焼却灰の風化現象に伴う鉱物種の遷移に関する研究

九州大学工学部	学生会員	0郭	倩
九州大学大学院	フェロー	-会員 島岡	隆行
九州大学大学院	正会員	Saffarzadeh	Amirhomayoun

1. はじめに

一般廃棄物焼却灰の大半は、埋立地で処分されており、道路路盤材等土木資材としての有効利用の促進が望まれ ている。埋立処分された焼却灰や有効利用された焼却灰は、自然環境下において様々な物理化学的風化作用を受け ることになる¹⁾。本研究では、清掃工場から排出されたばかりの焼却灰(新灰)および埋立処分され風化作用をう けた焼却灰中の一次鉱物と二次鉱物の種類を調べることによって、風化作用に伴う焼却灰の中に含まれている鉱物 の遷移および重金属の挙動を明らかにすることを目的としている。鉱物の中でも、特に calcite (CaCO₃, calcite) に着目し、風化作用に伴う calcite 含有量の変化を求めるとともに、calcite の消長をもたらす要因について検討 した。また、焼却灰中の重金属の挙動解明として、既往の研究において calcite の生成により重金属の溶出が抑制 されると報告されている²⁾ことから本研究では、重金属の焼却灰中の鉱物(主に calcite)表面への吸着特性につ いても検討を行った。

2. 試験概要

2-1 試験試料:表-1 に実験に用いた試料(焼却灰)名を示す。焼却灰は、米国のフランクリン埋立地と大牟田市に 設置した2つの大型ライシメータ(直径1.2m×高さ3.0m,充填重量4.05t)から採取したものである。フランクリ ン試料は埋立処分後0年、1年、10年、13~14年および20年経過した5箇所において採取を行った。試料採取は、 それぞれの埋立箇所において埋立地表面を0mとし、深さ方向1m間隔に4mまでの計5点で行った。大型ライシメー タからの試料は焼却灰に生ごみコンポストが混合されている試料と混合されていない試料2種類に分けられる。大 型ライシメータからの試料は、深さ方向1m幅で3mまで試料を採取した後、均質になる様よく混合したものである。 2-2焼却灰に含まれる鉱物の表面観察分析:フランクリン試料と大型ライシメータ試料の31試料(表-1参照)につ いて、薄片試料を作成し、偏光顕微鏡を用いて焼却灰の中に含まれている鉱物(主に calcite)の観察を行った。

calcite は方解石とも呼ばれ,炭酸塩鉱物の一種であり,化 学組成は CaCO₃である。前述のように, calcite の生成によ り重金属の溶出が抑制されることが報告されている。溶出 抑制の要因として, pHの低下による重金属塩の溶解度の低 下²⁾や焼却灰中の鉱物表面への吸着などが考えられている。 本研究では焼却灰中の鉱物(主に calcite)表面への吸着に 着目して観察を行った。

2-3 焼却灰の化学組成分析:フランクリン試料と大型ライシ メータ試料の31 試料について,XRF(蛍光X線分析)装置 を用いて各試料の元素組成を明らかにし,特に重金属の含 有量の変化に着目した。

2-4 焼却灰の風化作用に伴う鉱物組成(主に calcite)の変化:フランクリン試料と大型ライシメータ試料の31 試料について,XRD(X線回折)装置を用いて各試料の鉱物種の同定を行った。

3. 試験結果と考察

3-1 焼却灰に含まれる鉱物の表面観察分析

図-1 に偏光顕微鏡で観察された calcite の一例を示す。

表-1 試料名一覧

フランクリン試料(粒径<2mm)					
深さ(m)	埋立年数				
	0年	1年	10年	13-14年	20年
0	FL-fresh	FL-A-1	FL-B-1	FL-C-1	FL-D-1
0.5	-	FL-A-2	FL-B-2	FL-C-2	FL-D-2
1	-	FL-A-3	FL-B-3	FL-C-3	FL-D-3
1.5	-	-	-	-	FL-D-3`
2	-	FL-A-4	FL-B-4	FL-C-4	FL-D-4
3	-	FL-A-5	FL-B-5	FL-C-5	FL-D-5
4	-	FL-A-6	FL-B-6	FL-C-6	-
大牟田大型ライシメ―タ試料(粒径<0.85mm)					

深さ(m)	Ash	90%Ash+10%Compost
0-1	O-A-0-1	O-C-0-1
1-2	O-A-1-2	O-C-1-2
2-3	O-A-2-3	O-C-2-3



(O-A-0-1)

(O-C-0-1)

図-1 炭酸カルシウム(calcite)(C:calcite)

焼却灰に生ごみコンポストを混入させた試料(0-C-0-1) には calcite が多く観察された。コンポストを混入させ ることによって、埋立地内の通水性が良くなり、またコ ンポストの分解に伴う CO₂や焼却灰中に含まれていた Ca(OH)₂が浸透する雨水に溶解し、calcite が多く生成さ れたものと考えられる。

3-2 焼却灰の化学組成分析

図-2 には各フランクリン焼却灰の主要元素 Fe, Ca と重 金属 Pb, Cu, Zn の深さ方向の含有量分布を示す。主要元 素 Fe は全体の 8~25%, Ca は全体の 16~30%を占めている。 重金属元素 Pb は 2, 200~5, 700ppm, Zn は 4, 800~ 12, 000ppm, Cu は 2, 200~6, 000ppm 存在していることが 分かる。焼却灰中の重金属含有量は、土壌中の濃度に比 べて³⁾, 10 倍以上の値を示した。Ca は埋立年数によらず, 表層ほど高い濃度を示したが、他の元素においては、深 さ方向の含有量分布に特徴ある傾向は見受けられなか った。

3-3 焼却灰の風化作用に伴う鉱物組成の変化

表-2にXRD分析により求めた各試料の calcite のピー ク強度を示した。フランクリン試料の各埋立年数の試料 をみると、化学組成分析より得られた結果と同じ傾向で、 表層の試料ほど calcite が多く含まれていることが分 かった。この要因として、埋立地表層ほど大気中の CO₂ が侵入しやすい環境にあるため、calcite が多く生成さ れたと考えられる。大型ライシメータからの試料をみる と、コンポストを混入させた試料は calcite が多く含ま れていることが分かる。これは、前述した様に、コンポ ストを混合されることによって ①埋立地の通水性が良 くなり、②微生物による有機物の分解で CO₂が生成され ることによって calcite が多く生成されたものと考えら れる。

4. まとめ

埋立処分された焼却灰中の鉱物の含有量は、風化作用



図-2 フランクリン焼却灰の化学組成

表-2 試料中の calcite のピーク強度

7=>.6	11、 三十 业生
ノフノウ	リン試科

(27) (27)	埋立年数				
(m) (木)	0年	1年	10年	13-14年	20年
0	++	+++	+++++	++++++	+++++
0.5	-	+++	+++	++++	++
1	-	+	+++	+++	+++
1.5	-	-	-	-	+
2	-	+	+++++	++	++
3	-	++	+++++	++	+++++
4	-	+++	+	+	-
+++++>3000)cns ++++2500	~3000cps +	++2000~2500	cps ++1500~	2000cps +<

大牟田大型ライシメータ試料

深さ	Ash	90%Ash+10%Compost
0-1	+++	++++
1-2	++	++++
2-3	+	++++

++++>4000cps +++2000~2500cps ++1500~2000cps +<1500cps

に伴い変化することを鉱物の定量分析により示し、埋立年数とともに二次鉱物(主に calcite)の含有量は増加して いることが分かった。埋立年数によらず、重金属元素の深さ方向の含有量分布に特徴的な傾向は見受けられず、重 金属濃度と calcite 濃度との間の相関を明らかにすることができなかった。今後とも、偏光顕微鏡、SEM/EDX 等に よって二次鉱物(主に calcite)の重金属に対する吸着特性を調べる予定である。

[参考文献] 1)Piantone, P. Bodénan, F. Chatelet-Snidaro, L.: Mineralogical study of secondary mineral phases from weathered MSWI bottom ash: implication for the modeling and trapping of heavy metals, Applied Geochemistry, Vol. 19, pp. 1891-1904, 2004 2) Sabbas, T. Polettini, A., Pomi, R., Astrup, T., Hjelmar, O., Mostbauer, p., Cappai, G., magel, G., Salhofer, S., Speiser, C.,

Heuss-Assbichler, S., Klein, R., Lechner, P.: Management of municipal solid waste incineration residues, Waste Management, Vol. 23, pp. 61-88, 2003

3)田中信壽ら:環境安全な廃棄物埋立処分場の建設と管理,技報堂出版, pp. 136-138, 1999