

最終処分場の高 pH 浸出水対策技術の検討

21MB-003 藤本真

指導教員： 宮脇健太郎

1. 背景・目的

日本の廃棄物最終処分場には陸上処分場と海面処分場がある。廃棄物には主に一般廃棄物と産業廃棄物がある。排出された廃棄物は収集・運搬され中間処理施設にて焼却残渣・汚泥などになる。中間処理後に最終処分場で埋立され、埋立終了後は廃棄物処理法に基づき廃止し跡地利用が可能となる。跡地利用の例として緑地公園や太陽光発電所・イベント会場等になる。廃棄物処理法の廃止基準の中に保有水の pH 項目では、陸上処分場では pH=5.8~8.6, 海面処分場では pH=5.0~9.0 と排水基準が定められている。この基準を満たさなければ処分場は、保有水を基準以下になるまで維持管理し続けなければならない等課題が多くあり、処分場廃止までの期間の長期化し維持管理にコストを要する。廃棄物最終処分場に埋立される廃棄物は、とある最終処分場では一般廃棄物全体の約 90%が焼却灰となっている。埋立された焼却残渣（焼却灰・飛灰）の主成分は酸化カルシウム、二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化第二鉄、塩素であり、中でも酸化カルシウムが多く含まれている。酸化カルシウムは降雨により溶出し、水酸化カルシウムとなり保有水の pH を排水基準値以上に高めている場合がある。海面処分場の場合、内水ポンドと呼ばれる残留海水面に保有水を集めて水質・水量の調整を行い、水処理施設で適切な処理を行った後に排水基準値を満たした保有水を海域に放流している。

本報では、大阪湾広域臨海環境センター大阪湾フェニックスセンター所有の尼崎沖処分場内の内水ポンドの水質調査結果と仮想内水ポンド模擬中和実験（立方体型水槽）について報告する。

2. 調査概要・方法

2022 年 9 月 30 日、12 月 15 日に尼崎沖埋立処分場の内水ポンド周辺で水質調査を行った。以降は、9 月 30 日を夏季調査、12 月 15 日を冬季調査

とする。尼崎沖埋立処分場は、埋立容量 1600 万 m^3 、残余埋立容量 7 万 m^3 (R3/3/31 時点) であり埋立末期の最終処分場である。¹⁾ 一般廃棄物は前年度累計で 32,200,733 t 埋立処分しておりその内約 90 %が焼却灰となっている。尼崎沖埋立処分場の内水ポンドの基本情報を表に示す。体積 40000 m^3 、表面積 8000 m^2 、流入水滞留時間 50 日、流入水量 800 $\text{m}^3/\text{日}$ 、体積・表面積・流入水滞留時間の関係 ($A/V \times \Delta T=10$)、平均水深が 5m となっている。調査地点を写真-1 に示す。調査地点 A, B, C, 旧原水槽前、浸出水原水、調整池浸出水の計 6 地点で各種測定した。調査地点 A, B, C は内水ポンド内の水、調査地点旧原水槽前は、水処理施設の原水槽に汲み上げしている水、浸出水原水は廃棄物層から集排水管を通してきた水、調整池浸出水は、浸出水原水を pH 調整槽にて pH を低減させた水をいう。測定項目は水温、pH、ORP、EC、DO、TDS、酸消費量、Ca 濃度、IC 濃度、TC 濃度とした。調査地点 A, B, C は 0.1m ごとに各種測定した。酸消費量、Ca 濃度、IC 濃度、TC 濃度は各調査地点 0, 2, 4m で採水した試料を測定した。本報では調査結果の一部を示す。ただし、ORP は測定機器に問題があり適切なデータが測定できなかったため結果は示していない。

容量V (m^3)	40000
表面積A (m^2)	8000
流入水滞留時間 ΔT (日)	50
保有水 ($\text{m}^3/\text{日}$)	800
$A/V \times \Delta T$	10

図 1 尼崎沖埋立処分場の内水ポンド



写真 1 調査地点

3. 水質調査結果

3.1 水質調査結果 pH (夏季・冬季)

調査地点 A の 0.1m ごとの pH 変化の結果を図に示す。表層水の pH は夏季:pH=8.94, 冬季:pH=8.57 となり差はほとんどないことが確認された。夏季調査では、水深 1 m ~2 m 間で pH の低下が確認された。水深 2 m で pH=7.23 であった。冬季調査では、水深 0.8 m ~1.2 m 間で pH の低下が確認された。水深 1.2 m で pH=7.53 であった。これより、pH の炭酸中和反応は水深 0.8 m ~2 m 間で起こっていると推察される。

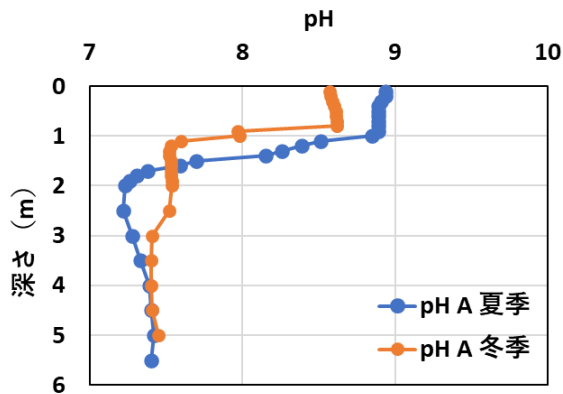


図 2 水質調査結果 pH A (夏季・冬季)

3.2 水質調査結果 EC (夏季・冬季)

調査地点 A の 0.1m ごとの EC 変化の結果を図に示す。夏季調査では、表層水の EC 値は 20.6mS/cm であったが、1m 付近から EC 値は 40.2mS/cm に増加しそのまま推移したことが確認された。冬季調査では、表層水の EC 値は 25.3 mS/cm であったが、1 m 付近から EC 値は 44.9 mS/cm に増加しそのまま推移したことが確認された。浸出水原水の EC 値は夏季:18.0 mS/cm, 冬季:19.3 mS/cm であり表

層水の EC 値と同程度であることから水深 0 m ~1 m では浸出水が滞留している成層が確認された。我が国の海水の EC 平均値は 4,5000 ~5,0000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ となっており調査地点水深 2 m EC 値は夏季:46.9 mS/cm, 冬季:44.8 mS/cm となっていることから内水ポンドの水深 2 m 以降は海水であると推察される。

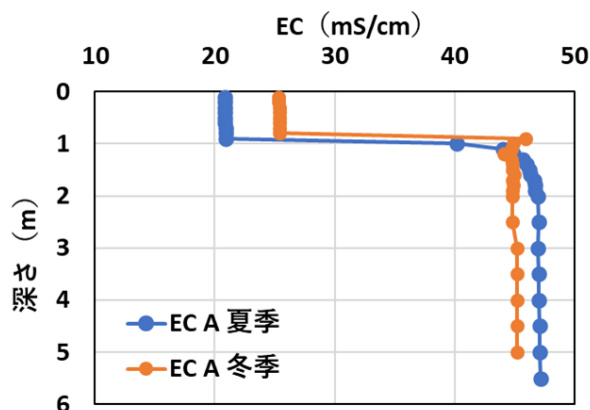


図 3 水質調査結果 EC A (夏季・冬季)

3.3 水質調査結果 TDS

調査地点 A の 0.1m ごとの TDS 変化の結果を図-3 に示す。夏季調査では、表層水の TDS 値は 12.9 mg/L であったが、1m 付近から TDS 値は 25.6 mg/L に増加しそのまま推移したことが確認された。冬季調査では、表層水の TDS 値は 16.2 mg/L であったが、1m 付近から TDS 値は 28.6 mg/L に増加しそのまま推移したことが確認された。水深 1m 付近から溶液内の無機塩類濃度の上昇が確認された。

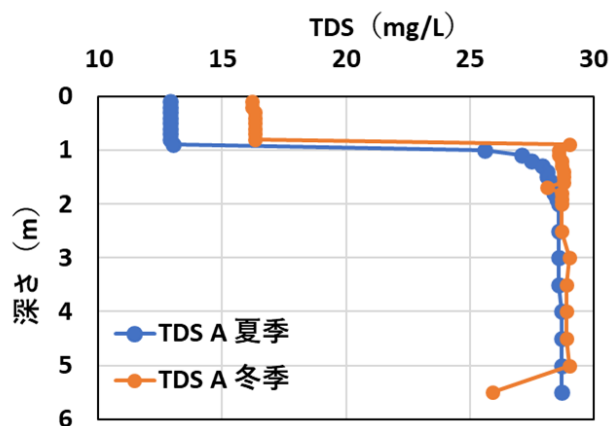


図 4 水質調査結果 TDS A (夏季・冬季)

3.4 水質調査結果 DO (夏季・冬季)

調査地点 A の 0.1 m ごとの DO 変化の結果を図に示す。夏季調査では、表層水 DO 値は 0.44 mg/L であり水深 1 m 付近から DO 値は 0 mg/L で推移し嫌気的な状態であることが確認された。冬季調査では、表層水 DO 値は 5.60 mg/L であり水深 1 m 付近から DO 値は 0 mg/L で推移し嫌気的な状態であることが確認された。冬季調査表層水の DO 値は、冬季調査は気温・水温が夏季調査に比べ低い
ため、酸素の溶解度が高くなったことが影響したと推察される。

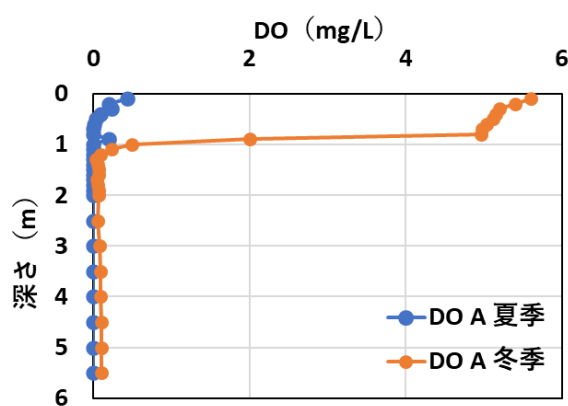


図 5 水質調査結果 DO A (夏季・冬季)

3 まとめ

尼崎沖埋立処分場の内水ポンドにて水質調査 (夏季・冬季) を行った。

夏季調査では、水深 1 m～2 m 付近で pH の低下が確認された。また、EC, TDS の数値も水深 1 m～2 m 付近での上昇が確認された。冬季調査では、水深 0.8 m～1.2 m 付近で pH の低下が確認された。また、EC, TDS の数値も水深 0.8 m～1.2 m 付近での上昇が確認された。冬季の方が pH 低下と EC, TDS の上昇範囲が狭いことから、浸出水が滞留している成層の減少が確認された。これより、夏季より冬季の方が二酸化炭素吸収量が多く pH 中和反応が起こりやすいことが示唆された。冬季の方が表層水の水温が低いいため、大気中の二酸化炭素溶解度が大きくなり二酸化炭素吸収量が増加し成層が減少したと推察している。内水ポンド周辺は硫化水素臭が強いことを夏季冬季の水質調査にて確認した。硫化水素発生

の基本的なメカニズムは、嫌気性環境下で硫酸塩還元菌が硫酸塩を還元することにより硫化水素が発生すると考えられている。夏季冬季の調査地点 ABC の 0.1 m ごとの DO 変化の結果より、内水ポンドの水深 1 m 以降は嫌気的な状態にあることが確認された。また調査地点 A にて、冬季より夏季の方が DO が表層水付近で 0 mg/L になっていることから内水ポンド夏季の方が硫化水素が発生しやすいことが示唆された。

4. 実験概要・方法 模擬中和実験

内水ポンド水質調査より、内水ポンドでの炭酸中和反応は内水ポンドの 1 m～2 m で起きていることが示唆された。尼崎沖埋立処分場の内水ポンドの水深 2 m 付近と同程度の容量である仮想的な内水ポンドを想定した。体積 20000m³、表面積 10000m²、流入水滞留時間 20 日、流入水量 1000m³/日、体積・表面積・流入水滞留時間の関係 ($A/V \times \Delta T = 10$) となっている。仮想的な内水ポンドを模擬した模擬内水ポンドを作成し、模擬浸出水を使用した模擬中和実験を行った。模擬内水ポンドの模式図を図に示す。模擬内水ポンドは体積 0.01m³、表面積、0.0025m²、流出水滞留時間 40 日、流入水量 0.00025m³、体積・表面積・流入水滞留時間の関係 ($A/V \times \Delta T = 10$) となっている。模擬内水ポンド内溶液は純水とした。流入水には pH11 付近に調整した水酸化カルシウム溶液と pH11 付近の浸出水原水を使用した。送液ポンプを用いて流入水を流入し 24 時間ごとに流出水を採水し各種測定した。実験条件一覧を表に示す。測定項目は、pH, EC, ORP, 酸消費量, IC, Ca とした。本報では流出水 pH 変化の結果のみを示す。

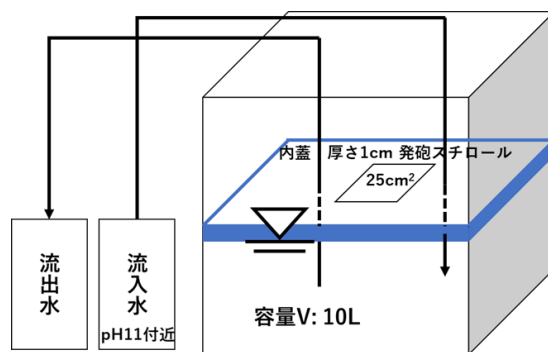
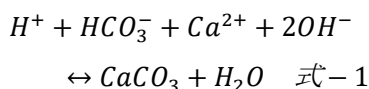


図 6 模擬内水ポンド模式図

5. 実験結果

水槽内溶液純水・浸出水原水の流出水 pH 変化の結果を図に示す。水槽内溶液純水では、初期 pH=6.00 であり 15 日目以降は pH=7.20 付近で推移していることが確認された。pH=11 付近の流入水が pH=7.2 まで低下することが確認された。pH=7 付近では、 HCO_3^- が支配的であり下記の炭酸中和反応により pH が低下したと推察している。炭酸中和反応式を式-1 に示す。排水基準である pH5.0～9.0 を満たすことが確認された。



水槽内溶液浸出水原水では、浸出水原水に含まれる SO_4^{2-} 等による pH 緩衝能の影響により pH=8.2 付近で推移したと推察している。pH=8 付近では、 HCO_3^- が支配的だが、 CO_3^{2-} も僅かに存在する。式-1 及び下記の炭酸中反応により pH が低下したと推察している。炭酸中和反応式を式-2 に示す。

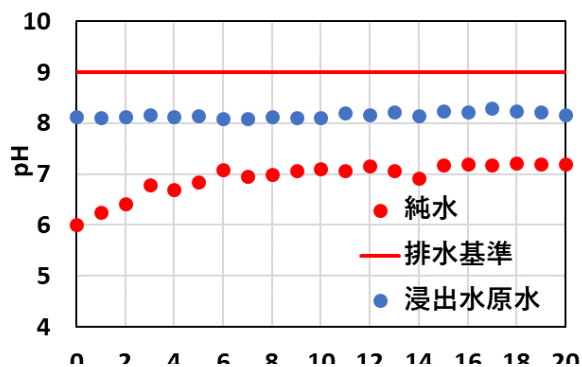
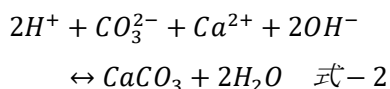


図 7 流出水 pH 変化 (純水・浸出水原水)

6. まとめ

海面処分場の内水 Pond における pH 低下の要因の一つが大気中の二酸化炭素吸収による炭酸中和であると仮定し、仮想内水 Pond を模擬した模擬内水 Pond にて模擬中和実験を行った。

水槽内溶液純水・浸出水原水の pH では、排水基準である pH5.0～9.0 を満たすことが確認された。

水槽内溶液純水は、夏季冬季調査結果より水深 2 m 付近の pH は 7.36 付近であったことから純水においても同程度の中和能があることが示唆され

た。水槽内溶液浸出水原水は、浸出水原水に含まれる SO_4^{2-} 等による pH 緩衝能の影響により pH=8.2 付近で推移したと推察している

7. 今後の予定

模擬内水 Pond を用いて CO_2 吸収フラックスを実測する。実測したフラックスと簡易モデルを用いて算出したフラックスの比較検討を行う。

8. 参考文献

- 1) 最終処分場の概要-大阪湾広域臨海環境整備センター、処分場維持管理情報
- 2) 著 肴倉宏史ら：一般廃棄物焼却残渣の元素含有量に対する各可燃物の寄与率の推定 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿 2017
- 3) 海面最終処分場の廃止に関する技術情報集 平成 26 年 12 月 海面処分場廃止等に関する検討会
- 4) 港湾における管理型海面最終処分場の早期安定化に関する技術情報集 平成 29 年 3 月 管理型海面最終処分場の早期安定化及び利用高度化技術に関する委員会
- 5) 著 山崎智弘ら：管理型海面廃棄物処分場における保有水の水質変動 第 28 回廃棄物資源循環学会研究発表会 講演原稿 2017
- 6) 著 山崎智弘ら：飛灰を投入した海水の pH 変動特性 Variation of pH values of seawater mixed with fly ash 沿岸域学会誌 Vol. 28No3, pp. 41-49 2015 年 12 月