

環境にやさしいエネルギーを何に求めるのか？

— 水 素 —

総合科学部基礎科学研究講座 藤井博信

現在、石油・石炭・天然ガスなどの化石燃料の使用に伴って起こる炭酸ガス、窒素酸化物による地球温暖化や酸性雨による森林破壊など、地球環境破壊が深刻な社会問題となつてきている。今後、環境にやさしいエネルギーを何に求めればよいのか、人類にとって最大の課題の一つとなつてきた。

総合科学の必要性

総合科学部は故今堀誠二広島大学名誉教授の労をおしまぬ血の出るような努力があつて昭和四九年六月創設された。当時（教養部時代）から居る私達のような若手研究教育者にとつて大変な感激であつた。それは、やつと他学部と肩を並べ、研究活動が行える環境が整つたからである。総合科学部は、既存の学部とは違つた創設理念が要求された。それは既存の学問体系の細分化への反省から来る学問の総合性であり、学際性であつた。私達若手研究者は、創設理念に沿つた研究を開始することを心に決めた。第一次オイルショックの影響もあり、私は、エネルギー問題の基礎

研究に取り組むことにした。もちろん、これまでの研究（物理学）を続けながらである。英国では、「ころがる石には苔が付かない」一方、米国では「石はころがらなければ輝かない」という諺がある。私は、後者の言葉の方が好きだ。

生物を育ててくれたエネルギー

まず、これまで私達生物を育ててくれた太陽エネルギーについて考えてみよう。太陽の質量は地球の三十三万倍、その放射エネルギーは核融合反応によつて起こり、毎秒六億トンの水素がヘリウムに変換し、その時光エネルギーを放射している。すなわち、自らを燃やして、自らの質量を減少させていることにな

る。すると、太陽が燃え尽きる時は必ず来る。しかし、その寿命は二五〇億年と推定されるため、いま問題視する必要はない。

この太陽エネルギーの二五〇億分の一が毎年地球に到達している。この内、三〇％は地球表面で反射され、残りが地球内部に入る。しかし、五〇％は空気によつて散乱される。従つて、地表に到達するのはその内の二〇％に過ぎない。地球に達した太陽エネルギーは、風や波のエネルギー、生物の光合成のエネルギーに使われているが、ほとんどのエネルギーは水の蒸発に使われている。夜間に、太陽から到達したエネルギーと同量のエネルギーが宇宙に放射されている。これを我々は放射冷却と呼んでいる。よく晴れた日の朝程寒いのはこのためである。なお、人間が一年間に消費するエネルギーは地表に到達する太陽のエネルギーの一分間に過ぎない。従つて、この太陽エネルギーのうち、千分の一でも有効に利用できればエネルギー問題は解消することになる。しかし、実際にはこのエネルギーは希薄である。また間欠性という問題もあり、有効利用することは極めて難しい。

これまで人類が使つてきたエネルギーは太陽エネルギーの変身に過ぎないといえる。まず化石燃料を考えると、これは長期にわたつて太陽エネルギーを地球内部に蓄積して出来たエネルギーである。ダムに蓄えられた水は太陽エネルギーによつて、水が蒸発し雲となつて山に運ばれ、雨水として蓄積された位置エ



エネルギーである。これは電気的エネルギーとして使用されるので、太陽エネルギーの中期的な蓄積と言えよう。最後に、太陽エネルギー

環境にやさしいエネルギー 水素をいかにして作るか

をもっと短期的に、すなわち、直接的に使うにはどうすればよいか？ それは、太陽エネルギーによって水を分解し水素と酸素を作り、その水素と酸素を反応させてエネルギーとして取り出すことである。水素は水から生まれ、水に還元するから生態的にまったく問題ない。従って、環境にやさしいエネルギー源として水素が使われるようになるであろうことを予想させる。

このように、水素はクリーンエネルギーとして優れた特性を持っているが、その製造に関しては、現時点で石油に代わるコストでの生産は不可能であるなど、経済的な問題を残している。ところが、米国ではアポロ計画によって水を電気分解し、水素を作る技術が進んでおり、水素を製造するための無人水力発電所も建設されている(カナダ)。また、米国アリゾナ州では、アモルフアス・シリコン太陽電池によって発電し、電気分解によって水素の製造が始められようとしている。水素を作るための革新的な方法には、水蒸気を二五〇〇℃位まで温度をあげ、 H_2O を H_2 と O_2 に分解する方式が考えられる。この温度で、混合ガスを H_2 と O_2 に分離することが出来れば、直接水から水素と酸素を作り出すことが可能となる。しかし、このような高温を得るには

核融合反応を地上で達成させることが必須の条件となる。この他に、光・熱化学サイクル法という方法がある。この方法ではある化学物質をある条件下で反応させ、酸化物を作ると同時に水素ガスを発生させる。次に、残った酸化物を熱したり光を当てたりして、元の化学物質に戻す方式である。このように、光や熱によって水から水素を作り出す事が可能になれば、日本は立地条件に恵まれているので、海に筏を浮かべたエネルギーの漁業(ポルシェ・プラン)も夢ではない。すなわち太陽光による水の電気分解や光・熱化学サイクル法によって水素を生産し、パイプラインで国内に送ることも可能になる。

しかし、環境にやさしいエネルギーは、実は低いエネルギー状態にあり、先程述べたように、太陽エネルギーの有効利用は難しい。ソーラー自動車がクリーン・エネルギーの代表のようにマスコミを賑わしているが、太陽電池の心臓部に当たるアモルフアス・シリコン半導体を作るために、どれだけのエネルギー(化石燃料)を使い、炭酸ガスを放出しているかそこまで考えている人は意外に少ない。原子力エネルギーは公害の元凶のように言われる。しかし、高いエネルギー源は、全て、放射線を発するとんでもない。こうした高いエネルギーを使えば、効率よくエネルギー(電力・水素)を作り出せる。太陽エネルギーは環境にやさしいエネルギーという。これも、誤解されやすい。太陽は、核融

合反応によって高いエネルギーを放射しており、この意味では核分裂によるエネルギー（原子力エネルギー）と大差ない。しかし地球に到達するときオゾン層や大気層によって、高いエネルギーの放射線（ごく一部は自然放射能として地上に到達）、紫外線は地球表面で反射され、地表に達するエネルギーは環境にやさしい低いエネルギーなのである。だから、太陽エネルギーを有効利用する事の難しさを思い知ることが出来る。従って、将来は人工衛星によって、大気圏外で、太陽電池を永久的に働かせ、電磁波の形で地球に送り、電力の形で利用や水素の形でエネルギーを蓄える事はあながち夢ではあるまい。

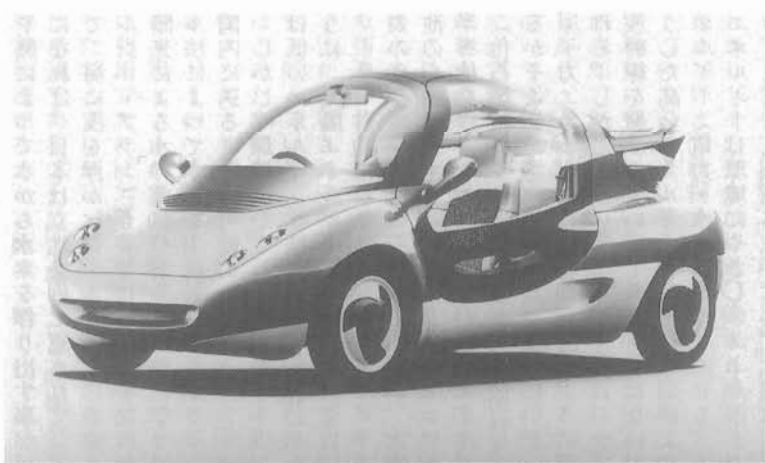
現在、水素のほとんどは化石燃料から、つまりナフサに高温の水蒸気を用いて作られており、半導体工場や製鉄メーカーで還元剤として使用されている。しかし、化石燃料から作った水素を利用するのは環境保全には何ら貢献しているとはいえない。それは、水素を作るために、炭酸ガスを放出しているからである。トータルで物を見る目が必要であることは言うまでもない。

水素の利用と 貯蔵・輸送には

水素の利用面ではスペース・シャトルの第二段サターンロケット・エンジンに、また最近では国産のH2ロケット・エンジンに液体

水素が使われている。これと同様の方式を米国のP&W社が飛行機のジェット・エンジンに採用し、高性能率を得ている。

水素を製造・利用する問題の他に貯蔵する問題も重要である。自動車に水素ガスボンベを利用するとしたら、非常に大きな高圧ボンベを必要とする。もし液体水素を使うとすれば貯蔵のためにマイナス二五〇度の温度が必要であるから貯蔵容器の制作に大変な費用がかかる。そこで、現在脚光を浴びているのが水素吸蔵合金である。この合金は水素を多量に吸蔵できるという性質を持っている（液体水素に匹敵する）。この合金は温度を上げると水素を放出し、温度を下げると水素を吸蔵するという性質を持っており、この性質を利用すれば水素自動車の燃料貯蔵タンクへの利用も可能である。私達は、従来から水素吸蔵合金の研究を精力的に行ってきた。昨年（一九九一年）、マグネシウムを含んだ水素吸蔵複合合金の開発に成功し、従来の水素吸蔵合金に比べて、飛躍的な性能改善が図られることを発見した。この合金の設計技術は、マツダが開発した水素ロータリー自動車（HR-X）に生かされている（一九九一年モーター・ショー出品）。驚くべき事に、窒素酸化物の排出量は従来のガソリン車の五分の一以下であり、マフラーからは水蒸気のみが排出されていた。今後、我々は、この複合合金の更なる改良を図り、自動車の燃料タンクのみでなく、ヒート・ポンプ（冷暖房）、アクチュ



マツダ車（水素ロータリー自動車）

エーター、水素二次電池への利用などへと展開させていきたいと考えている。こうした研究は、これまでの環境破壊につながる炭酸ガス、フロンガス（冷暖房）、カドミウム（充電池二次電池）の使用に代わって、環境保全にとって不可欠なクリーン・エネルギー体系