

鉄道分野のGXに関する官民研究会(第3回) 事務局説明資料

令和7年6月2日
鉄道局

1. 鉄道分野のGXに関わる情報の整理

- GX（グリーン・トランスフォーメーション）とは、産業革命以来の化石燃料中心の経済・社会、産業構造をグリーンエネルギー中心に移行させ、**日本の産業と経済、そしてエネルギー政策の大転換を目指し、社会全体を変革すること。**
- GXとカーボンニュートラルは混同されがちであるが、**GXでは脱炭素だけでなく、GX関連技術による経済成長やエネルギー自給率向上による安定供給の確保が重要な要素。**

GX（グリーントランスフォーメーション）

- GXに向けた大規模な投資競争が世界規模で発生
- **日本が強みを有するGX関連技術を活用し、経済成長を実現。**



- 革新的な省エネ技術、次世代高効率車両
- 再エネや回生電力をフル活用できる鉄道システム



- ロシアによるウクライナ侵略等の影響により、世界各国でエネルギー価格を中心にインフレーションが発生。
- **化石燃料への過度な依存から脱却し、危機にも強いエネルギー需給構造を構築。**



- 世界で脱炭素化に向けた潮流が加速
- GXにより、**2030年温室効果ガス46%削減、2050年カーボンニュートラルの国際公約を実現。**

他の運輸分野等における目標設定状況

自動車

- 乗用車は、2035年までに新車販売で電動車（EV、FCV、PHV、HV）100%
- 商用車（8トン以下）は、新車販売で、2030年までに電動車20～30%、2040年までに電動車・脱炭素燃料車100%
- 商用車（8トン超）は、2020年代に5000台の先行導入、2030年までに2040年の電動車の普及目標を設定
- 2030年度に充電インフラ30万口、水素ステーション1000基程度
- 2030年度までに蓄電池の国内製造基盤150GWh
- 2050年に自動車のライフサイクルを通じたCO2ゼロ

出所：グリーン成長戦略（R3.6.18）、第7次エネルギー基本計画（R7.2.18）

内航海運

- 2030年にCO2排出量を2013年度比17%削減（▲181万トン）
- 2040年にCO2排出量を2013年度比36%削減（▲387万トン）
2030年度までの削減 ▲181万トン
省エネ船 ▲103万トン
省エネ運航 ▲36万トン
バイオ燃料 ▲65万トン
代替燃料建造 ▲39万トン
モーダルシフトによる増加分 +37.8万トン
- 2050年 カーボンニュートラル

出所：内航カーボンニュートラル推進に向けた検討会（R6.12.5）

国内航空

<航空機運航分野>

- 2030年に単位輸送量当たりのCO2排出量を2013年度比16%削減
- 2050年 カーボンニュートラル

<空港分野>

- 2030年 各空港の温室効果ガス排出量を2013年度比46%以上削減
- 2050年 新技術の活用促進及び炭素クレジットの創出・利用拡大

出所：航空脱炭素化推進基本方針（R4.12.1国土交通省告示）

住宅・建築物

- 2030年以降に新築される住宅・建築物はZEH・ZEB水準の省エネ性能を確保
- 2050年までにストック平均でZEH・ZEB水準の省エネ性能を確保
- 2050年に住宅・建築物への太陽光発電設備設置が一般的となることを目指し、2030年までに新築戸建住宅の6割に太陽光発電設備を設置

出所：第7次エネルギー基本計画（R7.2.18）

ZEH：ゼロエネルギーハウス
ZEB：ゼロエネルギービル

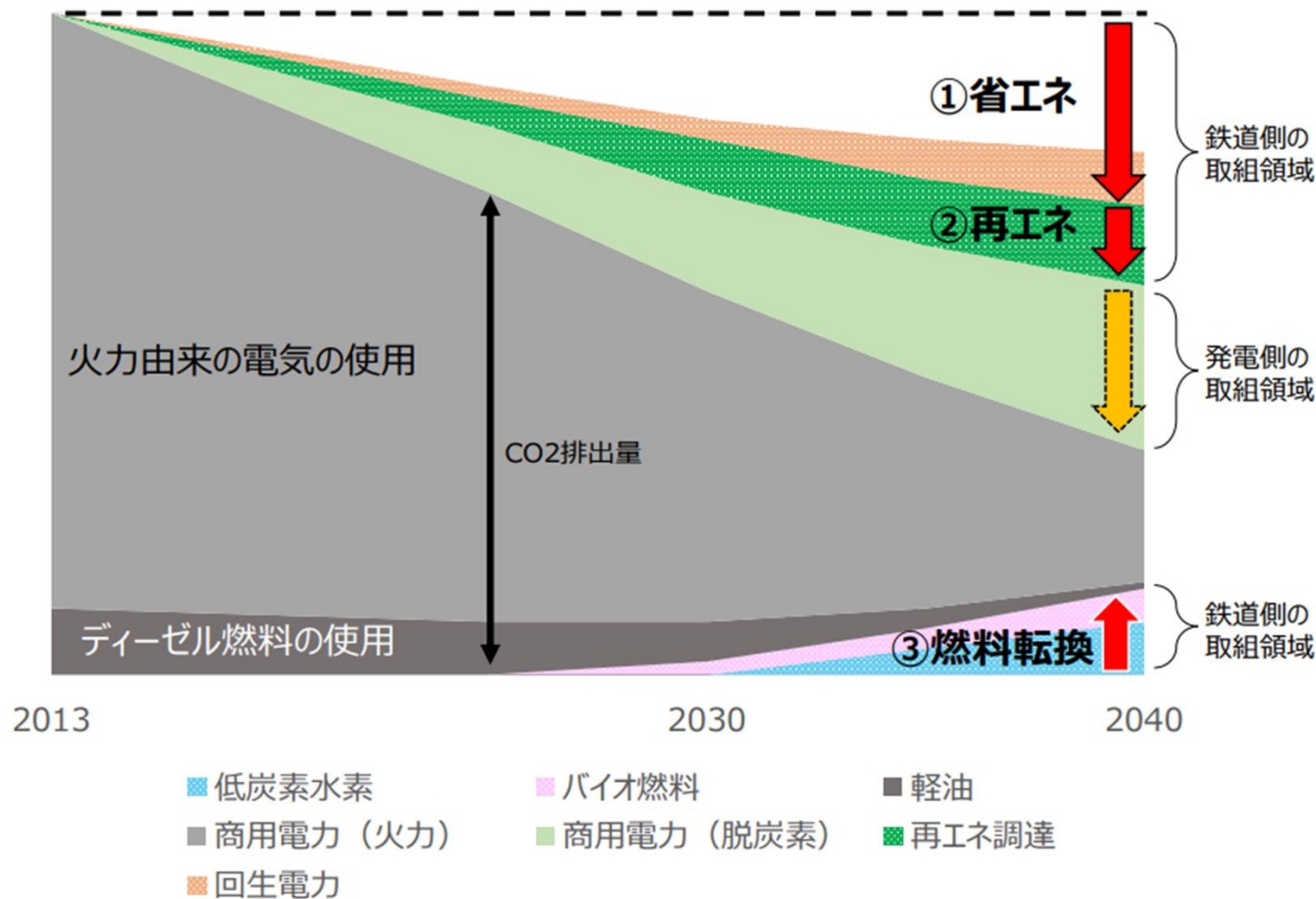
鉄道

- 2030年代に、鉄道利用の増加による我が国全体での削減分も含め、CO2排出量を2013年度比実質46%削減（▲540万トン）
- 2050年 カーボンニュートラル

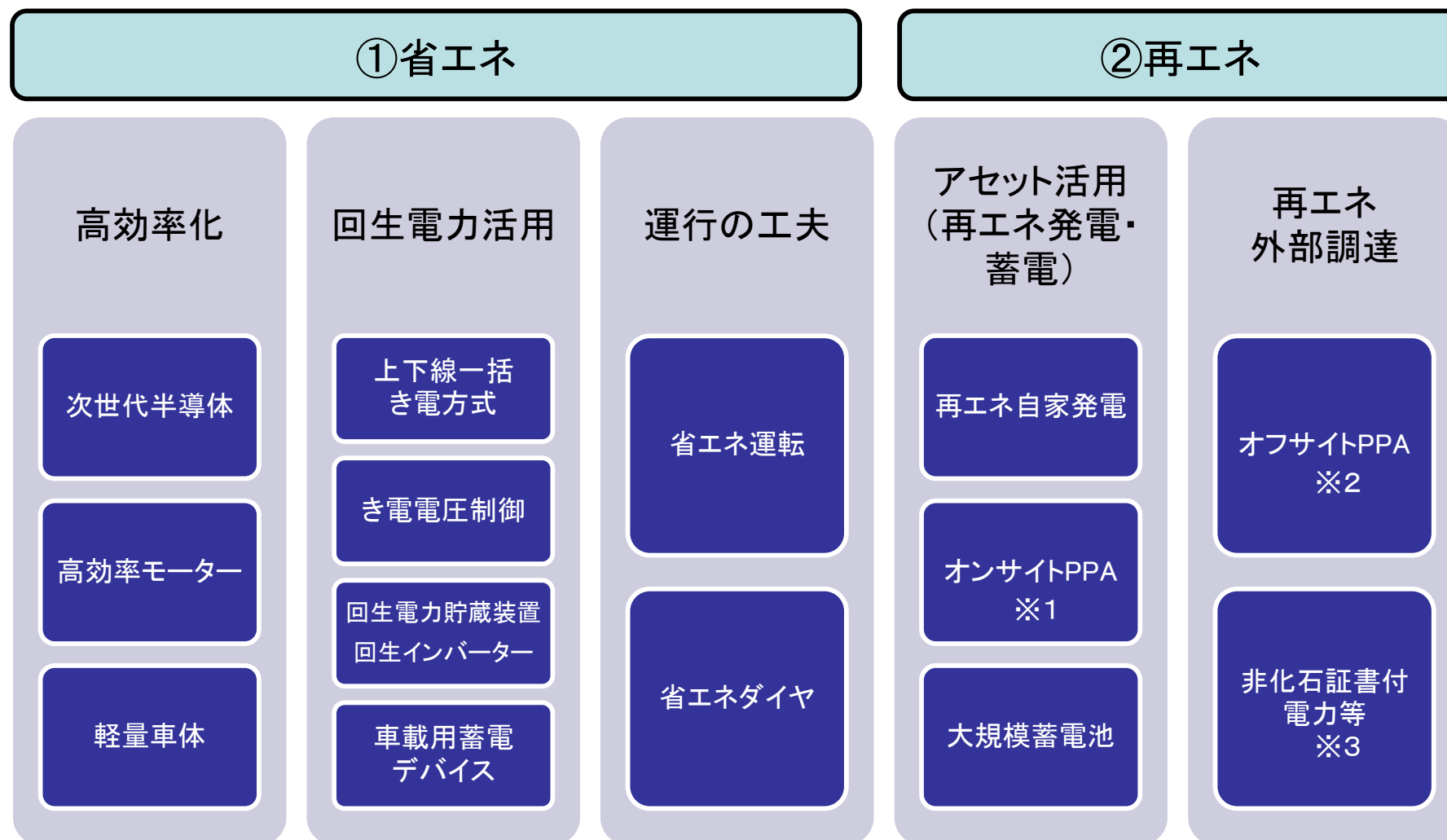
出所：鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会（R5.5.18）

鉄道の脱炭素化とGX投資戦略の関係

- 鉄道分野のCO2排出削減目標は、2030年代に2013年度比で▲46%（▲540万トン）としており、他の運輸分野と比べても**野心的な目標**となっているが、これには発電側の取組による削減分も含まれている。
- GX投資戦略の策定にあたっては、鉄道側で取り組むべき領域を明確にし、具体的な目標や取組を示すことで、鉄道産業におけるイノベーションを促し、国際競争力強化につなげる内容とすることが必要。**



鉄道分野の脱炭素化の手法(電化区間)



※1 需要家の施設の敷地内に第三者が再エネ発電設備を設置し、発電した再エネ電力を需要家が調達する契約の仕組み

※2 需要家の施設の敷地外に第三者が設置した再エネ発電設備から、再エネ電力を電力会社の送配電網を経由して調達する契約の仕組み

※3 再エネ等の環境価値を実際の電気と切り離し、証書として取引するもの

鉄道分野の脱炭素化の手法(非電化区間)

③燃料転換(エネルギー転換)

電化

電動化

CN燃料

電化

ディーゼル
発電

蓄電池

水素燃料

バイオ・合成
燃料

車両

電車

電気式気動車
ハイブリッド車両

蓄電池車両

水素車両

液体式気動車
電気式気動車
ハイブリッド車両

設備

変電所・架線等
(新設)
トンネル等改修

給油設備(既設)

充電設備(新設)

水素充填設備
(新設)

給油設備(既設)

(エネルギー源)

電気

軽油

電気

水素

バイオディーゼル

(課題)

- 電化設備の整備に多額の費用がかかる(非現実的)
- CO2等の直接排出が残る
- CNにはバイオ燃料との組合せが必要
- 現状では蓄電池のコスト高
- 航続距離の制約
- 車両開発コスト高
- 水素供給インフラの未整備
- 現状では水素コスト高
- 供給量の見通しが不透明
- 現状では燃料コスト高

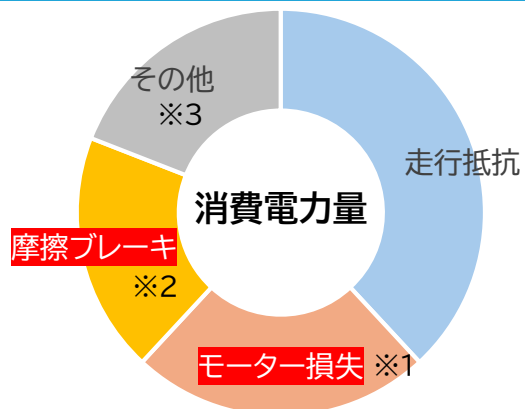
電気車の高効率化

- 鉄道の革新的な省エネ技術については、我が国企業が世界に先駆けて製品化を進めており、高い競争力を発揮できる分野。
- 日本の最先端の技術を組み合わせた超高効率な鉄道車両の導入を促進し、**高負荷産業である鉄道のエネルギー消費抑制・排出削減を実現**することは、我が国のエネルギー需給の安定化にも貢献。

次世代型GX車両(電気車)

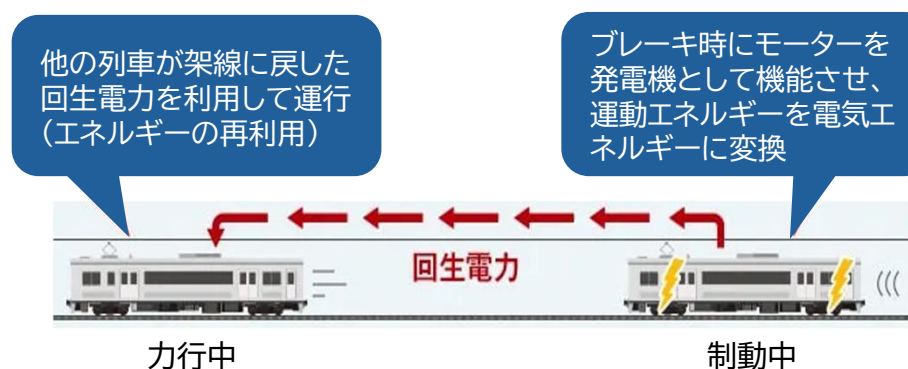


消費電力量の多くを占めるモーター損失、摩擦ブレーキの使用によるエネルギー喪失を大幅に削減

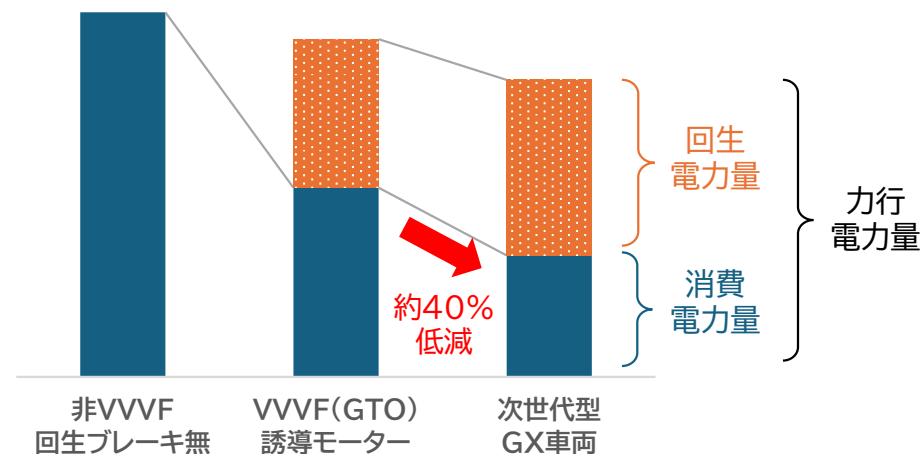


- ※1 モーター内部の電気抵抗や軸受等の機械要素で発生する損失
 ※2 摩擦ブレーキによる運動エネルギーから熱エネルギーへの変換
 ※3 フィルタリアクトル(電氣的ノイズを減衰させるための装置)、ギア損失など

(参考)回生電力のイメージ



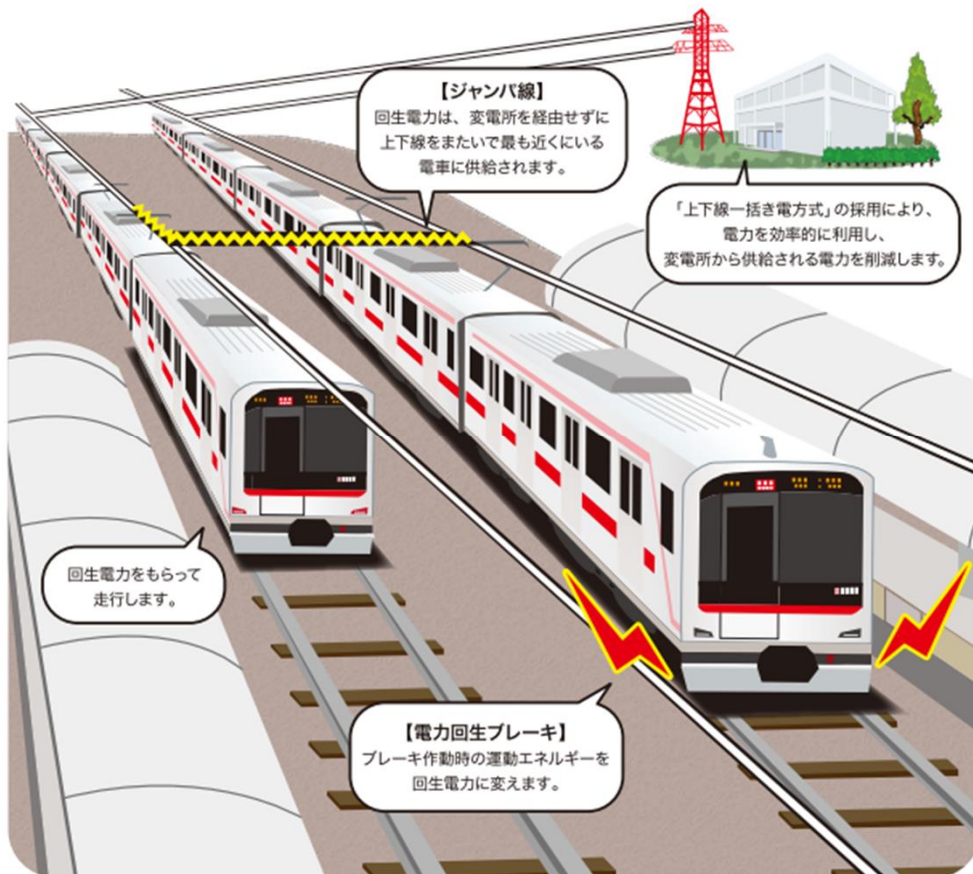
高効率化と回生率の向上により、初期のVVVF車両と比べ、約40%の省エネを実現



回生電力の活用(地上設備)

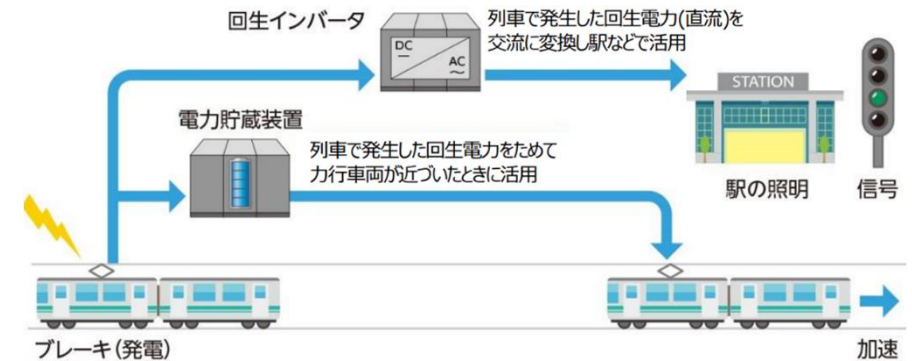
- 列車のブレーキ操作時に発生する回生電力の活用は、列車の運動エネルギーを電気エネルギーに変換して、鉄道システム内で再利用することにより、鉄道輸送の省エネ化に大きく貢献する技術。
- 上下線をまたいだ融通、蓄電池による一時的な貯蔵、回生インバータを介した駅施設での活用**などの工夫が行われているほか、最近では、電力使用状況のモニタリングにより、**回生電力の絞り込みが発生しやすい区間では、き電電圧を抑制し、回生率を向上**させている事例もある。

上下線一括き電方式

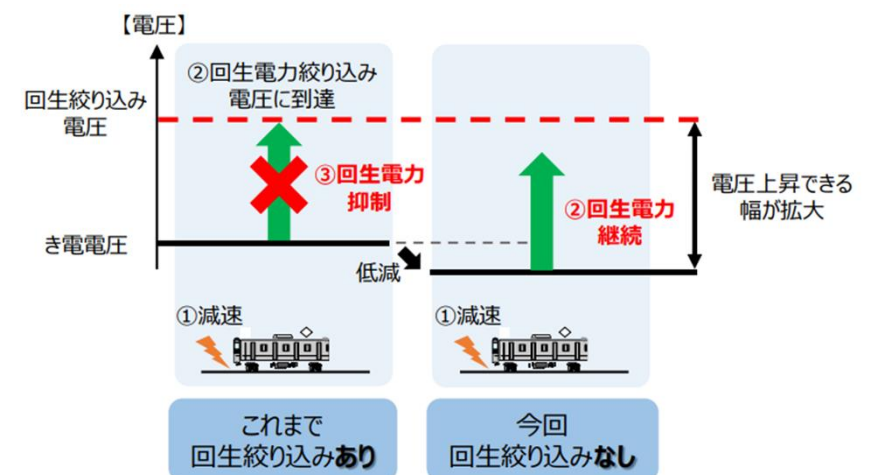


(出典) 東急電鉄HP

回生電力貯蔵装置・回生インバーター



き電電圧制御

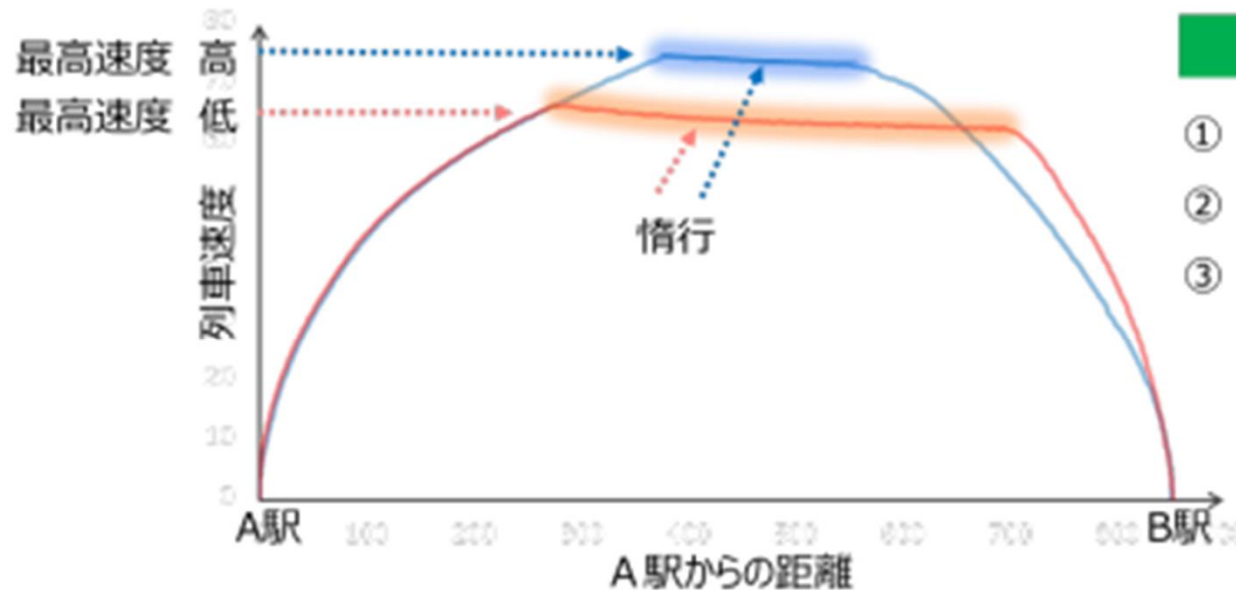


(出典) JR東日本 プレスリリース

鉄道における省エネ運転

- 一部の鉄道事業者においては、駅間の所要時間を変えずに最高速度を抑え、運転エネルギーを削減した省エネ運転の取組が実施されている。
- また、鉄道総研において、こうした省エネの運転の考え方をあらかじめ反映させたダイヤ作成の研究も行われている。

JR東日本・山手線における事例



省エネにつながる運転操作の特徴

- ① 加速時間を短くし最高速度を抑える
- ② 惰行の時間を長くする
- ③ 減速時間を短くする

— : 従来の運転
— : 省エネ運転

従来運転と省エネ運転の運転曲線の比較

山手線1周あたりの運転エネルギー削減効果



運転エネルギーおよびCO₂削減量（年間）

線区	運転エネルギー	CO ₂
山手線	約500万kWh	約1,400トン
首都圏在来線※	約2.3億kWh	約7.3万トン

※ 山手線と同様の削減効果があると仮定

鉄道アセットを活用した再エネ発電

- 2023年度末時点で、**駅、車両基地、未利用地等の123箇所**で鉄道アセットを活用した太陽光発電等が実施されており、**設備容量の合計は約5万kW**となっている*。
- 屋根の補強が必要となる場合が多いため、駅舎等の改修のタイミングにあわせて設置が行われていることが多い。

* JR・大手民鉄各社へのヒアリングベース

＜主な事例＞

【JR東日本・平泉駅】



【小田急電鉄・小田原駅】



【京成電鉄・線路わき遊休地】



【東京地下鉄・四ツ谷駅】



【東急電鉄・元住吉駅】



【相模鉄道・弥生台駅】



【阪神電気鉄道・大石駅】



【JR東海・浜松工場】



【JR九州・佐世保車両センター】(オンサイトPPA)



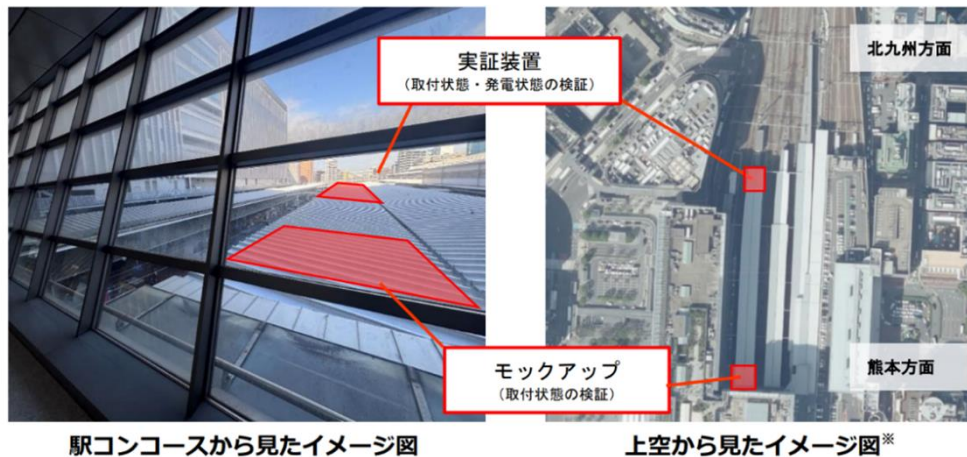
(出典) 各社ホームページ、プレスリリース

次世代型太陽電池を活用した再エネ導入の拡大

- 国内で開発が進められているペロブスカイト太陽電池は、薄く・軽く・曲がる特性があることから、これまで取り付けることが困難な場所への実装が可能とされ、次世代型太陽電池として期待が高まっている。
- こうした新技術も活用し、鉄道アセットを活用した再生可能エネルギーの導入拡大を推進する。

駅ホーム上屋への設置検討(JR九州)

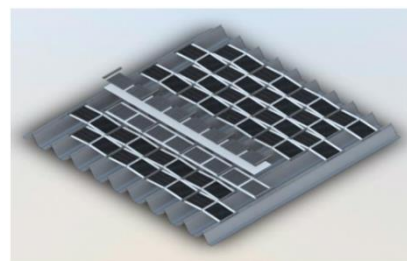
ペロブスカイト太陽電池の設置予定場所



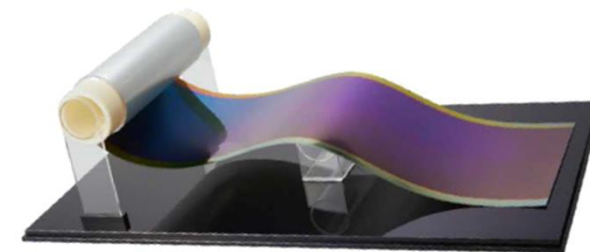
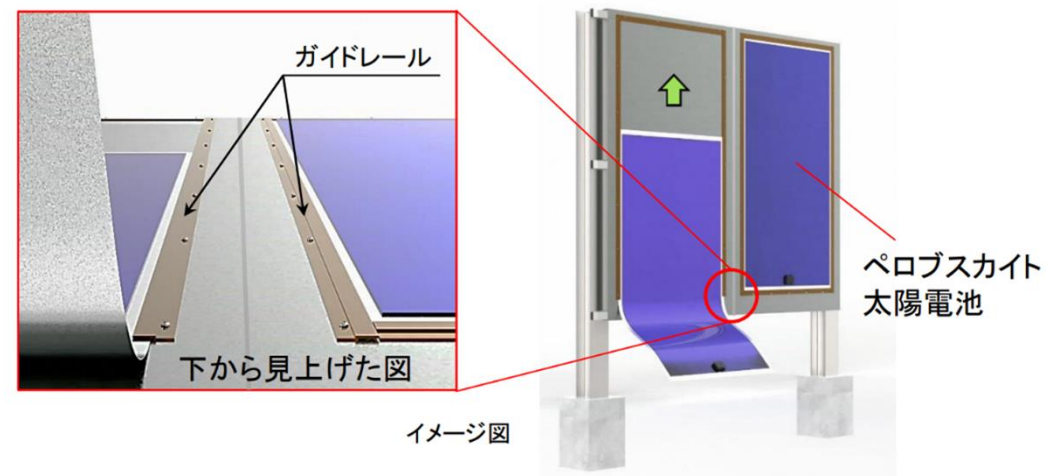
ペロブスカイト太陽電池

(出典) JR九州・エネコートテクノロジーズ・日揮ホールディングス プレスリリース

シート工法



新幹線防音壁への設置検討(JR東海)



ペロブスカイト太陽電池のイメージ
(提供: 積水化学)

(出典) JR東海・積水化学工業 プレスリリース

鉄道施設への大規模蓄電池導入

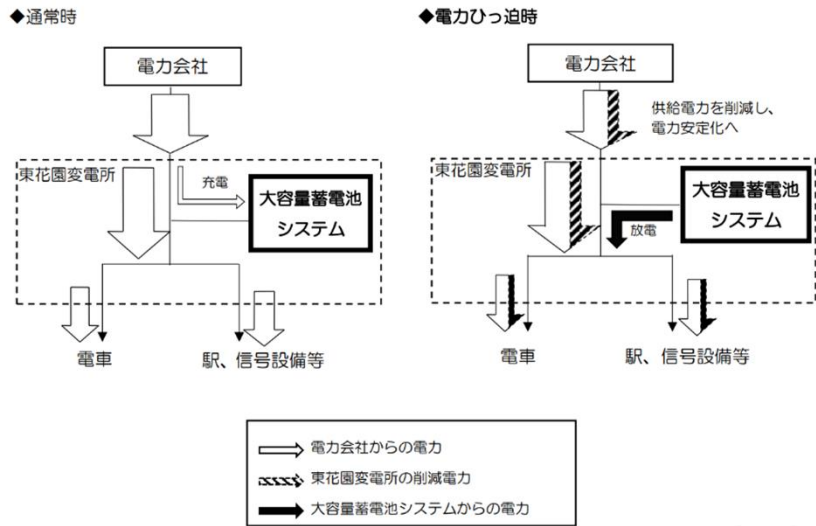
- 鉄道分野において、大規模蓄電池はピークカットによる電力負荷平準化やBCP機能のほか、デマンド・レスポンスへの対応や電力取引市場への参画、再エネの調整力としての効果も期待される。

近畿日本鉄道 東花園変電所



大容量蓄電池システム

■デマンドレスポンスへの対応



東急電鉄 市が尾変電所(予定)

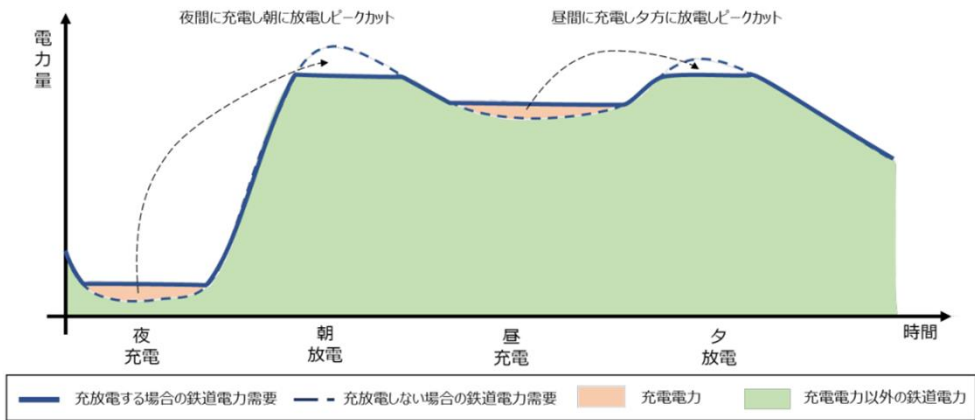


パワーコンディショナー(PCS): 明電舎



蓄電池: GSユアサ

■電力消費量の平準化のイメージ

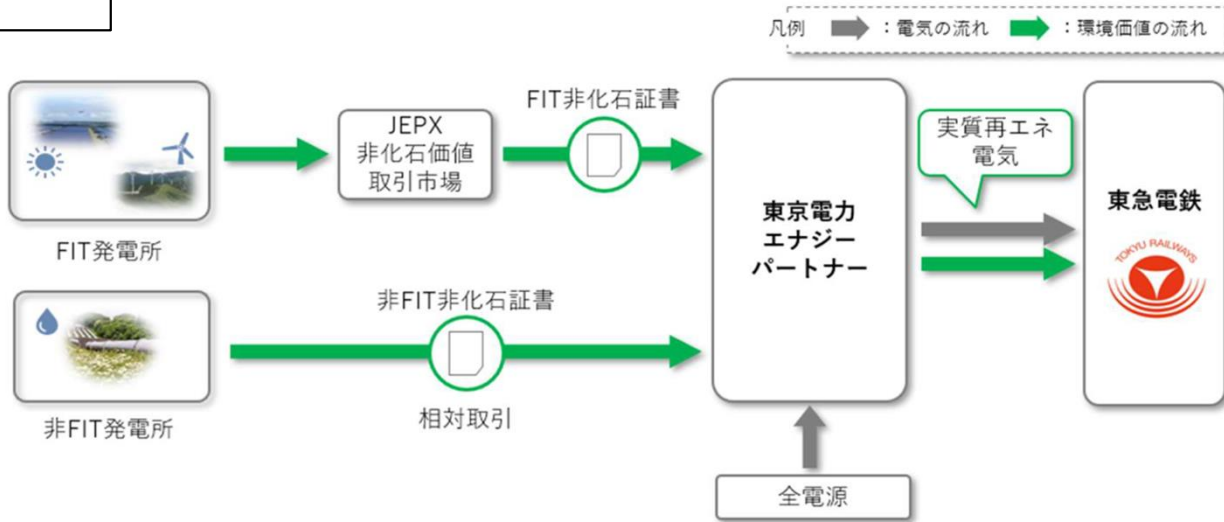


(出典) 近畿日本鉄道 プレスリリース

(出典) 東急電鉄・東急・東急パワーサプライ プレスリリース

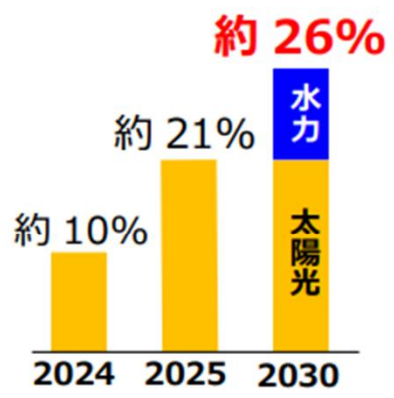
鉄道事業者における再エネ外部調達の実組

再エネ電力メニュー活用の例(東急電鉄)



(出典) 東急電鉄 プレスリリース

オフサイトPPAの例(JR西日本)



[本件のオフサイト PPA*取り組みのイメージ]

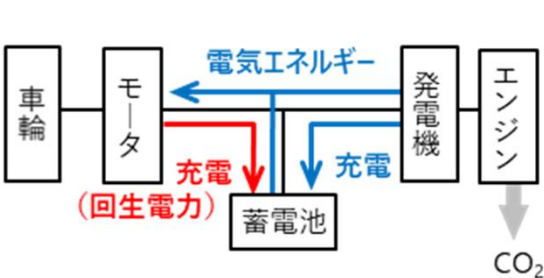
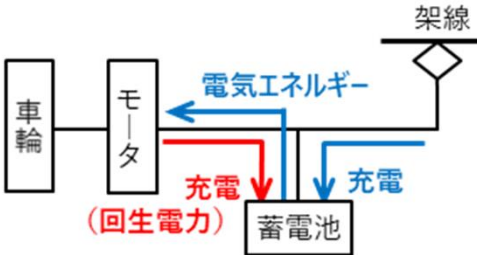
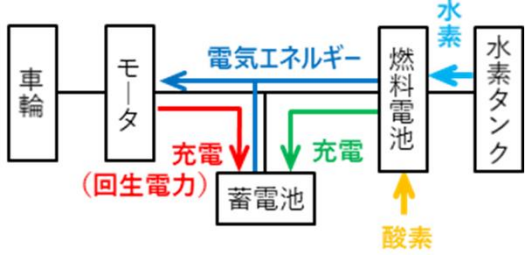
※PPA : Power Purchase Agreement (電力購入契約) の略称

(出典) JR西日本 プレスリリース

非電化区間における車両のイノベーション

- 非電化区間においては、車両の電動化や燃料転換により、脱炭素化と維持管理の省力化を図ることが必要。
- 日本は世界に先駆けてハイブリッド車両や蓄電池車両を実用化するとともに、水素燃料電池車両についても走行試験を実施中。**
- これらの革新的な車両を**早期に全国展開**することで**内需を拡大**し、幅広いニーズへの対応が求められる**グローバル市場への展開**を目指す。

次世代型GX車両(非電化)

ハイブリッド車両	蓄電池車両	水素車両
- 発電用エンジンに加え、蓄電池を搭載して回生電力を活用*することでCO2排出を削減 *運動エネルギーを電気エネルギーに変換して再利用すること  	- 電化区間や充電設備で蓄電池に充電した電力で非電化区間を走行 - 走行時のCO2排出はゼロ  	- 水素をエネルギー源とした鉄道車両 - 走行時のCO2排出はゼロ 2022年3月より燃料電池車両の実証試験中  

非電化区間における脱炭素化手法について

- 現状では各手法ともに課題があるが、国際的な産業競争力確保の観点からは、**多様な選択肢を確保しつつ、線区の条件や周辺状況等に応じた使い分けにより、可能なものから早期に導入を進めていくことが重要。**

	ディーゼル車両 (液体式気動車)	ディーゼル車両 (電気式気動車)	ハイブリッド車両	蓄電池車両	水素車両
○	燃料の軽油はエネルギー密度が高く、安価	- 燃料の軽油はエネルギー密度が高く、安価 - 駆動方式を電車と統一でき、メンテナンスを効率化	- 回生電力の活用によりCO2排出を削減 - 導入にあたってインフラ整備が不要 - 幅広い路線に導入できる	走行時のCO2排出がない	- 走行時のCO2排出がない - 性能向上により現行のディーゼル車両に近い運用が可能
△	- 化石燃料使用によるCO2直接排出が多い - 変速機のメンテナンスが複雑	化石燃料使用によるCO2直接排出が多い	CO2直接排出が残る	1充電あたりの航続距離が短い - 大容量蓄電池による重量増 - 連続登坂は不向き	- 社会的な水素サプライチェーンの整備が前提となる - 現状では水素のコストが高い
備考	バイオディーゼル燃料でCN化する方法も考えられるが、供給量やコスト面に課題	同左	同左	CNには電源の脱炭素化が必要	- 現在の試験車両では航続距離、登坂性能に課題あり - CNにはクリーン水素が必要

非電化区間における脱炭素化手法について



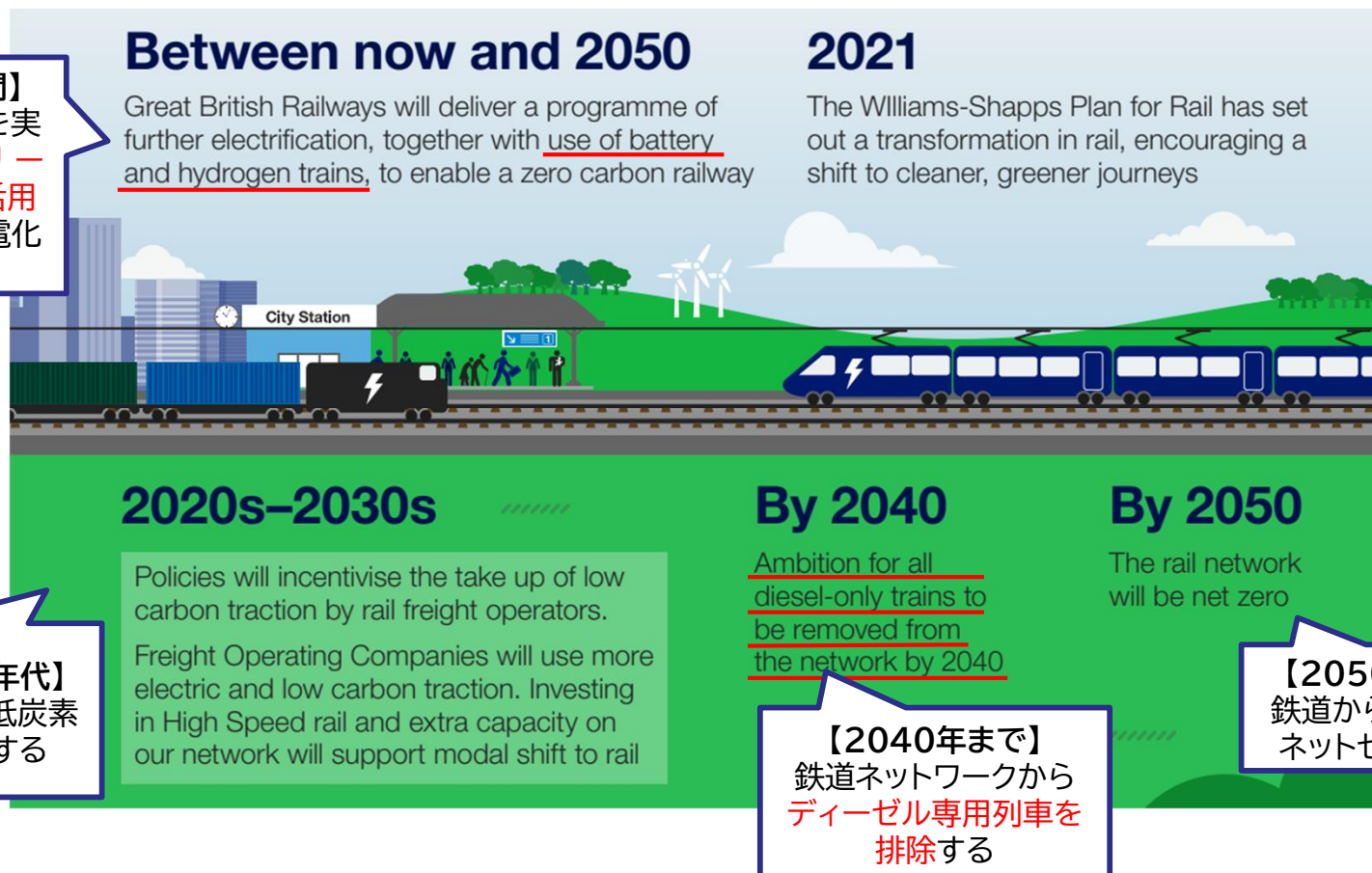
(参考)代替燃料等に関する政府目標

	2030	2040	2050
水素	(国内導入量)最大300万トン (価格)30円/Nm3	1200万トン程度	2000万トン程度 20円/Nm3
バイオ・合成燃料	合成燃料の商用化(30年代前半) 一定量のSAF供給義務	合成燃料の自立商用化	
蓄電池	国内生産基盤150GWh 業務・産業用 6万円/kWh		

非電化区間の脱炭素化の動き(ヨーロッパ)

- ヨーロッパでは全体の約4割が非電化路線となっており、各国政府や鉄道会社において、さらなる電化とあわせて、バッテリーや水素を動力源とする列車・機関車の導入が検討されている。
- 例えば、イギリス政府が2021年7月に発表した「英国運輸部門における脱炭素計画」においては、2040年までに鉄道ネットワークからディーゼル専用の列車を排除する目標を掲げている。

「英国運輸部門における脱炭素計画」(2021年7月) 抜粋



【2050年までの間】
ゼロ・カーボン鉄道を実現するため、**バッテリー**
および水素列車の活用
とともに、さらなる電化
計画を実施する。

【2020年代～2030年代】
貨物輸送事業者による低炭素
機関車の導入を促進する

【2040年まで】
鉄道ネットワークから
ディーゼル専用列車を
排除する

【2050年まで】
鉄道からの排出を
ネットゼロにする

- 世界各国で、ディーゼル車両の置き換えを目的とする蓄電池車両や水素燃料電池車両の開発が行われている。
- 日本は世界初のハイブリッド車両や交流型蓄電池車両を実用化し、水素燃料電池鉄道車両についても世界に先行して開発を進めてきたが、海外の鉄道メーカーも、新たなニーズを取り込むべく積極的に開発を行っている。

主な蓄電池車両の開発状況

EV-E301系 ACCUM JR東日本・総合車両 (日)	BEC819系 DENCHA JR九州・日立 (日)	Mireo plus B シーメンス・モビリティ (独)	Coradia Continental 1440.4 アルストム(仏)	Flirt Akku シュトラール・レール (瑞西)	RS ZERO シュトラール・レール (瑞西)	Class802 バッテリーライアル車 日立レール(英)
						
直流電化区間用 2014年3月から営業運転を実施	交流電化区間用 2016年10月から営業運転を実施 (交流用は世界初)	ドイツの一部路線で営業運転を実施	ドイツのライプツィヒ地方で営業運転を予定	2027年頃までに米国シカゴ近郊で営業運転を予定	2024年に発表 蓄電池と水素燃料の2タイプから選択可	2024年8月からイギリスで試験走行を開始

主な水素燃料電池車両等の開発状況

HYBARI JR東日本 (日)	Coradia iLint アルストム (仏)	Mireo plus H シーメンス・モビリティ (独)	FLIRT H2 シュトラール・レール (瑞西)	RS ZERO シュトラール・レール (瑞西)	HydroFLEX ポーターブルック (英)	CINOVA H2 中国中車 (中)
						
2022年3月から走行試験を実施	2018年9月からドイツで営業運転を実施 (世界初)	ドイツで実証試験を開始予定	アメリカ・カリフォルニア州で2025年夏頃から営業運転を予定	2024年8月に試作車が完成 水素エンジンで発電	2020年から実証試験を実施	2024年3月に実験線で走行試験を実施