

第 7 章

.....

余 熱 利 用 技 術 の 動 向

第1節 余熱利用技術

1. 余熱利用の必要性

循環型社会形成推進基本法では、できるだけ「再生利用」を行うことを優先し、それが困難な場合は、「熱回収（サーマル・リサイクル）」を踏まえた適正処理を行うことが必要と位置づけています。

前章で選定した焼却施設やガス化溶融施設は「熱回収施設」であり、これらの施設を整備する場合は、発電効率または熱回収率が10%以上であることが循環型社会形成推進交付金の交付対象事業とする上での条件と定めています。

また、全国では、この回収した熱を地域還元として役立てている事例が多くみられます。

2. 余熱の回収方法

熱回収施設でのごみの燃焼は、ごみの焼却と同時に800～1000程度の高温の排ガスを発生させます。この排ガスは、適正な排ガス処理を行うために、燃焼ガス冷却設備と排ガス処理設備にて200程度まで冷却されますが、この燃焼ガス冷却設備として熱交換器を利用することで、熱エネルギーを回収します。

余熱の回収方法の模式図は図7-1のとおりです。

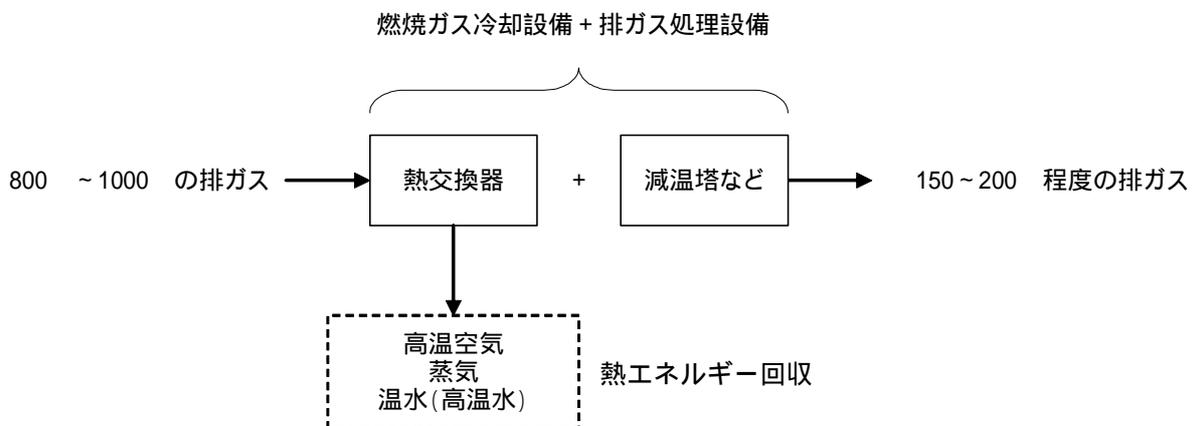


図7-1 余熱の回収方法

3. 余熱の利用形態と特徴

熱交換器には空気予熱器、廃熱ボイラ、温水器などがあり、それぞれ熱交換の結果、高温空気、蒸気、温水（高温水）という熱利用媒体を発生させます。これらの利用形態としては、余熱利用先の熱源として直接利用する場合や、発生した蒸気を電力、温水などに変換し、さらに温水（高温水）を冷水・冷媒に変換して利用する場合があります。余熱の回収方法の選択は、回収した熱利用媒体の使いやすさや利用先、輸送手段などを考慮しながら、効率・経済性を考えて決めていく必要があります。

余熱の利用形態と特徴は表7-1のとおりです。

表7-1 余熱の利用形態と特徴

熱交換器の種類	熱利用媒体	利用形態	特徴
空気予熱器	高温空気	高温空気	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼用空気として利用する場合、直接ごみを焼却するため、効率は高い。 ・ 保有熱量の割に体積が大きいため、熱輸送に難があり、場外使用は困難である。
廃熱ボイラ	蒸気	蒸気	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大規模な余熱利用が可能で、加熱器から蒸気だめ、復水器までに至る圧力保持が比較的容易である。そのため場外で高層地域を利用対象とする場合は、高温水よりも適している。 ・ 蒸気は、温水と異なり直接仕事ができる動力として使うため、エネルギー保持量が大きい。 ・ 廃熱ボイラが必要であり、ボイラ技師やボイラ・タービン主任技術者などの資格者が必要である。 ・ 蒸気ブローや水質管理など、温水に比べて保守管理が必要である。
		動力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気タービンを用いることにより、誘引送風機、回転式破砕機などの補機類の駆動動力として利用できる。
		電力	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気タービン＋発電機により発電する。 ・ 多種類の機器設備に利用できる。 ・ 余剰電力は、場内はもちろん、電力会社への売電も可能である。 ・ 蒸気タービンが必要であり、ボイラ・タービン主任技術者の有資格者を選任する必要がある。 ・ 他の利用形態に比べてエネルギー効率が低い。
		(高温空気)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気からさらに熱交換して高温空気を作るというもの。 ・ 熱効率は落ちるものの、必要時以外は蒸気を別の用途に利用できる。
		(温水)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 蒸気からさらに熱交換して温水を作るというもの。 ・ 熱効率は落ちるものの、必要時以外は蒸気を別の用途に利用できる。
温水器	温水(高温水)	冷水・冷媒	<ul style="list-style-type: none"> ・ 吸収式冷凍機を用いることにより、高温水や蒸気から冷水、冷媒を作ることが可能である。 ・ 一般的に地域冷暖房として利用される。 ・ 吸収式冷凍機は設備容量が大きく、別途冷却水を必要とする。
		温水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温水は単位当りの熱量が蒸気に比べ大きいので遠距離輸送ができ、大規模な給湯や地域冷暖房に利用できる。 ・ 蒸気に比べて配管が容易である。 ・ 蒸気に比べて系内の圧力保持に難があり、膨張タンクなどの圧力制御用付帯設備が必要である。 ・ 供給対象が低層地域に限られる。

4．発電による余熱利用

(1) ごみ発電の有益性

ごみ発電は焼却廃熱の余熱利用の中でも最も有効な利用方法のひとつとされています。

その理由には次のようなものがあります。

- ・熱回収施設の運営に必要な電力を賄うことで経費を削減できる。
- ・石油、天然ガス、石炭などの化石燃料を利用する火力発電所の負荷軽減に寄与することで、資源利用の削減や炭酸ガスの発生抑制が可能である。
- ・余剰蒸気はすべて発電に利用することができるため、廃熱を最大限利用することができる。

このことから、熱回収施設における余熱利用として、発電利用が全連続運転式焼却施設で多く実施されています。焼却施設での発電は、施設内の所要電力を賄う自家発電に留める方式と、余剰電力を電力会社へ逆送電し売却する方式があります。

(2) 蒸気条件と発電方式の検討

発電効率は蒸気条件が高温高圧になるに従い高くなりますが、従来は、燃焼ガス冷却設備の腐食との兼ね合いから、300 程度の蒸気条件に設定する事例が多くありました。しかし近年では、腐食に耐える材質の開発が進み、高温高圧型（蒸気条件 4MPa、400 程度以上）での実績も増えています。

一方、熱回収施設における発電方式については、蒸気復水タービンのみで発電する「従来方式（低温低圧型）」、従来方式での蒸気条件をより高温高圧化することで高効率や出力増加を図る「高温高圧型」、さらにガスタービンを併用することで、発電効率を一層高める方式（スーパーごみ発電）があります。ただし、スーパーごみ発電は、熱回収施設の施設規模が大規模なものに留まっています。

これらの発電方式の特徴は表 7-2 のとおりです。

表 7-2 発電方式の比較

項目	従来型 (低温低圧型)	高温高圧型	スーパーごみ発電 (ガスタービン複合型)	備考
発電効率	12～15%	20% (実績から設定) ¹⁾	21.7～26.5%	
蒸気条件	300、2.9MPa	400、3.9MPa	400、1.6MPa 380、2.3MPa 355、2.1MPa 300、3.5MPa	スーパーごみ発電は、上から高浜、堺市、北九州市、千葉市の条件である。
外部燃料使用によるガス発生量	無し	無し	有り	NOx、CO ₂ 発生
ごみの自燃によるガス発生量	-	-	-	同一量である。
売電換算による排出ガス削減効果				
周辺環境への影響				スーパーごみ発電の場合は別施設を建設など周辺環境への影響は大きい。
総発電量				余剰分は売電。
経済性	所内電力量	-	-	同一量である。
	売電電力量			
	建設費			スーパーごみ発電の場合は別施設を建設する。
	維持管理費			
	運転管理費			スーパーごみ発電の場合は、契約電力量を小さく出来る可能性がある。しかし発電設備の複合管理が必要となる。
実効性				スーパーごみ発電第1号(高浜)では、売電収入に比べコストの方が高くなっている。

注) 表中の「」は比較の上で優れていることを表し、「」は比較の上で劣っていることを表す。

資料) 環境施設、No.78、2000年

高効率ごみ発電の現状と課題、廃棄物学会誌、Vol.6, No.3, pp.205-217

5. 余熱利用の形態と必要熱量

余熱の供給先・利用先を分類すると、大きく施設内での利用に限定した「場内利用」と施設外へ熱や蒸気、電力などを供給して利用を図る「場外利用」に分けられます。また、用途の違いに着目すると、それぞれ「建築系利用」と「プラント系利用」とに分類されます。余熱の利用方法と必要熱量の一般的数値は表7-3のとおりです。

表7-3 余熱の利用方法と必要熱量

用途		熱利用媒体			設備概要(例)	単位当り熱量	必要熱量 (GJ/h)	備考
		高温 空気	蒸気	温水				
場内 余熱利用	プラント系	誘引送風機のタービン駆動			タービン出力500kW	66,000kJ/kWh	33.0	蒸気復水器にて大気拡散する熱量を含む
		燃焼用空気の予熱						
		排出ガスの白煙防止						
		クリンカ防止						
		スートブロワ						
		配管・タンクの凍結防止						
		飛灰吸湿防止						
	低温腐食防止							
	建築系	給湯			1日(8時間) 給湯量10m ³ /8h	230,000kJ/m ³	0.3	5 60 加温 給湯の他に風呂などの利用もある
		暖房			延床面積1,200m ²	670kJ/m ² ・h	0.8	暖房の他に乾燥室などの利用もある
		冷房			延床面積1,200m ²	840kJ/m ² ・h	1.0	吸収式冷凍機により熱交換
		構内道路融雪			延面積1,000m ²	1,300kJ/m ² ・h	1.3	
	共通	電力			定格発電出力 2,000kW	20,000kJ/kWh (発電効率18%)	40.0	プラント電力、建築電力(照明、電気式冷暖房など)蒸気復水器にて大気拡散する熱量を含む
場外 余熱利用	福祉センターへの給湯			収容人員60名 1日(8時間) 給湯量16m ³ /8h	230,000kJ/m ³	0.5	5 60 加温	
	福祉センターへの冷暖房			収容人員60名 延床面積2,400m ²	670kJ/m ² ・h	1.6	冷房の場合は暖房時必要熱量×1.2倍となる	
	地域集中給湯			対象100世帯 給湯量300 ^{リットル} /世帯・日	69,000kJ/世帯・日	0.3	5 60 加温	
	地域集中暖房			集合住宅100世帯 個別住宅100棟	42,000kJ/世帯・h 84,000kJ/世帯・h	4.2 8.4	冷房の場合は暖房時必要熱量×1.2倍となる	
	温水プール			25m一般用・ 子供用併設		2.1		
	温水プール用シャワー設備			1日(8時間) 給湯量30m ³ /8h	230,000kJ/m ³	0.9	5 60 加温	
	温水プール管理棟冷暖房			延床面積350m ²	670kJ/m ² ・h	0.2		
	動植物用温室			延床面積800m ²	840kJ/m ² ・h	0.7		
	熱帯植物用温室			延床面積1000m ²	1,900kJ/m ² ・h	1.9		
	海水淡水化設備			造水能力1,000m ³ /日	430kJ/ ^{リットル} 630kJ/ ^{リットル}	18.0 26.0	多重効用缶方式 2重効用缶方式	
	施設園芸			面積10,000m ²	630~1,500 kJ/m ² ・h	6.3 ~15.0		
	アイススケート場			リンク面積1,200m ²	5,400kJ/m ² ・h	6.5	空調用含む 滑走人員500名	

6. 余熱利用事例

余熱の利用には、市民が健康を維持し、豊かな生活を営むための一助となるような場を提供する事例（プール、風呂・クアハウス、トレーニング施設、スポーツ施設）などがあります。余熱の利用事例を表7-4に示します。

表7-4 余熱の利用事例

温水プール	
 <p>湯かっこ / 埼玉県</p>	 <p>さわやかプザ 軽井沢 / 千葉県</p>
温浴施設	
 <p>川口市サイクルプザ / 埼玉県</p>	 <p>蝶寿コテージ / 栃木県</p>
トレーニング・ルーム、給湯、冷暖房、マッサージルームなど	
 <p>さわやかプザ 軽井沢 / 千葉県</p>	 <p>温水センター / 千葉県</p>

第2節 余熱利用の検討

「第4章 第3節 処理対象量に関する事項」で設定した計画ごみ質を用いて、場外余熱利用可能量を算出すると15.4GJ/hとなります。

前節の「表7-3 余熱の利用方法と必要熱量」をみると、場外余熱利用施設の整備が可能であると考えられます。

表7-5 余熱利用可能量の算出結果

項目	単位	算出結果	原単位など
施設規模	t/日	80	
年間処理量	t/年	21,504	
低位発熱量	kJ/kg	9,800	基準ごみ時
熱回収量	GJ/h	22.0	70% ボイラ熱回収率 = × /280日/24h × 70%
場内熱消費量	GJ/h	6.6	30% 熱回収量に対して 施設稼働の消費量(電気除く) = × 30%
場外余熱利用可能量	GJ/h	15.4	= -