

海面最終処分場の廃止に向けた安定化促進工法例とモニタリング

中央開発株式会社 関西支社 地盤技術部

東原 純 (tsukahara@ckcnet.co.jp)

1. はじめに

海面最終処分場で埋立処分された廃棄物は、大半が海中に没しているため有機物が分解しにくい嫌気的な状態になっており、処分場の閉鎖基準・廃止基準を満足する（廃棄物の安定化が促進する）ためには非常に長い時間を要する。このことは、処分場の跡地を利用する際の大きな障害であるとともに、廃棄物の受入終了から廃止にいたる間の維持管理費を増大させる原因ともなっている。海面最終処分後の廃棄物の安定化を促進させる工法の開発は非常に重要な課題であるが、現状では十分な効果が期待できる工法は確立していない。本編では、廃棄物の受入を終了した海面最終処分場（大阪湾広域臨海環境整備センターの尼崎沖処分場）で先進的に実施している早期安定化対策とそれに伴うモニタリングの事例を報告する。

2. 安定化を促進する際に留意すべき海面最終処分場の特性

海面最終処分場は、処分されている廃棄物の種類・埋立法・埋立面積・埋立容量等が非常に多様であり、ただひとつとして同じものはない。処理された廃棄物の特性も変化に富んでいる。しかし、以下に示すような、陸上処分場とは異なる海面最終処分場の共通した特性があり、廃棄物の安定化を促進するためには、それを十分に考慮して行う必要がある。

- ① 海面最終処分場では廃棄物を海中に投入して処分するため、廃棄物に含まれている汚濁成分が海中に溶出し、海水の水質を悪化させる。水質が悪化した海水は、廃棄物の埋立の進行とともに廃棄物層内に取込まれ、いわゆる「保有水」となる。保有水が飽和した領域（保有水の水位より深い領域）は、嫌気の状態が維持され有機物等の分解は著しく遅いため、安定化に非常に長い時間を要する。
- ② 海面最終処分場は側方および鉛直遮水工により周辺海域と隔離されている。処分場に降った雨の一部は、廃棄物層内に浸透して保有水の水位を上昇させる。このため、何らかの手法により保有水を集水し、水質処理をした後に周辺海域に放流する必要がある。もし、処分場内の保有水の水位が上昇を続け、周辺海域の潮位より高くなった場合には、汚濁成分を多量に含んだ保有水が周辺海域に漏洩するリスクが増加することになる。
- ③ 海面最終処分場には、陸上処分場における浸出水にあたるものが存在しない。処分場の排水基準および廃止基準を、処分場内のどの水に適用するか明確にされていない。
- ④ 海面最終処分場の埋立容量は陸上処分場に比べて大きく、しかも保有水の水位が高いため、廃棄物層内に存在する保有水の量は膨大である。
- ⑤ 大都市圏の臨海部の建設されている海面最終処分場は、一般に大規模で港湾整備計画の一環に位置づけられ、廃棄物の処分により造成された埋立地（跡地）の利用が前提となっているものが多い。また、大都市に近接し平坦で広大な敷地を有していると言う「恵まれた立地条件」もあり、土地利用の観点からは大きな潜在価値を持っている。

3. 尼崎沖処分場で実施されている安定化促進工法の技術的特徴

大阪湾広域臨海環境整備センターの尼崎沖処分場では、水平方向の集水暗渠を用いた廃棄物の安定化促進対策が実施されている。本対策工法の技術的特徴を以下に列記する。なお、集水暗渠の構造および配置等は「最終処分場の廃止とその考え方：園田竹雪」に記述されている。

- ① 廃棄物を埋立処分して造成した廃棄物層の内に水平方向に集水暗渠を設置し、保有水を集排水することにより保有水位を低下させ、廃棄物層内の好気的雰囲気領域を拡大し、有機物の分解を促進させるとともに、雨水の浸透による無機汚濁成分の洗い出しにより、保有水位より浅い領域における廃棄物の安定化促進を図る。

- ② 集水暗渠は、可撓性を有する集水管とその周囲を囲むフィルター材（断面積約 1.6m²）で構成されている。集水管の管径は、導水勾配が 0.01 未満であっても自然流下でき、しかもスケールの付着等により集水管の断面積が最大 50%に低下しても設計流量（0.85m³/d/m）を確保できる規模として 400mm を採用した。
- ③ 集水暗渠は、処分場の遮水護岸に沿った周辺部と中央部を縦断する位置に設置されている。処分場全体にわたり保有水位を集水暗渠設置深度付近まで低下させるとともに、それ以浅で保有水の水位を制御することを目的としている。また、設置深度を L.W.L.（塑望平均干潮位面）とし、万一処分場の遮水工に不具合が発生しても、処分場内の保有水が周辺海域に漏洩するリスクを低減させている。
- ④ 埋立処分されている廃棄物は強熱減量が 10%以下の一般廃棄物焼却灰が主体である。メタン等のガスの発生は少なく、保有水位より浅い部分（不飽和領域）は焼却灰の自硬性が発揮され比較的地盤強度が高い（平均N値が13）ため、釜場排水を伴うオープンカット工法（掘削勾配は1:1.5）により集水暗渠を設置した。
- ⑤ 集水暗渠に流入した保有水は、処分場の一角にある内水ポンドに流入させ、水質処理をした後に周辺海域に放流している。集水暗渠は、保有水を内水ポンドに自然流下させることができる性能を有しているが、水質処理の原水となる内水ポンドの水質を急激に変化させないために、最流末の人孔にゲートと水中ポンプを設置し、内水ポンドへの保有水の導入量を調整する機能もあわせて持っている。通常は、集水暗渠を通じて日量 200m³の割合で保有水を内水ポンドへ導入している。

4. モニタリング体制

本対策工による廃棄物層の安定化促進状況は、保有水の水位および水質の変化をモニタリングすることにより確認している。モニタリング孔の配置を図-1に、モニタリング項目を表-1に示す。

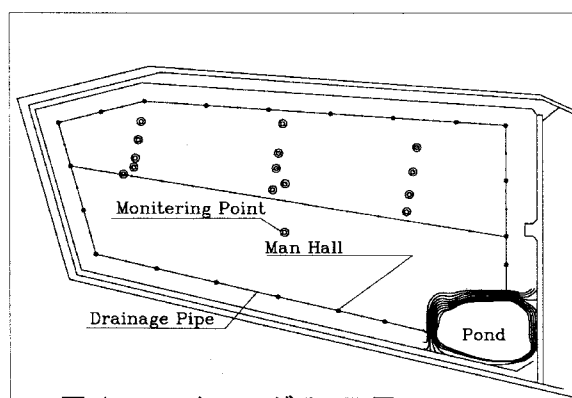


図-1 モニタリング孔の配置

表-1 モニタリング項目

モニタリング項目	手法	位置	頻度
保有水の水位	自記式水位計	モニタリング孔	連続測定
保有水の水質	現地測定、室内分析	モニタリング孔、集水暗渠の人孔	1~2箇月間隔
内水ポンドの水位	水位計(非自動)	水処理施設	2回/日
内水ポンドの水質	現地測定、室内分析	水処理施設	1週間間隔
放流水の水量	流量計	水処理施設	毎日
放流水の水質	現地測定、室内分析	水処理施設	1週間間隔
降水量	雨量計	水処理施設	毎日

水質の分析項目：pH、COD、T-N、BOD、EC、ORP、DO、SS、Ca²⁺、Cl⁻、S²⁻

5. モニタリング結果

5.1 保有水の水位

保有水の水位変化をモニタリングした結果の一例を図-2に示し、その概要を以下に列記する。

- ① 尼崎沖処分場における保有水の水位は、降水量が多い夏季に上昇し降水量が少ない冬季に低下する傾向を示す。変動範囲は降水量に依存しているが、概ねDL+0.6~+1.7mの範囲で変動している。
- ② 集水暗渠設置前は、内水ポンドから離れるほど保有水の水位が高くなる傾向が見られた。しかし、集水暗渠設置後は、保有水の水位変動傾向と変動範囲は、全てのモニタリング孔で共通している。このことから、処分場全体に集水暗渠の設置により保有水の水位が平準化されていると評価される。
- ③ 日降水量が 40mm 以上観測された後は、保有水位の急激な上昇（0.1~0.4m）が観測されている。内水ポンドの水位も同様の急激な上昇が確認されている。上昇した後の保有水と内水ポンドの水位は、内水ポンド水が先行して低下し、追従するように保有水の水位がほぼ同じ傾向で低下する。保有水の水位は、内水ポンドの水位に依存して変動している。

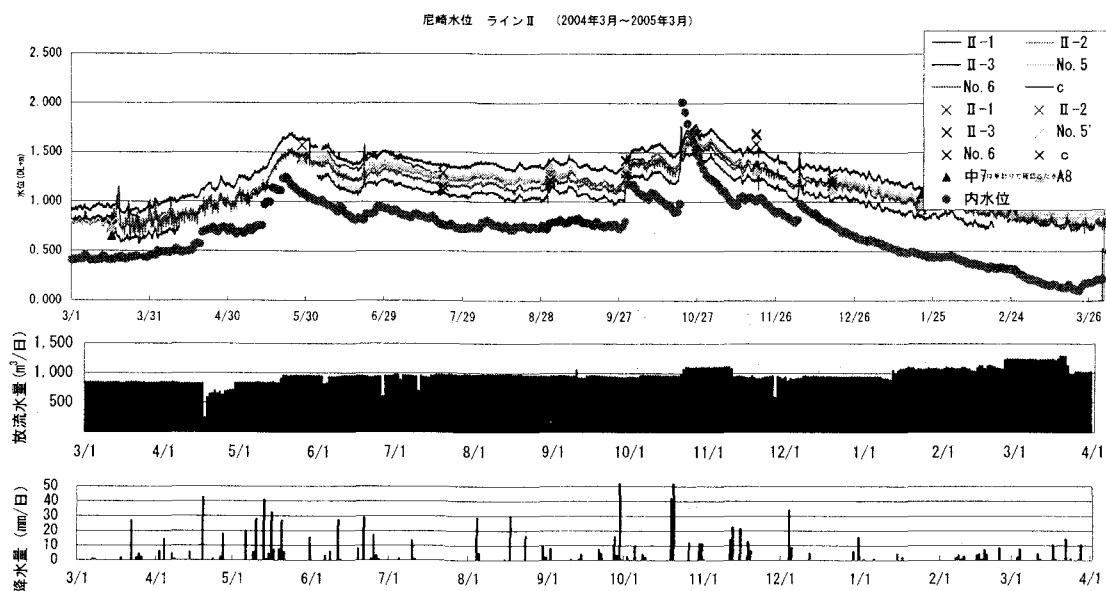


図-2 保有水の水位変動

5.2 保有水の水質

安定化促進工法の実施に伴い、廃棄物層内に存在する保有水の水質および集水暗渠に流入した保有水の水質をモニタリングしている。廃棄物層の安定化促進状況は、主に集水暗渠に流入した保有水の水質変化傾向に基づいて評価している。将来的には、集水暗渠に流入する保有水の水質が、排水基準に適合させることをもって処分場を廃止する条件が整ったと評価する。

5.2.1 廃棄物層内に存在する保有水の水質

① 廃棄物層の保有水（観測孔で採水）の分析結果（pH・COD・T-N・BOD・EC等）は、観測孔毎に大きく異なり、処分場内でも地域により水質の差異が大きいことが確認された。保有水の水質モニタリング結果の代表例としてCODの経時変化を図-3に示す。

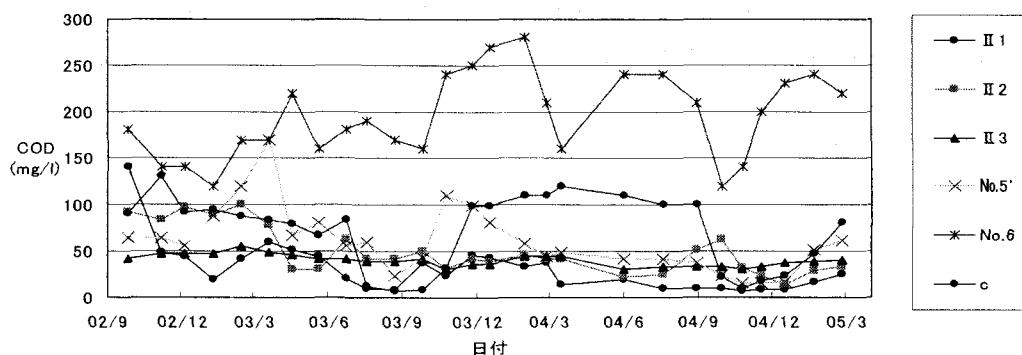


図-3 廃棄物層内の保有水の水質変動（COD）

② 降水量が多く保有水位が上昇する夏季（4月～10月頃）に水質が改善（濃度低下）され、降水量が少なく保有水の水位が低下する冬季（11月～3月）では、水質が悪化している。水質の長期的かつ全体的な変化傾向を確認するために、測定回毎の分析結果の平均値を求めた。その結果、季節変動しているが徐々に水質が改善されていることが確認された。図-4に代表としてCODの結果を示すが、年間5.7mg/lの割合で低下している。その他の分析項目（pH・T-N・BOD・EC等）もほぼ同様の傾向を示す。

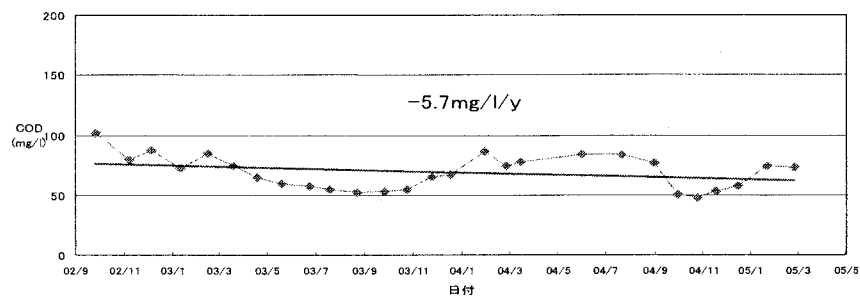


図-4 廃棄物層内の保有水の平均水質変動 (COD)

5.2.2 集水暗渠に流入した保有水の水質

① 集水暗渠内に流入している保有水の分析結果 (pH・COD・T-N・BOD・EC等) 毎の経時変化傾向は、廃棄物層内に存在する保有水の水質変化傾向に比べバラツキが小さい。廃棄物層内に存在する保有水の水質と同様に降水量が多く保有水位が高い夏季 (4月～10月頃) では水質が改善され、逆に降水量が少なく保有水位が低下する冬季 (11月～3月) では水質が悪化する傾向を示す。また、長期的な水質の改善傾向が明瞭に現れている。水質分析項目の内pH・COD・T-N・BOD・ECはほぼ同様の傾向を示す。水質モニタリング結果の代表例として、CODの経時変化を図-5に示す。

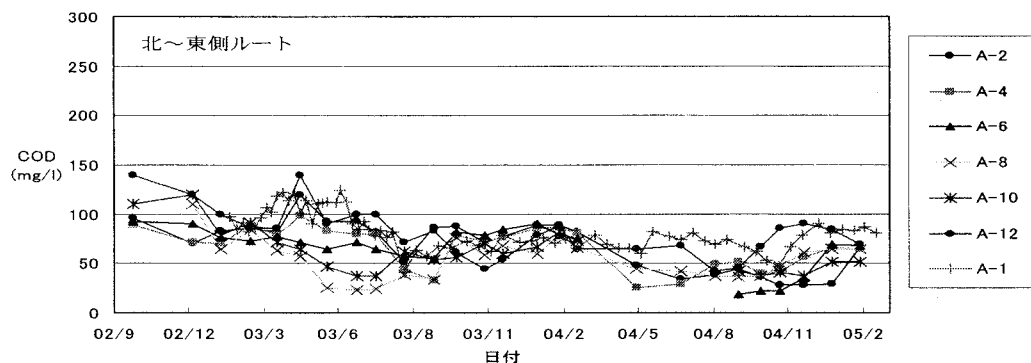


図-5 集水暗渠に流入する保有水の水質変動 (COD)

② 廃棄物層内に存在する保有水の水質と同様に測定回後毎の分析結果の平均値を図示すると、季節変動しているが徐々に水質が改善されている傾向が明瞭に現れた。図-6には代表例としてCODの変化傾向を示すが、pH・T-N・BOD・ECはほぼ同様の傾向を示している。CODを例に、夏季のみの改善傾向と冬季のみの改善傾向を求めると、前者が年間24.46mg/lの割合で、後者が年間8.03mg/lの割合で低下している。

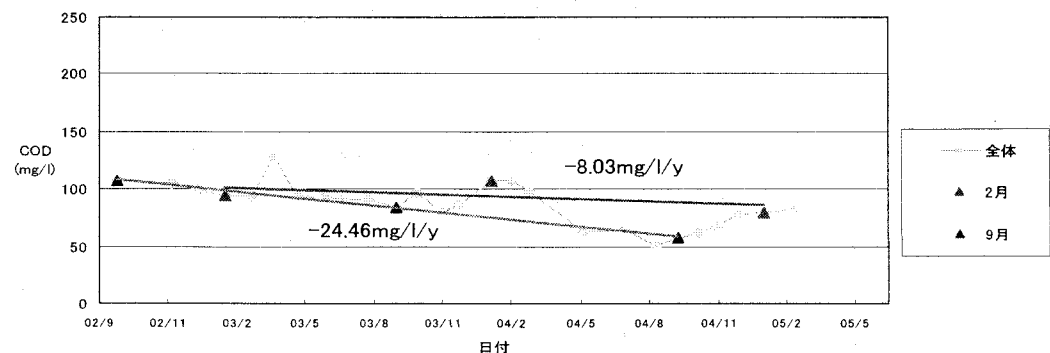


図-6 集水暗渠に流入する保有水の平均水質変動 (COD)

5.2.3 処分場全体の保有水の水質

廃棄層内に存在する保有水の水質は、処分場内に3本の観測ライン（Ⅰ～Ⅲ）に沿ってモニタリング孔を設置して観測している。各観測ラインにおけるCODの平均値と、同時期に観測した集水暗渠に流入した保有水のCODの平均値を図-7に示す。同図には、降水量が多い時季の代表として9月の観測結果と、降水量が少ない時季の代表として1～3月の観測結果を選択して示している。また、各観測ラインの設置地域は、Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの順で陸地化時期が遅くなっている。pH・T-N・BOD・ECについても同様の図を作成すると、ほぼ同様の傾向を示している。それらから得られた結果を以下に列記する。

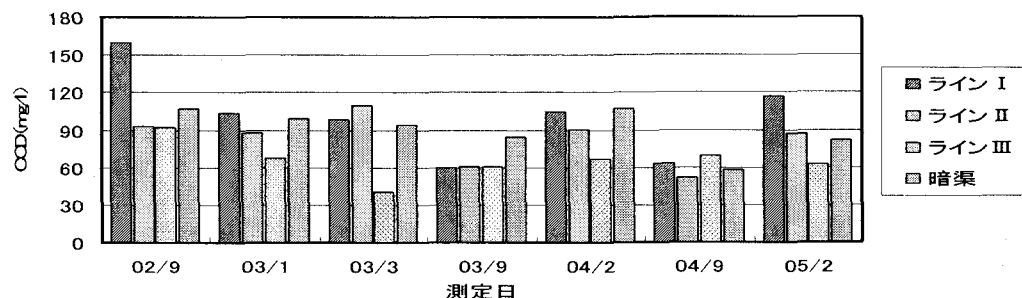


図-7 処分場全体の保有水の水質 (COD)

① 降水量が多い9月（夏季）に水質が改善され、降水量が少ない1～3月（冬季）に水質が悪化する傾向が図-6でも読取れる。また、冬季では陸地化時期が遅い地域ほど水質が悪くなる傾向が見られるが、夏季は水質の地域差が少なくなっている。

② 集水暗渠に流入する保有水の水質は、廃棄物層内に存在する保有水の観測結果の内、高い結果に近い値を示している。

6. まとめ・考察

① 処分場を外郭と中央部に水平方向の集水暗渠を設置し、保有水の集排水を継続的に実施することにより、従前は内水ポンドから離れるに従って高くなっていた保有水の水位が平準化した。集水暗渠を設置することにより地域差がほとんどなく保有水の水位管理が可能であると評価される。現状では水処理施設の能力が不足しているため、集水暗渠の集水性能（設計流量約2,000m³/d）を発揮することができず、集水暗渠の管底深度付近まで保有水の水位を低下させることができていない。しかし、今後水処理能力の増強等の改善を行えば、保有水の水位コントロールが十分可能であると考えられる。

② 水平方向の集水暗渠を用いて保有水を継続的に排水することにより、集水暗渠に流入する保有水の水質は徐々に改善されている。廃棄物層内に存在する保有水の水質は地域差が大きい、平均水質を見ると徐々に改善されている傾向が認められる。当処分場に埋立処分されている廃棄物は、一般廃棄物焼却灰等で強熱減量が10%以下である。また、保有水の水位より高い領域で塩素イオン（Cl⁻）およびカルシウムイオン（Ca²⁺）の溶出量が時間経過とともに低下しているが、強熱減量は現象していないことが確認されている。このことから、保有水の水質改善は、無機汚濁成分（Cl⁻・Ca²⁺等）が降雨の浸透により洗出されたためであり、有機物の分解は現状ではあまり進行していないと推定される。

③ 保有水の水質は、集水暗渠に流入するものも廃棄物層内に存在するものも、ともに季節変動している。これは、降水量および保有水位の水位変動傾向と一致していることから、廃棄物層内に浸透する降雨により保有水が希釈されたためと考えられる。廃棄物の安定化促進状況を評価する場合は、冬季の水質変化傾向を用いることが適当であると考えられる。

④ 集水暗渠に流入する保有水の水質は、廃棄物層内に存在する保有水の水質の高い値とほぼ等しいことから、集水暗渠に流入する保有水の水質が改善されれば、処分場全体で安定化が進行していると評価できる。