HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	廃棄物発電高効率化のためのボイラ過熱器管材料の高温腐食特性の解明および腐食抑制技術に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	竹田, 航哉
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第13220号
Issue Date	2018-03-22
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/69734
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Koya_Takeda_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (工学)　氏名　竹田 航哉

審査担当者　主　査　教　授　松藤 敏彦
副　査　教　授　松井 利仁
副　査　教　授　濱田 靖弘
副　査　准教授　東條 安匡

学位論文題名

廃棄物発電高効率化のためのボイラ過熱器管材料の高温腐食特性の解明および腐食抑制技術に関する研究
(A study on corrosion behavior of Stainless Steel for Super-Heater tubes and corrosion control measurement, to promote the high-efficiency in WtE plant)

廃棄物発電は, ごみを熱エネルギーとして循環利用することで化石燃料由来の CO_2 削減に寄与できるため, 循環型社会と低炭素社会の統合的な実現に貢献できる。しかしボイラ管特に過熱器管の溶融塩に起因する高温腐食に対する懸念のため, 高効率発電ボイラの主流となっている 4Mpa × 400 ℃級ボイラは 1990 年代に導入が始まって以来, 今日に至る約 20 年もの間頭打ちの状態である。

本研究は都市ごみを対象とするストーカ式ごみ焼却炉ボイラにおいて, 過熱器管の材料として用いられるステンレス鋼 (SUS310J1) の減肉特性を明らかにした。次に, 過熱器管の曝露条件を模擬した腐食センサを用いて, 腐食環境の連続的な挙動を調査した。また, 管に付着する前のばいじんに着目して, 腐食機構を明らかにすることを試みた。得られた知見に基づき添加剤 (以下、抑制材) を用いる過熱器管の腐食抑制技術を考案し, 抑制材の使用量を極力低減するために, 抑制効果や腐食抑制以外の機能について実験室試験で検討し抑制材を選定した。さらに本技術の実証試験をストーカ式ごみ焼却炉ボイラにて行い, その効果を検証するとともに事業性について評価した。

本論文は 7 章で構成され, 以下に概要を示す。

第 1 章では, 廃棄物発電を取り巻く環境など本研究の背景を整理するとともに高温腐食に関する従来の研究を紹介し, 本研究の目的について述べた。

第 2 章では, 都市ごみを対象とする複数のストーカ式ごみ焼却施設にて, ステンレス鋼 (SUS310J1) の金属温度, ガス温度と腐食減肉量の関係について調べた。従来から多く引用されてきた金属温度, ガス温度が高くなるにつれて連続的に腐食量が増加するのではなく, 不連続的に変化する領域が存在することを明らかにした。また, 各試験片から採取した付着灰の分析結果から鉛や亜鉛といった重金属類の含有量が影響していると推察した。

第 3 章では, 交流インピーダンス法を用いた腐食センサをストーカ式ごみ焼却施設の過熱器管近傍のガス温度が異なる 2 ヶ所に設置し, 腐食連続モニタリングを行った。焼却炉運転中における腐食速度は時々刻々と変化しており, ガス温度条件によって腐食速度の推移が異なることを示した。また, 腐食速度は乾燥段空気量の増減に対応して変化し, 燃焼場で発生するばいじんが腐食に影響していることを明らかにした。

第 4 章では, ストーカ式ごみ焼却施設の第 3 煙道から飛散中のばいじんを採取し, 粒径別の特性

を調査した。粒径の小さなばいじんはナトリウムやカリウム, 塩素の割合が高く, 粒径が大きくなるにつれてナトリウムやカリウムは減少し, カルシウムの割合が高くなることを確認した。次に, 採取したばいじんを粒径別に 3 つのグループに分類して, 高温腐食試験装置を用いて塗布試験を行った結果, 粒径が小さなグループの腐食性が強いことを明らかにした。また, 試験前後の性状からガス中の二酸化硫黄との反応が腐食に影響を及ぼしていることが示唆され, ばいじん中のナトリウムやカリウムが腐食を促進し, カルシウムが溶融塩腐食の抑制と溶融塩そのものの生成を抑える効果があることを示した。

第 5 章では, これまで得られた知見を基に考案した腐食抑制技術に適用する抑制材について, 実験室試験にて調査した。その結果, 抑制材としては天然ゼオライトが最も抑制効果が高く, 灰に対して 5〜25 mass-% の間に効果を発現する混合割合があることを示した。また, 実機のボイラ内の排ガスを模擬した条件にて, 天然ゼオライトがガス状の塩化ナトリウム, 塩化カリウムや酸性ガスといった腐食に関与する成分を捕捉することを明らかにした。更に, 塩化水素や二酸化硫黄といった酸性ガスの除去特性から, ゼオライトをベースとした高機能性抑制材として, ケイ素とアルミニウムの比 (Si/Al 比) が一つの重要な指標となりうることを示した。

第 6 章では, ストーカ式ごみ焼却施設にて腐食抑制技術の実証試験を約 5.5 ヶ月間実施し, 抑制材供給の腐食抑制効果を確認した。次に, 得られた結果を用いて, モデルプラントにて運用期間 20 年間における過熱器管の維持補修にかかる費用を比較評価し, 薬剤費等を考慮しても維持補修費を約 30% 低減できる可能性を示した。

第 7 章は総括である。

これを要するに, 著者は, 廃棄物発電におけるボイラ過熱器管材料の高温腐食現象を対象として, 実機における耐食性評価手法を提案し, 曝露環境, ばいじん特性, 運転条件との関連から腐食の機構を明らかとした。さらには抑制材添加, 減肉マップによる運転条件最適化を提案して, 発電効率の向上, ボイラの長寿命化を可能とし, 廃棄物処理工学の発展に寄与するところ大なるものがある。よって著者は, 北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。