

焼却残渣層における可溶性成分の溶解に伴う孔隙変化に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○福井晋平 九州大学大学院工学府 学生会員 石橋俊将
九州大学大学院工学研究院 正会員 小宮哲平 高橋史武 島岡隆行

1. はじめに

埋立地の供用期間は10~15年であるのに比べ、完了後の維持管理や環境モニタリング期間は長くなり、地方自治体の財政を圧迫するとともに、周辺環境に対してリスクを背負い続ける。そのため埋立地の早期安定化は重要である。埋立地の焼却残渣層では、雨水浸透の偏り、いわゆる「水みち」が形成されることが知られており、浸透水が供給されにくい場所が存在し、焼却残渣の安定化が良好に進行しないことが考えられるが、その現象解明はまだ十分になされていない。本研究では、焼却残渣層における水みちの形成過程の解明を最終的な目的とし、まず可溶性成分の溶解に伴う孔隙変化に着目した。そこで、焼却灰を充填したカラムに対して溶解を最大にするため、飽和条件下で通水試験を実施し、浸出水を分析することで、可溶性成分の溶出特性の経時変化を把握した。

2. 焼却灰充填カラムの通水試験

図1に通水試験で用いた円筒形カラムを示す。用いたカラムは、内径φ10cm(カラムPおよびA)、14cm(カラムB)、30cm(カラムC)で、試料充填高さはそれぞれ20、25、50cmとした。試料はO町清掃工場より発生した焼却灰を用い、試料充填密度は1.2 g/cm³とした。各カラムに用いた試料の粒径加積曲線は図2に示す通りである。充填試料はその最大粒径がカラムの内径の1/10程度となるように調整した。

図3に通水装置を示す。カラム下端から試料を乱さないようにゆっくりと通水させ、カラム内を飽和状態にした。その後、給水槽から水の供給を開始し、飽和状態を保ち、試料を乱さない程度の一定流量の下向流でカラム内に通水させた。なお、カラムP、A、Bには純水、カラムCには水道水を通水した。

まず、カラムPのカラムを用い、通水試験を行った。流量を0.7 cm³/sとし、溶解性成分を全量洗い出すことを狙いに、最大溶出可能量を調べるアベイラビリティ試験¹⁾における固液比L/S 100に可能な限り近づけることを目標に通水量はL/Sが80となるまで実施した。浸出水は定期的に採水し、浸出水のpH、電気伝導度(EC)および蒸発残留物(ER)を測定し、それらの経時変化を把握した。また、XRFにより蒸発残留物の組成およびその経時変化を把握した。

次に、カラムA、カラムB、カラムC各カラムを用いて通水試験を行った。流量は、それぞれ8.6、12.5、42.8 cm³/sとし、カラムPの通水試験で得られた結果より、通水量はそれぞれL/S 32、31、26となるまで実施した。それぞれの浸出水の測定項目は、カラムPを用いた場合と同様とした。

3. 結果と考察

図4に浸出水の水質分析結果を示す。横軸はL/Sで表した通水量である。pHについては、すべてのカラムで通水に伴い1程度の低下が見られた。ECおよびERについては、すべてのカラムにおいてL/Sが10以下の範囲で著しい低下が見られ、その後は低い水準で低下を示した。カラムA~CのL/Sが10までの蒸発残留物の量は、それぞれ全蒸発残留物の72.7、72.4、80.8%を占めていた。これより、焼却灰層の可溶性成分の大部分は速やかに溶出し、その後は少量ではあるが溶出が継続していくことが分かった。

次に、浸出水の蒸発残留物重量から通水前後での焼却灰層の孔隙率の増加量を試算した。ここでは、蒸発残留物と等しい量の充填試料が消失し、孔隙が増加したと考え、次式により

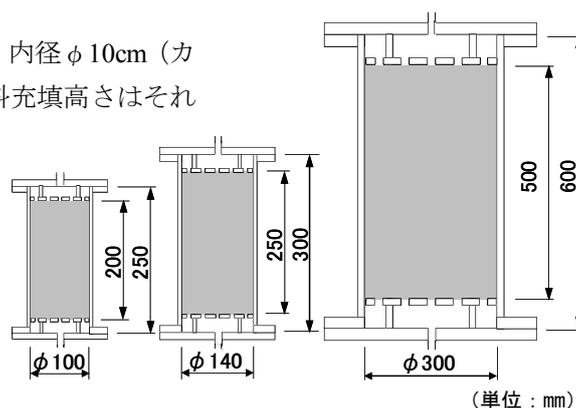


図1 カラム鉛直断面

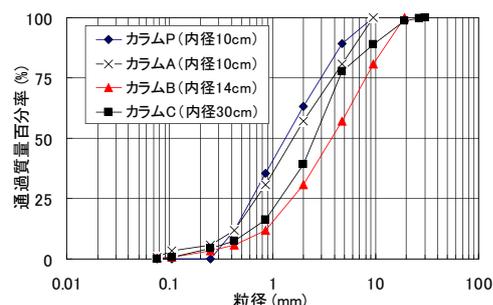


図2 粒径加積曲線

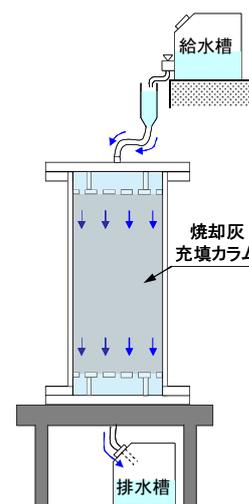


図3 通水装置

算出した。

孔隙率の増加量(%)

$$= \frac{\text{蒸発残留物重量} \times 100}{\text{蒸発残留物密度} \times \text{充填層体積}}$$

上式の蒸発残留物密度は、充填試料の真密度とした。測定した焼却灰真密度は 1.9 g/cm³であった。表 1 に試料の物理性状と試験条件について示す。図 5 に試算された孔隙率の増加量の通水に伴う変化を示す。通水条件がほぼ同じであるカラム A~C を比較すると、いずれも 2%弱孔隙率が增加した。試料の平均粒径が 2 mm 前後のカラム A と C に比べ、平均粒径が 3.75 mm と大きかったカラム B の

孔隙率の増加が最も小さい結果となった。また、同じ内径を持つカラム P, A において、通水量が L/S 30 付近で同様に比較すると、平均粒径が小さなカラム P の方が、3.3%の孔隙率増加となり、カラム A の 1.8%よりも大きくなっていった。これより、粒径が小さな焼却灰粒子ほど可溶性成分の溶解が多いことが示唆された。これは、粒径が小さいほど溶出率が大きな元素が多くあること²⁾に対応する。カラム P, A で孔隙率の増加に、差が生じた他の要因としては、流量、水温の違いが挙げられる。不飽和条件下では、流量が大きいほど蒸発残留物重量が大きくなること³⁾が、飽和条件下で行った本試験では流量が大きいほど蒸発残留物重量が小さくなる結果となった。これは、カラム A における流量が大き過ぎ、水分と可溶性成分の接触時間が短くなったためと考えられる。

図 6 は、カラム P の浸出水の蒸発残留物の主成分の量を浸出水中の濃度として換算し、その経時変化を示したものである。ここでは、浸出水を通水量により 4 つのグループに分け、各グループにおける蒸発残留物の組成を XRF で分析した。全ての成分において通水に伴い濃度は減少傾向にあるが、Ca および Al は、他の成分に比べて濃度の低下率が小さい結果となった。Ca および Al の濃度は、L/S が 0.16 では Na, Cl, K よりも 1 オーダー低かったが、L/S が 7.8~80 ではオーダーが等しくなった。このことから、焼却灰層において Ca や Al を含む可溶性成分の溶出は、他の成分に比べて長期的に継続するものと考えられた。

4. まとめ

焼却灰層の可溶性成分の大部分は通水量が L/S 10 程度で速やかに溶出し、その後は少量ずつではあるが溶出が長期的に継続することが分かった。Ca や Al を含む可溶性成分は、他の可溶性成分に比べて溶出が長期的に継続することが示された。通水に伴う焼却灰層の孔隙率の増加量を試算したところ、L/S 30 までで 1.5~3.3%であった。

今後は、焼却灰の粒径毎の可溶性成分の溶出特性、および焼却灰粒子の可溶性成分の溶解に伴う形状変化の形態を明らかにしていく予定である。

[参考文献] 1) 酒井伸一ら：廃棄物の溶出試験に関する研究-アベイラビリティ試験と pH 依存性試験-、廃棄物学会論文誌, Vol.6, pp.225-234, 1995 2) 津留真哉ら：焼却灰の粒径別元素含有量および溶出特性, 平成 14 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 第 部門-85, pp.B-548-549, 2003 3) 李南勲：埋立廃棄物層における汚濁物質の挙動予測に関する基礎的研究, 九州大学学位論文, 1993

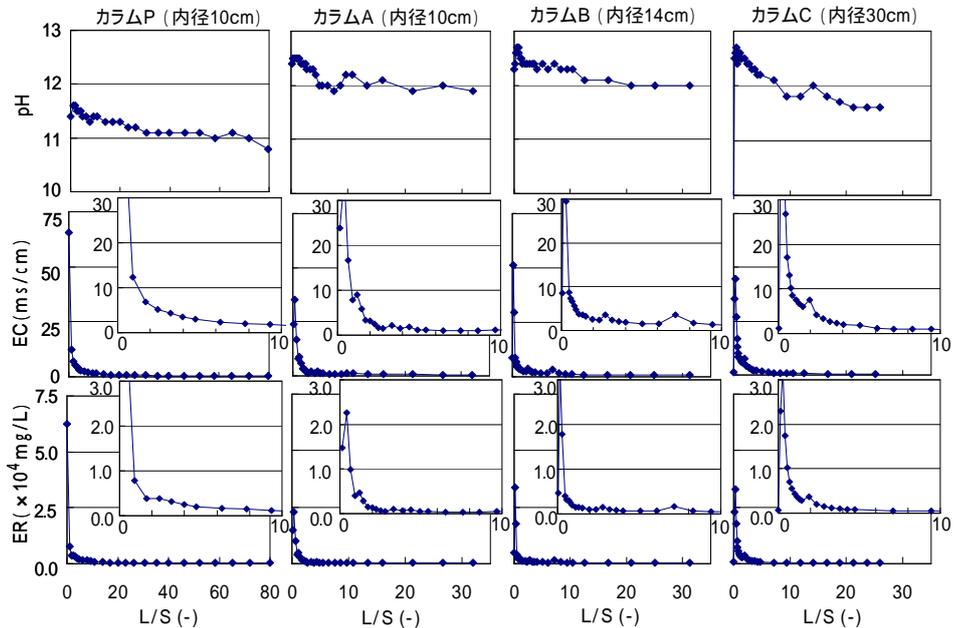


図 4 通水試験における浸出水の pH, EC, ER の通水量に伴う変化

表 1 物理性状および試験条件

項目	カラムP	カラムA	カラムB	カラムC
物理性状				
D10 (mm)	0.39	0.36	0.68	0.52
D30 (mm)	0.72	0.82	1.94	1.50
D50 (mm)	1.36	1.65	3.78	2.6
D60 (mm)	1.82	2.35	5.22	3.28
試験条件				
通水量 L/S (-)	80	32	31	26
流量 (cm ³ /s)	0.7	8.6	12.5	42.8
充填体積 (cm ³)	1571	1571	4002	36050
充填試料重量 (g)	1885	1885	4794	42412

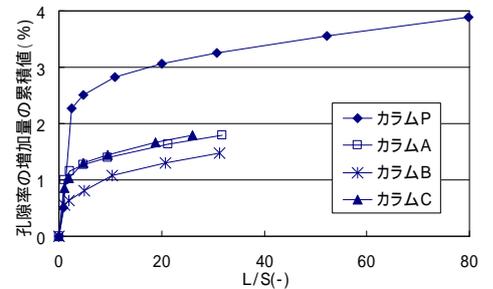


図 5 孔隙率の増加量の経時変化

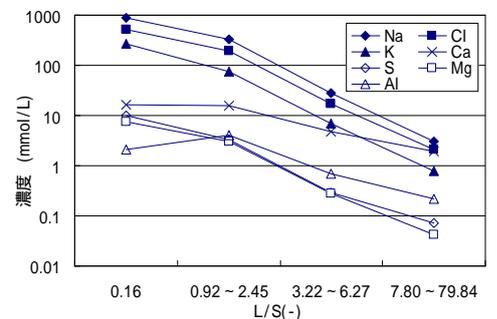


図 6 浸出水中の主成分の濃度