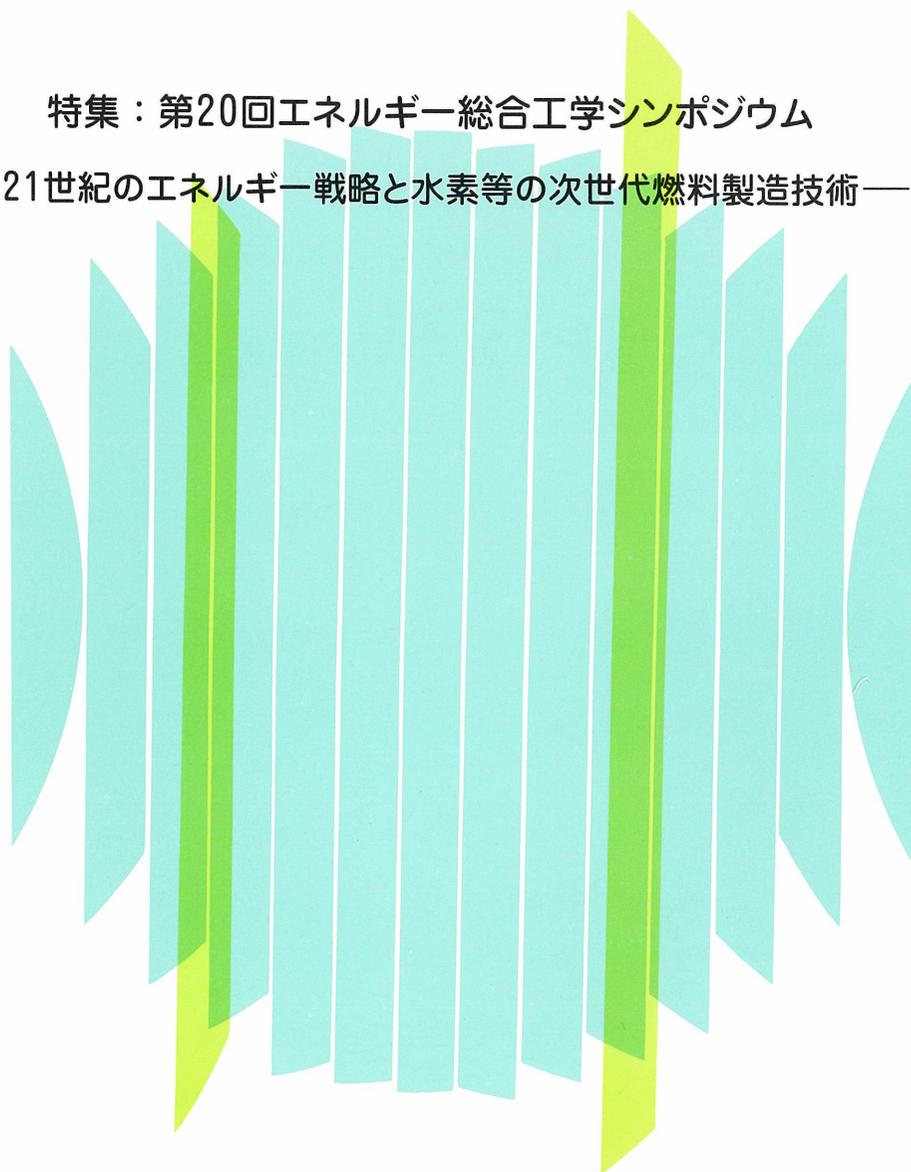


季報 エネルギー総合工学

Vol. 27 No. 4 2005. 1.

特集：第20回エネルギー総合工学シンポジウム
—21世紀のエネルギー戦略と水素等の次世代燃料製造技術—



財団法人 エネルギー総合工学研究所
THE INSTITUTE OF APPLIED ENERGY

第20回エネルギー総合工学シンポジウム

— 21世紀のエネルギー戦略と水素等の次世代燃料製造技術 —



挨拶を述べる 名井 肇 経済産業省 大臣官房審議官（資源エネルギー庁担当）

日 時：平成16年9月10日（金） 10：00～17：00

場 所：経団連ホール（経団連会館14階）

総合司会：プロジェクト試験研究部部长 小野崎 正樹

目 次

【開会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 理事長 秋 山 守…	1
【来賓挨拶】	経済産業省大臣官房 審議官(資源エネルギー庁担当) 名 井 肇…	4
【基調講演】	2030年へのエネルギー展望と当研究所の技術戦略 (財)エネルギー総合工学研究所 副理事長 並 木 徹…	6
【講演】	化石燃料から水素等次世代燃料への技術開發展望 日揮株式会社 プロジェクト事業推進本部 副本部長 岩 井 龍太郎…	20
【特別講演】	米国における水素等の次世代燃料製造への取り組み 米国ペンシルバニア州立大学教授 宋 春 山…	30
【講演】	高温コークス炉ガスのドライガス化法による水素製造 (財)エネルギー総合工学研究所 主管研究員 橋 本 孝 雄…	44
【講演】	オーストラリアにおける褐炭の有効利用技術 一次世代燃料製造に向けて— 豪州褐炭クリーンパワー共同研究センター・プロジェクトリーダー アラン・チャフィー…	55
【講演】	グリーンフューエル製造プロセスの開発成果(1) 東京工業大学 炭素循環エネルギー研究センター教授 玉 浦 裕…	66
【講演】	グリーンフューエル製造プロセスの開発成果(2) (財)エネルギー総合工学研究所 研究理事 片 山 優久雄…	75
【総括と閉会挨拶】	(財)エネルギー総合工学研究所 専務理事 荒 井 行 雄…	85
【研究所のうごき】	87
【編集後記】	89

開 会 挨拶

秋 山 守

(財)エネルギー総合工学研究所
理事長



皆様おはようございます。本日はご多用の中、私ども恒例のエネルギー総合工学シンポジウムに多数のご出席を賜わり誠にありがとうございます。また、日頃から当研究所の事業につきまして格別ご懇篤なご指導、ご支援を賜わっておりますこと、大変高い席からではございますが、心から厚く御礼を申し上げます。

第20回エネルギー総合工学シンポジウムの開催に当たりまして一言ご挨拶申し上げます。当研究所におきましては、産・学・官の連携のもと、総合工学の基盤と中長期的な視点に立ちまして、原子力、化石エネルギー、新エネルギー電力システム、並びに地球環境の各分野の問題について鋭意取り組んできているところでございます。また、複数の分野にまたがる横断的な課題が増えておりますが、そのような分野につきまして学際的、あるいは業際的な観点から積極的に調査研究を実施してまいっております。年1回開催してまいりましたエネルギー総合工学シンポジウムでは、その時々注目されるテーマを中心に取り上げてまいったわけでございますが、今回は21世紀のエネルギーとして期待されます「21世紀のエネルギー戦略と水素等の次世代燃料製造技術」をテーマとして企画いたしました。

ところで、「次世代燃料」という言葉には実にさまざまなエネルギーが含まれています。具体的に申しますと、官民挙げて技術開発中の燃料電池の燃料となります水素を始め、石油代替燃料として開発利用が各方面で進められておりますGTL (Gas to Liquid), DME (ジメチル・エーテル), メタノールといったものがございます。これらは通例ですと、石炭、天然ガスなどを原料に、それらを改質、分離、ガス化といったプロセスで精製して得られるわけでございます。一方、水素は、原子力、再生可能エネルギーを利用しながら、水の電気分解な

いしは熱分解のプロセスを経て製造していくことも可能でございます。それはまさに総合的な取り組みが必要とされる分野でございます。燃料電池など、次世代燃料の利用に関わります技術は広く関心を呼んでおりまして、各地でシンポジウムや研究集会等が開かれているわけでございますが、今回のシンポジウムは、車の両輪の1つとなります製造技術に焦点を当てることといたしました。

プログラムにご覧いただきますとおり、まず公務ご多用の折、本日ご臨席を賜りました経済産業省大臣官房の名井肇審議官殿からご挨拶を頂戴いたします。続きまして、当研究所の並木徹副理事長が、経済産業省で現在策定中の長期エネルギー需給見通しを踏まえながら、次世代燃料の開発並びに当研究所の中長期ビジョンにつきまして講演をいたします。次に、日揮株式会社プロジェクト事業推進本部副本部長の岩井龍太郎様から、水素エネルギー社会を展望しつつ、新しいエネルギー社会に向けた最近の動向についてお話をお伺いいたします。本日のシンポジウムでは御2人の海外の専門家の方のご講演を予定しております。午後には1番にアメリカはペンシルバニア州立大学のソン教授から、米国の次世代燃料製造技術開発への取り組みについてのご講演をいただきます。ソン教授は米国化学会石油化学部会長でもあられ、大変幅広いお話をお伺いできるものと期待しております。続きまして、当研究所が取り組んでおります高温コークス炉ガスを改質しながら水素を製造するドライガス化法につきまして、当研究所の橋本孝雄主管研究員より開発の現状と今後の見通しについてご報告申し上げます。休憩を挟みまして、お2人目の海外の専門家として、オーストラリアの褐炭クリーンパワー共同研究センターのプロジェクトリーダーとしてご活躍中のチャフィー博士から、褐炭からの次世代燃料製造の現状と今後の見通しにつきましてお話をお伺いする予定です。最後は当研究所が平成12年度から開発を進めてきております「グリーンフェューエル製造プロセス」(石炭等を原料に太陽光エネルギーを利用しながらメタノールを製造するプロセス)につきまして、ご指導いただいております東京工業大学の玉浦裕教授からのお話につき当研究所の片山優久雄研究理事から技術開発の成果につきましてご報告をさせていただきます。

以上、ご紹介申し上げましたように、中長期的なエネルギー需給のお話に始まりまして、次世代燃料に係る展望、また次世代の燃料製造技術開発の現状と今後の見通し、さらには米国およびオーストラリアにおきます開発状況など、次世代燃料につきまして大変幅広い分野にわたった講演を予定しております。皆様の今後のビジネス、あるいは研究開発のご活動にとりまして多くの有益な情報が提供されるものと確信しております。

最後に、本日ご臨席を賜りました経済産業省の名井審議官を始め、ご講演を賜ります講師の先生方、また、本日ご参集いただきました皆様に心から御礼を申し上げますとともに、本日のシンポジウムが皆様のお役に立ちますことを祈念いたしまして開会のご挨拶といたします。本日は誠にありがとうございます。(拍手)

来賓挨拶

名井 肇

(経済産業省大臣官房
審議官(資源エネルギー庁担当))

第20回エネルギー総合工学シンポジウムの開催に当たり、一言ご挨拶を申し上げます。

わが国のエネルギー政策は、「エネルギー政策基本法」(2002年制定)に規定される「安定供給の確保」、「環境との適合」、そしてこれらを十分に配慮した上での「市場原理の活用」の3つの基本方針に沿って進められております。これらを踏まえ、現在、「総合資源エネルギー調査会」におきまして、2030年のエネルギー需給展望を策定中です。本年6月の中間取りまとめで、わが国のエネルギー需要の伸びはこれから鈍化していくものの、世界のエネルギー需要は中国を始めとするアジア地域の需要が急増し、2030年には2000年の約1.6倍に拡大すると予測されています。このように増大するエネルギー需要は当面、引き続き化石エネルギーによって賄われることとなるわけです。

ご高尚のように、現在中東情勢を始め、石油をめぐる不透明な状況が原油価格の高騰をもたらしているわけですが、長期的には世界の原油供給の中東依存度はさらに上昇していくと考えられます。今後ともわが国のエネルギー供給や価格に影響が生じることが懸念されるわけですが、そういった中で省エネルギーや化石エネルギーの効率的な利用、それから、それを可能とする技術開発を一層推進していくことが大変重要です。

また、人類共通の課題であります地球温暖化対策については、わが国の二酸化炭素(CO₂)排出量は1990年(基準年)に対して2002年度で既に7.6%増加しています。京都議定書の目標を達成するためにはさらなる削減が必要でありまして、そのために省エネポテンシャルの大きな技術の開発・普及が期待されているところです。

再生可能エネルギーの利用拡大、炭素隔離技術の実用化、燃料電池の実用化を中心とした水素社会の実現等々、有望な技術課題に対して積極的にチャレンジしていくことが必要と考えます。

本シンポジウムの主催者であります財団法人エネルギー総合工学研究所は、産・官・学の協力のもと、原子力、化石エネルギー、新エネルギー電力システム、地球環境等、各分野の専門家を擁され、中長期的視点に立ったエネルギー環境問題に取り組んできておられます。本日のシンポジウムのテーマとされました水素は、次世代燃料として期待されていまして、燃料電池等、水素を利用する面の技術が脚光を浴びておりますが、その製造面の技術に焦点を当てたことはバランスのとれたエネルギー需給を図る上でまさに時宜を得たものと考えます。

本日は国内のみならず、海外のトップクラスの専門家の講演もあり、グローバルな視野に立って将来のエネルギー像についてお考えをいただく大変にいい機会であると思います。

最後になりますが、本シンポジウムが実りあるものとなることを期待するとともに、エネルギー総合工学研究所の益々のご発展、またご臨席の皆様のご健勝を祈念いたしまして私の挨拶とさせていただきます。どうもありがとうございました。

(拍手)

〔基調講演〕

2030年へのエネルギー展望と 当研究所の技術戦略

並木 徹 (助エネルギー総合工学研究所
副理事長)



はじめに

私に与えられた課題は、長期的な課題であります3E (Energy, Environment, Economy) の調和の中で、大変大きな役割を果たしていくと期待されている次世代燃料について、全体的なレビューをさせていただきます。

長期エネルギー需給見直しを見ながら、次世代燃料の今後の長期的な方向に向けたロードマップ、その中での当研究所の役割についてお話しさせていただきます。

キーワードは、2030年あるいはそれ以降という「長期的」というのが第1点です。第2点はやはり「戦略」ということです。第3点は「技術」ということです。これらのキーワードについては従来から議論されており、ある意味、当たり前でもあります。むしろ、中東情勢、差し迫った京都議定書の発効と義務の遵守に向けた取り組み、原子力のリサイクル問題、中国の経済成長の影響による東アジアの石油、ガスの確保といった、当面の課題

〔略歴〕

1967年東京大学工学部電気工学科卒業。同年通商産業省入省。工業技術院技術調査課長、資源エネルギー庁公益事業部技術課長、資源エネルギー庁長官官房審議官、経済産業省大臣官房技術総括審議官、環境立地局長を歴任。1998年6月辞職。

2002年4月電源開発株式会社常務取締役。2004年6月同顧問。

が非常に大きいわけですが、そういったものと「長期的」、「戦略的」、「技術的」とがどうつながっていくか改めて問い直されていくと考えます。

2030年に向けて

長期エネルギー需給見直し

総合資源エネルギー調査会需給部会がとりまとめ中の「2030年のエネルギー需給展望」を見ますと、大変明確に国のエネルギー政策における戦略性が強調されていると感じます。わが国の場合、90年代の停滞とそれへの反省を含め、新しい方向性がさまざまな形で議論されている

ところですが。この需給見直しを見ますと、エネルギーについて、特に国の役割の重要性について様々に見直しながら、新しいビジョンができてきていると思います。

実は、「日本は特定分野で政府と産業が複合体的になっている」という諸外国からの批判もあって、80年代から90年代にかけて、政府の施策の戦略性はむしろトーンダウンしていく傾向が強かったように思います。この長期需給見直しでは、今後の日本の国際的な役割、その中で日本の経済力とその基盤となる技術力について、光が当てられているというのが私の感想です。

ただし、それをどう実行していくかということについては、産・学・官の中での分担、あるいは責任の明確化が重要になってくるわけです。

エネルギー需給見直しは、今、パブリックコメントにかかっている状況だと思っています。色々な変更はあるでしょうが、基本的にはこれを着実に強力に実行していくことが期待されます。今まとめられたものでは、①自律的發展シナリオ、②現状趨勢シナリオ、③環境制約健全化シナリオの3つを分析した中で、自律的發展シナリオを選んでいこうという考え方で整理がなされたわけです。それから、その中で具体的に様々な要素を踏まえ現実的な需給見通しがどうなっていくか作業が行われ、2030年に向けた中長期的なエネルギー戦略のあり方が出てきているというわけです。

4つの戦略が提案されました。その実現のために重点的に何を考えるべきかという

ことがあります。それから、京都議定書で合意した温暖化防止対策が実行可能かどうかにつき、綿密な作業が行われ、その点が全体として触れられているわけです。

IEAの長期需給見直し

2030年までの見直しにつきましては、国際エネルギー機関（IEA）による見直しも出ています。図1で見ますように、1990年、2000年から2030年にかけてエネルギー供給は大幅な増加が見通されています。

世界の二酸化炭素（CO₂）排出量についても見直しがあります。図2で示すように、現下の情勢でいきますと、2000年で約200億トン、2030年では350～360億トンになります。ポイントは3つあります。このように倍増、あるいは8割、9割といった増加をどう考えるべきなのかというのが1点。いずれにしてもこういったエネルギーの伸び、あるいはCO₂の伸びの大宗は中国を中心とする途上国であります。したがって、長期的な対応を考えていくと、途上国における課題をどう解

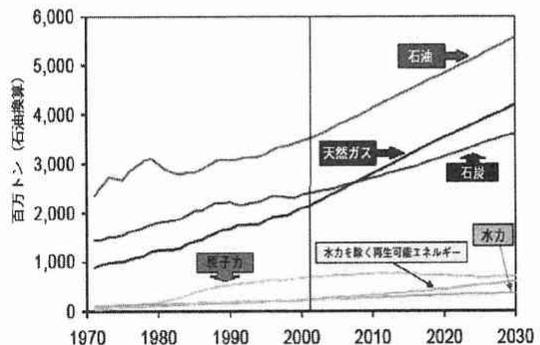


図1 IEAエネルギー需給見直し

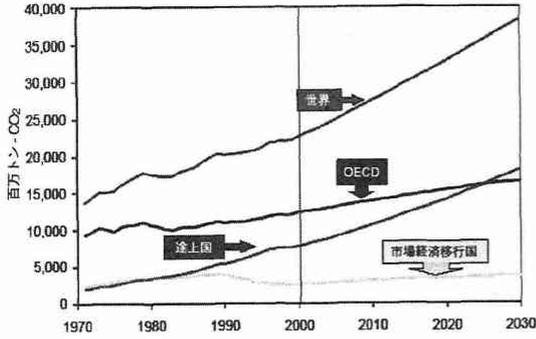


図2 IEA二酸化炭素排出量見通し

決するかということが2点目です。現実
に今年の石油価格急騰などの背景が中国
における石油輸入の大幅増加、あるいは
それに関連した積極的な開発というもの
に顕著にあらわれていると思われま
す。3点目は、産業、民生、運輸という分野
別の需要の伸びを考えますと、途上国
においても民生、あるいは輸送部門の伸び
が高くなっているということです。日本
国内においても、この20年ぐらい、民生、
運輸の伸びがやはり顕著で、それへの対
応が必要になるわけです。

図3は、先ほどの3つのシナリオを示
しています。国民、あるいは国民経済の
活力の維持向上と環境という21世紀の目
標の達成とについて、中長期的な方向性
を見通しながら総合的な対応を検討す
ることが必要です。「豊かさの向上（高成長
型）」、「効用水準の低下（低成長型）」と
書いているわけですが、もちろん日本の
場合には様々な意味で、昭和30年代、40
年代の高度成長の再現はないわけです。
「高成長」と言いましても、やはり国民総
生産（GNP）の伸び率で1～3%といっ

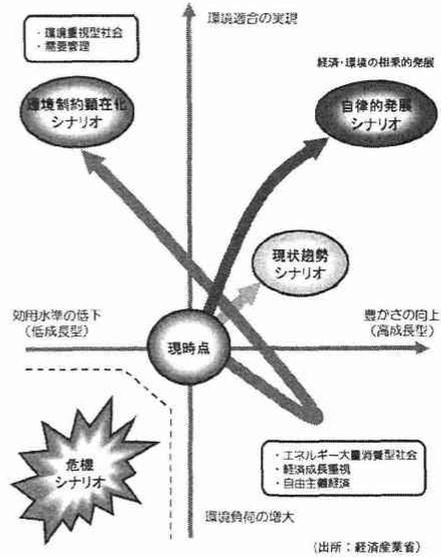


図3 2030年へのシナリオ分析

た程度を言っています。現時点から成長
と環境を国民の総意工夫、活力を前提に
進めていくと考えた場合、左上にありま
すように、環境重視のあまりに需要管理、
計画経済的なステップを踏むことは、本
来の日本の活力の維持、あるいは国の方
向性から見てどうだろうかという議論を
踏まえ、自律的發展シナリオ、経済と環
境の相乗的発展を考えていこうというこ
とです。私なりに整理いたしますと、環
境というものを経済、国際市場の中でう
まく位置づけていこうというシナリオだ
と考えるわけです。

自律的發展シナリオについては、表1
に示すように5点整理されています。日
本は国土、歴史あるいは文化的意識の中
で、環境についての意識が高いわけです
が、その意識と技術開発を一体化させ
ていこうと。これは、例えば石油シヨク

表1 自律的發展シナリオの内容

<ul style="list-style-type: none"> ● イノベーションと環境意識の高まり 高い環境意識が顕在化した場合には、国民の行動は省エネ型・環境調和型となり、これを受けて企業活動においても関連技術の開発、実用化が促進される。 ● 国民意識の変化に伴う好循環の展開 ● 高い経済成長を比較的長期に続ける可能性 技術開発投資の活発化や新製品の創出による市場拡大、需要家による積極的な省エネ型の製品・サービスの選択、更なる研究開発という好ましい循環により、経済成長は加速する。 ● エネルギー需要の大幅減少の可能性 省エネポテンシャルの顕在化；発光ダイオードによる照明、ESCO事業、ITによる効率化、自動車軽量化・燃費向上..... ● 脱化石燃料の進展と炭素隔離技術による影響 炭素隔離により石炭利用技術が進展し、エネルギー選択の幅が相当程度広がる。
--

を契機に日本のさまざまな産業技術、あるいは産業の展開が進められた例を前提として、意識と行動を結びつけていこうということです。

高い経済成長とは、技術開発投資の活発化、新製品の創出による市場拡大、需要家がそういった製品を受け容れる環境を作って好循環にもっていくということです。その結果として、国内のエネルギー需要を大幅に減少させていくということです。京都議定書の合意以降、そういった方向で政府におきましても、企業に

おきましても大変な努力が各分野であったわけです。こういった様々な分野における動きが中長期的にはさらに発展できるのではないかと期待しています。

最後に、脱化石燃料とCO2の隔離技術についても見通しをつけていこうということです。

図4は、2030年へ向けた部門別活動の前提を示しています。ここにはありませんが、近々ピークを迎える日本の人口を踏まえながら、各分野について1990年を100として各指標の伸びを計算しているわ

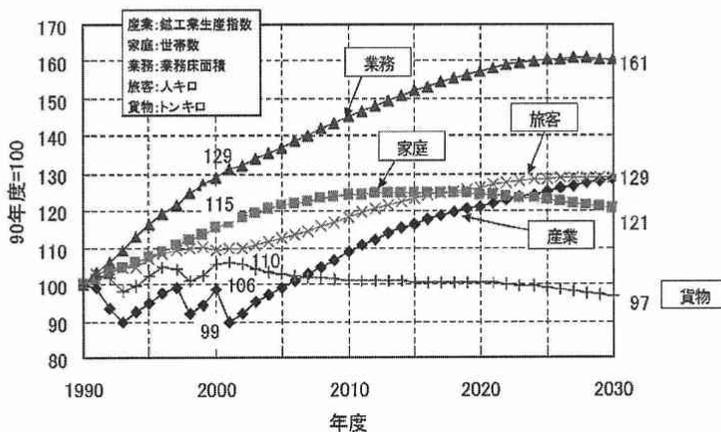


図4 部門別活動指標の推移 (指数)

けです。GNPを高めながら様々な活動を活発化していく中で、業務活動の伸びは今後も極めて高いと予想されています。

そういったものを踏まえて、2030年について様々なケーススタディが行われました。図5は省エネルギーが進展した場合、あるいは進展しなかった場合のエネルギー消費量の推移です。省エネが進展しない場合は、2030年に4億2500万klになるところが、省エネ進展ケースだと、3億7700万klになります。大幅な省エネの可能性が示唆されています。

エネルギー起源のCO2排出量を省エネ進展ケース、進展のないケースについて予想したのが図6です。やはりより一層ドラスティックに省エネへの期待が示されています。京都議定書との関係では2008年～2012年という第1約束期間の排出量を90年から6%削減しないとイケないのですが、その実現は、総合的な施策の中で考えていく必要があります。

以上をまとめますと、次のようになります。

- エネルギー需要は構造的に伸びが鈍化、2021年度には頭打ちとなり減少に転ずる。
- 省エネ技術の進展によりさらに5,000万kl程度減少する。
- 分散型電源は、総発電量の約2割程度まで拡大する可能性がある。それにともない、天然ガスは需要が拡大する。
- 原子力は、ベースロードに対応した電源として安定的なシェアが維持され

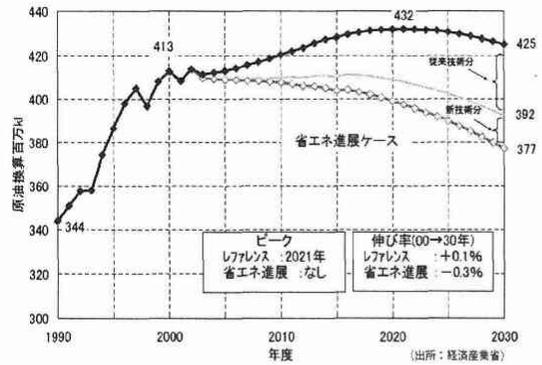
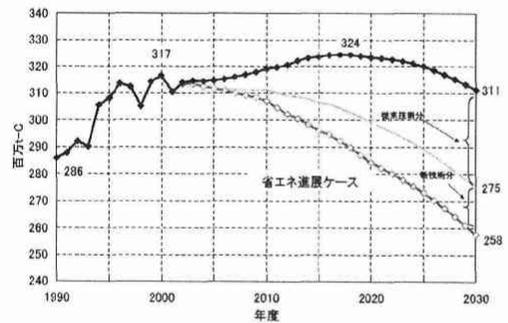


図5 エネルギー消費量（原油換算）の推移



注：従来技術分にはヒートポンプの効果も、新技術分には燃料電池&分散型の効果もそれぞれ含む（シフトで反映している分の効果は除く）。
(出所：経済産業省)

図6 二酸化炭素排出量の推移

- 石油はシェアが減少するが、依然として約4割程度を占める重要なエネルギー源。
- 石炭は横這いで推移。
- 新エネの導入が進展すれば、一次供給ベースで再生可能エネルギー・新エネルギーは約10%に達成する可能性もある。

再生可能エネルギー

再生可能エネルギー、あるいは新エネルギーの整理が必要です。表2では、再生可能エネルギーが一次エネルギーに占める割合を比較しています。2001年の実績、2010年、2020年、2030年について日本、アメリカ、イギリス、オーストラリア、カナダ、ブラジルの数字を示しました。イギリス、ヨーロッパあたりではもっと高いさまざまな目標を掲げているケースもあります。

中長期的なエネルギー戦略のあり方

長期的なエネルギー対策、あるいは環境対策を進めていくポイントは、次の4つにまとめられます。

(1) アジアのエネルギー需要増加をにらんだ国際エネルギー戦略の確立

アジアの安定供給のための備蓄、それ

表2 再生可能エネルギーの割合比較

国	実績	目標		
	2001	2010	2020	2030
日本	4.6%	7.0%	—	約10%
アメリカ	5.3%	6.4%	6.3%	—
イギリス	1.3%	5.4%	7.7~8.7%	—
オーストラリア	4.7%	6.4%	5.4%	—
カナダ	15.8%	16.6%	15.4%	—
ブラジル	38.5%	33.5%	30.8%	27.4%

※日本については、今回の2010年及び2030年エネルギー長期需給見通しより。
カナダ、ブラジルについては、IEAの報告書より。
それ以外の国については各国作成の報告書より。

から市場の整備に日本が何をできるかということ。

(2) 国民や産業界の省エネルギー・環境対応努力の好循環の実現

生産側の努力だけでなく、需要家、国民1人1人のエネルギーに対する意識も好循環ということでスムーズに進めていくということが2番目です。

(3) エネルギー供給の分散と多様化による変化への対応力強化

ガス化エネルギーの開発・導入・利用を行い、水素社会を着実に立ち上げていくわけです。もちろん、既存の原子力、石炭、石油の環境調和的な利用、再生可能エネルギーの推進を含めた燃料多様化も図ります。

(4) これまでのエネルギー産業の業態の垣根を超えた柔軟で強靱なエネルギー供給システムの実現

これは言わば需要家サイドとのパッケージになるわけですが、こういったことが極めて重要です。

各国のエネルギー戦略

[アメリカ]

京都議定書からの離脱を明らかにしています。基本的にはアメリカの経済成長と京都議定書の合意内容はどうしても相容れない状況になっていますが、アメリカは、2001年に2025年までの「戦略計画」

を策定しています。技術的な戦略目標は表3に書かれているとおりです。

[フランス]

従来は原子力の位置づけが高かったわけですが、政権交替の中で、言わば中間

的にレビューしている状況と思われます。
[イギリス]

2003年に、2050年までにCO2を60%削減するとともに、2020年までに具体的な進捗を図るといことです。北海油田、ガス田が枯渇していく中で、石油資源国

表3 主要国のエネルギー戦略

<p>米国 DOEは、2025年までのアクションプランを示した「戦略計画」を2001年に策定。エネルギーに関する戦略目標としては、 (ア) 安定的で環境調和型のエネルギー供給の多様化を促進する技術の開発、 (イ) エネルギー緊急時への対応、 (ウ) エネルギー・ミックスに根本的な変化をもたらす先端技術の開発、 (エ) エネルギー効率の改善。 目標を達成するために14の戦略と23の中間目標を掲げている。</p> <p>(技術開発重点分野)</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 石炭利用はエネルギー安全保障上重要。クリーン・コール・パワー構想、FutureGen、温暖化対策プログラムにより高効率とゼロエミッションを目指す。 ② 安全性と経済性の向上および核廃棄物の減少をもたらす原子力技術の推進。 ③ 再生可能エネルギー、化石燃料による水素製造技術開発により水素経済への転換を加速。 ④ 再生可能エネルギー技術の研究により国内資源の開発に取り組む。
<p>フランス 2004年の議会でエネルギー基本政策に関する法案が提出される予定であり、その素案（エネルギー白書）によると、 (ア) 省エネルギーの再活性化 (イ) 再生可能エネルギーの発展を通じたエネルギーミックスの多様化 (ウ) 長期的（2020年まで）に原子力を含む多様な代替案を残しておくこと</p>
<p>ドイツ 「エネルギー報告」（2001年11月）を公表 省エネ、技術革新、インフラ改善などの重要性を指摘</p>
<p>イギリス 「エネルギー白書」（2003年2月）を公表 (ア) 2050年までに二酸化炭素排出量を約60%削減するとともに、2020年までに具体的進捗を図る (イ) エネルギー安定供給の維持 (ウ) 競争的なエネルギー市場の推進（イギリス国内外）、持続可能な経済成長と生産性向上への支援 (エ) 貧困層への暖房の確保—など4つの目標</p>
<p>中国 2001年3月にエネルギーの中期戦略を含む「第10次5カ年計画」（2001年から2005年）を発表。主な内容は、以下のとおり。 (ア) クリーンコールテクノロジーの開発努力の強化、モデルプロジェクトを通じた広範な普及 (イ) 天然ガスの探査・開発・利用の促進 (ウ) 海外の石油・天然ガス生産地の建設による石油輸入の多角化、戦略的な国家備蓄への着手によるエネルギーセキュリティの維持 (エ) 都市及び農村での電力ネットワークの建設・改造の強化、「西電東送」プロジェクトのための北・中・南の三大送電幹線を建設し、全国ネットワーク化を推進。 電力体制の改革の深化、発電所と電力網の分離、送電網への競争入札制度を逐次推進し、健全で合理的な電気料金体系の形成。 (オ) 積極的な風力、太陽、地熱などの新エネルギー・再生可能エネルギーの発展。</p>

から石油輸入国になります。イギリスは、「再生可能エネルギーで本当に大丈夫か」といったことも含めて、政策戦略的なEUアプローチと、イギリス固有のエネルギー政策の間で悩んでいるようです。

[中国]

オリンピックまでの4年間、あるいはそれ以降を含めて、大変注目度が高いわけですが、「第10次5カ年計画」(2001～2005年)では、石炭、ガス、様々な電力、新エネルギーについて、様々な試みが行われています。大変大きなインパクトが国際的に、特に日本にとって大きいということだけコメントさせていただきます。

新燃料について

水素、新燃料に関する長期見通し

2030年の長期的な見通しの中で、水素、あるいは新燃料に関する需要見通しの思慮がされています。水素自動車に係る部分と定置用燃料電池の部分とについて予想が立てられています。

まず、水素自動車についてですが、図7に示しました。2030年では乗用車1,500万台、需要量151万トン、想定されるステーション8,500箇所と示されています。これはやはりインフラ的な施策と企業の努力の組み合わせが重要になってくるわけです。

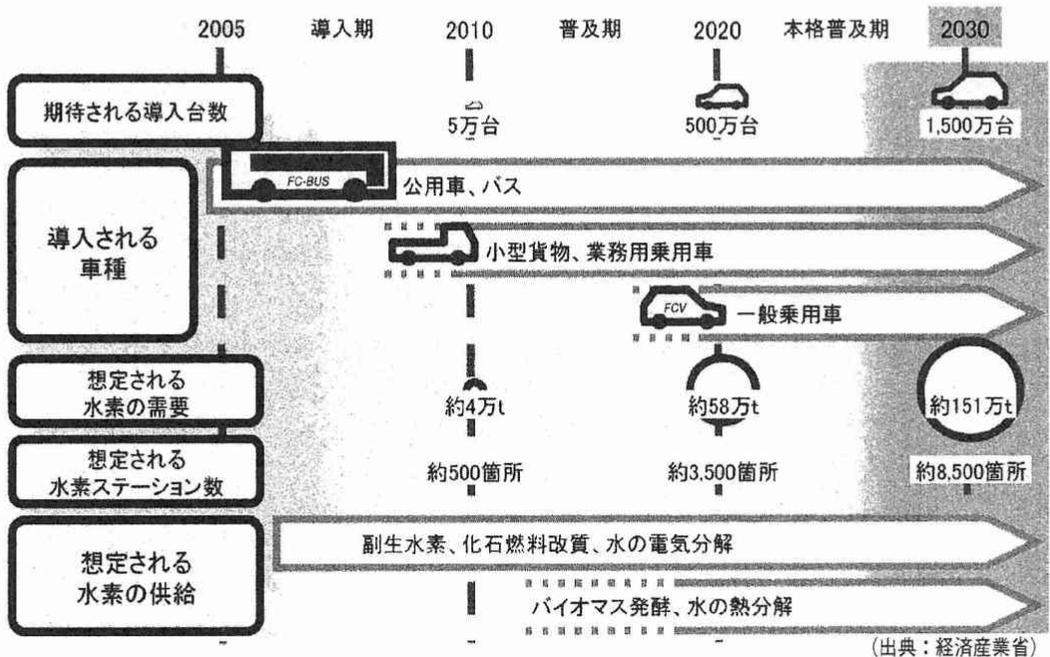


図7 日本の水素自動車導入のシナリオ

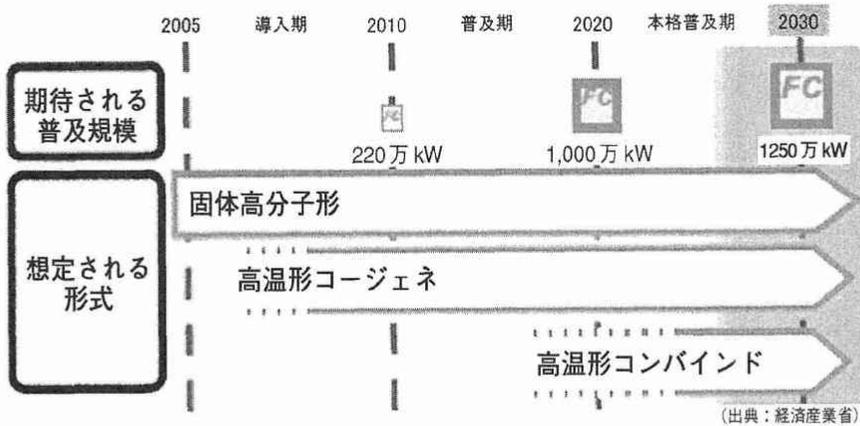


図8 日本の定置用燃料電池導入のシナリオ

定置用燃料電池については図8に示しました。現在、技術革新が集中的に行われつつある固体高分子型、高温型のものがコージェネ形式から最終的には大規模複合発電設備という形で導入が進んでいくと想定されます。先ほどのでいいますと、1250kWの燃料電池の普及が期待されています。

新燃料の現状とプロジェクト

新燃料につきまして、製品としての特質、それに対応したプラントについてまとめました。GTLにつきましては表4に示しました。1990年代にプラントがスタートし、2000年代に入りますと、中東でプラント建設が計画されています。

表4 GTLの現状とプロジェクト

- パラフィニックなためにセタン価が高く、軽質留分は良好なディーゼル燃料となる。
- 燃焼排ガス中の大気汚染物質の排出量が少ない。
- GTLナフサはオクタン価が低くガソリンとしての利用価値が低く、軽油生産が中心。
- 計画プロジェクト多数。当面、ヨーロッパ市場の拡大。

所有	国	生産量 (b/日)	運転開始	生産技術
Sasol I	南アフリカ	5,000	1955	Sasol (石炭原料)
Sasol II	南アフリカ	85,000	1980	Sasol (石炭原料)
Sasol III	南アフリカ	85,000	1982	Sasol (石炭原料)
PetroSA	南アフリカ	30,000	1992	SASOLSynthol
Shell Malaysia	マレーシア	12,500	1993	Shell MDS
		14,700	2005	Sasol SPD
Oryx GTL	カタール	34,000	2005	
ConocoPhillips	カタール	65,000	2009	ConocoPhillips
		80,000	2009	
Qatar Shell	カタール	70,000	2009	Shell MDS II

表5 DME/メタノールの現状とプロジェクト

<DME>

- セタン価が高く、燃焼の際に硫黄酸化物や煤が発生しないので、良好なディーゼル燃料となる。
- 液化しやすくLPG並みの貯蔵、運搬が可能。
- ディーゼルエンジンの改良が必要。軽油に比べ発熱量が低い。
- LPG代替として市場拡大が。

所有	国	生産量	運転開始	生産技術
瀧天化集团公司	中国	10,000 (t/年)	2003	東洋エンジニアリング
		110,000 (t/年)	2005	
JFE	日本	100t/日	試験研究中	直接法

<メタノール>

- 容易にガス化するので、ガスタービン燃料、水素源として適当。
- 液体であり貯蔵、運搬が容易。
- 将来、燃料電池の直接原料が。

ジメチルエーテル（DME）とメタノールについては、表5に示しました。DMEは、今、北海道でJFEのプラントが試験研究中ということです。既に原料としては確立しているメタノールにつきましては、エネルギー利用に係わる国、企業が既に出てきています。

最後に石炭ガス化です。表6に示しました。2030年、あるいはその先を考えたとき、エネルギー需要が大きく、国内資源として豊富な石炭資源を持つ、アメリカ、中国にとって、石炭ガス化、それに対応したCO₂の固定化が重要な戦略的課題になります。石炭のガス化については、各国で色々な試

表6 石炭ガス化の現状とプロジェクト

- 電力、水素、天然ガス代替、化学品製造など実績多数。代表的プロジェクトを下記に示す。
- 今後、プロジェクトごとに新規要素技術を導入し、電力、水素、液体燃料、化学品をどう組合せて実現するかが課題。
- IGCCはデモプラント規模以上で次ページの実績がある。（国内はパイロットプラント以上を表示）

代表的な石炭ガス化プロジェクト					
プロジェクト名	国	石炭消費量	運転開始	ガス化炉技術	製品
Sasol I	南アフリカ		1955	Lurgi	GTL、他
Sasol II	南アフリカ		1980	Lurgi	GTL、他
Sasol III	南アフリカ	合計140,000 t/日	1982	Lurgi	GTL、他
Tenne-Eastman	米国	900t/日×2	1983	Texaco	アンモニア用水素
Great Plains Synfuel P.	米国	18000t/日	1984	Lurgi	メタン、他化学品
宇部アンモニア	日本	500t/日×2	1984	Texaco	アンモニア用水素

石油コークス・石炭合計では、Shellは27基が運転中、中国で計画多数。ChevronTexacoは60基が運転中。

表7 IGCC（重質油含む）の現状とプロジェクト

プロジェクト名	国	発電量	運転開始	ガス化炉技術	原料
<海外>					
Buggenum	オランダ	253MW(net)	1994	Shell	石炭
Wabash River	米国	262MWe(net)	1995	ConocoPhillips	石炭・石油コークス
Tampa	米国	150MWww(net)	1996	ChevronTexaco	石炭
Pinon Pine	米国	99MW(net)	1997	KRW(中断)	石炭
Puertollano	スペイン	300MWe(net)	1998	Prenflo	石炭・石油コークス
この他にChevronTexacoはアスファルト、石油コークス用、8基。					
<国内>					
噴流床石炭ガス化発電PP	日本、勿来 (200t/日)	8MWe (ガスタービン)	1991	MHI	石炭
EAGLE(IGFC)	日本、若松 (150t/日)		2002	バブコック日立	石炭
新日本石油根岸	日本、根岸	342MWe(net)	2002	ChevronTexaco	重質油
IGCCデモプラント	日本 (1700t/日)	250MWe級	2007	MHI	石炭

みが1980年代ぐらまで行われ、コークス・石炭合計ではシェル、シェブロンテキサコのプラントが運転中です。

最終的なIGCC（石炭ガス化複合発電）について表7に示しました。わが国のIGCC実証プラント（1700トン/日）は、2007年の運転開始を目指して今努力が進んでいます。

戦略的取り組みに向けて

エネルギー環境合同会議～10の提言

平成16年6月、経済産業省の「エネルギー環境合同会議」で「10の提言」がまとめられました。

〔提言1〕 国家戦略としてエネルギー環境政策の立案・実施

省庁の枠組みを越えた再構築を速やかに着手すべきであるとしています。

〔提言2〕 アジアワイドでのエネルギー環境政策の展開

これは総合資源エネルギー調査会の提言と同じ趣旨だと思えます。

〔提言3〕 セキュリティ向上に向けた多角戦略的な取り組み

やはり中東、あるいは中東以外のプロジェクトに取り組むということです。

〔提言4〕 地球環境問題の解決に向けた積極的な国際貢献

当面、京都議定書の取り扱い、あるいは

はその期間の対応ということが課題として大きいわけですが、やはりエネルギー環境問題は先ほどの国際的な趨勢等々を考えていきますと、途上国、あるいはアメリカを含む大国がどう取り組むかということが重要です。より多くの国が参加できるようなスキームの構築が重要だということです。一方では、アジア地域について日本がどう引っ張っていけるかということが指摘されているわけです。

〔提言5〕水素エネルギー社会の実現に向けた総力の結集

〔提言6〕世界に冠たる省エネ国家の実現

これは、日本が世界に向かって戦略的なコアの強さを持ち得るかどうかということです。環境税など、経済と環境の両立の原則をどう考えるかということについての問題提起です。

〔提言7〕天然ガス導入促進などの化石燃料のクリーンユースの拡大

〔提言8〕原子力エネルギーの積極活用

〔提言9〕新エネルギーの導入促進

〔提言10〕技術を核とした国際競争力あるエネルギー関連産業の創造

そのためには、官民協力のもと、明確な目標を掲げた上で、具体的なロードマップを策定する。それから、個々の研究開発活動を相互に連携させつつ、相乗効

果を発揮できるような体制を整備すべきである。さらには、関係省庁の連携の強化に努めるべきであるということです。

このレポートが出された前提についてご紹介させていただきたいと思います。日本学術会議におきまして、2000年に「エネルギー研究開発総合戦略の確立について」ご提言をいただいています。内容は、以下のとおりです。

- ①エネルギー研究開発総合戦略の確立、
 - ②社会に受け入れられる「エネルギー技術」の研究開発、
 - ③エネルギー技術全般に通じる「評価基準」の作成、
 - ④調査研究機関の確立と協力体制、
 - ⑤エネルギー技術ネットワークの再構築
- さらに、その発展形態として様々な国、学会等の展開も踏まえながら、様々な壁を打破するようなシステムを産・学・官の協力の中でまとめていく必要があるでしょう。取りわけ、戦略という場合には、技術、経済、特に資源の情報について整理していく必要があるという指摘がなされつつあり、そういった情報の整備が期待されるところです。

「10の提言」などを踏まえながら、国でも「エネルギー政策基本法」という枠組みが2002年6月に成立し、2003年10月には同法に則って「エネルギー基本計画」が閣議決定されました。これに先立ちまして、内閣内では、「総合科学技術会議」、「原子力委員会」が整備されたわけで、戦略を国民的、国家的に整備していく基盤

表8 IAEの中長期ビジョン

<p>研究戦略；</p> <ul style="list-style-type: none"> ● エネルギー技術分野における開発課題および政策課題の抽出 ● エネルギー関連情報の体系的な収集、整理、分析 ● エネルギー技術各分野の知見を集め、総合的見地から研究 ● エネルギー技術に関する横断的研究
<p>原子力；</p> <ul style="list-style-type: none"> - プルトニウムのリサイクルと放射性廃棄物の処理処分 - 次世代原子力システムの研究；安全の科学技術、革新技術、その国際的展開 - 現行の原子力発電システム；将来型軽水炉のコンセプト研究、高効率化、合理的な安全規制 - 社会と原子力
<p>化石；</p> <ul style="list-style-type: none"> - 環境保全を念頭に水素やクリーンな液体燃料を目指した天然ガスや石炭の高度転換 - 将来の輸送用燃料や新燃料油に関する調査 - 低質炭化水素エネルギー資源（褐炭など）の改質利用技術、非在来型天然ガス資源の利用
<p>新エネルギー、エネルギーシステム；</p> <ul style="list-style-type: none"> - 分散型新エネルギー技術開発および系統電力と分散電力の調和のとれた電力ネットワーク - 各種発電技術の効率化 - 省エネルギー技術 - 水素エネルギーおよびその関連技術の実用化
<p>地球環境；</p> <ul style="list-style-type: none"> - 地球温暖化対策技術に関する調査とその技術の導入効果の評価、エネルギー予測モデルを用いたシミュレーション - 地球環境問題の国際的な動向調査；排出権取引、共同実施事業、クリーン開発メカニズム - 各種発電システムのLCA評価、廃棄物問題、リサイクル技術

が整備されつつあるということを指摘させていただきます。

IAEの中長期ビジョン

私ども、エネルギー総合工学研究所は、全体のエネルギーの総合性、あるいは産・学・官の協調ということでスタート

させていただきました。

昨年私ども創立25周年を迎えたわけですが、今後5年間、21世紀の挑戦について戦略を表8にまとめました。

各分野につきましては、書いてあるとおりです。原子力につきましては、国民的な課題になっていますリサイクルと廃棄物の処理・処分の問題。それからアメリカで長期的な原子力のあり方というようなことで、国際的に議論されている

「次世代炉」への対応を進めています。

化石分野では、次世代燃料、それに関連した未利用資源を含むことについて対応しようとしています。

それからさらに、壁を取り払って全体的に進めていこうということ、あるいは長期、あるいは超長期も含めて、新エネルギー、エネルギーシステム、あるいは地球環境との全体的な課題について対応させていただいております。やはり、総合システムを構築していく上で何が役に立てるか今トライしているところです。

さいごに

私の個人的な意見ですが、今後、エネルギーと環境について、総花的ではなく、国際社会における日本の独自性を位置

づけながら、国民合意を得てこれに集中していくことが重要だと思います。それを実現するために、コアビジネスへの集中とアライアンスの拡大が求められるところです。企業の方々は当然そういうことを日常的に行われているわけですが、国レベルでも限られた資源を変化する内外環境の中で、トータルとしてどういうふうに活用するかが今後の課題です。特に、日本の経済力の向上、そのための技術開発に戦略的に対応していく必要があると思うわけです。

私どもエネルギー総合工学研究所は、各分野の賛助会員のお力をいただいておりますし、技術間の融合と企業間の横断的な融合のお役に立てるようなことを進めていきたいと思っております。

以上をもちまして終わらせていただきます。どうもご静聴ありがとうございました。(拍手)

〔講演〕

化石燃料から水素等次世代燃料への 技術開発展望



岩井 龍太郎 (日揮株式会社
プロジェクト事業推進本部 副本部長)

はじめに

日本にとって急務のエネルギー転換

本日は、化石燃料から水素等の次世代燃料への技術開発展望ということで、究極的にたどり着くまでのお話しができればと思っております。化石燃料から水素等の次世代燃料への転換が日本にとってどういう意味を持っているのか、少し具体的にお話しします。

将来、化石エネルギーがほぼなくなる状態を想定しますと、再生可能エネルギーと原子力エネルギーをベースにした電気、さらに水を原料に製造した水素が中心的な役割を果たすと確信しています。

しかし、このエネルギー転換は別の意味で日本にとって大変大きな意味をもっていると思います。例えば、アメリカ、インド、中国、ヨーロッパ諸国、インドネシアと比較すると大きな違いがあります。これらの国々は既に資源輸入国ですが、石油、天然ガス等のエネルギーがなくなったとしまし

〔略歴〕

1964年金沢大学工学部卒業。同年日揮株式会社入社。1966年水素製造プロジェクト担当。1969年ドイツ駐在。1971年石油精製プロセスの技術評価およびセールス担当。1980年エネルギー関連技術評価および関連プロジェクト開発担当。1996年プロジェクトシステム本部理事・副本部長。1999年技術・ビジネス開発本部理事・本部長代行。2004年5月より現職。

最近まで経済産業省関連の数多くの委員会（石油、天然ガス、原子力、公共事業等）に参加。

ても、豊富な石炭資源を国内にかかえています。これに対して、日本は石油、天然ガス、石炭とも自給できるだけの量がありません。ですので、日本は他の国々に先駆けて化石エネルギーに依存しないエネルギー社会を確立していく必要があると思います。次世代エネルギー社会の構築は日本にとって大変大きな使命であると同時に、考え方を変えれば、日本がエネルギーに関して世界のリーダーになるチャンスだと思います。

エネルギーを巡る課題

図1は、エネルギーに関連する将来非

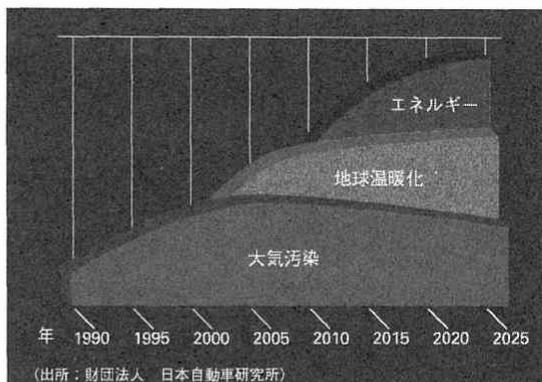


図1 エネルギー関連重要課題

常に重要になると思われる3つの課題です。1番目は主に大都市部での大気汚染問題、2番目は地球温暖化問題、3番目はエネルギー資源量問題です。

[大気汚染]

既に自動車燃料油については、色々な規制が行われつつあります。ガソリン車につきましては、2005年から硫黄分10ppm以下のガソリンが販売される予定ですし、既に芳香族分についても規制が行われております。ディーゼル車につきましても硫黄分50ppm以下のディーゼル油が既に販売されております。2008年からは硫黄分10ppm以下のディーゼル油が販売される予定です。このように、徐々に自動車燃料油の品質が改良されていきますと、現在大きな問題になっております大都市部における窒素酸化物(NOx)と粉塵排出量問題は、図1のように、2005年以降、徐々に重要性が下がっていくと思っております。

[地球温暖化]

地球温暖化、特に温室効果ガスの排出問

題につきまして、アメリカは京都議定書から離脱したわけですが、ただ、今年8月25日にブッシュ政権が議会に大変興味深いレポートを提出しました。これによりますと、1970年までの異常気象については、スーパーコンピュータを使った解析で説明できる。ところが、1970年以降については答えが出ない。結論として、原因の一部が人為的な温室効果ガスによるものであるということを確認ざるを得ないというレポートです。ですから、CO₂問題は今後世界的に非常に大きな課題になるわけです。この問題は残念ながら化石燃料を大量に消費する限り永久に解決できない問題ではないかということで、重要性が益々増してくると見えています。

[エネルギー]

石油資源量につきましても、今年4月からの原油価格の高騰は、単に石油資源が消費されているということだけでなく、どうも世界的に化石燃料の消費が予想以上に急速に進んでいることに対する危機感も大きな原因だと見えています。

私どもが通常エネルギー資源量の転換点として予測するものが2つあります。1つは、生産量と消費量が逆転する時点です。これが2025年までには来るのではないかということです。もう1つは、石油の埋蔵量の50%を消費したという時点です。つまり、概念的にどうも資源は将来なくなるのではないかという不安です。その辺の危機感が出てくると予測しますので、2025年以降も資源問題は大きくな

るだけであって、小さくなることはないだろうと思います。

解決策は化石燃料の使用停止

この2つの問題をどのようにして解決していくのかということですが、これは非常に単純です。化石燃料を使わなければ良いのです。

物質循環から見た場合、地球は閉鎖系です。水が大気、陸上、海洋の間を周期的に循環しています。問題は、炭素循環です。人類が活動して化石エネルギーを消費しますと、ここから発生するCO₂は一方的に大気に蓄積されていきます。これは化石エネルギーを消費する限り減りません。

従って、化石資源があるから使ってもいいという考え方ではなく、より早い段階から次世代エネルギーに切り換える努力が非常に重要だと思います。これに向けた技術開発は、日本の最大の使命です。達成可能だと私は見えています。

エネルギーとして利用するときに重要なことは、水素は天然、自然界では存在しない非常に不安定な分子構造をしているということです。地球では、酸素と結合し水という形で大部分が存在しています。水素は非常にクリーンなエネルギーであるということ、水資源が豊富な日本は、他の国より有利な条件にあるということで、これを最大限に利用しない手はないと考えるわけです。

炭素と水素の違いに着目してみます。まず、大気と地上間の水の移動量は炭素の3300倍あります。ですから膨大な量の水が大気と地上の間を往復しているとお考えいただければよろしいかと思います。それと、地球に存在する水の量は炭素の約7万倍です。ですから、水から水素を取り出してエネルギーとして使い、それをもう一度水に戻しても、環境に与える影響は小さく、これによって大きな気象異常等を起こすことは考えにくいということです。大気中に蓄積される一方の炭素とはここが大きく異なります。

次世代燃料の中核—水素

循環するクリーンで豊富な水素

実は水素というのは、ビッグバンの時に誕生した元素です。宇宙の構成元素の71%が水素で、最も多いパーセンテージを占めております。

水素の原料

図2は、水素社会を実現するためのエネルギー変化について示したものです。化石燃料社会から次世代エネルギー社会への移行を可能にするのが、唯一水素です。現在、基本的に水蒸気改質技術をベースに、石炭、石油、天然ガスから水素を取り出して使っています。これが今後、中間的には、合成燃料油 (GTL)、ジメチルエーテル (DME)、

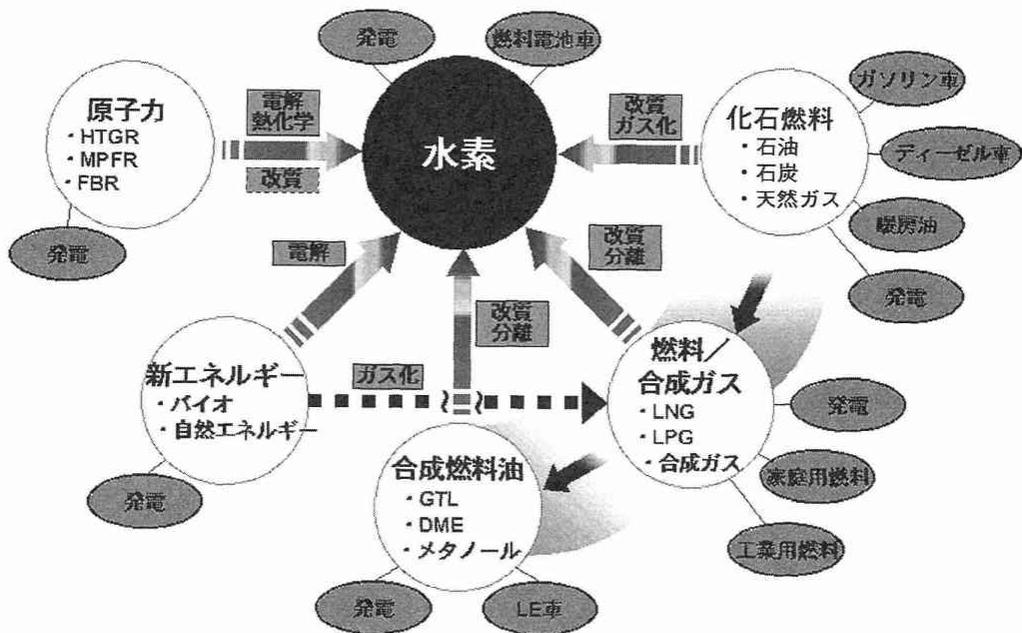


図2 水素社会を実現するエネルギー変化

メタノール，さらに再生可能エネルギー（バイオマス，風力，太陽光発電など）から作ることになっていきます。究極的には，原子力がエネルギーの大部分を供給することになるでしょう。

水素社会実現の長期的キーテクノロジー

長期的には，原子力，再生可能エネルギー，水素をどう組み合わせるかっていくかということが課題となるでしょう。現時点からそういうシナリオを描きながら戦略的に組み合わせた使い方を考えていくことが重要です。特に，原子力を利用する場合，ベースロード時とピークロード時の使い分けがあります。つまり，昼間は発電を主体に原子炉を動かし，電力消費が落ちてくる夜は水素製造を主体

に運転するという形になってくるわけです。この時，技術的に解決すべき問題は水素の貯蔵です。水素を安定的に供給できる社会を実現するには，100万m³/日ぐらいの規模の設備が必要となると思います。ですから，それを可能にする水素の高密度貯蔵技術がキーテクノロジーになると思います。

さらに，原子炉の小型分散化が求められてくると思います。現在のように原子力発電所がある地域に集中して建っていると，輸送時で大きなロスを生じる恐れがあります。ですから，小型の原子炉を作り，できるだけ場所を分散化して，そこで多目的に利用するというのが一番いい方法だと思います。具体的には，大都市に近い石油化学コンビナートがエネルギーコンビナートに変わり，究極的には

原子力を利用した水素供給基地へ転換するというふうに考えています。原子炉の小型分散化技術もキーテクノロジーになる可能性が非常に高いと思います。

日本の主力は水電気分解法

現在開発中の将来技術として、約4,000℃の熱を利用した「直接熱分解法」と光化学反応を利用した「光分解法」がありますが、水資源豊富な日本では、今後、「水電気分解法」が主力になってくると思っています。

ただ、現在の「水電気分解法」は、今のところ理論的に比較的高温の100℃前後での電気分解が最も効率的ということです。

水素の輸送方法

液体水素、高圧水素、パイプライン

現在、考えらる代表的な輸送方法が3つあります。

まず、冷凍機付きの特殊タンクによる液体水素（マイナス253℃前後）の輸送です。水素は液体にすることで容量を小さくできますから、これだと大量に運ぶことができます。しかし、これにはエネルギーロスが多いという問題があります。

次に、高圧タンクによる気体（高圧水素）での輸送が考えられます。燃料電池車のタンクとして350気圧が標準になりつ

つありますが、700気圧前後でも可能という技術が出てきています。

最後がパイプラインで大量に運ぶことです。私は次世代エネルギー社会に到達した時には、電気の輸送と同時に水素の輸送も全国的なパイプラインネットワークで供給するのが一番効率的で便利だと見えています。

水素パイプライン敷設へ向けて

水素パイプラインを長期にわたって整備していく上で必要な考え方を以下に示します。

- ① 現時点から将来のエネルギー社会を想定し、特に天然ガス、都市ガスに関して新たに敷設するパイプラインについては水素使用を前提に整備する。
- ② 既存の都市ガスパイプラインを実証目的で利用する。例えば、製油所で発生する高純度の水素を既存の都市ガスラインで街中の水素ステーションまで運ぶことができないかどうかテストするのです。現在でも水素を50%までは都市ガスに混入して運んでも問題ありません。さらに、97~98%、またはそれ以上の高純度の水素だとどういうことになるのか実証してみるのも1つのポイントだと思います。
- ③ コンビナート内に長距離の水素パイプラインを引き、長期間の実証試験を行

うことです。これは現在、既に「コンビナートルネッサンス」*の検討の中で具体的に行われています。例えば、千葉地区の端から端まで幹線となる13km程度の水素パイプラインを引き、この間で20数社が水素の出し入れを行うという設計がありました。これは比較的早い時点で実現可能だと思います。といいますのは、製油所、石油化学工場とも大量の水素を使いますので、工場によっては余っていると足りないところがあります。それを平均化する意味で共通パイプラインを引き、そこで安全性および管理システムを含めた実証を10年単位で行うということです。多分、次世代エネルギー社会は50年から100年後ぐらい先でしょうから、10年がかりの安全確認実験で間に合うと思います。

④ パイプラインのシステムを一般に公開していく。今のところ一般の方々の間では「水素は危険」というイメージが先行しています。ですから、実証用パイプラインを一般に公開して、「大丈夫だ」ということを知ってもらうことが水素社会実現に向けて行うべきことだと思います。

日本全国にネットワークを持つ上で、やはり重要なことは、幹線パイプラインの新設です。しかし、水素用の幹線パイプラインをすぐ作るのは当然不可能です

から、まず、輸入天然ガス用を日本に引くという手段が最も早いです。輸入天然ガス用としては、既に2つのルートが検討されています。1つはシベリア、サハリンを通過して東日本地域に運ぶ天然ガスパイプライン計画、もう1つはシベリアから朝鮮半島を通り九州まで運ぶ天然ガスパイプライン計画です。こういうパイプラインを引き、現在ほとんどが独立している地方の都市ガスネットワークにうまくつないでいけば、水素を輸送する将来のネットワークの骨格ができてくるのではないかと思います。当然、水素仕様に転換する必要がありますが、これは長期間かけて変えていけばいいことです。

新しいエネルギー社会へ向けた動き

ガソリンへのエタノール混入規格

今年に入り日本でもガソリンにエタノールを混入する規格作りが検討されています。3%を上限にするのか、3%入れなければいけないとするのか、まだ決まっていません。いずれにしろ、従来化石エネルギーだけで作られていたガソリンに再生可能エネルギーであるエタノールが混入されていくというのは、排出改善の点から非常に注目されることです。

* 石油・化学業界20社により石油コンビナート高度統合運営技術研究組合が設立され、国の補助を受けて設備の共同運用による製品や原材料の最適融通などによって生産性の抜本的強化を図り、国際競争力のある体質に作り変えようという計画。系列を超えて製油所・石油化学工場間でパイプラインによる原材料や製品の移送、コンピューターによる相互情報管理などを行い、効率化・合理化により生産性を向上させるもの。

他方、石油会社は別の観点からエタノール混入に注目しています。日本のプレミアムガソリンはオクタン価**100ですが、高オクタン価基材として、従来はメチルターシャルブチルエーテル（MTBE）が非常に大きな役割をしていました。ところが、アメリカでこれがどうも地下水に溶け込んで人体に影響を及ぼす疑いがあるということで使用禁止になり、日本でも使うのをやめています。すると、それに代わる高オクタン価基材の確保が大きな問題となります。エタノールはオクタン価が110ぐらいなので、使いやすい基材かもしれないということで注目されているわけです。

高オクタン価基材は排ガスに含まれる硫黄分を低減させる効果もありますので、環境面での貢献もあわせて、私は近い将来日本にもエタノールが導入される時代がくるだろうと思っています。欧米ではかなり導入が進んでいて、アメリカでは既に6～9%をガソリンの中に混入している州もあり、化石エネルギー中心社会から少しずつ変わりつつあります。

バイオマスのエネルギー利用

バイオマスの利用につきまして、ここ数年、日本でも研究開発が盛んに行われています。特に廃材を利用したバイオスラリー燃料は使いやすいということで、液体燃料化する研究が行われています。それから、廃材からエタノールを製造す

る技術の開発は、かなり大型の実証プラントも動き始めています。わが社もこの2つの技術について、国の援助を得ながら研究を行っています。ただ、これ以上に私が重要視しているのは、バイオマスのガス化技術の開発です。これはヨーロッパで非常に熱心に行われています。これは、ガス化することによって水素と一酸化炭素の合成ガスができます。この合成ガスは将来のエネルギー社会において色々な使い道があるだろうということです。新燃料油を合成ガスから製造することもできますし、化学原料としても重要な役割を果たすということで、バイオガス化技術は今後日本にとって非常に重要な技術になると見えています。

天然ガスの現状

[天然ガス成分の多目的利用の促進]

「21世紀は天然ガスの時代」とよく言われます。天然ガス＝液化天然ガス（LNG）と短絡的に考え勝ちですが、実は、天然ガスの中にはメタン、エタン、LPG、軽質ナフサ、重質ナフサ、灯油、軽油、重質軽油など、7種類ぐらいの成分が混在しています。最近、それぞれの成分に適した多目的利用が急速に進んでいます。

このような方向に進んでいる理由の1つは、産ガス国（産油国も含む）が、ガス田を外資に開放する動きが急速に高まっていることです。サウジアラビアが初

**オクタン価とはノッキング(異常点火)の起こしにくさの指標。値が大きくなるほどノッキングしにくい、つまり異常燃焼が起らず車に安定した力を供給できることになる。

めて外国資本にガス田を開放しましたし、カタール、クウェート、UAE、アルジェリア、ナイジェリア、リビアも開放しました。それら大型ガス田の利権を確保した外資としては、これを全部使い切らないと利益が出ないという事情があるのです。そこで、今後以下の動きが予想されます。

- ① LNGにして消費国に運ぶ。
- ② GTLという新燃料油で特にヨーロッパとアメリカ西海岸に運ぶ。
- ③ まだ実現していないものの、DMEにして日本、中国などに運ぶ。
- ④ DMEからオレフィンを作る。
- ⑤ 天然ガス中のエタンをメタンから分離し、石油化学製品の原料として使う。
- ⑥ 産油国自身による天然ガスの大量消費。
- ⑦ コンデンセートの増産。

エタンの分離では、少なくとも2010年までに2000万t/年の生産能力を持ったエチレンプラントが出現します。これは日本の製造能力の2~2.5倍です。それも、日本で原料にしているコンデンセートの数分の1の値段（等量比較）で製造できるわけですから、大変な脅威です。

産油国自身による天然ガスの大量消費の背景には、ほとんどの中東産油国で現在20歳以下の人口比率が50%を超えているということがあります。今後、10年、20年を見た場合、必要となるインフラの整備（特に電力、水、）に莫大な資金とエ

ネルギーが必要です。そのエネルギーを確保するために、天然ガス開発が相当進み、これが彼らのエネルギー社会の中心を長期にわたって占めていくのではないかと思います。そうしますと、LNG、天然ガスがなくなってきたときには輸出せず、中東内で消費する時代が来るかもしれません。この辺も日本は十分に考慮する必要があるのではないかと思います。

コンデンセートは、現時点でも中東産油国（産ガス国を含む）では、200万バレル/日以上が産出され、ほとんどが原油に混ぜて売られています。これが産油国を中心に2010年には、300万バレル/日産出されることとなります。ですから、新しいコンデンセート市場が中間的に登場し、全体的には、石油と天然ガスに分かれているエネルギー社会が徐々に融合していくことになると思います。

[LNG、GTLプロジェクトの大型化]

新しい技術の中で特に重要なことは、石油メジャーの戦略として、LNG、GTL、DME製造で大型プロジェクトが並行して計画されていることです。これは、ビジネスリスクの分散を理由としています。10年先の市場は大変予想しにくいものです。例えば、今アメリカでは将来大量のLNGが消費されるだろうと言われていますが、実際には判断できません。ですから、利権は確保したけれど、LNGでは売れない時にどうしたらいいかということで、複数のGTLプロジェクトが計画されているとお考えいただければよろしいかと思います。

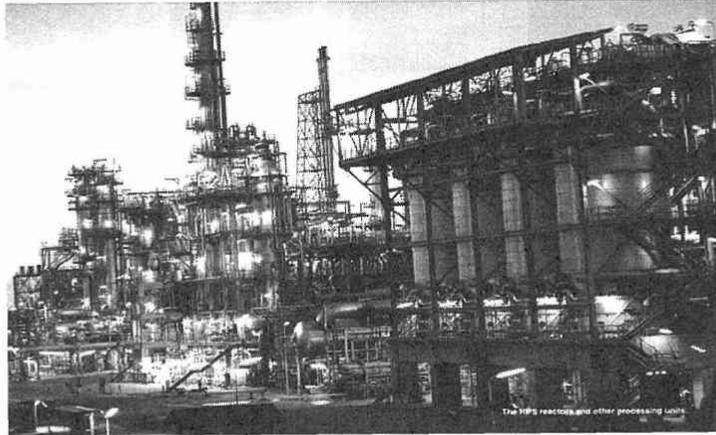


図3 SMDS (Shell Middle Distillate Synthesis) FT合成反応器

LNGプラントの大型化が進んでいます。現在エジプトで500万t/年規模のプラントが建設中です。数年後には、一気に780万t/年のプラントが完成します。それから、LNGタンカーも大型化します。現在、最大のもは12万5000 m³ですが、これが25万 m³のタンカーに転換します。すると、長距離輸送が可能になり、中東からアメリカまでLNGが輸送されます。LNGは世界中に供給できるエネルギーになります。

GTLも同様にプラントの大型化が進みます。図3はマレーシアでシェルが運転しているSMDSプラントです。現在1万バレル/日の合成燃料油を製造していますが、これも一気に7万バレル/日まで大きくなります。大型化技術がどんどん進み経済性を高めていくということです。GTLでは、サソール/シェブロンテキサコがプラントを建設中で、シェルも建設を発表しています。これにエクソンモービルが追随すると見られています。すると、GTLが国際商品化されるのではないかと注目しています。

次世代エネルギー社会の自動車

欧米で進むディーゼル車化

個人的には究極的にハイブリッドディーゼル車と燃料電池車になっていくのではないかと考えています。ガソリン車は徐々に少なくなり、最終的には消える運命と見ています。

アメリカは現在ガソリン車中心社会ですが、ヨーロッパはディーゼル車中心社会に移りつつあります。ただ、アメリカもここ3年の動きを細かく見てみますと、かなり急速にガソリン車からディーゼル車への切り換えが進んでいます。アメリカで最近出された予測では、乗用車のうちディーゼル車が占める割合は、現在0.2%と非常に小さいのですが、2010年には4~7%、2020年には20%になるだろうとしています。どうもアメリカも急速にディーゼル車社会に入っていくそうです。

ヨーロッパの新車販売のうちディーゼル車が占める比率は、ポーランド71%、フランス67%、スペイン65%、EU全体でも42%まで増えてきています。ヨーロッパは完全にディーゼル車社会に移行しつつあります。

日本でディーゼル車が普及する前提条件

日本でディーゼル車が普及するにはいくつかの条件があると思います。

1つ目は、ガソリン車から出てくる排出ガスと同レベルまで不純物を下げるディーゼル車の開発です。

2つ目は、ディーゼル油の規格変更です。先ほど、硫黄分を10ppm以下に下げると言いましたが、実は欧米と比較しますと日本のディーゼル油は重質です。ヨーロッパは大体エンドポイント（滴定が完了する時点）の温度が300℃ですが、日本は360℃です。特に、300～360℃の間に硫黄分、芳香族分といった不純物の固まりが集中しています。ですから、これを沸点範囲を変更して、灯油留分を多く混ぜて軽くする必要がありますと見えています。ただ、日本は灯油の需要が非常に大きいものですから、ディーゼル油もこれに引っ張られてどうしても重いままです。これを転換するには、やはり天然ガスを積極的に導入するしかないと思います。例えば、とりあえず、サハリンから北海道まで天然ガスパイプラインを敷いて、北海道内の灯油需要が多い場所を天然ガスに切り換えれば、その灯油をディーゼル

油に回す形で、ディーゼル自身の品質改善が急速に進むだろうと見えています。

変わる製油所の役割

ディーゼル車と燃料電池車の世界になると、製油所が完全に変わるだろうと思います。炭化水素型の製油所は、原油は脱硫するだけで水素を作り、ディーゼル油を供給する、非常にシンプルな製油所が変わると思います。製油所の役割も非常に限定されてきます。石油化学用の原料を供給する役割が残るでしょうが、製油所における水素製造が主流となるでしょう。

さいごに

新しいエネルギー社会へ向かう日本の問題点は何かと言いますと、個々の技術開発が次世代エネルギー社会へ向けてばらばらに進んでいるように見えることです。やはり、技術開発を1つに収束させていくための総合的な研究機関、もしくは検討機関が必要ではないかと思います。そうして、皆さんとともに、化石エネルギーに過度に依存しない新しいエネルギー社会を早く実現したいと考えています。長時間、ご静聴ありがとうございました。

(拍手)

〔特別講演〕

米国における水素等の 次世代燃料製造への取り組み

宋 春山 (Chunshan Song) (米国 ペンシルバニア州立大学教授
米国化学会 石油化学部会長)



はじめに

まず、20世紀を振り返りながら、エネルギーの利用状況、個別のエネルギーの問題についてお話しします。それから、超クリーン燃料（石油ベースの燃料、合成燃料を含む）、非再生可能と再生可能エネルギーの橋渡しとしての水素エネルギーの話をしていきます。さらに、持続可能性に関連して水素のエネルギーについて話をしていきます。それから燃料電池用燃料の処理プロセスについて話を進めていきます。

20世紀を振り返って

増え続けたエネルギー消費

20世紀は石炭とバイオマスで始まりました。表1で世界のエネルギー消費を見ると、当初の鍵は石炭でした。1997年までに石炭消費は4倍、石油は164倍、天然

〔略歴〕

1982年中国大連工科大学卒。1989年大阪大学から工学博士号取得。現在、米国ペンシルバニア州立大学エネルギー・地球環境工学科教授、同大エネルギー研究所クリーン燃料・触媒研究プログラム 主査。

米国化学会石油化学部会長。研究対象は、石炭や重質油の転換技術に始まり、軽油の深度脱硫、天然ガスや液体燃料からの改質による水素製造、燃料電池用の水素製造、ジェットフューエルの特性など。

ガスは241倍になり、ゼロだった原子力は5億7900万トン（石油換算）となりました。このように、世界のエネルギー消費量は、桁違いに増加しました。炭素の排

表1 世界のエネルギー消費

	1900	1997
エネルギー源 (石油換算百万t)		
石油	18 (2%)	2,940 (30%)
天然ガス	9 (1%)	2,173 (23%)
石炭	501 (55%)	2,122 (22%)
原子力	0 (0%)	579 (6%)
再生可能	383 (42%)	1,833 (19%)
合計	911 (100%)	9,647 (100%)
人口	17.62億人	58.47億人
1人当りエネルギー使用量	0.517 t (石油換算)	1.649 t (石油換算)
世界のCO2排出量	534 百万MTC	6601百万MTC
1人当りCO2排出量	0.30 MTC	1.13 MTC
大気中のCO2濃度	295 ppmv	364 ppmv
平均寿命	47歳	76歳

出量なども桁違いに増え、二酸化炭素(CO₂)排出量は3倍になりました。

世界の人口も17億人から60億人(99年10月)になりました。1人当たりのエネルギー消費量も0.517トンから3倍の1.6トンにまでなりました。さらに、47歳だった平均寿命(1900年)が、今は78歳になったので、その人が長生きして消費するということになります。

この消費パターンは成長期のパターンと言えますが、このような成長を今後も維持できるのかが問題です。

非効率なエネルギー利用

図1は、アメリカのエネルギーフローのうち、発電用のエネルギー利用(38×10¹⁵BTU)だけを抜き出したものです。これは世界の電力量の約26%に相当します。発電所に投入するエネルギーの大半は無

駄になっています。私たちが取り出せるエネルギーは投入エネルギーの33%にすぎません。この部分の効率を飛躍的に向上させないと世界の持続的成長はあり得ません。

必要なパラダイムシフト

ここで必要なのは「パラダイムシフト」でしょう。アインシュタインは「重要課題の解決は、その問題が出てきたレベルでは解決できない。考え方を変えなければいけない」と言いました。ですから、長期的に何ができるのか考えないといけません。

まず、環境問題とエネルギー問題を切り離さなければいけません。これまでは、エネルギーを利用した後で有害な排出物を適切に処理すればいいということでした。将来は、最初から環境を汚染する空

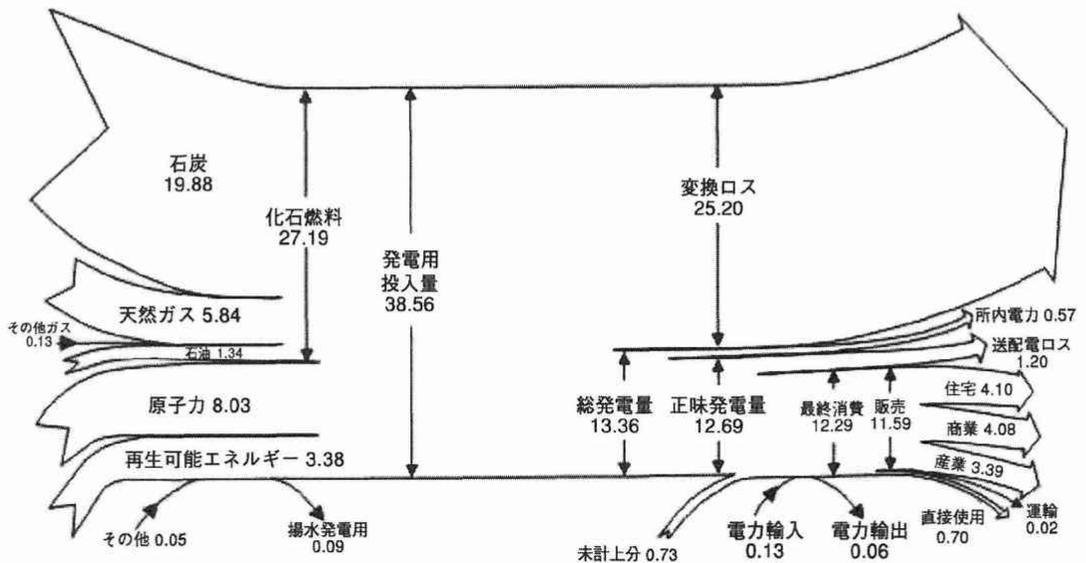


図1 発電に関するエネルギーフロー

素酸化物 (NO_x) や硫化合物 (SO_x) など
を排出しない形でエネルギーを利用しな
ければなりません。さらに、エネルギ
ー効率を劇的に改善しなければいけ
ない。現行システムは、図1で見たよ
うに無駄が多過ぎるからです。

私たちは化石燃料の恩恵を受けてき
ましたが、世界は永遠に化石燃料を
使い続けるわけにはいきません。21
世紀は化石燃料の使用量を減らして
いかなければなりません。そのため
には、再生可能エネルギーの進展を
図り、それによって、多様化され
たエネルギーポートフォリオを確立
する必要があります。

超クリーン燃料

ペンシルバニア州立大学の研究体制

図2は私が考えているエネルギー化学
研究のビジョン、図3は私がペンシル
バニア州立大学 (PSU) で責任者を務
めている「クリーン燃料・触媒研究プ
ログラム」です。PSUではこれらの研
究を行っております。

「超クリーン燃料」というのは超低
硫黄分の環境基準適合燃料のことで、

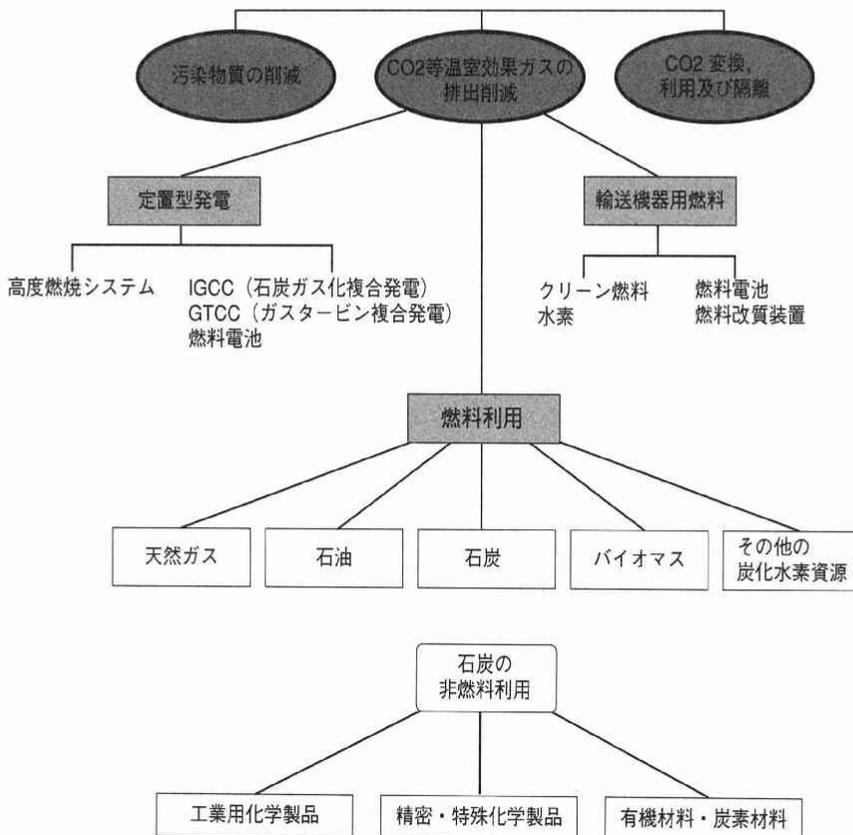


図2 エネルギー化学研究ビジョン

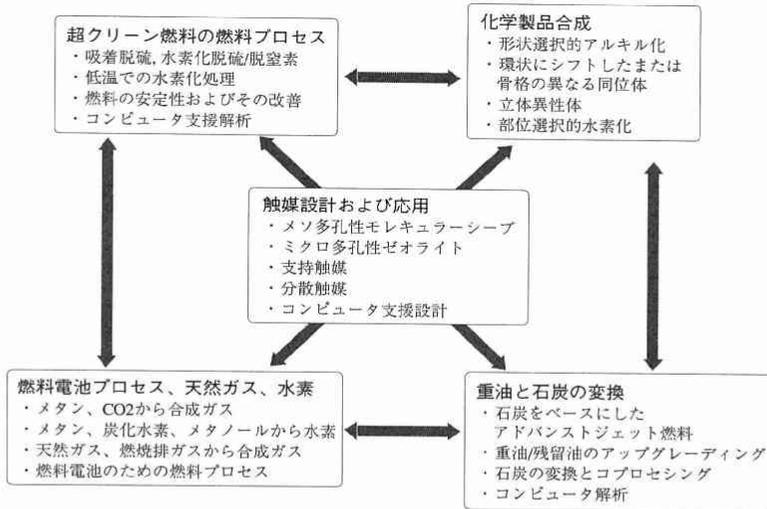


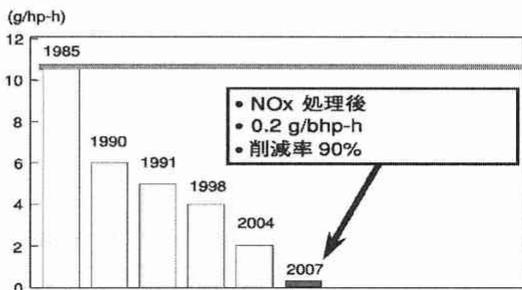
図3 PSUクリーン燃料・触媒研究プログラム

がクリーンだということです。

超クリーン燃料には、石油ベース、天然ガスベース、石炭ベースのものがあります。

製造方法を紹介しますと、まず、石油ベースでは、留出油の超深度脱硫によるもの、重油とタールサンドの高度プロセッシングによるものがあります。

天然ガスベースでは、改質して製造した合成ガスから、メタノール、ジメチルエーテル（DME）や油を合成する方法があります。



(出所：Mary T. Manners, US EPA, Energy Outlook 2001年次大会でのプレゼンテーション資料)

図4 ディーゼル車のNOx排出基準

石炭ベースの超クリーン燃料製造法には、再生可能エネルギーと石炭ガス化を組み合わせることで合成ガスを作る方法、そのガスをフィッシャートロップシュ合成によって炭化水素燃料を作ったり、固体触媒によりオキシ合成でメタノールやDMEを作ったりする方法もあります。

超クリーン燃料の法的背景

超クリーン燃料の開発は、環境規制によって後押しされてきました。図4は、米環境保護局（EPA）のディーゼル車両NOx排出の最新基準です。1985年にトラックは11g/馬力時のNOx排出が許されていました。しかし、2007年には、0.2/馬力時以下（削減率90%）という極めて厳しい規制になります。ですから、ディーゼル燃料メーカーは、「硫黄分ゼロを達成しなければ実現不可能」と主張しています。

また、図5のディーゼル車両の粒子状

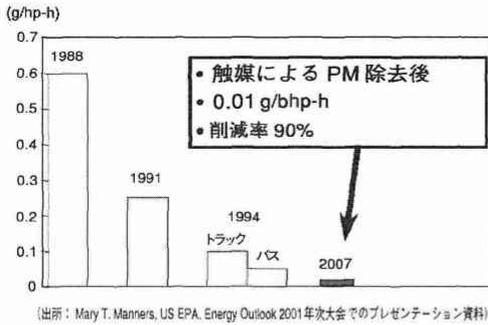


図5 ディーゼル車のPM排出基準

物質 (PM) の排出基準は、88年は0.6g/馬力時でした。しかし、2007年には0.01g/馬力時のレベル (削減率90%) で、これも極めて厳しい規制と言えます。

さらに、2010年にはディール車、ガソリン車の区別なく、すべての種類の燃料が新規制を遵守しなければいけないこととなります。

この規制はロサンゼルスから始まって、どんどん広がってきました。ロサンゼルス郡条例 (86年) に始まって、カリフォルニア州法 (89年)、アメリカ連邦法 (93年) になりました。97年には日本へ、98年にはカナダに波及したわけです。2001年にはインドでもディールの硫黄ルールを適用したということです。

困難で高価な脱硫

[ディール燃料]

ディール燃料の脱硫が、これほど多くの注目を浴びた理由は、硫黄分の除去が大変難しいことだからです。石油製品中には表2に示すように各種硫黄分が含まれています。

表2 硫黄分による石油製品の分類

<ul style="list-style-type: none"> ガソリン類：ナフサ、FCCナフサ (選択的脱硫) メルカプタン、硫化物、二硫化物 チオフェンとアルキル化誘導体、ベンゾチオフェン
<ul style="list-style-type: none"> ジェット燃料類：重ナフサ、中間留分 アルキルチオフェン誘導体 ベンゾチオフェンとアルキル化誘導体 ジベンゾチオフェン
<ul style="list-style-type: none"> ディール燃料類：中間留分、分解軽油 アルキルベンゾチオフェン ジベンゾチオフェン(DBT)、4メチル、4及び6ジメチルジベンゾチオフェン
<ul style="list-style-type: none"> ボイラー燃料供給：重油、残留油 DBT類似の (3個以上の) 多環硫化物

図6では、ディール燃料中の各種硫黄化合物を触媒を用いて水素と反応させ硫化水素と炭化水素に変える水素化脱硫の際の硫黄の反応性について示しました。油中に占める硫黄の割合が39%と多いグループ1の物質は、反応速度定数が0.25と大きいので容易に脱硫できます。しかし、ディール油中の硫黄濃度を2006年に15ppmにするには、グループ2、3、4の物質も脱硫しなければならず、この場合には、触媒を現在の約3倍にしなければなりません。また、燃料電池仕様だと7倍になります。これは極めてコストがかかるので、製油所はやりたがりません。

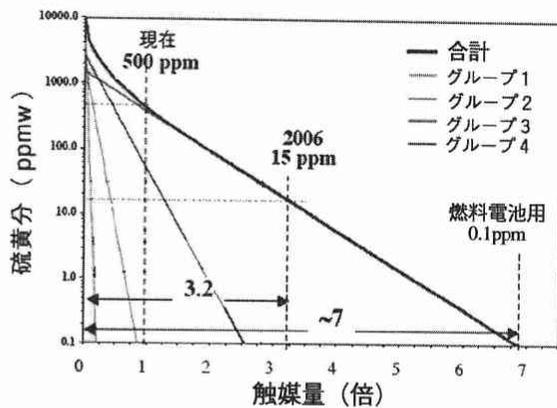
アメリカではオイルの消費が多いので生活に与える影響が大きいのです。これがディール燃料の問題です。

[ガソリン]

ガソリンの場合の問題点は、オクタン価を下げずにどうやって硫黄を除去するかということです。硫黄分を1,000ppmから30ppmまで下げることは簡単です。ただ、オクタン価が92から80まで下がってしまい売れなくなります。最低でも87は

水素化脱硫反応速度論モデル

$$C_{S, total} = C_{S10} e^{-k_1 t} + C_{S20} e^{-k_2 t} + C_{S30} e^{-k_3 t} + C_{S40} e^{-k_4 t}$$



—— グループ1～4 ——

構造	硫黄分配率 %	反応速度定数
アルキル基 <chem>c1ccc2c(c1)sc2</chem> アルキル基	39	0.250
アルキル基 <chem>c1ccc2c(c1)sc3ccccc23</chem> アルキル基	20	0.058
アルキル基 <chem>c1ccc2c(c1)sc3cc4ccccc4c23</chem> アルキル基	26	0.020
アルキル基 <chem>c1ccc2c(c1)sc3cc4c(c2)sc5ccccc45</chem> アルキル基	15	0.007

※ 1.0wt%の硫黄を投入し、通常の1段階反応炉で水素化する場合

図6 ディーゼル燃料の水素化脱硫シミュレーション結果

必要です。

私どもは「選択的吸着脱硫法」(SARS: Selective Adsorption for Removing Sulfur) という新概念でこの問題に対処しようとしています。この方式を米エネルギー省 (DOE) に提案しましてリサーチプロジェクトにお金を得ることができました。

現在の業界では、図7で示すように、硫黄含有量500ppmのディーゼル燃料(硫黄化合物の割合: 0.33wt%)を全量高温高圧の水素化処理反応器に入れて、処理することになります。これはエネルギーの無駄使いです。そこで、硫黄化合物だけを、選択的吸着によって取り出し、残り

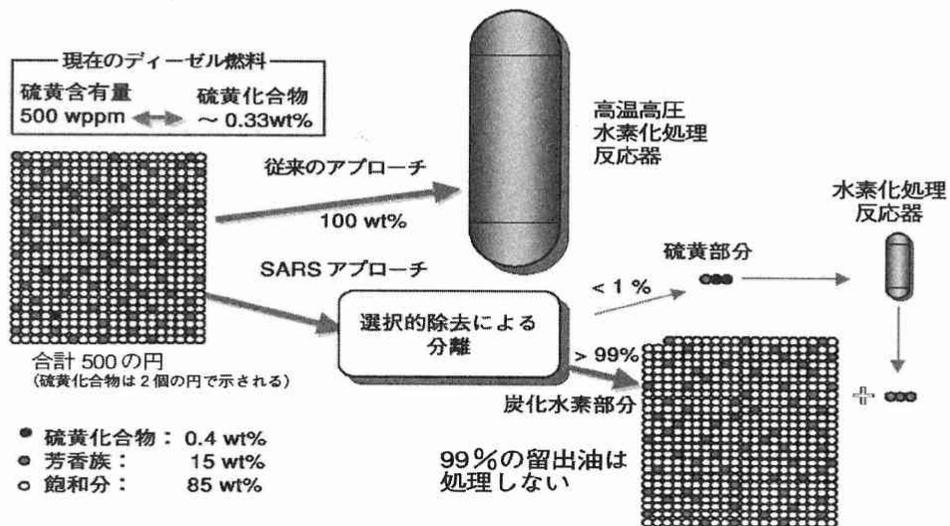


図7 ペンシルバニア州立大学が提案する選択的吸着脱硫法 (SARS) の概念図

の99%は処理しないようにすれば、もっと小さい反応器で脱硫できると考えています。

ここでの問題は、どのように硫黄化合物だけを吸着するかということです。従来の吸着剤ではうまくいきません。芳香環、あるいは二重結合が吸着剤の働きを妨げるからです。私たちは、微量のある化合物を加えることでこの問題を解決しようとしています。

IAEグリーンフューエルプロセス

クリーンエネルギーを製造するプロセスとして、非常に興味深い「グリーンフューエルプロセス」についてお話したいと思います。この概念は、エネルギー総合工学研究所（IAE）の片山研究理事が出されているものです。一言で言うと、図8のように、再生可能エネルギー、天

然ガスを組み合わせて、石炭ベースのプロセスで、水の電気分解で作る水素とメタノール製造に適した H_2/CO 比率の合成ガスとを組み合わせて、 CO_2 を発生させずにメタノールを製造するという事です。

ユニークな点がいくつかあります。まず、太陽エネルギーを石炭・水スラリー（CMW）をガス化する際の予熱に使用する点。次に、センサーで太陽を追尾して、集光効率が最大になるようにしている点。さらに、メタンの吸熱改質反応と発熱反応である酸化反応を多段反応器内で触媒を組み合わせて実施している点です。

これらの技術を組み合わせて、 CO_2 を排出することなく、安価にメタノールを製造するグリーンフューエルプロセスを用いて、将来のクリーンエネルギー製造に寄与するよう、今後、大型プラントが建設されることを多いに期待しています。

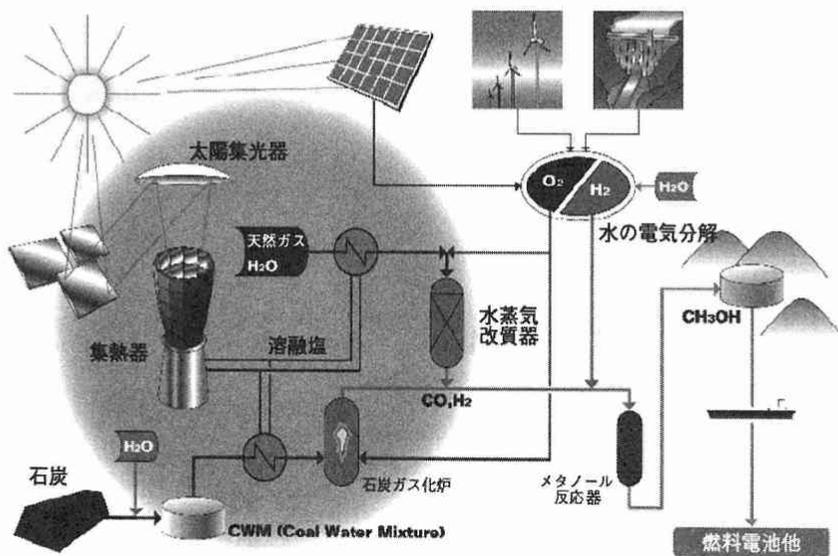


図8 IAEグリーンフューエルプロセスの概念図

水素エネルギー

アメリカの2つの構想

ブッシュ大統領が新しい構想を発表しました。1つが2002年1月に発表された“FreedomCAR”（研究費12億ドル）で、もう1つが2003年1月に発表された“FreedomFuel”（研究費17億ドル）と呼ばれるものです。この2つの構想によって、クリーンな水素エネルギーによる自動車開発が行われることになりました。

水素の製造コスト（現在はガソリンの4倍）の低減、効果的な貯蔵法の確保、入手可能な燃料電池の開発の3つが柱になっています。

水素エネルギーが与える希望

水素に関する話は非常に単純です。水素が酸素と反応し水に転換する時 ($H_2 + 1/2 O_2 = H_2O$) にエネルギーを放出します。この反応を電気化学的に行うのか、エンジンや発電所のように燃焼によって行うのかという話です。

理論的に得られるエネルギーは、285.8kJ/molですが、蒸気を基準にすると、241.8kJ/molが実際に得られるエネルギーとなります。

水素エネルギーは、地球温暖化問題を含む環境問題や化石燃料の燃焼に伴う効率の問題を解決する可能性を秘めています。

す。これによって、汚染問題とエネルギー利用問題を切り離して考えることができます。効率ということでは、特に燃料電池を使うことで、理論的には数倍の効率改善になるかも知れません。

水素エネルギーは、将来の非再生可能、そして再生可能エネルギーの橋渡しをすることができますし、電気のようなエネルギーキャリアとしての役割を果たすこともできます。また、経済的には新しい未知の市場を考えることができます。こういうことから、水素エネルギーは多くの人々の注目を集めることができるようになりました。

DOEは「水素経済の概念とは、水素をベースとしたエネルギーインフラを作るというビジョンのことである」と定義しています。

技術的な問題としては、水素製造の原料、生産費の低減、分離／精製、輸送、貯蔵、また燃料電池利用の問題などがあります。さらに、社会的に考えてみますと、センサー、安全性の問題、標準化の問題などが出てきます。

水素の供給と需要の現状

現在、商業ベースの水素の90%以上は天然ガスから製造されています。表3に示すように、石油、石炭から製造される水素は、ほとんどがプラント内で消費されています。例えば、石炭から作られる水素は、アンモニア合成、メタノール合成に、石油から作られる水素は、石油の

表3 世界の水素製造

原料	10億 Nm ³ /年	100万立方 t /年	全生産量に占める割合 (%)
天然ガス	240	21.6	48
石油	150	13.5	30
石炭	90	8.1	18
電気分解	20	1.8	4
合計	500	45.0	100

表4 アメリカの水素需要 (1998~2007年)

	1998年	2002年	2007年 (推定)
自家消費	21.50	27.43	36.90
商品 (燃料電池用を含まない)	1.09	1.31	2.03
燃料電池用, 他			(水素自動車 1,000,000 台)
合計	23.09	30.04	39.60

(単位: 10億立方フィート/日)

水素化, 精製で使われています。

表4で見るように, アメリカでの水素需要は, ほとんどが自社消費で, その大部分を石油精製で使っています。その他の需要は比較的小さいものです。これを2007年には水素自動車100万台が必要だというレベルに増やしていく必要があります。

水素製造方法のオプション

水素製造の一般的なオプションを表5にまとめました。今後, 色々な経路が考えられます。

現在の技術としては, 図9に示したように規模により選択は多分異なります。小規

表5 水素製造のオプション

原料	エネルギー源	反応プロセス
炭化水素 天然ガス 石油 石炭 タールサンド, オイルシェール 天然ガスハイドレート	一次エネルギー 化石燃料 バイオマス 有機的廃棄物	水蒸気改質 部分酸化 オートサーマル改質
バイオマス	原子力	ガス化
水	太陽熱	熱分解
有機廃棄物/動物廃棄物	太陽光	触媒分解
合成クリーン燃料	水力	プラズマ改質
特定分野	風力, 波力, 地熱	太陽熱
有機化合物	二次エネルギー	光触媒
金属水素化物	電気	電気分解
硫化水素	水素	生物学的
その他	特定ケース	電気化学的触媒
	金属結合	熱化学サイクル
	化学結合	加水分解
	その他	膜型反応器
		その他

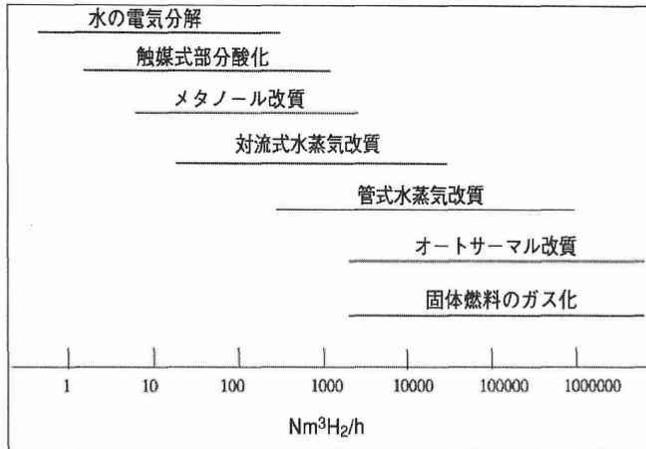


図9 現在の水素製造技術

模だと、電気分解が独占的且つ経済的な方法です。大規模だとメタノール改質が経済的に優位になります。さらに、規模が大きくなりますと、水蒸気改質、あるいは固体燃料のガス化ということになります。大規模な水素製造に関してはプラントコストを考えなければいけません。規模の経済性を得られれば、この操業コストを低減することができるからです。

開発テーマとしては、炭化水素燃料を製造する新しい触媒、新しい石炭ガス化法、新しい膜ベースのプロセス（水素製造用、酸素分離用）、CO₂の補集および水素精製の新アプローチがあります。

現在でもバイオマスのガス化によって水素を製造できます。課題はコストです。また、バイオマスそのものを増大させることが将来に向けた大きな課題となっています。さらに、バイオ化学的処理も有望な水素製造法になると思います。さらに、再生可能エネルギーベースの社会に移行してきますと、水が主なエネルギー

源になってきます。化石燃料から得た電気は、水の電気分解に使用したほうがより効率的なエネルギー利用法となります。太陽とか水力といった再生可能エネルギーをベースにしますと、熱化学的サイクリングが魅力的な製造法になってきます。それから光触媒、またイオン膜も水から水素を製造する技術となるでしょう。

米国のFutureGen

一石炭からグリーン電気と水素を

石炭からの水素製造がアメリカで注目を集めています。石炭は入手が楽で、価格も安定しています。石炭からの水素製造での今後の課題は、石炭ガス化の高効率化、脱硫、精製、水ガスシフト、触媒、CO₂分離、水素精製の分野で新手法を開発することです。

また、「エクセルギー」というエネルギーの質と量の両方を見た概念を念頭に置いて、将来の水素製造プロセスを開発すべき

です。エネルギー源の質と使用時に求められる質とが一致するときに、エネルギーが有効に使用されるからです。例えば、電力の20kJは熱エネルギーの20kJとは違います。熱エネルギー20kJで見ても、900℃と90℃では有用性が違ってきます。

FutureGenは、2003年2月、ブッシュ大統領が提案した構想です。10年間のデモンストレーションプロジェクトに10億ドルを投入しようというものです。目標は、水素製造とCO₂分離を統合した、世界初の石炭ベースのゼロエミッション発電所(275MW)を建設することです。この構想によって、地球温暖化問題に対処しようとしています。

図10は、FutureGenプロジェクトの概念図です。石炭ガス化ベースの発電所で電力、水素が製造されます。それによって燃料電池車が動き、超クリーン燃料ができ、CO₂は地中に隔離されます。さらに、石油の回収に使われ、それが製油所に送られます。

FutureGenの石炭変換では、石炭ガス化が大きな役割を果たします。米国内に豊富にある石炭、膜分離で空気から分離した酸素を使って、硫黄、窒素、水銀等の大気汚染物質の99%を除去できる装置が考えられています。水素が製品で、CO₂は濃縮されて排出されるので補集隔離が簡単になります。このような水素を製造できる石炭ガス化プラントは世界にまだ存在しませんので、実現しますとこれが第1号になります。

FutureGenの目的は、①ほぼゼロエミッションで発電と水素製造を行うプロトタイププラントの設計建設、②少なくとも発生するCO₂の90%を隔離、③効率良く、安全に、永久的なCO₂隔離の実現、④2020年に石炭によるゼロエミッション技術が商業ベースで可能となるエンジニアリング、経済性および環境安全性の確立、です。

また、これは先端技術を駆使した生きたラボでもあります。年間100万トンのCO₂を補集し隔離するというものです。

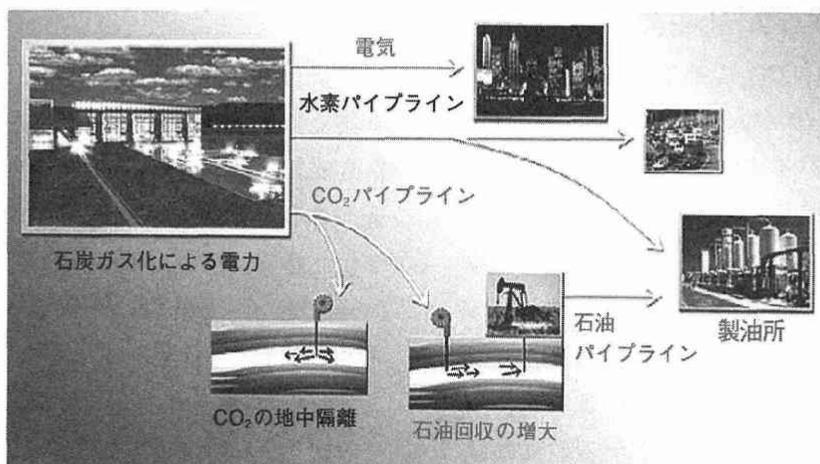


図10 FutureGenプロジェクトの概念図

またプロジェクトの総コスト約10億ドルはDOEが80%、産業界が20%を負担します。これには、日本、ヨーロッパ、中国の参加も可能になっています。

効率に関するターゲットですが、発電効率は47~50%、熱効率では75%を実現しようとしています。今、最新の発電所の発電効率が約33%ですから、大変興味深い目標値です。それだけ課題も多く残っているということです。

石炭ガス化ベースの水素製造法—私案

最近、私は図11のような石炭ガス化ベースの水素製造法を提案しました。コンセプトはCO₂リッチのガス化（COEG）というものです。H₂/CO₂分離器で分離されたCO₂の一部がガス化炉に戻されますから、既存のプロセスよりも回収するCO₂濃度が高くなっています。ガス化炉に戻されたCO₂は、高温エネルギーを使ってCと反応しCOを精製します。低温領域においては、この反応はエネルギーを必要と

せず、逆にエネルギーを放出します。高温エネルギーを使えるようにすることによって、効率を改善するという事です。これがこのCOEG反応の本質です。

全体的に有望のように見えます。しかし、このコンセプトはまだ私の頭の中にあるだけで、実証されていません。

燃料電池用水素

輸送、配送ネットワークの問題を考えると、1~10年の短期、10~20年の中期では、天然ガスLPGを、水素を使用する場所で改質して定置型燃料電池に提供するのが現実的です。また、車載の液体燃料改質器で水素を作り、自動車用燃料電池に供給することは、2~10年の短期、10~20年の中期においては有望でしょう。

補助動力装置（APU）として、トラックに使うことによって、車載改質のメリットを享受することができると思います。

そして、携帯型の固体高分子型燃料電池（PEMFC）や固体電解質型燃料電池

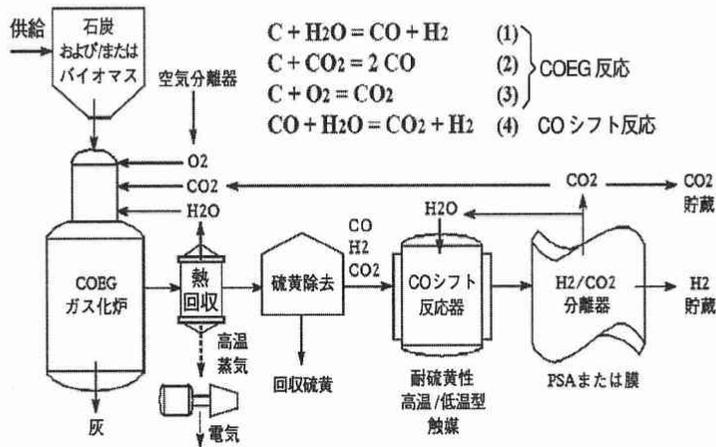


図11 COEGプロセス

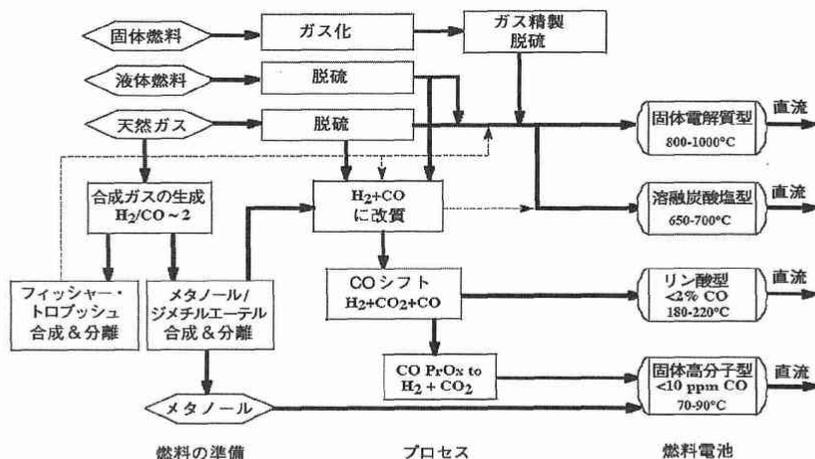


図12 燃料電池用燃料のプロセス概念図

(SOFC)も液体炭化水素燃料を使うことで、そのメリットが生かせるようになると思います。

図12は燃料電池用燃料プロセスの概念図です。固体燃料、あるいは液体燃料から始めて、燃料電池のタイプにより色々な経路をとります。

図13①は、ダイムラークライスラーの燃料電池車で、カリフォルニアからワシントンDCまで試験走行を行いました。燃料電池は車載型です。②は台所用のもので、現在10万ドルしますが、このような新しい

民生用の燃料電池もあるという例です。

炭化水素は未来への橋渡しだと考えています。炭化水素を利用するには改質する前に、深度な脱硫が必要です。カーボン析出问题も最小限のエネルギー損失で解決しなければなりません。また、COシフト反応は触媒、プロセス反応器の両面で大きな改善が必要になります。最後に、触媒の活性、安定性も重要でしょう。そういったことを考えていかなければなりません。



図13 燃料電池車と家庭用燃料電池の例

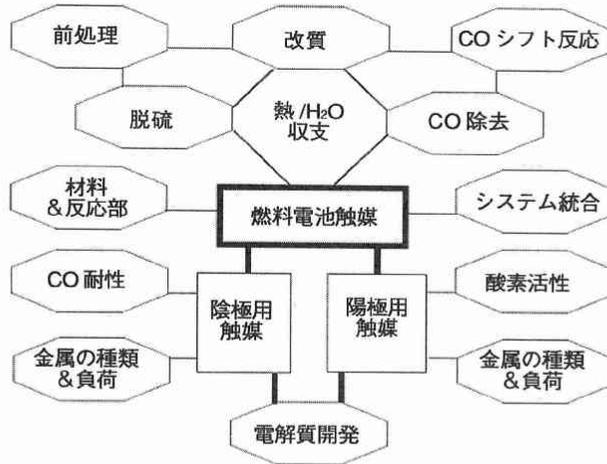


図14 燃料電池用燃料プロセスの課題

燃料電池用燃料プロセスの課題を図14に示します。電気化学的な分野を始め、陰極用触媒、陽極用触媒、システム統合といったものがすべて重要になってきます。

さいごに

超クリーン燃料や合成クリーン燃料製造プロセスにおきまして大きな挑戦が必要です。例えば、石油系燃料の超深度脱硫、石炭のような固体燃料のガス化、中間留分の合成、イソパラフィンの合成、そしてエネルギー効率の高いメタノールと含酸素化合物の合成などがあります。

この炭化水素改質、COシフト反応触媒および燃料電池のための炭化水素燃料プロセスの発展は持続可能エネルギー社会への橋渡しとなります。なぜなら、これらのキーテクノロジーはバイオマスにも適用できるからです。

最後に、IAEに、この会議をホストしていただきましたことについてお礼を申し上げます。また、米DOE、EPA、米国防総省、エアプロダクト・オブ・カナダ、日本触媒、日揮、そして他の方にも、私どもに協力をしていただきましたことに深くお礼を申し上げます。どうもありがとうございました。

〔講演〕

高温コークス炉ガスの ドライガス化法による水素製造

橋本孝雄 (財)エネルギー総合工学研究所
プロジェクト試験研究部 主管研究員



はじめに

近年、石油代替エネルギー開発の推進、省エネルギーおよび環境保全の観点から、国、民間企業、研究機関等が連携をとり、燃料電池の技術開発および導入促進を図る大きな流れが起こっています。

燃料電池の導入を円滑に進めるには、燃料となる水素を効率的かつ経済的に製造する技術の開発を進めていく必要があります。

水素社会が到来した際に大量に必要となる水素の供給源をどこに求めるかということですが、私どもは、製鉄所のコークス炉から出てくるコークス炉ガス(COG:Coke Oven Gas)が水素製造の原料として有望ではないかと考えています。COGの組成は、水素(50%)、メタン(30%)、一酸化炭素(7%)、タール油分他です。メタン、タール油分は、水蒸気改質によって水素を発生させることができるので、COGは良い水素供給源と考えられます。

〔略歴〕

1972年山形大学大学院工学研究科修士過程修了(化学工学専攻)。1981年三井造船(株)入社。石炭関連技術開発に従事。2002年1月より当研究所に出身中。

水素製造を取り巻く環境

有望なCOGからの水素製造

現在、自動車メーカー各社が低公害車として燃料電池車の開発を進めています。燃料電池車は、水素と空気中の酸素を反応させてできる電気で走る車で、地球温暖化の原因となる二酸化炭素(CO₂)を排出しないことから、経済産業省は、2020年に500万台を普及させる目標を掲げていますが、約62億m³の水素が必要になると見られています。しかし、安価な水素の大量生産法がまだ確立されていないため、コークス炉から発生するガスを原料として大量に水素製造するプロセスの開発を進めてきました。このプロセスが実用化されれば、2020年には必要な水素の3分の2にあたる約40億m³を確保でき

ると試算しました。今後この方法が水素の大量生産の柱の1つになると見ています。

燃料電池開発のシナリオ

図1は、資源エネルギー庁による燃料電池開発のシナリオです。新エネルギーの導入拡大に向け大きく3段階に分けて考えられています。

導入目標値は、燃料電池自動車は2010年に約5万台、2020年には約500万台、一方、定置型燃料電池は2010年に約210万kW、2020年に1,000万kW、両分野合わせての市場規模は2010年に約1兆円、2020年に約8兆円を設定しています。

また、総合資源エネルギー調査会需給部会が「2030年のエネルギー需給展望」

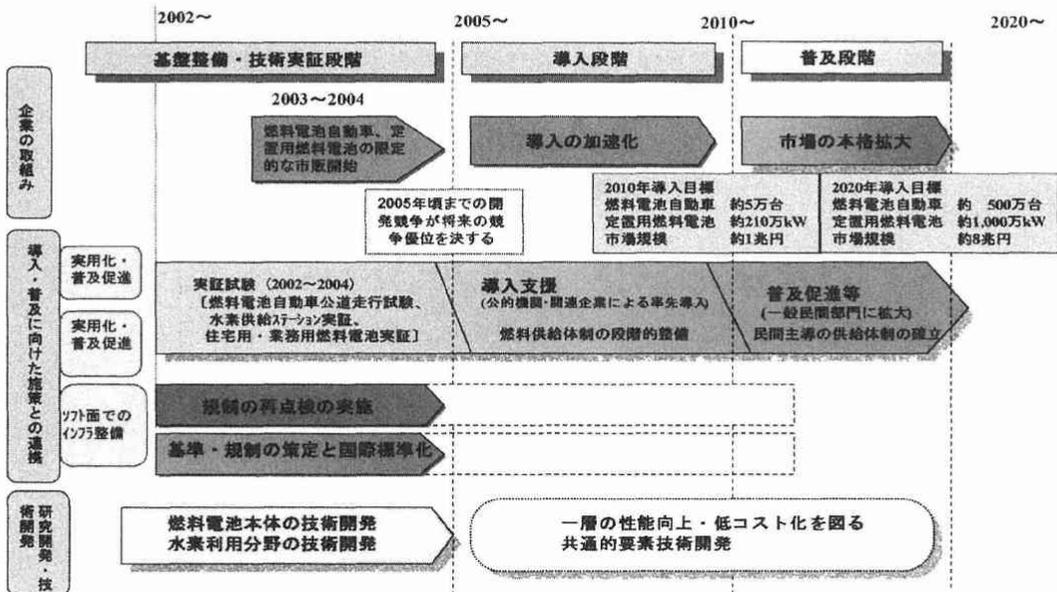
によりますと、燃料電池車は1,500万台、定置型燃料電池は1,250万kWと設定されています。

水素製造法と供給力ポテンシャル

図2は水素製造のプロセスを整理したものです。実線は既存のプロセスを表しますが、開発中の熱化学法、熱分解法を含めて多くの方法があり、得られた水素はPSA、膜、深冷分離などの適切な分離、精製工程を経て利用されます。

水素はどれだけ製造できるか。水素の供給ポテンシャルについて表1に示します。

私どもは、製鉄所のコークス工場から発生するCOGに注目しておりますが、『コークスノート2004年版』（日本エネルギー学



出所：「新エネルギーの導入拡大に向けて」平成16年3月、資源エネルギー庁広報用資料

図1 燃料電池導入シナリオ

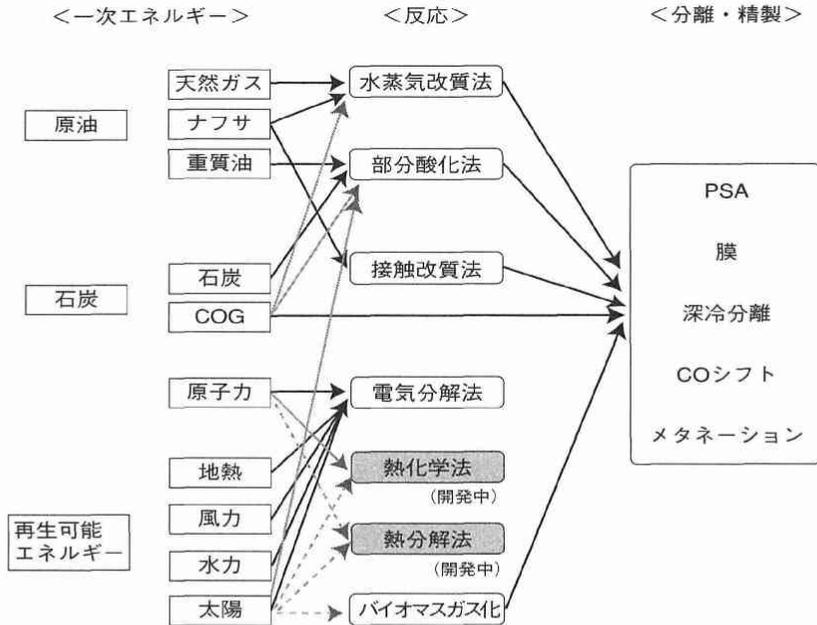


図2 水素の製造法

会)を参考に、日本におけるコークス工場の地域分佈を見てみますと、平成14年時点で、北海道地域(コークス生産量;98万t)、関東(1,157万t)、中部(255万t)、関西(449万t)、中国/四国(883万t)、九州(446万t)まで計15カ所(合計3,300万t)

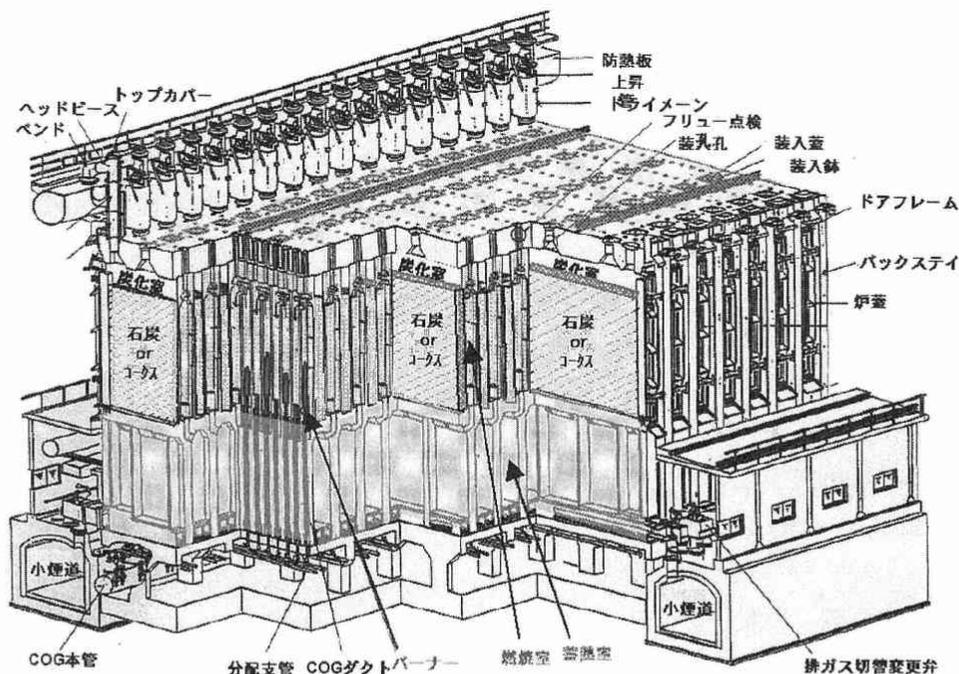
のコークス工場があります。1tのコークスから約430m³のCOGが生成すると想定すると、生成COGは142億m³、その約6割が水素だと仮定すると85億m³の水素が得られていると推算されます。

表1 水素の供給ポテンシャル

(単位:億Nm³/年)

業界	装置		現在	2010年頃	2020年頃	
石油	接触改質装置	副生	85	90	82	
		水素製造装置	生産能力	104	104	104
		(自家消費)	125	140	140	
		余力生産	64	54	46	
石油化学	エチレン装置等	副生	13	11	11	
ソーダ	塩電解装置	副生	11	10	10	
アンモニア	アンモニア合成装置	生産能力	42	42	42	
		(自家消費)	32	16	10	
		余力生産	10	26	32	
鉄鋼	COG	副生	86	72	64	
水素供給ポテンシャル			合計	184	174	164

出所: (財)石油産業活性化センター「平成14年度報告書」



(出所：三井鉱山(株)提供)

図3 コークス炉の概要

コークス炉の構造

図3はコークス炉の一例ですが、石炭を炭化室に仕込み、燃焼室外壁から加熱して、石炭一定条件下で分解させます。1つの炭化室のサイズは幅大体40～45cm、高さ4～6m、奥行16m程度で、を集め、各炭化室から発生したCOGは上昇管を経て集められ、冷却、分離・精製工程にまわされます。得られたコールドCOGは現在、コークス工場、製鉄プラント内で主にエネルギー源として利用されています。コークス炉の物質収支例とCOGの組成例は図4のとおりです。

COG利用による水素製造のメリットは何かといいますと、原料であるCOGの供給可能性が大きいこと、コークス工場が

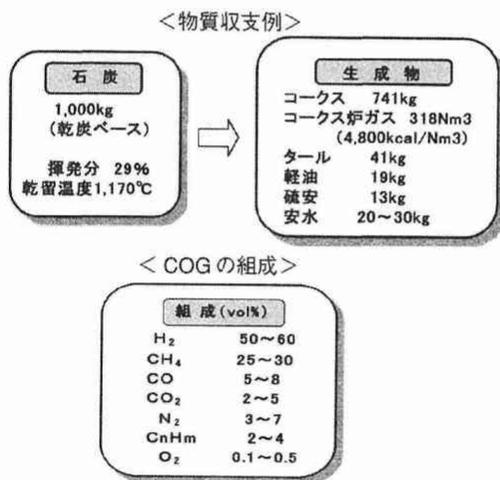


図4 コークス炉の物質収支とCOGの組成

国内に幅広く立地していること、水素の大量消費が予想される隣接地域に多くのコークス工場が立地していること、また環境負荷が比較的小さいことを挙げることが出来ます。

高温COGドライガス化プロセス

触媒を使わないドライガス化

私どもが考えている高温COGを利用したガス化プロセスをご紹介します。図5は高温COGドライガス化プロセスのイメージですが、コークス炉から排出される高温COG（約800℃）を冷却することなくガス化する、いわゆる「ドライガス化反応」を行わせ、効率的な廃熱回収工程、変性工程、分離・精製工程を得て、最終的に水素を得るプロセスです。

このプロセスを考える上で考慮すべき点は、高温のタール等の液状物質蒸気が反応器に供給されること、微減圧下での反応操作になるため、圧力損失をできるだけ小さくする必要があること、そして大量のガス进行处理の必要があることです。このような点を十分に考慮し、現在

私どもは、触媒を使わない無触媒ドライガス化を指向していますが、無触媒ドライガス化プロセス成立の可能性について検討するために、小型装置を設置し、高温COGに関する操作条件と反応特性の関係把握、COG反応器に関する情報入手、プロセスの経済性検討を実施しましたので、以下、ご紹介します。

小型装置による実験

反応では、原料である高温COGと酸素に水蒸気を供給し反応させるわけですが、カーボン転換率98%以上、有効ガス増幅比を2倍以上という目標があります。今、この2つの目標を掲げて色々な実験を行っております。各目標値の定義は以下のとおりです。

$$\text{カーボン転換率 (wt\%)} \Rightarrow 100 - \frac{\text{ドライガス化後の煤、タール、油分中のカーボン量}}{\text{原料COG中のカーボン量}}$$

$$\text{有効ガス増幅比 (vol/vol)} \Rightarrow \frac{\text{ドライガス化後の水素と一酸化炭素の量}}{\text{原料COG中の水素と一酸化炭素の量}}$$

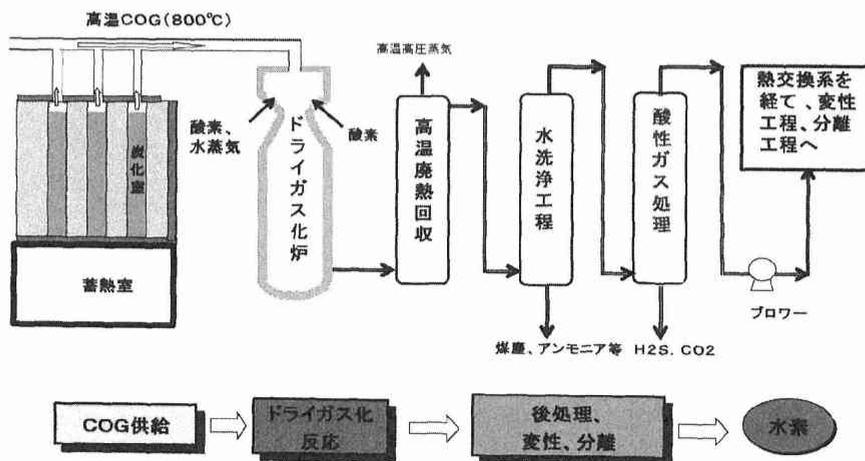


図5 高温COGドライガス化プロセスのイメージ

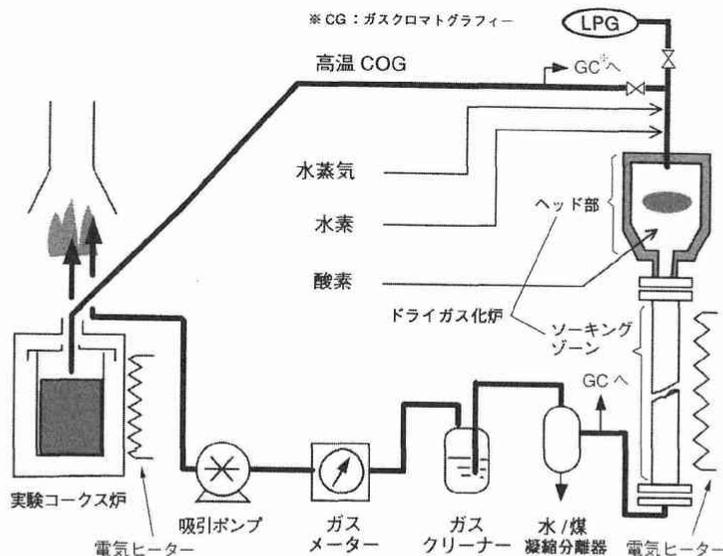


図6 高温COGドライガス化実験装置の概略フロー

図6は高温COGドライガス化実験装置の概略フロー，図7は小型実験装置の外観写真です。この設備は(株)新日環境エンジニアリング君津事業所の中に設置しており，処理量は0.5～1Nm³/時です。ドライガス化炉の黒い部分が主反応ゾーンで，「ドライガス化炉ヘッド」と称しています。内容積が約5lの反応器で，ここでタール等を含む高温COGをガス化します。その下にあるのは，内径が100mm，高さ2.5mの高温耐熱材料（インコロイ）を使った「ソーキングゾーン」という反応ゾーンです。また生成系側には，微減圧吸引のポンプが設置されていますが，出口側ガス量は26l/分を目標とし実験を実施しました。

[4つのヘッドタイプ]

ドライガス化炉ヘッドは4タイプを製作し，それぞれについて実験的検討を行

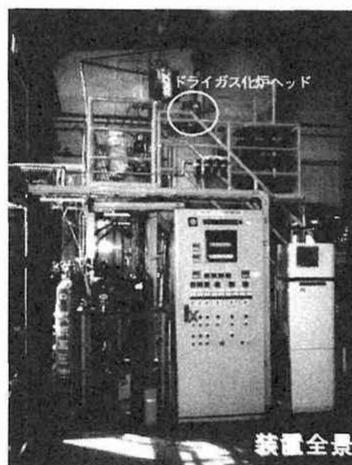
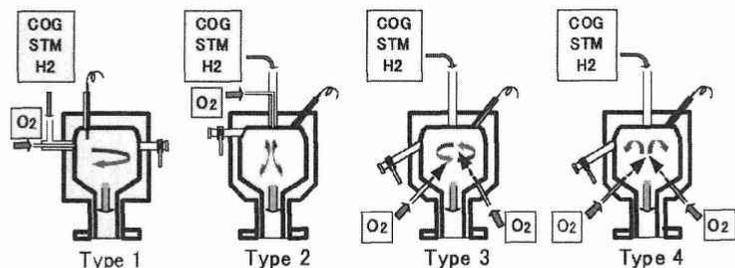


図7 実験装置の外観

ってきています。図8に示したタイプ1は酸素と原料（高温COG，水蒸気，水素）を吹き込む方向がドライガス化炉ヘッドに水平，接続方向のタイプで，タイプ2は両者を上部から下に向けて，垂直方向に吹き込むタイプです。タイプ3は等量の3分割した酸素を下方3カ所から，原料を上方から導入し混合拡散を促進する



ノズル形状		Type 1 水平同軸2重管型/ 旋回型	Type 2 垂直同軸2重管型	Type 3 酸素3方向旋回型	Type 4 酸素3方向向心型
供給	COG、STM	水平	垂直	垂直↓	垂直↓
	酸素			下方3方向↑	下方3方向↑
補熱水素 無: × 有: ○		×、○	○	○	○
		水素⇒COGラインに	水素⇒COGライン	水素⇒COGライン	水素⇒COGライン or 酸素ライン(酸素水素 炭)

図8 4タイプのドライガス化炉ヘッド

タイプです。最後のタイプ4は、タイプ3と似ていますが、上からの原料および下からの酸素（3分割供給）が1点で交叉するように供給されるタイプです。

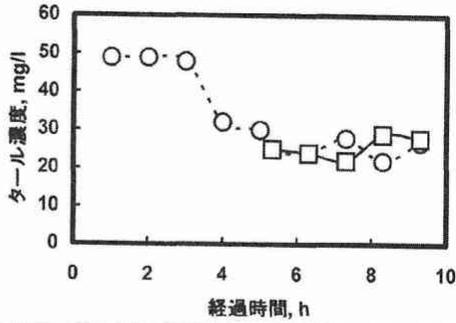
このヘッド部自身は非常に小型なためにヒートロスが大きいという特性を有するため一定反応温度レベルを維持するために、「補熱用水素」を供給して反応実験を行っています。

[ドライガス化の条件]

高温COGのドライガス化条件を表2に示します。部分酸化反応と高温のスチーム分解反応条件下で実験を行いました。高温のCOGのドライガスを実験コークス炉から吸引、供給し、酸素流量、水素流量をそれぞれ変えて実験しました。本実験では、非常に微妙な圧力コントロールが必要であり、また、減圧操作ですので空気の巻き込みの問題があります。空気

表2 高温COGドライガス化実験条件

項目	部分酸化反応	高温スチーム分解
高温 COG (dry)流量	12 ~ 15 NI/min	9 ~ 12 NI/min
酸素流量	11 ~ 13 NI/min	9 ~ 13 NI/min
水素流量	10 ~ 13 NI/min	18 ~ 25 NI/min
スチーム量	1.2 g/min	1.2, 6 g/min
圧力(系内)	0.6 kPaG以下	0.3 kPaG以下
ヘッド部温度	1000 ~ 1300 °C	1000 ~ 1300 °C
ソーキングゾーン設定温度	700, 1200 °C	700, 1200 °C
出口吸引ガス流量 (dry)	23 NI/min	23 NI/min
滞留時間: ヘッド部/ソーキングゾーン	1.2-1.4 sec/5-8 sec	1.2-1.4 sec/5-8 sec



--○--実験コークス炉出口 —□—ドライガス化炉入口

図9 タール濃度の変化

が洩れてしまうと実験データの取得ができただけでなく、データの精度も影響を受け、運転上のリスクも増大しますので十分留意する必要がありました。

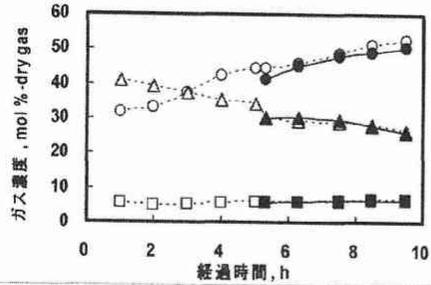
ソーキングゾーン部分の温度設定については、1,200℃を標準として、出口吸引量は26 l / 分 (23N l / 分)、平均滞留時間は、ヘッド部で1.2~1.4秒、ソーキングゾーンで5~8秒の範囲で実施しました。

図9には、原料ガス中のタール濃度の経時変化を、図10には、ガス組成の一部である水素、一酸化炭素、メタンの濃度変化を示しました。

実験および結果

[実験方法]

反応実験に先立ち、ドライガス化炉ヘッド部でプロパン燃焼を行い、所定の反応温度1,200℃まで昇温しますが、その際、ソーキングゾーンも同時に電気ヒーターで昇温し、実験スタート後5時間目に、プロパン供給バルブを高温COGバルブに切り換えてCOGを導入します。基本的に



○ H2 (実験コークス炉出口) △ CH4 (実験コークス炉出口)
□ CO (実験コークス炉出口) ● H2 (ドライガス化炉入口)
▲ CH4 (ドライガス化炉入口) ■ CO (ドライガス化炉入口)

図10 ガス濃度の変化

はバッチ方式のCOG発生炉ですので、ガス組成は徐々に変化しますが、4時間半を定常操作として一定時間毎に各種刻んサンプリングを実施し、平均をとる形で実験結果をまとめました。

表3は入口側のCOGの組成例、表4は

表3 実験コークス炉COG組成例

組成	mol %	wt %
H ₂	43.3	6.7
N ₂	1.2	2.6
CH ₄	25.3	31.2
CO	5.4	11.6
CO ₂	1.6	5.3
C ₂ ⁺	2.3	5.3
H ₂ S	0.1	0.3
SO ₂	0.1	0.4
NH ₃	0.7	0.9
タール等	1.4	10
水分	18.6	25.7
計	100	100

表4 石炭性状例

工業分析 (wt%)	揮発分	27.30
	固定炭素	63.20
	灰分	9.50
	全水分(wt%)	6.80
元素分析 (wt%) (1514-2)	C:78.70, H:4.60, N:1.70, T-S:0.45, O(diff.): 5.05	

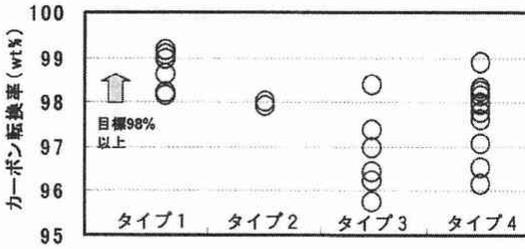


図11 カーボン転換率の計測結果

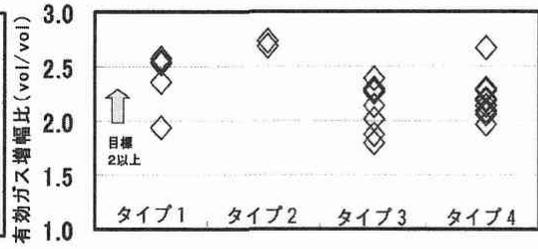


図12 有効ガス増幅比の計測結果

実験コークス炉に装入した石炭の性状例です。

[カーボン転換率]

図11は反応条件を変えて行った4つのタイプについての実験結果をカーボン点転換率について示したものです。目標値は98%以上ですが、タイプ1、タイプ2が基準をクリアしています。これらは酸素と原料を水平方向、あるいは垂直方向に吹き込むタイプで反応特性把握に便利な形状ですが、実機として大型化しにくい面があります。実機のヘッドサイズ候補としてこれまでの経験等からタイプ3、

またはタイプ4を製作し、実験を行いました。その結果、タイプ4が反応条件を適切に選択することにより目標値の98%をクリアできるとの結果を得ました。

[有効ガス増幅比]

図12は有効ガス増幅比に関してタイプ1から4までについての結果です。タイプ4も目標値をクリアしています。

[ヒートロスと冷ガス効率]

図13ではヒートロスと冷ガス効率の関係を示しました。実線は入口温度を800℃に設定して、ガス化シミュレーターでシ

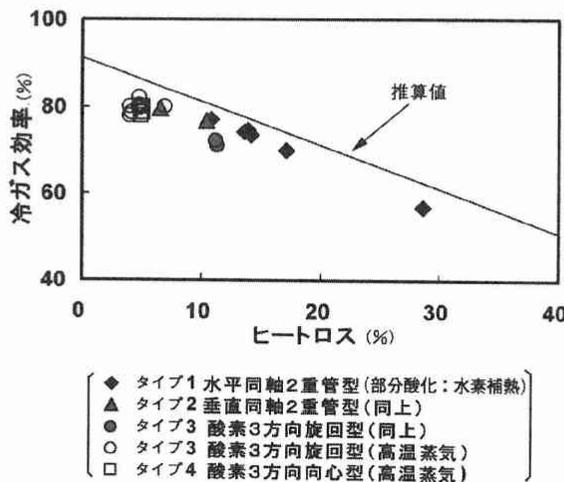
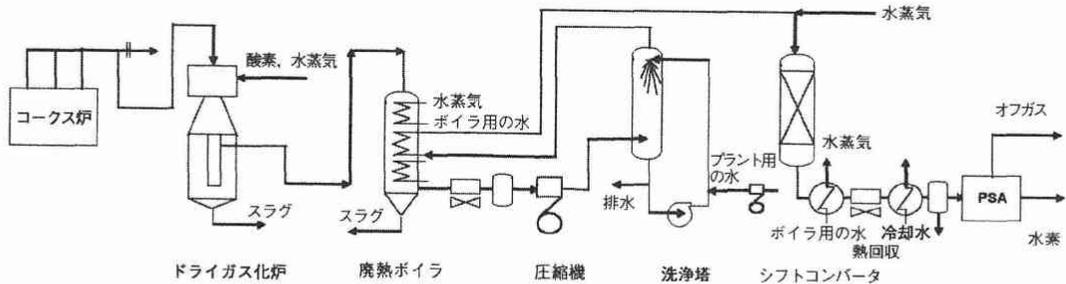


図13 ヒートロスと冷ガス効率の関係

<ドライガス化プロセス（原料：高温COG）>



※ PSA：Pressure Swing Adsorptionの略

<既存技術によるプロセス（原料：コールドCOG）>

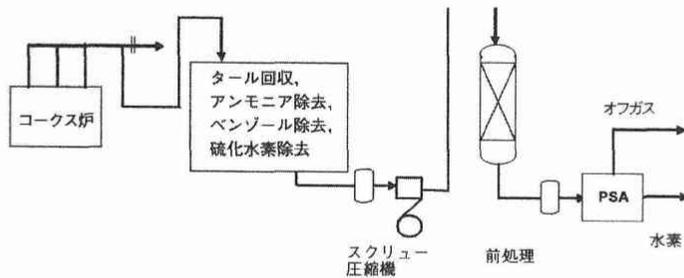


図14 高温COGおよびコールドCOGによる水素製造プロセス

ミュレートした結果で、実測値と少し差がありますが、これは実験装置が小型で冷えやすいため、実際の入口温度が計算値よりも低いことに由来するものと考えています。商業用のガス化装置では、5%程度のヒートロスで、冷ガス効率は75~80%と言われています。

プロセスの経済性の検討

高温COGを原料とする無触媒ドライガス化（図14上）とコールドCOGを用いる既存プロセス（図14下）について、一定の条件を仮定し、経済性検討を実施しました。

経済性評価の算定条件は、表5のとおり

表5 経済性評価の条件

項目	条件	
装置規模 (2,000t-コークス/d)	39,833 kg/h (高温COG) 25,300 kg/h (コールドCOG)	
サイト	国内、コークス工場隣接	
高温COG	10,000 円/t	HHV: 6,480 kcal/Nm ³
コールドCOG	10,600 円/t	HHV: 4,831 kcal/Nm ³
98%酸素ガス	5 円/Nm ³	
高カロリーPSAオフガス	1,085 円/10 ³ kcal	6,814 kcal/Nm ³
低カロリーPSAオフガス	1,000 円/10 ³ kcal	1,091 kcal/Nm ³
中圧スチーム	2,500 円/t	768 kcal/kg
低圧スチーム	1,000 円/t	656 kcal/kg
電力	17 円/kW	860 kcal/kW
工業用水	12 円/t	
人件費	7,800 千円/人・年	
償却年数	14 年	
金利	4.0 %	
修繕費	建設費の 3.0%	
保険料	簿価の 0.77%	
固定資産税	簿価の 1.4%	
一般管理費	労務費の 20%	

りです。1日当たりのコークス生成量が2,000 tで、国内立地の製鉄所の隣にコークス工場があるとした。

検討の結果、高温COGを原料とする水

素製造プロセスでは、本算定条件下で水素製造コストが約10円/m³、コールドCOGを原料とするプロセスよりも約30%低い値が得られました。それから製造コストに占める変動比の割合は80%で、その大部分は原料のCOG、ドライガス昇圧の動力費の比重が高い。残り20%ぐらいが固定費で、製造コストに与える影響はあまり大きくありません。

さいごに

高温COGドライガス化反応について、小型実験装置を用いて各種の基礎データを取得することができました。また、高温COGドライガス化プロセスの可能性に

ついては、カーボン転換率98%以上、有効ガス増幅比が2以上という数値目標をクリアする目処が立ちました。さらに、プロセスの経済性検討も実施しました。

今後への期待としては、もう少し大きい装置で実証するということがあります。それから、水素、COを原料とする高付加価値のプロセスへ高温COG原料を利用する、あるいは、他の色々なプロセスと組み合わせも考えられると思います。

最後に、本報告は、経済産業省の補助金を受けて(財)金属系材料研究開発センター(JRCM)が平成13年度から実施している「製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発」の一部として実施したものです。ご支援に感謝します。

ご静聴ありがとうございました。(拍手)

〔講演〕

オーストラリアにおける褐炭の有効利用技術 一次世代燃料製造に向けて—

アラン・チャフィー (Alan Chaffee) (豪州褐炭クリーンパワー共同研究
センター・プロジェクトリーダー)



はじめに

まず、褐炭のエネルギーバランスの役割について、世界とオーストラリアでの概略について話をします。さらに、褐炭ベースの発電効率をどう改善できるかについて話します。というのは、石炭、特に褐炭は今後も存続し、産業界はこの燃料を使い続けるからです。また、褐炭ベースの発電効率を改善する試みの1つとして、「機械熱的圧縮法 (MTE)」という脱水法について話します。さらに、これがどのように次世代の発電コンセプトに適合するのか、水素、また炭素の補集とどう関わっていくのか見ていきます。

オーストラリアの褐炭概要

オーストラリアの賦存状況

図1は世界のエネルギー消費量の予測

〔略歴〕

1977年メルボルン大学卒。1981年同大学より博士号取得。その後、オーストラリアの国立研究所CSIROで石炭関係の研究に従事。1989年モナシユ大学で教鞭をとるとともに、豪州褐炭クリーンパワー共同研究センター・プロジェクトリーダー。

現在、オーストラリアに豊富に存在する褐炭の有効利用のために脱水に関する研究を精力的に進めている。

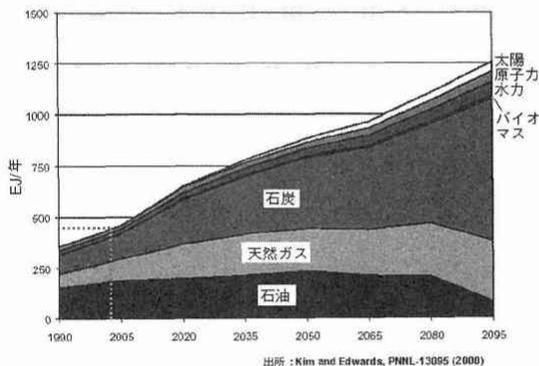


図1 世界の一次エネルギー消費量

です。石炭消費は今後とも増加すると考えられています。したがって、将来も使い続けるためには現状以上の効率改善を図る必要があります。その際、石炭の中でも、褐炭の果たす役割が重要です。

図2は、世界の石炭埋蔵量です。褐炭は全体の約20%に相当します。また、世界各地に分散されています。

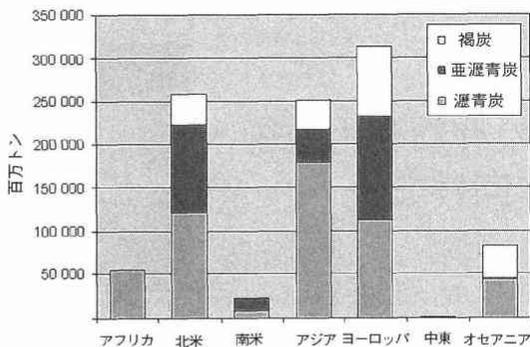


図2 世界の石炭埋蔵量

石炭に関して、オーストラリアと日本は特別な関係にあります。オーストラリアは世界最大の石炭輸出国であって、その最大の輸入国が日本だということです。日本に向けられる石炭ですが、これは全てクィーンズランド、またニューサウスウェールズで産出されている瀝青炭です。褐炭は輸出されていませんが、図3に示すように、オーストラリアには多くの埋蔵量があります。実際に褐炭は、瀝青炭よりも重量ベースでは多くあります。ほ

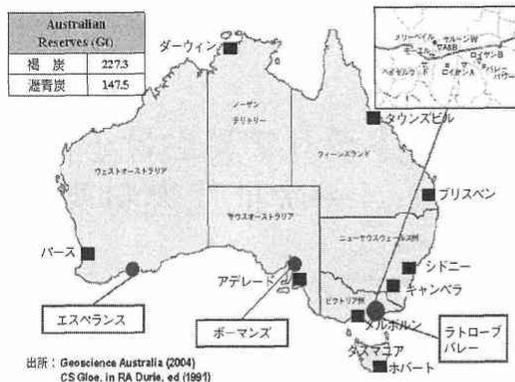


図3 オーストラリアの褐炭産地

とんどの褐炭はラトロープバレーで大量に生産されます。しかし、西オーストラリア、南オーストラリアといったその他の地域にも多くの埋蔵量があります。

褐炭の名前で「ロイヤン」「ヤルーン」「モーエル」などがありますが、これは地域名で、多くの場合、そこで褐炭ベースの発電が行われています。

図4はビクトリア州ラトロープバレーの褐炭採炭場の地図です。オーストラリア産褐炭のほとんどはここで採掘されます。ヤ

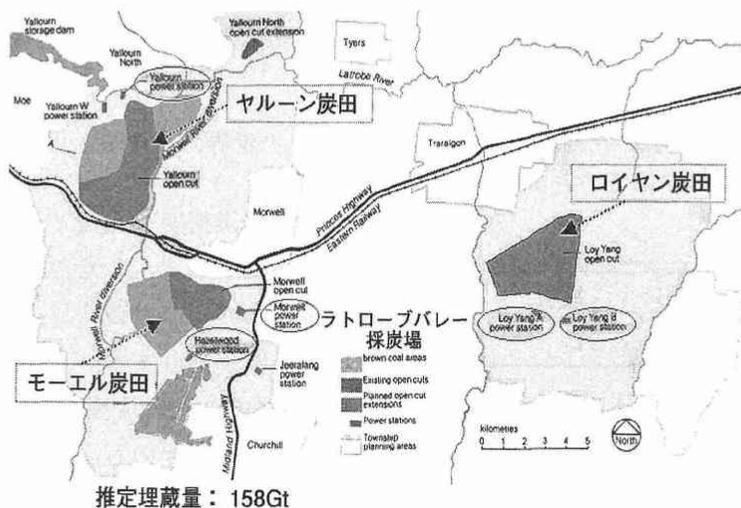


図4 ラトロープバレー炭鉱

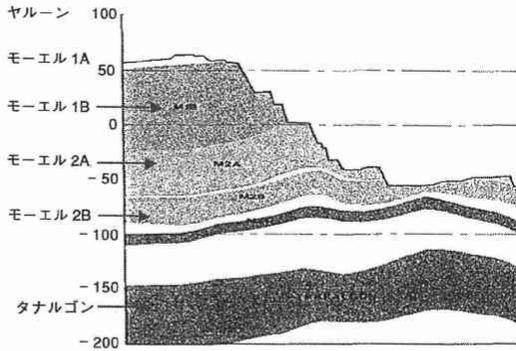


図5 ロイヤン炭鉱の断面図

ルーン、モーエル、ロイヤンという3つの主要炭田があります。それぞれが次に述べるように、世界最大です。ヤルーンは表面積が最大、モーエルは容積が最大、つまり、一番大きな穴だということです。ロイヤンは生産量が現時点で最大です。

図5はロイヤン炭田のすべての炭層の断面図です。上からヤルーン炭層、モーエル炭層、タナルゴン炭層です。

図6はロイヤン炭田のモーエル炭層の露天掘り光景ですが、20mの表土の下、深さ70mまで石炭を掘っています。実際の炭層は深さ300mくらいまでであると考えられていますが、地質的に不安定になるために、深さ100mくらいが限界になっています。

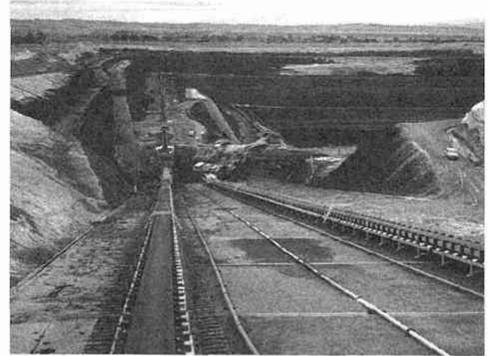


図6 モーエル炭の露天掘り

くが石炭ベースで、24%が褐炭ベースです。オーストラリアは大変乾燥した大陸ですので、水力発電は多くありません。さらに、正式に受け入れられないということで原子力は現在まったくありません。

褐炭ベース発電の課題

褐炭ベース発電の課題は、経済性と環境性にあります。温室効果ガスの発生を最小限に抑えるとともに発電効率の向上も図ろうということです。

褐炭の適用に際しては、燃料としての特性とともに短期から長期にわたる新技

褐炭ベース発電

25%が褐炭焼き発電のオーストラリア

図7はオーストラリアの発電用エネルギー源を示したものです。全体の80%近

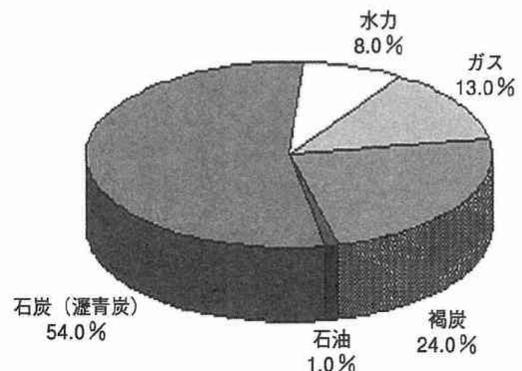


図7 オーストラリアの発電用エネルギー源

表1 ビクトリア褐炭の燃料特性

場所	ヤルーン	モーエル	ロイヤン
炭層	ヤルーン	モーエル1	モーエル2
特性			
含水率 (%、原炭ベース)	65.5	60.1	61
灰 (%、乾燥炭ベース)	1.7	3.3	1.7
揮発分 (%)	51.1	48.2	50.5
カーボン (%)	66.7	67.8	69.2
水素 (%)	4.7	4.8	4.9
硫黄 (%)	0.3	0.4	0.4

術の適用をいかに進めるかという課題があります。さらに、実際の環境コスト、燃料コストというのは、どの炭鉱の石炭を使うのか、どのような規制があるのかで異なってきます。

燃料特性ということでは、ビクトリア産褐炭は大変クリーンな燃料です。窒素、硫黄分、灰は少ないです。表1は、ヤルーン、モーエル、ロイヤン、それぞれの炭田の数値です。しかし、褐炭は水分

量が約60%と高いために、脱水コストがかかり、これが発電コストを押し上げています。では、乾燥させるとどうかと言うと、自然発火の性質を持つようになり取り扱いに注意を要します。

現行の褐炭ベース発電技術

図8に褐炭焼き発電の現行方式を示しました。これはラトロープバレーにある発電所で、炭鉱に隣接しています。褐炭は排ガスによって部分的に乾燥されますが、あまりに水分が多いため、燃焼熱のかなりの部分が水を蒸発させるために消費され、熱効率が下がってしまいます。

図9は、この発電所における熱効率と燃料となる褐炭の水分量との関係を示しています。現在、熱効率は27.8%、水分量は60%を超えるレベルにあります。こ

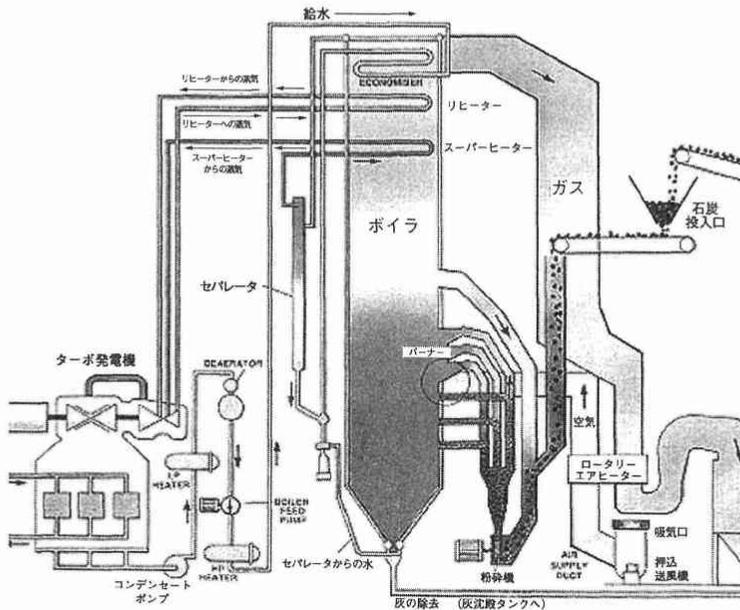


図8 現行の褐炭ベース発電方式のフロー図

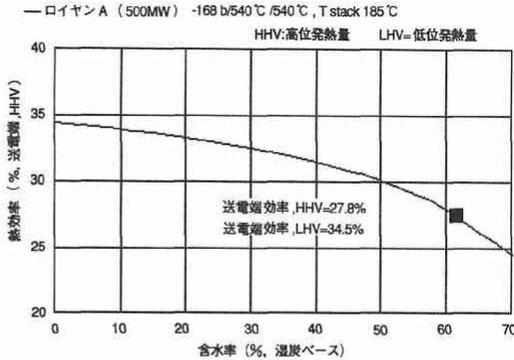


図9 水分量と熱効率の関係

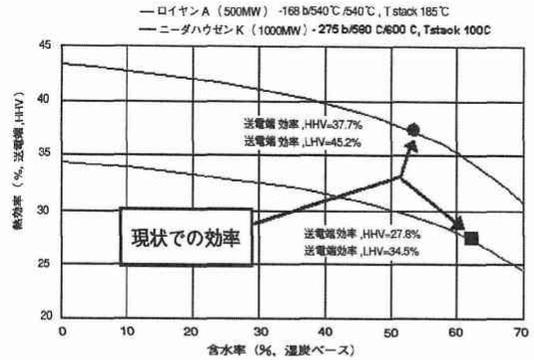


図10 独ニーダハウゼン発電所との比較

の水分を蒸発熱を失うことなく低下させ、例えば30%まで下げることができれば、熱効率は17% (約5ポイント) 以上改善すると見込まれます。

図10に示すように、最近ドイツのニーダハウゼンで運転が開始された超臨界プラントを使えば、熱効率を改善できます。

従って、新しい脱水技術と新しい発電技術を最適な形で組み合わせることによって、ビクトリア褐炭焼き発電の熱効率を改善することは可能です。勿論、発電技術は現行のままに、新しい脱水技術を導入するだけでも効率改善は可能です。

表2 脱水法の例と課題

脱水技術の種類	課題
蒸発乾燥法 ミル乾燥 水蒸気流動床 (SFB) 加圧高温ガス噴流 (IDGCC) 高品位化褐炭 (UBC/NBCL) 太陽乾燥 高密度石炭ベレット乾燥 高圧ニーダー カーボン乾燥(高温油) 電磁波 (ブリケット成形前の)水蒸気管乾燥	蒸気再圧縮 貯蔵&輸送 自然発火性 乾燥速度論
非蒸発乾燥法 (蒸気圧力による)熱脱水 フライスナー法 エヴァンズーシーモン法 水熱脱水 (HTD) 機械熱的圧縮法 (MTE) 溶剤乾燥	水副生物の質 石炭の組成変化 ガスの生成 (スラリーの)貯蔵&輸送 製品の安定性

CRCによる脱水法の検討

褐炭によるクリーンパワー共同研究センター (CRC) は、オーストラリアにおける褐炭脱水の効率を向上させるために、表3に示した4つの乾燥法、すなわち、ミル乾燥、機械熱的圧縮法 (MTE: Mechanical Thermal Expression)、水蒸気流動床乾燥 (SFBD: Steam Fluidised Bed Drying)、水熱脱水 (HTD: Hydrothermal Drying) について検討しました。

私たちはMTEにフォーカスを当てまし

脱水技術

蒸発乾燥法と非蒸発乾燥法

脱水技術は2つに分類できます。「蒸発乾燥法」と「非蒸発乾燥法」です。

「蒸発乾燥法」「非蒸気乾燥法」の例と課題を表2に示します。

表3 CRCによる既存脱水技術の比較

乾燥技術	ミル乾燥	MTE	SFBD	HTD
含水率	62.2%	42.9%	42.9%	50.0%
発電:				
発電端 (MWe)	500	498	486	501
送電端 (MWe)	463	465	446	461
入熱量 (MWth)	1,670	1,431	1,425	1,564
効率 (発電端, HHV)	27.7%	32.5%	31.3%	29.5%
効率改善:				
パーセントポイント		4.8	3.6	1.8
改善率 (%)		17	13	6
CO ₂ (kg/MWh,送電端ベース)	1,225	1,044	1,086	1,152
乾燥プラント建設費 (SFBDとの比較で)		50%	100%	93%

M McIntosh, CRC CPL (2001)
Aust-China W/shop on Clean Power from Coal, Taiwan

たが、その理由は、実証プラントのデータに基づくと、効率の改善を図れると考えたからです。さらに、建設費も少なくともその他の2つのプロセスより少ないと考えられるからです。以下、各脱水技術の諸概要を説明します。

[SFBD]

図11は、SFBDのフロー図です。表4にはプロセスの仕様を示します。比較的低温で運転されます。石炭床があり蒸気の力で流動します。蒸発した水は、蒸気の

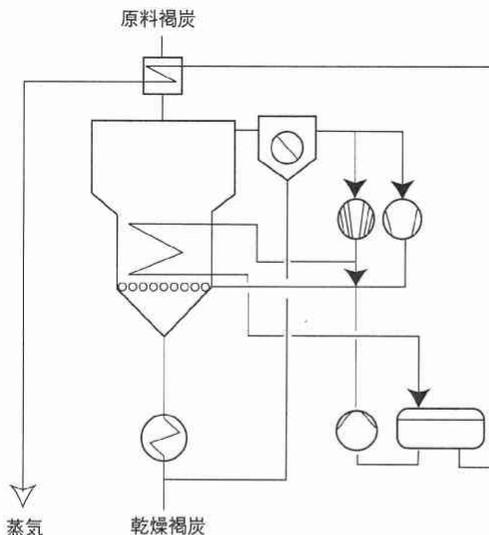


図11 蒸気流動床乾燥のフロー

表4 SFBDプロセスの仕様

石炭床の条件: 1~10kPa-G, 106~120°C
 流動蒸気: 15 ~ 25 kPa-G, 若干過熱
 加熱蒸気: 400~500 kPa-G
 原料炭サイズ: 0~6 mm
 乾燥炭サイズ: 0~4 mm
 乾燥炭の含水率: 10~ 20 %
 滞留時間: ~60分

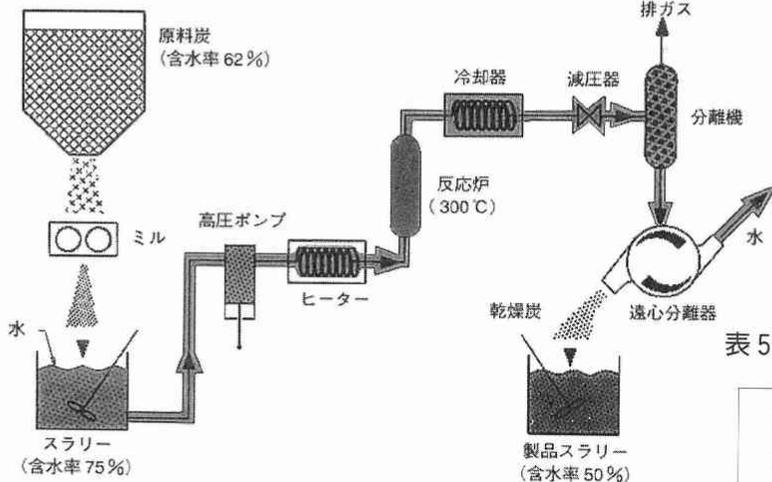


図12 HTDのフロー

表5 HTDプロセスの仕様

石炭/水 = 1/3
 温度: 275 ~ 325°C
 圧力: 蒸気圧

再圧縮で回収されるため、熱効率の改善が図れます。このプロセスにはかなり長い滞留時間がかかってきますが、オーストラリアとドイツで実証済みです。実際に、ドイツのローン・ブラウン氏はこのプロセスをさらに発展させ、超臨界テクノロジーとリンクさせようとしています。次のマーク2バージョンの発電所は2009年ぐらいに実現可能かも知れません。

[HTD]

HTDは非蒸発乾燥法の1つです。プロセスに水を足して、希釈されたスラリーを作り高温処理します。この石炭はある程度、組成が変わるために、後で楽に水を分離することができます。しかし、高温だと副生水に多くの不純物が混ざってしまうという問題があります。図12にフロー図を、表5にプロセスの仕様を示します。

[高圧ニーダー]

これは石炭水スラリー（CWS）を高圧ニーダーで製造する方法です。図13のスラリー製造方法は日本のベンチャー企業、(株)KEMが褐炭を対象に数年前に開発したものです。ニーダーでスラリーに剪断力を加え、パン生地をこねるようにこねていくと、石炭の多孔性が低下し、水を取り除きやすい状態になっていくということです。このスラリーを貯めておき、ガス化装置に噴霧するという仕組みです。それによって効率改善が可能になるということです。高圧ニーダープロセスの仕様は表6に示します。

CRCによる効率改善の試み

CRCは、これまでに効率改善のために色々な技術の組み合わせを考えました。図14に効率の比較を、図15に建設費の比較を示します。

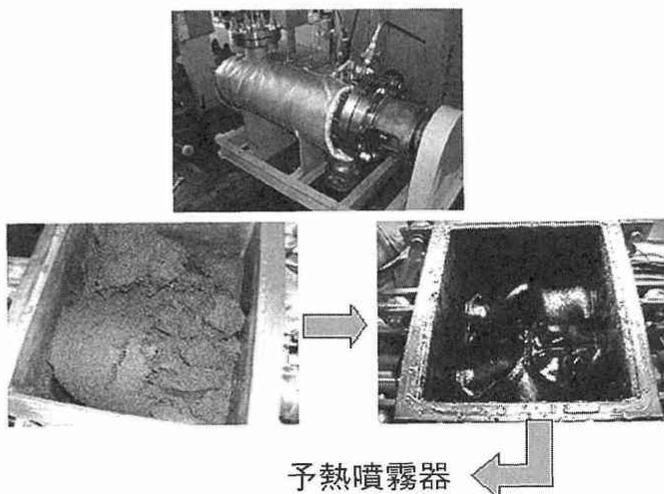
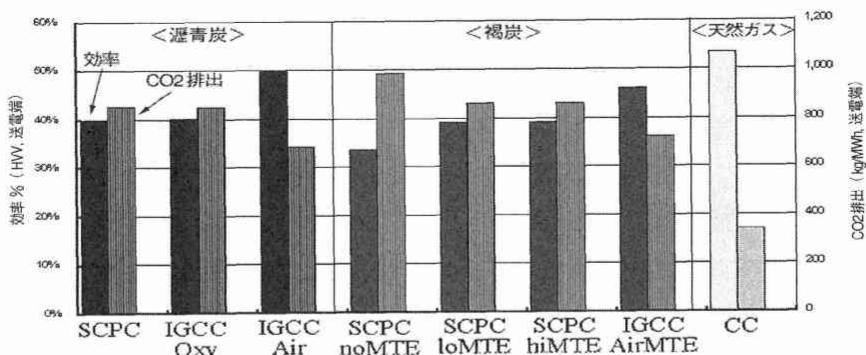


図13 高圧ニーダーによるスラリー製造

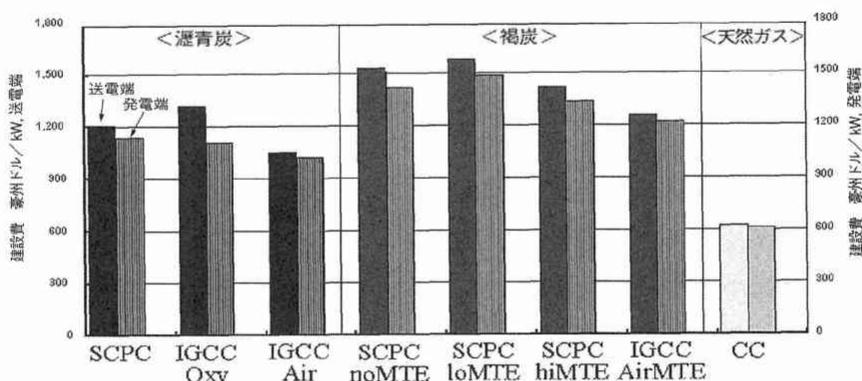
表6 高圧ニーダープロセスの仕様

石炭（乾燥ベース）／水＝1／1
温度：250℃以下
圧力：蒸気圧
剪断力：0.5～1.0 MPa
滞留時間：60分



Source: M McIntosh, CRC CPL (2003) ※ SCPC:超臨界微粉炭燃焼、IGCC:石炭ガス化複合発電、CC:複合発電
Optimising Capacity & Efficiency of Coal-fired Power Stations Brisbane

図14 発電技術と利用燃料による効率とCO₂排出の比較



Source: M McIntosh, CRC CPL (2003) ※ SCPC:超臨界微粉炭燃焼、IGCC:石炭ガス化複合発電、CC:複合発電
Optimising Capacity & Efficiency of Coal-fired Power Stations Brisbane

図15 発電技術と利用燃料の建設費比較

石炭ガス化複合発電 (IGCC) と瀝青炭との組み合わせでは、熱効率は約60%です。IGCCとMTEで脱水した褐炭の組み合わせでもそれに近い数値を得ることができるようになりました。ただ、酸素レベルが低く、炭素レベルが高いということで、どちらも天然ガスとIGCCの組み合わせほどにはうまくいきません。

建設費は、褐炭利用のほうが瀝青炭利用よりかなり高くなります。褐炭が一般的にコスト高になる理由は、多い水分を処理しなければならないからです。従来型ボイラ

で500MWを発電するのに、瀝青炭を燃料とする場合と褐炭を燃料とする場合とではボイラのサイズが異なります。褐炭は瀝青炭の約4倍の大きさのボイラを必要とします。ただオーストラリアでは、褐炭はクリーンで且つ非常に安いのです。1 MWh当りの平均コストでは、天然ガスが20豪州ドル、瀝青炭が14豪州ドルのところ、ビクトリア産褐炭は3豪州ドルに過ぎません。これは明らかに褐炭ベースの発電に有利な状況となっています。

MTEプロセス

MTEプロセスの概念と利点

[概念]

MTEプロセスの概念はドイツから出てきたものです。図16に示すように、まず石炭に少量の水を加えたりして、コンテナに入れ加熱していきます。圧カプレートで圧縮されて水が搾り出されるという感じです。これは非蒸発式脱水プロセスで、副生水ができますので、それを管理しなければいけません。ただ、温度そのものはHTD (275~325℃) よりずっと低い80~220℃です。

図17は、MTEプロセスで圧力を変えてみた場合の脱水量の変化を示しています。

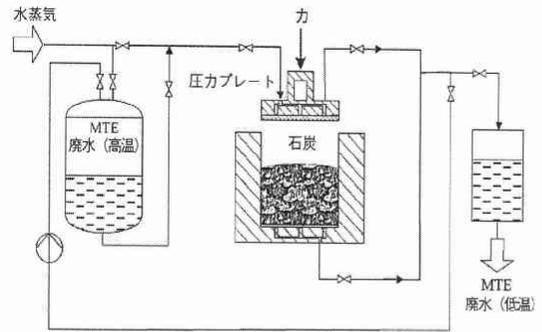


図16 MTEプロセスの概念図

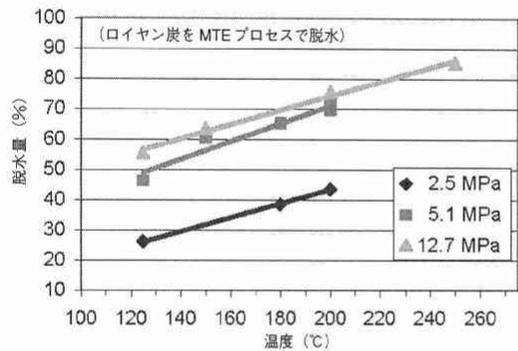


図17 圧力と脱水量の関係

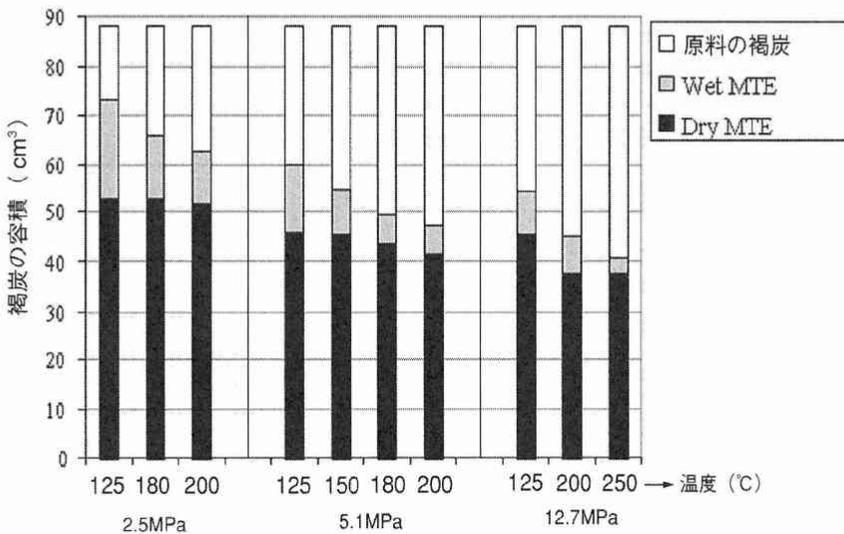


図18 MTEプロセスによる石炭容積の変化

圧力を2 MPaから5 MPaに上げると脱水量は目立って増えますが、5 MPa以上ではそれほど変化はありません。

MTEプロセスで興味深いことは、プロセス条件によって多少の差はありますが、石炭の容積が変化するという事です。図18では、MTEプロセス前と後での褐炭の容積の変化を示しました。90cm³の石炭から水を絞り出すと50cm³ぐらいになります。これは、高温で長時間圧縮することにより、石炭の中の細孔がつぶれて、多孔性でなくなるためです。

石炭の中の細孔の径が0.1~10マイクロンぐらいの段階では、細孔がすべて水で満たされています。上から押しつぶしていくと、細孔がつぶれて小さくなり、水が搾り出されるのです。この時の細孔の径は、定義では50ナノメートル以下となります。

[無機物の除去]

MTEプロセスの利点は水分除去だけではありません。同時に相当量の無機物も除去することができます。無機物がボイ

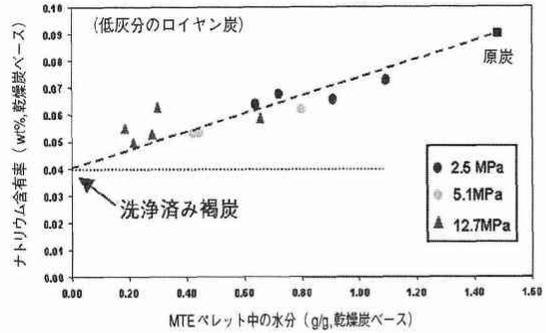


図19 MTEプロセスによるナトリウム除去

ラに入るとあまり良いことはありませんので、除去する必要があります。図19は、ナトリウムの除去をどの程度除去できるかを示しています。脱水すればするほど、ナトリウムを除去することができるということが分かります。

[有機物の除去]

副生水の中の有機物については十分注意しなければいけません。処理温度や圧力が増加するとTOC（トータルオーガニックカーボン）が増加します。これは望ましいことではありません。ただ、MTEプロセス

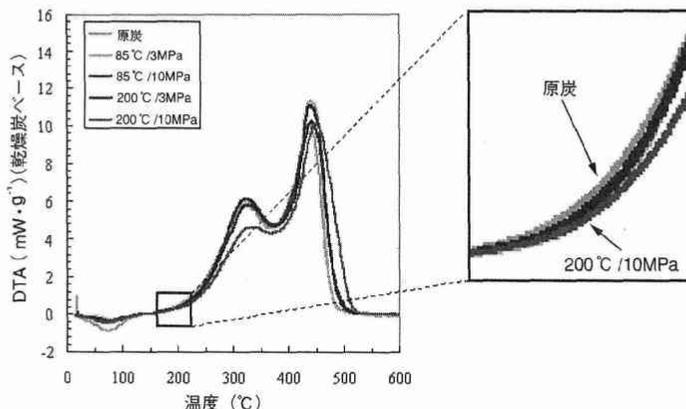


図20 MTEプロセス前と後の空気中での反応性比較

で出てくるTOCの量は、HTDプロセスよりも二桁ぐらい少ないということです。

[空気中の反応性～自然発火性]

図20は、MTEプロセスから出てきたものが空気中でどのような反応性を示すのかを示しています。処理前よりも反応性が低くなっています。相当低い温度のところでも低下しています。結論は出ていませんが、孔隙率が小さく、また反応性が低いということで、自然発火性が低くなるのではないかと期待されます。MTEプロセスを使うことによって輸出可能な要件を満たせるようになるかも知れないからです。

MTEプロセスの利点

MTEは低エネルギーの乾燥プロセスで、製品の細孔の量は少なく、残る水分量も少ない、無機物の除去も自然発火性の改善も可能ではないか、といった利点が考えられます。また、MTEはオーストラリアの場合、他の脱水プロセスよりもコスト的に非常に大きなメリットがあります。

さいごに

図21をご覧ください。ガス化、COシフト反応、複合サイクルガスタービンで熱効率をさらに上げることが可能になってきました。電力需要が低い時には、合成ガスを燃料や化学製品の原料、燃料

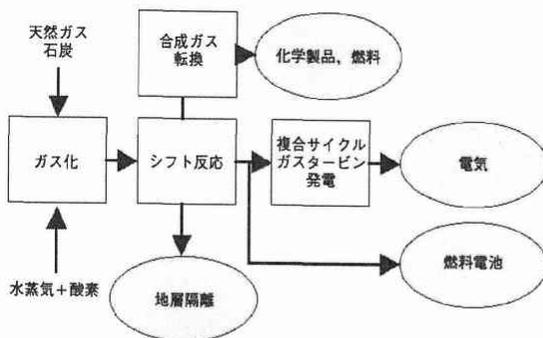


図21 褐炭ベースのゼロエミッション概念

電池に使うこともできると思います。また、シフト反応炉によってCO₂の補集が可能になり、それを地中に隔離できます。オーストラリアには地表から1～2 kmのところに相当な帯水層がありますので、そこにCO₂を注入し、長期隔離が可能だと考えています。

褐炭はオーストラリアに豊富にあり、非常に安いです。褐炭が将来も燃料として存続することに疑問の余地はありません。課題は効率改善による経済性の確保です。その時、MTEプロセスは、脱水という観点からビクトリア産褐炭については非常に有効だと考えています。このような進んだ脱水と発電技術を組み合わせることで、褐炭の熱効率が瀝青炭に非常に近くなってきます。長期的には、MTEのような脱水技術と先進的発電技術を組み合わせることによって、ゼロエミッション概念を褐炭ベースで実現できるのではないかと期待しています。

ご静聴ありがとうございました。(拍手)

事務局注*本稿は英語による講演を(財)エネルギー総合工学研究所が文章化したものです。

〔講演〕

グリーンフューエル製造プロセスの開発成果 (1)

玉 浦 裕

(東京工業大学
炭素循環エネルギー研究センター教授)



はじめに

プロジェクトの目的と意義

平成12年度から経済産業省の補助金で実施して参りました、通称「グリーンフューエルプロジェクト」の成果を紹介したいと思います。私はこのプロジェクトを立ち上げる時から(財)エネルギー総合工学研究所 (IAE) に協力し、特に代用エネ

〔略歴〕

1970年早稲田大学理工学部応用化学卒。1975年東京工業大学大学院博士課程修了(理学博士)。1976年理学部化学科助手。1987年助教授。1992年同大学炭素循環エネルギー研究センター教授。1998年より現職(兼)。1994年スイス・ポールシェラー研究所客員教授。

専攻は、環境科学、太陽エネルギー、地球生態工学。

ルギー利用面から支援して来ました。

「グリーンフューエル」とは、100%グリーンという意味ではなく、化石燃料と再生可能エネルギーとをハイブリッドして製造した燃料の呼称として付けた名称

表1 グリーンフューエル製造プロセス開発の目的、内容等

事業の目的

太陽光・熱等の太陽エネルギーや風力や水力等の自然再生エネルギーを利用して、石炭、天然ガスを酸素や水と反応させることにより得られたガスから、二酸化炭素を排出することなく次世代の液体燃料であるメタノールに高効率に変換するエネルギー使用合理化技術を開発することを目的とする。

事業の内容(平成12~16年度)

石炭のガス化および天然ガスの水蒸気改質において、太陽熱を利用し、メタノール合成用ガスを製造するために、小型実験装置およびプロトタイプ装置による実験等を実施し、パイロットプラントを設計できるデータを取得する。

平成15年度の事業概要

昨年度に引き続き、石炭、天然ガスと二酸化炭素、水蒸気の反応が吸熱反応であることに着目した太陽熱・光等の太陽エネルギーや風力や水力等の自然再生エネルギーを利用する石炭ガス化炉と天然ガス改質炉の開発を行う。

特徴

本方式は、自然再生エネルギーを用いて生成したガスからメタノールを合成するものであり、ガスへの転換工程で発生する二酸化炭素と天然ガスに伴伴される若干の二酸化炭素をメタノールとして固定し、転換工程における二酸化炭素の大気中への放出が防止できる。

表2 技術開発の意義

1	再生可能エネルギーと化石燃料（石炭・天然ガス）とのハイブリッド化による液体燃料（DME、メタノール）の生産
2	CO ₂ 削減技術
3	海外再生可能エネルギーの経済的開発（サンベルト太陽エネルギー、オーストラリア風力、カナダ水力）
4	わが国のエネルギーセキュリティに資する（石油代替の一次燃料を石炭、天然ガスに依存）
5	クリーン燃料による大気汚染問題解決
6	水素エネルギー産業（燃料電池の燃料生産）

です。それで、このプロジェクトの目的、内容等について表1に、技術開発の意義については、表2に示しました。表2中の「再生可能エネルギー」というのは、ソーラー、風力、水力のことです。それらと化石燃料（石炭と天然ガス）を石炭のガス化反応、あるいは天然ガスの改質反応で結びつけ、合成されるガスからジメチルエーテル（DME）とかメタノールといった液体燃料を生産します。これは京都議定書に定める共同実施（JI）等の

二酸化炭素（CO₂）削減技術として期待できることに意義があります。

海外には図1に示す「サンベルト」という1年に10日間ぐらしか雨が降らない地域があります。そこだと太陽電池の稼働率は日本の3倍近く得られます。我々の技術は、そういった場所で再生可能エネルギーを経済的に開発することに役立ちます。我々の開発対象には、サンベルトの太陽エネルギーの他に、オーストラリアの風力、カナダの水力なども入っています。

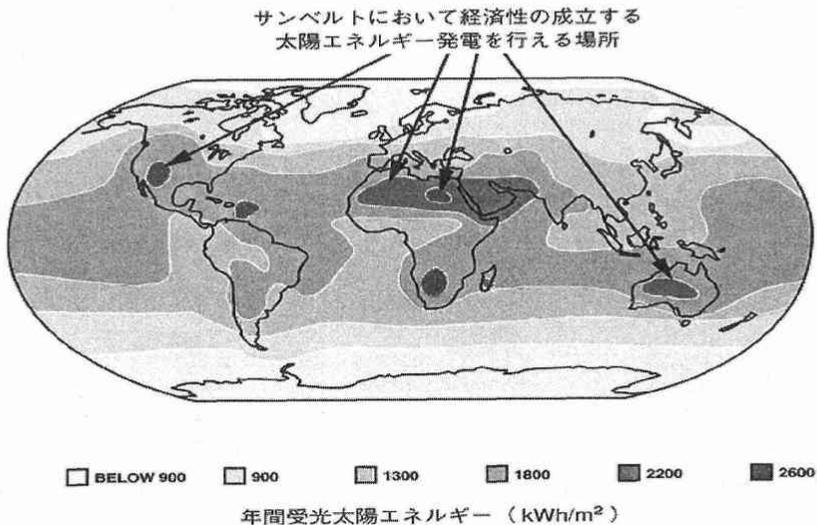


図1 世界のサンベルト

できる燃料は、DMEやメタノールですので、石炭をそのまま使う技術に比べクリーン燃料となります。これにより大気汚染問題が解決できるという意義があります。

DMEとかメタノールが、1次エネルギー代替として出てきますので、これは水素エネルギー産業に必要な燃料生産ができるという意義があると思います。

プロジェクトの内容

グリーンフューエルの利点と反応式

このプロジェクトでのガス化、あるいは改質反応は吸熱反応ですので、吸熱過程に太陽熱を取り入れて燃料を作ります。ですから、我々はできた燃料を「ソーラーハイブリッド燃料」あるいは「グリーンフューエル」と呼んでいます。この「グリーンフューエル」の特徴を挙げてみます。

① できた液体燃料をタンカーで日本に運ぶことができる。

② 従来、改質反応に使う熱は、石炭、天然ガスの燃焼熱であるが、これに15%くらい太陽エネルギーが入る。既存の改質装置に15%分のエネルギーを導入するソーラー設備を追加する場合には、全量を賄うのに比べ、非常にローコストの太陽エネルギービジネスであると言える。

③ 理論上、CO₂の排出を無くすることができる。

④ 石炭だけに比べるとクリーンである。

このプロジェクトでは、図2にあるように、天然ガスの部分酸化、あるいは石炭ガス化と、再生可能エネルギーによる水の電気分解とを組み合わせ、トータルとして天然ガス、石炭の水による改質反応を起こさせます。このプロセスは24時間安定して運転できるので、実用的であろうというのが考案者であるIAEの片山優久雄研究理事の最初のお考えで、私もこれに賛同いたしまして、このプロセスの

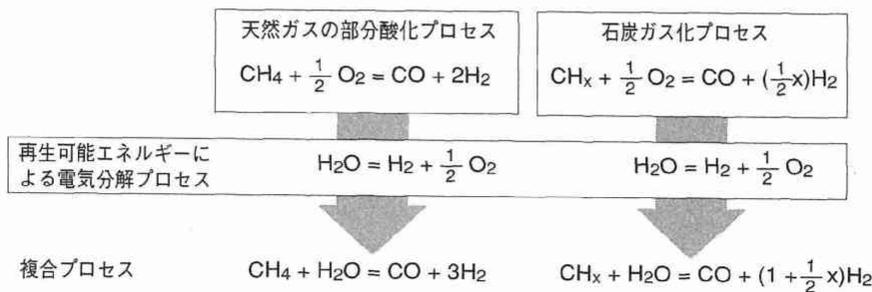


図2 グリーンフューエル製造プロセスの反応式

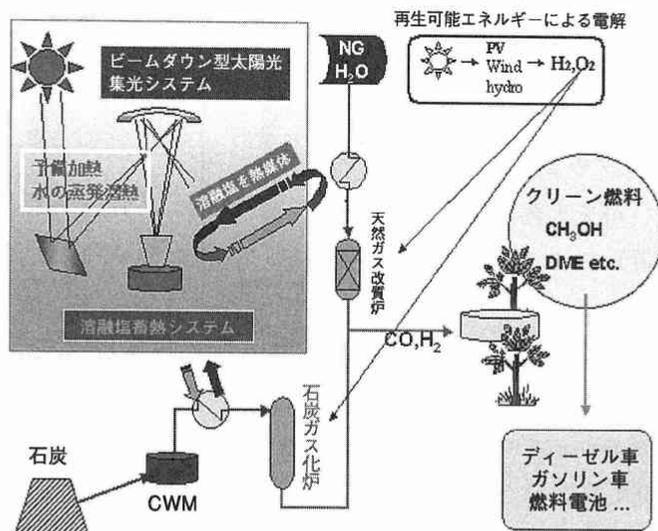


図3 CO2排出ゼロでのクリーンフューエル生産

開発に取り組むことになったわけです。

天然ガスと水の反応では約800℃の熱が必要で、同様に、石炭のCWM (Coal Water Mixture) をガス化するにも熱エネルギーが必要です。これを図3に示すように、天然ガスの予備加熱およびCWM中の水の蒸発等にこの集光太陽熱を

入れることになりました。これは実証済みの技術で、今回、東工大とIAEとの共同研究で開発しました。

図4がプロセスの将来像です。サンベルトに建設し、最終的に日本にタンカーで運んでくると理解いただければよろしいと思います。

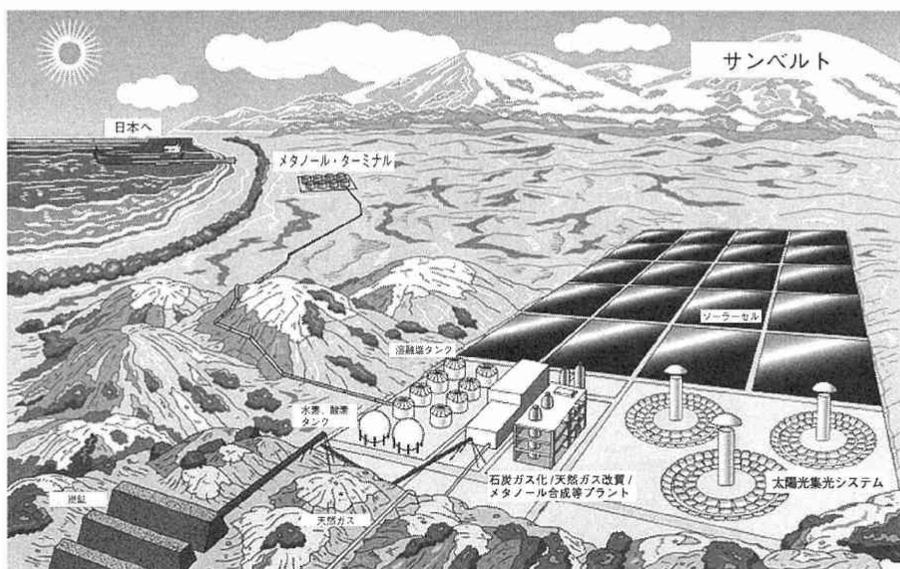


図4 ソーラーフューエルシステムの将来像

課題とその克服

集光太陽熱の技術を開発するときの課題としては、①ビームダウン方式の開発、②ヘリオスタット（鏡を太陽の動きに合わせて駆動する装置）のコスト低減の2つがあります。

信頼性が高く、運転も容易な熔融塩蓄熱技術を活かすには、ビームダウン方式が良いということが分かっています。熔融塩蓄熱技術を利用することで、24時間、蒸気タービンを回して発電し電力を供給できます。スペインでは、ヨーロッパに電力を供給する上で非常に重要であるこの技術の開発に取り組んでいます。

ヘリオスタットのコスト低減について、我々のプロジェクトでは、図5に示す低コスト太陽追尾センサーを開発しました。2つのフォトセルの電位差を利用した自動追尾装置が各ヘリオスタットに取り付けられています。コンピュータ制御では

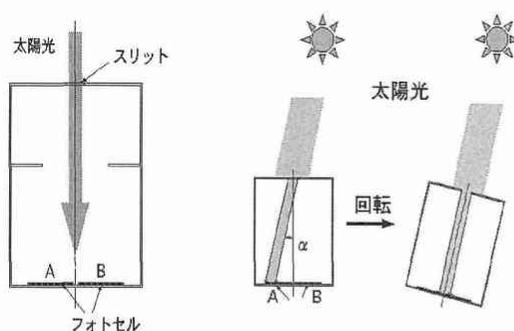


図5 追尾センサーの構造と動き

ないので、かなりのコストダウンにつながるかと考えています。こういった独自技術を用いて将来サンベルトで太陽熱発電の国際共同ビジネスに日本が参加できる可能性が出てきます。あるいは、わが国単独でサンベルト開発に参加することもできると思います。

図6が今回、八王子で組み立てたヘリオスタットです。ポイントは自動追尾装置です。縦方向と横方向2つの光電センサーを備えています。追尾誤差は5分程度で、非常に高い精度で追いかけてられます。

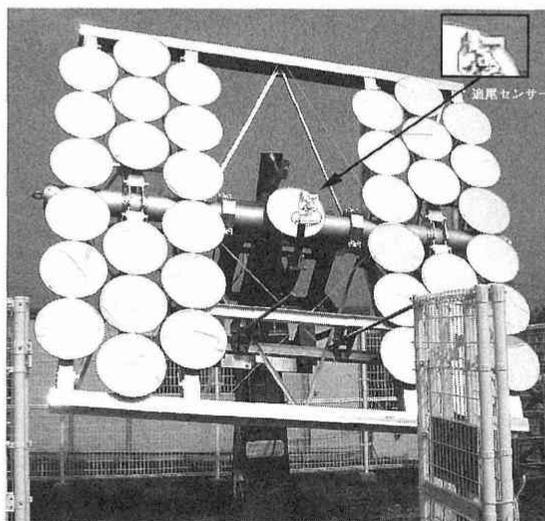


図6 ヘリオスタットと追尾センサー

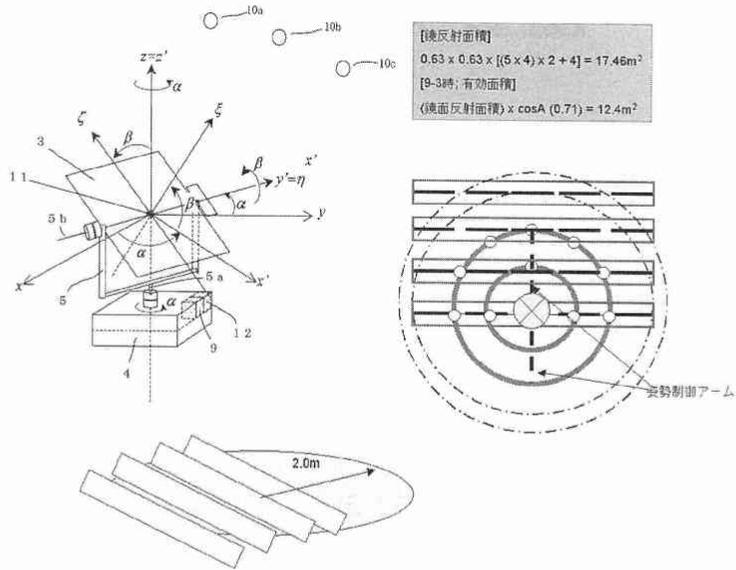


図7 自己姿勢自動認識型ヘリオスタット

図7は建設期間の大幅短縮、あるいは制御、整備の大幅低減を狙って、東京工業大学で開発中のヘリオスタットです。

図8は我々が開発したビームダウン集光システムです。ヘリオスタットで反射させた光をタワー頂上の反射鏡でさらに反射さ

せ、CPC (Compound Parabolic Concentrator) で光ができるだけ地上にあるレシーバーに閉じこめられるよう光の方向を制御します。そのレシーバーに接するように、約300℃の熔融塩を流し、約500℃の熔融塩にして熱を蓄えるわけです。

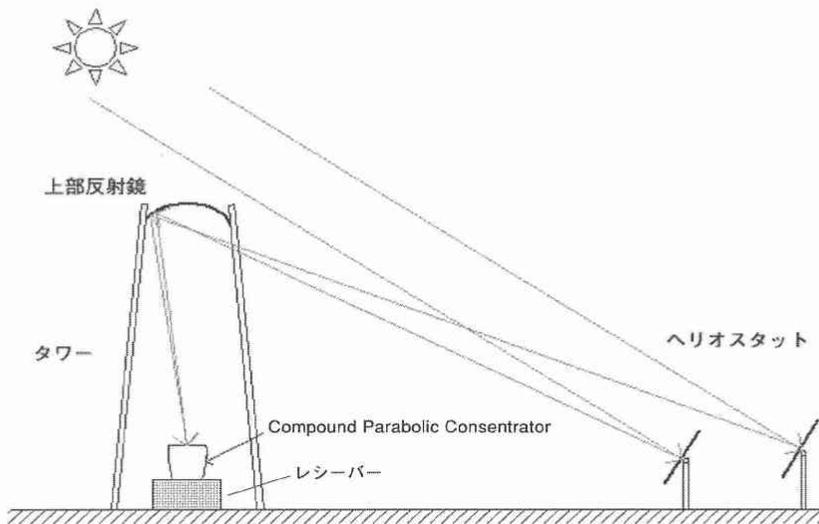


図8 ビームダウン式集光システムの概念図

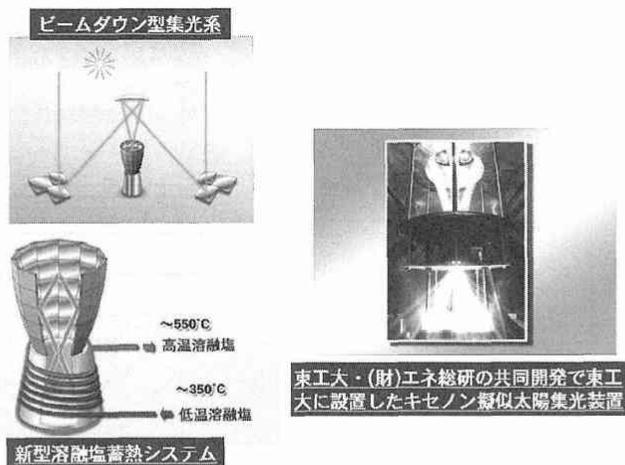


図9 ビームダウン型集光系を用いる新型溶融塩蓄熱システム

図9は開発中の溶融塩炉です。東工大にビームダウン型キセノン疑似集光形装置を置き、その下に溶融塩炉の実験装置を置いています。実用化規模では、こういうパイプ型で下からぐるぐる巻き上げて、高さが70~80mぐらいになる溶融塩炉ができそうだという結果が得られています。エネルギー効率は、約90%で、集光したものはかなり効率よく溶融塩の方

に熱として回収できることがシミュレーションでわかっています。

海外研究機関による評価結果

我々のプロジェクトについて、米国ペンシルバニア州立大学のソン教授に評価して頂きました。その結果を表3に示します。

表3 ペンシルバニア州立大学による評価結果

- ① 再生可能エネルギーを導入し化石燃料と組み合わせることで、二酸化炭素の排出無くメタノールを合成すべく合成ガスを製造するもので、画期的なシステム概念である。
- ② このプロセスはオーストラリアのような石炭、天然ガス、太陽エネルギーが豊富な地域で成り立つであろう。
- ③ このシステムでは、再生可能エネルギーを用いて、石炭・水スラリーを予熱し配管中で水分を蒸発させることで石炭ガス化のエネルギー効率およびエクセルギー効率を高めている。
- ④ 天然ガスは触媒を用いた新規のオートサーマルリフォーミングにより合成ガスに改質される。
- ⑤ スチームと天然ガスは再生可能エネルギー(太陽)により予熱され、合成ガス製造における吸熱分は触媒層における酸化によって補われる。
- ⑥ 太陽光は、フォトセンサー制御による独自の太陽光集光を行うヘリオスタットにより集光され、ビームダウン式の太陽集光タワーの下部に設置した溶融塩レシーバーを加熱する。
- ⑦ 太陽熱により加熱された溶融塩は、石炭ガス化における水の蒸発と天然ガス改質における吸熱過程の熱を補うために昼夜利用される。
- ⑧ このプロセスは、再生可能エネルギーが化石燃料転換に使用され、また、メタノール合成全体として二酸化炭素を排出しないことから、全く新しいグリーンフューエル製造技術と呼ぶに相応しいものである。
- ⑨ METIの補助により、IAEの研究者が民間企業や研究機関と連携し、重要な要素技術の可能性を実証するために実験およびシミュレーションによる研究を進めてきた。
- ⑩ 全体のプロセスと革新的な要素技術の両方が、今後、さらなる研究と実証を正当化するものである。

世界のサンベルト開発

世界のサンベルト開発について少し具体的にご紹介いたします。

図10はアメリカのSEGSプラントです。集光熱の集め方はヘリオスタットと異なるトラフ型でモハベ砂漠で20年近く商業ベースで動いています。ロサンゼルスに



図10 SEGSプラント

電力を供給しています。

図11は米エネルギー省（DOE）が開発・実証し、ボーイング社に技術移転されているものです。

図12はスペインの「ソーラー・3（トレス）」です。ボーイング社による建設が始まっています。1.2km²にヘリオスタットを置き、24時間、12セント/kWhぐらいで電力を供給できるという試算が出ています。

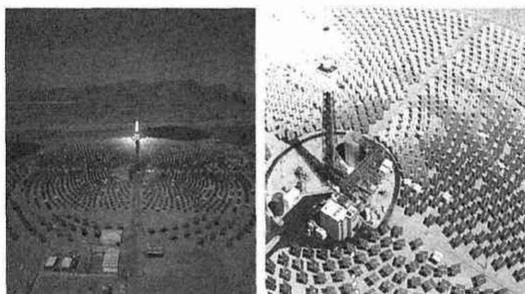


図11 DOE「ソーラー2」

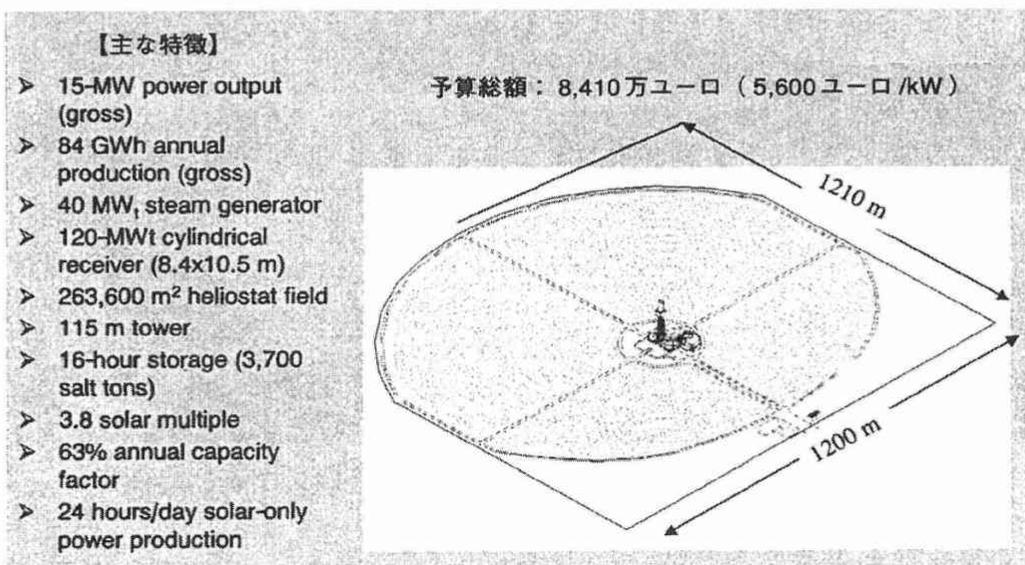


図12 ソーラー・3（トレス）

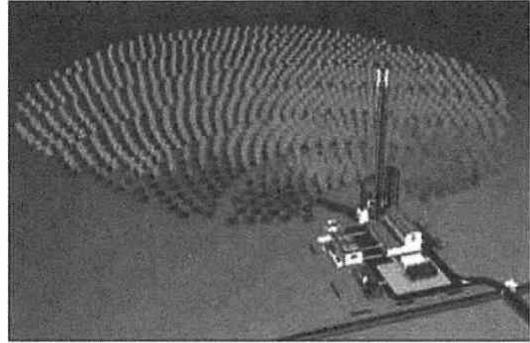
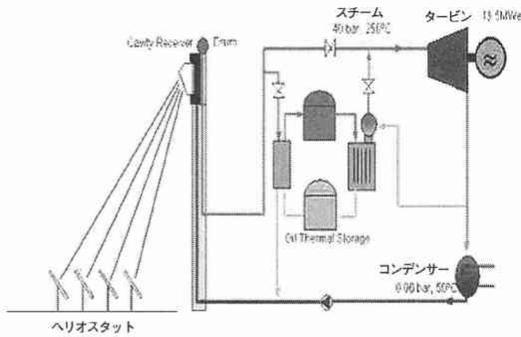


図13 PS10プロジェクト

図13の「PS10」はヨーロッパの技術だけで行うプロジェクトです。これは設備容量が10MWで、ドイツのスタインミュラー社が受注生産できる体制を既に整え、2004年秋から建設に入る予定です。

2002年6月に行われたベルリン会議では、16カ国から太陽エネルギー開発の担当者が集まり、集光太陽熱の開発を今後とも推進することが宣言されています。

また、米国の太陽エネルギー学会誌『ソーラトゥデイ』（2004年6/7月号）によりますと、アメリカでは集光太陽熱発電で導入する予定の6,000MWのうち、5,000MWぐらいを公的資金で行うということです。アメリカはモハベ砂漠にサンベルトを持っていますので、設備投資だけすれば、あと十分に太陽エネルギーが得られるということから、こういった政策が出てきているわけです。

今後の開発、事業化への展開

今後の開発、事業化への展開について

私見を述べさせて頂いて終りにしたいと思います。本技術の実用化に際しては、次のような課題、ステップが残っていますが、これらを解決することにより、太陽熱利用のビジネスの事業化との新しい産業の創生につながっていく可能性があると考えています。

- ① 電力源としてオーストラリアの風力、あるいはカナダ水力を利用すること（経済性が成り立つ）。
 - ② 集光太陽熱を利用した水分解プロセス（PV電解プロセスの代替技術）の開発
 - ③ オーストラリアの褐炭の高効率ガス化発電の事業化
 - ④ ソーラー、天然ガス改質炉と部分酸化炉のハイブリッド新型炉の開発
 - ⑤ 海外共同事業（JI）によるCO₂削減推進事業
 - ⑥ 集光太陽熱革新的な独自技術（ヘリオスタット、蓄熱炉）
- 以上です。ご静聴ありがとうございました。（拍手）

〔講演〕

グリーンフューエル製造プロセスの開発成果 (2)

片山 優久雄 (財)エネルギー総合工学研究所
研究理事



はじめに

グリーンフューエル製造プロセス開発のプロジェクトリーダーを務めさせていただいております片山です。私がお話しするのは、石炭から石炭水スラリー (CWM: Coal Water Mixture) にして、石炭ガス化炉

〔略歴〕

1967年北海道大学理学部卒業。同年呉羽化学工業入社。1980年米ユタ大学客員研究員。1981年米エネルギーリソース社コンサルタント。1982年(財)エネルギー総合工学研究所入所。2003年4月より現職。

1978年北海道大学より工学博士号取得。

に噴霧するための予熱装置および多段内熱式天然ガス改質装置の開発について説明いたします。

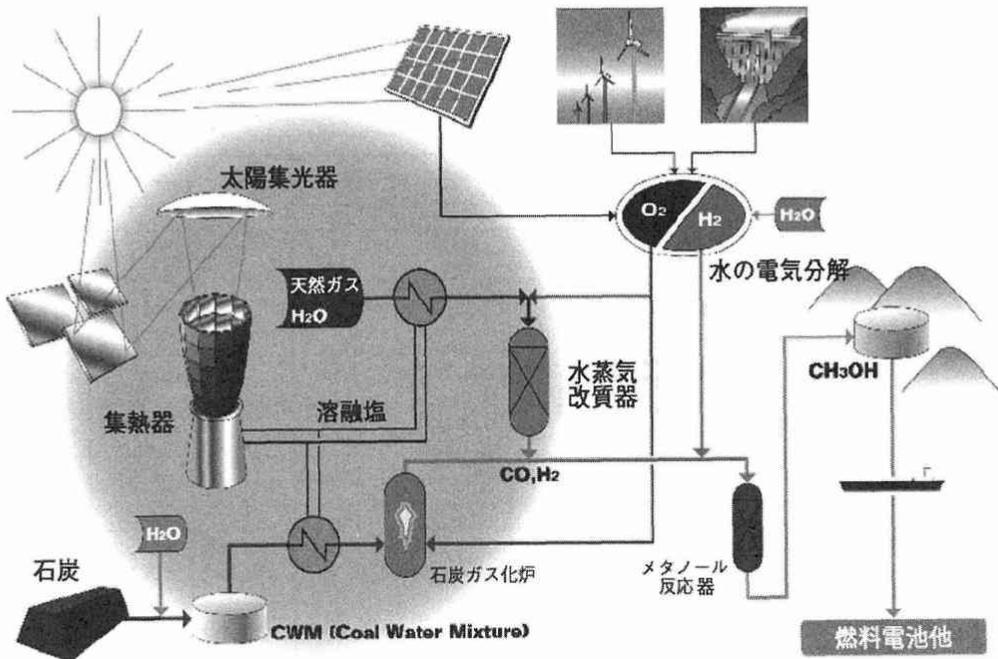


図1 グリーンフューエルプロセスの概念図

グリーンフェューエルプロセスの開発

グリーンフェューエル製造プロセスは、転換プロセスにおいて二酸化炭素 (CO₂) の排出がありません。本プロセスでは、表1に示す4つのケースに分けて、CO₂排出量の原単位をメタノール1トン当た

表1 CO₂排出量の原単位の検討ケース

ケース1	石炭+天然ガス, 太陽熱利用, 太陽利用発電による水の電解
ケース2	石炭+天然ガス, 太陽熱利用, 太陽利用による深冷分離酸素利用
ケース3	天然ガス, 太陽熱利用, 太陽利用による深冷分離酸素利用
ケース4	従来の天然ガス水蒸気改質 (外熱式水蒸気改質法)

りについて計算してみました。結果は表2のとおりです。

ケース1ではCO₂排出量がゼロです。電気分解によって生成する水素（電解水素）がプロセスに入ってくるので、原料の石炭と天然ガスを足した発熱量よりもメタノールの発熱量が増え、エネルギー変換効率が100%を超える結果となっています。

ケース2もCO₂を放出しない駆動方式で深冷分離法で得られる酸素を使った場合、同じ石炭と天然ガスを使うと、メタノール1トン当たり0.16トンのCO₂が放出されます。その時のエネルギー変換効率は、約72%です。

ケース3では深冷分離酸素と我々の開発したオートサーマル改質法を使ったところ、CO₂排出量は0.1トン、その時のエネルギー変換効率は74%でした。

表2 単位メタノール製造量当りCO₂排出量とエネルギー変換効率

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
原料				
電解水素+酸素	○	-	-	-
深冷分離酸素	-	○	○	-
石炭 ガス化ガス	○	○	-	-
NG オートサーマル改質ガス	○	○	○	-
NG スチームリフォーミングガス	-	-	-	○
石炭Feed量 t/h	77.8	21.6	0	0
石炭発熱量 GJ/h	2,169	602	-	-
NG Feed量 t/h	57.3	130.3	136.4	136.3
NG発熱量 GJ/h	3,183	7,237	7,576	7,572
石炭/NG Feed比	1.36	0.17	0.0	0.0
MeOH Unit Feed, R Value	2.22	1.66	1.77	2.66
MeOH生産量 t-MeOH/h	250	250	250	250
CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /h	0.0	39.7	24.8	65.2
t-CO ₂ /t-MeOH	0.00	0.16	0.10	0.26
エネルギー変換効率 [※]	1.054	0.719	0.744	0.745

※ メタノール発熱量/原料発熱量

石炭発熱量 (HHV) =27,875 kJ/kg, 天然ガス発熱量=55,542 kJ/kg,

メタノール発熱量=22,723 kJ/kg

ケース4は、従来法である外熱式水蒸気改質を使った場合です。効率は75%です。

我々が提唱したケース1のプロセスというのは、エネルギー変換効率が100%を超えると同時にCO₂を排出しないために、CO₂の排出規制が厳しくなった時代にマッチングするプロセスではないかと考えています。

石炭ガス化装置の開発

[開発の背景]

乾式酸素吹き石炭ガス化法ですと、ガス化炉内の微粉炭輸送に窒素を使用します。その窒素の量たるや石炭100トン当たり20~25トンもガス化炉内に持ち込まれます。我々が目指すCO₂排出ゼロのプロセスの構築には、窒素分離に非常に多くの太陽エネルギーが消費されます。そのためにメタノールコストが上昇するとい

う結果が初期試算で得られました。

また、湿式酸素吹き石炭ガス化法の場合、CWM中の水分の蒸発潜熱がガス化炉内で奪われますので、ガス化温度が低下します。未反応炭素が大量に発生しますので、それを防ぐためにガス化温度を上げようとしますと、酸素の吹き込み量がアップしてきます。大量の石炭を燃やすことになり、冷ガス効率が低下してしまい、メタノールコストの上昇につながります。乾式法と湿式法を比べたときの冷ガス効率は、シェル社のガス化炉で約83%、テキサコ社の炉では約75%が一番いい値だと聞いています。CWMを予熱して、蒸気と微粉炭の形態でガス化炉に吹き込めれば、乾式と同じ効率が得られることが計算上わかっています。それをどうやって実現するかということで、開発が始まったわけです。

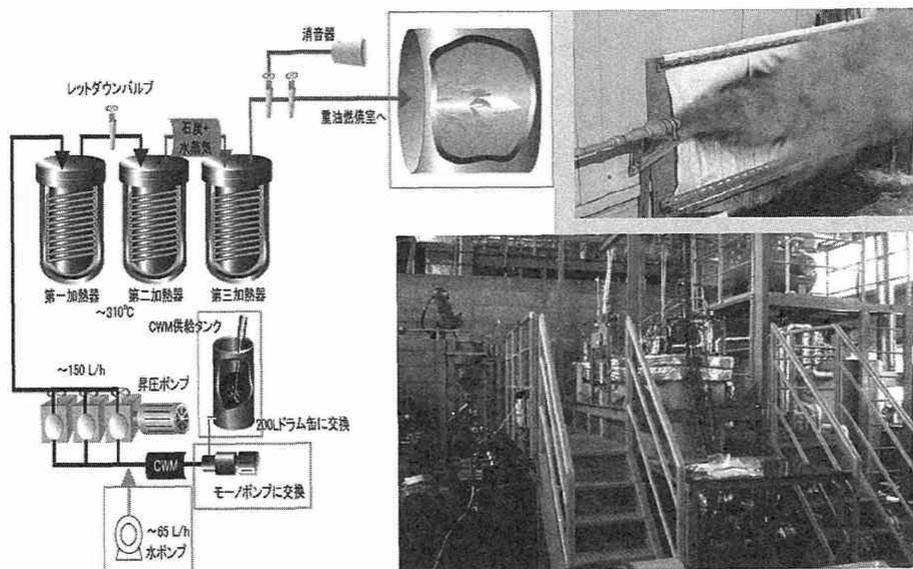


図2 CWM予熱噴霧装置の概要

[CWM予熱噴霧装置の内容]

開発に先立ち、300℃で予熱したCWMを窒素で加圧し、その圧力でもって内径2mmの配管の中を6m/秒以上で噴霧する実験を行いました。これなら目詰まりもなく大丈夫だということになりましたので、図2のような予熱噴霧装置を開発したわけです。第一加熱器はプレヒーターゾーンです。第二加熱器との間にレットダウンバルブを設け、最初は内径2mmから始めて最終的には10mmまで配管径を広げて加熱します、すると、図2右上の写真のように微粉炭と水蒸気の混合物となって出てきます。

図3は、約200ℓの湯炭スラリーのサンプルを約100分間、この噴霧装置で噴霧した時の実験データです。このデータが示しますように、安定した噴霧がなされています。

[経済効果予測]

我々の開発しました噴霧装置を実際のガス化炉に持ち込んだ場合、どのようなメ

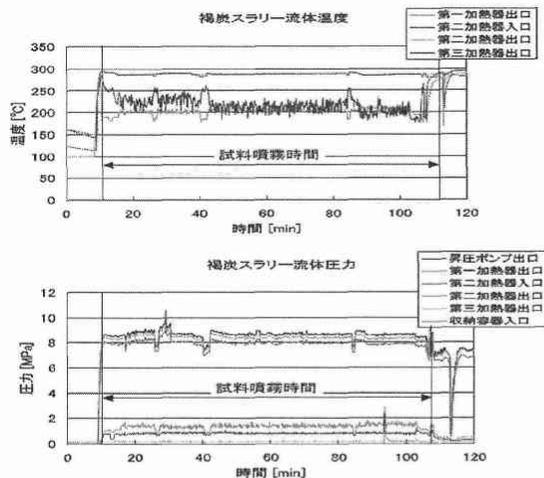


図3 CWM噴霧時の流体の温度・圧力

リットがあるか試算した結果が表3です。テキサコ炉よりも我々の予熱した場合の炉のほうが石炭の投入量が少なくなっています。なぜかと言うと、温度を、例えば1,300℃に維持しようとする、テキサコ炉は水の蒸発潜熱分だけ余分に石炭を燃やさなければなりません。我々の炉は、水の蒸発潜熱は高温ガス化ガスからの回収熱で賄えますので、その分、石炭を燃やさなくて済むのです。それは、取りも直さずCO₂の発生を防ぐということで、

表3 CMW予熱ガス化炉の経済効果予測

ケース	CWM予熱無し (テキサコ炉)	CWM予熱有9 (新型炉)	予熱のメリット
石炭投入量	100 t/h	84 t/h	-16 t/h
酸素消費量	110 t/h	71.4 t/h	-38.6 t/h
冷ガス効率	71.70%	85.30%	13.60%
ガス化反応時間	2.0 sec	7.8 sec	5.8 sec
生成ガス発熱量 (G cal/h)	500 Gcal/h	500 Gcal/h	0 Gcal/h
酸素消費額 (5円/Nm ³)	385,000 円/h	249,900 円/h	-135,100 円/h
石炭使用額 (1500円/t)	150,000 円/h	126,000 円/h	-24,000 円/h
原料費合計 (時間)	535,000 円/h	375,900 円/h	-159,100 円/h
原料費合計 (年間)	42.8億円/y	30.1億円/y	-12.7億円/y

酸素消費量も減ります。100 t/h, 1日 2,400 t の石炭ガス化炉をベースに試算した結果, 年間約13億円のメリットがあるということになりました。

予熱装置とガス化炉(耐用年数7年)の改造コストが80億円以下だとこういう装置をつけても採算が採れます。また, CO₂の排出量が減りますから, 将来CO₂の排出に課税される場合, それがメリットとして得られます。

[褐炭のよるCWM製造]

褐炭を脱水してCWMを製造する技術開発が日本のベンチャー企業, (株)KEMにおいてなされていました。その企業から技

術供与を受けて, インドネシア炭と豪州(ロイヤン)炭についてCWMを作る実験を行いました。

図4はKEMから借りたニーダーです。中にはシグマ型の羽根が入っています。このタイプの羽根ですと, 剪断力が0.2MPaぐらいしかかけられませんので, 200kgのサンプルを作るには3時間から5時間と非常に長い時間がかかります。図5は新タイプのニーダーです。太田区域南島の鈴木商工(株)の工場内に設置されています。これは一度に20kgの原料炭が入り, 0.5~1 MPaと非常に強い剪断力をかけることができます。ニーダー剪断力と処理時間の関係は図6のようになります。



図4 KEM社が開発したニーダー

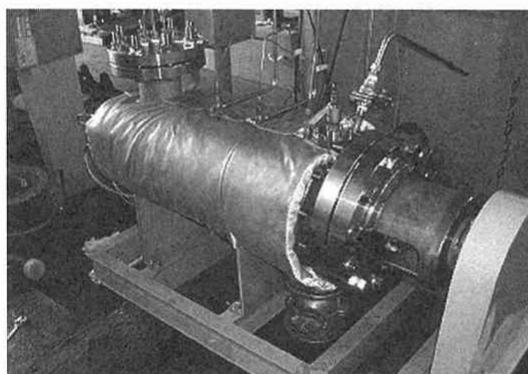


図5 新タイプのニーダー

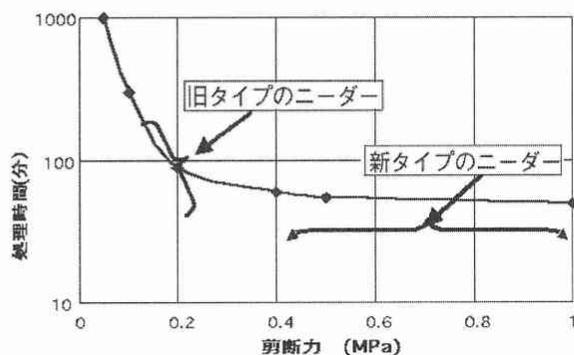


図6 1MPa加圧下でのニーダー剪断力と処理時間



図7 インドネシア炭のCWM

表4 CWM製造用の原料褐炭の性状

	wt% (原炭)		wt% (乾燥炭ベース)				
	水分	灰	炭素	水素	酸素	窒素	硫黄
インドネシア炭	35.8	4.07	66.03	5.19	20.59	1.37	0.39
豪州 (ロイヤン) 炭	59.0	0.37	67.28	4.97	25.34	0.60	0.28

新タイプのニーダーで褐炭を処理すると1時間で図7のような粘度が400cpのCWMが得られます。

石炭ガス化を行う原料となるインドネシア産褐炭について、従来の製造プロセスと今回開発した新プロセスによるCWMで冷ガス効率を比較してみます。水分を含まない瀝青炭で流動性のある含水率50%のCWMを作る場合、石炭100gに対して水100gを足してかき混ぜます。

褐炭に同様の方法を適用すると、褐炭には表4に示すように水分が含まれているため、実際には含水率68%のCWMができてしまいます。そこで、新たに足す水の量を28.4gに減らして含水率50%のCWM製造を試みても、期待した流動性のあるCWMを得ることができません。なぜ

なら従来の製造プロセスでは褐炭中の水分を搾り出すことができないからです。

ところが、新しい褐炭製造脱水プロセスでCWMを作りますと、褐炭中の水分を搾り出すことができるので、CWMの含水率が50%でも瀝青炭CWMと同等の流動性を持つCWMが得られ、計算上、冷ガス効率は76%と高い値を得られることが分かりました。

内熱式の天然ガス改質装置の開発

従来型のオートサーマル改質炉(ATR)だと酸素によってメタンの高燃焼が起き、ノズル先端の温度が2,000℃を超えます。そのために、ノズルの寿命が非常に短くなっています。また、大型化すると、酸素と原料のメタン水蒸気との混合が悪くなり煤が発生します。さらに、炭酸ガスがあると煤の発生が増え炭素転換率が悪化するという問題があります。

また、通常用いられている外熱式の水蒸気改質法ですとCO₂の回収が非常に難しくなります。

このことから、内熱式の酸化触媒を用いて緩慢に燃焼を起こして改質に必

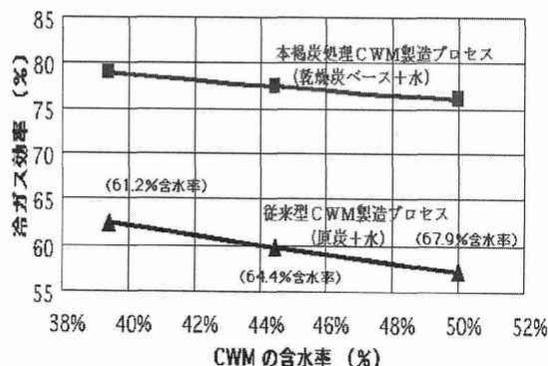


図8 CWMの含水率と冷ガス効率の関係

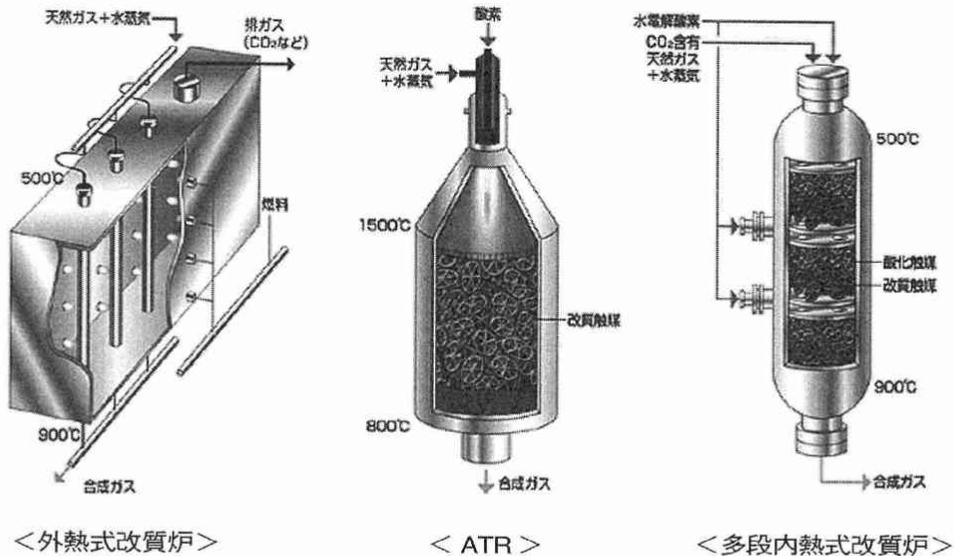


図9 天然ガス改質法の比較

要なエネルギーをうまく与えるという多段式の内熱式改質炉（酸化・改質触媒式オートサーマル炉）の開発に踏み切ったわけです。図9に3つの方式を示します。オートサーマル炉は、非常に大きいバーナです。図は初期のタイプでバーナが1本です。最近ではマルチバーナ方式の開発が進んでいますが、バーナ先端の溶融、あるいは煤の発生といった問題の解決に

は至っていないようです。

右端は我々のガス化炉です。各段の上部に酸化触媒，下部に改質触媒を入れます。酸素はこの場合，三段に分かれて吹き込まれます。

ベンチスケールでの実験は二段で行っていますが、表5に3方式のメリットとデメリット，建設費についての試算結果を示します。反応温度は，外熱式の場合

表5 各天然ガス改質法のメリットとデメリット

	外熱式	内熱式 (従来型 ATR)	内熱式 (酸化改質触媒式 ATR)
反応温度	~900°C	~2000°C	~1000°C
材料温度	~1100°C (金属)	~2000°C (バーナ周リ: 2500°C)	~1000°C (無機材料)
問題点及び課題	・耐高温金属材料 ・二酸化炭素の排出	・高温材料 ・「すす」の生成	・触媒の開発 ・新しい反応器の開発
酸素設備	不要	必要	必要
メリット	実績が多い	機器が小さい	機器が単純
建設費	大	中	小

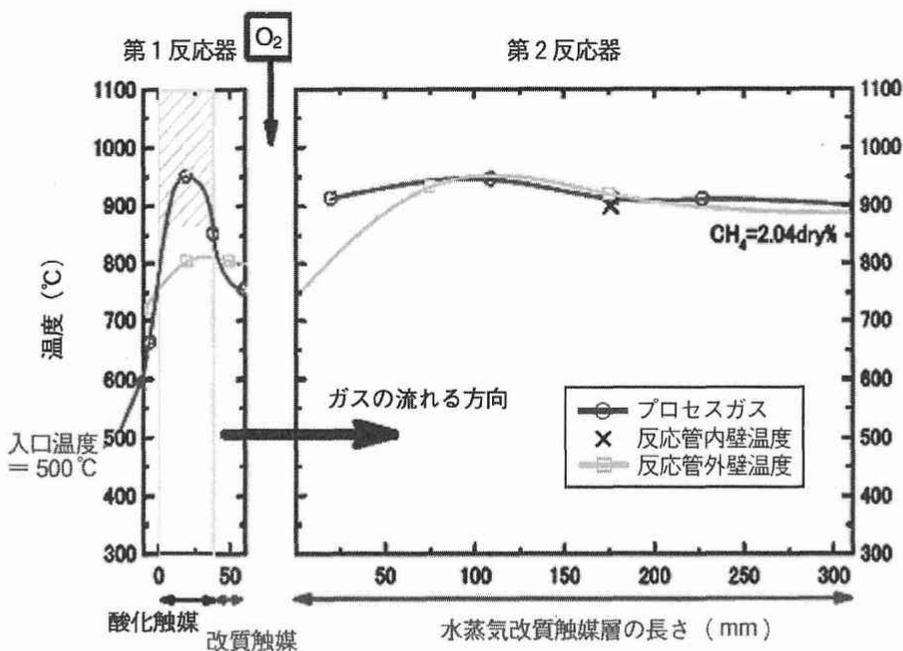


図10 内熱式二段反応器内の温度分布

は約900℃ですが、反応管外壁温度は1,100~1,200℃ぐらいになっています。従来型ATRだと、反応温度は約2,000℃、バーナ周辺の温度は約2,500℃に上がっています。そのためにバーナの溶融という問題が起き、現在高温材料の開発を含めた開発がまだに続けられています。

我々の内熱式だと反応温度は約1,000℃ですが、一般的な無機材料を用いることができます。長期にわたって使える酸化触媒の開発が必要となってきますが、装置としては反応温度が低いこともあり、建設費が小さく、また機器が単純であると想定しています。

図10が現在実験を行っている内熱式二段反応器内の温度分布です。小型装置のためやはりなかなか温度が上がり切っていません。大型化すると1,000~1,100℃に

なります。小型のために大きな放熱があるので、現在、メタン酸素比0.6というかなり多い量で運転していますが、これを部分酸化の理論値0.5、さらに水による水蒸気改質を考慮すれば最終理論値0.33となります。大型化すればかなりこの理論値0.33に近づけると考えています。図11は反応器内でのガス成分の変化です。

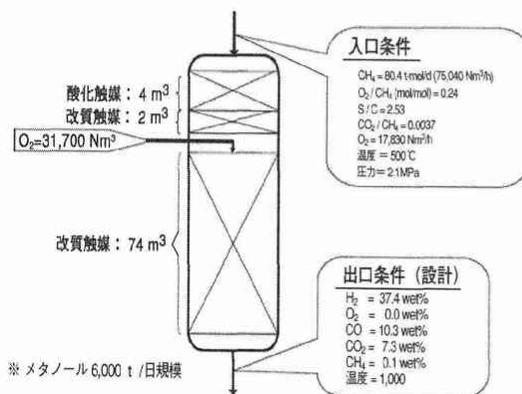


図11 内熱式二段反応器内のガス成分変化

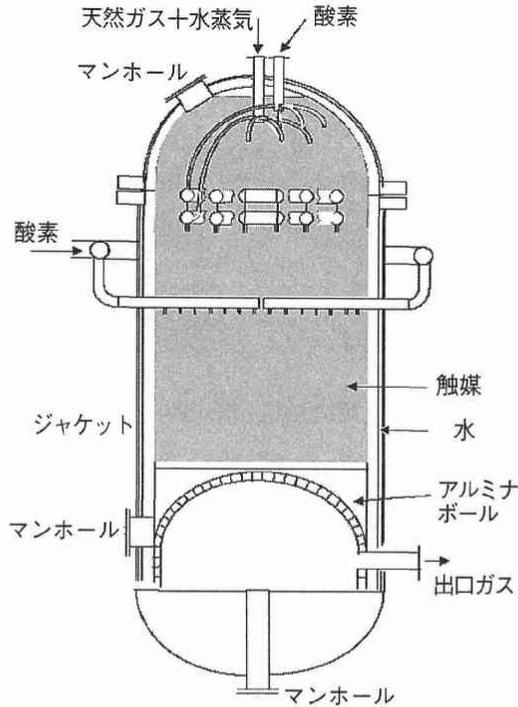


図12 内熱式二段反応器内の実機イメージ

図12は、二段式実機のイメージです。酸素バーナはマルチで、ある容積当たりに1本ずつバーナを設置するという考えで設計イメージが作られています。二段目の酸素につきましても同じようなイメージで作られています。このようにしますと全体のガス混合が良くなって煤の発生もなく、長時間の安定運転ができるという目処が小型機の実験において得られています。

褐炭を原料にするメタノール製造

世界中の褐炭の埋蔵量は、瀝青炭と亜瀝青炭を足した埋蔵量に匹敵します。瀝青炭利用によるグリーンフェューエルと褐炭利用によるグリーンフェューエルのプロ

セスコストとメタノールコストは表5のようになります。

褐炭利用グリーンフェューエルでは、プロセスコストが180億円ほど高くなります。これは新タイプのニーダーの導入コストです。しかし、石炭価格が500円/トンですからメリットが出ます。要するに、

表6 炭種によるメタノール等価格の変動

●瀝青炭利用グリーンフェューエル
 プロセスコスト → 4500億円
 メタノールコスト → 32.9円/kg
 (石炭価格：1500円/トン)

●褐炭利用グリーンフェューエル
 プロセスコスト → 4680億円
 メタノールコスト → 32.2円/kg
 (石炭価格：500円/トン)

電力価格16円/kWh (=太陽電池価格8.7万円/kW)

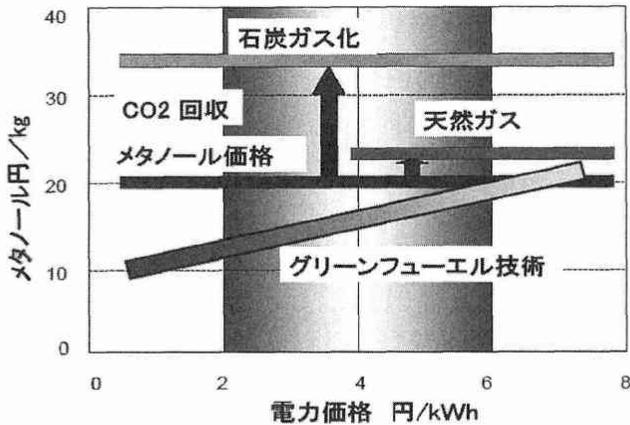


図13 電力価格とグリーンフューエル価格

メタノール製造コストは、褐炭のほうが瀝青炭より安くなるという結果になっています。さらに、図13に示すように、電力価格が7円以下だとコスト的に非常にメリットがあるということになります。

さいごに

グリーンフューエルのプロセスの将来イメージですが、瀝青炭と亜瀝青炭の合計に等しい埋蔵量を持つ褐炭を原料に、水力、風力などできるだけ安価な再生可能エネルギー、原子力が安い場合は原子力などの二酸化炭素発生のないエネルギーと組み合わせて、グリーンフューエルを製造すれば、6000 t/日のメタノールプラントを7基作るだけで京都議定書にある日本のCO₂削減義務量の1%が削減できますから、こういう方式の実用化を目指したらどうだろうかと思えます。

将来、CO₂の地中隔離、深海隔離等の技術が出てまいりますと、場所によっては排出した炭酸ガスを回収して埋蔵する方が安いという結果が出ます。こういった将来技術を組み合わせて大量にある褐炭を利用したメタノール製造プロセス、あるいはDME製造プロセスが実用化されると考えています。

最後に、本研究は経済産業省の産業技術環境局環境政策課からの補助金で行われ、今年度が最終年度となっています。どうもご静聴ありがとうございました。(拍手)

総括と閉会挨拶

荒井行雄 (財)エネルギー総合工学研究所
専務理事

本日は私どもの第20回エネルギー総合工学シンポジウムを長時間にわたりまして大変ご熱心にお聞きいただき誠にありがとうございます。今回は「21世紀のエネルギー戦略と水素等の次世代燃料製造技術」をテーマに開催させていただきましたところ、500名を超える多数の方々にご参加をいただきました。6件のご講演をいただきましたが、いずれも大変興味深く、多くの示唆に富んだ誠に有意義なものであったと存じます。講師の方々に厚く御礼を申し上げる次第です。

午前中、次世代燃料に係る将来展望に関しまして当研究所の並木副理事長から経済産業省の長期エネルギー需給見通しを踏まえ、当研究所の中長期ビジョンについてご紹介させていただきました。また、日揮株式会社の岩井龍太郎様からは、化石エネルギー社会から水素エネルギー社会へ転換する際に生じますさまざまな課題につきましてご提起をいただきました。午後には当研究所が取り組んでおりますコークス炉ガスを改質して水素を製造するドライガス化法、石炭等を原料に太陽エネルギーを利用してメタノールを製造するグリーンフューエル製造プロセスの2つにつきまして当研究所の担当者から開発の現状、並びに開発成果を中心に、技術開発が着実に進められ、十分な成果が出ていることをご報告申し上げたところでございます。また、このグリーンフューエル製造プロセスに関しましては、ご指導をいただいております東京工業大学の玉浦裕先生から二酸化炭素排出抑制の面から、同プロジェクトの社会的な意義と、この5年間で実現に向け、十分な技術的成果が得られているとのお話を伺うことができました。

本日のシンポジウムでは、2名の海外の専門家からもご講演をいただきました。ペンシルバニア州立大学のソン教授からは、米国における次世代燃料製造への取り組みと、この分野における先生ご自身の最先端のご研究につきまして、また、チャフィー博士からは、オーストラリアにおける褐炭の有効利用技術、特に褐炭の脱水やスラリー化とガス化につきましてお話を伺うことができました。各国とも精力的に次世代燃料製造技術開発に取り組んでいることを確認いたしますとともに、わが国としてこれらの国々と協力をしつつ、技術開発を進めていくということの重要性が認識されたところかと思えます。

本日は次世代燃料について広範なお話を伺うことができましたが、これらが皆様の今後のビジネス、あるいは研究開発に有益な情報を提供できたら、当シンポジウム主催者

といたしまして望外の幸せでございます。

化石エネルギーはもとより、再生可能エネルギー、あるいは原子力エネルギー等、さまざまなエネルギーを有効に利用いたしまして、水素等の次世代燃料を製造していく分野は今後とも注力すべき分野でございます。当研究所といたしましても、今後とも総合工学の見地から積極的に取り組んでまいる所存でございます。

最後になりますが、本日のシンポジウムが予定どおり日程を終えることができましたことは、会場の皆様のご協力のおかげと改めて御礼申し上げます。私どもの研究所の運営に対しまして、皆様の一層のご支援、ご協力等をお願い申し上げまして、本日のシンポジウムを閉会とさせていただきます。本日はどうもありがとうございました。(拍手)

研究所のうごき

(平成16年10月1日～12月31日)

◇ 月例研究会

第228回月例研究会

日 時：10月29日（金）14:00～16:00
場 所：航空会館7階701・702会議室
テーマ：

1. 地球温暖化対策推進大綱の改定に向けた検討状況及び大綱関連予算について
(経済産業省 産業技術環境局 環境政策課 課長補佐 豊島 厚二 氏)
2. 新エネルギー産業ビジョン—自立した持続可能な新エネルギー産業の発展に向けて—
(経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部 新エネルギー対策課 課長補佐 寺村 英信 氏)

第229回月例研究会

日 時：11月26日（金）13:30～15:30
場 所：航空会館7階701・702会議室
テーマ：

1. 省エネルギーに向けたヒートカスケード技術の展開
(東京農工大学大学院 共生科学技術研究部 生存科学研究拠点 助教授 秋澤 淳 氏)
2. 最近の省エネルギー対策の動向
(財)省エネルギーセンター 調査第2部長 佐藤 文廣 氏)

第230回月例研究会

日 時：12月17日（金）14:00～16:00
場 所：航空会館5階501・502会議室
テーマ：

1. 太陽光発電の導入普及動向
(財)新エネルギー財団 導入促進本部 計画部長 小橋 正満 氏)
2. 21世紀人類のための太陽光発電
(東京農工大学大学院 共生科学技術研究院 生存科学研究拠点 教授 黒川 浩助 氏)

◇ 主なできごと

- 10月5日（火）・第2回木質系バイオマスによる小規模分散型高効率ガス化発電システムの開発推進委員会
- 6日（水）・第1回電力・ガス総合技術検討WG 幹事会
- 22日（金）・第2回電力・ガス総合技術検討WG

- 10月29日（金）・第1回分散型電源と系統安定に関わる技術検討会
- ・第1回超長期エネルギー技術研究会
- 11月1日（月）・公開シンポジウム「日本のエネルギーに未来はあるか-有限の地球に生きる」（日本学術会議第5部および（社）日本工学アカデミーと共催）
- 2日（火）・第1回核燃料サイクル関連技術調査委員会
- ・第1回革新的実用原子力技術開発提案公募事業技術検討会
- 8日（月）・第2回風力発電電力系統安定化等技術開発実行委員会
- ・第1回革新的実用原子力技術開発提案公募事業技術検討会
- 9日（火）・第2回風力発電電力系統安定化等技術開発実行委員会
- 16日（火）・第2回水素基礎物性に関する委員会
- 24日（水）・第2回電力・ガス総合技術検討WG 幹事会
- 25日（木）・第2回「下水汚泥の高効率ガス変換発電システムの開発」技術開発推進委員会
- 12月1日（水）・高温ガス炉プラント研究会第2回講演会
- 2日（木）・第3回電力・ガス総合技術検討WG
- 6日（月）・原子力水素研究会
- 9日（木）・第2回電力・ガス総合技術検討会
- 13日（月）・第49回企画委員会
- 14日（火）・第3回エネルギーモデル検討委員会
- 15日（水）・第1回新エネルギー熱利用対策調査委員会
- ・第1回水素技術動向調査委員会
- 17日（金）・第2回分散型電源と系統安定に関わる技術検討会
- ・第2回超長期エネルギー技術研究会
- 20日（月）・第1回リスク情報検討会
- 22日（水）・第2回核燃料サイクル関連技術調査委員会

◇ 人事異動

○10月1日付
(出向採用)

角本 輝充

プロジェクト試験研究部
主管研究員

(嘱託採用)

波多野 守

プロジェクト試験研究部 専門役

(委嘱)

福田 健三 研究顧問

坂田 興 プロジェクト試験研究部 プロ
ジェクトリーダー
(水素基盤技術関係)

○11月8日付

(出向採用)

石垣 幸雄 プロジェクト試験研究部
主管研究員

○11月30日付

(退職)

愛内 孝介 プロジェクト試験研究部
嘱託研究員

編集後記

昨年の日本は、春には平年より早まった「桜開花」、夏には「最高気温」や「連続真夏日」の記録更新、秋には毎週のように発生し記録的な上陸数を数えた「台風」襲来、そして冬支度の日本を襲った「新潟県中越地震」と近來にない異常と災害の多い年となりました。また世界でも暮れの「インド洋津波」の発生等大きな災害と課題の多い年でありました。

さて、本年は世界的には2つの復興が大きな課題であるといわれます。1つは「イラク復興」であり、他の1つは上述の「インド洋津波の復興」であります。そしてこの2つとも益々国連主導による世界の総意と協力を得て推進されるべきことの重要性が指摘されております。

国連主導といえば、今年2月に「国連気候変動枠組み条約一京都議定書」が発効される予定ですが、これは地球環境を修復する第一歩でもあり、従って第3番目の復興ともいえるのではないのでしょうか。近年、いわゆる天災の背景に人的要因が含まれると指摘される場合も増えております。例えば、熱帯雨林の過伐採と砂漠化、森林荒廃、農薬多用による地下水の汚染、産業廃棄物の不適正処理等枚挙に暇がありませんが、とりわけ主要エネルギー源である化石燃料の使用が主原因とされる地球温暖化問題は、上述諸問題とも相互に関連しあって復興が一筋縄ではいかない、人類最大の問題といわれます。本年はそのスタートが切ら

れる意義ある年といえましょう。その意味でもエネルギーの戦略的取組み、中でも化石燃料の位置付けと適正利用は益々重要になるものと予想されます。

本号は昨年9月10日開催の当所シンポジウム特集号ですが、当日は500名を超える多数の参加者があり、「エネルギー戦略」的テーマに対する皆様の関心の高さを伺うことができました。

同シンポジウムにおける技術トピックスは、1つは「グリーンフューエル製造」と称す石炭を太陽エネルギーで補完してメタノール等のクリーンな液体燃料を製造するシステム、また他の1つは「高温コークス炉ガスのドライガス化法による水素製造」という高温コークス炉ガスに含まれるタールを改質し元々含まれる水素の3倍以上の水素を製造する技術で、いずれも当研究所が経済産業省からの補助金により開発を進めてきた画期的な技術であります。また、褐炭についても利用技術に焦点を当てた発表がなされました。

現在国内外で石炭の新利用技術の研究開発が進められており、中には実用化あるいは実用域に達したものも出てきているようですが、新規石炭利用計画あるいは更なる効率・性能向上を検討される際に本情報をご参考にしていただければ幸いです。

編集責任者 小川紀一郎

季報 エネルギー総合工学 第27巻第4号

平成17年1月20日発行

編集発行

財団法人 エネルギー総合工学研究所

〒105-0003 東京都港区西新橋1-14-2

新橋SYビル(6F,8F)

電話 (03) 3508-8894

FAX (03) 3501-1735 (6F)

FAX (03) 3501-8021 (8F)

http://www.iae.or.jp/

(印刷) 和光堂印刷株式会社

無断転載を禁じます。