

石炭の脱灰技術とその実用化

Deashing of Coal by Oil Agglomeration and its Application

石油代替として重油専焼ボイラをCOMに転換するに際しては、石炭中の灰分を減少させる必要がある。その一方法として水中脱灰造粒法を開発した。そして、ベンチスケールでの実験に引き続き、1.4t/hのパイロットプラントを設置して、2年間にわたり試験研究を行なった。この検討結果、高速かくはん及び低速かくはんを組み合わせた造粒方式により脱灰率50%、石炭の回収率98%以上の脱灰造粒炭が得られた。更に、排水の循環・再利用や高流動点重油による脱灰造粒性を確認のうえ、電源開発株式会社は資源エネルギー庁の委託を受けて竹原火力発電所に10t/hの脱灰造粒炭製造装置を建設して、昭和59年度から運転を開始することとなった。

なお、この水中脱灰造粒法は、石炭を水スラリーとしてパイプライン輸送を行なった後、石炭と水を分離し、石炭を回収する場合にも応用できる。

中大路和彦* Kazuhiko Nakaôji

中村陽一** Yôichi Nakamura

室井克美*** Katsumi Muroi

1 緒言

電源開発株式会社では、石油代替の一環としてCOM(石炭・油混合燃料)を開発し、竹原火力発電所1号機(石炭専焼)で、実缶燃焼試験を行なってきた¹⁾。一方、重油専焼ボイラでのCOM転換技術を確認するためには、COM中の灰分を減少させることが必要となり、石炭の脱灰技術の開発が要求された。すなわち、石灰中に含まれている灰分は、ボイラ伝熱管の摩耗の原因となるので、極力少ないことが望まれる。特に、重油専焼に設計されたボイラの場合には、脱灰炭を用いてCOMを製造する必要がある。この問題点があるため、従来COMの適用は、石炭だきを重油だきに転換したボイラ、又はあらかじめ石炭だきを考慮のうえ、重油だきとして設計されたボイラを対象とするのが普通であった。

石炭の灰分を除去するための水中造粒法は、微粉炭・水スラリーに結合剤として油を加え混合・かくはんすると、揮発分と固定炭素から構成される石炭分と灰分の油及び水に対するぬれの差により、灰分粒子は水中に分離され、石炭分は油を結合剤として凝集し、粒状物となる特性を利用する方法で、高い脱灰率が得られるうえ、ほぼ100%に近い石炭分の回収ができる点が大きな特長である。

電源開発株式会社では、この脱灰プロセスを日立製作所と共同で開発し、電源開発株式会社のCOM実験場に1.4t/hのパイロットプラントを建設して、昭和56年から2年間にわた

て試験研究を実施して、実用化へのめどをつけた。

なお、このパイロット試験には、スラリー調整を川崎重工業株式会社が、脱灰造粒炭を解砕し、重油と混合してCOMを製造する試験を月島機械株式会社が、排水処理関係を住友重機械工業株式会社が、脱灰COMの評価試験を三菱重工業株式会社がそれぞれ担当した。添加剤メーカーとしては、花王石鹼株式会社、ライオン株式会社、日本油脂株式会社、第一工業製薬株式会社及び株式会社ネオスが参画している。

引き続き、このパイロット試験結果を反映させて、竹原火力発電所に10t/hの脱灰造粒炭製造装置を建設し、昭和59年度から運転に入る予定となっている。

2 水中造粒法による石炭の脱灰

水中造粒法による石炭の脱灰は、図1に示すように、石炭中の石炭分と灰分の油及び水に対するぬれの差を利用して脱灰造粒する方法で、石炭・水スラリーに油を水ベースのエマルジョンの状態にして加え、かくはんして油を結合剤として石炭分を凝集、造粒させるとともに、灰分を水側に遊離させる方法である。したがって、石炭中の石炭分と灰分が分離できる程度まで石炭を細かく粉砕することが必要である。今回対象とした豪州炭の場合には、粉砕粒子の粒径とその中に残存する灰分量(限界残存灰分)との間には図2に示すような関

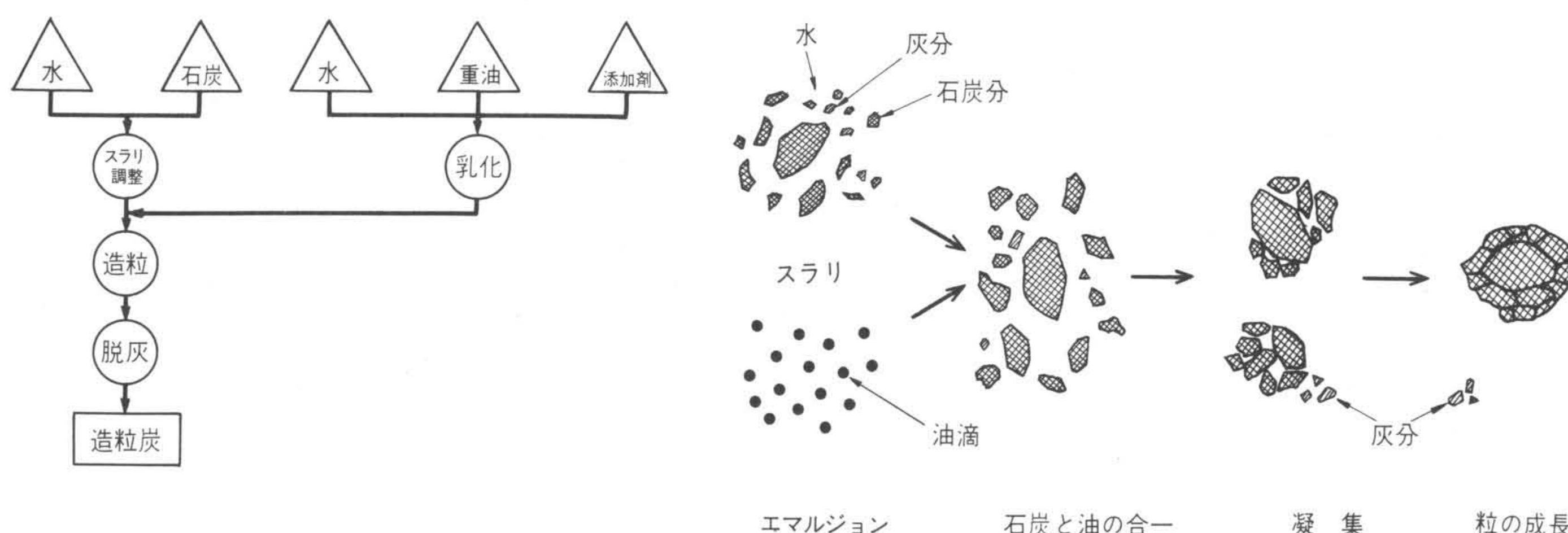


図1 水中造粒プロセスとそのメカニズム 石炭・水スラリーにエマルジョンを加えてかくはんすると、石炭分は油を結合剤として凝集・造粒されるが、灰分は水中にそのまま残るので脱灰した造粒炭が得られる。

* 電源開発株式会社 ** 日立製作所笠戸工場 *** 日立製作所機械研究所

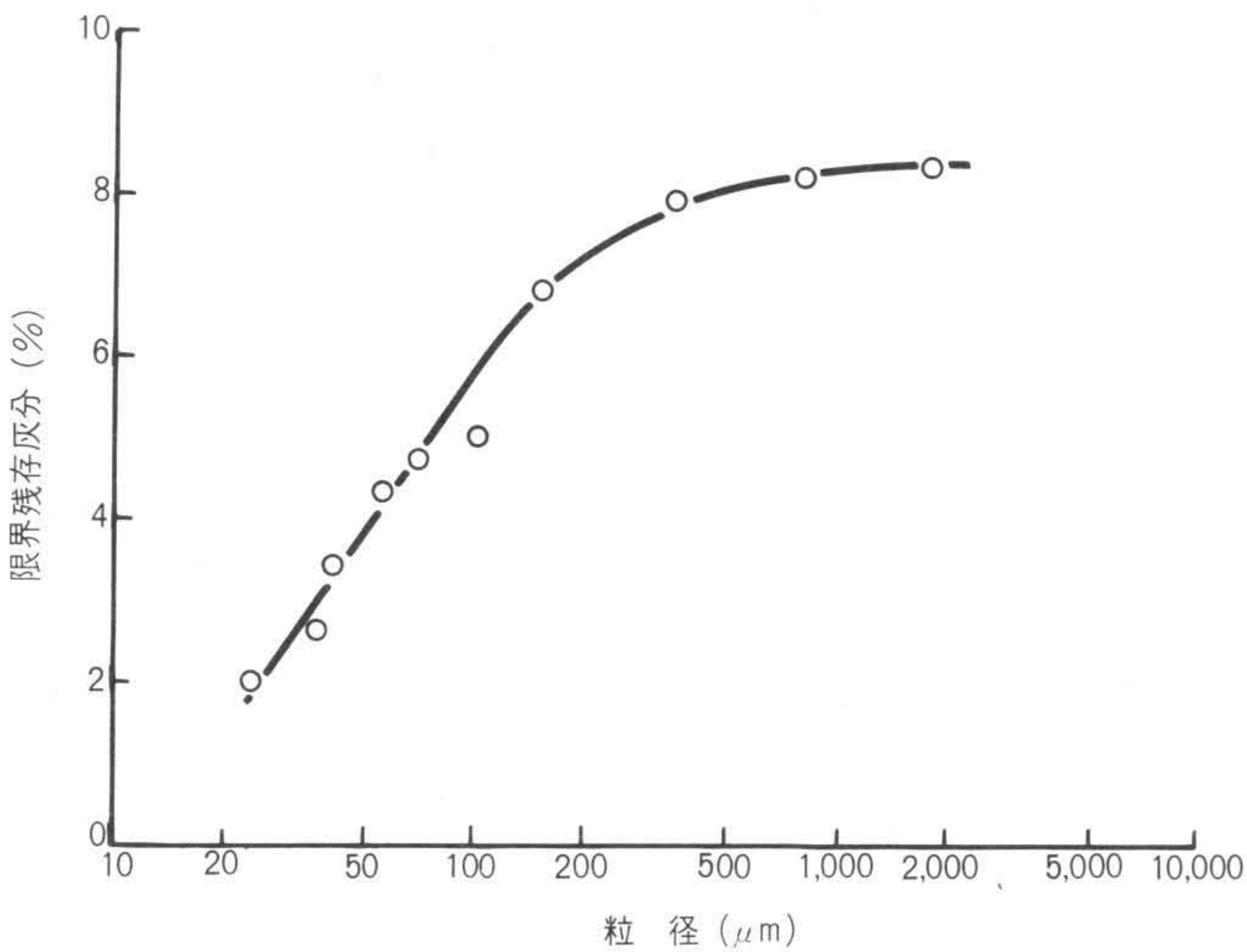


図2 限界残存灰分量と石炭の粒径の関係 遠心分離器を用いて豪州炭について求めたもので、脱灰の限界とみなされる。

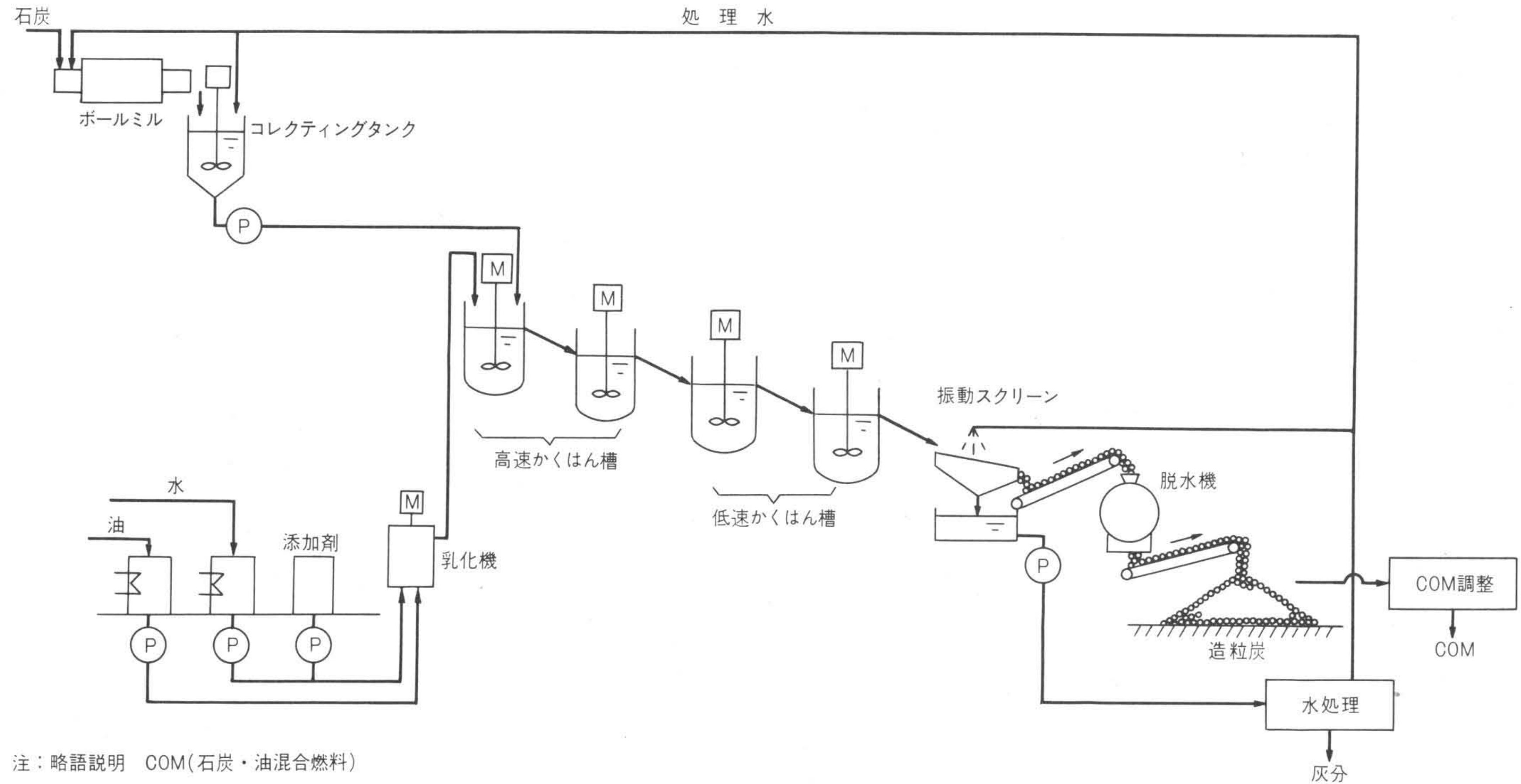
係がある。

COMに用いる場合には、石炭の粒度分布を微粉炭燃焼の場合と同様、200メッシュ(74μm)通過約80%にするのが普通で、この場合、限界残存灰分は約4%となり、この限界残存灰分に極力近づけた脱灰が要求される。

水中造粒法による石炭の脱灰では、石炭中に介在する灰分の状態によって脱灰率が変化する。数種類の一般炭について実験を行なったところ、脱灰率は30～60%の範囲であった。

3 パイロットプラント

昭和55年末、電源開発株式会社COM実験場内に設置したパイロットプラントのプロセスフローを図3に示す。石炭・水スラリの調整は既設のCOM用ミルを流用して実施した。更に、この脱灰造粒の後工程用としてCOM調整装置、及び排水処理



注：略語説明 COM(石炭・油混合燃料)

図3 パイロットプラントのフロー 排水は水処理後、再利用できるようにしてある。実証プラントでは低速かくはん槽を更に1槽追加してあるがフローの概要は同じである。

表1 パイロットプラントの仕様 脱灰造粒槽は、試験条件に合わせて最適な脱灰造粒を行なうため回転数を可変にしてある。

項 目		仕 様
脱灰造粒槽	高速槽No. 1	φ600, 700～1,350rpm, 15kW
	高速槽No. 2	φ600, 700～1,350rpm, 15kW
	低速槽No. 1	φ800, 100～250rpm, 5.5kW
	低速槽No. 2	φ800, 100～250rpm, 5.5kW
造粒炭回収スクリーン		500mm×1,500mm振動ふるい, 1.5kW
造粒炭脱水機		φ500, 水平バスケット形遠心脱水機
乳 化 機		ホモミキサ, 3,600rpm, 3.7kW
供給スラリ	石 炭	豪州炭 粒度：-200メッシュ(74μm)80%(標準)
	ス ラ リ	濃度：32%, 流量：2.2t/h(標準)
	温 度	50～60℃
造粒用結合剤		中東産重油, ミナス・ブレンド重油

装置を設置した。

このパイロットプラントの主な仕様を表1に示す。初年度は高速かくはん槽2槽の代わりに低速かくはん槽を設置し、低速かくはん槽4槽により脱灰造粒試験を実施した。その後、脱灰率を向上させるため、高速かくはん槽2槽を併設し、比較試験を行なった。図4に、このパイロットプラントの外観を示す。

供試炭は、豪州炭である。その性状を表2に示すが、燃料比が2.13とやや高いが、硫黄分の少ない良質な一般炭である。

造粒用結合剤としては、当初中東産重油を用いていたが、実証試験では低硫黄分のミナス・ブレンド重油を使用する計画であるため、両重油について試験を行なった。供試重油の性状を表3に示す。ミナス・ブレンド重油は、硫黄分が0.43%と少ないのが特長である。しかし、流動点が約40℃のため、脱灰造粒は50～60℃に加温した状態で行なう必要があった。なお、脱灰した造粒炭を用いてCOMを製造する場合には、造粒用結合剤に用いたものと同種の重油を追加する。



図4 パイロットプラント外観 高速かくはん槽と低速かくはん槽の組合せによって、脱灰率の高い良質な造粒炭が得られる。

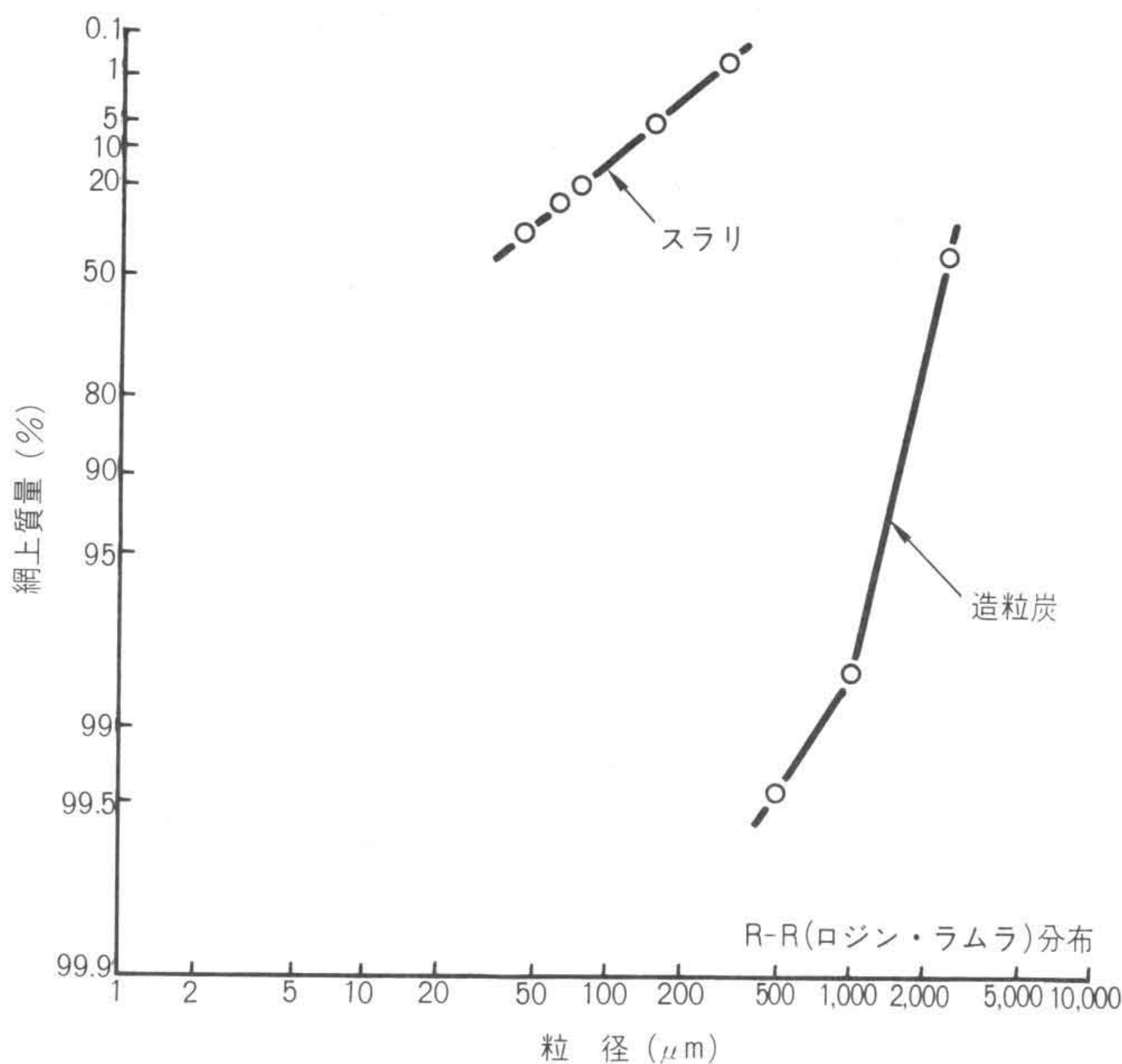


図5 スラリーと造粒炭の粒度分布曲線 供給スラリー中の石炭及び産出した造粒炭の粒度をロジン・ラムラ分布で表わしたもので、-200メッシュ(74μm)80%のスラリーから+500μm(振動ふるいの目開き)99.5%の造粒炭が得られている。

供給する石炭の粒度は200メッシュ(74μm)80%通過が標準で、図5に示す粒度分布であった。これを脱灰した造粒炭は同じく同図に示した粒度分布となり、500μm以下の粒子がほとんどなくなる。この造粒炭は目開き0.5mmの振動ふるいで灰分を含んだ排水と分離されるので、500μmよりも小さい造粉炭が存在すると、これらは排水とともに網下へ流下し回収されなくなる。振動ふるいの目開きを0.5mmとしたのは、同図から分かるようにスラリー中の粒子の最大粒径は約400μmであり、この大きさの灰分も存在すると考えられるためである。

図6は脱灰率とかくはんエネルギーの関係を示したもので、初期の低速かくはん槽4槽による造粒では脱灰率40%が限界であったが、高速かくはん槽2槽と低速かくはん槽2槽の組合せでは、脱灰率は平均56%と大きく向上した。ただし、石炭の回収率は99%から98%へと若干低下した。なお、かくはんエネルギーは25kWh/t-無水炭程度で十分であることが明らかとなった。

表2 供試炭の性状 豪州から産出される一般炭で、実証プラントに用いられる。硫黄分の少ない良質な炭種である。

項 目			分 析 値
発 熱 量			27.71MJ/kg(6,620kcal/kg)
全 水 分			23.4%
工業 分析	水 灰 揮 固	分	5.8%
		分	9.3%
		炭 分	27.1%
		素	57.8%
元 素 分 析	C H N S O 灰		75.2%
			4.4%
			1.5%
			0.3%
			8.7%
		分	9.9%
燃 料 比			2.13

表3 造粒用結合剤の性状 ミナス・ブレンド重油は硫黄分が少ないのが特長であるが、流動点が約40℃のため、脱灰造粒は50～60℃に加温された状態で行なわれる。

項 目		中 東 産 重 油	ミナス・ブレンド重油
発 熱 量		43.07MJ(10,290kcal/kg)	44.58MJ(10,650kcal/kg)
比 重	50℃	0.937	0.891
	70℃	0.924	0.878
粘 度	50℃	168mm ² /s(168cSt)	102mm ² /s(102cSt)
	70℃	63.6mm ² /s(63.6cSt)	38.5mm ² /s(38.5cSt)
成 分	C	85.7 %	86.1 %
	H	11.4 %	12.4 %
	N	0.23%	0.14%
	S	2.41%	0.43%
	O	0.3 %	0.9 %

脱灰率と原炭灰分量の間には図7に示す関係があり、原炭灰分の増加とともに脱灰率は向上する。

図8は造粒炭の全水分とかくはんエネルギーの関係を示すもので、全水分はかくはんエネルギーの増加とともに減少する。また、結合剤の影響については、流動点は高いが、50～60℃では中東産重油よりも粘度の小さいミナス・ブレンド重油のほうが、同じかくはんエネルギーで全水分の少ない造粒炭が得られることが分かる。

4 実証プラント

パイロットプラントによる試験結果を反映させて、竹原火力発電所に実証プラントが建設され、昭和59年度から運転に

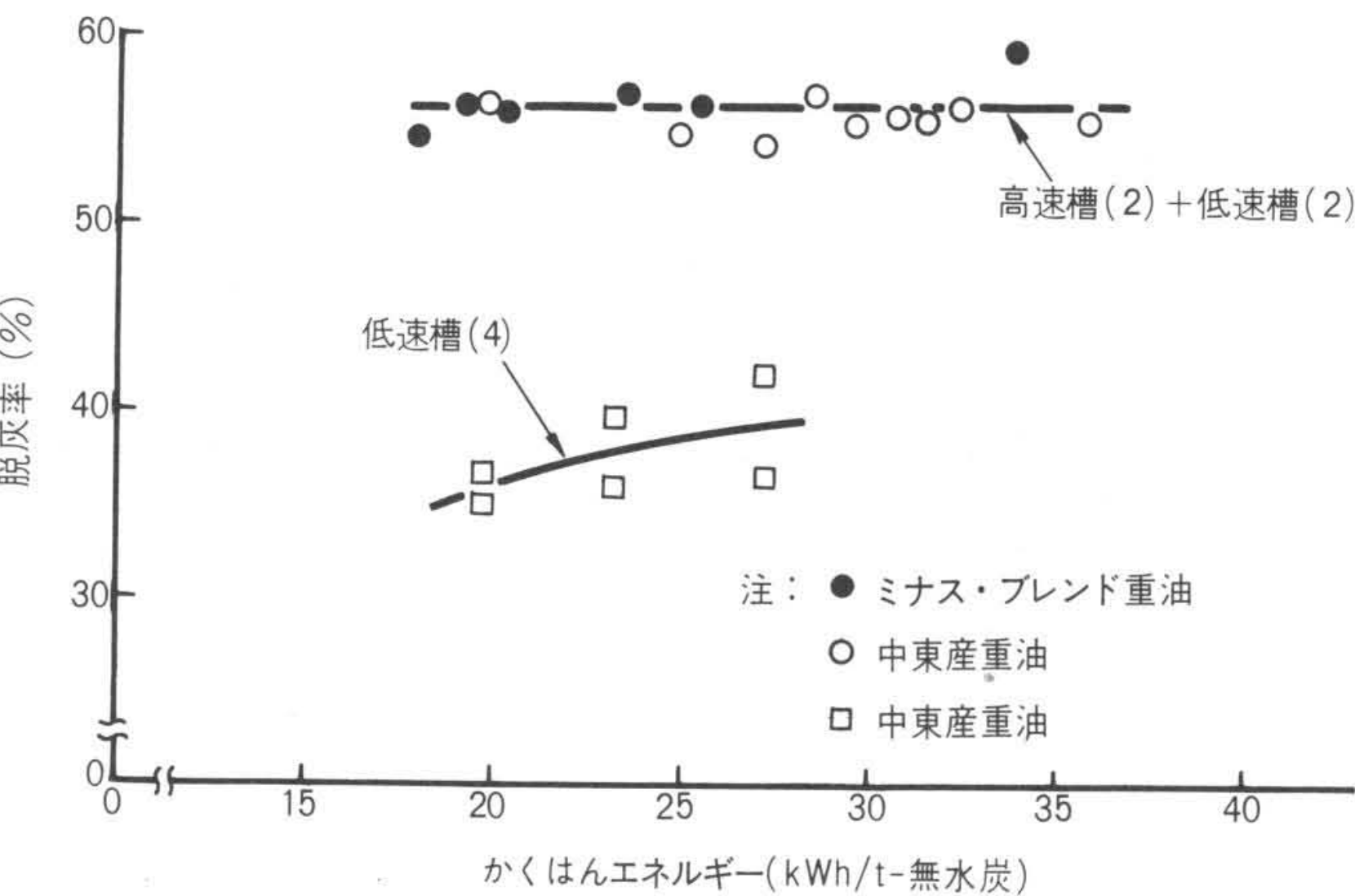


図6 脱灰率とかくはんエネルギーの関係 脱灰のため低速槽の代わりに高速槽を設けると、脱灰率は著しく向上する。

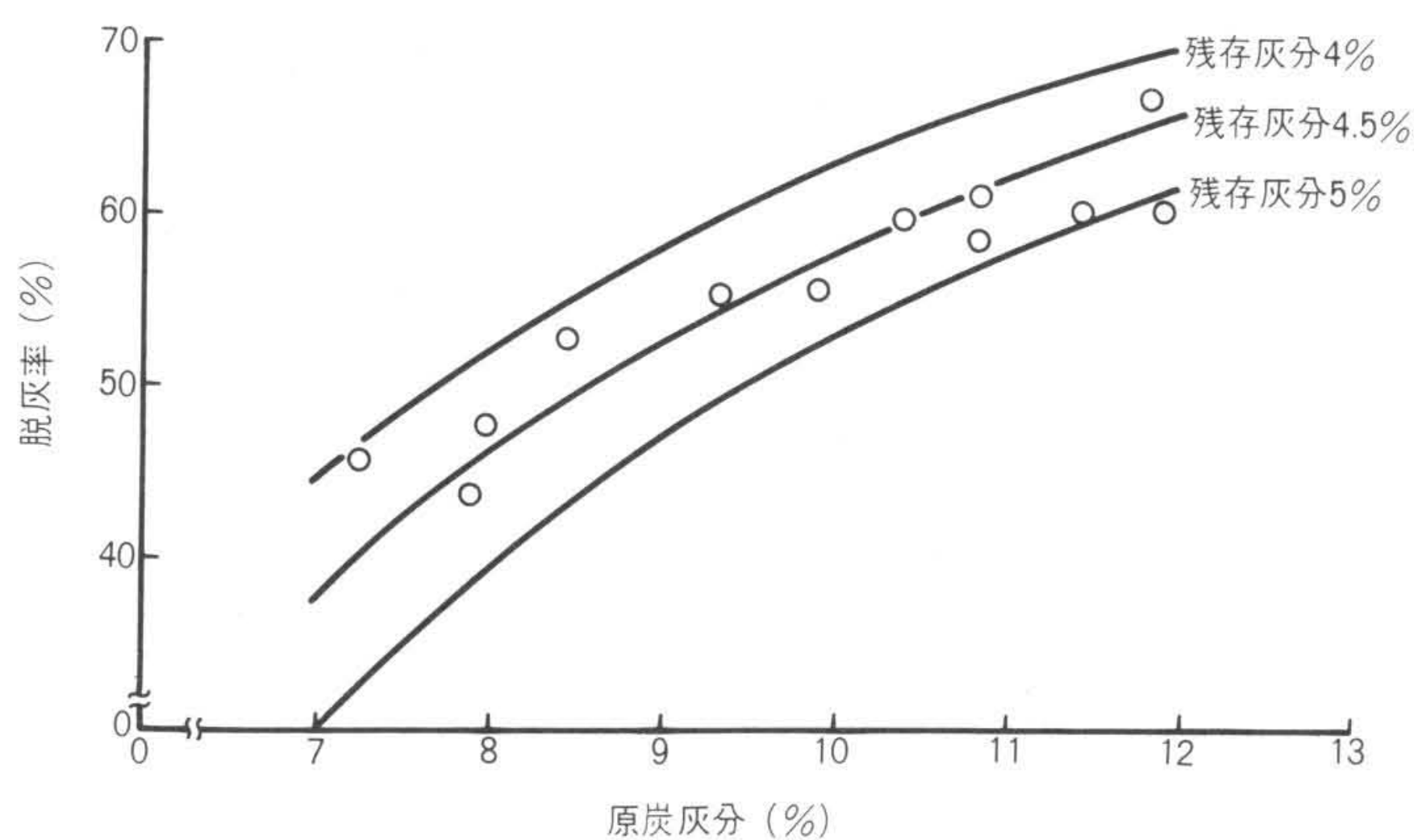


図7 脱灰率と原炭灰分量の関係 脱灰後の残存灰分は、原炭灰分量に関係なくほぼ一定なので、同一炭種の場合には原炭中の灰分が多いと脱灰率は向上する。

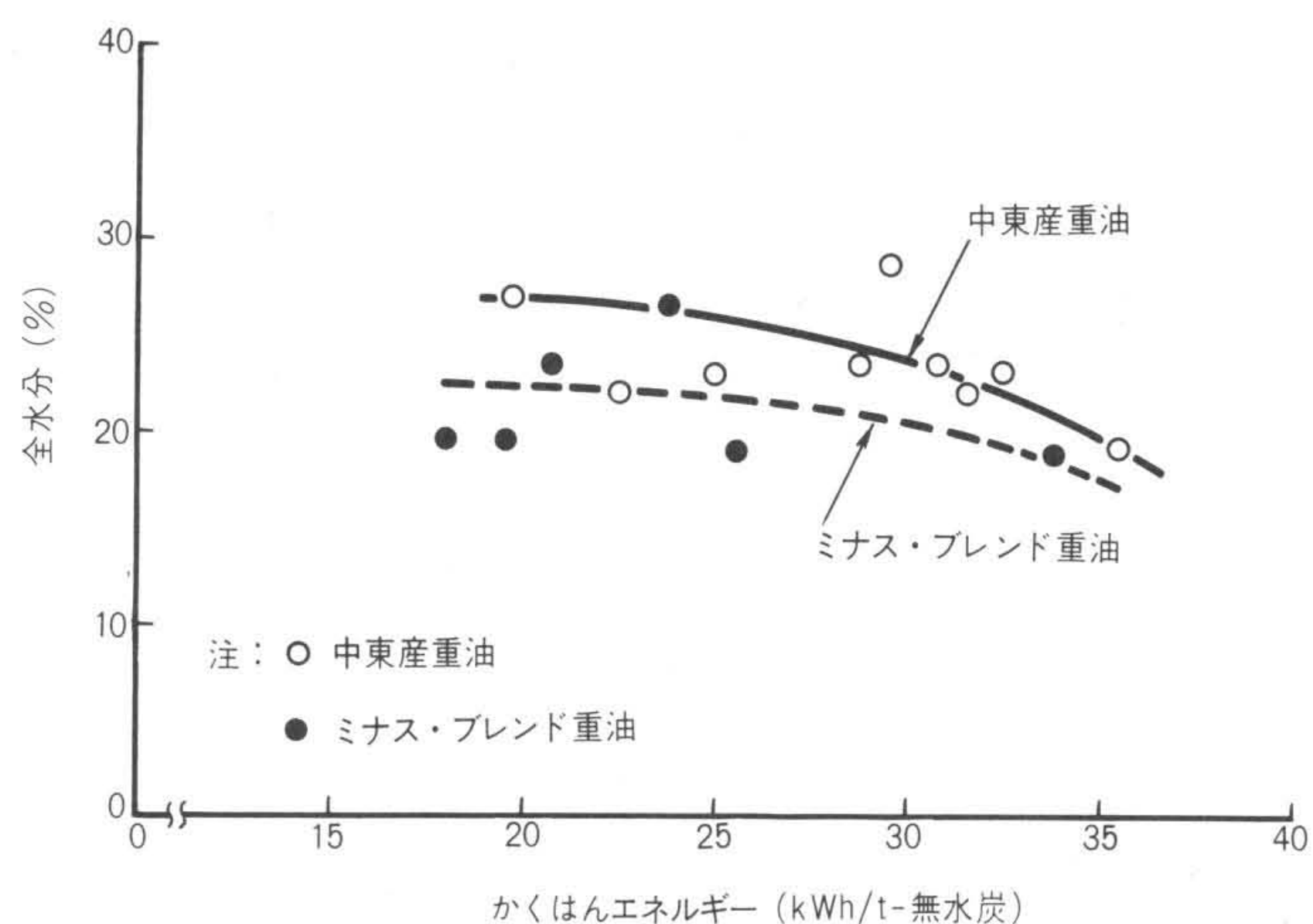


図8 全水分とかくはんエネルギーの関係 全水分は、かくはんエネルギーの増加とともに減少する傾向にある。また、高流動点のミナス・ブレンド重油を用いたほうが強固な造粒炭となり、更に全水分は減少する。

入る予定である。この実証プラントの外観を図9に示す。騒音対策の点から防音エンクロージャ内に格納されている。プロセスフローは前述のパイロットプラントとほぼ同じであるが、表4に示すように低速脱灰造粒槽をパイロットプラントよりも1槽増加して、回収率の向上を図っている。

この実証プラントで製造される脱灰造粒炭は、COMに調整され、重油専焼ボイラである2号機で燃焼試験が行なわれる計画である。

5 結 言

以上、水中造粒法による石炭の脱灰技術とCOMへの応用について概要を述べたが、要約すると次のようになる。

- (1) 水中造粒法による石炭の脱灰は、石炭分と灰分の油及び水に対するぬれの差を利用し、油を結合剤として水中で石炭分と灰分を選択分離し、石炭分を粒状物として取り出す方法である。
- (2) 豪州炭についてパイロットプラントによる試験を行なった結果、脱灰率56%が得られた。
- (3) 引き続き実証プラントによる脱灰造粒試験が、昭和59年度から行なわれる予定である。

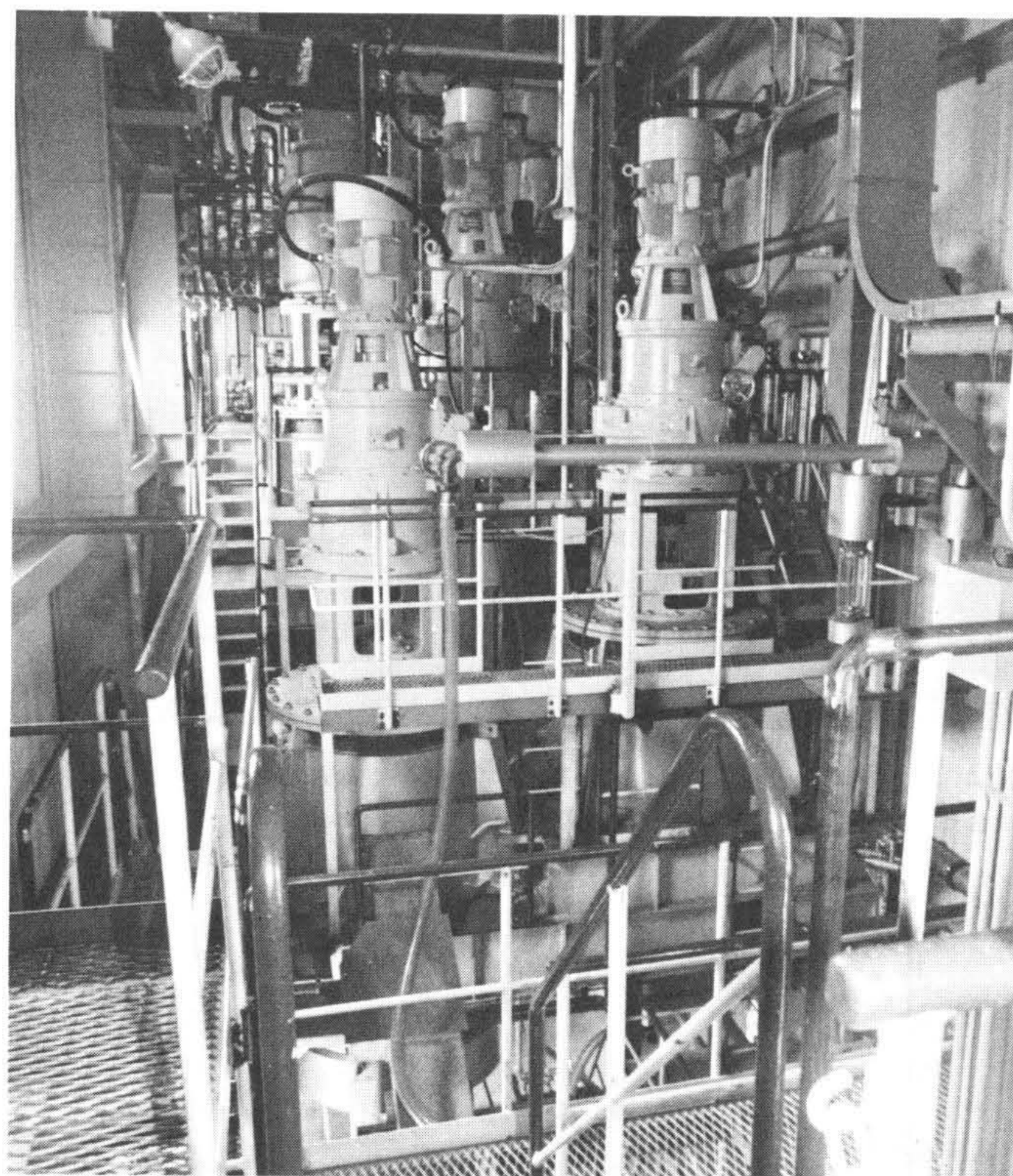


図9 実証プラント脱灰造粒設備 脱灰造粒設備は、防音エンクロージャ内に格納されている。

表4 実証プラントの仕様 造粒炭の回収率を高めるため、脱灰造粒槽をパイロットプラントよりも1槽多く設けている。

項 目		仕 様
脱 灰 造 粒 槽	高速槽No. 1	φ1,200, 600rpm(標準), 110kW
	高速槽No. 2	φ1,200, 600rpm(標準), 110kW
	低速槽No. 1	φ1,400, 110rpm(標準), 45kW
	低速槽No. 2	φ1,400, 110rpm(標準), 45kW
	低速槽No. 3	φ1,400, 110rpm(標準), 45kW
	造粒炭回収スクリーン	1,500mm×5,400mm振動ふるい, 2×11kW
乳 化 機		ホモミキサ, 1,200rpm, 22kW
供 給 ス ラ リ	石 炭	豪州炭 粒度: -200メッシュ(74μm) 75~85%
	ス ラ リ	濃度: 32%, 流量: 15.3t/h
	温 度	約55℃
造 粒 用 結 合 剤		ミナス・ブレンド重油

なお、この水中造粒技術は微粉炭・水スラリからの脱灰造粒以外に、粗粒炭・水スラリとしてパイプライン輸送後の石炭回収にも応用できるため、パイロットプラントによる脱灰造粒試験と並行して、粗粒炭・水スラリからの石炭回収に関する試験も実施し、その可能性を実証した。

最後に、この脱灰造粒技術の開発に御協力いただいた関係各位に対し厚く御礼申し上げる。

参考文献

- 1) 杉野：電力用微粉COM実缶燃焼試験，第5回石炭利用技術研究発表会講演集，石炭技術研究所(昭58-8)