

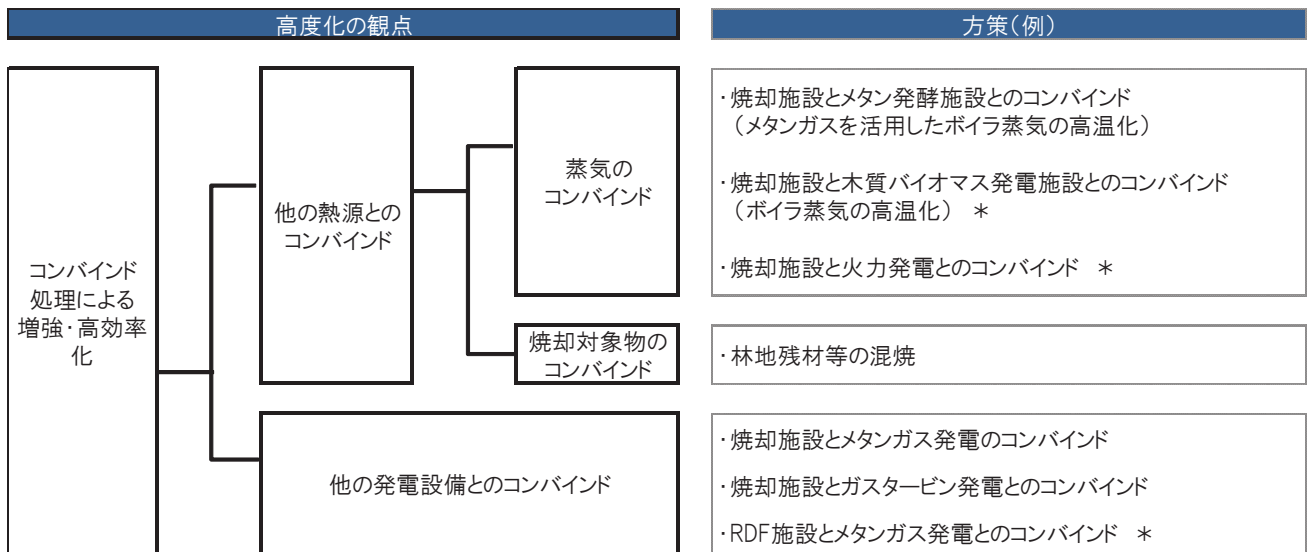
## (2) コンバインド処理による増強・高効率化

### 1) 概要

個々の施設単独での設備導入、改良等ではなく、他の熱源や発電設備とのコンバインドによってエネルギー回収を増強・高効率化する方策がある。

一つは、他の熱源とのコンバインドであり、発電設備等の出力は一つ（蒸気タービン等）だが、そこに至る燃料や蒸気の段階で複数の熱源を取り入れることにより、熱量や発電効率を上げてエネルギー回収量を増強するものである。通常のごみ焼却に組み合わせる他の熱源としては、メタン発酵によって得られたバイオガスを利用してボイラ蒸気を高温化させる手法や、焼却ごみに林地残材を混焼させることによる入熱量の向上などの導入事例がある。

もう一つは他の発電設備とのコンバインドであり、焼却による蒸気タービン発電に加えて、ガスタービン発電を組み合わせたスーパーごみ発電が先行事例として知られているが、近年では小規模施設においてメタン発酵によるバイオガス発電（ガスエンジン）を組み込み、通常では発電が困難な施設でも発電・送電を達成している事例がある。



\* 机上の検討又は研究段階の方策(例)

### コンバインド処理による増強・高効率化

## 2) 増強・高効率化方策例

実際に高度化方策を導入した施設での実績をもとに、各方策の導入効果等を検証した事例を以下に示す。

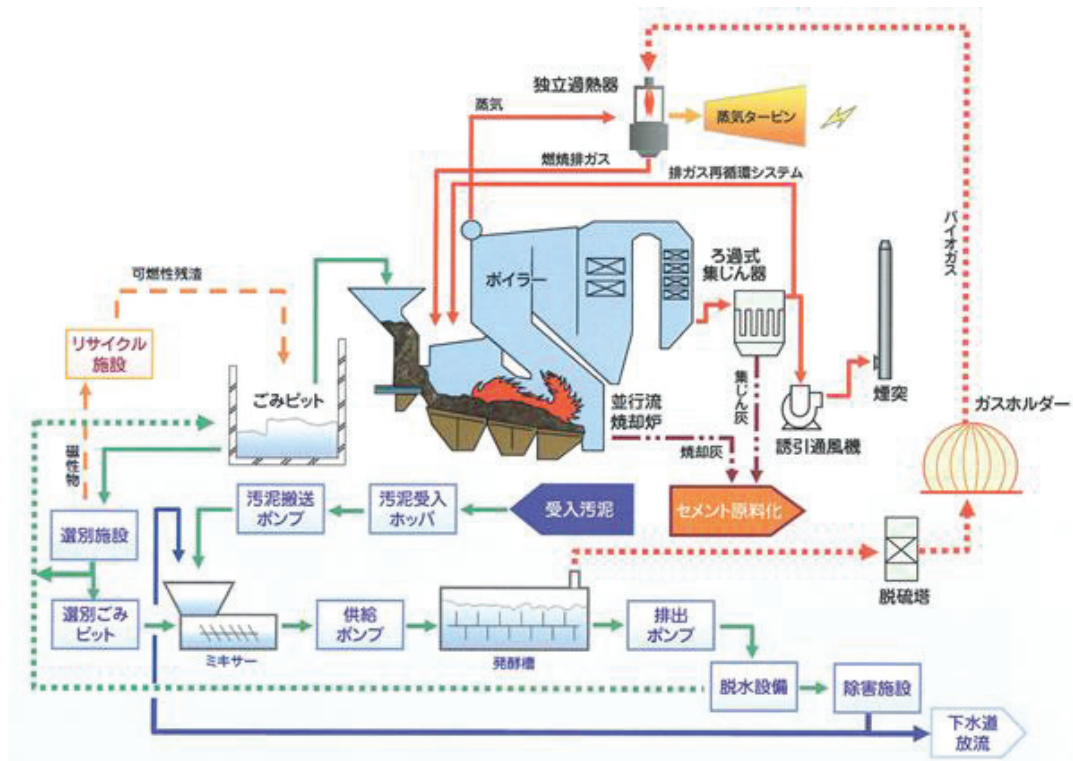
### ①焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインド（メタンガスを活用したボイラ蒸気の高温化）

#### 技術概要

焼却施設とメタン発酵施設とを併設し、メタン発酵施設で得られたバイオガスを利用して焼却施設のボイラ蒸気を高温化し、蒸気タービン発電の効率を上げる方策である。

先行事例では、ごみ焼却ボイラで得られる蒸気を  $4\text{MPa} \times 365^\circ\text{C}$  に抑え、メタンガスを燃料とする独立過熱器で  $4\text{MPa} \times 415^\circ\text{C}$ （基準ごみ時）まで過熱することで高効率発電を達成しながらも、ボイラの高温腐食を低減することができる。

搬入ごみを発酵に適したごみとそうでないごみに選別し、発酵に適したごみはバイオガス化し、発酵に適さないごみの焼却排熱ボイラ蒸気の過熱熱源として利用することで、全量焼却による発電と比較して高い発電効率を実現する。



先行事例における焼却施設とメタン発酵施設とのコンバインド

(F市資料より)

#### 導入効果 (先行事例等)

F市の導入事例を以下に示す。

F市の事例と従来設計との比較をするにあたって設定した条件を下表に示す。

なお、F市では、隣接する下水処理施設、し尿処理施設からの汚泥を受け入れており、従来設計の全量焼却では、これらを焼却施設で混焼する設定としている。

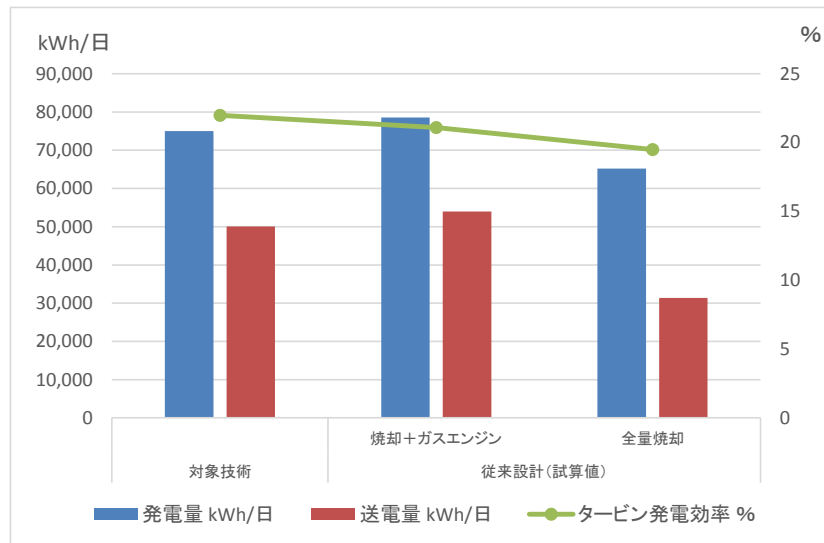
### 設備仕様の比較

項目	単位 (記入例)	対象技術		従来設計(試算)				
		バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化		焼却+ガスエンジン		全量焼却		
		焼却系	発酵系	焼却系	発酵系			
燃焼設備	処理能力	t/日	150	—	(対象技術と同じ)	—	190	
	燃焼温度	°C	850°C以上	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
ボイラ設備	①蒸気条件(圧力)	MPaG	4.0	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	(温度)	°C	365	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	②最大蒸発量	t/h(1炉あたり)	10.9	—	(対象技術と同じ)	—	11.5	
	③出口排ガス温度	°C	170	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
発酵設備	①設備種類	(乾式、湿式)	—	乾式	—	(対象技術と同じ)	—	
	②形式	(縦型、横型)	—	横型	—	(対象技術と同じ)	—	
	③処理能力	t/日	—	25.75t/日×2槽	—	(対象技術と同じ)	—	
	④槽の加温方法	(焼却排熱、ガスエンジンコージェネ、別置ボイラ)	—	余剰ガス燃焼ボイラ	—	ガスエンジンコージェネ	—	
	⑤メタンガス回収率	Nm <sup>3</sup> dry-CH <sub>4</sub> 50%/t	—	150以上	—	(対象技術と同じ)	—	
	⑤メタンガス回収量	Nm <sup>3</sup> dry-CH <sub>4</sub> 50%/日	—	3,000以上	—	(対象技術と同じ)	—	
独立過熱器			有	—	—	—	—	
発電設備 蒸気条件	①蒸気条件(圧力)	MPaG	4.0	—	4.0	—	4.0	
	(温度)	°C	415	—	365	—	365	
発電設備	①設備種類		蒸気タービン	—	(対象技術と同じ)	ガスエンジン	(対象技術と同じ)	
	②形式	(背圧、抽気復水)	抽気復水式	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	③定格出力	kW	3,600	—	3,100	540	3,200	
	④設計排気圧	kPaG	-85.1	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
排ガス処理 (HCl、SO <sub>x</sub> 除去)	①処理方式	(湿式、乾式)	乾式	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	②使用薬品	(消石灰、苛性ソーダ等)	消石灰+活性炭	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	③設計温度	°C	170(入口)	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
排ガス処理 (NO <sub>x</sub> 除去)	①処理方式	(触媒、無触媒、燃焼制御)	無触媒脱硝	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	②使用薬品	(アンモニア、尿素)	尿素水	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	③設計温度	°C	—	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
排ガス循環			有	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
白煙防止			有無(有の場合°C、%)	無	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)
排水処理	プラント排水		再利用、下水放流	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	洗煙排水		—	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	
	生活排水		下水放流	—	(対象技術と同じ)	—	(対象技術と同じ)	

F市の発電量・送電量・発電効率実績値と、従来設計による試算値との比較を次図に示す。

F市の発電量・送電量・発電効率は、バイオガスを活用したボイラ蒸気の高温化の効果で一定の向上が図られていることが確認された。これに対し、従来設計である焼却+ガスエンジンでは、バイオガスを利用したボイラ蒸気の独立過熱がないことにより対象技術よりもタービン発電効率が低下する一方で、ガスエンジンによる発電量増加の影響により、発電量、送電量ともに対象技術を上回ると試算された。

従来設計の全量焼却では、バイオガスを利用したボイラ蒸気の独立過熱がないことによるタービン発電効率の低下に加えて、隣接する下水処理施設、し尿処理施設からの脱水汚泥(処理量全体の1割程度)の受入焼却によるごみ質の低下の影響により、発電量、送電量ともに対象技術を大きく下回る試算となった。



発電電力量・送電電力量・タービン発電効率の比較

発電増強方策の導入に伴う経済性評価（従来設計との比較）を下表に示す。

焼却+ガスエンジンとの比較では、ガスエンジンの整備及び維持管理が不要となる分、施設整備コスト及び維持管理コストが減少する一方、売電収入が減少することにより、経済的メリットは20年間の運営でほぼ同等と試算された。ただし、今回の評価には含めていないが、F市のようなバイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温度化は、ボイラ出口蒸気を低めに抑えつつ、独立過熱器により高温度化することにより、ボイラの高温度腐食を抑制することが期待される。\*

全量焼却との比較では、対象技術におけるバイオガス化施設の導入コストを、全量焼却における焼却施設の整備コスト増（150t/日→190t/日）が上回り、施設整備コストは減と試算された。さらに、年間の維持管理コスト増を売電収入増が上回ったため、経済的メリットが大きい結果となった。F市のような下水処理施設、し尿処理施設からの汚泥を受け入れる場合は、バイオガス化施設のメリットが大きいといえる。

### 経済性評価

項目		単位	焼却+ガスエンジンとの比較
増強方策導入に伴う費用	施設整備費(A) 注1)	億円	-4.8
	維持管理費(B) 注2)	億円/年	-0.4
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) 注3)	億円/年	-0.6
経済的負担減少額(D) 注4)		億円/20年	12
経済的負担増加額(E) 注5)		億円/20年	12
経済的メリットα : (D)/(E)			1.0
投資回収年数 (A)/{(C)-(B)} 注6)			-
項目		単位	全量焼却との比較 注7)
増強方策導入に伴う費用	施設整備費(A) 注1)	億円	-10.7
	維持管理費(B) 注2)	億円/年	0.2
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) 注3)	億円/年	0.9
経済的負担減少額(D) 注4)		億円/20年	29
経済的負担増加額(E) 注5)		億円/20年	3
経済的メリットα : (D)/(E)			9.5
投資回収年数 (A)/{(C)-(B)} 注6)			-

注1)市町村負担分

注2)用役費、人件費、維持補修費等

注3)売電単価は、バイオマス比率及びバイオガス利用熱量を考慮し、対象技術：15.1円/kWh、ごみ焼却：14円、バイオガスによるガスエンジン：39円と設定。

注4)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計

注5)施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計

注6)投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

注7)実際には混焼汚泥の割合に応じた条件整理、設備面への配慮が追加的に必要。

### ※ボイラ高温腐食抑制効果

2000年以前に建設された施設では、水管に付着する灰の溶融等に起因する過熱器の高温腐食を避けるため、蒸気条件を圧力：3MPaG以下、温度：300℃以下で設計されることがほとんどであった。しかし、2000年以降は、ボイラ構造の最適化や高温高圧ボイラ用過熱器材料の開発により、圧力：4MPaG、温度：400℃クラスの蒸気条件を採用する例が増加している。3MPaG×300℃クラスのボイラでは過熱器を長期使用できるが、4MPaG×400℃クラスでは、一定期間の使用で過熱器の交換が必要になるため、過熱器交換コストと発電効率向上効果を総

合的に勘案して、蒸気条件等を決定することが望ましいとされている。(高効率ごみ発電施設整備マニュアルより)

バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化を行った場合の CO<sub>2</sub> 排出量と、従来設計時の CO<sub>2</sub> 排出量との比較評価を次表に示す。

焼却+ガスエンジンと比較した場合、送電量が若干低下することにより、CO<sub>2</sub> 削減量も若干小さくなると試算された。全量焼却と比較した場合は、送電量が増加することにより、CO<sub>2</sub> 削減量も大きくなると試算された。

### CO<sub>2</sub> 削減量

項目	単位	対象技術 (実績)	従来設計(試算値)		備考
			焼却+ガスエンジン	全量焼却	
① ごみ処理量(焼却)	t/日	137	137	169	
② ごみ処理量(発酵)	t/日	32	32	0	
③ 発電電力量	kWh/日	75,040	78,575	65,187	
④ 売電電力量	kWh/日	50,038	54,006	31,407	
⑤ 買電電力量	kWh/日	0	0	0	
⑥ 電力使用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /kWh	0.000579	0.000579	0.000579	代替値
⑦ 燃料使用量	kL/日	0	0	0	
⑧ 燃料使用量(立上下げ時)	kL/回・炉	4	4	5	
⑨ 年間立上下げ回数	回・炉/年	6	6	6	設定
⑩ 燃料使用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /kL	2.71	2.71	2.71	A重油
⑪ 熱利用量	GJ/日	0	0	0	
⑫ 熱利用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /GJ	0.057	0.057	0.057	蒸気、温水、冷水
⑬ 年間稼働日数	日/年	280	280	280	設定
⑭ CO <sub>2</sub> 排出量	t-CO <sub>2</sub> /ごみt	-0.17	-0.18	-0.11	
⑮ CO <sub>2</sub> 削減率 (対象技術/焼却+ガスエンジン)	%	-7	—	—	
(対象技術/全量焼却)	%	61			

コンバインド方式の選択(独立過熱器を通したボイラ蒸気の高温化又はガスエンジンによるメタンガス発電)については、各々に特徴があることから、導入する市町村等で個別に検討し判断することが重要である。

(以上、平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)

### 導入にあたっての留意点

- ・発酵槽等の設置面積の確保が必要である。  
F市クリーンセンターでは、建屋内に機械選別装置等を設置し、建屋外に発酵槽 2 系列及びガスホルダーを設置している。
- ・排水処理策の確保が必要である。  
発酵残渣の脱水後に排水が発生するため、その処理策の確保が必要である。  
F市クリーンセンターでは、プラント排水の下水道放流が可能となっており、発酵残渣の脱水後の排水は、場内再利用するもの以外は放流基準値を満足するよう処理した後に下水道放流されている。下水道放流が困難な場合は、別途再生利用のための高度処理といった排水処理設備を設ける必要がある。
- ・対象ごみに応じた発酵ごみの選別方策が必要である。  
焼却とメタン発酵とのコンバインド処理を行う場合、メタン発酵に適したごみを選別する必要がある。  
F市クリーンセンターでは、未分別で収集された搬入ごみを、機械式選別装置(振動スクリーン)を通すことにより発酵ごみの選別を行っている。収集形態や対象ごみの状況に



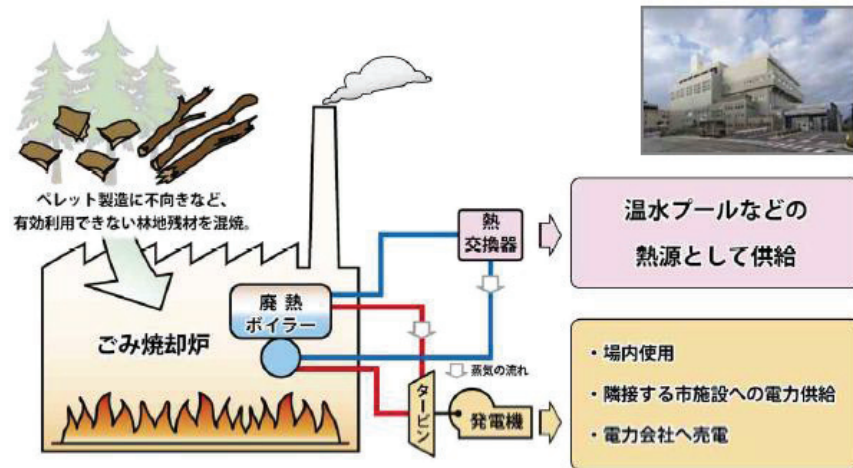
合わせて、適切な選別方策を選択する必要がある。

## ②林地残材等の混焼

### 技術概要

通常の搬入ごみに加えて、林地残材を追加的に混焼する方策である。

森林の間伐事業等で搬出できず林地に放置されている枝葉等の残材を破碎・運搬し、既存の発電施設を有する市の焼却施設で焼却することにより、未利用の木材資源によるエネルギーの回収を行うこととしたものであり、処理量に余力が生じた場合等に効果的な方策である。



先行事例における林地残材混焼事業イメージ  
(G市資料より)

### 導入効果 (先行事例等)

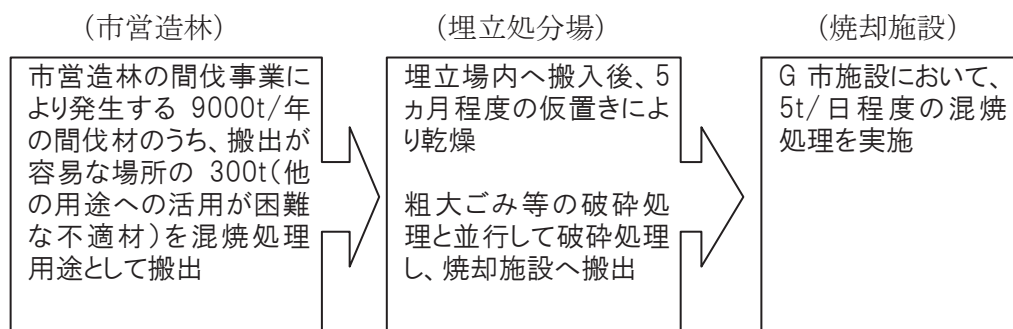
G市における林地残材混焼試験を以下に示す。

混焼する林地残材は、市の間伐事業によって発生する市営造林からの残材としている。間伐事業による間伐材発生量は年間 9,000t に上り、そのうち比較的搬出が容易な場所の間伐材 1,500t を搬出し、うち 1,200t は柱や杭等に再利用され、再利用が困難な 300t が、焼却施設での混焼用途として搬出されている。

間伐事業は森林部局において行うが、間伐後、現場集積された間伐材（活用不適材）の搬出・運搬以降をモデル事業として環境部局が行う。搬出された林地残材は、市の埋立場に搬入され、仮置きの後、破碎処理を行う。仮置き期間は 5 ヶ月程度であり、天日乾燥の効果により残材中の水分が減少し、より効率的な焼却処理に適した性状となる。

焼却施設での混焼量は、2 ヶ月程度で 300t であり、1 日当たりでは 5t 程度である。なお、処分場には、従来から可動式ごみ破碎機が導入され、年間 1 万 t 程度の粗大ごみや木くず等の処理を行ったうえで焼却施設へ搬出している。年間 300t 程度の林地残材ならば、通常の可燃破碎物搬出ルートに乗せて焼却施設へ搬出し混焼することも対応可能である。

＜G市における林地残材の混焼スキーム＞



G市における混焼期間中の発電量（878万 kWh）のうち、ごみ処理全体における入熱量に対する林地残材の熱量から推計した17万 kWh分（平成27年度）を、林地残材混焼による発電増強量として試算している。

なお、G市の処理条件をもとに、焼却処理量の余力等に応じて林地残材の混焼量を変動させた場合の発電量について試算したところ、下表のとおりとなった。

実際の混焼量は、搬入ごみ量の状況や設備の許容能力に応じて、定格処理能力及び設計入熱量の範囲で行うことが必要である。

林地残材混焼量に応じた発電量（試算）

【前提条件】混焼量は、施設の定格処理能力、及び設計時の総入熱量を超えない範囲で設定する必要がある。

項目	単位	試算結果							
搬入ごみ質 <sup>注1)</sup>	kJ/kg	11,781							
林地残材低位発熱量 <sup>注2)</sup>	kJ/kg	15,010							
年間ごみ処理量 <sup>注1)</sup>	t/年	97,453							
林地残材混焼量	t/年	0	500	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	
	%	0%	0.5%	1%	2%	3%	4%	5%	
発電効率 <sup>注1)</sup>	%	14.3%							
発電量	MWh/年	45,605	45,903	46,201	46,797	47,394	47,990	48,586	
発電増強効果	MWh/年	-	298	596	1,192	1,789	2,385	2,981	
	%	-	1%	1%	3%	4%	5%	7%	
売電収入増加分 <sup>注3)</sup>	千円/年	-	5,068	10,136	20,272	30,408	40,544	50,680	

注1)平成25年度実績より

注2)NEDO/バイオマス賦存量・有効利用可能量の推計より

注3)17円/kWhで試算（混焼分を間伐材等由来の木質バイオマスとして区分された場合は、別途の単価が適用）

G市における林地残材混焼試験の費用は、次表のとおり整理される。

経済性評価

項目		単位	林地残材混焼による増加分
増強方策導入に伴う費用	施設整備コスト(A) 注1)	百万円	-
	維持管理費(B) 注2)	百万円/年	2.8
増強方策導入に伴う収入	売電収入(C) 注3)	百万円/年	3.8
経済的負担減少額(C) 注4)		百万円/年	3.8
経済的負担増加額(D) 注5)		百万円/年	2.8
経済的メリットα : (C) / (D)			1.4
投資回収年数 (A) / [(C) - (B)] 注6)			-

注1) 施設整備を要しない  
 注2) 運搬費(林地→埋立場→焼却施設)  
 注3) 収入実績における林地残材混焼による発電量増加想定分  
 注4) 施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計  
 注5) 施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計  
 注6) 投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

林地残材混焼事業による CO<sub>2</sub> の削減効果としては、売電量増加によるエネルギー起源 CO<sub>2</sub> の排出抑制分と、林地残材の運搬に伴う燃料使用由来の CO<sub>2</sub> 排出量、林地残材の有効活用に伴うメタンガスの発生抑制を考慮すると、下表のとおり 1,200t-CO<sub>2</sub> 程度の削減が見込まれる。

林地残材混焼による CO<sub>2</sub> 削減量

項目	試算条件		活動量 (単位)		排出係数 (単位)	排出量 (t-CO <sub>2</sub> /年)
	(市試算)		売電増加分	170,000 kWh/年	0.000579 t-CO <sub>2</sub> /kWh	-98.4
燃料の消費	市営造林→処分場	7 km	燃料 使用量	418 L/年	2.58 t-CO <sub>2</sub> /kL	1.1
	処分場→焼却施設	15 km				
	運搬量	300 t/年				
	運搬容量(10t車)	8 t/回 <sup>注1)</sup>				
	運搬回数	38 回/年				
	運搬走行距離	1,673 km/年				
林地残材の有効利用	林地残材の放置により、木くずの埋立処分と同様にメタンガスが発生するものと想定	林地残材の有効利用分	300 t/年	3.78 t-CO <sub>2</sub> /t ( 0.151 t-CH <sub>4</sub> /t )	-1,133	
合計						-1,230

注1) 20m3コンテナ、残材のかさ比重0.4t/m3として算出  
 注2) 国土交通省 自動車燃費一覧(平成27年3月)を参考

(以上、平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)

導入にあたっての留意点

・ 林地残材の廃棄物処理法上の位置づけについて  
 G 市では、市営造林を対象とした市の間伐事業から発生しており、林地残材を一般廃棄物として処理することが可能であった。  
 一般に林地残材は一般廃棄物と解されるため、市町村の焼却施設における処理は可能と考えられるが、林地残材の出所に産業廃棄物の特定業種(木材・木製品製造業等)が関与する場合は、当該業種から発生する木くず等の産業廃棄物との棲み分けを明確にするなど留意が必要となる。



・運搬・処理ルートについて

林地残材を有効利用するには、搬出・運搬に関わるコストが大きな課題となる。G市の場合、破碎設備を有する埋立場が山間部にあり、従来から、埋立場に搬入された粗大ごみ及び剪定枝等を破碎処理したうえで、焼却施設へ運搬するルートを確立していたことが、林地残材の搬出・運搬の実施に大きなメリットをもたらしていると考えられる。ただしG市においても、林地残材のうち比較的搬出が容易な場所のものを現在の実証試験では対象としており、搬出困難な場所の林地残材の利活用については今後の課題となっている。

各地域の特性に応じて、林地残材の移動をいかに最小限かつ効率的にできるかが重要なポイントになると考えられる。

・仮置き・乾燥の実施について

林地残材は、含水率を下げることで焼却施設における有効な熱回収源となるが、水分を多く含んだままの場合は、安定処理に影響を及ぼすおそれがある。G市においては、中継地点の埋立場敷地内において数カ月の仮置き期間を確保し、一定程度乾燥させることが可能であったため、効率的な焼却を図ることができた。

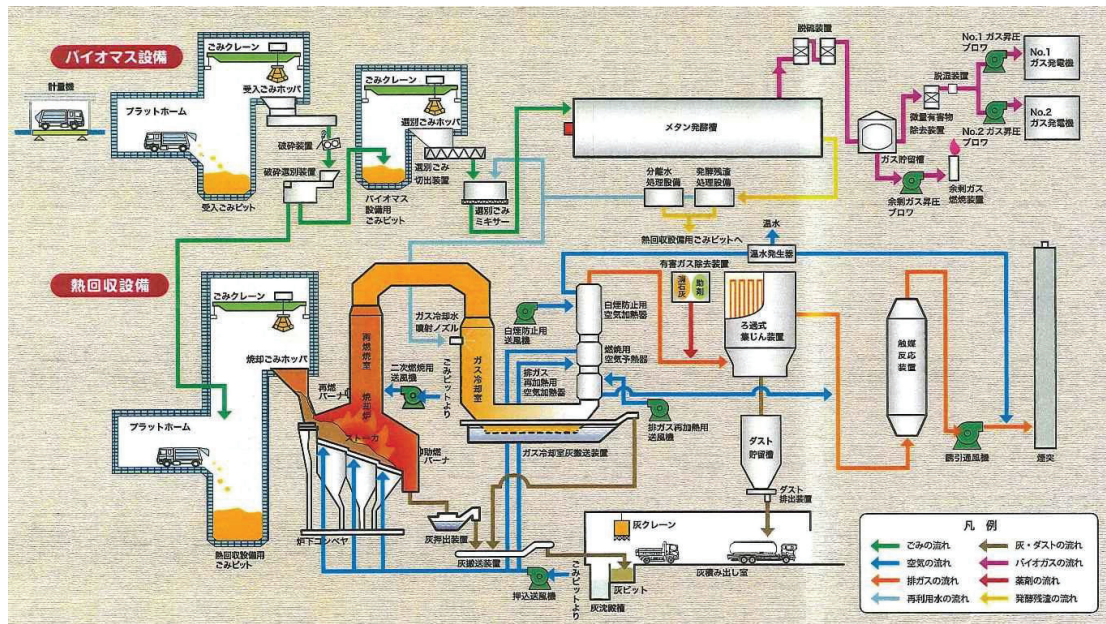
林地残材の混焼により有効に熱回収を実現するためには、含水率を下げる工程を確保することも重要なポイントと考えられる。

### ③焼却施設とメタンガス発電とのコンバインド

#### 技術概要

小規模のため焼却炉単独でのごみ発電は難しいが、燃えにくいごみ（厨芥類等）はバイオガス化してガスエンジンにより発電を行うことで、小規模施設での高効率ごみ発電を実現するものである。

先行事例では、搬入ごみを破碎選別装置に投入し、発酵に適したごみとして選別された発酵ごみをメタン発酵処理し、回収したバイオガスをガスエンジンに送り発電を行う。発酵残渣は脱水後にごみピットに戻り、他のごみとともに焼却処理するとともに、脱水後の分離水は発酵ごみの水分調整や焼却系統のガス冷却に利用している。発酵槽の保温には、ガスエンジン排熱を利用することで効率化を図っている。



先行事例におけるバイオガス発電コンバインドのフロー例  
(H 組合資料より)

#### 導入効果 (先行事例等)

H 組合における導入事例を以下に示す。  
H 組合の設備仕様と、従来設計（全量焼却）による設備仕様との比較を次表に示す。  
比較対象となる従来設計（全量焼却）については、H 組合の搬入ごみ量から想定して、処理規模 50t/日程度と考えられるため、発電なしの焼却施設としている。

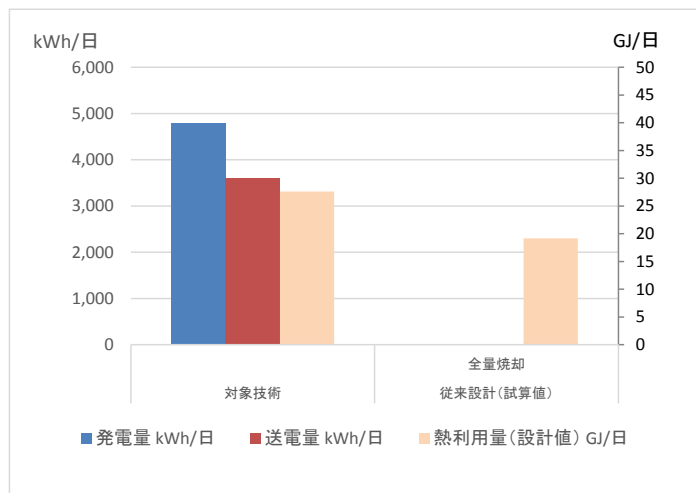
### 設備仕様の比較

項目	単位 (記入例)	対象技術		従来設計(仮定)	
		焼却+ガスエンジン		全量焼却	
		焼却系	発酵系		
燃焼設備	処理能力	t/日	43	—	50
	炉数	t/日×炉	43t/日×1炉	—	25t/日×2炉
ボイラ設備	①蒸気条件(圧力)	MPaG	—	—	—
	(温度)	°C	—	—	—
	②最大蒸発量	t/h(1炉あたり)	—	—	—
	③出口排ガス温度	°C	—	—	—
発酵設備	①設備種類	(乾式、湿式)	—	乾式	—
	②形式	(縦型、横型)	—	横型	—
	③処理能力	t/日	—	36	—
	④槽の加温方法	(焼却排熱、ガスエンジンコジェネ、別置ボイラ)	—	ガスエンジンコジェネ	—
	⑤メタンガス回収率	Nm <sup>3</sup> dry-CH <sub>4</sub> /t	—	150以上	—
発電設備	⑤メタンガス回収量	Nm <sup>3</sup> dry-CH <sub>4</sub> /日	—	3000以上	—
	①設備種類		—	ガスエンジン	—
排ガス処理 (HCl、SO <sub>x</sub> 除去)	③定格出力	kW	—	191kW×2基	—
	①処理方式	(湿式、乾式)	乾式	—	(対象技術と同じ)
	②使用薬品	(消石灰、苛性ソーダ等)	消石灰+助剤	—	(対象技術と同じ)
排ガス処理 (NO <sub>x</sub> 除去)	③設計温度	°C	入口185°C	—	(対象技術と同じ)
	①処理方式	(触媒、無触媒、燃焼制御)	無触媒脱硝+燃焼制御	—	(対象技術と同じ)
排ガス循環	②使用薬品	(アンモニア、尿素)	尿素	—	(対象技術と同じ)
	排ガス循環	有無	無	—	(対象技術と同じ)
白煙防止	有無(有の場合°C、%)		有 (0°C×50%)	—	(対象技術と同じ)
	排水処理	プラント排水	(クローズド、再利用、下水放流、公共用水域放流)	無放流	無放流
	生活排水		無放流	—	(対象技術と同じ)

H 組合の処理量当たりのバイオガス回収量は 190m<sup>3</sup>N/t、1 日当たりでは 3,149m<sup>3</sup>N/日 (いずれも平成 26 年度実績) であり、高効率原燃料回収施設の要件を満足して運転されている。また、バイオガスによる熱利用率は 413kWh/t (平成 26 年度実績) であり、メタンガス化施設の熱利用率条件を上回っている。

H 組合における発電量及び送電量実績と、従来設計との比較を次図に示す。

H 組合のような単独では発電が困難な小規模施設においても、バイオガス化設備を導入することにより、発電及び送電量を確保することが可能となっている。熱利用についても、対象技術ではガスエンジンからの熱回収が可能となる。



### 発電量・送電量・熱利用量の比較

発電増強方策の導入に伴う経済性評価 (従来設計との比較) を下表に示す。

施設整備コスト及び維持管理コストは、バイオガス化設備の導入により増加となる一方で、従来設計では得られなかった売電収入が確保できることにより、投資回収期間 12

年程度での方策導入が可能との試算が得られた。

### 経済性評価

項目		単位	全量焼却との比較
増強方策導入による費用	施設整備費(A) 注1)	億円	4.1
	維持管理費(B) 注2)	億円/年	0.2
増強方策導入による収入	売電収入(C) 注3)	億円/年	0.6
経済的負担減少額(D) 注4)		億円/20年	11
経済的負担増加額(E) 注5)		億円/20年	9
経済的メリットα : (D) / (E)			1.3
投資回収年数 (A) / [(C) - (B)] 注6)			12.4

注1) 市町村負担分

注2) 用役費、人件費、維持補修費等

注3) 売電単価は、FIT価格39円/kWhと設定。

注4) 施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が減少する(収入増含む)項目の合計

注5) 施設整備コスト、ランニングコストのうち、対象技術の導入によって経済的負担が増加する(収入減含む)項目の合計

注6) 投資額(施設整備コスト)がマイナスの場合は「-」と表示

H 組合の平成 26 年度実績から、バイオガスを熱源とする独立過熱器によるボイラ蒸気の高温化を行った場合の CO<sub>2</sub> 排出量と、従来設計時の CO<sub>2</sub> 排出量との比較評価を下表に示す。従来設計の全量焼却と比較して、発電及び外部への送電を実現することによる CO<sub>2</sub> 削減効果が得られている。

### CO<sub>2</sub> 削減量

項目	単位	対象技術	従来設計(試算値)	備考
			全量焼却	
① ごみ処理量(焼却)	t/日	32.7	38.5	
② ごみ処理量(発酵)	t/日	32.9	0	
③ 発電電力量	kWh/日	4,790	0	
④ 売電電力量	kWh/日	3,600	0	
⑤ 買電電力量	kWh/日	10,120	11,915	
⑥ 電力使用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /kWh	0.000579	0.000579	代替値
⑦ 燃料使用量	kL/日	0.004	0.005	
⑧ 燃料使用量(立上げ時)	kL/年	12.4	14.4	
⑨ 燃料使用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /kL	2.71	2.71	A重油
⑩ 熱利用量	GJ/日			不明
⑪ 熱利用に係るCO <sub>2</sub> 排出係数	t-CO <sub>2</sub> /GJ	0.057	0.057	蒸気、温水、冷水
⑫ 年間稼働日数	日/年	310	310	設定
⑬ CO <sub>2</sub> 排出量 {(⑤×⑥+⑦×⑨-④×⑥-⑩×⑪) ×⑫+⑧×⑨} / {(①+②) × ⑫}	t-CO <sub>2</sub> /ごみt	0.06	0.18	
⑭ CO <sub>2</sub> 削減率 (対象技術/全量焼却)	%	68%	—	

(以上、平成 27 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)

### 導入にあたっての留意点

- ・発酵槽等の設置面積の確保が必要である。  
H 組合では、建屋内に機械選別装置等を配置するとともに、建屋外に発酵槽 1 系列及びガスホルダーを設置している。
- ・排水処理策の確保が必要である。  
発酵残渣の脱水後に排水が発生するため、その処理策の確保が必要である。  
H 組合では、焼却排ガスは水噴霧により冷却するため、発酵残渣の脱水後の排水は、一定の排水処理の後に場内再利用(メタン発酵投入物の水分調整、焼却排ガスの冷却)

されている。施設の条件に応じて、下水道放流が可能な場合はそれを検討する。

- ・対象ごみに応じた発酵ごみの選別方策が必要である。

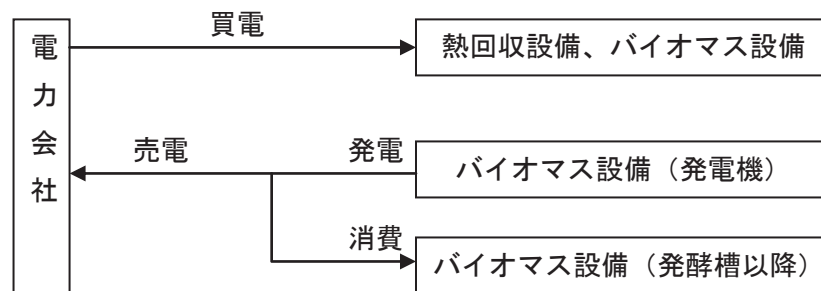
焼却とメタン発酵とのコンバインド処理を行う場合、メタン発酵に適したごみを選別する必要がある。

H 組合では、未分別で収集された搬入ごみを、機械式選別装置（ブレードハンマー＋スクリーン）を通すことにより発酵ごみの選別を行っている。収集形態や対象ごみの状況に合わせて、適切な選別方策を選択する必要がある。

- ・バイオガス発電の特性を生かした経済性の確保

バイオガス発電を行ったとしても、所内消費量を全て賄った上で売電できる発電量が確保できるとは限らない。

H 組合では、バイオガスによる発電量のみで、施設全体の消費電力量は賄えないため、系統からの受電点を 2 回線受電（下図参考）とし、発酵槽以降のバイオマス設備と、それ以外の焼却等設備とを区分している。これにより、発酵槽以降のバイオマス設備を FIT 認定対象とし、バイオガス発電量からバイオマス設備消費分を除く売電電力量を FIT 価格で売電することで、売電収入が焼却等設備での買電コストとほぼ同等となり、経済性を確保している。



系統との受送電イメージ



## 【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

### <技術概要>

林地残材によるバイオマス発電と一般廃棄物焼却施設（蒸気供給）をコンバインドし、より高効率の発電を実現することでバイオマス発電事業の事業化を図る。

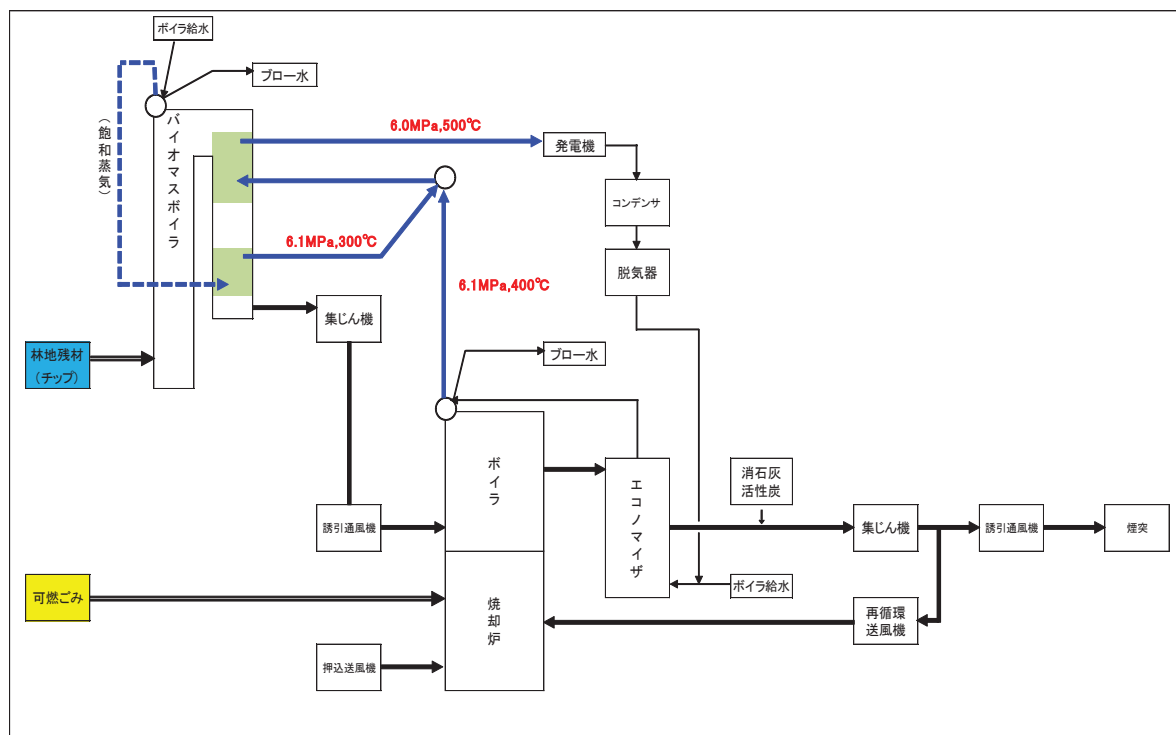
地域の特性や制約から、廃棄物処理施設の広域化・集約化が難しい中小規模の施設における実施可能かつ効率的な廃棄物エネルギーの活用方策が課題となっているが、林地残材等のバイオマスに目を向けると、全国の山間地に賦存し、その周辺は中小都市といった状況である。バイオマス発電は原料の収集が要因で事業性に乏しいといわれているが、林地残材等によるバイオマス発電と一般廃棄物のごみ発電をコンバインドし、より高効率の発電を実現することでバイオマス発電事業の事業化を図ること、さらに、バイオマスを定量的に受入れることで森林整備事業の運営に貢献し、地域振興を図るものである。

### <導入効果の検討>

コンバインドによる事業採算性について、試算例を以下に示す。

林地残材によるバイオマス発電施設を一般廃棄物焼却施設側に組み込み、一般廃棄物焼却施設側の蒸気（条件：400℃ 6.1MPa）をバイオマスボイラ側の蒸気（条件：300℃ 6.1MPa）と混合し、独立過熱器（バイオマスボイラ側）において500℃、6.0MPaに過熱した蒸気で発電を行うものとした。

バイオマスボイラの排ガス処理は、集じん機～誘引通風機を経て一般廃棄物焼却施設側の排ガス処理システムへ合流するものとした。



ごみ焼却処理施設単独の場合とバイオマス発電とのコンバインドの場合の年間送電端電力量、発電効率、年間売電収入の試算結果は下表のとおりとなった。

◆焼却：390t/日（130t/24h×3 炉）、バイオマスボイラ：80t/日程度の場合

焼却施設単独

年間ごみ処理量(t/年)	98,800	
計算に用いるごみ質	基準ごみ(2,000kcal/kg)	
ボイラ蒸気条件	4MPa 400°C	
稼働状況	2炉運転時	3炉運転時
日数(日/年)		
立上げ下げ時を含まない	200	120
使用電力量(kWh/日)	40,800	48,000
発電電力量(kWh/日)	129,600	192,000
差引電力量(kWh/日)	-88,800	-144,000
送電端 合計(kWh/年)	17,760,000	17,280,000
	35,040,000	

発電効率	21.2 %
------	--------

年間売電収入(売電単価:17円/kWh)	596,000 千円/年
----------------------	--------------

コンバインド時

年間ごみ処理量(t/年)	98,800	
年間木質チップ処理量(t/年)	25,000	
計算に用いるごみ質	基準ごみ(2,000kcal/kg)	
計算に用いる 木質バイオマスの発熱量	2,000kcal/kg	
ボイラ蒸気条件	6MPa 500°C	
稼働状況	2炉運転時	3炉運転時
日数(日/年)		
立上げ下げ時を含まない	200	120
バイオマス移行稼働日数(日/年)	200	120
使用電力量(kWh/日)	64,800	72,000
発電電力量(kWh/日)	204,000	276,000
差引電力量(kWh/日)	-139,200	-204,000
送電端 合計(kWh/年)	27,840,000	24,480,000
	52,320,000	

発電効率	25.3 %
------	--------

年間売電収入(売電単価:20円/kWh)	1,046,000 千円/年
----------------------	----------------

①ごみ焼却施設単独 送電端量	35,040,000 kWh/年
②コンバインド発電 送電端量	52,320,000 kWh/年
送電端量増加分 ②-①	17,280,000 kWh/年
CO <sub>2</sub> の削減効果 ※	8,864,640 kg-CO <sub>2</sub> /年

※ 排出係数:0.513 kg-CO<sub>2</sub>/kWh(中部電力)

林地残材(チップ)の購入費用とバイオマス発電施設の整備・運営費を考慮した年間収支は下表に示すとおりで、ごみ焼却施設単独の場合の売電収入(約6億円/年)をベースとすると、チップ購入単価が14円/kgが一つの目安となる。

チップ購入単価	円/kg	7	8	9	10	11	12	13	14	15
チップ購入費用	億円/年	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
売電収益(焼却単独)	① 億円/年	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	5.96
売電収益(コンバインド発電)	② 億円/年	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46	10.46
整備費・運営費【追加分】	③ 億円/年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
チップ購入費	④ 億円/年	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75
コンバインド発電による年間収支増加分(②-③-④)-①	億円/年	1.75	1.50	1.25	1.00	0.75	0.50	0.25	0.00	-0.25

◆焼却：210t/日（75t/日×3 炉）、バイオマスボイラ：80t/日の場合

焼却施設単独

年間ごみ処理量(t/年)	53,200	
計算に用いるごみ質	基準ごみ(2,000kcal/kg)	
ボイラ蒸気条件	4MPa 400°C	
稼働状況	2炉運転時	3炉運転時
日数(日/年)		
立上げ下げ時を含まない	200	120
使用電力量(kWh/日)	28,800	38,400
発電電力量(kWh/日)	60,000	96,000
差引電力量(kWh/日)	-31,200	-57,600
送電端 合計(kWh/年)	6,240,000	6,912,000
	13,152,000	

年間送電端量(kWh/年)	6,240,000	6,912,000
	13,152,000	

発電効率	19.7 %
------	--------

年間売電収入(売電単価:17円/kWh)	224,000 千円/年
----------------------	--------------

コンバインド時

年間ごみ処理量(t/年)	53,200	
年間木質チップ処理量(t/年)	25,000	
計算に用いるごみ質	基準ごみ(2,000kcal/kg)	
計算に用いる 木質バイオマスの発熱量	2,000kcal/kg	
ボイラ蒸気条件	6MPa 500°C	
稼働状況	2炉運転時	3炉運転時
日数(日/年)		
立上げ下げ時を含まない	200	120
バイオマス移行稼働日数(日/年)	200	120
使用電力量(kWh/日)	46,800	56,400
発電電力量(kWh/日)	132,000	168,000
差引電力量(kWh/日)	-85,200	-111,600
送電端 合計(kWh/年)	17,040,000	13,392,000
	30,432,000	

発電効率	24.9 %
------	--------

年間売電収入(売電単価:20円/kWh)	609,000 千円/年
----------------------	--------------

①ごみ焼却施設単独 送電端量	13,152,000 kWh/年
②コンバインド発電 送電端量	30,432,000 kWh/年
送電端量増加分 ②-①	17,280,000 kWh/年
CO <sub>2</sub> の削減効果 ※	8,864,640 kg-CO <sub>2</sub> /年

※ 排出係数:0.513 kg-CO<sub>2</sub>/kWh(中部電力)

林地残材（チップ）の購入費用とバイオマス発電施設の整備・運営費を考慮した年間収支は下表に示すとおりで、ごみ焼却施設単独の場合の売電収入（約 2.24 億円／年）をベースとすると、チップ購入単価が 11.5 円/kg が一つの目安となる。

チップ購入単価	円/kg	7	8	9	10	11	11.5	12	13	14	15
チップ購入費用	億円/年	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	2.88	3.00	3.25	3.50	3.75
売電収益(焼却単独)	① 億円/年	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24	2.24
売電収益(コンバインド発電)	② 億円/年	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09	6.09
整備費・運営費【追加分】	③ 億円/年	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
チップ購入費	④ 億円/年	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	2.88	3.00	3.25	3.50	3.75
コンバインド発電による年間収支増加分(②-③-④)-①	億円/年	1.10	0.85	0.60	0.35	0.10	-0.03	-0.15	-0.40	-0.65	-0.90

(以上、平成 26 年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)

### <留意点>

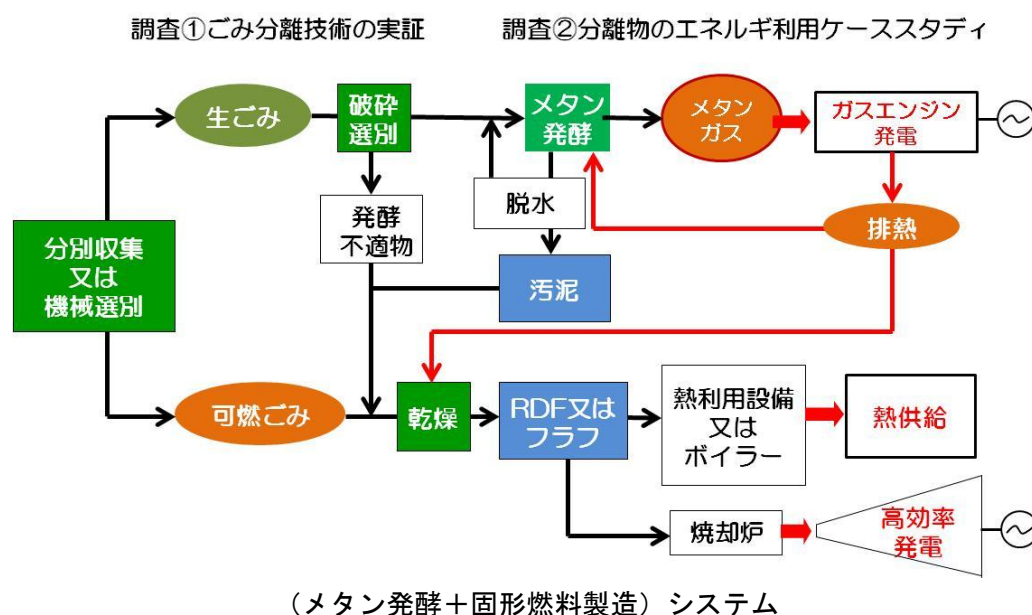
- ・ごみ焼却施設とバイオマス発電施設の事業主体が異なる場合は、施設間の電気受給（特定供給が不可）に問題が生じる。
- ・ごみ焼却施設とバイオマス発電施設の運営（運転）体制が異なる場合は、運転の調整（処理量の調整、蒸気の調整、排ガス処理等の調整）が難しくなる。
- ・当初計画の事業スキームでは、ごみ焼却施設とバイオマス発電施設を別事業として、ごみ焼却施設からバイオマス発電施設へ蒸気を供給し、バイオマス発電施設側で発電を実施する計画であったが、両施設間の電気受給や運転調整等の問題などを考慮すると、ごみ焼却施設とバイオマス発電施設を一体事業として、官民連携とした事業（DBO 事業等）の検討が必要である。
- ・焼却施設が 2 炉構成の場合、常に 2 炉でフル稼働することは難しく、炉ごとに補修等を実施する場合は 1 炉運転となるため、バイオマスボイラから発生する蒸気とのバランス調整が難しい。
- ・焼却施設において、2 炉稼働時と 1 炉稼働時では排ガス量が大きく異なるため、前述した検討フロー（バイオマスボイラの排ガス処理は、集じん機～誘引通風機を経て一般廃棄物焼却施設側の排ガス処理システムへ合流）では経済的な施設の整備・運営が難しい。（焼却施設が 1 炉稼働の場合、バイオマスボイラ側の排ガス量全量を 1 系列の排ガス処理設備で処理しなければならないため、焼却施設側の排ガス処理設備（1 系列）が過大になる。また、バイオマスボイラ側に専用の排ガス処理システムを整備するとしても建設費及び維持管理費が増加する。）

## 【トピック】 研究事例紹介：RDF施設とメタンガス発電とのコンバインド

### ＜技術概要＞

固形燃料（RDF）事業について、生ごみ発酵熱が起因と言われている発火事故、ごみ乾燥のための化石燃料の使用、生ごみ由来の塩素、RDF利用先不足といった普及を妨げている諸課題に対し、これらの課題をクリア可能なシステムとして、（メタン発酵＋固形燃料製造）システムが、固形燃料（RDF）事業の方向性の一つとなると考えられる。（下図）

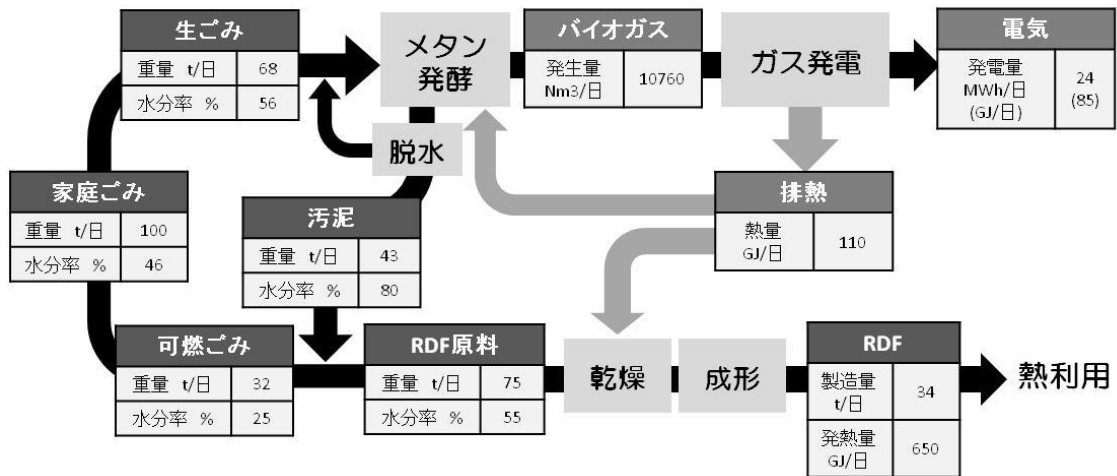
（メタン発酵＋固形燃料製造）システムは、生ごみと可燃ごみを分別収集又は機械選別し、生ごみはメタン発酵によりガス発電をする。可燃ごみは、ガス発電の排熱等により発酵不適物とメタン発酵汚泥を乾燥して固形燃料（RDF）又はフラフを製造し、熱利用するシステムである。固形燃料（RDF）又はフラフは焼却炉による高効率発電（RDF発電）利用も可能である。



### ＜導入効果の検討＞

（メタン発酵＋固形燃料製造）システムに“メタン発酵”のコンバインド効果があるかを検討するため、物質収支、エネルギー収支を試算した例を下図に示す。

より多くの再生可能エネルギー回収を目指した結果、100t/日のごみから24MWh/日の電力と650GJに相当する34t/日の固形燃料（RDF）が製造できる計算となる。また24MWh/日（310日稼働すると7.4GWh/年）の電力は、FIT制度（売電価格39円/kWh）を利用すれば、約2.8億円/年の売却益を見込むことが可能と考えられる。



(メタン発酵+固形燃料製造) システム収支 (試算) ※1

注) 試算条件の詳細

生ごみと可燃ごみは機械選別する。メタン発酵の方式は湿式を想定している。試算対象にしたごみ組成は、民間施設の家庭ごみ分析例を基に、収集ごみを100t/日に設定し、分離後の生ごみ相当物と可燃ごみ相当物の組成を南但クリーンセンターで実施のコンバインドシステムの報告例※2のごみ分離特性(分配率)を参考に下表に示すように設定した。ガスエンジン発電排熱110GJ/日により、汚泥(発酵残渣)と可燃ごみを乾燥し、固形燃料(RDF)又はフラフを製造出来る可能性もある。発酵液は循環し、一部を排出して発酵槽の窒素濃度を1,800mg/l以下に制限することで、メタン菌のアンモニア阻害を回避することになっている。

収集家庭ごみの分離(生ごみ相当と可燃ごみ相当) ※2

ごみ種類	収集ごみ	分離後		
		生ごみ相当	可燃ごみ相当	
固形物組成(乾ベース%)	ビニール・ゴム・合成樹脂・皮革	20.8	7.4	37.9
	紙類	55.8	64.7	44.4
	布	4.9	1.3	9.4
	木・竹・わら類	6.0	7.0	4.8
	厨芥類	9.8	17.5	0.0
	その他	1.7	2.0	1.4
	不燃物	1.0	0.0	2.2
	計	100.0	100.0	100.0
ごみ総量	湿ベース重量 t/日 (水分率 %)	100.0 (45.9)	68.2 (55.6)	31.7 (25.0)
	乾ベース重量 t/日	54.1	30.3	23.8

試算設定値

- ①湿式メタン発酵 ②機械選別 ③VTS 分解率: 78% ④分解 VPS 当りのガス発生量: 0.5Nm<sup>3</sup>/kg
- ⑤発電効率: 35% ⑥排熱回収効率: 85% ⑦乾燥機効率: 85%



### <留意点>

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、メタンガス発生量及び RDF 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。

下表は（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の例である。

#### （メタン発酵＋固形燃料製造）システム調査・検証項目例

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 <sub>2</sub> 削減効果・エネルギー回収率・費用対効果 ケーススタディ

出典)

※1 中原啓介：“次世代ごみエネルギー利用システムごみ固形燃料（RDF）化技術の可能性”

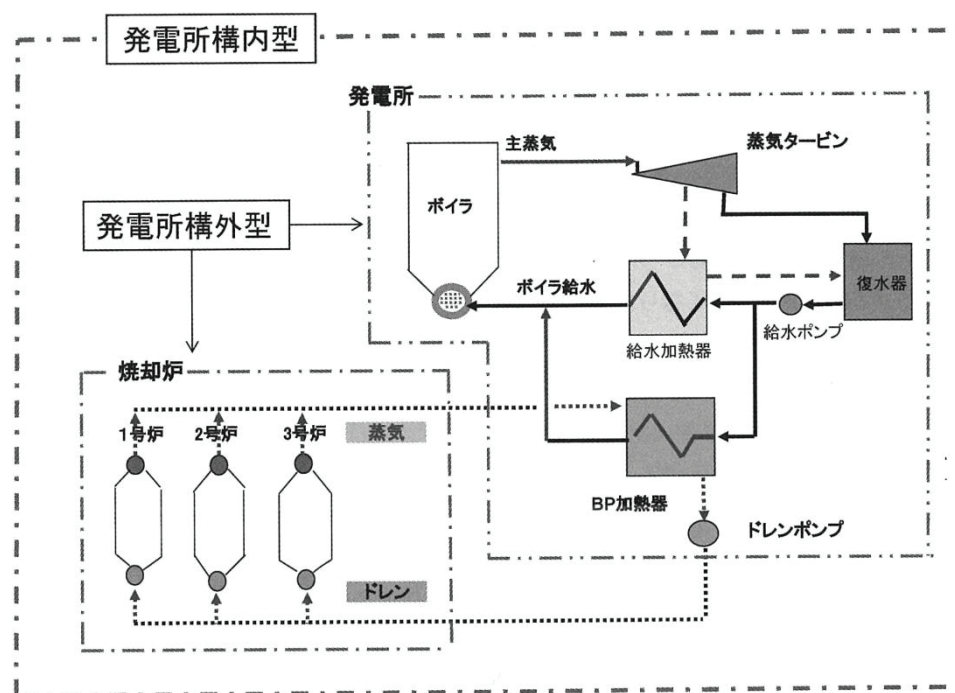
環境施設 No. 139 p24-29（2015）より、一部著者訂正

※2 高岡好和、河村公平、角田芳忠：“南但地域における可燃ごみのバイオガス化と焼却のコンバインドシステム” 廃棄物資源循環学会誌、Vol. 25 No. 1 p36-42（2014）

## 【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

### <技術概要>

RPF・バイオマス等を燃焼する焼却炉ボイラで発生した蒸気を既設火力発電所の給水系に結合し、発電所側では燃料節減、焼却炉側では通常廃棄物発電では困難な高効率発電を達成可能とするものである。環境省の平成26年度CO<sub>2</sub>排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業において「廃棄物等利用高効率火力発電システムの実用化研究」として調査されたシステムである。



廃棄物等利用高効率火力発電システム

### <導入効果の検討>

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%が得られるとされている。これを焼却炉側から見ると、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とされる。

### <留意点等>

- 蒸気輸送距離に応じて輸送される蒸気条件が低下する。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」よりも高いとされている。

（出典）小川紀一郎，石田敬一，蓮池宏，保田静生，遠藤雄樹，山田勝重，火力原子力発電，2014.7

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より

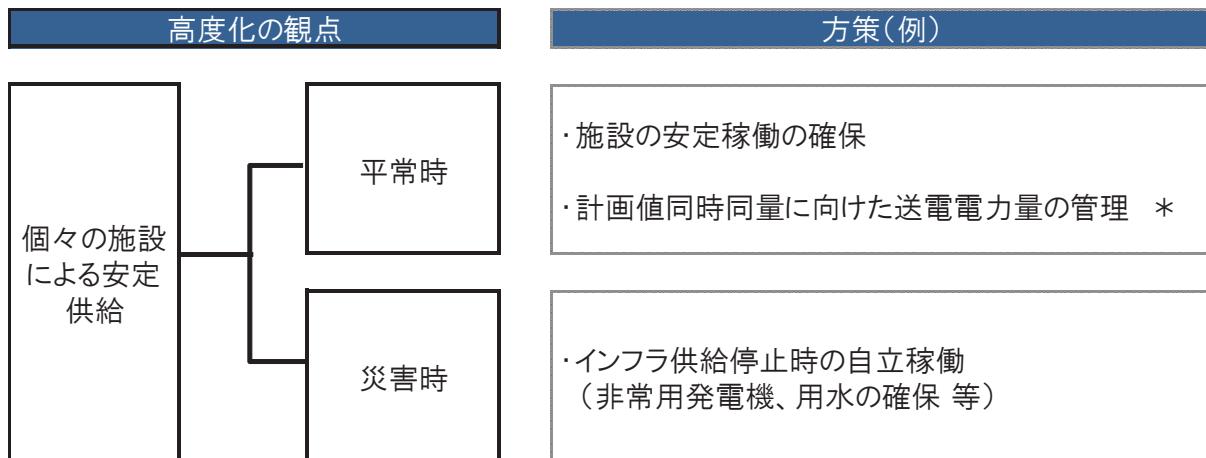
### (3) 個々の施設における安定供給

#### 1) 概要

廃棄物エネルギー利用の高度化には、安定供給の観点も重要である。

安定供給の第一は、施設の安定稼働の確保であるが、そのほかに、例えば蒸発量を制御することにより発電電力量を安定化する工夫や、所内消費量を予測して計画的に送電端電力量を確保する工夫なども、今後の廃棄物エネルギーの高度化には重要な観点の一つである。

また、災害時においても、防災拠点としての役割を果たし、電気や熱を安定供給していくために、自立稼働を確保に必要な非常用発電機や用水の備蓄等の備えを行うことも重要である。



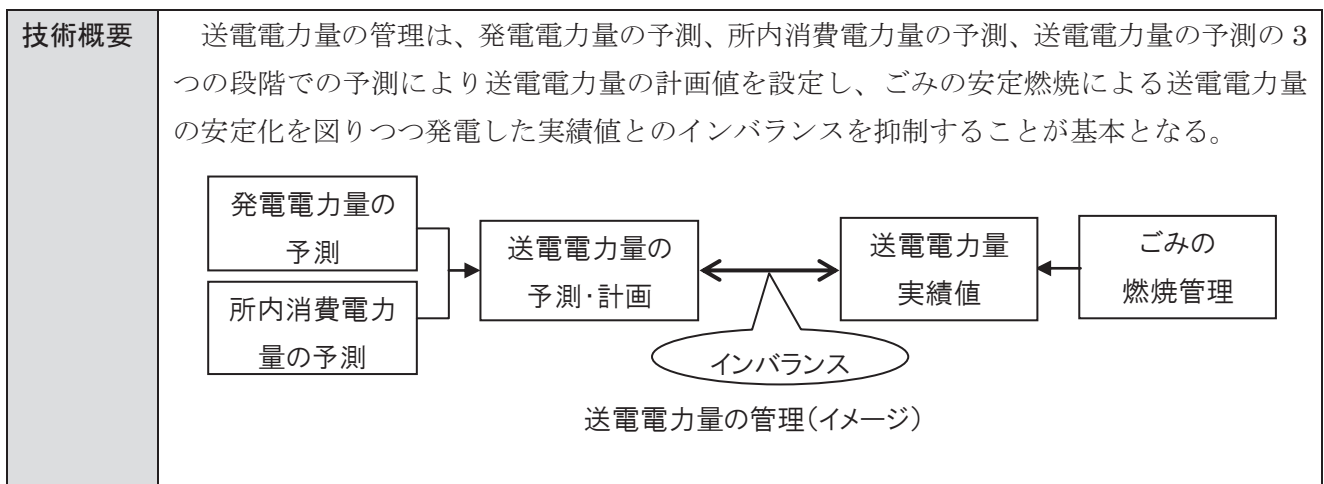
\* 一部、机上の検討又は研究段階の方策(例)

#### 個々の施設による安定供給

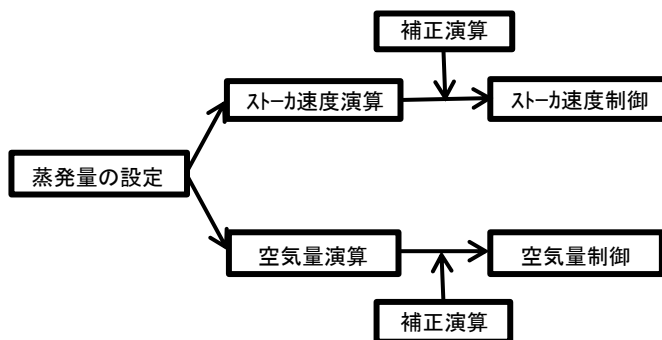
#### 2) 平常時の安定供給方策例

安定供給に係る高度化方策導入の実現可能性調査を実施した結果をもとに、各方策の導入効果等を検証した事例を以下に示す。

##### ①送電電力量の管理



	<p>発電電力量は、基本的に蒸発量と比例関係にあることから、燃焼管理における蒸発量制御が主要な対策となる。常に変動するごみ質に対し、一定の蒸発量に制御するためには、供給ごみの攪拌・均質化と併せて、自動燃焼制御装置（ACC）等による制御が用いられる。ごみの定格処理・安定処理を確保しつつ、計画した発電電力量を踏まえた制御の仕方は、施設の条件、処理方式等によっても相違があるため、個々の施設のインバランスリスクに応じて、検討・工夫を行う。</p> <p>所内消費電力量については、ごみ量・ごみ質等の影響を受ける部分（プラント動力系など）と影響のない部分（建築動力系など）があり、所内消費設備の各々の特徴を把握して、電力量の計画を立てる。</p> <p>発電電力量及び所内消費電力量の管理を経てなお、最終的に送電端において生じる送電電力量の変動（計画値との差異）は、市場調達やインバランス供給等により調整することとなるが、発電側において調整電源（ガスエンジン等）や蓄電池等を導入し、送電電力量の安定化を図ることも選択肢の一つである。いずれも一定のコストを要することから、費用対効果の観点や、災害対策強化など政策的な観点から個々の施設で判断する。</p>
<p>導入効果 (先行事例等)</p>	<p>&lt;蒸発量制御による発電電力量の管理&gt;</p> <p>多くの施設で導入されている自動燃焼制御装置（ACC）による蒸発量制御は、発電電力量の管理の一手法といえる。</p> <p>ごみ焼却施設の発電機は、火力発電所と同様の蒸気タービン発電機（以下、発電機）を有し、焼却炉ごとに設置されるボイラから発生する蒸気を利用した発電施設である。焼却炉の自動燃焼制御装置（ACC）は、ごみの処理量と発熱量を運転の設定値とし、ごみの供給量や空気量を制御している。</p> <p>ごみの供給量、発熱量（焼却炉への入熱）と蒸発量は単純な比例関係にあり、焼却炉の自動燃焼制御（ACC）は実際に「蒸発量」を制御している。</p> <p>よって、計画値同時同量に向けた焼却炉の発電計画と自動制御は、蒸発量の設定値をベースに運用されることとなる。</p> <div data-bbox="590 1467 1101 1892" data-label="Figure"> </div> <p>ごみ焼却施設における焼却量・蒸発量・入熱量の関係</p>



ストーカ式焼却炉における自動燃焼制御の例

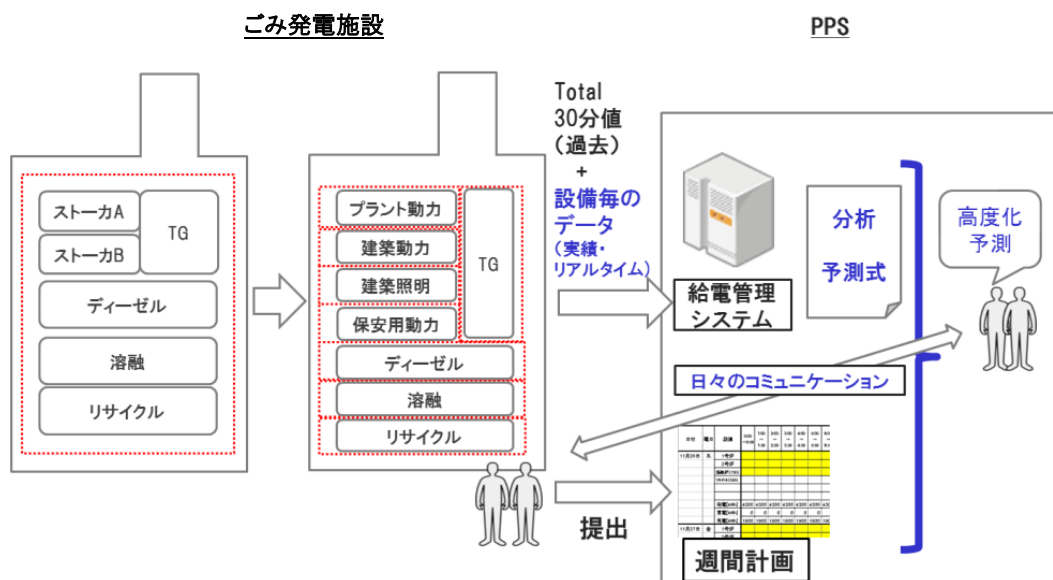
なお、送電電力量は、発電電力量だけではなく所内消費電力量も影響している。

以下は、所内消費電力量の特性に着目し、所内消費電力量計画値の精度向上を検討した事例である。

＜検討事例＞所内消費電力量の予測精度向上

所内消費電力量について、計測可能な範囲の設備毎に区分して把握し、その特徴に応じた予測ロジックを設定することにより、計画値の精度向上を図る。実際の運用においては、下図のように PPS 事業者と連携して電力量の分析・予測を行うことで、予測の高度化を図ることが考えられる。

PPS 事業者とごみ発電施設とは、リアルタイムでの電力量データのやり取りと併せて、日常的なコミュニケーションを取ることで、稼働計画の変更や突発的な停止などの情報を共有し、インバランスリスクを回避することが可能となる。



I 市施設において過去の所内消費電力量実績を分析した結果、下表のような予測ロジックを組むことで、インバランスリスクを低減することを検証した。



所内消費電力量の予測ロジック（例）

需要項目	予測ロジック
プラント動力	運転炉数によって予測手法を変更。全停止時および1炉運転時は過去データの統計処理、2炉運転時は投入熱量を活用した回帰式にて予測。
建築動力	運転炉数及び補修工事等との相関を利用し予測。
建築照明	変動も小さく比較的安定しているため、直近数サンプルの平均から予測。
保安用動力	運転炉数との相関があり→運炉計画からの予測
灰溶融炉	稼働または停止で予測。（現場とのコミュニケーションにより可能な限り正確・on time で共有）
資源化工場	時間帯、曜日に見られる規則性を活用し予測。

所内消費電力量の予測は、設備ごとの電力量データを給電管理システムに集約し、上表に基づくロジックで統計処理をして予測を行い、これをもとに30分単位での送電電力量の計画値を作成する。計画値の作成は、前日に翌日24時間の計画を作成することとし、当日、何らかの変更情報があった場合は、適宜当日の見直し（1時間前）を行う。

I 市施設において所内消費電力量の予測精度向上を図った場合のインバランス削減効果は、下表のとおり試算された。

所内消費電力量の予測精度向上によるインバランス削減効果（試算例）

(kWh/年)

比較項目	従来法 <sup>注1)</sup>	予測高度化 <sup>注2)</sup>
インバランス絶対値計	1,606,975	1,117,436
予測精度の向上（改善量）	-	489,539
予測精度の向上（改善率）	-	30%

(千円/年)

インバランス改善効果	-	4,900
------------	---	-------

注1) 従来から行われていた各設備の消費電力、稼働計画等から予測する手法の場合

注2) 各設備の予測ロジックに基づき予測を行う場合

<試算条件>

- ・実施施設の運営実績および電力需要実績を活用した。
  - ・インバランスの清算は、施設の電力供給先の需要規模の±3%を変動枠とする実同時同量ルールに準じた。（平成28年4月から計画値同時同量制度に移行するが、評価時点では計画値同時同量でのインバランス清算単価の設定が困難であることから実同時同量ルールに準じた評価とした。）
- （以上、平成27年度廃棄物発電のネットワーク化に関する実現可能性調査委託業務報告書より）

導入にあたっての留意点

- ・個々の施設において所内消費量の変動特性には相違があると考えられるため、予測ロジックの設定にあたっては、個々の施設の実績を十分分析したうえで設定する必要がある。
- ・個々の施設の詳細な電力量データは、施設稼働のノウハウ等を含むことから、データの共有先、取り扱い可能な範囲については、個々の施設において十分検討する必要がある。

### 3) 災害時の安定供給方策

平成 25 年 5 月 31 日に閣議決定された廃棄物処理施設整備計画では、災害対策の強化をその柱の一つとしており、その中で、焼却施設が大規模災害時に電力供給や熱供給の役割が期待されるものとしている。また平成 28 年 1 月 21 日に告示された廃棄物処理法に基づく基本方針（廃棄物の減量その他その適正な処理に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な方針）においても、非常災害時にも対応できる強靱な廃棄物処理体制の整備を図ることとされ、災害対策に関する記述が大幅に追加されている。

災害時にエネルギーの供給を続けるためには、災害時に一旦、安全に停止した焼却炉を、系統からの電力供給や公共水道などのインフラが途絶えた中でも再稼働させることが必要であることから、そのために必要な非常用発電機の設置や水の確保方策が必要である。

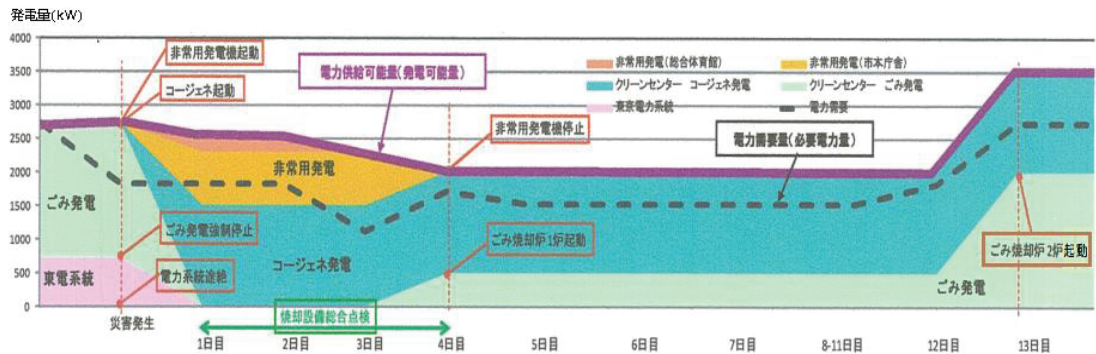
#### ①非常用発電機

<p><b>技術概要</b></p>	<p>災害時にも安定的にエネルギー供給をするために、系統からの電力供給の途絶えた中で焼却炉を再稼働させるため、非常用発電機の設置計画にあたっては、次の機能を考える必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 消防法、建築基準法で義務付けられる非常電源、予備電源</li> <li>▶ 商用電源の途絶した中で焼却炉を安全に立下げるための電源</li> <li>▶ 商用電源の途絶した中でも施設の安全点検などの業務に必要な最低限の電源（保安電源）</li> <li>▶ 一旦停止した焼却炉を系統からの電力供給の途絶した中で再稼働させるための電源</li> </ul> <p>災害時の焼却炉を再稼働するまでには、次のようなフェーズが生ずることが想定される。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>i) 焼却炉の安全停止（全炉）</li> <li>ii) 施設の点検や災害の状況の見極め</li> <li>iii) 焼却炉の立上げ（1 炉）</li> </ol> <p>系統からの電力供給の途絶した中で焼却炉を再稼働するためには、上の 3 つのフェーズで必要な電力を非常用発電機で賄う必要があり、さらに消防法、建築基準法で義務づけられる非常電源、予備電源としての能力を勘案して、これらに必要な非常用発電機の能力と燃料の確保をする必要がある。</p> <p>燃料としては、液体燃料、都市ガスが考えられる。液体燃料の場合は備蓄によるものとし、都市ガスは災害時の信頼性の高いものである必要があり、消防法の非常電源として使用するためにはいわゆる都市ガス認定が必要である。（備蓄された液体燃料を消防法の非常電源として使用する場合には、別途確保する。）</p> <p>なお、助燃用の燃料は別途確保する。</p>
<p><b>導入効果 (先行事例等)</b></p>	<p>災害時安定供給の方策事例を示す。</p> <p>ア. J 市</p> <p>J 市においては、クリーンセンターを建設中であるが、東日本大震災等の教訓を受け、災害時等での停電にも対応できるシステムとして構築されたものであり、近隣公共施設（本庁舎・総合体育館他）への電力供給などについても災害時等の停電に対応できるものとし</p>

ている。

非常用発電機については、詳細設計において、燃料を都市ガス(中圧管による供給)、及びA重油(始動時)としたガスタービン(常用非常用ガス・コージェネレーション設備)の整備を検討している。

災害時における電力需要、供給は、平成25年3月の施設・周辺整備協議会報告書では、下図のようにシミュレーションされている。



(注)シミュレーション条件

①災害時想定条件

◆震度7以上 ◆電力会社系統電力途絶 ◆都市ガス即復旧

◆ごみピット貯留量600t ◆ごみ12日搬入停止

②新クリーンセンターの災害時対応条件

◆焼却プラント点検・確認のため焼却炉立下げを行う。

◆点検確認後問題がない場合に焼却炉の立上げを行う。

※ごみ搬入がない場合は1炉運転、ごみ搬入が復帰した場合は2炉運転

### 非常時・災害時における電力需要・供給シミュレーション図

(J市 施設・周辺整備協議会報告書、平成25年3月)

イ. K市

K市では、市内のごみ処理施設を集約するため、焼却施設を建設中であるが、東日本大震災の教訓を踏まえ、地域を守る防災拠点としての役割に配慮して整備が進められている。

非常用発電機については、詳細設計における検討で、焼却炉の立下げ、立上げのほか、立上げまでの保安電源、避難所用の電源についても賄うべく、発電機の設置、燃料の備蓄を行うこととしている。(ピークカットにも使われる。)(非常用発電機用の燃料とは別に立上げ時に必要な助燃バーナ用の燃料も備蓄される。)

(以上、平成26年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)

導入にあたっての留意点

- ・燃料としてのごみの確保が必要である。焼却炉を継続的に運転するため、発災後、焼却炉の運転に必要なごみの量が収集できるようになるまでの間の燃料としてのごみについては、あらかじめ確保しておく必要がある。
- ・焼却炉の運転に必要な薬品類についても確保が必要である。
- ・用水の確保が必要である。(別掲)
- ・非常用発電機を、常用発電機と兼用する場合、点検のタイミングに検討が必要となる。消防法との関係で、別途、非常用発電機が必要となる場合がある。
- ・運転のために必要な職員の確保など、緊急時の対応について、業務継続計画(BCP)を作成しておく必要がある。

## ②用水確保

<b>技術概要</b>	<p>焼却炉においては、生活用水、プラント用水（ボイラ用水、機器冷却水）が使用され、主に、前者は水道、後者は水道、工業用水道、地下水のいずれかにより水が供給される。災害時に水道、工業用水道からの用水の供給が途絶えた場合、生活用水に加えプラント用水の供給にも支障をきたす場合があることから、災害時に焼却施設を稼働させるためには、水道、工業用水道からの用水の供給が再開されるまでの間の水の確保が不可欠であり、現実的に考えられるのは、貯水槽を設置してあらかじめ用水を確保しておくこと、地下水を利用することの2種類である。</p>
<b>導入効果 (先行事例等)</b>	<p>導入事例を以下に示す。</p> <p>ア. L市</p> <p>L市L(1)工場では、阪神・淡路大震災等の教訓を受け、ライフラインが寸断された場合でも廃棄物の焼却を継続して行うため、焼却炉の立上げに必要な非常用発電機を確保し、受水槽による水の確保も行っている施設である。</p> <p>受水槽については、洗車、床洗浄、場内散水等を除いた基準ごみ質2炉運転時のプラント用受水槽補給水量の7日分の受水槽を持っている。新潟県中越地震、阪神・淡路大震災の復旧調査の結果、阪神淡路大震災で神戸市で最短で6日間で復旧した事例を踏まえ、7日分とされたものである。</p> <p>イ. M市</p> <p>M市では、東日本大震災の教訓を踏まえ、地域を守る防災拠点としての役割に配慮して整備が進められている。</p> <p>水の確保については、要求水準書において、断水時に地下水を飲用水とするための施設を設置することとしている。地下水源として、既存の灌漑用井戸を利用する。地下水の水質は発注段階で市が問題ないことを確認している。事業者が追加で揚水試験を行い問題ないことが確認された。</p> <p>(以上、平成26年度廃棄物発電の高度化支援事業委託業務報告書より)</p>
<b>導入にあたっての留意点</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水道事業者等によりすでに水道等の耐震化がなされており、災害時も水道等による水の確保が可能な場合は、水道等により用水確保を行うことで問題ない。</li> <li>・地下水により確保する場合は、適切な水質の地下水が存在することが必要である。</li> <li>・貯水槽により用水の確保を行う場合には、水道等の復旧までの期間を適切に見込む必要がある。(水道の復旧までに長時間がかかる場合には適さない。)</li> <li>・非常用発電機の設置等、他の対策と併せて行うことが必要である。</li> </ul>

#### (4) 個々の施設における有効利用

##### 1) 概要

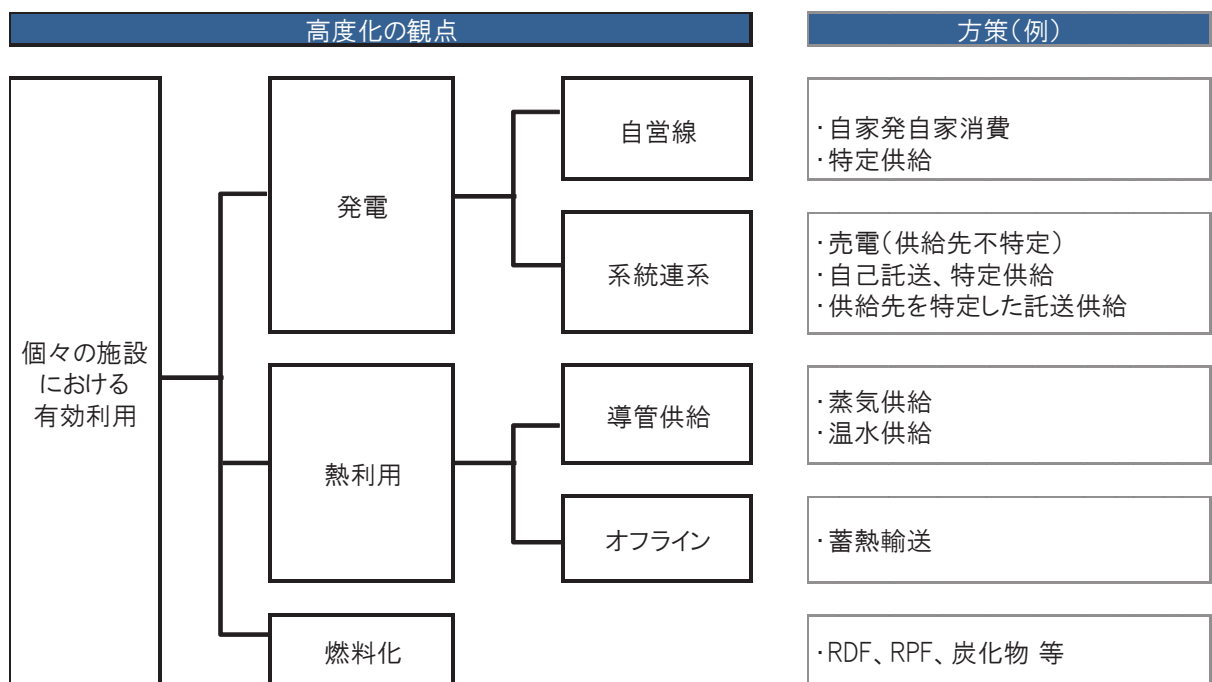
回収した廃棄物エネルギーの利活用については、利活用先の有無や、供給方法の制約などから、これまで多様な取り組みは少なく、所内で消費した後の余剰分について、電力は電力会社への売電、熱については近隣のプールや温浴施設等へ供給するケースが多数を占めてきた。

一方、平成 26 年以降に段階的に改正が進められている電力システム改革によって、これまで電力会社に一極集中していた電気事業に、様々な主体が取り組むことが可能となり、発電した電力の外部供給方法も様々な選択肢が用意されてきている。また、平成 23 年の東日本大震災以降のエネルギー事情の変化により、自立・分散型エネルギーの導入や、地方創生の動きが加速し、地域のエネルギーを地域で利活用することへの期待も大きく高まってきている。

電力については、自ら自営線を引いて自立型で供給を行うか、系統への逆潮を行うかが大きな選択肢となるが、系統へ逆潮する場合においても、供給先を特定して電気を送ることが比較的容易に選択できるようになった。

熱については、導管を引いて供給するか、他の熱源に変えてオフラインで輸送するのだが、コスト的に負担の大きかった導管供給については、新たに国の補助制度が導入されるなど、より取り組みやすい環境が整いつつある。

なお、発電によるエネルギー利用と、蒸気や温水等の熱によるエネルギー利用とのバランスについては、全体的なエネルギー効率と、エネルギー需要の状況等を総合的に勘案して計画することが重要である。発電効率や CO<sub>2</sub> 削減量については、ボイラ蒸気を発電に利用し、抽気蒸気で熱利用するケースが最も効率が高いという試算があるが（後述のコラム参照）、個々の施設の条件に応じて検討することが望ましい。



個々の施設による有効利用