

第 8 章

8

微粉炭火力用燃料の
多様化



CS推進室 受託推進グループ 部長 牧野 尚夫
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 池田 道隆
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 日恵井佳子
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 神田 英輝
 横須賀研究所 エネルギー化学部 主任研究員 小野 哲夫

8 - 1 研究の背景 89
 8 - 2 低発熱量炭の利用 89
 8 - 3 難燃性石炭の利用 95
 8 - 4 今後の展開 97
 コラム3：高灰分炭・高水分炭の改質技術 98
 コラム4：CWM乾式製造技術 99

牧野 尚夫（10ページに掲載）
 （8-1、8-3、8-4執筆）



池田 道隆（1994年入所）
 微粉炭の低 NOx 燃焼技術および低負荷
 対応燃焼技術の開発に携わった後、高水分あ
 るいは高灰分の低品位炭や、高燃料比炭を対
 象に、それらに適した微粉炭燃焼技術の開発
 を行ってきました。現在は、亜瀝青炭の高度
 燃焼技術の開発に従事しています。
 （8-2執筆）



日恵井佳子（1996年入所）
 今まで石炭の高品位化研究や固体電解質形
 燃料電池部材の研究等を実施してきました。
 現在は、そのままでは直接利用できない高灰
 分炭なども、発電所で利用可能にする脱灰技
 術について検討を行っています。今後は、こ
 の脱灰技術開発を通して、火力発電技術にお
 ける利用可能炭種の拡大、ならびに発電コス
 トの低減に貢献していきたいと考えています。
 （コラム3執筆）



神田 英輝（2000年入所）
 入所以来、高灰分炭から簡易に脱灰する技
 術の開発に取り組んできました。現在は、低
 コストで省エネルギーな脱水プロセスを実現
 するため、亜瀝青炭・褐炭の脱水技術に取り
 組んでいます。また、石炭灰を輸送する過程
 で、石炭灰の流動性が悪化する「固着現象」
 を防止するための研究にも従事しています。
 （コラム3執筆）

小野 哲夫（76ページに掲載）
 （コラム4執筆）

8 - 1 研究の背景

現在、我が国の微粉炭火力においては、発熱量が6,500～7,000kcal/kgと高く、燃料比が1.0～2.5程度の適切な燃焼性を持ち、水分含有率が10%以下でかつ、不燃の灰分含有率が5～20wt%程度の瀝青炭が用いられている。しかし、今後の発展途上国のエネルギー需要の増大、石炭輸出国の供給能力の上限、などを考えた場合、現在使用している瀝青炭の供給が次第にタイトになってくる可能性も懸念されている。

このような状況の中で、一層の燃料供給力強化の観点から、現在の微粉炭火力で使用されている石炭の性状範囲を外れた石炭種についても、その利用を可能にするための技術開発が重要になってくると考えられている。既に4章で述べたように、当研究所では未利用の石炭種の適用可能性を判定する手法を開発しているが、今後は、さらに性状の大きく異なる石炭、すなわち低発熱量の低品位炭や、難燃性の高燃料比炭などの利用も考慮しなければならず、その場合には、それらに適した新たな燃焼技術の開発等も必要になる。

発熱量の低い低品位炭の中でも、褐炭・亜瀝青炭等の高水分炭は非常に埋蔵量が多く、また、一般的には灰分含有率が少ないことにより灰処理量が少なくなる、などのメリットもあるため、未利用の石炭種の中でも今後重

要な燃料として特に注目されている。

高水分炭の燃焼特性を検討する上では、石炭中の水分が、石炭中に含まれたまま液状の水分として火炉に注入される場合と、粉砕機で粉砕する際に石炭から分離・蒸発してガス状になって火炉に注入される場合とを区別して評価する方が現象を正確に捉えやすい。当研究所では、これらの燃焼特性への影響評価を詳細に行うと共に、その燃焼性を改善するための燃焼条件の開発ならびに、実機において最も容易な適用形態である瀝青炭との混炭燃焼時の特性解明を行っている。

高灰分炭は、高水分炭ほどの賦存量はないものの、アジアに多く産出するなど、我が国の燃料として有望な側面を有している。但し、その利用にあたっては、灰分量の増大に伴う、燃焼性の低下、石炭灰排出量の増大などの問題点がある。当研究所では、石炭中灰分のNO_x生成特性や燃焼効率への影響解明を行ってきている。

一方、難燃性の高燃料比炭は、着火性が悪くNO_xも生成しやすいなどの欠点を持つ反面、発熱量が高いため輸送コストが相対的に安くなるなどのメリットも有している。当研究所では、着火性、NO_x・灰中未燃分の生成特性を中心に高燃料比炭の燃焼特性を評価すると共に、瀝青炭との混炭燃焼時の特性を明らかにしている。

8 - 2 低発熱量炭の利用

今後のエネルギー源強化の上で、水分や灰分が多く発熱量の低い低品位炭を微粉炭火力で利用するためには、水分や灰分が微粉炭燃焼特性に及ぼす影響を把握しておく必要がある。

当研究所では、石炭燃焼量100kg/h（瀝青炭ベース）の石炭燃焼試験炉を用いて、高水分炭および高灰分炭の微粉炭燃焼特性について評価しており、中でも埋蔵量は瀝青炭に次いで多いが水分を多く含む亜瀝青炭については、その燃焼技術を開発している。

8 - 2 - 1 高水分炭の燃焼特性

高水分炭には、亜瀝青炭、褐炭などの炭化が進んでいない石炭が含まれる。特に、亜瀝青炭は埋蔵量が多く発熱量も約5,000kcal/kg（20MJ/kg）と比較的高いため有望な燃料として期待されているが、水分含有率が高いため着火性が悪いなどの問題点がある。当研究所では、亜瀝青炭の微粉炭燃焼特性を評価し、バーナ操作条件などの燃焼調整により、着火性の改善およびNO_xと灰中未燃分排出量の低減を図ると共に、最も利用しやすい形

態である瀝青炭との混炭燃焼時の特性も明らかにした。ただし、これらの評価にあたっては、亜瀝青炭中の水分がどういう状態で火炉に流入するかを明らかにする必要がある。すなわち、ミル内で蒸発して気体状でバーナから噴出するか、石炭中に水分として存在するかで、その影響は異なる。当研究所では、それぞれの影響を詳細に評価するため、水分の形態を変化させて検討を行っている。

亜瀝青炭専焼時の燃焼特性

瀝青炭に適したバーナ操作条件下における亜瀝青炭の燃焼特性

瀝青炭燃焼時と同様のバーナ操作条件で、亜瀝青炭を燃焼させ、微粉炭燃焼特性を評価した。図8-2-1に火炉内に投入する全水分濃度(火炉内水分供給量/無水基準石炭供給量)は0.67と一定で、微粉炭中水分濃度(微粉炭中水分供給量/無水基準石炭供給量)とガス状水分濃度(火炉内蒸気供給量/無水基準石炭供給量)が異なる場合の火炉内のO₂濃度分布を示す。亜瀝青炭は瀝青炭に比べ、着火が遅くなると共に、火炎が広がる特徴を持ち、特に、その傾向は、微粉炭中水分濃度が高くなるほど大きくなった。着火が遅れる原因としては、亜瀝青炭に多く含まれる水分が酸素分圧を下げると共に、液状の水分はバーナ直後で蒸発するためにバーナ近傍での温度が低下することが挙げられる。この温度低下は微粉炭中水分濃度が高いほど大きくなるので一層着火が遅れると考えられる。また、火炎が拡散した原因としては、亜瀝青炭は密度が小さいことに加え、火炉内で微粉炭粒子が水分の蒸発により膨張・破裂するために小さくなり易く、バーナから旋回しながら吹き出す空気により、粒子が拡散し易くなると考えられる。本条件における火炉内中心軸上のNO_x濃度分布は図8-2-2になり、微粉炭中水分濃度が高

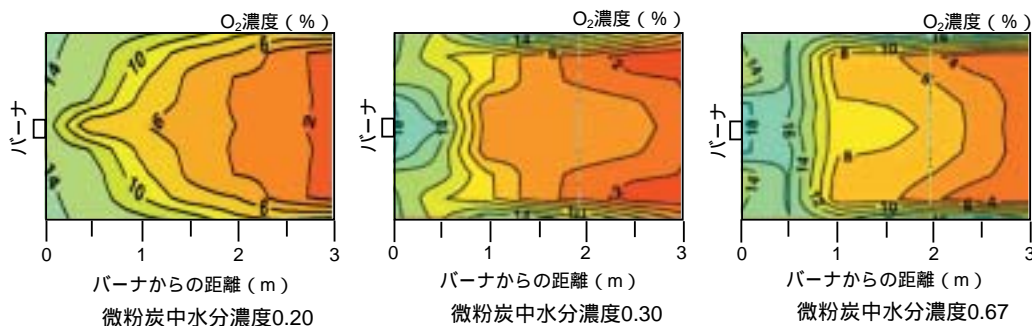


図8-2-1 亜瀝青炭燃焼時の火炉内O₂濃度分布(全水分濃度0.67)

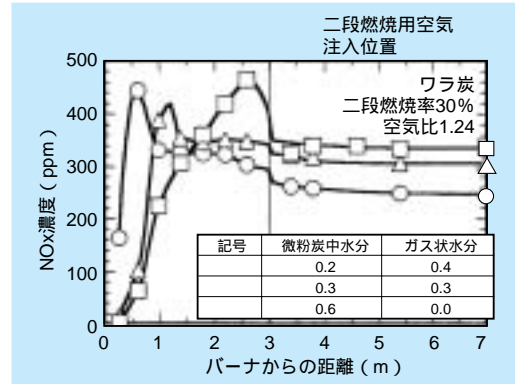


図8-2-2 微粉炭中水分濃度と火炉内中心軸上NO_x濃度の関係

くなるほど、着火が遅れるため、NO_xの生成が遅れると共にNO_xの還元が遅れるため、火炉出口でのNO_x排出量は増大する。すなわち、亜瀝青炭を瀝青炭と同じ条件で燃焼させると着火の遅れと共にNO_x濃度が高くなる問題点が明らかになった。

バーナ操作条件調節による亜瀝青炭燃焼特性の改善

亜瀝青炭燃焼時の問題点である火炎の広がりを抑制する方法としては、バーナから吹き出す空気の旋回を弱める方法が考えられる。そこで、2次空気、3次空気について検討を行い、2次空気の旋回角度を弱めた場合に、燃焼火炎の拡散が抑制されると共に、着火位置がバーナ近傍に近づくことを明らかにした。この際、バーナ近傍の火炎温度が高くなり、非常に安定した火炎が維持できた。図8-2-3には、2次空気旋回角度と火炉出口NO_x濃度との関係を示している。2次空気旋回角度が54degの場合に、火炎の広がりを抑制でき、火炉出口のNO_x濃度が抑制できることが明らかになった。

石炭中水分の粉碎時の蒸発状態が異なる三条件について、バーナ操作条件を最適化した際のNO_x・灰中未燃分排出特性を図8-2-4に示す。NO_xと灰中未燃分の排出

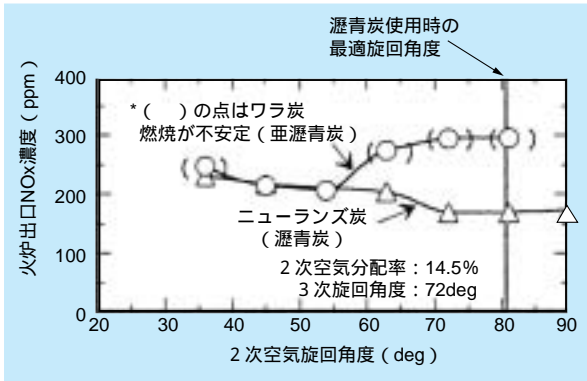


図8-2-3 2次空気回転角度と火炉出口NO_x濃度との関係

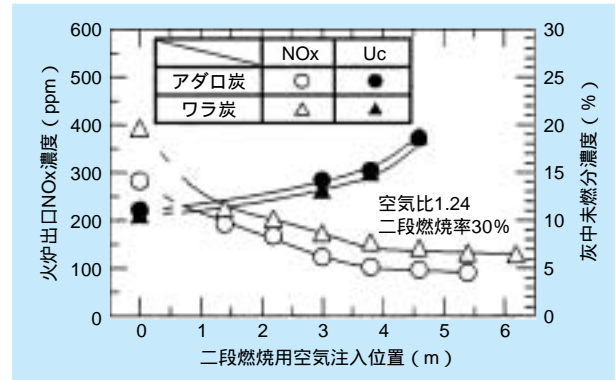


図8-2-5 二段燃焼用空気注入位置とNO_x、灰中未燃分濃度の関係

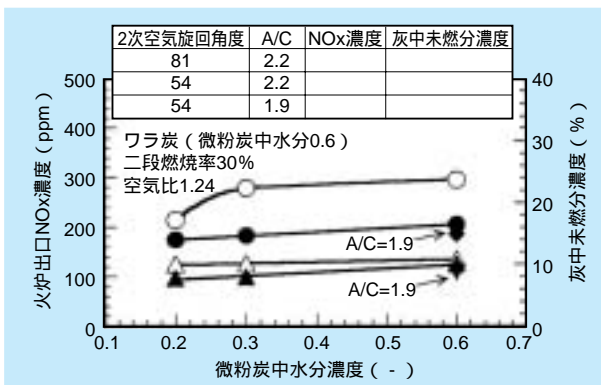


図8-2-4 バーナ操作条件とNO_x灰中未燃分濃度との関係

量は、2次空気回転角度の調整によって低減でき、さらに、1次空気量を低下することで、一層低減できることが明らかとなった。NO_x排出量の低減効果は、最も燃焼性の悪い条件である微粉炭中水分濃度の高い石炭において特に顕著であり、約40%低減できることがわかった。

二段燃焼用空気注入条件の最適化

亜瀝青炭は、瀝青炭と燃焼過程が大きく異なるため、NO_x還元炎の形成状態も異なる。そこで、二段燃焼用空気注入条件の影響も瀝青炭とは異なると思われる。図8-2-5には、二段燃焼率30%の条件で、二段燃焼用空気の注入位置を変化させた場合の火炉出口NO_x濃度と灰中未燃分濃度を示す。火炉出口のNO_x濃度は、瀝青炭燃焼時と同様、二段燃焼用空気の注入位置を後流にするほど、還元領域が広がるために低下するが、バーナから約3.8m離れた位置より後流にすると、その低下傾向は徐々に弱まる。一方、灰中未燃分濃度は、注入位置が後流になるほど増加し、特にその傾向はバーナから約3.8m離れた位置以降で特に顕著になる。これより、

亜瀝青炭燃焼時にNO_x・灰中未燃分の低減に適した二段燃焼用空気の注入位置は、バーナから約3.8m離れた位置と考えられる。これは、瀝青炭において最適となる位置であるバーナから3.0m離れた位置に比べ、若干、後方となる。亜瀝青炭は、水分の影響により着火が遅れ、NO_xの還元炎の形成なども遅くなるため、瀝青炭より最適注入位置が後方になったものと考えられる。

次に、二段燃焼用空気注入位置を最適値であるバーナから約3.8m離れた位置に固定し、二段燃焼用空気の注入割合がNO_x・灰中未燃分の排出特性に及ぼす影響を評価したものを図8-2-6に示す。NO_x濃度は、二段燃焼率の増加に応じて、低減するものの、その効果は二段燃焼率30%以上で飽和する。一方、灰中未燃分濃度は、逆に、二段燃焼率の増加に応じて上昇し、二段燃焼率が40%まで増加すると、着火が不安定となり、それ以上の二段燃焼率では急激に上昇する。また、二段燃焼率

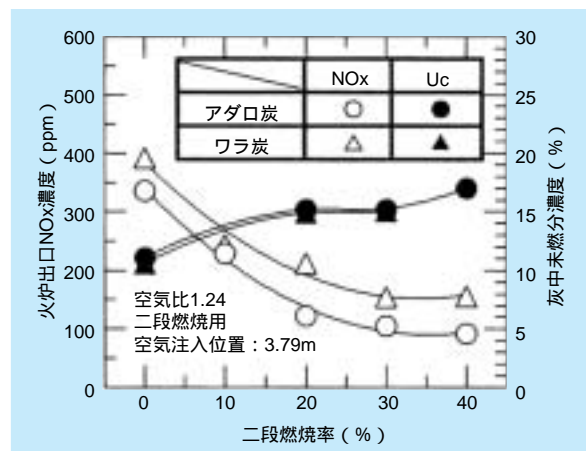


図8-2-6 二段燃焼率と火炉出口NO_x濃度、灰中未燃分濃度の関係

20%と30%では、灰中未燃分濃度はほぼ同一であった。これは、二段燃焼率20%の条件は、30%時に比べ、バーナからの空気供給量が多く、強い旋回流が形成され、微粉炭が火炉内の外周部側に拡散しやすくなるため、十分な燃焼促進が図れなかったと考えられる。これらの結果から、亜瀝青炭燃焼時に最適となる二段燃焼率は、瀝青炭燃焼時同様30%であることが明らかになった。

図8-2-7には、亜瀝青炭燃焼時にバーナ操作条件および二段燃焼用空気注入条件を最適化した際のNOx・灰中未燃分の排出特性を示す。亜瀝青炭に適した燃焼条件に設定することにより、NOxおよび灰中未燃分の濃度を大幅に低減でき、瀝青炭燃焼時とほぼ同等の水準にまで低減できる。

すなわち、亜瀝青炭に適した燃焼条件は、バーナ部において、2次空気の旋回角度を弱め、1次空気の供給量を低くすること、および、二段燃焼用空気の注入位置を瀝青炭燃焼時より後流に変更することであることが明らかになり、このような燃焼条件の調整により瀝青炭燃焼時とほぼ同等の水準までNOxと灰中未燃分を低減できる見通しが得られた。

瀝青炭との混炭燃焼時の特性

混炭燃焼時のNOx・灰中未燃分排出特性

亜瀝青炭の最適燃焼条件は明らかになったが、既設火力発電所において、亜瀝青炭を利用する場合は、当面、低水分の瀝青炭との混炭燃焼が行われる。

当研究所では、瀝青炭に亜瀝青炭を混炭して燃焼させた際のNOx・灰中未燃分排出特性評価を行っている。亜瀝青炭としては、インドネシア産で水分含有率が20%と比較的低いアダロ炭と、水分含有率が40%と高いワラ炭を用いた。

瀝青炭に亜瀝青炭を混炭燃焼した際の火炉出口のNOx濃度とNOx転換率に及ぼす混炭率の影響を図8-2-8に示す。混炭燃焼時のNOx濃度およびNOx転換率は、各炭種を単味で燃焼した時の値に対し、ほぼ混炭率に応じた中間値を示す。

混炭燃焼時の灰中未燃分濃度ならびに未燃焼率に及ぼす混炭率の影響を、図8-2-9に示す。亜瀝青炭を混炭すると、灰中未燃分濃度については瀝青炭燃焼時に比べて

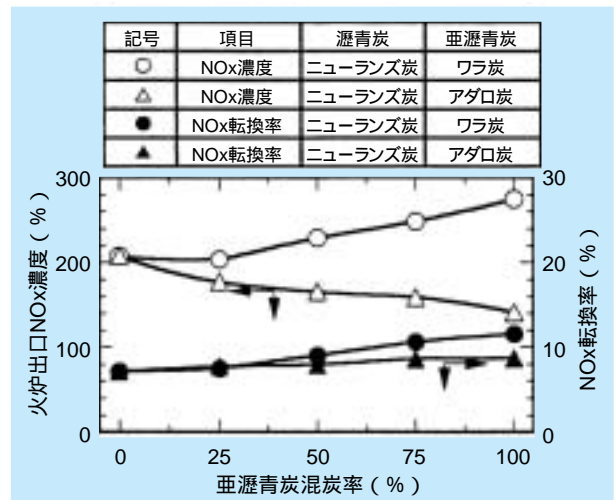


図8-2-8 亜瀝青炭混炭率とNOx濃度、NOx転換率の関係

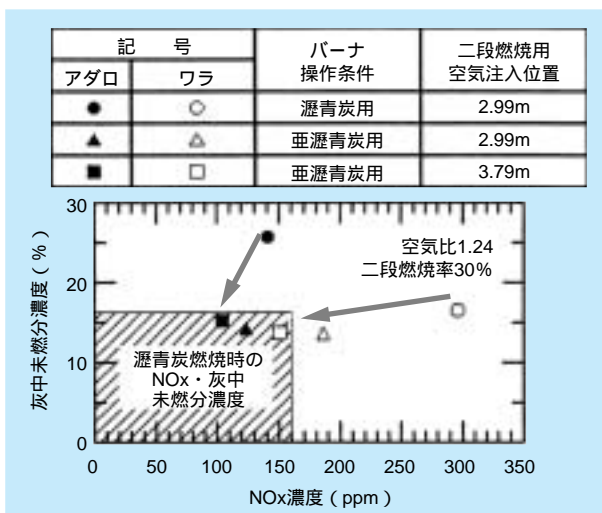


図8-2-7 バーナ操作条件および二段燃焼用空気注入条件を最適化した際のNOxと灰中未燃分の低減効果

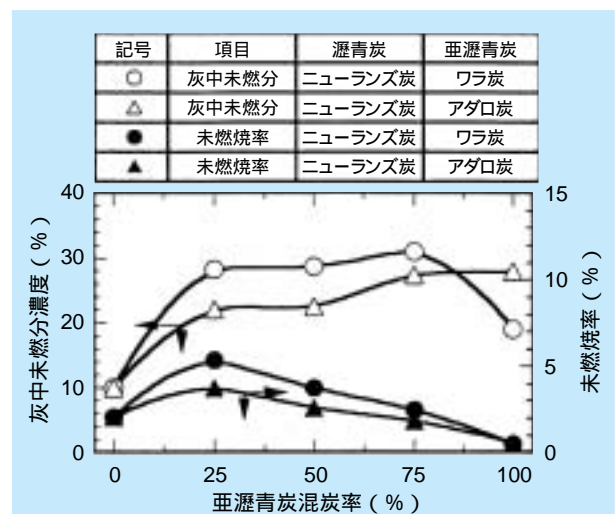


図8-2-9 亜瀝青炭混炭率と灰中未燃分濃度、未燃焼率の関係

大幅に増加し、その際の未燃焼率としては、それぞれの石炭の単味燃焼時のいずれの場合よりも高くなることが明らかとなった。その原因としては、亜瀝青炭中の水分が瀝青炭の燃焼を悪化させたことが挙げられる。すなわち、混炭燃焼時には、亜瀝青炭中の水分が蒸発し、火炎温度を低下させることに加えてO₂分圧が低くなることによって、瀝青炭の燃焼性が大きく悪化したためであると考えられる。

低い混炭率条件における灰中未燃分抑制技術

実機において亜瀝青炭を利用する上で最も多く用いられる条件である混炭率30%以下において、灰中未燃分の上昇を抑制する条件を明らかにするため、瀝青炭、亜瀝青炭それぞれの性状の影響を評価した。

瀝青炭に、水分含有率の異なる二種類の亜瀝青炭（アダロ炭またはワラ炭）を混炭燃焼した場合の灰中未燃分濃度を図8-2-10に示す。いずれの場合も、混炭率の増加に応じて、灰中未燃分が上昇した。これは、亜瀝青炭の混炭率の増加に伴い、火炉に流入する水分量が多くなり瀝青炭の燃焼を悪化させたためと考えられる。また、混炭に用いた亜瀝青炭性状の比較では、水分の多いワラ炭の方が、同じ混炭率では火炉内に持ち込む水分量が多いため、灰中未燃分の増加傾向が大きくなった。これらの結果を、火炉に流入する水分量との関係で示すと図8-2-11のようになる。混炭に用いた亜瀝青炭の性状が異なっても、その瀝青炭の燃焼悪化への影響は、ほぼ流入水分量を知ることで把握できることが、明らかになった。

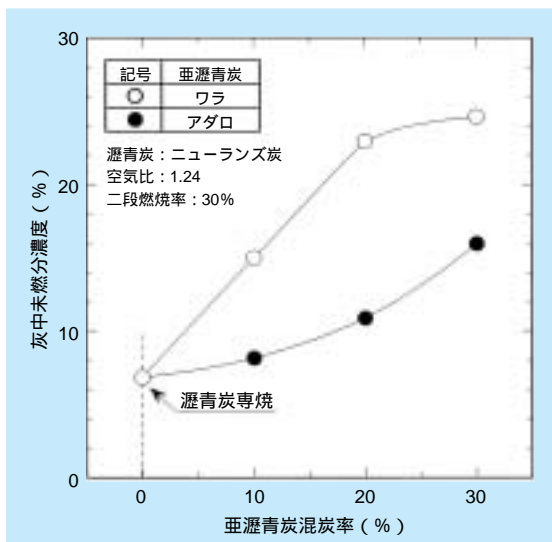


図8-2-10 亜瀝青炭混炭率の灰中未燃分濃度への影響

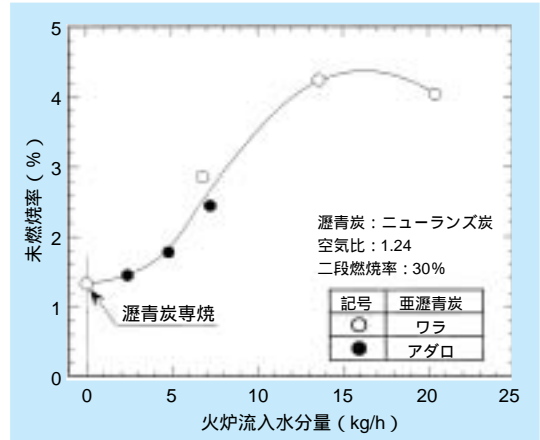


図8-2-11 火炉に流入する水分量と未燃焼率の関係

た。

図8-2-12は、燃料比の異なる三種の瀝青炭を亜瀝青炭と混炭燃焼した際の灰中未燃分濃度を示している。燃料比の高いニューランズ炭を用いた場合は、亜瀝青炭を混炭したことによる灰中未燃分濃度の増加が顕著であり、瀝青炭の燃料比が低くなるのに応じてその傾向は弱まる。特に、燃料比が亜瀝青炭とほぼ同等の太平洋炭では、混炭燃焼時にも灰中未燃分はほとんど増加しない。すなわち、亜瀝青炭混焼による瀝青炭の燃焼効率低下への影響は、燃焼性の悪い瀝青炭ほど大きくなることが明らかになった。

亜瀝青炭の混炭率が30%までの瀝青炭との混炭燃焼時においては、図8-2-13に示すように亜瀝青炭の水分含有量が多くなるほど、あるいは瀝青炭の燃料比が高くなるほど、灰中未燃分濃度が高くなる傾向を持つため、

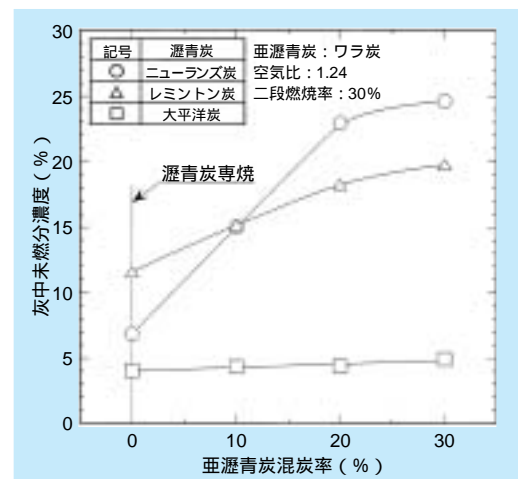


図8-2-12 燃料比の異なる3種の瀝青炭における亜瀝青炭混炭率と未燃焼率の関係

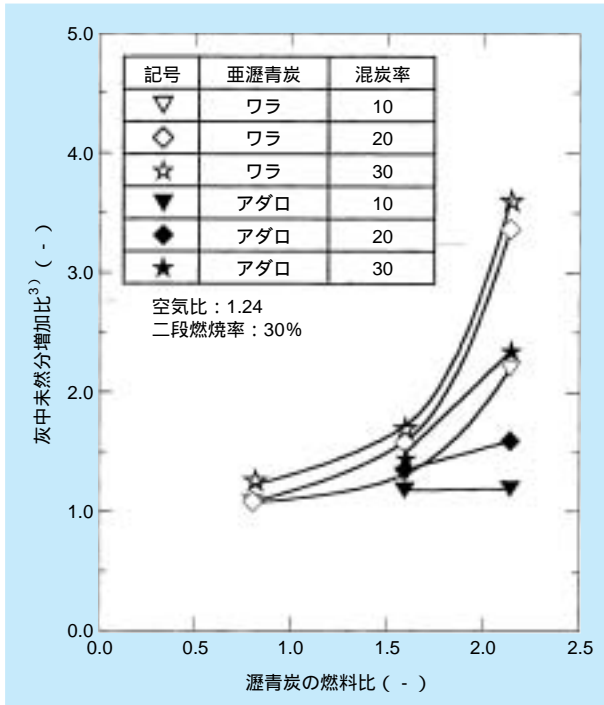


図8-2-13 瀝青炭の燃料比と灰中未燃分増加比の関係

亜瀝青炭中の水分濃度に応じて低燃料比の瀝青炭を組み合わせるなど適切な混炭対象を選定することで灰中未燃分濃度の増加を抑制できることが明らかになった。

8-2-2 高灰分炭の微粉炭燃焼特性

高灰分炭の微粉炭燃焼への適性を明らかにするために、灰分含有率が異なる高灰分炭を用いて、灰分含有率がNO_x・灰中未燃分排出特性に及ぼす影響および二段燃焼時のNO_x低減効果に及ぼす影響について評価した。

当研究所の石炭燃焼試験炉において、灰分含有率が36、44および53wt%と異なる三種の池島炭を使用した。この際、無水無灰ベースにおける可燃分の組成がほぼ同じである。

図8-2-14は、非二段燃焼時（二段燃焼率0%）の灰分含有率と火炉出口NO_x濃度、灰中未燃分濃度および石炭中の可燃分が燃え残った割合である未燃焼率との関係を示したものである。灰分含有率の増加に伴い、NO_x濃度は高くなり、一方、灰中未燃分濃度は減少するものの未燃焼率は増加する。これは、灰分含有率の増加に応じて、可燃分が灰分に覆われやすくなり、燃焼が遅れると共に、NO_xの還元炎形成も不十分となったことによると思われる。なお、灰中未燃分濃度は、灰の重

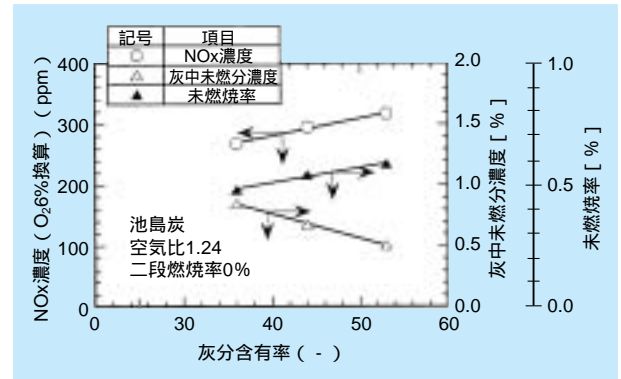


図8-2-14 灰分含有率とNO_x・灰中未燃分濃度および未燃焼率の関係

量に対する未燃炭素分の割合であるため、灰分含有率が上昇すれば、未燃焼率が増加し、未燃炭素分が多くなっても、その増加分は灰分量の増加に比べて少なく、見かけ上は減少する。このため、灰中未燃分濃度は減少する。図8-2-15に火炉中心軸上のO₂およびNO_xの濃度分布を示すが、灰分含有率の増加に応じて、O₂の消費が遅れると共に、NO_xの生成・分解は遅くなっていることが明らかである。

図8-2-16に二段燃焼率30%時のNO_x低減率および未燃焼率増加比を示す。灰分含有率の増加に応じて、燃焼が遅れ、二段燃焼用空気注入位置までの還元領域が減少するため、NO_x低減率が減少し、二段燃焼によるNO_xの低減効果は弱まる。一方、未燃焼率増加比は、二段燃焼時の方が非二段燃焼時に比べ、バーナ近傍での酸化雰囲気弱まり、熱分解反応が抑制されるため、灰分含有

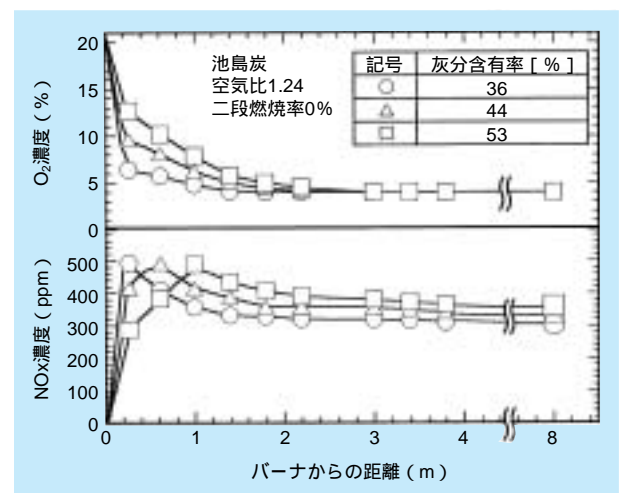


図8-2-15 火炉中心軸上のO₂およびNO_x濃度分布

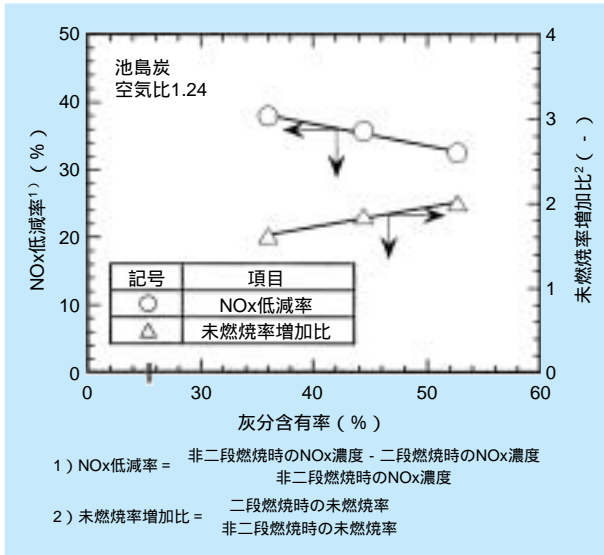


図8-2-16 二段燃焼率30%時のNOx低減率および未燃焼率増加比に及ぼす灰分含有率の影響

率の増加に伴い高くなる。

以上のことから、高灰分炭燃焼時のNOx濃度および未燃焼率は、灰分含有率の増加に応じて高くなり、二段燃焼時にはNOxの低減効果が弱まると共に、未燃焼率の増加傾向は強くなるのがわかる。

8 - 3 難燃性石炭の利用

高燃料比炭は、揮発分が少なく燃料比が高いために、着火性、燃焼性が悪いことが大きな課題である。高燃料比炭の特性を評価するにあたっては、まず着火性を明らかにした。

図8-3-1には、安定燃焼範囲に及ぼす燃料比の影響を示す。本図では、火炎が吹き飛び、着火位置がバーナ口

から離れた場合を安定燃焼限界と定義している。バーナタイプとしては、既存の低NOxバーナと、6-3節で特性を紹介した、当研究所が微粉炭燃焼時のNOx生成量を大幅に低減させるために、石川島播磨重工業㈱と共同で開発した新型低NOxバーナ(CI-バーナ)の二種類を用いた。いずれのバーナにおいても、燃料比が高くなるほど着火性は悪くなり、燃料比5以上の高燃料比炭では既存低NOxバーナ使用時は、バーナ負荷を定格から若干下げただけで失火した。これに対し、CI-バーナは、バーナ近傍に再循環流を形成し、微粉炭粒子の高温場での滞留時間を長くできる構造であるため、既存低NOxバーナに比べ、着火を大幅に改善でき、安定燃焼範囲の拡大が図れることが明らかになっている。

高燃料比炭燃焼時のNOx転換率を、瀝青炭との比較として図8-3-2に示す。瀝青炭の場合と同様、燃料比が大きく窒素含有率が少ない石炭種ほどNOx転換率は増加するが、高燃料比炭になるほどその上昇傾向は弱まっている。これは燃料比の定義(固定炭素/揮発分)から見て、揮発分含有率(固定炭素含有率に対しても同様)の若干の変化で燃料比に大きな差異が生じてしまうため、その影響が小さく見える傾向を持つことによる。

本図は、非二段燃焼条件について示しているため、バ

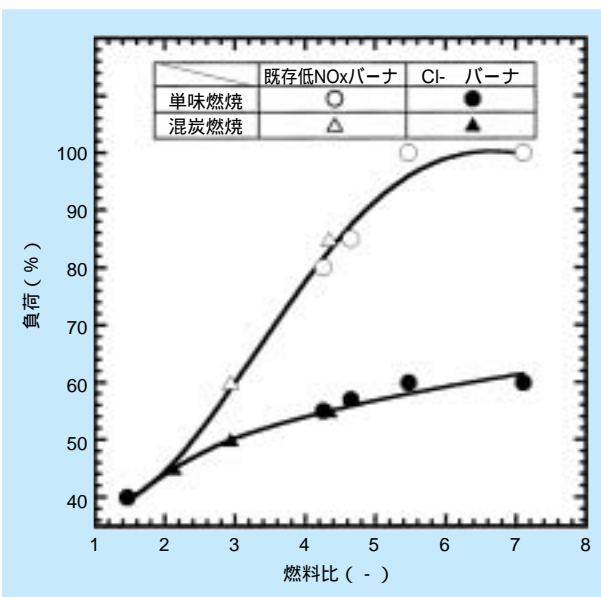


図8-3-1 安定燃焼範囲に及ぼす燃料比の影響

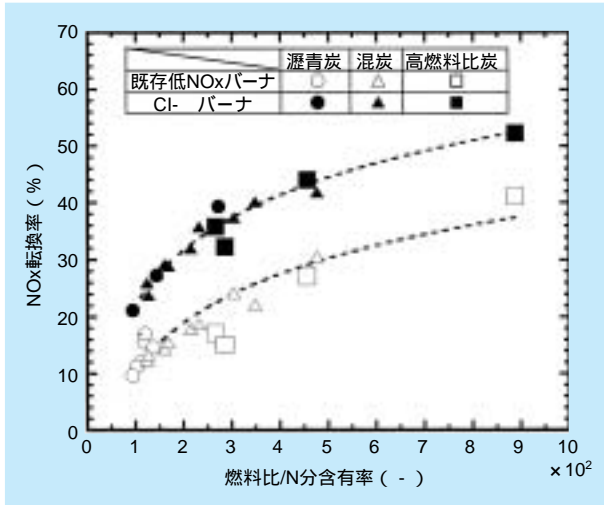


図8-3-2 高燃料比炭燃焼時のNOx転換率

バーナ近傍での燃焼を促進させるCI-バーナの方がNOx転換率が高くなっているが、本バーナは二段燃焼時のNOx低減効果が大きいため、実機の運転条件である二段燃焼時のNOx転換率は既存バーナより低くなる傾向が明らかになっている。また、未燃焼率は瀝青炭と同様、図8-3-3に示すように燃料比が高いほど増大する傾向を

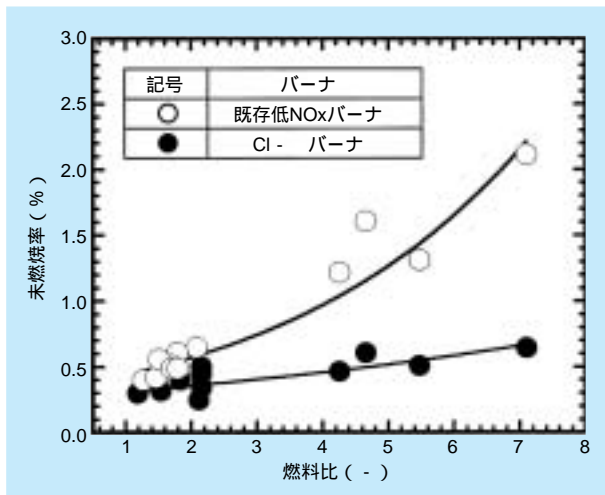
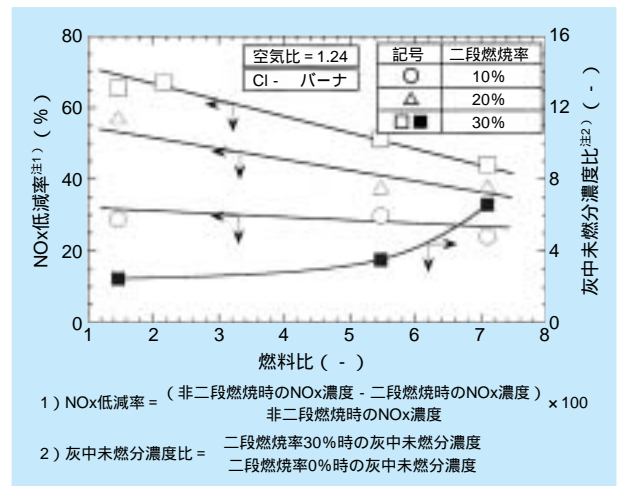


図8-3-3 高燃料比炭燃焼時の未燃焼率

持っている。

低NOx燃焼のため二段燃焼を適用した場合には、図8-3-4に示すように、燃料比が高くなるほどバーナ近傍での酸素消費が遅れることに起因して還元領域が小さくなると共に、NH₃、HCN等のNOxを還元する物質の発生量が少なくなるため、二段燃焼によるNOxの低減効果は瀝青炭に比べ低下する傾向となる。さらに、非二段燃焼条件時に比べ、二段燃焼時の方が、燃料比の増加による未燃焼率ならびに灰中未燃分濃度の増加傾向が顕著になっている。この原因は、上述のように燃料比の増加による燃焼場での酸素消費の遅れが、バーナ回りの空気比の低い二段燃焼時に、一層大きく燃焼性の悪化に影響したものと考えられている。

高燃料比炭の利用にあたっては、バーナ近傍の燃焼が促進できるバーナを用いることにより着火性が改善でき、また、NOx還元炎も速やかに形成できるためNOxを抑制できる。混炭時においては、燃料比の低い石炭を混炭相手に用いることにより、NOxと灰中未燃分の低減が図れると思われる。



- NOx低減率 = $\frac{\text{非二段燃焼時のNOx濃度} - \text{二段燃焼時のNOx濃度}}{\text{非二段燃焼時のNOx濃度}} \times 100$
- 灰中未燃分濃度比 = $\frac{\text{二段燃焼率30\%時の灰中未燃分濃度}}{\text{二段燃焼率0\%時の灰中未燃分濃度}}$

図8-3-4 二段燃焼時の燃焼特性に及ぼす燃料比の影響

8 - 4 今後の展開

石炭火力の、エネルギー源の一層の強化の観点からは、未利用炭を活用できる技術の確立が非常に重要である。

最も賦存量の多い高水分、低発熱量の亜瀝青炭は、含有される水分による燃焼効率低下、NO_x生成量の増大など、微粉炭燃焼場への適用にあたって若干の難点は有しているものの、その燃焼特性を明らかにすることにより、NO_x・灰中未燃分を低減できる燃焼条件が解明されつつある。また、当面の利用形態と目される瀝青炭との混炭燃焼時においては、既に、実機で最も良く利用される混炭率30%までの条件では、ほぼ瀝青炭専焼時のNO_x・灰中未燃分排出特性レベルに調整できる炭種選定方法を明らかにした。今後は、より質の悪い亜瀝青炭を用いた場合や、混炭率が高くなった場合にも、同等のNO_x・灰中未燃分排出特性を達成できる燃焼技術を開発する必要があると思われる。

高灰分炭、高燃料比炭についても、その燃焼時の特性はほぼ明らかにされており、今後の利用拡大にあたって解決すべき課題等も明確になっている。利用可能性が高いのは高灰分炭よりも高燃料比炭であると思われるが、

瀝青炭との混炭燃焼を有効に用いることにより、その適用は十分可能になると思われ、混炭時の炭種選定方法や燃焼条件調整法の確立などが重要になる。

微粉炭火力の燃料多様化における、当研究所の今後の計画としては、特に賦存量の多い亜瀝青炭を主な対象とし、その燃焼特性を一層詳細に解明することにより、利用可能な石炭性状範囲の拡大や、より高い混炭率あるいは亜瀝青炭専焼時の、NO_x・灰中未燃分を大幅低減可能な燃焼技術を開発する予定である。一方、近年、低品位炭などを使い易くするための脱灰・脱水技術を中心とする改質技術開発が進められており、直接利用できないほど品位の低い石炭も、これらの技術の採用により利用可能となっている。このような改質炭の燃焼技術の開発を行うことにより、一層、燃料源の多様化も図れるようになると思われる。

また、バイオマス、廃棄物など化石燃料以外の可燃性の固体を利用することも重要になってくると思われ、今後は、これらについても燃焼特性を明らかにすると共に、燃料としての利用可能性を拓げていく予定である。

コラム3：高灰分炭・高水分炭の改質技術

なぜ、低品位炭の改質なのか？

将来の石炭の安定供給やコストの低減を一層進めるためには、これまで山元でしか利用されなかった高灰分炭や高水分炭などの発熱量の低い低品位炭の利用を拡大する必要がある。一般に、低品位炭は安価だが、燃焼性や輸送性が悪く、ハンドリングが難しい等、我が国で利用するには課題が多い。このため、低品位炭を本格的に導入するには、山元で安価に灰分や水分を取り除き、高品位な瀝青炭並みの性状に改質する手法の開発が有益である。

高効率脱灰の可能性を探る

石炭の一般的な脱灰法として、灰分の比重が可燃分よりも大きいことを利用し、溶液の上に浮かぶ軽い可燃分を回収し、溶液中に沈む灰分を分離・除去する“比重分離法”や、空気の泡をバブリングさせた溶液に石炭を投入後、泡に付着した可燃分を回収し、水中に留まる灰分を除去する“浮選法”などがある。これらの物理的方法は、多量の石炭を処理することは可能であるが、脱灰性能や可燃分の回収性能が低い点に難がある。一方、灰分を薬品等で溶かして除去する化学的方法は、高い脱灰率が得られるものの、薬品コストや排液処理の負担が大きいことが課題である。

高灰分炭を高品位な瀝青炭程度まで簡易かつ低コストに脱灰するためには、粉碎方法を工夫し、石炭を効率よく可燃分と灰分に分離（単体分離）する手法を開発する必要がある。単体分離の性能は、石炭中に分布する灰分の分布状態に関係する。当研究所では、石炭中灰分分布は、粒状a、筋状b、あるいは雲状（細かい灰分の集合）cに大別されることを明らかにし（図1）、粒子径が大きく、粒状の灰分を多く含む石炭ほど脱灰し易いことを解明している。今後は、石炭中灰分の分布状態に適した粉碎方法を明らかにし、脱灰性能を向上して行く予定である。

新たな省エネ脱水法を考案！

石炭中の水分を除去する方法としては、石炭を加熱して、水分を単純に蒸発させる“蒸発法”（スチームチューブドライヤー等）が最も簡単であるが、水の蒸発にエネルギーを要することが大きな問題である。この蒸発法の中で、石炭と油の混合スラリーを加熱して、石炭の水分を蒸発させた後、水の蒸発潜熱を効率的に回収する“油中改質法”

が、所要エネルギーが最も少ないと考えられているが、本格的な実用に至るまでの低動力化は図られていない。

当研究所では、水分の加熱や蒸発を不要とし、所要エネルギーの節約が可能な新たな石炭脱水法の開発を試みている。これは、わずかな加圧で液化できる有機溶剤に石炭中の水分を溶かして分離し、その後減圧して、有機溶剤を蒸発させることで、有機溶剤と水分とを分離する溶剤置換法である。

水の溶解度が高い液化DME（ジメチルエーテル）を有機溶剤として用いた場合の、プロセスの評価（図2）を行い、脱水エネルギーを大幅に低減できることを明らかにした。今後は、石炭から分離された排水の処理方法の開発や、脱水と排水処理に伴うエネルギー低減について検討を行い、本技術の実用化に向けた課題の解決を行う予定である。

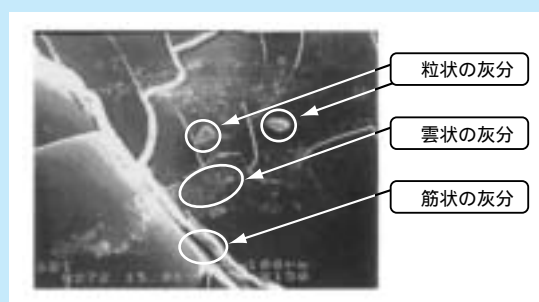


図1 石炭中灰分の分布状態（ラマグンダム炭）

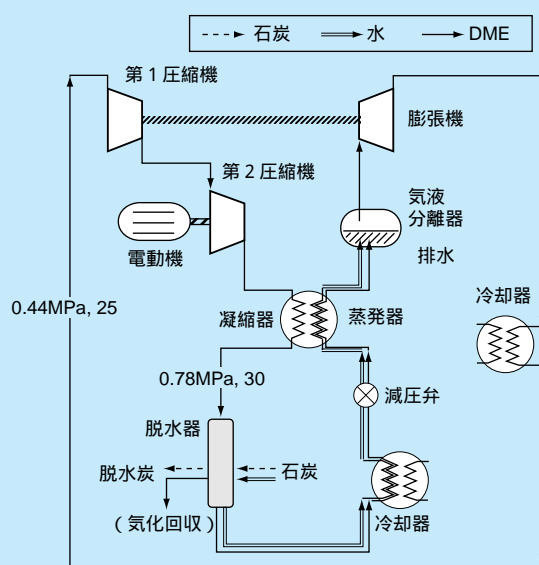


図2 液化DMEを用いた脱水プロセスの概要

コラム4：CWM乾式製造技術

石炭の流体化による利用

ハンドリングが比較的困難な微粉炭を擬似流体化し、パイプライン輸送やタンク貯蔵を可能とする技術の一つに、高濃度石炭水スラリー（Coal Water Mixture；CWM）がある。このCWMは石炭と水を7：3の比率で混合したもので、高濃度で流動性を得るために石炭粒子の幅広い粒子径分布への調整が必要なことと、界面活性剤の利用による石炭の親水性改善が主要技術となっている。しかし、既に開発されている湿式製造法では、

の粒子径分布の調整を湿式ボールミルの長時間粉砕によって行なうため効率が悪いこと、また、

の界面活性剤は使用量が4～10kg/t-coalにもかかわらず単価が比較的高いこと等が、コストを押し上げる要因となっている。したがって、CWMコスト削減のためには、これらの課題の解決が必要である。

当研究所では、低コストCWM製造の実現のため、乾式粉砕した微粉炭から製造する乾式製造法の開発に着手した。しかし、乾式粉砕した微粉炭の粒子径分布では細かな微粒子が不足して流動性が悪いことから、微粉炭の角取り球状化による幅広い粒子径分布への調整技術を開発した。さらに、界面活性剤使用量の削減については、保護コロイド利用によって使用量を半減する技術を開発した。

これらの技術開発によって乾式製造法を確立し、CWMコストの大幅低減を可能とした。

角取り球状化による細かな微粒子の生成

微粉炭の幅広い粒子径への調整は、微粉炭が角

張った多角形となっている形状に注目して、この角を削り取って、細かな微粒子を生成させる方法を考案した。この角取り球状化を、粒子同士あるいは粒子と粉砕機の粉砕歯とが擦り合う磨砕によって行なうための、図に示すような角取り球状化装置を新たに開発した。

微粉炭は同装置での角取り球状化時にスラリー用水を供給することによって、粒子径分布の調整がなされると共に水との混練がなされ、効率的にCWMが製造される。

コロイド科学による界面活性剤使用量の削減

CWMにおける界面活性剤の役割は、a疎水性の石炭の親水化、およびb石炭粒子の分散・凝集防止であることから、この内の前者を極く微量の保護コロイド（1ppt～ppm）に担わすことによって、その使用量を削減した。

この保護コロイドをスラリー用水に添加することにより、角取り球状化によって粒子径調整された石炭粒子はゲルを形成する。これに、界面活性剤を滴下して攪拌によってゾル化を図り、流動性のあるCWMとする。このとき、用いる界面活性剤の量は湿式製造法の半分以下でよいことが明らかになり、使用量の削減が可能となった。

CWMコストの削減が可能に

乾式製造技術の開発によって、粉砕動力の低減と界面活性剤の使用量の削減が可能となり、CWMコストが容易に低減できる。

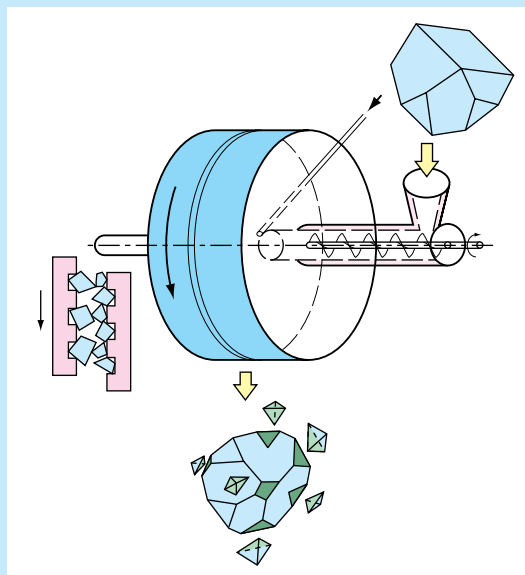


図 CWM製造技術