

鉄道路線における超電導き電システムの検証

浮上式鉄道技術研究部 超電導・低温研究室長

福本 祐介

本日の発表

- ◆背景
- ◆営業運用に向けた仕様書案作成
- ◆基礎試験
- ◆営業線における検証

本日の発表

◆背景

◆営業運用に向けた仕様書案作成

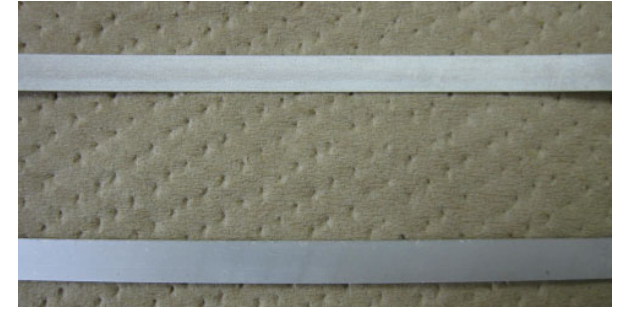
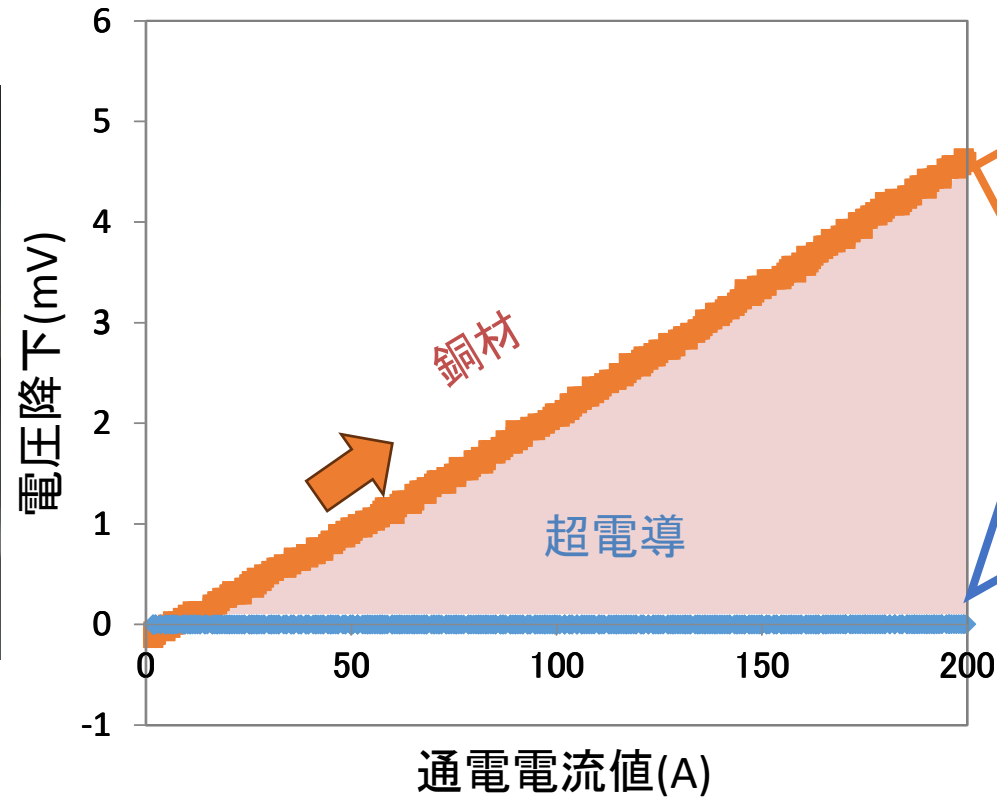
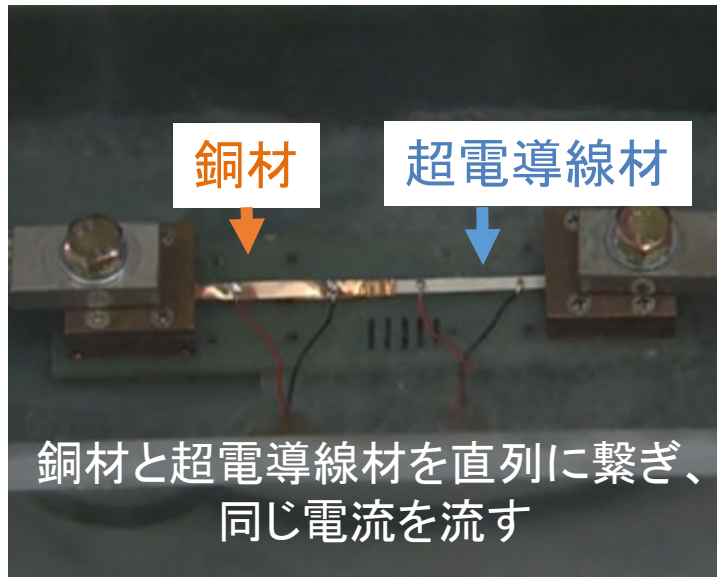
◆基礎試験

◆営業線における検証

超電導とは

超電導の特性

超電導線材と銅材への通電実験



超電導線材

銅材は電気抵抗に比例して
電圧降下が発生 $V = R \times I$

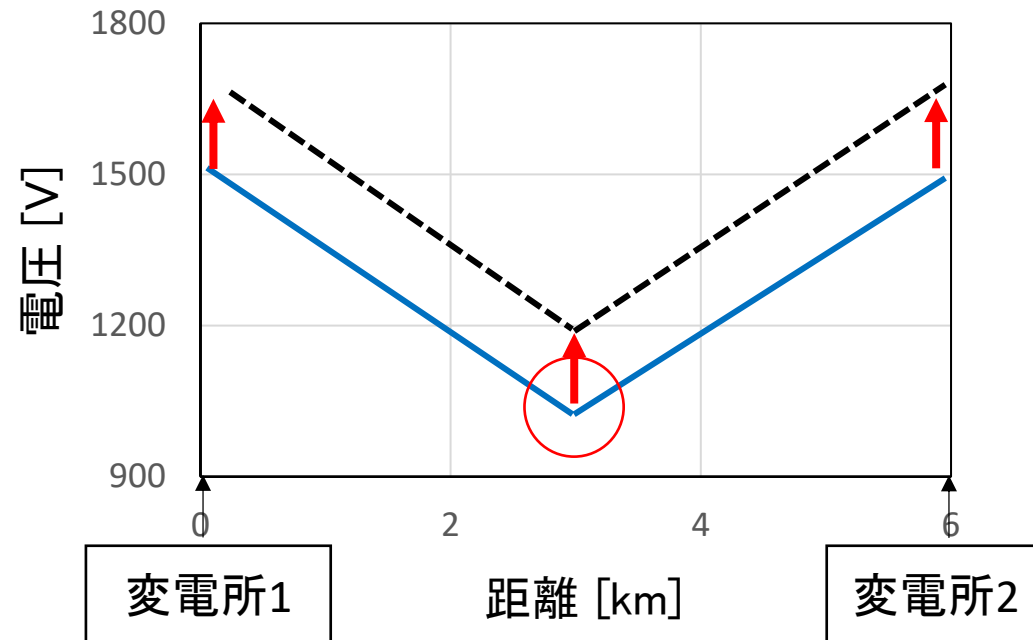
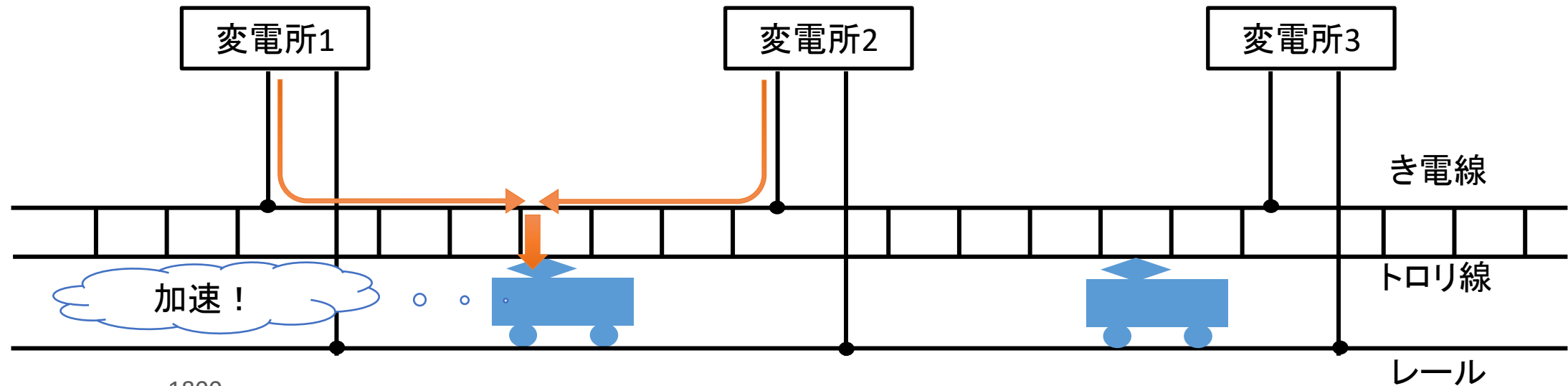
損失も発生 $P = R \times I^2$

超電導線材は
電圧降下が発生しない

電気抵抗 $R = 0$
損失も発生しない

超電導は、電気抵抗ゼロで電気を送ることができる

直流き電方式の電気の流れ



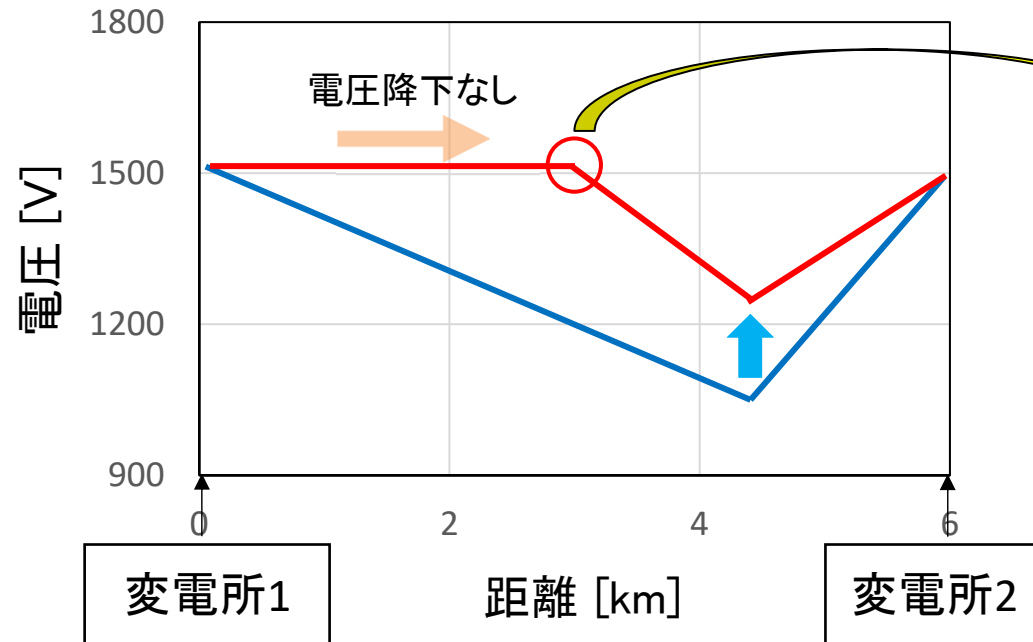
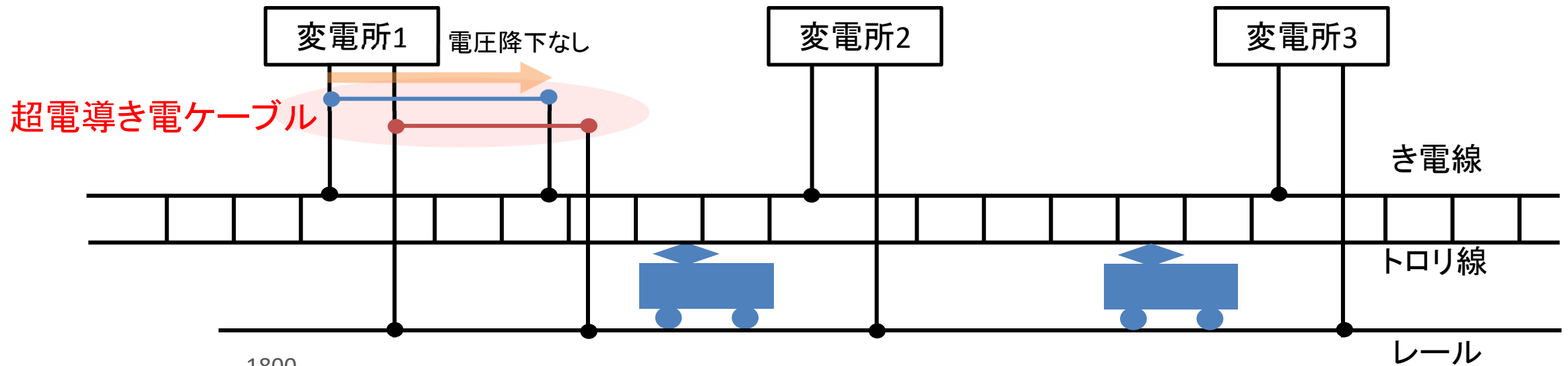
電気抵抗による電圧降下が発生

- 車両電圧不足によるノッチ規制
→ 安定輸送へ支障

電圧降下に対する従来の対策

- 変電所の送り電圧を上げる
- 変電所間隔の短縮(変電所新設)

直流き電方式の電気の流れ(超電導導入時)



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
- 変電所間隔の拡大

超電導ケーブルの仕様

従来の電線

銅やアルミ → 仕様書があり、試験方法なども定められている

超電導ケーブル

新しい技術であり、項目、性能が整理されていない

- ➡ 屋外に設置される高電圧の電気が流れるケーブルとして、通電性能、耐電圧性能の観点から、調査・検討を実施。仕様書案を作成
- ➡ 仕様書案をもとに基礎試験を行い、性能を満たすことを確認
- ➡ 営業線に超電導き電システムを設置、検証試験を実施

本日の発表

◆背景

◆営業運用に向けた仕様書案作成

◆基礎試験

◆営業線における検証

超電導ケーブルの仕様書案作成：定格、性能

定格

(例)

電圧	電流
DC1,500V	8 kA

※ 任意に設定可能

性能

項目	性能	参照規格
電圧降下 (-196 °C)	臨界電流以下で 0.1 V/km	JIS C 3005 4.4
臨界電流値	定格電流値以上	JIS H 7305
雷インパルス耐電圧	20 kV	JIS C 3005 4.11
耐電圧	5.5 kV 10分間	JIS C 3005 4.6
絶縁抵抗	1000 MΩ・km	JIS C 3005 4.7

導体抵抗に関する項目

電圧降下として記載 (0.1 V/km)

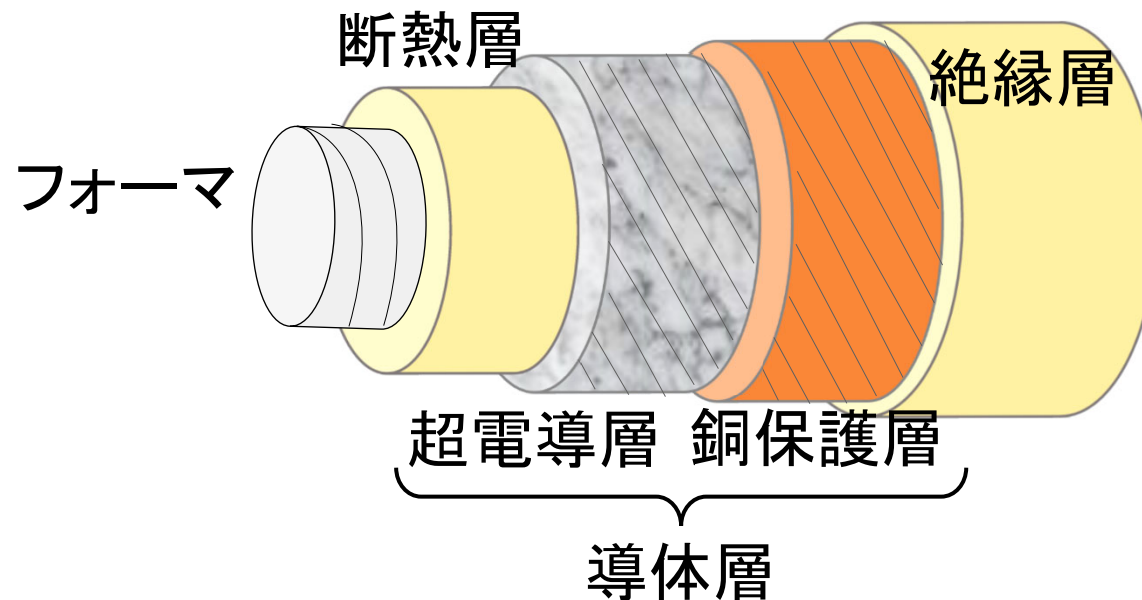
臨界電流値：電気抵抗ゼロで流せる電流値。基準値 **1 μV/cm**。

絶縁性能に関する項目 従来のき電ケーブル仕様と同等。

超電導ケーブルの仕様書案作成：構造

構造

層		使用材料	主たる役割
フォーム		コルゲート管	機械保持、冷媒流路
断熱層		絶縁紙	熱絶縁
導体層	超電導層	高温超電導線材	常規電流の通電
	銅保護層	銅材	過電流の通電
絶縁層		絶縁紙	電気絶縁



超電導ケーブルの仕様書案作成：試験方法

試験方法

項 目	記 事
外観試験	製造時の全長に対して、JIS C 3005の4.1(外観)により、 超電導ケーブルコアに対して実施。
寸法確認試験	JIS B 0405の4.1(長さ寸法)中級を適用。ただし、製造工程において各層の厚みをノギス等で測定し、公差内に収まっていることを確認。
通電試験	JIS H 7305を適用。 ただし、超電導ケーブルのテストピースに対して、大気圧液体窒素浸漬冷却下で行い、電界基準を100 $\mu\text{V}/\text{m}$とする。
雷インパルス耐電圧	JIS C 3005の4.11(雷インパルス耐電圧(衝撃耐電圧))を適用。 ただし、完成品もしくは超電導ケーブルのテストピースに対して、空気中もしくは大気圧液体窒素浸漬冷却下で実施。
周波数耐電圧試験	JIS C 3005の4.6(耐電圧)を適用。 ただし、完成品もしくは超電導ケーブルのテストピースに対して、空気中もしくは大気圧液体窒素浸漬冷却下で実施。
絶縁抵抗試験	JIS C 3005の4.7(絶縁抵抗)を適用。 ただし、完成品もしくは超電導ケーブルのテストピースに対して、空気中もしくは大気圧液体窒素浸漬冷却下で実施。

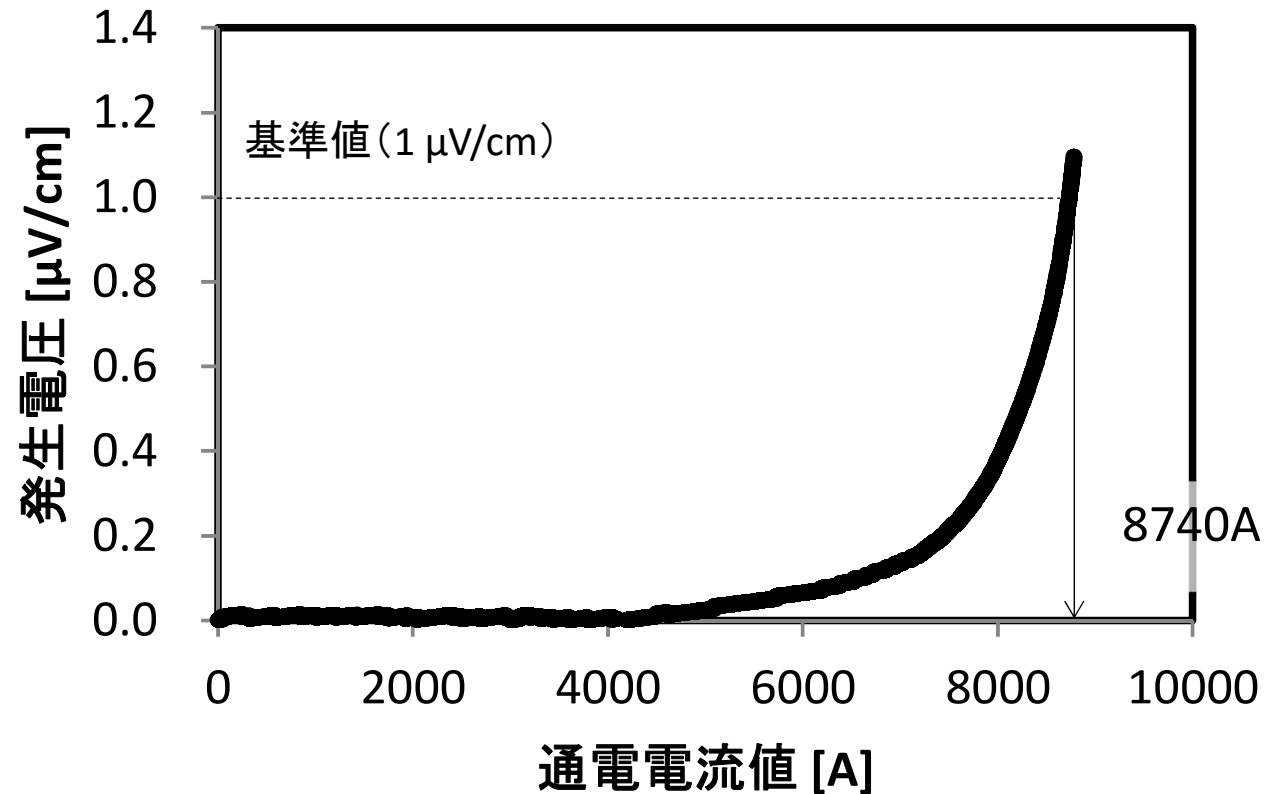
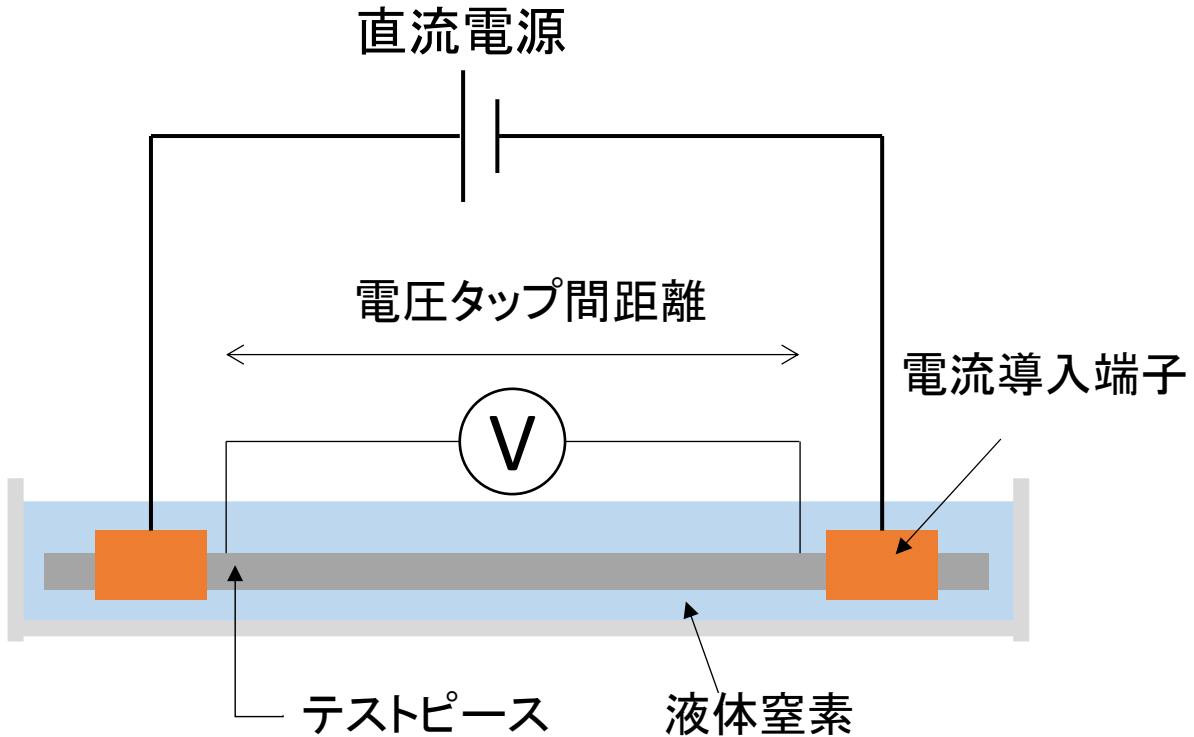
基本JISを適用し、**超電導特有の事項**を追記。

本日の発表

- ◆背景
- ◆営業運用に向けた仕様書案作成
- ◆**基礎試験**
- ◆営業線における検証

超電導ケーブルの基礎試験：通電試験

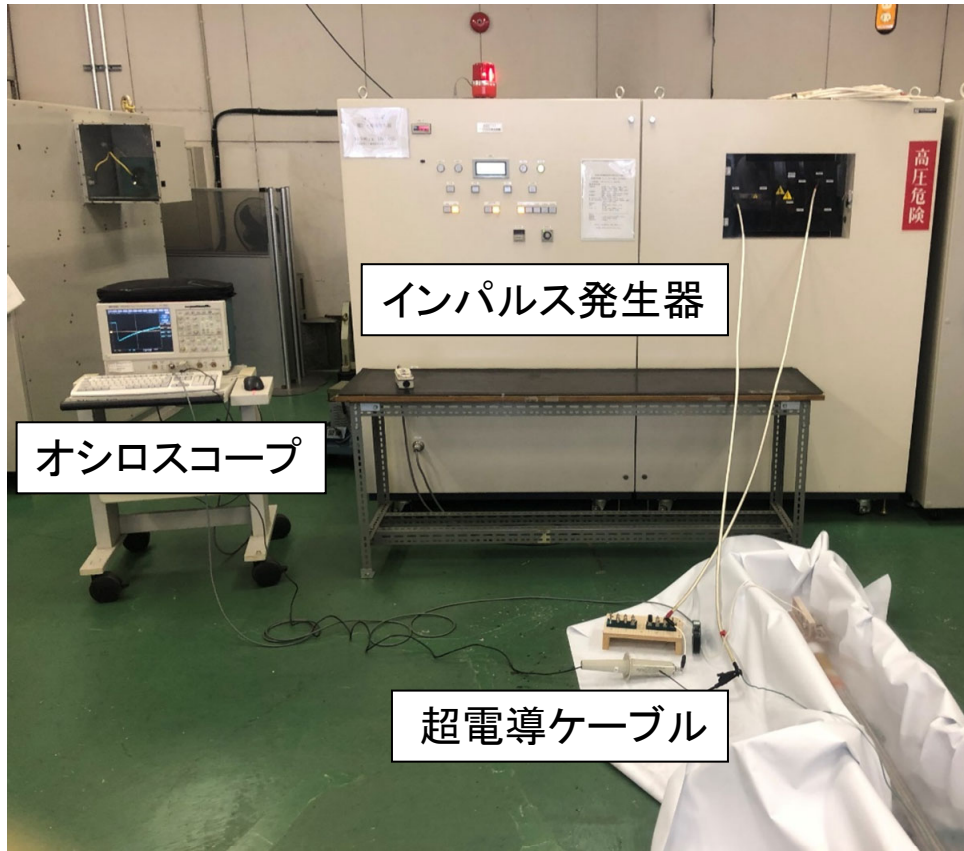
通電試験



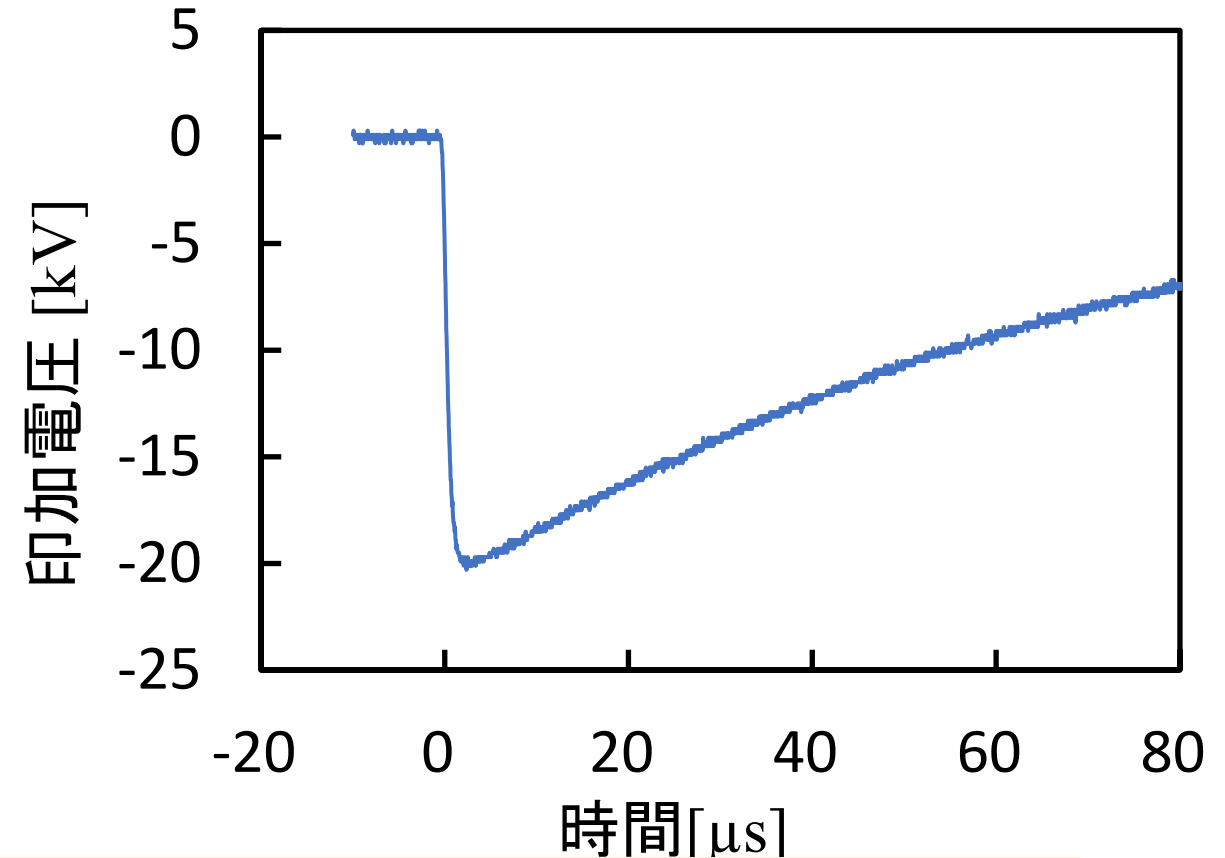
通電試験により超電導ケーブルの電流容量を把握

超電導ケーブルの基礎試験：雷インパルス耐電圧試験

雷インパルス耐電圧試験



試番	印加電圧(kV)	波頭長(μ s)	波尾長(μ s)	試験結果
1-1	-20.1	1.7	54.9	良
1-2	-20.3	1.8	54.7	良
1-3	-20.3	1.7	54.3	良



絶縁破壊なく、十分なインパルス耐電圧性能を有することを確認

本日の発表

- ◆背景
- ◆営業運用に向けた仕様書案作成
- ◆基礎試験
- ◆営業線における検証

営業線における検証

超電導き電システムが鉄道事業用設備として認可

- ・通電性能、耐電圧性能の観点から鉄道用の仕様を定め、性能を満たすよう実験、改良を行い、技術基準適合に至った。その他、営業運用においては、冷却システム等の仕様も定め評価を実施。
- ・超電導き電システムの設置に関して申請し、国土交通省の認可を取得。

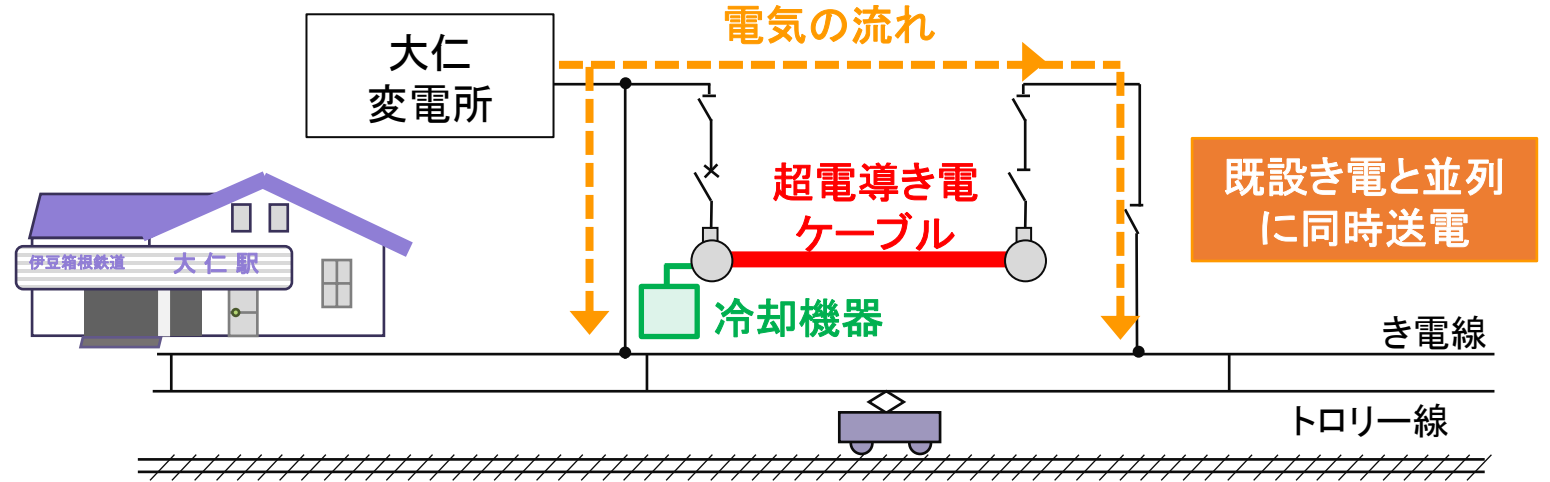
営業線における運用検証の実施

- ・営業線にて営業時間内における運用を計画。
- ・伊豆箱根鉄道駿豆線大仁駅に超電導き電システムを設置。
- ・国内外で初めて超電導送電による営業運用検証を実施。
- ・一日あたり上り方面67本、下り方面68本、合計135本の営業列車に電力を供給できたことを確認。

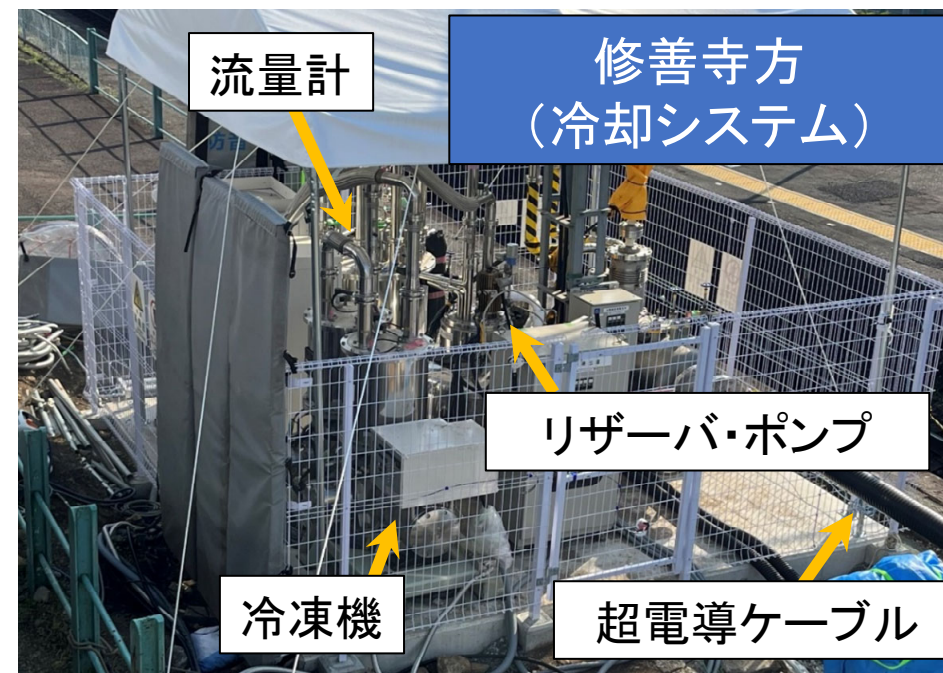
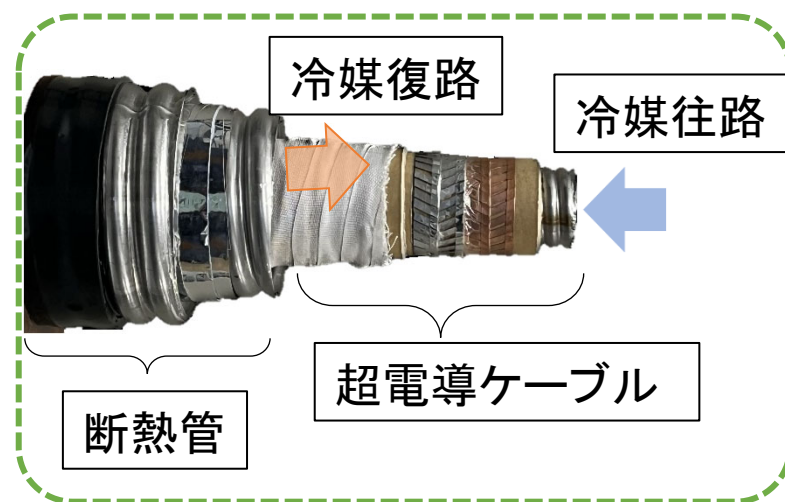
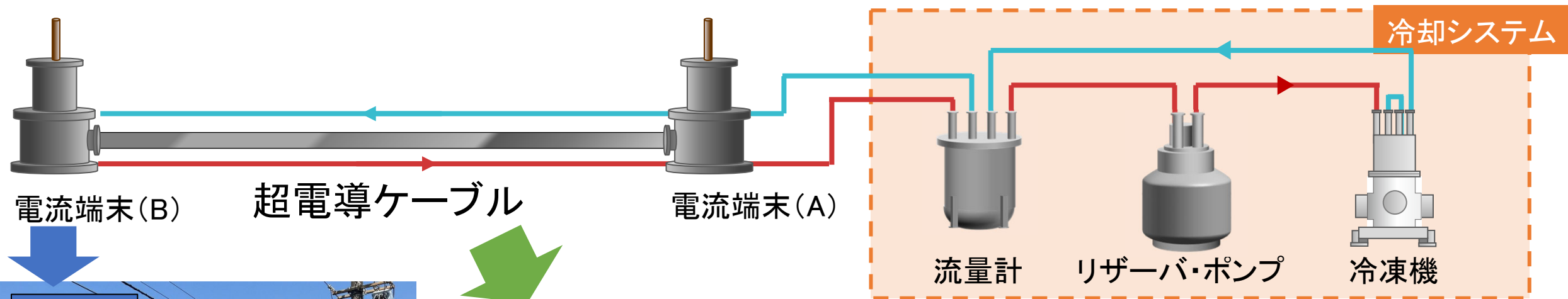


導入した超電導き電システム

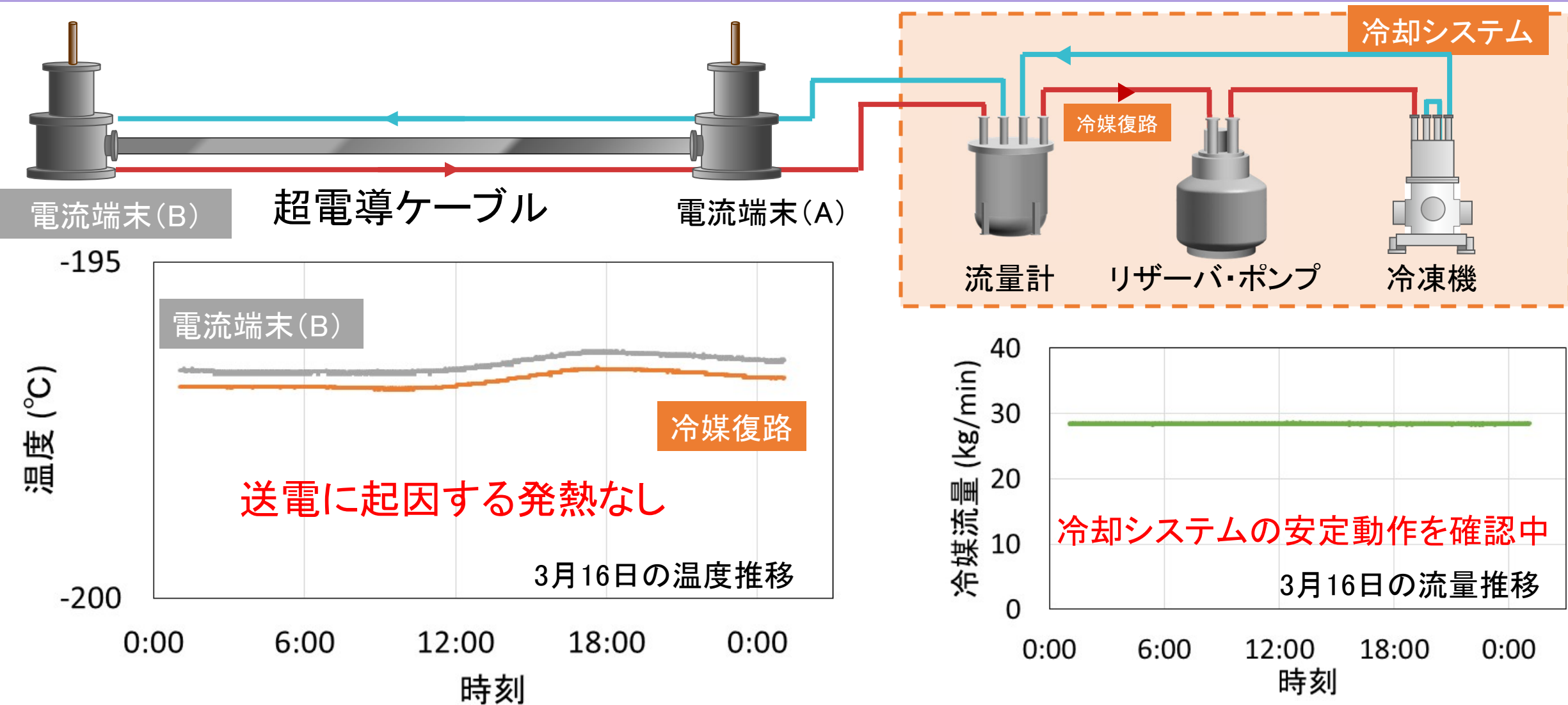
超電導き電システムの概略



超電導き電システムの概略

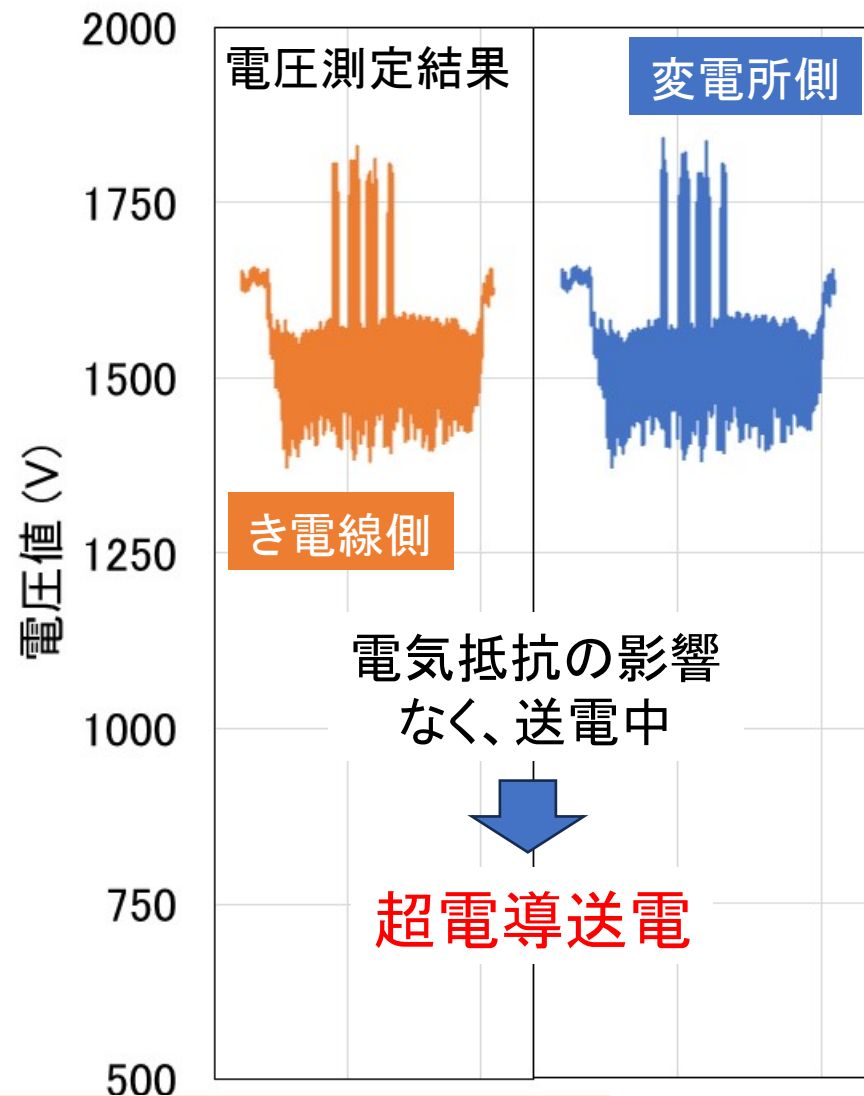
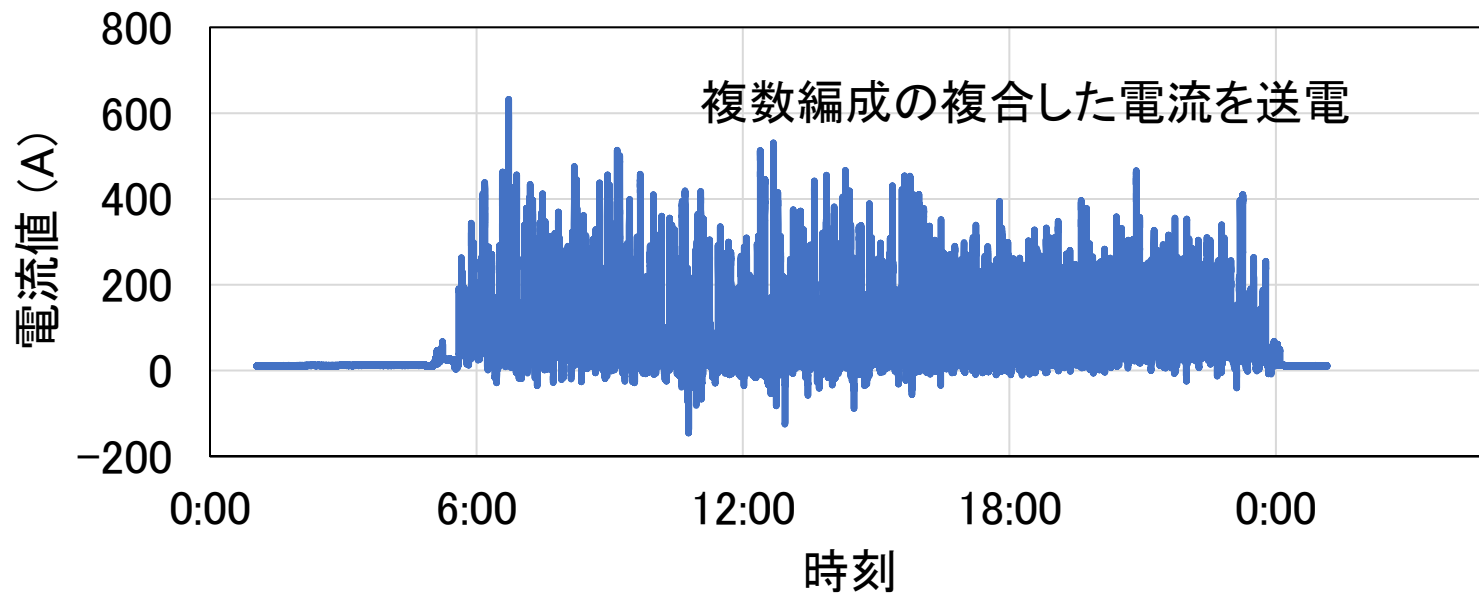
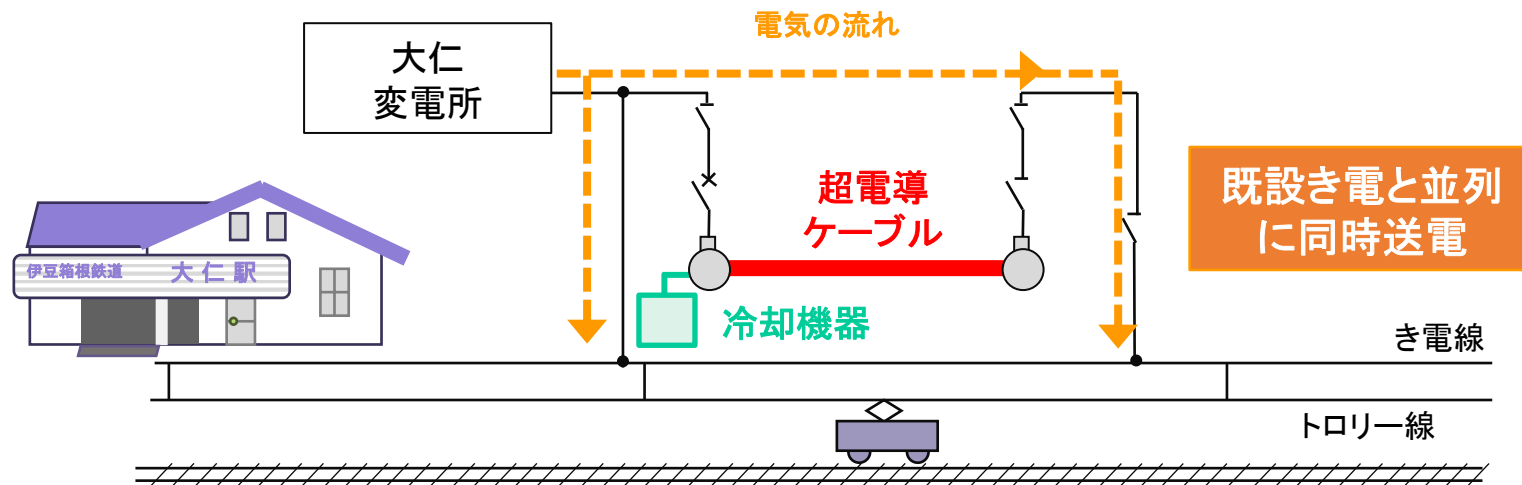


営業列車負荷送電中のシステム監視



超電導き電システムの運用検証として、継続して基礎データを構築中

営業列車負荷への送電データ



1日あたり135本の営業列車に安定して電力を供給中

成果の活用

- 超電導き電システムを鉄道路線へ導入する際に、鉄道事業者や導入路線により、定格電圧や電流など要求仕様が異なるが、それぞれに適した仕様を定める際に参考とし活用。
- 設置認可に関する一連の手続きは、新しい技術の導入事例。今後、超電導き電をJRや民鉄等、全国の鉄道路線へ導入していく際に活用。

本研究開発は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて行っている。