

廃棄物焼却炉ボイラのシャワークリーニングを用いた排水クローズドシステムの開発

Development and Demonstration of a Closed-Loop Wastewater Treatment System Using Boiler Shower Cleaning in Waste-to-Energy Plants

立見友幸*・工藤貴洋*・梶原吉郎**技術士(衛生工学部門)

Tomoyuki Tachimi・Takahiro Kudo・Yoshio Kajihara

排水クローズドシステムを採用する廃棄物焼却発電設備向けに、ボイラの伝熱面洗浄に用いるシャワークリーニング装置を活用した排水濃縮水処理システムを開発した。本システムでは、排水濃縮水をボイラ内部へ噴霧し蒸発処理することで、排水処理機能と伝熱面洗浄機能を両立する。

実機での実証試験の結果、排水濃縮水を継続的に噴霧した場合においても、排水処理システムとして安定した運転が可能であることを確認した。また、シャワークリーニングによる付着灰の除去により熱回収性能が向上することを確認した。さらに、本技術は排水処理設備の簡素化に加え、ボイラおよび建屋のコンパクト化に寄与できることを確認した。

We developed a concentrated wastewater treatment system utilizing a boiler shower cleaning solution for boiler heat-transfer surfaces intended to waste-to-energy plants that incorporate a closed-loop wastewater treatment system. In this system, concentrated wastewater is sprayed into the boiler, where it is evaporated, which enables both wastewater treatment and heat-transfer surface cleaning.

Demonstration tests conducted at a commercial-scale plant showed that the system could stably be operated even under continuous spraying of concentrated wastewater. In addition, the removal of ash deposits by the shower cleaning system improved the boiler's heat recovery performance. The study also demonstrated that the proposed technology could contribute not only to the simplification of wastewater treatment facilities but also to the downsizing of both the boiler and the plant building.

Key Words :

排水クローズドシステム

closed-loop wastewater treatment systems

シャワークリーニング

shower cleaning

【セールスポイント】

- ・排水濃縮水の蒸発処理とボイラ伝熱面の洗浄を同時に実現することで、安定した排水処理と設備のコンパクト化を両立した。
- ・シャワークリーニングによる付着灰除去により熱回収性能の改善を確認した。

まえがき

近年、廃棄物焼却発電設備では、発電効率の向上や環境負荷低減に加え、設備のコンパクト化およびライフサイクルコストの低減が重要な技術課題となっている。特に、下水道が普及していない地域では排水クローズドシステムが採用され、膜処理設備を導入し、ろ過水をプラント用水として再利用する

場合がある。その際、膜処理設備からは一部排水濃縮水が発生し、系内で処理することとなる。この排水濃縮水の処理方法が設備構成や運転性能に大きく影響する。排水濃縮水の蒸発処理方式は、減温塔の要否、炉内熱収支、設備高さ、建屋規模および運転安定性に影響を及ぼすことから、より合理的な処理技術の確立が求められている。

*エンジニアリング本部 技術部 プラント技術室 機能開発グループ

**エンジニアリング本部 技術部 プラント技術室 基本計画グループ

一方、廃棄物焼却ボイラでは伝熱面への付着灰の堆積により熱回収性能が低下することから、付着灰の除去による伝熱性能の維持も重要な課題である。シャワークリーニングはボイラ内部に付着した灰を洗浄・除去する技術として適用が進められているが、その活用方法についてはさらなる展開の可能性を有している。

図1に廃棄物焼却発電設備の概略フローおよび本技術の適用位置を示す。排水クロードシステムでは、排水処理設備から発生する濃縮水の処理が必要となる。本技術は、ボイラの2パスに設置したシャワークリーニング装置を活用し、濃縮水の蒸発処理と伝熱面洗浄を同時に実施するものである。ボイラ2パスは、焼却炉から流出した高温排ガスが通過するボイラ煙道の2段目にあたり、本技術ではこの区画に設置したシャワークリーニング装置を用いて濃縮水の蒸発処理を行う。本システムの適用により、排水処理設備の簡素化に加え、熱回収性能の維持・向上、ボイラおよび建屋のコンパクト化ならびに運転性向上が期待される。本報では、実機試験による評価結果について報告する。

1. 実証試験装置

1.1 シャワークリーニング装置

図2に本試験で使用したテスト用のシャワークリーニング装置を示す。シャワークリーニング装置はホース昇降機およびシャワーノズルから構成され

ており、本機をボイラ上部に設置し、ボイラ内部に投入したシャワーノズルをホース昇降機によって上下に移動させながら伝熱面に水を噴霧する。

図3に本試験で使用した回転式シャワーノズルを示す。シャワーノズルには、供給水の水流を利用して回転しながら水を噴霧する回転式と、内部の衝突板によって噴霧流を放射状に拡散させる固定式がある。回転式は広範囲へ均一に水を供給できることから、本試験では主として回転式シャワーノズルを使用した。

一方、排水濃縮水には塩類などの無機成分が含まれているため、蒸発に伴う析出物によって回転機構やノズル流路が閉塞することが懸念された。そこで、本試験では回転式シャワーノズルを用いてその適用性を評価した。なお、固定式シャワーノズルについても適用を検討したが、本報では回転式シャワーノズルによる評価結果について述べる。

なお、噴霧された水は伝熱面に付着した後に蒸発し、液体から気体への相変化に伴う体積膨張によって堆積飛灰を剥離・除去することで、ボイラ内部を洗浄する。

1.2 試験フロー

図4にシャワークリーニング装置によるボイラ2パス水噴霧の試験フローを示す。既設の排水処理設備で発生した排水濃縮水を給水タンクに一時的に貯留した後、給水ポンプによってシャワークリーニン

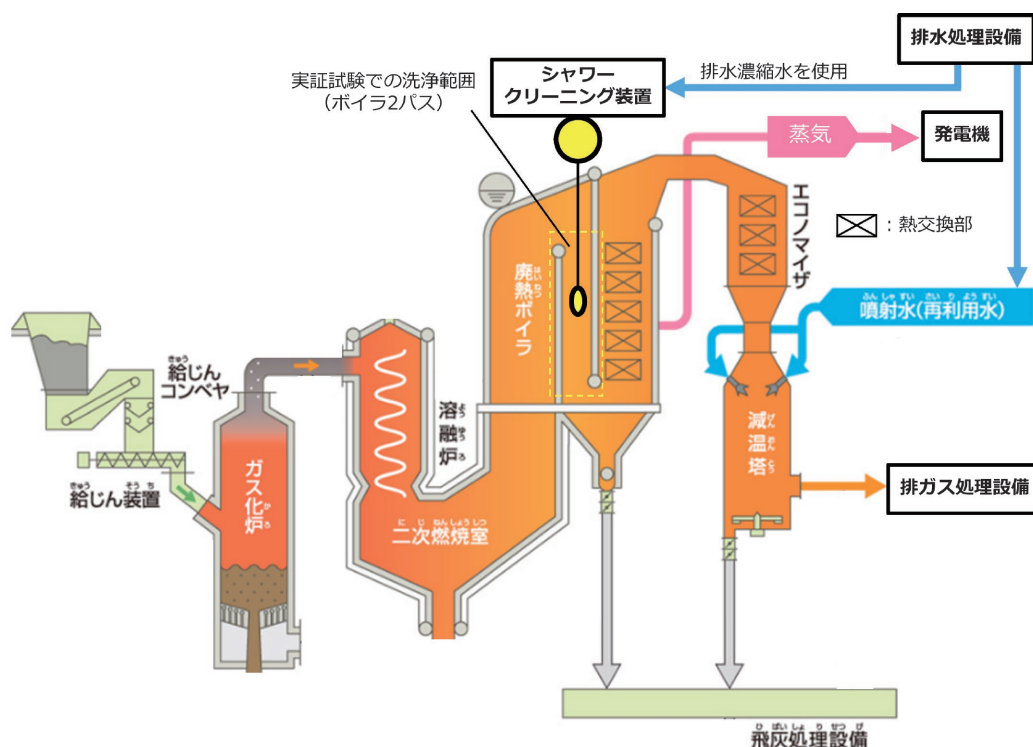


図1 シャワークリーニングを用いた排水クロードシステムの概要

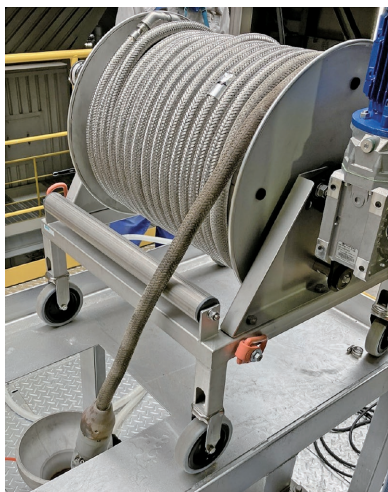


図2 シャワークリーニング装置

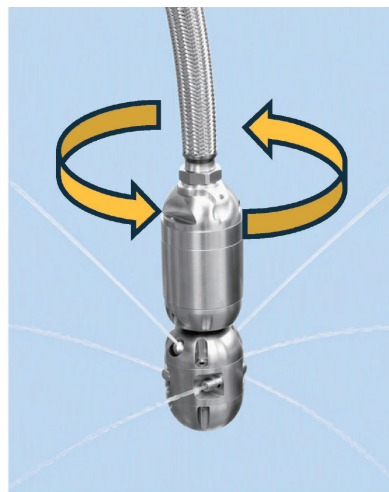


図3 回転式シャワーノズル

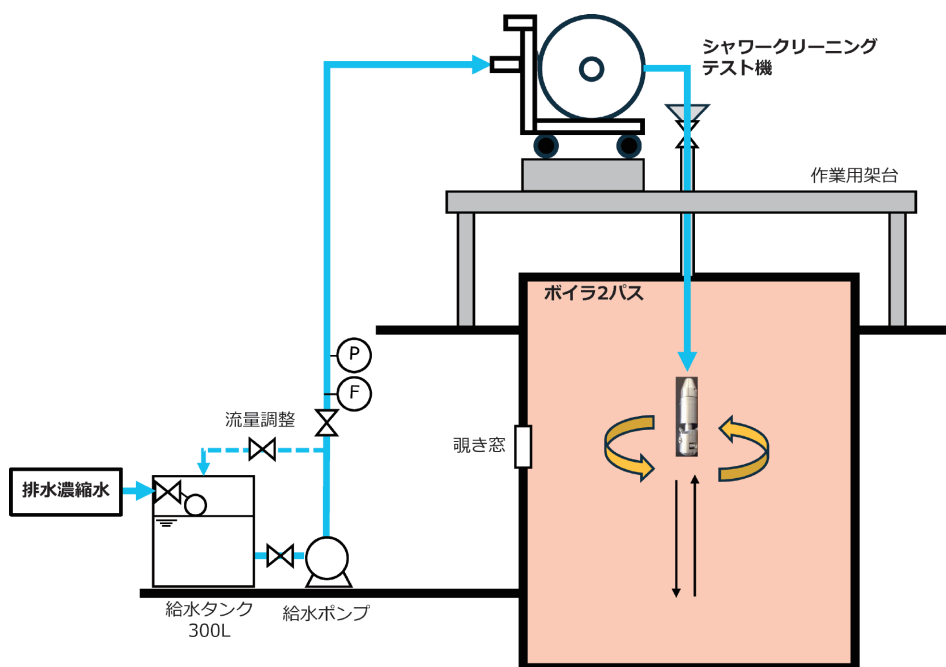


図4 試験フロー

グ装置へ供給した。供給された排水濃縮水は、ボイラ2パス上部に設置したシャワークリーニング装置を介してボイラ内部へ噴霧され、蒸発処理された。

本試験では、ボイラ2パスへの水噴霧による排水処理能力および運転安定性を検証するとともに、熱回収性能や排ガス特性への効果を評価した。

2. 試験方法

2.1 排水濃縮水

本試験では、実施設の排水濃縮水を使用した。表1に代表的な成分の分析結果を示す。排水濃縮水には塩化物や硫酸塩等の無機塩類が含まれていることから、蒸発処理に伴うスケール生成やボイラ伝熱面への影響を調査した。

表1 排水濃縮水の主要成分

分析項目	濃度	単位
浮遊物質量 (SS)	< 1 ~ 7	mg/L
溶解性蒸発残留物	1000 ~ 1300	mg/L
全硬度	210 ~ 270	mgCaCO ₃ /L
ナトリウム	270 ~ 300	mg/L
塩化物イオン	310 ~ 370	mg/L
硫酸イオン	300 ~ 470	mg/L
カルシウム	79 ~ 100	mg/L

2.2 水噴霧条件

実機における排水濃縮水の発生量を想定し、水噴霧量は1回当たり約200～300 Lとした。噴霧は約1時間ごとに実施し、排水濃縮水の蒸発処理および付着灰の除去を行った。

2.3 評価項目

本システムの適用性を評価するため、短期評価項目および長期評価項目を設定した。

短期評価項目として、水噴霧時の焼却炉のオペレーション、ボイラ蒸気量、排ガス温度、飛灰搬送設備の運転状況およびユーティリティ使用量を調査し、水噴霧中の運転安定性への影響を確認した。

また、長期評価項目として、ボイラ水管の減肉、水管付着飛灰性状およびシャワークリーニング装置の耐久性等を調査した。これらの調査を通じて、高頻度の水噴霧が設備の健全性および運転特性に及ぼす影響を評価した。

3. 性能評価

3.1 排水処理システムとしての適用性評価

表2に適用性評価結果を示す。オペレーションについては、水噴霧に伴う操作量の増加は認められず、運転管理上の大きな支障は確認されなかった。ボイラについては、図5に示す通り、噴霧水の蒸発により蒸気量および排ガス流量は一時的に変動したものの、許容範囲内の変動であり、安定した運転が可能であった。飛灰搬送設備については、試験中のボイラ2パスからの排出飛灰の性状に大きな変化は認められず、搬送系においても二重ダンパやコンベヤの過負荷等の異常は発生しなかった。排ガス処理設備についても、アンモニア使用量などのユーティリティ消費量は通常運転時と同等の範囲で推移した。また、排水濃縮水に含まれる塩化物成分による排ガス処理設備への影響は限定的であり、消石灰使用量についても大きな変化は認められなかった。

また、長期的な影響を確認するために実施したボイラ内部調査および水管肉厚測定の結果、本試験に

よる減肉や損傷は認められなかった。シャワークリーニング装置のノズル閉塞についても試験期間中に問題は発生せず、排水濃縮水の連続噴霧に対する適用性を確認した。

以上の結果より、本システムは排水処理設備として必要な処理能力を有するとともに、短期的および長期的な観点から安定した運転が可能であることを確認した。

3.2 シャワークリーニングによる洗浄効果

図6に、シャワークリーニング実施後のボイラ内部を示す。洗浄範囲外の飛灰付着状況と比較すると堆積飛灰が少なく、伝熱面が隅々まで良好に洗浄されていることを確認した。

図7、図8にボイラ2パスの入口および出口の排ガス温度の推移を示す。入口温度は洗浄前後でほぼ同等であったのに対し、出口温度は洗浄後に低下し、その傾向は約6日間継続した。このことから、シャワークリーニングによる付着飛灰の除去によって伝熱面の熱伝達が改善され、ボイラ2パスの熱回収性能が向上したものと考えられる。

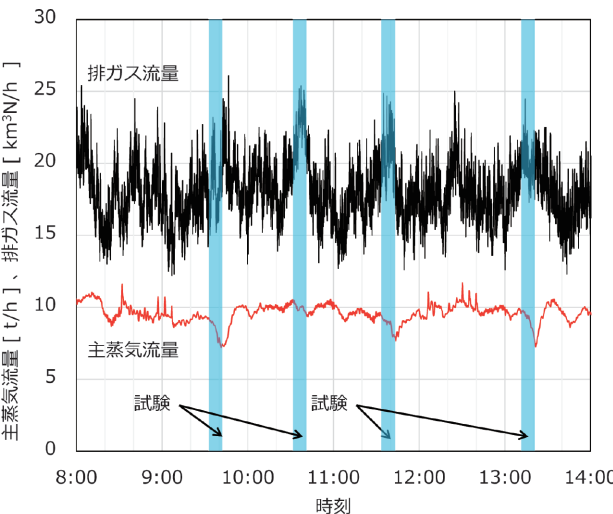


図5 蒸気量および排ガス流量の変動

表2 排水処理システムとしての適用性評価

区分		結果	評価
オペレーション		試験期間中の操作量は変わらない	良好
ボイラ	蒸気量	噴霧中は蒸気量が減少するが、許容範囲	良好
	排ガス	噴霧水蒸発分だけ流量は増加するが、通常の範囲内	良好
飛灰搬送	飛灰	排出飛灰は湿潤せず、いつも通り～わずかに湿る程度	良好
	搬送系	2重ダンパ、コンベアの過負荷無し	良好
排ガス処理	ユーティリティ	アンモニア使用量等、通常の範囲内	良好



図6 試験終了から6日後のボイラ内部（左：洗浄範囲外，中央・右：洗浄範囲内）

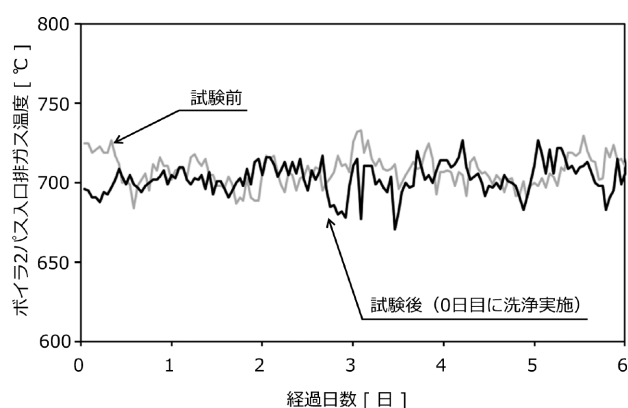


図7 ボイラ2パス入口排ガス温度推移

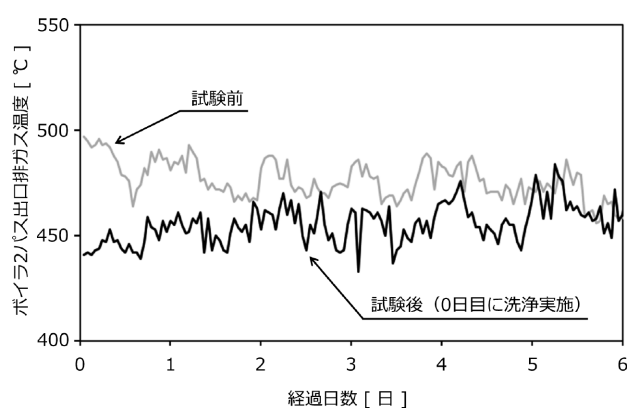


図8 ボイラ2パス出口排ガス温度推移

4. ライフサイクルコスト（LCC）

4.1 評価条件

排水濃縮水の処理方式による設備構成およびライフサイクルコストへの影響を評価するため、代表的な処理方式を対象として比較検討を行った。評価対象は、炉内で処理する方式、本開発のボイラ2パス

で処理する方式、および減温塔で処理する方式とし、設備構成ならびに維持管理を含めた総合的な観点から評価した。

4.2 評価結果

表3にLCC評価結果を示す。本開発方式では、排水濃縮水をボイラ2パスで蒸発処理することによ

表3 LCC 評価結果

	Case 1	Case 2	Case 3
排水濃縮水 処理方式	炉内噴霧方式 [比較]	ボイラ2パス噴霧方式 [本開発方式]	減温塔に噴霧 [従来方式]
建屋躯体	基準	低減 (建屋規模の縮小)	Case 1と同等
ボイラ	基準	低減 (ボイラ本体、耐火材の縮小)	低減 (エコノマイザの縮小)
減温塔	無し	Case 1と同等	増加 (減温塔導入、及び、維持管理)
シャワークリーニング装置	無し	増加 (装置導入、及び、維持管理)	Case 1と同等
総合評価	基準	Case1と概ね同等～微増傾向	Case1より増加傾向

り、排水処理設備の簡素化に加え、ボイラおよび建屋のコンパクト化が可能となることを確認した。一方で、本システムを構成するシャワークリーニング装置の導入および維持管理が必要となる。各方式を総合的に比較した結果、本開発方式は他方式と同等のライフサイクルコストを有するとともに、設備構成の合理化や運転面での付加価値を有することが確認された。

む す び

本開発では、ボイラ2パスに設置したシャワークリーニング装置を用いて排水濃縮水を噴霧処理するシステムを開発し、実証試験を実施した。

その結果、排水濃縮水を高頻度で噴霧した場合においても、排水処理システムとして安定した運転が可能であることを確認した。また、シャワークリーニングによる伝熱面洗浄によって熱回収性能の向上が確認された。また、回転式シャワーノズルが本システムに適用可能であることを確認した。

以上より、本技術は排水処理機能とボイラ性能向上を両立できる技術であり、排水クローズドシステムを採用する廃棄物焼却発電設備における新たな排水処理方式として有効であることを確認した。

以 上