

内外における研究状況

1. サンシャイン計画と国際エネルギー機関（IEA）

サンシャイン計画

サンシャイン計画は「エネルギーの長期的な安定供給の確保」を図るため「国民経済上その実用化が緊急な新エネルギー技術について、西暦2000年までの長期間にわたり研究開発を進め、数十年後のエネルギー需要の相当部分をまかないうるクリーンなエネルギーを供給しようとする」もので、昭和49年7月、通産省議により基本方針が決定された新エネルギー技術の研究開発計画である。

本計画における当面重点的に開発するテーマとしては、太陽エネルギー、地熱エネルギー、石炭のガス化・液化、水素エネルギーがあげられ、その他の新エネルギー技術については技術的發展段階に応じて今後適宜重点技術に加えることにしている。

本計画の予算額は表-1に示すとおり昭和50年度においては総額37億円、51年度は46億円、うち水素エネルギーはそれぞれ、約4.8億円、5.2億円となっており、通産省工業技術院内に設置されたサンシャイン計画推進本部が担当している。

表-1 サンシャイン計画予算額推移

(単位 千円)

	49年度	50年度	51年度	51年度/50年度
太陽エネルギー	873,457	1,091,251	1,455,353	133.4
地熱エネルギー	560,450	1,138,416	1,552,180	136.3
石炭エネルギー	432,800	672,936	714,807	106.2
水素エネルギー	332,318	483,682	516,422	106.8
総合研究その他	240,969	317,812	370,216	116.5
計	2,440,000	3,704,097	4,608,978	124.4

1-1 計画の概要

水素エネルギーを除く主要分野の概要と水素エネルギーの基本方針と実施計画等を以下に述べることにする。

- a) 太陽エネルギーの開発は、太陽エネルギーを熱エネルギーに変換し、タービン発電機により、電気エネルギーに変換する太陽熱発電システムの開発、太陽電池により太陽光を直接電気

エネルギーに変換する太陽光発電システム、太陽エネルギーを直接熱源として利用する太陽冷暖房給湯システムの開発などからなっている。

b) 地熱エネルギー開発は、地熱エネルギー探査、採取技術の開発、従来発電には利用されていなかった火山熱水を利用する熱水利用発電技術の開発、火山地帯の高温岩体に水を注入し蒸気または熱水を採取し利用する火山高温岩体発電技術の開発、地熱から砒素等の有害物質を除去する技術などの環境保全技術の開発などを行うことにしている。

c) 石炭エネルギーの開発は、質の悪いエネルギーの有効利用の方法として石炭の流体化を行うものであり、石炭の高カロリーガス化技術、低カロリーガス化発電、プラズマジェットを利用した石炭のガス化、石炭の液化（当面は水添液化法、溶剤処理液化法）技術の開発を行うこととしている。

d) 水素エネルギーの開発は、①水素の製造技術、②水素の輸送貯蔵技術、③水素の利用技術、④水素の保安技術、⑤水素のエネルギーシステムの5つの分野に分けて進めている。その基本方針、実施計画および長期計画図を表-2、図-1に示すことにする。

なお、実施計画および長期計画については、昭和52年度の計画段階において見直しをすることを予定している。

表-2 水素エネルギー技術開発の基本方針と実施計画

	基本方針	実施計画
(1) 水素の製造技術	高温高圧電気分解法、熱化学法、直接熱分解法等の水素製造技術を確立し、西暦2000年までに大容量水素製造システムを開発する。	高温高圧電気分解法の実用化のための条件を究明するため、高温高圧小形水電気分解試験その試作運転、小形実用電気分解その設計及び試作を行なうとともに、イオン交換膜電気分解法及び固体電解質電解法に関する基礎研究を行なう。また熱化学法直接熱分解法等について実現性の高い方式を発掘するため、小形実験装置の試作運転等の基礎研究を行なう。
(2) 水素の輸送・貯蔵技術	水素液化技術、水素化物製造技術その他搬送容器等による水素の輸送・貯蔵に必要な要素技術を確立し、西暦2000年ま	水素ガス及び液体水素の輸送・貯蔵システムの大型化に伴う問題点を究明するため、液化装置、パイプライン、貯蔵タンク等からなるパイロットプラントの試作及び運転実験を行なう。また、水素化物の基礎的製

	でに簡便かつ安全な大規模水素輸送・貯蔵システムを開発する。	造技術を確立するため、金属水素化物の合成、水素化メカニズムの解明並びに小形装置の試作及び運転実験等を行なう。
(3) 水素の利用技術	<p>燃焼技術、化学利用技術、動力利用技術、燃料電池等各種の水素利用技術を開発し、経済性及び安全性を有する水素の利用システムを確立する。</p>	<p>燃焼利用技術：混焼装置の試作研究を行ない、実用化への条件を究明するとともに専焼技術のフィージビリティスタディ、触媒燃焼の基礎研究等を行なう。</p> <p>燃料電池：燃料電池の実用化条件を明確にするため、新融媒及び高性能固体電解質の探索、材料の開発等を行なう。</p> <p>動力利用技術：動力源としての実用化条件を究明するため、実験用ピストンエンジン、ガスタービン等を試作し、運転実験を行なう。</p> <p>化学利用技術：水素の新規有効利用技術及び副生酸素の新規利用技術についてのフィージビリティスタディ等を行なう。</p>
(4) 水素の保安技術	水素の製造、輸送・貯蔵利用等における保安上の課題を明らかにし、環境対策を加味した保安技術基準の体系化等を図りつつ、事故防止技術等の保安技術を確立する。	水素の製造、輸送・貯蔵及び利用等における事故防止技術の研究並びに使用材料の劣化防止技術の研究等を行ないつつ、水素エネルギー実用化のための基礎技術を確立し、保安技術基準を作成する。
(5) 水素エネルギーシステム	最終的に上記(1)～(4)の諸技術を構成要素とした水素エネルギーシステムを確立する。	水素の製造、輸送・貯蔵、利用等のサブシステムの研究を行なうとともに、これらを構成要素とする各種水素エネルギーシステムを検討し、第一次最適化設計を行なう。

注：基本方針の対象期間は1974～2000年まで。実施計画の対象期間は石炭のガス化・液化技術は1974～1982年度。太陽、地熱、水素の各エネルギー技術は1974～1980年度。

図-1 水素エネルギー技術研究開発長期計画図

研究項目	西暦	1974~1980	1981~1985	1986~1990	1991~1995	1996~2000
	昭和	49~55	56~60	61~65	66~70	71~75
	期間	7年 間	5年 間	5年 間	5年 間	5年 間
1 水素の製造技術						
(1)電気分解法	①アルカリ溶液型	試作研究	改良及び実用化研究		大型化研究	
	②固体電解質型	基礎及び試作研究		実用化研究		
(2)熱化学法		基礎研究及び試作研究	小型テストプラント	実用化研究	大型化研究	
(3)直接熱分解法・その他		基礎研究		小型プラントによる実証研究		実用規模プラントによるフィールドテスト
2 水素の輸送・貯蔵技術						
(1)水素ガス及び液体水素		実用化及び大型化研究				
(2)水素化合物		基礎研究	実用化研究		大型化研究	
3 水素の利用技術						
(1)燃焼利用	①混焼	基礎及び試作研究		実用化研究		
	②専焼	基礎研究	応用研究		試作研究	実用化研究
(2)燃料電池利用	①水溶液型	実用化研究				
	②固体電解質型	基礎及び試作研究		改良研究	実用化研究	大型化研究
(3)動力利用		基礎及び試作研究	改良研究	実用化研究		
(4)化学利用		基礎研究		応用研究		
4 水素の保安技術		基礎及び応用研究				
5 水素エネルギーシステム		最適化のための試設計	第一次設計	第二次設計	第三次設計	第四次設計 最適システムの確立

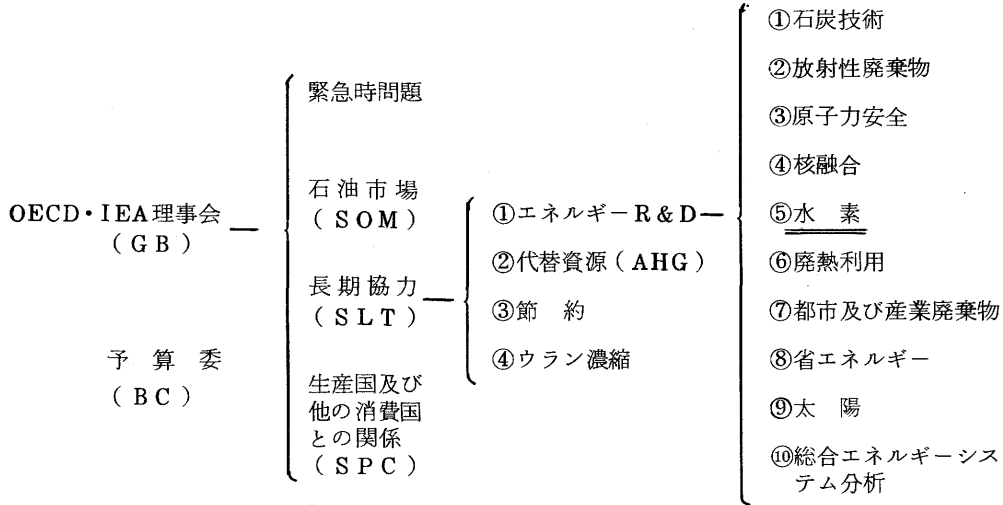
国際エネルギー機関 (I E A)

I E A (International Energy Agency) はエネルギー問題について先進国間の協調を図る目的で O E C D の下部機構として 1975年11月に発足したものである。この機構は 1973年における O P E C の原油値上げへの対応策としてアメリカのキッシンジャー長官の提案にもとづき設置された機構が発展的に改組されたものであり、現在ベルギー、カナダ、デンマーク、西独、アイルランド、イタリア、日本、ルクセンブルグ、オランダ、ノルウェー、英国、米国、オーストリア、スペイン、スウェーデン、スイス、トルコの 18ヶ国が参加している。

この活動における水素エネルギー研究開発の位置は 図 2₁ に示すとおり、石炭、原子力、太陽等と並ぶ新エネルギー研究開発に関する長期協力活動の一環を占めている。

この I E A の水素エネルギーの研究協力については E C が幹事国となり、①電気分解法、②熱化学法、③アセスメント、④核熱との関係という四つの分野について専門家会議を設け検討を行っている。

図-2 IEAの機能



a) 電気分解法

高温高压水電解、固体電解質水電解等現行方式の改善となる電気分解法の開発を分担するもので、このための情報交換、技術セミナーの開催、重複研究の調整、研究効率化のための標準化等の協同作業について検討しようとするものである。リード国としてはアメリカがあたり、第1回の会議は1975年9月にアメリカのBrookhaven National Laboratoryにおいて開催され、各国における研究情報の交換、今後の作業方針などについての討議が行われた。

b) 熱化学法

熱化学法についての情報交換、重複研究の調整、特定問題についての協同作業等について検討しようとするもので、リード機関としてECが分担している。

第1回会議は1975年9月にユーラトムのISPR A研究所、第2回は1976年3月にアメリカのLos Alamos研究所において開催された。

この会議においては各国における研究開発動向の情報交換のほか、熱化学サイクルの評価に関する検討、今後の作業方針等が討議されている。

c) アセスメント

一次エネルギーから水素利用に至る水素経済システムに関する調査検討を行うもので、イギリスがリード国となり、1976年1月にイギリスのHarwell研究所で開催された。

この会議においては各国で行われている予測作業において基準時点の統一化、定議の設定、パラメーターの標準化等について検討し、研究調査の効率化を図ることを計画している。

d) 核熱源との関係

高温ガス炉の開発と水素製造（特に熱化学）技術の開発との間におきる問題点について検討するもので、西独がリード国となっている。

第1回会議は1975年10月西独の Jülich 研究所、第2回が1976年3月アメリカの Los Alamos 研究所において開催されている。

現在までの討議事項としては西独、アメリカ等からの高温ガス炉開発状況報告とともに高温ガス炉と熱化学施設の接点における問題点の指摘が行われている。

主な問題点としては、①原子力施設と熱化学施設との間に隔離すべき距離（熱化学施設からの事故が原子力施設を損傷させないため）、②両者間を隔離した際の両者間の熱伝送方式、③熱化学部に入るエネルギーのかたちと温度条件等があげられている。

（ 亀 田 育 亮 ）

2. 国内における研究状況

2-1 大 学

昭和49年、学術振興会に茅誠司会長直属の「水素に関する懇談会」が発足し、大学関係を中心に、この新しい分野にいかに対処すべきか、また、世界各地の研究の進展状況はどうなっているかを調査、議論することになった。委員は、茅誠司、伏見康治、向坊隆、高橋武彦、赤松秀雄、安河内昂、伏見光造の諸氏、それに私が常連のメンバーで、大山義年、押田勇雄の両氏は多忙のため遂に一回も出席されなかった。この懇談会はレポートをまとめる予定であるが、幹事役の一人安河内教授が病気になるため、レポートがのびのびになっている。この懇談会の要請で、大学における「水素エネルギー」関連の研究をまとめ、これを振興しようという目的で、昭和50年度に「水素エネルギーシステムに関する研究」に関する文部省科学研究費総合Bがつき、高橋武彦教授を代表にスタートした。これに参加したのは、太田時男（幹事、横浜国大、水からの水素生成、金属水素化物）、田中時昭（北海道大学工学部金属工学科、硫化水素からの水素生成、冶金における水素利用、製鉄における水素利用）、黄燕清（東海大学工学部、金属水素化物、特にランタン・レアース系LaNiなど）、古浜庄一（武蔵工大、水素を燃料とする内燃レシプロ・エンジン、特に液体水素燃料システムをもつ実用小型乗用車の開発）、笛木和雄（東京大学、熱化学法効率計算）、田村英雄（大阪大学、電極反応法による半導体に光照射して水を分解する研究、金属水素化物、とくに、チタン・アルミ合金系の開発）の7名で、安河内昂氏は病気のため全研究会を欠席された。

この研究班を中核にして、昭和51年度も引き続き、大学関係人を集めて、ひとまわり大きな研究班をスタートさせる予定で、太田（横浜国大）が代表となって文部省へ申請を行っている。しかし、総合研究の二年継続は難しいので、もし許可がなければ、UNESCOなどの別の資金を獲得する方針である。新しく参加を予定される人々は、金子秀夫教授（東北大学金属工学科）、矢沢一彦教授（電気通信大学研究所、半導体の光電極反応を応用した水分解法）、青木成文（東京工大原子炉工学研究所所長、原子力応用としての水素エネルギー諸問題）などである。

この他に、ここ数年の間に、大学における水素エネルギー関連の研究開発が、にわかに盛大になりつつあり、人数の制限で研究班に参加をおすすめできなかったが、現に開発を行っている人も多い。

例えば、牛山泉氏（足利工業大学、機械工学科）は、風力、太陽発電システムと水電解を結んだエネルギーシステムの開発を行っており、本多健一教授、藤島昭助教授（東大工学部、広

用化学科)は、よく知られているように彼等の名前を冠してよばれる半導体の光電極反応の研究を進めている。また、吉田邦夫助教授(東大工学部化学工学科)は水素生成の熱化学プロセスの理論的検討を行っている。

一般に、理論的検討の段階のものは多いようで、金沢大学工学部の研究のように、日本海地帯という特殊な地域での太陽エネルギー利用の一方法として水素問題を採り上げるといったケースもある。

原子力関係の研究所、例えば、京都大学原子炉実験所(大阪府熊取町)、原子エネルギー研究所(宇治市)などは、前述の東工大の原子材料研同様、深い関心をしめしている。

大阪大学低温センターの山本純一氏は、日本で数少ない液体水素の専門家の一人であり、この低温センターは日本で最大量の液体水素を生産、利用している注目すべきところである。もちろん、冷媒としての利用の研究であって、エネルギーのメディア内至は燃料としての研究まではいってないようであるが、この転換は、基本データがしっかりしておれば容易と考えられる。

京都大学工学部の吉沢四郎教授の研究室では、いわゆるホンダー-フジシマ効果とよばれる光電極反応によって、Ferrie - Ferrous 光化学変換を惹起せしめ、この逆反応の電解系で、小さい電力(商用電力)で水を分解するシステムを研究している。これは、ヨコハマ・マーク5と類似であるが、ホンダー-フジシマ効果の太陽エネルギー利用効率(1%以下)に強く制限されるという欠陥をもっている。

一般に、ホンダー-フジシマ効果を実用化するには、半導体の表面コーティング、製造冶金法などのファブリケーションに未踏の技術が必要で、半導体の電解液への溶解と長波長光まで有用にする基本的要請がある。

サンシャイン計画に参加している大学は、水素製造の化学サイクル法に関する横浜国立大学だけ工業技術院と直接委託契約をしており、その他の大学は、工業技術院が調査研究を委託した電気化学協会、自動車工業会、その他の機関を通じて間接になされている。したがって、サンシャイン計画から大学の研究室へ提供される研究費は年間1千数百万円くらいと推定される。

一方、文部省が科学研究費を通して、水素エネルギー関係の研究に支出している予算は、昭和50年度から、広領域として新設された範ちゆうに属するもので、横浜国立大学工学部(代表太田)の研究に対し1千5百万円、その他の関連を含めて、5千万円くらいのものであり、また、大学関係では既成の学問分野の研究者、研究施設が非常に多く、科学研究費の需要が強く、新しい分野の要求はなかなか通りにくい。国のニーズの高い研究であっても、研究費の審査は第1ステップでは、既成分野の研究者によってなされるため、必ずしも国のニーズと研究

者の要望が合致しないためにおきる不幸な事態は、国立の研究機関のように容易に解決できないのである。

文部省では、大学の教官の自発的な自由な研究テーマの中から、国のニーズの高いものを採択して、重点的に科学研究費を配分する方針に基づいて配分を実行する努力をしているが、以上の事情で、現状は必ずしも適当な結果になっているとは言えないわけである。

日本の大学の物理、化学方面の研究は、伝統的に材料に比重がかけられてきた。固体エレクトロニクスの開発も、こうした大学の広汎な活躍に基をおいていると考えてよいだろう。また、磁性材料の開発も比重が高い。こうした伝統とマッチする水素エネルギー関連の学術分野としては、金属水素化物および液体水素領域の低温材料の研究がある。特に、金属水素化物の基礎的な研究はわが国の伝統的学術風土と密接に関連するもので、今後は大学において、磁性関係あるいは固体物理、固体化学の領域で、この研究が盛大になることが予想される。

水素製造の熱化学法を実験的に研究している大学は、横浜国大くらいのものである。これには、さまざまな理由がある。第一は研究費や施設の規模が大学で行うには厳しすぎることで、第二は専門の転換には慣性が大きすぎて踏切りがつかぬことであるが、これには、その人、その分野において、いろいろな思惑があるようである。自己の枠を固執するあまり、主観的な批判が先にてたり、自己の専門が学際化して、他の分野と混合することによる競争に自信がなかったりするための逃避みたいものもちらほらみうけられるし、大抵のそういう人達は衰亡しつつある分野の人である。

日本化学会のように、従来の材料化学という大黒柱、20世紀までの化学の主流を、21世紀へむけて反省し、エネルギー化学をいかに取入れていかに熱意をしめす長敬すべき学会も多い。日本物理学会、応用物理学会、日本機械学会、電気学会、材料科学会、日本金属学会などこうした学協会は多い。

水素エネルギーは、筆者が度々主張するように、化学者のエネルギー開発への参画という意味をもつものである。物理学者の核融合開発が21世紀のエネルギーのすべてであるかのような錯覚が一般になされているのは、化学サイドの人々にも一半の責任はあるようだが、全く妥当でない。

昭和50年10月、九州大学での第33日本化学会の光エネルギーの化学的変換と利用のシンポジウムで、長倉教授（東大物性研）が主張したように、化学者のエネルギー問題への参与は、恐らく核融合開発と同等以上に大切なことであろう。そして、その具体的な手段としては、水素エネルギーシステムと称される新しい学問体系こそ主流たりうるものである。

水素製造に関し、一般の大学研究室に比しては桁違いの費用をつぎこんでいる横浜国大の筆

者の研究室の仕事を概観しておこう。

1. ヨコハマ・マーク5の完全運転をめざす研究。光化学反応($2Fe^{3+} + I_2 \rightarrow 2Fe^{2+} + 3I^-$)の生成物を電解によって、一旦、 $2HI$ と O_2 にし、 $2HI$ を第2の電解で、 H_2 と I_2 にするサイクルで、その電力は光化学サイクルに関与しなかった全波長を半導体方式で行うもので、現在、各局部の専門的研究が行われており、実用スケールの太陽エネルギー利用装置は昭和50年7月に完成している。
2. ボルシェ・モデルIIの運転。3メートル四方の筏が完成し、半導体熱電方式の水分解装置を搭載し、4月から稼動実験に入る。太陽集光は、平面集光方式で高度なものである。
3. 金属水素化物や熱電半導体の基礎的研究や硫化水素の熱分解の研究。

20世紀は豊富で安価な化石燃料と鉱物資源の無制限の供給を前提として文明が栄え、それと相助け合って科学と技術が進展してきた。思えば夢のように楽しい時代であった。だが、21世紀は、こうした文明、科学、技術は、その儘では適応されない。資源の枯渇に直面するからである。この当然の方向転換には、当然、科学、技術の転換、革新が要求される。学問は自由といい、科学は外的評価に独立すべきという20世紀の主張も再検討を要する筈である。学問はいかに自由であろうとも、人間が考え、人間のために存在するものである以上、人間の生存に課された条件とは独立に存在しえない筈だからである。これはまた、大学人の自覚にまつより他手段のないことでもあろう。(太田時男)

2-2 国立研究機関

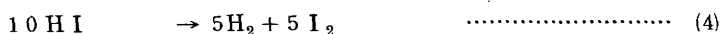
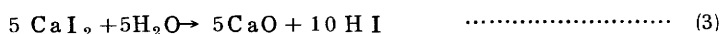
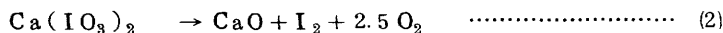
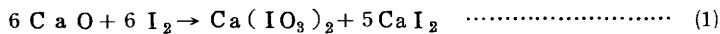
a. 東京工業試験所

昭和49年度よりサンシャイン計画の中で熱化学法による水素製造、水素の固形化技術および気体、液体水素等の災害防止技術の研究を実施している。

i) 熱化学法による水素の製造

1) アルカリ-ヨード系サイクルの研究

ヨウ素の redox 反応およびその反応生成物であるヨウ素酸の溶解度に着目して、つぎのサイクルを提案した。



簡単な予備実験の結果から、このサイクルの各反応はそれぞれ反応の進行および反応生

者の研究室の仕事を概観しておこう。

1. ヨコハマ・マーク5の完全運転をめざす研究。光化学反応($2\text{Fe}^{3+} + \Gamma_3 \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 3\text{I}^-$)の生成物を電解によって、一旦、 2HI と O_2 にし、 2HI を第2の電解で、 H_2 と I_2 にするサイクルで、その電力は光化学サイクルに関与しなかった全波長を半導体方式で行うもので、現在、各局部の専門的研究が行われており、実用スケールの太陽エネルギー利用装置は昭和50年7月に完成している。
2. ボルシェ・モデルIIの運転。3メートル四方の筏が完成し、半導体熱電方式の水分解装置を搭載し、4月から稼動実験に入る。太陽集光は、平面集光方式で高度なものである。
3. 金属水素化物や熱電半導体の基礎的研究や硫化水素の熱分解の研究。

20世紀は豊富で安価な化石燃料と鉱物資源の無制限の供給を前提として文明が栄え、それと相助け合って科学と技術が進展してきた。思えば夢のように楽しい時代であった。だが、21世紀は、こうした文明、科学、技術は、その儘では適応されない。資源の枯渇に直面するからである。この当然の方向転換には、当然、科学、技術の転換、革新が要求される。学問は自由といい、科学は外的評価に独立すべきという20世紀の主張も再検討を要する筈である。学問はいかに自由であろうとも、人間が考え、人間のために存在するものである以上、人間の生存に課された条件とは独立に存在しえない筈だからである。これはまた、大学人の自覚にまつより他手段のないことでもあろう。

(太田時男)

2-2 国立研究機関

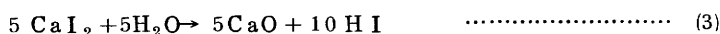
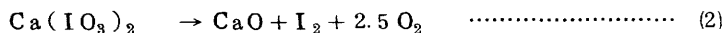
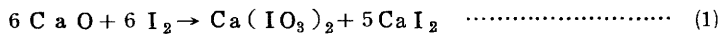
a. 東京工業試験所

昭和49年度よりサンシャイン計画の中で熱化学法による水素製造、水素の固形化技術および気体、液体水素等の災害防止技術の研究を実施している。

i) 熱化学法による水素の製造

1) アルカリ-ヨード系サイクルの研究

ヨウ素の redox 反応およびその反応生成物であるヨウ素酸の溶解度に着目して、つぎのサイクルを提案した。



簡単な予備実験の結果から、このサイクルの各反応はそれぞれ反応の進行および反応生

成物の分離などに関し、比較的問題が少なく、容易に水が分解して水素および酸素が発生することが確かめられた。そこで個々の反応について詳細に検討することにした。

まず第1段反応、式(1)によって生成した CaI_2 を蒸発法によって水溶液から固相として取り出す場合には、水溶液中における CaI_2 の濃度の大小がこのサイクルの熱効率に大きな影響を与える。水溶液中における CaO-I_2 系の反応について高濃度の CaI_2 溶液の生成条件を見出すことを目的として詳細な検討を行った。その結果、 $\text{CaO-I}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系の $10\sim 120^\circ\text{C}$ 、1気圧下の反応において、少くとも4種類の化合物が固相として存在することが判った。

固相—A、 $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ；反応温度および CaI_2 濃度により無水塩の他に1、6水塩が生成。

固相—B、 $3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaI}_2 \cdot \text{Ca}(\text{IO}_3)_2 \cdot 3\sim 4\text{H}_2\text{O}$ ；新化合物であって、水素を発生させる成分 (CaI_2) を含んでいる。

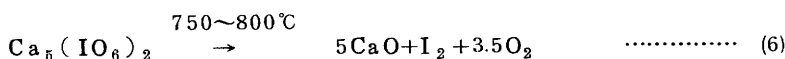
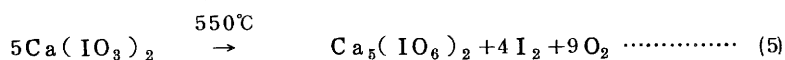
固相—C、 $1.2\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ ；新化合物であって、約 50°C 以上の CaO 過剰の反応系において生成する。

固相—D、 $3\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot \text{CaI}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ；常温以下の CaO 過剰な反応系において生成する。

生成する CaI_2 の濃度を高め、かつ固相B、Dのように固相内に CaI_2 を含むような化合物が析出することのない反応条件として I_2 を過剰に加えることが有利であることが判った。

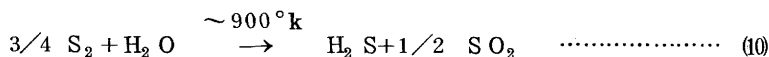
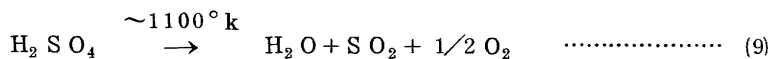
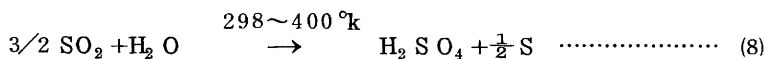
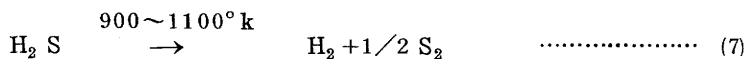
この結果、固相として $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ のみを生成させ、液相中の CaI_2 濃度を $50\sim 60\text{wt}\%$ 近くまで高めることが可能となった。過剰の I_2 は poly-iodide ion [$\text{I}^-(1+2n)$] を形成して液相中に存在するが濃縮工程において容易に蒸発して回収される。この I_2 の蒸発に要する熱量を見積っても I_2 を過剰に添加して CaI_2 濃度を高めた方が熱効率の上からも有利であると計算される。

第2段反応、式(2)では $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ は次式の如く2段階の分解を起すが、 800°C まで加熱すれば式(2)で示されるように1モルの $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$ から2.5モルの O_2 と1モルの I_2 蒸気を発生することが確認された。



ロ) イオウ系サイクルの研究

イオウ系サイクル — Aについて検討を進めている。



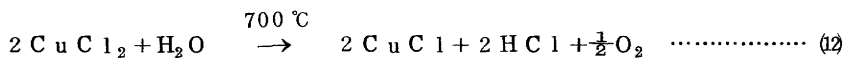
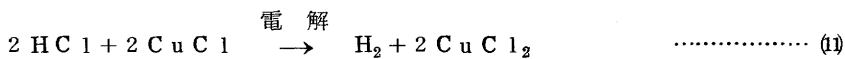
このうち、第1段反応、式(7)については重油脱硫や重質油分解から副生する硫化水素から水素を回収することを目的として研究が進められてきた。したがって、この反応は両面の意味を含めて近年世界的にも関心が高まってきている。

硫化モリブデンを触媒として、700～750℃における直接分解反応では触媒の効果は顕著であったが、800℃になると初期段階をのぞき、無触媒反応の寄与が大きくなり、触媒を使用する効果が相対的に低下する。このため、触媒を用いることによって反応温度を低く抑え、同時に触媒の安定性のうえからもできるだけ低温に抑えることが望ましいので、反応温度は750℃以下にするよう検討した。硫化モリブデンは効果的であり、可能性があることが見出されたが、問題点としては実験で使用した無担持の硫化モリブデンの場合に、高温で若干の昇華が起ること、成型触媒の機械的強度が小さすぎることであった。この点については担体に担持させることを含め、実用触媒の開発の観点から検討を続けている。

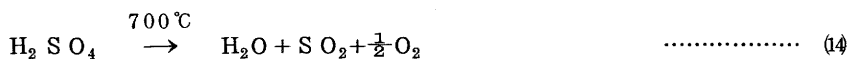
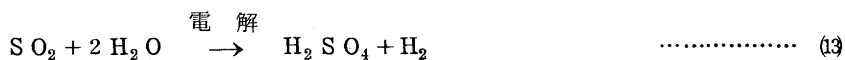
ハ) ハイブリッド法による水素製造の研究

従来種々提案された熱化学法サイクルを中心にハイブリッドサイクルとして適当なものを検討すると、電解によって水素を発生させ、熱化学反応によって酸素を発生させる次の2種類のサイクルが考えられる。

Cu - Cl 系ハイブリッドサイクル

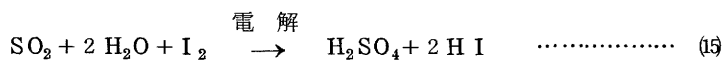


SO₂系ハイブリッドサイクル



まず、Cu - Cl系サイクルについて検討した実験結果から、このサイクルを構成する単位反応は遂行可能であることが判ったが、同時にいくつかの問題点も明らかになった。このうち熱効率上もっとも重要な問題点は、電解液が希薄なため、電解と共に塩化第一、第二銅が析出するようにして、かつ容易に系外に取り出せるような電解槽を考案する必要があることである。塩酸および水を蒸発して濃縮することは熱効率上考えられない。他方、SO₂系に比較して熱分解温度が低いことおよび過電圧を小さく出来ることも利点である。

SO₂系サイクルについては、式(13)、式(14)の反応のほか、ヨウ素を使う反応



についても研究を開始した。また式(15)の反応を電池反応として行ない電力を用いない方法についても実験中である。

二) 一酸化炭素を用いる水の分解反応の研究

塩基性水溶液の共存下、100～200℃の反応温度において、10～200 Kg/cm²の高圧下で一酸化炭素より水素を生成する反応に対して活性な錯体触媒の探索を行なった。鉄カルボニル錯体については触媒活性と熱安定性の両立するものが見いだされなかったが、さらにモリブデン、クロム、マンガンおよびコバルトなどの錯体について検討した結果、ジコバルトオクタカルボニルCo₂(CO)₈と1,2-ビス-ジフェニルホスフィノ-エタンPh₂PCH₂CH₂PPh₂の組み合わせにより、各種アミンの共存下200℃、一酸化炭素分圧約1～60 Kg/cm²の条件において、高活性でかつ繰返し使用が可能な錯体触媒系が得られた。この触媒はNa₂Sが共存しても活性を失わない。

ii) 水素の固形化技術の研究

i) マグネシウムをベースとした水素化合物の製造と物性の研究

MgおよびMg-Ni系合金の水素化反応について検討した。この結果、まず試料の脱気条件が重要な因子であることが判った。すなわち水素導入前に、常温で排気したのち弁を閉じて所定の温度まで昇温させたものと、排気を続けながら所定の温度まで昇温させたものとは顕著な差異が認められ、後者の方が反応が速い。排気は回転ポンプで十分であり、油、酸素等による試料の汚染は僅かであった。

水素化反応の速度に関しては、Mgの水素化は圧力が高いほど反応が速いが、H/Mg=2までの水素化は困難であった。またMgの水素化には圧力よりも温度の方が影響が大であり、例えば、H/Mg=0.3を達成するのに要する時間を比較すると352℃で0.75分であるの

に対し、257℃では12時間である。 Mg_2Ni の場合には初期には温度依存性の逆転傾向が認められた。しかし、時間が経過すると、温度が高いほど反応が速くなる。 Mg 中の Ni 含有量が大きくなるほど反応は速くなり飽和水素量にも近づき、温度依存性が小さくなる。

$Mg-Ni$ 系合金の水素化反応において、 Mg に対する Ni の添加効果を要約するとつぎの3点になることが明らかになった。

1. 反応が速くなり、温和な条件下で水素を吸蔵できるようになる。
2. 飽和水素量まで容易に反応が進行するようになる。
3. 平衡水素圧力は Ni 含有量とともに高くなる。

水素化物の水素吸収-放出をくり返した場合の性能変化、粉体物性の変化を調べることは実用化する場合きわめて重要となる。18.8% $Ni-Mg$ 合金についての試験を行った結果、いずれの場合にも80回のくり返し実験で性能の低下は認められなかった。また、繰返し実験の途中で時々試料を採取し、脱水素したのち、 Mg 粉末の比表面積を測定した結果ではとくに有意の差は認められなかった。

Mg をベースにした、数多くの金属との合金系について探索実験を行ってみたが、現在までのところ $Mg-Ni$ 系合金よりも優れた性質を持った固形化用合金を見出していない。

ロ) 遷移金属をベースにした水素固形化技術の研究

遷移金属では Ti がもっとも有望と考えられているが、ここでは Ti を除いた遷移金属をベースにした合金について、とくに Zr をベースにした、 Fe 、 Co 、 Cr 、 Mn との合金について探索研究を行ない、 $ZrCr_2$ 、 $ZrMn_2$ が Zr 金属単体より水素吸収、放出温度が低いことを見出した。とくに $Zr-Mn$ 系合金において、 $Zr : Mn = 1 : 2$ (原子モル) かそれより僅か Mn 過剰のものが水素貯蔵材として有利であることが確かめられた。

iii) 水素の保安対策技術の研究

水素の製造、輸送、貯蔵および利用等にあたって、気体、液化水素の災害防止に関する基礎技術を確立することを目的として研究を実施している。

イ) 高圧水素の災害防止の研究

水素の自然発火の研究において、前年度に製作した実験装置によって、 H_2 の噴出による発火の研究を行っている。

口径1、1.5、2mmのノズルから圧力5～35 $Kg/cm^2 G$ で H_2 を噴出させたところ、純水素の場合、発火を認めなかった。

鉄さびの成分である酸化第二鉄、四三酸化鉄の粉末(180メッシュ以下)を少量添加すると、噴出により静電気を発生した。また放電用ギャップを設置し、発生した静電気がこのギ

ャップで放電するようにすると H_2 は発火し、生成する H_2 火炎は無色であり、目に見えない。またNa塩を添加して、黄色に発火させ測定した結果、噴出圧力 30 Kg/cm^2 で、噴出口径1、2、3mmの場合の火炎長はそれぞれ0.8、1.8、2.7mであった。また火炎中の最大値はそれぞれ10、25、40cmであった。実験結果より水素の噴出速度と発生する火炎の長さを示す式が得られた。

水素の爆発限界の研究においては、高圧、低温の H_2 の空気との混合物の爆発限界を測定する装置を設計、製作した。これは内径6cm、高さ30cmの円筒形爆発容器を断熱容器に入れ、液化窒素によって -195°C まで冷却できるようになっており、測定実験を行っている。

ロ) 液化水素中の不純物の検知技術の研究

液化水素と不純物との混合性の実験に用いる装置を製作し、装置の性能試験と実験技術の習得のため、水素の液化、窒素と空気の液化と固化を行った。つぎに混合性の実験の第一段階として爆発の危険のない固体窒素と液体水素の溶解性の実験を行ない、その溶解度がきわめて小さいことを確かめた。

b. 大阪工業技術試験所

昭和49年度よりサンシャイン計画の中で電気分解法および熱化学法による水素製造、水素の固化技術、燃焼技術および燃料電池の研究をそれぞれ実施している。

イ) 電気分解法による水素の製造

1) 高温高圧水電解法の研究

高温のKOH溶液に耐える隔膜の開発を重点的に検討した。PTFE系膜に無機酸化物を充てんした複合材料膜の試作、適性試験(KOH溶液に対する親水性、透水量、電気抵抗、アルカリ溶出分)をくり返し、現在、酸化チタンおよびチタン酸カリウム充填膜に適性を見出している。しかし、チタン酸カリウムは繊維状ないし針状結晶(Fybex、Du Pont)なので、このものを均一に分散させて製膜するには技術的に解決すべき問題点が残っている。

ガスケット、パッキング材はPTFE+CaF₂またはAl₂O₃が良好であった。CaF₂系について実用化試験を進めている。

電極材料として、ニッケル電極は陰極材料としては問題はないが陽極の酸素加圧下KOH水溶液中では酸化されるのでこの対策を考えている。ニッケル極の陽極酸化の問題のために、表面積の大きいポラスニッケル極は適材ではない。従ってこれまでの検討結果から、複極式電極構造は、エキスバンドメタル、ネット、プレートの組合せが適当であると考えられた。基礎試験で見出された材料と、得られた知見に基づき、30cmφの有効面積をもつ電極、隔膜

の4組からなる複極槽の運転を51年度に開始できる予定である。

ロ) 固体電解質電解法の研究

カチオン交換膜(Nafion、Du Pont)の両面に触媒金属を取付ける方法については特殊処理方法によって解決の見通しを得た。スケールアップ時の最適電極厚、密着性、ガス拡散抵抗の問題を引き続き検討中である。

酸素過電圧の低い触媒金属の探索を貴金属系単一金属、Pt、Pd、Ir、Ru、Rhなどについて、またこれら金属の各種合金を試作したものについて、 $\eta - \log i$ の測定、 H_2 および O_2 過電圧の測定、膜の電気特性の測定などによって進めた。この結果、最適材料の組合せにおいて、 200 mA/cm^2 、 20°C で槽電圧 1.80 V 、 80°C において 1.57 V を得た。この結果はGEで行われているSPE電解法において公表されている値(210 mA/cm^2 、 90°C で 1.59 V)とほとんど同値である。

上記の実験は約 2 cm^2 の小型実験で得られたものであるが、次年度は約 80 cm^2 /枚の槽を試作して検討する予定である。

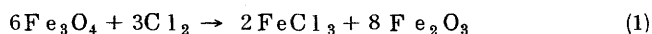
ii) 熱化学法による水素の製造

1) 鉄系サイクル基本反応の研究

さきに提案した鉄-塩素系サイクルを構成する基本反応のうち、つぎの二つの反応について検討を行った。

① 四三酸化鉄の塩素化反応機構の解明

$2\text{Fe}_3\text{O}_4 + 9\text{Cl}_2 \rightarrow 6\text{FeCl}_3 + 4\text{O}_2$ で示される反応は、つぎの二段の反応で進行することを解明した。



そして、反応速度は三二酸化鉄の塩素化反応速度に支配されることが明らかになった。

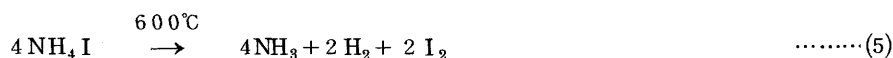
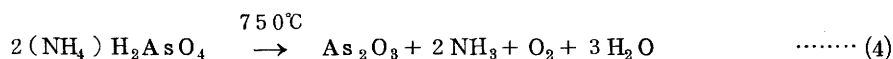
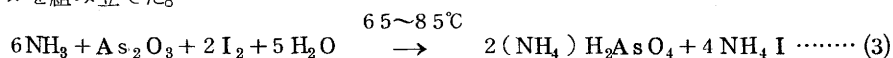
② 塩化第二鉄の熱分解の効率向上

塩化第二鉄は高温における蒸気圧が高いため10%以上の分解率を得ることができない。そこで熱分解の効率向上法について検討した。塩化第二鉄がある種の金属塩化物と共融混合物をつくり著しく蒸気圧を低下させる事実に着目し、塩化第二鉄を液相で分解させる方法で90%近い分解率を得ることができた。混合塩化物の種類、添加モル比、温度など最適条件を決定した。

ロ) アンモニア系サイクル基本反応の研究

① ヒ素系サイクルの研究

アンモニア系基本反応の探索の過程でつぎに示すようにヒ素とヨウ素が関与する三段サイクルを組み立てた。



(3)の反応は固体の亜ヒ酸とヨウ素をほぼ当量を含むスラリーにアンモニアガスを吹き込む反応で、発熱である。アンモニアガスをヨウ素の色が消えるところまで吹き込む実験を行った結果、溶液温度が高いときは $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{AsO}_4$ が生成し、温度が低くなると $(\text{NH}_4)_3\text{AsO}_4$ のできることを認めた。また水に代る溶媒として、ヨウ化アンモニウムの濃厚溶液を用いて反応させても、アンモニアガスの消費量は変わらない。この操作を行うときは水の蒸発による熱損失を少なくすることができる。また反応後の溶液を室温まで冷やし、固液分離した後の生成物分布の1例では固相では $(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{AsO}_4$ 82.9%、 NH_4I 11.3%であり、液相ではそれぞれ17.1%と88.7%となって、溶解度差による分離は可能である。(4)では、はじめにアンモニア、水などが放出され、最後はヒ酸の熱分解となる。この際300~400℃の温度で発生するアンモニアガスはヒ酸の還元を伴うので、アンモニアガスはこの温度以下で放出させることが望ましい。(5)では加熱温度が600℃のとき分解率は13%、700℃では18.5%の値を得た。

アンモニア系サイクルに共通する反応である(5)の反応、ヨウ化アンモニウムの熱分解の効率向上について検討した。この反応は分解率を高めるために高温を使用するとアンモニアの分解が起り(700℃で約2%)好ましくない。そこで分解率向上の一つとして金属を用いるつぎのようなサブサイクルを組み立て、最適金属の探索、各反応の反応条件について実験を進めた。



まず、金属MとしてNiを用いる場合について検討した。

ニッケル粉末とヨウ化アンモニウムの混合物をアルゴン気流中で加熱することにより、440℃付近でニッケルとヨウ化アンモニウムとの激しい反応がみられ、水素発生量も極大となることが判った。また反応率はニッケルに対し当量のヨウ化アンモニウムを用いた場合保持温度450℃で47%であった。また保持温度としては440℃付近で反応率が最大となり、温度がさらに高くなると反応率は低下する傾向を示した。

生成したヨウ化ニッケルは600℃付近より分解を始める。ヨウ化ニッケルの昇華は700℃以下では微量であった。

iii) 水素の固形化技術の研究

イ) チタンをベースにした水素の固形化技術の研究

チタン系合金の探索の過程で見出した $TiCo$ 、 $Ti_{1-x}La_xCo$ および $Ti_{1-x}V_xCo$ による水素の吸蔵、放出特性について検討した。

① $TiCo$ による水素の吸蔵、放出

チタンをベースにした各種遷移金属との合金を対象として、水素流通法により反応温度とみかけの水素吸収、放出能の関係について検討を行った。探索した合金の中から水素貯蔵の可能性のある $TiCo$ を選び出した。これは200℃、減圧下で脱ガスを行い、つぎに200℃、30 Kg/cm²の水素圧のもとで水素を吸蔵させたのち、室温で徐冷し、反応器内の水素圧を1 atmまで低下させ、再び水素を吸蔵させるという操作を2回繰り返すことにより活性化ができた。活性化後 $TiCo$ は60~80℃、30 Kg/cm²の水素圧力のもとで水素を吸蔵し、 $TiCoH_{1.4}$ (20℃、1 atm、正方晶構造)で示される水素化物を生成した。一般にチタン系合金(とくにTi-Fe)は水素活性化処理が非常に困難であるが、 $TiCo$ は比較的活性化が容易である。しかしながら、 $TiCo$ 水素化物は $TiFe$ 水素化物より安定である。従って $TiCo$ 水素化物の分解温度を低下させ、しかも水素含有量の大きい $TiCo$ 系三元合金の探索が今後の研究課題となる。 $TiCo$ の水素化反応では酸素の影響が少なく、市販圧縮水素ガスでも使用できるが、水素吸蔵能力は約150 ml/g ($TiCoH_{1.4}$)であり、30回まではとくに能力の低下は認められなかった。

② $Ti_{1-x}La_xCo$ および $Ti_{1-x}V_xCo$ による水素の吸蔵、放出特性

$TiCo$ 水素化物の性能を向上させる目的で、第三成分を添加した $Ti_{1-x}La_xCo$ および $Ti_{1-x}V_xCo$ を対象にして水素の吸蔵、放出能を検討した。 $Ti_{0.95}La_{0.05}Co$ および $Ti_{0.95}V_{0.05}Co$ は60~80℃で水素を吸蔵し、それぞれ室温で $Ti_{0.95}La_{0.05}CoH_{1.4}$ および $Ti_{0.95}V_{0.05}CoH_{1.4}$ で示される水素化物を生成した。 $Ti_{0.9}La_{0.1}Co$ 水素化物の水素放出温度は150℃であり、 $TiCo$ 水素化物の温度(250~300℃)に比べて低温で水素を放出させることができた。水素化物の示差熱分析、解離圧、生成熱、水素放出速度などの測定を行った。

なお、新しい組成の合金 $Ti_xA_{1-x}Co$ (A: 遷移金属)についても検討を進めている。さらに水素の吸蔵、放出の可能性のあるチタン合金について探索を続行中である。

ロ) 希土類金属をベースにした水素の固形化技術の研究

希土類金属をベースにした遷移金属との合金を対象にして、水素流通法により水素化物用合金の探索を行ない、 $MmNi_5$ および $MmCo_5$ を見出した。これらの合金は高価な $LaNi_5$ のランタンの代りに希土類金属を分離精製する前のミッシュメタル(Mm)を用いているので、安価な水素化物用合金であるという特徴をもっている。使用したミッシュメタルは希土類元素(La、Ce、Pr、Nd、Smなど93%)、鉄(5%)、マグネシウム、アルミニウム、ケイ素など(2%)の混合物である。

$MmNi_5$ および $MmCo_5$ は室温で $100\text{Kg}/\text{cm}^2$ の水素圧のもとで水素を吸蔵させたのち、反応器内の水素圧を1 atmまで低下させ、再び水素を吸蔵させる操作を数回繰り返すと容易に活性化ができた。これらの合金は 40°C 、 $100\text{Kg}/\text{cm}^2$ の水素圧のもとで水素を吸蔵し、 $MmNi_5$ $H_{4.0}$ (28 atm)および $MmCo_5$ $H_{2.5}$ (2 atm)で示される水素化物を生成した。また、水素吸蔵能力の変化を市販の圧縮水素を用いて調べた結果、 3°C で水素を吸蔵させ、 25°C で放出させる操作を約10回くり返すと、水素吸蔵速度は高くなり、水素吸蔵能力はほぼ一定となる。水素吸蔵能力は約 $160\text{ml}/\text{g}$ であり、110回のくり返し試験では吸蔵能力の低下は認められなかった。

IV) 燃焼技術の研究

1) 混焼技術の研究

水素と各種燃料との混焼メリットを見出そうとするものであって、液体燃料(特に重油)への水素混焼による無公害化燃焼技術を実用化するための条件を明らかにするとともに、ガス燃料への水素混焼による燃焼特性の変化を測定し有利な混焼条件をみつける目的で研究を行っている。

混焼方式の比較試験においては、まず同時混焼および時差混焼の可能な多段バーナ炉を設計、試作した。重油～水素の同時混焼においては、水素の混焼比率が高まるにつれて空気比変化による NO_x 発生度の変動が大きくなり、重油に対する水素の添加が NO_x 低減に有効であることを一義的に断定できず、今後燃焼条件のチェックが必要である。

重油～水素の時差混焼においては、純水素の追いだきがほとんど NO_x 低減効果をもたらさず、かえって混合燃料の追いだきの方が有効であった。

水素～メタン混合炎の輝度に関しては、無色透明に近い H_2 炎を検知し易くするために着色剤として CH_4 を混入し炎の輝度をはかった。一定のカロリ-の混合炎の照度では、その対数値が CH_4 の添加率(発熱量パーセント)に対し直線関係を与えた。したがって、少量の CH_4 添加

による水素炎着色はあまり有効であるといえないことが判った。

ロ) 専焼技術の研究

水素炎の基礎的燃焼特性を研究して未来の工業燃料としての問題点(無公害性、安全性)をさぐり、将来の民生用燃料としての適性についての判断資料をそろえることを目的として研究を行っている。

NO_x発生への規模効果の研究においては、卓上バーナ(H₂ 20~600ℓ/時; 60~1500 kcal/時)に隣接する規模領域として、H₂ 40~4,000ℓ/時すなわち10²~10⁴ kcal/時の燃焼容量可変炉を設計、試作した。発生したNO_xレベルは150~300 ppmであるが、卓上バーナのデータとの接続がむつかしく、燃焼条件をそろえるように調整中である。

つぎに、O₂富化燃焼について検討した結果、一次供給空気にO₂を混合してNO_x発生レベルの変化をみた。混合空気中のO₂%は、21%から40%に到るまでどの場合でもNO_xは増大するが、O₂ 40%以上では増大せぬが、やゝ減少する傾向があることが判った。

ヴ) 燃料電池の研究

燃料電池の一般用途への実用化のためには、出口密度および寿命の向上あるいは電池の低廉化などの問題点を解決する必要がある。

このためには、触媒あるいは固体電解質の探索を広範囲にわたって行い画期的な触媒あるいは高性能固体電解質材料を開発することが必要であり、これを達成することを目標として研究を進めている。

イ) 触媒に関する研究

各種遷移金属の硅化物、炭化物、窒化物および酸化物について、水素の電気化学的酸化反応と酸素の電気化学的還元反応に対する触媒活性を検討した。49年度は電解液がアルカリ性の場合のみを検討したが、50年度は電解液が酸性の場合の触媒活性を検討した。

現在まで約80種類の試料について、その触媒活性および耐食性の有無を調べた。白金に匹敵するような著しい触媒活性を示す試料は見当たらなかったが、わずかではあるが活性の認められる化合物が若干見出されたので、これらについて今後詳しく検討するとともにさらに広い範囲にわたって探索を続ける予定である。

ロ) 固体電解質に関する研究

前年度に引続き、燃料電池のソリッド・ステート化のために、可及的低温で高いイオン導電性を有する酸素イオンおよびプロトン導電性固体電解質を探索した。酸素イオン導電体については、非化学量論組成を有するウラン酸化物系固溶体の製造条件の確立をはかるとともに、これ

らの固溶体の導電率、イオン輸率等の測定により、固体電解質として成立するための諸条件の基礎的検討を行った。

プロトン導電体については、異性12多重酸(一般式 $H_x[A B_{12}O_y]XH_2O$)結晶の合成条件の検討を行うとともに、試作した実験室規模の単セルを用いて、異性12多重酸結晶を固体電解質として燃料電池に適用するための予備実験を行った。またフッ素樹脂を添加することにより固体電解質としての性能が向上することを見出した。

(加藤 順)

c. 電子技術総合研究所

電子技術総合研究所における水素エネルギー関連の研究は通産省のサンシャイン計画の一環として進められているが、担当テーマは大別して次の三つからなっている。i) 高温直接熱分解法による水素製造技術の研究、ii) 燃料電池の製造及びシステム化に関する研究、iii) 水素エネルギーシステムに関する研究。以下に昭和50年度に行なわれた研究の概要を述べる。

i) 高温直接熱分解法による水素製造技術の研究

理論面と実験の両面からの検討を進めている。理論的検討では、高温における金属およびセラミックの水素および酸素の透過量を、温度と圧力の関数として表現し、高温水蒸気解離生成物の分離の可能性を推定した。さらに水素製造プラントを概念的に合成して、そのエネルギー収支と経済性の評価を行なった。その結果、解離反応系の圧力は解離度と温度の関係の点からは低い方が有利であるが、水蒸気加熱に必要な熱量と分離ポンプの圧力との面では高い方が有利であり、今後の実験にもとづく耐熱材料および熱回収の制約に関する知識とあわせて、温度と系の全圧の最適化がはかられるべきであると指摘された。また、経済性については熱価格パラメータとして、効率対初期費の目標領域を試算して示した。たとえば、30~70%の総合効率に対し100~160\$/kWの初期費が、水素と電力の経済的平衡領域であることが試算された。

実験的検討はまだ準備段階であるが、まずキセノン・アーク炉の増設を完了し、1kW/cm²以上の放射密度が得られることを確認した。また、ランプの入力電流と放射密度の関係を正確に測定するカロリメーターを設計中である。一方、ガスクロマトグラフ装置を購入し調整と試験を行ない、生成物である水素の分析が可能になった。現在、次年度購入予定の酸素分析計の仕様を決めつつある。さらに、水蒸気の高温加熱および生成物分離の予備実験を行なった。現在、3000k程度の水蒸気温度を達成することを目標に、高温水蒸気の噴出孔を持つ高融点金属の伝熱ブロックを使用して加熱実験を進めると同時に、予備実験から得られたデータにもとづいて、次年度に製作すべき反応容器と分離ガス回路の設計を行っている。

ii) 燃料電池製造及びシステム化に関する研究

1) 固体電解質燃料電池の開発に関する研究

① 安定ジルコニア薄膜の製造法：薄膜作製には1KW高周波スパッタ装置を用い、ターゲット材料として、純ジルコニア粉末および12%、15%カルシア添加ジルコニア粉末および4%カルシア添加安定ジルコニア焼結板を使用し、石英ガラス基板にスパッタした。スパッタした薄膜は干渉法により膜厚測定し、X線回析、イオンマイクロアナライザー（IMA）、走査型電子顕微鏡などを使用して膜の組成および性質を検討した。この結果、スパッタ速度は高周波電力に比例し、100~200($\mu\text{m}\cdot\text{cm}^2/\text{kwh}$)程度が可能であることが判った。すなわち、5~10 μ 程度のジルコニア固体電解質膜を用いるとしても、本スパッタ装置による消費電力や償却費は燃料電池出力あたり2万円/KW程度となり、スパッタ法による固体電解質膜製造技術は経済的に十分有望であると判断された。

次に、このようにして得られた膜厚1 μ の試料とターゲット材のIMAにより、両者の組成を比較した結果、ほぼ類似組成であることが判ったが、IMAによる測定は試料によるイオン化率の違いなどを考慮しなくてはならず、今後、膜の組成の直接微量分析法を開発する必要があることが判った。なお、この薄膜の電気伝導度などの電気化学的性質の測定を金および白金電極について現在進行中である。

② 安定化ジルコニア単結晶の製造：これまでの固体電解質の研究に用いられてきた安定化ジルコニアは多結晶焼結体が主であり、この場合結晶粒界による影響が大で安定化ジルコニア自身の性質を直接検討し得ない場合が多かった。このため、安定化ジルコニア単結晶を用いて、その電導機構および電極過程を解明して、薄膜固体電解質の性質を明らかにする基礎データを得ることとし、20KWプラズマ・トーチを用いたベルヌイ法による単結晶装置の試作を進めてきたが、その設置、整備を完了した。本装置は試料供給方法に改良点が見出されたほかは、順調に作動しており、単結晶製造条件の検討を進めている。

2) 燃料電池発電システムの開発に関する研究

① 固体電解質薄膜の試作と特性試験

当面の研究目標としてイットリア安定化ジルコニア固体電解質の薄膜テストピースを製作して、その試作条件の探索と電気的特性試験を行っている。イットリア安定化ジルコニアの薄膜電解質製作方法はプラズマ溶射システムにより電解質の原料粉末を多孔性のアルミナ基体管またはジルコニア基体管上に溶射する。溶射条件ならびに均質性の再現性を確保するために試料の回転速度ならびに溶射ガンの水平移動速度の適正値の探索を行った。

② 空気電極の試作と特性試験

空気電極として、 LaCoO_3 と $[\text{In}_2\text{O}_3]_{1-x}[\text{SnO}_2]_x$ を当面の候補として、まずブラ

ズマ溶射、ついで電極薄膜に気孔性を多くするためサーモ溶射によりテストピースを試作して、電気的特性ならびに気孔性試験を行った。電気的特性はいずれの場合も優劣をつけ難いが、気孔性は後者がはるかに優れていることがわかった。

③ 単電池の試作と特性試験

イットリア安定化ジルコニアを電解質とする高温薄膜固体電解質燃料電池を試作した。燃料電極には白金、ニッケル、ニッケル・アルミナイド等を、そして空気電極には白金、 $[\text{In}_2\text{O}_3]_{1-x} [\text{SnO}_2]_x$ 、 LaCoO_3 等をそれぞれパラメータとして選び、三重層構造となる様にプラズマ溶射、サーモ溶射ならびに刷け塗りを試みた。また、基体管には多孔性アルミナ管を用いた。基体管の高温部ガスシールにはニッケルアルミナイドおよびアルミナを二重にプラズマ溶射し、低温部ガス止めには水冷ガス給排気栓をロー付けした。電流リード線は当初白金線を使用した。薄膜電極ならびに異物の存在によってはうまくいかない場合があり、最終的に電流リードはガスシール膜のニッケルアルミナイドを流用することとし、白金線の使用はやめた。試作単電池の出力特性は、 1000°C の温度で 0.8V の無負荷電力、そして負荷特性試験から約 2.5A の短絡電流が得られた。最大出力は、約 0.47W と評価される。現在、単電池の試作条件の改良による性能向上と、複数個の電池の直列接続法の探索に着手している。

④ 固体電解質燃料電池の出力特性の計算

固体電解質燃料電池の単電池の出力特性を推測するために計算結果の正確な分布パラメータ計算式により特性計算を行なった。手持ちデータと理想的な条件の下では端子出力最大値が 10W 程度である。現在、実験データとの比較を行ない、試作条件の改良、計算に考慮すべきファクター等の検討を進めている。

iii) 水素エネルギーシステムに関する研究

・水素エネルギーシステムの中でとくに水素製造システムに注目し、その導入のステップを検討した。石油コストに基礎をおいた電解法、熱化学法等の水素製造法の効率とコストの面からの試作を行なった。その結果、 2000 年頃までの利用可能性としては、オフピーク原子力や地熱による電解水素が、石油等の脱炭などの特殊用途に対して利用可能性のあることが示された。

・原子力・石炭を一次エネルギーとする高効率エネルギー変換システムの可能性についての検討をした。本年度は原子力を一次エネルギーとした水の熱化学分解に基づいた、水素、MHD、水素ガスタービン等の変換系に関する基礎的調査を行った。

・オフピーク時エネルギーの利用系としての水素の可能性を検討するため、原子力、太陽エ

エネルギーを一次エネルギーとし、オフピーク電力の水素による貯蔵、太陽エネルギーの熱としての貯蔵等を考えた 予備的モデルを作成し、モデルの粗密、時間幅のとり方等についてチェックした。ピーク時デマンドの比率が大きくなった場合、原子力の比率の低下した場合、各種変換系のコスト・効率等が変化した場合などの試算を通して、モデルの構成要素の細分化と時間帯数の増加をはかりつつある。

(若松清司)

d. 機械技術研究所

水素の利用技術の研究の一環として、水素燃料原動機の研究を実施している。

i) 燃料機構の研究

水素原動機内の基礎的な燃焼機構解明のため、衝撃波管を設計、試作した。これを用いて、燃焼条件を単純化したシミュレート実験を行う予定である。

ii) 単シリンダ実験機関による燃焼研究
水素単体燃焼研究では、水素ガスを吸気管に連続的に供給して運転した。その結果、①ガソリンに比しサイクル変動が著しく小さい。②空気過剰率3以上の希薄混合気で運転可能である。③空気過剰率1.5以下で逆火を起こし、高負荷燃焼ができない。④NO排出が少い。(1/2負荷時の重量排出率0.02g/psihr程度)ことが判った。

また、混焼研究においては、機関にガソリンを気化器で供給すると同時に水素を吸気管から連続的に供給して混焼運転を行った。その結果、①水素・ガソリンの流量比を大きくすると、安定した運転の可能な混合気領域が拡大される。②水素・ガソリン流量比を適当に選べば、空気過剰率を大きくとれ、しかも点火時期を遅らせることができNOの抑制が可能である。③空気過剰率一定で水素量を増すと最高出力を与える点火時期は遅れ、CO、HC排出濃度が減少すること等が判った。

e. 中国工業技術試験所

水素エネルギー技術の保安対策の一環として、水素環境下で使用する材料の脆化防止技術ならびに耐水素材料の開発に関する研究を実施している。このため、水素雰囲気下で材料の脆化試験を行う装置を考案し、設計した。これは、最高500Kg/cm²、500℃の水素雰囲気を作ることのできるオートクレーブが主体で、これを電気制御式万能材料試験機に組みつけ、水素雰囲気下で最大20tonの負荷応力で試料の引張り試験ができるようになっている。

また、1000℃、8hrで重水素処理した各種材料についてIMAを用いて水素分析し、材料中の水素分布を求めることを試みた。チタン以外の各種鋼材では水素含有濃度が低く検出できなかったが、チタンでは強い水素のピークが検出された。材料としては、SVS系、SCM系、SN

C、SKS、SK、炭素鋼等の鋼材を用いた。

(加藤 順)

f. 日本原子力研究所

日本原子力研究所では、核熱エネルギー利用形態の多様化をはかるとともに、化石燃料依存から脱却したエネルギーシステムを指向して、多目的高温ガス炉の研究開発を昭和44年から開始した。原子炉の多目的利用には炉からとり出される熱が高温であるほど有利であるため、原子炉の冷却材出口温度を1000℃とした。この実験炉の概念設計を進める一方、これと並行して耐高温燃料、耐熱金属材料、黒鉛等に関する研究開発、ならびに伝熱、流動、安全設計などの研究を行っている。

この高温ガス実験炉は熱出力50MWで、冷却系は中間熱交換器(IHX)を有する2系列からなっている。IHXの2次側ではプロセス利用のため930℃の熱を支える設計となっている。計画の第1段階として、蒸気発生器または既知のプロセスであるメタン水蒸気改質器が2次冷却系に設置され、第2段階として現在通産省大型プロジェクトとして開発中の直接製鉄還元ガス製造プラントとの結合が想定されている。この他2次冷却系に熱化学法等の水素製造プラントをおくことも原理的に可能である。実験炉の熱利用系も含めた概念設計フローシートを図-3に示す。

閉サイクルの熱化学的水素製造プロセスに関心が高まりはじめた昭和48年から、原研で開発している実験炉の概念に適合した水素製造法の研究が始められた。現在、水素の貯蔵、輸送、利用、プロセスと原子炉の結合問題等について調査、検討を行いながら、製造プロセスの実験的研究を行っている。

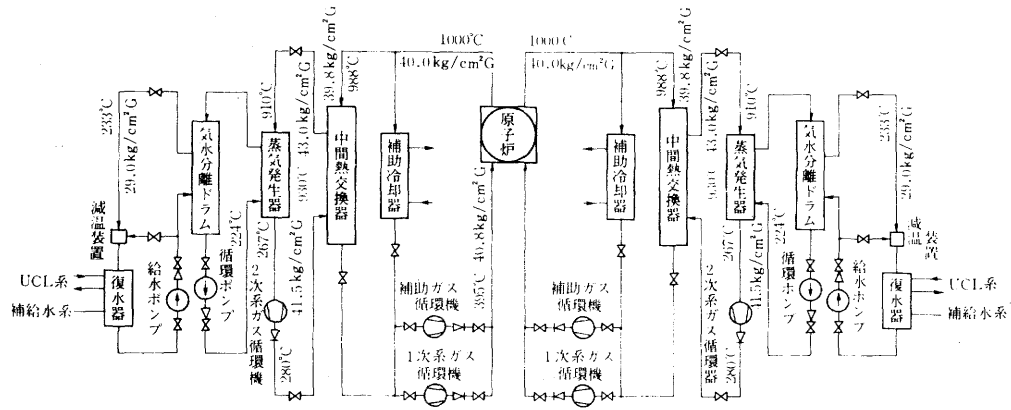
製造プロセスとして、原子炉熱の利用可能温度範囲のほかに、熱交換器を通して不純物、とくに水素が原子炉1次冷却系に混入する問題を考慮して、高温反応で水素を含まないサイクルの開発を目標とした。炭酸ガスは化学的に水と同様な反応性をもつ点があることと、これが分解して一酸化炭素がえられれば、既知の一酸化炭素転化反応により容易に水素に転化できる点に注目し、炭素ガスを中間物質として用いる反応サイクルを考案した。予備実験により、900℃以下の温度で、マンガン、鉄、コバルト、ニッケルの第一塩化物が炭酸ガスと反応して一酸化炭素を生成することを確認した。そしてこれらの塩化物と炭酸ガスを中間反応物質として用いる、水からの熱化学的閉サイクルの水素製造プロセスを組立て、熱天秤、気相反応装置などを用い探索実験を行ってきた。それらの結果有望と考えられる鉄塩-炭酸ガス系プロセスが幾つか見出されている。

高温反応である炭酸ガス分解反応は、塩類の昇華性などにより複雑な点もあるが、塩化第一鉄では約1%、沃化第一鉄では約30%の一酸化炭素が生成する。現在プロセスの各反応について種々の測定や評価を進めている。

一方、炭酸ガスはこれに添加物を加えると放射線により高いエネルギー変換効率(20%以上)で一酸化炭素に分解することが知られている。従って上記の反応サイクルに放射線による炭酸ガスの分解を加えた一種のハイブリッドプロセスが考えられる。現在特殊な原子炉内の照射実験装置やガンマ線照射装置を用いて炭酸ガスの分解実験も進めている。

(上田隆三)

図-3 多目的高温ガス実験炉系統図



2-3 会社・諸団体

会社関係

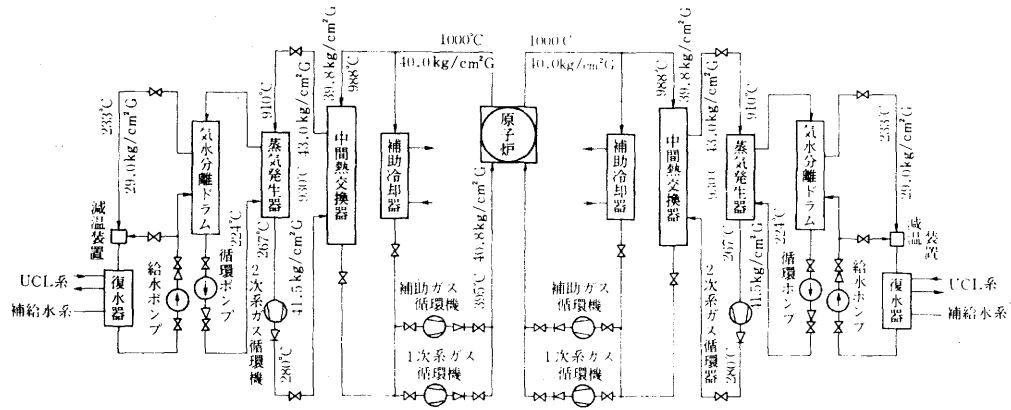
a) サンシャイン計画民間委託研究実施概要

昭和49年7月発足したサンシャイン計画における水素エネルギー研究開発のテーマと委託会社との関係を纏めて次に示した。

一方、炭酸ガスはこれに添加物を加えると放射線により高いエネルギー変換効率(20%以上)で一酸化炭素に分解することが知られている。従って上記の反応サイクルに放射線による炭酸ガスの分解を加えた一種のハイブリッドプロセスが考えられる。現在特殊な原子炉内の照射実験装置やガンマ線照射装置を用いて炭酸ガスの分解実験も進めている。

(上田隆三)

図-3 多目的高温ガス実験炉系統図

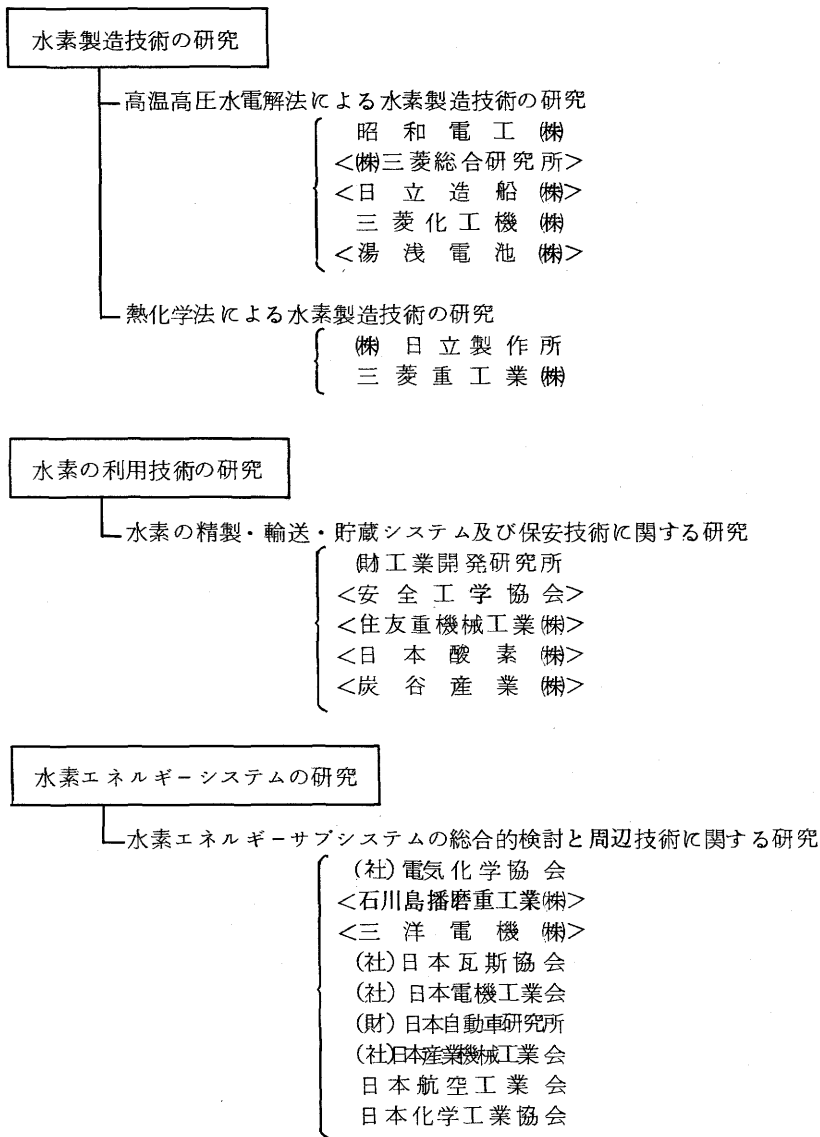


2-3 会社・諸団体

会社関係

a) サンシャイン計画民間委託研究実施概要

昭和49年7月発足したサンシャイン計画における水素エネルギー研究開発のテーマと委託会社との関係を纏めて次に示した。



[注] < > 内は再委託会社を示す。

b) 昭和50年度各社研究実施状況

上記テーマ、会社別に現在の研究開発実施状況につき、概略紹介することとする。

i) 高温高圧水電解法による水素製造技術

イ) 昭和電工(株)

負荷変動型高温高圧水電解槽につき、49年度に引続き、海外技術の動向調査とともに電極、隔膜の評価法と基礎的研究データの調査も行っている。50年10月に中央研究所に超

小型透明水電解装置が納入され、現在精力的に実験を行なっている。この槽は電極面の発生泡の挙動を観察できるようにした強制循環式のもので、気液分離器も透明アクリル樹脂製で、容易に系全体の泡挙動が把握出来るものである。現在までに国産テフロン膜の評価を完了し、高温特性で有望な国産品の1種を見出した。

ロ) 日立造船㈱

浴温度 120℃、20気圧の小型テストプラント電解槽の一次詳細設計の一環として、極室形状、極室数及び圧力温度制御などの基礎資料を得るため、点モデルによる解析計算プログラムを作成し理論計算を行っている。又上述の気液分離器設計のための実験装置の製作とプラントレイアウト、第1次見積りのための仕様検討を行っている。

ハ) ㈱三菱総合研究所

水電解システムの各種分野への適用の可能性についての調査研究として、電力需給と余剰電力の見通し、間歇型一次エネルギー源（風力、波力、太陽等）と蓄積源との組合せなどからエネルギー蓄積の必要性を検討している。又揚水発電、フライホール、蓄電池などと水電解システムの比較検討を行ない、その導入に際しての諸条件、問題点を明らかにせんとしている。

ニ) 三菱化工機㈱

再委託先である湯浅電池㈱において試作した隔膜用テフロン材の高圧酸素雰囲気中に於ける燃焼試験を行い、その発火温度が480～500℃であることを確認した。又抵抗調査を行い、テフロン系隔膜材は、厚さ0.3～2mmで、30℃、30% KOH中において抵抗が0.05～1.05 Ω/cm^2 となり、水電解用アスベスト布隔膜に匹敵するものを見つけた。

49年度設置した横型電解装置により、電極に適する金網の寸法は、線径0.7～0.8mm、17～18メッシュが最適であることを確認した。同時に電極表面附近に於ける気泡の状況を写真撮影して観察した。又上記テフロン系隔膜を横型電解槽に組み込み、電圧、温度一定下で浴電流を測定した。なおテフロンチューブの継手部分が弛み電解液漏出の恐れがあったので、温度は60℃に制限した。この実験でのガス純度は99%以上であった。

ii) 熱化学法による水素製造技術

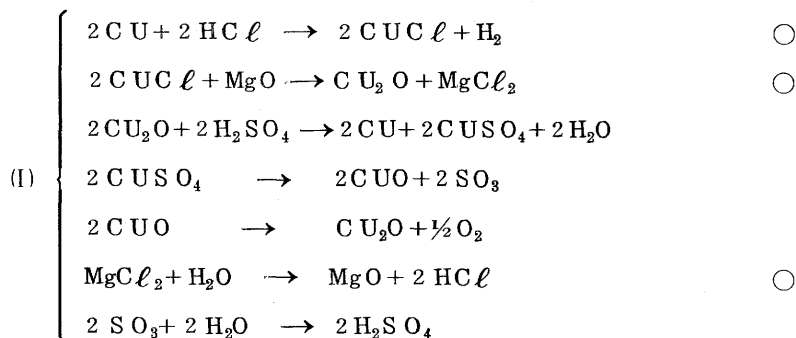
イ) ㈱日立製作所

① 変形プロセスの検討

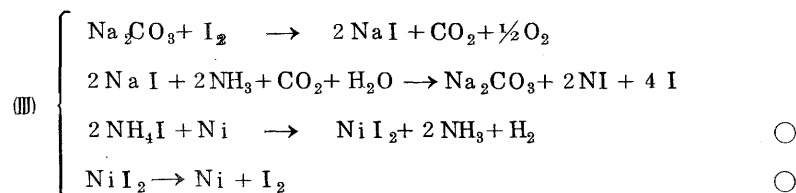
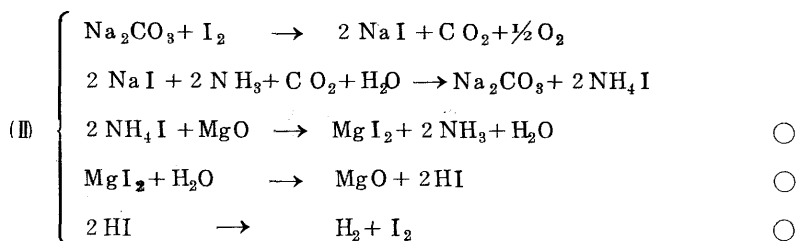
49年度提案した銅—ハロゲン系および炭酸アルカリ—ヨウ素系の各種のプロセスのなかから実現性の高いプロセスを選び出すため、49年度に引続き、使用物質の変更などに

より変形した次のプロセスについて、各単位反応の収率を測定した。(○印の単位反応を検討)

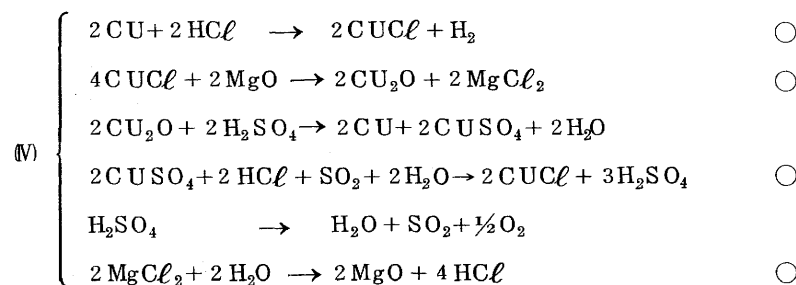
銅—ハロゲン系プロセス



炭酸アルカリ—ヨウ素系プロセス



更にプロセスを改善するため、銅—ハロゲン系プロセスにおいて副生する二酸化イオウによる還元反応を利用したプロセスを探索し次のようなプロセスを見出し、反応の進行を確認した。



その結果、いずれの反応も比較的進行し易いが、銅—ハロゲン系では(IV)のプロセス、炭酸アルカリ—ヨウ素系では(III)のプロセスの反応収率が比較的高く、操作も容易であることなど

が確認された。

また提案した各種のプロセスについて反応収率等をもとにフローシートを作成し、熱効率の試算によりプロセスを評価した。

② 反応物質相互の分離法の検討

炭酸アルカリ-ヨウ素系の基本プロセスではヨウ化アンモニウムの熱分解反応の収率が低いことに問題があり、これを改善するためには、前述のような反応の組合せを変える方法のほかに、高温で生成物中の水素を分離することにより平衡をずらす方法が考えられる。

そこで高温で水素を選択的に分離する方法として多孔質体による分離法を取上げ本年度はモデルガスを用いて、分離の可能性を調べた。

ロ) 三菱重工業㈱

49年度に引続き、鉄-塩素系プロセスを対象例としたエンジニアリング的研究を行っており、具体的内容および実施状況は次の通りである。

① プロセスシミュレーターの開発

49年度作成したシミュレーター基本モデルに対して、下記に示すような物性データの組み込み、単位操作モデルの追加等により、内容の充実と計算の迅速化、汎用化のための方法を検討した。

- 無機物質を中心とした約400成分の物質の下記項目を収録する物性ファイルを作成した。
物質の相に関係ない項目……分子量、臨界温度、圧力、蒸発熱、融解熱、蒸気圧アンツン定数。

物質の相(気固液)ごとの物性……標準生成熱、生成エントロピー、比熱係数。

- サイクルファイルを作成して約100の既存サイクルを収録し、計算にあたって反応式はこのファイルからセットする方法で、インプットデータ量を低減した。

- 単位操作モデルについては、反応、熱交換のモデルを修正し、また吸収、蒸溜、蒸発などの分離モデルを作成して分離工程に必要なエネルギー計算もできるようにした。

- シミュレーターの計算実行をより効果的に進めるためのキャラクターディスプレイ装置の利用法を検討した。

これらをもとに前年度と同様に鉄-塩素系を中心とした各種サイクルについて、熱効率に関し、分離エネルギーも考慮したケーススタディを実施中である。

② 鉄-塩素系要素反応の加圧下での反応特性の把握

鉄-塩素系サイクルの各種要素反応につき、高圧下で次の実験を行い、プロセス全系の最適条件を選定し、装置化およびシミュレーター充実のための基礎データを得た。

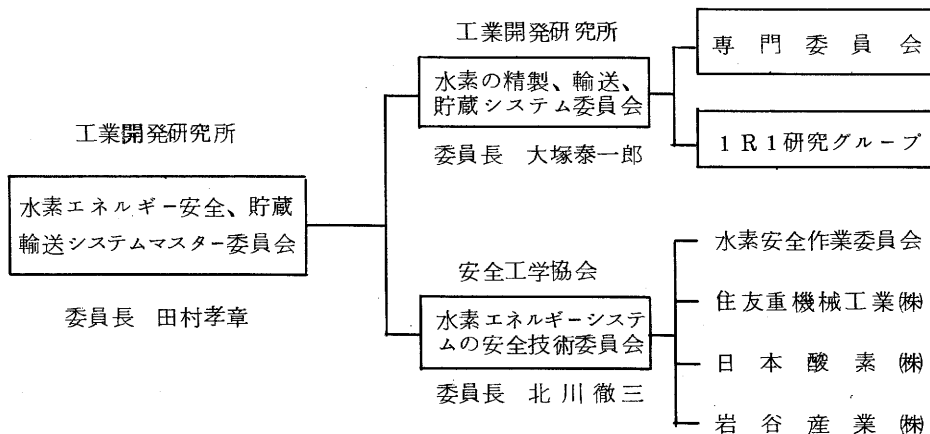
- 塩化第1鉄の加水分解反応 ($3\text{FeCl} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 6\text{HCl} + \text{H}_2$) を温度500～650℃、圧力常圧～30 atmの範囲で実施し、反応速度に対する温度、圧力、ガス流速などの影響を調べた。
- 上記実験終了後反応部を横型から充填層形成のため型に改造し、四三酸化鉄の加圧下での塩素化反応 ($\text{Fe}_3\text{O}_4 + 4.5\text{Cl}_2 \rightarrow 3\text{FeCl}_3 + 2\text{O}_2$) 試験を実施中である。
- 鉄-塩素系をベースとした改良サイクルを検討し、基礎的な確認実験も実施している。

③ 固気反応装置の基本計画

熱化学法で多くみられる固気反応を対象とし、ハロゲンによる腐食を防止する熱媒粒子循環流動層開発のためのベンチスケール試験装置の基本計画を行っており、基本フロー、主要機器、補機類の仕様を決定し、P & I、主機構造図、配置図を作成した。

iii) 水素の精製、輸送、貯蔵システム及び保安技術に関する研究

本研究は、水素の保安対策技術の研究の一環として、①水素流通体系のシステム代替案について、可能性、社会への適合性、経済性、信頼性、動特性等の観点から総合評価し、最も合理的なシステムを撰択することと、そのシステム実現のための問題点の抽出を行なうこと。②水素エネルギーシステムに関する保安技術基準案を作成するとともに、その裏付けとなる具体的な防災技術に関する基礎的な知見を得ることを目標として、次の研究体制で精力的に研究が進められている。



1) (財)工業開発研究所

水素供給体系のシステム解析および評価の研究として、前年度抽出された各システム実現のための技術的問題点を更に詳細にほり下げ、その具体的な解決策を検討するとともに、前年度

立案検討されたシステムの主要構成要素ならびにシステム代替案について技術的評価を試みた。又水素供給体系の経済性と安全性の評価も実施し、水素供給体系最適化のためのモデルを試作し、試計算を行なった。

ロ) 安全工学協会

前年度に引き続き、現行法規および基準につき国内外の資料および災害事故例の調査収集を行ない、これら調査収集資料の解析を行ない水素の安全に関する統一見解のとりまとめを行っている。

ハ) 住友重機械工業㈱

将来の大量水素使用時に必要となると考えられる液体水素に関し、液化過程における微量不純物の挙動につき前年度に引続き、特にJ-T弁付近での酸素の固化付着現象把握のための実験装置につき詳細設計を行い、製作図を作成した。

ニ) 日本酸素㈱

前年度に引き続き、水素の低温貯蔵、液状での取扱い、精製関係の検討を行い、特に計測制御面に重点をおき、ガスマーターによる安全な水素の廃棄法の検討と低温バルブの設計試作ならびにバーンボンドの検討を行なった。

ホ) 岩谷産業㈱

水素の流通消費過程における保安技術として、特に漏洩時の予知法に関連して、圧縮水素ガスの漏洩拡散実験を中心に研究を行なった。

iv) 水素エネルギーサブシステムの総合的検討と周辺技術に関する研究

水素の利用形態としての、燃料、燃料電池、自動車(エンジン)、航空機(エンジン)、ガスタービン、化学利用等への利用の見通しについてとりまとめ、前年度に立案されたいくつかの利用サブシステムの粗設計と評価を行うとともに、前年度摘出された問題点についての具体的な解決策を検討した。又水素エネルギーシステムに関連した萌芽技術についての調査研究を行った。再委託2社を含む7団体の研究現状を次に簡単に紹介する。

1) 日本瓦斯協会(燃焼に関する研究)

- ① 4つのモデル都市を想定し(100万人)、2000年時点における総エネルギーシステム2種(揚水発電の採否による)につき、シミュレーション解析を行った。この結果からは、水素製造効率を高めることが必要である。
- ② 水素とメタン等の混合ガスの燃焼特性を検討すると共に、家庭用、工業用の各種燃焼器の技術開発は殆んど行なわれていないが、その問題点、安全制御等について考察し、天然

ガスからの転換手法についても検討した。

ロ) 日本電機工業会(燃料電池に関する研究)

- ① アルカリ、酸、熔融塩、固体電解質の各種電池につき、出力10~100KW以上へのスケールアップ技術の問題点につき検討し、更に燃料改質技術とその装置につき考察を行なった。
- ② 昭和60年に数10KW程度の燃料電池実用化を想定し、更に長期的に数万KWの分散発電所を設置するモデルにつき、経済性、問題点を検討し、排熱、負荷変動、事故障害等についても考察した。

ハ) 日本自動車研究所(自動車用エンジンに関する研究)

- ① 自動車用燃料として水素を利用する場合の得失を、公害、安全、経済性等の面から検討した。
- ② 水素エンジンにつき、水素—空気、水素—酸素、圧縮点火方式の各々につき検討を行い、又ガソリンに水素を添加した極希薄燃焼方式についても検討した。
- ③ 周辺問題として、液体水素の取扱いと、金属水素化物に関し調査を行なった。又武蔵工大のLH₂自動車のラリー走行実績もあり、特に液体水素の運搬、取扱い、安全対策等に力を注いだ。

ニ) 日本航空宇宙工業会(航空機(エンジン)に関する研究)

- ① 我が国の航空輸送における水素使用量見通しの策定と、空港周辺の液体水素供給、貯蔵システムのモデルによる検討を行なった。
- ② 世界各国の液体水素航空機概念設計を調査し、燃料タンク、燃料移送システムの問題について検討を行なった。

ホ) 日本産業機械工業会(ガスタービンに関する研究)

- ① 水素濃度10%迄の国内外での実用例を調査した。
- ② No_x生成量につき検討するとともに、水素—酸素クロージドシステムにつき調査した。
- ③ 水素—酸素ガスタービンとMHD発電、燃料電池との比較検討を行なった。
- ④ 船用水素ガスタービンの将来展望を検討し早期実現されるのは、ホーバクラフトと考えられた。

ヘ) 日本化学工業協会(化学利用に関する研究)

- ① 世界における水素の化学利用の調査を前年度に引続き行なった。メタノールへの利用が、新規用途として目だった。
- ② わが国における水素の化学利用の追加調査を行なった。

- ③ 世界における酸素の化学的利用につき調査した。
- ④ わが国における水素、酸素の製造コスト推定を行った結果、現在のナフサ原料に比べ、重質油のガス化も将来有利であると考えられる。

ト) 電気化学協会(水素周辺技術に関する研究)

- ① 水素エネルギーシステムに関連した萌芽技術として、有機物による水素の輸送、貯蔵技術につき、調査・検討を行なった。
- ② 熱化学法の各種サイクルにつき、その実用化のための第1次評価方法について検討を行なった。
- ③ 水電解法の現状とハイブリッドサイクルへの組み込みの問題点につき調査検討を行なった。
- ④ 一次熱源としての高温ガス炉の現状と水素製造への適用に関して検討した。
- ⑤ 光半導体を利用した水素製造に関し、特に酸化チタンを中心に最近の研究を調査した。

チ) 石川島播磨重工業㈱(キノン法による水素製造法に関する研究)

キノン類化合物を媒介として、水から水素を製造する際のキノン類化合物の物理的、化学的性質を調査し、水素製造の可能性につき調査検討を行なっている。

リ) 三洋電機㈱(光半導体を主体とする水素製造技術に関する研究)

太陽光の吸収により光起電力を発生する半導体材料のうち、光電池の電極として使用し得る材料の探索ならびに各種電極材料の光電極反応について調査研究を行なっている。

ヌ) 電気化学協会(総合的検討)

- ① 各団体の研究調査の連絡、成果の取りまとめを行っている。
- ② サブシステムの調整、評価を行うとともに、利用システムの位置づけの認識を検討した。

(山崎 章)

3. 海外における研究状況

3-1 国際会議

行政・外交レベルで国際的に新エネルギーを開発する機関としては、本号で通産省の亀田開発官が詳述しておられる I E A (International Energy Agency、国際エネルギー機関)がある。

水素の問題は西ドイツが幹事国になっているが、I E A は、ご存知のように、1974年11月15日、キッシンジャーの強い要請で、オベック (O P E C) に対抗して結成されたもので、フランスをのぞく先進18ヶ国でできている。このため、政策的色彩の強い機関で、国際協調的新エネルギーの開発推進の公正な母体とはなりえない性質のもので、現に、アラブ諸国、共産圏、第三国群はフランスとともに、I E A に白眼視する態度をとっている。

学術的学協会は、すべての人権、国家を包含するのが当然の立前なので、それに沿って国際水素エネルギー協会 (I A H E、International Association of Hydrogen Energy) が1975年1月1日、マイアミ大学に事務局をおきスタートした。会長は T. Nejat Veziroglu 幹事は W. D. Escher、常任理事は H. K. Abdel - Aal (サウジアラビア)、J. O' M. Bockris (オーストラリア)、C. Marchetti (オーストラリア)、A. R. Martinez (ベネズエラ)、太田 (日本)、W. Seifritz (スイス)、W. D. Van Vorst (アメリカ)、K. H. Weil (アメリカ) の8名で、常任理事ではないが、J. E. Funk (アメリカ) や D. P. Gregory (アメリカ) は、I A H E の機関誌 International Journal of Hydrogen Energy の編集幹事で強い発言権をもっている。

以上の氏名からもわかるように、I A H E は産油国からの参加を歓迎する基本的態度をもち、共産圏からの参加も望んでいる。

発起人の国籍は、かくて25ヶ国におよび、西インド諸島、プエルトリコ、ルーマニア、ユーゴスラビア、ブラジルなどからも参加している。しかし、まだ会員数は多くなくて、1975年10月1日現在で個人会員数257名、団体会員数4社にとどまる。この団体会員には H E S S も入っている。

会誌は最近出された第1号に引続き、年4回出版されるが、第1号をみればわかるように質の高いものである。

I A H E とマイアミ大学の主催による第1回世界水素エネルギー会議 (W H E C Conference) が、1976年3月1～3日マイアミビーチで開催されることになっている。この会議の状況については、何れ研究会で報告がなされる筈である。

1975年3月3～5日、マイアミ大学で、Hydrogen Energy Fundamentals なるシンポジウムが開催された。1974年のTHEME会議後1年たったのシンポジウムであったが、質の高さは意外によかったという評判で、日本からは伊原氏（電総研）が出席された。IAHEのジャーナルに主な論文が掲載される筈である。

1975年4月28～29日、パリ16番街の欧州共同体本部のビルで、Seminar on Thermochemical Decomposition of Waterなるテーマの小人数参加の会議が開催された。Ispra研究所のアレンジメントによるもので、E.C.の関係分野の要人は、すべて参加していた。会議には、日本から土器屋正之氏（東工試、小寺嘉秀氏の代理）と筆者が出席し、日本における研究の現状を紹介した。

このゼミナールは一切の予稿なしの自由討議であったが、後に議事録が出され、これはHESSの団体会員の希望者に配布したので、すでにご存知の方も多いと思うが、内容は参考になる点も多いので、2節で要約する。正式登録参加者は23名である。

1975年7月21～23日、日本学術振興会とアメリカ科学財団NSFのスポンサーシップにより、東京パレスホテルで、Key Technologies for Hydrogen Energy Systemというテーマでシンポジウムが開催された。

コーディネーターは、太田（日本側、ホストサイド）、Veziroglu（アメリカ側）で、内容の密度の高いものになった。また、予稿集が発行され（事務局、横浜国大）、その充実ぶりには参加者が一様に高く評価していた。

詳細は、太田が学術月報（1976年1月号）に報告しており、また、概要は2節でも述べたい。

1975年10月6～10日、ベネズエラのカラカスで、Fundamentals of Hydrogen Energyなるゼミナールが開催されたが、これは、IAHEの理事の一人であるベネズエラのMartinezがコーディネートしたもので、彼はとくに水素エネルギーに関して研究開発を行っているというのではないが、ベネズエラの工業行政面で力を持ち、また、軍部にも手がかりをもっており、今回のゼミナールは石油基金による。

日本からは私へ招待状がきていたが出席しなかったし、Vezirogluも特に出席をすすめなかった。主な参加者はIAHEの理事とFunk、Gregory、Hershner くらいのものである。

1975年8月24～28日、アメリカ西海岸、ワシントン州ヘリンハムから、オレゴン州をへて、

カリフォルニア州ロスアンゼルスにいたる約 2800 Km の行程を SEED ラリーが行われた。SEED は Student Engineered Economy Design の略である。

武蔵工大の古浜庄一教授のチームは、液体水素用に改良したニッサンチェリーを駆って出場し、液体水素による実走行という未踏の困難を見事に克服して第 4 位に入賞し、ヤンキーズの目を見はらせた。将来、自動車の燃料が液体水素になるかどうかは別の問題として、液体水素をめぐる技術的、社会的困難および経済的問題を突破した努力は水素の研究者として高く評価して拍手を送りたい。

日本だけでなく、世界中に於けるが、口先だけの乙にすました“先物買い日和見”の研究者学者がうようよいる中で、こうした実践の肚挙は見事というよりないであろう。

1975年8月17～22日、デラウェアで、第10回学協会連合エネルギー変換エンジニアリング会議(IECEC)が開催されたが、その中で、Hydrogen というセッションが設けられた。これは、たしか第9回から設けられたものと記憶している。このセッションは第1、第2セッションを通して16の論文を発表した。電解、エンジン、液化、金属水素化合物などに関するものである。筆者のグループは太陽エネルギーのセッションでヨコハマ・マーク5の発表を行った。日本からは、福田雅太郎氏(松下技術)の Lithium / Poly-Carbomonofluoride 電池の発表があった。

水素エネルギーの問題に関する限り、この有名なエネルギー変換工学会は低調に見えるし、参加7学協会の中、水素エネルギーを適正に評価しえないものがあるような印象をうける。やはり、もちはもちやのたとえどおり、水素エネルギーの研究はIAHE主催の学会で発表するのがよさそうである。

一般に、IECECに限らず、既存の学協会の中で、水素エネルギー関係のセッションを設けるものが増加しているが、つぎの2例は、その代表的なものであろう。

1975年4月28～5月2日、イランのシラス(Shiraz)で開催された“エネルギーに重点をおく機械工学会議”もその1例で、M.Sohrabpour(Paklavi 大学、イラン)が代表者として報告されている。

1975年11月1～6日、サウジアラビアのダーラン(Dhahran)で開催された“Comple”国際会議でも水素エネルギーが取上げられた。

Complesとは、Cooperation Mediterraneenne pour Energie Solaireの略称である。代表者名は、M.Ali Kettani（ダーラン科学技術大学）である。

以上の2例は、何れもオアベックに属するが、これについて重要な点を指摘しておきたいと思う。

前述のように、共産圏諸国は一、二をのぞきIAHEには参加していないが、関心をもち開発に従事している人々がいることは確実である。中国では、昨秋、科学技術使節団（団長、嚴濟慈氏）8名を来日させた折、横浜国大の筆者の研究室も訪れ、水素エネルギーシステムの開発を再認識したと語ったものである。

さて、ソ連であるが、水素エネルギーに関しては一切の情報を入手していないが、核開発と結んで開発を考えているだろうということは予測がつく。Middle East EXCLUSIVE という情報雑誌があるが、そこで、ソ連は新エネルギー開発の猛烈なキャンペーンを連続して行なったことがある。その中では、MHD、太陽エネルギー、核融合、潮汐、地熱、起伝導などによる電力システムアプローチを駆っているが、水素エネルギーについてはふれていないようであった。だが、中東への浸透戦略の手段として、国内に向けてではない技術としての水素技術の開発に従事していることは明白である。

（註）昭和51年3月1～3日、マイアミで行われた第1回世界水素エネルギー会議にはソ連は2名の参加者を送った。

水素エネルギーのような革新技术は、既存の石油技術に密着して、例えば、脱硫用水素を水から作ることに端を発するような政策が実際的であるから、こうしたオベックむけの技術キャンペーンを日本はおろそかにしてはいけない。

3-2 海外諸機関の活動

水素エネルギーの研究開発に従事している機関は、大別して3種類になるだろう。

第1はエネルギー産業、代表的なものはメジャーであるが、原子力応用やポスト石油エネルギーにおいて、自らの企業で企業化する意図の下に開発を進めているところで、ユーラトムのイスブラ研究所、IGTの研究所、日本の原子力研究所、西独のユーリッヒ核研究所などはその代表例である。

第2は、いわゆるシンクタンク的要素として技術情報の収集、分析、蓄積し、また、時にはハードの研究も行って、主としてテクノロジーのトランスファーを目標む企業である。IGT

のように第1の場合を兼ねるところもあれば、スイスのパッテルのように典型的なところもある。ほとんど、水素エネルギーを専門にこの活動を行っているのは、Escher(ミシガン)で、ほう大な資料集積があるものとみられるが、昨夏、日米ゼミナールで日本へきた時、会議の内容が、だんだん専門的になり、細かくなって、総合的なシンクタンクの機能は非常に難しくなりつつあるといていた。

第3は、日本の国立研究所、大学などのように学術内至技術体系として研究調査を行い、直ちに企業化したり、応用を考えたりしないで息を長くアセスメントしようという機関で、ブルックヘブン、アルゴンヌなどの国立大学共同研究所、カリフォルニア大学のローレンス・リバモア研究所、ロスアラモス研究所、マイアミ大学など数多い。

最近行われた国際会議での様子や筆者の訪れた機関ないしは筆者の研究室を訪れた諸機関の人々の話から、差支えなさそうなものをここで収録してご参考に供することにしたい。

1975年4月のパリゼミナールの参加者からあたってみることにしよう。

Dr. L. H. Baetsle (C.E.N-S.C.K研究所MOL-DONK、ベルギーの化学部長)。会議で技術的な発言は、ほとんどしなかった。昼食時などでの会話では熱化学法にはいくぶん批判的なように見受けられた。ベルギーは、E.C.の本部があり、外国技術の情報収集に敏感であるが、実際に研究を行っていないようである。

Dr. H. Barnert (Jülich GmbH 核反応研究所、西独)、Dr. Prof. K. F. Knoche (アーヘン、RWTHの技術熱力学学校、西独)、Dr. Prof. R. Steiner (フランクホルト、Hoechst A. G.) の西独勢は、熱化学法開発にかける凄しい気概をもっており、いわゆるEVA-ADAM概念のフレーム内でのメタンの水蒸気改質の一連の仕事の他、金属酸化物、水、SO₂を基本物質とする熱化学サイクルを実行している(ユーリッヒ)。

一方、アーヘンではFeCl₃を触媒物質とする熱化学法(5段法)を開発中で、1975年のマイアミのシンポジウムで、全プロセスの初歩的なデザインを発表している。原子力応用プロセスとして実用に近いものとの自負が強いようであった。

Barnertなどは、1975年5月に政府使節団として日本を訪れ、関係機関を歴訪して情報交換をしている。

Dr. G. Beghi (イスブラ研究所、水素プロジェクトリーダー、イタリー)。今回のゼミナールの立役者で、Marchettiなきあとのイスブラ研究所を背負っている。

Dr. de Beni (同)は、Beghiの下で、実際の化学サイクルを研究しているが、現在では、

ユーラトム・マーク 20 まで発表されている。しかし、その数は、ほとんど気にする必要はなく、実際に有用なものは、マーク 9 の変形であると思ってよい。また、硫黄族にも一連のサイクルを作った。一般に鉄-クロリンサイクルでは酸素発生に困難が多く、これが大切な課題であった。

HBr の電気分解法を取り入れたハイブリッド法も開発中で、熱化学法には、イスブラの人々は誰れも強い愛着をもっており、自由討論では、観念論だけで熱化学法を批判していた Prof. G. C. Scibona (Cossaccia 研究センター、材料部長、イタリー) を猛烈に批判しかえしていた。「黑板へ出て、あなた自身のサイクルを書き、それに基づいて発言してみたまえ」というきつい調子である。

Prof. J. E. Funk (ケンタッキー大学、工学部長、アメリカ) は、ご存知のように、熱化学サイクル法は、イスブラよりも 5 年も前に手がけているベテランであり、人格も円満で、若いのに政治手段もあり、日本の大阪ガスはじめ、世界中から数名の研究生が留学に集ってきている。

熱化学法に関する評価も控え目で、例えば As や Hg をサイクル物質として使うことには批判的であり、総合効率の評価も 30% を割るような発言もして、西独、イタリーの積極派と微妙な差異をみせていた。昨夏、日米ゼミナールにきた時も全く同じ印象であった。

実際研究しているサイクルは SO₂ ハイブリッドサイクルで、目的は 3 GW 出力の高温ガス炉への付置である。多くの発言をしたが、まとめてみるとほとんど内容の新しいものがないという調子で、この点、日本からの土器屋氏や私の討論と対称的であった。日本の研究はここでは省略する。

Mr. Lecoanet (フランスガス) は、B. Esteve などとともに熱化学法の熱力学的計算を行っている。フランスでは、Joly (PUK 原子力研究所) なども理論的検討をしているが、実際の研究は、サクレーの化学教室などで実験室規模の反応の研究が行われているようである。

Dr. M. G. Bowman (ロスアラモス研究所、カリフォルニア大学、アメリカ)。硫酸分解法に基本をおく最近の化学サイクルに重点を移しているが、熱化学サイクルと名付けられるものは数拾種にわたって発表した。

この研究所では、東工試で行っている H₂S 分解法と類似のサイクルの開発もなされている。

ロスアラモス研究所の所長 Hammel は低温工学の大御所で、筆者が渡米する折は、是非立寄るように再三の要請を受けながら、まだ、その機会をえない。

Prof. J. Cunningham (Cirk 大学、化学教室、アイルランド)。バリゼミナールで会っただけの数少ない人の中の一人で、水素エネルギー関係の他の会合や論文を見かけたことはない。童顔であるが 50 才くらい。筆者とはバリ会議中、親しくなった。ほとんど発言しなかったが、熱化学法には強い批判をもらしており、効率の上から旧来の電解システムとは大刀うちできぬだ

ろうともらしていた。

Mr. P. J. Hampson (Surrey 中央電力、イギリス)も熱化学法批判派の一人で、ガスタービンはその翼の冷却技術の開発とともに効率が飛躍的に大きくなり50%近くになる見込であり、電解効率も80%近くになると、システム効率40%で、熱化学法はとてもおよぼぬのではなからうかというのが言い方である。

Prof. Dr. J. A. A. Ketelaar (アムステルダム大学、オランダ)は人なっこく会議中ほとんど発言しなかったが、ヨコハマ・マーク5の光化学方式には異常な関心をしめした。光化学サイクルでも有機物のハイドロキノンを用いるものは駄目だろうという発言をしていた。

これは土器屋氏が日本の研究を紹介した時のコメントであった。

イギリスからは、Hampsonなどの他、A. E. R. E.の材料部門の長であるM. H. Rand もみえていたが、どんな発言をしたか覚えていない。

Dr. Roth (サクレー C. E. A. 化学教室、フランス)やMr. J. Rastoin (同、熱力学)は熱化学法の理論的研究を盛んに行っており、情報収集のみでなく簡単な実験もやっている。

Dr. F. J. Salzano (ブルックヘブン研究所、N. Y. アメリカ)は熱化学法の専門家というよりは水素エネルギー全般のシステム研究で知られるWinsche 一派の一方の長で精力的な人である。この研究所には昨夏来日したHoffmanもあり、金属水素化物、水素エンジンなどのシステムの開発としては恐らく世界のトップレベルにある。これは、Winsche の抱よう力と政治力と実力によるものであろう。ただ、熱化学サイクルの研究は実際に行われていない。

さて、昨年7月に東京で開催された日米ゼミナール、“Key Technologies for Hydrogen Energy System”に参加したアメリカ側の人達を例にアメリカ国内の開発状況をべっけんしよう。

Mr. G. D. Brewer (ロッキード航空機、アメリカ)はゼミナール開催の頃、新聞やラジオで報道されたので記憶に新しい方もおられると思うが、液体水素燃料のポストライスター機の構想を述べた。マッハ2.7であるが、その他の規模は、今のライスターと大差はない。ロッキードのみならず、最近では、ボーイングやダグラスでも液体水素燃料の超音速ジェット機の構想を打出さざるをえなくなってきたようである。この理由の一つは、英仏共同開発のコンコルドに対する対抗措置として、排気汚染および騒音とともにすぐれた液体水素燃料機が本命と目されるに至ったもので、液体水素の利用技術となるとNASAを中心に蓄積された質と量は英仏のとうてい及ばざるところであるから、もっともという感じである。

Mr. T. R. Moffette (ゼネラルアトミック、アメリカ)はアジア太平洋部の支配人(技術

担当)であるが、ゼネラルアトミックの水素エネルギーの研究はよく知られている。はじめの頃はコンピュータによるサイクル探しを行っていたが、最近では、Dr. J. Russell が硫酸分解型サイクルを提唱し、これに沿って相当進んだ開発を行っているものとみられる。

社の幹部から筆者へ度々、Russell 提案のサイクルについて意見を求められているし、Russell 自身もコンタクトされた。

Dr. A. San Pietro (インディアナ大学、アメリカ)は、三井旭(マイアミ大学)とともに、微生物による太陽エネルギー利用の水分解の大御所で、1976年3月10日から数日間ニューヨークで、この種の会議が開催されたが、今後、ますます盛大になるであろう。太陽熱によって葉緑素内で活性化された電子がプロントと結合して水素を発生するものである。

Dr. W. D. Van Vorst (カルフォルニア大学、アメリカ)は、液体水素の小型自動車をもっとも早期に完成した人で、その名はよく知られている。水素燃料用の内燃機関の研究はアメリカでは他の国に比して早くから開発が進められ、Dr. P. C. T. de Boer (コーネル大学、アメリカ)も、昨夏来日したこの方面の権威である。

Mr. J. H. Kelley (ジェット推進研究所、アメリカ)。バサデナにあるジェット推進研究所の液体水素関係のマネジャーであるが、この研究所は航空用燃料としての液体水素の研究に高いポテンシャルティをもち、将来の水素エネルギーシステムでは指導的役割を果たすところの一つと目されている。

National Bureau of Standards の Boulder の研究所は低温工学への貢献で知られているが、Dr. J. Hord が水素開発の責任者である。水素脆性の研究もさることながら、昨夏、NASA の Lewis 研究センターのためにまとめあげた "Hydrogen Technological Survey - Thermophysical Properties" (NASA SP-3089) という 530 頁のデータ集は、まさに、水素物性データの決定版ともいべきもので、また、この貴重なデータ集を世界の主な水素エネルギーの研究所に無料ないし実費(12ドル)で頒価したので、われわれとしては大助りである。

水素物性データの標準と考えてもよいものである。

オハイオ州にある NASA の Lemis 研究所では、水素材料(水素エネルギーシステムに用いられる材料)の研究に力を入れており、1976年3月1~3日の第1回世界水素エネルギー会議では、Dr. H. Gray が "Potential Material Problems in a Hydrogen Energy System" というテーマで発表を行っている。予稿集の論文を読まれることをおすすめしたい。

Prof. A. Hildebrandt (ヒューストン大学、アメリカ)は物理学者であるが、いわゆるタ

ワートップ型ソーラーコレクターの研究者として、アメリカの太陽エネルギー開発の中心人物の一人である。1976年3月現在、まだ、太陽タワーを建設していないが、調査は、ほぼ完全に終了しているようで、高温熱分解法による水からの水素製造の発表をたびたび行っている。

最近ではビレーネのオディヨの太陽エネルギー研究所(所長R.Trombe)でも水素製造プロジェクトに関心を示しはじめ、ヨコハマ・マーク5方式の検討もしている旨の報告を受けている。

水素エネルギーシステムの現在の流れとは直接の関係はないにしても、より現実的、実地的な方面で重要な排棄物からのエネルギー再生、原料再生の研究はヒューストン大学、化学工学科主任(元副学長)のC.J.Huang氏を中心とするヒューストングループが、一つのピークを作って成果を挙げているが、Huang氏は1976年1月~3月は横浜国大の水素研究室や東京大学工学部に滞在され、日本のグループ、とりわけ、横浜グループと共同研究によって水素開発の仕事に従事された。

この種の研究は、プリンストン大学の、Prof.M.J.Antalによってもなされており、アメリカの応用科学部門の国家ニーズの重要な仕事の一つと目され、それが、また、水素エネルギーシステムの中の一つの部門を形成しつつある。

水素エネルギーシステムの研究開発は、一口にいて多様化し、細分化専門化の様相を急激に示しはじめてきた。エンジン、製造、経済分析までを全部ひっくるめて一人で状況分析をやることは、まず不可能に近くなってきた。

この意味で、IAHEもHESSも三つくらいの分科会を設けざるをえないだろうが、しかし、エネルギーシステムというものは相互に連絡があってはじめて有用なものであるから、なるべく分科会がひとり歩きしないで、相互に密接な協調を保ちたいものである。

(太田時男)

4. 水素エネルギー関連国際会議論文リスト

1974年3月に行なわれたTHEME(水素経済マイアミ・エネルギー)会議以来、水素エネルギーをテーマとする会議が、1975年3月のHydrogen Energy Fundamentals とよばれるシンポジウムに続き、1975年7月のKey Technologies for the Hydrogen Energy System と題する日米ジョイントセミナーが開かれ、本年(1976年)3月には Ist World Hydrogen Energy Conference が開かれるに至っている。

ここではシンポジウム以降の3つの会議に発表された論文リスト、発表者と所属を順次紹介する。

4-1 水素エネルギー基礎に関するシンポジウム

(Hydrogen Energy Fundamentals - Symposium Course -)

1975年3月3～5日の3日間、米国マイアミ・ビーチ市で、国際水素エネルギー協会とマイアミ大学の共催のもとにこのシンポジウムが開催された。

ブロンディングプログラムによると次のような5つのセッションに分けられている。

セッション1	一次エネルギー源	(論文 1件)
セッション2	製造プロセス	(論文 3件)
セッション3	輸送・貯蔵	(論文 4件)
セッション4	利 用	(論文 4件)
セッション5	トピックス	(論文 4件)

発表論文と発表者、所属の一覧を示すと次のようである。

SESSION 1. PRIMARY ENERGY SOURCES

SOLAR TOWER THERMO-CHEMICAL ENERGY CYCLES

A. F. Hildebrandt, Director, Solar Energy Research Laboratory,
University of Houston, Houston, Texas

SESSION 2. PRODUCTION PROCESSES

THERMOCHEMICAL PRODUCTION OF HYDROGEN VIA MULTISTAGE WATER SPLITTING PROCESSES

J. E. Funk, Dean, College of Engineering, University of Kentucky,
Lexington, Kentucky

A THERMOCHEMICAL PROCESS FOR HYDROGEN PRODUCTION

K. F. Knoche, H. Cremer, and G. Steinborn, Rheinisch-Westfalische Technische Hochschule, Aachen, West Germany

PHOTOPRODUCTION OF HYDROGEN VIA MICROBIAL AND BIOCHEMICAL PROCESSES

A. Mitsui, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami, Miami, Florida

SESSION 3. TRANSMISSION AND STORAGE

ENERGY TRANSMISSION SYSTEMS

G. Garth Leeth, Energy Systems Program, General Electric Company, Santa Barbara, California

RESEARCH OPPORTUNITIES IN CRYOGENIC HYDROGEN ENERGY SYSTEMS

J. Hord, National Bureau of Standards, Boulder, Colorado

WILL HYDROGEN TRANSMISSION REPLACE ELECTRICITY?

P. J. Hampson, A. B. Hart, B. Jones, D. T. Swift-Hook, J. J. Syrett and J. K. Wright, Central Electricity Generating Board, Leatherhead, Surrey, England

SESSION 4. UTILIZATION

AVIATION USAGE OF LIQUID HYDROGEN FUEL

G. D. Brewer, Lockheed-California Co., Burbank, California

AN ENERGY UTILITY COMPANY'S VIEW OF HYDROGEN ENERGY

J. M. Burger, Public Service Electric and Gas Company, Newark, New Jersey

AUTOMOTIVE HYDROGEN ENGINES AND ONBOARD STORAGE METHODS

Wm. D. Van Vorst and J. G. Finegold, University of California, Los Angeles, California

SESSION 5. SPECIAL TOPICS

ECONOMICS OF HYDROGEN ENERGY SYSTEMS

K. C. Hoffman, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York

INVESTIGATION OF HYDROGEN FUEL FOR NAVY APPLICATION

C. Hershner, Naval Ship Research and Development, Annapolis, Maryland

A TECHNOLOGY ASSESSMENT OF THE HYDROGEN ECONOMY
CONCEPT

E. M. Dickson, Stanford Research Institute, Menlo Park, California

THE PROGRESSION INTO HYDROGEN ENERGY:
A TECHNOFICTIONAL FORECASTING SCENARIO

W. J. D. Escher, Escher Technology Associates, St. Johns, Michigan

ADDITIONAL PAPERS ON SPECIAL TOPICS

PHOTOCHEMICAL COMBUSTION OF HYDROGEN

R. F. McAlevy, III, Stevens Institute of Technology, Hoboken, New Jersey

HYDROGEN PIPELINE TRANSMISSION

J. G. Hollenberg, Stevens Institute of Technology, Hoboken, New Jersey

尚、研究発表会において、このシンポジウムに出席した伊原氏の発表があるが、当日これ以外にも幾つかの発表が追加されている。

4-2 水素エネルギーシステムのキーとなる技術に関する日米セミナー (U.S.-Japan
Joint Seminar on Key Technologies for the Hydrogen Energy
System)

このセミナーは日本学術振興会と米国National Science Foundationの共催で東京、パレスホテルにおいて1975年7月21～23日の3日間行なわれた。セッションは7つも受けられている。各論文と発表者の一覧を次に示す。

SESSION 1 "Hydrogen Production by Thermochemical and
Electrochemical System -1-

Thermochemical and Electrolytical Production of Hydrogen

J. E. Funk

Efficiency of Thermochemical Production of Hydrogen

K. Fueki

A Computer-aided Search for Thermochemical Waterdecomposition

K. Yoshida, H. Kameyama and K. Toguchi

SESSION 2 "Hydrogen Production by Thermochemical and
Electrochemical Systems -2-

Closed Cycle Hydrogen Production via CO₂ Decomposition

S. Sato, Y. Ikezoe, M. Takehisa and R. Ueda

Hydrid Cycle with Electrolysis Using CuCl System

M. Dokiya and Y. Kodera

SESSION 3 "Hydrogen Production by Solar Energy"

Hydrogen Production via Photosynthetic Processes

A. Mitsui

Hydrogen Production by the Photocatalytic Decomposition of Water

H. Tamura, S. Murakami, M. Murata, H. Ikeda and
H. Yoneyama

Water-Splitting-System Hybridised by Photochemical and
Thermoelectric Utilizations of Solar Energy

T. Ohta, S. Asakura, M. Yamaguchi, N. Kamiya, N. Gotoh
and T. Otagawa

SESSION 4 "Cryogenic System for Hydrogen Storage and Transportation"

Hydrogen-Oxygen Utilization Devices

W. J. D. Escher

Hydrogen Fueled Transport Aircraft

G. D. Brewer

SESSION 5 "Hydride System for Hydrogen Storage and Transportation"

Metal Hydride Storage for Mobile and Stationary Applications

K. C. Hoffman

Thermochemical Study in National Chemical Laboratory for Industry

Y. Kodera

SESSION 6 "Hydrogen Energy Systems"

Fossil/Hydrogen Energy Mix and Population Control

T. Nejat Veziroglu

Overview of the U.S. Hydrogen Energy Systems Technology Study

J. H. Kelley

An Assessment on the Transition to Hydrogen Energy Systems

S. Ihara and S. Wakamatsu

SESSION 7 "Hydrogen Engine"

Hydrogen as an Automotive Fuel

W. D. Van Vorst

Experimental Results with Hydrogen Fueled Internal Combustion Engines

P. C. T. de Boer

Improvements on Combustion in Hydrogen Fueled Engines

S. Furuhashi, K. Yamane and I. Yamaguchi

Appendix

Tasks for Clean Energy and Sunshine Projects

S. Kato

4-3 第1回世界水素エネルギー会議 (1st World Hydrogen Energy Conference)

この会議は国際水素エネルギー協会とマイアミ大学の共催で、ERDAとマイアミ大のスポンサーシップのもとに行なわれた。1976年3月1日～3日の3日間、マイアミ・ビーチ市で行なわれた。会議のプログラムをもとに紹介するが、セッションは第3表のように1～9あり、しかも各セッションがA、B、Cと3つに分けられている。各セッションの内容と発表論文は第3表に示した通りで、合計139の論文がエントリされている。

また発表機関と発表セッションの関係を表にしたのが、第4表で、米国の大学関係、研究機関、会社別、続いてその他の国別に分けてある。またうしろに示した英数字は発表セッションを示している。

以下に各論文と発表者名をプログラムに従って示す。

表-3 発表論文数

	論 文 項 目	件 数
S 1	A 原子力と水素製造 I	5
	B エネルギー輸送	5
	C 概 観 I	6
S 2	A 原子力と水素製造 II	5
	B 貯蔵・一般	5
	C 概 観 II	6

S 3	A	太陽エネルギーからの水素製造	6
	B	乗物における水素貯蔵	5
	C	経済的考察	6
S 4	A	石炭からの水素製造	5
	B	水素製造オルタネーティブズ I	5
	C	環境と法律関係	5
S 5	A	熱化学法による水素製造 I	6
	B	水素製造オルタネーティブズ II	5
	C	利用 — 航空機	6
S 6	A	熱化学法による水素製造 II	6
	B	電解による水素製造 I	6
	C	利用 — 自動車 I	6
S 7	A	熱化学法による水素製造 III	5
	B	電解による水素製造 II	6
	C	利用 — 自動車 II	5
S 8	A	熱化学法による水素製造 IV	6
	B	メタルハイドライド貯蔵	6
	C	利用 — 工業、商業、住宅	6
S 9	A	熱化学法による水素製造 V	5
	B	金属問題	5
	C	利用 — 特殊用途	6
		合 計	139

表 - 4 論文発表機関一覧表

<u>米国：大学</u>						
UCLA		3B	NASA Lewis Research Center	9B	Lehrstuhl für Technische, Thermodynamik	5A, 6A, 7A
Stanford Research Institute		2C	Sandia Lab.	9B	Gesellschaft für Kernforschung mbH.	8A
Univ. of Michigan		1A, 1C, 3B	The Rand Corp.	4A, 5C	Institute für Festkörperforschung	8B
Univ. of Kentucky		1B, 6A, 7A, 8A, 9A	<u>米国：会社</u>			
Univ. of Miami		2A, 3C, 4B, 7C, 9B	General Atomic Co.	1A	<u>フランス</u>	
Oklahoma State Univ.		2B, 7B	Public Service Electric & Gas Co.	1B	CEN/SACLAY	2A
Univ. of Houston		3A	Union Carbide Corp.	2B	Laboratoire d'Electrolyse du C.N.R.S.	2B
Univ. of Arizona		3A	Southern California Gas Co.	2B	Laboratoire des Ternes Rares du C.N.R.S.	2B
John's Hopkins Univ.		3A	The Oceanic Foundation	2C	Laboratoire des Ultra Refractaires	3A
Princeton Univ.		3A	Technidyne Inc.	3B	Techniques Nouvelles	6A
Virginia State Univ.		3B	Fred Schulman Asso.	3C	Electricite de France	6B, 7B
Univ. of Pennsylvania		2C	Koppers Co.	4A	S. R. T. I.	6B
Harvard Univ.		3C	General Atomic Co.	4A	<u>カナダ</u>	
Flinders Univ.		4B	Westinghouse Electric Corp.	4C, 9A, 9A	Univ. of Western Ontario	4B
Univ. of Michigan-Dearborn		4C	Rohm & Haas Co.	5A	Atomic Energy of Canada Lim.	2A
West Virginia Univ.		4C	Allied Chemical Corp.	5B	Chalk River Nuclear Lab.	2A
Univ. of Wisconsin		6A	Boeing Commercial Airplane Co.	5C	General Chemistry Branch	2A
Univ. of California		6C	Teledyne Energy Systems	6B	Consultants LTD.	8C
Colorado State Univ.		9C	General Electric Co.	6B	Univ. of Calgary	9C, 9C
Cornell Univ.		9C	Billings Energy Research Co.	6C, 6C, 7B, 7C, 7C, 7C	<u>スイス</u>	
<u>米国：研究所</u>			Aerojet Nuclear Co.	6C	Swiss Federal Institute for Reactor Research	1A
Brookhaven National Lab.		1B, 2A, 6B, 6B, 8B, 8B, 8C, 8C	Energy Research Corp.	7B	Consultant-Office for Arctic Research, Geology and Hydrogy	2C
Institute of Gas Technology		1B, 2A, 4A, 4B, 7A, 7B, 8C	Monsanto Research Corp.	8B	BBC Aklengesellschaft Brown, Boveri & Cie	7B
National Bureau of Standard		1B	Beech Aircraft Corp.	8C	<u>ベルギー</u>	
Stevens Institute of Technology		1C, 7C	Rockwell Institute	9B	S.C.I.E.N.C.E. s.p.r.l.	1C
Laurence Livermore Lab.		1C, 2C	<u>米国：その他（個人）</u>			
Energy Research & Development Administration		1C, 4C		4B, 4C	Belgian Nuclear Research Center	6C, 7A
Jet Propulsion Lab.		1C, 3C	<u>日本</u>		<u>イギリス</u>	
Langley Research Center		4A, 5C, 5C	東京大学	6A	Brunel Univ.	2C
Los Alamos Scientific Lab.		5A, 5A, 8A, 8C	横浜国立大学	3A	<u>イタリア</u>	
Battelle Pacific Northwest Lab.		5B	武蔵工業大学	6C	EURATOM	5A, 6A, 7A, 8A, 8A, 8A
Air Force Flight Dynamic Lab.		5C	電子技術総合研究所	5B, 5B'	<u>オランダ</u>	
California Institute of Technology		5C	東京工業試験所	5A	Special Studies Group TNO	3C
Argonne National Lab.		8B	<u>西独</u>		<u>イスラエル</u>	
Mound Lab.		8B	Institut für Reaktor Bauvelemente	1A	Technion Israel Institute of Technology	3B
Westinghouse Research Lab.		9A, 9A	Institut für Reaktorentwicklung der Kernforschungsanlage Julich	1A	<u>トルコ</u>	
Savannah River Lab.		9B	Institut für Energiewandlung und Electriche Antriebe	1A	Middle East Technical Univ.	3C
					<u>オーストラリア</u>	
					Flinders Univ. of South Australia	5B

PROGRAM

Monday, 1 March 1976

Breakfast for the day's
Authors and Speakers 8:00 a.m.
Registration and Information 8:00 a.m.–5:00 p.m.
CONFERENCE OPENING 9:00 a.m.
T. Nejat Veziroglu
Conference Chairman
WELCOMING ADDRESS
Henry King Stanford
President, University of Miami

KEYNOTE ADDRESS
Derek P. Gregory, Director
Energy Systems Research
Institute of Gas Technology
Chicago, Illinois

TECHNICAL PROGRAM

Session 1A 10:15 a.m.–12 noon
Ballroom

Nuclear Energy and Hydrogen Production I

Session Chairman: G. Beghi
EURATOM
Ispra, Italy
Session Co-Chairman: H. S. Robertson
Department of Physics
University of Miami
Coral Gables, Florida

**HYDROGEN PRODUCTION PROCESS BY
MEANS OF NUCLEAR ENERGY**

R. Harth, B. Hohlein, Institut für Reaktor-
bauelemente, KFA Jülich, W. Germany

**THE CONCEPT OF "NUCLEAR HYDROGEN
PRODUCTION" AND PROGRESS OF WORK
IN THE NUCLEAR RESEARCH CENTER
JULICH**

R. Schulten, H. Barnert, H. Fedders, G.
Grziwa, A. Schulte, Institut für Reak-
torentwicklung der Kernforschungsanlage
Jülich, 517 Jülich 1, Postfach 1913, W.
Germany

**A SYMBIOTIC NUCLEAR REACTOR FAMILY
FED BY URANIUM AND THORIUM FROM
GRANITE OF THE ALPS AS THE ULTIMATE
PRIMARY ENERGY SOURCE OF A MIXED
HYDROGEN-ELECTRIC ECONOMY FOR
SWITZERLAND**

H. Huwlyer, W. Seifritz, R. Stratton, Swiss
Federal Institute for Reactor Research, CH-
5303, Würenlingen, Switzerland

**THE AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR
AS A SOURCE OF HYDROGEN AND OF
PROCESS HEAT**

D. Majumdar, H. Reyes, W. Kerr, Dept. of
Nuclear Engineering, University of Michigan,
Ann Arbor, Michigan, USA

WATER SPLITTING—A PROGRESS REPORT

J. Russell, Jr., General Atomic Company, P.O.
Box 81608, San Diego, California, USA

Session 1B 10:15 a.m.–12 noon
Palladium

Energy Transmission

Session Chairman: J. H. Kelley
Jet Propulsion Laboratory
Pasadena, California
Session Co-Chairman: H. W. Hiser
Remote Sensing
Laboratory
University of Miami
Coral Gables, Florida

**THERMODYNAMIC ANALYSIS OF ALTER-
NATE ENERGY CARRIERS, HYDROGEN
AND CHEMICAL HEAT PIPES**

K. Cox, M. Soliman, R. Carty, W. Conger, J.
Funk, College of Engineering, University of
Kentucky, Lexington, Kentucky, USA

**THE NITROGEN OF DISTILLATE OIL/
HYDROGEN FUELLED FUEL CELLS INTO
THE NATIONAL ENERGY SYSTEM**

C. Braun, E. Cherniavsky, F. Salzano,
Brookhaven National Laboratory, Upton, New
York, USA

**BLENDING OF HYDROGEN IN GAS DIS-
TRIBUTION SYSTEMS**

J. Griffith, W. Harding, K. Kelton, Public Ser-
vice Electric and Gas Company, 80 Park Place,
Newark, New Jersey, USA

**ENERGY TRANSMISSION FROM OCEAN
THERMAL ENERGY CONVERSION PLANTS**

N. Biederman, B. Winer, Institute of Gas
Technology, 3424 South State Street, Chicago,
Illinois, USA

H₂ ENERGY CABLE

R. Voth, J. Hord, U.S. Dept. of Commerce,
National Bureau of Standards, Boulder, Col-
orado, USA

PROGRAM

Session 1C
Club Royale

10:15 a.m.-12 noon

Overview I

- Session Chairman: K. C. Hoffman
Brookhaven National
Laboratory
Upton, New York
- Session Co-Chairman: W. B. King
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

A NEW LOOK AT HYDROGEN IN ENERGY SYSTEMS

K. Weil, Stevens Institute of Technology,
Hoboken, New Jersey, USA

HYDROGEN ENERGY—ITS POTENTIAL PROMISES AND PROBLEMS

G. Sauter, Lawrence Livermore Laboratory,
Livermore, California, USA

ANALYSIS OF A DELPHI STUDY ON HYDROGEN

P. Valette, L. Valette, M. Siebker,
S.C.I.E.N.C.E. s.p.r.l., Avenue Louise 177,
1050 Bruxelles, Belgium

ERDA's HYDROGEN PROGRAMS

A. Landgrebe, Energy Research and Development Administration, Washington, D.C., USA

THE NASA HYDROGEN ENERGY SYSTEMS TECHNOLOGY STUDY: A SUMMARY

E. Laumann, Jet Propulsion Laboratory,
Pasadena, California, USA

PERSPECTIVES ON THE EVOLUTION INTO A HYDROGEN ECONOMY

L. Jones, The University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA

Session 2A
Ballroom

1:30-3:15 p.m.

Nuclear Energy and Hydrogen Production II

- Session Chairman: K. F. Knoche
Lehrstuhl für Technische
Thermodynamik
Aachen, West Germany
- Session Co-Chairman: J. P. Alexander
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

AN OPTIMIZED ADVANCE-TECHNOLOGY NUCLEAR ELECTROLYTIC HYDROGEN PRODUCTION FACILITY CONCEPT

K. Darrow, Jr., W. J. D. Escher, D. Gregory,
Institute of Gas Technology, 3424 South
State Street, Chicago, Illinois, USA

THERMODYNAMIC STUDY OF SOME WATER-SPLITTING PROCESSES

P. Courvoisier, D. Leger, P. Lessart, CEN/
SACLAY, 91190 Gif/S/Yvette, France

PEAK POWER AND HEAVY WATER PRODUCTION FROM NUCLEAR HYDROGEN

M. Hammerli, W. H. Stevens, W. J. Bradley,
Atomic Energy of Canada Limited, General
Chemistry Branch, Chalk River Nuclear
Laboratories, Chalk River, Ontario, Canada

HYDROGEN PRODUCTION OPTIONS USING FUSION ENERGY

J. Powell, F. Salzano, E. Beardsworth, J.
Karkheck, Brookhaven National Laboratory,
Upton, New York USA

CONTROLLED THERMONUCLEAR REACTOR SYSTEMS: THE TRISOPS PROGRAM AT THE UNIVERSITY OF MIAMI

L. Phadke, D. Wells, Department of Physics,
University of Miami, Coral Gables, Florida,
USA

Session 2B
Palladium

1:30-3:15 p.m.

Storage—General

- Session Chairman: J. E. Johnson
Union Carbide Corp.-
Linde
New York, New York
- Session Co-Chairman: S. S. Lee
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

A WIND ENERGY SYSTEM UTILIZING HIGH PRESSURE ELECTROLYSIS AS A STORAGE MECHANISM

H. Jack Allison, School of Electrical Engineering,
Oklahoma State University, Stillwater,
Oklahoma, USA

A NEW STORAGE HYDROGEN ELECTRODE

J. Sarradin, G. Bronoel, M. Bonnemay, A.
Percheron, L. Schlapbach, J. C. Achard,
Laboratoire d'Electrolyse du C.N.R.S.,
Laboratoire des Terres Rares du C.N.R.S.,
92190 Bellevue, France

PROGRAM

A STUDY OF THE EFFICIENCY OF HYDROGEN LIQUEFACTION

C. R. Baker, R. L. Shaner, Union Carbide Corporation, Linde Division, Tonawanda, New York, USA

A SYSTEM CONSIDERATION OF THE CRYOGENIC STORAGE TANK FOR LIQUID HYDROGEN FUELED VEHICLES AND THE RESULTING TANK CONSTRUCTION FOR A PASSENGER CAR

W. Peschka, C. Carpetis, Institut für Energiewandlung, Und Elektrische Antriebe, 7 Stuttgart 80 (Vaihingen) W. Germany

TECHNICAL AND ENVIRONMENTAL ASPECTS OF UNDERGROUND HYDROGEN STORAGE

A. Walters, Southern California Gas Company, Box 3249 Terminal Annex, Los Angeles, California, USA

Session 2C
Club Royale

1:30-3:15 p.m.

Overview II

Session Chairman: R. Zweig
Pollution Control
Research Institute
Riverside, California

Session Co-Chairman: J. R. Anderson
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

WORLD ENERGY PRODUCTION

J. C. Denton, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania, USA

TOWARDS A DECENTRALIZED HYDROGEN ECONOMY

P. Sermon, Dept. of Industrial Chemistry, Brunel University, Uxbridge, England

TECHNOLOGY IMPACT ASSESSMENT OF THE HYDROGEN ECONOMY CONCEPT—KEY FINDING

E. M. Dickson, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, USA

WILL THE LARGE-SCALE PRODUCTION OF HYDROGEN BE PART OF THE ENERGY PROBLEM OR PART OF ITS SOLUTION?

G. Sauter, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, California, USA

THE GREENLAND HYDROPOWER AS A SOURCE OF ELECTROLYTIC HYDROGEN

H. Stauber, U. La Roche, Consultant-Office for Arctic Research, Geology and Hydrology, CH-8034, Zurich, Switzerland

HYDROGEN IN THE SEAWARD ADVANCEMENT OF INDUSTRIAL SOCIETIES

J. Hanson, The Oceanic Foundation, Waimanalo, Hawaii, USA

Session 3A
Ballroom

3:35-5:20 p.m.

Hydrogen Production Using Solar Energy

Session Chairman: J. Hord
National Bureau of
Standards
Boulder, Colorado

Session Co-Chairman: H. W. Hiser
Remote Sensing
Laboratory
University of Miami
Coral Gables, Florida

SOLAR TOWER CHARACTERISTICS

A. Hildebrandt, L. Vant-Hull, Solar Energy Laboratory, University of Houston, Houston, Texas, USA

HYDROGEN PRODUCTION USING HIGH TEMPERATURE SOLAR ENERGY

E. Bilgen, M. Ducarroir, M. Foex, F. Sibieude, Laboratoire des Ultra Refractaires, C.N.R.S., BP 5, Odeillo, 66120 Font Romeu, France

HIGH TEMPERATURE STABLE, SPECTRALLY SELECTIVE SOLAR ABSORBERS FOR THERMOCHEMICAL HYDROGEN PRODUCTION

H. S. Gurev, R. E. Hahn and K. D. Masterson, University of Arizona, USA

WATER-SPLITTING-SYSTEM SYNTHESIZED BY PHOTOCHEMICAL AND THERMOELECTRIC UTILIZATIONS OF SOLAR ENERGY

T. Ohta, S. Asakura, M. Yamaguchi, N. Kamiya, Yokohama National University, Yokohama 233, Japan

DESIGN OF AN OCEAN THERMAL ENERGY PLANT-SHIP TO PRODUCE AMMONIA VIA HYDROGEN

G. L. Dugger, E. J. Francis, Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Silver Spring, Maryland, USA

PROGRAM

SYNTHETIC FUELS FROM SOLID WASTES AND SOLAR ENERGY

M. J. Antal, Jr., School of Engineering and Applied Science, Princeton, University, Princeton, New Jersey, USA

**Session 3B
Palladium**

3:35 p.m.-5:20 p.m.

Fuel Storage in Vehicles

Session Chairman: F. J. Salzano
Brookhaven National
Laboratory
Upton, New York

Session Co-Chairman:
W. B. King
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

HYDROGEN STORAGE ON HIGHWAY VEHICLES: UPDATE '76

E. Ecklund, ERDA, Ann Arbor, Michigan, USA

HYDROGEN VEHICULAR FUEL STORAGE AS A STEP IN A WATER SPLITTING CYCLE

P. Rudman, Department of Physics, Technion-Israel Institute of Technology, Haifa, Israel

APPLICATIONS AND OPTIMUM FORM OF FUEL STORAGE FOR H₂-POWDERED VEHICLES

R. Whitelaw, Mechanical & Nuclear Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA

METHODS OF ON-BOARD GENERATION OF HYDROGEN FOR VEHICULAR USE

Wm. D. Van Vorst, A. Z. Ullman, UCLA, School of Engineering and Applied Science, 7619 Boelter Hall, Los Angeles, California, USA

AUTOMOTIVE FUEL-SAVING SYSTEM WITH ON-BOARD HYDROGEN GENERATION AND INJECTION INTO I.C. ENGINES

D. Kelly, Technidyne, Inc., Maspeth, New York, USA

**Session 3C
Club Royale**

3:35 p.m.-5:20 p.m.

Economic Considerations

Session Chairman: G. D. Sauter
Lawrence Livermore
Laboratory
Livermore, California

Session Co-Chairman: H. S. Robertson
Department of Physics
University of Miami
Coral Gables, Florida

HYDROGEN USE PROJECTIONS AND SUPPLY OPTIONS

R. Manvi, R. Caputo, T. Fujita, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California, USA

ECONOMICS OF NUCLEAR-ELECTROLYTIC HYDROGEN

S. Kakac, T. N. Veziroglu, Middle East Technical University, Ankara, Turkey

HYDROGEN IN THE ENERGY SYSTEM OF THE NETHERLANDS

A. J. Bogers, W. van Deelen, Special Studies Group TNO, Apeldoorn, The Netherlands

U.S. OPTIONS FOR A TRANSITION FROM OIL AND GAS TO SYNTHETIC FUELS

A. Manne, Littauer Center, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA

A SIMPLIFIED EQUILIBRIUM MODEL OF THE U.S. ENERGY-ECONOMIC SYSTEM AND ITS USE IN COMPARING ALTERNATIVES

H. J. Plass, Jr., Department of Mechanical Engineering, University of Miami, Coral Gables, Florida, USA

THE ENERGY CRISIS—PROBLEM OR CHALLENGE

F. Schulman, Fred Schulman Associates, 11115 Markwood Drive, Silver Spring, Maryland, USA

PROGRAM

Tuesday, 2 March 1976

Breakfast for the day's
Authors and Speakers 7:00 a.m.
Registration and Information 8:00 a.m.-5:00 p.m.

Session Co-Chairman: L. E. Poteat
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

Session 4A 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Ballroom

Hydrogen Production From Coal

Session Chairman: E. M. Dickson
Stanford Research
Institute
Menlo Park, California

Session Co-Chairman: H. A. B. Wiseman
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

THE MANUFACTURE OF HYDROGEN FROM COAL

C. Tsaros, J. Arora, K. Burnham, Institute of
Gas Technology, Chicago, Illinois, USA

THE K-T PROCESS: KOPPERS COMMERCIALY PROVEN COAL AND MULTI-FUEL GASIFIER FOR SYNTHETIC GAS PRODUCTION IN THE CHEMICAL AND FERTILIZER INDUSTRIES

R. Wintrell, Koppers Company, Inc.,
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

HYDROGEN PRODUCTION FROM COAL USING A NUCLEAR HEAT SOURCE

R. Quade, General Atomic Company, P.O.
Box 81608, San Diego, California, USA

THE THERMAL EFFICIENCY AND COST OF PRODUCING HYDROGEN AND OTHER SYNTHETIC AIRCRAFT FUELS FROM COAL

R. Witcofski, NASA Langley Research Center,
Hampton, Virginia, USA

SOME COST, ENERGY, ENVIRONMENTAL AND RESOURCE IMPLICATIONS OF SYNTHETIC FUELS PRODUCED FROM COAL FOR MILITARY AIRCRAFT

W. Stanley, The Rand Corporation, Santa
Monica, California, USA

Session 4B 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Palladium

Hydrogen Production Alternatives I

Session Chairman: A. F. Hildebrandt
University of Houston
Houston, Texas

WIND POWERED HYDROGEN/ELECTRIC SYSTEMS FOR FARMS AND RURAL USE

N. Biederman, R. Tison, Institute of Gas Technology, 3424 South State Street, Chicago, Illinois, USA

ANAEROBIC PRODUCTION OF HYDROGEN

J. Zajic, J. Brosseau, Biochemical & Food Engineering, University of Western Ontario, London, Canada

THE PHOTOSYNTHETIC PRODUCTION OF HYDROGEN

G. Neil, J. McCann, D. Nicholas, J. O'M. Bockris, Flinders University, Adelaide, South Australia

BIOCONVERSION OF SOLAR ENERGY IN SALT WATER PHOTOSYNTHETIC HYDROGEN PRODUCTION SYSTEMS

A. Mitsui, RSMAS, University of Miami,
Miami, Florida USA

Session 4C 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Club Royale

Environmental and Legal Considerations

Session Chairman: A. S. Manne
Harvard University
Cambridge, Massachusetts

Session Co-Chairman: H. J. Plass, Jr.
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

THE ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS OF BUILDING AND OPERATING LARGE-SCALE HYDROGEN PRODUCTION-STORAGE FACILITIES

D. Myhra, Westinghouse Electric Corporation,
Power Systems Company, Environmental Systems Department, Box 1899, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

POSSIBLE POLLUTION AND COST BENEFITS FROM WIDE USE OF HYDROGEN FUEL IN TRANSPORTATION

K. Varde, Mechanical Engineering, University of Michigan-Dearborn, Dearborn, Michigan, USA

PROGRAM

OPERATION COUGH DROP—FINANCING A HYDROGEN ECONOMY WITH SAVINGS REALIZED FROM HEALTH COST REDUCTIONS

R. Zweig, M.D., 3875 Jackson Street, Arlington, California, USA

INTERNATIONAL COOPERATION ON THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN TECHNOLOGIES

J. Vanderryn, F. Salzano, M. Bowman, ERDA, Washington, D.C., USA

THE HYDROGEN ECONOMY AND THE LAW

T. C. Cady, College of Law, West Virginia University, Morgantown, W. Virginia, USA

FEASIBILITY STUDIES OF CHEMICAL REACTIONS FOR THERMOCHEMICAL WATER SPLITTING CYCLES OF THE IRON-CHLORINE, IRON-SULPHUR AND MANGANESE-SULFUR FAMILY

K. Knoche, H. Cremer, G. Steinborn, W. Schneider, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, RWTH, 51 Aachen, West Germany

THE REDUCTION OF HYDROGEN BROMIDE USING TRANSITION METAL COMPOUNDS

C. Mason, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

Session 5A Ballroom

10:15 a.m.—12:00 noon

Thermochemical Hydrogen Production I

Session Chairman: J. E. Funk
Institute of Mining and
Minerals Research
University of Kentucky
Lexington, Kentucky

Session Co-Chairman: H. V. Senn
Remote Sensing
Laboratory
University of Miami
Coral Gables, Florida

DEFINITION AND ANALYSIS OF A THERMOCHEMICAL PROCESS FOR HYDROGEN PRODUCTION BASED ON IRON-CHLORINE REACTIONS

A. Broggi, G. De Beni, D. Van Velzen, EURATOM, Divisione Materiali, Ispra (Varese), Italy

A LOW TEMPERATURE, THREE-STEP WATER SPLITTING PROCESS

P. Kittle, D. Mahoney, J. Schuler, Rohm and Haas Company, Bristol, Pennsylvania, USA

THE CALCIUM-IODINE CYCLE FOR THE THERMOCHEMICAL DECOMPOSITION OF WATER

K. Fujii, W. Kondo, S. Mizuta, National Chemical Laboratory, Tokyo, Japan

PROGRESS IN THE LOS ALAMOS SCIENTIFIC LABORATORY PROGRAM TO DEVELOP THERMOCHEMICAL PROCESSES FOR HYDROGEN PRODUCTION

M. Bowman, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

Session 5B

10:15 a.m.—12:00 noon

Palladium

Hydrogen Production Alternatives II

Session Chairman: G. L. Dugger
Johns Hopkins University
Silver Spring, Maryland

Session Co-Chairman: J. G. Hirschberg
Department of Physics
University of Miami
Coral Gables, Florida

THE THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE PHOTOELECTROCHEMICAL PRODUCTION OF HYDROGEN

J. O'M. Bockris, K. Uosaki, Flinders University of South Australia, Australia

HYDROGEN GENERATION BY PHOTO-ELECTROLYSIS OF WATER

A. J. Nozik, Allied Chemical Corporation, Morristown, New Jersey, USA

FEASIBILITY OF HYDROGEN PRODUCTION BY DIRECT WATER SPLITTING AT HIGH TEMPERATURE

S. Ihara, Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japan

AN INVESTIGATION OF HYDROGEN PRODUCTION FROM WATER AT HIGH TEMPERATURES

T. Nakamura, Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japan

LARGE-SCALE HYDROGEN PRODUCTION UTILIZING CARBON IN RENEWABLE RESOURCES

C. Rohrmann, J. Greenberg, Battelle Pacific Northwest Laboratories, Richland, Washington, USA

PROGRAM

Session 5C
Club Royale

10:15 a.m.-12:00 noon

Session Co-Chairman: H. J. Plass, Jr.
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

Utilization—Aircraft

Session Chairman: R. D. Witcofski,
NASA, Langley
Hampton, Virginia
Session Co-Chairman: T. G. Olsen
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

**APPLICATION OF LIQUID HYDROGEN TO
AIR TRANSPORTATION—PROSPECTS AND
PROBLEMS**

C. D'Aiutolo, NASA, Langley Research
Center, Hampton, Virginia, USA

**THE POTENTIAL OF LIQUID HYDROGEN
AS A MILITARY AIRCRAFT FUEL**

W. Mikolowsky, L. Noggle, The Rand Corpora-
tion, Washington, D.C., USA

**SOME EARLY PERSPECTIVES ON THE
GROUND REQUIREMENTS OF LIQUID
HYDROGEN AIR TRANSPORTS**

P. Korycinski, NASA, Langley Research
Center, Hampton, Virginia, USA

**VULNERABILITY OF ADVANCED FUEL
SYSTEMS FOR AIRCRAFT**

Jack R. Lippert, Aerospace Engineer, Depart-
ment of the Air Force, Air Force Flight
Dynamics Laboratory, Wright-Patterson Air
Force Base, Ohio, USA

**NEW POTENTIALS FOR CONVENTIONAL
AIRCRAFT WHEN POWERED BY HYD-
ROGEN ENRICHED GASOLINE**

W. Menard, P. Moynihan, J. Rupe, Jet Propul-
sion Laboratory, California Institute of Tech-
nology, 4800 Oak Grove Drive, Pasadena,
California, USA

**FUEL SUBSYSTEM CHARACTERISTICS FOR
LH₂ AIRCRAFT**

A. M. Momeny, Boeing Commerical Air-
plane Company, Seattle, Washington, USA

Film Showing
Ballroom

1:00 p.m.

Energy Crisis, One Solution

Session 6A
Ballroom

1:30 p.m.-3:15 p.m.

Thermochemical Hydrogen Production II

Session Chairman: T. Ohta
Yokohama National
University
Yokohama, Japan

**THERMODYNAMICS OF THERMOCHEMI-
CAL WATER DECOMPOSITION PROCESSES**

B. Esteve, A. Lecoanet, J. P. Roncato, Gaz de
France, Direction des Etudes et Techniques
Nouvelles, France

**DISCOVERY OF REACTION SEQUENCES
FOR THERMOCHEMICAL WATER SPLIT-
TING**

D. May, D. Rudd, Chemical Engineering De-
partment, University of Wisconsin, Madison,
Wisconsin, USA

**EFFECTIVE CONVERSION PROCESSES BE-
TWEEN THERMAL AND CHEMICAL
ENERGIES**

H. Kameyama, K. Yoshida, Department of
Chemical Engineering, University of Tokyo,
Bunkyo-Ku, Tokyo, Japan

**OPTIMO: A METHOD FOR PROCESS
EVALUATION APPLIED TO THE THER-
MOCHEMICAL DECOMPOSITION OF
WATER**

A. Broggi, R. Joels, EURATOM, Ispra, Italy

**BALANCE AND OPTIMIZATION PROCE-
DURE FOR THERMOCHEMICAL CYCLES
FOR HYDROGEN PRODUCTION**

K. Knoche, H. Cremer, W. Eisemann, Lehr-
stuhl fur Technische Thermodynamik, RWTH,
51 Aachen, West Germany

**A THERMOCHEMICAL DATA BANK FOR
CYCLE ANALYSIS**

R. Carty, J. Funk, W. Conger, M. Soliman, K.
Cox, College of Engineering, University of
Kentucky, Lexington, Kentucky, USA

Session 6B
Palladium

1:30 p.m.-3:15 p.m.

Electrolytic Hydrogen Production I

Session Chairman: S. Kakac
Middle East Technical
University
Ankara, Turkey
Session Co-Chairman: H. A. B. Wiseman
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

PROGRAM

RECENT DEVELOPMENTS OF LARGE ELECTROLYTIC HYDROGEN GENERATORS

J. Laskin, R. Feldwick, Teledyne Energy Systems, Timonium, Maryland, USA

CONCEPTUAL DESIGN OF LARGE SCALE WATER ELECTROLYSIS PLANT USING THE SOLID POLYMER ELECTROLYTE TECHNOLOGY

L. J. Nuttall, General Electric Company, Wilmington, Massachusetts, USA

PROSPECTS FOR HYDROGEN PRODUCTION BY WATER ELECTROLYSIS TO BE COMPETITIVE WITH CONVENTIONAL METHODS

S. Srinivasan, F. Salzano, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA

OPTICAL STUDY OF THE RELEASE OF HYDROGEN AND OF OXYGEN IN A MICROELECTROLYSIS CELL IN FUNCTION OF PRESSURE, TEMPERATURE, CURRENT DENSITY AND SURFACE CONDITION OF THE ELECTRODES

P. Godin, R. Graziotti, A. Damien, P. Masniere, Electricité De France, 93206 St. Denis, France

EFFICIENCY IMPROVEMENT BY INCREASING THE TEMPERATURE IN ELECTROLYSIS UNDER PRESSURE

L. Mas, S.R.T.I. Route de Guyancourt, 78530 BUG-France

WATER ELECTROLYSIS VS. THERMOCHEMICAL PRODUCTION OF HYDROGEN: A PARAMETRIC ASSESSMENT

F. Salzano, Brookhaven National Laboratory Upton, New York, USA

Session 6C 1:30 p.m.-3:15 p.m. Club Royale

Utilization—Automotive I

Session Chairman: R. E. Billings
Billings Energy Research Corporation
Provo, Utah

Session Co-Chairman: R. R. Adt, Jr.
Department of Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

OPTIMUM WATER INDUCTION IN HYDROGEN-POWERED IC ENGINES

R. Woolley, D. Henriksen, Billings Energy Research Corp., Provo, Utah, USA

FUEL CELL DEVELOPMENT FOR USE AS A POWER SOURCE IN TRACTION

A. Blanchart, C. De Brandt, G. Spaepen, Belgian Nuclear Research Center, S.C.K./C.E.N., Mol, Belgium

DEVELOPMENT OF LIQUID HYDROGEN CAR

S. Furuhashi, M. Hiruma, Y. Enomoto, Musashi Institute of Technology, Department of Mechanical Engineering, 1-Chome Tamazutsumi, Setagaya-ku, Tokyo, Japan

DYNAMIC TESTS OF HYDROGEN-POWERED IC ENGINES

R. Woolley, D. Henriksen, Billings Energy Research Corp., Provo, Utah, USA

MODIFICATION TECHNIQUES AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF HYDROGEN-POWERED IC ENGINES—STATE OF THE ART, 1975

F. Simpson, D. Swope, J. Lofthouse, R. Woolley, Aerojet Nuclear Company, Idaho Falls, Idaho, USA

CRASH TEST OF A LIQUID HYDROGEN-FUELED AUTOMOBILE

Joseph G. Finegold, University of California at Los Angeles, Los Angeles, California, USA

Session 7A 3:35 p.m.-5:20 p.m. Ballroom

Thermochemical Hydrogen Production III

Session Chairman: M. G. Bowman
Los Alamos Scientific Laboratory
Los Alamos, New Mexico

Session Co-Chairman: A. Mitsui
Division of Biology and Living Resources
Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science
University of Miami
Coral Gables, Florida

CHEMICAL ENGINEERING ASSESSMENT OF THE THERMOCHEMICAL CYCLE MARK-9

L. Baetsle, W. Goossens, Belgian Nuclear Research Center, S.C.K./C.E.N., Mol, Belgium

THE COMPATIBILITY OF CONTAINMENT MATERIALS FOR THERMOCHEMICAL HYDROGEN PRODUCTION

F. Coen, G. Imarisio, EURATOM, Ispra, Italy

PROGRAM

LABORATORY INVESTIGATIONS ON THERMO-CHEMICAL HYDROGEN PRODUCTION

J. Pangborn, J. Sharer, M. Mazumder, S. Foh, Institute of Gas Technology, 3424 South State Street, Chicago, Illinois, USA

EXPERIENCE OF A LABORATORY SCALE CYCLE FOR THERMO-CHEMICAL HYDROGEN PRODUCTION AND PROPOSAL FOR TECHNICAL IMPLEMENTATION

K. Knoche, H. Cremer, S. Hegels, G. Steinborn, G. Wuster, Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, RWTH, 51 Aachen, West Germany

STAGE EFFICIENCY IN THE ANALYSIS OF THERMO-CHEMICAL WATER DECOMPOSITION PROCESSES

W. Conger, J. Funk, R. Carty, M. Soliman, K. Cox, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA

Session 7B 3:35 p.m.-5:20 p.m. Palladium

Electrolytic Hydrogen Production II

Session Chairman: K. Cox
University of Kentucky
Lexington, Kentucky

Session Co-Chairman: T. G. Olsen
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF A HIGH-PRESSURE, MODERATE-TEMPERATURE ELECTROLYSIS CELL SYSTEM

H. Jack Allison, School of Electrical Engineering, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma, USA

DEVELOPMENT OF A LOW CAPITAL COST ELECTROLYZER

B. Campbell, Billings Energy Research Corporation, Provo, Utah, USA

HEAT TRANSFER ANALYSIS OF METAL HYDRIDES IN METAL-HYDROGEN SECONDARY BATTERIES

M. Onischak, D. Dharia, D. Gidaspow, Energy Research Corporation, Provo, Utah, USA

STUDY OF CORROSION OF ASBESTOS IN A MIXED SOLUTION OF CONCENTRATED CAUSTIC POTASH IN FUNCTION OF TEMPERATURE

P. Godin, R. Graziotti, A. Damien, P. Masniere, Electricite De France, 93206 St. Denis, France

MODERN TECHNOLOGY ELECTROLYSIS FOR POWER APPLICATION

R. Bidard, U. La Roche, BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie, CH-5401, Baden, Switzerland

COMMODITY HYDROGEN FROM OFF-PEAK ELECTRICITY

N. Biederman, K. Darrow, Jr., A. Konopka, Institute of Gas Technology, 3424 South State Street, Chicago, Illinois, USA

Session 7C 3:35 p.m.-5:20 p.m. Club Royale

Utilization—Automotive II

Session Chairman: W. D. Van Vorst
University of California at
Los Angeles
Los Angeles, California

Session Co-Chairman: H. V. Senn
Remote Sensing
Laboratory
University of Miami
Coral Gables, Florida

PROTOTYPE HYDROGEN AUTOMOBILE USING A METAL HYDRIDE

D. Henriksen, D. Mackay, Billings Energy Research Corporation, Provo, Utah, USA

ENGINEERING STUDY OF HYDROGEN-FUELED BUS OPERATION

T. Wall, R. Feeney, J. Hollenberg, R. McAlevy, III, Stevens Institute of Technology, Hoboken, New Jersey, USA

A HYDROGEN POWERED MASS TRANSIT SYSTEM

R. Billings, Billings Energy Research Corporation, Provo, Utah, USA

TOTAL HYDROGEN OPERATED MOTOR HOME

G. Richins, Billings Energy Research Corporation, Provo, Utah, USA

METHANOL-GASOLINE BLEND FUELED ENGINE—PERFORMANCE AND EMISSIONS

R. R. Adt, Jr., K. Chester, J. Pappas, M. Swain, University of Miami, Department of Mechanical Engineering, Coral Gables, Florida, USA

Cash Bar Social Hour 6:30 p.m.-8:00 p.m.

Conference Banquet 8:00 p.m.

Guest speaker: Cesare Marchetti
International Institute for
Applied Systems Analysis
Vienna, Austria

PROGRAM

Wednesday, 3 March 1976

Breakfast for the day's
Authors and Speakers 7:00 a.m.
Registration and Information 8:00 a.m.-12:00 noon

Session 8A 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Ballroom

Thermochemical Hydrogen Production IV

Session Chairman: L. J. Nuttall
General Electric
Company
Lynn, Massachusetts
Session Co-Chairman: L. E. Poteat
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

**HYDROGEN PRODUCTION BY MEANS
OF REACTOR HEAT USING HALOGENS
AND REVERSIBLE ELECTROCHEMICAL
METHODS IN A CYCLIC PROCESS**

S. Dorner, K. Schretzmann, Gesellschaft für
Kernforschung mbH, Karlsruhe, W. Germany

**HYDROGEN PRODUCING CYCLES USING
ELECTRICITY AND HEAT: HYDROGEN
HALIDE PROCESSES**

G. Schuetz, EURATOM, Ispra, Italy

**HYDROGEN PRODUCTION VIA THERMO-
CHEMICAL CYCLES BASED ON SULFUR
CHEMISTRY**

M. Soliman, R. Carty, J. Funk, W. Conger,
K. Cox, College of Engineering, University of
Kentucky, Lexington, Kentucky, USA

**DEFINITION AND ANALYSIS OF A
THERMOCHEMICAL PROCESS FOR HYDROGEN
PRODUCTION BASED ON IRON-
CHLORINE REACTIONS**

A. Broggi, G. De Beni, D. Van Velzen,
EURATOM, Ispra, Italy

**DEVELOPMENT STUDIES ON IRON-
CHLORINE REACTIONS FOR THERMO-
CHEMICAL CYCLES FOR HYDROGEN
PRODUCTION**

D. Van Velzen, H. Langenkamp,
EURATOM, Ispra, Italy

**THERMOCHEMICAL CYCLES UTILIZING
SULFUR FOR HYDROGEN PRODUCTION
FROM WATER**

M. Bowman, E. Onstott, W. Witteman, C.
Peterson, Los Alamos Scientific Laboratory,
Los Alamos, New Mexico, USA

Session 8B 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Palladium

Metal Hydride Storage

Session Chairman: H. R. Gray
NASA, Lewis Research
Center
Cleveland, Ohio
Session Co-Chairman: S. S. Lee
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

**IRON TITANIUM ALLOY HYDRIDES; THEIR
PROPERTIES AND APPLICATIONS**

J. Reilly, J. Johnson, Brookhaven National
Laboratory, Upton, New York, USA

**PHYSICAL METALLURGY OF FeTi-
HYDRIDE AND ITS BEHAVIOR IN A HYDROGEN
STORAGE CONTAINER**

M. Pick, H. Wenzl, Institut für Festkörper-
forschung, Kernforschungsanlage Jülich, Post-
fach 1913, D-517 Jülich, West Germany

**THE BEHAVIOR OF IRON TITANIUM HYD-
RIDE TEST BEDS: LONG-TERM EFFECTS,
KINETICS, HEAT TRANSFER AND
MODELING**

J. Milau, G. Strickland, W. Yu, Brookhaven
National Laboratory, Upton, New York, USA

**THERMODYNAMIC ANALYSIS OF A METAL
HYDRIDE ENERGY CONVERSION SYSTEM**

D. Gruen, I. Sheft, F. Schreiner, Argonne
National Laboratory, Argonne, Illinois, USA

**HYDROGEN STORAGE VIA IRON-
TITANIUM: ENGINEERING DESIGN AND
ANALYSIS**

F. Salzano, R. Isler, W. Yu, Brookhaven Na-
tional Laboratory, Upton, New York, USA

**NMR STUDIES OF STRUCTURE AND DIFFU-
SION IN METAL HYDRIDES**

R. Bowman, Jr., A. Attalla, Mound Labora-
tory, Monsanto Research Corporation, Miamis-
burg, Ohio, USA

Session 8C 8:15 a.m.-9:55 a.m.
Club Royale

**Utilization—Industrial, Commercial &
Residential**

Session Chairman: P. C. T. De Boer
Cornell University
Ithaca, New York, USA

PROGRAM

Session Co-Chairman: A. Mitsui
Division of Biology &
Living Resources
Rosenstiel School of
Marine and Atmospheric
Science
University of Miami
Coral Gables, Florida

THE ECONOMIC IMPLICATIONS OF THE CANHO H₂/O₂ MHD ENERGY STORAGE SYSTEM EMPLOYING HYDROGEN AS THE RE-CYCLED ENERGY CARRIER FOR DEDICATED USE WITHIN AN ELECTRIC POWER PLANT

S. Townsend, SJT Consultants LTD., Thornhill, Ontario, Canada

LIQUID FUEL AND FERTILIZER USING NUCLEAR POWER, AIR AND WATER

M. Steinberg, Department of Applied Science
Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA

HYDROGEN SAFETY PROBLEMS

R. Reider, F. Edeskuty, Los Alamos Scientific Laboratory, Los Alamos, New Mexico, USA

HYDROGEN FUEL FOR THE RAILROADS: A PROPOSAL

H. L. Gier, Beech Aircraft Corporation, Boulder, Colorado, USA

TECHNICAL PROSPECTS FOR COMMERCIAL AND RESIDENTIAL DISTRIBUTION AND UTILIZATION OF HYDROGEN

J. Sharer, M. Scott, J. Pangborn, Institute of Gas Technology, 3424 South State Street, Chicago, Illinois, USA

A CLOSED BRAYTON CYCLE USING HYDROGEN AS A WORK FLUID

F. Salzano, J. Powell, W. Yu, J. Milau, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, USA

Session 9A 10:15 a.m.-12:00 noon Ballroom

Thermochemical Hydrogen Production V

Session Chairman: J. Russell
General Atomic Company
San Diego, California
Session Co-Chairman: J. Anderson
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

THE WESTINGHOUSE SULFUR CYCLE FOR THE THERMOCHEMICAL DECOMPOSITION OF WATER

L. E. Brecher, S. Spewock, C. J. Waide, Westinghouse Research Laboratories, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

PROCESS SENSITIVITY STUDIES OF THE WESTINGHOUSE SULFUR CYCLE FOR HYDROGEN GENERATION

K. Cox, R. Carty, W. Conger, J. Funk, M. Soliman, L. Brecher, College of Engineering, University of Kentucky, Lexington, Kentucky, USA

HYDROGEN PRODUCTION BY WATER DECOMPOSITION USING A COMBINED ELECTROLYTIC-THERMOCHEMICAL CYCLE

L. E. Brecher, G. H. Farbman, D. Bogart, Westinghouse Electric Corporation, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

HIGH-EFFICIENCY CELL FOR HYDROGEN PRODUCTION

C. J. Warde, L. E. Brecher, Westinghouse Research Laboratories, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

THE THERMAL-CATALYTIC REDUCTION OF SULFUR TRIOXIDE TO SULFUR DIOXIDE AND OXYGEN

S. Spewock, L. Brecher, Westinghouse Research Laboratories, Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Session 9B 10:15 a.m.-12:00 noon Palladium

Material Aspects

Session Chairman: N. P. Biederman
Institute of Gas
Technology
Chicago, Illinois
Session Co-Chairman: J. G. Hirschberg
Department of Physics
University of Miami
Coral Gables, Florida

HYDROGEN TRANSPORT AND EMBRITTLEMENT IN STRUCTURAL METALS

M. Louthan, Jr., G. Caskey, Jr., Savannah River Laboratory, E. I. du Pont de Nemours & Co., Aiken, South Carolina, USA

POTENTIAL MATERIAL PROBLEMS IN A HYDROGEN ENERGY SYSTEM

H. Gray, NASA Lewis Research Center, Cleveland, Ohio, USA

PROGRAM

STATUS OF ERDA PROGRAM ON HYDROGEN COMPATIBILITY OF STRUCTURAL MATERIALS FOR PRESSURE VESSELS AND PIPELINES

J. Swisher, A. West, S. Robinson, Sandia Laboratories, Livermore, California, USA

SELECTION OF STRUCTURAL MATERIALS FOR HYDROGEN TRANSMISSION AND STORAGE

A. Thompson, I. Bernstein, Science Center, Rockwell International, Thousand Oaks, California, USA

HYDROGEN ASSISTED CRACKING OF HIGH STRENGTH MATERIALS

L. E. Poteat, J. L. Tischuk, Department of Mechanical Engineering, University of Miami, Coral Gables, Florida, USA

A REPORT ON THE HYDROGEN ECONOMY POWER GENERATION BY MAGNETO-HYDRODYNAMICS

R. Hummel, University of Toronto, Toronto, Canada

ON THE STORAGE OF HYDROGEN BY USE OF CRYO-ADSORBENTS

W. Peschka, C. Carpetis, Institut für Energiewandlung Und Elektrische Antriebe, 7 Stuttgart 80 (Vaihingen) W. Germany

RECIPROCATING PUMP FOR CONVERSION OF LIQUID HYDROGEN TO HIGH PRESSURE GASEOUS HYDROGEN

J. Meserole, Jr., P. C. T. de Boer, Sibly School of Mechanical and Aerospace Engineering, Cornell University, Ithaca, New York, USA

Session 9C 10:15 a.m.-12:00 noon
Club Royale

Utilization—Special Applications

Session Chairman: R. McAlevy
Stevens Institute of
Technology
Hoboken, New Jersey

Session Co-Chairman: J. P. Alexander
Department of
Mechanical Engineering
University of Miami
Coral Gables, Florida

ENERGY STORAGE POSSIBILITIES OF ATOMIC HYDROGEN

R. Eppers, J. Dugan, Jr., R. Palmer, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA

AN EXAMINATION OF THE STIRRED REACTOR AS A TOOL FOR DETERMINING RATE CONSTANTS OF THE H₂-O₂ COMBUSTION REACTIONS

M. Rashidi, G. Karim, Department of Mechanical Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada

A CONSIDERATION OF THE ERRORS ASSOCIATED WITH THE THERMOCOUPLE TEMPERATURE MEASUREMENTS IN COMBUSTION SYSTEMS INVOLVING HYDROGEN AS A FUEL, WITH PARTICULAR REFERENCE TO CATALYTIC EFFECTS ON Pt-Pt/Rh THERMOCOUPLES

G. Karim, M. D'Souza, S. Khanna, M. Rashidi, Department of Mechanical Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada

Final Plenary Session 1:30 p.m.-3:30 p.m.

Panel Discussion on Implementation of the Hydrogen Energy System

Panel Moderator: Dr. J. O'M. Bockris
Flinders University of
South Australia
Bedford Park, South
Australia
