

最終処分場即日覆土代替材の開発

― PS 灰の即日覆土材への利用 ―

鹿島建設(株) 正会員 ○小林弘明 小澤一喜
正会員 薦田敏郎 早崎 勉

1. まえがき

近年、増加する廃棄物に対して、既存の処理施設あるいは処分場だけでは対応が非常に困難となりつつあることが報告されており、廃棄物の減量化とリサイクルが緊急の課題として注目されている。このような背景のもとに筆者らは、産業廃棄物の有効利用をテーマに、製紙工場から排出される製紙スラッジ焼却灰（PS 灰）を、最終処分場への埋立てに使用されている即日覆土材料に利用する研究を進めている。本報告では PS 灰の基本的な特性を述べるとともに、即日覆土材料に利用するに際し、エトリンガイトの生成を利用する提案を行ったものである。

2. 試験方法

室内試験においては、A 社（サイクロン灰）、A 社（集合灰）、B 社、C 社の 4 種類の PS 灰を対象に、肉眼で性状を観察するとともに、物理試験として含水量、比重、かさ比重の測定を行った。化学試験としては PH、電気伝導度、強熱減量の各測定と化学成分分析を実施した。化学成分分析は蛍光 X 線により測定したが、蛍光 X 線では元素を定量分析するものであることから、結果については表記の酸化物に換算を行っている。次に、PS 灰を即日覆土材料に利用することを目的として、ある程圧縮強度を有する PS 灰に着目した。すなわち、PS 灰に同じく廃棄物である排煙脱硫石膏を加えてエトリンガイト（ $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ など）を生成することにより、ある程度の強度発現を期待するものである。配合試験では即日覆土材料をスラリー状態にして施工することを想定し、PS 灰（P）と排煙脱硫石膏（S）に水（W）を $(\text{F}+\text{P}+\text{S})/\text{W}=1.70$ となる条件のもとに練混ぜを行った。練混ぜに使用する水も処分場の廃棄物である浸出水（処理前）とした。

また、固化処理後、固化体からの再溶出の有無をみるために所定の材令時（7 日、14 日、28 日）に溶出試験を実施した。

3. 試験結果及び考察

(1) 基本的性質について

4 種類の PS 灰の基本的性質を表-1 に、またそれぞれの粒度組成を図-1 に示したが、PS 灰

表-1 基本的性質一覧表

	A (サイクロン灰)	B (集合灰)	C	D
色	白色	白灰色	灰褐色	薄灰色
状態	乾燥	乾燥	乾燥	乾燥
自然含水比(%)	0.0	0.0	0.21	0.36
比重	2.78	2.807	2.59	2.55
かさ比重 (t/m³)	0.72	0.84		
pH	12.16	7.64	10.86	12.28
電気伝導度 (mS/m)	137.5	153.0	446.5	510.0
強熱減量(%)	0.1	0.34	4.2	0.57
塩基度	1.64	1.37	1.78	1.57
SiO2(%)	36.45	39.15	31.91	35.20
Al2O3(%)	21.84	16.19	27.70	22.06
CaO(%)	34.60	34.37	20.82	33.27
SO3(%)	0.51	2.37	2.56	2.49
MgO(%)	3.18	2.91	8.23	—
Fe2O3(%)	2.50	2.67	1.82	2.40
TiO2(%)	1.75	2.13	1.26	2.54
P2O5(%)	—	—	3.34	—
ZnO(%)	1.35	2.12	0.12	0.13
K2O(%)	—	—	—	—
Cl(mg/l)				
鉛 ³ (0.3mg/l)	0.05未満	0.05未満		
六価クロム (0.3mg/l)	0.015	0.012		
フッ素 (24mg/l)	有り	有り		

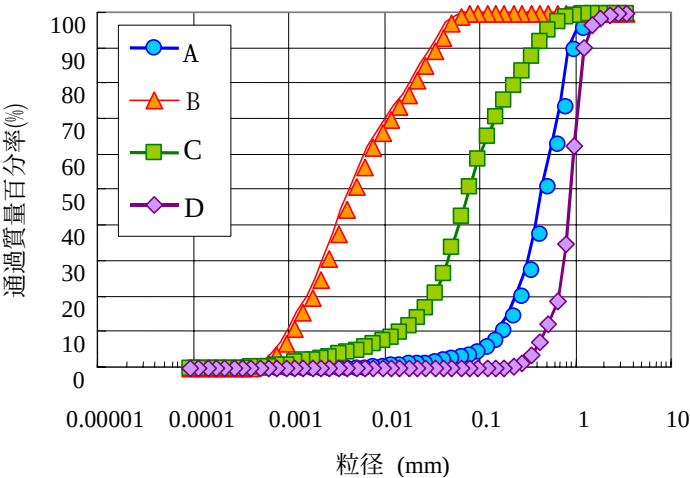


図-1 PS 灰の粒度分布図

キーワード：PS 灰、覆土材、溶出、エトリンガイト

連絡先 （東京都港区元赤坂 1-2-7・03-5474-9131・03-5474-9145）

のうち、A、Bの比重(G)はそれぞれ $G=2.78$, $G=2.81$ と一般的な土粒子の比重に比べて、やや大きな値を示している。また、C、Dの比重(G)はそれぞれ $G=2.59$, $G=2.55$ と一般的な土粒子の比重に近い値である。各PS灰の粒度組成(図-1)をみると、A、C、Dはいずれも「砂」に分類されるが、Bはシルト分以下(75μ 以下)がほぼ100%と微粒子からなることが分かる。平均粒径の大きさでは、 $D>A>C>B$ の順であるが、いずれのPS灰も均等係数(U_c)が小さく、そのままの状態では締め固めにくい材料である。

化学特性についてみると、電気伝導度(mS/m)がいずれのPS灰も138~510 mS/m の範囲であり、 $D>C>B>A$ の順である。PHはBがPH=7.84とほぼ中性であるが、A、C、DではPH=10.9~12.3と高く、特にA、Dは強いアルカリ性を示している。

化学成分についてみると、エトリンガイト生成の素材の一つである Al_2O_3 についてはいずれのPS灰も高い含有率(16~28%)を示している。 CaO についても高い含有率(21~35%)であるが、含有する成分が炭酸カルシウム($CaCO_3$)であれば固化特性に寄与しない。

(2) 力学特性について

試験方法で述べたように、PS灰に排煙脱硫石膏と浸出水を加えて練混ぜ、所定の材令時(7日、14日、28日)

に一軸圧縮強度試験を行った。練混ぜ直後に測定したフロー値をみると、いずれも $198\times 200\sim 275\times 282mm$ と流動性の良いことを確認した。材料分離特性として、3時間後のブリージング率をみると、CとDが2.0%と大きく、Aが1.8%でBが0.9%と小さくなる。なお、24時間後のブリージング率では、Aが3.7%と最も大きく、Cが2.0%、Bが1.1%、Dが0.6%の順となっている。

各供試体の一軸圧縮強さ(q_u)~材令(t)の関係(図-2)をみると、いずれも強度レベルは小さい($q_u\leq 1N/m^2$)が材令とともに、 q_u は増加傾向にあることが分かる。特にPS灰Cでは、材令7日の q_u に比べて材令28日の q_u は7倍程度増加している。この理由としては化学特性で述べたように、PS灰Cの CaO 成分が活性(CaO あるいは $Ca(OH)_2$ が多い)であることが考えられる。

固化した供試体からの成分の再溶出の有無を調査するために、所定の材令時(7日、14日、28日)の供試体を対象に溶出試験を行った。溶出試験結果(Pb)の例(図-3)をみると、いずれのPS灰とも材令の経過とともに溶出量が低下(材令7日の溶出量に比べて材令28日の溶出量は10~70%程度)していることが伺える。特にPS灰Cでは、材令28日時点において供試体からのPb成分の再溶出はほとんどみられない。

4. あとがき

廃棄物の減量化とリサイクルの一環として、PS灰を対象に最終処分場への埋立てに使用されている即日覆土材料への適用の可能性をみるための室内試験結果を紹介したが、試験結果から十分に適用できることを確認した。今後はPS灰だけでなく、さらに多分野の廃棄物(例えば鉄鋼スラグ、火力発電所からの石炭灰、下水道スラッジなど)の有効利用に関する研究を進めるとともに、実用化を図るためのフィールドテストも計画しているので、機会をみつけて報告する。

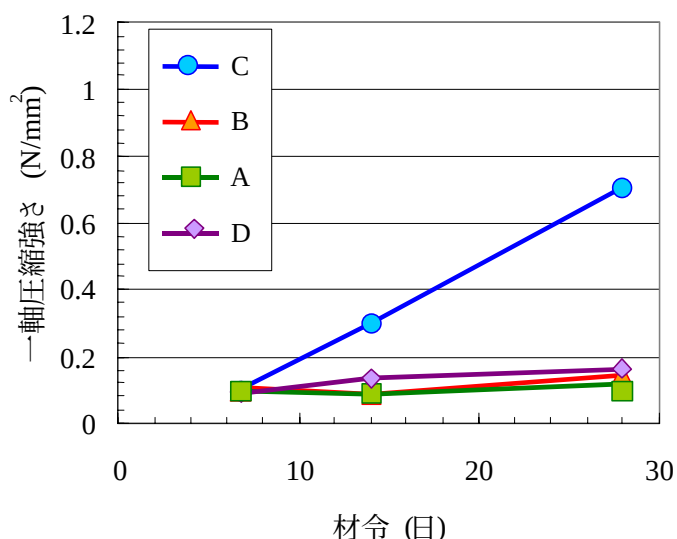


図-2 一軸圧縮強さ (q_u) ~材令(t)の関係

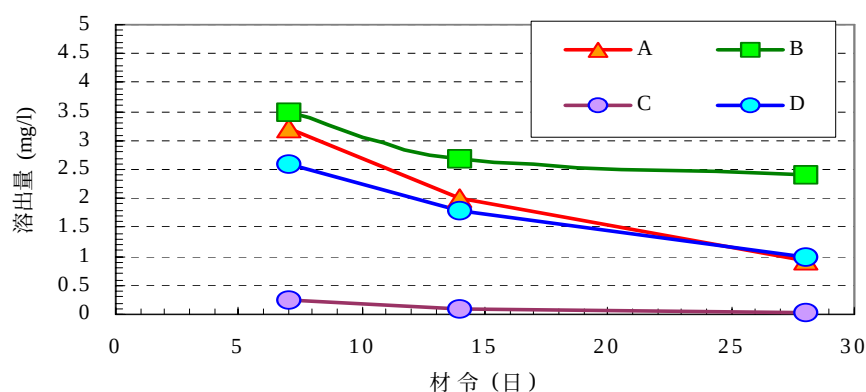


図-3 溶出試験結果 (Pb) の例