

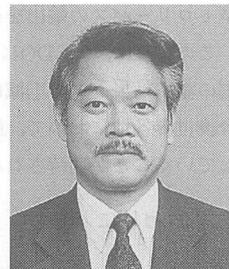
■ 展望・解説 ■

太陽エネルギーと化石燃料とのハイブリッド利用

Hybridization of Solar Energy with Fossil Fuels

玉 浦 裕*

Yutaka Tamaura



はじめに

太陽エネルギーの開発における最大の問題は化石燃料が低価格のためにコスト的に競争にならないところにある。また、日本に限ってみると、世界のサンベルト（図1）から遠く離れているために太陽エネルギー密度の高い場所での経済的に有利な太陽エネルギー開発ができないという問題もある。かつて日本でも集光太陽熱による発電技術の開発研究が行われたが、サンベルトの1/3程度のエネルギーしか獲得できないわが国においては経済性が成り立たないということで断念された。日本のように直達光が弱く、日照時間の少ない場所では、PVによる太陽エネルギー開発しか可能性はない。しかし、世界はサンベルトの太陽エネルギーを21世紀のエネルギー資源として利用するために、サンベルトでの開発研究や商業ベースの実用化システムの導入に精力的に取り組んでいる¹⁾。また、これまでに先進国で開発されたサンベルト用の太陽エネルギー利用システムもGEFの基金を投じてサンベルトに位置する途上国に導入する計画が次々に実施される段階へと達している^{1~2)}。わが国も世界に遅れることなく、経済的に有利なサンベルトの太陽エネルギー利用システムの開発に取り組むことが重要であり、今のこの時期を逸すると日本はサンベルトの太陽エネルギー開発や導入において世界から大きく水を掛けられてしまうことになる。わが国がこの開発に取り組むには、本文で述べるように太陽エネルギーを液体燃料として海上輸送するエネルギー利用システムに着目することがサンベルトの太陽エネルギー資源に対するわが国のエネルギーセキュリティという観点から重要である^{3~12)}。そのためは、太陽エネルギーと化石燃料とをハイブリッド化して利用することで経済性の成りたつ技術開発に

取り組む必要があるものと思われる。本稿においては、世界的に開発が進められている太陽エネルギーと化石燃料とのハイブリッド利用システムについてCO₂削減効果及び経済性評価の面から概説し、わが国が取り組むべき方向性について述べることにしたい。

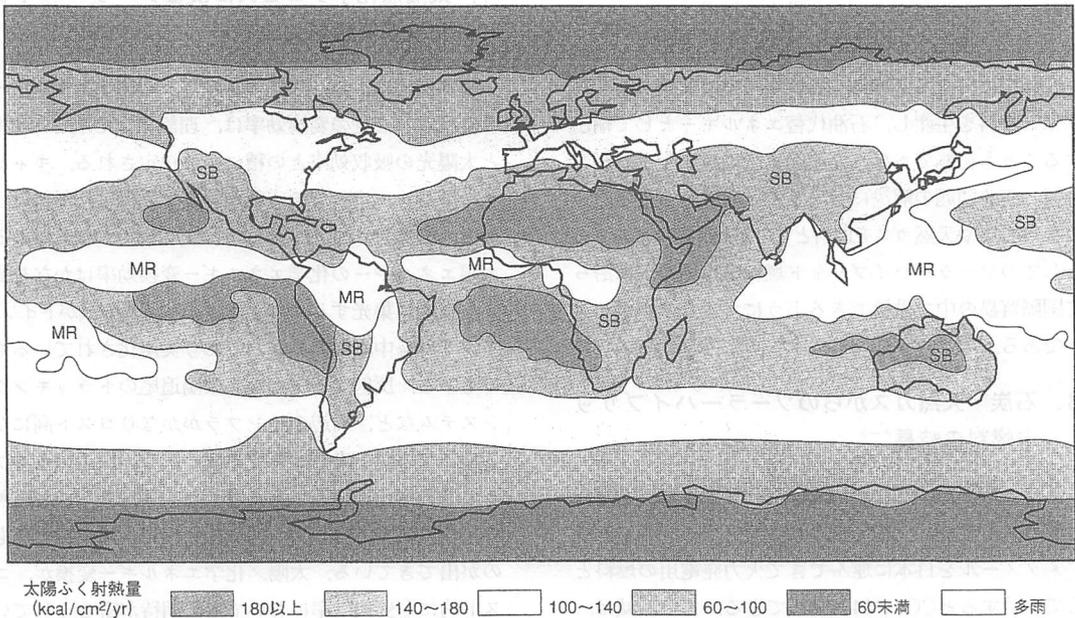
1. 太陽エネルギーと化石燃料とのハイブリッド利用と経済性

太陽エネルギー利用システムはいかなるシステムであれ、新しく設備投資を必要とする。これに対し、化石エネルギーにおいては、既に発電システムや交通部門の燃料利用システムなどの社会インフラが十分に整っている。太陽エネルギーの導入の足かせとなっているのは、化石燃料が低価格であるということの他にこのような新しい設備投資や社会インフラの整備などの課題もある。太陽エネルギー時代と言うと、化石燃料に匹敵する一次エネルギー源として太陽エネルギーを利用していることを想定しているものと思われるが、これを想定すると21世紀にはサンベルトに相当規模の資本が投下される市場と見込まれる。問題はいかに採算の取れるビジネスとしてサンベルトへの太陽エネルギー産業を興すことができるかである。特に、日本としてどう産業を興すかである。

市場性を成立させるためには、既存の化石エネルギー（「石油」）で利用されている社会インフラをそのまま利用できる液体燃料（ソーラー液体燃料）を生産することが考えられる。ソーラーメタノールはその有力候補である。また、市場原理によって導入を進めるためには、現存の化石燃料とほぼ同様の使い方において価格的に競争可能なシステムとして導入を図ることを考える必要がある。そして、国の助成やプロジェクトにより導入を促進するにしても、既存のエネルギー産業構造をスムーズに変革できるソフトランディング型であることが求められる。そのためには従来設備と無関係な新規システムとして太陽エネルギーのみを利用す

*東京工業大学炭素循環素材研究センター教授
〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

SB: サンベルト地域, MR: 多雨地域



西上, 柳沢共著, 『第12回エネルギーシステム経済会議資料』, (1996), p.325より作成

図1 世界のサンベルト地域

るようなものを導入するのではなく、化石燃料を利用しつつ太陽エネルギーも利用するようなハイブリッドシステムの普及を考える必要がある。つまり、既存の化石燃料用インフラがそのまま代用できることや、化石エネルギー産業が燃料の転換を行うだけで太陽エネルギー導入を可能とするようなステップを中間シナリオとして考えることである。さらには、このような中間段階のシステムが、CO₂削減がさらに強化されて行くことに対し、経済性の成り立つ範囲においてフレキシブルに太陽エネルギーの導入割合を増やすことが可能となるような技術としてプログラムされる必要がある。また、2030年頃から逼迫し始めると予想されている石油に対して代替燃料として対応することも必須の条件と思われる。さらに、いわゆる太陽エネルギー時代の実現に向けて、システムやインフラを遺産として利用したり転用しながら市場経済に合わせて移行できるものが求められる。

2. 経済性の成立するソーラーハイブリッドメタノール生産の可能性

ソーラーハイブリッドメタノールは化石燃料を主たる原料として、一部に太陽エネルギーを利用して生産することができるので(ソーラーハイブリッド燃料)、

太陽エネルギー開発に伴う設備投資を大幅に緩和できる(10~20%が太陽エネルギー)。また、ソーラーハイブリッド燃料としてのソーラーメタノール(ソーラーハイブリッドメタノール)は自動車のガソリンの代替燃料として利用できるので、日本のように石油を輸入せざる得ない国においてはガソリンの消費者価格が比較的高く、代替燃料として競争できる可能性がある。後述するように自動車用メタノール改質器が如何に低価格化し、軽量化できるかが要ではあるが、燃料電池自動車ではガソリン価格に対抗できる可能性がある。また、日本のLNG火力発電では、天然ガスの液化のインフラやLNGタンカーでの輸送などにコストがかかるため、現地価格よりも高く、現地で天然ガスと太陽エネルギーとで生産されるソーラーハイブリッド燃料(ソーラーハイブリッドメタノール)は、コスト的に日本でのLNG価格と競争できる可能性がある^{6~12)}。オーストラリアは土地の大部分がサンベルトにあり広大な太陽エネルギー資源として利用できる面積を有し、しかも天然ガスや石炭が豊富に産出するので、太陽エネルギーを利用したソーラーハイブリッド燃料生産に適している^{6~12)}。さらに、オーストラリア国内には石油が産出しないので海外から輸入しており、液体燃料としてのソーラーハイブリッド燃料はオーストラリア

国内でガソリン価格と競争できる可能性があり、市場原理による太陽エネルギーの導入の見通しがある。また、インドや中国のように石炭を産出したサンベルトを国内に有する国では、石炭からのソーラーハイブリッド燃料を生産し、石油代替エネルギーとして輸出することも可能であり、発展途上国にエネルギー産業を興し南北問題の解決に資することも考えられる。いずれも石炭や天然ガスを原料として石油代替エネルギーとしてのソーラーハイブリッド燃料を市場原理に沿って国際貿易の中で供給できるようにすることがポイントである。

3. 石炭・天然ガスからのソーラーハイブリッド燃料の特長^{6~8)}

海外のサンベルトにおいて、下記のように、石炭と天然ガスとの1:1で生産されるソーラーハイブリッドメタノールを日本に運んできて火力発電用の燃料として利用するとCO₂が14%削減できる。この削減は、海外のサンベルト地域の太陽エネルギーの導入によって行われる。つまり、日本国内に外からの新エネルギーが火力発電部門に14%導入できることになる。メタノールはLNG同様にコンバインドサイクル発電に利用できる。また、自動車用メタノール燃料（直接噴霧燃焼と燃料電池の両方に利用可能）として利用でき、ジメチルエーテルとしたときにはディーゼルエンジンに直接利用できる。クリーンな燃料で、石炭や天然ガスを直接利用する時の大気汚染問題や環境汚染問題（ベンゼン、NO_x等）が解消できる。多くの産業分野、民生部門でクリーンな燃料として使用が可能である。

また、現在輸入している石炭と天然ガスは、ソーラーハイブリッドメタノール（ソーラーハイブリッドジメチルエーテル）として輸入でき、言い換えれば、天然ガスと石炭の全く新しい輸送手段ともなる。石炭のCO₂排出分を天然ガスへの燃料転換のみで削減しようとすると石炭の輸入を抑え、天然ガスを増やさなければならない。しかし、この新しい輸送手段では、石炭と天然ガスの輸入比率を1:1にキープしておくことができる。石炭の輸入を減らす必要もなく、かといって天然ガスに強く依存する必要もない。エネルギーセキュリティの観点からはバランスをうまく保つことができる。

4. 太陽熱化学プロセスによるソーラーハイブリッド燃料の生産

吸熱反応により、太陽エネルギーを化学エネルギーに変換するときの変換効率、理論上、Carnot効率と太陽光の吸収効率との積により決定される。キャピティ型レシーバーでの実効理論変換効率は75%付近となる（図2）¹⁰⁾。このように熱化学的的な方式による太陽エネルギーの化学エネルギー変換効率はかなり高い。実際に集光するにはさまざまな集光方式がドイツ、アメリカを中心に開発されており実用化されているものもある。反射ミラーとか、太陽追尾のトラッキングシステムなど、周辺のインフラがかなりコスト高になるのでないかと考えがちであるが、この周辺のインフラの低価格化は急速に進んでおり（図3）¹⁰⁾、太陽熱発電での試算ではコスト的に化石燃料と肩を並べるものが出てきている。太陽/化学エネルギー変換が、コスト的にも変換効率においても、期待が寄せられているところである。

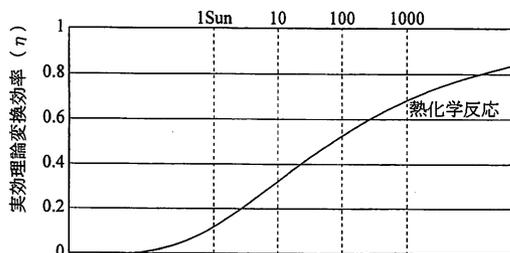
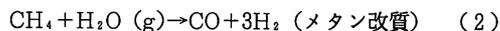
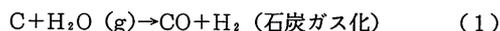


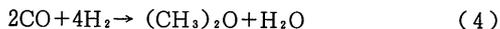
図2 太陽光集光度と実効変換効率の関係

化石燃料と太陽エネルギーとのハイブリッド化は天然ガス（メタン）の改質反応が石炭（主に炭素）のガス化反応により合成ガスをつくり、これをメタノールかジメチルエーテルに転換する。

太陽熱を利用して、石炭（C）（1モル）及び天然ガス（メタン、CH₄）（1モル）を水蒸気（H₂O（g））と吸熱反応である以下の反応



を起こさせる。次に、これらの反応で得られる一酸化炭素（CO）（2モル）と水素（H₂）（4モル）ガスを原料として下記反応により



メタノール（2モル）またはジメチルエーテル（1モ

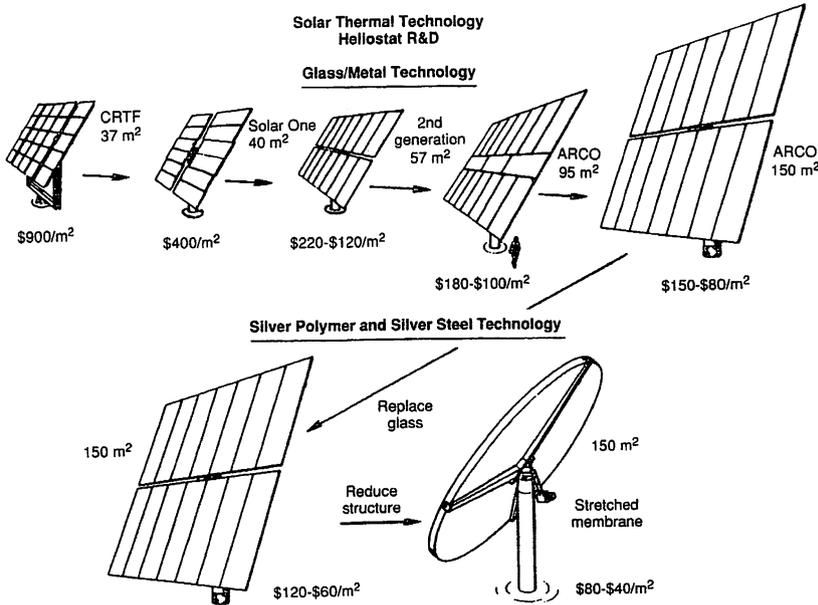


図3 ヘリオスタットの開発とコスト低減化

ル)が生産できる。このうち、天然ガスの改質反応と石炭のガス化反応は吸熱反応であり、この吸熱反応に必要なエネルギーとして集光太陽熱を供給する。これらの熱は生成物のメタノールやジメチルエーテルの化学結合エネルギーとして蓄えられる。これを利用するには、メタノールかジメチルエーテルの燃焼熱として取り出すか、燃料電池に用いて電気エネルギーとして取り出す。取り出されるエネルギーは、もとの天然ガス単独あるいは石炭単独でこれらを燃焼して燃焼エネルギーとして利用する場合に比べると、太陽エネルギーをハイブリッド化したものの方が単位炭素あたり多くのエネルギーを取り出すことができ、CO₂削減が可能となる⁶⁻⁸⁾。下記に、火力発電所に利用する場合に電力変換においてどの程度太陽エネルギーによるCO₂削減が可能となるかを示した。

5. ソーラーハイブリッド燃料による火力発電でのCO₂削減効果と経済性評価

石炭(C) 1モルを燃やすと393.5kJの熱と1モル(0.044kg)のCO₂が発生する。石炭を微粉炭火力で燃やして電気に変えるとすると、その発電効率(燃料のエネルギーが電気に変換される割合)を40%(HHV, 高位発熱量基準: 燃焼で生じた水蒸気(H₂O)が液体(水)に戻るときの凝縮熱も含めたもの)とすると、発生する単位発電量当たりのCO₂量は1.01kg/

kWhとなる。

天然ガス(メタン, CH₄)を燃やすと890.4kJの熱と1モル(0.044kg)のCO₂が発生する。日本で天然ガス(メタン, CH₄)を用いる場合、液化して液化天然ガス(LNG)にして海外(東南アジア, アラスカ等)から輸入されている。この液化にエネルギーを消費するのでCO₂排出量を求める上で、その液化効率(投入された天然ガスの内、液化された割合)も含める。この液化効率を86%とする。液化天然ガス(LNG)をガスタービンコンバインドサイクルで燃やして電気に変えると、その発電効率を50%とすると、発生する単位発電量当たりのCO₂量は0.41kg/kWhとなる。

一方、メタノール(ソーラーハイブリッド燃料)の燃焼反応は1モルで726.6kJの熱と1モル(0.044kg)のCO₂が発生する。メタノール(ソーラーハイブリッド燃料)をガスタービンコンバインドサイクルで燃やして電気に変えると、その発電効率(燃料のエネルギーが電気に変換される割合)を50%(HHV, 高位発熱量基準: 燃焼で生じた水蒸気(H₂O)が液体(水)に戻るときの凝縮熱も含めたもの)とすると、発生する単位発電量当たりのCO₂量は0.44kg/kWhとなる。また、ジメチルエーテル(ソーラーハイブリッド燃料)1モルを燃やすと1460.5kJの熱と2モル(0.088kg)のCO₂が発生し、ガスタービンコンバインド

サイクルで燃やして電気に変えたとし、その発電効率（燃料のエネルギーが電気に変換される割合）を50%（HHV、高位発熱量基準：燃焼で生じた水蒸気（H₂O）が液体（水）に戻る際の凝縮熱も含めたもの）とすると、発生する単位発電量当たりのCO₂量は0.43 kg/kWhとなる。

以上の計算より、ソーラーハイブリッド燃料をメタノールやジメチルエーテルとして生産した場合、単位発電量当たりのCO₂排出量は0.44または0.43kg/kWhであり、液化天然ガス（LNG）単独利用のときの0.41 kg/kWhと同等まで低減できることがわかる。

また、石炭（C）1モルと天然ガス（メタン、CH₄）1モルとから合成したソーラーハイブリッド燃料（メタノール、ジメチルエーテル）のCO₂排出量0.44（0.43）kg/kWhは、石炭と天然ガスをそのまま個別に1：1の比率（単位発電量当たり）で使用した場合のCO₂発生量である0.71kg/kWhと比べ、約40%程度低くなる。つまり、石炭：天然ガス=1：1（炭素モル比）で生産したソーラーハイブリッド燃料では、火力発電用燃料として利用した場合（現在使用中、もしくは今後使用する予定の石炭、天然ガスを1：1の比率（単位発電量当たり）でソーラーハイブリッド燃料に転換する場合には太陽エネルギーの導入分も含めて約40%のCO₂削減が理論上可能となる。さらに、建設予定の石炭炊きの火力発電所に対しては、ソーラーハイブリッド燃料としてのメタノール炊きとすることにより約60%のCO₂削減が可能となる（石炭を、天然ガスと共に太陽エネルギーを用いて、ソーラーハイブリッド燃料という液体燃料に形を変えて利用する）。この60%のCO₂削減は、石炭と天然ガスを原料として1：1（炭素モル比）の比率で利用しているもので、天然ガスだけに依存するのではなく、長寿命の石炭を利用するという点でエネルギーセキュリティーの面も見た上での数値であり、CO₂削減効果の他にも重要な意味を持っている。

経済性を考えると、100%の太陽エネルギーのソーラー燃料は、仮に10%の太陽エネルギーが入っているソーラーハイブリッド燃料に比べると、ソーラ設備が10倍になり、それだけコストと設備面積を必要とする。そのため、100%のソーラー燃料は大変に高いものになり、化石燃料とは太刀打ちできない。これは、100%の太陽エネルギーのソーラー燃料を生産する技術では市場原理によって太陽エネルギーを開発することはできないことを意味する。

これに対し、石炭・天然ガス1：1（炭素モル比）で生産するソーラーハイブリッドメタノールは、上記のように火力発電所では14%程度の太陽エネルギーの入ったソーラーハイブリッド燃料として利用することになり、この程度の比率であれば、経済性のある太陽エネルギー開発が期待できる。そのコストを実際に試算してみると、1.5円/Mcalとなった⁸⁾。この試算では、1ソーラーファーム（直径480mのヘリオスタットフィールド）の石炭のガス化炉の大きさがIGCC実用化規模の約1/5（石炭180t/日）となること、またメタノール合成設備に対し、WE-NET第一期中間報告の5000t/日の試算結果に2/3乗則を仮定した。試算結果はLNGや原油の価格と同等となり、さらに詳細な試算を行わなければならないが、市場性のある燃料が生産できる見通しは十分に期待できる。また、われわれがNEDO・エネルギー総合工学研究所の委託で行った調査研究では⁸⁾、このような天然ガスと石炭との両方が利用できるサンベルトの場所として、オーストラリアのブリスベン奥地のRomaが適していることがわかった。この場所で石炭と天然ガスを用いてソーラーメタノールを年間1000万トンを生産して日本に輸出し、日本の火力発電用燃料として用いると500万kWの発電が可能となる。この規模でのメタノール製造コストは8～9円/kgでメタノール輸出価格15円/kg（FOB）で税前利益は約600億円程度となる（投資回収期間10年）。CO₂排出量は石炭火力発電所を対象とすると前述のように約60%削減でき、それは500万kWの発電（石炭火力）に対し、炭素換算で約380万トン/年が実際に削減できる。この数値は実際に太陽エネルギーの導入により削減される。今後、開発に10年、それから20年の間に石炭火力からソーラーメタノール火力発電に転換する事業をビジネスとして展開することは可能であり、その方策をとれば、石油が逼迫し始める2030年ごろには、石油に依存することなく、また石炭燃焼を行うこともなくほぼLNG（0.41kg/kWh）と同等のCO₂排出率（0.44kg/kWh）で火力発電が可能となる。しかも太陽エネルギーが14%は導入でき、新エネルギーの導入効果が期待できる。

6. 燃料電池搭載型自動車用のソーラーハイブリッド燃料のコスト

燃料電池搭載型自動車はすでに実用化段階にあり、水素やメタノールなどの燃料の大量供給システムがこれからの課題となっている。当面は天然ガスを燃料と

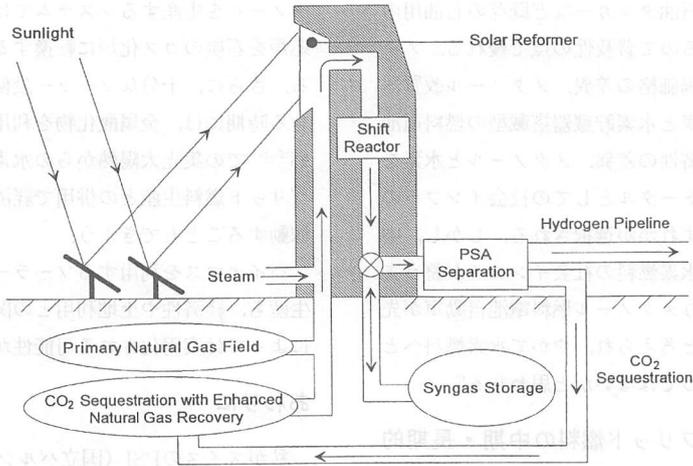


図4 天然ガスのソーラー改質による H_2 生産及び分離 CO_2 のガス田への埋め戻し¹⁵⁾

するHC (Hydrocarbon) 型燃料電池が普及し、水素やメタノールが大量供給される社会システムが整うまで過渡期的な位置を占めるものと予想される¹⁵⁾。水素やメタノールは、天然ガスを原料として水蒸気改質反応を用いて生産できるが、改質反応が吸熱であるために天然ガスを燃焼させる従来技術(天然ガス燃焼型)では CO_2 排出の問題がある。これを解決する方法として上記のような集光太陽熱を用いるソーラーハイブリッド燃料生産(集光太陽熱利用型)が考えられている。天然ガス(メタン)1分子の水蒸気改質で得られる合成ガスからは1分子のメタノールと1分子の水素が生産される。また、サンベルトからの水素ガスパイプラインでの輸送が可能であれば、シフト反応により4分子の水素に転換し、ソーラーハイブリッド水素燃料として供給することが考えられる。米国プリンストン大学のWilliamsら¹⁵⁾は天然ガスの水蒸気改質反応とシフト反応を用いて水素を生産するシステム(水素ガスパイプラインで消費地に輸送)について、集光太陽熱を用いるケース(集光太陽熱利用型)と用いないケース(天然ガス燃焼型)で、 CO_2 の排出量や経済性(燃料電池自動車への利用)について試算を行っている(図4)。燃料電池自動車について従来のガソリン車と比較してみると、走行距離kmあたりの消費者価格は、従来のガソリン車を1.00とすると、天然ガス燃焼型では0.72、集光太陽熱利用型では0.88となっている。いずれもガソリン車のガソリンよりも低価格で水素が供給できる結果となっている。また、 CO_2 排出量でみると、天然ガス燃焼型では $16.2kgC/GJH_2$ 、集光太陽熱利用型では $12.48kgC/GJH_2$ であり、天然ガス燃焼

型よりも23%ほど CO_2 削減が可能となる。さらに、いずれも、分離した CO_2 をガス田に埋め戻す方式(Enhanced Natural Gas Recovery)を取り入れた場合でも、現行の自動車のガソリン価格を下回る結果となっている。集光太陽熱利用型で埋め戻す方式においては、 CO_2 排出量はわずか $2.28kgC/GJH_2$ であり(天然ガス燃焼型では $6.05kgC/GJH_2$ と約3倍もの CO_2 が排出)、コスト的にも現行の自動車のガソリン価格を1割程度下回っており、地球温暖化回避に十分な効果が期待できるシステムとして期待できる¹⁵⁾。

上記の試算は水素ガスパイプラインでの輸送が適用可能な場合(消費地がサンベルトの近くに位置した陸続きにある場合)に限られ、欧州(北アフリカのサンベルト)、米国(カリフォルニアのサンベルト)、オーストラリア(大部分がサンベルト)などのようなところでは水素ガスパイプラインでの輸送が可能である。しかし、わが国は、サンベルトから遠く海を隔てたところにあり、水素として輸送することは技術的、コスト的に解決すべき課題があり、中間シナリオとしてはメタノールとして輸送することを考える必要がある。国際競争力の視点から、石油が逼迫し始める2030年を目処に、わが国が海外のサンベルトでのソーラーハイブリッドメタノール(石炭・天然ガスを原料)を低価格で生産できるプラントをオーストラリアとの共同実施において建設し、石炭および石油の代替燃料として世界各地にタンカー輸送するグローバルエネルギー供給システムとして確立することが戦略として望まれる。上記の水素ガスパイプラインシステムでは水素貯蔵タンク等のインフラ整備が必要であるが、メタノールで

あれば石油タンクや石油タンカーなど既存の石油用のインフラを代用できるので普及性の点で優れる。メタノールと水素での市場価格の差異、メタノール改質器搭載の燃料電池自動車と水素貯蔵器搭載型の燃料電池自動車での性能や経済性の差異、メタノールと水素を燃料として供給するトータルとしての社会インフラの差異などにより、いずれかが選択される。しかし、中間シナリオとしては水素燃料の社会インフラが整うまでは、市場原理によりメタノール燃料電池自動車が先行して普及するものと考えられ、やがて水素燃料へと移行することになるのではないかとと思われる¹⁹⁾。

7. ソーラーハイブリッド燃料の中期・長期的な展望

2010年以降には、太陽熱発電がサンベルトでかなり普及するものと予想されるが、それに対応して、夜間電力供給のための発電用ソーラーハイブリッド燃料が重要な役割を担うことになる。2010～2030年頃に向けた中期的な展望として、太陽熱発電の夜間発電用として昼間に天然ガスからソーラーハイブリッド水素燃料を生産し、それを夜間、水素燃焼タービンで電力を生産するシステムが実用化されるものと考えられる。上記のように、水素燃料の生産工程で分離されるCO₂は埋め戻しが容易で、CO₂発生を経済的にかなり抑制できる。サンベルトでの太陽熱発電の普及に合わせて、このようなソーラーハイブリッド燃料生産と水素燃焼タービン技術はCO₂低減技術として2030年ごろには商業化できる可能性がある。

長期的には天然ガスも枯渇し、石炭に依存する時代となる。また、途中で水素燃料を利用する社会インフラが整うことも考えられる。このような変化に対応して、石炭を用いる高温太陽熱利用技術によるソーラーメタノール生産システムでは、ソーラー設備や反応炉などのインフラをそのまま利用し、石炭からソーラー水素を生産するシステムへと変換することは容易にできる。また、生産過程で分離されるCO₂が主成分ガスとして回収できるので、CO₂削減が強化された時には、埋め戻しや深海貯留が必要となった場合にも技術的にもまた経済的にも対応できると思われる（CO₂の埋め戻しや深海貯留によるCO₂固定化技術は、火力発電所の排ガスから回収するより、サンベルトでソーラーハイブリッド燃料を生産する技術とハイブリッドさせたシステムとする方が経済的に有利であり、技術的ハードルも低い）。また、石炭・天然ガスからソーラーメ

タノールを生産するシステムでは、天然ガスの改質反応炉を石炭のガス化炉に転換することにより対応できる。さらに、十分なソーラー設備が遺産として利用できる時期には、金属酸化物を利用する2段階水分解反応^{16～19)}での集光太陽熱からの水素生産もソーラーハイブリッド燃料生産との併用で経済性の成立する範囲で稼動することもできよう。

バイオマスを利用するソーラーハイブリッド燃料の生産も、経済性や土地利用との関連で将来的には場所によっては実用化される可能性がある。

おわりに

私がスイスのPSI（国立パルシェラ研究所）の客員教授として集光太陽熱を化学エネルギーに変換する研究に従事したのは5年も前のことである。その時、私はかつて日本で集光技術による太陽熱発電の開発研究が行われていたということをもまったく知らなかった。スイスの研究者や世界の集光太陽熱利用技術の研究者と初めて交流するときに、彼らが口癖のように私に言ったことは、「どうして日本はサンベルトの太陽エネルギー資源に目を向けないのか」という言葉であった。その後、私は、アメリカのカリフォルニア、オーストラリアの東側と西側、スペインのアルメニアなどのサンベルトで行われている世界の太陽エネルギー開発状況と商業化プラントを見て周り、確かに日本はサンベルトから遠く離れており、石油・天然ガスと同様に、日本は21世紀の太陽エネルギー資源利用においてもかなり不利な条件下にあることを痛感した。日本が置かれている地球上の地理的に不利な条件の中で、わが国がいかにサンベルトの太陽エネルギー資源を開発するかという道は、わが国自身が見出す他なく、諸外国はサンベルトを近くで利用できるところにおいて、我々とはかなり異なった環境にいたのである。21世紀のサンベルトの国際太陽エネルギービジネスに日本が参画するためにも、集光太陽熱利用技術に対する国内での理解の深まることを切に願って止まない。もちろん、日本国内でのPVの普及は、日本国内での太陽エネルギー開発として大変重要であり、一層の技術開発と大量生産体制によるコストダウンに向けた努力を欠かしてはならないことは言うまでもない。

引用文献

- 1) SolarPACES Annual Report, ed. By E. Grasse (1995)～(1998)

- 2) 田中忠良, 蒲谷昌男, 玉浦 裕, 鈴木研夫 “太陽熱発電・高温太陽熱利用技術の開発状況”, 太陽エネルギー, 25 (3), 2-33, (1999). 田中忠良, 沢田慎治, 鈴木研夫, 堀米 孝, “最近の太陽熱発電システムの開発状況”, 太陽エネルギー, 23 (4), 38-44 (1997).
- 3) 佐野寛 「CO₂リサイクルの歴史的な位置付け」 燃料及び燃焼, 62, 755 (1995), 前澤ら 「化学的CO₂固定化太陽エネルギー基地」第12回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集, pp.245~250 (1996), 丹羽ら, 「砂漠太陽エネルギー基地での, メタノール生産用エネルギー輸送-電力か水素か-」第12回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集, pp.329~334, (1996).
- 4) 福田健三 「WE-NETプロジェクト研究開発の現状と今後の展望」21世紀における水素エネルギーシステムの実現に向けて, 季刊エネルギー総合工学, 21(2), 66-79 (1998)
- 5) 「水素利用国際クリーンエネルギーシステム技術開発計画」, 日本工業出版「クリーンエネルギー」抜刷日工No. 96.12.48.30. (財)エンジニアリング振興協会, (1996).
- 6) NEDO平成9年度調査報告書「革新的ソーラ熱化学プロセスによる太陽エネルギー利用システムの開発研究に関する国際協力可能性調査」(1998)
- 7) 玉浦 裕, 「革新的ソーラ熱化学プロセスの概要と国際協力の可能性調査-太陽エネルギーと石炭・天然ガスのハイブリッド利用-, エネルギー総合工学, vol.21 (2), 48-65 (1998)
- 8) NEDO平成10年度調査報告書
熱化学的ソーラハイブリッド燃料生産システムの開発研究に関する調査NEDO-GET-9834 (1999)
- 9) NEDO平成10年度調査報告書「CO₂含有天然ガス田活用による有用化学物質製造システム導入可能性に関する調査研究」NEDO-GET-9805 (1999)
- 10) Y. Tamaura, M. Tsuji, T. Nishigori, J. Matsunami, T. Ogawa, K. Fukushima, M. Hori, M. Fukuda, T. Araki, K. Akiyama, Y. Katayama, M. Miyake, “Proposal for CTI Program : Global Carbon-Recycling Energy System Using Solar-Hybrid Fuels”, Proc. of 4th Int. conf. On Greenhouse gas control Tech., “Greenhouse Gas Control Technologies”, ed. By B. Eliasson, P. Riemer, A. Wokaun, Pergamon, 1999, pp.973-977.
- 11) Y. Tamaura, “Starting scenario for global solar methanol delivery system, where solar energy is hybridized with coal by solar chemical process of coal gasification”, Greenhouse Gas Mitigation, Elsevier, 481-486 (1998)
- 12) 玉浦 裕, 第13回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集, 401 (1997)
- 13) P. Ksserlring, “High Flux Dish-Solar Reactor” by Deutsche Forschungsanstalt fur Lu de und amumfahrt, June, pp.4-14 (1994)
- 14) “Solar Energy Concentrating Systems”, ed. By M. Becker, B. Gupta, C. F. Muller Verlag, Heidelberg (1995)
- 15) R. Willams, B. Wells, “Solar-Assisted Hydrogen Production from Natural Gas with Low CO₂ Emissions”, Proc. of Tech. for AIJ, “Greenhouse Gas Mitigation”, ed. By P. W. F. Riemer, A. Y. Smith, K. V. Thambimuthu, Pergamon, 1997, pp.503-512.
- 16) A. Steinfeld, A. Frei, P. Kuhn, D. Wullienmin, Int. J. Hydrogen Energy, 20, 793 (1995)
- 17) A. Steinfeld, P. Kuhn, Y. Tamaura, Energy, Convers. Mgmt., 37, 1327 (1996)
- 18) A. Steinfeld, P. Kuhn, A. Reller, R. Palumbo, J. Murray, Y. Tamaura, Hydrogn Energy Prog. XI, pp.1-609 (1996)
- 19) Y. Tamaura, Int. J. Hydrogen Energy, 23, 1185 (1998)

共催行事ごあんない

「第37回日本伝熱シンポジウム研究発表募集」

主 催 日本伝熱学会

開 催 日 平成12年5月29日(月)~31日(水)

会 場 神戸国際会議場 (神戸市中央区港島中町6-9-1, TEL:(078)302-5200)

三宮駅(JR東海道線, 阪急神戸線, 阪神本線, 神戸市営地下鉄)よりポートライナー「市民広場前」下車徒歩3分

申込締切 平成12年1月21日(金)必着【論文原稿締切 平成12年3月10日(金)】

申込方法 ホームページ (<http://www.mech.kobe-u.ac.jp/ht.sympo>) にある研究発表申込ページをご利用頂くか, 所定の研究発表申込用紙等をご請求下さい。

連 絡 先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学工学部機械工学科内

第37回日本伝熱シンポジウム準備委員会事務局・浅野 等

TEL & FAX : (078)803-6122, E-mail : ht.sympo@mech.kobe-u.ac.jp