

# 鉄道実装に向けた超電導と 電磁気・磁気浮上に関する研究開発

浮上式鉄道技術研究部長 富田 優



# 目次

1. 浮上式鉄道技術研究部の研究開発
2. 磁気浮上・電磁気の研究開発
3. 超電導の研究開発

# 目次

1. 浮上式鉄道技術研究部の研究開発
2. 磁気浮上・電磁気の研究開発
3. 超電導の研究開発

# 浮上式鉄道技術研究部の研究開発

浮上式鉄道の基礎研究を継続しつつ、  
在来方式鉄道へのリニア技術の応用研究を進める。

超電導技術分野における基礎から応用までの研究開発を一体的かつ効率的に進め、技術の高度化と在来鉄道の各技術分野への適用に取り組む。

## 浮上式鉄道技術研究部

### 磁気浮上研究室

- ・地上コイル関連技術  
→地上コイル絶縁診断手法  
状態監視技術
- ・非接触給電
- ・浮上式の車両運動

### 電磁気研究室

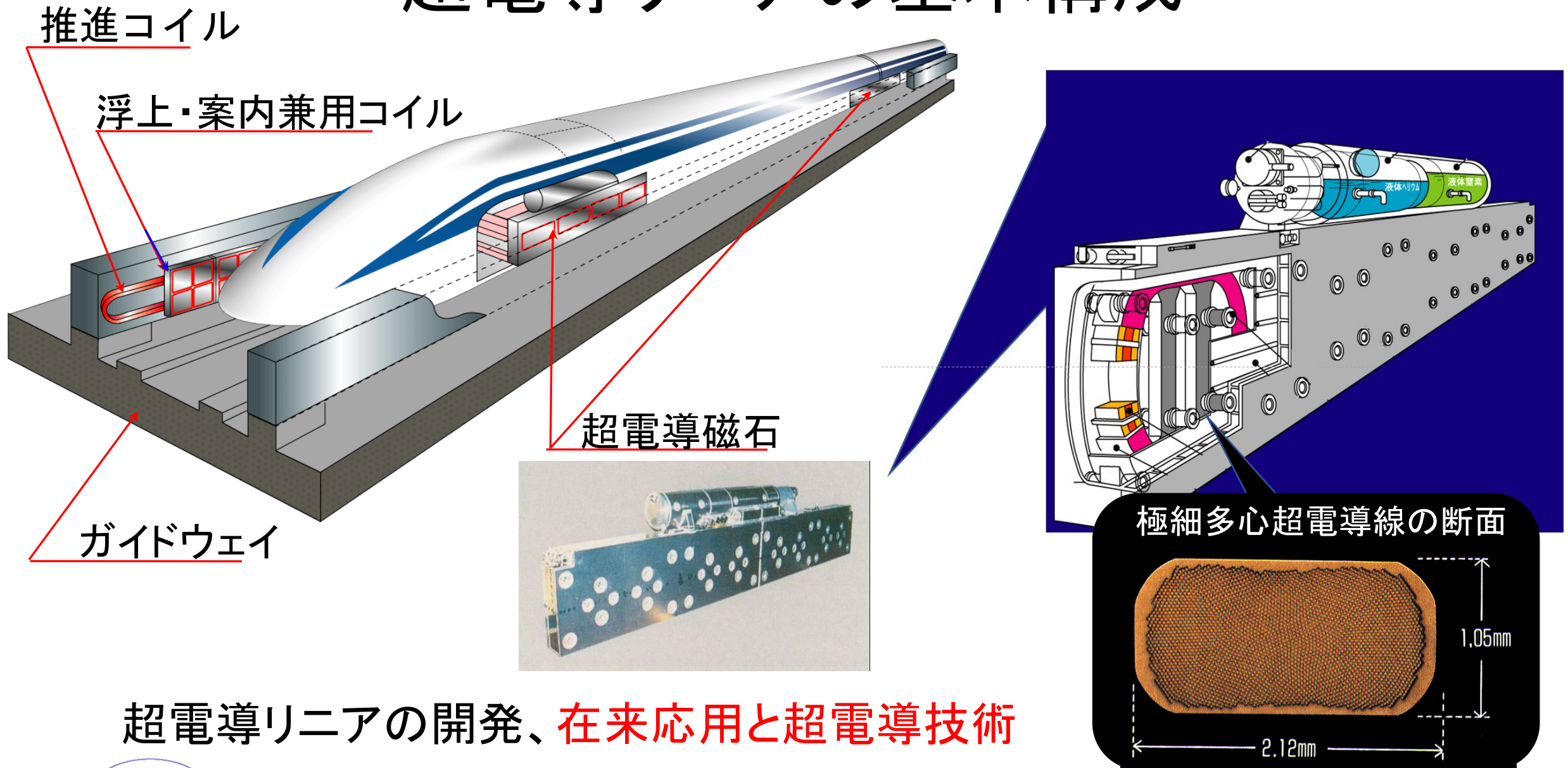
- ・リニアモータ技術  
→レールブレーキ
- ・磁気シールド解析  
→鉄道車両の磁界評価、  
地上電力設備の磁界評価

### 超電導・低温研究室

- ・超電導き電システム  
→超電導ケーブル、冷却技術
- ・磁気エネルギー貯蔵  
→超電導コイル、電力変換
- ・超電導磁石  
→高温超電導磁石
- ・高温超電導材料  
→材料高度化、応用研究



# 超電導リニアの基本構成



超電導リニアの開発、**在来応用と超電導技術**



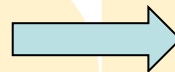
# 目次

1. 浮上式鉄道技術研究部の研究開発
- 2. 磁気浮上・電磁気の研究開発**
3. 超電導の研究開発

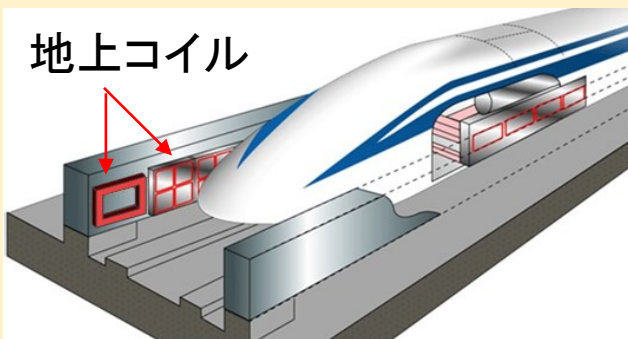
# 磁気浮上の研究開発

## 浮上式基礎

## 地上コイルの評価・診断技術の開発



## 温度遠隔監視システムの開発



- ・ 地上コイルの耐久性を評価
- ・ 絶縁診断技術を開発



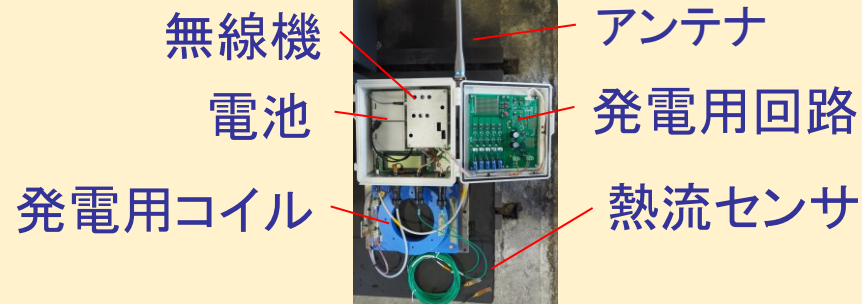
機械加振試験



電磁加振試験

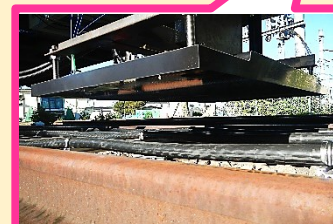


電波を利用した絶縁診断



## 在来応用

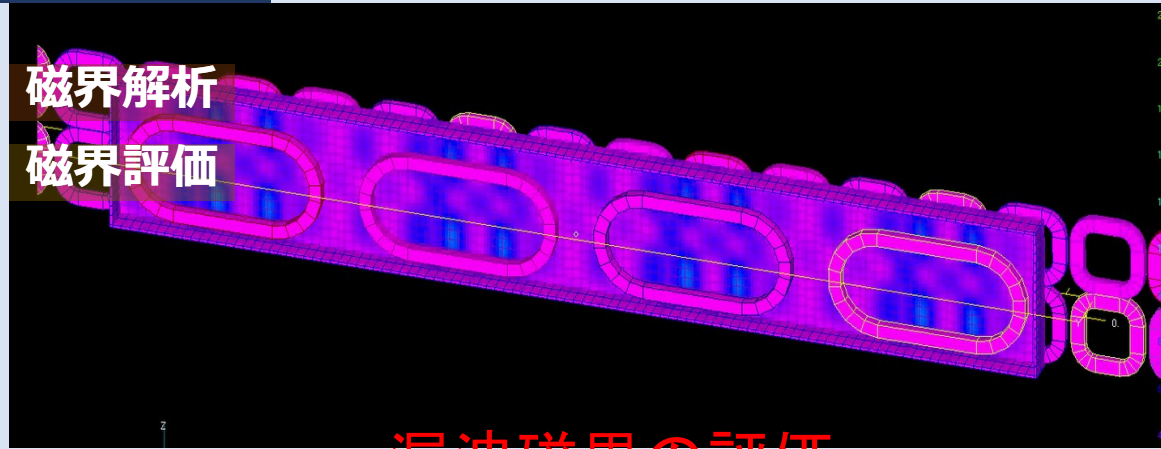
## 鉄道車両用非接触給電システムの開発



# 電磁気の研究開発

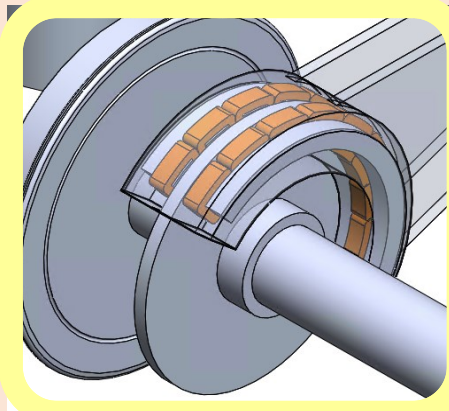
## 主な研究開発テーマ

### 浮上式基礎 超電導磁石の磁界解析・評価



漏洩磁界の評価

### 在来応用 レールブレーキ・渦電流ブレーキ

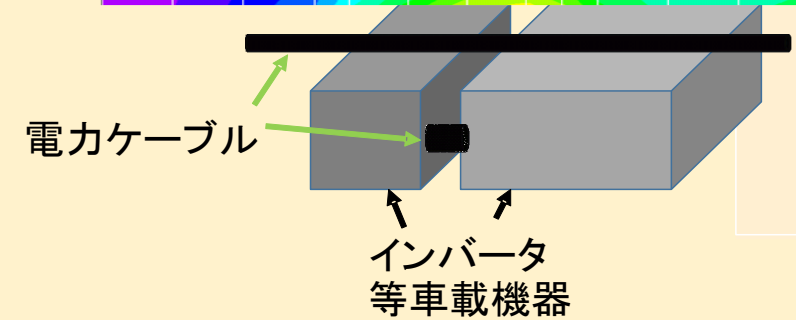
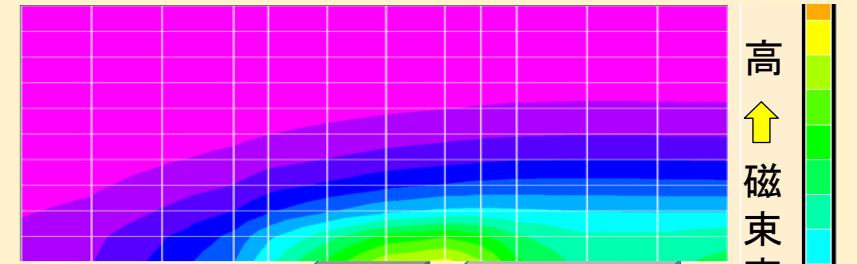


### 在来応用 車両内外・変電所の電磁界評価

磁界解析

磁界評価

センサ開発



車内磁界の評価

付随車発電制動を実現する簡易励磁式  
非接触ディスクブレーキの開発





# 目次

1. 浮上式鉄道技術研究部の研究開発
2. 磁気浮上・電磁気の研究開発
3. 超電導の研究開発  
(基礎研究例と応用研究例の紹介)

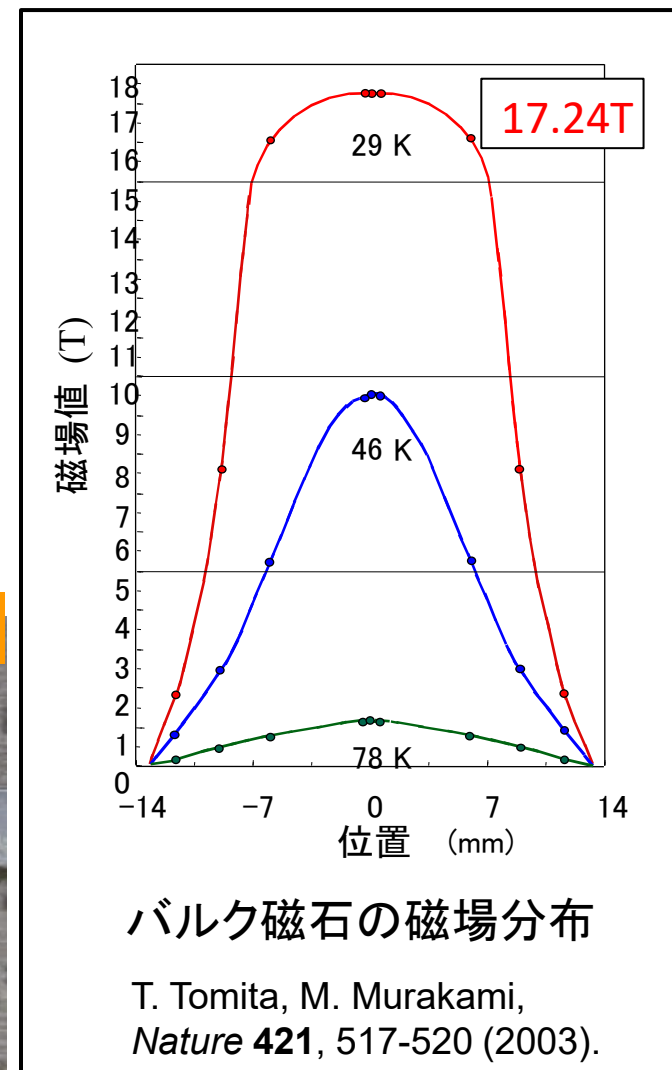
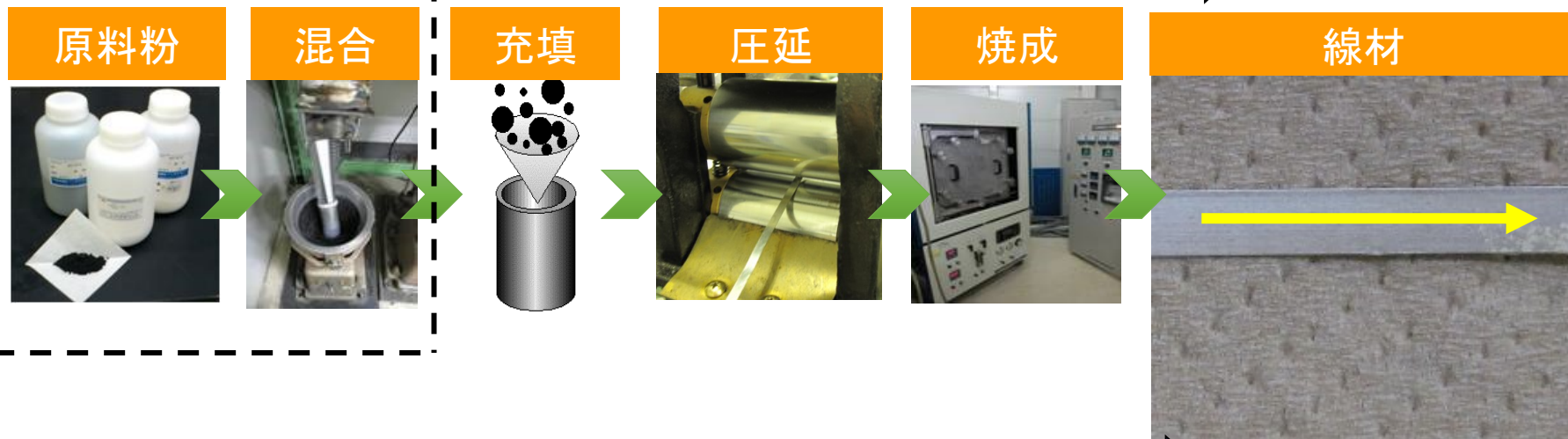
# 超電導の種類

超電導現象を起こす温度(臨界温度、 $T_c$ )が、  
 25 K(-248°C)以上 → 高温超電導  
 以下 → 低温超電導

転移温度(K)	材料	分類
110	BSCCO	銅酸化物系超電導体 冷媒: 液体窒素
92	YBCO	
77	液体窒素の沸点	
55	SmFeAs	鉄系超電導体
39	MgB2	金属系超電導体
20	液体水素の沸点	
18	Nb3Sn	金属系超電導体
9.5	NbTi	冷媒: 液体ヘリウム
4.2	液体ヘリウムの沸点	

	液体ヘリウム	液体窒素
温度	-269°C	-196°C
価格	約 ¥ 5400 /L	約 ¥ 50 /L
産出	アメリカ カタールなど	地上全て
取り扱いの違い	 特殊な可視化装置による液体ヘリウム 常温下で見ることすらできない	 常温下で液体として 取り扱い可能

# 基礎研究例：高温超電導材料の製作



# 応用研究例：超電導き電ケーブル

## 超電導の特性

電気抵抗ゼロで高い電流値

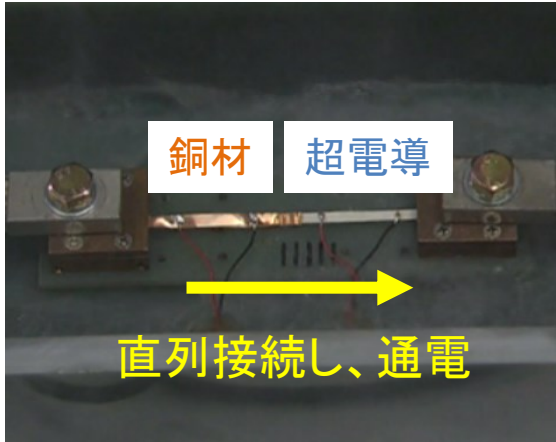


超電導線材



超電導バルク材

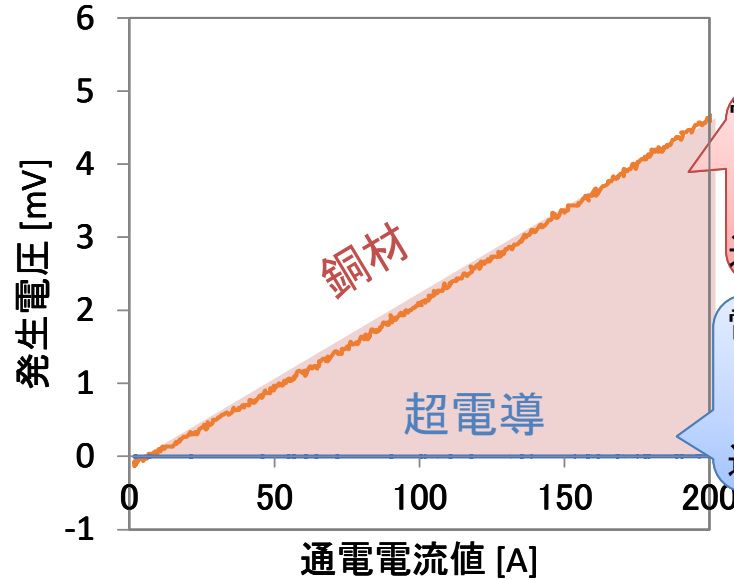
超電導線材と銅材への通電試験



銅材

超電導

直列接続し、通電



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！

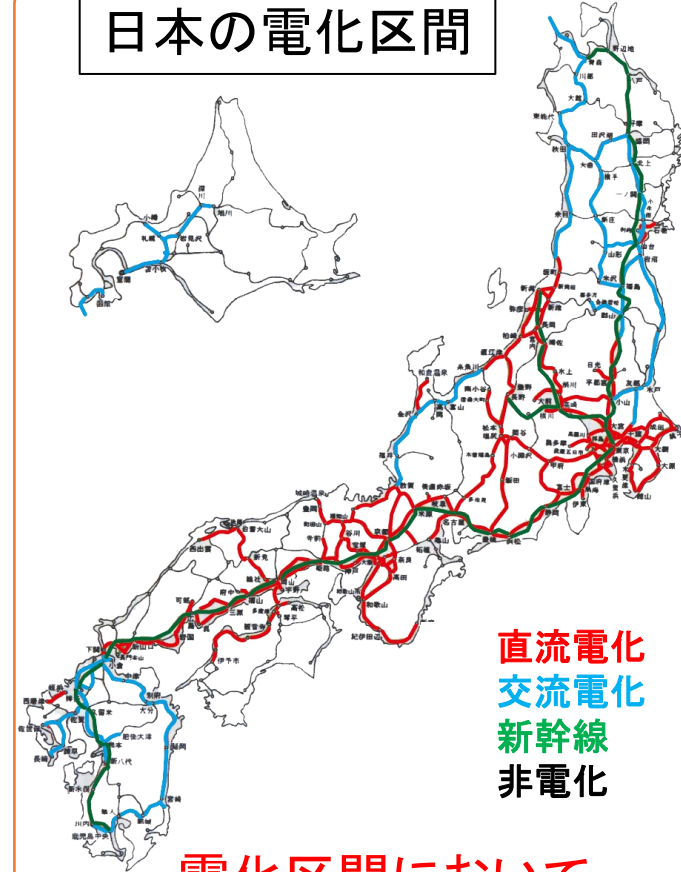
ただし、電気抵抗ゼロは直流送電のみ！

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

1kW/km程度

日本の電化区間

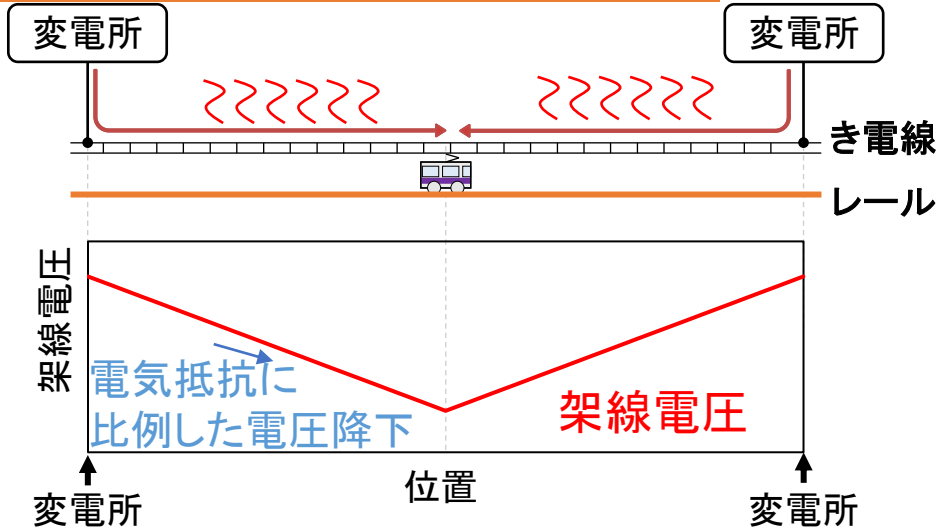


電化区間において、  
直流電化の割合が大きい



# 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



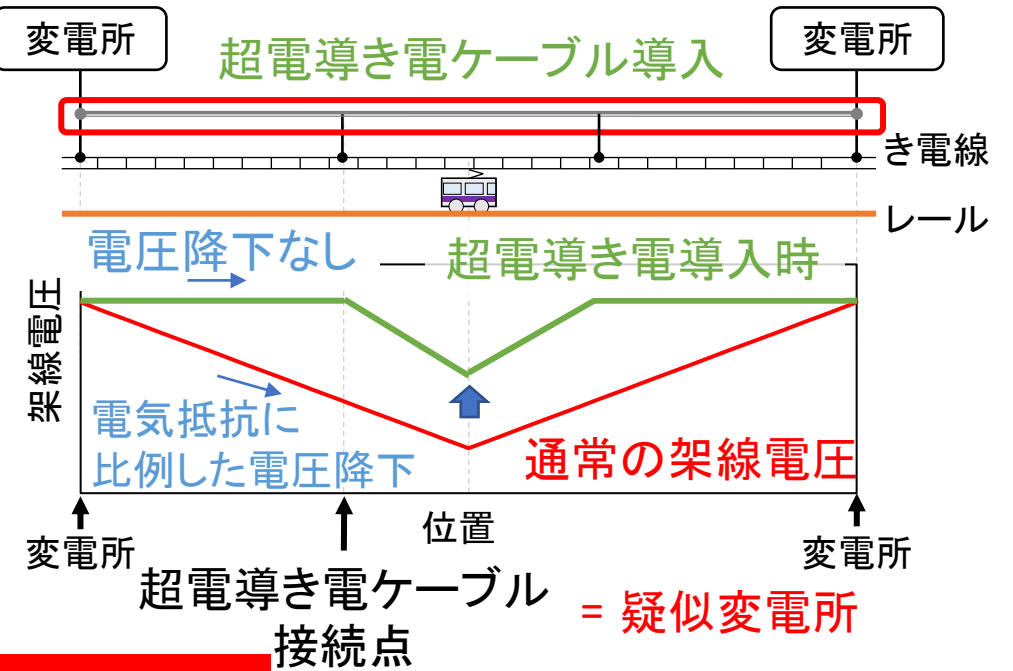
## 課題

- ・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

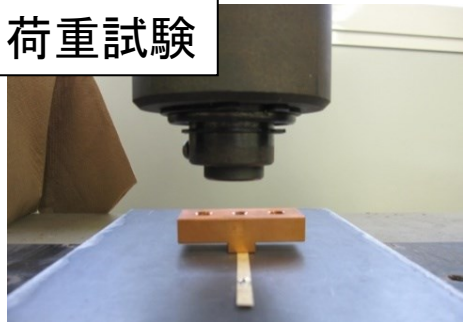
# 超電導き電ケーブルの試作

超電導線材の評価

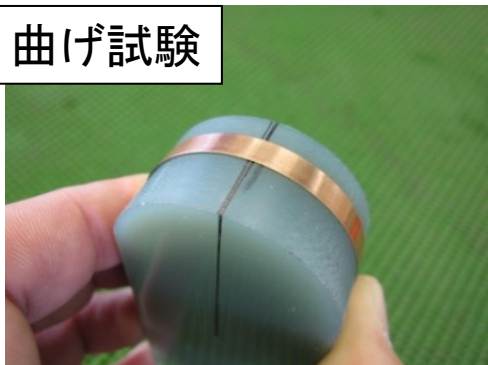
巻線技術

ケーブル化

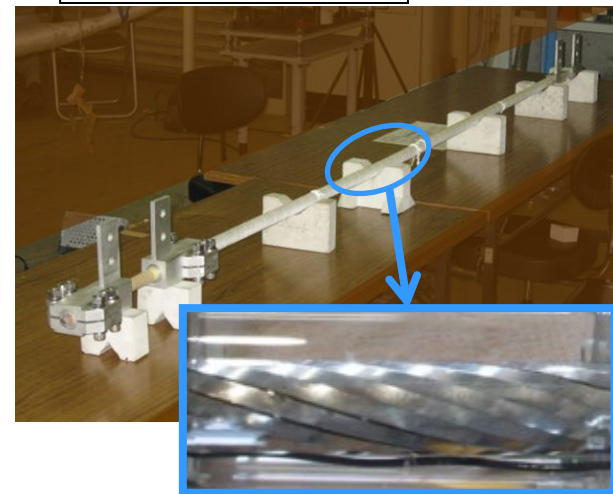
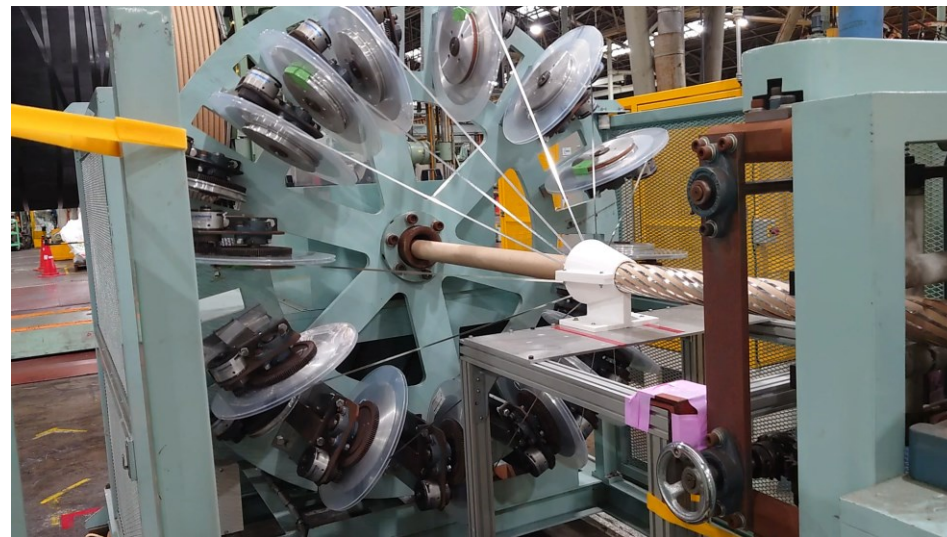
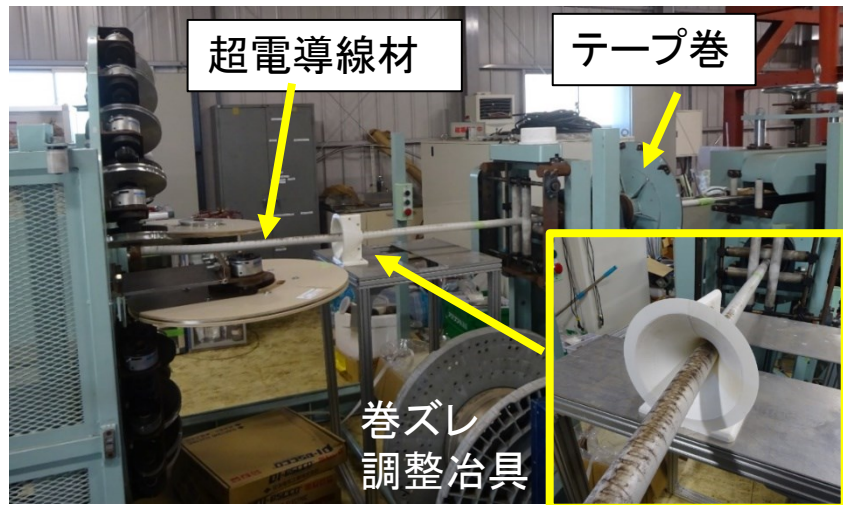
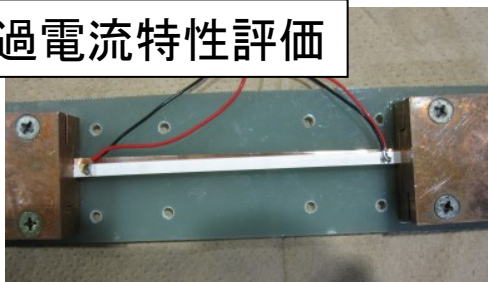
荷重試験



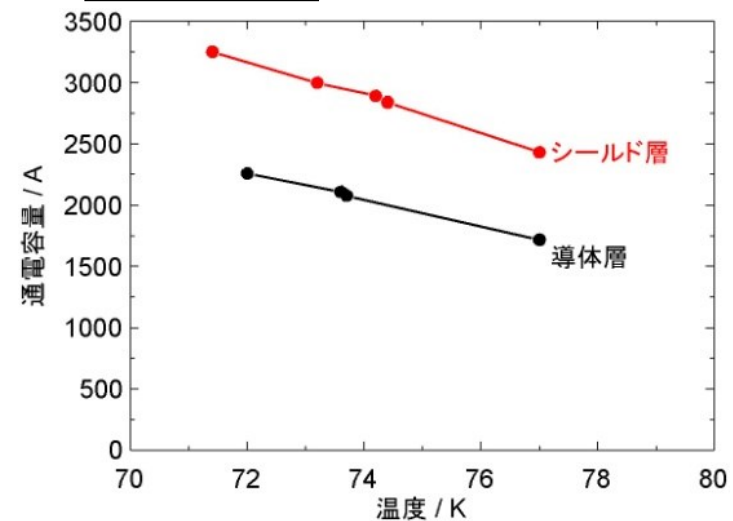
曲げ試験



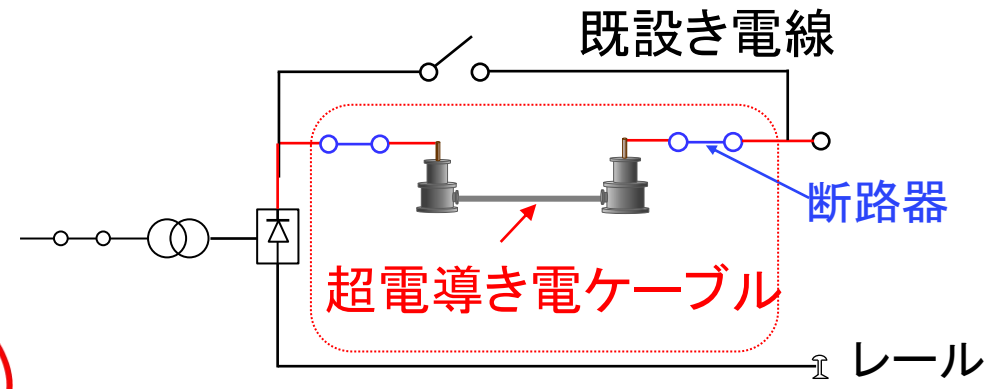
過電流特性評価



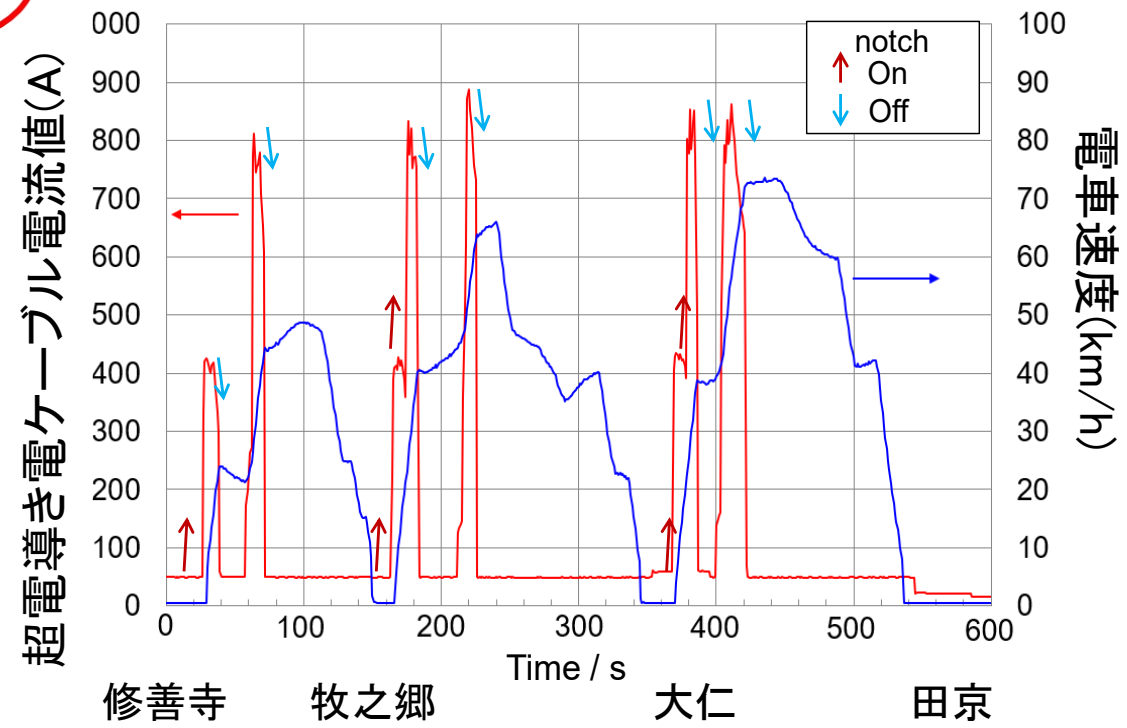
通電評価



# 鉄道用超電導き電システムの検証試験



本線へ実験用に  
基本回路(き電)で構成



営業線導入に向けた  
超電導き電ケーブル  
を開発中

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



# 宮崎実験センターにおける長距離試験

超電導き電用冷却装置

冷凍機



液体窒素  
循環ポンプ



超電導き電ケーブル

実用化に向け、キロメートル級の超電導き電システムを開発中

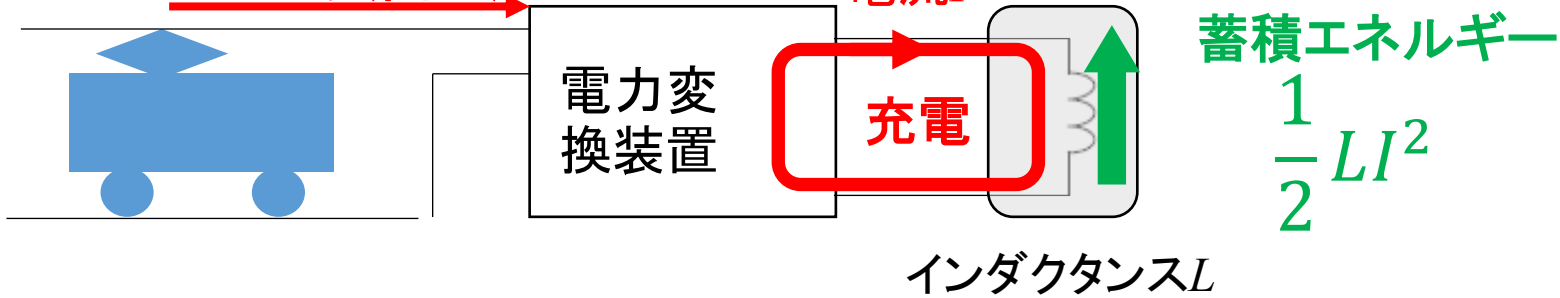




# 応用研究例：超電導磁気エネルギー貯蔵(SMES)

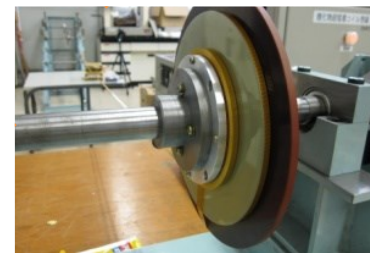
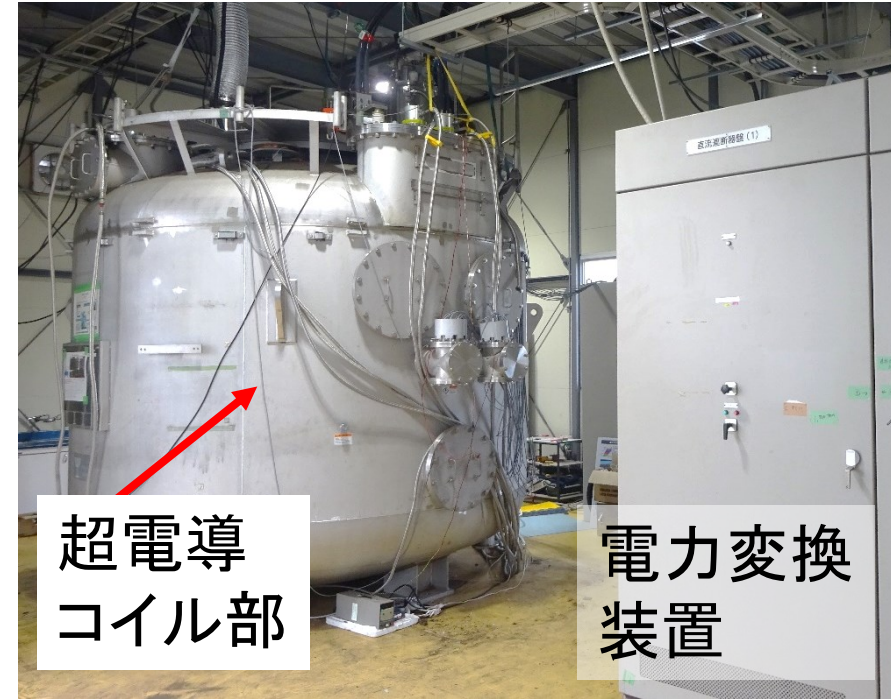
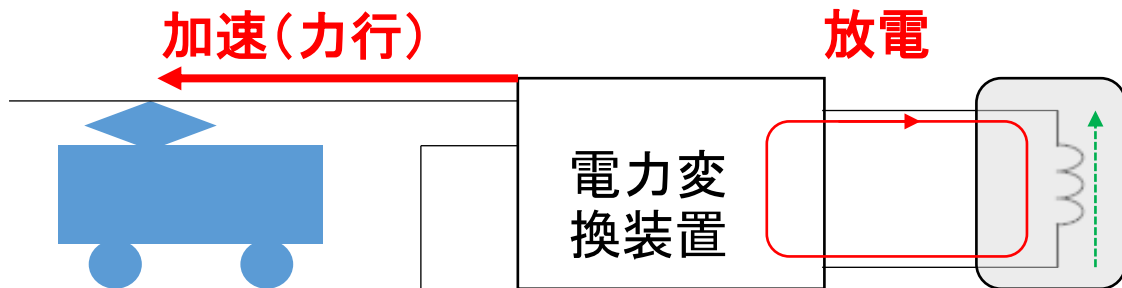
・ブレーキ(回生)時

ブレーキ(回生)



・加速(力行)時

加速(力行)



高温超電導の技術開発



# 成果の活用

- ◆ 車両や変電所の電磁界評価を実施し、磁気浮上においては地上コイルの評価とともに診断技術の開発を進め、その成果を鉄道現場に活用する。
- ◆ 超電導分野においては、超電導き電ケーブルをはじめ、電力貯蔵等の超電導応用機器を鉄道路線へ導入していく。

紹介した研究開発の一部は、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。

