



## 水素社会の到来シナリオ

水素社会到来の必然性と水素ビジネスの捉え方

「究極のクリーンエネルギー」と呼ばれる水素の活用に対する関心が再び高まっている。これまで既に何度か脚光を浴びた水素社会だが、昨今、家庭用燃料電池の普及や燃料電池車の販売開始をはじめ、本格的な水素社会の到来の機運が高まっている。多くの日本企業は新たな成長機会と捉えて期待を寄せているが、まずは水素社会到来の必然性を示した上で、日本企業が新規事業としての水素ビジネスとどう向き合うべきかを考察する。

## 1. はじめに：水素社会に対する社会ニーズ

水素エネルギーへの期待は、エネルギーチェーンの川上側と川下側、すなわちエネルギー供給側と需要側の双方から高まっている。供給側はエネルギーセキュリティの確保、需要側はエネルギーコストの低減の観点でニーズがあり、そして供給側・需要側双方のニーズとして温暖化防止がある。

### エネルギーセキュリティの確保

シェールガスの影響により直近の一次資源価格は下落傾向にあるが、長期的に考えると価格の上昇は避けられないだろう。一方で、国内では原子力発電所の新設について先行きが不透明であり、今後再生可能エネルギーに対する期待はさらに強まると考えられる。しかし、既存の水力などの再生可能エネルギー源のみでは容量拡大にも限界があり、大規模な新電源開発が新たに必要となる。ここで重要になってくるのが再生可能エネルギーの貯蔵・輸送手段である。カリフォルニアをはじめとした日照条件の良い地域では、ルーフトップ太陽光発電の普及によるダックカーブ現象が顕在化しているし、欧州の洋上風力発電では送電におけるトラブルが多発している。このような電力貯蔵・輸送が抱えるボトルネックを解消する一つ的手段として、水素が期待されている。

ダックカーブ現象とは：太陽光発電が大規模に導入された場合、実質電力需要（全体の電力消費量－電

力会社が制御できない発電量）が夕方から夜にかけて急激に立ち上がる現象。その際、需要の変動を電力会社が吸収できず、電力を供給できない事態に発展する可能性がある。

### エネルギーコストの低減

特定の条件下（無電化地域や自然エネルギーが豊富な地域など）では、イニシャル／ランニングコストを低減するために分散電源を導入することが有効である。もちろん、災害対策などを目的とした分散電源の導入も無視できない。その中で、高効率・高エネルギー密度を活かした燃料電池によるディーゼル発電機・蓄電池の置き換えや、トリプルコンバインド発電のような燃料電池を組み合わせることでエネルギー効率向上を実現したシステムの開発が進んでおり、水素の利用により分散電源の競争力をさらに高められると期待されている。

### 温暖化防止

温暖化防止については、CO2削減に向けた国際的な合意形成が進みつつあり、将来的にCO2クレジットが高騰する可能性がある。既に火力発電所でのCCS（Carbon Capture and Storage、二酸化炭素回収・貯留）活用などCO2削減に対する取り組みは進んでいるが、燃やしても水しか出さない水素は、「究極のクリーンエネルギー」としてCO2削減に大きく貢献すると期待されている。ただし、エネルギーチェーン全体でのCO2排出量を考えると、水素の

製造時に CO2 を排出しては意味がない。そこで、再生可能エネルギーを基にした水素製造や化石資源から水素製造する際に CCS を活用する方法などが考えられている。

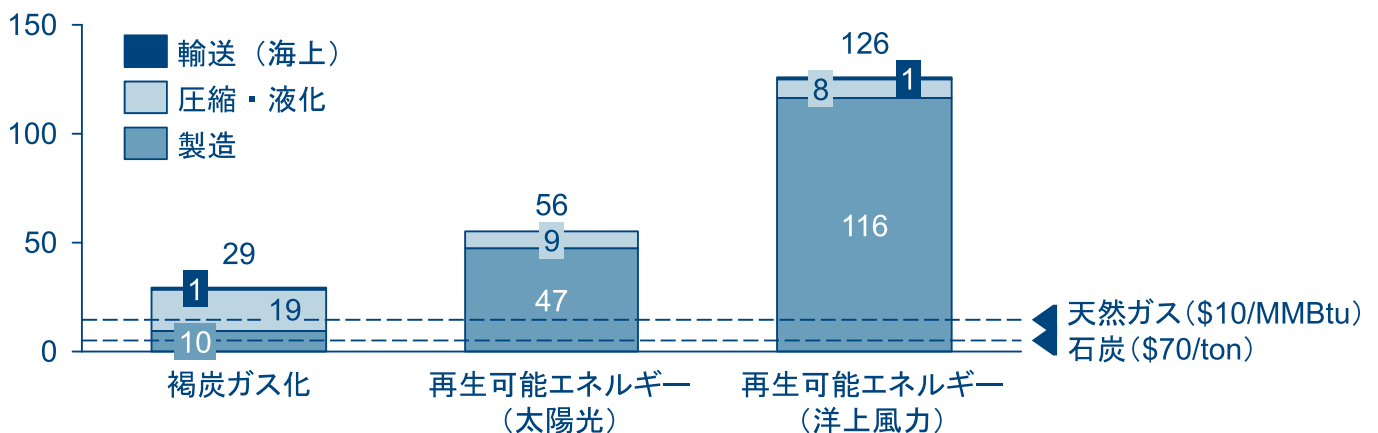
このように、水素エネルギーに対する期待は大きく、エネルギーの貯蔵・輸送手段として水素を活用することで、エネルギーセキュリティの確保、エネルギーコスト低減、温暖化防止を推し進める際のボトルネックを解消できる可能性がある。

## 2. エネルギー貯蔵・輸送手段としての水素の優位性

では、果たして水素はエネルギーの貯蔵・輸送手段としてどれほど有効なのだろうか。そもそも、エネルギーの付加価値とは取り出せるエネルギー量であり、水素の優位性もエネルギーとしてのコストパフォーマンス、すなわち水素供給コストに大きく左右される。

水素製造コストは、現時点では非常に高い。(図1) これに陸上での輸送コスト、燃料電池車に供給する場合は水素ステーションコストも加えると、80円/Nm<sup>3</sup>ほど水素供給コストが上乘せされる。さらに、水素の体積当たりのエネルギー量は天然ガスの1/3ほどしかなく、エネルギー量当たりの価格が天然ガス・石炭と同等になるのは、それぞれ水素供給コストが約15円/Nm<sup>3</sup>、5円/Nm<sup>3</sup>まで下がる必要がある。水素がエネルギー資源として活用されるには、水素供給コストを下げる、特に水素製造コストを下げるための相当なイノベーションが必要である。ただし燃料電池車に関しては、製油所などで余剰となっている水素生産能力を活用できれば、水素製造コストを低減することができる。高いガソリン税、低い内燃機関の効率にも助けられ、ガソリン車並の燃料代を実現できる可能性は十分にある。現在余剰となっている水素製造設備は、数百万台の水素燃料電池車をまかなえる生産能力を有する。しかし、

図1：供給源別水素供給コスト [円/Nm<sup>3</sup>]



\*褐炭価格は1410円/t、電力コストは太陽光：7.0円/kWh、洋上風力は23[円/kWh]で算出

\*陸上での輸送コスト、水素ステーションコスト、褐炭ガス化時のCCSコストは含まれない

出所：各種公開情報よりADL試算

エネルギー資源として水素を活用することは、前述の通り現時点では非常に難しい。既存の水素製造設備も、発電向けに水素を供給するほどの莫大な生産能力を有する訳ではない。となれば、水電解などの水素製造、燃料電池の効率を飛躍的に向上させる必要がある。

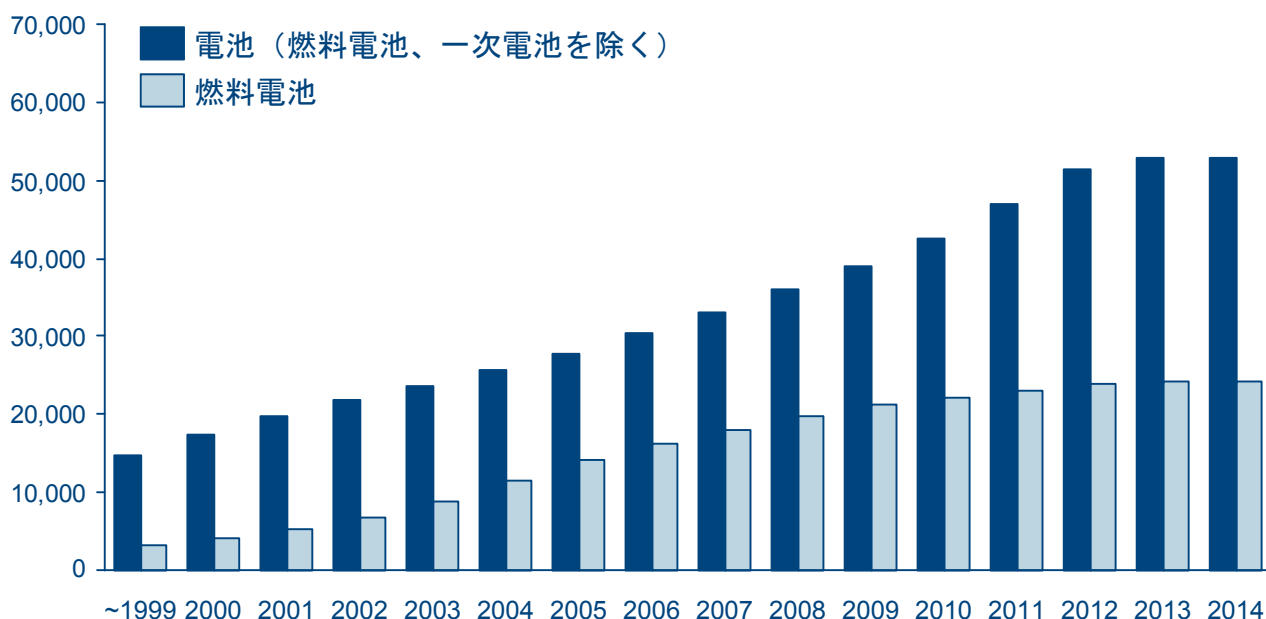
では、今後、水素は他のエネルギー技術に勝利できるのか。現在グローバルで水素の製造・貯蔵・利用技術の研究開発が進められており、より一層水素のエネルギーとしての魅力は高められるだろう。一方で、他のエネルギー貯蔵・輸送手段の技術革新も進むはずである。蓄電池や発電機器はさらに高効率化を進め、水素がそれを凌駕できるかは不明である。これは、テレビにおける液晶 vs プラズマの議論に似ている。液晶テレビとプラズマテレビの累計出荷台数には大きな差があった。その結果投資が集中し、技術蓄積が進んだ液晶テレビは、ついにディスプ

レイの大きさに関係なくテレビ市場を席巻した。水素に関しても同様であり、21世紀に入り、燃料電池の技術開発が積極的に進められ多くの特許も出願されてきたが、既存の蓄電池と比較すると、やはりまだまだ技術蓄積の差は大きい。(図2) 今後さらに技術蓄積の差が広がるようであれば、水素エネルギーが既存のエネルギーを置き換えることは難しくなるだろう。

### 3. 各地域における水素バリューチェーン

今後水素が既存のエネルギーチェーンに入り込むことは十分にあり得る。1章で記したように、特定の条件が揃えば、エネルギー密度の高い水素を使った高効率な燃料電池が訴求するアプリケーションが存在する。家庭用燃料電池や燃料電池車だけでなく、業務用燃料電池もアメリカを中心に市場を拡大している。また、オフショアなど遠方での再生可能エネルギーは蓄電・送電ともに課題を抱えており、水素

図2：過去の累積特許件数 [ 件 ]



出所：特許分析ツール「Biz Cruncher」よりADL分析

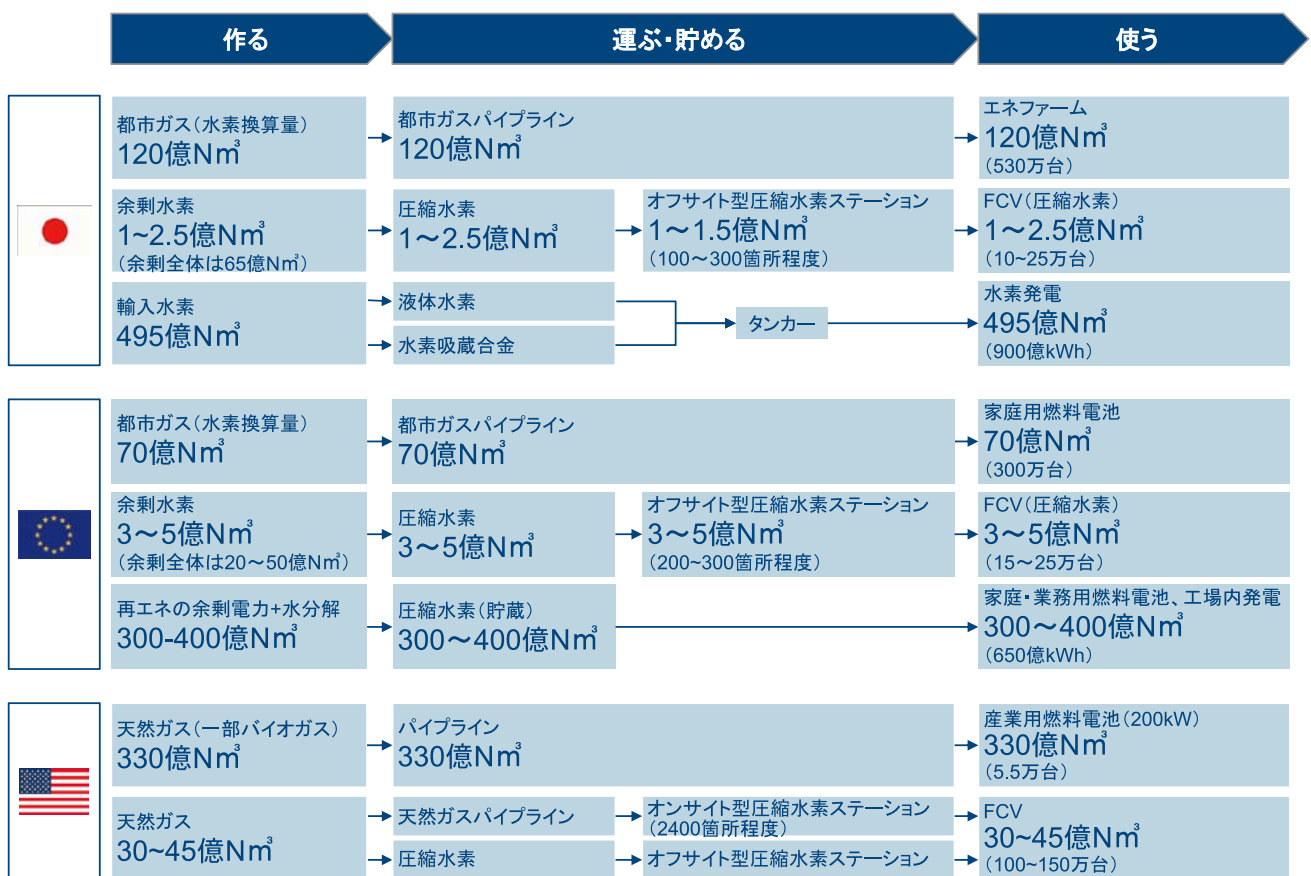
による貯蔵・輸送がボトルネックを解消できる可能性がある。短・中期的には家庭用・業務用燃料電池が市場を牽引し、その後、化石資源や再生可能エネルギーからの水素製造効率が向上すれば、エネルギー資源として水素が利用される可能性がある。(図3)

ただし、化石資源の代わりに水素を利用しようとする状況は限られる。例えばオーストラリアの褐炭から水素を製造し、日本に輸送するという構想も、褐炭のような輸送が難しい且つ山元発電、自国内消

費の必要がない地域と、資源に乏しく、調達する資源や調達先を分散させたい地域の両者が結びついたことで初めて成立する。

図3では、燃料電池車が水素社会に与えるインパクトが小さいことも見て取れる。政府の普及目標に比べ非常に少ない台数を想定しているが、これが200万台となったとしても、自動車市場には大きな影響を与えることとなるが、水素の流通量にはあまり影響しない。

図3：各地域における水素チェーンの長期シナリオ（～2050年、水素流通量換算）



長期的には、発電用途の立ち上がりにより、水素需要量が増加することで海外からの輸入が本格化。流通量が多いため、液体水素、(吸蔵材のイノベーションがあれば) 吸蔵水素の形で輸送・貯蔵される。

## 4. 新規事業としての水素ビジネスの捉え方

### (1) 市場、技術両面からのシナリオを描画する

前述の通り、水素社会が本当に到来するか、いつ到来するかについては結論が出せる状況ではない。これまで以上に水素に対する期待が高まっていることは間違いないが、今後も社会ニーズ・技術の両面から、想定される水素社会のシナリオを継続的に分析する必要があるだろう。社会ニーズについては、まずは各国のエネルギー政策、とりわけエネルギーセキュリティや、資源国における産業としての資源についての考え方を把握する必要がある。技術動向の観点では、水電解装置や燃料電池だけでなく、競合技術となる蓄電・送電技術や、再生可能エネルギーの発電コストや CCS コストなど周辺技術にも大きな影響を受ける市場である。

### (2) グローバルにニッチなニーズを捕捉する

新規事業としての水素ビジネスを生み出すには、まずは水素エネルギーが優位性を有する条件を抽出し、ニッチなニーズを捉えることが重要となる。例えば北九州市では副生水素を利用した水素インフラの有効性を実証してきた。製鉄所では製造される水素の多くを自家消費してしまうが、他にも製油所など水素を低コストで製造・輸送することができるエリアでは、水素シティが成立し得る。他にも、水素流通量への影響は軽微だと考えられるが、電力系統

につながっていないコミュニティや携帯基地局、産業用ロボットでの燃料電池活用も進んでいる。こういったニッチではあるが確かに存在するニーズに対し、水素が持つ優位性が訴求できるかを検討することで、確かな事業を生み出すことが可能である。ADL では、市場ニーズと技術シーズを結び付け、新たな事業を検討する際に M-F-T (M:Market, F:Function, T:Technology) というフレームを用いるが、しっかりとこの M-F-T シナリオを描出することが重要である。

### (3) 既存リソースとのハイブリッド化によって水素事業に染み出す

加えて、既存の技術や商材、事業リソースから浸み出す範囲での事業展開が現実的ではないだろうか。

どの企業にとっても、これまで培ってきたリソースで水素事業にも活用できるものは少なからずあるだろうし、特に素材メーカーやプロセスエンジニアリング企業にとっては親和性が高い。また、洋上風力発電のように、水素関連技術・商材を既存の事業に取り込むことで、これまでのボトルネックを解消できる可能性もある。こうした既存リソースとのハイブリッド化によって、限られた投資リソースで水素事業を最大限レバレッジすることが、まずは必要ではないだろうか。



## アーサー・D・リトル (ADL) について

アーサー・D・リトルは1886年に設立され、各業界への深い知見を基に戦略とイノベーションと技術を結びつけるアプローチに強みを持つ経営コンサルティング業界におけるグローバルなリーダー企業です。日本法人は、1978年に設立され、多くの日本の技術に立脚した製造業企業、サービス企業、及び金融機関、官公庁などに対する幅広いコンサルティングサービスを提供しています。アジアにおいては、東京、北京、上海、ソウル、シンガポール、クアラルンプール、デリー、バンガロール、ジャカルタ、バンコク、ハノイの11都市にオフィスを有しております（ジャカルタ、バンコク、ハノイはプロジェクトオフィス）。更なる情報については、弊社 Web サイトをご参照ください。

- グローバルサイト : [www.adl.com](http://www.adl.com)
- 日本オフィスサイト : [www.adl.co.jp](http://www.adl.co.jp)

## 連絡先

東 拓人

コンサルタント

03-3436-8934(直通)  
[azuma.takuto@adlittle.com](mailto:azuma.takuto@adlittle.com)



中司 佳輔

マネジャー

03-3436-8932(直通)  
[nakaduka.keisuke@adlittle.com](mailto:nakaduka.keisuke@adlittle.com)



鈴木 裕人

プリンシパル

03-3436-8920(直通)  
[suzuki.hiroto@adlittle.com](mailto:suzuki.hiroto@adlittle.com)



Copyright © Arthur D. Little 2015. All rights reserved.