

鉄道分野のカーボンニュートラルの目指すべき姿(概要)(案) 国土交通省

(1) 現状認識

我が国の鉄道の特徴

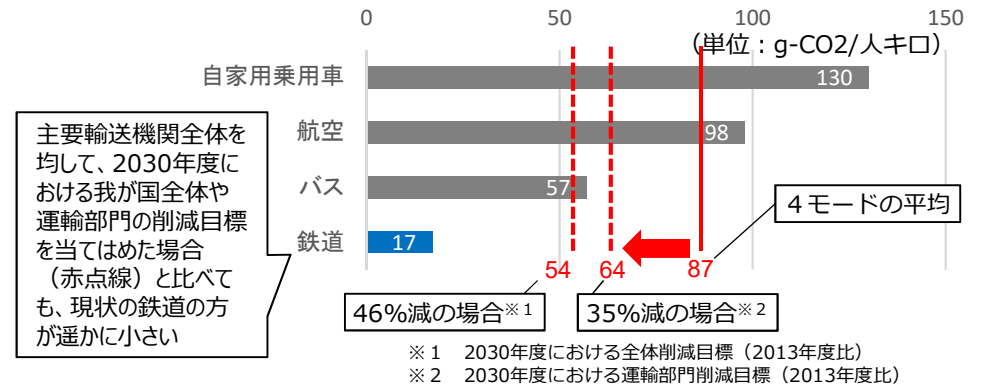
- 我が国の鉄道は、世界トップクラスの旅客輸送量を誇るとともに、分担率も諸外国に比べて大きい
- 鉄道は、他の交通機関と比較してエネルギー効率が高く、単位輸送量当たりのCO2排出量が低い環境のトップランナー

各国の旅客輸送の分担率（2019年度、人キロベース）

	鉄道	道路交通	その他
日本	30%	63%	7%
イギリス	9%	90%	1%
ドイツ	9%	85%	6%
フランス	11%	87%	2%
アメリカ	1%	84%	15%

（出所）日本は鉄道統計年報、自動車輸送統計年報等から、他国は各国公表資料から鉄道局が作成。
 ※1 道路交通は自家用乗用車、バス等。その他は航空等。
 ※2 国により調査方法や定義が異なる場合がある。

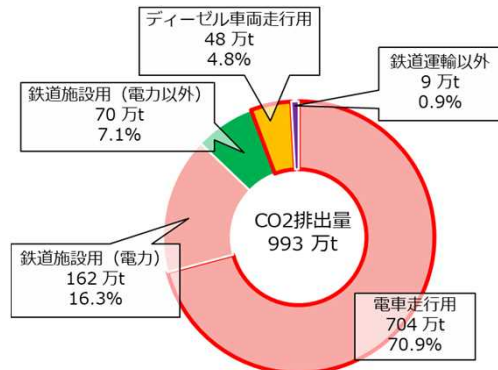
旅客輸送機関の単位輸送量当たりのCO2排出量（2019年度）



鉄道分野におけるCO2排出の現状

- 車両走行に係るCO2排出量が4分の3程度（約76%）を占めており、これを削減することが最も効果的

鉄道事業者のCO2排出量（2019年度）



鉄道統計年報、エネルギーの使用の合理化等に関する法律に基づく報告等を基に鉄道局で作成

鉄道のアセット特性

- 駅舎、車両基地、線路用敷地などの豊富なアセット
- 地域の拠点となる鉄道駅
- 広域ネットワークを形成する路線網



イメージ：東急電鉄 環境ビジョン2030より

(2) 取り組むべき施策の方向性と目指すべき姿

鉄道事業そのものの脱炭素化

- 高効率な車両の導入加速化 (SiCインバータ搭載車両等)

制御方式	半導体素材	消費電力量 (従来型との比較)
従来型 (抵抗制御等)	—	100%
VVVFインバータ	Si (GTO)	約50%
	Si (IGBT)	約30% (約70%改善)
	SiC	約25% (約75%改善)

※VVVF: Variable Voltage Variable Frequency
電圧と周波数を変化させてモーターを制御する方式

- 車両の減速時に発生する回生電力の活用 (回生電力貯蔵装置等)
- 蓄電池車両・ディーゼルハイブリッド車両による非電化区間の実質電化
- 非化石ディーゼル燃料の使用、水素を用いた燃料電池鉄道車両等の開発・導入

→海外展開の可能性も含め、広く我が国の産業の競争力強化に資する。

鉄道アセットを活用した地域の脱炭素化

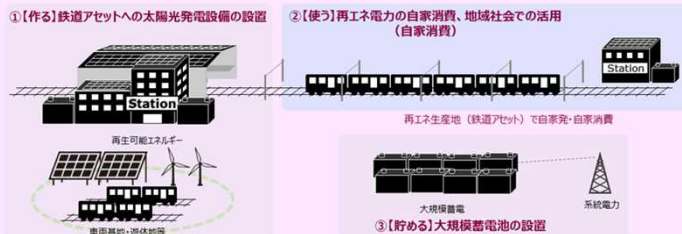
i 太陽光発電等の創エネ

- 駅舎や車両基地、線路用敷地等への再生エネ発電設備の設置、PPA*事業等により再生エネ導入を加速化

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

ii 蓄電池の導入による再生エネ調整力の確保

- 変電所や高架下等への大規模蓄電池の設置により、再生エネや回生電力を有効活用するとともに、地域におけるレジリエンスを強化



iii クリーンなエネルギー輸送

- 架線等を活用した再生エネの送電により、沿線地域のマイクログリッド構築や地域間の電力系統整備に貢献
- 鉄道駅の地域水素拠点化や鉄道による水素輸送を通じ、水素サプライチェーンの構築に貢献

環境優位性のある鉄道利用を通じた日本全体の脱炭素化

- 環境優位性のある鉄道の利用を一層増大させることを通じて日本全体のカーボンニュートラルに貢献
- 鉄道利用によるCO2排出削減効果の見える化等により、企業や荷主、一般消費者等の行動変容を促す。
- 貨物鉄道については、施設の強靱化や空き状況のリアルタイムな情報提供、積替ステーションの設置等による輸送力の活用・強化がモーダルシフトを促す上で重要



鉄道の
脱炭素

鉄道による
脱炭素

鉄道が支える
脱炭素

鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿

- <鉄道の脱炭素> <鉄道による脱炭素> <鉄道が支える脱炭素> の3つの柱に沿った取組を推進することにより、2050年において、
 - ・ 運輸部門における環境のトップランナーであり続け、鉄道自体のカーボンニュートラルを実現
 - ・ 最も基幹的かつ身近な交通インフラ (グリーンレイル) として、カーボンニュートラル社会を支える
- その実現に向け、3つの柱を総合して、**2030年代において、鉄道分野のCO2排出量 (2013年度1,177万t) の実質46%に相当する量 (約540万t) を削減**することを目指す

参考資料(案)

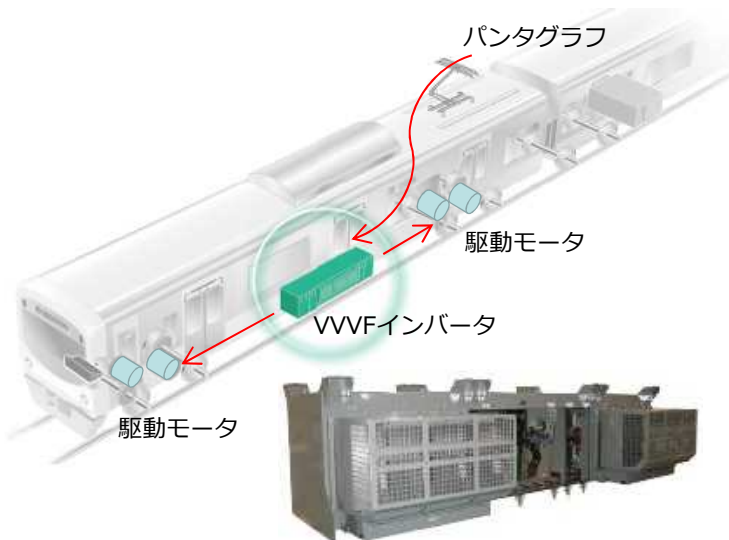
～鉄道分野における脱炭素化の取組事例等～

- 車両の軽量化・LED化に加え、VVVFインバータ制御の省エネ車両の導入が進められている。
- VVVFインバータの半導体に最先端の**SiC (シリコンカーバイド)** 等を用いた鉄道車両の導入により、更なる電力ロスの低減が可能。
- 一方、電力ロスが大きい抵抗制御等の従来型の車両も多く残っており、2022年度末時点で、電車（新幹線、特急を除く旅客車両約3.9万両）のうち最先端のSiC半導体を用いたものの数は、約4,800両（約12%）となっている。

VVVFインバータ：

電車のパンタグラフと駆動モーターの間に置かれる動力制御の中核機構であり、半導体を用いて電圧と周波数を変化させることで駆動モーターの回転力及び回転数を制御する。従来の抵抗制御等と比べ、エネルギー効率が高い。

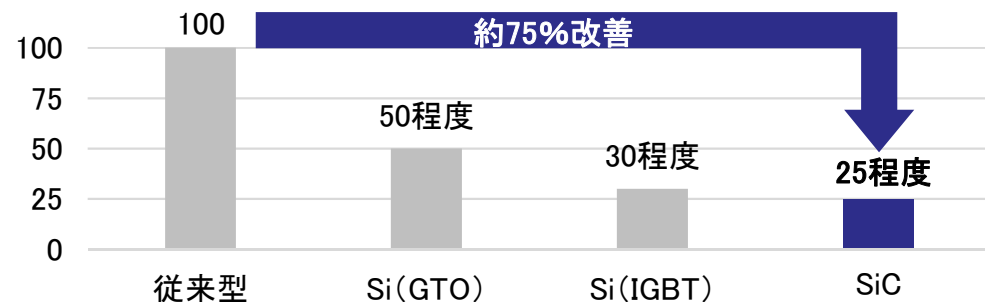
VVVFはVariable Voltage Variable Frequency（可変電圧可変周波数）の頭文字をとったもの。



※東洋電機製造(株)HPより作成

電車の制御方式・半導体装置の構造・半導体装置に使用される素材

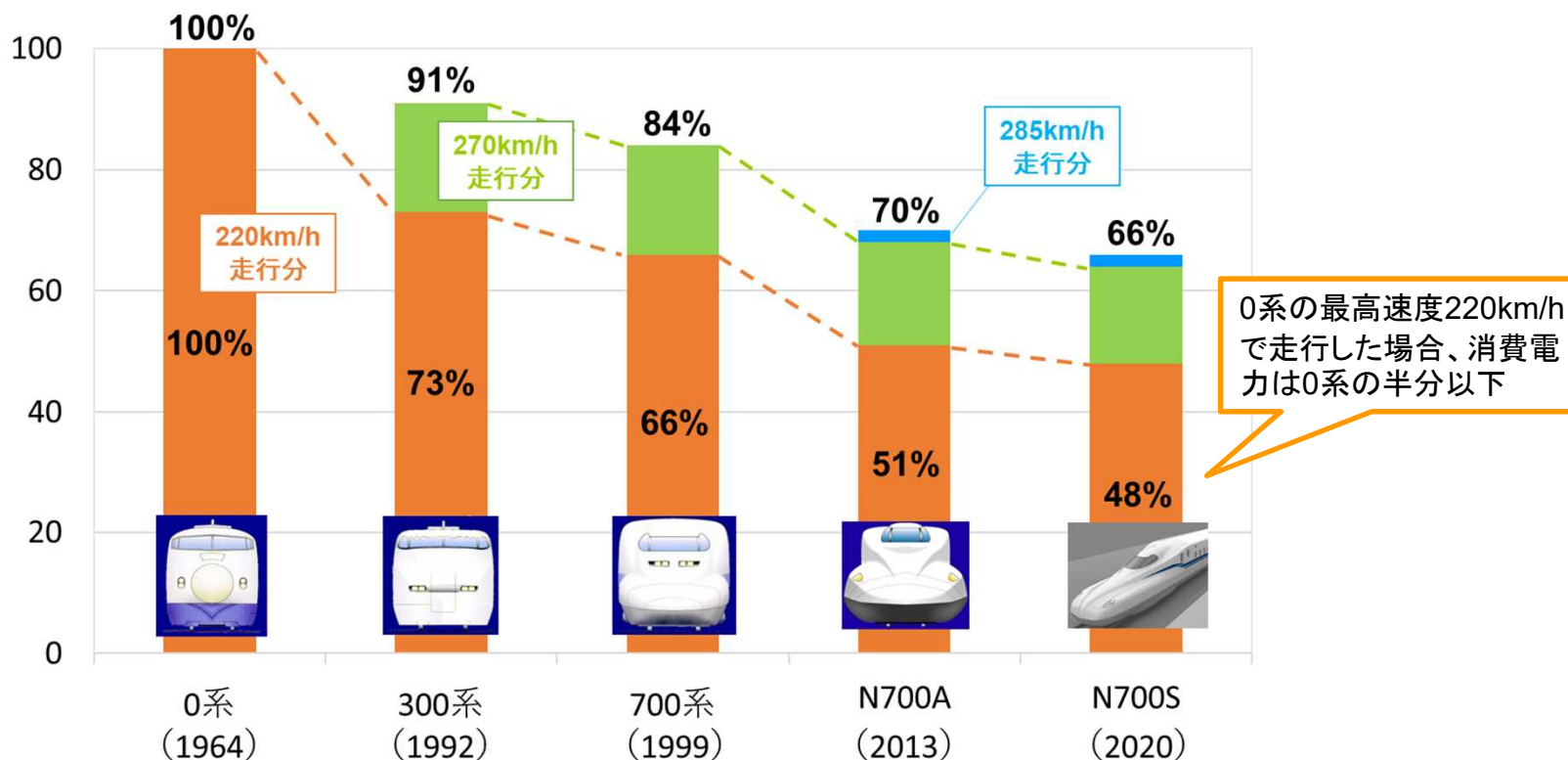
制御方式 (モーターの種類)	半導体装置に 使用される素材 (半導体装置の構造)	特徴・性能
従来型 [チョップ制御、 抵抗制御等] (直流モーター)	—	・古くから使用されている制御方式(旧型) ・電力ロスが大きい
VVVF型 (交流モーター)	Si (GTO)	・旧型 ・大型 ・騒音大
	Si (IGBT)	・新型 ・小型 ・騒音小
	SiC (IGBT、MOSFET)	・最新型 ・更なる小型化、駆動モーターの特性改善等と 合わせた消費電力削減



新幹線車両の省エネ化について

- 長距離を高速で移動するため、多くの電力を消費する新幹線においても、新型車両の導入等により大幅な消費電力の低減を図っており、高速化と電力消費の低減を両立させてきている。

東海道新幹線の車種別電力消費量の比較



※東京～新大阪下りを上記の最高速度で走行した場合のシミュレーション

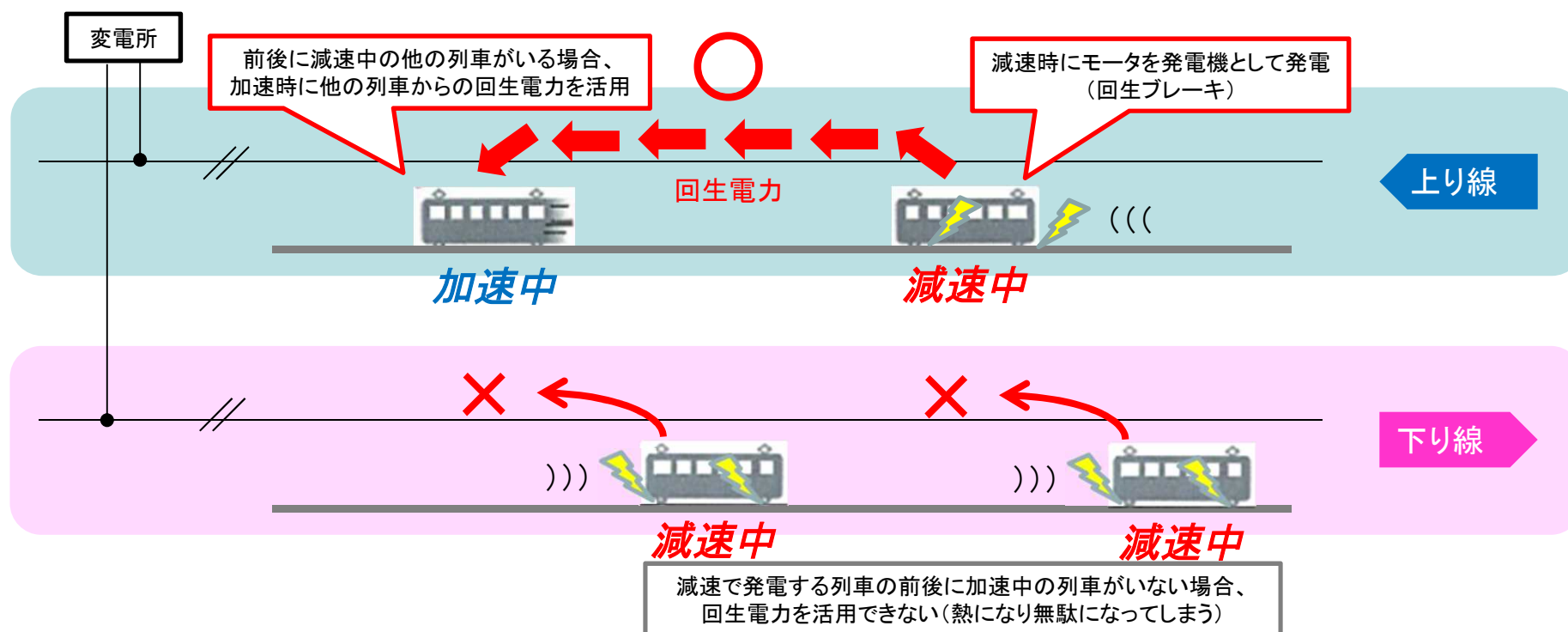
※ () 内は投入した年

N700Sでは電力消費量を対0系で半分以下に削減

回生電力の有効活用(①回生電力の仕組みと課題)

- 列車の減速時にモータを発電機として作動させること（回生ブレーキ）により発生する電力（回生電力）を架線に戻し、これを前後付近の他列車の加速に活用。
- これにより、従来の電車ではブレーキ時に熱となり捨てていたエネルギーを有効活用することができ、省エネや朝夕の電力のピークカットの効果がある。

回生電力活用のイメージ



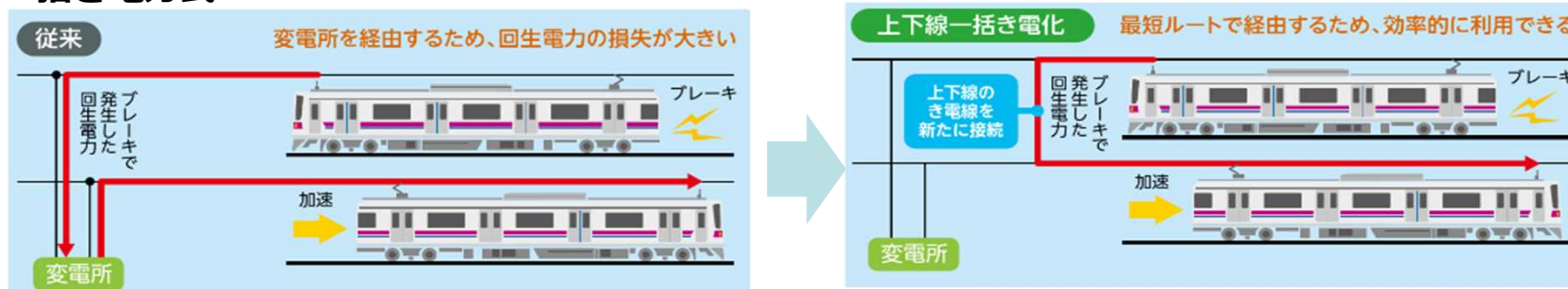
《課題》

回生ブレーキにより回生電力が発生するタイミングで、前後付近に加速する別の列車がない場合は活用できない。また、上下線をまたぐ活用については、変電所を経由するため回生電力の損失が大きい。

回生電力の有効活用(②更なる活用の取組)

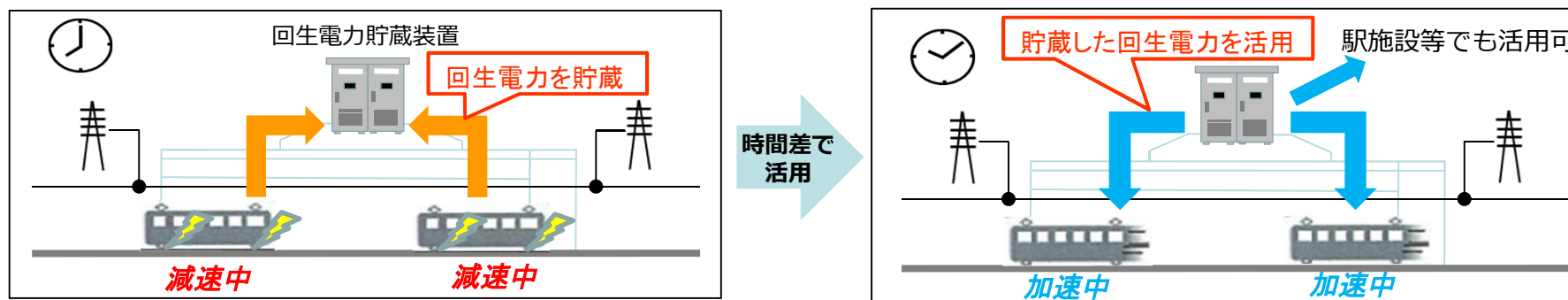
- 上り線と下り線を一括でき電する方式の採用により回生電力を融通可能な車両を増やすことが可能。
- また、回生電力貯蔵装置（地上設備の蓄電池）の導入により、回生電力の時間差での活用が可能となり、前後列車間で加速と減速のタイミングが合わない場合にも、蓄電した回生電力の活用が可能となるほか、駅施設等での活用も可能に。

上下線一括き電方式



出典：京王電鉄HP

回生電力貯蔵装置



導入事例

- ・小田急電鉄 小田原線：上原変電所に回生電力貯蔵装置を設置



回生電力貯蔵装置（上原変電所）

出典：小田急電鉄HP

- ・京福電気鉄道 嵐山本線・北野線：回生電力貯蔵装置を設置予定



出典：京福電気鉄道HP

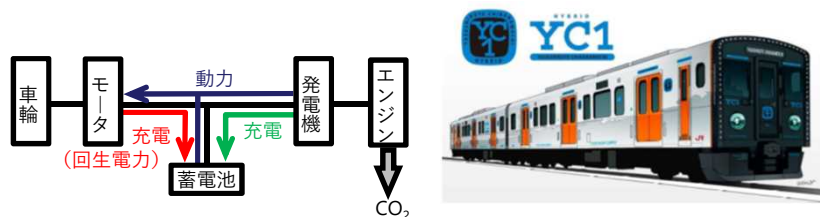
非電化区間の実質電化(ディーゼルハイブリッド鉄道車両)

- 非電化区間において、車両に蓄電池を搭載し、ディーゼル発電機と蓄電池の電力により走行するハイブリッド方式の車両(ディーゼルハイブリッド車両)が開発されている。

JR九州 <YC1系>

※各社HPを基に国土交通省作成

ディーゼルハイブリッド車両「YC1系」を導入。



- 【2020.3~】
 - ・ 佐世保線：早岐駅～佐世保駅
 - ・ 大村線：早岐駅～諫早駅
 - ・ 長崎線：諫早駅～長崎駅
- 【2022.9~】
 - ・ 長崎線：小長井駅～諫早駅
 - ・ 佐世保線：江北駅～早岐駅

JR西日本 < TWILIGHT EXPRESS 瑞風 >

「TWILIGHT EXPRESS 瑞風」※は、非電化区間も走行することから、ハイブリッド式気動車として開発。

※京阪神地区と山陰・山陽地区間で運行する周遊型寝台列車



<TWILIGHT EXPRESS 瑞風外観>



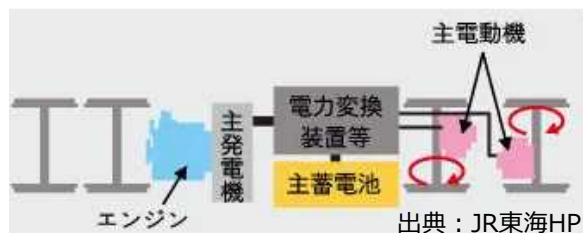
<床下の大容量発電装置>

【2017.6~】京阪神地区と山陰山陽エリア間で寝台列車として運行



JR東海 <HC85系>

「85系気動車」を新しいハイブリッド方式である「HC85系」へと置き換え。



- 【2022.7~】特急「ひだ」
 - ・ 東海道線・高山線
 - ・ 名古屋駅～高山駅間

- 【2022.12~】特急「ひだ」
 - ・ 高山線運転区間拡大
 - ・ 名古屋駅～富山駅間

- 電化区間で蓄電した電力により非電化区間を走行する車両（蓄電池電車）が開発されている。

JR九州<DENCHAデンチャ (BEC819系)>

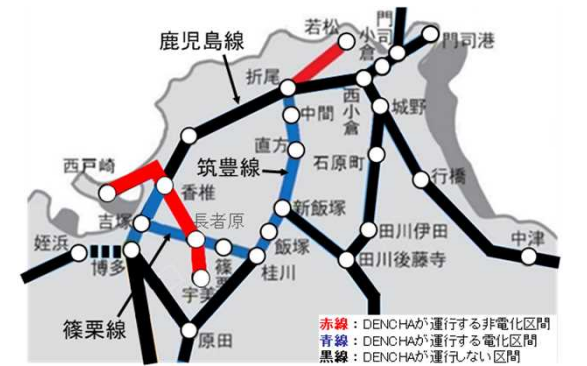
- 【2016.10～】
 - ・筑豊線：若松駅～折尾駅間（バッテリー走行）
- 【2017.3～】
 - ・筑豊線、篠栗線：若松駅～博多駅間
- 【2019.3～】
 - ・香椎線：西戸崎駅～宇美駅間（バッテリー走行）
- 【2020.3～】
 - ・鹿児島線：香椎駅～吉塚駅間



出典：JR九州HP

※電化区間走行中+折尾駅停車中に充電、香椎線は香椎駅停車中に充電

※各社HPを基に国土交通省作成



JR東日本<ACCUMアキュム (EV-E301系)>

- 【2014.3～】
 - ・烏山線：烏山駅～宝積寺駅（バッテリー走行）
 - 宇都宮線：宝積寺駅～宇都宮駅（充電区間）

※宇都宮線走行中及び宝積寺駅、烏山駅において充電



出典：JR東日本HP



JR東日本<ACCUMアキュム (EV-E801系)>

- 【2017.3～】
 - ・男鹿線：追分駅～男鹿駅（バッテリー走行）
 - 奥羽本線：秋田駅～追分駅（充電区間）

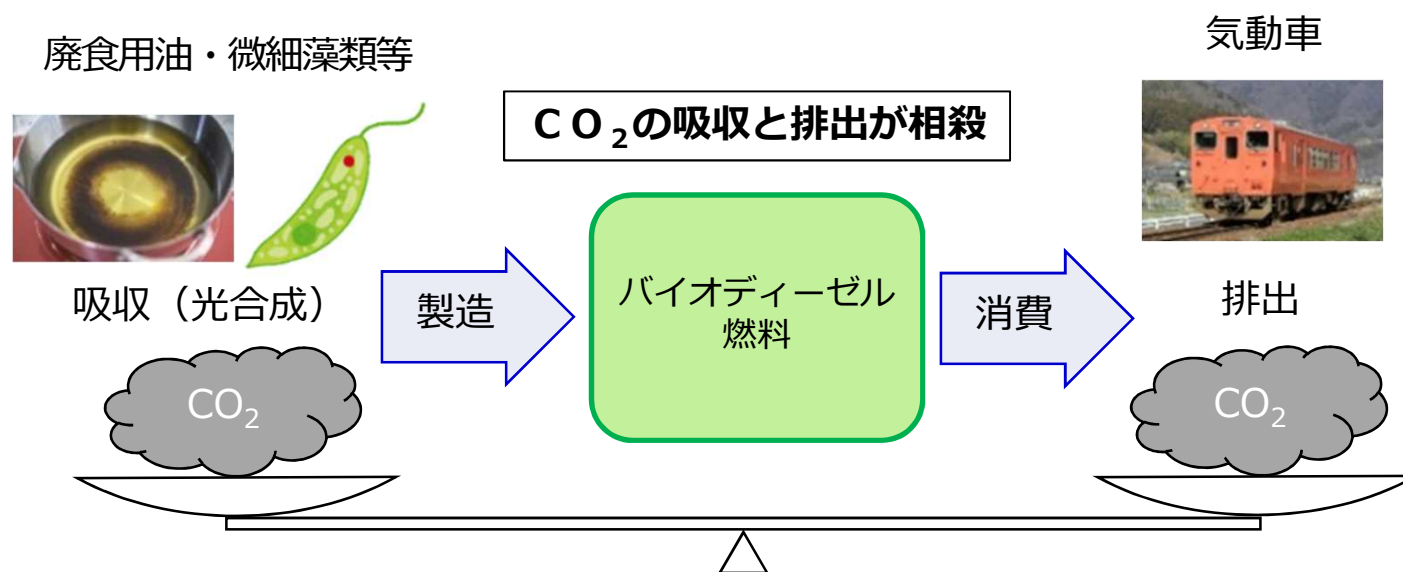
※奥羽本線走行中及び男鹿駅において充電
※DENCHAをベースに耐寒耐雪対策等の改造等を行い、導入



出典：JR東日本HP



- バイオディーゼル燃料は微細藻類等によるCO₂吸収と気動車走行時のCO₂排出が相殺され、CO₂排出が実質ゼロ。
- 令和4年度から、気動車における次世代バイオディーゼル燃料の導入に向けた調査を実施。



動力源の非化石化(燃料電池鉄道車両(水素))

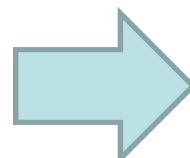
- JR東日本がメーカーと連携して、水素を用いた燃料電池鉄道車両「HYBARI」を開発中。
- 2030年までの社会実装を目指し、2022年3月より、鶴見線、南武線等において、実証試験を実施中。
- 他にも、JR東海において燃料電池車両に関する調査研究や実験準備を進めているほか、JR西日本も導入に向けた開発を実施することを表明している。また、JR北海道においても将来的な導入を検討している。

JR東日本の取組事例

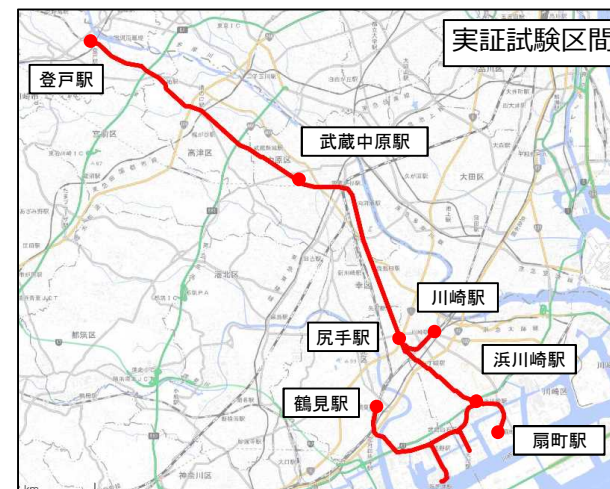
燃料電池鉄道車両「HYBARI」(写真は試験走行用車両の実写)



出典：JR東日本提供資料

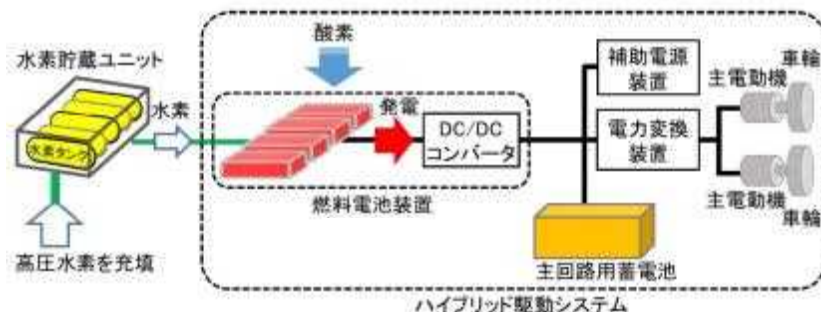


鶴見線・南武線等
において、実証試験を実施中



※ JR東日本の公表資料を基に国土交通省にて作成

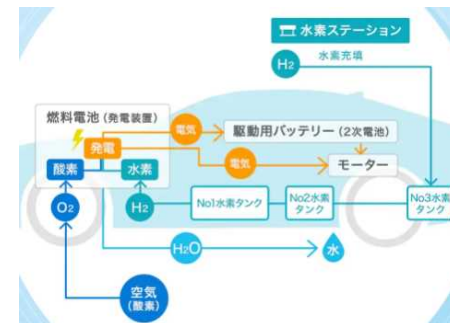
<「HYBARI」の燃料電池ハイブリッドシステム>



※燃料電池装置には、燃料電池自動車「MIRAI」の燃料電池の技術を活用

出典：JR東日本HP

<参考：燃料電池自動車「MIRAI」の仕組み>



出典：トヨタ自動車HP

非化石証書による再エネ100%運行

- 東急電鉄では、2022年4月1日より、全線（鉄道7路線、軌道1路線）において、トラッキング付き非化石証書による再生可能エネルギー100%での運行を行っている。

2022年4月1日～（これまでの世田谷線に加え、全線で実施）

営業キロ 104.9km（鉄道7路線、軌道1路線）

年間使用電力量 約3億5千万kWh（2022年度計画）

RE100に対応したトラッキング付き非化石証書による



※2019年10月に日本の鉄軌道事業を含む企業グループとしては初めて、再生可能エネルギーに関する国際イニシアティブ「RE100」に加盟



報道機関にも幅広く取り上げられる
 （テレビ）NHK、日本テレビ、TBS
 フジテレビ、テレビ朝日
 （新聞）読売、朝日、毎日、日経



大口の再エネ需要の創出と沿線の環境機運の醸成に寄与

出所：東急電鉄（鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム（第1回）東急電鉄プレゼンテーション資料より）

鉄道アセットを活用した太陽光発電等の創エネ

- 国内における再エネ発電の普及に向けた課題のひとつは、適地の確保
- 耐荷重の小さい場所にも設置可能な次世代型太陽電池（ペロブスカイト太陽電池）の開発により適地が拡大する可能性があり、鉄道では線路わきや鉛直面等の活用可能性

駅施設での太陽光発電の導入事例

【小田急電鉄・小田原駅】



出典：小田急電鉄HP

【東京地下鉄・四ツ谷駅】



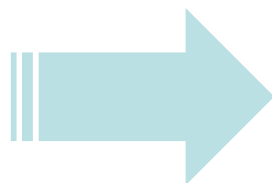
出典：東京地下鉄HP

鉄道の未利用領域の活用可能性

ペロブスカイト太陽電池



出典：積水化学工業HP



【線路わき】



出典：中部緑化HP

【高架構造物】



出典：鉄道・運輸機構HP

※導入事例（予定）：JR西日本は、うめきた(大阪)駅広場部分にペロブスカイト太陽電池の設置を予定（一般共用施設への設置計画としては世界初の事例）

オンサイトPPAの取組事例

- 駅施設や車両センター等の鉄道アセットを活用して、オンサイトPPA（Power Purchase Agreement：電力購入契約）等の方法により、太陽光発電等の再生可能エネルギーによる発電を行う取組が始まっている。

JR九州における取組事例

JR九州 佐世保車両センター



(株)ウエストエネルギーソリューションと太陽光発電設備の第三者所有による電力使用契約を締結し、再生可能エネルギーの発電と自家消費を開始

- ・ 設置場所 長崎支社 佐世保車両センター
(長崎県佐世保市早岐)
- ・ 屋根面積 約3,000 m²
- ・ パネル容量 約130kW
- ・ 想定発電量 約14万kWh/年

出所：JR九州 プレスリリースより作成

JR九州 新宮中央駅



JR九州電気システム(株)と太陽光発電設備の第三者所有による電力使用契約を締結し、再生可能エネルギーの発電と自家消費を開始

- ・ 供給対象場所 JR九州 新宮中央駅
(福岡県粕屋郡新宮町)
- ・ 発電容量 5.5 kW (パネル枚数 26 枚)

出所：JR九州電気システム プレスリリースより作成

鉄道架線を活用した再生可能エネルギーの送電

- 鉄道架線を活用して、沿線地域で発電した再生可能エネルギーを需要地に送電することが考えられる。
- これが実現すれば、沿線地域のマイクログリッドを構築し、地域活性化や地域脱炭素に貢献できる可能性。

取組事例：「清水静岡レイルグリッド構想」

静岡鉄道では、鉄道沿線で発電された再生可能エネルギーを、鉄道軌道上の鉄道架線を活用して送電し、沿線施設へ配電したり、自社施設で利用したりすることにより、再エネ導入を拡大し、地域脱炭素の実現や沿線の防災レジリエンス等の価値の向上を目指しており、2023年3月より、構想の実現および事業化のための調査を実施している（国土交通省の鉄道脱炭素施設等実装調査に対する補助制度を活用）。



出典：静岡鉄道HP

「清水静岡レイルグリッド構想」イメージ図



出典：静鉄グループニュースリリース

鉄道と地域が連携した脱炭素の取組事例

- 尼崎市と阪神電鉄は、阪神タイガースファーム施設等を整備予定の小田南公園や市内の各駅について、再生エネ設備の導入や電力の地産地消等の取組みによるゼロカーボンベースボールパークの計画を進めている。(脱炭素先行地域に選定)

～阪神大物地域ゼロカーボンベースボールパーク整備計画～



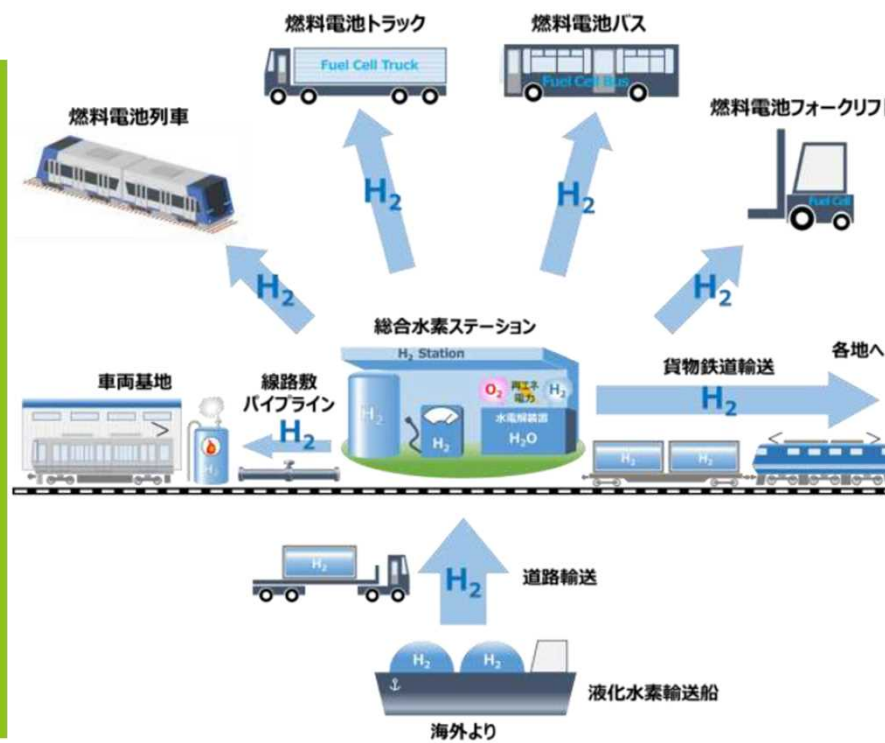
鉄道を活用した水素のサプライチェーン構築

- 交通や物流の結節点、地域拠点としての鉄道駅の特徴を踏まえ、地域で進められる都市開発やまちづくりと連携しつつ、FCVや周辺施設等にも水素を供給する水素供給拠点とするための検討が開始されている。

鉄道を活用した水素サプライチェーン構築のイメージ



出典：JR東日本HP



出典：JR西日本HP

貨物輸送のモーダルシフトの推進

- 貨物鉄道輸送はドアツードアの輸送ができず、必ず発地・着地間の輸送に他のモードが介在せざるを得ないため、他の輸送モードとの連携（モーダルミックス）が不可避。
- トラックからの置換えが容易な**31ftコンテナの増備**、貨物駅内や近隣への**積替ステーション等の設置**、IoTの活用による**空き状況のリアルタイムな情報提供等**によりトラックと鉄道のモーダルコンビネーションを促進し、貨物鉄道の積載効率を向上させるとともに、物流全体の最適化を図ることが、貨物輸送のCO2排出削減には有効。

スマート貨物ターミナルのイメージ

