

将来のごみ処理基本システムの検討結果（エネルギー回収・利用）

1. 検討するごみ処理システム

本資料は、発生から最終処分に至るまでのごみ処理システムにおける、『①エネルギー回収システム』および『②エネルギー利用システム』について比較・検討を行ったものである。

具体的な検討内容は、①②それぞれについて以下のケース設定を行い、その組合せにより検討するシナリオを設定した。なお、第 2 回検討委員会に基づき、検討を行う対象年度は平成 35 年度とする。

①エネルギー回収システム

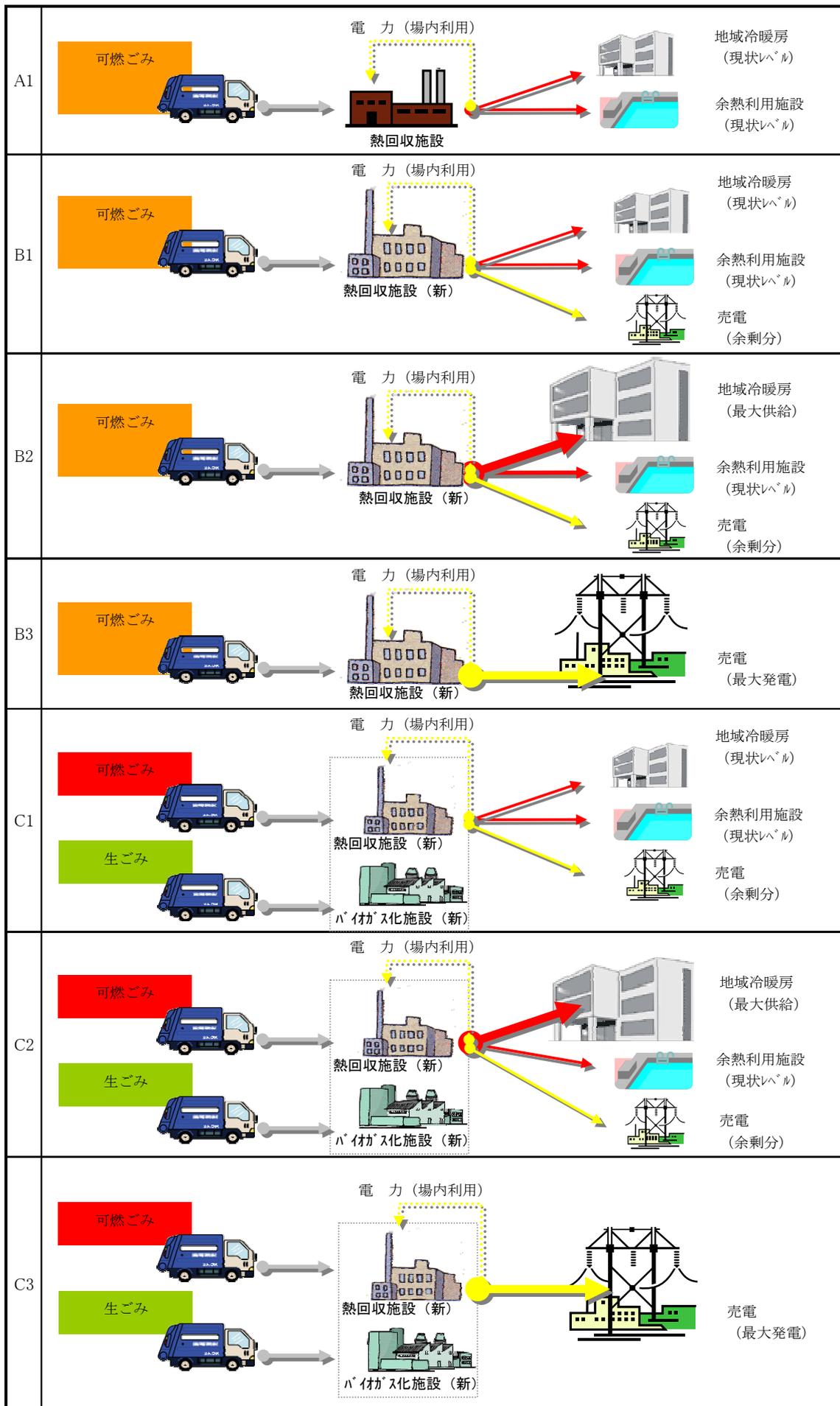
A	現行焼却施設	現在と同様の熱回収施設を整備したケース
B	熱回収施設	最新の熱回収施設を整備したケース
C	熱回収施設 + バイオガス化施設	最新の熱回収施設とバイオガス化施設を併せて整備したケース

②エネルギー利用システム

1	発電 (余剰分を発電) + 余熱利用施設 + 地域冷暖房	現在と同程度に余熱利用施設と地域冷暖房への熱供給を行い、余剰熱量により発電するケース
2	発電 (余剰分を発電) + 余熱利用施設 + 地域冷暖房 (最大供給)	余熱利用施設へ現在と同程度に熱供給を行い、地域冷暖房へ現状よりもさらに供給量を増加させるとともに、余剰熱量により発電するケース
3	発電 (発電最大)	外部への熱供給を停止し、発電電力を最大化するケース

■計算の基本条件

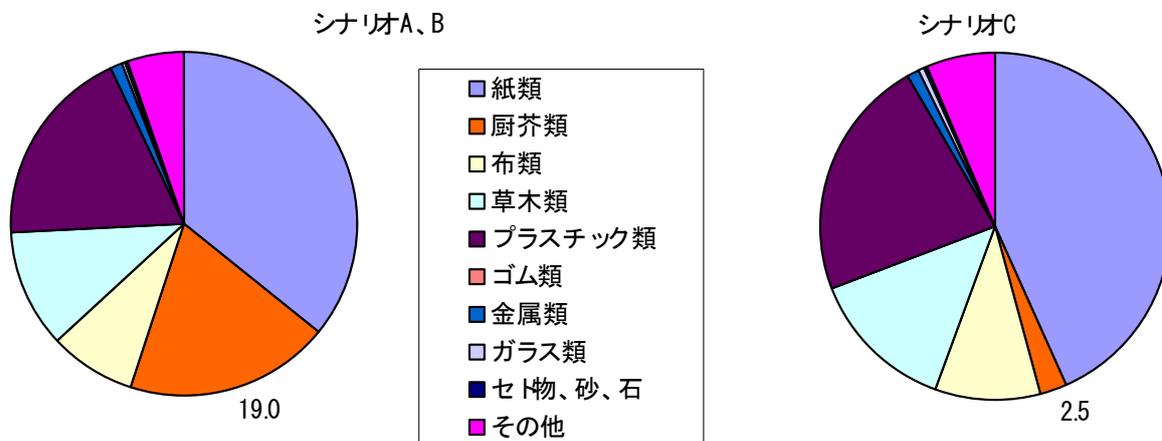
- ①評価項目：「温室効果ガス排出量」「エネルギー回収量」「コスト」の 3 項目とする。
- ②温室効果ガスの排出量の計算の範囲は、「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針」の評価項目に、外部への電力および熱の供給による温室効果ガス排出量の回避分を加えた範囲とする。
- ③各種条件設定には、以下の参考文献等を用いた。
 - ・「市町村における循環型社会づくりに向けた一般廃棄物処理システムの指針」（環境省）
 - ・「バイオガス化マニュアル」（(社)日本有機資源協会）
 - ・「ごみ処理施設整備の計画設計要領」（(社)全国都市清掃会議）
 - ・「高効率発電施設整備マニュアル」（環境省）
 - ・「戸別収集、生ごみ分別収集に関する実態調査」第 19 回廃棄物学会講演論文集（平成 20 年 11 月）
 - ・「ごみ焼却処理施設の現状と課題」第 18 回廃棄物学会講演論文集（平成 19 年 11 月）
 - ・メーカーヒアリング結果（資料 7 参照）



2. 前提条件

(1) ごみ質

計算に用いるごみ組成は下記のとおり、シナリオ A、B は平成 20 年度実績平均を、シナリオ C は生ごみを分別収集した場合の組成変化を考慮した推計値を用いることとする。



注 1) シナリオ A、B は H20 年度調査結果平均による。

注 2) シナリオ C はシナリオ A、B の組成から「戸別収集、生ごみ分別収集に関する実態調査」第 19 回廃棄物学会講演論文集（平成 20 年 11 月）を基に生ごみ分別後の組成変化を推計したものである。

さらに、これらのごみ質時の低位発熱量（ごみの保有するカロリー）とそれぞれのシナリオの排ガス発生量を以下に示す。

なお、シナリオ A、B と比較してシナリオ C は、生ごみを分別することで焼却対象量が減量されるが、低位発熱量の上昇に伴い、排ガス量はほぼ同程度となる。

			シナリオA、B	シナリオC
低位発熱量	収集ごみ・破碎残渣	(kcal/kg)	2,418	2,719
		(kJ/kg)	10,117	11,376
	焼却対象物	(kcal/kg)	2,418	2,615
		(kJ/kg)	10,117	10,941
排ガス量	理論空気量	(m ³ N/kg)	2.80	3.23
	排ガス量	(m ³ N/kg)	3.29	3.65
	施設規模	(t/日)	222	198
	排ガス量	(m ³ N/h)	30,373	30,143
		比率	100.0%	99.2%

(2) 熱回収施設の改善点 (シナリオ B、C)

現状の熱回収施設 (焼却施設) から、将来の新施設へ移行することで、変更されるエネルギー回収能力の主な改善点と改善効果を以下のとおり設定する。

	現行	将来	適用シナリオ	主な改善点
ボイラー効率	80 %	90 %	B1,B2,B3	・ボイラ出口排ガス温度:300→190℃、低空気比運転
		92 %	C1,C2,C3	・高カロリー化によるさらなる低空気比運転
タービン効率	3.6 %	19.5 %	B3,C3	・蒸気条件:1.9MPa290℃→4MPa400℃
				・背圧タービン→抽気復水タービン
		16.0 %	B1,C1	・水冷式復水器
		12.5 %	B2,C2	・抽気量の増加により発電出力が低下
				・抽気量の増加により発電出力がシナリオ1よりもさらに低下
場内利用熱量	3 GJ/t	2.25 GJ/t	B2,B3 C2,C3	・白防停止
				・低温触媒脱硝
				・排水クローズドなし

出典)「高効率発電施設整備マニュアル(環境省)」およびメーカーヒアリング結果を基に概算したものである。

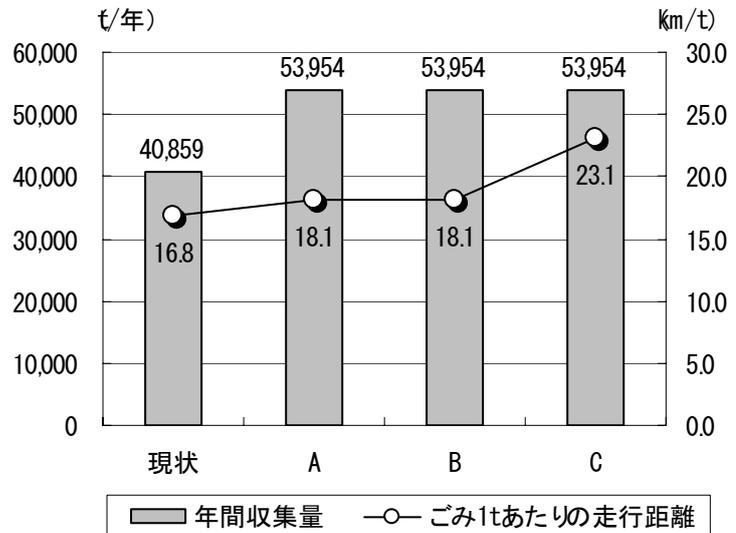
(3) シナリオ C-バイオガス化の諸条件

シナリオ C のバイオガス化については、下記の条件に基づき計算を行った。

項目	数値	単位	備考
①分別協力量	86.7	%	「戸別収集、生ごみ分別収集に関する実態調査」廃棄物学会(平成20年11月)を基に推計
②生ごみ含水率	72.6	%	H20年度実績
③生ごみ固形分	27.4	%	100-②
④固形物中の有機分	90.0	%	有機資源化協会バイオガス化マニュアル
⑤有機物含有率	24.7	%	③×④
⑥固形分減量化率	70.0	%	ごみ処理施設整備の計画設計要領 p685
⑦汚泥含水率	70.0	%	助燃剤含水率を参考として設定した。
⑧残渣率	32.4	%	③×(100-⑥)×100/(100-⑦)+5[不適物]
⑨バイオガス発生量	500.00	m ³ N/t-VTS	ごみ処理施設整備の計画設計要領 p685
⑩メタン濃度	57.5	%	ごみ処理施設整備の計画設計要領 p685
⑪厨芥類低位発熱量	3.4	GJ/t	ごみ処理施設整備の計画設計要領 p147
⑫脱水汚泥低位発熱量	900.0	kcal/kg	推計計算結果
	3.8	GJ/t	
⑬生ごみ分別時の収集ごみ発熱量	2719.0	kcal/kg	実績値および生ごみ分別量に基づく推計結果
	11.4	GJ/t	
⑭生ごみ分別時の焼却対象物発熱量	2615.0	kcal/kg	⑫および⑭に基づく推計結果
	10.9	GJ/t	

(4) 収集運搬

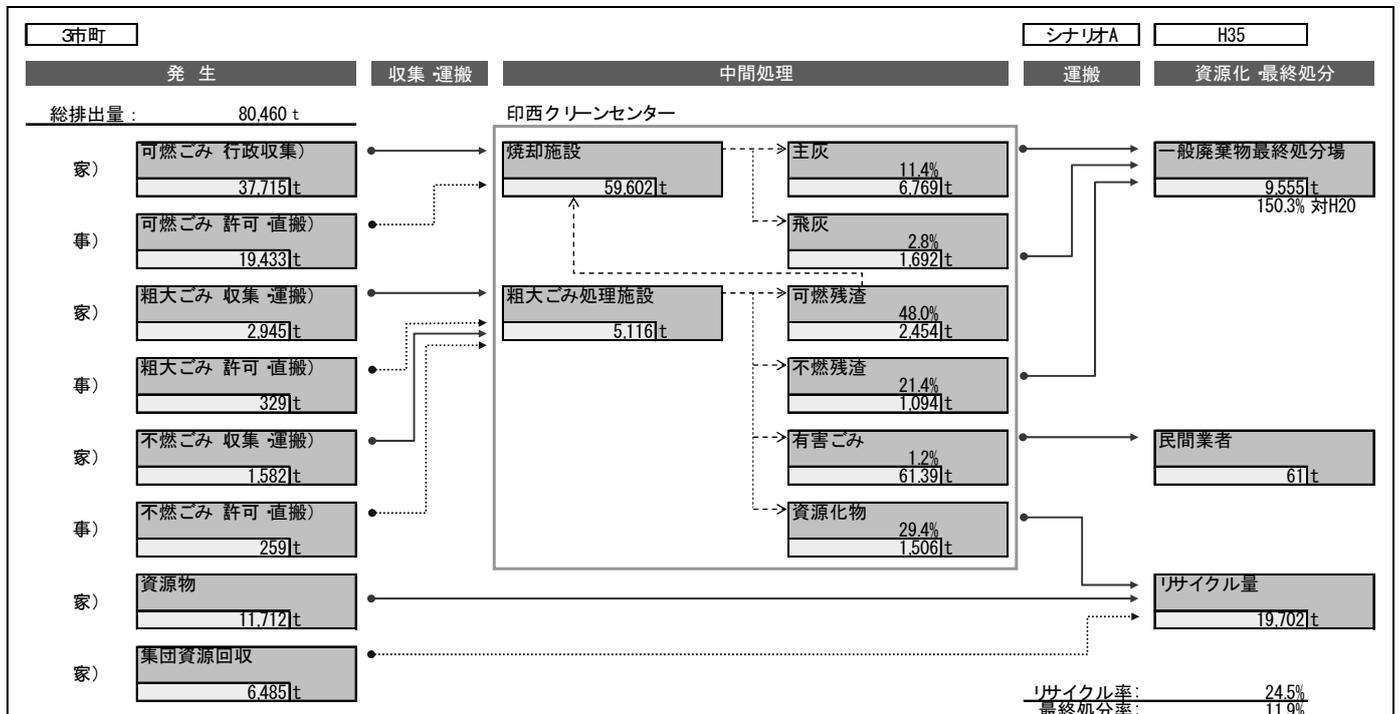
平成20年度実績をベースに、各シナリオの収集運搬距離について推計を行った結果を右図に示す。シナリオA、Bは現状と比較してごみ量が増加するとともに、ごみ種の変化から、収集効率が若干低下することが想定される。また、シナリオCについては、生ごみの分別収集を実施することで、ごみ1tあたりの収集距離が増加し、収集効率が低下することとなる。なお、本推計結果を用いて検討を行った。



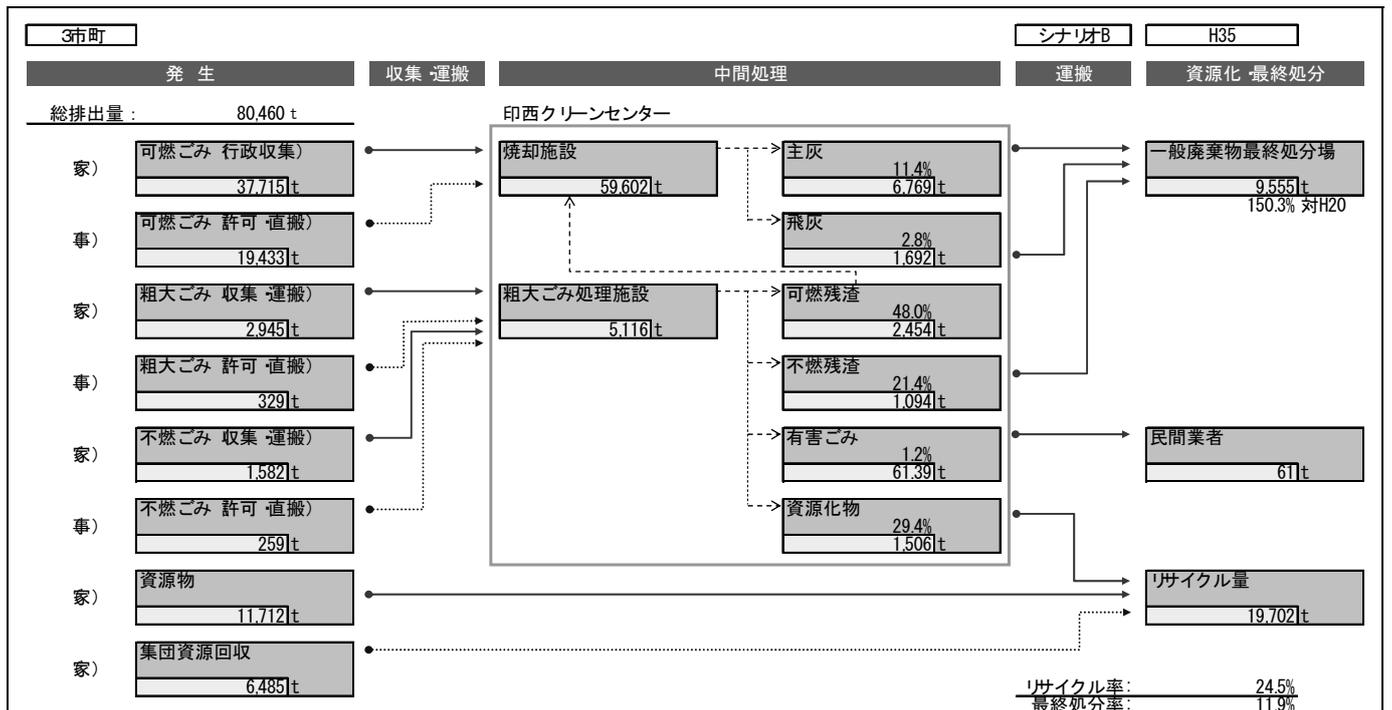
3. ごみ処理フロー

検討を行う各シナリオのごみ処理フローは以下のとおりである。

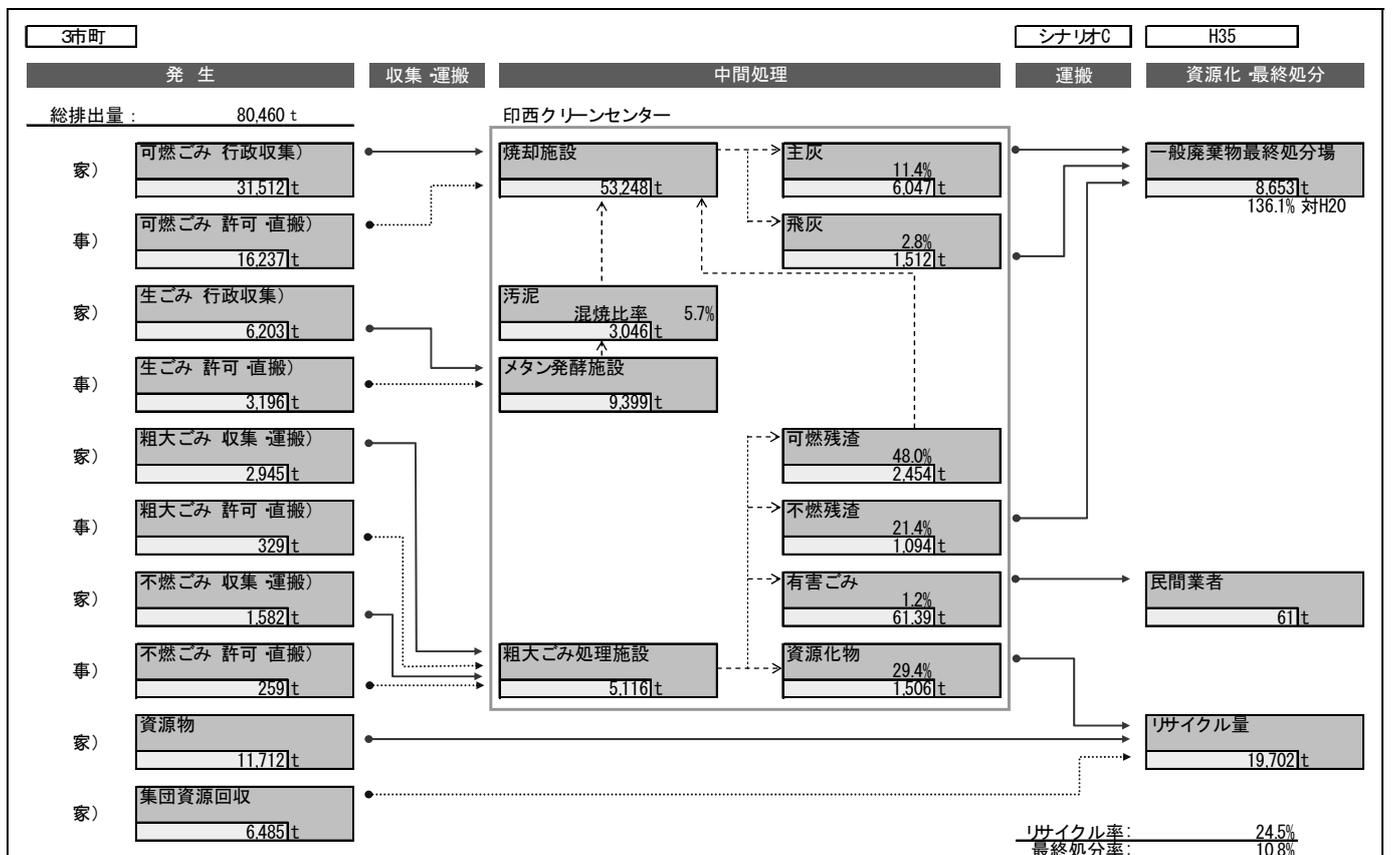
シナリオ A



シナリオ B



シナリオ C



4. シミュレーション結果

(1) 温室効果ガス排出量

各シナリオの温室効果ガス排出量の計算結果について、年間総排出量（上段）と1人1日あたりの排出量（下段）を示す。

シナリオB、CともにシナリオA(現状推移)よりもCO2排出量が削減される結果となったが、余熱の利用方法により差が生じており、シナリオB、Cともに『2』の外部熱供給を最大化し、余剰分で発電を行うシナリオが最も温室効果ガス削減の面で優れている結果となった（下図）。

なお、シナリオB、Cを比較すると、若干、シナリオCの方が温室効果ガス排出量は少ないが、その差は現状比で2%程度となった。

■シミュレーション結果(要約)

(単位:t-CO2)

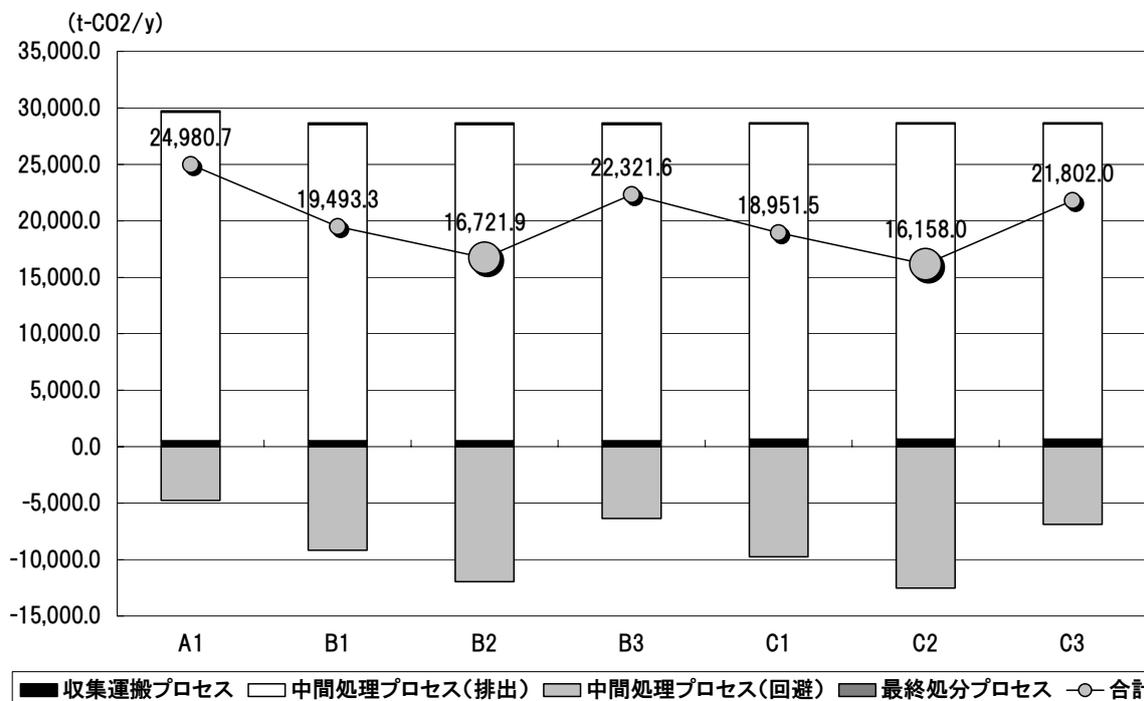
プロセス	シナリオ A1		B1		B2		B3		C1		C2		C3	
	指標	100	指標	100.0	指標	100.0	指標	100.0	指標	125.8	指標	125.8	指標	125.8
収集運搬プロセス	529.6	100	529.6	100.0	529.6	100.0	529.6	100.0	666.4	125.8	666.4	125.8	666.4	125.8
中間処理プロセス(排出)	29,099.4	100	28,025.9	96.3	28,025.9	96.3	28,025.9	96.3	27,914.5	95.9	27,914.5	95.9	27,914.5	95.9
中間処理プロセス(回避)	-4,767.5	100	-9,181.4	192.6	-11,952.8	250.7	-6,353.1	133.3	-9,737.3	204.2	-12,530.8	262.8	-6,886.8	144.5
最終処分プロセス	119.2	100	119.2	100.0	119.2	100.0	119.2	100.0	108.0	90.6	108.0	90.6	108.0	90.6
合計	24,980.7	100	19,493.3	78.0	16,721.9	66.9	22,321.6	89.4	18,951.5	75.9	16,158.0	64.7	21,802.0	87.3

■シミュレーション結果(1人1日あたり)

人口: 226,330 人

(単位:kg-CO2/人・日)

プロセス	シナリオ A1		B1		B2		B3		C1		C2		C3	
	指標	100	指標	100.0	指標	100.0	指標	100.0	指標	125.8	指標	125.8	指標	125.8
収集運搬プロセス	0.006	100	0.006	100.0	0.006	100.0	0.006	100.0	0.008	125.8	0.008	125.8	0.008	125.8
中間処理プロセス(排出)	0.352	100	0.339	96.3	0.339	96.3	0.339	96.3	0.338	95.9	0.338	95.9	0.338	95.9
中間処理プロセス(回避)	-0.058	100	-0.111	192.6	-0.145	250.7	-0.077	133.3	-0.118	204.2	-0.152	262.8	-0.083	144.5
最終処分プロセス	0.001	100	0.001	100.0	0.001	100.0	0.001	100.0	0.001	90.6	0.001	90.6	0.001	90.6
合計	0.302	100	0.236	78.0	0.202	66.9	0.270	89.4	0.229	75.9	0.196	64.7	0.264	87.3



外部熱供給を最大化し、余剰分で発電を行うシナリオが温室効果ガス削減の面で最も優れている

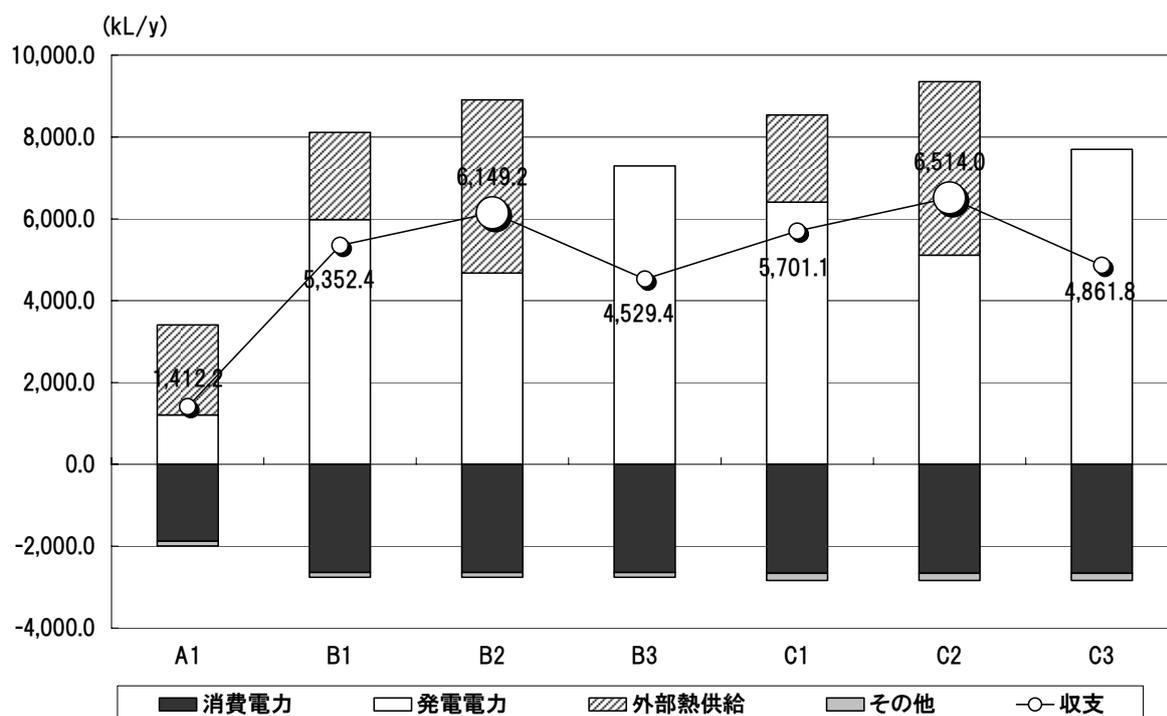
(2) エネルギー回収量

各シナリオの消費電力とエネルギー回収量について比較した結果を下表に示す。

エネルギー回収量についても温室効果ガスと同様にシナリオB、Cともに『2』の外部熱供給を最大化し、余剰分で発電を行うシナリオが最も温室効果ガス削減の面で優れている結果となった(下図)。

	A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3
消費電力 (kL/年)	-1,877.0	-2,642.6	-2,642.6	-2,642.6	-2,662.3	-2,662.3	-2,662.3
発電電力 (kL/年)	1,206.7	5,981.9	4,673.3	7,290.4	6,408.3	5,115.9	7,700.7
外部熱供給 (kL/年)	2,201.1	2,131.6	4,236.9	0.0	2,131.6	4,236.9	0.0
その他 (kL/年)	-118.5	-118.5	-118.5	-118.5	-176.5	-176.5	-176.5
収支 (kL/年)	1,412.2	5,352.4	6,149.2	4,529.4	5,701.1	6,514.0	4,861.8
指標 (%)	100.0	379.0	435.4	320.7	403.7	461.3	344.3

注) 上表は電力および外部熱供給について、省エネ法施行規則に基づく原油換算(1次エネルギー換算)した値である。



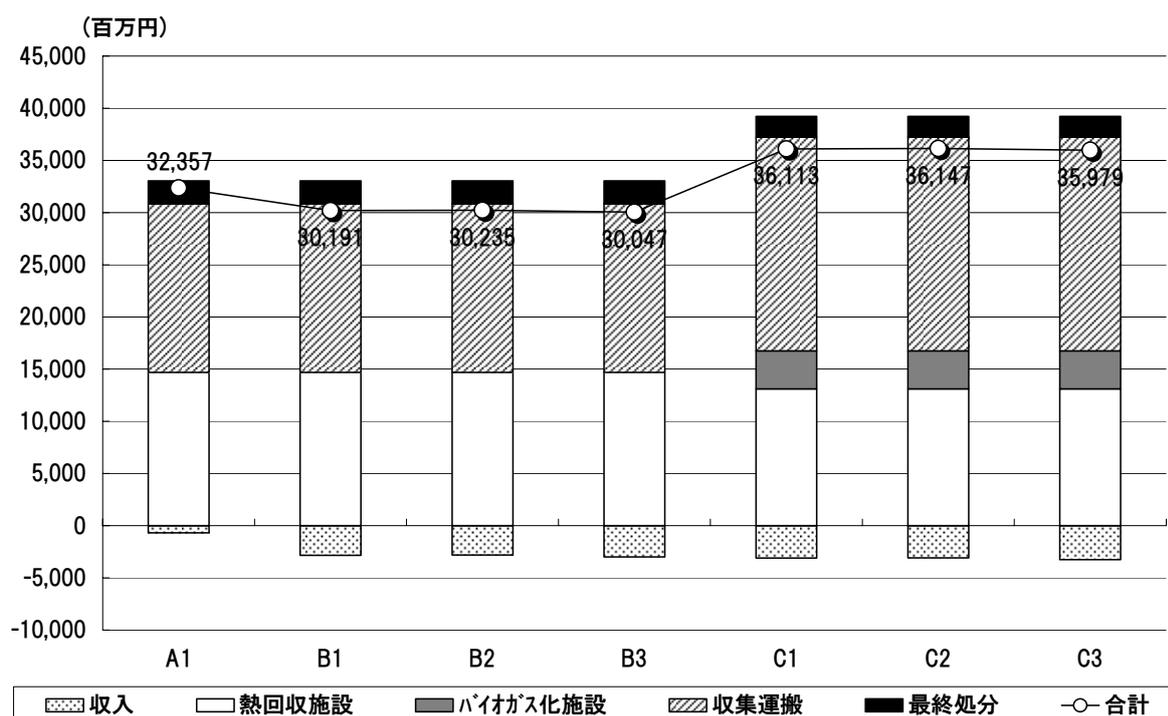
外部熱供給を最大化し、余剰分で発電を行うシナリオがエネルギー回収の面で最も優れている

(3) コスト

イニシャルコスト（初期投資）およびランニングコスト（維持管理費）について、各シナリオを20年間稼動したケースを比較した結果を下表に示す。

エネルギー利用システム（シナリオ1～3）の間でのコスト差は小さく、エネルギー回収システム（シナリオB、C）間での差が大きい。主な傾向としては、シナリオCはシナリオBと比較して熱回収施設の規模が小さくなることにより、それに係る費用が小さくなるが、バイオガス化施設を整備することにより、エネルギー回収施設（熱回収施設、バイオガス化施設）全体では、割高となっている。さらに、可燃ごみと生ごみの分別収集に伴い、収集運搬コストが増加する結果となった（下図）。

	(百万円/20年)						
	A1	B1	B2	B3	C1	C2	C3
収集運搬	16,144	16,144	16,144	16,144	20,482	20,482	20,482
熱回収施設	14,695	14,695	14,695	14,695	13,117	13,117	13,117
バイオガス化施設	0	0	0	0	3,632	3,632	3,632
収入	-688	-2,854	-2,810	-2,998	-3,116	-3,082	-3,250
最終処分	2,206	2,206	2,206	2,206	1,998	1,998	1,998
合計	32,357	30,191	30,235	30,047	36,113	36,147	35,979
指標	100.0	93.3	93.4	92.9	111.6	111.7	111.2



『バイオガス化+熱回収施設』よりも『熱回収施設』で全量処理するシナリオの方がコスト面で優れる結果となった。

注) コストについては、現施設での実績および一般的な数値（文献値等）から算出したものであり、実際の運転時とは異なる可能性があるが、同条件で比較を行ったものである。

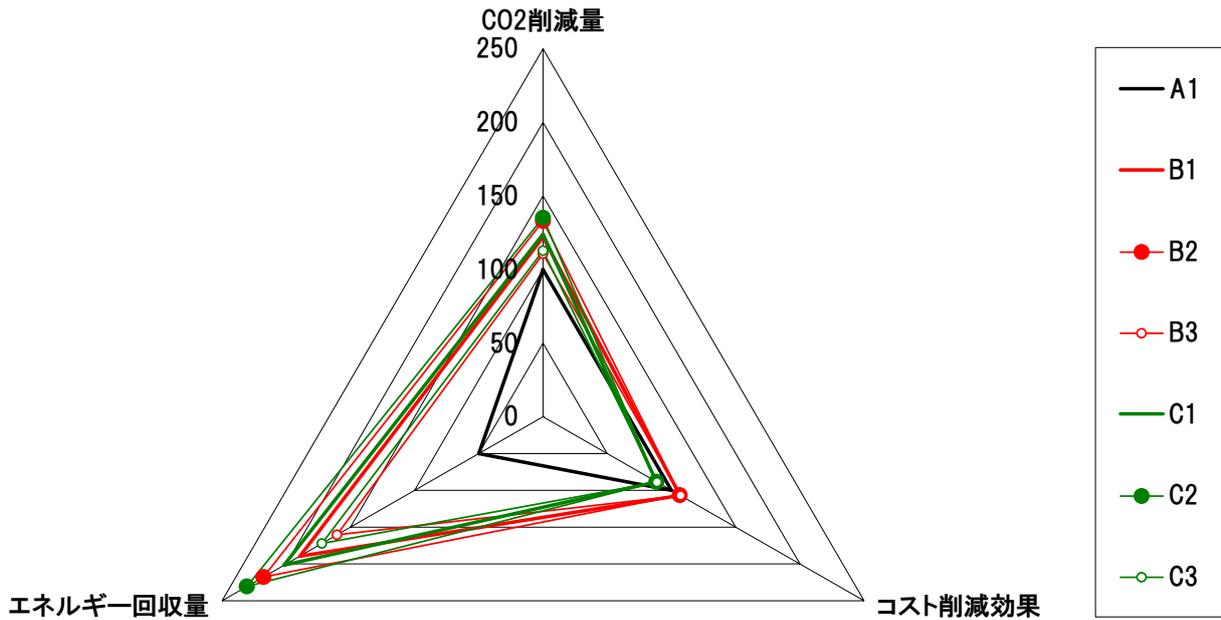
(4) 総合評価

先述の(1)～(3)の結果を基に、3項目を比較すると図1のとおりである。

エネルギー回収量の面ではシナリオ『B2』、『C2』が特に優れている結果となり、この2つのシナリオはCO2削減量においては差が小さい。しかし、コスト削減効果に関しては、シナリオB2の方が優れている。

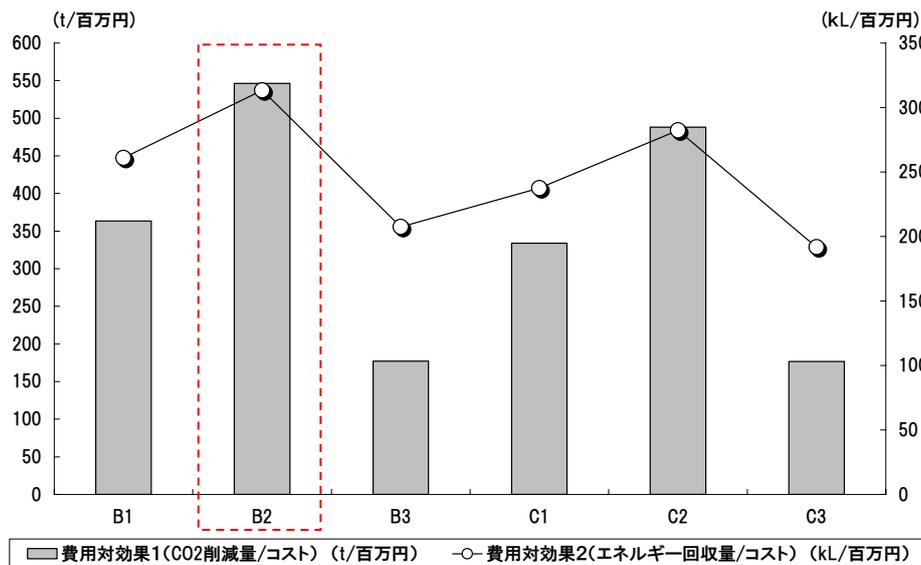
さらに、コスト百万円あたりの温室効果ガス削減量とエネルギー回収量を図2に示す。この結果から、費用対効果が最も優れているシナリオは『シナリオB2』と判断できる。

■ 図1 各シナリオ間の比較 (レーダーチャート)



注) 図1は「CO2削減量」「コスト削減量」については、現状を100とした場合の数値を、「エネルギー回収量」については現状を50とした場合の数値を示す。

■ 図2 費用対効果の比較



注) 図2は温室効果ガス排出量およびエネルギー回収量について、シナリオAとの差を各シナリオのコスト(単年度)で除したものである。

5. 結果

本シミュレーション結果から、以下の処理システムが本地域に適していると考えられる。

温室効果ガス排出量及びエネルギー回収量について単独で見た際に効果が高いのは「熱回収施設+バイオガス化施設」であるものの、コストを考慮した際、収集及び施設の建設、維持管理にもっとも費用がかかるため、費用対効果に優れる「熱回収施設」による可燃ごみの全量処理が適している。なお、その中でも、本地域に推奨されるより効果の高いエネルギー供給システムは、下図に示すとおりである。

