

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

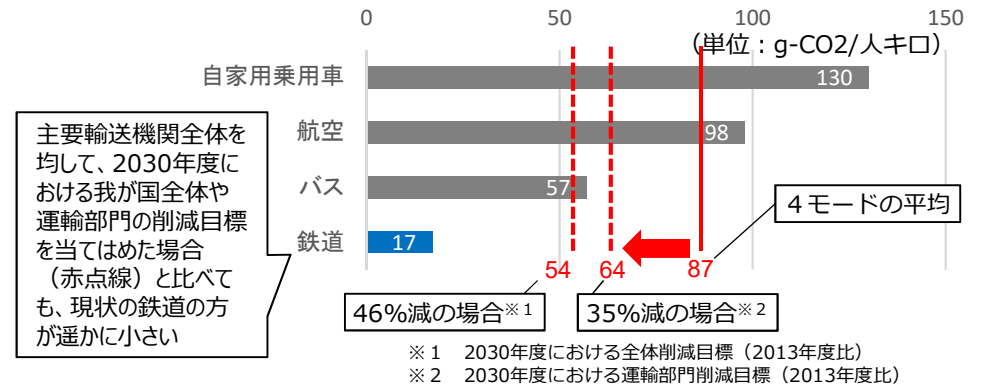
- 我が国の鉄道は、世界トップクラスの旅客輸送量を誇るとともに、分担率も諸外国に比べて大きい
- 鉄道は、他の交通機関と比較してエネルギー効率が高く、単位輸送量当たりのCO2排出量が低い環境のトップランナー

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。

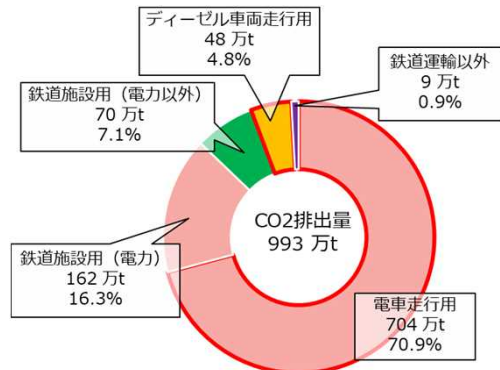
旅客輸送機関の単位輸送量当たりのCO2排出量（2019年度）



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

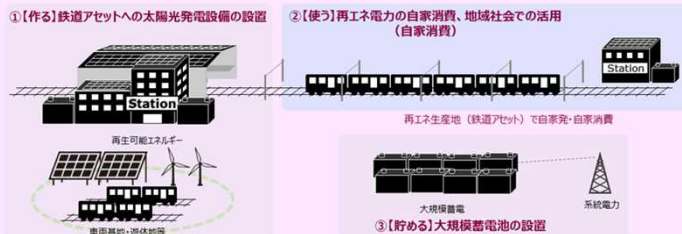
i 太陽光発電等の創エネ

- 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 (グリーンレール) 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)

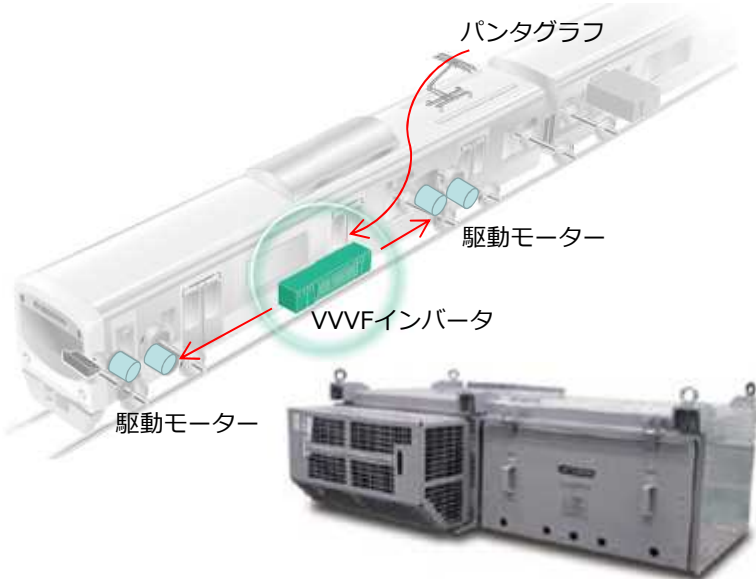
～鉄道分野における脱炭素化の取組事例等～

- 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：

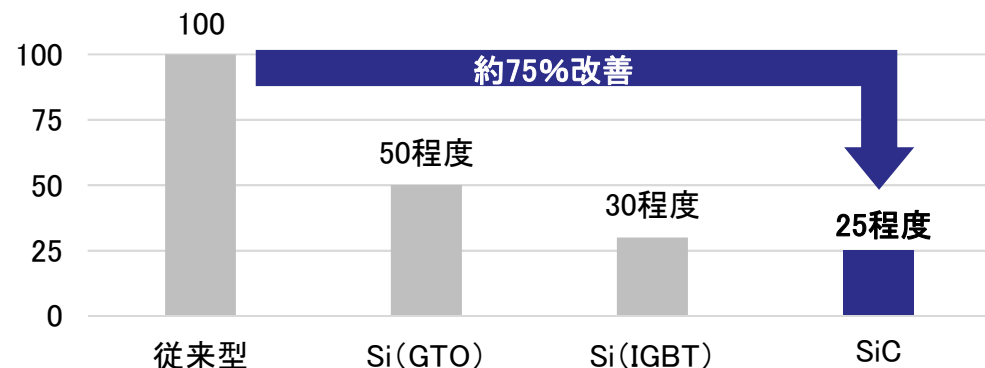
電車のパンタグラフと駆動モーターの間に置かれる動力制御の中核機構であり、半導体を用いて電圧と周波数を変化させることで駆動モーターの回転力及び回転数を制御する。従来の抵抗制御等と比べ、エネルギー効率が高い。

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。



電車の制御方式・半導体素材の違いと性能の比較

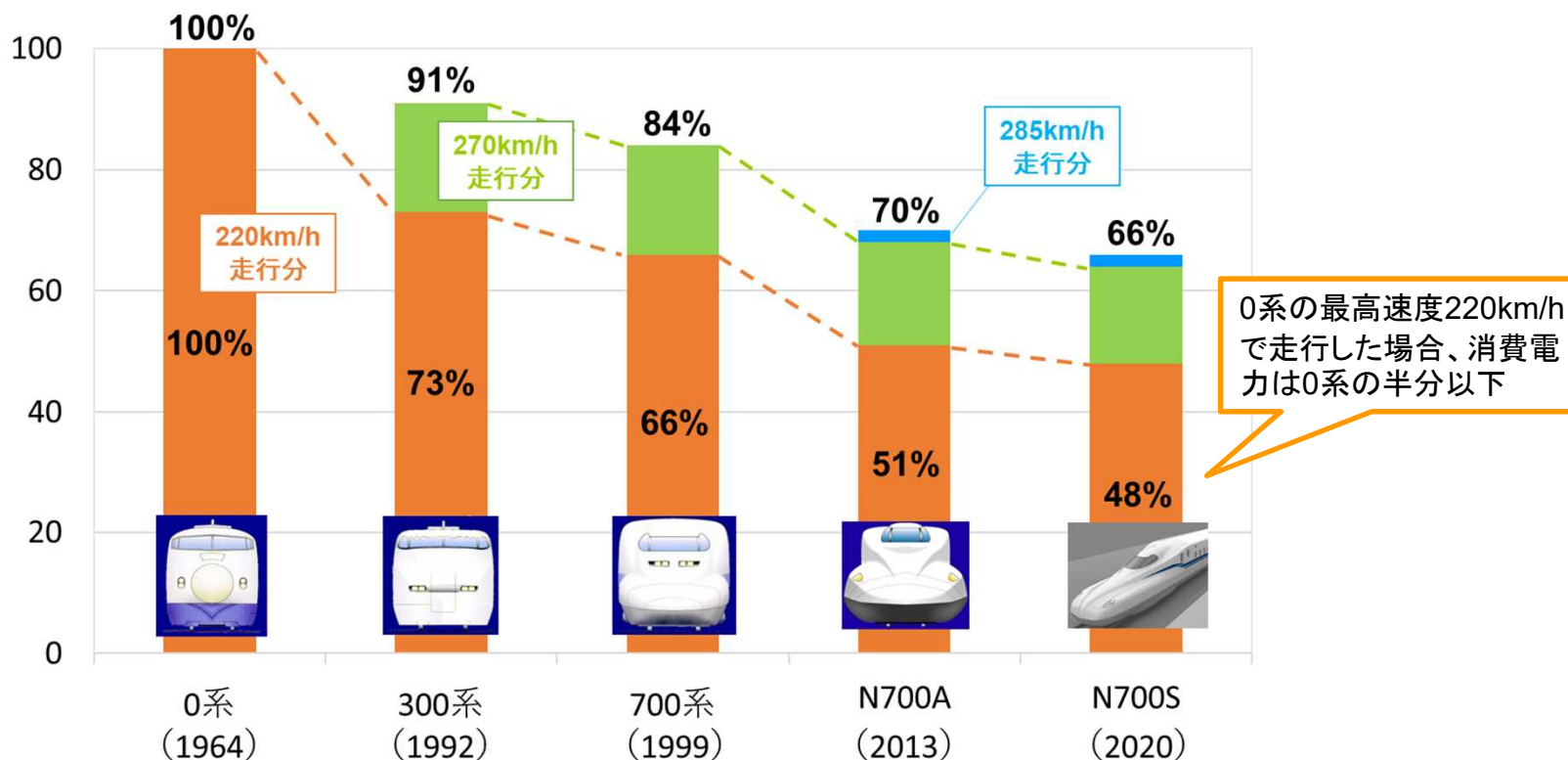
制御方式	半導体素材	特徴・性能
従来型 (チョップ制御、抵抗制御等)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・古くから使用されている制御方式(旧型) ・電力ロスが大きい
VVVF型	Si (GTO)	<ul style="list-style-type: none"> ・旧型 ・大型 ・騒音大
	Si (IGBT)	<ul style="list-style-type: none"> ・新型 ・小型 ・騒音小
	SiC	<ul style="list-style-type: none"> ・最新型 ・更なる小型化と電力ロスの低減を実現



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

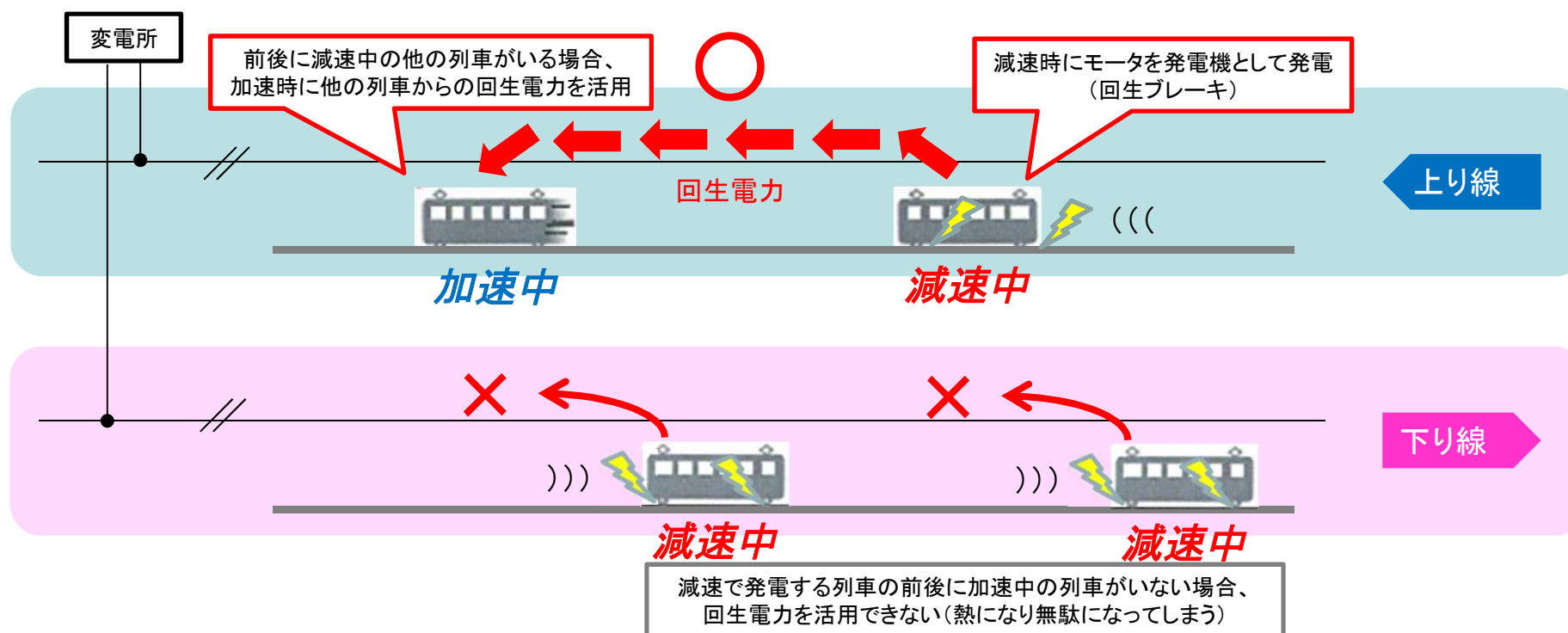
※ () 内は投入した年

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



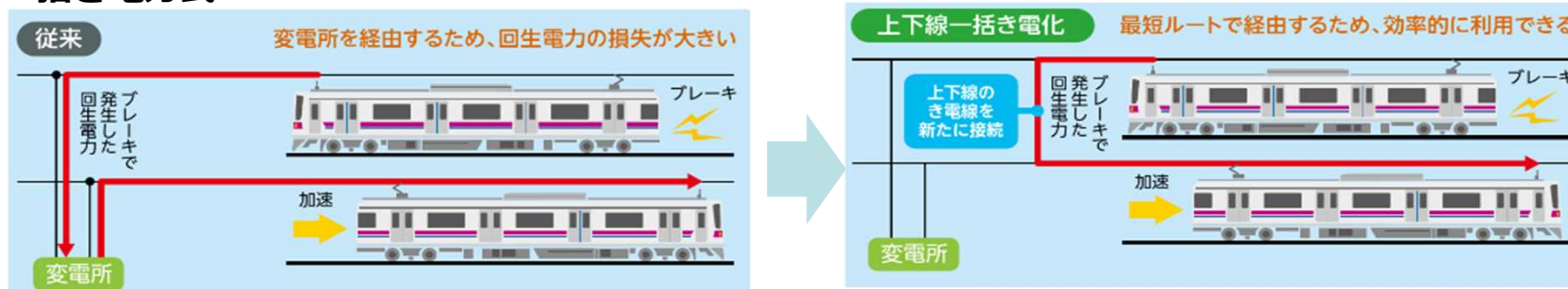
《課題》

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)

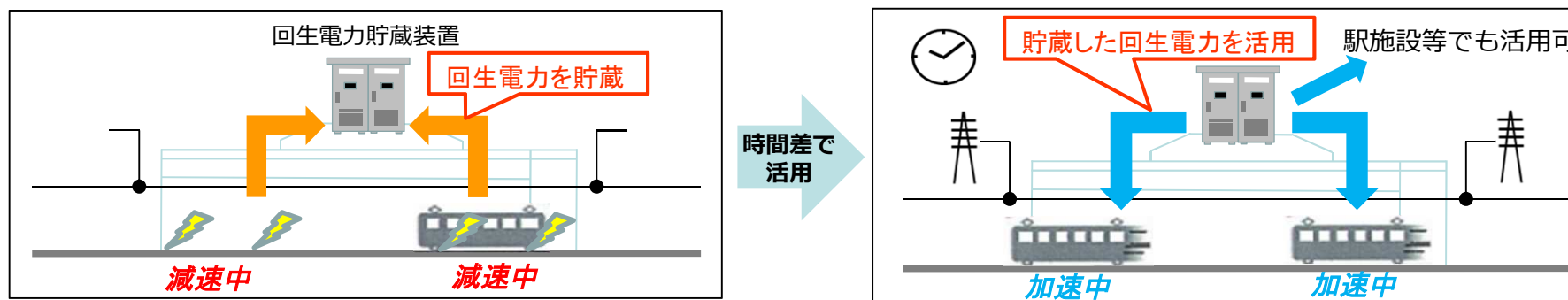
- 上り線と下り線を一括でき電する方式の採用により回生電力を融通可能な車両を増やすことが可能。
- また、回生電力貯蔵装置（地上設備の蓄電池）の導入により、回生電力の時間差での活用が可能となり、前後列車間で加速と減速のタイミングが合わない場合にも、蓄電した回生電力の活用が可能となるほか、駅施設等での活用も可能に。

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



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

