

次世代型 MSFB ボイラの開発

竹林 保* 大塚 厚史* 新谷 一章*

Development of 2nd Generation MSFB Boiler

Tamotsu TAKEBAYASHI, Atsushi OTSUKA, Kazuaki SHINTANI

The most important technical problems to be solved for achieving highly efficient power generation by burning biomass and industrial wastes such as waste wood, RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel) and waste tire are summarized to the following three items ; 1) high temperature corrosion problems of superheater, 2) slugging and fouling problems of convection pass, and 3) pollution control symbolized by dioxins.

In order to solve these problems and get into a new market, development target of Mitsui MSFB (Multi-Solid Fluidized Bed) boiler was set at 12.8MPa - 541 °C, the highest steam condition in the industrial boiler field with a fuel of 1% Cl content, which is a severe corrosion condition equivalent to city waste incineration. Separation function of corrosive components in EHE (External Heat Exchanger) in which final superheater is immersed has been drastically enhanced by applying counter current flow of gas-solid contact system.

Demonstration tests for combustion and corrosion evaluation were performed by the modified MSFB pilot plant over 3000 hours in total, and it was proved that corrosion rate of final superheater was suppressed to quite a low level. Furthermore, by installing solid cleaning system to solve slugging and fouling problems, and by reinforcing low pollution control function, development of 2nd generation MSFB boiler for fuel specification of Cl 1% content has been successfully completed.

建築廃材チップ、RPF、廃タイヤなどのバイオマス燃料や各種産業廃棄物燃料を用いて高効率発電を行う場合の最も重要な技術的課題は、以下の3点に集約される。それらは1) 過熱器の高温腐食問題、2) スラッシングやファウリングなどの対流部の汚れ問題、3) ダイオキシン類に象徴される公害防止問題である。これらの課題を解決し、新たなマーケットに進出すべく、MSFB (Multi-Solid Fluidized Bed) ボイラの開発目標を、都市ごみ並みの厳しい腐食環境を与える塩素濃度1%燃料仕様に対し、産業用ボイラ分野では最も高い蒸気条件である12.8 MPa - 541 °Cに定めた。高温過熱器を浸漬する外部熱交換器を固-気対向流接触方式とし、腐食成分の分離機能を大幅に改良した。MSFBパイロットプラントで累計3000時間に及ぶ燃焼、腐食評価試験を実施し、高温過熱器の腐食がほぼ皆無となることが実証された。さらに、粒子クリーニングによる汚れ防止対策と低公害機能を強化し、燃料中塩素1%仕様の次世代型MSFBボイラの開発に成功した。

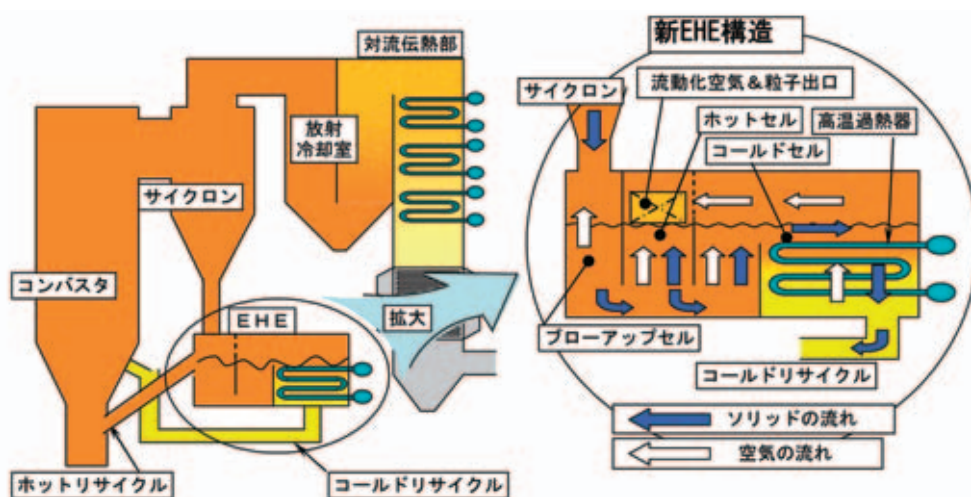


図1 塩素1%対応の次世代型MSFBボイラの新EHE構造
New EHE Configuration of 2nd Generation
MSFB Boiler for Cl=1% Fuel

* 機械・システム事業本部 機械工場 パワーシステム部

1. 開発目標と技術的課題

1.1 社会的ニーズと開発目標

近年、特に工場の自家発電を目的とする産業用ボイラ分野を中心に、バイオマスや各種産業廃棄物を主燃料とした循環流動層ボイラのニーズが高まっている。その背景には、CO₂ 排出削減による地球温暖化防止の取り組みやRPS法の施行のほかに、化石燃料に比べて発熱量当たりの燃料単価が安く、プラント全体の経済性が大幅に向上するという利点が挙げられる。代表的な化石代替燃料として建築廃材チップ、RPF (Refuse Paper and Plastic Fuel)、廃タイヤなどがマーケットで調達可能である。一方で、これらの燃料は化石燃料に比べて組成変動が大きく、塩素やアルカリ、低融点金属類などの溶融腐食成分の混入が避けられないことから、化石燃料と同等の発電効率を維持するための高温腐食抑制技術を含む高効率・低公害な循環流動層ボイラの開発が不可欠である。このような社会的ニーズを受けて、平成14年度より以下に示す開発目標を掲げてMSFBボイラの次世代化開発に取り組んでいる。

開発目標

燃料中塩素濃度条件：最大 1 wt%

ボイラ蒸気圧力：12.8 MPa、蒸気温度：541

なお、燃料中塩素濃度の条件は、平成14年度に実施した2000時間に及ぶRPF専焼条件¹⁾をベースとし、燃料中塩素濃度が数倍程度まで変動することを考慮して設定した。また、将来的には都市ごみ由来のRDF (Refuse Derived Fuel) 燃料並みの低品位化も視野に入れている。

1.2 燃料特性

開発の対象燃料とした建築廃材チップ、RPF、廃タイヤの代表的分析データを表1に示す。建築廃材チップの塩素及びイオウ含有率は高くはない。灰分も1%程度と非常に少ないが、灰中にはK、Na、P成分が多く含まれているため、珪砂成分と

表1 燃料の代表的組成
Typical Fuel Analyses Data

名称	単位	建築廃材 チップ	RPF	廃タイヤ (除くワイヤ)
水分	wt%	12.7	4.4	0.4
揮発分	dry - wt%	82.7	81.8	63.4
固定炭素	dry - wt%	16.2	6.3	32.9
灰分	dry - wt%	1.1	11.9	3.7
低位発熱量	Kcal/kg	4 300	5 000	8 800
C	dry - wt%	46.5	40.0	87.0
H	dry - wt%	6.3	5.9	7.7
N	dry - wt%	1.1	< 0.3	< 0.3
O	dry - wt%	45.0	44.0	< 1.0
T - S	dry - wt%	0.02	0.03	1.71
T - Cl	dry - wt%	0.08	0.15	0.02
灰中 Na ₂ O + K ₂ O	ash - wt%	6.0	0.98	0.93

反応して Agglomeration (粒子凝集) を起こす問題がパブリック流動層燃焼^{2), 3)}で指摘されている。また、白蟻駆除剤が塗布されたCCA (Cr, Cu, As) 材などの混入により燃焼灰からの重金属溶出が問題となることが報告されている⁴⁾。

RPFは、塩素含有率が0.1～0.3%程度と最も高く、フッ素や臭素などのハロゲン類も含まれる場合がある。廃タイヤは高カロリー燃料であるが、イオウ分が高くワイヤを除いた灰分中に亜鉛を多く含んでいる。したがって、これらの燃料を混焼する場合には塩素、イオウ、アルカリ及び低融点金属類による複合高温腐食が問題となる。なお、厳密な腐食特性データを収集するには少なくとも500～1000時間の燃焼試験が必要である。したがって、廃タイヤに関しては炉内からのワイヤ排出の煩雑さをスキップするため、数mmサイズのワイヤを含まない破碎チップを使用した。効率的なワイヤ抜き出しに関しては、別途に試験装置を用いて技術確立を図っている。なお、燃料中の塩素濃度調整用として、塩ビコンパウンド (塩ビ純度80～90%) を用いた。

1.3 技術的課題と対策

塩素やイオウを含む燃料から高効率でエネルギーを回収するためには、ボイラで高温高圧蒸気を発生し発電効率をアップすることが必要である。一例としてボイラ蒸気条件と発電効率の関係⁵⁾を図2に示す。

したがって、解決すべき最大の課題はボイラ過熱器の高温腐食対策であるが、それ以外にもボイラを高効率で長期連続運転を達成するための課題に対する対策、及び低公害性能を達成するための対策が不可欠である。図3に、建築廃材チップ、RPF、廃タイヤなどの燃料中に含まれる各種不純物とそれに起因したボイラの技術的課題を相関して示す。これらの課題に対する個々の対策が必要である。

2. 次世代型MSFBボイラの特長

2.1 新EHE構造による高温腐食抑制対策

MSFBボイラの特徴の1つとして、EHE (外部熱交換器；図1参照) による循環粒子からの熱回収システムが挙げ

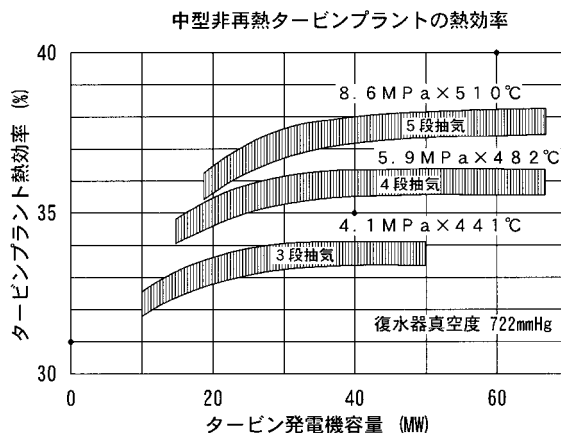


図2 ボイラ蒸気条件とタービンプラント熱効率の関係
Relation between Boiler Steam Conditions and Turbine Plant Heat Efficiency

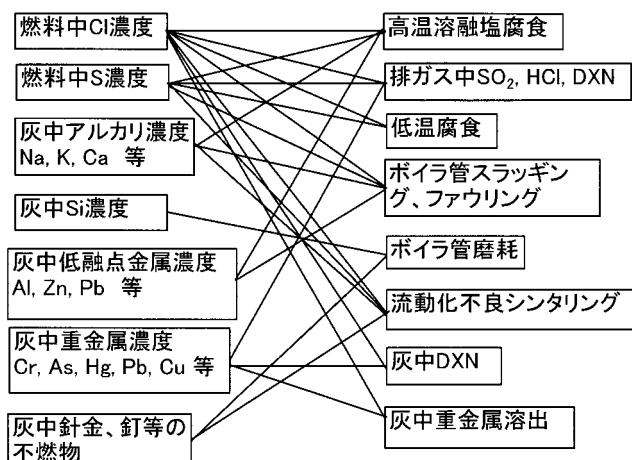


図3 燃料特性とボイラ諸問題の要因相関
Correlation between Boiler Technical Problems and Fuel Characteristics

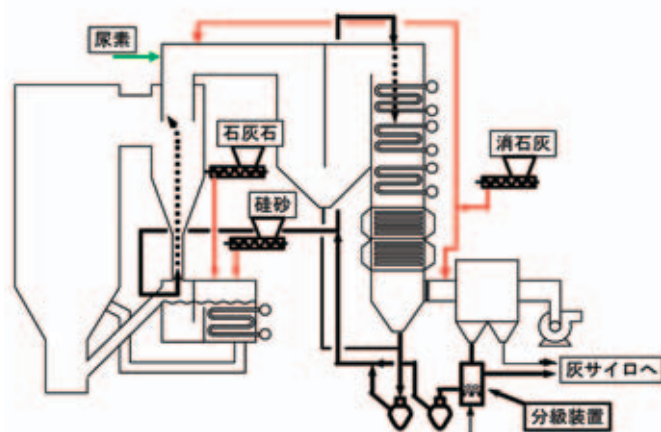


図4 粒子クリーニング、公害防止システム
Solid Cleaning and Pollution Control System

られる。このEHEには塩素ガスやアルカリ金属塩などの腐食成分が混入しにくいという特性が従来より確認されており、ここに最終段の高温過熱器を設置し、対流伝熱部には蒸気温度400程度までの低温過熱器を設置する伝熱面配置を採用している。しかしながら、より高い開発目標を確実に達成するためには、以下の理由から、より優れた腐食抑制機能を持った新EHEの開発が必要である。

- 1) 燃料中塩素濃度を最大1%まで許容する。
- 2) 廃タイヤや石炭などのイオウ含有燃料との混焼を考えると、炉内脱硫用に石灰石粒子を供給する必要がある。この場合、Ca粒子がキャリアとなりEHE粒子中の塩素濃度が増加することが予想される。
- 3) 塩素とイオウ及びアルカリによる複合共晶化合物の形成により、高温腐食が加速される。

図1に示す新EHEは3段のセル構造からなっており、サイクロンから流入する塩素を含む腐食成分が、高温過熱器の浸漬されているコールドセルに到達するまでに、これを複数段で分離する機能を備えている。

a) サイクロンブローアップセル

第一段として、サイクロンボトムから流動化空気を供給し、サイクロン効率を変化させて腐食性の微粒子を対流伝熱部側にブローアップしてEHEへの混入を防止すると共に、粒子群に同伴されてくる塩素ガスもパーズする。

b) ホットセル

第二段として、流動層自体が持っている微粒子分級機能を最大限活用し、循環粒子中に混入した腐食性微粒子の分級と循環粒子自体に付着した腐食成分の剥離を行う。必要な分離能力はホットセルの流動化空気流速と流動化面積で調整する。

c) コールドセル

最終段として、高温過熱器が浸漬されたコールドセルにおいても腐食成分の流動層分級が行われる。ここでは特に、粒

子の流れ方向と流動化空気のフリーボード部での流れ方向を対流方式として、分離された腐食成分の層内への再混合を防止し、分離機能を促進している。

2.2 サイクロンブローアップと灰付着防止対策

100～300ミクロンの循環粒子をEHEから抜き出し、対流伝熱部に供給して伝熱面をクリーニングする方式は、MSFB実機でも標準的に装備され、実施されている。塩素濃度の増大と共に付着性の強い溶融塩成分の灰中濃度が上昇してくると、対流部伝熱面の汚れ問題だけでなく、サイクロン内筒の灰付着、閉塞問題が発生する可能性がある。したがって、図4に示すようにサイクロンブローアップ機能と組み合わせたサイクロン内筒から対流伝熱部の粒子によるクリーニングシステムを採用し、灰付着防止を可能としている。

2.3 公害防止対策

炉内脱硫、NOx低減、対流部脱塩対策を図4に合わせて示す。炉内脱硫は従来と同じくEHEに石灰石粒子を供給し、850～900の火炉で脱硫を行う方式であるが、緊急にSO₂を低減させる必要がある場合には、サイクロン出口で消石灰粉体噴射を行うことを可能としている。NOxは、炉内の適正な空気分配とサイクロン出口での尿素水溶液噴霧の組み合わせで数十ppm(6%O₂)レベルまでの低減を図る。脱塩に関しては、対流部の空気予熱器入口で消石灰を粉体噴射し、反応物をバグフィルタで捕集する方式としている。なお、ダイオキシン低減対策や灰中の有害重金属溶出防止対策などについては、必要に応じて設備を組み込むことで対応することとしている。

3. 技術の妥当性検証、実証試験

3.1 新EHE構造による高温腐食抑制対策

3.1.1 小型流動層による腐食成分分離試験

まずEHEでの腐食性微粒子の基本的な分離特性を確認する目的から、小型の流動層分級テスト装置を製作してテスト

を行った。図5にテスト装置の概略フローを示す。流動層部は内径90mm高さ1400mmの円筒形状で、外熱式電気炉により900℃までの温度制御が可能である。ベッドを形成する粗粒子としては、循環粒子に相当する200ミクロンの珪砂を用い、飛び出し側の微粒子としてバグフィルタ捕集灰に相当する20ミクロン程度の各種成分粒子を使用し、微粒子の飛び出し速度を測定した。微粒子の飛び出し速度定数K (kg/m²sec)は、初期に一定量の微粒子と粗粒子を充填し、流動化開始後の経時的な微粒子の重量変化を測定することにより式(1)を用いて算出される。

$$-dW(t)/dt = A \times K \times W(t) / W(t) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、

- A : 流動層断面積 (m²)
- W(t) : 流動層内の全粒子重量 (kg)
- W(t) : 流動層内の微粒子重量 (kg)

図6に、石炭フライアッシュのKと流動化空気流速の片対数プロットを示す。微粒子の分級性能は流動化空気流速に大きく依存し、0.2~0.4m/secの流速制御範囲で約10倍程度

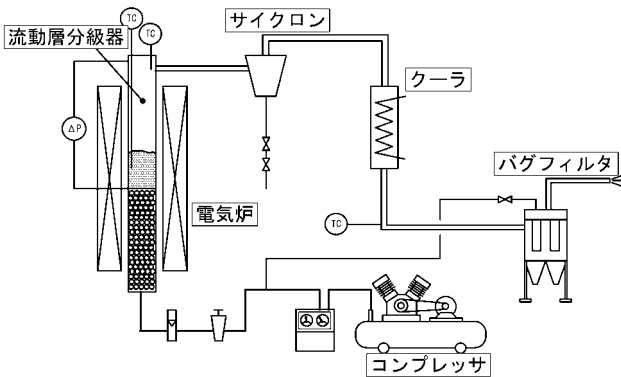


図5 小型流動層分級テスト装置
Small Experimental Apparatus of Fluidized Bed Classifier

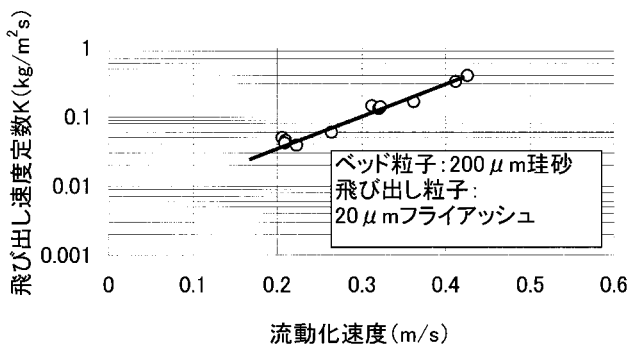


図6 常温での飛び出し速度定数Kと流動化速度の関係
Relation between Elutriation Rate Constant K and Fluidizing Velocity at Room Temperature

度まで変化することが確認された。図7は、常温でのKに対する温度の影響を900℃まで各種微粒子に対して調査したものである。アルミナ系の微粒子は、高温では分級性能が改善される特徴がある。シリカ系の珪石粉や石炭フライアッシュ類においても、高温下でKがあまり低下していない。高温では空気粘度の上昇と局所的な溶融現象によりKがかなり低下することが予想されたが、テスト粒子に関しては最大で50%程度の低下に留まった。この程度の低下は、流動化空気流速を調整することで容易に回復できることは図6の結果から明らかである。なお、中温度域で一時的にKが増加する可能性があるが、これは湿分または結晶水に関係した付着性の変化と考えられる。次に、石炭フライアッシュにNaClやKClなどの溶融塩成分を一定量添加し、高温下で分級されるNa+K成分の時間的変化を測定した結果を図8に示す。800℃の高温でもNa+K成分の初期添加量が2%程度であれば、流動層分級により大半のNa+K成分が分級可能との結果が得られた。また、Na+Kの添加量が7wt%となると、飛び出し割合は30%程度で頭打ちとなっており、ベッド内の粗粒子に付着もしくは反応して層内でAgglomerationが発生する危険性が高くなることを示している。したがって、層内Na+K濃度に一定の上限値が存在することが確認された。

3.1.2 MSFBパイロットプラント

小型流動層分級テスト結果をベースに、既設MSFBパイロットプラントに図1に示す新EHEを組み込み、同時に建築廃材チップ、廃タイヤチップ、消石灰などの供給設備を追加する改造工事を行った。写真1にMSFBパイロットプラントの外観を示す。燃焼条件は建築廃材チップ、RPF及び

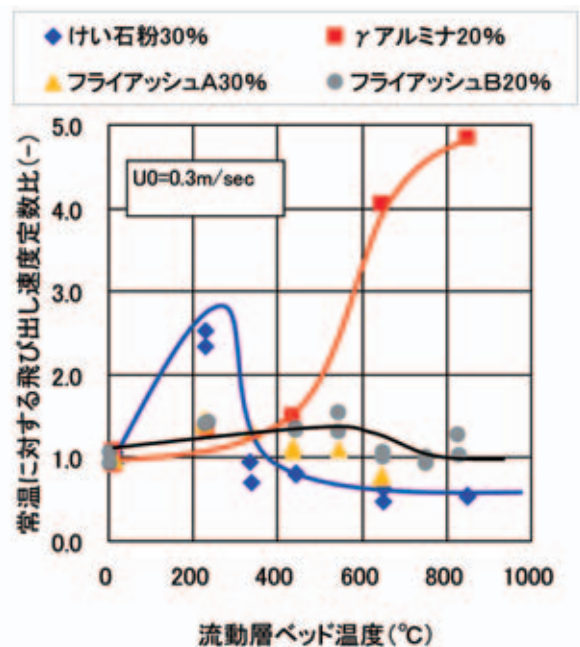


図7 各種微粒子における飛び出し速度定数Kの温度依存性
Influence of Bed Temperature on Elutriation Rate Constant K for Various Powders

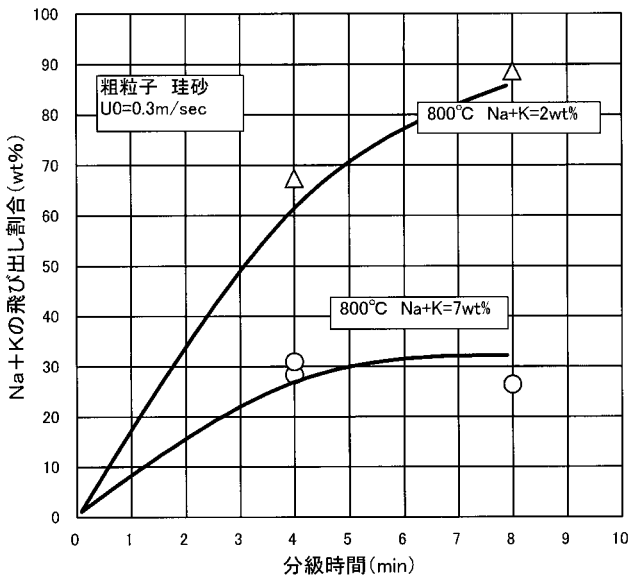


図8 Na+K成分の分級特性
Classification Characteristics of Na + K Component



写真1 MSFB ボイラパイロットプラント
MSFB Boiler Pilot Plant

廃タイヤチップの2～3種類の混焼条件とし、テスト目的に対応して炉内への石灰石供給、サイクロン出口での尿素水溶液噴霧、対流部での消石灰粉体噴射を実施した。通常の燃焼試験においては、1テスト条件で循環粒子組成が定常値に達する100～150時間の連続運転とし、排ガス中に腐食速度測定用テストピースを設置して鋼材の腐食速度を測定する場合は、500時間程度の連続運転を実施することを基本とした。

表2 塩素1%燃料燃焼時のEHE層内粒子中の塩素濃度
Cl Concentration in EHE Solid at Cl=1% Fuel Combustion

サンプル	wt%	Cl	SO ₃	Na ₂ O+K ₂ O	CaO
バグフィルタ捕集灰		3.82	3.45	0.66	36.7
EHE層内粒子		0.01	0.5	0.12	12.3
EHE飛び出し粒子		0.09	2.95	0.62	55.0

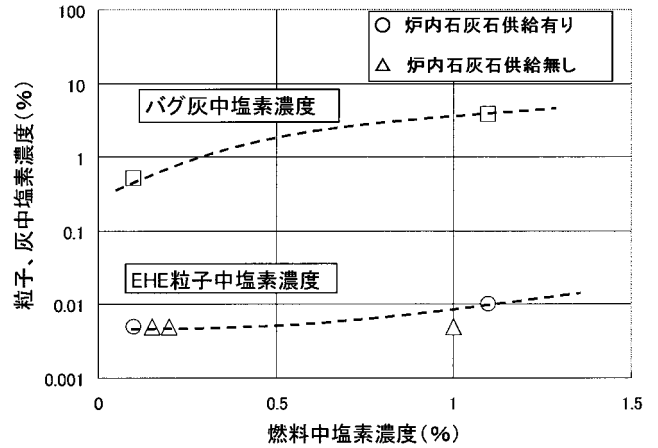


図9 燃料中塩素濃度とEHE粒子中塩素濃度の関係
Relation between Cl in EHE Solid and Cl Content of Fuel

灰及び循環粒子は、バグフィルタ及びEHEの各セルから一定時間毎にサンプリングを行って分析し、排ガス測定は誘引ファン出口でNO_x、CO、O₂、SO₂、HCl、ダイオキシン類などの測定を行った。

3.1.3 MSFBパイロットプラントでの腐食評価試験

まず、新EHE構造による腐食抑制機能を確認するため、建築廃材チップ、RPF、廃タイヤ混焼条件で塩ビを添加して燃料中塩素濃度を変化させ、EHE粒子中の塩素濃度などの組成変化を測定した。表2に燃料中塩素濃度1%条件で静定後のEHE層内粒子組成をバグフィルタ捕集灰、EHEからの飛び出し粒子と比較して示す。炉内石灰石供給条件下においても、EHE層内の塩素濃度は非常に小さな値に保持され、バグフィルタ捕集灰の1/100以下の値となっている。また、Na₂O+K₂O成分濃度も非常に低い値となっており、循環粒子中へのアルカリ成分濃縮によるAgglomeration問題は回避されている。一方、EHEから飛び出す微粒子中には層内粒子の数倍の塩素とCaOやNa₂O+K₂O成分が含まれていることから、CaCl₂などの腐食性微粒子がEHEで分級されていることが裏付けられた。図9に燃料中塩素濃度を変化させた場合のEHE中塩素濃度の変化を示す。炉内石灰石供給時には、EHE中のCa濃度の上昇と共に塩素濃度が若干上昇傾向となるが、新EHEの優れた腐食成分分離機能が確認された。

図10に、テストピースによる腐食速度の測定結果の一例を示す。塩素などの腐食成分がほとんど存在しないEHE内の腐食速度は、非常に小さなレベルとなっている。一方、

対流部伝熱部での腐食速度はメタル温度が 500 を超えると非常に厳しい腐食環境となっている。対流部に設置する低温過熱器の蒸気温度は 400 ~ 450 程度までに抑制し、EHE の高温過熱器で 550 まで蒸気温度をアップする伝熱面配置とする必要がある。

3.2 サイクロンブローアップと灰付着防止対策

サイクロンボトムから少量の空気をブローダウンもしくはブローアップし、サイクロン捕集性能を変化させる研究が報告されている⁶⁾。これを循環流動層ボイラのサイクロンに適用し、ブローアップにより粗粒子の一部を対流伝熱部に供給して循環粒子による伝熱面のクリーニングを実施することが可能である。図 11 に、MSFB パイロットプラントで確認したサイクロン捕集効率とブローアップ空気比の関係を示す。サイクロン入口空気量に対し非常に微量の空気量でサイクロン効率を変化させると共に、サイクロン出口での灰組成を変化させることが可能である。図 12 は、燃料中塩素濃度 1%、炉内石灰石供給条件下において、サイクロンブローアップによりサイクロン出口部の灰組成と粒度分布を変化させて灰付

着による汚れを防止し、安定燃焼を達成する領域を示したものである。なお、ブローアップにより循環粒子口流量が過大となる場合は、図 4 に示すバグフィルタ捕集灰からの粗粒子の分離回収システムを設ける。また、バグフィルタ捕集灰からの粗粒子の分級技術に関しては、図 6 に示した小型流動層分級テスト結果をベースとして実機への適用が可能である。

3.3 公害防止対策と性能

3.3.1 炉内脱硫性能

建築廃材チップ、RPF、廃タイヤ混焼条件で、混合燃料の塩素含有率を 1%、イオウ含有率を 0.5%程度に保持した場合の炉内脱硫性能を図 13 に示す。塩素共存下では CaO の活性化が促進され、脱硫性能が大幅に向上することが従来より指摘されているが、テスト結果でも Ca/S=2 程度で 85%程度の優れた脱硫性能が確認された。

3.3.2 脱硝性能

固定炭素が少ない燃料では、炭素粒子による NOx 還元が促進されないことから、石炭専焼時に比べて NOx 濃度は高くなる傾向にある。建築廃材チップ、RPF の専焼及び混焼

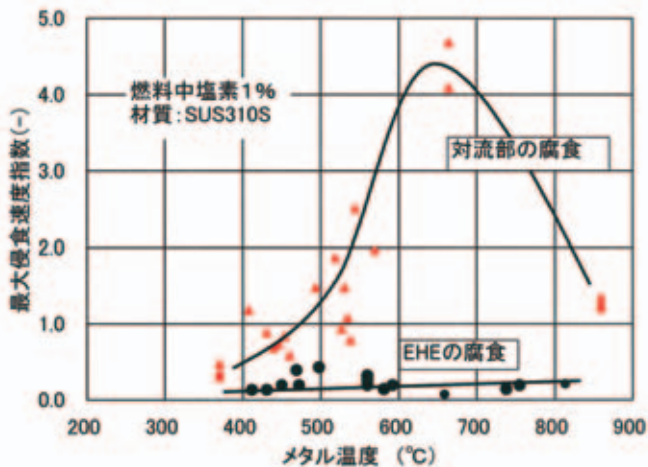


図 10 対流部と EHE の腐食速度比較
Corrosion Rate Comparison of EHE with Convection Pass

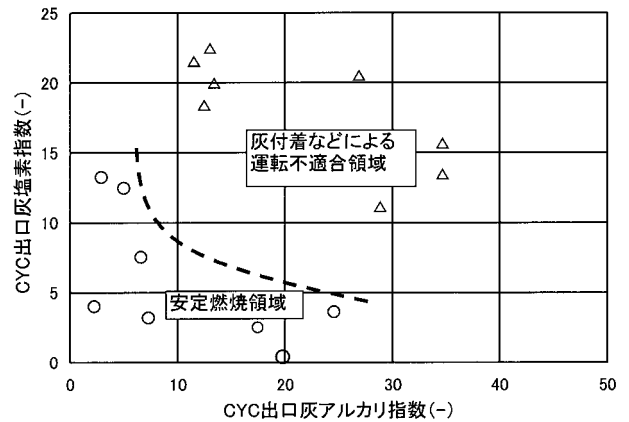


図 12 サイクロン出口灰組成指標と安定燃焼領域
Correlation between Ash Composition Index at Cyclone Outlet and Stable Combustion Area

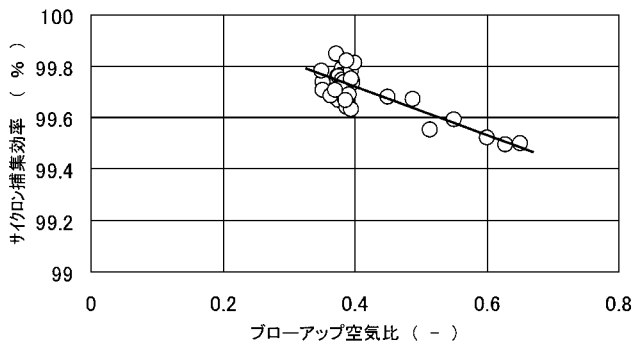


図 11 ブローアップ空気によるサイクロン性能の制御
Control of Cyclone Efficiency by Blow-up Air

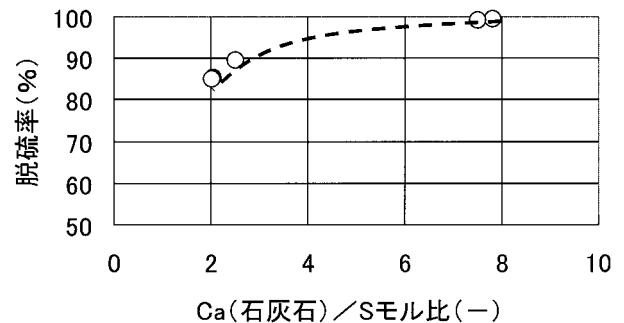


図 13 炉内脱硫性能
De-SOx Efficiency in Furnace

条件においても従来より 30 ~ 40 ppm 程度、NOx が高い値となった。MSFB ボイラでは、一次空気比を 0.3 ~ 0.4 程度の強い還元雰囲気中に保持することにより、石炭燃焼で優れた NOx 低減性能を実証してきたが、これに加えて二次空気及び三次空気の導入方法の改良による炉内脱硝性能の改良を図った。また、サイクロン出口での尿素水溶液噴霧の併用により最終的に NOx < 30 ppm (O₂=6%) での連続運転が可能であることを確認した。図 14 にテスト結果を示す。なお、尿素噴霧量は O₂=5% 時の NOx 濃度に対して噴霧量を設定した後、一定値に保持されている。したがって、O₂ 濃度の高い所で NOx が増加しているのは尿素的対 NOx モル比が相対的に低下しているためである。

3.3.3 脱塩性能

炉内に脱硫用石灰石を供給して SO₂ < 100 ppm に低減した後、残留する数百 ppm レベルの HCl ガスに対して、対流伝熱部のガス温度が 250 程度の領域に、消石灰を粉体噴射した場合の脱塩性能を図 15 に示す。炉内の石灰石供給により 50% 程度脱塩されているが、消石灰粉体噴射との組み合

わせで最終的には 90% 以上の脱塩性能が達成されている。

3.3.4 ダイオキシン類の排出特性

建築廃材チップ、RPF、廃タイヤの混焼条件を一定割合に保持し、塩ビ添加量を段階的に変化させてダイオキシン類の排出特性を調査した。図 16 に排ガス中のダイオキシン類濃度と燃料中塩素濃度の相関を示す。その結果、燃料中塩素濃度（塩ビ濃度）とダイオキシン類濃度に非常に強い相関性が得られた。また、塩素濃度が非常に高い条件では、規制値の 0.1 ng-TEQ/m³N を超える可能性もあり、その対策として活性炭吸着法などによる低減設備が必要となる。

図 17 は、同時に測定したバグフィルタ捕集灰中のダイオキシン類濃度と燃料中塩素濃度の相関を示したものである。灰中ダイオキシン類濃度も燃料中塩素濃度（塩ビ濃度）と非常に強い相関があることが確認された。燃料中塩素濃度が非常に高い場合は、灰に関しても熱分解法などによる無害化処理が必要となる可能性がある。

3.3.5 重金属溶出防止

MSFB パイロットでの累計で 3000 時間に及ぶ建築廃材チ

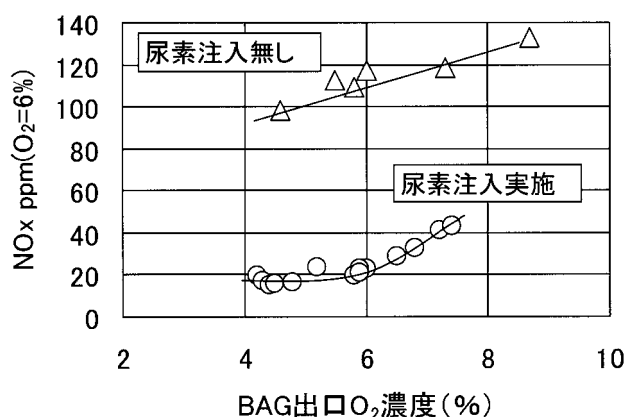


図 14 尿素注入による NOx の低減
NOx Reduction by Urea Injection

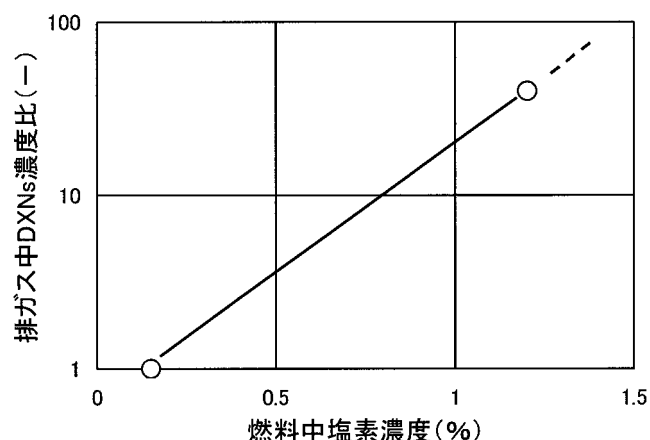


図 16 燃料中塩素濃度と排ガス中ダイオキシン類濃度の相関
Correlation between Cl Content of Fuel and DXNs in Flue Gas

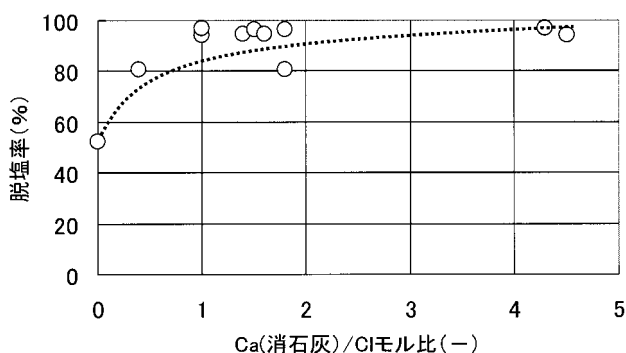


図 15 消石灰粉体噴射による脱塩性能
De-HCl Efficiency by Ca(OH)₂ Powder Injection

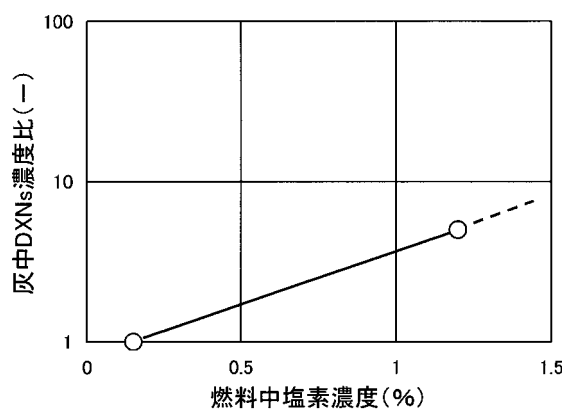


図 17 燃料中塩素濃度とフライアッシュ中
ダイオキシン類濃度の相関
Correlation between Cl Content of Fuel and DXNs in Fly Ash

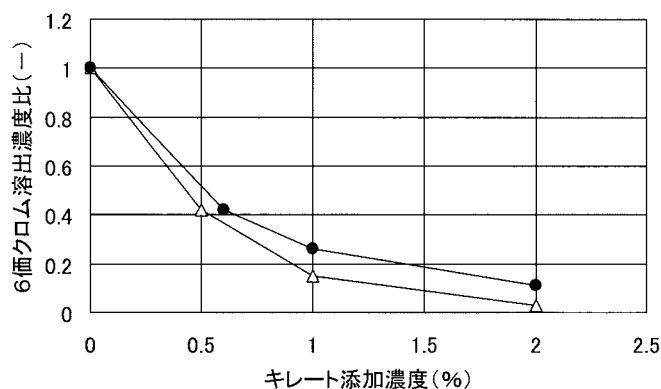


図18 キレート添加による6価クロム溶出特性変化
Cr⁶⁺ Leaching Property Change by Chelate Addition

チップ混専焼試験において、灰中の6価クロム溶出試験結果が埋め立て基準値を上回る場合があった。主としてCCA材の混入が主原因と考えられる。図18は6価クロム溶出量と溶出防止用キレート剤添加量の関係を示したものである。実機においては、有害重金属の監視と適切なキレート処理が必要である。

4. あとがき

燃料中塩素濃度1%条件にて12.8MPa, 541クラスの高效率発電ボイラの開発を目標として、MSFBボイラパイロットプラントで3000時間に及ぶ改良実証研究を実施した。燃料は建築廃材チップ、RPF、廃タイヤなどに塩ビを混合して燃料中塩素濃度を1%程度まで変化させた結果、以下の特長を確認すると共に、本開発目標を達成することができた。

- 1) HClガスとSO₂ガスの共存下という最も過酷な高温腐食条件において、新EHEの優れた腐食抑制機能を確認した。
- 2) サイクロンブローアップ技術、粒子クリーニング技術、

バグフィルタ捕集灰からの粗粒子分離回収技術などを組み合わせることにより、サイクロン内筒から対流伝熱部に至る灰付着防止対策を確認した。

- 3) NO_x, SO₂, HCl, ダイオキシン類及び重金属溶出データを収集し、必要な低減対策を確認した。

今後は、さらに多様な燃料からのクリーンで高效率なサーマルリサイクルシステムの中核技術として、MSFBボイラの簡素化と高信頼性をテーマに改良を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 竹林保, 大塚厚史, 新谷一章: RPF 燃焼用 MSFB ボイラの開発, 三井造船技報, 181 (2004-2), p. 56
- 2) Weigang Lin, Kim Dam-Johansen: Agglomeration in Fluidized Bed Combustion of Biomass-Mechanisms and Co-Firing with Coal, Proceedings of the 15th International Conference on FBC, May16-19 (1999)
- 3) H. J. M. Visser, S. C. van Lith, J. H. A. Kiel: Biomass Ash-Bed Material Interactions Leading to Agglomeration in FBC, Proceedings of the 17th International Conference on FBC, May18-21 (2003)
- 4) 浅利美鈴, 平井康宏, 水谷聡, 高月紘, 酒井伸一: 廃棄過程にある薬剤処理木材の溶出挙動及び燃焼挙動, 環境衛生工学研究, 第15巻, 第3号 (2001), p. 48
- 5) 社団法人火力原子力発電技術協会: 火力原子力発電必携, 改訂第4版 (1985), p. 236
- 6) 吉田英人: 最近の乾式および湿式分級技術, 粉体と工業, Vol. 34, No. 12 (2002), p. 32

〔問い合わせ先〕

機械・システム事業本部 機械工場 パワーシステム部
TEL 0863-23-2411 竹林 保, 大塚 厚史