

発電・廃熱回収の設備・技術の概要

産業廃棄物処理分野における温暖化対策の手引き より抜粋
(環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部)

管理 事務所	収集 運搬	中間 処理	最終 処分
		○	

(12) 余熱利用

廃棄物の焼却に伴って発生する熱（余熱）を有効利用することにより、事業所内での燃料使用量または電力消費量を削減し、事業所外においても熱または電力を供給して燃料使用量または電力消費量を削減する。

【解 説】

廃棄物の焼却に伴って発生する熱（余熱）は、燃焼ガスという形態をとっているが、直接の利用により又はエネルギー変換を通して、事業所内外の様々な用途に利用することができる。エネルギー変換方式としては、熱交換器により燃焼ガスの熱から温水を作る方式や廃熱ボイラによって蒸気を得てから蒸気タービンで発電する方式があり、燃焼ガス、温水、冷水、空気、動力、電力といったエネルギー形態がある。また、利用方法としては、乾燥熱源、濃縮熱源、燃焼空気、補機駆動、冷房熱源、暖房熱源、給湯熱源及び電力利用がある。利用先のうち事業所内については熱のロスが少ないが需要量が比較的限られており、事業所外については立地条件により熱利用に対する需要が大きく異なってくる。

表 3.(12).1 に整理されるとおり、余熱の利用先、利用方法及びエネルギー変換方式（形態）の選択肢は多岐にわたっており、これらの中から、施設条件及び周辺の熱需要等の立地状況を踏まえ、余熱利用の方法を決定していくことが肝要である。なお、余熱利用に係る技術については、(社)日本環境衛生施設工業会（JEFMA）各社のものが、(社)日本環境衛生施設工業会『廃棄物処理施設における温暖化対策ガイドブック 2005』に整理されている。

■ 廃棄物発電

廃棄物発電は、廃棄物の焼却により発生した燃焼ガスから廃熱ボイラによって蒸気を作り出し、蒸気タービンによって電力を得る余熱利用の一形態である。発電した電力は、焼却施設や管理事務所等の事業所内にて利用するほか、余剰分を電力会社に売電することも可能であり、近隣に熱需要がない場合においても広く廃棄物エネルギーの利用が図られる。

焼却施設における発電設備の導入には、最低でも処理量が 100 トン/日以上であること及び 24 時間連続運転であることが条件となっており（環境施設 No.107、2007 年、P2～20）、発電設備の停止時においても安定的に電力を供給できるような体制づくりが必要である。なお、発電設備の具体的立案及び工事・運転保守等については、『廃棄物発電導入マニュアル（改訂版）』（平成 14 年 9 月、NEDO）及び『廃棄物発電導入促進検討の手引き』（平成 15 年 3 月、新エネルギー財団）に整理されている。

■ 熱のオフライン輸送

事業所外に熱を供給する場合、通常は配管が用いられるが、蓄熱材を車両、鉄道又は船舶等に積載し、需要場所へ輸送する方法（オフライン輸送）もあり、より遠くの需要場所への供給が可能となる。特に、タンクに充填した潜熱蓄熱材（PCM: Phase Change Material）に熱を貯蔵して、これをトラックで輸送し、官公庁舎、オフィスビル、病院又は学校等の冷暖房又は給湯用に

利用することが挙げられる (図 3.(12).1)。

表 3.(12).1 余熱利用方法の整理

エネルギー源	エネルギー変換方式				利用方法 (例)
	一次変換	一次媒体	二次変換	二次媒体	
廃棄物焼却 廃熱(燃焼ガス)	廃熱ボイラ	蒸気	蒸気タービン	電気	電力利用(所内動力、場外送電)
			蒸気タービン	(動力)	補機駆動(ファン、ポンプ等)
			熱交換器(蒸気-水)	温水	濃縮熱源、暖房熱源、給湯熱源
			熱交換器(蒸気-空気)	空気	燃焼空気、乾燥熱源
			吸収式冷凍機(蒸気駆動式)	冷水	冷房熱源
	熱交換器(燃焼ガス-空気)	空気	熱交換器(空気-水)	温水	濃縮熱源、暖房熱源、給湯熱源
	熱交換器(燃焼ガス-水)	温水			濃縮熱源、暖房熱源、給湯熱源
熱交換器(燃焼ガス-対象物) (燃焼ガス直接利用)				濃縮熱源、乾燥熱源 乾燥熱源	

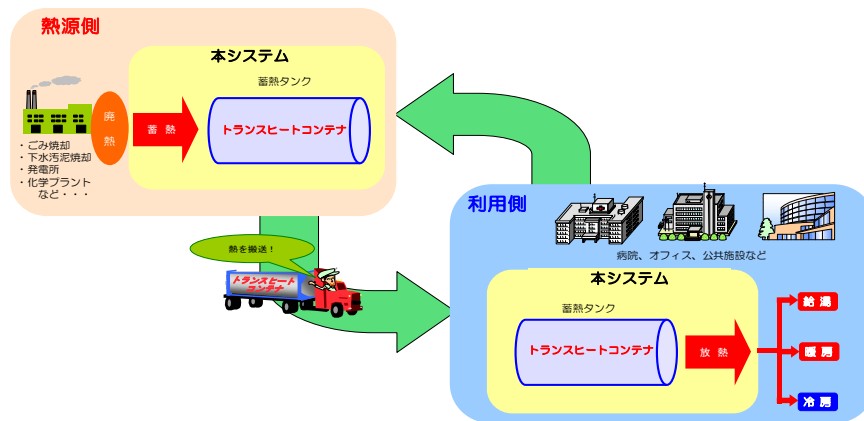


図 3.(12).1 オフライン熱輸送の模式図

【事例】

■ 事業所外への熱供給

ごみ焼却施設における燃焼ガス冷却設備において、水噴射式ガス冷却室に変わり廃熱ボイラを設置し、発生蒸気を隣接するスラッジセンターに供給して汚泥乾燥用の熱源として利用する。これによる乾燥用燃料 (A 重油) の削減により、二酸化炭素排出量の抑制に寄与する。

送蒸気量による重油削減量：

$$11,099 \text{ t/年 (年間送蒸気量平均)} \times 640 \text{ (蒸気 1t あたり A 重油使用量)} = 710\text{k}\ell/\text{年}$$

CO₂ 削減量：

$$710\text{k}\ell/\text{年} \times 2.70963 \text{ t-CO}_2/\text{k}\ell \text{ (A 重油の CO}_2 \text{ 排出係数)} = \boxed{1,900 \text{ (t-CO}_2/\text{年)}}$$

(温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.1.2 平成 19 年 2 月、環境省・経済産業省)

(参考) 経済効果

焼却施設の廃熱ボイラ設置による維持経費増加分等は、スラッジセンターでの重油使用量削減費用と相殺

- ・ 廃熱ボイラ設置に係る工事費：約 11 億円
- ・ 廃熱ボイラ設置による薬品代、補修費増加費用：約 26.4 百万円/年 (H15~H17 平均)

出典：「熱回収効率向上・省エネルギー等地球温暖化対策実施例」、平成 19 年度廃棄物研究財団年次報告会講演資料集、廃棄物研究財団、pp.31、2007

■ 廃棄物発電、売電及び事業所外への熱供給を行う事業

千葉県市原市に位置し平成 19 年 10 月に稼働開始した(株)市原ニューエナジーによる焼却施設では、建設系廃棄物リサイクル施設で発生する可燃性残渣及びその他各種廃棄物の焼却処理を行っており、その際に発生したエネルギーを利用して発電し、また、場外に熱供給する設備が導入されている。

発電出力 1,950kW のうち 500kW 分を場内で消費し 1,450kW 分を売電する計画であり、バイオマスを利用した電力を生み出していることから電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（新エネルギー等利用法）に基づく新エネルギー等発電設備に認定されている。また、隣接する農業用温室に温水を供給しており、地域社会との共存という点で先進的である。なお、本施設整備事業は「廃棄物処理施設における温暖化対策事業」による国庫補助を受けている。

設計諸元は表 3.(12).2 のとおりであり、余熱利用による温室効果ガス排出削減量は、次のとおり算出された。

$$\begin{aligned} \text{発電による CO}_2 \text{削減量} &: 0.000378 \text{ (t-CO}_2\text{/kWh)} \times 14,040 \text{ (MWh/年)} = 5,310 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} \\ \text{熱供給による CO}_2 \text{削減量} &: 44/12 \times 0.0189 \text{ (t-CO}_2\text{/GJ)} \times 8,960 \text{ (GJ/年)} = 620 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} \\ \text{CO}_2 \text{削減量の合計} &: 5,310 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} + 620 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} = \boxed{5,930 \text{ (t-CO}_2\text{/年)}} \end{aligned}$$

表 3.(12).2 (株)市原ニューエナジーの設計諸元

廃棄物の処理量等	処理量	96t/日
	発熱量	11.5MJ/kg
	稼働時間	24時間/日 × 300日
発電	方式	蒸気タービン方式
	出力	1,950kW
	発電効率	15.30%
	年間発電量	14,040MWh
熱供給	方式	温水供給方式
	利用用途	農業用温室の暖房熱源
	供給熱量	7.0GJ/h
	供給時間	16h/日 × 80日/年
	年間熱供給量	8,960GJ/年

(出典：環境省産業廃棄物課調べ)

■ トランスヒートコンテナによる熱のオフライン輸送

奥羽クリーンテクノロジー(株)は、平成 19 年度に青森県八戸市において、一般・産業廃棄物の焼却施設の余熱をトランスヒートコンテナにより水産関連施設に供給する施設を整備した。トランスヒートコンテナは、熱を蓄積する PCM を運ぶ車両であり、焼却施設での余熱が PCM に蓄積され、水産関連施設において貯蔵された熱が放熱され、アワビ稚貝栽培のための海水加温に利用される。2 台のトランスヒートコンテナが運用され、1 日あたり 3 回(台)の熱輸送が行われている。なお、本施設整備事業は「廃棄物処理施設における温暖化対策事業」による国庫補助を受けている。

本事業における熱輸送量等は、表 3.(12).3 に示したとおりであり、これによる CO₂ 排出量削減効果は、次のとおり算出された。

- ① 供給先の燃料使用削減による CO₂ 排出削減効果 (同量の熱量を A 重油で賄ったと仮定)
 $44/12 \times 0.0189(\text{t-C/GJ}) \times 2,710(\text{GJ/年}) \div \text{ボイラ効率 } 85\% = 221 (\text{t-CO}_2/\text{年})$
- ② 輸送燃料 (軽油) 使用による CO₂ 排出量
 $44/12 \times 0.0187(\text{t-C/GJ}) \times 38.2\text{GJ/k}\ell \times 36\text{km/台} \times 3 \text{台/日} \times 180 \text{日/年} \div \text{燃費 } 2\text{km/}\ell = 25 (\text{t-CO}_2/\text{年})$
- ③ 熱源側設備動力 (蓄熱時の電力使用) による CO₂ 排出量
 $0.000441(\text{t-CO}_2/\text{kWh}) \times (\text{廃熱ボイラ設備 } 67\text{kW} + \text{循環ポンプ } 5.5\text{kW}) \times \text{負荷率 } 0.7 \times 3.5\text{h/台} \times 3 \text{台/日} \times 180 \text{日/年} = 42 (\text{t-CO}_2/\text{年})$
- ④ 熱利用側設備動力 (放熱時の電力使用) による CO₂ 排出量
 $0.000441(\text{t-CO}_2/\text{kWh}) \times \text{循環ポンプ } 11\text{kW} \times \text{負荷率 } 0.7 \times 4.7\text{h/台} \times 3 \text{台/日} \times 180 \text{日/年} = 9 (\text{t-CO}_2/\text{年})$

CO₂ 排出削減量 = ① - (② + ③ + ④) = 145t-CO₂/年

表 3.(12).3 トランスヒートコンテナにおける熱輸送 (八戸市)

廃棄物の処理量等	処理量	最大200t/日
	稼働時間	24時間/日 × 300日
熱利用用途	アワビ稚貝栽培のための海水加温	
熱輸送量	熱容量	5.02GJ/台
	熱輸送量	15.06GJ/日(3台)
		2,710GJ/年(年間180日)
	輸送距離	36km(往復)
	蓄熱に要する時間	3.5h/台
放熱に要する時間	4.7h/台	

(出典：環境省産業廃棄物課調べ)

【支援制度】

区分	番号	制度名
補助	1	廃棄物処理施設における温暖化対策事業
	15	森林・林業・木材産業づくり交付金(うち木質バイオマス利用促進整備)
	16	木材産業体質強化対策事業
	18	新エネルギー事業者支援対策事業
融資	21	日本政策投資銀行 環境配慮型社会形成促進事業
	24	農林漁業金融公庫農林漁業施設資金(バイオマス利活用施設)
	26	畜産経営環境調和推進資金
	27	中小企業金融公庫 資源エネルギー資金
	28	地域エネルギー利用設備に係る固定資産税の軽減(ローカルエネルギー税制)
税制優遇	29	木材産業体質強化対策事業
	30	工事費負担金の圧縮記帳の特例
	32	エネルギー需給構造改革投資促進税制

管理事務所	収集運搬	中間処理	最終処分
		○	

(13) 発電出力・発電効率の向上

既存の廃棄物発電設備を高効率発電設備に改造し、発電効率を向上（回収できる電力量を増加）させることで、温室効果ガスの発生抑制を図る。

【解説】

既存の廃棄物発電設備を高効率発電設備に改修することで、回収できる電力量が増加する。通常、廃棄物発電における発電効率は10～15%程度であり、電力会社による発電に比べると半分以下の水準である。高効率化が難しい主な理由としては、タービン排気温度、蒸気条件、所内動力等様々な理由が考えられるが、以下の方策をとることで、発電効率の改善が可能である。

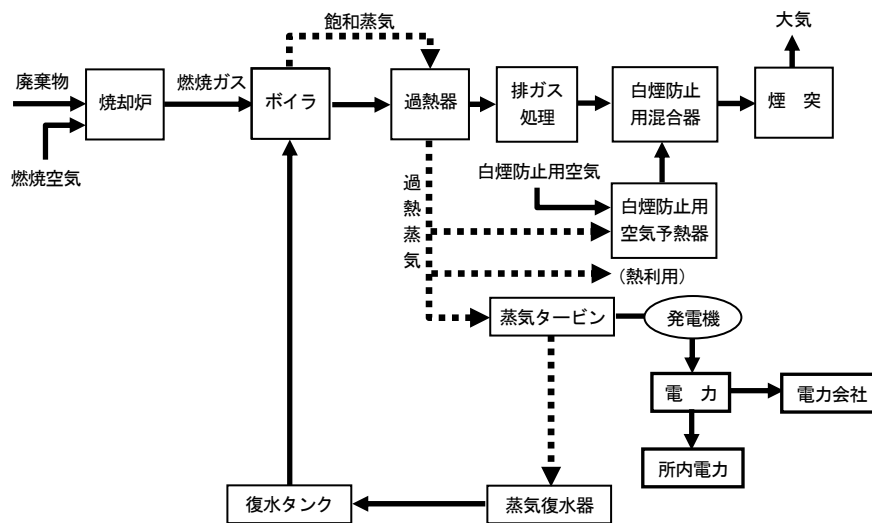


図 3.(13).1 廃棄物エネルギーの利用

表 3.(13).1 発電効率向上のための方策

方策の例		具体的内容
施設設計	・逆流不可から可への変更	・電力会社との契約変更により売電が可能となる。
	・水噴射式のボイラ化	・燃焼ガス冷却方法を水噴射式からボイラ方式に変更し、排熱回収を行う。
設備・機器改善	・タービン増設	・余剰のボイラ蒸気を有効利用するために、蒸気タービンを設置して発電を行う。また、誘引通風機等の大型補機をタービン駆動とする。
	・タービン定格出力の増大	・タービン定格以上の余剰蒸気がある場合、タービンの部分改造を行い、タービン定格出力を増大。
施設運用	・白煙防止設備の取り止め	・煙突からの白煙を防止するための空気予熱の熱源として蒸気を利用しているが、白煙は排ガス中水分が冷却され水滴化し、白煙として見られるものであり有害ではない。白煙防止を止め、発電に利用する蒸気を増やす。
	・低空気比燃焼	・空気比を下げるのが可能であれば、燃焼空気量を調節し、低空気比燃焼（例えば、空気比1.6→1.4）を行うことにより蒸気発生量を増加させる。

出典：「廃棄物からのエネルギー回収」（財）廃棄物研究財団

【事 例】

規模 120t/日（60t/24h×2 炉）の施設において、ごみ搬入量の増加傾向が続き多量の余剰蒸気が発生したため、現有タービンの部分改造（6 段復水タービンの 3 段分のノズル改造）により、発電出力を 1000kW から 1375kW に増強した。なお、タービン入口蒸気量は 10.5t/h から 13.5t/h に増加（蒸気復水器にて捨てていた蒸気が減少）、タービン出入口蒸気圧力に変化はない。

改造前は電力を購入していたが、発電効率は 7.9%から 10.7%に上昇し、改造後は約 350kW の売電に転じた。

発電増加量から二酸化炭素削減寄与分を試算すると、

$$375\text{kW} \times 24\text{h/日} \times 180 \text{ 日/年} \times 0.000555\text{t-CO}_2/\text{kWh}^* = \boxed{900 \text{ (t-CO}_2\text{/年)}}$$

※ 地球温暖化対策推進法施行令第 3 条第 1 項に定める排出係数

出典:「ごみ処理施設におけるエネルギー回収の向上および省エネルギー方策」、第 51 回全国環境衛生大会抄録集、日本環境衛生センター、pp.62-65、2007

【支援制度】

区分	番号	制度名
補助	1	廃棄物処理施設における温暖化対策事業
融資	36	日本政策投資銀行 環境配慮型社会形成促進事業