

海面処分場における一般廃棄物焼却残渣の固化式処分適用が保有水の水質に及ぼす影響

九州大学 学生会員 ○本田夢有香、正会員 小宮哲平、梶野友貴、フェロー会員 島岡隆行

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」の海面処分への適用について検討を行っている。既往研究¹⁾において、「焼却残渣固化体を 30 日間海水に浸漬した実験から、水質の改善を図るためには、固化体破砕物から粒径 2mm 以下を除去すること、最適な粒径区分は 4.75-9.5mm であることが示唆された。しかし、海面処分場の水質を議論するためには、より長期間の水質をもって評価する必要がある。本研究では、焼却残渣固化体を長期間海水に浸漬した実験のデータに基づき、海面処分における固化式処分の適用の有効性を評価することを目的とした。

2. 試料および実験方法

2-1 試料

(1) 焼却残渣 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 46 号に準拠して得られた検液の水質) を示す。

(2) 焼却残渣固化体破砕物 清掃工場における発生比率を考慮し、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 粒径区分 (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 46 号に準拠して得られた検液の水質) を示す。

2-2 海水浸漬実験

図 1 に実験の模式図を示す。円筒型アクリル製容器 (内径 Φ338 mm × 高さ 457 mm) 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、30、60、90、301 および 365 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

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	3.96	28.3	4.47
飛灰	FR	12.4	57	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
	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	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	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	4.7

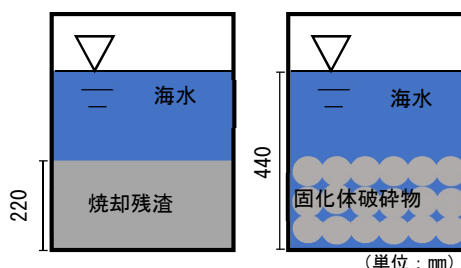


図 1 浸漬実験の模式図

も同様の実験を行った。

3. 結果および考察

3-1 海水水質の経時変化

図2にFR、KNおよびORのpHの経時変化を示す。30日経過時点では、FRについては粒径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、KNおよびON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ていた。300日以上経過するとFR、KNおよびON全てにおいて固化体破砕物よりも焼却残渣の方がpHは低く、焼却残渣のpHは廃止基準に近いという結果になった。焼却残渣が最も低いpHを示すという結果はFR、KNおよびON全てで共通しているが、pHの変動パターンはそれぞれ異なっていた。その他の水質項目(EC、TOC、T-N)については、ECについては固化による低減効果がみられたが、TOCおよびT-N濃度については固化による低減効果はみられなかった。

3-2 水質変動に関する考察

水質(pH、EC、TOC、T-N)変動の結果からpHの変動が他の水質変動にも影響を及ぼしていると考えられるため、以下pHの変動について考察を行う。

焼却残渣のpH低下については空気中の二酸化炭素の溶解による中性化や焼却残渣中の水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)由来の水酸化物イオンが海水中のマグネシウムイオンと反応して水酸化マグネシウム($\text{Mg}(\text{OH})_2$)が析出したことが主な要因と考えられる。海水は外的なpH変化の要因に対する緩衝能力を有している²⁾。FR、KN、ONの焼却残渣を浸漬したケースのpHを比較すると、海水のpH緩衝能力が強く作用する場合(KNおよびONの焼却残渣)とそうでない場合(FRの焼却残渣)があると考えられる。

固化体破砕物のpH上昇については、表面のカルシウム濃度が低下することで、表面劣化が進行し、内部の汚濁成分が海水に溶出する硫酸塩劣化³⁾($\text{MgSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)が主な要因だと考えられる。また、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い、飛灰成分が海水に溶出していることおよびセメント中に含まれる未水和反応物による水和反応が進行し $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が発生していることも要因と考えられる。

4. まとめ

実験開始直後は水質のすべての分析項目において固化体の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が、長期的に観察を行うとその傾向はみられなくなり、固化による水質改善効果が限定的であることを示す結果が得られた。今後、固化体の性状分析や各種イオン濃度を調べることで、浸漬中での反応をより正確に把握していきたい。また、処理前の焼却残渣の汚濁成分溶出量が低い場合は固化することで水質は悪化する傾向にあると考えられるため、固化を行う焼却残渣を選定する必要がある。

参考文献

- 1) 徳永和紀ら：焼却残渣固化による水質改善効果についての研究, 令和三年度土木学会西部支部研究発表会, 2022
- 2) 肴倉宏史ら：水酸化物イオンに対する海水によるpH緩衝メカニズムの考察, 第25回廃棄物資源循環学会研究発表会講演原稿, pp.399-400, 2014
- 3) 山路徹ら：長期間海水中に浸漬されたコンクリートの劣化状況および簡易な劣化指標に関する検討, 港湾空港技術研究所資料, No.1150, pp.2-19, 2007

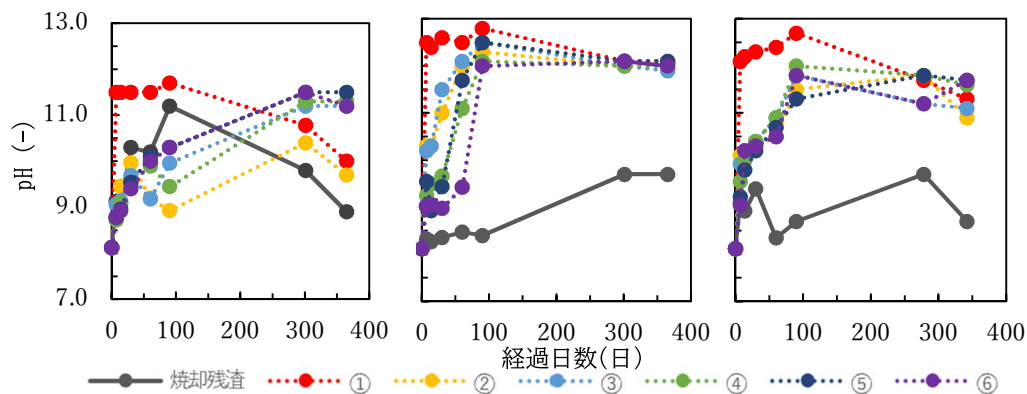


図2 pHの経時変化(左:FR、中央:KN、右:OR)