

# 鉄道用超電導き電システムの検証試験

浮上式鉄道技術研究部 超電導・低温研究室

副主任研究員 赤坂 友幸

# 目次

## ◆ 背景

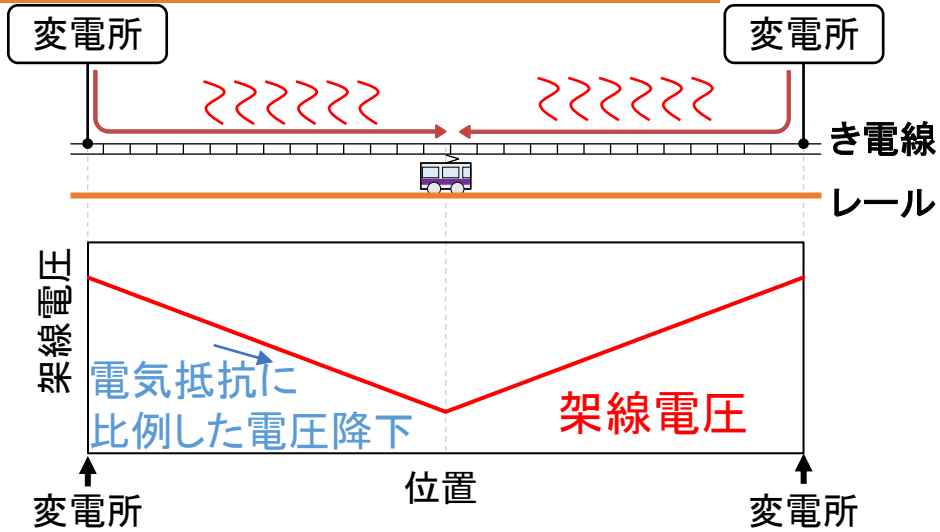
◆ 屋内における超電導ケーブルの検証試験

◆ 所内試験線における超電導き電システムの検証試験

◆ 鉄道路線における超電導き電システムの検証試験

# 超電導き電ケーブルの導入例

## 直流き電方式の電気の流れ



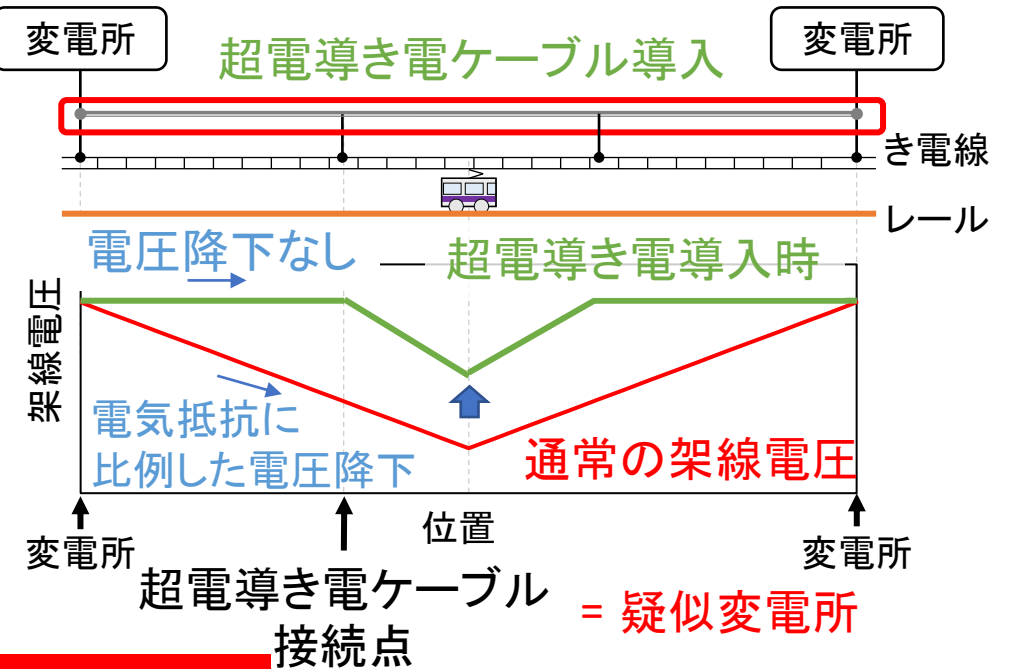
### 課題

- ・車両電圧の低下による運行の乱れ
- ・送電損失、回生失効によるエネルギーロス

電気抵抗に起因

超電導送電により解決

## 超電導き電ケーブル導入時



### 導入効果

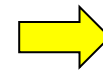
- ・き電電圧安定化による安定輸送への寄与
- ・回生効率の向上、送電損失の低減
- ・変電所の削減・集約化

超電導き電ケーブルにより、鉄道の安定輸送、省エネ化、省設備化に寄与



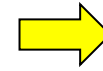
## 必要となる検証項目

- 超電導ケーブルの超電導特性、電気特性評価  
(冷却・通電試験、過電流試験、過電圧試験)



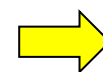
屋内における検証試験

- 超電導き電システムの評価  
(システム構築、列車への送電試験)



所内試験線における検証試験

- 超電導き電システムの鉄道路線への適合  
(き電回路確認、遮断試験、回生電流送電)



鉄道路線における検証試験

# 目次

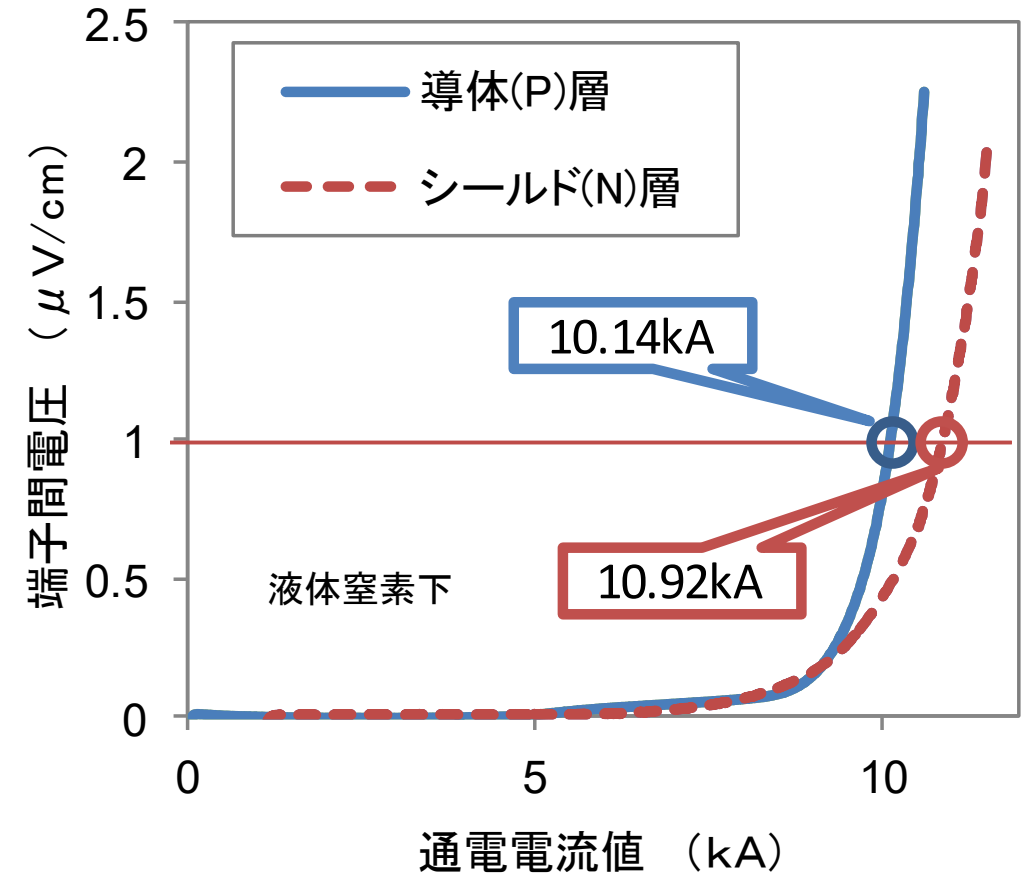
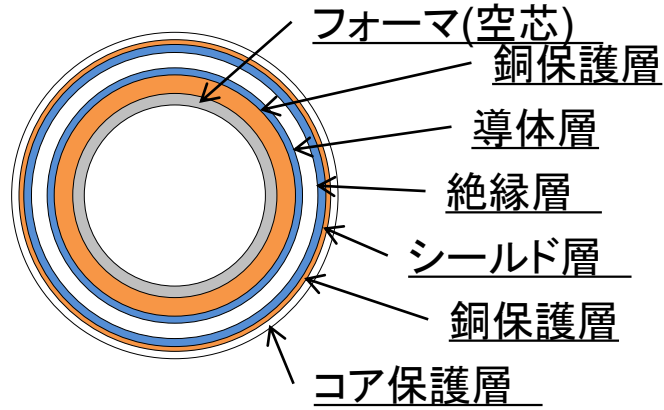
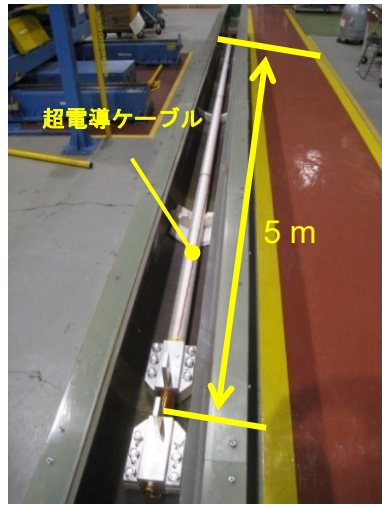
- ◆ 背景

- ◆ 屋内における超電導ケーブルの検証試験

- ◆ 所内試験線における超電導き電システムの検証試験

- ◆ 鉄道路線における超電導き電システムの検証試験

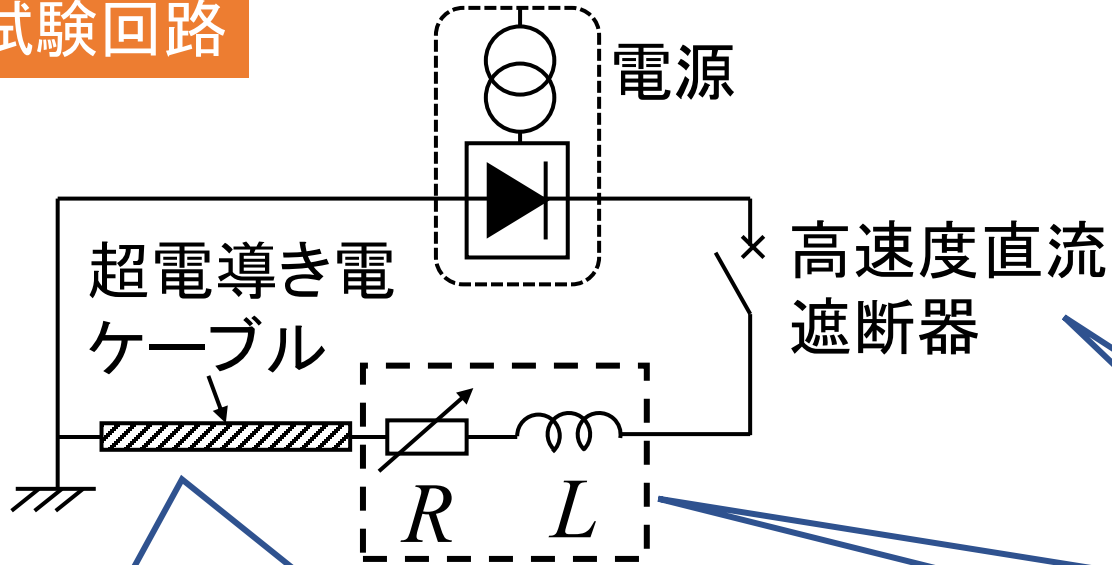
# 屋内における検証試験(冷却・通電試験)



超電導ケーブルの冷却・通電試験を行い、液体窒素下で10kAを超える通電値を確認

# 屋内における検証試験(過電流試験)

## 試験回路



直流高速度遮断器

超電導き電ケーブル

超電導き電ケーブル



抜き取りサンプルを使用

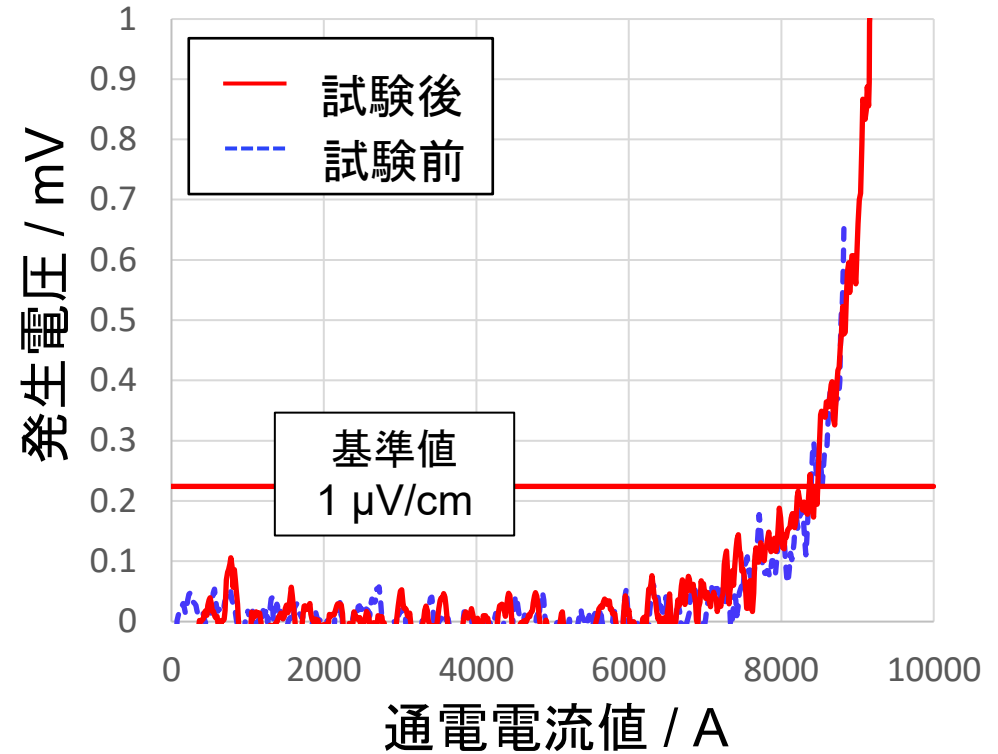
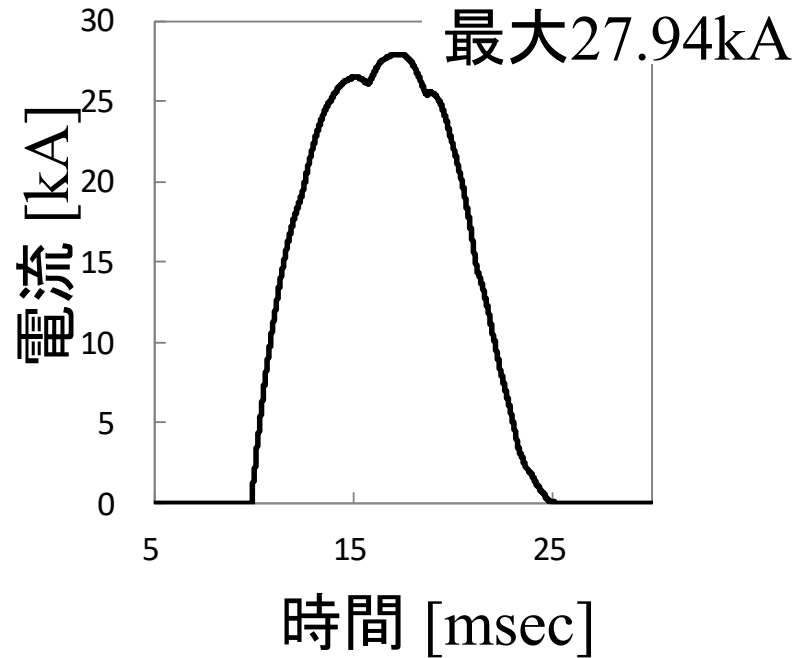
抵抗器、空芯リアクトルにより、  
回路抵抗、インダクタンスを調整

評価方法

遮断器投入により短絡電流通電  
(直後、開放される)

短絡電流通電前後で絶縁抵抗および臨界電流を比較

# 屋内における検証試験(過電流試験)



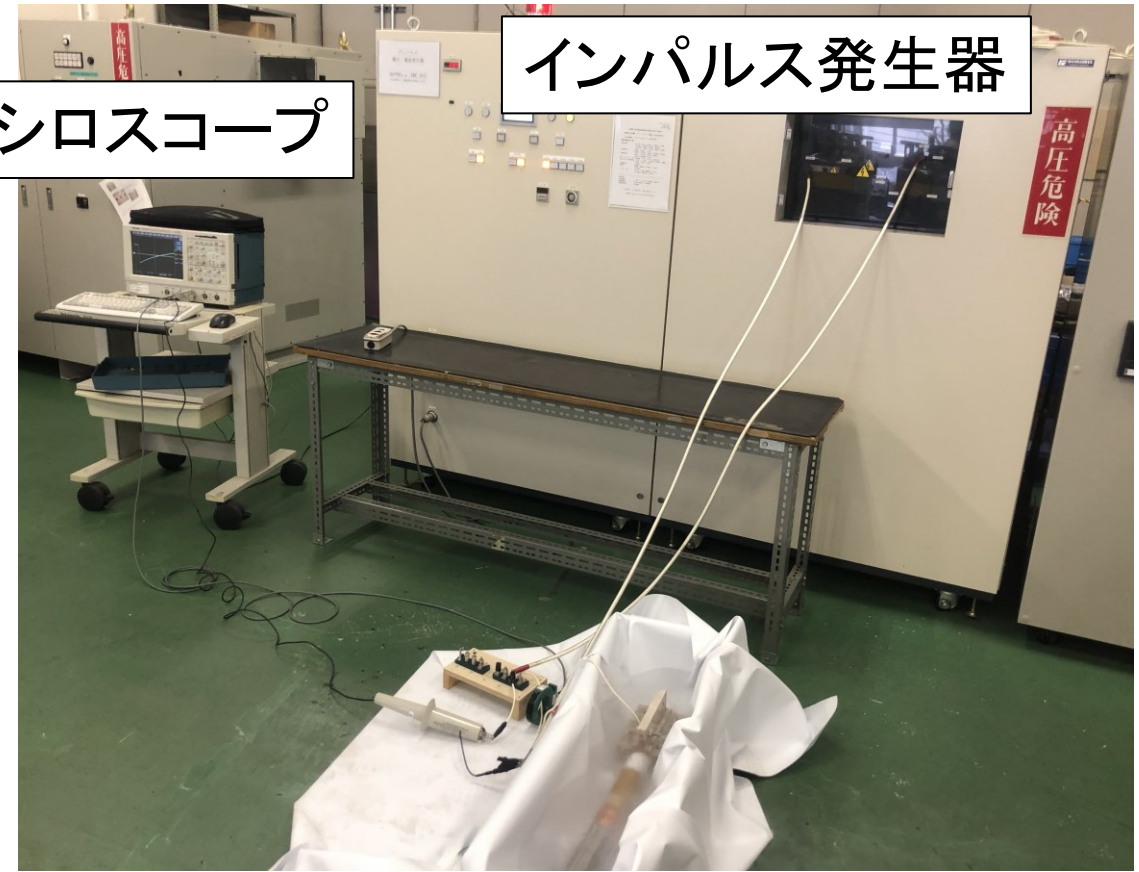
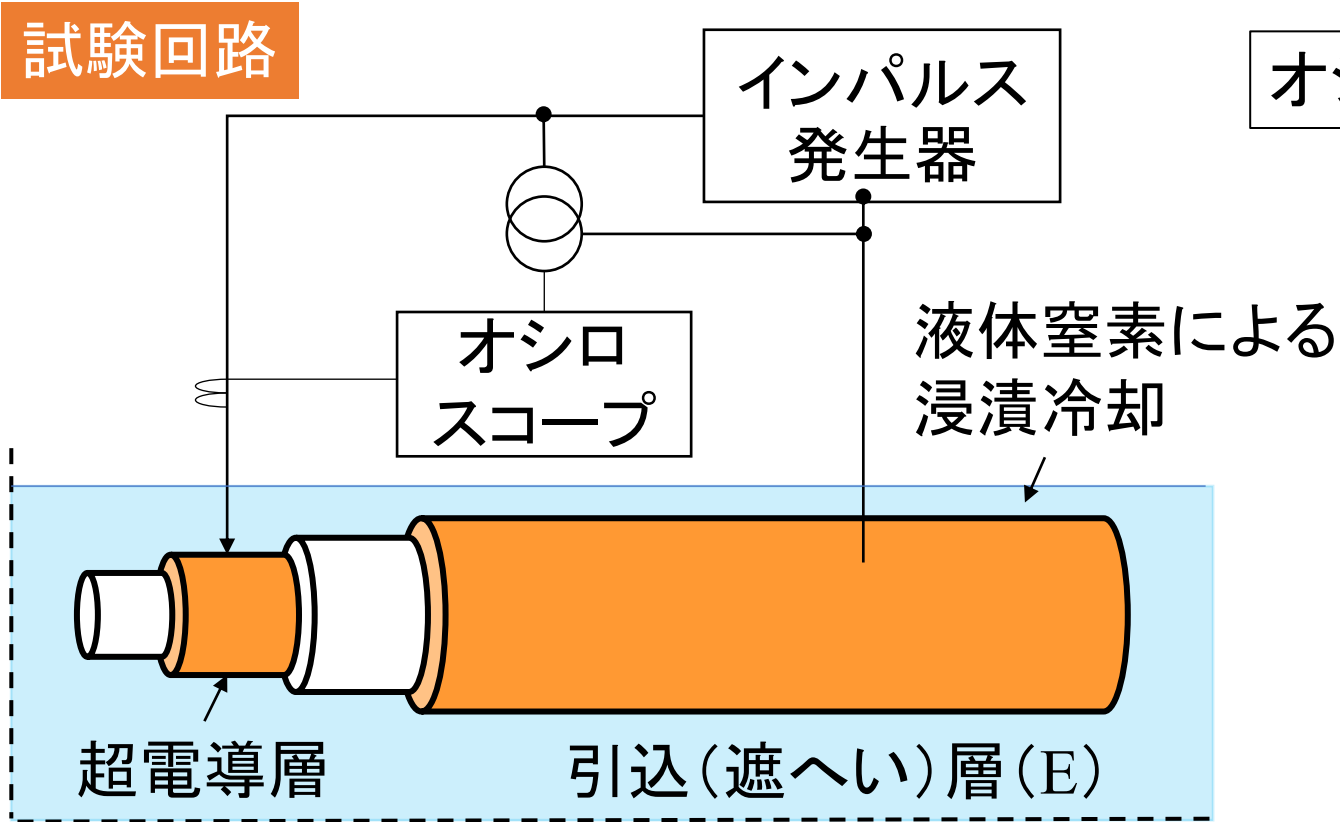
	試験前	試験後
臨界電流 (A)	約8500	2000以上
絶縁抵抗 (M $\Omega$ )	約8500	2000以上

短絡電流通電による発熱、電磁力による性能低下のないことを確認



# 屋内における検証試験(過電圧試験)

変電所同等の絶縁設計とし、インパルス耐電圧20kVを目標として試験を実施



超電導き電ケーブル(テストピース)

JIS C 3005を準用し、雷インパルス耐電圧試験を実施

(JIS C 3005:ゴム・プラスチック絶縁電線試験方法)

# 屋内における検証試験(過電圧試験)

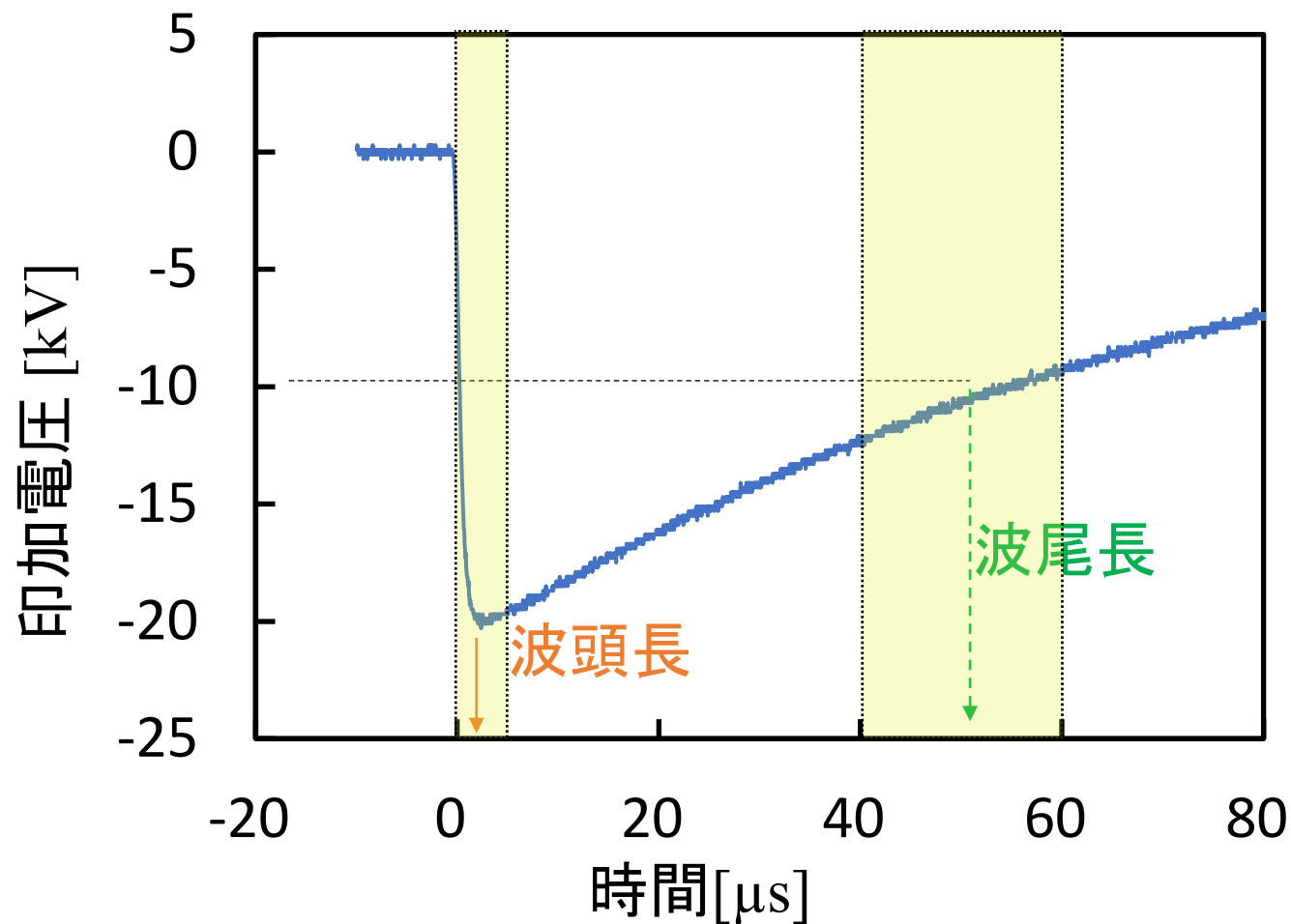
## 雷インパルス耐電圧試験結果

試番	印加電圧(kV)	波頭長( $\mu\text{s}$ )	波尾長( $\mu\text{s}$ )	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

JISに定められた波形の裕度を満足

波頭長:  $0.5\mu\text{s}$  以上  $5\mu\text{s}$  以下

波尾長:  $40\mu\text{s}$  以上  $60\mu\text{s}$  以下



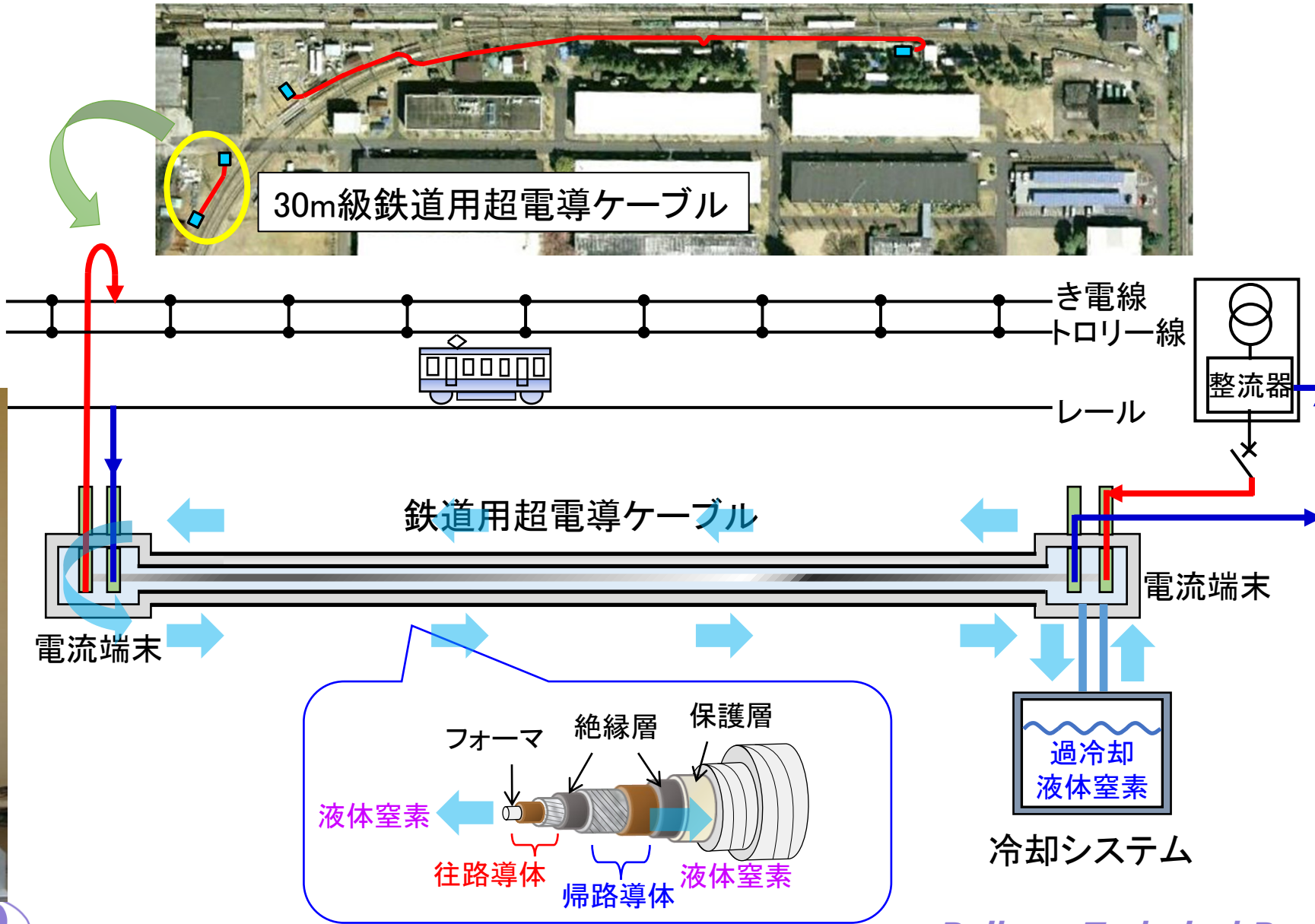
絶縁破壊なく、十分なインパルス耐電圧性能を有することを確認

# 目次

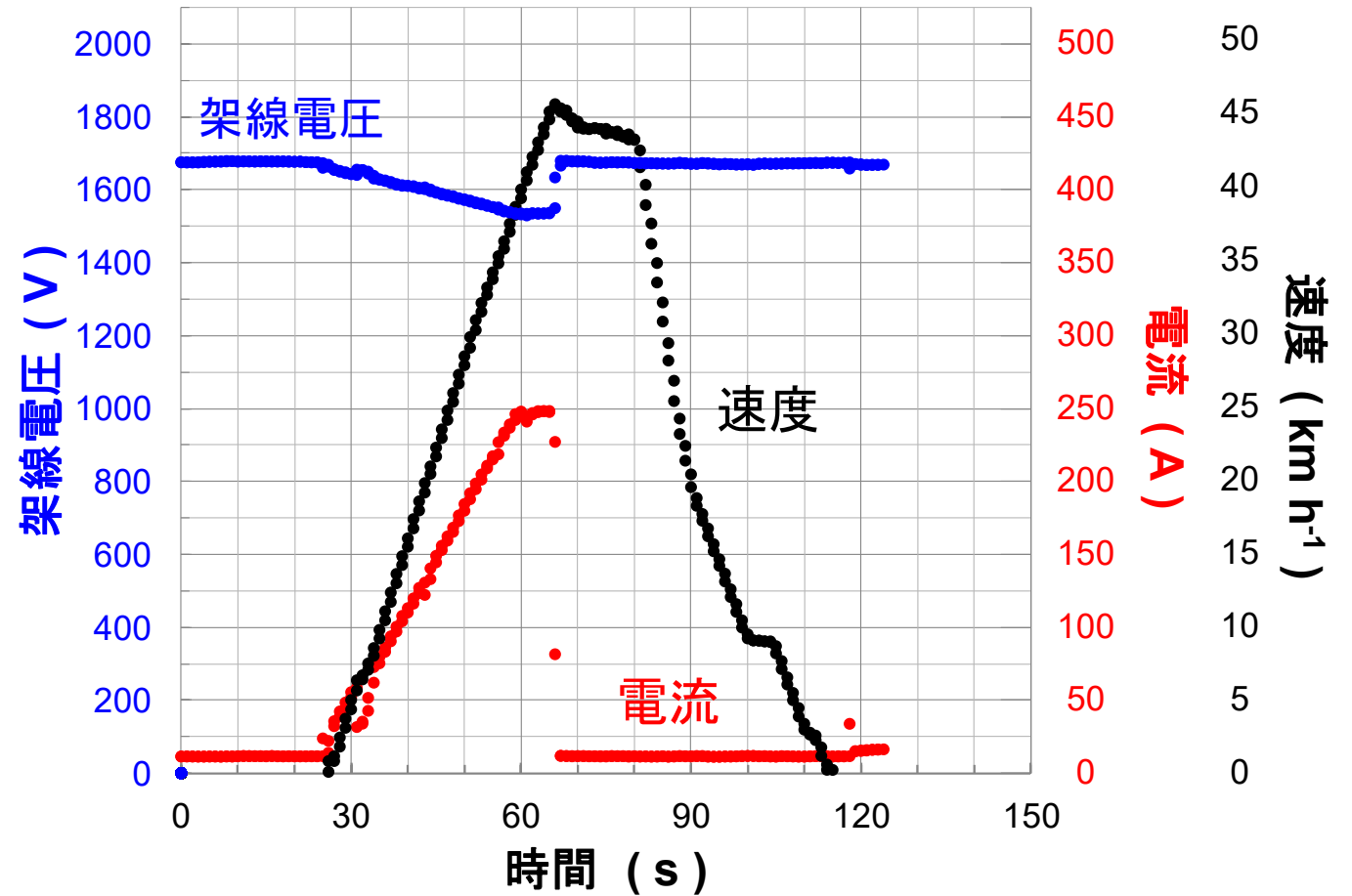
- ◆ 背景
- ◆ 屋内における超電導ケーブルの検証試験
- ◆ 所内試験線における超電導き電システムの検証試験
- ◆ 鉄道路線における超電導き電システムの検証試験



# 所内試験線における検証試験(システム構築)



# 所内試験線における検証試験(列車走行試験)



世界で初めて、超電導ケーブルによる電車の走行試験に成功

# 目次

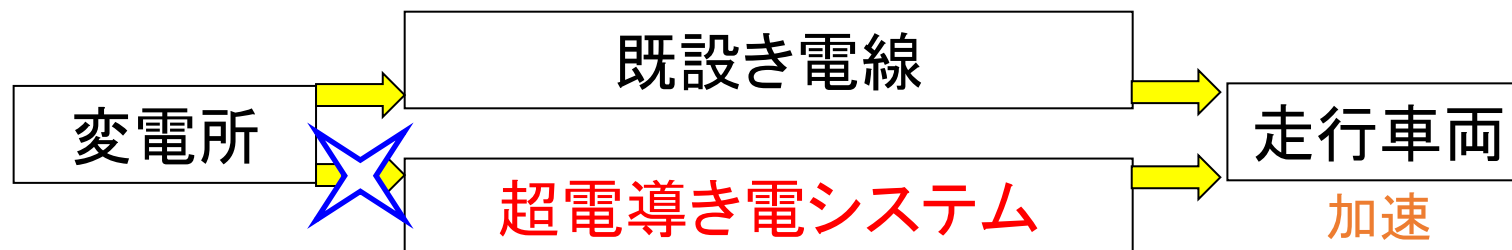
- ◆ 背景
- ◆ 屋内における超電導ケーブルの検証試験
- ◆ 所内試験線における超電導き電システムの検証試験
- ◆ 鉄道路線における超電導き電システムの検証試験

営業線に超電導き電システムを導入し下記の試験を実施

## ①き電回路確認



## ②遮断試験



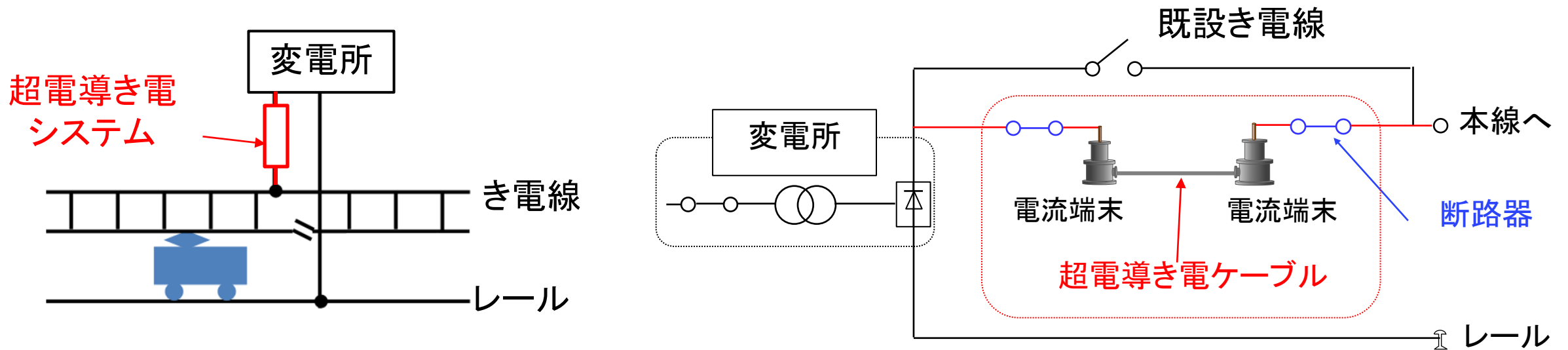
## ③回生電流送電





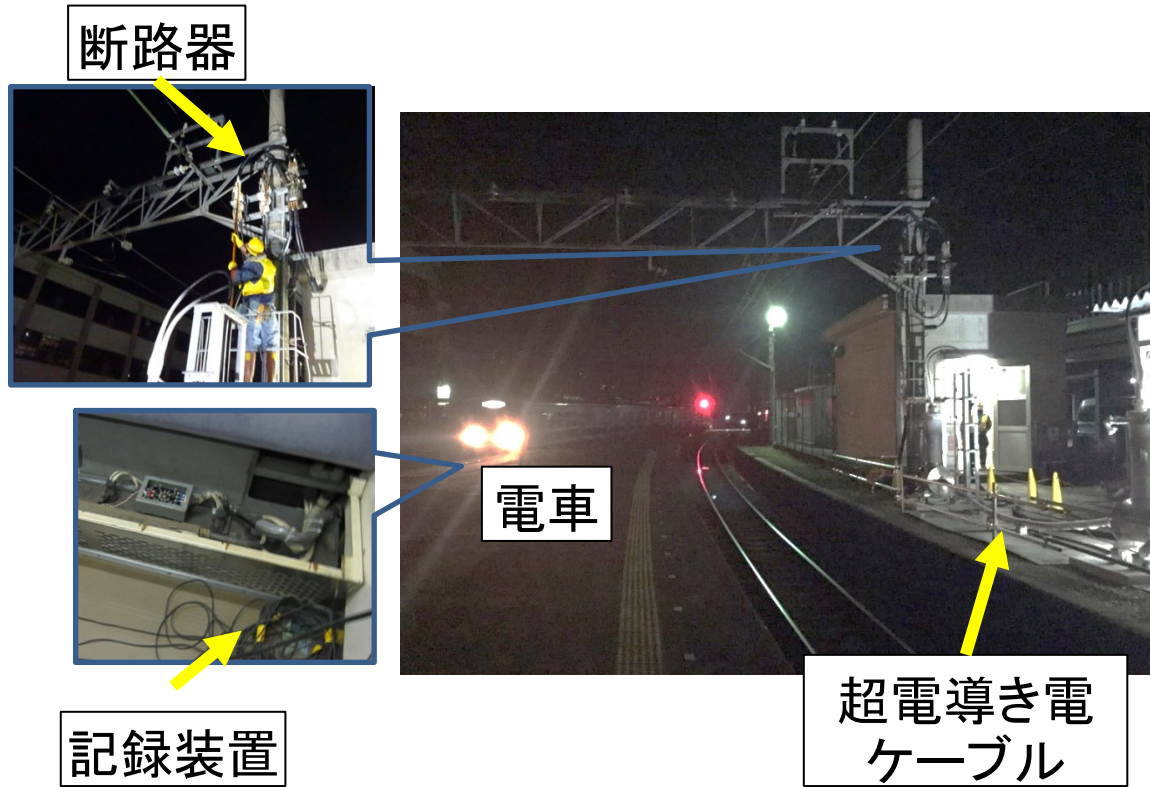
# 鉄道路線における検証試験(①き電回路確認)

営業線における実際の設備への接続や超電導き電システムとしての動作確認を実施



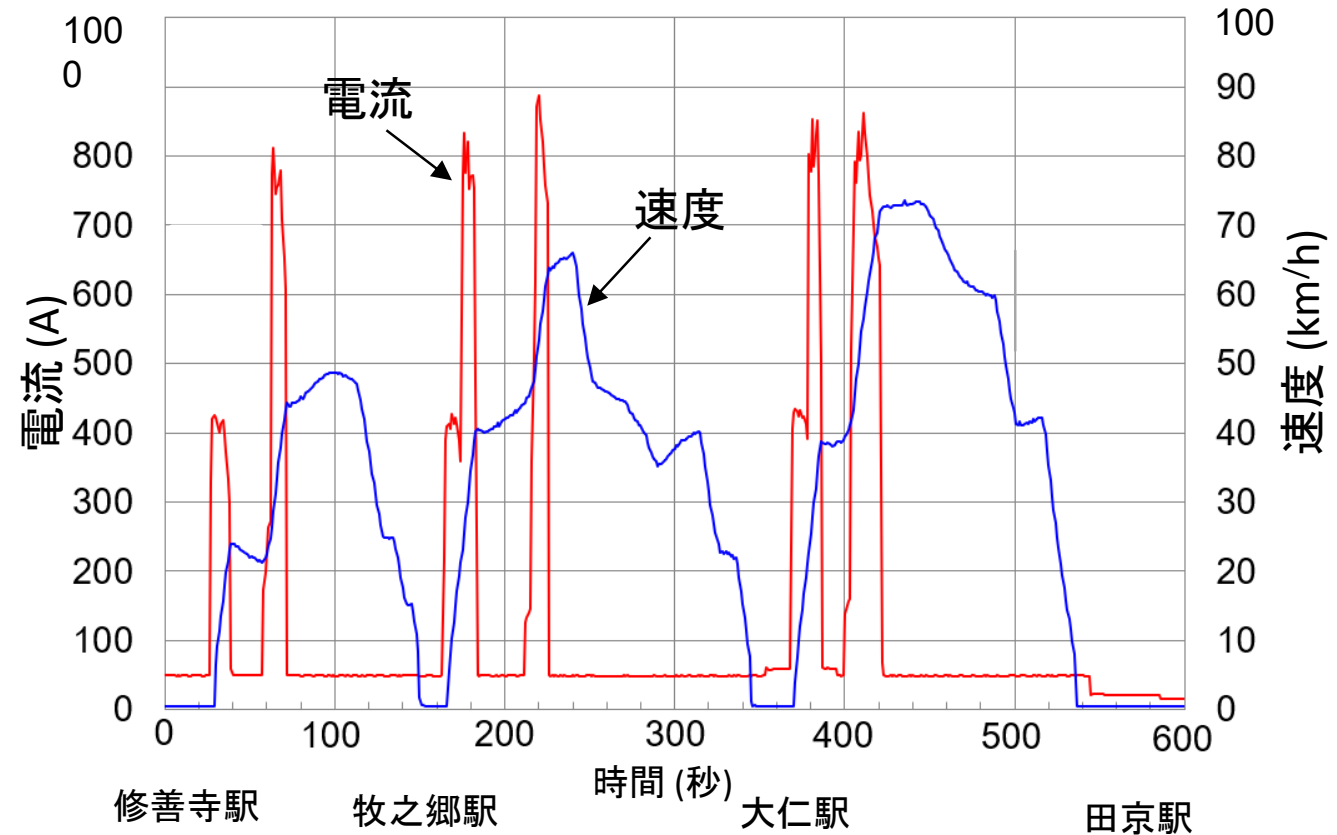
本線へ実験用に基本回路(き電)で構成

# 鉄道路線における検証試験(①き電回路確認)



M. Tomita et al., Energy, 122, 579-587, 2017

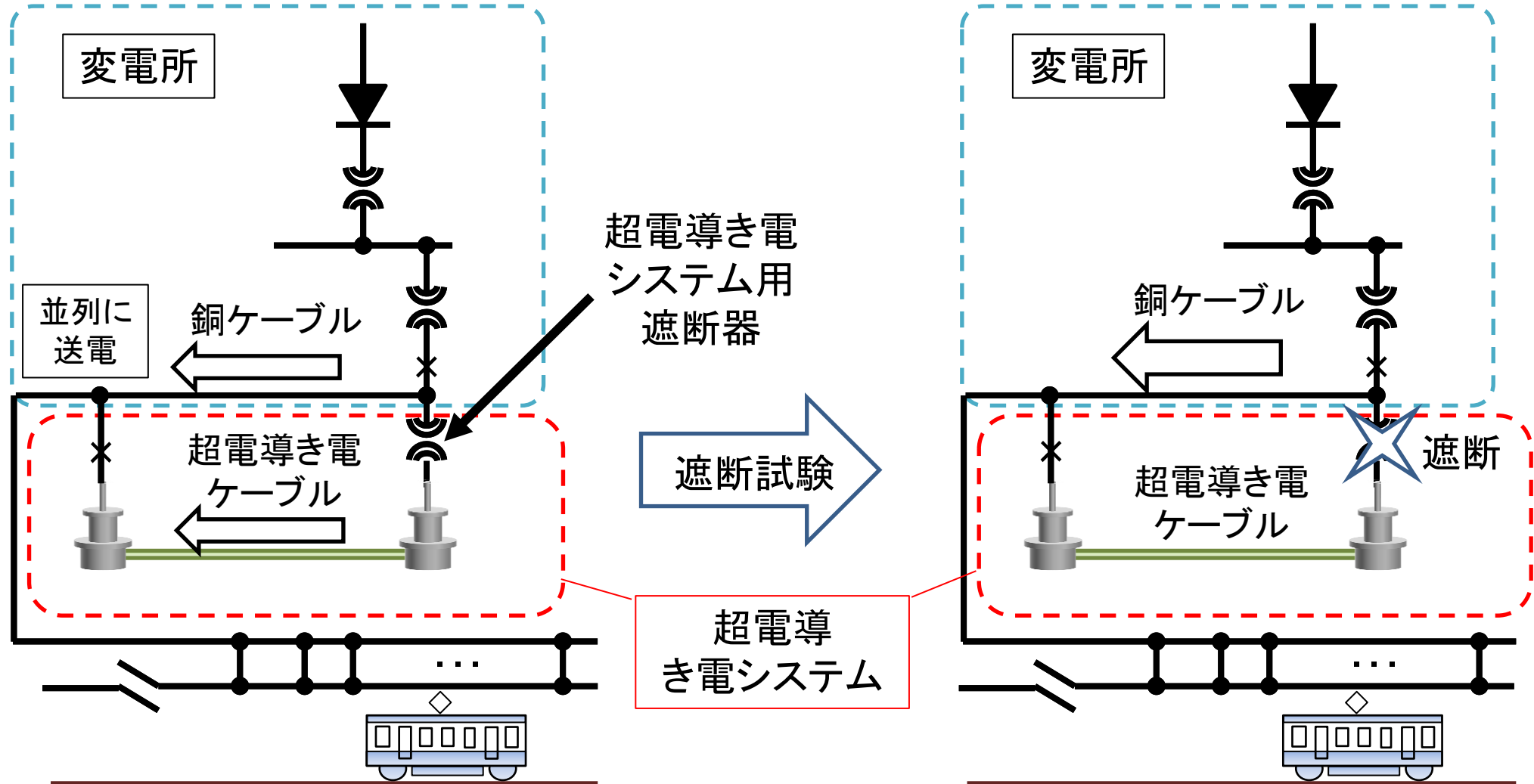
## 走行試験の結果



営業線において超電導き電ケーブルによる列車走行に成功

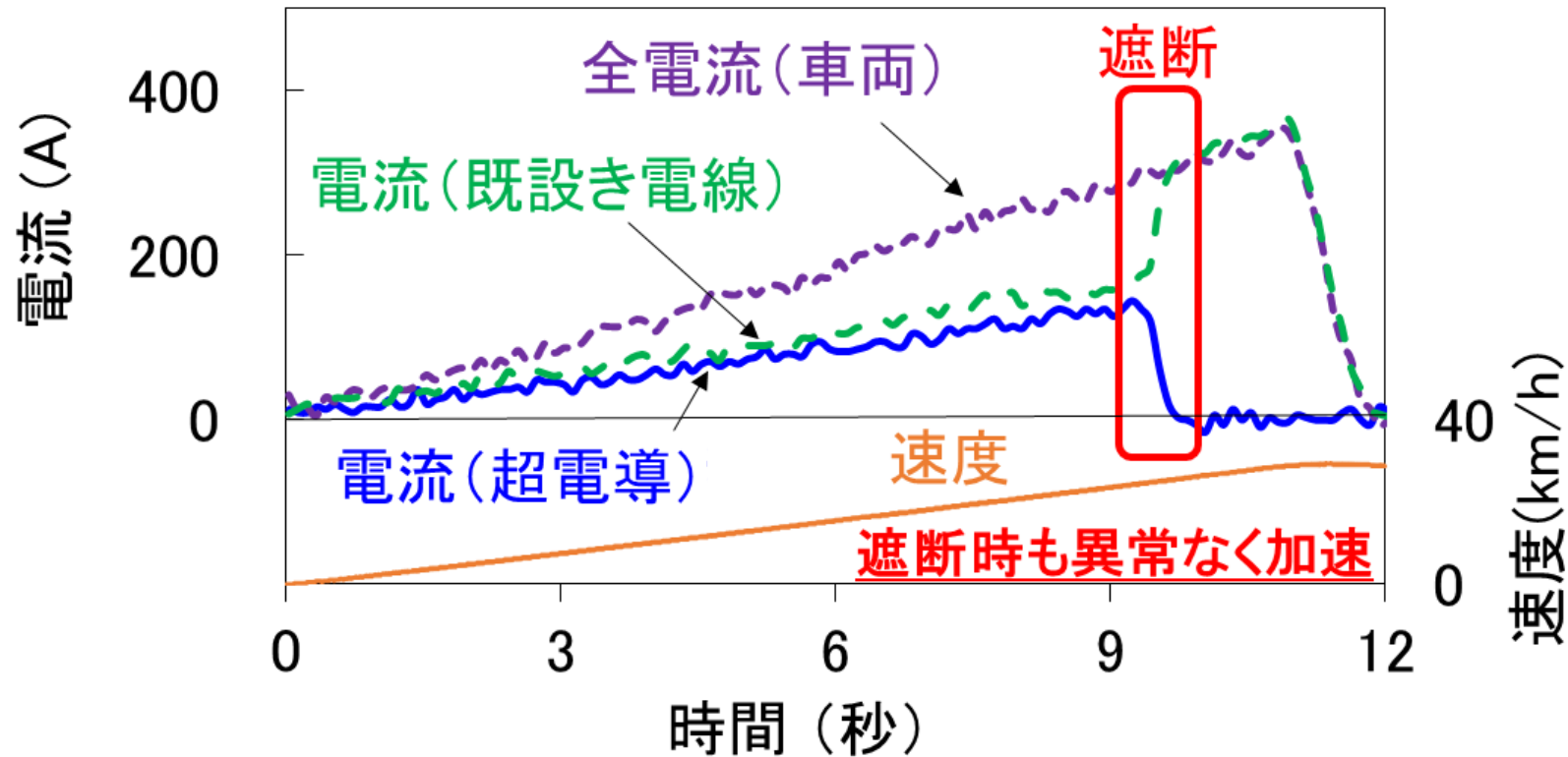
# 鉄道路線における検証試験(②遮断試験)

送電中における超電導き電システムのき電回路からの切り離し試験を実施

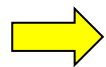


# 鉄道路線における検証試験(②遮断試験)

## 遮断試験の結果



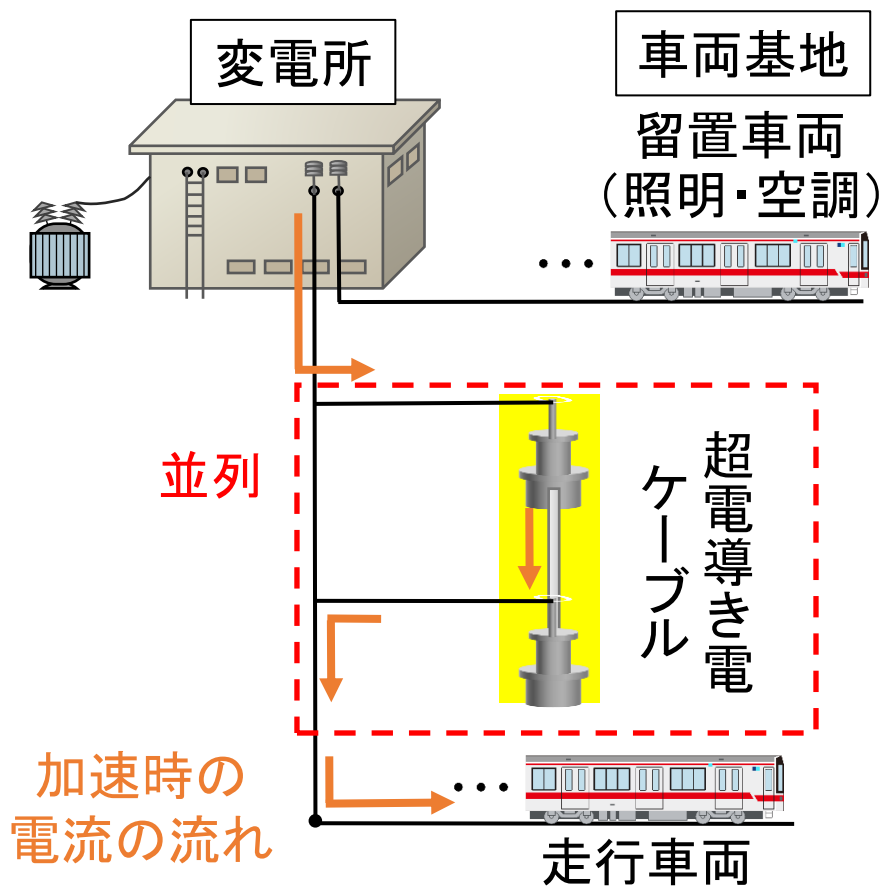
列車加速中に遮断器を用いて超電導き電システムを切り離した結果、遮断後も既設き電線から車両に送電できることを確認



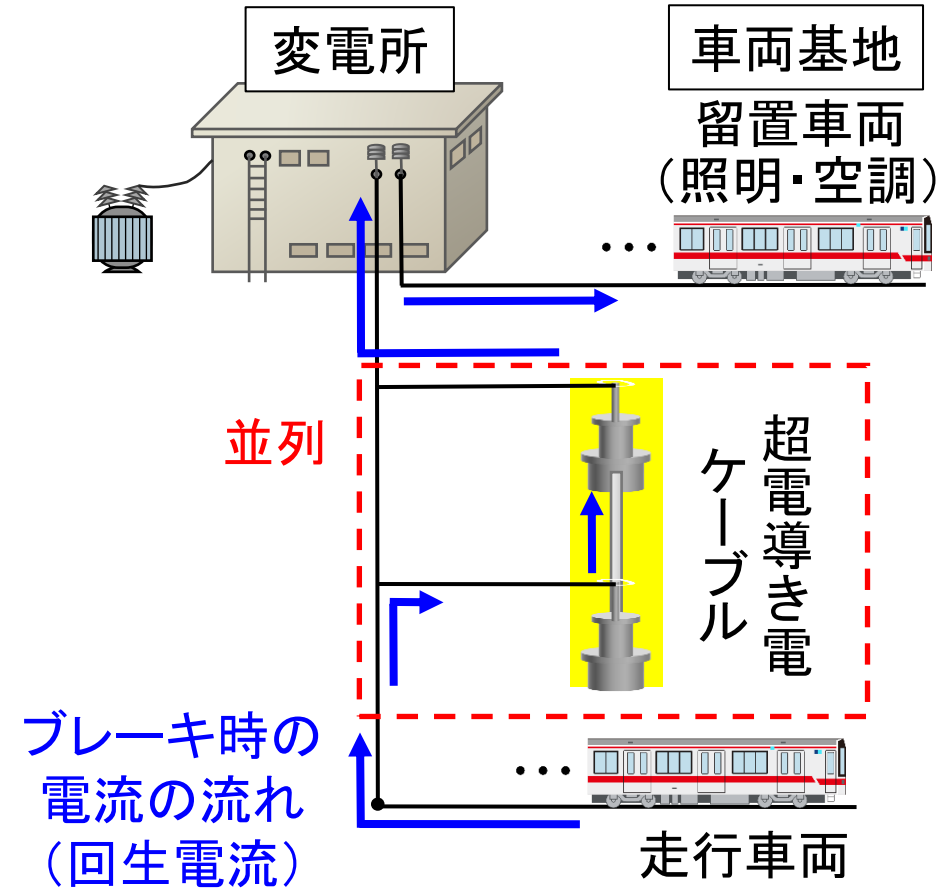
システムに異常が生じた際には、既設のき電線に切り替えて列車が走行できることを確認

# 鉄道路線における検証試験(③回生電流送電)

実車両の加速に用いる電流の送電、およびブレーキ時に生じる回生電流の送電試験を実施



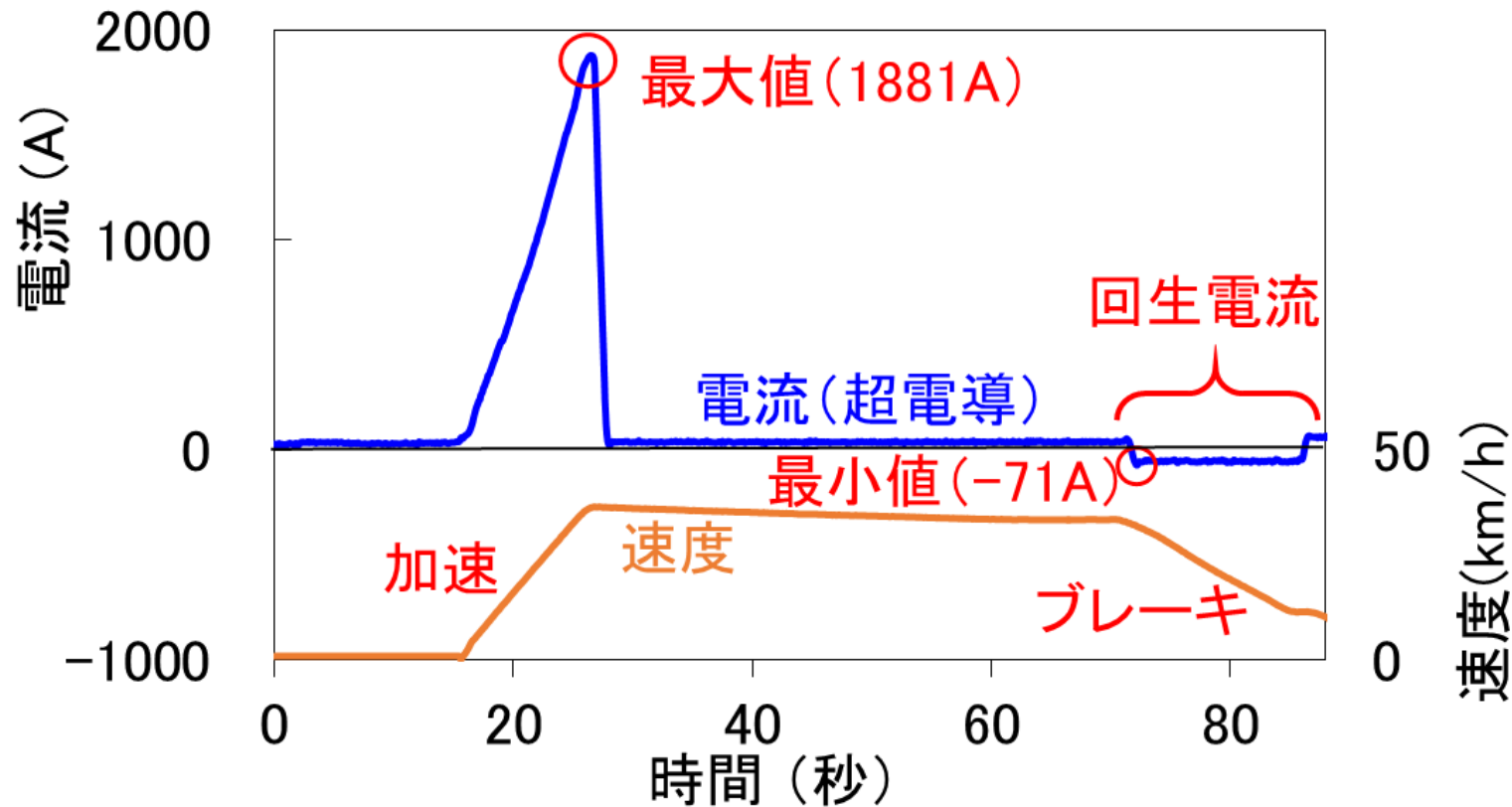
(a) 加速時



(b) ブレーキ時

# 鉄道路線における検証試験(③回生電流送電)

## 送電試験の結果



- ・力行時には最大1881Aの電流が流れることを確認
- ・ブレーキ時には列車からの回生電流が本システムを通じ、車両基地内への留置列車へ送電されたことを確認

## まとめ

超電導き電ケーブルを鉄道路線へ導入するため、屋内、所内試験線および鉄道路線における検証試験を実施

超電導き電ケーブルを用いたき電回路の構築や、遮断試験、回生電流送電試験を通して、システムとして正常に機能することを確認

## 成果の活用

今後、この技術をJRや民鉄等、全国の鉄道路線へ超電導き電ケーブルを導入していく際に活用していく。

本研究開発は、国土交通省の補助金、国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の「戦略的イノベーション創出推進プログラム(S-イノベ) (JPMJSV0921)」・「未来社会創造事業(JPMJMI17A2)」、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託・助成事業を受けて行っている。