

第11回 FC-Cubicオープンシンポジウム

2023年7月13日

於 山梨県米倉山次世代エネルギーシステム研究開発ビレッジ

鉄道における脱炭素化の世界の技術開発動向

(公財) 鉄道総合技術研究所

研究開発推進部

長谷川 均



目次

0. 会社紹介、自己紹介
1. カーボンニュートラルに向けた鉄道の技術開発
2. ライフサイクルを考慮した脱炭素化
3. 鉄道の運行エネルギーの脱炭素化
4. 海外の動向
5. まとめ

鉄道総研紹介

○ 設立趣旨

鉄道総研は、1986年12月10日に設立され、1987年4月1日にJR各社発足と同時に、日本国有鉄道が行っていた研究開発を承継する財団法人として事業活動を開始しました。

2011年4月1日に公益財団法人へ移行しました。

車両、土木、電気、情報・通信、材料、環境、人間科学など鉄道技術に関する基礎から応用にわたる総合的な研究開発を行い、鉄道の発展と学術・文化の向上に寄与します。

○ 鉄道総研で研究開発されたもの（国鉄時代含む）

新幹線

座席予約システム

超電導磁気浮上式鉄道（リニアモーターカー）

早期地震警報システム

非接触ICカード



地理院地図 <https://maps.gsi.go.jp/#17/35.701834/139.443868/>より
Railway Technical Research Institute

自己紹介

(公財) 鉄道総合技術研究所

研究開発推進部 兼 企画室 次長 長谷川 均

専門分野： 電気機器、蓄エネルギー、再生可能エネルギー
燃料電池、非接触給電

職歴

1993年 鉄道総合技術研究所入社

2011年 電磁力応用研究室長

2013年 低温システム研究室長

2015年 水素・エネルギー研究室長

2020年 車両制御技術研究部長

2023年 現職

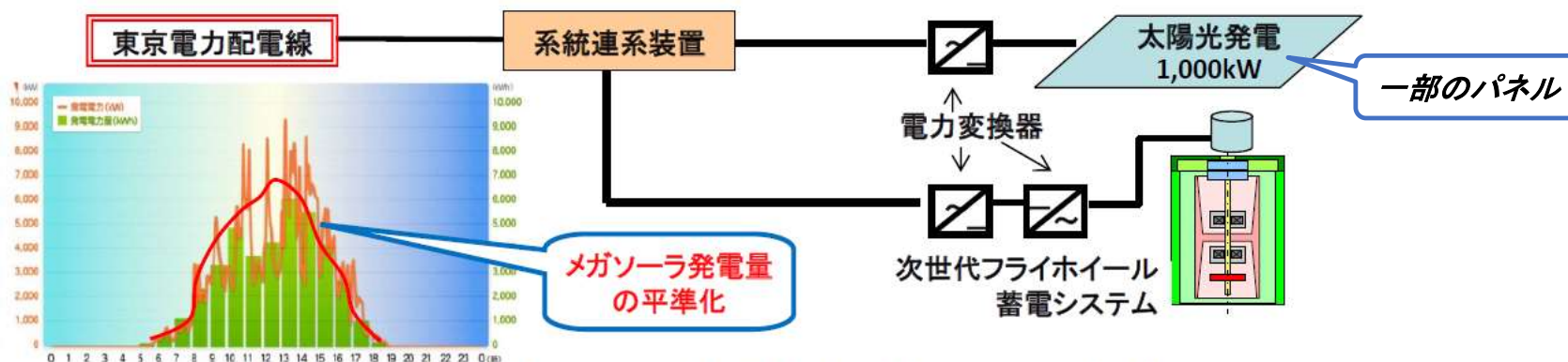
(工学博士)



閑話休題

2014年NEDO助成事業

本日の会場
まだ空き地！



【実証試験用太陽光発電所との連系試験(H27年度)イメージ図】



1. カーボンニュートラルに向けた鉄道の技術開発



日本の鉄道事情 (輸送分担、CO2排出)

各国の旅客輸送の分担率 (2019年度、人キロベース)

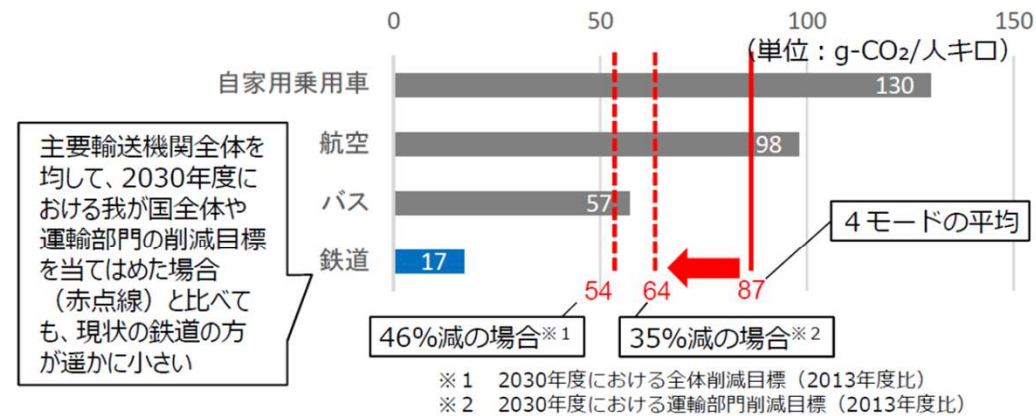
	鉄道	道路交通	その他
日本	30%	63%	7%
イギリス	9%	90%	1%
ドイツ	9%	85%	6%
フランス	11%	87%	2%
アメリカ	1%	84%	15%

(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)



「GX鉄道分野のカーボンニュートラルの目指すべき姿」

(令和5年5月、国土交通省 鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会概要) より

Railway Technical Research Institute



鉄道分野のカーボンニュートラル

鉄道事業そのものの脱炭素化

鉄道アセットを活用した
脱炭素化

環境優位性のある鉄道利用を
通じた脱炭素化

鉄道の
脱炭素

鉄道に
よる
脱炭素

鉄道が
支える
脱炭素

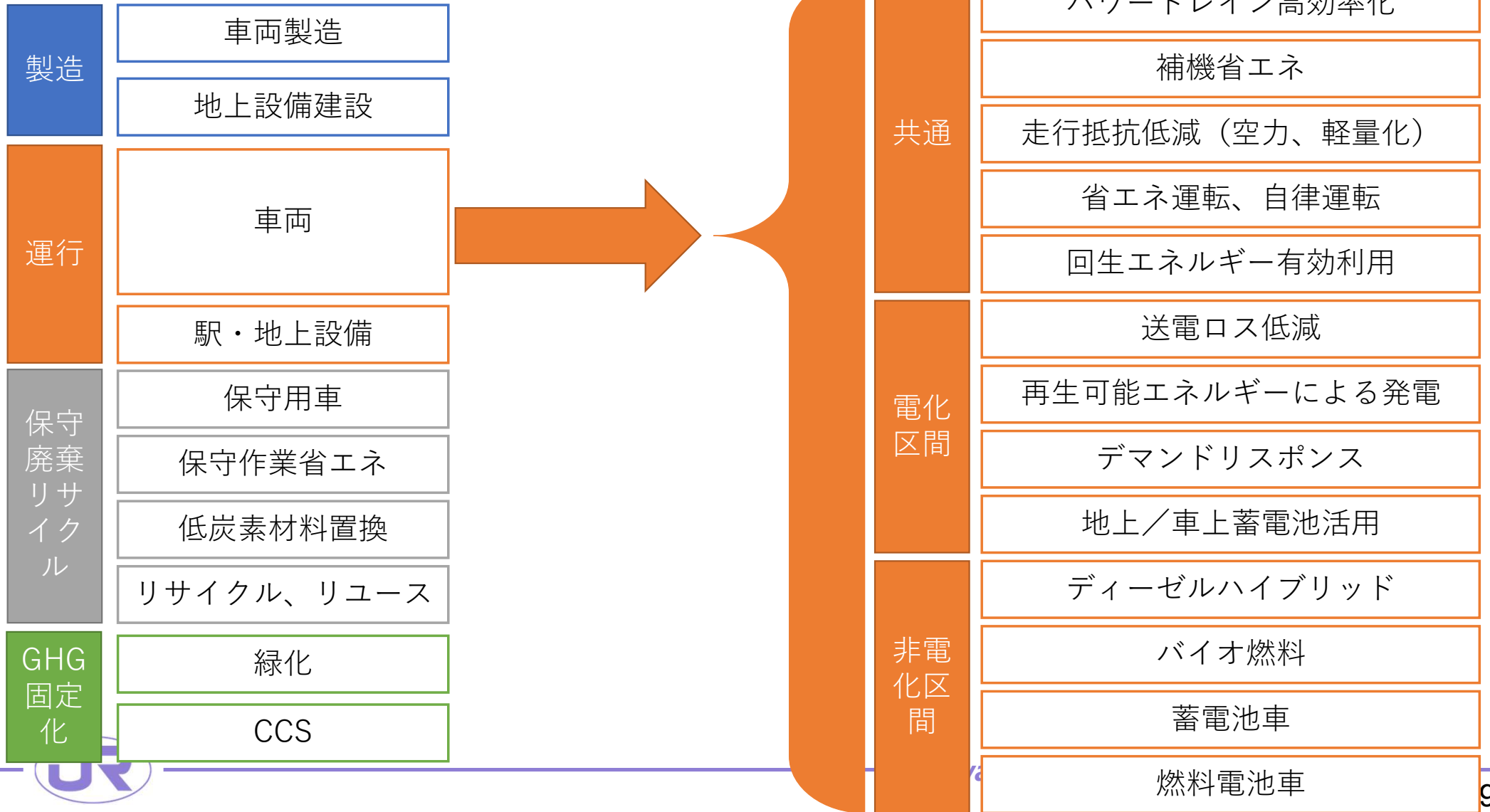
2030年代 鉄道分野のCO₂排出量の実質46%削減

2050年 カーボンニュートラル

「GX実現に向けた基本方針（令和5年2月、閣議決定）」 「GX鉄道分野のカーボンニュートラルの目指すべき姿（令和5年5月、国土交通省 鉄道分野におけるカーボンニュートラル加速化検討会最終報告）」を元に作成



鉄道システムにおける脱炭素化アイテム



2. ライフサイクルを考慮した脱炭素化

ライフサイクルを考慮した評価が必要

エネルギーの脱炭

原料の脱炭

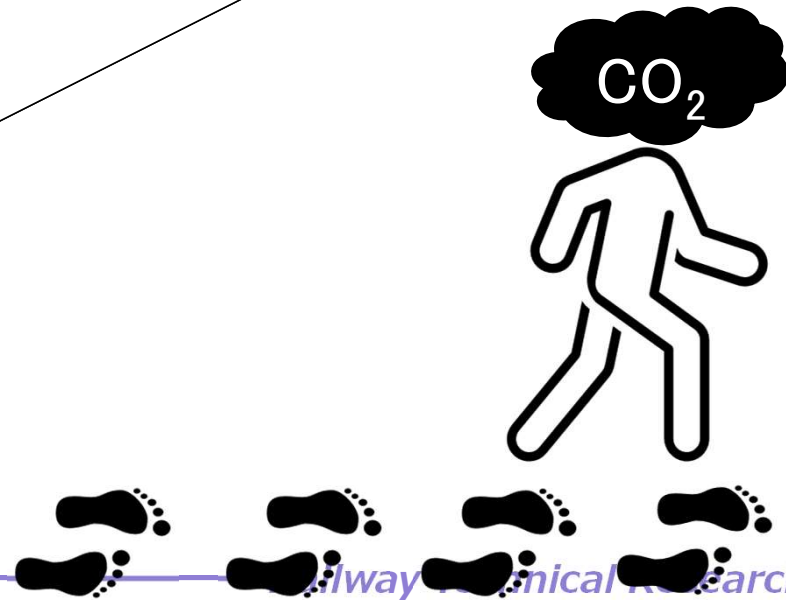
温暖化ガス固定化

脱炭化の柱

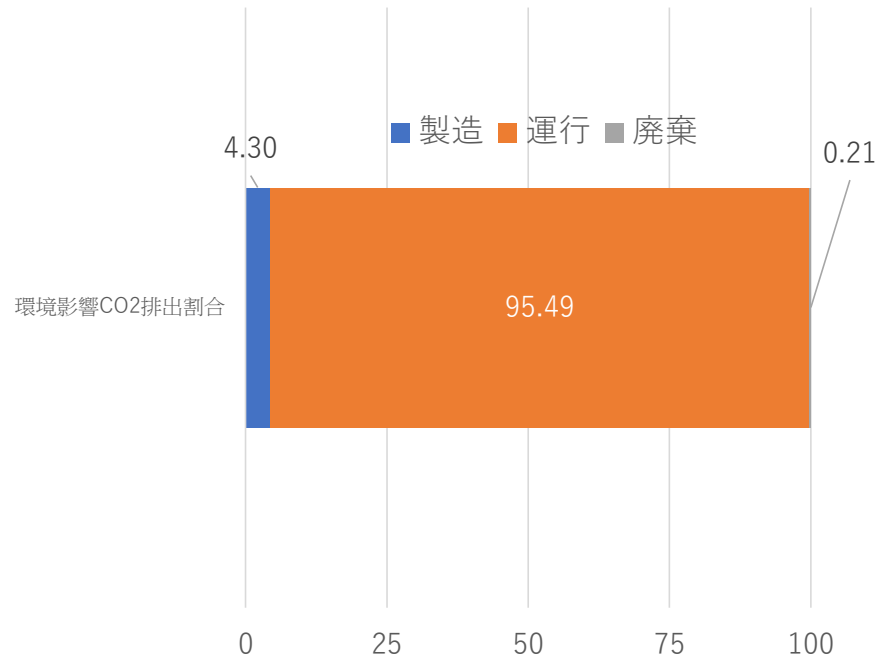
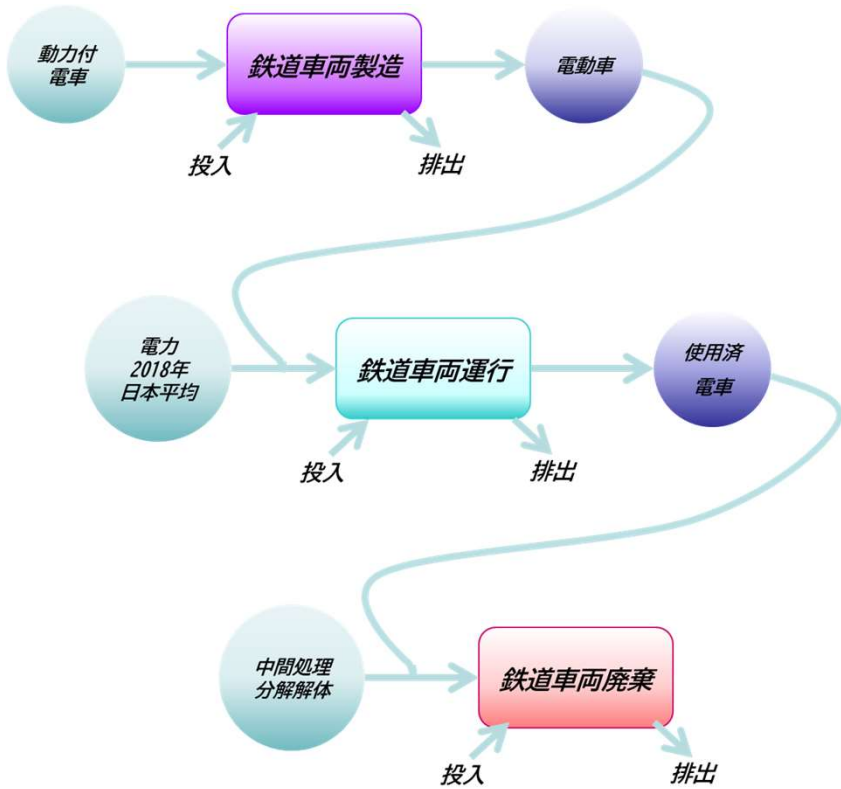
脱炭やサーキュラーエコノミーを実現するには、
エネルギーだけでなく
原料でのCO₂排出も把握する必要がある
いわゆる、カーボンフットプリント（CFP）を算出

原料のCO₂排出把握も必要

LCAを活用



通勤電車のLCAの一例



鉄道システムでの、ライフサイクルでのCO2排出は、運行時のエネルギーによるものが95%以上を占める。

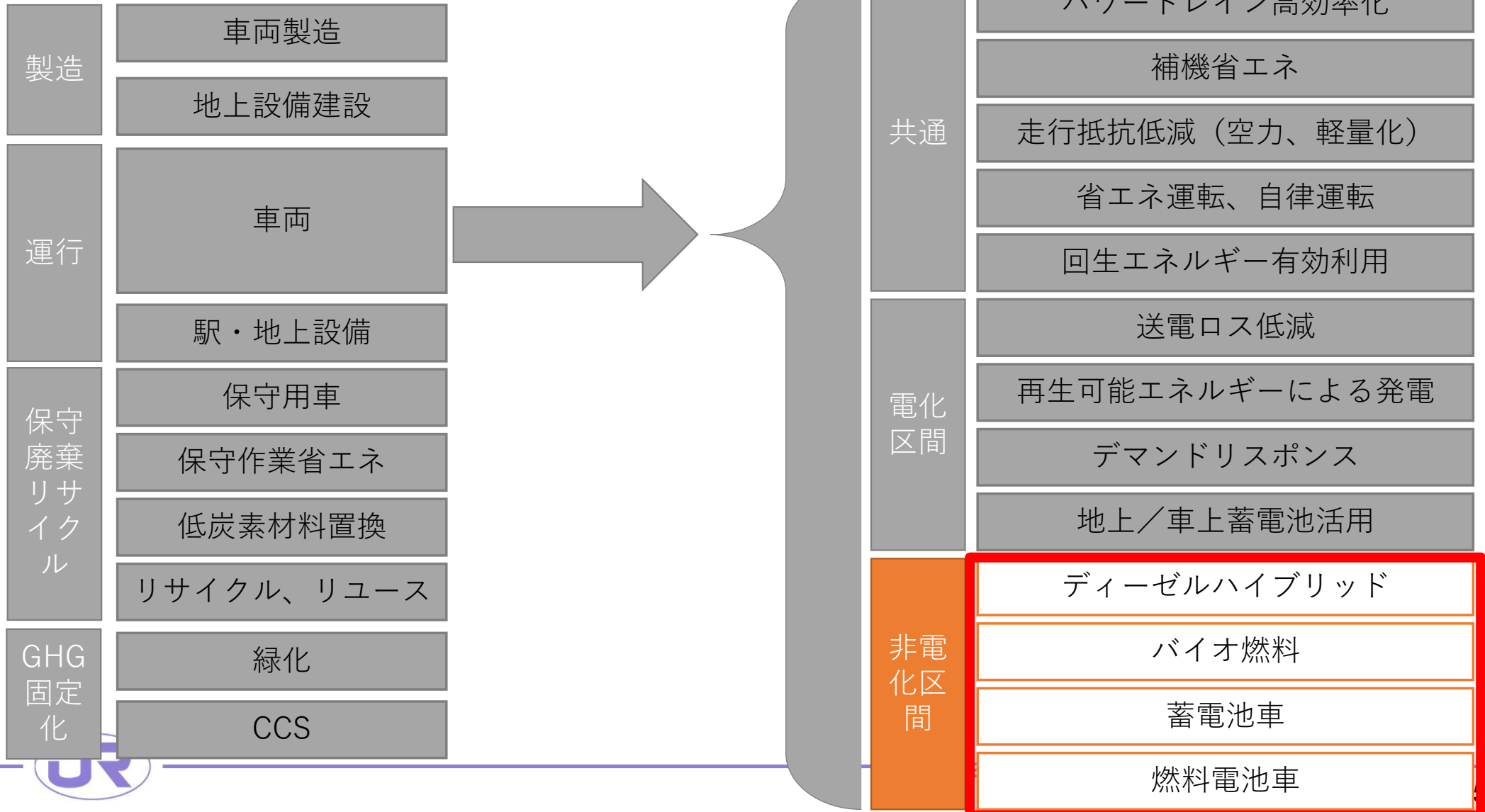
「開発：サステナブル推進機構、名称：LCAシステムMiLCA ver.3.1、参照：MiLCAガイドブック」「LCIデータベース IDEA Ver.3、国立研究開発法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門 社会とLCA研究グループ、一般社団法人サステナブル経営推進機構」により算出



3. 鉄道の運行エネルギーの脱炭素化



非電化区間の脱炭素化



非電化区間の脱炭素化



いすみ鉄道

Wikimedia Commons: Toshinori Baba



JR九州

Wikimedia Commons: MK Products

日本の非電化区間 33%

非電化区間では、ディーゼル気動車が運行

ディーゼル気動車の課題

- ・ 化石燃料の枯渇
- ・ CO₂ や NO_x 排出
- ・ 低エネルギー効率
- ・ 騒音や振動の発生

→ 電車化による問題解決

電池で全て賄えるか（豊田佐吉の懸賞）

豊田佐吉は自動織機を発明したトヨタグループの祖として知られるが、高性能の蓄電池を発明した者に100万円の懸賞を出したこともある。1925年（大正14年）、東京・銀座通りの土地が1坪1700円で買えた時代のことだ。◆「36時間続けて100馬力を出し、重さは60貫（225キ）、容積は10立方尺（280リットル）以内で振動に強いこと」と。この電池で電気飛行機の開発まで思い描いていたという◆条件を満たす電池はついに現れなかったが、むしろ大風呂敷だったとも言えない。

当時の日本には、欧米に劣らぬ技術を持つ多くの電池メーカーがあった。屋井先蔵のように世界初の乾電池を発明し、電池産業の基礎を築いた人もいる◆先蔵は高等工業高校の入試に5分の遅刻で不合格になり、この失敗をバネに正確な電気時計の開発に打ち込んだ。乾電池はその電源として生まれている。「必要は発明の母」である◆佐吉の夢を継いで、トヨタ自動車は2030年を目標に次世代の高性能電池を開発するという。ほぼ1世紀がかりの「佐吉の電池」には、地球環境問題という「発明の母」がついている。

2008.6.23 読売新聞(編集手帳)より

36時間100馬力、60貫(225kg)
10立方尺(280リットル)



2646[kWh]

11.76[kWh/kg]

懸賞の電池	1
Li-ion電池	756
圧縮水素	14.3
液化水素	1.4
軽油	4.6

21世紀になっても、実現困難

燃料電池の特徴と効果

- ・省エネルギー
- ・エネルギー源の転換
- ・低炭素社会
- NOx フリー, PMフリー
- ・メンテナンスフリー
- 騒音振動の低減

高いエネルギー変換効率

再生可能エネルギーの使用

カーボンフリーな燃料

可動パーツが少ない

日本における水素燃料電池電車の開発



JR東日本 鶴見線、南武線

FV-E991 系 (HYBARI)

<https://www.jreast.co.jp/eco/warming/>



鉄道総研 所内試験線

R291 系

<https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd41/rd4150/rd41500106.html>

本研究は国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

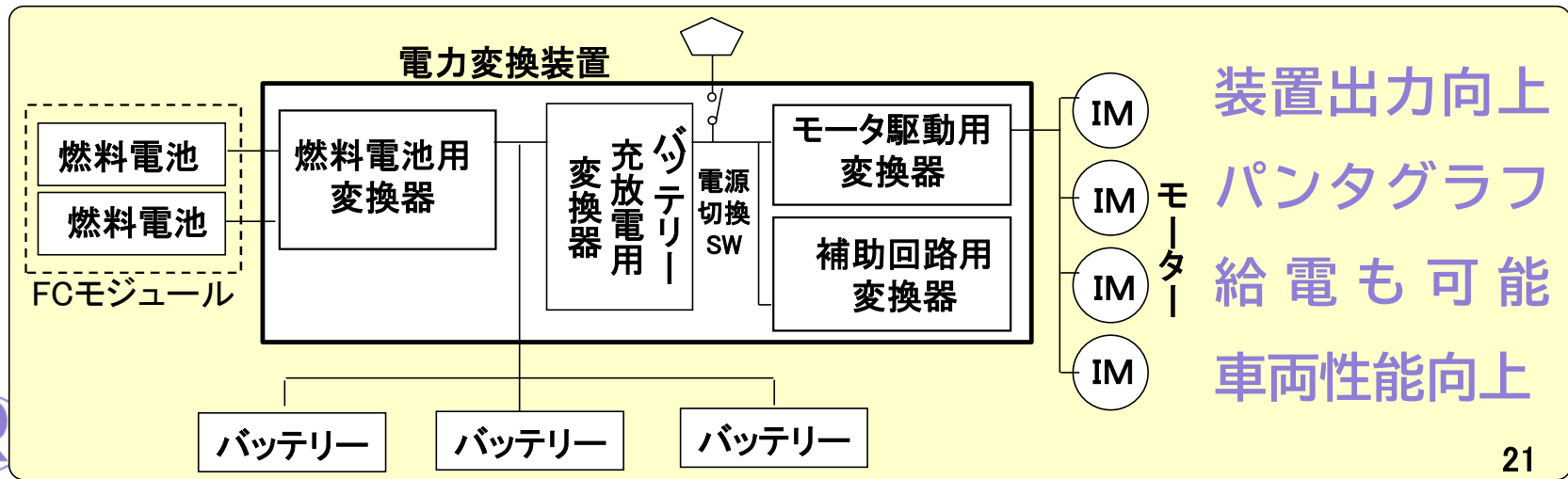


R291燃料電池試験車両



- バッテリー (540kW)
- 電力変換装置
- 水素タンク (H₂:18kg)
- 燃料電池 (180kW Gross)

装置を床下に搭載



装置出力向上
パンタグラフ
給電も可能
車両性能向上



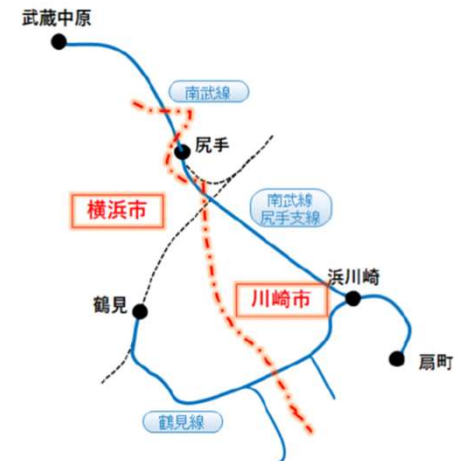
JR東日本 ハイブリッド車両（燃料電池）

○車両形式 FV-E991系

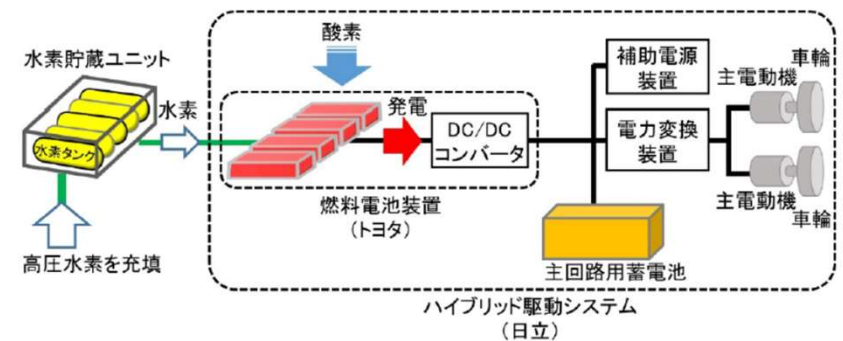
○両数 2両×1編成



○試験区間 鶴見線、南武線尻手支線、南武線(尻手～武蔵中原)



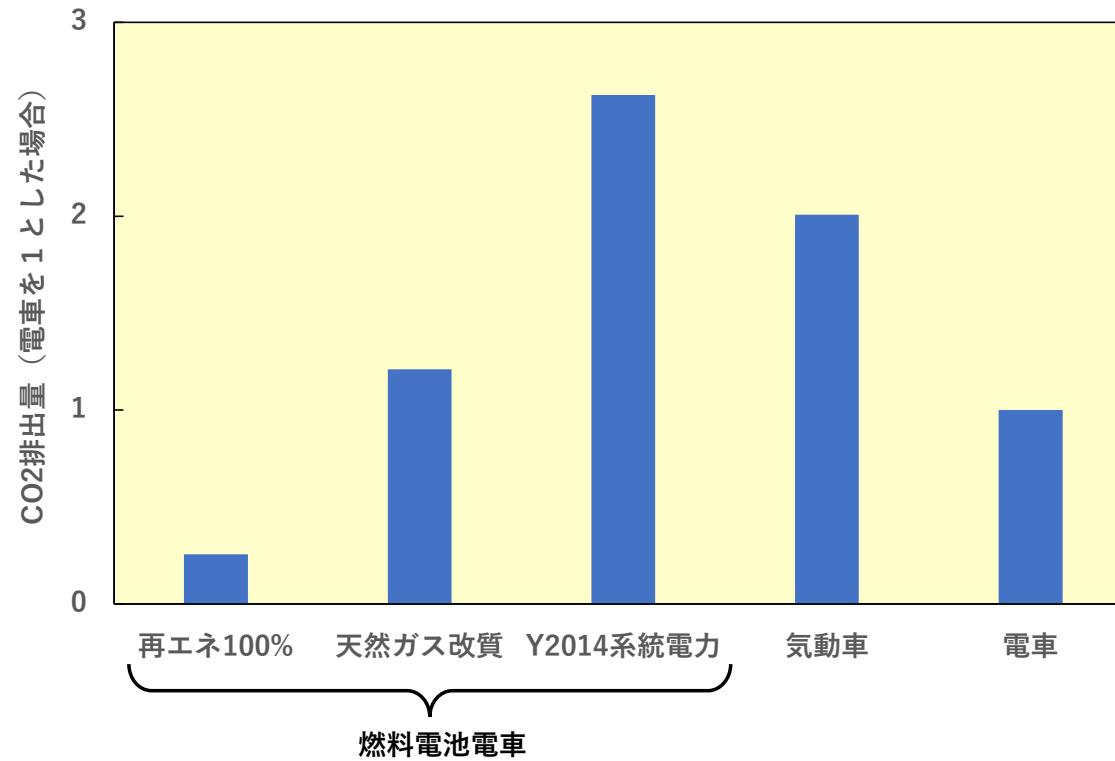
項目	FV-E991系 仕様
車両構成	2両(1M1T)
最高速度	100km/h
加速度	2.3km/h/s
航続距離	約140km(最大)
主回路装置	電力変換装置(VVVFインバータ)、1C2M×2群、主電動機 95kW×4
燃料電池装置	固体高分子形:60kW×4
主回路用蓄電池	リチウムイオン電池:120kWh×2
水素貯蔵ユニット	最高充填圧力 70MPa (大気圧の約700倍) 水素貯蔵容量 51ℓ×5本×4ユニット



出典：2020年10月6日、東日本旅客鉄道株式会社、株式会社日立製作所、トヨタ自動車株式会社
「水素をエネルギー源としたハイブリッド車両（燃料電池）試験車両の開発」
https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006_4_ho.pdf



燃料電池電車の運行エネルギーによるCO2排出の試算



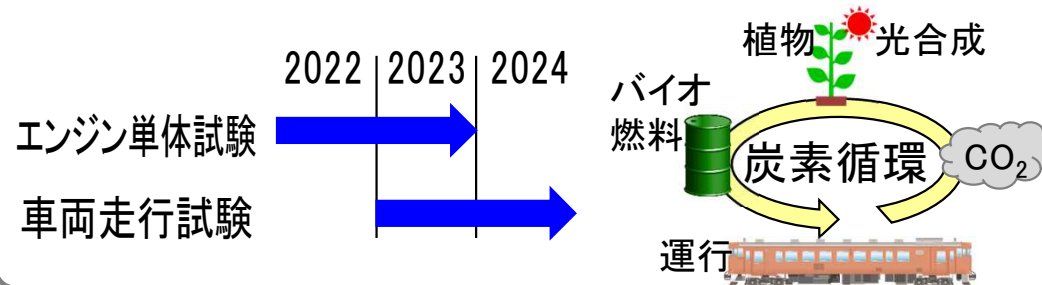
気動車へのバイオ燃料の導入による脱炭素化

バイオ燃料導入

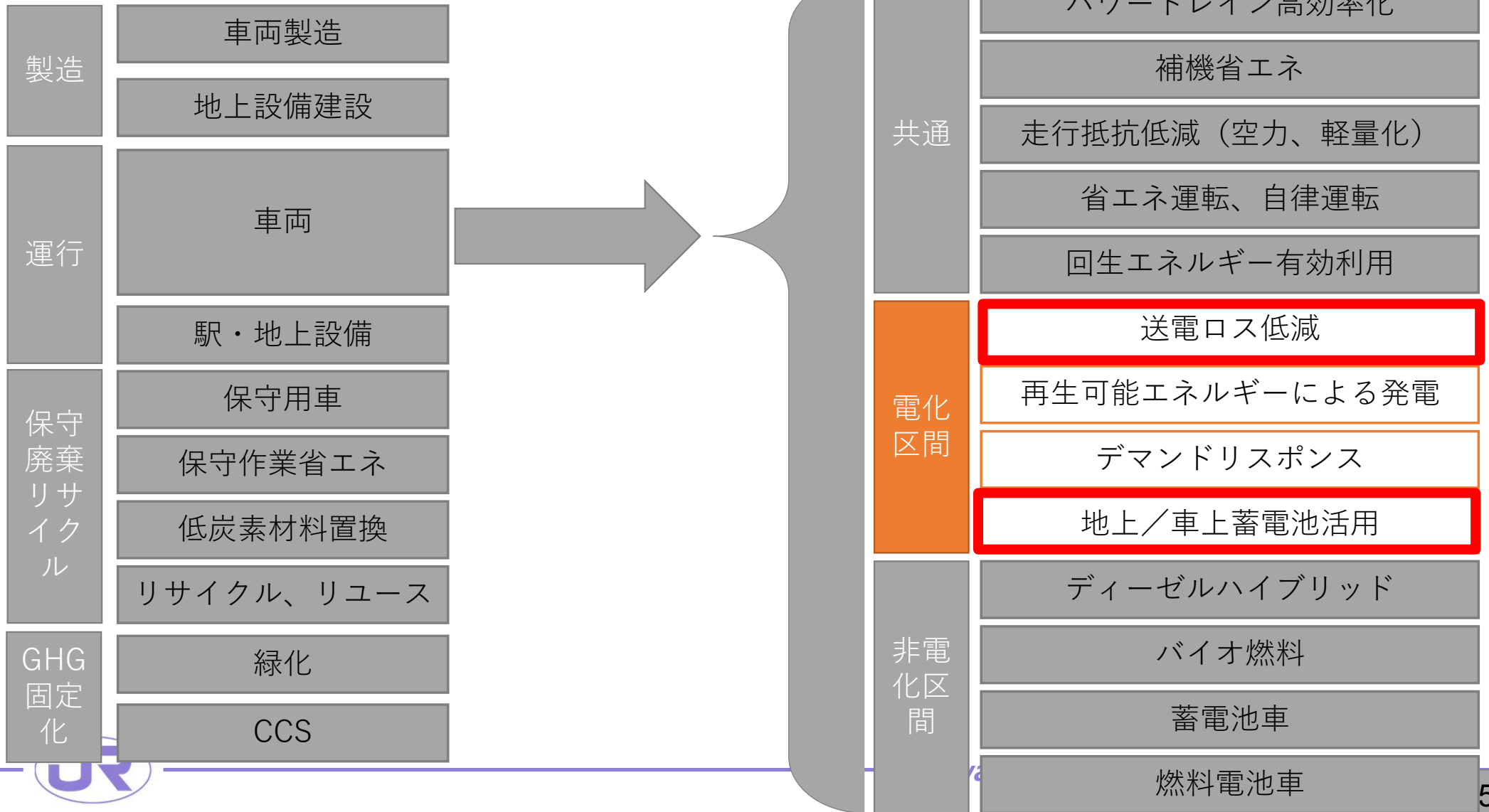
- 第1世代: 脂肪酸メチルエステル
部品の劣化・腐食、長期保存時の劣化等課題
- 第2世代: 水素化植物油 (HVO)
軽油と同じ炭化水素 → 軽油100%代替の可能性

国土交通省委託事業※に鉄道総研・JR7社で
共同提案、HVOを性能評価

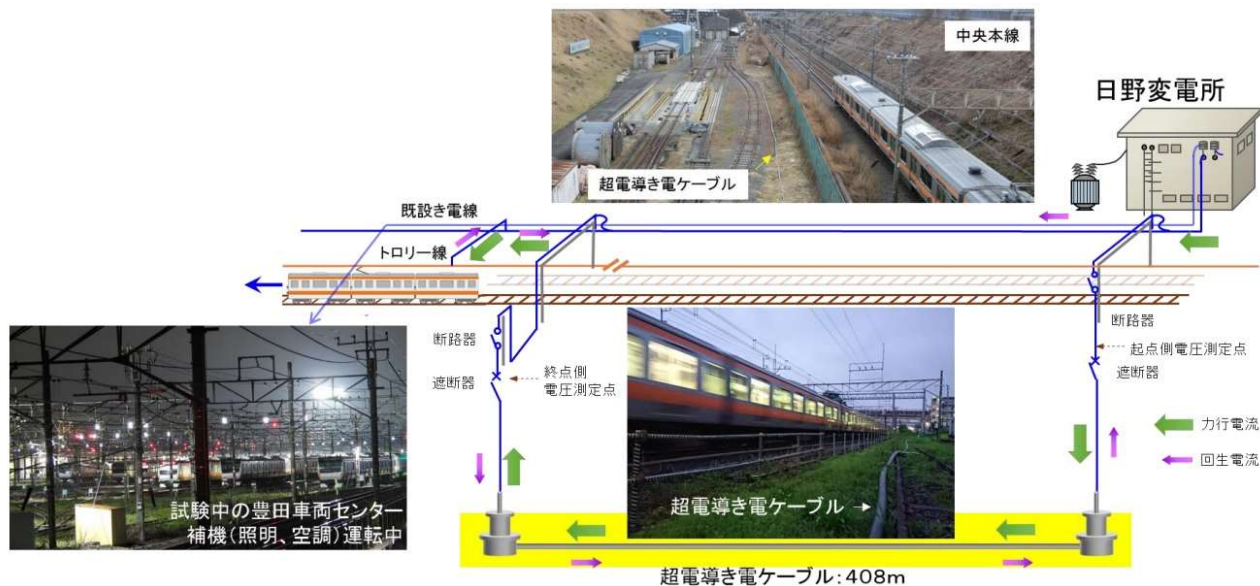
※令和4年度: 鉄道技術開発・普及促進制度



電化区間の脱炭素化



送電ロスを減らす研究開発（超電導き電ケーブル）



本研究の一部は、科学技術振興機構(JPM-JSV0921, JPMJMI17A2), NEDOの委託・助成, 国土交通省の鉄道技術開発補助金を受けて実施した。



5. 海外の動向

燃料電池関連の国際規格の審議体制



5. まとめ



1. 国の施策として

①鉄道の脱炭素化 ②鉄道による脱炭素化 ③鉄道が支える脱炭素化 を推進

2. ライフサイクルを考慮した、鉄道システムのCO₂排出は、

運行時のエネルギー消費によるもの が支配的

3. 運行エネルギーのCO₂削減策として、

省エネ車両／水素燃料電池電車の導入、バイオ燃料の使用

再生可能エネルギー主力電源化、送電ロスの低減、蓄エネ装置の設置
を研究開発

4. 海外の動向

ドイツにおいて燃料電池車の営業運転が開始