

報告

焼却残さの焼成による資源化(I) —流動床式焼却炉不燃残さの焼成—

吉野秀吉、代田 寧
(環境工学部)

Utilization of incineration residue by calcination (I) —Calcination of noncombustible residue from fluidized bed incinerator—

Hidekichi YOSHINO and Yasusi DAITA
(Division of Environmental Engineering)

1. はじめに

一般廃棄物はほとんどが焼却処理されており、焼却残さは埋立処分されている。現在、廃棄物の増加に伴って埋立処分場の不足が問題となってきた。埋立処分しなくてすむ焼却残さの処理方法として、資源化再利用の必要性が強く望まれている。資源化再利用によって埋立処分場の延命化などの効果がもたらされることとなる。

一般廃棄物の焼却方式にはいくつかの種類があり、その一つである流動床式焼却炉は焼却ごみを炉の上部から定量的に落下させ、下部から吹き上げる高温の熱砂により瞬間的に焼却する方式である。焼却後の不燃残さは炉の最下部から熱砂とともに引き抜いて篩い分別されたものであり、大きさは約30mm以下で、ガラス屑や陶磁器屑、砂礫、金属の不燃物だけとなる。不燃残さは、ガラス屑、陶磁器屑、砂礫、金属と分類項目が少なく、組成の把握がしやすいことなどの理由で資源化の可能性が高い。不燃残さは、篩い分別され、一定の大きさにされた後、建設廃材と混合して道路舗装用再生路盤材等に使用されている¹⁾が、現在のところ、広く普及するには至っていない。

本研究では流動床式焼却炉から排出される不燃

残さの焼成による資源化を目的として、ガラス屑、陶磁器屑、砂礫の混合割合を変化させ、また一部の混合物については圧縮による成型の後、ごみ焼却熱発電による電力使用を考え、できるだけ電力を消費しないで済む温度で焼成して、焼成物の圧縮及び曲げ強度や体積収縮率などを測定し、不燃残さの資源化についての基礎的研究を行った。

2. 実験

2.1 試料

不燃残さから金属類を除き、これをガラス屑、陶磁器屑、砂礫に分類して、それぞれを別々に破砕機で0.1mm以下の粉状にし、単独または混合して供試料とした。

2.2 実験方法

2.2.1 焼成の予備試験

焼成の予備試験は単独の試料、またはガラス屑と陶磁器屑、砂礫を一定の割合で混合したものをそのまま磁器るつぼに入れて、電気マッフル炉(池田理化、MPC-400)で1000℃、約5時間焼成した。

2.2.2 焼成の本試験

本試験では、予備試験の結果、良質な焼成が推定されたガラス屑、陶磁器屑、砂礫の混合物にバインダー(結合剤)として水を約10%加え、圧縮強度試験用の円柱形(直径30mm、高さ約40mm)及び曲げ強度試験用の四角い板形(縦21.5mm、横63.5mm、厚さ約10mm)に300kgf/cm²で圧縮成型した。これらを乾燥後、昇温速度2℃/minで昇温し、設定焼成温度950℃、または1000℃で2時間保持した後、冷却速度2℃/minで徐冷した。得られた焼成物についての圧縮強度及び曲げ強度試験は材料試験機(島津、オートグラフAG-5000D)を用いて行った。焼成物の体積収縮率は圧縮成型時の体積に対する焼成後の体積と圧縮成型時の体積との差の比率で表した。

2.2.3 金属の含有量及び溶出試験分析

金属元素含有量は試料を密閉テフロン容器内で王水とフッ化水素酸により加熱分解²⁾して得られた検液を原子吸光分析し、得られた金属濃度から乾物試料中の含有量に換算した。

焼成物の溶出試験は「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」に基づいた方法により得られた溶出液³⁾を塩酸、硝酸分解して、原子吸光分析し、溶出濃度を求めた。

3. 結果と考察

3.1 焼成の予備試験

ガラス屑は1000℃で容易に熔融したが、陶磁器屑や砂礫は熔融しなかった。ガラスは非晶質であり、その構造から融点はSi,Naの酸化物の組成比から決定される融点より低くなり、またガラスの混入により混合物の熔融温度が低下すると云われている⁴⁾。この性質を利用してガラス屑、陶磁器屑、砂礫の重量混合比(以下、混合比とする。)を6:1:1, 6:2:1, 6:3:1, 6:6:1, 6:1:4, 6:2:4, 6:3:4, 6:6:4, 6:2:2, 6:3:3の10種類に調製してそれぞれについて焼成したところ、ガラス屑の割合が減少するにしたがって体積収縮率が小さくなり、亀裂が入り易く、光沢がなくなり、色は灰緑色から淡黄褐色へ変化した。陶磁器屑と砂礫の混合比の影響は見られなかった。ガラス屑の割合が多くなると、体積収縮率が大きくなり、硬く、

亀裂の入らない、光沢のあるタイル様の焼成物となった。以上の結果から、焼成にはガラス屑の混合比が大きく影響していると考えられた。特に、6:1:1(ガラス混入率:75%)、6:2:1(ガラス混入率:67%)、6:3:1(ガラス混入率:60%)の焼成の場合には硬く、光沢のある焼成物が得られた。これらは圧縮成型した後に焼成すると、さらに硬い、良質の焼成物ができることが推測された。

3.2 焼成の本試験

予備試験で用いたガラス混入率がそれぞれ50、60、67、75%の4種類のを2.2.2に従い、焼成した後、焼成物の圧縮及び曲げ強度、体積収縮率から焼成の最適条件を求めた。

不燃残さの焼成におけるガラス混入率と圧縮強度の関係を図1に示した。圧縮強度は950℃の焼

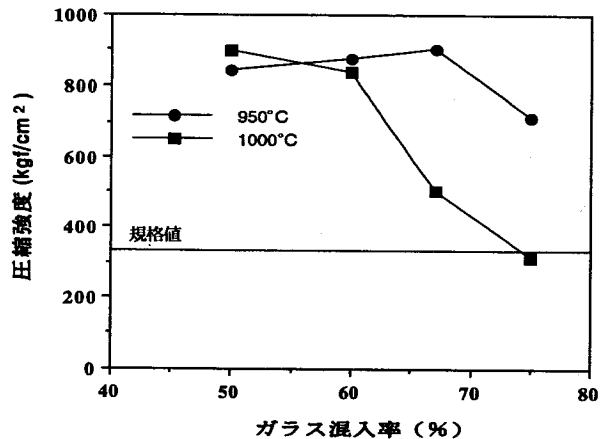


図1 不燃残さの焼成におけるガラス混入率と圧縮強度の関係

成ではガラスの混入率が50~67%のとき約800kgf/cm²以上と高かったが、混入率75%のとき強度が低下したのは、ガラス混入率の増加により混合物の融点が低下して、融点の高い骨材としての砂礫や陶磁器とガラスとの結合による強度が低下したことと内部からの発泡が原因と考えられる。写真は、950℃で焼成したときの焼成物である。焼成前の色は灰白色であったが、焼成後は白みがかかった淡黄褐色で黒い斑の入った大理石様に変化した。1000℃の焼成ではガラス混入率が50~60%と少ない場合に、圧縮強度が800~900kgf/cm²と高いが、混入率が67%になると500kgf/cm²以下と急激に低下した。これは、焼成時の発泡が大きな原因であり、ガラス混入率の増加によりさらに発泡

しやすくなると考えられる。



写真 ガラス混入による不燃残さの950℃焼成物

ガラス混入率と曲げ強度との関係を図2に示した。曲げ強度は1000℃焼成の場合、ガラス混入率が50～75%では大きな差は見られず、120kgf/cm²前後の安定した強度が得られた。950℃焼成の場合はガラス混入率が増加するとともに強度が高くなり、ガラスの混入率が60%を越えると140～145kgf/cm²と最も強度が高くなった。これはガラス混入率60～75%では発泡による影響よりもガラス混入率の増加により混合物の融点が低下して、融点の高い骨材としての砂礫や陶磁器とガラスとの結合による強度が高くなったことによる。

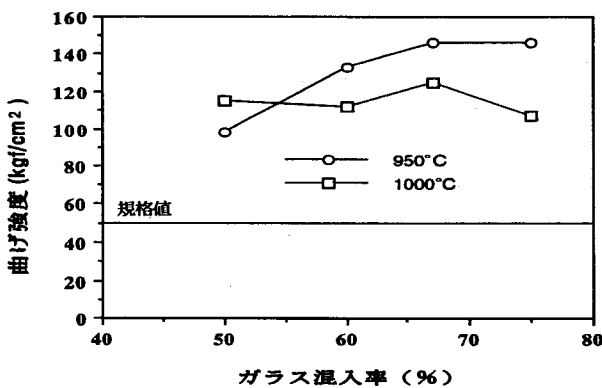


図2 不燃残さの焼成におけるガラス混入率と曲げ強度の関係

体積収縮率は圧縮成型圧力と焼成温度に依存していると考えられ、圧縮強度試験用の焼成の場合と曲げ強度用の焼成の場合がほとんど同じであった。図3には曲げ強度用の焼成物の体積収縮率とガラス混入率との関係を示した。体積収縮率は1000℃焼成の場合にガラス混入率が増加するとともに減少した。これは、増加したガラスの溶融により発泡する量が増加して膨張したと考えられる。

950℃焼成の場合は、ガラス混入率60%のときに最大値を示し、その前後では低くなる傾向を示した。ガラス混入率60%付近では、圧縮成型物の粒子間の空隙が少なくなって収縮したが、ガラス混入率60%以下では十分に焼結されてなく、ガラスの溶融が不十分なために体積収縮率は小さい。また、ガラスの混入率が60%を越えた場合は発泡による膨張のため体積収縮率が小さくなった。

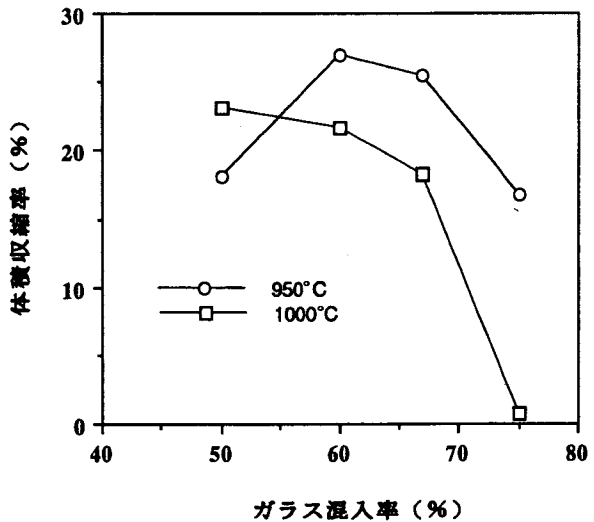


図3 不燃残さの焼成におけるガラス混入率と体積収縮率の関係

体積収縮率は、焼成温度950℃、ガラス混入率60～67%のとき約21～24%となり、体積収縮率の差は3%以内と小さくなった。

2.3 金属の溶出試験

有害金属の溶出性については、ガラス混入率60%の場合の結果を表に示した。不燃残さ焼成物のPb、Cd等の金属の含有量は高いが、溶出濃度はすべて不検出であり、焼成物からの有害金属の溶出は問題ないと思われた。

表 不燃残さ焼成物の金属含有量と溶出量

	含有量(mg/kg)	溶出量(mg/l)
Pb	560	nd
Cd	nd	nd
Zn	560	nd
Cu	810	nd
Cr	1000	nd
Ni	360	nd
As	0.1	nd

nd: 検出限界以下、*: ガラス混入率60%の場合の焼成物

3. 結論

焼却残さの焼成物が二次製品として利用されるためには強度が高く、体積収縮率の差ができるだけ小さく、有害金属の溶出がないことが必要である。また、実用化に向けては焼成の主成分となるガラス混入率に幅を持たせて焼成温度を一定にする方が操作しやすい。したがって、0.1mm以下の粉状にした流動床式焼却炉不燃残さは、ガラス混入率を60～67%として、950℃で焼成することにより、圧縮及び曲げ強度が高く、体積収縮率の差が3%以内となるのものができる。一般のインターロッキングブロックの規格値は圧縮強度が330kgf/cm²、曲げ強度が50kgf/cm²であり、今回作製した焼成物の強度は一般のインターロッキングブロックや赤レンガ、タイルより高いことがわかった。しかし、収縮率の一定のものができないことや原料のロットの違い等により色調が変化する可能性があるため、用途としては多少の色の違いが問題とならない公園の飛び石や密に接合しな

いですむ敷石に適すると考えられる。

今後、流動床式焼却炉不燃残さの焼却施設間などにおける組成の違いについて調査し、組成のばらつきをガラス混入率で調整することや色の異なるガラス屑の配合による色調の変化、透水性のある焼成物の開発などを検討していく必要がある。また、焼成時に気化するZn、Cd、Pb、Al等の低沸点有害金属の処理対策が必要となる。

参考文献

- 1) 泊瀬川采：藤沢市焼却不燃物有効利用施設、環境技術会誌、第72号、pp28-32(1993)
- 2) 内田哲夫：I.C.P.、A.A.S.のためのテフロン密閉容器による試料分解、プラズマ分光分析研究会第15回講演会、pp4-8(1984)
- 3) 環境庁告示13号：産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法、昭和48年2月17日
- 4) 土橋正二：ガラスの化学、講談社(1975)