

食品循環資源の再生利用等の促進に関する法律第 2 条第 6 項の 基準を定める省令案の骨子

食品循環資源の熱回収を行う場合又は食品循環資源を熱回収のために譲渡する場合の基準は、次の 1 及び 2 の項目に該当する場合に限ることとする。

1 再生利用の困難性

次の(1)又は(2)のいずれかに該当することにより、食品循環資源の再生利用(飼料化、肥料化、油脂・油脂製品化、メタン化)が経済的又は技術的に著しく困難であること。

【考え方】

再生利用の困難性については、

- (1) 再生利用を実施するために遠距離輸送が必要となるため、再生利用を実施することが経済的に困難となる再生利用施設の立地状況(再生利用施設までの距離)に関する事項
及び
- (2) 食品循環資源が再生利用に適さない種類又は性状であるため、再生利用を実施することが技術的に困難となる食品循環資源の種類又は性状に関する事項
等により判断することとする。

(1) 再生利用施設の立地状況

食品循環資源の排出事業場を中心として半径 7.5 km の円の範囲内に再生利用施設が存在しないこと。(別添 1)

【考え方】

登録再生利用事業者における再生利用の実施状況を把握したところ、食品関連事業者の事業場と登録再生利用事業者の再生利用施設との距離が 7.5 km 以内である場合が約 80% であったことから、食品循環資源の再生利用を実施するため、7.5 km を超えた運搬を行うことは、食品関連事業者に対し過大な経済的負担を課すこととなると考えられる。

(2) 再生利用施設における受入状況

(1) に該当しない場合(食品循環資源の排出事業場を中心として半径75kmの円の範囲内に再生利用施設がある場合)において、食品関連事業者が判断基準省令に従って適正に管理等したにもかかわらず次のいずれかに該当することにより、食品循環資源を受け入れることのできる再生利用施設が存在しないこと。

- ア 当該食品循環資源を搬入することにより、当該再生利用施設の処理能力を超過すること
- イ 食品循環資源の種類が、当該再生利用施設において取り扱わない食品循環資源の種類であること
- ウ 食品循環資源の塩分濃度等あらかじめ備わっている性状が、当該再生利用施設において取り扱わない食品循環資源の性状であること

【考え方】

食品循環資源の排出事業場近隣に再生利用施設が存在する場合であっても、次のいずれかに該当する場合には、再生利用の実施は困難である。

・アについて

食品循環資源の排出事業場近隣の再生利用施設への搬入がイ及びウに該当せず、搬入可能であっても、当該搬入可能な再生利用施設において処理能力の制約から受入が不可能である場合は、再生利用の実施は困難である。

・イについて

食品循環資源の種類(一般廃棄物、産業廃棄物及び動植物性残さ、植物性残さ等)が再生利用施設において取り扱わない食品循環資源の種類である場合は、再生利用の実施は困難である。(例:植物性の食品循環資源のみを排出する食品関連事業者の近隣に動物性の食品循環資源(魚粉工場における魚あら等)のみを受け入れる再生利用施設しか存在しない場合)

・ウについて

ア及びイに該当しない再生利用施設であっても、食品循環資源にあらかじめ備わっている性状(重金属濃度が高い、塩分濃度が高い、強酸性・強アルカリ性、繊維分が多い等)により、再生利用施設での受入が不可能である場合は、再生利用の実施は困難である。

なお、食品関連事業者の管理上の問題で、食品循環資源が腐敗する、異物が混入する場合等も考えられるが、このような場合は、熱回収処理を行ったとしても、食品関連事業者が判断基準省令に適合しない品質管理を行ったものとして、食品リサイクル法における熱回収とは認めず、再生利用等実施率の算定には組み入れないものとする。

2 得られる熱又は電気の量

食品循環資源 1 トン当たりの利用に伴い得られる熱又はその熱を変換して得られる電気の量が 160 MJ 以上であること。(別添 2)

【考え方】

食品循環資源をエネルギーとして有効利用する手法である熱回収については、現行の再生利用手法のうち、広範な種類の食品循環資源をエネルギーとして有効利用することが可能な手法であるメタン化と同等以上の効率でエネルギーが回収、利用されるべきである。

再生利用施設の立地状況について

熱回収実施の要件の一つである再生利用施設の立地に係る条件については、食品循環資源の排出事業場を中心として半径7.5kmの円の範囲内に再生利用施設が存在しないこととする。

1. 基本的考え方

登録再生利用事業者等再生利用を行う者が通常の商品圏を越えて再生利用を実施することは、食品関連事業者に対し過大な経済的負担を強いることになることから、熱回収実施の要件の一つである再生利用施設の立地に係る条件については、実際に再生利用事業者が食品廃棄物を収集している範囲を勘案して定めることとする。

そこで、登録再生利用事業者が食品廃棄物を収集している範囲等を把握するため、農林水産省と環境省が共同で調査を実施した。

2. 調査結果

調査によると、登録再生利用事業者の約40%は2.5km以内に位置している食品関連事業所から食品廃棄物を収集しており、また登録再生利用事業者の約80%が7.5km以内に位置している食品関連事業者から食品廃棄物を収集していることがわかった(表1)。

表1 再生利用事業者が取引している食品関連事業者との距離

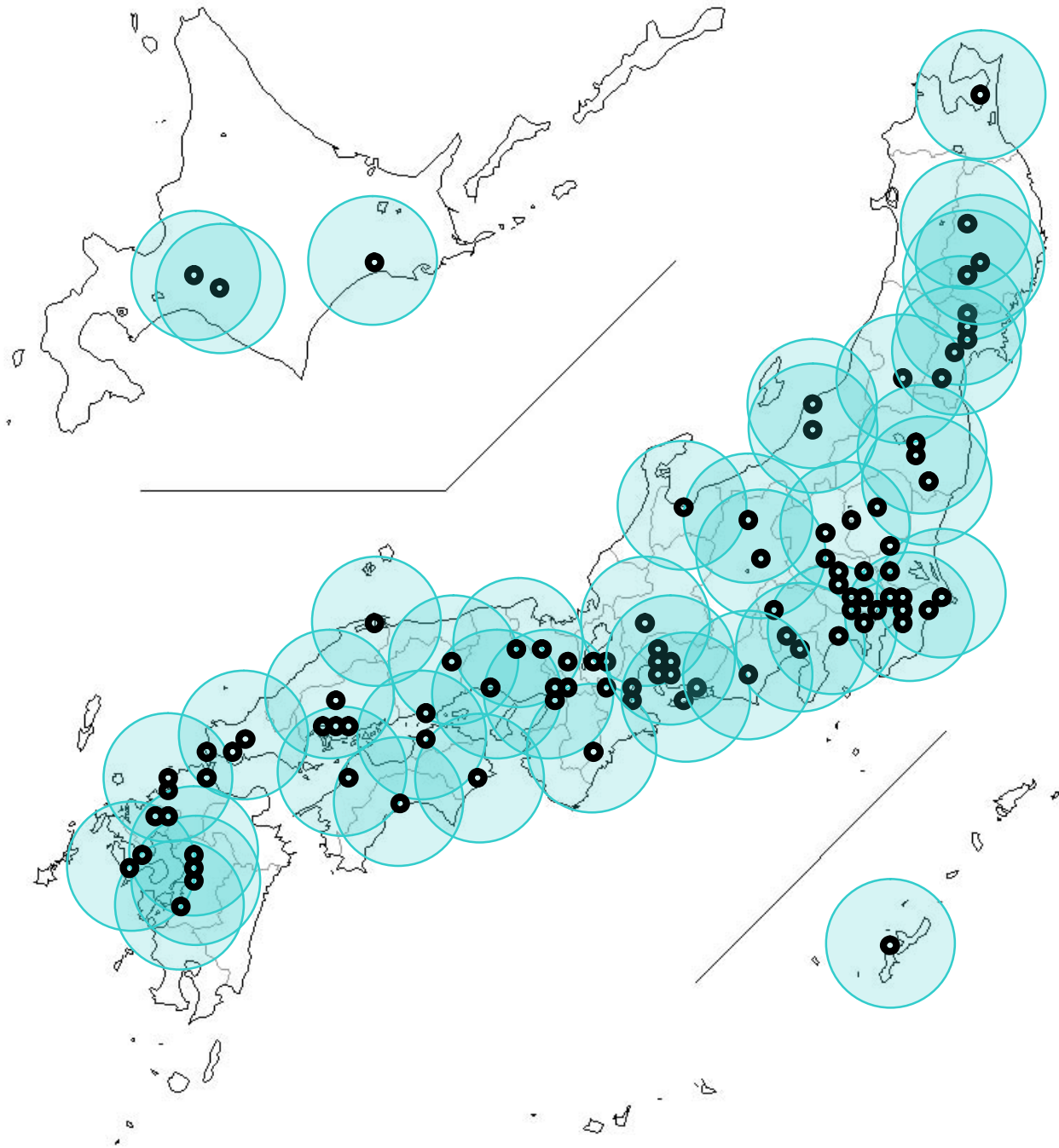
食品関連事業者との距離	0～25km	25～50km	50～75km	75～100km	100km～
飼料化施設	1,244	434	387	317	457
肥料化施設	1,104	694	606	246	74
油脂化施設	796	635	433	635	11
メタン化施設	216	101	19	18	3
計	3,360	1,864	1,445	1,216	545
----- 全体に対する割合	39.9%	22.1%	17.1%	14.4%	6.5%

3. 再生利用施設の立地に係る条件

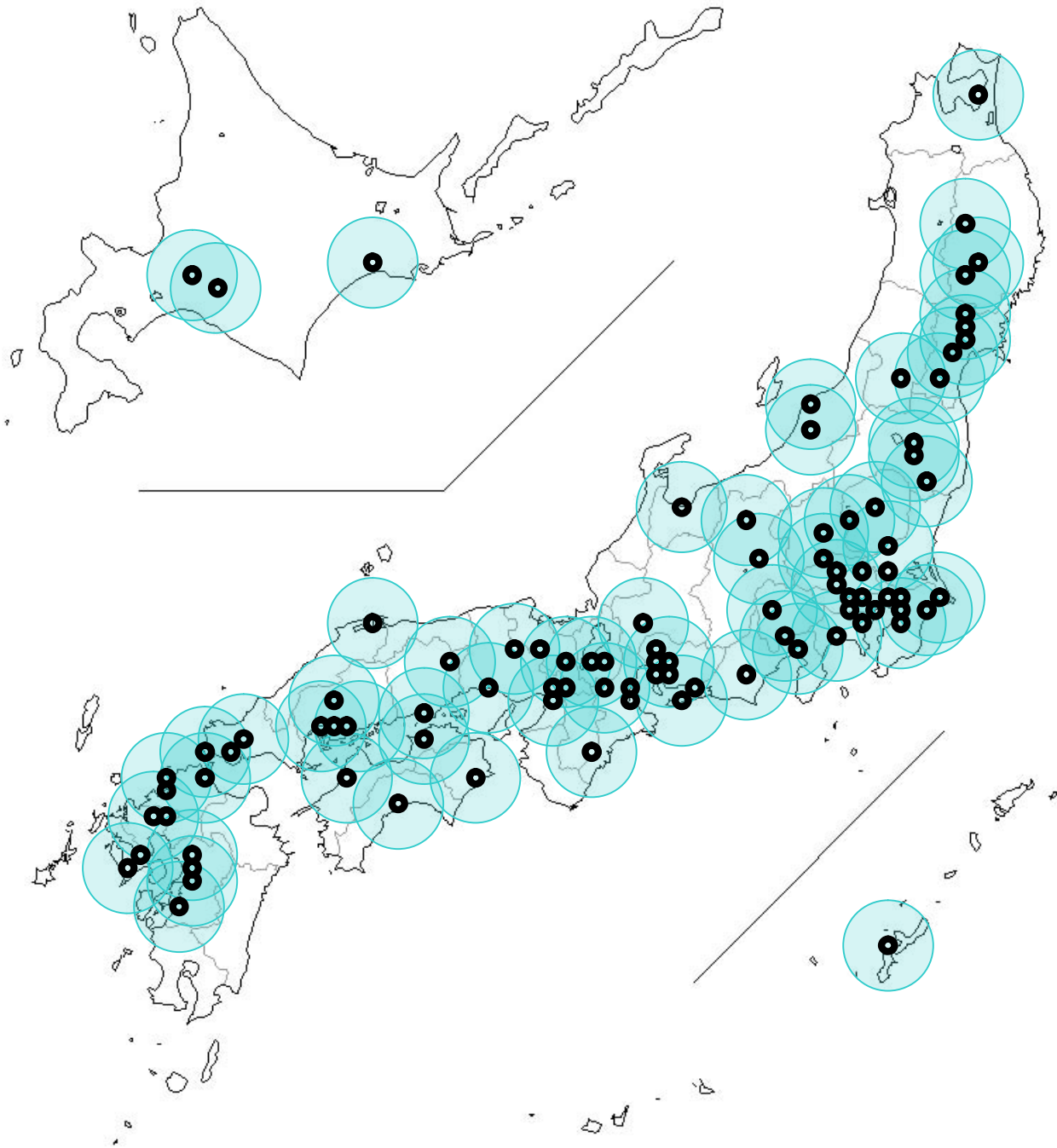
2. の調査結果より、概ね再生利用事業者は経済性や位置的なものを考慮し、7.5km以内に存在する食品関連事業者から食品循環資源を引き受け、再生利用を実施していると思われる。

すなわち、食品関連事業者の排出事業場から7.5km以上離れたところに再生利用施設が存在する場合においては、再生利用を行うことが困難であると考えられる。

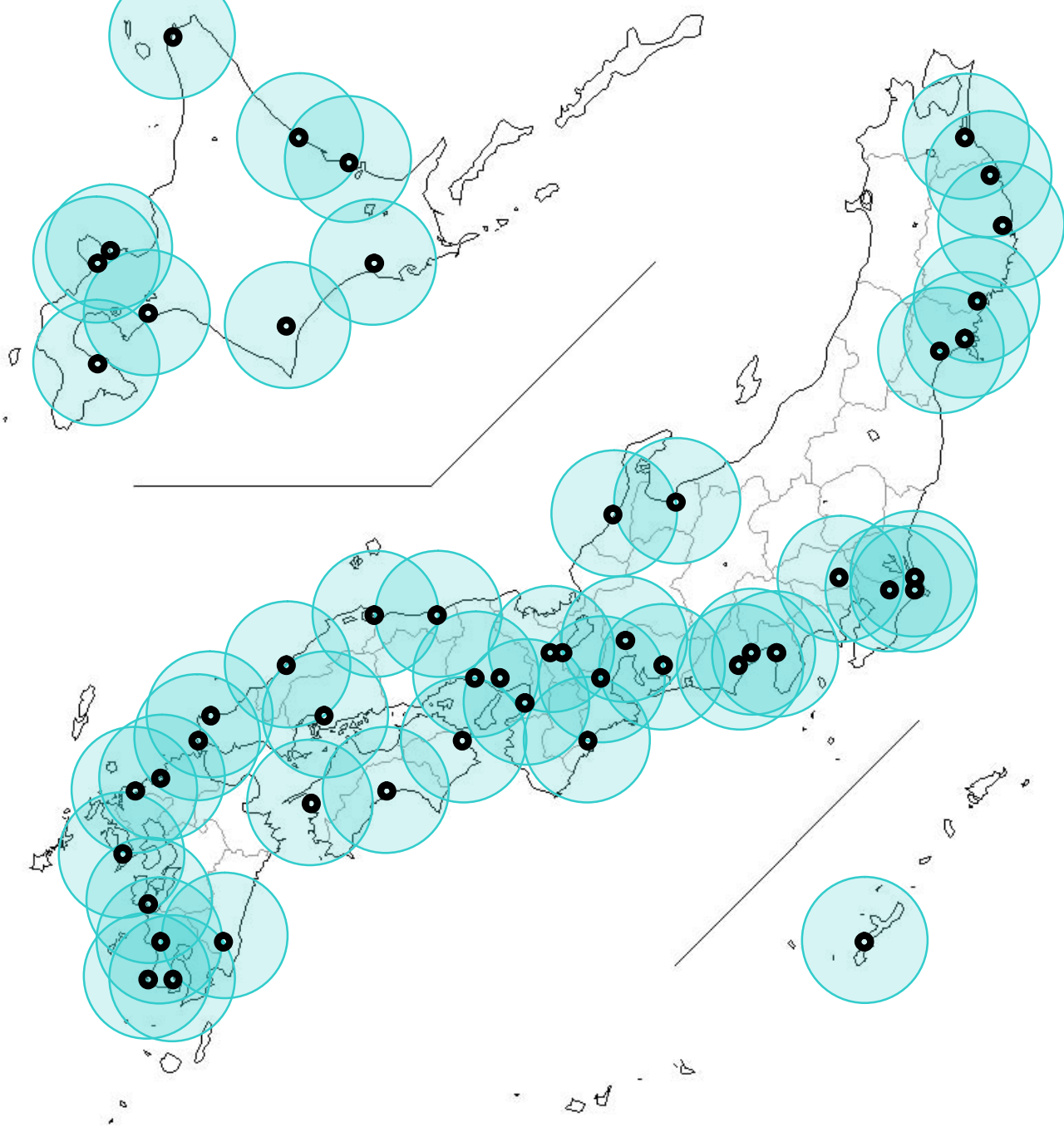
登録再生利用事業者の再生利用施設から半径75 km円の分布



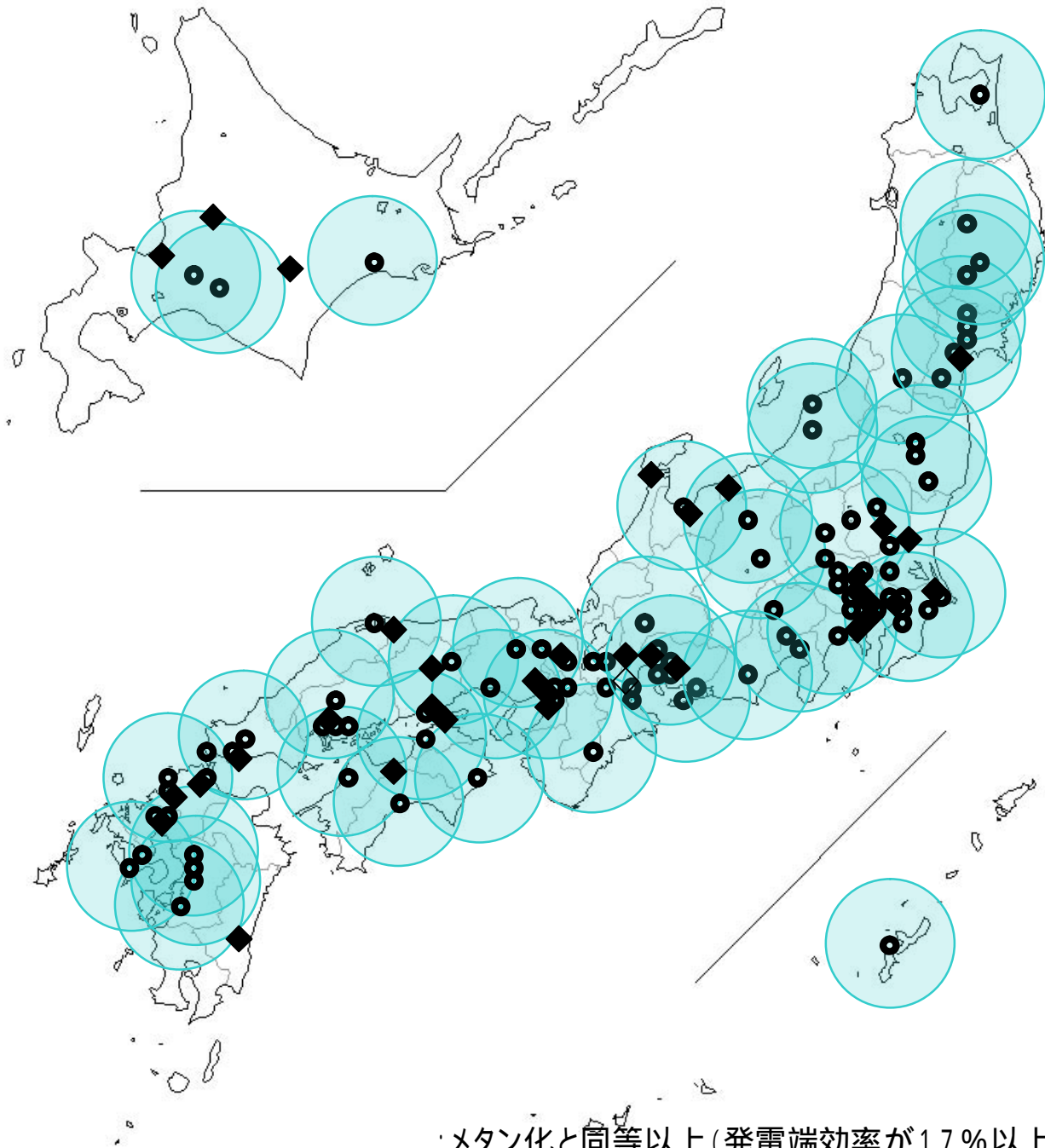
登録再生利用事業者の再生利用施設から半径50 km円の分布



魚粉製造業者の再生利用施設から半径75km円の分布



登録再生利用事業者の再生利用施設から半径75 km円の分布



:メタン化と同等以上(発電端効率が17%以上)の廃棄物発電施設

メタン化施設と廃棄物発電等における エネルギー利用の効率の比較評価

1. エネルギー利用の効率の評価について

食品廃棄物のエネルギー利用の効率の評価の考え方としては、メタン化や廃棄物発電等のシステム全体を対象として、投入したエネルギーからシステム内でのエネルギー消費、損失等を差し引いて、正味どれだけのエネルギーが回収され、利用できるかを計算することによって、効率を評価することが可能である。具体的な方法としては、以下の二つの方法がある。

エネルギー効率による評価

効率を評価する物差しとしては、投入したエネルギー(生ごみの低位発熱量(湿ベース))から正味どれだけの電気等のエネルギーが回収され、利用できるかを表すエネルギー効率が一般的である。

低位発熱量とは、燃料(この場合は生ごみ)を燃焼させたときに発生する熱量で、生ごみに含まれる水分等に由来する生成水蒸気の潜熱を含まない発熱量である。廃棄物発電では、廃棄物に水分が含まれるため、水分の蒸発潜熱に熱量が奪われるが、水蒸気の凝縮潜熱の回収を廃棄物発電では行わないので、通常、低位発熱量ベースで評価される。

有効エネルギーによる評価

また、有効エネルギーの考え方をを用い、投入した有効エネルギー(生ごみの発熱量に水分の蒸発潜熱を加味した発熱量)から正味どれだけの電気等のエネルギーが有効エネルギーとして回収され、利用されるかを表す、有効エネルギーの効率(エネルギー効率に対し「エクセルギー効率」といわれる。)で評価することもできる。この方法では、水分の蒸発潜熱分は、燃焼させる場合には、損失(エクセルギー損失)として評価される。

有効エネルギー(エクセルギー)は、エネルギーの質を考慮した量(有効な仕事に相当させた場合の違いを加味した量)である。例えば、1Jのエネルギーを持つ70℃のお湯は、重さ約100gの物を7cmぐらい持ち上げる仕事に相当するが、1Jのエネルギーを持つ電気は、重さ約100gの物を1mぐらい持ち上げる仕事に相当する。エクセルギーは、こうした違いを加味したものである。

メタン化システムと廃棄物発電システムについて、エネルギー利用の効率を比較評価するためには、投入したエネルギーの表し方をそろえる必要がある。の方法で評価する場合、廃棄物発電の場合は、水分の潜熱を回収・利用しないので、生ごみの低位発熱量(湿ベース)を投入したエネルギーの量として用いることとなる。ところが、メタン化システムは燃焼を伴わず、水分の潜熱を基本的に考慮する必要がないため、本来、高位発熱量(乾ベース)を投入したエネルギーの量として用いることが適当であるが、廃棄物発電の場合とエネルギーの表し方をそろえるため、低位発熱量を投入したエネルギー(入力)とすると、回収・利用できるエネルギー(出力)の方が大きな値のエネルギーが生じる可能性がある。これに対し、の方法は、もともと水分のエクセルギーをあわせた投入エクセルギー(入力)から、メタン化システムや廃棄物発電システムによって、どれだけ有効なエネルギー(エクセルギー)を取り出せたか(出力)を評価することができる。したがって、メタン化システムと廃棄物発電システムを直接比較評価できる方法である。しかしながら、エクセルギー効率は、エネルギー効率と比べると一般的ではない。こうし

たことを考慮し、エネルギー利用の効率の評価は、 と の二つの方法を用いて、それぞれの結果を考察しつつ行うことが適当である。

2. メタン化システムと廃棄物発電システムの比較評価

(1) 評価の対象とするシステムとエネルギー収支フロー

評価の対象とするメタン化システムや廃棄物発電システムのプロセスフロー及びエネルギー収支のフローは以下に示す図のとおりとする。

メタン化システムは、わが国で実用化事例の多い、事前に選別された食品廃棄物を湿式のプロセスでメタン発酵させるシステムを前提とし、メタン化システムの発電システムは最も一般的なガスエンジン(GE)によるコージェネレーションが可能なシステムとする。

また、廃棄物発電システムは、食品廃棄物単独での直接焼却は実現性が極めて低いため、他の廃棄物との混合焼却を前提とし、都市ごみ発電で最も一般的にみられるストーカー炉と蒸気タービン式発電のシステムを前提とする。

これらの場合におけるエネルギー(又はエクセルギー)効率は、入力エネルギー(又はエクセルギー)と出力エネルギー(又はエクセルギー)を得て、入力に対する出力の比率を計算することにより求められる。特に、エクセルギー効率に関しては、入力エクセルギーは、生ごみの低位発熱量(湿ベース)に水分の蒸発潜熱を加えたものであるため、水の潜熱分が計算において考慮されることによって、水分の多い廃棄物を燃焼させてエネルギー回収を行う場合、水分が多いものほど効率が低くなり、生ごみの特質を踏まえた評価ができると考えられる。

メタン化システム(ガスエンジンコージェネレーションにより電気と熱を利用できるシステム)

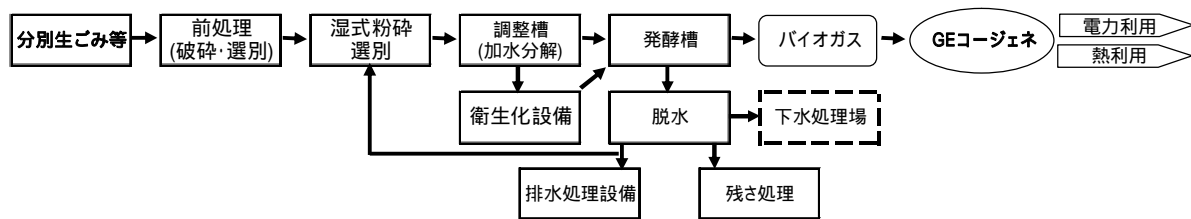


図1 メタン化システムプロセスフロー

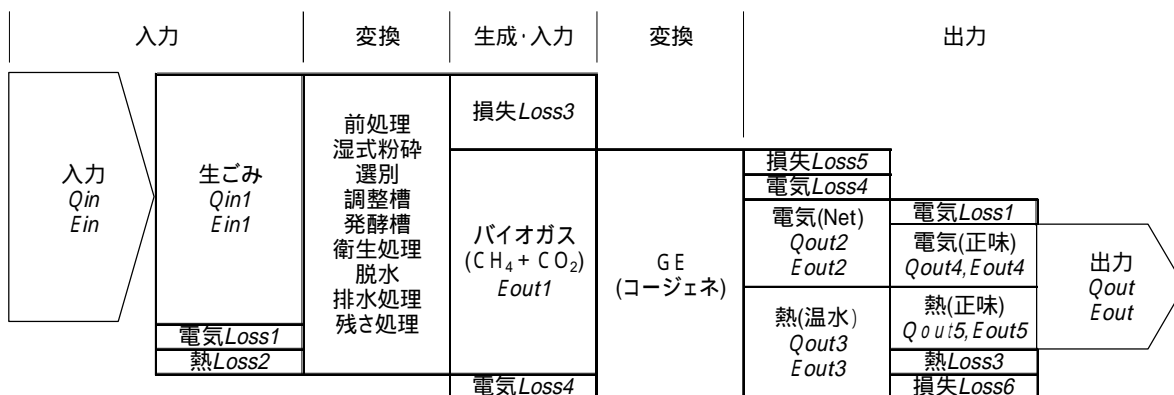


図2 メタン化システムエネルギー収支フロー

【エネルギー効率】

損失($Loss3$, $Loss5$)、所内電力消費($Loss1$, $Loss4$)及び所内熱消費($Loss2$)を除く正味エネルギー効率は

入力エネルギー(MJ): $Q_{in} = Q_{in1}$
 出力エネルギー(MJ): $Q_{out} = Q_{out4} + Q_{out5}$
 正味エネルギー効率(%): $\eta_Q = Q_{out} / Q_{in} \times 100$

【エクセルギー効率】

損失(Loss3、Loss5)、所内電力消費(Loss1、Loss4)及び所内熱消費(Loss2)を除く正味エクセルギー効率 η_E は

入力エクセルギー(MJ): $E_{in} = E_{in1}$
 出力エクセルギー(MJ): $E_{out} = E_{out4} + E_{out5}$
 正味エクセルギー効率(%): $\eta_E = E_{out} / E_{in} \times 100$

なお、ここで検討するガスエンジンにより発電を行うメタン化システムは一般的なシステムであるが、ガスエンジンコージェネレーションを本格的に実施し、外部熱供給を行うケースは、まだほとんどない。通常、熱利用は発酵槽の加温への利用等所内利用にとどまる。このようなことから、ここでは、熱利用分は潜在的な可能性があるという位置づけとし、エネルギー、エクセルギーとも発電分で評価する。

廃棄物発電・熱利用システム

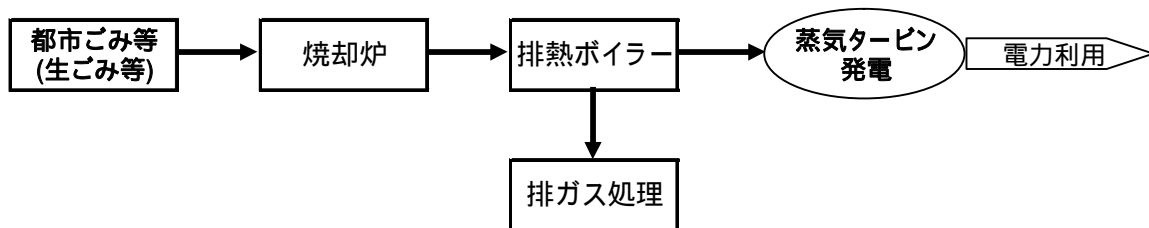


図3 直接焼却発電システムプロセスフロー

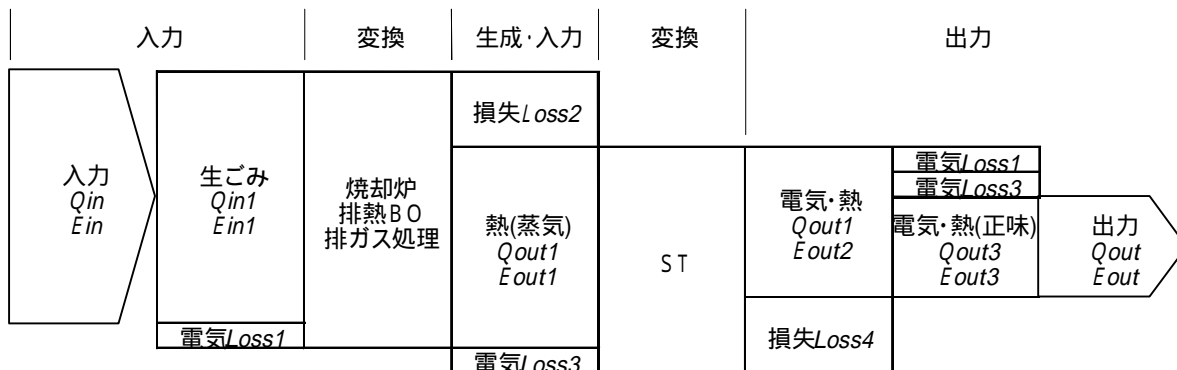


図4 直接焼却発電システムエネルギー収支フロー

【エネルギー効率】

損失(Loss2、Loss4)や所内電力消費(Loss1、Loss3)を除く正味のエネルギー効率 η_Q は

入力エネルギー(MJ): $Q_{in} = Q_{in1}$
 出力エネルギー(MJ): $Q_{out} = Q_{out3}$
 正味エネルギー効率(%): $\eta_Q = Q_{out} / Q_{in} \times 100$

【エクセルギー効率】

損失(Loss2、Loss4)や所内電力消費(Loss1、Loss3)を除く正味のエクセルギー効率 η_E は

入力エクセルギー(MJ): $E_{in} = E_{in1}$

出力エクセルギー(MJ): $E_{out} = E_{out3}$

正味エクセルギー効率(%): $\varepsilon = E_{out} / E_{in} \times 100$

廃棄物発電システムは、生ごみと他の都市ごみの混合焼却を前提としてエネルギー効率の試算を行う。混合焼却系における生ごみ分の出力エネルギーに対する寄与については、RPS法において、廃棄物発電の電気の供給量のうちバイオマスを燃焼等させて得られるエネルギーを変換した電気の比率(バイオマス比率)の考え方が示されているので、試算ではこの方法を用いることとする。具体的には、バイオマス比率は、生ごみの1kg当たりの低位発熱量(湿ベース)を廃棄物全体の1kg当たりの低位発熱量(湿ベース)で除して求める。

廃棄物発電又は熱利用システムについては、熱利用を中心とし外部熱供給を行うケースは実績はあるものの数が少なく、エネルギー回収、利用の方法としては、廃棄物発電(売電)を中心とするものの方が多数存在する。廃棄物発電(売電)と外部熱供給を同時に行う場合であっても、通常は、高温蒸気や高温水として熱供給に振り向けられる出力エネルギーは、入力エネルギーの1~2%程度にとどまる。また、復水器廃熱を熱回収することも可能ではあるが、復水器廃熱は低温廃熱であるため、回収して外部熱供給を行う事例はまだ少ない。このようなことから、ここでは、エネルギー、エクセルギーともに熱利用分の寄与度は発電分と比べると極めて少なく、無視できるものと仮定して評価する。

(2) 評価の試算条件

ごみ発熱量、ガスエンジンの効率等の評価の試算条件は表1のとおりとする。

(3) 評価の対象とするメタン化システム

メタン化システムは、発酵廃液と発酵残さの処理について、発酵廃液を下水道に放流するか、システム内で河川放流レベルまで処理するか、発酵残さを脱水のみ行うか、乾燥まで行うか、というバリエーションがあり、それによって、正味のエネルギー(エクセルギー)効率が異なる。

このため、今回の評価に当たっては、北海道で稼働している実施設3事例(各施設において、下水放流+脱水、下水放流+乾燥、河川放流+乾燥という異なる方式を採用)の稼働実績(表2の網掛けの無い項目の欄の数値)を基に、生ごみのごみ質、ガスエンジン等については表1の試算条件を用いて、メタン化システムのエネルギー(エクセルギー)効率を試算することとする。試算結果等は表2にまとめて示す。

なお、表2の最右欄(標準モデル)は、施設A、B、Cの稼働実績データを平均化し、その平均値を基本としてモデル化したものである。この標準モデルでは、施設Aと施設Cの稼働実績データを用いつつ、河川放流+脱水の方式を含めて試算を行っている。

(4) メタン化システムと比較評価の対象とする廃棄物発電システム

全国6箇所の都市ごみ廃棄物発電システムの稼働実績を基に、生ごみのごみ質等については表1の試算条件を用いて、廃棄物発電システム各6施設のエネルギー(エクセルギー)効率を試算する。試算結果等をまとめて表3に示す。

表1 評価の試算条件

項目	試算条件	根拠
食品廃棄物(生ごみ)の発熱量(低位発熱量(乾ベース))	17,300kJ/kg	RPS 法施行規則第7条第2項に定めるバイオマス比率の算定方法(経済産業省)
食品廃棄物(生ごみ)の含水率	80%	仙台市実測値、横浜市実測値から設定
食品廃棄物(生ごみ)の発熱量(低位発熱量(湿ベース))	1,460kJ/kg	上記2条件から計算
食品廃棄物(生ごみ)のエクセルギー	3,410kJ/kg	上記2条件から計算
メタン化システムガスエンジン効率	発電端効率(低位発熱量基準):35%、 送電端効率(低位発熱量基準):33.2%、 排熱回収効率:45%、 総合効率:80%、 排熱回収温度:80	ガスエンジンの一般的な性能から設定
メタン化システムの発酵廃液を下水放流した場合下水処理場において消費する下水処理電力	流入水量当たり: 0.3kWh/m ³	名古屋市上下水道局、下水道事業の業務指針の試算結果(平成17年度)
廃棄物発電システム(混合焼却)の場合の食品廃棄物(生ごみ)含有率	40%	仙台市実測値、横浜市実測値から設定

表2 メタン化システムスペック、実績及びエネルギー(エクセルギー)効率試算結果

	施設A	施設B	施設C	標準モデル			
処理能力 (t/日)	16.0	55.0	17.7	29.6			
処理量 (t/日)	7.2	22.1	11.7	13.7			
処理施設稼働率 (%)	45.0	40.2	66.1	46.2			
計画バイオガス発生量(体積) (Nm ³ /t)	103	87	138	110			
計画バイオガス発生量(熱量) (MJ/t)	2,204	1,859	3,215	2,426			
計画バイオガス発生効率(熱量)(低位、乾ベース) (%)	63.7	53.8	92.9	70.1			
計画メタン濃度 (%)	60.0	60.0	65.0	61.7			
実績バイオガス発生量(体積) (Nm ³ /t)	134	123	138	132			
実績バイオガス発生量(熱量) (MJ/t)	3,453	2,426	3,202	3,027			
実績バイオガス発生効率(熱量)(低位、乾ベース) (%)	99.8	70.1	92.6	87.5			
実績メタン濃度 (%)	72.1	55.0	64.8	64.0			
実績/計画補正係数 (/)	1.57	1.30	1.00	1.25			
実績発酵槽加温熱量 ()	109	185	75	123			
実績発酵槽加温温度 (MJ/t)	55	35	70	53			
計画発電電力量(Gross) (kWh/t)	214	181	313	236			
実績発電電力量(Gross) (kWh/t)	336	236	311	294			
計画排熱回収量 (MJ/t)	992	837	1,447	1,092			
実績排熱回収量 (MJ/t)	1,554	1,092	1,441	1,362			
計画発生エネルギー量 (MJ/t)	1,763	1,487	2,572	1,941			
実績発生エネルギー量 (MJ/t)	2,763	1,941	2,561	2,422			
計画発生エクセルギー量 (MJ/t)	853	720	1,244	939			
実績発生エクセルギー量 (MJ/t)	1,337	939	1,239	1,172			
実績所内電力量(下水+脱水) (kWh/t)	152			150			
実績所内電力量(下水+乾燥) (kWh/t)			224	223			
実績所内電力量(河川+脱水) (kWh/t)				249			
実績所内電力量(河川+乾燥) (kWh/t)		319		322			
実績余剰電力量(下水+脱水) (kWh/t)	183			144			
実績余剰電力量(下水+乾燥) (kWh/t)			87.2	71.0			
実績余剰電力量(河川+脱水) (kWh/t)				45.0			
実績余剰電力量(河川+乾燥) (kWh/t)		-83.6		-28.0			
				標準モデル			
	施設A	施設B	施設C	下水+脱水	下水+乾燥	河川+脱水	河川+乾燥
実績利用可能エネルギー量(MJ/t)	660	-301	314	518	256	162	-101
実績利用可能エクセルギー量(MJ/t)	660		314	518	256	162	
実績エネルギー効率(Net)(%)	45.1	-20.6	21.5	35.5	17.5	11.1	-6.9
実績エクセルギー効率(Net)(%)	19.3	評価できず	9.2	15.2	7.5	4.8	評価できず

表3 廃棄物発電システムのスペック、実績及びエネルギー(エクセルギー)効率試算結果

	施設	施設	施設	施設	施設	施設	
都市ごみ焼却能力(計画)	t/日	300	700	900	800	300	600
都市ごみ焼却量(実績)	t/日	297	701	875	800	319	435
稼働時間	hr/日	24	24	24	24	24	24
稼働率	%	99.0	100.1	97.2	100.0	106.4	72.5
都市ごみ含水率	%	42.56	36.89	39.75	44.90	47.20	48.44
都市ごみ低位発熱量(乾)	kJ/kg	20,138	16,161	20,249	24,342	19,653	20,966
都市ごみ低位発熱量(湿)	kJ/kg	10,503	9,277	11,206	12,290	9,197	9,599
都市ごみエクセルギー	kJ/kg	11,541	10,176	12,175	13,385	10,348	10,780
都市ごみ焼却エネルギー量	MJ/日	3,118,971	6,503,177	9,803,009	9,832,000	2,936,602	4,175,565
都市ごみ焼却エクセルギー量	MJ/日	3,427,100	7,133,641	10,650,782	10,707,730	3,304,032	4,689,286
ST発電機出力	kW	8,122	12,495	21,443	20,882	4,453	8,989
ST発電電力量	kWh/日	194,936	299,870	514,642	501,170	106,860	215,732
ST発電電力エネルギー量	MJ/日	701,770	1,079,532	1,852,711	1,804,212	384,696	776,635
ST発電端効率	%	22.5	16.6	18.9	18.4	13.1	18.6
ST発電エクセルギー量	MJ/日	701,770	1,079,532	1,852,711	1,804,212	384,696	776,635
所内電力量	kWh/t	87.4	221.1	198.1	175.8	124.3	374.0
	kWh/日	25,952	155,000	173,260	140,640	39,700	162,692
所内電力エネルギー量	MJ/日	93,427	558,000	623,736	506,304	142,920	585,691
所内電力エクセルギー量	MJ/日	93,427	558,000	623,736	506,304	142,920	585,691
灰溶融		無し	無し	無し	無し	無し	有り
<都市ごみエネルギー効率>							
計画Gross(=発電効率)	%	23.3	20.1	20.7	20.6	14.1	20.0
実績Gross(=発電効率)	%	22.5	16.6	18.9	18.4	13.1	18.6
実績/計画補正係数	/	0.966	0.826	0.912	0.889	0.931	0.930
実績Net(正味)	%	19.5	8.0	12.5	13.2	8.2	4.6
実績所内損失率	%	13.3	51.7	33.7	28.1	37.2	75.4
<都市ごみエクセルギー効率>							
計画Gross	%	21.3	19.1	19.8	19.0	12.6	18.8
実績Gross	%	20.5	15.1	17.4	16.8	11.6	16.6
実績/計画補正係数	/	0.960	0.793	0.880	0.888	0.921	0.883
実績Net(正味)	%	17.8	7.3	11.5	12.1	7.3	4.1
実績所内損失率	%	13.3	51.7	33.7	28.1	37.2	75.4
<生ごみ相当分>							
生ごみ含有率	%	40	40	40	40	40	40
生ごみ量	t/日	119	280	350	320	128	174
生ごみ含水率	%	80	80	80	80	80	80
生ごみ低位発熱量(湿)	kJ/kg	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460	1,460
生ごみ低位発熱量(乾)	kJ/kg	17,300	17,300	17,300	17,300	17,300	17,300
生ごみエクセルギー	kJ/kg	3,410	3,410	3,410	3,410	3,410	3,410
生ごみ焼却エネルギー量	MJ/日	173,425	409,384	510,883	467,200	186,471	254,040
生ごみ焼却エクセルギー量	MJ/日	405,053	956,164	1,193,227	1,091,200	435,525	593,340
生ごみ寄与率	%	5.56	6.30	5.21	4.75	6.35	6.08
生ごみ発電電力量	kWh/日	10,839	18,877	26,821	23,815	6,785	13,125
生ごみ発電エネルギー量	MJ/日	39,021	67,958	96,554	85,733	24,428	47,250
生ごみ発電エクセルギー量	MJ/日	39,021	67,958	96,554	85,733	24,428	47,250
生ごみ所内電力量	kWh/t	12.1	34.8	25.8	20.9	19.7	56.9
	kWh/日	1,443	9,757	9,029	6,683	2,521	9,898
生ごみ所内電力エネルギー量	MJ/日	5,195	35,127	32,506	24,059	9,075	35,633
生ごみ所内電力エクセルギー量	MJ/日	5,195	35,127	32,506	24,059	9,075	35,633
灰溶融		無し	無し	無し	無し	無し	有り
<生ごみエネルギー効率>							
計画Gross(=発電効率)	%	23.3	20.1	20.7	20.6	14.1	20.0
実績Gross(=発電効率)	%	22.5	16.6	18.9	18.4	13.1	18.6
実績/計画補正係数	/	0.966	0.826	0.912	0.889	0.931	0.930
実績Net(正味)	%	19.5	8.0	12.5	13.2	8.2	4.6
実績所内損失率	%	13.3	51.7	33.7	28.1	37.2	75.4
<生ごみエクセルギー効率>							
計画Gross	%	10.0	9.0	9.2	8.9	6.1	9.0
実績Gross	%	9.6	7.1	8.1	7.9	5.6	8.0
実績/計画補正係数	/	0.960	0.793	0.880	0.888	0.921	0.883
実績Net(正味)	%	8.4	3.4	5.4	5.7	3.5	2.0
実績所内損失率	%	13.3	51.7	33.7	28.1	37.2	75.4

(5) エネルギー効率の評価

メタン化システムの評価

現在、わが国で主流となっているメタン化システムは、湿式発酵を行うもので、発酵廃液、発酵残さの処理(リサイクルを含む)が必要となる。ここで評価のためのエネルギー(エクセルギー)効率の試算を行ったシステムは、(i)発酵廃液を下水放流可能な基準まで水処理する方式と発酵残さを脱水する方式(施設A)、(ii)下水放流までの水処理と乾燥(施設C)、(iii)河川放流までの水処理と乾燥(施設B)の3タイプの実績と、実績データを基に施設諸元を平均化した標準モデルである。標準モデルは(i)～(iii)のタイプに加え、(iv)河川放流までの水処理と脱水(AとBの組み合わせ)のタイプを含めた、(i)～(iv)の4タイプを設定した。

エネルギー(エクセルギー)効率の試算結果は、表2及び図5に示すとおり、発酵廃液の水処理方式と発酵残さの脱水・乾燥方式によって異なり、エネルギー効率は約20%～約45%、エクセルギー効率は約5%～約19%となった。これらのうち、エネルギーを有効に取り出すことのできない結果となった実績(iii)と標準モデル(iii)については、食品循環資源の有効利用とはならないので評価の対象から除き、残る5タイプの結果を比較評価の対象とする。

発酵廃液を下水放流までの水処理を行う限りは、エネルギー効率及びエクセルギー効率とも他の場合と比べ高い水準となる。ただし、地域の条件によっては、下水放流ができず河川放流を行わなければならないケースもあることから、河川放流レベルまで水処理する場合を含めて評価する必要がある。

実績を平均化した標準モデル(iv)(河川放流+脱水)の試算結果から、メタン化システムは、河川放流レベルまで水処理をした場合でも、エネルギー効率約10%以上、エクセルギー効率で約5%以上の水準は確保できるものと考えられる(図5)。さらに、下水放流とすれば、エネルギー効率は35%、エクセルギー効率は15%と、効率は飛躍的に高まることから、エネルギー利用システムとしての有効性に優れていると認められる。

エネルギー効率約10%以上、エクセルギー効率で約5%以上の水準のメタン化システム(表2の標準モデル(河川+脱水))では、投入した生ごみ(低位発熱量(湿ベース)1,460kJ/kg、エクセルギー3,410kJ/kg)1トン当たり正味約160MJのエネルギー(エクセルギー)を回収し、利用できるようにすることができる。

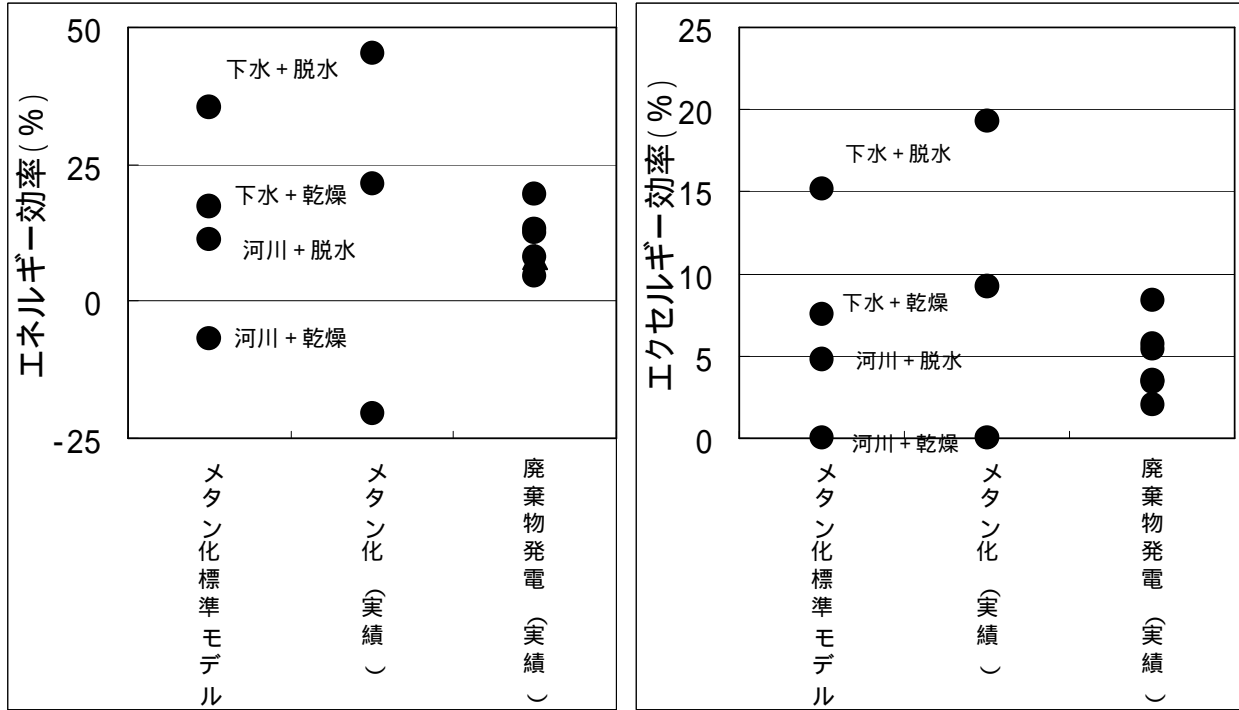
廃棄物発電システムの評価

試算の対象とした廃棄物発電システムは、比較的処理能力が大きく(300トン/日以上)、発電機の能力や効率も相応のものを大都市等の施設から選定した。いずれも一般的な廃棄物発電システムである。

エネルギー(エクセルギー)効率の試算結果は、表3及び図5に示すとおり、生ごみ分のエネルギー効率、生ごみ分の正味のエクセルギー効率は、それぞれ、約5%～20%、2%～8.4%となっている。これらの廃棄物発電システムは、発電機の発電効率(発電端)が20%程度の水準の施設で効率よく発電を行っているものであるが、総じて、メタン化システムよりも低いエネルギー効率、エクセルギー効率のところに分布している。(図5)

なお、生ごみ1トン当たり正味160MJのエネルギー(エクセルギー)回収、利用という水準は、都市ごみ1トン当たりでは、1200～1300MJのエネルギー回収、利用に相当し(図6)、これを達成する廃棄物発電の発電効率(発電端)の水準は、所内率(例えば30%程度)を考慮すると17%～20%以上に相当すると考えられる(図7)。

発電した電力全体に占める施設内で使用した電力の割合



マイナスのエクセルギーという概念はないため、便宜上ゼロにプロットした。

図5 メタン化システムと廃棄物発電システムのエネルギー効率の比較

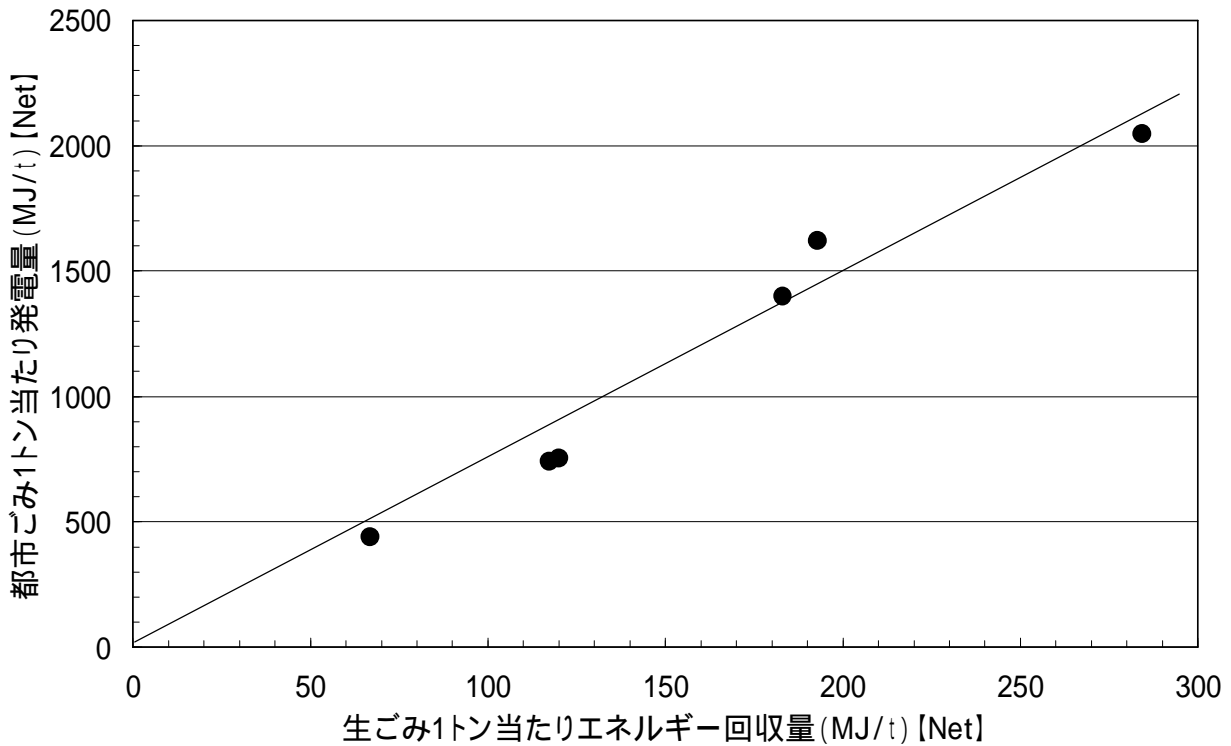


図6 今回評価した廃棄物発電システムにおける生ごみ1トン当たりのエネルギー回収量(Net)と混合焼却するごみ全体(都市ごみ)1トン当たりのエネルギー回収量(Net)の関係(表3のデータから作成)

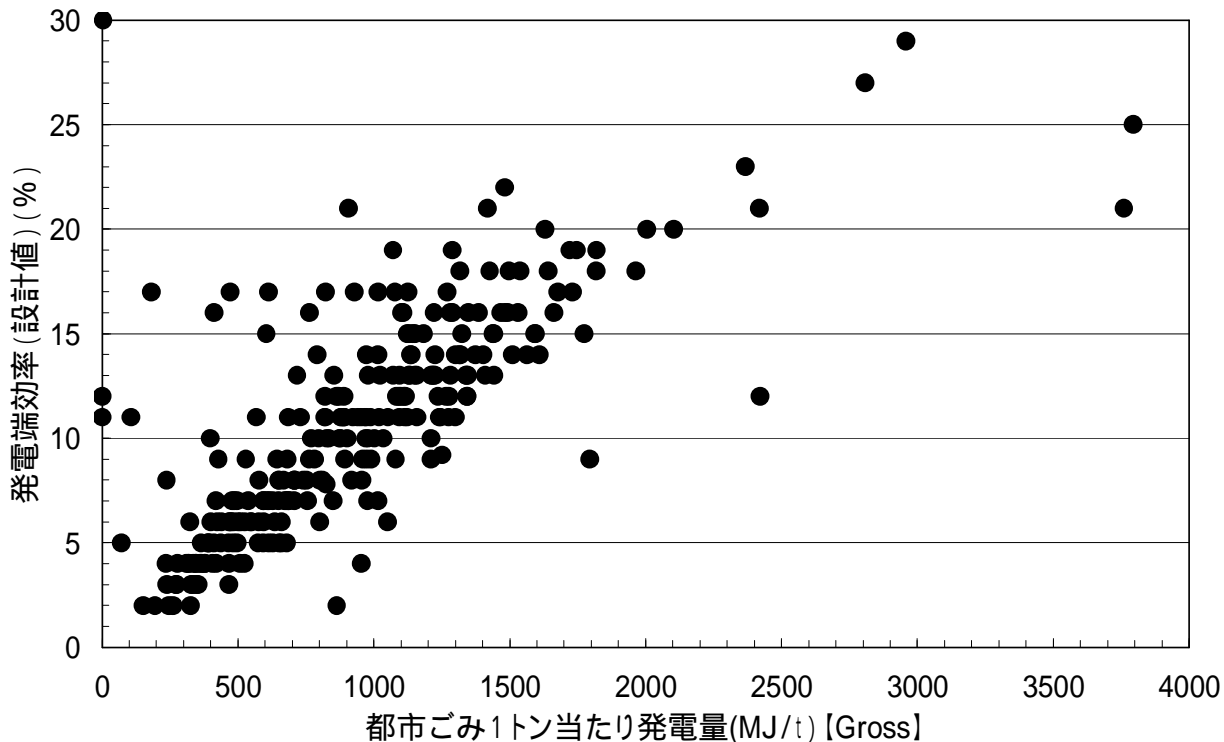


図7 都市ごみ1トン当たりの発電量(Gross)と廃棄物発電の発電効率との関係
(平成17年度一般廃棄物処理事業実態調査統計資料(環境省)から作成)

3. 結論及び今後の課題

(1) 結論

以上のエネルギー効率に関する試算結果から、メタン化システムと同等以上の効率の具体的内容としては、食品廃棄物1トン当たり正味160MJ以上のエネルギーを回収し、外部供給できるとすることが適当である。試算及び評価は、回収した熱を熱のまま外部供給することが、それほど多くないことから、電気を前提としたが、仮に回収した熱を熱のまま外部供給する場合においても同一の水準とすることが適当である。

(2) 今後の課題

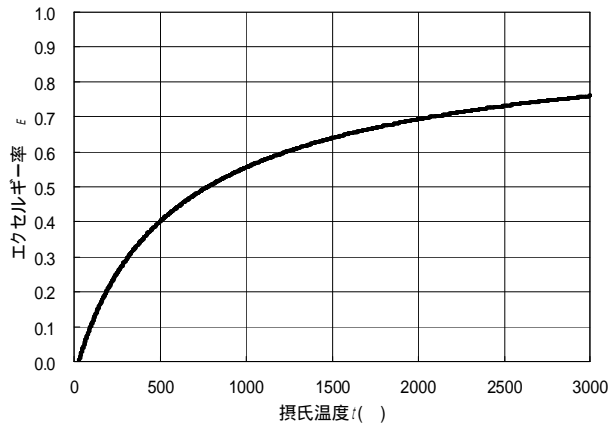
熱の有効エネルギー(エクセルギー)は温度によって異なるが、エネルギー効率ではその差異が表現されないので、回収した熱を熱のまま外部供給する場合(蒸気利用、温熱利用等)において、エクセルギー効率で評価することを検討することが必要である。

また、今回の試算の方法では、廃棄物発電における生ごみ分の出力エネルギーや発電した電力量に対する寄与(配分)について、生ごみの低位発熱量を廃棄物全体の低位発熱量で除した低位発熱量の比率によって計算した。この配分の方法は、廃棄物の有する熱量に着目して発電した電力量を配分するという合理的な考え方であるが、廃棄物発電施設内の電力消費量(所内電力量)については、廃棄物の搬送装置、送風機、補機類等の廃棄物発電施設内の関連設備ごとに、低位発熱量ベースでの配分とするか、廃棄物の重量ベースでの配分とするかを検証することが、より厳密な評価の観点から重要である。

このほか、メタン化システムの運転成績や食品循環資源の発熱量等のデータを蓄積し、

最新の知見に照らして、重要なパラメータについての感度解析的な分析を加えつつ、基準の妥当性をフォローアップすることも重要である。

さらに、今回はエネルギー利用の効率性に絞って評価しているが、バイオマスのエネルギー利用は、地球温暖化防止対策としても推進すべきことを踏まえ、今後は、温室効果ガスの面からの評価を行うことも重要である。



参考図 物質の温度とエクセルギー率の関係

(参考)

E: 熱エクセルギー率 =

$$1 - T_0 \text{LN}(T_q / T_0) / (T_q - T_0)$$

ここで T_q : 物質の温度 (K)

T_0 : 周囲環境温度 (298 K)

例えば

70 の廃熱 (蒸気タービンの復水器廃熱の温度程度) のエクセルギー率は、0.0687。

80 の廃熱 (メタンガス化施設のガスエンジンから発酵槽の加温を考慮して回収する廃熱の温度程度) のエクセルギー率は、0.0823。

また、電気エネルギーのエクセルギー率は、1 である。