

地球温暖化に配慮した廃棄物処理システム
調査検討報告書

平成 25 年 11 月

(一社) 日本廃棄物コンサルタント協会

地球温暖化に配慮した廃棄物処理システム専門委員会

地球温暖化に配慮した廃棄物処理システム検討調査報告〈概要版〉

主査 八千代エンジニアリング株式会社 入佐孝一

第1章 目的（趣旨）

地球温暖化対策推進本部^{※1}が、平成14年3月19日決定した「地球温暖化対策推進大綱」では、廃棄物分野に関連する施策として、廃棄物の発生抑制、再利用、再生利用の推進による廃棄物焼却量の抑制を図りつつ、燃やさざるを得ない廃棄物からのエネルギーを有効活用する廃棄物発電やバイオマスエネルギー活用等により、化石燃料の使用量の抑制を推進するとしている。2002年3月には大綱の根本的な見直しが行われ、地球温暖化対策推進法改正改定案として公表されている「京都議定書目標達成計画」においても、廃棄物処理における取り組みとして廃棄物発電等エネルギー利用、プラスチック製容器包装のリサイクル、BDF（Bio Diesel Fuel）の導入等が挙げられている。

加えて、2011年3月11日に発生した東日本大震災を発端として発生した、東京電力福島第一原子力発電所の事故は、我が国のエネルギー供給のあり方について抜本的な見直しを余儀なくされた。廃棄物分野における温暖化対策としてのエネルギー利用は、CO₂等の追加的な環境負荷が少なく、再生可能なエネルギーの中では連続的、かつ安定的に得られるエネルギーであり、エネルギーの消費地に直結した分散型供給源である…等の特徴を持っている。

地球温暖化に対しては3Rの取り組みを推進することが、直接的、効率的な効果が得られるものであるが、地球温暖化に配慮した廃棄物処理システム検討専門委員会（以下、「本専門委員会」という。）では、処理段階を中心として地球温暖化に配慮した廃棄物処理システムの評価方法、有効性の検証方法を検討するとともに、ケーススタディを行い、どのような効果があるか、どのような場合に効果が大きくなるか等について検討し、今後の処理施設構想等の業務の一助とすることを目的として検討を進めたのでここに報告する。

※1 地球温暖化対策推進本部は、気候変動に関する国際連合枠組条約第3回締約国会議において採択された京都議定書の着実な実施に向け、地球温暖化防止に係る具体的かつ実効ある対策を総合的に推進するため、平成9年12月19日、閣議決定により内閣に設置された。その後、平成17年2月16日、京都議定書の発効に伴い、地球温暖化対策の推進に関する法律の改正法が施行され、地球温暖化対策を総合的かつ計画的に推進するための機関として、法律に基づく本部として改めて内閣に設置された。

第2章 廃棄物処理の各プロセスでの様々な温暖化対策（エネルギー利用）

（1）発電

我が国における一般廃棄物処理施設は、平成22年度の環境省調査結果によれば、1,245施設となっており（環境省 平成22年度廃棄物処理技術情報）、平成元年の約1900施設と比較すれば、600施設ほど少なくなっている。ごみ発電を行っている施設は305施設であり全体の約24%となっている。

発電付きの平均施設規模が 360t/日であるのに対して発電無しの平均施設規模は 83t/日となっている。平均稼働年数については、発電付きの約 13.6 年に対して、発電無しでは 22.3 年となっている（表 1 参照）。なお発電付き施設の平均発電効率は 11.6%であった。

表 1 発電の有無と施設の状況

項目	発電付き	発電無し	全体
施設数	305	940	1,245
(割合)	24%	76%	100%
平均施設規模 (t/日)	360	83	151
平均稼働年数 (年)	13.6	22.3	22.2

注) 平成22年度環境省廃棄物処理技術情報のデータに基づく。

(2) 地域熱供給

発電の他にゴミ焼却に伴った熱を利用した地域へ供給している事例もある。「地域熱供給」あるいは「地域冷暖房」と称されるシステムであり、一定地域内の複数の需要家（建物）に、焼却施設で製造された蒸気、温水、冷温水などを導管（配管）を通じて供給するものである。しかし、一般に焼却施設は迷惑施設としてとらえられていることが多く、結果として工業地域や山間部など住居や一般の商業施設が少ない地域へ立地していることが多く、十分な熱の利用が見込めないケースが多い。また、熱供給のためのシステムに多くのコストがかかることも課題の一つといえる。さらに、焼却施設の停止時の対応として熱の利用先で自らボイラを保有しなければならない等の課題が多い。

(3) 低温廃熱の利用

ゴミ焼却廃熱などの未利用エネルギーを、さらに有効活用していくことが期待される。特に、清掃工場におけるゴミ焼却発電後の低温廃熱は、温度が低く不安定ながらも利用可能量は多く、地域で有効利用できれば暖房用熱源水や給湯用給水予熱として有効活用が期待できる。これら未利用の低温廃熱の利用システムとして、住宅などの給湯用給水の予熱に利用するローコスト型の住宅給湯システムがある。

(4) 熱エネルギーのオフライン輸送技術

廃熱の利用方策の一つとしてオフライン供給がある。本システムは、熱源施設（ゴミ焼却施設など）から排出される低温廃熱（200℃以下）を、コンテナ内に充填した「潜熱蓄熱材」に蓄え、熱利用施設へトレーラー等でオフライン輸送する「未利用エネルギーの有効利用」技術である。導管方式に比べインフラ整備コストが安価でかつ距離に関係なく、地下埋設物等の制限を受けない等、新しい発想に基づく CO₂ 削減対策技術である。

廃熱源と需要家の距離的ミスマッチを軽減する方策として有効であるが、コンテナによる 1 回の排熱輸送量が限られることや、遠距離の場合輸送に伴うエネルギー消費が増大する点などを考慮する必要がある。

第 3 章 ゴミ処理計画や運営手法における温暖化対策のあり方

3. 1 分別収集等の観点から見た住民協力の必要性

地球温暖化対策を目的とした廃棄物による「高効率廃棄物発電」を計画する場合、ごみの単位発熱量が効率に大きく作用する。特に焼却対象ごみに含まれている水分は、蒸発潜熱として発熱量の低下(2,253KJ/kg)をもたらすため、分別収集にあたり留意する必要がある。具体的な施策としては、生ごみや汚泥等の wet 系廃棄物を別回収としてバイオガス施設で処理を行う方法などがある。

高効率廃棄物発電を目指すために、地域住民に協力を求めるための施策は、これまでの、最終処分量の削減やリサイクル率向上などを目的としたごみの分別協力の普及啓発に加え、地球温暖化対策、エネルギーの効率利用などを考慮した観点が必要となる。

3. 2 住民参加の観点から

高効率発電設備を伴う廃棄物処理施設の計画・建設にあたっては、廃棄物処理施設の計画・建設に対する一般的な反対理由(視覚的・心理的不快感、健康影響の不安、大気汚染、地下水汚染など周辺環境の悪化など)に加え、施設の事故への不安やダイオキシン等による環境の悪化について、地域住民の理解を得る必要がある。高効率廃棄物発電を行う場合、蒸気のさらなる高温・高圧化が求められるが、これらについても、十分な安全性を担保した物でなければならない。

3. 3 ごみ処理計画の観点から見た公害防止対策とエネルギー回収

熱回収施設の発電効率は、環境対策と密接な関係にある。例えば、熱回収施設には、多くの自治体で排ガスの自主基準値として、法律に定められた数値以上の基準が求められている。この基準値は、年々数値が厳しい値となっているのが現状であり、高度な排ガス対策が熱回収施設に求められているが、一方で、高度な排ガス対策の一部は、発電効率を高めるために必要な熱エネルギーを消費することによって達成されるということに留意が必要である。

第4章 温暖化に配慮した要素技術

4. 1 温暖化対策に配慮した廃棄物処理システムの構築

廃棄物処理における段階の要素技術を組み合わせ、都市の形態ごとに組み合わせの例を示した。これらを実際に検討する際には、たとえば収集運搬時における温暖化面ではマイナス要素があっても、それ以降の処理段階を含めた場合にトータルで温暖化への影響で寄与されているのか、といった事項を考慮して採択を決定すべきである。

① 大規模都市

居住者の多くは第二次、第三次産業となり、いわゆる農地還元などは実質不可能といえる。さらに、必要な用地が限られることから、広大な場所を必要とする処理などは困難と考えられる。また、事業系ごみや産業廃棄物の混入を防止するために戸別回収を実施するなどの対策が必要。

【組み合わせ例】

発生排出	収集運搬	中間処理、資源化	最終処分
・発生抑制と事業系ごみの混入防止対策	・戸別収集(住宅密集地のため効果大)	・発電によるサーマルリサイクル	海面処分場

・分別の徹底		・ガス化溶融施設などにより最終処分量を削減しつつ熱エネルギーの有効利用を行う。 ・地域熱供給などの温水利用	
--------	--	--	--

② 中核都市

商工業や各種産業が混在する地方都市などはその地域の特徴や気候を加味した技術の組み合わせを選択すべき。ごみ質なども地域により異なることから、特に廃棄物処理の中核をしめる熱回収施設の方式選定には慎重になるべき。広域化を行う場合には、輸送距離とのバランスを十分に考慮するとともに、構成する自治体ごとの負担の分散化が重要と考えられる。

【組み合わせ例】

発生排出	収集運搬	中間処理、資源化	最終処分
プラスチック類の分別回収	・資源分別回収 ・フリーマーケットなどによる住民の自主的な発生抑制の促進	・中間処理施設の集約/大型化による熱回収 ・寒冷地では場内ロードヒーティングなどによる温水利用	・最終処分場の掘り起こしによる再生利用

③ 地方都市・農村部

農業などの有効活用により有期刑廃棄物の有効利用を促進可能。人口密度が低い場所では、収集の効率化が必要。

【組み合わせ例】

発生排出	収集運搬	中間処理、資源化	最終処分
・簡易包装の推奨 ・生ごみの分別回収	・ハイブリッド車による収集 別回収 ・分別収集品目の細分化	・中継施設活用によす熱回収施設の集約化、効率化 ・生ごみ堆肥化施設 ・木質系廃棄物の燃料利用	・最終処分場の掘り起こしによる再生利用 ・クローズドシステムによる水処理エネルギーの削減

4. 2 ケーススタディ

上記モデルの一例として、施策実施前後の CO2 排出量の比較についてケーススタディを実施した。設定条件は次に示す通りである。

人口規模	300,000 人
実施施策	
①戸別収集の実施	・ごみ原単位 10%減 ・輸送距離 20%増加。 ・積載率減少 (0.6→0.4)
②廃プラスチック分別	・ごみのうち 10%を分別回収資源化 (上記に含む)
③高効率発電	・発電効率を向上 (1 炉運転時 5%→10%) (2 炉運転時 6%→15%)

ケーススタディの結果としては、分別回収にともない、ごみ発熱量が低下しそれに伴って発電で得られるエネルギーが減少することに合わせて発電の高効率化を考慮した結果、トータルとしては CO₂ 排出抑制に寄与するという結果となった。

たとえば、戸別収集による車両走行距離の増加と積載率低下などのように、ある部分としてはCO₂排出に対して効果がマイナスとなることもあるが、これらを合わせた総合的な影響を十分考慮した上で施策を決定することが望まれる。

表 2 ケーススタディ（モデル施策実施前後のCO₂排出量の比較）

大項目	小項目	施策実施前	実施後	備考
人口(人)		300,000	300,000	
戸別収集の実施に伴う原単位減	①実施前の10%減	0	-80	設定値
原単位(g/人日)		800	720	
うち、可燃ごみ割合		60%	60%	
うち、焼却対象ごみ量(t/日)		144.0	129.6	
年間ごみ処理量(t/年)		52,560	47,304	
1. 戸別収集の実施	輸送距離増加に伴うCO ₂ 排出増加、ごみ減量に伴う輸送量減を考慮(t-CO ₂ /年)	455	491	別添参照
2. ごみ発電の実施				
(1) エネルギーの使用及び熱回収に係る年間のCO ₂ 排出値の算出				
1) 施設概要	①炉形式	ストーカ式(既存)	ストーカ式(新設)	
	②施設規模(t/日)	300	300	
	③1炉規模(t/日)	150	150	
	③1炉焼却処理(t/日)	144.0	129.6	
	④炉数	2	2	
2) ごみ性状	①低位発熱量(kJ/kg)	7500	6750	
	②灰分(%)	10	10	
3) 運転日数	①1炉あたり(日/年)	280	280	
	②2炉運転(日/年)	205	205	
	③1炉運転(日/年)	150	150	
	④全休炉(日/年)	10	10	
4) ごみ焼却処理量	①2炉運転(t)	59040	59040	
	②1炉運転(t)	21600	21600	
	③年間ごみ処理量(=D)	80640	80640	
5) 発電設備	①2炉運転時の発電効率(%)	6	15	
	②1炉運転時の発電効率(%)	5	10	
	③2炉運転時の発電量(kW)	1501.2	3377.7	
	④1炉運転時の発電量(kW)	625.5	1125.9	
6) 消費電力原単位	①消費電力原単位(kW/t焼却ごみ)	160	160	
7) 2炉運転電力	①発電電力量(kWh)	7,385,904	16,618,284	
	②消費電力量(kWh)	9,446,400	9,446,400	
	③購入電力量(kWh)	2060496	0	
	④売電電力量(kWh)	0	7,171,884	
8) 1炉運転電力	①発電電力量(kWh)	2,251,800	4,053,240	
	②消費電力量(kWh)	3,456,000	3,456,000	
	③購入電力量(kWh)	1,204,200	0	
	④売電電力量(kWh)	0	597,240	
9) 年間電力	①購入電力量(kWh/年)	3,264,696	0	
	②売電電力量(kWh/年)	0	7,769,124	
10) 化石燃料	①1炉立上げ下げ回数(回/年)	4	4	
	②1回の灯油使用量(L/回)	7,500	7,500	
	③燃料使用量(L/年)	60,000	60,000	
11) CO ₂ 排出係数	①電力(t-CO ₂ /kWh)	0.000555	0.000555	
	②灯油(t-CO ₂ /kL)	2.49	2.49	
12) エネルギー由来CO ₂ 排出量	①電力由来CO ₂ (t-CO ₂ /年)	1,812	0	
	②化石燃料由来CO ₂ (t-CO ₂ /年)	149.4	149.4	
	③エネルギー起源合計CO ₂ (t-CO ₂ /年)	1,961	149	
13) 熱回収CO ₂ 削減量	①売電由来CO ₂ (t-CO ₂ /年)	0	4,312	
14) 施設単体のCO ₂ 排出量	(t-CO ₂ /年)	1,961	-4,162	
(2) 廃プラスチックの焼却に由来するCO ₂ 排出値の算出				
1) ごみ組成	①水分(%)	40	40	
	②廃プラ類組成比(%-dry)	22	22	
	③ごみ中の廃プラ量(t/年)(分別前)	10,644	10,644	
	④廃プラのCO ₂ 排出係数(kg-CO ₂ /廃プラ)	2730		
	⑤廃プラ由来CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /年)	29,059		
2) 分別収集	①分別収集された廃プラ量(t/年)		8,760	
	②廃プラ分別後の焼却ごみあたり排出係数(kg-CO ₂ /焼却ごみt)		370	
	③廃プラ分別後の焼却ごみ量(t/年)		69,996	
	④廃プラ分別量に対するCO ₂ 排出量(t-CO ₂ /年)		438	
	⑤廃プラ分別後の焼却ごみに由来するCO ₂ 排出量(t-CO ₂ /年)		25,898	
合計		31,475	22,227	

注)「廃棄物処理部も温における温室効果ガス排出抑制等指針(2012年3月 環境省)」を元に試算。

4. 3 中間処理技術における温暖化対策

廃棄物処理プロセスの中でもインパクトの大きい中間処理(焼却処理)プロセスにおける

温暖化対策技術について検討した。

中間処理分野における温暖化対策としては、主に、プロセス改善に伴う CO₂ 排出削減と排ガス量削減技術があげられる。

(1) 熱回収施設におけるプロセス改善に伴う CO₂ 排出削減対策について

熱回収施設の建設計画におけるエネルギー利用計画の具体化にあたって、検討すべき事項について、検討、整理を行った。

①高効率発電に向けたボイラの高温高压化

②排ガス中の排熱量の低減技術について

(2) 既存施設改善に伴う CO₂ 排出削減について

既存施設を改良する際の、省電力化に伴う CO₂ 排出削減可能な項目を抽出した。

4. 4 高効率廃棄物発電の評価

昨今のごみ焼却施設においては、ダイオキシン類対策といった環境対策が優先されてきたが、これからは今までの環境対策を充実させることはもとより、地球温暖化対策としてエネルギー回収を積極的に行うことが求められている。

高効率廃棄物発電の最大の目的は、エネルギーを回収して有効に活用し、それにより化石燃料の使用削減を図ることである。廃棄物が保有するエネルギー以外の外部エネルギーを積極的に使用して高効率発電をすることは、この目的に反することになり、適切ではないといえる。つまり、エネルギー投入量に対するエネルギー回収量が評価の大きな要素となる。

一方、施設の建設・運営管理を行う主体から見ると、コストが大きな評価要素となる。従来よりも高温・高压条件下での運転となり、施設建設費及び維持管理費が高くなることが予想される。ただし、電力自由化の制定に伴って発電余剰電力の電気事業者への売電価格が上昇しており、高効率発電が有利に働くことが考えられる。このようなことから、地域の状況に応じた相互的な検討・評価が必要であるが、現状では高効率廃棄物発電の実績が必ずしも多くはなく、また、処理能力や処理方式が同じでも、処理するごみの種類や質が地域によって異なることがあるため、如何に適切なコスト情報を入手するかが評価に大きく影響する。

第5章 まとめ

地球温暖化に対しては3Rの取り組み推進することが、直接的、効率的な効果が得られるものであると思われるが、本委員会では、地球温暖化に配慮した廃棄物処理システムの評価方法、有効性の検証方法を検討するとともに、ケーススタディを行い、どのような効果があるか、どのような場合に効果が大きくなるか等について検討し、今後の処理施設構想等の業務の一助となれば幸いである。本協会では、高効率廃棄物発電の評価に積極的な関与をし、この側面からも地球温暖化対策に貢献したいと考えている。