

プラチナ投資のエッセンス

水素経済の経済学を分析、プラチナ需要は有望なエンドマーケットに支えられることを確信

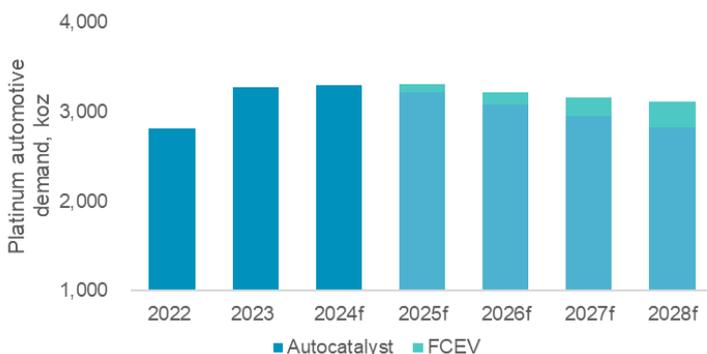
水素経済の中でプラチナ需要に貢献する最大の分野は燃料電池自動車 (FCEV)、特に大型輸送車(HD)の FCEV だ。我々は 2030 年までに水素利用によるプラチナ需要は、プラチナの年間需要の 11% (約 27.2 トン) を占めると予測しているが、その 60% 以上は燃料電池のプラチナ需要だ。FCEV の普及率はまだ低い、水電解能力の拡大によって水素の均等化コスト (LCOH) が下がれば、水素燃料価格も下がり、欧州と中国では HD-FCEV の総所有コスト (TCO) が 2030 年までにディーゼル車と対抗できるまでに下がる可能性がある (図 2)。HD-FCEV が普及すれば水素利用によるプラチナ需要が増え、減りゆく自動車触媒のプラチナ需要をほとんど補える (図 1)。つまり、2 年から 5 年先の展望として我々が示したように、自動車のプラチナ需要は将来的に大きく減少しない見通しとなる。

水素経済は予想通りの速さで発達しているとは言えず、その背景には法規制や補助金など政府の援助が不足し、水素への投資意欲に影響していることがある。しかし過去 1 年から 1 年半ほどで補助金は顕著に増えるなど状況が変わったため、我々は HD-FCEV 市場の分析を再び行うことにした。今後の HD-FCEV 市場発展の鍵であるディーゼル車に対する価格競争力に貢献するのは次の 3 点であると考える。

- メーカー各社の計画を分析すると燃料電池の生産能力を年間 24GW から、2030 年までには 91 GW に 2030 年までに増える。燃料電池の大量生産体制が整えば、FCEV の生産コストは下がり、消費者の選択肢が増える。
- 補助金で HD-FCEV の初期コストが下がり、ディーゼル燃料に比べて高い水素燃料コストの負担が下がる。
- 水電解技術の発展と生産税控除 (PTC) によって、2030 年までに LCOH は約 55% 下がる。

HD-FCEV の普及を妨げる経済的な障害が解消されれば、HD のマーケットシェアは中国と欧州を中心に 2030 年までに 5% に達する予測だ。HD-FCEV の増加でプラチナ需要は徐々に増加し、2023 年から少なくとも 2028 年までは供給が不足する予測とともにファンダメンタルズを支えプラチナ投資を有利に導くだろう。プラチナ市場の供給不足は 2025 年から 2028 年の間、年間平均で約 13.4 トン (需要の約 5%) の予測で、結果、地上在庫は縮小し、価格は上昇するだろう。

図 1. FCEV のプラチナ需要の増加がエンジン車触媒のプラチナ需要の減少を補う



出典: メタルズフォーカス (2022 年~ 2024 年予測)、それ以降は WPIC リサーチ

Edward Sterck
Director of Research
+44 203 696 8786
esterck@platinuminvestment.com

Wade Napier
Analyst
+44 203 696 8774
wnapier@platinuminvestment.com

Jacob Hayhurst-Worthington
Associate Analyst
+44 203 696 8771
jworthington@platinuminvestment.com

Brendan Clifford
Head of Institutional Distribution
+44 203 696 8778
bclifford@platinuminvestment.com

World Platinum Investment Council
www.platinuminvestment.com
Foxglove House, 166 Piccadilly
London W1J 9EF

2024 年 4 月 30 日

水素利用によるプラチナ需要は 2030 年までにプラチナ需要全体の 11% に

HD-FCEV のマーケットシェアは、欧州と中国で TOC がディーゼル車と同等になれば、2030 年までに 5% に

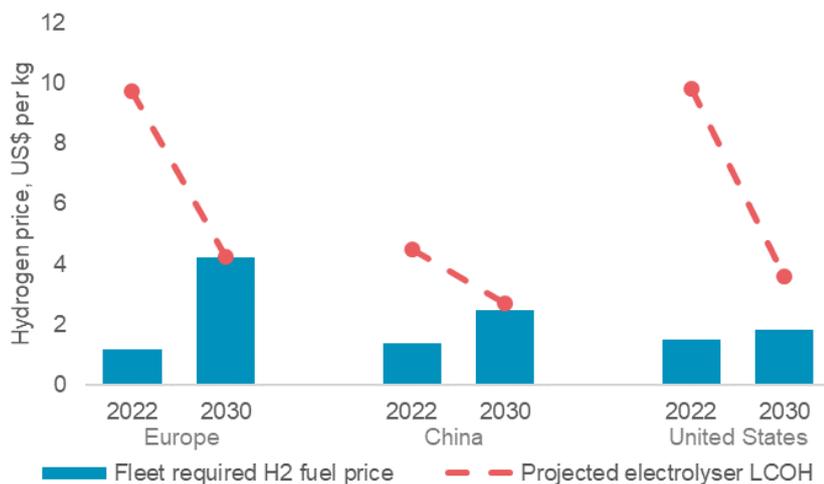
プラチナ市場は 2028 年まで供給不足
水素関連の需要増が自動車触媒需要減を補う

目次

はじめに.....	2
燃料電池の大きな役割	4
水電解装置.....	5
燃料電池.....	6
政策以外に FCEV の普及の最低条件は?.....	8
プラスの要因.....	9
マイナスの要因.....	11
欧州の TCO.....	11
中国の TCO	13
米国の TCO	15
4 ドルの水素を目指して.....	16
欧州の LCOH.....	17
中国の LCOH.....	19
北米の LCOH.....	20
結論.....	22

水素経済は 2030 年までにプラチナ
需要が約 27.2 トンになる重要な
新市場

図 2. 燃料電池自動車と水電解装置に要求される適正な水素価格が 2030 年あたり
で近づけば HD-FCEV 需要は急速に増加



出典: 国際エネルギー機関 (IEA)、各社公表データ、WPIC リサーチ

補助金と HD-FCEV 価格と水素燃料
価格が下がることで HD-FCEV の価
格競争力は 2030 年までに欧州と中
国ではディーゼル車と並ぶ。しかし
米国ではディーゼル価格が低く、補
助金が少ないため FCEV の普及は
進まず

はじめに

世界が脱炭素の目標を達成するためのエネルギー転換には数多くの技術を駆使した多角的なアプローチが必要だ。「水素経済」は、重工業、発電量の調整、運輸や交通(陸上・海上・航空)など炭素排出量を減らすことが困難な分野に対する低炭素あるいはゼロエミッションへの道筋を提供できる。水素経

済の詳細については『[水素入門](#)』（[プラチナ投資のエッセンス4月25日](#)）で既に紹介した。本稿では水素の経済的な競争力の現状と将来、そして2030年までの水素関連のプラチナ需要について、我々の見通しを紹介する。

水素関連のプラチナ需要は、2023年は 1.2トンだったが2030年には約 27.2トンに増え、年間のプラチナ需要全体の11% を占めるようになると我々は予測している（図 3）。このプラチナ需要には水電解装置による水素生産からモビリティや定置型発電機などに使われる燃料電池まで広い分野が含まれる。2030年までの水素関連のプラチナ需要のうち、水電解による需要は20% ~ 25%、燃料電池による需要は毎年増える部分のほとんどを占めるだろう。

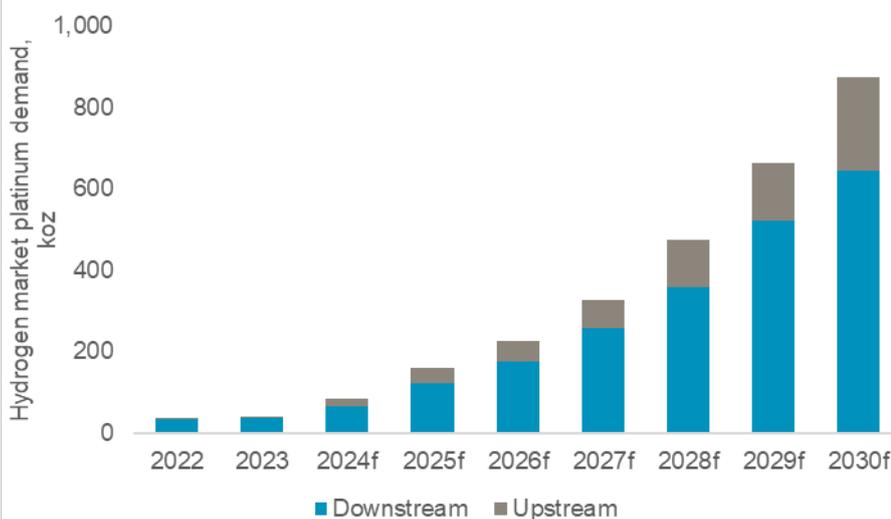
大型輸送車にとって燃料電池技術は重要な役割を果たすが、政府が定める目標には水素市場の根本的な状況を考慮する必要がある（『[プラチナ投資のエッセンス2022年3月22日](#)』参照）。当初はそれが欠けたがために、FCEVの普及が思うように進まなかったと思われる。

HD-FCEV の普及を進め、我々のプラチナ需要予測を確実にするには、以下の点が重要だと考えられる。

- **燃料電池生産能力の強化:**燃料電池の大量生産が可能になればそれを搭載する車両価格は低下することを念頭に、ボトムアップ方式で各メーカーが発表する燃料電池生産能力計画を検討した。
- **総所有コスト (TCO):** 欧州、中国、米国における、HD-FCEV のTCO をディーゼル車と比較した。グリーン水素で炭素排出量の軽減ができるとはいえ、それだけがディーゼルから水素燃料に乗り換えるきっかけにはなりにくく、HD-FCEV の TCO 自体が下がる必要がある。
- **水電解による水素の均等化コスト (LCOH)の適正化:** 水電解による水素の生産計画で、HD-FCEV の TCO がディーゼル車と同等になるだけの低価格水素を提供でき、かつ投資に対するリターンが得られるかを検討した。

HD-FCEV は価格でディーゼル車と競争できなければマーケットシェアを広げられない

図 3. 水素関連のプラチナ需要は、2020 年代終わりまでに年間 27.2 トンに達する



出典: 国際エネルギー機関 (IEA)、各社公表データ、WPIC リサーチ

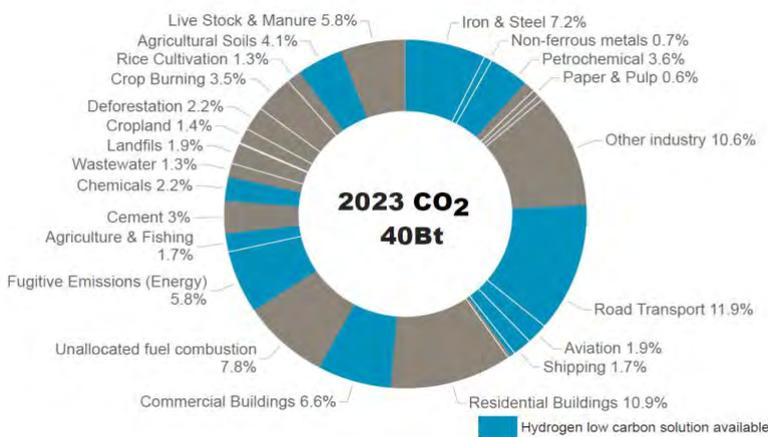
燃料電池の大きな役割

エネルギー転換は多くが関係しあう複雑なプロセスで、一つの技術だけでは脱炭素化の目標を達成することはできない。再生可能エネルギー、バッテリー、バイオマス、グリーン水素といったグリーンテクノロジーは互いに競争しあう技術ではなく、むしろ炭素排出量を減らすという共通の目標のために互いを補完し合う技術と見るべきだ。水素協議会によると、水素経済によって脱炭素化が可能な産業は、世界の二酸化炭素(CO₂) 排出量の 20% に上る(図 4)。では水素経済とは何か？

水素経済は川の流りに例えて上流、中流、下流の領域に分けられる。上流は水素を生産する領域で、現在は炭素排出量が多い水蒸気改質(SMR) が用いられることが多い。SMR で生産された水素はグレー水素だがブルー水素やグリーン水素に転換する動きが出ている。ブルー水素は二酸化炭素回収と貯留(CCUS) 技術と SMR を使い、グレー水素に比べて約 60% から 99% も炭素排出量を減らすことができる。

ブルー水素とグリーン水素は炭素排出量の軽減が困難な分野の脱炭素化を促進

図 4. 水素は 2023 年の世界の CO₂ 排出量の 20% を占める産業を脱炭素化できる



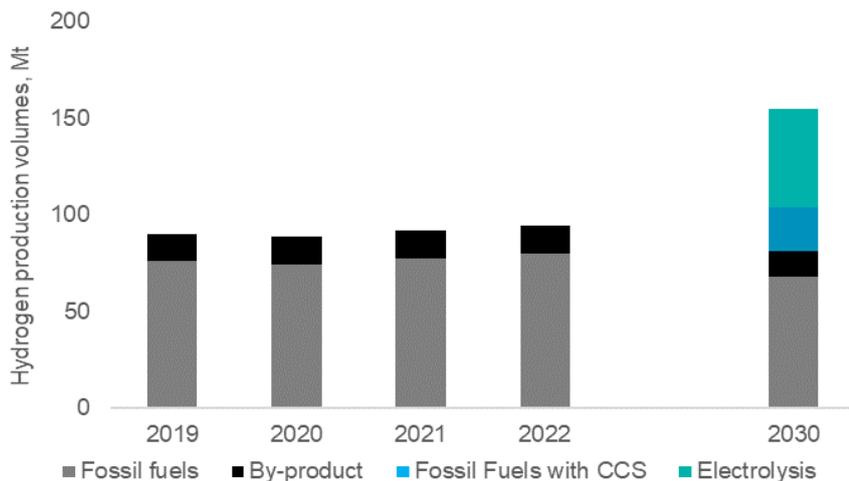
規模の大きい既存の水素市場は、低炭素水素生産者にとって手早く需要開拓ができる機会

出典: Our World in Data (英オックスフォード大学)、WPIC リサーチ

グリーン水素は再エネを使い、水を水素と酸素に電解して生産されるゼロエミッションエネルギーで、商業化されている水電解技術の主流には アルカリ水電解と固体高分子膜 (PEM)電解の二つがある。

2022年から 2030年の間に生産される水素は年間 6% 増える予測だが、新たに増える分の水素生産は低炭素技術によるべきで、ブルー水素とグリーン水素の新たな市場が確立される必要がある(図 5)。

図 5. 既存の水素生産は石炭ガス化や水蒸気改質 (SMR) など化石燃料に頼っているが、水電解や CCS による低炭素生産は 2030 年までに約 50% のマーケットシェアを占めるようになるだろう。



出典: IEA、WPIC リサーチ

水電解装置

PEM型水電解装置の電解質膜にはPGM（プラチナとイリジウム）が触媒としてコーティングされている。プラチナの需要は既存の工業利用同様にリサイクルとの差引で表され、大部分は新たな生産工場のプラチナ需要と停止される工場が廃棄するプラチナの正味となる。IEA、リサーチ会社The Orange Group、そして我々独自のデータを組み合わせて、2030年までの水電解能力を推定した結果、2023年の水電解能力は6 GW だが、2030年まで毎年で66% 増え、212 GWになる見込み。

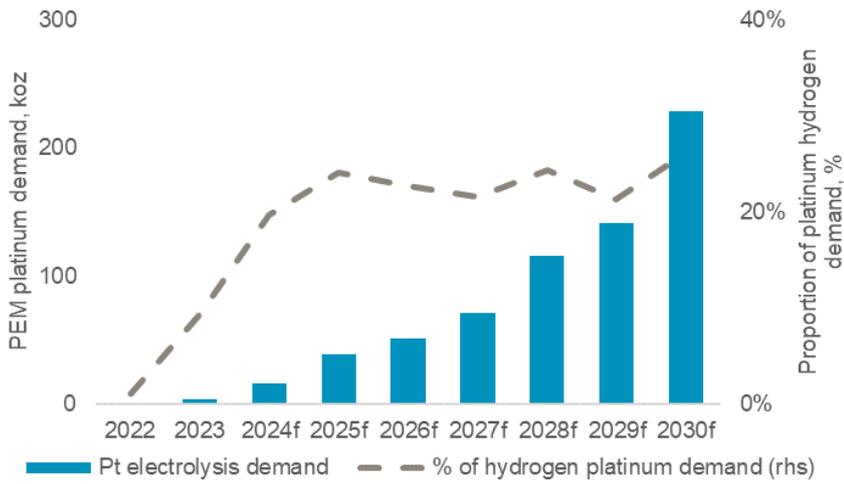
PEM 型水電解装置は2030年には電解装置の 38% のシェアを占める予測だ。アルカリ水電解装置にプラチナ触媒を使うケースも出てきているが、どれだけ広まるかは未知数であり、今の時点では我々の需要モデル分析に含まれない。今後アルカリ水電解装置にプラチナ触媒が広く使われるようになれば、我々のシナリオ予測のベースを上方修正する必要があるだろう。

PEM 型水電解装置によるプラチナ需要は、2023年は0.1トン、2030年には7.1トンに増える予測(図 6)だが、それを支えるのはPEM 型水電解装置能力が拡大するタイミングだ。運転開始予定間近の PEM 型水電解装置プロジェクトが多いおかげで水素関連のプラチナ需要は2年間で急増し、2025年には需要全体の 20% から 25% になるだろう。しかし、水素経済の下流で燃料電池自動車などの普及が進めば、PEM 型水電解装置のプラチナ需要の割合がそれ以上増えることはないと考えられる。

PEM 型水電解は水電解装置市場のマーケットシェア 38% になる予測

水電解装置に関連するプラチナ需要はグリーン水素プロジェクトが始まる初期は変動が大きい

図 6. PEM 型水電解装置は水素関連のプラチナ需要の一定量（20%～25%）を占めるようになる。



出典: IEA、The orange group、WPIC リサーチ

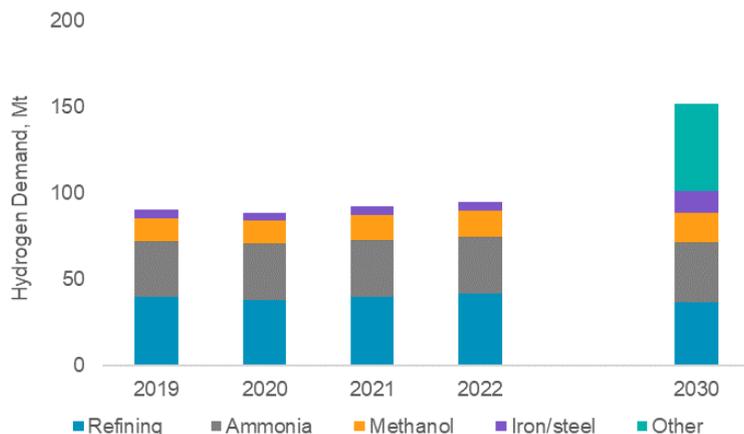
燃料電池のエンドユーザー市場は陸・海・空のモビリティと定置型発電機を含む

燃料電池

水素経済の下流とは水素を利用する領域で、現在はグレー水素とブラック水素が石油精製、肥料生産、その他の化学製品の工業過程に使われている。これらのセクターはブルー水素やグリーン水素を使って脱炭素化を進めなければならないのはもちろんだが、低炭素水素を利用した新たな利用分野が出現していることにも注目が必要だ。今日の水素消費量は約 95 Mtpa だが、これは2030年までに 150 Mtpa に増える予測で（年間成長率6%）、その増加分はクリーンな水素を利用して脱炭素目標を達成できる新しい利用分野が占める（図 7）。この新しい分野では固体高分子形燃料電池が長期間にわたってプラチナ需要を生み出すことになるだろう。

燃料電池は水素と空気中の酸素を電気化学反応によって発電させる技術で、排出するのは水蒸気のみだ。燃料電池によるプラチナ需要は、2023年は 1.1 トンだが、2030年には 20.1 トンに増え（年間成長率51%）、水素関連のプラチナ需要の約75% を占めると予測している。

図 7. 水素の需要は 2022 年から 2030 年の間、新しい（“その他 other”）水素経済の消費で年間 6% 増える。



出典: IEA、WPIC リサーチ

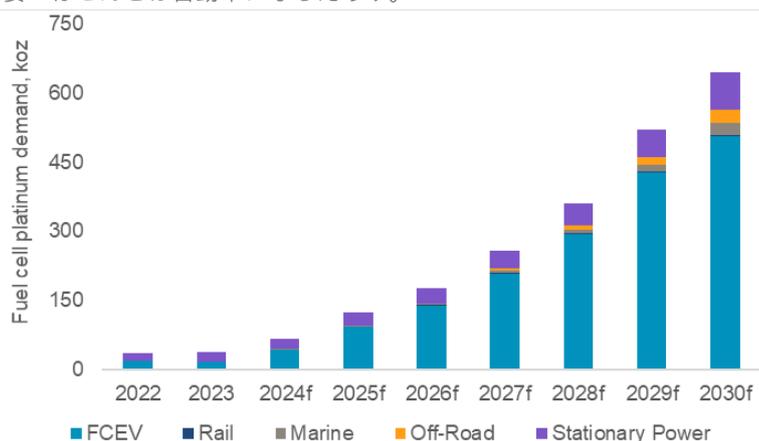
燃料電池自動車はエンジン車とバッテリー電気自動車の両方の特徴を持つ。燃料電池は単純に言えば部品であり、メーカーは同じ製造工程で生産した燃料電池を多種多様な分野に供給している。普通乗用車ならば燃料電池は単体で、大型輸送車ならば複数使うということになる。燃料電池はまた送配電網に繋がれていない発電機や予備用発電機としても使える。

燃料電池のプラチナ需要は 2030 年までに 18.7 トンを上回る予測

多種多様な分野に供給できるという点では、燃料電池メーカーは需要がまだ少ない時期でも大量生産体制を整えることができるため、燃料電池はこれから鉄道や海運など幅広い分野のモビリティを支える可能性を持っている。燃料電池の飛行機は試験機が完成したばかりだが、2020年代終わりにかけて乗客を乗せて飛ぶ燃料電池の航空機が実現するかもしれない。ディーゼルの定置型発電機やマイクログリッドの新たな電源としても燃料電池が利用されるだろう。

これらの分野はまだ開発の初期段階にあるため、我々のモデル分析は自動車産業と FCEV に絞っている。我々は2030年までにFCEV は燃料電池のプラチナ需要の大部分、約 80% を占めるようになると予測している (図 8)。

図 8. 技術開発が進んでいることと市場の大きさから、燃料電池のプラチナ需要のほとんどは自動車になるだろう。



出典: WPIC リサーチ

交通網の脱炭素化にはバッテリーと燃料電池の両方の技術が必要

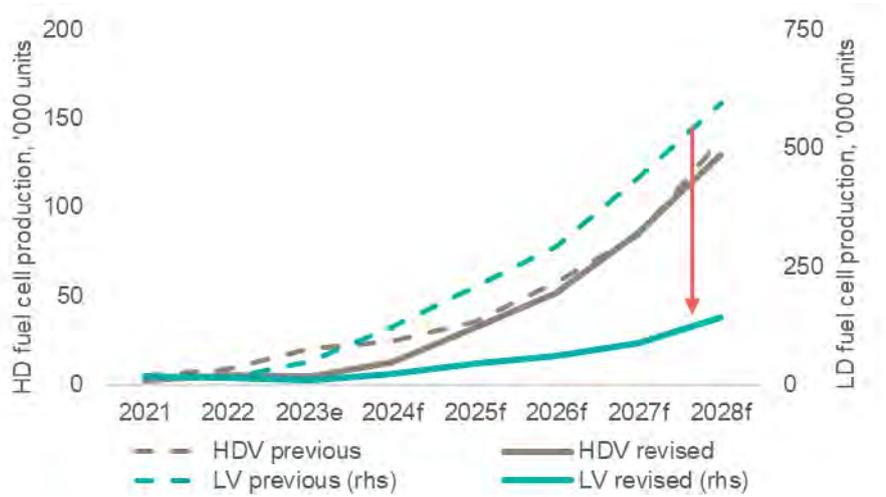
政策以外に FCEV の普及の最低条件は?

以前、我々は政府の水素戦略に沿った優遇策がある中で FCEV のプラチナ需要を捉えた分析を行った。(『[プラチナ投資のエッセンス2022年3月22日](#)』参照。)しかし、FCEV の普及率は政府目標には届いていなく、主な原因は水素インフラの普及に対する法的なサポートが少ないからだと考えられる。コロナ禍後はバッテリー電気自動車 (BEV) が急速に増えたため FCEV に積極的に投資していない自動車メーカーも多い。FCEV の普及が予想よりも進まない現状を鑑み、我々の2年から5年先の需要見通し(『[プラチナ投資のエッセンス2024年1月17日](#)』)の中の普通乗用車の FCEV 普及率を変更した。

BEV 技術は普通乗用車には向いているが、大型輸送車では重量のあるバッテリーに積載量が犠牲になり、充電時間も長いため稼働率に影響する。それゆえバッテリーではなく燃料電池が脱炭素化の手段として注目されているの

だ。我々の中長期間の HD-FCEV の普及率目標は以前とほぼ同じで (図 9)、2023年のマーケットシェアは 0.1% 以下と低いが、2023年には約 5% になると予測している。

図 9. 自動車市場の現状を見ると、普通乗用車の FCEV 生産が今後 5 年間で拡大する可能性は低い。



FCEV の普及を促進するための政府や自治体などの援助は足りていない

出典: ブルームバーグ、各社公表データ、WPIC リサーチ

2030年までに水素関連のプラチナ需要の大部分は HD-FCEV になるだろうが、政府による FCEV 目標は実際、普及を後押しする力にはなっていない。そこで水素燃料を利用する場合の経済性を分析し、ディーゼル燃料と比較して将来性があるのかどうかを検討したいと思う。

大型輸送車の脱炭素化を成功させるには HD-FCEV を導入する業界に対する援助が必要だ。燃料電池車の導入に対しては次のようなプラスとマイナスの要因が考えられる。

プラスの要因

プラスの要因とは自動車メーカー、政府、規制機関がFCEVと燃料電池技術を消費者に対して推進する要因で、次のことが含まれる。

- ディーゼル車と BEV に対するFCEVの価格競争力
 - 燃料電池生産の大量生産による低コスト化
 - FCEVの維持コストが同等であること
- 消費者のニーズに合わせた多様な FCEV モデル
- 水素インフラ
 - 水素補給ステーションの普及
 - 水素燃料の輸送インフラの整備
 - 適正な水素燃料価格

世界的大手自動車メーカーは燃料電池生産強化に投資し始め、2022 年から 2030 年でほぼ 4 倍の生産能力に

HD-FCEV 市場の発展は最近の BEV 市場を参考にできるだろう。BEV は車種モデルが増え、充電ステーションが充実するにつれてマーケットシェアが増えていった。ここで検討に値する点として、自動車メーカーはサプライチェーンのリスク軽減のためにバッテリー製造を含めた生産ラインを検討し始めているが、実際は大半の BEV用バッテリーは中国の CATL、韓国の LG Energy Solutions、日本のパナソニックなどが供給している。したがって、FCEVの開発に自動車メーカーが本腰を入れるには、需要に応じて規模を広げられる安定した燃料電池サプライチェーンが非常に重要になる。

我々は今後自動車メーカーが多くの消費者の選択に応じられる数多くの FCEV モデルを提供するためには、外部メーカーが提供する燃料電池を使うと仮定し、燃料電池製造業界の展望をボトムアップ方式で分析した。

公表されている各社の生産計画をもとにした分析の結果、燃料電池の生産能力は、2022年は 24 GW、2030年には約 91 GW に増加し(図 10)、アジア、特に中国と韓国がそれぞれ 28% と 26% のマーケットシェアを握るという予測になった。

図 10. 燃料電池メーカーは大規模な成長計画がある。

Region OEM	Plant capacity (GW)		Fuel cell stack power (kw/unit)	Theoretical production ('000)
	2022	2030		
Rest of World	9.4	23		244
<i>Hyundai</i>		23	95	244
China	12.8	26		223
<i>Domestic brands*</i>		14	136	101
<i>Hyundai</i>		1	95	6
<i>Bosch</i>		10	100	97
<i>Ballard (weichi)</i>		2	100	19
North America	0.5	7		67
<i>Ballard</i>		2	100	19
<i>Bosch</i>		5	100	48
Japan	0.5	19		160
<i>Toyota</i>		13	128	100
<i>Honda</i>		6	100	60
Europe	0.5	16		278
<i>Bosch</i>		5	100	48
<i>Plug Power</i>		1	60	30
<i>Symbio LCV</i>		9	45	192
<i>Symbio HD</i>		2	225	8
Global FC capacity (GW pa.)	24	91		972

燃料電池自動車の生産は 2030 年まで年平均 56% で増える予測

出典: IEA (2022 年)、各社公表データ、WPIC リサーチ (2030 年) *中国のメーカー各社 Foton、SAIC、SinoHytec など

FCEV 生産は自動車業界が表に掲げる生産能力よりもかなり低いレベルにあるが、それは、2019年に政府が定めた積極的な目標に先駆けて生産能力を増強したものの、それがフル稼働していないことを示唆している。そしてその時期、普通乗用車の BEV 市場が大きく伸びたために FCEV の優先順位が

下がってしまい、さらに生産面の障害や政策の方向性が不透明になったために FCEV 生産ラインの稼働率がさらに下がってしまった。しかし最近では補助金などの援助が増え始め、FCEV の生産は増えると期待できる。

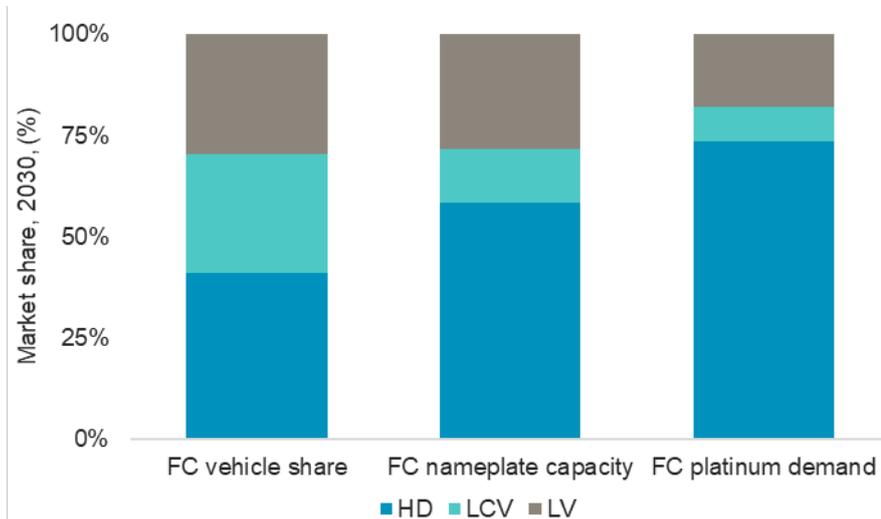
大手メーカーが生産強化に向けた投資を続けていることは、自動車業界が水素燃料を利用しようとする動きには大きなプラスになっており、FCEV の生産台数は2030年には 72万5000 台 (年間成長率56%)に達する見込みだ。これは理論上の世界の FCEV生産能力(約97万2000台)の 75% に当たる。我々の 2030年の FCEV 予想の内訳は以下の通り。

- HD-FCEV の需要は年間 30万台
- 普通乗用車、小型商用車のFCEVはそれぞれ年間 21万5000 台

大型輸送車に燃料電池を使う重要性（プラチナ需要にとっての）はあまり認識されていないことも考えられる。HD-FCEV は2030年の FCEV 全体の需要予測の 41% を占めるが、平均的な HD-FCEV は、普通乗用車や小型商用車よりもパワーが必要で、HD-FCEV は燃料電池の 定格出力 (47 GW)の 58% を使うことになる。また HD-FCEV は普通乗用車や小型商用車よりも厳しい条件下で使われることが多いため、出力の大きさと合わせると、キロワット毎に使われるプラチナ触媒の量が多い。したがって我々は 2030年にはHD-FCEVのプラチナ需要は、FCEV 全体のプラチナ需要の 74%、11.6 トンになると予測している (図 11)。

大型輸送車分野は燃料電池自動車のプラチナ需要の 4分の3に

図 11. 出力と運転条件を考えると HD-FCEV のプラチナ需要は FCEV 全体のプラチナ需要の大半を占めるようになるだろう。



FCEV のマーケットシェアを増やすにはディーゼル車の総所有コストに並ぶ価格競争力が必要

出典: WPIC リサーチ

以上のようにFCEV 関連のプラチナ需要のほとんどは大型輸送車で、普通乗用車のFCEV のプラチナ需要はあまり期待できなく、それ自体がニッチな市場となるだろう。ただし、大型バッテリーに40kwの燃料電池を取り付けるレンジエクステンダーは小型商用車に登場している。ステランティスによる Symbio はレンジエクステンダーを搭載した小型商用車のハイブリッド車を 2030年までに年間20万台を販売する予定だ。ただしこれは台数としては多いがプラチナ需要としては年間 1.4トンにしかない。結局、HD-FCEV

がプラチナ需要にとっては非常に重要なことが明確になるが、それでは次の問題は消費者が HD-FCEV を選ぶ要因は何かということになる。それに答えるのが業界のマイナス要因、つまり消費者が燃料電池自動車を選ばない要因を以下に検討した。

マイナスの要因

補助金や排ガス規制がない状況で、消費者（事業者）がディーゼル車から FCEV に乗り換えるのは、環境に良いことをしているという自負も多少あるかもしれないが、一番大きいのは経済的な理由だと考えられる。

つまり大型輸送車を所有し運用する業者にとっては、ディーゼルの大型輸送車と比較した時の総所有コスト（TCO）が、HD-FCEV から見たマイナス要因だ。TCO は車両の初期費用と維持費から成り、初期費用には政府の補助金を含む購入費や税控除が、維持費には炭素価格を含む燃料費、有料道路使用料、修繕費用などが含まれる。地域や国によって FCEV 支援策は大きく違うが、HD-FCEV の普及を進めるにはディーゼル車と同じ、あるいはより有利な TCO とならなければならない。

HD-FCEV とディーゼル車の修繕費用が同じだと仮定すると、TCO は以下のように算出できる。

$$\begin{aligned} & \text{初期費用 (FCEV)} + \text{維持費 (水素燃料)} - \text{補助金 (水素)} \\ & \quad \quad \quad = < \\ & \text{初期費用 (ディーゼル車)} + \text{維持費 (ディーゼル)} + \text{炭素価格 (ディーゼル)} \end{aligned}$$

これから、HD-FCEV の TCO をディーゼル車と同等にするための理論的な水素燃料価格も計算できる。HD-FCEV の初期費用とディーゼル燃料価格を調整すれば、水素燃料価格のレンジが出ることになる。

欧州の TCO

欧州では、ディーゼルのトラックに対する HD-FCEV の初期費用のプレミアムを 300% とし、ディーゼル価格を 1.00 ドル/リットル～ 2.00 ドルと設定して、その他の固定値は以下の通りとした。

- クラス 5 のディーゼルトラック（左ハンドル）：16万8000ドル（税抜）
- 金利: 6.00%,
- 年間マイルージ: 20万キロ
- 燃費: 33.3 リットル/km(ディーゼル)、8.3 kg/km (FCEV)
- 運転期間: 9 年

この分析の結果(図 12)、欧州で FCEV がディーゼル車と肩を並べるには、水素燃料価格は 0.00 ドル/kg ～4.96 ドルのレンジよりも低くなければなら

欧州の HD-FCEV は、援助金、スケールメリット、炭素価格を考慮に入れると、水素燃料価格が約 4.00 ドル/kg になればディーゼル車と競争できる

なく、そのレンジのどこになるかはHD-FCEVの初期費用とディーゼル価格による。このシナリオ分析から FCEV の初期費用が高くディーゼル価格が低い、あるいはFCEV の初期費用が高いかディーゼル価格が低い、という状況はFCEV には不利で、水素燃料価格はさらに安くならないといけないことがすぐにわかる。

図 12.水素燃料の理論価格は、ディーゼル車の TOC と HD-FCEV の TOC が同等で、水素価格が最大の場合 (HD-FCEV の初期費用とディーゼル価格が一定と仮定して)

		European implied hydrogen fuel price (US\$ per kg) to achieve TCO parity with diesel						
		HD-FCEV purchase price premium to diesel, %						
		0%	25%	50%	100%	175%	250%	300%
Diesel price, US\$ per litre	1.00	2.48	2.22	1.97	1.46	0.69	-0.07	-0.58
	1.20	2.97	2.72	2.46	1.96	1.19	0.43	-0.08
	1.40	3.47	3.22	2.96	2.45	1.69	0.92	0.41
	1.50	3.72	3.46	3.21	2.70	1.93	1.17	0.66
	1.60	3.97	3.71	3.46	2.95	2.18	1.42	0.91
	1.80	4.46	4.21	3.95	3.44	2.68	1.91	1.40
	2.00	4.96	4.70	4.45	3.94	3.17	2.41	1.90

出典: 各社の公表データとプレゼンテーション、WPIC リサーチ

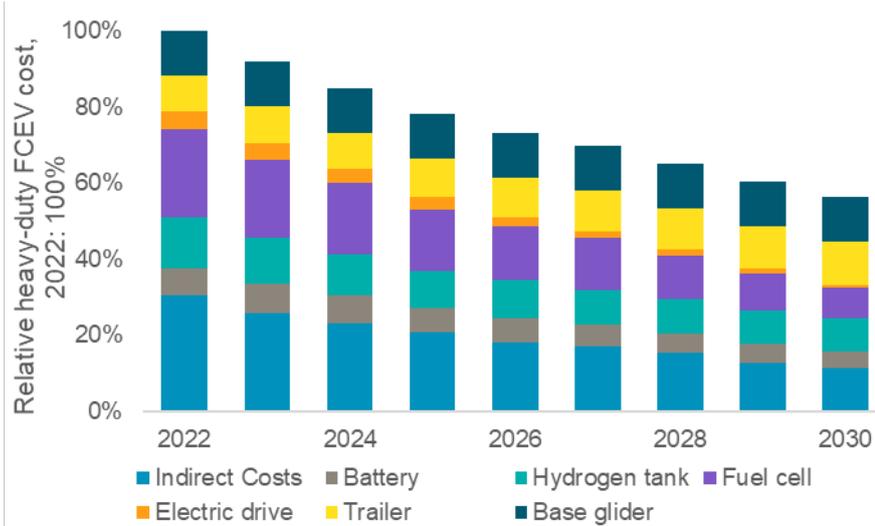
現在、欧州の HD-FCEV の販売価格のプレミアムはディーゼルトラックに対して約 250% で、そうすると水素燃料価格は約 1.17 ドル/kg (図 12: オレンジ色のセル) でないと1.50 ドル/リットルのディーゼルには対抗できない。ドイツの水素価格は現在 16 ドル/kg~ 24 ドルであるから、現実には程遠いことがわかる。FCEVのスケールメリットを実現するために、今、消費者が非常に不経済な車を購入しなければならないことは問題なのだ。しかし、2030年までに以下の事柄が起これば、水素価格が約 4.00/kg に下がり、HD-FCEV はディーゼル車に価格競争で対抗できるようになるだろう (図 12: 紫色のセル)。

- **初期費用の低下:** 規模の拡大による経済性の向上 (スケールメリット) と技術開発の学習曲線の効果で、HD-FCEV の価格は2022年から2030年の間に 45% 下がるとされる (図 13)。国際クリーン交通委員会 (ICCT) は、HD-FCEV のプレミアムは同等のディーゼル車の約20% あたりまで下がるとしている。我々は燃料電池の生産能力は2030年までに 91 GW に増えるとしたが (図 10)、この生産能力拡大こそが、2030年までに炭素排出量を 45% 軽減しなければならないとされているEUの大型輸送業界の脱炭素化を支えるだろう。
- **補助金:** EU 圏では HD-FCEV に補助金を出している国が数カ国ある。ドイツは FCEV の購入に際して、ディーゼルトラックの価格か、あるいは50万ユーロのどちらか低い額との差額の 80% を補助する。我々が分析に使った 16万8000 ドルのディーゼル車の例だと、FCEV に対するプレミアム250%として、33万6000 ドルが戻ってくることになり、FCEVの初期費用が大幅に軽減できることになる。
- **カーボンプライシング:** 欧州の排出量取引制度 (ETS) は「限度 (cap) を取引 (trade) 」するシステムで炭素市場を通じて炭素排出量の軽減

燃料電池自動車の価格は生産規模が拡大すれば下がる

を目指している。ETS には民間の陸上運輸は含まれないため、2027年には新たに ETS2 が導入される予定で、ETS2 の排出枠限度は2030年までに排出量を 42% 減らすことを目標にしている。欧州の炭素価格は、過去2年間は、CO₂ 1トンにつき、50 ユーロから 100 ユーロの間で取引されており、ディーゼルに課される炭素税は実質的にディーゼル価格を上げる。我々の推測では、CO₂ 1トンにつき80 ドルという炭素価格をディーゼルトラックの排気ガス（1kmにつき約800 g）の 42% に課するとしたら、実質1リットルにつきディーゼル価格は 0.10 ドル上がることになる。

図 13. FCV の価格は 2022 年から 2030 年の間に 45% 下がるだろう。



中国は 2030 年までに世界最大の FCEV 市場に

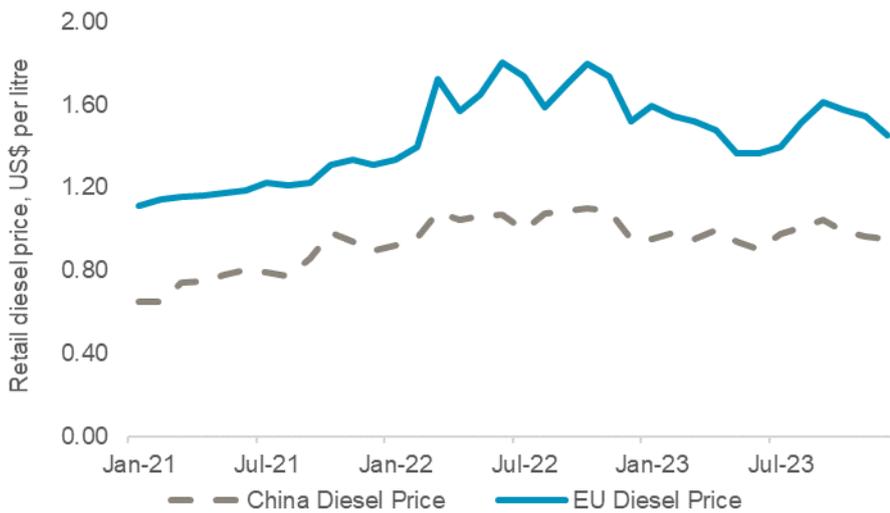
出典: ICCT、WPIC リサーチ

運輸業車がディーゼル車ではなく低炭素運輸を行うことでプレミアムを要求することができれば、水素価格の上乗せ分を吸収できるだろうと考えるが、このアイデアは我々のベースシナリオ分析には含まれていない。

中国の TCO

中国は政府の目標と生産能力からして、将来的には世界最大の FCEV 市場になるだろうが、中国の TCO シナリオ分析では、中国の現状に促した条件を使った。中国のディーゼル価格は欧州よりも平均で0.50ドル/リットル 安いいため、FCEV の経済性は欧州よりも障害が多いように見える (図 14)。

図 14. 地域によってディーゼル価格が異なるため TCO は変わる。



出典: ブルームバーグ、European Commission Oil Bulletin、WPIC リサーチ

中国の燃料電池自動車支援は直接的な購入補助、購入後の税控除、水素燃料購入補助、地域によっては有料道路使用量の免除を含む

中国のディーゼルトラックは欧州よりも安く、約 45 万元 (約 6 万 3000 ドル) だが、HD-FCEV も 145 万元 (約 20 万 3000 ドル) と欧州より安い。地域差を考慮に入れると我々のシナリオ分析の結果は、中国の水素価格は 0.52 ドル/kg から 2.97 ドルの範囲よりも安くなければ TCO ではディーゼル車と争えない (図 15)。中国では欧州よりも水素価格が安くなければならないが、中国特有の要因のおかげで中国の方が HD-FCEV の普及率が高くなる。

- 購入価格に対する補助金:** 中国では中央政府と地方政府の両方が HD-FCEV の購入に対して補助金を支給している。31 トン以上の大型トラックには政府から 50 万 4000 元 (70 万ドル) が、そして地方政府の中には政府の補助金と同額が産業用地補助金として支給される。合わせると約 100 万元の補助金となり、HD-FCEV とディーゼル車の価格差はほとんどなくなる (図 14 - オレンジ色のセルから紫色のセルへ 変わる)
- 維持費に対する補助金:** 中国では HD-FCEV の維持費を抑えるための補助金がある。水素燃料 1 キロにつき 10 元から 20 元 (1.50 ドルから 2.80 ドル) の補助金が出る州がある。山東省では HD-FCEV は期間限定で 2.14 元/km の高速道路の通行料が無料となる。調査会社 Orange Research Institute によると、通行料を払わない場合の車の寿命期間全体のコストは 171 万元減るといふ。我々の分析には通行料免除などは地方によって違うため計算に入れていないが、もしも全国的に HD-FCEV に対して通行料が免除された場合、維持費をディーゼル車と同等に持つていくための水素燃料コストは 1.60 ドル/kg 増えて 4.00 ドルを超えても可能となる。
- 中国の水素価格:** 中国国内の水素販売価格は地域によって大きく違い、河南省と新疆ウイグルではグリーン水素は 2.00 ドル/kg 以下だが、上海では 9.00 ドルだ。中国では 4.90 CO₂ kg / H₂ kg (水素 1 kg につき排出される二酸化炭素が 4.90 kg) 以下の排気はクリーンな水素とされ

ているが、欧州と米国では二酸化炭素がそれぞれ 3.38 kg と 4.00 kg 以下でなければならない。許容される炭素排出量が多い分、水素の生産コストが安くなっており、それが水素の低い販売価格に反映していると考えられる。

図 15.水素燃料の理論価格は、ディーゼル車の TOC と HD-FCEV の TOC が同等で、水素価格が最大の場合 (HD-FCEV の初期費用とディーゼル価格が一定と仮定して)

インフレ抑制法は FCEV 普及よりも
クリーン水素生産を優先か

Chinese implied hydrogen fuel price (US\$ per kg) to achieve TCO parity with diesel		HD-FCEV purchase price premium to diesel, %						
		0%	33%	67%	100%	150%	200%	250%
Diesel price, US\$ per litre	0.60	1.49	1.36	1.23	1.10	0.91	0.72	0.52
	0.70	1.74	1.61	1.48	1.35	1.16	0.96	0.77
	0.80	1.98	1.85	1.73	1.60	1.41	1.21	1.02
	0.90	2.23	2.10	1.97	1.85	1.65	1.46	1.27
	1.00	2.48	2.35	2.22	2.09	1.90	1.71	1.52
	1.10	2.73	2.60	2.47	2.34	2.15	1.96	1.76
	1.20	2.97	2.85	2.72	2.59	2.40	2.20	2.01

出典: 各社の公表データとプレゼンテーション、WPIC リサーチ

中国は2025年までに FCEV 5万台という目標は達成できるように見える。購入に対する補助金があることで、HD-FCEV の TCO は、2.00 ドル/ kgから 2.50 ドルでもディーゼル車と同水準に持っていくことが可能で、現在でも地方によってはこの水素価格帯が実現できている。

米国の TCO

インフレ抑制法 (IRA) は米国内の水素経済を刺激する効力があるかもしれないが、HD-FCEV に関して言えば、その購入に対する直接的な援助は欧州や中国に比べると少ない。例えば2032年までの商用車の購入に対する援助の上限は 4万ドルになっている。これに加え、米国内の平均的なディーゼル価格は約 1.10 ドル/ リットルで、ディーゼル車の TCO に非常に有利だ。米国にも欧州と中国と同じ手法で分析を行うと、2030年までに HD-FCEV の TCO がディーゼル車と同水準まで下がるには、水素燃料価格は購入援助があれば 1.51 ドル/ kg、購入援助がなければ 1.82 ドルでなければならない (図 16)。

水素燃料価格が下がり、FCEV コストがディーゼル車に並ぶには
クリーン水素生産コストが下がる必要

図 16. 水素燃料の理論価格は、ディーゼル車の TOC と HD-FCEV の TOC が同等で、水素価格が最大の場合 (HD-FCEV の初期費用とディーゼル価格が一定と仮定して)

United States implied hydrogen fuel price (US\$ per kg) to achieve TCO parity with diesel		HD-FCEV purchase price premium to diesel, %						
		0%	33%	67%	100%	133%	167%	200%
Diesel price, US\$ per litre	0.90	2.23	1.93	1.62	1.32	1.02	0.71	0.41
	1.00	2.48	2.18	1.87	1.57	1.27	0.96	0.66
	1.10	2.73	2.42	2.12	1.82	1.51	1.21	0.91
	1.20	2.97	2.67	2.37	2.06	1.76	1.46	1.15
	1.30	3.22	2.92	2.62	2.31	2.01	1.71	1.40
	1.40	3.47	3.17	2.86	2.56	2.26	1.95	1.65
	1.50	3.72	3.41	3.11	2.81	2.50	2.20	1.90

出典: 各社の公表データとプレゼンテーション、WPIC リサーチ

我々の分析では、米国でHD-FCEV の TCO がディーゼル車のそれと同等になるためには、水素燃料価格が欧州と中国と比べて最も低くならなければならない

らない。しかし米政府の HD-FCEV に対する支援は欧州と中国に比べると限定されており、IRA はクリーンな水素生産により焦点を当てているようである。この点については、HD-FCEV の経済性を間接的にサポートするかどうかという点とともに後により詳細に述べたいと思う。

4 ドルの水素を目ざして

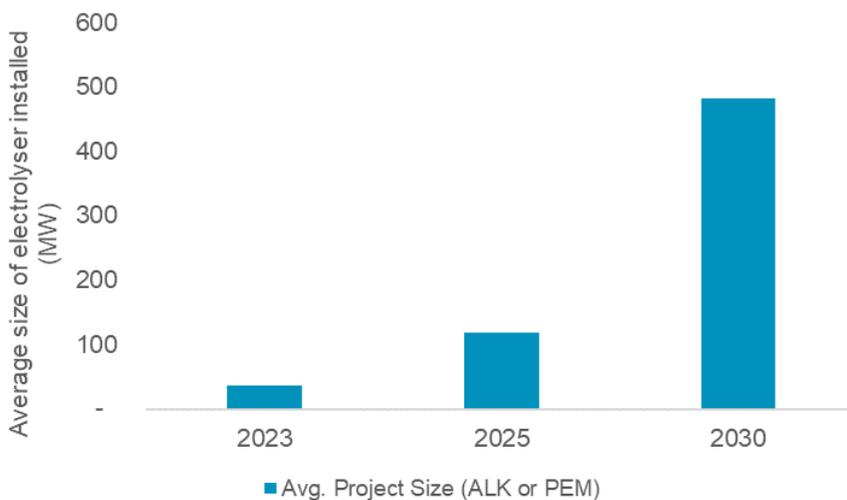
我々の上記の TCO 分析予測を見ると、欧米では2030年までに水素価格が約 4.00 ドル/ kgになれば、HD-FCEV のコストはディーゼル車と同等になる。しかし現在のグリーン水素価格はこれよりもかなり高い。

したがって、この後は水電解による水素の均等化コスト (LCOH) に焦点を当て、HD-FCEV が経済的に有効な手段として通用するだけの水準まで LCOH が低くなる可能性があるかどうかを検討してみたい。

将来の LCOH を考える前に、取引されるコモディティーとしての水素の現状を把握しておこう。水素の小売価格は地域によって違い、中国では 2.00 ドル/ kg、ドイツでは 16.00 ドル/ kg。この違いはグリーン水素市場の規模の小ささにある。世界の水素市場でグリーン水素が占めるシェアは 1% で、まだ誕生したばかりのグリーン水素業界がいかにスケールメリットに欠け、中流のインフラとして確立されていないことを反映している。しかし、水電解装置市場はこれから期待されるグリーン水素の需要を受けて成長している段階だ。世界の水電解能力は、2023年は 6 GW だったが、2030年には 290 GW になる予測だ。水電解装置の平均的な大きさは 50 MW だが、2028年から2030年の間には 500 MW になるだろう(図 17)。

水電解装置工場の規模が拡大すれば、MW 毎の設備投資の集約度が改善される。規模が拡大するほど技術も成熟し、装置の生産高も設置数も増え、生産される水素に対する設備投資の比率が下がる。(より少ない投資でより多くの水素が生産できる。)

図 17.規模の大きいプロジェクトが増えると水電解能力の平均は上がる。



出典: IEA 「2023 年世界エネルギー見通し 2023」、WPIC リサーチ

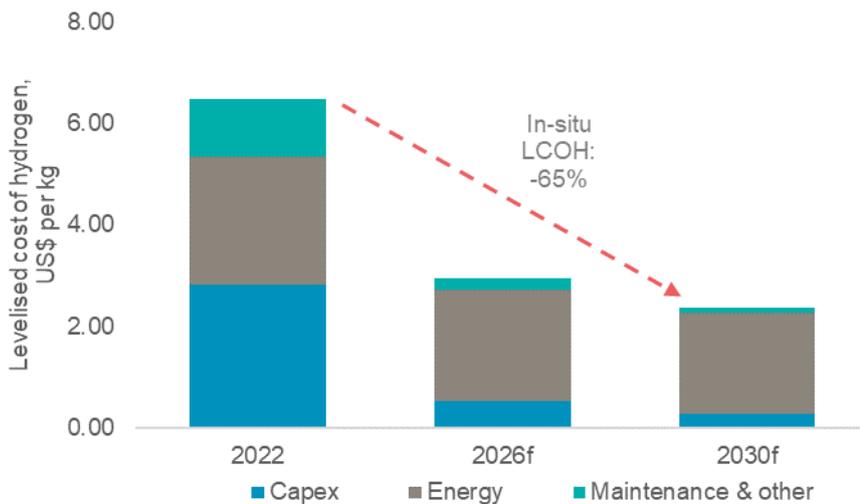
グリーン水素を生産する水電解能力は、2023 年は 6 GW、2030 年までに 290 GW に増える予測

再エネコストの違いでグリーン水素のコストは大きな地域差があり、これが経済的に有利な地域にある「水素ハブ」の発展を支える鍵

欧州の LCOH

様々なデータを検討すると、水電解装置の設備投資の集約度は、2022年は 1 kwにつき 2000 ドルだったが、2030年には 300 ドルに下がるだろう。しかし 水電解装置プロジェクトの採算コストと水電解装置で水素を生産する時点でのLCOHを左右する最大の要因は、依然として電力コストなのだ (図 18)。LCOH は 2022年と2030年の間に約 65% 下がり、水素 1 kgにつき約 2.40 ドルになると我々は予測している。

図 18.水電解装置の投資集約度、技術開発、スタックの耐久性などが改善されるにつれ、LCOH を左右する最大の要因は電力コスト。

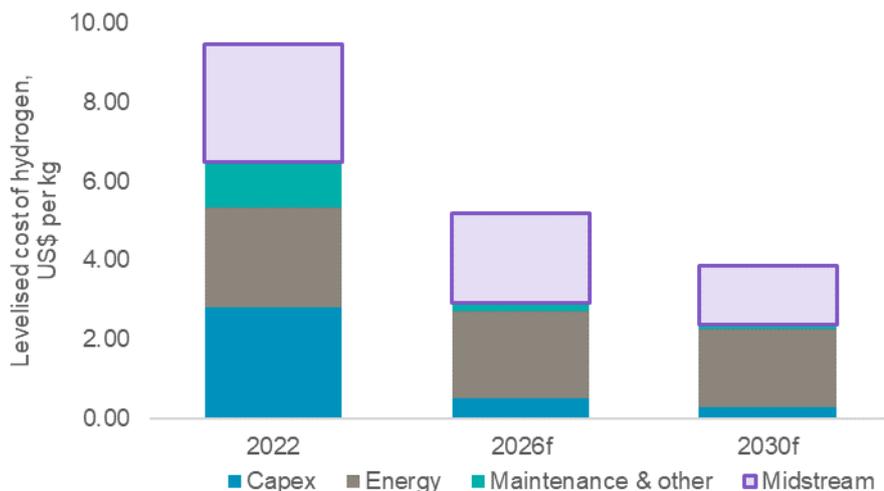


出典: IEA 「2023 年世界エネルギー見通し 2023」、*in-situ LCOH の計算は 46 ドル/MWh、WPIC リサーチ

技術発展により欧州のグリーン水素コストは 2030 年までに 4.00 ドル/kg に下がり、下流の利用分野でのインプットコストの経済性が上がる

ここで LCOH を測定する基準は問題がないわけではないことを注記しておきたい。というのは、これはあくまでも水素を生産する上流での水素コストであるからで、水素の圧縮、液化、輸送といった中流のコストと、投資家へのリターンを考慮していない。中流のコストは水素の輸送方法(圧縮・液化して輸送するか、パイプラインで輸送するか)や、輸送距離 (国内か国外か)によって大きく違ってくる。我々は、米国あるいは欧州の国内輸送の場合の中流での水素コストは平均で、2022年は約 3.00 ドル/kg、2030年にはインフラが整備されてその半分になると予測している(図19)。水電解装置による水素生産が採算の取れるようになるには、水素の販売価格は上流での LCOH と中流でのコストを合わせた価格よりも高く設定されなければならない。

図 19. 水電解装置の LCOH を決める際には、中流の水素インフラはまだ未整備なため、そのコストも考慮する必要がある。



出典: IEA 「2023 年世界エネルギー見通し 2023」、WPIC リサーチ

我々が今回採用したのは、水電解装置の投資に対する税引き前の内部収益率 (IRR) を求める正味現在価値 (NPV) 法で、この NPV モデルが、水素の販売価格とエネルギーのインプットコストに基づく IRR を推測するシナリオ分析の基本となる (図 19)。現在欧州で行われる水電解プロジェクトで採算を取るには、水素の販売価格が 10.00 ドル/kg を超えなければならない。再エネコストが約 46ドル/MWh (スペインの現状)と予測される 2030年には、IRR が 8%以上で、水素の販売価格は約 4.00 ドルに下がる (図 20:紫色のセル)。欧州でも再エネコストがもっと高い地域 (60ドル/MWh)だと、水素の販売価格は 4.50 ドル/kg でないと収益が出ない。

図 20. 水電解装置に対する投資のリターンはエネルギー価格と水素の販売価格が大きく影響する。

Western electrolyser IRR scenario analysis, 2030

		Hydrogen selling price (US\$ per kg)						
		3.50	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
Energy price (US\$ per MWh)	80	#	#	#	#	12.3%	25%	35%
	70	#	#	#	10.2%	23.1%	33%	43%
	60	#	#	8.0%	21.5%	32.1%	41%	50%
	50	#	5.5%	19.9%	30.7%	40%	49%	56%
	40	2.6%	18.2%	29%	39%	47%	55%	63%
	30	16.4%	27.8%	38%	46%	54%	62%	69%

出典: 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) 「Renewable Power Generation Costs in 2022」、WPIC リサーチ 注: 前提条件はエネルギーコスト 46 ドル/MWh、設備投資集約度 300 ドル/MW、水電解装置稼働率 46%

我々の LCOH シナリオ分析は、水電解装置プロジェクトは、水素価格が 4.00 ドル/kg で IRR 8% が可能であることを示している。この水素価格は、HD-FCEV がディーゼル車と価格競争できるレベルになる水素燃料価格、約 4.00/kg に近い (図 12)。したがって、欧州での HD-FCEV は LCOH が 4.00 ドル/kg に近づくとつれて普及が拡大する可能性が高いと結論づけることができる。一方で補助金は業界でいち早く HD-FCEV を導入する企業の後押しとなる。欧州水素銀行は 8 億ユーロを水素生産業者に割り当てるための第一回の入札を第 1 四半期に実施した。水素 1 kg につき 4.50 ユーロを奨励金として補助する制度だが、この入札には規定数以上の業者が参加し、水素生産入

札価格は低い順から予算の上限に達するまで選定された。この補助金 4.50 ユーロ/kg を計算に入れると、LCOH はより早い時期に下がり、HD-FCEV がディーゼル車と肩を並べるために必要な水素価格の水準に近づく。欧州水素銀行の資金は400億ユーロのイノベーション基金から来ているが、スケールメリットを達成できるまでの数年間は援助を受けられるというのは業界にとっては大きな朗報だ。

中国の LCOH

今までの分析では、製造コストとディーゼル価格が低い中国では水素の経済性が変わることを見てきた。中国では水素の生産コストが 2.25ドル/kg を下回らなければ、HD-FCEVはディーゼル車との価格競争に勝てない (図 15)。我々の中国の LCOH モデルは以下の点を考慮した。

- 中国国内のアルカリ水電解装置の設備投資の集約度は、2022年は 420 ドル/kw で、2030年には 125 ドル/kw になるとされる。
- 水電解装置の稼働率は 75%
- 中国の3つの主要再エネ技術 (風力、太陽光、水力)の平均電力コストを元に、電力コストは 33ドル/MWh (予測期間は一定と仮定)

IRA の 税控除は水素生産がクリーンなほど多く、最高は 3.00 ドル/kg

2030年までに水素価格は 2.70ドル/kgになるとすると、中国の水電解装置の IRR は 8% 以上になり、開発はより進むだろう (図 20 – 紫色のセル)。これは我々が先に算出した、HD-FCEVのTCO がディーゼル車のそれと同等になるための水素燃料価格のレンジ、2.00 ドル/kg から 2.50ドル/kg よりも高くなる。(図 15)。

我々の LCOH と TCO の計算の差異は大きいものではなく誤差として許される範囲だと考える。さらに河南省と新疆ウイグルでは水素燃料価格が今の時点ですでに 2.00 ドル/kg であり、HD-FCEVのTCO がディーゼル車のそれと同等になる水準にすでに達している。

図 21. 中国の水電解装置だと 2027 年までに LCOH が HD-FCEV がディーゼル車と同等になるための水素価格に近づく

Chinese electrolyser IRR scenario analysis, 2030

		Hydrogen selling price (US\$ per kg)						
		2.40	2.50	2.60	2.70	2.80	2.90	3.00
Energy price (US\$ per MWh)	40	#	#	#	#	#	#	3%
	36	#	#	#	#	1%	14%	22%
	32	#	#	#	13%	22%	29%	36%
	28	-2%	12%	21%	29%	36%	42%	48%
	24	20%	28%	35%	42%	48%	53%	58%
	20	35%	41%	47%	53%	58%	63%	68%

IRA の援助金は 2033 年以降はなく援助金がある間に投資を前倒しにする効果

出典: 国際再生可能エネルギー機関 (IRENA) 「Renewable Power Generation Costs in 2022」、米エネルギー省 (DOE)、各社レポート、WPIC リサーチ 注: 前提条件はエネルギーコスト 33 ドル/MWh、設備投資集約度 125 ドル/MW、水電解装置稼働率 46%

北米の LCOH

米国会は2022年にクリーンエネルギーの普及を促進するためにインフレ抑

制法を成立させた。同法にはクリーン水素生産に関する条項（セクション 45V）があり、生産時の炭素排出量に応じて補助がある。最もクリーンな水素（CO₂ 排出量が最小限）は 3.00ドル/kg の税額控除が2032年まで受けられる（図 22）。それに加え水素生産業者は、水電解装置が再エネを利用する場合は再エネ税控除として 2.6セント/kWh も受けることができる。この再エネ税控除は原料などを国内で供給し、一定の労働基準を満たせば、さらに5倍に増やされる。我々の推測では最もクリーンな CO₂ 排出量枠で水素を生産すれば税控除は最高で 3.72 ドル/kgドルにもなる。

図 22. IRA のクリーン水素生産に対する税控除は CO₂ 排出量が減るほど増える

CO ₂ emission profile	Credit value (US\$/H ₂ kg)
4.0 - 2.5 kg	0.60
2.5 - 1.5 kg	0.75
1.5 - 0.4 kg	1.00
0.4 - 0.0 kg	3.00

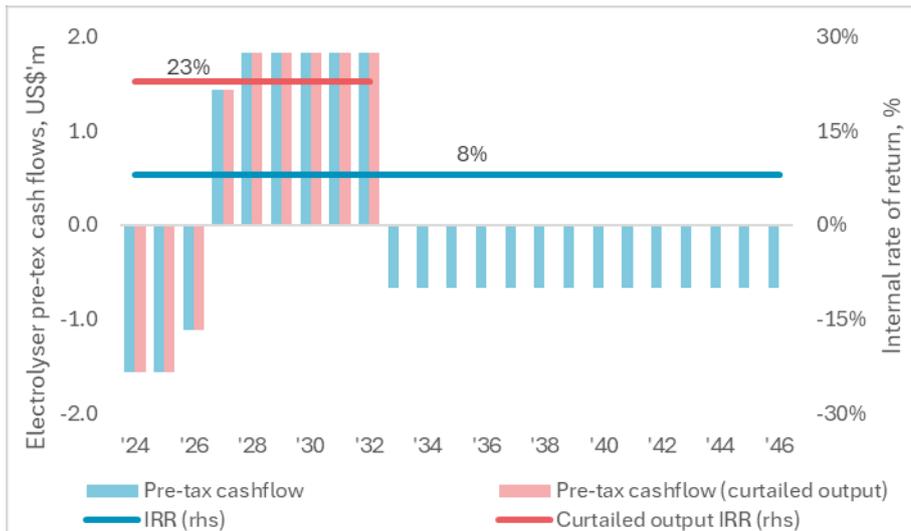
出典: DOE、ICCT、WPIC リサーチ

IRA は強力な法律ではあるが、欠点もある。同法では再エネ発電に関して地理的、時間的な相関関係も求めており、国内のグリーン水素の発展に足枷となる可能性もある。つまり再エネ発電施設は次の条件を満たさなければならない。

- 3年以内の建設
- 水電解装置と同じ地域の送配電網に連携されなければならない
- 水電解装置に供給される電力は、再エネ発電所で発電されて1時間以内のものでなければならない（2028年より）

こういったいくつかの厳格な条件がある上に、欧州と中国の分析同様に NPV モデルを使って米国の水電解装置の IRR を計算して得られるシナリオの結果は非現実的なものになった。それはIRAの期限が2032年に突然切れるため、水電解装置プロジェクトによるすべての経済的価値は IRA の税控除が適応される期間に限られてしまい、2033年から税控除がなくなって当該プロジェクトのキャッシュフローがネガティブになっても、最低限必要な投資リターンを生み出している可能性もある（図 23 – 青色）。運転効率を高めてコストを下げるか、水素の販売価格を上げるかしなければ、税控除がない2033年以降はネガティブキャッシュフローとなる。しかし逆に言えば、そういう状況になるからこそ運転停止を含めたプロジェクトの合理化が必要となり、その結果 IRR が向上するのだ（図 23 – 赤色）。

図 23. IRA の税控除は 2032 年で終わり、プロジェクトのキャッシュフローに大きな影響を与える。プロジェクトの投資リターンを増やすため、早期に停止される可能性がある



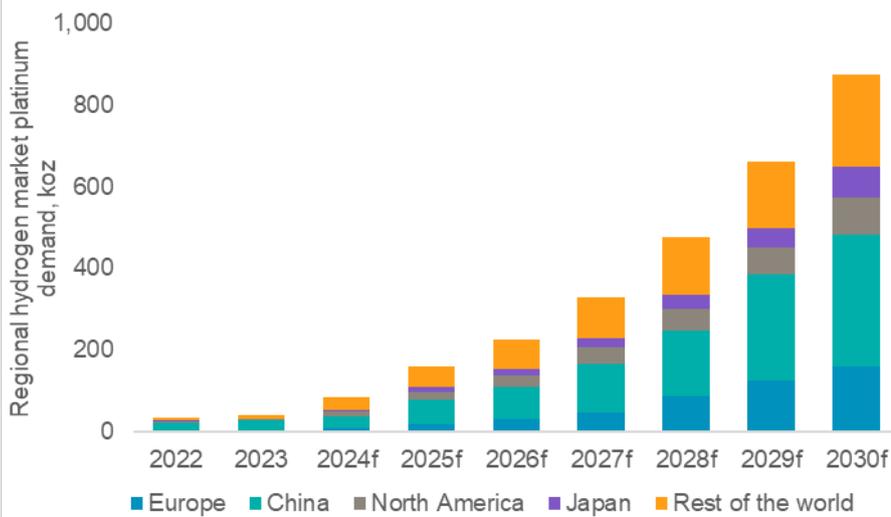
出典: DOE、ICCT、WPIC リサーチ *再エネ価格 52 ドル/MWh と固定した場合で水電解装置の設備投資集約度 250 ドル/kWh

このような非現実的なキャッシュフローを除外して考えると、我々は米国の水電解装置プロジェクト投資は、2030年の水素の販売価格を3.58ドル/kgとして、以下の条件があれば、IRR 8% が可能となると考える。

- 水電解装置の設備投資集約度: 300 ドル/kw
- 建設期間は3年、2030年に稼働開始後、フル稼働までに2年
- 電力価格: 52 ドル/MWh (米国の平均)
- 稼働率: 年間4000 時間 あるいは 46%
- IRA 補助金: 2032年までに生産される水素 1 kgにつき3 ドル

我々が想定する米国の約3.58ドル/kg という LCOH は、米国でHD-FCEV がディーゼル車と競争できるようになるために必要な水素燃料価格 (約1.82 ドル/kg, 図 15) よりも高く、米国では補助金の構造が地域によって異なるために HD-FCEV の経済的な優位性は欧州と中国に比べると低いということになるのだ。しかし、米国内のすべての水素産業が成長しないということではない。エネルギーコストが低い地域では LCOH を下げることができるため水素生産に適している地域となる。(注: 我々の分析で使ったエネルギー価格は全国平均で地域の平均ではない。) IRA の一環として国内 7箇所の水素ハブに投資する計画を見てもわかる通り、米政府は水素経済の発展を推し進めている。しかしあくまでも我々のモデル分析の結果としては、HD-FCEV のTCOがディーゼル車のそれと同等になるために必要な水素燃料価格と、国内の水電解能力の LCOHが近くなる中国と欧州の方が、水素関連のプラチナ需要が多くなると言えるのだ(図 24)。水素のプラチナ需要に対する米国の割合が比較的小さいということは、トランプ氏が11月の大統領選挙で勝って IRAを無効にした場合のリスクも小さいということになる (実際同氏はそう発言している)。

図 24.は HD-FCEV の TCO がディーゼル車と同等になるための水素燃料価格が、国内の水電解能力の LCOH のレンジにより近い中国と欧州が水素経済に関連したプラチナ需要を先導



出典: IEA、各社の公表データとプレゼンテーション、WPIC リサーチ

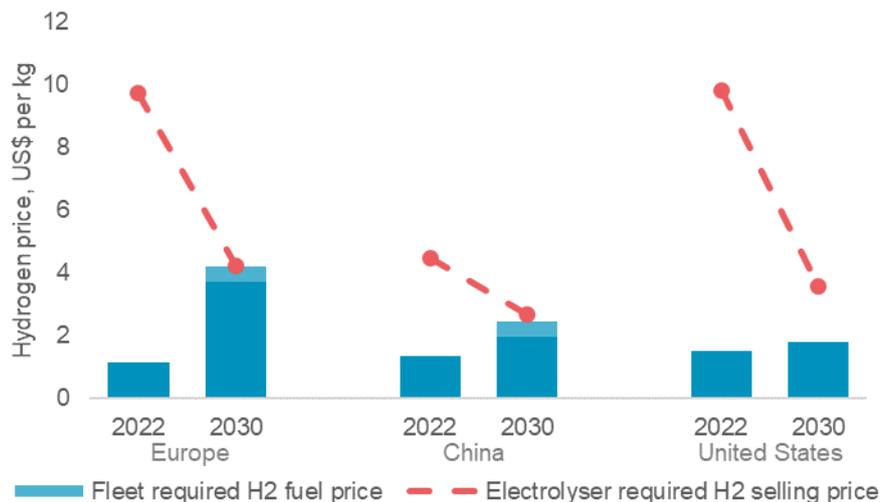
HD-FCEV 市場は 2030 年までに 27.2 トンになる水素経済のプラチナ需要の大きな部分を占める

結論

PEM 型水電解装置はプラチナ需要として中長期では有望な分野だが、将来の水素関連のプラチナ需要のほとんどは大型輸送車の FCEV にある。本格的な FCEV の普及は、当初各国が目指していた目標には届いておらず、あまり進んでいない。したがって我々の分析では HD-FCEV の普及率を上げるために必要なプラスとマイナスの要因の両方を取り上げた。その結果として HD-FCEV の普及の拡大には以下のことが明らかになった。

- 燃料電池の生産能力拡大:** 各メーカーの成長目標をボトムアップ分析した結果、燃料電池生産は現在の 24 GW から、2030年までには 91 GW に増えることがわかった。この増加がスケールメリットをもたらし、FCEV のコスト (2030年までに-45%、図 12) を下げ、消費者の選択が広がることにつながるだろう。
- 水素燃料価格が高くても、補助金で HD-FCEV の TCO はディーゼル車と同水準に引き下がる:** 水素燃料価格が 20% から 24% 高くても、補助金があれば、TCO ベースで HD-FCEV をディーゼル車と同水準に持っていけることがわかった。つまり水素燃料価格が高いままでも補助金が初期の HD-FCEV の導入を支えることができるのだ。中国の河南省と新疆ウイグルではすでに HD-FCEV がディーゼル車とコスト面で同等になる水素燃料の販売価格にまで下がっている。
- 水電解技術の発展と水素生産に対する税控除で、2030年までに LCOH は平均で 55% 下がる:** グリーン水素の生産が増えて生産コストが下がれば水素燃料の販売コストを押し下げるだろう。2030年までに水電解装置による水素の LCOH は欧州と中国で水素燃料価格に近づき、HD-FCEV とディーゼル車の TCO は同水準になるだろう (図 25)。

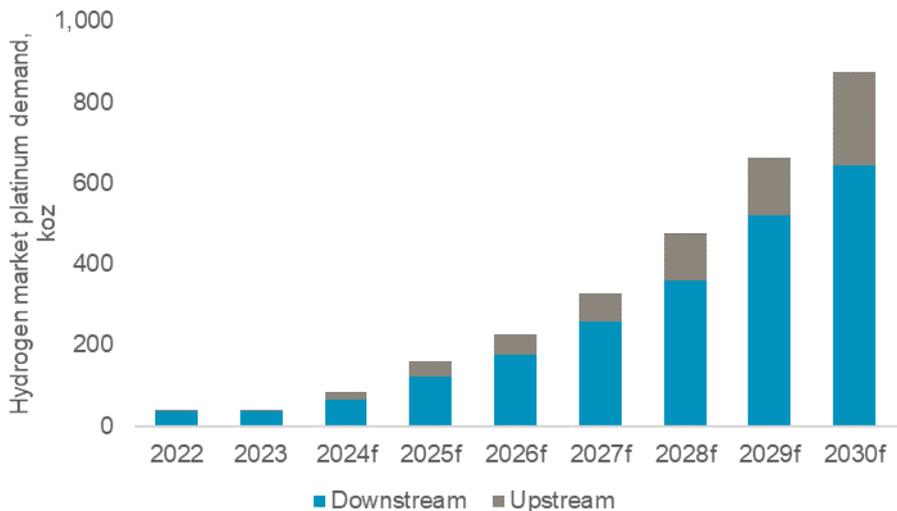
図 25. HD-FCEV の需要が増えれば、水素燃料価格と水素価格は 2030 年あたりに近づく



出典: IEA、各社の公表データ、WPIC リサーチ

大型輸送分野の脱炭素化のスピードが遅いのはディーゼル車が依然としてマーケットシェアの 90%を占めているからだが、我々のシナリオ分析では、LCOH と水素燃料価格が下がって近づけば HD-FCEV はディーゼル車と価格競争できるようになり、2030年までに HD-FCEV の導入が進みマーケットシェアは 5% になる。2030年までに水素関連のプラチナ需要はプラチナ需要全体の 11% (約27.2 トン)になり、その大半はHD-FCEV のプラチナ需要となるだろう。

図 26. 水素関連のプラチナ需要は 2020 年代終わりまでには年間 27.2 トンに近づく



出典: IEA、各社の公表データ、WPIC リサーチ

我々は水素関連のプラチナ需要が、エンジン車のマーケットシェアの減少に伴って徐々に減っていく自動車触媒のプラチナ需要をほぼ補うようになると予測している。これによって2年から5年後のプラチナ需要は大きな増減がなく安定しているだろう。したがって2023年から少なくとも2028年まで、プラチナ市場の供給不足が続く(図 27)ということになる。2025年から2028年の間、平均で年間 13.4トン(需要の約5%)の供給不足となり、地上在庫で需要を埋めることになるが、2028年までには供給不足の4分の3が減って34.2トンになるだろう。

図 27. プラチナ市場の供給不足は 2023 年から少なくとも 2028 年までは続く



出典: 2013 年～ 2018 年は SFA (Oxford)、2019 年～ 2024 年はメタルズフォーカス、その後は WPIC リサーチ

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、具体的な見識の提供と目標を定めたプラチナ投資を促進することを目的として、2014 年に南アフリカの手 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。

免責事項: 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るべきである。

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を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。