

鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿

「鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会」

2023年5月

目次

1. はじめに.....	1
2. 政府全体・運輸分野の動向.....	1
3. 我が国の鉄道の特徴と環境面での貢献.....	2
(1) 我が国の鉄道の特徴.....	2
(2) 環境面での貢献.....	3
(3) 鉄道分野のカーボンニュートラルとその目指すべき姿の意義.....	6
4. 取り組むべき施策の方向性.....	6
(1) 環境優位性のある鉄道利用を通じた脱炭素化.....	6
①鉄道利用の増大の意義.....	6
②鉄道利用の増大に向けた施策（削減効果の見える化等）.....	7
(2) 鉄道事業そのものの脱炭素化（鉄道の脱炭素）.....	8
①列車運行に係る脱炭素の推進.....	8
i) 電車の高効率化.....	9
ii) 気動車の電化・非化石化.....	11
②駅施設に係る脱炭素化の推進.....	13
③電気の非化石比率の考え方.....	13
(3) 鉄道のアセット特性を最大限活用した脱炭素化（鉄道による脱炭素）.....	13
①鉄道アセットを活用した再生可能エネルギー発電・蓄電の導入加速化... ..	14
i) 太陽光発電等の創エネ.....	14
ii) 蓄電池の導入による再エネ等の有効活用を通じた調整力の確保.....	14
②鉄道アセットを活用したクリーンなエネルギー輸送.....	15
i) 鉄道網の送電網化.....	15
ii) 鉄道を活用した水素のサプライチェーン構築.....	15
(4) 特性に応じた取組類型の整理.....	16
5. 鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿.....	18
6. 個別施策のロードマップ.....	19
7. 引き続き検討していくべき事項等.....	20

1. はじめに

2050年カーボンニュートラル宣言や地球温暖化対策計画（2021年10月22日閣議決定）における2030年度の温室効果ガス46%削減（対2013年度比）の目標を踏まえ、国土交通省鉄道局においては、2022年3月から「鉄道分野のカーボンニュートラル加速化検討会」を開催し、2022年8月、今後の取組の方向性について中間とりまとめを行った。

中間とりまとめにおいては、列車運行や駅施設等に由来する自らのCO₂排出量を削減する「鉄道の」脱炭素と、地域の拠点たる鉄道駅や長大な路線といった豊富なアセットを活用した再生可能エネルギー発電等を通じて地域の脱炭素に資する「鉄道による」脱炭素を両輪とする総合的な「鉄道脱炭素」の取組を進める必要性を謳い、そうした取組を「2H3T」¹という構成要素に整理した。その上で、

- ✓ 鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿や目標値の設定
- ✓ ロードマップの作成

を「鉄道脱炭素」の取組を推進する上で取り組むべき事項として位置付けたところである。

今般、中間とりまとめ以降の本検討会における議論等を踏まえ、鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿について、以下のとおりとりまとめを行うとともに、それに向けた個別施策のロードマップを示すこととする。

2. 政府全体・運輸分野の動向

2020年10月に内閣総理大臣の所信表明演説において「2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」旨が表明された。その後、2021年4月の地球温暖化対策推進本部においては、内閣総理大臣より「2030年度に温室効果ガスを2013年度から46%削減すること、さらに、50%の高みに向けて、挑戦を続ける」旨の発言がなされたところである。

かかる方針を受け、2021年10月に改定された地球温暖化対策計画においては、温室効果ガスの排出削減の中期目標として2030年度に2013年度比46%削減（改定前26%削減）、長期目標として2050年までにカーボンニュートラル（同80%削減）と、上記内閣総理大臣が表明した目標が明記された。また、運輸部門の排出削減の中期目標についても、2030年度に2013年度比35%削減（同27%削減）と、従来に比べ深掘

¹ エネルギーを「減らす」、再エネ等を「作る」、再エネ等を「運ぶ」、再エネ等を「貯める」、再エネ等を「使う」。

りされている。

温室効果ガス排出量・吸収量 (単位：億t-CO ₂)		2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
		14.08	7.60	▲46%	▲26%
エネルギー起源CO ₂		12.35	6.77	▲45%	▲25%
部門別	産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
	業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
	家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
	運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
	エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO ₂ 、メタン、N ₂ O		1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等4ガス（フロン類）		0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源		-	▲0.48	-	(▲0.37億t-CO ₂)
二国間クレジット制度（JCM）		官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

【図表 1】地球温暖化対策計画における各部門別排出削減目標

また、2022年2月のロシアによるウクライナ侵略以降、エネルギー安定供給の確保が世界的に大きな課題となる中、GX（グリーントランスフォーメーション）を通じて脱炭素、エネルギー安定供給、経済成長の3つを同時に実現するべく、2022年7月から内閣総理大臣を議長とするGX実行会議が開催された。同会議における議論等を踏まえ、エネルギー安定供給の確保に向け、徹底した省エネに加え、再エネや原子力などのエネルギー自給率の向上に資する脱炭素電源への転換などGXに向けた脱炭素の取組を進めることや、GXの実現に向け、「GX経済移行債」等を活用した大胆な先行投資支援、カーボンプライシングによるGX投資先行インセンティブ、新たな金融手法の活用などを含む「成長志向型カーボンプライシング構想」の実現・実行を行うことなどを内容とする「GX実現に向けた基本方針」が取りまとめられ、2023年2月に閣議決定されたほか、同年5月には、脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律が成立し、制度枠組みが創設された。

3. 我が国の鉄道の特徴と環境面での貢献

我が国の鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿を考えるに当たって、まず、我が国の鉄道の特徴と環境面での貢献について確認する。

（1）我が国の鉄道の特徴

我が国の鉄道は、全国に張り巡らされたネットワークを有し、利便性、定時性、快適性に優れ、世界で見てもトップクラスの旅客輸送量（2019年度：約252億人

(1日当たり約6900万人))を誇るとともに、輸送の分担率も自家用車、航空、海運等を含む全体において約3割と諸外国と比較すると非常に大きい²という特徴がある。特に、人口が集中する都市部においては、世界有数の整備水準にある都市鉄道が日々大量の旅客を輸送し、大量輸送機関としての特性を存分に発揮している。

	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%	12%

【図表2】各国の旅客輸送分担率（2019年度、人キロベース）³

また、貨物輸送においても、定時・定型・大量輸送という特性と、基幹的な鉄道ネットワークを活用し、800km以上の長距離帯では3割以上の陸上輸送分担率となっており、我が国の物流を支えている。

（2）環境面での貢献

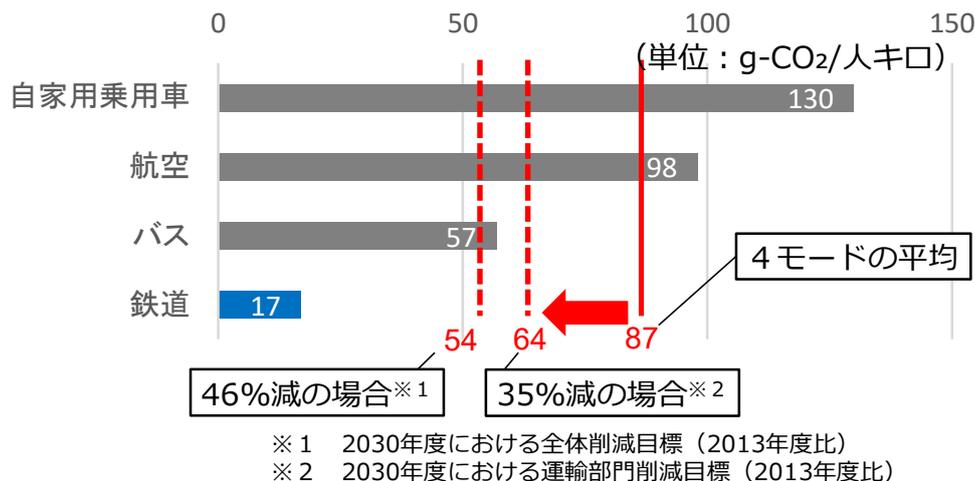
また、我が国の鉄道は、総じて、大量輸送というモード特性を背景に、他の交通機関と比較してエネルギー効率が高く、単位輸送量当たりのCO₂排出量が著しく低いという環境優位性を有している。

具体的には、旅客輸送を例にとると、コロナ禍前の2019年度時点で、主な旅客輸送機関の単位輸送量当たりのCO₂排出量の平均が87(g-CO₂/人キロ)であるのに対して、鉄道については17(g-CO₂/人キロ)である。特に、自家用乗用車(130(g-CO₂/人キロ))と比較すると、鉄道は約8分の1と極めて小さいことがわかる。⁴

² 欧州は約1割。

³ 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。道路交通は自家用乗用車、バス等であり、その他は航空等。なお、国により調査方法や定義が異なる場合がある。

⁴ 貨物鉄道については、単位輸送量当たりのCO₂排出量がトラックの約1/13。



【図表3】旅客輸送機関の単位輸送量当たりのCO₂排出量 (2019年度)

また、主な旅客輸送機関の平均や自家用乗用車の単位輸送量当たりのCO₂排出量については、地球温暖化対策計画における運輸部門や我が国全体の排出削減目標を当てはめると図表4のとおりである。仮に、鉄道が現状 (2019年度) のままであった場合ですら、鉄道が環境面において圧倒的に優れた交通機関としての特性を維持することとなる。

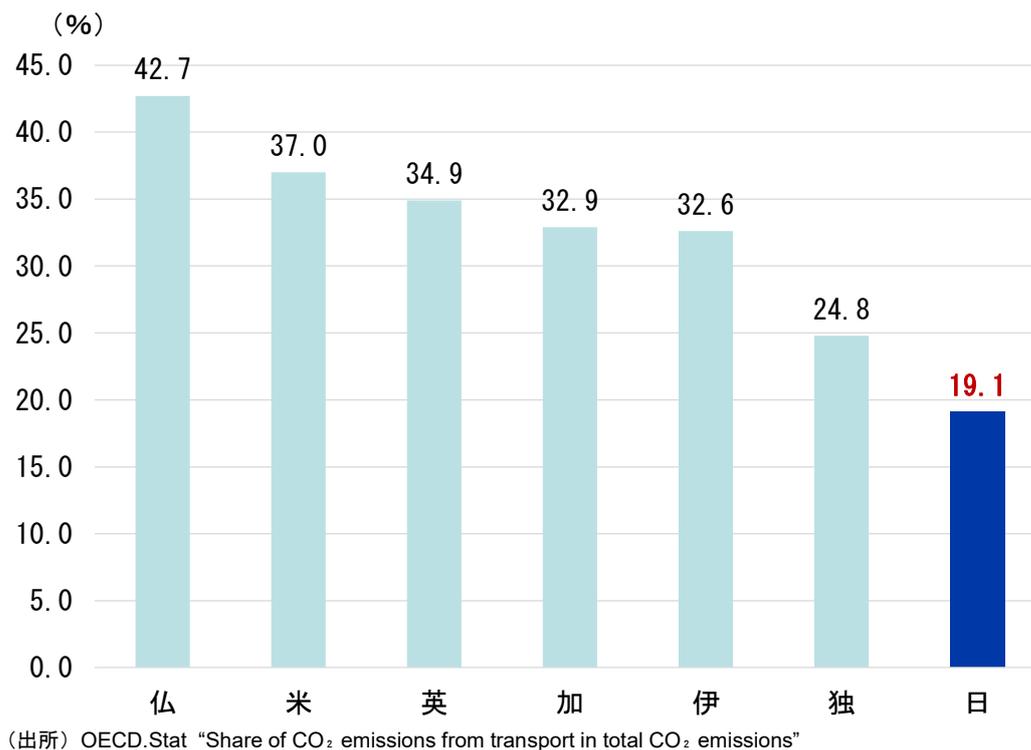
(単位：g-CO₂/人キロ)

	2013年度比▲35% を当てはめた場合 (運輸部門目標)	2013年度比▲46% を当てはめた場合 (全体目標)
主な旅客輸送機関平均 (2013年度：87)	64 (鉄道※の3.8倍)	54 (鉄道の3.2倍)
自家用乗用車 (2013年度：149)	97 (鉄道の5.7倍)	80 (鉄道の4.7倍)

※ 鉄道については、2019年度時点で17 (g-CO₂/人キロ)。

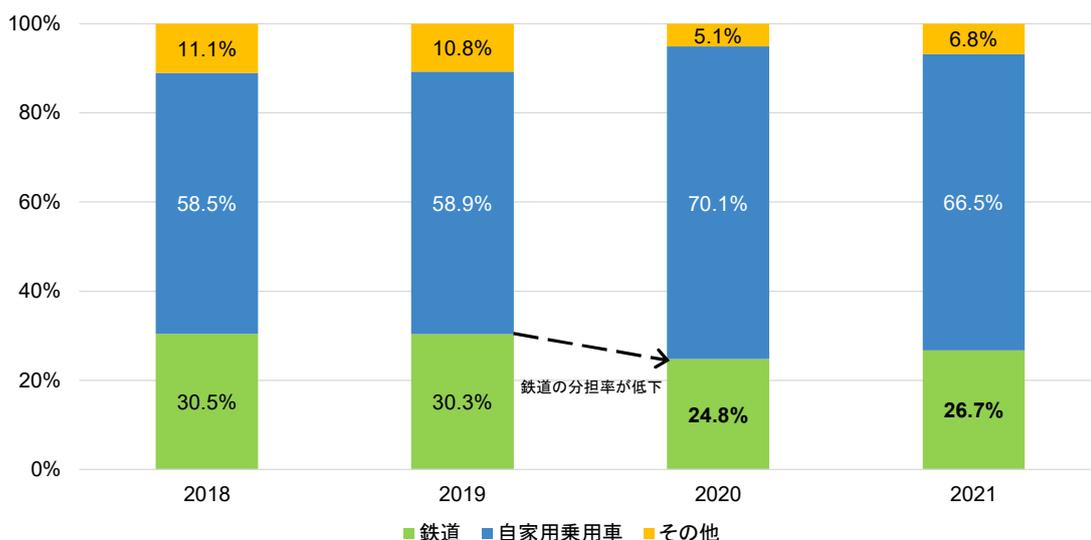
【図表4】単位輸送量当たりのCO₂排出量 (旅客輸送平均、自家用乗用車)

このように、我が国の鉄道は、輸送の利便性とどまらず、環境という観点からも我が国の経済社会全体に大きく貢献している。我が国の運輸部門は、国内のCO₂排出量全体の2割を占める約2億トンを排出しているところ、この割合はG7の中でも最も低い水準にあり、環境優位性のある鉄道が多くの旅客輸送を担っているという、国際的にも優れた鉄道輸送・社会システムの影響も大きいと考えられる。



【図表 5】 CO₂総排出量に占める運輸部門比率の国際比較 (2019 年)

しかしながら、足下においては、新型コロナウイルス感染症の影響等により、鉄道利用の状況にも一定の変化が生じている。特に旅客については、コロナ禍前と比較して利用状況がやや低調となり、分担率が約 2 割台半ばまで低下している状況にあり、移動に関して自家用乗用車へのシフトが生じていると考えられる。この結果、鉄道については、依然として他の交通機関との比較においては非常に優れている状況は変わらないものの、旅客鉄道の単位輸送量当たりの CO₂排出量は、2020 年度において 28 (g-CO₂/人キロ) とコロナ禍前と比較すると悪化してしまっている状況にあり、今後の運輸部門の排出削減を考えていく上では、コロナ禍で低下した鉄道の分担率を早期に戻すだけでなく、さらに上げていくことが重要となっている。



【図表6】旅客輸送分担率（人キロベース）の推移⁵

（3）鉄道分野のカーボンニュートラルとその目指すべき姿の意義

そもそも鉄道を運行するために排出されるCO₂は、運輸部門のCO₂排出量の3.8%⁶である。しかしながら、上記（1）及び（2）のとおり、高い輸送量を誇り、運輸部門における環境のトップランナーであるなど、我が国の社会経済、輸送体系における位置付けや環境面で果たしている貢献に鑑みると、我が国の鉄道分野が自らの強みを更に磨くべく、目指すべき姿を掲げてカーボンニュートラルに戦略的に取り組むことは、車両や機器といった裾野産業をはじめとする関連産業への影響や人々の意識の醸成なども含め、単純な量を超えた大きなインパクトを日本社会に与え、世界に冠たる鉄道輸送・社会システムという日本の強みを伸ばすことにもつながると考えられる。加えて、カーボンニュートラルに向けて国際的には鉄道の役割を重視する潮流となっていることも踏まえると、そうした日本の鉄道輸送・社会システムが、モデルとなる可能性もあると期待される。

4. 取り組むべき施策の方向性

（1）環境優位性のある鉄道利用を通じた脱炭素化

①鉄道利用の増大の意義

我が国全体のCO₂排出量を削減していくためには、利便性を高めつつ、自家用乗用車等に替えて公共交通機関の利用を増やす、特に、環境優位性が発揮できる鉄道の利用を増やしていくことが重要である。自家用乗用車から鉄道へのシフトにより、鉄道の輸送量が増大することで、鉄道分野だけを見れば鉄道のCO₂排出量が増える可能性があるが、大量輸送における鉄道の環境優位性がより発揮されるとともに、

⁵ 鉄道統計年報、自動車輸送統計年報等から鉄道局が作成。その他には、バス、航空等が含まれる。

⁶ 運輸部門における二酸化炭素排出量（2019年度）（国土交通省環境政策課作成）より。

自家用乗用車からの CO₂排出量が減少することにより、運輸部門や我が国全体で考えた場合には、CO₂排出量が大きく純減することとなる。

足下においては、3.(2)で述べたとおり、新型コロナウイルス感染症の影響等により、鉄道をはじめとする公共交通機関から自家用乗用車へのシフトが生じているところであるが、我が国全体の脱炭素を進める観点から、短期的には、自家用乗用車と鉄道の相対的な分担率について、少なくともコロナ禍前の水準に戻すことが求められる。将来的には、鉄道へのシフトを更に進めることにより、我が国のカーボンニュートラルを支えることが期待される。

②鉄道利用の増大に向けた施策（削減効果の見える化等）

コーポレートガバナンスにおける CSR⁷の重要性の高まりや市場における ESG⁸投資の拡大、サプライチェーン全体における CO₂排出量への注目等により、事業活動に当たっては環境問題への配慮がますます求められるようになってきている。特に、近年においては、事業者自らによる温室効果ガスの直接排出（Scope1）や他社から供給された電気、熱等の利用に伴う間接排出（Scope2）以外の間接排出（Scope3）をいかに減らしていくかが大きな課題として認識されている。また、一般消費者においても脱炭素化を含めた環境意識が徐々に高まってきているほか、我が国のカーボンニュートラル社会の実現のためには、「食事」、「移動」、「住居」を中心としたライフスタイルの変革の必要性が指摘されている。

このような社会的な状況を踏まえると、鉄道利用の増大のためには、バリアフリー化の推進に加え、MaaS等を通じた他の交通機関との連携等により、鉄道輸送の快適性や利便性を一層高めることのほか、鉄道利用による CO₂排出削減効果の見える化等を行うことが有効であると考えられる。その際、例えば、事業者単位などのセグメントごとに、鉄道利用による CO₂排出削減効果が、詳細かつ実態に即した形で見える化されることが望ましい。これにより、企業においては輸送・配送や通勤といった Scope3 に当たる排出量を、一般消費者においては日常やレジャーにおける移動に伴う排出量をそれぞれの程度削減することができるのかを定量的に把握することが可能になるため、環境の観点から自発的に鉄道を利用するよう、企業や荷主、一般消費者等の行動変容を促すことができると考えられる。

また、旅客に比して輸送分担率が低い貨物鉄道については、いわゆる「物流の2024年問題」⁹への対策という観点も踏まえ、施設の強靱化や代替輸送のための拠点整備、

⁷ 企業の社会的責任（Corporate Social Responsibility）。企業が社会や環境と共存し、持続可能な成長を図るため、その活動の影響について責任をとる企業行動であり、企業を取り巻く様々なステークホルダーからの信頼を得るための企業のあり方を指す。

⁸ 環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）の頭文字を合わせたもの。

⁹ 働き方改革を推進するための関係法律の整備に関する法律（平成30年法律第71号）に基づき、2024年4月から、トラックドライバーについても時間外労働の上限規制（休日を除く年960時間）が適用される。具体的な対応を行わなかった場合、2024年度には輸送能力が約14%（4億トン相当）不足する可能性がある試算。

積替え時等の利便性向上、IoT の活用による輸送余力等のリアルタイムな情報提供といった取組により積載率・稼働率を向上させ、既存の輸送力を最大限に活用することが重要である。加えて、トラック輸送との結節点となる貨物駅について積替ステーションの整備等により機能を強化することや新幹線による貨物輸送の拡大等も含めて輸送力を強化すること¹⁰が、モーダルシフトを促す上で重要となることに留意する必要がある。

(2) 鉄道事業そのものの脱炭素化（鉄道の脱炭素）

一方で、鉄道事業そのものについても、CO₂排出量を削減するための取組を進めていく必要がある。その際、次の①、②の観点から取り組むことが重要である。

①列車運行に係る脱炭素の推進

列車運行に由来する CO₂排出量が鉄道事業者全体の CO₂排出量の4分の3程度を占めていることを踏まえると、これを削減することが最も効果的であり、必要不可欠である。これまでも、鉄道事業者においては、電力消費の大きい新幹線も含め、鉄道車両の更新等の取組を通じて、利便性を高めるとともに、エネルギー消費性能の大幅な向上を実現¹¹し、今日の環境優位性の高い鉄道を作り上げてきたと言える。

鉄道事業者においては、今後も、電車と気動車のそれぞれについて、CO₂排出量の削減が求められるところ、具体的には、電車のエネルギー効率の向上や気動車の動力の実質的な電化や非化石化等の取組が考えられる。

この点、

- ・ 鉄道車両は、幅広い分野の技術に関わる製品であり、産業の裾野が広いものであること
- ・ 欧州をはじめ、国際的には、カーボンニュートラルに向けて鉄道の役割を従来以上に重視する動きが強まっていること
- ・ 我が国の鉄道車両製造業が、国内の鉄道車両製造のほぼ全てを担うとともに、高い技術力を背景に、国外においても高速鉄道車両や地下鉄車両等を製造していること

等を踏まえると、エネルギー効率に優れた鉄道車両の導入加速化や燃料電池鉄道車両の社会実装といった取組は、日本の優れた制御技術や車両製造技術の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と国際的なカーボンニュートラルに資するものでもあると考えられる。

¹⁰ 貨物鉄道の更なる輸送力増強については、線路保守時間を確保しつつ、JR貨物及びJR旅客会社との間で協議の上、必要に応じて国も含め、対応方策を検討することが必要。

¹¹ 参照：参考資料集

なお、鉄道車両は一般的に寿命が長く、大手事業者においても、導入から 20 年を超えて長く使用されている車両が少なくない。これは、鉄道車両の導入には相当な規模の設備投資が必要となるほか、適切な修理・改修を行うことで長期間にわたって安全に使用することができることから、車両更新が進みにくいためと考えられる。鉄道事業そのものの脱炭素化に向けては、鉄道事業者による車両更新等の加速化を後押しする仕組みの検討が必要である。

i) 電車のエネルギー効率の向上

ア) エネルギー効率に優れた最新型の鉄道車両等の導入加速化

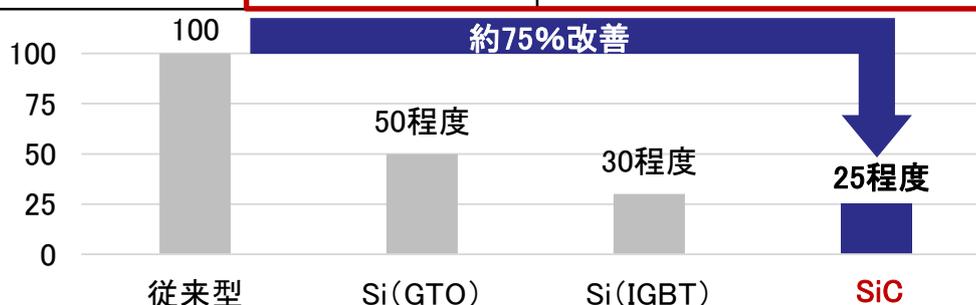
電車については、電気を動力源としていることから、環境優位性があるものの、制御方式が旧式であったり、制御装置に使用される半導体装置の構造や半導体装置に用いられる素材が旧型であったりするためにエネルギー効率が悪い旧型車両¹²が 1 万両程度残存している。こうした旧型車両について、VVVF¹³インバータ制御装置に、SiC を素材として使用した半導体装置(以下「SiC パワー半導体デバイス」という。)を採用したエネルギー効率に優れた最新型車両に置き換えることにより、消費電力量が概ね 50~75%程度改善し、CO₂排出量を削減していくことができる¹⁴ことから、まずは最新型車両の導入を加速化すべきである。

¹² 図表 7 の従来型と VVVF 型のうち半導体装置の構造が GTO のものを指す。

¹³ 半導体を用いて周波数と電圧を変化させることでモーターを制御する方式。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。

¹⁴ 仮に、約 1 万両ある旧型車両が全て SiC パワー半導体デバイスを採用したエネルギー効率の優れた最新型車両に置き換わったとすると、車両走行に係る電力使用量は約 60 億 kWh 削減されるものと試算され、これを直近(2020 年度)の CO₂排出係数で換算すると、約 230 万 t-CO₂の削減効果が見込まれる。

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 ・ 更なる小型化と電力ロスの低減を実現



【図表7】 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による性能の比較

なお、比較的新しい既存の鉄道車両については、制御装置を最新型のVVVFインバータ制御装置にするなどの改修を行うことにより、エネルギー効率を向上させることも期待される。このような改修によるエネルギー効率の向上については、車両全体を入れ替える場合に比べて低コストとなり、対応可能な車両については、こうした取組を進めることによりCO₂排出量を削減することも期待される。

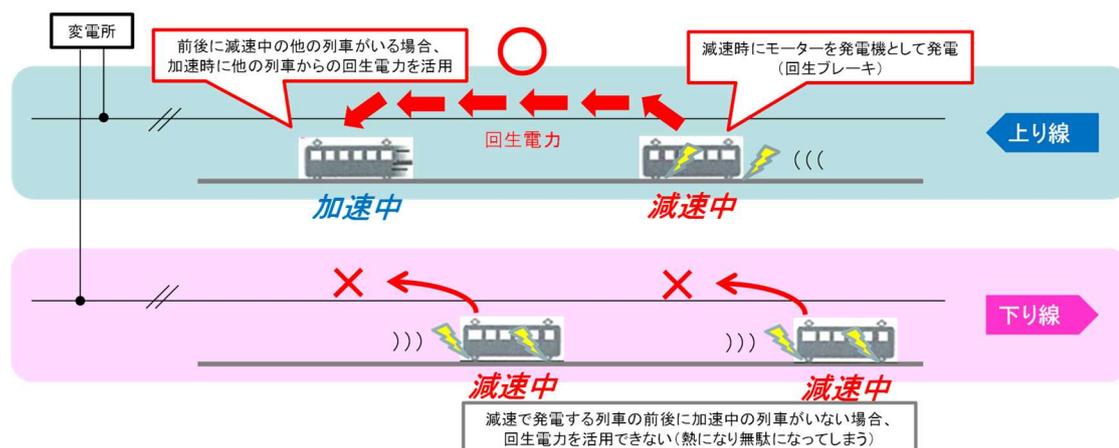
また、SiCパワー半導体デバイスについては、電圧制御を担う基幹部品として、電気自動車をはじめ、機器の電化・省エネ化に必要不可欠なものである。世界的にもカーボンニュートラルに向けたグリーン投資が拡大している中、SiCパワー半導体デバイスに係る我が国の国際競争力を高めることが求められるところ、最新型の鉄道車両への更新の加速化に伴うSiCパワー半導体デバイスの需要増大が、我が国のSiCパワー半導体デバイスの国際競争力や供給に資することも期待される。

長期的には、技術の進展により、更にエネルギー効率に優れた車両の開発・導入も期待される。

イ) 回生電力の有効活用

エネルギー効率に優れた車両の開発・導入に加えて、車両の減速時にモーターを発電機として使用することで生まれる回生電力を有効活用することが重要である。

都心部などの列車本数の多い路線の車両においては、回生ブレーキを有したVVVFインバータ制御装置等を導入することで、他の車両の加速時に回生電力を活用することが可能となる。



【図表8】回生電力のイメージ図

一方、回生電力が融通可能な範囲に列車がない場合においては、減速時に生じるエネルギーは単に熱として捨ててしまうこととなる。このため、各路線において、有効活用できていない回生電力の実態を把握し、それを活用するための方策を講ずることが必要である。具体的には、上り線と下り線を一括で電する上下線一括き電を採用¹⁵するなど、上り線と下り線のき電線を電氣的に接続することで、回生電力を加速中の車両に最短で送り、回生電力を融通可能な車両を増やすことが可能である。また、蓄電池等の導入¹⁶により回生電力を貯蔵し、車両の加速時における電力に利用するのみならず、駅施設等の電力や災害時の列車退避等へ活用することも考えられる。

ii) 気動車の電化・非化石化

気動車については、化石燃料を動力源に運行され、CO₂のほか、窒素酸化物等も多く排出しており、電車に比べると環境にやさしいとは言い難い。このため、旧型車両を新型車両に置き換えることでエネルギー効率の向上を図っていくことに加え、以下の取組を通じてCO₂等の排出を削減し、電車に比肩するような環境優位性のあ

¹⁵ JRや大手民鉄等において導入が進められている(参照:参考資料集)。

¹⁶ JRや大手民鉄等において導入が進められている(参照:参考資料集)。

る交通機関への転換を進めていくことが重要である。なお、気動車を代替するディーゼルハイブリッド車両や燃料電池鉄道車両等については、架線や変電所等の電化設備を必要としないという面もある。

ア) 新型車両の導入による非電化区間の実質的な電化

蓄電池車両¹⁷やディーゼルハイブリッド車両¹⁸等、駆動力に電気を用いる新型車両を導入することにより、非電化区間を実質的に電化することになり、CO₂排出量の削減につながる。また、こうした車両は、電車との駆動システムの共通化によるメンテナンスの効率化が期待できるほか、自動運転技術等による鉄道の DX とも親和性が高いとも考えられる。

イ) 動力源の非化石化（非化石ディーゼル燃料、燃料電池鉄道車両（水素））

我が国の 2050 年カーボンニュートラルや水素社会の実現への貢献も見据え、動力源そのものの更なる非化石転換についても積極的に進められることが期待される。

微細藻類等による CO₂吸収と気動車走行時の CO₂排出が相殺されるバイオ燃料¹⁹や CO₂と水素を合成して製造される合成燃料といった非化石燃料については、CO₂排出が実質ゼロである燃料として、運輸部門を中心に、カーボンニュートラルの有力な選択肢である。現在は、生産量やコスト面等の課題があるところであるが、今後の生産・供給能力の向上の状況等も踏まえ、鉄道分野においてもバイオ燃料などの非化石ディーゼル燃料を実運行に導入していくことが求められる。

また、水素から生み出した電気を動力源とする燃料電池鉄道車両²⁰については、非電化区間の非化石転換の切り札となり得るものであるほか、電化区間の中でも比較的運行頻度が低い路線にも活用できる可能性がある。燃料電池鉄道車両については、航続距離延伸、高出力化、小型化に向けた技術課題の解決及び社会実装に向けた量産化・コスト低減が必要不可欠であり、今後のクリーン水素の供給量や更なる技術開発の動向、水素供給拠点等のインフラの整備状況等も見極めつつ、制度面での措置を含めた官民一体の取組を進めることが重要である。鉄道分野における水素需要が、供給拡大や技術開発、インフラ整備等を後押しし、正の循環を生み出すことが期待される。

¹⁷ JR 東日本及び JR 九州において営業運転されている（参照：参考資料集）。

¹⁸ JR 東海、JR 西日本、JR 九州等において営業運転されている（参照：参考資料集）。

¹⁹ 鉄道技術開発・普及促進制度により、JR 西日本において導入に向けた実証実験が行われている（参照：参考資料集）。

²⁰ JR 東日本において開発・実証試験が行われているほか、JR 東海や JR 西日本においても導入に向けた研究開発等の取組が開始され、JR 北海道においても将来的な導入を検討（参照：参考資料集）。

② 駅施設に係る脱炭素化の推進

列車運行に由来するもののほか、熱源・空調機器、照明等の駅施設からも、鉄道事業者全体の4分の1程度のCO₂が排出されているところ、この部分を削減することも効果がある。具体的には、熱源・空調機器の効率化、照明のLED化のような取組を進めることに加え、鉄道のアセット特性を活用した創エネ（(3)①i）、再生電力の駅施設への有効活用を通じたボトムアップ・ピークカット等と併せて、駅施設由来のCO₂排出量の削減に取り組むことが求められる。

③ 電気の非化石比率の考え方

なお、①及び②の取組を進めるに当たっては、鉄道事業者によるCO₂排出量の9割が電力由来であることに留意することが必要である。

第6次エネルギー基本計画（2021年10月22日閣議決定）においては、2030年度時点での電源構成に占める非化石エネルギーの割合について、野心的な見通しとして約59%と設定されている。また、鉄道事業者に関しても、これを踏まえ、省エネ法²¹上の特定輸送事業者²²については、同法に基づき、2030年度の使用電力の非化石比率59%を目安とした目標を設定し、計画的に取り組むこととされている。

電力由来のCO₂排出については、電気の排出計数(t-CO₂/kWh)に電気使用量(kWh)を乗じて算出されることになることから、鉄道の脱炭素化の取組を進めるに当たっては、2030年度における電気の非化石比率(59%)も勘案して削減を考えていくことが適当である。

(3) 鉄道のアセット特性を最大限活用した脱炭素化（鉄道による脱炭素）

鉄道は、地域の社会経済活動における重要な役割を担う鉄道駅や、全国的な広域ネットワークを形成する長大な路線等を有しており、アセットの面においても大きな特長を有している。このような特性をいかして、沿線地域等における様々な主体とも連携²³しつつ、各事業者・地域等の置かれた状況やアセットの特徴等に応じた取組を行うことが期待される。具体的な取組の類型としては、次の①、②のようなものが考えられる。

²¹ エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律（昭和54年法律第49号）

²² 鉄道事業者については、鉄道車両を300両以上有するものを指定。

²³ 脱炭素先行地域に選定されている案件には、阪神電気鉄道や東武鉄道が地元自治体と共同で提案した例がある（参照：参考資料集）。

①鉄道アセットを活用した再生可能エネルギー発電・蓄電の導入加速化

再生可能エネルギーについては、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、S+3E²⁴を大前提に、最大限の導入拡大に取り組んでいるところである。鉄道についても、豊富なアセットの活用を通じて、再生可能エネルギーの導入を加速化することが重要である。

i) 太陽光発電等の創エネ

鉄道は、駅舎や車両基地、車両工場といった建物のほか、線路用敷地などを有している。このため、都市部においては建物の屋上に、地方部においては建物敷地内にも設備を設置し、太陽光発電を行うことが可能である。これにより、追加性のある再生可能エネルギーの自家発電を行い、自らの脱炭素化を進めることができる。また、例えばPPA²⁵事業のスキーム等を活用²⁶してクリーンな電気を他の施設等に供給するなど、地域の脱炭素化に貢献することも考えられる。

特に、国産の再生可能エネルギー技術として期待されているペロブスカイト太陽電池については、素材の特性上設置場所を選ばないことから、鉄道アセットのうち、線路わきや全国におよそ1万ある駅のホーム上屋等、既存の太陽光発電設備の設置が困難な場所への導入も見込まれる。鉄道におけるこうした需要が、ペロブスカイト太陽電池の量産化を促すことも期待される。

また、風力発電についても、今後の規制・制度の合理化や技術動向によって、鉄道事業者の有する土地が適地になる可能性がある。

ii) 蓄電池の導入による再エネ等の有効活用を通じた調整力の確保

出力変動を伴う再生可能エネルギーの導入の拡大に当たっては、電力需要の最適化と再生可能エネルギーの有効活用の観点から、蓄電池の導入による調整力の確保が必須である。

この点、鉄道においても、変電所や高架下等の鉄道アセットを有効に活用することにより、大規模蓄電池の導入拡大が可能となる。これにより、鉄道事業者がアセットを活用して発電した再生可能エネルギーや回生電力を有効に活用することができ、鉄道事業者の使用電力量に係るピークカットも可能となり、省エネにつながる。

²⁴ 安全性 (Safety)、安定供給 (Energy security)、経済性 (Economic efficiency)、環境 (Environment)

²⁵ PPA : Power Purchase Agreement (電力購入契約) の略称。

²⁶ JR九州において、駅ホーム上屋や車両センター屋根上を活用したオンサイトPPAが導入されている(参照:参考資料集)。

また、電力事業者と共同して大規模蓄電池を設置することにより、非常時における電力供給等を通じて、地域におけるエネルギーサービス提供の安定化とレジリエンスの強化にも貢献でき、系統の負担低減につながる。

②鉄道アセットを活用したクリーンなエネルギー輸送

2050年カーボンニュートラルや水素社会の実現に向けては、クリーンなエネルギーの安定的な供給が必要である。このため、鉄道においても、第6次エネルギー基本計画や水素基本戦略といった我が国のエネルギー政策や水素政策の方針も踏まえつつ、次のような取組を進めることが求められる。なお、再生可能エネルギーのや水素の輸送に果たす鉄道の役割については、我が国全体のサプライチェーンの構築状況等によって、大きく影響を受けることに留意が必要である。

i) 鉄道網の送電網化

- ・ 架線を活用した再生可能エネルギーの送電（マイクログリッド化）

走行のための電力を、パンタグラフを介して車両に送る設備である架線を活用して、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。系統電力と比較して送電電圧が低く長距離になるほど電圧降下への対策が必要となるといった様々な課題の解決が図られた場合には、架線を活用した沿線地域のマイクログリッドを構築²⁷し、地域活性化や地域脱炭素に貢献することができる可能性がある。

- ・ 電力系統整備における鉄道網の活用²⁸

上記に加え、全国規模の電力系統整備に際しても、再生可能エネルギーの新たな発電所から電力系統へ接続する送電線を線路用地に設置するなど鉄道アセットの一部を活用できる可能性がある。

ii) 鉄道を活用した水素のサプライチェーン構築²⁹

水素が日常生活や産業活動で幅広く利用される水素社会の実現に向けては、水素を安価で安定的に供給する手段が必要となる。鉄道やそのアセットを活用した以下のような取組が、クリーンな水素サプライチェーンの構築に資すると期待される。

²⁷ 静岡鉄道が、鉄道脱炭素施設等実装調査に対する補助制度を活用し、令和4年度から調査を実施（参照：参考資料集）。

²⁸ GX実現に向けた基本方針においても、「系統整備の具体的対応策として、全国規模での系統整備計画（以下「マスタープラン」という。）に基づき、費用便益分析を行い、地元理解を得つつ、道路、鉄道網などのインフラの活用も検討しながら、全国規模での系統整備や海底直流送電の整備を進める。」とされている。

²⁹ JR東日本及びJR西日本において、鉄道を活用した水素サプライチェーン構築の構想が検討されている（参照：参考資料集）。

・ 駅の水素拠点化

水素は、鉄道においても動力としての活用が見込まれているところ、燃料電池鉄道車両の研究開発・社会実装と軌を一にした水素供給手段の整備が必要である。この点、鉄道駅やその隣接区域を水素ステーションとすることが考えられる。

その際、今後のFCV (FuelCell Vehicle : 燃料電池自動車) の更なる普及に伴い、水素利用が拡大すると見込まれることも踏まえ、交通や物流の結節点、地域拠点としての鉄道駅の特性を踏まえ、当該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 や周辺施設にも水素を供給する水素供給拠点 (総合水素ステーション) とすることも重要であり、対象の水素を供給するために必要な技術開発や社会実装について、官民一体となった取組が求められる。

・ 鉄道による水素輸送

水素サプライチェーンの構築に当たっては、水素の大規模な生産拠点になり難く、また、需要地が分散する内陸部への輸送が課題となり得る。この点、水素の保存・輸送に関する安全面での技術が確立され、併せて制度面における必要な整備がなされた場合においては、鉄道貨物による輸送が有効な手段となると考えられる。³⁰

(4) 特性に応じた取組類型の整理

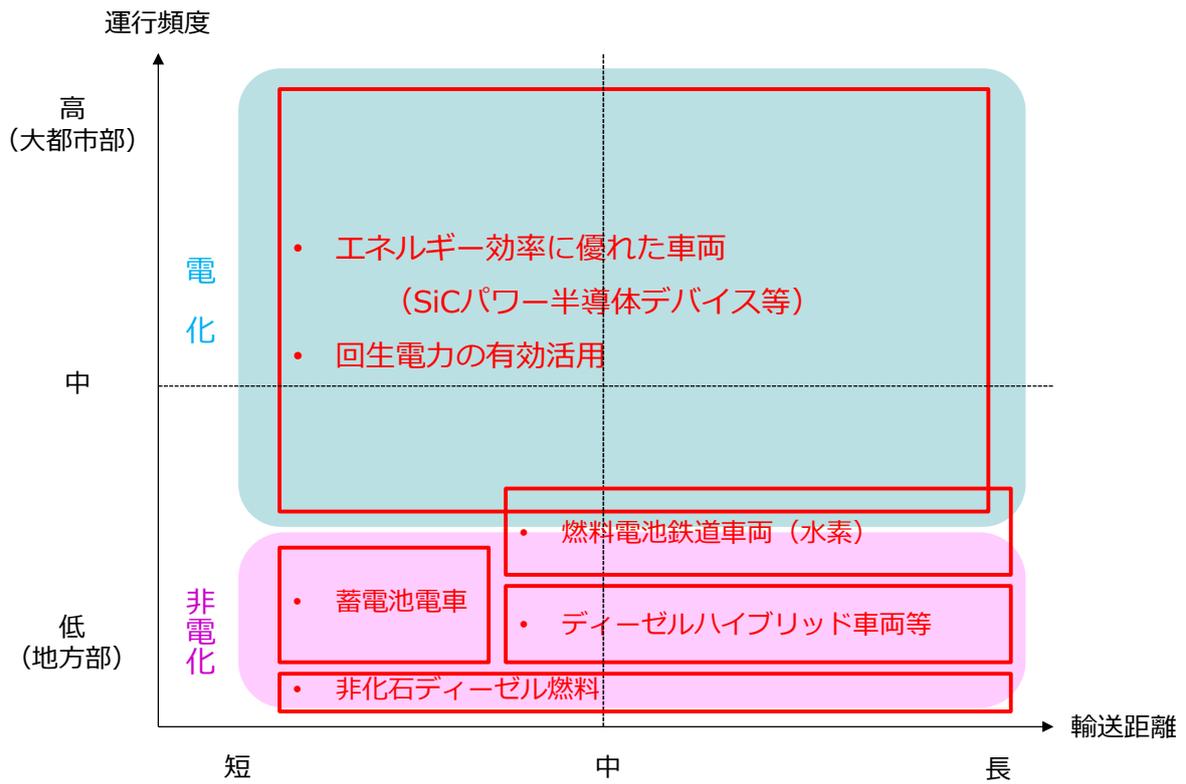
(2) 及び (3) で列挙した施策については、鉄道事業者の運行面、技術面、経営面等における特徴や状況、地域の置かれた状況等に応じて、適切なものを選択することが重要である。その際の参考となるよう、取組類型を整理すると次のとおりである。

また、特に、鉄道による脱炭素の取組については、鉄道事業者のみで実施するのではなく、本検討会の中間とりまとめに沿って設置された「鉄道脱炭素官民連携プラットフォーム」³¹等の場を活用し、地域の関係者を含む幅広い主体が連携して進めることが重要である。

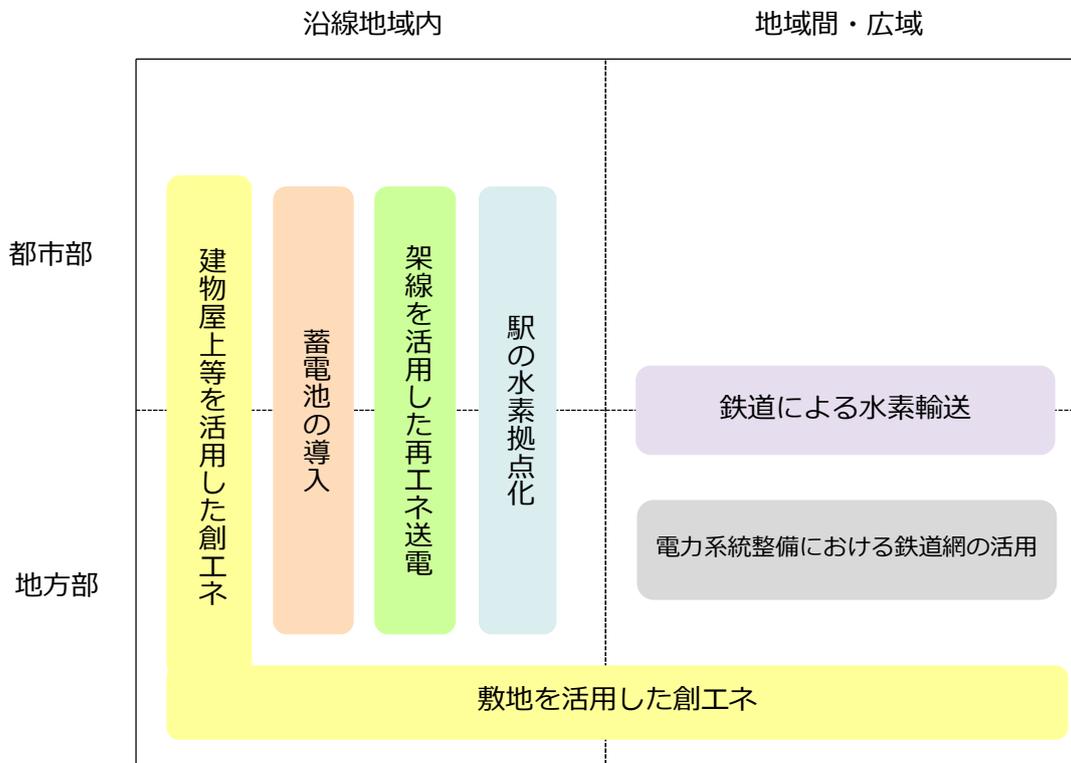
³⁰ 臨海部における鉄道路線等を活用した水素パイプラインとしての活用も考えられる。

³¹ 鉄道事業者のほか、エネルギー関係事業者、商社、金融機関等を含め 129 者が参加 (2023 年 5 月 15 日時点)。

< 鉄道の脱炭素の取組類型 >



< 鉄道による脱炭素の取組類型 >



5. 鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿（「3つの柱」）

上記の4.（1）～（3）を踏まえ、

- ①鉄道の脱炭素（鉄道事業に係るCO₂排出量の削減）
- ②鉄道による脱炭素（鉄道アセットの活用によるCO₂排出量の削減）
- ③鉄道が支える脱炭素（鉄道の利用促進によるCO₂排出量の削減）

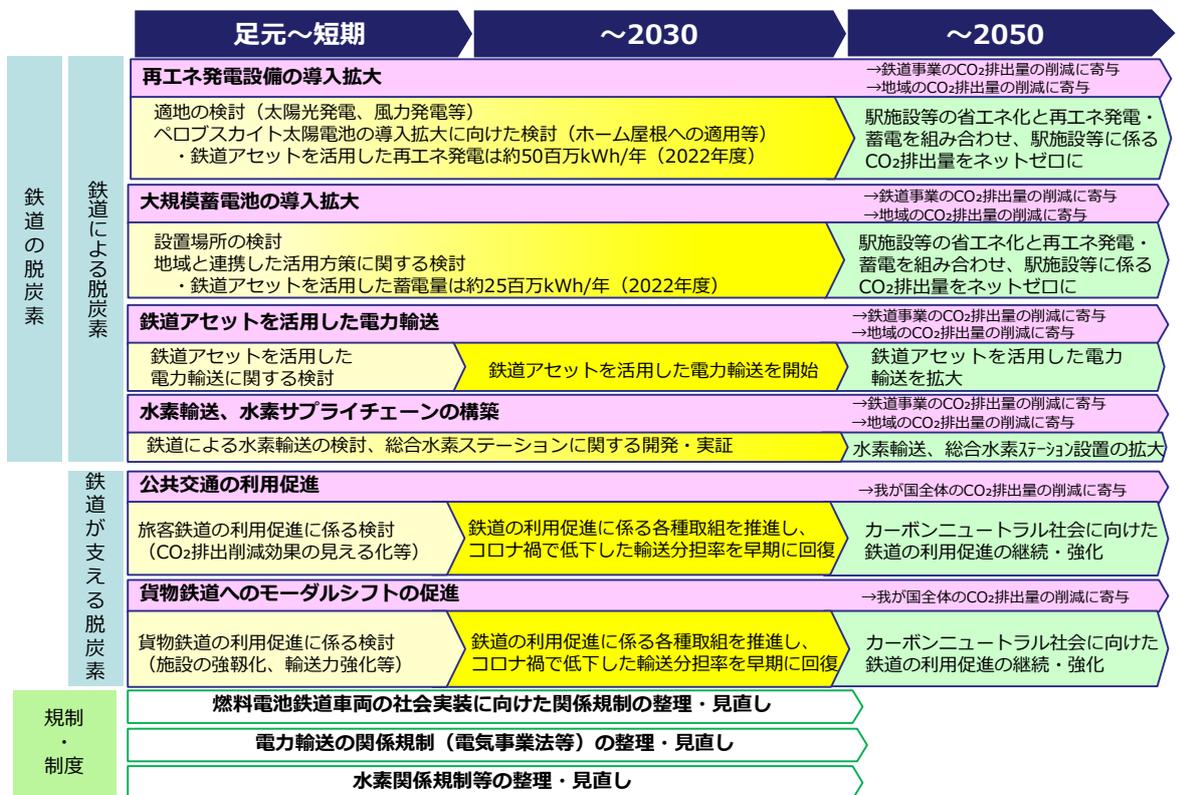
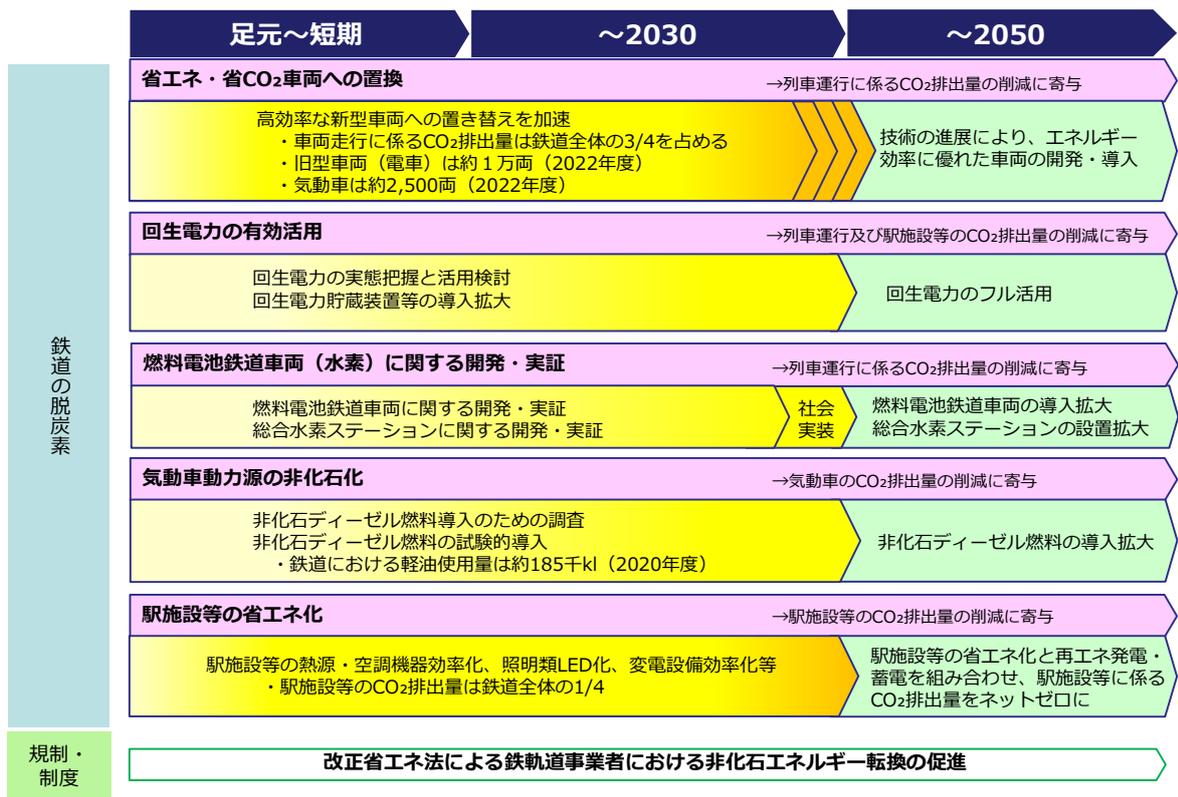
という「3つの柱」に沿った取組を一体的に推進することにより、鉄道が2050年において、

- ・ 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すること
- ・ 最も基幹的かつ身近な環境に優しい交通・物流インフラ（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こと

の2点を実現することを、鉄道分野のカーボンニュートラルが目指すべき姿とする。

また、その目指すべき姿の実現に向けては、「3つの柱」を総合して、2030年代において、鉄道利用の増加による我が国全体での削減分も含め、鉄道分野のCO₂排出量1,177万t（2013年度）の實質46%に相当する量（約540万t）を削減することを、中間的なマイルストーンとして設定することとする。

6. 個別施策のロードマップ



※ロードマップについては、関係者の取組状況や技術開発の動向、社会情勢等を踏まえ、適宜見直すこととする。

7. 引き続き検討していくべき事項等

本とりまとめで示した施策の方向性については、脱炭素やエネルギーに関する政府の方針のほか、今後の技術開発の動向や新技術等の普及状況、新エネルギーのサプライチェーンの構築状況等によって大きく影響を受けるものが含まれている。また、施策の実現に向けては、官民の関係者が密接に連携しながら、必要な支援策等の検討を含め、安全性や事業性³²を確保できる形で進めていくことが重要である。

このため、今後、各施策のフィージビリティスタディを深度化していくとともに、その結果等を踏まえ、ロードマップの詳細化と必要な見直しを行っていくことが必要である。

³² 鉄道施設への太陽光発電設備の設置等を想定して簡易的に実施したモデル調査においては、いずれも補助金がない場合の投資回収期間は太陽光発電設備の稼働年数を超え、事業性の面での課題がある結果となった。なお、各種費用は、選択する材料や技術、場所などによって大幅に変動する可能性があるため、実際の条件に照らした実現可能性の調査が必要である。