

西秋川衛生組合ごみ処理施設 掘り起こしごみ処理による 最終処分場再生と高効率発電への取組み

Nishiakigawa MSW to Energy Plant Final Disposal Site Reproduction by
Digging-up Refuse Disposal and the Action for High Efficiency Power Generation



黒瀬卓治*
Takuji Kurose



藤田 淳**
Jun Fujita
技術士（衛生工学部門）



水岡 翔**
Sho Mizuoka



山本芳宏***
Yoshihiro Yamamoto
技術士（衛生工学部門）



大久保順二****
Junji Okubo

西秋川衛生組合ごみ処理施設は2014年3月に竣工し、当社として初めてとなる最終処分場の掘り起こしごみ処理を開始した。また、排水膜処理設備をはじめ当社の技術力を総合し高効率発電システムを確立した。

Nishiakigawa MSW to energy plant was completed in March 2014, and started treatment digging-up refuse from the final disposal site. This is our first plant to contribute the extension of longevity for final disposal site. Incorporating all the technical skills and capabilities of our company, such as membrane filtration process equipment, were combined, and the high-efficiency-power-generation system was established.

Key Words :

都 市 ご み
ガ ス 化 溶 融 炉
最 終 処 分 場
掘り起こしごみ処理
高 効 率 発 電
膜 処 理

Municipal solid waste (MSW)
Gasification and melting furnace
Final disposal site
Digging-up refuse disposal
High efficiency power generation
Membrane filtration

【セールスポイント】

都市ごみを処理するガス化溶融施設に、最終処分場から掘り起こしたごみを搬入し、都市ごみと混合させて処理を行い、最終処分場の延命化を進めている。

排水膜処理設備を導入した高効率発電システムを確立した。

ま え が き

当社は2000年10月に国内初の都市ごみ向け流動床式ガス化溶融施設を竣工させて以来、現在までに計13施設を納入し、安定稼働を継続している。西秋川衛生組合は、東京都西部に位置する、あきる野市、日の出町、檜原村、奥多摩町の4市町村から発生するごみ処理を担っており、その収集面積は東京都の

約2割を占める。組合では既設ごみ焼却施設（昭和53年竣工）の老朽化が進んだことから、安全・安定した適性処理を継続し、資源化率と熱回収率の向上を実現するごみ焼却施設を新設する必要があった。また、最終処分場の残余容量がひっ迫していることから、新施設には、掘り起こしごみ処理による処分場延命化が要求された。発注形態は施設の建設およ

び20年間の運営を一括して発注する DBO 方式 (Design-Build-Operate) であり、総合評価一般競争入札の結果、当社を含むグループが落札することとなった。本稿では、平成26年3月に竣工した本施設の稼働状況と最終処分場再生状況および高効率発電への取組みについて報告する。

1. 西秋川衛生組合ごみ処理施設の施設概要

1.1 プロセス概要

西秋川衛生組合ごみ処理施設の施設概要を表1に、施設フローを図1に示す。

本施設は、可燃ごみのほか、不燃粗大ごみ処理設備から発生する破碎ごみ、最終処分場の掘り起こしごみ等を受入れている。最終処分場から掘り起こされたごみは、全ごみ量に対して約10%であり、ごみピット内で攪拌する。ごみは破碎した後、流動床式ガス化炉に投入し、発生した熱分解ガスおよび未

燃炭素を旋回流溶融炉により約1 250℃の高温で完全燃焼させるとともに、同伴された飛灰は溶融スラグとして回収する。一方、排ガスは、テールエンド型ボイラにて4MPaG×350℃の蒸気として廃熱を回収したのち、バグフィルタ、触媒反応塔を経て煙突から排出する。この回収した蒸気により定格1 900 kWの蒸気タービン発電機にて発電を行っている。また、ガス化炉から抽出した鉄とアルミは、未酸化状態で有価資源として回収している。

本施設では、平成21年公布の高効率ごみ発電施設整備マニュアルに示されたいくつかの技術を組み合わせ、発電効率を高めている。さらに膜処理技術を用いて場内で発生する排水を適正処理・再利用することで排ガス系内で蒸発処理する排水の量を大幅に削減でき、ボイラでの蒸気発生量を最大として、交付金条件の発電効率14%に対し、15.7%の発電効率

表1 施設概要

施設名称	西秋川衛生組合ごみ処理施設
処理能力	117 t/d (58.5 t/d × 2 炉)
処理対象物	可燃ごみ、不燃ごみ、粗大ごみ、リサイクルセンターからの残渣、最終処分場の掘り起こしごみ
受入供給設備	ピットアンドクレーン方式 (ダブルピット)
ガス化溶融設備	流動床式ガス化炉 + 旋回流溶融炉方式
燃焼ガス冷却設備	廃熱ボイラ + 水噴霧方式
排ガス処理設備	バグフィルタ + 触媒反応塔
排水処理設備	凝集沈殿 + 膜処理設備 (排水クローズド)
発電量	1 900 kW

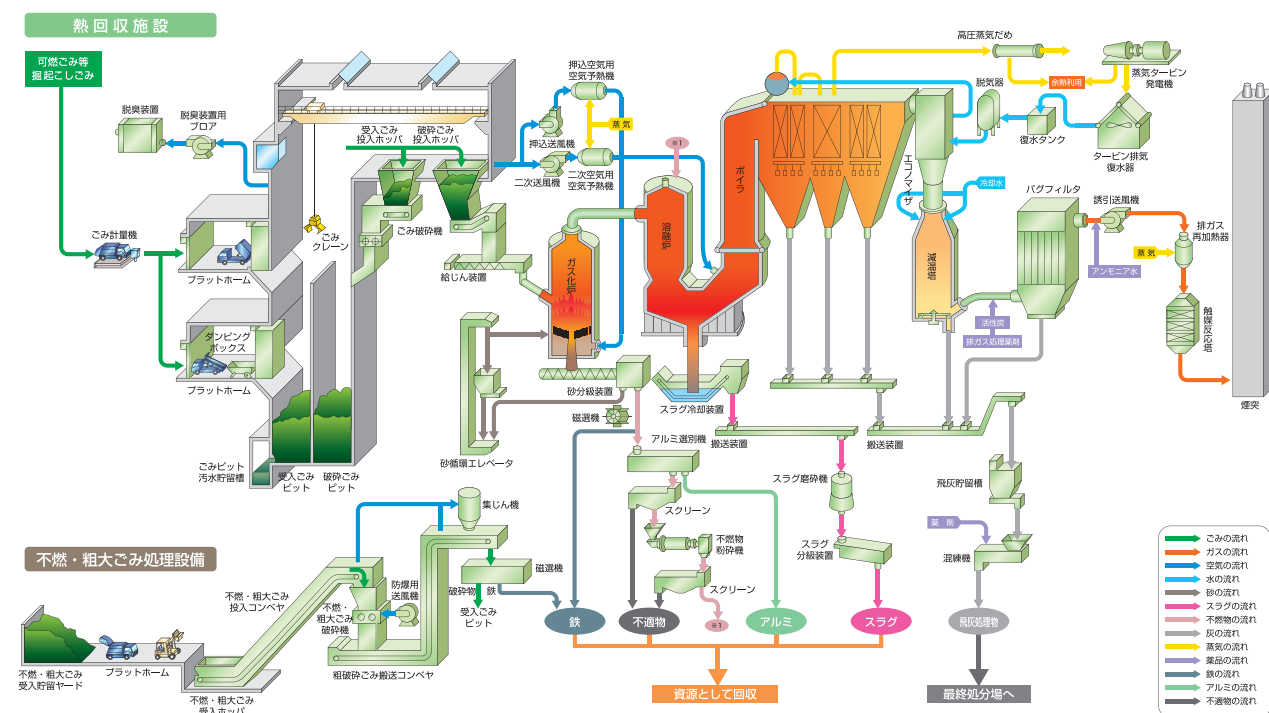


図1 西秋川衛生組合ごみ処理施設の施設フロー

を達成している。

1.2 運転体制

本施設の運営は、当社および神鋼環境メンテナンス(株)と、建設工事におけるJVパートナーの出資により設立した特別目的会社「(株)たかお環境サービス」が行っている。運転体制を計画するにあたり、過去の納入施設の運転状況を調査し、運転における作業負荷が高い作業項目を重点的に設備改善・自動化を行うことで、最少人数での運転を達成している。

2. 最終処分場延命化

2.1 最終処分場再生事業概要

西秋川衛生組合が管理する最終処分場は遮水シート施工工法による管理型処分場であり、埋立て面積10 100 m²、埋立て容量87 000 m³である。浸出水は生物学的脱窒素法＋低負荷活性汚泥法＋凝集沈殿法＋急速濾過＋活性炭吸着法にて処理されている。

最終処分場再生事業は、既に埋立てられたごみを掘り起こし、新しく整備した熱回収施設で処理し、最終処分場の延命化を図る事業である。なお、本事業は西秋川衛生組合から委託された神鋼環境メンテナンス(株)が運営している。

2.1.1 再生事業の全体像

図2に再生事業の全体像を示す。掘起こしごみは分級・選別設備に投入し、振動スクリーン（目開き50 mm）を用いて「灰土砂類」（ふるい下）を選別する。また、ふるい上は手選別にて大型異物（金属・レンガ等）を除去した後ビニール・プラスチックを主成分とする「可燃物」として、いずれも熱回収施設へ搬送する。写真1に最終処分場前処理設備の外観を示す。熱回収施設では、別々に搬入された「可燃物」と「灰土砂類」を、他のごみと十分に混合した後、炉へ投入する。掘り起こしごみの外観を写真2に示す。

2.1.2 年間掘り起こし処理量

最終処分場から熱回収施設に搬入する掘り起こしごみは、熱回収施設での年間ごみ処理量の10%として計画しており、その容積は次のとおりとなる。

熱回収施設のごみ処理計画 31 513 t/年

掘り起こしごみかさ比重1.18 t/m³

$31\,513\text{ t/年} \times 10\% \div 1.18 \div 2\,700\text{ m}^3\text{/年}$

2.1.3 年間埋立量

年間埋立て量は熱回収施設で新たに発生する溶融飛灰量に約10%の覆土を見込み、次のとおりとなる。

溶融飛灰の発生量1 411 t/年

溶融飛灰かさ比重1.00 t/m³

$1\,411\text{ t/年} \times 1.00 \times 110\% \div 1\,650\text{ m}^3\text{/年}$

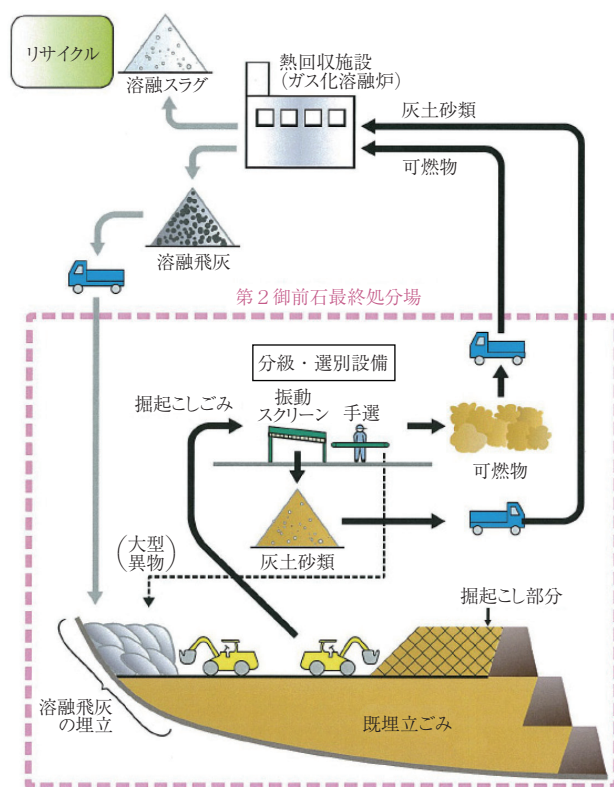


図2 再生事業の全体像



写真1 最終処分場前処理設備の外観



写真2 掘り起こしごみ

2.1.4 埋立容積の増加量

上記の年間掘り起こし処理量および年間埋立量より最終処分場容量の増加量は次のとおりとなる。

$$2\,700\text{ m}^3/\text{年} - 1\,650\text{ m}^3/\text{年} = 1\,050\text{ m}^3/\text{年}$$

したがって今回の再生事業において、掘り起こしを行っている間は、この1 050 m³/年が新たに埋立容量として確保され、最終処分場の延命化が図れることになる。図3に再生事業のマテリアルバランスを示す。

旧炉によるごみ処理方法のままで埋立てを行った場合、最終処分場が平成29年度中に満杯となってしまいう状況が、この再生事業を行うことで平成55年度まで埋立てを継続でき、約26年延命される計画となる。

2.1.5 掘り起こしと埋立計画

最終処分場は図4のようにA～Eの5エリアに

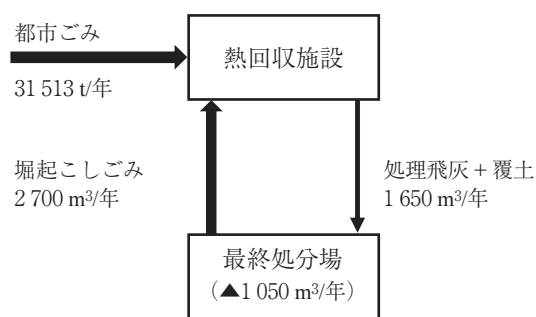


図3 再生事業のマテリアルバランス

作業区域を分割している。最終処分場は谷間に設置され、階段状に埋立てられているため、掘り起こしおよび埋立計画を策定するに当たっては、遮水シートの位置・レベルと土質的安定性を十分に考慮して計画する必要があった。

掘り起こし計画の概略としては、選別・分級ヤードをEエリアに設置し、B→C→Dエリアの順に掘り起こしていく。一方、埋立て計画は、当初は未埋立エリアであるAエリアに埋立て、その後、掘り起こされた後を追うように、B→C→Dエリアの順に溶融飛灰を埋立てる計画としている。再生事業全体期間の最終処分場の容量変化を図5に示す。埋立て総容積87 000 m³の内、37 000 m³は、構造上残置し、残りの50 000 m³の内、2013年現在で25 900 m³までは埋立てが完了している。この25 900 m³の埋立てごみを年間2 700 m³ずつ掘り起こし、9.6年で処理を完了する。溶融飛灰と覆土は年間1 650 m³発生し、確保した50 000 m³のエリアに31年間かけて埋立て、平成55年に満杯になる計画である。

2.2 掘り起こしごみの処理実績

2.2.1 掘り起こしごみの組成

最終処分場に埋立てられているものは、旧炉のストーカ炉から排出された焼却灰（飛灰処理物を含む）ならびに旧粗大ごみ処理施設および不燃処理・資源化施設の不燃系残渣である。掘り起こしごみの

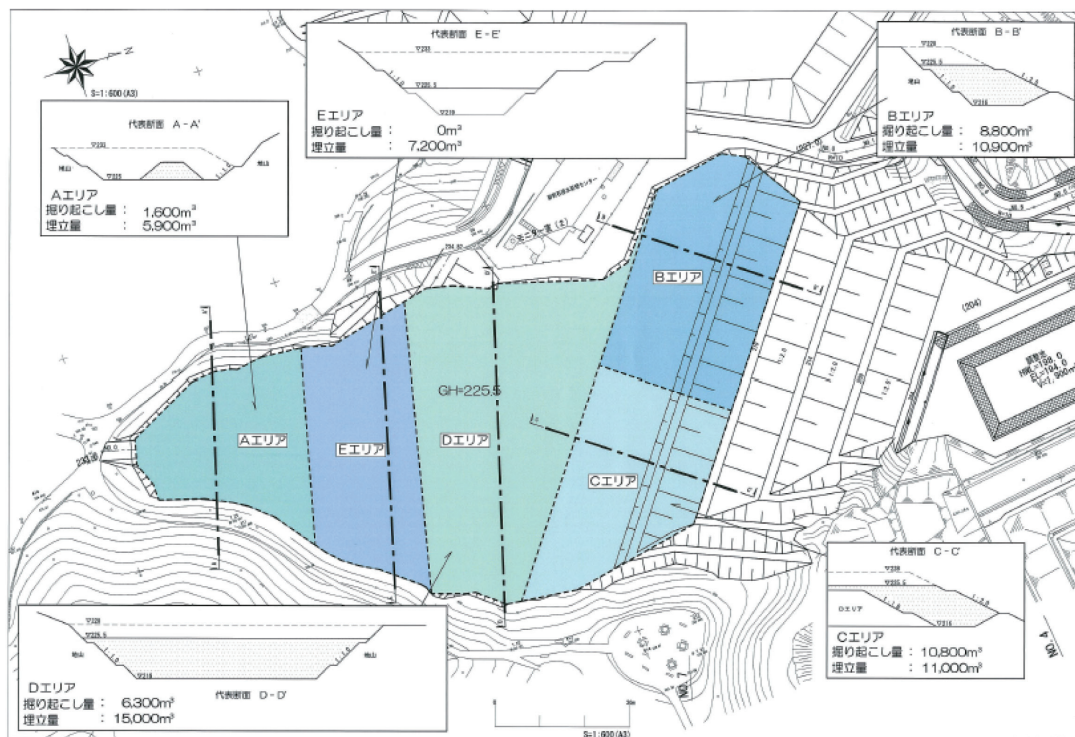


図4 最終処分場平面エリア分け計画図

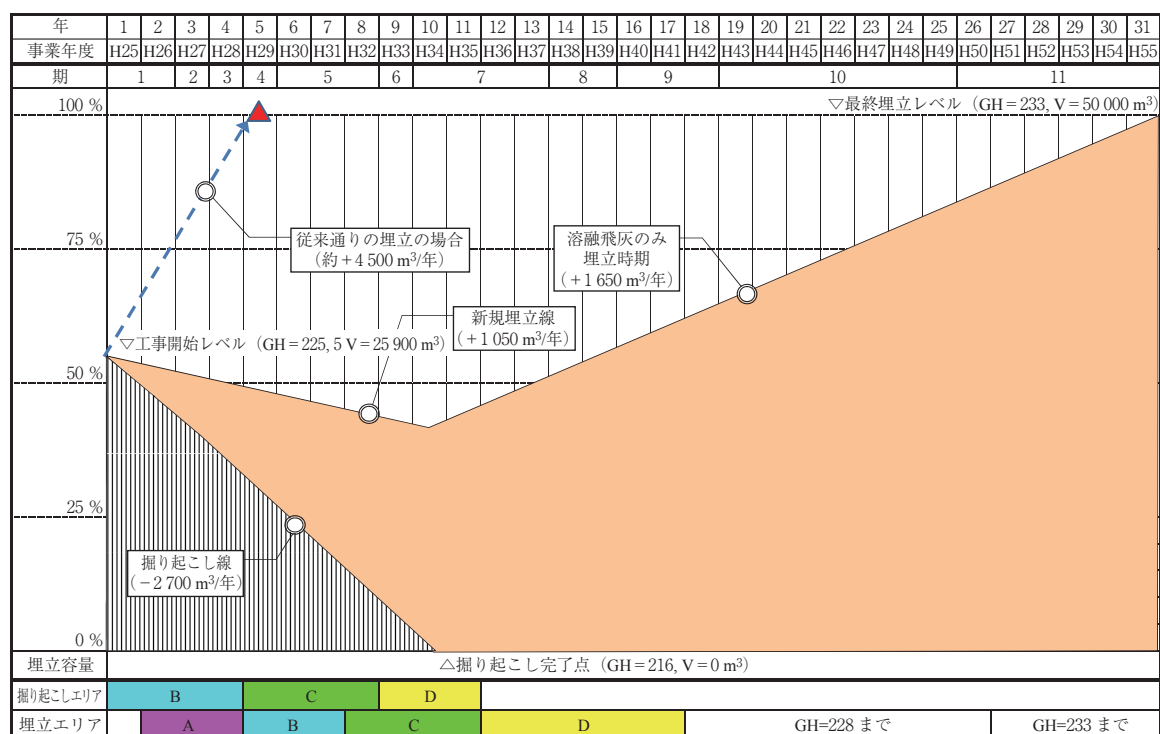


図5 再生事業全体期間の最終処分場の容量変化

表2 掘り起こしごみの性状

項 目	測定日時	粒 度	重量比率	水 分	灰 分	可 燃 分	低位発熱量
単 位	—	—	%	%	%	%	kJ/kg
平成20年度 報 告 書	サンプル 1	—	—	28.2	63.0	8.8	—
	サンプル 2	—	—	27.7	64.8	7.5	—
	サンプル 3	—	—	25.9	65.0	9.1	—
	平 均	—	—	27.3	64.3	8.5	—
平成24年度 測 定 結 果	8 月20日 10 : 45	50 mm 以下	95.7	24.8	65.3	9.9	920
		50～100 mm	2.2	18.7	60.6	20.7	5 600
		100 mm 以上	2.1	—	—	—	—
		合 計	100.0	—	—	—	—
	8 月20日 11 : 20	50 mm 以下	90.6	24.6	60.8	14.6	2 840
		50～100 mm	8.8	22.7	48.1	29.2	5 620
		100 mm 以上	0.6	—	—	—	—
		合 計	100.0	—	—	—	—
	8 月20日 11 : 50	50 mm 以下	94.5	30.0	59.6	10.4	600
		50～100 mm	4.1	26.5	56.0	17.5	3 960
		100 mm 以上	1.4	—	—	—	—
		合 計	100.0	—	—	—	—
	平 均	—	—	26.3	61.4	12.2	1 617
		—	—	—	—	—	—

(*1 : 100 mm 以上を除く)

性状を表2に示す。掘り起こしごみの3成分の平均は、平成20年度では水分27.3 %・灰分64.3 %・可燃分8.5 %であった。平成24年度に実施設計にあたりサンプリングした結果、水分26.3 %・灰分61.4 %・可燃分12.2 %となり、平成20年度とほぼ類似した測

定結果となった。

また、粒度ごとの性状としては、50 mm 以上のごみが全体の5—10 %程度あり、不燃残渣由来のビニール類が含まれているため掘り起こしごみながら3 960—5 620 kJ/kg の発熱量がある。一方50 mm

以下のごみは灰土砂類が主成分であるため発熱量が600—2 840 kJ/kg と低い。前処理設備としては、大塊物など処理不適物の手選除去が必要であるため50 mm のふるい設備を設け、ふるい上は処理不適物を手選除去した後可燃コンテナへ、ふるい下は灰土砂コンテナへ貯留し、ともに熱回収施設に搬入するこ

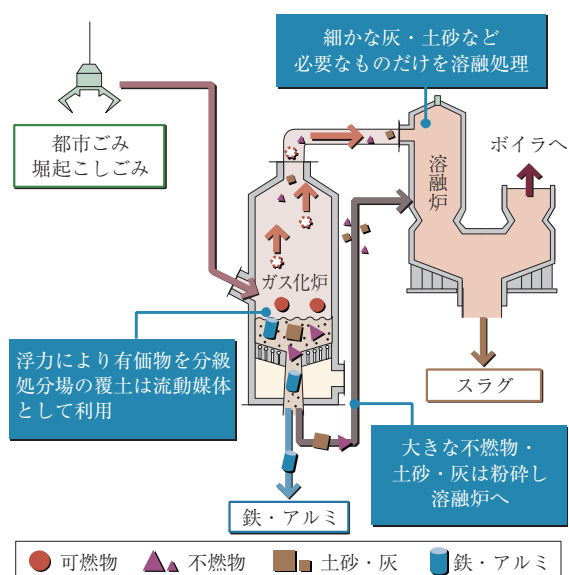


図6 ガス化溶融炉での分級フロー

ととしている。

2.2.2 ガス化溶融炉での挙動

ガス化炉に投入された灰分は、図6に示すフローで回収されマテリアルリサイクルされる。ガス化炉へ投入された細かな灰分は排ガスに同伴され溶融炉にてスラグとなる。大きな灰分は流動砂とともに炉下から拔出され、砂を分級したのち鉄とアルミを回収し、残った不燃物は粉碎機にて細かくし溶融炉へ供給しスラグとなる。鉄、アルミ、スラグはそれぞれ有価物としてリサイクルされる。

表3 掘り起こしごみの処理実績（2014年4—8月）

項 目	単位	2014年 4—8月	備 考
ごみ処理量	t	12 041	
(A) 掘り起こしごみ受入量 (可 燃 物) (灰土砂類)	t	27	50 mm オーバ
	t	1 448	50 mm 以下
計	t	1 475	
	m ³	1 250	比重1.18 t/m ³
(B) 溶融飛灰搬出量	t	777	
	m ³	777	比重1.00 t/m ³
(C) 最終処分場減量 (A-B)	m ³	473	

表4 スラグの測定結果

項	目	基 準 値	測定結果
溶 出 試 験	カドミウム mg/L	0.01以下	<0.001
	鉛 mg/L	0.01以下	<0.001
	六価クロム mg/L	0.05以下	<0.005
	ひ 素 mg/L	0.01以下	<0.001
	総 水 銀 mg/L	0.0005以下	<0.0005
	セ レ ン mg/L	0.01以下	<0.001
	ふ っ 素 mg/L	0.8以下	<0.08
	ほ う 素 mg/L	1以下	<0.1
含有量試験	カドミウム mg/kg	150以下	<1.0
	鉛 mg/kg	150以下	44
	六価クロム mg/kg	250以下	<10
	ひ 素 mg/kg	150以下	<10
	総 水 銀 mg/kg	15以下	<1.0
	セ レ ン mg/kg	150以下	<1.0
	ふ っ 素 mg/kg	4000以下	<100
	ほ う 素 mg/kg	4000以下	87
ダイオキシン類		ng-TEQ/g	1 以下
			1 回目 0.000022 2 回目 0 (ゼロ)
JIS A 5032	外 観 (目視観察)		※ 1
	粒度 (FM-2.5) (ふるいを通る物の質量百率)	4.75 mm	100
		2.36 mm	85~100
		75 μm	0~10
	表 乾 密 度	g/cm ³	2.45以上
吸 水 率		%	3.0以下
			2.8 0.36

※1 溶融スラグは堅硬で、かつ、異物、針状固化物、扁平又は鋭利な破片などを使用上有害な量を含まないこと。

2.2.3 処理実績

表3に2014年4―8月の処理実績を示す。最終処分場からは1 250 m³の掘り起こしごみが搬出され、処理飛灰の搬入量は777 m³であり、その差473 m³の埋立容積が確保できたことになる。

2.2.4 スラグおよび処理飛灰の性状

掘り起こしごみを処理することによるスラグ中重金属類の含有量や、処理飛灰からの重金属類の溶出への影響を確認した。表4にスラグの分析結果を示す。重金属類の含有量試験、溶出量試験を含んだJIS A 5032「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化した道路用熔融スラグ」およびJIS A 5031「一般廃棄物、下水汚泥又はそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用熔融スラグ骨材」に示される基準を全て満たすことを確認した。

写真3にスラグの出滓状況を示す。最終処分場の掘り起こしごみを混焼した状態でも、スラグの出滓は良好な状態を保っている。

表5に処理飛灰の性状を示す。こちらも全ての基準値を下回っており、安定して掘り起こしごみを処理できることが確認できた。

3. 高効率発電への取組み

3.1 高効率発電マニュアルへの対応

本施設では、平成21年3月に環境省から公布された高効率ごみ発電施設整備マニュアルに示されている「低空気比燃焼」、「低温触媒脱硝」、「高効率乾式排ガス処理」、「白防条件の設定なし」、「高温高压ボイラ」および「抽気復水タービン」を組合わせ発電効率を高めている。さらに当社水環境事業部の膜処理技術を採用し、排水を適正処理・再利用することで排ガス系内での排水噴霧量を大幅に削減できた。²⁾これにより、ボイラでの蒸気発生量を増加させることで、交付金条件の発電効率14 %に対し、15.7 %

の発電効率を達成している。表6にマニュアル記載の技術との対応表を示す。施設設計条件であるプラント排水クローズド（場外へプラント排水を排水することができない）のため採用できない、低温エコノマイザ、水冷式復水器を除き全ての要素技術を採用し高効率発電を達成している。さらに「高効率乾式排ガス処理」および「排水膜処理設備」を独自の技術として採用し、最大限発電することができる施設としている。

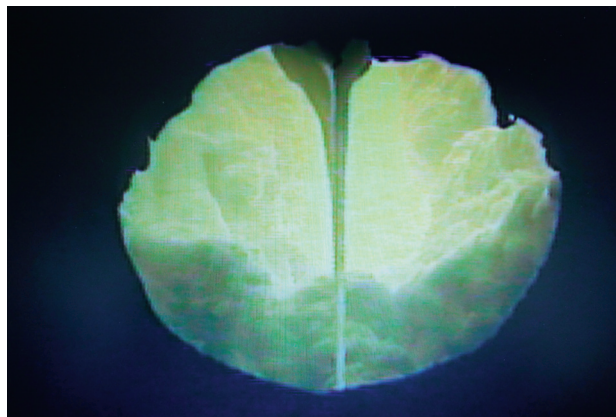


写真3 スラグの出滓状況

表5 処理飛灰の測定結果

項 目			基準値	測定結果
溶 出 試 験	アルキル水銀化合物	mg/L	検出されないこと	不検出
	総水銀	mg/L	0.005以下	0.001
	カドミウム	mg/L	0.3以下	0.04
	鉛	mg/L	0.3以下	<0.01
	六価クロム	mg/L	1.5以下	0.14
	砒素	mg/L	0.3以下	<0.01
	セレン	mg/L	0.3以下	0.03
ダイオキシン類			ng-TEQ/g	3以下
				0.53 ※

※ 4 回分析の平均値

表6 高効率ごみ発電施設整備マニュアルへの対応状況

発電効率向上に係る技術的要素・施策		採用状況	
熱回収能力の強化	低温エコノマイザ 低空気比燃焼	—	不採用※ 1
		○	採用
蒸気の効率的利用	低温触媒脱硝 高効率乾式排ガス処理 白煙防止条件の設定なし、あるいは、白煙防止装置の運用停止 排水クローズドシステムの導入なし	○	採用
		○	採用（乾式重曹噴霧）
		○	採用（白煙防止条件の設定なし）
		—	不採用※ 1
蒸気タービンシステムの効率向上	高温高压ボイラ 抽気復水タービン 水冷式復水器	○	採用（350℃，4MPa）
		○	採用
		—	不採用※ 1

※施設建設条件が排水クローズドシステムのため採用できない。

表7 排ガス基準値と測定結果 (O₂—12 %換算値)

		1号系		2号系		基準値
		(1回目)	(2回目)	(1回目)	(2回目)	
ばいじん	[g/m ³ _N]	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.005
NOx	[ppm]	18	19	15	16	<40
HCl	[ppm]	4.8	4.0	9.0	7.5	<10
SOx	[ppm]	<0.5	<0.5	0.79	<0.5	<5
CO (4h 平均)	[ppm]	1	1	2	3	<30
DXNs	[ng-TEQ/m ³ _N]	0.00039	0.00005	0.00004	0.000041	<0.01

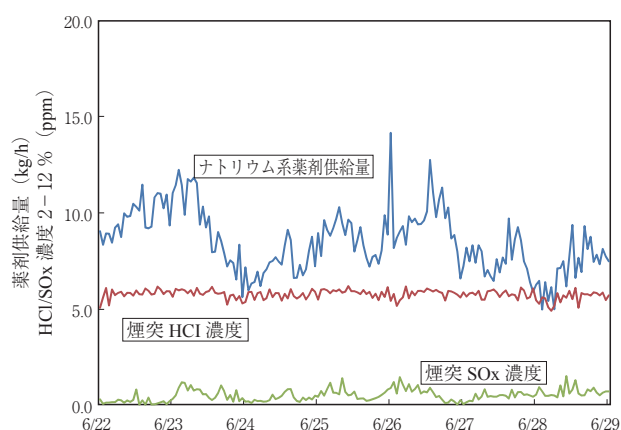


図7 重曹の供給量および煙突のHCl/SOxの連続チャート

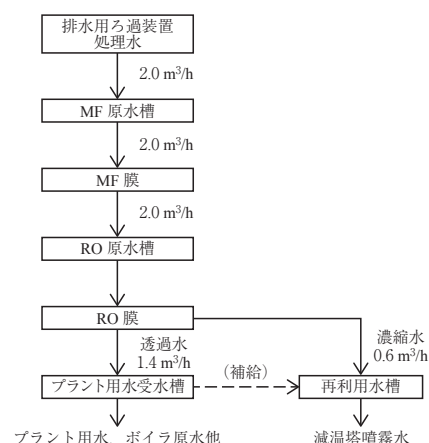


図8 排水処理設備フローと水バランス

3.1.1 高効率乾式排ガス処理

高効率乾式排ガス処理は、塩化水素の公害防止基準値が、例えば20 ppm 以下など厳しい場合、従来は苛性ソーダによる湿式排ガス処理が用いられることが一般的であった。これに対し、高反応性消石灰やナトリウム系薬剤等の高効率脱塩薬剤を採用する乾式排ガス処理は、排ガス再加熱用蒸気使用量を削減し、発電用に供することができるため発電効率の向上を図る技術である¹⁾。本施設ではナトリウム系薬剤の重曹を用いた高効率乾式排ガス処理により、排ガス再加熱蒸気を削減し、塩化水素規制値10 ppm、硫酸化物規制値5 ppm を達成している。

図7にバグフィルタにおける重曹の供給量、煙突の塩化水素および硫酸化物濃度の連続チャートを示す。塩化水素、硫酸化物とも常時規制値を下回っており、安定して処理できていることがわかる。重曹の供給量は煙突における塩化水素濃度によりフィードバック制御され、当量比に換算して1.4程度噴霧されている。

表7に排ガス基準値と測定結果を示す。HClについては従来、湿式排ガス処理でしかクリアできなかった10 ppm 以下を、重曹を用いた高効率乾式排ガス処理でクリアしている。その他の項目についても排ガス基準値を安定してクリアできている。

3.1.2 排水膜処理設備

本施設では、従来の凝集沈殿＋砂ろ過装置に加え、マイクロフィルタ（MF 膜）と逆浸透膜（RO 膜）で構成される膜処理設備を導入し、排水を高度処理するため、排水の約7割をプラント用水として再利用している。その結果、減温塔で噴霧し処理する排水を減らし、エコマイザ出口排ガス温度を下げることで、ボイラでの収熱を増やすことができる。図8に排水処理設備フローと水バランスを示す。膜処理設備にて2.0 m³/h 処理し、そのうち70 %



写真4 排水膜処理設備外観図



図9 操業計画の一例

の1.4 m³/hはプラント用水として再利用され、残りの0.6 m³/hが減温塔で排ガス中に噴霧される。また、プラント用水として再利用されるため上水の使用量も削減することが出来る。写真4に排水膜処理設備の外観を示す。

3.2 売電収入増加に向けた取組み

運営事業においては、売電収入の2/3は運営会社である(株)たかお環境サービス、1/3は西秋川衛生組合の収入になる契約形態となっている。売電収入を増やすには、3.1で述べたように高効率発電の技術により最適な発電システムを採用することの他、次のような取組みを行っている。

3.2.1 省エネ対策

本施設では消費電力を低減させるため、大型ファン（押込送風機、二次送風機、誘引送風機）や空気圧縮機などのインバータ対象機器を拡大し、換気設備の操業炉数による発停システムを取入れている。運営においてはこれらの設備の省エネ効果等を確認すると同時に、無駄な電力の削減に取り組んでいる。

3.2.2 売電量の最大化

売電量最大化の結果、本施設の売電電力は、1炉運転では0—200 kW、2炉運転では800—1 000 kWであり、運転炉数に限らずおおむね売電が可能である。今後は売電単価が高い日中に売電量を増やすような運転方法の確立にも取り組んでいきたい。

3.2.3 売電単価の最大化

売電量を増加させることに加え次のような売電単価の最大化に取り組んでいる。

一つめに、売却先は年間および時間帯別の買電・発電計画をたて、数社の特定規模電気事業者（Power

Producer and Supplier）に提示し、最大の売電収入を得られる PPS と売買契約を結んでいる。

二つめに、売電単価の高い夏季に売電量を増やすために、図9の一年間の操業計画の一例に示すように、6月に2炉停止を伴う定期点検を行い、7月から2炉運転を行う運転計画としている。

最後に、再生可能エネルギーによる発電の固定価格買取制度（FIT）に申請し、さらなる売電単価の上昇を見込んでいる。また地域の製材業から発生する、木材チップや製材端材を木質バイオマス燃料として積極的に受入れることで、ごみ発電よりもさらに高い単価での売却を目指してスキームを構築中である。

むすび

当社として初めてとなる、最終処分場再生事業を開始した。掘り起こしごみを都市ごみと混合し、ガス化溶融炉にて、安全に処理するとともに、鉄、アルミ、スラグとしてマテリアルリサイクルするシステムが順調に稼動を開始した。処理に伴う環境基準は満足し、最終処分場の残余年数も計画通り延長している。また、排水膜処理設備をはじめ、当社の技術力を結集し、高効率発電システムを確立した。今後は20年間の運営事業期間中も安全・安定運転を継続し、さらなるガス化溶融技術のブラッシュアップを目指していきたい。

【参考文献】

- 1) 環境省：高効率ごみ発電施設整備マニュアル，平成22年3月改訂，P19
- 2) 平井友希子ほか：神鋼環境ソリューション技報，Vol.7，No.1，2010

*環境プラント事業部 監理部 **環境プラント事業部 操業技術部 第一技術室 ***環境プラント事業部 プラント技術部
****神鋼環境メンテナンス(株) 運転管理センター 第二操業技術部 操業管理室 事業所所長