

海面処分における焼却残渣固化体破砕物の最適粒径に関する研究

九州大学	学生会員	○徳永和紀	フェロー会員	島岡隆行
〃	正会員	中山裕文,	小宮哲平	
安藤ハザマ	正会員	弘末文紀,	三反畑勇	

1. はじめに

廃棄物海面最終処分場の埋立地では埋立廃棄物が海水中に没し、かつ間隙水の流動が緩慢であることから、埋立廃棄物からの汚濁成分の溶脱が遅く、浸出水の水質が廃止基準を満たすまでに長期間を要するという課題がある。著者らは、海面埋立地の早期安定化を図るために、「廃棄物固化式処分システム」¹⁾の海面処分への適用について検討を行っている。著者ら¹⁾は焼却残渣固化体破砕物を海水に浸漬させ焼却残渣と比較をし、溶出抑制効果の有無を把握した。しかし、海面埋立地の早期安定化に適する固化体破砕物の粒径が不明であることが課題として挙げられた。本研究では、固化体破砕物の粒径が海水の水質変化に及ぼす影響の詳細把握を目的として、3つの清掃工場から排出された一般廃棄物焼却残渣の固化体破砕物（以下、固化体破砕物）を海水に浸漬し、海水の水質変化及び固化体破砕物からの有害物質の溶出特性を把握し、焼却残渣を浸漬した場合の結果と比較した。

2. 試料及び実験方法

(1) **試料** 3つの清掃工場 FR (900t/d, ストーカー炉)、KN (600t/d, ストーカー炉)、ON (600t/d, ストーカー炉) から排出された焼却灰及び同工場から排出されたキレート処理済みの飛灰を試料とした。表 1 に基本性状として溶出試験結果(環境庁告示第 46 号)を示す。

(2) 焼却残渣固化体破砕物 焼却灰と飛灰を湿潤質量比 3 : 1 で混合したもの(以下、焼却残渣)に、焼却残渣乾燥重量比外割 20 %のセメント(高炉セメント B 種)、含水比がそれぞれ締固め試験求めた固化に適する含水比となるように水道水を加えて混練し、混練物を容量 20 L のプラスチック製容器に入れ、高周波振動を与えて流体化させ、封緘養生することで固化体ブロックを作製した。その後、破砕に適した強度(5 N/mm²)となる材齢で破砕機(ジョークラッシャー)およびハンマーを用いて、6 粒径(①d<2.0 mm、②2.0≤d<4.75 mm、③4.75≤d<9.5 mm、④9.5≤d<19.0 mm、⑤19.0≤d<37.5 mm、⑥d≥37.5 mm)の固化体破砕物を得た。表 2 に基本性状として溶出試験結果(環境庁告示第 46 号)を示す。

項目		pH (-)	EC (mS/cm)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)
焼却灰	FR	12.9	10.9	16.5	5.23
	KN	12.6	4.32	63.6	10.4
	ON	12.0	3.96	28.3	4.47
飛灰	FR	12.4	57.0	82.3	32.7
	KN	12.8	33.8	71.4	40.1
	ON	12.2	43.2	69.5	21.3

項目		pH (-)	EC (mS/cm)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)
①	FR	12.2	10.1	20.1	0.01
	KN	12.6	4.32	63.6	10.4
	ON	12.0	3.96	28.3	4.47
	FR	12.4	57.0	82.3	32.7
	KN	12.8	33.8	71.4	40.1
	ON	12.2	43.2	69.5	21.3

表1 試料の溶出特性（焼却残渣）

項目		pH (-)	EC (mS/cm)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)
焼却灰	FR	12.9	10.9	16.5	5.23
	KN	12.6	4.32	63.6	10.4
	ON	12.0	3.96	28.3	4.47
飛灰	FR	12.4	57.0	82.3	32.7
	KN	12.8	33.8	71.4	40.1
	ON	12.2	43.2	69.5	21.3

表 2 試料の溶出特性（固化体破砕物）

項目		pH (-)	EC (mS/cm)	TOC (mg/L)	T-N (mg/L)
FR	①	12.3	19.1	28.1	9.91
	②	12.3	15.8	19.3	6.43
	③	12.2	13.4	14.7	5.00
	④	12.2	13.3	19.7	6.49
	⑤	12.3	10.4	12.4	3.23
	⑥	12.2	6.44	8.36	1.76
KN	①	12.7	14.5	39.1	12.3
	②	12.7	12.5	23.5	6.93
	③	12.7	11.7	21.3	6.68
	④	12.5	7.91	14.9	3.69
	⑤	12.6	7.77	16.0	4.51
	⑥	12.2	2.68	6.88	1.16
ON	①	12.6	17.2	27.4	5.63
	②	12.6	15.3	22.3	4.21
	③	12.6	14.2	21.0	4.26
	④	12.6	15.1	34.5	9.31
	⑤	12.6	14.6	19.1	4.07
	⑥	12.6	13.9	20.3	4.70

(3) **浸漬実験** 図 1 に実験の模式図を示す。円筒型アクリル製容器（内径 $\Phi 33.8$ cm×高さ 457 cm）に 15.0 L の海水を入れ、固化体破砕物を浸漬した。浸漬量は埋立進捗度を水位に対する浸漬試料の層厚と定義し、50 %を模擬する量とした。海水として博多湾の一次ろ過海水を用いた。採水時以外は容器に蓋をし、残留海水の蒸発を防いだ。浸漬開始から 0、7、14 および 30 日目に採水し、水質分析を行った。採水にあたっては、残留海水の均質化を図るために、海水を軽く攪拌した。水質分析項目は、pH、EC、TOC、T-N とした。焼却残渣についても同様の実験を行った。

3. 結果及び考察

図 2～図 4 に結果の一例として試料が FR (左) KN (右) の

場合の水質 (pH、EC、TOC) の経時変化を示す。

(1) pH FR は粒径①のみ焼却残渣の値を上回り、粒径②～⑥は水質改善効果がみられる結果となった。KN については固化体破砕物の全粒径において焼却残渣の値を上回る結果となった。粒径①が焼却残渣の pH を大きく上回る原因については粒径が大きく、うまく混練されなかった飛灰が細かく破砕することによって表面に露出してしまったこと及び表面劣化による内部の汚濁成分の溶出が考えられる。また、KN のように未処理の pH が低い焼却残渣については固化処理することで水和反応が起こり、水質が悪化することが示された。

(2) EC FR は粒径①が焼却残渣の値を上回り、粒径②はほぼ同値、粒径③～⑥は水質改善効果がみられた。KN については粒径①のみ焼却残渣の値を上回り、その他の粒径はほぼ同値を示した。粒径①が焼却残渣の値を大きく上回る原因については pH 同様、飛灰の表面露出及び内部の汚濁成分の溶出が考えられる。

(3) TOC FR は固化体破砕物の全粒径において焼却残渣の値を上回った。KN については粒径①が焼却残渣の値を上回り、粒径②および③はほぼ同値、粒径④、⑤、⑥は水質改善効果がみられた。FR のように水質改善効果がみられない原因として、固化体破砕物の主な TOC 成分が特定できていないため、今後の解明が求められる。また、粒径①が焼却残渣の値を大きく上回る原因については同様に飛灰の表面露出及び内部の汚濁成分の溶出が考えられる。

(4) T-N T-N については FR において粒径①と②がほぼ同値を示し、KN において粒径②と③が焼却残渣の値を上回る結果となったが全体的には TOC と同じ傾向を示した。

(5) 粒径が水質に及ぼす影響 pH、EC、TOC、T-N すべての分析項目において粒径が大きくなるにつれて水質は良くなる傾向がみられた。ただし、一定の海水量に対して埋立進捗度 50% を模擬しているため、表 3 に示す通り試料の浸漬量は粒径が大きくなるほど少ない傾向がある。そのため単位重量当たりの溶出量を算出する等、経過観察とともに総合的に評価する必要がある。

4. まとめ

海面埋立地の早期安定化に適する固化体破砕物の粒径について、現時点 (経過日数 30 日) では粒径 $4.75 \leq d < 9.5 \text{ mm}$ が最適であるといえる。ただし、元々の焼却残渣の TOC、T-N、pH 値が低い場合は固化することによって水質が悪化することがあるため、固化に適する焼却残渣についての検討が必要である。

[参考文献]

- 1) 徳永和紀ら：海面処分における焼却残渣固化式処分の適用に関する研究，令和 2 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp. 755-756，2021.

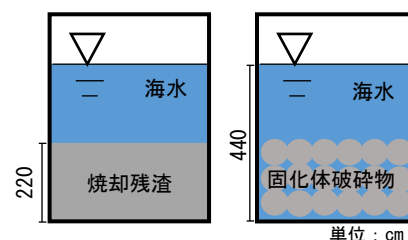


図1 浸漬実験の模式図

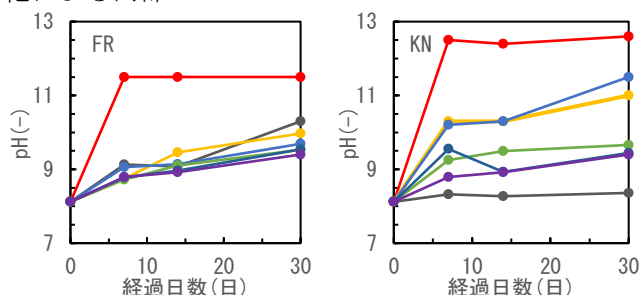


図2 pHの経時変化

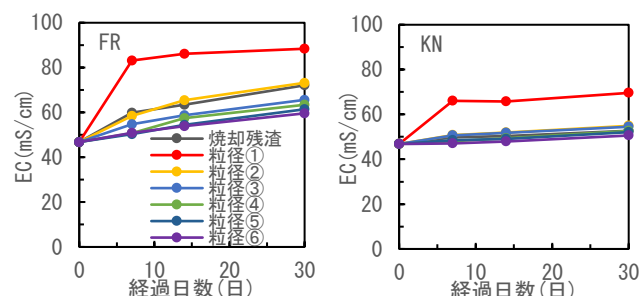


図3 ECの経時変化

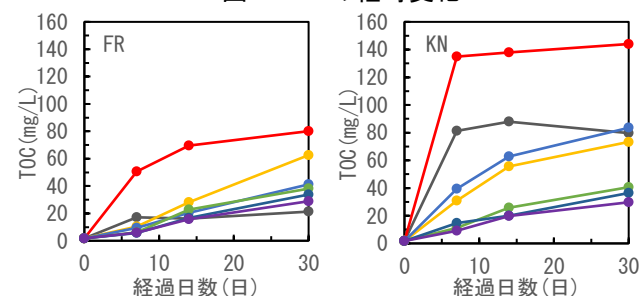


図4 TOCの経時変化

表3 試料の浸漬量

	FR (kg)	KN (kg)
残渣	10.92	11.02
粒径①	10.92	10.56
粒径②	9.42	8.20
粒径③	8.98	8.28
粒径④	8.06	8.00
粒径⑤	8.16	8.66
粒径⑥	7.64	7.04