

## 文献調査結果と文献に基づく評価表について

## 1. 建設実績

## (1) 調査方法

2009～2018 年の廃棄物年鑑（環境産業新聞社）に掲載されている受注件数の実績を整理する。

## (2) 調査結果

近年の処理方式の上位は、ストーカ式焼却方式 108 件、シャフト式ガス化溶融方式 14 件、流動床式焼却方式 10 件であった。

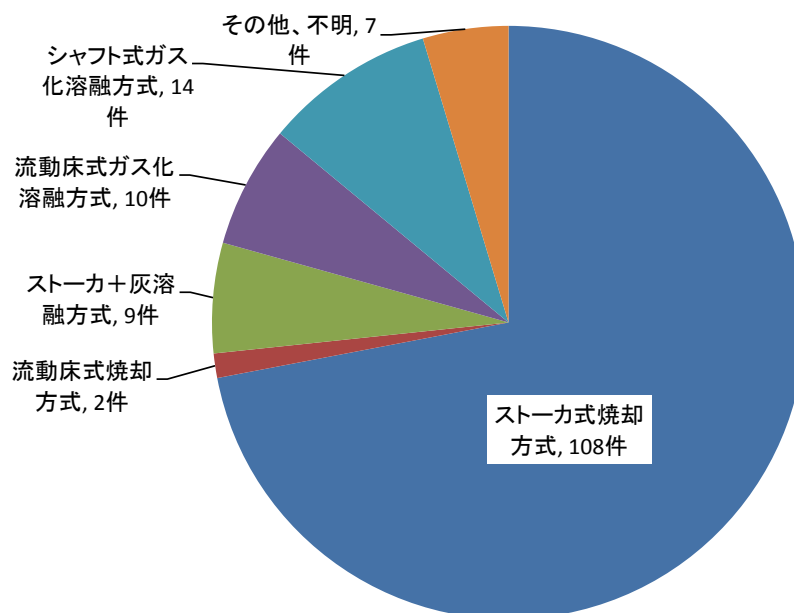


図 1 他自治体の発注件数（n=150 件）

## 2. 事故トラブル事例

### (1) 調査方法

過去 10 年間の報道発表資料（毎日新聞及び朝日新聞に掲載された 2008 年 8 月～2018 年 7 月の記事の調査結果）で件数を整理する（表 1）。なお、以下のものは対象から除外した。

- ① 両紙で同じ記事があった場合（いずれか片方のみを件数とした）。
- ② 事故の続報（除外とした）。
- ③ ピット転落、破砕機巻き込まれ等の処理方式によらない事故。

### (2) 調査結果

過去 10 年間の事故事例のうち処理方式特有の事故の発生件数の上位は、ストーカ式焼却方式 2 件、ストーカ+灰溶融方式 3 件、シャフト式ガス化溶融方式 2 件であった。

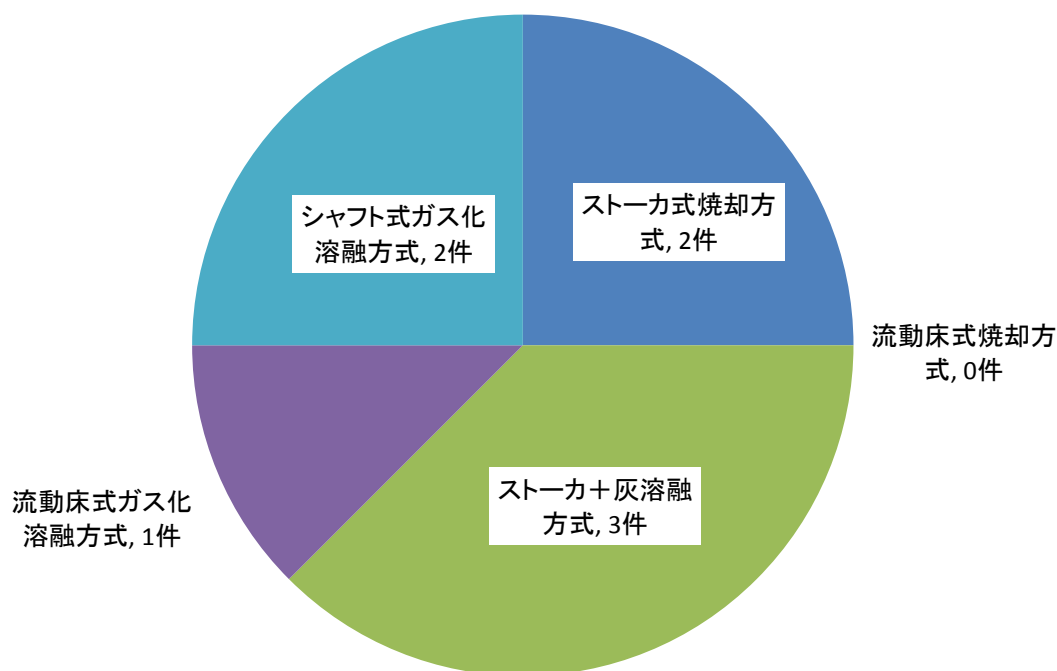


図 2 事故トラブル事例（n=8 件）

表 1 過去 10 年間の処理方式別の事故事例

日時 (事故日)	自治体	方式	事故概要	処理方式 特有の事故
2008. 6. 25	A 市	ストーカ式焼却方式	破砕機内部の爆発事故	
2009. 3. 8	B 市	ストーカ＋灰溶融方式	溶融スラグ漏出に伴う火災発生	○
2010. 3. 25	C 市	シャフト式ガス化溶融方式	可燃性ガス（メタン）発生によるものとみられる余熱利用施設建設中の爆発事故	
2010. 7. 23	D 市	ストーカ式焼却方式	混練装置内で重金属安定剤と飛灰が反応し、可燃性ガス（二硫化炭素）が発生し、小爆発が発生	○
2011. 4. 17	E 市	ストーカ＋灰溶融方式	灰溶融炉の底部に孔が開き、溶融物が炉外に流出	○
2012. 2. 23	F 組合	ストーカ式焼却方式	灰押出し装置付近で爆発事故、2 名負傷、灰搬送コンベヤ破損	○
2012. 7. 10	G 市	シャフト式ガス化溶融方式	炉内作業中に 9 名が一酸化炭素中毒により救急車で搬送	○
2013. 1. 10	H 組合	ストーカ式焼却方式	補修作業（清掃時）中に足場からの転落による死亡事故	
2013. 1. 24	I 市	シャフト式ガス化溶融方式	炉内清掃中に焼却灰に埋まる死亡事故	○
2013. 11. 11	J 組合	ストーカ式焼却方式	白煙防止用の冷却装置から冷却水が工場外へ漏水した事故	
2013. 3. 12	K 市	ストーカ＋灰溶融方式	遠隔操作作業中に起きた水砕槽内の爆発事故	○
2015. 3. 5	L 市	流動床式ガス化溶融方式	燃焼炉の試運転中、ダクト点検口から熱風が噴き出したことによる負傷事故	○
2015. 5. 8	M 組合	流動床式ガス化溶融方式	作業員が稼働中のコンベヤーに右腕を挟まれて骨折した事故	
2016. 3. 29	N 組合	ストーカ式焼却方式	破砕棟内で起きた破砕されたスプレー缶などから出た可燃性ガスによる出火（ぼや 3 月発生）の他、2 月、7 月にも同様の事故が発生	

### 3. 排ガス量

#### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012年3月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値を整理する（表2）。

#### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表2 処理方式別排ガス量の比較

（単位：(Nm<sup>3</sup>/t)）

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
灰溶融無し (n=24)	7,537.7	2,915.3	5,147.3	5,558.1	ストーカ式焼却炉、流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式 (n=32)	8,322.9	2,128.3	3,857.0	4,437.1	－
焼却灰溶融あり 燃料式 (n=6)	10,461.8	7,539.5	7,728.5	16,599.8	－
焼却灰溶融あり 平均 -	9,392.4	4,833.9	5,792.8	10,518.5	ストーカ+灰溶融方式
ガス化溶融 流動床式 (n=13)	10,118.0	2,396.8	4,634.3	5,150.3	流動床式ガス化溶融方式
ガス化溶融 シャフト式 (n=24)	12,789.8	2,636.7	5,481.4	6,511.2	シャフト式ガス化溶融方式

## 4. 排水量

### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012年3月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 3 ごみ t あたりの排水量

（単位：(m<sup>3</sup>/t)）

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
灰溶融無し (n=15)	0.77	0.11	0.29	0.43	ストーカ式焼却炉、流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり (n=33)	0.87	0.11	0.46	0.45	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融 (n=12)	0.74	0.10	0.39	0.43	流動床式ガス化溶融方式、シャフト式ガス化溶融方式

## 5. 温室効果ガス発生量

### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012 年 3 月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値（燃料使用量、電力使用量）から温室効果ガス計算を実施し算出値を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

なお、灰溶融無し（1998 年以前）のデータは、施設が古いことから集計の対象としなかった。

表 4 処理量あたりの燃料使用量

（単位：（MJ/ごみ t））

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
<del>灰溶融無し（1998 年以前）</del> <del>（n=221）</del>	<del>113.75</del>	<del>1.00</del>	<del>30.25</del>	<del>61.60</del>	-
灰溶融無し（1998 年以降）（n=24）	131.78	0.00	52.64	82.89	ストーカ式焼却炉、 流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式（n=39）	300.52	4.83	76.02	134.92	-
焼却灰溶融あり 燃料式（n=21）	2,279.71	0.00	588.26	924.01	-
焼却灰溶融あり 平均 -	1,290.12	2.42	332.14	529.47	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融 流動床式（n=20）	1,931.56	157.12	417.97	740.64	流動床式ガス化溶融方式
ガス化溶融 シャフト式（n=29）	3,304.36	1,334.23	2,030.09	3,130.35	シャフト式ガス化溶融方式

表 5 処理量あたりの電力使用量

（単位：（kWh/ごみ t））

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
<del>灰溶融無し（1998 年以前）</del> <del>（n=185）</del>	<del>240.10</del>	<del>52.80</del>	<del>132.40</del>	<del>141.20</del>	=
灰溶融無し（1998 年以降）（n=35）	243.70	98.20	182.30	178.40	ストーカ式焼却炉、 流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式（n=36）	456.30	185.20	267.30	292.70	-
焼却灰溶融あり 燃料式（n=16）	454.40	135.20	271.90	305.50	-
焼却灰溶融あり 平均 -	455.35	160.20	269.60	299.10	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融（n=57）	553.40	93.30	320.00	345.60	流動床式ガス化溶融方式、 シャフト式ガス化溶融方式

表 6 【燃料由来】温室効果ガス排出量計算値

	エネルギー 使用量 (MJ/ごみ t)	使用量換算 係数	使用量換算値	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kgCO <sub>2</sub> /ごみ t)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kgCO <sub>2</sub> /t)
灰溶融無し (1998 年以降) 灯油	82.89	36.70MJ/L	2.26L/ごみ t	2.49	5.62
焼却灰溶融あり 平均 灯油	529.47	36.70MJ/L	14.43L/ごみ t	2.49	35.92
ガス化溶融 流動床式 灯油	740.64	36.70MJ/L	20.18L/ごみ t	2.49	50.25
ガス化溶融 シャフト式 コークス	3,130.35	29.40MJ/kg	106.47kg/ごみ t	3.17	337.52

表 7 【電力由来】温室効果ガス排出量計算値

	電力使用量 (kWh/ごみ t)	CO <sub>2</sub> 排出係数 (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	CO <sub>2</sub> 排出量 (kgCO <sub>2</sub> /ごみ t)
灰溶融無し (1998 年以降)	178.40	0.518	92.41
焼却灰溶融あり 平均	299.10	0.518	154.93
ガス化溶融	345.60	0.518	179.02

表 8 【合計】温室効果ガス排出量計算値

	温室効果ガス排出量 (kgCO <sub>2</sub> /t)		
	燃料由来	電力由来	合計
ストーカ式焼却方式	5.62	92.41	98.04
流動床式焼却方式	5.62	92.41	98.04
ストーカ＋灰溶融方式	35.92	154.93	190.86
ガス化溶融 流動床式	50.25	179.02	229.27
ガス化溶融 シャフト式	3,130.35	179.02	516.54

## 6. 用役使用量（助燃剤、電力（エネルギー換算値））

### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012 年 3 月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値から算出した用役使用量を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 9 ごみ t あたりの燃料使用量

（単位：（MJ/ごみ t））

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
<del>灰溶融無し（1998 年以前）</del> <del>（n=221）</del>	<del>113.75</del>	<del>1.00</del>	<del>30.25</del>	<del>61.60</del>	-
灰溶融無し（1998 年以降）（n=24）	131.78	0.00	52.64	82.89	ストーカ式焼却炉、 流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式（n=39）	300.52	4.83	76.02	134.92	-
焼却灰溶融あり 燃料式（n=21）	2,279.71	0.00	588.26	924.01	-
焼却灰溶融あり 平均 -	1,290.12	2.42	332.14	529.47	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融 流動床式（n=20）	1,931.56	157.12	417.97	740.64	流動床式ガス化溶融方式
ガス化溶融 シャフト式（n=29）	3,304.36	1,334.23	2,030.09	3,130.35	シャフト式ガス化溶融方式

表 10 ごみ t あたりの電力使用量

（単位：（kWh/ごみ t））

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
<del>灰溶融無し（1998 年以前）</del> <del>（n=185）</del>	<del>240.10</del>	<del>52.80</del>	<del>132.40</del>	<del>141.20</del>	=
灰溶融無し（1998 年以降）（n=35）	243.70	98.20	182.30	178.40	ストーカ式焼却炉、 流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式（n=36）	456.30	185.20	267.30	292.70	-
焼却灰溶融あり 燃料式（n=16）	454.40	135.20	271.90	305.50	-
焼却灰溶融あり 平均 -	455.35	160.20	269.60	299.10	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融（n=57）	553.40	93.30	320.00	345.60	流動床式ガス化溶融方式、 シャフト式ガス化溶融方式



表 11 電力使用量エネルギー換算値

	電力使用量 (kWh/ごみ t)	エネルギー換算係数 ※電力発生熱量 (MJ/kWh)	エネルギー換算値 (MJ/ごみ t)
灰溶融無し (1998 年以降)	178. 40	3. 6	642. 2
焼却灰溶融あり 平均	299. 10	3. 6	1, 076. 8
ガス化溶融	345. 60	3. 6	1, 244. 2

表 12 【合計】エネルギー消費量

	エネルギー消費量 (MJ/ごみ t)		
	燃料由来	電力由来	合計
ストーカ式焼却方式	82. 89	642. 24	725. 13
流動床式焼却方式	82. 89	642. 24	725. 13
ストーカ＋灰溶融方式	529. 47	1, 076. 76	1, 606. 23
ガス化溶融 流動床式	740. 64	1, 244. 16	1, 984. 80
ガス化溶融 シャフト式	3, 130. 35	1, 244. 16	4, 374. 51

## 7. 焼却灰等の最終処分量

### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012年3月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値から主灰・飛灰発生量を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 13 ごみ t あたりの主灰発生量

(単位：t)

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
灰溶融無し（ストーカ） (n=35)	0.14	0.05	0.10	0.10	ストーカ式焼却炉
灰溶融無し（流動床） (n=11)	0.06	0.01	0.03	0.05	流動床式焼却炉

表 14 ごみ t あたりの飛灰発生量

(単位：t)

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
灰溶融無し（ストーカ） (n=29)	0.05	0.02	0.03	0.03	ストーカ式焼却炉
灰溶融無し（流動床） (n=6)	0.09	0.06	0.07	0.06	流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり（焼却灰+飛灰） (n=30)	0.06	0.01	0.03	0.03	ストーカ+灰溶融方式
焼却灰溶融あり（焼却灰） (n=14)	0.06	0.01	0.03	0.03	—
ガス化溶融 (n=56)	0.07	0.02	0.04	0.04	流動床式ガス化溶融方式、 シャフト式ガス化溶融方式

表 15 ごみ t あたりの焼却灰・飛灰発生量計算値

	焼却灰・飛灰発生量 (t/ごみ t)		
	焼却灰	飛灰	合計
ストーカ式焼却方式	0.10	0.03	0.13
流動床式焼却方式	0.05	0.06	0.11
ストーカ+灰溶融方式	—	0.03	0.03
ガス化溶融 流動床式	—	0.03	0.03
ガス化溶融 シャフト式	—	0.04	0.04

## 8. 建築面積

### (1) 調査方法

一般廃棄物全連続式焼却施設の物質収支・エネルギー収支・コスト分析（2012年3月 北海道大学廃棄物処分工学研究室）における調査値を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 16 施設規模 1t あたりの建築面積

(単位 : m<sup>2</sup>)

	最大値	最小値	中央値	平均値	適用
灰溶融無し (n=48)	53.2	5.4	23.7	29.5	ストーカ式焼却炉、流動床式焼却炉
焼却灰溶融あり 電気式 (n=38)	53.6	14.8	39.4	36.8	－
焼却灰溶融あり 燃料式 (n=21)	91.1	18.1	51.2	51.2	－
焼却灰溶融あり 平均	72.3	16.5	45.3	44.0	ストーカ＋灰溶融方式
ガス化溶融 (n=60)	87.9	6.8	36.0	47.3	流動床式ガス化溶融方式、シャフト式 ガス化溶融方式

## 9. 建設費

### (1) 調査方法

2009～2018 年の廃棄物年鑑（環境産業新聞社）に掲載されている「施設規模 100～200t/日の焼却施設単独発注の事例」の発注事例及び入札公告資料から建設費を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 17 近年の発注事例

発注年度	発注者	規模 (t/日)	処理方式	事業 形態	建設費 (千円、税抜)	ごみ t 当たり建設単価 (千円/ごみ t)
H24	A 組合	104	ストーカ式焼却方式	DBO	3,065,313	29,474
H25	B 組合	200	流動床式ガス化溶融方式	DBO	11,058,470	55,292
H25	C 市	170	ストーカ式焼却方式	DBO	11,210,000	65,941
H25	D 組合	110	ストーカ式焼却方式	DBO	6,200,000	56,364
H25	E 市	200	ストーカ式焼却方式	DB	11,340,000	56,700
H25	F 市	170	ストーカ式焼却方式	DB	5,050,500	29,709
H25	G 市	120	ストーカ式焼却方式	DB	6,850,000	57,083
H27	I 組合	150	流動床式ガス化溶融方式	DBO	9,121,548	60,810
H27	J 市	110	ストーカ式焼却方式	DBO	7,400,000	67,273
H27	K 組合	200	シャフト式ガス化溶融方式	DB	13,666,666	68,333
H28	L 組合	110	ストーカ式焼却方式	DBO	8,352,000	75,927
H29	M 組合	100	ストーカ＋灰溶融方式	DBO	8,400,000	84,000

表 18 近年の発注事例

	建設単価（千円/ごみ t）
ストーカ式焼却方式	54,809.00
流動床式焼却方式	—
ストーカ＋灰溶融方式	84,000.00
ガス化溶融 流動床式	58,051.34
ガス化溶融 シャフト式	68,333.33

## 10. 維持管理コスト

### (1) 調査方法

2009～2018年の廃棄物年鑑（環境産業新聞社）に掲載されている「施設規模 100～200t/日の焼却施設単独発注の事例」の発注事例及び入札公告資料から運営費を整理する。

### (2) 調査結果

調査結果は以下のとおり。

表 19 近年の発注事例

発注年度	発注者	規模 (t/日)	処理方式	事業 形態	運営 期間	運営費 (千円、税抜)	ごみ t 当たり 運営費単価 (千円/ごみ t)
H24	A 組合	104	ストーカ式焼却方式	DB0	20	5,234,687	2,517
H25	B 組合	200	流動床式ガス化溶融方式	DB0	15	7,741,530	2,581
H25	C 市	170	ストーカ式焼却方式	DB0	20	8,038,952	2,364
H25	D 組合	110	ストーカ式焼却方式	DB0	20	6,600,000	3,000
H25	E 市	200	ストーカ式焼却方式	DB	－	－	－
H25	F 市	170	ストーカ式焼却方式	DB	－	－	－
H25	G 市	120	ストーカ式焼却方式	DB	－	－	－
H27	I 組合	150	流動床式ガス化溶融方式	DB0	20	8,378,452	2,793
H27	J 市	110	ストーカ式焼却方式	DB0	20	7,430,000	3,377
H27	K 組合	200	シャフト式ガス化溶融方式	DB	※	※	※
H28	L 組合	110	ストーカ式焼却方式	DB0	19.5	6,289,000	2,932
H29	M 組合	100	ストーカ＋灰溶融方式	DB0	20	7,900,000	3,950

※入札公告関係資料の掲載期間が終了していたため、不明。

表 20 近年の発注事例における運営費

	運営単価（千円/ごみ t）
ストーカ式焼却方式	2,838.00
流動床式焼却方式	－
ストーカ＋灰溶融方式	3,950.00
ガス化溶融 流動床式	2,687.00
ガス化溶融 シャフト式	－

## 11. 文献調査結果に基づく評価表（案）

次頁のとおり。

表 21 文献調査結果に基づく評価表（案）

評価項目	評価項目	評価項目	単位	評価基準	評価値および評価点数					配点	最大	下位 上限値	中位 上限値	上位 上限値	平均値	項目No.
					ストーカ式 焼却方式	流動床式 焼却方式	ストーカ ＋灰溶融	流動床式ガス化 溶融方式	シャフト式ガス化 溶融方式							
1.安全・安心な環境にやさしい施設整備	(1)安全・安定的かつ衛生的な処理が可能な施設	① 建設実績(受注実績数)	件	◎:10件以上 ○:5件以上 △:5件未満 ×:実績無し	108	2	9	10	14	5	108	-	-	-	29	1
					◎ 5	△ 2.5	○ 3.75	◎ 5	◎ 5							
		② 事故トラブル事例	件	◎:事故トラブル事例なし ○:5件未満 △:5件以上	2	0	3	1	2	5	3	-	-	-	2	2
					○ 3.75	◎ 5	○ 3.75	○ 3.75	○ 3.75							
	③ 停止日数	日/年		◎:85日未満 △:85日以上	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
	④ ごみ質変動の範囲	kJ/kg		◎:計画ごみ質の範囲のごみ質を網羅している (低位発熱量:6,400～12,300kJ/kg) △:助燃剤の投入により網羅可能	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
	(2)高度な公害防止技術を設置し、生活環境の保全が図れる施設	① 公害防止基準の遵守	-	◎:全ての項目において遵守可能 ×:遵守不可能	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
		② 排ガス量	m³N/h・ごみt ※処理量	◎:上位 ○:中位 △:下位	5,558	5,558	10,518	5,150	6,511	5	10,518	8,729	6,939	5,150	6,659	3
					◎ 5	◎ 5	△ 2.5	◎ 5	◎ 5							
		③ 排水量	m³/ごみt ※処理量	◎:上位 ○:中位 △:下位	0.43	0.43	0.45	0.43	0.43	5	0.45	0.44	0.44	0.43	0.43	4
					◎ 5	◎ 5	△ 2.5	◎ 5	◎ 5							
		④ 温室効果ガス発生量	t-CO₂/ごみt ※処理量	◎:上位 ○:中位 △:下位	98	98	191	229	517	5	517	377	238	98	227	5
					◎ 5	◎ 5	◎ 5	◎ 5	△ 2.5							
	(3)災害に強く、長期間の稼働に耐える施設	① 連続稼働日数	日/年	◎:90日以上 ×:90日以下	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
2.循環型社会の形成に寄与する施設整備	(1)余熱を積極的に回収し、有効利用可能な施設	① エネルギー回収量	MJ/ごみt	◎:上位 ○:中位 △:下位	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
		② 用役使用量(助燃剤、電力(エネルギー換算値))	MJ/ごみt ※処理量	◎:上位 ○:中位 △:下位	725	725	1,606	1,985	4,375	5	4,375	3,158	1,942	725	1,883	6
					◎ 5	◎ 5	◎ 5	○ 3.75	△ 2.5							
	(2)焼却灰の減容化・再資源化が図れる施設	① 焼却灰等の最終処分量	kg/ごみt ※処理量	◎:上位 ○:中位 △:下位	0.13	0.11	0.03	0.03	0.04	5	0	0.10	0.06	0.03	0.07	7
					△ 2.5	△ 2.5	◎ 5	◎ 5	◎ 5							
3.周辺環境と調和した施設整備	(1)景観に配慮した施設	① 建物高さ	m	◎:平均値以上 ○:平均値以下	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-
					-	-	-	-	-							
4. 市民との協働による施設整備	(1)利用者の意見を反映した安全で利便性の高い施設	① 建築面積	m²/ごみt ※施設規模	◎:平均値以上 ○:平均値以下	29.5	29.5	44.0	47.3	47.3	10	47	41.37	35.43	29.50	39.5	8
					◎ 10	◎ 10	△ 5	△ 5	△ 5							
5.経済性に優れた施設	(1)費用対効果の高い施設	① 建設費	千円/ごみt ※施設規模	◎:上位 ○:中位 △:下位	54,809	-	84,000	58,051	68,333	5	84,000	74,270	64,539	54,809	66,298	9
					◎ 5	△ 2.5	△ 2.5	◎ 5	○ 3.75							
		② 維持管理コスト	千円・年/ごみt ※施設規模	◎:上位 ○:中位 △:下位	2,838	-	3,950	2,687	-	5	3,950	3,529	3,108	2,687	3,158	10
					◎ 5	△ 2.5	△ 2.5	◎ 5	△ 2.5							