

セメント製造における廃棄物の有効利用に関する研究 (II)

佐賀大学 学 () 大久保有芳

同 正 荒木宏之

同 正 古賀憲一

1. まえがき 近年、我が国においては、人口の増加、生活水準の向上に伴い、一般廃棄物排出量が増加し最終処分場が不足してきている。そのため、新たな最終処分場の建設が急務とされるが、用地確保等が困難な問題も多い。このことから国・地方公共団体・事業者等による、リサイクル活動、有料化等の資源化・排出削減対策が講じられている。また、下水汚泥も同様に最終処分場の確保が困難であり、コンポスト化、建設資材といった有効利用が考えられている。著者らは、前報¹⁾で一般廃棄物・下水汚泥の資源化の一環として、セメント製造過程におけるクリンカ焼成の際の熱源として、またそれらの焼却灰をセメント原料として利用することを提案し、量的には十分利用可能であることを示した。本報では、ケーススタディとして沖縄を除く九州各県にセメント工場を1ヶ所建設し、県内の各市町村から排出される一般廃棄物・下水汚泥を熱源、セメント原料として有効に利用するシステムの可能性について量・質的、経済的観点から検討を行った。

2. 検討内容 まず、九州各県の一般廃棄物と下水汚泥の有する熱量が、セメント製造過程におけるクリンカ焼成の熱源としてどの程度有効であるか検討を行った。次に一般廃棄物と下水汚泥の焼却灰のセメント原料として寄与度を検討するため、各県の数ヶ所のごみ処理場からサンプリングした焼却灰の化学成分を分析し、その結果からセメント原材料としての配合量計算を行った。配合量計算の制約条件として、JIS規格の総アルカリ量 ($\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$) < 0.75%、 Cl^- < 0.01%、 P_2O_5 < 0.1%を設定した。更に、この計算結果からセメント生産可能量を求め、それに基づく事業費を算出し、従来の一般廃棄物処理、下水汚泥処理、セメント製造の事業費と比較検討した。

3. 検討結果及び考察 通常クリンカ焼成に使用される石炭の熱量は約 7000kcal/kg であり、焼成温度は約 1450℃である。一方、一般廃棄物と下水汚泥はそれぞれ約 1300~1500kcal/kg、4300~4500kcal/kg の熱量を有し、焼却温度も 1300~1500℃となるため、代替熱源として利用可能である。これから九州各県における一般廃棄物総収集量、下水汚泥排出量及びそれらの焼却残量を表-1に示す^{2), 3)}。九州の一般廃棄物及び下水汚泥の有する総熱量は約 9.2×10^{12} kcal となり、これは後述するセメント生産可能量のクリンカ焼成に必要な熱量の約 3 倍に相当する。熱源として利用した後の一般廃棄物と下水汚泥の焼却灰(以下焼却灰とする)を用いた場合の原材料の配合量計算結果の一例を図-1に示す。図中の従来の配合量とは、焼却灰を用いない場合の配合量である。図から、各県平均で原材料の内、石灰石の約 2 割、珪石の約 5 割、鉄原

表-1 一般廃棄物、下水汚泥排出量及び残量(t/年)

	総収集量	焼却残量	総汚泥量	焼却残量
福岡県	1,924,205	250,147	305,662	33,623
佐賀県	234,449	30,478	2,619	288
長崎県	603,022	78,393	32,444	3,569
熊本県	567,226	73,739	23,149	2,546
大分県	450,878	58,614	16,492	1,814
宮崎県	478,705	62,232	8,877	976
鹿児島県	692,840	90,069	11,427	1,257
合計	4,951,325	643,672	400,670	44,073

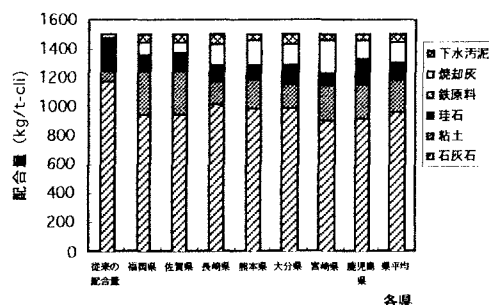


図-1 配合量計算結果

表-2 セメント生産可能量(t/年)

	セメント生産可能量
福岡県	2,499,214
佐賀県	294,945
長崎県	620,443
熊本県	502,002
大分県	451,552
宮崎県	439,023
鹿児島県	520,313
合計	5,327,492
現在の生産量	29,271,754
九州内販売高	9,306,760

料の全てが焼却灰でまかなえることが分かる。しかしながら、粘土は約3倍の量が必要となる。これは、珪石や鉄原料からのSiO₂の供給が減少した分、粘土からのSiO₂の供給が増加したためである。次にこの配合量計算結果から求められるセメント生産可能量及び現在の生産量と消費量の実績を表-2に示す。表から、廃棄物、汚泥を用いた場合のセメント生産量は、現在の九州内生産量の約2割、消費量の約6割を占めることが分かる。

セメント製造原価についての検討結果を表-3に示す。固定費には、人件費、機械運搬費、設備投資費、施設の減価償却費が含まれている。また図-1に示したように原料費が削減され、熱源も一般廃棄物と下水汚泥の有する熱量で全てまかなわれるため、燃料費が削減できる。また、それらを熱源として利用するための付帯設備費を固定費に含めれば、最終的には、セメント1t当たり約1100円削減できることが分かる。

次に、本システムの事業費を表-4に、従来のシステムの事業費を表-5に示す。ここでは一般廃棄物処理事業費の詳細が明らかな佐賀、熊本、大分、鹿児島について検討を行った。本研究では、一般廃棄物は、各自治体に設置された運搬中継施設にごみを収集し、そこから大型トラックでセメント工場へ運搬するものとし、下水汚泥は、終末処理場で発生した汚泥ケーキを直接セメント工場へ搬入するものとした。一方、現在の廃棄物を最終処分するために必要となる最終処分場の事業費は、平成2年の建設実績コストと埋立年数15年から算出した⁴⁾。これらの表から、削減された廃棄物処理事業費は、セメント工場における廃棄物利用に必要な付帯設備費、原料収集運搬費等に割り当てることが出来ると考えられる。以上のことから、本研究で提案したシステムは、経済的観点からも現在の処理事業費に比べ有効であることが分かる。

4. 結論 本研究で提案した廃棄物利用システムは、量・質的、経済的観点から有効であり、廃棄物の資源化としても有効であると考えられる。今後は、本システムにおけるセメントの流通、環境への影響等を含めて検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 大久保有芳, 荒木宏之, 古賀憲一: セメント製造における廃棄物の有効利用に関する研究, 1993
- 2) 九州各県庁: 平成5年度(3年度)一般廃棄物処理の現況
- 3) 日本下水道協会: 下水道統計, 昭和62年度
- 4) 土木学会: 平成5年度広域最終処分場計画調査・環境保全計画調査報告書(厚生省委託調査)

表-3 セメント製造原価比較(千円/年)

	固定費	原料費	燃料費	電気料	製造原価計
従来	2,500	1,000	1,000	500	5,000
福岡県	2,500	913	0	500	3,913
佐賀県	2,500	930	0	500	3,930
長崎県	2,500	861	0	500	3,861
熊本県	2,500	854	0	500	3,854
大分県	2,500	856	0	500	3,856
宮崎県	2,500	822	0	500	3,822
鹿児島県	2,500	892	0	500	3,892

表-4 本システムにおける事業費(千円/年)

		佐賀県	熊本県	大分県	鹿児島県
ごみ収集運搬事業費	人件費	385,396	932,426	741,169	1,138,915
	車体減価償却費	72,262	174,830	138,969	213,547
	燃料費	1,849,899	4,587,537	4,254,312	5,740,132
	現在の収集運搬費	1,272,793	18,324,422	4,257,486	4,133,595
	小計	3,580,350	24,019,215	9,391,936	11,226,189
汚泥収集運搬事業費	人件費	12,000	115,634	108,441	18,784
	車体減価償却費	2,250	21,861	20,333	3,522
	燃料費	44,889	390,485	156,380	25,277
	小計	59,139	527,980	285,154	47,583
セメント工場事業費	セメント製造費	1,159,134	1,934,716	1,741,185	2,025,058
	小計	1,159,134	1,934,716	1,741,185	2,025,058
総計		4,798,623	26,481,911	11,418,275	13,298,830

表-5 従来の廃棄物処理事業費とセメント製造費(千円/年)

		佐賀県	熊本県	大分県	鹿児島県
ごみ処理事業費		6,411,572	28,948,385	10,635,375	15,629,893
汚泥処理事業費		154,553	710,330	667,331	543,523
最終処分場事業費	人件費	120,000	300,000	300,000	570,000
	維持管理費	155,070	414,531	371,483	1,055,501
	減価償却費	332,637	889,204	796,863	2,264,138
	小計	607,707	1,603,735	1,468,346	3,889,639
セメント工場事業費	セメント製造費	1,474,725	2,510,010	2,257,760	2,601,565
	小計	1,474,725	2,510,010	2,257,760	2,601,565
総計		8,648,557	33,772,460	15,028,812	22,664,620