

湖南中部浄化センター

循環式高効率二段燃焼炉の運転実績報告

Operation Results and Introduction Effects of Advanced Circulating-fluidized-bed Two-stage Incinerator at Konan-Chubu Water Reclamation Plant



村上義則*
Yoshinori Murakami



田中 克*
Masaru Tanaka



奥 友晃*
Tomoaki Oku

当社は、温室効果ガス低減と省エネルギーを両立しながら、安定操業ができる次世代型污泥焼却炉として循環式高効率二段燃焼炉を開発し、湖南中部浄化センターの更新炉として導入、2014年11月より操業を開始している。本炉の導入を含め全体システムの改善により、既設炉に対し温室効果ガス（ N_2O および CO_2 ）の排出量低減、および省エネルギーを実現し、信頼性の高い機器構成により安定操業を継続している。ここでは循環式高効率二段燃焼炉の運転実績について紹介する。

Kobelco Eco-Solutions developed an Advanced Circulating-fluidized-bed Two-stage Incinerator (ACTI) as a next generation sludge incinerator that stably reduces both greenhouse gas emissions and energy consumption. We introduced it to the Konan-Chubu Water Reclamation Plant as part of an upgrade project and started operation in November 2014. Improvements to the whole system that came with the ACTI resulted in lower emissions of greenhouse gases (N_2O , CO_2) and greater energy-savings than the previous system. The refurbished facilities have been stably operating owing to the highly reliable equipment. This paper reports the operating results of the ACTI.

Key Words :

下 水 汚 泥
循 環 流 動 炉
二 段 燃 焼
省 エ ネ ル ギ
温 室 効 果 ガ ス
一酸化二窒素 (N_2O)

Sewage Sludge
Circulating-fluidized-bed Incinerator
Two-stage Combustion
Energy Saving
Greenhouse Gas
Nitrous Oxide

【セールスポイント】

- ・循環式高効率二段燃焼炉は、熱分解ゾーンでの抑制燃焼、および完全燃焼ゾーンでの高温燃焼（二段燃焼）により、温室効果ガス（ N_2O ）の発生量を低減できる。
- ・熱分解ゾーンに循環流動方式を採用し低空気比燃焼を可能とし、高温流動砂の循環による炉内温度安定維持が図れる。
- ・完全燃焼ゾーンでは900℃程度の高温部を作り N_2O を削減するとともに、炉内全域を高温化する方式に比べ燃料使用量を削減できる。

まえがき

湖南中部浄化センターの既設炉の更新工事において、循環式高効率二段燃焼炉を導入した。本システムは、循環式高効率二段燃焼炉の採用や、排ガスから熱回収する燃焼空気予熱温度の高温化、耐火物仕様見直し等により、補助燃料消費量を既設炉より約30%低減する仕様となっている。

湖南中部浄化センターの汚泥焼却（溶融）設備は、1号炉（処理量40 t/d。1990年竣工。現在休止中。）、2号炉（処理量120 t/d。1996年竣工。）、3号炉（処理量120 t/d。2005年竣工。2014年度に溶融炉を休止し、現在は焼却処理のみ。）があり、本工事は2号炉の老朽化に伴う設備更新（ケーキピットの一部更新含む。）となる。敷地は既設2号炉の西側で、補機棟（ケーキ・し渣受入供給設備等の臭気発生機器、ブロワ・空気圧縮機等の騒音・振動発生機器、灰搬出設備等の粉塵発生機器を集約。）、焼却ヤード（焼却・熱回収・排煙処理・集塵設備等を配



写真1 設備全景

置。）にて構成される。

新設炉は、2014年11月から商用運転を開始して現在に至るまで排ガス性状や用役使用量を含めて順調に稼働している。

以下に新設炉の設備概要、運転実績について紹介する。

1. 設備概要

1.1 処理プロセス

本焼却設備の全景を写真1に、概要を表1に、処理フローを図1に示す。本設備は要求水準書において、①エネルギー消費量、②ライフサイクルコスト、③温室効果ガス排出量の低減が求められていること、既設3号炉での循環流動炉のし渣・沈砂・脱水ケーキ混焼の安定運転実績を踏まえて、温室効果ガスとランニングコスト低減が両立できる循環式高効率二段燃焼炉を採用した。以下に各設備の特長と既設焼却設備から改善した内容について紹介する。

1.1.1 ケーキ・し渣・沈砂受入供給設備

脱水設備で脱水されたケーキ（下水汚泥）は定量フィーダに受入れられた後、ケーキ投入ポンプでケーキ投入機に定量供給される。水処理設備で発生したし渣・沈砂は、それぞれのホッパに受入れられた後、沈砂・し渣搬送コンベヤでケーキ投入機に定量供給される。これらをケーキ投入機で均一混合しながら熱分解炉に投入する。

1.1.2 焼却・熱回収設備

焼却設備は熱分解炉（循環流動炉）と二次燃焼室、およびこれらの付帯機器から、また熱回収設備は高温の排ガスから熱回収するための空気予熱器と送風機から構成される。

供給された脱水ケーキは、熱分解炉にて0.9～1.0程度の低空気比で燃焼された後、二次燃焼室にて900℃にて完全燃焼される。燃焼用空気は、熱回収

表1 設備概要

処 理 量	120 t-wet/d（し渣・沈砂含む）	
処 理 方 式	循環式高効率二段燃焼炉	
熱回収設備	熱交換器（輻射＋多管式）	
排ガス処理設備	バグフィルタによるダスト集塵＋洗煙処理	
排ガス性状の技術 提案値 （O ₂ 12%換算値）	ばいじん	: 0.002 g/Nm ³
	硫黄酸化物（K 値）	: 0.078
	窒素酸化物	: 20 ppm
	塩化水素	: 5 mg/Nm ³
	一酸化二窒素排出係数	: 0.1 kg-N ₂ O/t- ケーキ
	ダイオキシン	: 0.01 ng-TEQ/Nm ³
操業開始日	2014年11月4日	

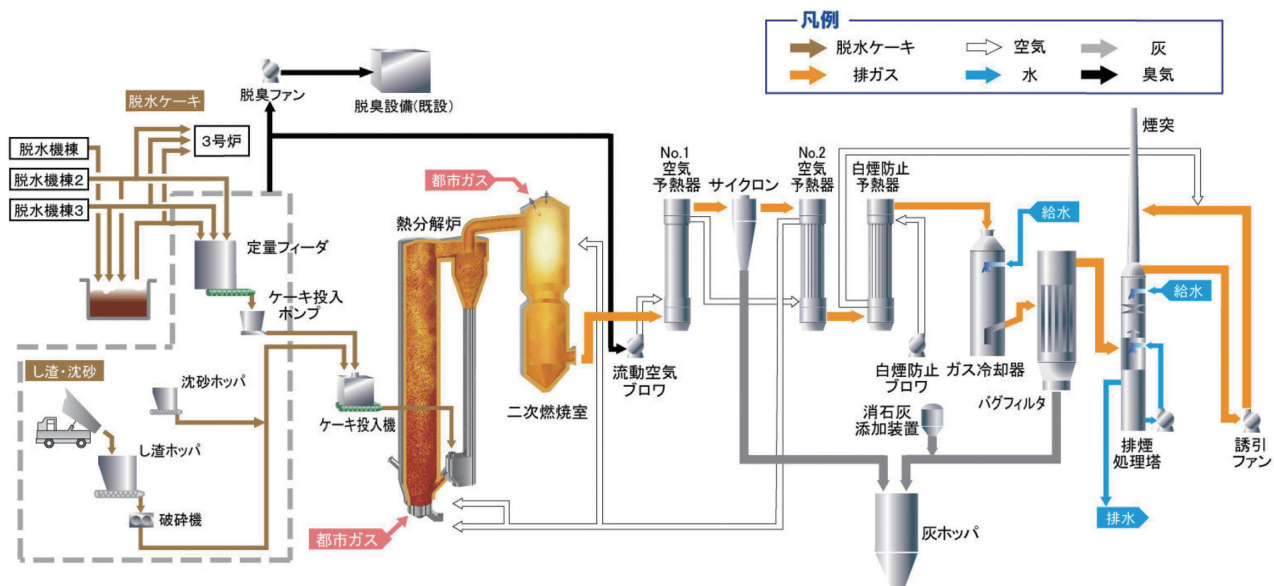


図1 処理フロー

設備で排ガスから約700℃まで熱回収して高温で供給することで燃料消費量を低減する。

1.1.3 排煙処理・集塵設備

焼却後の排ガスは、バグフィルタにて焼却灰を去除し、排煙処理塔で脱硫・冷却することで無害化・減湿化され、誘引ファンによって煙突から排出する。焼却灰は灰コンベヤを経て、灰ホッパで貯留後、灰加湿機にて加湿後に場外処分される。

1.2 既設焼却設備からの改善内容

省エネルギー・長寿命化等考慮して、既設焼却設備から次に示す改善を行った。

- ① 焼却システムを一般的な高温焼却から循環式高効率二段燃焼に変更した。
- ② 炉の耐火物全体厚みを350→400mmへ増加するとともに、断熱仕様を見直すことにより放熱量の低減を図った。また耐火物構成を3層構造とすることで排ガスの断熱層・鉄皮への回り込み防止を図った。
- ③ 流動ブロウ、誘引ファン等の大容量電動機だけでなく、白煙防止ブロウ、空気圧縮機もインバータ方式を採用した（消費電力低減）。
- ④ 空気予熱器仕様を見直し、燃焼空気温度を既設650℃から700℃へUPした（燃料消費量低減）。

1.3 循環式高効率二段燃焼炉の概要

これまで、窒素酸化物(NO_x)の排出抑制を目的として、二段燃焼を採用した事例があった。また焼却炉内に900℃程度的高温領域を作ることが、 N_2O

の抑制に効果的であることがわかっていった。このメカニズムを効率的に実現するために、一段目の燃焼領域の空気比を1以下に下げ、二段目の燃焼で高温領域を作ることにより、低 NO_x 、低 N_2O の焼却を行うのが高効率二段燃焼炉である。

本システムでは一段目の燃焼領域（熱分解ゾーン）を循環炉にて、二段目の燃焼領域（完全燃焼ゾーン）を二次燃焼室に行う。

循環炉は、炉内のガス流速が速く（4～6m/s）、高温の流動砂を炉内で循環させることで、炉頂の燃焼熱を炉底に戻す。そのため炉内温度差が生じにくく、より低温・低空気比の運転においても安定燃焼を維持できる。熱分解ゾーンでは燃焼空気の割合（空気比）を1.0程度で運転することで、750～800℃程度の低温で、熱分解ガスを発生させる。熱分解ガスは完全燃焼ゾーン（二次燃焼室）に導いて、燃焼空気を吹き込んで攪拌することで、瞬時に熱分解ガスを燃焼させ900℃程度の局所高温領域を作った上で、完全燃焼させる。

図2に高効率二段燃焼炉の概要を示す。

2. 運転実績

2.1 汚泥処理量および稼働率

2014年11月より操業開始した本設備の約1年間の処理実績（処理量、稼働率）を図3に示す。汚泥投入時間を計画汚泥投入時間で除した設備稼働率は99.7%となる。また立上げ、点検等を除けば、ほぼ定格処理量（120t/d）付近で運転継続しており、初

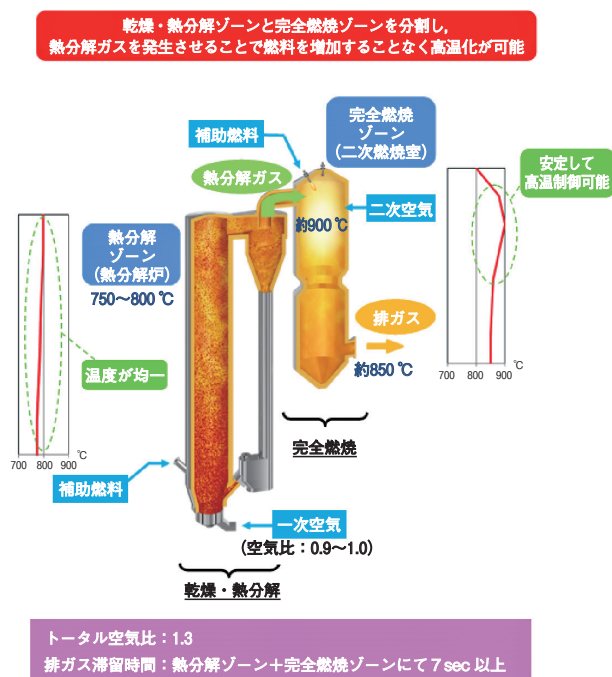


図2 循環式高効率二段燃焼炉の概要

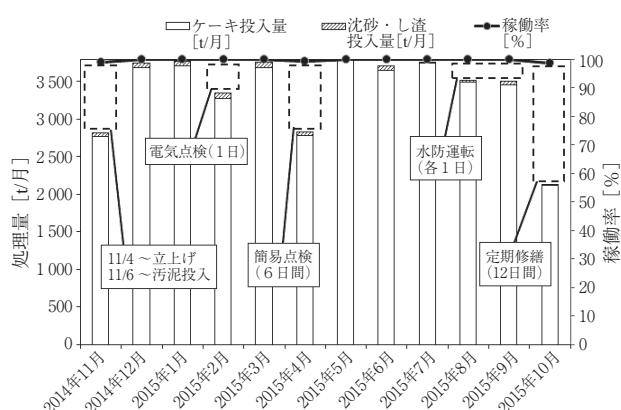


図3 月間汚泥処理量と稼働率

期トラブルが少なく安定操業ができています。

2.2 排ガス性状

試運転時に実施した引渡性能試験および、竣工後の操業での煙突出口排ガス性状を表2に示す。試運転および供用開始からの運転においても、全ての項目で基準値および技術提案値を満足していることが確認された。

2.3 燃料および電力消費量

既設炉（3号炉 循環炉）と新設炉（新2号炉 循環式高効率二段燃焼炉）における補助燃料消費量の原単位（脱水ケーキ1t処理するための必要量。昇温時に必要な量を除く。）を図4に示す。運転負荷（効率の良い新2号炉主体で処理）、ケーキ含水率等によるばらつきがあるものの、既設炉と新設炉の原単位を比較すると、補助燃料消費量は約40%低減していることが確認された。同様に、既設炉と新設炉の電力消費量の原単位を図5に示す。既設炉が焼却＋灰溶融システムとして設計されており、機器点数が多い等の違いがあるものの、新設炉は既設炉に比べて約50%低減できている。

補助燃料消費量原単位、電力消費量原単位低減の要因の一つに低空気比運転が挙げられる。脱水ケーキおよび都市ガスの燃焼に必要な理論空気量に対する比率を空気比と呼び、下水汚泥に関しては一般的に1.3～1.4を見込む。本設備では図6に示すとおり、ケーキ性状、運転状況により1.3を超えている時もあるが、おおむね安定して1.2～1.3で効率的に処理できており、熱分解炉と二次燃焼室に燃焼用空気を吹込む流動ブロワの動力低減が図られている。また、熱分解炉で還元雰囲気を作り出し汚泥中のN分の酸化を抑えることで N_2O 生成を抑制している。

図7に二次燃焼室上部（最高温度部）の温度推移を示す。年間を通じて900℃以上を安定維持できしており、熱分解ガスを高温で完全燃焼していることがわかる。

表2 試運転引渡性能試験および供用開始後の排ガス性状

		基準値	技 術 提案値	試運転 引渡性能試験	供用開始後			
				2014年 8 月 7 日	2015年 1 月	2015年 5 月	2015年 9 月	
ばいじん	g/Nm ³ (O ₂ -12 %換算)	0.04	0.002	<0.001	<0.002	<0.002	0.001	
いおう酸化物	(K 値)	8.76	0.078	<0.018	<0.003	<0.003	<0.003	
窒素酸化物	ppm (O ₂ -12 %換算)	250	20	3	4	5	3	
塩化水素	mg/Nm ³ (O ₂ -12 %換算)	700	5	<2	<2	<2	<2	
ダイオキシン類	ng-TEQ/Nm ³ (O ₂ -12 %換算)	0.1	0.01	0.0000032	—	—	0.0023	

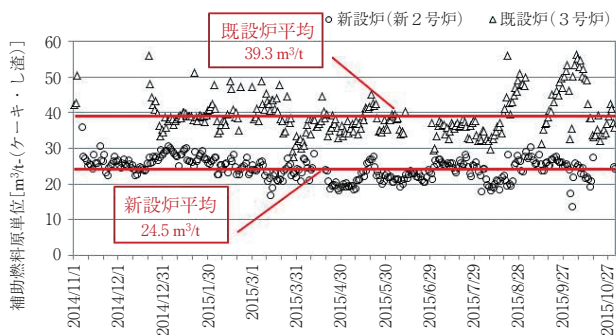


図4 補助燃料消費量原単位比較

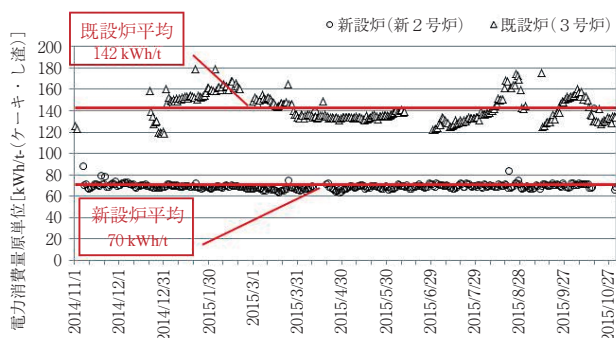


図5 電力消費量原単位比較

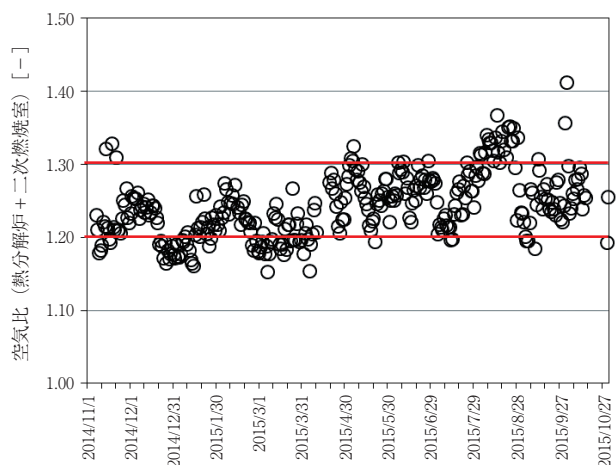


図6 空気比の年間推移

2.4 N₂O および CO₂ 排出量

新設炉の煙突出口 N₂O 排出係数を図8に示す。立上げ等の非定常時を除き、1年間安定して0.1 kg-N₂O/t- ケーキで推移しており、従来の下水汚泥焼却炉の排出量（算定省令：0.645 kg-N₂O/t- ケーキ）と比べ、約80 %削減可能な設備となっている。

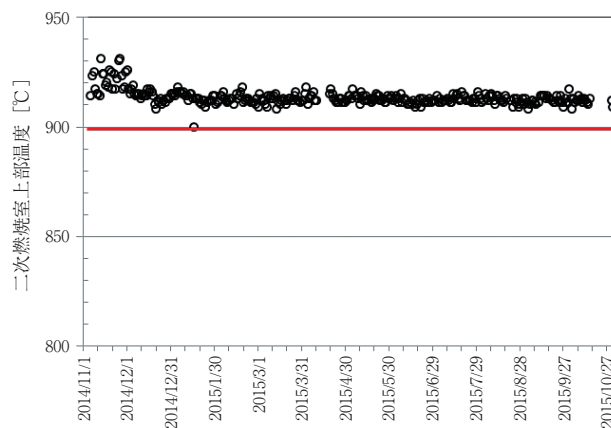


図7 二次燃焼室上部温度の年間推移

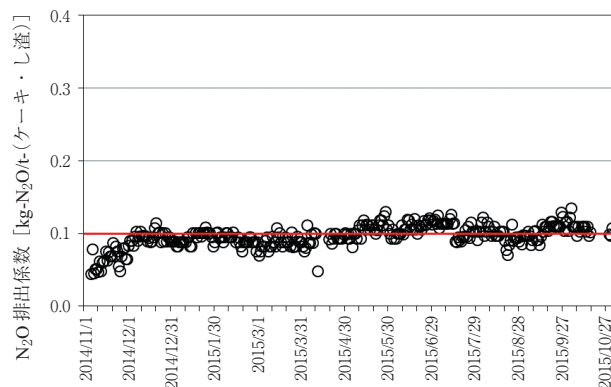


図8 新設炉の煙突出口 N₂O 排出係数の年間推移

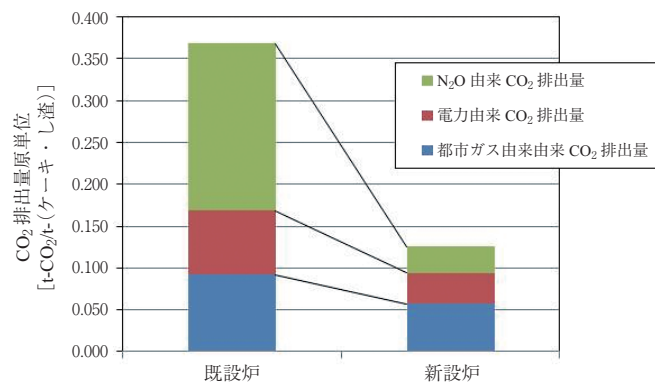


図9 CO₂ 排出量原単位 (2014年11月1日～2015年10月31日)

※1：45 MJ/m³，0.0509 t-CO₂/GJ（大阪ガス㈱の排出係数）
 ※2：0.523 kg-CO₂/kWh（関西電力㈱ 2014年度の排出係数）
 ※3：既設炉 0.645 kg-N₂O/t- ケーキと設定（算定省令）
 新設炉 0.1 kg-N₂O/t- ケーキ

表3 CO₂排出量原単位（2014年11月1日～2015年10月31日）

項 目		既設炉	新設炉
ケーキ焼却量	[t-ケーキ/年]	26 588	40 772
都市ガス使用量	[m ³ /年]	1 070 131	1 015 446
電力使用量	[kWh/年]	3 879 032	2 909 050
都市ガス由来 CO ₂ 排出量	[t-CO ₂ /t-ケーキ]	0.092	0.057
電力由来 CO ₂ 排出量	[t-CO ₂ /t-ケーキ]	0.076	0.037
N ₂ O 由来 CO ₂ 排出量	[t-CO ₂ /t-ケーキ]	0.200	0.031
CO ₂ 排出量合計	[t-CO ₂ /t-ケーキ]	0.368	0.125

運転実績を基に試算した都市ガス，電力，N₂O 由来の各 CO₂ 排出量の，既設との比較結果を図9，表3に示す。新設炉では既設炉に比べ CO₂ 総排出量で約70 %削減可能となることが確認できた。

む す び

新2号炉は2014年11月から操業開始して以降，温室効果ガスの排出量低減，および省エネルギーを実現し，環境負荷を低減する設備として，安定的な操業

を継続している。今後は，これまでに得られた知見や運転実績に基づき，高効率二段燃焼炉の拡販に努めていきたい。

最後に，本工事を遂行するにあたり，多大なご助言，ご協力をいただきました滋賀県琵琶湖環境部下水道課，南部流域下水道事務所の関係各位には深く感謝の意を表す。