

メタノール改質型発電の要素研究

Fundamental Research into Reformed Methanol Gas Power Generation

村 上 英 之*

Hideyuki Murakami

1. はじめに

アルコールを燃料として使った歴史は古く、アメリカでは1920年代に自動車燃料用にガソリンとの混合燃料として利用されている。日本においても、昭和10年代初期よりアメリカなどの石油禁輸対策に対処するため、ガソリンにアルコールが加えられた。また、航空機分野でも各国で利用された実績がある。

戦後は、石油の輸入も安定し、燃料用としての利用はごくわずかとなったが、石油危機以降アルコール燃料が再び注目されるようになり、わが国をはじめ海外においても石油代替燃料あるいは環境保全の立場から実用化のための研究、試験が幅広く進められている。

その中でメタノール燃料は、次の利点があることから石油代替エネルギーとして電源の多様化に有効な燃料であり、火力発電所への電力用燃料としての利用が期待されている。

- ① 常温で液体（沸点約65℃）であり、輸送、貯蔵等の取り扱いが容易である。
- ② 天然ガス、石炭など多様な原料から製造でき、その資源は豊富に存在する。
- ③ 硫黄分、窒素分、重金属等の不純物を含まないクリーンな燃料であり、燃焼時SO_xやばいじんが発生しない。
- ④ 天然ガス等を原料とする場合の製造方法はすでに確立されている。

新エネルギー総合開発機構（NEDO）では、通産省資源エネルギー庁からの委託を受け、昭和56年度より「石油火力発電所メタノール転換等実証試験」のプロジェクトの一環として、「海外資源供給可能量調査」、「環境安全性実証試験」等の調査研究を行ってきた。また、その中でメタノール利用発電技術においては、

メタノールの特性を生かしたメタノール改質型ガスタービン発電システムが有望であるという見通しが得られた。

このため、石油火力発電所へのメタノールの導入の促進及び転換技術の確立を早期に図るべく、引き続き通産省資源エネルギー庁の委託により昭和60年度より3ヶ年計画で「メタノール改質型発電の要素研究」に着手した。

2. メタノール改質型ガスタービン発電システムの特長

メタノールは、クリーンな石油代替エネルギーとして注目されているが、LNG、重油に比べ発熱量が半分程度であり、又、一般に発電用ボイラに使用する場合、天然ガスや重油を燃料とする場合に比べて排ガス中の水分が多いため、その熱損失によりボイラ効率は天然ガスや重油専焼の場合より数パーセント程度低くなる。

これに対し、ガスタービンにメタノールを用いた場合、発電用ボイラに見られた効率の低下もなく、メタノールの特性を生かしたメタノール改質型ガスタービンシステムを利用することにより熱効率の向上が期待できる。

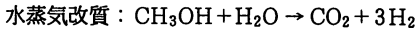
一般に炭化水素系燃料は、吸熱を伴う改質・分解反応によってより高い発熱量の水素に転換することができる。この改質・分解反応において、LNG、重油等の温度レベルは約700～1,000℃に対し、メタノールは、約230～400℃という低温で吸熱反応が進行する。この特性を生かし、ガスタービンの燃焼排ガスの排熱（約500℃）を利用してメタノールから水素を作りガスタービンの燃料にすることにより、極めて有効な熱回収を行うことができる。

そこで、このメタノール改質システムをガスタービンに組み込むと同時に、排ガスの熱で燃料及び燃焼用空気予熱なども行うことにより、総合で約40%程度の

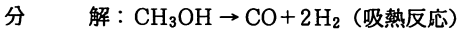
*新エネルギー総合開発機構（NEDO）アルコール・バイオマス技術開発室主査

熱効率が期待されている。

メタノールの改質反応には、水蒸気改質反応と分解反応があり、反応式は次式にて表される。



(吸熱反応)



改質システムには、水蒸気改質反応を利用した改質型システムと分解反応を利用した分解型システムとがあり熱効率及び経済性を検討した結果、改質型システムが有利であると考えられる。

図-1にメタノール改質注水再生サイクルの概念図を示す。

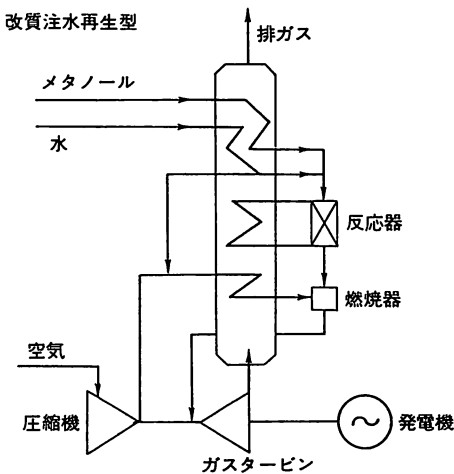


図-1 メタノール改質型発電システム概念図

このシステムは、ガスタービンの排熱を利用して、メタノール燃料及び燃焼用空気予熱、改質反応に使用する水の蒸発を行い、水蒸気の一部は燃焼用空気に注入するという熱回収方式となっている。改質反応及び注水のために水を消費する制約があるものの、同じガスタービンの排熱を利用するコンバインドサイクルと比較して蒸気タービン等を必要としないことにより建設費が安いなどの特徴もあり優れたシステムといえる。

3. メタノール改質型発電の要素研究計画

3.1 要素研究の概要

メタノール改質ガスタービン発電システムを構築するにあたり、要素技術としてメタノールを改質するための改質用触媒の開発、ガスタービンの排熱を有効に回収しメタノールを改質する反応器および熱回収・反応方式の開発、反応器より発生するメタノール改質ガスを高効率かつ安定に燃焼させるための燃焼器の開発が必

要となる。

メタノール改質反応の化学工業としての要素技術は既に確立されているが、発電用としてDSS運転及び負荷変動等のより厳しい変動条件下での技術は未だ確立されていない。従って、メタノール改質型ガスタービン発電システムについて、経済性、高効率性を負荷変動下で実用化するための要素技術を確立するためメタノール改質型発電の要素研究を実施している。

(1) 触媒研究 (不均一細孔構造触媒及び均一細孔構造触媒の研究)

長寿命を有し、負荷変動耐久性にも富む高活性、かつ経済性のあるメタノール改質触媒は未だ開発されていない。そこで、負荷変動下において高活性かつ長寿命を有する触媒の開発を実施している。

触媒開発にあたり、広い範囲を深く探索することは、時間的制約もあり困難である。そこで、触媒担体の細孔構造が不均一である不均一細孔構造触媒および均一である均一細孔構造触媒の分野に探索対象を区分し触媒開発を行っている。メタノール改質触媒としては、以下の特性が要求される。

- ① 耐熱性
- ② 高転化率

$$\text{転化率(\%)} = \frac{(\text{原料メタノールmol} - \text{未反応メタノールmol})}{\text{原料メタノールmol}} \times 100$$

- ③ 長期寿命
- ④ 熱サイクルに耐えうる触媒
- ⑤ カーボン析出の少ない触媒
- ⑥ 反応選択性がよく副反応の少ない触媒

(2) 熱回収・反応系研究

メタノール改質技術においては、発電システムに適用し実用化された例はない。従って、発電システムに特有な負荷変動に対応し効率的に熱回収・反応を行うには、以下の技術課題の開発が必要である。

- ① 最適熱回収・反応方式の選定
- ② DSS運転、負荷変動に対応する技術の確立等
 - ・負荷変動に対し、応答性に優れた改質反応系、燃料・水供給系等のシステム開発
 - ・負荷応答性に大きなファクターを占める構成機器類の熱容量の縮小化と効率的にバランスさせた機器構成、制御システム等の開発
 - ・反応器の伝熱特性の向上

(3) 燃焼研究

メタノール水蒸気改質ガス中には、CO₂およびH₂Oなど燃焼には直接関与しないガスが多く含まれ、その結

果火炎温度が低下してNO_x排出量も減少するが、改質注水再生サイクルの場合、燃焼空気中にも水蒸気を含有しているため火炎安定性及び燃焼効率の低下、あるいは火炎の吹き飛ぶ等が予想され、これらに留意した燃焼器の開発が必要である。燃焼器に要求される技術開発課題としては以下のとおりである。

- ① 定格性能の改善
 - ・ 燃焼器代表流速、各種空気（1，2次空気等）配分、及び燃料噴射方法の最適化による燃焼効率の向上
 - ・ 燃焼器圧力損失の低減
 - ・ NO_x 排出量の低減
- ② 負荷変動への対応
 - ・ 広範囲な負荷変動範囲（1/4～4/4）での高燃焼効率性、安定燃焼及び低NO_x 排出量
- ③ DSS 運転への対応等
 - ・ 着火性能の向上
 - ・ 起動燃料系から改質ガス燃料系への切り換え条件等の把握
 - ・ Dual Fuel 型燃料噴射系の開発

(4) 要素研究の検討・評価

各要素技術の発電システムとしての適合性、可能性等を検討評価する。

3.2 要素研究開発体制

本要素研究の開発体制を図-2に示す。

3.3 要素研究開発スケジュール

本要素研究の開発スケジュールを表1に示す。昭和60年度より昭和62年度までの3ヶ年予定で、小型装置、ベンチスケール装置等による試験等を実施しており、昭和62年度はその最終年度として総合評価の段階とな

表1 メタノール改質型発電の要素研究開発スケジュール

項目	60	61	62	
1. 触媒研究 (1) 不均一細孔構造触媒の研究 (2) 均一細孔構造触媒の研究	小型装置製作	最適触媒開発		総合評価
	ベンチ装置設計製作	触媒工学的検討		
2. 熱回収・反応系研究	小型装置製作	反応特性試験		総合評価
	ベンチ装置設計製作	動特性試験		
3. 燃焼研究	燃焼器基本設計	ベンチスケール燃焼器設計製作・改造	燃焼実験	総合評価
4. 要素研究検討・評価	各要素研究の検討・評価			総合評価

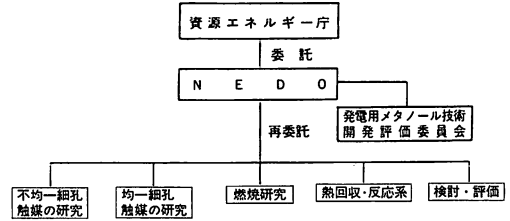


図-2 メタノール改質型発電の要素研究開発体制

っている。

4. 要素研究開発状況の概要^{1), 2)}

4.1 不均一細孔構造触媒の研究

不均一細孔構造を有する触媒を対象に負荷変動に対応できる最適な実用触媒の開発を実施している。

(1) 小型試験装置を用いて、触媒の評価・開発を行い、有望と思われる銅・亜鉛系触媒及び銅・ニッケル系触媒を見出し、その最適組成・調製法を検討した。さらに開発した触媒に関し小型試験装置によるライフテストを実施し、寿命の評価を行っている。

銅・ニッケル系触媒は、高温耐熱性触媒として開発し、図-3は、反応温度400℃、反応圧力 常圧、スチーム・メタノール比 (S/C) 1.5、LHSV 4h⁻¹ の反応条件で試験された結果である。1,000時間程度でメタノール転化率は常に100%を維持し、優れた耐熱性を有している。ニッケル触媒は、メタノールをCO、H₂に改質すると同時に、生成したCOとH₂とからCH₄を生成する発熱反応をおこす能力を持っており、この熱回収の目的から反するメタン化が心配されたが高温反応により低減することがわかった。このように銅・ニッケル系触媒は、銅の高改質能とニッケルの耐熱性をあわせもった触媒といえる。（特許出願中）

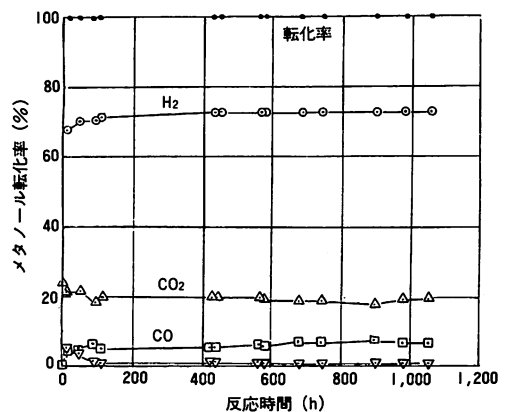


図-3 銅・ニッケル系触媒のライフテスト結果

(2) 開発した触媒をシステムに適用するための工学的検討に必要なデータを取得するため、等温型反応器、断熱型反応器の2つのタイプを有するベンチスケール装置で実寸・実形状触媒による負荷変動・耐熱試験を実施し、システム設計に必要なエンジニアリングデータを取得している。

(3) 触媒設計検討

触媒表面分析機器及び触媒内部物性測定手段（表面積・細孔分布測定器、蛍光X線分光器、元素分析等の化学分析）による触媒表面状態及びバルク物性を検討するとともに、システムの見地から改質触媒に要求される耐熱性、活性、伝熱特性、圧力損失、形状、強度等について検討を加え、負荷変動に最適な触媒の開発を行っている。

4.2 均一細孔構造触媒の研究

本研究は、ゼオライトを担体とした高活性のメタノール改質触媒の開発を目的としている。ゼオライトは、分子オーダーサイズの一定の細孔を持つ結晶アルミナケイ酸塩で、触媒担体として数々の優れた特徴を有している。特性としては次にあげるものがある。

第1は、比表面積が500~700m²/gと大きいことである。沈澱触媒の比表面積の30~50m²/gに比べ、10倍以上ある。このことは、同じ活性で比較した場合、活性重金属微粒子の分散度が非常に高くなり劣化の原因となるシンタリングを防ぐ効果があると思われる。

第2は、分子ふるい作用を持つことである。原料中の不純物に対する選択性、副生成物に対する選択性が高いと期待される。

第3は、イオン交換性で、この性質を利用して、銅、ニッケル、亜鉛等の活性重金属を高分散させ、高活性の触媒を調製することができると思われる。

第4は、固体酸性を持つことである。表面の酸点を電気陰性度の異なるカチオンとのイオン交換により、ゼオライトの固体酸塩基特性をある程度調製することができる。

この4つの特性のうち、固体酸性を抑制することは重要な課題である。このため、種々の前処理方法、重金属担持方法等を組み合わせて最適化をはかり、触媒開発を実施した。触媒探索は小型試験装置を使って行い、実用的な粒径の触媒を用いたベンチスケール装置による試験で、実用化を模擬した環境下での長期耐久性を確認した。

探索研究の結果、カリウム交換した安価で強度性の優れた天然ゼオライトを担体とし、ニッケルとカリウ

ムを担持したニッケル・カリウム系触媒を得た。（特許出願中）

4.3 熱回収・反応系研究

熱回収・反応系研究の目標は、DSS運転及び負荷応答が可能な熱回収・反応器とそのシステムを開発することにある。これらの目標を達成するためには、(1)最適熱回収・反応方式の選定、(2)DSS及び負荷変動に対応する技術の確立などが必要となる。そのため、熱回収・反応系研究について、設計学的研究、動特性研究（シミュレーション研究）、小型試験装置およびベンチスケール装置による試験研究等を進めている。

(1) 設計学的研究

熱回収・反応系を構成する反応器と熱回収器の組み合わせ方式として、表2に示すように熱交型、熱媒加熱型、断熱型などが考えられる。

表2 反応器と熱回収器の組合せ方式

反応器	a: 熱交型	b: 熱媒加熱型	c: 断熱型
システム	反応と熱回収を同時に進行させる。	熱媒の循環により熱回収と反応熱供給を別々に行う。	原料ガスまたは循環ガスで熱回収を行い、ガスの顕熱で反応熱を供給
概念図			

これらの方式は、装置の構造、規模、保守管理並びに安全性などの点でそれぞれ特徴を有している。この研究では、各種のガスタービンを選定し、定格及び部分負荷における熱回収・反応系を含めたガスタービンシステムの熱・物質収支、熱回収率、改質ガス組成の安定性などの特性比較を行い、次のようなことが主に明らかになっている。

- ① 改質反応による熱回収は、可能なかぎり低温を利用し、高温排熱は燃料や燃料用空気の予熱に利用することが総合的な発電効率の向上につながる。図-4に改質型ガスタービンシステムの出力特性の一例として、再生器（燃料用空気等の予熱器）での管内流体温度差 ΔT と発電効率 η 、出力 E の関係を示す。この図からわかるように、 ΔT を大きくする、すなわち再生器での熱回収率を大きくするほど発電効率が向上する。
- ② 水蒸気改質反応を利用した改質型ガスタービンと分解反応を利用した分解型ガスタービンについて比較検討を行った。同じ温度で反応が起こると

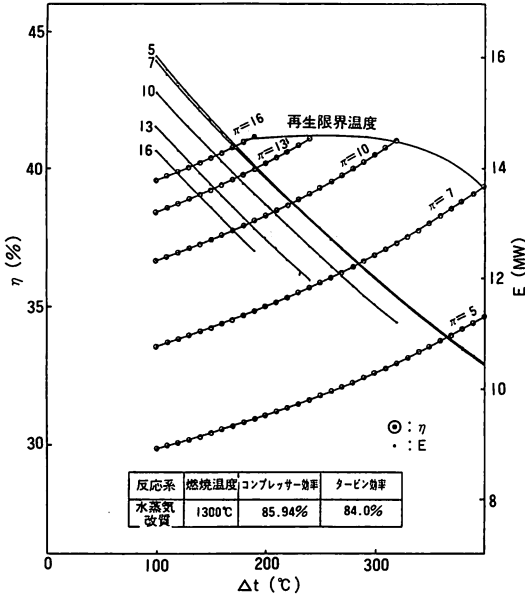


図-4 改質ガスタービンの出力特性

仮定すれば、分解反応の方が発電効率が若干高くなる場合もあるが、実際は分解反応では改質反応に比較して高い温度しか起こらないため、前記の再生器での熱回収を犠牲にすることから、システムとしてみた場合、発電効率に優位性はない。水使用量についても、分解反応そのものに水は不要であるが、低温排ガスからの熱回収は水の蒸発によらざるを得ないため本質的な差はない。

これらの結果より、改質反応を利用した改質型ガスタービンが現実性に富むという知見を得た。

- ③ 反応器の形式については熱媒加熱型が現実であるという知見を得た。断熱型は改質反応での吸熱反応が大きいため、改質ガスの循環量が大きく循環動力が無視できない上に他の方式と比較して、高温排ガスからの熱回収しかできないことから不適当と考えられる。

熱交型については、改質反応の必要触媒量と必要伝熱面積から反応器の簡単な設計を実施したところ最適反応管径が3~7mmとなり、又大過剰の触媒を充填した反応器となるため現状では実用的な反応器にはなり得ない。

(2) 動特性研究

負荷変動に対応しうる熱回収・反応システムを開発するため、シミュレーションによる動特性の把握を行っている。設計学的研究で選定された熱回収・反応系システムについて、改質型発電システムおよび改質反

応器のシミュレーションプログラムを作成してケーススタディを行い、改質ガスの変動に関する主な影響因子を抽出して反応速度等の解析を実施することにより、システム設計のための要素データを取得するものである。

(3) 試験研究

試験研究は、触媒や熱媒体の特性データの取得を主目的とする小型試験装置と熱回収・反応系の動特性および反応特性を検討することを主目的とするベンチスケール装置による試験を行っている。

小型試験装置による試験研究は、短管改質装置（等温系）により反応機構検討用基礎データの収集を行うとともに、長管反応試験装置（非等温系）により濃度・温度分布の測定を行い熱回収・反応系の基礎データの収集を行うものである。又、熱媒加熱型反応器の設計検討に必要な高温領域（300~450℃）で使用できる熱媒体を選定するために、各種熱媒体の熱安定性の評価を行っている。

ベンチスケール装置による試験研究は、負荷変動内の反応器内の濃度・温度分布をシミュレーションし負荷応答性のよい制御方法を確立するため100kW級の装置を製作して試験を行い、前記の動特性研究と十分な連携を取って相互補完を計り、システム設計のための要素データの取得を行っている。

4.4 燃焼研究

ガスタービン燃焼器は、ガスタービン本体と熱回収・反応系とのインターフェイスの役割があり、反応器から発生するメタノール改質ガスを所要の条件の燃焼ガスに変換してガスタービンへ供給しなければならず、燃焼器に要求される作動条件は、ガスタービンシステムから規定される。一方、燃料となるメタノール改質ガスの性状、条件は熱回収・反応系によって規定され、これらの必要条件を満足させた上で、安定かつ低公害な燃焼を行わせる必要がある。

本研究では、メタノール改質型発電システムを想定したベンチスケール燃焼器（1,000kW級）を設計、製作し、メタノールとその模擬ガスを用いた燃焼実験を行い、メタノールを低公害かつ高効率で燃焼させる燃焼器の設計法とその特性について研究するものである。

燃焼器としては、①拡散燃焼型燃焼器、②二段燃焼方式（拡散/予混合併用型）燃焼器、③触媒型燃焼器と3つのタイプの検討を実施している。

拡散燃焼型燃焼器は、従来の燃焼方式で、燃焼器天蓋部に組み込んだ燃料噴射弁より燃料を燃焼器内へ直

接噴射するものであり、広い作動範囲で安定した燃焼が得られ、また、燃料性状に対して比較的広い許容幅を持つ。従って、メタノール改質型発電用ガスタービンの燃焼器には比較的適しているが、一次燃焼領域、特に燃料噴射弁近傍に燃料過濃領域が形成されやすく、空気配分の変更あるいは燃料噴射弁の改造等を行っても、大幅な NO_x 低減は難しい。そこで、燃焼用空気と燃料を予め混合させ希薄燃焼を行うことにより火炎温度を低下させようとするのが、予混合燃焼方式である。しかし、この燃焼方式は、拡散燃焼方式に比べ安定燃焼の範囲が狭いため、広い作動範囲にわたって安定燃焼を確保する対策として、一部拡散燃焼を併用し、パイロット火炎として予混合燃焼を保持する方式が考えられた。それが、二段燃焼方式(拡散/予混合併用型)燃焼器である。その構造図を図-5に示す。

触媒型燃焼器は、比較的低温でかつ均一な温度分布が得やすく低 NO_x 燃焼が可能である。メタノールや水素は、触媒燃焼が比較的容易な燃料であるが、1,150℃を超える高温雰囲気下での運転で、しかも高速気流中で使用される触媒の耐久性、触媒支持体の強度等様々な問題を現状では有している。

前記、拡散燃焼型燃焼器及び二段燃焼方式燃焼器を用いた常圧高温燃焼試験を行い主に次のことなどが明らかになっている。

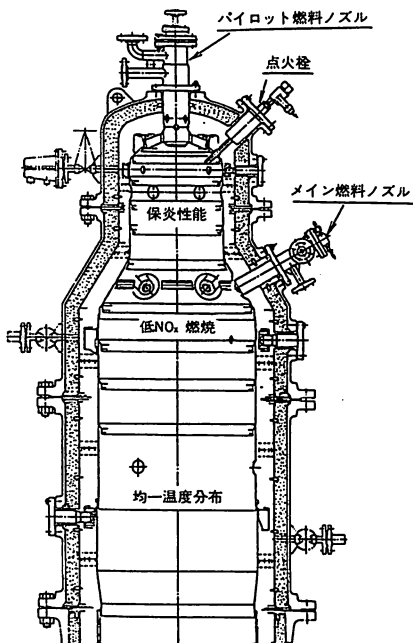


図-5 二段燃焼方式(拡散/予混合併用型)燃焼器

① メタノール燃料に対しても、燃焼器の空気配分を変えることにより低 NO_x 化がはかれる。二段燃焼方式燃焼器を採用することにより、さらに低 NO_x 化がはかられ、メタノール燃料に有効であることがわかった。

② メタノール改質型発電のガスタービン燃焼器において、燃料発熱量当たりの水量はかなり多いため、低 NO_x 燃焼よりも安定燃焼に主眼を置いた研究が重要となる。

③ 燃焼用空気及び燃料ガスをガスタービン排気で加熱する方式は、燃焼効率の向上と火炎の安定燃焼範囲を広くすることにも大きく寄与する。

④ メタノール液体燃料の着火性能は灯油に比べて良好であり、DSS運転を想定しているメタノール改質型ガスタービン発電の起動は、メタノール液体燃料が充分使用できることを確認した。

さらに、入口空気圧力の影響は無視できないため、高圧高温燃焼実験を行うとともに、実機ガスタービンにおいては起動から定格運転、及び負荷変動に対応した燃料成分の変化等が予想されるため、燃焼雰囲気圧力、燃料成分の変動、入口空気温度、燃焼温度等が燃焼特性に与える影響について研究を行っている。

4.5 要素研究の検討・評価

各要素研究の条件設定の基本となる発電設備としての基本仕様の検討・設定をするとともに、各要素研究の開発課題の検討、各要素データについて発電システムとして要求される諸条件との整合性等について検討・評価を行っている。

又、各要素研究と連携をとりあい、メタノール改質型発電システム概念設計を実施し、それにもとづき発電システムへの適合性等の検討を行っている。

5. おわりに

メタノールを発電用燃料として利用するため、昭和56年度より開始された「石油火力発電所メタノール転換等実証試験」は、はじめに述べたようにメタノールの供給可能性、発電利用技術に関する調査、及び環境安全性に関する試験研究等の成果を踏まえ、本メタノール改質型発電の要素研究にいたっている。昭和60年度から始まった本要素研究も順調に進み各要素技術に関しては、ほぼ所定の成果を得ることができ次のステップへ移行できる段階となっている。昭和63年度よりは、新たにこの要素技術を組み合わせた発電システムを構築する試験研究にステージアップし、石油火力発

電所へのメタノール燃料利用の実用化にむけて大きく前進していく予定にある。

最後に、本研究開発実施にあたり御指導及び助言をいただいている通産省資源エネルギー庁をはじめとする各関係者の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) NEDO; 昭和60年度石油火力発電所メタノール転換等実証試験(メタノール改質型発電の要素研究)委託業務報告書, 昭和61年3月
- 2) NEDO; 昭和61年度石油火力発電所メタノール転換等実証試験(メタノール改質型発電の要素研究)委託業務報告書, 昭和62年3月

話 の 泉

ハイテク産業に期待される希有元素(其の1)

(注) 其の2はp. 90に掲載

最近の科学技術の進展は加速度的、中には超加速度的さらにこれまでは不可能とされていたことが可能に近づく革命的世の中になったともいえよう。

これらの進歩の原因には多くの事柄があげられるが、その一つには各専門部門における高度な科学技術の進歩が互に密に交絡し総合的に前進する中で、最低の技術が全体の進歩を支配するといわれている「最少の法則」の中の最少の絶対値の向上が大きく寄与しているとみることもできよう。

次には新しく開発された資源～資材による高性能、特殊な機能性で、新技術推進に対して大きい役割を分担しているとみられる。最近問題となっている高(常)温超電導体はその最たるものといえよう。

希有元素(レヤーエレメント)としては、希有金属(レヤーマタル)と希(有)土類(レヤーアース)に大別されている。

前者はLi(リチウム), Ti(チタン), V(バナジウム), Cr(クロム), Mn(マンガン), Co(コバルト), Ni(ニッケル), Ga(ガリウム), Nb(ネオビウム), Mo(モリブデン), Pa(パラジウム), Tl(トリウム)の12元素で、後者はSe(セレン), Y(イットリウム), La(ランタン), Ce(セリウム), Pr(プラセオジウム), Nd(ネオジウム), Pm(プロメチウム), Sm(サマリウム), Eu(ユーロビウム), Gd(ガドリニウム), Tb(テルビウム), Dy(ディスプロシウム), Ho(ホフニウム), Er(エルビウム), Yb(イッテルビウム), Lu(ルセニウム)の17元素が挙げられているが必ずしも厳密な分類ではないらしい。

前者のレヤーマタルは、すでにFe, Pb, Alその他との合金として構築材料、加工材料、特殊工具類などに広く使用されており、近代技術の立役者として活躍している。後者のレヤーアースは元素の周期律表が作られたメンデレーフ時代には、それらの存在も分離も不確認で、表は空席のままであったがその後逐次分離確認され、それから空席は埋められ今日に到った。

レヤーエレメントのわれわれ社会への出現は、明治初期のガスマントルの光線のスケルトンとして $\text{ThO}_2 / \text{CeO}_2$ から始まった。Irは万年筆のペン先に、またPtとの合金の状態で高温熱電対が作られた。ライターに使われている発火合金はLa, Ce, Y, Erなどの合金であるが、最近では衝撃圧電材料として PbTiO_3 , PbZrO_3 などのセラミック焼結体がこれに代りつつある。テレビのブラウン管は、希土(類)のY, Erの使用によって特に赤色発光が改良されたことから、キドカラーと呼ばれている。

NiとCrとFeとの合金としてニクロム線、ステンレススティールは、身の回りにも極めて多く、最近話題になっている形状記憶合金はNi-Ti合金で、女性のブラジャーへの応用はその用途として異彩を放っている。

加工工具としては、V, W, Cr, Mn, MoなどFe合金としてその耐熱性と高硬度によって、高精度、高速加工の蔭武者としてドリル、グラインダー、バイトなど活躍している。

Mn, Ni, TiなどのFe合金は、ミッシュメタルと称され、 H_2 の吸蔵合金としてのみならず、 H_2 の吸収、放出に伴う多量の放吸熱作用を利用したヒートポンプとしての作用もあり、結果として H_2 は精製される。またSiを含んだFeは硅素鉄板として変圧器の鉄芯に使用され、交流によるヒステリシス損失の低下による鉄損のエネルギーを大幅に改善している。