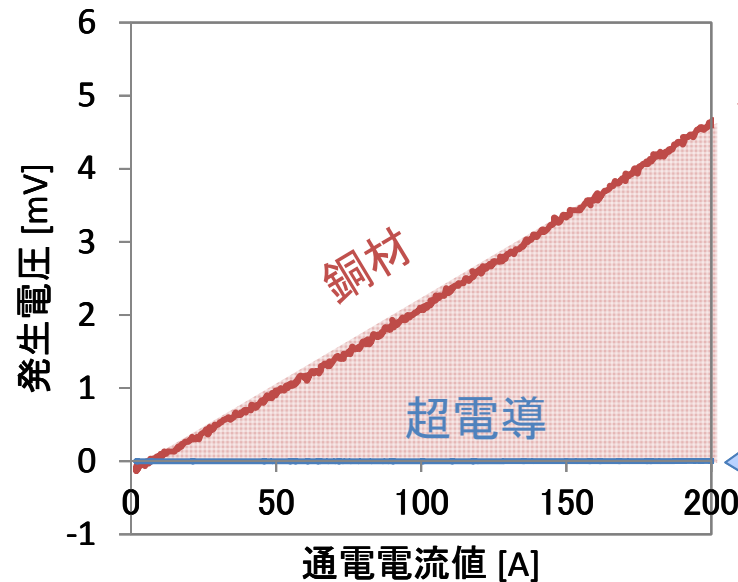
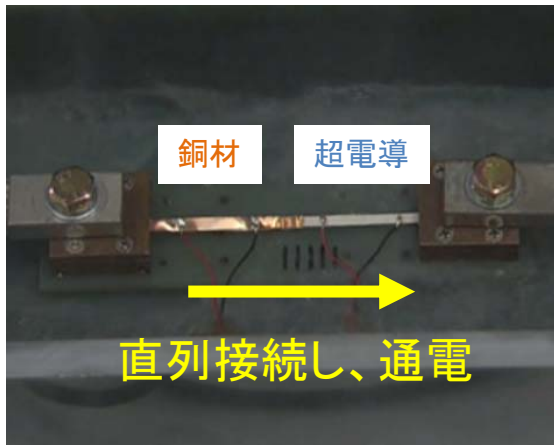
超電導の特性

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！

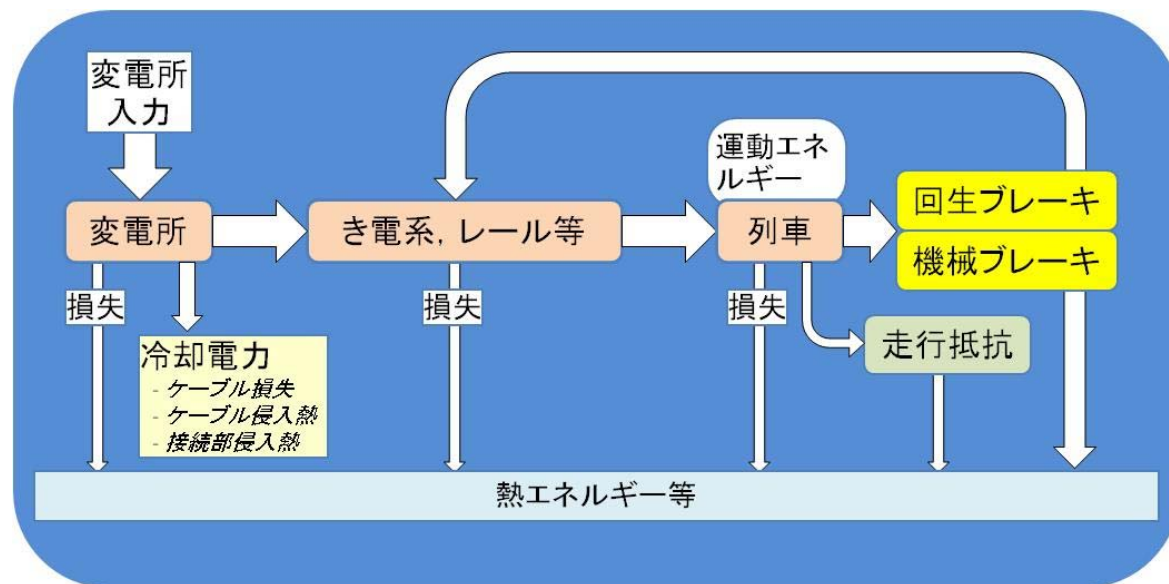
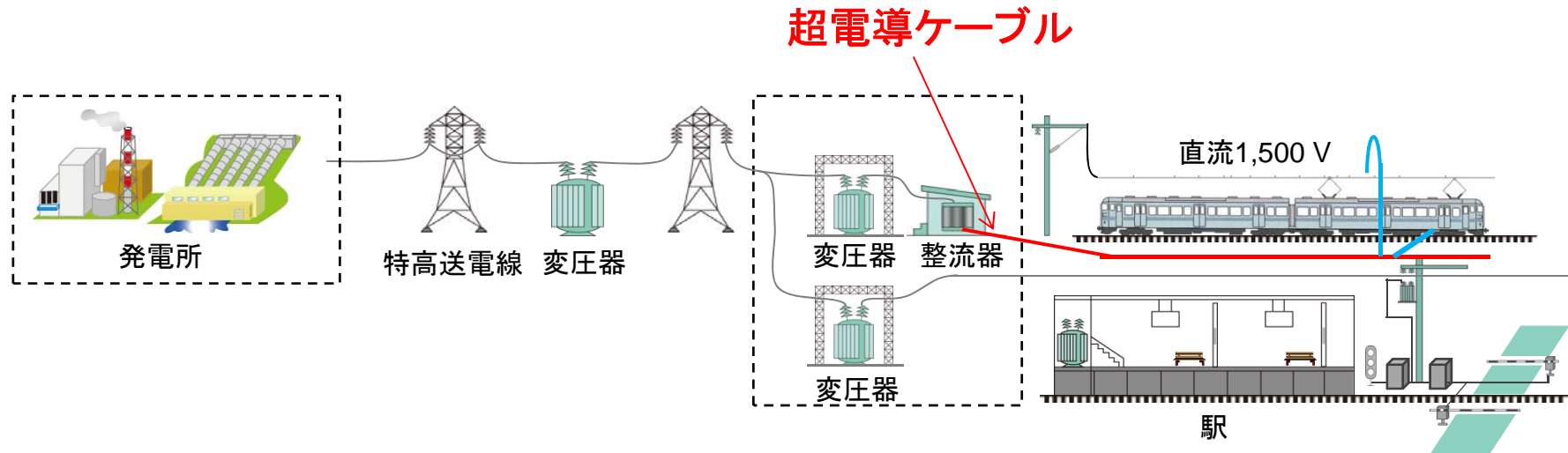
1kW/km程度

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

回生率の向上

き電系損失の低減

冷却電力が必要

+

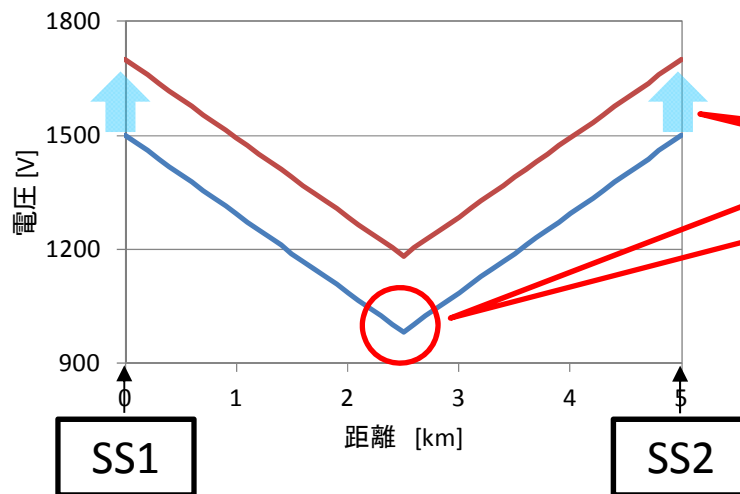
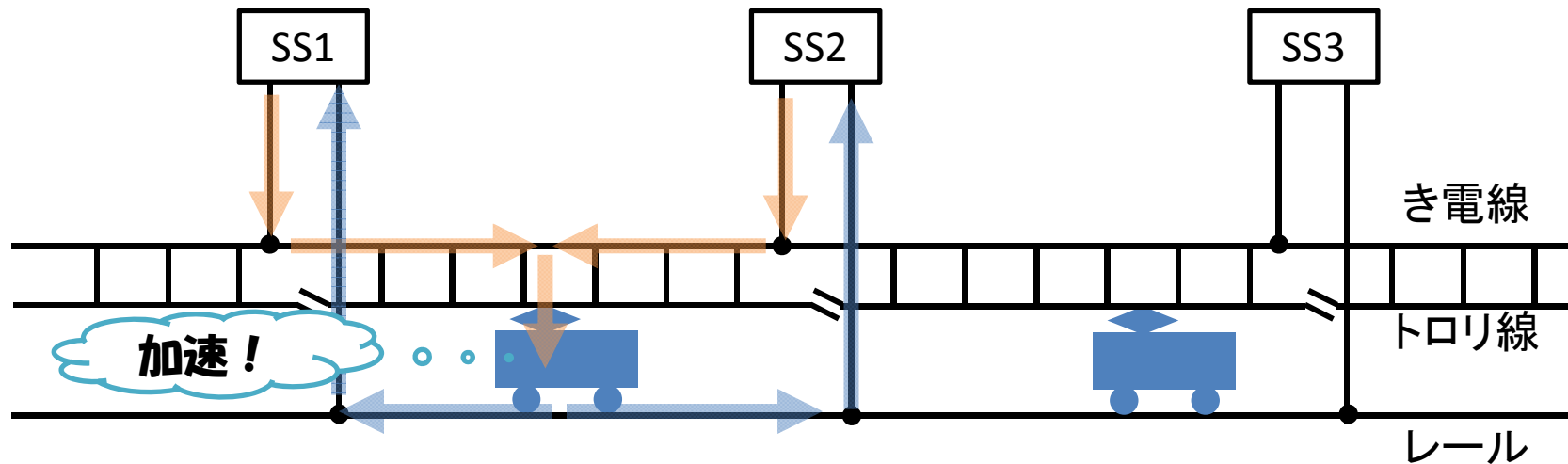
省エネ

機械ブレーキの
使用頻度低下

メンテナンス
効率の改善

変電所:
設置数削減 or
冗長性(信頼性)向上

直流き電方式の電気の流れ



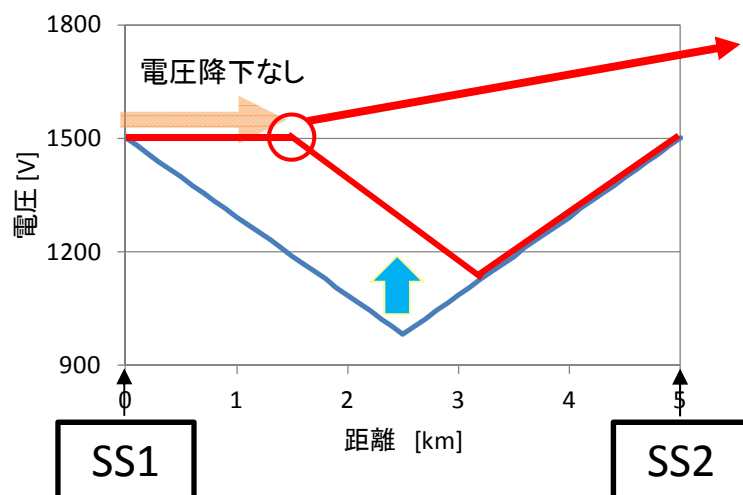
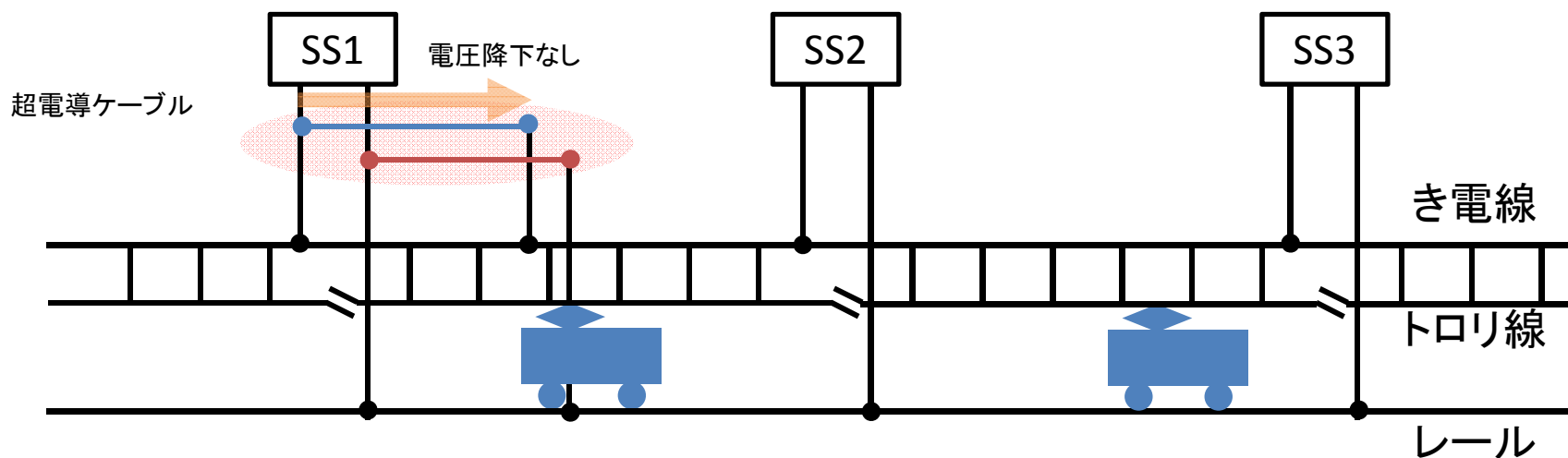
電圧降下が著しい
場合によっては運行に支障をきたす！

変電所の送り出し電圧を上げる
(例えば、1500V→1700V)

電圧低下に対する対策

- 変電所の送り電圧を上げる
- 変電所の間隔を狭める

直流き電方式の電気の流れ～超電導ケーブル導入時～



超電導ケーブルとき電線の接続点が
疑似変電所となる

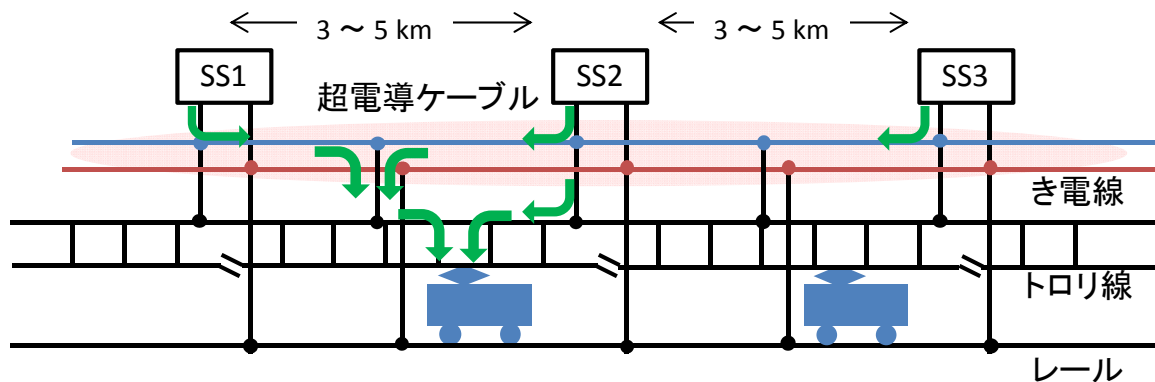
導入効果

- 電圧降下なし→き電電圧の安定化
- 回生効率の上昇
- 変電所間隔の拡大

超電導ケーブル導入効果

直流電気鉄道課題

① 電圧降下、送電損失が発生する →ダイヤが増やせない

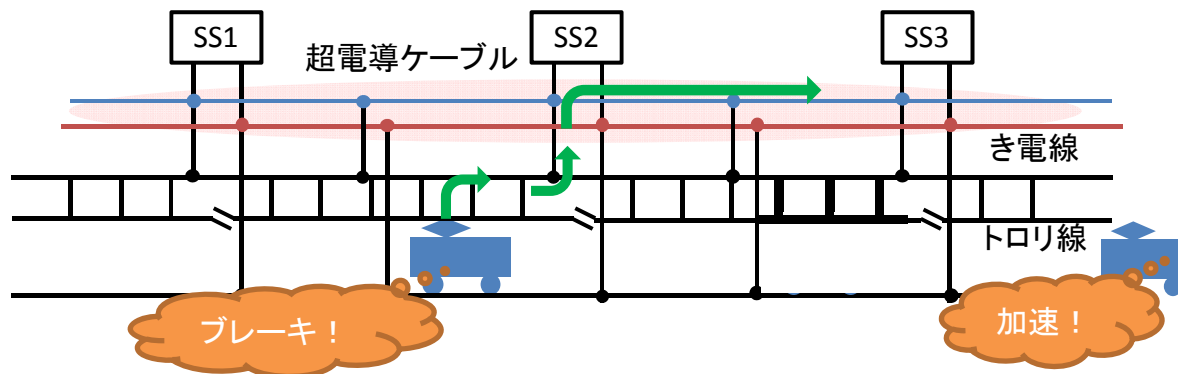


解決!

変電所間の負荷平準化

- ① ダイヤの増強が可能
- ② 変電所の削減、商用地利用

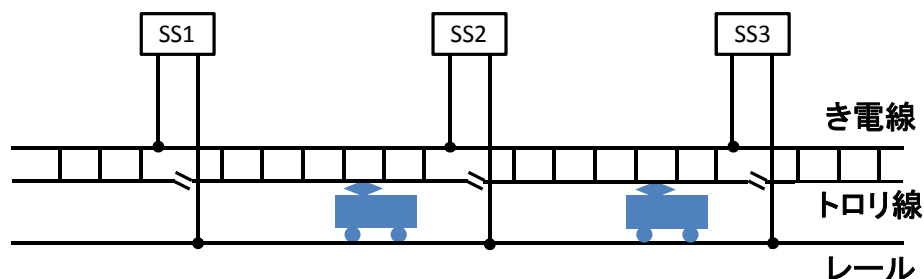
② 回生失効の問題



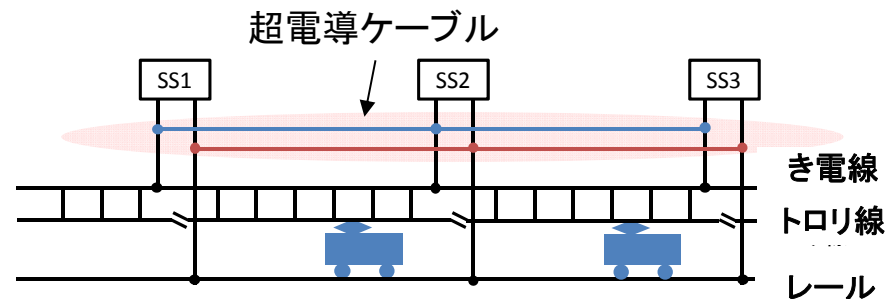
送電損失低減
回生効率
の向上(省エネ)



超電導ケーブルのき電導入例

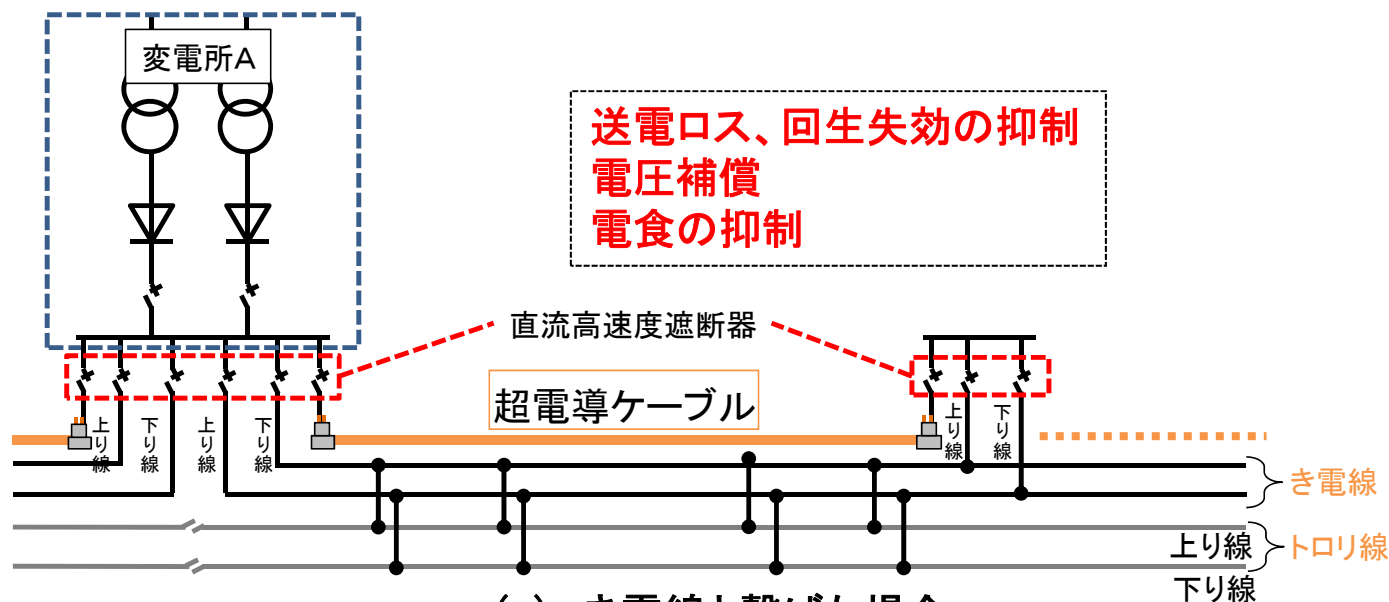


(a) 現在の直流き電システム



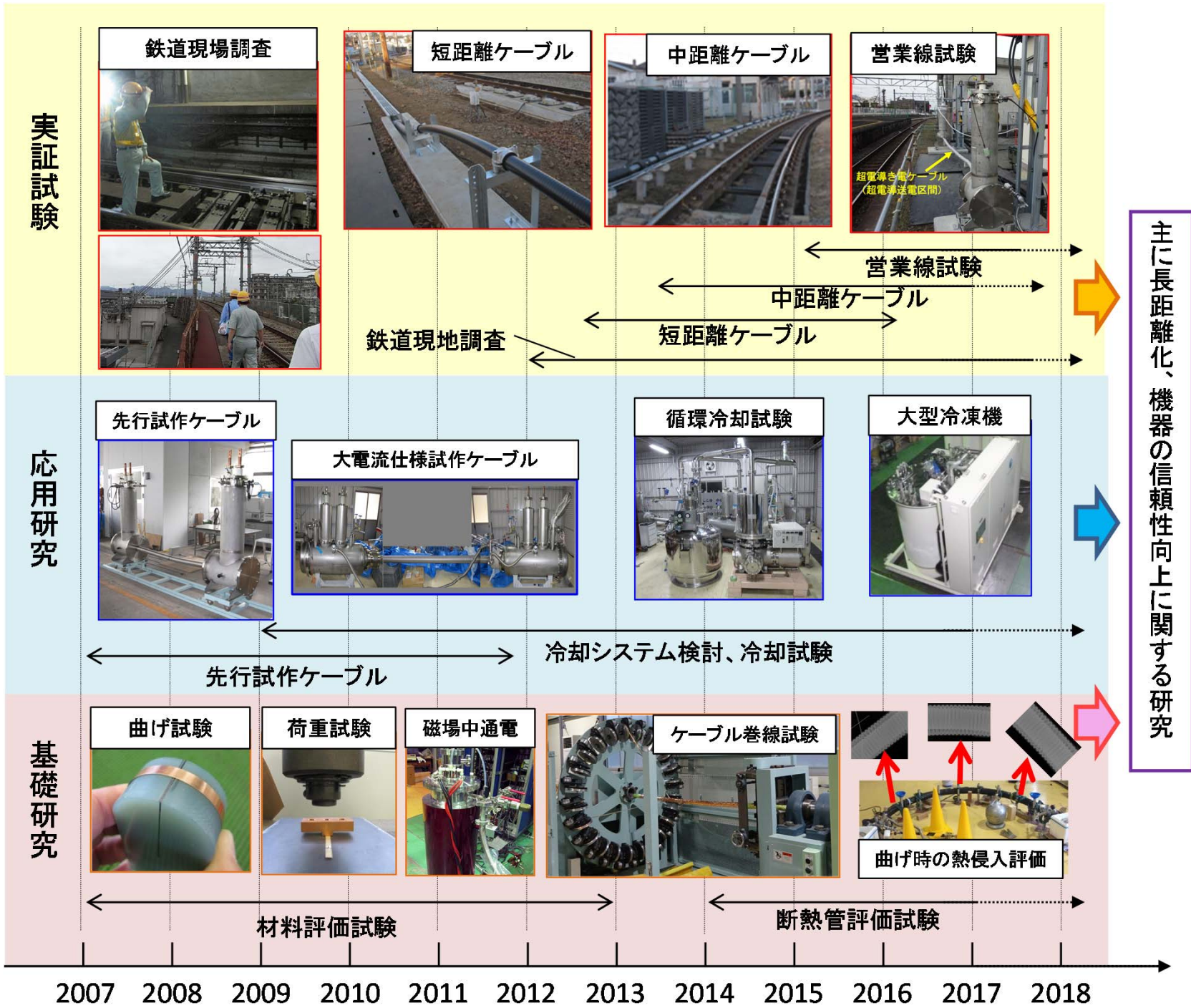
(b) 変電所間を結んだ場合

変電所間の負荷平準化
送電ロス、回生失効の抑制



(c) き電線と繋げた場合

送電ロス、回生失効の抑制
電圧補償
電食の抑制



実証試験

応用研究

基礎研究

鉄道現場調査

短距離ケーブル

中距離ケーブル

営業線試験

超電導き電ケーブル
(超電導送電区間)

営業線試験

中距離ケーブル

短距離ケーブル

鉄道現地調査

先行試作ケーブル

大電流仕様試作ケーブル

循環冷却試験

大型冷凍機

冷却システム検討、冷却試験

先行試作ケーブル

曲げ試験

荷重試験

磁場中通電

ケーブル巻線試験

曲げ時の熱侵入評価

材料評価試験

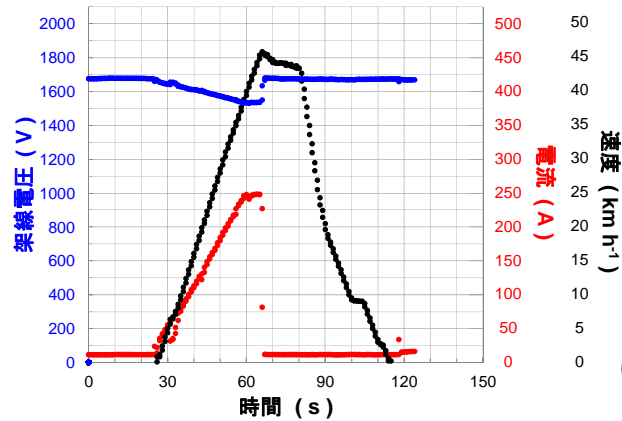
断熱管評価試験

2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018

主に長距離化、機器の信頼性向上に関する研究

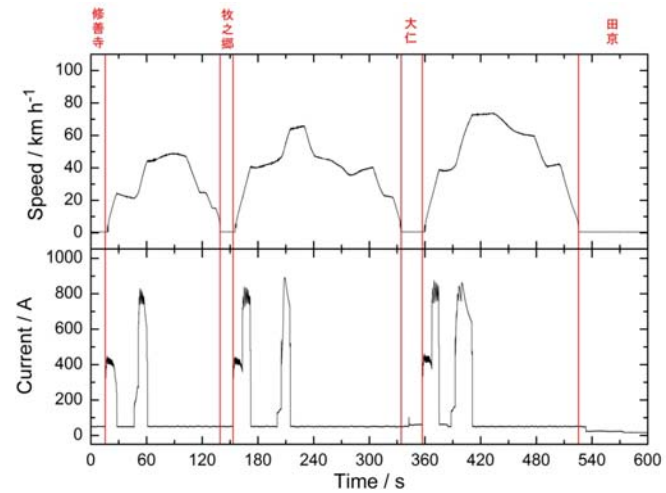
超電導き電ケーブルの動作試験

構内試験線による超電導き電ケーブル



(国立、30m)

伊豆箱根鉄道における検証



(夜間営業線、6 m)

短尺超電導き電ケーブルによる電車走行試験に成功

超電導き電ケーブル敷設技術の構築～国立研究所

- 敷設技術
- ①超電導き電ケーブルを内包した断熱管を現場で敷設する方法
 - ②超電導き電ケーブルと断熱管を現場で別々に敷設する方法

①超電導き電ケーブルを内包した断熱管の敷設(300 m級超電導き電ケーブル)

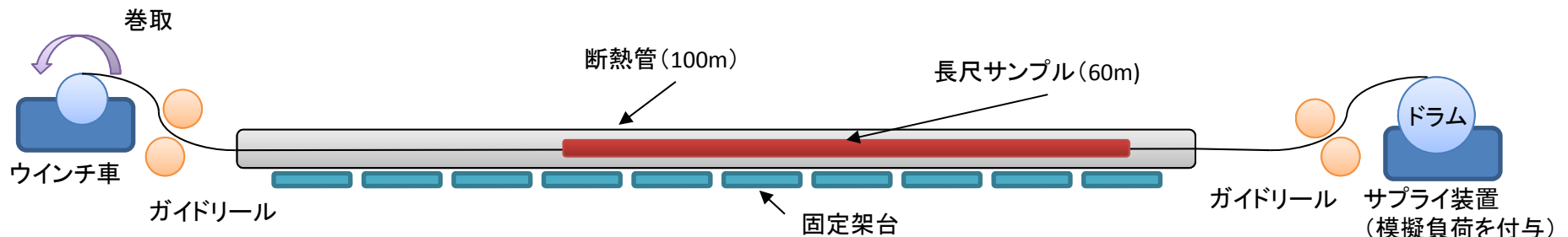


超電導き電ケーブルを内包した断熱管の敷設技術を構築

超電導き電ケーブルの断熱管への引込手法～日野土木実験所

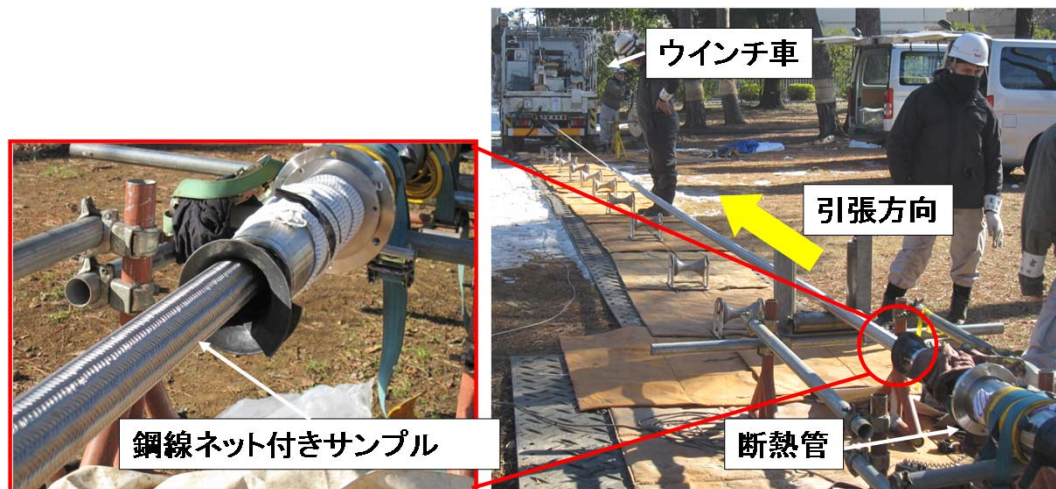
②超電導き電ケーブルと断熱管を別々に敷設(400 m級超電導き電ケーブル)

- ✓ 施工性を考慮し、断熱管の材質としてSUSを採用
- ✓ 超電導き電ケーブルに引込層として鋼線ネットを付与 (特願2017-001906)



100 mサンプルでの模擬試験

400 m級超電導き電ケーブルの引込

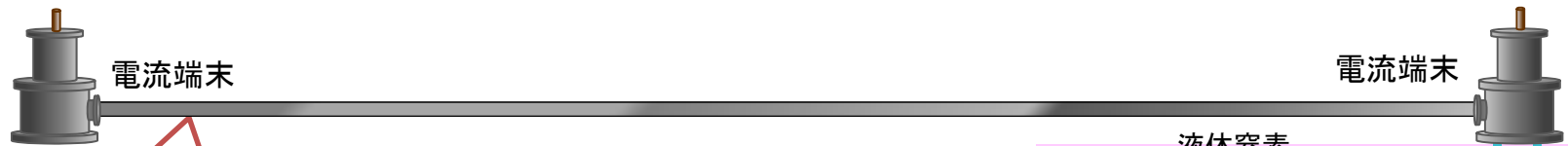


- ・6.1 kNまでの動摩擦力を模擬
- ・超電導ケーブルに異常のないことを確認

張力を監視し、1.3 kNで引込成功

断熱管への超電導き電ケーブルの引込技術を構築

開発した超電導き電ケーブルシステム～日野土木実験所

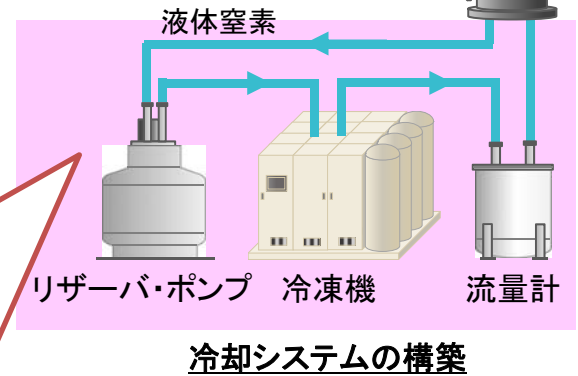
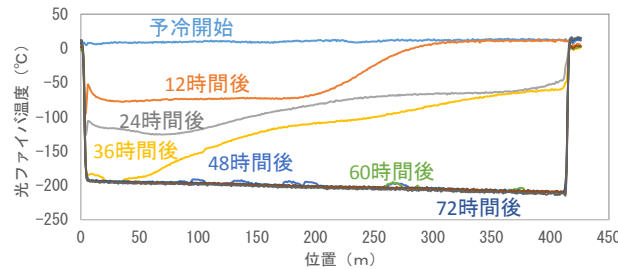
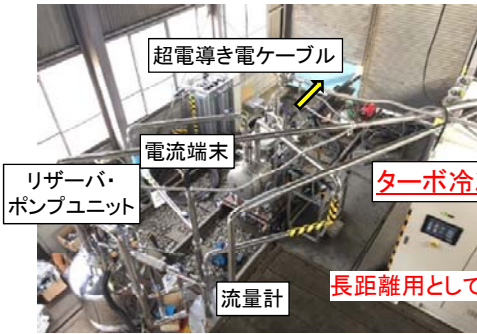
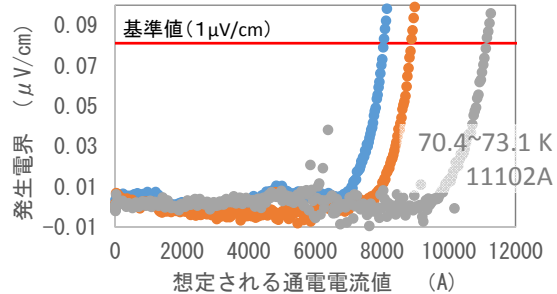


超電導き電ケーブル



通電試験

77.5~79.9 K 8028A
75.5~77.9 K 8850A

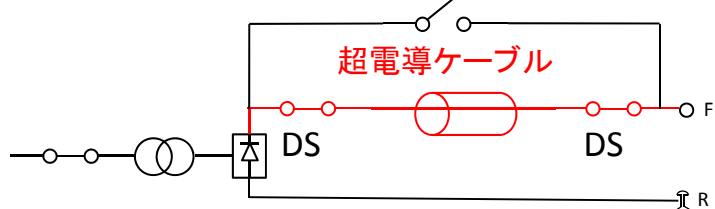


**システムの
信頼性を確認**

鉄道接続に向けた回路の設計検討

保護回路の設計

伊豆箱根鉄道の実験用回路

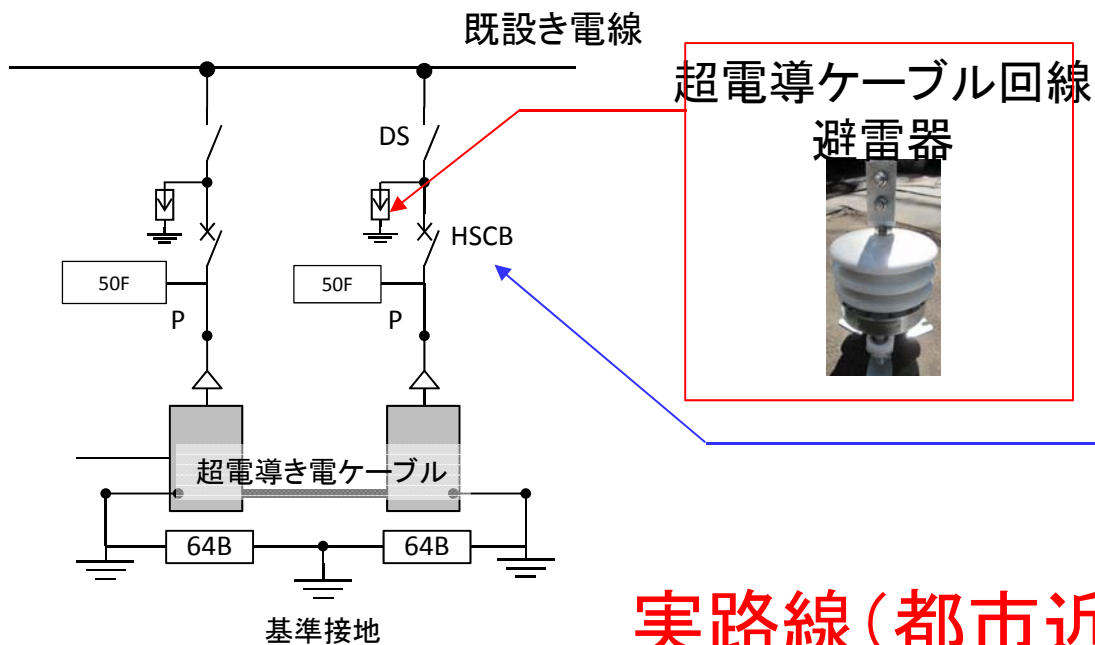


切り替えのための断路器(DS)のみ

変電所の調査をふまえ、

- ・過電流保護(50F)、
- ・地絡故障保護(64B)

など、既設設備との接続試験に
必要な保護回路を設計



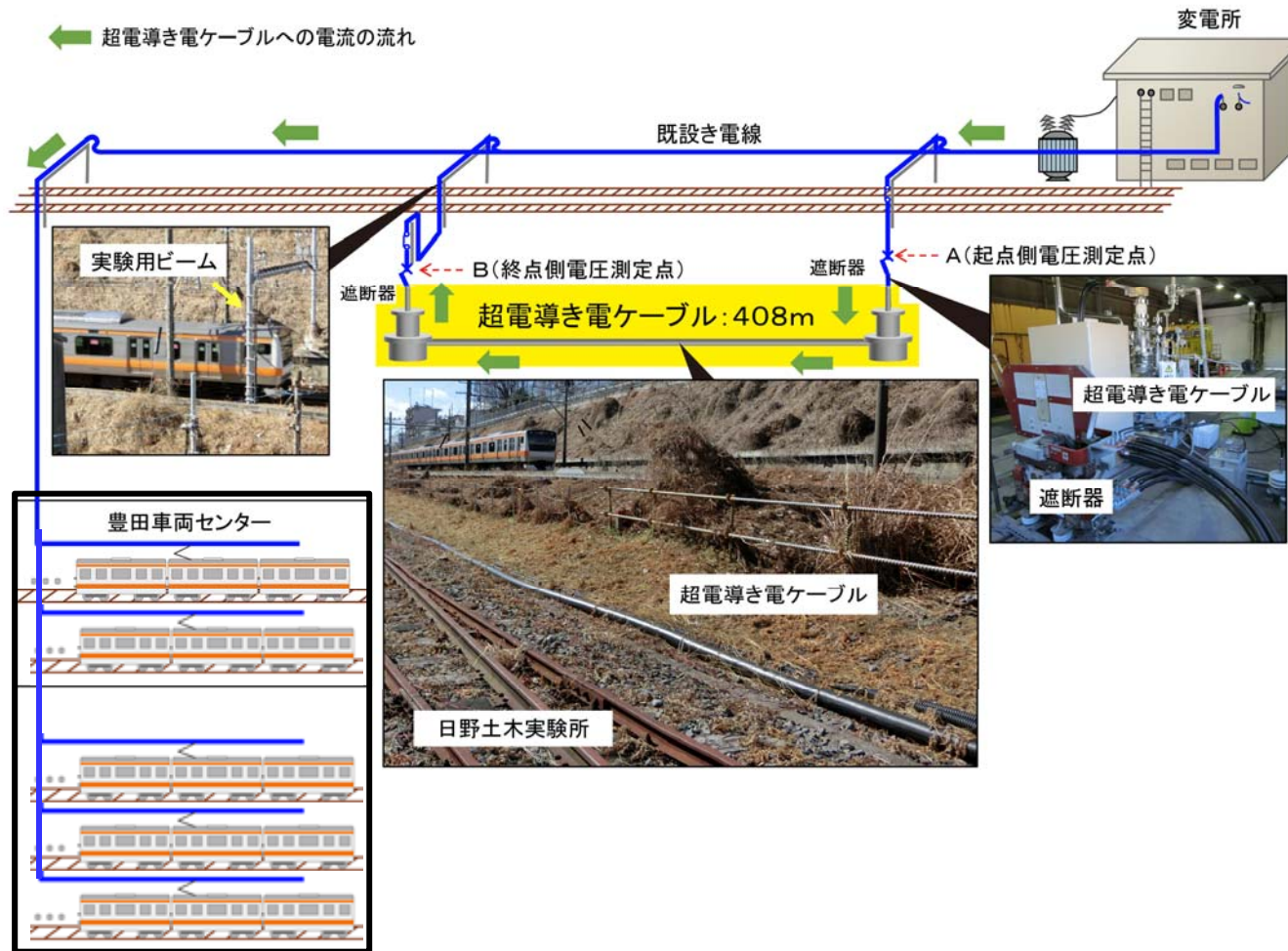
実路線用の保護回路

超電導ケーブル回線
直流高速度遮断器

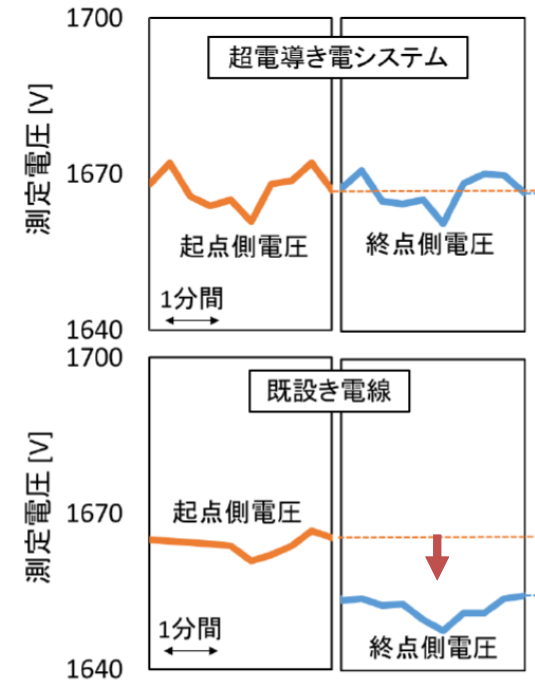


実路線(都市近郊路線)に接続可能な
超電導き電ケーブルシステムを実現

超電導き電の電圧降下対策の実証



電圧降下
0.02 V以下まで抑制

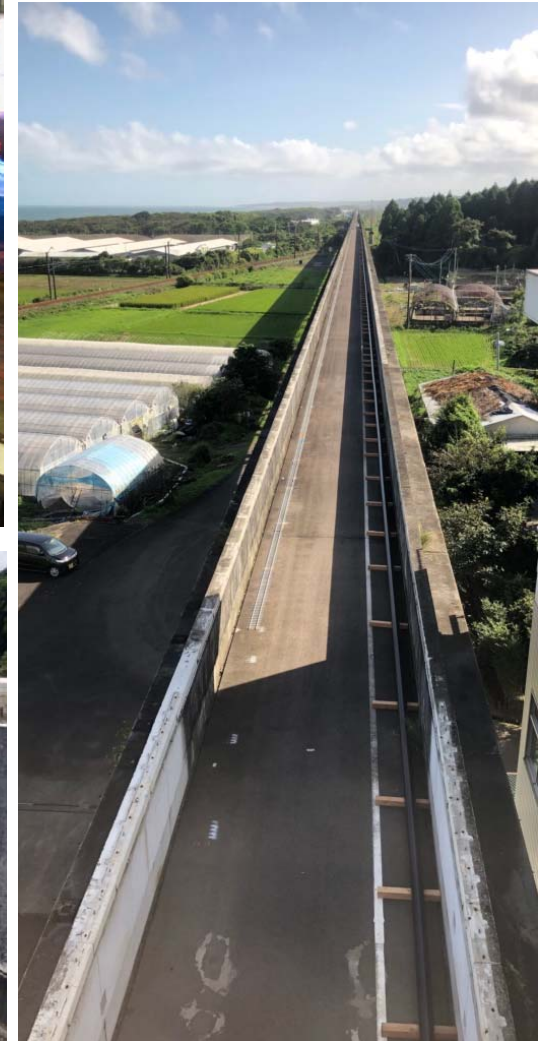


電圧降下
9.41 V

超電導き電による電圧降下の抑制を実証

長距離超電導き電ケーブルの開発

宮崎実験センター建屋



km級の実証試験に向け、システムを構築中