

# 「走る原発」怪しいエコカー 水素社会への疑問—交通分野とエネルギー体系—

環境経済研究所(技術士事務所) 上岡直見

## 1. 水素と原子力のつながり

### 誰が水素を推進しているか

燃料電池車(FCV)は水素を燃料として車両から水しか排出しないので「究極のエコカー」であるとされている。さらに水素の用途を拡大する「水素社会」も夢のように語られている。しかしその水素をどのように作るのか、日本のエネルギーの流れの上流から下流まで需給全体の姿を把握して議論すべきである。原子力関係者は福島事故前から次のような見解(この例では2002年)を示している。

[炉寿命に伴う置き換え分を除けば、主な先進国では、電力用途はほぼ飽和状態にあるという見方もできる。しかし、このような見方は、近未来に大きく変わる可能性がある。つまり、21世紀には世界的に水素の需要が大きく伸びていくと予想される状況があり、水素製造エネルギー源として、原子力に大いなる可能性があるのである<sup>1)</sup>

自動車は現代社会では必需品であり、公共交通が発達した大都市圏以外では容易に代替できない。この関係から自動車が原子力と関連づけられれば原子力の強力な推進力となる。また誰が水素を推進しているかをチェックすれば水素と原子力の関係はより明確になる。下記は「水素・燃料電池戦略協議会」の委員構成(2019年9月末時点)である<sup>2)</sup>。

座長 柏木孝夫(東工大※)、以下委員 浅見孝雄(日産)・穴水孝(東京ガス)・並木祐之(川崎重工□)・大谷文夫(東芝□)・大濱敬織(神戸製鋼□)・小川洋(福岡県知事※)・桑原豊(JXTG)・崎田裕子(環境カウンセラー△)・清水成信(電事連◎)・遠藤英樹(千代田化工▽)・竹内純子(国際経済研究所△)・出口雄吉(東レ)・寺師茂樹(トヨタ)・原田文代(日本政策投資銀行)・藤原正隆(大阪ガス)・三部敏宏(本田技研)・宮部義幸(パナソニック)・吉田泰二(三菱日立PS□)・渡邊聡(岩谷)

※は確信的な原発推進派、△はCO<sub>2</sub>対策や生活者視点を名乗る原発応援団、◎は電力業界、□は原子力関連企業、▽は主要ではないが原子力周辺産業

福島事故後もまだこのようなことをしている。その他、水素を推進する論者の言説として、人口減(少子高齢化)・財政危機・社会インフラ劣化を解決するのが水素社会だという<sup>3)</sup>。また自動車ではやがて電気自動車(EV)よりFCVになると予測し、再エネは不安定で土地の制約があるからやはり原発が必要として、原発を展開しないと中国に負けるという<sup>4)</sup>が、いずれも根拠不明である。何でも「水素」を冠すれば通用すると思っ

### 燃料電池車の幻想

日本で市販されている燃料電池自動車はトヨタのMIRAI(ミライ)とホンダのClarity Fuel Cellである。ただし現状はどこでも充電可能なEVの

普及が先行している。FCVの主な論点は、①EV等に比べて環境面で優れているとはいえない、②水素スタンドの使い勝手が悪く普及のインフラがない、③価格が高すぎ補助金なしでは成り立たないなどである。水素の製造時から最終的な走行までの総合的な評価(WtW<sup>5)</sup>)として研究機関の報告によると次のような数値が示されている<sup>6)</sup>。

表1 各種自動車の走行距離あたりエネルギーとCO<sub>2</sub>排出量

	1kmあたり走行エネルギー MJ/km	1kmあたりCO <sub>2</sub> 排出量 g/km
燃料電池車	1.5	87
電気自動車	0.9	49
ハイブリッド車	1.7	123
ガソリン車	2.2	193
ディーゼル車	1.8	146

FCVに水素を供給する方法は、現地の水素スタンドに水素製造装置を設ける「オンサイト方式」と、別の工場で作った水素をタンクローリーやボンベで持ち込む「オフサイト方式」がある。いずれも水素製造の際にCO<sub>2</sub>が副産物として生成し大気に放出している。なおエネルギー消費やCO<sub>2</sub>の評価に関してはエネルギー源として原子力を見込むかどうかで異なり、前述の数字は福島事故前のベースである。

水素スタンドは全国で大都市と高速道路沿いの約100箇所しかない。しかも地理的な分布をみると、車の必要性が高い地方部ほどスタンドが普及しておらず(ゼロの県もある)制約が多い。FCVの燃料タンクを一杯に充填する時間は1回3分程度で、ガソリン車なみの利便性に到達したと説明されているが、「オフサイト方式」ではそれ以前に準備時間が必要で、現状では1回3分の補充の準備に30分以上かかる。

MIRAIの例では、メーカー希望小売価格670万円(税別)に対して、直接補助金202万円+エコカー減税等23.3万円という多額の国の補助金が提供される(2018年5月現在)。一般に自動車など工業製品では、普及台数が増えるにつれて量産効果が発揮され、成長軌道に乗って市場が成立することが期待される。

ほんらい補助金はそのための引き金として提供されるはずだが効果は全くみられない。自動運転に対しても電気自動車のほうが対応しやすい。複雑なFCVは技術的にも本質的な不利を抱えているが、市販した以上はメーカーもアフターサービスを放り出すわけにはゆかず後々大きな負担となる。巨額の費用を投入して稼働せず放棄されたうえに、その後始末にも長期にわたって巨額の費用が必要となる「もんじゅ」を連想させる。

### 電気自動車が誘発する原発

IEA(国際エネルギー機関)は「EV30@30」というキャンペーンを展開している<sup>7)</sup>。2030年までに新車販売台数の30%を電動車両にする構想である。その場合に世界の地域別にどのくらいの電力需要が発生するかを「Global EV Outlook 2019」という資料で予測している<sup>8)</sup>。楽観的な見通しであるが全世界で1,110TWhの電力需要が発生する。「Outlook」では気候変動対策を謳っているからエネルギー源は火力発電ではない。IEAは基本的に原発推進の背景がある。平均的な1,000MW級原発で設備利用率80%として換算すると全世界で原発158基分の電力需要に相当する。日本でのEV電力需要は原発4~5基分に相当するが、2030年までに再稼働する原発の数は現実には限られるので需給の点からはあまり議論の対象にはならないと思われる。

<sup>5</sup> Well to Wheelの略で、エネルギー源の採掘から変換(加工)・流通を経て最終的に動力として利用される総合的な過程での評価。

<sup>6</sup> JHFC総合効率検討特別委員会・日本自動車研究所「JHFC総合効率検討結果」報告書、2006年3月

<sup>7</sup>

<https://www.iea.org/news/new-cem-campaign-aims-for-goal-of-30-new-electric-vehicle-sales-by-2030>

<sup>8</sup> IEA「Global EV Outlook 2019」

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>

<sup>1</sup> 日本原子力産業協会・原子力システム研究懇話会「原子力による水素エネルギー」2002年6月、p.154(澤田哲生担当)

<sup>2</sup> 経産省ウェブサイト「水素・燃料電池技術開発戦略を策定しました」  
<https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190918002/20190918002.html>

<sup>3</sup> 森谷正規『水素エネルギーで甦る技術大国・日本』祥伝社、2016

<sup>4</sup> 森谷正規『原発こそ日本を救う』エネルギーフォーラム社、2015

表2 電気自動車が誘発する電力需要

単位: TWh/年

米国	160	日本	30
ユーロ圏	200	インド	70
中国	375	その他世界	275
		合計	1,110

## 2. エネルギー問題の概観

### 日本全体のエネルギーフロー

議論の背景として日本全体のエネルギーフローを概観する。図1は日本全体に導入される一次エネルギーを起点として、それがどのように変換され、どの分野に供給され、最終的にどのように利用・廃棄されているかを示す(2018年度)。日本全体では19,709PJ(10<sup>15</sup>J)の一次エネルギーが供給されている。2018年度では一次エネルギーのうち原子力は3%弱に低下している。原子力・水力(ダム式)と、大部分の再生可能エネルギー(太陽光・小水力・風力・地熱)は電気に変換される。また石炭・石油・天然ガスは、発電用に供給される分と、それ以外の非発電用(燃料、製鉄、物質製造など)に分かれる。発電用には一次エネルギー全体の約43%が投入されるが、そのうち正味で電気に変換される分は約40%であり、残りの60%は熱損失として大気や海洋に捨てられる。原発が「海を加熱する装置」と指摘されるが火力も同様である。電力に変換された分は、家庭・業務・運輸・産業(主に製造業)の社会の各部門に供給される。また発電用以外の57%は都市ガス・重油・軽油・ガソリンなど最終ユーザーが利用する形態に加工され、あるいは製鉄用コークス、プラスチック原料としてのナフサなどの形態として各分野に供給される。

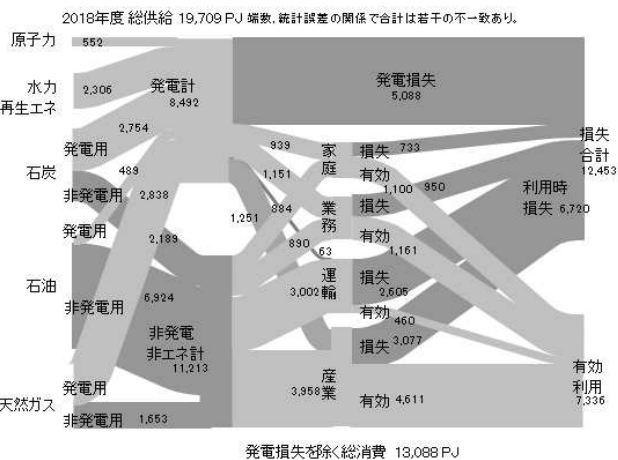


図1 日本全体のエネルギーフロー

一方、最終エネルギー消費を分野ごとにとみると、たとえば家庭部門には、電気として939PJ、その他燃料(都市ガスや灯油)として884PJ、合計1,833PJのエネルギーが供給される。このうち有効に利用されるのは約60%であり、その他の約40%は廃熱として捨てられる。同様に業務部門では約45%が損失となる。運輸部門の大部分は自動車用であるがその効率は特に低く、約85%が損失となる。産業部門では約40%が損失となる。結局、前述の発電による損失を合わせると、供給された一次エネルギーのうち63%が有効な仕事をせず捨てられている。各分野におけるエネルギーの利用効率を多少改善するだけでも、原子力により供給されている一次エネルギーを優に上回る量に相当する。しかも福島事故前(2008年)と比べると省エネが進んで表のように需要が減っており、この点からも原子力は全く不要なエネルギー源である。

表3 確実に進む省エネ

部門	種類	2008年度	2018年度
家庭	電気	1,094	939
	非電気	1,185	884
業務(オフィス)	電気	1,026	1,151
	非電気	2,265	890
運輸	電気	76	63
	非電気	3,423	3,002
製造業	電気	1,512	1,251
	非電気	5,048	3,958
総供給	電気	3,708	3,404
	非電気	12,104	8,734
	合計	15,812	12,138

参考までに図2は1930年前後から国民1人あたりのエネルギー消費の推移を示す。1930年前後からの増加は、国民生活の向上よりも戦争のためのエネルギー消費が影響していると思われる。しかし1940年になると低下が始まりそのまま敗戦まで低下を続けた。米国と開戦する前から日本はすでに負けていた。ミッドウェー海戦が転換点になった等の言説は全く根拠のないものである。

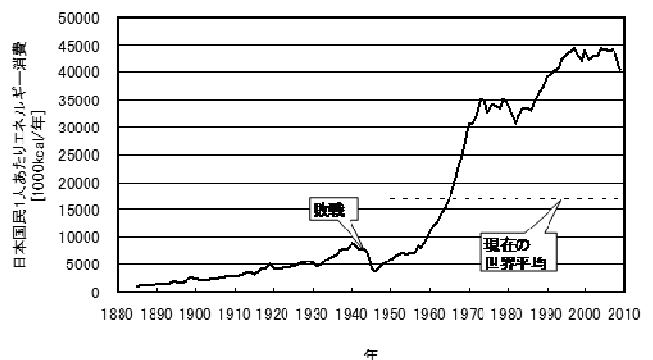


図2 日本全体のエネルギーフロー

### エネルギー体系の世代交代

図3は、世界の一次エネルギー供給について「マーケティ・ナキシェノビッチ曲線」という整理法で示す。エネルギーの世代交代をうまく表すことができるとされている<sup>9</sup>。日本については図4のようになる。石炭の利用が増加していることが世界のトレンドと異なる点である。天然ガスは暫定的な解だが、採掘段階の人権侵害などから最終的な解ではない。エネルギーあたりのCO<sub>2</sub>発生量が少ないとされているが、採掘ガスのCO<sub>2</sub>成分や水銀が多い井戸もあり環境面でも問題が残る。

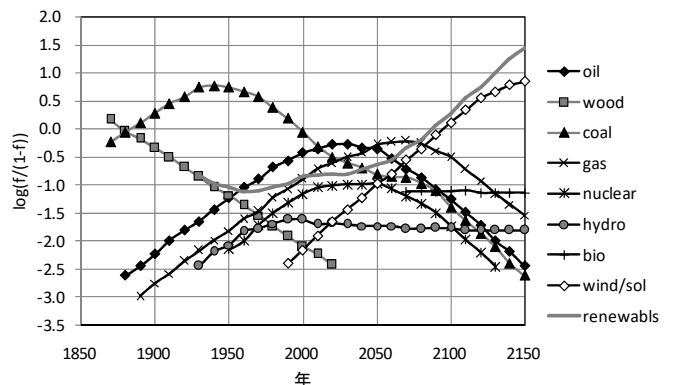


図3 世界の一次エネルギー種別シェア(M-N 曲線)

<sup>9</sup>青木一三「世界の一次エネルギー動向」『総合知学会誌』vol.2016, No.1, p.55

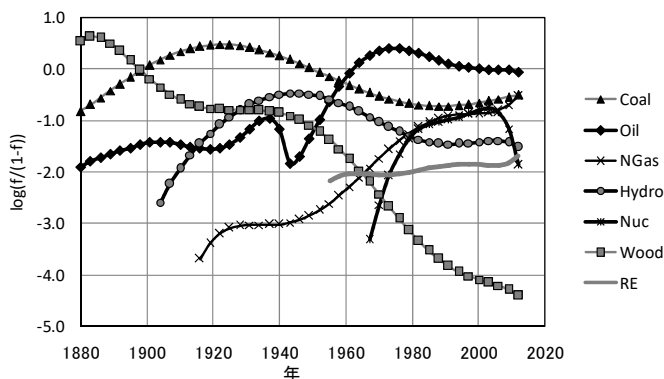


図4 日本の一次エネルギー種別シェア(M-N 曲線)

図5は欧州の天然ガスパイプライン網である<sup>10</sup>。旧ソ連時代から東欧を経由して供給網ができていた。悲惨な大戦を経験した欧州の知恵で安全保障の一面である。ボスニア・ヘルツェゴビナなど部分的な戦乱があったが、これだけつないでしまったら実際には本格的な戦争はできない。日本も中国と資源の奪い合いなど愚かなことをせず、共同利用する知恵が必要であろう。

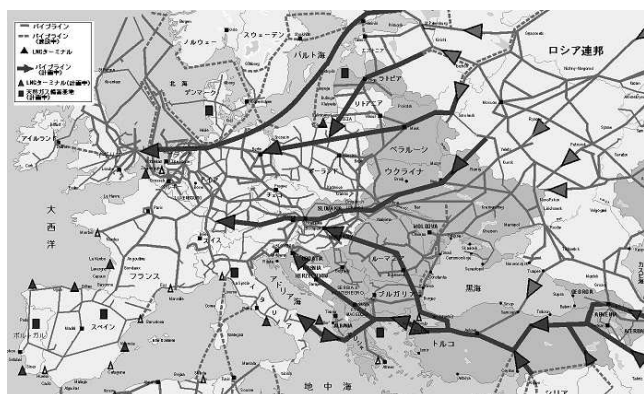


図5 欧州の天然ガスパイプライン網

### 3. 水素の製造法

水素は天然には存在しないので外部からエネルギーを加えて製造する必要がある。製造法としては表4のようなものがある。

表4 各種の水素製造法

分類	方法	原料	エネルギー源	商用利用上の特徴・問題点
直接分解	電気分解	水	電気(1次エネとしては各種適用可能)	【商用利用中】国内の電力では経済性なし、海外で電力の安価な地域では有効
	ソーダ工業の副生物	水	電気	【商用利用中】副生物なので主製品の生産量以上には製造されない 「水素社会」の主力ではない
化学的プロセス併用	炭化水素の水蒸気改質法	水と炭化水素(メタン・ナフサ等)	化学(燃焼エネルギー)	【商用利用中】現時点では主力CO <sub>2</sub> が発生する
	石炭ガス化	水と石炭(低質炭利用可)	化学(燃焼エネルギー)	【実証段階】商用利用が可能CO <sub>2</sub> が発生する
	熱化学法	水	原子力	【開発段階】原子力の熱を利用すればCO <sub>2</sub> が発生しないIS法が有力とみられる

的生物学併用プロセス	微生物による水素発酵	植物バイオマス	少量	【開発段階】CO <sub>2</sub> ・有機酸が発生した後処理が必要 水素製造としては主力とは思われない
------------	------------	---------	----	--

#### 直接電気分解

中学校の理科実験の定番メニューである水の電気分解(電解)と同じ原理であるが、工業的な電解プロセスで伝統的に用いられてきた方法はアルカリ水電解である。ただし単なる水に通電しても電解が起きないので水酸化ナトリウム(電解質)等を加えて通常は30%程度の水溶液として電解する(理科実験も同じ)。ソーダ工業で塩(NaCl)から苛性ソーダ(NaOH)を製造する際にも電解反応により水素が生成されるが、目的とする主製品は苛性ソーダであり水素は副生物である。このため苛性ソーダの需要量に比例した発生量が上限であり、本格的な「水素社会」に対応する量は製造できない。なお有毒な塩素(Cl<sub>2</sub>)も副生物として発生し別途処理が必要となる。

結局は「石油の多用」から派生する問題である。石油中のイオウ分(S)を処理するためにNaOHが必要になるが、NaOHを製造するとCl<sub>2</sub>が発生するので炭化水素(石油由来)と結合させて塩化ビニルとして再利用する。しかしその石油中S分を処理するのにまたNaOHが必要となる。その繰り返しであり、放射性廃棄物の処理と似た性格がある。

このように現代の工業生産システムは「副産物の利用」をいかに効率的に行うかが経済的成立のポイントである。かつて原油はランプの灯油を得るために使われており、その際に副生する揮発油分すなわちガソリンは用途がなく、発火しやすい厄介な廃棄物と認識されていた。しかしそれを使用する内燃機関(自動車・航空機)が開発されて現在ではガソリンのほうが高価値製品となっている。

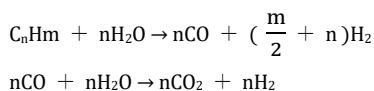
アルカリ水電解はタンクに電極を吊るすだけなので構造が単純で運転操作が容易(ただし水素の爆発に注意が必要)であるがタンクに大きな面積を必要とする。いずれにしてもアルカリ電解やソーダ工業の副生物で年間に水素を年間数億Nm<sup>3</sup>の規模で生産することは工業的に非効率である。タンクを高温・高圧にする高温(高圧)アルカリ電解という方式もあるが、効率が多少良くなる程度である。

アルカリを用いないで電解する方法として「PEM電解法」がサンシャイン計画(1974~92年)の一環で開発された。膜状の高分子電解質で、電極の間に高分子の膜をサンドイッチ状に挟んだモジュールを用いる。アルカリ水電解に比べて高効率で装置をコンパクトにできるが工業的には実績が少ない。また高温水蒸気電解法として800~1000℃の水蒸気を酸化ジルコニウム等の薄い固体電解質のモジュールを用いて電解する方法であるが、まだ工業規模の装置はできていない。

800~1000℃の温度を得るのに化石燃料の燃焼を用いるとエネルギー的に無駄で意味がないので、もし工業化しようとするれば原子力の高温ガス炉と組み合わせることが計画されるであろう。高温水蒸気電解法も最終的に原子力に行き着いてしまう。以上をまとめると、今後効率の向上の余地はあるが、電解プロセスでは1Nm<sup>3</sup>の水素を発生させるのに4~5kWhの電力が必要となる<sup>11</sup>。

#### 炭化水素からの製造

水を直接電気分解する方法に対して、別の物質を媒介としてHとOを切り離す方法がある。その一つとして炭化水素の水蒸気改質という方法がある。「炭化水素」とは炭素(C)と水素(H)の化合物の一般名称であるが、化石燃料すなわち石油系の液体・天然ガス・石炭などさまざまな原料が使用できる。炭化水素から水蒸気改質法によって水素を製造する反応を一般化して表現すると次のようになる。



<sup>11</sup> 阿部勲夫「水電解法による水素製造とそのコスト」水素エネルギーシステム, vol.33, No.1, 2008年

<sup>10</sup> [http://www.inogate.org/en/images/maps/gas\\_map\\_big.gif](http://www.inogate.org/en/images/maps/gas_map_big.gif)

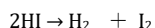
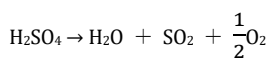
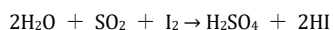
石炭のガス化による水素製造プロセスも、途中の過程が少し複雑になるが、最終的には炭化水素から水素を引き抜いて残った炭素が CO<sub>2</sub> になる結果は同じである。水蒸気改質による水素製造は、現在は世界的な水素製造量の大半を占めている。これはエネルギーとしての水素ではなく、石油を燃料として使用する際に、大気汚染の原因となる硫黄を予め取り除いたり、重油などの低質の石油製品をガソリンなどの高付加価値の製品に転換するための副原料として用いる目的で製造される。

いずれにしても炭化水素を原料として水素を製造すると、その製造量に比例し CO<sub>2</sub> の発生が不可避である。またこの反応を起こさせるには外部から熱を加える必要があり、現状では化石燃料の燃焼を用いるのでこの意味でも CO<sub>2</sub> フリーではない。CO<sub>2</sub> 削減と称しているのに逆に CO<sub>2</sub> を発生させているのと同じである。

そこで発生した CO<sub>2</sub> を圧縮液化して地中に埋設する CCS(Carbon dioxide Capture and Storage)を採用することで「CO<sub>2</sub> フリー」と称しているが、そもそも本質的に CO<sub>2</sub> フリーではないし、CCS システムの安定性も確認されておらず、CO<sub>2</sub> を現地に投棄するなどは国際的にもますます厄介な問題を発生することになる。

## 熱化学法

熱化学法は、いくつかの化学物質を媒体として水を H と O に分解する点では水蒸気改質と同じであるが、媒介となる化学物質がプロセスの中で循環使用されて系外には出てこないため、全体としては水を供給すると水素と酸素だけが出てくるプロセスとなり CO<sub>2</sub> は生成しない。媒介物質として多くの試みがなされたが、現在は IS プロセスすなわちヨウ素(I)と硫黄(S)の化合物を媒体として水を H と O に分解する方式が有力である。(ヨウ素は単なる化学原料であり放射性ではない)



ただし反応を起こさせるために外から熱を加える必要がある。IS プロセスでは 1,000°C 前後の熱が必要であり、熱源は何でもよいが化石燃料の燃焼を熱源にするのでは CO<sub>2</sub> が発生して意味がない。CO<sub>2</sub> が出ない熱源として高温ガス炉を利用する GTHTRT の構想がある。現状では、熱源となる高温ガス炉と IS プロセスの部分を別々に実験しているが、原子炉と組み合わせたプラントとしての試験は行われていない。

## 再生可能エネルギーによる水素製造

再生可能エネルギーによる水素製造も課題が多い。地域における独立した地産・地消システムには適用できる可能性があるが、FCV の大量普及、さらには大規模水素発電や産業利用を想定したいわゆる「水素社会」を想定した場合には、およそ非現実的である。通常のアルカリ電解では前述のように水素 1Nm<sup>3</sup>あたり 4~5kWh の電力を必要とする。

一方、各地の大規模太陽光発電の実績から推定すると、通路・構造物・変電設備等に必要な敷地も考慮して、総合的に敷地 1ha(ヘクタール)あたり年間 60~70 万 kWh が得られると推定される。付帯設備を考慮して最終的に水素の精製能力に換算すれば敷地 1ha あたり年間 10 万 Nm<sup>3</sup> 前後の水素が得られると推定される。

一方、本格的な水素社会での水素需要量の推定として、FCV を最大限導入するケースでは 2050 年において 330 億 Nm<sup>3</sup>、さらに大規模水素発電や産業用途にも展開した全面的な「水素社会」の最大導入ケースでは 3,150 億 Nm<sup>3</sup> 以上の水素が必要とされている<sup>12,13</sup>。前者ではたとえて言

<sup>12</sup> 松尾雄司ほか「統合型エネルギー経済モデルによる 2050 年までの長期エネルギー輸送見通しと輸入水素導入シナリオの分析」『エネルギー・資源学会論文誌(電子ジャーナル)』vol.35, No.2, 2014

<sup>13</sup> エネルギー総合工学研究所「CO<sub>2</sub>フリー水素普及シナリオ研究会 成果報告書

例えば宮城県・秋田県・山形県の全水田面積の合計でいどの面積、後者では全国の宅地面積合計の 2 倍以上、あるいは全国の水田面積合計をはるかに超える非現実的な敷地を必要とする。

## 実証プラントの例

NEDO・東芝エネルギーシステムズ・東北電力・岩谷産業は福島県浪江町で、再生可能エネルギーによる「福島水素エネルギー研究フィールド(Fukushima Hydrogen Energy Research Field, FH2R)」を建設した。再生可能エネルギーの導入拡大に伴って発生する余剰電力を水素に変え、貯蔵・利用する技術(Power-to-Gas)の実証を行うとしている。

製造した水素は東京オリ・パラで燃料電池自動車などの燃料として利用するとしている。プラントの要目は次のとおり<sup>14</sup>。ただし年間 900t は電解プラントの能力であって、PV(180,000m<sup>2</sup>)の容量とは一致していない。太陽光だけではなく風力など別の 1 次電源を追加した場合の生産能力と思われる。

表 5 実証プラントの例

施設	PV 180,000m <sup>2</sup> プラント 40,000m <sup>2</sup>
水素生産量(定格)	900t-H <sub>2</sub> /y (1,200Nm <sup>3</sup> /h 浪江町資料)
電解槽入力	10MW(最大)~6MW(定格)
圧縮水素輸送	2,642Nm <sup>3</sup> , 19.6MPa(ローリー) 266Nm <sup>3</sup> , 19.6MPa(カードル)
用途	1 日の製造量あたり 150 世帯の 1 か月分の電力 560 台の FCV の燃料充填(空→満) (浪江町資料)

## 4. 高温ガス炉

### 高温ガス炉の概要

再生可能エネルギーによる大量の水素製造が非現実的であるとすれば原子力が登場する。既存の軽水炉は電気しか産出しないので直接には水素は製造できない。そこで高温ガス炉が提案されている。軽水炉の水の代わりに冷却材としてヘリウムを使用する。原子炉炉出口冷却材温度が 700°C~950°C の黒鉛減速ヘリウム冷却型炉を高温ガス炉(HTGR)という。出口冷却材温度が 950°C 以上の HTGR を超高温ガス炉(VHTR)とも呼ぶこともある。国内では日本原子力研究開発機構の高温工学試験研究炉(HTR)が 2004 年 4 月に出口冷却材温度 950°C での全出力運転に成功している。後藤政志氏の講演タイトルは VHTR(3 月 31 日開催予定)となっていたが、現状では HTR 以外の高温ガス炉は構想のみである。

民主党政権での第三次エネルギー基本計画(2010 年 6 月)では高温ガス炉が削除されたが自民党政権での第四次エネルギー基本計画(2014 年 4 月)で復活した。福島事故直前に停止して新規基準の適合性審査を待っていたが 2020 年 3 月の規制委員会で審査書案が了承された。高温ガス炉は冷却機能を喪失しても核暴走やメルトダウンに至らない特性を持つ、国内に蓄積している余剰プルトニウムを消費できる、比較的小型で冷却に水を使わないため立地が比較的自由などが特徴とされている<sup>15</sup>。

高温ガス炉の熱源は水素製造だけでなく発電や地域冷暖房<sup>16</sup>にも利用

(H30 年度)

<sup>14</sup> 東芝エネルギーシステムズ「福島水素エネルギー研究フィールドについて」2019 年 12 月  
[https://icpage.jp/f19/01\\_hydrogen/01\\_hydrogen\\_07\\_toshiba\\_yamane\\_ip.pdf?1575796716755](https://icpage.jp/f19/01_hydrogen/01_hydrogen_07_toshiba_yamane_ip.pdf?1575796716755)

浪江町「福島水素エネルギー研究フィールドパンフレット」2020 年  
<https://www.town.namie.fukushima.jp/uploaded/attachment/9142.pdf>

<sup>15</sup> 高温ガス炉の安全性

[http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_Key=03-03-03-02](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=03-03-03-02)

<sup>16</sup> 高温ガス炉とその利用

可能で、かつ内陸部にも設置可能となれば政治動向によっては「一町一名物」ならぬ「一県一原子炉」の事態にもなりかねない。そうなれば原子炉を消費地に近接して設ける必要があるから、ここに広瀬隆氏の「東京に原発を」という指摘が現実のものとなる。

推進側の方策としては、2020年頃までの中期は商用電力を直接エネルギー源として使う電気自動車(EV)を増やして、FCVが普及するまでのつなぎとして電力需要を作り出す。続いて2030年以降は水素を燃料とするFCVを普及させて高温ガス炉を増設してゆくシナリオが描かれている。軽水炉と比較した高温ガス炉の特徴(推進側の説明によれば)が次のように説明されている。

表 6 軽水炉と高温ガス炉の比較

	軽水炉	高温ガス炉
冷却材(熱の媒体)	水	ヘリウムガス
冷却材の安全性	冷却材中に放射性生成物が蓄積する	放射化(冷却材自体が放射能を帯びる)されない
遮蔽構造	格納容器が必要	格納容器が不要
制御棒挿入(スクラム)失敗時の挙動	核暴走の可能性大きい	温度の上昇により核分裂反応のフィードバック効果(中性子吸収)があり停止レベルの出力まで自然に低下する
冷却材喪失時の挙動	ECCS が起動しなければ燃料メルトダウン 金属と水が触れると水素が発生	熱出力密度が軽水炉より低い ため自然放熱で安定状態に至る 水素発生の可能性なし
熱効率(熱出力に対する電力転換率の割合)	発電 30~35%	発電 45~50% 発電+ 多段利用(化学プロセスや地域冷暖房) 75%
商用炉 1 基あたりの容量	新設のプラントは電気出力で 1000MW 級が標準	電気出力で 300MW 級(軽水炉と同程度の設備の大きさに対して)

高温ガス炉は軽水炉と同様にウラン 235 や MOX も使用できるほか、高濃縮プルトニウム燃料(50%以上)を装荷してその 8 割くらいを消費(他の核種に転換)することも可能とされている。従来の軽水炉を前提とした核燃料サイクルでは、過大な蓄積量を抱えるプルトニウムを MOX 燃料として消費しても処理量は限られる。この背景も高温ガス炉の推進の理由の一つとされている。ただし六ヶ所の再処理がともに稼働していないので高濃縮プルトニウムができない。

### 高温ガス炉のシステム

高温ガス炉の燃料は、ウラン酸化物その他の核燃料を小さな粒に成型し、周囲を炭素や炭化ケイ素など無機化合物でコーティングしたものである。製造法は「仁丹(銀粒)」とよく似ている。直径約 1mm の顆粒状となり TRISO(三重被覆の意味)と呼ばれる。これを集めて直径 20~30mm、高さ 40mm ほどの筒(燃料コンパクト)に成型し、それを黒鉛のスリーブに詰める(「四重の防護」と称している)。「鉛」の文字があるが金属の鉛ではなく炭素の塊(グラファイト)である。

これが軽水炉の燃料棒に相当する構成品である。それをさらに数十本束ねたものが燃料体ブロックとなり、これで炉心を構成する。この概要を図 6, 7 に示す。黒鉛は重大事故を起こしたチェルノブイリ 4 号機の材質と同じであり、空気に触れると容易に発火するが、高温ガス炉の構造はそれとは異なると説明されている<sup>17</sup>。

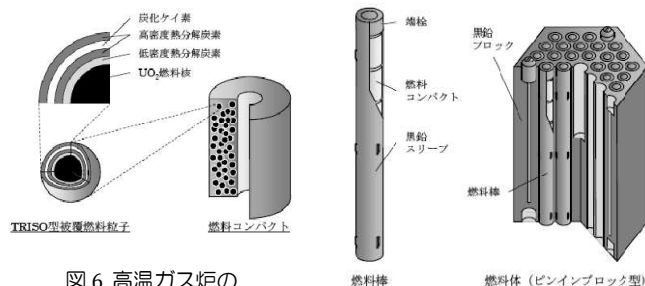


図 6 高温ガス炉の燃料コンパクト

図 7 高温ガス炉の燃料集合体

また実用炉としては HTTR のサイズを拡大した構造になると思われるが、使い方として発電には高温ガス炉ガスタービン発電システムとして GTHTTR300(電気出力約 300MW)という構想がある。システムの構成を図 8 に示す<sup>18</sup>。原子炉で加熱されたヘリウムガスはタービンを回してガス圧縮機および発電機を駆動し、熱交換機(廃熱回収)を経て原子炉に戻って再度循環される。

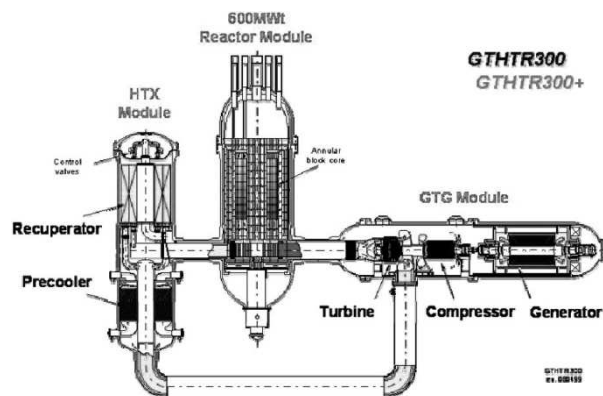


図 8 GTHTTR のシステム

またこれに IS プロセス(前述)を付け加えた電力水素併産型(GTHTTR300C)のシステムは図 9 のとおりである<sup>19</sup>。リアクター出口からタービンまでの間に熱交換機を設け、熱出力のうち一部を IS プロセス用に抜き出す方式である。この場合は取り出したエネルギーの分だけ電気出力は低下する。熱出力のうち IS 分と電力分の比率はいくつかの提案があるが、提案の一つの例<sup>20</sup>では、1 基あたり熱出力 600MW のうち IS に約 400MW を、発電に約 200MW を配分したユニットを 4 基接続して全体を建屋に収納し、全体として電気出力 800MW と年間約 16 億 Nm<sup>3</sup> の水素を製造するとしている。

[http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_No=03-03-01-02](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=03-03-01-02)

<sup>17</sup> 高温ガス炉の安全性

[http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat\\_detail.php?Title\\_Key=03-03-03-02](http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_Key=03-03-03-02)

<sup>18</sup> 皆月功・溝上頼賢「高温ガス炉ガスタービンシステムの動力変換システム基本概念の評価」『日本原子力学会和文論文誌』vol.6, No.3, 2007

<sup>19</sup> 西原哲夫・大橋一孝・村上知行・國富一彦「電力水素併産型高温ガス炉(GTHTTR300C)の安全設計方針」『日本原子力学会和文論文誌』Vol.5, No.4, p.325, 2006

<sup>20</sup> X. Yan, K. Kunitomi, Ryutarō Hino, Shusaku Shiozawa "GTHTTR300 Design Variants for Production of Electricity, Hydrogen or Both", The OECD/NEA Nuclear Production of Hydrogen, the Third Information Exchange Meeting, Oarai, Japan, 5-7 October 2005, p.121

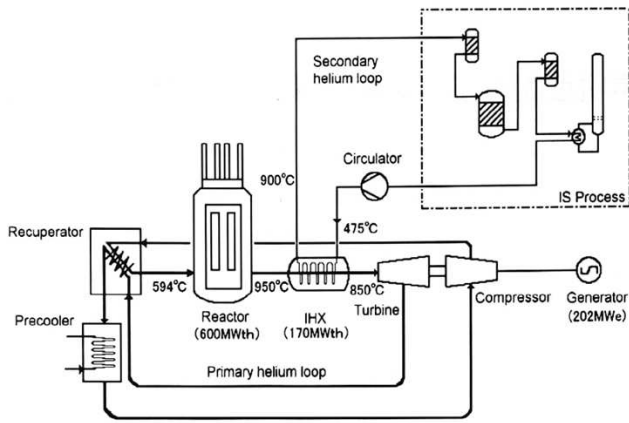


図 9 IS プラントとの結合

高温ガス炉で水素を供給するとすれば高温ガス炉が何基必要となるか。原子力研究開発機構の試算によると、熱出力 600MW 高温ガス炉 1 基で製造可能な水素量(ただし熱出力を全部 IS プロセスに使用した場合)は年間 6.3 億 Nm<sup>3</sup> とされている<sup>21</sup>。前述の FCV を最大限導入するケースで 330 億 Nm<sup>3</sup>、全面的な「水素社会」の最大導入ケースで 3,150 億 Nm<sup>3</sup> の需要推定から換算すると、600MW 高温ガス炉が各々 52 基・500 基に相当する。

前述の報告では、オーストラリアから水素(褐炭からの製造)を輸入するルートを主なサプライチェーンとしている一方で、原子力の利用については規制基準に適合した原子炉を順次稼働すると仮定し、さらに既存原子炉の運転期間の延長を部分的に見込んで 45 年とした上に、2035 年からは新設も想定するケースも提示している。しかし世界的な水素供給チェーンはまだ実態はなく、水素供給チェーンが成立しないままに FCV の導入が先行すれば高温ガス炉建設の圧力が高まる。

#### HTTR の問題点

実証されていない問題点が多く軽水炉より本質安全であるかは不明である。既に原子力関係者により公開されている資料を検討しただけでも高温ガス炉の問題点は数多く見出される。配管破断で冷却材を喪失しても、電源を失っても、炉心熔融などの過酷事故には至らないとしているが、かりに自然停止したとしてその後どうやって復旧するのだろうか。福島原発では内部のどこがどのように損傷しているのか詳細は依然として不明ではあるが、容器や配管にいくつかの大きな破断箇所が生じたことは確実である。この事態に対して、手当たり次第ではあるが注水によりある程度は水が溜まったので部分的に冷却することができた。しかし高温ガス炉の場合、冷却材はガスなのでどこかに破断・破口があると内部にガスを貯留することができない。自然に冷温停止したとして、TRISO(前述)が健全ならば取り出すことができるかもしれないが、もし TRISO の一粒でも破損があれば遮蔽する方法もなく放射性物質がむき出し、すなわち軽水炉でいえば燃料棒が熔融したのと同じ状況となり収束作業はできない。高温ガス炉の問題点を例示すれば次のとおりである。

#### 圧力容器の設計条件

圧力容器および 1 次系の設計条件が従来の沸騰水型軽水炉(BWR)・加圧水型軽水炉(PWR)より厳しい。設計圧力と設計温度は、BWR で 9MPa・320°C、PWR で 18MPa・370°C であるのに対して、高温ガス炉では 7~8MPa・1000°C 以上となる。圧力はそれほど厳しくないが温度条件が厳しい。反応容器そのものは適切な金属材料を選べば高温にも耐えられるが、福島事故では放射線が飛び交う反応容器の内部と外部とを遮断するバウンダリの損傷から放射性物質の漏洩があったのではないかと指摘さ

れている。反応容器には、核反応の熱を取り出す冷却材の出入口や、運転に不可欠な温度・圧力を測定する計器の取り付け口など多数の接続部分を設けなければならないし、反応容器本体としても、内部の工作や保全のために全体を分割できるように「ふた」を設けなければならない。これらの接続部を完全に金属でシールすることはできないので、一般にいうところの「パッキン」の役割をするシールが必要である。高温になるとシールの材質が厳しくなる。放射線環境下かつ実用炉サイズでの長期間の運転に対して、その完全性の実証は全くなされていない。

#### 燃料要素の破損

TRISO は前述のように、ウラン酸化物を直径 1mm 程度の粒に成型し、その周囲を炭素や炭化ケイ素など無機化合物でコーティングしたものである。個々の粒でそのコーティングが損傷すれば内部の放射性物質がむき出しとなる。これは軽水炉でいえば金属被覆管が破れたのと同じ状態である。現にこれまでの試験において TRISO の破損が観察されている。たとえば「四重の防護」というが、正常運転中でもコーティングが損傷する「アメーバ効果<sup>22</sup>」と呼ばれる現象が発生する。熱がかかると燃料の中身がコーティングを侵食して図 10(写真)のように外に浸み出してく。これがコーティングの最外層まで達すれば軽水炉の燃料溶融と同じ状態になりお手上げである。福島原発事故でも「五重の壁」と称していた防護対策が「五重の将棋倒し」になった現実があるのにまたもや「四重の防護」など信用できない。軽水炉でも初期には設計時に予想しない思わぬ要因から被覆管の損傷が発生しており<sup>23</sup>、HTTR でも運転しながら試行錯誤の状態に陥ると思われる。

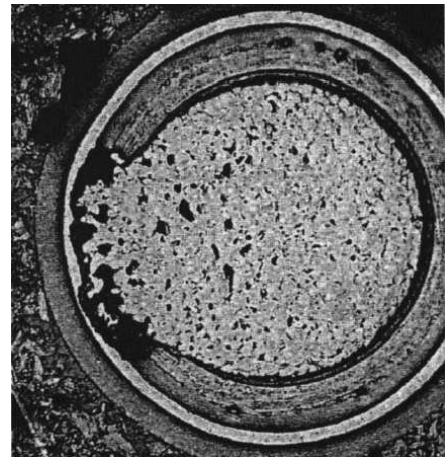


図 10 アメーバ効果

#### 作業員の被曝

装置には必ず劣化・損傷が起きるのでメンテナンスが不可欠である。ま概念的に高温ガス炉はヘリウムガスが循環するだけであり、ヘリウム自体は放射化しないが、熱を伝達する過程でヘリウムは炉心と直接接触するから、その際に微量ではあるが核分裂生成物の微粒子を同伴することは避けられない。それらはガスと一緒に系統全体を回りガス配管・熱交換器・ガスタービンにも沈着する。運転時には問題ないが、補修点検作業中の作業員が被曝する。推進側は軽水炉に比べると作業員の被曝量が少ないと試算している<sup>24</sup>。系統内でガス中の放射性生成物を除去するフ

<sup>22</sup> 岡芳明編著『原子力教科書・原子力設計』2010, p.258

<sup>23</sup> 「軽水炉(PWR)燃料の損傷」原子力百科事典 ATOMICA(02-07-02-16)

[https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat\\_detail\\_02-07-02-16.html](https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_02-07-02-16.html)

「軽水炉(BWR)燃料の損傷」原子力百科事典 ATOMICA(02-07-02-17)

[https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat\\_detail\\_02-07-02-17.html](https://atomica.jaea.go.jp/data/detail/dat_detail_02-07-02-17.html)

<sup>24</sup> 國富一彦(日本原子力研究開発機構)「(1)高温ガス炉の安全性」日本原子力学会 2013 年秋大会・総合講演報告 5

<sup>21</sup> 日本原子力研究開発機構・高温ガス炉研究開発センター

[https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/nhc/jp/data/data\\_08.html](https://www.jaea.go.jp/04/o-arai/nhc/jp/data/data_08.html)

フィルター<sup>25</sup>も考案されているが、配管・熱交換器・ガスタービンへの放射性物質の沈着は避けられない。核反応を利用する以上、どのようなシステムを採用しても放射性生成物との縁は切れない。

### 高温ガス炉の使用済み燃料

軽水炉の使用(照射)済燃料は強い放射線と崩壊熱を発生するが、さいわい水は遮蔽と冷却の双方の機能があるので燃料の交換・取り出しは水中で行われる(それでも危険だが)。しかし HTTR は水による遮蔽がないため交換機自体で機械的に遮蔽する必要あり、軽水炉よりはるかに厄介である。『もんじゅ』でも機械的な燃料取扱い装置のトラブルで運転どころか燃料取り出しもできなくなった。高温ガス炉から取り出した照射済み燃料そのものの処理はどうするのか。高温ガス炉の燃料は形態が軽水炉とは全く異なるため、軽水炉の燃料棒を前提として設計された再処理施設(六ヶ所村)はゼロから作り直しとなる。現在でさえ六ヶ所村はトラブル続きでいつ本格稼働できるかわからないのに、再び新しい再処理システムの作り直しは、推進側としても非現実的である。

### 空気の侵入による黒鉛火災

空気の侵入による黒鉛火災の可能性がある。黒鉛火災はチェルノブイル事故でも発生した状況と同じである。高温ガス炉関係者は炉の形式がチェルノブイルとは異なると説明しているが、緊急時の破損状況によっては黒鉛に酸素(空気)が触れ発火する可能性が避けられない。軽水炉ならば福島事故でもみられたように、ともかく水を注入すれば事態の拡大を阻止できる可能性があるが、ヘリウムや窒素は貯蔵してある分を使い果たせばそれで終わりである。

### IS プラント接続時の動特性

福島事故では、どこがどう壊れたか依然として不明であるものの、原子炉本体以外の付帯設備の破損によって冷却が不可能になったのではないかと指摘されている。このため付帯設備についても原子炉と同等の安全クラスを適用すべきであるとの議論がある。IS プロセスなど水素製造設備を高温ガス炉と組み合わせた場合には、別の意味では水素製造設備は原子炉に対する除熱(冷却)設備として機能することになる。しかし水素製造設備の側で運転中に何らかの原因で緊急シャットダウンすることがありうる。原子力を熱源としない既存の水素製造プラントでも緊急シャットダウンは年間1~2回発生する<sup>26</sup>。原子炉側からみた場合、除熱機能が原子炉側の制御と関係なく突然失われる状況で原子炉側が安全に停止できるか、停止できたとしても安全に再起動できるかは実証されていない。急激な熱バランスの変動を緩和するため水素製造プラント側に蒸気発生器を設ける<sup>27</sup>等の構想があるが、机上の検討のみである。

### トリチウムの生成と外部への移行

トリチウムは既存の軽水炉でも生成し、福島の汚染水でも問題となっているが、高温ガス炉でも運転中にトリチウムが生成される。高温ガス炉から水素を製造するために、ヘリウムを循環させて熱を取り出すが、その際にトリチウムは金属を浸透するので系外に漏出する。トリチウムは最終的に製品水素に混入してくる。原子力による水素製造が本格化して取扱量が膨大になれば総量として無視できない量に達する可能性があり、本当に問題がないのかは何も確認されていない。製品水素が燃料として市場に流通すると、生活環境中でも公衆がトリチウムに曝露される。推進側では製品水素にトリチウムが混入しても放射性物質として管理する必要がない低レベル(クリアランスレベル)とみなせるとの解釈をとつ

<sup>25</sup> 「高温高流速ガス中の金属元素の除去電磁フィルター」特許公開広報・2004-344701

<sup>26</sup> 原子力システム懇話会『原子力による水素エネルギー』2002年6月

<sup>27</sup> 容器に溜めた水に熱を吸収させて変動を緩和する。構造は違うがその原理は福島原発の「サブチャン」と同じ。

ている<sup>28,29</sup>が、何ら実証的な根拠はない。

## 5. 日本の科学技術

### あてにならない技術予測

国土交通政策研究所(旧運輸省)は、1992年に「次世代への扉—各界有識者による2025年の社会展望」という有識者アンケート(150人)を実施している<sup>30</sup>。その中に2025年に中心となるエネルギーの予想という設問があり28%が高速増殖炉を挙げている。しかし「もんじゅ」はトラブル続きで稼働せず2017年に廃炉が決定した。一方で40%が再生可能エネルギーを挙げていることは注目される。

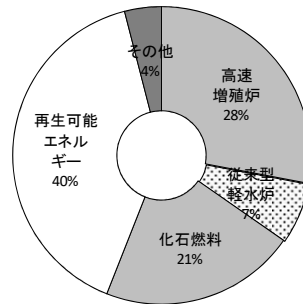


図11 2025年での主要エネルギー予測(1992年)

### 「日本の技術は世界一」のウソ

福島事故の「政府事故調」の委員長を勤めた畑村洋太郎は、原子炉の状態を推定する解析プログラムについて次のように指摘している。

[解析プログラムはすべてアメリカが開発したもので、日本が自前で開発したものは一つもありませんでした。[中略] それよりも私が驚いたのは、日本には自前の解析プログラムがなかったことです。それはつまり、日本の原発は、自分の頭の中に事故のモデルすら持っていない人たちによって運営されていたことを意味します<sup>31</sup>]

### 日本の科学技術者のモラル~戦時中の核兵器開発失敗

米・英・独・仏・ソおよび日本は概ね同時に核兵器の理論的な可能性に気づいたが第二次大戦中に実用化したのは米国だけである。独(ナチス)は理論面では妥当であったが、ヒトラーが即戦力になる兵器の開発しか認めなかったのが本格的な開発に至らなかったとされている。これに対して日本は基本的な段階で方向を誤っていた。

さらに科学者たちが内心では「どうせできるわけがない」と考えており核兵器開発に消極的だった。ただし倫理的な規範からではなく、自己中心的で保身的な動機からだった<sup>32</sup>。戦時研究という大義名分によって若手研究者を戦場に送るのを阻止し、ついでに軍から支出される潤沢な研究費を自分自身のアカデミックな研究のために使うというのがこの時期の日本の多くの科学者の行動様式であった<sup>33</sup>。

それは現在にも通じている。大学における軍事研究が議論になっているが、科学技術を非人道的用途に使うかどうかというほどの高尚な議論ではない。これら研究の大半は実用化の見込みもない「研究費稼ぎ」で

<sup>28</sup> 西原哲夫・羽田一彦「高温ガス炉水素製造システムへのトリチウム移行量評価」『日本原子力学会誌』vol.41, No.5, p.571, 1999

<sup>29</sup> 原子力システム懇話会『原子力による水素エネルギー』2002年6月, p.104

<sup>30</sup> オピニオン集「次世代への扉—各界有識者による2025年の社会展望」

[https://www.mlit.go.jp/pri/houkoku/gaiyou/H04\\_1.html](https://www.mlit.go.jp/pri/houkoku/gaiyou/H04_1.html)

<sup>31</sup> 畑村洋太郎『技術大国幻想の終わり』講談社, p.12

<sup>32</sup> 山崎正勝「理化学研究所の原爆開発計画と戦後の原子力開発」日本平和学会2019年度春季平和学会

<sup>33</sup> 吉岡斉『新版 原子力の社会史』朝日新聞出版, 2011, p.53

ある。例として潜水艦の前部から細かい泡を流すことにより艦体の摩擦抵抗が減ってスピードが出るという研究がある。これは筆者が民間企業時代の30年前くらいから聞いているテーマ(当時は界面活性剤を流すとされた)だが実用化した例は聞かない。しかし今もこのテーマで防衛研究費を取得している研究者がいる。30年も経って実用化の見込みのないテーマは軍事技術としても無価値だしネットで報告書<sup>34</sup>が入手できるような研究が高度な軍事情報であるはずがない。審査をするのは官僚だから自衛隊の現場のニーズを反映しているわけでもない。

## 補足

### 「コロナ後」の市民運動

新型コロナの影響でほとんどの市民運動は休止状態にあるが、「コロナ後」の市民運動について今から準備しておく必要がある。事態が終息してからでは間に合わない。第一に、おそらく今後数年は断続的に「緊急事態」が発生し、あるいは意図的に作り出され、終息を待っていれば市民運動は消滅してしまう。第二に、権力側はすでに「コロナ後」の準備を始めているからである。人々のパニックに乗じて法的根拠のない施策を乱発して既成事実化したり、改憲を進めようとする策謀などがみられる。姑息なレベルでは、マスクを均等に配布するためマイナンバーカードの普及を提案した自民党議員がいる<sup>35</sup>。ただし当分の間は実際に改憲発議ができる状態ではないので、ある意味では幸いとも言える。

しかし人々の感覚としては、終息を迎えるまでには疲弊しているので「これを機会に社会をリフォーム」と考えて行動する余裕はなく「とりあえず元通りに戻りたい」と考えるのも無理からぬ反応である。東日本大震災の後もそうであった。しかしその結果、人の戻らない町にハコモノだけが乱立する光景を招いた。今から「コロナ後」の構想を作っておく必要がある。

### 日本人の権利はすでに十分に制限されている

新型コロナの事態が進展するにつれて「日本の規制は外国より緩い」という見解がしばしば流布されている。小池都知事は2020年4月2日のテレビ出演<sup>36</sup>で、ロックダウンという強い表現を用いたことに関して「ずっと“ぬるま湯”で来た日本ですから、ここは目覚めて欲しいという思いで申し上げた」と述べている。しかしそのようなことはない。日本人の権利はすでに十分に制限されている。猪瀬直樹が日本型ファシズムについて次のように的確に表現している<sup>37</sup>。

[ヒトラーのつくりあげた組織は、ちょうど正方形の布の真ん中を摘んでピラミッド型に持ち上げたように立体的だった。日本型ファシズムでは、布は広げられたままで頂点がない。平面的だが、代わりに荒い網目のひとつひとつが相互にひっぱりつつ振動を増幅して伝え合っている。ヒトラーが羨望してやまなかった天皇制は、この無数の生きもののごとく反応する網目だった。号令をかけなくても、たがいに協力し、牽制する]

さらにメディアがこれに尾ひれをつけて増幅する。あるニュースサイトの記事では「たとえ100万人が徹底的に自粛生活をして、一部の企業やたった数人の若者がコロナを甘く見ていたら、感染爆発は避けられそうにない<sup>38</sup>」などと不安に乗じた非科学的で排他的な妄想が蔓延する。

こうした日本型ファシズムの結果、愛媛県では長距離トラック運転手の子供の登校を禁止する<sup>39</sup>など差別・人権侵害がすでに発生している。ぬるま湯どころか日本人の権利はすでに十分に制限されている。

安倍首相は緊急事態宣言をやりたくてうずうずしていただろうが、オリンピックにこだわった影響とともに、いざとなると度胸がなく強行できなかった。アドバルーンとして学校休校の要請を試みたが支持は集まらず出鼻を挫かれた。そのうち小池都知事に引きずられる形で緊急事態宣言を出したものの評価は大きく低下している。いわゆる「アベノマスク」は、インターネット上の保守系のニュースサイトのアンケートでさえ76%の人が「使わない」と回答しており空振りに終わっている<sup>40</sup>。なお緊急事態宣言が遅れたのと同様に、安倍首相はいざとなると度胸がないから、緊急事態宣言の解除も先延ばしにして見通しもなく延長・再延長が続くのではないだろうか。

最近(2020年4月20日前後)では、自党内にも安倍降ろしの動きがみられる。アベノミクスなど経済政策も帳消し、北朝鮮の拉致問題もこのまま立ち消えの可能性が高く、安倍応援団も材料が品切れとなり、「Stay Home」に尾ひれをつけて拡散するか「外出者パッシング」くらいしかすることがない。ただし2021年に「延期」された五輪は世界的に新型コロナが終息しなければ開催できないから、再延期あるいは中止の可能性が高く政治的失態になる。菅官房長官の存在感が消滅したのは新型コロナの効用と言えよう。一方でポスト安倍には小池都知事の転身説も登場している<sup>41</sup>。いざとなると度胸のない安倍よりもはるかに暴走の危険がある。現在の貧弱な野党ではこれに対抗しうる人材がない。新型コロナを奇貨として市民勢力の拡大につなげる途がないだろうか。



『書を捨てよ町へ出よう』映画版より～「自由の敵に自由を許すな」

<sup>34</sup> 「マイクロバブルの乱流境界層中への混入による摩擦抵抗の低減」(平成29年度防衛装備庁安全保障技術研究推進制度)、北海道大学、2018年5月  
[https://www.mod.go.jp/atla/funding/hyouka/H29hyouka\\_hokudai\\_seika.pdf](https://www.mod.go.jp/atla/funding/hyouka/H29hyouka_hokudai_seika.pdf)

<sup>35</sup> 小野田紀美議員、2020年3月5日参院予算委員会

<sup>36</sup> テレビ朝日「ワイド! スクランブル」2020年4月2日

<sup>37</sup> 猪瀬直樹『欲望のメディア』小学館、1990年、p.94

<sup>38</sup> 『アサ芸Biz』2020年4月14日

<https://asagei.biz/excerpt/14890>

<sup>39</sup> 読売新聞オンライン『「親が長距離トラック運転手」...小学校が子どもの登校認めず、入学式・始業式欠席』2020年4月9日

<sup>40</sup> NEWSポストセブン「アベノマスク緊急アンケート」

<https://news.nifty.com/topics/postseven/200415403309/>

<sup>41</sup> プレジデントオンライン「コロナ危機で総理への道が見えた小池百合子、「無能確定」の安倍晋三」2020年4月14日

<https://president.jp/articles/-/34584>