

II-634 セメント製造における廃棄物の有効利用に関する研究

佐賀大学 理工学部 ○学 大久保有芳

正 古賀憲一

同上 低平地防災研究センター 正 荒木宏之

1. 目的

近年我国においては、人口増加・生活の向上にともない廃棄物量が年々増加する傾向にあり、大都市では3～5年、地方都市でも5～10年で埋立地の埋立許容量を超えるとも言われている。そのため、新たな埋立地の確保・建設が急務とされているものの、用地確保などの多くの問題を抱えており困難な状況にある。最近では、国・地方公共団体・事業者等による、リサイクル事業活動が行なわれている。今後これらの諸対策と併せて、より有効的で合理的な廃棄物資源化方法の確立が望まれる。本研究は、廃棄物（一般廃棄物・脱水汚泥）をセメント原料並びにセメント製造における熱源として利用することを前提とし、その可能性について検討したものである。

2. 検討方法

一般廃棄物・脱水汚泥の持つ熱量を、セメント製造過程におけるクリンカー焼成の熱源として用いた時の有効性について検討した。熱源として使用した一般廃棄物の焼却灰はセメントの主成分と同じ（ $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ）を含んでいる。しかしセメントと焼却灰の成分比中で Fe_2O_3 の組成率は低く、一般廃棄物焼却灰に多く含まれる Fe_2O_3 の成分比を小さくする必要がある。そのために、①一般廃棄物焼却灰、②カンブun＋一般廃棄物焼却灰、③脱水汚泥＋一般廃棄物焼却灰を原料とした場合の配合量計算を7都市A～Gについて行なった。なお②の場合では、カンブunを石灰石の補助原料として、また③の場合は脱水汚泥を粘土の補助原料とした。カンブunとは、生石灰と脱水汚泥を1：1の割合で混合した含水率0の白色粉粒体である¹⁾。カンブun・脱水汚泥はセメント品質管理・機械運転に悪影響を及ぼす塩素・ P_2O_5 を含有し、その含有率に規制値があるため、混入率を変え、配合量計算を行なった。また、アルカリ骨材反応の面から（ $\text{Na}^+ \cdot \text{K}^+$ ）を含有率の面から検討した。更にセメントのコスト・生産量についての検討も行なった。

3. 結果及び考察

現在、セメント製造におけるクリンカー焼成過程において熱源として利用されている石炭が有する熱量が約7000kcal/kg、焼成温度が約1450℃であるのに対し、脱水汚泥は約4000～4300kcal/kg、一般廃棄物は約1300～1500kcal/kgを有し、焼却温度は約1300～1500℃となるため²⁾、石炭の代替熱源として利用できるものと考えられる。一般廃棄物・脱水汚泥の量、質は季節・都市の規模によって異なるが、これらの有する熱量はほぼ変わらないものとして取り扱う。

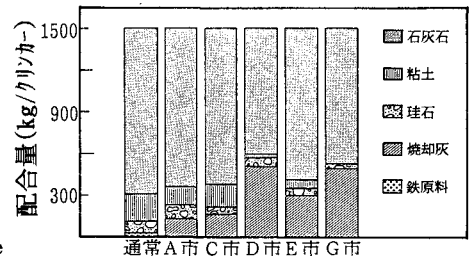


図-1 ①の場合の配合量比較

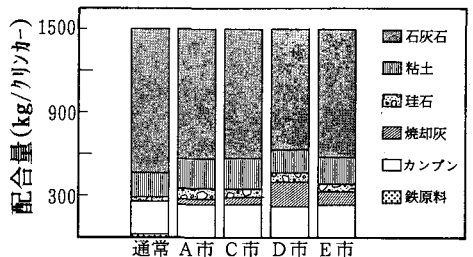


図-2 ②の場合の配合量比較

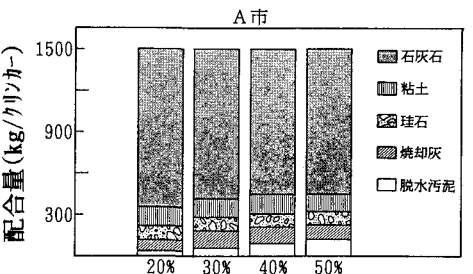


図-3 ③の場合の配合量比較

セメント原料としては、図-1～3に各検討の配合量比較を示す。③の場合は都市Aのみを示した。図から分かるように一般廃棄物焼却灰を主原料、カンブンを補助原料として使用することにより、通常のセメント製造に比べ他の原料の使用量を削減できることが分かる。都市Gは、①の場合には石灰石・珪石・一般廃棄物焼却灰で製造でき、都市B・Fについては、 Fe_2O_3 の組成比率が非常に小さい（ $Al_2O_3 > 1.6 \times Fe_2O_3$ ）ため他の原料が余る結果が得られた。②・③の場合、塩素・ P_2O_5 の含有率の制限からカンブン20%、脱水汚泥焼却灰30%の混入率が限度と思われ、都市B・F・Gは①の場合と同様に他の原料が余る結果が得られた。

現在、JIS規格においてセメント中のアルカリ含有許容量は（ $Na_2O + 0.658K_2O$ ） $\leq 0.6\%$ と定められている³⁾。これに従うと、②の場合で都市A、並びに③の場合、都市Aにおける脱水汚泥焼却灰混入率を20%とした場合のみセメントとして使用できることが分かった。よって、一般廃棄物焼却灰・カンブン・脱水汚泥を使用する場合、一般廃棄物からのアルカリ分の除去、またはそのための廃棄物回収方法等を今後検討していく必要があると思われる。

図-4に②・③の場合について全国的に見た廃棄物収支を示す。一般廃棄物は年間約5000万t排出され、そのうちの約13%の650万tが焼却灰として残り、最終的に製造される廃棄物セメントはそれぞれ約2221万t・約909万tである。一般廃棄物を焼却した際に発生する熱量は約 $7000 \times 10^{10} \text{ kcal/t}$ 、そのうち②の場合では、クリンカー焼成に約 $1840 \times 10^{10} \text{ kcal/t}$ 、③の場合も同様、 $750 \times 10^{10} \text{ kcal/t}$ 利用可能と推定される。また、原料コストに関しては、表-1に示すように通常の原料コストに比べ、セメント1t当たり約100円～200円削減できと思われる。熱源として使用される石炭は、セメント1t当たり約101kgで約700円であり、一般廃棄物を熱源に使用すれば、それ自体コストが0に近いものであるため、全体ではセメント1tにつき約800～900円のコスト削減が見込まれる。

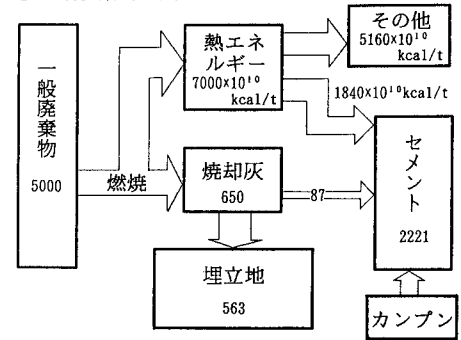
4. 結論

本研究から、一般廃棄物・脱水汚泥をセメント製造過程における熱源、あるいはセメント製造過程における主原料・補助原料に利用でき、また各原料コストも削減できることが分かった。今後は、廃棄物回収方法や製造・運搬・設備・原料コストを含めた廃棄物セメント製造プラント等、総合的なシステムの開発が課題である。

【参考文献】

- 1) 下水汚泥セメント資源化技術の実用化研究（奈良県），奈良県，小野田セメント，PP1-10，1993
- 2) 佐賀市清掃センター資料
- 3) 樋口芳朗・辻 幸和・辻 正哲：建設材料学，技報堂，PP62，1987

②の概略図（万t/年）



③の概略図（万t/年）

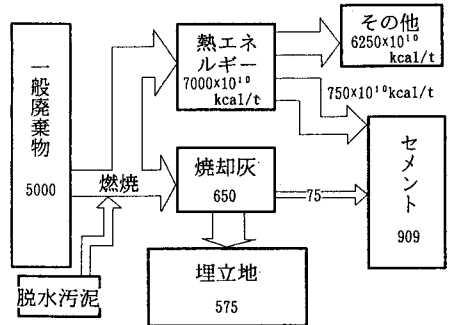


図-4 ②・③の収支図

表-1 原料コスト比較

	石灰石	粘土	珪石	鉄原料	石膏	合計
通常のセメント	598	97	75	15	842	1627
①	571	65	80		842	1558
②	469	107	59		842	1477
③	573	66	85		842	1566

単位(円/t-セメント)