

「読者の広場」

「間接水素エネルギーシステム」が広大な分野に

…水素はエネルギーの十字路…

佐野 寛

地球エネルギーシステム研究所

〒562-0004 箕面市牧落 5-8-2-106

1. エネルギーの十字路にある水素

～水素の取り柄は何か？～

水素エネルギーシステム (HES) は、しばしば究極の理想像として描かれてきた。しかし水素自体は、エネルギー媒体としてすべての点で優れているわけではない。すなわち、●民生用・工業用では電気に劣ることが多いし、●輸送・貯蔵性では液体燃料に大幅に劣り、天然ガスにさえ劣る。●車用や航空機用にも液体燃料にかなわない。

一方、利用で優れている点は、①燃料電池に直接、供給できる。②宇宙用燃料では [cal/重量] が最大なので有利。③触媒燃焼など高級な燃焼用途。④化学反応性が豊かで、他の燃料へ変換容易。

特に④が、エネルギーの交差点として他にない長所¹⁾である。図1にその配置イメージをまとめる。

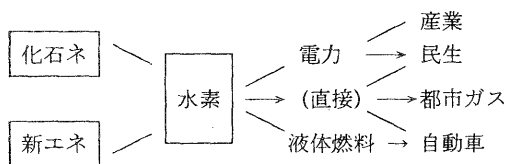


図1 水素はエネルギーの交差点

HESは2次エネルギーの宿命として、他の1次エネルギー源 (化石、自然エネルギー等) からエネルギー供給を受けねばならない。現在、化石源の水素は最も安価であり、市場的に天然ガス水素が独占している。さらに、水素自身はCO₂排出ゼロであるが、化石を直接消費した場合と完全に★等量のCO₂を製造時に排出している (図2)。そのため化石系HESは、CO₂削減に貢献し難い。

一般に、化石源の水素システムはエネルギー収率的には「タコの足喰い」になってしまう。

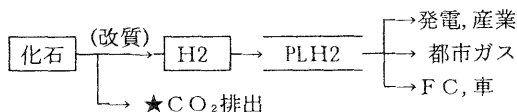
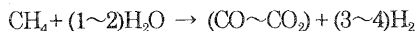
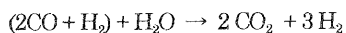
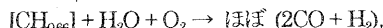


図2 化石系水素エネルギーシステム

天然ガス [CH₄] の改質は、高温吸熱反応を経るために、いかに熱回収合理化を行っても十数%の自己エネルギー損失がある (ふつう一部自己燃焼・外熱)。



また石炭 [CH_{0.66}・0.1H₂O] のガス化・シフト・精製による水素製造には、900℃以上の高温を作り出すための自己燃焼のため、エネ損失はさらに大きい (>30%)。



このように化石系の水素エネルギーは、★最初に損をするシステムなので、それを埋め合わせるだけのメリットを後続の利用段階で得られるか、厳しい局面に立っている。

CO₂排出係数 (=全CO₂/利用E) 削減については、化石系HESは非常に不利である。全CO₂が不変なので、利用エネルギーが減損した分だけ、★排出係数が増大してしまう。

水素転化では一般に輸送性は化石燃料より悪化するので、HESはグローバルでなくローカルシステムに限定される。

これらの問題点を克服するには、(1)非化石エネルギー源の導入、(2)最大の長所である化学反応性の活用=ノーブルな合成燃料化の推進、がキーになる。

2. エネルギー源の探索

～自然エネルギー先取りを～

「一次エネルギー源」を不問にしたHES(水素エネルギーシステム)の提案は、実業界からの不信を買う。石油時代の中においては、太陽電池(PV)も僻地水力も相対的に高価なのは当然であり、悪びれずに、◎脱化石を目指して開発戦略の展望を示すことが必要である。

そのためには「化石代替規模の巨大新エネルギー」に着目することが不可欠である。最強候補としては◎砂漠太陽エネルギー、ぐっと小さいが間接太陽エネルギーとして◎潜在水力、風力、バイオマス、が並ぶ。それらの可能性が検証できなければ、HESの将来は暗い。巨大新エネルギーを「プレ水素」としてHESに位置付けるべきであろう。

化石燃料供給レベルは現在、約10TWである(図3)。これに対して現有水力は一桁少なく、環境破壊などを伴う潜在可採量まで動員しても10TWに及ばない。風力は海上・山上・南北極など僻地に集中しているが、陸上の潜在量の大部分は未開発なので、一応、化石レベルに迫る期待がある。

直接太陽光利用のPVは(今、高価であるが)最も巨大で、亜熱帯砂漠だけでも化石レベルより2桁多い。技術的に採取容易な範囲、すなわち海岸近くの砂漠・被覆面積率1/2としても数倍はある。ただしこの資源地は需要地から遠い(グローバル利用の特別なシステムが必要である)。

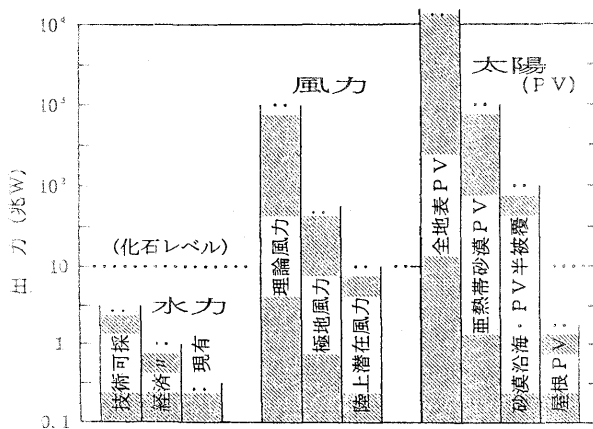


図3 自然エネルギーの潜在出力
-----化石燃料の現在出力(=10TW)

太陽光のローカル利用(=市街地での屋根型PV)は既に商業的に成立する範囲に入ってきているが、量的には化石代替量に遠く及ばない。

これからみて、HESの新しい1次エネルギー源には、安価な僻地水力から始めて、究極的には砂漠太陽を目指すのが妥当であろう。

3. 水素エネルギーシステムの分類

～直接・間接・ハイブリッド～

水素エネルギーシステム(HES)には、化石系/新エネルギー系、という起源による分類の他に、利用サイドから水素直接利用/間接利用、という分類²⁾がある。間接利用は、水素エネルギーを他の物質と作用させて、より使いやすい液体燃料等に転換することを含み、水素の特異性「エネルギーの十字路口」をフルに活用する意味で、今後最も成長性の高い分野である。

前節に述べたように、新型の巨大エネルギー源はことごとく需要地から遠隔にあり、グローバル輸送を必須とする。水素の海洋越え輸送は容易なことではなく、WE-NETでも液化水素船が重要課題になっているほどである³⁾。ここで間接HESまでウイングを広げれば、新エネルギー系から誘導されるメタノール、ジメチルエーテル、メタンなど(各:代替灯油・ガソリン、代替LPG、代替天然ガス候補)が対象に入り、水素利用可能性は一挙に高まる。これらはいずれも水素より◎輸送・貯蔵性に優れており、◎CO₂取り込み利用可能、という点では地球環境的に将来性が見込める。

歴史的にみて【化石燃料→新エネルギー】移行を進めるのは異存はない。しかし21世紀前半は化石燃料の最後のピーク期であり、経済的に新エネルギーの割り込む余地は非常に少ない。

水素エネルギーシステムの分類を使って、新エネルギーへの軟着陸の道を探ろう(図4)。化石系水素と新エネルギー系水素をつなぐ接点として、化石の水素富化エネルギーシステムが過渡期に重要になろう。すなわち化石炭素材は、エネルギー源としての他に水素担体としても有用な機能を果たすチャンスが与えられる。

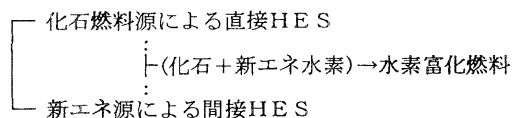


図4 水素エネルギーシステムの変遷予測

4. [化石+自然エネ水素]による水素富化
 ~「化石燃料ハイブリッドHES」~

間接的水素エネルギーシステムの大きな分野として、化石燃料時代から自然エネルギー時代へのソフトランディングを目指す、化石燃料と自然エネルギー水素との複合化²⁾がある。

化石燃料のCO₂排出性を緩和し(低公害化・流体燃料化などにも貢献し)、さらに自然エネルギー利用への第一歩を踏み出す。生成燃料のエネルギー源の主力は化石である。その位置付けは、図5のようになる。自然エネルギーは僻地水力・風力・砂漠太陽、何でもよく、太陽マークで表して置く。

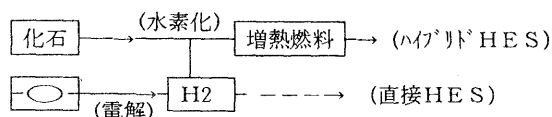
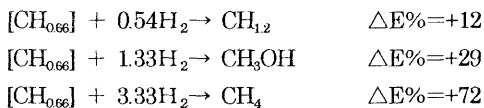


図5 化石に乗り込む新エネ水素

どの程度の水素エネルギーが化石燃料に取り込まれるかを、例示する。

(例1) 石炭 [CH_{0.66}・0.1H₂O] の液化・メタノール化・メタン化

各反応とその最大増熱%を示す。(実際にはコークスが残ったり、ガス化熱損失があったりして収量はこれより低い)



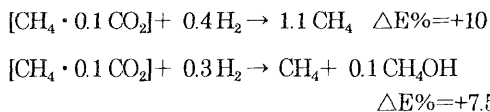
その結果、増熱%相応の化石燃料資源節約、およびCO₂排出係数 [全CO₂/E] 削減が可能になる。

21世紀末の地球環境対策のCO₂削減要求レベルが半減~2/3であるのと比較して、HES取込み石炭液化値(+12%)は、物足りないが、後2者は一応評価できるレベルになる。

(例2) 天然ガス随伴CO₂の水素化。

現在の天然ガス田の多くは、10%前後のCO₂を含有しており、除去(CO₂は空中に放出)して市場に出している。これを自然エネで水素化すれば、グローバルには天然ガスシステムからのCO₂排出を約10%削減できる。水

素化は、メタン化でもメタノール化でもよい。

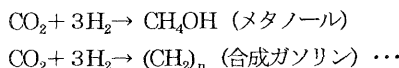


これは、HESによる化石エネルギー救済・補助事業であるだけでなく、真に持続可能な自然エネルギーシステムを立上げて行く準備運動にもなっている。以下に、その歴史的効用をまとめておく。

- 水素富化用HES
- ◎化石延命(増熱効果)
 - ◎CO₂/E係数の削減効果
 - 自然エネ立上げの助勢効果

5. CO₂を使った間接HES
 ~CO₂リサイクルシステム~

完全なCO₂リサイクルシステムは、図6のように間接水素エネルギーシステムの一つである。すなわち、CO₂は水素エネルギーの乗物である(媒体は液体燃料であれば、メタノール、合成ガソリン、DME、LNG等、何でもよい)。



自然エネルギーが需要地にある場合には直接利用が優先するので、対象はグローバルシステムに限られる。利用の形態は、水素へ戻して使う場合(燃料電池)もあるし、直接燃焼利用して排煙CO₂回収する場合(産業)もある。

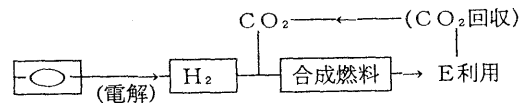


図6 CO₂リサイクルを使うHES/究極イメージ

しかし今日ではまだ、石炭火力から(メタノール排煙よりも)濃厚なCO₂排煙が得られるので、石炭火力だけ「炭素1回リサイクル」し(図7)メタノールは車等ノーブル用途に向けて排煙放出の方が有利になる。この場合でも、CO₂排出係数 [CO₂/E] は、Eがほぼ倍増するので半減できる。RITEが開発を進めている基本システムでもある。

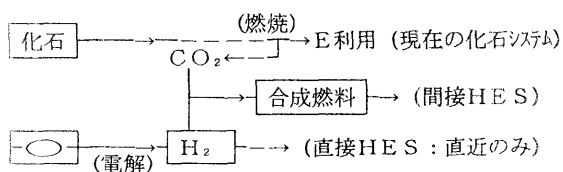


図7 化石排煙リサイクルの間接HES

文献

- 1) 「水素エネルギー最先端技術」; NTS社 (1994), 佐野 寛, 2.2 節「水素エネルギーの特徴」, p.
- 2) 「エネルギー・資源ハンドブック」; オーム社 (1996), 佐野 寛, 3.3.2節「水素エネルギー(間接・直接)システム」, p.731~735.
- 3) 福田健三; 季報エネ総工学, 21-2, p.66, WE-NETプロ研究開発の現況と今後の展望 (1998).

"Indirect Hydrogen Energy System" has a Vast Field
 ...Hydrogen on The Cross-Point of Energies...

Hiroshi SANO

Laboratory of Global Energy System

5-8-2-106 Makioti, Minoo-City 562-0004

Abstract Hydrogen energy systems (HES) was classified into direct HES and indirect HES. The indirect HES is including various hydrogen derived fuels such as methanol, dimethyl ether, synthetic gasoline, synthetic natural gas, etc. Historic approach for energy supply shows us that a fossil age shall move into an age of natural energy in the coming century. Author recommended the near-next stage system should be an indirect HES using hydrogen-enriched fossil fuel, so-called hybrid HES. The cut of CO₂ emission index(=ΣCO₂/Energy) will be not so large in the hybrid HES, because the energy of the system is mainly depending on the fossil fuel. Finally, the last stage of global energy system will be an indirect HES with CO₂ recycling, using by desert-solar energy, needless to use any fossil fuel.

Key words: hydrogen energy system, indirect hydrogen energy, methanol, hydrogen enriched fossil fuel, hybrid hydrogen energy system, CO₂ emission index, CO₂ recycling system