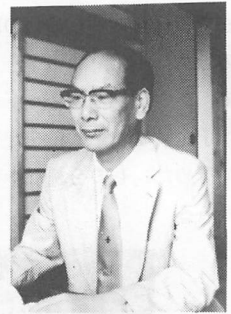


第三回世界水素エネルギー会議から

A Note from the Third World Hydrogen Energy Conference



太 田 時 男*

会議のあらまし

1974年3月、全世界から750余名の水素エネルギー研究者がアメリカ・フロリダ州・マイアミ・ビーチに集い、水素エネルギー開発では初の国際会議THEME Conference (The Hydrogen Economy Miami Energy Conference) が開催された。この時、参加主要8ヶ国の代表が国際協会設立のための協議を行い、これに基づき、1975年1月1日、国際水素エネルギー協会 IAHE (International Association for Hydrogen Energy) が発足した。会長はマイアミ大学工学部研究担当部長の T. N. Veziroglu が選ばれ、理事は8名(日本からは筆者)でスタートし、その後、アメリカ国務省登録の正式な学術団体になっている。IAHEが主催し、第1回の世界水素エネルギー会議(以下、WHECと略称する)が、やはり、アメリカ・マイアミ・ビーチで、1976年3月に行われた。この時は、参加国は30余ヶ国、人数は650余名であった。

THEME 会議も Ist WHEC も、発表された内容はアイデア段階のものが多く、とくに、「水分解法」「金属水素化合物による水素貯蔵」「液体水素のピヒクルへの利用」が主な焦点になっていた。この傾向は3rd WHECでも変っていない。

Ist WHECでは、ある意味で、奇妙な対立がみられた。

その対立は、1973年10月の第4次中東戦争に伴っておきた「石油戦争」より、はるかに、以前から液体水素の製造・応用に携っていたグループと比較的新しくスタートした熱化学サイクル法を標榜するグループとの間でもしだされた。アポロ計画に用いられた、サ

ターン・ロケットの第2、第3段には液体水素が用いられ、1956年から7年間で100万ℓもの液体水素を消費したという、NASAを中心とする「戦前派」には水素エネルギーは現実のジョブである。一方、水に触媒を混合して熱化学反応を起させ、数段の反応を組合せて水を水素と酸素に分解し、触媒は排出、消費しないというクロズド・サイクル法はユーラトムを中心とした「戦後派」に多く、水素を水から作る技術革新を強く主張していた。3rd WHECではこの対立は全くなくなっている。

2nd WHECは1978年、8月にスイスのチューリッヒで開かれ、450余名が35ヶ国から集った。発表される論文には詳細なデータ解析を中心とした本格的なものが目立ち、アイデアだけのものは姿を消していた。長びくエネルギー危機を反映して、水素エネルギー開発を国のプロジェクトとしている、日本(サンシャイン計画)、西ドイツ、EC、アメリカ、ソ連などでは石油経済に対応できるような本格的スケールのプロジェクトも確立され、一方、厳しいアセスメントがあらゆる面からなされていた。

3rd WHECは、こうした歴史をたどって、1980年6月23日から26日まで、東京・京王プラザホテルで開催された。(本誌創刊号にこの予告概要がのせられている)。

日本学術振興会、文部省、通商産業省、科学技術庁、アメリカ・エネルギー省の後援をえて、半ば、国の主催に準ずる形となった。とくに、アメリカは異例の2万ドルにのぼる資金援助を行い、総合講演者も送った。

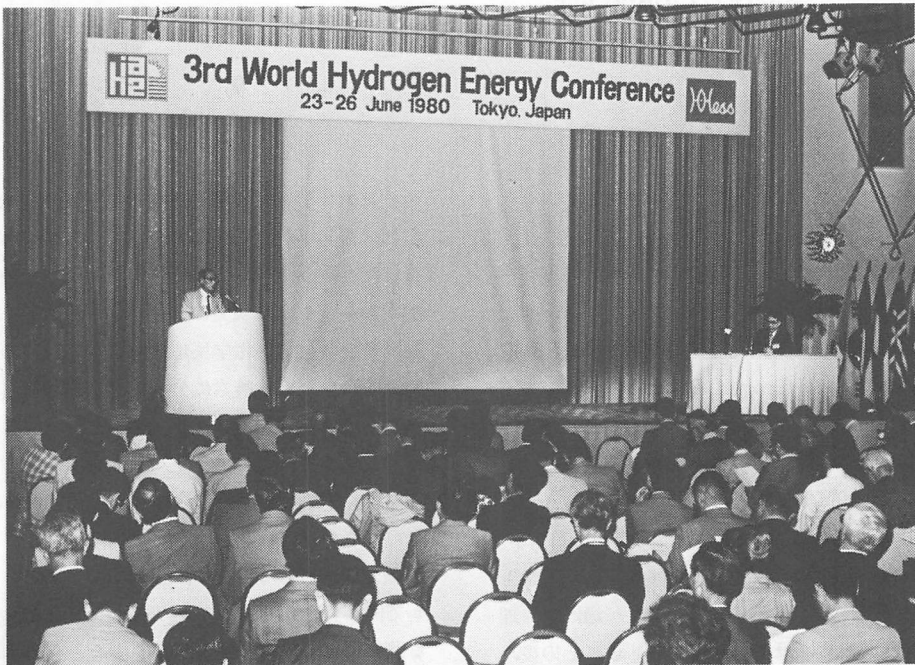
筆者はIAHE理事会の選挙と3rd WHEC組織委員会(会長・赤松秀雄・東大名誉教授)の互選によって会議々長、実行委員長を務めた。計画立案、国際交渉、募金計画・実施、論文、会場、経理などの雑務面

* 横浜国立大学工学部電気工学科教授

から、記者会見、開会・閉会講演まで行った。経理面まで責任をもった最初の国際会議だったわけで、緊張の連続だった。緊張をときほぐすため、夜は、つとめて、軽い読物「エネルギー原論」（講談社より今秋刊行予定）の執筆に精をだし、脳のバランスを保つことに努めた。ものを読むくらいでは気が晴れなかったのである。

会議には、結局、28ヶ国から500余名が参加し、発表論文の質・量とも1st, 2nd WHECを上回り、大きな成果を収めることができた。これは概略の報告である。

この際、貴重な研究をWHECで発表された、わが国の大学・研究所の研究者の方々に、深い感謝の言葉を述べておきたい。



第3回世界水素エネルギー会議開会式の冒頭講演の筆者（向って左）と座長の笛木東大教授（向って右）。28ヶ国、500余名のエネルギー技術の専門家が集い、6月23-26日の間、盛んな議論が行われた。この東京大会は「技術だけで確保される究極エネルギー」の一里塚とされる。（写真は朝日新聞社の提供による）。

テクニカル・セッションから

現在、石油の精製、アンモニア合成、半導体の精製、その他の化学工業に、世界中で年間、ほぼ、2000億立方メートルの水素が作られ、消費されているが、それらは、アメリカでは天然ガス、日本ではナフサ、西ドイツでは石炭の水蒸気改質など、ほぼ、すべてが資源から作られている。これを水を分解して作ることが、水素エネルギー・システムのベースになる。

水を分解するための1次系にソフト系を使うことは、「負のエントロピー・ハンティング」として、分散した稀薄なエネルギーをクリーンでハイパワーなエネルギーとして使うことで位置づけ、これを「人類究極のエネルギー・システム」として技術でアプローチを計る、というのが筆者のOpening remarkの趣旨である。

伝統的水分解法には電気分解法がある。ゼネラル・エレクトリック社は、国体電解技術を水分解法の筆頭に位置づけ、熱化学法を、ほぼ、“give up”している。効率としては、50kwと200kwの実験装置で、85～90%を期待している。

日本のサンシャイン計画では電発に委託し、昭和電工の川崎工場敷地で運転に入っている、パイロット・プラントは30%のKOHを使い、130℃～150℃、30atmの規格であるが、120℃、20atmで、現在、4m³/hの水素を生成している。

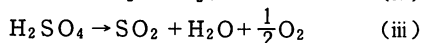
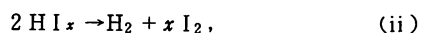
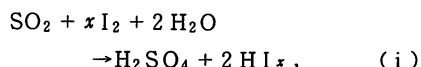
フランスでも電気分解がよく研究され200℃の高温高圧法が、フランス・ガス社で開発されている。西ドイツのユーリッヒ原子力研究所では、1.45Vで500mA/cm²のデータを出した。通常は、これくらいの電流密度だとほぼ、2V近い電圧が必要なので、着実な進歩といえる。

1970年頃から、水素エネルギーという言葉とともに登場した、熱化学法は水素が2次系の中で枢要な位置を占めるためには、どうしても、完成させねばならない技術である。

C. Marchetti が Keynote address の中で、新しい技術は発明から、幾多の革新を経て、実用的に普遍するまでを、歴史的に分析し、熱化学法の発明をスタートとして、これを1970年とおいた時、水素エネルギーは2000年初頭に一般化するという予想を立てた。

ゼネラル・アトムックス社の、硫黄-沃素サイクルは、もっとも、実現の早いものの一つと評価されている。

化学式を書くと、



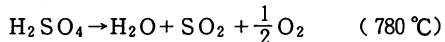
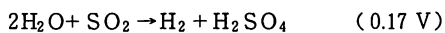
となる。(iii)の硫酸分解には、Pt/SiO₂, Pt/ZrO₂, Pt/TiO₂などの触媒を用い、780°Cでなされる。

このサイクルや、I₂の代りにBr₂を用いたユーラトム・マーク13が有望になったのは“非常識”の勝利ともいえる。(i)の反応生成物が液体なので、常識的には分離不能な筈であるが、(i)では比重の差できれいに別れる。臭素の場合は(ii)に相当するサイクルは電解で行う(理論電圧は0.6Vほど)。ユーラトム・マーク13はイスプラの研究所で1 m²/hのスケールのものが運転されている。

ウエスチングハウス社はハイブリッド法を本命とみる。

筆者も同じ意見で、ゼネラル・エレクトリック社の電解法では、やはり、大量の貴金属が電極に必要で、長期プロジェクトとしては熱化学法を1部取入れる方法に加担したい。

ウエスチングハウス社のハイブリッド法は



で、硫酸生成の電解の理論電圧は、きわめて、低い。

熱化学法の材料としてはイスプラのユーラトム研究所では、インコロイ800, AISI 310 ステンレス・スチールなどが適当とする発表を行っている。

革新的水素製造法には、水素製造というよりも、水素発生といった方がよい、いわゆる、科学研究に属するものが多い。

1972年、東大の本多教授、藤島助教授によって発見された光電気化学的水分解法は、半導体と溶液の接触界面の電子プロセスについて、きわめて、興味深い情報を提供する。3rd WHECでは本多教授に依頼してレヴュー講演を行って頂いたが、流石に全体の把握がよく、大変好評であった。この方法は、結局、太陽電池の開発よりは難しいとされる、というのがエネルギー的地からの当面の判断となっている。

一方、マイアミ大学の三井旭教授や阪大のグループによって報告された、海洋バクテリアやアルガなどの生物による水素生成の研究は、異色あるものである。今後、このようなテーマをどのようにエネルギー・システムの中へ組みこんでいくかについて考察が必要となるだろう。

世界最大の太陽炉(オディヨにある、CNRS(仏)の54m×40mの口径のもの)による、Fe₃O₄, Mn₃O₄, CdOの直接熱分解の実験も大きい意義をもつ。

金属水素化合物の研究発表は、1st WHEC当時は、もっぱら、この会議で発表された。2nd WHECの時代になると、物理関係、金属関係の学会でも多く発表されるようになり、次第に盛大になってきた。金属水素化合物だけにテーマを限った会議もみられるようになり、WHECでは、とくに、エネルギー・システム的地見地から取扱われるようになっている。

水素貯蔵への応用、熱貯蔵への応用、機械エネルギーと化学エネルギーの変換、その他広い範囲のリサーチがなされた。とくに、阪大のグループによる、水素同位元素の分離の研究は、今後、比重を高めねばならない分野の一つであろう。

水素燃料のビヒクルは、何と云っても、液体水素ジェット機の早期実現で、技術上の難点はなく、飛行場における液化プラント設置と燃料の安価な供給システムがポイントになる。1979年9月14日から予定された、シカゴ⇄バーミンガム⇄ストッツガルト⇄リヤド間における、液体水素駆動式L1011改良型機の大西洋横断デモンストレーション・フライトの予定が、中東情勢などで延期になり、その後の予定をめぐって、理事会で協議された。1982~83年に目標をおくことになっている。

航空機の輸送はアメリカやヨーロッパでは広大な土地の間の交通や流通システムに大きな比重をもち、国家安全保障の一環をなす。その燃料が政情不安な中東地方から供給されることへの不安が大きい。まず、石炭の水蒸気改質によって、量的に水素を確保し、次第

に水からの水素へ転換しようという燃料国産の計画なのである。

NASAの機構縮少をカバーする意味からも、液体水素機を1900年代において1部路線へ商業しようという、意欲は大きい。ロッキード・カリフォルニア社の最高幹部W. Hawkinsも来日し意見の交換を行った。

テクニカル・セッションを一同紹介するだけでも多くの紙面を要する。詳細はProceedingsをご覧いただきたい。

理事会声明から

今回の会議では、8名の理事の中6名が集った。この6理事は声明文をまとめ、2500余名のIAHE会員、各国政府の要人、代表的企業の幹部などに配布し、一般には重要さが気づかれにくい、水素エネルギー・システムの関連技術について、開発を促進するようにアピールすることにした。

この声明文は抽象的なものではなく、具体的なもので技術的にも興味深い。その中で、金属水素化物が水素のキャリアーとして、いかに、位置づけられているかをみる一文がある。これは、筆者も長い議論に加わったあげく苦心してまとめ上げたものである。理事会の技術評価としては水素のキャリアーは、 CH_3O_4 と NH_3 が優れており、とくに、アンモニア NH_3 がもっとも有利という結論を下している。

この理由の第1はアンモニア液体はパイプライン、タンカーなど高密度のエネルギー輸送が行えること、また、その際石油システムが、ほぼ、そのまま適用可能なことである。第2はアメリカがベトナム戦争中に開発したアンモニア-空気燃料電池が優れた性能をもち、これを生かしたいこと、第3にアンモニア合成は水素さえ作れば、あとは、空中の窒素を固定する形で資源制約がないこと、第4にアンモニア合成に要するエネルギーは水素のもつエネルギーの2割ほどですむこと、などである。

もちろん、デメリットもある。それは NO_x の発生が避けられないことで、これがポイントになる。しかし、燃料電池で電力に変換すれば、この難点も救われるだろう。アンモニア・エンジンの開発はメタノール・エンジンと同様、もっと、盛大に行われるべきと考ええる。

外交と3rd WHEC

3rd WHEC 議長として、もっとも、心を砕いたの

はソ連の参加問題である。会議が終り、遠くからきた人達が、「盛会でお目出度う」、「成功でしたね。ご苦労でした」などといいながら去っていった時、遂に、ただ1人も迎えることができなかったソ連の友人達のことを思い、心が沈むばかりであった。

ソ連はクルチャフ原子エネルギー研究所のV. Legasovがチーフとなって、1977年頃から水素エネルギーの研究に取組み始めた。1978年の2nd WHECでは理論を中心として3~4篇の論文を提出した。これは、ベータ線で水分子を励起して分解する方法やベータ線で炭酸ガスを分解して、一酸化炭素を作り、この一酸化炭素に水蒸気を作用させて水素と炭酸ガスにする方法である。プラズマ化学法と命名して意気盛んであった。

2nd WHECの時の理事会では、Legasov(その時、理事に選任)は、自ら、ポスト・東京の4th WHECのモスクワ開催を申し出、理事会もこれを快諾し、今度、再確認することになっていたのに、Legasovの参加を疑うことはなかったのである。

また、9篇もの論文を20数名の著者で申しこみ、受理されていたのである。6月3日、モスクワの日本大使館から、3rd WHECへ参加するというので、13名の人がビザ申請しているが、議長である太田に身元引受人と保証人をお願いしたいという。もちろん、O・Kである。

それらの人々の名前を教えてくださいと、胸をなで下した。ところが、そのビザ申請者の中に、論文の著者は1人もいないではないか。Legasovの名前もない。これは、3rd WHECのつぎに、引続いて行われる、触媒会議と間違えたなと思い、確認したところ、やはり3rd WHECだということ。これは困った、著者を参加させないで一体誰れが来るというのだろう。もちろん、私は著者でもないし、知りもしない人を「保証」できないのでお断りする以外に手はなかった。

23日になって会議が始まると、ソ連の科学アカデミーの人から、「モスクワの日本大使館でビザをくれないから、あなたに助けて欲しい」という電文を受けた。それで外務省と交渉をもったところ、I. イワノフという知人が、今回の申請の中に含まれていることがわかり、その人に信頼をおいて、O. K. を出したが、ついに会議には間に合わなかった。

ヨーロッパからきた科学者の中に、最初にビザ申請した人達をよく知っている人がいて、私に語ってくれたことによると、彼等は科学アカデミーのボス達であ

る。大きな家で女中つきの生活をしている人達である。大体、彼等は研究者ではない、という。そういわれると、ますます、割り切れない。また、後で思うと、外務省もなるべくピザをださぬようにと動いた気がしてならない。

語り伝えられるところでは、ソ連のエネルギー開発は大変な時期にきており、水素エネルギーへの比重も、にわかになら高まっているという。それに、クルチャトフ原子エネルギー研究所と科学アカデミーで主導権争いがあるのではないかという臆測もある。

科学研究、とくに、エネルギー技術の開発には国際協調は欠かせないと思う。資源の偏在が国際トラブルの原因になってきたように、これからは技術の偏在が争いの種になるだろう。技術の東西協調、南北交流を無視した開発には疑問が多い。

アフガン侵攻・モスクワ・オリンピック・ボイコット—国際会議というストーリーが私の心に影を落している。

あとで、ソ連から抗議文を受けた。その中にLegasovの名前を見た時、ソ連の怪物性に慄然としたものである。

訪日団長格の君がピザ申請をしないで、何故、抗議文の中に名前を連ねるのだろうか？。

4th WHEC

IAHEのVeziroglu会長は4th WHECのモスク

ワ会議の成功を期するため、事前にLegasovに数度にもわたり手紙を出している。しかし、何の返事もいままに東京で会えるだろうという期待でやってきた。それでも、遂に、来なかったのが、4th WHECのモスクワ開催に確信がなくなったわけである。

理事会では、7月末までの期限付きでモスクワ開催の最終確答を求め、返事がなければ1982年の4th WHECはロスアンゼルスにということになった。(決定)。

5th WHECはカナダのトロント島になりそうである。

水素エネルギーの国際会議を私が主催するのは1975年に引続き2回目である。'75の時は費用は100%学術振興会持ちで、参加者も80名くらいの、いわゆる、日米セミナーで、余り苦労はなかった。今回の苦労は比較しようもないが、会議の総りも、また、格別であったと思う。一年一年、確実に進歩していく「技術」をみるほど心強く、楽しいものはない。

(注) 3rd WHECのProccdings(1800頁、Vol.1～Vol.3)が数部残っている。PergamonからVol.1～Vol.4(Vol.4は1981年の春出版)を350ドルで売出しているが、会議録の残部は参加費程度の実費(上記半額以下)でお頒けできるのでハガキで申出て欲しい。品切れの節は容赫願いたい。

話の泉

通産など、61年度に「地球資源衛星」打上げ

通産省、科学技術庁は61年度打ち上げを目標に資源探査のほか農林水産、防災などのデータをとるため「地球資源衛星」(ERS 1)を研究開発する。計画では1.2トン程度を高度560キロの軌道に乗せる。赤外線カメラなどを積んで地形や地質を探査し、南米、東南アジア、アフリカなど資源が埋蔵されている可能性のある地域をさがす。有望地域が見つかれば相手国政府にデータを提供して共同開発にもちこもうというわけ。

世界的にこの種衛星の打ち上げが急がれており、財政難と早期実現から通産省の資源探査衛星と科技庁の陸域衛星の両構想をミックスしたもの。来年度から予備設計にかかるが、打ち上げ装置、衛星本体の開発、製作は科技庁の主張をいれて自主技術でやる方針。この打ち上げに使うロケットは61年度に完成する予定の2段式国産ロケット「H1」。これらと並行して衛星からのデータを地上で解析するシステムの開発も行われる。(K)