

ツッコミどころ満載の「水素社会」構想

2024年7月11日

元静岡大学工学部化学バイオ工学科

松田 智

本質を考えよう

温暖化問題とは、つまるところ化石燃料大量消費問題
→「水素」が出てくるのは「CO₂を出さないから」が理由

「水素エネルギー」は問題を解決するか？

→我々の考えでは **No!**

燃やしてもCO₂を出さない「水素」こそ切り札、という考え方には、根本的な誤解がある。それは、「水素」はエネルギー「**源**」ではなく、電力などと同じエネルギー「**媒体**」である点。自然界には資源としての水素はない。そこで問題は、「**何から水素を得るか？**」という問題に帰着する。化石燃料から水素を作ると、CO₂が排出される。

水素・燃料電池の開発史は意外に古い

1974年(第一次石油危機の翌年)「**新エネルギー技術
開発計画**」(通称「**サンシャイン計画**」)

当時の通産省工業技術院：**石油に替わる新エネルギー開発**

重点技術：**太陽・地熱・石炭・水素**

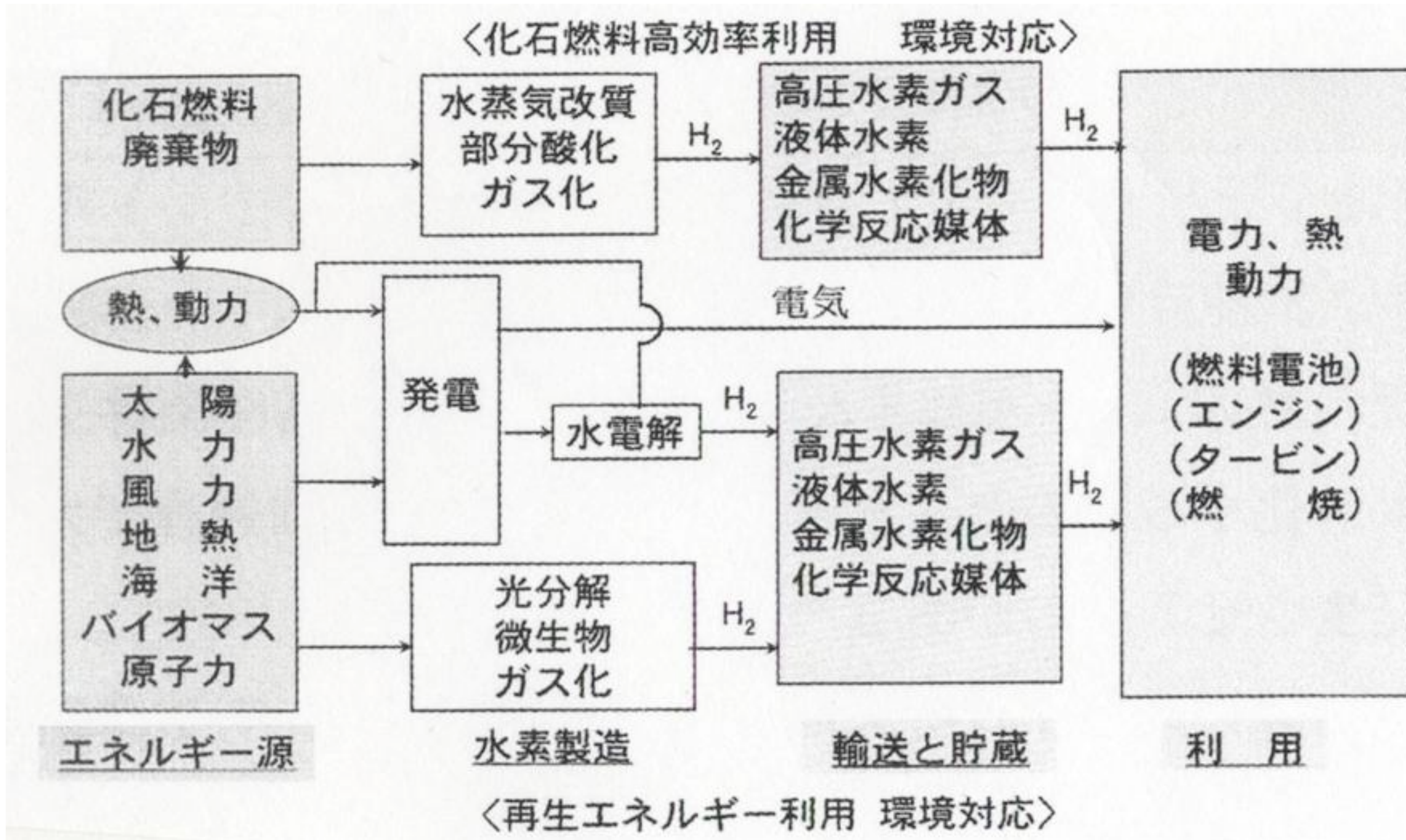
→わが国で水素が注目された最初の例
すでに**50年**の歴史

1993年「**ニューサンシャイン計画**」

重点技術：**太陽・地熱・石炭・風力・**

燃料電池発電・セラミックガスタービン

水素エネルギーシステムの全体像



さまざまな「水素」 出自(源)ごとにカラフルに・・・

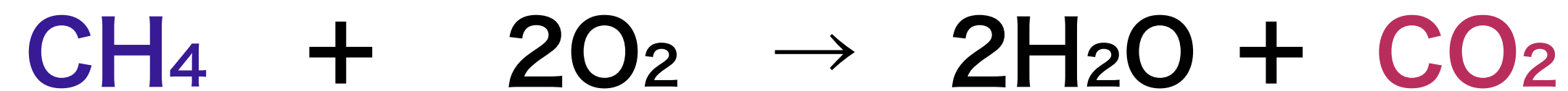
- 1) **ブラウン**水素：主に**石炭由来**の水素。以前はブラック水素とも。
- 2) **グレー**水素：主に天然ガス由来の水素。一般に化石燃料由来で**CCS**
不使用の水素をグレー水素と呼ぶ例が多い。最も多く供給(90%)。
- 3) **ブルー**水素：**CCS(CO₂の回収・地下貯留)**を適用して、実質的なCO₂
排出はないとされる水素。ただしCCSを実際に適用した例は殆ど
ないのが実情。CCSを使えば、当然コストは上がる。
- 4) **グリーン**(or クリーン)水素：**再エネ電力で水を電気分解**して作る
水素。製造工程でCO₂が全く出ないので「**グリーン**」と。
- 5) **イエロー**(or **パープル**)水素：原発で作る水素。電力による水電解
と、高温ガス炉で化学反応を利用して作る場合(实例はまだない)。
- 6) **ターコイズ**水素：高温反応炉を用い、メタンを熱分解して作る水素。
メタン中の炭素がCO₂でなく固体として析出。(1000~1200°Cにする)大電力必要。
- 7) **ホワイト**水素：製鉄などからの副生水素、または天然ガス由来水素。

グレー水素の製造：天然ガス(中のメタン)の水蒸気改質



*全体として吸熱反応なのでエネルギー投入が必要+900°Cの高温が必要なので昇温用エネルギーも必要(→0.9 kg-CO₂/m³-H₂ の排出あり：次頁)

メタンの燃焼



どちらにしても、メタン1 molからCO₂ 1 mol発生する(当たり前)。

水素システムではCO₂が発生しないことを売り物にするため、発生したCO₂を海中・地中へ貯留することになっている。

→エネルギー・ロスが非常に大きくなる(本末転倒：目的のためには手段を選ばず、結果的に**目的と手段の倒錯**が起こる)。無論コストも上がる。

CO₂を出さない水素製造法は、基本的に**水の電気分解**だが・・・

0.9 kg-CO₂/m³-H₂ の意味： この値は実プラントの実績値

$$900 \text{ g-CO}_2 / 44.0 \text{ (g/mol)} = 20.45 \text{ mol-CO}_2$$

$$1 \text{ m}^3\text{-H}_2 = 1000 \text{ L} / 22.4 \text{ (L/mol)} = 44.64 \text{ mol-H}_2$$

$$\rightarrow 20.45 / 44.64 = \mathbf{0.458 \text{ mol-CO}_2/\text{mol-H}_2}$$

→水蒸気改質の化学反応式ではCH₄の1モルからH₂が4モル、CO₂は1モル生成のはず：CO₂/H₂比は1/4=0.25のはず→昇温用等への消費分(重質炭化水素を使えばさらに多量のCO₂排出)

数字・化学式ばかりで恐縮ですが、お許しを・・・

(標準状態で)

$$\text{CO}_2\text{の生成エンタルピー} = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{H}_2\text{の燃焼熱} = \text{水蒸気の生成エンタルピー} = -241.8 \text{ kJ/mol}$$

$$\rightarrow (-393.3)(0.458) / 241.8 = 0.745 \dots \text{生成H}_2\text{とCO}_2\text{のエネルギー比}$$

→水蒸気改質では、最も容易なメタン原料でも

生成する水素の約75%に相当するエネルギー消費があるとの意味

水素になるのは、元のメタンの1/1.75=約57%のみ・・・その分、高くなる

二次エネルギーとしての水素と電力の比較で、水素が優るのは**貯蔵が利く点**だけ

But 電力→水素での貯蔵→電力 では効率が大きく下がる

***電力から水素への変換効率**：通常**60～75%**：高温・高圧水電解法で83～86%

(固体高分子電解質水電解法では81～90%、ただし高温・高圧用に、別途エネルギー必要)

***燃料電池の発電効率**：最大理論値は82%、**現実的には52%程度**(燃料改質用は含まず)

以上を勘案すると、電力→水素→電力の総合効率は水素の圧縮仕事を含まず

理想化しても $0.8 \times 0.8 = 0.64$ 、**現実には $0.6 \times 0.6 = 0.36$ 程度**

現在実用化されている**揚水発電は効率0.7程度**

→水素貯蔵よりは**水汲み**の方がずっとマシ：基本的に、**水電解水素は「電力の無駄遣い」**である

輸送の問題：「液体水素タンカー」は怖いので、非効率でも水素での輸送を回避する方策が考えられている。アンモニアはその一つ。他には有機化合物など。しかし、水素をさらにもう一度別の化合物に変換するならば水素→その化合物(シクロヘキサンなど)→水素 の過程を経るので、総合効率は必ずもっと下がる。

電力→水素→化合物→水素→電力 の各工程が80%の効率で行えても、総合効率は $0.8^4 = 0.41$ に低下する(現実的効率の約60%なら、 $0.6^4 = 0.13$ ！散々手間暇かけた末に、何も残らない・・・)。

アンモニアなら直接燃やせるので有力視されているが、実は燃えにくく、NOx発生の危惧もある。

そもそも、高価な水素やアンモニアを燃やして発電するという発想自体に、無理があるのだ！

→**水電解水素は電力貯蔵方式としての評価をすべき！**

まとめ

- 1) **水素**は二次エネルギーなので、**電力と比較すべき**
(→使いやすさ・効率・コスト・安全性等)
- 2) 「**CO₂を出さない**」が売り物ならば、**化石燃料**(現在は主に天然ガス)・**バイオマス**(例えば下水汚泥のメタン発酵ガス等)は**水素源として使えない**
(→H₂製造段階で必ずCO₂排出が生じるから)
CCSを使うなら石油・石炭火力で使っても同じはず
- 3) **水電解水素**は、電力貯蔵方式として評価すべき(多分不利)
- 4) **化石燃料・バイオマスを使わず、水電解にもよらない**
効率的な水素製造が開発されない限り、水素社会はない
- 5) **アンモニア・合成燃料**などは**水素を原料**とするので
水素より必ず高い→水素が安くない限り使えない



GLOBAL JOURNAL OF RESEARCHES IN ENGINEERING: J
GENERAL ENGINEERING
Volume 16 Issue 3 Version 1.0 Year 2016
Type: Double Blind Peer Reviewed International Research Journal
Publisher: Global Journals Inc. (USA)
Online ISSN: 2249-4596 Print ISSN:0975-5861

The Feasibility of a “Hydrogen Society”

By Satoshi Matsuda & Hiroshio Kubota

SHIZUOKA University

Abstract- The Japanese government has expressed that Japan intends to become a “hydrogen society” where homes and fuel-cell cars are powered by hydrogen, which is regarded as the CO₂ emissions-free energy source, and has laid out plans for a “hydrogen highway” peppered with fueling stations, all in time for the Tokyo 2020 Olympics [1].

And also, a remarkable development of Fuel-Cell Vehicles (FCVs) has been achieved; for instance, Toyota’s FCV, “Mirai,” which launched in 2014 after two decades of tireless research, recently rolled out in the US and Europe.

This situation may give many people an impression that a “hydrogen society” will come true in the near future. But is this really true? In fact, there are so many difficulties to overcome before a “hydrogen society” is realized.

GJRE-J Classification : FOR Code: 291899



Strictly as per the compliance and regulations of :



© 2016. Satoshi Matsuda & Hiroshio Kubota. This is a research/review paper, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Noncommercial 3.0 Unported License <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>, permitting all non commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

我々は2016年には既に
水素社会に実現可能性
(Feasibility)はないとする
論文を国際学術誌に掲載
していたが、世界の人々に
多く読まれなかったらしい。
ましてや国内では全く相手に
されなかった。
論文で水素の問題点を指摘した
事実だけが残る。

←その論文の冒頭部分

もっと大事なことを考えよう

- 「脱炭素」には科学的根拠が無く、お金をかける価値なし
- 排出権取引、カーボンプライシング、水素・アンモニア関連
CCS(CO2固定・地下貯留)、ESG投資、バイオ燃料など
これらはどれも、**持続可能社会の建設**に寄与しない
- これからは化石燃料が乏しくなっていく：まだ持つけど
脱炭素などしなくても、CO2排出量はひとりでに減る
問題は、**化石燃料に依存しない社会が作れるのか？**だ
- 問題山積**・・エネルギー源の選択、製造業の大変革、持続的食料生産
熱需要をどうするか？新たな動力源は？自動車や交通の未来、
住宅や生活様式・コミュニティのあり方などなど、数多い
- 基本は、大規模集中・効率重視型から小規模分散・スローライフ型へ
「今だけカネだけ自分だけ」の新自由主義から、如何に脱却するか？