

ミニ・セミナー

2023年1月10日

テーマ：水素活用

1. 水素とは
2. 水素は環境に優しいか
3. 水素は安全か
4. 水素エネルギーの意義
5. 水素社会のイメージ
6. 基本政策

藤沢市地球温暖化対策地域協議会

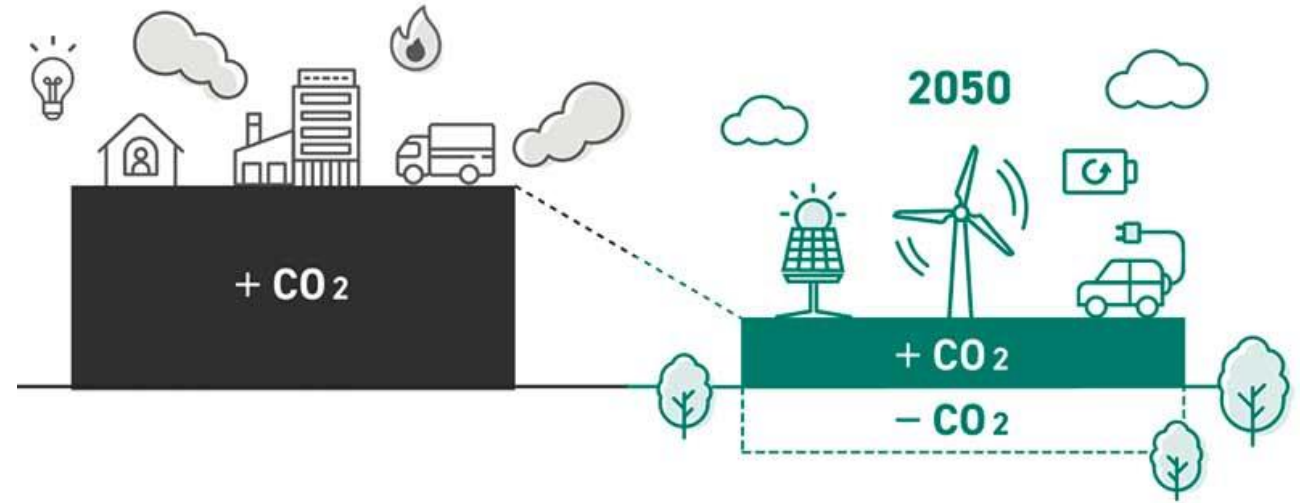
内 藤 貞 人

はじめに

2050年カーボンニュートラル達成に向けて

—日本のエネルギー政策—

～2030年、2050年に向けた方針～



カーボンニュートラルとは、温室効果ガスをできる限り低減し、排出せざるを得なかった分については、同じ量を「吸収」または「除去」することで、全体として温室効果ガスの排出を差し引きゼロにすることです。カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取り組みが重要ですが、ものづくり産業がGDPの2割を占める産業構造や自然条件を踏まえても、その実現は容易なものではありません。

電力部門は、再生可能エネルギーや原子力などの実用段階にある脱炭素電源を活用し、着実に脱炭素化を進めるとともに、**水素**・アンモニア発電やCCUS（CO₂回収・有効利用・貯留）／カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求していくことが必要とされています。そして、最終的にCO₂の排出が避けられない分野は、DACCS（直接大気回収・貯留）やBECCS（バイオエネルギーCCS）、森林吸収源などにより対応していきます

1. 水素とは

元素としての「水素」

宇宙全体の訳70%を占める物質

元素のなかで一番軽い、火を近づけると爆発する、燃やすと酸素と結びついて水を生成する

常温・常圧で気体、無色・無臭・透明

(周期律表から見える水素)

記号：H 水素 Hydrogen

陽子数：1 原子量：1.00794 融点：-259.14°C 沸点：-252.87°C 存在度（地球）：1520ppm

(参考)絶対零度 (0° K) ~：-273.15°C

元素名の由来

ギリシャ語の水 (hydro) と生じる (genes) に由来する

水素は生物を作る遺伝子の本体「DNA」に必要な不可欠の元素

DNAの2重らせん構造を作っている結合部分に関係しているのが水素原子でこれを「水素結合」という

主な化合物

塩化水素 (HCl)、水 (H₂O)、硫化水素 (H₂S)、アンモニア (NH₃)、メタン (CH₄)、ブドウ糖 (C₆H₁₂O₆)、硫酸アンモニウム ((NH₄)₂SO₄)、エタン (C₂H₆)、硫酸 (H₂SO₄)

主な利用法

アンモニア合成の原料 (工業用として生産される水素の半分以上)

燃料としてのメタノール合成材料

半導体工場や石油化学工業、マーガリン製造の添加剤等の産業用途

燃料電池や水素エンジン など

元素の周期表 The Periodic Table

周期\族	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H 水素 Hydrogen 1.00794																	2 He ヘリウム Helium 4.0026
2	3 Li リチウム Lithium 6.968	4 Be ベリリウム Beryllium 9.01218											5 B 硼(ホウ)素 Boron 10.814	6 C 炭素 Carbon 12.0106	7 N 窒素 Nitrogen 14.0069	8 O 酸素 Oxygen 15.9994	9 F フ(フッ)素 Fluorine 18.9984	10 Ne ネオン Neon 20.1797
3	11 Na ナトリウム Sodium 22.9898	12 Mg マグネシウム Magnesium 24.306											13 Al アルミニウム Aluminum 26.9815	14 Si 珪(ケイ)素 Silicon 28.085	15 P 燐(リン) Phosphorus 30.9738	16 S 硫黄 Sulfur 32.068	17 Cl 塩素 Chlorine 35.452	18 Ar アルゴン Argon 39.948
4	19 K カリウム Potassium 39.0983	20 Ca カルシウム Calcium 40.078	21 Sc スカンジウム Scandium 44.9559	22 Ti チタン Titanium 47.867	23 V バナジウム Vanadium 50.9415	24 Cr クロム Chromium 51.9961	25 Mn マンガン Manganese 54.938	26 Fe 鉄 Iron 55.845	27 Co コバルト Cobalt 58.9332	28 Ni ニッケル Nickel 58.6934	29 Cu 銅 Copper 63.546	30 Zn 亜鉛 Zinc 65.38	31 Ga ガリウム Gallium 69.723	32 Ge ゲルマニウム Germanium 72.630	33 As 砒(ヒ)素 Arsenic 74.9216	34 Se セレン Selenium 78.971	35 Br 臭素 Bromine 79.904	36 Kr クリプトン Krypton 83.798
5	37 Rb ルビジウム Rubidium 85.4678	38 Sr ストロンチウム Strontium 87.62	39 Y イットリウム Yttrium 88.9058	40 Zr ジルコニウム Zirconium 91.224	41 Nb ニオブ Niobium 92.9064	42 Mo モリブデン Molybdenum 95.95	43 Tc テクネチウム Technetium [99]	44 Ru ルテチウム Ruthenium 101.07	45 Rh ロジウム Rhodium 102.906	46 Pd パラジウム Palladium 106.42	47 Ag 銀 Silver 107.868	48 Cd カドミウム Cadmium 112.414	49 In インジウム Indium 114.818	50 Sn 錫(スズ) Tin 118.710	51 Sb アンチモン Antimony 121.760	52 Te テルル Tellurium 127.60	53 I 沃(ヨウ)素 Iodine 126.904	54 Xe キセノン Xenon 131.293
6	55 Cs セシウム Cesium 132.905	56 Ba バリウム Barium 137.327	※1	72 Hf ハフニウム Hafnium 178.49	73 Ta タンタル Tantalum 180.948	74 W タングステン Tungsten 183.84	75 Re レニウム Rhenium 186.207	76 Os オスマイウム Osmium 190.23	77 Ir イリジウム Iridium 192.217	78 Pt 白金(プラチナ) Platinum 195.084	79 Au 金 Gold 196.967	80 Hg 水銀 Mercury 200.592	81 Tl タリウム Thallium 204.384	82 Pb 鉛 Lead 207.2	83 Bi ビスマス Bismuth 208.980	84 Po ポロニウム Polonium [210]	85 At アスタチン Astatine [210]	86 Rn ラドン Radon [222]
7	87 Fr フランシウム Francium [223]	88 Ra ラジウム Radium [226]	※2	104 Rf ラザホージウム Rutherfordium [267]	105 Db ドブニウム Dubnium [268]	106 Sg シーボーギウム Seaborgium [271]	107 Bh ボーリウム Bohrium [272]	108 Hs ハッシウム Hassium [277]	109 Mt マイトネリウム Meitnerium [276]	110 Ds ダームスタテウム Darmstadtium [281]	111 Rg レントゲニウム Roentgenium [280]	112 Cn コペルニシウム Copernicium [285]	113 Nh ニホニウム Nihonium [278]	114 Fl フレロビウム Flerovium [289]	115 Mc モスコビウム Moscovium [289]	116 Lv リバモリウム Livermorium [293]	117 Ts テネシン Tennessine [293]	118 Og オガネソン Oganesson [294]

※1 ランタノイド系	57 La ランタン Lanthanum 138.905	58 Ce セリウム Cerium 140.116	59 Pr プラセオジウム Praseodymium 140.908	60 Nd ネオジウム Neodymium 144.242	61 Pm プロメチウム Promethium [145]	62 Sm サマリウム Samarium 150.36	63 Eu ユーロビウム Europium 151.964	64 Gd ガドリニウム Gadolinium 157.25	65 Tb テルビウム Terbium 158.925	66 Dy ジスプロシウム Dysprosium 162.500	67 Ho ホルミウム Holmium 164.930	68 Er エルビウム Erbium 167.259	69 Tm ツリウム Thulium 168.934	70 Yb イッテルビウム Ytterbium 173.045	71 Lu ルテチウム Lutetium 174.967
※2 アクチノイド系	89 Ac アクチニウム Actinium [227]	90 Th トリウム Thorium 232.038	91 Pa プロトアクチニウム Protactinium 231.036	92 U ウラン Uranium 238.029	93 Np ネプツニウム Neptunium [237]	94 Pu プルトニウム Plutonium [239]	95 Am アメリシウム Americium [243]	96 Cm キュリウム Curium [247]	97 Bk バーケリウム Berkelium [247]	98 Cf カリホルニウム Californium [252]	99 Es アインスタイニウム Einsteinium [252]	100 Fm フェルミウム Fermium [257]	101 Md メンデレビウム Mendelevium [258]	102 No ノーベリウム Nobelium [259]	103 Lr ローレンシウム Lawrencium [262]

表の見方

セル内の表記
原子番号 元素記号
元素名(日本語)
元素名(英語)
原子量

セルの色

の元素は、単体の物質が**金属**的性質(光沢がある、電気や熱をよく通す、陽イオンになりやすい、など)を持つ。

の元素は、単体の物質が**非金属**的性質を持つ。

の元素は、単体の物質がその中間の(半導体的、半金属的)性質を持つ、ことを示す。

[元素記号の色]

赤字は、単体の物質が常温・常圧(25℃、1気圧)で**気体**。

青字は、単体の物質が常温・常圧で**液体**。

黒字は、単体の物質が常温・常圧で**固体**である、ことを示す。

参考文献

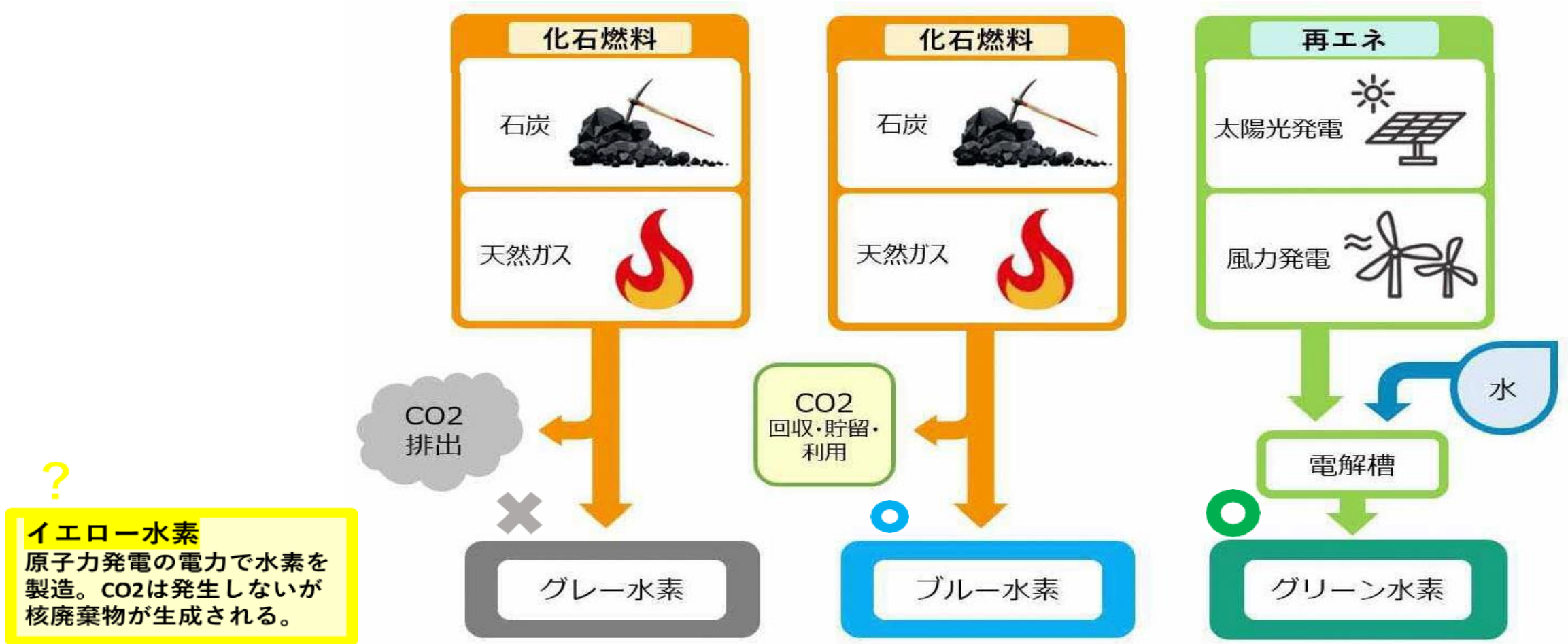
国立天文台編「理科年表 2018年版」、丸善

… 他

※ 原子量が範囲で示される元素の原子量は、簡単のため、範囲の中間値を記した。

※ 安定同位体がなく、天然で特定の同位体組成を示さない元素については、その元素の放射性同位体の質量数の一例を [] 内に記した。

2. 水素は環境に優しいか
水素は作る原料によってCO2の排出が異なる
(井崎さん資料より)



課題：グリーン水素を如何に増やすか！

グレー水素

炭化水素を原料とする水素製造法

スチームを用いて改質するスチーム・リフォーミング法とガス化剤として酸素または空気を用いる部分酸化法の2種類の製造法がある。

スチーム・リフォーミング法は原料炭化水素（天然ガス、製油所のオフ・ガス、ブタン、ナフサなど）とスチームを800℃前後で触媒を用いて反応させる方法でICI法、トプソ法などがある。

部分酸化法は原料炭化水素（重質油も可能なプロセスも多い）と酸素を1,000～1,400℃で無触媒下または触媒存在下で反応させ水素リッチ・ガスを得る方法で、Texaco法、トプソー-SBA法などがある。わが国の製油所では専らスチーム・リフォーミング法が採用されている。

副生水素

副生水素（ H_2 ）は、苛性ソーダ（ $NaOH$ ）、塩素ガス（ Cl_2 ）を製造する時に、副次的に生産される水素

ブルー水素

天然ガスや石炭等の化石燃料を、蒸気メタン改質（Steam Methane Reforming）や自動熱分解（Autothermal Reforming）などで水素と二酸化炭素に分解し、二酸化炭素を大気排出する前に回収する方法。

二酸化炭素を回収する（CCS、CCUS）ことで、グリーン水素と同様に、温室効果をゼロにする。

CCS：「Carbon dioxide Capture and Storage」の略で、日本語では「二酸化炭素回収・貯留」技術、すなわち、二酸化炭素（ CO_2 ）を回収して地中に貯留するための一連の技術

CCUS：燃料や化学原料として有効利用する

グリーン水素

水を電気分解し、水素と酸素に還元することで生産される水素

この水素を利用し、酸素を大気中に放出することで、環境への悪影響を与えずに水素を利用することができる。電気分解を実現するためには電気が必要ですが、それには電力が必要。

グリーン水素を作るためのプロセスは、風力や太陽光などの再生可能エネルギー（*）を利用することで副産物としての二酸化炭素を排出させることなく、水素を製造することができる。

（*）再生可能エネルギー（再エネ）

太陽光発電、風力発電、バイオマス、水力発電、地熱発電、太陽熱利用、雪氷熱利用、温度差熱利用、地中熱利用

課題

グリーン水素とブルー水素のコストを比較した研究では、グリーン水素の方がブルー水素よりもかなり高価

（参考）バイオマス発電

- 光合成によりCO₂を吸収して成長するバイオマス資源を燃料とした発電はCO₂を排出しない
- 未活用の廃棄物を燃料とするバイオマス発電は、廃棄物の再利用や減少につながる
- 家畜排泄物、稲ワラ、林地残材など、国内の農産漁村に存在するバイオマス資源を利活用することにより、農産漁村の自然循環環境機能を維持増進し、その持続的発展を図ることが可能となる
- 課題は、資源が広い地域に分散しているため、収集・運搬・管理にコストがかかり小規模分散型の設備になる

3. 水素は安全か

ガソリンや電気のように、安全に扱う技術が確立されている

水素を安全に使う基本

- 漏らさない

水素を貯めるタンクは非常に強固に作られていて、厳しい耐圧テストやクラッシュテストにも耐えられるよう高い密閉性が確保

- 漏れたら検知して止める

車にも水素ステーションにも水素センサーが設置され、常に見張っている

- 漏れても滞めない

水素は最も軽く、拡散しやすい気体で、漏れてもすぐに上へと拡散し、着火しないレベルまで薄まる、それゆえ漏れ出した水素が一か所に留まらないようにするため、水素を取り扱う工場等では排気孔や排気ファンなどが設置され、素早く大気中に水素が逃げるように工夫されている

* 水素爆発

一般的に酸素濃度が5%以上、水素濃度が4%以上混ざった気体に点火すると起こる爆発の事を言う、また、温度が500°Cよりも高くなると自然に発火し、爆発が起きてしまう現象

→ **必要以上に危険と思うことは無い、基本を守って使えば安全**
都市ガス、LPG、ガソリン、灯油など同じで、使い方を守る

4. 水素を使うテクノロジー

水素製造

化石燃料 + CC (U)S

触媒

運搬 (サプライチェーン)

液化水素 (低温)

液体有機水素キャリア(LOHC)法を用いた水素の輸送

保存

CFRPタンク

LOHC

利用

燃料電池

水素エンジン

水素ガスタービン

水素発電

水素製鉄

課題：水素低コスト化の条件

①安価な原料を使って水素をつくる

②水素の大量製造や大量輸送を可能にするサプライチェーンを構築する

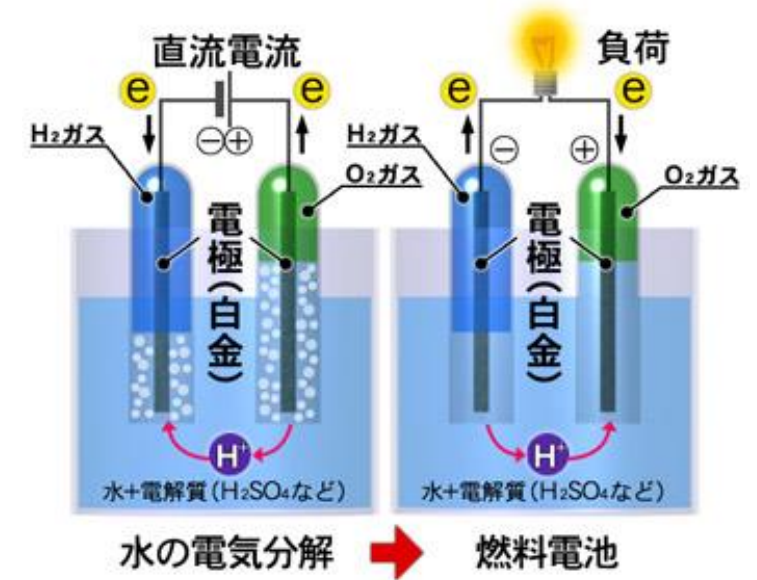
③燃料電池自動車 (FCV) や発電、産業利用などで大量に水素

燃料電池

水の電気分解と発電の仕組み→

燃料電池とは

「水素」と「酸素」を化学反応させて、直接「電気」を発電する装置です。「電池」という名前はついていますが、蓄電池のように充電した電気を溜めておくものではありません。燃料電池の燃料となる「水素」は、天然ガスやメタノールを改質して作るのが一般的です。「酸素」は、大気中から取り入れます。また、発電と同時に熱も発生しますので、その熱を活かすことでエネルギーの利用効率を高められます。



燃料電池の用途（井崎資料から）

定置型燃料電池

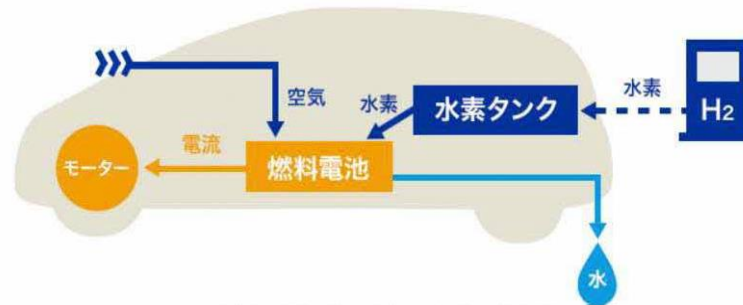
家庭用燃料電池「エネファーム」

メーカー	電池形式	発電出力	発電効率	改質方法
パナソニック	PEFC	700W	40%(LHV)	水蒸気改質
京セラ	SOFC	400W	47%(LHV)	水蒸気改質

効率は高いが、都市ガスを利用する限りはCO2を発生する。水素燃料とするかカーボンニュートラルガスの利用が必要。

燃料電池自動車（FCV）

トヨタ「みらい」



課題：水素ステーション

出典：経済産業省 燃料自動車についての資料を元に作成

FCVの特徴

- ① **エネルギー効率が高い**
水素と酸素を化学反応させているため、エネルギー効率が高い
- ② **有害物質を出さない**
化学反応によるので、発電後は水（水蒸気）排出される
- ③ **充電が不要、航続距離が長い**
EVのように長い充電時間は不要、EVより航続距離も長い

5. 水素社会のイメージ

水素も日本のエネルギーの一部となり、生活や産業を支えていく社会
(新聞記事より)

① サウジアラビア

② 瀬戸内

③ 神奈川の水素社会実現ロードマップ

④ 九都市首脳会議

6. 基本政策

神奈川県水素エネルギー導入拡大に向けた取り組み

3つの原則

- ー集中型電源から分散型電源へー
- 原子力に過度に依存しない
- 環境に配慮する
- エネルギーの地産地消を推進する

5つの基本政策

- 再生可能エネルギー等の導入加速化
- 多様な技術を活用した省エネ・節電の取り組み促進
- エネルギー関連産業の育成と振興
- 安定した分散型エネルギー源の導入拡大
- エネルギーを地産地消するスマートコミュニティの形成