微粉炭燃焼過程における灰粒子挙動の炭種依存性

Effects of coal types on ash behaviors in pulverized coal combustion

○正 義家 亮 (名大院工)
 正 植木 保昭 (名大エコ)
 佐藤 直樹 (I I C)
 伊藤 隆政 (I H I)

都築 拓朗 (名大院工)
 成瀬 一郎 (名大院工)
 松澤 克明 (I H I)
 須田 俊之 (I H I)

Ryo YOSHIIIE, Takuro TSUZUKI, Yasuaki UEKI, Ichiro NARUSE, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan
 Naoki SATO, IHI Inspection & Instrumentation Co., Ltd., Shin-nakahara-cho, Isogo-ku, Yokohama, 235-8501, Japan
 Yoshiaki MATSUZAWA, Takamasa ITO, Toshiyuki SUDA, IHI Corporation, Shin-Nakarara-cho 1, Isogo-ku, Yokohama, 235-8501, Japan

Key Words: Pulverized Coal Combustion, Included and Excluded Minerals, Ash Fragmentation and Coagulation

1. 諸言

近年、低品位炭の有効活用の観点から、既存の微粉炭燃焼ボイラにおいても多炭種多様性への対応が求められている。しかし、各ボイラの設計炭の許容範囲を逸脱する炭種を燃焼させる場合、炉内のスラッシングやファウリングといった灰溶解性および付着性由来するトラブルの抑制が大きな課題となる⁽¹⁾。よって、本研究では炭種に応じた石炭燃焼過程における無機成分粒子の挙動解明を目的として、低融点、中融点、高融点灰分の3種の石炭について、電気加熱式ドロップチューブ型燃焼炉による燃焼実験を行った。そして炉内複数点で炭素変換率の異なるチャーを採取して、CCSEM (Computer Controlled Scanning Electron Microscope) による灰粒子の形態分析を施すことによって、灰の凝集挙動を決める大きな因子とされている Included Mineral と Excluded Mineral への分配について調べた。

2. 石炭燃焼実験とチャー試料の採取

2.1 石炭試料

本研究で使用した石炭の軟化点、溶融点、流下点を Table 1 に示す。Coal K が低融点、Coal F が中融点、Coal A が高融点の灰分を持つ石炭となっている。灰分は重量比で Coal K が 13.8%，Coal F が 8.5%，Coal A が 12.18% 含んでいる。石炭は 0.297m/m のふるいにかけた後、実験を行っている。

Table 1 Melting points of ash in coal samples

		Coal A	Coal F	Coal K
軟化点	℃	1087	1190	1160
溶融点	℃	>1550	1300	1210
流下点	℃	>1550	1490	1500

2.2 DTF 実験

石炭は 0.297m/m のふるいにかけた後、実験を行う。石炭試料の燃焼には、Fig.1 の電気加熱式ドロップチューブファーンレス (DTF) を用いる。炉壁温度は 1400℃、チャー試料は炉下方から挿入された等速吸引プローブにて採取される。採取位置は反応開始となるインジェクタ先端より、100mm～400mm の範囲では 100mm 刻み、400mm～1300mm では 200mm 刻みとする。これによってチャーの炭素変換率は 0～80% の範囲をカバーできる。採取されたチャー試料については、差動型示差熱天秤 (リガク TG8200) による灰重量分析の結果から、アッシュトレイサー法を用いて炭素変換率を評価する。

2.3 チャーサンプリング結果

Fig.2(a)～(c)に Coal K, Coal F, Coal A それぞれの DTF 実

験から得られたチャーサンプルの炭素変換率評価結果を示す。横軸はインジェクタからの距離を表しており、石炭粒子が反応管内を落下するにつれて燃焼反応が進行する様子がわかる。左端の 0mm の点は原炭であり、炭素変換率はゼロである。三種の石炭で幅広い炭素変換率のチャーの採取に成功した。よって、各石炭試料について、図中の丸印で囲んだ4点のチャー試料を CCSEM 分析により、より詳細な灰粒子の解析を行うことにした。

Fig. 1 Schematic of drop tube furnace for pulverized coal combustion experiment

Fig. 2 Carbon conversions in coal particles through the reactor during the pulverized coal combustion for (a) coal K, (b) coal F and (c) coal A.

3. 灰粒子の CCSEM 分析

チャー試料に含まれる灰の形態を調べるため、CCSEM を用いた粒子分析を行った。採取されたチャー粒子のうちの 100 mg を測りとり、これをヒーターで 120℃ に温めて液状となったカルナバワックスと均一に混合して固めた。この底面を研磨することによって SEM による観察視野とした。これらの手法はすべて既報にならっている⁽²⁾。さらに視野内に含まれる灰粒子すべてについて、粒径を個別に評価し、球形近似によってその体積を求めて積算することにより、視野中灰粒子の全体積を計算した。一方、視野内に含まれる灰粒子を、単独で存在する Excluded Mineral と、未燃炭素成分に覆われている Included Mineral に分類して個別にカウントし、その数を前述の灰粒子の全体積で割ることによって、灰粒子単位体積あたりの灰粒子構成数を Excluded Mineral と Included Mineral のそれぞれについて計算した。その結果を Fig.3(a)～(c) に示す。燃焼反応場において、Included Mineral に起こる現象は、熱により溶融した灰粒子が、接触することによって溶けあう結合、マトリクスである炭素成分が燃えることにより露出して、Excluded Mineral へと遷移する脱離などが考えられ、主にその粒子の個数を減らす方向へ動く。一方、Excluded Mineral については、Included Mineral からの遷移の他に、高温の反応管内での熱衝撃による分裂、あるいはその逆の凝集などが考えられる。これらの変化で Excluded Mineral の粒子数は増加するものと考えられる⁽³⁾。これらの考えに基づいて Fig.3 を検証してみる。三種の石炭試料において Included Mineral は減少傾向にある。一方、Excluded Mineral については、Fig.3(c) の Coal A が明らかに増加傾向であるのに対して、Fig.3(a)(b) の Coal K と Coal F は増加傾向が鈍い。これは、前節に述べた灰の融点に大きく影響を受けていると考えられる。すなわち、Coal K と Coal F は灰融点が比較的低いため、Included Mineral の減少は粒子同士の結合が支配的である。一方、灰融点の高い Coal A では脱離が支配的であり、よって Excluded Mineral の増加率が高い。

Fig. 3 Changes of the numbers of included and excluded minerals per unit volume ash with the progress of combustion

4. 結言

微粉炭燃焼条件における灰粒子の分裂凝集挙動について、Included Mineral, Excluded Mineral を個別に評価した。全体として Included Mineral は灰粒子同士の結合や炭素マトリクス成分からの脱落により、石炭粒子の燃焼反応が進むにつれて減少する傾向にある。その機構は Included Mineral 同士の凝集と Excluded Mineral への脱離に大別され、その割合は灰融点の影響を受ける。よって、Excluded Mineral は灰融点が高いほどその増加傾向は高い。

参考文献

- (1) I. Naruse, et al., Fuel 84 (2005) 405-410
- (2) D. Yu, et al., Energy Fuels 21 (2007) 468-476
- (3) Y. Liu, et al., Energy & Fuels 21 (2007) 461-467