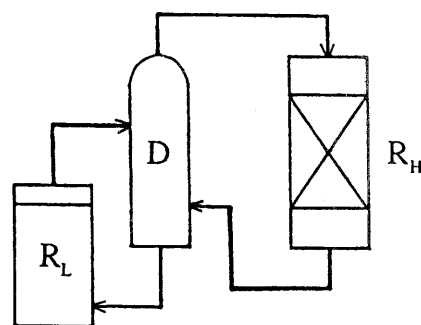


水素エネルギーと触媒化学

東京大学 工学部
山下 勝

著者にとって、丁度 20 年前という小学生の頃で、そのころの日本は高度成長期にあった。ところが中東戦争の勃発により、石油危機に突入すると、日本経済は大きな混乱を招き、灯油の買い占めやトイレトーパー騒動が起こった。日本が新たな転換期を迎えると共に、将来のエネルギービジョンに対し不安がでてきたのはこの頃だと思ふ。エネルギー資源のほとんどを海外に依存している我が国にとって、2度の石油危機を経験した経緯から新エネルギーとりわけ原子力、太陽熱利用、太陽光発電、地熱エネルギーの開発あるいは省エネルギーの導入を精力的に進めてきた。ところが、昨今のエネルギー価格の下落により、将来のエネルギー危機に対する認識が薄らいできた。資源に乏しい日本にとって化石燃料の代替エネルギーの開発は将来必ず我々の生活に関わる大きな問題となることは周知の事実である。現状では、突然革命的なエネルギーが開発されるとも考えにくく、少しでも代替エネルギーの開発をおこなうことは意義深い。中でも本協会が開発母体となっている水素エネルギーは取扱いが容易な上、クリーンであるためエネルギー源としては優れているものの、石油やLPG等の化石燃料を原料として製造しているため、二次エネルギーとなり割高になってしまう欠点を有する。実際に利用している形態は、化学工業原料やロケット燃料等の利用に限られている。将来の展望としては、水素燃焼タービン(平成3年サンシャイン計画、2020年頃実用化)、都市ガスシステム、水素利用国際クリーンエネルギーネットワークシステム(ニューサンシャイン計画、2030年頃世界的に普及)などの大型プロジェクトが産官共同で進められようとしている。ここでは、筆者が関わってきた水素エネルギー技術開発と将来の展望について簡単に触れたい。

私のように化学を専攻する者にとって、これまでの研究主題は新規な物質を合成することに重きが置かれてきた。ところが、最近のエネルギーや環境問題の解決には、物質の特性を調べなければならないことがわかり、これらの研究が盛んに行われるようになってきた。省エネルギーの観点から、我々が提案している昇温型2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプは、環境汚染に影響を与えている100℃以下の低品位熱(太陽熱、地熱、工場廃熱等)を、利用価値の高い200℃以上の熱に改質し再利用しようとするものである。本システムが、何故水素エネルギーと関係しているのかと思われる方も居られると思うが、低温熱を利用して如何に効率よく有機化合物(2-プロパノール)から水素を生成させる優

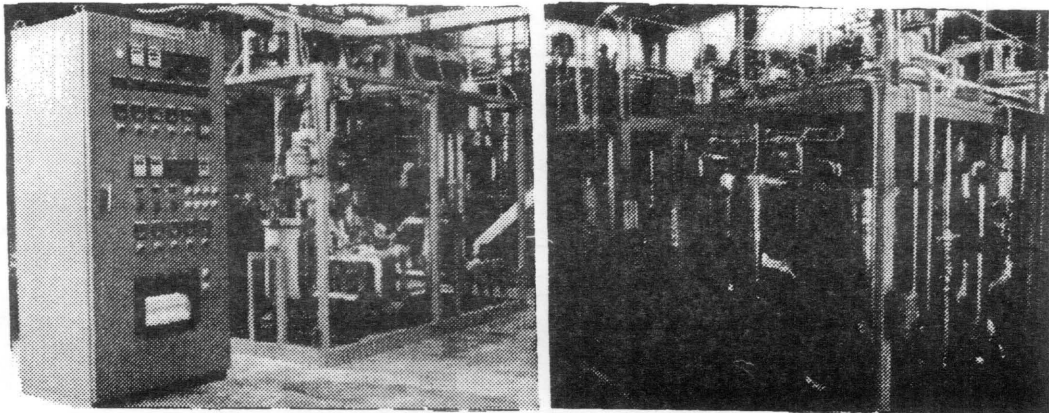


- R_L: Low-temperature reactor for 2-propanol dehydrogenation under boiling conditions
- R_H: High-temperature reactor for acetone hydrogenation to recover the reaction heat
- D: Distillation column to separate 2-propanol from acetone and hydrogen

図1 2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプシステムの概念図

れた触媒(熱回収のための脱水素反応は吸熱反応のため高温ほど反応は有利に進行する)を開発するかが、本システムを実用化するためのキーテクノロジーとなる(図1)。

研究当初は、触媒の活性が低いため、高いものから安いものを作ってどうするか!、実用化は無理!とか陰口を叩かれたものであったが、触媒の活性向上と共に文部省エネルギー重点領域研究やサンシャイン計画(産業用ソーラーシステム実用化技術開発、NEDO後援)でも取り上げられるようになった。昨年暮れには日揮大洗原子力開発センターにパイロットプラントが建設され(図2)、150℃の蒸気が連続的に回収できることが確かめられた。現状では、30%以上の熱効率を目指して



i) ベンチスケールプラント(1 × 10³kcal/h) ii) パイロットスケールプラント(1 × 10⁵kcal/h)

図2 2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプシステム
(日揮、新エネルギー・産業技術総合開発機構提供)

触媒の改良、液膜型反応器や熱交換器型反応器の開発が行われている段階にある。これらの開発研究は、水素エネルギーまたは新エネルギー国際会議や2国間のシンポジウム等でも関心を引き、情報交換や研究室訪問を交えながら、それぞれの国(米、仏、独、韓、露)の研究所、企業等でも独自に研究が進められている。

最近、齊藤(東大)らはシクロアルカン類から低温度で水素を生成する触媒を見出した。これらの反応をベンゼン水素化電極反応と組み合わせ燃料電池として構成できることを渡辺(山梨大)らと共に提案している(図3)。また亀山ら(農工大)は、シクロヘキサン脱水素とベンゼン水素化反応を組み合わせ、200℃から350℃

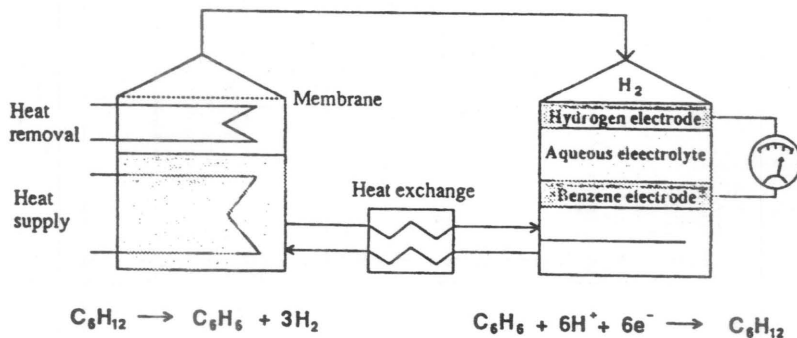


図3 シクロヘキサン/ベンゼン/水素系
熱再生型燃料電池システム

以上に昇温する圧縮型ヒートポンプシステムを提案している。本ヒートポンプシステムと燃料電池(図4)を組み合わせると、100℃以下の熱を直接電気エネルギーに変換したり、高温型ヒートポンプシステム(図5)と組み合わせることにより、より高付加価値な熱が得られることになる。これらの実現には、触媒が作動温度域において優れた水素の生成・付加特性を示すばかりでなく、寿命、選択性の点についても優れていることが望まれる。これまでのような実用化プロセスでも経験してきたように、実験室レベルの結果を実用化に発展させるためには、これからも様々な問題点を解決しなければならないことが本システムでも明らかとなった。

これまでに通産省工業技術院が進めてきたサンシャイン計画やムーライト計画は、要素技術の開発では大きな発展があったものの、実用化の点では疑問視されてきた。昨年、これらの計画に環境問題を加え、新たにニューサンシャイン計画としてスタートした。今度こそ、実用化の問題を大きな目標としてもらいたい。

ニューサンシャインの中で取り上げられている水素エネルギー開発の中には、水

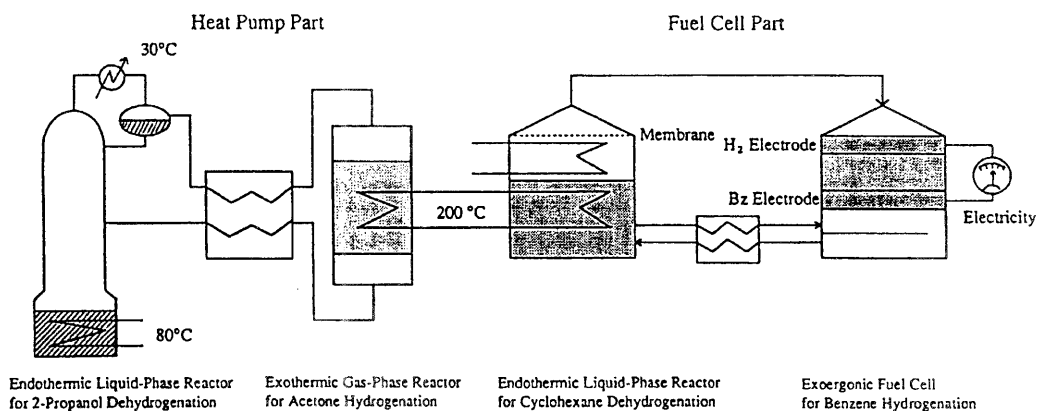


図4 2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプとシクロヘキサン/ベンゼン/水素系熱再生型燃料電池による複合型熱エネルギー改質システム

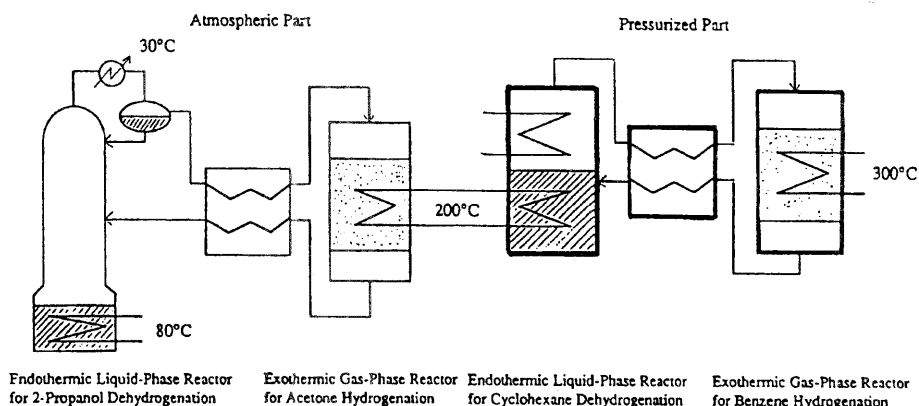


図5 2-プロパノール/アセトン/水素系ケミカルヒートポンプとシクロヘキサン/ベンゼン/水素系ケミカルヒートポンプによる複合型熱エネルギー改質システム

素利用クリーンエネルギーネットワーク (WE - NET 計画、海外の水力、太陽、風力等の安い水素ソースを導入)、水の電気分解技術の大型化と効率向上が取り上げられ、エコ・エネシステムの開発ではスーパーヒートポンプシステム (ムーンライト計画) のフォローアップ研究や化学エネルギー担体 (メタノール、アンモニア、メチルシクロヘキサン等) を利用した熱輸送や貯蔵の研究が始まろうとしている。これらの開発には、水素の反応に関わってきた触媒科学者の参加が不可欠となろう。ここ 10 年近くエネルギー利用の観点から水素の触媒反応に従事してきた立場から、稼働温度を考慮に入れないと、経済性やサイクルとして成り立たないことを痛感した。操作性など多方面からの点にも熟慮して、システムの構築を慎重に検討して頂きたい。

先日、アメリカ超大企業の技術政策担当者と懇談する機会があった。その席で日本企業あるいは公的研究機関と共同研究したいのだが、日本社会の閉鎖性からなかなか旨く行かないことを説かれ落胆させられた。今後、世界から日本が尊敬されるためには、政治・経済ばかりでなく、国際協力を図りつつ技術立国としてのリーダーシップを発揮できなければ日本の衰退を招くだろうと危惧するのは著者のみであろうか。

最後に、水素エネルギー協会 (HESS) 創立 20 周年ということで、若輩者の筆者にこのような機会を与えて下さった伊原征治郎 (日本工大)、山根公高 (武蔵工大) 両先生に感謝いたします。

参考文献

- 1) "2050 年への挑戦 - 21 世紀の技術とエネルギービジョン", 電力新報社刊 (1993)
- 2) "CO₂ 対策技術ポートフォリオの構築" 報告会資料, 野村総合研究所 (1993, 11 月)
- 3) "産業用等ソーラーシステム実用化技術開発要素技術の研究 - 化学エネルギー変換技術の研究", 平成 4 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託業務成果報告書 (日揮株式会社)