

# プラチナ投資のエッセンス

## 燃料電池自動車による長期的なプラチナ需要拡大の見通し

水素関連の優遇策などによって燃料電池自動車 (FCEV) のプラチナ需要は、2039 年までに自動車の今のプラチナ需要に匹敵する量となる可能性がある。しかも燃料電池自動車がより広範に普及すれば、それより早く今から 11 年後の 2033 年には、93.3 トンが自動車需要に加算される可能性もある。

燃料電池自動車は長年、世界の脱炭素化が進み自動車のプラチナ需要が減っていく流れを救うのではないかと考えられてきた。しかし実際は燃料電池自動車の普及はそれほど進んでいない。車種が少ないことやグリーン水素製造のコストが下がらないために量産化が進まず、水素ステーションの設置が少ないことなどが原因としてあった。しかし今やこれらの問題は解決されつつある。全ての車両クラスに燃料電池自動車が登場し、国の支援も増え、水素製造コストと燃料電池自動車の生産コストも下がってきている。それに加えロシアのウクライナ軍事侵攻を機に天然ガス価格が高騰、欧州は天然ガスのロシア依存(約 40%)から脱却する必要に迫られており、このような動きはグリーン水素への転換を一層促すはずである。当レポートでは優遇策がある場合の燃料電池自動車のプラチナ需要、そしてそのような政策に加えて、燃料電池自動車の販売促進がさらに進んだ場合のプラチナ需要の両方を検討する。どちらのシナリオも当初の需要増加は緩やかだが、最終的には非常に大きな需要をもたらすだろう。(図 1、2 共に資料: WPI リサーチ)

図1. FCEVは政府の優遇策がある場合、販売促進がある場合、どちらも世界中で劇的に増える可能性

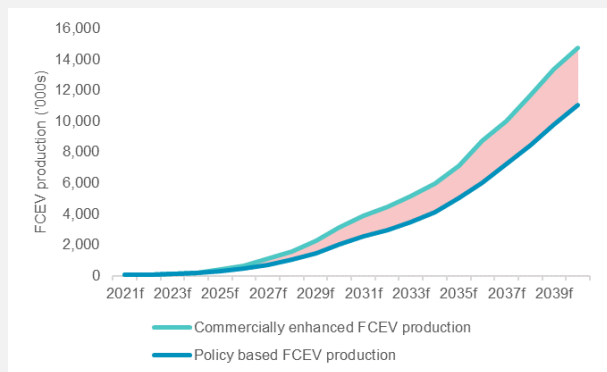
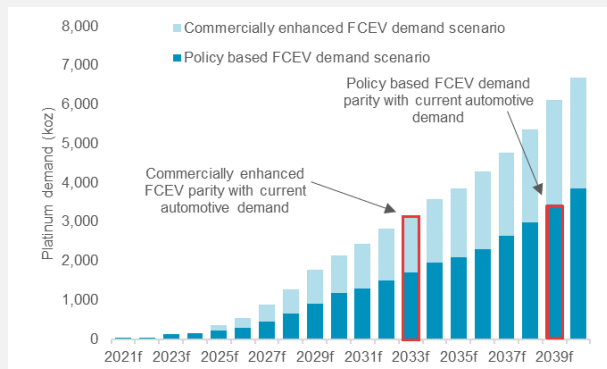


図2. 広範な販売促進によってFCEVの普及が進めば、プラチナ需要の増加分は2033年までに現在の自動車プラチナ需要に匹敵



- 燃料電池自動車のプラチナ需要が伸びる可能性は将来的に非常に大きい
- 優遇策がある場合のFCEVのプラチナ需要は2039年までに2022年の自動車需要レベルに
- FCEVの販売促進によって普及が進めば2033年までに2022年の自動車需要レベルに
- 欧州の地政学的リスクとエネルギー価格高騰が、水素製造開発を押し進めFCEV普及に追い風

**Trevor Raymond**

Director of Research

+44 203 696 8772

[traymond@platinuminvestment.com](mailto:traymond@platinuminvestment.com)

**Edward Sterck**

Analyst

+44 203 696 8786

[esterck@platinuminvestment.com](mailto:esterck@platinuminvestment.com)

**Brendan Clifford**

Head of Institutional Distribution

+44 203 696 8778

[bclifford@platinuminvestment.com](mailto:bclifford@platinuminvestment.com)

World Platinum Investment Council

[www.platinuminvestment.com](http://www.platinuminvestment.com)

Foxglove House, 166 Piccadilly

London W1J 9EF

2022年3月

## 目次

序論	2
燃料電池の仕組み	5
モビリティのための燃料電池	6
七色の水素	10
各国の水素政策	10
燃料電池自動車の今と未来	13
燃料電池自動車の生産予想	16
燃料電池自動車の需要見通し	20
燃料電池自動車のプラチナ需要予想	21
内燃機関と比べた燃料電池自動車の見通し	22
結論	23

## 序論

脱炭素化は世界中で進められなければならないが、それを可能にする新技術を実用化していく初期段階は経済的なコストがかかる。そのバランスを取るためには多面的なアプローチが必要となる。つまりバッテリー電気自動車 (BEV)、燃料電池自動車 (FCEV)、そして内燃機関 (ICE) 車 (ガソリン・マイルド・ハイブリッド車とディーゼル・マイルド・ハイブリッド車を含む) 全てを念頭に入れたアプローチだ。さらにディーゼル車はガソリン車よりもはるかに CO<sub>2</sub> 排出量が少ないことも忘れてはならない。燃料電池自動車は鳴り物入りで登場したが、車種が少なく水素製造コストが下がらないことで量産化が難しく、水素補給インフラも少ないことで普及は進まなかった。しかし今では大型車、普通車ともに燃料電池技術が確立されて、主要国では水素燃料の優遇策導入も進み、さらにグリーン水素製造コストが下がっていることなどを背景に、我々は今やこのような問題は解消されつつあると考えている。

このレポートでは、燃料電池自動車の仕組み、国や地域の水素政策の概要、グリーン水素の地政学的かつ戦略的有利性をまとめた上で、燃料電池自動車の普及について二つのシナリオと、それに伴うプラチナ需要の成長を検討する。

ここでいう燃料電池自動車とは公道を走行する燃料電池自動車のみを指す。またグリーン水素製造に関するプロトン交換膜 (PEM) 電解装置 (固体高分子形燃料電池) の普及とそのプラチナ需要、建設現場・鉄道・海運で使われる燃料電池自動車、さらに定置用燃料電池は検討外である。これらの需要も無視できない量になる可能性は大いにある。

### 優遇策がある場合の燃料電池自動車の普及と、それに加えて広範な販売促進がある場合の普及のシナリオの比較

世界で多くの国や地方行政が、助成金を伴う水素と燃料電池自動車の導入促進策と達成目標を発表しており、これらは燃料電池自動車の普及の

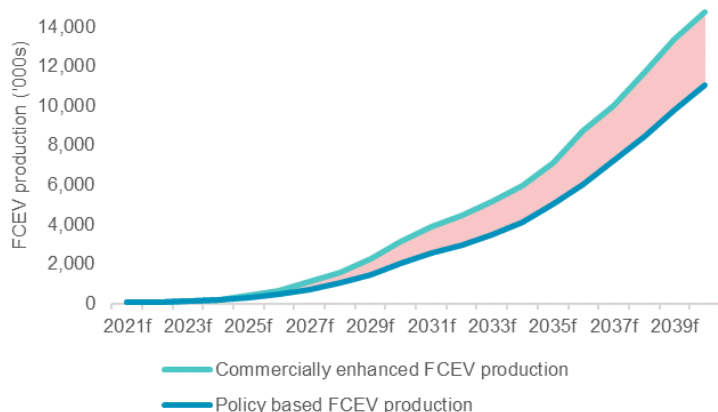
*交通・輸送手段の脱炭素化には全ての技術が必要で、バッテリーによる電動化に向かない分野の脱炭素化には燃料電池自動車が不可欠である。*

*二つのシナリオとは、優遇策による FCEV 促進と、広範な販売促進による FCEV の普及*

基礎となるものだ。当然、こういった優遇策は水素製造と燃料電池自動車産業が量産化による利益を得られるまで、あるいは実用性が高まって広範な販売促進を自ら推し進められるまで発展することを支援するのが目的だ。

従ってこの二つのシナリオは我々の予想において両端となり、実際には二つのシナリオのどこか中間が現実となるだろうが、水素エネルギーの利用効率、技術開発、政策支援とコストなどの段階的な変化あるいは全体の変化によっては、需要がさらに増える可能性も排除できない。燃料電池自動車の年間生産は、優遇策シナリオにおける我々の予測では2030年には200万台、2040年までには1100万台になり、優遇策プラス広範な販売促進シナリオでは2030年に300万台、2040年までには1500万台に増える。普及率に関しては、燃料電池自動車は2030年までに両シナリオで世界の自動車年間生産の2%から3%に、2040年までには8%から11%に増える。

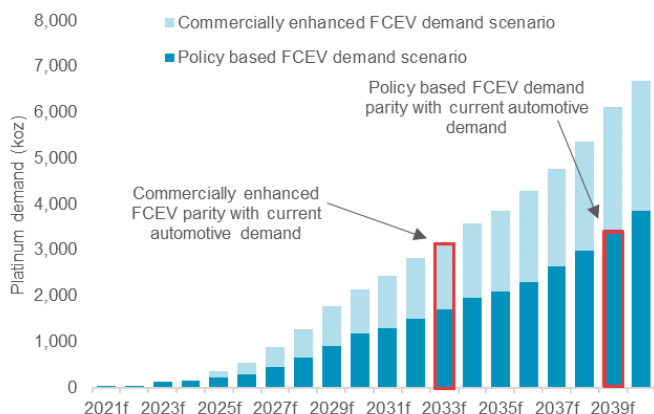
図3. FCEVは、政府の優遇策がある場合、販売促進がある場合どちらも世界中で劇的に増える可能性



資料: WPIC リサーチ

燃料電池自動車が登場してしばらく経つが、現在は燃料電池のプラチナ使用量を節減する傾向にある。が、それを考慮しても、どちらのシナリオにおいても潜在的なプラチナ需要は大きい。優遇策シナリオでは燃料電池自動車のプラチナ需要は2039年までに2022年の自動車需要に匹敵する量になり、販売促進がある場合にはその時期は2033年に早まる。

図4. 販売促進がある場合のFCEVのプラチナ需要は2030年代早くに現在の自動車需要のレベルに達する



資料: WPIC リサーチ

優遇策シナリオでは2030年にFCEVは200万台、2040年までに1100万台

販売促進シナリオでは、2030年にFCEVは300万台、2040年までに1500万台

FCEVのプラチナ需要は、優遇策シナリオだと2039年までに2022年の自動車需要に匹敵、販売促進も加われば2033年までに

これは無視できない量の新たなプラチナ需要であり、自動車の年間プラチナ需要に向こう 11 年間で 93.3 トン以上が加算されることになる。内燃機関は 2030 年代に入っても世界の自動車の駆動方式の主流だろうが、プラチナ需要の観点から言えば、内燃機関車の生産台数の減少による需要減は、排ガス規制の強化に伴う浄化触媒装置のプラチナ量の増加と、パラジウムに代わって使われるプラチナが増えることでほぼ相殺されるだろう。内燃機関の排ガス規制に必要なプラチナと、それに加わる燃料電池自動車のプラチナ需要で、プラチナは供給が増えなければ不足となり、それが燃料電池自動車の成長を妨げることになりかねない(今後十年の間にバッテリーの原材料供給が限界に達し、それがバッテリー電気自動車の成長率の妨げになりうるのと同様だ)。しかし今現在確認されているプラチナの在庫と資源は十分にあり、需要増に合わせ時間をかけて生産を拡大することも可能だ。プラチナの希少性が PGM バスケットの高価格を支え、それが鉱山生産(2022 年の予測約 189.7 トンから)の増加を可能にする。そして世界各国で助成金を伴う水素支援政策も今後急増する。これらが相乗効果となって脱炭素化に重要な燃料電池技術のさらなる発展につながるだろう。

### 主な要点と結論

- 燃料電池自動車は確立された燃料電池技術を用い、バッテリー電気自動車と共に量産化によってコスト競争力を確保できるだろう。
- 燃料電池自動車はバッテリー電池自動車と競争関係ではなく補完関係にある。燃料電池自動車は電源のないエリアや寒冷地でも走行可能で、航続距離が長く、高トルク走行が可能、操縦安定性も高い。また高い運転頻度に耐え、燃料補給にかかる時間が短く、そしてユーザーの手間は必要最低限。
- 燃料電池の利点である、航続距離・エンジンシステムの軽量化・運転頻度の高さが最大限活かされるのは大型車。
- しかし量産化を進め、それによって燃料電池自動車全体のコストを低減させるために、普通乗用車、軽量商用車にも燃料電池自動車の導入が促進されるだろう。
- 輸送交通を含む広い分野で、化石燃料を国内製造のグリーン水素に置き換える動きは、エネルギー保障の面から戦略的利点があり、特に地政学的に不安定な時期には推進されるだろう。
- 燃料電池自動車の普及予測とバッテリー電気自動車が増してきた過程は類似している。
- 燃料電池自動車のプラチナ需要予想は、燃料電池のプラチナの使用量が徐々に節減されることを前提にしている。
- 燃料電池自動車のプラチナ需要は、優遇策と販売促進が進めば早くも 2033 年に自動車のプラチナ需要の 2022 年予測レベルに達する可能性がある。

最後に考慮すべき点はロシアによるウクライナへの軍事侵攻の影響で、当レポート執筆中も刻々と状況が変わりつつある。政治的かつ社会的な緊張の高まりと高騰している天然ガス価格に対応して、グリーン水素製造を進める動きが一層高まれば、今後の見通しは我々の二つ目のシナリオ、販売促進が進むことで燃料電池自動車の普及が広がるという方により近くなるだろう。

*欧州が天然ガスのロシア依存からの脱却のため、グリーン水素製造を促進する動きは、より広範な FCEV の普及を後押し*

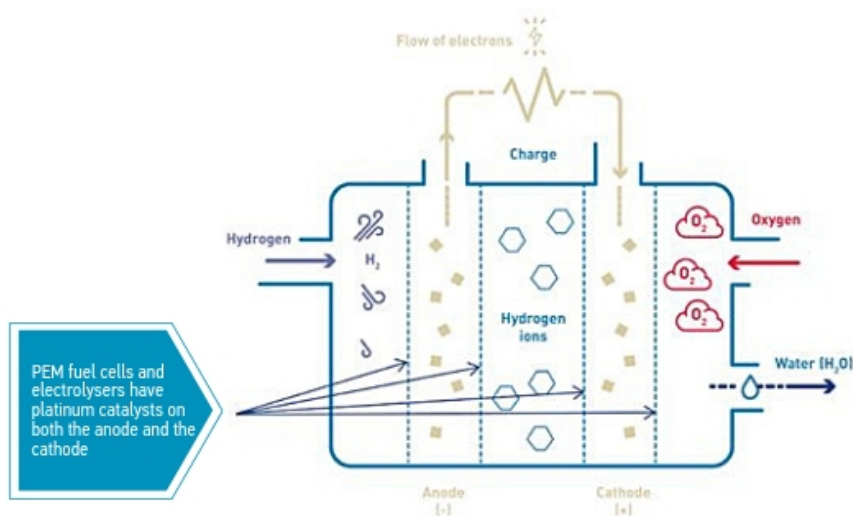
## 燃料電池の仕組み

燃料電池は燃料と酸化剤の酸化還元反応によるエネルギーを利用して発電する。現在の燃料電池のほとんどは、水素燃料と空気中の酸素を酸化剤として使うが、メタノールなど他の燃料を使うこともあり、またグリーンアンモニアも検討されている。

燃料電池の最初の原型は約 200 年前の 1838 年、イギリスのウィリアム・グローブ卿によって作られ、今日ではいくつかの型がある。しかし、自動車に使われる燃料電池のほとんどは、小型化ができること、電圧密度が高いこと、出力調整が素早くできることから、プラチナベースのプロトン交換膜燃料電池である。プロトン交換膜 (PEM、あるいはポリマー、固体高分子膜とも言われる。記者注：日本での呼称は「固体高分子形燃料電池」が定着している) は半透性のイオン交換膜で、水素イオン ( $H^+$ ) は通すが、電気絶縁体として電子は通さない。PEM 燃料電池は、プラチナを担持してある陽極 (空気極) と負極 (燃料極) に挟まれた電極接合体 (MEA) と呼ばれる電解質膜を基本部品とし、これを積層して直列接続した「スタック」からなる。水素ガスは負極に送られてプラチナ触媒の働きでプロトンと電子に分解され、電子は電流として導線を通じて、プロトンは電解質膜を通じて陽極に送られ空気中の酸素と反応して水が生成される。水は通気性触媒の表面から放出され、燃料電池外へ排出される。

燃料電池技術の主流であるプロトン交換膜 (PEM: 固体高分子膜) はプラチナを触媒として水素をプロトンと電子に分解し、さらに酸素と水素の化学反応を促し、生成するのは熱と水のみである。

図5. 燃料電池の仕組み



資料: 図はエアリキード プロトン交換膜より

負極での化学反応は素早くプラチナをそれほど必要としないが、陽極の化学反応は時間がかかりプラチナ触媒の量を多く必要とするため、その量を減らすこと、あるいはプラチナ以外の金属で代替することなどが検討されてきた。

陽極での触媒としてのプラチナの優れた役割は、酸化還元反応下の腐食が起こりやすい環境でも安定して酸素を活性化でき、生成される水の分子を放出できることと、陽極の働きを弱める過酸化水素の生成を抑える働きにある。

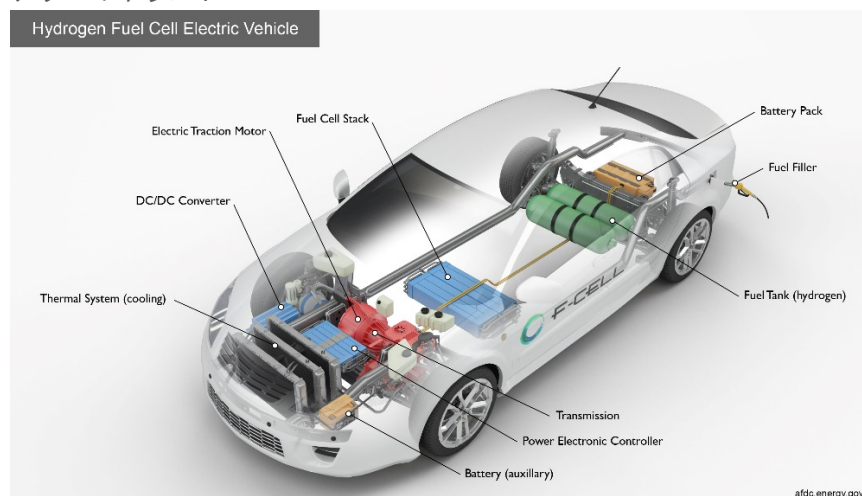
プラチナに限らずどの触媒にも共通した問題点は不純物による劣化である。水素中の不純物で最も影響があるのは硫黄化合物と一酸化炭素で、

不純物が混入する理由は色々あるが、水素の純度が劣化を防ぐ鍵となる。水の電解によって製造される水素（グリーン水素）は通常は非常に高純度だが、天然ガス改質から製造されるグレー水素、ブルー水素は燃料電池に使う前に精製する必要がある。様々な水素燃料の原料とその特徴については、後述の「七色の水素」のセクションを参照されたい。

## モビリティのための燃料電池

燃料電池自動車は、バッテリー電気自動車とマイルド・ハイブリッド電気自動車の両方と共通点を持っている。まず、燃料電池自動車の動力源はバッテリー電気自動車同様に単体あるいは複数の電気モーターで、ただそれを動かす熱源が大型で重量のある電池ではなく燃料電池となる。実際、燃料電池自動車の部品の約80%はバッテリー電気自動車と同じである。次に燃料電池自動車はマイルド・ハイブリッド電気自動車同様に補助的な小型のバッテリーを搭載しており、ブレーキ時の回生電力を貯蔵して急発進時に使われる。ただしマイルドハイブリッド電気自動車はそのような場合、内燃機関を使うが、燃料電池自動車は電気モーターが主となる。燃料電池自動車の最大の利点は、こういった電気自動車と違って、充電のための電源を必要としないことで、都市部などで充電スタンドのある駐車場がない、又は自宅の充電スタンドまで行けない場所でも運転に支障がない。

図6. 燃料電池自動車の仕組みー燃料電池、電気モーター、小型補機バッテリーのイラスト



資料: 「水素を使った燃料電池自動車の仕組み」2021年米国エネルギー省代替エネルギーデータセンターのウェブページより (2022年2月3日にアクセス) [afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work](https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-fuel-cell-electric-cars-work)

## 燃料電池自動車の利点と問題点

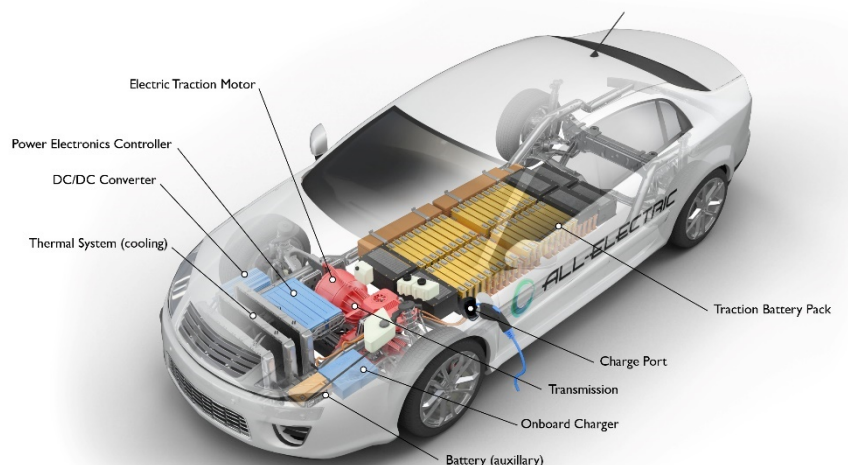
燃料電池自動車はバッテリー電気自動車と補完関係にあると言えるのは、充電設備がない、あるいはバッテリーの劣化を招く急速充電に頼らず長距離を運転しなければならないユーザー、あるいは経済性を重視しつつ運転頻度が高いユーザーに向いているからである。さらに燃料電池自動車は日常の走行に関しては運転者に手間がかからない。反対に燃料電池自動車の問題点としては、市販されている車種が少ないことと、水素自体にまだ量産化によるコスト低減が実現できていないこと、水素ステーションが少ないことが挙げられる。が、これは地域によって差があり、政府の優遇策がある地域ではそれが普及を後押ししている。

燃料電池自動車とバッテリー電気自動車の部品とシステムは、通常80%は同じもの

そのため、どのバッテリー電気自動車の車種に対しても同じ車種の燃料電池自動車が可能。あるいはバッテリー電気自動車に後付けでバッテリー劣化を補うために、航続距離延長装置として燃料電池の搭載が可能

図7. バッテリー電気自動車の仕組み—電気モーターと大型で重量のあるバッテリーのイラスト

All-Electric Vehicle

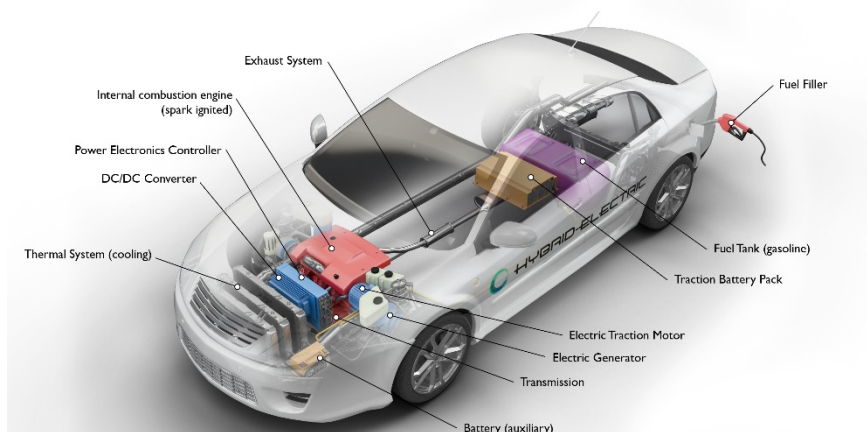


afdc.energy.gov

資料: 「電気自動車の仕組み」2021年米国エネルギー省代替エネルギーデータセンターのウェブページ より (2022年2月3日にアクセス) afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work

図8. マイルドハイブリッド電気自動車の仕組み—補機バッテリー、内燃機関（ガソリン、またはCO<sub>2</sub>排出の少ないディーゼルエンジン）、補助電気モーターのイラスト

Hybrid Electric Vehicle



afdc.energy.gov

資料: 「ハイブリッド電気自動車の仕組み」2021年米国エネルギー省代替エネルギーデータセンターのウェブページ より (2022年2月3日にアクセス) . afdc.energy.gov/vehicles/how-do-hybrid-electric-cars-work

燃料電池自動車はバッテリー電気自動車に比べるとはるかに軽量で、航続距離が長く（新しいバッテリー電気自動車には燃料電池自動車に近い航続距離の車種もあるが）、燃料補給にかかる時間が大幅に短い。燃料電池自動車の燃費と補給時間は日常走行に関しては内燃機関と同格で、補給はわずか3分から4分。それに対しバッテリー電気自動車のメーカーは走行可能となる急速充電は15分から20分で終わり、それはコーヒーを買って来て疲れた足を伸ばすにちょうどいい時間だと主張している。確かにそうかもしれないが、急速充電の繰り返しはリチウムイオン電池の劣化を早め、いずれは高額なバッテリー交換が必要となる。時間をかけて充電すれば電池寿命を伸ばすことができるが、高性能充電スタンドで2時間から4時間、家庭用充電スタンドで8時間から10時間もかかる。また航続距離とバッテリー寿命の問題は、季節、地域の気候にも大きく左右される。低温はバッテリー内の内部抵抗を大きくし、航続距離の低下と電池寿命の低減を招く。一方で、PEM燃料電池はマイナス30度でも安定しており、それはブロックヒーターなどのエンジン暖房装置を使う内燃機関と似ている（あ

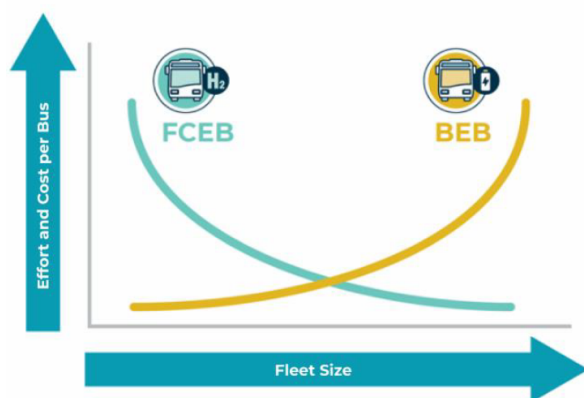
FCEVは寒冷地、充電インフラのない、運転頻度の高い、日常的に長距離を運転するユーザーに最適

るいは僻地ではエンジンの下で小さな焚き火を燃やすこともあるかもしれない!)。さらに、まだ検討されていないが燃料電池の市場にとって興味深いこととしては、古いバッテリー電気自動車に、寿命が残り少ない性能の落ちたバッテリーを補う航続距離延長装置として、あるいは車内の積載スペースを削る代わりに航続距離と充電の手段として、燃料電池を搭載する可能性が考えられる。

バッテリー電気自動車が再生可能エネルギーで充電し、燃料電池自動車が再生可能エネルギーで製造した水素を使う場合、「油田からタイヤまで」のエネルギー効率の観点から言うと、バッテリー電気自動車は約62%、燃料電池自動車は40%となり、バッテリー電気自動車の方に軍杯が上がる(燃料電池自動車は米アルゴンヌ国立研究所 GREET モデル、バッテリー電気自動車は米環境保護庁のEPA電費)。しかし、この数字は燃料充填なしの高い運転頻度を考慮に入れると逆転する。市バス、長距離トラック、工場や農場の機械、あるいは倉庫のフォークリフトなど、運転頻度が高い環境では、燃料電池自動車は90%以上、バッテリーの充電サイクルに左右されるバッテリー電気自動車は50%以下となる可能性があり、燃料充填コストを入れると非常に大きな差が生じる。

さらに今の時点で、普通乗用車の電気自動車がいくら充電しても電力網の負荷が増えるとは考えにくい、電気自動車が普及する過程の将来のある時点で大幅な電力網の拡張が必要となるだろう。特にターミナルや倉庫などを中心として走り回る大型車の場合、夜間あるいは必要時に複数台が一斉に充電するとなれば、台数が増えるほど電力網への負荷が大きくなり、拡張整備が必要となるだろう。一方で、水素ステーションの敷設は台数が増えるほど一台当たりのコストは減る。下図のバスの運行モデルに見るように、水素補給時間が短いため補給できる台数が増えるからである。

図9. 燃料電池自動車の一台毎の燃料補給コストは台数が増えるほど減り、一方で電力網拡張にかかるコストはバッテリー電気自動車が増えるほどかかる



資料: 米 Center for Transportation and the Environment (CTE), IDTechEx

また、グリーン水素は電力需要の少ない時に余剰となる再生可能エネルギーの貯蔵手段として、風力ターバインを動かすなどするよりも優れた技術でもあり、そうすることによって燃料電池自動車の「油田からタイヤまで」のエネルギー効率を大いに上げることにもなる。もちろん揚水発電、蓄電池、圧縮空気など、再生可能エネルギー貯蔵の技術は他にもあるが、水素は電力網に縛られず動かせるという利点がある。

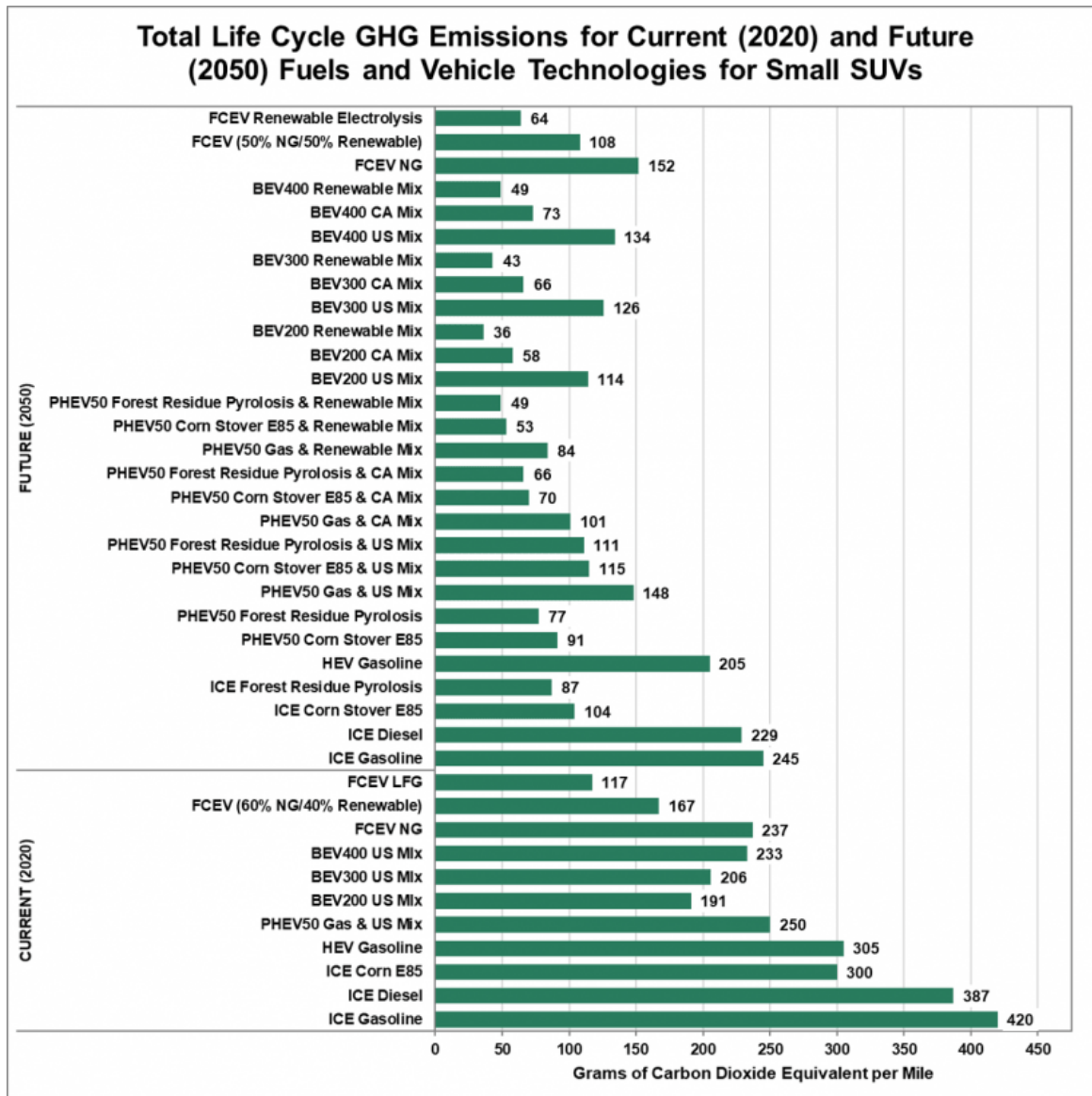
BEVはグリーン水素を使うFCEVよりもエネルギー効率が高い

FCEVは電力網への負荷が低い事実は、大型輸送車隊などの電動化に重要なポイント

グリーン水素は電力低需要時の余剰再生可能エネルギーを貯蔵することができ、蓄電池施設と違い移動することが可能



図10. ライフサイクルにおける温室効果ガス排出量の算定で、FCEVは現在も将来の予測についても他と比較して少ない排出量



資料: 米エネルギー省自動車技術局 水素・燃料技術技術とバイオマス燃料技術, 注: FCEV = 燃料電池自動車 HEV = ハイブリッド電気自動車 BEV = バッテリー電気自動車 PHEV50 = プラグイン・ハイブリッド電気自動車 (電気のための航続距離 50 マイル) ICE = 内燃機関 NG = 天然ガス E85 = エタノール 85% ガソリン 15% LFG = 埋立処分場ガス

最後に比較検証するのはバッテリー電気自動車と燃料電池自動車の温室効果ガス排出の成績だ。どれだけエコなのかという判断をするためにはバッテリーの充電、あるいは電解による水素製造のエネルギー源が何かということが焦点だ。燃料電池自動車でもブルー水素やグレー水素を使えばCO<sub>2</sub>を排出していることになる。とはいえ、バッテリーに使われる様々な金属に比べれば、燃料電池は環境負荷の低い材料でできており、さらにリサイクルに関しては、燃料電池自動車の方が遥かにリサイクルしやすい（リサイクルのコストは燃料電池自動車廃車になる時のプラチナ価格とプラチナ触媒の量による）。

現時点では燃料電池はバッテリーよりもリサイクルしやすい

しかしどちらが決定的に環境に優しいのか結論を下すのは容易ではないし、それぞれの車が走行する環境も大きく関係する。図10に見るように米エネルギー省によると、米国内をグリーン水素で走る燃料電池自動車は、他の全ての駆動方式に比べて、ライフサイクル全体での温室効果ガス排出量は少なく、唯一それに勝るのは100%再生可能エネルギーで充電した、上述のようにエネルギー効率が高いバッテリー電気自動車だけである（しかしこれは運転頻度を考慮に入れない場合）。

## 七色の水素

水素はそれを製造する原料によって様々に違う環境負荷がかかり、製造された水素の純度も異なる。様々な水素を簡単に分類する手段として色をつけて呼ぶ方法がある。

**グリーン水素**：再生可能エネルギーで作られた電力で水を電気分解して製造され、CO<sub>2</sub> 排出量、不純物含有率、ともに最も低い。

**イエロー水素**：水の電気分解で製造されるが、電力は再生可能エネルギーが使用可能な場合はそれを使い、ない場合は効率を上げるために様々な電力網から取る。CO<sub>2</sub> 排出量は中程度だが、不純物含有率は低い。

**ピンク水素**：原子力発電の電力を使う水の電気分解で製造された水素。CO<sub>2</sub> 排出量は少なく、不純物含有率も低い。

**ターコイズ水素**：天然ガスやメタンの熱分解で製造された水素で、副産物の炭素は固体として生成される。

**ブルー水素**：天然ガス、石炭の水蒸気改質で製造されるが、CO<sub>2</sub> 回収・貯留技術を使う。CO<sub>2</sub> 排出量は低量から中程度だが不純物が混じる。

**グレー水素**：天然ガスの水蒸気改質で製造されるが CO<sub>2</sub> は回収されず大気中に放出される。CO<sub>2</sub> 排出量は中程度以上で不純物を含む。

**ブラウンあるいはブラック水素**：褐炭あるいは黒炭を気化させて製造する水素で CO<sub>2</sub> は回収されず大気中に放出される。CO<sub>2</sub> 排出量が多く不純物含有率も高い。

**ホワイト水素**：かつては自然に発生する水素をさしていたが、現在は工場や製鉄所などからの副生水素を指す。

## 各国の水素政策

すでに述べたように、燃料電池自動車の初期の普及を阻んでいた最大の原因はインフラ整備の欠如だったが、それは政策と結びついている。つまりこれは鶏か卵か、どちらが先かという議論になるが、消費者にとって燃料電池自動車が真つ当な選択肢となるためには水素ステーションが欠かせなく、メーカーとしては水素ステーションネットワークが整備されるまでは燃料電池自動車の開発に多くを投資したくない。そして一方政府は燃料電池自動車が広く市販されるまでは水素ステーションネットワークの拡張を支援したくないというジレンマがあるのだ。

とはいえ、多くの国や地域で水素ステーションネットワークの整備が進み水素及び燃料電池自動車優遇策が発表されている。それぞれの計画目標が電解能力、水素ステーションネットワークの規模、燃料電池自動車販売目標など、異なるため単純な比較は難しい(図 10 参照)が、中でも中国(2030 年までに水素ステーション 1000 か所)、韓国(2022 年までに燃料電池自動車 8 万台の路上走行、水素ステーション 310 か所)、ドイツ(2023 年までに水素ステーション 400 か所)などが積極的だ。

*グリーン水素は再生可能エネルギーから製造される*

*欧州ではロシアからの天然ガス依存脱却を進めるため、天然ガスを使うブルー水素とグレー水素は論外に*

韓国は長期的には 2040 年までに燃料電池自動車の年間生産台数 620 万台、そのうち 320 万台は輸出用という目標を掲げている。排ガス規制に関しては、メーカーの車両全体の CO<sub>2</sub> 排出量の低減をターゲットにする政策が米国で既に施行されており、欧州では 2021 年に導入された。これはメーカーが燃料電池自動車を推進するインセンティブとなっている。

図11. グリーン水素と燃料電池自動車の優遇策と補助金の一例

Country	2030 deployment targets	Public investment committed
Australia	N/A	A\$1.3B (US\$0.9B)
Canada		C\$25M by 2026 (US\$19M)
California	200 HRS by 2025	US\$20M p.a. Grants of US\$4,500 to US\$9,500 per FCEV
China	1,000,000 FCEVs 1,000 HRS by 2030 2,000 HRS by 2035	No coordinated central funding or subsidies as yet
EU	40GW electrolysis	€3.8B by 2030 (US\$4.3B)
France	6.5GW electrolysis 20,000-50,000 LV 800-2,000 HD 400-1,000 HRS	€7.2B by 2030 (US\$8.2B)
Germany	5GW electrolysis	€9B by 2030 (US\$10.3B)
Japan	800,000 FCEV 1,200 FC busses 10,000 FC forklifts 900 HRS	¥699.6B by 2030 (US\$6.5B)
South Korea	Annual production of 6.2M FCEV 1,200 HRS 80,000 FC taxis 40,000 FC buses 30,000 FC trucks 15GW stationary FC produced	₩2.6T by 2030 (US\$2.2B)
Netherlands	30,000 FCEV 3,000 FC HV	€70Mpa (US\$80Mpa)
Spain	4GW electrolysis 5,000-7,500 FCEV (LV+HV) 100-200 FC buses 100-150 HRS	€1.6B (US\$1.8B)

世界各国で FCEV のための水素製造と水素ステーションネットワーク整備の優遇策が施行されている

資料：国際エネルギー機関、米エネルギー省、国際クリーン交通委員会、WPIIC リサーチ

グリーン水素（そして CO<sub>2</sub> 回収・貯留技術を使い天然ガスから製造されるブルー水素も）は産業用、家庭用電源ともに脱炭素化、さらには余剰再生可能エネルギー貯蔵に欠かせない手段としても認識されてきている。

### 戦略的なエネルギー自給政策は水素製造を促進

さらにグリーン水素（あるいはピンク水素）の自給は、国際的なエネルギー供給が政治の駆け引きに使われるような、国際的緊張が高まる時勢にあっては重要な利点となりうるため、国内のエネルギー政策にも影響を与える。この点は当レポート執筆中に起こったロシアによるウクライナ軍事侵襲で現実となった。ロシアは様々な分野で国際的に孤立し、制裁を課されたが、欧州は天然ガスのほぼ 40% をロシアに依存しているため、高騰したエネルギー価格を払うことで、実質的にロシアの軍事費を負担していることになるのだ。そして問題は、欧州は域内の需要を満たすだけの天然ガスを他から調達する選択肢がほとんどないことである。

グリーン水素はエネルギー自給に向けた戦略的解決策になりうる

解決策の一つは（当レポート準備中に既に発表されたが）、グリーン水素製造を推進することだ。水素は天然ガスインフラ（パイプ、バルブ、家庭用暖房など）を変えることなしに 20% まで天然ガスネットワークに混合でき、そうすることでロシアへの依存を半減することができる。これは長期的な手段ではあるが、20 年以上にもわたって国際社会のルールを無視した行動をとってきたロシア政府に対して、ロシアの外貨収入源であり、

政治的駆け引きを可能にしている我々との経済的な関係を最小限にとどめるべきである。

ロシアのウクライナへの軍事侵攻とエネルギー価格の上昇をもたらしたもう一つの変化は、天然ガス価格は現状を反映して高騰しているとはいえ、グリーン水素が天然ガスと価格競争の射程内になったということだ。

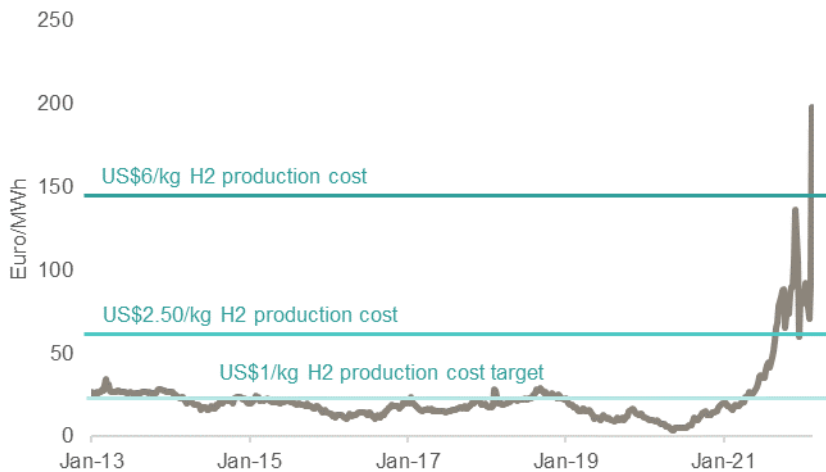
水素の価格競争力の比較：

- 再生可能エネルギーからグリーン水素を製造するには 3 ドル/kg から 6 ドル/kg かかる。
- 水素業界は技術改善と量産によって、これを 1 ドル/kg まで下げること为目标としてきた。
- 1 ドル/kg は今までの天然ガス価格との競争射程内。
- 天然ガスの国際価格は 2021 年半ばから上昇し、ロシアの軍事侵攻で高騰。
- 欧州の現在のガス価格は水素価格約 6 ドル/kg に相当する。

グリーン水素製造コストは量産化と共に下がるだろうが、現在高騰した炭化水素ガス価格と競争射程内

上記のコスト分析は、ロシアに依存するエネルギー供給を減らすことができるという戦略的利点は考慮に入れていない。ガス価格の高騰は一時的なものであることを願うが、落ち着いたとしても過去のレベルに戻ることはないだろう。欧州各国政府にとってエネルギー保障を確保しつつ財政的に負担が少ない手段は明白だ。水素の下限価格を 4 ドル/kg から 5 ドル/kg に設定し、民間のファンドで利益の上がる水素インフラの整備を目指す方向を示せばよいのだ。

図12. 欧州ガスの週間平均スポット価格 (Pegas) 注：スポット価格 140 ユーロ/MWh 以上は、水素価格 6 ドル/kg 以上に相当



資料：ブルームバーグ、IPIG リサーチ

自動車のグリーン水素需要は、天然ガスを水素に置き換えるために必要な量にある程度左右される。優遇策シナリオでは欧州 FCEV の水素需要は 2030 年に 200kt 以下、それに対し欧州委員会の計画は 2030 年までにロシア産ガスをグリーン水素 20mt で置き換える計画

これまで天然ガスの供給保障について述べてきたが、我々は水素製造が増えれば水素ステーションの敷設も進み、燃料電池自動車の普及も広まると考えている。さらに石油に関しては、石油の国際取引ルートの変更は天然ガスのそれよりは、インフラの観点から容易であるとは言え、欧州は石油需要も、その約 25% をロシアから輸入しているのである。もしもロシアからの石油の輸入も止まれば、それは燃料電池自動車の普及の後押しとなり、関連するプラチナ需要も我々の予測値の上限近くまで増えるだろう。

## 燃料電池自動車の今と未来

燃料電池自動車の普及はバスやフォークリフトから始まった。ターミナルを中心としたバスの運行は、そこに水素ステーションを敷設できる利便性が高いため、燃料電池自動車の運行に適している。同様に倉庫が立ち並ぶ限定的なエリアを常時走り回るフォークリフトは、シフト毎に充電しなければならないバッテリー電気自動車よりも、常に最大限のパフォーマンスが可能な燃料電池自動車が好都合だ。

現在、普通乗用車の燃料電池自動車をリードしているのはヒュンデ（NEXO）とトヨタ（MIRAI）で、既に数年前から市販している。近い将来に新しい燃料電池自動車の販売を開始する予定があるのはBMW（ix5、2022年予定）、ホンダ（第2世代クラリティ、2023年予定）、ヒュンデ（スターリア、2023年予定）、キア/ヒュンデ（FK）、ランドローバー（ディフェンダー）、イネオス（グレナディア）などがある。

*FCEVを最も推進しているのはヒュンデ（Hyundai）、トヨタ、BMWだが、他の自動車メーカーも新型モデルを開発中*

図13. トヨタ自動車の燃料電池自動車 MIRAI、購入あるいはリースのオプションがある



資料：トヨタ自動車

近年は小型商用車に新たな参入が目立っており、フォード、ルノー、ステランティス、Tevva などが2年以内に小型商用車の販売を始める。

図14. 燃料電池救急車「Zerro」



資料：Zerro Ambulance

燃料電池自動車の利点が他の低炭素排出駆動方式のそれよりも、最も端的に活かされるのは大型車で、その理由は運転頻度の高さと積載量を犠牲にしないバッテリーの軽さにある。超大型車の場合はさらに道路やタイヤへの負担、橋梁などの最大荷重も考慮に入れなければならない。実際、この車両クラスの燃料電池自動車には非常に多くのメーカーが関わっているが、普通乗用車ほど開発が進んでおらず、ほとんどが開発中か試運転の段階だ。大型車の燃料電池トラックを開発中の自動車メーカーは、Hyzon、カミンズ、巴拉ード、ボルボとダイムラー、ポッシュ、ヒュンデ、MAN、トヨタ、ニコラなどがある（順不同）。大型車の燃料電池自動車にはバスも含まれるが、こちらは世界中の都市、特に中国と欧州で既に運航中だ。

バッテリーよりも優れている FCEV の航続距離、燃料補給時間、運転頻度、軽量化は大型車に活かされる

図15. スイスで導入されたヒュンデの燃料電池トラック Xcient は迅速な消費者物資の輸送を担う

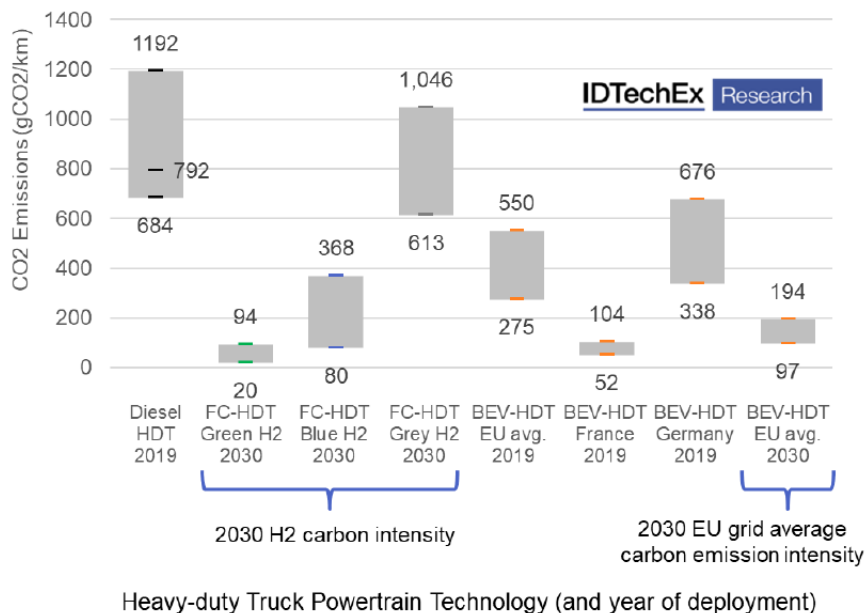


資料: ヒュンデモーターカンパニー

大型車は世界の全車両の 10%だが、温室効果ガス排出量の 43%

国際クリーン交通委員会（ICCT）によると、大型車は世界の車両の 10% しかないにも関わらず、世界の温室効果ガス排出量の 43% を占めている。調査会社 IDTechEx は大型車セクターがグリーン水素で走る燃料電池自動車に転換すれば、大量の CO<sub>2</sub> 排出量を低減できるとしている。

図16. IDTechEx は大型車セクターがグリーン水素で走る FCEV に転換すれば排ガス低減に大きく貢献すると予想



資料: ヒュンデモーターカンパニー

欧州環境局によると鉱山業を含む建設セクターは世界の最終エネルギー消費の36%、エネルギー関連のCO<sub>2</sub>排出量の39%を占める(2017年)。鉱山採掘場のダンプトラックの重量は220トン、1時間に134リットルのディーゼルを消費している。現場で再生可能エネルギーから水素燃料を製造でき、高い運転頻度に対応する性能が求められるような鉱山のダンプトラックや採削機、農場のトラクターなどには、燃料電池自動車(FCV)が最も適しており、導入により工業や農業セクターの脱炭素化が促進される。ちなみにWPICのメンバー企業であるアングロ・アメリカン・プラチナムは南アフリカのモガラクエナ・プラチナ鉱山で燃料電池鉱山トラックの試運転を行っており、アングロ・アメリカンは、アングロ・アメリカン・プラチナムが所有する鉱山トラックを含む400台余りを、2034年までに燃料電池トラックにする目標を立てている。

今回のレポートには含まれないが、燃料電池は建設や鉄道輸送セクターにも使われている

さらに世界中の多くの国々で、現在ディーゼル機関車が走っている電動化が困難な僻地や支線で燃料電池列車の試運転が行われている。

図17. アングロ・アメリカン・プラチナムの鉱山ダンプトラック



資料: アングロ・アメリカン

図18. 燃料電池バスは大型車のカテゴリーに入る



資料: バラード

最後に、燃料電池自動車の航続距離と燃料補給の利点を活用できる分野として、規模は小さいがカーレースがある。ル・マン 24 時間レースでは燃料電池自動車の促進を目的に、2024 年から燃料電池自動車のカテゴリが始まることになっており、各社の試作車は既に開発後期に入っている。

## 燃料電池自動車の生産予想

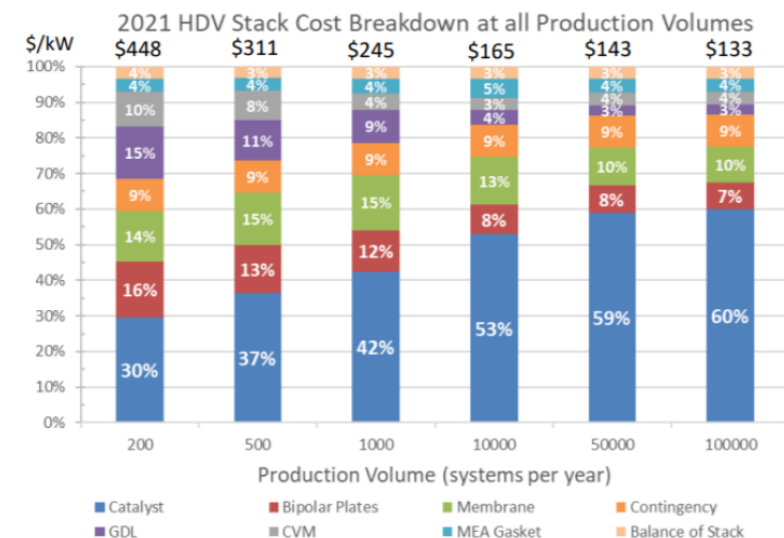
燃料電池自動車が普及スピードを予測するのは容易なことではない。というのは既に指摘したように、水素経済に対する支援は数も多く増えてもいるが、実際の行動によって意欲的な目標を直ぐに達成することは困難だからである。また燃料電池自動車の利点を最も活用できるセクターは小型商用車と大型車でありながら、現在開発が最も進んでいるのは、普通乗用車のセクターであるという事実もある。

我々が入手可能なデータは今までの普通乗用車の燃料電池自動車生産台数と大手メーカー数社の生産目標であるが、これら将来の燃料電池自動車が公道を走ることになるのか、それ以外の道路を走るのか、あるいは単に統計上の数字となるのかどうかは、往々にして明確ではない。

例えばヒュンデは現在、燃料電池を年間 2 万 3000 ユニット生産できる設備を持っているが、2023 年終わりまでにさらに 5 万ユニット規模の工場を二つ建設予定で、これにより年間 12 万 3000 ユニットを目指し、さらに 2030 年までにはそれを 70 万ユニットに増やすとしている（燃料電池自動車生産目標は 50 万台）。これら全てに Nexo (ヒュンデの燃料電池自動車) の燃料電池に使われているプラチナ触媒が使われると仮定すると、年間 12 万 3000 ユニットの燃料電池はプラチナの年間需要 5.4 トン、70 万ユニットだとプラチナ需要 31.1 トンとなる。しかし現実的には、それまでにキロワット毎に使用されるプラチナ触媒の量は節減されているだろう。

燃料電池自動車のシステムコストを内燃機関と同等にするためには、燃料電池の生産量を増やし、量産化によるコスト低減を達成することが鍵である。米エネルギー省によると、下図のように燃料電池生産量が年間 1000 ユニットから 10 万ユニットに増えるとコストはほとんど半減する。

図19. 量産化による燃料電池システムコストの低減



資料: 米エネルギー省/Strategic Analysis Inc., IDTechEX

ヒュンデは最も積極的な FCEV 生産計画を掲げ、2030 年までに年間 70 万ユニットの燃料電池を生産

量産化による燃料電池のコスト低減が鍵



このようなことから、今回我々は二つのシナリオを検討した。一つ目は優遇策シナリオで、政府や地方行政による補助金や法令による目標など燃料電池自動車の普及が後押しされるケース。二つ目は販売促進シナリオで、政府や地方行政がインフラ敷設の大部分と燃料電池自動車・水素製造の量産を主導し、それによって適正な価格と利便性を踏まえた広範な普及促進が可能となるケースである。

### 燃料電池自動車の生産予測

最初に強調しておきたいのは、地域毎の燃料電池自動車の我々の予測は、販売高ではなく生産台数に基づいていることである。これは特に北米の場合に重要な点で、例えばカリフォルニア州の普通乗用車の燃料電池自動車の販売台数は世界的に見ても多いが、そのほとんどがアジアで生産されている。逆に米国は大型車の燃料電池自動車の重要な生産拠点となりえるが、連邦政府レベルの水素政策は一貫性を欠いているため、優遇策シナリオにおける米国の生産予測は保守的なものとなっている。

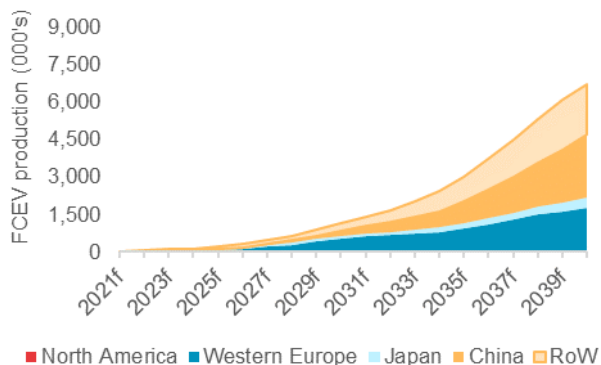
地域毎の予測は販売台数ではなく生産台数に基づく

### 普通乗用車の燃料電池自動車生産のシナリオ

優遇策シナリオでは普通乗用車生産(LV)は中国が牽引、続いて半分以上が輸出用となる韓国、そして最後に欧州となる。年間生産台数は2024年には20万台、2030年には200万台を超える。現在市販されている燃料電池自動車は普通乗用車セクターで最も多いため、普及率も小型商用車と大型車を上回る。従って販売促進シナリオでは増加はあるものの、それほど目立つ伸びではない。

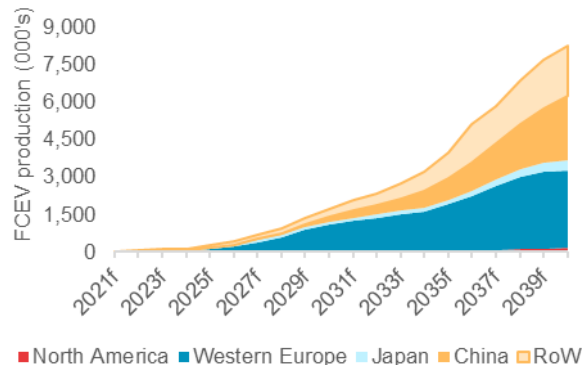
地域の水素ステーションの増加には、大型車のFCEVの普及よりも普通乗用車のFCEV普及の方が重要

図20. 優遇策シナリオのLV FCEV 生産は韓国、欧州、中国がほとんどを占める



資料: WPIC リサーチ

図21. 販売促進シナリオのLV FCEV 生産は欧州と北米でより増加



資料: WPIC リサーチ

### 小型商用車の燃料電池自動車の生産の予想シナリオ

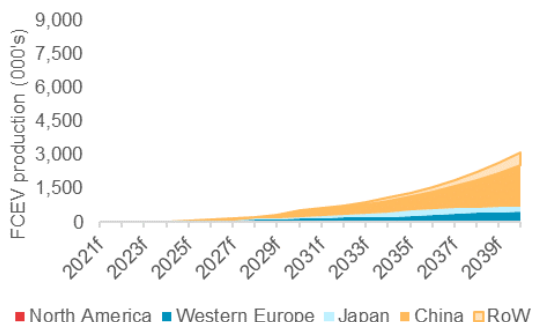
小型商用車(LCV)の生産台数(図22)は、優遇策シナリオでは中国と韓国が主流を占め、販売促進シナリオでは他の地域の伸びが若干それに加わる。普通乗用車と小型商用車の燃料電池の駆動システムは互換性が高いことから、もしも自動車メーカーがどちらかを優先しなければならなくなった場合には、小型商用車の見通しはプラスにもマイナスにも大きく動く可能性がある。

FCEVの成長は中国と韓国が牽引

燃料電池が違う車両クラスでも使えるような設計になれば、この最後の点は大型車にも当てはまるが、実際にトヨタはMIRAIの燃料電池を二つ使い、日野自動車のトラックに搭載して試験を行なっている。

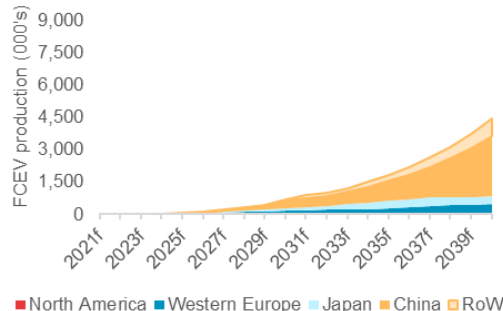
さらに、大型車の燃料電池自動車の普及が進めば、他の車両クラス、特に普通乗用車の需要を食い潰す可能性もあり、そうなれば普通乗用車の需要は減り、大型車の需要が増える。

図 22. 優遇策シナリオの LCV FCEV 生産の大部分は中国で、北米を除いた他の地域はほぼ同じ



資料: WPIC リサーチ

図 23. 販売促進シナリオでも LCV FCEV 生産は中国が主流だが、他の地域の生産も増える



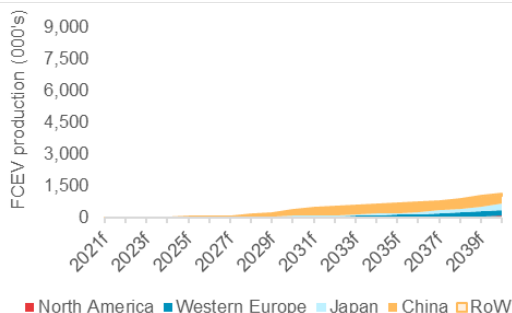
資料: WPIC リサーチ

### 大型車の燃料電池自動車の生産の予想シナリオ

大型車 (HD) の優遇策シナリオでは、何をおいても中国が目立ち、特に専用の水素ステーションを敷設できるバスが中心となる。中国は最も積極的な水素ステーション増設計画を立てており、広い国でありながらも具体的な交通網に沿った充実した燃料補給インフラネットワークが大型車輸送と物流を支える。他の地域も伸びる可能性があるが、目立つ増加は販売促進シナリオの初期における北米のみである。

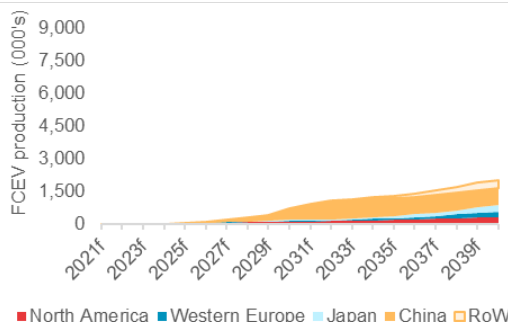
政策の枠組みに一貫性を欠く米国は FCEV 生産では主流ではないが、カリフォルニア州は FCEV 輸入では一大市場

図 24. 優遇策シナリオの HD FCEV は中国が主流で続いて欧州と日本



資料: WPIC リサーチ

図 25. HD の販売促進シナリオでも中国が大部分だが、韓国と北米の生産高も大幅に増える



資料: WPIC リサーチ

### 燃料電池自動車の普及率は消極的な見積もりでも低いまま

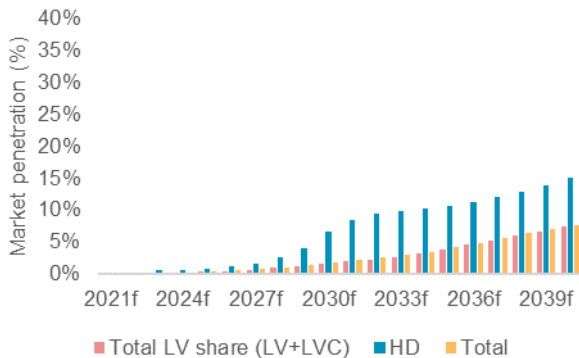
燃料電池自動車の伸び率は、ほんの少しの後押しが長期間にわたる効果を表すいい例と言える。成長の度合いはどちらのシナリオでもほとんど変わらないが、年平均成長率は現在の低いベースから 2030 年までは 50% を少し超え、その後は 20% 以下に落ち着く。しかし普及率は比較的低いままで、優遇策シナリオでは、2030 年は普通乗用車と小型商用車合わせて 2%、2030 年代後半に 8%。販売促進シナリオでは、2030 年は 3%、2030 年代後半に 11% に増える。伸び率は高いように見えるが、過去 10 年間のバッテリー電気自動車の成長率とほぼ同じパターンである。

FCEV の年平均成長率は過去 10 年間の BEV に似ている

大型車の燃料電池自動車の普及率は他のセクターよりもかなり高く、優遇策シナリオでは2030年までに8%、2030年代後半には15%を超え、販売促進シナリオでは2040年までに40%近くにまで増える。個々のマーケットでは、燃料電池自動車の普及率は他の駆動方式技術に対して飽和状態になる時期があると考えられる。そうなればその地域の飽和状態になった時期と水素ステーションの数により、生産は段階的なものになる。

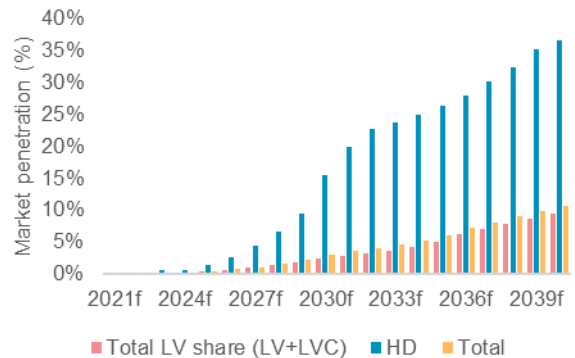
普通乗用車と小型商用車の燃料電池自動車の普及率は比較的低いままだが、大型車では40%にまで伸びる

図 26. HD FCEV 普及率は優遇策シナリオでは約 15% に…



資料: WPIIC リサーチ

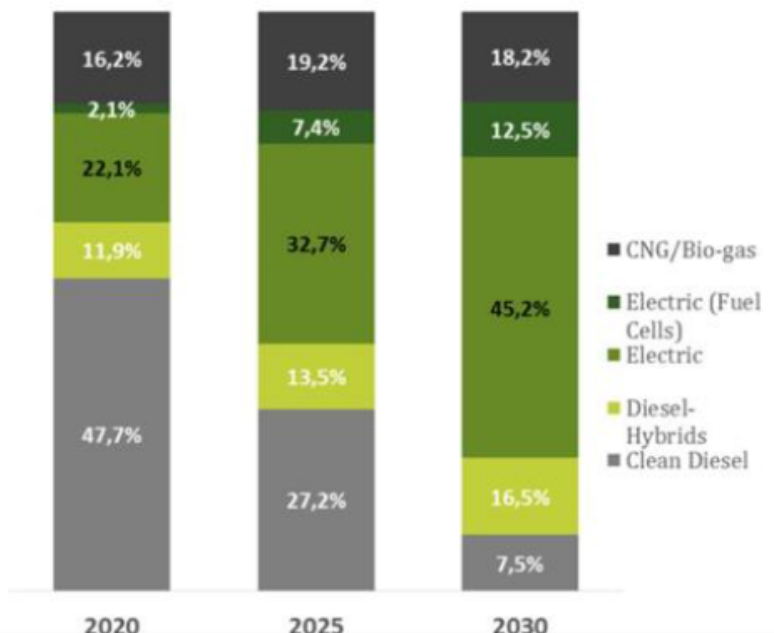
図 27. …しかし販売促進シナリオでは、ほぼ 40% にまで増え、微増の LV と LCV FCEV と対照的



資料: WPIIC リサーチ

我々の普及予測率の裏付けとして、例えば欧州最大のバスメーカー、ポーランドの Solaris 社は、2030年までに燃料電池バスは欧州の都市を走るバスの 12.5% を占めるまでになるとしていることを挙げておく。

図 28. Solaris 社は 2030 年までに欧州のバスの 12.5% は燃料電池バスになると予測



資料: Solaris Bus and Coach, IDTechEX

## 燃料電池自動車の需要見通し

### 出力とプラチナ使用量

燃料電池自動車のプラチナ需要を検討する上で、生産台数の次に重要な要素は、燃料電池の出力と燃料電池に使われるプラチナ触媒の量である。一般的に大型車の方が普通乗用車と小型商用車よりも多くのプラチナを使うが、それは運転頻度が高いために燃料などの不純物による触媒の劣化の可能性が高いからである。我々は大型車のプラチナ触媒は約 0.53g/kW、普通乗用車と小型商用車には 0.18g/kW から 0.13g/kW のプラチナが使われていると推測している。

自動車の浄化触媒装置同様に、PEM 燃料電池でもプラチナの使用量を削減するための研究開発が行われており、米エネルギー省が目標としている 2030 年までに 0.10g/kW というのは達成可能のようだ。我々は普通乗用車の使用量は 2030 年までに 0.10g/kW、その 10 年後にはさらに 0.08g/kW にまで削減され、大型車に関しては同じ期間に 0.25g/kW まで減るだろうと考えている。

### バッテリー容量とのトレードオフ

既に述べたように燃料電池自動車は、燃料電池の他に補機バッテリーも搭載している。このことは、今の燃料電池の出力は比較可能な内燃機関車よりも大幅に小さいことを意味している。最大出力時には電気モーターは燃料電池とバッテリーの両方の電力を使い、そうでない時は燃料電池がモーターを動かすと同時に余剰電力でバッテリーの充電も行う。

そしてこれは燃料電池とバッテリーの間には大きさのトレードオフがあることを意味する。常に車を走行させる場合は、電気モーターを駆動する電力を燃料電池がほとんど担うため、燃料電池はそれなりの大きさが必要で、補機バッテリーは比較的小さくなる。逆に燃料電池が航続距離延長装置として扱われるとその大きさは小さくなり、ほとんどバッテリー電気自動車のような燃料電池自動車となる。後者の例として、中国の燃料電池バスは 30kW の燃料電池と大型バッテリーを搭載している。一方で、欧州のバス（一階建）は 70kW から 100kW の燃料電池と 30kWh から 45kWh のバッテリーを搭載している。欧州の典型的な一階建ディーゼルバスの出力は 220kW から 260kW だが、この差は電気モーターの瞬時トルクによる。

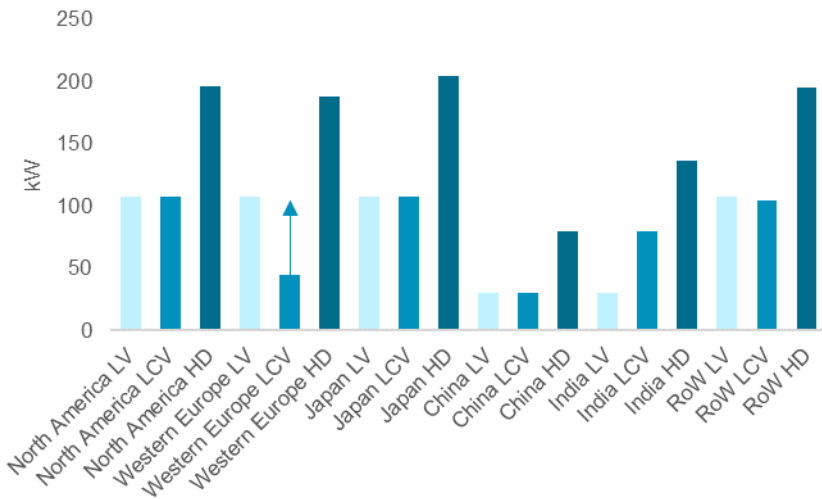
燃料電池とバッテリーの大きさの違いは、今の内燃機関の排気容量に地域差が見られるのと同様、地域による違いが大きいと思われる（例えば中国車のエンジン排気容量は同じような米国車よりも小さい）。しかし我々は、今、小型の燃料電池と大型バッテリーを組み合わせて使っている地域も、徐々に燃料電池の方がより大きくなると予想しており、欧州の各メーカーの燃料電池にこの傾向が現れている。例えばステランティスの小型商用車は 45kW の Symbio 製の燃料電池を使っているが、Symbio は積載量を増やすために燃料電池とバッテリーの大きさのバランスを変え、近い将来、より大型の燃料電池を製造する予定だ。水素ステーションが比較的少ない今は、水素ステーションがあれば水素を補充しながらも、基本的には燃料電池を航続距離延長装置として使う方法には利点もあるが、水素ステーションが増えるにつれ、このバランスも変化していくだろう。

技術向上によって走行距離が延びて水素の純度が上がれば、燃料電池のプラチナ使用量が削減されるのは、不純物はプラチナ触媒の劣化を招くからだ

特に小型商用車と大型車に使われる燃料電池は徐々に大型になるだろう

燃料電池とバッテリーの出力の大きさのバランスには地域差がある

図 29. 地域別、車両タイプ別、FCEV 一台毎の推定平均出力

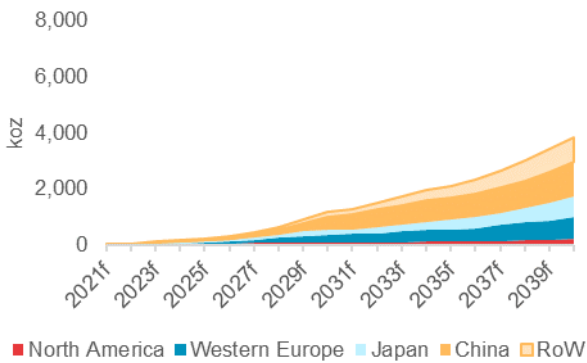


資料: WPIIC リサーチ

## 燃料電池自動車のプラチナ需要予想

燃料電池自動車の生産予測、燃料電池の出力傾向、プラチナ触媒の使用量、この全てを考慮すると以下のようなプラチナ需要の見通しが立つ。どちらのシナリオでも燃料電池自動車の普及初期のプラチナ需要は非常に少なく、2024 年に韓国で大規模な燃料電池生産施設が完成して初めて本格的な需要が現れる。しかし時間と共に需要は伸び、優遇策シナリオでは 2030 年までに年間 31.1 トン、2040 年までに 124.4 トンに達する。販売促進シナリオでも初期の需要増パターンは似ているが、2028 年までに年間 40.4 トン、2040 年までには約 208.4 トンに増える。

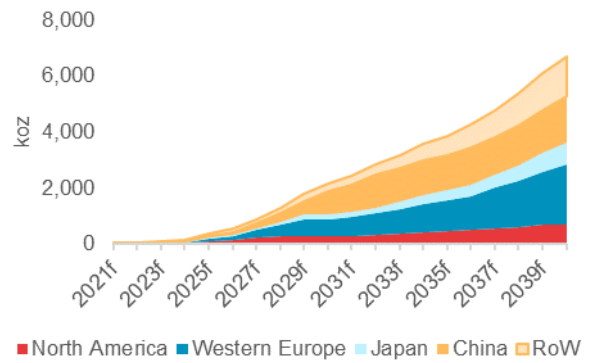
図 30. 優遇策シナリオでは FCEV のプラチナ需要は 2030 年までに 31.1 トン以上に、2040 年までに約 124.4 トンになる



資料: WPIIC リサーチ

FCEV のプラチナ需要は優遇策シナリオだけでも 2030 年までに 31.1 トン。参考までに現在の鉱山のプラチナ供給は、約 189.7 トン

図 31. プラチナ触媒使用量が多い HD FCEV は販売促進シナリオでは高い普及率を誇るおかげで、プラチナ需要は大幅に増加



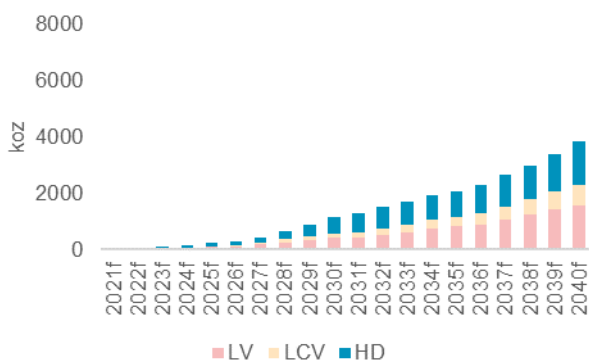
資料: WPIIC リサーチ

車両タイプによる需要の違いに関しては、普通乗用車と小型商用車を合わせた需要と大型車の需要は、優遇策シナリオではほぼ同等。大型車の燃料電池自動車の普及が進む販売促進シナリオでは、大型車の方がプラチナ触媒の使用量が多いことから、大型車のプラチナ需要は普通乗用車と小型商用車を合わせたプラチナ需要を大きく超えることになる。

車両タイプによるプラチナ需要は変わりうるが、燃料電池生産の見通しは比較的確実

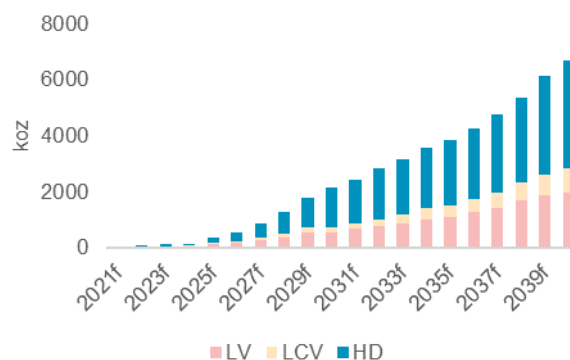
しかし、既に述べたように燃料電池は異なるプラットフォームと車両タイプに対して柔軟性があり、この三つの要素のバランスは変わる可能性もある。とはいえ、燃料電池生産とそれがもたらすプラチナ需要の見通しは大きく変化しないと思われる。

図 32. 優遇策シナリオでは FCEV のプラチナ需要は 2030 年までに 31.1 トン以上に、2040 年までに約 124.4 トンになる



資料: WPIC リサーチ

図 33. プラチナ触媒使用量が多い HD FCEV は販売促進シナリオでは高い普及率を誇るおかげで、プラチナ需要は大幅に増加



資料: WPIC リサーチ

## 内燃機関と比べた燃料電池自動車の見通し

比較のために述べると、2022 年の自動車触媒のプラチナ需要予測は 97.3 トンである。

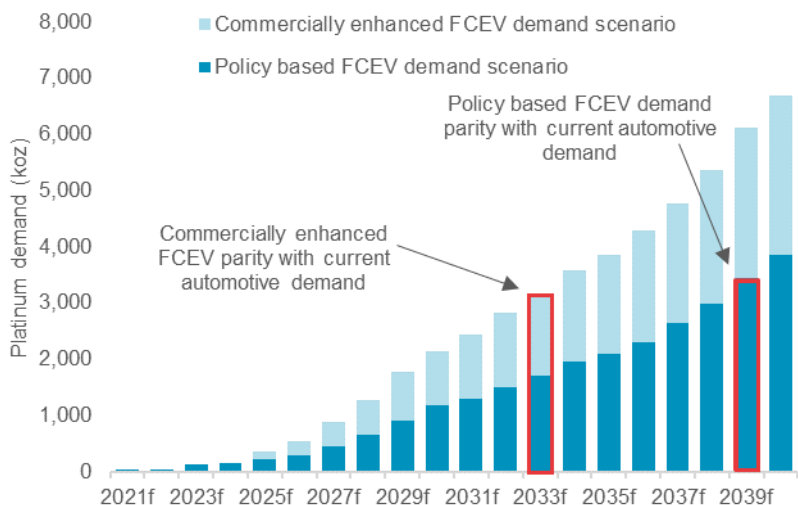
優遇策シナリオの燃料電池自動車の年間プラチナ需要は、2039 年にこの 2022 年レベルを超える。内燃機関の終わりの到来が語られて久しいが、我々は電力網への負担と経済的な観点からそれは現実的ではなく、排ガス規制が引き続き強化されることで、内燃機関は今後も長い期間にわたって自動車の駆動方式の重要な一部であり続けると考えている。それにも関わらず、燃料電池自動車のプラチナ需要は優遇策シナリオですら、内燃機関車の現在のプラチナ需要を超え、プラチナ需要を大きく底上げするまでになる。我々はこの点については今後の『プラチナ投資のエッセンス』にて具体的に検討するつもりである。

FCEV のプラチナ需要は、2023 年にも自動車の現在のプラチナ需要に匹敵する可能性

販売促進シナリオでは、燃料電池自動車のプラチナ需要は 2032 年までに 2022 年の自動車のプラチナ需要予測に追いつく。これは非常に大きな増加を意味しており、プラチナ需要全体が供給の伸びの限界に近づくことになる。これに対し鉱山会社は綿密な計画を立てる必要があるが、10 年後の需要を満たすための投資判断を今行うことは容易ではない。宝飾品需要、工業需要を多少犠牲にする必要があるかもしれないし、我々の推定以上に燃料電池触媒のプラチナ量を節減しなければならない可能性もある。また現時点では、今回の分析は燃料電池の需要のみを対象にしており、グリーン水素を製造するための PEM 電解装置、列車輸送や海運輸

送に使われる燃料電池、定置型燃料電池の需要の可能性は考慮していないことを再度指摘しておきたい。実際これらの需要も無視できない量になるかもしれないからである。

図 34. FCEV のプラチナ需要



資料: WPIIC リサーチ

## 結論

実際問題として今や重要なのはバッテリー電気自動車か燃料電池自動車かと言う選択ではない。地球全体の脱炭素化は想像を超える大変な作業で低カーボン技術の一つや二つでは解決不可能だ。我々の持つ技術全てを使わなければならないのである。従って将来も、今、ライフスタイルや運転頻度などの違いに基づいてガソリン車を好むユーザーもいればディーゼル車を支持するユーザーがいるように、バッテリー電気自動車と燃料電池自動車はどちらも受け入れられるだろう。

我々のどちらのシナリオでも燃料電池自動車のプラチナ需要は、初めは比較的少ない需要にとどまるが、2020年代後半からは早いスピードで高いレベルまで増える。繰り返しになるが、この需要にはグリーン水素製造用の PEM 電解装置、建設、列車輸送や海運輸送に使われる燃料電池、定置用燃料電池のプラチナ需要は含まれておらず、これらの需要も無視できない量になる可能性は大いにある。燃料電池自動車の伸びは現在の低い水準からのスタートになるが、予想される普及率と車両数は、2012年以降と2030年までのバッテリー電気自動車のそれに非常に似ており合理的な数字と言える。また今回の分析に含まれていないもう一つの点は、燃料電池自動車のプラチナ需要の伸びと内燃機関のプラチナ需要の見通しの関連性である。内燃機関は2030年代に入っても世界の自動車の駆動方式の主流だろうが、プラチナ需要の観点から言えば、内燃機関車の生産台数は減るが、排ガス規制の強化に伴うプラチナ触媒の使用量の増加と、パラジウムに代わって使われるプラチナが増えることで生産台数の減少による需要減は相殺されるだろう。内燃機関の排ガス規制に必要なプラチナと、それに加わる燃料電池自動車のプラチナ需要 93.3 トンで、プラチナは供給が増えなければ不足となり、それが燃料電池自動車の成長を妨げることになりかねない(今後十年の間にバッテリーの原材料の供給が限界に達し、それがバッテリー電気自動車の成長率の妨げになりうるのと同様だ)。しかし、今現在確認されているプラチナの在庫と資

*BEV と FCEV は交通の脱炭素化にそれぞれの役割がある*

*FCEV のプラチナ需要は自動車触媒の現在のプラチナ需要を超える可能性があり、そうなれば今後 11 年間で 93.3 トンの需要が自動車のプラチナ年間需要量に上乗せ*

源は十分にあり、需要増に合わせて時間をかけて生産を拡大することも可能だ。プラチナの希少性がPGM バスケットの高価格を支え、それが鉱山生産（2022年の予測約189.7トンから）の増加を可能にする。そして世界各国で助成金を伴う水素支援政策も今後急増する。これらが相乗効果となって脱炭素化に重要な燃料電池技術のさらなる発展につながるだろう。

### プラチナ投資拡大を目指す WPIC

ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシル（WPIC）は、具体的な情報提供と指標を持ってプラチナ投資を促進することを目的として、2014年に南アフリカの主要PGM 鉱山会社各社によって設立された。我々は投資家に正確な判断材料となる情報として『プラチナ四半期レポート』、月刊『プラチナ展望』、及び『プラチナ投資のエッセンス』を提供している。また投資家、生産者、経路、地理など全ての面からプラチナ投資のバリューチェーンを分析し、市場の効率を上げ、あらゆるタイプの投資家のために、投資に見合った商品を提供できるようパートナー各社とともに努力を重ねている。



**免責条項:** 当出版物は一般的なもので、唯一の目的は知識を提供することである。当出版物の発行者、ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルは、世界の主要なプラチナ生産会社によってプラチナ投資需要発展のために設立されたものである。その使命は、それによって行動を起こすことができるような見識と投資家向けの商品開発を通じて現物プラチナに対する投資需要を喚起すること、プラチナ投資家の判断材料となりうる信頼性の高い情報を提供すること、そして金融機関と市場参加者らと協力して投資家が必要とする商品や情報ルートを提供することである。

当出版物は有価証券の売買を提案または勧誘するものではなく、またそのような提案または勧誘とみなされるべきものでもない。当出版物によって、出版者はそれが明示されているか示唆されているかにかかわらず、有価証券あるいは商品取引の注文を発注、手配、助言、仲介、奨励する意図はない。当出版物は税務、法務、投資に関する助言を提案する意図はなく、当出版物のいかなる部分も投資商品及び有価証券の購入及び売却、投資戦略あるいは取引を推薦するものとみなされるべきでない。発行者はブローカー・ディーラーでも、また2000年金融サービス市場法、Senior Managers and Certifications Regime 及び金融行動監視機構を含むアメリカ合衆国及びイギリス連邦の法律に登録された投資アドバイザーでもなく、及びそのようなものと称していることもない。

当出版物は特定の投資家を対象とした、あるいは特定の投資家のための専有的な投資アドバイスではなく、またそのようなものとみなされるべきではない。どのような投資も専門の投資アドバイザーに助言を求めた上でなされるべきである。いかなる投資、投資戦略、あるいは関連した取引もそれが適切であるかどうかの判断は個人の投資目的、経済的環境、及びリスク許容度に基づいて個々人の責任でなされるべきである。具体的なビジネス、法務、税務上の状況に関してはビジネス、法務、税務及び会計アドバイザーに助言を求めべきである。

当出版物は信頼できる情報に基づいているが、出版者が情報の正確性及び完全性を保証するものではない。当出版物は業界の継続的な成長予測に関する供述を含む、将来の予測に言及している。出版者は当出版物に含まれる、過去の情報以外の全ての予測は、実際の結果に影響を与えるリスクと不確定要素を伴うことを認識しているが、出版者は、当出版物の情報に起因して生じるいかなる損失あるいは損害に関して、一切の責任を負わないものとする。ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルのロゴ、商標、及びトレードマークは全てワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシルに帰属する。当出版物に掲載されているその他の商標はそれぞれの商標登録者に帰属する。発行者は明記されていない限り商標登録者とは一切提携、連結、関連しておらず、また明記されていない限り商標登録者から支援や承認を受けていることはなく、また商標登録者によって設立されたものではない発行者によって非当事者商標に対するいかなる権利の請求も行われぬ。

## WPIC のリサーチと第2次金融商品市場指令 (MiFID II)

ワールド・プラチナ・インベストメント・カウンシル(以下 WPIC) は第2次金融商品市場指令に対応するために出版物と提供するサービスに関して内部及び外部による再調査を行った。その結果として、我々のリサーチサービスの利用者とそのコンプライアンス部及び法務部に対して以下の報告を行う。

WPIC のリサーチは明確に Minor Non-Monetary Benefit Category に分類され、全ての資産運用マネジャーに、引き続き無料で提供することができる。また WPIC リサーチは全ての投資組織で共有することができる。

1. WPIC はいかなる金融商品取引も行わない。WPIC はマーケットメイク取引、セールストレード、トレーディング、有価証券に関わるディーリングを一切行わない。(勧誘することもない。)
2. WPIC 出版物の内容は様々な手段を通じてあらゆる個人・団体に広く配布される。したがって第2次金融商品市場指令(欧州証券市場監督機構・金融行動監視機構・金融市場庁)において、Minor Non-Monetary Benefit Category に分類される。WPIC のリサーチは WPIC のウェブサイトより無料で取得することができる。WPIC のリサーチを掲載する環境へのアクセスにはいかなる承認取得も必要ない。
3. WPIC は、我々のリサーチサービスの利用者からいかなる金銭的報酬も受けることはなく、要求することもない。WPIC は機関投資家に対して、我々の無償のコンテンツを使うことに対していかなる金銭的報酬も要求しないことを明確にしている。

さらに詳細な情報は WPIC のウェブサイトを参照。

<http://www.platinuminvestment.com/investment-research/mifid-ii>

当和訳は英語原文を翻訳したもので、和訳はあくまでも便宜的なものとして提供されている。英語原文と和訳に矛盾がある場合、英語原文が優先する。