

再生資源を利用した環境保全型ブロックの開発

研究期間（平成14年度～14年度）

石橋融子*, 土田大輔*, 永淵義孝*, 坂本雄三**

要 旨

特別管理一般廃棄物である焼却飛灰を有効利用することを目的として、焼却飛灰を粘土等と混合し、高温で焼成して、コンクリート骨材（焼成ペレット）を試作した。試作した焼成ペレットについて、その安全性を評価するために、重金属等の含有量及び溶出量を測定し、土壤汚染に係る環境基準値等と比較した。焼成ペレットの銅及び亜鉛を除く重金属類の溶出試験結果及び含有量試験結果は、いずれの項目も基準に適合していた。銅については農用地（田に限る）の土壤環境基準値、亜鉛については農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準値を上回っていた。ダイオキシン類の含有量を測定した結果、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく底質の汚染に係る環境基準に適合していた。

[キーワード：焼却飛灰，鉛，カドミウム，焼成ペレット，骨材]

1 はじめに

全国の一般廃棄物の発生量は、5100万t/年（平成9年厚生省）であり、そのうち、78%が焼却処分されている。焼却飛灰は、一般的に約3%発生するといわれている¹⁾ことから、年間120万t発生していると算出される。一方、福岡県の一般廃棄物は、200万t/年（平成11年福岡県）発生している。そのうち、可燃物ごみは、100万t/年であり、焼却飛灰は、約3万t/年が発生していると算出される。ごみ発生量は年々増加しており、最終処分場も不足してきていることから、焼却飛灰を再利用するための技術を確立することが必要である。

焼却飛灰は、人の健康等に被害を生じる恐れのある性状を有するものとして特別管理一般廃棄物に指定されている²⁾。焼却飛灰の処理にあたっては、直接埋立処分を行うことが禁止され、①熔融固化、②セメント固化、③薬剤処理、または、④酸またはその他の溶媒による抽出処理³⁾のいずれかの方法で、中間処理した上で通常の一般廃棄物としての埋立処分を行うことになっている。さらに、平成12年1月に新たな処理方法として、⑤焼成法⁴⁾が追加された。

今回、焼却飛灰と粘土等を混合した後、焼成法を利用して、焼却飛灰に含まれるダイオキシン類及び重金属類を除去し、コンクリート骨材（焼成ペレット）を試作した。本研究所では、試作した焼成ペレットについて、重金

属等の含有量及び溶出量を測定し、土壤汚染に係る環境基準値等と比較することにより、その安全性について評価した。

2 研究方法

春季（3月）、夏季（8月）、秋季（9月）及び冬季（12月）に採取した焼却飛灰から焼成ペレットを試作し、試験に使用した。図1に冬季の焼却飛灰から試作した焼成ペレットを示す。



図1 冬季の焼却飛灰から試作した焼成ペレット

2.1 重金属類の分析

2.1.1 含有量試験

a) 底質試験方法に基づく含有量試験⁵⁾

粉碎した焼成ペレットに塩酸、硝酸等を加え、加熱分解した後、ICP-MS等で測定した。

*福岡県保健環境研究所

(〒818-0135 福岡県太宰府市大字向佐野3-9)

**住友金属鉱山株式会社

(〒105-8716 東京都港区新橋5丁目1-1番3号)

b) 土壤汚染対策法に基づく含有量試験⁹⁾

粉碎した焼成ペレットに塩酸を加え、振とう後、ICP-MS等で測定した。

2.1.2 溶出試験

a) 環境庁告示第46号に基づく溶出試験⁷⁾

粉碎した焼成ペレットに蒸留水を加え、振とう後、ICP-MS等で測定した。

b) 還流溶出試験

還流溶出装置(図2)上部に焼成ペレットを充填し、pH4の硝酸酸性溶液をエアリフトポンプで循環した。測定は、ICP-MS等を使用した。

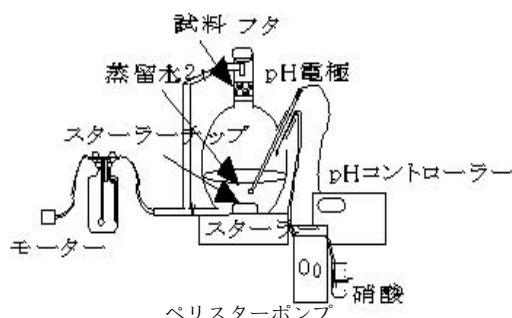


図2 還流溶出装置

c) Availability 試験^{9,10)}

粉碎した焼成ペレットを pH7.0の水溶液で攪拌し、ろ過した。そのろ紙を pH4.00の水溶液で攪拌し、双方のろ液を混合し、試験試料とした。測定は、ICP-MS等を使用した。

2.2 ダイオキシン類含有量試験¹⁰⁾

冬季の焼却飛灰から試作した焼成ペレットを粉碎し、トルエンを用いて抽出・濃縮した後、硫酸処理し、シリカゲルクロマトグラフィー及び活性炭クロマトグラフィーにより精製した。測定は、HRGC/HRMSを使用した。

3 結果及び考察

3.1 重金属類の分析

3.1.1 含有量試験

a) 底質試験方法に基づく含有量試験

表1に測定結果の平均値を示す。

表1 底質試験方法に基づく含有量試験結果

項目	鉛	カドミウム	銅	亜鉛	ヒ素
含有量	17	<5	420	5000	<5

単位：mg/kg

焼却飛灰には、重金属類が多く含まれることが報告されている^{1),11)-13)}。表2に焼却飛灰の重金属類の含有量の例を示す。表1と2を比較すると、焼成ペレット中の鉛、カ

ドミウム、ヒ素については、ほとんどを除去することができたが、亜鉛及び銅については、焼成ペレット中に多く残留したと考えられる。

表2 焼却飛灰の重金属類含有量の報告例^{1),11)-13)}

項目	鉛	カドミウム	銅	亜鉛	ヒ素
含有量	960～11000	130～470	1300～4500	11000～29000	18～93

単位：mg/kg

今回測定した項目で、表3-1に示すように、農用地(田に限る)の土壤環境基準値がヒ素及び銅について定められている。また、表3-2に示すように、亜鉛については、農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準値が決められている。

表3-1 農用地(田に限る)の土壤環境基準値

項目	ヒ素	銅
含有量	15	125

単位：mg/kg

表3-2 農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準値

項目	亜鉛
含有量	120

単位：mg/kg

これらの基準値と表1の結果を比較すると、ヒ素は土壤環境基準を満足していた。しかし、銅及び亜鉛については、環境基準値及び管理基準値を上回っていた。よって、この骨材は、土壤改良材(有機性副生成物を再生し原料とした資材)等として農用地に使用するには、銅及び亜鉛を除去する必要がある。

b) 土壤汚染対策法に基づく含有量試験

表4に測定結果の平均値を示す。ただし、検出下限値以下のものについては、0mg/kgとして算出した。

表4 土壤汚染対策法に基づく含有量試験結果

項目	六価クロム	水銀	カドミウム	鉛	ヒ素	セレン
含有量	<0.4	<0.0016	0.05	9.3	1.4	<0.03

単位：mg/kg

土壤汚染対策法に基づく含有量試験の基準値を表5に示す。今回測定した金属類については、全て基準に適合していた。

表5 土壤汚染対策法に基づく含有量基準値

項目	六価クロム	水銀	砒素	鉛	ヒ素	セレン
含有量	250	15	150	150	150	150

単位：mg/kg

3.1.2 溶出試験

a) 環境庁告示第46号に基づく溶出試験

表6に測定結果の平均値を示す。ただし、検出下限値以下のものについては、0mg/lとして算出した。

土壤環境基準値の定められている項目のうち、今回測定した項目の基準値を表7に示す。いずれの項目も基準を満足していた。

表6 溶出試験結果

項目	六価クロム	水銀	砒素	鉛	ヒ素	セレン
濃度	<0.01	<0.00005	<0.001	<0.001	0.0007	<0.0003

単位：mg/l

表7 土壤環境基準値

項目	六価クロム	水銀	砒素	鉛	ヒ素	セレン
濃度	0.05	0.0005	0.01	0.01	0.01	0.01

単位：mg/l

b) 還流溶出試験

環境庁告示第46号に基づく溶出試験では、試験液のpHがアルカリ性になった。環境水（雨水も含む）は酸性であることが多く、また、アルカリ性では、重金属類の中には溶出が抑えられる項目があることから、酸性溶液中での溶出を検討するため、pH4の硝酸酸性溶液を還流することによる溶出試験を行った。

測定結果の平均値を表8に示す。ただし、検出下限値以下のものについては、0mg/lとして算出した。

表7の土壤環境基準値と比較すると、全て基準を満たしていた。

表8 還流溶出試験結果

項目	六価クロム	水銀	砒素	鉛	ヒ素	セレン
濃度	<0.01	<0.00005	<0.001	0.004	0.0009	<0.0003

単位：mg/l

c) Availability 試験

Availability 試験とは、想定しうる最悪条件下（廃棄物が何らかの要因で細かく粉碎された状態になる、無限量の酸性の溶媒にさらされる）で最終的に溶出する可能性のある量を把握する方法である⁸⁾⁻⁹⁾。

測定結果の平均値を表9に示す。ただし、検出下限値以下のものについては、0mg/lとして算出した。

表7の土壤環境基準値と比較すると、全て基準を満たしていた。

表9 還流溶出試験結果

項目	六価クロム	水銀	砒素	鉛	ヒ素	セレン
濃度	<0.01	<0.00005	<0.001	0.001	0.0007	<0.0003

単位：mg/l

3.2 ダイオキシン類含有量試験

表10に測定結果を示す。毒性等量合計は、0.71 pg-TEQ/g-dryであった。

ダイオキシン類対策特別措置法に基づく底質の汚染に係る環境基準値は、150pg-TEQ/g-dryであることから、焼成ペレットは、この基準に適合していた。

表10 ダイオキシン類測定結果

ダイオキシン類	毒性等量 (pg-TEQ/g-dry)
PCDDs	0.42
PCDFs	0.27
Co-PCBs	0.020
合計	0.71

4 まとめ

①試作した焼成ペレットの亜鉛を除く重金属類の溶出試験結果及び含有量試験結果は、いずれの項目も基準に適合していた。

②試作した焼成ペレットには、銅及び亜鉛が多く含まれており、銅については、農用地（田に限る）の土壤環境基準値、亜鉛については、農用地における土壤中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準値を上回っていた。

③ダイオキシン類の含有量を測定した結果、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく底質の汚染に係る環境基準に適合していた。

5 行政的意義、貢献

増加し続ける焼却飛灰の有効利用方法を確立することができれば、埋立処分されるごみの減量化を行うことができる。

文 献

- 1) 平岡正勝，酒井伸一：ごみ焼却飛灰の性状と処理技術の展望，廃棄物学会誌，5，(1)，3-17（1994）
- 2) 廃棄物の処理及び清掃に関する法律
- 3) 厚生省告示第194号，特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物の処分又は再生の方法として厚生大臣が定める方法

- 4) 厚生省告示第5号
- 5) 環境庁水質保全局水質管理課編：改訂版 底質調査方法とその解説，社団法人 日本環境測定分析協会，丸善（1988）
- 6) 土壤汚染対策法施行規則第五条第四項第二号
- 7) 環境庁告示第46号，土壤の汚染に係る環境基準について
- 8) 金子栄廣，山口稔：都市ごみ焼却飛灰からの重金属の溶出量に及ぼす溶出操作条件の影響，廃棄物学会論文誌，5，(2)，45-53（1994）
- 9) 酒井伸一，水谷聡，高月紘，岸田拓郎：廃棄物の溶出試験に関する研究－アベイラビリティ試験と pH 依存性試験－，廃棄物学会論文誌，6，(6)，225-234（1995）
- 10) 環境庁水道保全局土壤農薬課：ダイオキシン類に係る底質調査測定マニュアル（2000）
- 11) 福永勲，伊藤尚夫，澤地寛：ごみ焼却飛灰の無害化処理のための重金属類の溶出要因の検討，廃棄物学会論文誌，7，(1)，28-35（1996）
- 12) 池田太，金子栄廣：都市ごみ焼却飛灰の溶出毒性におよぼす溶出条件の影響，廃棄物学会論文誌，8，(2)，107-114（1997）
- 13) 高岡昌輝，中塚大輔，武田信生，藤原健史：ごみ焼却飛灰中元素の定量に関する蛍光X線分析法の適用，廃棄物学会論文誌，11，(6)，333-342（2000）