

2020年6月8日

水素社会の実現に向けた中国の取組の概況

中国水素産業チェーンの概況として、地域ごとの水素事業の状況、水素燃料電池車の導入普及状況と目標、水素ステーションの整備と計画、水素ガスの生産、及び水素輸送等について概括する。

1. 地域ごとの水素事業の現状

中国水素聯盟が公表した「中国水素エネルギー及び燃料電池産業白書」（2019年版）（以下「水素白書」という）では、中国の水素社会への取組が比較的進んでいる地域を赤、黄、青、緑、及び紫色で示している。また、枠内には当該地域の水素事業の参入企業数、燃料電池車の導入台数と運営中の水素ステーションの数が示されている¹。



出典:水素白書。

黄色は東部地域であり上海、江蘇省、山東省が主となり、中国の水素開発・利用、燃料電池車の生産・導入を図っている地域である。2019年6月末現在、同地域の水素関連の一定規模以上の企業²（以下、「規模的企業」という）は68社、燃料電池モデル運行車両は563台、水素ステーションは8カ所で、2020年に水素ステーションは50カ所になる建設計画を有する。

図1 主要地域の水素社会構築への取組

緑色は南部地域であり、水素関連の規模的企業は32社、燃料電池モデル運行車両は95台、水素ステーションは7カ所である。水素・燃料電池について広東省雲浮市と仏山市が最も注目され、仏山市と雲浮市は地域水素発展共同体(図2参照)のもと、2017年6月に中国初の商業ベースでの水素公共バスを導入した。仏山市は中国で最も多くの水素バスを有し、2019年10月現在、317台の水素バスが市の公共交通を支えている。



図2 仏山－雲浮き水素発展共同体

¹ 図内の数字は2019年6月に出版した「水素白書」から示した。

² 1996年から中国で使用されている統計用語であり、2011年1月以降、企業の主業務売上高が2,000万元以上（約1元=17円）の企業を規模的企業（Enterprise above designated size）という。

図1の赤色の北部地域は北京、河北、及び遼寧省が代表的な地域で、早くから燃料電池のスタックや、重要部品に関わる研究開発を始めており、2008年の北京オリンピックに合わせて燃料電池車を導入して以来、既存の水素製造工場を活かして6,600tの水素を製造し、年間1.3万セットの燃料電池システムを製造している。この地域の水素エネルギー関連の規模的企業は73社、燃料電池モデル運行車両は219台、水素ステーションは3カ所である。2020年に30カ所の水素ステーションを完成する予定である。

水色は中部地域で湖北省と河南省が代表的な地域である。中国における燃料電池の重要部品の研究開発、水素燃料電池バスの導入で大規模なモデル事業を実施しているところで、年産100万セットを生産する膜電極工場³が稼働中で、水素貯蔵材料を生産する企業を含め、水素エネルギー関連の規模的企業は27社、燃料電池モデル運行車両は43台、水素ステーションは4カ所ある。2020年に21カ所の水素ステーションを完成する予定である。

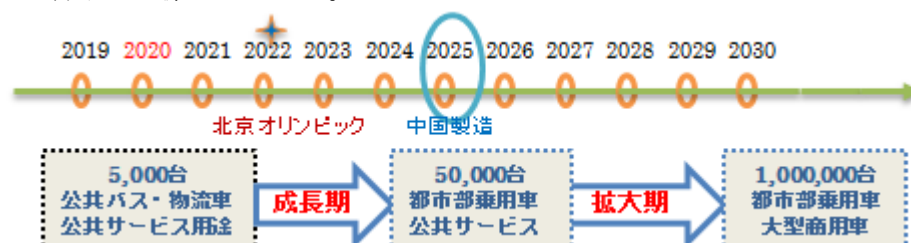
紫色は四川省が主体である。同地域は豊富な石油・天然ガス資源を有し、水力発電は中国においてトップクラスでありながら、機会損失⁴の水力発電量が140億kWhあり、水電解による水素製造のベストサイトである。この地域の水素エネルギー関連の規模的企業は15社、燃料電池モデル運行車両は40台、水素ステーションは1カ所である。2020年に5カ所の水素ステーションを完成する予定である。

これらの地域を含めた、各地域に対する中央政府及び地方政府の政策的支援については、第一章第一節に最新動向も含めて詳細に述べた。

2. 水素燃料電池車の導入の現状と目標

中国の水素に関わる投資は、2016年～2018年で累計2,017年億元（1元は約17円）に達しており、そのうち半分強の1,051億元は水素燃料電池車の分野に投資された⁵。

中国における水素社会の推進では、水素燃料電池を利用した商用車であるバスと物流軽トラックを第一ステージとして初期市場を形成することを狙っており、水素燃料電池乗用車への普及は将来の目標としている。



出典：「新エネ・省エネ自動車技術ロードマップ」、「中国製造2025重点領域技術革新グリーンブック技術ロードマップ（2017）」によりGCFENが作成。

図3 水素燃料電池目標

³ 事業者は湖北省の氢陽新能源控股有限公司。

⁴ 中国語では「棄水」といわれ、電網が受け入れない電力のこと。

⁵ ネット・高工産研氢電研究所データによる。

水素燃料電池商用車の普及では、燃料電池システムの製造コストを交通用途に使用できるように削減すると同時に、水素燃料バスについては政府が都市整備の一環で公共バスとして購入し、普及に弾みをつけている。また、軽トラックは主に都市部と周辺地域の物流で積極的に利用しようとしている。両方とも限られた一定の走行範囲にあるため、水素ステーションの立地計画が限られた充填能力でも市場を満足できるメリットがある。

2019年6月までの中国の燃料電池車生産台数は累計4,600台である。各地で運行する燃料電池公共バスは450台、運行路線は37路線で、また燃料電池物流車は2,000台を超えた⁶。

「中国製造2025」の「省エネ・新エネ自動車ロードマップ」で策定された水素燃料電池車の生産台数の目標は、図3の通りに、2020年までに5,000台、2025年までに5万台、2030年までに100万台となっている。2019年5月に「省エネ・新エネ自動車ロードマップ2.0」の改定作業が始められており、目標値も含め修正されると思われる。

一方、2020年1月に出版した「中国水素産業政策研究」では、中国の燃料電池商用車生産量について「中国水素産業基礎施設発展青書」、「省エネと新エネ自動車技術ロードマップ」、及び中国水素聯盟、中国自動車工業協会等のデータに基づき試算されている（表1参照）。これによると、2020年の水素燃料電池商用車の生産量は1万2,500台で、中国におけるすべての自動車生産量の0.04%を占め、新エネ自動車の生産量全体の0.6%、また商用車生産量全体の1.4%を占める。2030年には165万台で、商用車全体の7.3%を占めるようになるとしている。

表1 中国燃料電池生産量予測（2020-2030年）

	自動車	新エネルギー 自動車	商用車	単位：万台 燃料電池 商用車
2020年	3,200	200	92.90	1.25
2025年	4,200	700	637.13	9.5
2030年	5,281	1,417	2,274	165

出典：「中国水素産業政策研究」。社会科学文献出版社、2020年1月。

水素燃料電池商用車の市場拡大の一環としては、環境汚染が問題となる大型ディーゼルトラックの代替が進められており、大型物流トラックが密集する港において燃料電池大型トラックを導入してモデル事業を実施しているところもある。

燃料電池車の現状と課題については第一章第五節で、詳しく紹介する。

3. 水素ステーションについて

2020年3月現在、稼働中の水素ステーションは、上海驛藍金山水素ステーションの35MPa/70MPa兼用型を除いて、すべて35MPaである。固定式は全国で合わせて60カ所あり、計画

⁶ 中国水素産業政策研究による。

中、又は建設中は106ヵ所で、うち2020年12月までに41ヵ所が完成する見込みである。

中国政府の工業と情報部が発表した「省エネと新エネ自動車技術ロードマップ」で取上げた水素ステーションの設置目標は図4の通りである。これによると、2020年に100ヵ所、2025年に300ヶ所、さらに2030年に1,000ヵ所となる。

水素ステーション (ヵ所) 23ヵ所	100ヵ所	300ヵ所	1,000ヵ所
2018年末	2020年	2025年	2030年
燃料電池車(台)	5,000	50,000	100万

出典：省エネと新エネ自動車技術ロードマップより GCFEN が作成。

図4 中国政府が目指す水素 ST・燃料電池車の目標

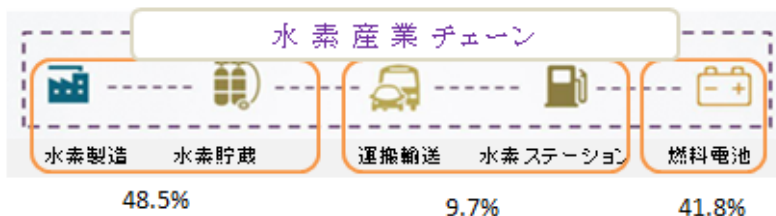
図5は水素白書に掲げられた水素ステーションの目標である。2019年時点の現状の23ヵ所から、2025年まで200ヵ所、中期目標の2035年には1,500ヵ所、さらに長期目標の2050年には10,000ヵ所の目標が建てられている。これに対して中国業界関係者や、有識者は水素の普及への期待が過大だと評価している人が少なくない。中国水素聯盟は、恐らく2050年に中国エネルギー消費のなかで水素は6,000万トン消費され、全体の10%を占めるという前提で推算したためと推測している。

現状 2019年	初期 2020-2025年	中期 2026-2035年	長期 2036-2050年
23ヵ所	200ヵ所	1,500ヵ所	10,000ヵ所

出典：白書より GCFEN が作成。

図5 水素白書の水素ステーション目標

水素白書では、図6に示した通り、水素社会に向けた水素産業チェーンを、上流の水素製造と貯蔵、中流の水素運搬と水素ステーションの整備、及び下流の燃料電池車の3つの部分に分けている。水素産業チェーンの投資と事業展開をしている企業数は、上流と下流はそれぞれ全体の48.5%、41.8%を占めているが、中流の水素輸送と水素ステーション整備・運営は9.7%で、水素ステーションの設置の伸び悩みが課題となっている。



出典：水素白書より GCFEN が作成。

図6 水素産業チェーンと参加企業の割合

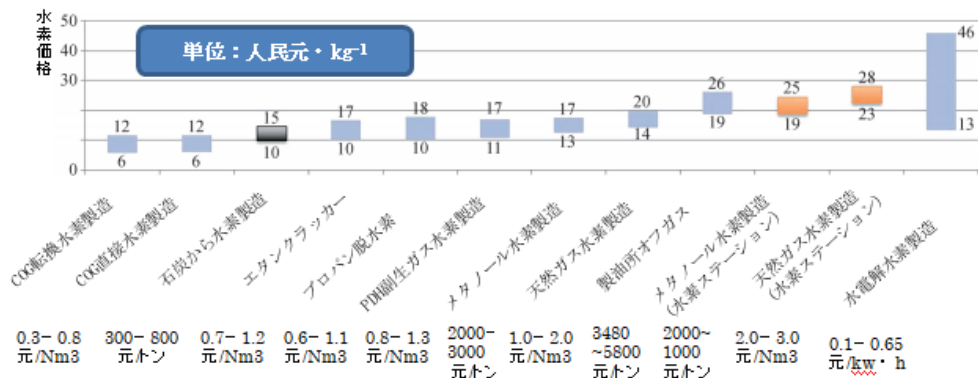
水素ステーションの整備状況、計画、費用対効果、及び水素供給等については第一章第二節に詳しく紹介する。

4. 低コスト化を優先する水素供給源

中国では水素ガスの年間生産量の数字として主に2つある。一つは水素白書で、「工業水素の製造能力を初歩的に評価したところ 2,100 万トン/年あり、水素エネルギーおよび燃料電池産業が発展する初期段階においては低コストの水素ソースとして提供することができる」としている。もう一つは石油・化学工業規画院の「水素の優位性を発揮し、中国特色ある水素供給網を構築する」と題する論文で、「化学工業の水素製造能力が大きい。チベット以外に工場が立地しており、主に窒素肥料、メタノール、現代石炭化工（石炭液化、石炭天然ガス化、オレフィン、エチレングリコール）、石油精製、コークスガス、及び PDH 等で、水素ガス生産量はあわせて 3,800 万トン/年」と記載されている。

石油・化学工業規画院（以下、企画院という）は中国全土の石油・天然ガス、ケミカル工場、及び石炭ケミカルに関する国の事業計画のシンクタンクであり、具体的事業の立地企画を管轄する技術専門的に企画・設計する機構である。3,800 万トン/年の水素生産量は、稼働中の工場の実績に基づき試算されたデータとのことである。

企画院のデータを引用すると、中間製品である水素生産能力は合成アンモニア産業で約 1,250 万トン/年、メタノール工場は約 1,100 万トン/年、現代的石炭化工は約 750 万トン/年、コークス・セミコークスは合わせて 400 万トン/年（合成アンモニア生産とメタノール生産に利用される部分を除いた）、PDH 等の副生ガスは年産 70~100 万トンで、その他、ファインケミカル生産に関わる水素ガスは量が限られており計算対象外としている。また水電解による水素生産プラントは全国で 1,500~2,000 台で水素生産能力は 10~20 万トンと推定している。



出典：「水素の優位性を発揮し、中国の特色ある水素供給網を構築する」、韓紅梅等、石油・化学工業規画院。

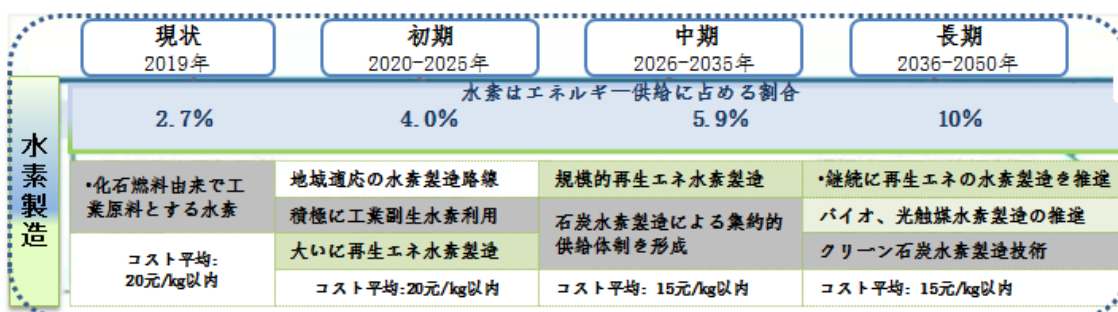
図7 化工産業プロセスと原料による水素製造価格

図7は、企画院が試算した原料別水素製造原価であり、原料価格をローケースとハイケースで想定し、既存プラントの水素ガスのエネルギー利用率、汚染物排出・CO₂排出対策の費用も配慮している。この結果によると COG と石炭由来の水素製造が安く、ローケースの場合、170

円/kgH₂(仮に 1 元=17 円、以下同)で、ハイケースでは 340 円/kgH₂⁷である。

図 8 は水素白書に描かれた 2019 年から 2050 年までの現状、初期、中期、及び長期までの水素供給源のシナリオである。現状は、工業副生水素の高純度化精製コストは 5.1 円~10.2 円/kgH₂で、環境負荷等の諸要素も入れると水素ガス生産コストは 170 円~270 円/kgH₂となる。初期段階では、各地域に既に分散してある水素供給源を利用することで低コストの水素を供給すること⁸になる。中国は早く、安くマーケットを固めることを優先するという考え方のようである。

水電解の水素製造について、「中国水素産業インフラ施設発展青書(2018)」では工業用電力料金 17 円/kWh で水素原価は 1,343 円/kg (79 元/kg) と試算している。因みに、中国には工業用電力料金は変動性で地域によって、使用時間帯によって料金が異なり、だいたい 14.62 円~30.6 円//kWh の間にある。



出典：水素白書により GCFEN が作成

図 8 白書の水素製造コスト目標シナリオ

水素ステーションが取扱っている水素ガスは工業副生ガスや、石炭由来の水素ガスであり、工場から水素ステーションまでの距離 200km 以内で、輸送コストは平均 170 円/km であり、圧縮機（高圧化）や、蓄圧器、及びプレクーラー等の費用は 200 円/kg 弱である。現在、水素ステーションの販売価格は 1,000-1,200 円/kg (60-70 元/kg) である。一方、中国製水素燃料自動車の 100km あたりの水素消費量は、水素燃料電池都市バスは 8-10kg、水素燃料電池物流軽トラックは約 3kg である。現状では水素燃料自動車の燃費はディーゼル車や、ガソリン車の数倍となっている。

日本や欧米社会では、水素は CO₂ フリーであることにこだわりがあるが、中国は CO₂ フリーの水素を実現するために、段階的にグレー水素、ブルー水素、グリーン水素⁹の三色水素で区分けして、それぞれに明確な役割を持たせている。

⁷ 1 元=17 円

⁸ 水素白書、14 頁。

⁹ クリーン水素=グリーン水素。

つまり、水素を原料と製造方法によって分け、「グレー水素」は水素の96%が化石燃料からのもの、「ブルー水素」は「グレー水素」にCCSや、CCUS等をつけて得られるもの、「グリーン水素」は再生可能エネルギーを活用して水分解等の技術で製造する水素である。

水素白書では、2030年ごろに水素ガス総消費量は約3,500万トンであり、CCSを加えた石炭系水素製造や再生可能エネルギーによる水素製造が有効な水素供給主体となるとしている。さらにバイオマスからの水素製造を積極的に行い、光触媒水分解水素製造等の技術開発モデル事業を実施し長距離、大量輸送を実現するとしている。

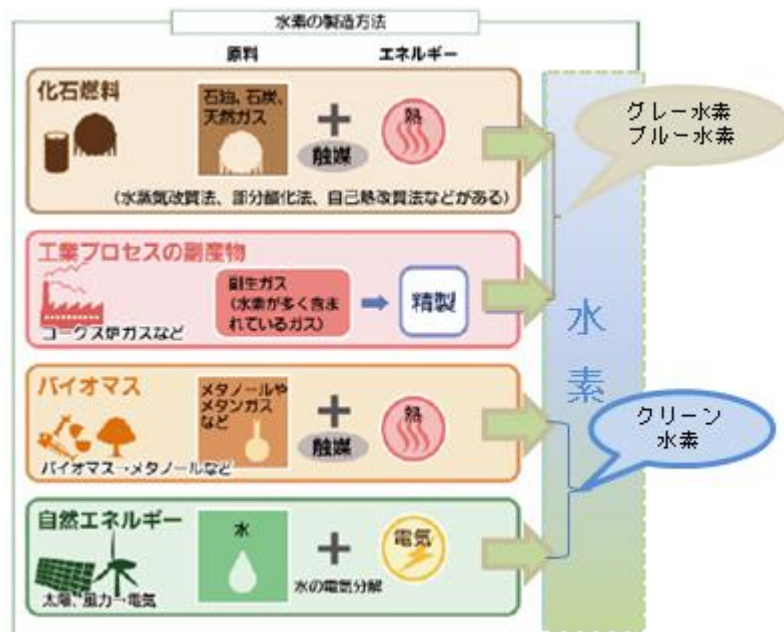
水素白書では2050年までに、中国の一次エネルギー供給構造は化石エネルギー主体から再生可能エネルギー主体となり、再生可能エネルギーによる水素製造が有効な水素供給主体となると予想している。また、石炭からのCCSを付設した水素製造、バイオマスによる水素製造、光触媒水電解による水素製造が補足的な役割となるとしている。そのころになると水素供給に余裕があり、千万トン級のグリーン水素の輸出が実現するとしている。

水素製造と水素エネルギーとする利用等について第一章第三節に詳しく紹介する。

5. 水素輸送

水素輸送は高圧ガス水素、パイプライン輸送、液体水素、及び有機ハイドライド輸送等の方法があるが、水素の製造・利用方法、供給地と利用地との距離などにより選択される。

陸上での高圧ガス水素の輸送・貯蔵は技術的に確立されており、中国の地産地消型¹⁰の水素利用の現状を考慮すると、水素エネルギー利用の初期段階においてはコスト面も含めて適切な選択肢と考えられている。現段階では、各都市の水素燃料電池車等が利用している水素は主に工業副生ガスで、ガス供給源と消費地は大抵150km以内にある。従って20MPaの高圧ロングチューブトレーラーによる輸送で対応できる。



出典：NEDO 水素エネルギー白書をもとに GCFEN が作成

図9 水素の製造方法

¹⁰ 石油精製オフガス、COG や、メタノール及びエチレンオフガス等はほぼ自社利用であった。

図 10 の左図には石油化学から水素源のある地域（沿海水素供給バンド）とそれを利用した水素燃料電池の普及を推進している地域を緑点線で示した。また、右図には石炭コークスからの副生水素源の地域とそれを利用した水素燃料電池の普及を推進している地域を緑点線で示した。



出典：石油化工に水素製造事業、コークス生産地より GCFC が作成

図 10 石油化工事業と燃料電池車利用地域

中国の水素輸送手段は水素エネルギー利用市場の成熟・拡大に伴って変化する。水素白書によれば、市場化の初期段階では、車載用水素の貯蔵は 70MPa が主で、従は低温液化水素と固体水素貯蔵である。輸送は 45MPa の高圧ロングチューブトレーラー、低温液化水素、パイプライン（デモンストレーション事業）等の方式が共存する。中期（2030 年）には、車載水素の貯蔵は気体、低温液化水素が主となり、多種多様な水素貯蔵技術を活かすことになる。輸送は高圧、液化水素タンク、及びパイプラインを利用することになる。長期（2050 年）には水素パイプラインは都市・農村にも導入され、車載水素の貯蔵は充填密度が高く、安全性が高い技術を利用することになるとしている。

パイプライン輸送は、大規模で長距離の水素輸送に利用され、輸送コストを効果的に削減できる。この方式は主に高圧ガスまたは液化水素の形態でパイプラインの中で流れることになる。パイプラインには天然ガス&水素、また石油&水素の混在輸送技術があり、いずれも、長距離、大規模な水素供給にとって良いシナリオである。現段階で中国では、水素のパイプライン輸送は 2 本ある。一本は済源石油精製工場から洛陽までの全長 25km で、水素ガス輸送量は年間 10.4 万トン（約 11.6 億 Nm³）であり、もう一本は鳥海から銀川までの COG&水素ガスの混在輸送で、全長 216.4km あり、水素ガス輸送量は年間 16.1 億 Nm³ である。

液体水素の輸送は、水素を-253℃で液化し体積を 1/800 に縮小して輸送できるが、中国では既存の液化水素の製造設備は北京、四川省西昌市、海南省文昌市の 3 ヶ所しかなく、1 日あたり約 1~2 トンの生産規模に限られている。

全国水素標準委員会の予測によると、2020 年から暫くの間は水素の輸送は高圧ガス輸送が主流であり、液化水素による輸送は導入段階である。2030 年頃は、水素高圧ガスが主流であるものの、全体輸送量に占める割合は下がり、替わりに液体水素が増加するとしている。

西安交通大学、浙江能源集団等 13 社が発起した「液水共同創新連合体」は事業化を支援する業務も進めている。

表 2 水素輸送方式のコストと経済性

輸送方式		圧力 (MPa)	積載量 (kg/回)	単位密度 (kg/m ³)	質量分率 (wt%)	コスト (円/kg)	電力消費 (kwh/kg)	経済範囲 (km)
気体	トレーラー	20	300-400	14.5	1.1	35	1-1.3	≤150
	パイプライン	1~4	-	9.2	-	5	0.2	≥500
液体	液体コンテナ ローリー	0.6	7000	64	14	208	15	≥200
固体	トラック	4	300-400	50	1.2	-	10-13.3	≤150
有機ハイ ドライド	ローリー	常圧	2000	40-50	4	255	-	≥200

出典：水素白書。

表 2 は気体、液体、固体および有機ハイドライドの輸送方式と費用、経済的輸送距離の関係を示している。150km の範囲までの輸送は高圧ガストレーラーが最も安価で、約 35 円/km であるが、距離が超えると単位あたりの輸送費が上がる。液体水素の場合、200km~500km の輸送範囲で経済的メリットがあるとしている。

中国の水素の輸送状況と課題の最新動向、技術開発の主体、モデル事業の実施規模、推進状況等について第一章第三節に詳しく紹介する。

以上