

報 告

札幌市西部スラッジセンター新2系焼却施設における 下水汚泥焼却発電システムの運転報告

Operation Report of the Sewage Sludge Incinerating Power Generation System
at the New System 2 Incineration plant, Seibu Sludge Center in Sapporo City



村 岸 弘 基* 中 西 讓*
Hiroki MURAGISHI Yuzuru NAKANISHI
水 野 孝 昭*
Takaaki MIZUNO

【要 旨】 当社は、下水汚泥焼却と焼却廃熱による蒸気発電設備を組み合わせた、省エネ・創エネ型の下水汚泥焼却発電システムを札幌市西部スラッジセンターに納入した。2021年8月にしゅん功した新1系焼却施設に続き、このたび2024年3月に新2系焼却施設がしゅん功し、必要な性能を満足した上で安定的に稼働している。本システムは乾燥機、階段式ストーカー炉、廃熱ボイラ、蒸気発電機などを組み合わせることで、汚泥焼却時に補助燃料を使用することなく、低消費電力と蒸気発電により大幅な購入電力削減を実現できる。加えて汚泥を900℃以上の高温で焼却することが可能なため、温室効果ガスであるN₂Oの排出を大幅に削減できる。すなわち、省エネ・創エネ、ランニングコスト低減、温室効果ガス削減を同時に実現する下水汚泥焼却発電システムである。

キーワード：下水汚泥焼却発電システム、階段式ストーカー炉、省エネ・創エネ、温室効果ガス削減、N₂O

Abstract

We have delivered an energy-saving and energy-creating sewage sludge incinerating power generation system, which combines a sewage sludge incineration system and a steam power generation system using waste heat from incineration, to the Seibu Sludge Center in the city of Sapporo. Following the completion of the new system 1 incineration plant in August 2021, the new system 2 incineration plant was completed in March 2024 and is operating stably while meeting the required performance. Combined with a dryer, a step grate stoker furnace, a waste heat boiler, or a steam generator, this system can drastically reduce purchased electricity due to low power consumption and steam power generation without using auxiliary fuel for sludge incineration. In addition, since this system is capable of incinerating the sludge at high temperatures above 900℃, emissions of N₂O, a greenhouse gas, can be drastically reduced. That is, it is a sewage sludge incinerating power generation system that can save energy, create energy, reduce running costs, and reduce greenhouse gas together.

Keywords: sewage sludge incinerating power generation system, step grate stoker furnace, energy saving and creation, greenhouse gas reduction, N₂O

* 水処理技術部
Sewerage Engineering Dept.

1. はじめに

札幌市は、「札幌市下水道ビジョン 2030」において、低炭素・循環型社会の構築に貢献するため、下水道における省エネルギー設備への改築などによるエネルギー使用量の削減に努めるとともに、下水道エネルギー・資源の有効利用をさらに進めることを課題として、省エネルギー設備の導入などの取り組みを引き続き実施するとともに、汚泥が持つエネルギーを利用した発電設備の導入を進めている¹⁾。

当社の省エネ・創エネ型の下水汚泥焼却発電システム（以下、本システムと記す）は、焼却廃熱のカスケード利用により汚泥の持つエネルギーを無駄なく有効に活用でき、さらに従来の焼却システムと比べ大幅な使用電力削減を実現し、札幌市が掲げる低炭素・循環型社会の構築に貢献できる。当社は、西部スラッジセンターに設置されている汚泥焼却炉（階段式ストーカ炉）の老朽化にともない、2021年8月にしゅん功済みの新1系焼却施設に続き、2024年3月にしゅん功した新2系焼却施設へ本システムを導入した。

また札幌市では、官民連携の取り組みの一環として、2012年度（平成24年度）より下水道施設の設計および工事について、2019年度（令和元年度）より改築事業の一部についても、地方共同法人 日本下水道事業団（Japan Sewage Works Agency, 以下「JS」と記す）に委託している²⁾。そのため、新1系

焼却施設は札幌市の直営工事であったが、新2系焼却施設の工事はJSへの委託工事として実施された。当社においては、JS発注の汚泥焼却施設工事における初号機の受注となる。

納入施設の概要を下記に示す。

- 発注者：地方共同法人 日本下水道事業団
- 建設場所：西部スラッジセンター（札幌市手稲区）
- 施設規模：100 t/日×1 炉
- 炉形式：階段式ストーカ炉
- 廃熱利用：乾燥設備，結露防止設備，蒸気発電設備
- 発電出力：140 kW（発電端）
- しゅん功：2024年3月5日

2. 札幌市西部スラッジセンターの施設概要³⁾

札幌市では、従来、各水再生プラザにて個別に汚泥処理をおこなっていたが、汚泥処理の効率化を図るため、現在では市内2か所にあるスラッジセンターにおいて汚泥を集中処理している。創成川・拓北・伏古川・茨戸・豊平川・厚別・東部・新川・手稲の各水再生プラザで発生した汚泥を地中の圧送管で東西のスラッジセンターに送り、一括して脱水・焼却処理している。豊平川を境に、左岸に西部スラッジセンター、右岸に東部スラッジセンターが配

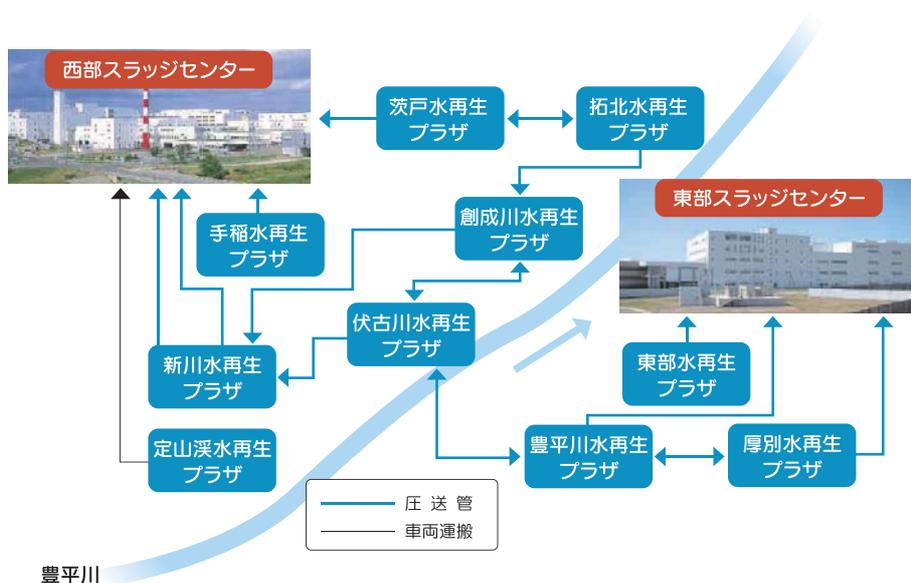


図1 処理区域³⁾

置されており（図1）、突発的な事故や災害によって一部区間で汚泥の輸送が停止しても汚泥の処理に支障が出ないように、汚泥圧送ルートの子条化やループ化をおこなっている。

西部スラッジセンターの焼却施設の概要を下記に記す⁴⁾。

- ・ 延床面積：40,702 m²
- ・ 焼却能力：550 t/日（脱水汚泥ベース）
- ・ 焼却方式：燃焼回収熱利用による汚泥乾燥焼却方式
- ・ 運転開始：
 - 3系（100 t/日）1994年（平成6年）3月
 - 4系（100 t/日）1996年（平成8年）3月
 - 5系（150 t/日）2000年（平成12年）8月
 - 新1系（100 t/日）2021年（令和3年）9月
 - 新2系（100 t/日）2024年（令和6年）3月

1系および2系焼却炉は運転開始後35年を経過していたため、老朽化にともない施設の更新を実施した。ほかの系列についても、札幌市で汚泥の有効利用の観点から最適な更新方法について検討されている⁵⁾。

3. 新2系焼却施設の概要

今回納入した新2系焼却施設の設備フロー図を図2に示す。

西部スラッジセンター内の濃縮・脱水設備にて処理された脱水汚泥は、ケーキ移送ポンプで焼却施設に送泥され、汚泥タンクに一旦貯留される。汚泥タンクから切り出された脱水汚泥は、焼却灰からの重金属類溶出抑制のための消石灰を添加した後、乾燥機に送られ含水率を40%程度に低下させてから乾燥ケーキバンカを経由して汚泥焼却炉に投入される。焼却炉では、立上げ時以外に補助燃料である重油を使用しない自然運転が可能である。

燃焼排ガスからの廃熱回収は廃熱ボイラにておこない、発生した蒸気を蒸気発電機へ供給して発電する。発電に使用した後の蒸気は、乾燥機および空気予熱器の熱源として利用する。また、蒸気発電機からの排気蒸気の一部を新1系に設置したバイナリ発電機へ供給することで、さらなる発電をおこなう。廃熱ボイラにて熱回収された後の燃焼排ガスはマルチサイクロン式集塵機で粗除塵後、冷却脱硫塔にて減湿・脱硫され、湿式電気集塵機で除塵して、排気筒より大気放出される。

新2系焼却施設のフローは新1系焼却施設を踏襲

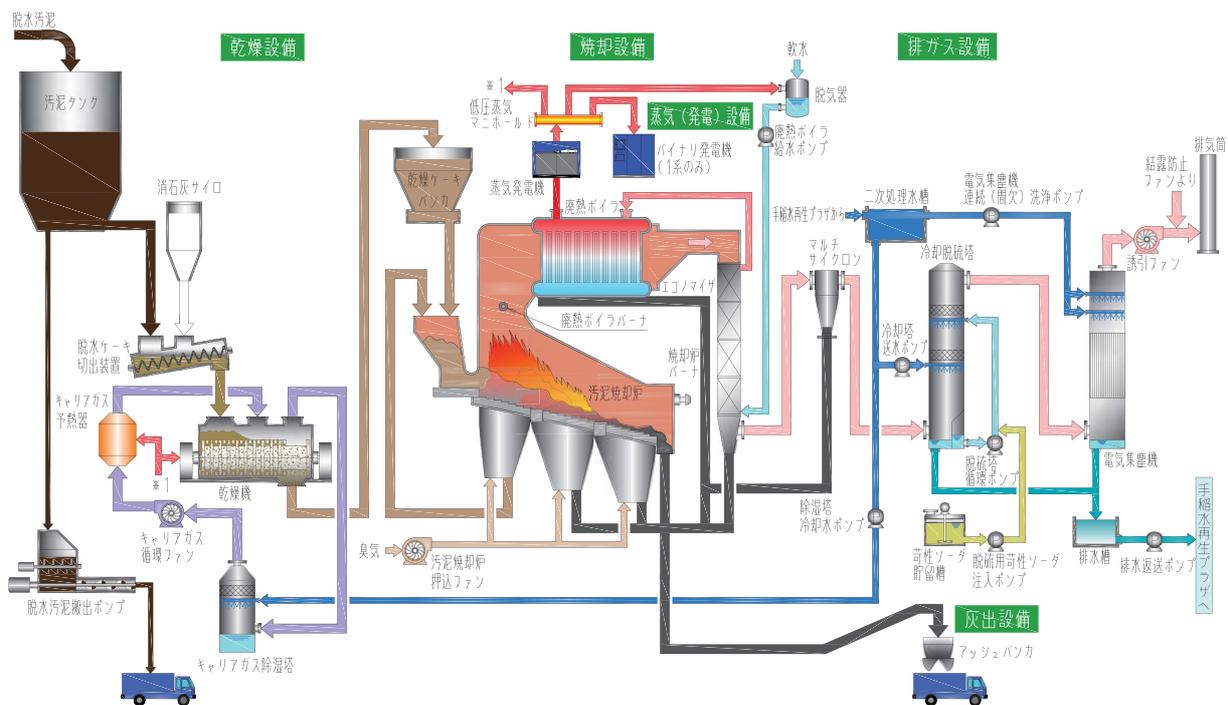


図2 設備フロー図

しているが、低圧蒸気マニホールドで新1系と新2系の蒸気を集約することで、新1系に設置しているバイナリ発電機に余剰蒸気を送気して経済的な活用を図っている。

4. 階段式ストーカ炉の特長

全国の下水处理場に納入されている下水汚泥焼却炉の多くは気泡式流動炉である。この気泡式流動炉は、含水率の高い脱水汚泥の直接焼却に適している一方で、砂層部での燃焼用空気の圧力損失が大きく、流動ブロワの電力が大きくなる。そのため、プラント消費電力も大きくなり、その削減が課題である。

それに対し、当社の下水汚泥焼却炉である階段式ストーカ炉は、燃焼部に砂層部を必要としないため、燃焼用空気の供給圧力を低くすることができ、気泡式流動炉に比べプラント消費電力が少ないことが特長であり、これまでに全国24件の納入実績を有している（2025年1月時点）。

この階段式ストーカ炉は、燃焼部が階段状の火格子（ストーカ）で構成され、前後に可動する可動火格子と固定火格子が交互に配置されている。投入された汚泥は、火格子の動きにより上段から下段へ静かに揺動・反転・移動しながら、火格子下面より送られる燃焼用空気と接触し、乾燥された後に火炎を上げて旺盛な燃焼を起こす。燃焼後の焼却灰は、ストーカ最下段から落下し排出される仕組みとなっている。階段式ストーカ炉の概略図を図3に、ストーカの構成を図4に、炉内燃焼状態を図5に示す。

5. 下水汚泥焼却発電システムの特長

図6に本システムの概略フローを示す。

本システムは、乾燥機、階段式ストーカ炉、廃熱ボイラ、蒸気発電機、バイナリ発電機などを組み合わせて導入することで、補助燃料を使用することなく汚泥を焼却でき、また発電電力により焼却施設で使用する電力を賄うことでプラント使用電力を削減できる。さらに、汚泥の高温燃焼により、温室効果ガスである一酸化二窒素（以下、 N_2O と記す）の排出量を大幅に低減することが可能である。

以下に各特長の詳細を示す。

①補助燃料不要

乾燥機を設けることで、汚泥の含水率を自燃可能な40%程度にまで低下させて炉に投入するため、補助燃料を使用せずに高温燃焼が可能となる。また、乾燥機に必要な熱源は、汚泥燃焼熱を廃熱ボイラに



図3 階段式ストーカ炉の概略図

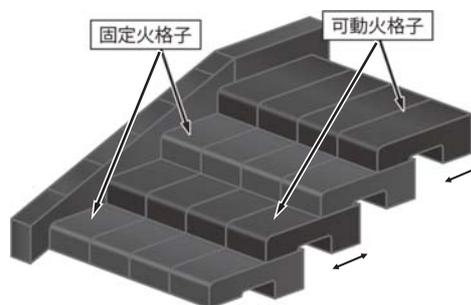


図4 ストーカの構成



図5 炉内燃焼状態

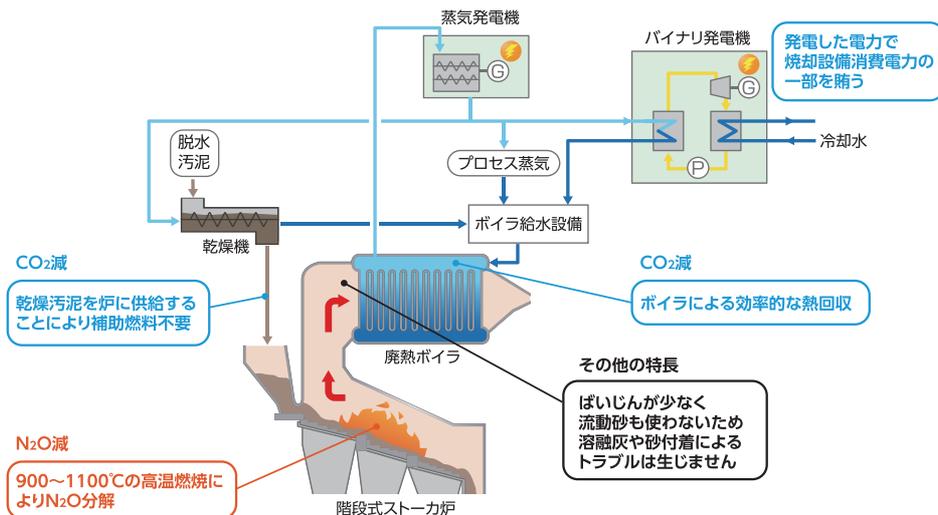


図6 システム概略図

て回収して発生させた蒸気を利用しており、こちらにも補助燃料を使用せずに必要熱量を確保できる。

②発電による施設全体での購入電力量削減

廃熱ボイラで発生した蒸気のエネルギーを、蒸気発電機やバイナリ発電機で電力に変換し、その発電により消費電力を賅うことで購入電力量を削減できる。図6に示すように、廃熱ボイラで発生した蒸気は、蒸気発電機で発電した後にプロセス蒸気（乾燥機、空気予熱器の熱源）とバイナリ発電機の熱源としてカスケード利用する、焼却廃熱を最大限利用可能なシステムとなっている。

③N₂O排出量抑制

階段式ストーカ炉は900℃以上の高温燃焼が可能のため、CO₂の265倍の温室効果を有するN₂Oの排出量を、一般的な燃焼温度850℃の従来型流動炉と比較して大幅に削減している。

6. 新2系焼却施設における下水汚泥焼却発電システムの運転報告

6.1 設計条件および性能確認項目

乾燥機および焼却炉の設計条件を表1に示す。なお、各数値は新1系と同じである。

また、主な性能確認項目としては下記の通りである。

- ①乾燥機投入汚泥量 100 t/日以上

表1 乾燥機および焼却炉の設計条件

項目		単位	設計値	
乾燥機	脱水汚泥処理量	t/日	95.86	
	脱水汚泥含水率	%	76	
	可燃分割合	%-DS	79	
	可燃分組成	C	%-VS	49.1
		H	%-VS	6.9
		N	%-VS	5.0
		O	%-VS	38.1
		S	%-VS	0.9
	消石灰添加率	%-DS	18	
	消石灰添加量	t/日	4.14	
乾燥機投入量	t/日	100		
乾燥機投入時含水率	%	72.9		
乾燥汚泥含水率	%	40		
焼却炉	炉投入乾燥汚泥量	kg/h	1,882	
	炉投入汚泥含水率	%	40	
	炉投入可燃分割合	%-DS	67.1	
	可燃分あたり低位発熱量	kJ/kg-VS	23,100	
炉投入汚泥あたり低位発熱量	kJ/kg-乾燥汚泥	8,222		

DS: 乾燥固形物 (Dry Solids), VS: 揮発性固形物 (Volatile Solids)

②排ガス性状

硫黄酸化物	K=4.0
窒素酸化物	250 ppm 以下 (O ₂ =12% 換算)
ばいじん量	0.15 g/m ³ _N 以下 (O ₂ =12% 換算)
塩化水素	700 mg/m ³ _N 以下 (O ₂ =12% 換算)
ダイオキシン類	5 ng-TEQ/m ³ _N 以下 (O ₂ =12% 換算)
全水銀	30 μg/m ³ _N 以下 (O ₂ =12% 換算)

6.2 性能確認結果

性能試験時（3日間72時間連続運転）における主な性能確認結果として、乾燥機性能、排ガス性状、焼却主灰性状、N₂O排出量、補助燃料使用量を以下に示す。

6.2.1 乾燥機性能

乾燥機の性能確認結果を表2に示す。

乾燥機投入量は100 t/日以上であった。また、乾燥機投入汚泥量、脱水汚泥含水率、乾燥汚泥含水率

の分析値および日平均値を用いて蒸発水分量を算出した結果、2,694～2,761 kg/hとなり、設計値である2,285 kg/hを上回る性能であることを確認した。

6.2.2 排ガス性状

排ガス性状について排気筒入口の測定結果を表3に示す。測定結果より、本システムは、全ての項目に対し、基準値を遵守していることを確認した。

6.2.3 焼却主灰性状

焼却主灰の溶出試験結果を表4に示す。環境庁告

表2 乾燥機の性能確認結果

項目	単位	設計値	本性能試験				備考
			運転結果				
			1日目	2日目	3日目		
乾燥機投入量	t/日	100	101.4	100.9	102.1	運転日報より	
脱水汚泥含水率	%	76	79.4	79.2	78.6	計算値	
乾燥機投入時含水率	%	72.9	76.2	76.0	75.5	分析結果より	
乾燥汚泥含水率	%	40	31.3	33.2	32.3	分析結果より	
蒸発水分量	kg/h	2,285	2,761	2,694	2,715	計算値	
消石灰添加量	t/日	4.14	4.05	4.06	4.05	運転日報より	
消石灰添加率*	%-DS	18	20.2	20.2	19.3	計算値	

* 消石灰添加率は消石灰添加前の脱水汚泥固形分に対する比率で、設計値では脱水汚泥含水率を76%としていることから、含水率が高い場合には添加率が高くなる

表3 排気筒入口排ガス性状結果

項目	単位	基準値	測定結果
			排気筒入口
湿りガス量	m ³ _N /h	—	16,700
乾きガス量	m ³ _N /h	—	16,500
ばいじん (O ₂ =12%換算)	g/m ³ _N	0.15以下	0.002
硫黄酸化物 (K値換算値)	ppm (—)	— (4.0)	<0.4 (0.003)
窒素酸化物 (O ₂ =12%換算)	ppm	250以下	150
塩化水素 (O ₂ =12%換算)	mg/m ³ _N	700以下	2.0
ダイオキシン類 (O ₂ =12%換算)	ng-TEQ/m ³ _N	5以下	0.00023
全水銀 (O ₂ =12%換算)	μg/m ³ _N	30	5.3
N ₂ O	ppm	—	3
メタン	ppm	—	1

表4 焼却主灰溶出試験結果

項目	基準値 (mg/L)	測定値 (mg/L)
アルキル水銀化合物	不検出	不検出
水銀又はその化合物	0.005	<0.0005
カドミウム又はその化合物	0.09	<0.01
鉛又はその化合物	0.3	<0.01
有機燐化合物	1	<0.1
六価クロム化合物	1.5	<0.05
砒素又はその化合物	0.3	<0.01
シアン化合物	1	<0.1
ポリ塩化ビフェニル	0.003	<0.0005
トリクロロエチレン	0.1	<0.01
テトラクロロエチレン	0.1	<0.01
ジクロロメタン	0.2	<0.02
四塩化炭素	0.02	<0.002
1,2-ジクロロエタン	0.04	<0.004
1,1-ジクロロエチレン	1	<0.1
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.4	<0.04
1,1,1-トリクロロエタン	3	<0.3
1,1,2-トリクロロエタン	0.06	<0.006
1,3-ジクロロプロペン	0.02	<0.002
チラウム	0.06	<0.006
シマジン	0.03	<0.003
チオベンカルブ	0.2	<0.02
ベンゼン	0.1	<0.01
セレン又はその化合物	0.3	<0.01
1,4-ジオキサン	0.5	<0.05

示13号に係る規制項目について、いずれも基準値を遵守する結果である。

6.2.4 N₂O 排出量

本施設での N₂O 単位排出量を下記にて算出する。

・ N₂O 排出量 【kg/h】

$$= Q \times C \times 10^{-6} \times N_2O \text{ 分子量 (kg/kmol)} \\ \div \text{標準状態気体モル体積 (m}^3_N/\text{kmol)} \\ = 16,500 \text{ m}^3_N/\text{h} \times 3 \text{ ppm} \times 10^{-6} \times 44 \div 22.4 \\ = 0.097 \text{ kg/h}$$

Q：排気筒入口乾きガス流量
16,500 m³_N/h (表3より)

C：排気筒入口 N₂O 濃度
3 ppm (表3より)

・ N₂O 単位排出量 【kg-N₂O/t-DS】

$$= (N_2O \text{ 排出量}) \div (\text{汚泥中固形物量}) \\ = 0.097 \text{ kg/h} \div (101.4 \text{ t/日} \times (100\% - 76.2\%) \\ \div 24 \text{ h/日}) \\ = \underline{\underline{0.10 \text{ kg-N}_2\text{O/t-DS}}}$$

汚泥中固形物量：脱水汚泥量 × (100% - 脱水汚泥含水率)

脱水汚泥量：101.4 t/日 (表2の1日目の乾燥機投入量)

脱水汚泥含水率：76.2% (表2の1日目の乾燥機投入時含水率)

階段式ストーカ炉では、前述のとおり炉内で900℃以上の高温燃焼域を形成するため、N₂O濃度は3ppmと非常に低い。従来型流動炉の850℃燃焼時の省令値⁶⁾より算出したN₂O単位排出量2.731

kg-N₂O/t-DS (「流動炉 (高温燃焼) 約850℃」0.65 kg-N₂O/wet-t に対し、本結果では乾燥機投入時含水率を76.2%と仮定した固形物基準)と比較して、約96%低減された数値であることが確認できた。このことからN₂O排出量を大幅に削減できることが実証された。

6.2.5 補助燃料使用量

定常運転状態において、補助燃料である重油使用量は0Lであり、安定した自燃運転が可能であることを確認した。

6.3 発電電力

バイナリ発電機を新1系と共用していることから、発電電力については、新2系焼却施設と新1系焼却施設を合わせた、全体の受電電力 (建築付帯動力含む) と発電電力の運転監視データの平均値、およびプラント消費電力により評価する。各電力の算出値 (一例) を表5に示す。受電電力は、消費電力から発電電力を差し引いた値である。なお、本データ取得時は新1系、新2系ともに定格負荷にて運転をおこなっている。

本施設は積雪をともなう寒冷地にあることから、建屋内に設置されることによる換気動力が必要である。それに加え、汚泥集約処理をおこなうスラッジセンターという特性もあり、下水処理場内の屋外に設置されている汚泥焼却施設と比較して、建築付帯設備や給排水にともなう消費電力が多い。新1・2系の施設全体の消費電力 (=受電電力+発電電力) 699 kW に対して発電電力の合計が352 kW であることから、発電電力により施設全体の消費電力の約

表5 電力データ (一例)

運転監視データ				新2系消費電力 ^{*2}	
受電電力		発電電力 (送電端)		名称	kW
名称	kW	発電機名称	kW		
新1・2系受電電力 ^{*1}	347	新1系蒸気発電機	129	乾燥設備	99
		バイナリ発電機	90	焼却設備	108
		新2系蒸気発電機	133	共通設備	65
合計	347	合計	352	合計	272

$$\text{発電電力量} \div \text{施設全体の消費電力} (= \text{受電電力量} + \text{発電電力量}) \\ = 352 \div (347 + 352) \times 100 = 50\%$$

$$\text{新2系発電電力量}^{*3} \div \text{新2系消費電力量} = (133 + 45) \div 272 \times 100 = 65\%$$

^{*1} 新1・2系の乾燥設備、焼却設備、共通設備、付帯設備などの消費電力 (電灯設備は除く) から発電電力を差し引いた値

^{*2} 各機器の電流値などから積算した乾燥設備、焼却設備の消費電力を示す (洗浄水・冷却水・排水の負荷は除く)

^{*3} 新2系の発電電力は、新2系蒸気発電機に、バイナリ発電機の発電電力の50%を足し合わせたものとする

50%を賄っていることを確認した。

また、新2系のプラント消費電力と発電電力との比較では、プラント消費電力272 kWに対する発電電力の割合は約65%となり、乾燥設備および焼却設備で使用する電力の6割以上を発電電力で賄っていることを確認した。

6.4 温室効果ガス排出量

本施設の温室効果ガス排出量について、従来の焼却システムである気泡式流動炉（発電無し）と比較をおこなう。なお、補助燃料由来の温室効果ガス排出量については、汚泥性状や使用する燃料の種類によって増減することから、本試算には含まないものとする。

6.4.1 消費電力

本施設のプラント消費電力量（新2系消費電力量から新2系発電電力量を差し引いたもの）は表5より、272 kW - (133+45) kW = 94 kWである。

従来の焼却システムのプラント消費電力量は、B-DASH プロジェクト No.27 ガイドライン（案）⁷⁾では、下記に示す算定式が提示されている。本式に沿って本処理量に対する消費電力量を試算すると380 kWとなる。

消費電力【kW】

$$=1.12 \times \text{処理量 (t-脱水汚泥/日)} + 266$$

6.4.2 N₂O 単位排出量

従来の焼却システムでのN₂O単位排出量は2.731 kg-N₂O/t-DSであるが、6.2.4で示したように本施設のN₂O単位排出量は0.10 kg-N₂O/t-DSとなり、大幅に削減されていることが示されている。

6.4.3 従来の焼却システムとの比較

温室効果ガス削減量の試算結果を表6に示す。

温室効果ガス排出量の算出条件として、脱水汚泥処理量は101.4 t/日（実績値）、乾燥機投入時含水率76.2%（実績値）、稼働率は90%（年間運転日数328.5日/年）、受電電力あたりの排出係数は0.000438

表6 温室効果ガス削減状況試算値

	単位	本システム	従来の焼却システム	削減率
電力由来	t-CO ₂ /年	325	1,311	75.2%
N ₂ O由来	t-CO ₂ /年	210	5,737	96.3%
合計	t-CO ₂ /年	535	7,048	92.4%

t-CO₂/kWh（北海道電力ネットワーク（株）⁸⁾）とした。また、N₂Oの地球温暖化係数は265（t-CO₂/t-N₂O）⁹⁾とした。

温室効果ガス削減率は、従来の焼却システムに対して約92%となり、温室効果ガス排出量を大幅に削減できていることが示された。

7. おわりに

札幌市西部スラッジセンターの新2系焼却施設として納入した下水汚泥焼却発電システムにおいて、乾燥機および焼却炉の設計条件に対し、定格処理量である100 t/日以上を連続的に安定して処理できることを確認し、排ガス性状についても十分基準値を満足するものであることを確認した。

また当社では、JS発注の汚泥焼却施設工事における初号機の受注となり、札幌市直営とは設計や工事をおこなう中での手続きなどの違いにより戸惑うこともあった。こうした中で設計部門と工事部門、その他社内関係部門で協力しながら建設を進めた結果、JSより2024年度（令和6年度）の優良工事表彰を受けることができた¹⁰⁾。

当社が開発した本システムは、補助燃料が不要であり、温室効果ガスであるCO₂に加えN₂Oの排出量も少なく、また廃熱発電により購入電力量を低減できるという環境性能面および省エネ性能面において優れた性能を有している。本システムを適用したプラントは現在5件受注しており、今後も継続的な受注により下水処理における省エネ、創エネ、温室効果ガス削減に貢献できるものと確信している。

最後に、今回納入した焼却施設の建設にあたり、多大なるご協力をいただきました札幌市殿、日本下水道事業団殿をはじめ、関係者の方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 札幌市下水道河川局：札幌市下水道ビジョン2030, pp.21-45 (2020)
- 2) 日本下水道新聞：2022年（令和4年）6月29日
- 3) 札幌市下水道河川局経営管理部経営企画課：札幌市の下水道, p.5 (2024)
- 4) 一般財団法人札幌下水道公社：西部スラッジセンターパンフレット
- 5) 札幌市：札幌市下水道事業中期経営プラン2025,

- p.10 (2021)
- 6) 特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令（平成十八年経済産業省・環境省令第三号），平成18年3月29日公布，令和7年4月1日改定
 - 7) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：B-DASHプロジェクト No.27 温室効果ガス削減を考慮した発電型污泥焼却技術導入ガイドライン（案），p.69（2019）
 - 8) 電気事業者別排出係数（特定排出者の温室効果ガス排出量算定用），令和6年11月8日（2025年1月23日確認）
https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/r06_denki_coefficient_rev10.pdf
 - 9) 算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧（令和5年12月12日更新）（2025年1月23日確認）
https://ghg-santeikohyo.env.go.jp/files/calc/itiran_2023_rev4.pdf
 - 10) 日本下水道事業団：記者発表資料，令和6年度日本下水道事業団表彰について，令和6年11月8日（2025年1月23日確認）
<https://www.jswa.go.jp/topics/2024pdf/20241108kisya.pdf>