

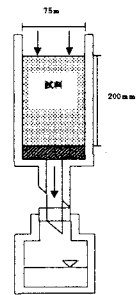
焼却残渣の風化過程における性状変化について

九州大学工学部 学生会員 ○原 口 崇 非会員 河越 健至  
九州大学大学院 正会員 島岡 隆行 非会員 渡辺公一郎

1. はじめに 我が国では平成 13 年 1 月に循環型社会形成推進基本法(循環型社会基本法)が施行されるなどの法的整備が進み、産業界でも循環型社会の形成に力を注いでいる背景から、今後の最終処分量は減少傾向になることが望まれる。しかし、最終処分場の残余容量は逼迫しており、立地条件や環境への影響の側面から、新たに建設することは困難である。最終処分場の延命化を目的とした焼却残渣の有効利用も最近図られているが、焼却残渣中には重金属やその他有害物質が含まれているため、有効利用後における自然環境下の風化挙動に伴う性状変化を把握する必要がある。本研究では自然環境下の風化過程による焼却残渣の化学成分における変化の把握を目的とし、残渣内の各成分の含有量変化とその溶出特性を検討した。

2. 試料および実験方法

(1) 装置について 本研究では、試料をカラムに充填し、自然環境下に曝露することにより焼却灰の化学成分変化の特定を行なった。図-1にカラムの概略図を表す。内径は78mmで充填する試料の深さは200mmである。試料層の下には詰まり防止用のビーズを敷き詰め、カラムの下には浸出水を取り入れる容器を設置した。



(2) 試料 本実験では試料として、①ストーカ炉を採用しているO町O清掃工場で採取したごみ焼却灰、②ストーカ炉を採用しているF市R清掃工場で採取したごみ焼却灰、③ガス化溶解炉を採用しているK市K清掃工場で採取した熔融スラグを用いた。

表-1にO焼却灰、R焼却灰(粒径 1.0mm以下)およびK熔融スラグの構成元素および主要化合物の構成比率を示す。これより、熔融スラグではSiO<sub>2</sub>成分が多く

図-1 カラム装置

表-1 試料の含有元素組成

元素	O焼却灰	R焼却灰	K熔融スラグ
Pb	2125	659	1396
Cr	738	389	1109
Zn	3886	3900	4885
Cu	737	1032	1991
SiO <sub>2</sub>	14.8	9.87	42.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.5	12.8	13.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.28	6.08	4.80
MnO	0.093	0.139	0.167
MgO	3.12	2.67	3.41
CaO	40.1	28.9	22.7
K <sub>2</sub> O	1.87	1.77	2.61
H <sub>2</sub> O	9.14	10.1	0.00

(ppm)

(mass%)

含まれ、O焼却灰やR焼却灰ではCaO成分が多く含まれていた。元素別で見ると、すべての試料でPb、Cu、Zn、Baが他元素と比べて多く含まれていた。焼却灰と熔融スラグを比較するとCr、Cu、Baの3元素において熔融スラグが焼却灰よりも多く含んでいたが、その他の元素では大きな相違は見られなかった。

(3) 実験方法 今回の実験に用いる試料の含水比は全国一般廃棄物焼の性状調査で得られた、19施設別焼却残渣の最適含水比の平均値である19.8%に調整を行なった。腐葉土混合による溶出特性の変化を検討するため、焼却灰試料に市販腐葉土を水添加後焼却灰に混合し、腐葉土分容量が全体体積比5%となるように調整した充填試料を作成した。試料はビーズ層の上に5回に分けて均等になるようにカラムに充填した。このカラムを試料ごとに4本作成した。充填した試料を表-2に示す。これらのカラムを九州大学工学部資源工学屋上に設置し、1ヶ月ごとに各試料1本ずつ採取した。採取した試料を真空乾燥させ、蛍光X線分析装置(リガクXRF-RIX3100)を使用し、深度別に焼却残渣の化学種の形態変化について検討を行なった。また腐葉土を混合することで非混合との間で化学成分の変化の違いがどのように表れるか分析した。

表-2 充填試料

O焼却灰
R焼却灰
K熔融スラグ
O焼却灰腐葉土混合物
R焼却灰腐葉土混合物
腐葉土

3. 実験結果と考察 図-2はそれぞれ設置1ヶ月後に採取したO焼却灰とO焼却灰腐葉土混合物におけるSiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO成分の深度別の含量分布である。図-2において、深さ0~5mmと5mm~10mmにおけるSiO<sub>2</sub>の含量を比較すると、O焼却灰では深さ5~10mmでの含量が0~5mmよりも少なくなっているのに対して、O焼

却灰腐葉土混合物では多くなっていた。CaO では、O 焼却灰の深さ 5~10mm での含量が、0~5mm よりも多くなっているのに対し、O 焼却灰腐葉土混合物では少なくなっていた。しかし、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の場合、腐葉土の有無にかかわらず常にほぼ一定の含有割合となった。両試料とも深さに応じて成分の化学的な変化に相違が生まれることが分かった。焼却灰に腐葉土を混合することによって、非混合との間でも充填試料の化学成分変化に違った挙動が確認された。

焼却灰の風化指標の 1 つである珪ばん比(SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)と、深度の関係を図-3 に示す。風化残留物の組成から元素の移動度を評価するときは、風化過程を通じて、通常 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の損失変化が小さいと仮定されている。この場合、珪ばん比が小さいほど SiO<sub>2</sub> の溶脱が進み、風化が進行していることを示す。K 溶融スラグは、全ての層においてほぼ一定の値をとることから自然曝露による風化作用は受けにくいものと推測された。O 焼却灰と O 焼却灰腐葉土混合物は深さ 0~10mm にかけて一旦珪ばん比が大きくなった後、再び下がり、深さ 10~200mm にかけては、ほとんど変化がなかった。O 焼却灰の深さ 0~5mm にかけては、下層ほど SiO<sub>2</sub> が増加しており、深さ 10mm から深いところは減少した。

これらの原因として、深さ 0~5mm では下層ほど風乾の影響が小さいことで SiO<sub>2</sub> が溶けにくい状態になっていること、SiO<sub>2</sub> はアルカリ性では溶脱しやすい<sup>2)</sup>ことが挙げられる。深さ 0~5mm は O 焼却灰によるアルカリ性の影響よりも風や乾燥による風化作用が大きいと考えられることから、この風化作用により SiO<sub>2</sub> が降雨に溶脱しやすい状態となり、結果として O 焼却灰の珪ばん比が深さ 5~10mm より低くなることが示唆された。深さ 5mm よりも下層では外気環境による影響は受けにくいものの、O 焼却灰によるアルカリ性による溶脱が進み、深さ 5mm~20mm は特に焼却灰によるアルカリ性の作用が大きいものと推測された。R 焼却灰と R 焼却灰腐葉土混合物では、比較的浅い層で、すでにアルカリ性になっているものと思われる。

表-3 は最も風化現象が進んでいるものと思われる深さ 0~5mm において、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量保存を仮定したときの組成変化を初期含有量と比較することで表したものである。この図から風化現象の際、特に Na、K の化学種の変化が大きく、集中的に溶脱が進むことが示唆される。元素の化学反応による溶脱のしやすさは、一般的に Ca、Na、K、Mg の順に減少する<sup>1)</sup>ことが知られているが、R 焼却灰では Ca の化学成分変化はわずかなものであった。

**4. まとめ** 本研究では、焼却灰をカラムに充填した後のカラム内部の化学反応による溶脱と風化現象の性状変化について検討を行なった。その結果、深さ別における焼却灰含有元素の含有割合の腐葉土混合試料と非混合試料との間で違いが見られた。焼却灰表層における風化に関して、①表層から 5mm までは外部環境が与える風化作用が卓越していること、②風化の際、Na、K が大きく溶脱することが示唆された。

【参考文献】 1) 財団法人 日本化学会：季刊化学総説 4 土の化学，1989  
2) 地学団体研究会 東海大学出版会：鉱物の化学，1995

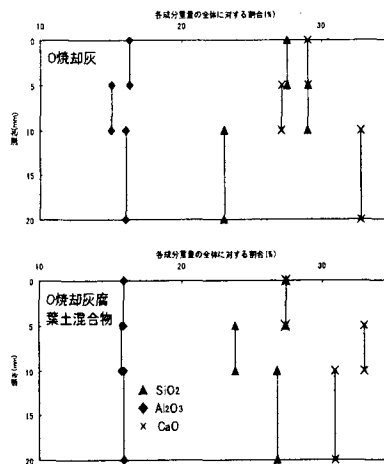


図-2 深度別含有量変化

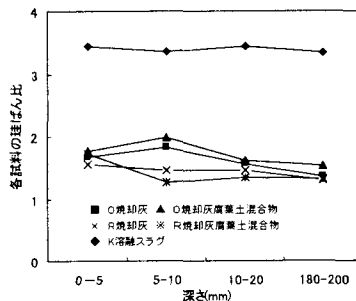


図-3 深さと珪ばん比

表-4 R 焼却灰の組成(mass%)

元素	初期含有量	2ヶ月含有量	2ヶ月増分含有量
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.45	14.87	12.45
TiO <sub>2</sub>	1.44	1.49	1.25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.48	9.42	7.89
MnO	0.15	0.11	0.09
MgO	2.46	3.77	3.15
CaO	23.80	28.11	23.52
Na <sub>2</sub> O	16.10	3.02	2.53
K <sub>2</sub> O	1.72	1.27	1.06
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.15	2.67	2.24
H <sub>2</sub> O	6.69	8.58	7.18
S	0.51	0.46	0.39
Cl	10.70	1.25	1.05