

都市ごみ焼却主灰のセメント資源化に関する一考察

首都大学東京大学院 正会員 ○荒井康裕, フェロー 小泉明, 正会員 稲員とよの, 李小航 (現, 日立造船 株式会社), 東京都環境科学研究所 正会員 飯野成憲

1. はじめに

一般廃棄物の最終処分場に関する残余容量は平成 10 年度以降, 16 年間続けて減少し, 最終処分場の数も平成 8 年度以降では概ね減少傾向である. 最終処分場の新設には地域住民の反対等の多くの制約があり非常に困難であることから, その延命化が求められる. こうした中, 最終処分場へ廃棄される一般廃棄物の約 70%を占める都市ごみ焼却灰の有効活用が進められてきた.

現在, 都市ごみ焼却灰の活用方法として主に熔融処理とセメント資源化が確立されている. しかし, 灰の熔融処理は熔融設備の設置・運営または民間委託のいずれの場合においても財政負担は非常に大きく, またスラグ利用も低迷する傾向があり, 自治体によって灰熔融処理について見直しが行われている. 他方, セメント資源化は建築主材料であるセメントの安定的な需要や, 既存のセメント工場を活用することにより施設設置の負担が少ないことから, 近年焼却灰の有効利用として期待され, また技術的な進歩によりセメント原材料としての廃棄物使用も年々増加傾向にある.

以上のような背景から, 今後都市ごみ焼却灰のセメント資源化利用の拡大を見据え, 本稿では対象地域である A 都市のごみ焼却灰のセメント資源化における運営コスト及び環境負荷の側面にも着目し, 数理計画モデルを用いた循環システムの最適化に関する検討を行う (図-1). これにより, 効率的な都市ごみ焼却灰のセメント資源化に関する将来計画の提案を行うことができると考える.

2. 運営コストの観点で比較した場合の結果と考察

研究対象とする A 都市のごみ焼却灰のセメント資源化について, その主灰発生量, 輸送 (手段・費用), そして施設整備費等の整理を行った上で, 数理計画手法¹⁾によりコストの観点からその最適な組み合わせを検討した (表-1). まず, ケース 1 としてトラックによる全国輸送と対象地域でのエコセメント工場の新設を考慮した検討を行った. その結果, A 都市に近隣する比較的輸送コストが小さい地区への輸送と 10 (万トン/年) 規模のエコセ

メント工場を新設する組み合わせがコストを最小限に抑えられることが分かった. 次に, ケース 2 としてトラック, 鉄道, 内航船舶を用いたモーダルシフトによる全国輸送と対象地域でのエコセメント工場の新設を考慮して検討した (表-2). そして, 二つのケースの比較を行った

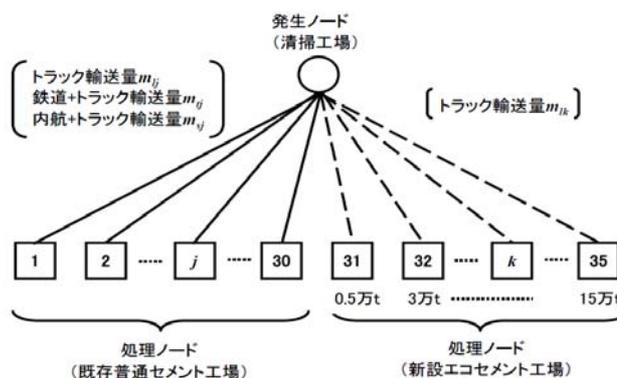


図-1 セメント資源化のモデル図

表-1 受入れ余力と輸送手段別コスト (既存セメント工場)

地区	セメント工場 [j]	受入れ余力 [t]	輸送+処理コスト [円/t]		
			トラック	鉄道+トラック	内航船舶+トラック
北海道	1	4,101	72,987	55,235	49,196
	2	17,909	65,662	53,266	56,241
東北	3	2,686	62,620	55,783	53,123
	4	5,906	57,936	50,347	48,680
	5	9,927	52,172	50,687	49,946
	6	2,466	49,851	48,974	52,180
関東一区	7	9,032	34,660	43,537	-
	8	4,826	35,240	45,601	-
	9	6,832	33,507	44,016	-
	10	3,916	32,578	42,794	47,695
関東二区	11	3,591	37,602	44,306	-
	12	3,781	35,520	44,851	-
北陸	13	8,352	45,567	48,480	49,508
	14	10,757	44,567	48,817	49,752
	15	2,996	49,931	50,897	52,909
東海	16	4,956	47,169	47,777	53,211
	17	9,377	46,888	48,337	52,531
近畿	18	15,894	55,815	51,741	49,932
四国	19	17,994	63,981	57,511	52,508
中国	20	23,886	67,263	57,570	48,696
	21	5,831	67,503	57,490	48,844
	22	7,262	69,985	55,188	48,790
	23	19,765	69,945	55,957	50,002
	24	3,376	72,747	55,820	48,928
九州	25	33,733	73,027	56,457	49,445
	26	8,027	73,147	56,569	49,545
	27	4,331	73,107	56,557	49,537
	28	6,286	73,988	57,669	50,553
	29	21,150	78,431	58,735	55,181
沖縄	30	3,046	-	-	51,791
合計		281,992			

【キーワード】 一般廃棄物 焼却主灰 リサイクル エコセメント 数理計画手法

【連絡先】 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 TEL.& FAX.042-677-2947

結果、複数の輸送手法を適切に組み合わせることで施設を新設することなく、全国の既存のセメント工場を活用することで都市ごみ焼却灰のセメント資源化コストを最小化できることが分かった(表-3)。

3. CO₂排出量の観点で比較した場合の結果と考察

環境負荷要因の一つであるCO₂の観点から対象都市のごみ焼却主灰のセメント資源化に最適な輸送及びエコセメント工場新設の組み合わせを検討した。まず、処理対象である主灰において輸送手段別(トラック輸送、鉄道輸送、船舶輸送)(表-4)、セメント生産種類別(普通ポルトランドセメント、エコセメント)のCO₂排出原単位を既往の研究結果を基に算出した(表-5)。次に、前章2.と同様にトラックのみの輸送(ケース3)及びモーダルシフトを活用した輸送(ケース4)の2ケースにおいてその輸送と生産過程に発生するCO₂総排出量を比較した(表-3)。結果として、2ケースともエコセメント工場を新設せずに複数の輸送手段を適切に組み合わせることでCO₂総排出量を最小限に抑えられることが分かった。しかし、ケース3はケース4と比較して輸送にかかるCO₂排出量が2倍以上であることから、環境負荷の観点においても鉄道、内航船舶等の複数の輸送手段による組み合わせが適切であることが分かった(図-2)。

4. おわりに

本稿では都市ごみ焼却主灰のセメント資源化に着目したモデル分析を試みた。財政への負担と環境負荷を考慮した分析結果から、対象都市でのごみ焼却主灰のセメント資源化を合理的に展開するためには、モーダルシフトによる輸送と既存のセメント施設を活用する運営方法が望ましいことが明らかになった。しかし、主灰と飛灰を

併せた処理を考えると、エコセメント工場を活用した展開も十分に考えられるため、より広い視点での研究が今後必要である。

【参考文献】1) 飯野・荒井ら:都市及び周辺地域におけるごみ焼却主灰のセメント資源化システムに関するモデル分析。土木学会論文集G(環境),Vol.72,No.6, II_35-II_44, 2016

表-2 各ケースの設定条件

	目的関数	輸送手段		
		トラック	鉄道	内航船舶
ケース1	コスト	○	-	-
ケース2	コスト	○	○	○
ケース3	CO ₂	○	-	-
ケース4	CO ₂	○	○	○

表-3 モデル分析の結果

	総処理コスト (百万円)	総CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	エコセメント 施設新設
ケース1	7,565	-	する
ケース2	6,790	-	しない
ケース3	-	32,857,626	しない
ケース4	-	14,665,661	しない

表-4 輸送手段別のCO₂排出原単位

CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /ton-km)	
トラック輸送	0.424
鉄道輸送	0.135
内航船舶	0.210

表-5 セメント生産種類別のCO₂排出原単位

CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /ton-主灰)	
普通ポルトランドセメント	2.7
エコセメント	388.3

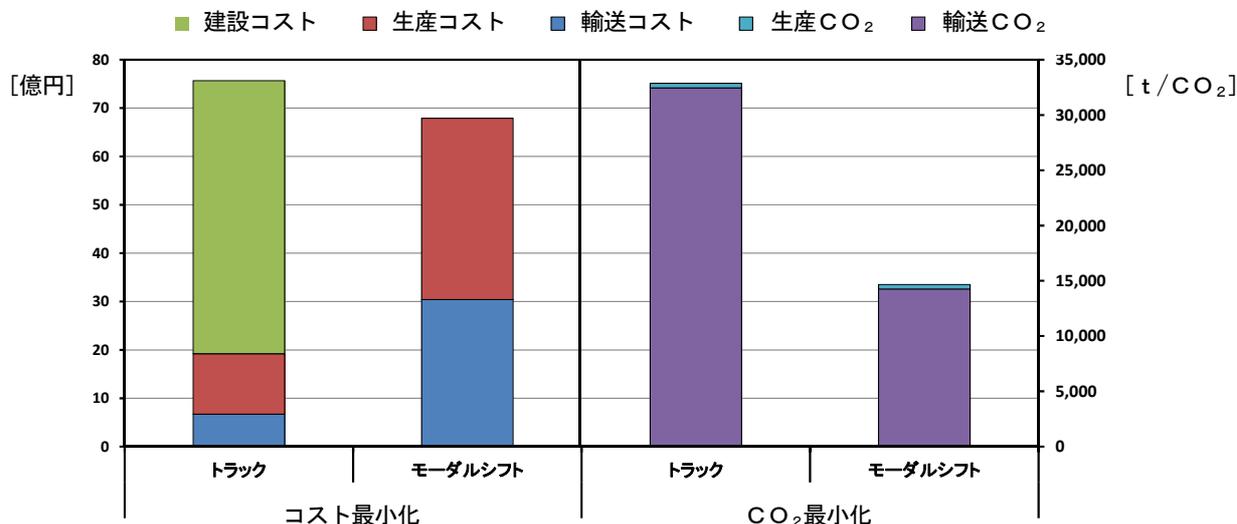


図-2 「コスト最小化」及び「CO₂最小化」を目的とした場合の内訳比較