

ごみ処理基本システム・熱回収施設整備の基本方針

1. ごみ処理基本システム（エネルギー回収・利用）

第 7 回検討委員会における検討結果から、本地域に適したごみ処理基本システム（エネルギー回収・利用）は、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こととなった。

（※第 7 回検討委員会資料より抜粋 下表の網掛けが抽出された有力案を示す）

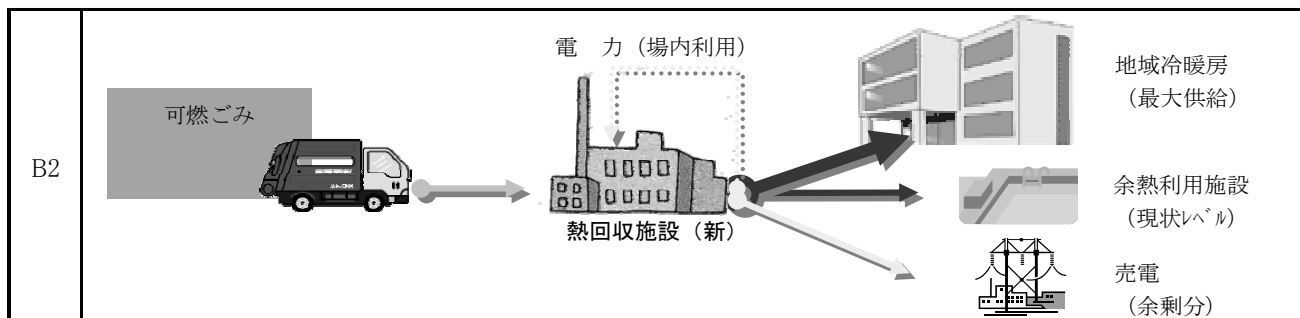
第 7 回委員会までの検討成果

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



2. 本資料にて検討を行うシステム（灰処理）

前項に示したシナリオ「B2」をベースに本資料においては、熱回収施設における灰処理の方式について、さらに検討を加えることとする。

焼却残渣等の主な処理・処分方法は大きく以下の3種類に分類できる。

- ① 最終処分場で埋立処分を行う
- ② 外部（民間等）の資源化機能を活用する（焼却残渣のセメント化など）
- ③ 熱回収施設に熔融機能を整備し、焼却残渣をスラグ化する

②の外部資源化機能としては、千葉県においてはセメント化が有力であるが、対象とする残渣が主灰と飛灰においてセメント化の方法や受入単価が異なるとともに、資源化率や最終処分量についても大きく異なるため、資源化対象別にシナリオを設定することとする。

また、スラグ化については、焼却処理を行った後に灰溶解設備にて、発生した焼却残渣を熔融処理するケースとガス化溶解施設にて直接熔融するケースがあり、灰溶解設備には、用いるエネルギー種類によって電気式と燃料式に大きく分類されるが、ここでは方式の特定までは行わず、熔融・スラグ化の平均的なモデルケースを想定してシミュレーションを行うこととする。

そのような状況・条件を踏まえ、本資料においては、以下の4種類のシナリオを設定することとする。

焼却残渣処理シナリオ

	残渣処理・資源化方法		熱回収施設の整備範囲	概要
	主灰	飛灰		
a	最終処分場	最終処分場	焼却	熱回収施設は焼却施設とし、発生する主灰、飛灰は最終処分場にて埋立処分する。
b	最終処分場	セメント原料化	焼却	飛灰をセメント原料化し、主灰を最終処分場にて埋立処分する。
c	セメント原料化	セメント原料化	焼却	主灰、飛灰ともにセメント原料化する。
d	スラグ化	スラグ化	焼却+熔融	熱回収施設に熔融機能を加え、主灰、飛灰はスラグ化し、一部を建設資材等に再利用する。

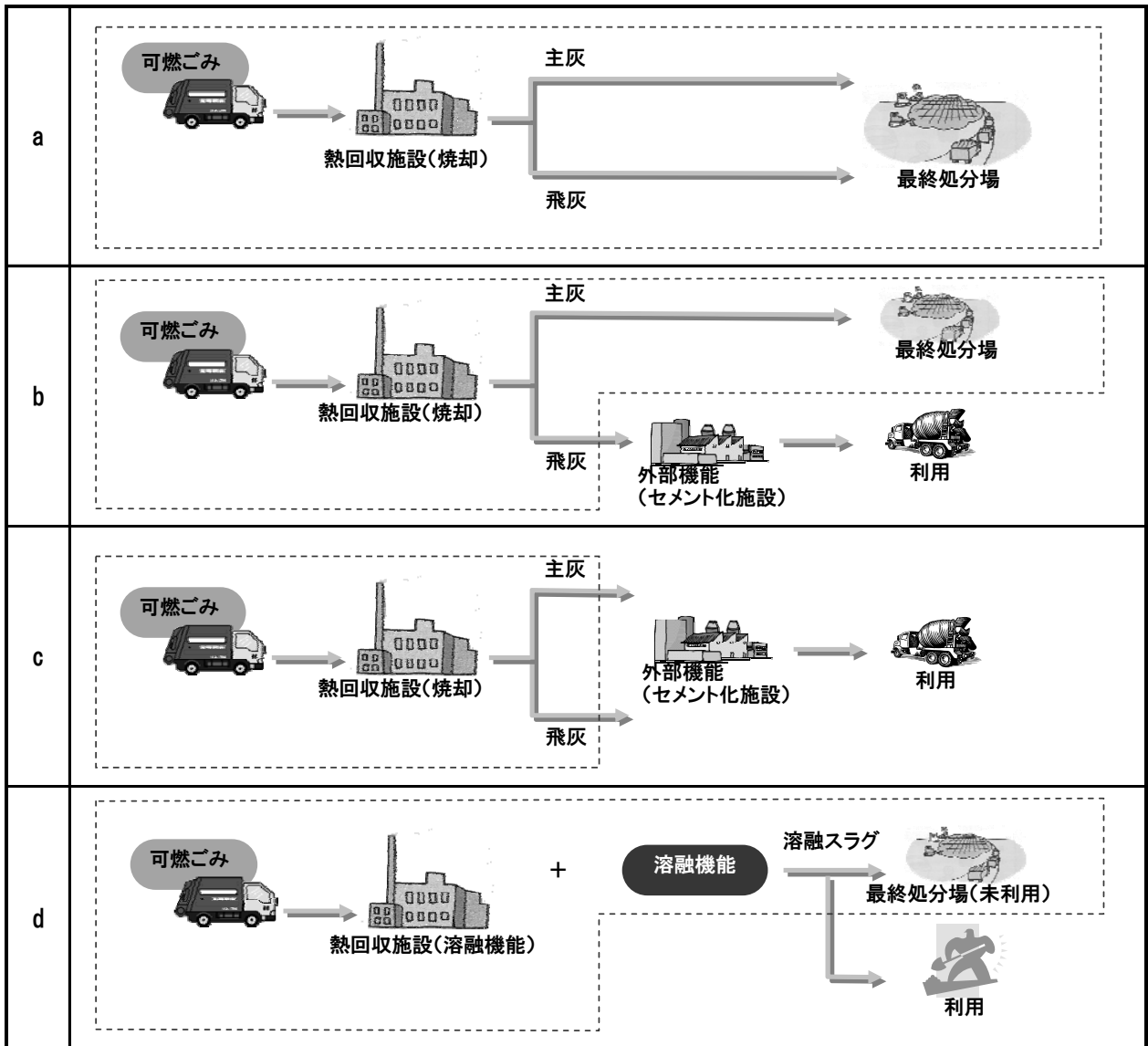
主 灰：焼却炉の底から排出される燃えがら

飛 灰：ろ過集じん器などで捕集した排ガス中のばいじん

スラグ：1,200℃以上の高温に加熱し、熔融・固化してできる砂状の物質

また、上記4シナリオのフローを次頁に示す。

ごみ処理システム（灰処理）案（フロー図）



※図中の [] は組合の施設整備・運営範囲を示す。

3. 計算の基本条件

第7回検討委員会 資料2を基に、本資料においては下記を計算の基本条件とする。

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」「リサイクル率(量)」「最終処分率(量)」の5項目を基本とし、各指標に対する費用対効果などを適宜加える。

② 温室効果ガスの排出量の計算の範囲

「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」(以下、「システム指針」とする。)の評価範囲に、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。なお、必要に応じてシステム指針が計算根拠としている「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」(環境省 経済産業省)を参考とする。

③ 各種条件設定の根拠資料

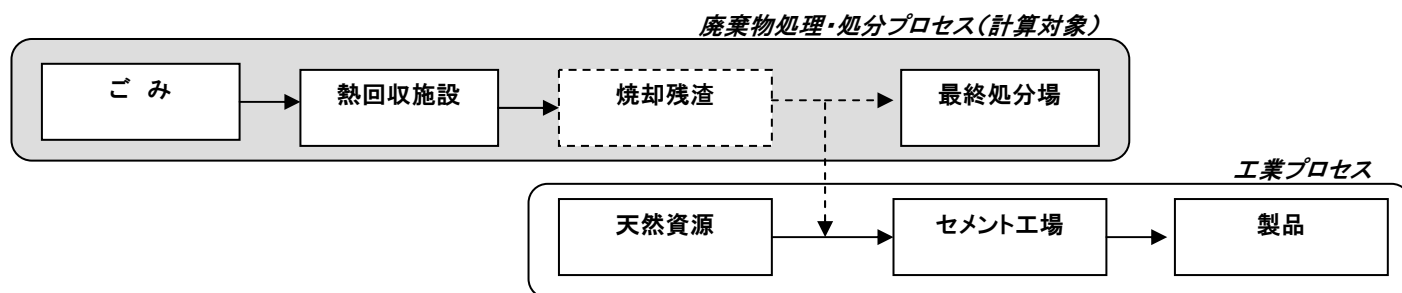
以下の参考文献等を用いた。

- ・「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)
- ・「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver. 2.4」(環境省 経済産業省)
- ・「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(第7回検討委員会 資料6)
- ・「溶融処理技術検討委員会 報告書」平成21年7月 東京二十三区清掃一部事務組合
- ・平成21年度一般廃棄物処理施設における溶融固化の現状に関する調査((財)廃棄物研究財団)
- ・その他ヒアリング結果等

④ 特記事項

上記②に示すとおり、温室効果ガス排出量の算定については「システム指針」の評価範囲(「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」における活動分野「廃棄物」)を計算の対象とすることから、セメント化施設での温室効果ガスは工業プロセスにおける排出となるため本計算の対象外とする。

なお、セメント製造における温室効果ガス排出は、セメントの消費量に起因するため、焼却残渣のセメント化施設への搬入の有無に影響されないと考えられる。



4. 前提条件

(1) 最終処分前提条件 (シナリオ a、b、c、d)

最終処分単価については、既存の最終処分場へ搬入するため①の維持管理費を基本とし、シナリオ B2a (全量埋立) はシミュレーション期間内に新たな最終処分場整備が必要となるため、その超過分については①②の合計単価を採用することとする。

項目	数値	出典
最終処分単価	①維持管理費	11,547 円/t ・平成 20 年度最終処分経費：73,407,465 円 ・最終処分量：6,357t
	②建設費	24,000 円/t ・印西地区一般廃棄物最終処分場建設費より設定 (下表参照)

(参考) 印西地区一般廃棄物最終処分場建設費

	金額
事業費	4,771,487 千円
用地費	1,264,374 千円
計	6,040,000 千円
埋立容量	402,200 m ³
埋立可能容量	197,000 m ³ -埋立対象物
浸出水処理能力	200 m ³ /日
建設費単価	24,000 千円/t-埋立対象物

注) 埋立対象物：焼却残渣および不燃性残渣等 (覆土を除く)

(2) セメント化前提条件 (シナリオ b、c)

セメント化施設への搬入単価は下記のとおり設定する。

搬入物	単価
主 灰	44,800 円/t
飛 灰	70,800 円/t

(市原エコセメントヒアリング結果)
※運搬費含む

(3) 溶融前提条件 (シナリオ d)

項目	採用値	単位
スラグ生成率	81%	
エネルギー消費量	11.9	GJ/t
スラグ有効利用率	50%	
溶融飛灰発生率	16%	

(出 典)

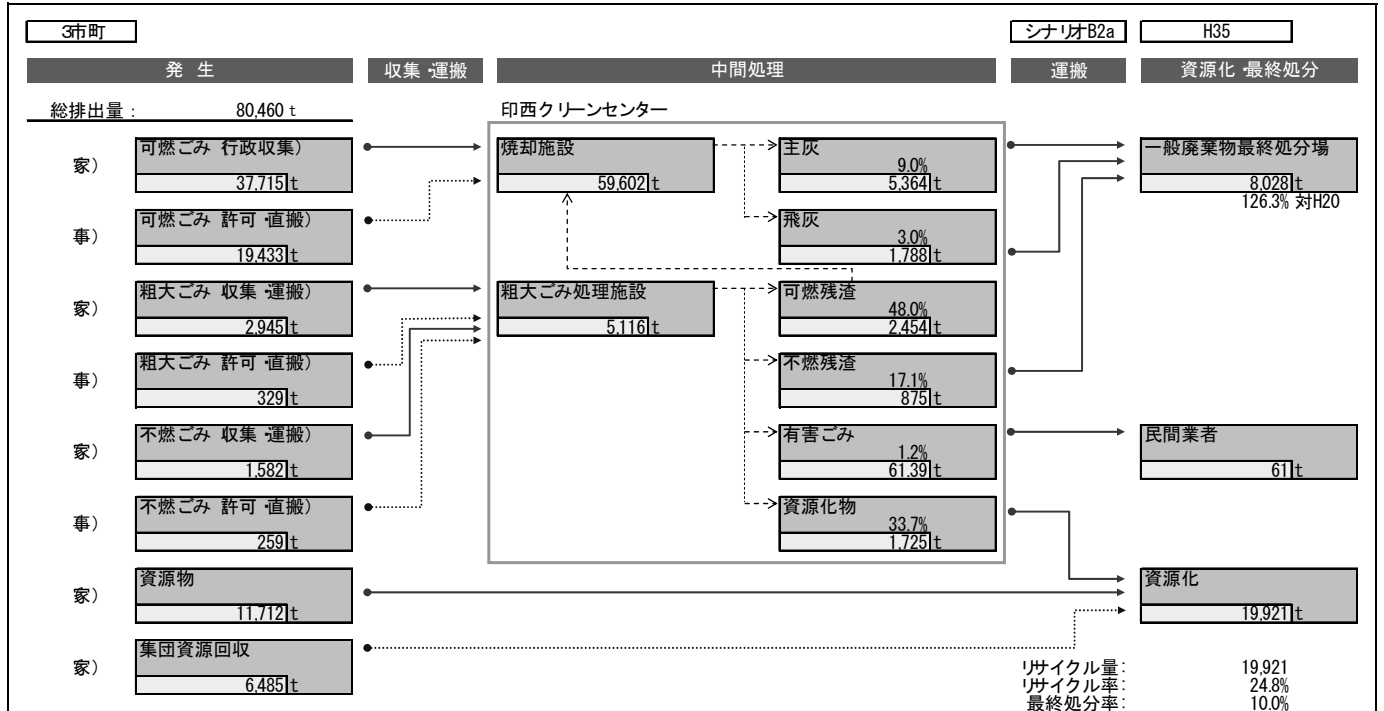
「溶融処理技術検討委員会 報告書」平成 21 年 7 月 東京二十三区清掃一部事務組合
「平成 21 年度一般廃棄物処理施設における溶融固化の現状に関する調査 (廃棄物研究財団)
(2008 データ)」

- 注 1) スラグ有効利用率 = 有償出荷量 / 生産量 として算出した。
注 2) スラグ生成率、溶融飛灰発生率は焼却残渣に対する割合を示す。
注 3) 消費エネルギーは本シミュレーションでは電気に換算して行う。

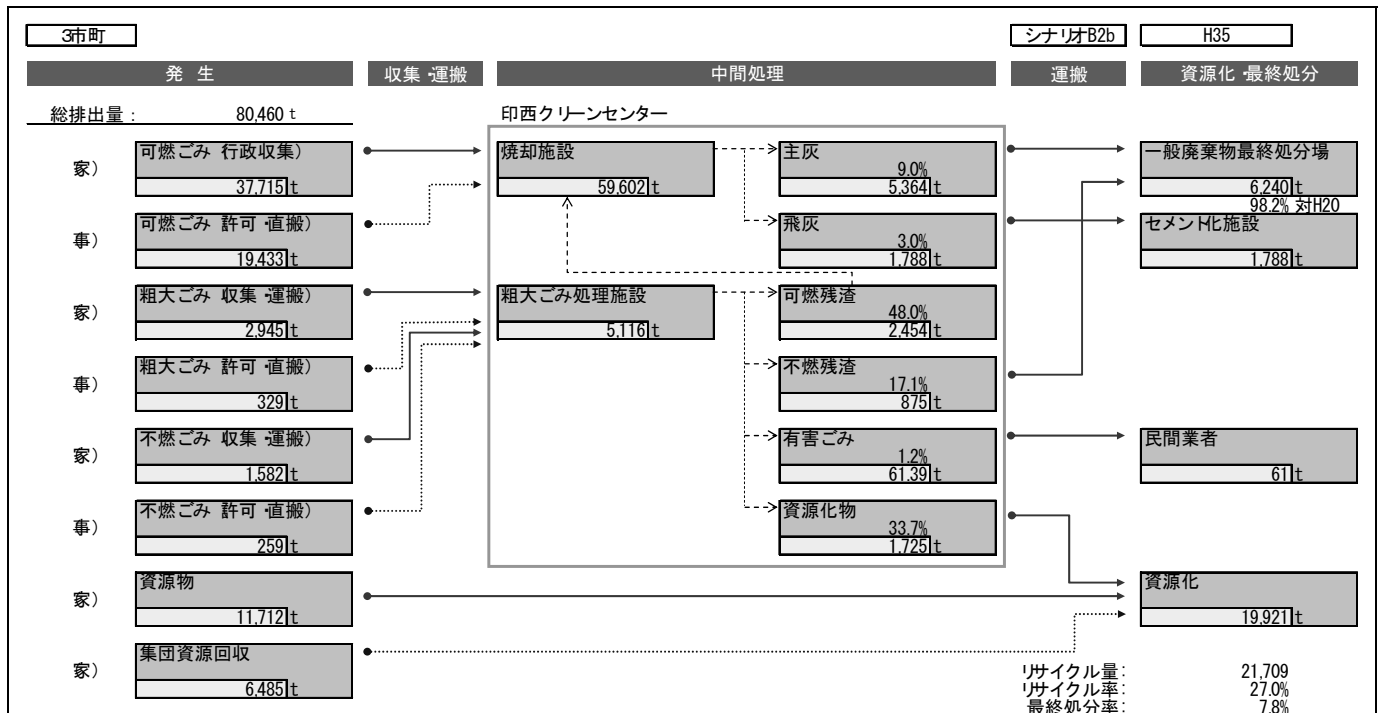
5. ごみフロー

エネルギー回収・利用システム検討時のシナリオBのフローをベースに各シナリオのごみ処理フローを整理すると以下のとおりである。

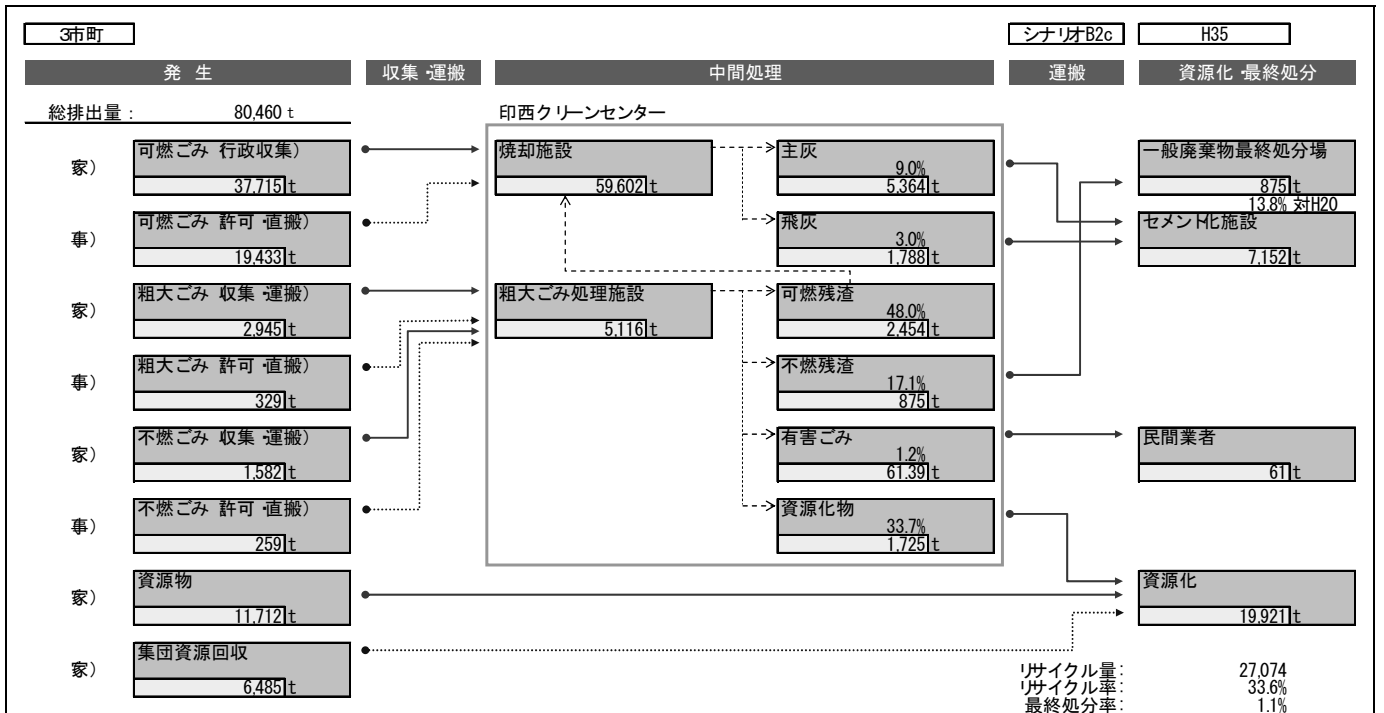
■シナリオ B2a (全量埋立)



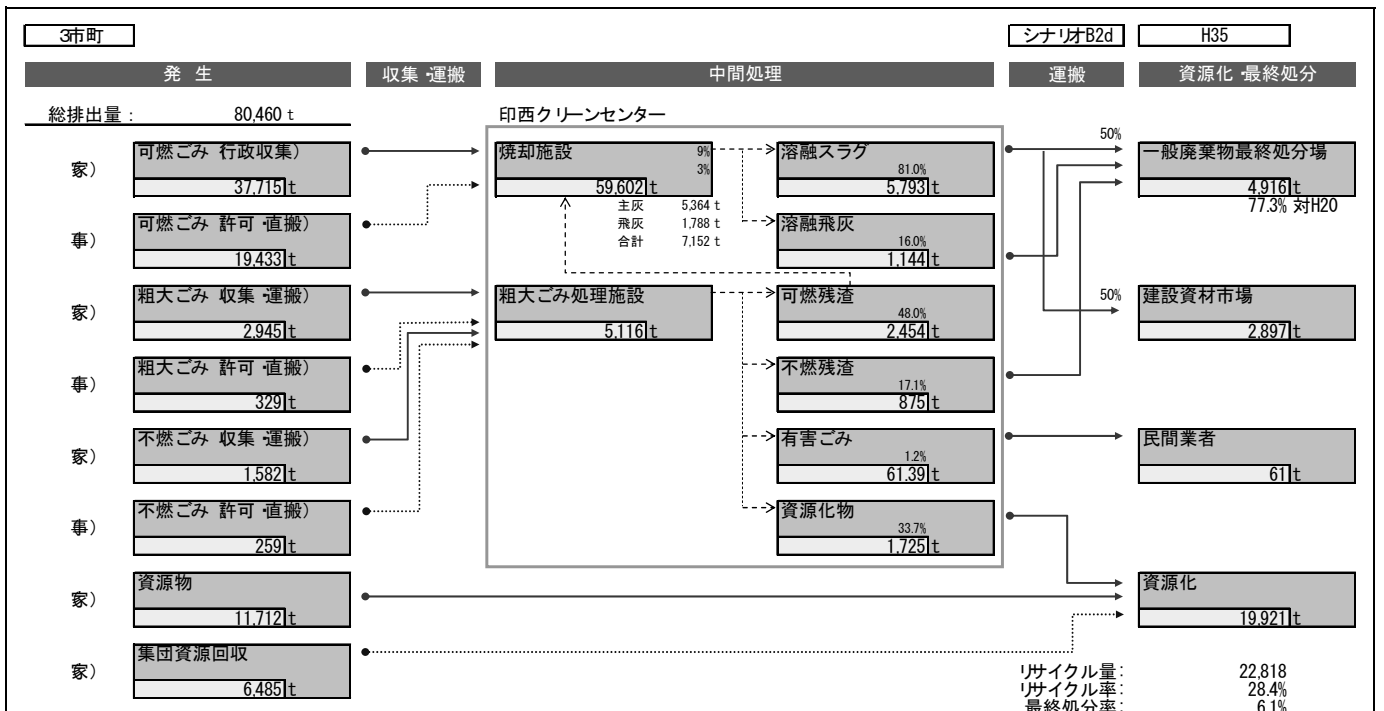
■シナリオ B2b (飛灰のみセメント化)



■シナリオ B2c (全量セメント化)



■シナリオ B2d (スラグ化)



6. 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。

溶融機能を設けるシナリオはエネルギー消費量の増加により温室効果ガス排出量も増加するため、スラグ化を行わないシナリオ B2a（全量埋立）、B2b（飛灰のみセメント化）、B2c（全量セメント化）が温室効果ガス排出量削減の観点からは優れる結果となった。

■シミュレーション結果(要約)

(単位:t-CO2)

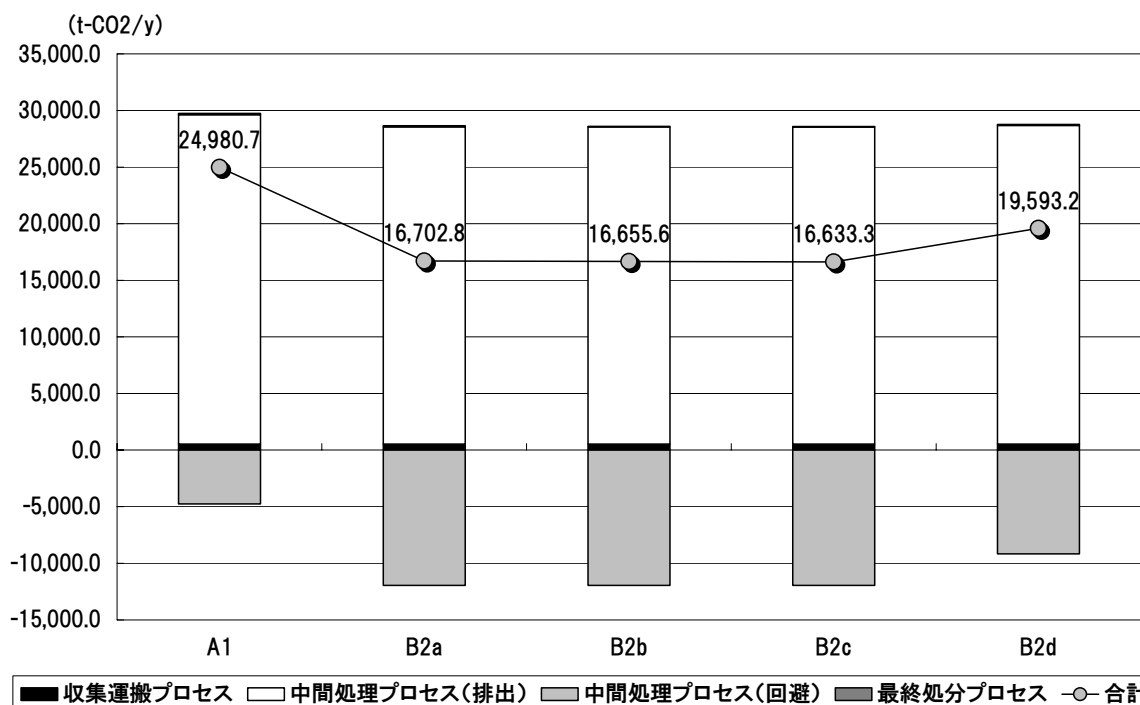
シナリオ	A1		B2a		B2b		B2c		B2d	
	値	指標	値	指標	値	指標	値	指標	値	指標
収集運搬プロセス	529.6	100	529.6	100.0	529.6	100.0	529.6	100.0	529.6	100.0
中間処理プロセス(排出)	29,099.4	100	28,025.9	96.3	28,025.9	96.3	28,025.9	96.3	28,159.6	96.8
中間処理プロセス(回避)	-4,767.5	100	-11,952.8	250.7	-11,952.8	250.7	-11,952.8	250.7	-9,177.0	192.5
最終処分プロセス	119.2	100	100.1	84.0	52.9	44.4	30.6	25.7	81.0	68.0
合計	24,980.7	100	16,702.8	66.9	16,655.6	66.7	16,633.3	66.6	19,593.2	78.4

■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)

シナリオ	A1		B2a		B2b		B2c		B2d	
	値	指標	値	指標	値	指標	値	指標	値	指標
収集運搬プロセス	0.006	100	0.006	100.0	0.006	100.0	0.006	100.0	0.006	100.0
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	0.341	96.8
中間処理プロセス(回避)	-0.058	100	-0.145	250.7	-0.145	250.7	-0.145	250.7	-0.111	192.5
最終処分プロセス	0.001	100	0.001	84.0	0.001	44.4	0.000	25.7	0.001	68.0
合計	0.302	100	0.202	66.9	0.202	66.7	0.201	66.6	0.237	78.4



温室効果ガス排出量削減の観点からは、最終処分およびセメント化が灰の処理方式として優れている。

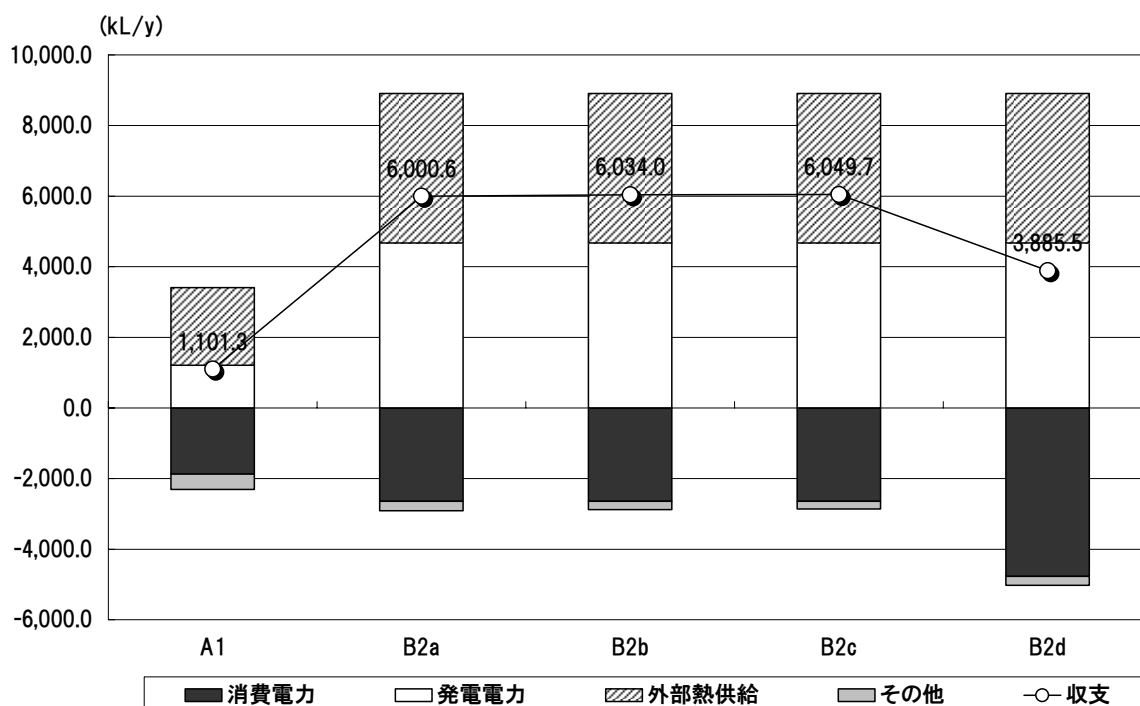
(2) エネルギー回収量

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排出量と同様に溶融機能による消費エネルギーの増加分、シナリオ B2a (全量埋立)、B2b (飛灰のみセメント化)、B2c (全量セメント化) が優れている。

	A1	B2a	B2b	B2c	B2d
消費電力 (kL/年)	-1,877.0	-2,642.6	-2,642.6	-2,642.6	-4,771.1
発電電力 (kL/年)	1,206.7	4,673.3	4,673.3	4,673.3	4,673.3
外部熱供給 (kL/年)	2,201.1	4,236.9	4,236.9	4,236.9	4,236.9
その他 (kL/年)	-429.4	-267.1	-233.7	-217.9	-253.5
収支 (kL/年)	1,101.3	6,000.6	6,034.0	6,049.7	3,885.5
指標 (%)	100.0	544.8	547.9	549.3	352.8

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。



エネルギー回収の観点からは、最終処分およびセメント化が灰の処理方式として優れている。

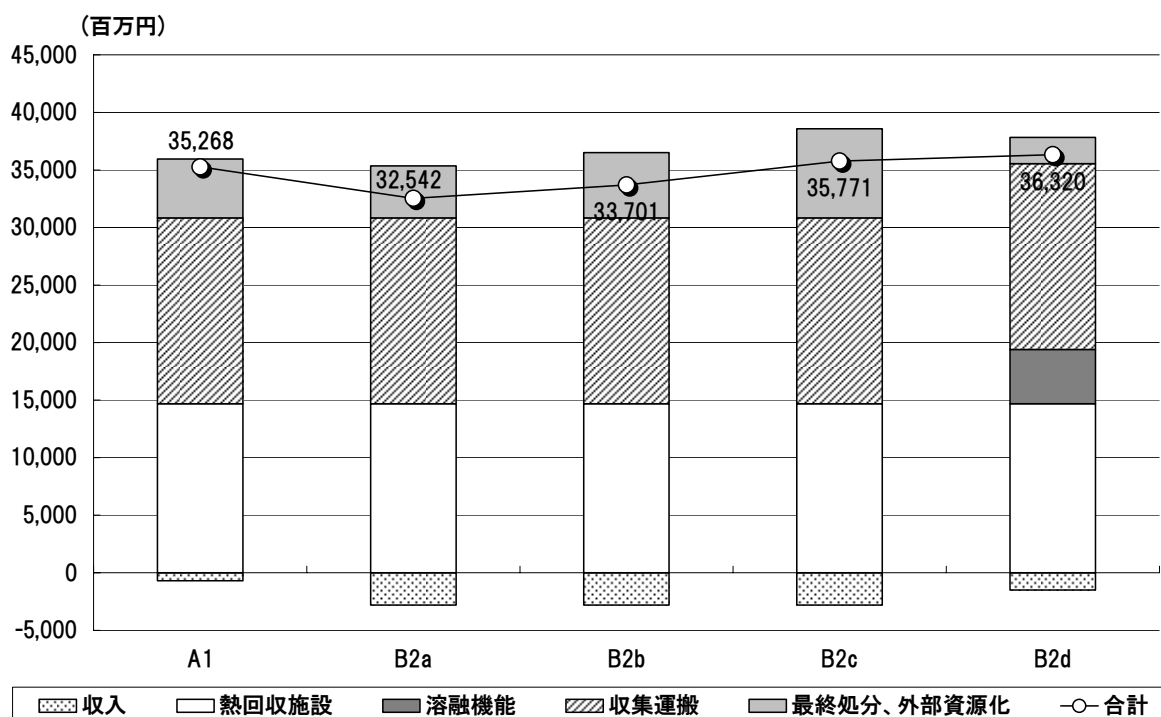
(3) 経済性

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。

	(百万円/20年)				
	A1	B2a	B2b	B2c	B2d
収集運搬	16,144	16,144	16,144	16,144	16,144
熱回収施設	14,695	14,695	14,695	14,695	14,695
溶融機能	0	0	0	0	4,712
収入	-688	-2,810	-2,810	-2,810	-1,500
最終処分、外部資源化	5,117	4,513	5,672	7,742	2,270
合計	35,268	32,542	33,701	35,771	36,320
指標	100.0	92.3	95.6	101.4	103.0

最終処分・外部資源化に係るコストは、溶融機能を整備するシナリオ B2d（スラグ化）は最終処分量が大きく減少するため小さい。一方、シナリオ B2c（全量セメント化）はセメント化施設へ焼却残渣を全量搬入するため、最終処分・外部資源化コストが大きく増加する結果となった。

また、シナリオ B2b（飛灰のみセメント化）は B2a（全量埋立）に次いで2番目に経済性に優れる結果となっている。（下図）

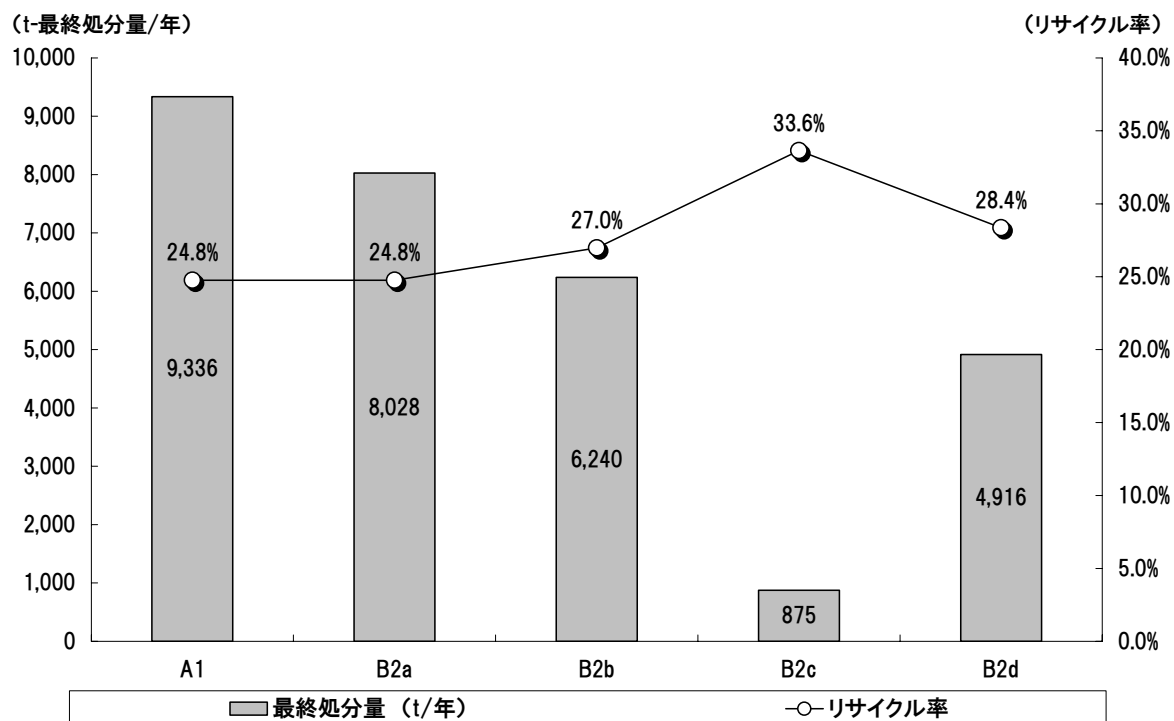


経済性の面では、最終処分が最も安価であり、セメント化・スラグ化は資源化を行う分コストが増加する。

(4) リサイクル率・最終処分量

各シナリオの「リサイクル率」と平成 35 年度の「最終処分量」を比較した結果を以下に示す。シナリオ B2c (全量セメント化) がリサイクル率、最終処分量ともに最も優れており、シナリオ B2d (スラグ化) がそれに続いている。

	A1	B2a	B2b	B2c	B2d
リサイクル率	24.8%	24.8%	27.0%	33.6%	28.4%
最終処分量 (t/年)	9,336	8,028	6,240	875	4,916

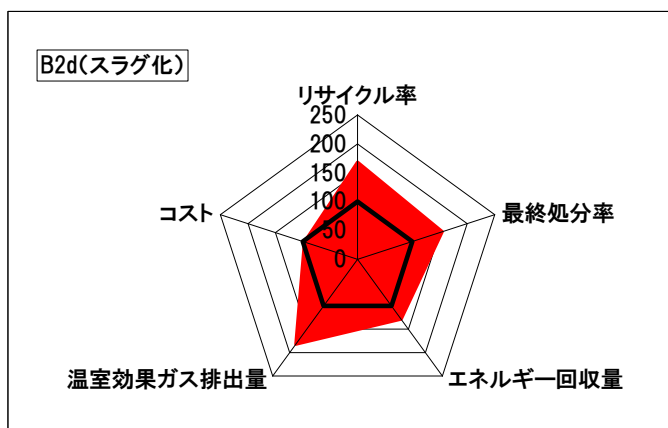
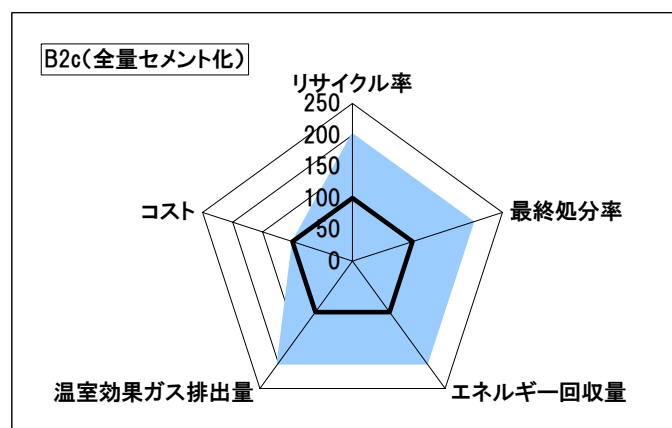
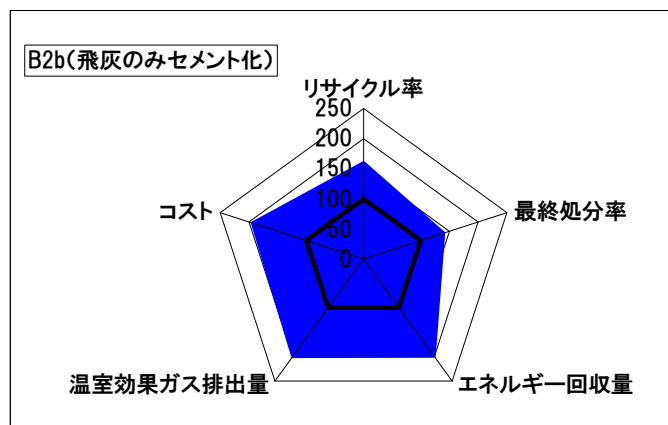
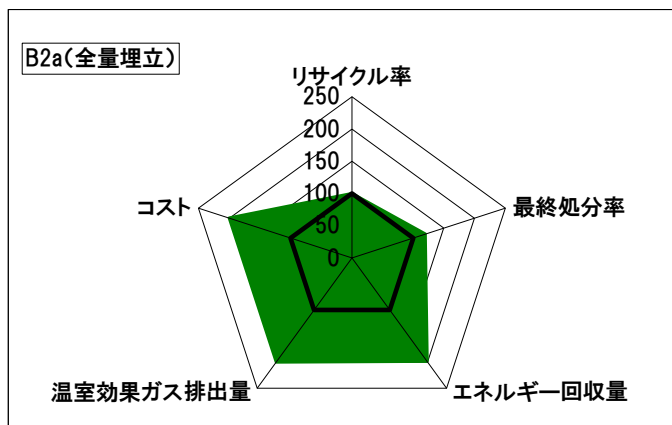


リサイクル率、最終処分量では全量セメント化が最も優れており、スラグ化がそれに続いている。

7. 結果の考察

(1) 各シナリオの評価結果

前項の評価結果をシナリオごとに示すと以下のとおりである。



注1) 各項目ともに現状(シナリオA1)を100、最大のシナリオを200とした場合の各シナリオの値を示している。

注2) 各項目ともに、数値が大きい方が優れていることを示している。なお、各指標の算定式は下記のとおり。

リサイクル率 = 各シナリオのリサイクル率 / 平成20年度リサイクル率(A1) × 100

最終処分率 = 100 - (各シナリオの最終処分率 - 平成20年度のリサイクル率) / 平成20年度のリサイクル率 × 100

エネルギー回収量 = 各シナリオのエネルギー回収量 / 平成20年度エネルギー回収量(A1) × 50

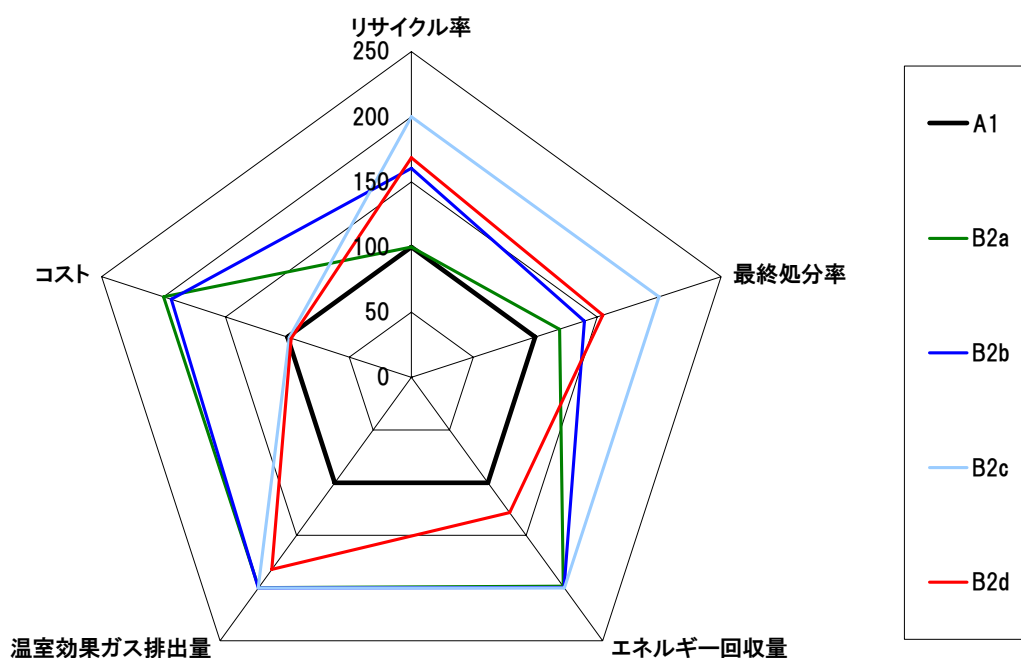
温室効果ガス排出量 = 100 - (各シナリオの温室効果ガス排出量 - 平成20年度の温室効果ガス排出量) / 平成20年度の温室効果ガス排出量 × 100

コスト = 100 - (各シナリオの発生コスト - シナリオA1の発生コスト) / シナリオA1の発生コスト × 100

コストについてはB2a(全量埋立)が、コストを除いた4項目においてはB2c(全量セメント化)が最も優れている。

(2) シナリオ間の比較

前頁のシミュレーション結果 5 項目について比較すると下図のとおりである。



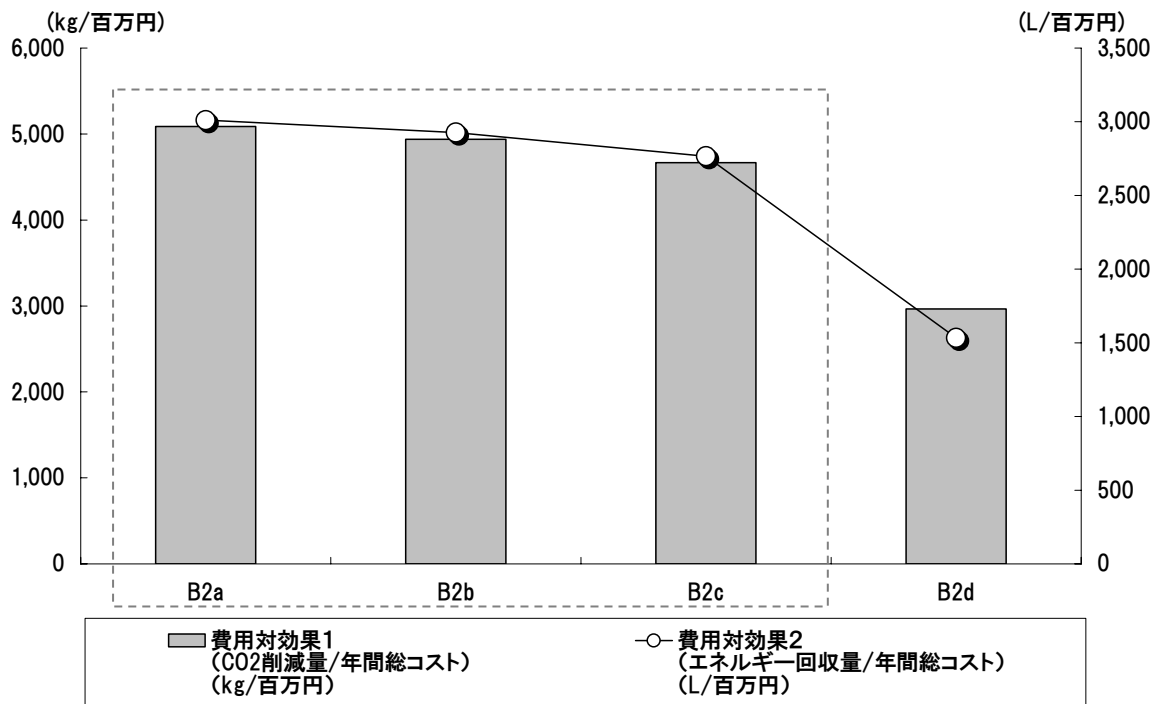
また、各指標を点数化し、その合計点を比較すると下表のとおりである。5 項目の合計点は B2c (全量セメント化) が最も高く B2b (飛灰のみセメント化)、B2a (全量埋立) がそれに続く。

	A1	B2a	B2b	B2c	B2d
リサイクル率	100	100	160	200	169
最終処分率	100	120	140	200	155
エネルギー回収量	100	198	199	200	128
温室効果ガス排出量	100	200	200	200	182
コスト	100	200	194	99	97
合計	500	818	893	899	731
(順位)	5	3	2	1	4

(3) 費用対効果の比較

① 費用対効果（温室効果ガス削減量、エネルギー回収量）

前項までの結果について、単位コストあたりの温室効果ガス削減量とエネルギー回収量を以下に示す。この結果から温室効果ガス削減およびエネルギー回収に関する費用対効果においては、シナリオ B2a（全量埋立）、B2b（飛灰のみセメント化）、B2c（全量セメント化）が優れており、シナリオ B2d（スラグ化）は熔融によるコスト増とエネルギー回収量の低下により費用対効果は低くなっている。



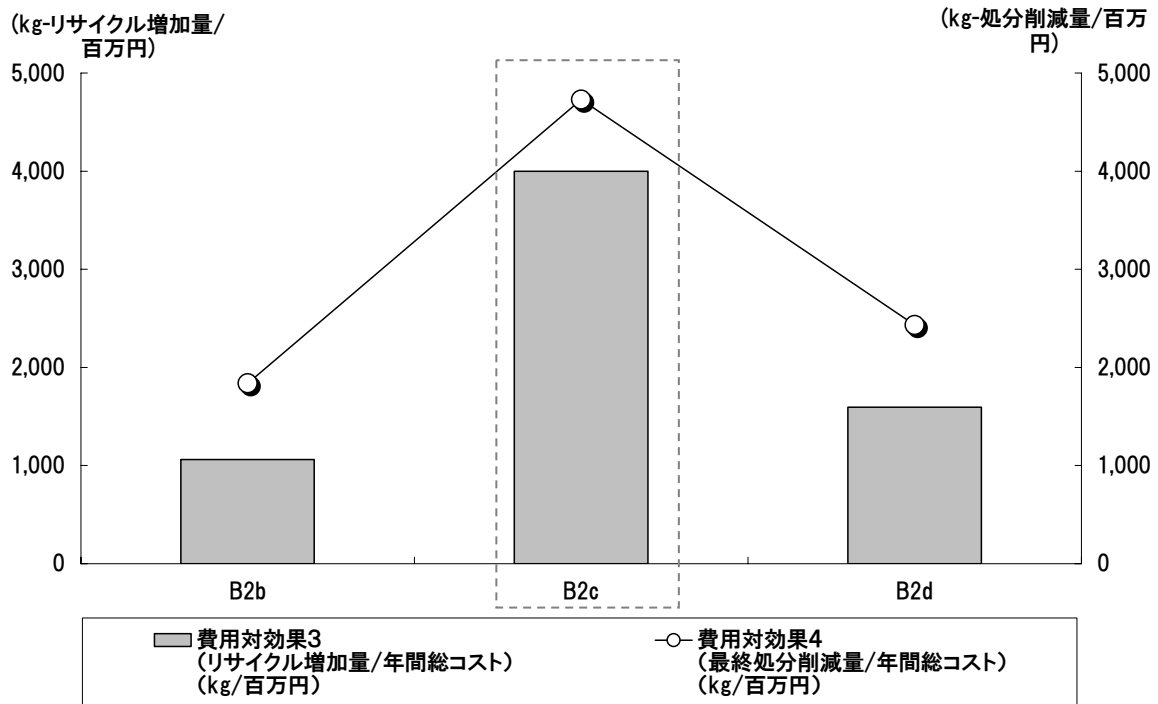
注) 上図は温室効果ガス排出量およびエネルギー回収量について、現状（シナリオ A1）との差を各シナリオのコスト（単年度）で除したものである。

② 費用対効果（リサイクル、最終処分）

さらに、単位コストあたりのリサイクル増加量および最終処分削減量について以下に示す。

シナリオ B2c（全量セメント化）がリサイクル、最終処分ともに費用対効果に優れており、スラグ化を行う B2d（スラグ化）がそれに続いている。

なお、B2b（飛灰のみセメント化）は、コストは低いもののリサイクル増加量、最終処分削減量が小さいことから、費用対効果が小さくなっている。



注1) 上図は各シナリオのリサイクル量および最終処分量について、シナリオ A1 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。

注2) シナリオ B2a（全量埋立）はシナリオ A1 とリサイクル量および最終処分量に差が無いため比較していない。

(4) 各シナリオの特徴

(1) ~ (3) までの内容を次頁に整理する。

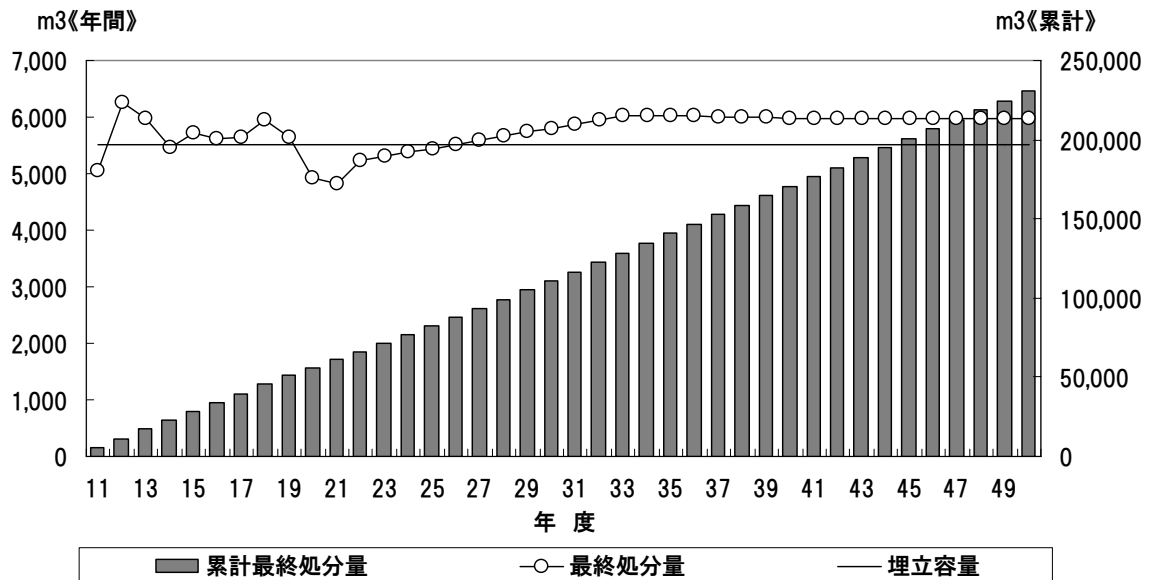
	B2a 全量埋立	B2b 飛灰のみ セメント化	B2c 全量 セメント化	B2d スラグ化	
リサイクル率	焼却残渣の資源化を行わないため向上が見られない。	飛灰のセメント化により一定の効果が見られる。	焼却残渣の全量資源化により大きな効果が見られる。	スラグ化により一定の効果が見られる。	
	指標	100	160	200	169
	順位	4	3	1	2
	費用対効果	-	3	1	2
最終処分率	焼却残渣の資源化を行わないため向上が見られない。	飛灰のセメント化により一定の効果が見られる。	焼却残渣の全量資源化により大きな効果が見られる。	スラグ化により一定の効果が見られる。	
	指標	120	140	200	155
	順位	4	3	1	2
	費用対効果	-	5	1	2
エネルギー 回収量	消費エネルギーが小さいが、最終処分場でのエネルギー消費分セメント化よりも不利である。	消費エネルギーが小さく、外部供給量も大きく確保できる。	消費エネルギーが小さく、外部供給量も大きく確保できる。	溶融に使用するエネルギー消費の分不利になる。	
	指標	198	199	200	128
	順位	3	2	1	4
	費用対効果	1	2	3	4
温室効果ガス 排出量	エネルギー消費が小さく、エネルギー供給量も大きいため削減効果が大きい。	エネルギー消費が小さく、エネルギー供給量も大きいため削減効果が大きい。	エネルギー消費が小さく、エネルギー供給量も大きいため削減効果が大きい。	回収したエネルギーの一部を溶融エネルギーに使用するため、削減効果が小さくなる。	
	指標	200	200	200	182
	順位	3	2	1	4
	費用対効果	1	2	3	4
コスト	灰の資源化に係るコストが発生しないため、コスト的には最も有利である。	中間処理に係るコストは低い、セメント化に係るコストが若干増加する。	中間処理に係るコストは低い、セメント化に係るコストが大きく増加する。	中間処理に係るコストは大きく増加するが最終処分にかかるコストは低下する。	
	指標	200	194	99	97
	順位	1	2	3	4
合計	コスト面で非常に優れているが、リサイクル率の向上や最終処分量の削減の点で優位性が全く無い。	リサイクル、最終処分率の面では若干劣るものの、コストが低く、総合的にB2cにつぐ効果が期待される。	コストを除く指標で最も優れており、費用対効果にも優れている。	リサイクル率や最終処分率については、B2cに次ぐ効果が期待されるものの、CO2やエネルギー回収面で不利となる。	
	指標	818	893	899	731
	順位	3	2	1	4

(5) 最終処分

① 最終処分場の残余量

印西地区環境整備事業組合最終処分場の残余量と現状のまま推移した場合の最終処分量の推移について試算した結果を下図に示す。

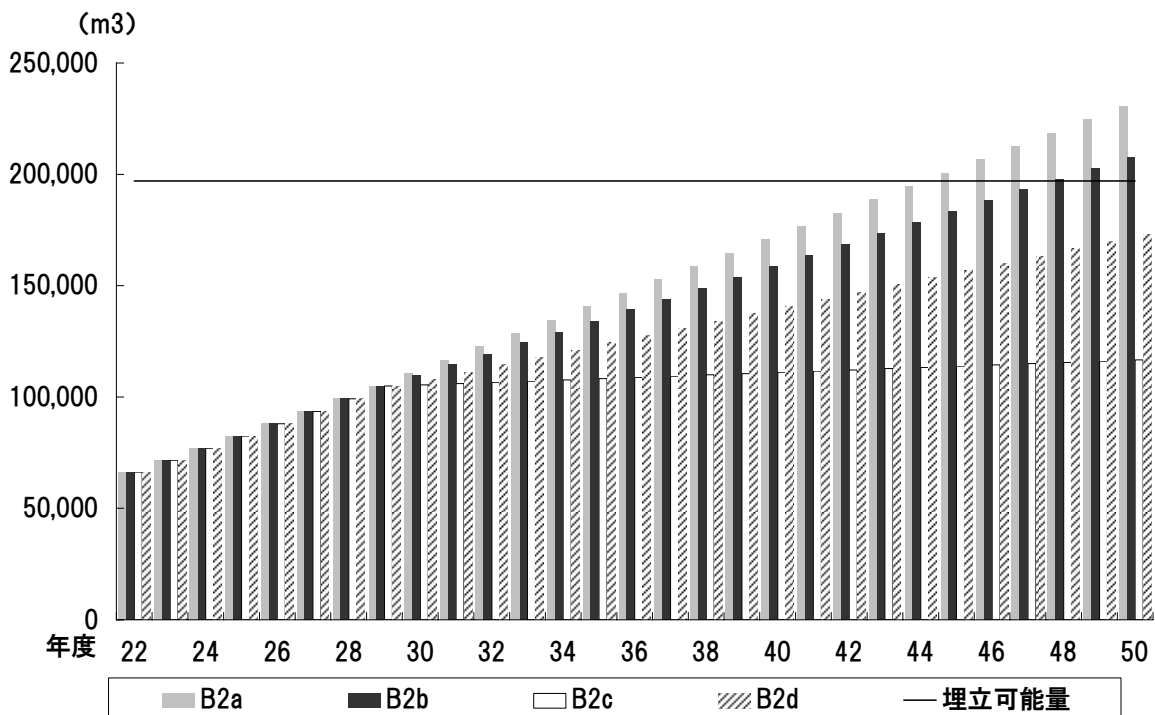
よって、現状のまま推移した場合、平成 45 年度頃に埋立完了となることが推測される。



※平成 41 年度以降は、平成 40 年度のごみ量そのまま推移したと仮定した場合

② 各シナリオ適用時の処分場残余量の推移

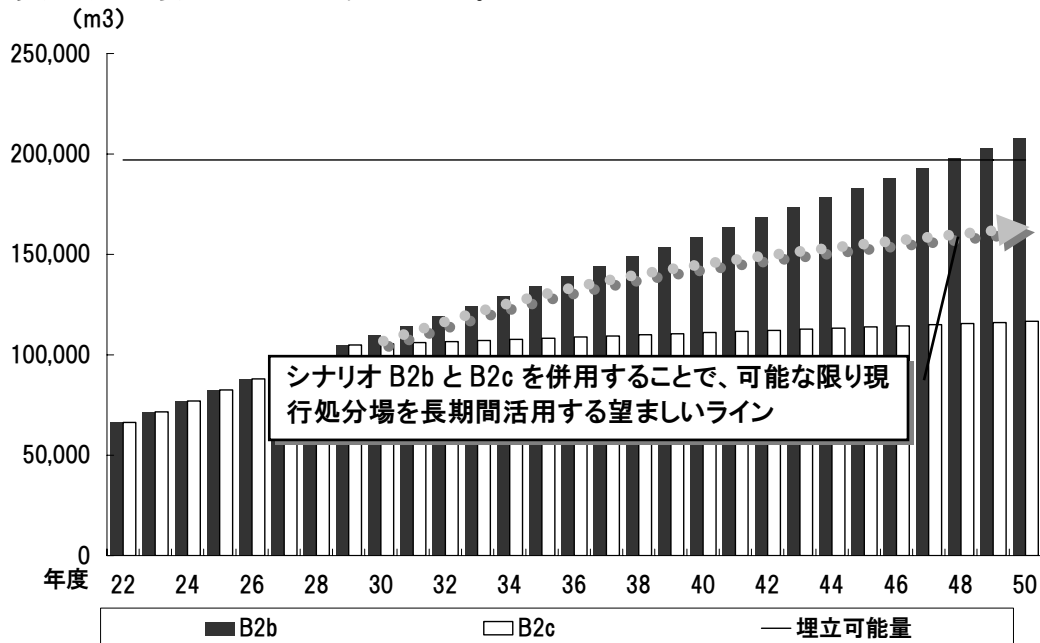
さらに、前項までに検討した 4 種類のシナリオについて、各シナリオを適用した場合の累積埋立量と処分場の残余量の関係について下図に示す。シナリオ B2c (全量セメント化)、B2d (スラグ化) は平成 50 年度以降も埋立が可能となることが予測される。



③ シナリオ B2b（飛灰のみセメント化）とシナリオ B2c（全量セメント化）の併用

前頁の予測結果では、シナリオ B2b（飛灰のみセメント化）は平成 48 年頃に埋立が完了することとなり、平成 30 年度から稼動する新システムの稼動期間（20～30 年）内に最終処分場の整備が必要となる。

そのため、経済性に優れるシナリオ B2b（飛灰のみセメント化）を基本とし、最終処分場の残余量と外部委託単価などの社会情勢を勘案しつつ、必要に応じて主灰のセメント化を段階的に取り入れていく「シナリオ B2b（飛灰のみセメント化）と B2c（全量セメント化）の併用」が最も現実的かつ妥当であると考えられる。



（参考）段階的に主灰の資源化を行った場合のケーススタディ

■ 計算条件

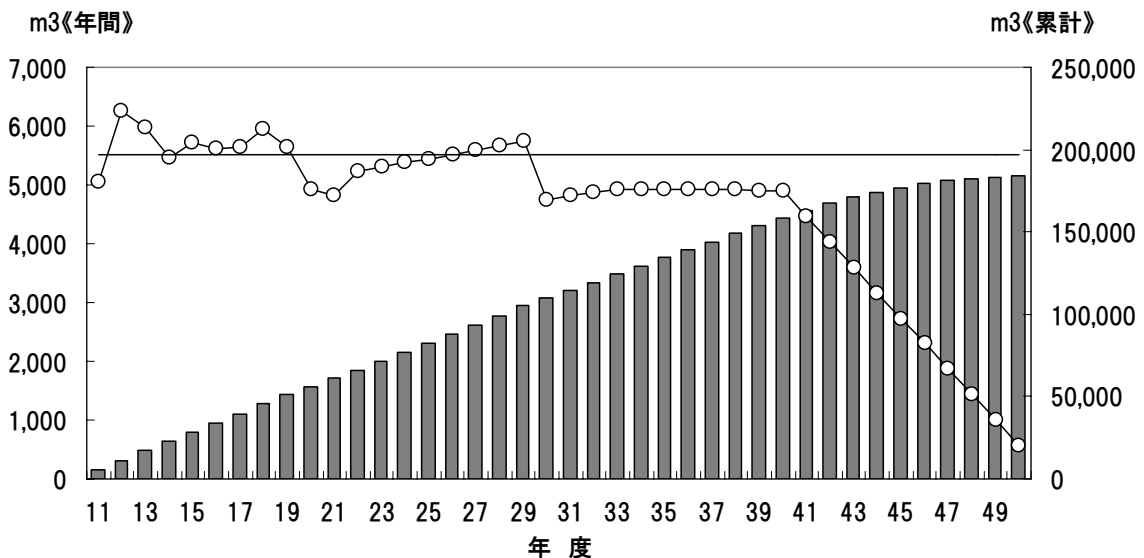
- ・平成 30 年度から全量飛灰の資源化を実施
- ・平成 41 年度から年 10% ずつ段階的に主灰の資源化量を増加させる

■ 試算結果

①平成 50 年度での覆土を除いた埋立対象物の残余量：13,122m³

②平成 50 年度の埋立量：558m³（不燃残渣のみ）

⇒平成 50 年度末時点での残余年数＝13,122m³/558m³＝約 23 年

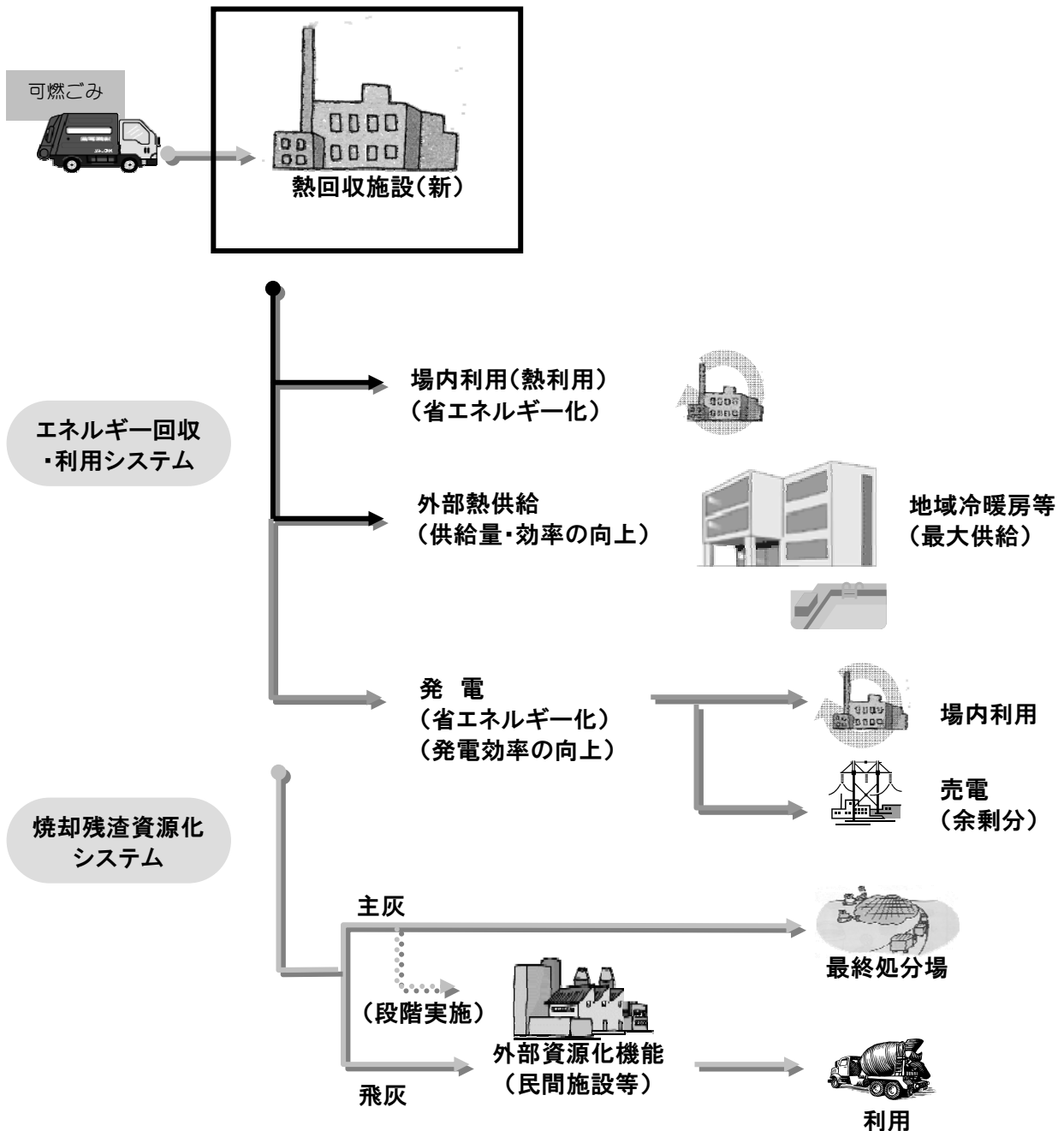


(6) まとめ

- ① エネルギーの有効利用の観点から、熱回収施設には溶融機能を整備しないシナリオ B2a(全量埋立)、B2b(飛灰のみセメント化)、B2c(全量セメント化)が有利と考えられる。
- ② リサイクル率向上・最終処分量削減により、最終処分場を有効に活用していく観点から、本地域においてはシナリオ B2b(飛灰のみセメント化)あるいは B2c(全量セメント化)が適していると考えられる。
- ③ シナリオ B2b(飛灰のみセメント化)とシナリオ B2c(全量セメント化)は中間処理施設(熱回収施設)の構成は同様であることから、将来的な状況を勘案して、シナリオの変更・調整が可能である。
- ④ ③の理由から、施設整備ではなく、外部機能を活用した焼却残渣の資源化を行うことで、将来の状況変化や最終処分場の残余量を勘案しながら、最適化を図ることが可能となる。
- ⑤ 本検討においては、焼却残渣の外部資源化機能としてセメント化を想定したが、エコセメント、普通セメント、民間施設でのスラグ化およびその他の資源化方法などが現在確立されつつあるが、民間施設を活用する場合は経済性と安定稼動を考慮し、必要に応じて複数の資源化ルートを確保していくこととする。

■ごみ処理基本システム・熱回収施設整備の基本方針

- ① コストおよび費用対効果に優れる、熱回収施設による全量処理を基本とする。
- ② 温室効果ガスの削減およびエネルギーの回収・利用を目指し、熱利用を最大限活用し、発電を併用するシステムを構築する。
- ③ 焼却残渣の資源化については、最終処分場の残余年数から、自己施設での資源化ではなく、多様な技術手法や経年的な情勢変化に柔軟かつ安定的に対応可能な外部機能(民間)を活用した資源化システムを構築する。



8. コンセプト案（更新）

前頁までの内容を踏まえ、「第7回検討委員会資料3」の更新を行うと次のとおりとなる。

■印西地区次期中間処理施設整備コンセプト案

コンセプトA

「地域特性」を活用する先進的な資源循環システムの構築

地域の特性を生かした「エネルギー利用システム」を継続・発展させるとともに、外部機能の有効活用を基本とし、先進的なごみ処理システムの確立を目指します。

コンセプトB

「地球環境」と「地域還元」を両立するバランスのとれた模範的都市施設の実現

費用対効果の最大化を目指すと同時に、枯渇性資源の消費抑制や低炭素社会への貢献を目指し、地球環境と地域還元を両立する、これからの社会に対して模範的となる都市施設の実現を目指します。

コンセプトC

「安心・安全」の確保と災害時にも対応可能な処理機能の構築

通常時はもとより、震災などにより発生した災害廃棄物にも対応可能な処理機能を有する都市施設を目指していきます。