

土木資材の需給動向を考慮した焼却灰リサイクルの環境負荷評価

九州大学大学院 学生会員 ○金築 優
 九州大学大学院 正会員 島岡 隆行
 九州大学大学院 正会員 中山 裕文

1. はじめに

近年、最終処分場空間の不足から、焼却灰のリサイクルが強く求められている。しかし、一口に焼却灰のリサイクルと言っても、熔融してスラグにする方法や焼成してセメント原料にする方法のように熱的な処理を加える方法や、エージングによる安定化のようにあまりエネルギーを利用しない方法もあり、その用途も様々である。また、焼却灰をリサイクル資材として多く用いることになった場合、これと同様の用途で用いられていた他の土木資材との競合が発生する。焼却灰のリサイクルを促進することによって他の土木資材の利用が減少し、結果として全体的な環境負荷が増えることは避けなければならない。そこで本研究では、焼却灰再生材だけでなく、競合関係にあるその他のバージン・再生材の将来的な需給動向を考慮し、今後20年間における仮想的な焼却灰リサイクル計画を設定した。そして、焼却灰の土木資材化に付随して発生する環境負荷およびコストを評価することで、今後、焼却灰をどの方法・用途でリサイクルすることが望ましいかについての検討を試みた。

2. 焼却灰と競合関係にある土木資材

表-1に、焼却灰のリサイクル技術と用途、および焼却灰再生材と競合関係にある他の土木資材についてまとめた。このように、焼却灰のリサイクル方法はいくつか存在するが、本研究では、焼却灰の熔融スラグ化およびエコセメント化に着目した。

焼却灰を熔融スラグ化した場合、道路用の路盤材として利用することが可能となるため、競合する資材としては、バージン砕石および再生砕石が考えられる。また、エコセメント化については、競合する資材として普通セメントがあげられる。エコセメントとは、セメント製造の原材料として、粘土等のかわりに焼却灰を用いたものであるが、これは普通セメントと同様の用途で利用することができる。なお、その他のリサイクル方法に関する検討は、分析に必要なデータの収集が不十分であったため、今後の課題とする。

3. 分析の内容

3-1. 評価対象範囲

図-1に、本研究での分析対象範囲を示した。焼却灰およびコンクリート塊に関しては、運搬・埋立・再生資材化の各工程に加え、最終処分場や熔融施設・エコセメント工場・コンクリート塊破砕機の建設・製造・維持管理工程までを分析対象とした。また、バージン砕石および普通セメントについては、原材料の採取・運搬・資材の製造までの工程を対象とした。

3-2. リサイクルシナリオの設定

今後20年間における仮想的な焼却灰のリサイクルシナリオを、焼却灰のリサイクル方法別に設定した(表-2)。具体的には、焼却灰を全量埋立処分する場合(シナリオ1)、焼却灰を熔融スラグ化後、バージン砕石の代替として利用する場合(シナリオ2)、焼却灰を熔融スラグ化後、再生砕石の代替として利用する

表-1 焼却灰のリサイクル技術・用途・競合品¹⁾

焼却灰のリサイクル技術	用途	競合品
熱的処理 ① 熔融 スラグ化	路盤材	バージン砕石、再生砕石、鉄鋼スラグ、砂利・砂など
	コンクリート用骨材	
	混合物用骨材	
② 焼成 エコセメント化	埋め戻し材	土砂、建設発生土など
	セメント	
	ブロック	
非熱的処理 ④ 物理選別処理 ハイセメント化	浅層土埋立地	普通セメント、固化材
	表面改良材	
	路盤材	
⑤ エージング(貯蔵熟成)し、粒度調整後、路盤材化	路盤材	バージン砕石、再生砕石、鉄鋼スラグ、砂利・砂など
	レンガ	
⑦ 圧縮成型 成型レンガ	レンガ	レンガ

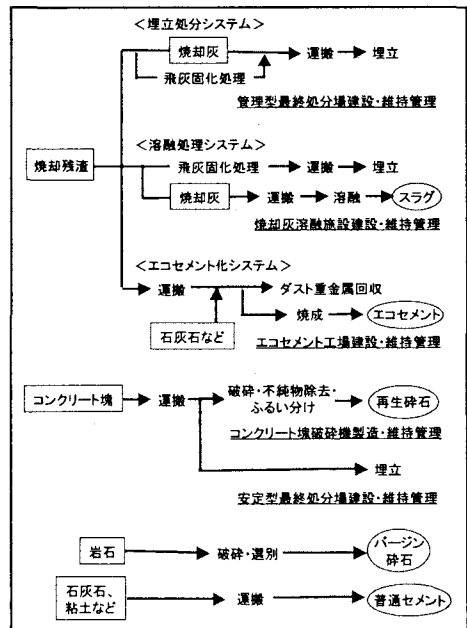


図-1 研究対象範囲

表-2 設定したリサイクルシナリオ

シナリオ	焼却灰の処理方法	代替される製品
シナリオ1	埋立処分	-
シナリオ2	熔融スラグ化	バージン砕石
シナリオ3	熔融スラグ化	再生砕石 (コンクリート塊)
シナリオ4	エコセメント化	普通セメント

場合(シナリオ3)、焼却灰をエコセメント化する場合(シナリオ4)を想定した。

3-3. 焼却灰・コンクリート塊発生量および資材の需給量予測

今後20年間における、焼却灰およびコンクリート塊の発生量予測を図-2に示す。焼却灰発生量の将来予測は、一人一日あたりの一般廃棄物排出量が近年ほぼ一定で推移していることから²⁾、将来推計人口³⁾をもとに算出した。また、コンクリート塊発生量は、非木造建築解体廃棄物発生量の将来推計⁴⁾から予測した。

次に、本評価で対象とする土木資材の需給量予測を図-3に示す。砕石需給量については、20年後に現在の8割まで需要が減少すると仮定し、算出した。また、セメントの需給量については、日本エネルギー経済研究所⁵⁾の試算結果を参考にした。

4. 計算結果および考察

表-3に示す原単位を用い、各シナリオごとのCO₂排出量を算出した結果が図-4である。本評価においては、焼却灰をエコセメント化する際のCO₂排出量が他の工程と比べ大きく、その結果、シナリオ4が最も大きな値を示した。また、ケース2とケース3とを比較することで、焼却灰再生材をバージン砕石の代替として利用した方が、再生砕石の代替として利用するよりも、環境負荷が小さいという結果が得られた。

次に、同様の分析範囲を対象とし、各シナリオごとのコストを算出した(図-5)。その結果、最も高コストとなるのは焼却灰をスラグ化した場合であり、逆に最も低コストとなるのはエコセメント化したケースとなった。シナリオ2および3は、焼却灰溶解時のコストに加え、飛灰を埋立処分する際のコストも加算されるため、他のシナリオに比べ高いコストを示したと思われる。

以上の計算によれば、焼却灰の溶解スラグ化は、エコセメント化した場合に比べCO₂排出量の面では有利であるが、コストの面では不利であるという結果となった。したがって、環境負荷とコスト、どちらの視点で焼却灰のリサイクルをとらえるかが、今後のリサイクルの方向性を決める一つの要因となることが考えられる。

5. おわりに

本研究では、将来的な焼却灰の埋立処分・リサイクル方法に関して、仮想的な4つのシナリオを設定し、CO₂排出量およびコストの観点からそれらを比較・分析した。今後は、最適化計算を行うことで、具体的にどれだけの量の焼却灰をどの方法・用途でリサイクルすることが望ましいかについての検討を行っていきたい。

[参考文献]

- 1) 藤吉秀昭:都市ごみ焼却灰の有効利用技術、資源環境対策、Vol.39 No.2(2003), 2) 環境省:平成12年版環境白書(2000), 3) 国立社会保障・人口問題研究所:日本の将来推計人口(2000), 4) 建設副産物リサイクル広報推進会議:再資源化施設・最終処分場の適正な立地に関する研究報告会、大成出版社(1999), 5) 日本エネルギー経済研究所:わが国の長期エネルギー需給展望(2002)

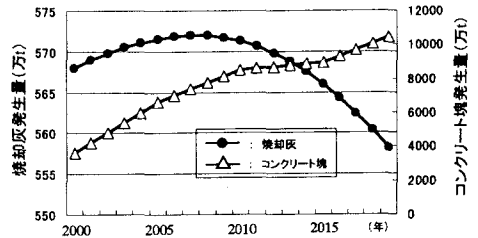


図-2 焼却灰およびコンクリート塊の発生量予測

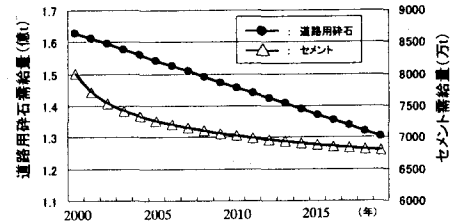


図-3 砕石およびセメントの需給量予測

表-3 計算に使用した原単位

項目	CO ₂ 排出量 [kg-C/≡]	*
1) 電力	0.129	kWh
2) 重油	0.705	L
3) 軽油	0.74	L
4) 灯油	0.71	L
5) 硫酸	0.03	kg
6) 苛性ソーダ	0.15	kg
7) 塩酸	0.06	kg
8) キレート剤	724.9	t
9) セメント	225	t
10) 骨材	2.2	t
11) 水	0	t
12) 廃棄物埋立	10	t
13) 土木工事	1.54	千円
14) 建築工事	1.2	千円

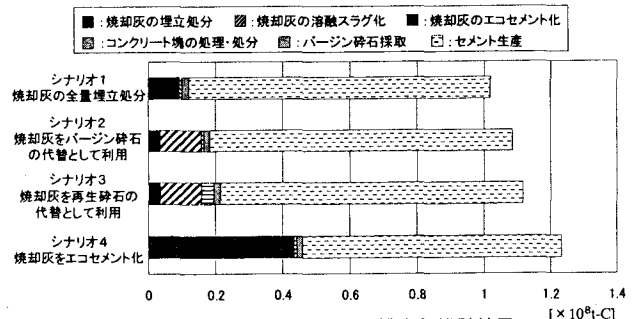


図-4 シナリオ毎のCO₂排出量推計結果

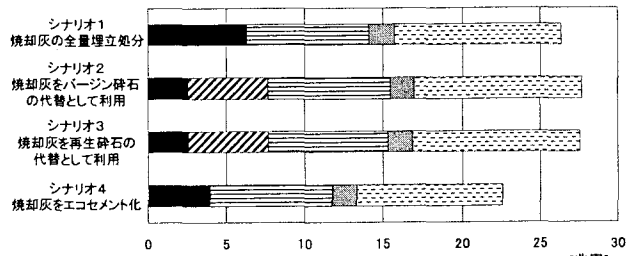


図-5 シナリオ毎のコスト試算結果