

4. 北海道におけるごみ焼却灰、不燃残さのセメント資源化の検証

4.1 エコタウン地域の取組状況

4.1.1 北海道エコタウン事業

(1) エコランド北海道 21 プラン概要

北海道では「エコランド北海道 21 プラン」として、エコタウン計画を策定した。主な内容は以下のとおりである。

- 「エコランド北海道 21 プラン」
 - 平成 12 年 6 月策定
- 特色
 - 自然と人との共生の確保、うるおい、やすらぎといった心の豊かさを感じられる快適環境「マイランド北海道」の創出を図るため、廃棄物を有用な資源としてとらえ、従来の埋立・焼却処理からリサイクル処理へ移行する際のリサイクル施設の整備を企業の技術や施設を活用して行い、地域的視点に立った循環型社会の推進を、ゼロ・エミッションを基軸として具体化するための重要なアクションプラン。
- 基本コンセプト
 - 豊かな自然環境と共生するリサイクル社会の形成
 - 農林水産業と製鉄業・製紙製造業・セメント製造業などと連携した資源循環型産業の形成
 - 埋立処分ゼロを目指した既存企業と新リサイクル産業の連携
- 対象地域
 - 「第 3 次北海道長期総合計画」に定める 6 つの地域生活経済圏（道央、道南、道北、オホーツク、十勝、釧路、根室）を包括した道全域

(2) エコランド北海道 21 プランの中核事業

表 4-1 エコランド北海道 21 プランの中核事業

施設	事業概要	実施主体
家電リサイクル施設	家電リサイクル法の対象 4 品目及び OA 機器のリサイクル施設	北海道エコリサイクルシステムズ(株) (所在地) 苫小牧市柏原
その他紙製容器包装リサイクル施設	その他紙製容器包装および古紙を原料とした家畜敷料の製造	(株)丸升増田本店 北広島エコファクトリー (所在地) 北広島市
その他のプラスチック製容器包装及び農業用廃プラスチックリサイクル施設	廃プラスチック類から塩素を抽出・再利用し、残さをコークス原料とする	※中核事業の施設の実施終了。 別施設で実施中。
焼却灰リサイクル施設	一般廃棄物の焼却灰から塩素や重金属を除去し、セメント原料とする	太平洋セメント(株) 上磯工場 (所在地) 北斗市谷好

4.2 モデル事業

4.2.1 モデル事業の狙い

北海道では、焼却灰のリサイクル施設（セメント工場）をエコタウン施設として位置づけており、道内の一般廃棄物の焼却灰の埋立処分量を削減するために、活用することを検討してきた。ここで、北海道の地理的な特性から長距離輸送が必要となるため、鉄道コンテナ輸送を用いて物流費の削減を図り、事業性を確保することを目指している。以上を実証するためにモデル事業を検討した。

(1) 背景

- 北海道では、他の地域に比べて最終処分場の立地の制約が少ない状況と見なされるが、実際は最終処分場の立地が容易でない。
- 平成 21 年度の北海道における最終処分量は 47 万トンであり、そのうち焼却残渣の最終処分量は 14 万トン。
- 道内に焼却灰のリサイクルポテンシャルを持つセメント工場がエコタウン施設として位置づけられている。
- ただし、道内の輸送距離が長いため、効率的な輸送手段を用いることが必要である。このため、現状では一般廃棄物の焼却灰のセメント資源化は実施されていない状況にある。

(2) 選定理由

- 平成 12 年に承認された「エコランド北海道 21 プラン」では、焼却灰リサイクル施設（セメント工場）において一般廃棄物の焼却灰をセメントの原料として活用することを中核事業の 1 つに掲げている。
- 平成 22 年に策定された「北海道循環型社会形成推進基本計画」においても、更なる最終処分量の削減目標が設定されており、焼却灰のリサイクルは重要である。
- 合わせて、上記計画では、「リサイクル関連産業を中心とした循環型社会ビジネスの振興」が方針として打ち出されており、焼却灰のセメント資源化は、この点からも取り組むべき事業として位置づけられている。

4.2.2 モデル事業に係わる各種状況

(1) 一般廃棄物焼却灰の最終処分状況

- 平成 21 年度の一般廃棄物の焼却灰の最終処分量は、3000 トン以上の 9 市で 10 万トンを超える
 - 5000 トン以上の最終処分量となる自治体が 5 市
 - ◇ 札幌、函館、苫小牧、旭川、帯広
 - 3000 トン以上の最終処分量となる自治体が 4 市
 - ◇ 釧路、北見、千歳、小樽

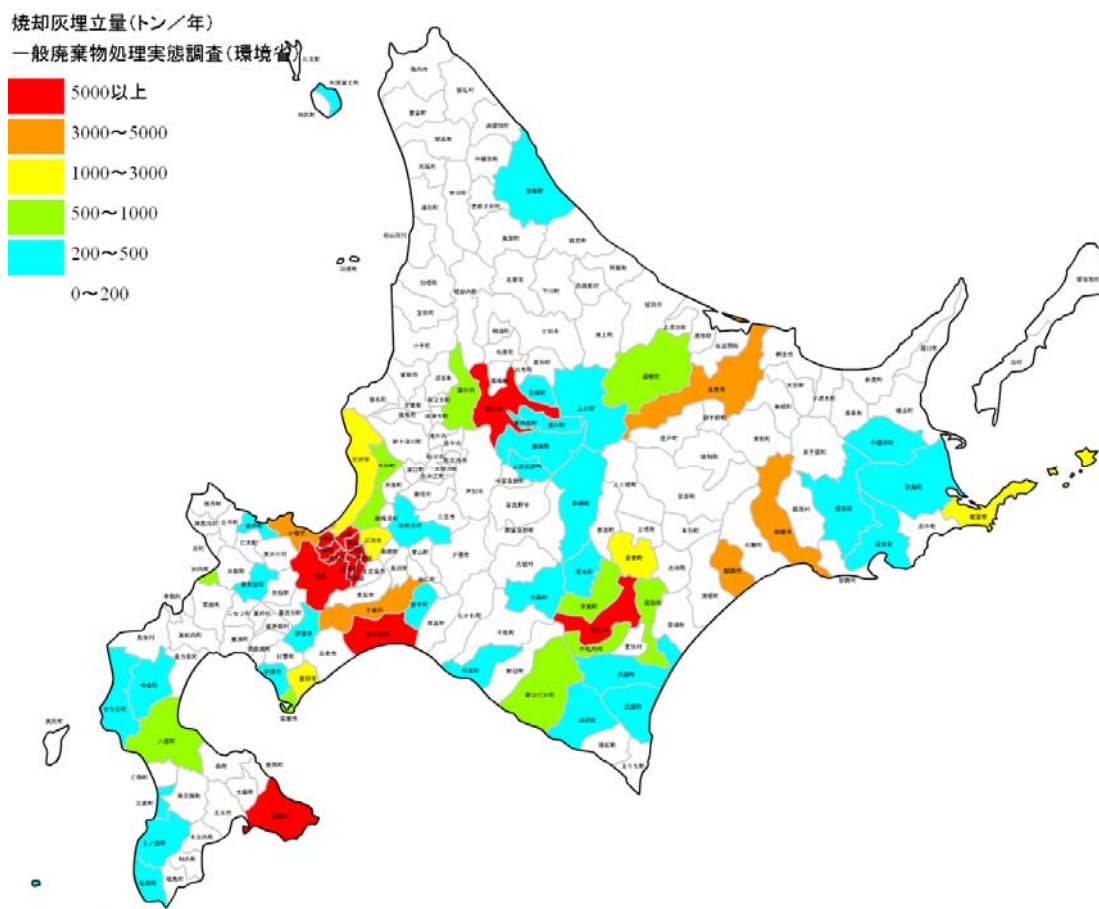


図 4-1 焼却灰埋立量の状況

表 4-2 焼却残渣量 1000t 以上の自治体（平成 21 年度）

自治体名	焼却残渣量 (t)	自治体名	焼却残渣量 (t)
札幌市	59,701	千歳市	3,208
函館市	11,968	小樽市	3,135
苫小牧市	9,941	石狩市	1,997
旭川市	7,521	登別市	1,965
帯広市	5,939	江別市	1,731
釧路市	4,006	音更町	1,290
北見市	3,327	根室市	1,254

出典：環境省「一般廃棄物処理実態調査」

(2) 北海道における焼却灰セメント資源化の課題

- 一般廃棄物焼却灰のセメント資源化
 - 一般廃棄物の焼却灰の性状は自治体（もしくは焼却施設）ごとに異なっており、この性状の違いによるセメント資源化が影響しないか検証が必要
 - 性状の違いとして、同じ自治体でも季節変動等が想定される場合は、この影響への対応についても検証が必要
- 寒冷地対策
 - 北海道は寒冷地であり、飛散防止用の水分を含んだ状態で長距離輸送した場合に凍結等の恐れがあり、資源化に影響しないか検証が必要
- 鉄道コンテナ輸送
 - 鉄道コンテナ輸送では、10 トンコンテナの使用が一般的であり、これを焼却施設からセメント工場まで輸送する際の動線が適切に確保されているか検証が必要
- 安定・継続的な資源化の実施
 - 一般廃棄物焼却灰の資源化処理は、長期継続的に実施されることが重要であり、セメント工場の稼動状況なども考慮した安定性についての検証が必要

(3) 鉄道貨物輸送拠点

- 鉄道コンテナ輸送を実施している JR 貨物の静脈物流用の主要ターミナルは、一般廃棄物焼却灰の最終処分量の多い市の立地をカバー

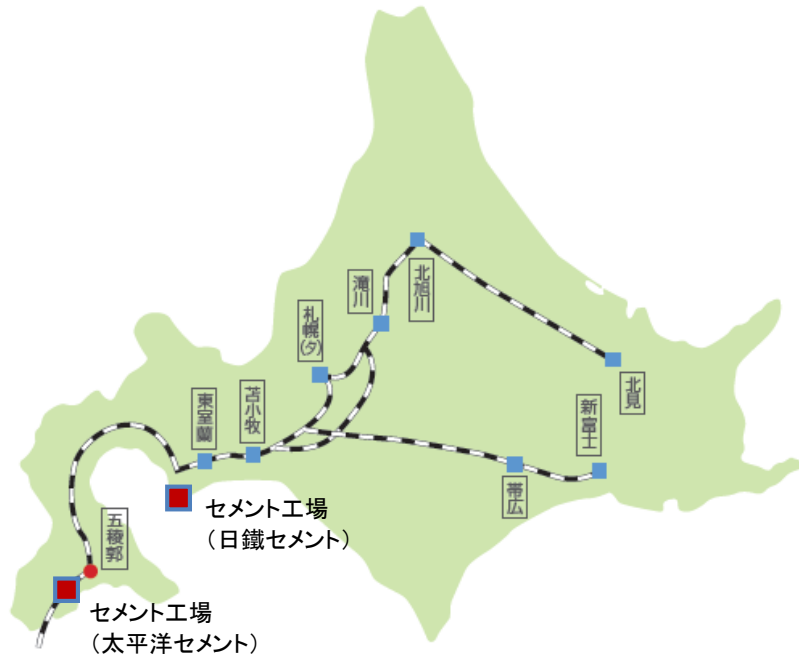


図 4-2 JR 貨物の静脈物流用主要ターミナル

表 4-3 鉄道輸送のメリット・デメリット

	メリット	デメリット
コスト面	<ul style="list-style-type: none"> ○中長距離で物流コストを低減 <ul style="list-style-type: none"> －輸送距離が概ね 500km 以上で、より大きなコストメリットが期待できる。 ○片道利用が可能 <ul style="list-style-type: none"> －配達後のコンテナは通運事業者が駅に持ち帰るため、返送経費や帰り荷の心配が不要。 ○駅での数日留め置きが可能 <ul style="list-style-type: none"> －発着の貨物駅にコンテナは最大 5 日間まで無料保管可能。短時間のストックポイントとなる。 	<ul style="list-style-type: none"> ○短距離で物流コスト高 <ul style="list-style-type: none"> －輸送距離が概ね 500km より短い場合は、トラック輸送よりもコスト高になる傾向
時間	<ul style="list-style-type: none"> ○定時制の向上 <ul style="list-style-type: none"> －ダイヤで運行しているため、道路渋滞で遅れる心配が不要。 －発着時刻が決まっているため、集貨配達前後の作業計画が立てやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> ○輸送時間が長い <ul style="list-style-type: none"> －トラック輸送に比べて、輸送時間が長くなり、生産工程や受注締切り時間を早めるなどの対応が必要になる場合がある。 ○利用できる貨物駅、輸送枠の確保などの制約 <ul style="list-style-type: none"> －トラック輸送のようにフレキシブルな輸送サービスに対応できないことがある。 －ダイヤや輸送枠の制約により、緊急輸送に適さない場合がある。
コンテナ	<ul style="list-style-type: none"> ○荷物の特性に合わせたコンテナを用意 <ul style="list-style-type: none"> －用途に応じた様々なサイズ、機能の鉄道コンテナが用意されている。 －代表的な積載量 5 トンの 12ft タイプのほか、15ft、20ft、30ft 級コンテナ、定温輸送用、保冷輸送用、タンクコンテナなど。 	<ul style="list-style-type: none"> ○コンテナ内容積の制約 <ul style="list-style-type: none"> －トラックの荷台と同等の容積を確保できないため、容積勝ち貨物には不利になる場合がある。

出典：松下電器産業株式会社・日本通運株式会社「鉄道輸送の活用促進マニュアル 電機メーカー編」
(平成 17 年度グリーン物流パートナーシップ会議モデル事業)

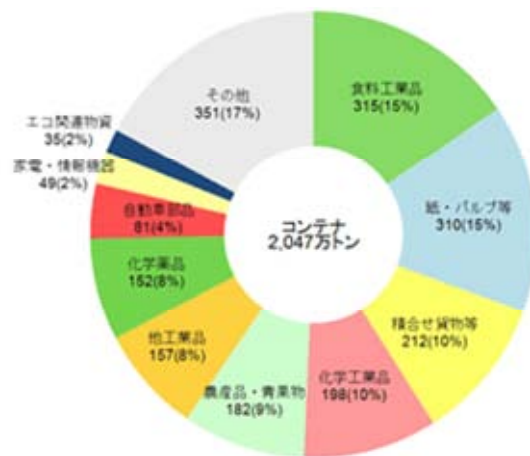
(4) JR 貨物の状況

- JR 貨物の輸送量は、ここ数年減少傾向が続いている。
- コンテナ輸送の割合は 6 割以上を占め、食料工業品や紙・パルプ等の割合が大きい。



出典：JR 貨物 HP

図 4-3 JR 貨物の輸送量の推移

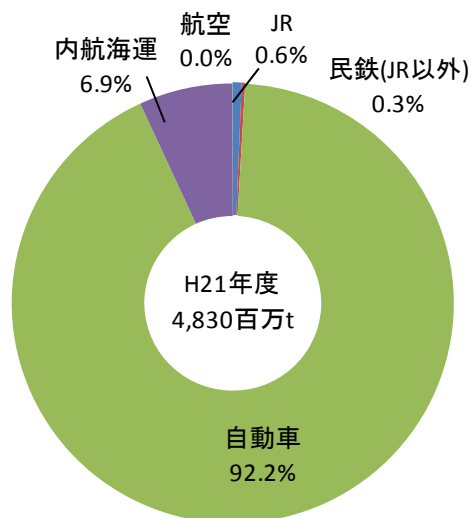


出典：JR 貨物 HP

図 4-4 コンテナ輸送量の品目別内訳（平成 22 年度）

(5) 国内貨物の輸送状況

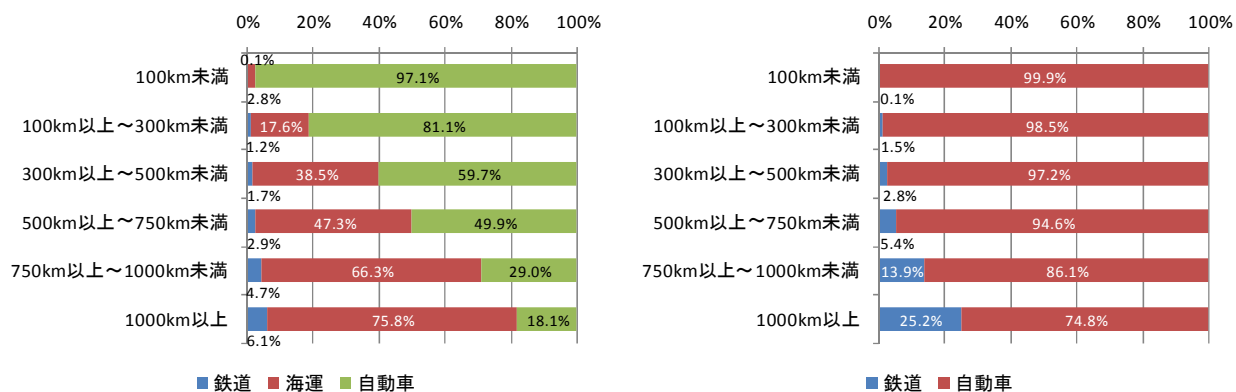
- 貨物輸送量はここ数年減少傾向が続いており、鉄道（JR、民鉄計）による貨物輸送量は4,325万トンで総貨物量の1割弱。



出典：国土交通省「交通関連統計資料集」

図 4-5 国内貨物輸送の構成比(平成21年度)

- 距離帯別の輸送機関分担率では、500km以上～750km未満を境に、500km未満では自動車のシェアが高く、750km以上では海運のシェアが高くなっている。
- 道内輸送ということを考慮し、鉄道と自動車のみで見ると、750km以上では鉄道のシェアが1割を超える。
- 平成9年度と比較すると、全体的に鉄道や海運のシェアが下がり、自動車のシェアが増大している。



出典：国土交通省「貨物・旅客地域流動調査分析資料」より作成

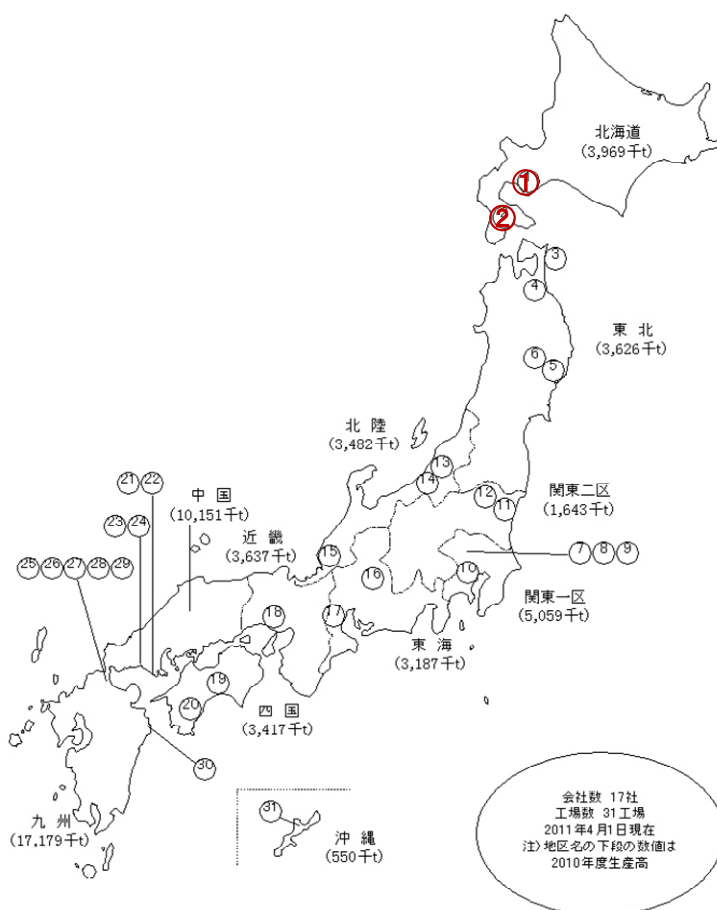
図 4-6 距離帯別輸送機関分担率（総貨物）：平成19年度

(6) 国内のセメント工場の分布

- 全国
 - 2011年4月現在、企業数17社、31工場があり、クリンカ（セメントの中間製品）製造能力は55,826千t/年
- 北海道
 - 太平洋セメント(株)と日鐵セメント(株)の2工場が道の南側に立地
 - 2010年度の道内でのセメント生産高は3,969千トン

表 4-4 北海道内のセメント工場

	社名	工場名	所在地	クリンカ製造能力 (千t/年)
①	日鐵セメント(株)	室蘭	北海道室蘭市仲町 64	833
②	太平洋セメント(株)	上磯	北海道北斗市谷好 1-151	3,604



出典：社団法人セメント協会 HP

図 4-7 全国のセメント工場の分布

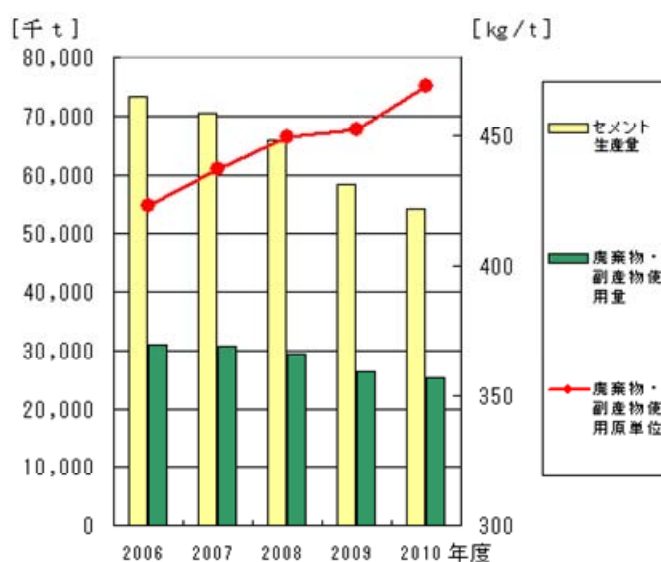
(7) 国内のセメント業界の廃棄物・副産物の使用状況

- 既存のセメント製造設備や焼成技術をベースに、20種類以上の廃棄物・副産物を他産業等から年間約25,000千トン受け入れている
- セメント業界が廃棄物・副産物を全く受け入れなくなると、産業廃棄物の最終処分場の残余容量は現状より約5年半短くなると予想される

表 4-5 セメント業界の廃棄物・副産物使用量の推移 (2006~2010)

種類	主な用途	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
高炉スラッグ	原料、混合材	9,711	9,304	8,734	7,647	7,345
石炭灰	原料、混合材	6,995	7,256	7,149	6,789	6,443
汚泥、スラッジ	原料	2,965	3,175	3,038	2,621	2,514
副産石こう	原料(添加材)	2,787	2,636	2,461	2,090	1,974
建設発生土	原料	2,589	2,643	2,779	2,194	1,931
燃えがら(石炭灰は除く)、ばいじん、ダスト	原料、熱エネルギー	982	1,173	1,225	1,124	1,261
非鉄鉱滓等	原料	1,098	1,028	863	817	654
木くず	原料、熱エネルギー	372	319	405	505	564
鑄物砂	原料	650	610	559	429	478
廃プラスチック	熱エネルギー	365	408	427	440	413
製鋼スラッグ	原料	633	549	480	348	400
廃油	熱エネルギー	225	200	220	192	269
廃白土	原料、熱エネルギー	213	200	225	204	236
再生油	熱エネルギー	249	279	188	204	195
廃タイヤ	原料、熱エネルギー	163	148	128	103	87
肉骨粉	原料、熱エネルギー	74	71	59	65	61
ボタ	原料、熱エネルギー	203	155	0	0	0
その他	-	615	565	527	518	591
合計	-	30,890	30,720	29,467	26,291	25,415
セメント1t当たりの使用量(kg/t)	-	423	436	448	451	469

出典：社団法人セメント協会 HP



出典：社団法人セメント協会 HP

図 4-8 セメント生産量と廃棄物・副産物使用量・使用原単位の推移 (2006~2010)

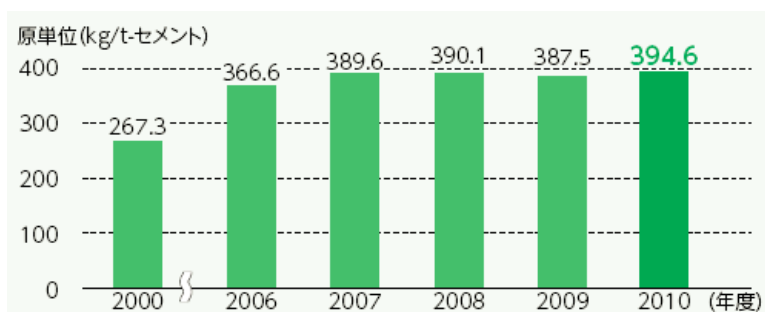
(8) 太平洋セメント(株)の廃棄物・副産物のセメント資源化実績

- 2010年度は、セメント生産量低下の影響で2009年度に比べて処理総量は低下
- セメント1トンの製造あたりに利用した廃棄物・副産物(原単位)は394.6kg

表 4-6 7工場(8事業所)、秩父太平洋セメント株式会社における廃棄物・副産物使用量の推移

	02年度	03年度	04年度	05年度	06年度	07年度	08年度	09年度	10年度
廃油※	59,776	74,060	78,058	70,072	66,307	66,157	63,293	60,347	118,197
再生油※	89,228	93,904	90,837	70,186	79,287	81,259	70,190	62,252	18,043
廃白土	4,549	2,168	1,935	3,184	3,490	2,696	19,372	14,288	19,301
廃タイヤ※	100,829	96,639	77,506	65,461	51,507	49,501	46,692	37,552	32,711
高炉スラグ	1,675,957	1,588,815	1,316,320	1,313,685	1,258,346	1,233,789	1,107,795	1,114,135	1,073,199
転炉スラグ	169,168	147,551	127,549	65,941	108,327	74,245	56,605	69,748	48,143
非鉄鉱サイ	326,461	367,065	381,749	379,287	345,052	331,820	282,232	266,639	135,333
錳物砂	159,005	180,676	184,156	200,921	236,779	247,449	200,814	134,395	168,732
未燃灰、ばいじん、ダスト	352,873	422,624	399,855	407,840	324,031	335,902	305,347	301,047	396,934
石炭灰(含むJIS灰)	2,112,047	1,990,911	2,064,738	2,217,391	2,114,838	2,131,209	1,916,754	1,902,259	1,719,077
汚泥、スラッジ	363,150	346,194	415,601	385,143	444,827	558,601	516,791	455,175	387,964
副産石膏	675,313	674,606	671,194	706,377	709,051	646,284	613,339	558,323	539,769
建設廃材	7,253	26,464	16,113	25,648	132,522	103,615	30,741	40,224	30,616
木くず※	43,715	92,835	118,147	125,727	125,374	95,651	93,620	81,016	106,386
建設発生土	8,640	152,077	523,321	747,271	909,639	761,864	748,091	562,440	521,775
廃プラスチック※	84,682	90,845	80,575	81,985	87,257	88,574	82,508	84,582	75,915
その他(原料系)	79,300	88,158	87,494	120,298	108,757	94,125	92,348	77,119	74,669
その他(燃料系)※	83,290	88,306	82,246	69,317	66,120	64,231	72,261	77,618	64,803
小計	6,395,236	6,523,897	6,717,393	7,055,734	7,171,511	6,966,973	6,318,794	5,899,157	5,531,567
都市ゴミ焼却灰	34,650	57,126	58,959	58,569	60,842	69,935	76,506	75,537	86,439
上・下水汚泥+下水汚泥焼却灰	192,076	216,991	203,679	246,988	318,119	351,295	353,205	332,840	296,397
RDF※	4,143	7,323	5,913	6,731	5,964	4,282	3,998	4,049	4,113
その他一般廃棄物	9,420	15,626	14,836	15,507	15,996	15,580	15,793	15,811	15,991
小計	240,289	297,067	283,387	327,796	400,921	441,092	449,501	428,237	402,879
廃棄物等合計	6,635,525	6,820,964	7,000,780	7,383,530	7,572,432	7,408,065	6,768,294	6,327,394	5,934,447
原料系廃棄物	6,169,862	6,277,054	6,467,499	6,894,050	7,090,617	6,958,410	6,335,732	5,919,978	5,514,278
燃料系廃棄物(※)	465,663	543,911	533,282	489,479	481,815	449,655	432,562	407,416	420,169

出典：太平洋セメント(株)「CSRレポート2011」



出典：太平洋セメント(株)「CSRレポート2011」

図 4-9 廃棄物・副産物の使用原単位推移

(9) 太平洋セメント(株)上磯工場の概要

- 現在のセメント生産状況
 - 現状の主原料：石灰石、珪石、鉄原料、各種廃棄物・副産物類（都市ごみ焼却灰は、現状 1,000 トン／年未満）
 - 都市ごみ焼却灰処理事業の拡大：専用異物除去設備設置計画中（都市ごみ焼却灰処理能力 3.5 万 t／年に拡大）
- 将来的な受入可能性
 - 北海道内全域からの受け入れを計画中。処理需要が増えれば、上記専用異物除去設備の受入処理能力拡大を図る（目標 5 万 t／年）

表 4-7 上磯工場の概要

敷地面積	46 万 7 千 m ²
主要設備	キルン 3 基（能力 175～180 t/h）
石灰石採掘量	700 万 t/年（2010 年度）
セメント生産量	312 万 t（2010 年度実績） ※品種別内訳： 普通ポルトランドセメント→ 約 70% 早強・中庸熱ポルトランドセメント→ 約 10% 高炉セメント→約 15%
廃棄物・副産物 使用量	約 112 万 t（2010 年度） 石炭灰、高炉スラグ、汚泥、副産石膏、木屑、廃タイヤ 等
備考	生産されたセメント、石灰石骨材・砕砂は、海上棧橋から大型船により道内及び首都圏へ出荷

4.2.3 実証実験計画

(1) 実証実験の狙い・目的

① 全体

- 最終処分されている一般廃棄物の焼却灰のセメント原料化による有効利用可能性を検証
- 特に、技術的な実現可能性とコスト面での実現可能性を検証

② 一般廃棄物焼却灰の鉄道コンテナ輸送の実証

- 北海道においてセメント工場の立地が道南（北斗市）であり、長距離輸送が必要となるため、輸送コスト軽減のための鉄道コンテナ輸送が可能か検証

③ 一般廃棄物焼却灰のセメント資源化

- 道内の代表的な一般廃棄物焼却灰をセメント原料として使用可能か検証

(2) 事業仮説

- 鉄道コンテナ輸送を用いて輸送コストを低減することで、現状の最終処分からセメント資源化への転換が可能
 - 輸送コストの増加額が、最終処分費用とセメント資源化費用の差額程度
 - 最終処分場の建設や環境負荷削減効果等を考慮すると、最終処分よりもセメント資源化の方がメリットが多い
 - 北海道内のセメント工場では、焼却灰の受入ポテンシャルがあり、安定的に受入が可能な状況

(3) 検証すべき課題

- 焼却灰の鉄道コンテナ輸送
 - 焼却施設からセメント工場まで焼却灰の鉄道コンテナ輸送に支障が無いか実証
 - ◇ 動線上に問題が無いことを検証
 - 冬季における焼却灰の鉄道コンテナ輸送による性状変化（凍結等）がどの程度か検証
 - ◇ 冬季でも鉄道コンテナ輸送が可能であることを検証
- 焼却灰のセメント資源化
 - 焼却灰の性状変化があっても、安定的にセメント原料として使用可能か検証
 - ◇ 自治体（焼却施設等）による焼却灰の性状差異の影響を評価
 - ◇ 冬季輸送の影響の検証（凍結等で資源化の問題が発生するか検証）

(4) 実証実験内容

① 全体

- 道内の2市から一般廃棄物焼却灰の提供を受け、道南のセメント工場に鉄道コンテナ輸送を行った上で、セメント資源化処理を実施

表 4-8 実証実験の概要

項目	内容
対象焼却灰	旭川市、千歳市 ストーカ炉焼却灰（主灰）
業務内容	① 焼却灰の輸送（鉄道貨物コンテナの活用） ② 焼却灰の焼成処理（セメント資源化）
業務数量	① 旭川市 約 160 t ② 千歳市 約 160 t
輸送方式	日本貨物鉄道積載用 20 ft 無蓋コンテナ（深あおり型 9.5 t 積載予定）
セメント資源化工場	太平洋セメント株式会社 上磯工場（北斗市谷好 1-151） 6号または8号キルン （いずれのキルンも燃え殻に関する一般廃棄物処理施設）
試験実施時期	2月1日～3月22日

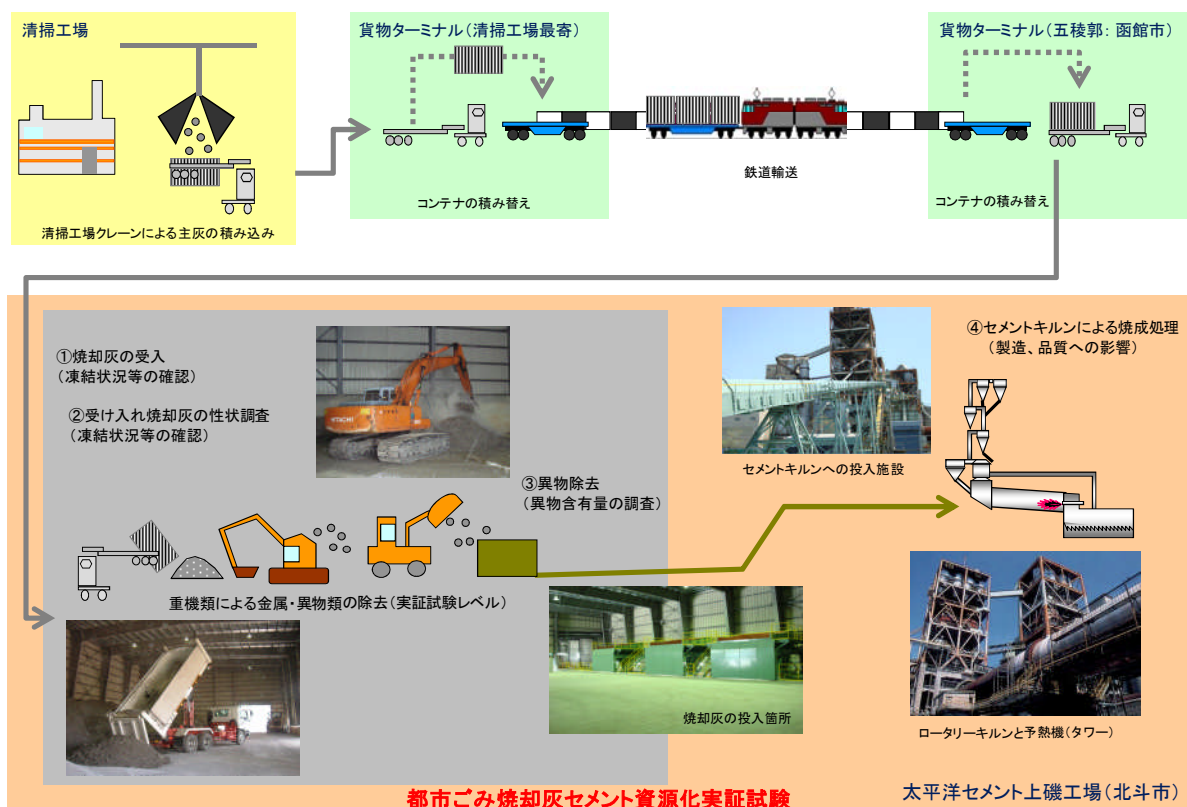


図 4-10 実証実験のフロー

表 4-9 (参考) 焼却処理施設の年間処理量及び処理能力 (平成 21 年度)

	使用開始 年度	炉数	年間処理量 (t/年度)	処理能力 (t/日)
旭川市近文 清掃工場	1996	2	71,151	280
千歳市 焼却処理場	1990	2	23,732	195

出典：環境省「一般廃棄物処理実態調査」

表 4-10 (参考) ごみ組成分析結果 (平成 21 年度)

	紙・布類	ビニール、合 成樹脂、ゴ ム、皮革類	木、竹、 わら類	ちゅう芥 類	不燃物類	その他	計
旭川市近文 清掃工場	58.4%	6.5%	19.0%	15.4%	0.7%	0.0%	100%
千歳市 焼却処理場	69.2%	11.4%	4.9%	9.4%	0.8%	4.3%	100%

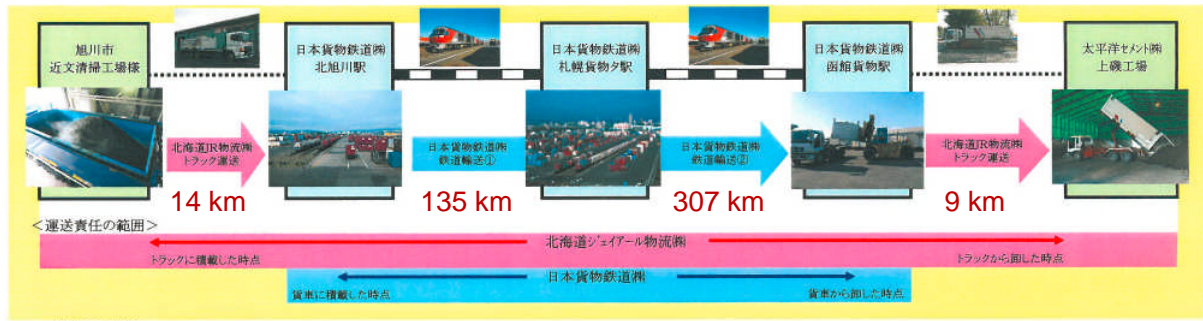
出典：環境省「一般廃棄物処理実態調査」

② 鉄道コンテナ輸送

- 鉄道コンテナ輸送は、搬出・集貨～貨物駅（発駅）間を貨物自動車、鉄道区間を貨物列車、貨物駅（着駅）～配達・搬入を貨物自動車によって運搬し、各区間においては個別の運送業者が担当
- 焼却灰は鉄道輸送用コンテナで密閉したまま運搬されるため、業者間引渡しの際にも積替え等は生じない仕組み

表 4-11 鉄道コンテナ輸送の実証試験内容と確認項目

試験項目	内容	確認項目
車両寸法の確認	清掃工場の積み場への侵入、計量	清掃工場内の車両動線、積み込みスペース、計量器の確認
積込作業の確認	清掃工場にて焼却灰を積み込み	積載重量、荷こぼれ、作業時間の確認
貨物駅へ搬送	近文清掃工場から北旭川駅までの搬送。千歳市環境センターから札幌貨物ターミナル駅までの搬送	運搬、コンテナの荷降状況の確認
鉄道輸送	北旭川駅から札幌貨物ターミナル駅までの搬送。札幌貨物ターミナル駅で合流し、函館貨物駅までの搬送	コンテナを列車に積載、鉄道輸送の運行、コンテナの荷降ろし状況の確認
上磯工場へ搬送	函館貨物駅から上磯工場への搬送	コンテナの積載、運搬、焼却灰の荷降状況の確認
コンテナの腐食	焼却灰の運搬	コンテナの内面状況の確認



- <運搬の手順>
- 手順① 旭川市近文清掃工場より北海道ジェイアール物流(利用運送事業者)へ、運搬計画に基づく集荷オーダーを出す
 - 手順② 北海道ジェイアール物流より日本貨物鉄道(鉄道事業者)へ、鉄道輸送の申込み(IT-FRENS輸送枠取得)を行う
 - 手順③ 北海道ジェイアール物流が集荷を行い、コンテナを日本貨物鉄道 北旭川駅へ持込む
 - 手順④ 日本貨物鉄道にて、北旭川駅から函館貨物駅までコンテナを鉄道輸送する(途中、札幌貨物ターミナル駅にて中継)
 - 手順⑤ 北海道ジェイアール物流が函館貨物駅からコンテナを持出し、太平洋セメント 上磯工場へ配達を行う

2. 列車運行時刻

発駅	着駅	列車番号	締切時刻(発車時刻)	(到着時刻)引渡時刻	輸送力
北旭川駅	→ 函館貨物駅	1080列車～3086列車	12:15(13:12)	→ 翌日 (22:37)04:15	2車
		1080列車～3098列車	12:15(13:12)	→ 翌日 (02:16)04:20	3車
		1080列車～4094列車	12:15(13:12)	→ 当日 (05:16)06:05	2車
		1082列車～3050列車	17:00(18:12)	→ 翌日 (04:47)06:05	2車
函館貨物駅	→ 北旭川駅	4061列車～1081列車	15:20(19:13)	→ 翌日 (07:52)08:15	2車
		3081列車～1081列車	19:30(20:16)	→ 翌日 (07:52)08:15	2車

図 4-11 都市ごみ焼却灰運搬概要図(旭川市)



- <運搬の手順>
- 手順① 千歳市環境センター様より北海道ジェイアール物流(利用運送事業者)へ、運搬計画に基づく集荷オーダーを出す
 - 手順② 北海道ジェイアール物流より日本貨物鉄道(鉄道事業者)へ、鉄道輸送の申込み(IT-FRENS輸送枠取得)を行う
 - 手順③ 北海道ジェイアール物流が集荷を行い、コンテナを日本貨物鉄道 札幌貨物ターミナル駅へ持込む
 - 手順④ 日本貨物鉄道にて、札幌貨物ターミナル駅から函館貨物駅までコンテナを鉄道輸送する
 - 手順⑤ 北海道ジェイアール物流が函館貨物駅からコンテナを持出し、太平洋セメント 上磯工場へ配達を行う

2. 列車運行時刻

発駅	着駅	列車番号	締切時刻(発車時刻)	(到着時刻)引渡時刻	輸送力
札幌貨物ターミナル駅	→ 函館貨物駅	第3056列車	09:25(10:04)	→ 当日 (16:40)17:25	4車
		第3066列車	15:35(16:21)	→ 翌日 (21:59)04:00	4車
		第2060列車	16:35(17:03)	→ 翌日 (22:15)04:00	3車
		第3086列車	17:00(17:51)	→ 翌日 (22:37)04:15	2車
		第3098列車	21:00(21:50)	→ 翌日 (02:16)04:20	3車
		第4094列車	22:45(23:22)	→ 翌日 (05:16)06:05	2車
		第3050列車	23:55(00:20)	→ 翌日 (04:47)06:05	2車
函館貨物駅	→ 札幌貨物ターミナル駅	第4061列車	15:20(19:13)	→ 翌日 (00:31)00:51	2車
		第3081列車	19:30(20:16)	→ 翌日 (01:25)01:45	2車

図 4-12 都市ごみ焼却灰運搬概要図(千歳市)

③ セメント資源化実験

- セメント資源化に関する今回の実証試験内容は、セメント工場での受け入れから、異物の除去を経て、セメント製造工程の中核である焼成用のロータリーキルンへ投入するセメント資源化処理までを行う

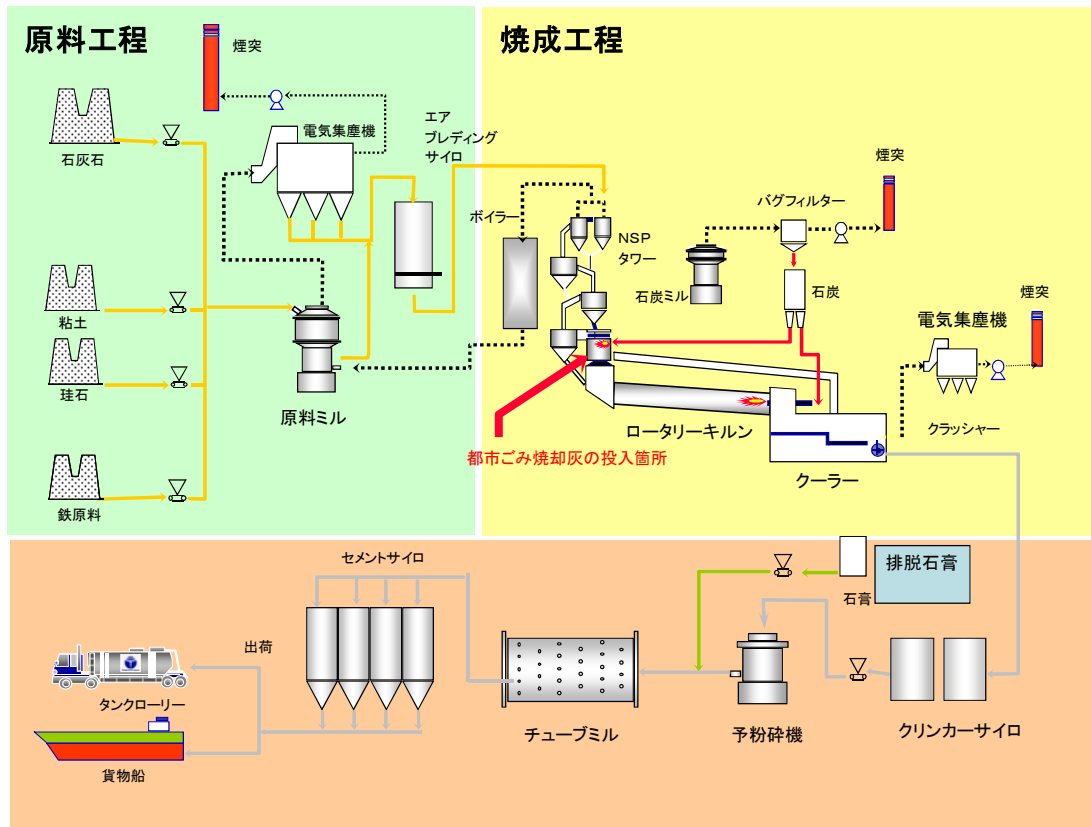


図 4-13 セメントの製造工程と都市ごみ焼却灰の投入箇所

表 4-12 実証試験内容と確認項目

試験項目	内容	確認項目
①焼却灰荷卸状況の確認	日本貨物鉄道社により搬入された焼却灰をセメント工場内所定の箇所（廃棄物保管施設内）に荷卸。	輸送期間中の焼却灰の凍結の有無、性状変化等、セメント工場側での荷卸に際しての問題の有無確認（目視確認）
②焼却灰成分調査	受入した焼却灰の一部を採取し、化学組成を分析	セメント資源化に不適切な成分（化学成分）の有無確認。
③異物除去特性の確認	スケルトンバケット付きユンボにて、焼却灰からセメント資源化に不適切な異物類を除去	焼却灰中の異物含有量の調査（重量測定）。
④焼却灰投入時のキルン安定操業および品質への影響の確認	異物を除去した焼却灰を、実際にセメント焼成工程に投入し、安定的な操業ができることを確認する。セメントキルンへの投入量は焼却灰中へ塩素量を考慮して、投入量を設定。	i) 製造工程への影響 ・生産数量、キルン焼点温度、プレヒーターボトムサイクロンのダスト中の塩素濃度を測定し、系内の塩素濃縮の影響を評価。 ii) セメント品質への影響 ・製品セメント中のアルカリ、塩分量等を測定し、影響の程度を評価。

表 4-13 実証試験内容と確認項目

業務工程	業務場所（上磯工場内）	業務内容
①入荷	谷好門（工場専用入口）	・搬入した焼却灰輸送車両重量の計量
②荷卸	場内専用置場	・所定置場内にてダンピング
③前処理（異物除去）	同 上	・スケルトンバケット付きユンボを用いて金属類等異物の機械的除去作業 ・除去された金属類の性状や重量等を確認
④異物除去された焼却灰のホッパ投入	窯尻投入設備屋内ヤード	・ショベルローダーにてホッパへ投入
⑤窯尻投入	6号または8号キルン窯尻	・ホッパから専用のベルトコンベア（窯尻投入設備）を介し、焼却灰を機械的にキルンへ直接投入（セメント資源化处理）

- ・ なお、今回実施する実証試験のうち、「焼却灰の前処理（異物除去）」について、当上磯工場では、平成 25 年 3 月完成を目標に、専用の焼却灰異物除去施設整備を計画しており、同前処理施設での処理を想定した形で、今回は、重機であるユンボに異物を除去できるスケルトンバケットを装着し、試験的に異物の除去を行う。

<参考：焼却灰の異物除去>

セメント資源化に際して、障害要因となる焼却灰中の金属類等の異物除去を目的とした施設にて、ガラノ形状、含有量等については、先行して事業化した当社熊谷工場（埼玉県熊谷市）、大分工場（大分県津久見市）での受け入れ焼却灰、ならびに、当工場で実証試験として処理している札幌市焼却灰の試験結果を参考としている。

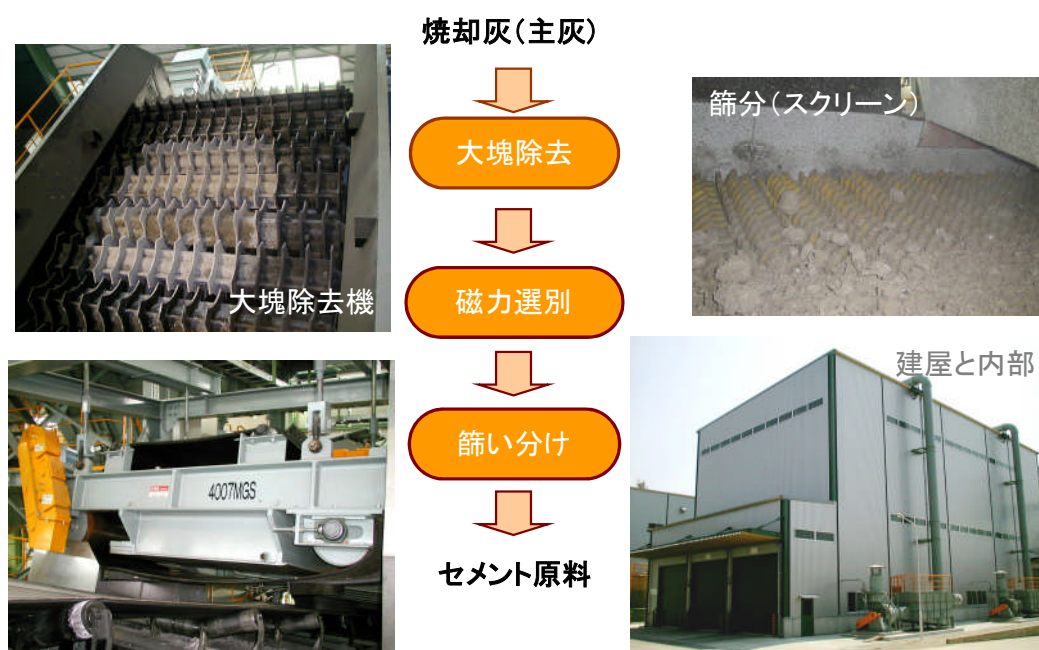


図 4-14 （参考）焼却灰の異物除去工程〔熊谷工場での設備導入事例〕

4.3 実証実験結果

4.3.1 鉄道コンテナ輸送実験結果

(1) 運搬区間及び方法

① 仕立地から貨物駅（発駅）まで（搬出・運搬）

千歳市環境センターから日本貨物鉄道株（以下「JR 貨物」という。）札幌貨物ターミナル駅（以下「札幌（夕）駅」という。）まで、及び旭川市近文清掃工場から JR 貨物北旭川駅までは、JR 貨物の貨物自動車と、鉄道輸送用コンテナによる道路運送を実施した。コンテナは仕向地まで開扉・積替えを行わない一貫輸送である。

千歳市環境センターではクレーンの構造上、JR 物流が所有しているコンテナ（外寸高さ 1,870mm）では高さが支障することから、同和通運株式会社が所有するコンテナ（外寸高さ 1,750mm）を使用した。クレーン作業については、コンテナはオープントップタイプであることからダンプタイプの貨物自動車と変わらない作業で積載することができ、所要時間も実証に係る確認作業以外に特段時間を要することはなかった。

表 4-14 搬出・運搬作業結果（千歳市）

仕立地	千歳市環境センター 北海道千歳市美々758番54号		
搬出	<ul style="list-style-type: none"> ・計量台にてコンテナ積載の貨物自動車の計量を実施（所要時間：平均5分） ・貨物自動車を排出口に停車（同5分） ・クレーンにより灰ピットから焼却灰を吊上げコンテナ上部から積載（同20分） ・運転手1名による均し作業（同15分） ・計量台に移動し計量を実施（同5分） 		
運搬	下記経路にて運搬（同1時間10分）		
	44km	美々～美しが丘	国道36号
		美しが丘～平岡	厚別中央通
	平岡～流通センター	国道274号	
貨物駅 （発駅）	JR貨物 札幌（夕）駅 北海道札幌市白石区流通センター3丁目1番48号		



①千歳市環境センター



②千歳市環境センター正面



③JRコンテナ車両 低床タイプ20フィートコンテナ



④焼却灰ビット



⑤焼却灰積込状況



⑥JRコンテナ 低床タイプ20フィートコンテナ



⑦焼却灰整地作業



⑧JRコンテナ出庫状況

図 4-15 千歳市環境センターにおける作業

表 4-15 搬出・運搬作業結果（旭川市）

仕立地	旭川市近文清掃工場 北海道旭川市近文町 13 丁目		
搬出	<ul style="list-style-type: none"> ・計量台に移動し計量を実施（所要時間：平均 5 分） ・コンテナを積載した貨物自動車を排出口に停車（同 5 分） ・クレーンにより灰ピットから焼却灰を吊上げコンテナ上部から積載（同 25 分） ・運転手 1 名と補助員 1 名による均し作業（同 10 分） ・計量台に移動し計量を実施（同 5 分） 		
運搬	下記経路にて運搬（同 25 分）		
	14km	近文町～旭岡 4	嵐山通
		旭岡 4～永山町 7	国道 12 号
		永山町 7～流通団地	中央橋通
貨物駅 （発駅）	JR 貨物 北旭川駅 北海道旭川市流通団地 1 条 5 丁目		



①旭川市近文清掃工場正門



②旭川市近文清掃工場正面玄関



③トラックスケール



④焼却灰積込状況1



⑤焼却灰積込状況2



⑥天井クレーン



⑦JRコンテナ出庫状況

図 4-16 旭川市近文清掃工場における作業

② 貨物駅（発駅）から貨物駅（着駅）まで（鉄道輸送）

JR 貨物札幌（夕）駅及び北旭川駅から函館貨物駅までは、同社運行の貨物列車による鉄道輸送を実施した。

なお、貨物駅でのコンテナ荷役作業については、鉄道輸送用コンテナであることからフォークリフトオペレーターの操作面でも問題なく積載・取卸作業を完了している。

表 4-16 運搬手順（千歳市）

積載	駅構内荷役用フォークリフトにより JR 物流の貨物自動車からコンテナを取卸し貨車に積載
列車	高速貨第 3098 列車（札幌（夕）駅 21：50 発・函館貨物駅 2：16 着）輸送
取卸	駅構内荷役用フォークリフトにより貨車から取卸し、北海自動車運送の貨物自動車に積載

表 4-17 運搬手順（旭川市）

積載	駅構内荷役用フォークリフトにより JR 物流の貨物自動車からコンテナを取卸し第 1082 列車貨車に積載
列車	高速貨第 1082 列車（北旭川駅 18：12 発・札幌（夕）駅 21：06 着）輸送
中継	駅構内荷役用フォークリフトにより第 1082 列車貨車から取卸し、第 3050 列車貨車に積載
列車	高速貨第 3050 列車（札幌（夕）駅 00：20 発・函館貨物駅 4：47 着）輸送
取卸	駅構内荷役用フォークリフトにより貨車から取卸し、北海自動車運送の貨物自動車に積載

表 4-18 運搬経路（千歳市）

貨物駅 （発駅）	JR 貨物 札幌（夕）駅 北海道札幌市白石区流通センター3丁目1番48号		
運搬	307 km	札幌（夕）駅～沼ノ端駅	千歳線
		沼ノ端駅～長万部駅	室蘭線
		長万部駅～函館貨物駅	函館線
貨物駅 （着駅）	JR 貨物 函館貨物駅 北海道函館市港町1丁目35番地		

表 4-19 運搬経路（旭川市）

貨物駅 (発駅)	JR 貨物 北旭川駅 北海道旭川市流通団地 1 条 5 丁目		
運搬	442 km	北旭川駅～旭川駅	宗谷線
		旭川駅～札幌(夕)駅	函館線
		札幌(夕)駅	【列車中継】
		札幌(夕)駅～沼ノ端駅	千歳線
		沼ノ端駅～長万部駅	室蘭線
		長万部駅～函館貨物駅	函館線
貨物駅 (着駅)	JR 貨物 函館貨物駅 北海道函館市港町 1 丁目 35 番地		

③ 貨物駅（着駅）から仕向地まで（運搬・搬入）

JR 貨物函館貨物駅から太平洋セメント(株)上磯工場までは、北海自動車運送の貨物自動車による道路運送を実施した。

なお、今回の実証試験では凍結も見当たらず運搬できた。

表 4-20 運搬手順

運搬	上記経路にて運搬（所要時間は平均 20 分）
配達	<ul style="list-style-type: none"> ・貨物自動車ごと計量台にて計量（同 5 分） ・コンテナを積載した貨物自動車を投入口に合わせ停車（同 5 分） ・コンテナの妻側扉のロックを解除（同 5 分） ・ダンプアップ装置を使用し、コンテナを荷台ごとダンプアップし取卸し（同 15 分） ・凍結による固着があった場合は、運転手による破砕作業を実施（同 10 分）

表 4-21 運搬経路

貨物駅 (着駅)	JR 貨物 函館貨物駅 北海道函館市港町 1 丁目 35 番地		
運搬	9 km	港町～七重浜 7	国道 227 号
		七重浜 7～谷好	国道 228 号
仕向地	太平洋セメント(株)上磯工場 北海道北斗市谷好 1 丁目		

(2) 焼却灰の積込、荷卸実績

基本的に搬出の翌日に受け入れたが、雪等の影響により中1～2日程度遅れることもあった。

表 4-22 焼却灰の積込、荷卸実績（単位：トン）

		旭川市			千歳市		
		搬出	受入	遅延	搬出	受入	遅延
2月1日	水	9.44			9.73		
2月2日	木						
2月3日	金	9.80			9.69		
2月4日	土		9.46+9.8	中2日		9.9+9.82	中2日
2月5日	日						
2月6日	月				10.01		
2月7日	火	9.90				10.04	
2月8日	水	9.88	9.94		10.12		
2月9日	木					10.10	
2月10日	金	9.90	9.90	中1日	9.69		
2月11日	土						
2月12日	日						
2月13日	月		10.04	中2日	10.00	9.78	中2日
2月14日	火	9.76				10.00	
2月15日	水				9.74		
2月16日	木		9.80	中1日		9.78	
2月17日	金	9.73			10.08		
2月18日	土		9.76			10.10	
2月19日	日						
2月20日	月				9.81		
2月21日	火	9.84				9.78	
2月22日	水	9.87	9.86		10.07		
2月23日	木		9.92			10.10	
2月24日	金	10.21					
2月25日	土		9.82				
2月26日	日						
2月27日	月						
2月28日	火	9.85					
2月29日	水	9.79					
3月1日	木						
3月2日	金	9.72	9.86+9.8	中1～2日			
3月3日	土		9.72				
3月4日	日						
3月5日	月				9.88		
3月6日	火	9.73				9.88	
3月7日	水		9.72		9.93		
3月8日	木					9.88	
3月9日	金	9.83			9.72		
3月10日	土		9.80			9.64	
3月11日	日						
3月12日	月				9.85		
3月13日	火	9.70				9.88	
3月14日	水		9.68		9.83		
3月15日	木					9.80	
計		156.95	156.88		148.15	148.48	

※赤字は翌日受入できなかったもの

なお、表 4-22 における搬出量、受入量の差については、焼却灰中の水分、雪の付着、計量器の測定誤差などの影響が考えられ、その原因と対応について、さらなる検討が必要である。

表 4-23 (参考) 期間中の気象状況

		最低気温 (°C)			降雪 (cm)			最深積雪 (cm)		
		旭川	千歳	函館	旭川	千歳	函館	旭川	千歳	函館
2月1日	水	-18.7	-20.3	-11.4	0	0	11	56	63	45
2月2日	木	-17.0	-18.5	-10.7	0	0	0	55	63	44
2月3日	金	-17.4	-23.4	-9.2	4	0	1	58	63	39
2月4日	土	-16.1	-21.4	-7.8	7	1	6	64	64	44
2月5日	日	-9.1	-16.5	-7.1	4	0	3	68	63	45
2月6日	月	-4.8	-10.7	-3.9	0	2	2	64	65	41
2月7日	火	-3.4	-7.2	-2.6	7	2	5	64	64	38
2月8日	水	-9.2	-13.1	-10.3	12	0	19	74	63	54
2月9日	木	-16.9	-20.4	-13.0	4	0	16	74	63	65
2月10日	金	-10.5	-17.0	-8.9	9	0	12	82	63	71
2月11日	土	-11.1	-22.0	-11.4	3	2	11	83	63	73
2月12日	日	-11.8	-18.0	-8.5	10	0	12	89	63	79
2月13日	月	-10.9	-19.5	-6.6	3	0	1	90	62	77
2月14日	火	-7.1	-15.0	-6.4	2	2	2	88	63	67
2月15日	水	-8.7	-11.4	-6.7	17	5	5	93	68	63
2月16日	木	-13.8	-20.7	-10.5	5	1	2	94	67	64
2月17日	金	-17.2	-23.9	-12.0	4	1	4	92	67	63
2月18日	土	-19.7	-20.7	-12.5	0	0	0	89	67	62
2月19日	日	-20.6	-22.4	-8.5	2	0	2	85	66	61
2月20日	月	-11.1	-17.8	-7.0	4	1	6	88	67	65
2月21日	火	-12.3	-14.1	-6.1	12	1	0	94	68	63
2月22日	水	-12.1	-20.2	-6.6	0	0	0	91	67	60
2月23日	木	-10.2	-9.0	-5.2	1	12	5	86	74	60
2月24日	金	-16.4	-12.4	-4.5	0	5	0	84	73	59
2月25日	土	-18.1	-11.6	-4.3	0	2	5	81	69	61
2月26日	日	-12.5	-11.3	-4.0	5	9	27	85	75	80
2月27日	月	-17.6	-16.8	-7.9	5	0	11	87	74	91
2月28日	火	-20.3	-22.9	-10.7	2	0	0	86	73	82
2月29日	水	-11.2	-12.9	-6.0	0	0	0	84	72	76
3月1日	木	-4.0	-4.1	-3.7	1	0	0	81	70	68
3月2日	金	-9.3	-8.8	-3.6	1	0	0	76	69	63

※薄黄色は、搬出から受入まで遅延のあった期間

(3) 使用機材

- ・ 鉄道輸送用コンテナ (所有会社より JR 物流が借受け)
- ・ 貨物自動車 (集貨) (ツイストロック式コンテナ緊締装置付き)
- ・ 貨物自動車 (配達) (ツイストロック式コンテナ緊締装置及び荷台ダンプアップ装置付き)
- ・ 鉄道車両 (DF200 形ディーゼル機関車、コキ 50000 系・コキ 100 系貨車)
- ・ 荷役機械 (駅構内荷役用フォークリフト)

(4) 輸送コンテナの影響

20 フィートコンテナへの積載重量は、従来と同様に約 10 トンを積込み、搬送する事が確認された。無蓋コンテナの幅は輸送車両の一般的制限値 2.5m を下回るため、一般道路の車線

幅員 (2.75~3.5m) があれば、走行は可能である。今回の実証試験では 20 フィートコンテナ内の腐食は認められなかったが、焼却灰には 1%前後の塩素を含有しているため、さらに長期の試験を行い確認する必要があると思われる。

4.3.2 セメント資源化実験結果

実証試験のスケジュールを以下に示す。受け入れた焼却灰は、それぞれ 2 月 29 日および 3 月中旬 (15~16 日) の 2 回に分けて篩い分け、セメント資源化を行っている。またセメントキルンへの投入は、旭川市焼却灰は、2 月 29 日に先行 (2 月末までの受入分) して単独でセメント資源化処理を行う一方で、3 月中旬 (15~22 日) には、千歳市焼却灰の全量と旭川市焼却灰の残分 (セメント資源化未処理分) を混合してセメント資源化 (キルンへ投入) を実施している。

表 4-24 実証試験スケジュール

	①焼却灰受入期間	②異物除去	③セメント資源化	④粉砕(仕上)
旭川市	2/4~3/14	2/28~29	2/29	3/1
千歳市	2/4~3/15		3/15~21*	3/16~22

*: 千歳市の焼却灰は、塩素量が高いため旭川市焼却灰と混合して、セメント資源化処理。

(1) 焼却灰の荷卸状況の確認

上磯工場で受け入れた都市ごみ焼却灰の搬入ならびに荷卸状況を以下に示す。受け入れ開始以降、懸案の凍結、ならびに焼却灰からの滲出しといった性状変化については、確認できなかった。

表 4-25 焼却灰の受入実績および受入状況

便数	旭川市				千歳市			
	到着月日	数量 (t)	凍結*	性状変化**	到着月日	数量 (t)	凍結*	性状変化**
1	2月 4日	9,460	無	無	2月 4日	9,690	無	無
2	2月 4日	9,800	無	無	2月 4日	9,730	無	無
3	2月 8日	9,940	無	無	2月 7日	10,010	無	無
4	2月 10日	9,900	無	無	2月 9日	10,120	無	無
5	2月 13日	10,040	無	無	2月 13日	9,690	無	無
6	2月 16日	9,800	無	無	2月 14日	10,000	無	無
7	2月 18日	9,760	無	無	2月 16日	9,740	無	無
8	2月 22日	9,860	無	無	2月 18日	10,080	無	無
9	2月 23日	9,920	無	無	2月 21日	9,810	無	無
10	2月 25日	9,820	無	無	2月 23日	10,070	無	無
11	3月 2日	9,860	無	無	3月 6日	9,880	無	無
12	3月 2日	9,800	無	無	3月 8日	9,930	無	無
13	3月 3日	9,720	無	無	3月 10日	9,720	無	無
14	3月 7日	9,720	無	無	3月 13日	9,850	無	無
15	3月 10日	9,800	無	無	3月 15日	9,830	無	無
16	3月 14日	9,680	無	無				

* : 荷卸時に目視により観察。凍結の状況により、「有 (大部分、一部)」、「無」、の 3 基準を設定

** : 荷卸時に目視により、水分の滲出の有無を確認



①上磯工場へ入場する旭川市焼却灰を積載したコンテナ(谷好門にて)。



②上磯工場へ入場する千歳市焼却灰を積載したコンテナ(谷好門にて)。



③工場内計量用スケール。



④焼却灰を荷卸・保管したリサイクルヤード。



⑤焼却灰の荷卸(旭川市)。



⑥焼却灰の荷卸(千歳市)。



⑦保管中の焼却灰(旭川市)。



⑧保管中の焼却灰(千歳市)。

図 4-17 荷卸作業及び保管中の焼却灰

(2) 焼却灰性状調査

今回分析した焼却灰の分析結果を以下に示す。旭川市の焼却灰中の塩素濃度は、約 1%と概ね標準的な含有量ながら、千歳市については約 4%とこれを上回る含有量である。また、水分量については、いずれも一般的な焼却灰の性状の範囲（20～30%）にて、受け入れに際しての発塵対策の必要性はないと判断される。

表 4-26 焼却灰の分析結果*（単位：重量%）

	水分量	Ig.loss	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O
旭川市	27.29	13.00	25.28	10.69	5.47	30.31	2.74	0.95	4.72
千歳市	23.88	21.07	21.89	9.90	3.89	32.57	2.39	2.52	4.11

	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cl	Cr	Cu	Zn	Pb
旭川市	1.45	0.91	6.34	0.06	0.821	0.020	0.048	0.133	0.017
千歳市	2.05	1.03	2.31	0.05	3.936	0.019	0.057	0.215	0.021

*：水分量、強熱減量以外の組成については、蛍光 X 線分析に基づく。

(3) 異物除去の試験結果

受け入れた焼却灰は、排出箇所別に、スケルトンバケット付きコンボにて異物除去を行い、また当該焼却灰中に含まれている異物含有量を測定するために、除去された異物重量を測定した。結果は、以下のとおり両市ともに異物含有量はわずかであり、また、一般的な都市ごみ焼却灰から除去された異物と同様に、金属類が中心であり、現在計画中の都市ごみ焼却灰処理施設での異物除去工程に、大きな影響（設備の計画変更）を与えるものではないものと判断される。

表 4-27 焼却灰の異物除去試験結果

	受入数量	異物含有量	異物含有率
旭川市	156.88 t	3.54 t	2.4%
千歳市	148.15 t	2.80 t	1.9%



㊸スケルトンバケット(左)と同バケットを装着したユンボによる異物の除去。



㊹スケルトンバケット付きユンボによる異物の除去。



㊺異物を除去した焼却灰。



㊻焼却灰から除去された異物

図 4-18 異物除去作業

(4) セメント資源化処理実験

異物除去した焼却灰は、それぞれ、工場内窯灰投入設備を經由して、キルンへ投入し、セメント資源化処理（焼成）を行った。投入割合は、焼却灰中の塩素含有量に基づいて設定している。塩素濃度が通常の焼却灰（1%前後）である旭川市焼却灰単独でキルン投入を行った2/29のキルンへの投入時は、6号、8号の2本のキルンへ計5.0t/hの割合で投入している。

投入期間中の各キルンの主要な運転データ（原料投入量、焼点温度、プレヒーターボトムサイクロンダスト塩素含有量）を図 4-20、図 4-21、図 4-22 に示す。

表 4-28 セメントキルンへの投入量

		キルンへの投入速度 (t/h)	キルンへの投入量 (t)
旭川市	2月29日	5.0 t/h	96.08 t
旭川市・千歳市	3月16日～21日	1.2 t/h～0.6 t/h	202.61 t
合計			298.69 t



㊦ 窯灰投入設備建屋入口。屋内に、焼却灰を投入するホッパー、ベルトコンベアーが設置されている。



㊧ 窯灰投入設備建屋内の廃棄物投入用ホッパー。



㊨ ホッパーへ焼却灰を投入。



㊩ キルンへと延びる窯灰投入設備。焼却灰は内部のコンベアーにて送られる。



㊪ キルン(8号)とサイクロンプレヒーター。



㊫ 上磯工場内の3本のキルン。手前が8号にて、7号、6号と奥に向かって順番に並ぶ。



㊬ 高温のロータリーキルン内部。



㊭ 中間製品であるクリンカ。

図 4-19 セメント資源化処理作業

表 4-29 セメントキルン操業データ項目と測定数値の意義

評価項目	評価項目の説明	測定数値の意義
原料投入量	単位時間あたりのキルンへの投入原料量。	各キルンの安定的な生産状況（数量）を示す工程管理値の一つ。
キルン焼点温度	キルン内のメインバーナー周辺部温度。	各キルン内の熱的安定性を示す工程管理値の一つ。
プレヒーターボトムサイクロンダスト塩素含有量	プレヒーターボトムサイクロンを通じている原料ダスト中の塩素含有量	キルン（プレヒーター）内での塩素の濃縮・循環の程度を示す数値。

焼却灰投入期間中、キルンへの原料投入量は、6号、8号キルン、いずれも投入量の減少といった影響は認められず、従って、キルンでのセメント生産能力は、安定的に保持されている（生産量に減少が認められれば、投入原料抑制等の対応が図られる）ものと判断される（図 4-20）。また、この間のキルン焼点温度も、焼却灰投入前後における変動状況と比較して、有意な変動は認められず、図 4-20 の結果と併せて、投入原料量が一定に保たれた中で、焼点温度が保たれており、従って、この間の、生産能力、必要熱容量のいずれの観点からも、安定的な生産が維持されていると判断される（図 4-21）。

また、系内での塩素循環量のバロメーターであるプレヒーターボトムサイクロンダスト中の塩素含有量についても、この間、数値の上昇傾向は認められず、従って、5.0t/h という高い焼却灰投入量にもかかわらず、系内での塩素循環は安定していると判断される（図 4-22）。

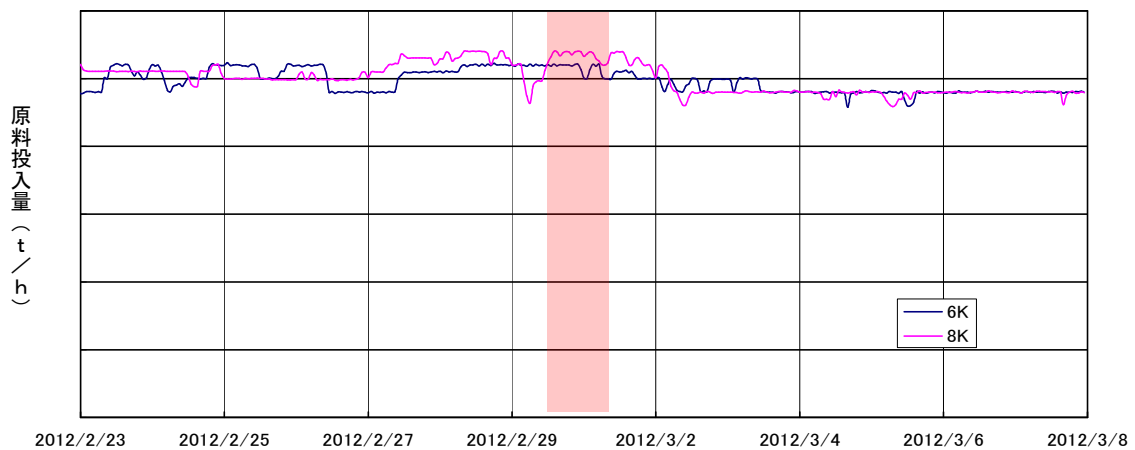


図 4-20 時間帯別原料投入量

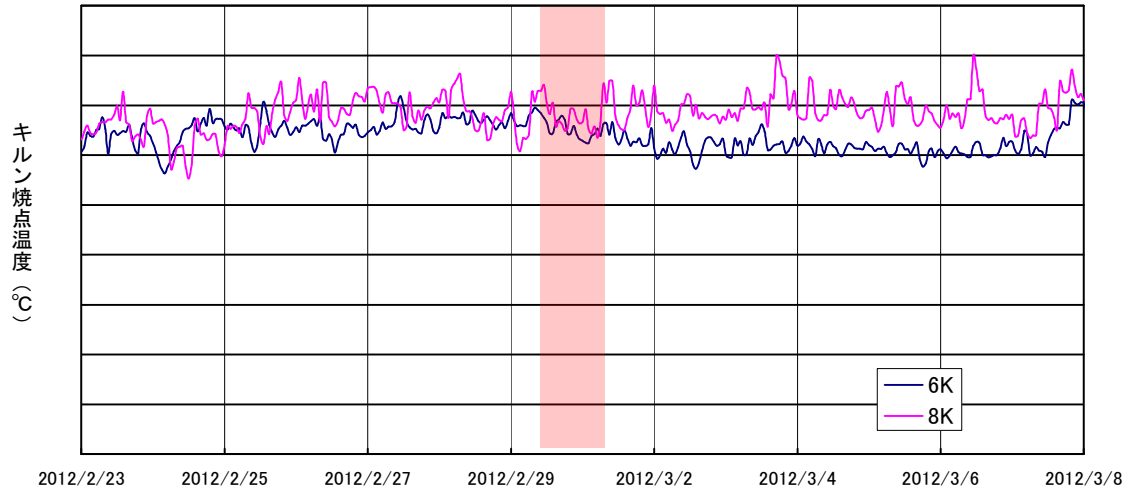


図 4-21 時間帯別キルン焼点温度

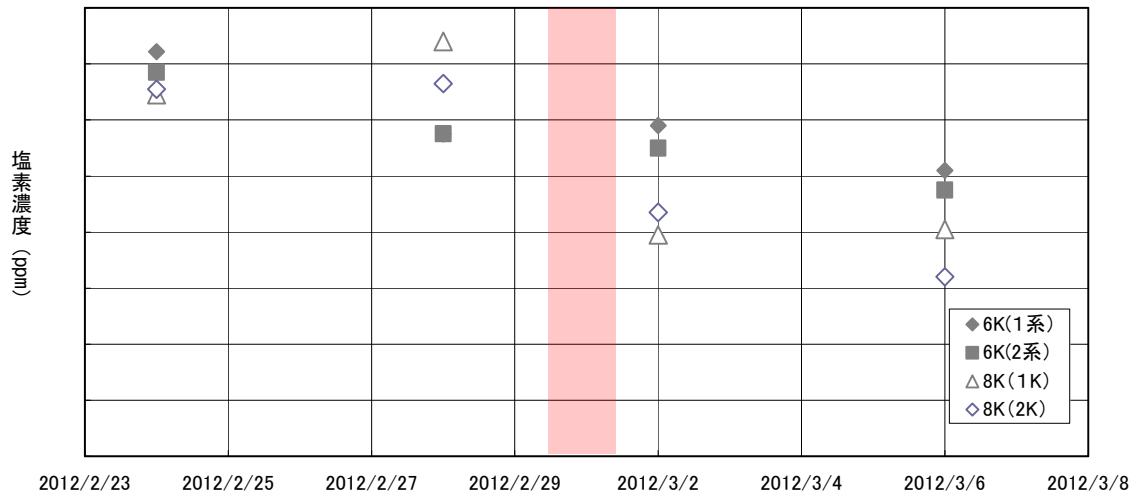


図 4-22 プレヒーターボトムサイクロンダスト塩素含有量

(5) セメント資源化処理実験

焼却灰をキルンへ投入した期間に製造された製品セメントの組成を示す。

焼却灰中の塩素量に基づき、キルンへの投入量を適切に管理することで、セメント中の塩素等いずれも、JIS の規格を満たす品質の製品セメントを回収することができた。

表 4-30 都市ごみ焼却灰を使用したセメントの化学組成

	強熱減量 (%)	SO ₃ (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	全アルカリ* (%)	塩化物イオン (ppm)
2月29日	1.68	2.01	2.15	0.19	0.34	0.41	229
3月18日	1.67	2.12	2.29	0.22	0.42	0.50	242
基準 (JIS)	5.0 以下	3.5 以下	5.0 以下	—	—	0.75 以下	350 以下

*:全アルカリ = Na₂O (%) + 0.658K₂O (%)

4.3.3 技術的問題の検証

(1) 鉄道輸送

上磯工場のある道南地区は例年になく気温が低かったが、当初心配された焼結灰の凍結は確認されなかった。しかし、冬季に広域輸送をより確実にを行うために、詳細について今後も調査する必要がある。また、コンテナ内部の腐食についても、実証期間が 1.5 ヶ月と短期間だったので変化は認められなかったが、今後長時間における経時変化の確認を行う必要がある。

(2) セメント資源化

① 輸送時の凍結、性状変化

今回の実証試験における確認課題の一つとして、輸送機関中の焼却灰の性状ならびに凍結の有無について確認したが、両市併せて計 31 回（旭川 16 回、千歳 15 回）の搬入に対して、このような現象は確認されなかった。要因としては、清掃工場側での焼却後、比較的早い時期に搬出されたために、ある程度の温度を保持したまま、輸送されたことに起因するものと思量される。

いずれにしても、今回の実証試験においては、受け入れ段階での焼却灰の性状については、今後の事業計画に影響を及ぼす課題は見当たらなかった。

② 異物含有量

今回、それぞれ、発生箇所単位で異物の除去を行ったが、今回実施した 2 つの自治体の焼却灰については、異物含有量は少なく、また、選別処理の阻害となるような大型の異物類も見あたらなかったことから、上記同様、前処理施設およびセメントキルンの安定操業、あるいは処理に要するコストに影響を及ぼす問題はない（通常とは異なる追加的な処理を行うための費用は生じない）ものと判断する。

③ 化学組成

焼却灰の水分量より、ハンドリング性状については、セメント工場側での受け入れ設備の変更の必要性等、特段問題はないものと思量される。一方で、塩素量については、千歳市の焼却灰中の塩素濃度が高く、セメント資源化に対しての塩素負荷が高いため、資源化に際しては長期間の塩素濃度調査を行い、その実態を把握すべきである。なお、このような塩素含有量の焼却灰が定常的に持ち込まれる場合には、その塩素分を考慮した処理費用が必要となるため、排出元である清掃工場に対し、塩素量抑制配慮等を依頼する必要がある。

④ キルンへの投入

セメントの安定生産を阻害する大きな要因として、原燃料中の塩素量が挙げられる。原燃料を通じて持ち込まれる塩素は、サイクロンプレヒーターとキルンの内部で循環し、ダクト・サイクロン内部に溶着し、閉塞の原因となるために、各種リサイクル資源化の活用の際には、厳しく管理されている。今回の実証試験においては、焼却灰中の塩素含有量が高いため、セメントの生産への影響を抑制すべく、双方の焼却灰を混合して単位数量の焼却灰の塩素含有量を抑制するとともに、併せて、キルンへの投入量を減じることで、時間当たりのキルンへ持ち込む塩素量を抑制し、安定的なセメントの生産の維持している。

4.4 環境負荷削減効果の評価

4.4.1 基本方針

LCA的手法を用いて、鉄道コンテナ輸送を用いた一般廃棄物焼却灰のセメント資源化による環境負荷低減効果の評価する。本モデル事業によっては、以下の4つの削減効果が主に想定される。

- ① 一般廃棄物焼却灰のセメント資源化による GHG 削減効果
- ② 鉄道コンテナ輸送による輸送時の GHG 排出量の増減
- ③ 一般廃棄物焼却灰の埋立削減効果
- ④ 一般廃棄物焼却灰のセメント資源化による天然資源消費削減効果

評価にあたっては上記の削減効果が評価できるように、評価範囲、ベースラインケース等の条件設定を行うこととする。

また、評価にあたっては実証実験で得られたデータを優先的に使用するが、一部で実証実験を試験的な状態で実施し、事業化の際に行う処理と異なる工程については、事業化段階で想定される処理工程でのデータを見なし値として使用する。

4.4.2 評価範囲（バウンダリ）

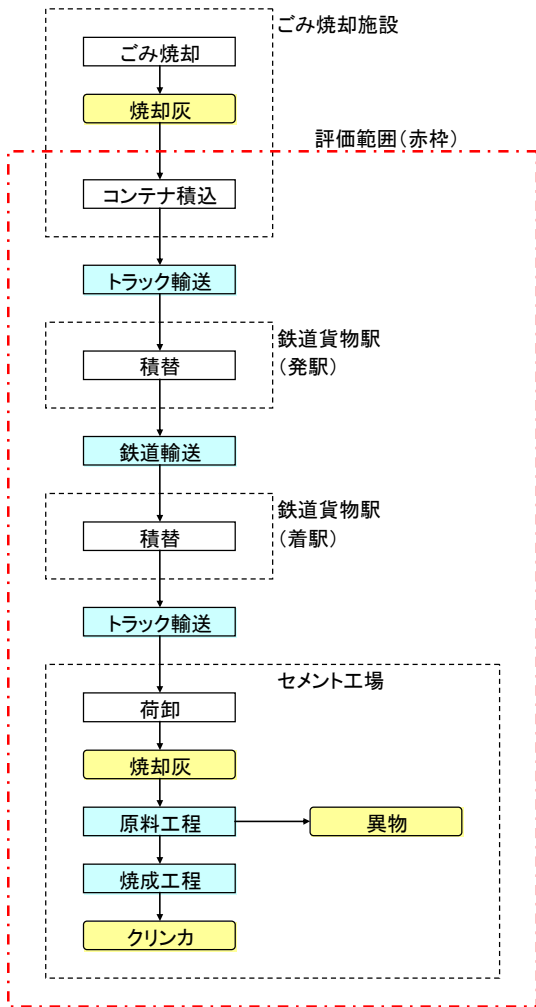
鉄道コンテナ輸送を用いた一般廃棄物焼却灰のセメント資源化の評価範囲は、図 4-23 に示す範囲を取り扱うこととする。図 4-23 で四角の枠が処理工程、角丸の四角が対象物となる。

ライフサイクルで見れば、一般廃棄物処理としての焼却処理が終わった後の段階である焼却灰のコンテナへの積込工程から資源化であるセメント製品の製造工程までの範囲を対象とする。図 4-23 の中で青色の部分の評価対象の工程とする。色をつけていない、「コンテナ積込」、「積替」、「荷卸」の工程については、全体の中でエネルギー消費が少ないと考えられるため評価対象から除外することとする。また、セメント製造においては、クリンカの製造までの部分の評価対象とする。

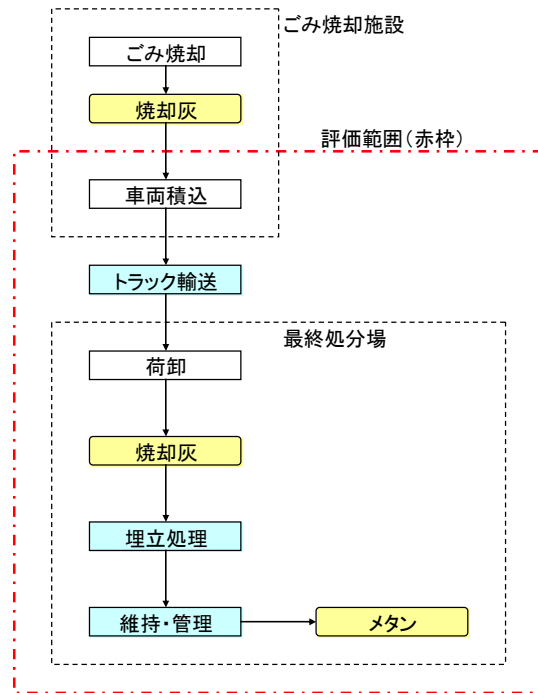
鉄道コンテナ輸送を用いた一般廃棄物焼却灰のセメント資源化による環境負荷削減効果の評価するための比較対象としてのベースラインケースとしては、焼却灰の埋立処理とセメント資源化の代替としての石灰石生産を考慮する。なお、資源代替効果として石灰石を考慮する理由については次節に示す。

ここでも、「車両積込」、「荷卸」の工程については、全体の中でエネルギー消費が少ないと考えられるため評価対象から除外することとする。

【セメント資源化処理】



【埋立処理】



【セメント原料生産】

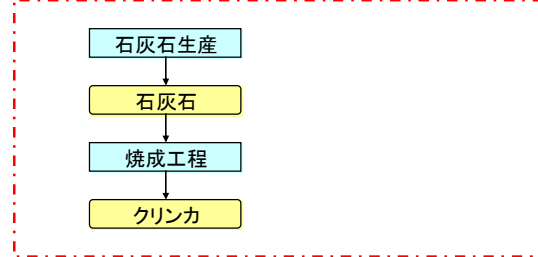


図 4-23 鉄道コンテナ輸送を用いた一般廃棄物焼却灰のセメント資源化の評価範囲
(埋立処理 (ベースライン) との比較)

4.4.3 リサイクルによる資源代替効果

一般廃棄物焼却灰のセメント資源化における資源代替効果としては、以下のような想定から、石灰石の代替物として評価することとする。

(1) セメント原料構成

一般的なセメント（ポルトランドセメント）の生産に必要な主たる原料構成は、表 4-31 となっている。ここでリサイクル原料は、鉄原料を除くと石灰石、粘土、珪石を代替していることとなる。

表 4-31 ポルトランドセメント製造時の原料構成データ

				単位	ポルトランドセメント 2009 年度
原料	天然	石灰石		g/kg	1,112.35
		粘土		g/kg	5.04
		珪石		g/kg	67.18
		その他		g/kg	0.00
	リサイクル	鉄原料	副産物	g/kg	12.33
			廃棄物	g/kg	7.85
		副産物		g/kg	11.55
廃棄物		g/kg	212.06		
添加材	せっこう	天然		g/kg	3.87
		副産		g/kg	39.93
	混合材	高炉スラグ		g/kg	6.01
		高炉スラグ微粉末		g/kg	2.41
		フライアッシュ		g/kg	0.00
		石灰石		g/kg	25.98

(出典)「セメントの LCI データの概要」社団法人 セメント協会、2011 年 8 月 1 日

(2) 一般廃棄物焼却灰の代替効果

一般廃棄物焼却灰の代表的な成分構成は表 4-32 のような構成となっている。

表 4-32 一般廃棄物焼却灰の成分構成例

	普通セメント	粘土	焼却灰（主灰）	焼却灰（飛灰）
CaO	64.2	0.5~2	21.0	37.3
SiO ₂	21.2	45~70	35.6	12.7
Al ₂ O ₃	5.2	15~25	18.3	10.5
Fe ₂ O ₃	2.8	3~9	4.9	0.8
MgO	1.5	1~3	2.7	2.7
SO ₃	2.0	0~0.5	0.8	3.4
Cl	-	-	0.7	14.9

(出典)「都市ごみ焼却灰のセメント資源化システム」野村幸治（太平洋セメント）、アース&eco コンクリートマガジン 2008 年春号

表 4-32 のように普通セメントの成分構成では CaO が大部分を占め、続いて SiO₂、Al₂O₃ の順となっている。一方、焼却灰の成分構成では SiO₂、CaO、Al₂O₃ が多く含まれ、これらがセメント原料として利用されることとなる。ただし、飛灰については、塩素分が多いためセメント原料としては適さない。

このような成分構成を踏まえると、一般廃棄物焼却灰のセメント原料の代替効果としては、石灰石、粘土、珪石のそれぞれの成分構成を代替していることとなる。しかし、これらの石灰石、粘土、珪石代替性を成分構成比から詳細に分析しても、その代替効果が一意に決まる形にならないため、ここでは、焼却灰の CaO が、最大の原料である石灰石代替として利用されるものと限定して評価を行うこととする。

この理由は、石灰石 (CaCO₃) の利用に伴い石灰石中の CO₂ が大気に放出されることから、GHG 削減効果の期待できること、CaO は石灰石以外での含有が少なく、過剰評価とならないことが挙げられる。

4.4.4 使用データ

(1) セメント製造

セメント製造時のインベントリデータとして、セメント協会の LCA データ（表 4-33）を使用する。

表 4-33 セメント製造時のインベントリデータ

				単位	ポルトランドセメント 2009 年度
エネルギー	天然	焼成用	石炭	g/kg	80.80
			石油コークス	g/kg	12.03
			C 重油	ml/kg	0.62
			その他	ml/kg	0.01
		乾燥用ほか	石炭	g/kg	0.00
			石油コークス	g/kg	0.00
			C 重油	ml/kg	0.00
			その他	ml/kg	0.00
		自家発電用	石炭	g/kg	17.31
			石油コークス	g/kg	2.65
			C 重油	ml/kg	0.38
			その他	ml/kg	0.05
	リサイクル	化石起源	副産物	g/kg	7.05
			廃棄物	g/kg	12.95
バイオマス		副産物	g/kg	5.24	
		廃棄物	g/kg	6.21	
購入電力			Wh/kg	28.42	
原料	天然	石灰石		g/kg	1,112.35
		粘土		g/kg	5.04
		珪石		g/kg	67.18
		その他		g/kg	0.00
	リサイクル	鉄原料	副産物	g/kg	12.33
			廃棄物	g/kg	7.85
		副産物		g/kg	11.55
廃棄物		g/kg	212.06		
添加材	せつこう	天然		g/kg	3.87
		副産		g/kg	39.93
	混合材	高炉スラグ		g/kg	6.01
		高炉スラグ微粉末		g/kg	2.41
		フライアッシュ		g/kg	0.00
石灰石		g/kg	25.98		
環境負荷 物質	CO2	石灰石脱炭酸起源		g-CO2/kg	468.9
		化石燃料燃焼起源		g-CO2/kg	302.2
		(化石起源) 廃棄物等燃焼起源		g-CO2/kg	43.2
		焼却不要による削減		g-CO2/kg	-43.2
		合計		g-CO2/kg	771.1
	CH4		g-CH4/kg	0.036	
	N2O		g-N2O/kg	0.033	
	SOx		g/kg	0.08	
	NOx		g/kg	1.369	
	ばいじん		g/kg	0.033	

(出典) 「セメントの LCI データの概要」 社団法人 セメント協会、2011 年 8 月 1 日

(2) 焼却灰埋立

一般廃棄物の焼却灰の埋立処分による GHG 排出量データは、LCA プロジェクトのデータ（埋立処分場の管理・浸出水処理含む）を使用する。

なお、データ分析の結果として焼却灰中に、未燃焼の炭素分が含有している場合には、すべてがメタンとして大気中に放出されると推計する。

- 埋立処分（一般廃棄物） 3.79E-02 kg-CO₂e/kg

(出典) 「平成 14 年度新エネルギー・産業技術総合開発機構委託 製品等ライフサイクル環境影響評価技術開発成果報告書」, 社団法人産業環境管理協会、(2003)

(3) トラック輸送

トラック輸送についてグリーン物流パートナーシップ会議のツールに基づき、JR 物流が試算したデータ（「JR 貨物の現状と取組み」平成 23 年 4 月 18、19 日省エネ法（荷主）セミナー、関東経済産業局）を使用する。

- トラック輸送 0.173 kg-CO₂/t/km

(出典) グリーン物流パートナーシップ会議の計算ツール

(4) 鉄道輸送

鉄道輸送についても上記と同様にグリーン物流パートナーシップ会議のツールに基づき、JR 物流が試算したデータ（「JR 貨物の現状と取組み」平成 23 年 4 月 18、19 日省エネ法（荷主）セミナー、関東経済産業局）を使用する。

- 鉄道輸送 0.027 kg-CO₂/t/km

(出典) グリーン物流パートナーシップ会議の計算ツール

(5) 実証実験に基づく輸送時データの比較

焼却灰収集運搬作業における二酸化炭素排出量は以下の通り計算される。

表 4-34 焼却灰収集運搬作業における二酸化炭素排出量（鉄道）

<p>旭川市環境センター～太平洋セメント上磯工場間</p> <p>(搬出) $14\text{km} \times 156.88\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 0.29\text{ t-CO}_2$</p> <p>(鉄道) $442\text{km} \times 156.88\text{t} \times 22.2\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 1.54\text{ t-CO}_2$</p> <p>(搬入) $9\text{km} \times 156.88\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 0.19\text{ t-CO}_2$</p> <p style="text-align: right;">合計：2.02 t-CO₂</p> <p style="text-align: right;">1 トンあたりの二酸化炭素排出量：<u>12.9</u> kg-CO₂</p>
<p>千歳市近文清掃工場～太平洋セメント上磯工場間</p> <p>(搬出) $44\text{km} \times 148.48\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 0.87\text{ t-CO}_2$</p> <p>(鉄道) $307\text{km} \times 148.48\text{t} \times 22.2\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 1.01\text{ t-CO}_2$</p> <p>(搬入) $9\text{km} \times 148.48\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 0.18\text{ t-CO}_2$</p> <p style="text-align: right;">合計：2.06 t-CO₂</p> <p style="text-align: right;">1 トンあたりの二酸化炭素排出量：<u>13.9</u> kg-CO₂</p>

※「物流分野のCO₂排出量に関する算定方法ガイドライン」（経済産業省・国土交通省）に基づく「従来トンキロ法」により算出

※排出量原単位は2009年度計算値（鉄道22.2、自動車（営業用普通車）133.5）を使用

※JR貨物駅構内で行うコンテナ荷役作業に伴う二酸化炭素排出は僅かであり、評価対象としていない

一方、搬出から搬入まですべてを貨物自動車による収集運搬作業とした場合、予測される二酸化炭素排出量は以下の通りとなる。

鉄道輸送と貨物自動車輸送を比較した場合、旭川市近文清掃工場排出分で約77%、千歳市環境センター排出分で約61%の排出量削減効果があると見込まれる。

表 4-35 焼却灰収集運搬作業における二酸化炭素排出量（貨物自動車）

<p>旭川市近文清掃工場～太平洋セメント上磯工場間</p> <p>$428\text{km} \times 156.88\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 8.96\text{ t-CO}_2$（予測値）</p> <p style="text-align: right;">1 トンあたりの二酸化炭素排出量：<u>57.1</u> kg-CO₂</p>
<p>千歳市環境センター～太平洋セメント上磯工場間</p> <p>$267\text{km} \times 148.48\text{t} \times 133.5\text{g-CO}_2/\text{t/km} \times 10^{-6} = 5.29\text{ t-CO}_2$（予測値）</p> <p style="text-align: right;">1 トンあたりの二酸化炭素排出量：<u>35.6</u> kg-CO₂</p>

(6) 石灰石生産

石灰石の生産に GHG 排出量データは、カーボンフットプリント制度試行事業用 CO2 換算量データベース（暫定版）ver.3 の採石データを使用する。

- 採石、砂・砂利・玉石 6.94E-03 kg-CO2e/kg

※通商産業大臣官房調査統計部編「本邦鉱業の趨勢」（1999）、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書/平成 12 年度実績」（2003）統計表より大理石採石、かんらん岩採石の各鉱業のデータを合算計算して平均値を求めた。

(7) セメント資源化業務

セメント資源化に関する二酸化炭素の削減効果については、表 4-36 のとおり、焼却灰中に含まれている CaO が、通常、セメント原料として使用されている石灰石（セメント製造工程上、焼成キルンによる熱分解を経て、二酸化炭素を発生）を代替するとの前提条件にて、その石灰石代替効果の観点から、以下のとおり試算する。

表 4-36 実証試験に伴う二酸化炭素の削減効果（セメント資源化）

旭川市	
① 焼却灰処理量	: 156.88 t
② 水分量補正を考慮した焼却灰中の CaO 含有量	: $(100-27.29)/100 \times 30.31\% = 22.04\%$
③ ①×②×44/56(=CO ₂ /CaO)	= <u>27.15 t</u> (173.2kg/t-焼却灰)
千歳市	
① 焼却灰処理量	: 148.48 t
② 水分量補正を考慮した焼却灰中の CaO 含有量	: $(100-23.88)/100 \times 32.57\% = 24.79\%$
③ ①×②×44/56(=CO ₂ /CaO)	= <u>28.92 t</u> (194.8kg/t-焼却灰)

なお、上記削減効果の他、焼却灰のセメント資源化については、前処理ならびにセメントキルンでの処理に伴う二酸化炭素発生量の増加要因も考慮される。前処理工程については、専用の選別装置が設置される前の予備的試験にて、今後導入する設備での使用エネルギー量を正確に測定することは困難であることから、先行事業事例の数値を以下表 4-37 に示す。

また、セメント資源化にかかるインパクトについて、製造（焼成、粉砕）に要する熱エネルギー、電気エネルギーは、全体システムとしての追加性がないこと、また、キルンへの投入割合がわずか（1%以下）であるため、追加エネルギー量の定量的評価が困難であることから、今回の調査では、評価から除外できうと判断した。

表 4-37 焼却灰の異物処理に要する想定エネルギー

項目	エネルギー量	参考根拠
電気（異物除去設備の稼働）	40 kWh/t	当社他工場先行事業での実績
重機ガソリン	0.47 L/t	粘土鉱山での採掘事例

4.4.5 環境負荷削減効果

(1) 焼却灰のセメント資源化による CO2 排出削減効果

次ページ以降の表 4-38、表 4-39 の条件で、焼却灰のセメント資源化による CO2 排出削減効果を推計した。推計条件は表の通りである。

旭川市では 281kg-CO2/t 焼却灰、千歳市では 213kg-CO2/t 焼却灰の効果が評価される。ここで、埋立回避の効果の大部分は埋立処分場で発生するメタンの削減として評価されている。また、資源の代替として石灰石の代替分のみを評価している。

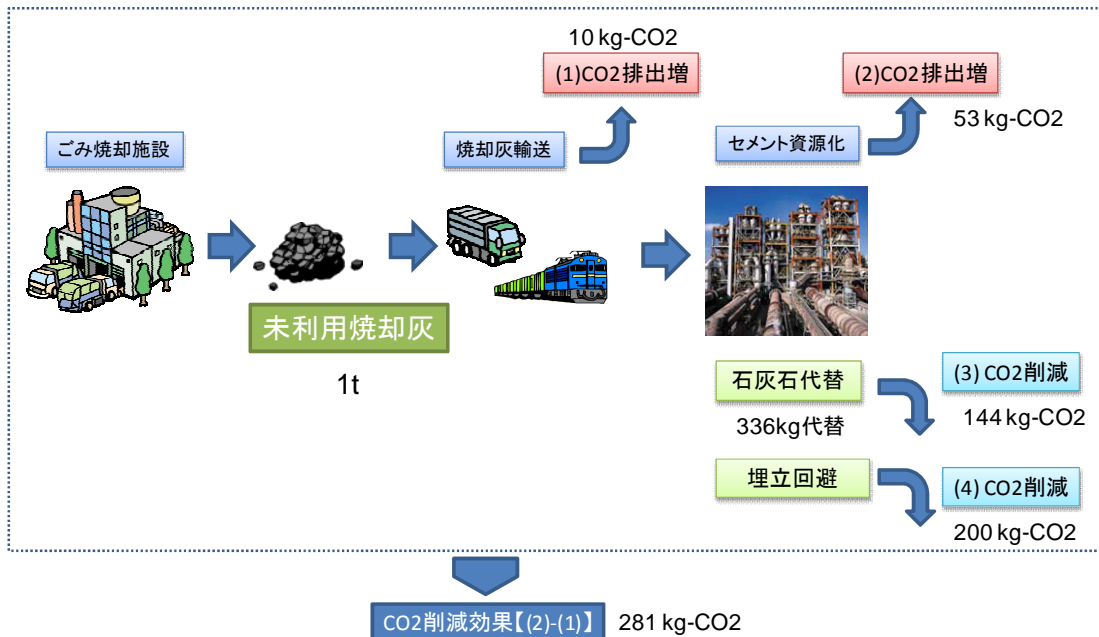


図 4-24 旭川市での鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化の効果

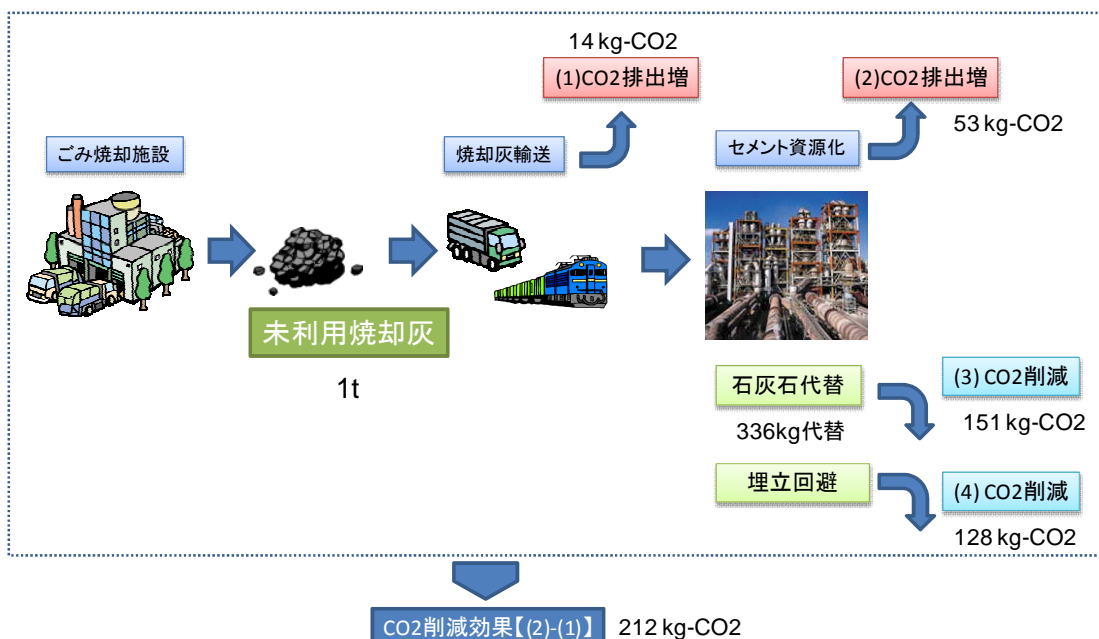


図 4-25 千歳市での鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化の効果

表 4-38 セメント資源化による環境負荷削減効果（旭川市）

◎一般廃棄物焼却灰1tあたりの効果

ベースラインケース	346.1	kg-CO2e/t			
セメント資源化利用	65.4	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	280.6	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	1,403.2	円/t	5,000	円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)

◎一般廃棄物焼却灰の鉄道コンテナ輸送を用いたセメント資源化利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
焼却灰搬出	搬出量	1.0	t				
	CaO分	21.08%				分析値(旭川市),Wetベース	
コンテナ輸送①	輸送距離	14	km			実証実験での輸送距離	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	1.87	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
コンテナ輸送②	輸送距離	442	km			実証実験での輸送距離	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.022	kg-CO2e/tkm	9.81	kg-CO2e	鉄道貨物輸送	CFP共通原単位DB ver.3.0
コンテナ輸送③	輸送距離	9	km			実証実験での輸送距離	グリーン物流パートナーシップ会議の計算ツール
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	1.20	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
セメント製造	焼却灰利用分	0.036	t-CO2e/t-焼却灰	52.53	kg-CO2e	実験値(実験条件での推計値)	焼却灰利用時との差分(太平洋セメント推計)
	前処理	0.016	t-CO2e/t-焼却灰				
石灰石代替	CaO分	0.211	t				
	代替率	1.515	t-CaCO3/t-CaO				
	代替石灰石量	0.319	t				
合計				65.42	kg-CO2e		

◎ベースライン：一般廃棄物焼却灰の埋立処分

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典・備考
焼却灰搬出	排出量	1.0	t				
	未燃炭素分(ig.loss)	9.64%	t-wet			分析値(旭川市)	
	未燃炭素量	0.096	t				
焼却灰輸送	輸送距離	20	km			焼却施設から最終処分場	
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	2.67	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
埋立処分	一般廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t	37.90	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	残留炭素分分解量	0.048	t			ig.lossの50%	
	メタン発生	7.712	kg-CH4	161.95	kg-CO2e	メタン分解分(12%)のみ考慮	CO2はカーボンニュートラル想定
石灰石利用	石灰石量	0.319	t				
	石灰石採掘・輸送	0.003	t-CO2e/t-焼却灰	3.00	kg-CO2e	推計値(焼却灰1tあたりへの換算値)	太平洋セメント推計
	石灰石由来のCO2	0.440	t-CO2e/t	140.53	kg-CO2e	石灰石中のCaCO3からのCO2発生	
合計				346.06	kg-CO2e		

表 4-39 セメント資源化による環境負荷削減効果（千歳市）

◎一般廃棄物焼却灰1tあたりの効果

ベースラインケース	278.8	kg-CO2e/t			
セメント資源化利用	66.4	kg-CO2e/t			
削減効果(CO2削減量)	212.4	kg-CO2e/t			
経済価値(J-VER換算)	1,061.8	円/t	5,000 円/t	J-VER相場(売値、買値から想定)	

◎一般廃棄物焼却灰の鉄道コンテナ輸送を用いたセメント資源化利用

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典
焼却灰搬出	搬出量	1.0	t				
	CaO分	22.18%				分析値(千歳市)Wetベース	
コンテナ輸送①	輸送距離	44	km			実証実験での輸送距離	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	5.87	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
コンテナ輸送②	輸送距離	307	km			実証実験での輸送距離	CFPの廃棄物輸送標準値
	輸送原単位	0.022	kg-CO2e/tkm	6.82	kg-CO2e	鉄道貨物輸送	CFP共通原単位DB ver.3.0
コンテナ輸送③	輸送距離	9	km			実証実験での輸送距離	グリーン物流パートナーシップ会議の計算ツール
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	1.20	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
セメント製造	焼却灰利用分	0.036	t-CO2e/t-焼却灰	52.53	kg-CO2e	実験値(実験条件での推計値)	焼却灰利用時との差分(太平洋セメント推計)
	前処理	0.016	t-CO2e/t-焼却灰				
石灰石代替	CaO分	0.222	t				
	代替率	1.515	t-CaCO3/t-CaO				
	代替石灰石量	0.336	t				
合計				66.42	kg-CO2e		

◎ベースライン：一般廃棄物焼却灰の埋立処分

工程	項目	データ	単位	GHG排出量	単位	設定条件	出典
焼却灰搬出	排出量	1.0	t				
	未燃炭素分(ig.loss)	5.35%				実証実験の分析値(旭川市)使用予定	
	未燃炭素量	0.054	t				
焼却灰輸送	輸送距離	1	km			焼却施設から最終処分場	
	輸送原単位	0.134	kg-CO2e/tkm	0.13	kg-CO2e	10tトラック 積載率100%	CFP共通原単位DB ver.3.0
埋立処分	一般廃棄物埋立	0.038	t-CO2e/t	37.90	kg-CO2e	一般廃棄物埋立処分	LCAプロジェクトデータ(CFP共通原単位)
	残留炭素分解量	0.027	t			ig.lossの50%	
	メタン発生	4.280	kg-CH4	89.88	kg-CO2e	メタン分解分(12%)のみ考慮	CO2はカーボンニュートラル想定
石灰石利用	石灰石量	0.336	t				
	石灰石採掘・輸送	0.003	t-CO2e/t-焼却灰	3.00	kg-CO2e	文献値(焼却灰1tあたりへの換算値)	
	石灰石由来のCO2	0.440	t-CO2e/t	147.87	kg-CO2e	石灰石中のCaCO3からのCO2発生	
合計				278.78	kg-CO2e		

(2) 最大削減ポテンシャルの推計

① 北海道

北海道で埋立されている焼却灰は約 14 万トンである、このうちストーカ炉からの焼却灰は約 12 万トンと推計される。これら 12 万トンがセメント資源化された場合の削減ポテンシャルを推計すると約 2.5 万 t-CO₂ となる。

- $0.212 \text{ t-CO}_2/\text{t} \times 12 \text{ 万トン} = 2.54 \text{ 万 t-CO}_2$

なお、セメント資源化ではストーカ炉の主灰のみが利用されるが、飛灰は塩分濃度が高いなどの理由から一般的には利用されない（塩分除去のための工程が必要でコスト高）。

主灰の比率を 80% と想定すると 12 万トン中 9.6 万トン程が対象となる。

② 全国

全国で埋立されている焼却灰の量は H21 年度で約 360 万トンとなっている。ここでは、後述するセメントでの受入ポテンシャル約 70 万トンがセメント資源化した場合の削減ポテンシャルを約 14.8 万 t-CO₂ と推計した。

- $0.212 \text{ t-CO}_2/\text{t} \times 70 \text{ 万トン} = 14.8 \text{ 万 t-CO}_2$

4.5 コスト評価

4.5.1 コスト評価の観点

北海道のモデル事業は、一般廃棄物の焼却灰処理ということで、各主体の収益性の観点だけでは評価することができない。

このため、重要性の高い「一般廃棄物の処理が安定的・継続的に実施されること」を前提にして、①セメント工場で事業が継続できること、②自治体の直接的な費用が軽減されること、③自治体の廃棄物施策が達成される（計画目標が達成される）という視点で整理する。

(1) セメント工場での事業継続性

一般廃棄物の処理であるために、セメント工場で事業が継続されることが必須条件となる。このためには安定的に収益が確保できることが必要となる。今回は、このための処理コストを推計している。

(2) 自治体の直接的な費用軽減

セメント工場での事業継続性が確保できる処理単価であっても、自治体の埋立処分費用よりも安い場合には自治体側の費用軽減というメリットも得られるため、事業性は高くなる。なお、この場合に自治体の費用軽減分は社会的コストの軽減として評価することができる。

(3) 自治体の廃棄物施策の達成

一般廃棄物の処理は、社会的な要請があり自治体等が実施しているものである。このため、廃棄物処理施策の目標が達成されることは重要であり、これを如何に費用をかけずに実施するかが条件となる。目標達成の一つとしては最終処分量の削減があり、この場合には費用として現状の埋立処分費の削減だけでなく、将来的な埋立処分場の建設や処分費の削減という視点も含まれる。

この場合に、セメント資源化の方がコスト高であっても、施策目的から見て効果がある事業と判断されれば、セメント資源化が実施される可能性がある。

以上を踏まえて、コストの評価では(1)を示した上で、(2)(3)の可能性を検討し、セメント資源化事業の実施条件と社会的なコストの削減の両立可能性の検討を行う。

4.5.2 セメント資源化経費

(1) 輸送費

太平洋セメント上磯工場への焼却灰廃棄物の収集運搬に伴うコストについて、JR 貨物他 2 社による概算見積価格と、貨物自動車による道路運送の標準的な価格帯とのコスト比較すると以下の通りとなる。

北海道内いずれの地域においても、中長距離での輸送となることから鉄道輸送にコストメリットがあると想定される。また、貨物自動車による焼却灰輸送は 1 台当り 1 往復/日が作業量の限界であり、往路輸送後の帰り荷が無く片道運行となることもコストアップになる要因である。鉄道輸送の場合は、復路は空コンテナの回送となるが、JR 貨物の運賃制度により大幅な割引が適用されるためコストアップは最小限となる。

なお、表 4-40 の値はコンテナ 1 個あたりの鉄道輸送費であり、コンテナ 1 個に 10t の積載が可能であると想定してトンあたりの鉄道輸送コストを評価する。

表 4-40 輸送コストの評価

仕立地	鉄道輸送(a)	貨物自動車運送(b)	コスト比較(a/b)
苫小牧	91,000 円/個	93,000 円/台	97.84%
帯広	85,000 円/個	134,000 円/台	63.43%
釧路	95,000 円/個	164,000 円/台	57.92%
北見	114,000 円/個	154,000 円/台	74.02%
旭川	82,000 円/個	122,000 円/台	67.21%
千歳	80,000 円/個	97,000 円/台	82.47%

※鉄道輸送は集貨・配達と鉄道運賃の合計（苫小牧、千歳は札幌貨物駅基点）。

※鉄道輸送用コンテナ（10 トン積）を利用した場合の 1 コンテナ当たりのコスト。

※貨物自動車運賃は北海道トラック協会平成 9 年 3 月 27 日公示範囲内例、距離制運賃：参考。10 トン積車を利用した場合の 1 台当りコスト。

(2) セメント資源化経費

今回の都市ごみ焼却灰の処理費用の及ぼすセメント製造費用への影響を以下にまとめる。焼却灰の処理に伴う想定処理収入を 21,000 円/t と設定した場合、この処理収入をセメント生産 1t あたりに換算すると、約 336 円になる（キルンへの投入量 5.0t/h は、この間のセメント生産量 310t/h より、1.6kg/t-セメントとして算定）。

以上は、収入面から見た各評価数値であるが、一方で、支出面から評価した場合、異物の除去に伴う前処理費用などのランニングコスト、セメント資源化にともなうキルンへの安定供給設備の設置、サイクロンプレヒーターからの塩素除去設備及び品質管理体制の強化等のイニシアルコストが大きな要因である。

今回の実証試験において、焼却灰に含まれる異物含有量に関しては、一般的な都市ごみ焼却灰と同様のレベルの含有量にて、実証試験前からの想定を超える数値ではないと判断される。一方で、塩素含有量が従来の想定を上回った焼却灰が搬入されており、投入量の抑制、他原料との混合処理等、複雑な対応が必要となった。このような性状の焼却灰については、セメント資源化処理費用全体のコストへの適切な反映が必要であると判断されるが、一方で、

当該事業計画の成功は、システム全体（輸送、セメント資源化）の技術的な安定性ととも、セメント工場側のコスト抑制にあると考えており、排出元における焼却灰搬出体制、設備運用方法の見直し等による焼却灰中塩素含有量の抑制に関する検討や設備の追加を依頼する必要があるものとする。

なお、焼却灰のセメント資源化においては、環境負荷削減効果では石灰石分のみを考慮したが、セメント製造コストには粘土、珪石の代替効果分も含めて評価している。つまり、異物除去した焼却灰は、すべてセメント原料として使用されることとなる。

表 4-41 セメント資源化処理費用

項目	効果	備考
①焼却灰トンあたり収入	21,000 円/t	想定収入
②焼却灰投入量	5.0 t/h	旭川市焼却灰のみ単独処理時
③セメント 1t あたり焼却灰 利用量	1.6 kg/t-セメント	キルン投入の使用率 (5t/310t)
④セメント 1t あたり焼却灰 処理収入	336 円/t-セメント	上記①～③の前提条件に基づく処理収入（工場内で発生している追加性のある費用は経費として考慮していない）

(注) 概ね収支の一致する収入を想定（追加経費は考慮せず）

(3) 鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化費用

実証実験を踏まえた鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化の費用（自治体等の費用）単価は以下のとおりである。

- 鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化単価
 - 旭川市 29,200 円/トン
 - 千歳市 29,000 円/トン

4.5.3 一般廃棄物処理経費（最終処分経費）

(1) 旭川市

旭川市における平成 22 年度最終処分の処理及び維持管理コスト（円/最終処分量 t）は、45,009 円/t である。同様に最終処分場の建設費は、11,760 円/t となっている。

これらを合わせると、旭川市における現在の最終処分コストは 56,769 円/t となる。

なお、各市町村等の最終処分コストの算出方法が必ずしも同一でないことに注意が必要である。

(2) 千歳市

最終処分の総原価（含む減価償却費）は、平成 21 年度で 22,573 円/t となっている（千歳市清掃事業概要）。

(3) 北海道での最終処分経費

① 最終処分場のランニングコスト

北海道における平成 21 年度最終処分に係わる経費を一般廃棄物処理実態調査の経費のうち、「人件費・技能職・最終処分」「処理費・最終処分費」「委託費・最終処分費」の合計とし、最終処分量合計から最終処分の単価を推計した。

なお、この単価には組合費として支出している処分費が含まれていないため、過小評価となっている点に注意が必要である。

- 運用時の最終処分単価（H21 年度北海道平均） 10,151 円/トン

② 最終処分場の建設コスト（事業費）

北海道において最近 10 年以内に埋立を開始した最終処分場の建設コストを整理した。図 4-26 に示すとおり、最終処分場の規模に応じて事業費がかかる傾向が見える。ただし、これを埋立容量あたりの事業費単価で見ると、基本的に規模の大きな最終処分場ほど単価が安くなっていることが分かる（図 4-27）。

- 最終処分場の事業費単価 9,000 円/トン

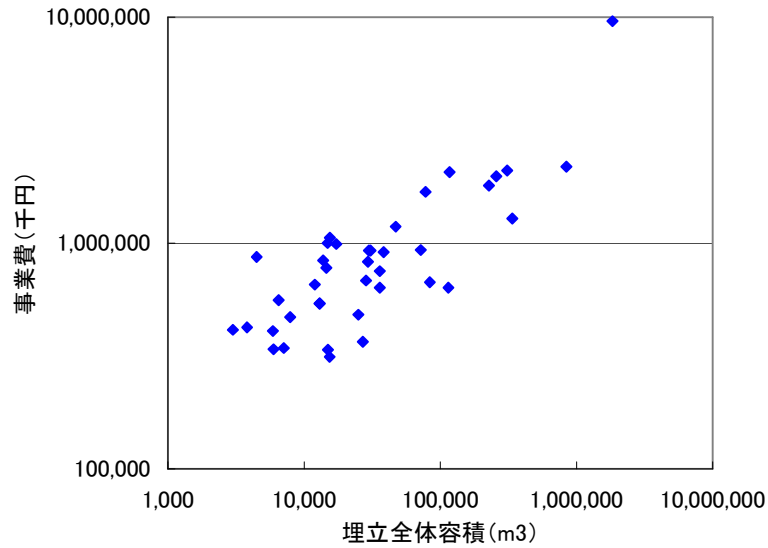


図 4-26 北海道において最近 10 年以内に埋立開始した最終処分場の容量と事業費の関係

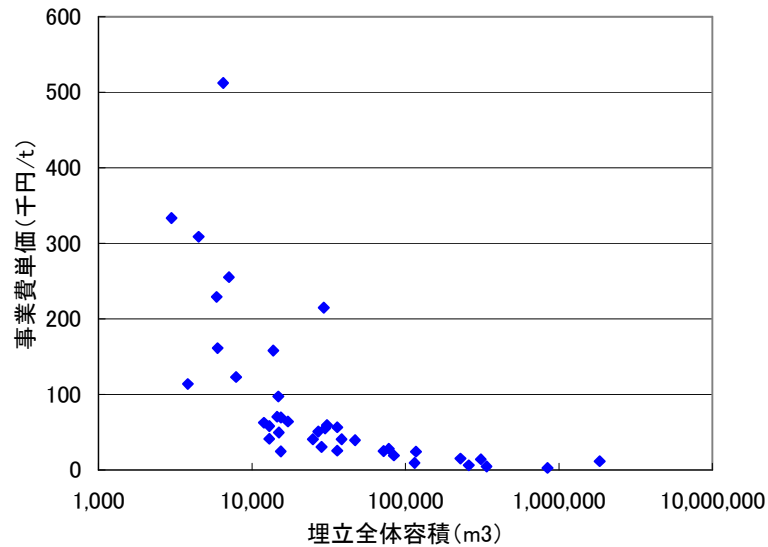


図 4-27 北海道において最近 10 年以内に埋立開始した最終処分場の容量と事業費単価の関係

各設備の事業費単価を単純平均すると約 90,000 円/t となるが、埋立容量で加重平均すると約 9,000 円/t と一桁安くなる。また、中央値を取ると 51,000 円/t となる。

今回は、比較的最終処分量の多い自治体の焼却灰を対象として検討しており、埋立容量 3 万 m³ 以上の最終処分場 17 施設の平均値の 25,876 円/t を事業性の評価に用いることとする。

③ 最終処分単価（運営費＋建設費）

両者を合わせ、北海道においてセメント資源化を想定する場合の最終処分の単価を以下のとおり想定する。

- 一般廃棄物最終処分単価 36,027 円/トン

4.5.4 コスト比較

鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化と埋立処分のコストを比較した（表 4-42）。旭川市及び北海道平均の場合には、現在の最終処分費よりもセメント資源化の方がコスト削減となる推計である。従って旭川市の場合や北海道の平均では、セメント資源化事業が継続できる条件でも、ごみ処理コストの削減（直接的な費用削減）が図られるため、事業を実施するメリットがあるものと考えられる。なお、北海道平均の輸送費は最遠の北見からの鉄道輸送費を用いた。

一方、千歳市の場合は、現行の最終処分費と比べるとセメント資源化の方がコスト増加となるため、直接費用の削減には貢献できない。しかし、新規の最終処分場の建設が必要とされている状況を踏まえると、処分場延命効果のあるセメント資源化は、社会的なコストの削減という面で方法のひとつとして、検討される可能性がある。

なお、各市町村等の最終処分コストの算出方法が必ずしも同一でないことに注意が必要である。

表 4-42 鉄道コンテナ輸送によるセメント資源化のコスト比較

	最終処分費	セメント資源化（計）	輸送費	処理費
旭川市	56,769 円/t	29,200 円/t	8,200 円/t	21,000 円/t
千歳市	22,573 円/t	29,000 円/t	8,000 円/t	21,000 円/t
北海道平均	36,027 円/t	32,400 円/t	11,400 円/t	21,000 円/t

（注）北海道平均の輸送費は最遠の北見ターミナルの輸送費で想定

4.6 経済価値化の可能性検討

4.6.1 適用可能な経済価値化手法の検討

現時点（2012年2月29日）において、温室効果ガスの排出削減の経済価値化が可能な制度は、オフセット・クレジット（J-VER）制度及び国内クレジット制度の2制度である。

焼却灰のセメント資源化が適用可能な方法論は、現状では承認されていない。従って、次節に示すような形で方法論を検討の上で経済価値化の具体化検討を行うことが必要である。

4.6.2 将来的な経済価値化の可能性について

国内クレジット制度は、自主行動計画非参加者が行う排出削減事業を共同実施者が支援するスキームに対して認定するものである。このため、モデル事業のケースでは、セメント資源化を行う事業者が自主行動計画参加者であるため適用対象外となる。

従って、経済価値化の可能性のある制度はJ-VER制度となる。

(1) J-VER 制度の適用可能性

先の環境負荷削減効果の評価の結果を踏まえると、焼却灰のセメント資源化により石灰石由来のCO₂の排出削減効果があることが推計されている。

現在は、廃棄物関連プロジェクトにおいて、エネルギー利用の場合のみが方法論として認められている。この大きな理由は、エネルギー利用により削減される化石燃料の量が明確で、モニタリング可能である点が挙げられる。一方、マテリアルリサイクルでは、リサイクルとGHG排出削減との関係が1対1とならず、削減量がモニタリングできない点がネックとなっている。

今回の焼却灰のセメント資源化においては、焼却灰の利用と石灰石の利用削減の関係が、何らかの代替性の評価手法を確立することで1対1でモニタリングできる可能性があるものと考えられる。このため、図4-28のような方法論の具体化を行うことが有効である。

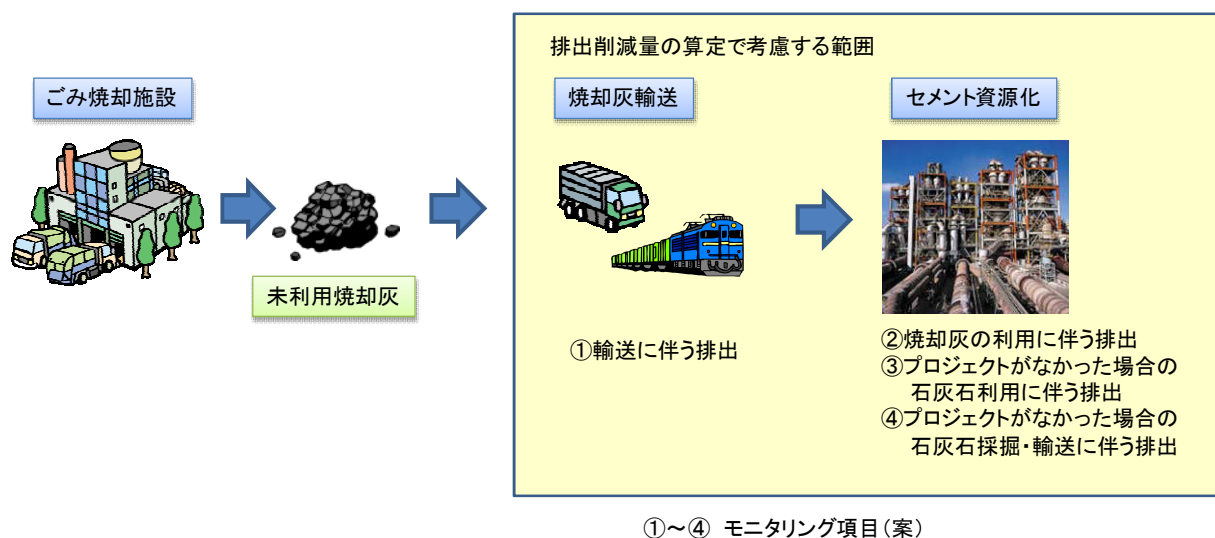


図 4-28 焼却灰のセメント利用での方法論想定

(2) J-VER 制度の適用条件

図 4-28 のような方法論を用いたプロジェクトを実施する際には、J-VER 制度の適用条件として、1.5 節で示したように経済的障壁があることが条件となる。

また、申請者についてはセメント事業者ではなく、処理依頼側の自治体等となることが必要であるとの示唆を受けている状況である。

① ランニングにおけるプロジェクトシナリオの経済効果がベースラインシナリオの経済効果を下回る

- この条件は端的に言えばベースラインシナリオ（現状）とプロジェクトシナリオ（モデル事業）を比較してベースラインシナリオの方が、採算性が高いという条件になる。
- 先に示したコスト評価から、自治体の最終処分費が約 19,000 円/トンとし、輸送費及びセメント資源化費用が約 29,000 円/トンと見込まれている。
- 例えば、自治体の最終処分費相当に近い 20,000 円/トンでセメント資源化を行う場合には、採算性が取れないため、経済的障壁が存在し、J-VER の適用条件に合致するものと考えられる。

② 初期投資の回収年数が 3 年を超える

- J-VER の適用条件として、一般的に採算性の悪い事業に対して適用することとなるため、その基準として投資回収年数が 3 年超という条件が課せられている。従って、今回の事業で J-VER を申請するには全体投資コストの回収が 3 年を超えることが条件となる。
- セメント資源化の場合には、焼成工程の設備について投資を行う形にならず、前処理設備（原料工程）での設備投資が予定されている。
- ただし、設備の新設の場合はプロジェクトで導入される設備の投資額と、ベースラインで導入されていたであろう設備の投資額との差額を、回収年数計算に用いる設備投資額として考慮することが求められる。
- 焼却灰のセメント資源化では、ベースラインシナリオで設備投資は想定しないため、差額がすべて新設設備の投資額となるものと見込まれるが、具体的な条件で判断することが必要である。

③ J-VER 申請者

- セメント資源化の場合には、直接の削減効果はセメント工場で発生する。しかしながら、セメント工場単独で焼却灰の資源化を行うことはできないため、排出元である自治体等と連携して J-VER 化を行うことが有効と考えられる。

4.7 事業性の検討

4.7.1 事業化条件の検討

(1) システムの安全・安定性

① 鉄道コンテナ輸送

JR 貨物の鉄道コンテナ輸送は、成熟した信号システムに従い貨物列車が専用軌道を走行する形態をとるため、一般道路運送と比較し格段に衝突等の事故危険性が低くなっている。実証実験の期間中では北海道内の石勝線において貨物列車が脱線事故を発生させたものの、ごくまれなケースであり、実証実験の対象区間では貨物列車による衝突等の事故発生は 0 件であった。鉄道輸送用コンテナは、輸送中天蓋を閉鎖する内部密閉式となっており、貨物自動車と比較して廃棄物の飛散・流出危険性が低くなっているほか、集貨から運搬、配達に至るまで一切開扉・積替等を実施しない一貫輸送システムを確立しており、廃棄物の複数社間受渡し場面においても飛散・流出危険性は発生しない。

コンテナの荷役は JR 貨物の各駅構内において荷役作業用フォークリフトが実施し、コンテナに取り付けられた ID タグをフォークリフトに装備された端末で読み取ることで、コンテナの位置情報を把握している。鉄道輸送中は、同社の輸送管理用コンピュータ・システム（IT-FRENS&TRACE システム）及び運転支援システム（PRANETS システム）によって、コンテナ現在位置情報のリアルタイムでの把握が可能である。

② セメント資源化

今回の実証試験では、試験期間ならびに排出清掃工場の処理能力の制約により、セメント資源化については、比較的短期間での実施に留まった。従って、キルン安定性の運転データ、製品セメントの品質等、当該実験の範囲内では、その安定性は示されたと判断しているが、事業規模の拡大に向けた検証のためには、日々変動するキルンの運転条件、焼却灰の成分等への対応性を評価する意味で、処理数量、処理対象灰の排出箇所を拡大し、長期間にわたる継続的な処理実験の実施が必要であると考ええる。

1) 焼却灰の性状について

- ストーカ式の飛灰は、性状は均一であるが、塩素濃度が高く、セメント原料に適さない可能性がある。
- ストーカ式の主灰は、金属等の異物が含まれるが、塩素濃度は低いため、セメント原料に適すると思われる。焼却灰は消火のために水で加湿されるため、塩素濃度はさらに下がるが、施設の規模やレイアウトにより加湿方法に違いがあり、含水率により塩素濃度も変化する。
- 流動床式は、焼却灰のほぼ全てが飛灰となる。流動床飛灰は、ストーカ主灰より塩素濃度が高くなると思われ、また、加湿されないこともあり、塩素濃度は下がりにくいと思われる。
- 焼却灰はごみの性状に左右される。焼却するごみにプラスチックが多く含まれると塩素濃度が高くなる可能性がある。

2) ごみ焼却施設からの灰の搬出について

- 焼却灰は、灰ピット、又は灰バンカから搬出される。トラック等に積んで搬出するようになっているため、鉄道輸送についても問題ないと思われる。

(2) 鉄道輸送の最大輸送能力

道内の貨物鉄道ネットワーク（図 4-29）を考慮すると、室蘭～旭川の周辺地域、帯広、北見のターミナル周辺地域がモデル事業の適用可能性のある地域となる。

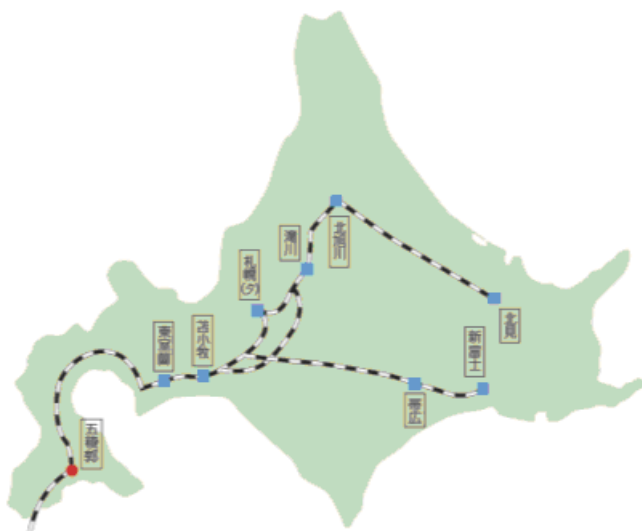


図 4-29 JR 貨物の静脈物流用主要ターミナル

(出典) 「静脈物流」パンフレット、日本貨物鉄道（株）

札幌(夕)駅・北旭川駅～函館貨物駅間を運行している主な貨物列車は以下の通りである。いずれも終着駅は本州各駅であり、その編成の一部コンテナをが函館貨物駅で下ろす形態となる。

表 4-43 焼却灰向け鉄道輸送能力の評価

輸送区間	列車番号	発着時間	輸送余力
札幌(夕)駅～函館貨物駅	第 3050 列車	00 : 20 発、04 : 47 着	2 車 (6 個)
	第 3056 列車	10 : 04 発、16 : 40 着	4 車 (12 個)
	第 3066 列車	16 : 21 発、21 : 59 着	4 車 (12 個)
	第 2060 列車	17 : 03 発、22 : 15 着	3 車 (9 個)
	第 3086 列車	17 : 51 発、22 : 37 着	2 車 (6 個)
	第 3064 列車	18 : 06 発、22 : 53 着	2 車 (6 個)
	第 3098 列車	21 : 50 発、02 : 16 着	3 車 (9 個)
	第 3060 列車	22 : 22 発、03 : 22 着	1 車 (3 個)
北旭川駅～札幌(夕)駅	第 1082 列車	18 : 12 発、21 : 06 着	17 車 (51 個)

実証実験では、札幌(夕)駅～函館貨物駅間について、第 3050 列車 13 個、第 3056 列車 1 個、第 2060 列車 1 個、第 3086 列車 2 個、第 3064 列車 2 個、第 3060 列車 2 個、第 3098 列車 11 個を期間中利用した。旭川市近文清掃工場排出の焼却灰の北旭川駅～札幌(夕)駅間は全量第 1082 列車を利用した。1 日の最大輸送力は 63 個 (598.5 トン) であり、今回の実験量 320 トンについては輸送能力面では問題なく輸送されている。

1 日最大 600 トンの場合には、年間 20 万トン程度の輸送が可能であると考えられる。この場合は各市の輸送スケジュールの調整が必要となる。

(3) 受入ポテンシャル

一般廃棄物の焼却灰 (ストーカ炉の主灰) を利用する場合には、塩分濃度の制約から、セメント (クリンカ) 生産量の 1~2%程度が、受入ポテンシャルとなる。

北海道内 2 工場でのセメント生産量は以下のとおりであり、受入ポテンシャルは 4.2 万トン/年~8.4 万トン/年と推計される。

- 太平洋セメント 上磯工場 クリンカ生産能力 約 320 万トン/年
 - ▶ 焼却灰受入ポテンシャル 3.2 万トン/年~6.4 万トン/年
- 日鐵セメント 室蘭工場 クリンカ生産能力 約 100 万トン/年
 - ▶ 焼却灰受入ポテンシャル 1.0 万トン/年~2.0 万トン/年

現在、太平洋セメント上磯工場では、焼却灰の受入に向けて異物除去等の設備投資の検討を進めている。現在は、年間 5 万トン程度の受入量を想定した設備を計画している。先の受入コストは概ねこの設備を考慮したものである。

一方、日鐵セメント室蘭工場では受入ポテンシャルが 2 万トン程度が上限となることが想定されるため、設備投資を行った場合の費用対効果は低くなるものと考えられる。

4.7.2 道内での事業拡大可能性の検討

(1) 北海道内のごみ焼却施設の方式について

北海道内に立地する一般廃棄物の焼却施設の方式を図 4-30 に整理した。「固定床式」「その他」は規模が非常に小さく、「ガス化溶融・改質」「炭化」は、焼却残さをスラグや炭として利用していることから、セメント原料化の対象となるのは、「ストーカ式」及び「流動床式」の焼却灰となる。

ただし、ガス化溶融方式については、溶融のエネルギー消費やコストがかかることや、溶融スラグ需要が少ないことから、自治体によっては溶融処理から焼却灰での提供に変更する施設が出てくる可能性もある。

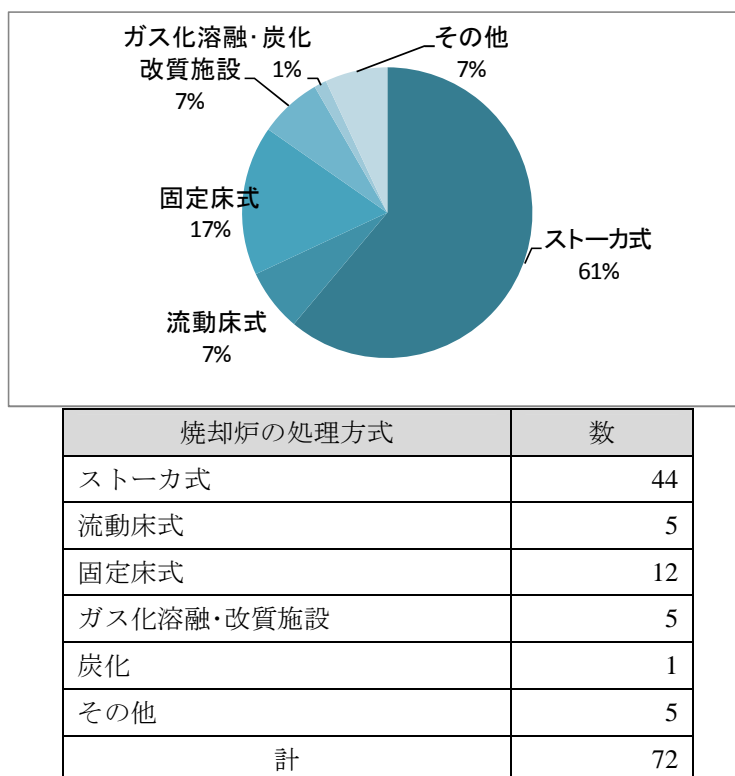


図 4-30 北海道内一般廃棄物処理施設の数

表 4-44 北海道内の一般廃棄物焼却施設の一覧（その1）

地方公共団体名	年間処理量 (t/年度)	処理方式	炉型式	処理能力 (t/日)	炉数	使用開始年度	余熱利用の状況	灰処理設備の有無	
								(焼却灰)	(飛灰)
札幌市	111667	ストーカ式（可動）	全連続運転	600	2	1985	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、場外温水、場外蒸気、発電（場外利用）		薬剤処理
札幌市	90900	ストーカ式（可動）	全連続運転	600	2	1980	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、発電（場外利用）		薬剤処理
札幌市	186080	ストーカ式（可動）	全連続運転	900	3	2002	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、発電（場外利用）	熔融処理	薬剤処理
札幌市	110947	ストーカ式（可動）	全連続運転	600	2	1992	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、場外温水、場外蒸気、発電（場外利用）		薬剤処理
函館市	53952	ストーカ式（可動）	全連続運転	180	1	1992	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、場外温水		薬剤処理、その他
函館市	40452	ストーカ式（可動）	全連続運転	240	2	1975	無し		薬剤処理、その他
函館市	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	17	2	1997			薬剤処理
旭川市	71151	ストーカ式（可動）	全連続運転	280	2	1996	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、場外蒸気、発電（場外利用）		セメント固化
北見市	33026	流動床式	全連続運転	165	3	2001	発電（場内利用）	薬剤処理	薬剤処理
岩見沢市	2600	固定床式	バッチ運転	9.6	2	1992			
岩見沢市	220	ストーカ式（可動）	バッチ運転	4.8	2	1992			
留萌市	0	固定床式	バッチ運転	10	1	2008			
苫小牧市	33169	ストーカ式（可動）	全連続運転	200	1	1982	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）		薬剤処理、その他
苫小牧市	37722	ストーカ式（可動）	全連続運転	210	2	1999	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、発電（場外利用）		薬剤処理
江別市	33895	ガス化熔融・改質	全連続運転	140	2	2002	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）	熔融処理	セメント固化、薬剤処理、熔融処理
根室市	11603	ストーカ式（可動）	准連続運転	100	2	1981		薬剤処理	薬剤処理
千歳市	23732	ストーカ式（可動）	全連続運転	195	2	1990	場内温水、場外蒸気		薬剤処理
登別市	20814	流動床式	全連続運転	123	2	2000	場内温水、場外温水	薬剤処理	薬剤処理
恵庭市	0	その他	全連続運転	75	1	1979	その他		
石狩市	17431	ストーカ式（可動）	全連続運転	180	2	1994	場内温水、場外温水		薬剤処理
奥尻町	1340	ストーカ式（可動）	バッチ運転	8	2	2002			薬剤処理
倶知安町	4084	ストーカ式（可動）	准連続運転	44	2	1988	場内温水	薬剤処理	薬剤処理
雨竜町	0	固定床式	バッチ運転	4.8	1	1990			
幌加内町	139	その他	バッチ運転	1	1	2007			
上富良野町	2650	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	2	1999			薬剤処理
枝幸町	0	流動床式	准連続運転	20	1	1998			
礼文町	1124	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	1	1985	場内温水		薬剤処理
津別町	630	固定床式	バッチ運転	10	2	1992		その他	セメント固化
清里町	634	ストーカ式（可動）	バッチ運転	10	1	1983			薬剤処理
小清水町	0	固定床式	バッチ運転	5	1	1969			
訓子府町	0	固定床式	バッチ運転	4	3	1992			
置戸町	0	その他	バッチ運転	4.8	2	1995			
遠軽町	5276	ストーカ式（可動）	准連続運転	25	2	1993		薬剤処理	薬剤処理
滝上町	627	固定床式	バッチ運転	9	2	1989			セメント固化
興部町	0	固定床式	バッチ運転	9.6	2	1966			
雄武町	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	10	1	1988			

表 4-45 北海道内の一般廃棄物焼却施設の一覧（その2）

地方公共団体名	年間処理量 (t/年度)	処理方式	炉型式	処理能力 (t/日)	炉数	使用開始年度	余熱利用の状況	灰処理設備の有無	
								(焼却灰)	(飛灰)
大空町	1492	その他	バッチ運転	6	1	1983		薬剤処理	薬剤処理
浦河町	3107	ストーカ式（可動）	バッチ運転	17	2	1999	場内温水、その他		薬剤処理
襟似町	784	ストーカ式（可動）	バッチ運転	10	1	1997			薬剤処理
えりも町	1337	ストーカ式（可動）	バッチ運転	10	1	1990			
鹿追町1	0	固定床式	バッチ運転	4	1	1992			
鹿追町2	0	固定床式	バッチ運転	4	1	1994			
新得町	1511	ストーカ式（可動）	バッチ運転	12	1	1997	場内温水		薬剤処理
清水町	1948	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	1	1991	場内温水		薬剤処理
厚岸町	3356	ストーカ式（可動）	バッチ運転	16	2	1977		薬剤処理	薬剤処理
浜中町	0	固定床式	バッチ運転	16	2	2002			薬剤処理
標茶町	1906	ストーカ式（可動）	バッチ運転	13.44	1	1995			薬剤処理
弟子屈町	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	12	1	1997			薬剤処理
白糠町1	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	11	1	1995		薬剤処理	薬剤処理
白糠町2		その他	バッチ運転	4.5	1	1989			
根室北部廃棄物処理広域連合	12759	流動床式	全連続運転	62	2	2006	場内温水	熔融処理	薬剤処理
名寄地区衛生施設事務組合	4022	炭化（回転式）	准連続運転	20	1	2003	場内温水		薬剤処理
十勝環境複合事務組合	66693	ストーカ式（可動）	全連続運転	330	3	1996	場内温水、発電（場内利用）、発電（場外利用）		薬剤処理
北しりべし廃棄物処理広域連合	45671	ストーカ式（可動）	全連続運転	197	2	2007	場内温水、発電（場内利用）	薬剤処理、熔融処理	薬剤処理
南空知公衆衛生組合	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	12	1	1985			
岩内地方衛生組合	7114	ストーカ式（可動）	准連続運転	50	1	1978	場内温水		薬剤処理
北部松山衛生センター組合	4422	ストーカ式（可動）	バッチ運転	25	2	1986			薬剤処理
南渡島衛生施設組合	358	固定床式	バッチ運転	3.76	1	1978		その他	その他
南十勝複合事務組合	4197	ストーカ式（可動）	バッチ運転	28	2	1993	場内温水		薬剤処理
安平・厚真行政事務組合	0	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	1	1986			
南部松山衛生処理組合	6446	流動床式	准連続運転	44	2	1996	場内温水	セメント固化	セメント固化
南宗谷衛生施設組合	4543	ストーカ式（可動）	准連続運転	22	2	2002	場内温水		薬剤処理
日高中部衛生施設組合	9308	ガス化熔融・改質シャフト式	全連続運転	38	2	2002	場内温水、場外温水	熔融処理	セメント固化
愛別町外3町塵芥処理組合	7218	ストーカ式（可動）	准連続運転	50	2	1998	場内温水		薬剤処理
西いぶり広域連合	42573	ガス化熔融・改質回転式	全連続運転	210	2	2003	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、場外蒸気、発電（場外利用）	熔融処理	セメント固化、薬剤処理
利尻郡清掃施設組合	2227	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	1	1991			
南部後志衛生施設組合	2034.1	ストーカ式（可動）	バッチ運転	18	1	1994	場内温水		薬剤処理
大雪清掃組合	6916	ストーカ式（可動）	全連続運転	75	2	1993	場内温水		セメント固化、薬剤処理
平取町外2町衛生施設組合	7997	ストーカ式（可動）	バッチ運転	40	2	1992			
渡島廃棄物処理広域連合	32556	ガス化熔融・改質回転式	全連続運転	126	2	2003	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、その他	熔融処理	セメント固化、薬剤処理
北十勝2町環境衛生処理組合	1596	ストーカ式（可動）	バッチ運転	15	1	1997			薬剤処理
釧路広域連合	59018	ガス化熔融・改質流動床式	全連続運転	240	2	2006	場内温水、場内蒸気、発電（場内利用）、発電（場外利用）	熔融処理	薬剤処理

(2) 最大受入想定

輸送能力、処理能力等を考慮すると、最大受入の想定として制約となるのはセメント工場での受入能力となる。クリンカ生産量の2%を受入限度と想定すると、年間8.4万トンのポテンシャルとなる。これをストーカ炉の焼却炉を持ち、埋立処分量の多い自治体から割り当てて想定を行うと、以下の7つの自治体で概ね8万トン程度の処理量になるものと推測される。なお主灰の割合は焼却灰の80%と仮定して推計している。

● 札幌市（札幌（ターミナル））	47,000 トン/年
● 函館市（一）	9,500 トン/年
● 苫小牧市（苫小牧）	8,000 トン/年
● 旭川市（北旭川）	6,000 トン/年
● 帯広市（帯広）	4,500 トン/年
● 千歳市（札幌（ターミナル））	2,500 トン/年
● 石狩市（札幌（ターミナル））	1,500 トン/年
➤ 以上累計	79,000 トン/年

これを踏まえると、札幌市が受入ポテンシャルの半分程度（上磯工場の設備量相当程度）と焼却灰量が多いため、札幌市が実施するか、函館市から石狩市で実施するかというような条件が事業化の想定条件となる。