

平成21年度 財団法人JKA補助事業
循環型社会における3Rに関する調査研究

ごみ焼却灰リサイクルの温室効果ガス排出削減・ ライフサイクル管理に関する調査研究

—民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究（その2）—

報 告 書

平成22年3月

財団法人クリーン・ジャパン・センター

KEIRIN



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

はじめに

わが国の一般廃棄物（ごみ）の最終処分量は、中間処理やリサイクルの進展などにより、毎年、減少しています。しかし、その内訳をみると、直接最終処分は確実に減少していますが、ごみ焼却灰（焼却残渣）の最終処分量は微減傾向に止まっており、一般廃棄物（ごみ）の最終処分量全体の60%を超える状況となっています。従って、わが国の一般廃棄物（ごみ）の最終処分量の削減の課題は、ごみ焼却灰をいかにリサイクルするかということに焦点が絞られているとも言えます。

行政もまたこのような認識のもとで、ごみ焼却灰を溶融しスラグ化することによりごみ焼却灰のリサイクルを行うことを推進してきましたが、実際には、生産されたスラグのリサイクルが進まないなどの課題を抱えている自治体も多く存在します。

ごみ焼却灰の抱えるこうした問題の解決を目指して、財団法人クリーン・ジャパン・センターでは、平成19年度に「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究」を実施しましたが、その後、自治体の皆様から、地球温暖化及びごみ焼却灰のライフサイクル管理について自治体施設と民間施設とを含めた総合的な調査研究が更に必要であるとの声が多く寄せられました。

そこで前回に引き続き、山田 優 大阪市立大学名誉教授に委員長をお願いし、ごみ焼却灰のリサイクルに造詣の深い方々に、委員にご就任いただき、ごみ焼却灰リサイクルの温室効果ガス排出削減・ライフサイクル管理について調査研究し、本報告書を取りまとめました。

また、自治体・民間施設が公表している資料の他、多くの関係者から貴重な情報をご提供いただきました。

山田委員長、委員及びご協力頂いた自治体・民間施設の皆様に心から御礼申し上げます。

平成22年3月

財団法人クリーン・ジャパン・センター

ごみ焼却灰リサイクルの温室効果ガス排出削減・ライフサイクル管理に関する調査研究委員会

委員名簿

(敬称省略、順不同)

(委員長)

山田 優 大阪市立大学 名誉教授

(委員)

小野田 弘士 早稲田大学環境総合研究センター 准教授

小林 幹男 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 特別顧問

栗原 英隆 社団法人全国都市清掃会議 技術部長

加藤 秀和 財団法人国際資源大学校 教学長

坪井 晴人 社団法人日本産業機械工業会 エコスラグ利用普及センター 企画推進部長

石森 正樹 太平洋セメント株式会社 環境事業カンパニー営業部営業企画グループ
原料化チームリーダー

角田 芳忠 株式会社タクマ エンジニアリング統轄本部企画・開発センター
東京技術企画部長

塚原 正徳 日立造船株式会社 営業企画部技術情報グループ グループ長

平山 清 荏原環境プラント株式会社 O&M事業本部長期包括事業統括部 副統括部長

(オブザーバー)

正影 夏紀 経済産業省 産業技術環境局リサイクル推進課 課長補佐

(事務局)

名木 稔 財団法人クリーン・ジャパン・センター 企画調査部長

勝畑 重明 株式会社循環社会研究所 主任研究員

村山 彰啓 株式会社循環社会研究所 主任研究員

大久保 伸 株式会社循環社会研究所 研究員

目 次

1. 調査研究の概要	1
1.1 調査研究の目的	1
1.2 調査内容	1
1.3 調査結果の概要	1
1.3.1 ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析	1
1.3.2 製品品質確保及び有害物質削減のためのごみ焼却灰ライフサイクル管理に関する調査	4
1.3.3 ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ	5
1.3.4 ごみ焼却灰リサイクル手法の調査	7
1.3.5 ごみ焼却灰リサイクルに関する基礎的情報の整理	7
2. ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析	9
2.1 調査の目的	9
2.2 算出・比較分析の枠組み	9
2.2.1 対象とする温室効果ガス	9
2.2.2 対象とすごみ焼却灰	9
2.2.3 対象とする技術	9
2.2.4 プロセスとシステム境界	10
2.2.5 二酸化炭素排出量の基本的な捉え方	10
2.2.6 二酸化炭素排出量算出モデル	11
2.3 モデル別二酸化炭素排出量の算出・比較分析	14
2.3.1 モデル別二酸化炭素排出量の定義	14
2.3.2 モデル別二酸化炭素排出量の算出方法	15
2.3.3 モデル別二酸化炭素排出量の算出・比較分析	17
2.3.4 二酸化炭素排出量比較分析のための参考データ	30
2.3.5 輸送による二酸化炭素排出量の算出	33
3. 製品品質確保及び有害物質削減のためのごみ焼却灰ライフサイクル管理に関する調査	39
3.1 製品品質管理に関する調査研究	39
3.1.1 製品の品質規格等の整理	39
3.1.2 セメント化における品質管理	42
3.1.3 溶融における品質管理	42
3.1.4 焼成における品質管理	49
3.2 有害物質管理に関する調査研究	52
3.2.1 溶融スラグの有害物質基準の整理	52
3.2.2 セメントにおける有害物質管理事例(太平洋セメント株式会社)	53
3.2.3 溶融(自治体)における有害物質管理	53
3.2.4 溶融(民間)における有害物質管理(メルテック株式会社)	54
3.2.5 溶融(民間)における有害物質管理(中部リサイクル株式会社/大有建設株式会社)	56
3.2.6 焼成における有害物質管理(株式会社埼玉ヤマゼン)	57
3.2.7 山元還元における有害物質管理(光和精鉱株式会社)	60
3.3 ごみ焼却灰ライフサイクル管理に関するまとめ	60
3.3.1 製品品質・品質管理(物理的品質)	60

3.3.2	有害物質管理.....	62
4.	ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ	65
4.1	ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ	65
4.2	民間有効利用施設を利用する上での留意事項	68
4.2.1	安全性(リスク)	68
4.2.2	受入制約・弾力性	68
4.2.3	リサイクル品の品質・用途・市場性	69
4.2.4	受入箇所・受入能力	69
4.2.5	温室効果ガス排出量	69
4.2.6	コスト	69
4.2.7	その他	70
4.2.8	まとめ	71
4.3	民間有効利用促進の課題	71
4.3.1	塩の除去について	71
4.3.2	鉛等の除去について	72
4.3.3	市町村の焼却施設の更新に向けて	73
4.3.4	焼却灰の資源循環	74
5.	ごみ焼却灰リサイクル手法の調査	75
5.1	建設資材への直接利用事例(欧州)	75
5.1.1	オランダ	75
5.1.2	ドイツ	76
5.1.3	フランス	76
5.2	混合セメント化利用研究事例(鹿児島県)	77
5.3	造粒化によるリサイクル製品開発事例(沖縄県)	77
6.	ごみ焼却灰リサイクルに関する基礎的情報の整理	79
6.1	ごみ焼却灰リサイクル施設の全国分布状況	79
6.1.1	ごみ焼却灰の民間有効利用施設の全国所在地	79
6.1.2	熔融飛灰の民間有効利用施設の全国所在地	79
6.2	自治体におけるごみ焼却灰の処理の現況	82
6.2.1	調査の概要	82
6.2.2	ごみ焼却灰の処理状況(平成 20 年度実績値)	82
6.2.3	ごみ焼却灰の処理経費状況(平成 20 年度実績値)	82
6.3	ごみ焼却灰リサイクルでの民間施設における受け入れ・品質管理の状況	105
6.3.1	調査方法	105
6.3.2	受け入れ・品質管理状況のまとめ	105
7.	資料	115
7.1	プロセス別二酸化炭素原単位及びプロセス物質収支の算出	115
7.1.1	二酸化炭素排出量算出のための基礎データの収集	115
7.1.2	プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出方法	116
7.1.3	プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出結果	120
7.2	セメント製造プロセス及び山元還元プロセスにおける二酸化炭素排出原単位算出の考え方	156

7.2.1	セメント製造プロセス.....	156
7.2.2	山元還元プロセス.....	160
7.3	骨材規格の整理.....	163
7.3.1	建設資材としての品質基準の整理.....	163
7.3.2	道路用骨材規格.....	167
7.3.3	コンクリート用骨材規格.....	176
7.3.4	秋田県熔融スラグ使用基準.....	188

1. 調査研究の概要

1.1 調査研究の目的

わが国の一般廃棄物(ごみ)の最終処分量は、中間処理の普及などにより、経年的に減少している。しかし、その内訳をみると、最終処分量の過半を占めるごみ焼却灰は微減傾向に止まっており、最終処分量をさらに削減するためにはごみ焼却灰対策が不可欠となっている。

ごみ焼却灰の抱えるこうした問題点の解決を目指して、平成19年度に「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究」を実施したところである。この調査研究において、ごみ焼却灰の有効利用を促進する民間施設の概要及び促進シナリオを提示した。

本調査研究は、これに地球温暖化対策及び焼却灰のライフサイクル管理の視点を盛り込み、平成19年度調査をさらに深化させることで、民間施設の有する特質を活かしたより有益な「ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ」を調査研究するものである。

1.2 調査内容

本調査研究では、次の事項について調査を行う。

- ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析
- 製品品質確保及び有害物質削減のためのごみ焼却灰ライフサイクル管理に関する調査
- ごみ焼却灰有効利用促進シナリオ
- ごみ焼却灰リサイクル手法の調査
- ごみ焼却灰リサイクルに関する基礎的情報の整理

1.3 調査結果の概要

1.3.1 ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析

(1) 二酸化炭素排出量算出モデル

次のとおり、複数の二酸化炭素排出量算出モデルを設定し、二酸化炭素排出量の算出及び比較分析を行った。

- モデル A-1: 溶融(電気式)(自治体) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-2: 溶融(燃料式)(自治体) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-3: 溶融(電気抵抗式)(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-4: 溶融(コークスベッド式)(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A'-1: 溶融(電気式)(自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)

- モデル A'-2: 熔融(燃料式)(自治体) + 熔融飛灰山元還元(民間)
- モデル A'-3: 熔融(電気抵抗式)(民間) + 熔融飛灰山元還元(民間)
- モデル A'-4: 熔融(コークスベッド式)(民間) + 熔融飛灰山元還元(民間)
- モデル B-1: 主灰焼成(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)
- モデル C-1: 飛灰水洗(民間) + セメント化(民間)
- モデル C-2: 主灰セメント化(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)
- モデル D-1: 埋立処分(自治体)(浸出水処理期間 7 年間)
- モデル D-2: 埋立処分(自治体)(浸出水処理期間 30 年間)
- モデル D-3: 埋立処分(民間)(浸出水処理期間 7 年間)
- モデル D-4: 埋立処分(民間)(浸出水処理期間 30 年間)

(2) モデル別二酸化炭素排出量のまとめ

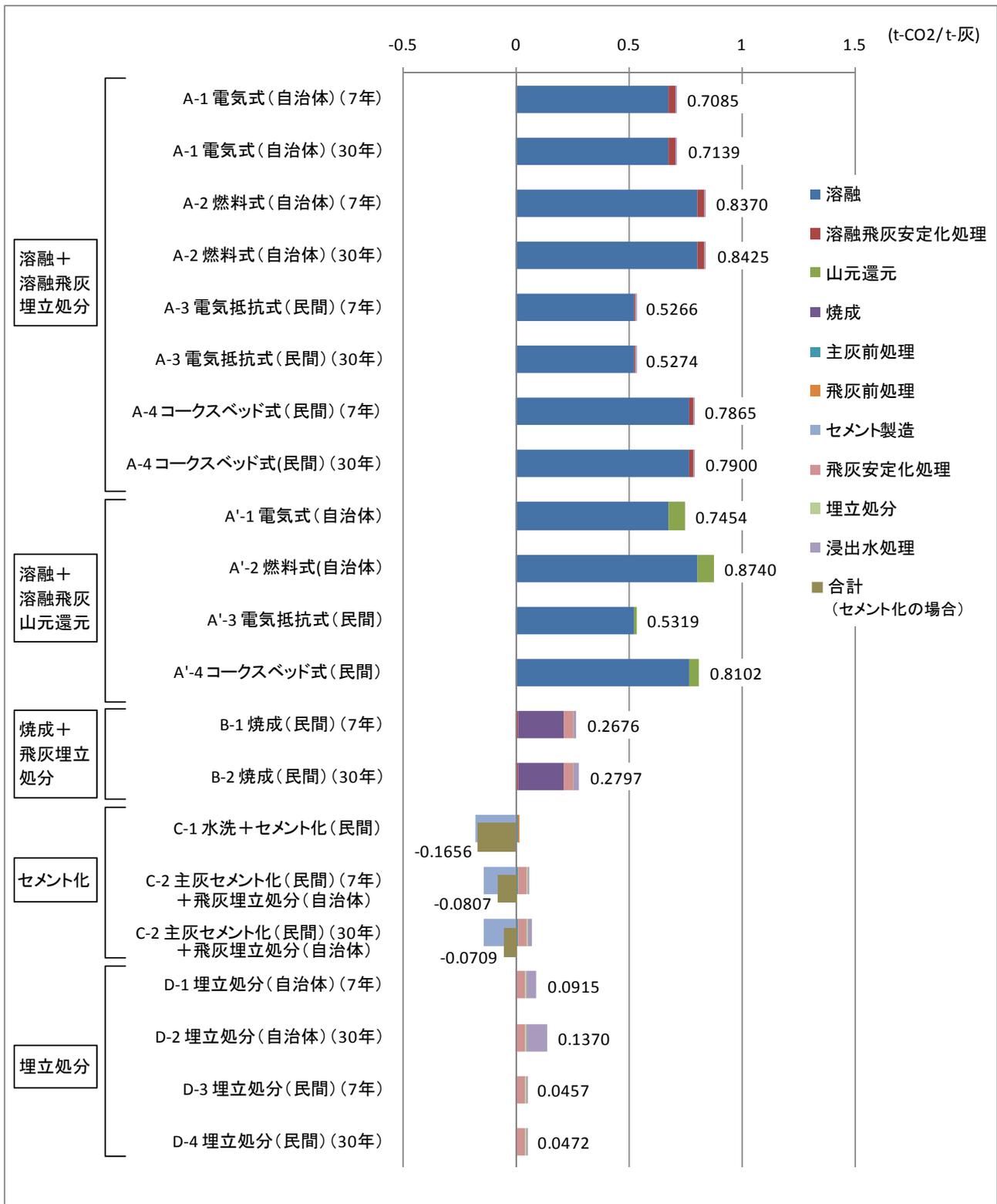
算出モデル別の二酸化炭素排出量の算出結果は図表 1-1 のとおりである。

なお、セメント化がマイナスとなっているのは、セメント化における二酸化炭素排出量が、焼却灰を原材料としない製造方法と焼却灰を原材料の一部とする製造方法とを比較し、それぞれの二酸化炭素排出量の差をセメント化の排出量としていることに起因する。(「2.2.5 (1) 基本的な算出方法」(p.10) のとおり)

セメント化では、セメントの一原料である石灰石は、焼却灰中に含まれるカルシウム分(CaO)によりその一部が代替されることで使用量が減少し、また、セメント製造の際の燃料である石炭は、石灰石の使用量削減によりその分解熱相当量が減少することになる(詳細は「7.2 セメント製造プロセス及び山元還元プロセスにおける二酸化炭素排出原単位算出の考え方」(p.156) 参照)。一方、焼却灰中の塩分や金属片等除去のための前処理ならびにセメント製造の際に焼却灰から発生する塩素の除去に要するエネルギー等は増加することになる。両者のバランスから、二酸化炭素排出量の減少分が増加分を上回っているため、全体としてマイナスとなった。

なお、山元還元では、受入比率により求めた一般廃棄物由来の熔融飛灰に相当するユーティリティ量(エネルギー及び副資材等)に基づき二酸化炭素排出量を算出している。したがって、上記セメント化とは算出の考え方が異なる点、留意が必要である。

図表 1-1 モデル別二酸化炭素排出量のまとめ(グラフ)



※ 「浸出水処理 7年」及び「浸出水処理 30年」は埋立完了後の浸出水処理期間を示す。
 なお、モデル A-1～A-4、B-1～B-2、C-2 における埋立処分は「自治体」プロセスであることに留意のこと。

1.3.2 製品品質確保及び有害物質削減のためのごみ焼却灰ライフサイクル管理に関する調査

(1) 製品品質管理

(ア) セメントの品質管理

原材料としてのごみ焼却灰の有無にかかわらず JIS 規格を満たすように原材料管理を行ってセメントを製造している。最終的には製品として広く流通し、建設資材として使用する上での制約はない。

(イ) 骨材としての溶融スラグの品質管理

JIS 規格を満たすよう原材料が配合され、及び製造工程で管理され生産された溶融スラグは天然骨材、再生骨材と遜色はないが、一般に他の骨材と混合して用いられ、配合率上の制約がある。

自治体溶融施設の場合、ごみの安定処理が第一優先となるため、骨材としての品質管理を実施しにくいところがあるが、JIS 規格の認証取得の動きが出始めている。

○ 骨材利用の需給状況(付随的課題)

JIS 規格を満たす品質にも関わらず公共工事での溶融スラグ利用に消極的な自治体が多い。溶融スラグの需要拡大のためには、自治体の意識と発注の仕組みの変革が必要である。一方で、溶融施設の処理能力の面から、自治体が積極利用すれば需要量が供給量を超過する懸念がある。

(ウ) 焼成物の品質管理

セメントや溶融スラグと異なり、焼成については JIS 規格がないため、天然骨材(砕石)などの規格を準用して製造者が自主的・任意の検査を行い品質管理する例が見られる。また、国や都道府県などが定める骨材規格等の認証を取得するなどにより公的基準を満たす努力がなされている。

ただし、焼成物単体では強度等が不足するため、再生砕石等他の骨材に一定割合を混合することで、再生骨材(RC)等としての品質基準を満たしている。

(2) 有害物質管理

(ア) ごみ焼却灰発生段階での有害物質管理

有害物質を基準値以下に確実に分離・除去することができないリサイクル手法も存在するため、また、有害物質のリスクを低減するため、ごみ焼却灰を製品原材料として有効利用するには、含まれる重金属等有害物質を発生源でできるだけ除去する仕組みが不可欠である。焼却灰中の有害物質情報をごみ処理の上流側にフィードバックし、焼却対象ごみから有害物質を事前に排除することにより、焼却灰の有害性を低減する仕組みが求められる。

(イ) ごみ焼却灰リサイクルにおけるトレーサビリティの確保

自治体は、ごみ焼却灰リサイクルを民間委託する場合、または製造した溶融スラグを自ら有効利用する場合には、安全性や信頼性がきちんと確保できることに加え、使用後もきちんとトレーサビリティが確保できるよう、ライフサイクル管理を行うことが必要と考えられる。

(ウ) セメントでの有害物質管理

製品であるセメントの規格が満たせるよう、焼却灰を含めた原材料全般について、各工場での重金属等の除去・封じ込め能力に応じた成分管理が行われている。

(エ) 自治体溶融施設での有害物質管理

自治体溶融施設はあくまでごみ処理システムの一部であり安定処理が最優先であるため、生成する溶融スラグ中の重金属等の低減対策を積極的に行っているとは言えない。

(オ) 民間溶融施設での有害物質管理

JIS 規格等製品品質に照らし、各施設で重金属等の分離・濃縮を考慮し原材料の配合・成分調整を行っている。

(カ) 民間焼成施設での有害物質管理

それぞれの施設で定めた受入基準に基づき、焼却灰の受け入れ可否を判断している。焼成温度は溶融温度よりも低く有害物質が除去されにくいことから、受け入れ基準値は溶融よりも厳しいものとなっている。焼成物については JIS 規格が存在しないため、たとえば土壤環境基準値等を準用し、各施設で重金属等の分離・濃縮を考慮し原材料の配合・成分調整を行っている。

1.3.3 ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ

(1) まとめ

ごみ焼却灰の有効利用を促進するために、市町村の置かれている状況(立地条件、最終処分場の確保など)に応じて、安全性(リスク)、リサイクル品の品質・用途・市場性、温暖化対策、コストの側面を総合的に判断して民間施設の有効利用を図っていくべきである。

ごみ焼却灰の有効利用を促進するために、安全性(リスク)、リサイクル品の品質・用途・市場性、温暖化対策、コストについて留意事項をまとめた。

これらの要因のうち、安全性(リスク)やリサイクル品の品質・用途・市場とコストはトレードオフの関係になっていることに留意する必要がある。また、温室効果ガスについては今後重要な要因となってくると考えられるが、市町村の置かれている状況により、様々な観点から総合的に判断する必要がある。

図表 1-2 民間有効利用施設(民間)に係る留意事項(トレードオフ)のまとめ

項目	セメント化	焼成	溶融(民間)	cf.溶融(自治体)
安全性(リスク)	◎	△	◎	○
受入制約・弾力性	○	○	◎	—
リサイクル品の品質・用途・市場性	◎	△	○	△
受入箇所・受入能力	○	△	△	—
温室効果ガス排出量	◎	○	△	×～△
コスト	○	◎	△	×～△

※◎、○、△、×は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

(2) 民間有効利用促進の課題

(ア) 塩の除去について

自治体の焼却施設では排ガス処理として消石灰を噴霧し、その中和物は飛灰として最終処分されており、最終処分場では焼却灰中の塩の処理に苦慮している。浸出水中に溶けこんだ塩類（塩化カルシウム等）は、通常の浸出水処理施設では除去できないため放流されているのが一般的であり、民間有効利用施設を活用し、埋立処分対象物の塩濃度をできるだけ低減化することが望ましいと考えられる。

民間有効利用施設においても、塩濃度の高い原料（焼却飛灰）は適さない。塩類の多い焼却飛灰は、水洗処理後、排水は海洋放流し、洗浄灰を原料として利用することが望ましい。

(イ) 鉛等の除去について

焼却灰中の鉛が熔融スラグに混入し、熔融スラグの利用に支障をきたしている例がある。

鉛を多く含む製品の一般廃棄物としての受入れを厳格に管理し、一般廃棄物中の鉛を低減する方策を今後進めていくべきである。一般廃棄物中に混入する鉛含有製品は、特定されていないのが実情であるが、まれに混入される鉛蓄電池などが原因と考えられている。上流側での搬入ルールを徹底していくことにより、下流側のリサイクルが容易になる。

(3) 市町村の焼却施設の更新に向けて

市町村の焼却施設の更新に向けて、いくつかの新たな視点を考慮する必要がある。

(ア) 市町村の選択肢の増加

現行のごみ処理施設整備交付金制度では、市町村の裁量によって、焼却灰の処理方法を選択することが可能となっている。有効利用のための施設を市町村自ら保有せず、民間に委託することも可能となっている。

(イ) 市町村の資源化の限界・民間企業の活用

市町村は廃棄物処理法により安全に処理することが求められているが、製品の用途開発まで行うことは本来の適正処理の範疇の外側にあり不得手な分野である。民間企業の方が、製品を有効利用する際、再生事業者と利用事業者がビジネスとして協力し合うなど実行しやすい側面がある。

(ウ) 広域処理の観点

民間施設は、広域処理が可能であり、処理能力に見合った量を様々な市町村から調達し、スケールメリットを最大限に活用することができ、効率的な施設運営が可能である。

一方、広域処理を行う場所において廃棄物が集中することへの配慮も必要である。そのために、二次公害の発生防止や循環型社会構築に貢献していることの啓発に加え、排出する側の市町村が再生物を積極的に購入するなど、廃棄物の集中により発生する地域間の不公平を緩和するための方策も必要である。

(エ) 持続的な受入体制の確保

現在は受け入れているが、将来的にも継続的に受け入れ可能なのかといった懸念により、民間委託を躊躇している自治体もあると考えられる。この懸念を解消するため、焼却灰受入可能な民間施設数の拡大、経営の安定など、持続的な受入体制を整備していくことが重要である。

1.3.4 ごみ焼却灰リサイクル手法の調査

(1) 建設資材への直接利用事例(欧州)

国により考え方や方針が異なるが、オランダ、ドイツ、フランスでは路盤材等建設資材として、積極的に都市ごみ焼却灰を直接利用している。

オランダでは都市ごみ焼却灰を2つのカテゴリーに分類し、利用時の管理の方法を定めている。

ドイツでは再生材の排出量と配合量とにより6段階に区分し管理しており、ごみ焼却灰は技術的保全措置を施したうえで利用可能となっている。

フランスでは3段階に区分し管理している。

いずれも、都市ごみ焼却灰に数週間～3ヶ月程度のエージングを施したのち、定められた管理方法のもとで直接利用している。

(2) 造粒化によるリサイクル製品開発

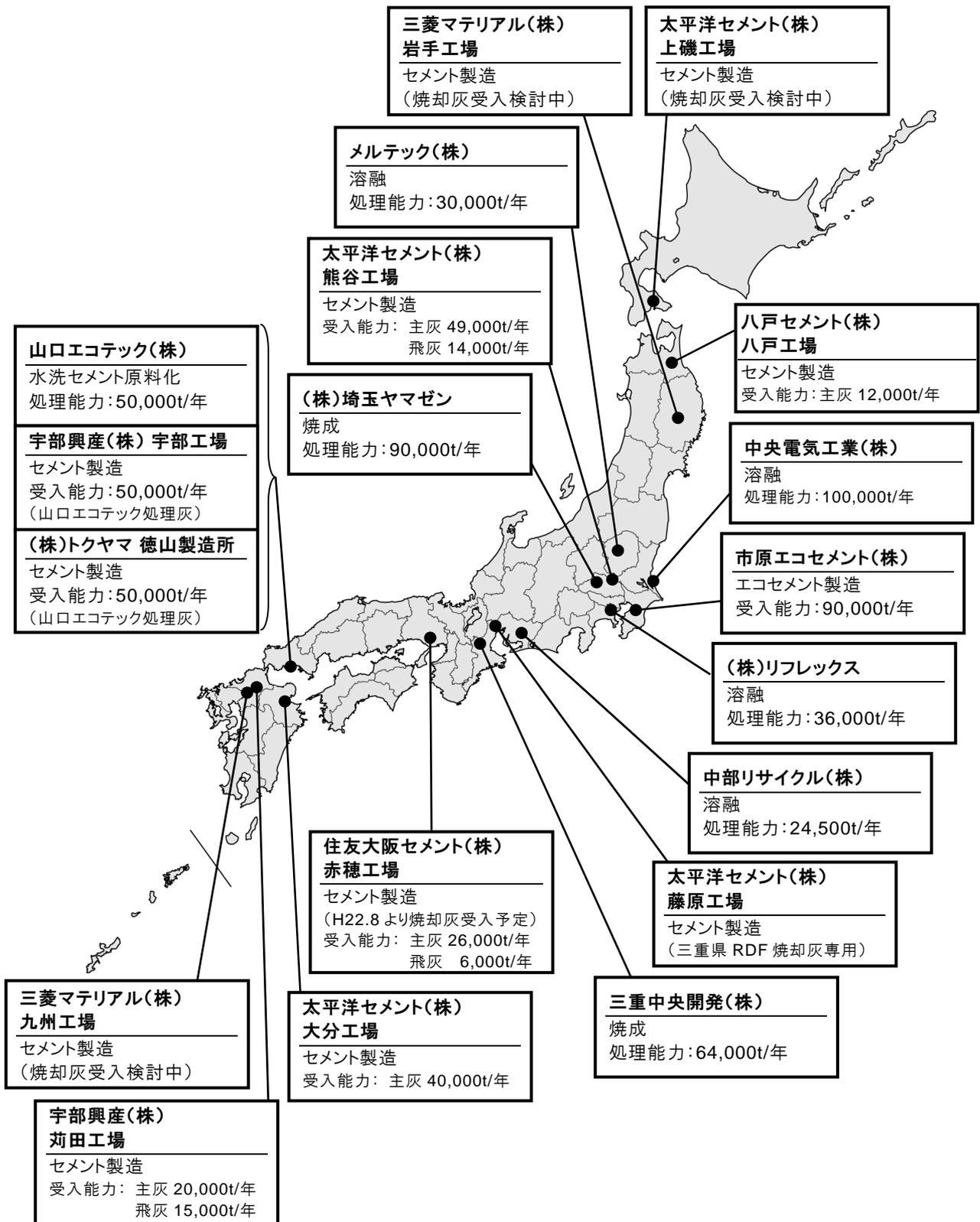
焼却灰を特殊硬化材とセメント系混和材で安定無害化し造粒した後、養生期間を経て、路盤材や骨材として利用するものである。本調査研究で技術評価は行っていない。沖縄県で実稼働中であるが、これは最終処分場を持たない自治体が緊急避難的、市の施設が稼働するまでの暫定措置として採用している。

1.3.5 ごみ焼却灰リサイクルに関する基礎的情報の整理

(1) ごみ焼却灰の民間有効利用施設の分布

全国に分布するごみ焼却灰を有効利用できる民間施設は図表 1-3 のとおりである。(溶融飛灰の受け入れ施設については、「6.1.2 溶融飛灰の民間有効利用施設の全国所在地」(p.79)参照のこと。)

図表 1-3 ごみ焼却灰の民間有効利用施設の全国所在地(平成 22 年 3 月現在)



- ※ 焼却灰の処理量: 稼働中のセメント工場は「受入能力」として、セメント以外の施設は「処理能力」として表記している。
 なお、セメント工場の「受入能力」はセメント生産量からの算定値であり、灰水洗処理能力等による制約があるため、実際の受入能力とは異なる。
- ※ 宇部興産(株) 宇部工場及び(株)トクヤマ 徳山製造所は、山口エコテック(株)経由で水洗処理灰のみを受け入れ
- ※ 市原エコセメントは、主灰・飛灰・混合灰・溶融飛灰いずれも受入可。上記数値は一般廃棄物・産業廃棄物の合計値
- ※ 各社への聞き取り等により作成

2. ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析

2.1 調査の目的

地方公共団体がごみ焼却灰の処理方法を検討する際の基礎資料に資するため、ごみ焼却灰のリサイクル工程における温室効果ガス排出量を算出・比較する。

2.2 算出・比較分析の枠組み

2.2.1 対象とする温室効果ガス

温室効果ガスのうち特に影響が大きいと考えられる二酸化炭素のみを算出対象とする。

したがって、たとえば埋立処分される焼却灰中の未燃分(有機分)に起因するメタンガス(CH₄)など、二酸化炭素以外の温室効果ガスについては考慮しない。

2.2.2 対象とするごみ焼却灰

ごみ焼却施設で発生する焼却灰(主灰及び飛灰あるいは混合灰)を対象とする。

なお、「焼却灰」、「灰」、「主灰」、「飛灰」、「混合灰」、「熔融飛灰」、「乾灰」、「湿灰」といった用語を次のとおり使い分ける。

〈焼却灰に関する用語の定義〉

- 焼却灰：ごみ(一般廃棄物)焼却施設で発生する焼却残さ。主灰、飛灰、混合灰を特に区別しない場合に使用。
- 灰：焼却灰と同義で、特に「kWh/ t-灰」など単位に用いる。
- 主灰：焼却処理による残さとして取り出される灰。ボトムアッシュ。
- 飛灰：焼却処理における排ガス処理工程で捕集される灰。ばいじん。フライアッシュ。
- 混合灰：主灰と飛灰が混合された状態にある灰。
- 熔融飛灰：熔融工程における排ガス処理工程で捕集される、重金属が濃縮された灰。ばいじん。
- 乾灰：水分を含まない乾燥した状態の焼却灰。
- 湿灰：飛散防止等の目的で加湿された水分を含む状態の焼却灰。

2.2.3 対象とする技術

以下のごみ焼却灰リサイクル技術等を取り上げる。各技術等の具体的な内容については「7.1 プロセス別二酸化炭素原単位及びプロセス物質収支の算出」を参照のこと。

- 熔融(電気式(自治体)、燃料式(自治体)、電気抵抗式(民間)、コークスベッド式(民間))
- 焼成(民間)
- セメント化(民間)
- 山元還元(民間)(熔融飛灰を対象)

- 埋立(自治体)及び(民間)

これらに付随して、飛灰及び溶融飛灰の安定化処理(薬剤処理)についても取り上げる。

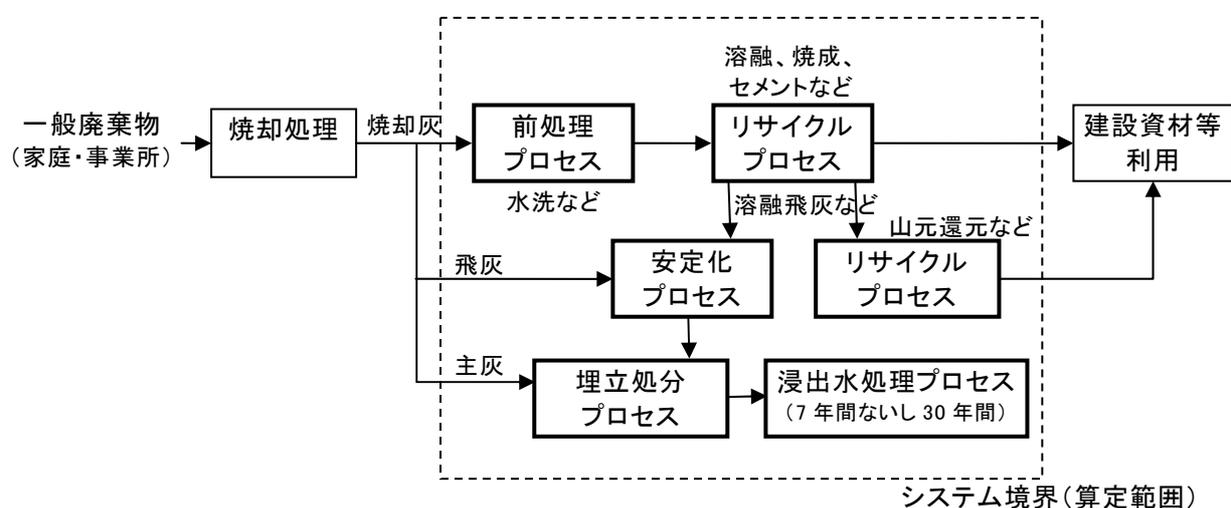
2.2.4 プロセスとシステム境界

(1) システム境界の考え方

焼却施設から排出されるごみ焼却灰は、一連のプロセスを経てリサイクルまたは埋立処分される。そこで、上記リサイクル技術等を「プロセス」として扱い、これらを組み合わせたリサイクルシステムを考える。

本分析では、二酸化炭素排出量の算出対象となるシステム境界を図表 2-1 のように設定する。焼却処理により発生する焼却灰をスタート、溶融、焼成、セメント、山元還元といったリサイクルプロセス、または埋立処分による浸出水処理プロセスをエンドとする。

図表 2-1 二酸化炭素排出量のシステム境界



※ 二酸化炭素排出量算出モデル(後述)によっては構成要素とならないプロセスも記述している。

なお、システムが生成するリサイクル材の利用による天然材の節減効果、いわゆる「代替効果」の扱いについては、「2.2.5 (2) 代替効果の考え方」で説明する。

2.2.5 二酸化炭素排出量の基本的な捉え方

(1) 基本的な算出方法

次の考え方により、二酸化炭素排出量を算出する。

- 二酸化炭素排出量は、後述する複数の「二酸化炭素排出量算出モデル」について算出する。実際に稼働するプラントとは一部異なる場合がある。
- 各モデルの二酸化炭素排出量は、モデルを構成する各プロセスにおけるエネルギー及び物質の使用量に、二酸化炭素排出係数を乗じてプロセスごとの二酸化炭素排出量を計算し、これを合計することにより算出する。すなわち、図表 2-1 のシステム境界内の二酸化炭素排出量を算出する。
- この「システム境界内の二酸化炭素排出量」とは、各モデルの境界条件から直接排出される量のみではなく、境界条件内の各プロセスにおけるエネルギー及び物質の使用に伴い間接的に排出さ

れる量も含むものとなる。たとえば、他人から供給された電力などのエネルギーや物質の場合、これらの製造等の過程で発生した二酸化炭素排出量を含めて算出する。これらの間接的な排出量を含めて、算出に用いる二酸化炭素排出係数が決定されている。

- 各プロセスの二酸化炭素排出量を計算するためのエネルギーとは電力、ガスなど、物質とは用水、石灰石、排水処理用薬剤などである。これは、プロセス内の設備・機器等の稼働による使用量の他、これに付随する重機等の燃料使用量や管理のための事務所で電力使用量を含むが、設備・機器等の新設・増設等に関連する使用量は含まない。これらのデータは民間施設等へのアンケート調査やヒアリング調査により収集しているが、限られたデータである点、留意が必要である。
- セメント化においては、焼却灰を原材料の一部としてセメントを製造しているので、この原材料を使用してセメント1 tを製造する際に排出される二酸化炭素量を計算する。この値と、焼却灰を使用しないオリジナルの方法でセメント 1 t を製造する際に排出される二酸化炭素量との差を求め、この差を焼却灰からセメントを製造することにより排出される二酸化炭素排出量とする(7.2(p.156)参照)。
- 山元還元については、早稲田大学環境総合研究センター溶融飛灰資源化研究会による先行研究¹による二酸化炭素排出量を引用する。ここでは、受入比率により一般廃棄物由来の溶融飛灰に相当するユーティリティ量(エネルギー及び副資材等)を算出しているので、この値をそのまま用いる(7.2(p.156)参照)。溶融飛灰を投入する場合と投入しない場合の差を求める上記セメント化とは二酸化炭素排出量算出の考え方が異なる点、留意が必要である。
- 埋立処分については、埋立期間を 15 年間と想定する。また、埋立完了後の浸出水処理期間を 7 年間ないし 30 年間と見込む。
- 輸送距離及び輸送方法の際による二酸化炭素排出量については、算出モデルには含めず、別途試算する。

(2) 代替効果の考え方

埋立処分モデル以外のモデルでは、最終的にはごみ焼却灰を原材料とするリサイクル材が生成される。得られたリサイクル材を有効利用することにより天然材の利用量が節減でき、結果として、その分の二酸化炭素排出量の削減につながる。しかし、こうした、いわゆる「代替効果」は影響が少ないと考え、システム境界の外側に設定し、考慮しない。

なお、セメント化では、リサイクルプロセス(セメント製造プロセス)において、焼却灰がセメント原料である粘土や石灰石の一部を代替し、さらに石灰石の使用量が減少することにより石炭使用量が減少するので、この分、これら天然原材料の採取、加工等に起因する二酸化炭素排出量の削減につながる。しかし、上記同様、こうした「代替効果」は影響が少ないと考え、システム境界の外側に設定し、考慮しない。

2.2.6 二酸化炭素排出量算出モデル

複数プロセスで構成される二酸化炭素排出量算出モデルを設定し、二酸化炭素排出量の算出及び比較分析を行う。算出モデルは次の考え方にに基づき設定する。

- 焼却灰に含まれる金属片などの異物の処理に起因する二酸化炭素排出量は、セメント化を除く

¹「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成 20 年度 研究報告書」(平成 21 年 3 月、早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会)による光和精鉱(株)データによる二酸化炭素排出量を引用

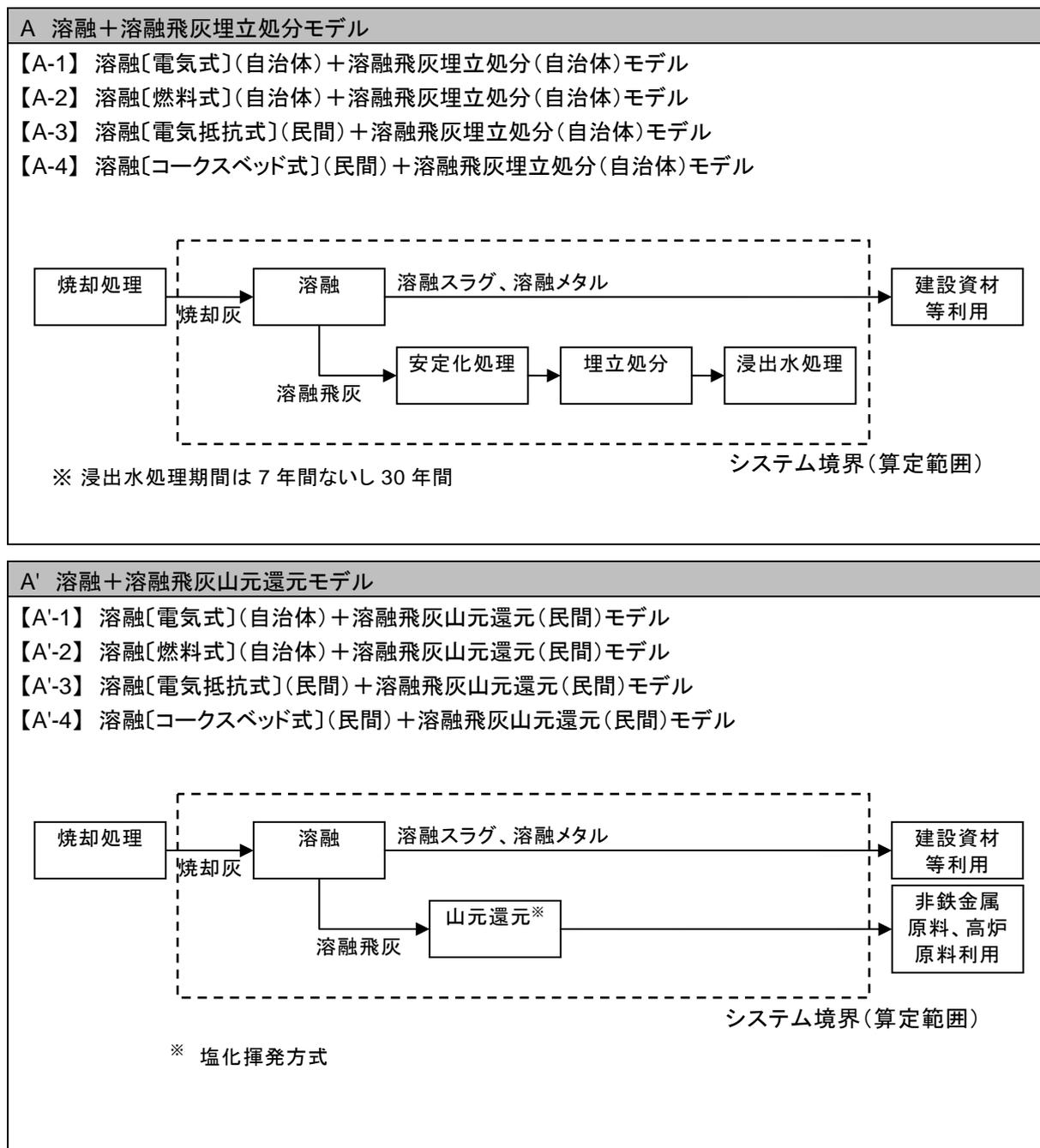
ずれのモデルにも共通すると考え、考慮しない。

- 飛灰の安定化処理などのために薬剤添加をすることによる生成物への影響(たとえば量の増加など)については微少と考え、考慮しない。

なお、いずれもモデルも二酸化炭素排出量算出のために設定したものであり、実稼働プラントの処理システムと一部異なる場合がある。

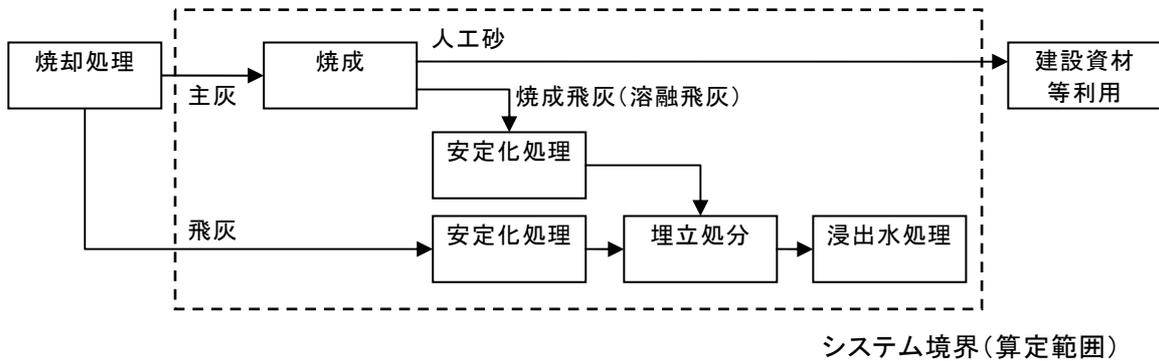
各モデルは図表 2-2 のとおりである。

図表 2-2 二酸化炭素排出量算出モデル



B 焼成+飛灰埋立処分モデル

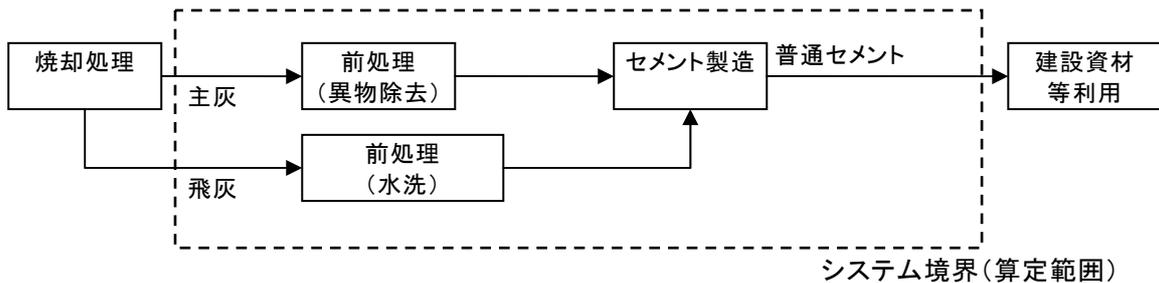
【B-1】 主灰焼成(民間)+飛灰埋立処分(自治体)モデル



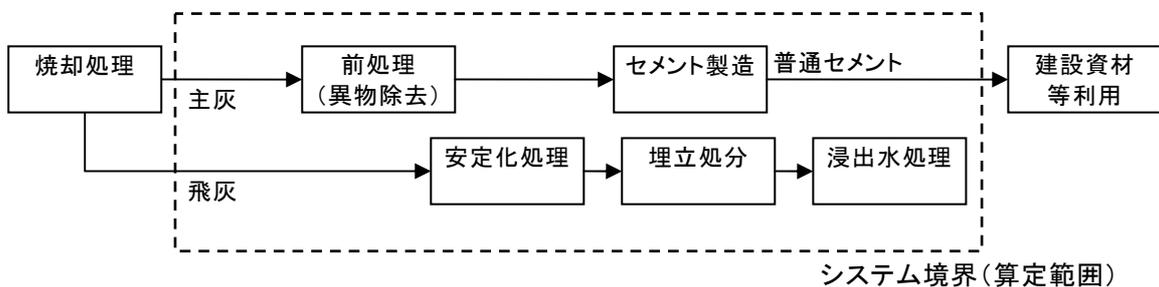
※ 浸出水処理期間は7年間ないし30年間

C セメント化モデル

【C-1】 飛灰水洗(民間)+セメント化(民間)モデル



【C-2】 主灰セメント化(民間)+飛灰埋立処分(自治体)モデル

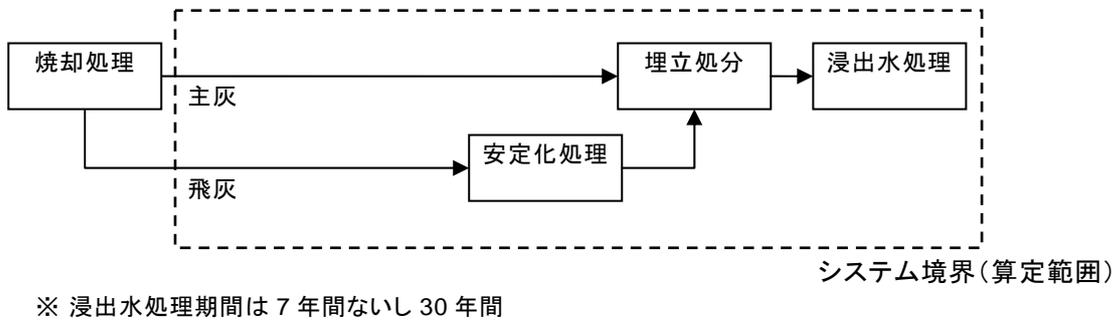


※ 浸出水処理期間は7年間ないし30年間

※ 「C セメント化モデル」中の「セメント製造」プロセスはポルトランドセメント製造プロセスを指す(エコセメントは含まない)。

D 埋立処分モデル

- 【D-1】 埋立処分〔7年間浸出水処理〕(自治体)モデル
- 【D-2】 埋立処分〔30年間浸出水処理〕(自治体)モデル
- 【D-3】 埋立処分〔7年間浸出水処理〕(民間)モデル
- 【D-4】 埋立処分〔30年間浸出水処理〕(民間)モデル



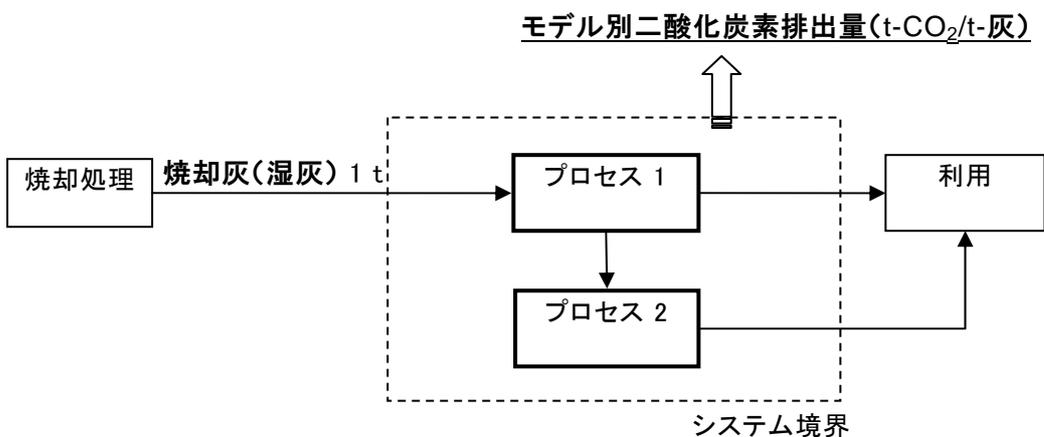
2.3 モデル別二酸化炭素排出量の算出・比較分析

2.3.1 モデル別二酸化炭素排出量の定義

算出するモデル別の二酸化炭素排出量は、「原材料としてシステムに投入する焼却灰(湿灰)1t当たりの排出量(t-CO₂/t-灰)」とする。以下、この二酸化炭素排出量を「モデル別二酸化炭素排出量」という。

モデル別二酸化炭素排出量は湿灰を基準とする。通常乾灰を扱うと想定されるモデルにおいても、含水率を設定することで湿灰に換算する。

図表 2-3 モデル別二酸化炭素排出量の定義



※ 図はモデルを簡略化したもの

2.3.2 モデル別二酸化炭素排出量の算出方法

(1) 対象とするモデル

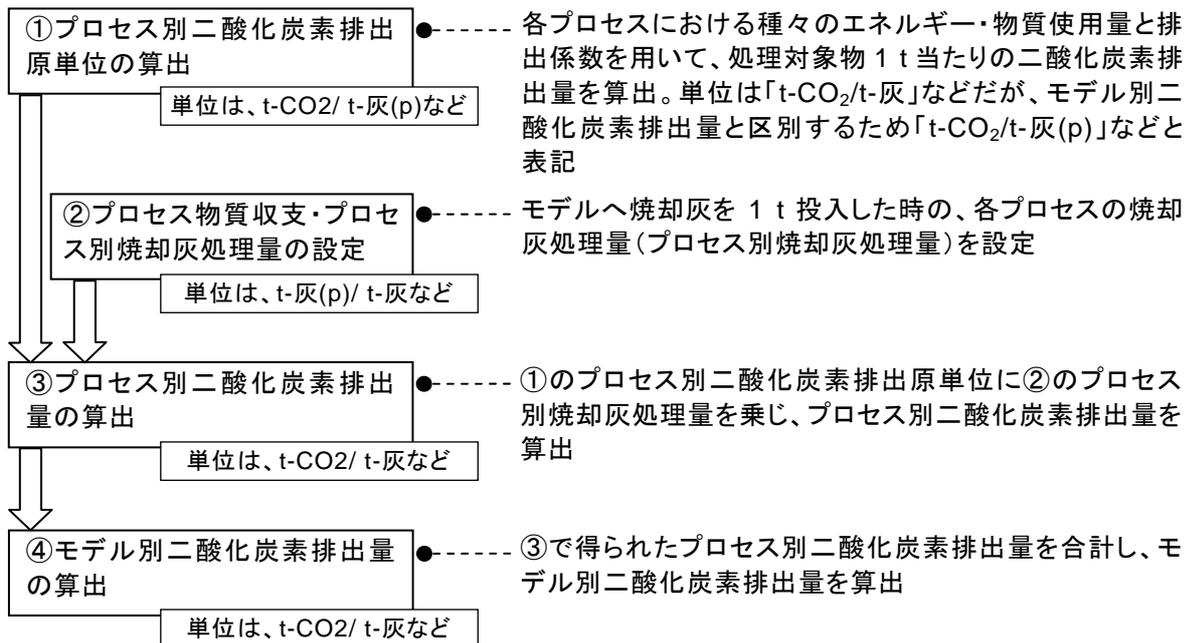
二酸化炭素排出量算出モデルは次のとおりである。(2.2.6 に詳述)

- モデル A-1: 溶融(電気式)(自治体) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-2: 溶融(燃料式)(自治体) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-3: 溶融(電気抵抗式)(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A-4: 溶融(コークスベッド式)(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)
- モデル A'-1: 溶融(電気式)(自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)
- モデル A'-2: 溶融(燃料式)(自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)
- モデル A'-3: 溶融(電気抵抗式)(民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)
- モデル A'-4: 溶融(コークスベッド式)(民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)
- モデル B-1: 主灰焼成(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)
- モデル C-1: 飛灰水洗(民間) + セメント化(民間)
- モデル C-2: 主灰セメント化(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)
- モデル D-1: 埋立処分(自治体)(浸出水処理期間 7 年間)
- モデル D-2: 埋立処分(自治体)(浸出水処理期間 30 年間)
- モデル D-3: 埋立処分(民間)(浸出水処理期間 7 年間)
- モデル D-4: 埋立処分(民間)(浸出水処理期間 30 年間)

(2) 算出フロー

次のフローにより、モデル別二酸化炭素排出量を算出する。

図表 2-4 モデル別二酸化炭素排出量算出フロー



(3) モデル別二酸化炭素排出量の算出式

次式により、モデル別二酸化炭素排出量を算出する。

$$\text{モデル別二酸化炭素排出量(t-CO}_2\text{/t-灰)} = \sum (\text{プロセス別二酸化炭素排出量(t-CO}_2\text{/t-灰)})$$

※ 「 \sum 」は、モデルを構成するすべてのプロセス別二酸化炭素排出量を合計することを意味する。

※ 「プロセス別二酸化炭素排出量」とは、システムに焼却灰(湿灰)を 1 t 投入した場合に、当該のプロセスから排出される二酸化炭素排出量をいう。たとえば図表 2-3 において、システムへの焼却灰投入量 1 t に対しプロセス 2 での処理量が 0.5 t である場合、この 0.5 t を処理する際の二酸化炭素排出量である。

(4) プロセス別二酸化炭素排出量の算出式

次式により、モデル別二酸化炭素排出量の算出に必要なプロセス別二酸化炭素排出量を算出する。

$$\text{プロセス別二酸化炭素排出量(t-CO}_2\text{/t-灰)} = \text{プロセス別二酸化炭素排出原単位(t-CO}_2\text{/t-灰(p))} \times \text{プロセス別焼却灰処理量(t-灰(p)/t-灰)}$$

プロセス別二酸化炭素排出原単位は、プロセスにおけるエネルギー・物質使用量に、該当する二酸化炭素排出係数を乗じて算出する。

プロセス別焼却灰処理量は、システムに焼却灰を 1 t 投入した場合の、各プロセスにおける対象焼却灰の処理量をいう。

プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出過程については、「7.1. プロセス別二酸化炭素原単位及びプロセス物質収支の算出」で詳述する。なお、プロセス別二酸化炭素排出原単位を算出する際に使用する二酸化炭素排出係数は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.2.4(環境省)」の値を基本とする(詳細は 7.1.2(p.116)参照)。

(5) 二酸化炭素排出量算出に関する用語の整理

二酸化炭素排出量の算出に関連する用語を以下のとおり整理する。

〈二酸化炭素排出量の算出に関する用語の定義〉

- **モデル別二酸化炭素排出量**: 各モデルにおいてシステムに焼却灰(湿灰)を1 t投入した場合に、モデル全体から排出される二酸化炭素量。単位は「t-CO₂/t-灰」
- **プロセス別二酸化炭素排出量**: システムに焼却灰(湿灰)を1 t投入した場合に、各プロセスから排出される二酸化炭素量。単位は「t-CO₂/t-灰」。モデルを構成するすべてのプロセス別二酸化炭素排出量を合計すると、モデル別二酸化炭素排出量となる。
- **プロセス別二酸化炭素排出原単位**: プロセスに処理対象焼却灰を1 t投入した場合に、そのプロセスから排出される二酸化炭素量。単位の末尾に「(p)」を表記して「t-CO₂/t-灰(p)」とし、上記二つの二酸化炭素排出量と区別する。なお、処理対象とする焼却灰が限定される場合は、「t-CO₂/t-主灰(p)」、「t-CO₂/t-飛灰(p)」、「t-CO₂/t-溶融飛灰(p)」などと明記する。
- **プロセス物質収支**: プロセスに処理対象焼却灰を1 t投入した場合の、そのプロセスにおける物質収支。単位は上記同様に「(p)」を表記(「kWh/t-灰(p)」、「kl/t-灰(p)」、「t-溶融飛灰/t-灰(p)」など)
- **プロセス別焼却灰処理量**: システムに焼却灰を1 t投入した場合の、構成する各プロセスにおける対象焼却灰の処理量。単位は「t-灰(p)/t-灰」、「t-溶融飛灰(p)/t-灰」など。

2.3.3 モデル別二酸化炭素排出量の算出・比較分析

(1) プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ

図表 2-5 に、算出したプロセス別二酸化炭素排出原単位を示す。

図表 2-5 プロセス別二酸化炭素排出原単位

プロセス		単位	プロセス別二酸化炭素排出原単位		
			エネルギー起因	物質起因	合計
溶融	電気式(自治体)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.6545	0.0181	0.6726
	燃料式(自治体)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.7944	0.0067	0.8012
	電気抵抗式(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.5123	0.0092	0.5215
	コークスベッド式(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.7550	0.0086	0.7635
焼成(民間)		t-CO ₂ /t-主灰(p)	0.1514	0.1152	0.2666
セメント化	主灰前処理(民間)	t-CO ₂ /t-主灰(p)	0.0118		0.0118
	飛灰前処理(水洗)(民間)	t-CO ₂ /t-飛灰(p)	0.0323	0.0036	0.0359
	セメント製造(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	-0.0165	-0.1783	-0.1948
山元還元(民間)		t-CO ₂ /t-溶融飛灰(p)	0.1720	0.4351	0.6071
埋立処分	埋立処分(自治体)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0048		0.0048
	浸出水処理(7年間の場合)(自治体)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0369	0.0066	0.0436
	“(30年間の場合)(自治体)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0755	0.0136	0.0891
	埋立処分(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0011	0.0000	0.0011
	浸出水処理(7年間の場合)(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0012	0.0002	0.0015
	“(30年間の場合)(民間)	t-CO ₂ /t-焼却灰(p)	0.0025	0.0005	0.0030
飛灰安定化処理(自治体)		t-CO ₂ /t-飛灰(p)		0.1836	0.1836
溶融飛灰安定化処理(自治体/民間)		t-CO ₂ /t-溶融飛灰(p)		0.2506	0.2506

※ 湿灰基準

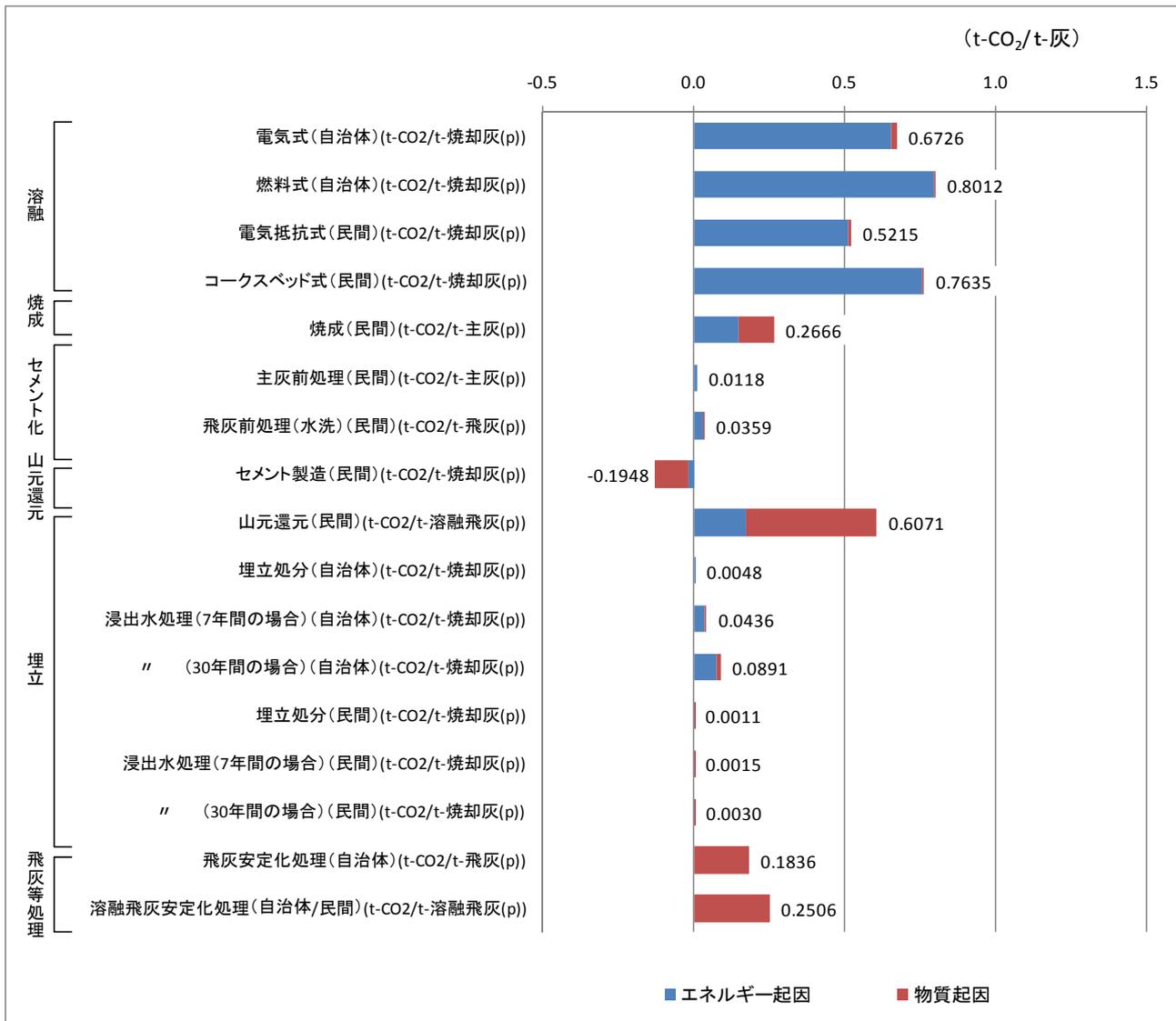
※ 空欄は「排出なし」

※ 単位の(p)は、「プロセスへの投入灰」を意味する。

※ 溶融飛灰安定化処理は、排出源によるため自治体/民間は区別しない。

※ 浸出水処理は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO₂排出量の合計値

図表 2-6 プロセス別二酸化炭素排出原単位(グラフ)



※ 単位の(p)は、「プロセスへの投入灰」

※ 電力の二酸化炭素排出係数は、0.000555 t-CO₂/kWh を使用

※ 「セメント化」はポルトランドセメント製造プロセスに基づき算出(エコセメントは含まない)

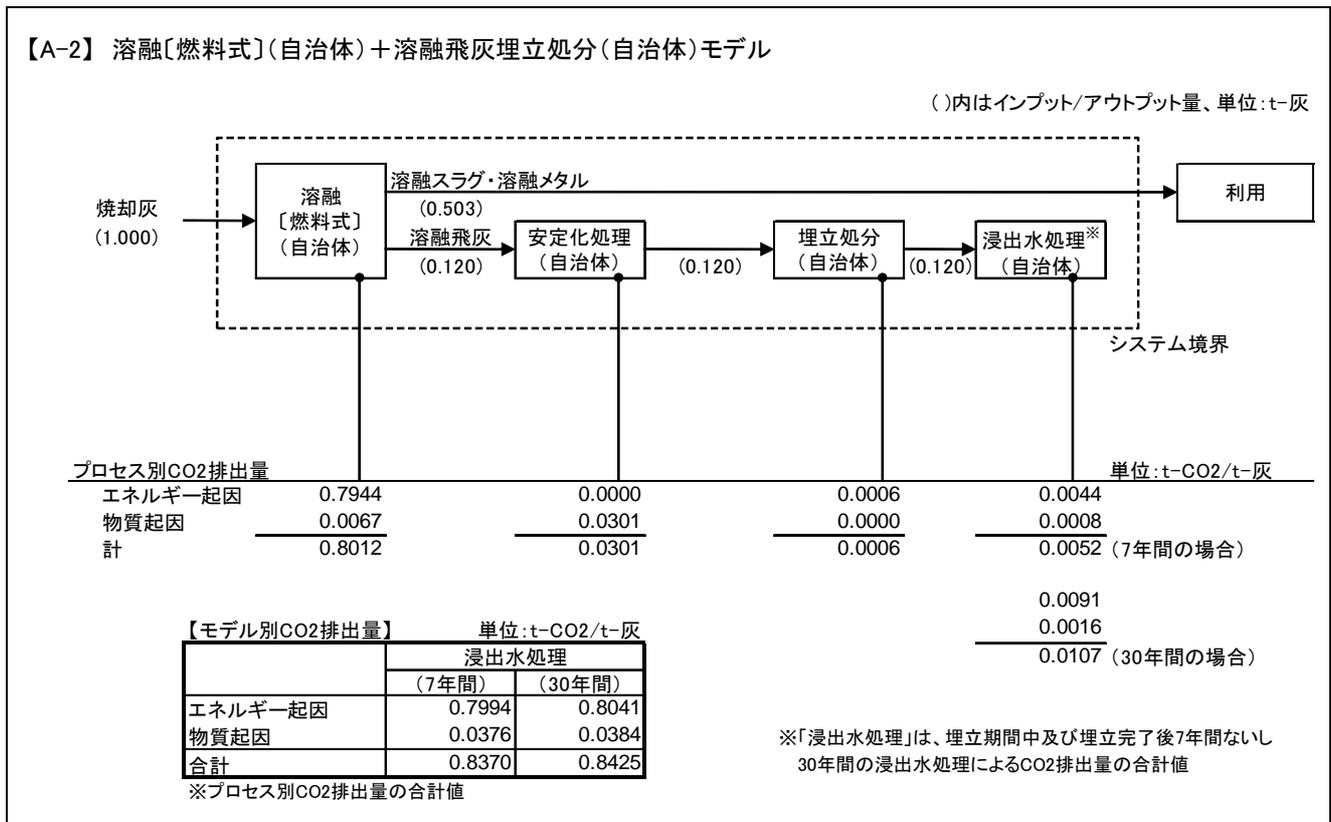
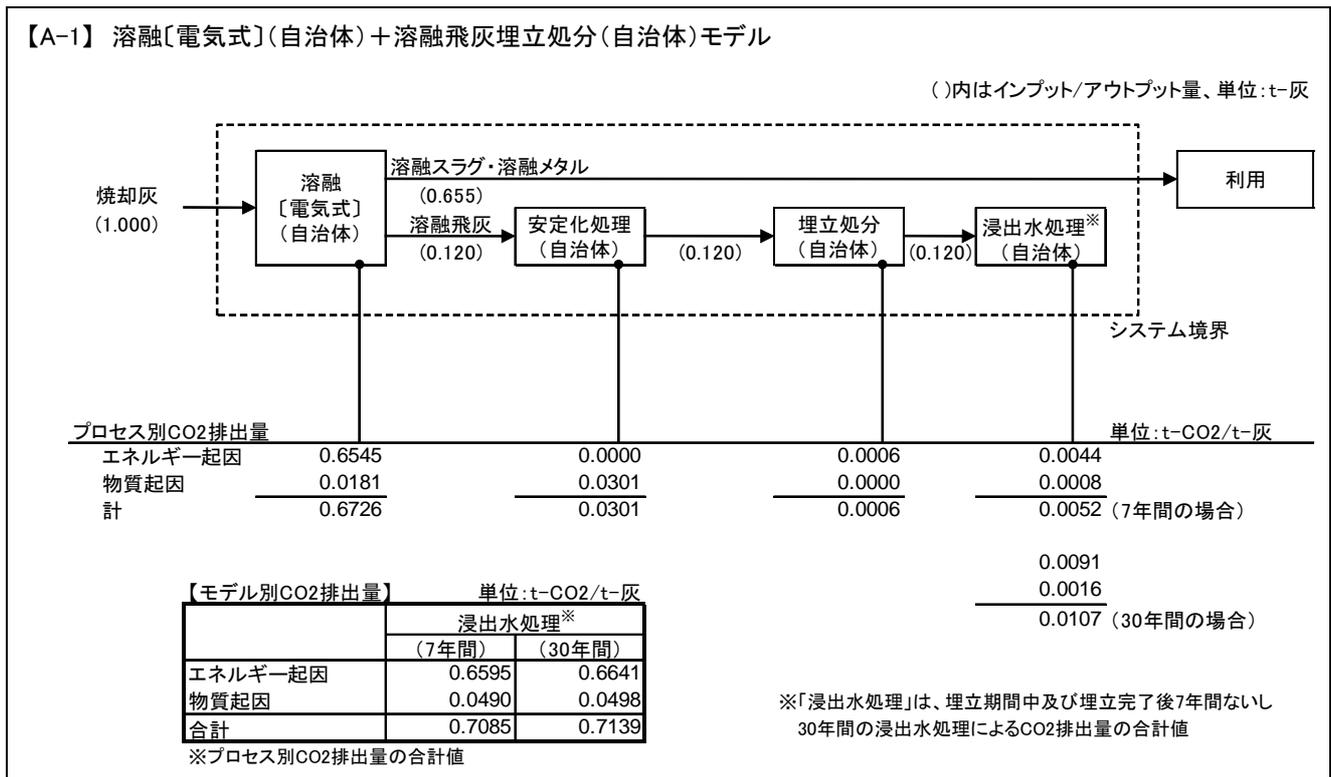
※ 「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立期間後 7 年間ないし 30 年間の浸出水処理による CO₂ 排出量の合計値

(2) プロセス別焼却灰処理量、プロセス別二酸化炭素排出量及びモデル別二酸化炭素排出量の算出結果

図表 2-7 に、プロセス別焼却灰処理量、プロセス別二酸化炭素排出量及びモデル別二酸化炭素排出量算出結果を示す。

なお、「埋立」を含むモデルについては、埋立完了後の浸出水処理期間が 7 年間から 30 年間までであると考えるので、両者について算出している。

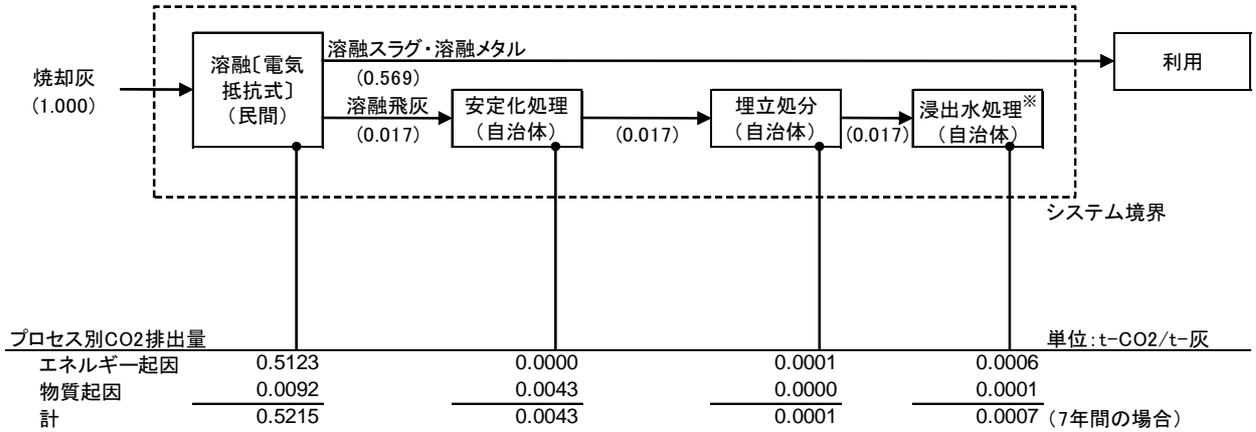
図表 2-7 プロセス別焼却灰処理量、プロセス別二酸化炭素排出量及びモデル別二酸化炭素排出量



※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【A-3】 溶融〔電気抵抗式〕(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



【モデル別CO2排出量】 単位:t-CO2/t-灰

	浸出水処理	
	(7年間)	(30年間)
エネルギー起因	0.5130	0.5137
物質起因	0.0136	0.0137
合計	0.5266	0.5274

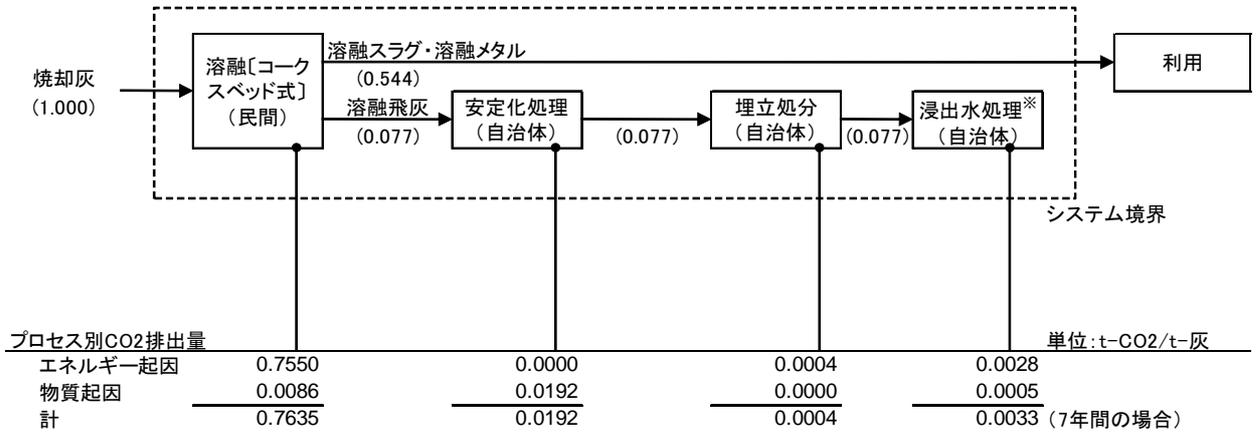
※プロセス別CO2排出量の合計値

※「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO2排出量の合計値

0.0013
0.0002
0.0015 (30年間の場合)

【A-4】 溶融〔コークスベッド式〕(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



【モデル別CO2排出量】 単位:t-CO2/t-灰

	浸出水処理	
	(7年間)	(30年間)
エネルギー起因	0.7582	0.7611
物質起因	0.0283	0.0289
合計	0.7865	0.7900

※プロセス別CO2排出量の合計値

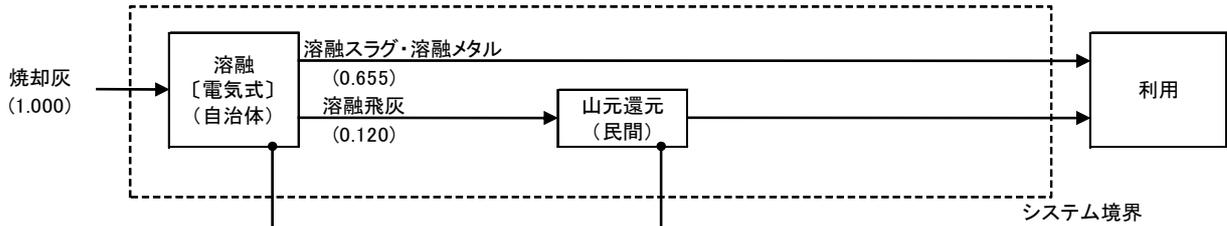
※「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO2排出量の合計値

0.0058
0.0010
0.0068 (30年間の場合)

※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【A-1】 溶融〔電気式〕(自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



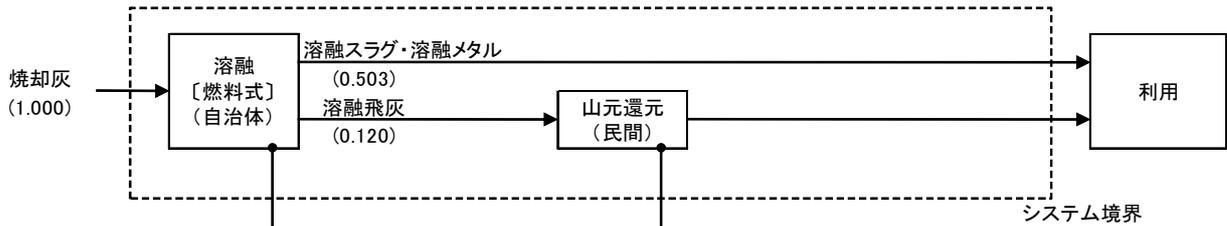
プロセス別CO2排出量		単位:t-CO2/t-灰	
エネルギー起因	0.6545		0.0206
物質起因	0.0181		0.0522
計	0.6726		0.0729

【モデル別CO2排出量】		単位:t-CO2/t-灰
エネルギー起因	0.6751	
物質起因	0.0703	
合計	0.7454	

※プロセス別CO2排出量の合計値

【A-2】 溶融〔燃料式〕(自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



プロセス別CO2排出量		単位:t-CO2/t-灰	
エネルギー起因	0.7944		0.0206
物質起因	0.0067		0.0522
計	0.8012		0.0729

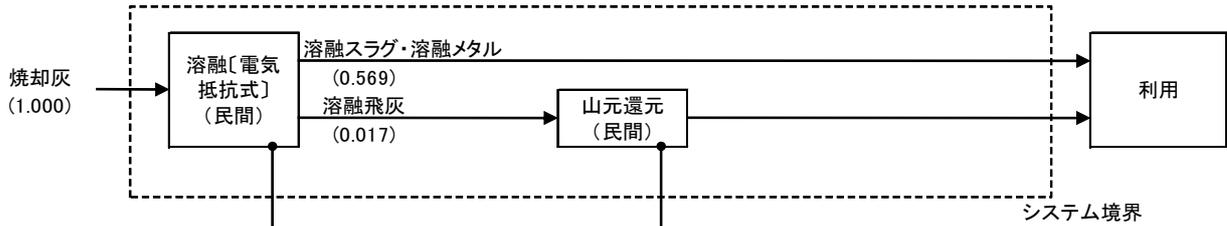
【モデル別CO2排出量】		単位:t-CO2/t-灰
エネルギー起因	0.8151	
物質起因	0.0589	
合計	0.8740	

※プロセス別CO2排出量の合計値

※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【A-3】 溶融〔電気抵抗式〕(民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



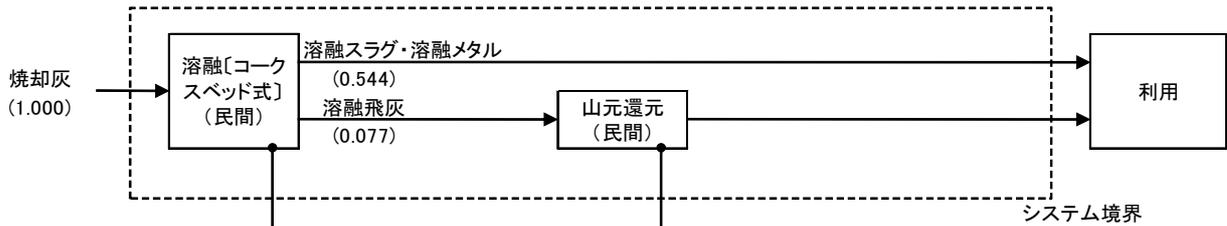
プロセス別CO2排出量		単位:t-CO2/t-灰	
エネルギー起因	0.5123		0.0029
物質起因	0.0092		0.0074
計	0.5215		0.0104

【モデル別CO2排出量】		単位:t-CO2/t-灰
エネルギー起因	0.5153	
物質起因	0.0167	
合計	0.5319	

※プロセス別CO2排出量の合計値

【A-4】 溶融〔コークスベッド式〕(民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



プロセス別CO2排出量		単位:t-CO2/t-灰	
エネルギー起因	0.7550		0.0132
物質起因	0.0086		0.0334
計	0.7635		0.0466

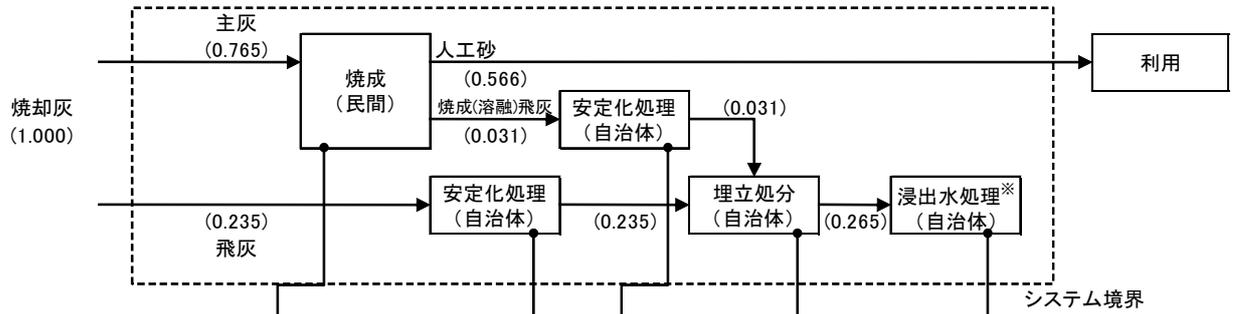
【モデル別CO2排出量】		単位:t-CO2/t-灰
エネルギー起因	0.7682	
物質起因	0.0420	
合計	0.8102	

※プロセス別CO2排出量の合計値

※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【B-1】 主灰焼成(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



プロセス別CO2排出量	単位:t-CO2/t-灰				
エネルギー起因	0.1158	0.0000	0.0000	0.0013	0.0098
物質起因	0.0881	0.0431	0.0077	0.0000	0.0018
計	0.2040	0.0431	0.0077	0.0013	0.0116 (7年間の場合)

【モデル別CO2排出量】	単位:t-CO2/t-灰	
	浸出水処理	
	(7年間)	(30年間)
エネルギー起因	0.1269	0.1371
物質起因	0.1407	0.1425
合計	0.2676	0.2797

※プロセス別CO2排出量の合計値

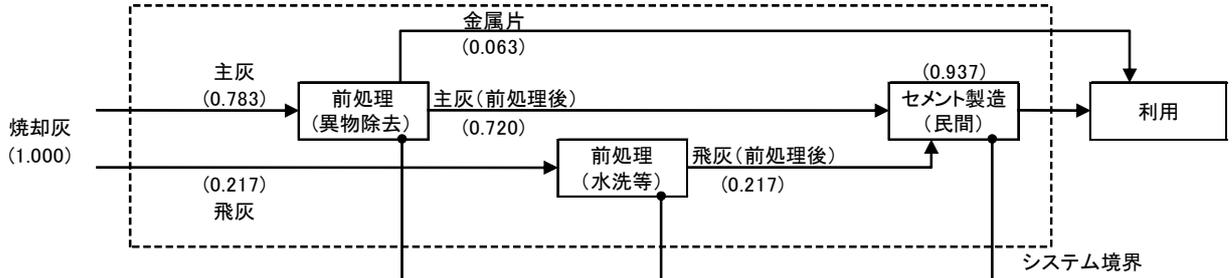
0.0200
0.0036
0.0236 (30年間の場合)

※「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO2排出量の合計値

※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【C-1】 飛灰水洗(民間)+セメント化(民間)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



プロセス別CO2排出量

	0.0092	0.0070	-0.0155
エネルギー起因	0.0092	0.0070	-0.0155
物質起因	0.0000	0.0008	-0.1671
計	0.0092	0.0078	-0.1826

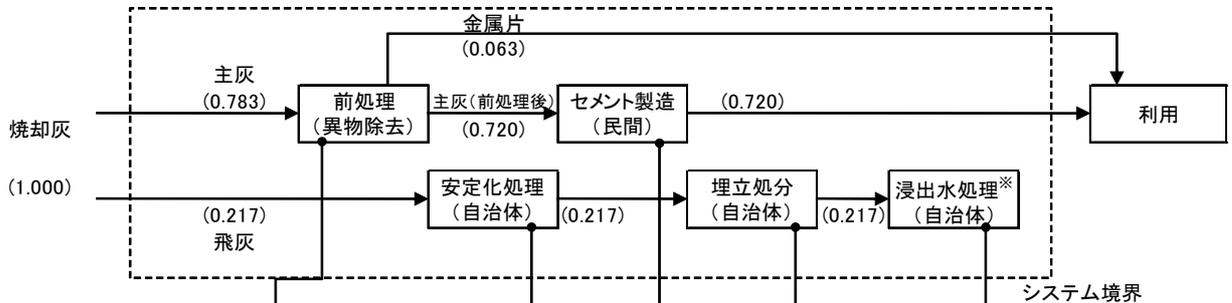
【モデル別CO2排出量】 単位:t-CO2/t-灰

エネルギー起因	0.0007
物質起因	-0.1663
合計	-0.1656

※プロセス別CO2排出量の合計値

【C-2】 主灰セメント化(民間)+飛灰埋立処分(自治体)モデル

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



プロセス別CO2排出量

	0.0092	0.0000	-0.0119	0.0010	0.0080
エネルギー起因	0.0092	0.0000	-0.0119	0.0010	0.0080
物質起因	0.0000	0.0399	-0.1284	0.0000	0.0014
計	0.0092	0.0399	-0.1403	0.0010	0.0095 (7年間の場合)

【モデル別CO2排出量】 単位:t-CO2/t-灰

	浸出水処理	
	(7年間)	(30年間)
エネルギー起因	0.0064	0.0147
物質起因	-0.0871	-0.0856
合計	-0.0807	-0.0709

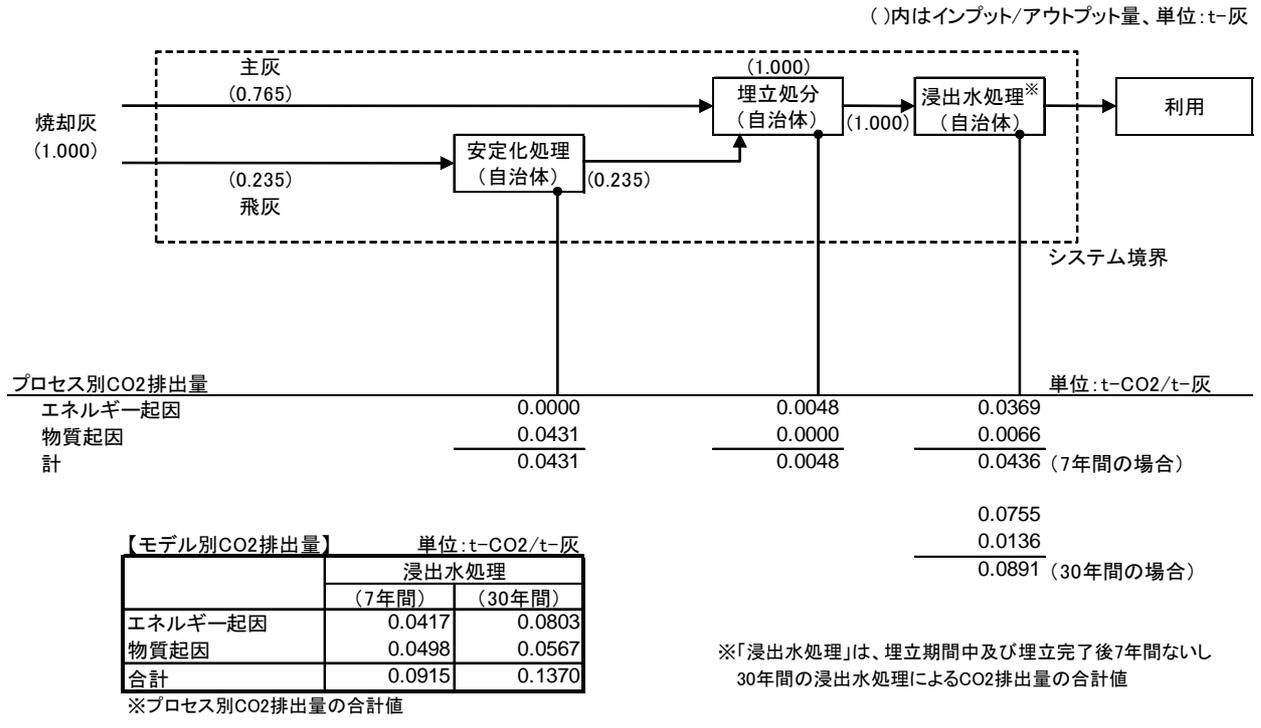
※プロセス別CO2排出量の合計値

※「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO2排出量の合計値

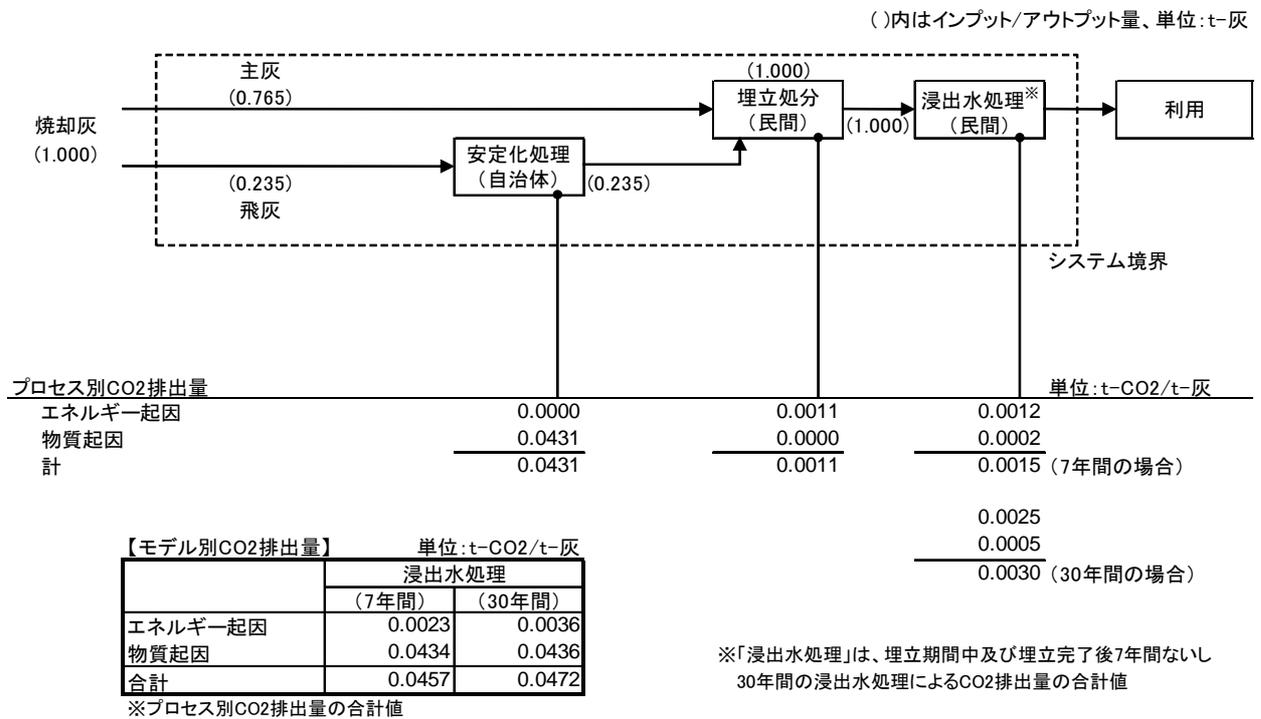
0.0164
0.0030
0.0193 (30年間の場合)

※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

【D-1】【D-2】 埋立処分(自治体)モデル



【D-3】【D-4】 埋立処分(民間)モデル



※ ()で示す各プロセスのアウトプット量は、当該実プラントへのアンケート調査等に基づき設定(7.1.3(p.120)参照)

(3) モデル別二酸化炭素排出量のまとめ

図表 2-8、及び図表 2-9 に、モデル別二酸化炭素排出量のまとめを示す。

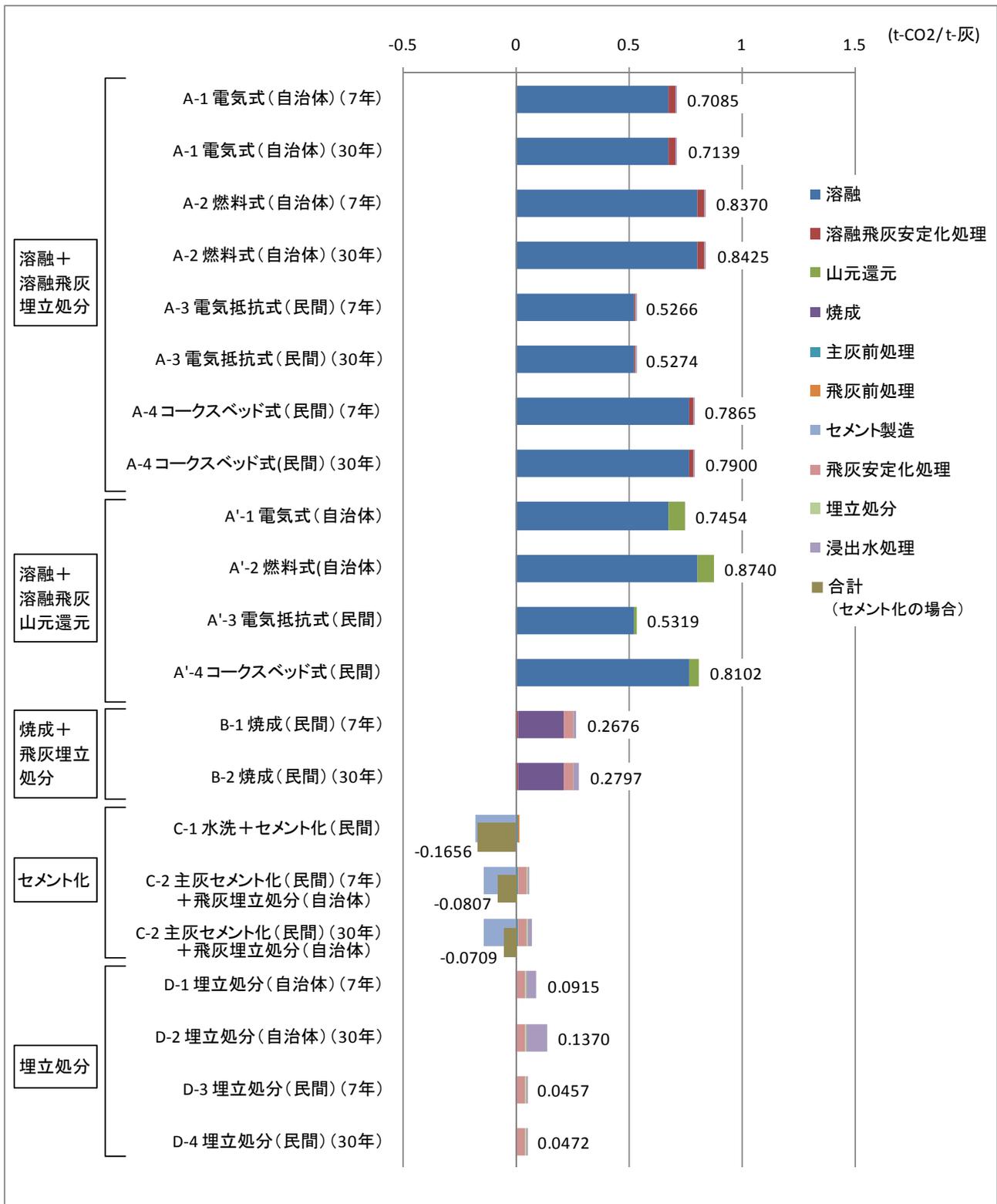
図表 2-8 モデル別二酸化炭素排出量のまとめ

モデル	プロセス	プロセス別 焼却灰 処理量 (a) (t-灰(p)/t-灰)	プロセス二酸化炭素 排出原単位 (b)		プロセス別二酸化炭素排出量 合計: モデル別二酸化炭素排出量 (a*b)		
			エネルギー起因 (t-CO2/t-灰(p))	物質起因	エネルギー起因 (t-CO2/t-灰)	物質起因	合計
A-1 溶融[電気式](自治体) + 溶融飛灰埋立処分 (自治体)	溶融	1.000	0.6545	0.0181	0.6545	0.0181	0.6726
	溶融飛灰安定化処理	0.120	0.0000	0.2506	0.0000	0.0301	0.0301
	埋立処分	0.120	0.0048	0.0000	0.0006	0.0000	0.0006
	浸出水処理7年	0.120	0.0369	0.0066	0.0044	0.0008	0.0052
	浸出水処理30年	0.120	0.0755	0.0136	0.0091	0.0016	0.0107
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.6595	0.0490	0.7085
					0.6641	0.0498	0.7139
A-2 溶融[燃料式](自治体) + 溶融飛灰埋立処分 (自治体)	溶融	1.000	0.7944	0.0067	0.7944	0.0067	0.8012
	溶融飛灰安定化処理	0.120	0.0000	0.2506	0.0000	0.0301	0.0301
	埋立処分	0.120	0.0048	0.0000	0.0006	0.0000	0.0006
	浸出水処理7年	0.120	0.0369	0.0066	0.0044	0.0008	0.0052
	浸出水処理30年	0.120	0.0755	0.0136	0.0091	0.0016	0.0107
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.7994	0.0376	0.8370
					0.8041	0.0384	0.8425
A-3 溶融[電気抵抗式] (民間) + 溶融飛灰埋立処分 (自治体)	溶融	1.000	0.5123	0.0092	0.5123	0.0092	0.5215
	溶融飛灰安定化処理	0.017	0.0000	0.2506	0.0000	0.0043	0.0043
	埋立処分	0.017	0.0048	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
	浸出水処理7年	0.017	0.0369	0.0066	0.0006	0.0001	0.0007
	浸出水処理30年	0.017	0.0755	0.0136	0.0013	0.0002	0.0015
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.5130	0.0136	0.5266
					0.5137	0.0137	0.5274
A-4 溶融[コークスベッド式] (民間) + 溶融飛灰埋立処分 (自治体)	溶融	1.000	0.7550	0.0086	0.7550	0.0086	0.7635
	溶融飛灰安定化処理	0.077	0.0000	0.2506	0.0000	0.0192	0.0192
	埋立処分	0.077	0.0048	0.0000	0.0004	0.0000	0.0004
	浸出水処理7年	0.077	0.0369	0.0066	0.0028	0.0005	0.0033
	浸出水処理30年	0.077	0.0755	0.0136	0.0058	0.0010	0.0068
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.7582	0.0283	0.7865
					0.7611	0.0289	0.7900
A'-1 溶融[電気式](自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)	溶融	1.000	0.6545	0.0181	0.6545	0.0181	0.6726
	山元還元	0.120	0.1720	0.4351	0.0206	0.0522	0.0729
合計					0.6751	0.0703	0.7454
A'-2 溶融[燃料式](自治体) + 溶融飛灰山元還元(民間)	溶融	1.000	0.7944	0.0067	0.7944	0.0067	0.8012
	山元還元	0.120	0.1720	0.4351	0.0206	0.0522	0.0729
合計					0.8151	0.0589	0.8740
A'-3 溶融[電気抵抗式] (民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)	溶融	1.000	0.5123	0.0092	0.5123	0.0092	0.5215
	山元還元	0.017	0.1720	0.4351	0.0029	0.0074	0.0104
合計					0.5153	0.0167	0.5319
A'-4 溶融[コークスベッド式] (民間) + 溶融飛灰山元還元(民間)	溶融	1.000	0.7550	0.0086	0.7550	0.0086	0.7635
	山元還元	0.077	0.1720	0.4351	0.0132	0.0334	0.0466
合計					0.7682	0.0420	0.8102
B-1 主灰焼成(民間) + 溶融飛灰埋立処分(自治体)	焼成	0.765	0.1514	0.1152	0.1158	0.0881	0.2040
	飛灰安定化処理	0.235	0.0000	0.1836	0.0000	0.0431	0.0431
	溶融飛灰安定化処理	0.031	0.0000	0.2506	0.0000	0.0077	0.0077
	埋立処分	0.265	0.0048	0.0000	0.0013	0.0000	0.0013
	浸出水処理7年	0.265	0.0369	0.0066	0.0098	0.0018	0.0116
浸出水処理30年	0.265	0.0755	0.0136	0.0200	0.0036	0.0236	
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.1269	0.1407	0.2676
					0.1371	0.1425	0.2797
C-1 飛灰水洗(民間) + セメント化(民間) ※主灰・飛灰比率は システムへの投入比率	主灰前処理	0.783	0.0118	0.0000	0.0092	0.0000	0.0092
	飛灰前処理	0.217	0.0323	0.0036	0.0070	0.0008	0.0078
	セメント製造	0.937	-0.0165	-0.1783	-0.0155	-0.1671	-0.1826
	合計				0.0007	-0.1663	-0.1656
C-2 主灰セメント(民間) + 飛灰埋立処分(自治体)	主灰前処理	0.783	0.0118	0.0000	0.0092	0.0000	0.0092
	セメント製造	0.720	-0.0165	-0.1783	-0.0119	-0.1284	-0.1403
	飛灰安定化処理	0.217	0.0000	0.1836	0.0000	0.0399	0.0399
	埋立処分	0.217	0.0048	0.0000	0.0010	0.0000	0.0010
	浸出水処理7年	0.217	0.0369	0.0066	0.0080	0.0014	0.0095
浸出水処理30年	0.217	0.0755	0.0136	0.0164	0.0030	0.0193	
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.0064	-0.0871	-0.0807
					0.0147	-0.0856	-0.0709
D-1 埋立処分(自治体) (浸出水処理7年間)	飛灰安定化処理	0.235	0.0000	0.1836	0.0000	0.0431	0.0431
埋立処分	1.000	0.0048	0.0000	0.0048	0.0000	0.0048	
D-2 "(浸出水処理30年間)	浸出水処理7年	1.000	0.0369	0.0066	0.0369	0.0066	0.0436
浸出水処理30年	1.000	0.0755	0.0136	0.0755	0.0136	0.0891	
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.0417	0.0498	0.0915
					0.0803	0.0567	0.1370
D-3 埋立処分(民間) (浸出水処理7年間)	飛灰安定化処理	0.235	0.0000	0.1836	0.0000	0.0431	0.0431
埋立処分	1.000	0.0011	0.0000	0.0011	0.0000	0.0011	
D-4 "(浸出水処理30年間)	浸出水処理7年	1.000	0.0012	0.0002	0.0012	0.0002	0.0015
浸出水処理30年	1.000	0.0025	0.0005	0.0025	0.0005	0.0030	
合計(浸出水処理7年) (浸出水処理30年)					0.0023	0.0434	0.0457
					0.0036	0.0436	0.0472

※ 単位の「t-灰(p)」は「各プロセスへの投入灰」を、「t-灰」は「各モデルへの投入灰」を意味する。

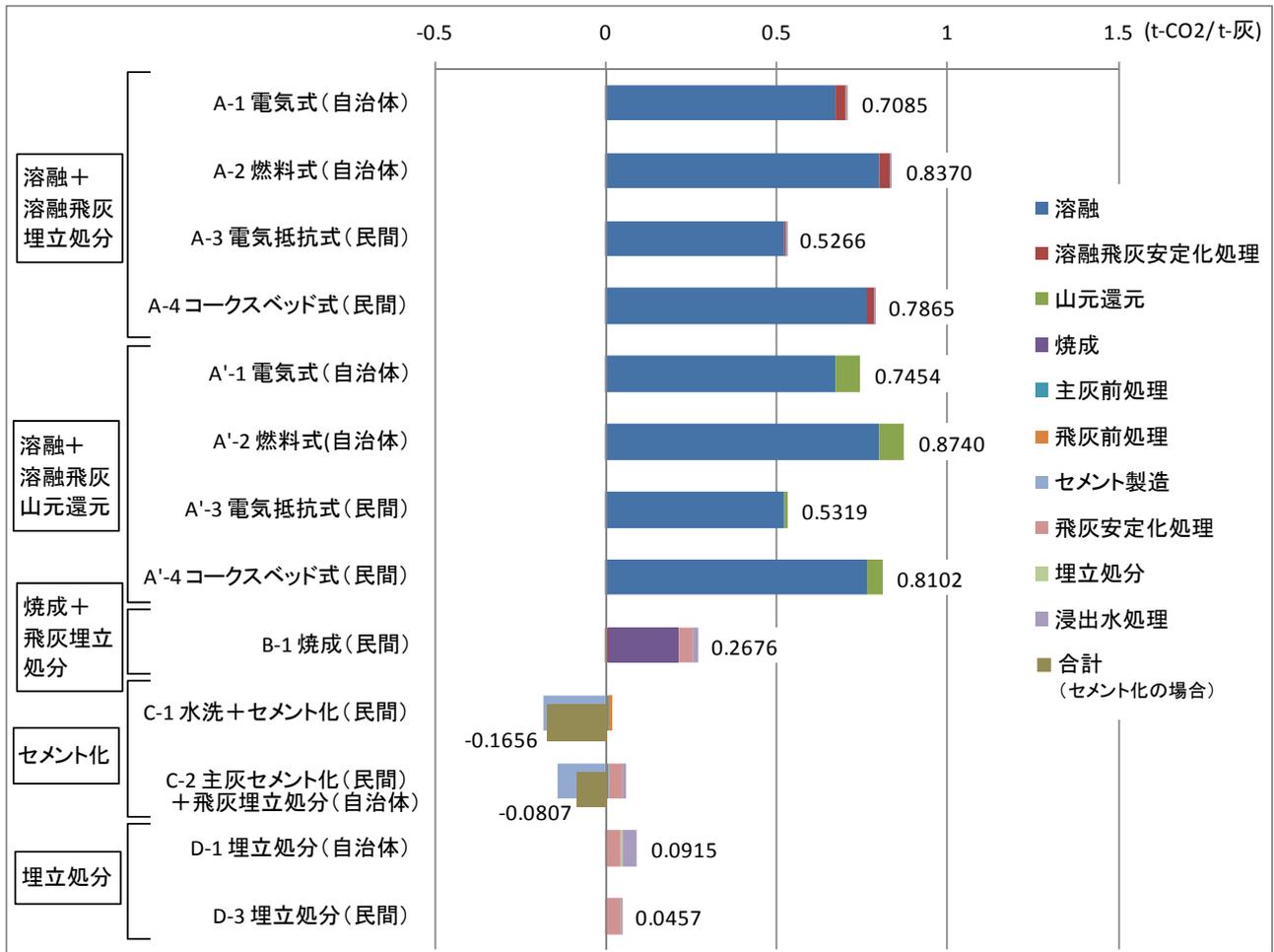
※ 「浸出水処理7年」及び「浸出水処理30年」は埋立完了後の浸出水処理期間を示し、埋立期間中のCO2排出量を含む。

図表 2-9 モデル別二酸化炭素排出量のまとめ(グラフ)



※ 「浸出水処理 7年」及び「浸出水処理 30年」は埋立完了後の浸出水処理期間を示す。
 なお、モデル A-1~A-4、B-1~B-2、C-2 における埋立処分は「自治体」プロセスであることに留意のこと。

図表 2-10 モデル別二酸化炭素排出量のまとめ(グラフ)(浸出水処理7年間のみ表示)



※ 埋立完了後の浸出水処理期間を示し、埋立期間中の CO2 排出量を含む。
 なお、モデル A-1～A-4、B-1、C-2 における埋立処分は「自治体」プロセスであることに留意のこと。

【セメント化がマイナスとなっている理由について】

セメント化における二酸化炭素排出量は、焼却灰を原材料としない製造方法と焼却灰を原材料の一部とする製造方法とを比較し、それぞれの二酸化炭素排出量の差をセメント化の排出量としていることに起因する。(「2.2.5 (1) 基本的な算出方法」(p.10)のとおり)

セメント化では、セメントの一原料である石灰石は、焼却灰中に含まれるカルシウム分(CaO)によりその一部が代替されることで使用量が減少し、また、セメント製造の際の燃料である石炭は、石灰石の使用量削減によりその分解熱相当量が減少することになる(詳細は「7.2 セメント製造プロセス及び山元還元プロセスにおける二酸化炭素排出原単位算出の考え方」(p.156)参照)。一方、焼却灰中の塩分や金属片等除去のための前処理ならびにセメント製造の際に焼却灰から発生する塩素の除去に要するエネルギー等は増加することになる。両者のバランスから、二酸化炭素排出量の減少分が増加分を上回っているため、全体としてマイナスとなった。

なお、山元還元では、受入比率により求めた一般廃棄物由来の溶融飛灰に相当するユーティリティ量(エネルギー及び副資材等)に基づき二酸化炭素排出量を算出している。したがって、上記セメント化とは算出の考え方が異なる点、留意が必要である。

2.3.4 二酸化炭素排出量比較分析のための参考データ

(1) 東京二十三区清掃一部事務組合溶融施設の二酸化炭素排出量

東京二十三区清掃一部事務組合「溶融処理技術検討委員会報告書」では、次の条件で各溶融施設の二酸化炭素排出量を算出している。

- 電力使用量及びガス使用量は溶融炉のみの値である。
- 算出に用いた排出係数は、電力 0.339 kg-CO₂/kWh、ガス 2.19kg-CO₂/m³である。
- 溶融量は塩基度調整剤を含む乾灰ベースの重量である。
- 電力使用量及びガス使用量以外のエネルギー及び物質使用量は考慮されていない。

上記報告書による排出量、及び、本分析結果と条件を合わせるため、図表 7-3(p.118)に示す電力及びガスの排出係数を用いて計算した排出量は次のようになる。

図表 2-11 東京二十三区清掃一部事務組合報告書による焼却灰 1 t 当たり二酸化炭素排出量(オリジナル)

清掃工場	溶融量 (t)	エネルギー使用量		灰1 t当たりエネルギー使用量		灰1 t当たりCO2排出量		
		電力使用量 (kWh)	ガス使用量 (m3)	電力使用量 (kWh/t-灰)	ガス使用量 (m3/t-灰)	電力使用量 (t-CO2/t-灰)	ガス使用量 (t-CO2/t-灰)	合計 (t-CO2/t-灰)
大田	22,993	21,412,400		931.26		0.3157		0.3157
板橋	28,077	26,133,337	9,577	930.77	0.34	0.3155	0.0007	0.3163
多摩川	5,458		1,336,278		244.83		0.5362	0.5362
足立	7,450	12,026,700	38,418	1,614.32	5.16	0.5473	0.0113	0.5585
品川	23,676		7,133,994		301.32		0.6599	0.6599
葛飾	15,641	13,971,320	385,229	893.25	24.63	0.3028	0.0539	0.3568
中防	13,400	14,832,640	44,638	1,106.91	3.33	0.3752	0.0073	0.3825
世田谷	3,587	5,433,490	100,525	1,514.77	28.02	0.5135	0.0614	0.5749
平均								0.4626

CO2 排出係数	電力	t-CO2/kWh	0.0003
	ガス	t-CO2/Nm3	0.0022

※ エネルギー使用量は溶融炉のみ

※ 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 溶融処理技術検討委員会)による

図表 2-12 本分析と同一の排出係数(図表 7-3(p.118))を用いた焼却灰 1 t 当たり二酸化炭素排出量

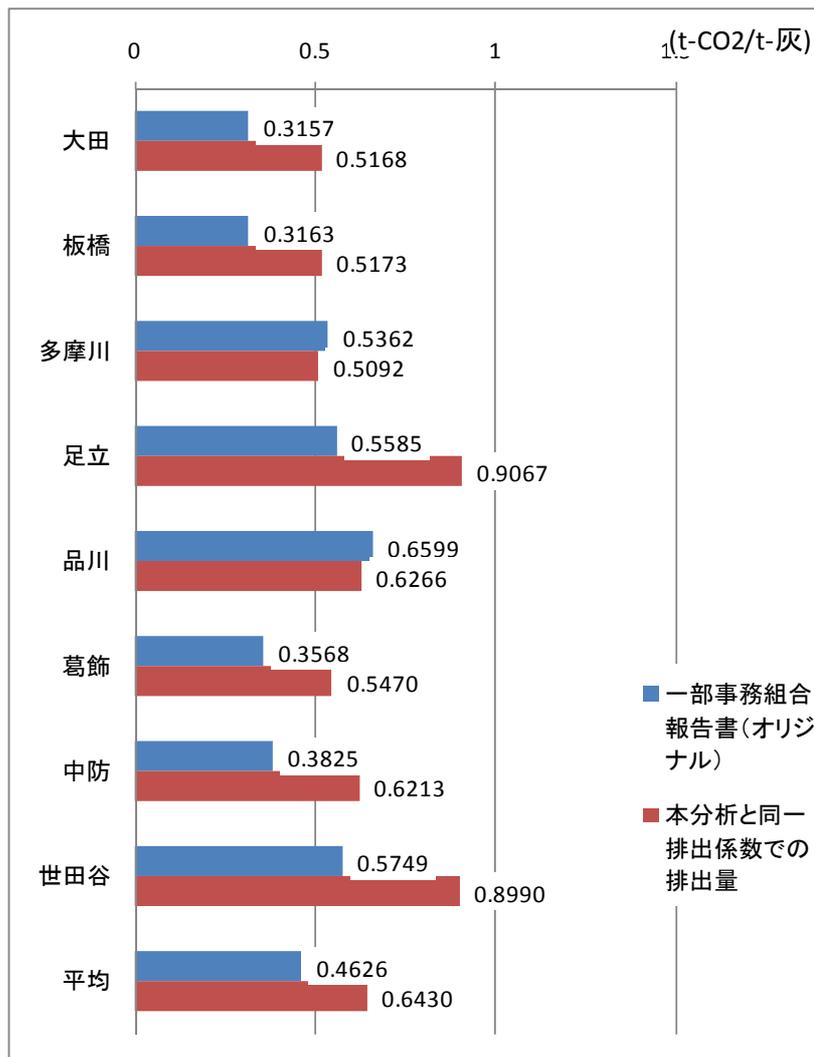
清掃工場	溶融量 (t)	エネルギー使用量		灰1 t当たりエネルギー使用量		灰1 t当たりCO2排出量		
		電力使用量 (kWh)	ガス使用量 (m3)	電力使用量 (kWh/t-灰)	ガス使用量 (m3/t-灰)	電力使用量 (t-CO2/t-灰)	ガス使用量 (t-CO2/t-灰)	合計 (t-CO2/t-灰)
大田	22,993	21,412,400		931.26		0.5168		0.5168
板橋	28,077	26,133,337	9,577	930.77	0.34	0.5166	0.0007	0.5173
多摩川	5,458		1,336,278		244.83		0.5092	0.5092
足立	7,450	12,026,700	38,418	1,614.32	5.16	0.8959	0.0107	0.9067
品川	23,676		7,133,994		301.32		0.6266	0.6266
葛飾	15,641	13,971,320	385,229	893.25	24.63	0.4958	0.0512	0.5470
中防	13,400	14,832,640	44,638	1,106.91	3.33	0.6143	0.0069	0.6213
世田谷	3,587	5,433,490	100,525	1,514.77	28.02	0.8407	0.0583	0.8990
平均								0.6430

CO2 排出係数	電力	t-CO2/kWh	0.00056
	ガス	t-CO2/Nm3	0.00208

※ エネルギー使用量は溶融炉のみ

※ CO2排出係数のガスは都市ガスの値

※ 「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 溶融処理技術検討委員会)のエネルギー使用量と、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」による二酸化炭素排出係数を用いて算出



(2) ごみの焼却に伴い発生する総二酸化炭素排出量の試算

(ア) 試算方法

ごみ中のバイオマスはカーボンニュートラルなので、ごみの焼却によりごみ自体から発生する二酸化炭素排出量はごみ中のプラスチック類等の燃焼のみから発生すると考え、ごみの焼却に伴いごみ自体から発生する二酸化炭素排出量を算出した(考え方、各係数は温対法の算定・報告マニュアルに準拠)。

その上で、ごみの焼却におけるエネルギー・物質起因の二酸化炭素排出量を加算し、ごみの焼却に伴い発生する二酸化炭素排出量を算出した。

(イ) 試算結果

試算結果を図表 2-13 に示す。

ごみ焼却灰の溶融処理に伴い、ごみの焼却に伴い発生する総二酸化炭素排出量に加え、さらに約30%の二酸化炭素排出量が増加するという試算結果が得られた。

図表 2-13 ごみの焼却に伴い発生する総二酸化炭素排出量の試算結果

【ごみの焼却に伴いごみ自体から発生する二酸化炭素排出量】

	ごみ中の割合 (湿) ①	固形分割合 ②	CO2排出係数 (t-CO2/t) ③	CO2排出量 (t-CO2/t-ごみ) ①×②×③
プラスチック類起因	0.1332	0.8433	2.6900	0.3022
合成繊維起因	0.0148	0.8433	2.2900	0.0286
計				0.3308

※ごみ中の割合、固形分割合：東京都二十三区清掃一部事務組合 中央清掃工場の平成20年度搬入ごみ調査結果(但し、繊維中の合成繊維割合は53.2%とし、また固形分割合はプラスチック類と同じと仮定した。)

+

【ごみの焼却におけるエネルギー・物質起因の二酸化炭素排出量】

-0.03618 (t-CO2/t-ごみ)

※「(参考)焼却プロセス」(p.153)参照



【ごみの焼却に伴い発生する総二酸化炭素排出量】

0.2946 (t-CO2/t-ごみ) → 2.3381 (t-CO2/t-焼却灰)

※ごみ焼却灰の発生量はごみ焼却量の12.6%とする。

cf. ごみ焼却灰の溶融処理(電気式/自治体)に伴い発生する二酸化炭素排出量

0.6726 (t-CO2/t-焼却灰)

2.3.5 輸送による二酸化炭素排出量の算出

(1) 算出方法

輸送に係るエネルギー使用量については、平成 18 年度経済産業省告示第 66 号「貨物輸送事業者に行わせる貨物の輸送に係るエネルギーの使用量の算定の方法」(以下、「省エネ法告示」という。)に定められる 3 つの方法のうち、トンキロ法²を用いて算出する。

トンキロ法とは、輸送重量(t)に輸送距離(km)を乗じて得られた輸送量(トンキロ)に、二酸化炭素排出係数等乗じて二酸化炭素排出量を算出する方法である。具体的には次のとおり。

(ア) トラック輸送の場合

$$\text{トラック輸送の二酸化炭素排出量(t-CO}_2\text{)} = \text{輸送重量(t)} \times \text{輸送距離(km)} \times \text{燃料使用原単位(l/トンキロ)} \times \text{二酸化炭素排出係数(t-CO}_2\text{/l)}$$

- ※ 焼却灰 1 t を輸送した場合の二酸化炭素排出量を算出する。
- ※ トラック輸送は、11 t(最大積載量)ディーゼル(燃料:軽油)トラックによるものとし、輸送トンキロ当たりの燃料使用量を次のとおりとする。
 - ・ 0.0518 リットル/トンキロ (最大積載量 11 t、積載率 60%とした場合の値)
- ※ 二酸化炭素排出係数は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.2.4」(環境省)より次のとおりとする。
 - ・ 軽油: 0.00262 t-CO₂/リットル

(イ) 鉄道輸送及び船舶輸送の場合

$$\text{鉄道輸送・船舶輸送の二酸化炭素排出量(t-CO}_2\text{)} = \text{輸送重量(t)} \times \text{輸送距離(km)} \times \text{二酸化炭素排出原単位(t-CO}_2\text{/トンキロ)}$$

- ※ 焼却灰 1 t を輸送した場合の二酸化炭素排出量を算出する。
- ※ 二酸化炭素排出原単位は、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル ver.2.4」(環境省)より次のとおりとする。
 - ・ 鉄道: 22 g-CO₂/トンキロ (=0.000022 t-CO₂/トンキロ)
 - ・ 船舶: 39 g-CO₂/トンキロ (=0.000039 t-CO₂/トンキロ)

(2) 輸送距離及び輸送方法の設定

二酸化炭素排出量を算出するための輸送距離及び輸送方法を図表 2-14 のとおり設定する。

焼却灰 1 t 当たりとするため、たとえば輸送距離 100km の場合の輸送量は(1 t × 100 km = 100 トンキロ)となる。

また、設定した輸送距離の距離感は図表 2-15 のようになる。

²トンキロとは、輸送重量(t)×輸送距離(km)により得られた輸送量(トンキロ)を言う。

図表 2-14 二酸化炭素排出量算出のための輸送距離・輸送方法

輸送距離	輸送手段	説明
10km	トラック輸送	市区町村内輸送
100km	トラック輸送	都道府県内輸送
200km	トラック輸送	隣接都道府県間輸送
400km	トラック輸送	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～東北地域)
400km	鉄道輸送	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～東北地域)
800km	鉄道輸送	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～九州地域)
800km	船舶輸送	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～九州地域)

図表 2-15 広域移動の距離感



(3) 輸送方法別二酸化炭素排出量の算出結果

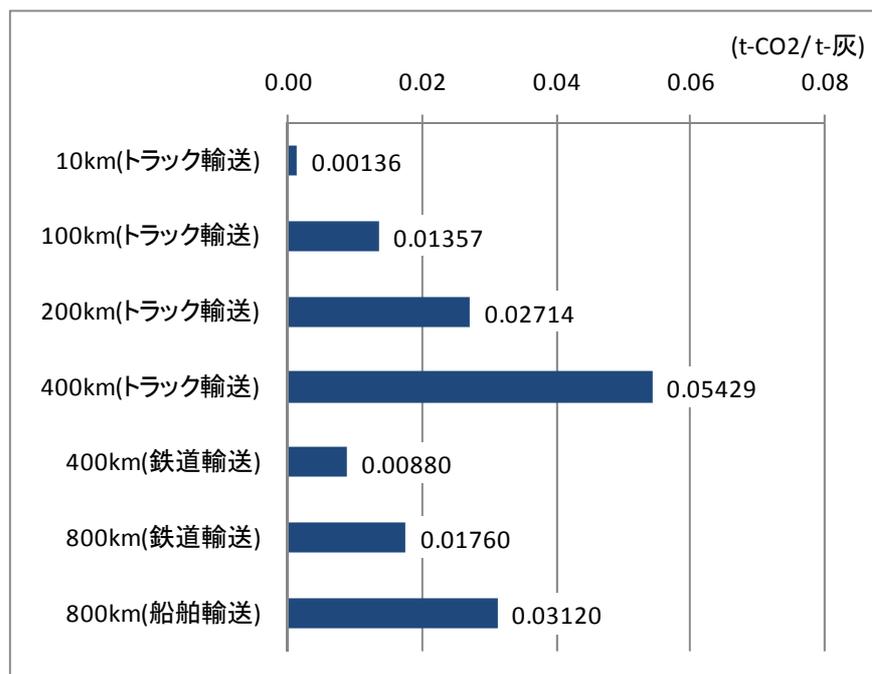
焼却灰 1 t の輸送による二酸化炭素排出量の算出結果は次のとおりである。

図表 2-16 輸送方法別二酸化炭素排出量算出のための設定数値

輸送距離	輸送手段	トンキロ (トンキロ)	エネルギー 使用原単位 (l/トンキロ)	排出係数 (t-CO ₂ /l)	排出量 (t-CO ₂ /t-灰)
10km	トラック輸送	10	0.0518	0.00262	0.00136
100km	トラック輸送	100	0.0518	0.00262	0.01357
200km	トラック輸送	200	0.0518	0.00262	0.02714
400km	トラック輸送	400	0.0518	0.00262	0.05429

輸送距離	輸送手段	トンキロ (トンキロ)	CO ₂ 排出原単位 (t-CO ₂ /トンキロ)	排出量 (t-CO ₂ /t-灰)
400km	鉄道輸送	400	0.000022	0.00880
800km	鉄道輸送	800	0.000022	0.01760
800km	船舶輸送	800	0.000039	0.03120

図表 2-17 輸送方法別二酸化炭素排出量の算出結果(まとめ)



(4) 具体的な輸送モデルによる比較

(ア) 輸送モデル

鉄道輸送及び船舶輸送においても、焼却灰の排出源から輸送拠点となる駅・港までの輸送及び駅・港から処理施設までの輸送は、トラック輸送となる。

このため、実際の輸送を想定し、次のようなモデルを設定して比較を行う。

図表 2-18 設定する輸送モデル

輸送モデル	輸送手段・距離	説明
X-1	トラック輸送 10km	市区町村内輸送
X-2	トラック輸送 100km	都道府県内輸送
X-3	トラック輸送 200km	隣接都道府県間輸送
X-4	トラック輸送 400km	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～東北地域)
Y-1	トラック輸送 100km + 鉄道輸送 400km + トラック輸送 100km	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～東北地域)
Y-2	トラック輸送 100km + 鉄道輸送 800km + トラック輸送 100km	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～九州地域)
Z	トラック輸送 100km + 船舶輸送 800km + トラック輸送 100km	遠隔地輸送(たとえば、首都圏～九州地域)

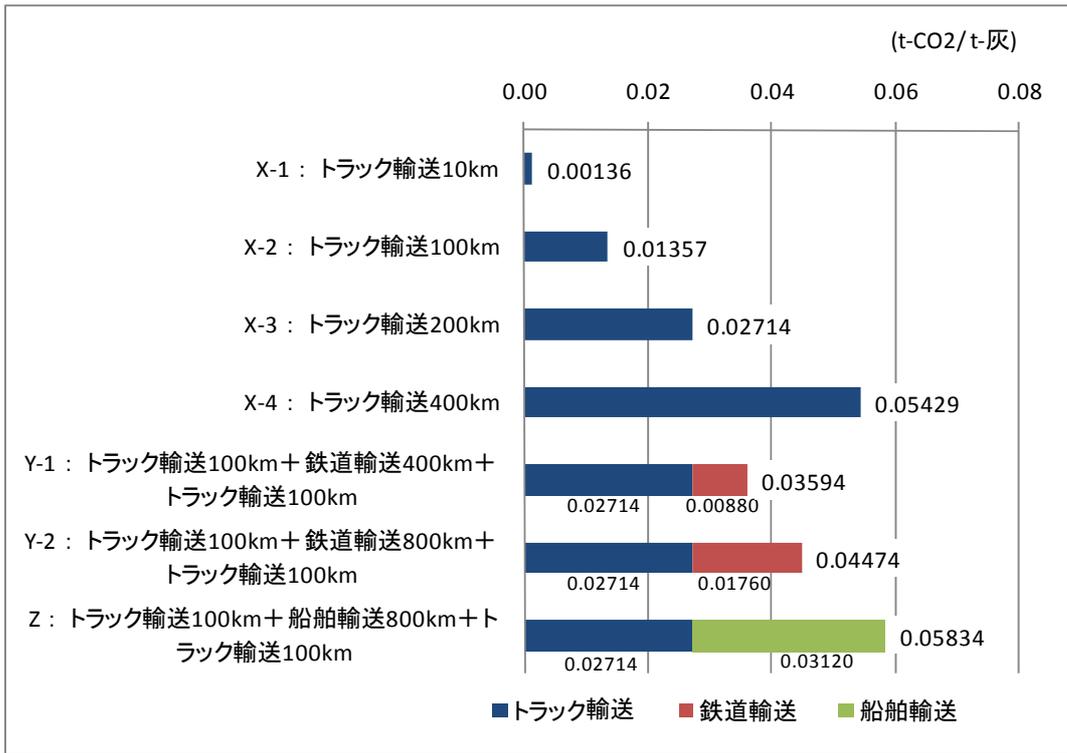
(イ) 輸送モデル別二酸化炭素排出量の算出結果

輸送モデル別の二酸化炭素排出量の算出結果はのとおりである。

図表 2-19 輸送モデル別の二酸化炭素排出量の算出結果

	(t-CO ₂ / t-灰)			
	トラック輸送	鉄道輸送	船舶輸送	合計
X-1: トラック輸送10km	0.00136	—	—	0.00136
X-2: トラック輸送100km	0.01357	—	—	0.01357
X-3: トラック輸送200km	0.02714	—	—	0.02714
X-4: トラック輸送400km	0.05429	—	—	0.05429
Y-1: トラック輸送100km + 鉄道輸送400km + トラック輸送100km	0.02714	0.00880	—	0.03594
Y-2: トラック輸送100km + 鉄道輸送800km + トラック輸送100km	0.02714	0.01760	—	0.04474
Z: トラック輸送100km + 船舶輸送800km + トラック輸送100km	0.02714	—	0.03120	0.05834

図表 2-20 輸送モデル別の二酸化炭素排出量の算出結果(グラフ)



3. 製品品質確保及び有害物質削減のためのごみ焼却灰ライフサイクル管理に関する調査

3.1 製品品質管理に関する調査研究

3.1.1 製品の品質規格等の整理

建設資材の品質については、満たすべき基本的な事項(必要最低限の事項)が JIS に定められている。一方、実際の利用に際しての具体的な基準等については、各種の関連指針や標準仕様書等で示されている。

したがって、JIS のみならずこれら関連指針や標準仕様書等も参考にし、製品として満たすべき品質を整理する必要がある。

製品の主な品質規格等は次のとおりである(参考:日本規格協会「JIS ハンドブック」)。

(1) 道路用骨材

道路用骨材の JIS 規格には、JIS A5001(道路用砕石)、JIS A5015(道路用鉄鋼スラグ)、JIS A5032(一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ)などがある。また、コンクリート塊などを再生路盤材として利用する場合の要求性能は「舗装再生便覧」に示されている。

道路用溶融スラグ骨材は、基本的には、天然骨材と同等の品質が求められている。さらに、溶融スラグのみ、有害物質の溶出・含有基準が定められている。ただし、粒度調整溶融スラグ及びクラッシュラン溶融スラグのすり減り減量については、再生骨材と同程度で、天然骨材に比べ緩くなっている。

(2) コンクリート用骨材

コンクリート用骨材の JIS 規格には、JIS A5005(コンクリート用砕石及び砕砂)、JIS A5021 附属書 A(コンクリート用再生骨材 H)、JIS A5022 附属書 1(コンクリート用再生骨材 M)、JIS A5023(コンクリート用再生骨材 L)、JIS A5031(一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材)などがある。また、鉄筋コンクリート工事での骨材品質については、日本建築学会による「建築工事標準仕様書(JASS 5「鉄筋コンクリート工事」)」でも規定されている。

コンクリート用溶融スラグ骨材は、道路用と同様、基本的には、天然骨材と同等の品質が求められている。さらに溶融スラグ骨材については、化学成分項目の規定及び有害物質の溶出・含有基準の規定がある。

なお、溶融スラグはコンクリート用再生骨材としての使用実績が乏しく、長期安定性に関するデータが不十分なことから、JIS 規格を満足していてもコンクリート用再生骨材として構造体に使用することは現状では難しく、用途が制限されている。

(3) 溶融スラグの骨材利用に関する環境省による判断

溶融スラグの骨材利用に関しては、「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進に関する通知」(平成 19 年 9 月 29 日、環廃対発第 070928001 号、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長

通知)及び「一般廃棄物の溶融固化物の再生利用の実施の促進に関する通知の一部改正」(平成 21 年 10 月 2 日、環廃対発第 091002001 号、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長通知)により、以下の判断が示されている。

①市町村が溶融固化した溶融固化物であること、②指針に示される溶融固化物の目標基準に適合するものであること、③市町村が自ら発注した公共建設工事において利用するものであること、のすべてを満たす場合、客観的に利用価値が認められ、かつ確実に再生利用されるものであるとして、廃棄物の処分に該当するものでないとして差し支えない。

目標基準等については、以下に示すとおりである。また、通知等の発出経過についても併せて示す。

図表 3-1 一般廃棄物溶融スラグの用途と目標基準等(一般廃棄物の溶融固化物の再生利用に関する指針)

2 溶融固化物の用途	3 溶融固化物に係る目標基準
(1)路盤材(下層路盤材、上層路盤材)、加熱アスファルト混合物用骨材	日本工業規格 A5032 に適合していること。
(2)コンクリート用溶融スラグ骨材(コンクリート二次製品用材料含む。)	日本工業規格 A5031 に適合していること。
(3)埋め戻し材、路床材等	日本工業規格 A5032 の 4.2 (有害物質の溶出量と含有量)の基準に適合していること。この場合において、有害物質の溶出量及び含有量についての試験方法及び検査は、日本工業規格 A5032 の 5 (試験方法)及び 6 (検査)によること。 また、利用に当たっては、用途に応じて、強度、耐久性等の品質も満たす必要がある。
(4)地中空間の充てん材	一般廃棄物の溶融固化物が別紙の基準に適合していること。 (別紙) 市町村(又は施工業者)が使用する一般廃棄物溶融固化物の有害物質の溶出量は、溶融固化物単体において JISK0058-1 の 5.による試験方法(受渡当事者市町村間の協議によって、JISK0058-1 の 6.に規定する方法によっても良い。)によって溶出試験を行い、下表の含有量基準に適合するものでなければならないこと。 また、市町村(又は施工業者)が使用する一般廃棄物溶融固化物の有害物質の含有量は、溶融固化物単体において JISK0058-2 による試験方法によって含有量試験を行い、下表の含有量基準(Ⅰ)又は含有量基準(Ⅱ)に適合するものでなければならないこと。 市町村(又は施工業者)が使用する一般廃棄物溶融固化物について、使用する溶融固化物を供給する溶融炉ごとにロット(性状変更や溶融炉の運転条件の変更など品質管理上無視できない変更が生じた場合には別ロットとする。)を定め、地中に充填する前に全ロットについて、試料を採取し溶出量及び含有量の試験結果を確認すること。なお、この方法による品質管理に代えて充てん工事の現場において十分なストックヤードを確保し、施工に用いる全量を代表する試料を採取して、施工前に試験値を確認することもできること。 表 一般廃棄物溶融固化物に係る溶出量基準及び含有量基準

項目	溶出量基準	含有量基準(Ⅰ)	含有量基準(Ⅱ)
カドミウム	0.01mg/l 以下	150mg/kg 以下	450mg/kg 以下
鉛	0.01mg/l 以下	150mg/kg 以下	450mg/kg 以下
六価クロム	0.05mg/l 以下	250mg/kg 以下	750mg/kg 以下
ひ素	0.01mg/l 以下	150mg/kg 以下	450mg/kg 以下
総水銀	0.0005mg/l 以下	15mg/kg 以下	45mg/kg 以下
セレン	0.01mg/l 以下	150mg/kg 以下	450mg/kg 以下
ふっ素	0.8mg/l 以下	4000mg/kg 以下	12000mg/kg 以下
ほう素	1mg/l 以下	4000mg/kg 以下	12000mg/kg 以下

(次ページに続く)

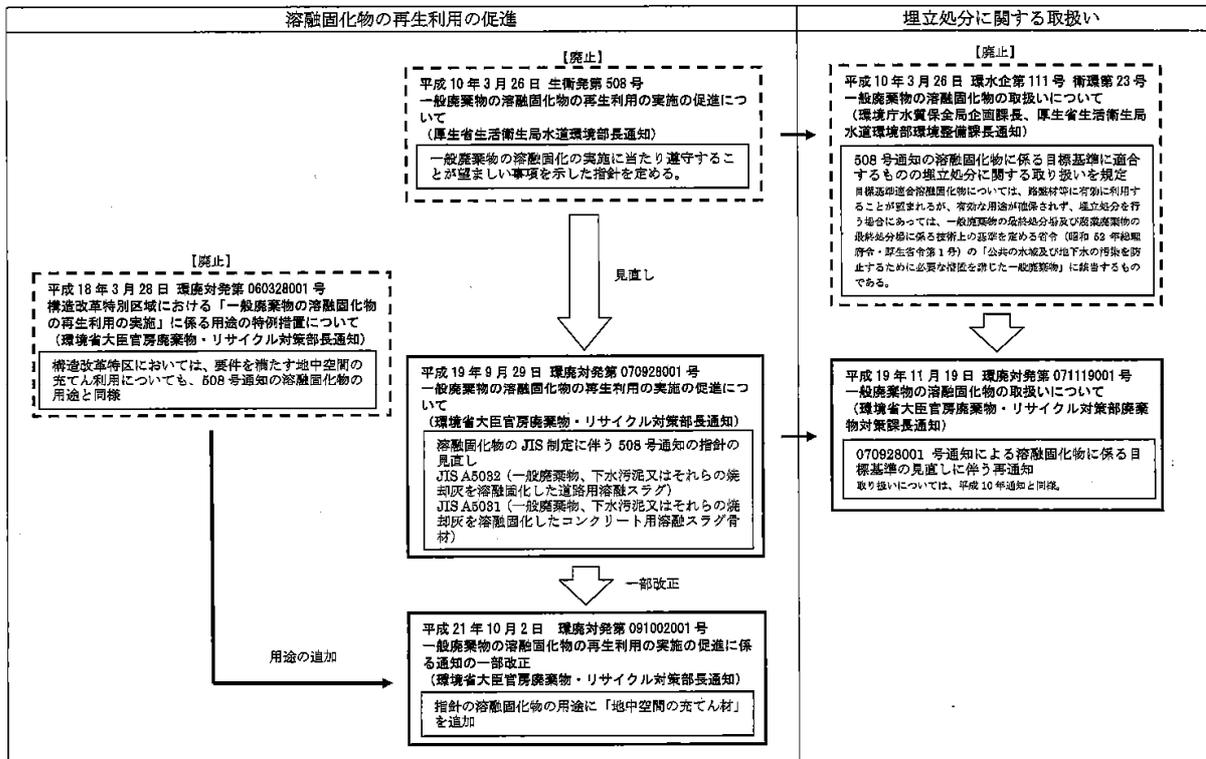
	<p>注：地中充填の際の全充填物に対する一般廃棄物溶融固化物の配合比率を30%以下とする場合には含有量基準（Ⅱ）を用い、それ以外の場合には含有量基準（Ⅰ）を用いることとする。なお、含有量基準（Ⅱ）を用いる場合には、定期的な配合率の検査確認を行うこととする。</p> <p>5 地中空間の充てん材としての利用に関し、遵守すべき留意事項</p> <p>(1) 一般廃棄物の溶融固化物が常態的に地下水に浸漬するおそれがないよう、地下水位より上部に充てんすること。</p> <p>(2) 施工地からの浸出液による施工地周辺の地下水への影響の有無を判断することができる二以上の場所から採取された地下水の水質検査を行い、かつ、記録すること。</p> <p>この水質検査は、地下水位や地下水の流向を考慮し、一般廃棄物の溶融固化物の充てん利用を行った地点の周辺で充てんの影響を受ける可能性のある箇所を少なくとも1箇所選定し、比較対象となる地域の水質を比較することにより行うこと。また、頻度については一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和62年総理府・厚生省令第1号）第1条第2項第10号等を参考とした上で、地域の実情に応じて実施されたいこと。</p> <p>(3) 公共建設工事の実施前に、施工予定地周辺の住民を含む利害関係者に説明会等を通じて当該工事内容の周知を図ること。</p> <p>(4) 施工終了後目安として2年が経過するまでの間、工事関係書類・記録について公衆の閲覧を可能とすること。</p> <p>(5) 施工地の周辺環境に生活環境保全上の支障（例えば地下水の水質異常等が考えられる）が生じた場合にあっては、原因究明の上、速やかに掘返しや遮断工事の必要な対応を行うようにすること。</p> <p>(6) 一般廃棄物の溶融固化物の他の用途と異なり、一般廃棄物の溶融固化物が局所に集中的に利用されることも想定されるため、埋戻材等の場合と同程度の利用量とすることで、集中的な利用による環境への影響について配慮すること。</p> <p>(7) ここに掲げる内容のほか、地域の実情に応じて必要な条件を検討し、公共建設工事を実施すること。</p> <p>(8) 地中空間への充てん利用を行う公共建設工事の施工を他人に委託する場合には、施工事業者との間で役割及び責任について契約上明確化しておくこと。</p> <p>(9) 充てんする深度は、利用実績の最大深度及び掘り返しを行う場合の迅速な対応が可能な深度として、地表から5メートル以内を参考値とする。ただし、当該深度はあくまでも目安の数値であり、充てん利用に係る具体的な深度は、地域の実情等を踏まえ、各市町村において判断されたいこと。</p>
--	--

4 再生に関し、遵守すべき留意事項

- (1) 溶融については、あらかじめ対象となる廃棄物の溶融点を計測した上で、溶融炉内の温度を概ね1200℃以上の高温条件下に保つことにより行うこと。
- (2) 溶融に伴い生じるばいじんについては、セメント固化等による無害化やいわゆる山元還元などにより適正に処理すること。
- (3) 溶融固化物の冷却を水冷方式により行う場合には、冷却水の温度、pH、水量、水質等を適切に管理するとともに、冷却水の適正な処理を行うこと。
- (4) 排ガスについては、バグフィルター等の高度の機能を有する排ガス処理設備により処理すること。
- (5) 溶融固化物の品質を安定させるため、焼却灰とばいじんの割合を均一化するなど、廃棄物の成分に留意すること。
- (6) 溶融固化物の安定的な利用先の確保に努め、適正な保管量を超えることのないよう留意すること。また、溶融固化物の利用先の確保については、土木部局等の関係部局と

※出典：「生活と環境」(平成21年11月号)

図表 3-2 溶融スラグの骨材利用に関する環境省による一連の通知



※出典：「生活と環境」(平成21年11月号)

3.1.2 セメント化における品質管理

(1) 品質基準

原材料に焼却灰を混合するセメントであっても品質は普通ポルトランドセメントと変わりなく、「JIS R5210 ポルトランドセメント」が品質規格となる。

なお、エコセメントは、「JIS R5214 エコセメント」が品質規格となる。エコセメントは、その特徴によって次の 2 種類に分類される。無筋コンクリートのほか、普通エコセメントは鉄筋コンクリート(高強度・高流動コンクリートは除く)にも用いられる。

いずれも、工業製品としてメーカーにより品質が保証される。

- 普通エコセメント: 製造過程で脱塩素化させ、塩化物イオン量がセメント質量の 0.1% 以下のもの。普通ポルトランドセメントに類似する性質をもつ。
- 速硬エコセメント: 塩化物イオン量が、セメント質量の 0.5 以上 1.5% 以下のもの。塩素成分をクリンカー鉱物として固定した速硬性をもつ。

(2) 用途

焼却灰の有無にかかわらず区別されることなく普通ポルトランドセメントとして、全国の建設工事・土木工事等に用いられる。

(3) 焼却灰の利用目的

セメント成分と焼却灰成分の比較を次表に示す。焼却灰は、セメント原料の石灰石及び粘土の代替物として利用される。焼却灰の成分分析結果をもとに、配合率等を調整し、製品品質を確保している。

図表 3-3 セメント成分と焼却灰成分の比較

成分 (原料)	ポルトランドセメント	焼却灰
CaO (石灰石)	64~65%	23.0%
SiO ₂ (粘土(珪石))	20~21%	27.3%
Al ₂ O ₃ (粘土(珪石))	5%	14.3%
Fe ₂ O ₃ (鉄原料)	3%	6.2%

※出典: 社団法人セメント協会資料

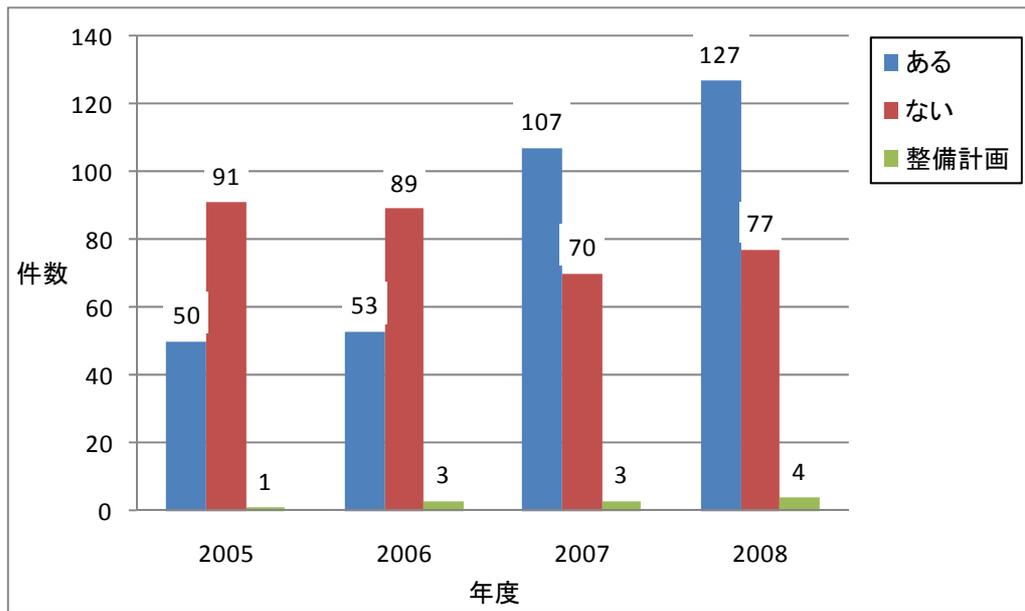
3.1.3 溶融における品質管理

(1) 品質基準

自治体の溶融施設で生成される溶融スラグについては、コンクリート用溶融スラグ骨材規格(JIS A5031)、または道路用溶融スラグ骨材規格(JIS A5032)に準拠して試験が行われる。

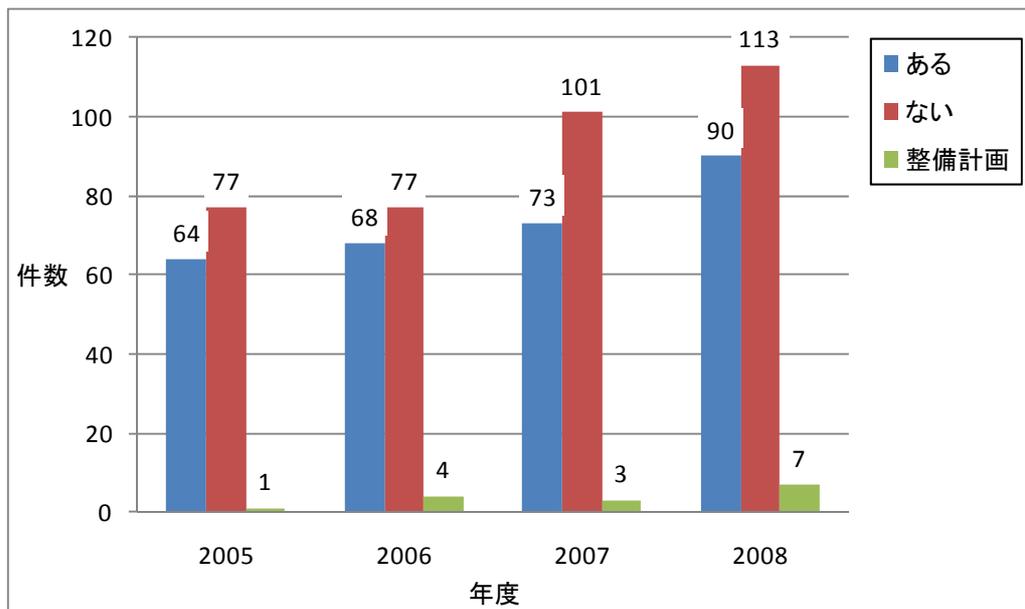
JIS 規格に定められる粒度を得るための破碎装置及び粒度調整装置の保有状況は次図のとおりである。破碎装置については 6 割以上の施設が保有しているが、粒度調整装置については保有しているのは 4 割強にとどまり、保有していない施設が過半数に及ぶ。(エコスラグ利用普及センター資料による)

図表 3-4 破碎装置保有の現状と整備計画(ごみ+下水)



※出典：「2008年度版エコスラグ有効利用の現状とデータ集」(エコスラグ利用普及センター)

図表 3-5 粒度調整装置保有の現状と整備計画(ごみ+下水)



※出典：「2008年度版エコスラグ有効利用の現状とデータ集」(エコスラグ利用普及センター)

(2) 用途

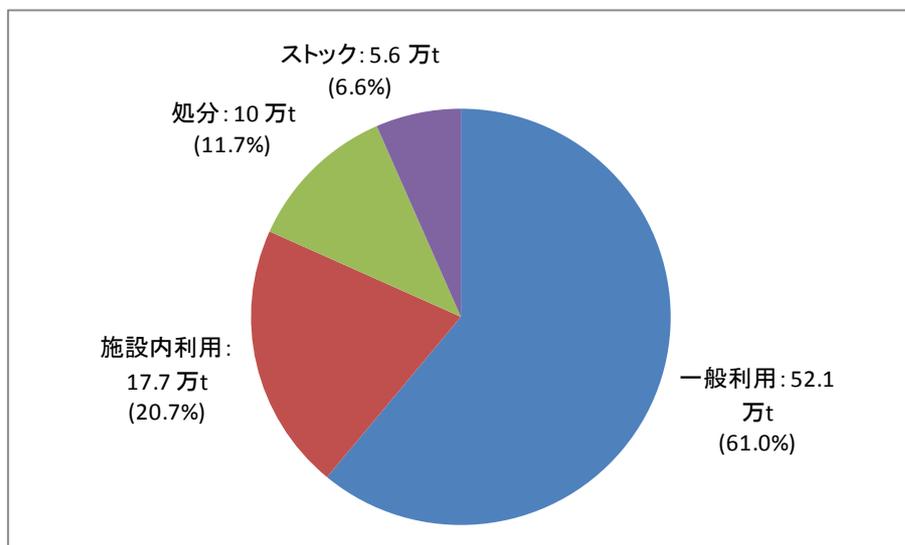
エコスラグ利用普及センター資料(図表 3-6)によれば、2007年度のごみ+下水汚泥の熔融スラグのうち、一般利用が61%、施設内利用が21%あり、全体の8割強が有効利用されている。

有効利用用途を見ると(図表 3-7)、道路用骨材が26%、コンクリート用再生骨材(ブロックを含む)が21%、最終処分場の覆土が15%、地盤・土壌改良材が14%などとなっている。骨材としては、各種基準ないし所定の品質を満足することを条件に、他の天然骨材や再生骨材などと混合して利用されるケースが多い。

JIS 認証を取得した自治体であっても、必ずしも熔融スラグを全量、建設資材として有効利用している

わけではない。認証取得自治体へのヒアリングによれば、溶融スラグのうち半分は道路用または二次製品骨材として有効利用されるものの、残りの半分は覆土材利用となっている。このような状況の主な理由は、骨材としての利用実績がまだ少ないこと、溶融スラグ骨材に対する利用者側の認知が低いことなどである。

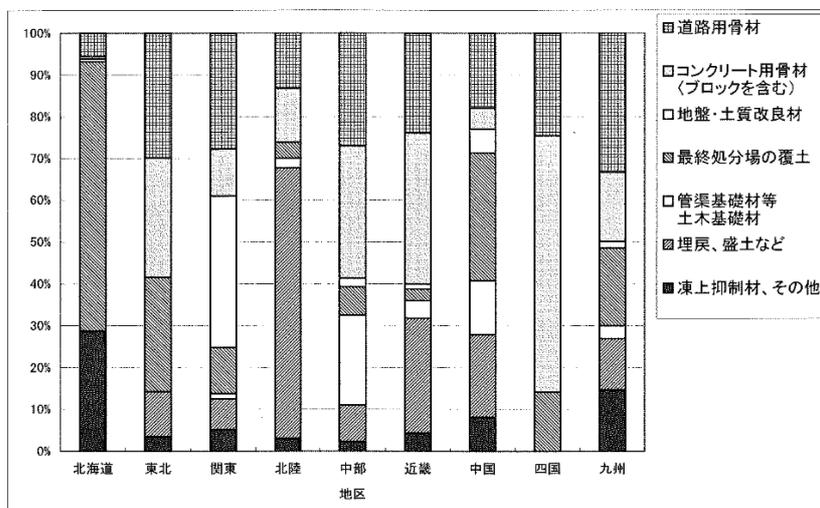
図表 3-6 溶融スラグの有効利用状況(2007年度ごみ+下水)



※出典：「2008年度版エコスラグ有効利用の現状とデータ集」(エコスラグ利用普及センター)

図表 3-7 溶融スラグの用途別利用状況(2007年度ごみ+下水)

品目	2006年度		2007年度	
	利用総量 t	利用の内訳%	利用総量 t	利用の内訳%
道路用骨材	167,400	27.8	182,900	26.2
コンクリート用骨材(ブロックを含む)	144,800	24.0	146,200	20.9
地盤・土質改良材	79,000	13.1	95,200	13.6
最終処分場の覆土	76,700	12.7	106,900	15.3
管渠基礎材等土木基礎材	51,400	8.5	38,800	5.6
埋戻、盛土など	38,800	6.4	82,100	11.8
凍上抑制材	3,600	0.6	5,200	0.7
その他	41,400	6.9	40,800	5.8
合計	603,100	100	698,100	100



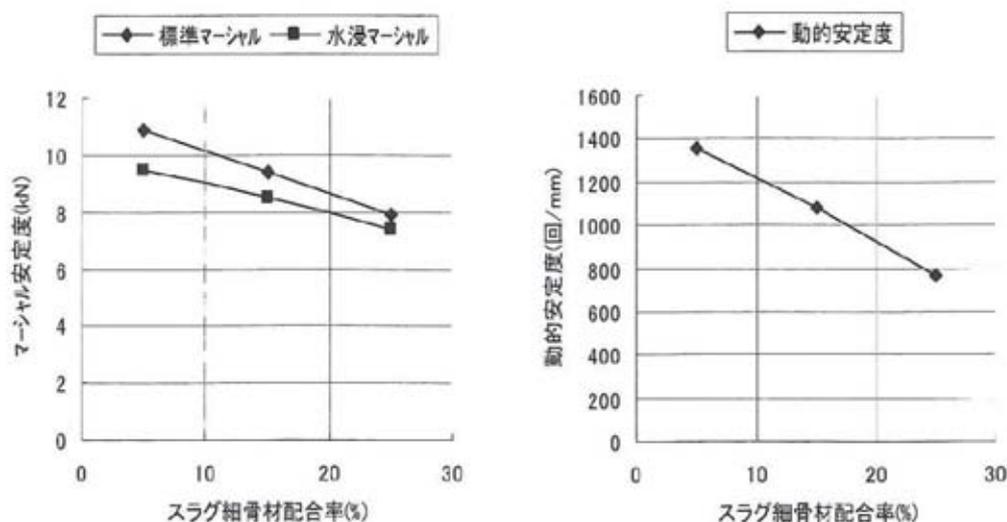
※出典：「2008年度版エコスラグ有効利用の現状とデータ集」(エコスラグ利用普及センター)

(3) 道路用骨材利用における基準

溶融スラグに求められる品質は JIS 規格(コンクリート用骨材: JIS A5031、道路用骨材: JIS A5032)に定められる。これは溶融スラグ単品の品質であり、実際の施工においては、天然骨材などと配合して用いられる。

道路用では、「舗装設計施工指針」や「舗装再生便覧」(いずれも社団法人日本道路協会)では、配合設計についての方法や手順が示されている。また、「道路用溶融スラグ品質管理及び設計施工マニュアル」(エコスラグ利用普及センター)では、溶融スラグを用いた表層・基層用アスファルト混合物への溶融スラグ細骨材の配合量として「性能上問題のない範囲で全骨材質量の 10%以下とする」との基準が示されている。これは、溶融スラグ単体では、JIS 規格を満たしても、他の材料との配合の結果、合材の品質が低下する場合があるためである(下図)。

図表 3-8 溶融スラグ細骨材配合率と安定度との関係



※出典: 「道路用溶融スラグ品質管理及び設計施工マニュアル」(エコスラグ利用普及センター)

(4) コンクリート用再生骨材利用における基準

JIS 規格では、コンクリート用の溶融スラグ骨材規格として JIS A5031 は定められている。しかしながら、JIS A5308(レディーミクストコンクリート)、いわゆる生コンの JIS 規格において、溶融スラグ骨材は「使用不可」とされているため、現状では事実上利用できない。

なお、同規格は資源循環型社会に貢献するよう 2009.3.20 に改正され、再生骨材(Hに限定)の利用が可能となった。そのポイントは次のとおりである。

- コンクリート用再生骨材 H(JIS A5021)は、普通コン・舗装コンに限定して使用可
- 再生骨材の品質試験方法は JIS A5021 に準拠
- スラグ骨材のうち、高炉スラグ骨材、フェロニッケルスラグ骨材、銅スラグ骨材または電気炉酸化スラグ骨材は使用可。溶融スラグ骨材は使用不可

(5) 自治体における管理事例

本調査の一環として実施した自治体を対象とするアンケート調査によれば、品質試験については JIS 規格によるとする事例が多い。

図表 3-9 自治体における溶出・含有試験実施状況

自治体名	スラグの冷却方式	準拠する品質基準	溶融スラグの主な用途
札幌市	水冷	環境庁告示第46号 土壌の環境基準及びその判定（有害物質の溶出量） コンクリート用溶融スラグ（JIS A 5031）の安全性評価のための試験方法を定めた ①JIS K 0058-1試験（有害物質の溶出量） ②JIS K 0058-2試験（有害物質の含有量）	埋立覆土材
秋田市	水冷	秋田県溶融スラグ使用基準（JIS規格同等品）	コンクリート二次製品用骨材、アスファルト混合物用骨材、埋戻材
宇都宮市	水冷	JIS規格に準拠	無し
さいたま市	水冷	JIS規格に準拠	コンクリート二次製品用骨材、アスファルト用骨材
所沢市	水冷	JIS規格に適合する基準を満たしていること	アスファルト合材
川口市	水冷		道路用骨材
千葉市	水冷	JIS A 5032	道路用アスファルト骨材、コンクリート二次製品
柏市	水冷	JIS規格に準拠	路盤材等に使用
八王子市	徐冷	その他（形状50mm以下、密度2.7t/m ³ 程度、嵩比重1.75）	路盤材、コンクリート二次製品
横浜市	除冷	JIS規格に準拠	再生路盤材
藤沢市	徐冷	—	道路路盤材
新潟市	水冷	溶出量のみ検査	埋立処分地の覆土材として利用／再生路盤材として主に新潟県内で転売・消費
浜松市	水砕	西部清掃工場：JIS A 5031、JIS A 5032	公園園路舗装材、道路下層路盤、コンクリート二次製品
豊橋市	水冷	JIS A 5031（コンクリート用）、JIS A 5032（アスファルト用）	アスファルト及びコンクリート材への再利用
四日市市	水冷	JIS規格に準拠	アスファルト混合物、コンクリート二次製品、埋め戻し材（再生砕石に混合）
尼崎市	水冷	JIS規格に準拠	インターロッキングブロック
広島市	徐冷	JIS A 5031、JIS A 5032に準ずる。	上記のとおり、集水桝裏込材やコンクリートブロック等に有効利用
下関市	水冷	無し	最終処分場覆土
宇部市	水冷	—	—
高知市	徐冷（空冷）	JIS規格（すり減り減量がJIS規格を満たしていない）	最終処分場覆土材
高松市	水冷	その他	中間覆土
松山市	水冷	JIS規格に準拠	アスファルト骨材
北九州市	水冷	JIS A 5031及びJIS A 5032 認証取得（2009年9月8日）	コンクリート用細骨材、道路用骨材、路盤材、埋戻材
大分市	水冷	JIS規格の認証は受けていない	コンクリート二次製品・アスファルト用骨材
宮崎市	水冷	—	—

※ 市町村アンケート調査結果による

認証取得事例は4件にとどまっている（平成21年11月末現在）。しかし、図表3-10のとおり、溶融スラグについて JIS 認証を取得する事例が出始めている。いずれも直接溶融方式で、北九州市は、コンクリート用溶融スラグ骨材規格の JIS A5031 及び道路用溶融スラグ規格の JIS A5032 を、他の3市は JIS A5032 のみの認証取得となっている。

なお、JIS 認証を受けるためには、安定的に品質が維持できるよう品質管理の仕組みが不可欠であり、たとえば溶融スラグの破碎・磨砕設備や分級装置などの設置のほか、ソフト面での管理システムが求められる。

図表 3-10 自治体における JIS 認証取得事例(平成 21 年 11 月末現在)

施設／溶融方式	認証 JIS 規格
南魚沼市環境衛生センター／シャフト式	JIS A5032 道路用溶融スラグ細骨材(FM2.5)
豊田市渡刈クリーンセンター／流動床式ガス化	JIS A5032 道路用溶融スラグ細骨材(FM2.5)
香川県東部清掃施設組合／シャフト式	JIS A5032 道路用溶融スラグ細骨材(FM2.5)
北九州市新門司環境センター 新門司工場／シャフト式	JIS A5031 コンクリート用溶融スラグ細骨材 (MS2.5A) JIS A5032 道路用溶融スラグ細骨材(FM2.5)

(6) 民間(株式会社メルテック)における管理事例

建設資材としての物性評価のための検査項目及び基準値は、栃木県再生クラッシャーラン(RC40)に準拠する。溶融スラグ単体で、いずれの基準も満たしている。

図表 3-11 株式会社メルテックにおける溶融スラグの物性試験結果

試験名		試料	基準値	2006年9月	2007年3月	2007年9月	2008年3月	2008年9月	2009年3月
珪骨材の比重及び吸水率試験	表乾比重 (g/cm ³)	2.45以上	2.814	2.875	2.819	2.806	2.807	2.841	
	吸水量 (%)	3.0%以下	0.619	0.329	0.213	0.372	0.185	0.346	
粗骨材のすりへり試験	すりへり減量 (%)	50%以下	39.7	34.5	38.0	36.5	39.3	37.5	
	最適含水比 (%)	10%以下	2.2	1.8	1.7	2.1	2.2	2.7	
修正 CBR 試験	最大乾燥密度 (g/cm ³)	1.8g/cm ³ 以上	2.18	2.275	2.136	2.199	2.207	2.229	
	修正CBR (%)	30%以上	59	64	70	73	95	90	
液性限界、塑性限界試験	塑性指数 (%)	6以下	NP	NP	NP	NP	NP	NP	
合否			合格	合格	合格	合格	合格	合格	

測定機関：(財)栃木県建設総合技術センター

注1. 検査項目及び基準値は、栃木県再生クラッシャーランRC40参照

※出典：株式会社メルテック資料

(7) 民間(中部リサイクル株式会社/大有建設株式会社)における管理事例

中部リサイクル株式会社では、結晶質である溶融スラグの品質を維持するため、塩基度と冷却時間による管理を行っている。具体的には主灰・飛灰比率調整と、スラグパンで冷却するスラグ量調整となる。

溶融スラグについては、大有建設株式会社が溶融スラグ骨材「スラトン」として商品化している。ここで、JIS A5032(CM-40)に基づく品質試験が行われる。次表に天然の岩石を原料にしたクラッシャーランC-40及びコンクリート塊を原料にした再生骨材RC-40との比較結果を示す。品質的には、修正CBR値やすりへり減量値がC-40やRC-40と比較すると劣るが、RC-40の規格は十分に満たしており、RC-40とC-40の中間的な品質と考えられる。

図表 3-12 中部リサイクル株式会社の溶融スラグ骨材とクラッシュラン及びコンクリート再生骨材の品質比較

材料名		スラトン40~0		RC-40		クラッシュランC-40		
材質		溶融スラグ骨材		セメントコンクリート再生骨材		かんらん岩		砂岩
産地・工場		大江合材センター		大江合材センター		鳥羽市菅島町		春日井市
判定基準		JIS A 5032		舗装再生便覧(平成16年2月)		JIS A 5001		
試験項目	試験方法	CM40規格値	試験値	RC-40規格値	試験値	C-40規格値	試験値	試験値
最大乾燥密度	(g/cm ³) JIS A 1210		2.257		1.99		2.413	2.287
最適含水比	(%)		3.1		9.4		4.84	4.51
修正CBR	(%)	30%以上 ^{※1}	42.6	30%以上	104	30%以上	78.2	80.4
塑性指数		6以下 ^{※2}	NP	6以下	NP		NP	NP
すりへり減量	(%) JIS A 1121	50%以下 ^{※3}	37.6	50%以下	24.4	35%以下	12.6	11.6
密度	表乾 (g/cm ³) JIS A 1110				2.492		2.94	2.66
	絶乾 (g/cm ³)					2.45以上	2.92	2.64
	見掛 (g/cm ³)						2.99	2.69
吸水率	(%)				5.77	3.0%以下	0.774	0.679
粒度・通過(%)	ふるいの呼び名	呼び寸法	JIS A 1102					
	50	53(mm)		100	100	100	100	100
	40	37.5		95~100	98.4	95~100	96.9	95~100
	30	31.5		-	-	91	-	-
	25	26.5		-	80	-	84	-
	20	19		50~80	57.2	50~80	72	50~80
	13	13.2		-	47	-	55.6	-
	10	9.5						
	5	4.76		15~40	29.2	15~40	31.8	15~40
	2.5	2.36		5~25	20.4	5~25	20.2	5~25
	1.2	1.18						
	0.6	600(μm)						
	0.4	425			6.1		9.6	
	0.3	300						
0.15	150							
0.074	75			1.9		3.9		
備考 (圧壊試験、圧縮試験 N/mm ²)		40~100		18~30 (コンクリート強度)		安山岩 80~380 硬質砂岩 90~320 石灰石 45~90		

※1、※2 ※3 については目標値

※出典： 大有建設株式会社資料

(8) 骨材利用の需給状況(付随的課題)

溶融スラグは、道路用骨材及びコンクリート二次製品用骨材としての用途が主である。道路工事は公共工事が中心となるが、工事主体である自治体においてはJIS規格を満たす品質であるにもかかわらず十分な溶融スラグ利用が行われていない。すなわち発注仕様書に「溶融スラグ利用」が明記されない限り、

工事会社は公共道路工事に熔融スラグが利用できない。今後、熔融スラグの需要拡大を図り、焼却灰の有効利用の拡大と最終処分量の削減を実現するためには、自治体側も意識と発注の仕組みを変革する必要がある。

一方、熔融施設の処理能力の面から、自治体が積極的に熔融スラグ利用に乗り出した場合、需要量が供給量を超過し、熔融スラグが不足することを懸念する意見も聞かれる。複数の民間熔融施設では、今後の能力増強を予定していることから、自治体側の動向の見極めが必要となっている。

JIS 規格を満たす品質にも関わらず公共工事での熔融スラグ利用に消極的な自治体が多い。熔融スラグの需要拡大のためには、自治体の意識と発注の仕組みの変革が必要である。一方で、熔融施設の処理能力の面から、自治体が積極利用すれば需要量が供給量を超過する懸念がある。

3.1.4 焼成における品質管理

(1) 品質基準

焼成生成物に関する JIS 規格はなく、たとえば道路用骨材の品質規格 (JIS A5001:道路用砕石)などが準用されている。

(2) 用途

主に道路用骨材や、充填材、埋め戻し材等に用いられる。

(3) 民間焼成施設(株式会社埼玉ヤマゼン)における事例

生成物である人工砂の建設資材としての物性評価のための検査項目及び基準値については、同社では天然道路用砕石の JIS 規格 (JIS A5001:道路用砕石)を準用している。(重金属類については土壤環境基準に準拠)

下層路盤材用途が主となるが、物理的性状として人工砂単独では要求強度が確保できないため、他の再生骨材に 15%混合して使用している。人工砂配合の再生骨材 RC-40 としての試験結果は図表 3-13 のとおりである。

また、次の公的基準を満たす品質を確保している。

- (財)埼玉県建材センターによる RC-40(下層路盤)基準値(人工砂を 15%混合した製品として)
- 国土交通省の NETIS(新技術情報提供システム)(技術評価を経て登録済み(登録番号 KT-050091))

用途は、下層路盤材がほぼ 9 割を占めており、他の骨材に配合して使用される。強度が求められない他の用途、たとえばガス管及び下水道管理設時の充填材等の用途では、人工砂を 100%使用することが可能である。

人工砂の販売先の一つである初雁興業を中心に、人工砂の持つ特徴を生かした次のような用途開発も行われている。

- 雑草抑制効果に着目したマルチング材(宇都宮大学との共同研究): 人工砂は、二度の焼却・焼成を経ているため有機分がゼロ。また、多孔質のため吸水性が高く、粒間の水分を吸着してしまう。植物は発芽しても根を張ることができない。表土に 10cm 程度の厚さで敷きつめることで、高い雑

草抑制効果が得られる。

- 水質改善効果(東洋大学との共同研究):多孔質であることから、汚濁成分の吸着・水質改善効果について研究中。現在、埼玉県と産官共同で実際の河川で水質浄化実験中。

図表 3-13 株式会社埼玉ヤマゼンにおける人工砂の物性試験結果



再生路盤材の試験報告書

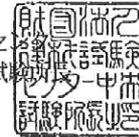
1/6

受付番号	工試第U一特80630号
受付日	平成20年 6月 4日
発行日	平成20年 8月19日

株式会社 埼玉ヤマゼン 殿

財団法人 建材試験センター

中央試験所



浦和試験室

〒338-0822 埼玉県さいたま市桜区中島2丁目12番8号

電話番号 048(858)2790

試験監督者 沼澤 秀

1. 試料

種 類	RC-40 (アークサンド15%混合)
製 造 工 場	株式会社 埼玉ヤマゼン
採 取 日	平成20年 6月 2日
用 途	路盤材、基礎材等

2. 試験内容

試 験 方 法	JIS A 5001 道路用碎石 5.2 粒度試験 JIS A 5001 道路用碎石 5.3 飽乾密度及び吸水率試験 JIS A 5001 道路用碎石 5.4 すりへり減量試験 JIS A 5001 道路用碎石 5.5 塑性指数 (社)日本道路協会“舗装調査・試験法便覧”E001 ①修正CBR試験方法
試 験 期 間	平成20年 6月30日～ 8月11日
試 験 場 所	浦和試験室
試 験 担 当 者	高橋 大祐・高館 明裕・岡田 玲子

3. 試験結果

粒 度 試 験					
※1	通 過 質 量 百 分 率 , %				
ふるい目の寸法 mm	53 (50)	37.5 (40)	19 (20)	4.75 (5)	2.36 (2.5)
測 定 値	100	100	75	31	22
※2 規 格 範 囲	100	95～100	50～80	15～40	5～25
備 考	※1 ()内は各ふるい目の公称。 ※2 RC-40の規格粒度範囲。 粒度試験結果(粒度曲線)を図-1に示す。				

※出典: 株式会社埼玉ヤマゼン資料

修正 C B R 試験							
共通項目	試料の準備方法			乾燥法			
	試料の使用方法			非繰返し法			
最適含水比 測定試験 92回/層 (3層)	平均含水比 %	12.1	13.3	14.0	15.1	16.4	17.1
	乾燥密度 g/cm ³	1.734	1.748	1.755	1.759	1.753	1.748
	最適含水比 %	15.0					
	最大乾燥密度 g/cm ³	1.759					
CBR試験	突固め回数	番号	乾燥密度 g/cm ³	4日水浸後の 吸水膨張比 %	C B R 値 (2.5mm貫入時) %		
	92回/層 (3層)	1	1.749	+0.01	289		
		2	1.758	0.00	211		
		3	1.753	+0.01	206		
		平均	1.753	+0.01	235		
	42回/層 (3層)	1	1.653	-0.02	93		
		2	1.651	+0.02	92		
		3	1.650	-0.01	111		
		平均	1.651	0.00	99		
	17回/層 (3層)	1	1.539	-0.01	36		
		2	1.536	0.00	39		
		3	1.532	-0.01	38		
		平均	1.536	-0.01	38		
修正 C B R % ※		126					
備考	※ 最大乾燥密度の95%の時の値。 ・乾燥密度-含水比曲線及び乾燥密度-CBR曲線を図-2に示す。						

試験項目		1	2	平均
密度 g/cm ³	表 乾	2.34	2.35	2.35
	絶 乾	2.17	2.19	2.18
吸水率 %		7.71	7.36	7.54
すりへり減量 %		31.4		
塑性指数 (P. I)	液性限界※1 %	NP		
	塑性限界※1 %	NP		
	塑性指数※2	NP		
備考		※1 試験結果においてその性状が認められない場合は、NP (non-plastic) とする。 ※2 液性限界若しくは塑性限界が求められないとき、又は液性限界と塑性限界に有意な差が無いときは、NPとする。		

※出典：株式会社埼玉ヤマゼン資料

3.2 有害物質管理に関する調査研究

3.2.1 溶融スラグの有害物質基準の整理

土壤汚染対策法においては、直接摂取や地下水を經由しての摂取による人の健康への影響を考慮した環境基準が定められている。これを踏まえ、JIS A5031 及び 5032 において、溶出量及び含有量の基準が設定された。環境安全性の観点からの基準値の設定は JIS で初めてである。

JIS A5031 および 5032 では、原則最終製品ではなく、溶融スラグ単体での溶出量及び含有量基準を満たすことと、これによる品質保証を溶融スラグの製造者に求めており、厳しい基準となっている。逆に、溶融スラグ単体でこの基準を満たしていれば、最終製品として利用するうえで、十分な環境安全性が確保される。

なお、JIS A5031・A5032 のいずれの含有量基準についても、溶融スラグ骨材単体で基準を満足しない場合、基準値の 3 倍以内であり、かつ他の骨材や材料と混合することで基準値を満たすことができ、かつ製造者が品質保証できる場合は、規格の適用は妨げないとする暫定的措置が設けられている（「2009 年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」（日本規格協会）解説より）。

図表 3-14 JIS A5031・5032 における有害物質の溶出量基準値

項目	溶出量基準
カドミウム	0.01 mg/L 以下
鉛	0.01 mg/L 以下
六価クロム	0.05 mg/L 以下
ひ素	0.01 mg/L 以下
総水銀	0.0005 mg/L 以下
セレン	0.01 mg/L 以下
ふっ素	0.8 mg/L 以下
ほう素	1.0 mg/L 以下

※ 土壤に係る環境基準と同等

※出典：「2009 年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」（日本規格協会）

図表 3-15 JIS A5031・5032 における有害物質の含有量基準値

項目	含有量基準
カドミウム	150 mg/kg 以下
鉛	150 mg/kg 以下
六価クロム	250 mg/kg 以下
ひ素	150 mg/kg 以下
総水銀	15 mg/kg 以下
セレン	150 mg/kg 以下
ふっ素	4,000 mg/kg 以下
ほう素	4,000 mg/kg 以下

※ 土壤汚染対策法に基づく指定区域の指定に係る基準と同等

※出典：「2009 年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」（日本規格協会）

3.2.2 セメントにおける有害物質管理事例(太平洋セメント株式会社)

(1) 原料としての焼却灰の有害物質管理

原料として受け入れる焼却灰は、他の原材料と同様に取り扱われる。すなわち、成分分析に基づいて重金属の含有量チェックを行い、原料としての受け入れ可否を判定している。そのうえで、使用量についてもコントロールを行っている。(源流管理)

(2) 製造(処理)工程における管理

確実に求める製品(セメント)品質が得られるよう、あらゆる原材料をトータルに見て成分調整を行い、使用する原材料の混合割合を決定する。したがって、焼却灰の使用量・使用割合は、他の原材料とのバランスからコントロールされる。

(3) 製品(セメント)の有害物質管理

普通セメント製造のための品質管理として、焼却灰を含む原材料全体の重金属管理を行っている。また、六価クロムについては、業界自主規制としてセメント中含量を定めている。

(4) 製品(セメント)利用における管理

セメントは、JIS 規格に基づいて製造された工業製品であり、メーカーが環境安全性についても保証する。したがって、焼却灰を原材料とするセメントであっても普通ポルトランドセメントに変わりはないので、特別な建設資材としての利用先の追跡、管理は行っていない。セメントは、広く分布する生コン会社等を通じ、全国で建設用途等に利用される。

(ア) 関連情報の管理と公開

セメント会社が一元管理し、必要に応じ公開する。

3.2.3 溶融(自治体)における有害物質管理

(1) 原材料としての焼却灰の有害物質管理

廃棄物処理法に基づき、環境安全性に配慮した焼却等施設の運転管理及び生成する焼却灰の保管管理を実施している。

溶融施設で受け入れる焼却灰も処理対象ごみも、通常重金属管理は行われない。自治体処理施設にとっては焼却灰等を安定的に処理できること、施設への負荷をできるだけ小さくランニングコストを抑えることが重視される。(たとえば、塩基度が高く出滓口を痛める飛灰の受け入れ量を調整するなど)

溶融スラグにおいて、鉛など重金属が JIS 規格の溶出・含有基準を超える例が見られる。この場合でも、ごみの排出源に働きかけ原因となる鉛分等を排除する仕組みの構築・改善には結びつきにくい。

(2) 製品(溶融スラグ)の有害物質管理

多くの自治体が JIS 規格(JIS A5031・5032)に基づき、溶出・含有試験を行っている。しかし、その結果、基準を上回る重金属等が検出されても、上流側対応(原材料調整、さらにはごみの分別管理)はさ

れていない。

図表 3-16 溶融スラグ中の鉛の溶出・含有基準値外れの例

自治体	溶出試験結果(mg/L) (JIS K00581-6/環告 46号)	含有試験結果(mg/kg) (JIS K00582/環告 19号)
	基準値:0.01mg/L 以下	基準値:150mg/kg 以下
A	<0.001	610
B	(<0.001)	430
C	<0.005	360
D	0.007	260
E	0.05	220

※ 溶出試験結果は、JIS K00581-6に基づく粗砕による試験結果

ただし()の値は、JIS K00581-5に基づく利用有姿による試験結果

※ 「2008年度版エコスラグ有効利用の現状とデータ集」(エコスラグ利用普及センター)より作成

(3) 製品(溶融スラグ)利用における管理

利用先の追跡については、公共施設内の工事で使用する場合は可能だが、民間建設会社等が利用する場合には追跡できていない。

3.2.4 溶融(民間)における有害物質管理(メルテック株式会社)

(1) 原材料としての焼却灰の有害物質管理

焼却灰の成分・性状により受け入れの可否を判断している。一般廃棄物の焼却灰はすべて受入基準の許容範囲内にある。産業廃棄物は変動があり、また注射針など医療系が含まれるものなど、一部で受け入れられないものもある。

飛灰は塩分濃度が高いため積極的には受け入れないが実績はある。混合灰は受け入れ可能。現状では、主灰:飛灰=4:1程度の割合で受け入れている。

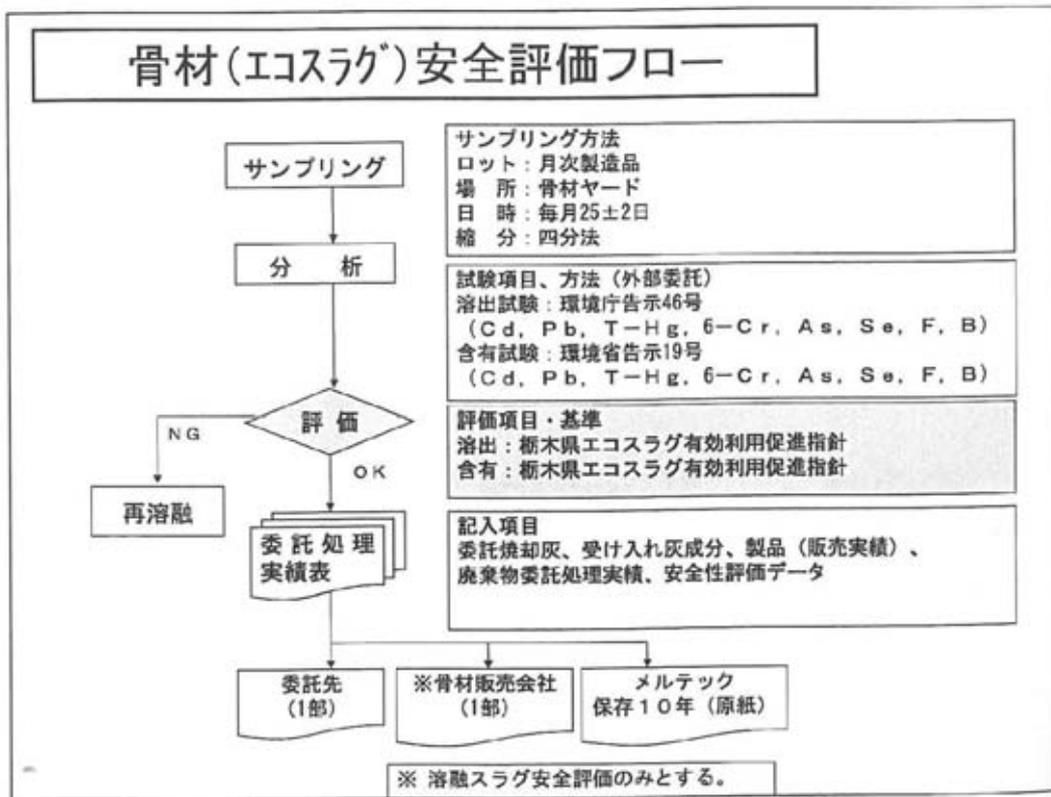
(2) 製品(溶融スラグ)の有害物質管理

評価項目及び評価基準値は、JIS規格に適合する栃木県エコスラグ有効利用促進指針(溶出・含有基準値はJIS規格値に準ずる。)に基づく。

検査方法は、溶出試験は環境庁告示46号(平成3年8月23日)、含有試験は環境省告示19号(平成15年3月6日)に基づく。溶融スラグ単体で、いずれの基準も満たしている。

- 骨材ヤードに貯蔵する月次製造品よりサンプリングして、重金属溶出・含有試験を毎月実施している。製品としての出荷はこの試験の完了後となる。
- 重金属溶出試験は環境庁告示第46号に基づき、また含有試験は環境省告示第19号に基づき行っている。(試験項目は、いずれもカドミウム/鉛/総水銀/六価クロム/ヒ素/セレン/フッ素/ホウ素)
- 評価項目・基準は、溶出・含有量とも、栃木県エコスラグ有効利用促進指針に準拠している。
- 重金属溶出・含有量とも、JIS規格を満たしている。しかし、産業廃棄物を受け入れているため、現在の規格ではJIS規格品とはならない。

図表 3-17 メルテック株式会社における溶融スラグの安全性評価フロー



※出典: メルテック株式会社資料

図表 3-18 メルテック株式会社による溶融スラグの重金属溶出・含有試験結果

08年度骨材重金属試験実績

重金属溶出成分 (mg/L)													
測定項目	基準値	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
Cd	0.01以下	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Pb	0.01以下	<0.001	<0.001	0.002	<0.001	<0.001	0.001	<0.001	0.001	0.002	<0.001	<0.001	<0.001
6-Cr	0.05以下	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
T-Hg	0.0005以下	<0.001	<0.001	0.001	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
As	0.01以下	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Se	0.01以下	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
B	1.0以下	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
F	0.8以下	0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.2

重金属含有成分 (mg/Kg)													
測定項目	基準値	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
Cd	150以下	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Pb	150以下	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	22
6-Cr	250以下	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20
T-Hg	15以下	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
As	150以下	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Se	150以下	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
B	4000以下	230	210	150	210	200	110	110	210	230	250	240	280
F	4000以下	180	170	170	180	180	80	270	250	250	120	180	73

注1. 基準値は栃木県エコスラグ有効利用促進指針(平成20年度)による。

※出典: メルテック株式会社資料

(3) 製品(溶融スラグ)利用における管理

骨材としての販売先は県内 1 ヶ所のみであり、ここで、鉄鋼スラグ、産廃コンクリートがらに、比重調整用補助材として溶融スラグを混合して再生砕石を製造し販売している。

販売先より、毎月、再生砕石の利用先(工事場所)について報告を受けている。ただし、再生砕石としての利用先であり、個別個所での溶融スラグ利用量についてはトレースしていない。

(4) 関連情報の管理と公開

関連情報は、メルテックにて一括管理している。

焼却灰の排出元へは、月次処理実績報告、年次実績報告を配布している。

溶融スラグ販売先との覚書において、スラグの利用情報(在庫・出荷情報、利用情報)について、販売先にて帳簿を整備すること、メルテックからの要求に応じこれを開示することとしている。

3.2.5 溶融(民間)における有害物質管理(中部リサイクル株式会社/大有建設株式会社)

(1) 原材料としての焼却灰の有害物質管理

次のような焼却灰の成分分析結果を踏まえ、受け入れの可否を判断している。

- 溶出試験： Pb,Cd,Hg,Cr⁶⁺,Se,As など
- 含有量： CaO,SiO₂,Al₂O₃,MgO,TiO₂,Fe,Cu,Cr,P,S,Cl,F,Na,K,B,Pb,Cd,Se,As,Hg, 水分,DXN 類など

※ 成分分析項目については、中部リサイクルのホームページより引用

(2) 製品(溶融スラグ)の有害物質管理

検査方法は、溶出試験は環境庁告示 46 号(平成 3 年 8 月 23 日)、含有試験は環境省告示 19 号(平成 15 年 3 月 6 日)に基づく。溶融スラグ単体で、いずれの基準も満たしている。

図表 3-19 中部リサイクル株式会社による溶融スラグの含有試験結果

分析項目	単位	基準値	分 析 結 果												
			H19.4.5	H19.5.31	H19.7.26	H19.9.11	H19.10.15	H19.11.9	H19.12.10	H20.1.7	H20.2.5	H20.2.12	H20.2.25	H20.3.18	H20.3.24
Cd	mg/kg	150mg/kg 以下	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	
Cr ⁶⁺	〃	250以下	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
CN	〃	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Hg	〃	15以下	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	
Se	〃	150以下	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
Pb	〃	150以下	9	5	2	17	3	3	5	3	3	2	6	2	
As	〃	150以下	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	
F	〃	4000以下	1400	1100	590	470	640	710	1600	1600	1800	670	1,100	2,700	
B	〃	4000以下	380	330	150	160	200	270	380	370	310	440	310	540	
備 考															

- ・ 溶出試験の方法は平成3年環境庁告示第46号による。
- ・ 基準値は土壤汚染にかかる環境基準に準ずる→一般廃棄物の溶融固化物にかかる目標基準値

※出典： 中部リサイクル株式会社資料

図表 3-20 中部リサイクル株式会社による溶融スラグの溶出試験結果

計量の対象	単 位	基準値	分 析 結 果												
			H19.4.5	H19.5.31	H19.7.26	H19.9.11	H19.10.15	H19.11.9	H19.12.10	H20.1.7	H20.2.5	H20.2.12	H20.2.25	H20.3.18	H20.3.24
Pb	mg/l	< 0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.007	0.007	<0.005	0.005
Cd	#	< 0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Cr ⁶⁺	#	< 0.05	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
As	#	< 0.01	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
T.Hg	#	< 0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
Se	#	< 0.01	0.006	<0.002	<0.002	<0.002	0.002	0.006	0.003	<0.002	0.004	0.004	0.002	0.006	0.003
F	#	<0.8	0.2	<0.1	<0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	<0.1	0.1	0.3	0.2
B	#	<1.0	0.2	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	0.2	0.4	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.5	0.2
備 考															

- ・ 溶出試験の方法は平成3年環境庁告示第46号による。
- ・ 基準値は土壤汚染にかかる環境基準に準ずる

※出典： 中部リサイクル株式会社資料

(3) 製品(溶融スラグ)利用における管理

大有建設株式会社において、溶融スラグ骨材「スラトン」として商品化している。

「愛知県リサイクル資材評価制度(あいくる)」により、溶融スラグ入り再生骨材(再生骨材 70%、溶融スラグ 30%)として認定されている。現在、溶融スラグ 100%骨材の認定申請中である。

3.2.6 焼成における有害物質管理(株式会社埼玉ヤマゼン)

(1) 原材料としての焼却灰の有害物質管理

受け入れる焼却灰については、一定の成分基準を設けている。自社分析室にて主に重金属類や塩素などの含有分析を実施し、原材料としての受け入れ可否を判断している。焼成温度が約 1,000℃と溶融温度より低いため、受入基準値は溶融よりも厳しくなっている。

一般廃棄物の焼却灰のほとんどは、この成分基準を満たしている。

基準を満たせば飛灰も受け入れている。

(2) 製品(焼成物/人工砂)の有害物質管理

土壤汚染対策法に定められる溶出・含有基準に準拠し、これを満たす製品づくりを行っている。これらの試験結果を図表 3-21、図表 3-22 に示す。

このため、社内に試験分析室を設置し、配置した環境計量士のもと、含有試験等を毎日実施している。こうした有害物質管理を通じ、製品の環境安全性の確保と品質保証を行っている。

(3) 製品(焼成物/人工砂)利用における管理

人工砂の販売先は 3 社あり、そこで使用されるものと、そこからさらに施工会社に流れるものがある。

3 社からは販売情報(販売先、販売量)が報告される。これらの情報は社内で管理している。

図表 3-21 株式会社埼玉ヤマゼンにおける人工砂の含有試験結果

分析結果報告書

株式会社 埼玉ヤマゼン 様

受付日：平成21年 6月 2日
 受付方法：持込
 採取者：株式会社埼玉ヤマゼン 様
 採取日：平成21年 5月25日
 採取時刻：*****
 天 候：*** 気温：*** 水温：***
 試料名：アークサンドK (含有量試験)
 採取場所：株式会社埼玉ヤマゼン

報告書No. 200902406
 平成 21 年 6 月 18 日

株式会社 大和環境分析センター
 石川県金沢市坂中18番地4

株式会社 大和環境分析センター 事業本部
 〒923-2533 石川県能美郡川北町三反田273
 TEL 076-277-3733 FAX 076-277-3139

報告責任者 奥田

分析の結果を以下に報告します。

分析の対象	分析の結果	単 位	基 準	分析の方法	下限値
カドミウム及びその化合物	1 未満	mg/kg	150 mg/kg以下	JIS K 0102 55.1 γ線原子吸光法	1
六価クロム化合物	2 未満	mg/kg	250 mg/kg以下	JIS K 0102 65.2.1 ジフェニルピコリン酸光度法	2
シアン化合物	5 未満	mg/kg	遊離シアンとして 50 mg/kg以下	JIS K 0102 38.3 4-ピコリン酸ニヒドロキシベンゼン吸光光度法	5
水銀及びその化合物	0.1 未満	mg/kg	15 mg/kg以下	昭和46年環告第59号付表1 還元気化原子吸光法	0.1
セレン及びその化合物	1 未満	mg/kg	150 mg/kg以下	JIS K 0102 67.2 水素化物発生原子吸光法	1
鉛及びその化合物	67	mg/kg	150 mg/kg以下	JIS K 0102 54.1 γ線原子吸光法	1
砒素及びその化合物	3	mg/kg	150 mg/kg以下	JIS K 0102 61.2 水素化物発生原子吸光法	1
ふっ素及びその化合物	140	mg/kg	4000 mg/kg以下	JIS K 0102 34.1 チタン-799 リンクトリプル吸光光度法	5
ほう素及びその化合物	22	mg/kg	4000 mg/kg以下	JIS K 0102 47.3 ICP発光分光分析法	5
水分	0.3	wt%		平成15年環告第19号2	0.1
以下余白					
備 考 前処理は、平成15年環境省告示第19号付表による。 結果は、乾物換算値で示した。 上記の基準は、土壌汚染対策法関係基準（指定区域の指定等に係る基準）を記載した。					

※出典：株式会社埼玉ヤマゼン資料

図表 3-22 株式会社埼玉ヤマゼンにおける人工砂の溶出試験結果

分析結果報告書

株式会社 埼玉ヤマゼン 様

受付日：平成21年 6月 2日
 受付方法：持込
 採取者：株式会社埼玉ヤマゼン 様
 採取日：平成21年 5月25日
 採取時刻：*****
 天 候：*** 気温：*** 水温：***
 試料名：アークサンドK (溶出試験)
 採取場所：株式会社埼玉ヤマゼン

報告書No. 200902405
 平成 21 年 6 月 18 日

株式会社 大和環境分析センター
 石川県金沢市北浜町中18番地4

株式会社 大和環境分析センター 事業本部
 〒923-0253 石川県北浜郡川北町三反田273
 TEL 076-277-3733 FAX 076-277-3139
 報告責任者 奥田 佳彦

分析の結果を以下に報告します。

分析の対象	分析の結果	単位	基準	分析の方法	下限値
カドミウム	0.001 未満	ng/L	0.01 mg/L以下	JIS K 0102 55.2 電気加熱原子吸光法	0.001
全シアン	0.1 未満	ng/L	検出されないこと	JIS K 0102 38.3 4-ヒドロキシベンゾイロニウム吸光光度法	0.1
有機燐	0.1 未満	ng/L	検出されないこと	昭和49年環告第84号付表1 溶媒抽出-ガスクロマトグラフ (FPD) 法	0.1
鉛	0.001 未満	ng/L	0.01 mg/L以下	JIS K 0102 54.2 電気加熱原子吸光法	0.001
六価クロム	0.01 未満	ng/L	0.05 mg/L以下	JIS K 0102 65.2.1 ジフェニルピリジン吸光光度法	0.01
砒素	0.003 未満	ng/L	0.01 mg/L以下	JIS K 0102 61.2 水素化物発生原子吸光法	0.001
総水銀	0.0005 未満	ng/L	0.0005 mg/L以下	昭和46年環告第59号付表1 還元気化原子吸光法	0.0005
アルキル水銀	0.0005 未満	ng/L	検出されないこと	昭和46年環告第59号付表2 溶媒抽出-ガスクロマトグラフ (ECD) 法	0.0005
PCB	0.0005 未満	ng/L	検出されないこと	昭和46年環告第59号付表3 溶媒抽出-ガスクロマトグラフ (ECD) 法	0.0005
ジクロロメタン	0.0002 未満	ng/L	0.02 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
四塩化炭素	0.0002 未満	ng/L	0.02 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
1,2-ジクロロエタン	0.0002 未満	ng/L	0.004 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
1,1-ジクロロエチレン	0.0002 未満	ng/L	0.02 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
シス-1,2-ジクロロエチレン	0.0002 未満	ng/L	0.04 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
1,1,1-トリクロロエタン	0.0002 未満	ng/L	1 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002
1,1,2-トリクロロエタン	0.0002 未満	ng/L	0.006 mg/L以下	JIS K 0125 5.1 N-ジ・トラップ-GC/MS法	0.0002

備 考

前処理は、平成3年環境庁告示第46号付表による。

上記の基準は、土壌の汚染に係る環境基準を記載した。

「検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。

※出典：株式会社埼玉ヤマゼン資料

3.2.7 山元還元における有害物質管理(光和精鉱株式会社)

(1) 原材料としての焼却灰の有害物質管理

一般廃棄物関連では、亜鉛、銅、鉛の濃度の高い溶融飛灰のみ受け入れている。

重金属等の濃度は、溶融処理の方式、溶融温度、焼却灰や処理対象ごみの性状等により大きく異なる。製品として一定の品質を確保するため、受入段階でコントロールしている。

(2) 製品の有害物質管理

処理工程を経て、亜鉛、銅のほか、重金属である鉛の回収も行う。回収率は90%以上である。

製品は、高炉用ペレット(製鉄用原料)、セメント原料(鉄原)、非鉄金属原料(金、銀、銅、亜鉛、鉛)である。鉛は精錬所に販売している。

(3) 製品利用における管理

溶融飛灰に含まれる鉛のうち90%以上は回収され、最終的には製錬所にて製品(鉛地金)となる。

3.3 ごみ焼却灰ライフサイクル管理に関するまとめ

3.3.1 製品品質・品質管理(物理的品質)

(1) セメントの品質管理

セメントは、原料としてのごみ焼却灰の有無にかかわらず JIS 規格に準じ製造されている。建設資材として使用する上での特別な制約はない。

セメント製造では、原料としての焼却灰利用の有無にかかわらず、JIS R5210 で規定される普通ポルトランドセメントの品質を確保するための原材料管理、生産管理が行われている。したがって、原料に焼却灰が利用されていても、セメントの利用上は用途などの制約は生じない。

(2) 建設骨材(溶融スラグ)の品質・品質管理(自治体溶融施設の場合)

他の骨材と混合して用いる場合、配合率上の制約が生じる場合もある。自治体施設の場合、ごみの安定処理が第一優先となるため、品質管理が難しいが、JIS 規格の認証取得の動きが出始めている。

自治体施設の場合、水砕スラグを生成するケースが多く、単体としての品質は JIS 規格を満たしていても、施工時の配合により全体品質に影響を及ぼす。たとえば道路用細骨材として使用する場合には、アスファルト合材としての安定度を確保するため、溶融スラグ配合率を骨材全体量の10%以下としており、利用面・施工面で制約が生じている。

品質基準については、JIS 規格が一つの管理指標となっている。しかし、たとえば粒度分布等の条件を満たすためには整粒や磨砕などの設備が必要となるが、施設面積の制約などからこうした設備の設置が困難な自治体もある。基準を満たさない場合は、最終処分場の覆土として利用するか、あるいは埋立処分する。

JIS 認証を取得する自治体は平成 21 年 11 月末現在で 4 か所にとどまっている。これは、JIS 認証を取得しなくとも JIS 相当の品質が確保できていれば公共工事などで使用できることや JIS 認証取得が必ずしも需要確保に有利に働くわけではないことなどが要因と考えられる。

溶融処理の目的を「最終処分量の減容化」とする自治体もある。この場合、基準を満足することは必須ではない。こうした自治体には、たとえば重金属の溶出・含有量が基準を大きく超える例が見られる。

(3) 建設骨材(溶融スラグ)の品質・品質管理(民間施設の場合)

JIS 規格に基づき生産された溶融スラグは天然骨材、再生骨材と遜色なし。ただし、他の骨材と混合して用いる場合、配合率上の制約が生じる場合もある。

溶融スラグについては JIS 規格 (JIS A5031・5032) が定められている。溶融スラグ骨材は天然骨材と比べても、品質面で遜色はみられない。

水砕スラグでは、単体としての品質は JIS 規格を満たしていても、施工時の配合により全体品質に影響を及ぼす。たとえば道路用細骨材として使用する場合には、アスファルト合材としての安定度を確保するため、溶融スラグ配合率を骨材全体量の 10% 以下としており、利用面・施工面で制約が生じている。

徐冷スラグでは、天然骨材相当の品質の製品が得られている。実際の施工面では、再生骨材 (RC) 代替として利用される場合が多いが、用途によっては徐冷スラグ 100% での利用も可能との意見もある。

民間溶融施設にとっては、JIS 規格で定められる品質基準を満足することは必須条件となる。このため、有害物質の溶出・含有といった環境安全性及び物理的・化学的性状に関する試験を適宜実施し、品質を満たすことを確認したうえで、製品として出荷している。

骨材利用の需給状況(付随的課題)

公共工事での溶融スラグ利用に消極的な自治体が多い。溶融スラグの需要拡大のためには、自治体側の意識と発注の仕組みの変革が必要である。一方、溶融施設の処理能力の面から、自治体側が積極利用すれば需要量が供給量を超過する懸念がある。

溶融スラグは、道路用骨材及びコンクリート二次製品用骨材としての用途が主である。道路工事は公共工事を中心となるが、工事主体である自治体においては JIS 規格を満たす品質であるにもかかわらず十分な溶融スラグ利用が行われていない。すなわち発注仕様書に「溶融スラグ利用」が明記されない限り、工事会社は公共道路工事に溶融スラグが利用できない。今後、溶融スラグの需要拡大を図り、焼却灰の有効利用の拡大と最終処分量の削減を実現するためには、自治体側も意識と発注の仕組みを変革する必要がある。

一方、溶融施設の処理能力の面から、自治体が積極的に溶融スラグ利用に乗り出した場合、需要量が供給量を超過し、溶融スラグが不足することを懸念する意見も聞かれる。複数の民間溶融施設では、今後の能力増強を予定していることから、自治体側の動向の見極めが必要となっている。

(4) 焼成物の品質・品質管理

焼成物については準拠する JIS 規格が存在しないため、天然骨材(砕石)などの規格を準用し、製造者は検査を行っている。焼成物単体では重金属等有害物の基準は満たすものの強度等が要求される用途では国や都道府県が定める再生砕石等公的基準を満足できず、他の再生砕石等と混合することで品質を確保し利用されている。

セメントや熔融スラグと異なり、焼成については JIS 規格がないため、天然骨材(砕石)などの規格を準用して製造者が自主的・任意の検査を行い品質管理する例が見られる。また、国や都道府県などが定める骨材規格等の認証を取得するなどにより公的基準を満たす努力がなされている。

ただし、焼成物単体では強度等が不足するため、強度等が要求される用途の場合には、再生砕石等他の骨材に一定割合を混合することで、再生骨材(RC)等としての品質基準を満たしている。

3.3.2 有害物質管理

(1) ごみ焼却灰発生段階での有害物質管理

製品原材料としてごみ焼却灰の有効利用を一層進めるためには、含有される重金属等有害物質を発生源でできるだけ除去する仕組みが不可欠。焼却灰中の有害物質情報をごみ処理の上流側にフィードバックし、発生源で焼却灰の有害性を低減する仕組みが求められる。

製品の原材料となるごみ焼却灰については、発生する自治体において焼却対象ごみから重金属等有害物質を事前に排除する管理システムの構築が不可欠である。焼却灰に有害物質が含まれている場合には、分別収集や中間処理工程など上流側にこうした情報をフィードバックし、必要な改善ができる仕組みが必要である。しかし、現状では、こうした有害物質の管理機能を持つ自治体はなく、焼却灰の有効利用を進めるうえでの検討課題となる。

あわせて、自治体において、焼却灰の重金属等有害物質含有試験を実施し、そのデータを公表するようなチェックの仕組みも必要である。

(2) ごみ焼却灰リサイクルにおけるトレーサビリティの確保

自治体は、ごみ焼却灰及び自ら製造した熔融スラグを有効利用する場合には、安全性や信頼性に加え、これらのトレーサビリティが確保できるよう、ライフサイクル管理を行うことが求められる。

自治体は、発生した焼却灰を民間事業者へ委託しリサイクルする場合、リサイクル施設等の現場視察や事前協議を経るなどして安全性を確認したうえで、契約に基づき引き渡すこととなる。しかし、万が一、委託した事業者が不適切な処理を行った場合には、自治体は排出者としての責任を免れない。「不適切な処理」とは、再生工程のみでなく、再生品(セメント、熔融スラグ、焼成物)の不適切な利用も含まれると考えられる。

また自治体は、自ら運転する熔融施設により熔融スラグを製造し、これを契約に基づき利用事業者へ販売してリサイクルする場合がある。熔融スラグに関する JIS 基準(JIS A5031 あるいは JIS A5032)を満たし十分な品質が確保されているとしても、実際の利用においては、配合率など制約が課せられる場合があり、天然骨材と比較すると利用範囲は限定されると考えられる。さらに、本調査で実施したアンケート調査によれば、その販売価格は極めて安価で、現実的には無償譲渡と変わらない状況にあると考え

られる。したがって、当面の間、製造した溶融スラグについては、廃棄物に準じてその利用状況をトレースし、問題が発生しないことを確認していく必要がある。

以上から自治体は、焼却灰または溶融スラグの有効利用を進める際には、安全性や信頼性に十分に配慮することに加え、これらのトレーサビリティが確保できるよう、ライフサイクル管理を行う必要がある。

(3) セメントでの有害物質管理

焼却灰を含めた原材料全般について、セメントの JIS 規格を満たすための成分管理が行われている。

セメントの場合、原料として焼却灰を受け入れる際に、製品基準及び工場での有害物質除去能力に照らした成分管理が行われている。

この結果、焼却灰を原材料として利用しても、それを含まない製品(セメント)と品質上及び製品上の差異は生じない。

(4) 自治体溶融施設での有害物質管理

現状の自治体溶融施設はごみ処理システムの一部として安定処理が最優先であるため、生成する溶融スラグ中の重金属等の低減対策は十分に行われていない。

自治体溶融施設の場合、上流で発生した焼却灰の成分に関係なく、安定的に溶融処理を行う必要がある。このため、焼却灰に含まれる重金属については通常、操業管理のためのチェックは実施されていない。この結果、溶融スラグの重金属溶出量・含有量が基準値を超える例も見られる。自治体の場合、安定的にごみ処理を行うことが最優先であり、受け入れる焼却灰について重金属成分を管理することは、現行の仕組みでは困難である。

また、溶融施設の運転管理上でも、現在のところ、生成される溶融スラグの品質よりも、故障を招かず安定的に処理できることに重きを置いた管理がなされる。たとえば、出滓口を痛めないよう塩基度(主灰・飛灰割合等)を調整する事例がある。塩基度はスラグの品質に影響を及ぼすと考えられるが、この事例では品質よりも機器の保護に重きを置いた管理がなされていると言える。

(5) 民間溶融施設での有害物質管理

JIS 規格等製品品質に照らし、原材料(焼却灰等)の配合・成分調整を行っている。

民間の溶融施設においては、JIS 規格等製品品質に照らし、各施設で重金属等の分離・濃縮を考慮し原材料の配合・成分調整を行っている。

(6) 民間焼成施設での有害物質管理

受入基準に基づき受け入れ可否を判断する。土壌環境基準値等を準用し、これを満たすよう工程管理を行っている。

それぞれの施設で定めた受入基準に基づき、焼却灰の受け入れ可否を判断している。焼成温度は溶融温度よりも低いいため、受け入れ基準値は溶融施設よりも厳しいものとなっている。焼成物については JIS 規格が存在しないため、たとえば土壌環境基準値等を準用し、各施設での重金属等の除去能力を考慮し、原材料(焼却灰等)の配合・成分調整を行っている。

4. ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ

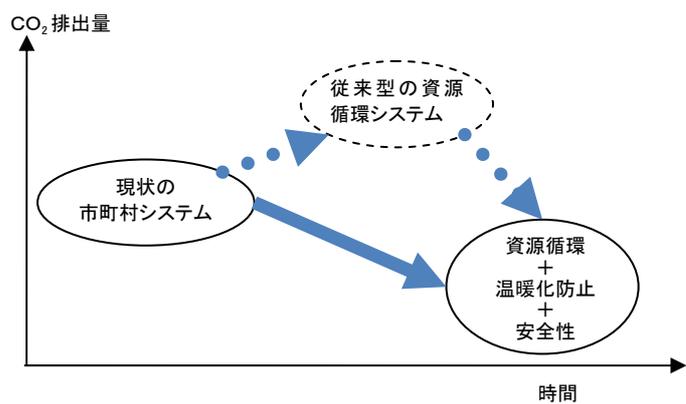
4.1 ごみ焼却灰有効利用促進のシナリオ

ごみ焼却灰の有効利用に向けた促進シナリオを提示する。

1. 資源循環に温暖化防止対策、安全性を加え、トータルな視点で焼却灰有効利用を促進する。

従来の資源循環システムは、「最終処分」から「資源の有効利用」への転換に主眼が置かれ、再資源化工程における温室効果ガスの発生にはあまり注意が払われてこなかった。また、安全性の確保については再生利用時のトレーサビリティについても留意する必要がある。今後は従来の資源循環の方向性にこれらの視点を加えてトータルな視点で焼却灰有効利用を促進していくことが求められる。

図表 4-1 目指すべき方向



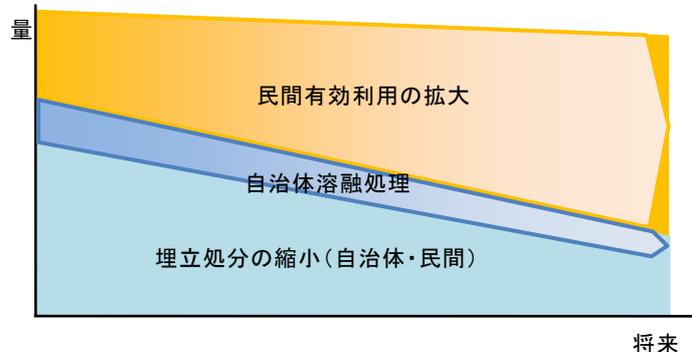
2. 民間有効利用施設の利用を拡大する。

一昨年度の調査時点と比較して、市町村の焼却灰の処理に関して、民間の有効利用施設を利用する機運が高まってきている。特に首都圏においては最終処分場が確保できず、民間の有効利用施設からのアプローチが浸透してきていることもあり、焼却灰の民間有効利用施設に対する認知度が高くなってきている。

民間有効利用施設の利用を拡大すべき主な理由を以下にあげる。

- 二酸化炭素の排出量が少ない(今回検討したモデルの場合)。
- 広範囲に焼却灰の原料調達が可能であり、また、稼働率が高く専門的な技術・ノウハウを有しているなどの点から、民間は自治体に比較してコストが安い。
- セメント化の場合、リサイクル製品であるセメントは一般のポルトランドセメントとして広く流通可能である。
- 民間の灰溶融・焼成事業者は、砕石・再生骨材製造事業者等、既存の骨材供給事業者と一体となった取組みを行っている。
- 民間は溶融スラグの冷却方法に徐冷方式を採用するなど利用を重視した工程を有している。

図表 4-2 民間有効利用の拡大



3. 民間有効利用施設の受入能力を拡大する。

市町村において民間の有効利用施設を利用する機運が高まりつつある中で、民間利用施設の現在の受入能力は市町村の焼却灰の発生量に対して低いレベルにあり、今後民間の受入能力を高めていく必要がある。

(1) セメント工場のごみ焼却灰の受入実績と受入能力(現状)

民間有効利用施設のうち大きな焼却灰の受入能力をもつセメントについて、各セメント工場の焼却灰受入実績及び現状の受入能力を図表 4-3 に示す。

図表 4-3 セメント工場の焼却灰受入実績及び受入能力(現状)

	平成20年度実績値 (t/年)	受入能力(現状:平成22年3月)
太平洋セメント	主灰45,495 飛灰11,930	●熊谷工場 主灰 49,000t/年 飛灰 14,000t/年 合計 63,000t/年
	主灰19,035	●大分工場 主灰 40,000t/年 ○上磯工場(検討中)
宇部興産	25,000	●苺田工場 主灰 20,000t/年 飛灰 15,000t/年 合計 35,000t/年
	19,000	●山口エコテック処理能力 飛灰 16,000t/年 主灰 34,000t/年 合計 50,000t/年
トクヤマ	19,000	
住友大阪セメント	0	●八戸セメント株(H22.1月より運用開始) 主灰 12,000t/年 ○赤穂工場(H22.8月より運用開始予定) 主灰 26,000t/年 飛灰 6,000t/年 合計 32,000t/年
三菱マテリアル	0	(検討中) ○岩手工場 ○九州工場
市原エコセメント	50,963	●主灰・飛灰 90,000t/年(産廃等を含む)
合計	190,423	(稼働中) 290,000t/年 (予定含む) 322,000t/年

注1) ●は受入開始、○は予定又は検討中

注2) 市原エコセメント実績値は一般廃棄物分を掲載

(2) 民間有効利用施設(全体)の受入可能能力

民間有効利用施設の受入能力及び潜在能力を図表 4-4 に示す。セメントは現時点で稼働予定のあるものも含めた受入能力を示している。焼成、溶融については現状の受入能力の合計を示した。これらの受入能力の総合計は 673 千 t/年であり、全国の焼却灰最終処分量合計と比較してかなり低く、全量を受け入れることはできない状況である。

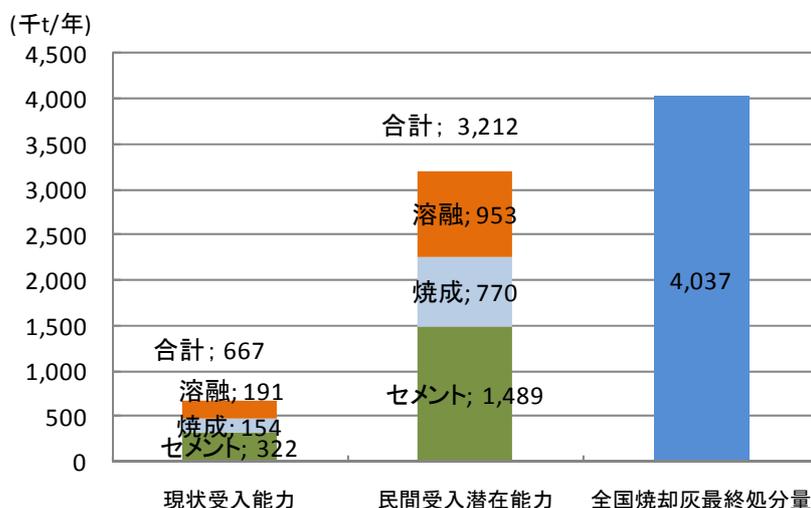
これに対し、潜在能力ではセメントは塩分濃度等を勘案して最大で受入れられる量を示している。焼成及び溶融については今後整備が進むものと考え、現状の受入能力の 5 倍を想定した。これらの合計は 3,244 千 t/年と大幅に増加するものの、全国焼却灰最終処分量をカバーすることはできない。全国の焼却灰最終処分量を全量受け入れるためには、セメント受入の制約条件となっている焼却灰の塩濃度を洗浄して低減化することや、焼成、溶融の受入能力をさらに高めていくことが必要である。

図表 4-4 民間有効利用施設の受入潜在能力

		受入能力(現状※)	潜在能力	備考
セメント	セメント工場の受入可能量	232 千t/年	1,399 千t/年	受入能力は稼働予定を含む能力 潜在能力=ポルトランドセメント生産量×(焼却灰受入可能比率) ポルトランドセメント生産量:46,648千t/年(2008年実績(社団法人セメント協会)) 焼却灰受入可能比率:3% (ヒアリング結果、塩素・重金属含有量からみた受入可能な割合)
	エコセメント	90 千t/年	90 千t/年	市原エコセメント
	セメント合計	322 千t/年	1,489 千t/年	
焼成		154 千t/年	770 千t/年	受入能力:ヒアリング調査より積み上げ 潜在能力:受入能力の5倍を想定
溶融		191 千t/年	953 千t/年	受入能力:ヒアリング調査より積み上げ 潜在能力:受入能力の5倍を想定
民間有効利用施設の受入能力合計		667 千t/年	3,212 千t/年	
(参考)全国の焼却灰最終処分量の合計			4,037 千t/年	平成19年度実績(環境省一般廃棄物処理実態調査)

※平成22年3月現在(予定を含む)

図表 4-5 民間有効利用施設の受入能力(現状・潜在)と全国焼却灰最終処分量の比較



4.2 民間有効利用施設を利用する上での留意事項

4.2.1 安全性(リスク)

製品の安全性の観点からは、製品中からの重金属類の溶出などについては、それぞれ溶出試験を実施しており、製品として流通しているものについては問題ないものと考えられる。

ただし、自治体が民間委託する場合、民間施設で問題が生じた際には、直接的な責任は民間施設側にあるが、自治体も排出者責任や一般廃棄物の処理に係る総括的な責任を問われることから、焼却灰リサイクルに伴うリスクはより少ないことが望ましい。

セメント化では、ごみ焼却灰を原料の一部としたセメントが通常のセメントと同様に利用できるため、重金属類の溶出の懸念は、通常のセメントと同じレベルであり問題ないと考えられる。溶融については、自治体の溶融の事例では、重金属類を十分に揮散・分離できず鉛等が溶融スラグに残留するケースも見られるが、民間の溶融施設ではいずれも製錬技術を応用した溶融方式を採用しており、十分に重金属類を揮散・分離することができ、溶融スラグ中の重金属の含有量は少ない。一方、焼成技術は重金属類を十分に除去できる温度域にないため、製品の安全性を確保するためには、受入管理において重金属類をコントロールする必要がある。

安全性(リスク): セメント ○、溶融 ○、焼成 △

※○、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.2.2 受入制約・弾力性

民間有効利用施設において受け入れ可能な焼却灰を図表 4-6 に示す。セメント化、焼成、溶融ともに、焼却主灰を受入可能としているが、焼却飛灰も一定程度の割合で受入可能である。また、山元還元については、溶融飛灰に加え焼却飛灰も一部受入可能としているが、有用金属の含有量に応じて処理単価が変わる。

図表 4-6 民間有効利用施設の受入対象焼却灰

民間有効利用施設	焼却主灰	焼却飛灰	溶融飛灰
セメント化	○	△※1	△※2
焼成	○	○※3	△※3
溶融	○	○※1	△※4
山元還元	×	△※2,※5	○※5

記号 ○:一般的に受け入れている、△:一部の施設または少量ならば受け入れている、×:一般的に受け入っていない

※1 水洗設備のない場合、受入が制限される場合がある

※2 少量なら受け入れる場合がある

※3 受入基準を満足すれば受入可能

※4 水洗設備のある施設で受入可能

※5 有用金属の含有量に応じて処理単価が変わる

また、焼却灰の受入基準は、それぞれの民間有効利用施設において設定されている。セメント化は水洗設備のない場合、塩素含有量の高いものが受入制限されることもあるが、重金属類については比較的受入の弾力性が高い。溶融は溶融飛灰を山元還元で金属回収している例が多く、重金属類に関する受入の弾力性は比較的高い。焼成は、工程内で重金属類を十分に分離できないため、製品の安全性を確保するためには受入基準を厳格にする必要があり、特に鉛について制約を設けている。

受入制約・弾力性: 溶融 ○、セメント ○、焼成 ○

※◎、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.2.3 リサイクル品の品質・用途・市場性

セメント化では一般のセメント製品と区分なく品質管理がなされており、ごみ焼却灰を原料の一部としたセメントも通常のセメントと同様に使用できるので、最も安心できる資源化方法である。

溶融については、溶融スラグの JIS 規格が整備されているものの、溶融スラグは生コンの JIS 規格では使用不可であるなど骨材としての用途が限られている。また溶融スラグは有価物として取引されるため廃棄物処理法の定義では廃棄物扱いとはならないが、骨材として取引される価格が安いこと、安全性や信頼性を確保するためにトレーサビリティを確保しておくことが望まれる。

焼成については、JIS 規格が整備されておらず、また、用途も人工砂として下層路盤材に 15% 配合して使用する方法が主体である。人工砂も価格が安いこと、製品の安全性や信頼性の確保が確認できるようにトレーサビリティを確保しておくことが望まれる。

リサイクル品の品質・用途・市場性：セメント ◎、溶融 ○、焼成 △

※◎、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.2.4 受入箇所・受入能力

受入箇所・受入能力では、セメント化は全国各地にセメント工場が存在し、受入能力も他と比較すると高い。溶融施設は全国で 4 か所と少ない(溶融飛灰を主対象とする施設を除く)。また、焼成は全国で 2 か所しか存在しない。いずれにおいても、今後の受入体制の拡大が期待されることである。

受入箇所・受入能力：セメント ○、溶融 △、焼成 △

※◎、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.2.5 温室効果ガス排出量

温室効果ガス排出量は「2. ごみ焼却灰リサイクル工程における温室効果ガス排出量の算出・比較分析」を参照のこと。

温室効果ガス排出量：セメント ◎、焼成 ○、溶融 △

※◎、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.2.6 コスト

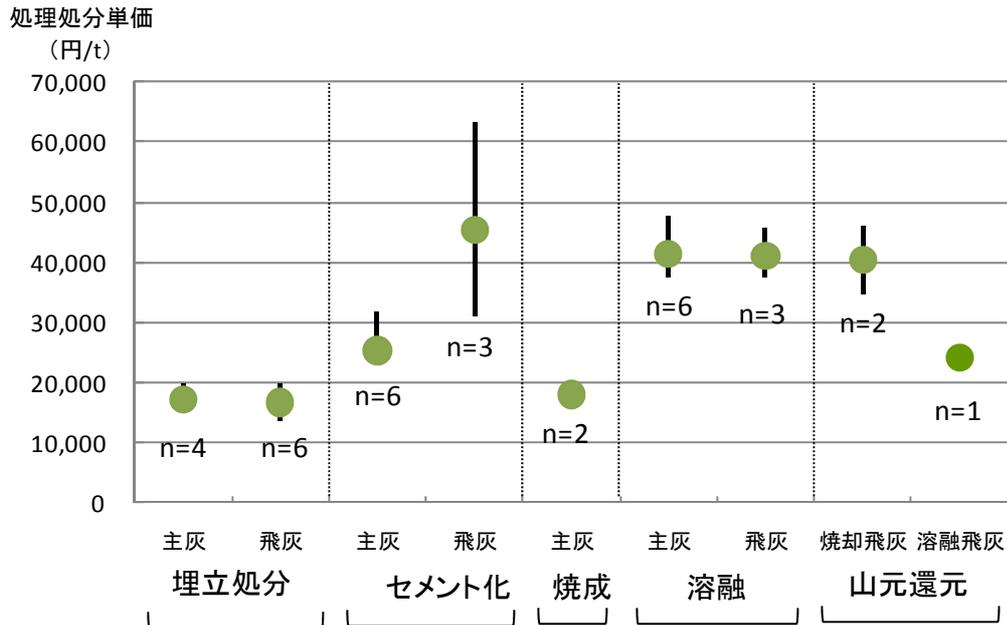
市町村アンケート調査で把握した民間焼却灰の処理単価を図表 4-7 に示す。焼成が最も安く、次いでセメント、溶融の順となっている。

また、処理費用に併せて輸送費用も大きな要因となるため、処理委託先の選定には注意が必要である(図表 4-8 参照)。輸送費用を軽減するために、船舶や貨物輸送を行っている例もあり、輸送費用を含めた全体のコストを勘案する必要がある。

コスト：焼成 ◎、セメント ○、溶融 △

※◎、○、△は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

図表 4-7 民間有効利用施設における焼却灰の処理単価（市町村アンケート調査より）



図表 4-8 民間有効利用施設への焼却灰の運搬単価（市町村アンケート調査より）

	運搬単価(円/t)
埋立	1,700～16,800 (n=13)
セメント化	1,890～6,195 (n=9)
焼成	2,499～3,675 (n=1)
溶融	769～5,775 (n=6)
山元還元	9,450～18,249 (n=1)

※運搬単価の幅は、輸送距離の差に起因している。

なお、自治体の溶融施設の処理単価については、「図表 6-7（参考）東京二十三区における溶融施設の処理単価」(p.104)を参照のこと。

4.2.7 その他

環境省「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(平成 19 年 6 月)」及び「ごみ処理基本計画策定指針(平成 20 年 6 月)」においては、適正な循環的利用・適合処分の方法として、以下の方法が例示されている。

図表 4-9 適正な循環的利用・適正処分の方法(抜粋)

分別収集区分	適正な循環的利用・適正処分の方法			
④燃やすごみ	ストーカ方式等による従来型の焼却方式(灰溶融方式併設を含む)	焼却灰	最終処分場で適正処分	○焼却に当たっては回収した熱をエネルギーとしてできる限り利用することを基本とする。エネルギー利用は、発電及び蒸気又は温水による熱供給(発電と熱供給の組合せを含む)をできるだけ行うこととする。
			セメント原料化	
		ばいじん	灰溶融しスラグ化	
			薬剤等により安定化処理し最終処分	
			セメント原料化	
			山元還元	

4.2.8 まとめ

ごみ焼却灰の有効利用を促進するために、市町村の置かれている状況(立地条件、最終処分場の確保など)に応じて、安全性(リスク)、リサイクル品の品質・用途・市場性、温暖化対策、コストの側面を総合的に判断して民間施設の有効利用を図っていくべきである。

民間有効利用施設を利用する上での留意事項として、安全性(リスク)、リサイクル品の品質・用途・市場性、温暖化対策、コストの観点から述べた。まとめを図表 4-10 に示す。

これらの要因のうち、安全性(リスク)やリサイクル品の品質・用途・市場とコストはトレードオフの関係になっていることに留意する必要がある。また、温室効果ガスについては今後重要な要因となってくると考えられる。

なお、自治体の灰溶融についての比較結果を併記する。自治体の灰溶融は、民間の溶融施設と比較して安全性(リスク)、リサイクル品の品質・用途・市場性、コストでやや劣るものと考えられる。なお、受入条件については灰溶融施設を自治体が自ら整備するため、その整備内容によって受入条件の良否が決まるものであり該当しないものとした。

図表 4-10 民間有効利用施設(民間)に係る留意事項(トレードオフ)のまとめ

項目	セメント化	焼成	溶融(民間)	cf.溶融(自治体)
安全性(リスク)	◎	△	◎	○
受入制約・弾力性	○	○	◎	—
リサイクル品の品質・用途・市場性	◎	△	○	△
受入箇所・受入能力	○	△	△	—
温室効果ガス排出量	◎	○	△	×～△
コスト	○	◎	△	×～△

※◎、○、△、×は留意事項のトレードオフの関係がわかるよう付与した相対的なものである。

4.3 民間有効利用促進の課題

4.3.1 塩の除去について

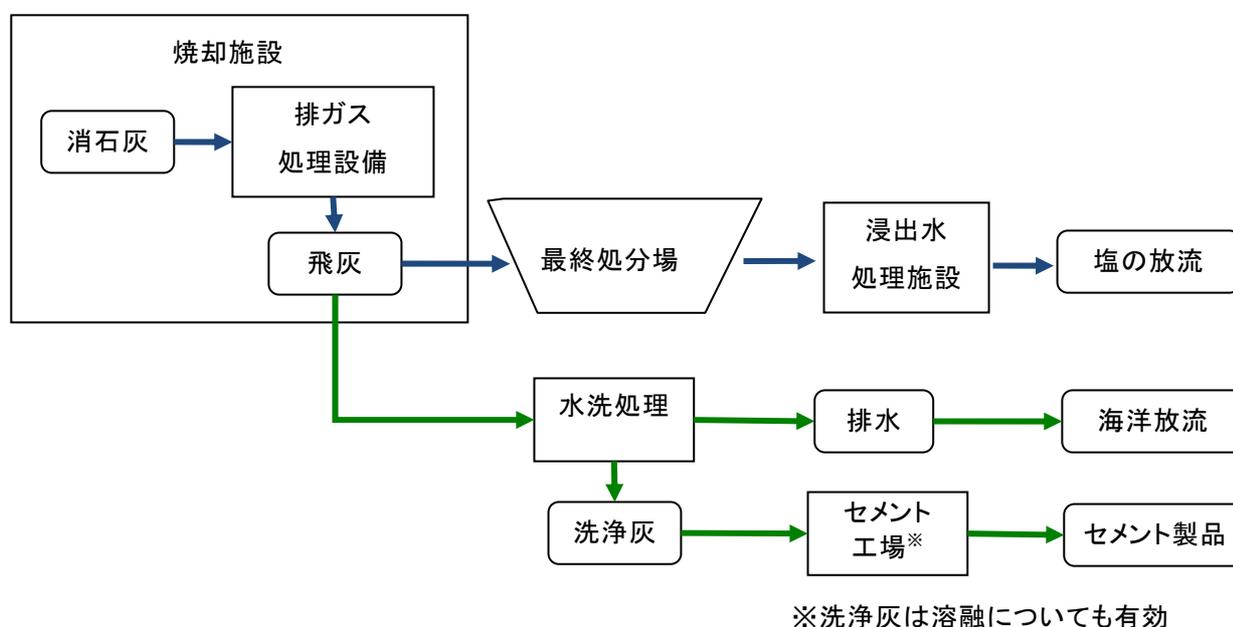
自治体の焼却施設では排ガス処理として消石灰を噴霧し、その中和物は飛灰として概ね最終処分されており、最終処分場では焼却灰中の塩の処理に苦慮している。浸出水中に溶けこんだ塩類(塩化カルシウム等)は、通常の浸出水処理施設では除去できないため放流されているのが、放流水域で農業用水

として利用している場合には、塩濃度が高いと作物障害の怖れがあるので埋立処分対象物の塩濃度をできるだけ低減化することが望ましいと考えられる。

民間有効利用施設においても、塩濃度の高い原料(焼却飛灰など)は適さない。多くのセメント工場では塩素バイパスを設置し、セメント製造工程において高濃度の塩類を除去する設備を設けており、また、セメント製品中の塩素濃度を管理するために、他の原料と調合して濃度調整をしていることから、焼却灰中の塩濃度はできるだけ低いことが望ましい。また、熔融施設においても焼却飛灰の受入には制約があり、塩濃度はできるだけ低い方が望ましい。

塩類の多い焼却飛灰は、水洗処理後、排水は海洋放流し、洗浄灰をセメント原料等に利用することが望ましい。また、塩類の除去については、集約して除去する方法と、自治体が個別に除去する方法が考えられる。民間有効利用施設の中には、塩濃度の高い飛灰について水洗設備を設置しているものもあり、これらも活用しながら、焼却灰中の塩類を除去し、焼却灰のリサイクルを促進していくことが重要である。

図表 4-11 処理工程における塩の除去

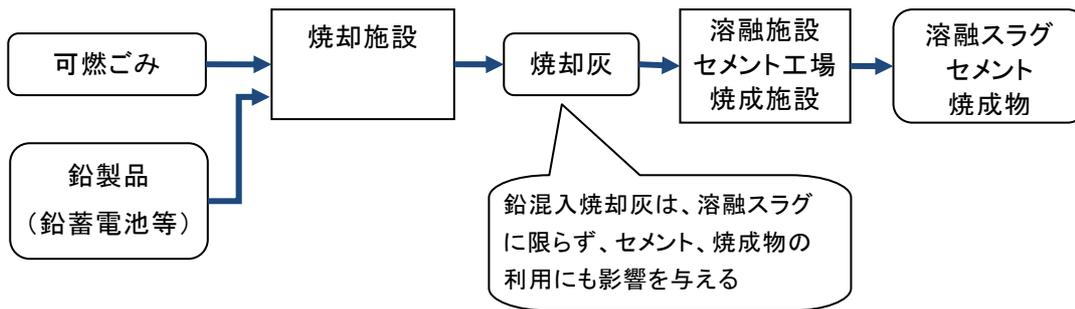


4.3.2 鉛等の除去について

焼却灰中の鉛が熔融スラグに混入し、自治体で製造した熔融スラグの利用に支障をきたしている例がある。

市町村の焼却施設に搬入される一般廃棄物の分別の徹底を図り、一般廃棄物中の鉛製品を除去し、焼却灰中の鉛を低減化する方策を今後進めていくべきである。一般廃棄物中に混入する鉛含有製品は、特定されていないのが実情であるが、まれに混入される鉛蓄電池などが原因と考えられている。上流側での搬入ルールを徹底していくことにより、下流側のリサイクルが容易になる。

図表 4-12 一般廃棄物処理工程における鉛の除去



また、溶融飛灰等の山元還元では、最終的には鉛、亜鉛、銅等の製錬工場で金属が回収されるが、これらの非鉄製錬工場のネットワークには水銀製錬工場は含まれていないため、これらの系に水銀が混入すると回収できない。このため、最近では焼却灰中の水銀の混入は少なくなっているものの、鉛とあわせて水銀も上流側で低減化することが望まれる。

4.3.3 市町村の焼却施設の更新に向けて

市町村の焼却施設の更新に向けて、いくつかの新たな視点を考慮する必要がある。

(1) 市町村の選択肢の増加

焼却灰の処理方法について、埋立処分または資源化利用の選択肢がある。最終処分場が十分に確保できる市町村を除いて、資源化を図ることが望ましい。

従前のごみ処理施設整備補助事業では、補助金採択のために灰溶融炉の設置が必要であったが、現在では交付金制度にかわり、市町村の裁量によって、焼却灰の処理方法を選択することが可能となっている。有効利用のための施設を市町村自ら保有せず、民間に委託することも可能となっている。

(2) 市町村の資源化の限界・民間企業の活用

現在、市町村における灰溶融の現状をみると、焼却灰の減量化・安定化を目的に溶融処理を導入しているところが多い。溶融スラグを減容化して埋立処分することが当初からの計画となっている自治体もあり、そういった自治体では溶融スラグを製品として流通させることは、副次的な目的となっている。

市町村は廃棄物処理法により安全に処理することが求められているが、製品の用途開発まで行うことは本来の適正処理の範疇の外側にあり不得手な分野である。民間企業の方が、製品を有効利用する際に、再生事業者と利用事業者がビジネスとして協力し合うなど実行しやすい側面がある。

(3) 広域処理の観点

民間施設のもう一つの利点は、広域処理が可能なことである。自治体の広域処理は、一部事務組合に見られるように、受け入れる市町村が固定されてしまうため、効率的な処理規模とすることができない。一方、民間施設の場合、受け入れる市町村に制約がないため、様々な市町村から調達することができ、スケールメリットを最大限に活用することができ、効率的な施設運営が可能である。

一方、広域処理を行う場所(地域)に廃棄物が集中することへの配慮も必要である。資源化工程において二次公害の発生を防止することはもとより、再生物の利用を通じて循環型社会構築に貢献していることを十分にPRするなど、廃棄物が一か所に集中することへの理解を求める必要がある。また、その点を解消するために、排出する側の市町村が再生物の購入を積極的に行うなど、廃棄物の集中による地域間の不公平を緩和するための方策も必要である。

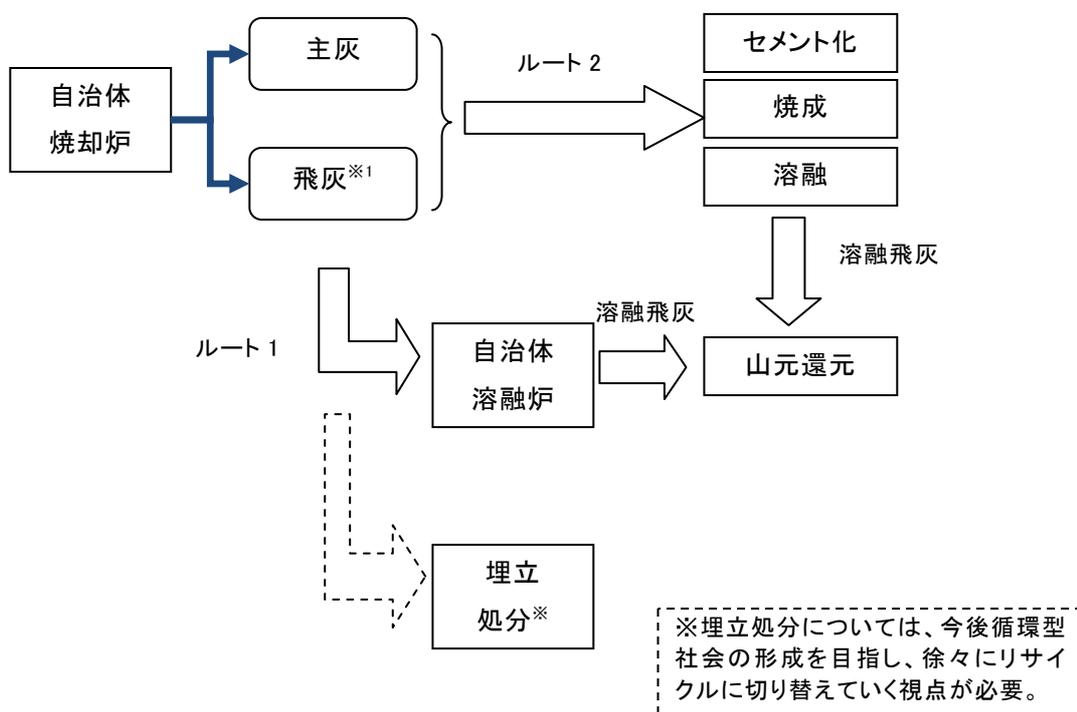
(4) 持続的な受入体制の確保

現在は受け入れているが、将来的にも継続的に受け入れ可能なのかといった懸念により、民間委託を躊躇している自治体もあると考えられる。この懸念を解消するため、焼却灰受入可能な民間施設数の拡大、経営の安定など、持続的な受入体制を整備していくことが重要である。

4.3.4 焼却灰の資源循環

今後の焼却灰の有効利用は図表 4-13 に示すようなフローとなる。溶融飛灰など金属類が濃縮された焼却灰は山元還元により資源循環の輪を完結することができる。

図表 4-13 焼却灰の有効利用法



溶融飛灰など金属類が濃縮された焼却灰は山元還元により資源化利用することが望まれる。

焼却灰の資源循環のサイクルにおいて、山元還元により金属類を回収・リサイクルすることで資源循環の輪を完結することができる。溶融飛灰など金属類が濃縮された焼却灰は山元還元を構成する一連の工程で金属類をさらに濃縮し、製錬原料として利用することが望ましい。

5. ごみ焼却灰リサイクル手法の調査

5.1 建設資材への直接利用事例(欧州)

国により考え方や方針が異なるが、オランダ、ドイツ、フランスでは路盤材等建設資材として積極的に都市ごみ焼却灰を利用(直接利用)している³。

各国の都市ごみ焼却灰の利用方法は図表 5-1 のとおりである。

図表 5-1 都市ごみ焼却灰の直接利用方法

国名	オランダ	ドイツ	フランス		デンマーク	
利用基準	Building Material Decree	LAGA	DPPR/SEI/BPSIED n° 94-IV-1		DEPA Statutory Order No.655 (2000)	
区分	Category 2	Einbauklasse 2	Category V	Category M	Category 2	Category 3
エージング方法	6週間(通常は数カ月から1年) 3年以内に使用	12週間	エージング規定なし(通常1カ月程度) 1年以内に使用	Category Vの基準を満足するまでエージング(平均2~3カ月) 1年以内に使用	カバーしない状態で4週間+カバーを施し6カ月間保管	
用途	道路、建設資材(路盤材、吸音材、防風壁等)	道路、建設資材(路盤材、吸音材、防風壁等)	道路資材(路盤材等)		道路・建設資材(路盤材、吸音材、建設土台、床材等)	道路・建設資材(路盤材、建設土台、床材等)
焼却灰の取扱量	最低10,000t	基準なし(管理上、大量使用を奨励)	基準なし		最高5,000t	
利用の際の措置	遮水措置(表層水からの隔離措置(表層舗装、防水シート、側面アスファルト吹き付け等)、地下水位より0.5m以上高い位置での使用等)	表層遮水(舗装等)、地下水位との距離1m以上)、水理・地質的条件(浸水の起こりやすい地域、低湿地帯等)により使用が制限	表層遮水(舗装等)、施工高さ3m以内、水脈からの距離30m以上		表層遮水(舗装等)、施工高さ1m以内(地下水位より1m以上高い位置で使用)、市街地区では表層遮水&排水措置(飲料用緯度等からの距離30m以上)	表層遮水&排水措置(舗装等)、施工高さ1m以内(地下水位より1m以上高い位置で使用)、市街地区には使用しない

※出典:「欧州における都市ごみ焼却灰の利用状況 土木建設資材への利用と環境安全性の確保について」、西野順也、環境浄化技術 2005.10 vol.4 No.10, p.29

5.1.1 オランダ

1987年7月に建設資材令(BMD: Building Material Decree)が施行された。屋外で用いる無機系資材(レンガ、スラグ、石灰石、アスファルト、コンクリート、土砂類)について、焼却灰を利用した再生品、非再生品に関する利用判定基準が定められた。

原材料として使用する焼却灰には6週間のエージングが必要とされている。

また、次の2つのカテゴリーにより焼却灰の管理を行うこととしている。

- カテゴリー1: 遮水措置なしで利用可能
- カテゴリー2: 遮水措置を施したうえで利用可能

³ 欧州での利用状況については、西野順也、「欧州における都市ごみ焼却灰の利用状況」、環境浄化技術 2005.10 vol.4 No.10, を参考に作成

このうち、オランダにおける都市ごみ焼却灰利用量は以下のとおりである。

図表 5-2 オランダにおける都市ごみ焼却主灰の利用状況

用途	1986～1993	1994～1998	1999～2004
盛土	72%	46%	51%
地盤	19%	40%	24%
処分場	0%	12%	24%
路盤	7%	0%	0%
不明	2%	2%	1%
合計	100%	100%	100%
	2,068,000t	3,500,500t	8,738,800t

※出典：「平成 18 年度廃棄物処理等科学研究 再生製品に対する環境安全性評価手法のシステム規格化に基づく安全品質レベルの合理的設定手法に関する研究」, (独)国立環境研究所・大迫政浩ら, pp(8)-51～(8)-66

5.1.2 ドイツ

ドイツでは焼却灰が路盤材や防音壁などの建設資材に利用されているが、その利用方針は、州や都市により異なる。

利用基準では、再生材の排出量と配合量とにより 6 段階に区分し管理することとしている。焼却灰は通常「クラス 2 (Einbauklass2)」に分類され、技術的な保全措置を施したうえで利用とされる。

焼却灰を建設資材として利用する場合、12 週間のエージング処理を義務付けている。

5.1.3 フランス

1994 年発令の「都市ごみ焼却灰の利用に関する基準」による。

焼却灰は重金属の溶出量によって次の 3 段階に区分される。

- カテゴリーV: 道路資材(路盤材)として利用可。エージング規定なし
- カテゴリーM 同上、ただしカテゴリーVの基準までエージングが必要。埋立処分も可
- カテゴリーS 埋立処分のみ

エージング規定のないカテゴリーVも含め、焼却灰は通常焼却施設で 1 カ月程度エージングされた後、機械選別され、溶出試験を経て利用される。カテゴリーM の焼却灰のエージング期間は平均 2～3 カ月程度とされる。

5.2 混合セメント化利用研究事例(鹿児島県)⁴

洗浄して有機物や鉄分を除去した後、水浸処理し乾燥させた都市ごみ焼却灰を、セメント、骨灰、石炭灰、生石灰、廃石膏灰と混合し、混合セメントとして利用する技術である。二次製品原料としての利用も想定している。土壌環境基準を満たすとのことだが、本調査研究において技術評価は行っていない。

5.3 造粒化によるリサイクル製品開発事例(沖縄県)⁵

焼却灰を特殊硬化材とセメント系混和材で安定無害化し造粒した後、養生期間を経て、路盤材や骨材として利用する。沖縄県リサイクル資材評価認定制度による認定取得済みである。公共事業での優先的利用を想定している。本調査研究において技術評価は行っていない。

現在、株式会社久和建創にてプラント(20t/日)が本格稼働し、沖縄県で実稼働中とのことであるが、これは最終処分場を持たない自治体が緊急避難的、市の施設が稼働するまでの暫定措置として採用しているとのこと。

図表 5-3 沖縄県での焼却灰利用事例

2007年(平成19年)1月22日(月曜日)

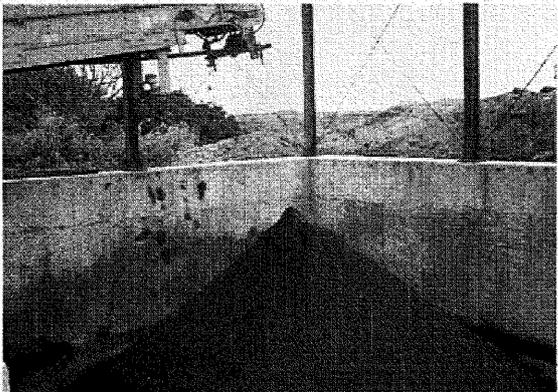
沖縄県
焼却灰などを無害化処理
リサイクル資材評価認定にも

沖縄県は、廃棄物の造粒化によるリサイクル製品開発が進展して、造粒物を利用した土木資材や2次製品が開発、管理型処分場の延命化に役立っている。焼却灰など管理型で処理される廃棄物を特殊硬化剤(クリンワールド製)で安定無害化して、原料にしたもの。集めた焼却灰を沖縄県環境管理センター協同組合(沖縄県うるま市)で無害化処理する。沖縄県工業技術センターで安全性の確認、コスト的にも事業化できる研究をした上で、キョウリツ(沖縄県うるま市)がインターロッキングブロック等、2次製品を製造する。現在、沖縄県内では管理型処分場が2つしか設置されていない。その中のひとつを有する久和建創は、廃棄物の中間処理や再資源化でも実績を重ねてきた。沖縄県環境管理センター協同組合は、焼却灰などに含有される重金属やダイオキシン類を特殊硬化剤や造粒化装置を活用して無害化して、土木資材などに活用するシステムを構築した。

昨年11月に沖縄県リサイクル資材評価認定制度で認定され、公共事業などで優先的に利用して

もらえるようになってきた。沖縄県では、今年3月には管理型処分場の受け入れができなくなることを想定し、3年前から「島しょ型ゼロエミッション推進事業」で管理型処分場の延命のための実証実験が行われていた。

無害化された処理物



※出典:「循環経済新聞」2007.1.22

⁴ 前野祐二・三原めぐみ・長山昭夫・山口善敬・宮脇健太郎、「各種廃棄物焼却灰を原料とした混合セメントの開発」、廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集, Vol. 20 (2009), No. SPACE, pp.169-

鹿児島工業高等専門学校、「鹿児島県産業廃棄物排出抑制・リサイクル等推進事業成果報告」(、H20.6)

⁵ 沖縄県環境管理センター協同組合・久和建創株式会社・沖縄県工業技術センター、イーコンテクチャー、株式会社日報,2007年3月号, pp77-79/久和建創株式会社ホームページ(<http://www.gkankyo.com/news/detail/gkgk-kyuwa.html>)

6. ごみ焼却灰リサイクルに関する基礎的情報の整理

6.1 ごみ焼却灰リサイクル施設の全国分布状況

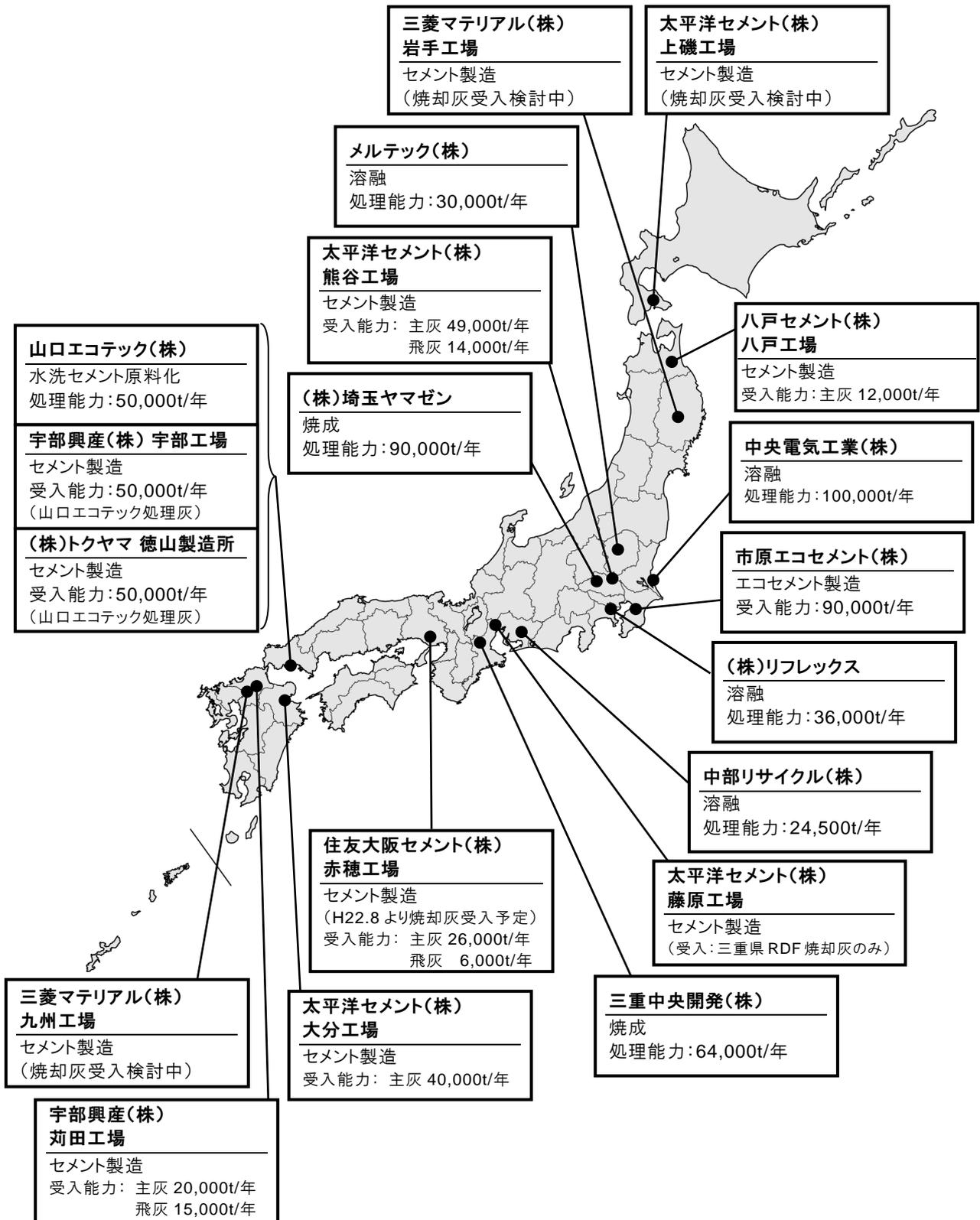
6.1.1 ごみ焼却灰の民間有効利用施設の全国所在地

ごみ焼却灰を受け入れ、有効利用を行う民間施設の全国所在地を図表 6-1 に示す。

6.1.2 溶融飛灰の民間有効利用施設の全国所在地

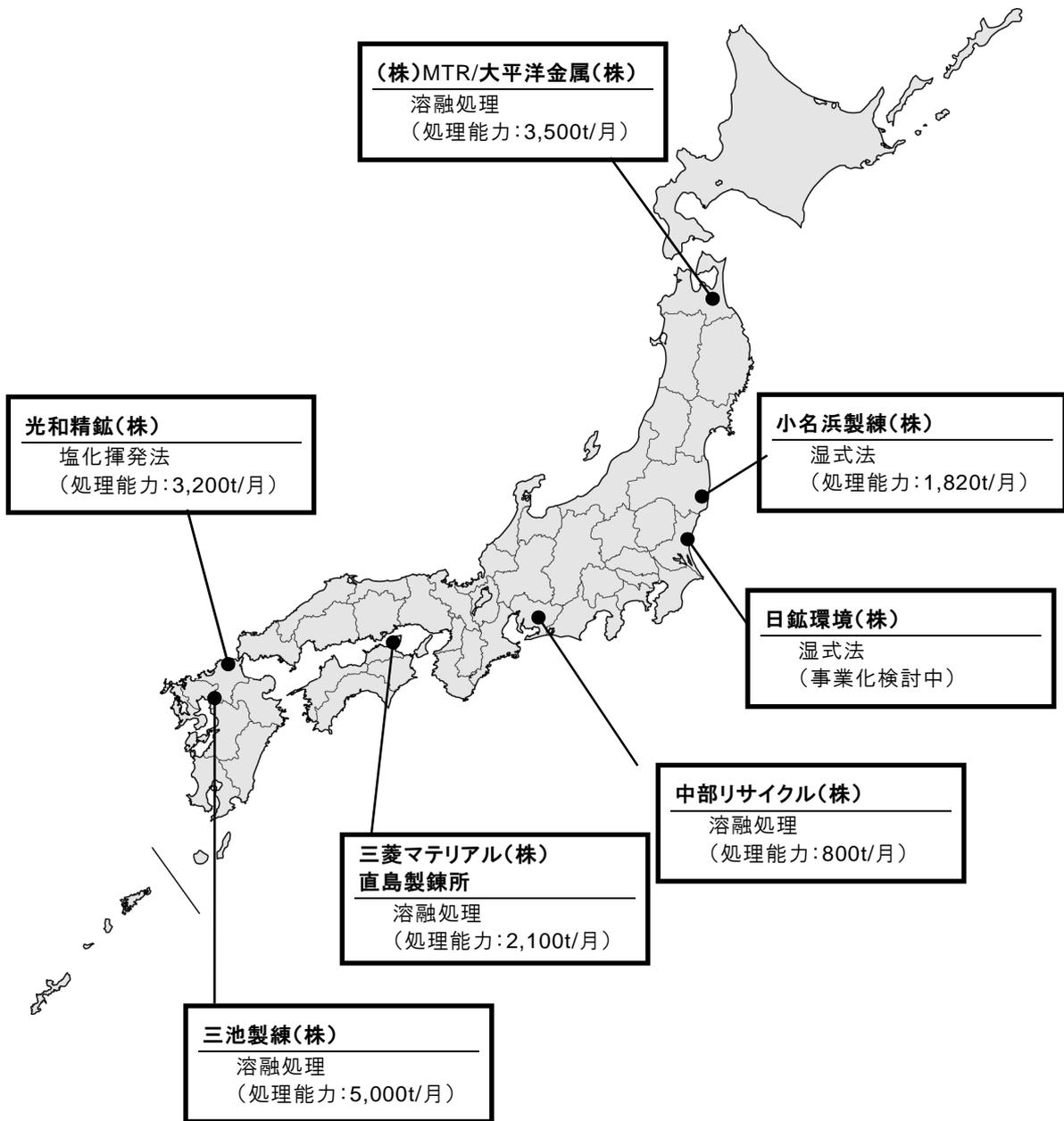
溶融飛灰を受け入れ、有効利用を行う民間施設の全国所在地を図表 6-2 に示す。

図表 6-1 ごみ焼却灰の民間有効利用施設の全国所在地(平成 22 年 3 月現在)



- ※ 焼却灰の処理量:稼働中のセメント工場は「受入能力」として、セメント以外の施設は「処理能力」として表記している。
なお、セメント工場の「受入能力」はセメント生産量からの算定値であり、灰水洗処理能力等による制約があるため、実際の受入能力とは異なる。
- ※ 宇部興産(株) 宇部工場及び(株)トクヤマ 徳山製造所は、山口エコテック(株)経由で水洗処理灰のみを受け入れ
- ※ 市原エコセメントは、主灰・飛灰・混合灰・溶融飛灰いずれも受入可。上記数値は一般廃棄物・産業廃棄物の合計値
- ※ 各社への聞き取り等により作成

図表 6-2 溶融飛灰の民間有効利用施設の全国所在地(平成 21 年 3 月現在)



※ 溶融飛灰の受入可能量を「処理能力」として表記

※ 「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成 20 年度報告書」(平成 21 年 3 月、早稲田大学環境総合センター 溶融飛灰資源化研究会)より作成

6.2 自治体におけるごみ焼却灰の処理の現況

6.2.1 調査の概要

(1) 調査対象

平成 19 年度の「民間施設を活用したごみ焼却灰のリサイクルに関する調査研究」で回答のあった 30 市町村に加え、人口規模 30 万人以上の全市町村を調査対象とする(85 市町村)。調査対象は図表 6-3 のとおりである。

(2) 調査方法

調査依頼及び調査票の発送は郵送により行い、調査票の回収はメールにより行う。

(3) 回答状況

有効回答率:70.6% (60 件/85 件)

6.2.2 ごみ焼却灰の処理状況(平成 20 年度実績値)

平成 20 年度実績においてごみ焼却灰の県外移動のある自治体のみを抽出して作成した県外移動マップを図表 6-4(p.84)に示す。

また、回答のあったすべての市町村におけるごみ焼却灰・溶融スラグの処理状況は図表 6-5(p.98)に示す。

6.2.3 ごみ焼却灰の処理経費状況(平成 20 年度実績値)

平成 20 年度実績においてごみ焼却灰の処理に要した経費の状況を図表 6-6(p.101)に示す。

また、参考として、東京都(東京二十三区清掃一部事務組合)における溶融施設の処理経費の状況を図表 6-7(p. 104)に示す。

図表 6-3 調査対象及び回収状況

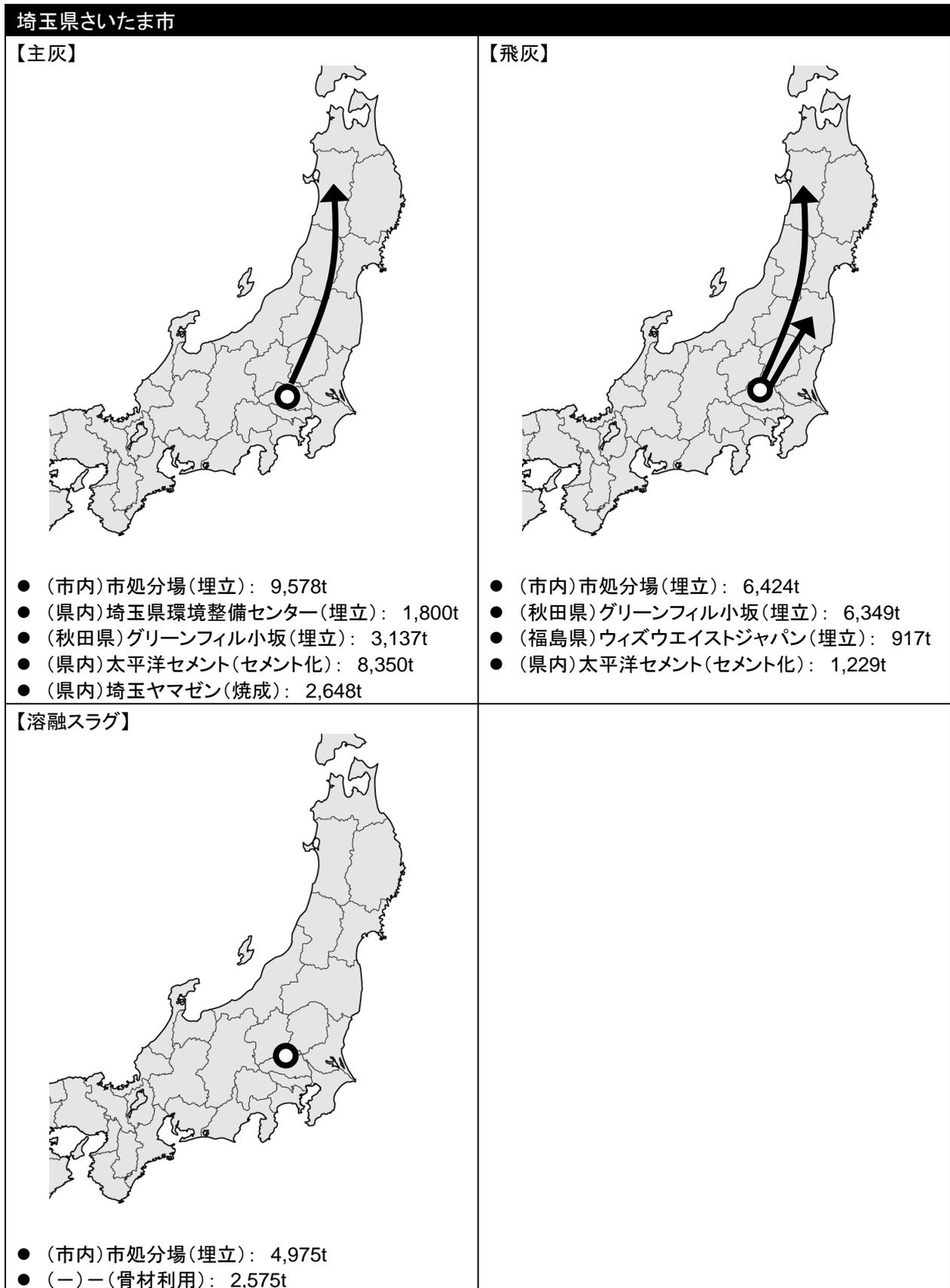
都道府県	市	人口	有効回答
北海道	札幌市	1,880,863	○
	旭川市	355,004	
	函館市	294,264	○
青森県	青森市	311,508	○
岩手県	盛岡市	300,746	○
宮城県	仙台市	1,025,098	
秋田県	秋田市	333,109	○
福島県	郡山市	338,834	○
	いわき市	354,492	
栃木県	宇都宮市	502,396	○
	足利市	159,756	
群馬県	前橋市	318,584	○
	高崎市	339,932	○
埼玉県	さいたま市	1,176,314	○
	川越市	333,795	○
	川口市	480,079	○
	所沢市	336,100	○
	越谷市	315,792	
	春日部市	238,506	○
千葉県	千葉市	924,319	○
	市川市	466,608	
	船橋市	569,835	○
	松戸市	472,579	○
	柏市	380,963	○
	我孫子市	131,205	○
東京都	八王子市	560,012	○
	町田市	405,534	
神奈川県	横浜市	3,579,628	○
	川崎市	1,327,011	○
	横須賀市	426,178	
	藤沢市	396,014	○
	相模原市	701,630	
	平塚市	258,958	○
	茅ヶ崎市	228,420	○
	大和市	221,220	
新潟県	新潟市	813,847	○
	長岡市	283,224	○
富山県	富山市	421,239	○
石川県	金沢市	454,607	○
長野県	長野市	378,512	○
岐阜県	岐阜市	413,367	
静岡県	静岡市	713,723	
	浜松市	804,032	○
	富士市	236,474	○

都道府県	市	人口	有効回答
愛知県	名古屋市	2,215,062	
	豊橋市	372,479	○
	岡崎市	363,807	○
	一宮市	371,687	
	豊田市	412,141	
三重県	四日市市	303,845	○
滋賀県	大津市	323,719	○
京都府	京都市	1,474,811	○
大阪府	大阪市	2,628,811	○
	堺市	830,966	○
	豊中市	386,623	○
	吹田市	353,885	
	高槻市	351,826	
	枚方市	404,044	
	東大阪市	513,821	○
兵庫県	神戸市	1,525,393	○
	姫路市	536,232	
	尼崎市	462,647	○
	西宮市	465,337	○
奈良県	奈良市	370,102	○
和歌山県	和歌山市	375,591	○
岡山県	岡山市	696,172	
	倉敷市	469,377	○
広島県	広島市	1,154,391	○
	福山市	459,087	○
山口県	下関市	290,693	○
	防府市	116,818	
	宇部市	178,955	○
香川県	高松市	418,125	○
愛媛県	松山市	514,937	○
高知県	高知市	348,990	○
福岡県	北九州市	993,525	○
	福岡市	1,401,279	○
	久留米市	306,434	○
長崎県	長崎市	455,206	○
熊本県	熊本市	669,603	
大分県	大分市	462,317	○
	津久見市	21,456	
宮崎県	宮崎市	366,897	○
鹿児島県	鹿児島市	604,367	
沖縄県	那覇市	312,393	
調査対象数			85
有効回答数			60
有効回答率			70.6%

※ 人口は「統計でみる市区町村のすがた 2009」(総務省統計局、H21.6.19 公表)による

※ 東大阪市は、東大阪都市清掃施設組合が回答

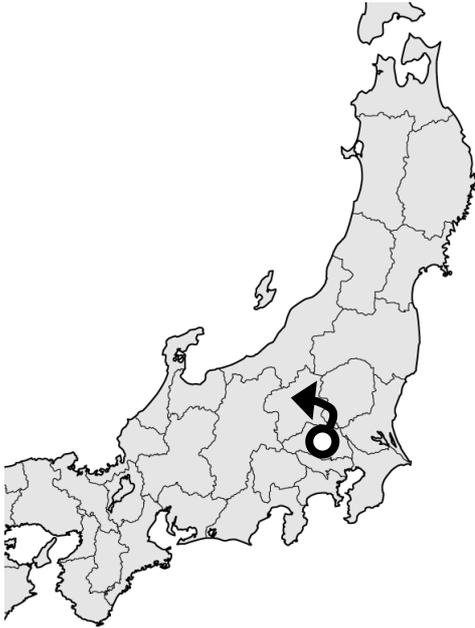
図表 6-4 ごみ焼却灰の県外移動状況マップ(平成 20 年度実績)



※ 地図下の●は、「(処理場所所在区分)処理場所(処理方法):(処理量)」を示す。「一」は無回答を示す(以下、同じ)

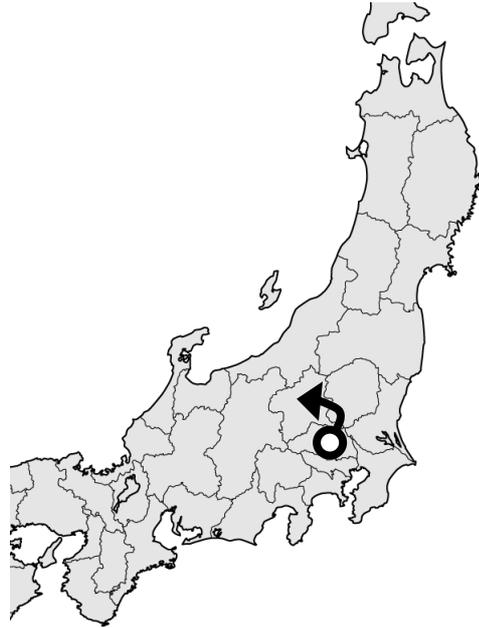
埼玉県所沢市

【主灰】



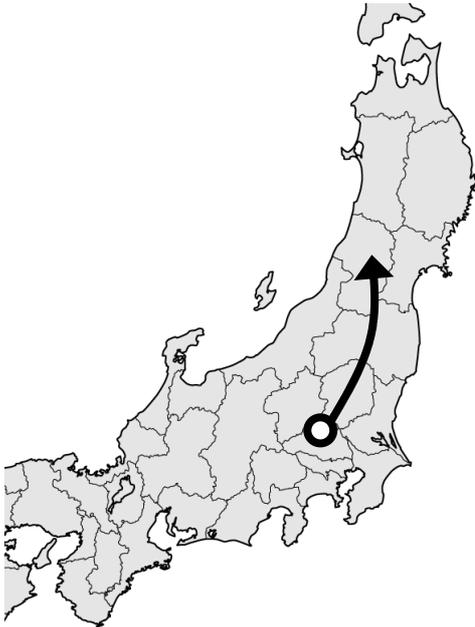
- (県内)埼玉県環境整備センター(埋立): 210t
- (群馬県)ウイズウエストジャパン(埋立): 120t

【飛灰】



- (群馬県)ウイズウエストジャパン(埋立): 313t

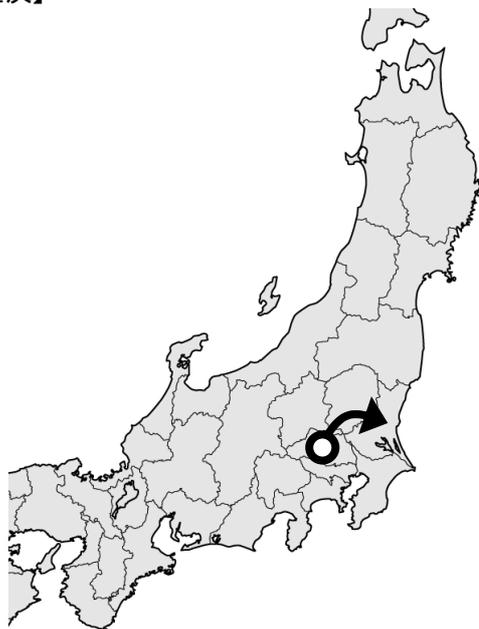
【溶融スラグ】



- (山形県)ジークライト(埋立): 6,369t

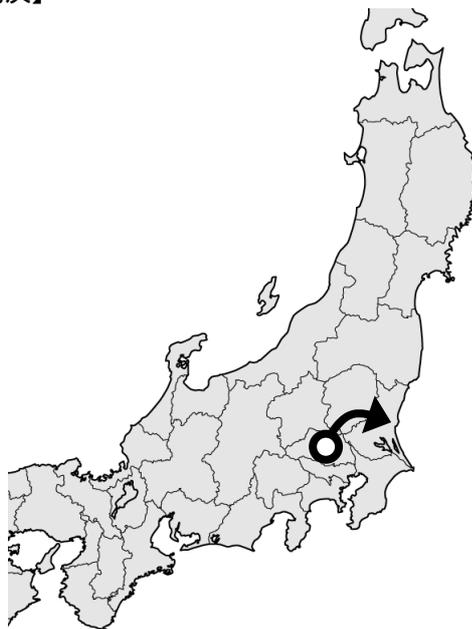
埼玉県川越市

【主灰】



- (県内)太平洋セメント(セメント化): 3,886t
- (茨城県)中央電気工業(溶融): 999t

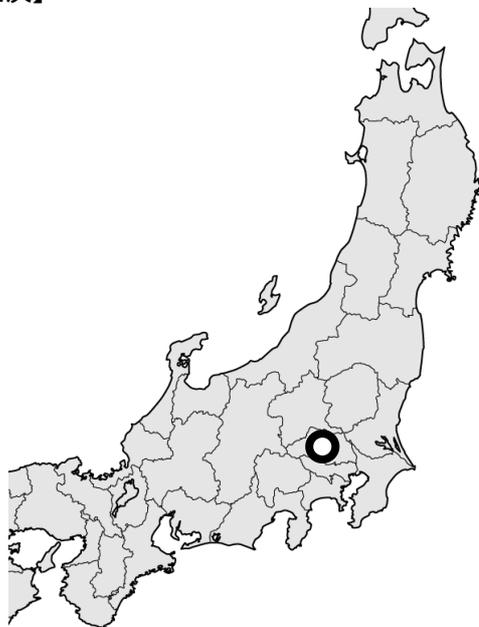
【飛灰】



- (県内)太平洋セメント(セメント化): 723t
- (茨城県)中央電気工業(溶融): 500t

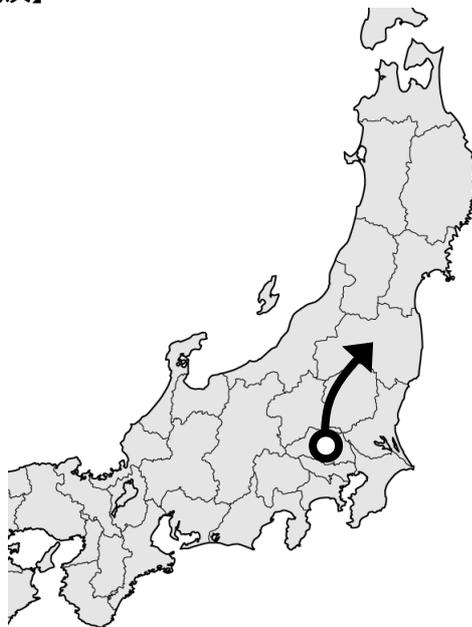
埼玉県春日部市

【主灰】



- (市内)市処分場(埋立): 6,654t

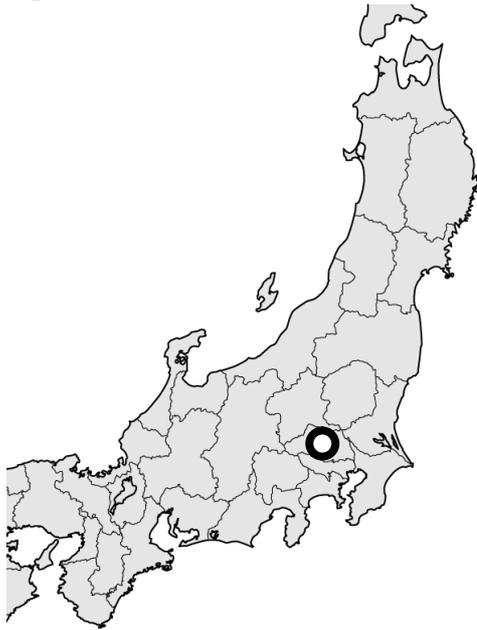
【飛灰】



- (福島県)ウイズウエストジャパン(埋立): 2,773t

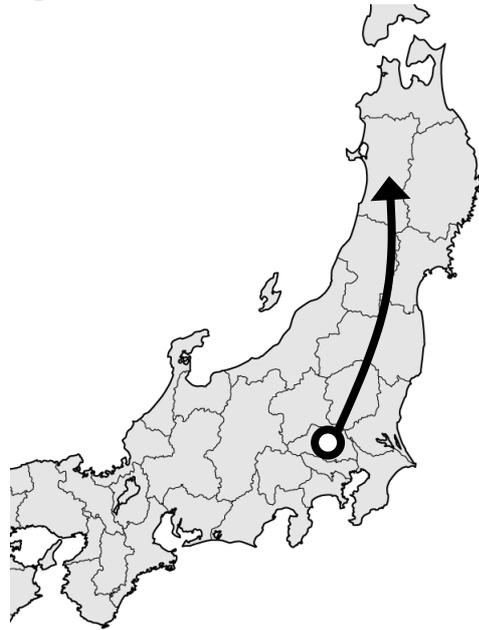
埼玉県川口市

【主灰】



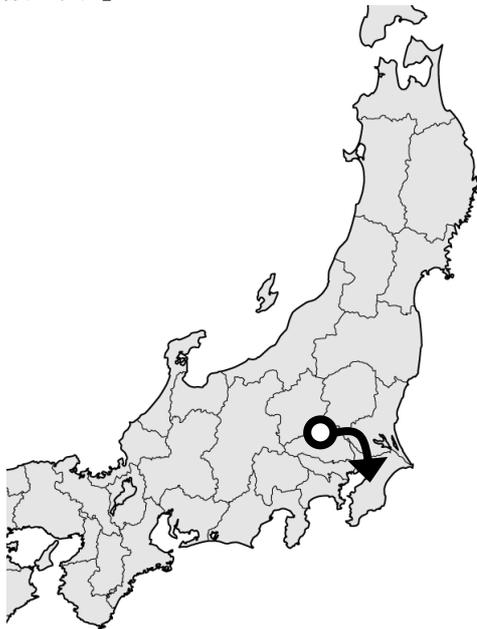
- (県内)埼玉県環境整備センター(埋立): 398t

【飛灰】



- (秋田県)エコシステム花岡(埋立): 2,646t
- (秋田県)グリーンフィル小坂(埋立): 4,114t

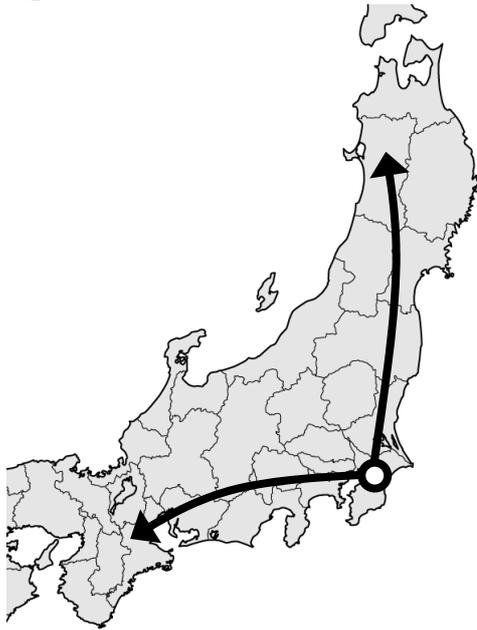
【溶融スラグ】



- (千葉県)根本建材(骨材利用): 10,402t
- (市内)川口市(骨材利用): 22t

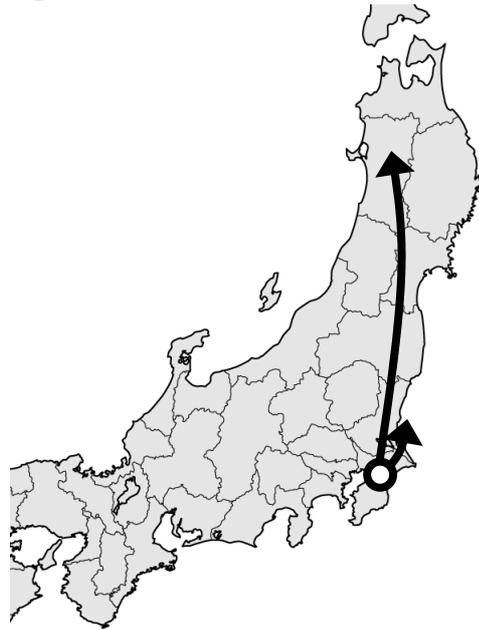
千葉県船橋市

【主灰】



- (秋田県)エコシステム花岡(埋立): 4,816t
- (三重県)三重中央開発(焼成): 3,262t

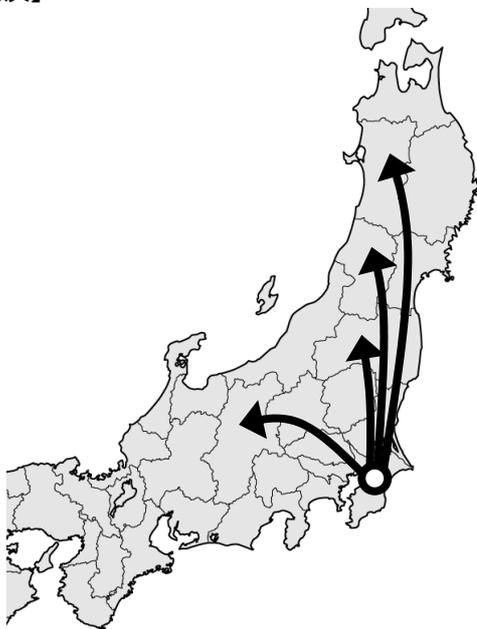
【飛灰】



- (秋田県)エコシステム花岡(埋立): 2,888t
- (茨城県)中央電気工業(溶融): 5,090t
- (県内)市原エコセメント(エコセメント化): 2,624t

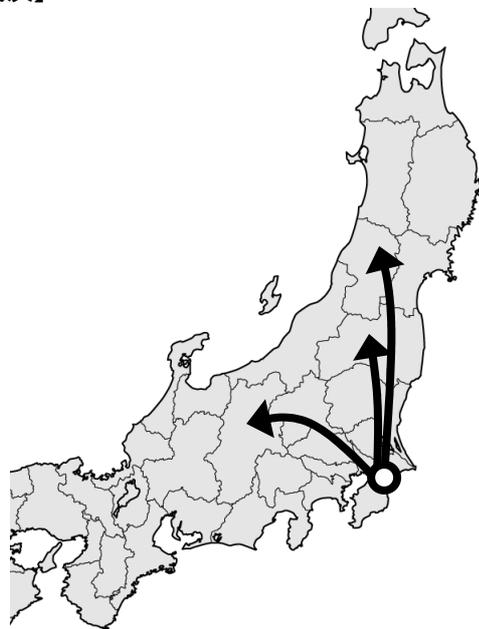
千葉県松戸市

【主灰】



- (県内)市原エコセメント(エコセメント化): 698t
 - (県内)千葉産業クリーン(埋立)
 - (山形県)ジークライト(埋立)
 - (長野県)飯山陸送(埋立)
 - (秋田県)グリーンフィル小坂(埋立)
 - (福島県)ウイズウエストジャパン(埋立)
- } 11,442t

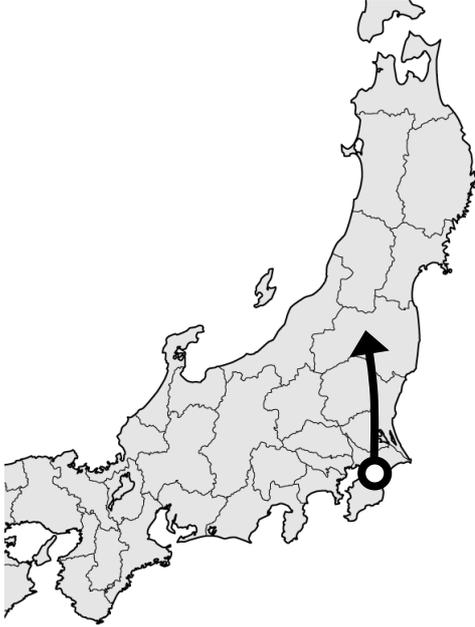
【飛灰】



- (県内)千葉産業クリーン(埋立)
 - (山形県)ジークライト(埋立)
 - (長野県)飯山陸送(埋立)
 - (秋田県)グリーンフィル小坂(埋立)
- } 3,214t

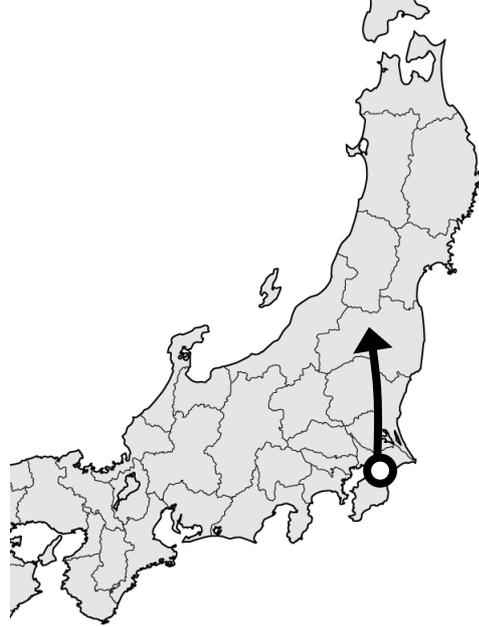
千葉県柏市

【主灰】



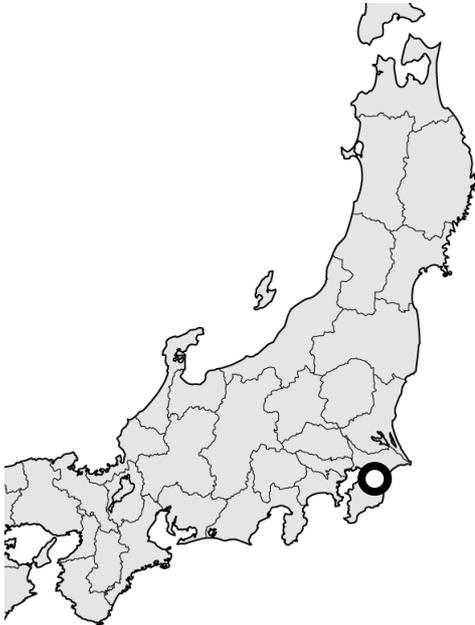
- (市内)市処分場(埋立): 2,197t
- (福島県)ウズウエストジャパン(埋立): 106t

【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 3,985t
- (福島県)ウズウエストジャパン(埋立): 41t
- (県内)市原エコセメント(エコセメント化): 300t

【溶融スラグ】



- (県内)千葉共同アスコン(骨材利用): 775t
- (市内)トーセキアスコン(骨材利用): 852t
- (県内)前田道路(骨材利用): 836t

千葉県我孫子市

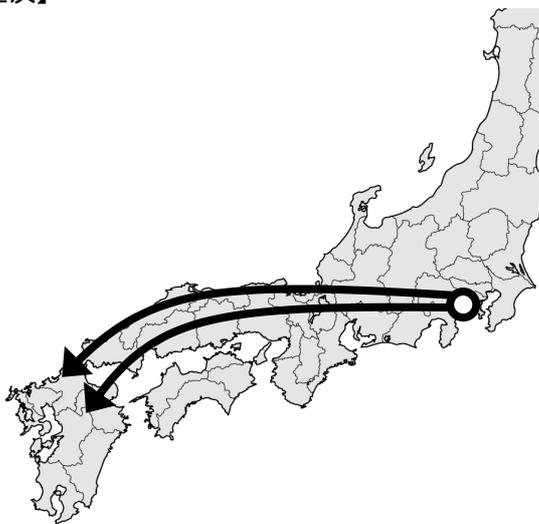
【主灰】



- (県内)市原エコセメント(エコセメント化): 4,126t
- (三重県)三重中央開発(焼成): 626t

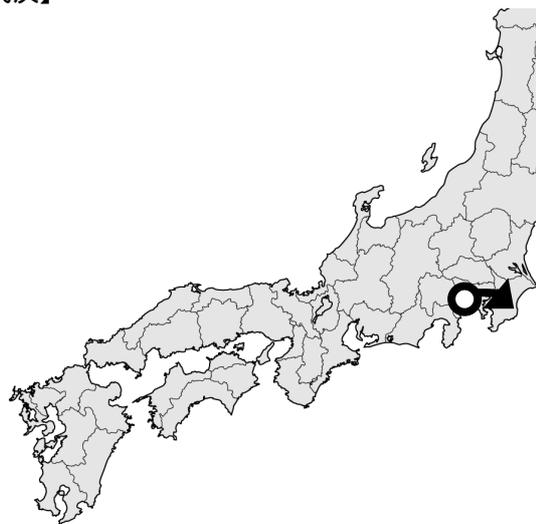
神奈川県横浜市

【主灰】



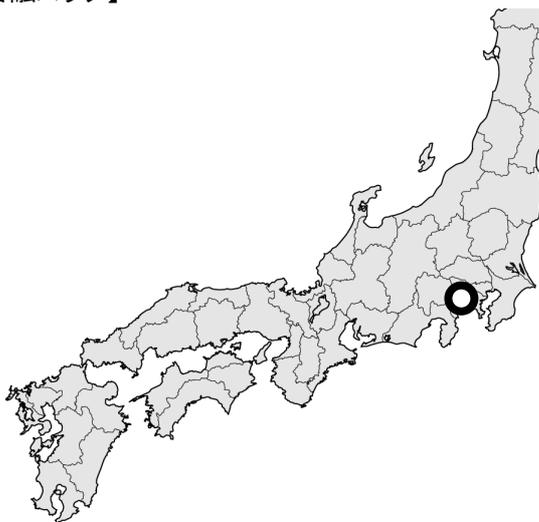
- (市内)市処分場(埋立): 118,378t
- (大分県)太平洋セメント(セメント化): 5,954t
- (福岡県)宇部興産(セメント化): 2,176t

【飛灰】



- (千葉県)市原エコセメント(エコセメント化): 3,478t

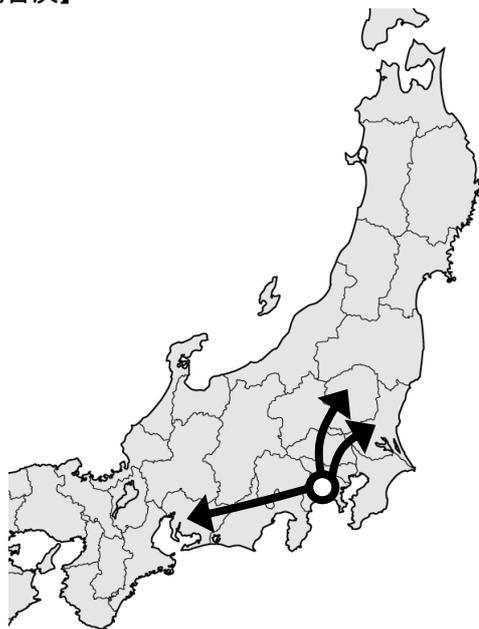
【溶融スラグ】



- (市内)がれき類再資源化施設登録事業者(骨材利用): 2,624t

神奈川県藤沢市

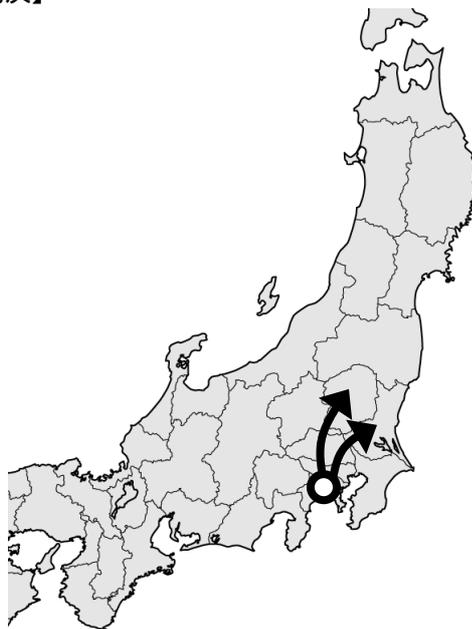
【混合灰】



- (茨城県)中央電気工業(溶融): 8,275t
- (栃木県)メルテック(溶融): 3,505t
- (愛知県)中部リサイクル(溶融): 498t

神奈川県平塚市

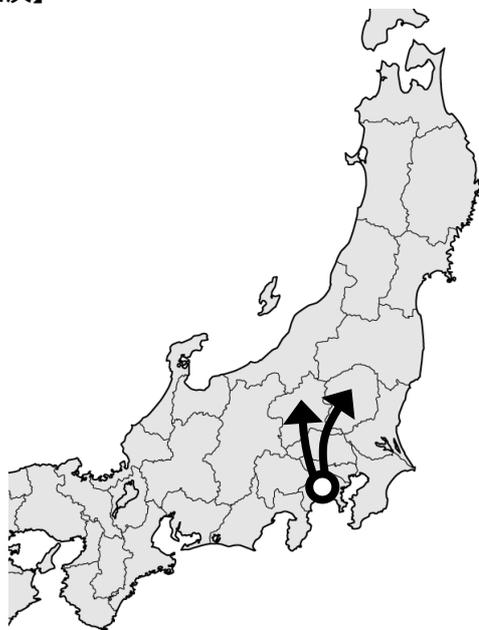
【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 10,075t
- (栃木県)メルテック(溶融): 24t
- (茨城県)中央電気工業(溶融): 76t

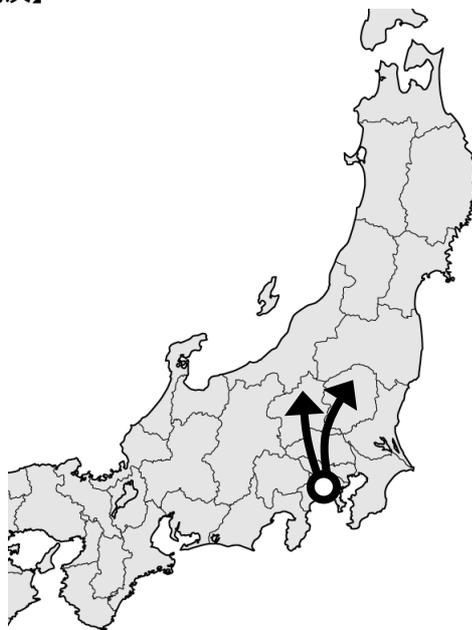
神奈川県茅ヶ崎市

【主灰】



- (市内)市処分場(埋立): 7,809t
- (群馬県)ウイズウエストジャパン(埋立): 127t
- (栃木県)メルテック(溶融): 678t

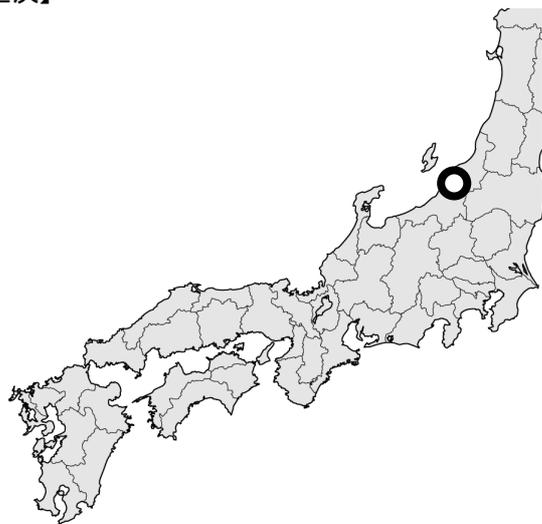
【飛灰】



- (群馬県)ウイズウエストジャパン(埋立): 916t
- (栃木県)メルテック(溶融): 279t

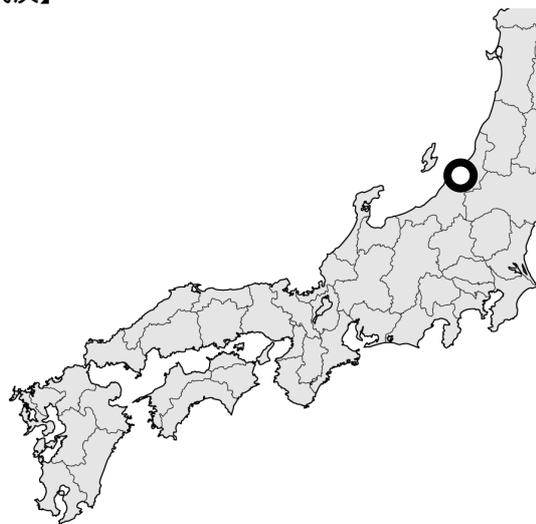
新潟県新潟市

【主灰】



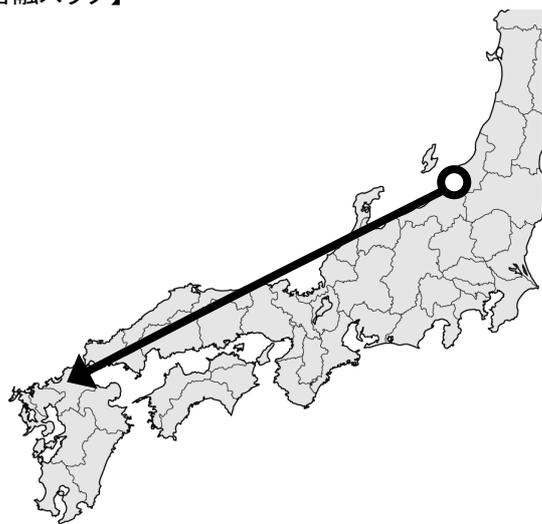
- (市内)市処分場(埋立): 5,014t
- (県内)新潟県環境保全事業団(埋立): 881t

【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 13,869t
- (県内)新潟県環境保全事業団(埋立): 2,641t

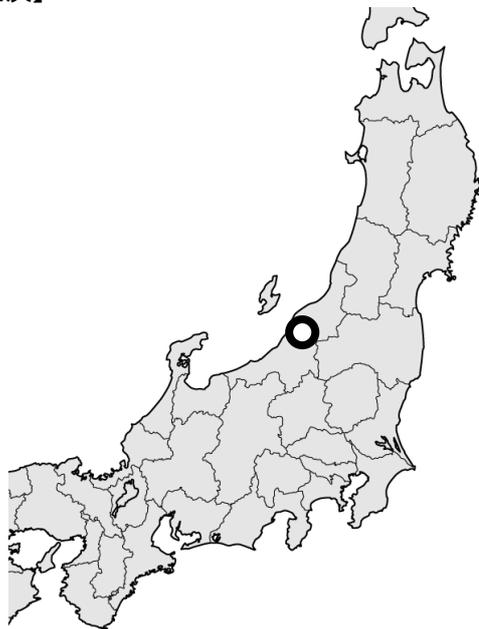
【溶融スラグ】



- (市内)市処分場(覆土材): 435t
- (福岡県)エヌジェイ・エコサービス(骨材利用): 3,478t

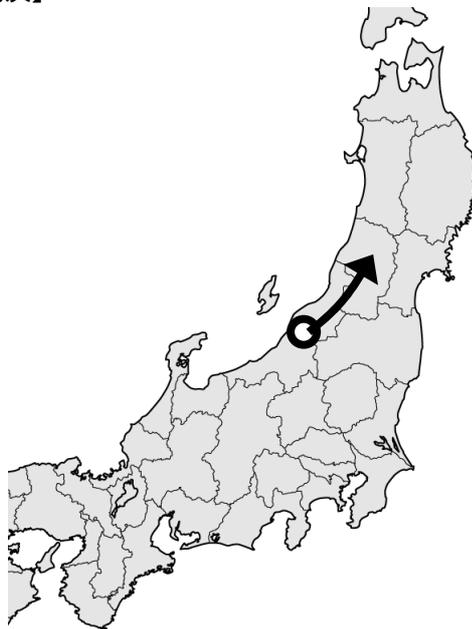
新潟県長岡市

【主灰】



- (市内)市処分場(埋立): 3,574t

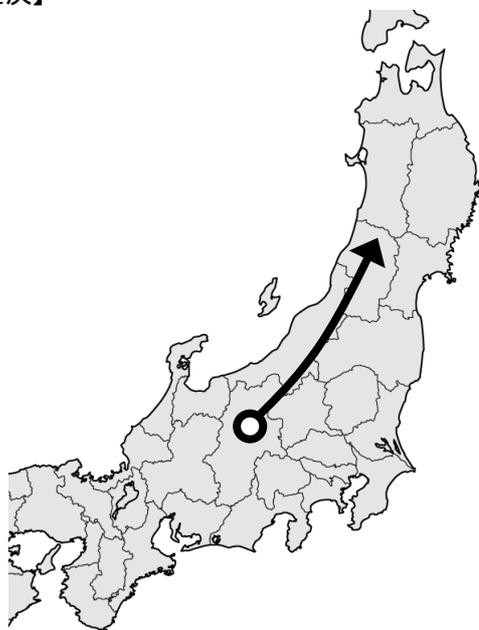
【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 3,814t
- (山形県)ジークライト(埋立): 243t

長野県長野市

【主灰】



- (市内)市処分場(埋立): 6,228t
- (県内)飯山陸送(埋立): 1,847t
- (山形県)アシスト(埋立): 1,731t

【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 3,383t

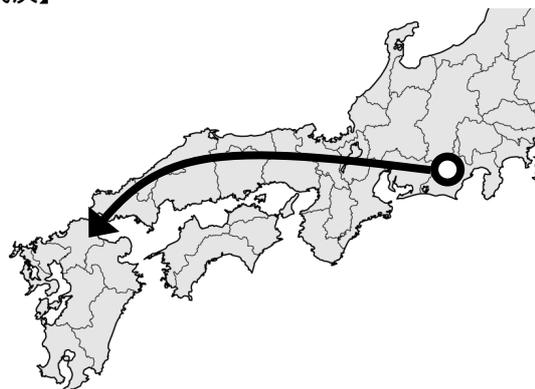
静岡県浜松市

【主灰】



- (市内)市処分場(埋立): 15,921t

【飛灰】



- (市内)市処分場(埋立): 7,547t
- (県内)湖西市最終処分場(埋立): 878t
- (福岡県)三池製錬(山元還元): 220t

【溶融スラグ】



- (市内)市処分場(埋立): 999t
- (市内)三井造船(骨材利用): 242t
- (市内)浜松グリーンウェーブ(骨材利用): 232t
- (市内)リサイクルクリーン(骨材利用): 512t

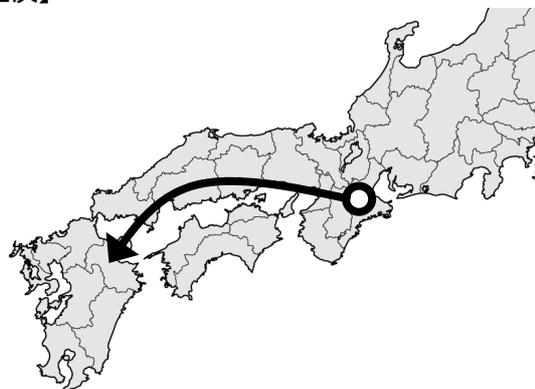
三重県四日市市

【混合灰】



- (市内)三重県環境保全事業団(溶融): 10,769t

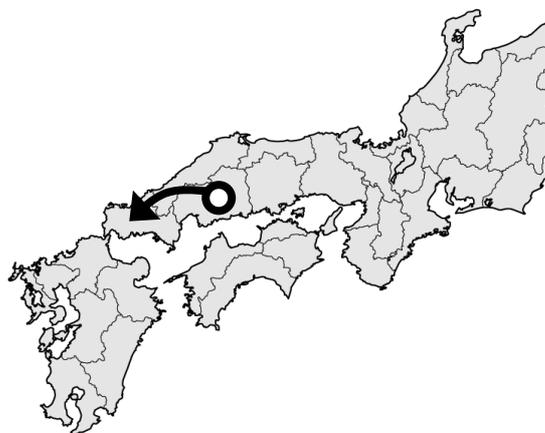
【主灰】



- (大分県)太平洋セメント(セメント化): 161t

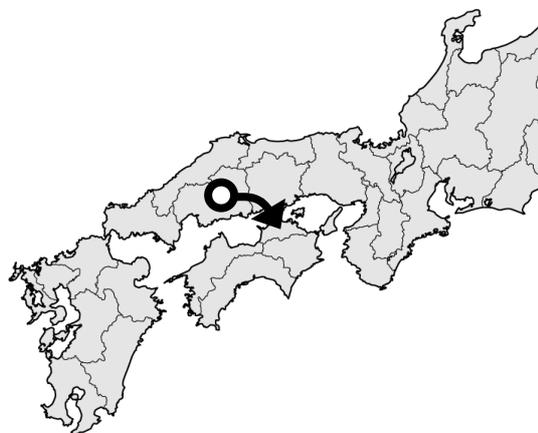
広島県広島市

【主灰】



- (県内)ダイユウ技研土木(埋立): 14,340t
- (山口県)山口エコテック他(セメント化): 4,752t

【溶融飛灰】



- (香川県)三菱マテリアル(山元還元): 2,109t

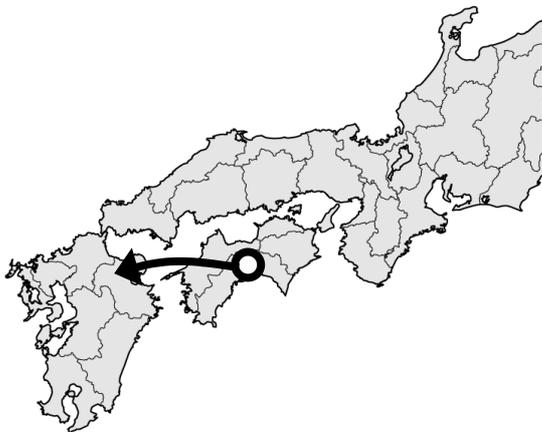
【溶融スラグ】



- (市内)区役所他(骨材利用): 5,463t
- (一)特殊ブロック事業協同組合(骨材利用): 2,169t

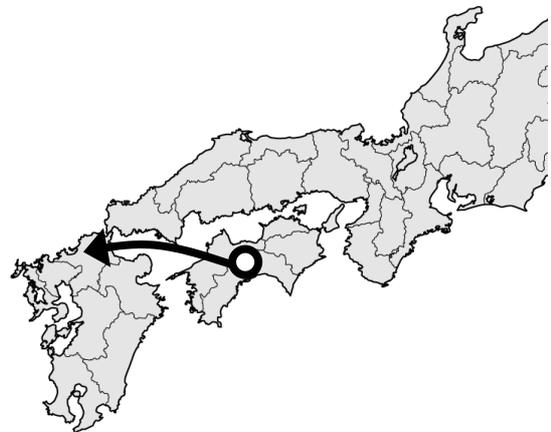
高知県高知市

【主灰】



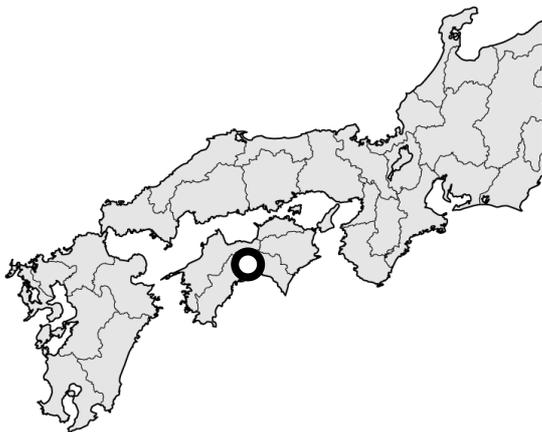
● (大分県)太平洋セメント(セメント化): 4,541t

【飛灰+溶融飛灰】



● (福岡県)三池精練(山元還元): 2,336t

【溶融スラグ】



● (市内)市処分場(覆土材利用): 2,728t

図表 6-5 ごみ焼却灰・溶融スラグの処理状況(平成 20 年度実績)

自治体名	灰種等	処理量 (t/年)	処理方法	処理施設・委託先	公共	民間	所在地	
札幌市	主灰	54,299	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	19,241						
	溶融スラグ	5,742						
函館市	主灰	9,198	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	3,402						
青森市	混合灰	10,785	埋立	市処分場	○		市内	
盛岡市	主灰	7,646	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	3,232						
秋田市	溶融飛灰	2,456	埋立	市処分場	○		市内	
	溶融スラグ	20,412	骨材利用	エヌジェイ・エコサービス		○		
郡山市	主灰	18,829	埋立	市処分場	○		市内	
前橋市	主灰	11,052	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	3,188						
高崎市	混合灰	16,502	埋立	市処分場	○		市内	
宇都宮市	主灰	8,687	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	6,077						
	溶融スラグ	6,563						
さいたま市	主灰	9,578	埋立	市処分場	○		市内	
		1,800		埼玉県環境整備センター	○		県内／寄居町	
		3,137		グリーンフィル小坂		○	秋田県小坂町	
		8,350		セメント化	太平洋セメント		○	県内／熊谷市
	飛灰	2,648	焼成	埼玉ヤマゼン		○	県内／寄居町	
		6,424	埋立	市処分場	○		市内	
		6,349		グリーンフィル小坂		○	秋田県小坂町	
		917		ウィズウエイストジャパン		○	福島県小野町	
		1,229	セメント化	太平洋セメント		○	県内／熊谷市	
		溶融スラグ	4,975	埋立	市処分場	○		市内
2,575	骨材利用		—	○		—		
川越市	主灰	3,886	セメント化	太平洋セメント		○	県内／熊谷市	
		999		溶融	中央電気工業		○	茨城県鹿嶋市
	飛灰	723	セメント化	太平洋セメント		○	県内／熊谷市	
		500	溶融	中央電気工業		○	茨城県鹿嶋市	
川口市	主灰	398	埋立	埼玉県環境整備センター	○		県内／寄居町	
		2,646		エコシステム花岡		○	秋田県大館市	
	溶融スラグ	4,114	骨材利用	グリーンフィル小坂		○	秋田県小坂町	
		10,402		株式会社根本建材		○	千葉県栄町	
22		埼玉川口市	○		市内			
所沢市	主灰	210	埋立	埼玉県環境整備センター	○		県内／寄居町	
		120		ウィズウエイストジャパン		○	群馬県草津町	
	溶融スラグ	313	埋立	ジークライト		○	山形県米沢市	
		6,369				○	市内	
春日部市	主灰	6,654	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	2,773		ウィズウエイストジャパン		○	福島県小野町	
千葉市	主灰	14,415	埋立	市処分場	○		市内	
		8,396		エコセメント化	市原エコセメント		○	県内／市原市
	溶融スラグ	8,985	覆土材	市処分場	○		市内	
		3,851		骨材利用	合材会社等		○	
船橋市	主灰	4,816	埋立	エコシステム花岡		○	秋田県大館市	
		3,262		焼成	三重中央開発		○	三重県伊賀市
	飛灰	2,888	埋立	エコシステム花岡		○	秋田県大館市	
		5,090		溶融	中央電気工業		○	茨城県鹿嶋市
		2,624		エコセメント化	市原エコセメント		○	県内／市原市
松戸市	主灰	698	埋立	市原エコセメント		○	県内／市原市	
				11,442	千葉産業クリーン		○	県内／銚子市
					ジークライト		○	山形県米沢市
					飯山陸送		○	長野県飯山市
					グリーンフィル小坂		○	秋田県小坂町
	飛灰	3,214	埋立	ウィズウエイストジャパン		○	福島県小野町	
				千葉産業クリーン		○	県内／銚子市	
				ジークライト		○	山形県米沢市	
				飯山陸送		○	長野県飯山市	
				グリーンフィル小坂		○	秋田県小坂町	

自治体名	灰種等	処理量 (t/年)	処理方法	処理施設・委託先	公共	民間	所在地	
柏市	主灰	2,197	埋立	市処分場	○		市内	
		106		ウイズウエイストジャパン		○	福島県小野町	
	飛灰	3,985	埋立	市処分場	○		市内	
		41		ウイズウエイストジャパン		○	福島県小野町	
	溶融スラグ	300	エコセメント化	市原エコセメント		○	県内/市原市	
		775	骨材利用	千葉共同アスコン		○	県内/白井市	
		852		トーセキアスコン		○	市内	
	836		前田道路		○	県内/船橋市		
我孫子市	主灰	4,126	エコセメント化	市原エコセメント		○	県内/市原市	
		626	焼成	三重中央開発		○	三重県伊賀市	
八王子市	主灰	7,968	セメント化	東京たま広域資源循環組合		○	都内/日の出町	
	飛灰	1,825	骨材利用	JFEエンジニアリング		○	神奈川県横浜市	
	溶融スラグ	3,788						
横浜市	主灰	118,378	埋立	市処分場	○		市内	
		5,954	セメント化	太平洋セメント		○	大分県津久見市	
	2,176	骨材利用	宇部興産		○	福岡県苅田町		
	3,478		エコセメント化	市原エコセメント		○	県内/市原市	
	10,369		がれき類再資源化施設登録事業者		○	市内		
川崎市	主灰	50,040	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	12,221	埋立	市処分場	○		市内	
藤沢市	混合灰	8,275	溶融	中央電気工業		○	茨城県鹿嶋市	
		3,505		メルテック		○	栃木県小山市	
		498		中部リサイクル		○	愛知県名古屋	
平塚市	飛灰	10,075	埋立	市処分場	○		市内	
		24	溶融	メルテック		○	栃木県小山市	
		76		中央電気工業		○	茨城県鹿嶋市	
茅ヶ崎市	主灰	7,809	埋立	市処分場	○		市内	
		127		ウイズウエイストジャパン		○	群馬県草津町	
	678	溶融	メルテック		○	栃木県小山市		
	飛灰	916	埋立	ウイズウエイストジャパン		○	群馬県草津町	
		279	溶融	メルテック		○	栃木県小山市	
新潟市	主灰	5,014	埋立	市処分場	○		市内	
		881		新潟県環境保全事業団		○	県内/出雲崎町	
	飛灰	13,869	埋立	市処分場	○		市内	
		2,641		新潟県環境保全事業団		○	県内/出雲崎町	
	溶融スラグ	435	覆土材	市処分場	○		市内	
3,478		骨材利用	エヌジェイ・エコサービス		○	福岡県北九州市		
長岡市	主灰	3,574	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	3,814		ジークライト			○	山形県米沢市
	243							
富山市	主灰	7,825	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	3,931						
	溶融スラグ	221	骨材利用	県・構成市町村発注工事		○	広域圏内	
		2,850						
		520						
	159	埋戻材	構成市町村発注工事		○			
金沢市	主灰	13,629	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	4,679						
長野市	主灰	6,228	埋立	市処分場	○		市内	
		1,847		飯山陸送		○	県内/中野市	
		1,731		アシスト		○	山形県村山市	
	飛灰	3,383	埋立	市処分場	○		市内	
浜松市	主灰	15,921	埋立	市処分場	○		市内	
		7,547		湖西市処分場		○	県内/湖西市	
	878							
	220	山元還元	三池製練			○		福岡県大牟田市
	溶融スラグ	999	埋立	市処分場	○		市内	
		242	骨材利用	三井造船		○		
		232		浜松グリーンウェーブ		○		
512		リサイクルクリーン		○				
富士市	主灰	6,713	埋立	富士環境保全公社		○	市内	
	飛灰	1,678						
豊橋市	溶融スラグ	5,538	骨材利用	愛豊アスコン鹿島藤城共同企業体等		○	主に市内	
岡崎市	主灰	13,075	埋立	市処分場	○		市内	
	飛灰	4,796						
四日市市	混合灰	10,769	溶融	三重県環境保全事業団		○	市内	
	主灰	161	セメント化	太平洋セメント		○	大分県津久見市	

自治体名	灰種等	処理量 (t/年)	処理方法	処理施設・委託先	公共	民間	所在地
大津市	熔融スラグ	7,605	埋立	市処分場	○		市内
大阪市	主灰	219,832	埋立	市処分場	○		市内
		50,635		大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
堺市	混合灰	28,514	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
		24,538		市処分場	○		市内
豊中市	混合灰	28,028	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
東大阪都市 清掃施設組合	主灰	32,436	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
	飛灰	13,120					
京都市	混合灰	66,075	埋立	市処分場	○		市内
	主灰	10,544					
神戸市	混合灰	80,996	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
尼崎市	主灰	15,845	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
	飛灰	4,151					
	熔融スラグ	3,169					
		1,674	骨材利用	広陽産業		○	市内
西宮市	主灰	26,390	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
	飛灰	1,333					
奈良市	主灰	3,446	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
		9,799		市処分場	○		市内
	飛灰	2,135	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾	
和歌山市	飛灰	18,896	埋立	大阪湾広域臨海環境整備センター	○		大阪湾
倉敷市	可燃ごみ・焼却灰	14,897	溶融(ガス化溶融)	水島エコワークス(PFI)		○	市内
広島市	主灰	14,340	埋立	ダイユウ技研土木		○	県内/呉市
		4,752		セメント化他	山口エコテック他		○
	2,109	山元還元	三菱マテリアル		○	香川県直島町	
	5,463	骨材利用	区役所他		○	市内	
		2,169		特殊ブロック事業協同組合等		○	—
福山市	主灰	8,110	埋立	市処分場	○		市内
	飛灰	1,261					
下関市	熔融スラグ	4,101	埋立	市処分場	○		市内
宇部市	主灰	295	セメント化	山口エコテック		○	県内/周南市
	飛灰	21	埋立	市処分場	○		市内
	熔融スラグ	1,315	骨材利用	山口環境保全協同組合		○	
高知市	主灰	4,541	セメント化	太平洋セメント		○	大分県津久見市
	飛灰+熔融飛灰	2,336	山元還元	三池製練		○	福岡県大牟田市
	熔融スラグ	2,728	覆土材	市処分場	○		市内
高松市	主灰	4,284	埋立	市処分場	○		市内
		2,501					県内/綾川町
	飛灰	1,620					市内
		2,262	山元還元	三菱マテリアル		○	県内/直島町
	熔融スラグ	355	埋立	市処分場	○		市内
		2,101				県内/綾川町	
松山市	主灰	10,119	埋立	市処分場	○		市内
	飛灰	2,332					
	熔融スラグ	2,352					骨材利用
北九州市	主灰	55,800	埋立	市処分場	○		市内
	飛灰	14,000					
	熔融スラグ	17,000					骨材利用
福岡市	混合灰	85,553	埋立	市処分場	○		市内
大分市	主灰	4,904	埋立	市処分場	○		市内
		3,590					セメント化
	飛灰	2,980	埋立	市処分場	○		市内
		2,207	セメント化	宇部興産		○	福岡県苅田町
	熔融スラグ	6,731	骨材利用	エヌジェイ・エコサービス		○	市内
久留米市	主灰	6,837	埋立	市処分場	○		市内
	飛灰	2,752					
長崎市	混合灰	—	埋立	市処分場	○		市内
宮崎市	飛灰	3,144	埋立	市処分場	○		市内
	熔融スラグ	8,439					

図表 6-6 ごみ焼却灰の処理経費(平成 20 年度実績)

自治体名	灰種	処理方法	公共	民間	処理先所在地	運搬単価 (円/t)	処理単価 (円/t)	備考				
札幌市	主灰	埋立	○		市内	928	—					
						930	—					
	飛灰					928	—					
	930					—						
	溶融スラグ				604	—						
函館市	主灰	埋立	○		市内	780	—					
	飛灰					780	—					
青森市	主灰	埋立			市内	1,365	—					
盛岡市	主灰	埋立	○		市内	805	20,645	運搬単価は飛灰、破碎可燃を含む。処分単価は、破碎不燃物・直接埋立・資源ごみ残さ分を含む。				
	飛灰					805	20,645					
秋田市	溶融スラグ	骨材利用	○		市内	—	-105					
さいたま市	主灰	埋立	○		市内	2,100	—					
						1,176	—					
						セメント化		○	県内／熊谷市	3,675	31,500	
						3,675	23,625					
	焼成		○	県内／寄居町	2,499	18,000						
		3,675	18,000									
	飛灰	埋立	○		市内	2,415	—					
						1,176	—					
					○	秋田県小坂町	16,800	15,435				
							18,900	39,585	運搬は中間処理施設経由 処分は中間処理を含む			
セメント化		○	福島県小野町	—	31,920	運搬費込み						
	4,200	31,500										
溶融スラグ	埋立	○		市内	2,415	—						
川越市	主灰	セメント化		○	県内／熊谷市	3,465	23,625					
						溶融	○	茨城県鹿嶋市	5,040	39,900		
	飛灰					セメント化	○	県内／熊谷市	6,195	63,000		
									溶融	○	茨城県鹿嶋市	5,040
川口市	主灰	埋立	○		県内／寄居町	4,580	18,000					
						○	秋田県大館市	15,000	18,000			
	飛灰				○	秋田県小坂町	15,000	14,000				
							溶融スラグ	骨材利用	○	千葉県栄町	—	-200
所沢市	焼却残渣	埋立	○		県内／寄居町	5,828	18,000					
						○	群馬県草津町	—	54,600	運搬費込み		
	溶融不適物他 流動床砂				○	山形県米沢市	—	33,600	運搬費込み			
							○	群馬県草津町	—	27,300	運搬費込み	
	飛灰				○	群馬県草津町	—	33,338	運搬費込み			
							○	山形県米沢市	—	27,615	運搬費込み	
春日部市	飛灰	埋立		○	福島県小野町	—	26,250	運搬費込み				
					○	福島県小野町	—	27,825	運搬費込み			
千葉市	主灰	エコセメント化		○	県内／市原市	2,992	35,070					
	溶融スラグ	骨材利用		○	市内	—	-200					
船橋市	主灰	埋立		○	秋田県大館市	—	30,000	運搬費込み				
						○	三重県伊賀市	—	33,000	運搬費込み		
	飛灰	埋立		○	秋田県大館市	—	36,200	運搬費込み				
						○	茨城県鹿嶋市	—	41,500	運搬費込み		
						○	県内／市原市	—	49,300	運搬費込み		
松戸市	主灰	エコセメント化		○	県内／市原市	4,800	37,000					
						○	県内／市原市	4,700	37,000			
	埋立		○	県内・県外	—	28,260	運搬費込み、平均値					
					○	県内・県外	—	28,260	運搬費込み、平均値			

※「処分単価」のマイナスは売却単価

自治体名	灰種	処理方法	公共	民間	処理先所在地	運搬単価 (円/t)	処理単価 (円/t)	備考	
柏市	主灰	埋立		○	福島県小野町	-	32,550	運搬費込み	
			○		市内	-	15,203		
	飛灰			○	福島県小野町	-	32,550	運搬費込み	
			○		市内	-	15,203		
	溶融スラグ	骨材利用	エコセメント化		○	県内/市原市	5,407	47,250	
				○	県内/白井市	-	-210	運搬費込み	
			○	市内	-	-210	運搬費込み		
			○	県内/船橋市	-	-210	運搬費込み		
我孫子市	混合灰	エコセメント化		○	県内/市原市	3,700	38,800		
		焼成		○	三重県伊賀市	-	34,000	運搬費込み	
八王子市	主灰	エコセメント化	○		都内/日の出町	3,465	56,031		
	飛灰	エコセメント化	○		都内/日の出町	8,505	56,031		
	溶融スラグ	骨材利用		○	神奈川県横浜市		-105		
藤沢市	混合灰	溶融		○	茨城県鹿嶋市	-	44,940		
				○	栃木県小山市	-	40,530		
				○	愛知県名古屋市	-	37,800		
平塚市	飛灰	埋立	○		市内	-	25,285	運搬費込み	
茅ヶ崎市	主灰	埋立		○	群馬県草津町	10,260	19,665		
		溶融		○	栃木県小山市	5,775	37,800		
	飛灰	埋立		○	群馬県草津町	10,260	19,665		
		溶融		○	栃木県小山市	5,775	37,800		
新潟市	主灰	埋立		○	市内	2,248	-		
				○	市内	3,537	-		
				○	市内	1,897	-		
				○	県内/出雲崎町	3,954	15,891		
	飛灰			○	市内	2,248	-		
				○	市内	2,982	-		
				○	市内	1,609	-		
				○	県内/出雲崎町	3,479	17,103		
溶融スラグ	骨材利用		○	福岡県北九州市	-	-100			
長岡市	主灰	埋立	○		市内	1,813	-		
	飛灰	埋立	○		市内	1,813	-		
			○	山形県米沢市	-	30,000	運搬費込み		
富山市	主灰	埋立	○		市内	827	6,300		
	飛灰		○						
	溶融スラグ		○						
		骨材利用	○	○	広域圏内	-	100		
		骨材利用	○			-	100		
	埋戻材	○			-	100			
金沢市	主灰	埋立	○		市内	906	-		
	飛灰					906	-		
浜松市	主灰	溶融	○		市内	-	7,322		
	飛灰					-	7,322		
	溶融スラグ	山元還元		○	福岡県大牟田市	18,249	45,675		
		骨材利用		○	市内	-	-150		
					1,470	-			
富士市	主灰	埋立		○	市内	1,700	16,000		
	飛灰					1,700	16,000		
豊橋市	溶融スラグ	骨材利用		○	主に市内	-	-200		
四日市市	混合灰	溶融		○	市内	769	47,304		
大阪市	主灰	埋立	○		市内	1,775	-		
					大阪湾	1,072	4,830		
堺市	混合灰	埋立	○		大阪湾	-	4,830		
豊中市	混合灰	埋立	○		大阪湾	2,181	4,830		
						1,244	4,830		
東大阪都市 清掃施設組合	主灰	埋立	○		大阪湾	3,654	4,830		
	飛灰	埋立	○		大阪湾	3,654	4,830		
京都市	混合灰	埋立	○		市内	2,769	-		
	主灰		○		大阪湾	7,087	4,830		
神戸市	混合灰	埋立	○		大阪湾	1,985	4,830		

※「処分単価」のマイナスは売却単価

自治体名	灰種	処理方法	公共	民間	処理先所在地	運搬単価 (円/t)	処理単価 (円/t)	備考
尼崎市	主灰	埋立	○		大阪湾	596	4,830	
	飛灰 溶融スラグ							
奈良市	主灰	埋立	○		大阪湾	4,550	4,830	
	飛灰							
	溶融スラグ							
和歌山市	飛灰	埋立	○		大阪湾	-	4,830	
西宮市	主灰	埋立	○		大阪湾	1,060	4,830	
	飛灰	溶融		○	県内/姫路市	4,071	45,360	
広島市	主灰	埋立			○ 県内/呉市	6,193	17,325	
					○ 県内/呉市	5,658	17,325	
					○ 県内/呉市	7,255	17,325	
					○ 県内/呉市	11,233	17,325	
	溶融飛灰等 溶融スラグ	セメント化他		○	山口県周南市他	3,339	23,625	
		山元還元		○	香川県直島町	9,450	24,150	
		裏込材	○		市内	3,265	-	
		透水材	○		市内	1,639	-	
	骨材利用				-	-53		
宇部市	主灰	セメント化		○	県内/周南市	3,450	26,000	
	飛灰	埋立	○		市内	18,500	-	10tダンプ運搬1回あたり
	溶融スラグ	骨材利用		○	市内	-	-50	運搬・保管年間契約 ¥1,260,000
高松市	主灰	埋立	○		県内/綾川町	2,100	-	
			○		市内	2,100	-	
	飛灰	山元還元		○	県内/直島町	-	35,000	
松山市	主灰	埋立	○		市内	1,050	-	
	主灰	埋立	○		市内	1,000	-	
	飛灰	埋立	○		市内	1,000	-	
	溶融スラグ	骨材利用		○	市内	-	-100	
高知市	主灰	セメント化		○	大分県津久見市	-	31,500	運搬費込み
	飛灰	山元還元		○	福岡県大牟田市	-	59,000	運搬費込み
						-	52,000	運搬費込み、溶融飛灰含む
	溶融スラグ	覆土材	○		市内	567	-	
北九州市	主灰	セメント化		○	大分県津久見市	-	-	
	飛灰	山元還元		○	福岡県大牟田市	-	-	
	溶融スラグ	骨材利用	○		市内	-	-200	運搬費込み
福岡市	混合灰	埋立	○		市内	1,981	0	
						2,118	0	
大分市	主灰	セメント化		○	県内/津久見市	1,890	23,415	
	飛灰	セメント化		○	福岡県苅田町	4,650	42,000	
	溶融スラグ	骨材利用		○	市内	-	-105	

※「処分単価」のマイナスは売却単価

※「処分単価」のマイナスは売却単価

図表 6-7 (参考) 東京二十三区における溶融施設の処理単価

		大田 電気式/交流 アーク式	板橋 電気式/交流 アーク式	多摩川 燃料式/回転 表面溶融	足立 電気式/ プラズマ
人件費	千円/年	37,563	29,531	19,673	29,387
物件費	千円/年	455,819	1,168,183	471,774	628,936
	光熱水費	96,722	146,018	115,629	64,742
	焼却灰等運搬費	31,858	150,750	14,669	35,744
	灰溶融炉運転管理委託	213,520	326,445	238,875	282,047
	作業用消耗品等	17,720	73,699	5,282	70,119
	定期点検補修・整備工事	13,144	413,367	73,724	130,024
	設備点検及び清掃委託	1,289	4,116	2,190	0
	薬剤購入	12,768	39,196	11,008	37,641
	環境対策測定等	6,963	10,551	6,465	5,822
	建物・車両維持管理	6,463	4,042	3,932	2,798
	残灰等埋立処分委託	55,372	0	0	0
計	千円/年	493,382	1,197,714	491,446	658,323
溶融量	t/年	22,993	28,077	5,458	7,450
トン当たり処理経費	円/t	21,458	42,658	90,041	88,366

		品川 燃料式/反射 式表面溶融	葛飾 電気式/ プラズマ	中防 電気式/ プラズマ	世田谷 電気式/ プラズマ	計
人件費	千円/年	29,807	27,188	94,864	25,670	293,683
物件費	千円/年	939,865	640,449	1,691,044	457,295	6,454,365
	光熱水費	463,724	183,090	892,073	214,119	2,176,117
	焼却灰等運搬費	48,252	65,445	37,200	40,533	424,451
	灰溶融炉運転管理委託	294,000	274,575	363,034	82,110	2,074,606
	作業用消耗品等	23,681	15,792	182,632	82,062	470,987
	定期点検補修・整備工事	24,955	47,544	44,113	0	746,871
	設備点検及び清掃委託	1,239	0	11,332	0	20,166
	薬剤購入	68,303	40,817	80,170	6,407	296,310
	環境対策測定等	10,557	9,030	19,913	2,088	71,389
	建物・車両維持管理	5,153	4,157	1,470	3,047	31,062
	残灰等埋立処分委託	0	0	59,107	26,929	141,408
計	千円/年	969,672	667,637	1,785,908	482,965	6,747,047
溶融量	t/年	23,676	15,641	13,400	3,587	120,282
トン当たり処理経費	円/t	40,956	42,685	133,277	134,643	56,094

※ 人件費は平成 19 年度実績、物件費は平成 18 年度実績

※ 民間施設と比較する場合、図表 6-7 には減価償却費が含まれていないことに注意のこと。

※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 溶融処理技術検討委員会)

6.3 ごみ焼却灰リサイクルでの民間施設における受け入れ・品質管理の状況

6.3.1 調査方法

ごみ焼却灰を受け入れ、資源化している主な民間施設に対するアンケート調査を実施し、ごみ焼却灰の受け入れ状況及び品質管理状況を把握する。

6.3.2 受け入れ・品質管理状況のまとめ

各施設での受け入れ・品質管理状況は次のとおりである。

【溶融施設】

図表 6-8 中部リサイクル株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容																																																																																								
施設名称	焼却灰及び飛灰の還元溶融による資源化処理施設																																																																																								
処理方式	電気抵抗炉による還元溶融処理・徐冷結晶化方式																																																																																								
許可品目	燃えがら・ばいじん・汚泥・一般廃棄物焼却灰																																																																																								
処理能力	24,500t/年																																																																																								
稼働日数	353日/年																																																																																								
処理フロー	<p>スラグの性状(例)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">1) スラグの性状(例)</th> <th colspan="2">2) 製品の品質(品質管理)</th> </tr> <tr> <th colspan="2">(質量%)</th> <th colspan="2">(mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>SiO₂</th> <th>CaO</th> <th>As</th> <th>Cd</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>24-28</td> <td>32-40</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>30-35</td> <td>35-45</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>35-40</td> <td>40-50</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>40-45</td> <td>45-55</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>45-50</td> <td>50-60</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>50-55</td> <td>55-65</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>55-60</td> <td>60-70</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>60-65</td> <td>65-75</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>65-70</td> <td>70-80</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>70-75</td> <td>75-85</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>75-80</td> <td>80-90</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>80-85</td> <td>85-95</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>85-90</td> <td>90-95</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> <tr> <td>90-95</td> <td>95-100</td> <td>0.005</td> <td>0.005</td> </tr> </tbody> </table> <p>製品としての品質(品質管理)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>規格値</th> <th>実測値</th> <th>品質管理</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>水分率</td> <td>2.00-2.50</td> <td>2.1-2.3</td> <td>25-45</td> </tr> <tr> <td>窒素濃度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>40-100</td> </tr> <tr> <td>窒素濃度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>窒素濃度</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table>	1) スラグの性状(例)		2) 製品の品質(品質管理)		(質量%)		(mg/kg)		SiO ₂	CaO	As	Cd	24-28	32-40	0.005	0.005	30-35	35-45	0.005	0.005	35-40	40-50	0.005	0.005	40-45	45-55	0.005	0.005	45-50	50-60	0.005	0.005	50-55	55-65	0.005	0.005	55-60	60-70	0.005	0.005	60-65	65-75	0.005	0.005	65-70	70-80	0.005	0.005	70-75	75-85	0.005	0.005	75-80	80-90	0.005	0.005	80-85	85-95	0.005	0.005	85-90	90-95	0.005	0.005	90-95	95-100	0.005	0.005	項目	規格値	実測値	品質管理	水分率	2.00-2.50	2.1-2.3	25-45	窒素濃度	—	—	40-100	窒素濃度	—	—	—	窒素濃度	—	—	—
1) スラグの性状(例)		2) 製品の品質(品質管理)																																																																																							
(質量%)		(mg/kg)																																																																																							
SiO ₂	CaO	As	Cd																																																																																						
24-28	32-40	0.005	0.005																																																																																						
30-35	35-45	0.005	0.005																																																																																						
35-40	40-50	0.005	0.005																																																																																						
40-45	45-55	0.005	0.005																																																																																						
45-50	50-60	0.005	0.005																																																																																						
50-55	55-65	0.005	0.005																																																																																						
55-60	60-70	0.005	0.005																																																																																						
60-65	65-75	0.005	0.005																																																																																						
65-70	70-80	0.005	0.005																																																																																						
70-75	75-85	0.005	0.005																																																																																						
75-80	80-90	0.005	0.005																																																																																						
80-85	85-95	0.005	0.005																																																																																						
85-90	90-95	0.005	0.005																																																																																						
90-95	95-100	0.005	0.005																																																																																						
項目	規格値	実測値	品質管理																																																																																						
水分率	2.00-2.50	2.1-2.3	25-45																																																																																						
窒素濃度	—	—	40-100																																																																																						
窒素濃度	—	—	—																																																																																						
窒素濃度	—	—	—																																																																																						
産廃・一廃比率	産業廃棄物:一般廃棄物=30:70																																																																																								
処理単価	分析値により異なる																																																																																								
製品用途	<ul style="list-style-type: none"> 溶融スラグ:路盤材、河川護岸景観材、コンクリート二次製品用骨材 磁選鉄:鉄鋼原料 溶融メタル:銅、金、銀の原料 溶融飛灰:亜鉛、鉛原料 																																																																																								
施設拡張予定	拡大予定(36,000t/年程度)																																																																																								
受入基準	主灰、飛灰別基準/重金属等有害性基準/塩濃度基準/含水率や有機分等基準 受入不可品目指定(許可にないものは受入不可)																																																																																								
資源化工程での基準	主灰、飛灰の混合比率を設定/主灰、飛灰混合灰の平均亜鉛・鉛・Cl・重金属類等の含有量で管理																																																																																								
保管・在庫管理	建屋内で分別管理/受入の時期と量を調整																																																																																								
製品販売・顧客管理	—																																																																																								
製品品質管理	製品としての品質を基準化(JIS 溶融スラグと同等の品質基準を適用)																																																																																								
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備/溶融スラグのトレーサビリティ向上のための体制を構築中																																																																																								

図表 6-9 メルテック株式会社 でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	焼却灰溶融資源化施設
処理方式	コークスベッド方式・徐冷結晶化方式
許可品目	燃えがら・一般廃棄物焼却灰
処理能力	30,000t/年
処理フロー	
稼働日数	300 日/年
産廃・一廃比率	産業廃棄物：一般廃棄物＝10：90
処理単価	一廃主灰：42,500 円/t、一廃飛灰：—
製品用途	再生砕石の補足材
施設拡張予定	拡大予定 (60,000t/年程度)
受入基準	主灰、飛灰別基準／重金属等有害性基準／塩濃度基準／含水率や有機分等基準 (受入制約) 受け入れは焼却炉から発生する主灰・飛灰とし、飛灰単独の受け入れは行わない。産業廃棄物については特管許可を持たないため 13 号埋立基準を満すことを受入基準とする。飛散防止のため水分率 25%を基準とする。
資源化工程での基準	特になし
保管・在庫管理	需給バランスのため受け入れと生産を調整 (製造能力・保管上限との関係で受け入れ量をできる限り平準化するよう委託元に依頼 (月間 2,500t が目標値))
製品販売・顧客管理	販売業者と連携。再生砕石業者の需要が多く特に出荷調整はしていない。年度末は常に不足気味
製品品質管理	製品としての品質を基準化／品質保証・品質認証化／栃木県リサイクル認定品認定取得 (環境省通達、JIS、土壤環境基準などに準拠した認定基準で、社内基準もこれに準拠)
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備／有害物質を含む品質情報管理／委託元に対し焼却灰受入量や資源化量を始めとする数値データ、スラグ利用先データを、月次報告、年次報告として提供

図表 6-10 中央電気工業株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	廃棄物溶融固化リサイクルセンター
処理方式	溶融固化
許可品目	燃えがら・ばいじん・汚泥・一般廃棄物焼却灰
処理能力	100,000t/年
処理フロー	<p>排出ガス</p> <ul style="list-style-type: none"> 硫黄酸化物 50ppm以下 ばいじん 0.02g/Nm³以下 窒素酸化物 100ppm以下 塩化水素 40ppm以下 ダイオキシン類 0.1ngTEQ/Nm³以下
稼働日数	365 日/年
産廃・一廃比率	産業廃棄物：一般廃棄物=20:80
処理単価	—
製品用途	—
施設拡張予定	—
受入の基準	—
資源化工程での基準	—
保管・在庫管理	—
製品販売・顧客管理	—
製品品質管理	製品としての品質を基準化(JIS A 5032 に準拠)
情報管理・情報公開	—

図表 6-11 株式会社リフレックスでのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	浦郷リサイクルセンター
処理方式	溶融処理(コークスベッド)
許可品目	燃えがら・ばいじん・一般廃棄物焼却灰・金属くず・ガラスくず・コンクリートくず及び陶磁器くず・ 鋳さい・がれき類
処理能力	36,000t/年
処理フロー	<p>■ コークスベッド式溶融炉フローシート</p> <p> 焼却灰・ばいじんの流れ → コークス・添加剤の流れ →→→ 排ガスの流れ →→→→ 空気の流れ →→→→→ スラッグの流れ →→→→→ </p>
稼働日数	300 日/年
産廃・一廃比率	産業廃棄物:一般廃棄物=40:60
処理単価	—
製品用途	路盤材、アスファルト合材、最終処分場の遮水シートの保護材
施設拡張予定	なし
受入基準	含水率や有機分等の受入基準(含水率 20~30%)
資源化工程での基準	—
保管・在庫管理	—
製品販売・顧客管理	—
製品品質管理	製品としての品質を基準化(JIS に準拠)
情報管理・情報公開	—

【焼成施設】

図表 6-12 株式会社埼玉ヤマゼンでのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	株式会社埼玉ヤマゼン
処理方式	焼成・造粒
許可品目	一般廃棄物: 焼却灰、ばいじん／産業廃棄物: 燃え殻、ばいじん、汚泥(無機性)、鉱さい
処理能力	90,000t/年
処理フロー	<p>灰受入ピット、破砕選別機 受け入れた焼却灰は、粉塵や臭気の問題が無いよう密閉されたピットで保管されます。2,100m²のピットを有し、万が一、施設停止時でも受入を確保します。受入後、破砕及び選別を行うことで製品への異物混入を防ぎ、鉄などの不純物を除去します。</p> <p>焼成炉：ロータリーキルン 還元剤を焼却灰に添加し、ロータリーキルン式焼成炉で約1,000℃の焼成処理を行い、重金属類の揮発分離・不溶化・ダイオキシン類の無害化を行います。</p> <p>排ガス装置 二次燃焼後の排気ガスは、急冷処理によるダイオキシン類の再合成の抑制、酸性ガスの中和、吸着、集塵、触媒による窒素酸化物、ダイオキシン類の分解を行い、安全に排出されます。</p> <p>造粒機 最後に粉砕品に水、セメント、安定剤を加えて造粒し、人工砂を生産します。</p> <p>粉砕機 焼成後、焼成物を冷却し、粉砕機で細かく粉砕します。</p> <p>ストックヤード 出業上がった人工砂は養生後出荷します。</p> <p>硫酸酸化物及び窒素酸化物： 50ppm以下、ダイオキシン濃度：0.01ng-TEQ/m³N以下（法規制0.1以下）</p>
稼働日数	300日/年
産廃・一般廃比率	産業廃棄物：一般廃棄物＝40：60
処理単価	—
製品用途	人工砂として主に路盤材利用のほか雑草抑制資材、ヒートアイランド対策資材、水質改善用資材など広く利用
施設拡張予定	予定なし
受入基準	主灰、飛灰別基準／重金属等有害性基準／塩濃度基準／含水率や有機分等基準／受入不可品目指定／自社基準(含有・溶出・ダイオキシン・熱灼減量・比重など)を設け、自社分析室にて分析。異物混入や臭気、大きさの確認などもふまえて、総合的に受入可否を判断
資源化工程での基準	主灰、飛灰の混合比率を設定
保管・在庫管理	灰ピット及び製品ストックヤードにて実施
製品販売・顧客管理	販売業者と連携し製品利用先を管理(製品販売先は3社あり、契約書・契約数量・販売数量を公開。3社からは販売先、販売量の報告があり、これら情報を一元管理)
製品品質管理	製品としての品質を基準化／品質保証・品質認証化(骨材品質については、人工砂を15%混入した再生骨材として、①国交省NETISに登録、②(財)埼玉県建材センターによるRC-40(下層路盤)基準値をクリア。製品は土壤環境基準を満たす)／ユーザーニーズに合わせた製造
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備(彩の国資源循環工場に立地しているため、所定フォーマットによる県への数量報告を毎月実施。地元住民の監視組織があり毎週1回不特定の視察受け入れ及び情報公開を実施)

図表 6-13 三重中央開発株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	焙焼施設
処理方式	焼成
許可品目	燃えがら・ばいじん・汚泥・一般廃棄物焼却灰
処理能力	64,000t/年
処理フロー	<p>The diagram illustrates the waste management process. It starts with the input of iron (鉄) and non-iron (非鉄) materials, along with large waste (粗大物). These are processed through a series of steps: crushing (破砕機), sorting (選別機), and incineration (焼成炉). The incineration process includes the addition of reagents (添加剤) and the recovery of resources like recycled oil (再生油) and recycled ash (再生灰). The final products are categorized as recycled products (リサイクル品), including soft soil improvement material (軟弱地盤改良材) and三重県認定リサイクル製品 (三重県 certified recycled products).</p>
稼働日数	320 日/年
産廃・一廃比率	産業廃棄物：一般廃棄物=50:50
処理単価	—
製品用途	—
施設拡張予定	—
受入基準	主灰、飛灰別基準／重金属等有害性基準／塩濃度基準／含水率や有機分等基準／受入不可品目指定
資源化工程での基準	処理内容により処理時間及び処理温度を調整
保管・在庫管理	—
製品販売・顧客管理	販売業者と連携
製品品質管理	製品としての品質を基準化／ユーザーニーズに合わせた製造
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備／有害物質を含む品質情報を管理公開

【セメント化施設】

図表 6-14 太平洋セメント株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
工場	熊谷工場、大分工場
施設名称	都市ごみ焼却灰のセメント資源化システム
処理方式	セメント資源化
許可品目	一般廃棄物焼却灰
処理能力	熊谷工場:63,000t/年、大分工場:40,000t/年
処理フロー	
稼働日数	—
産廃・一廃比率	一般廃棄物のみ
処理単価	—
製品用途	建築・土木資材(セメント)
施設拡張予定	予定なし
受入基準	主灰、飛灰別基準／重金属等有害性基準／塩濃度基準／含水率や有機分等基準
資源化工程での基準	—
保管・在庫管理	—
製品販売・顧客管理	—
製品品質管理	製品としての品質を基準化／品質保証・品質認証化
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備／有害物質を含む品質情報を管理公開

図表 6-15 市原エコセメント株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	都市ごみ焼却灰のセメント資源化システム
処理方式	エコセメント化
許可品目	もえがら・ばいじん・汚泥・一般廃棄物焼却灰
処理能力	90,000t/年
処理フロー	<p>【廃棄物受入】 (1) 湿潤状態で排出された焼却灰、貝殻、汚泥などは天蓋付き運搬車両で受入施設に搬入、保管します。 (2) 乾燥状態の流動床灰・飛灰は完全密閉型のタンクローリー車で飛灰タンクに受け入れ、貯蔵します。</p> <p>【前処理工程】 破砕・乾燥機、磁選機・ふるいで空殻、金属などを除去。これらは再生処理業者に引き渡します。</p> <p>【原料混合工程】 天然原料を補強して一定の化学成分になるよう粉砕・混合します。</p> <p>【焼成行程】 1,350℃以上で焼成。セメントを構成する水硬性鉱物に生まれ変わります。パー（重油）</p> <p>【重金属回収工程】 廃棄物に含まれている重金属を回収し、精錬業者に引き渡します。</p> <p>【仕上げ工程】 石膏を添加しエコセメントになります。</p> <p>● 廃棄物からエコセメントへ ● 重金属回収 ● 排出ガス</p>
稼働日数	—
産廃・一廃比率	一般廃棄物のみ
処理単価	—
製品用途	建築・土木資材(エコセメント)
施設拡張予定	予定なし
受入基準	主灰、飛灰別基準／重金属等有害性基準／塩濃度基準／含水率や有機分等基準
資源化工程での基準	—
保管・在庫管理	—
製品販売・顧客管理	—
製品品質管理	製品としての品質を基準化／品質保証・品質認証化
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備／有害物質を含む品質情報を管理

【山元還元施設】

図表 6-16 三井製錬株式会社でのごみ焼却灰受け入れ・品質管理状況

項目	内容
施設名称	MF プロセス
処理方式	溶鉱炉精練
許可品目	燃えがら・ばいじん・汚泥・一般廃棄物焼却灰・その他
処理能力	470t/日
処理フロー	<p>①スラグ セメントの製造、ブロック材の骨材などに活用。</p> <p>②マット 銅製錬の原料</p> <p>③粗酸化亜鉛 亜鉛製錬の原料</p>
稼働日数	345 日/年
産廃・一廃比率	産業廃棄物：一般廃棄物＝70：30
処理単価	分析により異なる
製品用途	粗酸化亜鉛（亜鉛中間原料）、マット（銅中間原料）、スラグ（セメント原料等）
施設拡張予定	拡大予定（800t/日程度）
受入基準	飛灰のみ（主灰は受け入れない）／重金属等有害性基準／含水率や有機分等基準 事前にサンプルを分析・評価し可否を判断
資源化工程での基準	品質向上のための工程を追加
保管・在庫管理	大口ロット対応や季節変動平準化のための材料を確保
製品販売・顧客管理	製品利用先の管理（粗酸化亜鉛、マット、スラグについては、すべて親会社である三井金属鉱業及び自社で販売先・使用用途を管理）
製品品質管理	製品としての品質を基準化／品質保証・品質認証化／ユーザーニーズに合わせた製造／全製品ともユーザーごとに取り決めた規格に準拠
情報管理・情報公開	処理実績情報や製品品質情報の提供体制・仕組みを整備／有害物質を含む品質情報を管理／三井金属鉱業の HP にて公開

7. 資料

7.1 プロセス別二酸化炭素原単位及びプロセス物質収支の算出

モデル別二酸化炭素排出量のもととなるプロセス別二酸化炭素排出量算出のための基礎数値として、プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支を算出する。

7.1.1 二酸化炭素排出量算出のための基礎データの収集

(1) エネルギー・物質使用量の定義

「2.2.5 (1) 基本的な算出方法」(p.10)のとおり、二酸化炭素排出量の算出にあたっては、各プロセスにおけるエネルギー及び物質の使用量を基礎数値として用いる。

次のとおり、エネルギー起因、物質起因それぞれの使用量データを収集、整理する。

- エネルギー起因： 電力、ガス、石炭、重油など燃料油
- 物質起因： 水、石灰石、飛灰安定化処理のための薬剤等

(2) エネルギー・物質使用量の収集方法

エネルギー・物質使用量は、以下の方法により収集する。

- 事業概要や統計等、公表資料の引用
- 自治体施設や民間施設へのアンケート調査
- 自治体施設や民間施設へのヒアリング調査

(3) エネルギー・物質使用量の調査対象施設

図表 7-1 の施設を調査対象とし、エネルギー・物質使用量等を収集する。

(4) 基礎数値の基準年度

基礎数値については、原則として平成 20 年度実績値とする。

ただし、東京二十三区清掃一部事務組合及び柳泉園組合分は平成 19 年度実績値である。

図表 7-1 基礎データ収集のための対象施設

技術区分	方式	調査対象施設	
溶融	自治体	燃料式(表面溶融式)	東京二十三区清掃一部事務組合 品川灰溶融施設
		燃料式(表面溶融式)	八街市 八街市クリーンセンター
		電気式(プラズマ式)	東京二十三区清掃一部事務組合 葛飾灰溶融施設
		電気式(アーク式)	所沢市 東部クリーンセンター
	民間	電気抵抗式	中部リサイクル株式会社
		コークスベッド式	メルテック株式会社
山元還元	塩化揮発式	光和精鉱株式会社 戸畑製造所(塩化揮発処理)	
焼成	焼成・造粒	株式会社埼玉ヤマゼン	
セメント化	飛灰水洗＋主灰異物除去＋セメント製造	太平洋セメント株式会社 熊谷工場	
埋立処分	埋立物:焼却残さ(主灰)	茅ヶ崎市 堤十二天一般廃棄物最終処分場	
	埋立物:焼却残さ(主灰)	春日部市 東中野一般廃棄物最終処分場	
	埋立物:焼却残さ(主灰・飛灰)	秦野市伊勢原市環境衛生組合 栗原一般廃棄物最終処分場	

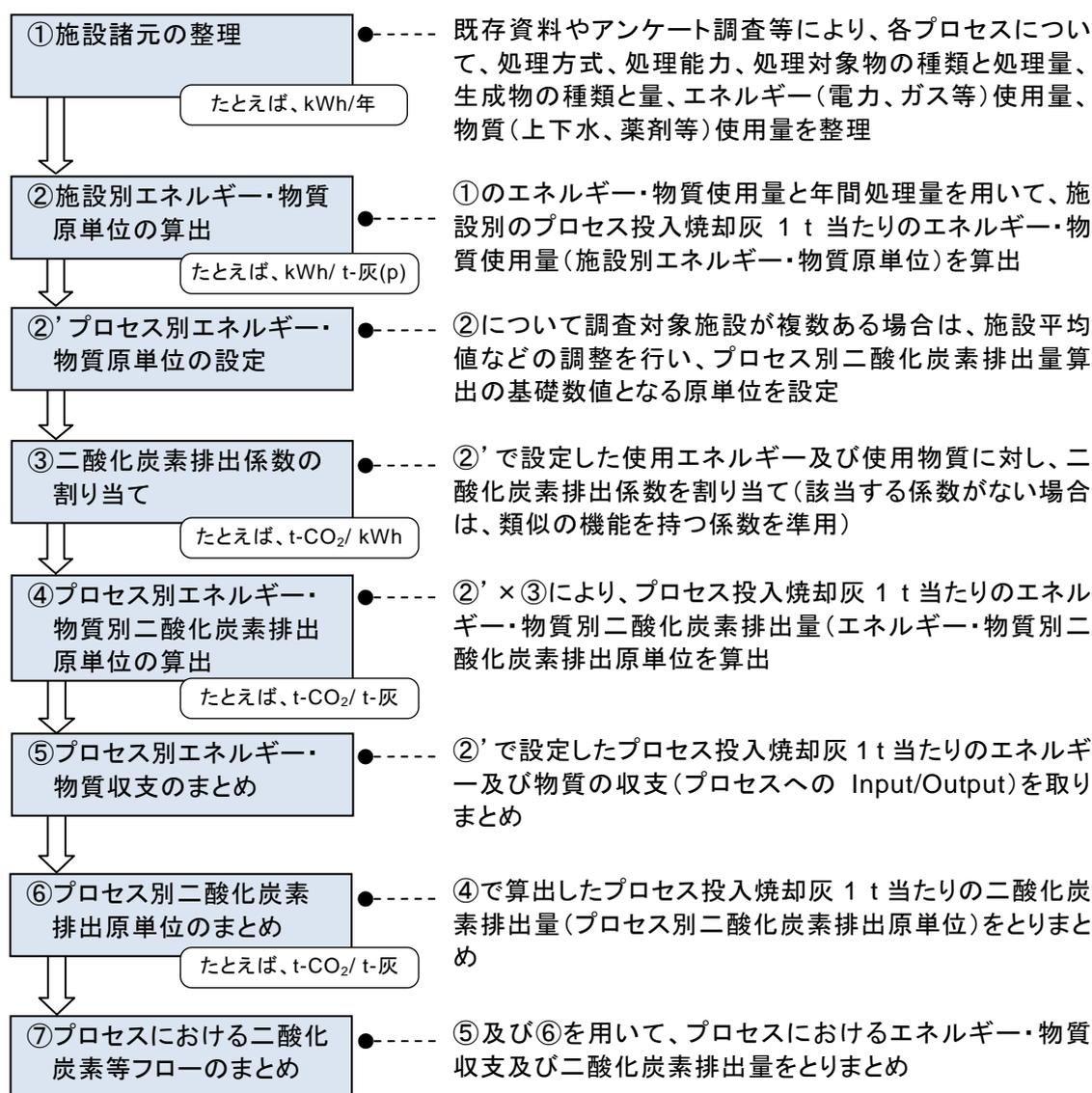
7.1.2 プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出方法

(1) 算出フロー

図表 7-2 に示すフローにより、プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支を算出する。

ここではモデルを構成する個々のプロセスに着目しているため、以下「原単位」はすべてプロセスに投入される焼却灰⁶1 t 当たりの量を意味している。モデル(あるいはシステム)に投入される焼却灰 1 t 当たりの量(図表 2-3 参照)と区別するため、単位の末尾に「(p)」を付けて表記する(「(5) 二酸化炭素排出量算出に関する用語の整理」参照)。

図表 7-2 プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出フロー



⁶ 焼却灰、前処理後の焼却灰、安定化処理後の焼却灰などを意味する(「7.1 プロセス別二酸化炭素原単位及びプロセス物質収支の算出」共通)

(2) 算出過程の説明

① 施設諸元の整理

施設諸元として、次の項目についてデータを収集、整理する。

- 施設運営主体
- 施設名称
- 処理方式
- 処理対象物
- 処理能力(処理容量)
- 稼働日数
- 焼却灰処理量
- 生成物の種類及び量
- エネルギー投入状況(種類及び量)
- 物質投入状況(種類及び量)

② 施設別エネルギー・物質原単位の算出

次式により、施設別エネルギー・物質原単位を算出する。

$$\text{施設別エネルギー・物質原単位(kWh/ t-灰(p)など)} = \frac{\text{施設別エネルギー・物質使用量(kWh/年)}}{\text{プロセス投入焼却灰量(t-灰(p)/年)}}$$

②' プロセス別エネルギー・物質原単位の設定

当該プロセスのエネルギー・物質原単位を設定するための調査対象施設が複数ある場合(溶融(自治体)が該当)、過大・過小値を除外する、平均値を求める、などの調整を行い、二酸化炭素排出量の算出に用いる値を設定する。

③ 二酸化炭素排出係数の割り当て

図表 7-3 のとおり、二酸化炭素排出量の算出に用いる二酸化炭素排出係数を設定する。

排出係数は環境省「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度」に定められる値を基本とし、ここで不足する係数は既存の関連文献等より引用する。該当するエネルギー・物質項目がない場合は、同様の機能を持つ項目を割り当てる。

④ プロセス別エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出

次式により、エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位を算出する。

$$\text{エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位(t-CO}_2\text{/ t-灰(p))} = \text{施設別エネルギー・物質原単位(kWh/ t-灰(p)など)} \times \text{二酸化炭素排出係数(t-CO}_2\text{/ kWh など)}$$

⑤ プロセス別エネルギー・物質収支のまとめ

図表 7-4 のように、各プロセスにおけるエネルギー・物質収支を取りまとめる。

⑥ プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ

図表 7-5 のように、プロセス別二酸化炭素排出原単位を取りまとめる。

⑦ プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ

図表 7-6 のように、プロセスにおけるエネルギー・物質収支及び二酸化炭素排出量等をフローとして取りまとめる。

図表 7-3 算出に用いる二酸化炭素排出係数

項目	出典での排出係数	単位統一後の排出係数	出典	
電力	0.000555 t-CO2/kWh	0.000555 t-CO2/kWh	温室効果ガス排出量算定・ 報告マニュアル Ver. 2.4(環境省)	
コークス	3.24 t-CO2/t	3.24 t-CO2/t		
都市ガス	2.07966 t-CO2/千Nm3	0.00208 t-CO2/Nm3		
灯油	2.49 t-CO2/kl	2.49 t-CO2/kl		
ガソリン	2.32 t-CO2/kl	2.32 t-CO2/kl		
軽油	2.62 t-CO2/kl	2.62 t-CO2/kl		
A重油	2.71 t-CO2/kl	2.71 t-CO2/kl		
液化石油ガス(LPG)	3.0 t-CO2/t	3.0 t-CO2/t		
石炭	2.41 t-CO2/t	2.41 t-CO2/t		
石灰石	0.428 t-CO2/t	0.428 t-CO2/t		<-非エネ
セメント	0.938 t-CO2/t	0.938 t-CO2/t		<-非エネ+エネ
固形燃料(RPF)	1.57 t-CO2/t	1.57 t-CO2/t		
生石灰	1.052 t-CO2/t	1.052 t-CO2/t		日本石灰協会・日本石灰工業組合資料
上水	0.175 kg-C/m3	0.0006 t-CO2/m3	都市ごみ処理システムの 都市ごみ分析・計画・評価 (松藤)	
消石灰	299.0 kg-C/t	1.0963 t-CO2/t		
溶融助剤	100.0 kg-C/t	0.3667 t-CO2/t		
重金属安定剤(キレート剤)	725.0 kg-C/t	2.6583 t-CO2/t		
塩化第2鉄	136.0 kg-C/t	0.4987 t-CO2/t		
ポリマー	136.0 kg-C/t	0.4987 t-CO2/t		
カルシウム分散剤	100.0 kg-C/t	0.3667 t-CO2/t		
凝集剤	136.0 kg-C/t	0.4987 t-CO2/t		
工業用水	0.07 kg-CO2/m3	0.00007 t-CO2/m3		建物のLCA((社)日本建築学会)
工業塩	0.265 kg-CO2/kg	0.265 t-CO2/t		simple LCA排出係数 (社)産業環境管理協会
塩酸	0.93 kg-CO2/kg	0.93 t-CO2/t		
苛性ソーダ	0.847 kg-CO2/kg	0.847 t-CO2/t		
アンモニア	0.582 kg-CO2/kg	0.582 t-CO2/t		
次亜塩素酸ソーダ	0.847 kg-CO2/kg	0.847 t-CO2/t		
炭酸ソーダ	1.35 kg-CO2/kg	1.35 t-CO2/t		
次亜塩素酸ナトリウム	0.265 kg-CO2/kg	0.265 t-CO2/t		
硫酸	0.398 kg-CO2/kg	0.398 t-CO2/t		
下水処理	0.233 kg-CO2/m3	0.00023 t-CO2/m3		
マグネシウム	13.8 kg-CO2/kg	13.8 t-CO2/t		
銑鉄	2.44 kg-CO2/kg	2.44 t-CO2/t	JLCA-LCAデータベース (社)産業環境管理協会	
砂	0.00355 kg-CO2/kg	0.00355 t-CO2/t		
活性炭	5.0 kg-CO2/kg	5.0 t-CO2/t		

※ 「kg-C」⇒「t-CO2」へは44/12を乗じて変換している。
 ※ セメントは、0.510(非エネルギー)+0.428(エネルギー、事例計算より)による。
 ※ 生石灰は、日本石灰協会・日本石灰工業組合資料より計算している。

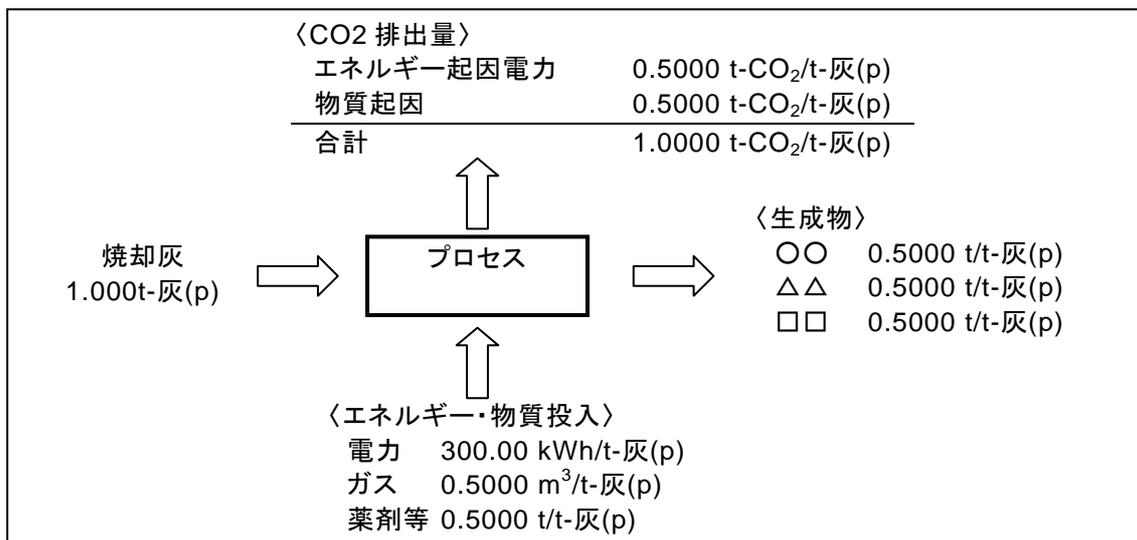
図表 7-4 エネルギー・物質収支のまとめ表(項目例)

エネルギー・物質項目		単位
Input	主灰	t-主灰/t-灰(P)
	飛灰	t-飛灰/t-灰(P)
	電力	kWh/t-灰(P)
	石炭	t/t-灰(P)
	コークス	t/t-灰(P)
	燃料油	kl/t-灰(P)
	水	m ³ /t-灰(P)
	石灰石	t/t-灰(P)
	...	
Output	熔融スラグ	t/t-灰(P)
	熔融メタル	t/t-灰(P)
	熔融飛灰	t/t-灰(P)
	人工砂	t/t-灰(P)
	ばいじん	t/t-灰(P)
	セメント	t/t-灰(P)
	...	

図表 7-5 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ表(項目例)

エネルギー・物質項目		単位
エネルギー起因	主灰	t-CO ₂ /t-灰(P)
	飛灰	t-CO ₂ /t-灰(P)
	電力	t-CO ₂ /t-灰(P)
	石炭	t-CO ₂ /t-灰(P)
	コークス	t-CO ₂ /t-灰(P)
	...	
物質起因	燃料油	t-CO ₂ /t-灰(P)
	水	t-CO ₂ /t-灰(P)
	石灰石	t-CO ₂ /t-灰(P)
	...	

図表 7-6 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(項目例)



7.1.3 プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支の算出結果

(1) 電気式溶融(自治体)プロセス、燃料式溶融(自治体)プロセス

図表 7-7 施設諸元の整理(溶融/自治体)

①施設諸元の整理

		燃料式	電気式
運営主体		東京二十三区清掃一部事務組合	
施設名称		品川灰溶融施設	葛飾灰溶融施設
処理方式		燃料式放射式表面溶融	電気式黒鉛電極プラズマ
処理対象物		一般廃棄物焼却灰	一般廃棄物焼却灰
処理能力(容量)	t/日	180(90×2炉)	110(55×2炉)
稼働日数(炉別)	時間/年	3,640、3,948	4,334、4,343
焼却灰処理量	t/年	23,263	15,641
生成物			
	溶融スラグ	t/年	14,386
	溶融メタル	t/年	227
	溶融飛灰	t/年	3,489
	その他	t/年	1,704
エネルギー投入			
	電力	kWh/年	5,322,499
	都市ガス	m ³ /年	8,091,475
物質投入			
	上水	m ³ /年	7,954
	工業用水	m ³ /年	58,835
	消石灰	t/年	122
	活性炭	t/年	10
	塩基度調整剤	t/年	413
	溶融助剤	t/年	139
	食塩	t/年	0.30

※処理量は、乾灰重量

※「溶融飛灰」は処理量の15%と設定(ヒアリングによる)

※「その他」は、引用文献の数値より、上記「溶融飛灰」の量を差し引いて求めている。

※「平成19年度清掃工場等作業年報」(東京二十三区清掃一部事務組合)より作成

図表 7-8 施設別エネルギー・物質原単位の算出と二酸化炭素排出係数の割り当て(溶融/自治体)

②エネルギー・物質原単位の算出 =C÷A

		燃料式	電気式
エネルギー起因			
	電力	kWh/t-灰(p)	228.7998
	都市ガス	m ³ /t-灰(p)	347.8306
物質起因			
	上水	m ³ /t-灰(p)	0.3419
	工業用水	m ³ /t-灰(p)	2.5292
	消石灰	t/t-灰(p)	0.0053
	活性炭	t/t-灰(p)	0.0006
	塩基度調整剤	t/t-灰(p)	0.0178
	溶融助剤	t/t-灰(p)	0.0060
	食塩	t/t-灰(p)	0.0000

※乾灰1t当たり

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・塩基度調整剤: 砂の排出係数を準用
- ・食塩: 工業塩の排出係数を準用

③二酸化炭素排出係数の割り当て

該当項目	排出係数
電力	0.00056 t-CO ₂ /kWh
都市ガス	0.00208 t-CO ₂ /Nm ³
上水	0.0006 t-CO ₂ /m ³
工業用水	0.00007 t-CO ₂ /m ³
消石灰	1.0963 t-CO ₂ /t
活性炭	5.0 t-CO ₂ /t
砂	0.00355 t-CO ₂ /t
溶融助剤	0.3667 t-CO ₂ /t
工業塩	0.265 t-CO ₂ /t

図表 7-9 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(溶融/自治体)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②×③

		燃料式	電気式	集約項目名
エネルギー起因				
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.1270	0.5817	電力
都市ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.7234	0.0937	ガス
物質起因				
上水	t-CO2/t-灰(p)	0.0002	0.0010	水
工業用水	t-CO2/t-灰(p)	0.0002	0.0002	水
消石灰	t-CO2/t-灰(p)	0.0058	0.0156	薬剤等
活性炭	t-CO2/t-灰(p)		0.0031	薬剤等
塩基度調整剤	t-CO2/t-灰(p)	0.0001		薬剤等
溶融助剤	t-CO2/t-灰(p)	0.0022	0.0026	薬剤等
食塩	t-CO2/t-灰(p)	0.0000		薬剤等

※乾灰1t当たり

図表 7-10 エネルギー・物質収支のまとめ(溶融/自治体)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ(乾灰基準)

		燃料式	電気式	
Input				
焼却灰	t-灰(p)	1.0000	1.0000	} =②
電力	kWh/t-灰(p)	228.7998	1,048.0432	
ガス	m3/t-灰(p)	347.8306	45.0735	
水	m3/t-灰(p)	2.8711	5.0477	
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0290	0.0221	
Output				
溶融スラグ	t/t-灰(p)	0.6184	0.7961	} =B÷A
溶融メタル	t/t-灰(p)	0.0098	0.0223	
溶融飛灰	t/t-灰(p)	0.1500	0.1500	
その他	t/t-灰(p)	0.0732	0.2348	

⑤' エネルギー・物質収支のまとめ(湿灰換算) =⑤より換算

		燃料式	電気式
Input			
焼却灰	t-灰(p)	1.0000	1.0000
電力	kWh/t-灰(p)	183.0398	838.4345
ガス	m3/t-灰(p)	333.1545	90.9488
水	m3/t-灰(p)	2.2969	4.0382
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0232	0.0177
Output			
溶融スラグ	t/t-灰(p)	0.4947	0.6368
溶融メタル	t/t-灰(p)	0.0078	0.0179
溶融飛灰	t/t-灰(p)	0.1200	0.1200
その他	t/t-灰(p)	0.0586	0.1879

※湿灰の含水率を20%と想定し、乾灰基準の値に0.8を乗じて算出

※ただしガスについては、湿灰の乾燥に必要な熱量相当分を次式のとおり計算し加えた。

(元データに湿灰乾燥用のガス量が含まれていないため)

水の気化熱を2,256MJ/t、乾燥機の燃料をガス、熱効率を20%とし、灰1t中の水分(0.2t)の乾燥に必要なガス量を次のとおり算出:

必要熱量(熱効率20%) ⇒ 0.2t/t-灰(p) × 2,256MJ/t ÷ 0.2 = 2,256MJ/t-灰(p)

ガス(都市ガス)発熱量 ⇒ 41.1MJ/Nm3

必要ガス(都市ガス)量 ⇒ 2,256MJ/t-灰(p) ÷ 41.1MJ/Nm3 = 54.89Nm3/t-灰(p)

図表 7-11 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(溶融/自治体)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(乾灰基準) =④

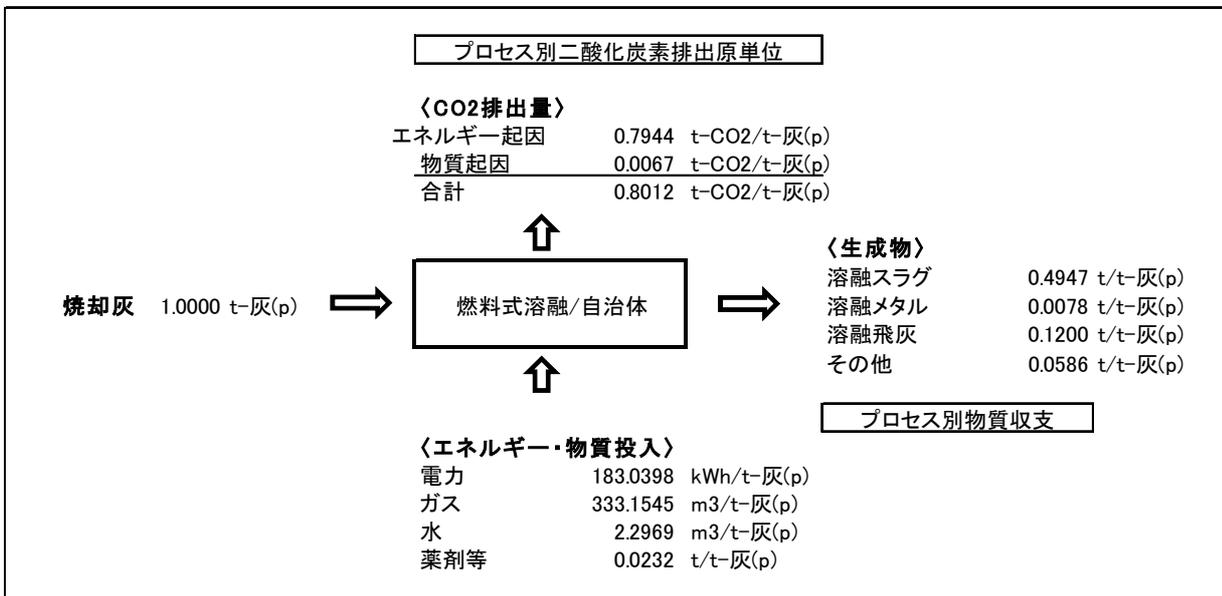
		燃料式	電気式
エネルギー起因		0.8504	0.6754
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.1270	0.5817
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.7234	0.0937
物質起因		0.0084	0.0227
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0004	0.0013
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0080	0.0214
合計	tCO3/t-灰(p)	0.8588	0.6981

⑥' プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(湿灰換算)

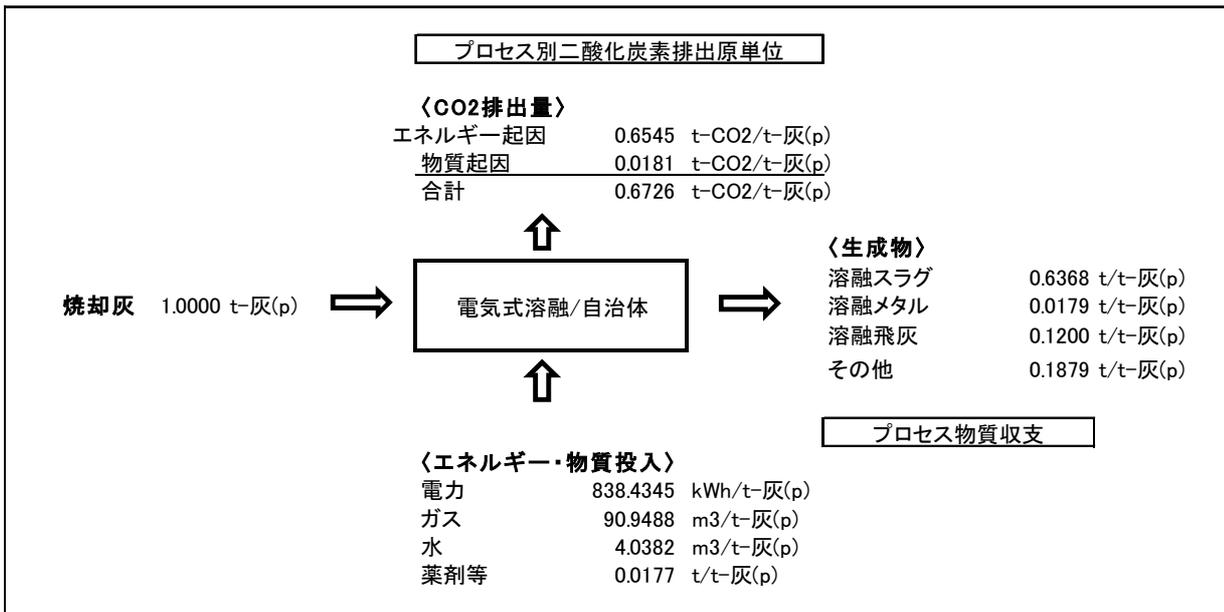
		燃料式	電気式	
エネルギー起因		0.7944	0.6545	
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.1016	0.4653	… ⑥ × 0.8
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.6928	0.1891	… ⑤' × ③
物質起因		0.0067	0.0181	
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0003	0.0010	… ⑥ × 0.8
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0064	0.0171	… ⑥ × 0.8
合計	tCO3/t-灰(p)	0.8012	0.6726	

図表 7-12 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(溶融/自治体)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(燃料式溶融/自治体)



⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(電気式溶融/自治体)



(2) 電気抵抗式溶融(民間)プロセス、コークスベッド式溶融(民間)プロセス

図表 7-13 施設諸元の整理(溶融/民間)

①施設諸元の整理

	電気抵抗式	コークスベッド式	
運営主体	中部リサイクル	メルテック	
施設名称	焼却灰及び飛灰の還元溶融による資源化処理施設	焼却灰溶融資源化施設	
処理方式	電気抵抗炉による還元溶融処理方式	コークスベッド方式・徐冷結晶化方式	
処理対象物	燃え殻、ばいじん、汚泥、一般廃棄物 焼却灰	燃え殻、一般廃棄物 焼却灰	
処理能力(容量)	t/年	24,500	30,000
稼働日数	日/年	353	300
焼却灰処理量	t/年	21,846	29,940
生成物			
溶融スラグ	t/年	11,476	16,000
溶融メタル	t/年	963	290
溶融飛灰	t/年	374	2,300
その他	t/年	1,012	3,100
エネルギー投入			
電力	kWh/年	15,202,629	5,689,000
コークス	t/年	398	6,000
灯油	kl/年		2.4
LSA重油	kl/年	502	
軽油	kl/年	40	
物質投入			
上水	m3/年	3,630	14,500
石灰石	t/年	465	580

※処理量は、湿灰重量

※アンケート調査及びヒアリング調査より作成

図表 7-14 施設別エネルギー・物質原単位の算出と二酸化炭素排出係数の割り当て(溶融/民間)

②エネルギー・物質原単位の算出 $= C \div A$

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		電気抵抗式	コークスベッド式		該当項目	排出係数
エネルギー起因						
電力	kWh/t-灰(p)	695.8999	190.0134	<-	電力	0.00056 t-CO2/kWh
コークス	t/t-灰(p)	0.0182	0.2004		コークス	3.24 t-CO2/t
灯油	kl/t-灰(p)		0.0001		灯油	2.49 t-CO2/kl
LSA重油	kl/t-灰(p)	0.0230			A重油	2.71 t-CO2/kl
軽油	kl/t-灰(p)	0.0018		<-	軽油	2.62 t-CO2/kl
物質起因						
上水	m3/t-灰(p)	0.1662	0.4843	<-	上水	0.0006 t-CO2/m3
石灰石	t/t-灰(p)	0.0213	0.0194	<-	石灰石	0.428 t-CO2/t

※湿灰1t当たり

図表 7-15 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(溶融/民間)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 $= ② \times ③$

		電気抵抗式	コークスベッド式	集約項目名
エネルギー起因				
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.3862	0.1055	電力
コークス	t-CO2/t-灰(p)	0.0590	0.6493	コークス
灯油	t-CO2/t-灰(p)		0.0002	燃料油
LSA重油	t-CO2/t-灰(p)	0.0623		"
軽油	t-CO2/t-灰(p)	0.0048		"
物質起因				
上水	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	0.0003	水
石灰石	t-CO2/t-灰(p)	0.0091	0.0083	石灰石

※湿灰1t当たり

図表 7-16 エネルギー・物質収支のまとめ(溶融/民間)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ

		電気抵抗式	コークスベッド式	
Input				
焼却灰	t-灰(p)	1.0000	1.0000	
電力	kWh/t-灰(p)	695.8999	190.0134	} = ②
コークス	t/t-灰(p)	0.0182	0.2004	
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0248	0.0001	
水	m3/t-灰(p)	0.1662	0.4843	
石灰石	t/t-灰(p)	0.0213	0.0194	
Output				
溶融スラグ	t/t-灰(p)	0.5253	0.5344	} = B ÷ A
溶融メタル	t/t-灰(p)	0.0441	0.0097	
溶融飛灰	t/t-灰(p)	0.0171	0.0768	
その他	t/t-灰(p)	0.0463	0.1035	

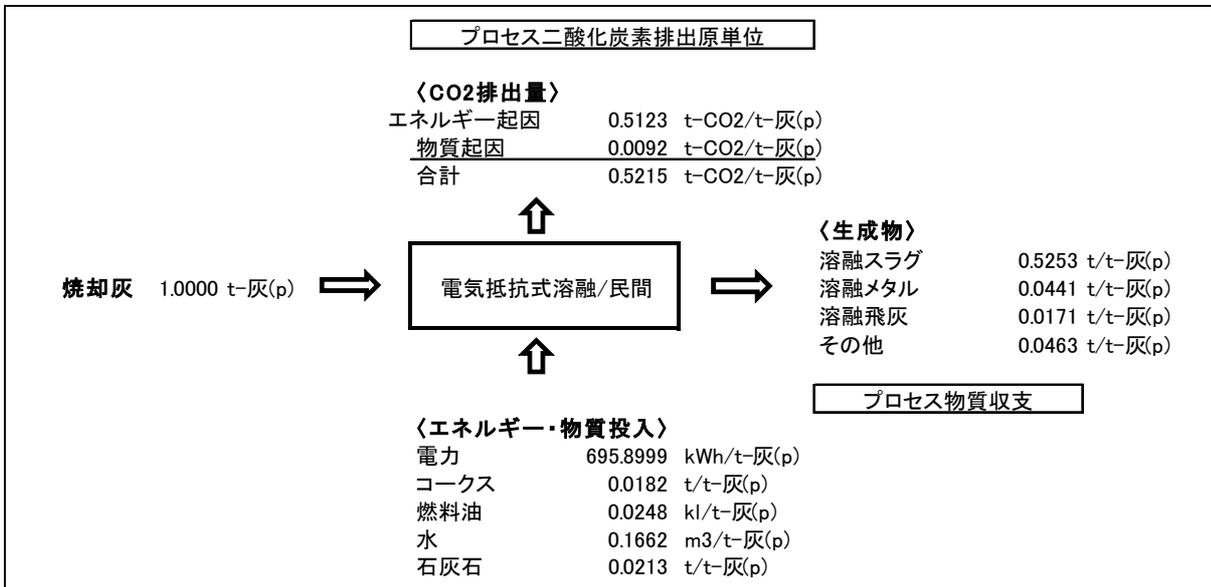
図表 7-17 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(溶融/民間)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

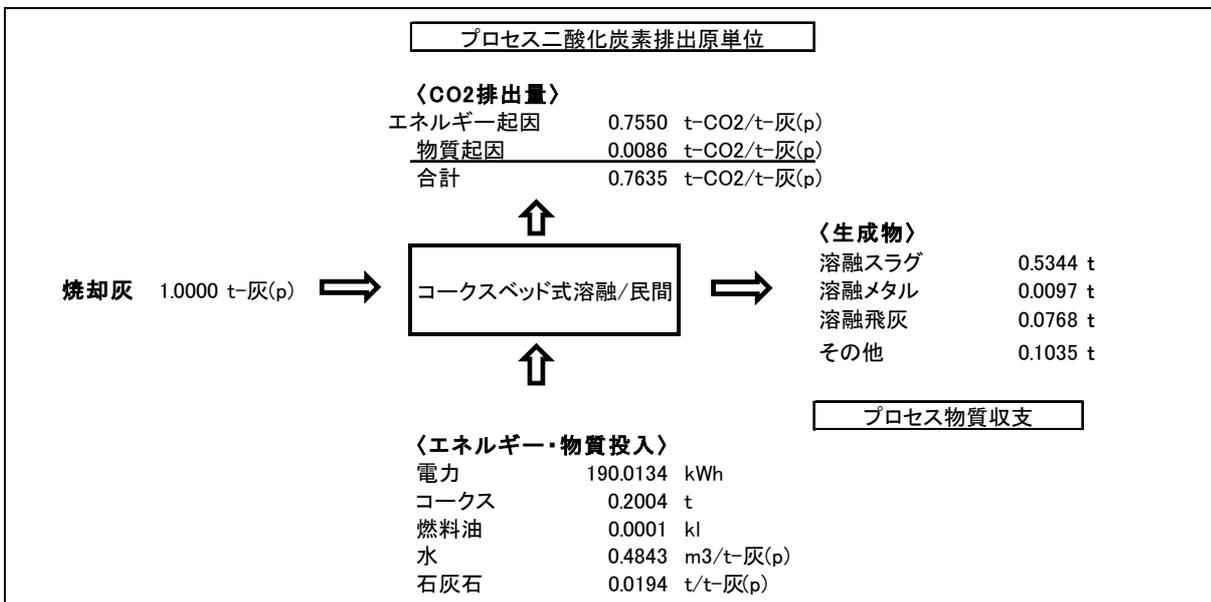
		電気抵抗式	コークスベッド式
エネルギー起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.5123	0.7550
電力	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.3862	0.1055
コークス	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0590	0.6493
燃料油	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0671	0.0002
物質起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0092	0.0086
水	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0001	0.0003
石灰石	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0091	0.0083
合計	tCO ₃ /t-灰(p)	0.5215	0.7635

図表 7-18 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(溶融/民間)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(電気抵抗式溶融/民間)



⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(コークスベッド式溶融/民間)



(3) 焼成プロセス(民間)

図表 7-19 施設諸元の整理(焼成/民間)

①施設諸元の整理

		焼成
運営主体		埼玉ヤマゼン
施設名称		焼却灰リサイクル施設
処理方式		焼成処理(ロータリーキルン)
処理対象物		一般廃棄物 焼却灰、燃え殻、 ばいじん、無機性 汚泥、鉍さい
処理能力(容量)	t/年	90,000
稼働日数	日/年	300
焼却灰処理量	t/年	50,000
生成物		
	人工砂 t/年	37,000
	ばいじん t/年	2,000
	鉄 t/年	1,100
	その他 t/年	1,500
エネルギー投入		
	電力 kWh/年	5,100,000
	重油 kl/年	1,700
	軽油 kl/年	50
物質投入		
	上水 m ³ /年	39,000
	還元剤 t/年	3,500
	消石灰 t/年	220

※処理量は、湿灰重量
 ※アンケート調査及びヒアリング調査より作成
 ※還元剤: 固形燃料(RPF)

図表 7-20 施設別エネルギー・物質原単位の算出と二酸化炭素排出係数の割り当て(焼成/民間)

②エネルギー・物質原単位の算出 = C ÷ A

		焼成
エネルギー起因		
	電力 kWh/t-灰(p)	102.0000
	重油 kl/t-灰(p)	0.0340
	軽油 kl/t-灰(p)	0.0010
物質起因		
	上水 m ³ /t-灰(p)	0.7800
	還元剤 t/t-灰(p)	0.0700
	消石灰 t/t-灰(p)	0.0044

※湿灰1t当たり

③二酸化炭素排出係数の割り当て

該当項目	排出係数
電力	0.00056 t-CO ₂ /kWh
A重油	2.71 t-CO ₂ /kl
軽油	2.62 t-CO ₂ /kl
上水	0.0006 t-CO ₂ /m ³
固形燃料(RPF)	1.57 t-CO ₂ /t
消石灰	1.0963 t-CO ₂ /t

図表 7-21 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(焼成/民間)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②×③

		焼成	集約項目名
エネルギー起因			
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0566	電力
重油	t-CO2/t-灰(p)	0.0921	燃料油
軽油	t-CO2/t-灰(p)	0.0026	〃
物質起因			
上水	t-CO2/t-灰(p)	0.0005	水
還元剤	t-CO2/t-灰(p)	0.1099	還元剤
消石灰	t-CO2/t-灰(p)	0.0048	薬剤等

※湿灰1t当たり

図表 7-22 エネルギー・物質収支のまとめ(焼成/民間)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ

		焼成	
Input			
焼却灰	t-灰(p)	1.0000	} =②
電力	kWh/t-灰(p)	102.0000	
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0350	
水	m3/t-灰(p)	0.7800	
還元剤	t/t-灰(p)	0.0700	
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0044	
Output			
人工砂	t/t-灰(p)	0.7400	} =B÷A
ばいじん	t/t-灰(p)	0.0400	
鉄	t/t-灰(p)	0.0220	
その他	t/t-灰(p)	0.0300	

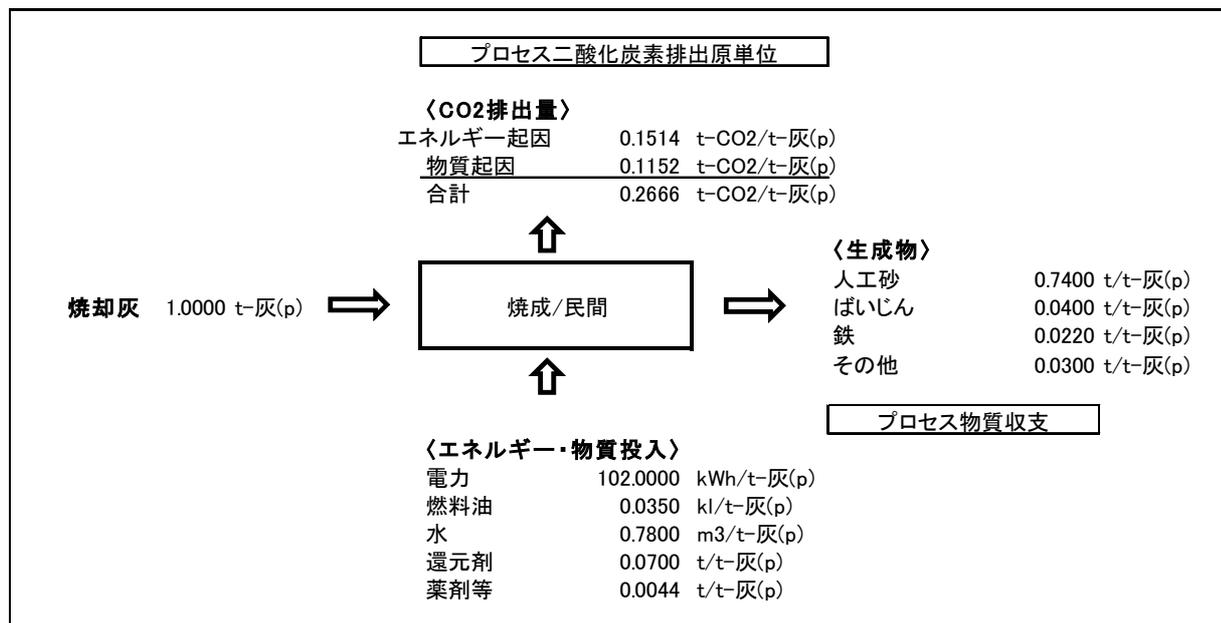
図表 7-23 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(焼成/民間)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

		焼成
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.1514
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0566
燃料油	t-CO2/t-灰(p)	0.0948
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	0.1152
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0005
還元剤	t-CO2/t-灰(p)	0.1099
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0048
合計	tCO3/t-灰(p)	0.2666

図表 7-24 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(焼成/民間)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(焼成/民間)



(4) 焼却灰セメント製造プロセス、主灰前処理(異物除去)プロセス、飛灰前処理(水洗)プロセス

焼却灰のセメント化では、焼却灰を原材料に含まないポルトランドセメント製造に要するエネルギー・物質投入量と、焼却灰を原材料の一部に使用しポルトランドセメントを製造するのに要するエネルギー・物質投入量との差をごみ焼却灰のセメント化に要するエネルギー・物質投入量とみなし、プロセス別二酸化炭素排出原単位及びプロセス物質収支を算出する。差分の主なものは、焼却灰代替による石灰石の削減分、石灰石の熱分解に要する石炭の削減分、焼却灰中水分による石炭の増加分である。

これらについては「7.2 セメント製造プロセス及び山元還元プロセスにおける二酸化炭素排出原単位算出の考え方」(p.156)に詳述する。

図表 7-25 施設諸元の整理(セメント化/民間)

①施設諸元の整理

		前処理+セメント製造	
運営主体		太平洋セメント	
施設名称		熊谷工場	
処理方式		水洗・磁選別	
処理対象物		焼却灰 (主灰、飛灰)	
処理能力(容量)	t/年	63,000	
生成物			
セメント	t/t-セメント	1.00000	… E
金属片	t/t-セメント	0.00572	… D
焼却灰投入			
主灰	t/t-セメント	0.05715	… A
飛灰	t/t-セメント	0.01584	… B
エネルギー投入			
電力(主灰異物除去)	kWh/t-セメント	1.94000	C
電力(飛灰水洗)	kWh/t-セメント	3.74000	
重油(飛灰水洗)	kl/t-セメント	0.00032	
石炭(石灰石削減による減少分)	t/t-セメント	-0.00260	
石炭(灰の水分による増加分)	t/t-セメント	0.00197	
物質投入			
石灰石(焼却灰代替)	t/t-セメント	-0.03800	
排水処理剤(飛灰水洗)	kl/t-セメント	0.00011	
下水処理(飛灰水洗)	m ³ /t-セメント	0.16000	

※出典:「石炭(石灰石分解熱)」および「石灰石」は、「都市ごみ焼却灰および灰プラスチックの処理・有効活用技術に関する環境負荷の定量化」(佐野奨ら)(廃棄物学会論文誌別冊, vol.13 No.3 pp.131-140. 2002)より算出

※焼却灰量は、乾灰重量(金属片を含む)

※焼却灰受け入れによる増減を整理

※「石炭(灰の水分による増加分)」は上記文献に含まれていないので、次式により算出:
 $98.7\text{kg/t-セメント(灰水洗時の石炭使用量)} \times 2\%$ (太平洋セメントへのヒアリングによる乾燥用燃料使用量比率)

※その他はセメント協会資料、及び太平洋セメントへのヒアリングによる

① 焼却灰利用によるエネルギー・物質投入の増減

(kg/t-セメント)

	焼却灰なし	焼却灰受入	増減
エネルギー投入			
石炭	98.7	96.1	-2.6
C重油	5.7	5.7	0.0
石油コークス	18.1	18.1	0.0
その他	0.3	0.3	0.0
廃棄物(産廃)	3.4	3.4	0.0
副産物	3.8	3.8	0.0
物質投入			
石灰石	1,081.0	1,043.0	-38.0
粘土	92.8	23.2	-69.6
珪石	67.8	98.3	30.5
鉄原料	26.4	26.4	0.0
焼却灰(主灰)		57.2	57.2
焼却灰(飛灰)		15.8	15.8

※出典:「都市ごみ焼却灰および灰プラスチックの処理・有効活用技術に関する環境負荷の定量化」(佐野奨ら)(廃棄物学会論文誌別冊, vol.13 No.3 pp.131-140, 2002)
 焼却灰(主灰)は金属片を10%含む数値

図表 7-26 施設別エネルギー・物質原単位の算出と二酸化炭素排出係数の割り当て(セメント化/民間)

②エネルギー・物質原単位の算出

	前処理+セメント製造	
焼却灰投入	1.0000	
主灰 t-主灰/t-灰(p)	0.7830	=A÷(A+B)
飛灰 t-飛灰/t-灰(p)	0.2170	=B÷(A+B)
エネルギー起因		
電力(主灰異物除去) kWh/t-灰(p)	26.5780	=C÷A×焼却灰投入(主灰)
電力(飛灰水洗) kWh/t-灰(p)	51.2380	=C÷B×焼却灰投入(飛灰)
重油(飛灰水洗) kl/t-灰(p)	0.0044	=C÷B×焼却灰投入(飛灰)
石炭(石灰石削減による減少分) t/t-灰(p)	-0.0356	=C÷(A+B)×焼却灰投入
石炭(灰の水分による増加分) t/t-灰(p)	0.0270	=C÷(A+B)×焼却灰投入
物質起因		
石灰石(焼却灰代替) t/t-灰(p)	-0.5206	=C÷(A+B)×焼却灰投入
排水処理剤(飛灰水洗) kl/t-灰(p)	0.0015	=C÷B×焼却灰投入(飛灰)
下水処理(飛灰水洗) m3/t-灰(p)	2.1920	=C÷B×焼却灰投入(飛灰)

③二酸化炭素排出係数の割り当て

該当項目	排出係数
電力	0.00056 t-CO2/kWh
電力	0.00056 t-CO2/kWh
A重油	2.71 t-CO2/kl
石炭	2.41 t-CO2/t
石炭	2.41 t-CO2/t
石灰石	0.428 t-CO2/t
重金属安定剤	2.6583 t-CO2/t
下水処理	0.00023 t-CO2/m3

※乾灰1t当たり

※焼却灰(主灰)は金属片を10%含む数値

※焼却灰投入1t当たりの使用量を示す。

・電力(主灰磁選)は、主灰処理量で除して算出

・電力(飛灰水洗)、重油(飛灰水洗)、排水処理剤(飛灰水洗)、下水処理(飛灰水洗)は飛灰処理量で除して算出

・その他は、(主灰+飛灰)処理量で除して算出

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

・排水処理剤・重金属安定剤(キレート剤)の排出係数を準用。

キレート剤の比重は0.6~1.4と差があるため1.0として算出(kl=t)

図表 7-27 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(セメント化/民間)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②×③

		前処理+ セメント製造	集約項目名
エネルギー起因			
電力(主灰異物除去)	t-CO2/t-主灰(p)	0.0148	電力
電力(飛灰水洗)	t-CO2/t-飛灰(p)	0.0284	電力
重油(飛灰水洗)	t-CO2/t-飛灰(p)	0.0119	燃料油
石炭(石灰石削減による減少分)	t-CO2/t-灰(p)	-0.0858	石炭
石炭(灰の水分による増加分)	t-CO2/t-灰(p)	0.0652	石炭
物質起因			
石灰石(焼却灰代替)	t-CO2/t-灰(p)	-0.2228	石灰石
排水処理剤(飛灰水洗)	t-CO2/t-飛灰(p)	0.0040	薬剤等
下水処理(飛灰水洗)	t-CO2/t-飛灰(p)	0.0005	下水処理

※乾灰1t当たり

図表 7-28 エネルギー・物質収支のまとめ(セメント化/民間)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ(乾灰基準)

		前処理+ セメント製造	
焼却灰投入		1.0000	} =②
焼却灰(主灰)	t-主灰/t-灰(p)	0.7830	
焼却灰(飛灰)	t-飛灰/t-灰(p)	0.2170	
主灰前処理工程			
Input			
焼却灰(主灰)	t/t-灰(p)	0.7830	=焼却灰投入(主灰)
電力	kWh/t-灰(p)	26.5780	=②
Output			
金属片	t/t-灰(p)	0.0783	=D ÷ A × 焼却灰投入(主灰)
飛灰前処理工程			
Input			
焼却灰(飛灰)	t/t-灰(p)	0.2170	=焼却灰投入(飛灰)
電力	kWh/t-灰(p)	51.2380	} =②
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0044	
薬剤等	kl/t-灰(p)	0.0015	
下水処理	m3/t-灰(p)	2.1920	
セメント製造工程			
Input			
石炭	t/t-灰(p)	-0.0086	} =②
石灰石	t/t-灰(p)	-0.5206	
Output			
セメント	t/t-灰(p)	13.7000	=E ÷ (A+B)

※主灰、飛灰それぞれの前処理工程からは処理済み焼却灰のOutputが、

また、セメント製造工程へはこれら前処理工程からの焼却灰のInputがあるが、

一連の工程であるため省略している。

※焼却灰投入量及びOutput/セメント量・金属片以外は差分を表示。ただし差分ゼロのものは非表示(詳細はp.130、図表 7-26参照)

⑤' エネルギー・物質収支のまとめ(湿灰換算)

			前処理+ セメント製造	
焼却灰投入			1.0000	} =⑤
焼却灰(主灰)	t-主灰/t-灰(p)	0.7830		
焼却灰(飛灰)	t-飛灰/t-灰(p)	0.2170		
主灰前処理工程				
Input				
焼却灰(主灰)	t/t-灰(p)	0.7830	=⑤	
電力	kWh/t-灰(p)	21.2624	=⑤×0.8	
Output				
金属片	t/t-灰(p)	0.0626	=⑤×0.8	
飛灰前処理工程				
Input				
焼却灰(飛灰)	t/t-灰(p)	0.2170	=⑤	
電力	kWh/t-灰(p)	40.9904	} =⑤×0.8	
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0035		
薬剤等	kl/t-灰(p)	0.0012		
下水処理	m ³ /t-灰(p)	1.7536		
セメント製造工程				
Input				
石炭	t/t-灰(p)	-0.0069	} =⑤×0.8	
石灰石	t/t-灰(p)	-0.4165		
Output				
セメント	t/t-灰(p)	10.9600		

※湿灰の含水率を20%と想定し、乾灰基準の値に0.8を乗じて算出

※セメント製造工程へのInputの焼却灰は、主灰・飛灰前処理工程に

投入される焼却灰量(主灰・飛灰総量、湿灰)を示しており、セメント製造工程へのInput量ではない。

※焼却灰投入量及びOutput/セメント量・金属片以外は差分を表示。ただし差分ゼロのものは非表示(詳細はp.130、図表 7-26参照)

図表 7-29 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(セメント化/民間)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(乾灰基準) =④

			前処理+ セメント製造
主灰前処理工程			0.0148
エネルギー起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0148	
電力	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0148	
飛灰前処理工程			0.0448
エネルギー起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0403	
電力	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0284	
燃料油	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0119	
物質起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0045	
薬剤等	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0040	
下水処理	t-CO ₂ /t-灰(p)	0.0005	
セメント製造工程			-0.2435
エネルギー起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	-0.0207	
石炭	t-CO ₂ /t-灰(p)	-0.0207	
物質起因	t-CO ₂ /t-灰(p)	-0.2228	
石灰石	t-CO ₂ /t-灰(p)	-0.2228	
合計	t-CO ₂ /t-灰(p)	-0.1839	

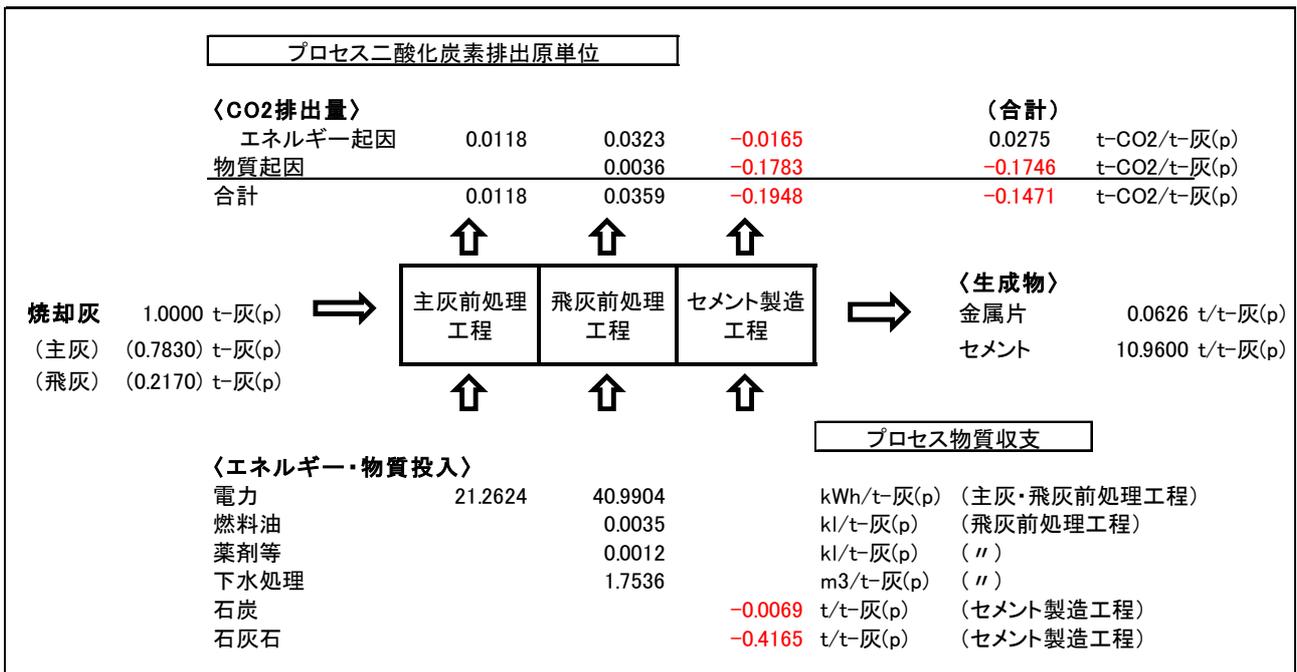
⑥' プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(湿灰換算)

		前処理+セメント製造
主灰前処理工程		0.0118
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0118
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0118
飛灰前処理工程		0.0359
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0323
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0227
燃料油	t-CO2/t-灰(p)	0.0095
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0036
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0032
下水処理	t-CO2/t-灰(p)	0.0004
セメント製造工程		-0.1948
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	-0.0165
石炭	t-CO2/t-灰(p)	-0.0165
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	-0.1783
石灰石	t-CO2/t-灰(p)	-0.1783
合計	t-CO2/t-灰(p)	-0.1471

=⑥ × 0.8

図表 7-30 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(セメント化/民間)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(セメント化/民間)



※ 焼却灰投入量及び生成物(セメント・金属片)以外は差分を表示。ただし、差分ゼロは非表示(詳細は p.130、図表 7-26 参照)

(5) 山元還元(金属回収)プロセス(民間)

山元還元(金属回収)プロセスの基礎データについては、「早稲田大学環境総合研究センター 熔融飛灰資源化研究会 平成 20 年度研究報告書」(平成 21 年 3 月、早稲田大学環境総合研究センター 熔融飛灰研究会)の数値を引用する。

図表 7-31 施設諸元の整理(山元還元/民間)

①施設諸元の整理

		山元還元
運営主体		光和精鉱
施設名称		溶融飛灰資源化 処理システム
処理方式		塩化揮発方式
処理対象物		溶融飛灰
処理能力(容量)	t/月	3,200
溶融飛灰処理量	t/年	2,563
生成物		
	Zn t/t-飛灰(p)	0.02050
	Pb t/t-飛灰(p)	0.00590
	Cu t/t-飛灰(p)	0.00330
	残さ t/年	1,026

… A

B

※出典:「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成20年度研究報告書」
(平成21年3月、早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会)より引用

※乾灰1t当たり

※抽出工程、焙焼工程、塩化揮発工程全体でのエネルギー・物質使用量の詳細は「7.2.3」で詳述

図表 7-32 施設別エネルギー・物質原単位の算出と二酸化炭素排出係数の割り当て(山元還元/民間)

②エネルギー・物質原単位の算出 =残さ:B÷A、他:出典引用値 ③二酸化炭素排出係数の割り当て

		山元還元		該当項目	排出係数
エネルギー起因					
電力	kWh/t-灰(p)	189.2000	<-	電力	0.00056 t-CO2/kWh
燃料ガス	m3/t-灰(p)	11.4000	<-	都市ガス	0.00208 t-CO2/Nm3
燃料廃油(換算前)	t/t-灰(p)	0.0280			
(換算後)	kl/t-灰(p)	0.0329	<-	軽油	2.62 t-CO2/kl
物質起因					
用水	t/t-灰(p)	13.0500	<-	工業用水	0.00007 t-CO2/m3(=t)
35%塩酸	t/t-灰(p)	0.8600	<-	塩酸	0.3255 t-CO2/t
NaOH	t/t-灰(p)	0.0132	<-	苛性ソーダ	0.847 t-CO2/t
NaSH	t/t-灰(p)	0.0025	<-	マグネシウム	13.8 t-CO2/t
NaClO	t/t-灰(p)	0.0308	<-	次亜塩素酸ナトリウム	0.265 t-CO2/t
生石灰	t/t-灰(p)	0.0417	<-	生石灰	1.052 t-CO2/t
40%水マグ	t/t-灰(p)	0.0240	<-	マグネシウム	5.52 t-CO2/t
CaO	t/t-灰(p)	0.0070	<-	生石灰	1.052 t-CO2/t
排塩脱硫CaO	t/t-灰(p)	0.0010	<-	生石灰	1.052 t-CO2/t
炭酸カルシウム	t/t-灰(p)	0.0150	<-	石灰石	0.428 t-CO2/t
鉄スクラップ	t/t-灰(p)	0.0030	<-	銑鉄	2.44 t-CO2/t
Fe中和石灰	t/t-灰(p)	0.0040	<-	生石灰	1.052 t-CO2/t
Zn中和石灰	t/t-灰(p)	0.0060	<-	生石灰	1.052 t-CO2/t
生成物					
Zn	t/t-灰(p)	0.0205	= B		
Pb	t/t-灰(p)	0.0059	= B		
Cu	t/t-灰(p)	0.0033	= B		
残さ	t/t-灰(p)	0.4003	= B÷A		

※乾灰1t当たり

※出典:「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成20年度研究報告書」

(平成21年3月、早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会)より引用

※抽出工程、焙焼工程、塩化揮発工程全体でのエネルギー・物質使用量を示す。一部の項目は複数工程の合計値

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・用水:比重1とし、m3=tで換算
- ・35%塩酸:(塩酸の排出係数)×濃度で算出
- ・NaSH(水硫化ナトリウム):マグネシウムの排出係数を準用
- ・40%水マグ:(マグネシウムの排出係数)×濃度で算出
- ・燃料ガス:都市ガスの排出係数を準用
- ・燃料廃油:密度を0.85t/klとし、軽油の排出係数を準用
- ・鉄スクラップ:銑鉄の排出係数を準用

図表 7-33 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(山元還元/民間)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②×③

		山元還元	集約項目名
エネルギー起因			
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.1050	電力
燃料ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0237	ガス
燃料廃油	t-CO2/t-灰(p)	0.0863	燃料油
物質起因			
用水	t-CO2/t-灰(p)	0.0009	水
35%塩酸	t-CO2/t-灰(p)	0.2799	薬剤等
NaOH	t-CO2/t-灰(p)	0.0112	〃
NaSH	t-CO2/t-灰(p)	0.0347	〃
NaClO	t-CO2/t-灰(p)	0.0082	〃
生石灰	t-CO2/t-灰(p)	0.0439	〃
40%水マグ	t-CO2/t-灰(p)	0.1325	〃
CaO	t-CO2/t-灰(p)	0.0074	〃
排塩脱硫CaO	t-CO2/t-灰(p)	0.0011	〃
炭酸カルシウム	t-CO2/t-灰(p)	0.0064	〃
鉄スクラップ	t-CO2/t-灰(p)	0.0073	〃
Fe中和石灰	t-CO2/t-灰(p)	0.0042	〃
Zn中和石灰	t-CO2/t-灰(p)	0.0063	〃

※乾灰1t当たり

図表 7-34 エネルギー・物質収支のまとめ(山元還元/民間)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ(乾灰基準) =②

		山元還元
Input		
焼却灰	t-灰(p)	1.0000
電力	kWh/t-灰(p)	189.2000
ガス	m3/t-灰(p)	11.4000
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0329
水	t/t-灰(p)	13.0500
薬剤等	t/t-灰(p)	1.0082
Output		
Zn	t/t-灰(p)	0.0205
Pb	t/t-灰(p)	0.0059
Cu	t/t-灰(p)	0.0033
残さ	t/t-灰(p)	0.4003

=②

⑤' エネルギー・物質収支のまとめ(湿灰換算) =⑤より換算

		山元還元
Input		
焼却灰	t-灰(p)	1.0000
電力	kWh/t-灰(p)	151.3600
ガス	m3/t-灰(p)	9.1200
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0264
水	t/t-灰(p)	10.4400
薬剤等	t/t-灰(p)	0.8066
Output		
Zn	t/t-灰(p)	0.0164
Pb	t/t-灰(p)	0.0047
Cu	t/t-灰(p)	0.0026
残さ	t/t-灰(p)	0.3202

=⑤
=⑤×0.8

※湿灰の含水率を20%と想定し、乾灰基準の値に0.8を乗じて算出

図表 7-35 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(山元還元/民間)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(乾灰基準) =④

		山元還元
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.2150
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.1050
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0237
燃料油	t-CO2/t-灰(p)	0.0863
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	0.5439
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0009
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.5429
合計	t-CO2/t-灰(p)	0.7589

⑥'プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(湿灰換算) =⑥より換算

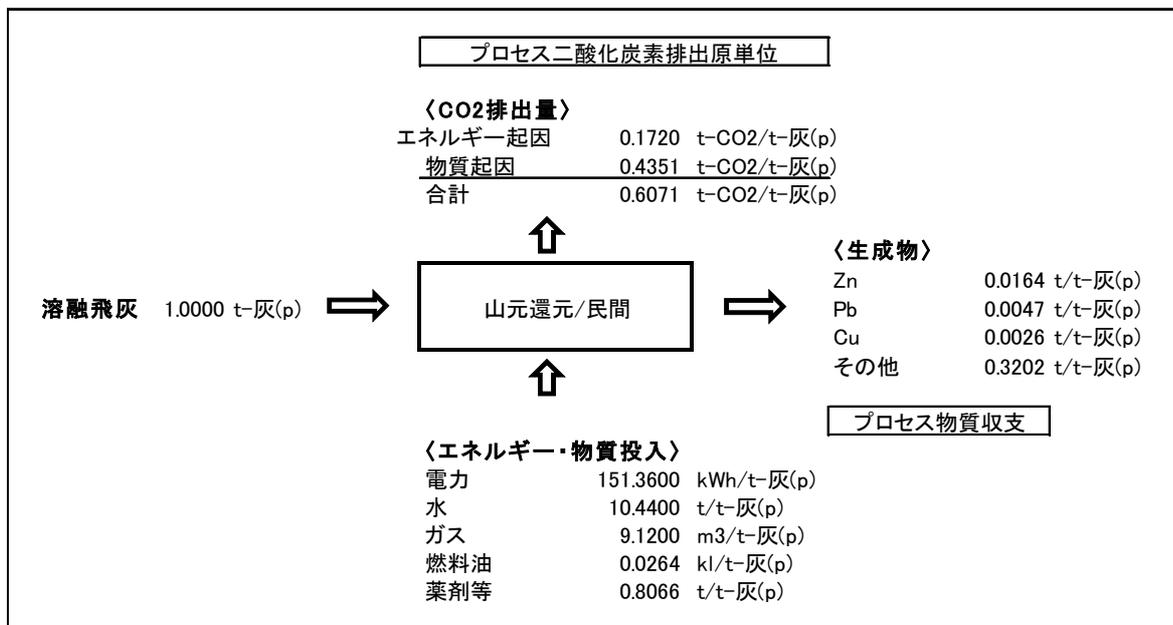
		山元還元
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.1720
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0840
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0190
燃料油	t-CO2/t-灰(p)	0.0690
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	0.4351
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0007
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.4344
合計	t-CO2/t-灰(p)	0.6071

=⑥ × 0.8

※湿灰の含水率を20%と想定し、乾灰基準の値に0.8を乗じて算出

図表 7-36 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(山元還元/民間)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(山元還元/民間)



(6) 飛灰安定化処理プロセス(自治体)

図表 7-37 施設諸元の整理(飛灰安定化処理/自治体)

①施設諸元の整理

		焼却A	焼却B
運営主体		松戸市	柳泉園組合
処理(施設)名称		和名ヶ谷クリーンセンター	柳泉園クリーンポート
処理方式		全連続燃焼式ストーカ炉	全連続燃焼式ストーカ炉
処理物		可燃ごみ、非容器プラ、可燃粗大、不燃残渣	可燃ごみ、粗大ごみ等の可燃物、軟質系プラスチック類等可燃物、し尿中の可燃夾雑物
処理能力(容量)	t/日	300 (100×3炉)	315 (105×3炉)
稼働日数	日/年	354	355
ごみ処理量	t/年	81,845	81,988
飛灰(p)処理量	t/年	2,908	1,928
物質起因			
	キレート剤 t/年	200.00	2.40
	重金属安定剤 t/年	83.00	76.36

※アンケート調査及びヒアリング調査より作成

… A
B

図表 7-38 施設別エネルギー・物質原単位の算出(飛灰安定化処理/自治体)

②エネルギー・物質原単位の算出 = B ÷ A

		焼却A	焼却B
物質起因			
	キレート剤 t/t-飛灰(p)	0.0688	0.0012
	重金属安定剤 t/t-飛灰(p)	0.0285	0.0396

※飛灰1t当たり

図表 7-39 エネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(飛灰安定化処理/自治体)

②' エネルギー・物質原単位の設定 = ②より算出

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		飛灰処理(採用値)	採用値の考え方	該当項目	排出係数
物質起因					
	キレート剤 t/t-飛灰(p)	0.0350	2施設平均値	← 重金属安定剤	2.6583 t-CO2/t
	重金属安定剤 t/t-飛灰(p)	0.0341	〃	← 重金属安定剤	2.6583 t-CO2/t

※飛灰1t当たり

図表 7-40 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(飛灰安定化処理/自治体)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 = ②' × ③

		飛灰処理	集約項目名
物質起因			
	キレート剤 t-CO2/t-飛灰(p)	0.0931	薬剤等
	重金属安定剤 t-CO2/t-飛灰(p)	0.0906	〃

図表 7-41 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(飛灰安定化処理/自治体)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

		飛灰処理
物質起因		0.1836
薬剂等	t-CO2/t-飛灰(p)	0.1836
合計	t-CO2/t-飛灰(p)	0.1836

(7) 溶融飛灰安定化処理プロセス(自治体)

図表 7-42 施設諸元の整理(溶融飛灰安定化処理/自治体)

①施設諸元の整理

		燃料式	電気式
運営主体		東京二十三区清掃一部事務組合	
施設名称		品川灰溶融施設	葛飾灰溶融施設
処理方式		燃料式放射式 表面溶融	電気式黒鉛 電極プラズマ
処理対象物		一般廃棄物焼却灰	一般廃棄物焼却灰
処理能力(容量)	t/日	180(90×2炉)	110(55×2炉)
稼働日数	時間/年	3,640、3,948	4,334、4,343
ごみ処理量	t/年	23,263	15,641
溶融飛灰(p)処理量	t/年	3,489	2,346
物質投入			
重金属安定剤	kl/年	281.21	158.12
セメント	t/年	400.89	

※「溶融飛灰(p)」は処理量の15%と設定(ヒアリングによる)
 ※「平成19年度清掃工場等作業年報」(東京二十三区清掃一部事務組合)より作成

図表 7-43 施設別エネルギー・物質原単位の算出(溶融飛灰安定化処理/自治体)

②エネルギー・物質原単位の算出 =B÷A

		燃料式	電気式
物質起因			
重金属安定剤	kl/t-溶融飛灰(p)	0.0806	0.0674
セメント	t/t-溶融飛灰(p)	0.1149	

図表 7-44 エネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(溶融飛灰安定化処理/自治体)

②' エネルギー・物質原単位の設定 =②より算出

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		溶融飛灰処理 (採用値)	採用値の考え方	該当項目	排出係数
物質起因					
重金属安定剤	kl/t-溶融飛灰(p)	0.0740	2施設の平均値	重金属安定剤	2.6583 t-CO2/t(=kl)
セメント	t/t-溶融飛灰(p)	0.0574	〃	セメント	0.938 t-CO2/t

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。
 ・重金属安定剤:キレート剤の比重は0.6~1.4と差があるため1.0として算出(1t=1kl)

図表 7-45 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(溶融飛灰安定化処理/自治体)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②' × ③

		溶融飛灰処理	集約項目名
物質起因			
	重金属安定剤 t-CO2/t-溶融飛灰(p)	0.1967	薬剤等
	セメント t-CO2/t-溶融飛灰(p)	0.0539	//

図表 7-46 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(溶融飛灰安定化処理/自治体)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

		飛灰処理
物質起因		0.2506
	薬剤等 t-CO2/t-溶融飛灰(p)	0.2506
合計	t-CO2/t-溶融飛灰(p)	0.2506

(8) 埋立処分(自治体)プロセス

図表 7-47 埋立期間中の施設諸元の整理(埋立/自治体)

①施設諸元の整理(埋立期間中)

		埋立処分A	埋立処分B	埋立処分C
運営主体		茅ヶ崎市	春日部市	秦野市 伊勢原市 環境衛生 組合
施設名称		堤十二天 一般廃棄物 最終処分場	東中野 一般廃棄物 最終処分場	栗原一般 廃棄物最終 処分場
処理方式		準好気性 埋立構造	—	準好気性 埋立構造
処理対象物		焼却残さ (主灰)	焼却残さ (主灰)	焼却残さ (主灰、飛灰)
処理能力(容量)	m3	186,000	65,069	175,000
焼却灰処理量	t/年	7,809	6,654	8,239
埋立処分工程				
	エネルギー起因			
	軽油 kl/年	16.88		11.36
	ガソリン kl/年	0.49		
	浸出水処理工程			
	エネルギー起因			
	電力 kWh/年	325,818	325,713	1,981
	都市ガス m3/年		4	
	物質起因			
	上水 m3/年	496	200	2,577
	硫酸バンド t/年	5.00		
	希硫酸 t/年	6.20		
	炭酸ソーダ t/年			61.48
	高分子凝集剤 t/年		0.02	
	凝集助剤 t/年			0.02
	塩化第2鉄 t/年	4.00		1.92
	ポリ硫酸第2塩化鉄液 t/年		5.40	
	苛性ソーダ t/年	6.99		2.88
	kl/年		3.06	
	硫酸 t/年			8.83
	硫酸25% t/年		0.36	
	硫酸75% t/年		0.32	
	スケール拡散剤 t/年		0.10	
	次亜塩素酸カルシウム t/年		0.01	

※アンケート調査及びヒアリング調査より作成
 ※処理量は、湿灰重量

図表 7-48 埋立期間中の施設別エネルギー・物質原単位の算出(埋立/自治体)

②エネルギー・物質原単位の算出(埋立期間中) = B ÷ A

		埋立処分A	埋立処分B	埋立処分C
焼却灰処理量	t/年	7,809	6,654	8,239
埋立処分工程				
エネルギー起因				
軽油	kl/t-灰(p)	0.0022		0.0014
ガソリン	kl/t-灰(p)	0.0001		
浸出水処理工程				
エネルギー起因				
電力	kWh/t-灰(p)	41.7261	48.9502	0.2404
都市ガス	m3/t-灰(p)		0.0006	
物質起因				
上水	m3/t-灰(p)	0.0635	0.0301	0.3128
硫酸バンド	t/t-灰(p)	0.0006		
希硫酸	t/t-灰(p)	0.0008		
炭酸ソーダ	t/t-灰(p)			0.0075
高分子凝集剤	t/t-灰(p)		0.0000	
凝集助剤	t/t-灰(p)			0.0000
塩化第2鉄	t/t-灰(p)	0.0005		0.0002
ポリ硫酸第2塩化鉄液	t/t-灰(p)		0.0008	
苛性ソーダ	t/t-灰(p)	0.0009		0.0003
	kl/t-灰(p)		0.0005	
硫酸	t/t-灰(p)			0.0011
硫酸25%	t/t-灰(p)		0.0001	
硫酸75%	t/t-灰(p)		0.0000	
スケール拡散剤	t/t-灰(p)		0.0000	
次亜塩素酸カルシウム	t/t-灰(p)		0.0000	

※湿灰t当たり

図表 7-49 埋立期間中のエネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(埋立/自治体)

②' エネルギー・物質原単位の設定(埋立期間中) = ②より算出

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		埋立処分 (採用値)	採用値の考え方
焼却灰処理量	t/年	7,567	3施設の平均値
埋立処分工程			
エネルギー起因			
軽油	kl/t-灰(p)	0.0018	埋立処分A・Cの平均値
ガソリン	kl/t-灰(p)	0.0001	埋立処分Aの値
浸出水処理工程			
エネルギー起因			
電力	kWh/t-灰(p)	45.3382	埋立処分A・Bの平均値
都市ガス	m3/t-灰(p)	0.0006	埋立処分Bの値
物質起因			
上水	m3/t-灰(p)	0.1355	3施設の平均値
硫酸バンド	t/t-灰(p)	0.0002	"
希硫酸	t/t-灰(p)	0.0003	"
炭酸ソーダ	t/t-灰(p)	0.0025	"
高分子凝集剤	t/t-灰(p)	0.0000	"
凝集助剤	t/t-灰(p)	0.0000	"
塩化第2鉄	t/t-灰(p)	0.0002	"
ポリ硫酸第2塩化鉄液	t/t-灰(p)	0.0003	"
苛性ソーダ	t/t-灰(p)	0.0006	"
硫酸	t/t-灰(p)	0.0004	"
硫酸25%	t/t-灰(p)	0.0000	"
硫酸75%	t/t-灰(p)	0.0000	"
スケール拡散剤	t/t-灰(p)	0.0000	"
次亜塩素酸カルシウム	t/t-灰(p)	0.0000	"

該当項目	排出係数
軽油	2.62 t-CO2/kl
ガソリン	2.32 t-CO2/kl
電力	0.00056 t-CO2/kWh
都市ガス	0.00208 t-CO2/Nm3
上水	0.0006 t-CO2/m3
硫酸	0.398 t-CO2/t
硫酸	0.199 t-CO2/t
炭酸ソーダ	1.35 t-CO2/t
ポリマー	0.4987 t-CO2/t
ポリマー	0.4987 t-CO2/t
塩化第2鉄	0.4987 t-CO2/t
塩化第2鉄	0.4987 t-CO2/t
苛性ソーダ	0.847 t-CO2/t
硫酸	0.398 t-CO2/t
硫酸	0.0995 t-CO2/t
硫酸	0.2985 t-CO2/t
カルシウム分散剤	0.3667 t-CO2/t
消石灰	1.0963 t-CO2/t

※湿灰t当たり

※苛性ソーダは密度を1.50t/klとして換算した。

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・硫酸バンド: 硫酸の排出係数を準用
- ・希硫酸: 重量%濃度を50%とし、(硫酸の排出係数) × 0.5で算出
- ・高分子凝集剤・凝集助剤: ポリマーの排出係数を準用
- ・ポリ硫酸第2塩化鉄: 第2塩化鉄の排出係数を準用
- ・硫酸25%・硫酸75%: (硫酸の排出係数) × 濃度で算出
- ・スケール拡散剤: カルシウム分散剤の排出係数を準用
- ・次亜塩素酸カルシウム: 消石灰の排出係数を準用

図表 7-50 埋立期間中のエネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(埋立/自治体)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(埋立期間中) = ②' × ③

		埋立処分	集約項目名
埋立処分工程			
エネルギー起因			
軽油	t-CO2/t-灰(p)	0.0046	燃料油
ガソリン	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	"
浸出水処理工程			
エネルギー起因			
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0252	電力
都市ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	ガス
物質起因			
上水	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	水
硫酸バンド	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	薬剤等
希硫酸	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	"
炭酸ソーダ	t-CO2/t-灰(p)	0.0034	"
高分子凝集剤	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"
凝集助剤	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"
塩化第2鉄	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	"
ポリ硫酸第2塩化鉄液	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	"
苛性ソーダ	t-CO2/t-灰(p)	0.0005	"
硫酸	t-CO2/t-灰(p)	0.0001	"
硫酸25%	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"
硫酸75%	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"
スケール拡散剤	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"
次亜塩素酸カルシウム	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	"

※湿灰t当たり

図表 7-51 埋立期間中のエネルギー・物質収支のまとめ(埋立/自治体)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ(埋立期間中) = ②'

		埋立処分
埋立処分工程		
Input		
焼却灰	t-灰(p)	1.0000
燃料油	kl/t-灰(p)	0.0018
浸出水処理工程		
Input		
電力	kWh/t-灰(p)	45.3382
ガス	m3/t-灰(p)	0.0006
水	kl/t-灰(p)	0.1355
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0045

図表 7-52 埋立期間中のプロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立/自治体)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立期間中) = ④

		埋立処分
埋立処分工程	t-CO2/t-灰(p)	0.0048
エネルギー起因		
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0048
燃料油	t-CO2/t-灰(p)	0.0048
浸出水処理工程	t-CO2/t-灰(p)	0.0297
エネルギー起因		
エネルギー起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0252
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0252
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0000
物質起因		
物質起因	t-CO2/t-灰(p)	0.0045
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0001
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0045
合計	t-CO2/t-灰(p)	0.0345

図表 7-53 埋立完了後の浸出水処理におけるエネルギー・物質収支及びプロセス別二酸化炭素排出原単位
のまとめ(埋立/自治体)

⑤' エネルギー・物質収支のまとめ(埋立完了後) =⑤より

		埋立完了後 浸出水処理 期間7年間の 場合	埋立完了後 浸出水処理 期間30年間 の場合
浸出水処理工程			
Input			
電力	kWh/t-灰(p)	21.1578	90.6763
ガス	m3/t-灰(p)	0.0003	0.0012
水	kl/t-灰(p)	0.0632	0.2709
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0021	0.0091

※埋立済み焼却灰1t当たりの浸出水処理期間計

※⑤×1年間の焼却灰埋立量(②'のA')×浸出水処理期間(7年or30年)÷(1年間の焼却灰埋立量(②'のA')×埋立処分期間(15年))
=⑤×浸出水処理期間(7年or30年)÷埋立処分期間(15年))

⑥' プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立完了後) =⑥より

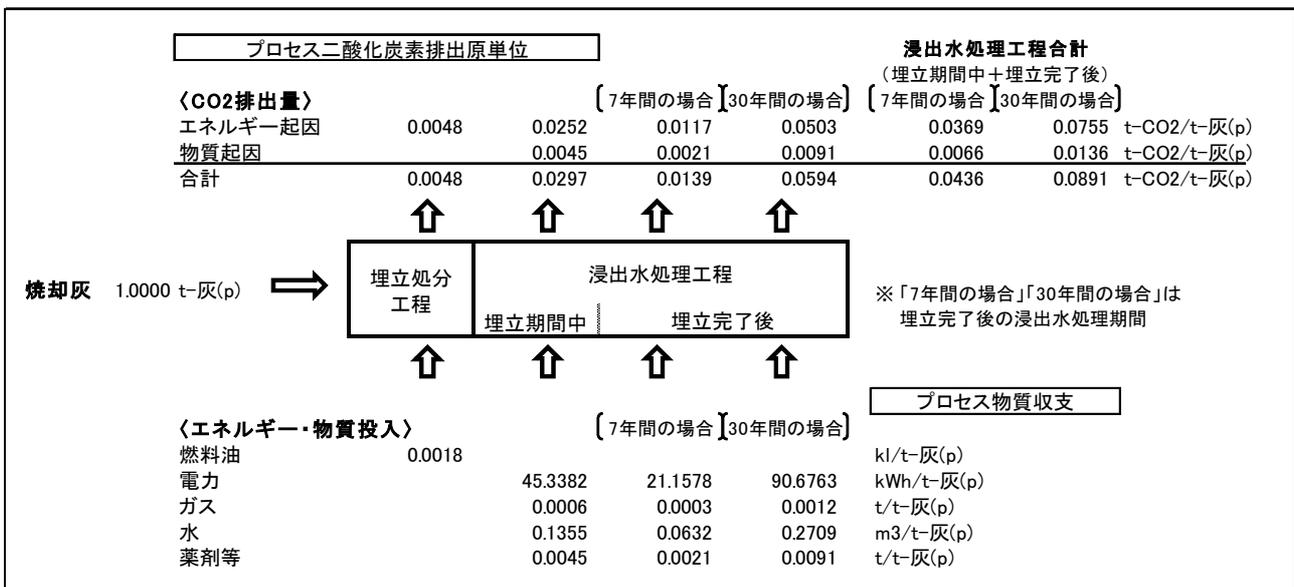
		埋立完了後 浸出水処理 期間7年間の 場合	埋立完了後 浸出水処理 期間30年間 の場合
浸出水処理工程		0.0139	0.0594
エネルギー起因		0.0117	0.0503
電力	t-CO2/t-灰(p)	0.0117	0.0503
ガス	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	0.0000
物質起因		0.0021	0.0091
水	t-CO2/t-灰(p)	0.0000	0.0002
薬剤等	t-CO2/t-灰(p)	0.0021	0.0089
合計	t-CO2/t-灰(p)	0.0139	0.0594

※埋立済み焼却灰1t当たりの浸出水処理期間計

※⑥×1年間の焼却灰埋立量(②'のA')×浸出水処理期間(7年or30年)÷(1年間の焼却灰埋立量(②'のA')×埋立処分期間(15年))
=⑥×浸出水処理期間(7年or30年)÷埋立処分期間(15年))

図表 7-54 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(埋立/自治体)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(埋立処分/自治体)



(9) 埋立処分(民間)プロセス

図表 7-55 埋立期間中の施設諸元の整理(埋立/民間)

①施設諸元の整理(埋立期間中)

		民間埋立処分	
運営主体		DOWAエコシステム	
施設名称		グリーンフィル小坂	
処理方式		準好気性埋立	
処理対象物		一廃：焼却残渣、焼却残灰、石綿含有物(非飛散性) 産廃：燃え殻、ばいじん、汚泥(無機性)、廃プラスチック類、ゴムくず等	
処理能力(容量)	m3		186,000
処理量	t/年		135,801
	一般廃棄物	t/年	69,537
	産業廃棄物	t/年	66,264
埋立処分工程			
エネルギー起因			
	電力	kWh/年	134,513.0
	軽油	kl/年	26.770
	ガソリン	kl/年	1.658
	灯油	kl/年	0.049
	プロパンガス	m3/年	19,600
物質起因			
	飲料水	m3/年	127.0
	工業用水	m3/年	8,557.0
	融雪剤(並塩)	t/年	1.200
浸出水処理工程			
エネルギー起因			
	電力	kWh/年	202,670.0
	灯油	kl/年	0.498
物質起因			
	苛性ソーダ	t/年	14.543
	硫酸(75%)	t/年	1.857
	重金属捕集剤	t/年	0.921
	無機凝集剤(PAC)	t/年	10.570
	リン酸	t/年	0.710
	高分子凝集剤	t/年	0.147

… A

B

図表 7-56 埋立期間中のエネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(埋立/民間)

②エネルギー・物質原単位の算出(埋立期間中) = B ÷ A

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		民間埋立処分		該当項目	排出係数	
埋立処分工程						
エネルギー起因						
	電力	kWh/t-ごみ(p)	0.9905	<-	電力	0.00056 t-CO2/kWh
	軽油	kl/t-ごみ(p)	0.0002	<-	軽油	2.62 t-CO2/kl
	ガソリン	kl/t-ごみ(p)	0.0000	<-	ガソリン	2.32 t-CO2/kl
	灯油	kl/t-ごみ(p)	0.0000	<-	灯油	2.49 t-CO2/kl
	プロパンガス	m3/t-ごみ(p)	0.0000	<-	液化石油ガス(LPG)	3.0 t-CO2/t
物質起因						
	飲料水	m3/t-ごみ(p)	0.0009	<-	上水	0.0006 t-CO2/m3
	工業用水	m3/t-ごみ(p)	0.0630	<-	工業用水	0.00007 t-CO2/m3
	融雪剤(並塩)	t/t-ごみ(p)	0.0000	<-	工業塩	0.265 t-CO2/t
浸出水処理工程						
エネルギー起因						
	電力	kWh/t-ごみ(p)	1.4924	<-	電力	0.00056 t-CO2/kWh
	灯油	kl/t-ごみ(p)	0.0000	<-	灯油	2.49 t-CO2/kl
物質起因						
	苛性ソーダ	t/t-ごみ(p)	0.0001	<-	苛性ソーダ	0.847 t-CO2/t
	硫酸(75%)	t/t-ごみ(p)	0.0000	<-	硫酸	0.2985 t-CO2/t
	重金属捕集剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	<-	重金属安定剤(キレート剤)	2.6583 t-CO2/t
	無機凝集剤(PAC)	t/t-ごみ(p)	0.0001	<-	凝集剤	0.4987 t-CO2/t
	リン酸	t/t-ごみ(p)	0.0000	<-	凝集剤	0.4987 t-CO2/t
	高分子凝集剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	<-	凝集剤	0.4987 t-CO2/t

※プロパンガスは密度を0.0026t/m3として換算した。

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・融雪剤(並塩): 工業塩の排出係数を準用
- ・硫酸(75%): (硫酸の排出係数) × 0.75で算出
- ・重金属捕集剤: 重金属安定剤(キレート剤)の排出係数を準用
- ・無機凝集剤・リン酸・高分子凝集剤: 凝集剤の排出係数を準用

図表 7-57 埋立期間中のエネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(埋立/民間)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(埋立期間中) = ② × ③

		民間埋立処分	集約項目名
埋立処分工程			
エネルギー起因			
	電力	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0005 電力
	軽油	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0005 燃料油
	ガソリン	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	灯油	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	プロパンガス	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 ガス
物質起因			
	飲料水	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 水
	工業用水	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	融雪剤(並塩)	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 薬剤等
浸出水処理工程			
エネルギー起因			
	電力	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0008 電力
	灯油	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 燃料油
物質起因			
	苛性ソーダ	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0001 薬剤等
	硫酸(75%)	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	重金属捕集剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	無機凝集剤(PAC)	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	リン酸	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "
	高分子凝集剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000 "

図表 7-58 埋立期間中のエネルギー・物質収支のまとめ(埋立/民間)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ(埋立期間中) =②

		民間埋立処分
埋立処分工程		
Input		
ごみ	t-ごみ(p)	1.0000
電力	kWh/t-ごみ(p)	0.9905
燃料油	kl/t-ごみ(p)	0.0002
ガス	m3/t-ごみ(p)	0.0000
水	m3/t-ごみ(p)	0.0639
薬剤等	t/t-ごみ(p)	0.0000
浸出水処理工程		
Input		
電力	kWh/t-ごみ(p)	1.4924
燃料油	kl/t-ごみ(p)	0.0000
薬剤等	t/t-灰(p)	0.0002

図表 7-59 埋立期間中のプロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立/民間)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立期間中) =④

		民間埋立処分
埋立処分工程		t-CO2/t-ごみ(p)
		0.0011
エネルギー起因	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0011
電力	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0005
燃料油	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0005
ガス	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000
物質起因	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000
水	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000
薬剤等	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000
浸出水処理工程		t-CO2/t-ごみ(p)
		0.0010
エネルギー起因	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0008
電力	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0008
燃料油	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000
物質起因	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0002
薬剤等	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0002
合計	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0021

図表 7-60 埋立完了後の浸出水処理におけるエネルギー・物質収支及びプロセス別二酸化炭素排出原単位
のまとめ(埋立/民間)

⑤' エネルギー・物質収支のまとめ(埋立完了後) =⑤より

		埋立完了後浸出水処理 期間7年間の場合	埋立完了後浸出水処理 期間30年間の場合	
浸出水処理工程				
Input	電力	kWh/t-ごみ(p)	0.6965	2.9848
	燃料油	kl/t-ごみ(p)	0.0000	0.0000
	薬剤等	t/t-灰(p)	0.0001	0.0004

※埋立済み焼却灰1t当たりの浸出水処理期間計

※⑤×1年間の焼却灰埋立量(①のA)×浸出水処理期間(7年or30年)÷(1年間の焼却灰埋立量(①のA)×埋立処分期間(15年))
=⑤×浸出水処理期間(7年or30年)÷埋立処分期間(15年))

⑥' プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(埋立完了後) =⑥より

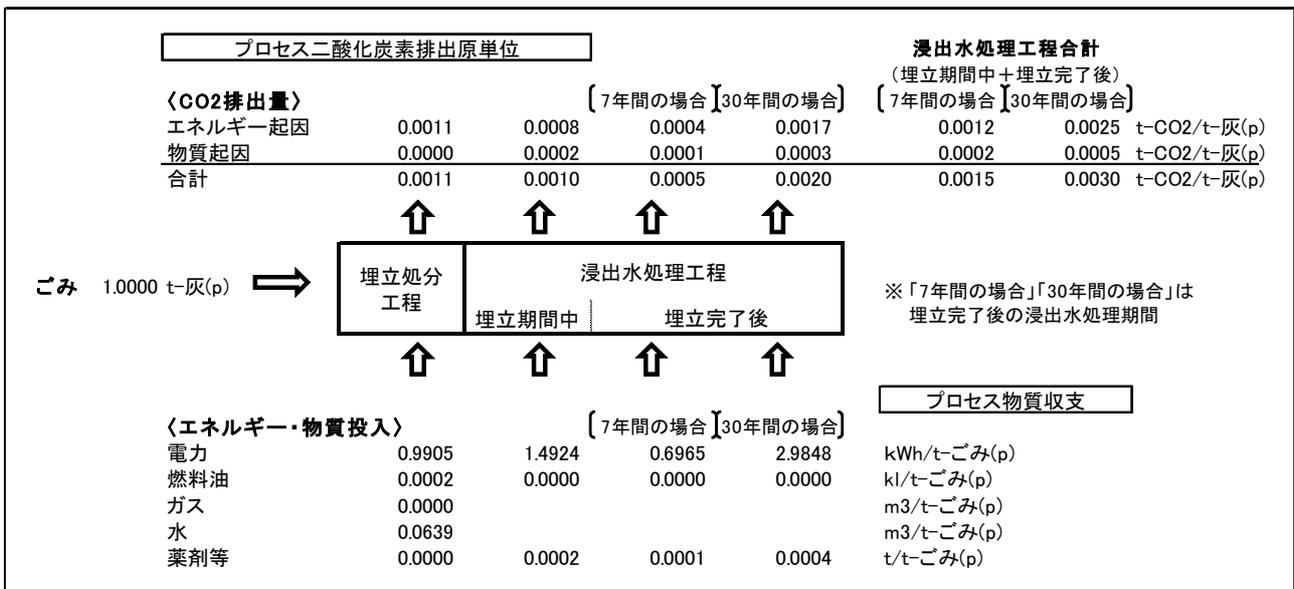
		埋立完了後浸出水処理 期間7年間の場合	埋立完了後浸出水処理 期間30年間の場合
浸出水処理工程		0.0005	0.0020
エネルギー起因	電力	0.0004	0.0017
	燃料油	0.0000	0.0000
	薬剤等	0.0001	0.0003
物質起因	電力	0.0004	0.0017
	燃料油	0.0000	0.0000
合計	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0005	0.0020

※埋立済み焼却灰1t当たりの浸出水処理期間計

※⑥×1年間の焼却灰埋立量(①のA)×浸出水処理期間(7年or30年)÷(1年間の焼却灰埋立量(①のA)×埋立処分期間(15年))
=⑥×浸出水処理期間(7年or30年)÷埋立処分期間(15年))

図表 7-61 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(埋立/民間)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(埋立処分/民間)



(10) (参考)ガス化溶融プロセス

図表 7-62 施設諸元の整理(ガス化溶融/自治体等)

①施設諸元の整理

		ガス化溶融A	ガス化溶融B
運営主体		習志野市	*****
施設名称		芝園清掃工場	*****
処理方式		シャフト式ガス化溶融	シャフト式ガス化溶融
処理対象物		燃えるごみ、不燃・資源・粗大・有害ごみの残渣、し尿汚泥	可燃ごみ、不燃ごみ、し尿汚泥
処理能力(容量)	t/日		450
稼働日数	日/年		285
処理量	t/年	60,778	110,868
エネルギー起因			
電力	kWh/年	17,817,418	30,130,000
発電量	kWh/年	-18,285,980	-32,766,000
都市ガス	m3/年	752,430	
灯油	kl/年		734
軽油	kl/年	2	
コークス	t/年	2,562	5,403
物質起因			
上水	m3/年	13,422	762
工業用水	m3/年	61,596	104,240
石灰石	t/年	1,813	3,326
消石灰	t/年	195	805
アンモニア	t/年	16	
塩酸	kl/年	22	
次亜塩素酸ソーダ	t/年	1	
清缶剤	t/年	2	
生成物			
溶融スラグ	t/年	6,107	12,118
溶融メタル	t/年	781	1,455
溶融飛灰	t/年	1,604	3,811

※アンケート調査及びヒアリング調査より作成
 ※処理量は処理ごみ重量

図表 7-63 施設別エネルギー・物質原単位の算出(ガス化溶融/自治体等)

②エネルギー・物質原単位の算出 =B÷A

		ガス化溶融A	ガス化溶融B
エネルギー起因			
電力	kWh/t-ごみ(p)	293.1540	271.7646
発電量	kWh/t-ごみ(p)	-300.8634	-295.5406
都市ガス	m3/t-ごみ(p)	12.3799	
灯油	kl/t-ごみ(p)		0.0066
軽油	kl/t-ごみ(p)	0.0000	
コークス	t/t-ごみ(p)	0.0421	0.0487
物質起因			
上水	m3/t-ごみ(p)	0.2208	0.0069
工業用水	m3/t-ごみ(p)	1.0135	0.9402
石灰石	t/t-ごみ(p)	0.0298	0.0300
消石灰	t/t-ごみ(p)	0.0032	0.0073
アンモニア	t/t-ごみ(p)	0.0003	
塩酸	kl/t-ごみ(p)	0.0004	
次亜塩素酸ソーダ	t/t-ごみ(p)	0.0000	
清缶剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	
生成物			
溶融スラグ	t/t-ごみ(p)	0.1005	0.1093
溶融メタル	t/t-ごみ(p)	0.0128	0.0131
溶融飛灰	t/t-ごみ(p)	0.0264	0.0344

※ごみ1t当たり

図表 7-64 エネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(ガス化溶融/自治体等)

②' エネルギー・物質原単位の設定 =②より算出

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		ガス化溶融 (採用値)	採用値の考え方	該当項目	排出係数
エネルギー起因					
電力	kWh/tごみ(p)	282.4593	2施設の平均値	電力	0.00056 t-CO2/kWh
発電量	kWh/tごみ(p)	-298.2020	"	電力	0.00056 t-CO2/kWh
都市ガス	m3/tごみ(p)	6.1900	"	都市ガス	0.00208 t-CO2/Nm3
灯油	kl/tごみ(p)	0.0033	"	灯油	2.49 t-CO2/kl
軽油	kl/tごみ(p)	0.0000	"	軽油	2.62 t-CO2/kl
コークス	t/tごみ(p)	0.0454	"	コークス	3.24 t-CO2/t
物質起因					
上水	m3/tごみ(p)	0.1139	"	上水	0.0006 t-CO2/m3
工業用水	m3/tごみ(p)	0.9768	"	工業用水	0.00007 t-CO2/m3
石灰石	t/tごみ(p)	0.0299	"	石灰石	0.428 t-CO2/t
消石灰	t/tごみ(p)	0.0052	"	消石灰	1.0963 t-CO2/t
アンモニア	t/tごみ(p)	0.0001	"	アンモニア	0.582 t-CO2/t
塩酸	kl/tごみ(p)	0.0002	"	塩酸	0.93 t-CO2/t
次亜塩素酸ソーダ	t/tごみ(p)	0.0000	"	次亜塩素酸ソーダ	0.847 t-CO2/t
清缶剤	t/tごみ(p)	0.0000	"	ポリマー	0.4987 t-CO2/t
生成物					
溶融スラグ	t/tごみ(p)	0.1049	"		
溶融メタル	t/tごみ(p)	0.0130	"		
溶融飛灰	t/tごみ(p)	0.0304	"		

※ごみ1t当たり

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・塩酸の密度は1.19t/m3(=kl)として算出
- ・清缶剤:ポリマーの排出係数を準用

図表 7-65 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(ガス化溶融/自治体等)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②' × ③

		ガス化溶融	集約項目名
エネルギー起因			
電力	t-CO2/tごみ(p)	0.1568	電力
発電量	t-CO2/tごみ(p)	-0.1655	"
都市ガス	t-CO2/tごみ(p)	0.0129	ガス
灯油	t-CO2/tごみ(p)	0.0082	燃料油
軽油	t-CO2/tごみ(p)	0.0000	"
コークス	t-CO2/tごみ(p)	0.1472	コークス
物質起因			
上水	t-CO2/tごみ(p)	0.0001	水
工業用水	t-CO2/tごみ(p)	0.0001	"
石灰石	t-CO2/tごみ(p)	0.0128	石灰石
消石灰	t-CO2/tごみ(p)	0.0057	薬剤等
アンモニア	t-CO2/tごみ(p)	0.0001	"
塩酸	t-CO2/tごみ(p)	0.0002	"
次亜塩素酸ソーダ	t-CO2/tごみ(p)	0.0000	"
清缶剤	t-CO2/tごみ(p)	0.0000	"

※ごみ1t当たり

図表 7-66 エネルギー・物質収支のまとめ(ガス化溶融/自治体等)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ =②'

		ガス化溶融
Input		
ごみ	t-ごみ(p)	1.0000
電力	kWh/t-ごみ(p)	-15.7427
ガス	m ³ /t-ごみ(p)	6.1900
燃料油	kl/t-ごみ(p)	0.0033
コークス	t/t-ごみ(p)	0.0454
水	m ³ /t-ごみ(p)	1.0907
石灰石	t/t-ごみ(p)	0.0299
薬剤等	t/t-ごみ(p)	0.0056
Output		
溶融スラグ	t/t-ごみ(p)	0.1049
溶融メタル	t/t-ごみ(p)	0.0130
溶融飛灰	t/t-ごみ(p)	0.0304

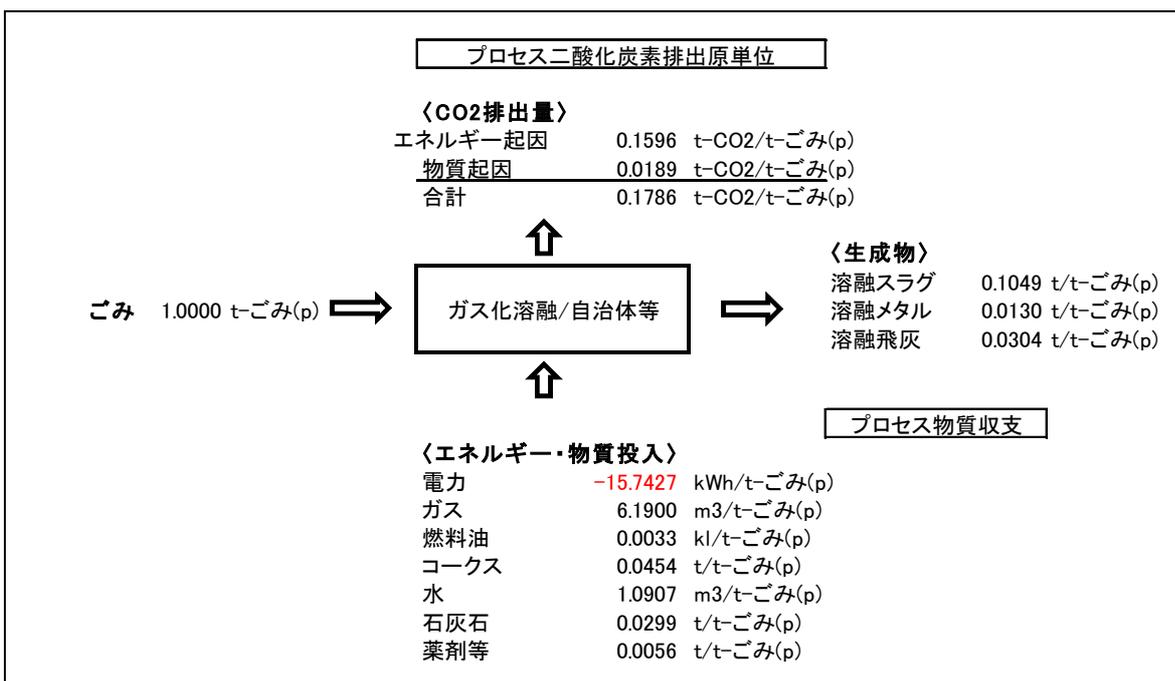
図表 7-67 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(ガス化溶融/自治体等)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

		ガス化溶融
エネルギー起因		0.1596
電力	CO ₂ /t-ごみ(p)	-0.0087
ガス	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.0129
燃料油	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.0083
コークス	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.1472
物質起因		0.0189
水	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.0001
石灰石	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.0128
薬剤等	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.0060
合計	CO ₂ /t-ごみ(p)	0.1786

図表 7-68 プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(ガス化溶融/自治体等)

⑦プロセスにおける二酸化炭素等フローのまとめ(ガス化溶融/自治体等)



(11) (参考)焼却プロセス

図表 7-69 施設諸元の整理(焼却/自治体等)

①施設諸元の整理

	焼却A	焼却B
運営主体	松戸市	柳泉園組合
処理(施設)名称	和名ヶ谷クリーンセンター	柳泉園クリーンポート
処理方式	全連続燃焼式ストーカ炉	全連続燃焼式ストーカ炉
処理物	可燃ごみ、非容器プラ、可燃粗大、不燃残渣	可燃ごみ、粗大ごみ等の可燃物、軟質系プラスチック類等可燃物、し尿中の可燃夾雑物
処理能力(容量)	t/日 300 (100×3炉)	315 (105×3炉)
稼働日数	日/年 354	355
処理量	t/年 81,845	81,988
エネルギー起因		
電力	kWh/年 14,163,784	15,507,575
発電	kWh/年 -16,089,040	-27,346,500
都市ガス	m3/年 49,696	101,827
物質起因		
上水	m3/年 55,507	37,221
消石灰	t/年 814.00	558.26
苛性ソーダ	t/年 268.00	30.13
アンモニア	t/年 165.00	
アンモニア水25%	t/年	175.61
反応助剤	t/年	84.80
清缶剤	t/年	2.00
脱酸剤	t/年	0.80
活性炭	t/年	558.26
冷却水処理剤	t/年	1.40
塩酸	t/年	19.95
凝集助剤	t/年	0.24
脱水助剤	t/年	0.12
スケール分散剤	t/年	0.20
次亜塩素酸ソーダ	t/年	1.80
残渣量		
主灰	t/年 7,478	8,286
飛灰	t/年 2,908	1,928

※アンケート調査及びヒアリング調査より作成

※処理量は処理ごみ重量

図表 7-70 施設別エネルギー・物質原単位の算出(焼却/自治体等)

②エネルギー・物質原単位の算出 =B÷A

		焼却A	焼却B
エネルギー起因			
電力	kWh/t-ごみ(p)	173.0565	189.1443
発電	kWh/t-ごみ(p)	-196.5797	-333.5424
都市ガス	m3/t-ごみ(p)	0.6072	1.2420
物質起因			
上水	m3/t-ごみ(p)	0.6782	0.4540
消石灰	t/t-ごみ(p)	0.0099	0.0068
苛性ソーダ	t/t-ごみ(p)	0.0033	0.0004
アンモニア	t/t-ごみ(p)	0.0020	
アンモニア水25%	t/t-ごみ(p)		0.0021
反応助剤	t/t-ごみ(p)		0.0010
清缶剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
脱酸剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
活性炭	t/t-ごみ(p)		0.0068
冷却水処理剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
塩酸	t/t-ごみ(p)		0.0002
凝集助剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
脱水助剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
スケール分散剤	t/t-ごみ(p)		0.0000
次亜塩素酸ソーダ	t/t-ごみ(p)		0.0000
残渣量			
主灰	t/t-ごみ(p)	0.0914	0.1011
飛灰	t/t-ごみ(p)	0.0355	0.0235

※ごみ1t当たり

図表 7-71 エネルギー・物質原単位の設定と二酸化炭素排出係数の割り当て(焼却/自治体等)

②' エネルギー・物質原単位の設定 =②より算出

③二酸化炭素排出係数の割り当て

		焼却 (採用値)	採用値の考え方
エネルギー起因			
電力	kWh/t-ごみ(p)	181.1004	2施設の平均値
発電	kWh/t-ごみ(p)	-333.5424	焼却Bの値
都市ガス	m3/t-ごみ(p)	0.9246	2施設の平均値
物質起因			
上水	m3/t-ごみ(p)	0.5661	〃
消石灰	t/t-ごみ(p)	0.0084	〃
苛性ソーダ	t/t-ごみ(p)	0.0018	〃
アンモニア	t/t-ごみ(p)	0.0010	〃
アンモニア水25%	t/t-ごみ(p)	0.0011	〃
反応助剤	t/t-ごみ(p)	0.0010	焼却Bの値
清缶剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
脱酸剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
活性炭	t/t-ごみ(p)	0.0068	〃
冷却水処理剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
塩酸	t/t-ごみ(p)	0.0002	〃
凝集助剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
脱水助剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
スケール分散剤	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
次亜塩素酸ソーダ	t/t-ごみ(p)	0.0000	〃
残渣量			
主灰	t/t-ごみ(p)	0.0962	2施設の平均値
飛灰	t/t-ごみ(p)	0.0295	〃

※ごみ1t当たり

※二酸化炭素排出係数は以下の条件により設定した。

- ・反応助剤: 溶融助剤の排出係数を準用
- ・アンモニア水25%: (アンモニアの排出係数) × 0.25で算出
- ・清缶剤・脱酸剤・冷却水処理剤: ポリマーの排出係数を準用
- ・凝集助剤・脱水助剤: 凝集剤の排出係数を準用
- ・スケール分散剤: カルシウム分散剤の排出係数を準用

該当項目	排出係数
電力	0.00056 t-CO2/kWh
電力	0.00056 t-CO2/kWh
都市ガス	0.00208 t-CO2/Nm3
上水	0.0006 t-CO2/m3
消石灰	1.0963 t-CO2/t
苛性ソーダ	0.847 t-CO2/t
アンモニア	0.582 t-CO2/t
アンモニア	0.1455 t-CO2/t
溶融助剤	0.3667 t-CO2/t
ポリマー	0.4987 t-CO2/t
ポリマー	0.4987 t-CO2/t
活性炭	5.0 t-CO2/t
ポリマー	0.4987 t-CO2/t
塩酸	0.93 t-CO2/t
凝集剤	0.4987 t-CO2/t
凝集剤	0.4987 t-CO2/t
カルシウム分散剤	0.3667 t-CO2/t
次亜塩素酸ソーダ	0.847 t-CO2/t

図表 7-72 エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出(焼却/自治体等)

④エネルギー・物質別二酸化炭素排出原単位の算出 =②' × ③

		焼却	集約項目名
エネルギー起因			
電力	t-CO2/t-ごみ(p)	0.1005	電力
発電	t-CO2/t-ごみ(p)	-0.1851	"
都市ガス	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0019	ガス
物質起因			
上水	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0003	水
消石灰	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0092	薬剤等
苛性ソーダ	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0015	"
アンモニア	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0006	"
アンモニア水25%	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0002	"
反応助剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0004	"
清缶剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
脱酸剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
活性炭	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0340	"
冷却水処理剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
塩酸	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0002	"
凝集助剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
脱水助剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
スケール分散剤	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"
次亜塩素酸ソーダ	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0000	"

※ごみ1t当たり

図表 7-73 エネルギー・物質収支のまとめ(焼却/自治体等)

⑤エネルギー・物質収支のまとめ =②'

		焼却
Input		
ごみ	t-ごみ(p)	1.0000
電力	kWh/t-ごみ(p)	-152.4421
ガス	m3/t-ごみ(p)	0.9246
水	m3/t-ごみ(p)	0.5661
薬剤等	t/t-ごみ(p)	0.0204
Output		
主灰	t/t-ごみ(p)	0.0962
飛灰	t/t-ごみ(p)	0.0295

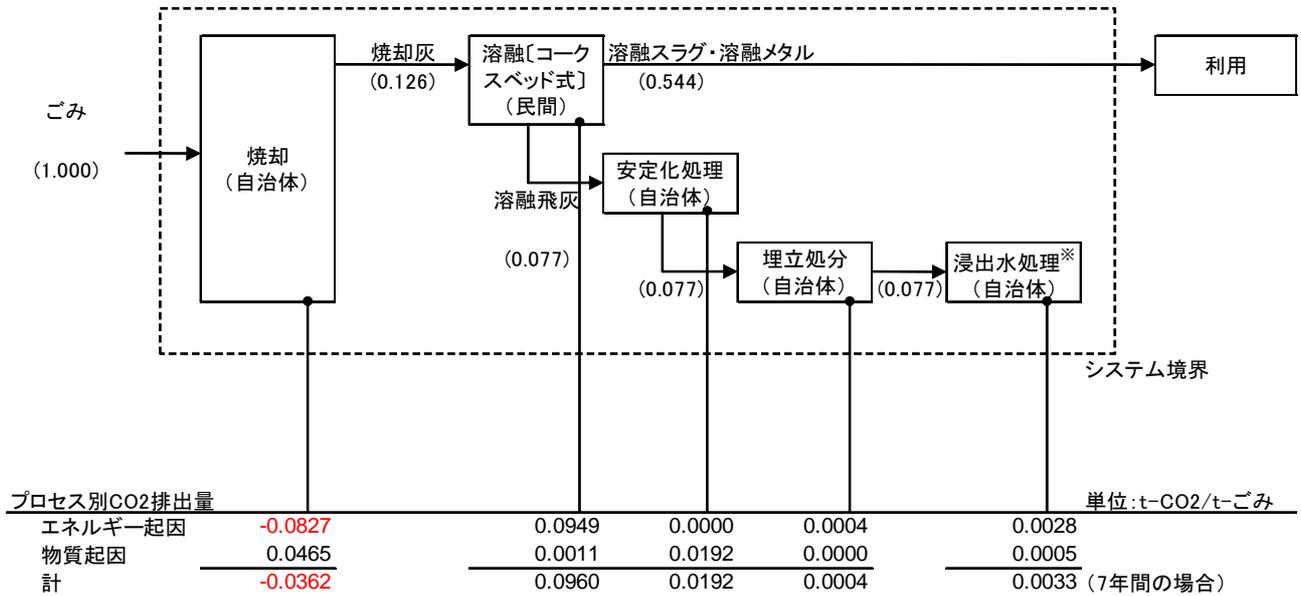
図表 7-74 プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ(焼却/自治体等)

⑥プロセス別二酸化炭素排出原単位のまとめ =④

		焼却
エネルギー起因		-0.0827
電力	t-CO2/t-ごみ(p)	-0.0846
ガス	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0019
物質起因		0.0465
水	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0003
薬剤等	t-CO2/t-ごみ(p)	0.0462
合計	t-CO2/t-ごみ(p)	-0.0362

図表 7-77 焼却+溶融(コークスベッド式)における二酸化炭素排出量(投入ごみ 1 t 当たり)

()内はインプット/アウトプット量、単位:t-灰



【モデル別CO2排出量】 単位:t-CO2/t-ごみ

	浸出水処理	
	(7年間)	(30年間)
エネルギー起因	0.0154	0.0184
物質起因	0.0673	0.0679
合計	0.0828	0.0863

※プロセス別CO2排出量の合計値

※「浸出水処理」は、埋立期間中及び埋立完了後7年間ないし30年間の浸出水処理によるCO2排出量の合計値

7.2 セメント製造プロセス及び山元還元プロセスにおける二酸化炭素排出原単位算出の考え方

セメント製造プロセス、山元還元プロセス、いずれも焼却灰等を原材料としない既存の製造または処理工程が既に存在し、これに焼却灰等を原材料の一部として投入するプロセスである。この意味で、両プロセスは熔融や焼成などの他のプロセスとその性格が大きく異なる。

本調査研究では、両プロセスへ投入する焼却灰等に起因する二酸化炭素排出量を、次に示す方法により算出する。

なお、セメント化プロセスと山元還元プロセスでは、次に示すとおり焼却灰または熔融飛灰起因の二酸化炭素排出量の算出方法が異なる点に留意が必要である。

7.2.1 セメント製造プロセス

(1) 基本的な考え方

セメント化：ポルトランドセメント製造において、焼却灰は、他の原材料の成分の一部を代替するものとして投入される。製品品質管理の面から原材料全体の配合割合が決まり、焼却灰投入のあり、なし、いずれのケースについても、エネルギー・物質使用量が把握可能である。したがって、**焼却灰投入のあり、なし両ケースの差分を用いて焼却灰起因の二酸化炭素排出原単位を算出する。**⁷

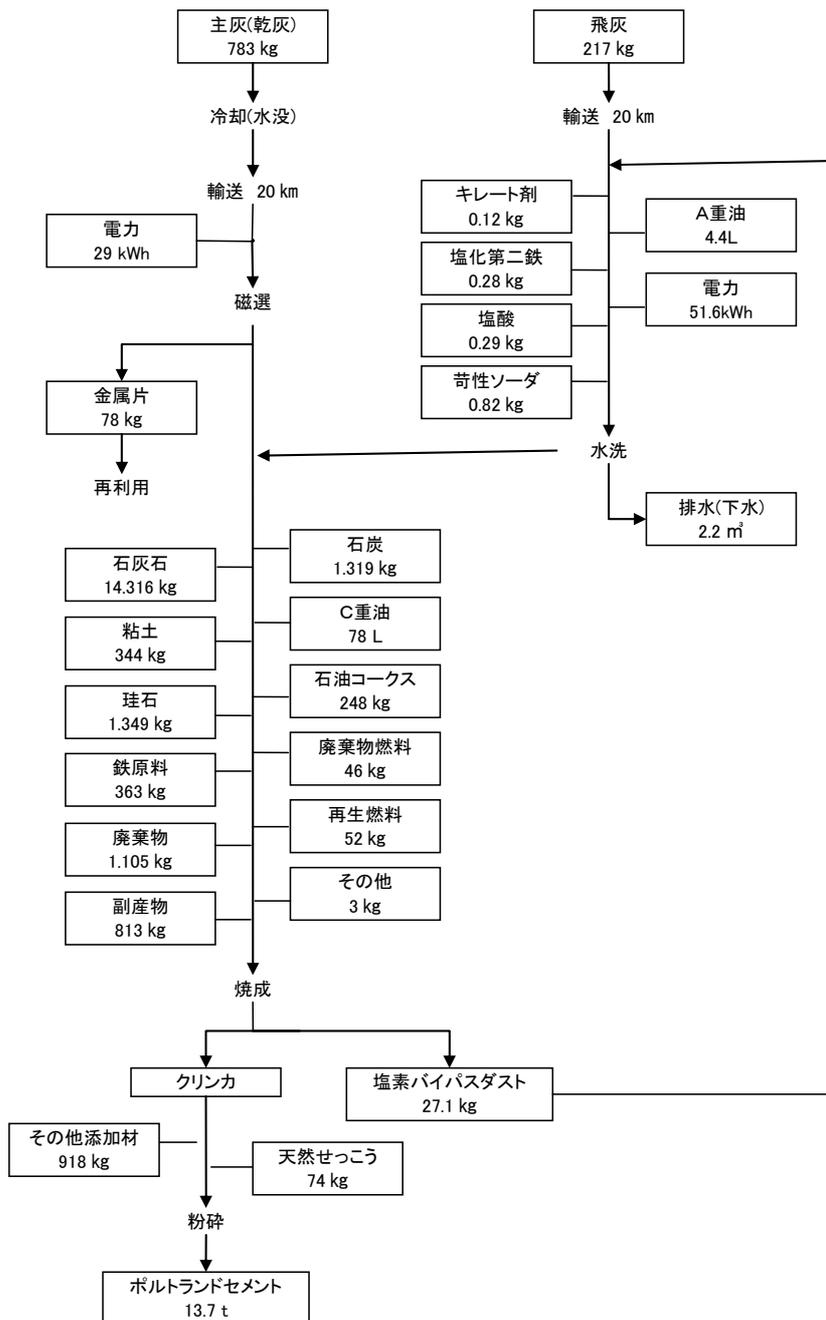
(2) 焼却灰を原材料とするセメント化の物質フロー

焼却灰を原材料として用いる場合のセメント化における物質フローを図表 7-78 に示す。

ポルトランドセメント 13.7 t を製造するのに、主灰を 783 kg、飛灰を 217 kg をその他の原材料とともに使用している。セメント 1 t 当たりに換算すると、それぞれ 57.2 kg/ t・セメント、15.8 kg/ t・セメントとなる。

⁷ 参考研究：「都市ごみ焼却灰および廃プラスチックの処理・有効利用技術に関する環境負荷の定量化」（佐野奨ら）（廃棄物学会論文誌別冊 Vol.13 No.3, pp.131-140, 2002）

図表 7-78 焼却灰を原材料として用いる場合におけるセメント化物質フロー



※ 出典:「都市ごみ焼却灰および廃プラスチックの処理・有効利用技術に関する環境負荷の定量化」(佐野奨ら)、
 廃棄物学会論文誌別冊 Vol.13 No.3 pp.131-140, 2002 からごみ焼却灰関係箇所のみ抜き出し作成
 ※ 焼却灰量は乾灰重量

(3) 焼却灰の投入あり／なしによるエネルギー・物質使用量の差異

原材料としての焼却灰の投入あり／なしにより、セメント製造時のエネルギー・物質使用量に、図表 7-79 に示す差異が生じる(ただし、焼却灰が乾灰の場合の比較)。

エネルギーでは石炭使用量が減少し、物質では石灰石及び粘土が減少、珪石が増加する。

このうち、石炭と石灰石は炭素を多く含み、二酸化炭素排出量に大きな影響を及ぼす。

図表 7-79 焼却灰のあり／なしによるエネルギー・物質使用量の差異(再掲)

(kg/t-セメント)			
	焼却灰なし	焼却灰受入	増減
エネルギー投入			
石炭	98.7	96.1	-2.6
C重油	5.7	5.7	0.0
石油コークス	18.1	18.1	0.0
その他	0.3	0.3	0.0
廃棄物(産廃)	3.4	3.4	0.0
副産物	3.8	3.8	0.0
物質投入			
石灰石	1,081.0	1,043.0	-38.0
粘土	92.8	23.2	-69.6
珪石	67.8	98.3	30.5
鉄原料	26.4	26.4	0.0
焼却灰(主灰)		57.2	57.2
焼却灰(飛灰)		15.8	15.8

※出典:「都市ごみ焼却灰および灰プラスチックの処理・有効活用技術に関する環境負荷の定量化」(佐野奨ら)(廃棄物学会論文誌別冊, vol.13 No.3 pp.131-140, 2002)
 焼却灰(主灰)は金属片を10%含む数値
 なお、焼却灰は乾灰

(4) 焼却灰使用による石灰石の削減

図表 7-80 に示すように、焼却灰の成分の約 26%を CaO が占める。このため、セメントの原材料の一部として焼却灰を利用すると、主な CaO 源である石灰石を削減することができる。参考として東京二十三区清掃一部事務組合による焼却灰成分分析結果を図表 7-81 に示す。

石灰石(CaCO₃)は、セメント製造の工程で CaO と CO₂ に分解される。

したがって、焼却灰を原材料の一部として使用することにより、それに含まれる CaO の分だけ石灰石の使用量が減少し、その分の二酸化炭素排出量が削減されることになる。

セメント 1 t 当たりの石灰石投入量の違いは図表 7-79 を参照のこと。

焼却灰を原材料に用いないポルトランドセメントにおける石灰石使用量が 1,081 kg/ t-セメントであるのに対し、焼却灰を原材料とする場合は同 1,043 kg/ t-セメントとなり、約 38 kg 削減される。

図表 7-80 焼却灰及びセメント主原料の成分

	化学成分(%)				
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Cl
焼却灰	28.6	13	4	26.3	5.42
石灰石	2.4	0.6	0.4	52.8	0.001
粘土	66	14.8	5.2	2	0.004
珪石	85.5	6	2.5	0.8	0.008
鉄原料	19.6	4.6	44.7	16.2	0.007

※ 出典:「都市ごみ焼却灰および廃プラスチックの処理・有効利用技術に関する環境負荷の定量化」(佐野奨ら)、廃棄物学会論文誌別冊 Vol.13 No.3 pp.131-140, 2002

図表 7-81 (参考)東京二十三区清掃一部事務組合による焼却灰成分分析結果(平成 21 年度分析値)

(%)							
	港 清掃工場	北 清掃工場	品川 清掃工場	目黒 清掃工場	大田 清掃工場	多摩川 清掃工場	世田谷 清掃工場
SiO ₂	20.5	24.7	15.3	19.7	21.5	26.2	43.9
Al ₂ O ₃	12.7	14.1	12.7	14.0	13.7	15.9	8.25
Fe ₂ O ₃	8.67	4.30	6.33	5.77	6.23	6.60	2.31
CaO	34.1	27.9	39.4	31.6	32.5	29.1	14.8
Cl	0.86	0.77	0.93	0.72	0.83	1.03	0.45

	千歳 清掃工場	渋谷 清掃工場	杉並 清掃工場	豊島 清掃工場	板橋 清掃工場	練馬 清掃工場	光ヶ丘 清掃工場
SiO ₂	28.0	34.8	25.4	39.8	21.2	23.7	26.1
Al ₂ O ₃	13.8	7.1	15.5	8.3	14.3	15.9	14.2
Fe ₂ O ₃	5.51	1.79	7.46	2.04	4.38	5.74	5.84
CaO	27.5	22.8	26.5	17.6	32.5	30.1	29.7
Cl	0.66	0.39	0.65	0.32	0.91	0.62	0.62

	墨田 清掃工場	新江東 清掃工場	有明 清掃工場	足立 清掃工場	葛飾 清掃工場	江戸川 清掃工場
SiO ₂	22.2	26.2	16.9	25.3	28.1	30.1
Al ₂ O ₃	14.1	14.6	14.9	14.5	13.2	12.6
Fe ₂ O ₃	4.67	7.08	3.58	5.72	4.47	10.30
CaO	31.5	27.9	39.5	29.9	29.9	22.3
Cl	0.54	0.50	0.47	1.18	1.02	0.53

※ 出典:東京二十三区清掃一部事務組合ホームページ

(5) 石灰石熱分解に要する石炭の削減

石灰石は、セメント製造工程において、熱分解により CaO と CO₂ を生成する。分解に必要な熱エネルギーは、石灰石 1 kg 当たり約 1,093kJ である。

セメント製造工程では、この熱分解エネルギーは石炭により与えられる。

したがって、焼却灰の原材料利用によって石灰石の投入量が削減されることにより、熱分解エネルギー相当量の石炭も削減することができる。

石炭は燃焼により CO₂ を排出することから、石炭投入量の削減により二酸化炭素排出量も削減されることになる。

図表 7-79 によれば、焼却灰を原材料に用いないポルトランドセメント製造における石炭投入量が 98.7 kg/t-セメントであるのに対し、焼却灰を原材料とする場合は同 96.1 kg/t-セメントとなり、2.6 kg 削減される。

(6) 焼却灰中水分による石炭増加

原材料となる焼却灰は、運搬中の飛散防止のため、あるいは水洗等前処理のため、水分を含んだ湿灰の状態ではセメント製造工程に持ち込まれる。このため、乾灰を原材料とする場合と比べ、水分蒸発熱相当の必要エネルギーが増加する。

セメント製造工程では、熱エネルギーは石炭により与えられる。

太平洋セメント株式会社へのヒアリングによれば、焼却灰中の水分のため、石炭使用量は 2%程度増加するとのことである。なお、図表 7-79 は、乾灰におけるエネルギー・物質使用量であり、この分が含まれていないが、図表 7-25 では追加した。

7.2.2 山元還元プロセス

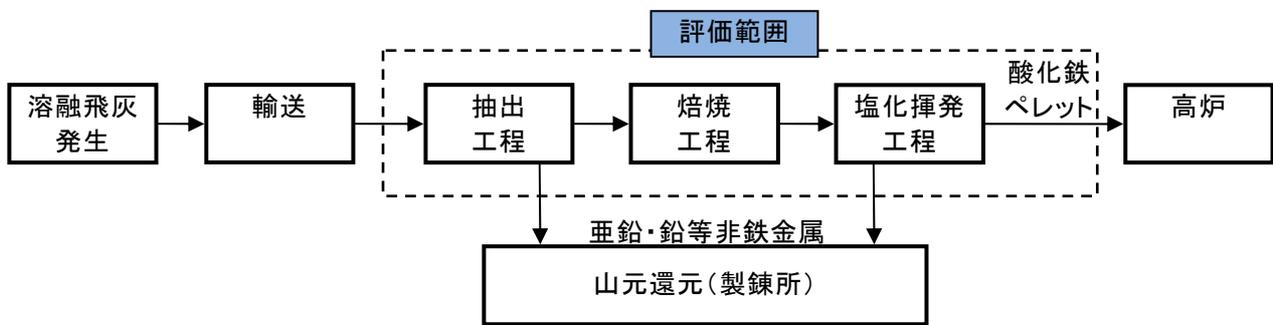
(1) 基本的な考え方

溶融飛灰は、産業廃棄物を対象とする金属回収工程に、処理対象物の一部として投入される。早稲田大学環境研究総合センター 溶融飛灰資源化研究会による調査研究⁸(以下、「溶融飛灰資源化研究会報告」という。)では、LCA による環境負荷削減効果が検証されている。この検証の過程で溶融飛灰 1 t 当たりのユーティリティ使用量等が計算されており、本調査研究では、この数値を引用する。

(2) 評価範囲

溶融飛灰資源化研究会報告における LCA 評価範囲(システム境界)は次のとおりである。

図表 7-82 溶融飛灰資源化研究会報告における評価範囲(システム境界)



(3) 溶融飛灰研究会報告による溶融飛灰 1 t 当たりのユーティリティ使用量

本調査研究で引用するユーティリティ使用量はのとおりである。

⁸「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成 20 年度研究報告書」(早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰研究会), 平成 21 年 3 月

図表 7-83 溶融飛灰資源化研究会報告によるユーティリティ使用量

光和精鉱(株)溶融飛灰処理システムにおけるLCA評価用データ
H19年1月～12月実績

H20.1.10
飛灰リサイクル事業部

H19年飛灰処理実績 メタル収支

抽出工程	飛灰処理量			抽出液			抽出			残渣			
	t-wet	t-dry	残渣 t-dry	m3	m3	合計 m3	Zn t	Pb t	Cu t	Zn t	Pb t	Cu t	Fe t
一廃飛灰	3,401	2563	1026	11289	11344	22633	34.4	10.4	5.2	20.6	4.7	3.7	29.6
合計				飛灰t当り(乾量基準)	0.0134	0.0041	0.002						

塩化揮発工程

抽出工程	揮発率			揮発メタル			ヘレット中の飛灰メタル			
	Zn %	Pb %	Cu %	Zn t	Pb t	Cu t	Zn t	Pb t	Cu t	Fe t
	88	99	88	18.2	4.6	3.2	2.48	0.05	0.44	29.6
	飛灰t当り(乾量基準)			0.007	0.0018	0.001	0.001	2E-05	0.0002	0.0116

抽出工程ユーティリティ

項目	単位	飛灰t当り
電力	KWH	117
用水	t	11.7
35%塩酸	t	0.86
NaOH	t	0.0132
NaSH	t	0.0024
NaClO	t	0.0308
生石灰	t	0.0417

再資源化物量

抽出メタル+塩化揮発メタル (kg/飛灰t)		
Zn	Pb	Cu
20.5	5.9	3.3

塩化揮発工程ユーティリティ

項目	単位	焙焼		塩化揮発	
		飛灰t当り	飛灰t当り	飛灰t当り	飛灰t当り
電力		43.8		28.4	
用水		0.89		0.46	
40%水マダ		0.024			
燃料ガス				11.4 m3N	トライト-熱源
燃料廃油				0.028 t	
CaO				0.007 t	CaCl2生成用(廃塩鉄を石灰中和)
非塩脱硫CaO				0.001 t	非塩脱硫剤
炭酸カルシウム				0.015 t	酸液中和剤
鉄スラグ				0.003 t	Cuセメント用
Fe中和石灰				0.004 t	
Zn中和石灰				0.006 t	
水酸化ソーダ				0.000111 t	排水処理

OUTPUT

焙焼排ガス

項目	単位	飛灰t当り
排ガス量		1055 m3N
DXN		38 ng
CO2		137 m3N
SOX		0.020 m3N
NOX		0.114 m3N

塩化揮発キルン排ガス

項目	単位	飛灰t当り
排ガス量		277 m3N
DXN		5 ng
CO2		9 m3N
SOX		0.005 m3N
NOX		0.039 m3N

排水

項目	単位	濃度		飛灰t当り
		mg/L	飛灰t当り	
Pb		0.01	0.15 g	
Zn		ND	0 g	
Cu		ND	0 g	
Cd		0.01	0.12 g	
Cr6+		ND	0 g	
As		0.0125	0.15 g	
Se		0.024167	0.30 g	
COD		5	66 g	
DXN		4.6	57 ng	

補足

焙焼炉残差配合 4.2t/d → 元飛灰換算 10.5t/d
 ヘレットに入る残渣 3.2t/d
 焙焼炉の灼熱減量25%として4.2*0.75=3.15
 飛灰t当り算出の換算乗数
 焙焼炉 4.2/280/10.5= 0.00143
 塩化揮発 3.2/380/10.5= 0.00079

塩化揮発工程の換算乗数の考え方
 工程の物量は全原料に対する量なので飛灰相当分はその比率で表される。
 飛灰相当分は1日当たりの量なので元飛灰t当たりの量はその量10.5tで割った数値とする。

※出典：「早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰資源化研究会 平成20年度研究報告書」(早稲田大学環境総合研究センター 溶融飛灰研究会), 平成21年3月

(4) 二酸化炭素排出量算出方法

山元還元プロセスについては、上記(1)～(3)のとおり溶融飛灰資源化研究会報告より溶融飛灰 1 t 当たりのエネルギー・物質使用量(ユーティリティ使用量)を引用し、これに二酸化炭素排出係数を乗じて二酸化炭素排出原単位を算出する。

7.3 骨材規格の整理

7.3.1 建設資材としての品質基準の整理

(1) 道路用骨材

道路用骨材の JIS 規格には、JIS A5001(道路用砕石)、JIS A5015(道路用鉄鋼スラグ)、JIS A5032(一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ)などがある。また、コンクリート塊などを再生路盤材として利用する場合の要求性能は「舗装再生便覧」に示されている。

道路用溶融スラグ骨材は、基本的には、天然骨材と同等の品質が求められている。さらに溶融スラグのみ、有害物質の溶出・含有基準が定められている。ただし、粒度調整溶融スラグ及びクラッシュラン溶融スラグのすり減り減量については、再生骨材と同程度で、天然骨材に比べ緩くなっている。

粒度分布については、たとえば粒度範囲が 0～40mm のクラッシュラン(C-40、RC-40、CM-40)は、いずれも同値となっている。

なお、溶融スラグのみ、有害物質の溶出・含有基準が定められている。

(2) コンクリート用骨材

コンクリート用骨材の JIS 規格には、JIS A5005(コンクリート用砕石及び砕砂)、JIS A5021(コンクリート用再生骨材 H)、JIS A5022 附属書 A(コンクリート用再生骨材 M)、JIS A5023 附属書 1(コンクリート用再生骨材 L)、JIS A5031(一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化したコンクリート用溶融スラグ骨材)などがある。また、鉄筋コンクリート工事での骨材品質については、日本建築学会による「建築工事標準仕様書(JASS 5「鉄筋コンクリート工事」)」でも規定されている。

コンクリート用溶融スラグ骨材は、道路用と同様、基本的には、天然骨材と同等の品質が求められている。さらに、溶融スラグ骨材については、化学成分項目規定及び有害物質の溶出・含有基準の規定がある。

なお、溶融スラグはコンクリート用再生骨材としての使用実績が乏しく、長期安定性に関するデータが不十分なことから、JIS 規格を満足していてもコンクリート用再生骨材として構造体に使用することは現状では難しく、用途が制限されている。

図表 7-84 道路用骨材の規格の整理

項目	JIS A5001 道路用碎石	日本道路協会 舗装再生便覧	JIS A5032 焼却灰を溶融固化した 道路用溶融スラグ
種類	単粒度碎石、クラッシュラン、スクリーニングス、粒度調整碎石	再生クラッシュラン、再生粒度調整碎石、再生セメント安定処理路盤材	単粒度溶融スラグ（徐冷スラグ）、溶融スラグ細骨材（水砕スラグ、徐冷スラグ）、粒度調整溶融スラグ（徐冷スラグ）、粒度調整碎石
物理的性状			
（呈色）	—	—	—
（水浸膨張比）	—	—	—
（粒度）	(C40)	(RC40)	(CM40)
公称目開き 50mm	100	100	100
40mm	95~100	95~100	95~100
20mm	50~80	50~80	50~80
5mm	15~40	15~40	15~40
2.5mm	5~25	5~25	5~25
（絶乾密度）	1種: 2.45g/cm ³ 以上 2種: —	—	—
（表乾密度）	—	—	単粒度溶融スラグ及び溶融スラグ細骨材: 2.45g/cm ³ 以上
（表乾比重）	—	—	—
（吸水率）	1種: 3.0%以下 2種: —	—	単粒度溶融スラグ及び溶融スラグ細骨材: 3.0%以下
（すり減り減量）	1種: 35%以下 2種: 40%以下	50%以下	単粒度溶融スラグ: 30%以下 粒度調整溶融スラグ及びクラッシュラン溶融スラグ: 50%以下
（塑性指数）	スクリーニングス及び粒度調整碎石はNP	—	—
（含水比及び修正CBR）	粒度調整碎石は当事者間の協議による	簡易舗装用再生クラッシュラン: 10以上/60以上 アスファルト舗装用再生クラッシュラン: 20以上/80以上 セメントコンクリート舗装用再生クラッシュラン: 20以上/80以上 (数値は下層路盤/上層路盤の順)	当事者間の協議による 「含水比」の規定なし
有害物質の溶出・含有量			
（カドミウム）	—	—	溶出: 0.01mg/L以下 含有: 150mg/kg以下
（鉛）	—	—	溶出: 0.01mg/L以下 含有: 150mg/kg以下
（六価クロム）	—	—	溶出: 0.05mg/L以下 含有: 250mg/kg以下
（ヒ素）	—	—	溶出: 0.01mg/L以下 含有: 150mg/kg以下
（総水銀）	—	—	溶出: 0.0005mg/L以下 含有: 15mg/kg以下
（セレン）	—	—	溶出: 0.01mg/L以下 含有: 150mg/kg以下
（ふっ素）	—	—	溶出: 0.8mg/L以下 含有: 4,000mg/kg以下
（ほう素）	—	—	溶出: 1mg/L以下 含有: 4,000mg/kg以下
備考	2種は、歴青舗装の表層または基層に使用してはならない。	この指針による事項のほか、原則として要綱等の基準を満足する。その適用や評価は新しい材料のみを用いた場合と同等とする。	

※出典: 「JISハンドブック」(日本規格協会)及び「舗装再生便覧」(日本道路協会)より作成

図表 7-85 コンクリート用骨材の規格の整理

項目	JIS A5005 コンクリート用砕石及び砕砂	日本建築学会 建築工事標準仕様書 JASS 5 鉄筋コンクリート工事	JIS A5021 コンクリート用再生骨材H	JIS A5031 焼却灰を熔融固化したコン クリート用熔融スラグ骨材
種類	砕石、砕砂	砂利、砂	再生粗骨材H、再生細骨材H	粗骨材、細骨材
物理的性質				
(絶乾密度)	2.5g/cm ³ 以上	2.5 g/cm ³ 以上	2.5 g/cm ³ 以上	2.5 g/cm ³ 以上
(吸水率)	3.0%以下	砂利:3.0%以下 砂:3.5%以下	再生粗骨材H:3.0%以下 再生細骨材H:3.5%以下	3.0%以下
(安定性試験における損失質量分率)	砕石:12%以下 砕砂:10%以下	砂利:12%以下 砂:10%以下	—	—
(安定性)	—	—	—	粗骨材:12%以下 細骨材:10%以下
(すり減り減量)	砕石:40%以下	砂利:40%以下	再生粗骨材:35%以下 再生細骨材:—	—
(粒度)	(省略)	(省略)	(省略)	(省略)
(微粒分量)	協議による。最大値は 砕石:3.0% 砕砂:9.0%	砂利:1.0%以下 砂:3.0%以下	再生粗骨材H:1.0%以下 再生細骨材H:7.0%以下	粗骨材:1.0%以下 細骨材:7.0%以下 (コンクリート表面がすりへり 作用を受ける場合、熔融ス ラグ細骨材では5.0%以下)
(粘土塊量)	—	砂利:0.25%以下 砂:1.0%以下	—	—
(粒形判定実績率)	—	—	—	粗骨材:55%以上 細骨材:53%以上
(アルカリシリカ反応性)	原石の採取地が同じ場合に 限り、その原石から製造さ れる代表的な砕石の試験結 果を他の砕石及び砕砂に用 いることができる。	—	原粗骨材・細骨材のすべて が特定され、かつ試験成績 書等またはアルカリシリカ反 応性試験で無害と判定され る場合、「無害」とする。再生 粗骨材Hの場合は、アルカリ シリカ反応性試験で無害と される場合、「無害」とする。	熔融スラグ骨材のアルカリ シリカ反応性は「無害でな い」または「アルカリシリカ反 応性試験を行っていない」と みなす。「無害」または「無 害でない」と判定する場合 には試験を行う。
膨張性				
(モルタル膨張率)	—	—	—	2.0%以下
不純物の上限値				
(全不純物量)	—	砂:有機不純物が標準色液 または色見本より淡い	3.00%	—
化学成分				
(酸化カルシウム (CaO))	—	—	—	45.0%以下
(全硫黄(S))	—	—	—	2.0%以下
(三酸化硫黄 (SO ₃))	—	—	—	0.5%以下
(金属鉄(Fe))	—	—	—	1.0%以下
(塩化物(NaClとし て))	—	0.04%以下(長期、超長期 の場合は0.02%以下)	0.04%以下(購入者の了承 により0.1%も可)	0.04%以下
有害物質の溶出・含有 量				
(カドミウム)	—	—	—	溶出:0.01mg/L以下 含有:150mg/kg以下
(鉛)	—	—	—	溶出:0.01mg/L以下 含有:150mg/kg以下
(六価クロム)	—	—	—	溶出:0.05mg/L以下 含有:250mg/kg以下
(ひ素)	—	—	—	溶出:0.01mg/L以下 含有:150mg/kg以下
(総水銀)	—	—	—	溶出:0.0005mg/L以下 含有:15mg/kg以下
(セレン)	—	—	—	溶出:0.01mg/L以下 含有:150mg/kg以下
(ふっ素)	—	—	—	溶出:0.8mg/L以下 含有:4,000mg/kg以下
(ほう素)	—	—	—	溶出:1mg/L以下 含有:4,000mg/kg以下

※出典:「JIS ハンドブック」(日本規格協会)及び「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」(日本建築学会)より作成

(3) 都道府県の溶融スラグ使用基準

公共工事等における溶融スラグの使用基準を定める都道府県がある。

原則は、JIS 規格あるいは関連要綱等に準拠する内容となっているが、都道府県による差異も見られる。たとえば、「秋田県溶融スラグ使用基準」⁹には、次のような特徴がある。

- 環境安全性に係る管理項目：有害物質の溶出及び含有量等は JIS A5031 及び JIS A5032 による。ただし、基準値の 3 倍以内、かつ、他骨材との混合によりすべての規格を満足する品質が確保されていれば、その使用を可とする暫定措置が講じられているが、秋田県においては、より安全を期すため、これを適用しない。
- 粒度分布を満足しない場合でも、他骨材との混合後の粒度分布がアスファルト混合物の種類に応じた所定の粒度を満足する場合は、その利用を妨げない。
- 粒度分布を満足しない場合でも、他骨材との混合後の粒度分布がコンクリートの配合に応じた所定の粒度を満足する場合は、その利用を妨げない。
- コンクリート二次製品等に関する規定あり：コンクリート二次製品の設計基準強度 35N/mm² 以下、生コンクリートの場合、呼び強度 33 以下とする。いずれの場合も、耐久性を確保するため水セメント比は 55%以下とするとともに、耐凍害性を確保するため、混和材料を適当量使用すること。
- 溶融スラグ骨材を用いたコンクリートについては、まだ使用実績が少ないこと、長期安定性に関するデータが少ないこと等を考慮し、当面の間、コンクリート二次製品については秋田県リサイクル製品認定制度における認証取得を原則とする。また、生コンクリートについては重要構造物は使用対象外とする。

⁹ 秋田県ホームページ(<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1172109687755/files/slagstandard1902.pdf>)より引用

7.3.2 道路用骨材規格

(1) 道路用砕石(JIS A5001)¹⁰(抜粋)

〈種類及び呼び名〉

種類	呼び名
単粒度砕石	S-80(1号)、S-60(2号)、S-40(3号)、S-30(4号)、 S-20(5号)、S-13(6号)、S-5(7号)
クラッシュラン	C-40、C-30、C-20
スクリーニングス	F-2.5
粒度調整砕石	M-40、M-30、M-25

※粒度調整砕石は、粒度調整工法に使用するもので、所定の粒度及び含水比になるように単粒度砕石、クラッシュランに他の材料を加え、含水比の調整ができる装置によって混合したもの。

〈外観〉

清浄堅硬、耐久的で、ごみ、泥、薄い石片、細長い石片、有機不純物などを有害量含んではならない。

〈物理的性状〉

粒度	別表のとおり
絶乾密度	1種： 2.45g/cm ³ 以上 2種： —
吸水率(%)	1種： 3.0以下 2種： —
すり減り減量(%)	1種： 35以下 2種： 40以下
塑性指数	スクリーニングス及び粒度調整砕石はNP
含水比及び修正CBR	粒度調整砕石は当事者間の協議による

※2種は、歴青舗装の表層または基層に使用してはならない。

¹⁰ 出典：「2009年版 JIS ハンドブック 12 土木Ⅱ(土木資材/建設用機械・用具)」(日本規格協会)

種類	呼び名	ふるいを通るものの質量百分率 %																
		公称目開き mm																
		100	80	60	50	40	30	25	20	13	5	2.5	1.2	0.6	0.4	0.3	0.15	0.075
単粒度 砕石	S-80(1号)	100	85~ 100	0~15														
	S-60(2号)		100	85~ 100	—	0~15												
	S-40(3号)				100	85~ 100	0~15											
	S-30(4号)					100	85~ 100	—	0~15									
	S-20(5号)							100	85~ 100	0~15								
	S-13(6号)								100	85~ 100	0~15							
	S-5(7号)									100	85~ 100	0~25	0~5					
クラッシュ ラン	C-40				100	95~ 100	—	—	50~ 80	—	15~ 40	5~ 25						
	C-30					100	95~ 100	—	55~ 85	—	15~ 45	5~ 30						
	C-20							100	95~ 100	60~ 90	20~ 50	10~ 35						
スクリー ニングス	F-2.5										100	85~ 100	—	25~ 55	—	15~ 40	7~ 28	0~ 20
粒度調整 砕石	M-40				100	95~ 100	—	—	60~ 90	—								
	M-30					100	95~ 100	—	60~ 90	—	30~ 65	20~ 50	—	—	10~ 30	—	—	2~ 10
	M-25						100	95~ 100	—	55~ 85								

(2) 道路用溶融スラグ(JIS A5032)¹¹(抜粋)

〈種類及び呼び名〉

種類	呼び名	用途(参考)
単粒度溶融スラグ (徐冷スラグ)	SM-20	加熱アスファルト混合物用
	SM-13	
	SM-5	
溶融スラグ細骨材 (水砕スラグ、徐冷スラグ)	FM-2.5	加熱アスファルト混合物用
粒度調整溶融スラグ (徐冷スラグ)	MM-40	上層路盤材用
	MM-30	
	MM-25	
粒度調整碎石	CM-40	下層路盤材用
	CM-30	
	CM-20	

〈外観〉

堅硬で、かつ、異物、針状固化物及びへん(扁)平または鋭利な破片などを使用上有害な量を含んではならない。

〈有害物質の溶出量と含有量〉

項目	溶出量基準
カドミウム	0.01 mg/L 以下
鉛	0.01 mg/L 以下
六価クロム	0.05 mg/L 以下
ヒ素	0.01 mg/L 以下
総水銀	0.0005 mg/L 以下
セレン	0.01 mg/L 以下
フッ素	0.8 mg/L 以下
ほう素	1 mg/L 以下

項目	含有量基準
カドミウム	150 mg/kg 以下
鉛	150 mg/kg 以下
六価クロム	250 mg/kg 以下
ヒ素	150 mg/kg 以下
総水銀	15 mg/kg 以下
セレン	150 mg/kg 以下
フッ素	4,000 mg/kg 以下
ほう素	4,000 mg/kg 以下

¹¹出典: 「2009年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」(日本規格協会)

〈物理的性状〉

項目	単粒度溶融スラグ及び 溶融スラグ細骨材	粒度調整溶融スラグ及び クラッシュラン溶融スラグ
粒度	別表のとおり	別表のとおり
表乾密度	2.45g/cm ³ 以上	—
吸水率(%)	3.0以下	—
すり減り減量(%)	30以下	50以下
含水比及び修正CBR	—	当事者間の協議による

〈単粒度溶融スラグ及び溶融スラグ細骨材〉

種類	呼び名	ふるいを通るものの質量百分率 %						
		JIS Z8801-1に規定する金属製網ふるいの公称目開き						
		26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	75 μm
単粒度溶融スラグ	SM-20	100	85~100	0~15	—	—	—	—
	SM-13	—	100	85~100	0~15	—	—	—
	SM-5	—	—	100	85~100	0~25	0~5	—
溶融スラグ細骨材	FM-2.5	—	—	—	100	85~100	—	0~10

種類	呼び名	粒度 範囲	ふるいを通るものの質量百分率 %									
			JIS Z8801-1に規定する金属製網ふるいの公称目開き									
			53 mm	37.5 mm	31.5 mm	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	425 μm	75 μm
粒度調整 溶融スラグ	MM-40	40~0	100	95~100	—	—	60~90	—	30~65	20~50	10~30	2~10
	MM-30	30~0	—	100	95~100	—	60~90	—	30~65	20~50	10~30	2~10
	MM-25	25~0	—	—	100	95~100	—	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
クラッシュラン 溶融スラグ	CM-40	40~0	100	95~100	—	—	50~80	—	15~40	5~25	—	—
	CM-30	30~0	—	100	95~100	—	55~85	—	15~45	5~30	—	—
	CM-25	20~0	—	—	—	100	95~100	60~90	20~50	10~35	—	—

〈検査項目のまとめ〉

項目	単粒度 溶融スラグ	溶融スラグ 細骨材	粒度調整 溶融スラグ	クラッシュラン 溶融スラグ
外観	○	○	○	○
有害物質の溶出量	○	○	○	○
有害物質の含有量	○	○	○	○
粒度	○	○	—	—
	—	—	○	○
表乾密度	○	○	—	—
吸水率	○	○	—	—
すりへり減量	○	—	—	—
	—	—	○	—
修正CBR	—	—	○	○

(3) (参考)道路用鉄鋼スラグ (JIS A5015)¹²(抜粋)

〈種類及び呼び名〉

種類	呼び名	用途(参考)
水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	HMS-25	上層路盤材用
粒度調整鉄鋼スラグ	MS-25	上層路盤材用
クラッシュラン鉄鋼スラグ	CS-40	下層路盤材用
	CS-30	
	CS-20	
単粒度製鋼スラグ	SS-20	加熱アスファルト混合物用
	SS-13	
	SS-5	
クラッシュラン製鋼スラグ	CSS-30	歴青安定処理(加熱混合)用
	CSS-20	

〈外観〉

細長いものまたは薄いもの、ごみ、泥、有機物などを有害量ふくんでいてはならない。

〈物理的性状〉

項目	水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	粒度調整鉄鋼スラグ	クラッシュラン鉄鋼スラグ
呈色判定	呈色ないもの*1		
水浸膨張比	1.5%以下*2		
粒度	別表のとおり		
単位容積質量	1.50kg/L以上		—
一軸圧縮強さ	12kgf/cm ² (1.2N/mm ²)	—	—
修正CBR	当事者間の協議による		

*1 高炉徐冷スラグのみ

*2 製鋼スラグを用いた鉄鋼スラグのみ

項目	単粒度製鋼スラグ	クラッシュラン製鋼スラグ
水浸膨張比	2.0%以下	2.0%以下
粒度	別表のとおり	別表のとおり
表乾比重	2.45以上	—
吸水率(%)	3.0以下	—
すり減り減量(%)	30以下	50以下

¹²出典: 「2009年版 JIS ハンドブック 12 土木Ⅱ(土木資材/建設用機械・用具)」(日本規格協会)

〈単粒度製鋼スラグ〉

呼び名	粒度 範囲	ふるいを通るものの質量百分率 %						
		JIS Z8801-1に規定する金属製網ふるいの公称目開き						
		26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	1.18 mm	75 μm
SS-20	20~13	100	85~100	0~15	—	—	—	—
SS-13	13~5	—	100	85~100	0~15	—	—	—
SS-5	5~2.5	—	—	100	85~100	0~25	0~5	—

〈水硬性粒度調整鉄鋼スラグ、粒度調整鉄鋼スラグ及びクラッシュラン鉄鋼スラグ〉

呼び名	粒度 範囲	ふるいを通るものの質量百分率 %									
		JIS Z8801-1に規定する金属製網ふるいの公称目開き									
		53 mm	37.5 mm	31.5 mm	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	425 μm	75 μm
HMS-25	25~0	—	—	100	95~100	—	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
MS-25	25~0	—	—	100	95~100	—	55~85	30~65	20~50	10~30	2~10
CS-40	40~0	100	95~100	—	—	50~80	—	15~40	5~25	—	—
CS-30	30~0	—	100	95~100	—	55~85	—	15~45	5~30	—	—
CS-20	20~0	—	—	—	100	95~100	60~90	20~50	10~35	—	—

〈クラッシュラン製鋼スラグ〉

呼び名	粒度 範囲	ふるいを通るものの質量百分率 %									
		JIS Z8801-1に規定する金属製網ふるいの公称目開き									
		53 mm	37.5 mm	31.5 mm	26.5 mm	19 mm	13.2 mm	4.75 mm	2.36 mm	425 μm	75 μm
CSS-30	30~0	—	100	95~100	—	55~85	—	15~45	5~30	—	—
CSS-20	20~0	—	—	—	100	95~100	60~90	20~50	10~35	—	—

〈検査項目のまとめ〉

項目	水硬性粒度調整鉄鋼スラグ	粒度調整鉄鋼スラグ	クラッシュラン鉄鋼スラグ	単粒度製鋼スラグ	クラッシュラン製鋼スラグ
外観	○	○	○	○	○
呈色判定	○	○	○	—	—
水浸膨張比	○	○	○	—	—
	—	—	—	○	—
	—	—	—	—	○
粒度	○	○	○	—	—
	—	—	—	○	—
	—	—	—	—	○
単位容積質量	○	○	—	—	—
一軸圧縮強さ	○	—	—	—	—
表乾比重	—	—	—	○	—
吸水率	—	—	—	○	—
すりへり減量	—	—	—	○	—
	—	—	—	—	○
修正CBR	○	○	○	—	—

(4) 「舗装設計施工指針(平成 18 年版)」(社団法人日本道路協会)¹³(抜粋)

〈碎石の品質の目標値〉

用途	項目	表乾密度 g/cm ³	吸水率 %	すり減り減量 %
表層・基層		2.45以上	3.0以下	30以下
上層路盤		—	—	50以下

〈耐久性の目標値〉

用途	項目	損失量 %
表層・基層		12以下
上層路盤		20以下

〈粒状材料の品質規格〉

材料名	項目	修正CBR %	PI
粒度調整碎石		80以上	4以下
クラッシュラン		20以上	6以下

¹³ 出典：「舗装設計施工指針(平成 18 年版)」(日本道路協会)

(5) 「舗装再生便覧」(社団法人日本道路協会)¹⁴(抜粋)

〈下層路盤に用いる再生材の品質〉

科目	工法・材料	修正CBR %	一軸圧縮強さ MPa	PI
適用				
自動車の交通 量が少ない道 路(簡易舗装)	再生クラッシュラン	10以上	—	9以下
アスファルト 舗装	再生クラッシュラン	20以上	—	6以下
	再生セメント安定処理	—	材令7日、 10(1.0)	—
	再生石灰安定処理	—	材令10日、 7(0.7)	—
セメント コンクリート 舗装	再生クラッシュラン	20以上	—	6以下
	再生セメント安定処理	—	材令7日、 10(1.0)	—
	再生石灰安定処理	—	材令10日、 7(0.7)	—

※ 再生クラッシュランに用いるセメントコンクリート再生骨材は、すりへり減量が50%以下でなければならない。
 ※ 再生クラッシュランの材料として路盤再生骨材もしくは路盤発生材を用いる場合のみPIの規定を適用する。

〈下層路盤で安定処理に用いる材料の望ましい品質〉

材料	修正CBR %	PI	最大粒径 mm
再生セメント安定処理用材料	10以上	9以下	50以下
再生石灰安定処理用材料	10以上	6~18	50以下

¹⁴ 出典：「舗装再生便覧」(日本道路協会)

〈上層路盤に用いる再生材の品質〉

項目	工法・材料	修正CBR %	一軸圧縮強さ MPa	マーシャル 安定度 kN	その他の品質
適用					
自動車の交通 量が少ない 道路 (簡易舗装)	再生粒度調整砕石	60以上	—	—	PI4以下
	再生加熱アスファルト安定処理	—	—	350 以上 (3.43以上)	フロー値 10~40
	再生セメント安定処理	—	材令7日 25(2.5)	—	
	再生石灰安定処理	—	材令10日 7(0.7)	—	
アスファルト 舗装	再生粒度調整砕石	80以上	—	—	
	再生加熱アスファルト安定処理	—	—	350 以上 (3.43以上)	
	再生セメント安定処理	—	材令7日 30(2.9)	—	
	再生石灰安定処理	—	材令10日 10(1.0)	—	
セメントコンク リート舗装	再生粒度調整砕石	80以上	—	—	
	再生加熱アスファルト安定処理	—	—	350 以上 (3.43以上)	
	再生セメント安定処理	—	材令7日 20(2.0)	—	
	再生石灰安定処理	—	材令10日 10(1.0)	—	

7.3.3 コンクリート用骨材規格

(1) コンクリート用砕石及び砕砂 (JIS A5005)¹⁵(抜粋)

〈種類及び粒の大きさによる区分〉

種類	粒の大きさによる区分	粒の大きさの範囲 mm
砕石	砕石4005	40～5
	砕石2505	25～5
	砕石2005	20～5
	砕石1505	15～5
	砕石1305	13～5
	砕石1005	10～5
	砕石8040	80～40
	砕石6040	60～40
	砕石4020	40～20
	砕石2515	25～15
	砕石2015	20～15
	砕石2513	15～13
	砕石2013	20～13
	砕石2510	25～10
	砕石2010	20～10
砕砂	砕砂	5以下

〈アルカリシリカ反応性による区分〉

区分	摘要
A	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害”
B	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害でない” またはこの試験を行っていないもの

〈品質〉

ごみ、泥、有機不純物、その他コンクリートに有害なものを有害量含んでいてはならない。

〈物理的性質〉

項目	砕石	砕砂
絶乾密度 (g/cm ³)	2.5 以上	2.5 以上
吸水率 (%)	3.0 以下	3.0 以下
安定性試験における損失質量分率 (%)	12 以下	10 以下
すりへり減量 (%)	40 以下	—

¹⁵出典: 「2009年版 JIS ハンドブック 12 土木Ⅱ(土木資材/建設用機械・用具)」(日本規格協会)

〈粒度〉

粒の大きさによる区分		各ふるいを通過する質量分率 %															
		ふるいの呼び寸法 mm															
		100	80	60	50	40	25	20	15	13	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
砕石	4005				100	95~ 100		35~ 70			10~ 30	0~ 5					
	2505					100	95~ 100		30~ 70			0~ 10	0~ 5				
	2005						100	90~ 100			20~ 55	0~ 10	0~ 5				
	1505							100	90~ 100		40~ 70	0~ 15	0~ 5				
	1305								100	85~ 100		0~ 15	0~ 5				
	1005									100	90~ 100	0~ 15	0~ 5				
	8040	100	90~ 100	45~ 70		0~ 15		0~ 5									
	6040		100	90~ 100	35~ 70	0~ 15		0~ 5									
	4020				100	90~ 100	20~ 55	0~ 15			0~ 5						
	2515					100	95~ 100		0~ 15		0~ 5						
	2015						100	90~ 100	0~ 15		0~ 5						
	2513					100	95~ 100			0~ 15	0~ 5						
	2013						100	85~ 100		0~ 15	0~ 5						
	2510					100	95~ 100				0~ 10	0~ 5					
2010						100	90~ 100			0~ 10	0~ 5						
砕砂	—									100	90~ 100	80~ 100	50~ 90	25~ 65	10~ 35	2~ 15	

〈粒形・微粒分量〉

規定あり

〈アルカリシリカ反応性〉

原石の採取地が同じ場合に限り、その原石から製造される代表的な砕石の試験結果を他の砕石及び砕砂に用いることができる。

〈製造方法〉

- a) 原石は、表土、その他の不純物を除去したものを使用しなければならない。また、原石は、強硬で耐久的な石質をもつものとし、破碎時にへん平な形状になったり、ひび割れを生じる恐れのないものとする。
- b) 砕砂は、砕砂用の製造工程に基づいて製造する。また、砕石製造時に発生するダスト、ぜい弱部などは、原石として使用できない。
- c) 運搬及び貯蔵にあたっては、分離しないように、かつ、不純物の混入を防ぐようにしなければならない。

(2) コンクリート用再生骨材 H (JIS A5021)¹⁶(抜粋)

〈種類〉

種類	記号	摘要
再生粗骨材H	RHG	原コンクリートに対し、破碎、磨砕等の高度な処理を行い、必要に応じて粒度調整した粗骨材
再生細骨材H	RHS	原コンクリートに対し、破碎、磨砕等の高度な処理を行い、必要に応じて粒度調整した細骨材

〈粒度による区分〉

区分	粒の大きさの範囲 mm	記号
再生粗骨材 H2505	25～ 5	RHG2505
再生粗骨材 H2005	20～ 5	RHG2005
再生粗骨材 H1505	15～ 5	RHG1505
再生粗骨材 H4020	40～20	RHG4020
再生粗骨材 H2515	25～15	RHG2515
再生粗骨材 H2015	20～15	RHG2015
再生細骨材 H	5 以下	RHS

〈アルカリシリカ反応性による区分〉

区分	摘要
A	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害”
B	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害でない” またはこの試験を行っていないもの

〈品質〉

コンクリートの品質に悪影響を及ぼす不純物を有害量含んでいてはならない。

〈不純物の上限値〉

分類	不純物の内容	上限値 (%)
A	タイル、れんが、陶磁器類、 アスファルトコンクリート塊	2.0
B	ガラス片	0.5
C	石こう及び石こうボード片	0.1
D	その他無機系ボード片	0.5
E	プラスチック片	0.5
F	木片、紙くず、アスファルト塊等	0.1
	不純物量の合計(全不純物量)	3.0

¹⁶出典：「2009年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」(日本規格協会)

〈物理的性質〉

項目		再生粗骨材 H	再生細骨材 H
絶乾密度	(g/cm ³)	2.5 以上	2.5 以上
吸水率	(%)	3.0 以下	3.5 以下
すりへり減量	(%)	35 以下	—
微粒分量	(%)	1.0 以下	7.0 以下

〈粒度〉

区分	ふるいを通る質量分率 %											
	ふるいの呼び寸法 mm											
	50	40	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
再生粗骨材 H2505		100	95~ 100		30~ 70		0~ 10	0~ 5				
再生粗骨材 H2005			100	90~ 100		20~ 55	0~ 10	0~ 5				
再生粗骨材 H1505				100	90~ 100	40~ 70	0~ 15	0~ 5				
再生粗骨材 H4020	100	90~ 100	20~ 55	0~ 15		0~ 5						
再生粗骨材 H2515		100	95~ 100		0~ 10	0~ 5						
再生粗骨材 H2013			100	90~ 100		0~ 10	0~ 5					
再生細骨材 H						100	90~ 100	80~ 100	50~ 90	25~ 65	10~ 35	2~ 15

〈粒形〉

規定あり

〈アルカリシリカ反応性〉

(再生粗骨材H) 次のすべての条件を満足する場合、無害とする。

- a) 原粗骨材のすべてが、特定され、かつ試験成績書等またはアルカリシリカ反応性試験で無害と判定される。
- b) 再生粗骨材Hが、アルカリシリカ反応性試験で無害とされる。

(再生細骨材H) 次のすべての条件を満足する場合、無害とする。

- a) 原粗骨材及び細骨材のすべてが、特定され、かつ試験成績書等またはアルカリシリカ反応性試験で無害と判定される。
- b) 再生細骨材Hが、アルカリシリカ反応性試験で無害とされる。

〈塩化物量〉

塩化物量(NaCl換算値)は、0.04%以下でなければならない。
ただし、購入者の承認を得て、その限度を0.1%以下とすることができる。

〈製造方法〉

- a) 原コンクリートは、明らかにアルカリシリカ反応など骨材に起因する変状が生じているものを使用してはならない。
- b) 原コンクリートは、塩化物を多量に含むものを使用してはならない。
- c) 原コンクリートは、不純物が多く混入しているものを使用してはならない。
- d) 原コンクリートは、十分に硬化していないものを使用してはならない。
- e) 洗浄水には、海水を使用してはならない。
- f) 再生骨材Hは、分離しないように、かつ、不純物の混入を防ぐように貯蔵しなければならない。
- g) アルカリシリカ反応性による区分Aの再生骨材Hは、原コンクリートの貯蔵、再生骨材Hの製造・貯蔵・出荷などの各製造段階において、区分Bの再生骨材Hと混ざらないように扱わなければならない。

附属書1(規定) 原骨材の特定方法

〈適用範囲〉

この附属書は、コンクリート用再生骨材Hの原骨材を特定する方法を定めたものである。

〈特定方法〉

原骨材の特定は次によって、構造物ごとに行うものとする。

- a) 原骨材に関する記録がある場合
解体構造物等の工事記録、原コンクリートの配合報告書、原骨材の試験成績書などによって、原骨材の種類、及び産地または品名を明らかにできる場合、原骨材は、特定されたものとして扱う。
- b) 原骨材に関する記録がない場合
解体構造物等の工事記録、原コンクリートの配合報告書、原骨材の試験成績書などによって、原骨材の種類、及び産地または品名を明らかにできない場合、原コンクリートの一部を取り出し、原骨材の色、形、大きさなどを観察する。観察の結果、原骨材の種類とその数が判別できる場合、原コンクリートに含まれる原骨材のすべてを産地及び品名が不明のまま特定されたものとして扱う。

(3) コンクリート用再生骨材 M (JIS A5022 附属書 A)¹⁷(抜粋)

〈種類〉

種類	記号	摘要
再生粗骨材H	RMG	原コンクリートに対し、破碎、磨砕等の処理を行い、必要に応じて粒度調整した粗骨材
再生細骨材H	RMS	原コンクリートに対し、破碎、磨砕等の処理を行い、必要に応じて粒度調整した細骨材

〈粒度による区分〉

区分	粒の大きさの範囲 mm	記号
再生粗骨材 M2505	25～ 5	RMG2505
再生粗骨材 M2005	20～ 5	RMG2005
再生粗骨材 M1505	15～ 5	RMG1505
再生粗骨材 M4020	40～20	RMG4020
再生粗骨材 M2515	25～15	RMG2515
再生粗骨材 M2015	20～15	RMG2015
再生細骨材 M	5 以下	RMS

〈アルカリシリカ反応性による区分〉

区分	摘要
A	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害”
B	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害でない” またはこの試験を行っていないもの

〈品質〉

コンクリートの品質に悪影響を及ぼす不純物を有害量含んでいてはならない。

〈不純物の上限値〉

分類	不純物の内容	上限値 (%)
A	タイル、れんが、陶磁器類、 アスファルトコンクリート塊	2.0
B	ガラス片	0.5
C	石こう及び石こうボード片	0.1
D	その他無機系ボード片	0.5
E	プラスチック片	0.5
F	木片、紙くず、アスファルト塊等	0.1
	不純物量の合計(全不純物量)	3.0

¹⁷出典: 「2009 年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」(日本規格協会)

〈物理的性質〉

項目	再生粗骨材 M	再生細骨材 M
絶乾密度 (g/cm ³)	2.3 以上	2.2 以上
吸水率 (%)	5.0 以下	7.0 以下
微粒分量 (%)	1.5 以下	7.0 以下

〈粒度〉

区分	ふるいを通る質量分率 %											
	ふるいの呼び寸法 mm											
	50	40	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
再生粗骨材 M2505		100	95~100		30~70		0~10	0~5				
再生粗骨材 M2005			100	90~100		20~55	0~10	0~5				
再生粗骨材 M1505				100	90~100	40~70	0~15	0~5				
再生粗骨材 M4020	100	90~100	20~55	0~15		0~5						
再生粗骨材 M2515		100	95~100		0~10	0~5						
再生粗骨材 M2013			100	90~100		0~10	0~5					
再生細骨材 M						100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15

〈粒形〉

規定あり

〈アルカリシリカ反応性〉

(再生粗骨材M) 次のすべての条件を満足する場合、無害とする。

- 原粗骨材及び原細骨材のすべてが、特定され、かつ試験成績書等またはアルカリシリカ反応性試験(原骨材ごと)で無害と判定される。
- 再生粗骨材Mが、アルカリシリカ反応性試験で無害とされる。
ただし原粗骨材及び原細骨材のすべてがアルカリシリカ反応性試験によって無害と判定された区分Aの再生粗骨材Mのアルカリシリカ反応性試験は省略することができる。

(再生細骨材M) 次のすべての条件を満足する場合、無害とする。

- 原粗骨材及び原細骨材のすべてが、特定され、かつ試験成績書等またはアルカリシリカ反応性試験(原骨材ごと)で無害と判定される。
- 再生細骨材Mが、アルカリシリカ反応性試験で無害とされる。
ただし原粗骨材及び原細骨材のすべてがアルカリシリカ反応性試験によって無害と判定された区分Aの再生細骨材Mのアルカリシリカ反応性試験は省略することができる。

〈塩化物量〉

塩化物量(NaCl換算値)は、0.04%以下でなければならない。
ただし、購入者の承認を得て、その限度を0.1%以下とすることができる。

〈製造方法〉

- a) 原コンクリートは、明らかにアルカリシリカ反応など骨材に起因する変状が生じているものを使用してはならない。
- b) 原コンクリートは、十分に硬化していないものを使用してはならない。
- c) 原コンクリートは、塩化物を多量に含むものを使用してはならない。
- d) 原コンクリートは、不純物が多く混入しているものを使用してはならない。
- e) 洗浄水には、海水を使用してはならない。
- f) 再生骨材Hは、分離しないように、かつ、不純物の混入を防ぐように貯蔵しなければならない。
- g) 同一の製造設備を用いて再生骨材M以外の製品を製造している場合、再生骨材Mに異物が混入しないように、その製造に先立ち製造設備を清掃する。また、異物が混入した再生骨材Mは、再生骨材Mとして扱ってはならない。
- g) アルカリシリカ反応性による区分Aの再生骨材Mは、原コンクリートの貯蔵、再生骨材Mの製造・貯蔵・出荷などの各製造段階において、区分Bの再生骨材Mと混ざらないように扱わなければならない。

(4) コンクリート用溶融スラグ骨材 (JIS A5031)¹⁸(抜粋)

〈種類〉

種類	記号	摘要
粗骨材	MG	一般廃棄物及び下水汚泥の溶融固化施設から有効利用を目的に産出される溶融物を冷却固化し、粒度調整したもの。
細骨材	MS	

〈粒の大きさによる区分〉

区分	粒の大きさの範囲 mm	記号
溶融スラグ粗骨材 2005	20～5	MG20-05
溶融スラグ粗骨材 2015	20～15	MG20-15
溶融スラグ粗骨材 1505	15～5	MG15-05
5mm 溶融スラグ細骨材	5 以下	MS5
2.5mm 溶融スラグ細骨材	2.5 以下	MS2.5
1.2mm 溶融スラグ細骨材	1.2 以下	MS1.2
5-0.3mm 溶融スラグ細骨材	5～0.3	MS5-0.3

〈アルカリシリカ反応性による区分〉

区分	摘要
A	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害”
B	アルカリシリカ反応性試験の結果が”無害でない” またはこの試験を行っていないもの

〈品質〉

保管中及びコンクリートとして使用した時に、その使用環境及びコンクリートの品質にそれぞれ悪影響を及ぼす物質を有害量含んではならない。

¹⁸出典：「2009年版 JIS ハンドブック 54 リサイクル」(日本規格協会)

〈有害物質の溶出量基準〉

項目	溶出量基準
カドミウム	0.01 mg/L 以下
鉛	0.01 mg/L 以下
六価クロム	0.05 mg/L 以下
ひ素	0.01 mg/L 以下
総水銀	0.0005 mg/L 以下
セレン	0.01 mg/L 以下
ふっ素	0.8 mg/L 以下
ほう素	1.0 mg/L 以下

〈有害物質の含有量基準〉

項目	含有量基準
カドミウム	150 mg/kg 以下
鉛	150 mg/kg 以下
六価クロム	250 mg/kg 以下
ひ素	150 mg/kg 以下
総水銀	15 mg/kg 以下
セレン	150 mg/kg 以下
ふっ素	4,000 mg/kg 以下
ほう素	4,000 mg/kg 以下

〈化学成分〉

項目		溶融スラグ粗骨材
		溶融スラグ細骨材
塩化カルシウム (CaOとして)	(%)	45.0 以下
全硫黄 (Sとして)	(%)	2.0 以下
三酸化硫黄 (SO ₃ として)	(%)	0.5 以下
金属鉄 (Feとして)	(%)	1.0 以下
塩化物 (NaClとして)	(%)	0.04 以下

〈膨張性〉

使用したモルタルの膨張率が2.0%以下

〈物理的性質〉

項目		溶融スラグ粗骨材	溶融スラグ細骨材
		絶乾密度	(g/cm ³)
吸水率	(%)	3.0 以下	3.0 以下
安定性	(%)	12 以下	10 以下
粒形判定実績率	(%)	55 以上	53 以上
微粒分量(*)	(%)	1.0 以下	7.0 以下

* コンクリート表面がすりへり作用を受けるものは、溶融スラグ細骨材では5.0%以下

〈粒度〉

区分	ふるいを通るものの質量百分率 %									
	ふるいの呼び寸法 mm									
	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
熔融スラグ粗骨材 2005	100	90～ 100		20～ 55	0～ 10	0～ 5				
熔融スラグ粗骨材 2015	100	90～ 100		0～ 10	0～ 5					
熔融スラグ粗骨材 1505		100	90～ 100	40～ 70	0～ 15	0～ 5				
5mm 熔融スラグ細骨材				100	90～ 100	80～ 100	50～ 90	25～ 65	10～ 35	2～ 15
2.5mm 熔融スラグ細骨材				100	95～ 100	85～ 100	60～ 95	30～ 70	10～ 45	5～ 20
1.2mm 熔融スラグ細骨材					100	95～ 100	80～ 100	35～ 80	15～ 50	10～ 30
5-0.3mm 熔融スラグ細骨材				100	95～ 100	45～ 100	10～ 70	0～ 40	0～ 15	0～ 10

〈粒形・微粒分量〉

規定あり

〈アルカリシリカ反応性〉

熔融スラグ骨材のアルカリシリカ反応性は、区分Bとみなす。
 なお、“無害”または“無害でない”と判定する場合には、試験を行う。
 (参考) 区分Bの熔融スラグ骨材を用いる場合は、JIS A5308附属書2(規定)によって抑制対策を行う。

(5) 建築工事標準仕様書 JASS 5(鉄筋コンクリート工事)(日本建築学会)¹⁹(抜粋)

(砂利・砂の品質)

項目	砂利	砂
絶乾密度 (g/cm ³)	2.5 以上	2.5 以上
吸水率 (%)	3.0 以下	3.5 以下
粘土塊量 (%)	0.25以下	1.0以下
微粒分量 (%)	1.0以下	3.0以下
有機不純物	—	標準色液または色見本の色より淡い
塩化物(NaClとして) (%)	—	0.04以下(*)
安定性試験における損失質量分率 (%)	12 以下	10 以下
すりへり減量 (%)	40 以下	—

* 計画共用期間の級が長期及び超長期の場合は、0.02(%)以下とする。

〈粒度〉

種類		ふるいを通るものの質量分率(%)												
		50	40	30	25	20	15	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
砂利	40	100	95~100			35~70		10~30	0~5					
	25			100	95~100		30~70		0~10	0~5				
	20				100	90~100		20~55	0~10	0~5				
砂	—							100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~10(*)

* 砕砂またはスラグ砂を混合して使用する場合の混合した細骨材は15%とする。

¹⁹ 出典：「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」(日本建築学会)

7.3.4 秋田県溶融スラグ使用基準

「秋田県溶融スラグ使用基準」(H19.2)²⁰の概要は次のとおりである。

1. 環境安全性に係る管理項目

有害物質の溶出及び含有量等はJIS A5031 及び JIS A5032 による。
ただし、基準値の3倍以内、かつ、他骨材との混合によりすべての規格を満足する品質が確保されていれば、その使用を可とする暫定措置が講じられているが、秋田県においては、より安全を期すため、これを適用しない。

2. 品質の確認: 発生者等

- ① 発生者等は、原則として1か月に1回以上の頻度で試料を採取し、有害物質の溶出・含有試験を実施すること。(1年間以上、基準を満たすことが確認できた場合は、3か月に1回以上の頻度とすることができる)
その他検査項目(外観・粒度・化学成分・物理的性質)は3か月に1回以上の頻度で実施すること。
- ② 溶融固化施設管理者と溶融スラグ販売者が異なる場合は、両者協議のうえ、品質管理等に係る責任の所在を明確にしておくこと。
- ③ 発注者等は、当該年度分の品質記録等を県に提出すること。5年間保存すること。

3. 品質の確認: 溶融スラグ使用者

- ① 使用者は、溶融スラグの品質諸元が明らかなことを確認すること。
また、環境安全性の基準を満たしていない溶融スラグを使用してはならない。

〈溶融スラグの品質諸元確認事項〉

種類及び呼び名/製造施設名及び製造年月日/品質管理者名/環境安全性試験実施期間及び試験年月日/環境安全性管理(試験結果)/数量/整粒処理(破碎・磨砕)の有無/磁力選別等による金属除去の有無/その他関連資料(粒度、化学成分、物理的性質等)

- ② 使用者は、品質記録等を5年間保存すること。

4. 外観等

溶融スラグは、異物または鋭利な破片などを相当量含まないこと。

5. 道路用材としての利用

(アスファルト混合物への利用)

(1) 溶融スラグ細骨材の品質

溶融スラグ細骨材は、アスファルト混合物の品質に悪影響を及ぼす物質を相当量含んではならない。
また、その性質は、一般の場合、「JIS A5001道路用碎石」「JIS A5032 一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を溶融固化した道路用溶融スラグ」に示される規定を目安とすること。

²⁰出典: 「秋田県溶融スラグ使用基準」(平成 19 年 2 月)

秋田県ホームページ(<http://www.pref.akita.lg.jp/www/contents/1172109687755/files/slagstandard1902.pdf>)

〈粒度〉

ふるいの呼び寸法	4.75mm	2.36mm	1.18mm	75 μm
ふるいを通るものの 質量百分率(%)	100	85~100	—	0~10

ただし、この粒度分布を満足しない場合でも、他骨材との混合後の粒度分布がアスファルト混合物の種類に応じた所定の粒度を満足する場合は、その利用をさまたげない。

〈物理的性質〉

項目	規格値
表乾密度	2.45g/cm ³ 以上
吸水率	3.0%以下
金属鉄(Feとして)	1.0%以下

(2) 配合検討

- ① 熔融スラグの混合率は、骨材全体量の10%以下を標準とする。
- ② 配合設計は、原則としてマーシャル安定度試験により行い、マーシャル特性値から最適アスファルト量を求めるものとする。
- ③ 耐流動対策、耐摩耗対策及び耐はく離防止対策等が求められる場合には、所要の検討試験等を行い、適応性を評価するものとする。

(路盤材等への利用)

アスファルト混合物としての品質を満足する熔融スラグは、砂の代替材として、熔融スラグ単体または他の骨材と混合して、路盤・路床材等に使用することができる。

(埋め戻し材、クッション材等としての利用)

アスファルト混合物としての品質を満足する熔融スラグは、砂の代替材として、熔融スラグ単体または他の骨材と混合して、埋め戻し材や配管クッション材等に使用することができる。

(コンクリート用骨材としての利用)

(1) 熔融スラグ細骨材の品質

熔融スラグ細骨材は、コンクリートの品質に悪影響を及ぼす物質を有害量含んではならない。また、その性質は、一般の場合、「コンクリート標準示方書」JIS A5031 一般廃棄物、下水汚泥またはそれらの焼却灰を熔融固化したコンクリート用熔融スラグ骨材」に示される規定を目安とすること。

〈化学成分〉

項目	規格値
酸化カルシウム(CaOとして)	45.0%以下
全硫黄(Sとして)	2.0%以下
三酸化硫黄(SO ₃ として)	0.5%以下
金属鉄(Feとして)	1.0%以下
塩化物量(NaClとして)	0.04%以下
モルタル膨張率	2.0%以下

〈物理的性質〉

項目	規格値
絶乾密度	2.5g/cm ³ 以上
吸水率	3.0%以下
安定性	10%以下
粒形判定実績率	53%以上
微粒分量	7.0%以下

〈粒度〉

ふるいの呼び寸法	10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm
ふるいを通るものの質量百分率(%)	100	90~100	80~100	50~90	25~65	10~35	2~15

ただし、この粒度分布を満足しない場合でも、他骨材との混合後の粒度分布がコンクリートの配合に応じた所定の粒度を満足する場合は、その利用を妨げない。

(2) 配合検討

- ① 溶融スラグの混合率は細骨材全体質量の40%以下を標準とし、細骨材の合成粒度はコンクリート標準示方書の標準を満足するものとする。
- ② コンクリート二次製品の場合、設計基準強度35N/mm²以下、生コンクリートの場合、呼び強度33以下とする。
また、いずれの場合も、耐久性を確保するため水セメント比は55%以下とするとともに、耐凍害性を確保するために、混和材料を適当量使用すること。
- ③ 溶融スラグ骨材を用いたコンクリートについては、まだ使用実績が少ないこと、長期安定性に関するデータが少ないこと等を考慮し、当面の間、コンクリート二次製品については秋田県リサイクル製品認定制度における認定取得を原則とする。また生コンクリートについては重要構造物は使用対象外とする。

—無断転載禁止—

ごみ焼却灰リサイクルの温室効果ガス排出削減・
ライフサイクル管理に関する調査研究
報告書

平成22年3月

発行者 財団法人クリーン・ジャパン・センター
東京都港区赤坂一丁目9番20号
(第16興和ビル北館6階)
TEL 03-6229-1031
URL <http://www.cjc.or.jp>