



冬  
2024

クローズアップ ① GX って何？

研究＆開発 ② 運転曲線予測による省エネルギー運転支援

研究＆開発 ④ 画像による地上からの車両床下状態確認手法(下)

解 説 ⑥ 国内外の燃料電池鉄道車両の開発状況



## GX って何？



研究開発推進部  
次長

長谷川 均

2020 年 10 月、当時の菅総理大臣は所信表明演説で「我が国は、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」と宣言されました<sup>1)</sup>。2030 年代のカーボンハーフ（減炭）、2050 年のカーボンニュートラル（脱炭）とロードマップは示されていますが、減炭と脱炭ではハードルの高さが全然違います。脱炭は総研流に言うと「非常にチャレンジング」な目標と思われます。

例えば鉄道の電車を考えます。電車のライフサイクルを考慮した CO<sub>2</sub> 排出を試算すると、95%が運行時のエネルギー消費によるものです。このため、電車の CO<sub>2</sub> 排出 50%削減を達成するには他力本願ですが、電力会社の電力が 47%削減されればよいわけです。ところが、脱炭となるとゼロにしなければなりません。いわゆる再生可能エネルギーでもライフサイクルを考えると CO<sub>2</sub> 排出はゼロになりません(図 1)。さらに、運行エネルギー以外の CO<sub>2</sub>、すなわち建造時や廃棄時の排出もゼロにしなければなりません。もちろん最後の最後に残った CO<sub>2</sub> について、吸収や緑化などの技術に期待をかけて、ゼロに持ち込むことも必須です。脱炭という目標が如何にチャレンジングかということがわかります。

私が入社してから 30 年がたちますが、研究部門にいるときはいわゆるエネルギー分野の電気機器やパワエレの担当でした。もっとも大半の時間は間接部門で働いてきましたが。そのような中で、概ね 5 年周期で、環境問題やエネルギー、省エネなどの話題が盛り上がる感覚があります。某最大手自動車メーカーのハイブリッド車のモデルチェンジが、だいたい 5 年周期なので、何らかの因果関係があるかもしれません。初代 1997 年、二代目 2003 年、三代目 2009 年、四代目 2015 年、五代目 2023 年です。四代目と五代目の間が空いていますが、同社の水素自動車初代 2014 年、二代目 2020 年なので、補完すると省エネのフラッグシップカーが約 5 年周期でモデルチェンジしていることになります。(写真 1)

話を元に戻しますと、所信表明演説以来、日本ではグリーン・トランスフォーメーション (GX) という言葉が頻出するようになりました。いわゆる DX を真似て、地球環境対策技術や脱炭素化技術で、地球温暖化に対応しようというわけです。省エネや CO<sub>2</sub> 排出削減技術の開発を、経済成長しつつ、地球温暖化対策を両立させようというのがこれまでと違うところです。

ちなみに、昨年 5 月に米国で開催された鉄道の脱炭素化国際会議に参加しましたが、全く「GX」という言葉が通じませんでした。私の語学力が皆無であるせいもありますが、欧米では、温暖化ガス排出抑制や脱炭素化のことを decarbonization (デカボナイゼーション) と言っています。

脱炭は非常に高い目標ですが、世界中の国々や産業界が GX、脱炭、いや、デカボナイゼーションに向かっているのが、我々も目標に向かって進まなければならないでしょう。【NL】

### 参考文献

- 1) [https://www.kantei.go.jp/jp/99\\_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html](https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/statement/2020/1026shoshinhyomei.html)(2023 年 11 月 16 日閲覧)
- 2) 今村栄一、長野浩司：「日本の発電技術のライフサイクル CO<sub>2</sub> 排出量評価」，電力中央研究所報告，平成 22 年 7 月，pp26 より筆者作成

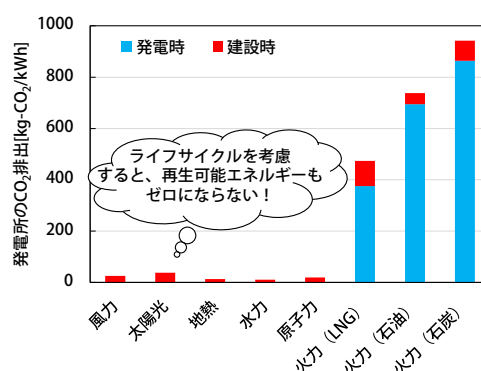


図 1 ライフサイクルを考慮した発電所からの CO<sub>2</sub> 排出<sup>2)</sup>



写真 1 初代 TOYOTA MIRAI 水素自動車 (2014 年発売当時)



## 研究&開発

### 運転曲線予測による 省エネルギー運転支援

車両技術研究部 水素・エネルギー  
主任研究員 小川 知行

#### 1 はじめに

列車の消費エネルギーは、同じ区間を走行しても運転の仕方によって変わってきます。このため、運転の仕方を工夫する省エネルギー運転（以下、省エネ運転）の取り組みが様々なところで行われています。省エネ運転を行うためには、運転の無駄を省く必要があります。そこで、理論的にどのような無駄があるのかを最初に検討しました。その上で、省エネ運転を実践しやすくするために運転支援システムを開発して、それを使用したときの省エネ効果を確認しました<sup>1)</sup>。

#### 2 省エネ運転方法の理論検討

ここでは、通過運転を主体とする列車の省エネ運転方法の理論的な検討を紹介します。駅の発車や到着時を除いて、駅間を走行する場合の運転方法としては、のこぎり運転と定速運転と呼ばれる2つの運転方法が考えられます。のこぎり運転は、大きなモーター出力で力行して加速させた後に惰行することを繰り返す運転方法です。定速運転は、一定速度に保つようにモーター出力を自動調整して運転する運転方法です。

この2つの運転方法について省エネ運転の観点で理論的に優劣を考えてみます。のこぎり運転は、速度が一定ではないため、速度が高いときに走行抵抗による損失が大きくなります。速度が低いときに走行抵抗による損失が小さくなることも含めて考えても、一定速度で走行する場合に比べて、走行抵抗の点ではのこぎり運転は不利になります。一方で、定速運転は、モーター

の出力が小さい領域で使用されるためモーター効率が低くなることが多くなります。ただし、定速運転をしているときのモーターの出力は、走行している区間の勾配や編成の質量などによって異なります。このため、条件によって、定速運転とのこぎり運転のどちらが省エネになるのかは、具体的に計算してみないとわからないということになります。

のこぎり運転と定速運転の消費エネルギーを比較してみた事例を紹介します（図1）。定速運転を基準にして、のこぎり運転をした場合の消費エネルギーを比較しています。プラスになると、のこぎり運転が優位になり、マイナスになると、定速運転が優位になります。ここに示すように、省エネ運転のためには、編成の質量や速度や勾配といった条件によって、のこぎり運転と定速運転を使い分けることが良いと考えられます。

#### 3 運転支援方法の検討

##### 3.1 運転支援の仕組み

貨物列車を対象に、省エネ運転や定時運転を支援する運転支援システムを開発しました。鉄道総研では、前身となる旧国鉄の鉄道技術研究所の時代より運転曲線作成システムの開発に取り組んできました<sup>2)</sup>。その技術を活かして、列車の走行中にリアルタイムに運転曲線を予測するシミュレーションを実施することで、省エネ性や定時性の観点で優れた運転方法を提案するシステムを開発しました。

開発したシステムは、いくつかの運転パターンを決めて、そのときの運転曲線を予測します（図2）。具体的には、力行運転と定速運転と惰行運転といった運転方法のうちどれを使用するか、また、それらの運転方法をどの地点もしくはどの速度で切り替えるかなどといった条件を決め、それらの運転パターンに従った場合の速度の推移を予測します。こうして得られた運転

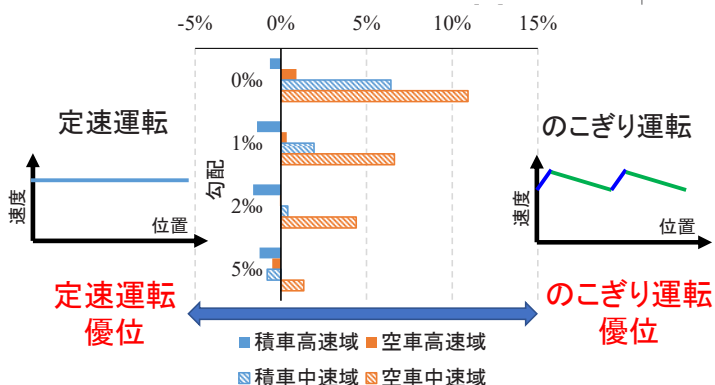


図1 のこぎり運転と定速運転の消費エネルギー比較

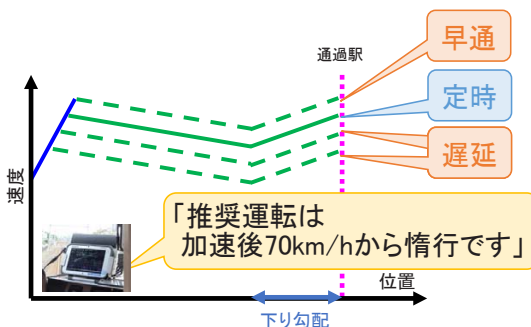


図2 運転曲線予測のイメージ

曲線候補の中から駅の通過時刻が定時に近い運転方法を推奨運転として選定します。推奨運転が求まると運転支援システムは、現在地点での推奨される運転方法と、駅通過時刻の予測を運転士に提示します。

### 3.2 省エネのための運転支援

前述のように、省エネ運転のためには、勾配と速度や編成の質量などの条件によって、のこぎり運転と定速運転を使い分けた方が望ましいですが、その条件が多岐にわたるため、運転士が運転中に判断するのは困難です。そこで、運転曲線予測の際に、のこぎり運転と定速運転のそれぞれの運転方法を試してみて、消費エネルギーが少ないと見込まれる運転方法を選定することで、省エネとすることが期待されます。

さらに、運転支援システムは不要な加減速を削減するといった効果も期待されます。運転士には、列車を遅らせたくないという心理が働きますから、例えば、上り勾配で速度が低下するような場面では、力行して加速させたくくなります（図3）。力行しなくても、定時通過できるのであれば、その情報を提示することで、不要な加減速の削減が期待されます。

### 4 省エネ効果の評価事例

電気機関車が石油タンク貨車をけん引する貨物列車

にて、運転支援システムを使用して省エネ効果を確認しました（図4）。開発したシステムは、市販のタブレット端末を用いており、地点や速度の情報を衛星測位システムから取得しています。

車両モニターデータを取得し、電圧・電流情報から消費エネルギーを計算して省エネ効果を検証しました。この結果、走行する区間やけん引条件によって省エネ効果は異なってきますが、4～14%程度の省エネ効果が確認されました（図5）。

### 5 おわりに

省エネとなる運転方法を理論的に検討した上で、省エネ運転を実践しやすくするために運転支援していく取り組みについて紹介しました。省エネ運転の実施に当たっては、理論的な検討と、実践的な検討の両方が必要になります。鉄道総研では、引き続き、様々な技術分野に取り組んでいる総合力を活かして、その両方に取り組んでいきたいと考えています。[NL]

#### 参考文献

- 1) 小川知行, 横内俊秀, 齋藤達仁: 省エネルギー運転を支援する, RRR, Vol.80, No.4, pp.32-37, 2023
- 2) 田中峻一: 運転曲線作成技術とその応用, RRR, Vol.71, No.12, p.32, 2014

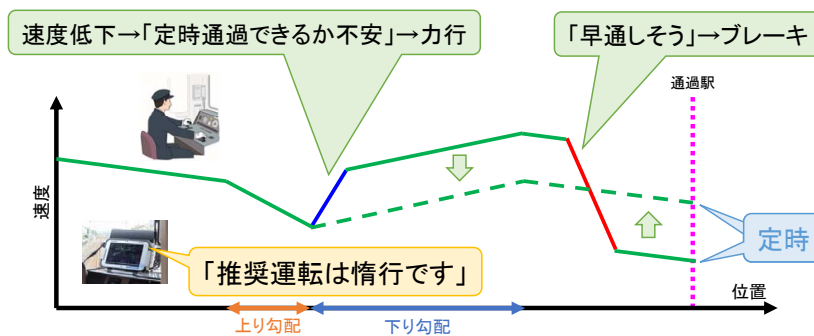


図3 不要な加減速削減のイメージ



図4 運転支援システムの設置例

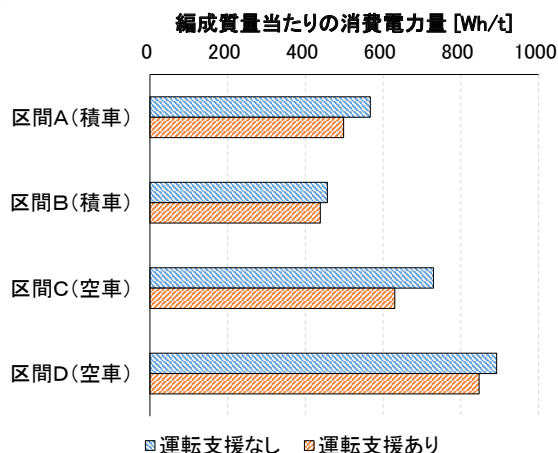


図5 運転支援システムの使用有無による消費エネルギー比較





## 研究&開発

### 画像による地上からの 車両床下状態確認手法（下）

車両技術研究部 車両運動  
主任研究員 小島 崇

#### 1 はじめに

車両の仕業検査における床下機器の目視確認箇所を対象に、画像を用いて自動診断する手法を検討し、撮影手法と検査アルゴリズムを開発しました。前号では主に試作した撮影装置を紹介しました。今号では検査アルゴリズムの検討とその検証結果を紹介します。

#### 2 検査アルゴリズムの検討

近年、機械学習を用いた画像検査手法が多く提案されており、従来のルールベースの（人間が設定したルールをもとに処理する）手法では困難だった診断を可能にしています。しかし、機械学習では多数の学習用画像が必要になるため、適用対象によっては、必要な診断性能を得るための十分な学習用画像を用意できない場合があります。一方、本撮影装置は、ラインセンサカメラを用いることで対象物の大きさや角度がほぼ一定の均質な画像を撮影できるため、ルールベースの手法でも十分な診断性能が期待できます。

そこで、ルールベースの検査アルゴリズムを検討し、テンプレートマッチング（小さい基準画像と大きい入力画像を比較し、入力画像の中から基準画像と最も似ている部分を見つける方法）と差分（2枚の画像の引き算）を基本とした検査アルゴリズムを開発しました（図1）。図中の丸数字に対応する説明を以下に記します。

- ①撮影された一編成の床下側面の連続画像から、テンプレートマッチングにより台車を検出する。
- ②台車位置をもとに車両を1両単位で認識する。
- ③1両ごとの撮影画像から、座標で定義した検査部位を含む領域を切り出す。
- ④エッジ（輪郭）検出処理を行う。
- ⑤あらかじめ用意した正常な検査部位の画像をテンプレートとしてテンプレートマッチングを行い、検査部位の正確な位置を検出する。
- ⑥検査部位の画像とテンプレートの輝度値の差の絶対値を計算し、マスク処理とノイズ除去を行う。これにより正常時と異なる部分が白く抽出される。
- ⑦表れた白色画素の数（以下、「差分画素数」と記す）を算出し、設定したしきい値より小さければ正常、しきい値以上であれば異常と判定する。

#### 3 検査アルゴリズムの検証

##### 3.1 床下機器の異常模擬と撮影試験

試作した撮影装置を鉄道総研内試験線の軌道脇に設置し、通過する試験車両の床下側面を撮影する試験を実施しました（図2）。車両には表1に示す模擬床下機器を取り付け、それぞれに異常条件を設定し、さらに外観変化として酸化鉄の付着による汚れの模擬、直射日光の有無による「晴れ」、「曇り」条件を設定しました。図3にコックの条件設定の例を示します。撮影装置の窓には、表2のように、霧吹きを行った「雨」条件、土を付着させた「汚れ」条件を設定しました。

##### 3.2 アルゴリズムの検証

ここでは、検査部位のうち最も多くの異常条件を設定したコックに対する結果を紹介します。

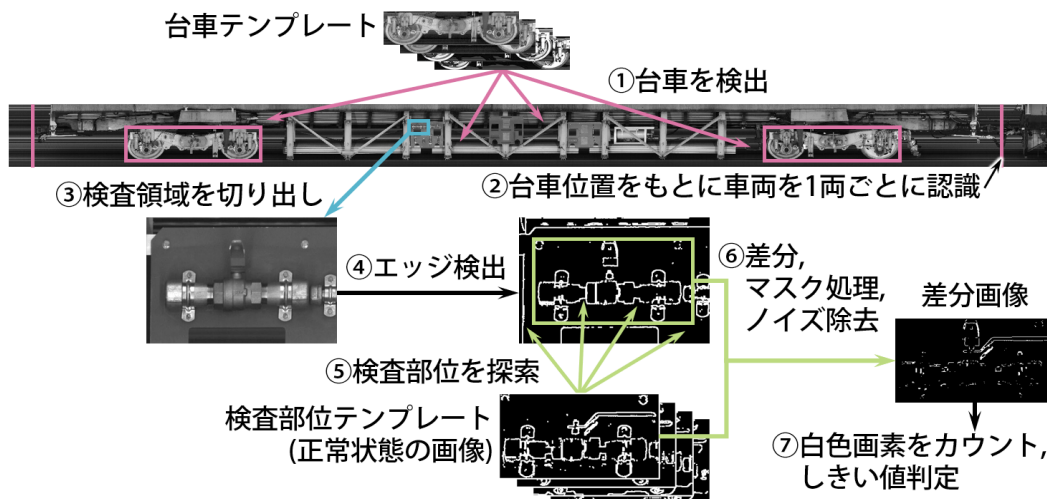


図1 検査アルゴリズム

図4にアルゴリズムを適用した結果を示します。異常状態（図4(a)）の差分画像のハンドル部分が白くなっており、異常が適切に抽出されていることがわかります。正常状態の差分画素数は異常状態の851画素より少ない301画素となり、期待通りの結果が得られました。アルゴリズムをすべての撮影画像に適用して算出した差分画素数を図5に示します。ハンドルの角度が大きいほど差分画素数が大きい傾向がみられます。ハ

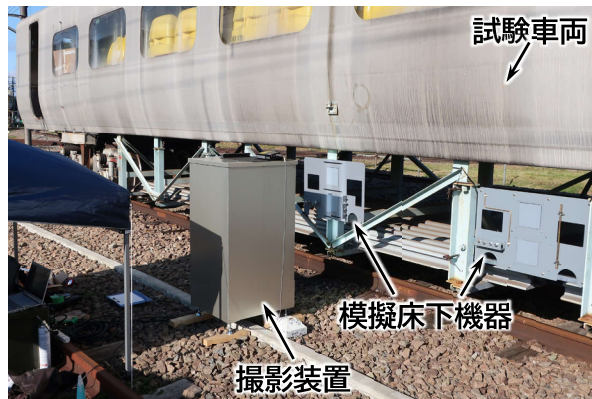


図2 床下機器異常模擬撮影試験

表1 模擬床下機器と条件設定

| 模擬床下機器 | 正常・異常状態                     | 汚れ     | 直射日光              |
|--------|-----------------------------|--------|-------------------|
| コック    | ハンドル角度<br>0, 5, 15, 45, 90° | なし, あり | あり(晴れ),<br>なし(曇り) |
| 六角ボルト  | 正常, ゆるみ, 脱落                 |        |                   |
| 調整棒    | 正常, 曲がり                     |        |                   |
| 配管     | 正常, 曲がり                     |        |                   |
| 平板     | 正常, きず入り                    |        |                   |

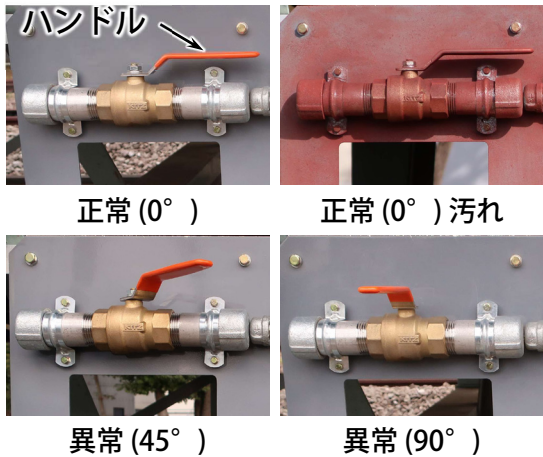


図3 コックの条件設定の例  
(一般のカメラで撮影した写真)

表2 撮影装置の窓の条件設定

| 水滴        | 汚れ     |
|-----------|--------|
| なし, あり(雨) | なし, あり |

ンドル角度 15°以上を異常状態と定義し、しきい値を530に設定した場合、偽陽性率（正常を異常と診断した割合）は1.5%, 真陽性率（異常を異常と診断した割合）は95.9%となり、良好な診断性能が得られました。

コック以外にもアルゴリズムを適用したところ、ボルトのゆるみ、平板のきずの診断は難しいものの、ボルトの脱落、調整棒や配管の曲がり良好に診断できる結果が得られました。

#### 4 おわりに

今後は対象機器を拡げて検証するとともに、撮影装置を長期間設置して実運用車両を撮影することで実環境での性能評価を進めていく予定です。

撮影試験の実施にあたり多大なるご協力をいただいた九州旅客鉄道株式会社、西日本旅客鉄道株式会社の関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。[NL]

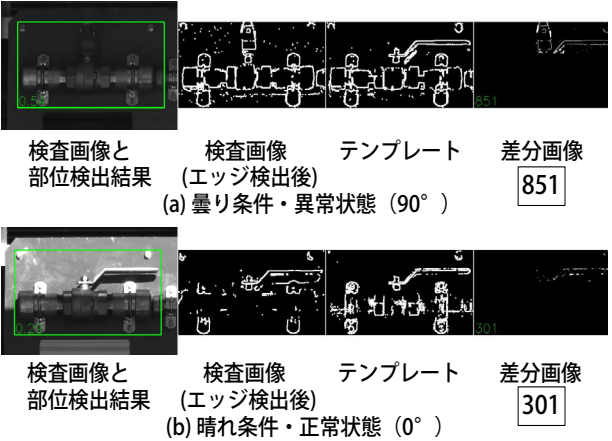


図4 試験室内の機器と各機器の動作  
(四角枠内の数字は差分画素数を表す)

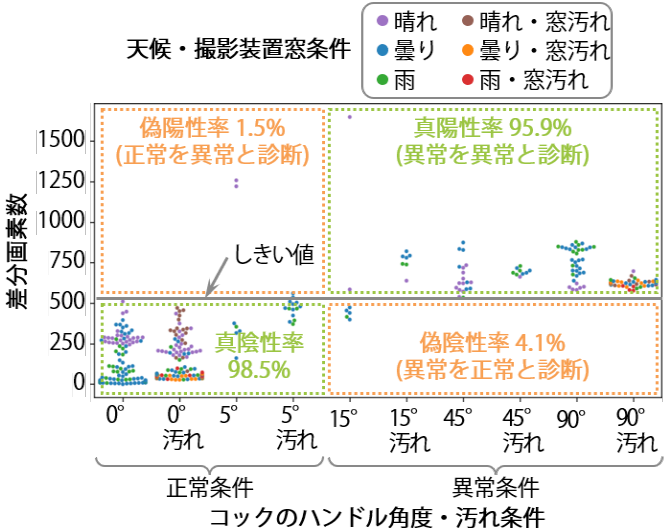


図5 各撮影画像から計算したコックの差分画素数





## 解説

# 国内外の燃料電池 鉄道車両の開発状況

研究開発推進部 鉄道 GX 推進  
上席主査 柏木 隆行

## 1 はじめに

2015 年のパリ協定採択後、多くの国で 2050 年のカーボンニュートラル達成に向けた取り組みが活発に行われています。水素の活用もその一つであり、水素を燃料とする燃料電池が自動車やコジェネレーションシステムに用いられており、鉄道でもその応用が始まっています。本稿では、水素を利用する燃料電池鉄道車両について概説し、国内外の開発状況について紹介します。

## 2 燃料電池鉄道車両

燃料電池鉄道車両は、燃料電池で発電した電力を動力源として走行を行う車両です。燃料電池は名前に「電池」と付いていますが、一般的な「電池」とは異なり、電池内部にエネルギーを持っておらず、外部から燃料（水素など）と酸素（空気など）を供給することで発電を行う一種の発電機です。

燃料電池にはいくつかの種類がありますが、鉄道車両で用いられているものは固体高分子形燃料電池（PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell）と呼ばれるものです。電池内部に燃料の水素と空気中の酸素を取り込み、化学反応によって発電を行います。固体高分子形燃料電池は、他の種類の燃料電池と比較して動作温度が低く、起動時間が短いという利点があります。さらにディーゼルエンジンと比較して効率がが高く、また発電時の排出物は水のみであり、クリーンという特長があります。

一方、燃料電池は体積当たりの出力が小さく、化学反応に必要な触媒として白金が用いられることが多いことから非

常に高価であり、装置の小型化や低コスト化のためには可能な限り小さな出力とするのが合理的です。

鉄道車両では加速・減速に合わせて大電力を供給・吸収する必要がありますが、大負荷の時間は短く、走行時間全体で平均した必要電力はそれほど大きくありません。そのため、加速時に必要な最大電力を負担する比較的大きな出力のバッテリーと、走行時間全体で平均化した必要電力を発生する比較的小さな出力の燃料電池を組み合わせる（ハイブリッド化する）ことで、鉄道車両の電力使用方法に合致したシステムを構成することが可能になります。これは自動車で考えた場合、基本的な走行用電力をバッテリーで負担し、レンジエクステンダーとして燃料電池を搭載する電気自動車に相当します。

燃料電池鉄道車両の例として鉄道総研の試験車両の構成を図 1 に、外観を図 2 に示します。車両の加速時は燃料電池とバッテリーの両方から電力をモーターへ供給し、惰行時には燃料電池でバッテリーを充電、減速時にはモーターからの回生電力と燃料電池からの供給電力でバッテリーを充電します。

## 3 燃料電池鉄道車両の開発状況

鉄道車両における燃料電池の利用は 2000 年頃から検討が進められています。ここでは、近年の国内外の燃料電池鉄道車両開発状況について述べます。

### (1) 国内の状況

日本では、先述の鉄道総研の他に JR 東日本が 2006 年から 2008 年にかけて E995 形 NE トレインに燃料電池を搭載して走行試験を行った実績があります。JR 東日本は 2022 年に FV-E991 系水素ハイブリッド電車（愛称名：HYBARI）を製作し、営業線にて走行試験を開始しています。HYBARI の仕様を表 1 に、外観を図 3 に示します。HYBARI は鉄道車両としては世界初となる 70MPa の高圧水素による貯蔵を実現

表 1 JR 東日本の燃料電池車両の仕様  
(JR 東日本ニュースリリースを元に筆者作成)

| 項目      | FV-E991系(HYBARI)                       |
|---------|----------------------------------------|
| 走行時期    | 2022年～                                 |
| 車両構成    | 2両(1M1T)                               |
| 最高速度    | 100km/h                                |
| 加速度     | 2.3km/h/s                              |
| 一充填航続距離 | 約140km(最大)                             |
| 主回路装置   | 電力変換装置(VVVFインバーター)、1C2M×2群、主電動機:95kW×4 |
| 燃料電池    | 固体高分子形:60kW×4                          |
| 蓄電池     | リチウムイオン電池120kWh×2                      |
| 水素貯蔵    | 最高充填圧力 70MPa<br>水素貯蔵容量 51L×5本×4ユニット    |

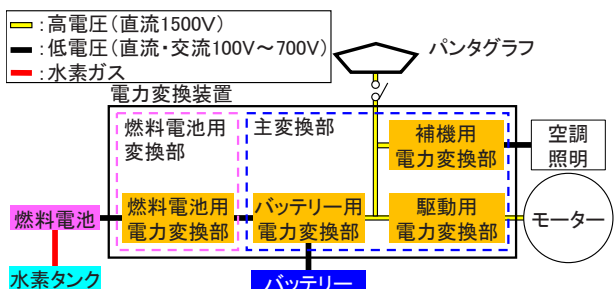


図 1 鉄道総研の試験車両の駆動システム構成



図 2 鉄道総研の試験車両の外観と機器配置



図 3 JR 東日本 FV-E991 系 (HYBARI) の外観 (JR 東日本提供)

しています。

また、JR 北海道、JR 東海や JR 西日本も燃料電池鉄道車両への取り組みを表明しています。

## (2) 海外の状況

海外では、近年、燃料電池鉄道車両の開発事例が非常に増えています。日本を含めた主な開発状況を表2に示します。特に欧州では環境問題に対する意識の高まりが強く、複数のプロジェクトが同時並行で進んでいます。日本では鉄道事業者が車両の仕様を決定し、鉄道車両メーカーに発注することが多くありますが、海外では鉄道車両メーカーが用意した既成の車両から鉄道事業者が使用する車両を選定して導入することが多く、車両メーカーが燃料電池鉄道車両の開発を主導している事が多いのが特徴です。

ドイツでは2018年から2020年にかけて世界初となる燃料電池鉄道車両（アルストム製 iLint：図4）による試験営業運転を行っており、その後、鉄道車両用水素ステーションを整備の上、2022年から営業運転を行っています。また、iLintは一充填で1000kmを超える走行を実証しており、アルストムのCEOはiLintが気動車の代替となり得ること示したとしています<sup>1)</sup>。

## 4 燃料電池鉄道車両の今後の課題

ドイツではすでに燃料電池鉄道車両が実用化されていますが、今後の普及に向けてはいくつかの課題が存在します。大きな課題は、走行に必要な大量の水素の製造・運搬・貯蔵方法（地上の水素ステーション側）が確立していないことです。特にカーボンニュートラルを実現するためには、再生可能エネルギー源を使用して製造した水素の確保が必要です。燃料電池の寿命も鉄道車両の寿命（30年以上）と比較する



図4 世界初の試験営業運転を行った燃料電池鉄道車両 ALSTOM iLint

と短く、燃料電池の長寿命化も必要です。また、日本特有の課題として以下のような課題もあります。

- 1) 水素の搭載可能性が少ない。海外と比較して車両の大きさが小さく、水素の搭載にさけるスペースが少ないため、長距離走行に必要な水素を搭載するには工夫が必要です。
- 2) 大量の水素を鉄道車両に搭載するための法令が未整備なことから、案件ごとに認証等を得る必要があります。

## 5 おわりに

燃料電池鉄道車両は海外では既に実用化されている例もあり、日本でも早期の実用化が期待されています。燃料の水素の確保などの課題もありますが、鉄道のカーボンニュートラル実現に向けては、必要な車両です。鉄道総研でも、引き続き研究開発等を継続し、水素社会の進展に伴う燃料電池鉄道車両の普及に貢献していきます。[NL]

鉄道総研における研究開発の一部は、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。

## 参考文献

- 1) ALSTOM HP, URL : <https://www.alstom.com/solutions/rolling-stock/alstom-coradia-ilint-worlds-1st-hydrogen-powered-passenger-train> (参照日:2023年12月8日)
- 2) Birmingham 大学 HP, URL : <https://www.birmingham.ac.uk/research/railway/research/rail-decarbonisation/power-electronics-energy/hydrogen-train-mainline.aspx> (参照日:2023年12月8日)
- 3) SIEMENS HP, URL : <https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/rail/rolling-stock/commuter-and-regional-trains/mireo/mireo-plus-h.html> (参照日:2023年12月8日)
- 4) FCH2RAIL HP, URL : <https://www.fch2rail.eu/en/projects/fch2rail> (参照日:2023年12月8日)
- 5) STADLER HP, URL : <https://www.stadlerail.com/en/flirt-h2/details/> (参照日:2023年12月8日)
- 6) YouTube, URL : <https://www.youtube.com/watch?v=0MueY6wDWpk> (参照日:2023年12月8日)
- 7) 中国中央電視台 HP, URL : <https://news.cgtn.com/news/2023-05-12/World-s-first-hydrogen-powered-urban-train-unveiled-in-China-1jKsYRZfwUU/index.html> (参照日:2023年12月8日)
- 8) JR 東 日 本 HP, URL : [https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006\\_4\\_ho.pdf](https://www.jreast.co.jp/press/2020/20201006_4_ho.pdf) (参照日:2023年12月8日)
- 9) SNCF HP, URL : <https://www.sncf.com/fr/engagements/enjeux-rse/sncf-accelere-train-a-hydrogene> (参照日:2023年12月8日)

表2 主な燃料電池車両の開発状況

| 車両メーカー等(計画国、車両名)                                                            | 完成(予定)時期 | 用途  | 特徴等                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------|-----|---------------------------------------------------|
| ALSTOM <sup>1)</sup><br>(ドイツ、iLint)                                         | 2016年    | 営業車 | 最高速度140km/h、航続距離1,000km超                          |
| Porterbrook /the University of Birmingham <sup>2)</sup><br>(イギリス、Hydroflex) | 2019年    | 試験車 | 既存車両を改造、燃料電池のみ搭載車両を連結、バイモード、最高速度160km/h、航続距離480km |
| SIEMENS <sup>3)</sup><br>(ドイツ、Mireo Plus H)                                 | 2022年    | 営業車 | 連接車、最高速度160km/h、航続距離600km                         |
| FCH2RAIL <sup>4)</sup><br>(スペイン・ポルトガル)                                      | 2022年    | 試験車 | 既存車両を改造、連接車、バイモード、トヨタ製燃料電池                        |
| STADLER <sup>5)</sup><br>(アメリカ、FLIRT H <sub>2</sub> )                       | 2022年    | 営業車 | 連接車、燃料電池のみ搭載車両を連結、最高速度127km/h、航続距離460km           |
| 宇進産電 <sup>6)</sup><br>(韓国、K-Hydrogen Powered Train)                         | 2022年    | 試験車 | 70MPaのタンク、最高速度110km/h、航続距離600km                   |
| 中国中車 <sup>7)</sup><br>(中国)                                                  | 2022年    | 不明  | 最高速度160km/h、航続距離600km                             |
| 総合車両製作所 <sup>8)</sup><br>(日本、HYBARI)                                        | 2022年    | 試験車 | トヨタ製燃料電池、70MPaのタンク、最高速度100km/h、航続距離140km          |
| ALSTOM <sup>9)</sup><br>(フランス、Régiolis H2)                                  | 2025年    | 営業車 | 連接車、バイモード、最高速度160km/h、航続距離600km                   |

車両ニュースレターは季刊（1，4，7，10月発行）です。  
次の2024年春号は，2024年4月25日に発行します。

鉄道総研 車両**ニュースレター**

車両技術研究部／材料技術研究部／鉄道力学研究部

|                                                                                                                   |                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| ● 2024年冬号 No.65                                                                                                   | ● 発行日 2024年（令和6年）1月25日（木）             |
| ● 発行所  公益財団法人鉄道総合技術研究所 車両技術研究部 |                                       |
| 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL) 042-573-7269                                                                       |                                       |
| 鉄道総研 URL) <a href="https://www.rtri.or.jp">https://www.rtri.or.jp</a>                                             |                                       |
| ● 発行者 石毛真                                                                                                         |                                       |
| ● 編集者 上條弘貴・風戸昭人・槇田耕伸・渡邊有人                                                                                         | ©Railway Technical Research Institute |