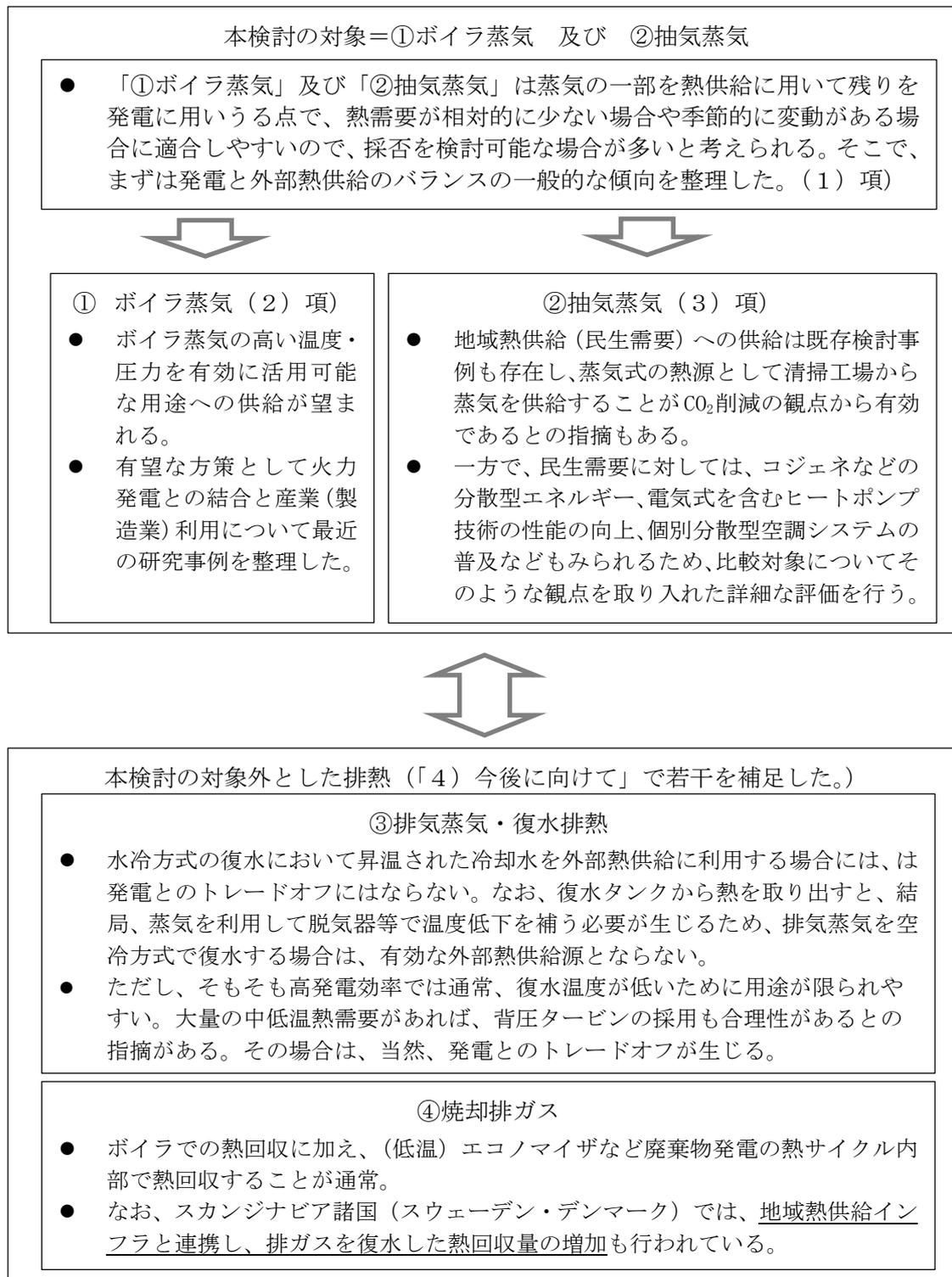


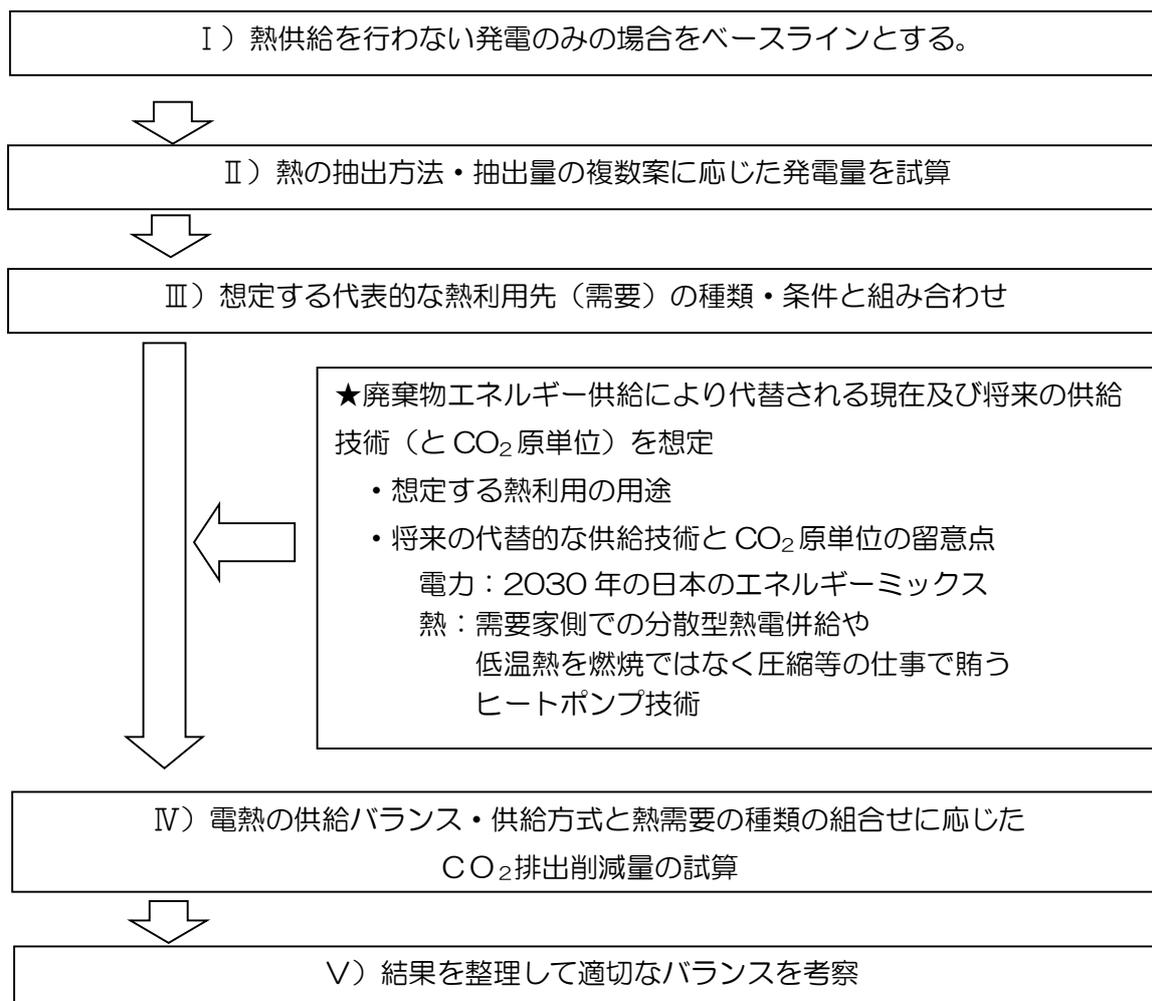
(2) 高効率発電と熱供給を複合的に行う場合のバランスの検討

基本的にはトレードオフの関係にある高効率発電と熱供給を複合的に行う場合のバランスについて、下図に示す検討を実施した。



図Ⅲ-1-(2)-1 高効率発電と熱供給のバランスの検討対象について

CO₂排出量削減の観点からは、清掃工場内部のエネルギーフロー（電熱バランス）に応じた変換効率（エンタルピー効率、エクセルギー効率）にとどまらず、発電と特に熱供給が現在及び将来のいかなるエネルギー供給を代替するかを含めた拡大システムをシステム境界として評価することが重要と考えられる。そこで、図Ⅲ-1-(2)-2の手順による検討の実施を想定した。



図Ⅲ-1-(2)-2 検討フロー

1) 発電と外部熱供給（ボイラ蒸気、抽気蒸気）のバランスの一般的な傾向

ここでは高効率発電を行う場合のおおむね下限と考えられる 100 トン/日の施設を想定し、場外熱利用を行った際の発電量の変化を試算した。

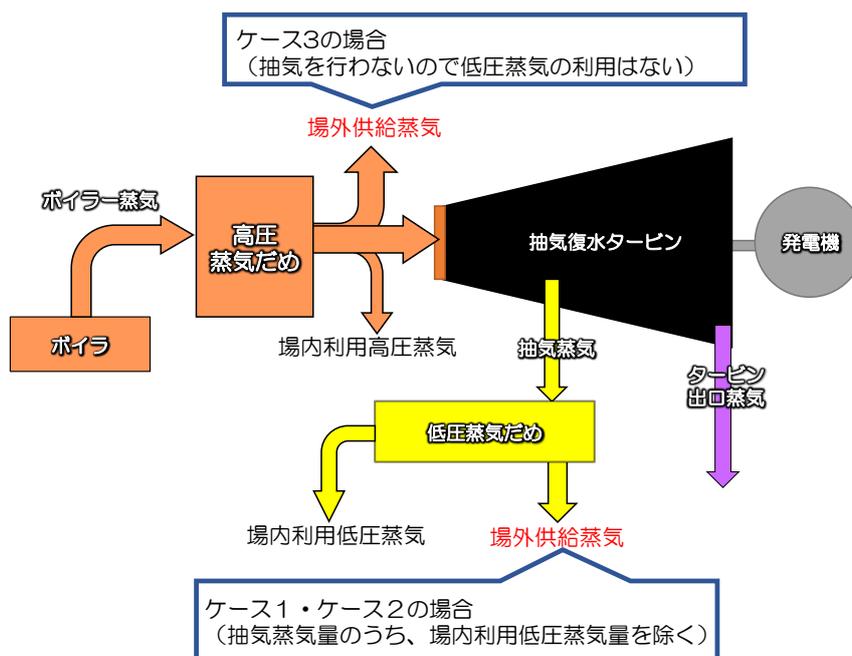
①熱供給量と発電量のバランスの試算条件

タービン抽気蒸気（低圧蒸気のための蒸気）を場外へ供給する場合、および高温高圧のボイラ蒸気を直接外部へ供給する場合を想定した。タービン抽気蒸気を供給する場合は抽気復水タービンを用い、255℃・1MPaA 及び 200℃・0.3MPaA の 2 種類の抽気条件で試算した。高温高圧のボイラ蒸気を直接外部へ供給する場合については、復水タービンを用いることを想定した。

各ケースの使用タービン種類、供給する蒸気の種類、抽気温度、抽気圧力を表Ⅲ-1-(2)-1 に、図Ⅲ-1-(2)-3 にケース 1 からケース 3 で想定した場外供給蒸気の取り出し位置を示す。

表Ⅲ-1-(2)-1 想定したタービンの種類・供給蒸気条件

ケース	タービンの種類	場外供給する蒸気の種類	抽気温度	抽気圧力
1	抽気復水タービン	タービン抽気蒸気	255 °C	1 MPaA
2	抽気復水タービン	タービン抽気蒸気	200 °C	0.3 MPaA
3	復水タービン	ボイラ蒸気	-	-



図Ⅲ-1-(2)-3 各ケースの場外供給蒸気を取り出し位置

表Ⅲ-1-(2)-2に、試算を行ううえでのケース1からケース3までの共通する設定条件を示す。ケース1から3までのボイラ蒸気条件は、高効率ごみ発電施設整備マニュアル（(平成22年3月改訂)、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課）31ページに記載のタービン膨張線図（例）（図Ⅲ-1-(2)-4）に基づき高温高压ボイラを想定し、ボイラ主蒸気条件を4MPa・400℃とした。

またタービン出口蒸気条件については検討会委員指摘事項を踏まえ、図Ⅲ-1-(2)-4に示す高効率廃棄物発電マニュアルの条件よりも排気蒸気エンタルピーの低い0.15 ata (0.015 MPa)・湿度12%・比エンタルピー2,310 kJ/kgとしたため、発電効率が高くなる。スートブローは一時的な使用であり、計算の簡略化のために無視した。

抽気量によらずタービン効率は定格値と同一と仮定しているため、現実よりも低い発電量の低下で熱供給可能量を拡大できている結果となっている面がある。図Ⅲ-1-(2)-5に仮定したタービン膨張線図を示す。

表Ⅲ-1-(2)-2 ケース1からケース3までの共通する設定条件

項目	条件	単位	付記
施設規模	100	トン/日	仮定
助燃用化石燃料	使用しない		仮定
ボイラ効率	80	%	※1
ごみの低位発熱量 基準	8,740	kJ/kg	※2（中央値を採用）
ボイラ給水の比エンタルピー	600	kJ/kg	※3（140℃ないし150℃に相当）
エコノマイザ			明確に想定していない
配管ロス蒸気	0.07	t/時間	※4を元に算出
蒸気式空気予熱器用蒸気	0.45	t/時間	※4を元に算出
排ガス再加熱器用蒸気	0.41	t/時間	※4を元に算出
場内余熱利用設備用蒸気	0.003	t/時間	※4を元に算出
タービン入口蒸気温度	400	℃	ボイラ出口蒸気と同じ
タービン入口蒸気圧力	4	MPa	ボイラ出口蒸気と同じ
タービン出口蒸気の比エンタルピー	2,310	kJ/kg	※5 検討会委員指摘より空冷式では0.015 MPa・湿度12%とした。
タービン出口蒸気圧力	0.015	MPa	
場外熱供給後の還管温水の温度	53	℃	タービン出口蒸気の温度に設定した。
場外熱供給後の還管温水の圧力	0.1	MPa	
機械効率	95	%	※5
発電機効率	95	%	※5

※1 平成23年度 環境省「人工排熱低減による都市の熱環境改善の基礎調査報告書」5-14ページ

※2 平成26年度 環境省「廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書」I-3-12ページ

※3 都市ごみ処理システムの分析・計画・評価、松藤敏彦、2005年、技報堂出版

※4 廃棄物発電導入基本マニュアル技術資料、NEDO

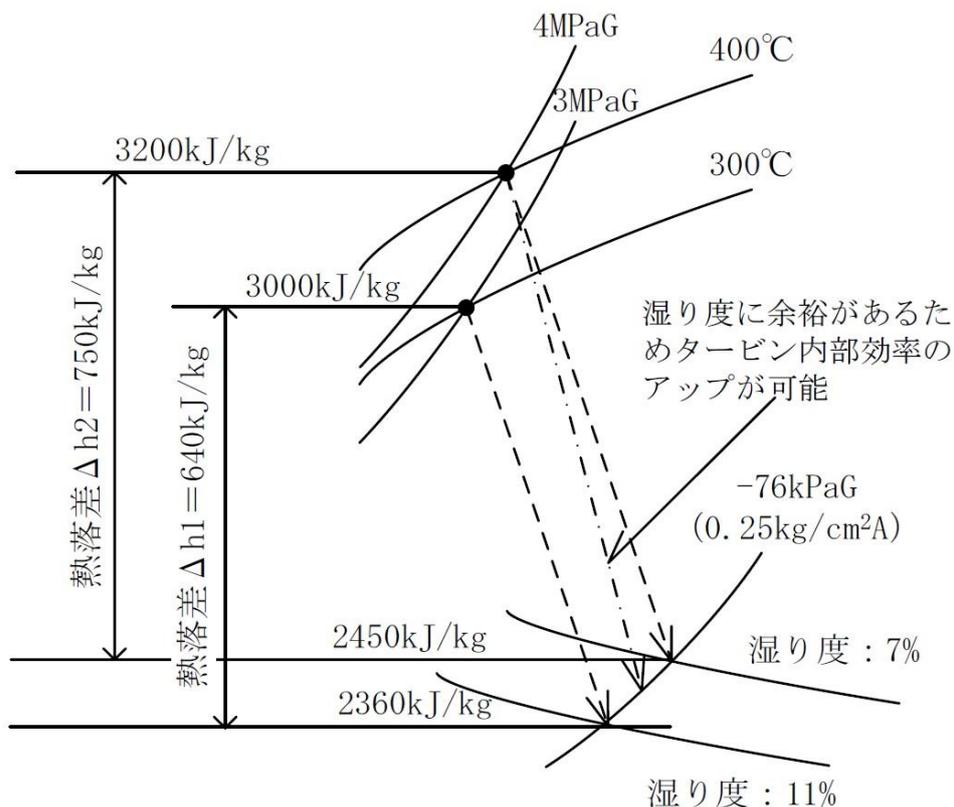
※5 検討会委員指摘事項を踏まえて設定

場内余熱利用設備用蒸気および脱気用蒸気に関して、ケース 1 とケース 2 では低圧蒸気、ケース 3 では高圧蒸気を利用することとした。

脱気器蒸気熱量に関しては、復水タンクからの温水と場外熱供給後の還管の温水（どちらも $53^{\circ}\text{C} \cdot 226 \text{ kJ/kg}$ と仮定）を給水ボイラの比エンタルピー（ 600 kJ/kg ）にするために抽気蒸気、または高圧蒸気を用いてエンタルピーを上昇させるものとし、同必要エンタルピーを賄う蒸気を使用すると想定した。このため、ケース 1 からケース 3 までの使用蒸気条件等に応じて相違する（表Ⅲ-1-(2)-3）。

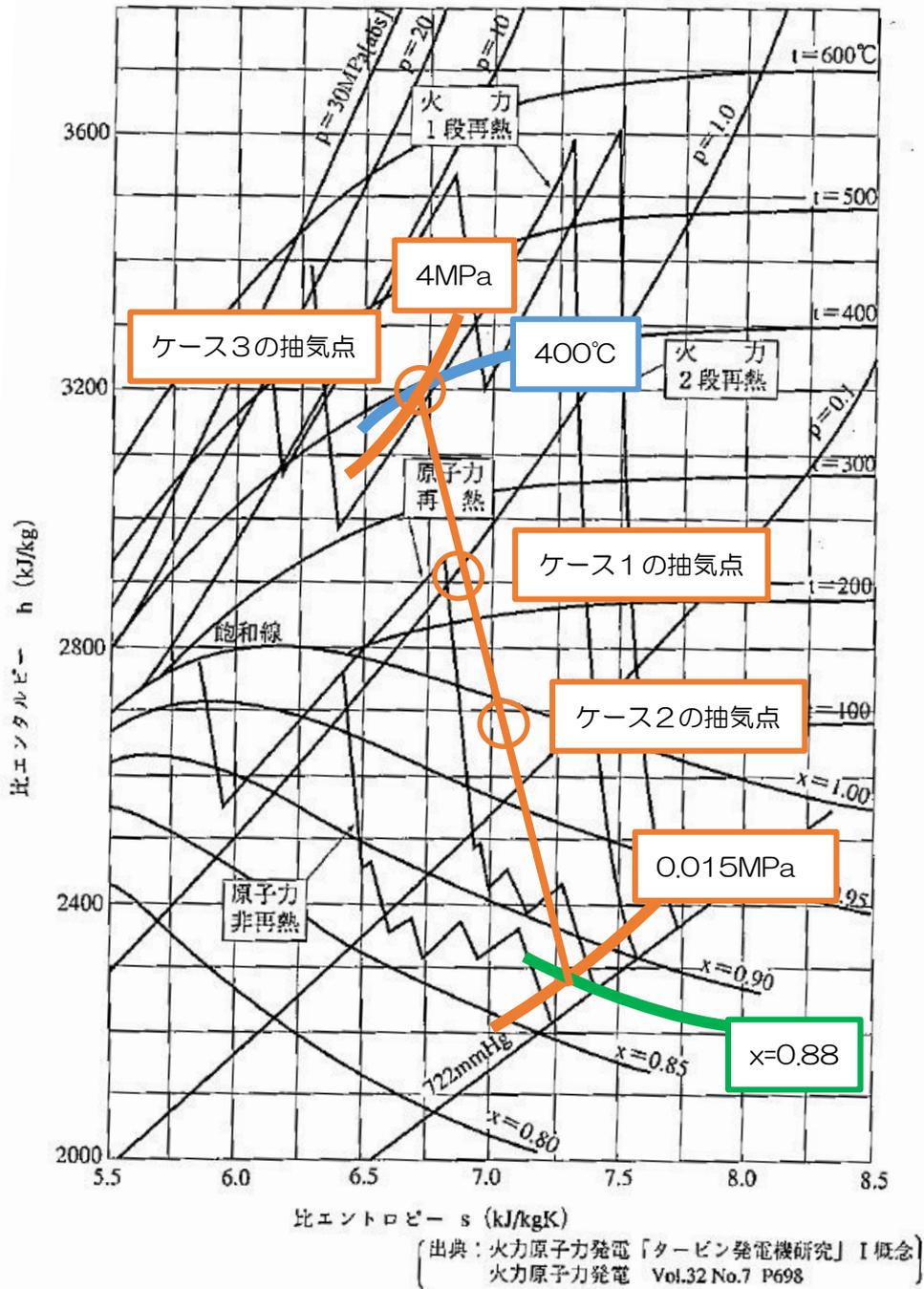
表Ⅲ-1-(2)-3 熱供給を行わない場合の発電以外の蒸気利用先のうち脱気器

[t / 時間]	所内蒸気利用先	ケース 1	ケース 2	ケース 3
高圧蒸気	脱気器蒸気熱量	-	-	1.3
低圧蒸気	脱気器蒸気熱量	1.5	1.6	-



図Ⅲ-1-(2)-4 タービン膨張線図 (例)

出典：高効率ごみ発電施設整備マニュアル（(平成 22 年 3 月改訂)、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課） 31 ページ



図Ⅲ-1-(2)-5 ケース1からケース3で仮定したタービン膨張線図
元の図の出典：火力原子力発電必携第7版第4刷、一般社団法人火力原子力発電技術協会

②熱供給量と発電量のバランスの試算結果

熱供給を行わない場合、ケース 1 及びケース 2 については所内利用する高圧蒸気分を除く全量をタービンに流入させ、所内利用する低圧蒸気分のみをタービンから抽気するものとした。ケース 3 において熱供給を行わない場合、所内利用する蒸気の必要量全量をボイラ蒸気から使用し、残りをタービンに流入させるものとした。表Ⅲ-1-(2)-4 に抽気割合によって変化する発電端効率及び総合効率（電気＋熱が分子）の変化を示す。

抽気蒸気（ケース 1, 2）による方が、外部熱供給を行う場合の発電端効率の低下は、ボイラ蒸気利用の場合に比べて小さい。

総合効率は、発電のみを行う場合の 20%程度に比べ、熱供給も行う場合は 40%程度と格段に大きくなった。ただし、熱供給も行う場合同士でケース間の総合効率を比較すると、ケース 2 が最も小さく、ケース 3 で最も大きくなった。これは、後述する二酸化炭素排出削減量によるケース間の評価とは全く逆の結論（順位）である。総合効率による評価では、発電を減らし、できるだけ外部に蒸気を供給するほうが、復水排熱量が減少することが反映されたと考えられる。すなわち、総合効率だけで評価しようとするれば、極端には発電は不要となり、ボイラで発生した蒸気を使うことが最もよいという結果になってしまう。このように、発電と熱供給のバランスを検討する場合においては、総合効率だけでエネルギー変換効率を評価することの留意点が示される試算結果となった。

表Ⅲ-1-(2)-4 場外供給熱量と発電端効率の変化

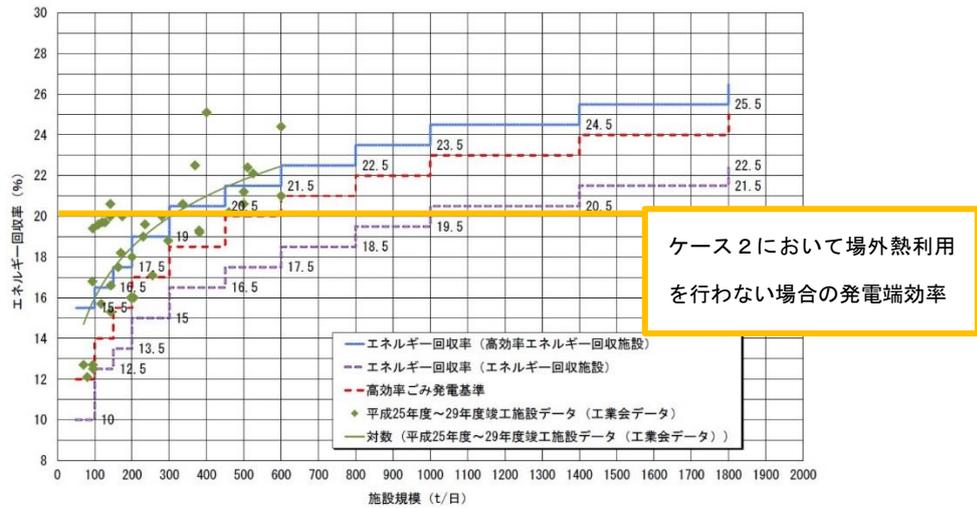
項目	単位	ケース 1		ケース 2		ケース 3	
		0	50	0	50	0	50
抽気率	%	0	50	0	50	0	50
発電量	GJ/時間	7.4	5.3	7.5	5.7	7.2	3.6
場外供給熱量	GJ/時間	0.0	9.8	0.0	9.4	0.0	13.2
発電端効率	%	20.2	14.5	20.5	15.6	19.7	9.9
総合効率	%	20.2	41.4	20.5	41.3	19.7	46.1

注) ケース 3 は抽気蒸気ではなく、ボイラ蒸気から所内利用高圧蒸気を差し引いた残りの高圧蒸気のうち 50%を外部熱供給する場合。発電量は 3.6MJ/kWh で換算した値。

a) 熱供給を行わない発電のみの場合の想定

上記条件の基に試算を行った際の熱供給を行わない場合の発電端効率は、ケース 1 で 20.2%、ケース 2 で 20.5%、ケース 3 で 19.7%と、抽気条件が 0.3MPa・200℃のケース 2 の場合に発電端効率が最も高くなっている。

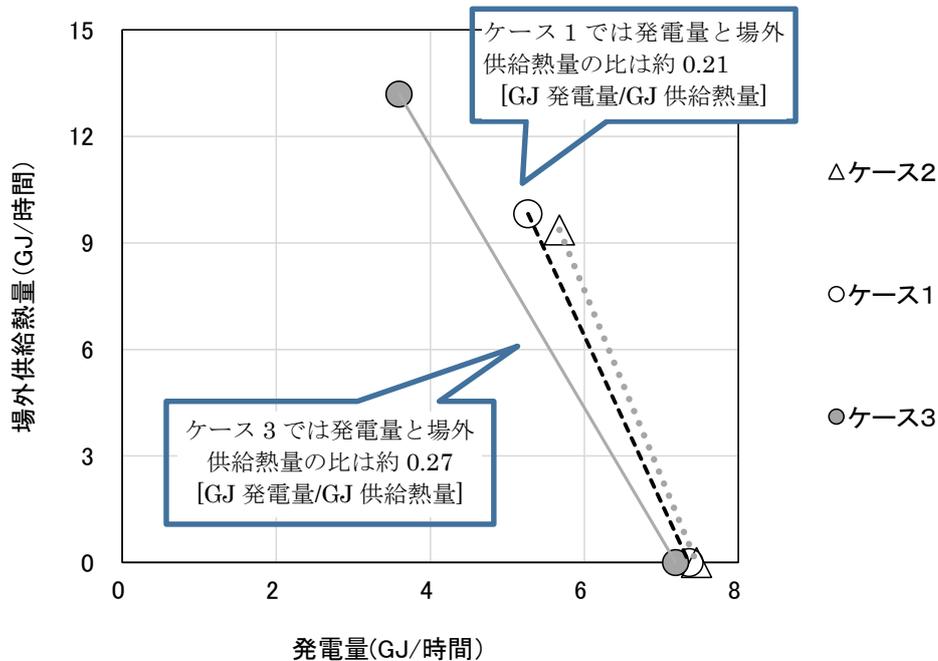
なお、図Ⅲ-1-(2)-6 に今回の試算で得られた場外熱供給を行わない場合のケース 2 の発電端効率の結果と、平成 25 年から平成 29 年の間に竣工される廃棄物発電を行う施設の発電効率と比較した。今回の試算方法ではごみ質の違いや施設規模の違いによる発電端効率の変化は考慮されないため、施設規模にかかわらず発電端効率は一定となる。



図Ⅲ-1-(2)- 6 場外熱供給を行わない場合のケース 2 と一般的な発電端効率との比較
 元の図の出典：エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル 参考資料 1-1 (平成 27 年 3 月改訂)、環
 境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課

b) 回収エネルギー量のトレードオフ

得られた試算結果を以下に示す。また、図Ⅲ-1-(2)- 7 に場外供給熱量と発電量の変化を示す。外部に蒸気を供給した場合の発電端効率も、ケース 2 が他のケースと比較して高くなった。等量の熱を場外に供給しようとするとき、発電量の大きさはケース 2、ケース 1、ケース 3 の順となるが、ケース 1 とケース 2 とでは、ケース 3 と比較すれば発電端効率に大きな違いは現れなかった。



図Ⅲ-1-(2)- 7 抽気率 0%、50%の場合の場外供給熱量と発電量

c) 二酸化炭素排出量の増減（一般的な考察）

電気と熱を生産または供給することによる CO₂削減量は一般的には表Ⅲ-1-(2)-5のように試算された。試算にあたっては表Ⅲ-1-(2)-6に示す CO₂排出係数を使用した。

表Ⅲ-1-(2)-5 仮想ケースにおける電気・熱のバランスと CO₂ 排出削減量の関係

ケース 1		抽気 0%	抽気 50%	
		電気	電気	熱
供給量	GJ/h	7.36	5.27	9.82
供給量	kW	2,045	1,464	2,728
CO ₂ 削減量（現状）	tCO ₂ /h	1.18	0.85	0.56
CO ₂ 削減量（現状）合計	tCO ₂ /h	1.18	1.41	
CO ₂ 削減量（将来）	tCO ₂ /h	0.69	0.49	?
ケース 2		抽気 0%	抽気 50%	
		電気	電気	熱
供給量	GJ/h	7.46	5.68	9.37
供給量	kW	2,071	1,577	2,602
CO ₂ 削減量（現状）	tCO ₂ /h	1.20	0.91	0.53
CO ₂ 削減量（現状）合計	tCO ₂ /h	1.20	1.45	
CO ₂ 削減量（将来）	tCO ₂ /h	0.70	0.53	?
ケース 3		主蒸気 0%	抽気 50%	
		電気	電気	熱
供給量	GJ/h	7.19	3.59	13.2
供給量	kW	1,997	998	3,665
CO ₂ 削減量（現状）	tCO ₂ /h	1.16	0.58	0.75
CO ₂ 削減量（現状）合計	tCO ₂ /h	1.16	1.33	
CO ₂ 削減量（将来）	tCO ₂ /h	0.67	0.34	?

ケース1からケース3までいずれの場合も、抽気を行わない場合（発電のみ）に比較し抽気50%（または主蒸気50%）を電力と熱で利用した場合に二酸化炭素削減量が大きくなった。すなわち現時点では、今回の単純な比較条件下の計算結果に基づけばCO₂排出量の面からは、電力利用だけではなく熱利用を行ったほうが一般的には有利な計算結果となるといえる。なお、抽気を行わない場合（発電のみ）、抽気50%（または主蒸気50%）を利用する場合、いずれの場合においてもケース2で最も二酸化炭素削減量が多くなることが示された。

将来的には、表Ⅲ-1-(2)-6に示したとおり、電気のCO₂排出係数は低下することが見込まれているため、発電によるCO₂削減効果は（全電源と比較した場合には）小さくなると想定される。一方、長期エネルギー需給見通しからは、将来の熱の排出係数を想

定することは困難であるため、抽気蒸気利用との比較は直ちには困難である。

表Ⅲ-1-(2)-6 試算に使用した CO₂ 排出係数

電気による CO ₂ 排出係数 (現状) ※1	0.000579	tCO ₂ /kWh
電気による CO ₂ 排出係数 (将来) ※2	0.000370	tCO ₂ /kWh
熱による CO ₂ 排出係数 ※1	0.000205	tCO ₂ /kWh

※1：電気の排出係数は、「電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)ー平成26年度実績ー」(H27.11.30公表)における「代替値」(国が公表する電気事業者ごとの実排出係数及びそれ以外の者から供給された電気の場合に実測等に基づく適切な排出係数を用いて算定が困難な場合に代替する係数。総合エネルギー統計における外部用発電(卸電気事業者供給分)と自家発電(自家発電の自家消費及び電気事業者への供給分)を合計した排出係数の直近5カ年平均を国が算出するもの。)を用いた。熱の排出係数は、区分「蒸気(産業用のものは除く。)、温水、冷水」の0.057tCO₂/GJを用いた。

※2：2015年7月に電気事業連合会等から公表された「電気事業における低炭素社会実行計画」による2030年度の二酸化炭素排出係数0.37kgCO₂/kWhの値を採用した。

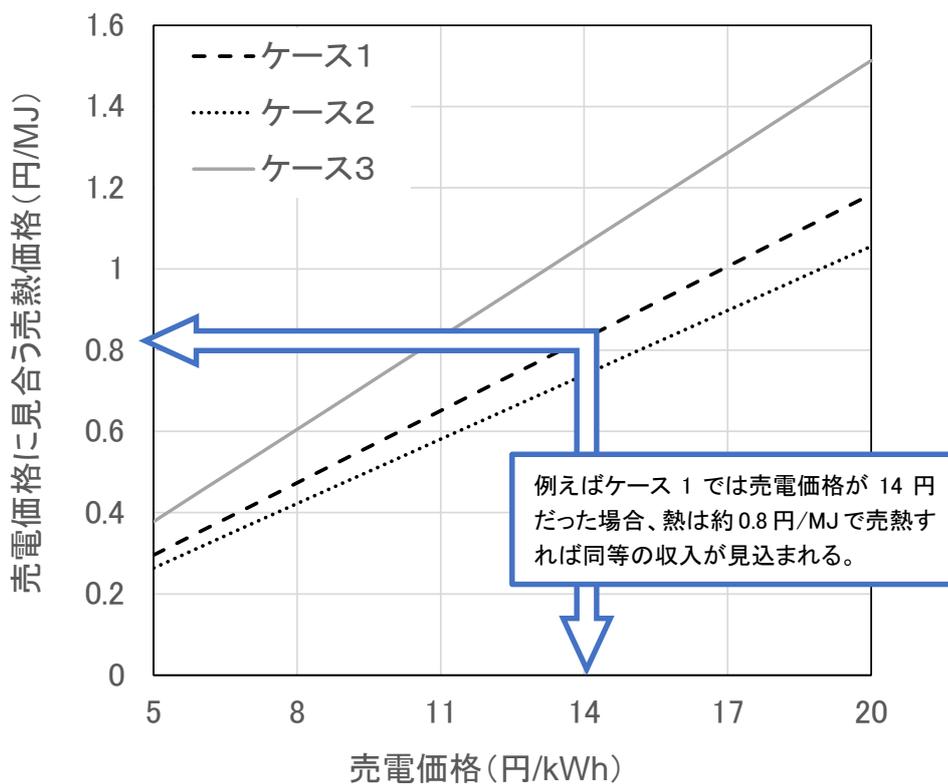
d) 売電収入とのトレードオフについて(エネルギー供給側の視点)

売電の減少により失われる売電収入とちょうど等価になるだけの熱の販売価格を算定した。熱を供給するためだけに焼却施設側に追加的に必要となる設備の減価償却(逆に発電設備が縮小できる可能性)などは無視した。その結果、売電単価が例えば8円/kWh上昇した場合、それに見合う売熱単価は0.5円/MJ(0.3MPaA, 200℃)～0.6円/MJ(4MPaA, 400℃)程度増大すると試算された。

表Ⅲ-1-(2)-7 売電収入と見合う売熱価格の試算例
(設備費等については考慮していない)

売電価格に見合う売熱価格			売電価格(円/kWh)		
			10	14	18
ケース1	2,954kJ/kg	円/MJ	0.6	0.8	1.1
	(1MPaA, 255℃)	円/t	1,610	2,260	2,910
ケース2	2,866kJ/kg	円/MJ	0.5	0.7	1.0
	(0.3MPaA, 200℃)	円/t	1,390	1,950	2,510
ケース3	3,200kJ/kg	円/MJ	0.8	1.1	1.4
	(4MPaA, 400℃)	円/t	2,230	3,120	4,020

注：ここでの熱の価格にいう「MJ」は、抽気蒸気もっているエンタルピーから、外部熱供給後に還管で焼却施設に戻る温水の持つエンタルピー(60℃・251kJ/kgを想定)を差し引いた熱量を指す。



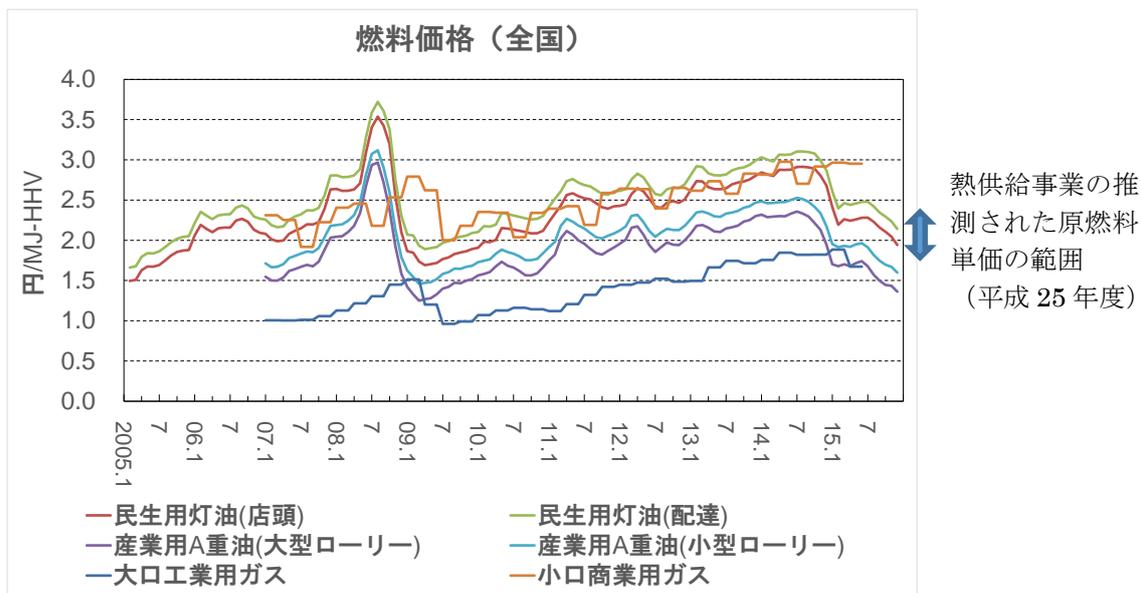
図Ⅲ-1-(2)-8 売電価格が変化した場合の熱の価格の変化

e) 購入燃料とのトレードオフについて（エネルギー需要側の視点）

ハ) 燃料単価との比較

全国平均での燃料単価の近年の推移を下図に整理した。最近では原油価格の下落に伴い、産業用A重油（大型ローリー）で1.5円/MJ-HHVを下回っており、民生用灯油（配達価格）でも2.5円/MJ-HHVを下回っている。ただし、この10年の中では、急激な上昇や下落、あるいは継続的に上昇した時期もあるなど、変動が大きい。

一方、売電収入減少とみあう売熱価格（エネルギー分のみ）は、ケース1の場合、売電価格が14円/kWhでは0.8円/MJ程度、18円/kWhでは1.1円/MJ程度となるため、純粋なエネルギーコスト部分では、化石燃料を十分下回ることが期待できる。



図Ⅲ-1-(2)-9 燃料価格の推移と熱供給事業の原燃料単価

二) 熱供給原価との比較

熱供給事業（地域冷暖房）の熱販売単価は熱供給事業者ごとに異なるが、地域別及びエネルギーの形態（温水、蒸気、冷水、給湯等）別の平均単価が公表されている。それによれば、エネルギー形態を合計すると、北海道が最安価で4.36円/MJ、九州が最高値で6.73円/MJ、全国平均が6.32円/MJである。（平成25年4月1日から平成26年3月31日までの値、出典：平成26年版熱供給事業便覧）

一方、平成25年度は、熱供給事業営業収益は148,168百万円¹⁴で、これに対する営業費用136,007百万円のうち、燃料費31,001百万円、冷温熱購入費2,624百万円、電力量19,448百万円であった。また、平成25年度販売熱量は22,901,734GJに対して、原・燃料使用量の総熱量（電力1kWh=3.6MJで換算）は、23,353,352GJであった。（出典：同上）また、示されている数値に対して、電力を受電端投入熱量として9.484MJ/kWhで換算すると、原・燃料使用量の総熱量は29,691,691GJと計算された。

そこで、試みに原・燃料費用を上記3つの合計（53,073百万円）として、これを原・燃料使用量で除すと、熱供給事業の原・燃料単価は2.3円/MJ（1kWh=3.6MJ）または1.8円/MJ（1kWh=9.484MJ）と大まかに推測された。

ごみ焼却による熱供給コストは、売電収入の低下とみあう価格設定としても、エネルギー部分だけであれば、この水準を下回ることができる。そこで、ランニング・コスト部分での収支成立有無は、維持管理費をどこまで抑制できるかによると考えられる。

今後は、既存事例の調査等により、ごみ焼却の排熱供給をはじめとする熱供給部分での、維持管理費等も含めたコストの実態の把握が望まれる。

¹⁴ ただし、同書に示された平成25年度熱売上高144,711百万円よりも少しだけ大きい。

f) 地域経済の活性化・雇用創出等の可能性

民生利用の場合には、家庭や事務所、病院等の需要家の冷暖房や給湯に係る総合的な費用の抑制効果が期待されるが、産業利用の場合には、地域の新たな収入源や雇用の創出につながることを期待されると考えられる。

産業利用の場合の例として、農業利用をここでは想定して簡単な検討を行う。なぜならば、大規模施設園芸は、温湿度・二酸化炭素濃度などの統合的環境制御が行われることにより周年的な栽培が可能となることから、雇用創出効果が見込みやすくなると考えられるためである。山田(2008)¹⁵によれば、実態調査した3法人の平均として、平均すると1haあたり専従者3名とパート12名程度の労働力を必要としている。

大まかなイメージとして、仮に施設園芸側に必要な熱量を1 MJ/(m²・時間)¹⁶とすると、100t/日程度で外部熱供給可能量が10 GJ/時間であるならば、1haの栽培が可能になり、専従者とパートの合計で15名の直接的雇用が創出される。

わが国の施設園芸での代表的品目はトマトである。10aあたり30t、1kgあたり300円で販売できたとすると、1haでの事業規模(年間売上高)は300(t/年)×300(円/kg)=9千万円となる。

参考のために、焼却炉の建設及び維持管理費用と規模を比較する。日処理規模100トン以上の熱回収施設の整備費用が69,268千円/(t・日)¹⁷とすると、100t/日炉では、約69億円である。25年間で仮に建設費と同額の維持管理費を要したとすると、合計(ライフサイクルコスト)は単純に合算すると138億円となり、25年間で除すと、5.5億円/年となる。

¹⁵ 山田勝「大規模施設園芸の経営課題」愛知農総試研報, 40, 9-14(2008)

¹⁶ 全国都市清掃会議「ごみ処理施設整備の計画・設計要領(2006改訂版)」より施設園芸の場合の値を採用。

¹⁷ 「都市と廃棄物」環境産業新聞社, Vol. 45, No. 7 (2015)より平成26年度の熱回収施設実勢価格動向の値を採用。

2) ボイラ蒸気を高温高圧用途（火力発電、化学工業）に利用する場合

ボイラ蒸気を外部に供給する場合には、高温高圧を生かした用途でなければ、エネルギー有効利用の観点からは損失が大きい。

本業務では、高温高圧用途として、火力発電及び製造業（化学工業）に対してボイラ蒸気を供給する場合について、既往研究事例を確認・整理した。

①火力発電との組み合わせ方式及び既往研究における評価結果

厚生省生活衛生局水道環境部「ごみ焼却エネルギーの広域回収利用技術・システム開発に関する調査（平成3年度報告書）」（平成4年3月）においては、ごみからのエネルギーと、他の燃料源によるエネルギーとを結合させて熱利用を図るモデルの分類として、①燃料結合、②ガス結合、③蒸気結合、④電気結合（送電線利用）に区分した上で、③蒸気結合については、いくつか組み合わせモデルが考えられるとして、詳細な説明を行っている。

具体的には、他発電設備との蒸気結合モデルは国内ではあまり例を見ないが、欧州などでは都市ごみ焼却からの発生蒸気を火力発電の補助蒸気として利用しているケースがあるとした上で、今後の参考のためとして、表Ⅲ-1-(2)-8にまとめたような分類を試みている。なお、いずれのケースも、ごみ焼却排ガスと主ボイラ排ガスは分離されているので、主ボイラの腐食、伝熱面の汚染のおそれはないとしている。

表Ⅲ-1-(2)-8 他発電設備との蒸気結合モデルの分類と特徴

① 補機駆動モデル	ごみ焼却発生蒸気で、火力発電用の通風機類やボイラ冷水ポンプの駆動ないしは燃料加熱を行う。
<p>a. 高圧復水器を設置することにより、ごみ焼却ボイラのための運転ができる。</p> <p>b. 火力発電用タービン抽気によるごみ焼却場内用暖房などの蒸気源の確保で、発電プラントの単独運転が可能である。</p> <p>c. ごみ焼却ボイラ、火力発電ボイラとも独立して設計ができる。</p> <p>d. 火力発電プラント側蒸気条件は最新鋭火力と同等のものが採用できる。</p> <p>e. ごみ焼却ボイラ発生蒸気を常に100%利用するためには、ごみ焼却量に対してできるだけ大容量発電プラントと結合する必要がある。</p> <p>f. ごみ焼却ボイラの蒸気量変動は、タービン抽気によるバックアップにより、ある程度吸収できる。</p> <p>g. 補機駆動後のタービン排気は主ボイラ・タービンの排気と一緒に冷却し、給水ラインも併用することが可能。</p>	
② 直接給水加熱モデル	火力発電用のボイラ給水加熱をごみ焼却用ボイラで行う。

- a. ごみ焼却炉の単独運転に対しては、他の蒸気冷却装置を考慮する必要がある。
- b. 発電プラント単独運転は、ごみ焼却炉を給水バイパスすることにより可能である。
- c. ごみ焼却炉側のボイラは給水加熱の役目を行うので、火力発電用ボイラの条件に合わせた設計を要する。
- d. 発電プラント蒸気条件は、最新鋭火力と同等のものが採用できる。
- e. ごみ焼却量の変動は、火力発電用ボイラ独自の給水加熱および給水バイパスを用いることにより主ボイラ側である程度吸収できる。
- f. ごみ焼却量に対する発電プラント容量は大きい方が影響が少ない。

③ 間接給水加熱モデル	火力発電用のボイラ給水加熱をごみ焼却用ボイラからの発生蒸気により行う。
-------------	-------------------------------------

- a. 高圧復水器を設置することにより、ごみ焼却ボイラのみ運転ができる。
- b. 火力用発電タービン抽気による給水加熱で発電プラントの単独運転も可能である。
- c. ごみ焼却ボイラ、火力発電ボイラとも独立して設計ができる。
- d. ごみ焼却ボイラ発生蒸気を常に 100%利用するためには、ごみ焼却量に対して、できるだけ大容量発電プラントと結合する必要がある。
- e. ごみ焼却ボイラの蒸気量変動は、タービン抽気による給水加熱器でカバーされるので、ボイラへの給水温度変動はなく、発電量の変動は主ボイラで吸収できる。

出典：厚生省生活衛生局水道環境部「ごみ焼却エネルギーの広域回収利用技術・システム開発に関する調査（平成3年度報告書）」（平成4年3月）より作成

小川紀一郎ら（2013）¹⁸は、廃棄物焼却炉から発生した蒸気を火力発電所の給水系に導入した際の、火力発電側、廃棄物発電側の効率面、経済面での評価（机上検討）を行っている。

廃棄物焼却で発生した蒸気を火力発電所で利用するシステムでは、仮に火力発電量を一定とした場合においては、発電所側から見たごみ発電蒸気の導入によって、化石燃料が節減されることにより、350MW規模では効率面（化石燃料入熱基準）では従来レベルの発電効率（約42%）より高い44%が得られることが示されている。

表Ⅲ-1-(2)-9 焼却炉設計条件

ケース	従来方式	本提案方式	
	A	B	C
ボイラ	4MPa × 400℃	3MPa × 300℃	3MPa × 飽和
バグフィルタ入口温度	180℃	180℃	180℃
SGH有無・出口温度	有・210℃	有・210℃	有・210℃
SCR有無	有	有	有
白煙防止器	無	無	無

（注 SGH：蒸気式ガス加熱器、SCR：触媒脱硝装置）
出典：小川，2013

¹⁸ 再生可能エネルギー利用火力発電システム，小川紀一郎，石田敬一，蓮池宏，保田静生，遠藤雄樹，山田勝重，2014年7月，火力原子力発電，65(6)，450-458.

また、このことを、焼却炉側から見た場合には、焼却炉基準発電効率で「従来方式」(4MPa, 400℃) よりも高い、約 30% の発電効率が見られることが示されている。

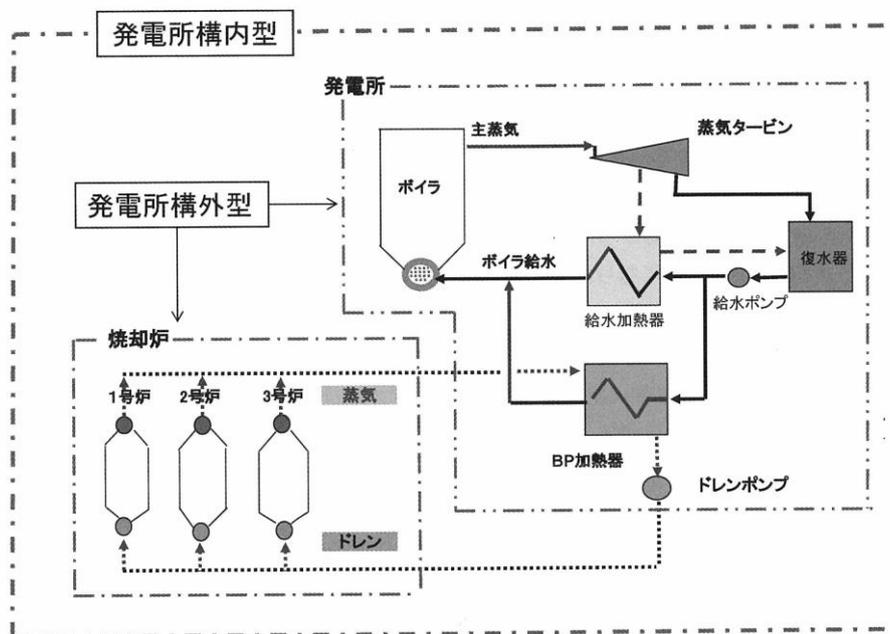


図 III-1-(2)-10 システム概念

出典：小川紀一郎、蓮池宏、遠藤紀一、谷内田淳一、大内優、谷川博昭、中村昭史、谷川直彦「再生可能エネルギー利用火力発電システム—RPF 利用火力発電システム実用化 FS—」火力原子力発電、712(67)、2016. 1

なお、蒸気輸送距離に応じて輸送される蒸気条件が低下することから、導入効果が輸送距離の関数として整理されている。その結果によれば、焼却炉の規模にもよるが、2km 程度以内であれば、焼却炉基準発電効率は「従来方式」よりも高いことが示されている。

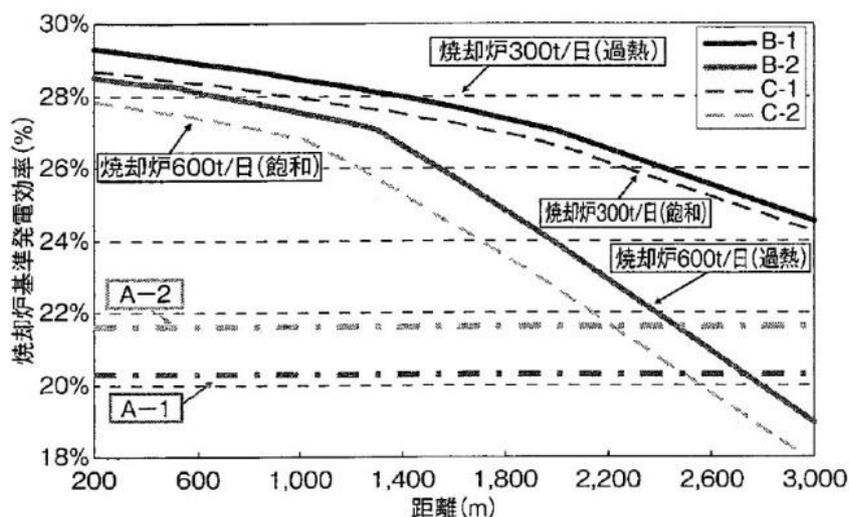
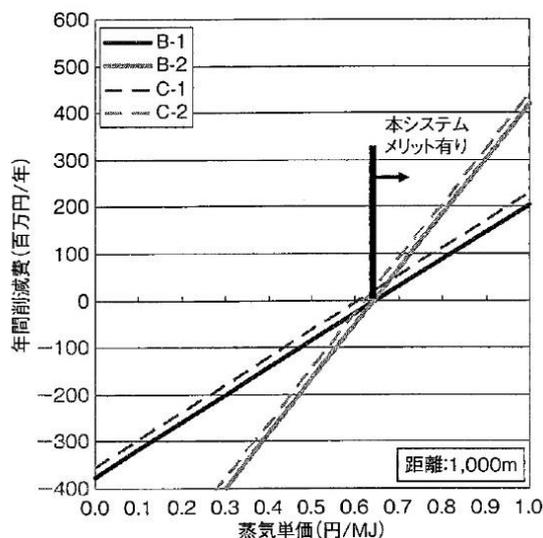


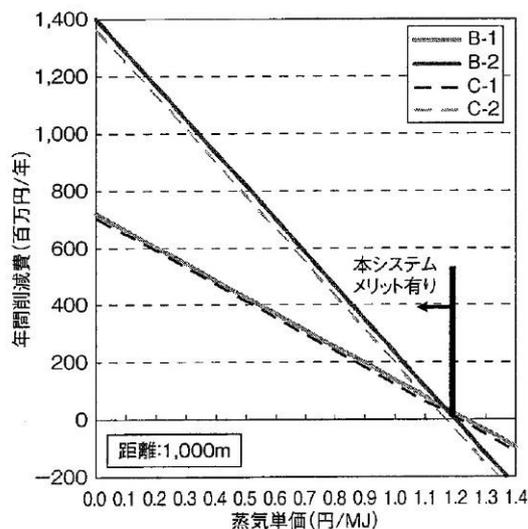
図 III-1-(2)-11 距離と焼却炉基準発電効率の変化

出典：小川, 2013

また、両施設が約2km程度の距離に存在するならば、両者に益する蒸気単価の設定が可能であることが示されている。これは、廃棄物発電側からみれば、なるべく売却する蒸気単価は高い方が良く、少なくとも、自ら発電する場合よりはメリットが得られる必要があり、一方、発電所側からみると蒸気購入の方が、燃料削減によりも効果大きいことが反映されているものと考えられる。



図Ⅲ-1-(2)-12 年間削減費（焼却炉側）
（距離 1,000m）



図Ⅲ-1-(2)-13 年間削減費（発電所側）
（距離 1,000m）

両図の出典：小川（2013）

なお、いずれの基準でも、実質的な発電効率が向上することから分かるように、本システムは、無論、CO₂排出量削減効果がある。

小川(2013)においては、ごみ発電価格（機会費用といえる。）は、10円/kWhとなっており、現状のFITの買取価格からすれば安いので、一見、本システムが成り立ちにくい可能性があるように思われるが、一方で、そこから蒸気価格の設定を導く際の発電効率がごみ発電効率より高めであるために、本調査で検討したトレードオフよりも、成立する蒸気販売価格を厳しく見積もっている面があり、両者が相殺する方向にある。

また、廃棄物ボイラ蒸気を利用した火力発電所において、もしもこれがバイオマス発電であるとして、FITの設備認定が得られるならば、火力発電所側は売電価格を向上できる可能性があるために、売熱単価を向上できる可能性があるのではないかと。この点は、平成26年度環境省委託事業「平成26年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究成果報告書」（平成27年3月、一般財団法人エネルギー総合工学研究所、中国電力株式会社）（以下、「廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究」という。）において、一般電気事業者であれば困

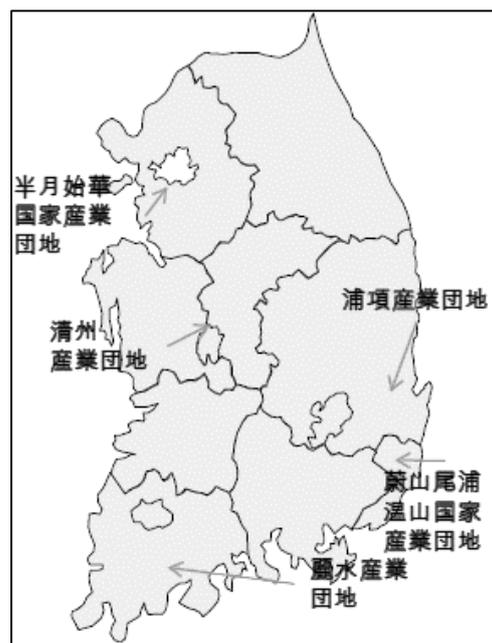
難としつつ、その可能性が指摘されているところである。同研究では RPF 焼却炉を発電所構内（システム概念図の「発電所構内型」）に設置する場合について言及されているが、ごみ（または RDF）の場合、バイオマス発電システムとしての一体性が高いケースであると考えられる。

②産業利用（化学工業）の事例研究結果

韓国では、2003 年、EIP（エコインダストリアルパーク）構築事業推進計画が樹立され、試験事業のための事前企画研究事業のあと、1 次年度としては 2005 年 11 月に浦項、麗水、蔚山（ウルサン）尾浦・温山が、また、2006 年 9 月に半月・始華、清州が、それぞれ選定されている¹⁹。なお、EIP は、日本でいうエコタウンのようなものと考えられる。

ウルサン広域市のエコインダストリアルパークについて述べている Behera et al. (2012)²⁰より、その一部である Sungam ごみ清掃工場を以下に取り上げる。同施設は、1 炉あたり 115,000t/年²¹を 2 炉有し、300t/日の焼却結果として生成される熱を用いて 45t/時の蒸気（圧力：16kgf/cm² =1.57MPa）が生産されていた。このうち 23t/時は発電²²（1500kWh）に用いられ、11t/時は温水製造²³に用いられ、残りは復水されていた。

しかしながら、テレフタル酸（TPA）工場へと供給する連携後は、30t/時²⁴が TPA 工場へと供給され、15t/時が清掃工場自身の必要性のために用いられるようになった。



図Ⅲ-1-(2)-14

韓国のモデル EIP（1 次年度）

出典：NTT データ経営研究所(2010)

¹⁹ 株式会社NTTデータ経営研究所「平成 21 年度産業技術研究開発委託費 アジア大の 3 R ネットワーク構築プロジェクト 北東アジアにおける循環経済構築のための交流促進事業 報告書」平成 22 年 3 月 31 日（経済産業省 調査資料）

http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h21fy/22fy2203-1_asiadaihokutou.html

²⁰ SK Behera, JH Kim, SY Lee, S Suh, HS Park, “Evolution of ‘designed’ industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: ‘research and development into business’ as the enabling framework”, Journal of Cleaner Production 29, 103-112

²¹ Park&Park(2014)によれば、2000 年に建設され、日焼却能力は 200t/日×2 炉

²² 同、所内動力（自家消費）。

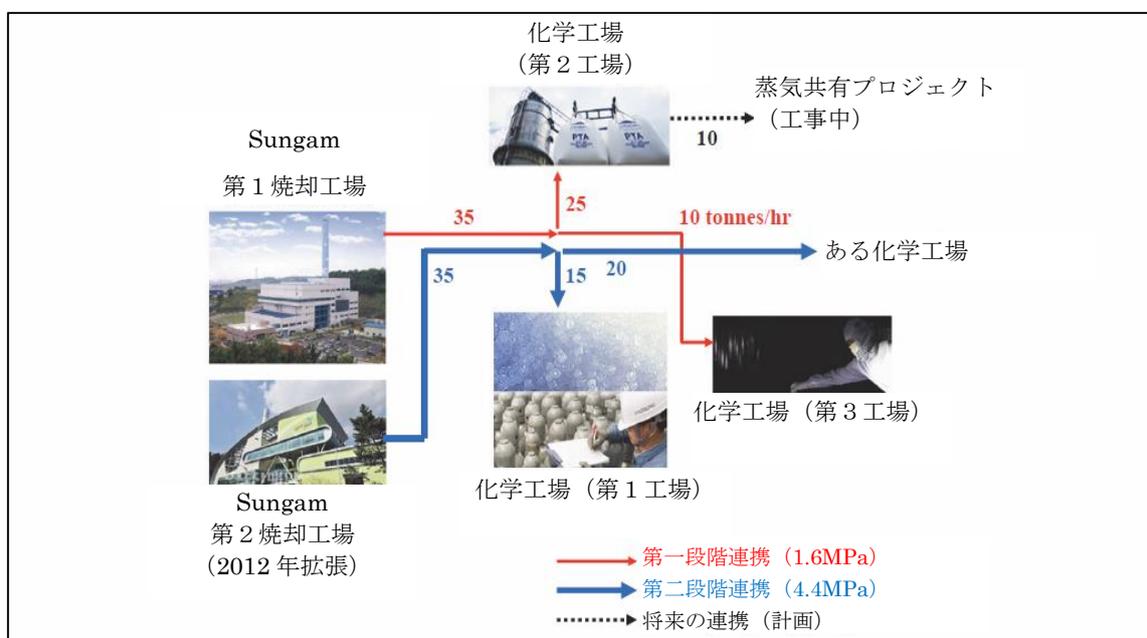
²³ 同、同一敷地における生ごみのコンポスト化施設で使用。

²⁴ 同、当初化学工場が使用していた蒸気量は 25t/時までしか使用できなかったもので、MOC 締結後に化学工場事業者は第 3 工場の建設を開始し、2009 年 1 月より蒸気需要量が拡大された。

連携前は、TPA 工場は 7t/時の蒸気を製造するために、BC 重油を 67L/時消費していた。

この連携のための研究期間は 4 ヶ月、交渉期間は 21 ヶ月²⁵、研究開発費は 1 万ドルであり、事業としては、投資が 5 百万ドル²⁶、利益（双方合算）が 7.1 百万ドル/年で、投資回収年は 0.7 年²⁷と報告されている。環境面では CO₂ では年間 55,500t の削減とされている。

また、Park & Park (2014)²⁸によれば、さらに、この中圧蒸気による第一次供給の成功を受けて、次の焼却炉（第二工場）はボイラ設計に変更が行われた。すなわち、中圧蒸気は、それ以上の需要はなかったため、高圧蒸気（45kgf/cm²=4.4MPa）の需要をみたすために、中圧蒸気による発電機を設置する初期の計画を破棄し、ボイラ設計を変更した。



図Ⅲ-1-(2)- 15 Sungam の二つの焼却工場の蒸気フロー

出典：Park&Park(2014)より引用・仮訳

²⁵ 同、2006年7月にウルサンのFS調査が開始、2007年3月に同化学工場が蒸気需要家として選定、2007年6月には民間事業者とウルサン市及びウルサンEIPセンターがMOU締結、11月に蒸気パイプラインが建設開始、2008年6月に第一次の蒸気共有が開始された。さらに、2009年1月からは供給蒸気量が15t/時から34t/時への拡大の計画である。

²⁶ 同、蒸気パイプラインは約1kmで72億KRW（約2.9百万ドル）とされている。省エネ法に基づくESCOによるファイナンスが行われた。

²⁷ 同、1年6ヶ月と推測されたとあるが、これは事前の値かもしれない。

²⁸ Joo Young Park and Hung-Suck Park, "Securing a Competitive Advantage through Industrial Symbiosis Development: The Case of Steam Networking Practices in Ulsan", Journal of Industrial Ecology, 18(5), 677-683, 2014

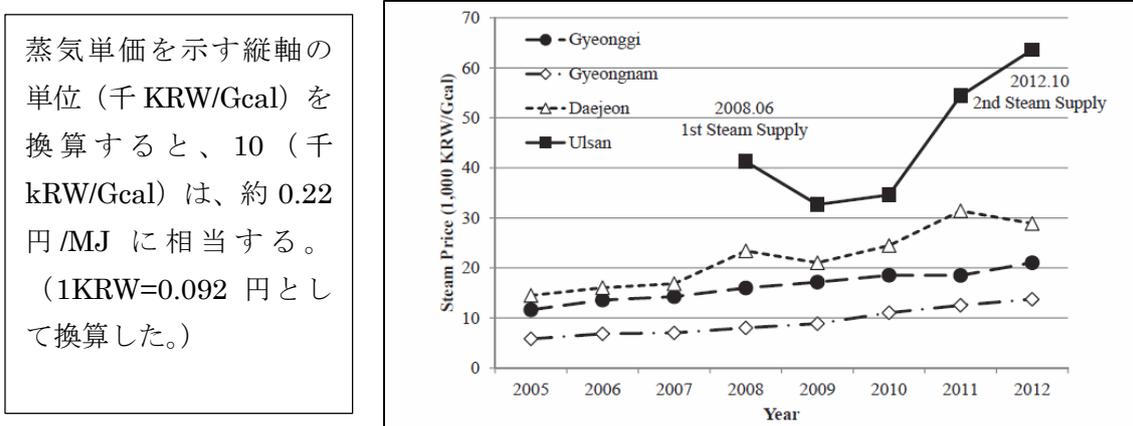
そして、一連の事業の効果について、以下のように述べられている。

プロジェクト開始後、蒸気販売量は毎年増加してきた。収入は、2009 年は 25 億 KRW (2.5 百万ドル)、蒸気供給量が拡大した 2011 年はその 2 倍とされており、2012 年 10 月からは高压蒸気を供給するようになっているが、2013 年は約 3 倍となっている。一方、化学工場側も熱源転換により 2012 年には 37 億 KRW (3.7 百万ドル) の節約になっており、CO₂ でみれば 45,500t の削減とされている。

また、この蒸気供給の最初のプロジェクトの効果として、事業者（暁星）がウルサンを TAC（トリアセチルセルロース）フィルム工場の最終サイトとして選定したことが挙げられている。これによって、1500 億 KRW (150 百万ドル) の投資と 140 人の雇用が生まれ出された。パイプライン建設も 50 億 KRW (5 百万ドル) の投資と 140 人の雇用を生み出した。焼却炉で発電機を導入する計画を放棄したことから、当初予算は 100 億 KRW (10 百万ドル) 削減された。そして、当該地域の自治体と産業が、産業エコロジーが機能すると確信し、さらなるプロジェクトに前向きになるとともに、R&DB（研究開発からビジネスへ）フレームワークと PPP（公民連携）に基づく体系的な戦略が構築され、後続のプロジェクトに適用されたことも効果として述べられている。

また、多くの他の地域の公共のごみ清掃工場では、消費者価格のインフレに伴い一般的にチップングフィーを増加させているのに対して、ウルサンでは韓国の平均的またはやや低い水準のチップングフィーの値上げを凍結できていると述べられている。

なお、ウルサンの蒸気販売価格は他地域に比べて高い値で推移しているとされている。



図Ⅲ-1-(2)-16 韓国の4つの清掃工場から販売されている蒸気の単価

出典：Joo Young Park and Hung-Suck Park(2014)より引用

図注仮訳) 他の市・道のデータは、価格レベルパターンが同様であるか、または価格がゼロであるために、グラフからは省略されている。Chungnam (忠南) 及び Busan (釜山) の蒸気価格の範囲は、Daejeon (大田) の範囲と同様である。Daegu (大邱)、Seoul (ソウル) 及び Incheon (仁川) の蒸気価格は Gyeonggi (京畿) と同様なパターン及び範囲である。データは韓国環境省による。

引用注) 本文では、多くの地域では、not-in-my-backyard に対して市内に清掃工場を位置するために、地域熱供給が用いられており、蒸気を安価に供給しているとの記載がある。なお、単位換算結果より、多くの地域では 0.4 円/MJ 前後に対して、ウルサンでは 0.8 円/MJ 程度であったのが、高压蒸気の供給に伴い、1.3 円/MJ 程度となっていることが分かる。

③謝辞

本項の作成においては、環境省環境研究総合推進費 3K143016「都市廃棄物からの最も費用対効果の高い資源・エネルギー回収に関する研究」（平成 26～28 年度）（研究代表者：（国研）国立環境研究所 藤井実）においてレビューされた結果より、本調査に関連性の高い研究事例の紹介をいただいて整理を実施したものであり、ここに謝意を表す。

3) 民生需要を抽気蒸気で賄う場合の詳細な比較検討

1) 項での試算検討より、単純計算では、CO₂ 排出量の面からは抽気蒸気を用いた外部熱供給が一般的には有利という評価になることが分かった。また、将来的には、電気の CO₂ 排出係数は低下することが見込まれるため、発電による CO₂ 削減効果は（全電源と比較した場合には）小さくなると想定されるため、この点では外部熱供給がさらに有利となる。一方で、長期エネルギー需給見通しからは、将来の熱の排出係数を想定することは困難であり、将来も廃棄物焼却で熱回収した蒸気の外部供給の優位性が確保されるのかは、代表的な代替方法と比較しておく必要があるのではないかと考えられる。

火力発電や化学工業に比べて、必要な温度レベルが低い民生需要として、例えば冷暖房需要などを念頭におくと、抽気を行わない場合の代替的な熱の供給方法としては、以下のような方法が考えられるのではないかと。

- 化石燃料の単純燃焼（ボイラ）
 - 1. (1) 2) で把握した過去の検討事例などからも分かるように、廃棄物発電施設から抽気蒸気を供給するほうが有利（場合によってはボイラ蒸気を供給する場合でも有利）であると考えられる。よって、化石燃料ボイラ方式との比較検討は、二酸化炭素削減効果の評価上、焦点とならないと考えられる。
- ヒートポンプ技術
 - ヒートポンプ技術の発達により、例えば電気により必要な熱を移動させたほうが有利となる可能性はあるが、その優劣は、原理的には、ヒートポンプの COP と、廃棄物発電での抽気と発電のトレードオフの大小関係により定まると考えられる。しかし、詳細には、補機類のエネルギー消費量、部分負荷率、温度特性等なども考慮する必要がある²⁹。なお、焼却排熱以外の他の未利用エネルギーの利用可能性に応じてヒートポンプの効率は向上しうるが、地域条件によるために、以下では考慮せずに検討するものとした。
- コージェネレーション排熱
 - コージェネレーションの排熱を利用する場合について、廃棄物発電施設からの

²⁹ 下田吉之「都市エネルギーシステム入門」学芸出版社、2014

熱供給といずれが優位であるかは、今回把握した範囲の既存検討事例には含まれておらず、比較検討する必要があると考えられる。

- 自然エネルギーの熱

- 例えば太陽熱を用いて必要温度の熱を生産し、必要な時期に必要な量で対象需要に供給することができれば、廃棄物焼却施設では、当該需要に熱供給を行うよりも全量を発電するほうが有利になるのではないかと考えられる。しかしながら、太陽熱は季節的・時間的な変動があると考えられるので、太陽熱を用いつつ、相対的に安定的な稼働が期待できるごみ焼却熱でアシストするような方式も考えられるのではないかと考えられる。（当該自然エネルギーで発電もできる場合には、さらに比較検討が必要なことも考えられる。）

以上をまとめると抽気蒸気利用の民生需要への有効性の程度を検証していくためには

- 熱需要が多い（熱需要比率も比較的高い）場合には、コジェネとの比較
- 通常の空調需要（特に冷房を含む場合）が中心である場合には、ガスだけではなく、電気も用いた方式（中央熱源、個別分散）との比較

が望ましいのではないかと考えられた。

なお、暖房・給湯などの目的においては、例えば寒冷地などを念頭に、復水排熱・排ガス潜熱の利用可能性を今後検討することも有用であると考えられる。

①検討ケース

調査した既往事例は、化石燃料ボイラを含む地域冷暖房がベースラインに含まれる場合を対象として、焼却余熱供給の優位性が結論されている場合が多い。これらは、少なくともCO₂排出量の削減効果がある点については、一般的に想定される結果がもたらされる場合といえるのではないかと考えられる。

そこで、大きくは以下の2ケース（3ケース）を想定することにより、清掃工場からの蒸気供給が、CO₂排出削減面から、より広い範囲（条件）でも有益といえるのかどうかを検証することとした。

【検討①熱需要比率の高い地域熱供給への供給の場合】

病院などの熱需要が大きい地域熱供給への利用の場合においては、当然、焼却余熱の供給が有用であると推測されるが、ガス式（蒸気式）だけではなく、コジェネと比較した場合でもCO₂排出量削減面で優位性があるのか。

【検討②個別建物への供給の場合】

それほど熱需要が大きい個別建物レベルへの供給を想定した場合でも、焼却余熱供給の優位性があるのか。特に、ガス式の代替だけではなく、(2-1) 電気を主体とした方式や、さらに(2-2) 個別空調方式（ビルマルチ）を想定して比較した場合についてはどうか。

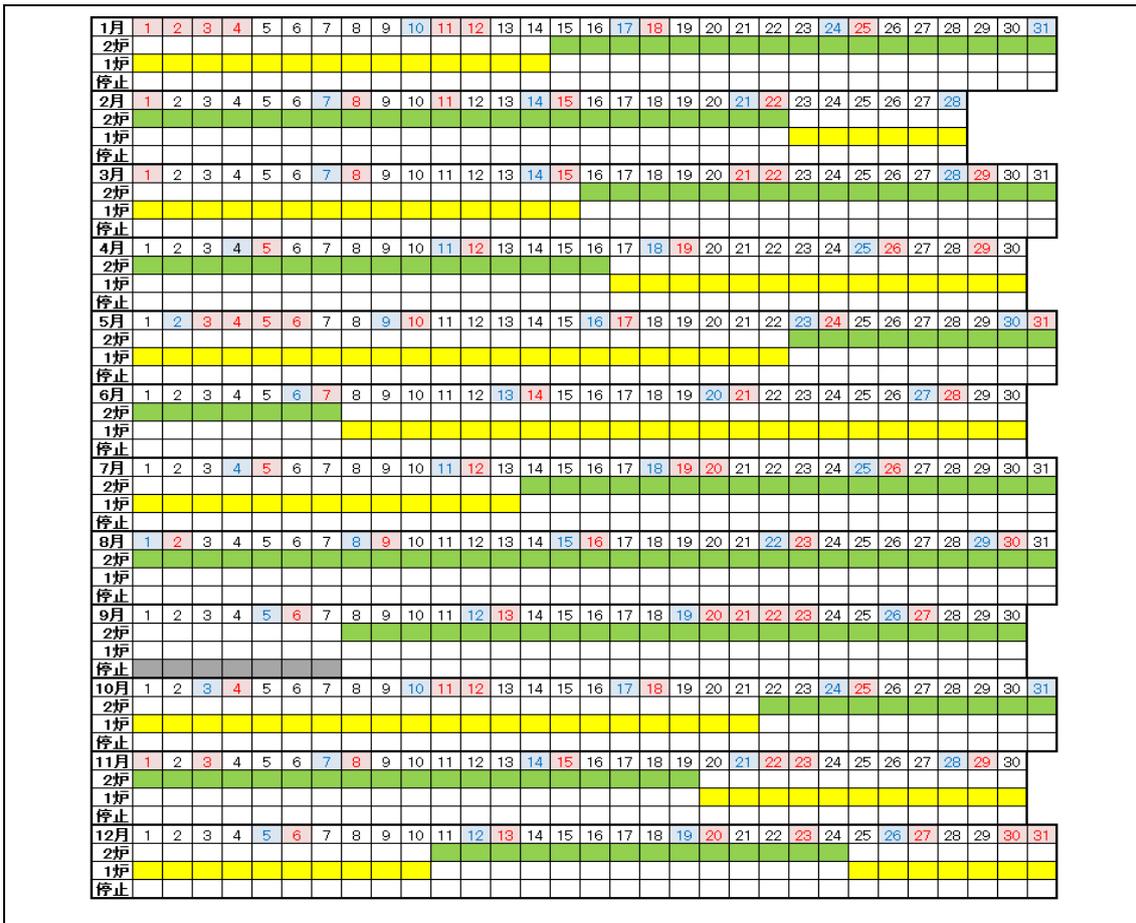
②前提条件及び計算方法

清掃工場の稼働スケジュール、供給蒸気の温度圧力条件、売電・買電単価、二酸化炭素排出係数、蒸気受入単価など検討①、検討②-1、検討②-2で共通の条件を以下に示す。

各ケースの温熱（温水）及び冷熱（冷水）の熱負荷パターンについては、それぞれ、月別に、平日・土曜・日曜ごとに24時間分設定している。以下に示すとおり、24時間365日分の計算を実施した上で、年間合計の結果へと集約した。

表Ⅲ-1-(2)-10 蒸気受入条件と蒸気供給量

清掃工場からの蒸気供給 条件・還り温水条件	圧力	1 MPaA
	温度	255 °C
	還り温水温度	60 °C
蒸気受け入れ条件	圧力	0.785 MPaG
	温度	175 °C
	<p>清掃工場からの蒸気は、年間運転計画に従って供給される。清掃工場から熱源側に蒸気が供給されるまでに約6%（簡単のため送出条件と受入条件での比エンタルピーの比率とした。）の熱ロスが発生すると想定し蒸気受け入れ条件を設定した。</p> <p>ごみ清掃工場から供給される蒸気以上に蒸気が必要な場合は、蒸気利用側のボイラが立ち上がって必要な蒸気量を賄う。最大供給蒸気量より少ない蒸気使用量の場合は、供給蒸気量を必要な量に絞って受け入れる。</p> <p>個別の建物に清掃工場の蒸気を供給する場合、清掃工場からの蒸気は対象地域の事務所ビル2棟の近くに送られ、それぞれの建物に分岐して送られる。2棟それぞれが必要な蒸気量を取込む。不足する場合は、設備内のボイラから供給される。</p>	
蒸気供給量 ・ごみ処理量100t ケース ・ごみ処理量600t ケース	2 炉運転時の最 大蒸気供給量	4.18t/h(処理量100t) 24.89t/h(処理量600t)
	1 炉運転時の最 大蒸気供給量	1.39t/h(処理量100t) 8.30t/h(処理量600t)
	2 炉停止時	0t/h(処理量100t 及び 600t)

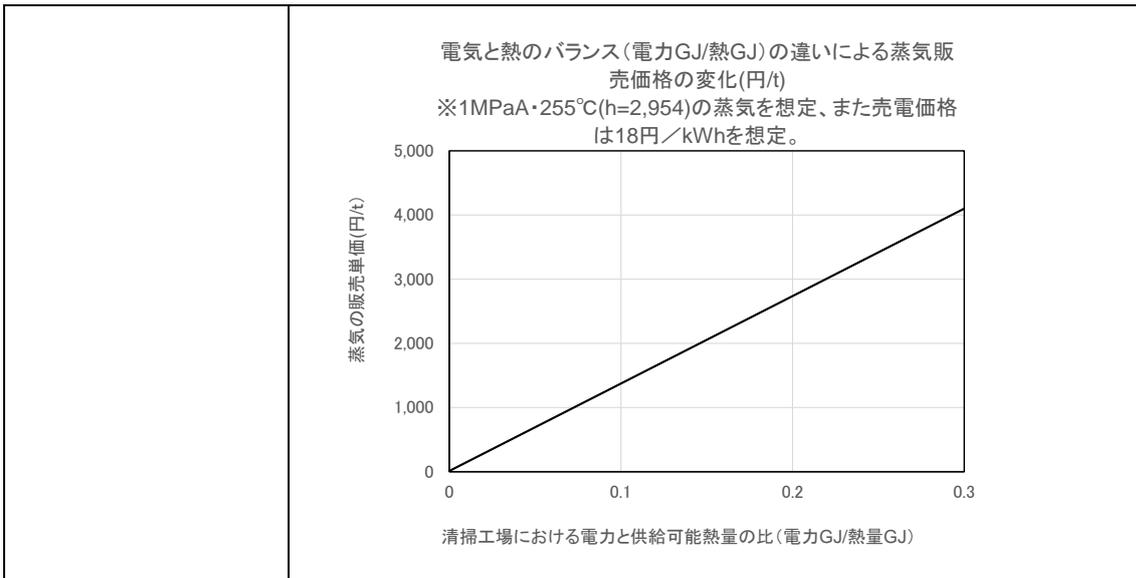


図Ⅲ-1-(2)-17 ごみ清掃工場稼働スケジュール

表Ⅲ-1-(2)-11 コスト及び二酸化炭素排出量の試算条件

ユーティリティー 条件	ガス供給圧力	0.1MPaG 中圧B
	高位発熱量	45 MJ/Nm ³
	低位発熱量	40 MJ/Nm ³
	上水圧力	通常の上水圧力
カレンダー (2015年)	平日	243日
	土曜日	50日
	日祝日	72日
年間電力消費量	熱源電力	熱源電力には、エネルギーを製造する機器（冷凍機、ボイラ、冷水ポンプ、冷却水ポンプ、冷却塔）等が、冷水・温水を製造する時に必要とする電力消費量と、その他電力として計器・電気等の照明、監視盤、機械室の換気扇の消費電力量を計上している。

	ビル側電力	ビル側電力には、照明やコンセントにかかる消費電力量のほか、ファンコイルユニットなど二次側の空調設備における消費電力量をあわせて計上した。
産業用 電力単価 (税込) ※1 (検討①の場合)	基本料金	1,782 円/kW・月
	夏季料金	17.36 円/kWh
	その他季	16.36 円/kWh
業務用 電力単価 (税込) ※1 (検討②の場合)	基本料金	1,684.8 円/kW・月
	夏季料金	18.71 円/kWh
	その他季	17.57 円/kWh
夏季・冬季ガス購入 単価 (税込)	フラットガス 単価	64.8 円/Nm ³
上水・下水使用単価 (税込)	上水	436 円/m ³
	下水	373 円/m ³
コージェネ発電電力 のビル及び外部への 売電単価 (検討①コ ージェネ4基の場合)	夏季料金	16.36 円/kWh (仮定 ※2)
	その他季	15.36 円/kWh (仮定 ※2)
二酸化炭素排出係数 (調整後)	平成25年度東 京電力	0.521 kg-CO ₂ /kWh
	2030年 全国	0.37 kg-CO ₂ /kWh ※3
蒸気購入単価	発電電力量とのトレードオフにより蒸気購入単価は変化する。	<p>下図に、電力価格を 18 円/kWh とし 1MPaA・255℃の蒸気を販売する際の、発電電力量のトレードオフ (電力 GJ/蒸気 GJ) と蒸気販売価格の変化を示す。電力量単価を 18 円/kWh として計算を行った。</p> <p>発電電力量のトレードオフ (電力 GJ/蒸気 GJ) の値によって蒸気の販売価格が異なるため、蒸気受け入れコストが異なり、システム全体のコストの値も変化することになる。</p>



- ※1 平成 26 年 4 月 1 日時点の東京電力料金単価を設定。
- ※2 基本料金は考慮せずに従量料金で 1 円安い金額を設定。
- ※3 2015 年 7 月に電気事業連合会等から公表された「電気事業における低炭素社会実行計画」による 2030 年度の二酸化炭素排出係数 0.37kgCO₂/kWh の値を採用した。(再述)

a) 熱需要比率の高い地域熱供給への供給の場合

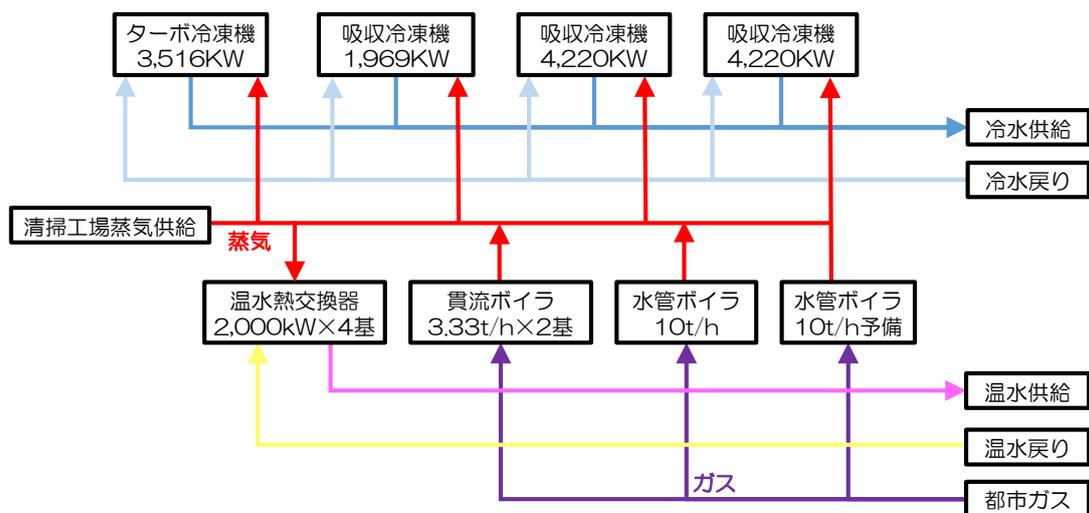
表Ⅲ-1-(2)- 12 に地域熱供給の需要側の条件を示す。

表Ⅲ-1-(2)- 12 地域熱供給の熱需要条件

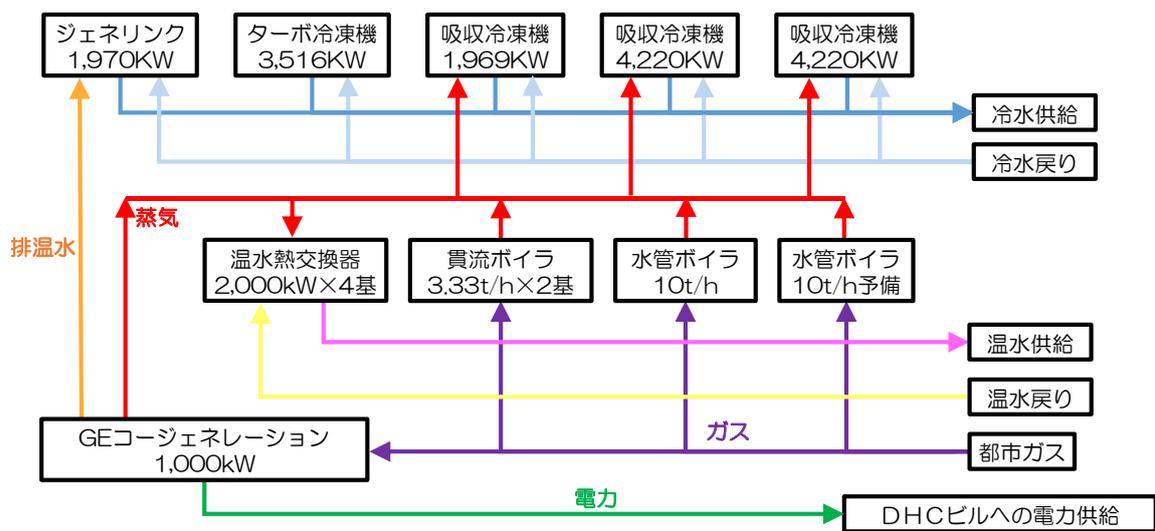
地域冷暖房の 年間供給熱量 (製造)	年間冷房負荷 約 6 万 GJ 供給温度 7°C・設計温度差 7°C 年間温水負荷 約 6 万 GJ (暖房及び給湯) 供給温度 60°C・設計温度差 10°C
想定した供給建物	病院 (1000 床程度)、事務所ビル 3 棟 (計 15 万 m ² 程度)

図Ⅲ-1-(2)- 18～図Ⅲ-1-(2)- 21 に清掃工場から地域冷暖房に蒸気を受け入れた場合、受け入れずにガスコージェネ (1 基) を設置し地域冷暖房に蒸気を供給した場合のシステムフロー図を示す。清掃工場から蒸気を受け入れる場合、吸収式冷凍機の使用を想定したが、立上げに 30 分ほどの時間を要するため、清掃工場から蒸気を受け入れる場合においても、緊急立上げ及び最大負荷対応としてターボ冷凍機も組込んだシステムとしている。

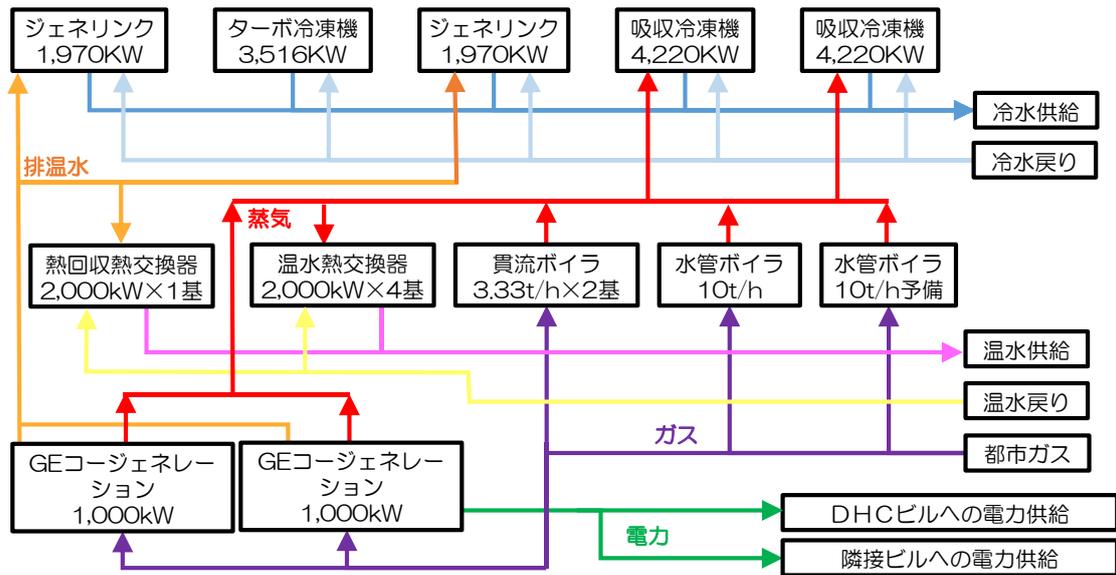
GE コージェネレーションケースにおいて、GE 4 基の場合は土曜、日曜・祝日及び夜間も蒸気や温水を最大限利用することを想定している。一方、GE1 基または 2 基の場合、電力負荷が小さい時間帯は稼働を停止する想定とした。



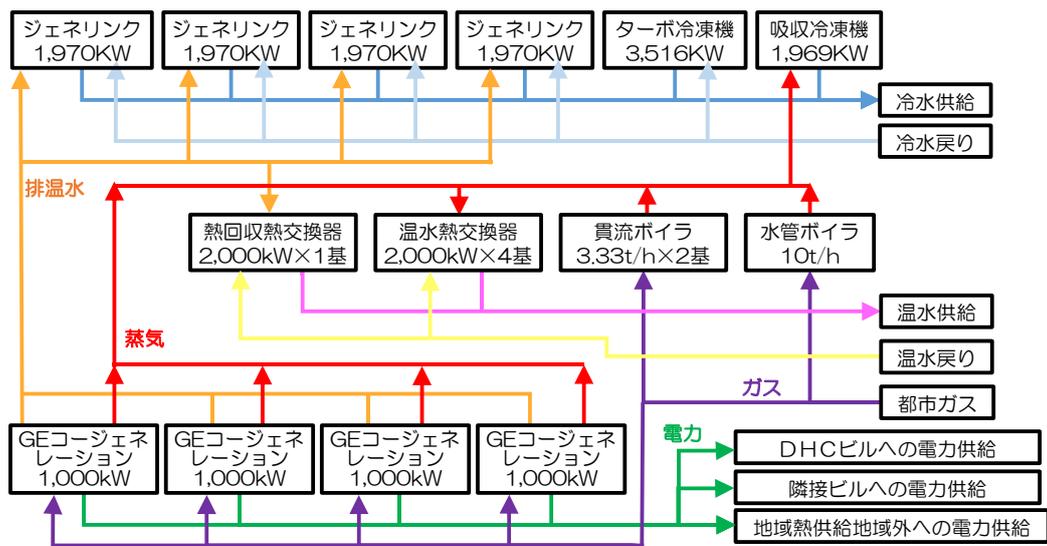
図Ⅲ-1-(2)- 18 清掃工場から地域冷暖房へ蒸気を供給する場合のシステムフロー



図Ⅲ-1-(2)- 19 ガスエンジン1基を地域冷暖房に用いる場合のシステムフロー



図Ⅲ-1-(2)-20 ガスエンジン2基を地域冷暖房に用いる場合のシステムフロー



図Ⅲ-1-(2)-21 ガスエンジン4基を地域冷暖房に用いる場合のシステムフロー

表Ⅲ-1-(2)-13 に比較検討ケースを示す。ガスエンジンとしては、1000kW（50Hz）（発電効率：約 42%、蒸気回収率：約 17%、排温水回収率：約 19%）の機種を想定した。排温水はジェネリンクで活用する。

表Ⅲ-1-(2)-13 地域熱供給における比較検討ケース

ケース	備考（想定）
1) ごみ清掃工場から蒸気を受入れないケース（ガス方式）	
2) 清掃工場から蒸気を受入れるケース（処理量 100t/日）	清掃工場の年間運転スケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
3) 清掃工場から蒸気を受入れるケース（処理量 600t/日）	清掃工場の年間運転スケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
4) 地域冷暖房に 1000kW のガスコージェネレーション 1 基を設置	コージェネ発電電力は全て地域冷暖房設置ビルに供給し発生蒸気及び排温水は、地域冷暖房で利用する。ターボ冷凍機を優先的に運転。※1、2
5) 地域冷暖房に 1000kW のガスコージェネレーション 2 基を設置	コージェネ発電電力は地域冷暖房設置ビル及び隣接するビルに自営線を引いてそれぞれに電力を供給し発生蒸気及び排温水は、地域冷暖房で利用する。ターボ冷凍機を優先的に運転。※2、3
6) 地域冷暖房に 1000kW のガスコージェネレーション 4 基を設置	ガスエンジンからの排温水及び発生蒸気に余剰をできるだけ出ない範囲で運転することとして、土曜日、日曜日及び夜間も発電し、発電電力は全て外部へ託送により売電できた場合との仮定。※4、5、6

※1：ガスエンジン発電 1 基のシステム。地域冷暖房施設内に設置し発電した電力は全て地域冷暖房設置を
設置しているビルへ供給し、発生する蒸気及び排熱は全て地域冷暖房で利用する。発電に必要なユーティ
リティーは地域冷暖房より供給する。システム COP を上げるようにターボ冷凍機を優先的に運転する。

※2：ガスエンジンの運転時間は、ビルでの電力利用であり昼間の平日時間帯 8 時～22 時とし夜間は停止
する。土曜、日祝及び夜間は電力負荷が小さいので停止する。

※3：ガスエンジン発電 2 基のシステム。地域冷暖房施設内に 2 基とも設置し自営線を地域冷暖房設備に隣
接するビルに敷設し、地域冷暖房設置ビル及び隣接するビルへ電力をそれぞれのガスエンジンより供給し、
発生する蒸気及び排熱は全て地域冷暖房内で利用する。発電に必要なユーティリティーは地域冷暖房より
供給する。システム COP を上げるようにターボ冷凍機を優先的に運転する。

※4：ガスエンジン発電 4 基のシステム。GE からの排温水及び蒸気を地域冷暖房で有効利用しできるだけ
余剰を出さないように GE の台数を決定した。排温水は、ジェネリンク及び熱回収熱交換器で利用し、冷水
負荷の不足分は、ターボ冷凍機及び吸収冷凍機で供給。余剰電力は託送料金なしで全量売電できるとして
おり、現状での実現性を踏まえると仮想的な性格の強いケースである。

※5：温水負荷不足分は、温水熱交換器で供給。

※6：発電電力は、全て託送により売電できるものと仮定し、土曜日、日曜日及び夜間も排温水及び蒸気の
余剰ができるだけ出ない範囲で運転する。

b) 個別建物へ供給の場合（20,000 m²中央熱源方式）

表Ⅲ-1-(2)- 14 に需要側建物の熱及び冷水需要を示す。

表Ⅲ-1-(2)- 14 20,000 m²事務所ビルの熱需要条件

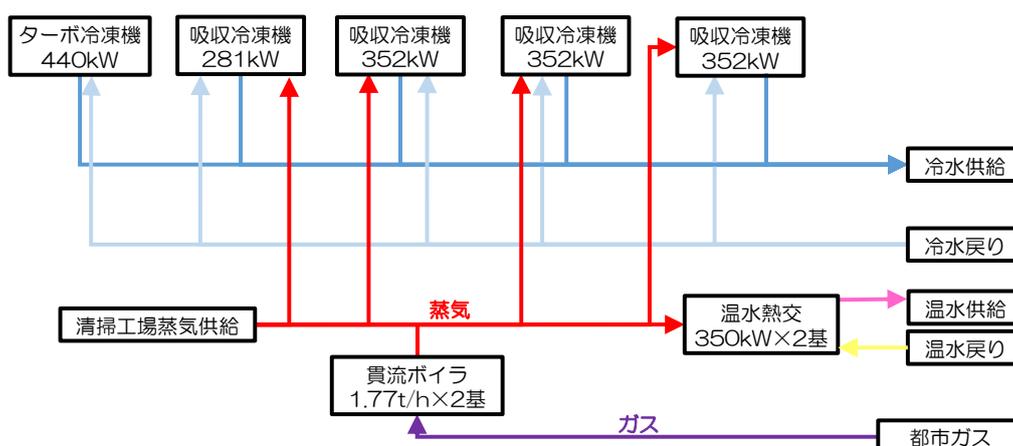
年間冷水熱量	約 1 万 GJ
年間温水熱量	約 2 千 GJ

表Ⅲ-1-(2)- 15 に検討ケースを示す。

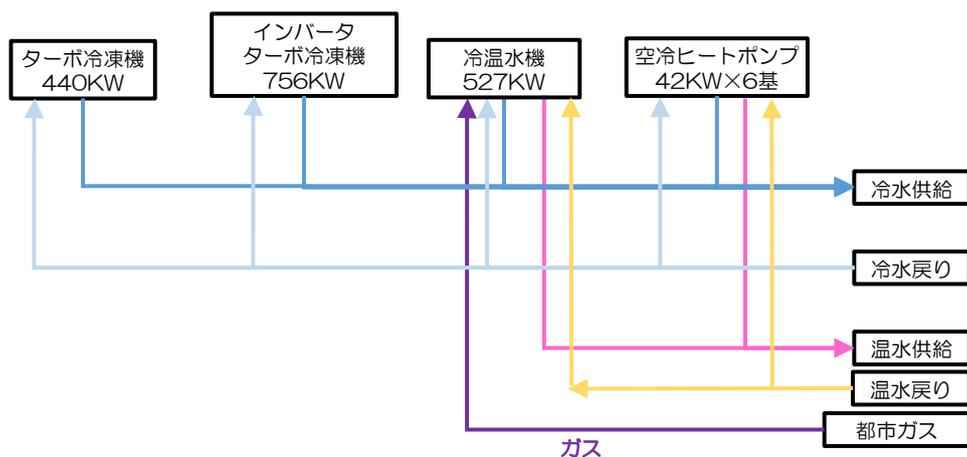
表Ⅲ-1-(2)- 15 20,000 m²事務所ビルにおける検討ケース

ケース	備考（想定）
1) 清掃工場から蒸気を受入れないケース（ガス式）	-
2) 清掃工場から蒸気を受入れるケース（処理量 100t/日）	清掃工場の炉のメンテナンススケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
3) 清掃工場から蒸気を受入れるケース（処理量 600t/日）	清掃工場の炉のメンテナンススケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
4) 清掃工場から蒸気を受入れないケース（電気・ガス式）	-

図Ⅲ-1-(2)- 22 及び図Ⅲ-1-(2)- 23 に、清掃工場から蒸気を受け入れる場合、受け入れない場合のシステムフロー図を示す。



図Ⅲ-1-(2)- 22 清掃工場からの蒸気を用いて 20,000 m²の事務所ビルに熱供給する場合のシステムフロー



図Ⅲ-1-(2)- 23 電気・ガス方式により 20,000 m²の事務所ビルに熱供給する場合のシステムフロー

c) 個別建物への供給の場合 (5,000 m²で分散方式 (ビルマルチ) とも比較)

5,000 m²の建物では、ガス式に加え個別空調方式(ビルマルチ方式)を適用した場合についても比較を行った。表Ⅲ-1-(2)- 16 に 5,000 m²事務所ビルにおける熱需要条件を、また表Ⅲ-1-(2)- 17 に検討ケースを示す。

表Ⅲ-1-(2)- 16 5,000 m²事務所ビルの熱需要条件

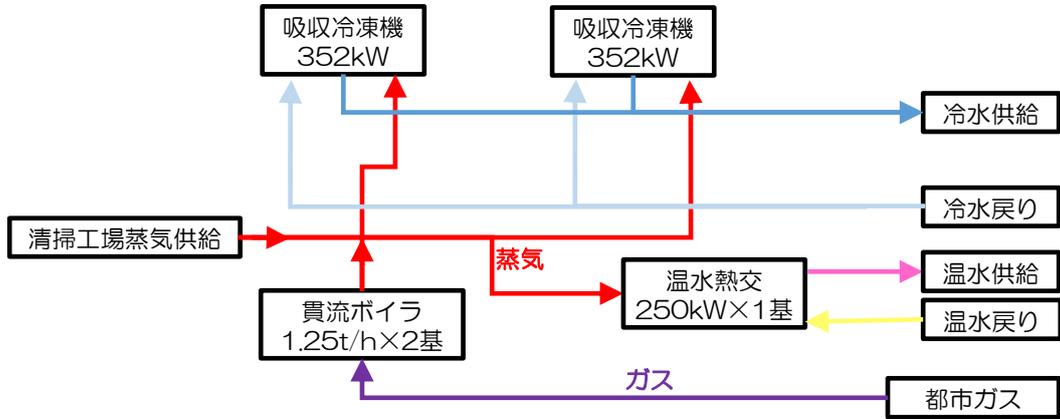
年間冷水熱量	約 2 千 GJ
年間温水熱量	約 5 百 GJ

表Ⅲ-1-(2)- 17 5,000 m²事務所ビルにおける検討ケース

ケース	備考 (想定)
1) 清掃工場から蒸気を受入れないケース (ガス式)	-
2) 清掃工場から蒸気を受入れるケース (処理量 100t/日)	清掃工場の炉のメンテナンススケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
3) 清掃工場から蒸気を受入れるケース (処理量 600t/日)	清掃工場の炉のメンテナンススケジュールを考慮して蒸気を受入れる。
4) 清掃工場から蒸気を受入れないケース (電気・ガス式)	-
5) 個別空調方式を適用するケース (ビルマルチ式)	-

以下に、5,000 m²の事務所ビルに清掃工場の蒸気を供給する場合のシステムフロー図

と、ビルマルチ方式における試算条件を、それぞれ示す。



図Ⅲ-1-(2)-24 5,000 m²の事務所ビルのシステムフロー

表Ⅲ-1-(2)-18 ビルマルチ式試算条件

室内温度設定条件	冷房	28℃	湿度 50%			
	暖房	20℃	湿度 50%			
上水・下水使用条件	上水のみ使用。排水はないため下水の使用はない。					
外気条件	外気温度・湿球温度	東京 2010～2014年 (5年間平均)				
室外機の設定条件	室外機能力の補正、霜取 運転補正 (暖房) を考慮	高低差：室外機上 20m、冷媒 配管相当長：100m				
室外機及び室内機の 台数および能力	熱負荷を考慮して下表のような能力及び台数を設定。機種 は、大手メーカーの標準シリーズを想定					
	個別パッケージ	能力	設置台数	出力		
		冷房 kW/台	暖房 kW/台	台	冷房 kW	暖房 kW
	室外機 (EHP)	14.0	16.0	5	70.0	80.0
		28.0	31.5	4	112.0	126.0
		33.5	37.5	2	67.0	75.0
		45.0	50.0	1	45.0	50.0
		56.0	63.0	1	56.0	63.0
		73.0	82.5	2	146.0	165.0
		85.0	95.0	1	85.0	95.0
	計			16	581.0	654.0
	室内機	2.8	3.2	18	50.4	57.6
		3.6	4.0	15	54.0	60.0
		4.5	5.0	15	67.5	75.0
		5.6	6.3	13	72.8	81.9
		7.1	8.0	17	120.7	136.0
		8.0	9.0	12	96.0	108.0
		9.0	10.0	10	90.0	100.0
		11.2	12.5	2	22.4	25.0
	計			102	573.8	643.5

③計算結果

a) 熱需要比率の高い地域熱供給への供給の場合

表Ⅲ-1-(2)-19に地域熱供給へ熱供給を行った場合の比較結果を示す。GE コージェネレーションケースにおいて、GE 4基の場合は土曜、日曜・祝日及び夜間も蒸気や温水を最大限利用することを想定しているため年間 GE 蒸気発生量が多くなっている。一方、GE1 基または 2 基の場合、電力負荷が小さい時間帯は稼働を停止するため年間 GE 蒸気発生量は比例しており、かつ値が小さくなっている。なお、ジェネリンクと電動ターボ冷凍機の負荷分担割合（運転時間）の相違より、ジェネリンクの分担割合の多い GE2 基ケースの方が、GE1 基ケースよりも、年間使用電力量が低減されている。

図Ⅲ-1-(2)-25 および図Ⅲ-1-(2)-26 に、清掃工場からの電力/熱のトレードオフと、システム合計二酸化炭素排出量およびシステムコストの関係を示す。ここでは熱需要量が大きいために、蒸気受け入れケースは日処理量 100 トンの場合と日処理量 600 トンの場合で、結果には相違がある。

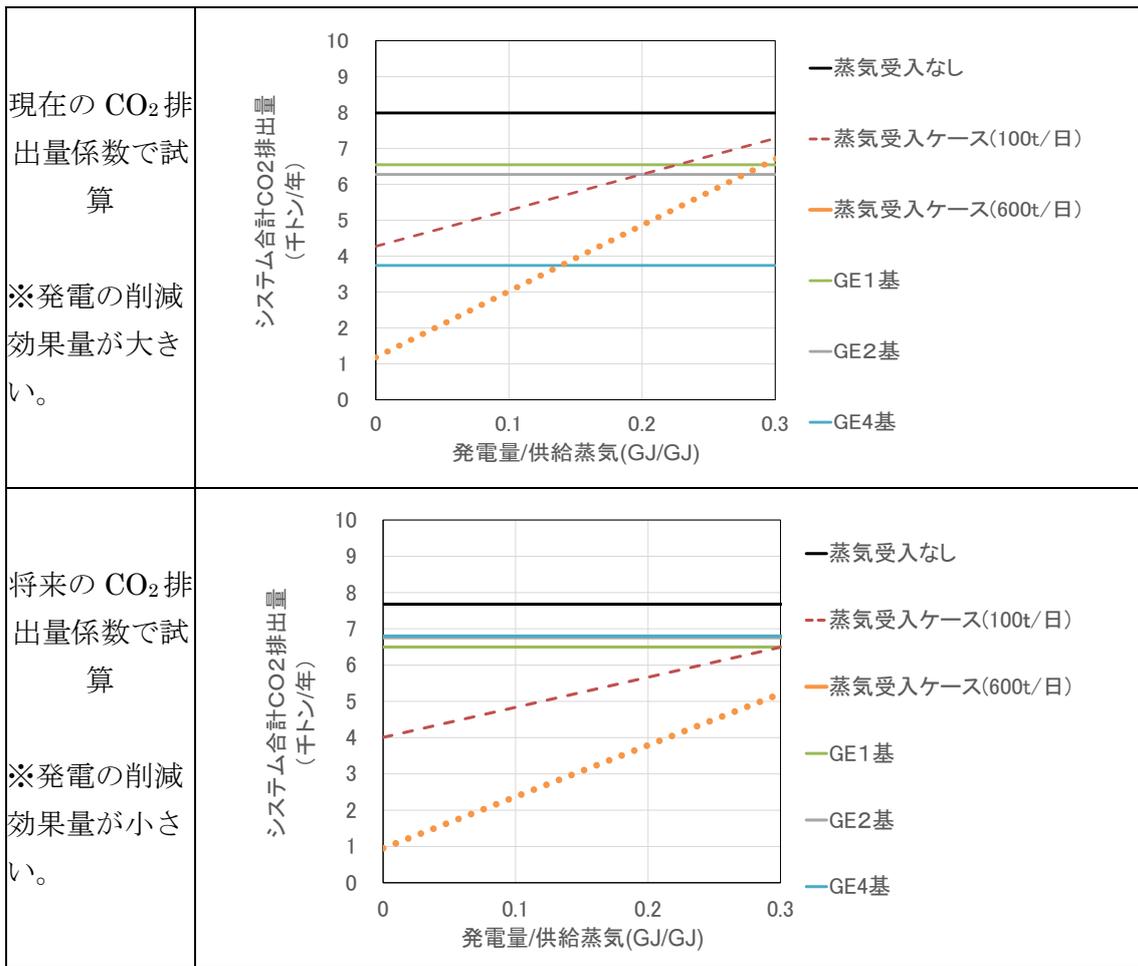
現状の二酸化炭素排出係数では、コージェネレーションで用いるガスエンジンの台数が増加するほど（熱需要があるので）二酸化炭素排出量の面では有利となる。（ただし、排出量も削減量も、同一の排出係数を用いた評価であることに注意する必要がある。また、コージェネレーションに用いているガスエンジンの効率も現状の機種のパフォーマンスである。以下同様。）一方、現在よりも電気の低炭素化が進んだ将来の排出係数を適用すると、その評価は逆転する。蒸気を受け入れない都市ガス式の地域熱供給の排出量は、将来もあまり低下しない。一方、コージェネレーションは外部送電量による削減効果が小さく評価されるために、ネットの排出量が増大する。他方、廃棄物発電による削減効果も低下するために、廃棄物焼却施設で発電だけでなく熱供給も併用するケースが二酸化炭素排出量の面からすぐれることになる可能性（範囲）が将来は広がることが分かる。

総合すれば、試算対象で設定したような条件を有する地域熱供給へ大型のごみ焼却施設から蒸気供給を行うことが基本的にすぐれているという結果となった。

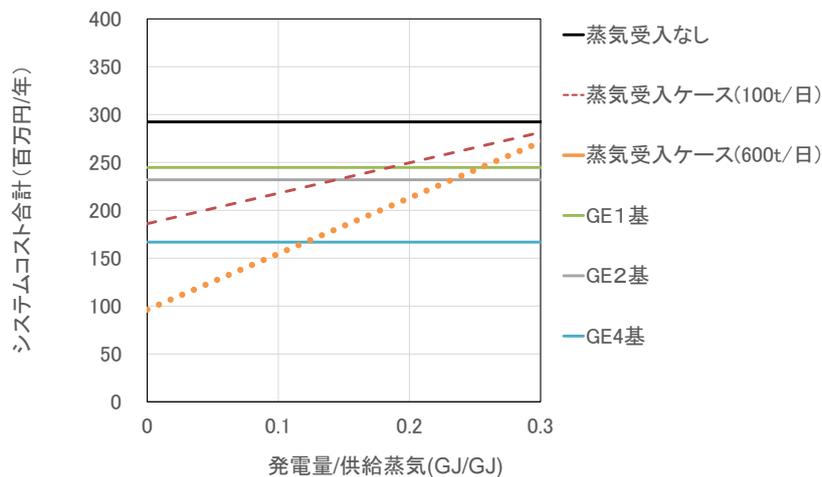
表Ⅲ-1-(2)-19 比較表（地域熱供給）

熱需要側	蒸気受入 なしケース	蒸気受入ケース		GEコージェネレーションケース		
		処理量 100t/日	処理量 600t/日	地域冷暖房内ビルへ売電		外部に売電
				GE 1基 DHCビル	GE 2基 DHCビル 隣接ビル	
年間電力量（地冷）MWh	2,048	1,961	1,917	3,742	3,691	4,559
年間外部電力供給量 MWh	0	0	0	3,430	6,860	24,824
夏季電力供給量 MWh				868	1,736	6,341
その他季電力供給量 MWh				2,562	5,124	18,483
年間ガス量 kNm3	3,090	1,466	108	2,850	3,539	6,384
ボイラー	3,090	1,466	108	1,990	1,876	669
ジェネリンク				137	218	485
ガスエンジン				723	1,446	5,229
年間補給水量 km3	64	64	62	51	56	66
年間排水量 km3	21	20	19	14	15	15
冷水地域供給量 GJ	61,048	61,048	61,048	61,048	61,048	61,048
温水地域供給量 GJ	62,918	62,918	62,918	62,918	62,918	62,918
年間蒸気内訳(kt)	44	44	45	31	31	24
年間ボイラー蒸気発生量 kt	44	20	2	29	27	10
年間蒸気受入量 kt	0	23	43	0	0	0
年間GE蒸気発生量 kt				2	4	15
年間地冷内部消費量 kt	44	44	45	31	31	24
年間地域供給量 kt	0	0	0	0	0	0
年間余剰蒸気kt						0
システムCOP	0.78	0.86	0.94	0.96	0.99	1.1
CO2排出量 t-CO2/年						
現時点	7,989	4,305	1,240	8,334	9,851	16,675
ビル側のCO2削減量	0	0	0	1,787	3,574	12,933
ネットのCO2排出量	7,989	4,305	1,240	6,547	6,277	3,741
2030年時点	7,680	4,009	951	7,769	9,294	15,986
ビル側のCO2削減量	0	0	0	1,269	2,538	9,185
ネットのCO2排出量	7,680	4,009	951	6,500	6,756	6,801
コスト計(百万円)	292	185	95	245	232	167
ユーティリティコスト	292	185	95	298	339	555
売電収入				54	107	388

※本表では、ユーティリティコストに蒸気購入コストは含まれない。合計コストは図を参照。
 ※本表では、蒸気受け入れによる二酸化炭素排出量は含まれていない。合計排出量は図を参照。
 ※ガスエンジン4基のケースは、地域冷暖房の熱需要をできるだけガスエンジン排熱で満たすという観点から台数や運転方法を設定しており、その結果、発電した電気は余剰になることが見込まれる。ここで、発電した電力は全て自営線等により託送料金の負担なしに売電できた場合という、現状では必ずしも実現性が容易ではない仮想的な条件での結果を示していることに留意する必要がある。



図Ⅲ-1-(2)-25 清掃工場の電力/熱の比率とシステム合計 CO₂ 排出量の関係



図Ⅲ-1-(2)-26 清掃工場の電力/熱の比率と蒸気購入コストを含む合計コストの関係

注) コストは運転時のみであり、初期費は含まない。GE コージェネレーションケースでは売電収入 (託送料なし) も含む。GE 4 基のケースは、地域冷暖房の熱需要をできるだけ GE 排熱で満たすという観点から台数や運転方法を設定しており、その結果、発電した電気は余剰になることが見込まれる。ここで、発電した電力は全て自営線等により託送料金の負担なしに売電できた場合という、現状では必ずしも実現性が容易ではない仮想的な条件での結果を示していることに留意する必要がある。蒸気価格は売電価格 (18 円/kWh) と見合う設定とした。

b) 個別建物への供給の場合（20,000 m²で中央熱源方式）

表Ⅲ-1-(2)-20 に個別建物（20,000 m²）へ熱供給を行った場合の比較結果を示す。また、発電電力量のトレードオフ（電力 GJ/蒸気 GJ）が変化した場合のシステム全体の二酸化炭素排出量の変化、及びシステム全体のコストの変化を図Ⅲ-1-(2)-27、図Ⅲ-1-(2)-28 に示す。蒸気受け入れケースは日処理量 100 トンの場合で比較を行った。

清掃工場によって場外供給可能蒸気量と発電電力量のトレードオフ（電力 GJ/蒸気 GJ）の値は変化するため、受け入れ側の蒸気利用量が変化しなくともシステム全体の二酸化炭素排出量は変化する。

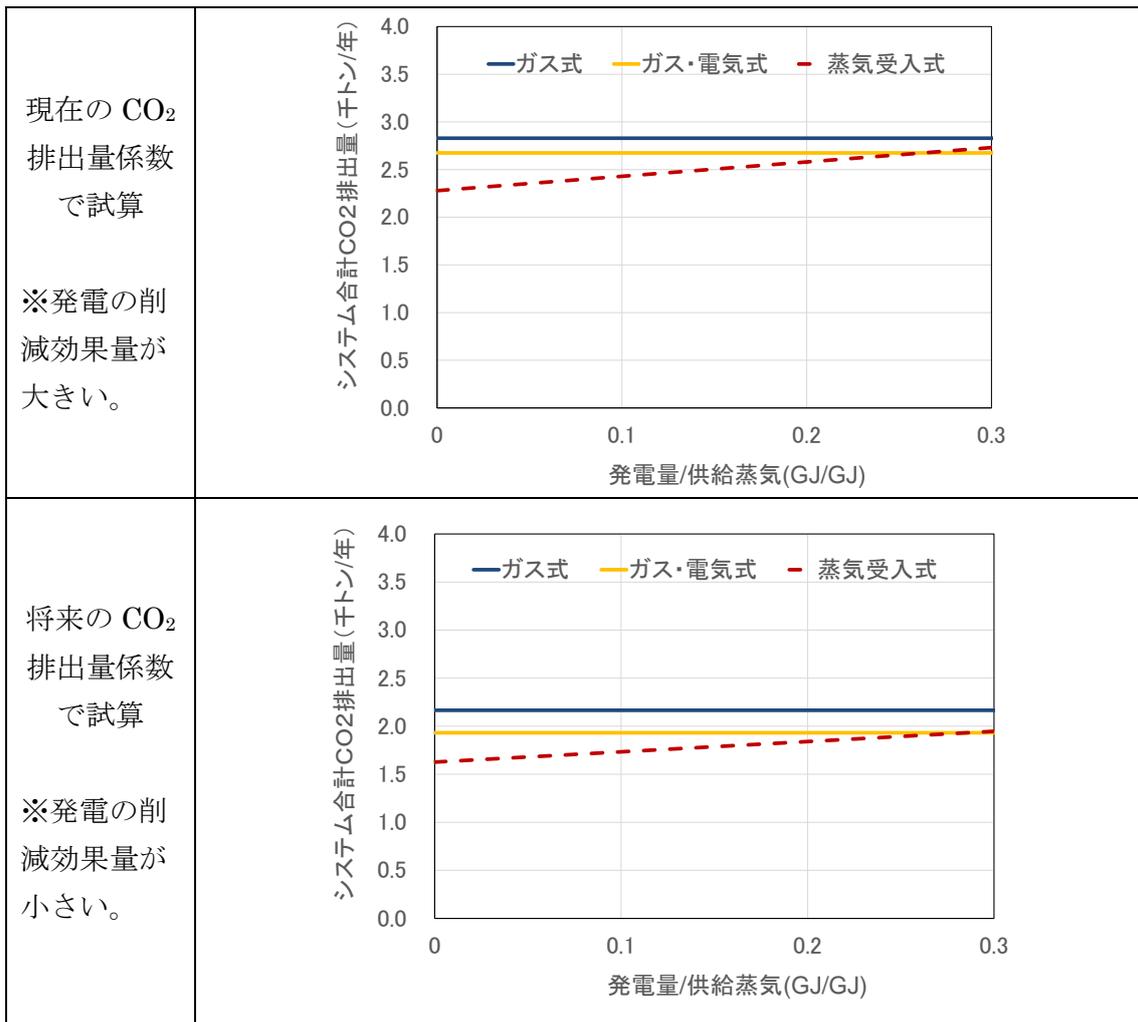
図より、現在も将来も、ごみ焼却発電と蒸気供給を併用する方が、ガス式よりも二酸化炭素排出量が少ないことは想定どおりであるが、のみならず、電気も熱源に用いるシステムと比べても、二酸化炭素排出量が相対的に少ない可能性があることが分かる。また、本試算では、個別建物に導入する熱源システムも現在の機種を想定しているために、相対的な削減効果は限られているが、過去に整備された施設であれば、今回の試算よりも効率が低い建物も少なからずあることが想定されるため、蒸気供給による更新効果（現状からの削減量）は、本試算よりも大きいことが期待できる。

表Ⅲ-1-(2)-20 個別建物供給の結果の比較表（20,000 m²で中央熱源方式）

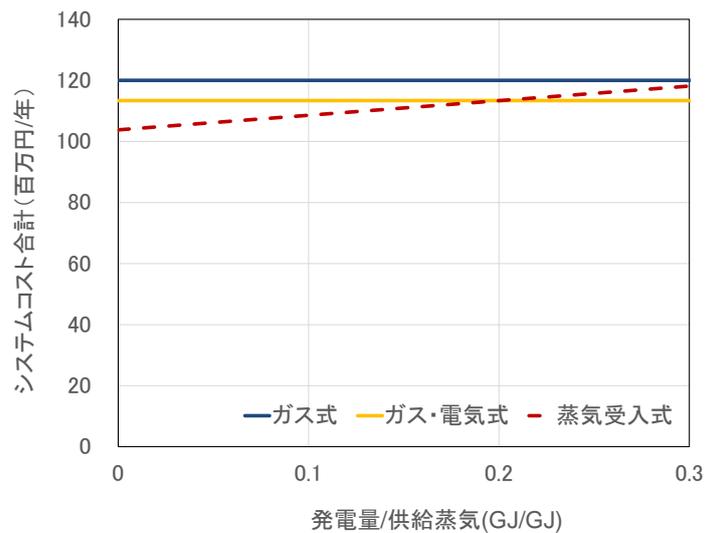
熱需要側	蒸気受入れなしケース		蒸気受入れケース	
	ガス式	電気・ガス式	処理量100t/日	処理量600t/日
	20,000m ² 事務所	20,000m ² 事務所	ガス式 20,000m ² 事務所	ガス式 20,000m ² 事務所
年間電力量MWh	4,397	4,923	4,354	4,354
熱源電力	524	1,051	482	482
ビル側電力	3,873	3,873	3,873	3,873
年間ガス量 kNm ³ (ボイラー)	241		7	6
(冷温水機)		49		
年間補給水量 km ³	9	7	8	8
年間排水量 km ³	2	2	2	2
冷水負荷 GJ	9,515	9,515	9,515	9,515
温水負荷GJ	1,969	1,969	1,969	1,969
年間蒸気内訳 kt				
年間ボイラ蒸気発生量 kt	4	0	0	0
年間蒸気受入量 kt	0	0	4	4
システムCOP	1	1	1	1
CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年				
現時点	2,830	2,675	2,283	2,281
2030年時点	2,166	1,931	1,626	1,624
ユーティリティコスト(百万円)	120	113	104	104

※本表では、ユーティリティコストに蒸気購入コストは含まれない。合計コストは図を参照。

※本表では、蒸気受け入れによる二酸化炭素排出量は含まれていない。合計排出量は図を参照。



図Ⅲ-1-(2)-27 清掃工場の電力/熱の比率とシステム合計 CO₂ 排出量の関係



図Ⅲ-1-(2)-28 清掃工場の電力/熱の比率と蒸気購入コストを含む合計コストの関係

注) コストは運転時のみであり初期費は含まない。蒸気価格は売電価格 (18 円/kWh) と見合う設定とした。

c) 個別建物への供給の場合 (5,000 m²で分散方式 (ビルマルチ) とも比較)

表Ⅲ-1-(2)-21に、個別建物 (5,000 m²) へ熱供給を行った場合の比較結果を示す。また、発電電力量のトレードオフ (電力 GJ/蒸気 GJ) が変化した場合のシステム全体の二酸化炭素排出量の変化、及びシステム全体のコストの変化を図Ⅲ-1-(2)-29、図Ⅲ-1-(2)-30に示す。

二酸化炭素排出量については、焼却施設から蒸気を供給する方式の方が、ガス式より排出量が少なくなっている。しかし、ビルマルチ式と比べると、現在及び将来のいずれの電気二酸化炭素排出係数を用いた場合でも、同程度となっている。また、ユーティリティコストについては、ビルマルチ式の方が下回る可能性が示唆される結果となった。

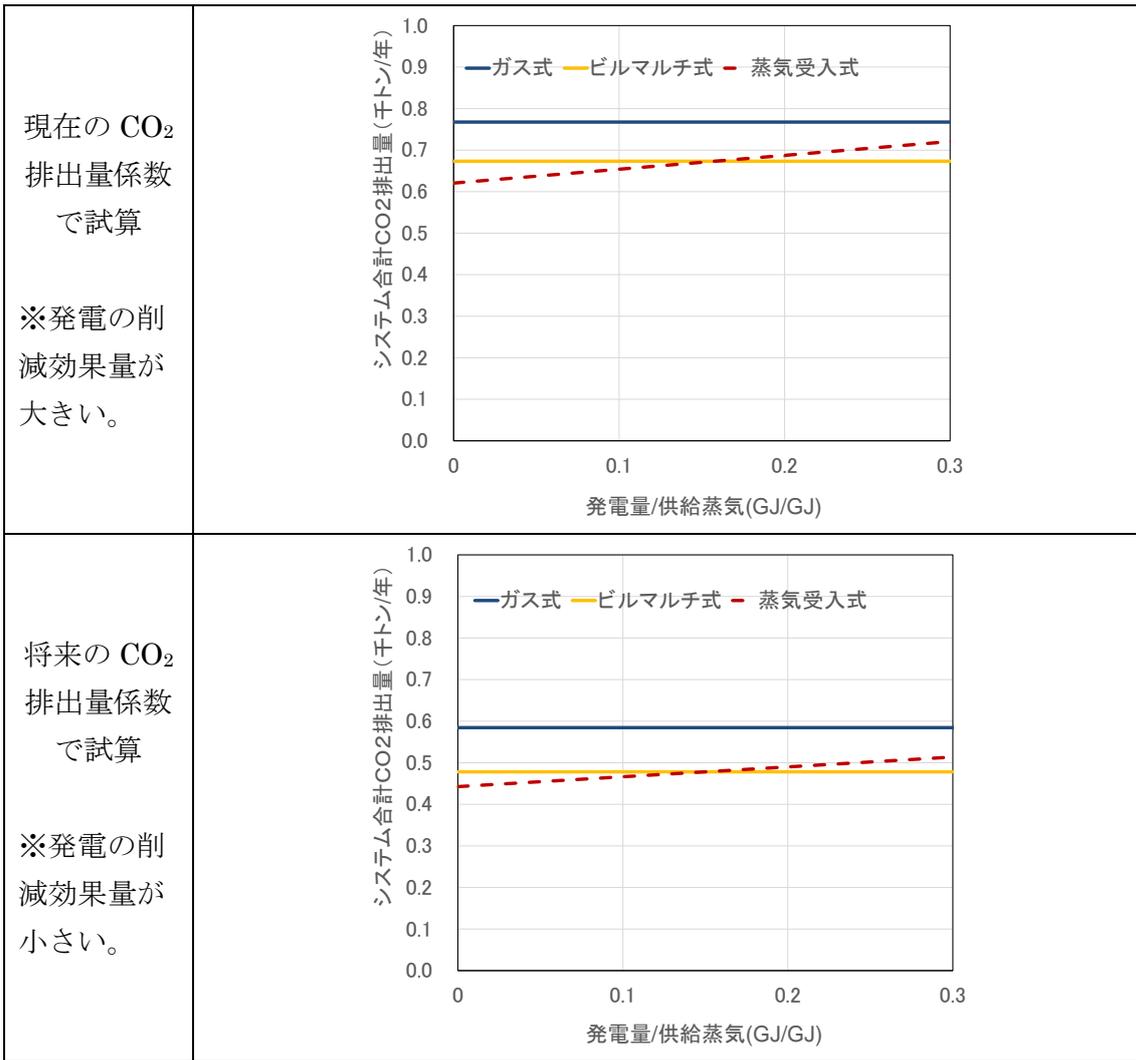
表Ⅲ-1-(2)-21 個別建物への供給の場合
(5,000 m²で分散方式 (ビルマルチ) とも比較)

熱需要側	蒸気受入なしケース		蒸気受入ケース	
	ガス式	ビルマルチ式	処理量100t/日 ガス式	処理量600t/日 ガス式
	5,000m ² 事務所	5,000m ³ 事務所	5,000m ² 事務所	5,000m ² 事務所
年間電力量MWh	1,214	1,292	1,185	1,185
熱源電力	246	325	216	215
室外機		287		
室内機		38		
ビル側電力	967	967	967	967
年間ガス量kNm ³ (ボイラー)	60		2	2
年間補給水量 km ³	2		2	2
年間排水量 km ³	1		0	0
冷水負荷 GJ	2,180	2,180	2,180	2,180
温水負荷GJ	471	471	471	471
年間蒸気内訳 kt				
年間ボイラ蒸気発生量 kt	1	0	0	0
年間蒸気受入量 kt	0	0	1	1
システムCOP	1	1	1	1
CO ₂ 排出量 t-CO ₂ /年				
現時点	768	673	622	621
2030年時点	584	478	443	442
ユーティリティコスト(百万円)	32	29	27	27
電力量料金		21		
電力基本料金		8		

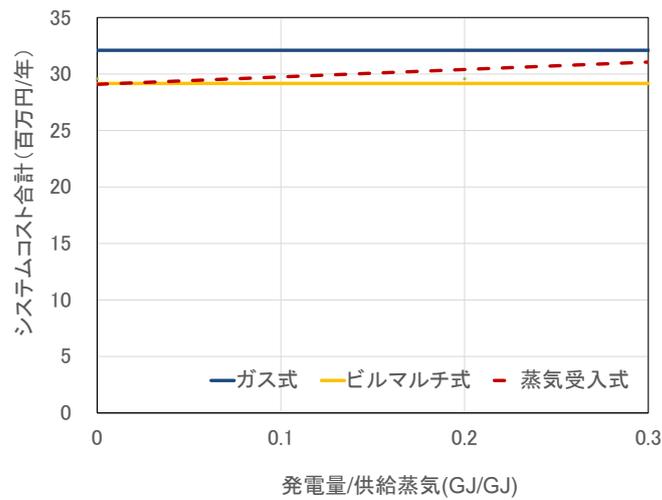
※ビルマルチ式ケースのビル側年間電力消費量は、ガス式の場合と同じ 967 MWh とした。また契約電力は年間の最大電力負荷 (熱源電力とビル側電力の合計) を基に 395kW とした。

※本表では、ユーティリティコストに蒸気購入コストは含まれない。合計コストは図を参照。

※本表では、蒸気受入による二酸化炭素排出量は含まれていない。合計排出量は図を参照。



図Ⅲ-1-(2)-29 清掃工場の電力/熱の比率とシステム合計二酸化炭素排出量の関係



図Ⅲ-1-(2)-30 清掃工場の電力/熱の比率と蒸気購入コストを含む合計コストの関係
注) コストは運転時のみであり初期費は含まない。蒸気価格は売電価格 (18 円/kWh) と見合う設定とした。

なお、ビルマルチシステムにおける COP（一次エネルギーベース）と月別エネルギー使用量は以下に示す通りであり、部分負荷運転での効率低下から、COP は1を下回ることが多くなっている³⁰。しかし、電気は発電時に二酸化炭素を排出しない電源を含む各種の発電方式のミックスであり、図に示した比較結果より、廃棄物発電の高効率化（グラフの横軸に示した発電量 GJ ÷ 供給蒸気 GJ の比率の増大。抽気蒸気を想定した場合には、タービンの効率の向上や排気圧力の低下等。）が進めば、二酸化炭素排出量面からは、蒸気供給よりも、ビルマルチ式の優位性が増しうることが分かる。

表Ⅲ-1-(2)- 22 ビルマルチシステムの COP

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年間合計
0.66	0.66	0.71	0.66	0.80	0.91	1.17	1.09	0.99	0.76	0.65	0.67	0.84

表Ⅲ-1-(2)- 23 ビルマルチシステムにおける月別エネルギー使用量

	室外機負荷		室外機	電力消費量		
	冷房	暖房	負荷率	室外機	室内機	計
	GJ	GJ	%	MWh	MWh	MWh
1月	56	118	0	24	3	27
2月	56	99	13	21	3	24
3月	85	86	13	22	3	25
4月	132	17	12	20	3	23
5月	175	9	15	21	3	24
6月	248	0	20	25	4	28
7月	421	0	33	33	4	37
8月	381	0	30	32	4	36
9月	273	0	23	25	3	28
10月	182	4	14	22	3	25
11月	91	44	11	19	3	22
12月	72	96	12	23	3	26
合計/平均	2,169	473	17	287	38	325

³⁰ エネルギー消費効率実測例における年間エネルギー消費効率として、公益社団法人空気調和・衛生工学会「ビル用マルチパッケージ型空調システム—計画・設計から性能評価まで—」（平成 26 年）を参照した。温暖地の EHP（7 建物）では、1.0 をわずかに上回る建物も 2 つある一方で、0.8 を下回る建物も 3 つあることから、本試算の年間 COP は、一般的な範囲内にあるのではないかと考えられる。

4) 今後に向けて

①高効率発電と熱供給を複合的に行う場合のバランスの検討結果のまとめ

高効率発電と外部熱供給とは、基本的にはトレードオフ関係にあると観念されるべきである。エネルギー有効利用の観点からは、高温高压の熱は、できるだけエネルギーの質を落とさない方法でまず利用されるべきであり、そのための代表的・一般的で有力な方策が発電である。

しかし、一方で、地域において熱需要が化石燃料の燃焼や十分に効率的ではない熱源システムによって賄われている場合には、そこにエネルギー変換における大きな損失がある。つまり、二酸化炭素の無用な排出を招いており、少なくとも大きな排出削減ポテンシャルがあるといえる。このような熱需要に対して、ごみ清掃工場からの熱供給で化石燃料を代替することができれば、大きな削減効果が期待できる。

よって、地域の熱需要の質（端的には温度）や量に応じた外部熱供給を、発電量の低下を最小限に抑える形で実現していくことが追及される必要がある。つまり、ボイラで発生させた高温高压の蒸気は、（多くの地域では、そのような高質の熱需要が存在しないと思われるので）できるだけ発電に用いつつ、蒸気タービンにおいて温度・圧力が低下していく中で、外部熱需要が要求する温度や需要量とのマッチングを図っていく計画策定が重要となる。

国外における知見として、ごみ清掃工場からのエネルギー回収の期待できる割合として総合効率で整理した結果を下表に引用した。発電にとどまらず、熱も併給することで、総合効率は大きく高めうる事が分かる。また、排ガス復水にヒートポンプを組み合わせる方式（後述）では、低位発熱量基準でみて100%の総合効率が可能であると認識されている。

表Ⅲ-1-(2)-24 ごみ焼却施設からのエネルギー回収の総合効率

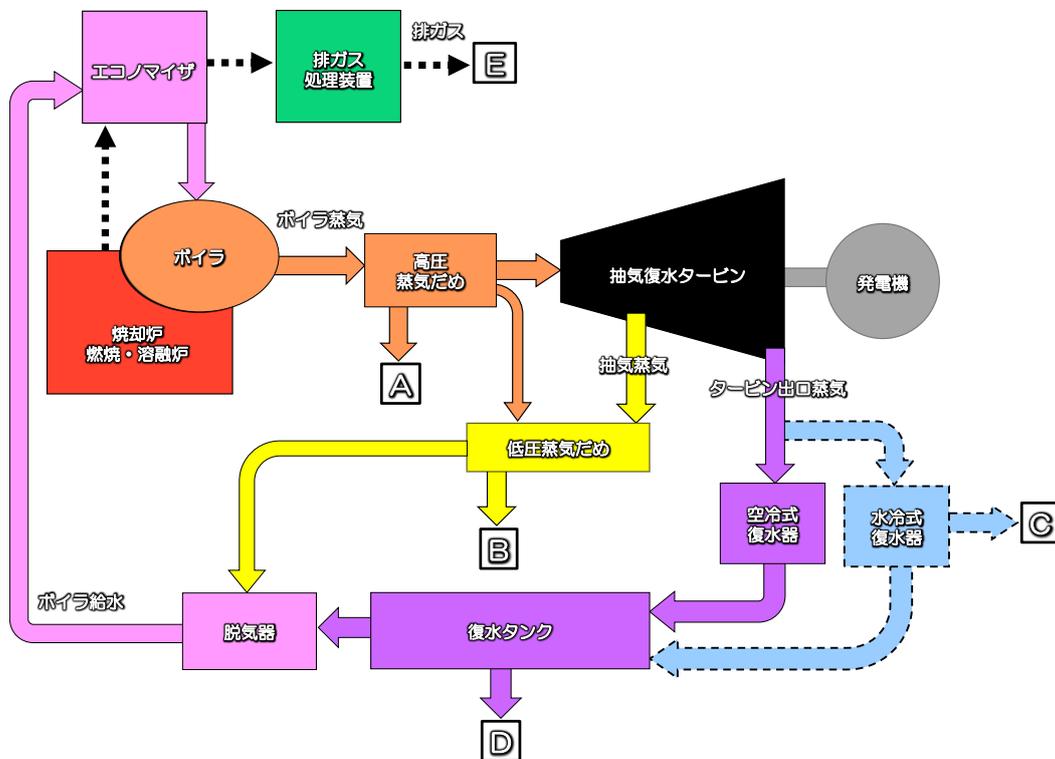
プラント種別	報告されている潜在的な熱回収効率% (熱+電気) ÷ (ボイラエネルギー出力)
発電のみ	17～30
熱電併給 (CHP)	70～85
蒸気及び/又は温水販売の熱ステーション	80～90
大規模化学プラントへの蒸気販売	90～100
排ガス復水を伴う CHP 及び熱プラント	85～95
排ガス復水及びヒートポンプを伴う CHP 及び熱プラント	90～100

出典: Ni-Bin Chang, Ana Pires, " Sustainable Solid Waste Management: A Systems Engineering Approach", John Wiley & Sons, (2015/2) より翻訳

「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」II. 1.9 余熱等の有効利用では、余熱利用形態と必要熱量の用途別の必要熱量の原単位的データや余熱利用実態調査例が示されている。また、「II. 3 連続運転式清掃工場」には、「ボイラによる余熱利用」の各種方式のフローシート等が示されている。

しかし、高効率発電と外部熱供給のバランスの考え方や、熱需要と余熱供給方式の組合せとその選択の考え方などについてはあまり記載されていないように思われる。このため、どのような余熱取り出し方式があり、おおよそどのような用途が想定されるかという視点から、本検討結果の整理を以下に試みることにした。

余熱供給方式としては、下図に示す位置（Dを除く。）から取り出すことが考えられる。



図Ⅲ-1-(2)-31 代表的な熱の取り出し位置の例（Dを除く）

注) Dから取り出した場合は、その分の温度低下を脱気器でBにあたる低圧蒸気等で補う必要があるため、発電効率等の低下を招く。

a) 高圧蒸気（ボイラ蒸気等） A

高温高圧であることを生かして火力発電や産業利用（化学工場等）と組合せが可能な場合には、有効な地域エネルギー利活用方策となる可能性がある。

既存の机上検討事例においては、ごみ清掃工場のボイラ発生蒸気を、近傍の火力発電に供給することで火力発電所の発電効率を増大させた場合の定量的評価が実施されていた。火力発電所の効率が改善される量を、ごみ発電効率に換算して評価すると

約 30%という高い数値が得られる。なお、この場合は、焼却施設側は高効率発電の場合のような高い蒸気条件（4MPa, 400℃）よりも低い蒸気条件で実現可能であることも、メリットとして考えられる。

また、国外の事例であるが、韓国のエコインダストリアルパーク（わが国のエコタウンのようなものと考えられる。）であるウルサンにおいては、自治体のごみ焼却施設から化学工場への蒸気供給が行われることで、CO₂ 排出量が削減されるとともに、燃料費の節減効果により、ごみ焼却施設の増設時に化学工場の新たな立地と蒸気供給量の拡大が行われ、さらに CO₂ 排出量の削減と自治体及び工場側のコストメリットが拡大したという好循環が生じた事例が研究報告されていた。

b) 抽気蒸気 B

一定の発電を行ったあとに圧力・温度が低下した蒸気を取り出可能であるために、民生需要のような、それほどの高温を要さない需要にはボイラ蒸気よりも向くと考えられる。電気と熱が可変であるため、熱需要が定常的でなく、相対的に熱需要規模が小さい場合にも対応可能性がある。なお、熱需要側との間で、最大必要熱量だけでなく、必要な蒸気温度・圧力のマッチングも必要であり、ごみ焼却施設側の最適設計のためには年間熱需要パターンも必要とされることから、構想段階からの検討が重要である。

■ごみ焼却施設の発注における外部熱供給に係る留意事項

実際の要求水準書における外部熱供給に係る項目において、最大能力として必要となる供給熱量（GJ/時）のみが規定されている場合に、タービン出力規模の最適設計の観点からは課題の生じうることが指摘されている。

すなわち、当該供給熱量を基本的には常に満足させる必要があるとすれば、発電に用いることのできる蒸気量が少なくなる（抽気量が大きくなるという場合も含む。）ことから、タービン出力は外部熱供給を行わない場合に比べて、小さい値で設定することが合理的である。

しかしながら、実際の運用においては、常には最大熱量が必要ではなく、むしろ最大熱量の出現頻度が稀であるならば、実際にはタービン出力は、より大きな規模で設計することが最適となる。

外部熱供給を行う場合の施設の発注においては、当該熱供給の必要最大能力だけでなく、想定される年間を通した時間的な変動パターンあるいは負荷出現頻度などが考慮できるようにすることが望ましいと考えられる。

本検討では、発電と外部熱供給の一般的なバランスの試算結果より、外部熱供給の減少による発電量の低下の程度及び発電量の低下による売電収入と見合う売熱価格を試算し、あわせて一般的な排出係数による CO₂ 排出削減量を試算した。その結果、

売電収入の減少分を補うだけのコストとして売熱価格が設定できるならば、化石燃料や地域熱供給の原燃料の価格と比べても引き合いうる可能性があること、また、発電だけを行う場合よりも CO₂ 排出削減効果は大きいことが示唆された³¹。ただし、実際の削減効果は、どのようなエネルギーシステムを代替するかによって相違するために、事例ごとの評価が必要となる。

ごみ焼却により発生する熱を民生用に大量に使用しようとするれば、地域熱供給への供給が有効である。廃棄物焼却に伴う蒸気の地域熱供給での利用については、従前より化石燃料ボイラを用いた蒸気式のシステムでの代替熱源として供給した場合の事例研究は多くみられる。この場合は化石燃料代替となるために、明らかに CO₂ 削減効果は大きいものと想定される。そこで、本調査では、高効率発電と熱供給（この場合は蒸気）のバランスを見極める見地から、コージェネレーションを利用する地域熱供給とごみ焼却余熱蒸気利用型地域熱供給との比較や、個別建物を対象とした場合に、電気・ガス式や分散型空調（ビルマルチ）と廃棄物の蒸気供給の比較検討も実施して、余熱の民生利用の CO₂ 排出面からの比較試算を実施した。

その結果、従来の事例研究と同様、ガスボイラ方式と比べた場合の CO₂ 排出削減に及ぼす有効性は（熱輸送に伴うロスが小さいことを前提に）、全ての試算ケースで明らかであった。

しかし、地域冷暖房にコージェネレーションを導入した場合³²との比較では、電気の CO₂ 排出係数によって、比較検討結果の様相は相違した。（将来的に）電気の CO₂ 排出係数が十分低下した場合には、廃棄物余熱による蒸気供給の方が有利となりやすい。

個別建物への直接的な余熱蒸気供給を想定した場合には、電気・ガス併用式あるいはビルマルチ式と比べると、優位性は明確ではなく、今回の試算結果を踏まえると、地域性や個別建物の違いによる変動の方が、現実の比較結果を左右する可能性が高い。例えば、本試算は東京を想定した場合であったが、寒冷地である北海道であれば、電気式のビルマルチ方式に比べて、廃棄物余熱蒸気供給が有利となる可能性がある³³。

（本部分の試算の課題）

以上の試算結果においては、単純のため抽気蒸気を取り出した場合の発電低下量を一定値（固定値）としている場合があり、実際の導入検討においては清掃工場や運転

³¹ なお、電気の CO₂ 排出係数は、将来的には低下することが期待される。この場合、余熱供給により化石燃料を削減することが将来的にも担保されるならば、発電よりも熱供給のほうが、CO₂ 排出削減のうえでより有利となる可能性があることが分かった。

³² なお、コージェネレーションの試算ケースの中には、熱需要が大きいことから、外部送電を行うことでコージェネレーションの稼働台数・稼働率を増やし、二酸化炭素排出削減効果が大きくなっているものがある。しかし、通常は託送料の関係から事業採算上は成立しないため、現時点では参考シナリオとしての性格が強い点に留意する必要がある。

³³ 本試算では、寒冷地で電気ヒートポンプ方式に比べて優位性が増すと考えられるガスヒートポンプ方式との比較検討は行っていない。

状況等により当該数値は変化する点を踏まえた検討が必要である。

一定値（固定値）であるという点については、今回の試算は簡易なものであるために、規模による効率の違いを考慮できていないほか、2炉運転ではなく1炉運転の場合や、タービン定格出力に比べて投入蒸気量が低下した場合の効率低下なども考慮した精緻な評価が必要である。その際には、ボイラや排ガスも含めた熱収支を考慮し、発電と外部熱供給を評価する上で、より有用なモデルとすることが望ましいのではないかと考えられる。

c) 復水排熱 C

本調査では検討対象としていないが、復水排熱は、「排熱」との字のとおり、空冷式の場合は大気へ、水冷式の場合は冷却水へ、それぞれ廃棄される熱であるために、これを用いても発電効率とのトレードオフとはならない。さらに、熱量としては大量であるために、有効に活用できれば望ましい。（なお、復水排熱を利用しようとするれば、水冷式で復水を行うことが想定されるが、これまでは、そもそも多くのごみ焼却施設で空冷式を採用してきた。）

しかし、高効率発電を行う場合には、タービン排気圧力をできるだけ低くすることから、復水温度が環境温度に近づくために、実際にはそのような低い温度での大量の熱需要を見出すことが難しい場合が多いことも想定される³⁴。（大規模な火力・原子力発電所の場合には、内外で農業や水産業での利用が行われており³⁵、ごみ焼却施設の場合にも、水冷式復水器で加熱された冷却水を農業ハウスの加温や淡水魚等の養殖などの用途に利用できれば、有意義であると考えられる。）

このため、現実的な熱需要に応じようとするれば、タービンの排気圧力を発電最大化の場合よりも高くして（その場合、排気圧力が大気圧以上の背圧タービンとなる可能性もありうる。）、当該熱需要にみあった温度レベルが得られるまで復水温度を上昇させる必要が生じるために、発電効率は低下することになる。しかしながら、ボイラ蒸気から電気として取り出しうる量の一定部分は、既に電気に変換されているために、大量の熱需要と安定的に結合できるならば、このようなシステムも十分合理性がありうる。なお、排気圧力を上げた場合には、タービン最後部の大きさが小さくなるため、その点はコスト低減要因となると考えられる。

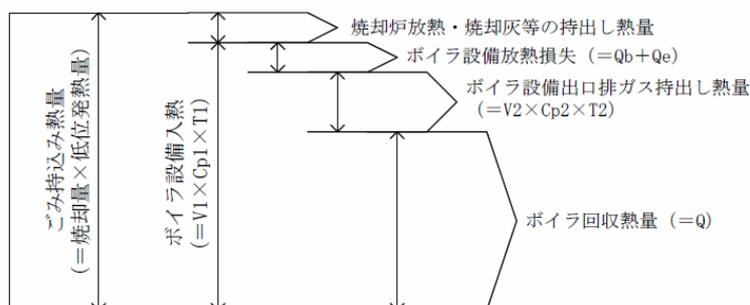
後述する北欧では、実際にこのような方式が採用されている模様である。また、国内の事例でも、空冷式復水器に水冷式復水器を併設することで、復水排熱を地域熱供給（温水を媒体とした家庭等への熱供給）に利用している事例がある。

³⁴ 検討会委員からの排気条件の指摘を踏まえると、空冷式を想定した場合のタービン出口蒸気条件として、0.015 MPaでは飽和蒸気温度は54℃となる。さらに、水冷式を想定した場合のタービン出口蒸気条件として、0.003 MPaでは24℃、0.006 MPaでは36℃となる。よって、例えば汚泥の乾燥等に用いることは難しい可能性がある。

³⁵ http://www.rist.or.jp/atomica/data/dat_detail.php?Title_No=01-04-03-02

d) 排ガス E

発電とトレードオフとはならない他の「排熱」としては、煙突からの排ガスがある。排ガスは、環境中へと廃棄される熱を伴っており、かつ、無視できない割合を占めている。



図Ⅲ-1-(2)-32 ボイラ設備での熱収支の模式図（参考）

出典：高効率ごみ発電施設整備マニュアル

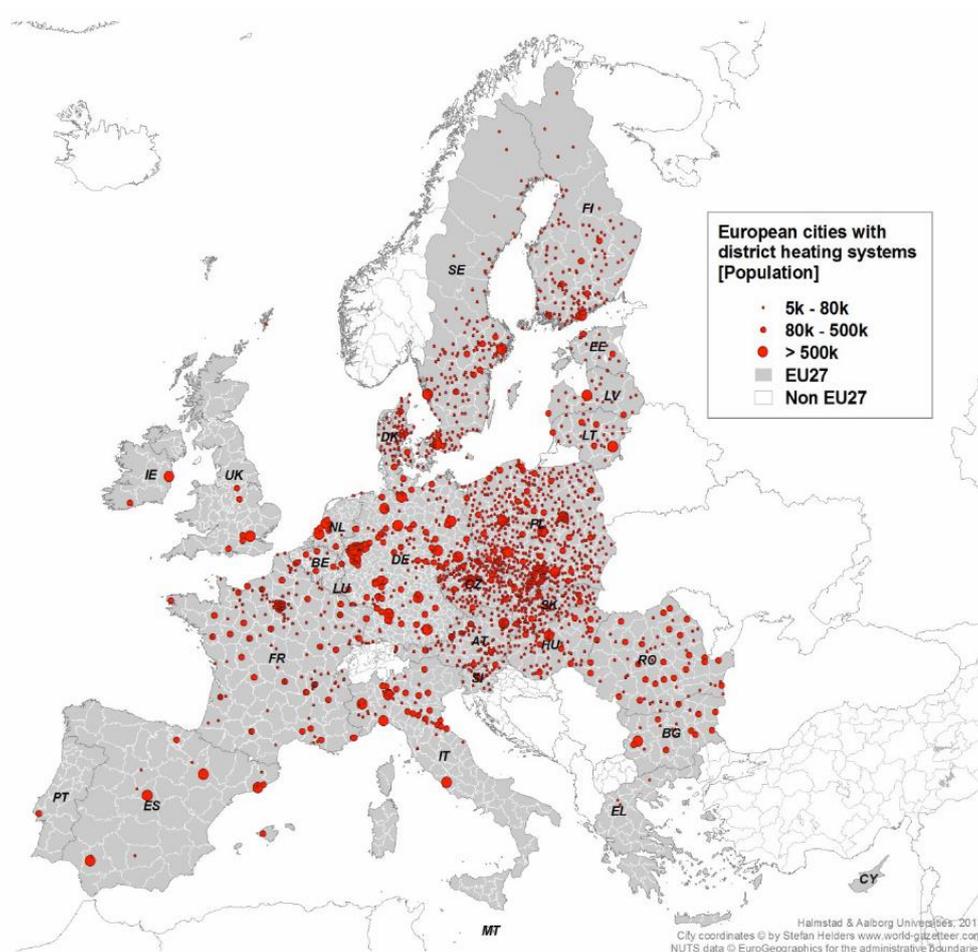
「高効率ごみ発電施設整備マニュアル」では、燃焼排ガスからより多く熱回収するためには、ボイラ設備などからの放熱損失の低減に加え、ボイラ設備から出ていく排ガスの持出し熱量を低減させる必要があるとし、そのためには、熱回収設備出口の排ガス温度の低温化³⁶や排ガスを低減することが効果的であるとしている。

排ガス温度を低下させる技術としては、「低温エコノマイザ」が示されている。低温エコノマイザでボイラ給水を予熱することにより、系内への熱回収量を増やすことができる。一方、排ガス温度を低下させると硫酸化物による低温腐食が問題となる。低温エコノマイザとしては、160～170℃程度まで熱回収する事例も出てきているとされている。

ただし、百数十度の排ガス中では、水が水蒸気として存在している。すなわち、顕熱に加えて、潜熱も多く含まれているが、これは大気中へ放出されることになる。ここで、北欧においては、排ガスも復水させることにより潜熱を回収することで、ボイラ蒸気の復水排熱とあわせて高い熱回収効率としている事例がある。これは、温水を熱媒体としている地域熱供給が普及しており、その熱源として利用することで実現で

³⁶ 基幹改良での導入を想定した場合、廃棄物処理法施行規則第5条の2（許可を要しない一般廃棄物処理施設の軽微な変更）では、例えば、第4項で「第3条第1項第4号に掲げる事項に係る変更（排ガス又は排水の排出の方法又は量の増大に係る変更に限る）」を、第5項で「第3条第2項各号に掲げる事項に係る変更（同項第1号に掲げる数値の変更であって、当該変更によって周辺地域の生活環境に対する影響が減ぜられることとなるもの（略）を除く。）」を示している。後者（第3条第2項各号）は、具体的には「排ガスの性状、放流水の水質等について周辺地域の生活環境の保全のため達成することとした数値」や「その他一般廃棄物処理施設の維持管理に関する事項」を指す。従って、排ガス温度の低温化がこれらに合致しない場合（許可の際に上記項目に含まれていない場合が想定される。）には、軽微な変更となる可能性がある。なお、地方公共団体の環境影響評価条例の対象となっている場合には、個別の制度の規定や運用により、対応が必要になる場合もありうると思われるので、事前の確認が必要である。

きていると考えられる。そこで、条件を整えば、さらなる熱回収の可能性があることが分かる。



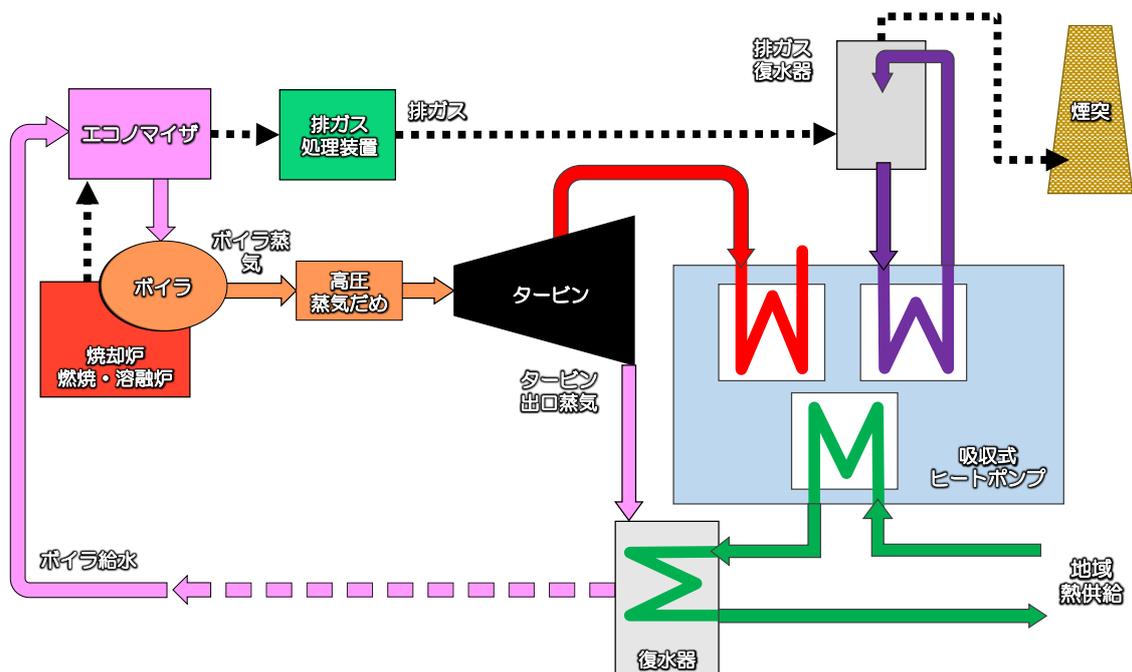
図Ⅲ-1-(2)-33 欧州(EU27)の地域熱供給(地域暖房)の普及状況

注) EU27 における地域暖房システムを有する都市(5000人以上)が規模別に示されている。地図では2445の地域暖房システムを伴う2188の都市が示されている。

出典: "HEAT ROADMAP EUROPE 2050 - SECOND PRE-STUDY FOR THE EU27", Aalborg University, 2013

排ガス復水の場合には、冷却に用いられる地域熱供給からの還りの温水の温度が低いことが、効率的な熱回収のために必要であることが指摘されている³⁷。また、北欧では、排ガス復水に、さらにヒートポンプを付加して、熱回収・総合効率を強化した運転モードも選択可能とする事例も多いようであるが、ヒートポンプを稼動する場合は発電効率とのトレードオフが発生する。

³⁷ L.Tobiasen and B.Kamuk (2013)



図Ⅲ-1-(2)-34 排ガス復水とヒートポンプの結合による熱回収効率増大方式例

出典：各種資料より作成（図はヒートポンプが吸収式の場合）

なお、排ガス復水により排ガス温度が数十℃にまで低下することで、排ガスと環境（大気）の温度差による浮力が低下するためには有効煙突高さは低下すると考えられる。一方で、排ガス復水が例えば湿式スクラバで行われる場合には排ガス中の大気汚染物質の除去効率は高まると考えられる。

②今後の課題

発電効率と熱供給のトレードオフの定量的関係の試算については、精度の向上や検討範囲の拡大が望まれる。例えば、本検討では、各種の熱需要に対応しやすい蒸気供給の場合を中心に調査や試算を実施したが、今後は、復水排熱等の利用ケースを含む温水供給の場合（需要側では、冷熱を得るために蒸気吸収式冷凍機に用いることは難しくなる一方、温水利用のための熱交換に伴うエクセルギー損失は低下することが期待される。）や、本調査で詳細に検討した民生需要では東京以外の寒冷地の場合についても、高効率発電と熱供給のバランスを検討することで、有用な知見が追加できると見込まれる。

それらの整理や内外の事例収集を踏まえた、より広範な観点で深度化した知見に基づく高効率発電と熱供給のバランスの考え方の充実した提示が、今後の課題である。

地域熱供給のための促進策は（1）3）において提案したとおりであるが、その一環としても、実施の整備の基本構想を対象とした廃棄物エネルギーの地域利活用を実現するための検討（実現可能性調査）や計画策定の実践、そして実証や事業化を通じた技術や知見の蓄積や共有が行われ、理想的な高効率発電と熱供給のバランスが追及されていくことが望まれる。

(3) 熱供給導入検討施設の選定及び事業計画の作成支援

環境省担当官との協議の下に、実現可能性の高い下記の自治体の施設を抽出し、事業計画の作成を支援した。

表Ⅲ-1-(3)-1 事業計画作成支援対象

項目	内容	
自治体	A市	
新設または既存	新設	
施設の概要	処理対象物	一般ごみ、可燃性粗大ごみ、可燃性残さ
	処理方式	全連続燃焼式(ストーカ式)
	処理能力	110t/日 (55t/日×2炉)
	その他	発電効率：14%以上
事業方式	DBO	
余熱利用について	運営事業者は、本件施設を運転することにより発生する余熱を利用して発電等により、本件施設、リサイクルセンター内で有効利用するものとする。また、市が計画している余熱利用施設に対しても温水等により熱供給を行い、有効利用を図るものとする。なお、運営事業者は、余剰電力を第三者に販売するものとするが、余剰電力に係る収入については、市の収入とする。	

出典：A市ホームページ及び「施設整備事業及び運営事業募集要項」より作成

支援対象となった事業計画（構想）では、新ごみ処理施設（焼却施設）の余熱利用施設として農業施設（作物栽培施設）が想定されており、対象作物の収穫期間・収穫量の拡大により農家収入の増加に資することで強い農業づくりに期待が示された。

このため、具体的な支援内容としては、まず、新ごみ処理施設から供給される余熱の条件を踏まえて、熱供給に必要な機器を検討した上で、夏期及び冬期の熱供給システムのモデル案を検討し、A市での実現性も含めてモデル案の比較検討を実施した。また、新ごみ処理施設からのエネルギーの供給量や費用について、熱供給に伴う発電量や売電収入の低下分を含めた試算を実施した。

以上の結果を活用しつつ、A市から提供された参考情報も踏まえて、地域に及ぼす経済効果、CO₂削減効果等を明らかにした。熱エネルギー供給によるコスト削減効果やCO₂削減効果は、削減量を算定する上での比較対象となるベースラインの設定に応じて数値が変化する。ここでは、仮に、余熱利用がない場合には余熱を活用した冷房及び暖房システムと同等の機能を全て電力会社からの買電によって空冷式ヒートポンプを稼働させて実現とするとした場合を、ベースラインと設定して評価した。ここで、余熱利用ケースにおいて、熱供給を行う場合には、それによる発電低下量を二酸化炭素排出

要因（削減量の損失）とみなして評価した。

余熱利用ケースの排出量は、新ごみ処理施設の年間運転スケジュールやごみ質等によって、新ごみ処理施設からのエネルギー供給が変化するために一意に特定することは困難であるが、条件を整えば、余熱を全量発電に用いるよりも一部を熱として使うことによって、農業施設へのエネルギー供給に伴う年間の二酸化炭素排出量を大幅に削減しうる可能性があることが分かった。なお、本検討は直接的に温熱や冷熱を製造する部分に重点を置いており、その観点では熱の抽出方法や施設の発電効率等により削減量は変化するほか、熱供給に伴う各種設備や農業施設側のエネルギー使用量や電気の二酸化炭素排出係数の値によっても、事業全体の排出量や削減量・削減割合は変動することに留意する必要がある。また、費用面については、将来の売電価格等によっても大きく変化することに加え、純粋なエネルギーコストのみならず、初期費用等も伴うものであるために、より慎重な評価が必要である。

地域への経済効果として、継続的な収穫期間を有する農業生産活動が開始できれば、雇用の創出が期待できる。今回の対象について一定程度の土地が確保できた場合には、通常の収量の場合でも数名の雇用が期待できると考えられるが、余熱利用によって収穫量が増大することで、パート形態等も含めれば 10 名程度の雇用創出の可能性もありうることが示唆された。

2. RDF を活用した熱利用促進に係る検討

要旨

RDF の本来の利点である中小規模自治体の廃棄物エネルギーの回収及び温室効果ガス排出量削減の重要性が増しているが、一方で RDF の普及を妨げている諸課題がある。

RDF について①生ごみ発酵熱が起因と言われている発火事故②乾燥のため高価な化石燃料が必要なこと③生ごみ由来の塩素による伝熱管腐食④利用先開拓不足といった諸課題に対し、現状調査及びグッドプラクティス事例を参考にして、クリアする方策を検討した。検討結果では、生ごみと可燃ごみの分離処理が RDF 諸課題のクリアに有効である。

又、類似の固形燃料である RPF の需要は堅調である。RPF 利用先は、品質が若干劣るが安価で安定供給可能な RDF の有効利用先となる可能性がある。

更に、RDF の諸課題をクリア可能な方策の一つとして、(メタン発酵+固形燃料製造)システムが考えられる。

目次

- (1) RDF 事業の現状
 - 1) RDF 全般
 - 2) RDF 施設・発電所の調査①A リサイクル発電機②B ごみ固形燃料発電所
- (2) RDF 事業の役割と効果
 - 1) 役割
 - 2) CO2 削減効果
 - 3) コスト削減効果
- (3) グッドプラクティス事例
 - ①製紙会社発電燃料②地域熱供給③染色産業乾燥用蒸気④下水汚泥助燃材
- (4) 普及の諸課題と対策
- (5) RDF の熱利用促進に係る提案
 - 1) 諸課題をクリア可能なシステム
 - 2) RPF の利用状況との比較検討
 - 3) 廃棄物利用火力発電システム
- (6) (メタン発酵+固形燃料製造)システム
 - 1) システムフロー
 - 2) アンケート調査
 - 3) 調査・検証項目
 - 4) システムの可能性検討
 - ①メタン発酵事例事業概要②ごみ量の変化③生ごみ搬入量④メタン発酵による有機分減少
 - ⑤施設の稼働状況⑥メタン発酵の物質収支⑦システムの可能性検討

(1) RDF 事業の現状

1) 全般

全国 52 施設 94 市町村の年間 680 千トン一般廃棄物から 372 千トンの固形燃料製造し、RDF 発電所 5 か所で 275 千トン、熱利用等で 97 千トン利用している。(表Ⅲ-2-(1)-1、2) (平成 24 年度のアンケート) ごみ量 100 トン/日以下が、74 市町村と多いのが特徴である。^{1) 2)}

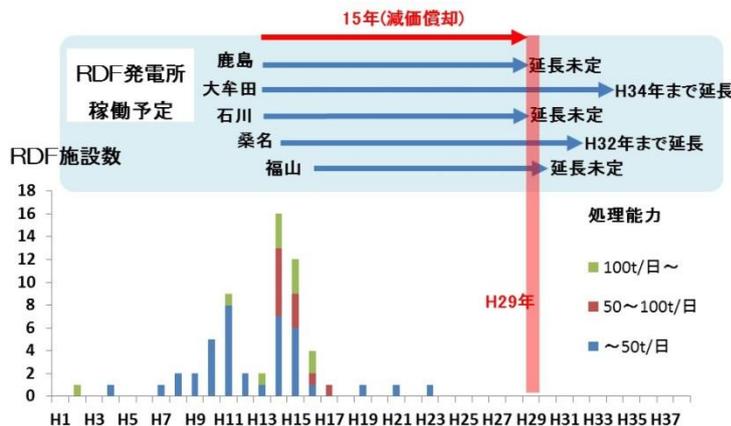
ここ 10 年間の重油価格上昇に伴い、RDF の熱利用価値について好転し、熱利用先が増加して RDF 製造施設が新設されてもよい状況にあるにも関わらず、RDF 製造施設と発電所の新設は、ほとんど無い状況である。(図Ⅲ-2-(1)-1) RDF 事業は、多くの施設が建設された平成 14 年当時のダイオキシン類対策としては一定の効果はあったが、以降維持・拡充する方策がないのが現状である。

表Ⅲ-2-(1)-1 RDF 施設規模と製造量

RDF施設規模	施設数	市町村数	ごみ処理量 (千t/年)	RDF製造量 (千t/年)
100 t/日以上	11	20	389	219
100 t/日以下	41	74	291	153
計	52	94	680	372

表Ⅲ-2-(1)-2 RDF 利用方法と利用量

利用方法	施設数	市町村数	利用量 (千 t/年)
RDF発電所(5ヶ所)	30	56	275
熱利用(蒸気)等	22	38	97
計	52	94	372



図Ⅲ-2-(1)-1 RDF 利用方法と利用量 (平成 24 年度) (新聞報道等資料より)

2) RDF 製造施設と RDF 発電所の調査

多くの RDF 施設が稼働した平成 14 年以降、約 13 年が経過し初期トラブルは無くなり、現在稼働中の RDF 製造施設の大部分はグッドプラクティスである。その中で、RDF 事業の普及の諸課題をクリアしているグッドプラクティス事例については、本書の (3) グッドプラクティス事例で報告する。ここでは、全国 5 か所の RDF 発電所中で、(表Ⅲ-2-(1)-3) 代表例として A リサイクル発電(株)と B ごみ固形燃料発電所の現状の調査結果を示す。

①A リサイクル発電(株)

RDF 発電所の収益は、ごみ焼却炉発電と異なり自治体からのごみ処理収入がなく、RDF 施設からのチップングフィーと売電収入から成り立っている。全国で 5 か所稼働中の RDF 発電所の一つである A リサイクル発電(株)の事業業績を調査した。A リサイクル発電(株)は C 県、D 県の 7 か所の RDF

製造組合から、約 300 トン/日、年間約 8 万トンの RDF の供給を受け、発電能力は、20,600kW である。平成 14 年 12 月稼働し、当初の平成 29 年度までが事業計画を、更に 5 年延長し平成 34 年度まで稼働することが決まっている。しかし、平成 29 年度に D 県の 2 組合が、離脱し以降残り 5 組合の RDF 供給となる。原因は、RDF 処理費が高い（チップングフィーが高い 10,500 円/RDF トン≒ 5,670 円/ごみトン(RDF 化率 54%)）ためとされている。

今回の平成 27 年 10 月の調査結果では、売電単価が FIT の効果で従来の約 2 倍に単価アップしているため、経営は良好で黒字化し、チップングフィーの値下げ、補修費対策の積み立てが出来る状況に収支改善されている。稼働後 13 年経過して設備劣化が進んでいる。3 回/年×3～4 週間/回の定期メンテナンス（伝熱管摩耗交換、堆積物掃除等）が必要であるが、13 年を経過して損傷箇所を把握して改善を試みている。更新時には、隣接した RDF 発電所を新設するために約 100 億円必要である。平成 34 年度以降 RDF 発電事業が継続されない場合があり得る。傘下の RDF 製造施設は、約 13 年経過したが、機械品が多く定期修理交換をすれば、30 年以上の稼働は可能である。7 年後の平成 34 年度以降 RDF 製造施設は別のごみ処理方式を選択するかどうか喫緊の課題である。

表Ⅲ-2-(1)-3 RDF 発電所（稼働当初）

主要項目	茨城県	三重県	福岡県	石川県	広島県
事業主体	鹿島共同資源化センター	三重県企業庁	大牟田リサイクル発電(株)	石川県北部 RDF 広域処理組合	福山リサイクル発電(株)
RDF 専焼能力	200t/日 (RDF100t他産廃)	240t/日 (120t×2炉)	315t/日 (1基)	160t/日 (80t×2炉)	314t/日 (1基)
発電能力	3,000kW	12,050kW	20,600kW	7,000kW	約20,000kW
発電効率	16.1% (蒸気利用有)	約28%	約30%	約21%	約28%以上
専焼炉型式	キルンストーカ	外部循環流動床	内部循環流動床	流動式ガス化溶解	シャフト炉型ガス化溶解炉
メーカー	日立造船(株)	富士電機(株)	川崎重工(株)	日立造船(株)	日本鋼管(株)
稼働年月	平成13年4月	平成14年12月	平成14年12月	平成14年12月	平成16年4月

出典：廃棄物学会論文誌, Vol. 18, No. 4, pp264-273 (2007)

② B ごみ固形燃料発電所

B ごみ固形燃料発電所は、平成 32 年まで稼働予定であるが、以後の稼働は未定であった。平成 27 年 3 月に、平成 15 年の火災事故の裁判も結審した。今後の方向性を調査した。

B ごみ固形燃料発電所に RDF を供給している 6 自治体の中で F 市 RDF 製造施設は、B ごみ固形燃料発電所に隣接しており、処理量 230 ごみトン/日と最大規模の施設なので、今後の発電所の稼働計画に影響する施設である。

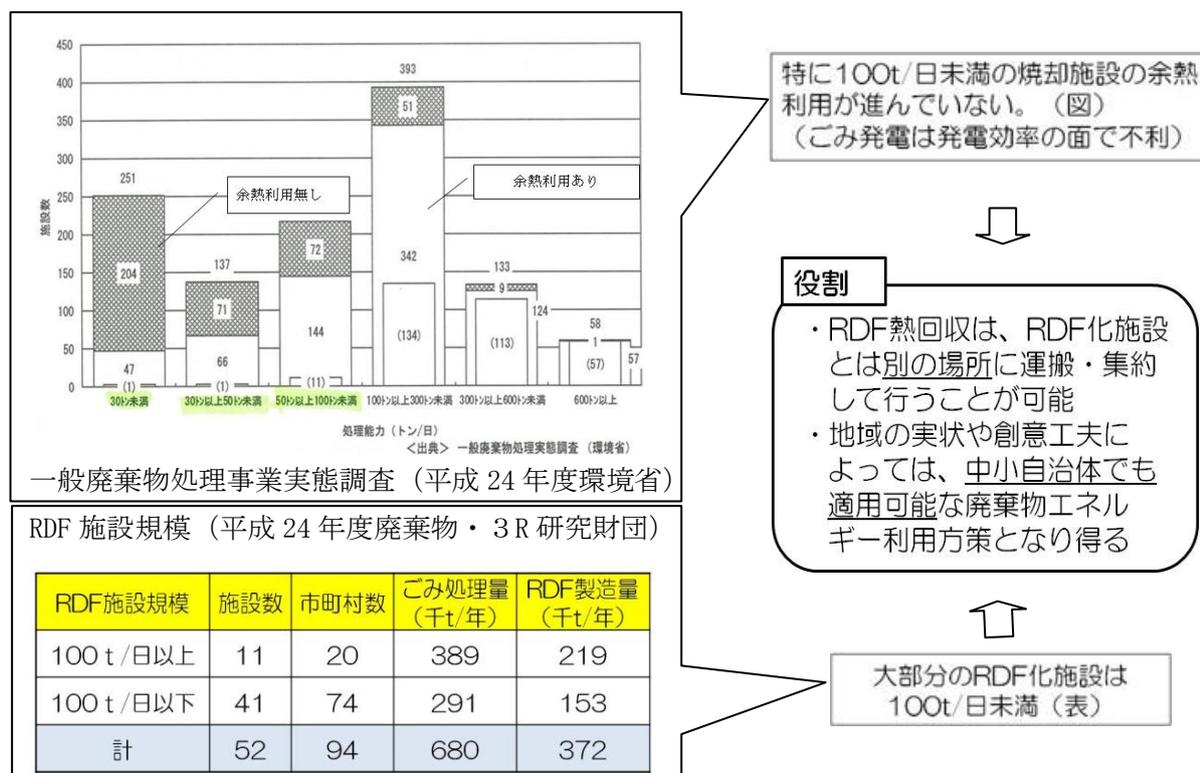
B ごみ固形燃料発電所では平成 15 年の事故を再び起こさないように、発電所への RDF 受入れ時の RDF 性状基準は特に厳しいものになっている。F 市 RDF 製造施設も、万全の安全・管理体制で RDF を製造・供給している。このため、F 市 RDF 製造施設の維持管理費は非常に高く、3.2 万円/ごみトンである。F 市は、平成 32 年度以降のコストについて RDF 方式と焼却炉方式を比較した結果、平成 32 年度までは発電所に RDF 供給はするが、以降は維持管理費の安い焼却炉方式を採用する方針に決定した。F 市の方針から、県下の他の 5 自治体は、RDF 製造施設を廃止し、それぞれ広域化、

焼却炉等の別のごみ処理方式を模索している。F市に次いでごみ処理量の多いG市 RDF 施設 135 ごみトン/日は、RDF 施設を廃止し、隣接する既設の産業廃棄物焼却炉に委託処理を検討している。また、H 広域連合は、44 ごみトン/日の RDF 施設を廃止し I 市と広域化焼却炉処理を検討している。

(2) RDF 事業の役割と効果

1) 役割

平成 25 年度～29 年度の 5 か年の新たな「廃棄物処理施設整備計画」では、廃棄物処理に求められているものは大きく変化し、廃棄物エネルギー回収及び温室効果ガス排出量削減の重要性が増加している。RDF 施設は大部分がごみ量 100 t /日未満、人口 10 万人未満の中小自治体に設置されており、廃棄物エネルギー回収と CO₂ 削減に貢献している。



図Ⅲ-2-(2)-1 RDF 事業の役割

2) CO₂ 削減効果

RDF の重油等の代替燃料としての熱利用は、経費削減と CO₂ 削減効果がある。CO₂ 削減効果を表Ⅲ-2-(2)-1 の条件で、ごみ処理量 10,000 t/年の場合、日量 40 トン (人口約 4 万人) 規模の RDF 製造施設および焼却炉 (余熱利用あり) と比較した結果を表Ⅲ-2-(2)-2 に示す。RDF を燃料として熱利用すれば、その分重油を使用しないので、CO₂ は削減される。ごみトン当りの CO₂ 発生量は RDF 施設 100 kg- CO₂/ごみトンに対して、焼却施設 341kg- CO₂/ごみトンとなり、その差、241kg- CO₂/ごみトン削減される。

$$(341 \text{ kg- CO}_2/\text{ごみトン} - 100 \text{ kg- CO}_2/\text{ごみトン} = 241 \text{ kg- CO}_2/\text{ごみトン})$$

蒸気ボイラを導入した先行事例の CO₂ 削減効果を、本書Ⅳ 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル①RDF の有効利用で試算している。

表Ⅲ-2-(2)-1 温室効果ガス削減試算条件

施設条件	単位	RDF・焼却（水噴射）共通
年間稼働日数	日/年	250
運転時間	h/日	16
計画年間日平均処理量	t/日	27
系列数	-	2
調整稼働率	-	1.00
実稼働率	-	0.68
施設規模	t/日	40
RDF施設灯油原単位	ℓ/ごみ t	90
RDF施設電力原単位	kW/ごみ t	200
ごみのエネルギー	kJ/kg	8,370
RDFボイラー効率	%	80
重油ボイラー効率	%	90

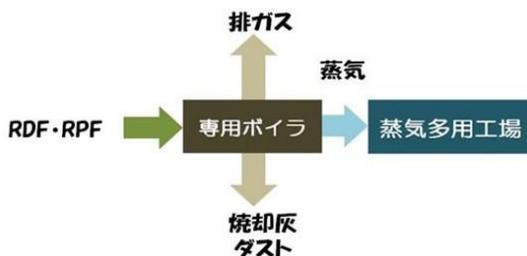
表Ⅲ-2-(2)-2 RDF 施設と焼却施設の CO₂ 排出量の比較

分類	項目	RDF施設	焼却施設
a1. 使用エネルギー分	エネルギー由来CO ₂ 排出量	3,351	791
a2. ごみ由来排出分	廃材由来CO ₂ 排出量	3,210	3,210
b1. 熱利用代替分	年間CO ₂ 排出量（熱利用）	-6,267	-598
b2. 熱利用設備排出分	利用施設動力I補償-由来CO ₂ 排出量	541	0
c. 回収物輸送分	輸送のCO ₂ 発生量	167	8
年間CO ₂ 発生量 トン-CO ₂ /年		1,002	3,411
ごみトンあたりCO ₂ 発生量	a1) + a2) + b1) + b2) + c) kg-CO ₂ /ごみトン	100	341
環境省指針	y = -240*LOG(x) + 820以下 X: 施設規模 (t/日) kg-CO ₂ /ごみトン	436	436
環境省「温室効果ガス排出抑制等指針」への適合		◎: 適合	○: 適合

出典：環境省廃棄物処理部門における温室効果ガス排出抑制等指針 2012 年 3 月より編集

3) コスト削減効果

RDF 蒸気製造ボイラーの経済性（設備投資効果）を把握するため、従来使用していた重油ボイラーとの蒸気トン当たりの単価を試算した。試算のための燃料単価を図Ⅲ-2-(2)-3 に示す。最近、原油価格が下落しているため、一時は約 90 円/ℓであった重油単価を 50 円/ℓ（資源エネルギー庁平成 28 年 1 月 A 重油価格）と設定した。RDF の単価は変動しないので 2 円/kg としている。重油の発熱量を 9,000kcal/ℓ、RDF の発熱量を 4,500kcal/kg とすると、発熱量当りの単価は重油の 1/13 であり、安価燃料として競争力がある。蒸気ボイラを導入した先行事例のコスト削減効果を、本書Ⅳ 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル①RDF の有効利用で試算している。



図Ⅲ-2-(2)-2 RDF ボイラーフロー

	単価	発熱量	発熱量あたり価格比
重油	50円/ℓ	9000 kcal/ℓ	重油 100
RPF	6円/kg	6000 kcal/kg	18 ⇒ 重油の1/6
RDF	2円/kg	4500 kcal/kg	8 ⇒ 重油の1/13

図Ⅲ-2-(2)-3 発熱量当りの価格比

(3) RDF グッドプラクティス事例

現状調査とグッドプラクティス（表Ⅲ-2-(3)-1）から RDF 事業の諸課題の解消に取組み、事業として成立させて行くための方策を検討する。

表Ⅲ-2-(3)-1 RDF グッドプラクティス事例

先行事例 (熱利用先)	成功の要因									
<p>J リサイクルセンター²⁾</p> <p>(製紙燃料) (地域熱供給)</p>	<p>生ごみは堆肥にしているため、RDF 製造フローには乾燥工程がない。RDF 中の塩素も 0.5%以下と少なく、ごみ処理コストも 2 万円以下と安い。27 年間の操業実績がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設規模：15.0 t/日・処理量：2,500 t/年 ・生産量：2,300 t/年・竣工：昭和 63 年 7 月（平成 13 年度設備更新） ・総事業費：当初 298,850 千円、更新 273,000 千円 ・ごみ処理コスト：16,359 円/ごみトン <p>  受入 → 破袋 → 磁選 → 手選別 → → 破碎 → 磁選 → 成型 → 製品 </p> <p> 受入原料に生ごみ等の高水分ごみが含まれていないため、乾燥工程等は設けていない。 </p> <p>処理フロー</p> <p>【ごみ質】 水分 12.6% 灰分 11.4% 可燃分 76.0%</p> <p>【種類組成】 紙・布類 66.9% ビニール・ゴム類 32.9%</p> <p>【RDF性状】 かさ密度：0.35g/cm³ 総発熱量：5,600(kcal/kg) 水分：5.5(wt%) 灰分：7.1(wt%)</p> <p>RDF 写真</p>  <p>RDF 利用先</p> <table border="1" data-bbox="411 1451 906 1617"> <thead> <tr> <th>利用先</th> <th>出荷量 (t/年)</th> <th>利用方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>製紙会社</td> <td>870</td> <td>有償売却</td> </tr> <tr> <td>地域暖房会社</td> <td>1,389</td> <td>有償売却</td> </tr> </tbody> </table> <p>  ごみ処理量7,434.2t/年のうち約40%がRDFの原料 </p>	利用先	出荷量 (t/年)	利用方法	製紙会社	870	有償売却	地域暖房会社	1,389	有償売却
利用先	出荷量 (t/年)	利用方法								
製紙会社	870	有償売却								
地域暖房会社	1,389	有償売却								
<p>K 市資源化センター</p> <p>地域暖房会社</p> <p>(地域熱供給)</p>	<p>K 市資源化センターは、生ごみを含まない木くず・紙くず・廃プラの原料配合割合による性状コントロールにより RDF 中の塩素も 0.2~0.3%と少ない。</p> <p>地域暖房会社は、家庭への熱供給用ボイラー等の設備は安定して稼働しており、平成 14 年稼働以来 13 年間熱導管による地域熱供給事業の実績がある。年間約 17,000 トン（平成 24 年度）の RDF を利用し、K 市と地域暖房会社が協力して廃</p>									

棄物エネルギーの地域熱供給に取り組んでいる。地域熱供給導入事例は、全国 137 か所で行われており、そのうち廃棄物エネルギーを利用しているのは下図に示す 8 か所である。

廃棄物エネルギーによる地域熱供給導入事例

熱供給事例	廃棄物エネルギー	熱供給会社
1 札幌市都心	木質バイオマス+天然ガス	(株)北海道熱供給公社
2 札幌市厚別 平成14年稼働	RDF+木質バイオマス	北海道地域暖房(株)
3 札幌市真駒内	ごみ焼却炉余熱	同上
4 千葉ニュータウン都心		(株)千葉ニュータウンセンター
5 東京臨海副都心		東京臨海熱供給(株)
6 光が丘団地		東京熱供給(株)
7 品川八潮団地		同上
8 大阪市森之宮		大阪ガス(株)

(出典) 一般社団法人日本熱供給事業協会ホームページ



RDF 貯留場

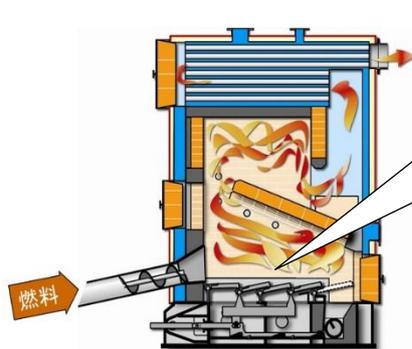


RDF (RPF) 径 30mm×長さ 90mm

民間染色会社、
製綿会社等²⁾

(染色又は製綿
の乾燥用蒸気)

L市にある民間の染色会社工場は、平成 27 年に既設重油ボイラーの老朽更新に伴い RDF と RPF による蒸気製造用ボイラー（発生蒸気量 3t/h×5 基、内 3 基が RDF 用、2 基が RPF 用）を導入した。安定した品質、安価および安定供給可能な RDF を約 1,000 トン/月利用している。RDF 中の塩素は、利用する蒸気が、200℃、0.8MPa と低温・低圧のため、蒸気用ボイラー伝熱管腐食への影響はない。



ストーカ炉



RDF 受入れホッパー



灰ホッパーと排気塔



RDF 径 15mm×長さ 30mm

<p>(公財)岡山環境保全事業団 水島クリーンセンター²⁾</p> <p>下水汚泥焼却炉の助燃材</p>	<p>水島クリーンセンターでは、脱水後の下水汚泥 209 トン/日の焼却のため、従来廃プラ 66 トン/日を助燃材として利用していたが、廃プラ供給不足のため重油を使用せざるを得なかった。重油の代わりに安価および安定供給可能な RDF に切替えた。操業面でも流動床焼却炉底部において RDF の火持ちが良さから汚泥焼却量の増加効果もある。平成 23 年度から約 5 年間 500～700 RDF トン/月継続使用している。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <p>水島クリーンセンター 既設廃プラ用ピットに RDF 投入 流動床焼却炉 重油代替のメリットの概算</p> <p>RDF の発熱量を重油の 1/2、RDF 使用量は 6,000 トン/年とすると、重油使用量は約 3,000kl/年となる。(図Ⅲ-2-(2)-3 発熱量当りの価格比参照)</p> <p>RDF 購入費：6,000 トン/年×1,000×@2 円/kg≒0.12 億円/年 重油購入費：3,000 kl/年×1,000×@50 円/l≒1.5 億円/年 (@50 円/l:資源エネルギー庁平成 28 年 1 月 A 重油価格)</p> <p>RDF の重油代替のメリットは、年間 1 億円以上ある。</p> <p style="text-align: right;">出典) 環境施設 No. 131 (2013 年 3 月) より</p>
---------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

(4) 普及の諸課題と対策

多くの RDF 施設が稼働した平成 14 年以降、約 13 年が経過し、設備は安定化し、トラブルは無くなっている。現状調査及びグッドプラクティス事例を参考にして対策を考える。

表Ⅲ-2-(4)-1 普及の諸課題をクリアする方策

普及の諸課題	方策 (成功例から考える)
1. RDF 火災についての誤解	RDF 発電所、製造施設ともに事故以来約 12 年以上経過するが、安全に稼働している。また、発火原因が究明され法的にも安全対策が確立されている。この間 RDF 貯蔵槽に関する消防法の改正等も行われている。究明された発火原因と安全対策について、周知してゆくことが必要である。
2. 塩素が高い。 (通常 RDF 塩素濃度は、0.3～1.5%)	<p>製紙会社用には、生ごみ(無機塩素含有)を分別し、塩ビプラ除去、更に低塩素化が必要な場合は、低塩素廃プラを混合し、基準塩素濃度 0.3～0.5%の固形燃料が製造されている。(J 市、N 町他)</p> <p>製紙会社自家発用以外は、燃焼排ガス対策上塩素は低い方がよいが、特段塩素は問題にはなっていない。RDF 発電所は塩素濃度 1.5%以下を受入基準としている。(A リサイクル発電(株)、M リサイクル発電所)</p> <p>蒸気製造用(染色会社、製綿会社等)は、塩素濃度基準は比較的緩くそのまま使用可能である。最大塩素濃度 2.0%仕様の RDF ボイラーが開発されている。</p>

<p>3. RDF 製造工程で化石燃料(灯油等)を使用している。</p>	<p>RDF 製造工程の乾燥・脱臭灯油原単位は、60～90ℓ/ごみトン≒900kcal/ごみ kg ≒1,800kcal/RDF-kg、固形燃料の発熱量 4,500kcal/kg の約 40%を消費する。 (消費された kcal の大部分は、生ごみ由来の水分除去 60→10%に使用される) 水分と塩分を多く含む生ごみを分別処理して、可燃ごみだけを高発熱量・低塩素 RDF にする方法が、エネルギー回収及び CO₂削減に望ましい。</p> <p>生ごみを分別収集し、メタン発酵または堆肥にして可燃ごみだけを乾燥工程無しで安価に RDF 化する方式を採用する、(J 市、N 町他)</p> <p>生ごみの好気性発酵熱を利用してごみを乾燥後、異物除去して RDF 化する方式(トンネルコンポスト方式を採用する。(O 市))</p>
<p>4. 流通(熱利用の場合)</p>	<div data-bbox="430 649 1300 862" data-label="Diagram"> <pre> graph LR A[供給側=自治体 RDF製造施設 課題:熱利用先不足] -- 有価燃料買取 --> B((RDF供給 仲介事業者)) B -- 有価燃料販売 --> C[利用側=民間企業等 温熱・蒸気等熱利用 課題:利用方法開拓不足] A -- 直接有価燃料販売(RDFは燃料) --> C </pre> </div> <p style="text-align: center;">RDF 熱利用流通の仕組み</p> <p>類似の固形燃料 RPF の場合には、産廃プラから製造するので、供給者側(RPF 製造者・産廃事業者)は、産廃プラ処理の受託収益と販売収益の両方を享受出来、収益差が RDF と比較して大きいので、RPF 製造施設を新設・拡充するインセンティブが働くが、RDF 製造自治体にはインセンティブが働かない。RDF を良好に流通している RPF と同じ流通方式に近づける。公設民営・DBO 方式、既設の場合は長期包括(操業メンテ、RDF 販売を含む)契約等、自治体が RDF 施設を新設するインセンティブが働く仕組み(民間が責任を持って販売利用先を探す)とする。</p>
<p>5. 流通(発電の場合) チップングフィーが高いと言われている。</p>	<div data-bbox="430 1310 1316 1478" data-label="Diagram"> <pre> graph LR A[供給側=自治体 RDF製造施設 課題:運営費負担増] -- チッピングフィー(処理費)支払い --> B[利用側=RDF発電所 課題:収益不足] </pre> </div> <p style="text-align: center;">RDF 発電所利用流通の仕組み</p> <p>RDF 発電所利用の場合では、RDF 製造費は 2～3 万円/ごみトン、チップングフィー約 0.5 万円/ごみトン(≒1.0 万円/RDF トン)と輸送費約 0.2 万円/ごみトン(≒0.4 万円/RDF トン)を加えても、合計約 2.7～3.7 万円/ごみトンである。この金額は、中小規模焼却炉のごみ処理費と比較して同等である。³⁾</p> <p>RDF 発電所の収益は、ごみ焼却炉発電と異なり自治体からのごみ処理収入がなく、RDF 施設からのチップングフィーと売電収入から成り立っている。RDF 発電所の収益不足により、FIT の終了し売電収入の増加分が終了する 6 年後の平成 34 年度以降は継続するか未定であることは、喫緊の課題である。RDF 製造施設を含めて対応策が必要と考えられる。</p>

(5) RDF の熱利用促進に係る提案

1) 諸課題をクリア可能なシステム

現状調査及びグッドプラクティス事例を参考にして、普及を妨げている諸課題のクリアする方策を検討した。①生ごみ発酵熱が起因と言われている発火事故②乾燥のため高価でCO₂を発生する化石燃料が必要なこと③生ごみ由来の塩素によるボイラー伝熱管腐食④利用先開拓不足といった普及を妨げている諸課題に対し、これらの諸課題をクリア可能なシステムとして、後述する（メタン発酵+固形燃料製造）システムが、RDF の熱利用促進の方向性の一つとなると考えられる。

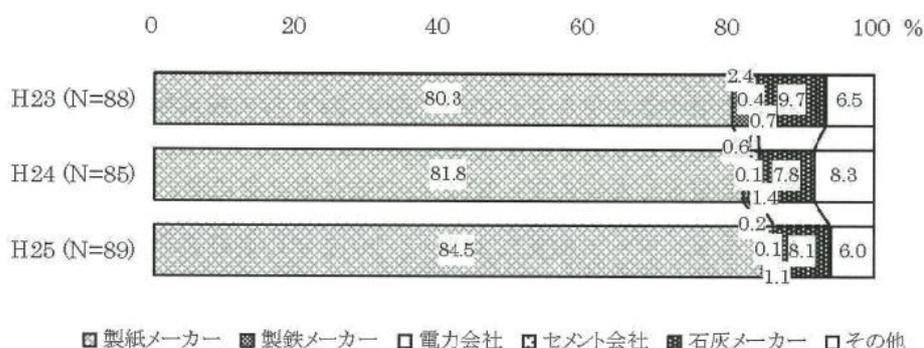
2) 産業廃棄物由来の RPF の利用状況との比較検討

RDF は、RPF と比較して安価であるが発熱量が低く塩素濃度も高い。また、紙、厨芥を多く含むためバイオマス比率は高くその利用はCO₂削減に寄与する。（表Ⅲ-2-(5)-1）

表Ⅲ-2-(5)-1 RDF と RPF の比較

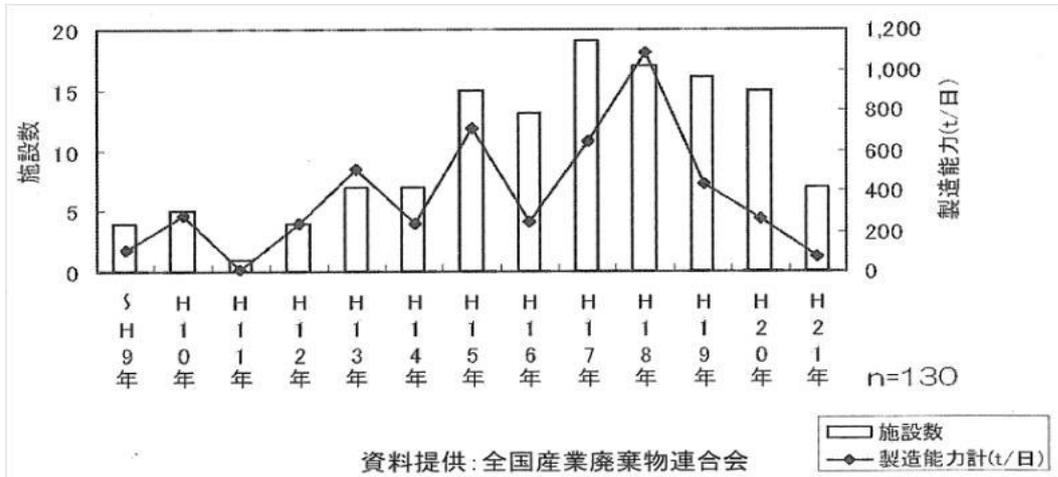
	RDF	RPF
主な原料	一般廃棄物 家庭ごみ	産業廃棄物 廃棄プラスチック
製造者	自治体	産廃業者
製造量	37万トン/年	110万トン/年
価格	2千円/トン 通常、運搬費は自治体負担	6~10千円/トン 通常、運賃は事業者負担
低位発熱量	4,000~5,000kcal/kg	6,000~8,000kcal/kg
塩素濃度	0.3~1.5% 収集ごみ質に依存	A ~0.3% B 0.3~0.6% C 0.6~2.0%
バイオマス比率 CO ₂ 削減寄与	55% バイオマス ⇒ 家庭ごみの紙、厨芥	20~30% プラスチックごみ主体
利用先例	繊維業界	A級品は製紙業界

RPF の販売先は、製紙会社が84%を占め、次いで石灰メーカーが8%と続き、最近はこの2業種で約93%を占めている。（図Ⅲ-2-(5)-1）製紙業界で使用するエネルギーの約1割がRPF等の廃棄物エネルギーで賄われていると言われており、特に再生紙工場ではバイオマスエネルギーになる副産物（黒液等）が不足するので、RPF への依存率は高い。



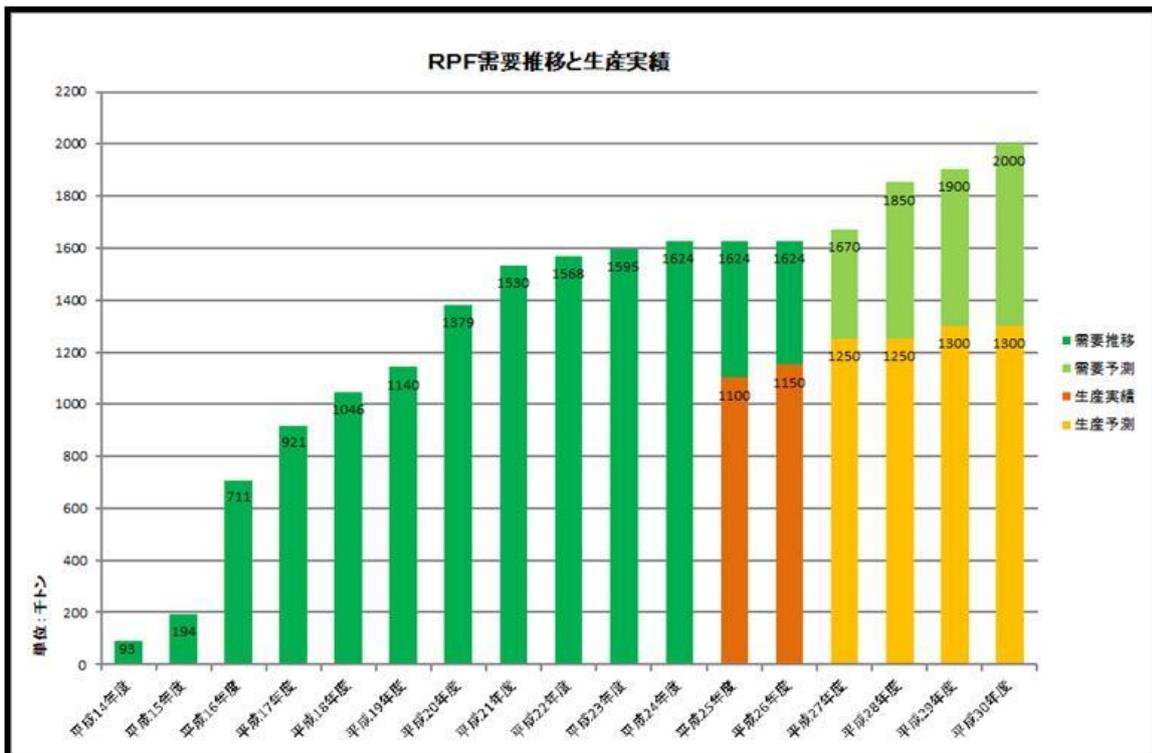
図Ⅲ-2-(5)-1 RPF 販売先の内訳⁴⁾

RPF 施設の新設数と製造能力推移を見ると、平成 17 年をピークに新規製造施設は減少し、製造能力も平成 18 年をピークに増加していない。(図Ⅲ-2-(5)-2)



図Ⅲ-2-(5)-2 RPF 施設の新設数と製造能力推移⁴⁾

RPF の需要は、平成 25 年度で製造能力 110 万トン/年以上の 160 万トン/年ある。(図Ⅲ-2-(5)-3) 同じ流通ルートに乗せれば品質は若干劣るが安価で安定供給可能な RDF の拡販は有効である。



図Ⅲ-2-(5)-3 RPF 需要推移と生産実績 (出典) 日本 RPF 工業会ホームページ

3) 廃棄物利用高効率火力発電システム

廃棄物等を燃焼する焼却炉ボイラーで発生した蒸気を既設火力発電所ボイラーの給水系に熱導管で結合し、発電所側は燃料節減、焼却炉側では通常廃棄物発電では困難な 27~30% 高効率発電を達成可能とするシステムである。本システムは、環境省平成 26 年度 CO₂ 排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究」を行っている。^{6) 7)}

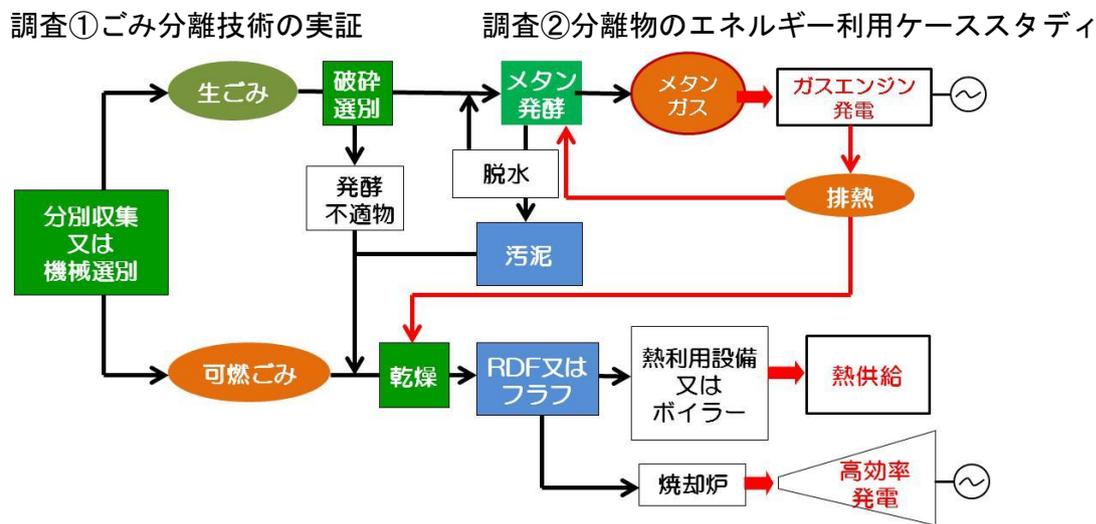
RPF を利用した場合の FS を実施しているが、RDF を利用した場合は、バイオマス比率が 6 割程度 (RPF は 3 割程度) あるため、更に中小自治体の CO₂ 削減に寄与するメリットがある。FS は完了しているため、今後、実用化するためには電力会社、ボイラメーカ、RDF 製造施設を運営する自治体がプロジェクトを組み事業化及び普及に向けた実証を実施する段階にあるといえる。

尚、システムの詳細については、本書Ⅲ 廃棄物エネルギーの熱利用促進に向けた検討 1. 地域への熱供給促進にかかる検討 (2) 2) 「ボイラ蒸気を高温高压用途 (火力発電) に利用する場合」で取り上げている。

(6) (メタン発酵+固形燃料製造) システム

1) システムフロー

(メタン発酵+固形燃料製造) システムは、生ごみと可燃ごみを分別収集又は機械選別し、生ごみはメタン発酵によりガス発電をする。可燃ごみは、ガス発電の排熱等により発酵不適物とメタン発酵汚泥を乾燥して固形燃料 (RDF) 又はフラフを製造し、熱利用するシステムである。固形燃料 (RDF) 又はフラフは焼却炉による高効率発電 (RDF 発電) 利用も可能である。(図Ⅲ-2-(6)-1)

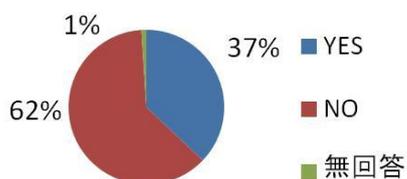


図Ⅲ-2-(6)-1 (メタン発酵+固形燃料製造) システムフロー

2) アンケート調査

(メタン発酵+固形燃料製造) システムに関しては、自治体へのアンケート調査を実施した⁵⁾。調査対象は、国内 1, 221 焼却施設のうち、平成 34 年までに更新時期を迎える 100t/日以下の中小規模自治体の焼却施設 154 施設と既設 RDF 施設 42 施設、合計 196 施設である。アンケート回収

は 104 施設で全体回収率は 53%、アンケート結果の一例を図Ⅲ-2-(6)-2 に示す。Q：(メタン発酵＋固形燃料製造) システムのデータ・費用対効果に関心はありますか？に対して、A：関心があるのは 37%と関心が高いことがわかった。



Q：(メタン発酵＋固形燃料製造) システムのデータ・費用対効果に関心はありますか？
A：関心があるのは 37%。

図Ⅲ-2-(6)-2 アンケート結果の一例

3) 実証試験項目

RDF を活用した熱利用促進を図るためには、生ごみのメタン発酵を取り入れた方が効果的と考えられるので、(メタン発酵＋固形燃料製造) システムについて調査・検討する。

現在メタン発酵については、自治体、民間で実証が着実に進んでおり、個々の技術についてのデータが蓄積されつつある。(メタン発酵＋固形燃料製造) システムフローに沿って考える。事業系一廃を含む生ごみを分別してメタン発酵すれば、可燃ごみの発熱量は上がり、塩素分と水分も少なくなり容易に乾燥出来ることから、固形燃料 (RDF) 製造の場合には、高品質で安価に固形燃料 (RDF) 又はフラフが製造出来、熱利用及び焼却炉による高効率発電が可能になる。生ごみと可燃ごみの分離処理では、収集ごみの約半分を占める紙ごみの分配が、メタンガス発生量と発熱量及び RDF 又はフラフの製造量と発熱量に影響することから、収集ごみ分離技術の選択は重要になる。表Ⅲ-2-(6)-1 は (メタン発酵＋固形燃料製造) システムを実用化するための実証試験項目例である。

表Ⅲ-2-(6)-1 (メタン発酵＋固形燃料製造) システム実証試験項目例

実証試験項目	備考
① ごみ分離機の技術データの分析	分別収集又は汎用性のある機械選別生ごみ (事業系一廃を含む) と可燃ごみ
② 分離物 (生ごみスラリー、RDF 又はフラフ) のメタン発酵試験、分析検査により、メタンガス発生量・発熱量 (発電量) RDF 又はフラフ製造量・発熱量 (高効率発電量、RDF 熱利用量)	熱利用設備又はボイラー＋熱供給システム焼却炉＋高効率発電システムについて、CO ₂ 削減効果・エネルギー回収率・費用対効果ケーススタディ

4) システムの可能性検討

(メタン発酵+固形燃料製造)システムの可能性を検討するため、P市にあるメタン発酵事例を調査した。

① 事業概要

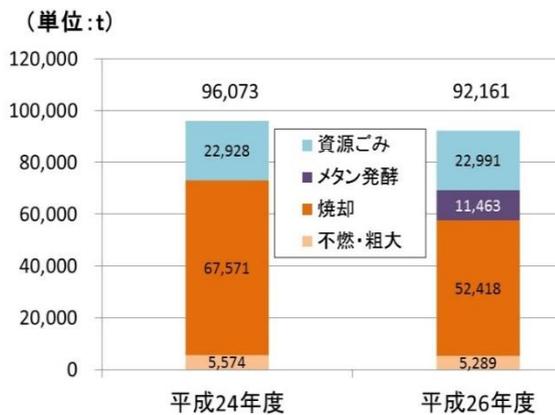
P市にあるメタン発酵事業の目的は、ごみ処理コストの削減、埋め立て処分場の延命、CO₂排出量の削減であり生ごみの焼却処理からメタン発酵へ転換した。施設は自治体では全国最大規模の65トン/日処理能力があり、中温メタン発酵方式を採用している。15年間のPFI事業方式で、メタンガス及び発酵残渣の有効利用策として、メタンガス発電+残渣の固形燃料化を実施している。PFI事業総額は約47億円(設計・建設:19億円、運営:28億円)運営期間平成25年7月~40年6月である。施設が隣接インフラと連携しており、排水は下水処理場へ発酵不適物はごみ焼却施設処理出来るため残渣の処理先が確保された条件で稼働しているのがこの事業の特徴である。このため、施設全体がコンパクトになり、より低廉な運営費の実現を可能としている。また、FITにより発電量の85%を売電(15%自家消費)、売電益で運営コストを大幅に削減している。発酵残渣は、固形燃料化してセメント工場に売却している。平成25年7月から約2年半順調に稼働しており、施設見学者は年間約3,000人に上る。以下、P市にあるメタン発酵施設の最近の操業実績データを、**図Ⅲ-2-(6)-3~7**で示す。

② 生ごみ分別前後のごみ量の変化

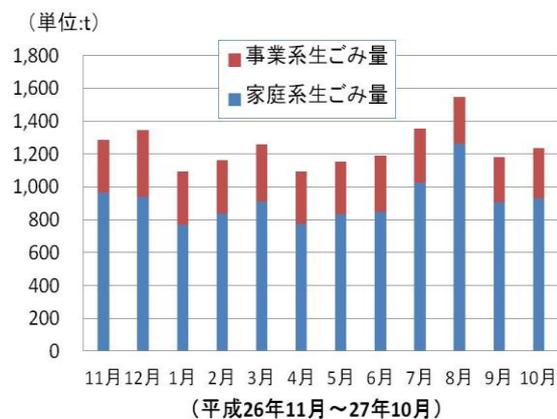
分別前後の平成24年度と平成26年度ごみ量の変化から生ごみメタン発酵の割合は全体の約12%を占める。生ごみメタン発酵により焼却量が約23%減少し、焼却割合は全体の約57%と低くなっている。(図Ⅲ-2-(6)-3)

③ (事業系+家庭系) 生ごみ搬入量

直近の生ごみ搬入量は、年間約15,000トンで、家庭系:事業系=3:1季節変動は比較的小さい。事業系生ごみは全体の25%を占める。生ごみ搬入量は、当初計画量65t/日には満たないが平成26年度実績で42t/日であり、安定した搬入量である。(図Ⅲ-2-(6)-4)



図Ⅲ-2-(6)-3 分別前後のごみ量の変化 (t/年)



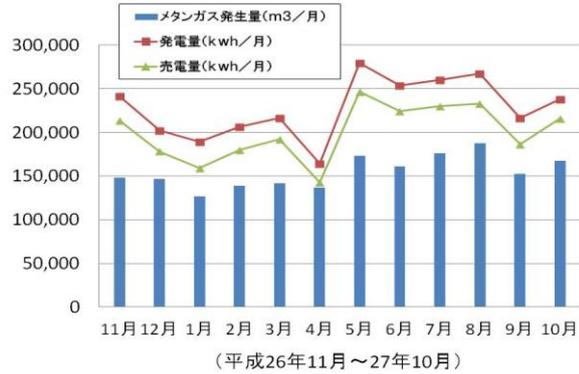
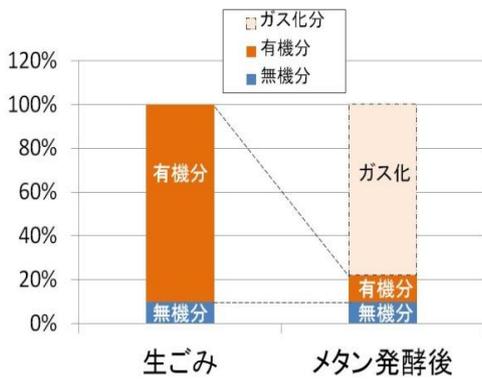
図Ⅲ-2-(6)-4 生ごみ搬入量 (t/月)

④ メタン発酵による有機分減少

生ごみ中の有機分は90%、この有機分が微生物によりメタンガスに転換し固形分は1/5に減少する。(図Ⅲ-2-(6)-5)

⑤ 施設の稼働状況(メタンガス発生量と発電量・売電量)

メタンガスの発生量は、年間約185万 m^3 、このうち85%を発電用に利用している。年間発電量は274万kWhでこのうち240万kWhをFITで売電(約1億円)している。4月は発電機の定期点検のため減少しているが、年間を通じて安定して稼働している。(図Ⅲ-2-(6)-6)

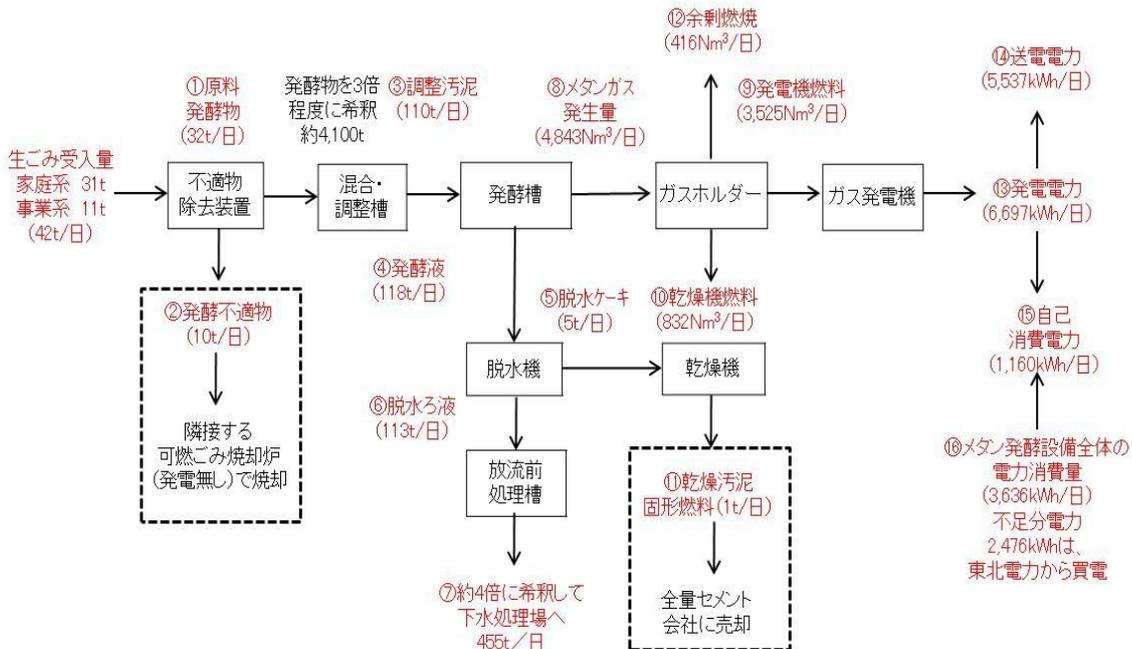


図Ⅲ-2-(6)-5 メタン発酵による有機分減少

図Ⅲ-2-(6)-6 メタンガス発生量と発電量・売電量

⑥ メタン発酵の物質収支

P市にあるメタン発酵施設は、住民が生ごみと可燃ごみに分別した後に中温メタン発酵する方式である。P市は、生ごみからの不適物と可燃ごみを既設の焼却炉(発電機無し)で、焼却処理している。メタン発酵の物質収支、エネルギー収支を示す。(図Ⅲ-2-(6)-7)



図Ⅲ-2-(6)-7 メタン発酵物質収支・エネルギー収支(平成26年度実績)

⑦システムの可能性検討

(メタン発酵+固形燃料製造)システムの可能性を検討する視点で、P市にあるメタン発酵施設のメタン発酵の物質収支、エネルギー収支を見る。現状、発酵槽からの残渣を脱水ケーキ後、メタンガス燃焼乾燥機で乾燥して固形燃料化してセメント会社に売却している。残りのメタンガスは一部余剰燃焼するが、大部分はガス発電して電力量6,697kW/日、メタン発酵設備全体電力消費量3,636kW/日を差し引いた3,061kW/日の電力量を回収している。P市にあるメタン発酵施設では、生ごみから機械選別された不適物を現状は焼却しているが、(メタン発酵+固形燃料製造)システムでは、メタン発酵後の脱水汚泥、分別後の可燃ごみと共に乾燥後、固形燃料又はフラフを製造するために電力とメタンガスを消費する。このようにP市にあるメタン発酵施設は、(メタン発酵+固形燃料製造)システムと部分的には異なる処理フローであるが、メタン発酵の物質収支、エネルギー収支を見ると(メタン発酵+固形燃料製造)システムが成立する可能性があることを示している。

参考文献

- 1) 環境省平成26年度廃棄物発電の高度化支援事業報告書I-4-(2)「製鉄所等熱多用施設での廃棄物固形燃料(RDF)の熱利用」
- 2) 「エネルギー源としての固形燃料の活用方策」:平成27年3月ブック財団15-01(公財)廃棄物・3R研究財団
- 3) 環境省平成22年度「国内外における廃棄物処理技術調査業務」第5章ごみ固形燃料化(RDF)に関する調査 P.102
- 4) 一般社団法人プラスチック循環利用協会2014年度「廃プラスチックの動向調査報告書」(RPF原料用廃プラスチックの需給動向)
- 5) 「更新時期を迎える廃棄物処理施設に係るアンケート調査結果」平成27年11月(公財)廃棄物・3R研究財団
- 6) 「再生可能エネルギー利用火力発電システム」～RPF利用火力発電システム実用化FS～:火力原子力発電Vol.67 NO.712 PP33～44(2016.1)
- 7) 環境省平成26年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業「廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究」

IV 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（案）等の作成

1. マニュアルの目的

廃棄物発電の高度化支援事業（平成 25 年度～平成 27 年度）の調査結果等をもとに、廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（案）を作成した。

マニュアルの目的は、一般廃棄物焼却施設から得られる廃棄物エネルギーの利活用について、現状と今後の推進の考え方、方向性、方策の選択肢の考え方等を整理して、情報提供することにより、市町村の廃棄物政策、エネルギー政策を考えるうえで、本マニュアルを有効活用し、一般廃棄物処理事業を通じた廃棄物エネルギーの利活用がより一層推進されることを目指すものである。

2. マニュアルの構成

マニュアルの構成は、以下のとおりとした。

マニュアルの本編は、本報告書の資料編のとおり。

また、自治体等の各関係主体に周知するためにマニュアルの情報を整理した概要版を作成し、これをWEBページ（案）とした。

1. 背景

- (1) 我が国における廃棄物エネルギー利活用の経緯
- (2) エネルギー事情の変化と改正電気事業法への対応

2. 廃棄物エネルギー利用の現状

- (1) エネルギー回収の状況
- (2) エネルギー利用の状況

3. 今後の廃棄物エネルギー利用の方向性

4. 「高度化」の基本的考え方

5. 高度化方策のメニュー

5-1. 個々の施設での高度化

- (1) 先進的設備導入等による増強・高効率化

1) 概要

2) 増強・高効率化方策例

- ①高温高圧ボイラ
- ②逆潮流化
- ③低空気比燃焼
- ④低温エコノマイザ
- ⑤RO膜による排水処理

- (2) コンバインド処理による増強・高効率化

1) 概要

2) 増強・高効率化方策例

- ①焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインド(メタンガスを活用したボイラ蒸気の高温化)
- ②林地残材等の混焼
- ③焼却施設とメタンガス発電とのコンバインド

【トピック】 検討事例紹介：焼却施設と木質バイオマス発電とのコンバインド

【トピック】 研究事例紹介：RDF施設とメタン発酵とのコンバインド

【トピック】 研究事例紹介：焼却施設と火力発電所とのコンバインド

(3) 個々の施設における安定供給

1) 概要

2) 平常時の安定供給方策例

- ①送電電力量の管理

3) 災害時の安定供給方策

- ①非常用発電機
- ②用水確保

(4) 個々の施設における有効利用

1) 概要

2) 電力の有効利用方策例 —需要側とのネットワーク形成—

- ①自営線供給（自家発自家消費）
- ②自己託送・特定供給
- ③小売電気事業者を通じた託送供給による特定の供給先への電力供給

【コラム】 ごみ発電の地産地消学習支援プログラム

3) 熱の有効利用方策例

- ①地域熱供給事業

【トピック】 事例紹介：熱の産業利用等

【トピック】 事例紹介：熱の蓄熱輸送

【コラム】 発電と熱利用のバランスの考え方

4) 燃料化方策例

- ①RDFの有効利用

5-2. 複数施設での高度化

(1) 施設の集約・大規模化等による増強・高効率化

1) 概要

2) 施設の集約・大規模化等による方策例

- ①広域処理

(2) 廃棄物発電のネットワーク化による増強・安定供給・有効利用促進

1) 概要

2) 廃棄物発電ネットワークによる方策例

- ①民間事業者を介したネットワーク
- ②地方公共団体が関与する地域エネルギー会社等を介したネットワーク

【トピック】 検討事例紹介：廃棄物発電ネットワークによる地域エネルギー事業の導入効果

6. 高度化導入の基本的手順

- (1) 施設整備時（新設）
- (2) 施設改良時等

7. 高度化方策に関わる支援制度

- (1) 施設・設備の整備又は改良事業に対する支援
- (2) 利用先への供給事業に対する支援
- (3) 利活用検討・調査等の支援

〔参考〕 関連する法制度等

- (1) 電気事業法
- (2) 電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法
- (3) 熱供給事業法
- (4) その他関連する規制等

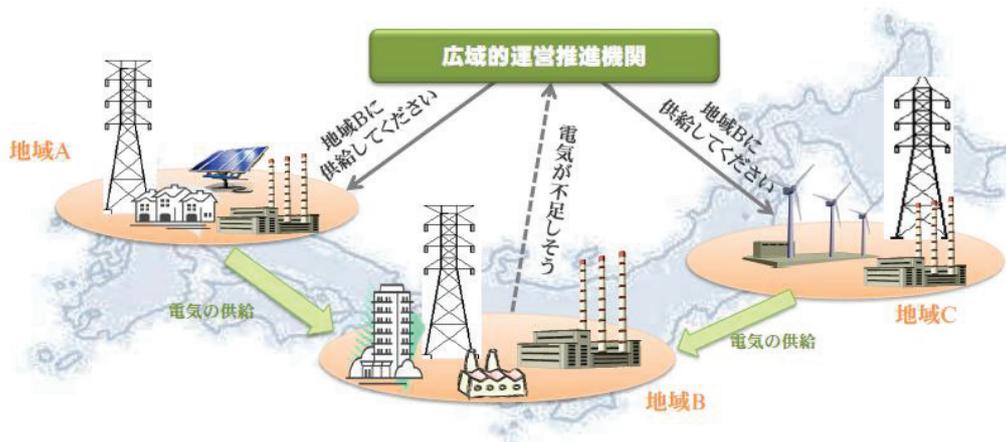
用語集

V 電気事業法等の制度の見直し動向への対応

1. 電気事業法改正への対応

(1) 電気事業法改正の経過

電気事業法改正は、電力システム改革の3つの柱に沿って進められており、第1弾改正法（電気事業法等の一部を改正する法律 平成25年11月13日成立）は、電力システム改革の3つの柱の1つ目である広域系統運用の拡大を実行するための法改正である。広域系統運用の拡大とは、災害時等に停電が起こらないよう、地域を越えて電気を融通しやすくすることであり、その司令塔となる電力広域的運営推進機関（以下「推進機関」という。）の設立と推進機関の役割が第1弾改正法で定められた。（推進機関は平成27年4月1日に設立された。）また、具体的な実施時期を含む電力システム改革のプログラム規定が定められた。



第2弾改正法（電気事業法等の一部を改正する法律 平成26年6月11日成立）は、改革の2つ目である電力の小売参入全面自由化を実行するための法改正であり、小売参入全面自由化に伴う電力の安定供給を確保するための措置、需要家保護を図るための措置等を講じた。また、小売参入全面自由化により、「一般電気事業」や「特定規模電気事業」といった区別がなくなることから、発電事業、送配電事業、小売電気事業ごとに、それぞれ必要な規制を課している。施行は平成28年4月1日となっている。

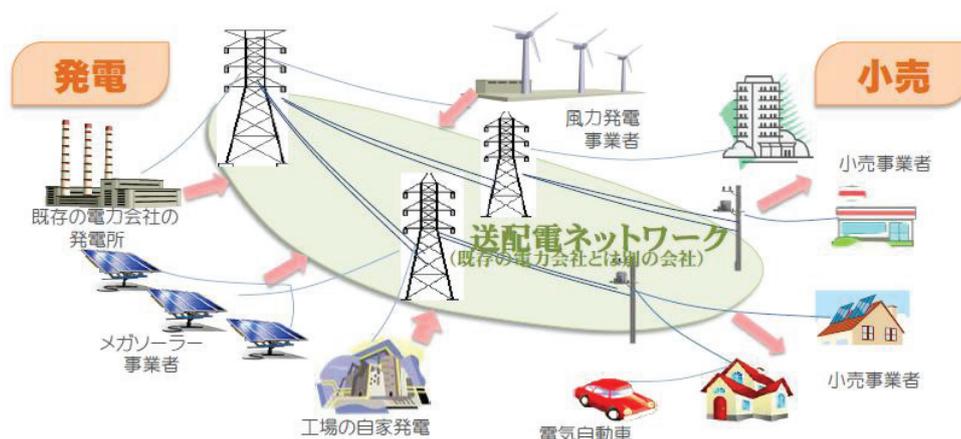


第3弾改正法（電気事業法等の一部を改正する法律 平成27年6月17日成立）は、改革3つ目の柱である送配電部門の法的分離を遂行するための法改正である。電力市場における活発な競争を実現する上では、送配電ネットワーク部門を中立化し、適正な対価（託送料金）を支払った上で、誰でも自由かつ公平・平等に送配電ネットワークを利用できるようにすることが必須となる。そこで、送配電事業の一層の中立性の確保を図るため、現在認められている発電・小売事業と送配電事業の兼業を原則禁止する送配電事業の法的分離が第3弾改正法で定められた。安定供給のためのルールやシステムを整備するための準備期間を確保する必要性等を踏まえ、法的分離は平成32年(2020年)4月1日に施行される予定となっている。また、送配電会社がグループ内の小売会社を優遇して、小売競争の中立性・公平性を損なうことのないよう、人事や会計などについて適切な「行為規制」が規定された。

「行為規制」の具体的内容

1. 人事等における中立性確保のための措置
2. 業務委託における中立性確保のための措置
3. ファイナンス取引に関する措置
4. その他社名や広告などに関する措置
5. 行為規制を遵守する体制整備に関する措置

3段階にわたる電気事業法改正の最終段階となることから、今後の「課題の検証」について、第1弾改正法のプログラム規定に沿って、改めて検証規定を設けている。具体的には、①第2段階の施行前、②第3段階の施行前、③第3段階の施行後、それぞれのタイミングにおいて、法施行の状況やエネルギー基本計画の実施状況、需給状況等について検証を行い、その検証結果を踏まえ、競争条件や資金調達等の観点から必要な措置を講じることが規定された。



(2) 平成28年度小売全面自由化に向けた動き

平成28年度4月より開始する小売全面自由化に向けた各委員会における議事項目を下記に示す。

- 1) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 電力システム改革小委員会 制度設計ワーキンググループ

平成 27 年 6 月 25 日 第 13 回

- ・ 電力広域的運営推進機関の設立と運営状況について（報告事項）
- ・ 第 3 弾の改正法の成立について（報告事項）
- ・ 小売全面自由化に係る詳細制度設計について
- ・ 発電設備の設置等に伴う電力系統の増強及び事業者の費用負担等の在り方について
- ・ 卸電力市場の活性化（自主的取組・競争状態のモニタリング報告）について
- ・ 小売全面自由化に向けた検証の進め方について
- ・ 30 分電力量提供に係るシステム検討の状況について（報告事項）

平成 27 年 7 月 28 日 第 14 回

- ・ 電力広域的運営推進機関の設立と運営状況について（報告事項）
- ・ 電力系統の増強・敷設に係る発電事業者の費用負担に関するガイドライン等について
- ・ 卸電力市場の活性化策について
- ・ 卸電力取引所の指定法人化について
- ・ 小売全面自由化に係る詳細制度設計について
- ・ 小売全面自由化後の供給計画・需給計画について
- ・ 小売全面自由化に向けた検証の進め方について
- ・ 本ワーキンググループでこれまで検討してきた事項の今後の扱いについて

2) 総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会 再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会

平成 27 年 9 月 11 日 第 1 回

- ・ 再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会の設置等について
- ・ 再生可能エネルギーの導入促進に係る制度の現状と課題について

平成 27 年 9 月 25 日 第 2 回

- ・ 固定価格買取制度の手続の流れに関する検討等について

平成 27 年 10 月 20 日 第 3 回

- ・ 再生可能エネルギーの効率的な導入について

平成 27 年 11 月 11 日 第 4 回

- ・ 系統制約の解消に向けて
- ・ 研究開発、規制改革

平成 27 年 11 月 26 日 第 5 回

- ・ 制度改革に向けた論点

平成 27 年 12 月 15 日 第 6 回

- ・ 制度改革に向けた議論のとりまとめについて

平成 28 年 2 月 5 日 第 7 回

- ・ 再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会報告書（案） について

平成 28 年 2 月 5 日 取りまとめ

固定価格買取制度など関連する制度の具体的な改革の方向性について、本小委員会の見解を報告書として取りまとめた「再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会 報告書」を公開した。

(http://www.meti.go.jp/committee/sougouenergy/kihonseisaku/saisei_kanou/pdf/report_01_01.pdf)

3) 各種説明会

◇平成 27 年 10 月 28 日 広域機関システムに関する事業者説明会（電力広域的運営推進機関）

広域機関システムを利用する全ての事業者向けに、平成 28 年 4 月からの計画値同時同量制度導入に伴う実務を踏まえ、システム連携のために準備する事項等について説明。

- ・計画値同時同量制度について
- ・広域機関システムによる実務について
- ・広域機関システムとのデータ連携方法について

◇平成 27 年 11 月 25 日 小売全面自由化に伴う再エネ特措法施行規則等の改正に関する説明会（経済産業省）

主に平成 28 年 4 月から小売電気事業者として事業を行う予定の事業者を対象とし、平成 28 年 4 月の電力の小売全面自由化に伴う再エネ特措法施行規則等の改正内容について説明。

- ・小売電気事業者の特定契約の応諾義務の例外について
- ・回避可能費用の算定方法の変更と激変緩和措置について
- ・その他

◇平成 27 年 12 月 16 日 平成 28 年 4 月からの制度変更に関する説明会（日本卸電力取引所）

日本卸電力取引所において、平成 28 年 4 月 1 日（金）より変更となる計画値同時同量制度の導入や 1 時間前市場の開設など取引に関するルールに関する説明。

1. 取引会員の要件

（既取引会員の手続き、新規取引会員加入希望の方の手続きについて）

2. 取引の方法

（現行からの主な変更点、取引の準備、スポット取引の取引方法、時間前取引（新しい 1 時間前市場）の取引方法、その他の取引について、決済・預託制度について）

3. 移行について

（模擬取引の実施、移行の概要）

◇平成 28 年 1 月 20 日 発電事業者向け説明会（電力広域的運営推進機関）

新たに発電事業者として広域機関に加入される事業者およびその関係者を主たる対象とし、発電事業者となる場合の登録・加入また事業開始後の対応について説明。

1. 発電事業者申請・広域機関加入の手続等の概要

（ライセンス制における発電事業者の責務、発電事業者省令改正のポイント）

2. 発電事業者としての喫緊の責務

(供給計画の提出、マスターデータの登録)

(3) 改正電気事業法に係るごみ焼却施設Q&Aの作成

前項の動きを踏まえて、ごみ発電施設における改正電気事業法への対応に関連する情報を整理し、Q&A形式で取りまとめを行った。改正電気事業法に係るごみ焼却施設Q&Aは資料編に示す。

2. 再生可能エネルギー固定価格買取取り制度

再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下「FIT 制度」という。）は、再生可能エネルギー源（バイオマス、太陽光、風力、地熱、水力）を用いて発電された電気を、国が定める固定価格で一定の期間電気事業者が調達を義務づけるもので、再生可能エネルギーの利用を促進し、また、それによって、国際競争力の強化、産業の振興、地域の活性化、国民経済の健全な発展に寄与することを目的として、2012年7月1日より開始した。

電気事業者が再生可能エネルギー電気の買取りに要した費用は、電気料金の一部として、使用電力に比例した賦課金という形で国民が負担する。

調達価格及び調達期間（以下「調達価格等」という。）は、調達価格等算定委員会等の意見を尊重し、経済産業大臣が定める。

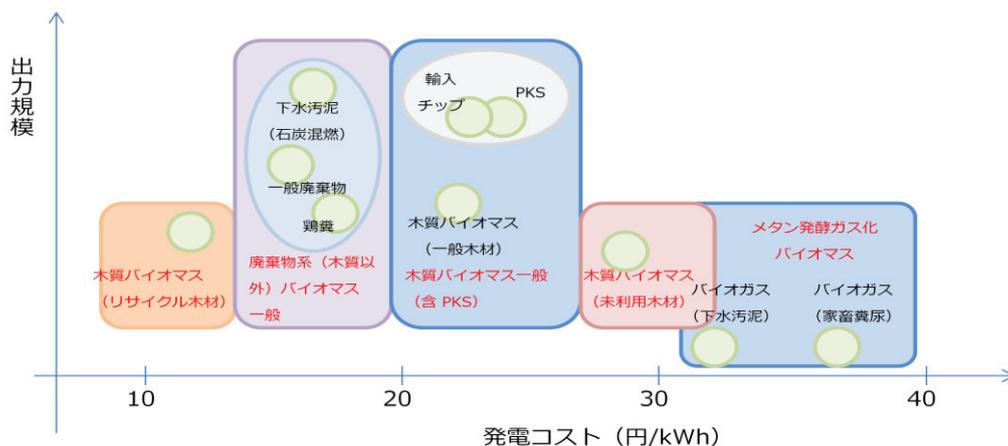
(1) 調達価格等の設定

1) 調達区分

各電源内での区分については、事業毎のコスト構造の差異についての情報が限定的である場合、法律の施行を続けるなかで、不都合が生じた段階で見直しを行う方針としている。

廃棄物発電の調達区分については、第4回調達価格等算定委員会で行われた東京都二十三区清掃一部事務組合へのヒアリング調査（以下「ヒアリング調査」という。）において、廃棄物発電は施設規模により発電コストが変わることが説明された。しかし、調達区分を細かく設定するために必要となる詳細なデータの把握が十分とは言えなかったため、バイオマスについては、現時点の情報を基に費用構造が類似していると思われる電源毎にグループ分けを行い、以下の図に示す調達区分が設定された。

廃棄物発電（図では一般廃棄物）は、発電コスト（円/kWh）の構造が類似している鶏糞及び下水汚泥を燃焼させるバイオマス発電と同区分にまとめられた。このグループについては、廃棄物発電の件数が大半を占めることから、発電コストは廃棄物発電の数字が採用されている。



図V-2-(1)-1 第4回調達価格等算定委員会でのヒアリング結果の整理（バイオマス）

2) 調達価格

調達価格の算定は、電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法（以

下「FIT法」という。)第3条第2項の規定に基づき、供給が効率的に実施される場合に通常要すると認められる費用及び適正な利潤を基礎に行われるが、FIT法附則第7条より、集中的に再生可能エネルギー電気の利用の拡大を図るため、例外的に2015年6月30日までの3年間は、利潤に特に配慮した検討が行われた。なお、太陽光以外の電源については、供給量が順調に伸びてきたとはいえなため、配慮期間終了後もこれまで上乘せされてきたIRR1～2%分に相当する「供給量勘案上乘せ措置」が導入されている。

廃棄物発電の適正な利潤については、ヒアリング調査より割引率4%と示されたが、調達価格等算定委員会においては、適正な利潤を決定するに当たって、他事業との総合的な比較を勘案できるようにすることが重要であるといった理由からIRRを用いることが適切と判断され、廃棄物発電においてはIRR(税抜き)4%が採用された。

廃棄物発電における建設費及び運転維持費については、平成24年度においては、コスト等検証委員会のデータがなく、他に詳細なデータの把握も困難であったため、ヒアリング調査の価格が採用された。平成25年度以降は、固定価格買取制度の適用を受けた設備のコストデータ(再生可能エネルギー発電設備設置・運転費用年報)より収集したデータ等をもって再検討を行うこととされているが、もしばらくは状況を見極めるべく、制度開始当初からのコストデータが据え置かれている。

表V-2-(1)-1 廃棄物発電の調達価格(kWh/円)の移り変わり

H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度
17円+税	17円+税	17円+税	17円+税	17円+税

3) 調達期間

調達期間については、FIT法第3条第3項に、「電気の供給の開始の時から、発電設備の重要な部分の更新の時までの標準的な期間を勘案して定める」とされていることに鑑み、法定耐用年数を基礎とすることが適切と判断されたが、分野ごとに、実態上の合理的な事情が認められる場合には、その年数の延長又は短縮が行われた。

廃棄物発電を含むバイオマス電源においては、法定耐用年数15年とされているが、概ね実際の稼働期間は20年程度と認められることから、一律、発電設備の法定耐用年数の15年より長い20年とされている。

(2) FIT制度の見直し

① 改正電気事業法の施行に伴う制度運用の見直し

平成28年4月1日の改正電気事業法施行に伴う「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法」の省令及び告示改正が行われており(平成27年12月25日～平成28年1月29日パブコメ)、平成28年4月から回避可能費用の算定方法が変更となる(市場価格連動への移行)など、一部制度の運用が変更される。

② 再生可能エネルギーの最大限導入と国民負担の抑制の両立を図るための見直し

平成 28 年 2 月 9 日に、FIT 法の改正案が閣議決定された。

改正案は、未稼働案件の発生を踏まえた新認定制度の創設、事業者間の競争を通じた買取価格低減を実現するための入札制の導入、買取義務者の見直し、賦課金減免制度の見直し等を主な内容としており、賦課金減免制度の見直しを除き、平成 29 年 4 月 1 日の施行とされている。

買取義務者の見直しにより、これまでの小売電気事業者等から送配電事業者に変更されるため、FIT 電源を有する施設は法施行後の特定契約更新時に対応が必要となる。また、小売電気事業者が FIT 電気を需要家に供給しようとする場合は、送配電事業者から卸供給を受けることが必要となる。

VI 検討会の設置・運営

1. 検討会の設置

学識経験者を含む検討会（平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業検討会）を設置し、本業務を進めるにあたって必要な助言を得た。また、廃棄物発電のネットワーク化に係るシミュレーション等の評価・検討に当たっては、現場の運転管理に精通する自治体担当者等の協力を得るため、検討会の承認を得て、検討会委員、地方公共団体、プラント系 PPS、プラントメーカーで構成する作業部会を設置して検討を行った。

(1) 検討内容

検討会は 3 回開催し、専門的な立場からの助言を受け、本業務に反映させた。また、作業部会は 2 回開催した。作業部会では改正電気事業法を見据えた廃棄物発電ネットワークの仕組みづくりの検討やネットワークシミュレーションの評価・検討等を行い、本業務に反映させた。

各検討会、作業部会における主な検討内容を表 VI-1-(1)-1 に示す。

表 VI-1-(1)-1 各検討会における主な検討内容

検討会	検討内容
第 1 回検討会	・検討会設置要綱の確認と作業部会設置の承認 ・平成 25,26 年度検討結果・課題と平成 27 年度業務について ・実施計画
第 2 回検討会	・各調査項目の中間報告 ・電気事業法等の制度見直し動向への対応について
第 3 回検討会	・廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（仮称）案の確認 ・各調査項目の最終報告
第 1 回作業部会	・今後のごみ発電のあり方研究会第一期報告及び第二期計画 ・自治体エネルギー事業構築の事例 ・改正電気事業法と廃棄物発電の対応 ・電気事業法改正 Q&A について
第 2 回作業部会	・改正電気事業法と廃棄物発電、PPS の対応 ・地産地消するためのネットワーク以外の方策（自己託送制度の活用） ・電気事業法改正 Q&A について

(2) 検討会・作業部会開催日時

第 1 回検討会： 平成 27 年 9 月 9 日（水）10：00～12：00

第 2 回検討会： 平成 27 年 12 月 18 日（金）14：00～17：00

第 3 回検討会： 平成 28 年 3 月 14 日（月）14：00～17：00

第 1 回作業部会： 平成 27 年 10 月 2 日（金）14：00～17：00

第2回作業部会：平成27年11月27日（金）14：00～17：00

（3）委員構成

（敬称略、◎委員長）

（学識経験者）

- ◎加藤政一 東京電機大学 工学部電気電子工学科 教授
川本克也 岡山大学環境管理センター長 岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
高岡昌輝 京都大学大学院 地球環境学堂資源循環科学論分野 教授
田中 勝 公立鳥取環境大学 客員教授

（自治体）

- 浅川勝男 東京二十三区清掃一部事務組合 総務部企画室長事務取扱 総務部担当部長
荒井喜久雄 公益社団法人 全国都市清掃会議 技術部長
鈴木達哉 福島市 環境部あらかわクリーンセンター 参事兼所長
高橋俊道 北九州市 環境局環境未来都市推進部地域エネルギー推進課 主査
→大庭繁樹 同課 政策係長（第3回検討会より委員変更）

（産業界）

- 浅香義久 東京エコサービス（株） 事業開発部 部長
近藤 守 一般社団法人 日本環境衛生施設工業会 技術委員会 委員長
原 靖彦 荏原環境プラント（株） 営業本部 プロジェクト営業統括部 プロジェクト営業企画室 室長

（4）作業部会の構成

1）地方公共団体グループ

- ・川口市
- ・川越市
- ・相模原市
- ・千葉市
- ・長野広域連合
- ・長野市
- ・名古屋市
- ・浜松市
- ・ふじみ衛生組合
- ・町田市
- ・武蔵野市
- ・横浜市

2）プラント系PPSグループ、プラントメーカーグループ

（プラント系 PPS グループ構成メンバー）

- ・荏原環境プラント株式会社
- ・JFE エンジニアリング株式会社
- ・新日鉄住金エンジニアリング株式会社
- ・株式会社タクマ
- ・日立造船株式会社

(プラントメーカーグループ構成メンバー)

- ・株式会社 IHI 環境エンジニアリング
- ・株式会社川崎技研
- ・川崎重工業株式会社
- ・クボタ環境サービス株式会社
- ・株式会社神鋼環境ソリューション
- ・三菱重工環境・化学エンジニアリング株式会社

2. 検討会における委員からの主な指摘事項と対応

検討会を通して委員から指摘された主な事項と、これに対する対応（本業務への反映等）の経過を以下に示す。

(1) 第1回検討会

1) 実施計画

No	委員コメント	対応方針
1	・ヨーロッパに比べて日本は稼働率が非常に低い。海外と国内の稼働率の比較ができるようにする必要がある。	定格処理量に対するごみ処理量、年間稼働時間等の比較ができるよう、国内・国外の調査を工夫する。
2	・今年度のまとめにあたっては、自治体の検討・判断の材料とするため、できるだけ定量化した評価結果を示すこと。その際、定量化にあたっての前提条件を明確にすること。	調査全体を通じた留意事項とする。
3	・広域化の効果も示せるとよい。	既往調査結果等から、施設の大規模化による発電増強効果等を整理する。

2) 廃棄物エネルギー利用実態の把握

No	委員コメント	対応方針
1	・国内の状況調査は H25 年度の実績ベースにすることだが、過去からの発電・熱利用の推移の中で H25 年度がどのような位置にあるのか整理しておく必要がある。	過去の発電・熱利用のトレンドデータを整理した上で、H25 年度の状況を整理する。
2	・アンケートの宛先に、一部事務組合も含めなくてよいか。また発電や熱利用をしていない施設に対して専門的なアンケートを行っても期待している答えが返ってこない場合もあるのではないかと。	一廃実態調査のルートで一部事務組合の施設についても回答を得られるようにする。 発電や熱利用を行っていない自治体に対しては、主に今後の考え方を聞く。
3	・アンケートの回収率はどのくらいになるか。	十分時間をかけてできる限りの高回収率を目指す。
4	・国環研なども昨年や一昨年に同趣旨のアンケートを行っているので確認したほうがよい。	国環研の研究者と情報共有した上で進める。
5	・地域熱供給であれば、環境省のヒートアイランド対策に関する報告書や、国交省の地域熱供給に関する報告書も確認したほうがよい。	関連の報告書を確認する。
6	・アンケートにおいて発電・熱利用の有効活用項目について、専門でない人では分からないのではないかと。具体的な図なども入れたほうがよい。	事例等を付して分かりやすく示す。

7	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国外の状況調査に関して、国外では入熱で考えており、処理量だと稼働率が 100%を超える場合もある。 ・ 欧州では入熱に対して何時間動かして何 MW 出せるかがポイントであり、国内とは考え方が根本的に異なるため、値をそのまま出したほうがよいのではないか。 ・ 今後の熱利用の観点からいうと、定格能力を入熱で捉える発想もあり得るので、海外の事例もそのまま出した方がよい。 	国内と国外で比較できるデータを収集した上で国内と国外実態そのままを比較する。
8	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱を使う側の意向についても調査をしたほうがよいのではないか。 ・ 地域熱供給事例で、需要側の高齢化による需要量の変化、事業状況の変化が生じているところがある。需要側のニーズも踏まえて考える必要がある。 	大規模な地域熱供給事業における需要側の意向等は、昨年度の調査結果やご指摘の既存調査等も活用して整理する。 中小規模の熱供給の需要側の事情については供給先が多様であると想定されるため、今年度の調査では、高効率発電と熱供給を複合的に行う場合のバランスの検討における需要側の想定や熱供給導入検討施設の事業計画の作成支援において状況の把握に努める。
9	<ul style="list-style-type: none"> ・ 広域化の状況（計画の有無と進行状況）を調べたほうがよいのではないか。 	別途実施の施設整備に関する H26 調査業務の中で調査済み。（環境省）
10	<ul style="list-style-type: none"> ・ 日本では処理量を日単位で考えるが、ヨーロッパでは年間当たりで考える場合がほとんどである。 	国内と国外との比較の際に考慮する。
11	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済的なデータ（コスト、売電収入等）を取って、発電・熱利用に係る経済性の検討もできるとよい。広域的にいくつかの自治体でやっている場合と単独でやっている場合を比較すればこのようなメリットがある等と示せるとよい。 	実態調査で収集された事業費や売電単価、アンケートで収集する売熱単価等の情報から検討する。

3) 廃棄物発電の増強方策の検討（コンバインド処理効果の検証）

No	委員コメント	対応方針
1	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボイラ高温腐食低減効果の検討に関して、実際にそのライフサイクルコストをどのように評価するのか難しいのではないか。 	増強効果と併せてボイラ高温腐食低減効果についても文献やヒアリング等により可能な範囲で検討する。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・ メタン発酵とのコンバインド処理については、検討の結果採用を取り止めた事例も複数ある。コスト的な採算性については市場価格的部分がある 	過去の検討事例を収集し、相互に照らし合わせながら情報を整理する。

	<p>ため、評価が難しい。</p> <p>・何年か前の関西での検討事例（「がんばれ関西」）では、イニシャルコストと生成ガスの売却益との関係からメリットがあまりないという結果が出ていた。</p>	
3	<p>・林地残材の混焼は、実現のニーズはあるものの、コストと法的な課題によって断念した例が多い。</p>	他の事例にもあたって検討・整理する。

4) 廃棄物発電の増強方策の検討（ネットワーク構築に向けた検討）

No	委員コメント	対応方針
1	<p>・来年の4月以降インバランス料金体系が変更になることによって、バランシンググループを形成するメリットも現時点とは変わってくる。異なる主体でバランシンググループを組んだ場合に配分をどうするかという問題もある。</p>	引き続き情報を得ながら、考え方を整理していく。
2	<p>・複数施設間で組んだ発電ネットワーク内で、ごみ処理も融通するとネットワークのメリットも大きくなるのではないかと。将来的な広域化にもつなげることも考えられる。</p> <p>・DBO等で異なる事業者が施設の運営を行っている場合、ごみ処理量は変動費収入に直結するため、その調整をどうするかが課題となる。関西で複数施設が同じ仕様で建設しようとする事例があり、この場合ごみの融通はしやすくなる。</p>	D市FSにおいて、廃棄物発電施設間の運転計画調整について検討し、メリットを整理する。結果は、複数施設間のごみ処理融通の第一歩として位置付ける。

5) 地域への熱供給促進に係る検討

No	委員コメント	対応方針
1	<p>・地域熱供給が広がらない要因として、供給条件の厳しさ（計画温度での常時供給等）があるのではないかと。関西で出なりの熱供給を行っている事例もあるので参考にできるとよい。</p>	既存の調査資料等を参考に検討する。
2	<p>・熱供給先がある程度集積していないと難しいため、そのような地域を対象を絞って調査を行った方がよいのではないかと。</p> <p>・今年度中にまとめるためには、ある程度何箇所か決め打ちして調査したほうが有意義な結果が出るのではないかと。</p>	利用実態調査は、全国の状況を網羅的に整理しつつ、地域への熱供給促進に向けた検討では、ある程度ケースを絞って検討していく。
3	<p>・外部への熱供給施設への供給条件（仕様値）は最</p>	供給条件の実情等についても情報を得て

	大値が示される場合があり、必ずしも常時必要な熱量ではない場合があるのではないかな。	検討する。
4	・民間への熱供給についても今後検討していくとよいのではないかな。	中小規模の熱供給の一形態として、利用実態調査のうちアンケート調査でも情報を得て検討する。
5	・地域熱供給区域内の需要家に、当該供給熱の利用を義務付けている（条例等）か、任意かについても一つの検討要素として加えるとよい。	検討の中心となる中小規模の熱供給については、相対契約が中心になると思われるが、大規模な熱供給の場合の事業条件の要素として条例等での義務付け事例等についても情報収集する。

6) RDF を活用した熱利用促進に係る検討

No	委員コメント	対応方針
1	・RDF とメタン発酵のコンバインドは、別項のコンバインド処理による増強方策の検討と関連付けて調査したほうがよいのではないかな。	高度化マニュアルにおけるコンバインド処理のメニューの一つとして位置づけ、他のコンバインド処理と項目を合わせてその効果等を整理していく。
2	・韓国で RDF を促進しているという実態があるので、それについても海外調査との連携で調査したほうがよい。	海外の利用実態把握と連携して検討する。
3	・産廃からの RDF 化の事例があるか等についても調べてもらえるとよい。	情報収集する。

7) 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（仮称）の作成

No	委員コメント	対応方針
1	・熱利用に対して意識をもっている自治体の職員は少ない。マニュアルを各自治体に説明する組織を作ると高度化の普及が進むのではないかな。	マニュアル策定後の普及方策として H28 年度の検討課題とする。 マニュアル本体も、一度策定して終わりではなく、新しい知見を随時更新していくものとする。

8) 電気事業法等の制度見直し動向への対応

No	委員コメント	対応方針
1	・電気事業法改正に対するごみ発電の対応について、大枠の制度設計は固まっているが、BG 内の運営については PPS に委ねられている部分が多く、各 PPS がどんな判断をするかによって発電側の対応も大きく異なる。	PPS の動向についても情報収集していく。

2	・電気事業法等の制度見直しに関する自治体向けのQ&Aについて、年度末ではなく、可能な限り前倒しして出してほしい。	遅くとも今年中には、公表できるように進める。 質問項目については、作業部会で自治体の意見を聞いて設定する。
---	----------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------

(2) 第2回検討会

1) 廃棄物エネルギー利用実態の把握（国内）

No	委員コメント	対応方針
1	・使用開始年度別余熱利用実施施設数のグラフで、2009年度に余熱利用実施施設数 100%になった後に、2010, 2011年度に再び余熱利用なしの施設がカウントされている。	グラフの示し方を工夫し、必ずしも経年の積み上げ状況を表すものではないことを明確にする。
2	・使用開始年度毎の余熱利用状況を考察するため、余熱利用に関連するトピック（ダイオキシン改造、広域化、高効率発電マニュアル等）を併記するとよい。	関連するトピックを整理して示す。
3	・これまでの経緯として、焼却施設における余熱利用の歴史（開始時期、規模の拡大、技術の進展等）を概観できるとよい。	関連する事項を整理し、高度化マニュアル（仮称）の冒頭にも追記する。
4	・熱利用時を基準とした発電と熱利用のバランスが示されているが、入熱を基準にすると値は異なる。	入熱を基準とした発電と熱利用のバランスも併せて示す。
5	・1km以上離れた場所への熱供給事例について、成立条件等個別の状況が分かるとよい。	回答結果をもとに個別の状況を確認する。
6	・周辺施設への電力供給に関する関心について、市町村で以前調査（180箇所）した時は1割程度の関心であった。	市町村の調査結果を参考にして、今回結果を考察する。

2) 廃棄物エネルギー利用実態の把握（国外）

No	委員コメント	対応方針
1	・各国の処理の考え方（埋立中心、焼却中心の割合）が分かるとよい。 ・積極的に焼却しているのはドイツとスイスで、その他は埋立が中心である。 ・イギリスは埋立中心だったが、近年、焼却が増えている。 ・日本の稼働率実績（60～70%が多い）の背景には、年間280日稼働、調整稼働率0.96として規模算定していることがある。	各国の処理の考え方、処理責任や処理主体等について、既存資料を確認する。

	<ul style="list-style-type: none"> ・日本は山林が多く小さな自治体が分散していることから、小規模施設が多くなる。 ・自治体に処理責任がある日本と比較して国外はどうかという視点でも整理したい。 	
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

3) 廃棄物発電の増強方策の検討（コンバインド処理効果の検証）

No	委員コメント	対応方針
1	・蒸気のコンバインドと林地残材のコンバインドとで、エネルギー効率上の優先順位はあるか。	林地残材混焼は入熱の増加のみであるのに対し、蒸気のコンバインドはボイラ蒸気の高温高压化により発電効率が向上する。この点を付記する。
2	・林地残材混焼の経済性評価で、混焼処理費は通常処理費に含む扱いとされているが、混焼量が増えた場合に影響はないか。	計画ごみ質の範囲であれば、年間処理委託費でカバーできる範囲と考えられる。混焼に伴い排ガス量は増加するが薬剤費増は想定されず、動力費や灰処理費の増程度と想定される。
3	・林地残材の混焼は、ごみ減少時の稼働率向上に資する。	稼働率向上の観点についても、考察に加える。

4) 廃棄物発電の増強方策の検討（ネットワーク構築に向けた検討）

No	委員コメント	対応方針
1	・付帯施設への供給により昼間の送電量が減少し需要を満たせない状況がある。付帯施設との連携による高度化も重要である。	施設運営管理の統一化等を考慮した上で、高度化の一つの観点として整理する。
2	・原油価格の変動や電力市場取引の動向など、電気事業には変動リスクが多い。変動リスクを管理する体制・人材が求められる。	FS調査におけるリスク対応の一つとして整理する。
3	・電気事業を取り巻く環境の変化にも注意が必要。原発再稼働により電力が足りてくると、夜間電力価格が下落する一方、太陽光の台頭で効率の悪い火力発電が止まると逆に夜間電力価格が上昇する、といった状況が想定される。	取り巻く環境の変化について、FS調査結果の事業性との関係で考慮する。
4	・FIT電源は特例BGに属するため、ネットワーク化の検討とは別個の扱いになる。	ネットワークを考える上で、PPSとの関係で特例BG(FIT)とBGの扱いを整理する。
5	・参考資料3のB地区環境整備事務組合の事例で、プロポーザル結果を確認できるとよい。	経緯と結果についてヒアリングを行う。

5) 地域への熱利用促進に係る検討

No	委員コメント	対応方針
1	・排ガスからの熱回収は環境アセス結果にも影響するので、注意が必要。	留意点として付記する。
2	・四季や昼夜で必要な需要量は変動する一方で、焼却施設側からの出力は最大が求められる現状がある。	外部熱供給に係る留意事項として整理する。
3	・排気蒸気を下水汚泥混焼前の乾燥に利用しようとした例があるが、温度が足りず困難であった。排気蒸気の活用は難しい。	排熱利用に係る留意事項として追記する。
4	・煙突排ガスは、最大の未利用熱。温度を下げすぎると配管腐食を起こすが、適当なところまで下げることで熱の有効利用が図れる。	排熱利用に係る留意事項として追記する。

6) RDF等を活用した熱利用促進に係る検討

No	委員コメント	対応方針
1	・ボイラ蒸気を火力発電所の給水加熱に利用する方式は事例があるのか。	FS調査（机上検討）の結果であることを示す。
2	・ボイラ蒸気を火力発電所の給水過熱に利用する方式で、比較対象とした焼却炉システムの施設規模は300～600t/日ということか。	御指摘のとおり、300t/日と600t/日である。

7) 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（仮称）の作成

No	委員コメント	対応方針
1	・廃棄物エネルギーの高度利用は国の方針であることを明記した方がよい。	「はじめに」に明記する。
2	・廃棄物処理施設の整備運営にはコンサルタント会社の役割も大きいので、マニュアルの対象者として想定すべき。	「はじめに」に追記する。
3	・抜粋版を作成し、市町村の首長レベルにも理解を得られるとよい。	概要版を作成し、広報の方法を検討する。
4	・余力で木質バイオマスを焼却すると、目的外使用と指摘される場合がある。余力の有効活用を明確に謳えるとよい。 ・木質バイオマスは産廃とは異なることを強調できるとよい。 ・高度化を実現していくために、必要な施設規模や、ごみを燃料としてみた場合の対象物の拡大、イギリス等の事例も踏まえた複数自治体による広域処理、民間活	まずは現状整理したうえで、どこまで書けるか検討する。

	用なども謳えるとよい。	
5	・ 今後の人口減少に伴うごみの減少を念頭に、今後の廃棄物処理の考え方を検討すべき時期に来ているのではないか。	施設の集約や民間活用も含めて検討し、今後の整備規模を検討する必要がある。マニュアルに、そうした検討の必要性について追記する。
6	・ 背景に、エネルギー事情だけでなく、これまでの廃棄物処理上での背景も示せるとよい。	背景に廃棄物処理についても追記する。
7	・ 廃棄物エネルギー利用の現状に、発電なしの施設も含めた廃棄物処理施設の現状から示せるとよい。	発電なしも含めた廃棄物処理施設の現状を追記する。
8	・ 高度化方策に関わる支援制度は、各メニューと紐付けて示せるとよい。	各支援制度を高度化方策と紐づけて示す。
9	・ マニュアルによって、廃棄物処理施設を地域貢献施設として後押しできるとよい。	今後の廃棄物処理施設の方向性が分かりやすく伝えられるマニュアルにしていく。
10	・ 廃棄物発電の地産地消の学習支援を盛り込めるとよい。	地産地消の考え方について、需要側とのネットワーク化の中で記載を検討する。

8) 電気事業法等の制度見直し動向への対応

No	委員コメント	対応方針
1	・ 今後、東電の託送供給約款認可に伴う要綱等の公開や発電事業者向け説明会などが控えているので、その状況を踏まえたうえで公開した方がよい。ごみ発電は基本的にはこれまでと同様の対応で乗り切れる見込みなので、急いで公表して不安を煽ることのないようにした方がよい。	年明けの情報も反映したうえで公開時期を検討する。
2	・ DBO 事業の場合の影響を示せるとよい。	発電計画等への運営委託事業者のかかわりや、運営委託契約の条件に応じた売電収入変化の影響を中心に整理する。

(3) 第3回検討会

1) 廃棄物エネルギー利用高度化マニュアル（仮称）について

No	委員コメント	対応方針
1	<ul style="list-style-type: none"> ・発電の知識のない自治体にとってはコンバインドというものは分かりにくいのではないか。 ・冒頭に用語集を付けたらどうか。 	用語集を付ける。
2	<ul style="list-style-type: none"> ・アメリカでは高効率・高稼働率で稼働可能な施設規模を設定し、処理できない分は埋め立てるという発想で国内とは異なる。廃棄物エネルギー利用の高度化方策の選択の考え方（例）の図から、ごみ処理施設を大規模化し、稼働率を上げたほうがよいということが分かるか。 ・海外との比較において、違いについてもっと詳しく記述した方がよいのではないか。 	海外事例との比較の項で、施設規模の設定の考え方の違いなどを追記する。
3	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物エネルギー利用の高度化方策の選択の考え方（例）の図に、各高度化方策メニューのマニュアルの章・節番号を記入したらどうか。 	記入する。
4	<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄物エネルギー利用の高度化方策の選択の考え方（例）の図を高度化の定義と合わせたほうがよいのではないか。 	図の構成を検討する。
5	<ul style="list-style-type: none"> ・コンバインド処理による増強・高効率化の方策例で、検討事例と研究事例を統一した方がよいのではないか。 ・平常時の安定供給方策例として、送電電力量の管理に関するI市でのFS調査において検証した所内電力量管理の一例について、実証研究であるならば、個々の施設による安定供給の方策（例）の送電端電力量の管理のところで、例えば実証と記述したほうがよいのではないか。 	実績があるものとそれ以外で分ける。
6	<ul style="list-style-type: none"> ・低空気比燃焼のところにおいて、ACCに触れ、蒸発量制御にも非常に効果的で、発電量増大に寄与することができると記述した方がよいのではないか。 	確認して追記する。
7	<ul style="list-style-type: none"> ・発電と熱利用のバランスの考え方で、抽気率0%と50%のどちらが総合効率が高いかという示し方をすると分かりやすいのではないか。 	総合効率に関して追加する。
8	<ul style="list-style-type: none"> ・小売電気事業者を通じた託送供給による特定の供給先への電力供給についてのP市の取組事例で、電力の地産地消事業イメージ図に関して、PPSが他の市 	ネットワークのトピックにおいて計算の例を示し、また、経済産業省が出した図を載せる。

	<p>町村等とも電気を売買している場合は地産地消といえるのかという問いがあった場合の答えを用意しておいたほうがよいのではないか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・経済産業省が出した地産地消の条件を示した図を入れるとよいのではないか。 ・マニュアルの中で地産率・地消率について触れた方がよいのではないか。 	ネットワーク構築効果のトピック内に追記する。
9	<ul style="list-style-type: none"> ・先進的設備導入等による増強・高効率化方策例の逆流化で、排ガス NOx 除去の処理方式で普通は無触媒という。非触媒と書いてあるのは何か意図があるのか。 	確認して修正する。
10	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインドに関して、最終的に求めるものは発電端効率とエネルギー回収量である送電量のどちらか。 	自治体の考え方によるものであることを追記する。
11	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却施設とメタン発酵ガス発電とのコンバインドに関して、導入にあたっての留意点のうち、排水処理策の確保が必要であるということについて、処理後に河川放流というのは難しいのではないか。 	表現を検討する。
12	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用発電機の導入にあたっての留意点に関して、設置した場所が被災地になった場合の運転員の確保についても留意しておかなければならない。 	運転員の確保の重要性について追記する。
13	<ul style="list-style-type: none"> ・焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインドの経済性評価について、焼却+ガスエンジンと全量焼却を比較すると全量焼却の方がよいように見えるがそういうことか。 	誤解の生じないように 2 つの表に分けて記載する。
14	<ul style="list-style-type: none"> ・自営線供給に関する N 市の事例は自立型の廃棄物発電施設として非常によい例である。 	環境省の廃棄物処理施設整備計画にも合致していることを追記する。
15	<ul style="list-style-type: none"> ・導入効果で元となるものがある場合は出典を明記したほうがよい。 	全て出典を明記する。
16	<ul style="list-style-type: none"> ・地方公共団体が関与する地域エネルギー会社等を介したネットワークについての Z 市の導入事例で、Z 市における地域エネルギー事業の枠組みの図について、ごみ発電から小売事業者までが全て発電 BG に入っているのには違和感を感じる。発電事業者の販売までを発電 BG、小売事業者の調達以降が需要 BG とするのがよいのではないか。 	制度上の話と実態上の話とで混乱が生じないように表現を検討する。
17	<ul style="list-style-type: none"> ・施設整備（新設）時の高度化方策導入の基本的な流れに関して、コンバインドの可能性検討は自治体が実際 	コンバインドの可能性検討を施設規模・処理方式、発電能力・発電効率、熱回収量等

	に検討する際は処理方式の検討の中で行うことがほとんどである。	の設定の横に並べて記載する。
18	<ul style="list-style-type: none"> ・自治体が高度化方策の中から最適なものを選ぶ際の考え方を示せないか。 ・6章の冒頭に、高度化を進めるにあたっての大きな方針のようなものを入れたらどうか。 ・自治体が高度化方策を決定する際には交付金がつくかどうかということが大きい。国内のごみ処理施設のほとんどは70~100t程度/日だと思うが、その規模では高効率を選択するケースが多い。 ・6章の高度化導入の基本的手順についてはマニュアルのもっと前の部分に入れた方がよいのではないか。 ・自治体の担当者は技術的なことに詳しくない場合も多いが、そのような人にとっては6章の部分が一番分かりやすい。 	廃棄物エネルギーの計画的な利用に向けた検討を進めていく。

2) 廃棄物エネルギー利用実態の把握（国外）

No	委員コメント	対応方針
1	・日本の電気事業法の発電設備の技術基準のような法律上の規制は、海外でもあるのか。	今後の課題とする。

3) RDF等を活用した熱利用促進に係る検討

No	委員コメント	対応方針
1	・（メタン発酵+固形燃料製造）システムの可能性検討で、長岡バイオキューブは特異な事例であるため、その点について追記する必要があるのではないか。	追記する。