

超電導磁気軸受を用いたフライホイール蓄電装置の開発

2016年10月21日

電力技術交流会

公益財団法人鉄道総合技術研究所
浮上式鉄道技術研究部(低温システム)
小方 正文



Railway Technical Research Institute

目次

I. はじめに

II. 超電導磁気軸受によるフライホイール装置

III. 実証機の構成、製作、試験

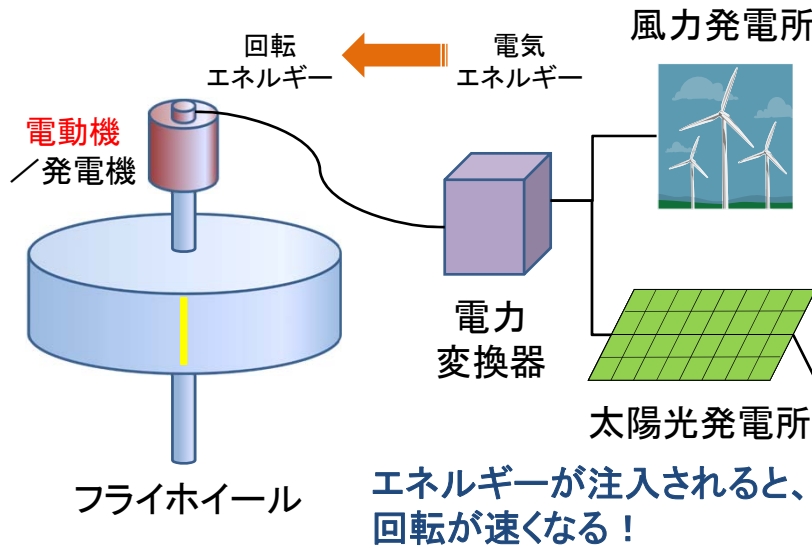
IV. おわりに



Railway Technical Research Institute

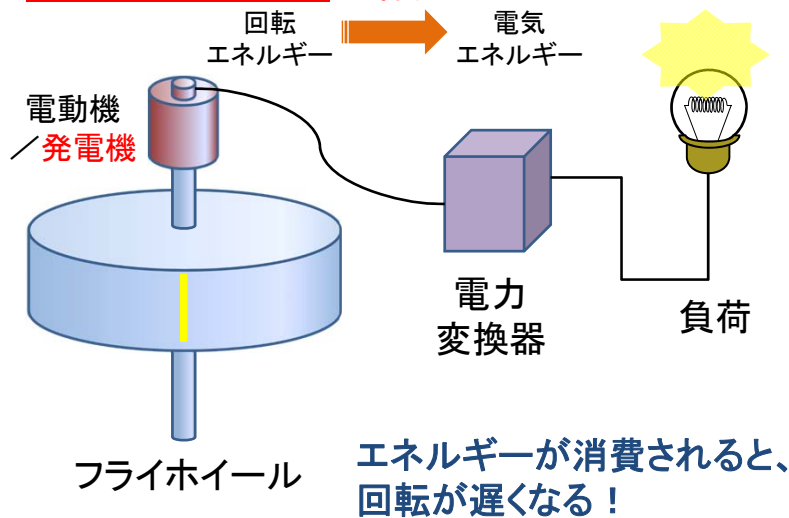
フライホイール蓄電システムの原理

再生可能エネルギー



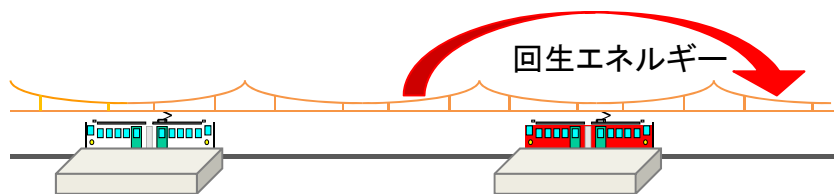
フライホイール蓄電システムの原理

蓄える電力量はフライホイールの
重さ、直径、回転数が増すにつれて大きくなる！

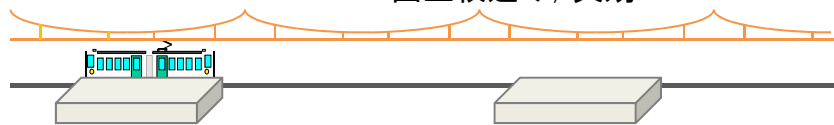


鉄道におけるエネルギー貯蔵の意義

鉄道は他の交通機関よりもエネルギー効率が
高い。
一因として、回生エネルギーの利用がある。



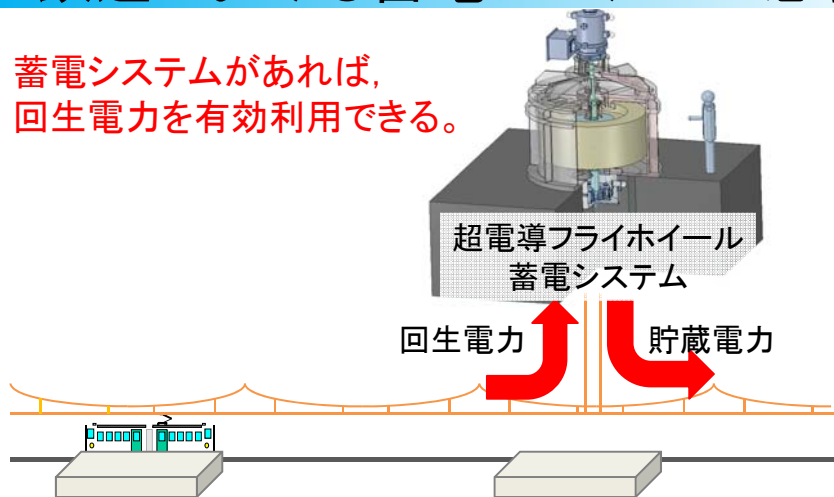
他の列車が存在しないと、
回生絞込み、失効



Railway Technical Research Institute

鉄道における蓄電システムの意義

蓄電システムがあれば、
回生電力を有効利用できる。



Railway Technical Research Institute

各種蓄電システムの特徴比較

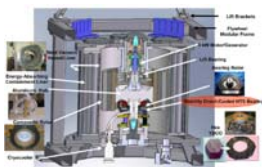
	二次電池 【化学電池】	キャパシタ	フライ ホイール
充電速度	△	○	○
蓄電量	○	△	○
放電速度	△	○	○

フライホイール

- ◎出力と容量を独立に設計可能 △機械軸受のメンテナンスが必要
- ◎繰り返し充放電に強い(長寿命) ⇒超電導磁気軸受を採用
- ◎有害廃棄物が出ない

世界の超電導フライホイール蓄電システム例

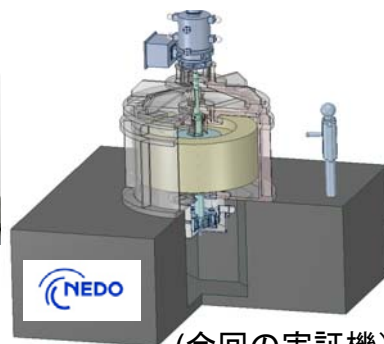
開発主体	出力	充放電量	ロータ 材料	軸受		冷却温度 K
	kW	kWh		ロータ	ステータ	
Boeing(アメリカ)	100	5	FRP	永久磁石	超電導 バルク	77K
ATZ GmbH(ドイツ)	250	5				



Boeing機



ATZ機



(今回の実証機)



目次

I. はじめに

II. 超電導磁気軸受によるフライホイール装置

III. 実証機の構成、製作、試験

IV. おわりに

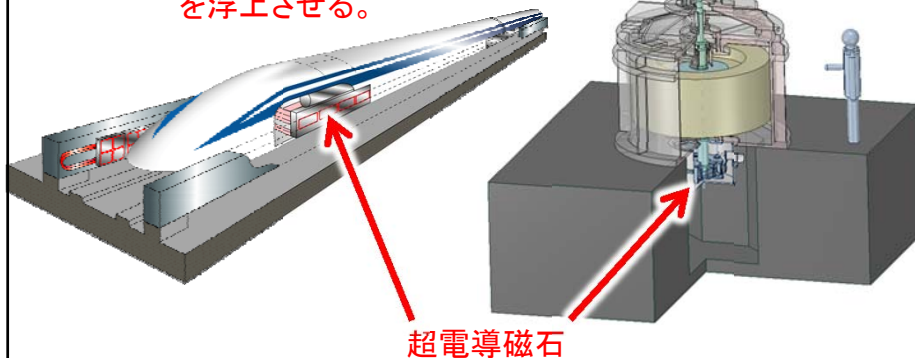


Railway Technical Research Institute

8

超電導磁気浮上

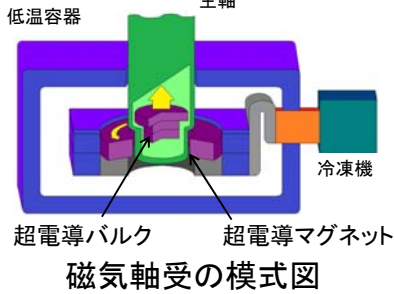
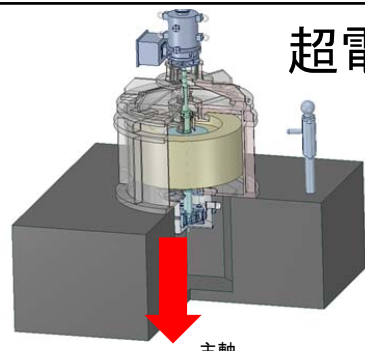
超電導磁石の強力な磁気ので、
トン単位の重量物(車体や円盤)
を浮上させる。



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)

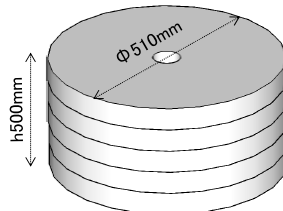
超電導磁気軸受



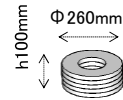
磁気軸受の模式図



常電導と超電導の比較 (3.5Tマグネット)



常電導コイル
電流密度 2A/mm²
通電損失 25 kW



超電導コイル
電流密度 75A/mm²
通電損失 0kW
冷凍動力 2.9kW (実測)

**超電導技術の適用により小型の
コイルで大きな浮上力を発
揮。電力消費も抑制。**

目次

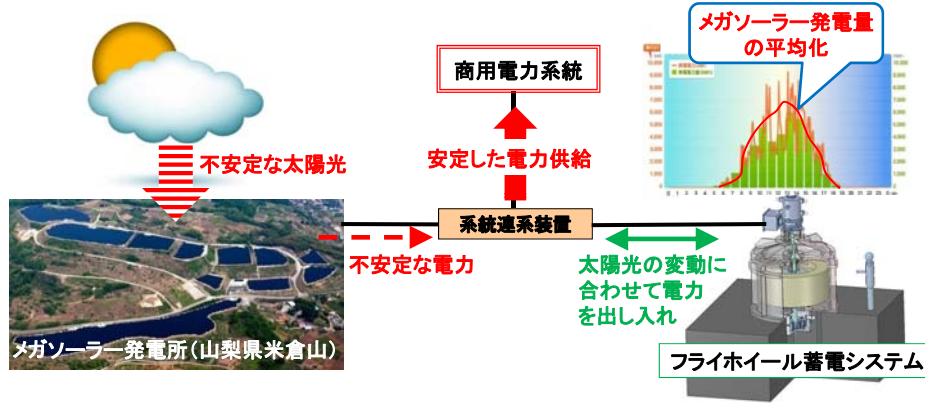
- I. はじめに
- II. 超電導磁気軸受によるフライホイール装置
- III. 実証機の構成、製作、試験
- IV. おわりに



NEDO「安全・低コスト大規模蓄電システム技術開発」

事業の目的

国際競争力の向上を図ることを念頭に徹底した**低コスト化、長寿命化、安全性**を追求した系統安定化用蓄電システムを開発し、我が国の再生可能エネルギーの利用拡大に貢献する。



事業の概要

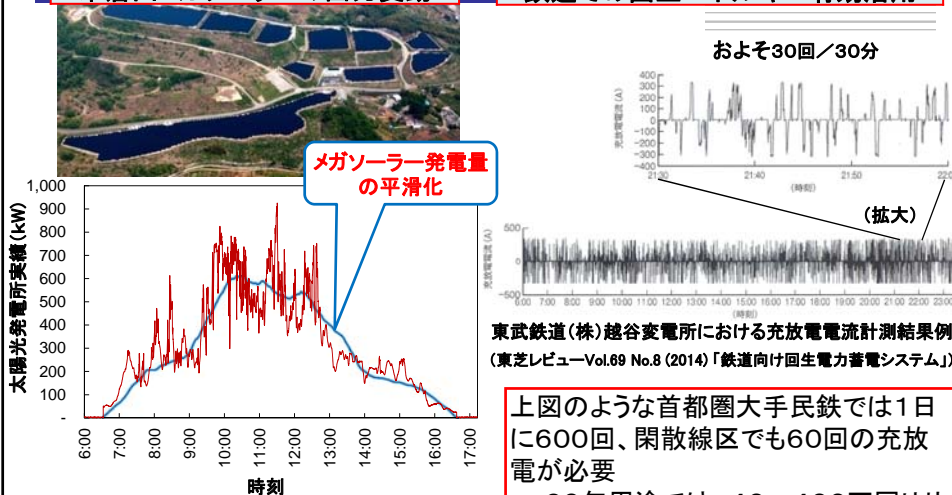
超電導バルクと超電導コイルの組み合わせによる独自の磁軸輸受を用いた**フライホイール蓄電システム**を開発し、山梨県のメガソーラー発電所に導入して**実証試験**を行う。

12

フライホイールの用途: 多数回のエネルギーリサイクル

米倉山メガソーラーの出力変動

鉄道での回生エネルギー有効活用



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

上図のような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

研究開発目標

項目	目標(狙い)	コメント
低コスト	7万円/kW以下	NEDO基本計画 (電力系統の安定化対応)
安全	安全性確保	弾み車の回転エネルギーで 装置が破損・機能喪失し ない安全設計
長寿命	20年	NEDO基本計画 (安全性重視、省メンテ指向)



研究開発スケジュール

平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度
・概念設計 ・要素開発	・詳細設計 ・要素開発	・実証機組立	・メガソーラ発電所で 実証試験

CFRPホイール
超電導磁気軸受 }
}

に開発を絞り込み、実証試験の早期実現と、コスト削減



実証機 全体



実証機外観(工場内)



Railway Technical Research Institute

NEDO 超電導フライホイール蓄電システム実証機

発電電動機
(公財)鉄道総合技術研究所



**CFRP製
フライホイール**
クボテック(株)



高さ 0.9 m
直径 2 m

系統連系制御
山梨県企業局



真空容器
(株)ミラプロ



超電導磁気軸受
(公財)鉄道総合技術研究所
古河電気工業(株)

超電導バルク体
を収めた回転軸

超電導コイル

実証機 CFRPロータ



CFRPロータ外観

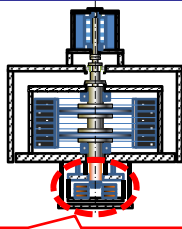
直径2,000mm、高さ0.9m、質量4,000kg



Railway Technical Research Institute

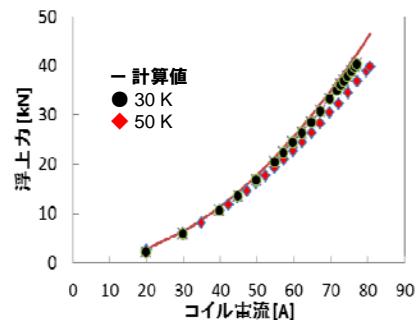
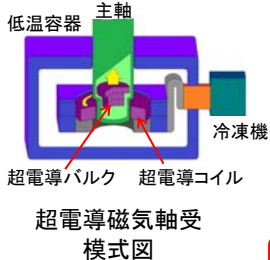
18

実証機 超電導磁気軸受



超電導磁気軸受

ロータ側：REBCO高温超電導バルク
 ステータ側：イットリウム系高温超電導コイル
 冷却温度(設計値)：50K以下(-223°C以下)
 浮上力：50K冷却下で40kNを確認



超電導磁気軸の浮上力特性

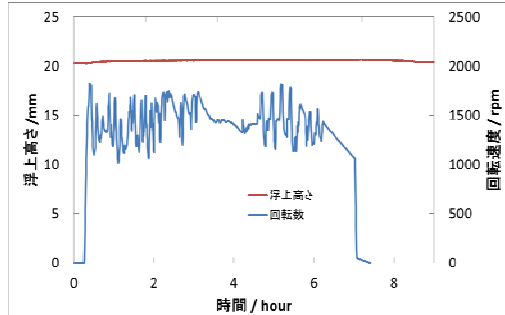
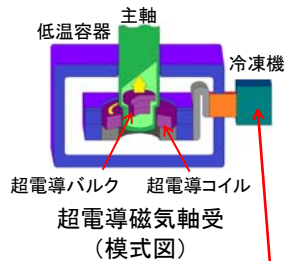
ほぼ設計通りの超電導軸受の浮上力特性を確認した。



Railway Technical Research Institute

19

超電導磁気軸受の試験結果例



冷凍機の消費電力は2.9kW@25Kを実測確認。
 なお、50K運転時は約0.8kWに低減(推定)。

実証機系統連系試験時の浮上高さおよび回転速度

8ヶ月で延べ3,000時間の浮上時間を記録。
 【実証試験施設@米倉山でも安定運転を確認】

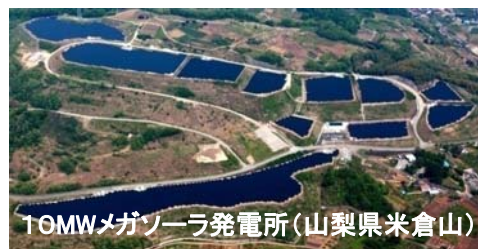
今後、超電導磁気軸受の長期安定性検証と長期運転後の超電導特性の変化の有無検証等米倉山の実証機を用いた検証試験を実施予定。



Railway Technical Research Institute

20

米倉山大規模太陽光発電所との連系試験



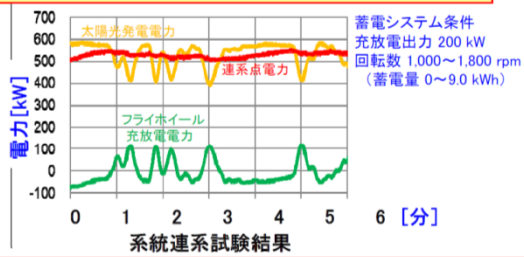
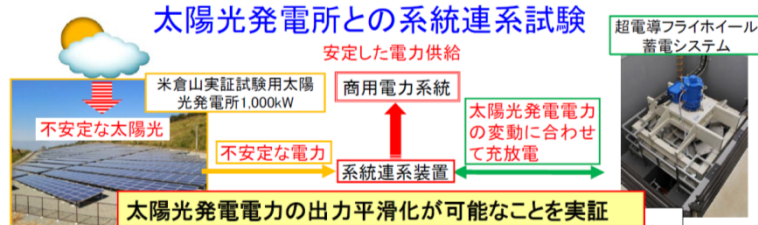
TOMWメガソーラ発電所(山梨県米倉山)



Railway Technical Research Institute

21

系統連系試験結果



・充放電効率定格時87%【NEDOプロ目標:80%以上】
⇒フライホイール蓄電システムは鉄道の回生失効対策にも有効



目次

- I. はじめに
- II. 超電導磁気軸受によるフライホイール装置
- III. 実証機の構成、製作、試験
- IV. おわりに



おわりに

超電導軸受によるフライホイール蓄電装置を完成

山梨県大規模太陽光発電所にて実証試験を実施

本研究開発は、NEDO助成事業「安全・低コスト大規模蓄電システム
技術開発次世代フライホイール蓄電システムの開発」にて実施した。



Railway Technical Research Institute

24