

平成 20 年度総会特別講演（第 124 回定例研究会） 資料 I

平成20年度水素エネルギー協会総会特別講演会

HESS教育WG
平成19年度活動報告
 （水素教育参考文献調査）

2008. 5 .8

水素エネルギー協会教育WG
 （報告者：岡野一清）

講演内容

- HESS教育WG活動の趣旨
- HESS水素エネルギー導入促進宣言
- HESS教育WG活動の内容
- アメリカDOEと日本の水素教育の現状
- 調査した文献
- エネルギーと環境問題への対応の歴史(1)、(2)
- 水素の本質・導入の意義（文献の抜粋）
- 水素教育に関する今後の課題

HESS教育WG活動の趣旨

化石燃料に依存する現代社会において、地球温暖化問題が予想以上に深刻化し、CO₂削減が国際的な緊急課題となっている。

水素エネルギーは化石燃料代替のクリーンエネルギーとして期待されているが、その技術開発や市場導入は、水素の本質を理解した上で適切な方向付けの基に推進されねばならない。

水素導入の本質的意義は地球環境保全と、脱化石燃料（脱炭素）によって持続可能な社会を実現することであり、長期的視野に立って水素が実質的に貢献できる様にする方策の推進が必要である。

HESSではこのような基本的考え方を社会に浸透させ、その実現を図るため、水素エネルギーの導入に強い影響力を持つハイレベルの関係者を対象とした研鑽の場を設けることが必要と考え、その具体的方策を検討するためにHESS内にWGを組織して活動を行うこととした。

HESS水素エネルギー導入促進宣言

現代社会は化石燃料の大量消費によって地球温暖化やエネルギーの安全保障の問題が深刻化している。それにも拘わらず化石燃料消費は世界的に増加の一途を辿っており、地球の将来が懸念される状況にある。そこでエネルギーとして環境負荷が少なく優れた特長を持つ水素を導入し、地球環境とエネルギー問題の解決に役立てることが期待されている。

水素エネルギーは製造から利用までのトータルシステムにおいて地球環境を損なうことなく、化石燃料に代わって持続可能な水素社会を実現できる可能性を有している。また、水素を介してエネルギー利用の効率化や各種CO₂削減対策を進めることができる。

水素エネルギーの導入に際しては新しい技術開発や社会システムの構築などが必要となるが、課題を解決し早期導入を図ることが望まれる。

水素導入の最大の目的であるCO₂削減への貢献に対しては、正味のCO₂削減ができること、量的寄与が得られるように水素の大量導入を目指すなど水素の本質を理解した取り組みを忘れてはならない。それらを念頭に置き、我々は持続可能な水素社会の構築に向かって水素エネルギーの導入を促進すべきであることを宣言する。

HESS教育WG活動の内容

1. 推進体制：HESS内にWGを組織して推進した。
 主査：岡崎 健(東工大)
 委員：太田健一郎(横国大)、西宮伸幸(日大)、坂田 興(伊総工研)
 安田 勇(東京ガス)、岡野一清(九州大) 計6名
2. 水素教育の基本方針
 - ・教育内容：水素の本質の理解、目標とする水素社会像、燃料電池に限定しない正しいイメージ、水素の多角的機能活用と地球温暖化対策への貢献
 - ・対象者：政策決定・実施関係者、企業経営者/研究者/技術者、大学教員、ジャーナリスト
3. 平成19年度活動内容
 - 教育事例調査：アメリカDOEと日本の事例を調査
 - 教育の参考文献調査：55件の文献より37件抽出。抄録作成
4. 今後の活動計画：平成20年度に検討予定

水素教育事例の調査

■水素エネルギーに関する教育事例の調査結果

- ・ HESS会員へのアンケート調査：数例の事例紹介があった。
- ・ 福岡水素エネルギー戦略会議の人材育成センターによる教育
- ・ JHFCプロジェクトにおける広報・啓発活動
- ・ アメリカエネルギー省 (DOE) の水素・燃料電池教育プログラム

■DOE- EERE. 水素・燃料電池技術開発プログラム推進組織 Educationは大きい実施項目の一つにランクされている。

EERE Program Manager
J.Milliken

- ・ Systems Analysis (F. Joseck)
- ・ Technology Validation (J. Garbak)
- ・ Manufacturing & Market transformation (P. Devlin)
- ・ Safety, Code & Standards (A. Ruiz)
- ・ Education (Christy Cooper)

- ・ Hydrogen Production & Delivery (R. Farmer)
- ・ Hydrogen Storage (S. Satyapal)
- ・ Fuel Cells (N. Garland)

アメリカDOEの水素教育プログラム

DOEは2006年から階層別の教育プログラムを大々的に展開中

1.階層別教育対象者

Safety and code officials	Public	State and local governments	Potential end users	Teachers and students	Universities 2008以降
消防、安全監督官庁	一般市民	州政府、自治体関係者	機器のユーザー	教官と生徒	高度の専門学生

2.取組み方法：階層別にチームを組織して、計画・準備・教育を実施。

消防・安全監督官庁チーム：PNNL研究所、Volpe消防本部、Hammer教育C教官・生徒チーム：LHS UC Berkley, SERC, Humbolt State Univ, AC Transit Lab-Aids, Filmsight Productions

3.DOEの教育予算 (為替レート1\$=100円)

FY2005	FY2006	FY2007	FY2008	FY2009 (要求)
0	\$495,000	\$1,978,000	\$3,865,000	\$4,000,000
0	4,950万円	1.98億円	3.87億円	4億円


日本の水素教育の現状

国としてまとまった教育プログラムはなく、各所で個別に実施している。組織的に継続して実施されているのは下記の2件である。

1. 福岡水素エネルギー戦略会議「福岡水素エネルギー人材育成事業」

2006年度より九州大学の協力を得て実施中

- ・ 技術者コース：3日間 (講義と実習) 1回20名で年間2~3回
- ・ 経営者コース：半日 (講義と見学) 1回40名で年間2回




九州大学水素研究施設

2. JHFC実証試験プロジェクト「広報・啓発活動」

2002年度より実施中

- ・ 小学生向け学習教室
- ・ 燃料電池自動車こども体験教室
- ・ 夏休み親子教室
- ・ 技術セミナー (警察、消防、公共機関職員)
- ・ 各種イベントでの燃料電池車試乗会



JHFCパーク (JHFCホームページ)

3. その他の教育：セミナー、講演会など

調査した文献

55件の文献の中から、水素の本質に触れる記述があるもの37件を選定。

年代	文献 (37件の中の代表的文献18件)
1977年 ~1989年	①太陽エネルギーと水素への道 (77年, Bockris) ②水素エネルギー読本 (82年, HESS編) ③水素エネルギー (87年, 太田) ④Hydrogen as an Energy Carrier (88年, Winter)
1990年 ~2000年	⑤クリーンエネルギー輸送技術 (エン振協) ⑥クリーンエネルギーネットワーク最適システム調査 (NEDO) ⑦ニューサンシャイン計画 (産技審), サンシャインジャーナル (吉澤/ほか) ⑧「季報エネルギー総合工学: WE-NETプロジェクト」 (福田) ⑨Hydrogen Program Overview (DOE) その他
2001 ~2007年	⑩石炭からの水素製造の新展開 (堤) ⑪水素は石油に代わられるか (Romm) ⑫水素エコノミー (Rifkin) ⑬エネルギー・資源学会誌 (吉田) ⑭水素・燃料電池ハンドブック (編集委/FCDIC・HESS, 太田) ⑮水素エネルギー読本 (HESS監修, 岡崎) ⑯第1回岩谷水素エネルギーフォーラム講演録 (岡崎) ⑰Hydrogen Posture Plan (DOE/DOT) ⑱Prospects for Hydrogen and Fuel Cells (OECD/IEA) その他

エネルギーと環境問題への対応の歴史 (1)

HESS発足 ▼73

1970	1975	1980	1985	1990
▼73 第1次石油ショック 第4次中東戦争	▼79 第2次石油ショック イラン革命	▼74~93 サンシャイン計画 石油代替クリーンエネルギー技術 (石炭液化, 太陽光, 地熱, 水素/水電解法, 水素熱化学法)	▼78~93 ムーンライト計画 省エネルギー技術 (燃料電池, ガスタウン等)	▼88 第1回気候変動に関する政府間パネル (IPCC)
技術開発	技術開発	技術開発	技術開発	技術開発
対応方針	対応方針	対応方針	対応方針	対応方針
水素への期待	水素への期待	水素への期待	水素への期待	水素への期待

石油依存度の低下が必要。原子力シェア向上と石油代替エネルギー導入促進 → 環境問題の関心はCO₂より大気汚染防止が中心 (CO₂と地球温暖化の因果関係は学問的に不明確であった) → 海外の再生可能エネルギー利用水素技術開発プロジェクト [EQHHPP (水力/水素) ▼86~98, SWB (太陽/水素) ▼86~99, HYSOLAR (太陽/水素) ▼86~95]

自然界の循環の原理からも水素は永遠のクリーンエネルギー。石油代替の水素エネルギーシステム構築が人類究極の目標 → 水素への期待はNOx, SOxに起因する酸性雨, 光化学スモッグなど深刻化した大気汚染の防止

エネルギーと環境問題への対応の歴史 (2)

1990	1995	2000	2005	2010
▼92 UNCED (南米リオ)	▼95 COP1	▼97 COP3 (京都)	▼05 IPCC CO ₂ 隔離特別報告書	▼07 COP13 洞爺湖サミット
▼92地球サミット (気候変動枠組み条約締結)	▼95 IPCC第2次報告書 (地球温暖化は人類の化石燃料消費によるCO ₂ 濃度の上昇が原因と結論付けた)	▼93~01 Newサンシャイン計画 (太陽光, 風力, 燃料電池, 水素技術)	▼03 米大統領のH2 Fuel Initiative (将来のエネルギーは水素と宣言) Future Genプロジェクト発足	▼08 COOL EARTH50
技術開発	技術開発	技術開発	技術開発	技術開発
対応方針	対応方針	対応方針	対応方針	対応方針
水素への期待	水素への期待	水素への期待	水素への期待	水素への期待

再生可能エネルギー利用と水素・燃料電池技術開発 → 水素安全利用等基盤技術開発 (短期) → CO₂削減による地球温暖化対策推進 (水素と炭素利用とCCSへの取り組み強化) → 再生可能エネルギー利用の大規模水素エネルギーシステム (長期) → 水素は燃料電池の燃料 (日本) → 水素によるCO₂削減の期待が高まる

水素の本質・水素導入の意義（文献の抜粋）（1）

1. 水素は究極のエネルギー ② ⑭

太陽エネルギーをもととする再生可能エネルギーを利用して水から水素を作り、その水素を二次エネルギーとして利用する場合、利用後は再び水に帰るといふ物質循環が行われる。

水素エネルギー社会とは水素の物質循環を促進する社会であり、エントロピーの立場から、人類が追求すべき究極のシステムであるといえる。

自然界の現象はエントロピー散逸の作業で、地球へ入射する膨大な太陽エネルギーは気象現象となってエントロピー散逸が行われる。この散逸過程で、ローカルな平均値より小さなエントロピーを収集して、ハイパワーの有効エネルギーに利用しようというのが自然エネルギー利用の基本思想である。これを水素という形態で安定な化学エネルギーとして蓄えることが有利である。これが大自然のエントロピー生成を制御して利用するという人間本来の「仕事」であり脱化石燃料の根本思想といえる。

水素の本質・水素導入の意義（文献の抜粋）（2）

2. 水素エネルギー導入への期待 ⑮

水素導入の本質的意義はトータルシステムとして地球環境保全と脱化石燃料資源、すなわち持続可能社会を実現できる大きな可能性を持っていることにある。

水素エネルギーの導入は燃焼しても排出物は水だけでクリーンというだけでなく、長期的に見た時に実質的（正味、量的）にこれらの可能性に応えられる現実的なシナリオが描けるものでなくてはならない。

3. 水素社会への中間シナリオ ⑮

移行期における大量の水素源としては化石燃料に依存せざるを得ない。その場合、水素を核とした高度なエネルギーシステムにより、正味の効率を格段に上げることが必須であるが、水素製造時に生成するCO₂対策がなければCO₂削減への量的寄与が不十分になる。従ってCO₂隔離システムとの統合による中間シナリオが不可欠である。

水素の本質・水素導入の意義（文献の抜粋）（3）

4. 各種地球温暖化対策における水素の意義 ⑮

下記のCO₂排出削減対策のいずれにも水素が大きく関与する。

- ① 省エネルギーとエネルギー変換・利用効率の向上
- ② 炭素分の少ない軽質燃料への燃料転換
- ③ 再生可能エネルギーの大幅導入
- ④ 原子力エネルギーの利用拡大
- ⑤ CO₂の人工隔離

5. 再生可能エネルギーの大量導入に果たす水素の役割 ⑧

再生可能エネルギーは地域的に偏在しており、長距離輸送、貯蔵が不可能であるため限定的利用に留まっている。地球規模での効率的利用のためには、再生可能エネルギーを二次エネルギー体系として確立する必要があり、その媒体には環境負荷が最小といわれる水素が最適と考えられる。

再生可能エネルギーの輸送・貯蔵が可能になれば、化石燃料と同等の国際市場における取引を可能にし、国際エネルギー供給の多様化・安定化に資するとともに大規模導入ができる。

水素の本質・水素導入の意義（文献の抜粋）（4）

6. 水素をキャリアーとした低中温熱エネルギーの高質化再利用⑩ ⑬ ⑮

水素導入のもう一つの意義は、化学熱力学的に見た水素のエネルギーキャリアーとしての優れた特長を生かして、従来のカスケード的エネルギー利用の概念を打ち破る高度なエネルギー利用体系の構築が可能になるという、熱力学第二法則に基づく視点である。より高質なエネルギーへエクセルギーの増進を図り、できるだけ多くの有効仕事を取り出せるシステムの構築が望ましい。水素の役割なくしてはこのようなシステムは作れない。

水素は燃焼のエクセルギー効率が一番高い。メタンのエクセルギー率（エネルギーのうち仕事に変換できる割合）は0.92で水素は0.83と小さい。熱エネルギーはエクセルギー率が0.7と低いのでメタンの燃焼では0.92から0.7への変化により、22%のエクセルギー損失を生じるが、水素は0.83から0.7への変化で13%まで損失を減少できる。すなわち燃料を直接利用せず、水素に変換して利用することがエネルギーの有効利用になる。

化石燃料社会からの脱却とその対応（文献の抜粋）

現在の化石燃料社会は三つの不確かな前提の上に成り立っているためなく破綻しかねない状況にある。⑭

- 化石燃料が無尽蔵にあるとの前提
- 将来も安価で安定して得られる前提
- 環境への害が無視できる程度との前提

「三つの前提を全て満たすエネルギーは水素」
但し水素導入には多くの課題の解決が必要

水素社会をどれだけ早く実現するかは我々が「どこまで本気で化石燃料社会からの脱却を図るか」による。

Jeremy Rifkin「Hydrogen Economy」より

水素教育に関する今後の課題

参考文献の調査を終えたが、水素教育WGとして今後の活動をどのように進めるかの計画策定は2008年度の作業となろう。教育を実際に実施するためには、多くの課題解決が必要である。

■今後の課題

- ・カリキュラムの策定
- ・テキスト作成
- ・教育実施スケジュールの策定
- ・予算措置
- ・実施可能な推進体制の確立
- ・講師の選定
- ・教育対象関係先の理解と協力を得ること