

灰溶融プラントにおける煙道付着物形成メカニズムの解明 Formation Mechanisms of Ash Deposits in an Ash Melting Plant

安井一雄 (Kazuo Yasui)

論文要旨：灰溶融処理技術はごみ焼却施設から排出される焼却残渣を無害化や減容・減量化するうえで有効な方法である。しかしながら、灰溶融プラントにおいて、溶融炉に投入される焼却残渣中に多く含有する低沸点化合物は煙道中で付着物を形成し、成長を続けると煙道を閉塞させる問題が生じている。その結果、運転に支障をきたし長期連続操業を困難にする場合がある。

本研究では、実プラントにおける付着物の分析から付着物形成に係る因子を特定し、パイロットスケールの実験炉を用いて付着物再現実験をおこない、融液相の生成により付着物が形成することを確認した。また、付着物の EPMA の面分析チャートをソフト上で 2 値化処理することで各元素の共存状態を数値化し、低温で融液相を生成する共晶系を定量的に評価した。さらに、付着物の化合物形態、相状態を推定するため、化学ポテンシャル図、相平衡状態図を導入した。以上の解析結果により灰溶融プラントにおける付着物形成メカニズムを提案した。

キーワード：灰溶融処理、付着物、低沸点化合物、融液相、共晶反応

Abstract : An ash melting treatment is the most effective method to make the incinerator residues harmless and reduce their volume. However, in an ash melting plant, flyash particles and fumes derived from low boiling compounds deposit on the flue gas duct or heat transfer surfaces. And a great deal of ash deposits in one location brings about airflow obstruction, so that it disrupts the operation for many days.

In this study, we determined the factors concerning the formation of ash deposits, according to the analysis of ash deposits in a plant. And, the pilot-scale experiment was performed to recognize liquid phases in ash deposits cause the growth of ash deposits. Then, ash deposits were analyzed by EPMA and the images were digitalized in order to presume the occurrence of eutectic reaction. Furthermore, chemical potential diagrams and phase equilibria diagrams were adopted in order to estimate chemical form and phase in ash deposits. As the results, formation mechanisms of ash deposits in an ash melting plant were understood.

Key Word : an ash melting treatment, ash deposits, low boiling compounds, liquid phases, eutectic reaction

1. はじめに

本研究では、付着物が成長する過程で大きな影響をおよぼすと考えられる融液相の存在を明らかにするため、付着物再現実験、実プラントにおける付着物の化合物形態の推定、相平衡状態図からの融液量の算出をおこなった。以上の結果および実プラントにおける付着物の分析結果を総括し、灰溶融プラントにおける付着物形成メカニズムを提案することを目的としている。

2. 付着再現実験

パイロットスケールの実験炉において、炉上部から低沸点化合物として NaCl と Na₂SO₄、高沸点化合物としてケイ砂を用いて作った試料を噴霧し、付着物を 600 で形成させた結果を写真 1 に示した。表面は一部、融液相が存在しておりその表面にケイ砂と考えられる粒子が捕集されている部分を観察できた。これは NaCl と Na₂SO₄ を混合することで NaCl の融点である 801、Na₂SO₄ の融点 884 よりも低い約 600 において融液相が生じることを確認した。

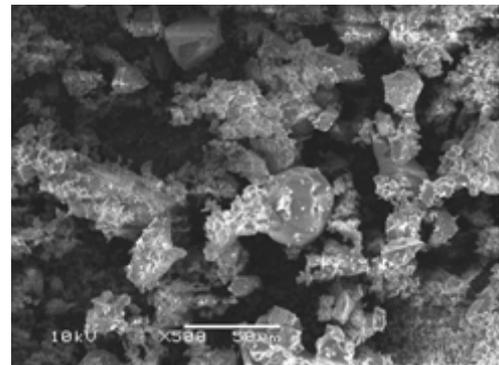


写真 1 SEM 分析結果

3. EPMA による面分析

付着物の化合物形態を調べる方法として XRD が主に用いられている。しかし、付着物是非晶質のものが多く、同定されていない化合物が数多く存在すると考えられる。そこで、本研究では EPMA により各元素の面分析をおこない、その面分析チャートから存在領域を抽出し、元素間の共存状態を数値化することにより定量的に評価した。写真 2 に Na と Cl との共存画像を示した。この共存比率を算出することにより、付着物で生じる主な共晶系は、NaCl-KCl、NaCl-KCl-CaSO₄ であり、これが融液相となり、ばいじん成分を捕集することが推測された。さらに、局所的には Na₂O-K₂O-Al₂O₃ といった低沸点化合物と高沸点化合物の共晶系を推定することもできた。



写真 2 Na と Cl の共存画像

4. 相平衡状態図

相平衡状態図は The American Ceramic Society が発行している Phase Diagrams for Ceramists から検索した無機化合物の 2 成分系および 3 成分系相平衡状態図を用いて、融点降下の影響および各温度における融液量を算出した。NaCl-KCl-CaSO₄ 系における各温度と融液量の関係を図 1 に示した。各付着物の組成をこの 3 成分で模擬した時の結果であるが、付着物が形成される温度の低い熱交換器付着物の方が温度の高い二次燃焼室付着物よりも同温度での融液量が多くなった。すなわち、低い温度で同量の融液相を生成することが推定された。

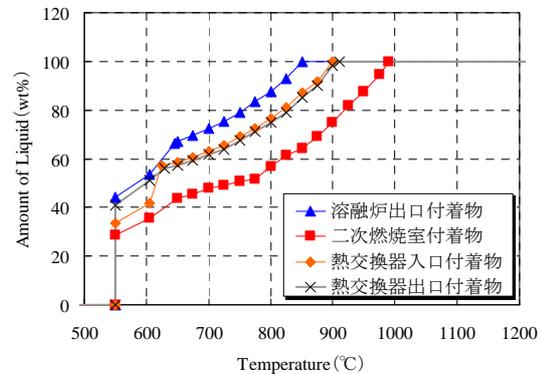


図 1 温度と融液量の関係

5. 付着物形成メカニズム

本研究でおこなった実験および熱力学的考察により、図 2 に示した灰溶融プラントにおける付着物形成メカニズムを提案する。

(1) ガス状もしくは粒子状の低沸点化合物が壁面に凝縮・付着する。

(2) 雰囲気温度の上昇により付着した低沸点化合物が融液相に変化する。

(3) 生成した融液相が溶融炉から揮散したばいじん成分 (高沸点化合物) を捕集する。

(4) 融液相に捕集された高沸点化合物は融液相に存在する Na₂O や K₂O

と局所的に共晶反応による融液相への変化や複合化合物を生成し固定化される。

(5) 付着物形成は連続的に (1)(2)(3)(4) を繰り返し成長する。付着物が成長するにつれ、内部酸素分圧が低くなり、さらに (4) の反応が生じやすくなり、融液相と固相が混合された非常に硬い付着物が形成される。

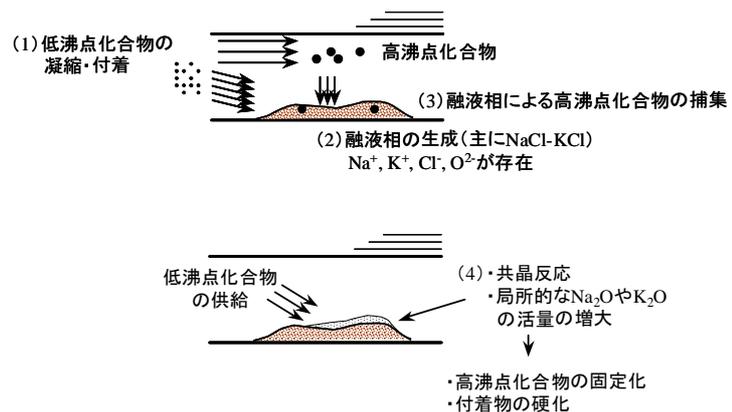


図 2 付着物形成メカニズム