

超電導フライホイール蓄電システム の開発状況と鉄道応用

浮上式鉄道技術研究部

低温システム

副主任研究員 宮崎 佳樹



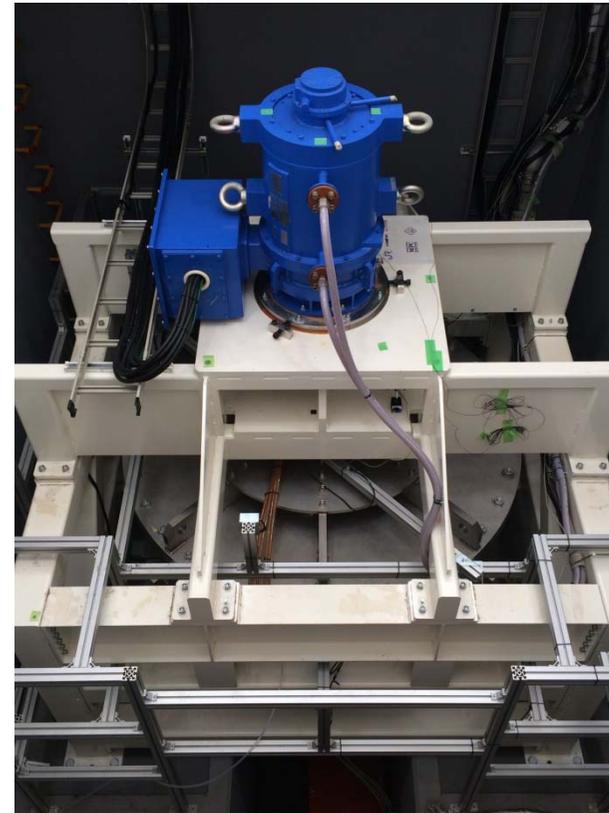
発表内容

I. はじめに

II. 超電導磁気軸受

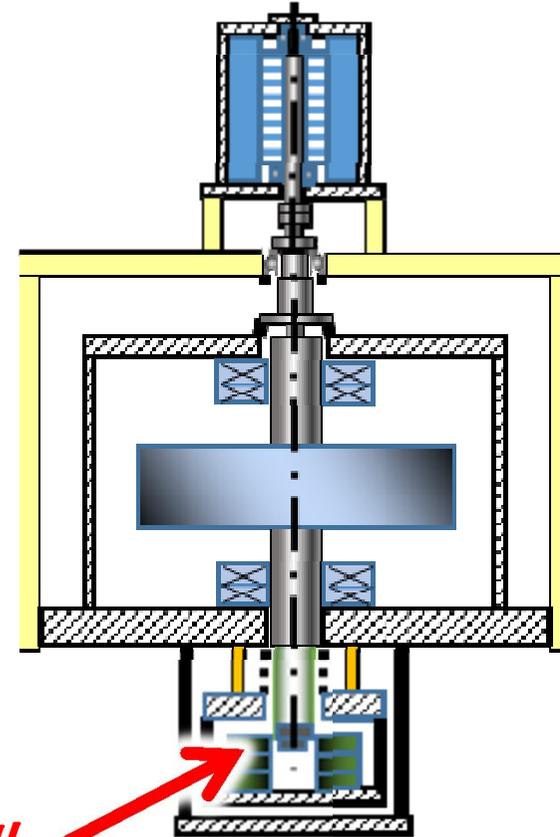
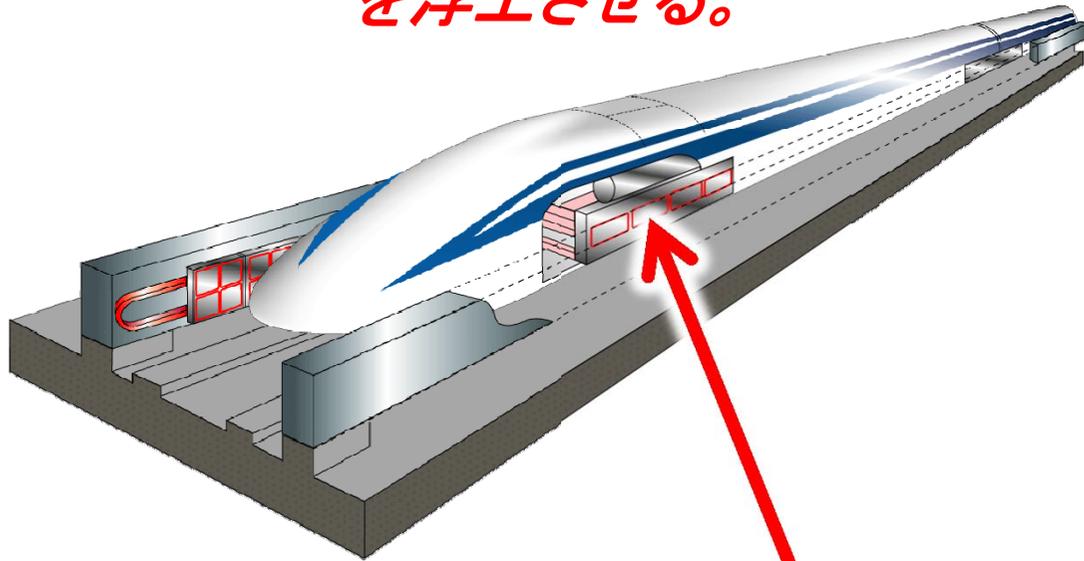
III. 実証機の構成、試験結果

IV. まとめ



超電導磁気浮上

超電導コイルの強力な磁気ので、
トン単位の重量物(車体や円盤)
を浮上させる。



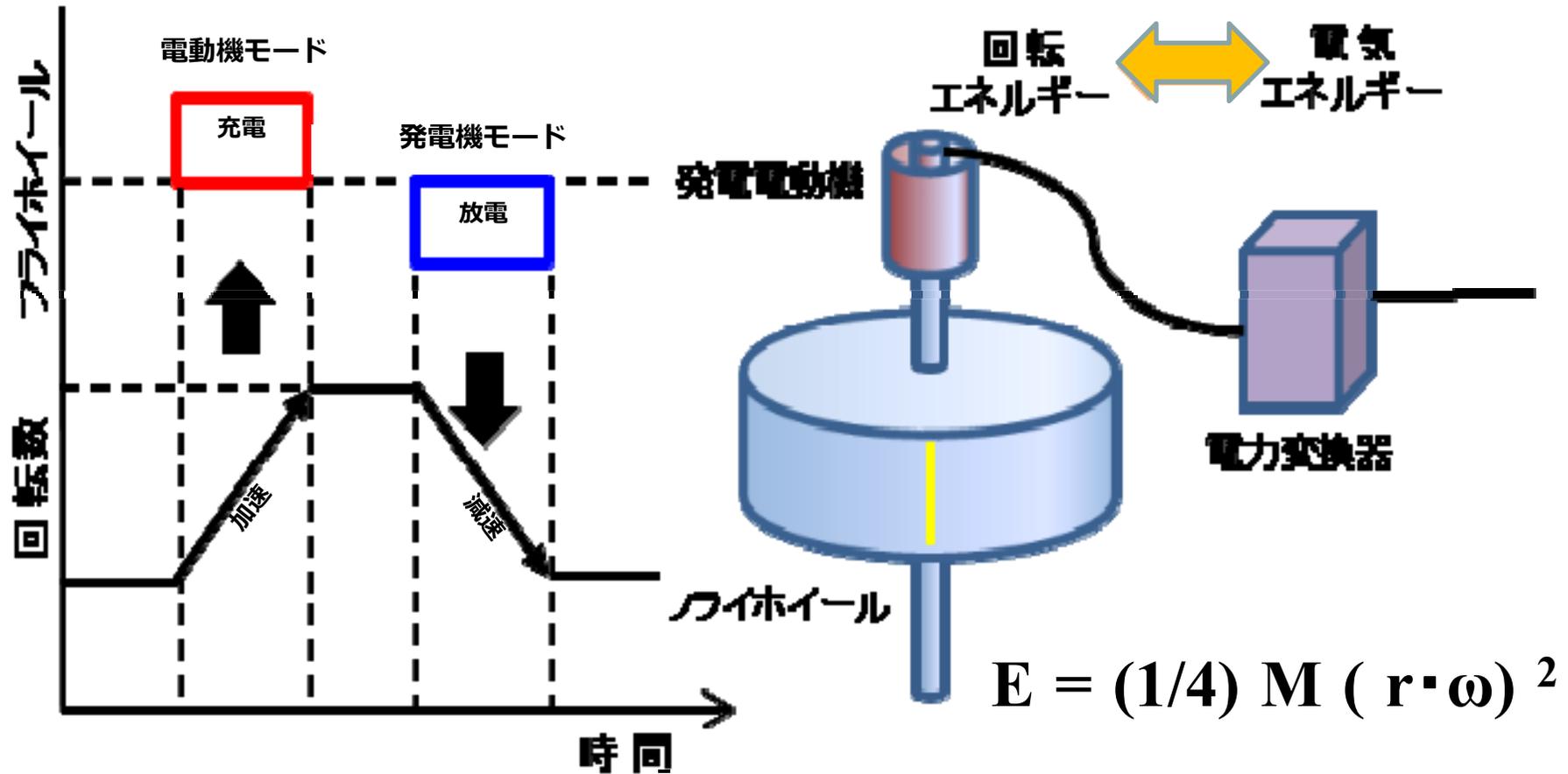
超電導コイル

リニアモーターカー
(高速交通機関)

フライホイール
(蓄電システム)

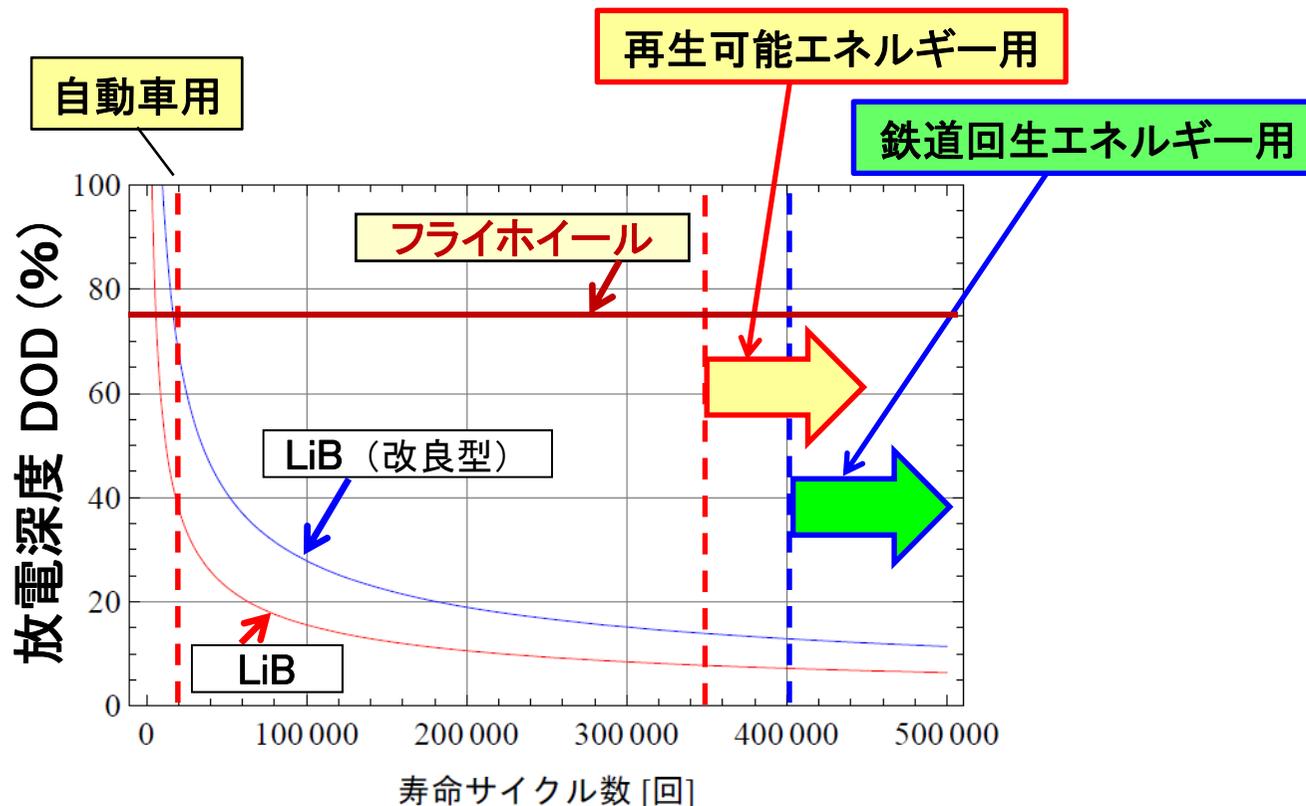


フライホイール蓄電システム



蓄えられる電力量は、フライホイールの
質量 M [kg]，半径 r [m]，回転角速度 ω [rad/s]で設計できる

リチウムイオン電池 (LiB) との比較



鉄道総研の実験式「リチウムイオン二次電池の放電深度 (DOD) による寿命予測法」

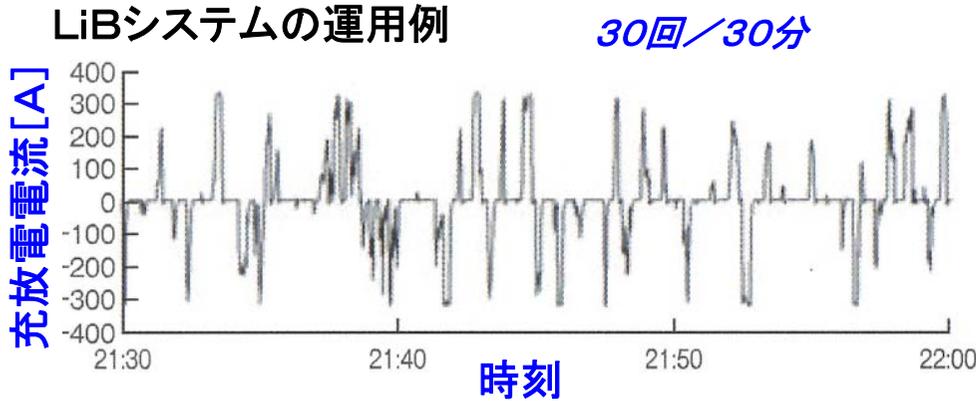
米山ら、「リチウムイオン二次電池の放電深度による寿命予測法」平成17年電気学会産業応用部門大会 III-p.195

$$\text{寿命サイクル数} = \frac{\text{DOD 100\%の時のサイクル数}}{\text{DOD}^{1.8}}$$

- ・LiBは放電深度を浅くして使用する必要があるため、大容量でコスト高になる。
- ・フライホイールはサイクル数による劣化が無い。

多数回のエネルギーリサイクルが求められる蓄電システム

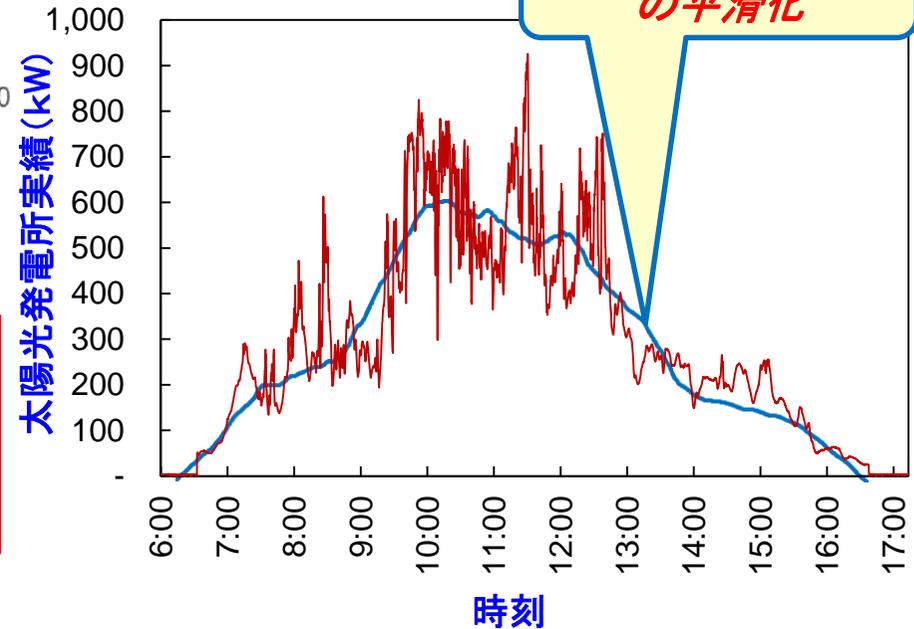
鉄道での回生エネルギー有効活用



東武鉄道(株)越谷変電所における充放電電流計測結果例
(東芝レビューVol.69 No.8 (2014)「鉄道向け回生電力蓄電システム」)

首都圏大手民鉄では1日に600回、閑散線区でも60回の充放電が必要
→ 20年用途では、**40~400万回リサイクル特性が必要**

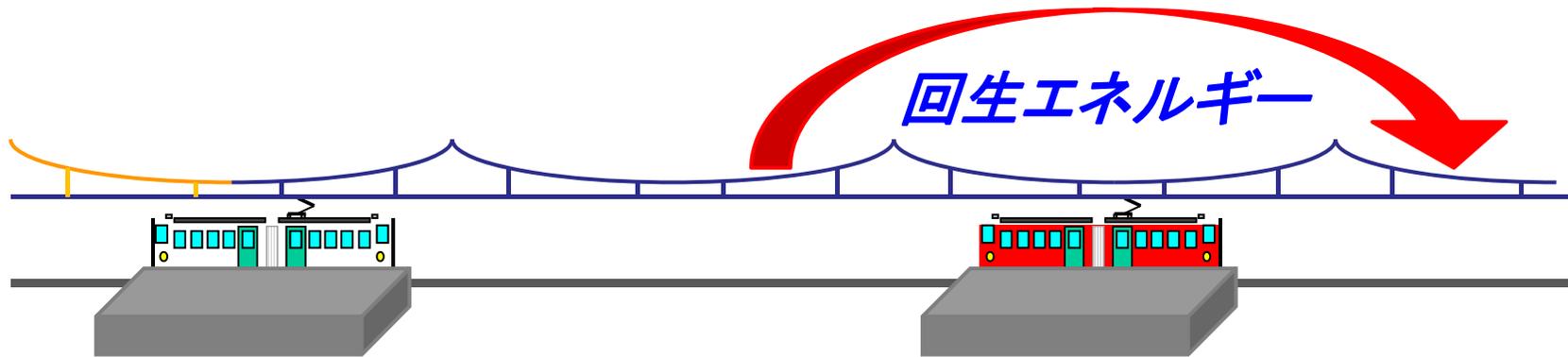
米倉山メガソーラーの出力変動



平滑化のためには、1日に50~500回の充放電が必要
→ 20年用途では、**35~350万回リサイクル特性が必要**

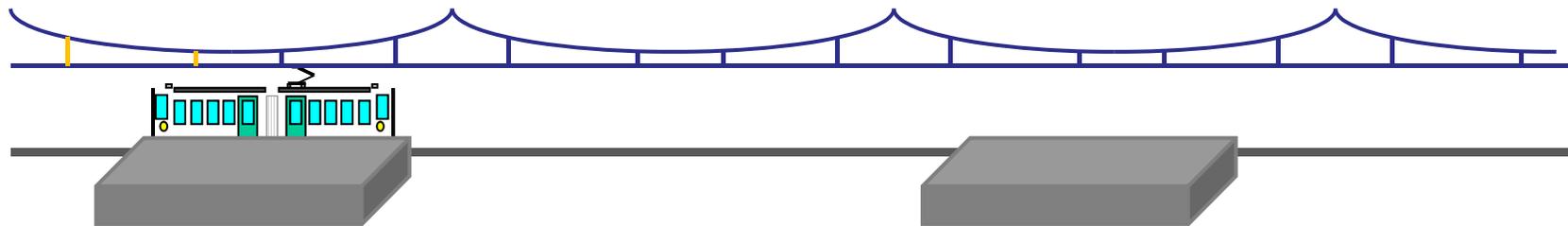
鉄道におけるエネルギー貯蔵の意義

鉄道は他の交通機関よりもエネルギー効率が
高い。
理由として、**回生エネルギー**の利用がある。



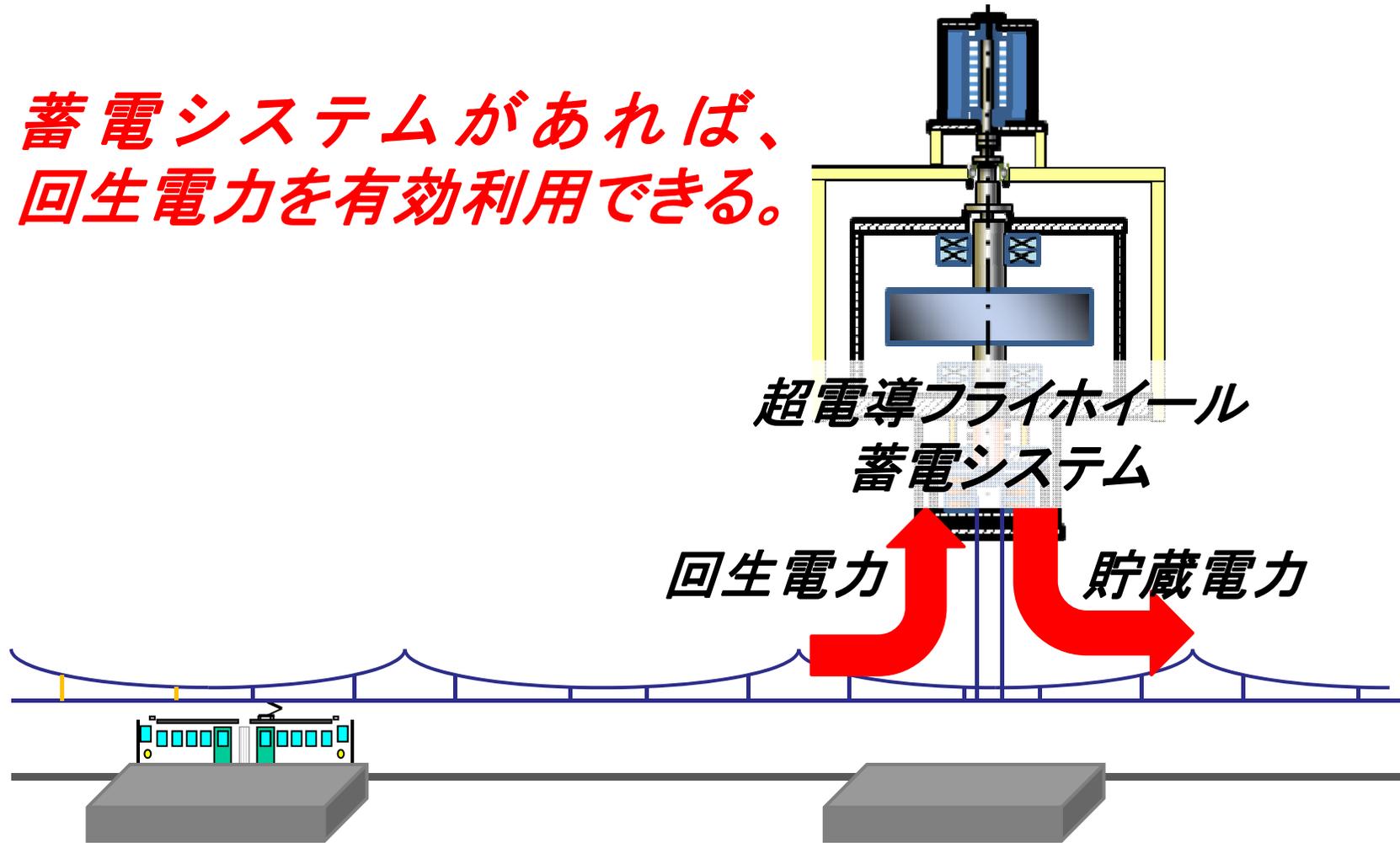
他の列車が存在しないと、

回生絞込み、**失効**



鉄道におけるエネルギー貯蔵の意義

蓄電システムがあれば、
回生電力を有効利用できる。



各種蓄電システムの比較

	二次電池 【化学電池】	キャパシタ	フライ ホイール
充電速度	△	○	○
蓄電量	○	△	○
放電速度	△	○	○
保守性	○	○	△



フライホイール

- ◎出力と容量を独立に設計可能
- ◎繰り返し充放電に強い(長寿命)
- ◎有害廃棄物が出ない

△機械軸受のメンテナンスが必要
⇒超電導磁気軸受を採用
(非接触磁気軸受)

I . はじめに

II . 超電導磁気軸受

III . 実証機の構成、試験結果

IV . まとめ



超電導磁気軸受 (非接触磁気軸受)

コンセプト

- ・超電導コイルと超電導バルクの組合せによる磁気浮上(非接触)

→超電導磁気軸受の小型化で低コスト化

- ・磁気軸受部分のみ冷却

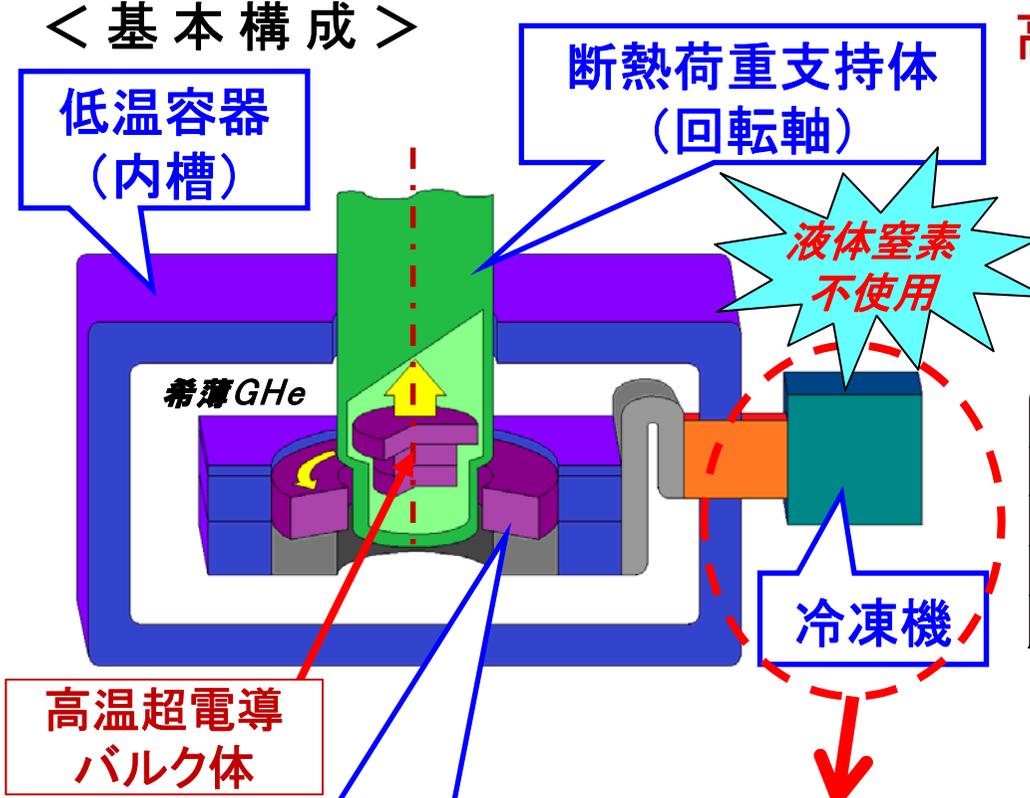
コイル:伝導冷却

バルク:希薄ヘリウムガス冷却

→液体冷媒不使用、冷却コストも低減

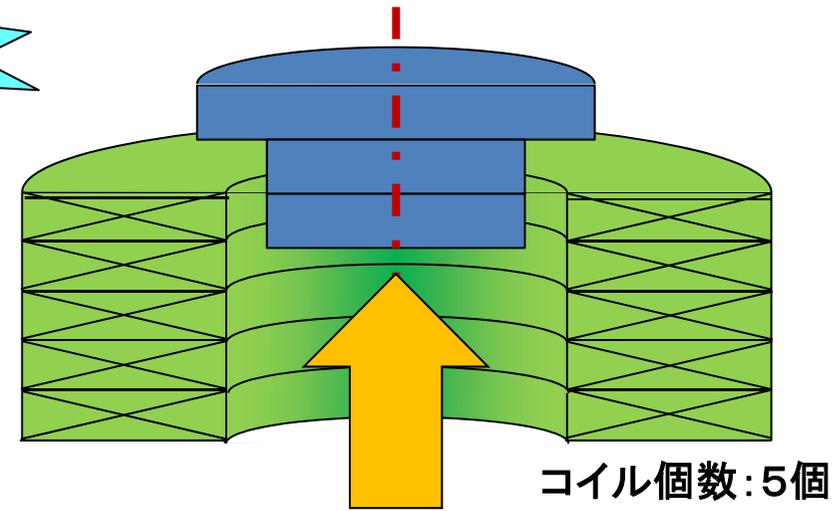
超電導磁気軸受

< 基本構成 >



高温超電導バルク体

浮上用 大バルク(直径: 140 mm): 1個
案内用 小バルク(直径: 90 mm): 2個



**コイルとバルクの磁気反発力で
非接触浮上する**

冷凍機による伝導冷却

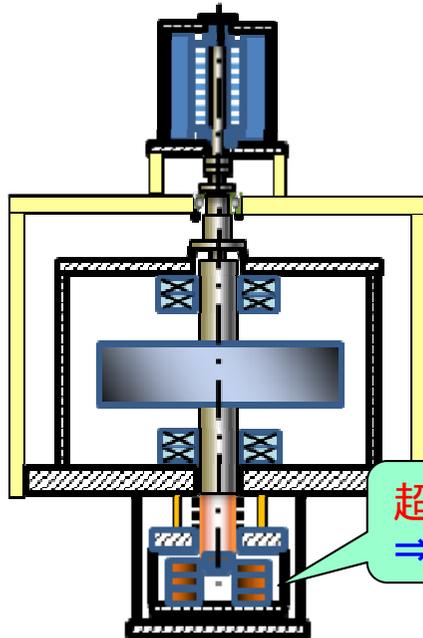
通電電流	80 A
インダクタンス	4 H
コイル負荷率	60%以下



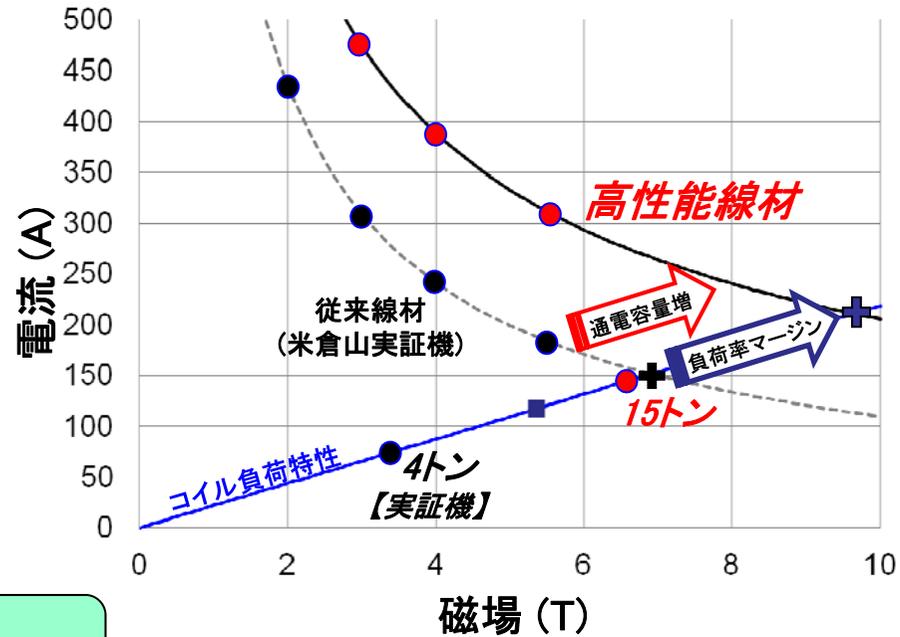
鉄道への応用展開

鉄道への応用

蓄電容量は数十kWhが必要



超電導磁気軸受
⇒大荷重化[15トン超]



超電導コイル負荷曲線と線材通電特性
(超電導コイルの大荷重化は対応可)

・フライホイール質量増により超電導磁気軸受は15トン超の**大荷重化**対応が必須

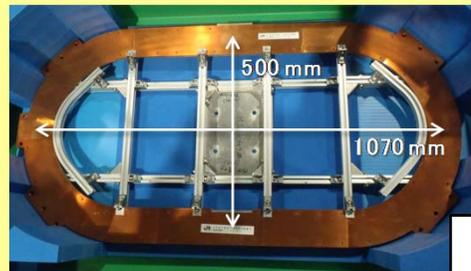
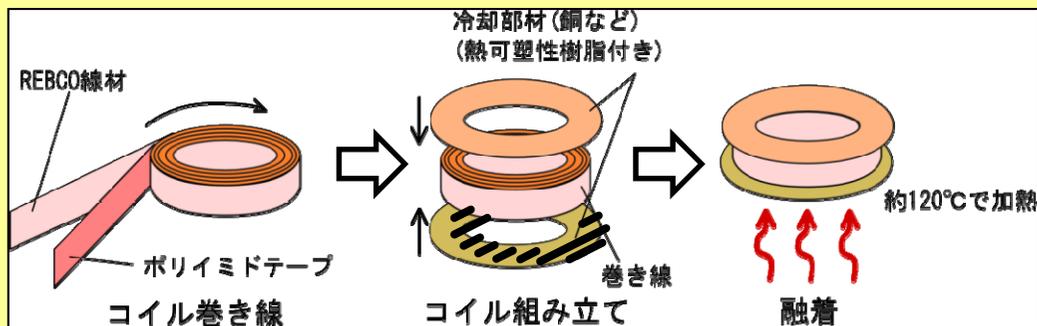


最新の**高性能線材**をコイルへ適用することで、鉄道用で想定される15トン超の大荷重浮上に対しても、現行の超電導磁気軸受構成の延長で**設計可能**

新技術・融着材法によるコイル開発

超電導リニアの開発成果(高温超電導コイル技術)を大荷重超電導磁気軸受用新型コイル開発に技術展開

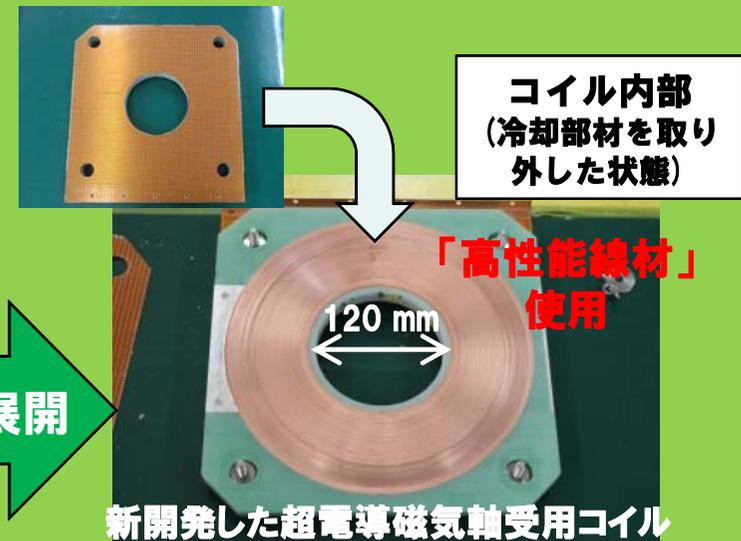
コイル製造法「融着材法」(特許出願番号2013-241409)



リニア用高温超電導コイル

超電導フライホイールに展開

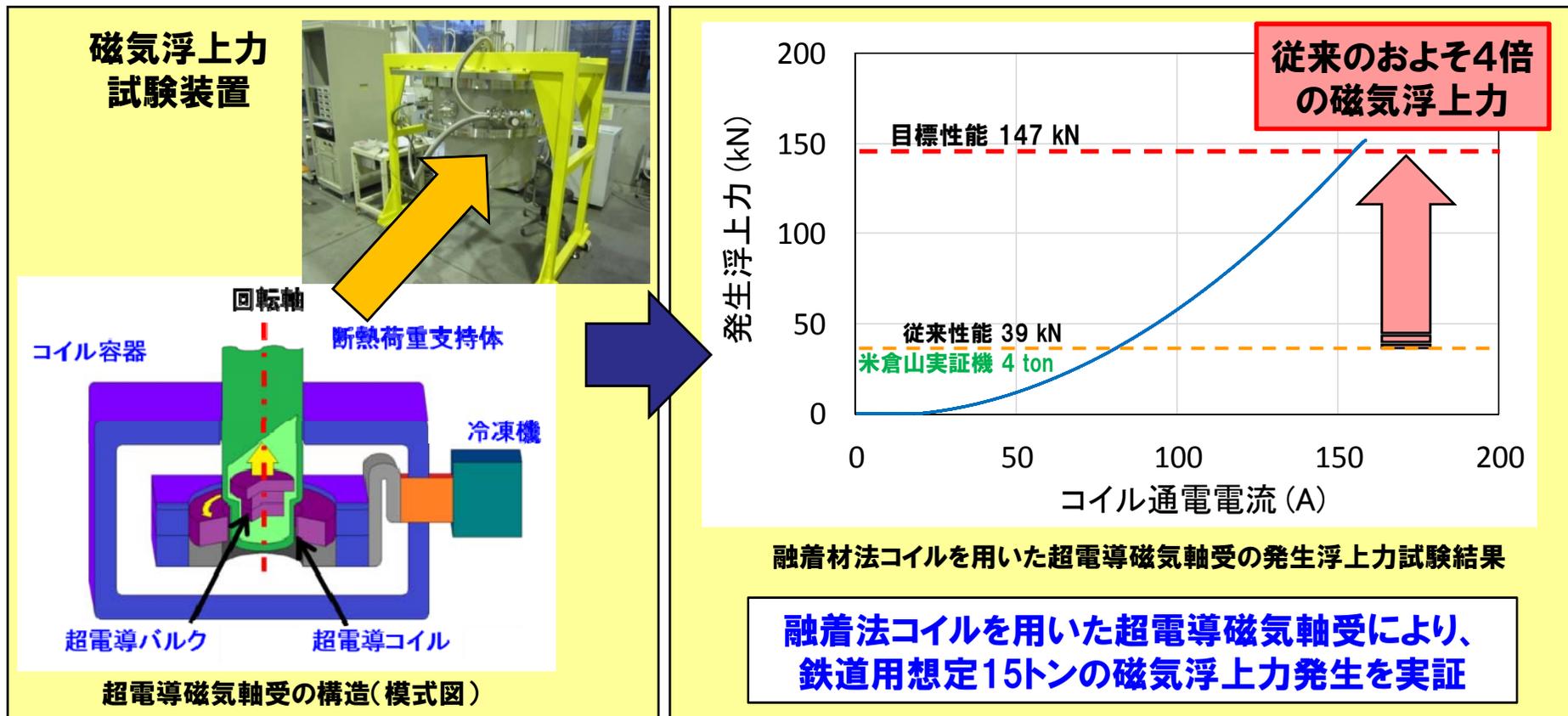
実走行を模擬した振動試験でも性能を保持することを確認済



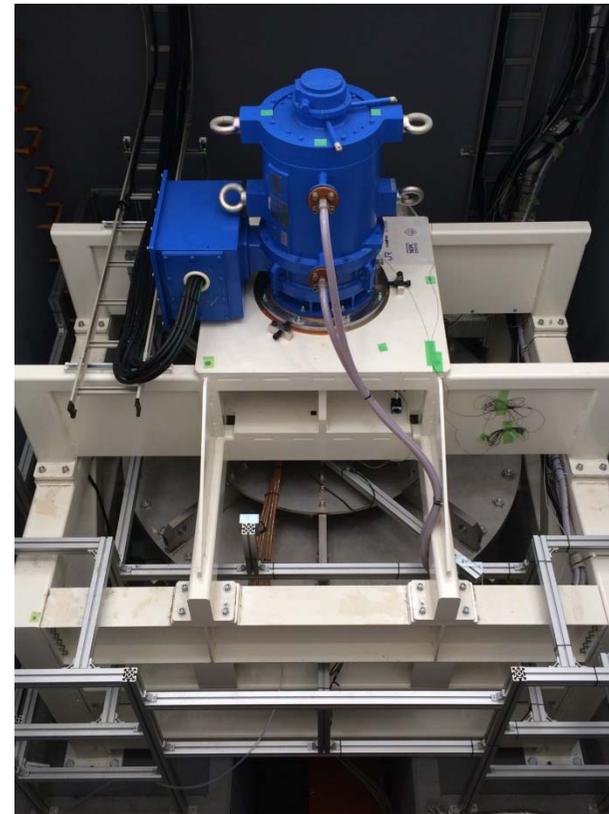
融着材法による新型・高温超電導コイルを3個製作 (鉄道総研にて内製)

超電導磁気軸受の浮上力特性

高性能化線材と融着材法(鉄道総研考案)を適用した超電導コイルを新設計・製作し、鉄道用の想定浮上力147 kN(15トン相当)が発生可能なことを確認した。

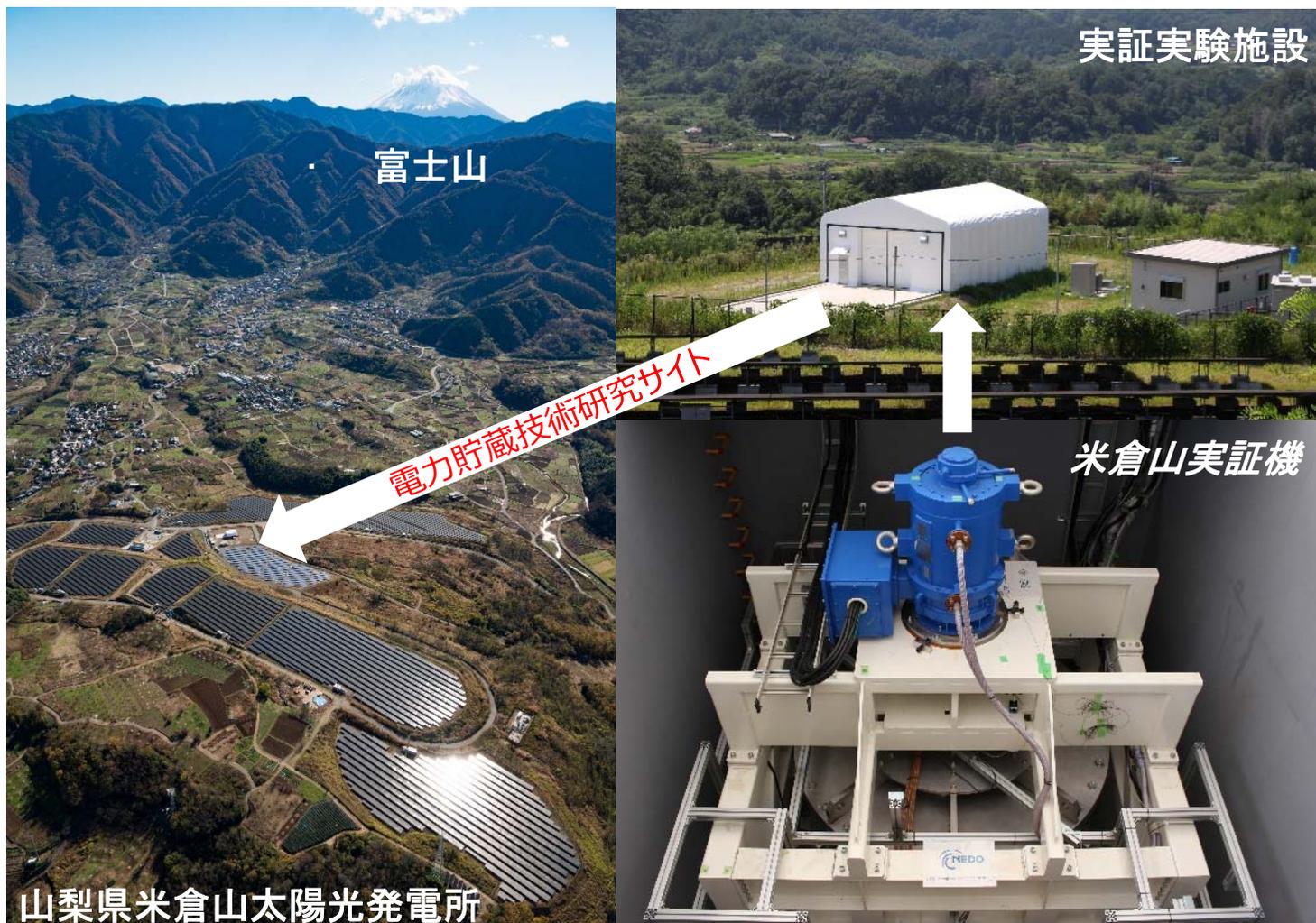


- I. はじめに
- II. 超電導磁気軸受
- III. 実証機の構成、試験結果
- IV. まとめ

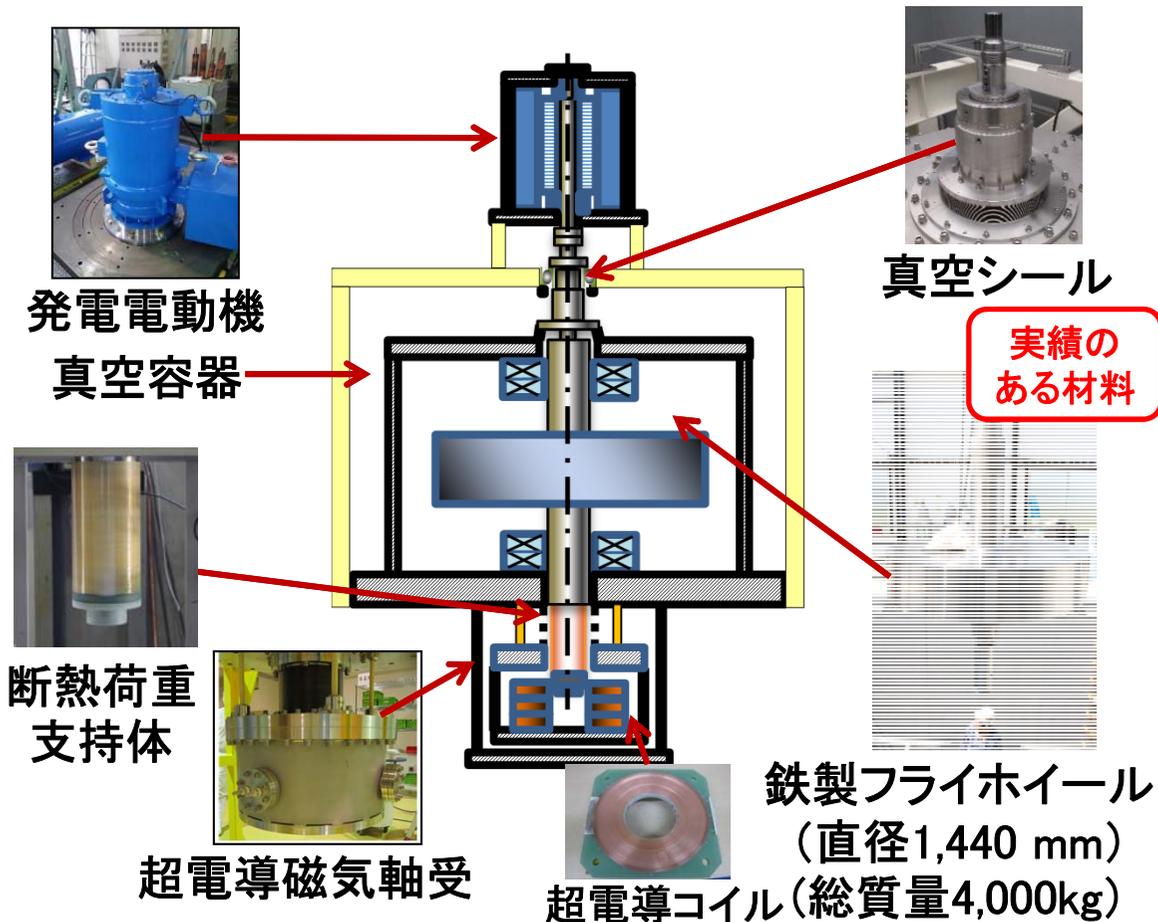
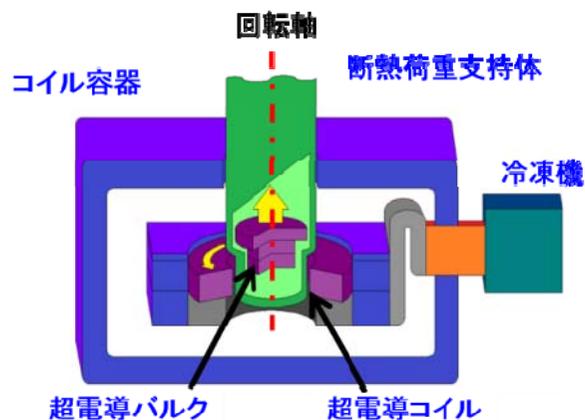
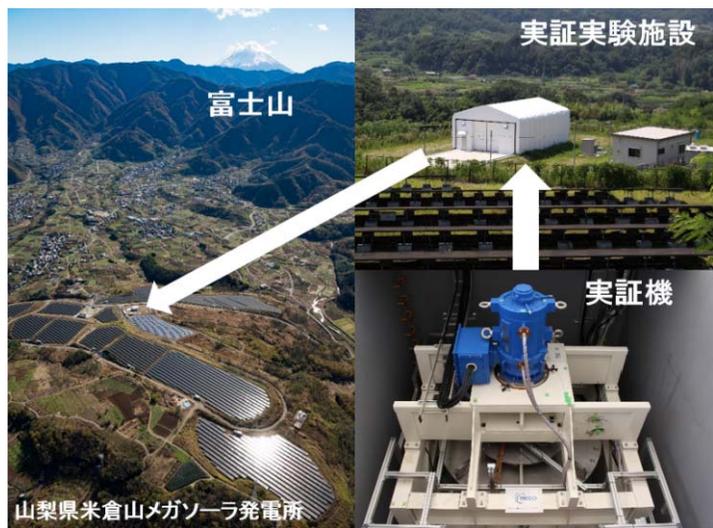


実証試験が進む超電導フライホイール

超電導磁気軸受を用いたフライホイール蓄電システム(米倉山実証機)
太陽光発電出力の平滑化を目的とした系統連系などの実証試験を進めている



実証試験が進む超電導フライホイール実証機

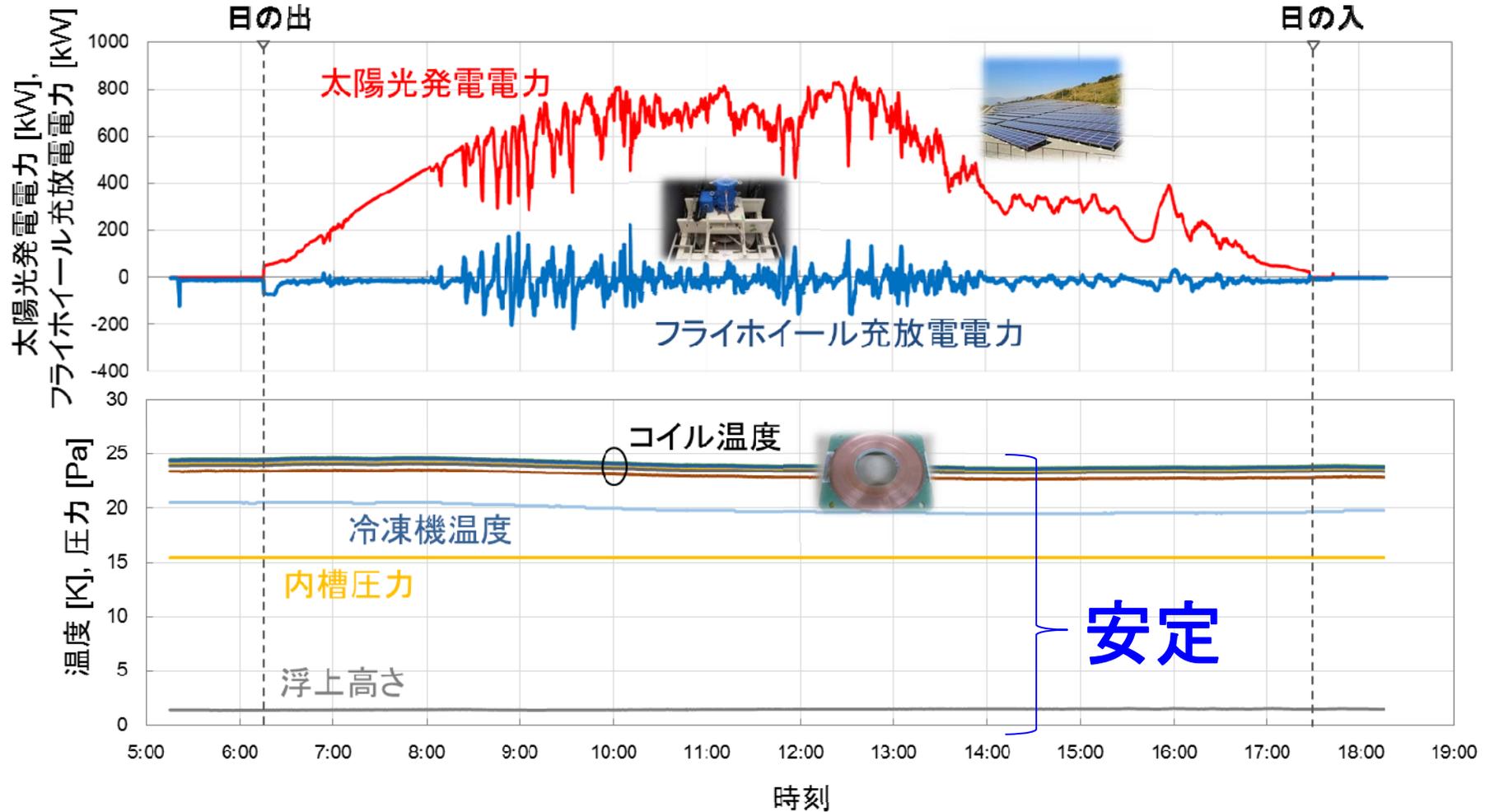


超電導フライホイール構成
(出力 300 kW、容量 10 kWh)

超電導磁気軸受

超電導磁気軸受の安定性検証

太陽光発電の安定化 米倉山実証機の連続運転実施例



SMBの浮上時間 延べ9,500時間
超電導トラブルなし

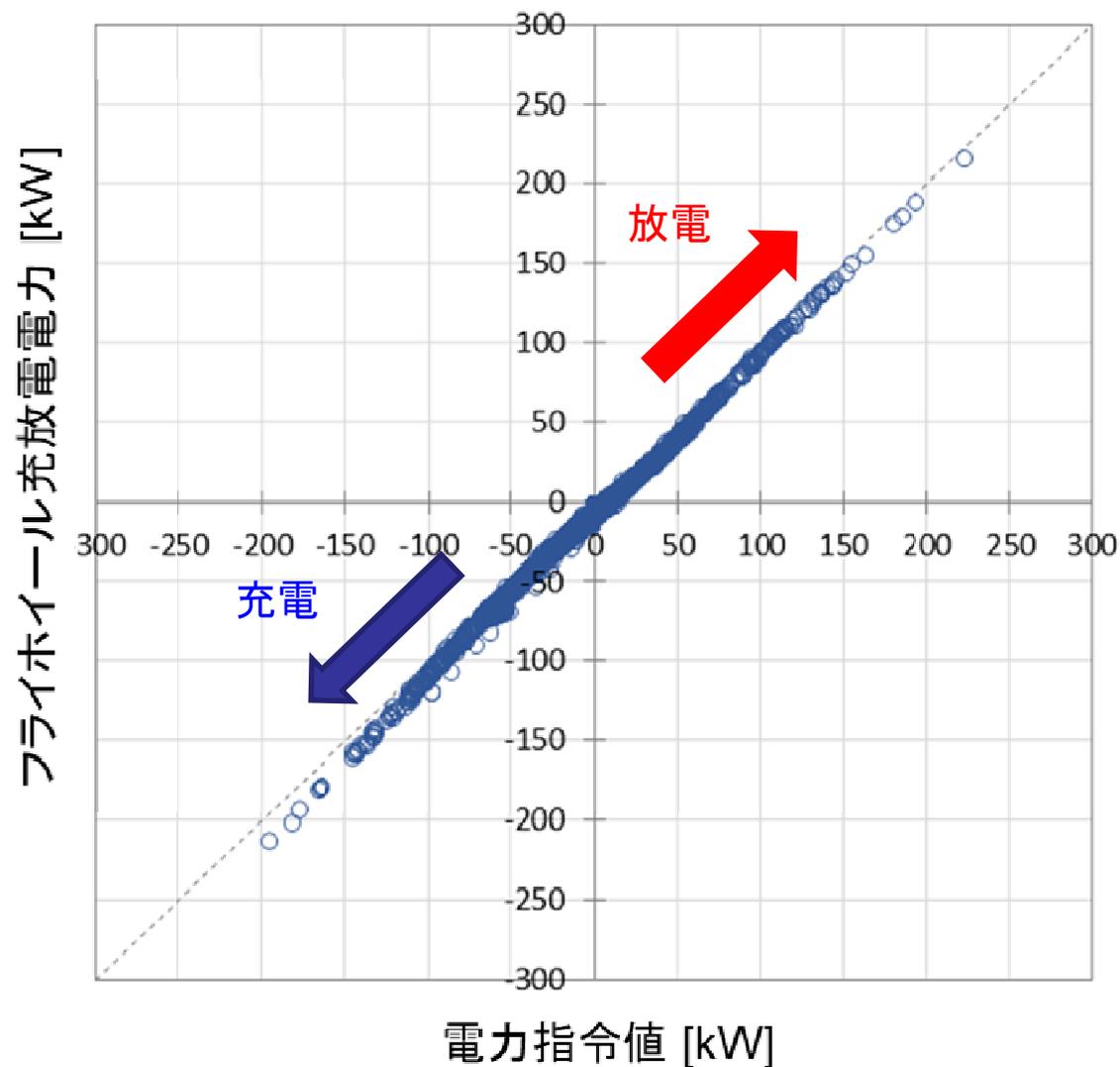
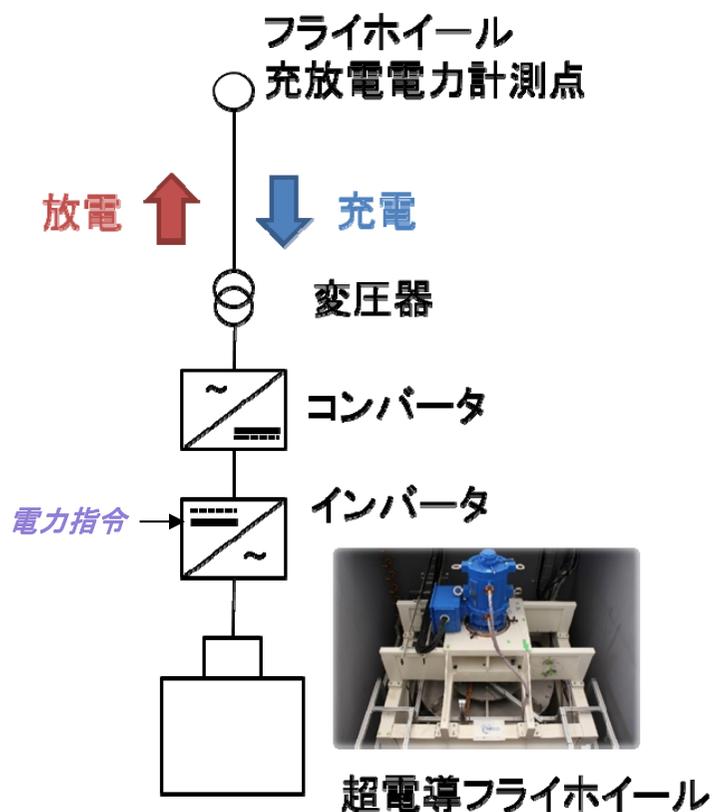


超電導フライホイールの充放電特性

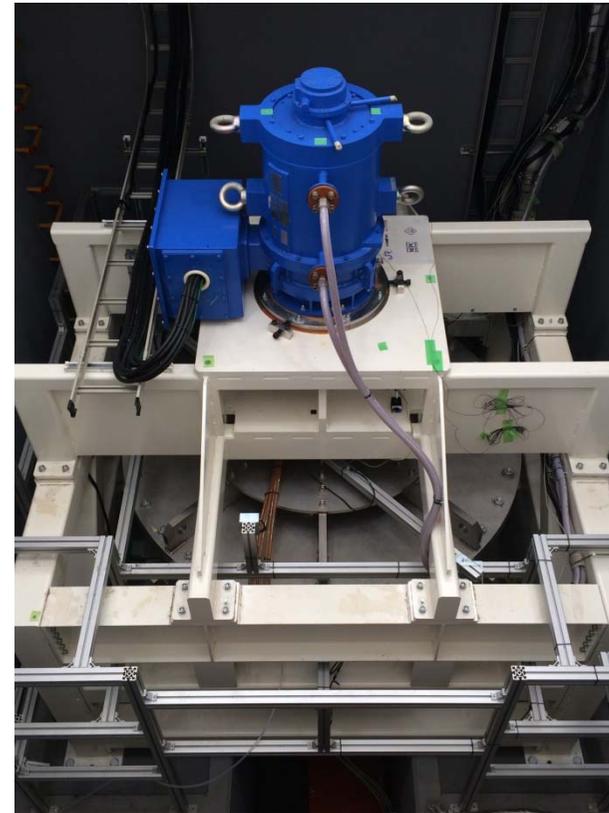
充放電電力

良好な線形性

優れた充放電特性



- I. はじめに
- II. 超電導磁気軸受
- III. 実証機の構成、試験結果
- IV. まとめ





まとめ

- (1) 超電導フライホイールの**鉄道フィールドへの適用**にむけ、**超電導磁気軸受**には鉄道用で想定される蓄電容量を満足する、フライホイールの**大荷重化**(米倉山の約4倍、**目標浮上力147kN**)に対応する必要がある。
- (2) 今回、**通電容量の高い高性能化線材**と、**融着材法**(鉄道総研が**独自に考案した製法**)を適用した新しい超電導コイルを設計・製作し、**目標浮上力(148kN)が発生可能なことを検証した**。
- (3) 実証実験が進む**山梨県米倉山の超電導フライホイール蓄電システム実証機**の超電導磁気軸受の負担荷重(浮上力)は、**38kN(4トン)**で、その浮上時間は**超電導トラブルなしで延べ9,500時間超の運用実績**を有する。



今後の取り組み

回生失効対策等に役立つ、鉄道用の超電導フライホイール蓄電の実用化にむけた設計を進めていく。



謝 辞

- 米倉山実証機の開発はNEDOの助成事業「次世代フライホイール蓄電システムの開発」で開発した実証機の開発成果を有効活用する形で実施してきたものである。



2015年 2月で、NEDO助成期間は終了



鉄道用超電導フライホイール蓄電の推進

電など再生可能エネルギーの安定利用を目的に、米倉山電力貯蔵技術研究サイト（甲府市）で同システムの研究開発を行っている。今回、同サイトの実証機を活用し、鉄道用実証機の開発に向けた試験や、その後の鉄道用実証機による試験に協力する。2018年度（平成30年度）中にシステムの仕様を決定し、2020年中に同県内の中央線沿線で実証実験を開始する予定。



鉄道総研



山梨県

鉄道用超電導フライホイール蓄電システム開発について

2018年8月「発注」「担当メーカ公表」

2018年3月「3者 基本合意書締結」

開発契約窓口



2020年 実証実験開始 (予定)



米倉山・超電導フライホイール

超電導フライホイール装置取りまとめ

