

都市ごみ処理の環境影響とコストの総合的評価

平成 22 年 2 月 12 日

RITE システム研究グループ

人類社会には多くの課題があり、温暖化問題のみならずそれら多くの課題についてもバランス良く取り組むことが求められている。温暖化以外の要素にも配慮することは、これら温暖化対策技術を現実社会で円滑に普及させていくため、またより有効な政策提言を行うためにも重要なことである。

本レポートの分析事例はその一例であり、家庭やオフィスなどから出される都市ごみの処理について注目したものである。都市ごみは排出抑制やリサイクル推進によって減量化が図られてきたが、それでもなお都市ごみの処理は社会的に必要である。自治体によっては新規最終処分地の確保が財政的、あるいは社会的に難しい場合もあり、そのため最終処分地の延命、すなわち埋立容積節減といった要請もある。その一方、ごみ処理全体を通して、温室効果ガス排出の抑制も求められている。

以上を背景とし、本レポートは都市ごみの処理システムを、費用、CO₂発生量、埋立容積といった観点で比較検討したものである。

1. 分析の枠組み

(1) 分析対象

都市ごみ及びその処理状況は各自治体や組合により多様であるが、その点を踏まえつつ本レポートは日本の自治体として可能な限り標準的で代表性のあるものとするべく次のような設定とした。

- ・ 人口 50 万人規模の自治体（または組合）を想定
- ・ ごみ収集は、可燃、プラ容器、不燃、粗大の 4 種とする
- ・ プラ容器は別途事業者へ委託するものとし、分析対象から外す（ただし、粗大ごみ破砕物、リサイクル残渣の内の可燃物は、分析対象とする）
- ・ 基礎データは、幅広いデータを含む資料([1],[2])を参考とするが、最新の技術動向などは資料([3]-[5])を参照する
- ・ 基本的に図 1 での赤線部分を分析対象とする（図 1 のように 2 つの既存の焼却施設が存在するケースを想定する）

- ・ 老朽化した「焼却設備 A」を、次の 3 選択肢の何れかに更新するものとする

- 選択肢 1 「ストーカ式焼却炉(300t/d)¹+灰溶融」 = 基準ケース
 - 選択肢 2 a 「シャフト式ガス化溶融炉(300t/d)」
 - 選択肢 2 b 「シャフト式ガス化溶融炉(328.5t/d)」
- ただし、焼却施設 B で発生する焼却灰(約 28.5t/d)も受入

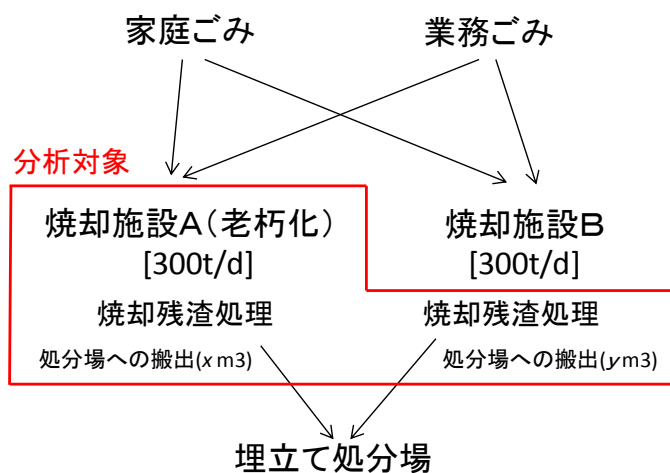


図 1 分析対象の範囲

なお、本レポートではプラ容器は別途事業者へ委託し（分析対象から外し）、かつ、焼却設備 B の焼却灰も受け入れるケースを想定するなど、既往の研究[6]に基づく流動床式ガス化溶融炉よりも、シャフト式ガス化溶融炉の方が有利なケースを想定している。そのため、シャフト式ガス化溶融炉と現在主流であるストーカ式との比較を行うこととする。

(2) ごみ質の想定

ごみ質に関して、近年プラ割合の増加に伴い発熱量が増加する傾向にあるが、その一方でプラ容器のみ別収集とする方式を採用する動きもある[7]。本レポートでは、多数の事例 ([8]-[14]) を参照し、その上でプラ容器の別収集²を前提とし、表 1 の通りのごみ質を想定した。

¹ 2 炉合計の設備容量。シャフト式ガス化溶融炉を含め、本レポートは 2 炉合計の設備容量を記載する。

² 本レポートでは、各家庭で洗浄が容易でないプラ容器、また一般のプラ製品については可燃物として収集するケースを想定する。

表 1 ごみ質の想定

低位発熱量	2,000 kcal/kg
成分	重量割合
水分	48.8%
灰分	6.7%
可燃物	44.5%
(可燃物中のプラ)	8.3%

注) 4成分を狩郷の式「 $45 \times \text{プラ以外可燃物 B}(\%) + 80 \times \text{プラ R}(\%) - 6 \times \text{水分 W}(\%)$ 」[15]にて計算すると、低位発熱量は 2,000kcal/kg となる。

(3) マテリアルフローや設備規模・稼働率の想定

各種マテリアルフローは、業務部門の動態、プラ容器を含む資源ごみの適正な区分（以上は、ごみ質にも大きく影響する）といったソフト的要因に加え、焼却設備の規模や燃焼温度、焼却不適物の割合、灰溶融により生成されたスラグのリサイクル適合度といったハード的要因に左右される。

本レポートでは、マテリアルフローに関連し次の通り想定とした。主な内容は次の通り。

- ・ 都市ごみ発生量=17.8 万 t/年 (1 kg/人/d、プラ容器含む)
- ・ 都市ごみの内、プラ容器として他の事業者へ委託したものは 1.6 万 t/年 (都市ごみの 9.0%相当)
- ・ 焼却設備 A 及び B の規模=300t/d
- ・ (ただし選択肢 2b では焼却施設 B の焼却灰受け入れのため 328.5t/d)
- ・ 焼却設備 A 及び B の正味稼働率=74.0% (2 炉稼働日数 190 日、1 炉稼働日数 160 日)
- ・ 焼却残渣 (焼却灰及び集塵灰) 発生比率=12.5% (投入ごみ重量比)
- ・ 焼却残渣の内の焼却灰発生比率=9.5% (投入ごみ重量比)
- ・ 電気を主熱源とする灰溶融設備を想定、生成スラグの有効活用基準適合率=86%³
- ・ 各設備の実処理量などは表 2 を参照

³ 資料[4],p.10 では、燃料式を含む灰溶融設備のスラグ有効活用基準適合率が 72%であったとしている。ただし、資料[4],p.11 で示されている通り、今後の改善も見込めるためこのケースの不適合率 28%を 1/2 の 14%に圧縮できた場合をここでは想定した。

表 2 各選択肢における設備規模や実処理量の想定

選択肢	1	2a	2b	単位	補足
設備規模					
一般ごみ	300	300	300 t/d		稼働率 74.0%
焼却灰受入			28.5 t/d		稼働率 74.0%
上記計	300	300	328.5 t/d		稼働率 74.0%
灰溶融	35.1		t/d		稼働率 60%
実処理量					
一般ごみ	81.0	81.0	81.0 kt/yr		
焼却灰受入			7.7 kt/yr		焼却灰発生率
灰溶融	7.7		kt/yr		の想定 9.5%

2. 費用に関する検討

(1) 建設費

近年の焼却設備の契約金額（建設費に相当）について、資料[5]を基に整理したのが図 2 である。図 2 では横軸に設備規模を示している。

資料[5]に記載された金額は、一部、運転維持費を含むデータであったりするなど、並列に比較することが不適切である数値が散見されたため、そういった契約金額については公開資料([16]-[21])に基づき適宜修正を行った。

また、図 2 では方式別に線形近似式及を併記している。近似式の傾きの差異を含め、統計的に有意であるかといった各種検定に耐えるほど十分なデータが得られたとは言いがたいため、ここではそのような検定作業は行わず、次のような定性的な考察に留める。

- ・ 灰溶融設備を併設しないストーカ式焼却方式は、他の方式よりも（自明ではあるが）建設費が安価となる傾向がある
- ・ 他の 3 方式は、それほど建設費に明確な差が観測できないが、より詳細に見れば、灰溶融設備併設のストーカ式は、規模が大きい場合でも単価は下がりにくい
- ・ その一方、シャフト式ガス化溶融方式は、切片がやや大きいものの傾きは小さく、他の方式と比較して規模増大に対する単価低下が相対的により顕著である（設備の構造的長[22]からシャフト式ガス化溶融炉である選択肢 2a、2b が、やや高い建設費が必要となると考えられるが、図 2 では観測できない）
- ・ ケースごとの差異が極めて大きく、今後とも実データの収集が不可欠である

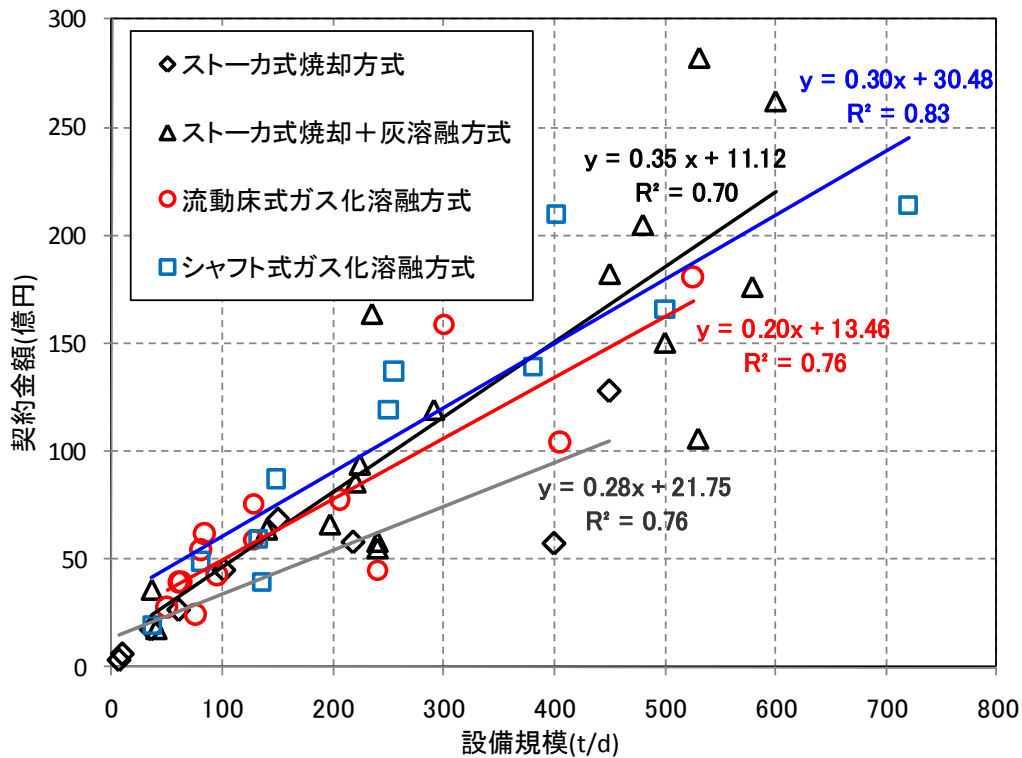


図 2 方式別の契約金額と線形近似式

注) 複数炉方式は、その合計設備容量を横軸とした。

選択肢 1、2a は 300t/d の規模を想定しており、初期投資として 100 億円強といった水準となるのが図 2 から標準的であると言える。選択肢 2b はおよそ 328.5t/d と選択肢 1、2a よりもやや設備規模が大きく、近似式の傾きを所与とすると 10 億円弱の初期費用増額を意味する（ただし、ケースごとの相違額に比べ明確な差ではない）。

(2) 運転維持費

焼却設備の定期補修費について、資料[1]によると建設費の 2%が必要としている。また、資料[23]によると、本体工事費（機械工事費と建築土木工事費の合計）の 3%から 5%としている（稼働開始 5 年目以降）。ここで比較的最近の資料である後者を参考に定期補修費は建設費の 4%とすると、選択肢 1、2a、2b において補修費は年 4 億円の水準となる。

焼却設備の人件費に関しては、とりわけ職員の人数に左右されると考えられる。資料[1]によると 300t/d クラスでは 35 人程度の職員となる。これに一人当たり人件費 700 万円との積をとると、人件費総額は年 2 億 5 千万円程度となる。

収集輸送に必要な経費としては、人件費の他、車両購入費や補修費が必要となる。下流側の運搬工程が圧縮される選択肢 2a、2b の方がこれら収集輸送に関する費用については低位となると考えられるが[2]、詳細な積上げについては今後の課題である。

他、運転維持費としては、エネルギー、水、薬剤などの購入費用が必要となる。ただし既往の研究によると、これまで述べた上記3項目に比べればユーティリティ購入費用の比率は比較的小さい([1],[2],[23])。選択肢 2a にてコークスを 40kg/t ごみ投入する場合、コークス購入額は年 1 億円強の水準である(コークス価格をトン 3 万 5 千円とした場合)。ただし、選択肢 2a、2b で低位となる運転維持費項目(例えば、収集輸送費、焼却/熔融不適物の低減など)を勘案すれば、運転維持費についてはほぼ同水準の可能性が高い。

以上から、今後とも費用の詳細な積上げが必要であるが、運転維持費については選択肢 1、2a、2b の間でそれほど明確な差異はなく、おおよそ同等である可能性が高い。

(3) 費用に関するまとめ

建設費について、設備の構造的長[22]からシャフト式ガス化熔融炉である選択肢 2a、2b が、やや高い建設費が必要となる可能性が高いと考えられるが、過去の実例からは観測されない。運転維持費について詳細な積上げは今後の課題であるが、焼却設備の定期補修費や人件費の占める割合が大きく、選択肢間でそれほど明確な差異はない可能性が高い。

以上から、ここで検討した建設費、運転維持費については選択肢間で差異がないものとして以下検討を進めることとする。

3. エネルギー消費量、CO₂ 排出量に関する検討

(1) 所内消費電力量

各選択肢における所内消費電力、灰熔融に要する消費電力などの想定については、資料([4],[22])などを参考に表 3 の通り想定を行った。灰熔融は、電気式と燃料式に大別されるが本レポートでは電気式を想定した。また、焼却灰と集塵灰を共に混合熔融するケースもあるが、本レポートでは焼却灰のみ灰熔融し、集塵灰は薬剤処理セメント固化することとした(p.10の表 8 参照)。

なお、本レポートでは p.2 の図 1 に示した通り、焼却施設 B の焼却残渣処理についても分析対象としているため、焼却施設 B で必要な灰熔融電力消費もカウントしている。そのため選択肢 1、2a において消費電力がやや大きくなっている。

表 3 各選択肢における所内消費電力の想定

選択肢	1	2a	2b	単位
2炉運転時				
所内	171	235	232	kWh/tごみ
1炉運転時				
所内	262	285	282	kWh/tごみ
年平均				
所内	213	258	255	kWh/tごみ
灰溶融[A]	1272			kWh/t灰
灰溶融[A]	121			kWh/tごみ
灰溶融[B]	1272	1272		kWh/t灰
灰溶融[B]	121	121		kWh/tごみ
上記計	454	379	255	kWh/tごみ

- 注1) 本報は、主に焼却設備 A の更新に注目しているが、焼却施設 B の焼却残渣処理も分析対象としているため、焼却施設 B で必要な灰溶融電力消費もカウントしている。
- 注2) 灰溶融に要する電力消費量は、資料[4],p.24 に基づき 1272kWh/t 灰とした。

(2) 廃熱発電量

廃熱発電は、従来、高圧線へのアクセス、設備や機器の消耗度低減などの要因・要請もあって、所内電力を一部まかなうためのものといった従属的な扱いがなされてきた[1]。その一方その後の省エネ、温暖化対策への関心の高まりもあり、より積極的な活用が期待されており、また現に高効率発電の実プラント普及が進みつつある([3],[24])。

本レポートでは以上のような状況を加味し、今後は従来の設備よりも高い発電効率となる設備の採用が増加すると考えられるため表 4 に示す発電効率を想定した。ただし、全ての自治体が BAT (best available technology) 水準の設備を導入可能とは限らないため、BAT よりは発電効率が若干劣る設定としている。表 4 の発電効率想定は主に次の条件に基づく。

- ・ 蒸気条件：400°C×3.9MPa
- ・ 低空気比率燃焼：実施<ストーカ式の場合、空気比 1.4>
- ・ 白煙防止装置：なし
- ・ 低温エコノマイザ：採用
- ・ 排ガス処理：高効率乾式排ガス処理
- ・ 低温触媒脱硝：実施<触媒入口排ガス温度 190°C>
- ・ 排水クローズドシステム：導入<当自治体の事情により導入するケースを想定>
- ・ 復水器：空冷式<当自治体の立地条件などにより水冷式が困難なケースを想定>

表 4 各選択肢における廃熱発電（発電端）の想定

選択肢	1	2a	2b	単位
投入物	2,009	2,302	2,186	kcal/kgごみ
2炉運転時				
発電効率	17.0%	17.0%	17.4%	
単位発電量	397	455	443	kWh/tごみ
定格出力	4,964	5,687	6,062	kW
1炉運転時				
発電効率	14.5%	14.5%	14.8%	
単位発電量	338	387	376	kWh/tごみ
年平均				
発電効率	15.8%	15.8%	16.2%	
単位発電量	370	424	413	kWh/tごみ

注) 単位中の分母の「ごみ」重量は、当初の可燃物のみの重量としている。補助燃料、コークス、焼却灰(180kcal/kg と想定)の混入により、本表に示した通り投入物の発熱量は変わる。

(3) 燃料消費量

各選択肢における燃料消費量については、資料([2],[4],[22])などを参考に表 5 の通り想定を行った。

表 6 は、表 3 から表 5 のエネルギー消費量、廃熱発電量などを整理したものである。ストーカ式の選択肢 1 は、投入燃料は少ないものの、灰溶融に必要な電力消費量が大きく正味で電力を消費する構造となっている。これに対し、焼却施設 B の焼却灰受入れを行うガス化溶融炉の選択肢 2b は、コークスを含む燃料消費量がやや高いものの、発電電力量の多い構造となっている。

表 5 各選択肢における燃料消費量の想定

選択肢	1	2a	2b	単位
設備本体	灯油	1	1.6	1.5 L/tごみ
	コークス		40	46 kg/tごみ
	石灰石		20	20 kg/tごみ
灰溶融	灯油[A]	13.5		L/t灰
	灯油[A]	1		L/tごみ
	灯油[B]	13.5	13.5	L/t灰
	灯油[B]	1.3	1.3	L/tごみ
灯油計	3.6	2.9	1.5	L/tごみ

表 6 各選択肢における正味エネルギー消費量

選択肢	1	2a	2b	単位	補足
灯油	3.6	2.9	1.5	L/tごみ	灰溶融合む
コークス	0	40	46	kg/tごみ	
石灰石	0	20	20	kg/tごみ	
電力	454	379	255	kWh/tごみ	灰溶融合む
消費					
発電	-370	-424	-413	kWh/tごみ	
計	85	-45	-158	kWh/tごみ	

(4) CO₂発生量

以上の想定の下、各選択肢のCO₂排出量を積上げたのが表7である。ガス化溶融炉である選択肢2は、コークス投入によるCO₂排出増の効果を電力により一部打ち消しているが、それでもなおストーク式の選択肢1に及ばない結果である。

なお、電力のCO₂原単位については、電気事業連合会発表の電気事業十社の全電力CO₂原単位を参照した。具体的には、2005年度から2007年度の三ヵ年平均値0.43kgCO₂/kWhを用いた。

表 7 各選択肢におけるCO₂排出量

選択肢	1	2a	2b	単位
灯油	8.9	7.2	3.6	kgCO ₂ /tごみ
コークス	0.0	129.7	149.2	kgCO ₂ /tごみ
石灰石	0.0	8.8	8.8	kgCO ₂ /tごみ
電力	36.3	-19.3	-67.5	kgCO ₂ /tごみ
計	45.1	126.4	94.1	kgCO ₂ /tごみ

4. 埋立容積に関する検討

各選択肢における埋立容積については表8の通り試算を行った。結果を左右する主な要因の一つとして、溶融固化により生成したスラグの有効活用基準適合度が上げられる(表8での「資源化率」)。資料[4],p.10では、燃料式を含む灰溶融設備のスラグ有効活用基準適合率が72%(不適合率28%)であったとしている。ただし、資料[4],p.11で示されている通り、今後の改善も見込めるため不適合率を1/2の14%に圧縮できた場合をここでは想定した。

表8の最下段にある埋立容積に注目すると、ガス化溶融炉を用いる選択肢2で埋立容積が削減されており、とりわけ焼却施設Bの焼却灰を受入れる選択肢2bでその傾向が著しい。

表 8 各選択肢における埋立容積に関する想定及び結果

選択肢	1	2a	2b	単位	補足
発生量					
焼却灰	0.095	0	0	t灰/tごみ	
集塵灰	0.03	0.02	0.02	t灰/tごみ	
処理法					
焼却灰	溶融固化 (電力)	薬剤処理セメント固化			
集塵灰		薬剤処理セメント固化			
溶融固化					
資源化率	86%				
重量変化	0.80			t/t	
かさ密度	0.9			t/m3	
薬剤処理セメント固化					
キレート	30	30	30	キレートkg/t灰	
セメント	250	250	250	セメントkg/t灰	
重量変化	1.3	1.3	1.3	t/t	
かさ密度	1.2	1.2	1.2	t/m3	
設備A					
埋立容積(焼却灰)	0.012			m3/tごみ	
埋立容積(集塵灰)	0.033	0.022	0.022	m3/tごみ	
上記計	0.044	0.022	0.022	m3/tごみ	被土向け含む
設備B					
埋立容積	0.044	0.044		m3/tごみ	被土向け含む
埋立容積 計	0.089	0.066	0.022	m3/tごみ	被土向け含む

注) シャフト式ガス化溶融炉のスラグ有効活用基準適合率は100%としている。

5. 考察とまとめ

本報は、公開されたデータに基づき、標準的かつ代表的な自治体を念頭におきつつ、都市ごみの各種処理方式（ストーカ式、シャフト式ガス化溶融炉）の各種環境負荷、とりわけCO₂排出量と埋立容積に関する検討を行った。主要な結果は次の通りである。

費用については、ガス化溶融炉（選択肢2）の方は設備の構造的特徴から初期投資積み増しが必要と考えられるが、過去の事例からは灰溶融設備を併設するストーカ式（選択肢1）と明確な差異は観測されない。運転維持費については、全選択肢でおよそ同水準の可能性が高い。

次に、CO₂排出量については、選択肢1は45kgCO₂/tごみ、選択肢2aは126kgCO₂/tごみ、選択肢2bは94kgCO₂/tごみと、CO₂排出量からすると選択肢1が優位である。

最後に、埋立容積については、選択肢1で0.089m³/tごみ、選択肢2aで0.066m³/tごみ、選択肢2bは0.022m³/tごみと、埋立容積の見地からは選択肢2bが優位である。

このように CO₂ 排出量と埋立容積にトレードオフがある。そこで埋立容積節減価値を 1.5 万円/m³、3 万円/m³ と固定しつつ、CO₂ 排出削減価値について感度解析を行った (図 3、図 4)。1.5 万円/m³ の埋立処分容積節減価値は、埋立処分地の確保に特段の支障のない標準的な処分場建設費に該当する⁴。

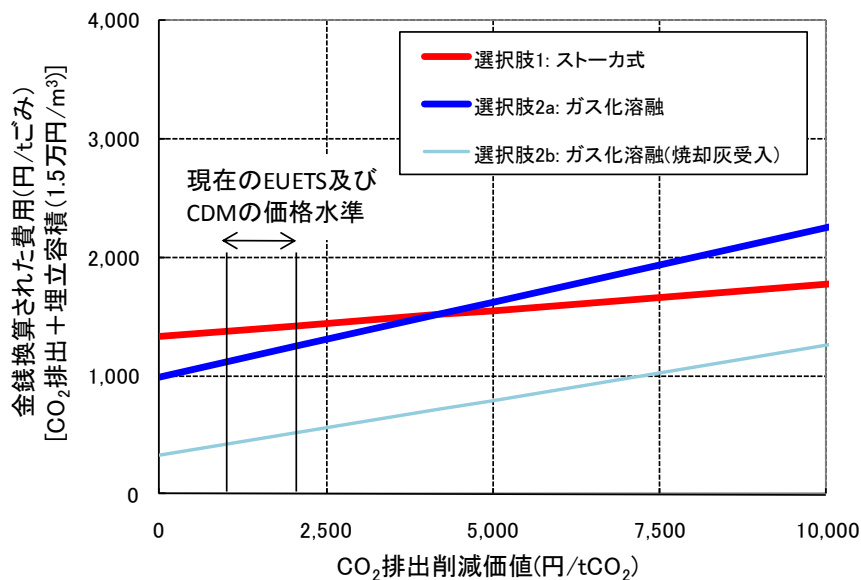


図 3 CO₂ 排出削減価値に関する感度解析 (埋立容積節減価値 1.5 万円/m³ のケース)

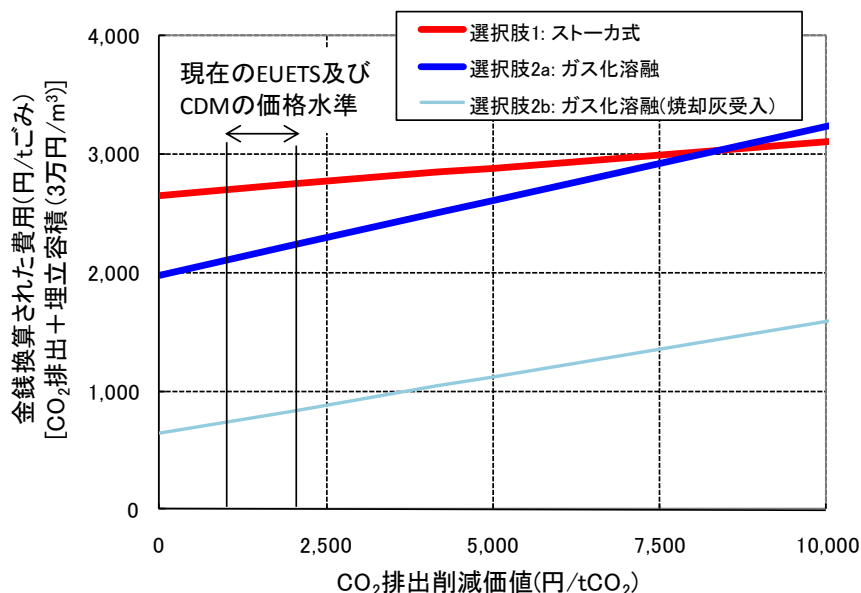


図 4 CO₂ 排出削減価値に関する感度解析 (埋立容積節減価値 3 万円/m³ のケース)

⁴ 資料[6]を含め、新規処分建設費は埋立容積 8 万 m³ 規模で 1m³ 当り 1 万円～3 万円、20 万 m³ 規模で 1m³ 当り 1 万円～2 万円としている。

この 1.5 万円/m³ は処分場の建設費のみを考慮したケース、3 万円/m³ は処分場の排水処理に関する維持管理費も考慮したケースに該当する。

図 3、図 4 に示した通り、現状の EUETS の価格水準、あるいは CDM の価格水準である 1000 円/tCO₂ から 2000 円/tCO₂ の範囲では、ストーカ式の選択肢 1 よりガス化溶融炉の選択肢 2a が優位である。この範囲の CO₂ 削減価値は、環境統合化指標 ELP から示唆される 7.0 から 14.7tCO₂/m³ ([25],[26])と、ここで想定した埋立容積節減価値 1.5 万円/m³ の両者を仮定した場合に算出される CO₂ 削減価値の範囲と等しい。

図 3 (埋立処分容積節減価値 1.5 万円/m³) において、CO₂ 削減価値が 4200 円/tCO₂ を超えると、選択肢 2a よりも選択肢 1 が優位となるが、この 4200 円/tCO₂ は欧米諸国が現在提示している 2020 年の目標を仮に目指した場合の限界削減費用に相当する水準⁵であり、現在の加熱する温暖化抑制の世界的流れからしても、やや高い水準である。

8400 円/tCO₂ を超える CO₂ 削減価値の場合、図 4 (埋立処分容積節減価値 3 万円/m³) においても選択肢 2a より選択肢 1 が優位となるが、焼却施設 B の焼却灰を受入れるガス化溶融炉 (選択肢 2b) が引き続き最も優位である。選択肢 2b に類似の事例は現時点で名古屋市、秋田市などの一部に限られるが、選択肢 2a のケースは、今後、選択肢 2b のケースへ移行させるオプションを持つ点に注意が必要である。

以上をまとめると、シャフト式ガス化溶融炉の方が、若干の初期投資積み増しが必要となる可能性がある。その一方で、仮に埋立地の確保に支障のない自治体を前提としても、現行の CO₂ 削減価値においてシャフト式ガス化溶融炉 (選択肢 2) は優位である。

とりわけ他の設備の焼却灰を受入れる方式とするシャフト式ガス化溶融炉 (選択肢 2b) や選択肢 2a から選択肢 2b への移行は埋立容積節減効果が大きく、幅広い埋立容積節減価値及び CO₂ 排出削減価値に対し優位であり、これはロバストな結果である。

ここで注意すべきことは、とりわけ選択肢 2b は新規シャフト式ガス化溶融炉と焼却設備 B の既存のストーカ式焼却炉がシステムとして互いの長所を發揮しあい、結果として低位の環境負荷 (CO₂ 排出と埋立容積の合計) となっている点である。単なる個別技術の評価、あるいは CO₂ 排出量といった単一指標に基づく評価では、このような有効性を見落とす可能性がある。各種社会的要請が高まる中、このように技術の相互依存性を明示的に考慮しつつシステムの中で技術評価を行うことが重要であり、本レポートはその具体的な一つの事例である。

これらの結果は、より標準的と考えられる自治体の実績値などに基づくものであり代表性があると考えられるが、費用のより詳細な積上げ、各種感度解析に加え、本レポートで

⁵ RITE 推計に基づく。

明示的に扱っていない要素の考慮⁶が今後の課題である。

参考文献

- [1] 松藤敏彦,「都市ごみ処理システムの分析・計画・評価」—マテリアルフロー・LCA 評価プログラム—, 技術堂出版, 2005
- [2] 廃棄物資源循環学会 (監修), 武田信生, 福永勲, 高岡昌輝 (編), 「地球温暖化と廃棄物」, 廃棄物資源循環学会シリーズ 2, 2009
- [3] 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課, 「高効率ごみ発電施設整備マニュアル」, 2009 年 3 月
- [4] 東京二十三区清掃一部事務組合, 「溶融処理技術検討委員会」、溶融処理技術検討委員会、報告書, 2009 年 7 月
- [5] 環境省、廃棄物処理施設建設工事等の入札・契約について、廃棄物処理施設の入札・契約データベース, 2009 年 3 月. http://www.env.go.jp/recycle/waste/3r_network/7_misc/db_0903.xls
- [6] 長田守弘, 「埋立地再生事業の経済性評価」, 環境技術会誌, 第 122 号, 2005
- [7] 東京都中野区議会資料, <http://kugikai.city.nakano.tokyo.jp/siryo/kumin/pdf/20051115-kumin5.pdf>
- [8] 上田市, http://www.area.ueda.nagano.jp/torikumi/gomishori_shisetsu/gaiyouban_pdf/gaiyou_all.pdf, http://www.area.ueda.nagano.jp/torikumi/gomishori_shisetsu/pdf/091216-2.pdf
- [9] ひたちなか市, <http://www.city.hitachinaka.ibaraki.jp/0602gomi/download/keikaku/keikaku2.pdf>
- [10] つくば市, http://www.city.tsukuba.ibaraki.jp/dbps_data/_material/_localhost/GyouseiKeiei/PublicComment/H16/16-12Ippannaikibutu.syuuseigo.NO3.pdf
- [11] 市川市, <http://www.city.ichikawa.chiba.jp/net/shigen-gomi/oshirase/j-hakusho/h16/pdf/jh-h16002.pdf>
- [12] 多摩ニュータウン環境組合, <http://www.tama-seisokojo.or.jp/pdf/h20kanen.pdf>
- [13] 東大阪市, http://www.city.higashiosaka.osaka.jp/120/120020/keikaku-tyousa/keikaku_2.pdf
- [14] 神戸市, <http://www.city.kobe.lg.jp/life/recycle/environmental/kentouinkai/img/siryou11gomisitu.pdf>
- [15] 埼玉環境サービス, <http://www2.odn.ne.jp/saikan/hatunetusuisan.html>
- [16] 北しりべし廃棄物処理連合組合、(施設紹介→これまでの経過へ→入札・契約の概要), <http://www.kitasiribesi-kouikirengo.jp/>
- [17] タクマ, <http://www.takuma.co.jp/news/2004/20040914.html>
- [18] 名古屋市鳴海工場整備・運営事業における落札者の決定について, http://www.city.nagoya.jp/_res/usr/33532/rakusatsu.pdf

⁶ 例えば、処理可能対象の拡大（投入不適物の減少）、埋立地再生の可能性、スラグ有効利用による一次資源の節減効果など。

- [19] 東海愛知新聞バックナンバー, <http://www.763.fm/2007tokai/071226.html>
- [20] 姫路市, http://www.city.himeji.lg.jp/s40/2212832/_5038/_5137.html
- [21] 益田地区広域クリーンセンター整備及び運営事業における落札者の決定について, <http://masuda-clean-center.jp/data/H170314/rakusatsusha.pdf>
- [22] 石川禎昭(編著), 「最先端のごみ処理溶融技術 : 熱分解ガス化溶融技術と焼却残渣溶融技術」, 2001
- [23] 大澤正明, 相良敏正, 島岡隆行, 中山裕文, 「ごみ焼却施設における定期補修費の実態と評価」、廃棄物資源循環学会論文誌, 20(3), pp.171-179, 2009
- [24] 環境浄化技術編集委員会, 特集 ; 高効率廃棄物発電, 環境浄化技術, 8(12), 2009
- [25] 永田勝也, 「LCA による廃棄物処理技術の導入評価資料」, 早稲田大学理工学部 機械工学科 永田研究室, <http://www.waseda.jp/weri/e3/interview/elp.pdf>
- [26] 平井康宏, 酒井伸一, 高月紘, 「温室効果ガスと埋立地消費を基準とした廃棄物処理方式の評価」, 環境経済・政策学会, 1999年9月. http://homepage1.nifty.com/eco/pdf/weighting_1999_09.pdf