

R水素

RENEWABLE
HYDROGEN



江原春義 ——— R水素ネットワーク代表理事

再生可能エネルギーと水による
地域循環型エネルギーのかたち

R水素 RENEWABLE HYDROGEN 江原春義

発行：R水素ネットワーク

定価：本体900円＋税

ENERGY FOR WORLDSHIFT



世界初のR水素ビル
オーストラリアに完成！

グリフィス大学
現地レポート

R水素ネットワーク

R水素ネットワーク



グリフィス大学に完成した1棟丸ごと電線に頼らなくていい
“オフグリッド”のR水素ビル。6階建てのビルで使う電力の
すべてを、太陽光発電と水素エネルギーでまかなっている。



R水素（あーるすいそ）とは、再生可能エネルギーによって水から取り出す水素など、持続可能な水素のこと。英語では Renewable Hydrogen といいます。R水素により、地域でつくって、貯めて、使う再生可能エネルギーのかたちを実現することで、エネルギーは民主的で平和なものになります。

R水素ネットワークが、表参道のシェアオフィスに設置、運転をスタートさせたR水素マシン「GRID FREE RH₂」。太陽光パネルによる再生可能エネルギーと水の中にある水素によるオフグリッドのエネルギーシステム。



R水素

再生可能エネルギーと水による
地域循環型エネルギーのかたち

著者 **江原 春義** R水素ネットワーク代表理事

監修 **山根 公高** 水素エネルギー協会 評議委員

はじめに

亜熱帯のまぶしい太陽に燦々と照らされている、地上5階、地下1階の真新しいビル。オーストラリアのグリフィス大学にできたばかりのR水素ビルを見上げた時、思わず「これだ、これなんだよね！」と口から出てしまいました。

新しい文明の兆しを目の当たりにして思わず漏れたそのひと言は、人類として初めて月面に踏み出したアームストロングの名言のような気の利いたものではなく、心からわき上がった、シンプルな喜びの声だったのです。

科学者でも技術者でもなく、ましてや水素関連とはまったく無縁の人生を歩んでいた私が、気候変動という生命存亡の危機を感じ、R水素にかかわり8年。ずっと声を上げ続けてきたことが夢物語でもなく、現実目の前にある。まるでタイムマシンに乗って未来にやってきた、タイムト

ラベラーのような興奮を覚えました。

そう。R水素社会は未来ではなく、すぐそこまで来ています。問題を解決するカギは、身の回りに豊富にある再生可能エネルギーと水の中にあるのです。

R水素は馴染んでくれば鳥にとつての風、魚にとつての水のように、非凡なことではなく、ごく普通の平凡なことのように思えるはずです。それを現実的に広めていけるかどうかは、私たち地球市民一人ひとりの意志と行動にかかっています。

その一歩となる情報を、この小さなブックレットにまとめました。ぜひ一度、いや繰り返し読んでいただき、R水素のファンになっていただければと思います。そして、みなさん一人ひとりの愛あるアクションを期待しています。

CONTENTS

はじめに

2

第1章

R水素ってなんだろう？

地球レベルの問題の元凶、現在のエネルギー構造

最も期待されるエネルギー、水素

「R水素」と「Rでない水素」

R水素の仕組み

水素の貯め方

水素貯蔵とバッテリーの比較

水素の安全性

7

8

10

13

16

19

22

28

第2章

地域自立、循環型のR水素サイクルへ

エネルギー補助金による偽りの安さ

再生可能エネルギーは送電網に頼るだけでいいのか？

地域自立、循環型のR水素サイクルへ

①地域でエネルギーを貯めて、災害に備える

40

36

②地域循環型経済

③革命的省エネルギー化

④脱化石燃料・脱原発・脱巨大送電網

44

43

第3章

世界のR水素プロジェクト

2030年の未来ではなく、すでにあります

オーストラリア グリフィス大学 太陽光×R水素

カナダ ベラクーラ 小水力発電×R水素

巨大原発企業もR水素にシフト

埼玉県庁 太陽光×R水素

4畳半の水素ステーション ごみ焼却発電×R水素

コンテナ型R水素システム

理研のR水素プロジェクト

カリフォルニア州 R水素ステーションの整備を支援

ハワイ島のR水素牧場

北海道 小水力発電×R水素

GRID FREE RH₂ 太陽光×R水素

49

50

52

53

54

55

56

57

58

61

第4章

R水素アクション！ エネルギーを自分たちの手に取りもどそう！

エネルギーと政治

65

66

政治のプレイヤーとして行動する
お金の流れを変える

R 水素コミュニティをつくろう
Think Global, Act Local

第5章

世界初のR水素ビルが完成！ グリフィス大学、現地レポート

グリフィス大学 サー・サミュエル・グリフィス・センター

大規模なR水素システム

〈インタビュ〉ネド・バンクハースト副総長

プロジェクトの目的と哲学

エネルギーの性質と水素貯蔵

文化のシフト

持続可能なエネルギーのプロジェクト

コラボレーションの秘訣「コーヒークップの法則」

〈メッセージ〉エヴァン・グレイ教授

おわりに

さあ、みんなでR水素社会にシフトしよう！

92 91 90 89 87 86 84 80 79 77 72 71 69 68

R 水素ネットワークのWEBサイトで、本文中の参考リンクを一覧にしています。
ご興味をもたれた事柄を、ぜひ詳しく調べてみてください。 <http://rh2.org/book/>

第1章

あーる
R 水素ってなんだろう？

H_2

普段の生活で、コンセントに差し込めば使える電気、キッチンで栓をひねれば出てくるガス、スタンドに行けば入れられるガソリン、こうしたエネルギーは一体どこから来るのでしょうか。

実は、当たり前のように大量にエネルギーを使う私たちの生活や社会の仕組みが、世界の隅々にまでネガティブな影響を与えています。化石燃料を大量に燃やすことで気候変動が起こり、今この瞬間も、世界のあちこちで猛暑・熱波・干ばつ・集中豪雨・竜巻・土石流などの被害が引き起こされています。原子力発電所は、ひとたび事故が起きれば取り返しのつかない事態に陥ります。福島第一原発の事故では、未だに多くの人々が故郷に帰ることができず、また汚染水の処理や廃炉など、解決のめどがたつていません。

原油は中近東などで採掘されています。原油のありかをハイテク探索マシンで探し出し、巨大な掘削マシンで地下数千メートルから吸い上げ、パイプラインで数百キロ先まで送り、タンカーに載せてインド洋・東シナ海を通つて、一万キロメートル以上先の日本に運び出されます。さらに日本に来てからは、石油化学プラントで複雑な工程を経て最終商品のガソリンや灯油となり、ようやく各地に届けられます。

かつては北極の海底奥深くに眠っていた天然ガスや原油も、気候変動により氷が溶けたことで採掘しやすくなり、いまや私たちのキッチンにきています。栓をひねると出てくる

ガスには、北極のガスが混ざっているのです
(※1)。

化石燃料だけではありません。原子力発電の燃料となるウランも、はるか遠くオーストラリアやカザフスタンから運ばれています。

このように、限られた場所に限られた量しかないエネルギー資源をめぐって、各地で権益確保のための戦争が起きています。子どもたちを含む何の罪もない人たちが殺され、難民やストリートチルドレンの問題、少女売春といった悲しみの連鎖が生まれています。太平洋戦中の悲惨な体験が報道などで伝えられ、日本では戦争は過去のもののように思われていますが、今も世界のどこかで、私たちが依存するエネルギーを巡って悲惨な戦争が起きているのです（※2）。

社会を動かすのに欠かせないエネルギーが
ネガティブなことで、世界が暗い闇に包まれ



人間のエネルギーの歴史

燃料に含まれる炭素原子と水素原子の比率

木炭 

石炭 

石油

天然ガス 

水素 

炭素原子がない =
**CO₂の発生
がない!**

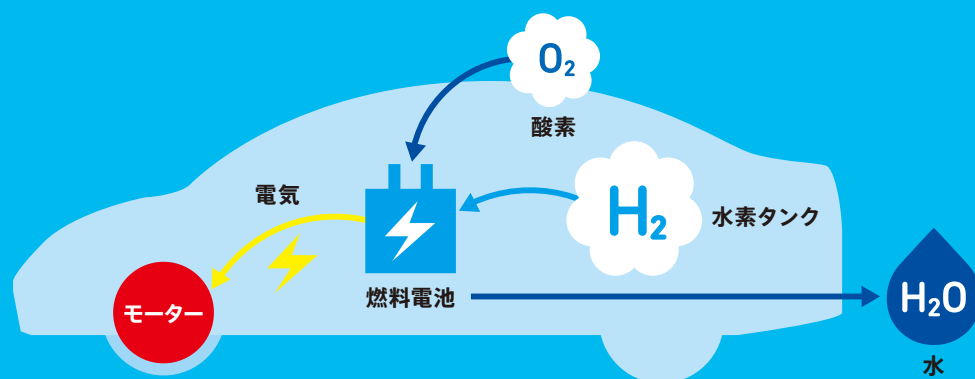
※1 本村眞澄「北極圏のエネルギー資源と我が国の役割」『北極のガバナンスと日本の外交戦略』日本国際問題研究所 2013年 http://www2.jiia.or.jp/pdf/resarch/H24_Arctic/H24_Arctic.php

「NHKスペシャル 北極大変動 第2集 氷の海から巨大資源が現れた」2008年5月26日放送
<http://www.nhk-ep.com/products/detail/h12940AA>



ソーラー水素ステーション & ホンダ FCX クラリティ

燃料電池自動車の仕組み



燃料電池に水素が入ると、空気中の酸素と反応して電気を発生し、モーターを回転させる。

ています。エネルギーの問題は、世界で起きているさまざまな問題の元凶なのです。しかし、幸いなことに、こうした地球レベルの問題をシンプルに、かつ包括的に解決する技術や知恵、そして実例はすでにあります。それが広がるかどうかは、すべて私たち地球市民一人ひとりの責任ある行動に委ねられています。

最も期待されるエネルギー、水素

人類が使ってきたエネルギーの歴史は、脱炭素化の道のりでもあります。新しいエネルギー源が登場するたびに、燃料中の炭素含有量は減っていき、水素の割合が増えるという進化をたどっているのです（前ページ図参照）。

そして、産業革命の頃から数えて200年あまり経った現在、「エネルギーの脱炭素化」の終着点にある水素エネルギーの普及が始まっています。

2015年、トヨタ・ヒュンダイなどの大手自動車メーカーが水素燃料電池自動車の量産販売を始めました。そして、2016年にはホンダも参入する予定です。

燃料電池自動車の仕組みを簡単に説明します。①水素タンクに水素が入られています。②燃料電池に水素が入ると、空気中の酸素と反応して電気を発生してモーターを回転させ、車を動かします。③マフラーから出るのは、排気ガスではなく水です。

燃料電池は、水素発電機と呼ばれるものです。「電池」と名付けられているせいで携帯の

※2 白戸圭一『ルポ 資源大陸アフリカ 暴力が結ぶ貧困と繁栄』朝日新聞出版 2012年

充電機のようなエネルギーの貯蔵庫だと思われるがちですが、それは誤りです。燃料電池自動車も、水素を燃料とする電気自動車です。一般の電気自動車の場合は、水素タンクと燃料電池の代わりにバッテリーを積んでいて、外部から充電をします。

燃料電池は、自動車以外にもさまざまな用途で使われ始めています。移動体ではバスやスクーター、フォークリフトですでに実用化されており、定置用としては、家庭用と業務用が販売されています。携帯電話の基地局で、災害時に重要な役割を担う非常用電源として採用されることも増えています。また、アウトドア用のポータブルな製品も販売されています。

東京国際展示場では、2005年から国際水素・燃料電池展（FC EXPO）が開かれ、アメリカ、カナダ、フランス、ドイツ、韓国、台湾など世界各国の企業が出展しており、「水素社会元年」といわれる2015年は1513社が出展し、7万人を超える来場者が訪れる盛り上がりとなりました。

国も水素社会の実現と水素関連技術の世界市場の獲得に動いています。経済産業省では、技術面・コスト面・制度面とインフラ面の課題を、3つのフェーズを通して乗り越えて行く、具体的なロードマップを発表しています（※3）。

「R水素」と「Rでない水素」

そもそも水素とはなんでしょう？ 漢字では水の素と書きます。ビッグバンの後に出来た最初の元素で、宇宙に存在する元素の73%を占めます。そして水素は、地球上で最も軽い物質です。地球の表面の約7割を占める水の中にもあります。しかし、地球上には単体で存在しないので、何らかの方法で取り出す必要があります。

その取り出し方に注目して、水素を大きく2種類に分けることができます。

ひとつは、私たちが推奨する、水の中にある水素を再生可能エネルギーで取り出す、持続可能なエネルギーのかたち、「R水素」です。名前の由来は英語の「Renewable Hydrogen」。再生可能と訳される Renewable の頭文字と、水素から名付けられています。それに対して、国やエネルギー会社が利用を進めているのが、化石燃料の中から取り出す水素や、製鉄所などの副産物として発生する水素（副生水素）です。また、原子力エネルギーによって水から取り出す水素も計画されています。これらは持続可能でない「Rでない水素」で、「ブラック水素」と呼ぶ水素エネルギー研究者もいます。

現在、12万軒を越える一般家庭に導入されている家庭用燃料電池エネファームも、「Rでない水素」を利用する製品です。プロパンガス（C₃H₈）や天然ガス（CH₄）から取り出した水素を、燃料電池に入れて発電する仕組みです。経済産業省のロードマップでは、「2020年に140万台、2030年に530万台を普及させる」としています（※3）。

※3 「水素・燃料電池ロードマップ」水素・燃料電池戦略協議会 2014年6月23日
<http://www.meti.go.jp/press/2014/06/20140624004/20140624004-2.pdf>

R水素

持続可能



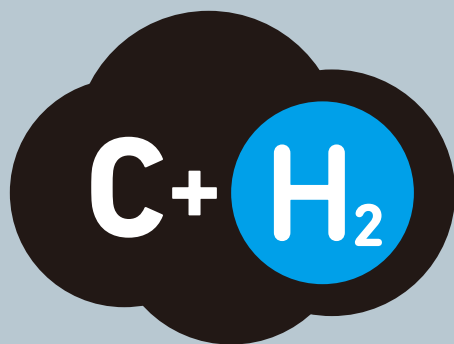
水

+

再生可能
エネルギー

Rでない水素

持続可能でない



化石燃料

主成分は炭化水素

副生水素

原子力 + 水

ほしいのは水素

アメリカを代表する大企業、Google・FedEx・Walmartなども燃料電池を採用していますが、天然ガスから取り出した水素で発電しています。日本でもソフトバンクが代理店になって燃料電池の導入を進めています。同じく「Rでない水素」を利用します。

水素ステーションは、すでに世界に180カ所以上あります。国内でも燃料電池自動車の販売開始に合わせて100カ所整備する計画があり、2015年9月現在、26カ所が稼働しています。ここで販売されるのも、ほとんどが化石燃料から取り出した水素です。

欲しいのは水素 (H_2) ですね？ 水に覆われた地球は水素の宝庫です。化石燃料の中にある水素から、身の回りに豊富にある水の中の水素にシフトできたら、どんなに素晴らしいでしょうか。偏在する化石燃料から、遍在する水へシフトしましょう。川は天然のパイプラインです。雨の中にも、朝露の中にも水素はあります。

建物には3つのインフラがあります。電気、ガス、そして水道です。再生可能エネルギーと水の中の水素を発電や燃料に利用すれば、電気とガスのインフラはもう要らなくなるかもしれません。

外を吹いている風の力や、地上を照らしてくれる太陽の力、小水力、温泉、地熱、波力などの再生可能エネルギーによって水から取り出す水素。限られたところに限られた量しかない資源を遠くから運んで、複雑なプロセスで取り出す化石燃料による水素。どちらが持続可能でしょうか。

R水素の仕組み

R水素の基本的な仕組みは、水の電気分解と燃料電池です。水の電気分解については、みなさんも学校で実験をした記憶があるかと思います。

- ① 地域の再生可能エネルギーを自分たちでそのまま使う。
- ② 余った電気で水を電気分解し、水素と酸素に分ける。
- ③ 水素を、ガスまたは液体の状態でタンクなどに貯める。
- ④ 使いたいタイミングで燃料電池に水素を入れると、空気中の酸素と反応して電気と水、そして熱が発生する。

水の電気分解と燃料電池は反対の反応なので、水と酸素と水素がくるくる循環する仕組みです。この循環する仕組みのことを、私たちは「R水素サイクル」と呼んでいます。

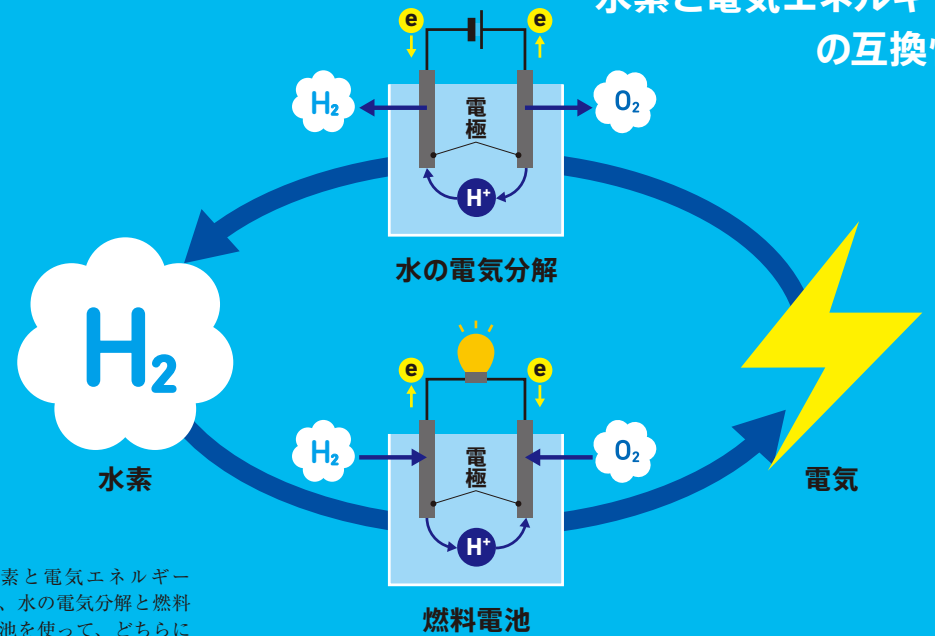
R水素サイクルに適した発電方法は、24時間連続で発電する小水力や波力、温泉・地熱発電です。夜間の余った電力でたくさん水素をつくれるからです。

水の電気分解と燃料電池について復習をしてみましょう（※4）。
水に電流を流すと、一極に水素（ H_2 ）＋極に酸素（ O_2 ）が発生します。これを行う機械が、水の電気分解装置です。



※4 動画「FC（燃料電池）のしくみ」 JHFC - 水素・燃料電池実証プロジェクト
<https://www.youtube.com/watch?v=UOZALi5frHM>

水素と電気エネルギー の互換性



水素と電気エネルギーは、水の電気分解と燃料電池を使って、どちらにも変換できる。

R水素ハウス



再生可能エネルギーと、ワンパッケージのR水素マシンで、送電線に頼らない生活が可能になる。

水素の貯め方

水素は体積あたりのエネルギー密度が低いので、そのままだと貯めるのにたくさんのスペースが必要です。そこで、コンパクトに収納するための貯め方を、3つ紹介します。

自動車の場合、狭い空間にたくさんの水素を積む必要があるため、高圧（700気圧）にしてタンクに貯めます。高圧で水素を貯めたタンクは高圧ガス保安法の規制対象となり免許がないと扱えませんが、自動車に搭載するタンクに限って免許がなくても使うことが

燃料電池はその逆の仕組み、片側に水素（ H_2 ）、反対側に空気（酸素 O_2 ）を送り込むと、水素は電子（ e ）を放出して水素イオンになり、酸素は電子と水素イオンと結びついて水になります。このとき流れる電子から電気エネルギーを取り出します。電極には貴金属である白金が主に使われますが、より安価な素材の研究も進んでいます（※5）。
原理的にはとてもシンプルです。燃料電池は部品も少なく構造も単純なので、パソコンに入るほど小さなものから、家一軒、ビル一棟分の電力をまかなうものまで、自在にカスタマイズすることができます。

持続可能な水素のつくり方は、水の電気分解だけではありません。太陽光によって水を酸素と水素に分解する植物の光合成をヒントにした人工光合成の研究が進んでいるほか、藻や木材などのバイオマスからも水素を取り出すことができます。

※5 “Single-catalyst water splitter from Stanford produces clean-burning hydrogen 24/7”
Stanford News, 23 June 2015
<http://news.stanford.edu/news/2015/june/water-splitter-catalyst-062315.html>



台湾で開発された燃料電池スクーター。水素の充填は、水素吸蔵合金のカートリッジを交換して行う。水素 45g のカートリッジ 2 本で約 80km 走行可能。



ホンダの燃料電池自動車「FCX クラリティ」に水素タンクを搭載する様子。(2008 年 6 月)

できます。

もうひとつの手段が、大規模な水素の輸送・貯蔵の方法として計画されている液化です。常温・常圧の水素をマイナス 253℃まで冷やして液体にすると、体積が約 800 分の 1 になります。ただし、冷却の際にたくさんのエネルギーが必要です(※6)。また、水素をトルエンなどの有機溶剤と化学反応させ、約 500 分の 1 の体積にする方法もあります。こちらの方法には、加工のためのインフラが必要です(※7)。

そして、水素吸蔵合金という貯め方もあります(次ページ写真上)。エネルギー(パナソニックのニッケル水素充電電池)と同じ素材でつくられていて、水素吸蔵合金のほうが使用部品・工程は少ないそうです。体積の 1000~1500 倍の水素を吸い込み、固体の金属水素化物になります。水素乾電池みたいなもので、水素を使って無くなったら、また水素を充填でき、1 万回程度繰り返し使えます。ただし水素吸蔵合金は、水素に不純物が入ると劣化し、水分が入ると反応して高温になるので、使う水素は燃料電池と同様に高純度である必要があります。

水素吸蔵合金により貯蔵された水素は、スプレー缶と同じ扱いで、危険物に属さないため消防法には抵触しません。10 気圧以下であれば高圧ガス保安法の免許は必要なく、誰でも扱えます。欠点はちょっと重いことですが、置いておく分には問題ありません。

グリフィス大学に建設された R 水素ビルでも、水素の貯蔵に水素吸蔵合金を採用しています。水素をとってもゆっくりと放出することができるので非常に安全だと、グリフィス大

※6 「Kawasaki Hydrogen Road 水素社会の未来を切り拓く」川崎重工業株式会社
<http://www.khi.co.jp/hydrogen/>

※7 「有機ハイドライドを使った エネルギー輸送・貯蔵・利用」千代田化工建設 2015 年 2 月 12 日
http://www.nedo.go.jp/nedoforum2015/program/pdf/ts4/hideki_endou.pdf

学の教授は評価しています（詳細は81ページ）。

水素吸蔵の技術開発が進んでより軽くコンパクトになれば、自宅で作ったR水素の入ったカートリッジを持ち歩いたり、近所のお店で満タンのカートリッジと交換できたりと、もっと気軽に水素を扱えるようになります。

水素貯蔵とバッテリーの比較

エネルギーを貯めておく技術には、水素以外に、バッテリーがあります。バッテリーと水素の違いを、7つの観点から見てみましょう。

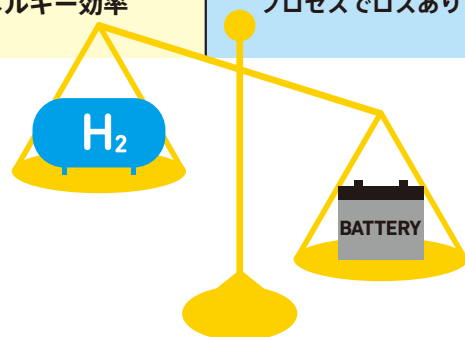
①貯められる量

水素もバッテリーも、そのままでは貯められない電気エネルギーを化学エネルギーに変換して貯める方法です。しかし、バッテリーは変換する部分と貯める部分を切り離すことができますが、水素は別々に切り離せる、という違いがあります。

貯める量を増やすとき、バッテリーはまるごと増やす必要がありますが、水素ならタンクの容量を増やすだけで対応できるのです。そのため、水素は少量の備蓄から、現在の化石燃料に代わるような地域のエネルギーをまかなう規模の備蓄まで有効です。バッテリーは、一軒の家や小さな自動車など、少量の貯蔵に適しているのかもしれませんが。

水素貯蔵とバッテリーの比較

比較項目	水素	バッテリー
貯められる量	少量～大量	少量～中量
貯められる期間	長期間 OK	劣化・自然放電あり
環境への負荷	水に戻るだけ	劣化してゴミになる
エネルギー密度	軽くてパワフル	重い
充填にかかる時間	短時間で充填できる	充電時間がかかる
使う用途	電力以外の用途あり	電力のみ
エネルギー効率	プロセスでロスあり	充放電時にロスあり



②貯められる期間

携帯電話の電池がだんだん短時間で切れるようになるのは、バッテリーの劣化が原因です。また、放っておくと使わなくても電池が切れるのは、バッテリーの自然放電が原因です。寿命があり自然放電してしまうバッテリーは、夏につくった太陽光の電力を冬に使ったり、冬につくった風力の電力を夏に使うような、ダイナミックな備蓄には向きません。

その点、水素は劣化しないので、タンクから漏れなければバッテリーのようにエネルギーが減ることはありません。再生可能エネルギーを長期間貯めておくなら水素が有効です。

③環境への負荷

バッテリーは、劣化した場合のリサイクル技術の開発が進められていますが、現時点ではゴミになってしまうのが問題です。水素は燃料電池で発電に使っても、酸素と反応して水に戻るだけです。水素吸蔵合金も劣化はほとんどありませんから、何年も繰り返し使えます。

④重さに対するエネルギー密度

電力だけでなく、自動車などを動かす動力も再生可能エネルギーでまかなうことを考えてみましょう。自動車に積んで走るのですから、「軽くてコンパクトだけどパワフル」な

方法がベストです。ここでも、水素がバッテリーより有利です。水素を圧縮して入れたタンクの方が、リチウムイオンバッテリーよりも重量・体積あたりともエネルギー密度が高からです。

電気自動車のバッテリーの重さは2000～3000キログラムですから、大きなゴリラを乗せて走るようなものです。

⑤充填にかかる時間

外出先で補充するとき、電気自動車は80%まで充電するのに高速充電機でも約20分かかるとの対し、燃料電池自動車は3分で100%満タンにできます。航続距離も異なるので、利用するケースによって電気自動車で十分な場合と、燃料電池自動車が必要な場合が分かれてくるのではないのでしょうか。

バッテリーは、機械を24時間動かすようなケースでは、交換用の予備のバッテリーが必要となります。そのため、アメリカの物流センターや食品配送センター、自動車工場などで24時間使用されているフォークリフトは、2009年頃からバッテリー式から水素・燃料電池式への切り替えが始まっています。バッテリーは3年程度に一度、交換用の予備バッテリーも含めて廃棄・新規購入しなければなりません。燃料電池式は水素の補充が5分ででき、寿命も長いのでバッテリー式より優れているからです。



↑イワタニ水素ステーション芝公園。↓携帯電話などの充電に使える、Horizon Fuel Cellの燃料電池製品。水素をつかって、貯めて、使う、R水素の仕組みを体験できる。



③燃料電池

⑥使う用途

水素は電気以外にもさまざまな使い道があります。マーガリンや口紅のような日常品の原材料として、また光ファイバーや半導体などの工業製品の製造工程でも使われています。実はガソリンをつくる时候にも、原油に含まれる硫黄を取り除くために、たくさん水素を使わなければいけません。化石燃料から取り出した水素を、たくさん原油に入れて、やっと自動車の燃料であるガソリンになるということです（※8）。

水素はそのまま燃やしても使えます。今、世界の自動車登録台数は10億台を超えています。ものすごい数のガソリン車が毎日、空気を汚しているのです。ガソリン車を水素エンジン車に改修する技術はすでにあり、路上を走り始めています（※9）。水素なら燃えても、空気中の酸素と反応して水に戻るだけです。

⑦貯めて使うエネルギー効率

バッテリーは電力を貯めるとき、そして使う时候にもロスが出て、元々あった量よりも目減りします。どのくらい目減りするかを「充放電効率」といい、バッテリーの種類によって80〜90%とされています。ただし、前述したバッテリーの劣化や自然放電も考慮する必要があります。

R水素もつくるとき、使うとき、それぞれロスが出ます。R水素に関しては事例が少なく、まだ正確なデータが公開されていない状況ですが、例えば、水の電気分解の効率が

※8 橋爪健一（九州大学准教授）「エネルギー材料概論」
<http://www.qpn.kyushu-u.ac.jp/lab8/member/hashizume/No13-energy-material.pdf>

※9 「R水素で中小企業に希望を！」「世界初」ガソリン混合水素エンジン自動車がいよいよ実用化」greenz.jp 2013年1月15日 <http://greenz.jp/2013/01/15/rh2-gasolin-car/>

70%、燃料電池の効率が80%（排熱利用を含む）の場合、プロセスを通した効率は56%となります。

忘れてはならないのは、バッテリーもR水素も、余った電気を貯めておいて使うのに適した方法だということです。再生可能エネルギーで発電して、そのまま使うときには、わざわざ目減りさせて使うことはありません。

今後、水素関連の技術も、バッテリー関連の技術も普及に伴い進化していくに違いありません。再生可能エネルギーを地域で貯めて地域で使うさまざまなモデルが生まれてくるでしょう。その時に、効率の数字だけで判断するのではなく、貯める量や期間、そして環境への影響など総合的に評価する必要があります。

水素の安全性

水素をエネルギーに使うというと、「危険では？」と身構える人も多いと思います。しかし、水素自体は人体に無害です。燃えた水素の排気も水蒸気と少量の窒素酸化物のみで、人の害にはなりません。そして「水素は爆発するから危険では？」という不安の根拠は、誤解の流布によるところが大きいようです。

水素は、空気に4〜75%混ざったときに燃える気体になります。この状態に静電気程度のエネルギーが加わると着火します。逆にこれら2つの条件が揃わなければ、着火・爆発

することはありません。しかし、水素は地球上でもっとも比重が軽く拡散性が高いので、開放した空間で濃度が4%以上になることは、まずありません。

ガソリン自動車の燃料タンクから、腐食等により漏れる程度にガソリンを漏らして点火すると、空気より重いガソリンはいつまでも燃え続け、タイヤや車体に引火します。水素自動車と同様の実験をすると、空気より軽い水素は漏れ出て酸素と混ざり、燃え始めた瞬間に上昇して消えてしまいます。「素早く拡散する」という安全を確保する上で有利な性質は、実験でも証明されています（次ページ写真参照）。

福島第一原子力発電所の事故では、水素爆発（とされている爆発）によって建屋が吹き飛びました。そうなった原因は、人体に有害な放射性物質を外部に逃がさない設計のため、水素が拡散せずに建屋内に溜まってしまったからです（※10）。水素を利用する一般的な設備では、万が一水素がタンクなどから漏れ出しても、上昇・拡散する水素を上部の通気口から逃がすことで、「4〜75%の濃度と着火エネルギーの付加」という2つの条件が重なることを回避できます。

私たちは、都市ガスやプロパンガスなどのすぐ側で、その恩恵を受けながら生活しています。安全に絶対はありませんが、メリットがリスクを上回っているから普及しているのです。今後、水素の利用についても、さまざまな面から検証がなされ、扱う技術者の教育や利用者の理解が進み、身近に普及していくでしょう。

※10 「Case#3.11 科学コミュニケーターとみる東日本大震災 水素爆発はなぜ起こったか」
日本科学未来館 2011年4月13日
<http://www.miraikan.jst.go.jp/sp/case311/home/docs/energy/1104131561/>

第2章

地域自立、循環型のR水素サイクルへ

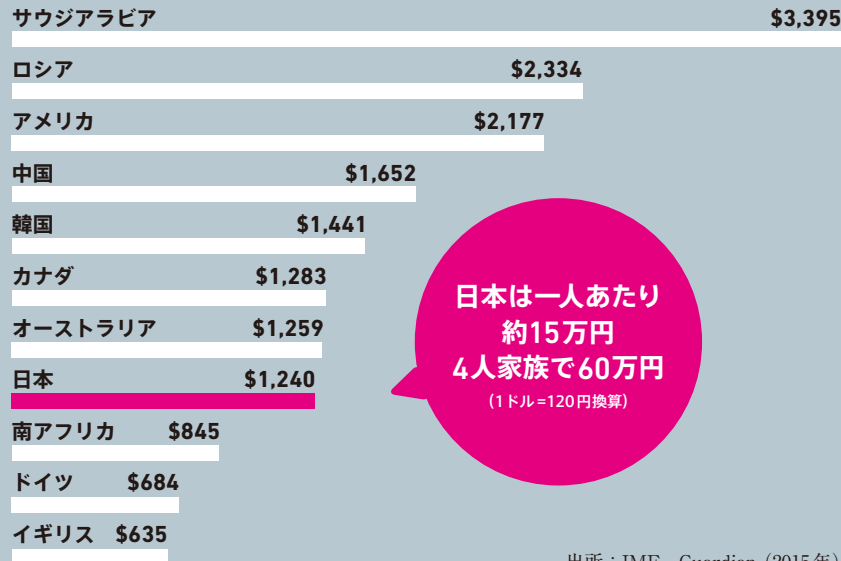


左が水素自動車、右がガソリン車。点火の3秒後と1分後の様子。

Dr. Michael R. Swain "Fuel Leak Simulation" University of Miami, 2001
<https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/30535be.pdf>

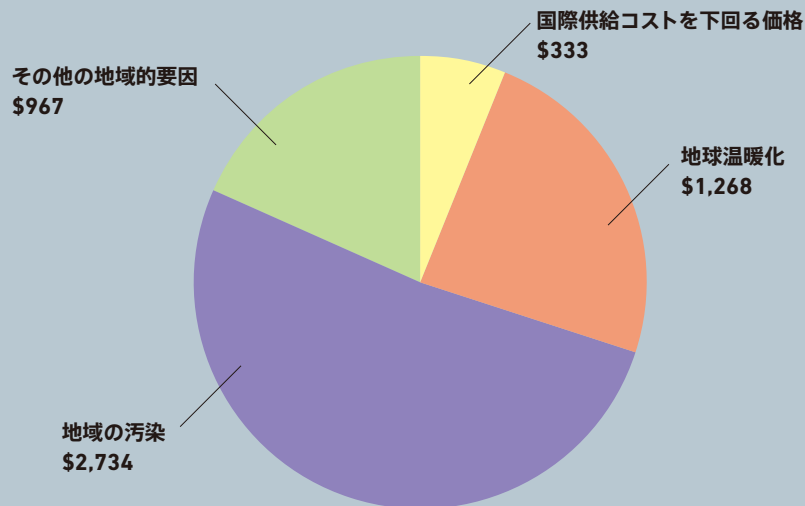
化石燃料へのエネルギー補助金

人口1人あたり



出所：IMF、Guardian (2015年)

エネルギー補助金の構成要素



出所：国際エネルギー機関、経済協力開発機構、及び IMF スタッフ推計 (2015年)

注：その他の地域的要因には、放棄消費税徴収、洪水事故、道路損傷などのコストを含む

エネルギー補助金による偽りの安さ

国やエネルギー会社の進める水素社会で利用される水素のほとんどは「Rでない水素」であり、化石燃料から取り出されています。従来のエネルギー、ガソリン・灯油・重油・都市ガス・プロパンガスも、もちろんすべてが化石燃料からつくられ、火力発電の原料にもなっています。

その化石燃料に対して、実は私たちの税金から巨額の補助金が出されていることは、あまり知られていません。IMF（国際通貨基金）が2015年に発表したレポートによると、その額は、なんと世界で年間5兆3千億ドル、世界のGDPの6.5%にのぼります（※11）。国別の補助金の額を見ると、日本では国民一人あたり年間約15万円、4人家族だとすると約60万円が化石燃料の補助金に使われていることになります（※12）。

IMFによるエネルギー補助金の定義には、消費者がエネルギーに支払う金額と「真のコスト」の差額も加えられています。「真のコスト」には、輸送や流通にかかるエネルギー供給コスト、炭素排出や地球温暖化、大気汚染の健康への影響、交通渋滞、交通事故、道路損傷のコストが含まれます。レポートでは、この補助金が気候変動、公害や渋滞といった問題を悪化させているだけでなく、教育、保健、福祉といった重要な社会インフラへの支出を抑える原因になっていると指摘しています。（67ページ「お金の流れを変える」参照）

※11 「ローカルに行動し、グローバルに解決：5.3兆ドルのエネルギー補助金問題」IMFダイレクト 2015年5月18日 <https://www.imf.org/external/japanese/np/blog/2015/051815j.pdf>

※12 “G20 countries pay over \$1,000 per citizen in fossil fuel subsidies, says IMF” The Guardian, 4 August 2015 <http://gu.com/p/4b6cc/stw>

新しく整備された
道路を通り



エネルギー生産には
巨大発電所を造り



再利用されることなく
都市から運び出されます



ほぼ同量になる現象が
起きています

US 1年あたりのアメリカの輸出入量
imports & exports per year

	輸入 IMPORT:	輸出 EXPORT:
potatoes: じゃがいも	365,350 tons	324,544 tons
sugar: 砂糖	70,820 tons	83,083 tons
beef: 牛肉	953,142 tons	899,834 tons
coffee: コーヒー	41,209 tons	42,277 tons

映画『幸せの経済学』より

この化石燃料への補助金によって、ガソリンの価格はペットボトルの飲み物並みの値段になり、「石油は液体で扱いやすくコストが安い。水素はガスで扱いにくくてコストが高い」と言われているのです。偽りの安さです。火力発電はもちろん、原発もその背景まで含めてみれば、見せかけの安さと言えます。

偽りの安さに踊らされた今の文明は、限りある資源を大量に無駄に使う、儂く、危うい文明だと言えます。今、身につけている服や、生活用品といった身近なものから機械類まで、すべての物に、生産、輸送、そしてゴミとなり回収して廃棄するまでの過程で膨大なエネルギーが使われています。建物・道路といったインフラも、「安いから」といって大量に化石燃料を使うことで築かれ、稼働させる社会となっているのです。世界の人口の半分は、高密度なエネルギーを必要とする都市で暮らし、その傾向にはさらに拍車がかかっています（※13）。

スーパーに行くと、食材が世界中から来ていることが分かります。例えば、グレープフルーツは南アフリカから、オレンジはアメリカ、キウイはニュージーランド、アボカドはメキシコ、バナナはエクアドル、エビはインドネシア、魚はノルウェー・アイスランド・チリから。日本では、約1トンの食糧に9000キロメートルのフードマイレージがかかっていると言われています（※14）。

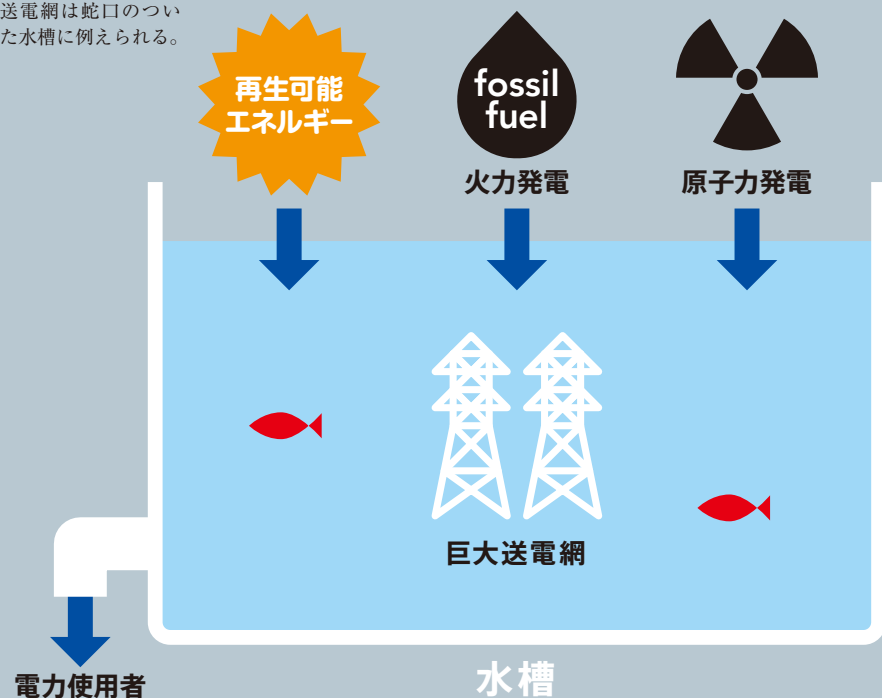
映画『幸せの経済学』（監督…ヘレナ・ノーバーク・ホッジ）によると、アメリカではジャガイモ・砂糖・牛肉・コーヒーの輸入量と輸出量がほぼ同じになる現象が起きている

※13 “World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights” United Nations, 2014
<http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>

※14 フードマイレージ (t・km) = 輸入相手国別の食料輸入量 (t) × 輸出国から日本までの輸送距離 (km)



送電網は蛇口のついた水槽に例えられる。



そうです。イギリスでは、牛乳・パン・卵・豚肉について同じことが起こっています。さまざまな物が世界を行き交い、安いからとローコストキャリアを利用して、たくさんの方が世界中に出かけています。世界の海外旅行者数は2014年で、年間11億3800万人となっています（UNWTO 世界観光機関 2015年1月27日発表）。これらの過剰な輸送も、補助金による偽りの安さによって引き起こされている面があります。気候変動枠組条約として1997年に採択された京都議定書では、国際航空や航海運といった国際貿易にもなって排出される温室効果ガスは規制対象から外されています。その責任は誰が取るのでしょうか。大量にエネルギーを使うことで、世界は刻々と破綻へと向かっているのです。

再生可能エネルギーは送電網に頼るだけでいいのか？

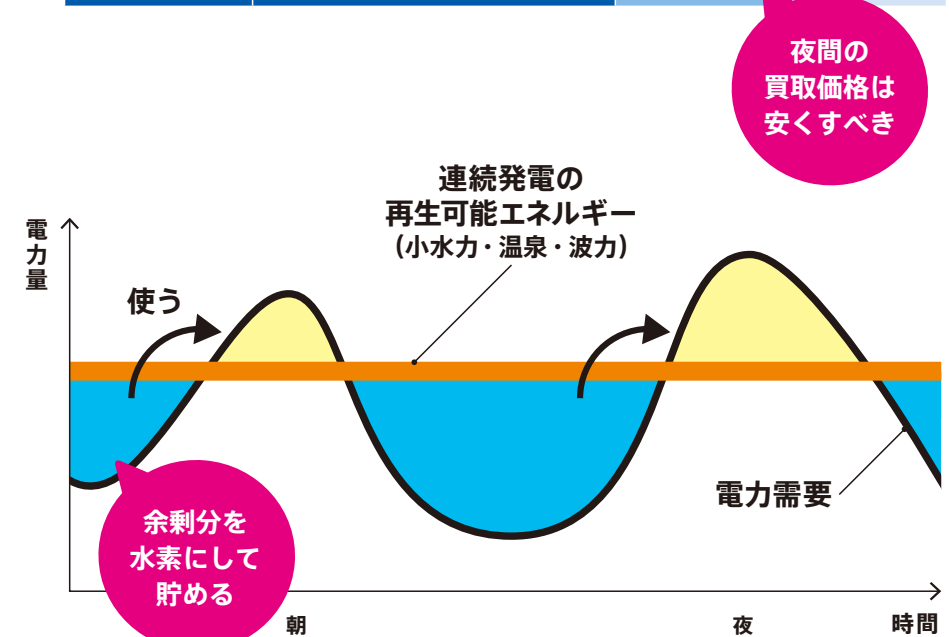
一方、再生可能エネルギーについてはどうでしょうか。日本では現在、大規模な送電網の整備を前提とした全量買取制度が推進され、国策として買取価格が保証されたため、さまざまな企業が再生可能エネルギーのビジネスに参入しています。2016年から始まる、電力会社が選べるようになるという「電力自由化」も、大規模な送電網に頼った仕組みです。

北海道や東北では、風力発電による電気を消費地に送るため、3000億円をかけて10

風力・地熱・水力の買取価格（平成 27 年度）

出典：資源エネルギー庁

電源		調達価格	調達期間
風力	20kW 以上	22 円 + 税	20 年間
	20kW 未満	55 円 + 税	
	洋上風力	36 円 + 税	
地熱	15,000kW 以上	26 円 + 税	15 年間
	15,000kW 未満	40 円 + 税	
水力	1,000kW 以上 30,000kW 未満	24 円 + 税	20 年間
	200kW 以上 1,000kW 未満	29 円 + 税	
	200kW 未満	34 円 + 税	
既設導水路 活用中小水力	1,000kW 以上 30,000kW 未満	14 円 + 税	20 年間
	200kW 以上 1,000kW 未満	21 円 + 税	
	200kW 未満	25 円 + 税	



水素貯蔵による需給バランスの調整

注：グラフは実際のデータに基づくものではありません。

年がかりで巨大送電網を整備する計画が進められています（※15）。人っ子ひとりいない山の中につくられる高さ100メートルの鉄塔、数十万ボルトの送電線、たくさんの変電所。これらの設備を維持する管理費もかかります。日本の電力会社10社の合計の電気事業固定資産は16兆円とされています。もちろん、原資は私たちの電気代です（※16）。

映画『パワー・トゥ・ザ・ピープル』（監督：サビーヌ・ルッベ・バツカー）では、送電網を蛇口のついた水槽に例えていました。原発や火力発電による電力と再生可能エネルギーが同じ水槽に入るわけですから、電力使用者には何による電気かわかりません。せっかくの再生可能エネルギーも、送電線を通して混ざってしまうことで本当に環境のためになるかどうかかわからなくなる上に、つくる人と使う人の責任感や主体性が小さくなってしまいう可能性があるので（※17）。

風力・地熱・水力は昼夜問わず発電し続けます。その電力を、日本では昼も夜も同じ価格で売電できる仕組みになっています。需要が極端に小さい深夜であっても、同じ買い取り価格です。ヨーロッパの場合、需要が小さいときにはマーケットプライスで買取価格は低くなります。さらに託送費（売電する際に使う送電線の利用料）が高く、買い取り価格が低いときに売ると赤字になるので、水素に換えて貯めようか、という話が出てきます。

日本のように昼も夜も同じ買取価格では、誰も水素にして貯めようとは思いません。まずは夜間だけでも買取価格を低くして、余剰分を貯めて使う方向に舵を取るべきではない

※ 15 「風力促進へ送電網整備、官民で 3000 億円基金」日本経済新聞 2012 年 8 月 22 日
http://www.nikkei.com/article/DGXNASFS2102A_R20C12A8MM8000/

※ 16 山田高明「送電線のない未来へ——脱グリッドという方向性」アゴラ 2012 年 7 月 4 日
<http://agora-web.jp/archives/1470291.html>

でしょうか。

小水力や温泉、波力など24時間連続して発電するものであれば、深夜の需要が小さいときにはたくさんのお水をつくれます。そして、電力のピーク時には水素を使って発電して、需給バランスを調整することができます。

地域自立、循環型のR水素サイクルへ

地域単位で再生可能エネルギーを水素として貯めて使う循環型社会、「R水素サイクル社会」のメリットを見ていきましょう。R水素サイクルによって、エネルギーはより民主的で平和なものになります。

①地域でエネルギーを貯めて、災害に備える

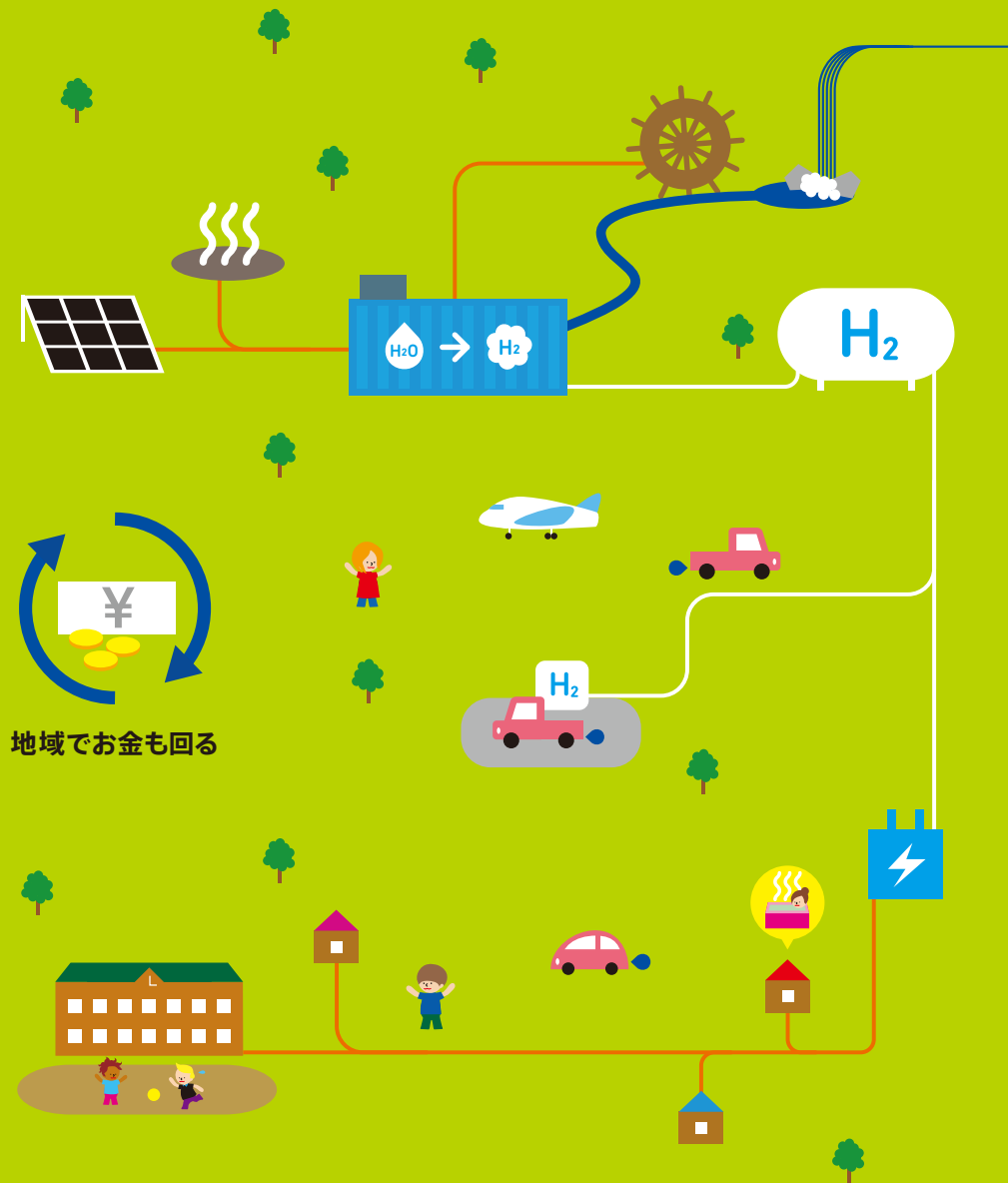
2011年3月の東日本大震災では、津波による港湾の破壊、道路やガソリンスタンドの崩壊、送電線の破損など、エネルギーインフラの寸断が被害に追い打ちをかけました。気候変動や、急激な地理的变化による地震・火山の活発化などの危機から命を守るためにも、地域で再生可能エネルギーを貯めることは重要です。

岩手県葛巻市は、再生可能エネルギーによる電力自給率100%以上の町として有名でしたが、東日本大震災では3日間の停電が起きました。つくった電力は、すべて送電網を



デンマークのロラン島では、買取価格の安い夜間の風力発電を、送電網を通じてであるが、水素にして貯めている。そして、昼間にその水素を使って燃料電池で発電し、家庭などで利用する実証実験が始まっている。(取材・撮影 2010年3月)

※17 「エネルギーも経済も、自分たちの手に取り戻す！地域でつくる再生可能エネルギーを知るドキュメンタリー映画『パワー・トゥ・ザ・ピープル』」 greenz.jp 2013年7月7日
<http://greenz.jp/2013/07/07/p2p/>



{ R水素コミュニティ }

通じて電力会社へ売却しており、地元で貯めていなかったからです。

例えば、食べ物を考えてみてください。野菜が一度にたくさん穫れたらどうしますか。お漬物などにしますね。お魚であれば、干物にします。お米も保存食です。そうやって保存することで、私たちの生活は安定しました。自然の恵みを貯めて使うことは、文明を進化させる重要な知恵なのです。

同じように、再生可能エネルギーを貯めて使うことは、大げさではなく、人類の文明を次の段階へ進めていくことになります。

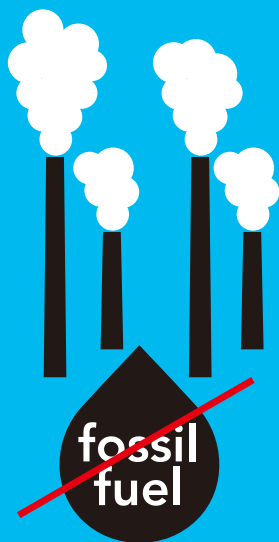
② 地域循環型経済

エネルギーを地域でつくって、貯めて使うことで地域循環型の社会が生まれます。地域でつくったエネルギーを、地域で買って使うので、お金も地域で回ります。

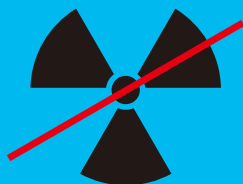
日本では1世帯あたり年間約30万円を、光熱費とガソリンに使っています（※18）。例えば、1万世帯の小さな町で、家庭で使われるエネルギーは年間30億円。町全体ではそれ以上のエネルギーが使われています。そういったお金が地域で回れば、グローバル経済のマネーゲームに振り回されることもなく、世界のさまざまな問題の元凶に加担することもない、とてもパワフルで安定した、魅力的な地域になりますよね。

人口約110万人の山形県では、地域から出て行く、電気・ガソリン・重油・灯油のエネルギー支出は年間2400億円にのぼるそうです。豊かな自然を生かした農業がさかん

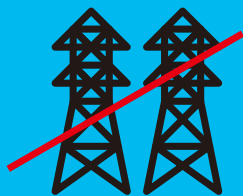
※ 18 「2013年の世帯あたりエネルギー支出は、年30万円を超え過去最高に」日本エネルギー経済研究所 Energy Trend Topics 2014年1月掲載 <http://eneken.ieej.or.jp/data/5901.pdf>



脱化石燃料



脱原発



脱巨大送電網

な山形県。その農産物販売額、約2000億円（全国6位）を上回る金額が、もったいないことにエネルギー支出として県外に出ていっているのです（※19）。

③革命的省エネルギー化

地域循環型社会は、エネルギーの使用量を革命的に削減します。2010年の世界の一次エネルギー消費量は原油換算で120億トン。過去の延長線上に未来を描いている人たちは、2030年には170億トンを超えると予想しています（※20）。しかし、エネルギーや工業製品・食料の長距離輸送が当たり前のライフスタイルそのものを改める必要があるのではないだろうか。いくら再生可能エネルギーにシフトするといっても、エネルギーを浪費する文明のままでは、穴の空いたバケツに水を入れるようなものです。地元の製品を購入し、一人ひとりが無駄な消費をしないライフスタイルに変えることで、エネルギー消費量を現在の半分、3分の1にまで下げて、その分を再生可能エネルギーでまかなえばいいのです。

④脱化石燃料・脱原発・脱巨大送電網

R水素サイクルは身近な再生可能エネルギーと水でできるので、化石燃料を高いお金を出して遠くから運んでくる必要はありません。大量に貯められるので、化石燃料の備蓄から転換もでき、火力発電所も必要ありません。

※19 協力：ヤマガタエネシフト 出典元：三浦秀一 東北芸術工科大学准教授 参考：「長野県内のエネルギー消費に伴う支出額と燃料費の推移」第2回 長野県地球温暖化対策戦略検討会 2011年11月18日 http://www.pref.naganol.jp/ontai/kurashi/ondanka/shisaku/keka/jokyo/documents/s02_3.pdf 「新しいエネルギー社会の実現に向けて」滋賀県エネルギー政策課 2015年7月 <http://www.pref.shiga.lg.jp/f/eneshin/20131216saiene-shinko.html>

もちろん原子力発電所もありません。ウラン採掘をめぐる環境破壊や、人権侵害、事故や核廃棄物のリスクなど考えると、原発に未来は託せません。

わざわざ遠くから電気を運んでくるための、人っ子ひとりもない山の中の巨大なインフラ、送電線や鉄塔、変電所などは必要ありません。それらの建設、補修、メンテナンスにかかる莫大なコストからも解放されます。

ジャーナリストのナオミ・クライン氏は独立放送局デモクラシー・ナウ！でこう述べています。「化石燃料は中央集権型です。採掘や輸送や供給のために、巨大なインフラが必要です。でも風や太陽や波は使い放題で、どこにでもある。誰でもエネルギー供給者になります。化石燃料は1%の富裕層のもですが、再生可能エネルギーを分散化すれば、我々99%の市民のエネルギーになります」(※21)。

⑤ エネルギー貧困の解消

世界で14億人、日本の人口の約10倍の人たちが電気のない生活をしています。また、世界の人口の約4割の人たちが、1日2ドル以下で暮らしています。電気がなければ、もちろんインターネットもありません。福島事故も、気候変動も知ることはないでしょう。民主主義も育つ可能性がありません。(※22)。

2014年のノーベル平和賞を受賞したマララ・ユスフザイさんが「1人の子ども、1人の教師、1冊の本、そして1本のペン、それで世界を変えられます。教育こそがただ一

つの解決策です」と言っています。そこにもう一つ、シンプルなR水素でエネルギーを手に入れることが出来れば、文字通りパワーのない状態から脱することができます。インターネットで無料のオンライン講座を受けて、文字を学び、民主主義の基本である自分の意見を発信できるようになります。エネルギー貧困の解消は、情報を共有して地球を守る、同志を育てることになるのです。

⑥ 水と酸素と水素のサイクル

そして何より、R水素サイクルは、水と酸素と水素がぐるぐる回る仕組みなので、生物が生きていくのに欠かせない水や空気を汚すことがなく、有害なガスを出すこともありません。空がきれいになり、空から降ってくる雨がきれいになり、大地・川・海がきれいになり、そこから頂く食べ物もきれいになり、私たちも健康になります。

※ 20 「人口とエネルギーの関係」 四国電力ホームページ
<http://www.yonden.co.jp/life/kids/museum/energy/world/001.html>

※ 21 ナオミ・クライン「資本主義と気候の対決」デモクラシー・ナウ！ 2014年9月18日
<http://democracynow.jp/video/20140918-1>

※ 22 「エネルギー貧困の真相」国連大学ウェブマガジン Our World 2010年11月25日
<http://ourworld.unu.edu/jp/rural-pakistan-lends-insight-on-energy-poverty>

第3章

世界のR水素プロジェクト



問題を解決するカギは、身の回りに豊富にある再生可能エネルギーと水の中にある。

2030年の未来ではなく、すでにあります

国やエネルギー会社は、水素エネルギー社会を実現するには、安価かつ大規模に水素を製造、貯蔵、移送するシステムを構築する必要がある、という考えを繰り返し発信しています。そして、「R水素（再生可能水素）」は理想だけれど、インフラやコストの関係で未来のものだ」と言っています。多くの報道も同じ調子です。しかし、R水素は未来ではなく、すでにある技術で実現できます。R水素が描く新しい文明の息吹とも言える、素晴らしいチャレンジが国内外で始まっています。

オーストラリア グリフィス大学 太陽光×R水素

2014年6月、オーストラリアのグリフィス大学に、1棟丸ごと電線に頼らなくていい「オフグリッド」のR水素ビルが完成しました。屋根とひさしに太陽光パネルを設置し、発電した電気をそのまま使いながら、余った電気で水を電気分解して水素に貯め、夜間や発電できない天候のときに電力として使います。そして、6階建てのビルで使う電力のすべてを、太陽光発電と水素エネルギーでまかなっています。

太陽光による電力で水を電気分解してつくられる水素は、1時間に最大3・6キログラム。水素吸蔵合金を使って、最大132キログラムの水素を貯めることができ、1週間分



グリフィス大学 サー・サミュエル・グリフィス・センター



の電力をまかなうことができます。

詳しくは、75ページより、2014年3月に現地で行った取材のレポートを掲載しています。

カナダ ベラクーラ 小水力発電×R水素

カナダのバンクーバーから北に500キロ行ったところにある人口3千人ほどの街、ベラクーラでは、滝を使った小水力発電と水素によって電気をまかなうマイクログリッドの実証プロジェクトが完了しています（※23）。

ベラクーラは寒冷地のため、冬は滝が凍ってしまい小水力による発電ができません。そこで、ほぼ24時間発電できる暖かい季節に、水を電気分解して水素をつくりタンクに貯めておいて、冬の間にも利用しています。



※ 23 “HYDROGEN ASSISTED RENEWABLE POWER SYSTEM DISPLACING DIESEL IN REMOTE COMMUNITIES” Powertech Inc.
http://www.powertechlabs.com/temp/20112439066/HARP_DataSheet_Feb_4_2011web.pdf



巨大原発企業もR水素にシフト

シーメンスという企業をご存知でしょうか。従業員34万人、年商約710億ユーロ（2014年度時点）。ドイツの原発17基すべてをつくり、世界の原発を推進してきた巨大企業です。福島原発事故の後、2011年9月18日、シーメンスのCEOペーター・レッシャー氏は複数のメディアを通じて「われわれにとって、歴史のこの章は終わった。原発建設や融資に責任をとることは加わらない」と脱原発宣言をしました。ドイツ政府が、2020年までの原発全廃を閣議決定した6月6日の、約3ヶ月後のことでした。9月27日には、水の電気分解装置をお披露目し、加速し続ける再生可能エネルギーの電力を、つくった場所の近くで貯めて使うことを提案しています（※24）。

※ 24 「「太陽光発電で重要なのは、高度に地産地消であること」独シーメンス社が今年中に水の電気分解装置の実機をお披露目予定！」 greenz.jp 2012年6月3日
http://greenz.jp/2012/06/03/siemens_renewablehydrogen/



2014年9月には、さいたま市のごみ処理施設内にコンパクトな水素ステーションが完成し、ごみ焼却発電の電気を使って水素がつくられています。こちらもホンダと岩谷産業が開発した水素ステーションで、全体を一つの小さな箱に収めているのでとてもシンプルな構造となっており、コンクリートの土台に据え付けるだけです。設置にかかるのは約1日。水道と電源をつなげば水素をつくることができます。（※26）

設置に必要な場所は約2.4m×3.2m。埼玉県庁の水素ステーションと比べると、25分の1まで小型化しています。省スペースで設置も容易なので、設置場所を選びやすく、設置コストの引き下げも期待できます。

4畳半の水素ステーション ごみ焼却発電×R水素

※26 「水素を「水」から作り出す、四畳半のステーション」スマートジャパン 2014年9月22日
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1409/22/news038.html>

「特集：モビリティの、未来へ。視点1：水素社会を、現実。」Honda Sustainability Report 2015
<http://www.honda.co.jp/sustainability/report/pdf/2015/Honda-SR-2015-jp-009.pdf>



2012年3月、埼玉県庁の敷地内に、ホンダと岩谷産業が開発したR水素システムが設置されました。太陽光で水を電気分解して取り出した水素を、燃料電池自動車の燃料としています。水素の充填は約3分。1回の充填で、ガソリン車と同じくらいの距離を走ることができます。災害などで電気が止まったも、車に積んだ水素で一般家庭の6日分の電力を供給できます（※25）。

ホンダの担当者が「化石資源やウランに頼り続けることは、エネルギー調達を外国に依存し続けること。ここで純国産のエネルギー技術の実現と進展を阻む法の壁に風穴を開けておかなければ、日本の将来に禍根を残すと思っています」とおっしゃっていたのが印象的です。

埼玉県庁 太陽光×R水素

※25 「日本初！水と太陽の光でクルマを走らせる「R水素ステーション」がいよいよ埼玉県庁に！」greenz.jp 2012年2月4日
<http://greenz.jp/2012/02/04/thepowerofdreams/>

コンテナ型R水素システム

川崎市は、水素エネルギーの積極的な導入と利活用による「未来型環境・産業都市」の実現^{※27}を理念として、さまざまな取り組みを進めています。

2015年、東芝がコンテナ型のR水素システムを川崎市に設置し、実証実験を始めた。太陽光パネル30キロワット、水電解や燃料電池を収納したコンテナ、8気圧の水素タンクをパッケージ化したシステムで、災害時のバックアップとして避難所に一定期間の電力と温水を供給します^{（※27）}。

世界標準のコンテナサイズでつくられているので、大規模災害が起こったときには、被災地域に船やコンテナ車で輸送ができます。また、複数のシステムを集めて、大規模なシステムを構築することもできます。



理研のR水素プロジェクト

理化学研究所もR水素プロジェクトを始めています。2015年4月、太陽光エネルギーを水素として貯蔵する「安価で簡便なシステム」を発表しました。

理化学研究所は、水素貯蔵のメリットとして、①気体であるため軽く、大量に貯めることができる ②長期間保存しても電池のようにエネルギーが減ることがない ③使用時に排出されるのは水だけのクリーンなエネルギー、の3つを挙げています^{（※28）}。

カリフォルニア州 R水素ステーションの整備を支援

カリフォルニア州では、水素ステーションへの支援額が、供給する水素のうちR水素が占める割合によって変わります。100%R水素の場合、1ステーションあたり最大で315万ドルが支援されます^{（※29）}。

ハワイ州立自然エネルギー研究所のガイ・トヤマ氏によれば、「カリフォルニア州の自然エネルギー政策はいつも先進的で、米国エネルギー省（DOE）が追随するケースが多い。さらには、日本の資源エネルギー庁はDOEの政策を常に意識している」とのこと。カリフォルニア州の画期的なR水素政策を、世界的なR水素ムーブメントのトリガーにしていきたいですね。

※28 「太陽光エネルギーを水素へ高効率に変換－安価で簡便なシステムにより実現－」理化学研究所 2015年4月28日 http://www.riken.jp/pr/press/2015/20150428_1/

※29 「燃料電池自動車について」資源エネルギー庁 2014年3月4日 http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/003_02_00.pdf

※27 「東芝が目指す水素社会 事例紹介 川崎マリエン」東芝 2015年 <https://www.toshiba-newenergy.com/reference/>

ハワイ島のR水素牧場

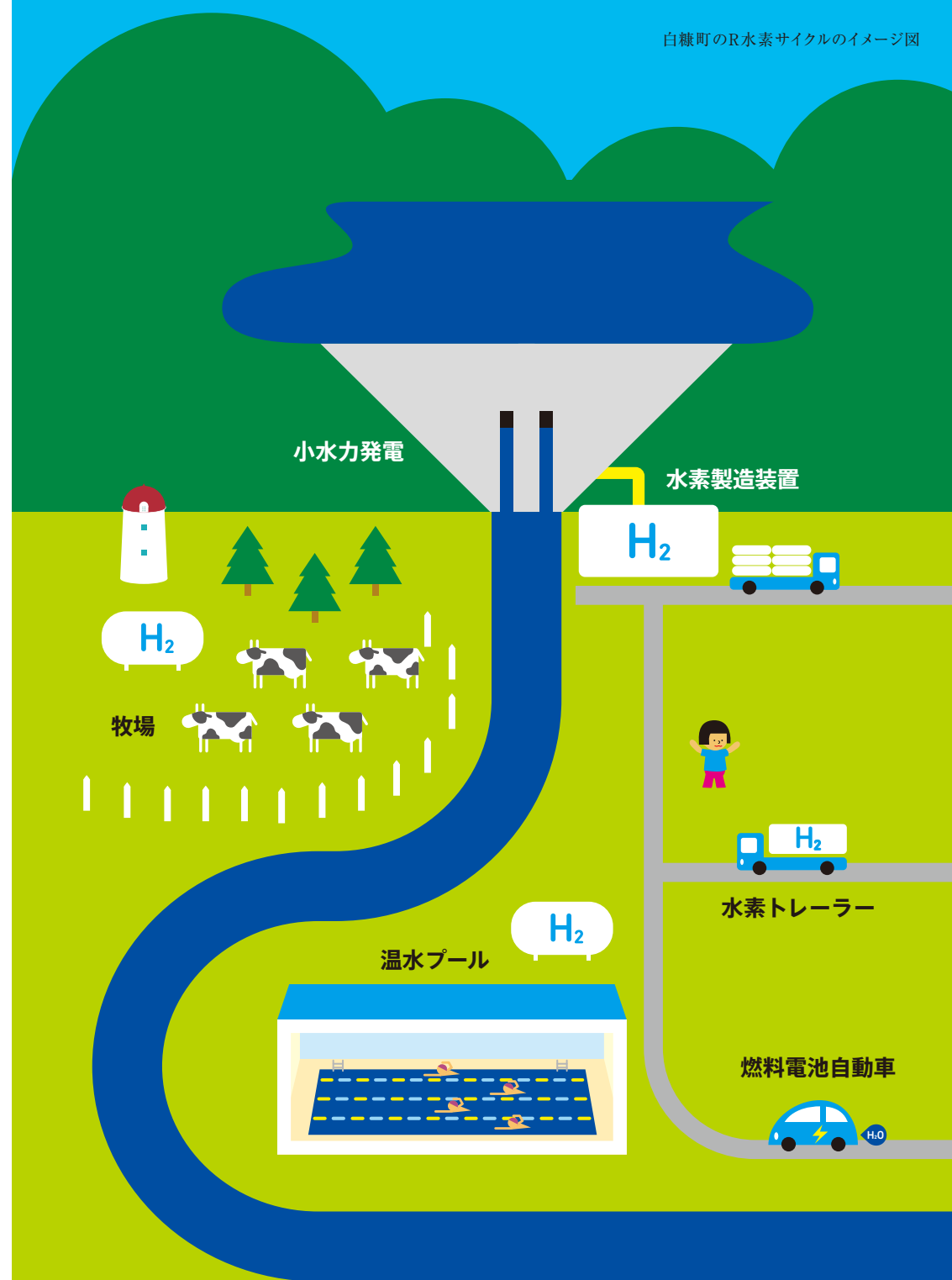
ハワイ島の牧場「ヘンク・ランチ」でも、太陽光と水によるR水素サイクルのチャレンジが行われています。牧場のオーナーは、世界的に大ヒットしたコンピュータゲーム「テトリス」の著作権を持つヘンク・B・ロジャース氏。非営利団体のブルー・プラネット・ファウンデーションを設立し、精力的に環境問題の解決に取り組んでいます。

「私のミッションは、化石燃料由来のエネルギーからシフトすることです。なぜか？私たちは二酸化炭素を大気中に出し過ぎていて、そのせいで様々な問題が起きています。だから、従来とは違う発電方法やモビリティにすごく興味を持っています。水素は本当に理想の燃料です。水素はあらゆるものからつくることができ、使うときは酸素とくっつけるだけ。そして発電しながら何を出すでしょう？ その答えは水です！なんて優しいのでしょう」と語っています。

研究施設の屋根に付けられた太陽光パネルは85キロワット分。水の電気分解装置は約65%の効率です。余剰分の電気でも水を電気分解して1日に1〜4キログラムの水素をつくっていて、最大25キログラムの水素を貯蔵することができます。

つくられた水素は、別荘やゲストハウスの電力、燃料電池自動車・フォークリフトの燃料として使われています。また、水素は燃やして利用することもできるので、送風機のエンジンや料理用のバーナーでも利用されています。





北海道 小水力発電×R水素

北海道南東部の白糠町^{しらぬかちょう}では、小水力発電によるR水素サイクルが計画されています。庶路^{しよろ}ダムの小水力発電によって、その場で水素をつくり、高圧トレーラーで貯蔵、周辺地域に輸送して、酪農施設や燃料電池自動車などで利用します（※30）。

新たに送電網を整備して再生可能エネルギーを遠くの消費地へ送るといった従来のやり方ではない、地産地消のモデルになります。

GRID FREE RH₂ 太陽光×R水素

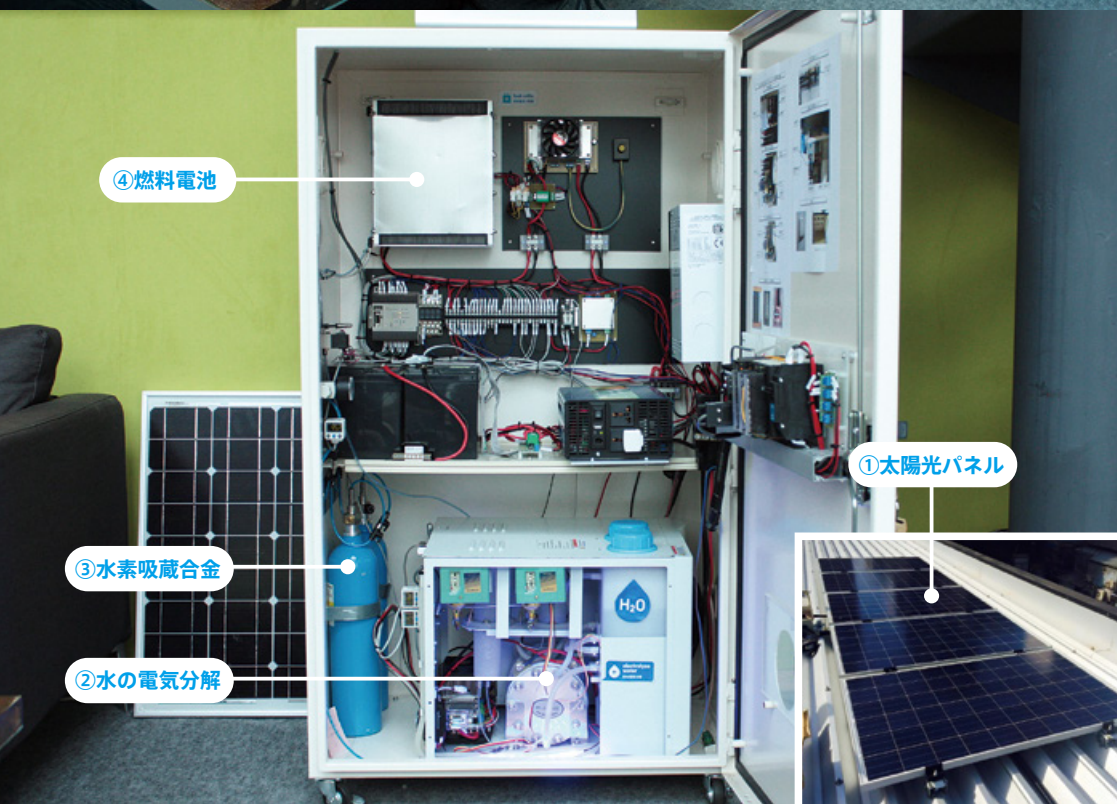
未来のアンテナを持った人たちが集まる、都市のこれからを考えるコミュニティ空間としてオープンした表参道「COMMUNE 246」。2015年4月、R水素ネットワークは、COMMUNE 246内のシェアオフィス「みどり荘2」で、太陽光パネルとR水素マシン「GRID FREE RH₂」を設置、運転をスタートさせました。

「GRID FREE RH₂」は、太陽光パネルと接続して、パソコンなどで太陽光発電をそのまま使えるほか、余った電力は水の電気分解でできた水素として貯蔵。夜間など太陽光で発電しないときは貯蔵された水素を元に燃料電池で電気をつくるといふ、再生可能エネルギーと水の中にある水素による、オフグリッドのエネルギーシステムです。グリフィス大

※30 「北の大地でエネルギーを「地産地消」、小水力発電で水素を作って酪農施設に」
スマートジャパン 2015年7月3日
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1507/03/news028.html>



表参道 COMMUNE 246 内のシェアオフィスに設置された「GRID FREE RH₂」。



GRID FREE RH₂ システム概要

- 太陽光 1.5kW で発電した電力をパソコンなどで使い、使っていない電力で水を電気分解して水素に変換します。
- 電気分解の時に出る 5 気圧の圧力で、水素吸蔵合金キャニスターに入れて貯蔵します。
- 水素吸蔵合金キャニスターの水素貯蔵量は約 178g (約 89g × 2 本)。
- 貯蔵している水素を燃料電池に入れて発電 (2kWh 分 × 2 本 = 4kWh) し、太陽光のない夜間や悪天候時に PC などの電力として使用しています。
- 貯蔵電源がなくなりそうになったときはチャイムで知らせます。
- 水素吸蔵合金は、消防庁の危険物データベースに非危険物として登録されています。
- 水素吸蔵合金キャニスターは、ISO 16111 の安全性・信頼性評価試験に合格しています。

学の R 水素ビルの仕組みを、小規模で実現した事例といえます。ほぼ手づくりで組み合わせたシステムですが、これから R 水素のマーケットが拡大していけば、よりコンパクトになり、普通の家庭にも置けるくらいのコストになっていくのではないのでしょうか。

現段階ではシェアオフィスの一部のエネルギーをまかなう小さなモデルですが、このチャレンジは、巨大な送電線網に依存しない地域循環型のエネルギー社会のショーケースとして大きな一歩だと思っています。

第4章

R 水素アクション

エネルギーを自分たちの手に取りもどそう！

ACTION!



2014年8月、ハワイ島のマウナ・ロア山に建てられたドーム施設で、有人火星探査に向けた1年間に及ぶ隔離生活の実験が始まり、オフグリッドのエネルギーシステムとしてR水素サイクルが採用されています。NASA、ハワイ大学、コーネル大学の共同プロジェクトで、「ヘンク・ランチ」(58ページ参照)も協力しています。

こんなに理想的なエネルギーのかたちだが、どうしてこれまで広がらなかったのでしょうか。また、どうすれば手に入れることができるのでしょうか。

実は、エネルギーの発展には、資源の開発や技術だけではなく、政策の決定が大きな影響を及ぼしているのです。

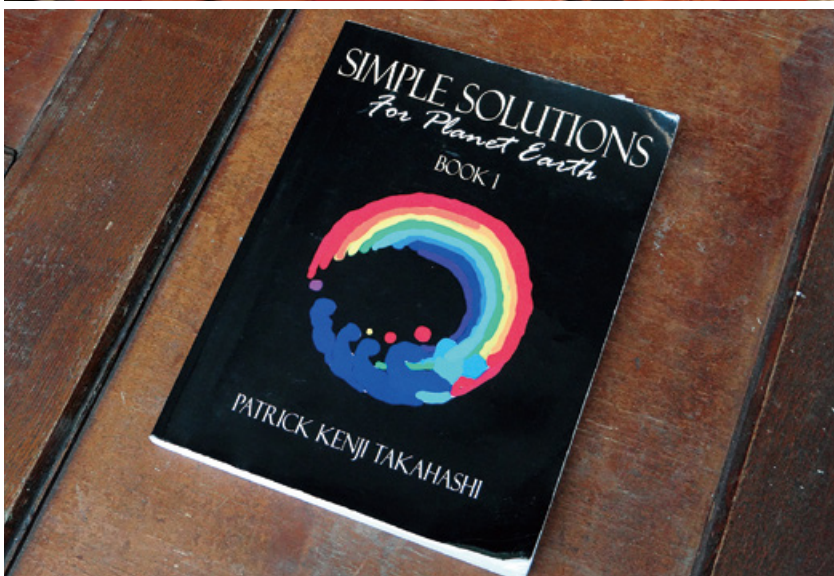
世界はオイルショックを機に、経済発展のために原発が重要であるとし、建設を進めました。今、世界には約420基の原発があります。

一方、R水素はどんな歴史をたどってきたのでしょうか。R水素の基本となる、電気分解と燃料電池の仕組みは、産業革命の頃に発見されています。また、植物の光合成からヒントを得た人工光合成は、1972年に日本で発見されています。

オイルショックの頃には、ハワイに世界中から水素のエキスパートが集まり、太陽と水からつくる理想のエネルギー（今で言うR水素）について国際会議が開かれました。そして、1982年、アメリカ連邦政府にR水素を推進する法案を提出します。ところがその後、政治的に無視され続けます。1990年になりようやく法案が可決されますが、利用できる予算がついたのはさらに13年後の2003年、ジョージ・W・ブッシュ大統領の時代でした。その予算は、理想のエネルギーとは別ものの、化石燃料由来の水素に使われています。現在のオバマ政権では、水素関連の予算は減少しています（※31）。

※31 詳しくは、R水素ネットワークのWEBサイトへ。
「R水素の基礎知識 水素エネルギーの政治的背景」 http://rh2.org/rh2_info/chapter10/

エネルギーと補助金の関係については、32ページ「エネルギー補助金による偽りの安さ」を参照してください。



1990年に可決されたR水素法案“Matsunaga Act”を、スパーク・マツナガ上院議員と共に作成した、ハワイ大学自然エネルギー研究所名誉教授のパトリック・タカハシさん。著書『Simple Solutions』に、当時の様子が詳しく書かれている。

政治のプレーヤーとして行動する

最大の悲劇は、悪人の暴力でなく、

善人の沈黙である。

沈黙は、暴力の陰に隠れた同罪者である。

マーチン・ルーサー・キング牧師

R 水素社会は、黙っていても、待っているとは永遠に訪れません。一人ひとりが、これからの地球を担う主人公として主体的に取りに行こうと行動することで実現に近づきます。政治の話はタブーとされがちですが、本当にそれでいいのでしょうか。自分たちの税金の使い道を人任せにするということは、政治家や官僚に白紙委任状を渡しているようなものです。

税金はウランや化石燃料に使われ、それを呼び水として金融機関や企業が莫大な投資をし、巨大なマーケットができ、社会は地球環境と生命を壊す方向にどんどん加速しています。無関心というのは、その流れを支えることであり、ひいては自分の世界を壊しているに等しいのです。

その流れを変えるためには、選挙のときに投票に行くだけでは十分ではありません。これまで以上に政治や社会問題に関心を持ち、責任を持って行動することが大切です。

お金の流れを変える

世界では特に若い世代を中心に気候変動への危機感が非常に高まっており、大学や都市、地方自治体、宗教団体、慈善財団、年金基金や金融機関までも巻き込み、「気候変動防止には、化石燃料関連企業への投資を止める必要がある」というムーブメントが起きています。2013年、リオ地球サミットへ行った時には、学生たちが「Stop Fossil Fuel Subsidies（化石燃料への補助金をやめろ）」という運動をしていました。Twitterで「#endfossilfuelsubsidies」というハッシュタグが使われています。

2014年9月、ニューヨークでは40万人規模のデモが行われ、「CLIMATE JUSTICE（公平な気候変動対策を）」とプラカードを掲げた若者たちが集まりました。デモに参加した俳優のレオナルド・ディカプリオは、国連本部で120カ国の人たちへ向けて演説を行い、「今こそ行動を起こす時です。炭酸ガス放出に課徴金をつける必要があります。石炭、ガス、石油関連企業に対する政府の補助を止めさせることが必要です」と訴えました（※32）。

ケンブリッジ大学では「化石燃料会社に投資をやめろ！」と40人の生徒がバリケードを張り逮捕者まで出たのですが、大学側が学生たちの行動を尊重して、化石燃料会社への投資をやめると発表しました。ロックフェラー兄弟財団、世界教会協議会なども化石燃料会社への投資をやめています。

※ 32 「レオナルド・ディカプリオさん、国連気候変動サミットで演説「歴史的な偉業を成し遂げられるか、それとも歴史から非難されるか」」 ハフィントンポスト 2014年9月24日
http://www.huffingtonpost.jp/2014/09/23/leonardo-dicaprio-un_n_5871278.html



2013年のリオ地球サミットで「Stop Fossil Fuel Subsidies（化石燃料への補助金をやめろ）」と訴える学生たち。

2015年5月に開催された、バチカン主催の環境サミットでは、その声明の中で「気候変動の削減と持続可能な発展とのバランスがとれた金融について、低炭素社会に移行するための新しいインセンティブが強化されるべきだ」と指摘されています。

英国のチャールズ皇太子は、2015年7月2日、ケンブリッジ大学のサステナビリティ研究機関（CISI）の「気候変動を防ぐため、世界経済の全面的な改革が必要。化石燃料への補助金を止めるべきだ」とスピーチしました。

イタリアでは「気候変動は人権問題だ」と市民が訴訟を起こして勝訴しています。

地球の危機的な状況を察知した人々が、これまでのありきたりな考えを捨て、通常考えられない勇氣ある発言をし、行動を起しています。ちょうど一人ひとりが、「火事場の馬鹿力」を発揮し、力を合わせているようなものかもしれません。

ここで紹介したのはほんの一例に過ぎません。世界規模で気候変動問題に取り組むムーブメント構築をめざすNPO「350.org」が最新の情報を発信していますので、ぜひチェックしてみてください（日本語サイト <http://350.org/ja/>）。

R水素「コミュニティをつくる」

R水素マシン「GRID FREE RH₂」によるショーケースの次のステップとして、私たちR水素ネットワークは、3脱（脱原発・脱化石燃料・脱送電網）のエネルギーシフトの拠

点となる小さなコミュニティをつくりたいと考えています。エネルギーや食を自給するモデルを国内外に発信していくためのベースとなるコミュニティづくりです。

地域の恵みが地域で循環し、地域外にキャッシュアウトしないモデルをつくることは大きな意義があります。技術者、科学者、政治家、官僚、企業、NPO、若者と、ありとあらゆる人たちが情報を共有していく拠点を、みなさんと一緒につくりたいと思っています。

R水素サイクルは、巨大なインフラが必要なく工期が短い仕組みです。一人ひとりが責任を持ち、地域経済が活性化し、絆を持つて暮らす安心できるコミュニティ。そんなR水素サイクルの小さなモデルが、乾いた草原に火を放ち燃え広がるように世界で同時多発的に生まれることが、再生可能エネルギー100%の世界を実現するのに一番速い方法になると思います。

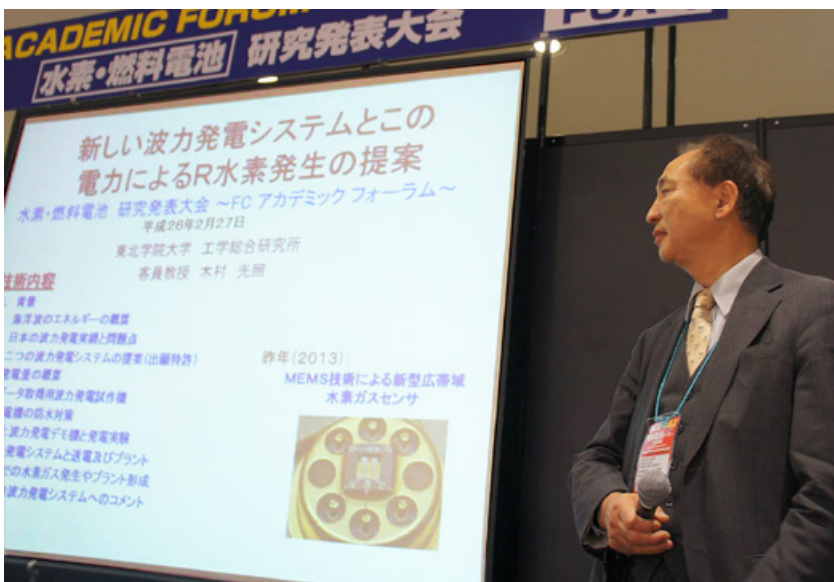
Think Global, Act Local

地域に根ざして生活しながら、常に世界のことを考えることが求められています。日本のことだけを考えて、「日本の電気は足りる」「原発をやめても天然ガスで大丈夫だ」と言っているだけでは問題は解決しません。

先進国の対策は「今の生活水準は犠牲にしない」「生活のスタイルを変えるのは無理だ」という姿勢が前提にあります。しかし、経済がグローバル化した今、他の国で起こった深



R水素マシン「GRID FREE RH₂」に、「水」の文字を提供してくれた書道家の原田万美さん。雄勝硯（おがつすずり）復興プロジェクトでお忙しい中、門出を祝福をしてくださいました。



R水素ネットワークでは、太陽光の十分の一のコストで発電できる可能性のある波力発電によるR水素システムを、東北学院大学客員教授の木村光照さんと協同開発しています。ご好意により特許の権利を半分共有してくださいました。共同開発に関心のある企業などを募集しています。



『ソーラージャーナル vol.11』“R水素こそ「いま」の選択肢だ”



『毎日新聞』2015年6月5日 “切り札は「R」”

刻な被害も他人ごとでは済まなくなっています。

「トランジション・タウン」という取り組みが世界中で行われています。ピークオイルと気候変動という危機を受け、市民の創意と工夫、地域の資源を最大限に活用しながら、脱石油型社会へと移行していくための草の根運動です。

2015年6月、国連大学で開かれた持続可能な開発についてのセミナーで、ナイロビ大学のデイビッド・ムンガイ博士のお話を伺いました。ケニアでは干ばつによる被害で家畜の餌となる草が生えず、家畜を売ることによって現金収入を得ている人々が貧困に喘ぎ、子どもは学校に行けず、少女買春が広がるといった問題が起こっています。家畜の飼料となる草を求めて何十キロも歩き、やつとの思いでたどり着いたそこでもまた、野生動物との草や水場の争いで家畜がやられるなど、どこまでも希望のない底なしのネガティブスパイラルに陥っているそうです。彼らは、気候変動のことも知りません。

先進国の言う気候変動対策は将来世代のためですが、アフリカではまさに今、砂漠化や干ばつで河川が干上がり、1200万人が食料不足に陥っています。すでに25万人以上が死亡し、その半数は子どもたちです。そういう現実にも、しっかり目を向けていかなければいけないのではないのでしょうか。

仮に今すぐ世界中で化石燃料依存から脱却し、森林伐採をやめたとしても、すでに遅いかも知れません。今動けば、かろうじて子どもたちの未来を守るかどうか、という瀬戸際です。しかし、すべての問題の元凶、つまり「真ん中」のエネルギーがきれいになれ

ば、オセロのように黒と白が劇的にひっくり返り、今よりも確実に、政治や経済が安定し、世界が平和になるでしょう。そして、正のスパイラルに社会を変えることができるでしょう。

誰もが、この地球と地域社会に依存しています。化石燃料の会社や、電力会社の株主も従業員も、また政治家も官僚も、メディア関係者も例外ではありません。みなさん一人ひとりの利益は、地域益、そして国益となり、さらに大きな地球全体の利益につながっていくのです。そんな、みんなの共通の利益を単純に追い求める、足元の行動が求められています。政治家や官僚は政策で、企業は製品で、メディアや生活者はそれをサポートし、株主はそれを誇りとする価値観にパラダイムシフトさせていくのです。

一人ひとりが変化の波風を携えて、繋がって行動していくことが重要です。今、世界で起きているさまざまなムーブメントが、恒星が集まって巨大な星団ができるようにひとつになることで、政治が動きます。明確な意志を持ってR水素を推進する政策ができれば、税金が投入され、民間の投資が促され、巨大なマーケットとなります。必要は発明の母です。驚くような技術革新が進み、コストダウンが実現し、世界に加速的に広がっていきます。そうすれば、出口がないように見える地球環境も、かろうじて希望ある方向に向くことができます。

そして、その先の未来に、命を最も大切にする、新しい文明へワールドシフトすることができるよう。

第5章



Brisbane

世界初のR水素ビルが完成！

——グリフィス大学、現地レポート



グリフィス大学 サー・サミュエル・グリフィス・センター

世界に先駆けてR水素によってオフグリッドを実現した、グリフィス大学のサー・サミュエル・グリフィス・センター。ビルが建つのは、オーストラリア第3の都市ブリスベン。毎日4〜6時間の日差しと、短い冬を除き昼間はTシャツで過ごせるような暖かさに恵まれています。

ガラス張りの廊下は明るく、ガラスとガラスの間から風も入ってきて、まるで外にいます。地下1階を含め6階建て、各フロア1000平方メートルもあって広いですが、建物全体で常時必要な電力は約60キロワット、エレベーターを使っても90キロワットと、ものすごく低く抑えられています。人感センサー付きのLED照明や省エネ機器を採用していることに加えて、この建物には理系の実験室がまったく入っていません。機器類を24時間動かす理系の建物をオフグリッドにするのはハードルが高いので、まずは消費電力の小さい棟を完全オフグリッド化しているのです。

屋根には1194枚、330キロワット分の太陽光パネルが敷き詰められています。窓の日よけにも84キロワット分、春夏と秋冬の日射角度に合わせて設置されています。

発電量は季節によって1日1100〜1900キロワットアワー（年平均1640キロワットアワー）。一方、使用量は1日平均1200キロワットアワーなので、ほぼ毎日、使う量より25%多めに発電できて、電気が余っています。



「太陽と水素でビル丸ごとオフグリッドに！オーストラリアに誕生した「R水素大学」を見学してきました【イベントレポート】」greenz.jp 2014年4月26日
http://greenz.jp/2014/04/26/rh2_australia/

太陽光発電の変動の影響をなくすため、すぐに使う電気も、いったんはバッテリーに貯めています。夜間はバッテリーに残っている電力で冷却機を動かして水を冷やし、建物の脇に建つ巨大なタンクに貯めて翌日の冷房に使います。「それって非効率では？」と質問すると、「通常のエアコンは1日で発電量の24%を消費してしまうから、このほうが良い」という答えでした。熱湯を地域や建物全体にめぐらせて暖房するセントラルヒーティングの冷房版として、冷水をつくって循環させて、ブリスベンの長い夏をしのぐというわけです。貴重な冷温を節約するため、教室には席ごとに風量を調節できるパネルが付いています。また、巨大な屋根で雨水を集めて、トイレ水とスプリンクラー（庭木の水やり）に活用するなど、ビル全体に持続可能なオフグリッド化のための工夫が凝らされています。オーストラリア政府は、この建物を「持続可能なビル」と認め、州政府などと建設費の約半分を助成しました。

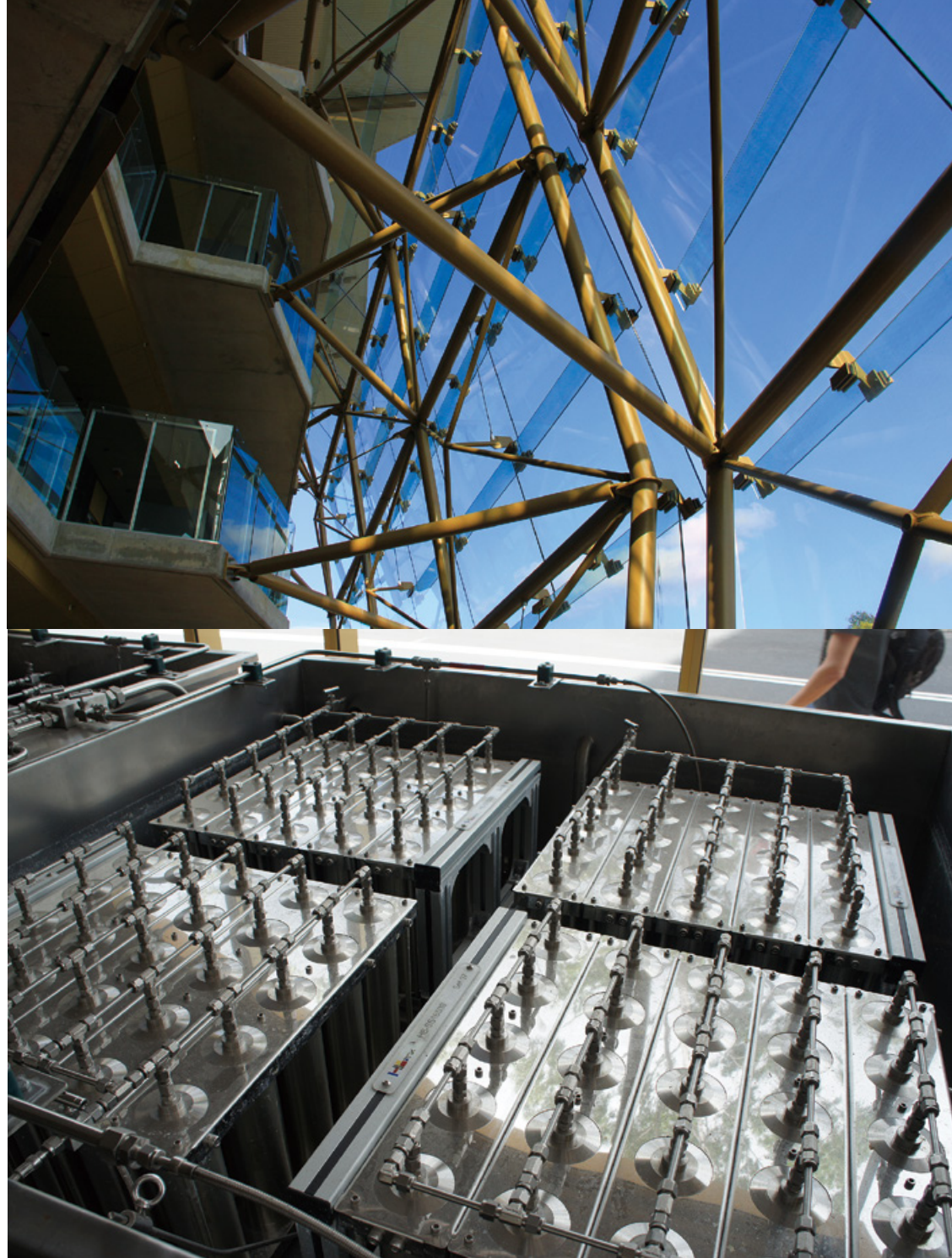
大規模なR水素システム

このビルを特徴づけるのは、なんといっても大規模なR水素システムです。その存在感は、表舞台で太陽光発電を支えているバッテリー（蓄電池）以上です。

水素の元となる水は、装置を長持ちさせるため、水道水を純水器できれいにしてから使っています。純水を電気分解装置で水素と酸素に分け、1時間に最大3.6キログラム



屋根には330キロワットの太陽光パネル。ビルの脇には冷房用の冷却水を貯めるタンクが立つ。



の水素を取り出します。

水素の貯蔵方法には、水素吸蔵合金を採用しています。合金に吸わせた水素は漏れず劣化もしないので、何年経っても目減りせず、水素をととてもゆつくりと放出することができるので、非常に安全だといえます。

「水素による貯蔵は多くの点で、リチウムイオン電池よりも安全です。予測できない故障や、火災、さらには爆発を起こすことはありません。また、大量の有害物質を使用しません。特に我々のプロジェクトがそうであるように、金属水素化物（水素吸蔵合金）に貯蔵する方法が安全です」（エヴァン・グレイ教授）

再び電氣を得たいときに、貯めておいた水素を燃料電池に投入すれば自在に発電できます。発電の際に発生する排熱は、合金からの水素排出に利用されています。

逆に合金に水素を吸蔵させる際は、合金の冷却のために電力を消費しますが、燃料電池自動車のボンベのように高压で貯めるよりも、システム全体として効率が高くなっています。

このビルには現在、900キロワットアワーものバッテリーが用意されていますが、全部にたっぷり蓄電してあっても、発電できない天候が続けば、4日で使い果たしてしまいます。でも水素は、フルで132キログラム貯蔵してあれば、1週間はもちます。

2015年8月時点では、R水素システムの中核を担う水素吸蔵合金システムと太陽光発電や蓄電池の制御システムを統合するため、細かな調整が行われています。グリフィス

大学としては、本命はR水素なので、少しずつバッテリーの量を減らし、水素貯蔵に完全移行していく計画だそうです。

INTERVIEW

ネド・パンクハーストさん（グリフィス大学副総長）

プロジェクトの目的と哲学

この建物は、既存の水素技術を実証できるプラットフォームを提供するとともに、新たな技術の実験もできるように建設しました。

学内では再生可能エネルギー、特に水素貯蔵の研究成果をどのように発信していくかを議論していました。ちょうどその時、エヴァン教授がオフグリッドでエネルギー貯蔵ができる建物の企画書を持ってきました。そこで私は「じゃあ、つくってみましょう！」と言いました。それがすべての始まりでした。



グリフィス大学副総長 ネド・パンクハーストさん

動画「ネド・パンクハースト副総長インタビュー」 R 水素ネットワーク 2014年3月
<https://www.youtube.com/watch?v=I3ywuiw1Nno>

このプロジェクトは「デモンストレーション」と呼んでいますが、決して終わりがあるプロジェクトではありません。建物は大学キャンパスの一部です。そして、今後もずっとキャンパスとして使われます。このプロジェクトは一連の技術がどう生かされるかを見せる、生きたデモンストレーションなのです。

グリフィス大学は、営利目的優先でこのプロジェクトを推進していません。他の方々が使えるように、この技術を輸出したいと考えています。プロジェクトの大半が公的機関による出資であるため、システム設計を公開し、「あなたのところでも出来るよ!」と言えるのです。この建物には、知的財産権がたくさん詰まっている訳ではありません。既存技術の組み合わせ方が特徴なのです。私たちが保有しているのは、ある技術の知的財産権ではなく、プロジェクトの進め方やシステムの組み合わせ方のノウハウです。

エネルギーの性質と水素貯蔵

太陽光発電は常に議論されてきましたが、持続可能に貯蔵する方法が問題でした。そこで私たちは、固体水素貯蔵に目をつけました。この貯蔵技術によって、小規模な貯蔵設備やグリッドに繋がっていない郊外のみならず、グリフィス大学のような都市部の建物もオフグリッドにすることが可能となります。

水素貯蔵の優れた点は、発電方法を問わず、どんな再生可能エネルギーも貯蔵できると

ことです。風力発電や潮力発電など、線を繋げば稼働します。私たちのプロジェクトに適していたのは太陽光発電でしたが、貯蔵システムはどこでも稼働します。

文化のシフト

水素を貯蔵するシステムは技術的には比較的シンプルですが、これを運用するには、全員が仕様やエネルギーの流れについて共通の理解をしている必要があります。実際に建物を使用する人を含む、さまざまな方と意見交換や会議を重ねました。

また、建物を使用する方々への教育も必要です。建物の扱い方や電力の消費など、実際に建物を使用する方々が、どのように生活する必要があるかを伝えました。やはり従来の建物とは違うので、そこにいる人々も、少しでもだけ接し方や生活を調整しなければなりません。

この建物はオフィスのあり方も変えました。仕切りを取払い、空間を共有することはアカデミックな環境で働く人にとっては難しいと思われました。アカデミックな環境は、研究室のように、それぞれ個室があるのが当たり前です。今回はその当たり前を変え、仕事環境を変えたことになりますが、私たちは楽しい実験のように捉えています。

改めて小さいことのようにですが、人々がこの建物と接するときは、今までと少し違った行動をとってもらうように願っています。省エネの建物の場合、このちょっとした

行動の変化が絶対必要となります。そして、時間とともに人々は新しい当たり前が習慣になります。とは言え、やはりこれは文化のシフトであり、人々が社会のインフラとどう接するかの変化が問われます。

持続可能なエネルギーのプロジェクト

再生可能エネルギーのプロジェクトは、幅広く未来の可能性を示す役割がありますが、このようなプロジェクトの障壁となるのは大きなコストです。何事もそうですが、最初は二回目以降に比べてより多くお金がかかります。金銭的にも持続可能な状態に持つていくには、規模の経済が働かなくてはなりません。

1棟や10棟では難しいですが、100棟以上になると、やっと金銭面が持続可能になりますでしょう。そのためには、最初にやるべきことは、新たな技術の可能性をデモンストラーションすることです。この建物はまさにその役割を担っています。次に建つオフグリッドの建物は、二回目以降は安くなることを示していただきたい。さらに、その後も安くなっていく必要があります。

このような先進的なプロジェクトは、希望的であると同時に、実現可能でないとはいけません。我々は、コストばかりかかる、持続可能でない再生可能エネルギープロジェクトには、初めから取り組みません。



構内の様子。外灯にはもちろん LED 照明が使われている。

「コラボレーションの秘訣」「コーヒークップの法則」

この建物の狙いの1つは、違う分野の人々を集め、繋がりをもつ場の提供でもありました。例えば、階段もそれを考えてデザインされています。階段は毎日通る場所なので、そこで立ち話するのが心地いい環境になっています。それも実は意図的に設計されています。

昔の同僚が教えてくれた考え方があります。それは、「効果的なコラボレーションはコーヒークップを運べるぐらいの距離でしか起こらない」という考え方であり、これをコーヒークップの法則と呼んでいます。この法則は、人々が研究室やオフィスから抜け出し、コラボレーションが弾む共有スペースで交流することが大事であることを意味しており、サー・サミュエル・グリフィス・センターのデザインは、この法則を具現化しています。そして、既に素晴らしい効果をもたらしています！

MESSAGE

エヴァン・グレイさん（グリフィス大学教授）



水素エネルギーは多くの人に「未来」と言われ続けていて、確かにずっと「未来」のものであり続けた。新しい技術を世界規模で考えると、もう技術だけの話ではなくなる。もつと政治や経済にまで広がる話になってくる。だから、影響力がある誰かが立ち上がって「これは実現する」と一度言うのと、本当にそうなる。

R水素の場合も同じ。誰か、国か、州か、どこかが「これをやるんだ！」と示す必要がある。何かが起きるときは、誰かが言うか、誰かがそうなっただけだと思っただけ、形になる。技術的な問題が壁になることは稀だ。R水素社会の障壁になるのは、本当は技術的な問題ではない。人類は学ばなければならない。もし技術的な問題があるならば賢い人を集めて、その壁を壊すこと！

おわりに

さあ、みんな R水素社会にシフトしよう！

最後に、みなさんにR水素を少しでも身近に思ってもらえるように、私がこの活動をするようになった経緯をお伝えします。

まず、私は水素の専門家でも科学者でも、またエネルギー関係のビジネスをしていたわけでもありません。まったくの門外漢でした。もちろん環境問題に関心は持っていたものの、今ほど深い関心はありませんでした。十数年前には、今自分がやっているようなことは、夢のかけらほども想像していなかったのです。

*

大阪で生まれ育った私は、いくつかの仕事を経て、1986年に麻布十番で「江原道[Kohgendo]」という自然派化粧品会社の会社を創業します。当時妻であった女優の早乙女愛が、映画で使うドーランが石油系の材料でつくられていて肌に悪いと言っていたので、「じゃあ一緒にいいものをつくろう!」と二人で始めた会社でした。

開発した商品が俳優さんたちを中心に人気を得て、ブランドが軌道に乗ろうとしていた2002年、私は会社を売却して家族と共にワシントン州に移住します。50歳の時でした。ちよつとオーバーかもしれないませんが、かねてから抱えていた「人生には未だ自分の知り得ない深遠で壮大な何かがあるのではないか?」という疑問の答えを探求する人生を選んだのです。自ら立ち上げたブランドを、これから順調に拡大していこうというタイミン

グで手放すなんてどうかしている、理解できないと周りの人から言われたものです。

みなさんも、一度は思い浮かべたことがあるのではないかと思います。子どもの頃、夜空の星を眺めながら「何のために生まれてきたのかな?」「私たちはいったどこに向かっているのかな?」というような、ぼんやりとした大きな疑問。その答えを求めて動き出すのは今しかない、自分の心の底からわき上がる衝動に身を任せることに決めたのです。

ワシントン州で生活している時に衝撃を受けたことのひとつが気候変動です。北極の水が異常に解けていて、温暖化という生易しい言葉では言い表せない危機的な状況に地球が置かれているのです。「そんな絶対にあかんやん! あかんに決まってるやん! 失うものがない状態やんか!」と、衝撃を受けたのです。

その後、フロリダのハリケーン「カトリーナ」や、貧困層を直撃し、死者・不明者15万人にのぼったミャンマーのサイクロンなど、気候変動による痛ましいニュースの数々に触れることで、私の危機感はますます強くなっていました。

そして、さまざまな衝撃的な体験が重なったこともあり、それまでの「自分にとってどうなのか」という自己中心的で愚かな人生とは最も遠い対極にある、「まず、地球全体にとってどうなのか」という単純な視点から行動する人生に、痛烈な自戒の念を込めて踏み込んでいったのです。新しい価値観で生きるチャレンジがはじまりました。まるで古い洋服を脱ぎ捨て、新しい洋服に着替えるかのように。

2006年、ハワイ島のジャングル内にあるエコビレッジで、キャンピングトレーラー

で暮らすシンプルな生活をしていた時期があります。ワイルドな自然の中にある、とってもユニークでアーティスティックなエコビレッジです。自分の存在がかき消されてしまうほどの轟音で屋根を打ち鳴らす激しいスコール、木々の間を抜ける風、絶え間なく打っては引いていく波、小さな虫の声……。そんな音を、ただ聞いているだけで心が落ち着きました。また、木から直接もいで食べるバナナ、マンゴー、パパイヤ、アボカドの味わいは、今でも思い出しただけで、とろけてしまいそうです。

何の見返りも求めずに、すばらしい贈り物を与えてくれる地球。それまでも自然への畏敬の念はもっていたものの、それを超えるような思いが芽生えました。地球に、本気で恋をしてしまったのです。そうして、やっぱり何とかしなければ、という衝動が日増しに強くなっていきました。

そんな時、何かに導かれるように、R水素の素案らしきものに出会ったのです。当時は何しろ、水素といってもほとんど事例がありませんでした。眉唾ものとも言い切れない何かを、直感で、とても重要なものだと感じました。そして、まったく道無き道の、まさに未知の世界に飛び込んで行ったのです。その後、専門家などの取材を重ねていく中で、直感は確信へと変わっていきました。

その後、日本に帰国し、2008年にクリエイティブなたちで社会変革を促すWEBメディア「greenz.jp」を仲間たちと設立し、世界のR水素に関連する事例などを紹介するようになります。2009年には、R水素を推進するNPO「R水素ネットワーク」を

有志で設立しました。

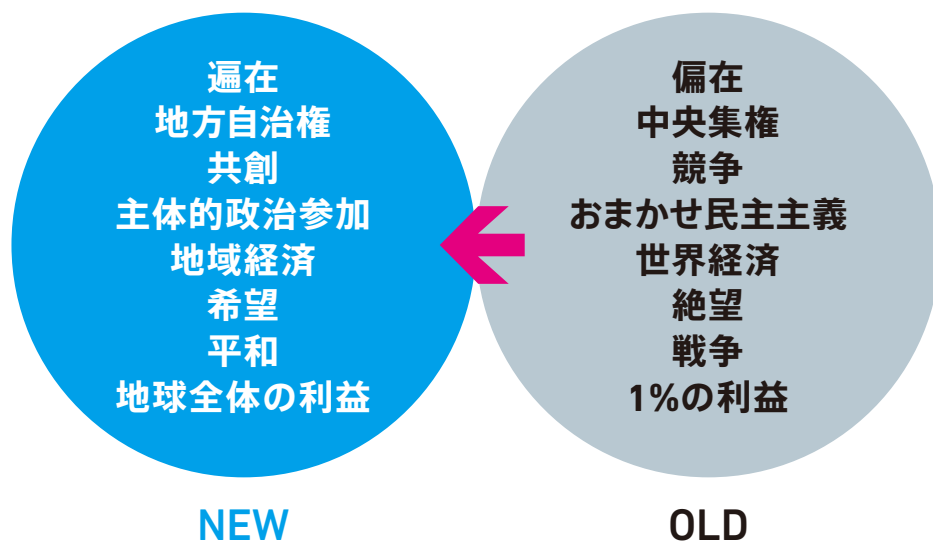
*

R水素社会は、指をくわえて待つだけでは永遠に訪れることはありません。地球規模での環境破壊や、戦争などの痛みや苦しみを生み出すほとんどの原因は、私たち一人ひとり、そして特に政治家や官僚、メディアや財界で組織を動かす人たちによる、国益や企業益を追求する自己中心的な行為にあるのですから。

まずは私たち一人ひとりが、いつたどこに住んでいるのかを、現在とは違う視点から考えてみてください。私たちが住んでいるのは、自分が権利を所有している住宅や、税金を払っている国家である前に、この地球の上です。地球市民として、大きな自然のサイクルと調和しなければ生きられないことは、言うまでもありません。

エネルギーの源である太陽は、分け隔てなく公平に地球に降り注いでいます。その恩恵をめいっぱい受けて、エネルギーを自給自足できるR水素社会では、今、貧困や飢え、そして教育の機会が奪われていることなどで厳しい立場に置かれている人たちの生活が改善すること、人類最大の共有財産というべき人的資源を最大限に生かすことができるようになるでしょう。さらに多くの人々が社会的に意義ある仕事に携わることができるようになるなど、私たちは計り知れない大きな恵みを得ることができるはずです。

WorldShift



ACTION!

こんなアクションを期待しています!

この本を政治家や友だちに
オススメする。

WEBサイトの「伝えるツール」を
SNSで活用する。

勉強会やワークショップをする。

会社やサークルで
プロジェクトを立ち上げる。

自分の住んでいる自治体に提案する。

音楽イベントなどの
電源として提案する。

メディアに自分の意見を交えて
投稿する。

企業のキーパーソン宛に
手紙などで伝える。

ここに挙げたものは一例です。みんなでアクションを生み出していきましょう!

エネルギー問題をめぐる政策や議論は、とても厄介で複雑なものです。しかし視点を変えれば、その答えはとてもシンプルなのです。

私の講演を聞いてくださった方や、このブックレットを読んでいたいただいている方々は、地球をポジティブにシフトさせたい、という強い意思をすでにお持ちの方だと思います。今後、数十年は、近視眼的な行動で森林を伐採し、有害な化学物質や核で、水や空気を汚してきた自分たちの選択の結果とも思えるような、相当に厳しく惨めな時代に突入していくことは避けられないと言われています。しかしその先に、未来への希望ある展望をしっかりと持つことができれば、乗り越える力となるはずです。

過去の歴史からも学ぶことができます。ルネッサンスや産業革命は、少数の思想家や学者、芸術家から始まった発想が多くの人々に影響を与え、その後の歴史全体の流れを変えました。今ならインターネットで、瞬間的に地球の裏側までコミュニケーションできるので、地球の未来のために数万人規模で力を合わせれば、瞬く間には言い切れないですが、早いシフトも十分に考えられます。

R水素ネットワークは今後も、一日も早い「R水素社会」の実現のために、活動を行っていきます。多くの方々のご協力を賜うことができれば幸いです。

著者 江原 春義 R水素ネットワーク代表理事

1986年、自然派化粧品ブランド「江原道（KohGenDo）」を、女優・早乙女愛と共に創業。2002年、江原道を売却し代表取締役を退任後、家族と共に渡米。そこで地球環境の危機的な状況に衝撃を受ける。その後、ハワイ州にてクリーンエネルギーであるR水素（再生可能水素）の素案に出会う。2006年、ハワイ州で水素関連を広める活動を始める。2008年、日本に戻り、仲間と共に世界のクリエイティブなニュースを紹介するWEBメディア「greenz.jp」を設立。2009年、R水素社会の実現を促進するNPO法人「R水素ネットワーク」を設立。

監修 山根 公高

山根水素エネルギー研究所 代表。博士（工学）。水素エネルギー協会 評議員 編集委員。グローバルビジネス学会 理事。～2013年3月 東京都市大学（旧 武蔵工業大学）水素エネルギー研究センター 准教授。水素エンジン研究のパイオニアとして、1970年より水素エンジンを研究。

2015年12月 1日 発行
2020年 4月15日 改訂版

発行 特定非営利活動法人 R水素ネットワーク
〒150-0002 東京都渋谷区渋谷 1-8-3 TOC 第1ビル 8F
メールアドレス contact@rh2.org
WEBサイト http://rh2.org

編集 田代純 丸原孝紀 有泉利菜
デザイン agasuke
Special Thanks 瀬戸内千代 浅倉彩 前田秀樹 木下美美 井上達也 木村耕起
松尾沙織 Rika Horikiri Guy Toyama Vincent Paul Ponthieux 兼松佳宏
安部一成 安部朱美 高橋てつよ 柳沢秀昭 谷崎テトラ 関根健次 野口摩耶
原田万美 近藤丈二 清田直博 倉本潤 船橋紗織 枝川由美 飯田英人 間澤智大



この本の各言語への翻訳をサポートして下さる方を募集しています。

R水素ネットワーク

特定非営利活動法人 R水素ネットワークは、R水素サイクルによる地域循環型のエネルギー社会を実現するために、さまざまな活動を行っています。

①普及・啓発活動

R水素についての情報をわかりやすい形でメディアや市民に提供し、ムーブメント化を図ります。Twitter：@rh2news Facebook：www.facebook.com/rhydrogen.jp

②調査・研究・コンサルティング活動

企業や学術機関と協力し、R水素の技術的な知見を深め、イノベーションを促します。企業や学術機関とのパートナーシップによるビジネスで得た利益は、エネルギーシフトをより推し進めていく活動に還元します。

③政策提言

NPO・NGOなどの市民団体と協力し、規制緩和や補助金といった政策によりR水素の市場を広げる運動をします。

R水素社会を実現するためのムーブメントを起こすには、みなさんの協力が必要です。ぜひこの本で知ったことを、多くの人に伝えてください。また、寄付やみなさんの知識・技術・ネットワークで応援していただくと助かります。WEBサイト（http://rh2.org）をご覧ください。



ロゴに描かれた水滴は、3つのR「Renewable（再生可能エネルギー）」「Respect（生命を尊重する）」「Responsibility（世界に対する責任）」を表しています。

? から! へ。 読むほどにわかるR水素

 greenz.jp/partner/rh2/

三宅洋平さん×江原春義さんが語る
「これからの文明論」とは？



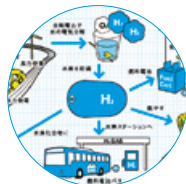
波の力で地域循環型のR水素サイクルを！
東北の研究者が考案した、単純さと
安さが自慢の“波力発電システム”って？



いよいよ“人工光合成”が実現！？
「水＋太陽光＋粉＝R水素」が、
これからのエネルギーの方程式だ！



R (Renewable) 水素社会実現のために
必要なたった一つのこと



エネルギー問題を解くカギは、水の中にありました。