

燃料電池と 水素エネルギー

次世代エネルギーの本命に迫る

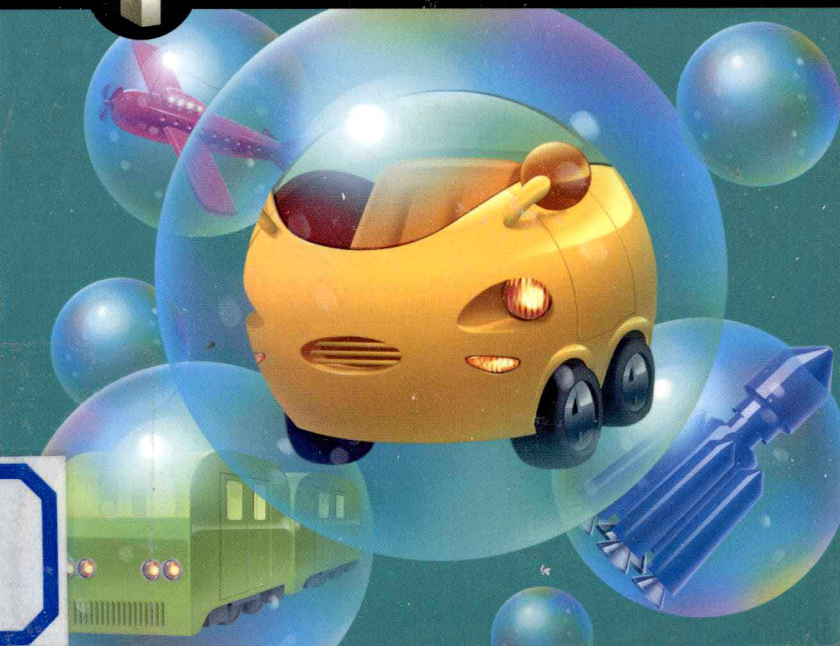
梶屋治紀

science |



サイエンス・アイ新書

SoftBank Creative



science i



サイエンス・アイ新書

SIS-017

[http //scienceisbc.jp/](http://scienceisbc.jp/)

ねんりょうてん ち すい そ
燃料電池と水素エネルギー

次世代エネルギーの本命に迫る

2007年3月24日 初版第1刷発行

著 者 つちや はる き 槌屋治紀
発 行 者 新田光敏
発 行 所 ソフトバンク クリエイティブ株式会社
〒107-0052 東京都港区赤坂4-13-13
編集：サイエンス・アイ編集部
03(5549)1138
営業：03(5549)1201
装丁・組版 クニメディア株式会社
印刷・製本 図書印刷株式会社

乱丁 落丁本が万が一ございましたら 小社販売部まで着払いにてご送付ください。送料
小社負担にてお取り替えいたします。本書の内容の一部あるいは全部を無断で複写（コピ
ー）することは カナクお断りいたします。

©槌屋治紀 2007 Printed in Japan ISBN 978 4 7973 3728 0

science i



燃料電池と

水素エネルギー

次世代エネルギーの本命に迫る

蔵書章

植屋治紀

アートディレクション・デザイン：クニメディア株式会社

表紙イラスト：石北由理

テクニカルイラスト：山本 治 (atelier TRUMP HOUSE)

はじめに

21世紀になってからも社会は少しずつ変化しています。目には見えないことが多いのですが、さまざまな人々の実験的な試みが新しい世界を作り出そうとしています。こうした活動は、長い潜伏期間を経て、ある日突然に人々の目の前にはっきりとした形をとって現われてきます。

過去30年を振り返ってみるだけでも、私たちはいくつかの大きな変化を体験してきました。専用の冷房装置がついている大部屋に鎮座していた大型コンピュータが、今ではひょいと片手で持てるノートパソコンになりました。多くの人々が机上で1日中パソコンを使って仕事をするようになりました。電子メールやワープロなしの仕事は考えられなくなっています。

電子回路は、アナログからデジタルへと変化して、信頼性の高いものになりました。電子回路を構成するハードウェアは、真空管からトランジスタへ、そして集積回路(IC)へと移り変わりました。レコード盤はコンパクトディスクになったかと思うと、音楽コンテンツだけがインターネットを通じてデジタルファイルの形で配信され、携帯音楽プレーヤーでそれを楽しむようになりました。

このような大転換は、技術革新と呼ばれる大きな流れによ

って生まれ、知らないうちに進展して、あるとき突然身近なものになったのです。

エネルギーの分野は、私たちの生活を支えるインフラストラクチャーですから、こうした大転換は起きにくいと思われがちですが、実は大きな技術革新が起こっています。

18世紀の産業革命によって、人類は石炭を使って「蒸気機関」という動力を生み出す方法を獲得しました。そして、石油を掘り出して、「内燃機関」(エンジン)によって走る自動車を作りました。水力発電所、火力発電所、原子力発電所が作られ、電気を利用してモーターを使ったさまざまな機器を作りました。そして私たちは便利な生活を楽しんでいます。

しかし、このようなエネルギー技術を振り返ってみると、いろいろな問題を抱えていることがわかります。大気汚染、地球温暖化、廃棄物、騒音などの環境への影響が懸念されており、同時に化石燃料資源の枯渇の問題も顔を出してきています。

このような状況のなかで、エネルギーの分野で生まれる技術革新は、クリーンで環境問題を引き起こさない、持続的なエネルギー利用を推進する技術でありたいものです。また、未来を考える場合には、長期的な解決をめざす持続可能な社会を作ることに役立つものであってほしいものです。

この本で取り上げた「燃料電池」と「水素エネルギー」は、こうした未来技術への期待に応えてくれるものだと思います。水素エネルギーの利用は、長い間科学者たちの夢でしたが、20世紀の最後の10年になって、ようやくその現実性が生まれてきたのです。そして、それを後押ししているのが燃料電池という技術です。

これから先には、燃料電池と水素エネルギーが、読者の方々のビジネスや暮らしにも少しずつ関係を持ってくるものと思われます。そんなときに、この本が具体的な未来を考えるのにお役に立つことを願っています。

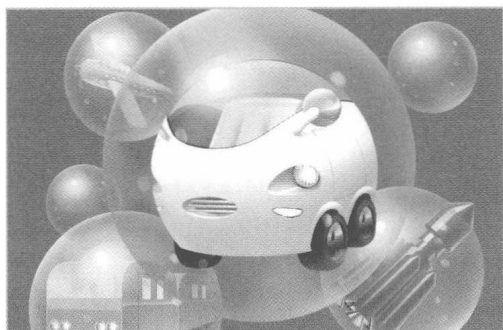
本書のなかで、燃料電池のコストダウンの研究は、NEDOの「WE-NETプロジェクト」の研究として、財団法人 エネルギー総合工学研究所において行った研究に私見を加えてまとめたものです。同研究所の福田健三氏（水素エネルギー協会顧問）と乾昌弘氏には、水素エネルギーに関する多くの専門的知見をご教示いただきました。お礼申し上げます。

本書は、ソフトバンク クリエイティブ 中右文徳氏の編集によってできあがりました。ここに心より感謝します。

燃料電池と水素エネルギー

植屋治紀

はじめに	3
第1章 燃料電池とは何か	9
近ごろ話題の「燃料電池」とは何だろう	10
燃料電池の仕組みを調べる	11
偶然の発見	14
燃料電池の試作	16
効率の高い発電技術	18
燃料電池の種類	22
燃料電池の構成部品	28
固体高分子形燃料電池の応用	34
コラム●電気のうなぎ	35
第2章 石油の時代から新エネルギーへ	37
エネルギー問題が浮上する21世紀	36
キング・ハバートの計	40
米国のサウジアラビア産石油への傾斜	43
地球温暖化「プラス0.6℃」の意味	45
新エネルギーは高効率化技術が基本	46
自然エネルギーはエネルギー密度が小さすぎる？	48
新エネルギーの研究開発	51
新エネルギーを推進するグリーン電力とRPS法	53
水素エネルギーとはどういうものか	55
エネルギーを運ぶ方法	57
エネルギーのうちの水素の割合	60
第3章 地球は熱くなる	61
シュワルツェネッガー知事の画意	62
何もしないツケは重い スターン・レビューの衝撃	64
キーリング博士の二酸化炭素濃度測定	66
地球温暖化の傾向	68
日本における地球温暖化の影響	72

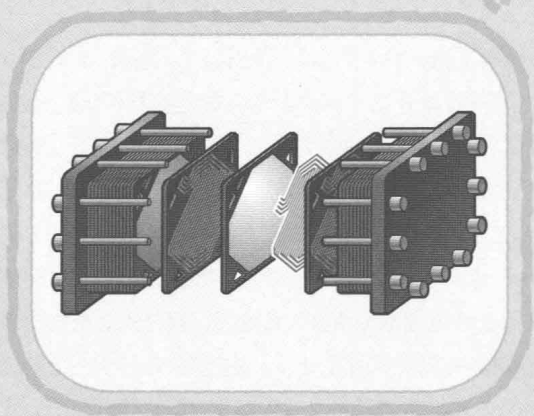


生物への影響	75
地球温暖化に対する対策	77
ゴア元副大統領の「不都合な真実」	79
各国の温暖化対策	80
日本政府の対策	82
排出権取引とは何か	85
二酸化炭素を固定化する技術	86
第4章 燃料電池のブレイクスルー	87
アポロ計画と燃料電池	88
バラード社が生み出した画期的な小型化技術	90
ダイムラークライスラーの燃料電池車	94
GM (ゼネラルモーターズ) の燃料電池車	95
トヨタの燃料電池車	96
ホンダの燃料電池車	97
日産の燃料電池車	98
バラード社の燃料電池の最近の発展	99
自動車技術の比較	102
自動車の走行エネルギー	106
電気自動車	109
ハイブリッドカー	114
プラグイン・ハイブリッド	118
ソーラーアシスト・カー	120
燃料電池を利用する	129
コラム●熱機関と燃料電池	104
コラム●自動車の走行時の方程式	107
コラム●水素が電気かという論争	111

第5章	技術革新とコストダウンの未来予測	137
	新製品の普及を示すロジスティック曲線	138
	新製品が普及するための5つの条件	141
	コスト低下を学習曲線で考える	144
	学習曲線の原理とは	145
	太陽電池の例を見ると	147
	燃料電池への適用	149
	固体高分子形燃料電池の量産コスト	151
	学習曲線による燃料電池車のコストの計算	153
	水素貯蔵の3つの方法	157
	電気と熱を利用する住宅用燃料電池	162
	二酸化炭素排出量の競争	165
	熱を利用する技術	167
	コージェネレーションの学習曲線によるコスト分析	170
	水素をどこから確保するのか	173
	水素インフラを整備するコスト	175
	日本における分析	179
	工場副生ガスから水素を得る	180
	コラム●エネルギーの単位について	163
	コラム●ヒートポンプとは	169
	コラム●可逆セル	178
第6章	水素エネルギー社会の到来	183
	水素エネルギー社会の規模	184
	エネルギー狩猟型から耕作型文明へ	192
	10人の奴隷がいる	200
	参考文献	203
	索引	204

第1章

燃料電池とは何か



水素と酸素から電気と水を作る燃料電池は、究極の発電システムといえます。ここでは、現在開発されている燃料電池の種類と特徴に触れて、燃料電池とはどんなものを説明します。



近ごろ話題の「燃料電池」とは何だろう

この本は、燃料電池と水素エネルギーの現在と未来について、お話ししようとするものです。近年、欧米や日本のモーターショウには、燃料電池で走る近未来のコンセプトカーが発表されて話題になっています。また、燃料電池を使った家庭用の発電装置の実験が進展し、ノートパソコンや携帯電話にも燃料電池が使われるようになると新聞が伝えています。

このように燃料電池は、現在進行中の大きな技術革新の1つです。数年のうちに、生活のなかで燃料電池をよく見かけることになるでしょう。

さて「燃料電池」というのは、「燃料」と「電池」をくっつけた言葉です。「燃料」はガソリンのように燃えるエネルギー源を、「電池」は電気を発生するものを意味しています。でも、この2つをくっつけて「燃料電池」といっても、わかりにくいかもしれません。

燃料電池とは、「燃料」を継続的に流し込むと、電気を生み出す「電池」(バッテリー)になるものです。電池というと、1回限りで使い捨ててしまう乾電池やボタン電池と、繰り返し充電できる充電電池のことを思い浮かべるでしょう。身近なバッテリーといえば、自動車はもちろん携帯電話やノートパソコンに使われています。充電できる2次電池は、あらかじめ電気を注入して貯めておいて、電気を取り出して使うものです。

このほかに太陽電池という、太陽の光を電気に変換するものにも「電池」という名称が使われていますが、電気を貯める能力はありません。燃料電池も、太陽電池と同様、電気を貯めることはできません。バッテリーなどと同じ「電池」という名称がついていますが、これらとは異なるものです。



燃料電池の仕組みを調べる

それでは、燃料を流し込んで電気を発生する「燃料電池」の模型を見てみましょう。最近では、1~3万円程度の価格で燃料電池の仕組みがわかる模型が売られています(図1-1)。

図1-2は、模型自動車を走らせる小型の燃料電池です。透明なプラスチックの箱の中に燃料電池が入っています。燃料電池は5cm角の大きさの薄い平面状の形をしています。その平面状の燃料電池の片側の面に酸素を、反対側の面に燃料となる水素を流し込むと、それぞれの面にプラスとマイナスの電気が発生します。

このとき発生する電気がモーターを回して、車輪を回転させ、自動車が軽快に走行します。燃料電池に入れた水素と酸素は反応

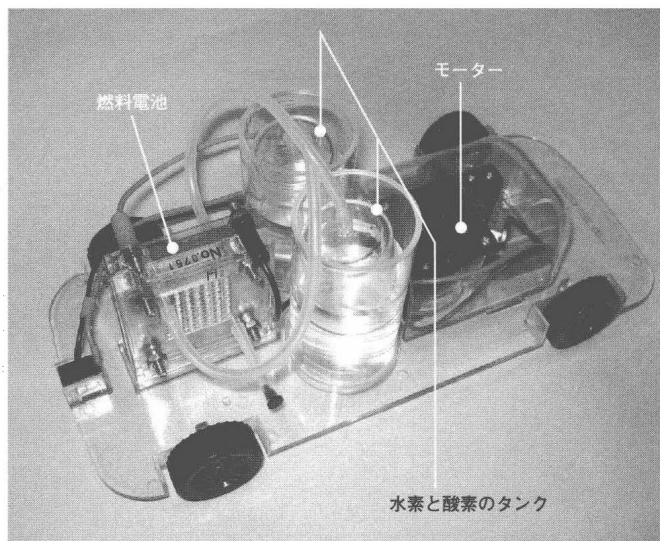


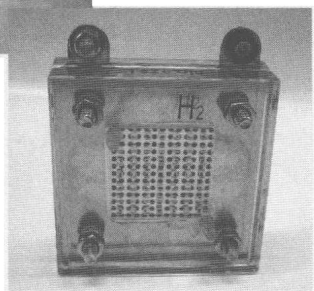
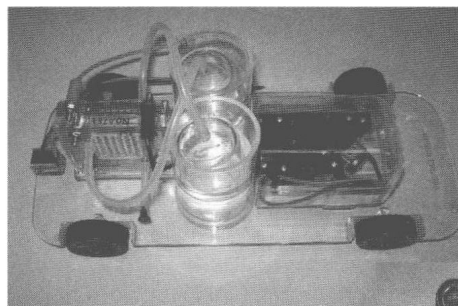
図1-2 燃料電池車の模型

して、水になって排出されます。超小型の発電装置でこのようなことができるのは、燃料電池の効率が高いからです。この模型によって、燃料電池を使って水素と酸素から効率よく電気が作られることがわかります。

④ 水素と酸素はどうして作る

ところで、燃料の水素とこれと反応する酸素をどこからもってくるのでしょうか。

この模型では、あらかじめバッテリーを使って10分ほど水を電気分解して、できた水素と酸素を2つのタンクに貯めるようになっています。水素と酸素が貯まったら、2つのタンクからチューブで燃料電池の両側の面に配管します。こうすると、2つのタンクに貯



この模型では、まず水を電気分解して酸素と水素を2つのタンクに貯め、その後、この酸素と水素を燃料電池へ送ることで発電し、モーターを回して走行する。単純だけど、実は燃料電池の多くの可能性が盛り込まれている

図10-2 模型の水素を作る方法

まった水素と酸素を少しずつ燃料電池に供給して、発電できます。この模型では、バッテリーで水を電気分解しましたが、太陽電池を使って、電球で光をあてると発生した電気で水を電気分解するタイプの模型もあります。

④ 燃料電池と水素エネルギーの可能性

この燃料電池の模型は、現実にかかる水素エネルギーと燃料電池の可能性をはっきりと示しています。その可能性とは、効率のよいクリーンな発電装置であることと、水素をさまざまな方法で作れることです。

燃料電池は、水素と酸素を使って電気を発生します。その電気で自動車を走らせたり、家庭にある電気製品や携帯電話の電源として利用できます。燃料電池を使用すると効率が高く、結果として水しか排出しないので、大気汚染の問題がなくなることがわかります。

この模型を見ると、水素を作る方法があることがわかります。実は水を電気分解する以外にも、さまざまな方法で水素を作ることができます。水素は天然ガスやアルコールからも作れます。石油に頼らないで自動車を走らせることができるのです。酸素は空気で代用できます。

このように、燃料電池がクリーンで効率の高い電源になる可能性があります。さらに、石油の供給不安などのエネルギー問題、そして21世紀の最大の環境問題といわれる、地球温暖化の原因になっている二酸化炭素の排出削減にも役に立ちそうです。

では、そもそも燃料電池の原理は、どのように発見されたのでしょうか。また、どのような技術革新が生まれ、そしてどんな問題をかかえているのか、それをこれからお話ししていきましょう。



偶然の発見

模型で簡単に説明したように、水にプラスとマイナスの電極を入れて電流を流すと、水は水素と酸素に分解されます。これが水の電気分解です。1839年、イギリスのグローブ卿（William Robert Grove、1811～1896年）は、水の電気分解の逆ができないかと考えて、水素と酸素を別々の容器に入れ、これを希硫酸の液体の中へ入れて、白金箔の電極を差し込んでみました。すると驚いたことに、そこには微弱ながら電流が流れることを発見したのです。これが燃料電池と呼ばれる発電原理の偶然の発見でした。

グローブ卿の発見した発電現象の電力はごくわずかで、具体的な用途に利用できるようなものではありませんでした。法律家でもあったグローブ卿は、電磁誘導の発見者であるファラデー卿

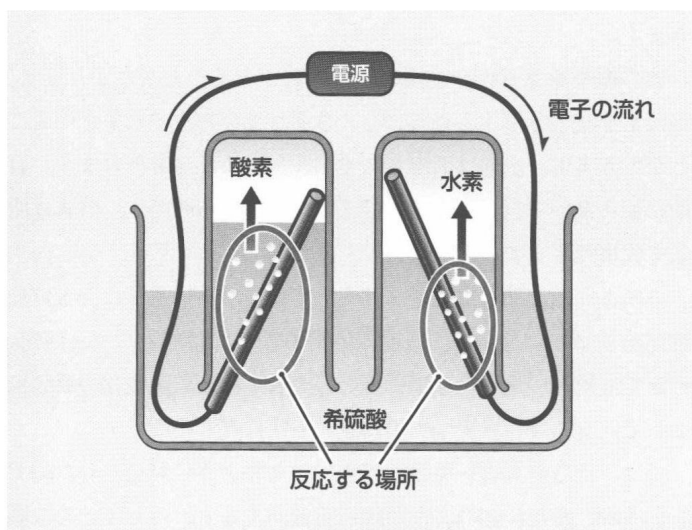


図1・3 水の電気分解

(1791～1867年)と親しく、科学の発見を楽しんでいたようです。この発見は発電技術に利用できるはずと考えられましたが、出力が小さいのですぐに応用できるとは考えにくく、そのまま長いこと放置されていました。この現象を現実になんかに利用しようとしたのは、1世紀も経過した1930年代になってからだったのです。

図1-3と図1-4には、電気分解と燃料電池の仕組みを示しています。電気分解の場合は、電極と液体の接触部分から水素と酸素が発生します。この場合には、反応が起きる接触面積をある程度広くできます。しかし図1-4の燃料電池の場合は、ガスと電極と電解質である希硫酸とが接触する部分だけが反応の生じる場所であるため、その接触面積はごくわずかです。接触面積が小さければ、ごくわずかな電流しか生じないと考えられます。そこで、ガスと電極が接触する面積を大きくすることが工夫されました。

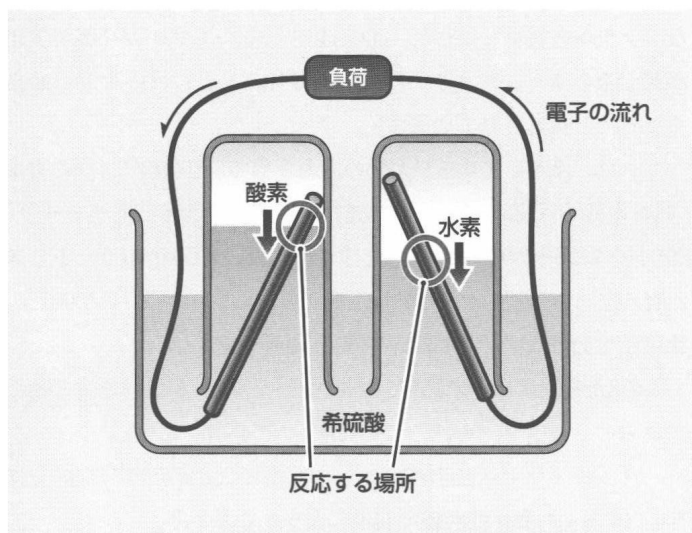


図1-4 燃料電池の反応