

1 C O 2 出 さ ない 水 素 製 造 事 業 、 巨 大 市 場
2 見 据 え 世 界 で 始 動

3 2 0 1 3 / 1 1 / 1 3 7 : 0 0

4 燃 焼 し て も 二 酸 化 炭 素 (C O 2) を 排 出 し ない
5 水 素 を エ ネ ル ギ ー 源 と し て 大 規 模 に 活 用 す
6 る 、 「 水 素 社 会 」 の 実 現 を 目 指 す プ ロ ジ ェ ク
7 ト が 世 界 各 地 で ス タ ー ト し て い る (図 1) 。
8 水 素 イ ン フ ラ 関 連 の 市 場 規 模 は 、 2 0 5 0 年 に は
9 年 間 1 6 0 兆 円 に 上 る と 見 ら れ る (日 経 B P ク リ
1 0 ー ン テ ッ ク 研 究 所 調 べ) 。 そ う し た 水 素 社 会
1 1 を 実 現 す る た め に 不 可 欠 な 取 り 組 み と し て 注
1 2 目 さ れ て い る の が 、 C O 2 の 排 出 を 伴 わ ない
1 3 (C O 2 フ リ ー) 水 素 製 造 プ ロ ジ ェ ク ト で あ る 。
1 4 背 景 に は 、 先 進 国 が 「 2 0 5 0 年 ま で に 先 進 国 全
1 5 体 の C O 2 排 出 量 を 8 0 % 削 減 す る 」 と い う 、 2 0 0 9
1 6 年 の G 8 ラ ク イ ア サ ミ ッ ト に お け る 合 意 が あ
1 7 る 。 水 素 イ ン フ ラ の 関 係 者 は こ の 合 意 を 基 に
1 8 水 素 社 会 の 将 来 像 を 描 い て お り 、 そ の た め に

1 は C O 2 フ リ ー の 水 素 を 作 る こ と が 前 提 条 件 に
2 な っ て い る 。



3
4 図 1 水 素 社 会 を 目 指 す プ ロ ジ ェ ク ト 。 写 真
5 は 、 と よ た エ コ フ ル タ ウ ン 水 素 ス テ ー シ ョ ン
6 と ト ヨ タ 自 動 車 の 燃 料 電 池 車
7 水 素 は 自 然 界 に は ほ と ん ど 存 在 せ ず 、 炭 化
8 水 素 や 水 な ど の 形 で 化 合 物 と し て 存 在 し て い
9 る 。 こ の た め 、 何 ら か の 方 法 で こ れ ら の 化 合
10 物 に エ ネ ル ギ ー を 加 え て 水 素 を 製 造 す る 必 要
11 が あ る 。 現 状 で は 、 工 場 で 産 出 さ れ る 副 生 水
12 素 で ま か な っ て お り 、 足 り な い 場 合 に は 化 石
13 燃 料 を 改 質 し て 製 造 し て い る 。 こ れ ら の 水 素

1 製造プロセスではエネルギーを加える過程で
2 CO₂を排出してしまう。

3 これに対して、(1) 再生可能エネルギーの
4 電力によって水を電気分解する、(2)化石燃
5 料を改質またはガス化するものの、「CCS
6 (Carbon dioxide Capture and Storage)」
7 (改質やガス化時などで発生するCO₂を、大
8 気に放出する前に分離・回収して貯蔵するこ
9 と)というプロセスを経ることによってCO₂
10 フリー化する——という二つの方向でCO₂フ
11 リーの水素を製造する試みが活発化している。

12 ■ 世界で動く 28 のプロジェクト

13 日経BPクリーンテック研究所が世界の主
14 要な水素インフラ関連プロジェクトを調べた
15 レポート『世界水素インフラプロジェクト総
16 覧』（2013年10月24日発行）によると、主
17 要なプロジェクト70の内、CO₂フリーを目指
18 した水素製造プロジェクト数は28にのぼっ
19 た。

1 このうち、再生可能エネルギーを使った
2 CO2フリー化のプロジェクトは26に及んだ。
3 それをタイプ別にみると風力発電から製造す
4 るプロジェクトが最も多く10、再生可能エネ
5 ルギー全般から水を電気分解して水素を製造
6 するプロジェクトが6、バイオガスから製造
7 するプロジェクトが6、太陽光発電から製造
8 するプロジェクトは3となった。

9 水力発電から水素を製造するプロジェクト
10 は1つだけだが、これはすでに一部で普及し
11 ていることから電力需給に使う先進的な取り
12 組みだけをピックアップしたためである。一
13 方、炭田や天然ガス田の産地でガス化や改質
14 に併せてCCSを行うことによってCO2フリー
15 化するプロジェクトは、2を数えた。

16 ■ ドイツで活発な風力発電からの水素活用

17 その中でも目立つのは、ドイツにおける風
18 力発電の電力から電気分解で水素を製造する
19 プロジェクトである。ドイツは脱原発に踏み

1 切っていることから、再生可能エネルギーの
2 中でも風力発電の導入を活発化させており、
3 その多くが北ドイツに集中している。

4 北ドイツには大きな電力需要がないために、
5 工業地帯である南ドイツへ送電する必要があるが、
6 高圧送電線の敷設が遅れている。そこで
7 で、北ドイツの風力発電で余った電力から水
8 素を製造して活用するプロジェクトが増えて
9 いるのである。

10 例えば、ドイツの首都ベルリンから北に
11 120km離れたブランデンブルク州プレントラ
12 ウで進められている「プレントラウ風力水素
13 プロジェクト」では、合計6MWの風力発電で
14 発電した電力を通常は系統網に送っている。
15 しかし、夜など電力需要が小さく、電力が余
16 剰になる場合には、水を電気分解して水素を
17 製造してタンクに貯めておく。

18 貯蔵した水素は、必要に応じて バイオマス
19 から製造したメタンなどの可燃性ガス（バイ

1 オガス)と混ぜて、コージェネレーション(熱
2 電併給)システムに供給する。コージェネ設
3 備では電気は電力系統網に流し、排熱は地域
4 熱供給に販売する。水素の一部は、ベルリン
5 市内などにある燃料電池車(FCV)と水素自動
6 車向けの水素ステーションにも供給する、と
7 いった取り組みをスタートさせている。

8 水素を都市ガスのメタンに混合して燃料と
9 して使うハイタン(Hythane:水素混合都市ガ
10 ス)のプロジェクトでも、風力発電からの水素
11 を活用するプロジェクトが増えている。代表
12 例は、ドイツの「パワー・ツー・ガス」であ
13 る。E.ONやGreenpeace Energyといったエネ
14 ルギー会社が風力発電の余剰電力を使って水
15 を電気分解で水素に転換して、既存のガス配
16 管網に供給している。

17 こうして余剰電力を有効活用すると共に、
18 クリーンな水素を添加することでSOX(硫黄
19 酸化物)やNOX(窒素酸化物)などの有害物

1 質の排出を削減できる。既存の都市ガスイン
2 フラを活用できることから、水素社会へ移行
3 するきっかけになるとみられる。

4 ■ CO₂フリー水素からメタンを製造

5 水素の形で都市ガスに混ぜるのではなく、
6 都市ガスの成分であるメタンそのものを水素
7 から製造しようという動きも活発化している。
8 ドイツでは、Solar Fuelが再生可能エネルギー
9 ーによる電力で水を電気分解して水素を作り、
10 それをさらに空気中のCO₂と反応させてメタ
11 ンを製造するプラントを造って実証実験を進
12 めている。



1

2 図 2 アウディの「eガス」プラント

3 2009年には再生可能エネルギーの出力が
4 25kWの試作機を稼働し、40%の効率でメタン
5 を製造することに成功した。2013年にはそれ
6 を20MWにスケールアップし、本格実用化を目
7 指している。同社の場合、製造したメタンを
8 そのまま天然ガスのパイプライン（ガスグリ
9 ッド）に供給することを狙っている。都市ガ
10 スインフラを活用でき、都市ガスをCO₂フリ
11 ーにできるメリットがある。

1 再生可能エネルギー由来の水素とCO₂から
2 作ったメタンを自動車に活用しようという試
3 みも始まっている。自動車メーカーのAudi
4 (アウディ)が進める「アウディ e-gas プロ
5 ジェクト」だ。このプロジェクトでは、6MW
6 の電力で水を電気分解して水素を生成し、そ
7 の水素とCO₂で年間1000tのメタンガス製造
8 能力を持つ設備を、2013年秋から本格稼働さ
9 せる(図2)。同社が販売しているCNG(圧縮
10 天然ガス)車の燃料にしたり、公共ガスネッ
11 トワークにも供給する計画だ。

12 ■ 太陽光発電からの水素を地域やビルに活用
13 太陽光発電の電力を使って水素を製造する
14 試みも次第に増えてきている。有名なものと
15 しては、フランス・コルシカ島の「MYRET プ
16 ラットフォームプロジェクト」がある。太陽
17 光発電システムの余剰電力で水を電気分解し
18 て水素を製造し、電力需要のピーク時や太陽
19 光発電電力の平準化のために燃料電池で発電

1 し、コルシカ島の系統網に送電する実験を進
2 めている。

3 太陽光の場合には、ビルや住宅といった需
4 要家の施設にも導入されていることから、施
5 設内で太陽光の電力を水素に変えて活用する
6 プロジェクトもスタートした。例えば、オース
7 トラリアのグリフィス大学では、ビルの屋
8 根に太陽光パネルを設置して、日中、太陽光
9 が照っている時にはその電力を施設内で直
10 接使い、余剰電力は蓄電池に貯めると共に、
11 電気分解による水素製造に利用する。生成さ
12 れた水素は、水素吸蔵合金に貯める。

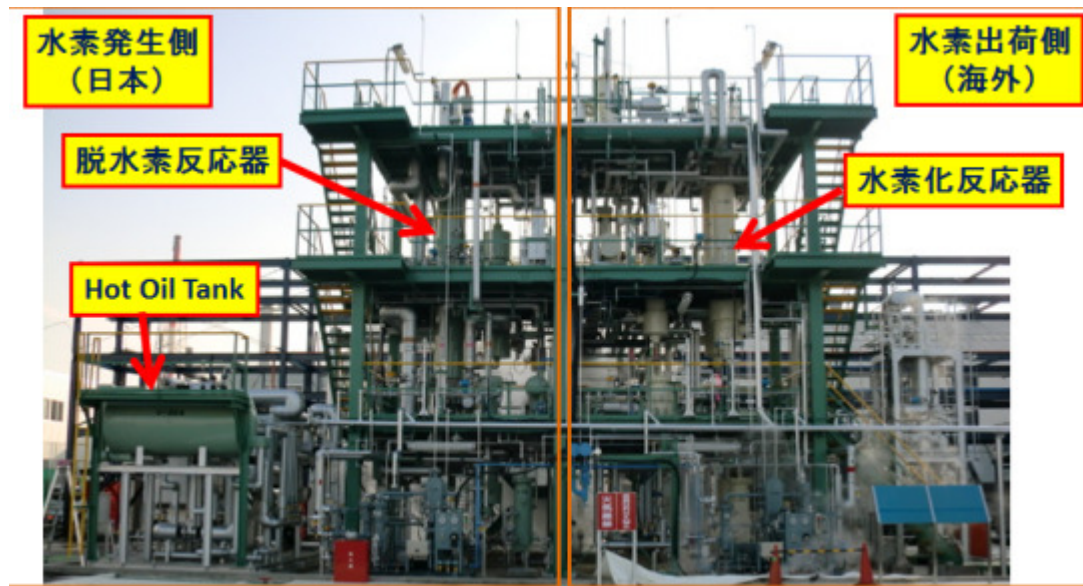
13 蓄電池に貯めた電力は主に夜間にエアコン
14 駆動などに使い、水素は曇天や雨天時に燃料
15 電池を介して電力を供給するといった運用を
16 している。水素だけで同施設の1日分の電力
17 を賄えるとしている。

18 ■化石燃料からCCSでCO₂フリー水素化

1 化石燃料から水素を製造する手法について
2 は、天然ガス田や炭田を持つ現地で CCS によ
3 っ て、CO₂フリーにする検討が進んでいる。

4 長期的には貯留した CO₂ を炭素資源とする基
5 礎研究も始まっている。同方法については千
6 代田化工建設や川崎重工業など日本勢がリー
7 ドしている。

8 千代田化工建設は、トルエンを水素化した
9 メチルシクロヘキサン (MCH) によって、海外
10 の天然ガス田などで製造した水素を輸送する
11 方法を開発している (図 3)。MCH は常温・常
12 圧の液体で、気体水素の体積を 500 分の 1 に
13 できる。水素を取り出すプロセスでエネルギー
14 ーがかかるが、ケミカルタンカーやタンクロー
15 ーリーなど既存の輸送インフラを活用できる
16 メリットがある。



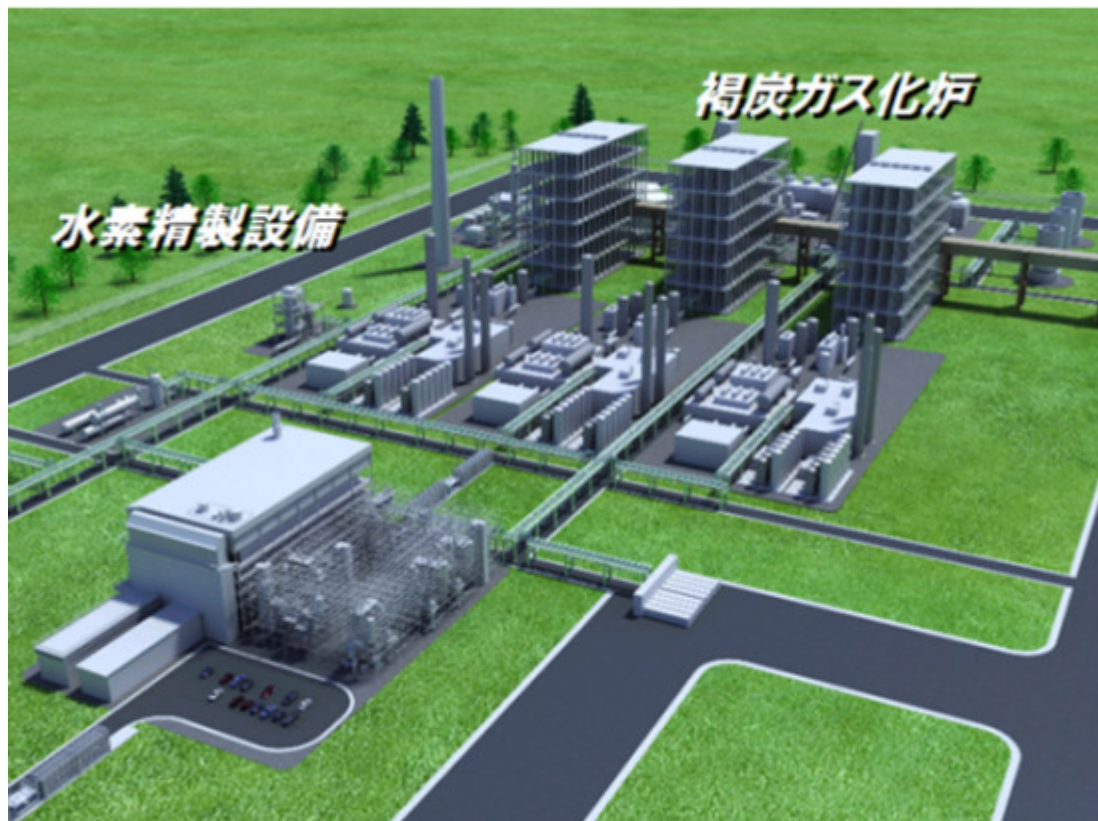
1

2 図 3 メチルシクロヘキサンの実証プラント。

3 2013年3月に横浜市にある研究開発拠点に毎
4 時50Nm³規模の実証プラントを建設（出展：
5 千代田化工建設）

6 一方、川崎重工業は、オーストラリアの炭
7 田で産出される褐炭を原料に、CCSを併用し
8 てCO₂フリーの液体水素を現地で製造し、そ
9 れを船で日本に輸送するビジネスを推進して
10 いる（図4）。液体水素を選んだのは、不純
11 物を除去するなどの手間がかからず、輸送し
12 て直ちに使える点を評価したからだという。
13 液体水素輸送船については、LNG船よりも低
14 温に冷却するなど新規に開発する必要がある

1 が、川崎重工は仕様を詰めており、事業化が
2 可能と見ている。



3

4 図 4 2030 年に本格稼働を目指す商用チェー
5 ンの FS (事業化調査) による、水素製造装置
6 のイメージ (出展：川崎重工業)

7 千代田化工建設は水素輸送ビジネスを

8 2015 年度末から、川崎重工業は商用チェーン

9 の本格稼働を 2030 年からスタートさせると

10 している。両者ともに、稼働時の水素の輸入

11 価格を約 30 円 / Nm³ (ノルマル・リユース)

1 としており、安価なCO₂フリー水素を大量に
2 供給する考えだ。これらが軌道に乗れば日本
3 が世界の水素ビジネスをリードできる可能性
4 を秘めている。

5 （日経BPクリーンテック研究所 藤堂安人）