

都市ごみ焼却灰中の有害重金属類の 除去に関する研究

中 廣 吉 孝*・野々村 英 三**

A Study on Removal of Harmful Heavy Metals in Fly Ash from Municipal Incinerator

Yoshitaka Nakahiro and Hidemi Nonomura

Large cities in Japan have serious problems due to the shortage of new reclaimed ground for municipal wastes. If harmful heavy metals such as cadmium, lead, copper and etc. are contained in the municipal waste combustion residues, they are not able to fill up according to the environmental law in Japan. In this study, the removal of heavy metals in the fly ash (EP ash) was dealt with chloridizing roasting method. EP ash as a non-hazardous materials is utilized as covering materials, road bed, and building materials.

1. 緒 言

大量生産、大量消費、大量廃棄の結果として、家庭などから排出される一般廃棄物の排出量は、図1に示されているように、平成元年頃までは増加の一途をたどっていた。その後の景気の後退や、資源ごみの集団回収などにより、一般廃棄物の量は若干減少の傾向が見られるが、年間排出量全体としては5,000万ton以上と膨大な量である。このように一般廃棄物の排出量の増加に伴い、種々の問題が生じている。例えば、最終処分場の確保は各自治体とも頭の痛い問題となっている。図2に示されているように、現在の最終処分場の残余年数は全国平均で約8年、東京や大阪などの大都市では2～3年という深刻な事態になっている。

一般廃棄物の処理方法としては、焼却処理が全体の3/4で、最も大きな割合を占めている。これまで焼却灰や焼却飛灰は最終処分場に投棄されてきた。すなわち、ごみは「灰」で終わると考えられてきたが、現在では埋め立て地の入手困難をはじめとして、有害な重金属の溶出、埋め立て地の汚水処理など様々な問題を抱えている。焼却後の炉底灰や飛灰中に有害な重金属類が含まれている場合には、1991年に特別管理一般廃棄物に指定され、そのまま埋め立て処分することが禁止されるようになった。焼却灰中に含有される重金属類は、除去または安定化した後に処分す

* 建設工学科 土木工学専攻 ** 建設工学科大学院生(現 福井工業大学付属福井高校)

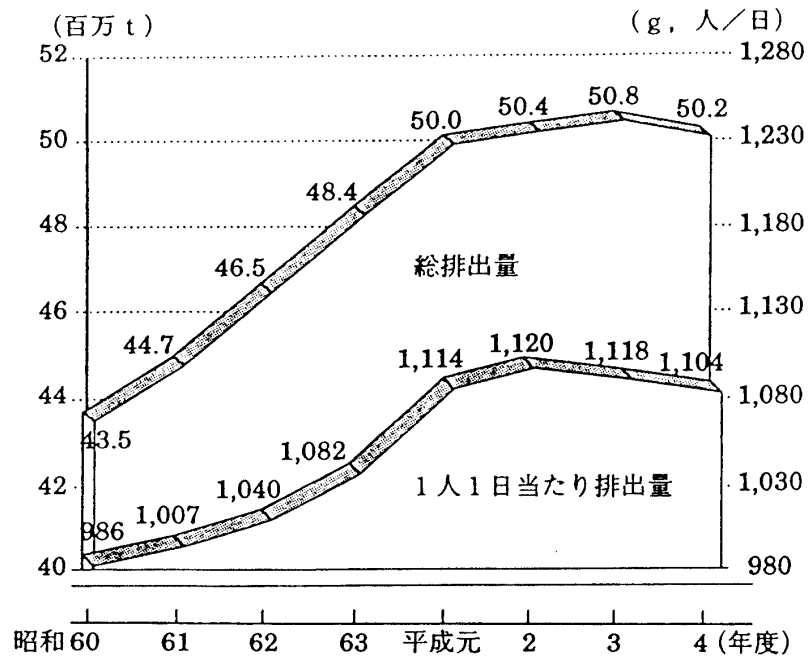


図-1 一般廃棄物の排出量の推移¹⁾

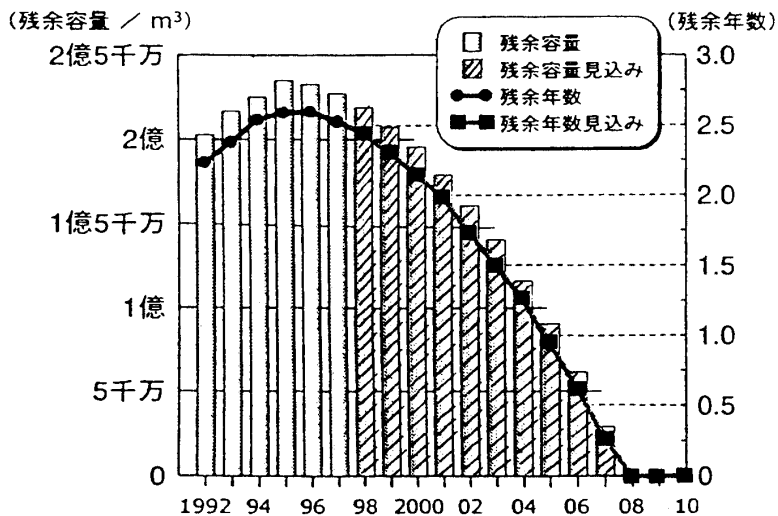


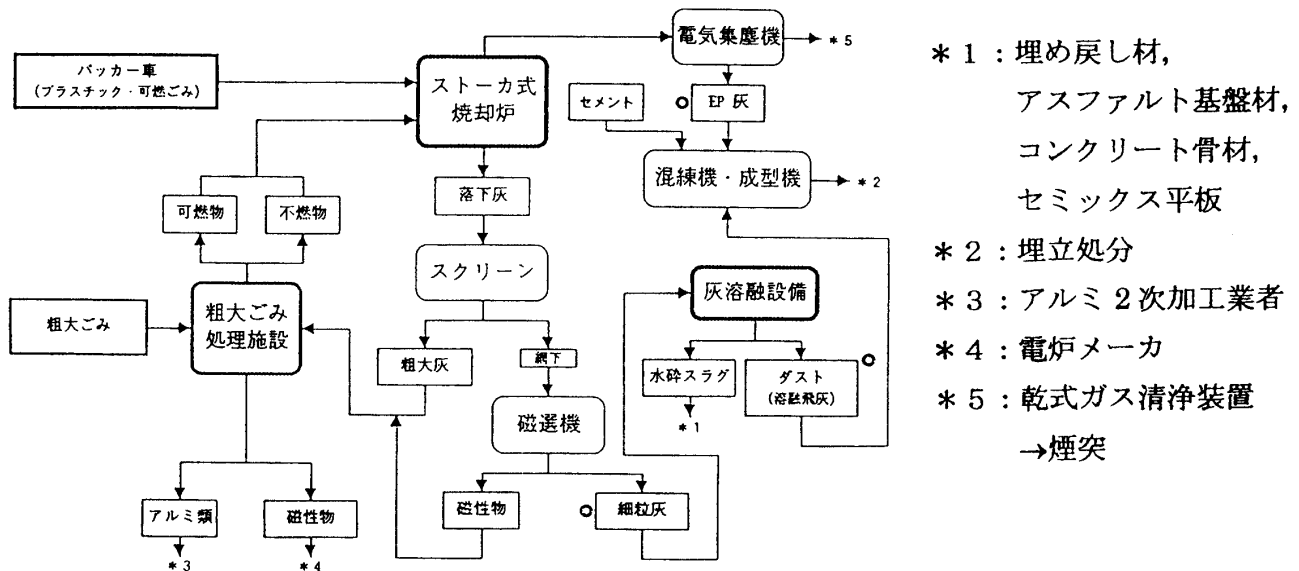
図-2 最終処分場の残容量と残余年数²⁾

ることが必要となった。本研究では、都市ごみ焼却灰中の有害重金属類の除去方法について検討することを試みた。

2. 実験方法

実験の試料はA市ごみ焼却場の焼却飛灰（EP灰）を用いた。焼却場の処理フローシートは図3に示すようである。実験に用いたEP灰は、ストーカ式焼却炉からの煙灰を電気集塵機で回収したきわめて微細な飛灰である。EP灰中の成分分析値は表1に示すようである。表に示されているように、Cl分が20%も含有されているので、Cu, Pb, Zn, Cdなどの重金属類は加熱処理により塩化揮発して除去されることが十分期待される。

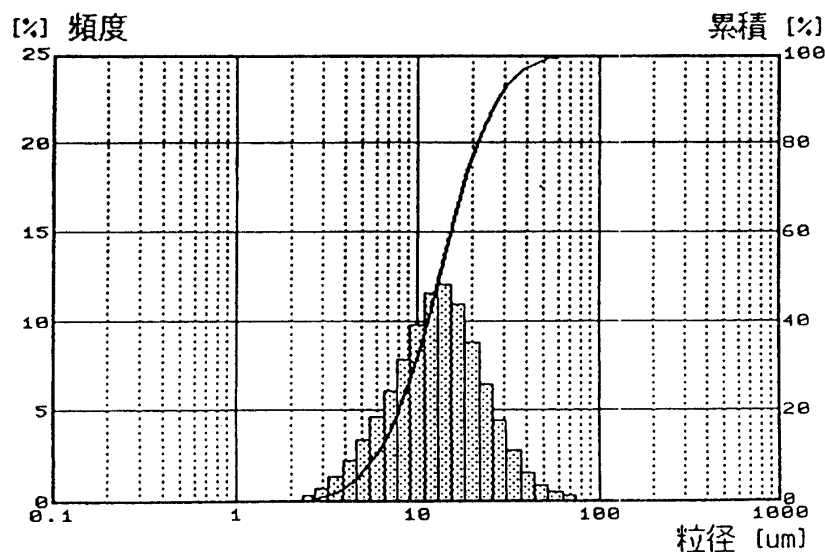
なお、実験に用いた EP 灰の粒度分布測定 (Microtrac による) の結果は図 4 に示すようである。測定の結果から、50% 粒径は $13.17 \mu\text{m}$ であった。図 5 は実験に用いた EP 灰の X 線回折の測定結果を示す。EP 灰中に含有されている重金属類のうち、Pb のみが塩化物として存在することが確認された。Pb 以外の重金属類もおそらく金属塩化物として存在しているものと推察される。



図－3 ごみ焼却場簡略処理フローシート

表－1 EP 灰の成分分析値

| 組成 (%) | | | | | |
|--------|------|------|------|----|-----|
| Cu | Pb | Cd | Zn | Cl | CaO |
| 0.08 | 0.88 | 0.20 | 1.60 | 20 | 57 |



図－4 EP 灰試料の粒度分布測定結果

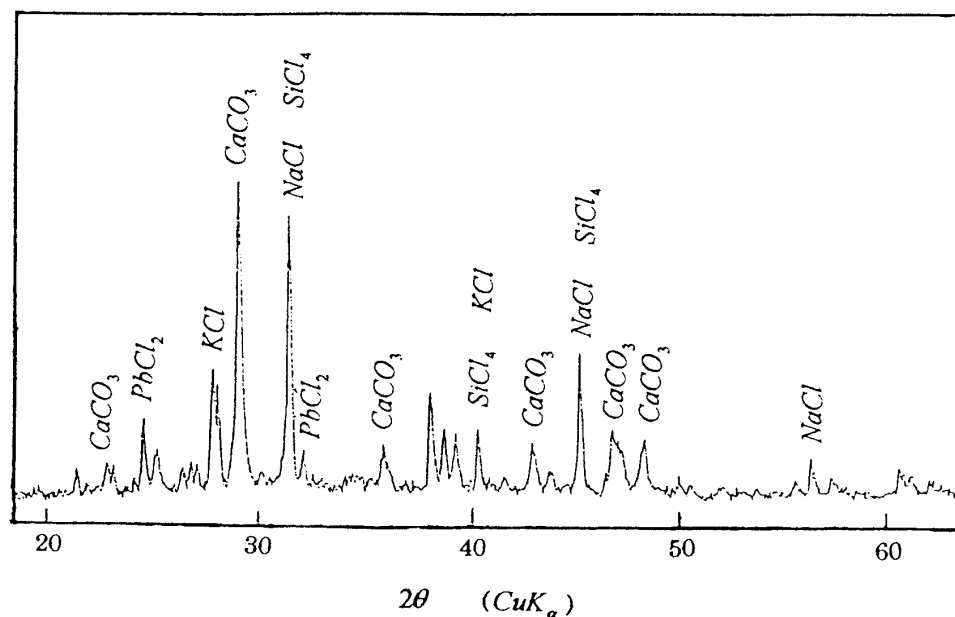


図-5 EP灰試料のX線回折測定結果

実験方法としては、EP灰試料を正確に 6g 秤量し、所定温度に調節した電気炉内で、処理時間を種々変化して、加熱処理を行う。加熱処理した試料について ICP 発光分光分析法による成分分析を行い、得られた分析結果から EP 灰中に含有される重金属類の加熱処理による除去率を求めた。さらに、加熱処理した試料について、重金属類の溶出特性を検討するために、Availability Test に準じた方法により溶出試験を行った。すなわち、溶出試験方法としては、加熱処理を行った試料に、固/液比が 1:100 になるように脱イオン水を添加し、硝酸により pH が 4 になるように調整してマグネチックスターラーにより 2hr 攪拌を行った。しかる後、濾過を行い、濾液について ICP 発光分光分析により溶出した重金属成分を求めた。

3. 重金属類の溶出特性

可燃性ごみの焼却処理後に残った焼却灰の安定化あるいは無害化を図る方法の一つとして、本研究では EP 灰中に含有されている Cl 分を利用する有害重金属類の塩化揮発除去についての可能性について検討するものである。この場合、加熱処理後の EP 灰を建設資材などに有効利用するためにも、有害重金属類の溶出特性を明瞭に把握しておくことが必要である。溶出については溶出試験によって評価される。溶出試験を行うときに二つの考え方がある。その一つは、「溶解度支配」(Solubility-controlled leaching)、もう一つは「アベイラビリティ支配」(Availability-controlled leaching) である。

日本の埋立基準(表 2)になっている環境庁告示 13 号法で評価するような場合には、濃度を使った mg/l という基準になっている。したがって、この場合には最大にどれだけの濃度で溶けてくるかということを考慮すると、溶解度支配の条件下での溶出試験方法が良いことになる。

一方、「アベイラビリティ支配」というのは、溶解度の制限なくその対象になっている廃棄物や焼却灰などの中に存在する溶解可能な成分自体によって溶解量が決まるという状態である。こ

表－2 埋め立て基準・土壤環境基準での規制金属種とその規制値

| 金属名 | 埋立基準 | 土壤環境基準 |
|-------|------------|-------------|
| カドミウム | 0.3 mg/l | 0.01 mg/l |
| 鉛 | 0.3 mg/l | 0.01 mg/l |
| 六価クロム | 1.5 mg/l | 0.05 mg/l |
| ヒ素 | 0.3 mg/l | 0.01 mg/l |
| 総水銀 | 0.005 mg/l | 0.0005 mg/l |
| セレン | 0.3 mg/l | 0.01 mg/l |

表－3 Availability Test と環境庁告示 13 号法による溶出試験の操作条件の比較³⁾

| 試験方法 | 溶 媒 | 液／固 | 抽出時間 | 粒 径 | 攪拌方法 |
|------------|-------------------------|-----|------|--------------|-------|
| Avail.Test | 脱イオン水＋硝酸 (pH=4 維持) | 100 | 6時間 | <125 μ m | スターラー |
| 環告13号法 | 脱イオン水 (初期pH=5.8-6.3) | 10 | 6時間 | <5mm | 振盪 |

のような場合には「アベイラビリティ支配」になるように、条件設定したときの溶出試験による必要がある。Availability という言葉に当てはまる日本語訳はない。もともとの Availability 量の定義は「無限量の溶媒と接触したときに溶出する量」である。このことから、あえて訳すなら「最大溶出可能量」になる。オランダで溶出試験方法が検討されていく過程で、Availability Test という公定法ができた。この場合の条件設定は、現実想定できる最も過酷な条件下で溶出可能な量ということである。pH などは、埋立地の中で起こり得る最低の pH は4くらいだろうという考えの下で条件が設定されている。Availability Test の試験条件は表3に示すようである。表3には環境庁告示 13 号法による溶出試験の操作方法も併せて示されている。なお、本研究においては硝酸により pH4 に調節して、マグネティックスターラーにより 2hr 攪拌して、表2に示されている試験条件に準じた方法で Availability Test を行った。

4. 実験の結果

図6～8は、450℃、650℃、850℃と変化して加熱処理した場合における、EP 灰中の Cd, Pb, Cu などの重金属類の除去率を示している。図6は Cd 除去率の結果を示しているが、Cd の場合には 450℃程度の比較的低い加熱温度でも 90%以上の除去率が得られており、容易に除去可能なことが認められる。図7および図8は、それぞれ Pb および Cu の除去率を示している。EP 灰中の Pb および Cu は、650℃以下の加熱温度では処理時間を長くしても除去率はそれぞれ約 60%

および30%程度である。加熱温度を850℃にすると、Pbの場合には加熱時間240minにおいてほぼ100%除去可能であり、Cuの場合には加熱時間360min以上で100%除去されることが確かめられた。

つぎに、加熱処理した試料について、埋め立て基準を満足するか否かを検討するために、

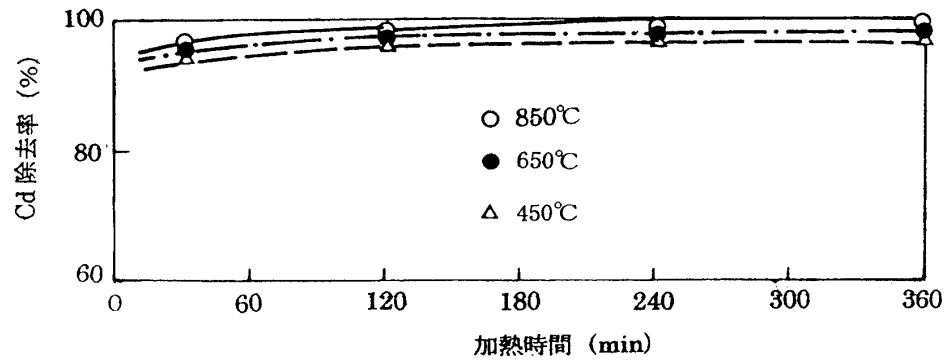


図-6 EP灰中のCdの除去に対する加熱温度の影響

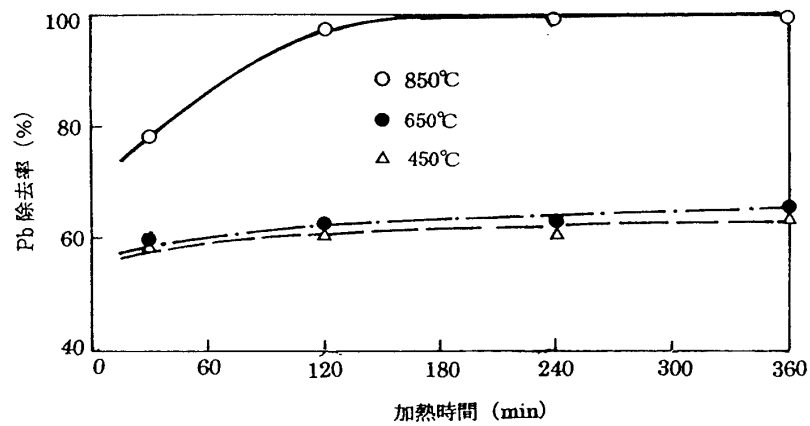


図-7 EP灰中のPbの除去に対する加熱温度の影響

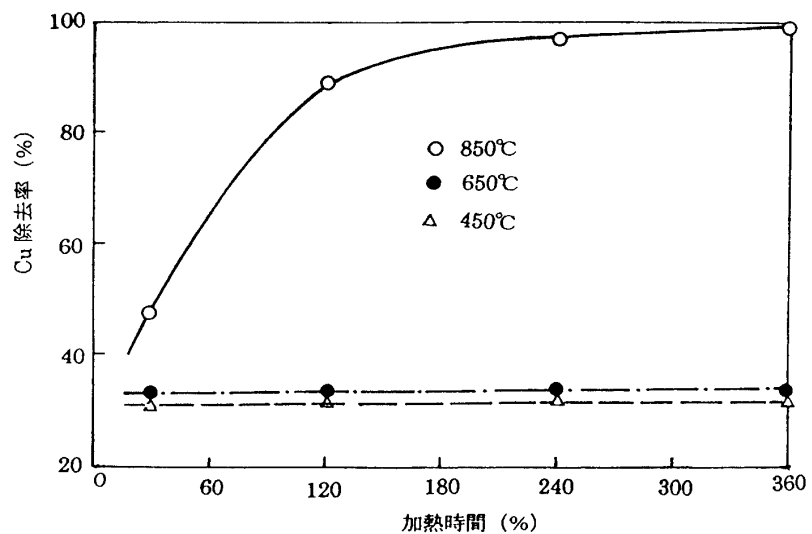


図-8 EP灰中のCuの除去に対する加熱温度の影響

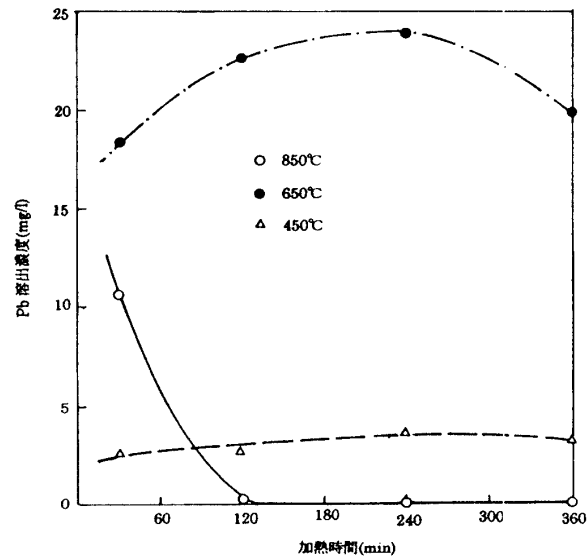


図-9 Availability Test による加熱処理残渣の Pb 溶出濃度

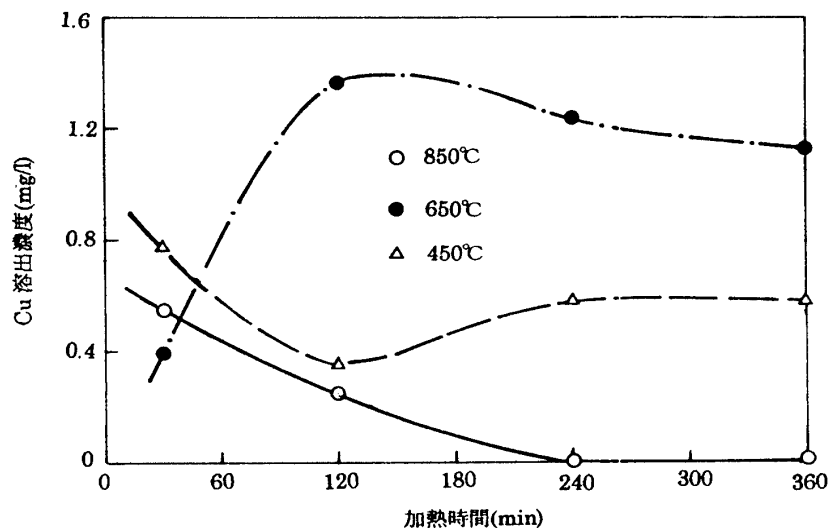


図-10 Availability Test による加熱処理残渣の Cu 溶出濃度

Availability Test を Pb および Cu について行った結果を図 9 および図 10 に示す。なお、Cd の場合には加熱温度が 450°C 程度の比較的低い処理温度でも、Availability Test による Cd の溶出は認められなかった。図 9 に示されているように、Pb の場合には 850°C、120min 処理の条件において、埋め立て基準の規制値である 0.3ppm 以下を完全に満足することが確かめられた。図 10 は Cu についての Availability Test の結果を示している。Cu の場合も 850°C、240min 処理の条件において、Cu の溶出は認められなかった。

5. 結 言

本研究においては、都市ごみ焼却の過程において回収される EP 灰中の有害重金属類の除去方法について検討した。電気炉による加熱処理を行った結果、加熱温度を 850°C にすると、EP 灰

中の Pb の場合には加熱時間 240min においてほぼ 100%除去可能であり、Cu の場合には加熱時間 360min 以上で 100%除去されることが確かめられた。また、Cd の場合は 450℃程度の比較的低い温度でも 90%以上の除去率が得られており、容易に除去可能なことが認められた。

加熱処理した試料について、埋め立て基準を満足するか否かを検討するために、Availability Test を行った。Cd の場合には 450℃程度の比較的低い加熱温度で処理した残渣試料の場合でも、Availability Test による Cd の溶出は認められなかった。Pb の場合には 850℃、120min 処理の条件において、Cu の場合には 850℃、240min 処理の条件において、Availability Test による Pb および Cu の溶出はともに認められず、埋め立て基準および土壌基準を十分に満足することが確かめられた。

謝辞：本研究は平成 11 年度福井工業大学特別研究（1A）による成果の一部である。ここに記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 厚生省：「日本の廃棄物処理（平成 4 年度版）」，平成 7 年 8 月
- 2) 厚生省：「平成 5 年度実績産業廃棄物排出・処理状況調査」資料
- 3) 金子：溶出試験の現状と展望，廃棄物学会誌，1992，7

（平成 12 年 11 月 16 日受理）