COM 技術開発の現状〔第1報〕*

——Step I〔基礎試験〕から

Step II〔パイロットテスト〕まで——

松 浦 彦 夫**

State of the Art R & D of Coal-Oil-Mixture (First Report)

——Step I (Lab Test) & Step II (Pilot Plant Test)——

Yoshio MATSUURA

In the recent, severe and fluctuant world energy situation, research and development of COM (Coal Oil Mixture) in Japan has made great strides.

Selected merits of COM utilization are easy handling as well as oil, a contribution for development of brown coal market, and possibility of conversion from oil-fired to COM-fired power plants. This is the First Report summarized a state of the art of R & D COM as for laboratory test and pilot plant test in Japan. Afterwards, a final report as to demonstration test and other engineering studies will be given in this publication.

Principal items in this First Report include concept of the art of COM, COM preparation technology, property of COM, COM transportation, storage and combustion, demonstration schedule, and relevant activities at both the government and non-government side.

は じ め に

1979年6月のOPECによる原油価格の大幅値上げ、およびイラン革命、動乱と云う二つの大きな動きがあり、最近石油をめぐる情勢は、世界に於ても、日本に於ても激動している。

そのような情勢の中で、日本に於けるCOMの研究開発は大きく進展し、COM技術に関する一般の関心も高まり、日本政府のCOM技術実用化に対する支援体制も本格化しようとしている。

1. COM 技術の概念

1.1 COM の定義

粉粒状にした石炭を重油と混合し、液体として取扱いができるようにした燃料をCOM (Coal Oil Mixture) と呼んでいる。

* 昭和56年5月27日本会第66回例会において発表

** Electric Power Development CO., LTD.

昭和56年5月1日受理

COMは石炭と重油でできたスラリー状の物質であることからCOS (Coal Oil Slurry) とも言われ、また石炭粉が重油中心に分散している懸濁液であることからコロイダル燃料 (Colloidal Fuel) とも言われたが、現在では世界的にCOMに統一されたと見て良い。石炭の液化と異なる点は、石炭液化が灰分その他を石炭より抜き去り、水素を添加した液体燃料であるのに対し、COMでは石炭を単に粉碎するのみで、単純に石油と混合した液体燃料である。したがって技術的に見てもCOMは石炭液化に較べて簡単であり、液化技術の実用化には10年以上の年月が見込まれているのに較べ、COMは短期間で実用化の見込みがあるとされている。

1.2 COM 燃料の成立条件

1973年の第1次石油危機以降、エネルギー供給源の見直し、多様化の必要性が問題となってきたが、1979年の第2次石油危機に至りエネルギー情勢がさらに緊迫化し、東京サミットなどを通じ世界的にエネルギーの安定供給を計るため、石油代替エネルギーの開発および省エネルギーの努力の重要性の認識を強めることとなった。石油

に代るエネルギーの主力は、原子力と目されているが、その本格的実用化には未だ解決すべき多くの問題をかかえており、特に1979年米国のスリーマイル島の事故以来、原子力の安全性についての信頼性が疑問視され、立地はこれまで以上に難しくなっている。このような情勢の中でエネルギー源多様化の観点からも LNG、石炭などの化石燃料の利用を計る必要がある。そして注目されているのが、可採埋蔵量が約6,400億トン、石油換算約3兆バレルと言われ、石油の5倍に達するほど豊富であり、かつ世界各地に偏在することなく存在している石炭資源の見直しである。

しかし、石炭はバルクマテリアルとしてハンドリングが必要であり、大規模な設備と時間および労力を要すること、さらに灰の処理や公害対策上の問題のために利用範囲が限定されたものになっている。この欠点を克服す

べく、石炭液化、ガス化技術の開発がアメリカをはじめ世界各国でとりあげられ、日本においても政府のサンシャイン計画の中で推進されているが、その実用化までには10年以上を要するとされているので、比較的短時間に実現可能な COM 技術が注目されるようになったわけである。

COM 技術の歴史は古く、第1次世界大戦までさかのぼるが、いずれも実用化の域に達していない。研究開発の必要性は時代ごとに多少の差はあっても、おおよそ次のような理由によるものである。

- ① 石炭コストに比し石油コストが暴騰したとき。
- ② 石油資源の供給が逼迫したとき。

戦時下においては日本でも研究されたが、その必要性は主として艦船への燃料補給の迅速化と燃料の多様化が主題であり、経済性の追求までに至っていなかったよう

図1 COM システム の ケース

である。平時下では①の理由によるものがほとんどであったが、油と石炭のコストアンバランスはさほど続くことなく平衡状態に復帰するのが過去の実態のようである。在来の研究開発はいずれの場合も成果として評価される前にその必要性が失われ、研究が中止される憂き目を見てきたわけであるが、先の第1次の石油危機以降この条件が成立し、また元の状態へ復帰する可能性も少ないため、省石油、エネルギー源の多様化を急務として、アメリカを初めとしてのCOM研究開発が再開された。日本でもこれらの状況をふまえ、アメリカの研究開発状況をも調査した結果、別項に述べるメリットがあると判断し、電源開発が中心となって1976年秋より研究開発に着手しており、STEP-Iの基礎試験、STEP-IIのパイロットプラント試験を経て、1980年秋より250MWの石炭専焼火力発電所を利用して、STEP-III実証試験を実施する予定で準備を進めている段階である。一方国においても石油代替エネルギーへの転換を本格的に進めようとしており、その中で至近年度に有効な対策を講じ得る技術としてCOMを取上げ、国の委託事業として重油専焼設計ボイラの必要な改善を行ない、既設重専缶COM転換実証試験を計画している。一方産業界においても鉄鋼業界において高炉へのCOM吹込みの技術開発が行なわれており、住友金属工業が1978年より鹿島工業地域内の波崎研究センター構内でCOM輸送試験と、高炉下部実験炉によるCOM吹込み試験を行っており、1980年以降に、実炉によるCOM吹込み試験が行なわれる予定である。その他のメーカ、セメント業界もCOMに注目しておりフィージビリティスタディなどを実施している模様である。

このようにCOM技術は1980年の断面において実用化に踏出す一歩手前まで研究開発が進んでいる状況である。

1.3 COMのメリット

(1) COMは重油と同様な取扱いができるため輸送船からの海底パイプラインによる沖取りが可能である。し

たがって、従来石炭受入れのために必要であった揚炭岸壁や防波堤の建設が不要となり、石炭船が接岸できない臨海地域でも石炭を利用する火力発電所が立地できるようになる。

(2) これまで自然発火などの危険性があるため長距離輸送が困難であった安価な褐炭もCOM化することにより長距離輸送が可能となり、未利用資源の活用が図れる。

(3) 稼動中の重専火力には石炭混焼として設計された発電所も多く、種々の理由により重油に切替えられたものがあるが、これを含め初めから重油専焼火力として設計されたボイラにも程度の差はあるが改造してCOMを焚くことにより、使用重油量を削減することが可能である。

さらに1979年のIEA(国際エネルギー機関)の決定により、原則として重油専焼火力の新設が禁止されており、現存する重専火力老朽時のリプレースとしては、COM火力が有力になってくると思われる。

1.4 COM燃料システムについて

COM燃料システムは日本の今日の情勢より、石炭ソースとしては海外炭を対象に考えるべきであり、そのケースとしては図1に示すとおり3つの方法が考えられる。

ケースAは産炭地積出港にCOM製造プラントを設置し、産油地の製油所より油を持込んでCOMを製造し、それを日本国内の消費地まで輸送し消費するものであり、たとえばオーストラリアの場合はこのケースとなる。

ケースBは石炭と石油が比較的近接して産出する場合であり、たとえばインドネシア、中国、アラスカなどが考えられる。

ケースCは国内にコールセンターができた場合これに併設してCOM製造所を設置する場合であり、消費地まで内航船により配送するケースであって、COM普及のステップとしてはケースCを経てケースAまたはケースBに拡大してゆくと考えられる。

製造地および消費地でのプロセスフローの概要は図2

図2 COM製造輸送フロー図

に示すとおりであり、COMの製造、貯蔵、配管輸送、船舶輸送、燃焼の各プロセスを含んでいる。したがってCOMシステムを検討する場合はトータルシステムとして技術開発を行なえ必要がある。

2. COM 製造技術

2.1 COM 安定化の方法

一般に液体中に粒子を分散させたものをコロイドというが、コロイド科学の分野ではおおむね $10\text{\AA}\sim 10^3\text{\AA}$ ($10^{-7}\sim 10^{-5}\text{cm}$)の大きさの粒子をコロイド粒子と称し、それ以上の粒子径のものは沈殿しやすい物として区別している。今石炭をコロイド粒子の大きさまで粉碎しようとするならば、これに要するエネルギーは莫大なもので、石炭自身の発熱量の何百倍に相当するかわからないし、またしようとしたところでコロイド粒子になる以前に発熱し、燃えつきてしまうであろう。今日の技術で石炭を微粉砕する場合、機械力では最大粒径が数 μ 程度が限度であり、それ以下に砕くことは、非常に困難なこととされている(石炭を 1μ の微粒子まで粉碎するためには、その石炭の持つ発熱量に相当する以上のエネルギーが必要であると言われている)。通常微粉炭燃焼ボイラで使用する石炭の粒度分布は200メッシュ(74μ)通過率70~80%程度のものであり、これが燃焼面からも経済性の面からも最も適当な粒度であるということが出来る。COM 石炭粒度もこの程度の大きさのものを狙ってはいるが、粒子が大きいため単純な方法ではコロイドとしての安定分散は得られず、石炭微粉と重油を混ぜ合わせても、石炭微粉のみ沈降分離してしまい底部に圧密層を形成しハンドリングが不可能となる。そこで、混ぜ合わせた状態を長時間保つための方法として界面活性剤を添加する方法と無添加による方法とがある。

① 安定剤を添加する方法

(i) エマルジョン方式

COM 中石炭粒子の沈降を防止するためにはCOMの粘度を上げれば良いが、単に粘度を上げた場合には配管輸送が困難となる。そこでCOMを静置状態では見掛けの粘度が高く(ゼリー状)かつ流動状態では粘度が急に低くなるような物質とすれば良い。このようなCOMはCOM中に若干の水を混入しエマルジョン(乳化)状態とすることにより得られる。エマルジョンとは油中に水あるいは水中に油を微小粒子として分散させた状態をいうが、たとえば油中に水を混入した場合、両者は互いに親和性のない物質なので界面(接触面)ができる。これに強力な剪断力、攪拌力を加えると液はある程度微小粒子となり、乳化はするが長期安定分散に必要なまでの超微粒子とすることはできない。これは微小粒子となった液滴の表面張力が強力になったためであり、特殊な装置

を使用しなければそれ以上小さくすることは不可能である。このようなとき界面活性剤を用いると界面の表面張力が和らぎO/W (Oli in Water) または W/O (Water in Oil) のエマルジョンとして長期間安定分散状態を保つことが可能となる。このエマルジョン中に石炭微粉を分散安定化させる技術がエマルジョン方式である。

(ii) ディスパージョン方式

連続した流体中に気体、液体、固体を分散させたものを一般に分散系というが、このうち液中液をエマルジョン、液中固体をディスパージョン(またはサスペンション)という。油中に単純な微粉炭を混合分散しても短時間で沈殿してしまうが、これにある種の界面活性剤を添加剤として加えると安定分散することができる。この場合添加剤が微粉炭の表面に吸着されネットワークなどのゆるい凝集体を形成し、立体障害により安定化されるわけである。微粉炭はエマルジョンの微細粒子に比して巨大な粒子であるから、添加剤の吸着される総面積が小さく、エマルジョン方式に比して添加剤の所要量が少なくすむ。

② 無添加 COM

石炭微粉を油に単純に混ぜても沈降してしまうことは前述のとおりであるが、添加剤無添加でCOMを安定化させる方策として次の方法が考えられる。

(i) 水を10~20%添加する方法

水と油に機械力を加えることによりエマルジョンを形成させその中に微粉炭を分散させる方法である。

(ii) 石炭を膨潤させる方法

石炭を膨潤させることにより改質させ、油との比重差を小さくすることなどにより石炭の沈降を押さえようというものである。

(iii) プロセスの操作条件による方法

貯蔵時などCOMの安定を要する時は温度を下げ、必要な粘度にまで高め、配管輸送時は温度を上昇させ流動性をもたせる方法である。この方法は原理的には最も単純であるが、この方法のみでは実用化は困難で、他の方法を併用することにより効果を発揮できると考えられる。

以上各方法の技術的可能性と燃料としての経済性を追求した結果ディスパージョン方式の安定剤を添加する方法が、最も適当であると判断し、この方式を開発することとした。

2.2 COM 製造のシステムフロー

図3にCOM製造のフローを示す。石炭は定量フィーダーにより湿式ミルに供給される。重油は重油タンクよりポンプで加圧され、石炭の量に対し所定の石炭濃度となるように流量調整弁で流量をセットされ、さらに石炭中の水分を蒸発させるために重油加熱器にて所定の温

図3 COM 製造 システム フロー

度に昇温されてミルに供給される。湿式ミル内で石炭は200メッシュ通過70～80%程度まで粉碎されると共に水分が蒸発脱水され、同時に重油と混合される。これが湿式ミルの特徴であり、まず石炭を砕いておいてそれを油と混ぜるという乾式法と比較して、油中粉碎であるために石炭の破砕表面が大気にさらされることが少なく、活性剤の効果的作用が期待できる事や、炭塵爆発の危険性や騒音が低いなどの利点がある。供給石炭中に多量に水分を含む場合はさらに熱媒体を加熱器経由でミルに循環させてCOMを加熱し、脱水を促進させる。分散された蒸発水分およびガス分は吸引ファンで吸引されてミストセパレータ経由で放出される。ミルから出てきたCOMはコレクトタンクに送られる。次にCOMは分級器に送られ粗大粒子径の石炭はミル入口へ戻される。さらにCOMはポンプにて調整装置(安定化装置)へ送られる。

調整部門ではまずCOM中に重量比で0.125wt%の極微量の添加剤が注入される。次はホモジナイザーで添加剤をCOM中に分散させるが添加剤の量がごく微量なために均一に分散混合することが困難である。この種の混練技術は多分野にわたり在来より技術を有しているものの、COMに適した均一分散を得るには今一つ欠けているようで、いかに均一に混合させるかという所にCOMの技術のノウハウを有するわけである。一般に、混合分散はそれに消費されたエネルギーと相関関係があり、ある種の分散系ではエネルギーに比例して均一分散性が向上するものもあるが実際には分散系によってそれに適した分散方法はおおの異なるものようである。分散系を懸濁状態に保つためには分散構造をどのようにするかでエネルギーの供給方法も変わってくるもので、微妙な取扱いのものとなる恐れもあり注意が肝要である。

COM燃料は実用化した場合大量に製造されるものであり、その取扱いはかなりラフに行なえることが必要で

あるからデリケートな性状であってはならない。そのため添加剤は相当過酷な取扱いを受けても安定性を維持できるようなCOM形態を形成させるものでなければならぬわけであり、調整装置もデリケートなコントロールを要せずに所定の能力が発揮できるものでなければならない。

さらにCOMの原料となる石炭および重油の種類は多くその性状も種々異なるわけであるが、添加剤や調整方法としてはできるだけ普遍性を持つことが必要である。

3. COMの物性

一般的にCOMと称せられているのは、石炭を通常の微粉炭機で200メッシュ通過70%程度に粉碎したものと、C重油との混合物を指すが、一口にCOMの物性と言っても幅が広く、原料の石炭の種類、油の種類あるいは製造方法によって種々様々なものがあり、一概には言えないが、以下に1つの例としてCOM物性を紹介する。

3.1 石炭粒径

一般に溶液中の単粒子の沈降速度はストークスの式(3-1)で表わされ、群粒状態のときには本式のものよりもかなり低い速度となることが知られている。

$$V = d^2 (\rho - \rho_0) / 18\eta \quad (3-1)$$

ここで

V: 沈降速度	(m/s)
d: 粒子の直径	(m)
ρ : 粒子の密度	(kg/m ³)
ρ_0 : 母液の密度	(kg/m ³)
η : 粘性係数	(kgs/m ²)

本式によると沈降速度は粒径の2乗に比例している。固液分散系における理想的な形態はコロイドであるが、コロイド粒子は10³Å位の単位であり、実用域を遙かに超えた超微粒子の分野のものである。また、可燃性の面

からみれば粒子径は小さいことが望ましいが、ハンドリング面からは粘度が上昇し、石炭濃度が増せないということになる。前項でも述べたごとく通常微粉炭燃焼ボイラで使用する石炭の粒度分布は200メッシュ(74 μ) 通過70%程度のものでり、これが燃焼面からも、経済性の面からも最も適当な粒度であるということができる。

3.2 石炭濃度

一般に「石炭コスト<油コスト」にあるときは、COM中の石炭濃度を上げるほど低コストのCOMが得られることになり、石炭の使用量も増加し、重油量の削減ができるわけであるが、実用的にはハンドリング面から石炭濃度には限界がある。3.1項の粒度の石炭の高は約74%が実物であり、残りは空隙である。この空隙すべてに油を満たしたならば、石炭と油の比率が容積で74対26のCOMができ上がるわけであるが、その状態は固体に近く流動性は得られない。そこで流動性を得るために油の量を徐々に増加して、やがて流体としてハンドリングできる濃度に適した時の石炭と油の比率が重量比で約50対50～36対65程度であり、この面から微粉COMの経済性の限度がある。通常石炭濃度の重量%は水分を除いた絶乾ベースにて表わされている。

3.3 粘 度

一般に液体中に固形物を分散させた液体の粘性は、固形物の総比表面積によって支配され、それが大きくなるほど粘性が高くなり、液体としての取扱いが困難となる。したがって、石炭粒径を小さくするほど、また石炭濃度を増すほど粘度が増すということになる。このようにCOMの粘度と石炭粒径、濃度あるいは安定性および温度の間には密接な関係があり、総合的に判断し効率の高いシステムとするよう心掛けねばならない。

COMは非ニュートン流体で、ビンガム流体に属するものであり、さらにはチクソトロピー性の強いものもあり、通常のB型回転粘度計で粘度を測定しただけでは見掛けの粘度が得られたに過ぎない。ニュートンの粘性法則に従い剪断速度と剪断応力の関係が式(3-2)で表わされる。

$$\tau = \eta D_s \quad (3-2)$$

ここで

τ : 剪断応力	(kg/cm ²)
D_s : 剪断速度	(1/s)
η : 比例定数	(kgs/cm ²)

この比例定数 η の値の大小によって、粘度の大小を比較することができる。この剪断応力を縦軸に剪断速度を横軸にとって図示すると図4のように原点を通る直線となり、それが横軸となす角を θ とすれば

$$\tan \theta = \tau / D_s \quad (3-3)$$

図4 ニュートン流体の τ と D_s との関係(流動曲線)

図5 ビンガム流体の τ と D_s の関係(流動曲線)

となる。

これに対してビンガム流体は剪断応力がある値 τ_y より大きくならなければ流動しない流体で、剪断応力と剪断速度との関係は式(3-4)で表わされ、図5に示される。

$$\tau = \eta D_s + \tau_y \quad (3-4)$$

したがってニュートン流体の粘度の測定法では θ_1 または θ_2 を計測することになり、剪断速度を変えて測定するごとに粘度の値が異なってくることになる。故に正確にCOM粘度を測定する場合は共軸の回転粘度計などで剪断応力と剪断速度の関係を測定し流動曲線を作成しなければならない。しかしニュートン流体として測定した「見かけ粘度」によってもある程度の流動性を知ることができるので、通常はこれを求めて使用することが多い。一般的なCOMの石炭濃度-粘度曲線、温度-粘度曲線を図6および図7に示す。

3.4 水 分

重油中の水分は無視できる範囲であるが、石炭の水分は褐炭のように70%もの水分を含んでいるものも有り、運搬効率あるいは燃焼効率の面から無視できない。筆者らが開発しているCOM製造システムでは石炭の全水分が10%程度であればCOM製造時の重油温度を高くすることによりCOM中水分を1%程度まで脱水する

図6 石炭濃度—粘度曲線

図7 温度—粘度曲線

事が可能である。また仕上り COM 中の水分は少ない方が好ましいが、COM を安定化させる添加剤の種類によっては、石炭中の固水分とは別に、1～2%の水分を必要とすることもある。

3.5 発熱量

単純に石炭と重油の比率によるものである。大ざっぱにいて発熱量が6,400kcal/kgの石炭と10,000kcal/kg

の重油で、石炭と重油の比率が50/50wt%のCOMを製造した場合の発熱量は8,200kcal/kgとなる。この場合カロリー的には石炭と重油の比は4:5となり重油に近い燃料であることになる。

3.6 灰分

単純に石炭と重油中の灰分にその比率を掛けたものとなる。特に脱灰などの作用は無い。

3.7 比重

単純に石炭と重油の真比重にその比率を掛けたものとなる。石炭濃度が50wt%のCOMで通常1.15程度の値となる。

3.8 COMの安定性

微粉COMの安定性については、現在定義付けがなく、何をもって「安定」と表現すべきなのか問題であるが、ひとつの次元で安定性を表現するならば「静置安定性」ということを上げることができる。ある条件のもとに製造されたCOMを実験用シリングに張込み一定温度のもとに経時的変化を上層から下層にわたり限なく調査するものであるが、これがCOM性状を知る上で最も基礎的なデータとして活用できる。安定性はこの槽の中で2カ月以上安定懸濁状態が保持できたものをこの次元での「安定」と呼んでいる。この他に現在ではCOMの品質管理上の必要性からCOMの安定を把握する手法を編み出しており、実用化までにはこの手法が有利であることが確認されるだろう。

4. 輸送技術

4.1 配管輸送

① 流体としての分類

COMは3.3において述べたごとく水や油といったニュートン流体と違った非ニュートン流体である。図8に共軸回転粘度計で測定した流動曲線と、層流域での配管流送試験結果より式(4-1)および式(4-2)により、剪断応力および剪断速度を求め作図した流動曲線を示す。

$$Ds = 8v/d \quad (4-1)$$

$$\tau = 4p \cdot d/4l \quad (4-2)$$

ここで

Ds : 剪断速度 (1/s)

v : COM 平均流速 (cm/s)

d : 管内径 (cm)

τ : 剪断応力 (gr/cm²)

$4p$: 直管部圧力損失 (gr/cm²)

l : 直管部長さ (cm)

剪断応力と剪断速度との関係は層流域での流送試験の範囲では直線の関係であり、ビンガム流体の特性を示している。また配管流送試験結果による流動曲線と、共軸

図8 流動曲線

回転粘度計による流動曲線は一致した曲線となった。この結果から、COM を配管輸送する場合の圧力損失は共軸回転粘度計により流動曲線を把握することにより求めることができる。

② 圧力損失

配管流送時の COM 平均流速と圧力損失との関係の 1 例を図 9 に示す。両者の関係はニュートン流体と異なり、両対数グラフ上で曲線状となり、やや下に凸の形をしているため、流速の低下による圧力損失の低下は、ニュートン流体に比べて少なくなっていることがわかる。前述のごとく COM はその素材および、製造条件によ

図9 直管単位長さ当りの圧力損失

って物性かなり異なるが、大ざっぱに言って COM の圧力損失は、流速 1m/s 付近 (6 B SGP) で石炭濃度が 50wt%, 温度 80°C, 瀝青炭と中東重油の組合せの場合に中東重油単体のその約10倍, 石炭濃度が 55wt% となると約20倍の圧力損失となる。

③ 管摩擦抵抗係数

ビンガム流体のレイノルズ数 (Rea) を式 (4-3) により求め、管摩擦抵抗係数 (λ) を式 (4-4) により求め、それぞれの関係を図10に示す。

$$Rea = vd\rho/(\eta + \tau\gamma \cdot d/6v) \quad (4-3)$$

ここで

Rea : 見掛けのビンガム流体レイノルズ数 (-)

η : ビンガム流体の粘度 (gr · s/cm²)

$\tau\gamma$: ビンガム流体の応力降伏値 (gr/cm²)

ρ : 密度 (gr · s²/cm²)

v : 管内平均 COM 流速 (cm/s)

d : 管内径 (cm)

$$\lambda = \Delta P \cdot d \cdot 2g / \gamma \cdot l \cdot v^2 \quad (4-4)$$

ここで

λ : 管摩擦抵抗係数 (-)

ΔP : 直管部圧力損失 (gr/cm²)

l : 直管部長さ (cm)

γ : 比重 (gr/cm³)

g : 動力加速度 (cm/s²)

図10によりレイノルズ数(Rea)と管摩擦抵抗係数(λ)の間には式 (4-4) のニュートン流体の層流域において見られる関係が成立していることが判る。

$$\lambda = 64 / Rea \quad (4-5)$$

以上により COM の配管流送は、石炭銀柄、添加剤

図10 レイノルズ数 (Rea) と管摩擦係数 (λ)

銘柄, 石炭濃度, COM 温度に拘わりなく, COM の物性として

密度 (ρ)

粘度 (η)

剪断応力降伏値 (τ_y)

を把握することにより圧力損失の算出が可能となり, これに伴ない配管サイズの選定, ポンプ吐出圧力の決定が可能となる。

④ 配管設計時の留意点

COM は添加剤で安定性を持たせているものであるがそれのみでは完全でなく, 沈降分離が生じる。このためスラリー配管としての設計が必要となる。特に立上り管および, ドレン管, バイパス管など長期使用しない管は閉塞させないよう考慮する必要がある。

また重油に比べて粘度が高いため, 配管を加熱, 保温すること, 温度計, 圧力計, 流量計, 密度計, 弁なども詰りや摩耗を考慮した設計をする必要がある。

⑤ ポンプ性能

2軸のスクリーポンプおよび遠心ポンプにおけるCOMと#90タービン油または清水のポンプ性能の比較を図11～図14に示す。ポンプ特性についての考察を述べると,

① 2軸スクリーポンプ

(a) ポンプ効率

- タービン油の効率に比べ石炭濃度50wt%のCOMでは約20%低下する。

図11 2軸スクリーポンプ性能試験結果 (50/50 COM)

- ポンプ定格全圧力 (5kg/cm²) におけるポンプ効率は, 石炭濃度が高くなることにより低下する。
- ポンプ効率は石炭濃度, 添加剤銘柄, COM 温度にかかわりなく, COM 粘度の影響を受け粘度が低下すると共に高効率となり, ある値で飽和する傾向がある。

(b) 吐出量

- ポンプ吐出量は石炭濃度, 添加剤銘柄, COM 温

図12 2軸スクリーポンプ特性曲線 (#90タービン油)

図13 遠心ポンプ性能試験結果 (50/50 COM)

図14 遠心ポンプ特性曲線（清水）

度にかかわりなく、COMの粘度の影響を受け粘度が低下すると共に吐出量も低下する傾向を示す。これはポンプスクリー間からリークが増大することによるものと推定される。

(c) 軸動力

- ・ポンプ定格全圧力のとき #90 タービン油 (27℃) の軸動力は、COMの粘度を低下した延長線上にプロットされ、軸動力は粘度により決定されるものと予想される。

② 遠心ポンプ

(a) ポンプ効率

- ・清水の効率に比べ石炭濃度 50wt% の COM では約50%低下する。
- ・ポンプ仕様吐出量におけるポンプ効率は石炭濃度が高くなることにより低下する。
- ・ポンプ効率は石炭濃度、添加剤銘柄、COM 温度にかかわりなく COM 粘度の影響を受け粘度が低下すると共に高効率となる。また粘度が高くなることによる効率の低下の様子は2軸スクリーポンプに比較して大きい。

(b) 全揚程

- ・全揚程も清水の場合と比較して低下し温度上昇と共に高くなる傾向があるが粘度による定量的な傾向はない。

(c) 軸動力

- ・COM 温度の低下および石炭濃度の増加は軸動力を増加させる。粘度と軸動力との間には定量的な傾向がある。

・清水 (8℃) と比較すると 1000 cp の COM の定格吐出時の軸動力は 2 倍以上となる。

2 軸スクリーポンプ、遠心ポンプ共 COM のハンドリングは可能であるが、ポンプ性能の低下がかなりある。したがって COM 用のポンプを選定する場合は清水などに較べて十分な余裕を持たせると共に、耐摩耗性の材質などを考慮して選定する必要がある。

4.2 船舶輸送

COM をタンカーにより海上輸送する際には、推進機や波による船体運動によって COM にエネルギーが与えられることとなるが、COM のような分散系ではエネルギーの掛け方で分散構造が複雑に変化し、場合によっては安定性の悪化、沈降分離の促進という COM システム上好ましくない結果となる可能性もあるので、その影響を把握しておく必要がある。COM の安定性に大きな影響をおよぼす船体運動としては、運動の加速度とその頻度の大きなものという観点から次の3つの運動がある。

- ① 推進機による船体の上下振動
- ② ピッチング運動・ヒービング運動による船体の上下運動。
- ③ 船体の動揺運動

現在は模型試験装置によって上記運動が COM の安定性に及ぼす影響が判明している。

① 推進機による船体の上下振動の影響

推進機による振動の条件としては、実船では振動の周期が 600 CPM・加速度が 0.05g 程度である。加速度の大きさによる影響、振動単味の影響、安定性の差による影響を調べるために加速度を 0.05g と 0.2g、振動と静置、安定性の良好な COM と悪い COM と条件を変えて模型船倉底部付近の石炭濃度経時変化を調べた結果を図15、図16に示す。

いずれの場合も振動試験の結果と静置試験の結果はほぼ同一であり、推進機による船体の上下振動が COM の安定性におよぼす悪影響はきわめて小さい。

図15 振動試験における COM の安定性 (COL 安定性良好な場合)

図16 振動試験における COM の安定性
(COM の安定性が不良な場合)

② ピッチング運動・ヒービング運動による船体の上下運動の影響

船体上下運動の条件は波浪の条件に支配されるが、それによって引起こされる船の上下運動の加速度とその頻度を図17に示す。実船と同じ加速度および頻度を模型でCOMに与えることは不可能である。COMの安定性は加速度の大きな場合により大きな影響を受けると考えられ、船が悪海象の領域に突入した場合の状況を考え、加速度0.5g、周期6CPMの上下運動をCOMに与え、安定性を静置試験の結果と比較し、図18に示す。上下運動により安定性がかなり低下していることが分かったので、この状況を詳しく調べた結果、安定性が悪くなり、底部に沈降層の発生が明らかに認められるのは、振動時間が50Hr以上になってからである。実船の船倉高さでは沈降層厚が大きくなる可能性があるため積荷高さを1.7mと7.8mに変えてテストしたが、沈降層厚に対する積荷高さの影響は少ない。またこの沈降層厚はCOMの静置安定性が良好なものは小さくなることが判明している。

③ 船体の動揺運動の影響

図17 上下運動の加速度とその頻度

図18 上下動試験における COM の安定性

実船の動揺運動と運動の加速度を同一にすることとし、式(4-6)により条件を算出する。

$$T_s/\sqrt{L_s} = T_m/\sqrt{L_m} \quad (4-6)$$

ここで

T: 運動1サイクルに要する時間

L: 代表寸法

Suffix: S=実船, M=模型

通常 $T_s=15$ sec 程度であるから模型比を $1/20$ とし $T_m=3.4$ sec とした。なお動揺の振幅は片振幅 20° で一定とした。

安定性が悪いCOMを船倉に積荷して2週間放置し

図19 安定性が低下したCOMに対する動揺運動の影響

船底部に沈降層が発生した状態で船倉に動揺運動を与えて内部の濃度変化を調べた結果を図19に示す。この結果動揺運動によって船倉底部に沈降分離している COM は攪拌されて船内濃度が均一化される傾向がある。つまり動揺運動は海上輸送中 COM の安定性を向上する作用を有する。

④ 船舶輸送の考察

上記により各船体運動の COM 安定性に与える影響がおおの把握できたわけであるが、上下運動が悪影響を、動揺運動が良い影響を与えるとして反対の効果を持つ結果となっている。実際の船舶輸送時にはこれらの運動が同時に COM に働くわけであるが、静止状態で長期間安定な COM は動的運動下においても安定であり、船の航海中の安定性についても特別な事故が無い限り大きな問題は生じないと考えられる。しかし沈降を全く生じないわけではないので実際には船倉のクリーニングを行なう装置を設けると共に、温度が低下して粘度が高くなり荷役に支障をきたす対策として2重船底や加熱装置など COM 用に設計したタンカーが必要となる。

5. 貯 蔵 技 術

COM は重油中に固体である微粉炭をサスペンションさせたものであるから、よほど特殊な形態をとらない限り、いつかは沈降分離してしまうはずである。そのため助剤として安定剤を添加し、ある特殊な分散系を構成させ安定状態を補っているわけであるが、安定剤の性能にも限りがあり、COM を経済的に成立させるためには安定剤の添加量に限界があるわけである。そこで、長期的に貯蔵される COM の貯蔵装置内での安定を助けるために、安定剤で補えない部分を機械力や COM の物性の利用により補う必要が生じてくる。

5.1 機械力による安定性の補完法

一般的に機械力で分散を補うには、攪拌機による攪拌が考えられるが、COM のような分散系では前に述べたようにエネルギーの掛け方で安定剤によって作られた分散構造が変化する事があり、その結果安定性が失われる事もあり注意が必要である。また攪拌に要するエネルギーも、沈降防止を目的として連続攪拌したのでは、COM の粘度が高いために莫大な動力を必要とする。効率的な攪拌方法として、静置3日、攪拌3日という運転モードでの沈降防止攪拌動力は 0.1 kw/m^3 という結果であり、静置期間を長くすることにより動力低減を図ることが可能であるが、この場合、安定性との関係で十分コストを比較検討する必要がある。

5.2 COM 物性を利用した安定性の補完法

単一粒子の液中での沈降速度はストークスの式によることが知られているが、この中で粒径の方は前に述べた

ように製造時の経済条件によって決定されているが粘度は温度により変化可能であり、粘度を変化させて安定性を高めることは可能である。しかし石炭濃度や添加剤により最初から粘度を高くセットすることはハンドリング上問題があり、また COM の温度-粘度特性は低温になると粘度の変化幅が大きくなる傾向にある事や、COM の熱伝導率が油に比して数分の一である事など技術的経済的に自ずと適当な値に落ち着くものとみられ、これらも大きな変化幅を許すわけにはいかないものとなる。

以上により決定的な COM の貯蔵方法はなく、実機においては製造技術との関連性も考慮しつつ、タンクの大きさ、適用状態により、たとえばサービスタンクは小容量で受払いの頻度も高いため攪拌機を取付けての全容積攪拌方式を、短中期のストレージタンクは攪拌機間欠運転など即移送可能な温度での貯蔵方式を、さらに長期貯蔵の大容量ストレージタンクでは COM 物性を利用し低温高粘度での長期安定貯蔵方式を採用するなど、おおの目的に合致した経済性の高い貯蔵方式とすることが必要と思われる。

5.3 加熱保温装置

通常の重油タンクなどに使用されるボトムヒータは沈降防止上悪い影響を与える。COM のような流体に対しては一般的な攪拌における邪魔板の効果は全く望むことができず、むしろ攪拌効果を大きく減衰させてしまう。この点を考え、加熱方式としてはボトムヒータ型式のものとは避けるべきと思われ、外熱式かあるいはタンク内壁に沿ったものを設置すべきである。また COM については対流伝熱を望めない物質であるため、機械攪拌による強制的な伝熱効果がなくなるとボトムヒータの総括伝熱係数 (U 値) は COM そのものの熱伝導率に支配されることとなって大きな低下をもたらす。50m³ のテスト結果、U 値を概略まとめるとスチームは $65 \sim 50 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ 、温水は $50 \sim 40 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ となった。またサクシオンヒータでの U 値は循環流量によって変化し $6 \text{ m}^3/\text{h}$ のとき $150 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ 、 $10 \text{ m}^3/\text{h}$ のとき $160 \text{ kcal/m}^3 \cdot \text{hr} \cdot ^\circ\text{C}$ となった。

タンクより外部への放散熱量は COM と外気との温度差が 60°C を超えると急激に上昇する結果となっている。したがって温度差は MAX 60°C ぐらいに押えて設計するのが経済的である。

また COM は温度の制御に注意が必要でタンク側壁および天井部には保温が必要である。

5.4 タンク部材の腐食について

COM 用貯蔵タンクに使用すると想定される3種類の鋼材 (SS-41, SM41B, SPV50) をタンク内に取付けてテストした結果 COM が鋼材におよぼす腐食性の影響は無視し得るものと考えられる。

6. 燃 焼 技 術

COM は製造後より流体として取扱うことを主眼としており、最終の燃焼においても重油バーナに近いものもしくは重油バーナ兼用の COM バーナにて燃焼させることが必要である。COM はその素材が石炭と重油でありどちらも別個に燃焼させる技術はすでに確立されているが、COM として燃焼させるためには新たな技術が必要とする。COM 燃焼上の問題点を列記すると下記のごとくなる。

- ① アトマイザでの COM の霧化
- ② アトマイザの COM による閉塞
- ③ バーナチップの耐摩耗性
- ④ COM の燃焼特性
- ⑤ 排ガスおよび灰性状

6.1 アトマイザでの COM の霧化

重油の燃焼はアトマイザにて霧化して行なわれるが、良好な霧化のためには重油の粘度が 20 cst 以下となるように昇温する必要がある。COM の粘度は重油をそれに比して10数倍も高く、20 cst まで粘度を下げるためには温度-粘度曲線によると約 300°C 昇温せねばならない。

しかしこれまでの燃焼試験で COM 温度を変化させて霧化の程度を調べた結果 90°C 程度で良好な霧化が得られており、これは COM 用重油の粘度が 20cst 以下に低下する温度とほぼ合致している。この理由は液体の霧化は液体の表面張力に影響を受けるが、石炭と混合されても、表面張力はほとんど影響を受けないためだと思われる。この結果 COM の良好な噴霧に要する温度は COM を構成する重油自体の良好な霧化に要する温度以上であれば十分であることが結論づけられた。さらに COM の場合は同一温度での重油単味の噴霧粒子より微細な噴霧となっており、この理由としては COM 中の石炭粒子の慣性が大きく、噴霧粒子の分裂に寄与しているためと思われる。

6.2 アトマイザの COM による閉塞

COM の製造システムにもよるが、COM 中には最大粒径 0.3mm 程度の石炭粒子を 1%前後含んでおり、安定な燃焼を計るためには細い通路を多く有するアトマイザの中での詰り回避の条件を把握しておく必要がある。

通油孔径を変化させて噴霧テストを実施した結果、COM の安定燃焼および石炭粒子による目詰り防止上 3mmφ の孔径を必要とすることが判明している。しかしこの結果は COM 中の最大粒径の石炭粒子を分級器などでカットするなどの対策を講じることにより変わってくると思われる。

6.3 バーナチップの耐摩耗性

標準的な COM 中には 200メッシュ通過70%程度の石

図20 バーナチップ硬さと摩耗度

炭微粉が重量で約50%含まれておりこれをバーナから噴霧する際に、長期間ではバーナチップの摩耗が懸念される。このためバーナチップの硬度を変えてテストを実施した結果、図20に示す関係が得られた。ただし、テスト期間も短く、温度条件なども実缶と異なるため、実缶において長期間燃焼し確認する必要がある。

6.4 COM の燃焼特性

① 着火性

火炎の着火性は重油燃焼時のそれと比較して遜色なくきわめて安定である。これは霧化が同一温度の重油単味のそれよりも良いこと、および COM 中の石炭に付着した油がまず燃焼するためだと思われ、COM が不活性の石炭の利用にも有効である事を示している。

② 火炎形状

着火部領域の火炎は重油火炎のそれに似ているが、火炎後流部は微粉炭燃焼の特有のくすんだ透明度の低いにごったガス状を呈する。付着重油より揮発分、固定炭素へと順次燃焼が移行してゆくため長炎化する傾向にある。

③ 火炎温度

温度の絶対値は重油火炎に比べ大差はない。

④ 燃焼量変化特性

バーナ燃料供給圧力に対する燃料流量の追従性はほぼ二次曲線状の傾向を示す。ただし、燃料粘度の差異から重油専焼時に比較して同じ燃料圧力を探っても COM 流量の方が少なくなる。

⑤ 空気比変化特性

低空気比の領域では燃焼が緩慢となり、全体に燃焼反応が遅くなる。このため、NOx 発生量のピークとなる

空気比は重油専焼時に比較して大きくなる傾向にある。

6.5 排ガスおよび灰性状

COM では原料石炭中の固定窒素分が多いため重油の燃焼に比較して NOx 発生量が全体に 100 ppm～200 ppm 増える傾向にある。

石炭火力の排煙脱硝技術も実用化されつつあるが、窒素酸化物の排出は世界でも厳しい規制が敷かれており、SOx と合わせ、これに対応するため石炭より重油に燃料転換した発電所も多い。また重専火力はコンパクトに設計されており、排煙処理装置の設置スペースの無い発電所もある。今後 COM 需要を拡大してゆく上で燃焼改善による低 NOx 燃焼法の開発は非常に重大である。

① 2 段燃焼による NOx 低減効果

一般に燃料中の N 分の多い石炭や重質油では、2 段燃焼によるバーナ空気比減少手段は NOx 低減に有効であ

図21 2 段燃焼用空気量と NOx 排出濃度との関係

図22 排ガス再循環量と NOx 排出濃度との関係

る。ボイラメーカーの異なる各種バーナを使用しての COM の 2 段燃焼テストの結果を図21に示す。この図から分かるように 2 段燃焼のみにより 2 段燃焼空気割合 11 %にて 160ppm～190ppm, 低減率18%～35%, 空気割合 17%にて 125ppm～150ppm, 低減率36%～50%と COM 燃焼においても 2 段燃焼法が NOx の低減に有効であることが確認された。

② 排ガス再循環による NOx 低減効果

排ガス再循環による NOx 低減法は主に Thermal NOx を低減させるものである。COM で排ガス再循環法による燃焼テストの結果を図22に示す。本図ではバーナにより NOx 低減効果が大きく異なっているが、この原因としては、テスト条件の相違や、バーナ自体が Thermal NOx 低減を狙って設計された NOx バーナであることによる効果の違いと思われる。

③ 2 段燃焼と排ガス再循環の併用による NOx 低減効果

2 段燃焼と排ガス再循環とを併用した場合のテスト結果を図23に示す。併用することにより COM 燃焼時の NOx レベルを 200ppm 以下に低減できる。

④ 灰性状

COM 燃焼テストにおける灰中の未燃分は 3～5 %程度と十分許容できるものである。またマルチクロン灰は白く、バッグフィルター灰は黒味を帯びており、重油灰の割合が多い事によるものと思われる。

以上のごとく COM 燃焼に関しては重油バーナ兼用のバーナで噴霧燃焼が可能となり、公害対策として重油と同様に 2 段燃焼、排ガス混合といった NOx 対策が有効であり、またバーナチップに耐摩耗性材料および硬化処理を行なうことにより COM 用のバーナチップとし

図23 2 段燃焼と排ガス再循環併用と NOx 排出濃度との関係

て実用化が可能であることが確認できている。この他 SO_x については低S分石炭、重油を使用したとしても、重油相当S分で0.4%以下のCOMは得られないと判断しており、したがって規制が0.4%以上であれば良いが、それ以下であれば、排煙脱硫設備の設置が必要となる。また、灰分についてはCOM物性の項で述べたごとく、石炭および重油中の灰分がそのまま出て来るわけで、独自に、もしくはこれから建設されるであろう集中灰捨場により対処する必要がある。

7. COM 技術実用化への動き

7.1 日本政府側の動き

① 科学技術庁

科技庁は、日本の科学技術開発の基本方針を担当する部門であるが、ここに所属する資源調査会は、78年以来、約2年の時間を費して79年末に「エネルギー経済からみたCOM燃料技術の評価に関する調査」と題する報告書を公表した。このレポートには、一試算として、COM燃料の将来の消費見通しを算出している。もとより将来のCOM需用の動向は、石油情勢如何により極めて不確定であるが、日本に於て、電力、鉄鋼、セメントおよび一般産業用ボイラの各分野にわたり、ある数字が算出されたことは注目されてよい。

② 通産省

産業政策の実行機関である通産省は80年度より、石油代替エネルギーへの転換を本格的に進めようとしている。その中に、至近年度に有効な対策を講じ得る技術としてCOMが取り上げられている。

具体的には、COM技術実用化に必要な各種の実証試験に対する補助金または委託金と云う形での予算化が進められており、その中には、電力としては、電源開発が実施する実証試験、鉄鋼としては、住友金属が実施する試験がある。その他、セメントキルン、産業用小型ボイラに関する試験も検討されている。

7.2 民間企業の動向

日本の企業で実際にCOMの研究開発を行っているのは先に述べたように電力の電源開発と、鉄鋼の住金であるが、最近の石油情勢を反映して、各産業界のCOMへの関心が高まっており、それぞれの立場での検討が始まっている。これらの業種としては、電力：主として既設重油焚き火力のCOM転換、鉄鋼：高炉への吹き込み重油のCOM転換、一般産業：セメントキルンへのCOM適用、その他産業用小型ボイラ等が挙げられる。

7.3 鉄鋼業界におけるCOMの研究開発

過去には、新日本製鉄、および神戸製鋼で、COM吹き込みテストが行われたことがある。現在進行中の住友金属工業による試験は、78～79年に鹿島工業地域内の波崎研究センター構内で、配管ループによるCOM輸送特性試験と、45m³の容量を有する高炉下部実験炉によるCOM吹き込み試験（COM吹き込み量、300kg/h）が行われている。80年以降は、実炉によるCOM吹き込み試験が行われる予定である。

7.4 電源開発による研究開発の現況

図24に研究開発のスケジュールを示す。

① 微粉COMの現況

Step Iの実験室規模試験は76年10月より77年6月まで行い、成果を得て、Step IIへ進んだ。

Step IIのパイロットプラント試験は77年秋より建設に入り、78年3月より80年3月まで試験を行ない成果を得た。このパイロットプラントは、長崎市の三菱重工の研究所構内に設置され、COM製造容量は1t/hである。

図25に、そのフローダイアグラムを示す。

Step IIの試験項目は、COM製造・調整・貯蔵、ポンプ配管輸送、船舶輸送、燃焼及び制御技術の6項目であり、次に主な成果を示す。

(i) COM製造・調整

湿式ミルの運転ノウハウ、極く少量の添加剤注入方法、均一分散等の充分なデータを得た。

項 目		年 度												備 考																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
		1976			1977			1978			1979				1980			1981																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
技 術 調 査		□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

図24 電源開発㈱の開発状況

図25 微粉 COM パイロットプラント概念図

(ii) COM 貯蔵

COM は C 重油に比べ、粘度が高く、熱伝達特性が悪いため、加熱、攪拌、払い出しについては、従来のタンクとは違った設計が必要ながことが判明した。

(iii) ポンプ配管

COM は高粘度のため吐出圧、容量は増大するが、遠心ポンプ、スクリュウポンプ等の従来型ポンプが使用可能である。

摩耗は、充分な Data が取れていないが、問題にならないと思われる。

ポンプ、配管設計に充分なデータは得られた。

(iv) 船舶輸送

COM 輸送船は、従来のタンカとは異った設計が必要ながことが判明した。

(v) 燃 焼

テスト炉による燃焼特性を把握し、設計し、耐摩耗性バーナチップを開発した。

(vi) 制御技術

流量計、圧力計等の基本的計測機器の開発を終了した。COM の品質管理用計器等は今後、更に行う必要がある。

7.5 微粉 COM 適用上の問題点

微粉 COM は、その実用化の主力が、既設重油燃焼設備の燃料転換であり、その対象は電力用ボイラのみでなく一般産業にまで広がる。

微粉 COM の実用化に当たっての問題は、電源開発が今まで開発して来た微粉 COM 技術に加えて、微粉 COM 供給基地、配給系の確立と、既設設備の改造がある。

① 微粉 COM 供給システム

日本における COM 供給システムの基本ケースは図 1 の通りであるが、既設設備の燃料を C 重油から COM

へ転換する場合には、既設設備の燃料受入設備を考えると、大型船舶は接岸不可能なので、国内 COM センターより小型 COM 船で、各消費地へ配給する方法が現実的である。この場合の概念図を図26に示す。日本国内に COM 製造センターを多数設置することは不可能なので、コールセンターに隣接して COM センターを併設することが、より経済的であると考えられる。

② 既設設備を微粉 COM に転換する場合の問題

産業分野によって、技術的問題は、若干異なると思われるが、発電所の場合の問題点を表 1 に示す。

(i) 灰捨場の確保

殆んど全ての既設設備は、灰捨場を確保していない。日本においては、集中灰捨場の建設により対処しなければならない。

(ii) SOx の問題

微粉 COM の場合、低 S 分石炭、重油を使用したとしても、重油相当 S 分で、0.4%以下の COM は得られないと判断している。従って、規制が 0.4%以上であればよいが、0.4%以下であれば、排煙脱硫設備の設置が必要となる。既設設備の場合、排脱の設置スペースが得られないので、この面から COM 転換可能な場所が制限される。又、排脱設備スペースがあったとしても、排脱設置は費用がかかるので、COM 転換は経済的でなくなる。

(iii) NOx の問題

最近、燃焼改善技術が非常に発達してきたので、大部分の場合は、バーナの改造等より対象可能と考える。排煙脱硝が必要な場合は、スペース、経済性が再び問題となる。

(iv) 集塵器

電気集塵器は、殆んどの場合、改造、強化が必要で

図26 COM 配送システムの概念

表1 既設重油燃焼設備微粉 COM 転換時の問題

原因物質	必要対策	問題点	対策
石炭中の成分	灰捨場確保	スペース・コスト	集中灰捨場，政府援助
	集塵器強化	コスト	イオナイザー他，新型集塵器
	ボイラ改造	コスト・ボイラ定格容量減少	原設計石炭焚ボイラは問題なし
	貯蔵タンク，配管改造	コスト	
石炭および重油中のS分	排煙脱硫装置	スペース・コスト	スペース確保は通常困難
石炭中のN分	燃焼改善	コスト	
	有触媒乾式脱硝	スペース・コスト	スペース確保は通常困難

あるが，この場合，スペース，費用は，比較的小さい。

(v) 貯油タンク，配管，ポンプの改造

微粉 COM のハンドリングが可能となる改造が必要である。

(vi) ボイラ本体の改造およびボイラ定格容量の減少

加熱器，再熱器，節炭器等の後部伝熱部のガス流速増加，灰分増加によるアッシュカット対策，火炉負荷変化等によりボイラ定格容量の減少が起る可能性があるため，スーツブロウ増設，アッシュプロテクション対策が必要である。

また，火炉ボトム，節炭器，AH ホッパーよりの灰出しも重要な改造である。

以上の事から，微粉 COM 転換可能な設備は限定される。

なお，セメントキルン，高炉の場合，上記の制限条件は緩和される。

7.6 微粉 COM 実証試験計画

7.5 節で述べたように微粉 COM の実用化に当っては諸々の問題がある。そこで，これらの問題を解決し，実証を行うための試験が現在計画されている。基本計画を表2に示す。

(i) 250 MW 石炭焚きボイラによる実証試験

この場合，全体スケジュールとの関連で，発電所構内で微粉 COM を製造する。

表2 実証試験基本計画

	設 備	試 験 概 要	ス ケ ジ ュ ー ル						
			79	80	81	82	83	84	85
石炭焚設計 ボイラによる 実証試験	250MW 石炭焚設計 ボイラ 蒸発量 810t/h	(1) スケールアップ 確認テスト (2) パーナ2本長期 耐久性テスト	設計	製作据付 テスト					
重油焚設計 ボイラによる 実証試験	350MW 重油焚設計 ボイラ 蒸発量 1115t/h	(1) 可能最大COM混焼 量までのテスト (2) COM preparation Centerの設置	設計	製作据付				テスト	

〔参考〕 各種燃料（重原油、微粉 COM、粗粒 COM、石炭）評価一覧表

項	目	重 原 油	微 粉 COM	粗 粒 COM	石 炭	備 考
大 項 目	小 項 目					
脱 石 油	石油/重原油比 (カロリー比) IEA 評価	0/100 新設禁止 (原則として)	40/60 ?	90/10 ?	95/5 OK	発電所の場合
燃 料 供 給	燃 料 供 給 供給の硬直性	製 油 所 小	油 > COM 石炭 > 製造所 中	炭 鉱 小	同左 小	LNG を大とする
立 地	燃 料 沖 取 り 灰 捨 場 容 量 総合立地条件	可 0 易	可 40 易	可 90 中	不 可 95 難	
大 気 汚 染	ばい塵 SOx NOx	小	中	大	大	
利 用 分 野	鉄鋼その他産業用 既設重油発電所の利用	可 —	可 可	不 可 不 可	不 可 不 可	高炉, セメント・キルン, 産業用小型ボイラ 日本の場合, 非常に制約 が多い
未 利 用 資 源	褐炭等未利用資源拡大	—	可	不 可	不 可	
経 済 性		中	中	大	大	将来の価格動向による
総 合 評 価		IEA 禁止	油寄りである が制約条件も 少ない	石炭に近く立 地条件を拡大 している	制約条件が多 い

図27 油焚設計ボイラー改造要領図

試験は二つに大別される。

第1は、パイロットプラントスケールから実用機スケールにスケールアップした装置によるトータルシステムの確認テストであり、この結果は、次の重油専焼設計ボイラの COM 転換テストで更にスケールアップする各装置の設計に反映される。

第2は、微粉 COM パーナ2本、約 10t/h の1年間長期連続運転試験で、これにより、COM が長期間、制御された状態で使用可能なことを実証する。

この試験は、81年の前半から82年にかけて行われる。

(ii) 350 MW 重油専焼設計ボイラによる実証試験

350 MW の重油専焼設計ボイラの必要な改造を行い、微粉 COM 実証試験を行う。この場合微粉 COM は別

な場所に設置される 微粉 COM 製造センターより船輸送により供給される。

この試験では、Low ash Low sulfur COM, Medium ash Medium sulfur COM および High ash High sulfur COM の3種類の COM に対する焼燃特性、アッシュトラブル、ボイラ定格容量減少のない COM の投入限界、COM 特性等についての試験を行う。

この試験は、83、84年の2年間を想定している。

図27に、重油専焼設計ボイラの改造要領を断面図で示す。

以上の COM 実証試験データは、日本のみならず、世界各国における既度重油専焼火力発電所の微粉 COM 転換に有用なデータを提供するものと確信する。