

都市ゴミ焼却灰と粘土の混合地盤材料の溶出特性および透水特性

九州大学大学院 学○藤井 照郎 正 落合 英俊
九州大学大学院 正 安福 規之 正 大嶺 聖

1.はじめに

粘土の粒子は微細なため単位質量あたりの粒子の表面積が大きい。したがって、大きな表面エネルギーにより物理的に他の物質をよく吸着する。化学的にも粘土微細粒子は表面に荷電を有しており、電気的引力によって物質を吸着する。このように粘土の粒子表面は表面活性が大きく物理的・化学的に物質をよく吸着することが知られている¹⁾。筆者らはこの吸着特性および低透水性を有している粘土を都市ゴミ焼却灰に混合することで都市ゴミ焼却灰から溶出した有害物質を粘土に吸着させたり、透水性を低下させ周辺地盤への汚染範囲を狭めることが可能であると考えている。

そこで本論文では都市ゴミ焼却灰を単体で地盤材料として利用するよりも、粘土を混ぜた混合材料の方がより安全であることを明らかにするため、都市ゴミ焼却灰と粘土の混合割合に着目し、混合試料の溶出および透水特性を実験的に検討した。

2.実験結果および考察

2.1 溶出試験の概要 試験に用いた都市ゴミ焼却灰と粘土の諸特性および粒径加積曲線を表-1、図-1に示す。図-1に示している粘土含有割合 M は混合試料の質量を1とした場合の粘土が含まれている質量割合を表している。本研究ではJGS 0241 水溶性成分試験および混合試料内の移流による溶出特性を評価するためにカラム試験を行った。各溶出試験の溶出操作を表-2、カラム試験に用いた試験装置を図-2に示す。

2.2 バッチ試験 粘土含有割合 M を変化させ、水溶性成分試験を行った結果を図-3に示す。粘土含有量を増加させることによって混合試料単位質量あたりの各イオンの溶出量を減少する。これは相対的に焼却灰の量を減らしていることや粘土による陽イオン交換が行われたためと考えられる。

2.3 カラム試験 カラム試験で浸透させた溶媒は蒸留水を使用し、溶出液の Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 濃度、電気伝導率、pH を測定した。カラム試験から得られた溶出特性を図-4~7に示す。図-4では横軸に総流量を液固比(L/S)で表し、縦軸に溶出開始時からの pH をプロットしている。粘土の粒子は微細なためその比表面積は非常に大きく化学的性質は卓越している。その化学的性質の一つとしてアルカリ緩衝能がある。アルカリ緩衝能は $M=20\%$ であれば pH が低下していることから発揮されていることがわかる。

図-5,6,7 では縦軸に Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ の焼却灰単位質量あたりの累積総溶出量(mg/kg)を示している。図-5は Ca^{2+} の溶出特性を示している。初期

表-1 試験に使用した試料の諸特性

	有明粘土	都市ゴミ焼却灰
土粒子密度 (g/cm^3)	2.543	2.533
液性限界 (%)	105.2	-
塑性限界 (%)	47.4	-
塑性指数	57.8	-
pH	8.4	12.3
電気伝導率 (mS/m)	0.94	4.45
強熱減量 (%)	-	12.43

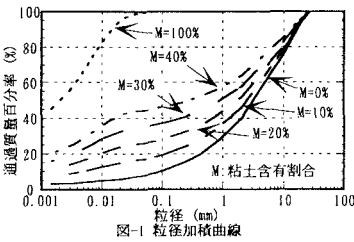


図-1 粒径加積曲線

表-2 溶出試験の概要および操作手順

試験名称	水溶性成分試験	カラム試験
試料状態	焼却灰<2mm	焼却灰<2mm
粘土含有割合	粘土含水比160~170%	粘土含水比160~170%
試料重量(容積)	0.20, 40, 60, 100g	0.10, 20%
溶媒	蒸留水	蒸留水
液固比	10	累積による
抽出容器	2Lポリボトル	-
攪拌方法	平行振とう	-
抽出時間	6h	適宜採取
固液分離	0.45 μm MF	1 μm 定量濾紙
分析方法	イオンクロマトグラフ	原子吸光分析

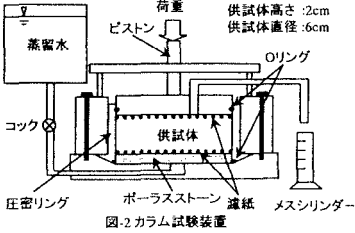


図-2 カラム試験装置

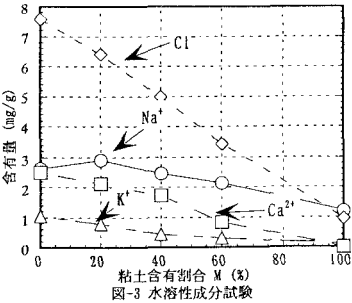


図-3 水溶性成分試験

において Ca^{2+} 濃度は粘土含有割合 M によって差があり、 $M=0\%$ の場合が最も高く M が増加するとそれは小さくなる。これは粘土が Ca^{2+} を吸着したことに起因すると考えられる。また、図-5,6,7 のすべてにおいて $M=20\%$ における各イオンの累積総溶出量は $M=10\%$ のそれを下回っている。粘土含有割合 M の増加に伴い浸透する溶液は粘土の表面との接触が多くなり、粘土による陽イオン交換が活発におきたと考えられる。

図-6 は Na^+ の、図-7 は K^+ の溶出特性を示す。どちらの図においても Ca^{2+} の溶出挙動と異なり、 $L/S=100$ では $M=0\%$ の場合よりも粘土を加えた場合の方が累積溶出量は大きくなっている。これは粘土の陽イオン選択性によるものであると考えられる。荷電数が同一の Na^+ と K^+ では選択性は $\text{Na}^+ < \text{K}^+$ の順序で増加する。また、荷電数の異なる陽イオンの間では、荷電数の高いものが低いものよりも選択的に交換基に保持される。すなわち測定した3種類の陽イオンの間では選択性は $\text{Na}^+ < \text{K}^+ < \text{Ca}^{2+}$ の順に増大する。選択性から考えると Ca^{2+} が粘土に吸着されたため、粘土の表面に存在する Na^+, K^+ が液相に電離したこととなる。図-6,7 を比較すると Na^+ の方が K^+ に比べると同一の L/S では $M=0\%$ と $M=10, 20\%$ の差は大きい。このことも Na^+ と K^+ の選択性の大小に関係し、 Na^+ の方が液相に電離しやすいためである。

重金属イオンはアルカリ、アルカリ土類金属などと同様に粘土のイオン交換体によって吸着され、その選択性は種類によって差異はあるがアルカリ、アルカリ土類金属に比べて著しく大きい。このことと上記のことをふまえると焼却灰に粘土を混合させることにより有害な重金属の溶出抑制が可能であると考えられる。

2.4 透水特性 混合試料の透水特性を図-8 に示す。 $M=0, 10\%$ では 10^{-4}cm/s のオーダーであり比較的透水性は大きい。粘土含有割合 M が 20% になると急激に透水性は低下する。 $M=30\%$ にいたっては粘土のみの透水性と同程度になっている。これは焼却灰の空隙に粘土が充填し透水性が著しく低下したためと考えられる。粘土を混合し透水性を低下させることは時間スケールで浸透を考えた場合、有害物質の周辺環境への漏出を大幅に遅らせることができる。すなわち同一時間で考えた場合、汚染範囲を狭めることが可能となる。

3.まとめ

- 1) 粘土を混合することにより、混合試料単位質量から溶出するイオンの溶出量を減少させることができる。
- 2) 都市ゴミ焼却灰と粘土の混合地盤では粘土の含有割合を増加させることにより陽イオン交換容量を増加させ、陽イオン選択性から重金属の溶出を軽減できる可能性があることが分かった。また、粘土のアルカリ緩衝能により pH が低下する。
- 3) 粘土含有割合 M が $20, 30\%$ であれば、透水性は非常に低くなり周辺環境に及ぼす影響を軽減させることが可能である。

【参考文献】 1) 大草重康ら編:粘土の不思議, 土質工学会 pp.165~167, 1994.

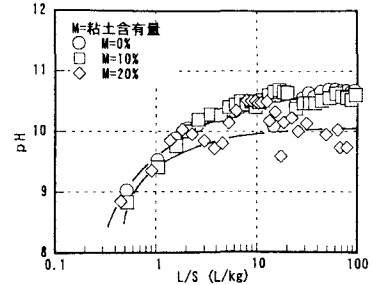


図-4 混合地盤材料のアルカリ緩衝作用

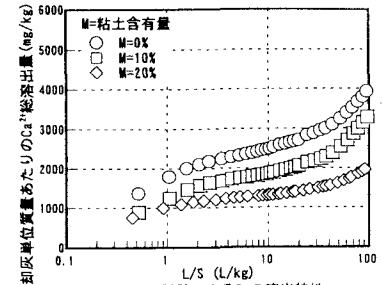


図-5 カラム試験によるCaの溶出特性

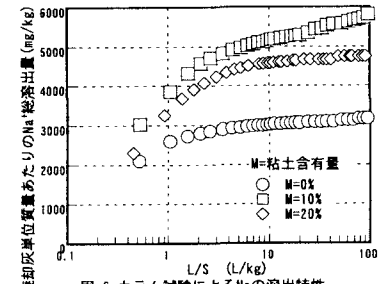


図-6 カラム試験によるNaの溶出特性

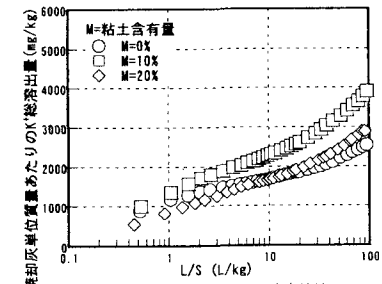


図-7 カラム試験によるKの溶出特性

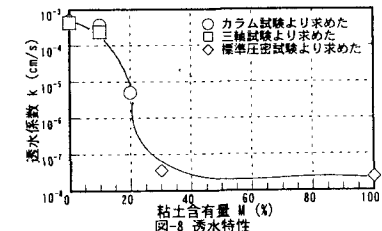


図-8 透水特性