

参考資料

本参考資料では、本文中の「表 3-1 管理型海面最終処分場の早期安定化技術」に記載した技術について、個々の技術概要を「早期安定化に資する可能性のある技術の個票」として整理した（整理番号は表 3-1 の右端に記載。以下に、本資料の目次を示す）。

| 整理番号 | 技術の名称 |
|------|---------------------------------|
| 1 | H-H継ぎ手による集排水機能を有する遮水壁（浸出水の水質浄化） |
| 2 | 溶融による安定化・減容方法 |
| 3 | 廃棄物の選別受入れ |
| 4 | エージング |
| 5 | 分級処理 |
| 6 | スラリー輸送と分級システム |
| 7 | 洗浄処理（WOW（ウェイストウォッシング）システム） |
| 8 | 磨砕洗浄システム |
| 9 | コンクリート（セメント）固型化処理法（仮称） |
| 10 | プレミックス埋立工法 |
| 11 | 水砕スラグ混合埋立工法 |
| 12 | 浮泥層除去 |
| 13 | ポンド方式 |
| 14 | 分割埋立（区画埋立） |
| 15 | 分級埋立 |
| 16 | 層的分別埋立 |
| 17 | 透水性反応層、不透水層による保有水分離 |
| 18 | 多機能型覆土システム |
| 19 | 厚覆土 |
| 20 | キャッピング |
| 21 | 通気・浸透抑制キャッピングシステム、低透水性覆土材 |
| 22 | キャピラリーバリア |
| 23 | 水平排水層（全面集水層） |
| 24 | 水平暗渠 |
| 25 | 群揚水井戸、単独揚水井戸 |
| 26 | 鉛直透水孔 |
| 27 | 井戸（有孔管） |
| 28 | 循環浄化 |
| 29 | 強制的通気工法 |
| 30 | ケミカルオキシデーション法 |
| 31 | 海水導入による希釈浄化、洗い出し促進 |
| 32 | 微生物注入 |
| 33 | 内水ポンド |
| 34 | トレンチ、強制循環 |
| 35 | エアレーション |
| 36 | 接触曝気 |
| 37 | 土壌による浄化 |
| 38 | 凝集剤添加、化学薬品注入 |
| 39 | 内水ポンド等による中和 |

| | | | | |
|--------------|--------------------------------|-----------|---|---------------------|
| 技術の名称： | H-H継手による集排水機能を有する遮水壁（浸出水の水質浄化） | | | |
| 処理対象： | 保有水 | | | |
| 技術分類： | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 護岸建設 | 機能の改善 | 高機能護岸 | 集排水機能のある遮水壁 |
| 対象物質等： | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度： | ★★★ | | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | |
| 適用可能ライフステージ： | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |

技術の概要：

○ 集排水機能を有する継手構造とした鋼管矢板遮水壁

海面廃棄物最終処分場の環境安全性を建設段階から将来にわたって維持・保障した上で跡地利用を促すためには、水溶性廃棄物を含む保有水等の浸出を防止するとともに、廃棄物を効果的に浄化するシステムを構築することが重要である。本技術は、H-H継手の内部空間に種々の技術を適用した集排水機能を有する鋼管矢板部材を提案し、その実現性ならびに継手箇所における集排水特性を空間活用実証試験により追究した。

その結果として、集排水機能を有する鋼管矢板部材としてH-H継手の内部空間を活用した諸技術は導入可能であること、また、接着・塗布する膨潤性止水材の厚さを調整することでH-H継手のフランジ嵌合部における遮水性能(集排水特性)をコントロールできることが明らかとなった。

海面廃棄物処分場の側面遮水壁として建設される鋼管矢板遮水壁のH-H継手の透水性に関する試験結果では、H-H継手(フランジ嵌合面)には膨潤性止水材を接着し、これが膨潤することで隙間が閉鎖されて遮水されるが、止水材厚さを1、2、3mmに変えた継手について作用水圧を変えて透水性を調べた結果多くの場合遮水工基準として定める換算透水係数限界値以下であった。

また、H-H継手施工で避けられない土砂の混入を想定して作用水圧を変えた透水性試験で同様に換算透水係数を求めたが、土砂が混在しない条件と同程度の遮水性能が確認された。

H-H継手では継手を通して浸透水が浸入してくる可能性のある空洞部分が生ずるが、これをモルタルで充填するのではなく、ここに処分場内から出てきた滲出水を集め、揚水して浄化する浄化促進機能を持たせる新しい遮水構造を提案した。

集排水機能を有する継手構造とした鋼管矢板遮水壁であり、廃棄物からH-H継手の空洞空間内に漏出し滞留した浸出水を揚水するため、有害物質を含んだ廃棄物の浄化が促進される効果が期待される。

ポンプ等で揚水

膨潤性止水材

空洞空間

H-H継手 (フランジ嵌合面)

ポンプ等で揚水

海水

浸出水

空洞空間

膨潤性止水材

グラウト

遮水処理

H-H継手 (フランジ嵌合面)

粘土層

現場打設・遮水性試験に連動して、「H-H継手を施した連結鋼管矢板」が有する廃棄物浄化促進効果を検証

有害物質を含んだ浸出水の集中

浸出水の揚水

- 漏出経路の完全遮断
- 廃棄物の浄化促進
- 維持管理
- 揚水により漏出経路を完全遮断
- 揚水により廃棄物の浄化促進
- 空洞空間の有効活用による維持・管理

図-1 H-H継手を施した鋼管矢板を用いた遮水・浄化システムの開発概念図¹⁾²⁾

出典：1) 稲積真哉・木村亮・角田敏光 鋼管矢板継手の内部空間を活用した遮水浄化促進技術に関する解析的検討 土木学会論文集C(地圏工学) 2011
 2) 稲積真哉・木村亮・葛拓造・小林賢勝 海面廃棄物最終処分場における集排水機能を有する鋼管矢板遮水壁の実験的検討 廃棄物資源循環学会論文誌 2012

技術の名称： 溶融による安定化・減容方法
 処理対象： ごみ、焼却灰

| | | | | |
|------|------|---------|-----|------|
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 中間処理 | 処理方法の改善 | 溶融 | 溶融 |

対象物質等： COD T-N **重金属** pH H₂S

技術熟度： ★★★★★ ★. アイデア段階
 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階

適用可能ライフステージ： 埋立開始前 **埋立開始～埋立後期** 埋立後期以降
 ★★★. 実証が必要な段階
 ★★★★★. 実証試験中・終了の段階

技術の概要： ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

溶融処理を行うと、重金属を含む焼却灰や不燃物をスラグと呼ばれるガラス状の固化体に成型できるために、焼却残さの減容化や有害物質の溶出防止等の性状の安定化につながる。なお、溶融によって生じたスラグは、路盤材等にリサイクルできる。

○ 溶融技術の概要¹⁾

性状の安定化と減容のため廃棄物を溶融してスラグ化する方法は、シャフト炉式、キルン式、流動床式、ガス化改質の方法によるガス化溶融方式がある。焼却灰は、表面溶融式、旋回流式、ロータリーキルン式、コークスベッド式等の燃料方式及びアーク式、電気抵抗式、プラズマ式等の電気方式がある。(表-1)

ガス化溶融施設はごみを熱分解・ガス化して燃焼するとともに、灰、不燃物等を溶融する施設であり、従来の焼却施設がその処理残さの資源化に焼却残さ溶融施設等を併設する必要のあるのに対し、1プロセスでこの機能を達成できる。

シャフト炉式ガス化溶融炉は、ガス化溶融炉本体でごみを熱分解・ガス化から溶融までを一気に行うので一体方式と呼ばれているが、熱分解ガスは独立した燃焼室で燃焼される。(図-1)

一方、熱分解・ガス化と溶融を別の炉で行う形式は分離方式と呼ばれるが、さらに熱分解・ガス化をキルンで行う形式をキルン式ガス化溶融炉、流動床炉で行う形式を流動床式ガス化溶融炉と分類され、いずれも独立した溶融炉を有している。

シャフト炉式ガス化溶融炉では、コークスやプラズマ等を利用した高温でスラグ成分のみならずメタル分も溶融するのに対し、キルン式及び流動床式ガス化溶融炉においては、ガス化炉でメタルやガレキ等を分離回収し、主としてチャー中の灰分のみを溶融する。また、ガス化溶融施設は、熱分解ガスの低空気比機能により排ガス量を低減させ熱回収率の向上が図れるとともに、溶融物(溶融スラグ、溶融メタル)を有効利用することで最終処分量を極小化できる。熱分解に関してはシャフト炉式と流動床式は直接加熱で行なわれ、キルン式は間接加熱で行なわれる。

表-1 ガス化溶融施設分類(例)²⁾

| 方式 | 代表的な型式 | 加熱方式 |
|------|--------|------|
| 一体方式 | シャフト炉式 | 直接 |
| 分離方式 | キルン式 | 間接 |
| | 流動床式 | 直接 |

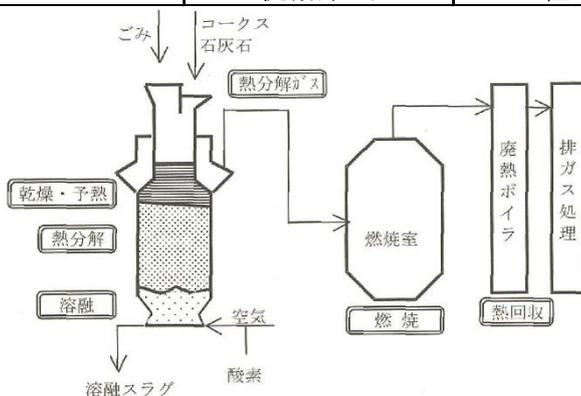


図-1 シャフト炉式ガス化溶融炉システムフロー(例)²⁾

出典：1) (一社)日本産業機械工業会 エコスラグ利用普及委員会

2) (一社)全国都市清掃会議 ごみ処理施設整備の計画・設計要領 (2006改訂版)

| | | | | |
|-------------|---------------------|-----------|----------|----------------------|
| 技術の名称 | 廃棄物の選別受入れ | | | |
| 処理対象 | 産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 受入制限 | 受入基準の見直し | 受入基準 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★★★ ★. アイデア段階 | | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 |
| | ★★★★. 実証が必要な段階 | | | |
| 技術の概要 | ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 | | | |
| | ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | | |

処分場の早期安定化のため、性状が安定している産業廃棄物のみを選別して受け入れるものであり、一般廃棄物及び早期安定化に影響を与える廃棄物は処分対象としない。管理型廃棄物処分場のケースであり、一般廃棄物は公共の処分場で埋め立てている。

○ 実施事例の概要

廃棄物投入場所の管理を行うとともに、埋め立て後においても長期モニタリングにより浸出水の水質変化傾向を把握する。これらのデータを組み合わせた図-1に示すシステムにより、水質が悪化した場合の投入廃棄物と突合せて相関を検証し、廃棄物の選別品目に反映することにより、浸出水水質を悪化させる廃棄物を特定して受け入れないようにする。

処分場は、1・2・3号地に区画されており、各区画の状況を次に示す。

1号地： 廃止済み

モニタリング期間は約3年で廃止。残土を含む建設廃材の割合が約64%と高く、早期に安定した。

2号地： モニタリング中

モニタリング計画は1号地を参考に3年間を設定。管理型廃棄物の割合が増加したので伸びる見込み。

3号地： 供用中

2号地を参考に設定期間を見直す。（現在は、3年を想定）

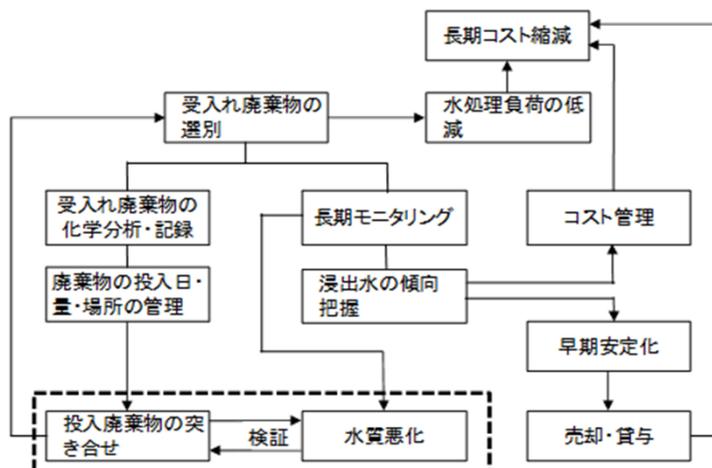


図-1 受入れ廃棄物の選別の概念

響灘西部廃棄物処分場では、一般廃棄物および早期安定化に悪影響を与える廃棄物の受け入れを行っていない。隣接する北九州市の廃棄物処分場で一般廃棄物を受け入れており、産業廃棄物を受け入れているひびき灘開発(株)が運営する響灘西部廃棄物処分場と住み分けができていていることによる。

埋立地内の保有水に対する水質モニタリングを頻度高く実施していると推定され、水質の傾向を把握しつつ、その挙動に迅速な対応を行うことで、結果的にコスト管理に寄与していると考えられる。

管理している処分場の1号地区画を廃止した経験を有しているため、早期安定化させ廃止させるまでのプロセスを把握していることが、廃止以降の売却・貸付に大きく寄与していると考えられる。併せて、ナレッジマネジメントとして技術継承していると推定される。

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 4

| | | | | |
|-------------|------------------|-----------|--------------------------------|---|
| 技術の名称 | エージング | | | |
| 処理対象 | 焼却灰 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | エージング | エージング |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S ※可能性としてpH |
| 技術熟度 | ★★★★★ ※海外での実績として | | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★★★. 実証が必要な段階 ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 |
| | 技術の概要 | | | |

(1) エージング法

- 焼却灰を屋内または屋外に、静置・養生(エージング)して、焼却灰に含まれる重金属類と大気中の二酸化炭素が反応して酸化され、炭酸塩を生成して不溶化するプロセスを利用した安定化手法である。
- 大気中に晒す方法であり酸化剤を用いないため、処理設備の建設コストやランニングコストが抑えられる。
- 大量処理が可能である。一方、広い用地が必要である。
- ヨーロッパ(オランダ、ドイツ)で、資材化を目的に実用化されている。(表-1)
- エージング期間の短縮化(効果の促進化)が課題である。

表-1 外国におけるエージング法の実用化

| 項目 | オランダ | ドイツ |
|-----------|---------------------------------|--|
| エージング期間 | 最低6週間 | 最低3ヶ月 |
| エージングでの反応 | 大気中の二酸化炭素と反応し、炭酸塩を生成し、重金属の溶出が減少 | 水分と灰分の化学反応で、約4週間で70-80℃に発熱(3ヶ月後の温度は約40℃) 鉄やアルミは酸化、鉛などの重金属は、岩石化(mineralize)され不溶化 |
| エージング場所 | 屋外に野積み | 屋内(屋外もある)に野積み、定期的に積み直す |
| 主灰 | 前処理した主灰(飛灰を含む)、主灰の品質保証有り | 前処理した主灰で、灰中の金属分が0.5%以下 |
| 飛灰の取り扱い | 主灰に混合しエージング | 飛灰として埋立処分 |
| 基準のチェック | エージング後、サンプルの溶出試験を行い、合格したものを出荷 | エージング後、基準を満たしたものは買取される |

(2) 促進エージング法(炭酸化処理)^{1) 2)}

- 静置・養生によるエージング法では、期間の短縮化が課題であるため、焼却施設における排ガス中の二酸化炭素ガスを強制的に接触させることにより、重金属を不溶化するエージング効果の促進を図る。
- 炭酸化とは、溶液中の陽イオンが溶解した炭酸ガスと反応することによって炭酸塩化することである。生成した炭酸塩、例えば炭酸鉛等は難水溶性である。炭酸化処理で必要とする炭酸ガスは清掃工場から十分に供給されることから、実排ガスを有効利用した炭酸化処理が可能となれば、低コストかつ低エネルギーで重金属を不溶化できる。
- 実際の清掃工場において、図-1に示す処理フローで炭酸化処理実証試験を行った事例。
 - ・実験に用いた焼却炉排ガスは、煙突入口より導入し、装置内での反応後、誘引通風機入口へ戻した。
 - ・乾燥させた焼却灰6kgを装置本体に投入し、所定の水分を添加後、装置入口焼却炉排ガス流量を400L/min、排ガス温度を約30℃に調整して焼却炉排ガスを通気し、炭酸化処理を行った。時間とともに処理灰の鉛溶出濃度は低下し、添加水分率10%の場合は処理時間30分までに、添加水分率5%、15%の場合は処理時間60分までに、それぞれ土壌環境基準値(<0.01mg/L)を満足した。炭酸化処理過程におけるガスの顕著な汚染は認められなかった。実排ガスを有効利用した炭酸化処理は、低コストかつ低エネルギーで重金属を不溶化できる。

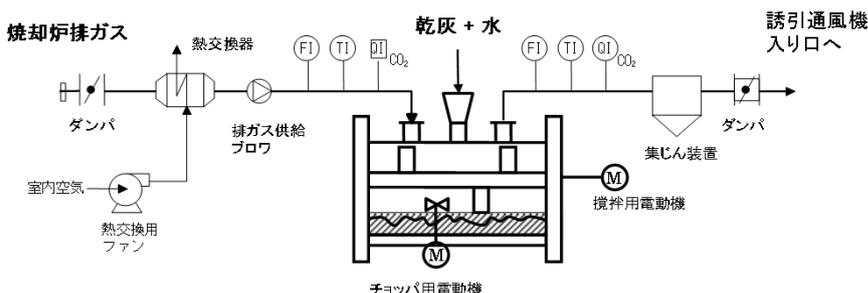


図-1 焼却灰の炭酸化処理実証装置フロー

(3) 焼却灰の炭酸化による浸出水pHの抑制

○近年は焼却による廃棄物の中間処理が一般的なため、COD、T-N及びpHのいずれの溶出負荷も大きい焼却灰の受入れ比率の多寡が、安定化の進行を左右すると考えられる。

○浸出水の高いpHが、廃止上の支障となっている管理型海面処分場が見受けられる。

○pH対策を目的に、焼却灰のエイジングを検証した事例は見当たらない。

○重金属の安定化のためのエイジング実験から、溶出試験によるpHの経時的変化の知見を示す。

溶出液のpH低下の可能性が視えるが、添加水分率等によって炭酸化の影響が大きいことが示唆される。

①焼却炉排ガスによる炭酸化処理実験²⁾ (図-2)

②試料に20(w/w)%の水を加えて十分に混合し、室温20℃恒温室内で静置(12週間)、蒸気等で常時加湿³⁾ (表-2)

③2種類のストーカ式焼却炉主灰A・Bを、恒温恒湿器内(20℃、%値は湿度)と、屋外で雨の直接かからない場所にて静置実験⁴⁾ (図-3)

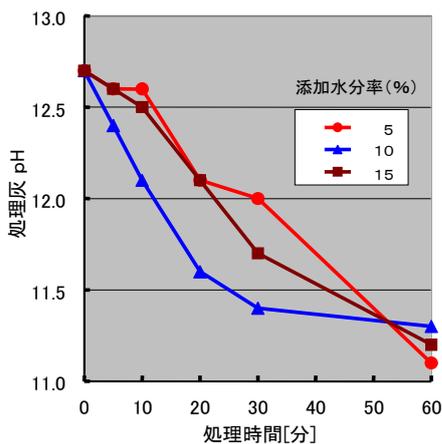


図-2 排ガスによる炭酸化促進実験例

表-2 恒温室内における静置実験例

| 期間(週) | 0 | 12 |
|-------|-----------|-----------|
| pH | 12.5~12.7 | 11.7~12.1 |

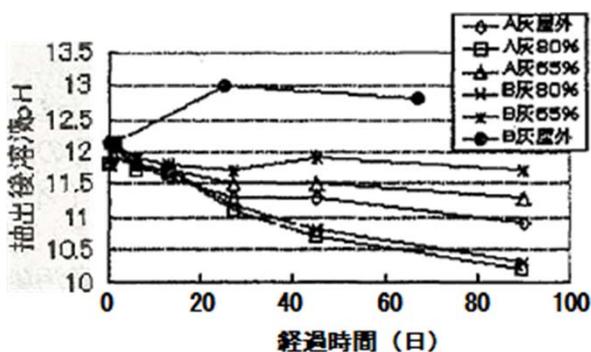


図-3 恒温・恒湿器内と屋外静置実験例

出典：1) 島岡隆行・瀬戸俊之 埋立処分量削減を目的とした廃棄物処理残さの土木資源化と環境負荷低減化技術 平成14年度環境省廃棄物処理等科学研究費補助金研究報告書 2003

2) 島岡隆行 焼却灰の循環資源化への取り組み 廃棄物資源循環学会関西支部 2012

3) 東京都清掃研究所報告 1997

4) 井澤琢磨・高岡昌輝・大下和徹・松本忠生・武田信夫 エージングによる都市ごみ焼却主灰中重金属の安定化機構の解明 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2004

| | | | | |
|-------------|----------|---|--------|----------------------|
| 技術の名称 | 分級処理 | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物焼却灰 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 洗浄・分級 | 分級処理 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |
| 技術の概要 | | | | |

焼却灰は粒径が小さいほど汚濁成分を多く含むことが知られており¹⁾、焼却灰中の細粒子区分を除去し、海面処分を行うことにより、埋立地の汚濁負荷の低減、その結果として早期安定化を図ることができると考えられる。本研究では、海面処分場を模した大型二次元土槽を用いた実験により都市ごみ焼却灰の分級が埋立地盤の透水性及び汚濁成分の洗出しに及ぼす影響について検討した。

実験事例²⁾

1. 試料及び実験方法

(1) 試料

A市A清掃工場から排出された焼却灰（粒径9.5mm以下）を試料とした。表-1に試料の基本性状として、含水率、50%粒径、強熱減量、固体中全有機炭素量（固体TOC）、窒素含有量、汚濁溶出特性（pH）、電気伝導度（EC）、全有機炭素量（TOC）、全窒素量（T-N）、溶出試験結果（環告46号法）を示す。試料の粒径区分別の基本性状を把握した結果、粒径0.425mm付近で強熱減量、pH、TOC、T-Nなどの汚濁成分量の急激な変化が見られたことから、本研究では粒径0.425mm以下の粒子を細粒子区分と設定した。また本研究で用いた海水は博多湾一巡り過海水である。

(2) 大型二次元土槽実験

図-1に大型二次元土槽（高さ100cm×幅300cm×奥行50cm）の模式図を示す。本実験では、分級処理をしていない焼却灰（以下「未分級」と呼ぶ。）を充填した実験と汚濁成分を多く含む細粒子区分を除去した焼却灰（以下「細粒子区分除去」と呼ぶ。）を充填した実験の計2回の実験を行った。前者では、高さ90cmまで海水を満たし、未分級の焼却灰を1回あたり約40.0kg、薄層埋立により投入し埋立地盤を作成した。後者では、未分級の焼却灰をふるい目0.425mmの木枠ふるいをを用いた分級により細粒子区分を除去し、前者の実験と同様の方法で埋立地盤を作成した。表-2に充填条件及び動水勾配を示す。未分級の実験では動水勾配1/60で海水を通水したが、細粒子区分除去の実験では、埋立地盤の透水性が非常に高く、未分級の場合と同条件での通水が設備上困難であったため、動水勾配を未分級の実験の1/10に設定して通水した。通水開始後は定期的に浸出水（排水口からの流出水）の流量、pH、EC、TOC及びT-Nの分析を行った。また、流量を土槽内通水域の鉛直断面積及び動水勾配で除すことによって埋立地盤の透水係数を算出した。

表-1 焼却灰の基本性状

| 項目 | 含水率(%) | 50%粒径(mm) | 強熱減量(%) | 個体TOC(%) | 窒素含有量(%) | 溶出試験(環告46号法) | | | |
|----|--------|-----------|---------|----------|----------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | | | | | | pH(-) | EC(mS/cm) | TOC(mg/L) | T-N(mg/L) |
| 値 | 19.5 | 1.5 | 3.3 | 0.44 | 0.01 | 10.5 | 56.4 | 7.2 | 0.36 |

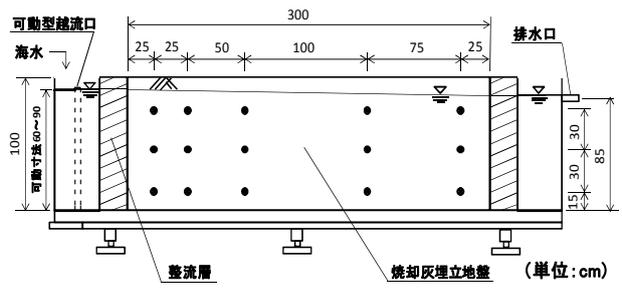


図-1 大型二次元土槽の模式図

表-2 充填条件および動水勾配

| 投入試料 | 含水率(%) | 投入量(kg) | 充填密度(t/m ³) | 動水勾配 |
|---------|--------|---------|-------------------------|-------|
| 未分級 | 19.5 | 1,665 | 0.99 | 1/60 |
| 細粒子区分除去 | 18.2 | 1,847 | 1.12 | 1/600 |

2. 結果及び考察

(1) 埋立地盤の透水性

図-2に埋立地盤の透水係数の経時変化を示す。未分級、細粒子区分除去ともに埋立地盤の透水係数は時間とともに減少し、特に通水開始後20日間で未分級は0.05から0.01 cm/s、細粒子区分除去は約0.6から0.07 cm/sまでと大幅に透水係数が減少した。細粒子区分除去の透水係数は、実験初期で未分級の約10倍、20日後で未分級の約3倍であった。実験期間全体の平均値は未分級で約0.02 cm/s、細粒子区分除去は約0.1 cm/sであった。

(2) 浸出水の性質

図-3～図-6に浸出水のpH、EC、TOC及びT-Nの経時変化を示す。未分級と細粒子区分除去の両実験を比較したところ、細粒子区分除去では未分級よりもpH、EC、TOC及びT-Nの値が低かった。pHでは、細粒子区分の除去により平均で約1.6の減少が見られ、150日目には約9.8にまで下がり、最終処分場の廃止基準の上限値9.0に近づく結果となった。ECでは顕著な差は見られず、経時変化はほぼ横ばいであった。TOCでは、150日間で未分級、細粒子区分除去の平均値はそれぞれ約11.9、10.0 mg/Lで、T-Nはそれぞれ約1.2、0.9 mg/Lであり、T-Nは全体を通して排水基準値を下回っていた。また、未分級と細粒子区分除去の双方で時間が経つにつれTOC、T-Nの値が減少していき、pHの値は通水開始80日目までは大きな変化が見られなかったが、80日目以降は徐々に減少していった。TOC、T-Nに関して、細粒子区分を除去した場合未分級と比べて早い段階で値が安定することから、細粒子区分を除去することで汚濁物質の洗い出し速度が向上していると考えられる。

3. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 埋立地盤の透水係数は未分級で約0.02 cm/s、細粒子区分除去は約0.1 cm/sであった。細粒子区分の除去によって、焼却灰埋立地盤の透水係数は約3倍～1オーダー向上した。
 - 2) 細粒子区分の除去により浸出水のpH、EC、TOC及びT-Nに低下が見られ、特にpHでは最終的に未分級は約11.8、細粒子区分除去は約9.8であり、大幅な低下が見られた。
- 以上のように、埋立地盤の透水性を上げ、浸出水中の汚濁成分の濃度を改善する効果がある細粒子区分の除去は海面処分場の早期安定化技術の一つとして期待できる。

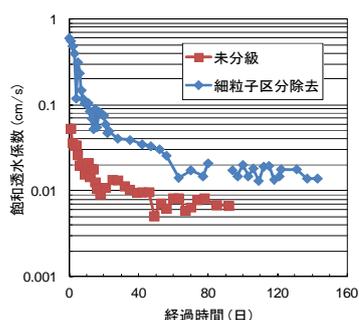


図-2 埋立地盤の透水係数

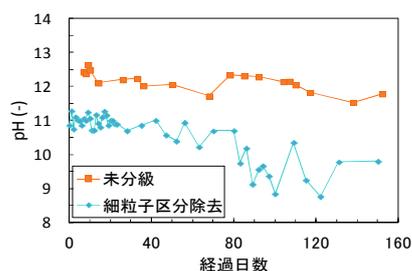


図-3 浸出水のpHの経時変化

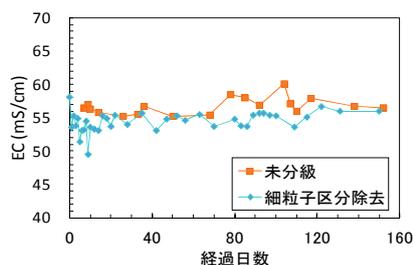


図-4 浸出水のECの経時変化

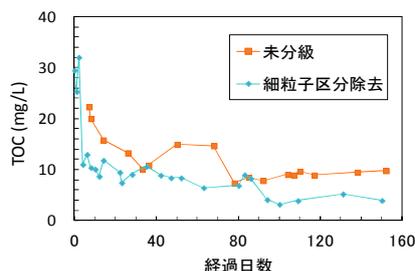


図-5 浸出水のTOCの経時変化

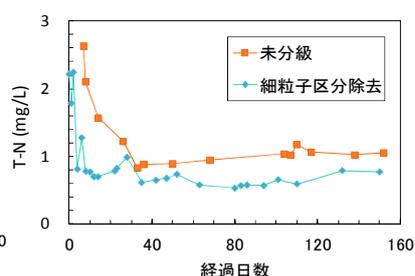


図-6 浸出水のT-Nの経時変化

出典：1) 古賀大三郎・島岡隆行・崎田省吾 海面処分場における焼却灰の沈降と汚濁成分の溶出特性に関する基礎的研究 廃棄物資源循環学会論文誌 2014

2) 大西一馬・梶野友貴・小宮哲平・島岡隆行 都市ごみ焼却灰の粒度調整による海面処分場の早期安定化に関する研究 第27回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 2016

| | | | | |
|-------------|---------------|---|--------|---------------------|
| 技術の名称 | スラリー輸送と分級システム | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物焼却灰 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 洗浄・分級 | 輸送・分級 |
| 対象物質等 | OD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |

技術の概要

海面処分場において埋め立て前に、焼却灰中に含まれる溶解性の重金属類を焼却灰から海水へ積極的に溶出させる溶脱工程(スラリー輸送)と埋立地盤の環境リスクを低減するために、焼却灰を粒径別に分けて埋立処分する分級埋立工程から構成されている。水中に焼却灰を投入し、スラリー輸送に伴う攪拌により、焼却灰を構成している付着粒子の分離が5分程度でほぼ完了すること、焼却灰に含有するCr(VI)の溶脱をスラリー輸送時の液固比を大きくすることにより促進できる。

(1) スラリー輸送と分級システムの概念 (図-1)

本工法は、焼却灰に含まれる重金属の溶脱促進、焼却灰の分級、区画埋立、排水処理の手順からなっている。

- 1) バージ船において搬入した焼却灰に外海の海水または比較的汚濁が進んでいない埋立区画の内水を投入し、スラリー状にする。
- 2) バージ船の水槽内またはスラリー輸送により、焼却灰に含まれる溶解性の重金属を埋め立てる前に海水へ溶脱させる。
- 3) 浚渫土砂を分級する場合と同様に、スラリー状の試料を2mm以上で分級する場合にはメッシュコンベアを用い、2mm以下で分級する場合には主にサイクロンを使用する。
- 4) 分級後に分級粒径より大きい粒子(ふるい上)は専用の埋立区画に埋め立て、環境リスクの低い埋立地盤を造成する。本区画の内水はバージ船に導入し、焼却灰との混合水に再利用することも可能とする。
- 5) 分級後に分級粒径より小さいの粒子(ふるい下)および沈殿池からの沈殿物は細粒子のための埋立区画に埋め立てる。本埋立地盤は、埋立材の粒径が小さいことから跡地利用前に圧密促進等の地盤改良が必要となることも考えられる。
- 6) 排水処理施設において、各々の埋立区画での浮遊物質を凝集沈殿させた後の内水を浄化し、外海へ放流する。

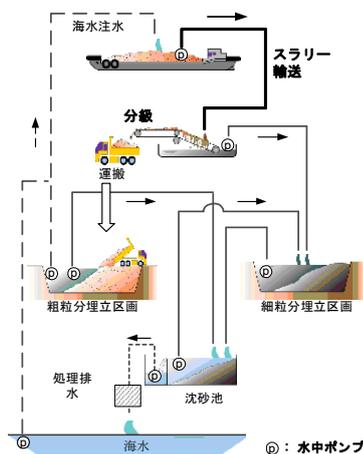


図-1 スラリー輸送と分級システムの概念図

(2) 実験方法と結果

スラリー輸送の管路内水流による攪拌状況が、攪拌羽根等による機械式攪拌に置き換えて表せることから、攪拌による実験を行った。

- 1) スラリー輸送による付着粒子の分離は、5分以内にほぼ完了した。しかし、攪拌強度を小さくすると付着粒子の分離はほとんど起きない。
- 2) 焼却灰に含まれるPb成分の溶脱は、攪拌時間を2倍から3倍にすることにより海水への溶脱量が2倍程度となり、液固比を5から20に増加することにより、溶脱量は8倍となった。
- 3) 攪拌後の焼却灰を2mmで分級した場合、ふるい上の焼却灰のCr(VI)溶出量は定量限界値以下となった。2mmにおいて分級し埋め立てることにより、環境負荷の小さな埋立区画を造成することが可能であると考えられる。

(3) 課題

付着粒子の分離は攪拌強度に影響を受け、重金属の溶脱は液固比の影響を受けることが明らかとなった。しかし、跡地利用を行う場合には、埋立地盤の力学特性の評価も重要となる。つまり、ふるい下の焼却灰により造成される埋立地盤は細粒分が多く軟弱地盤になる可能性がある。

出典：古賀大三郎・島岡隆行・宮脇健太郎・戸田泰和・花嶋正孝 海面埋立処分場における焼却灰の溶脱・分級埋立工法に関する基礎的研究 廃棄物学会論文誌 2003

| | | | | |
|-------------|---------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 技術の名称 | 洗浄処理(WOW(ウェイトウオッシング)システム) | | | |
| 処理対象 | 焼却灰 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 洗浄・分級 | 機械洗浄 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ※浸漬洗浄方式は★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 |
| | | | | ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 |

技術の概要

埋立廃棄物を強制的洗浄により不活性化させ、安定化を促進させる目的で、埋立前の廃棄物を機械で洗浄(機械洗浄方式)したり、埋立層に洗浄水を満たして上層より排水(浸漬洗浄方式)することにより、廃棄物に付着した汚濁物質を強制的に流出させるシステムである。

機械洗浄方式には、トロンメルやスパイラル等の分級機を使うスパイラル方式と高圧洗浄水を用いるイジェクター方式等がある。なお、洗浄水は、浸出水処理水を循環利用することを前提としている。(表-1、図-1)

表-1 WOWシステムの概要

| 機械洗浄方式(図-1) | 技術の概要 |
|----------------|--|
| ①スパイラル方式(図-2) | トロンメルで洗浄・分離し、スパイラル分級機で攪拌・分級によって洗い出しを促進する |
| ②イジェクター方式(図-4) | 高圧洗浄水による負圧で洗浄物を吸引し、高圧水との接触で洗浄効果を期待する |

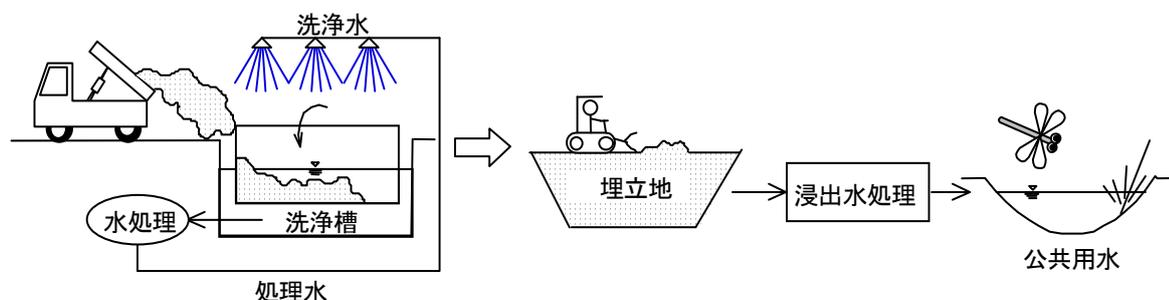


図-1 機械洗浄方式基本概念図

(1) スパイラル方式¹⁾

1) 洗浄フロー

一次洗浄としてトロンメルを設置し、スプレー洗浄により10mm以上の粗大物を洗浄・分離する。10mm以下の埋立物はスパイラル式湿式分級機での攪拌・分級により二次洗浄して洗い出しを促進する。最終段階としてリンス水による三次洗浄を行った後、目幅0.75mmの振動ふるいにより脱水する。なお、洗浄排水量を低く抑えるため、一次および二次洗浄は洗浄排水を循環使用し、三次洗浄のみ補給水として水道水を使用した。(表-2、図-2)

2) 実験結果

- ・ 固液比が1：8、さらに約10倍量の洗浄排水を循環供給する条件で、効率的な連続洗浄が可能。
- ・ 200 μm以下の微粒が除去され、分級性能を確認。
- ・ 原料灰中のC1含有量1.8%が洗浄により0.4%まで低減。
- ・ 原料灰中のC1の約80%以上が洗浄排水中に洗い出される。(図-3)
- ・ 洗浄効果を上げるため、スパイラル回転数など洗浄条件の最適化が課題である。

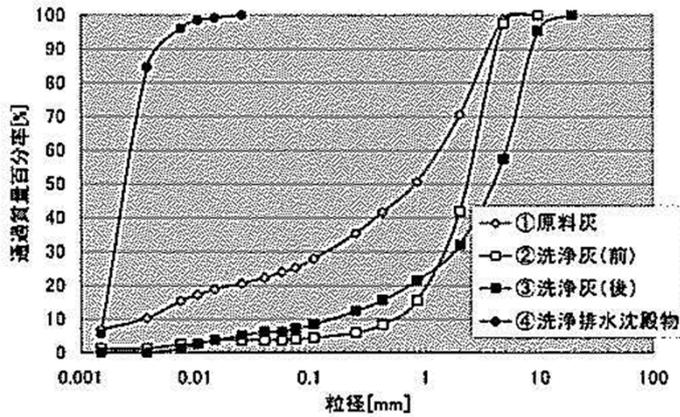


図-5 粒度分布

表-5 実験条件

| | |
|----------|----------|
| 試料 | ストーカ炉主灰 |
| 投入量 | 50kg/バッチ |
| 1バッチ所要時間 | 45~60分 |
| 固液比 | 1:5 |

(3) 埋立前処理の洗浄操作が浸出水に及ぼす影響調査³⁾

一般廃棄物の焼却炉から発生する灰を、スパイラル洗浄方式とイジェクター洗浄方式の2つの方法で埋立前処理として洗浄したものと、洗浄しないものをライシメータに充填し、自然降雨によって発生する浸出水を分析評価し、洗浄効果を確認した。(表-6)

○実験結果

- ・ 灰を洗浄して埋め立てることにより、降雨によって発生する浸出水の水質は、洗浄しない場合に比較して、早期に低下しかつ安定する。(図-6)
- ・ 別途行った人工降雨の実験では、埋立地の上部から洗浄効果が早く現れた。しかし、「みずみち」の存在により埋立層全体が必ずしも均等にならないことが示唆された。

表-6 ライシメータ実験条件

| | |
|-----------|--|
| 試料原料 | ストーカ炉主灰 |
| 充填試料(3種類) | 非洗浄灰、スパイラル洗浄灰、イジェクター洗浄灰 |
| ライシメータ | ステンレス鋼板製 外形口:850mm×1400mmH、容量1m ³ |
| 実験期間 | 約2.5年 |

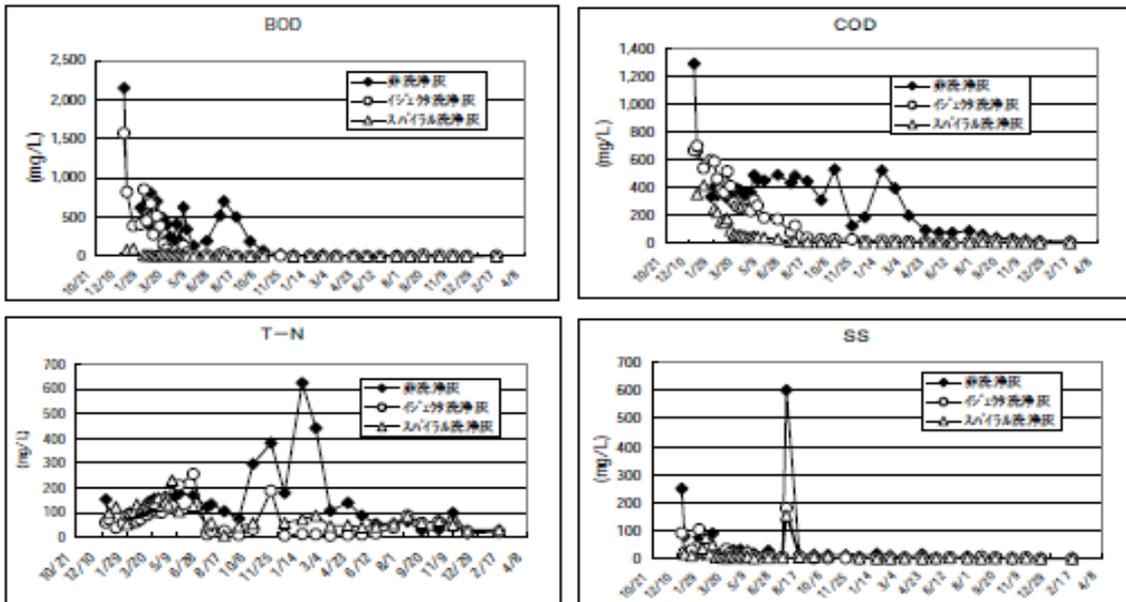
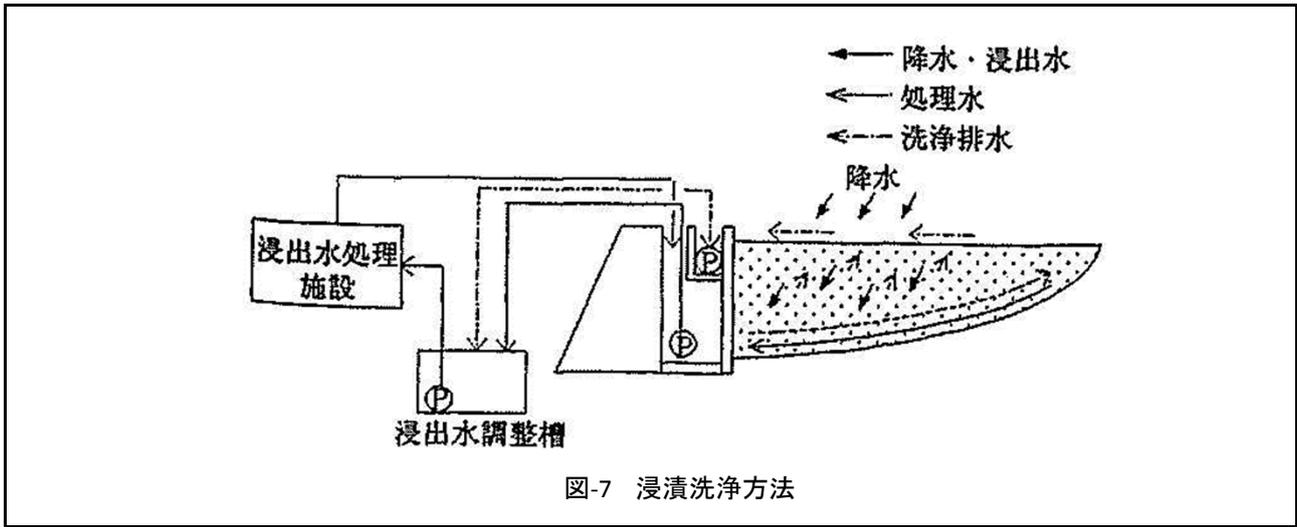


図-6 ライシメータ実験結果

(4) 浸漬洗浄方式⁴⁾

WOWシステムのひとつで、既埋立層下部より洗浄水を上向流で通水させ、埋立層に洗浄水を満たし、廃棄物中の汚濁物を上層から洗浄排出して、浸出水水質を低下させる。(図-7)



- 出典：1) 谷岡隆・吉田忠広・堀井安雄・広瀬洋一郎・船橋勇・樋口壯太郎・花嶋正孝 スパイラル式湿式洗浄設備による廃棄物洗浄 第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2002
- 2) 皆方護・堀井安雄・広瀬洋一郎・船橋勇・中村寿実・小林哲男・三角文彦・樋口壯太郎・花嶋正孝 イジェクター式洗浄装置による廃棄物洗浄 第14回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2003
- 3) 三角文彦・村山彰宏・中村寿実・堀井安雄・橋本敬行・古田秀雄・樋口壯太郎・花嶋正孝 埋立前処理としての洗浄操作が浸出水におよぼす影響調査 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2004
- 4) (財) 廃棄物研究財団 廃棄物最終処分場に係る基準検討調査報告書(環境省委託) 2004

技術の名称：磨砕洗浄システム
 処理対象：焼却灰

| | | | | |
|-------|----|-------|-------|------|
| 技術分類： | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 洗浄・分級 | 磨砕洗浄 |

対象物質等：COD、T-N、重金属、pH、H₂S

技術熟度：★★ ※土壌汚染対策の実績あり ★. アイデア段階
 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階
 ★★★. 実証が必要な段階
 ★★★★. 実証試験中・終了の段階
 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階

適用可能ライフステージ：埋立開始前、埋立開始～埋立後期、埋立後期以降

技術の概要：磨砕洗浄方式とは、焼却灰の粒子同士を精米するように擦り合わせ、焼却灰の表面に付着した重金属類やダイオキシン類等の有害物質を物理的に剥離させ、スクリーン・高速分級機で有害物質を洗浄除去し、有害物の少ない焼却灰を生成する埋立前処理システムである。(図-1、図-2)

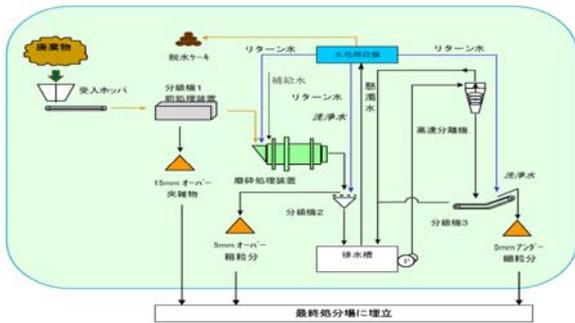


図-1 磨砕洗浄方式の処理フロー

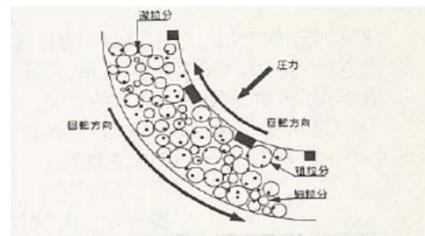


図-2 磨砕処理装置の概念1)

(1) 実証実験¹⁾

○磨砕洗浄と散水洗浄

焼却灰を磨砕洗浄機で分級、洗浄した処理灰(以下SRS処理灰という)について、0.5~1.0t/h程度の処理が可能なプラントを用いシステムの効果を確認した。

○埋立物(SRS処理灰と焼却灰)に散水条件を変えた人工降雨で浸透実験を行い、浄化状況や安定性について評価した。埋立土槽の内部は6ピットに分割し、1ピットの大きさは幅1,950mm、奥7,000mm、深1,500mmとし、ピット上端部に散水設備を設置した。(図-3)

主な実験条件を表-1に、実験ケースを表-2に示す。

表-1 実験条件

| | |
|------|-------------------------------------|
| 埋立物 | SRS処理灰、焼却灰 |
| 埋立層厚 | 約1,500 mm |
| 散水量 | 年平均降雨1,800 mm/年 10倍降雨18,000 mm/年 |
| 散水時間 | 年平均降雨20分/日、 10倍降雨160分/日 |

表-2 実験ケース

| 実験ケース | 散水量 | キャッピング | 埋立物 |
|-------|-------------------|-----------------|------------|
| A-1 | 無 ²⁾ | 有 ³⁾ | SRS 処理灰 |
| A-2 | 年平均 ¹⁾ | 無 | |
| A-3 | 10倍 | 無 | |
| A-4 | 10倍 | 無 | 焼却灰 |
| A-5 | 年平均 ¹⁾ | 無 | |
| A-6 | 無 ²⁾ | 有 ³⁾ | |

注1) 年平均降雨：1,800mm/年、2) 下部密閉処理、3) 粘性土またはGCLを使用

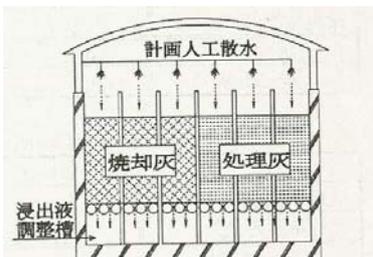


図-3 散水洗浄の概念図

(2) 実験結果

磨砕洗浄では、主に水に溶けやすい物質とシルトや粘土(粒径が0.075mm以下)に付着・含有されている物質が除去される。

埋立ピット(図-3)からの浸出水のCOD(図-4、図-5)と石灰由来のカルシウムイオン濃度(図-6)の経時変化は、洗浄処理灰からの濃度が未処理灰より低い傾向が認められ磨砕洗浄機で分級、洗浄処理の効果が確認された。また、降雨量の多い方が、洗浄効果が高いことが示唆された。

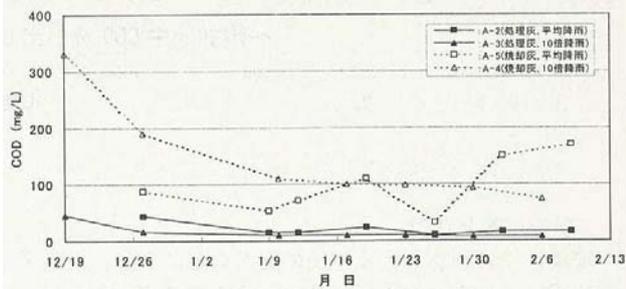


図-4 浸出水のCOD経日変化(1)¹⁾

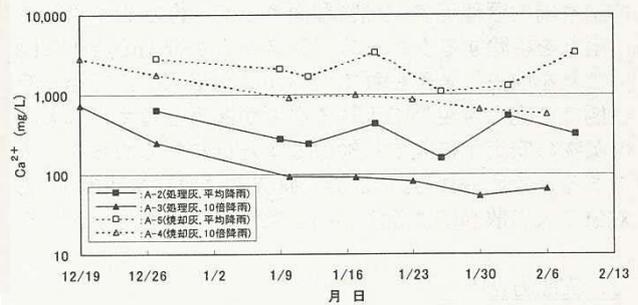


図-6 浸出水のカルシウムイオン経日変化¹⁾

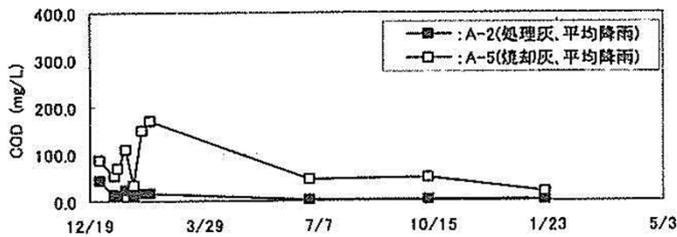


図-5 浸出水のCOD経日変化(2)²⁾

- 出典：1) 亀山敏治・伊藤洋・大堀卓・柴田浩彦 埋立前処理と計画散水による焼却灰の浄化について
第12回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2001
2) 亀山敏治・伊藤洋 埋立前処理と被覆型最終処分場における焼却灰の安定化促進について
第13回廃棄物学会研究発表会講演論文集 2002

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 9

| | | | | |
|---------------------|------------------------|-----------|-----------|----------------------|
| 技術の名称 | コンクリート（セメント）固型化処理法(仮称) | | | |
| 処理対象 | 焼却灰・汚泥 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 固化・不溶化 | セメント固型化 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★★★ ※海洋投入処分として | | ★. アイデア段階 | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★★. 理論的研究・基礎実験の段階 |
| | | | | ★★★★. 実証が必要な段階 |
| 技術の概要 | | | | ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 |
| ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | | | |

セメントを安定化材とする固型化は、産業廃棄物の汚泥等に含まれる水銀等の溶出を抑制する目的で処理することについて、埋立処分又は海洋投入処分する場合の基準が規定されている。

一般廃棄物の中間処理においては、焼却飛灰に含まれる重金属類の溶出防止の目的で、セメント固化による前処理が行われている。

○「セメントを安定化材とする固型化」については、通知(以下の①)と基準(以下の②)がある。

①「有害汚でのコンクリート固型化処理に関する基準について」(昭和51年5月28日環水企82号)
埋立処分を行うコンクリート固型化物について、風雨等によつて飛散又は流出しがたいものとする
こと、また、水銀若しくはその化合物又はシアン化合物の溶出が抑止されて環境の汚染が生ずることの
ないものとするための基本的な考え方が示されている。

②「金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準」(昭和52年3月14日 環境庁告示5号)

一 結合材は、水硬性セメントとし、配合量は、コンクリート固型化物一立方メートル当たり百五十キ
ログラム以上であること。

二 コンクリート固型化物の強度は、一軸圧縮強度が○・九八メガパスカル以上であること。

他に、固型化物の形状及び大きさについて規定している。

○「セメント固化による埋立前処理」については、廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領(2010
改訂版、全都清)で、次のように解説している。

セメント添加による固化は、溶出防止を図る安定化技術であり、比較的低価格で行える方法として焼却
飛灰に頻繁に用いられている。

セメントの効果により、固化された当初は十分な強度と重金属類の溶出防止効果を得ることができ
るが、セメントの劣化や酸性雨による固化能力の低下が指摘されており¹⁾、長期安定性については十分留意
を要する。

(1) 廃棄物層全体を固化不溶化して、早期安定化を目指した処分場の構造とコストの検討事例²⁾

一般廃棄物処理の現状において、焼却方式が多く採用されており、焼却灰主体の埋立が行われている最
終処分場において、セメントと混ぜて埋め立てる方法で浸出水水質の改善を図ることを提案している。

また、固化埋立型処分場の特性を想定した検討及び従来型および固化埋立型最終処分場について、建
設、埋立中及び埋立終了後維持管理のコストを一定の仮定に基づいて算出し、建設から廃止までのライフ
サイクルコストについて比較検討した。

・セメント固化した廃棄物層には水が浸透し難いため、最終覆土から浸透した水が埋立面表面に触れた後
に溢れ出てしまう対策として、固化層の表面に遮水シート、排水層(砂)、覆土層を重層して設置する。

(図-1)

・固化埋立型最終処分場には、焼却灰と固化材を攪拌・混合する機械からなるコンクリートプラントを設
置する。

・埋立中の維持管理費は、固化材費の影響が大きく、埋立規模の大きさ(1万m³、10万m³、100万m³で試
算)に応じて固化埋立型は高くなる。

・埋立後の維持管理費は、水処理が不要であることが大きく寄与し、圧倒的に固化埋立型が安くなる。

・総合的にみれば、水処理費の低減効果よりも固化材費の増大の方が若干大きく、全ケースにおいて3~
8%程度固化埋立型の方が高くなっている。

なお、固化埋立型は浸出水が抑制されるためとして、埋立終了後の維持管理期間が2年で廃止すると仮
定した試算結果である。

表-1 浸出水質の設定

| | pH | BOD(mg/L) | SS(mg/L) | COD(mg/L) | T-N(mg/L) | 重金属類 | Dxn類 |
|-------|----|-----------|----------|-----------|-----------|------------|------|
| 従来案 | 7 | 300 | 300 | 200 | 150 | 基準を少し上回る程度 | |
| 固化埋立案 | 7 | 100 | 150 | 100 | 100 | 基準以下 | |

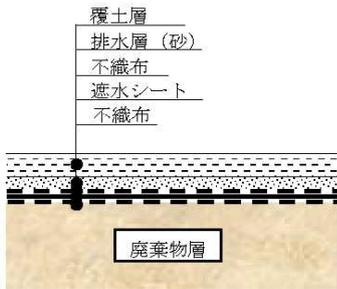


表-2 埋立規模の大きさ(1万 m^3 、10万 m^3 、100万 m^3)による試算結果

| | 従来型 | | | | | 固化埋立案 | | | | |
|------------|-------|-----------------|------|----------------|--------|-------|-----------------|------|----------------|--------|
| | 建設費 | 維持管理費 (埋立て中) | 最終覆土 | 維持管理費 (埋立後) | 合計 | 建設費 | 維持管理費 (埋立て中) | 最終覆土 | 維持管理費 (埋立後) | 合計 |
| 1万 m^3 | 440 | 477 | 4 | 168 | 1,089 | 442 | 681 | 24 | 1 | 1,148 |
| 10万 m^3 | 1,093 | 1,098 | 19 | 400 | 2,610 | 1,074 | 1,633 | 121 | 2 | 2,830 |
| 100万 m^3 | 5,464 | 4,103 | 73 | 1,514 | 11,154 | 5,059 | 5,989 | 473 | 2 | 11,523 |

図-1 最終覆土の構造概念図

(2) 最適固化材混練方法の検討

要求品質の設定次第で、混練方法の選択の幅も広がる。バラツキ等を考慮して最低限の品質を確保するためには、混合専用機械による攪拌混合は最低限確保する必要があると考えるが、本検討のようなコンクリートプラントだけでなく、土質改良機等の選択もあり得る。

出典：1) 遠藤和人・山田正人 埋立廃棄物の封じ込め機能とその維持 廃棄物資源循環学会誌 2016
 2) 小嶋平三・及川茂樹・大野文良・坂本篤・吉村丈晴 焼却灰を主体とした最終処分場の安定化促進方法の検討(3) 廃棄物の固化不溶化による早期安定化を目指した最終処分場の構造 第20回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2009

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 10

| | | | | |
|-------------|------------|---|--------|---------------------|
| 技術の名称 | プレミックス埋立手法 | | | |
| 処理対象 | 焼却灰 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 固化・不溶化 | プレミックス埋立 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始 埋立後期 | 埋立後期以降 | |

技術の概要

最終処分場では安定化までに長期を要し、最近では埋立処分される廃棄物中の焼却灰の比率が高まっているため、焼却灰を安定化材(セメント等)と事前に混合して埋め立てるプレミックス埋立手法を開発した。この埋立手法は、①覆土量の削減 ②浸出水量の削減 ③浸出水質の改善(重金属類の溶出防止) ④悪臭防止 ⑤飛散防止 ⑥地盤強度の確保 ⑦景観改善の効果が期待されると考えられる。

(1) プレミックス埋立手法における基礎実験概要

図-1に埋立イメージを示す。本手法は、安定化材の混合により埋立容量の確保の面で不利になるおそれもある。このため、効果や問題点を確認し、実施工を計画するうえでの基礎資料を得ることを目的として室内配合試験を行った。

試料：一般廃棄物の焼却灰、安定化材：エコセメント、配合比率：10%、20%、35%(重量比)、水セメント比：W/C=30%、供試体試験：一軸圧縮強度(σ_{28})、含水比、湿潤密度、三軸透水試験、タンクリーチング試験

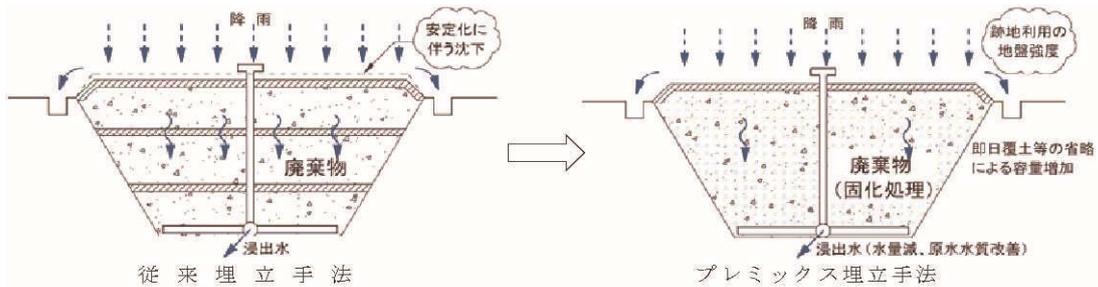


図-1 埋立イメージ図

1) 強度及び透水試験

配合試験における材令28日の供試体の一軸圧縮強さ(q_c)は、安定化材の配合量が増加するのに伴い増加する傾向が得られ、10%配合でも q_c は3,000kN/m²以上あり、通常の建築の基礎地盤としても全く問題ない強度が得られ、跡地利用が早期に行え、建築物構築においても低コストで施工できることが期待できる。透水係数は、全ての配合で 10^{-8} cm/sオーダー以下の値となっており、クラックや施工継目(埋立継目)の処理をうまく行えば、浸出水量を大幅に削減できることが期待できる。(表-1)

2) 溶出試験(タンクリーチング試験)

時間経過とともに徐々に溶出量値が増加する傾向があるが、28日間経過した時点においても、各項目とも基準省令の排水基準値は大幅に下回っている。特に、1日時点での値は低く、安定化材の表面に触れただけの水にはあまり有害物質等は溶出しないことが確認できた。(図-2)

3) 体積変化

焼却灰の転圧前体積にはジギング試験の密度の値、転圧後体積には突き棒での密度の値を採用した。配合量10%では4%程度減少するが、20%以上の配合では増加する傾向が確認できた。この結果より、10%程度以下の配合であれば安定化材を混合しても埋立容量を損なうことはない判断される。(図-3)

表-1 材令28日の一軸圧縮試験・三軸透水試験結果

| 配合率 | 一軸圧縮強さ平均 q_c (kN/m ²) | 三軸透水 k (cm/sec) | 湿潤密度平均 ρ_t (g/cm ³) | 含水比平均 Wn (%) |
|-----|--|-----------------------|---|-----------------|
| 10% | 3,224 | 1.09×10^{-8} | 1.898 | 23.7 |
| 20% | 7,006 | 8.99×10^{-9} | 1.920 | 21.7 |
| 35% | 16,838 | 8.38×10^{-9} | 1.925 | 20.8 |

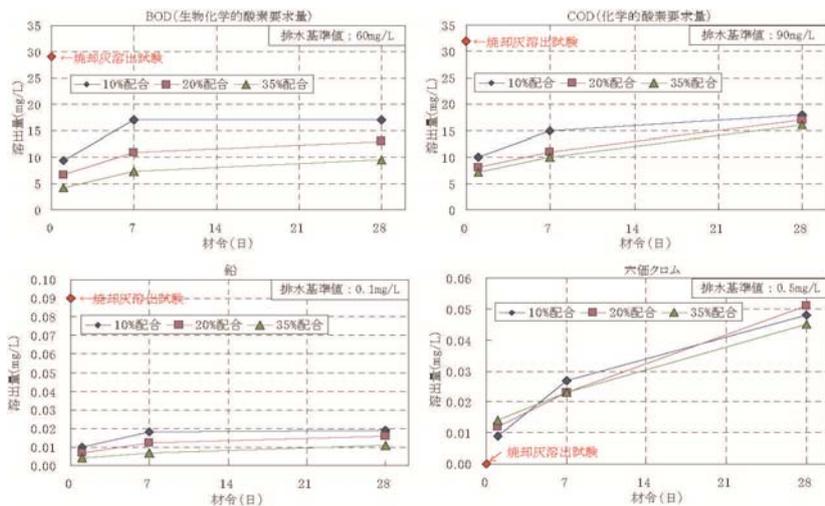


図-2 材令と各項目の溶出量との相関グラフ

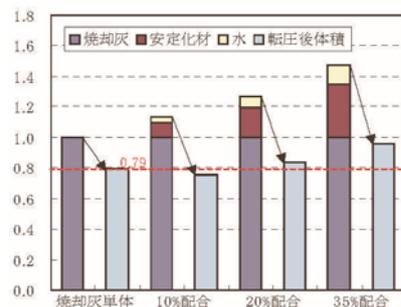


図-3 配合量による体積変化率

(2) 課題

・埋立容量を損なうことなく埋立処分場の環境改善が図られ、周辺への環境リスクを低減することが可能と考えられる。さらに、固化により廃棄物を封じ込めているため、分解等によるガスの発生および浸出水の水質変化も押さえられ、跡地利用もこれまでの処分場の跡地計画より高度な利用も可能であると考えられる。(表-2)

・プレミックス埋立のシステムの検討と長期暴露における浸出水や表流水の分析を行い、実際の埋立に適用した際の挙動を確認することが課題である。

表-2 室内試験結果における考察整理表

| 室内試験等 | 結果 | 考察・知見 | 効果 |
|------------|---|---|---|
| 配合試験 | 配合試験中、臭気は殆ど感じられない。 配合後はモルタル状を呈す。 | <ul style="list-style-type: none"> 焼却灰中には臭気の原因となる有機物を殆ど含んでいないためと考えられる。 モルタル状を呈すことで焼却灰の飛散抑制が可能。 | <ul style="list-style-type: none"> 即日覆土の削減の可能性 飛散防止 |
| 一軸圧縮強さ | $q_c=3,000\text{kN/m}^2$ 以上 (10%配合時) | <ul style="list-style-type: none"> 通常の建築基礎として全く問題ない強度が得られた。 もう少し配合率を下げた場合でも十分な強度が期待できる。 | 早期跡地利用 (建築物) |
| 透水試験 | 10^{-8}cm/s オーダー以下 | <ul style="list-style-type: none"> 構造基準における遮水層の規定よりも小さい値であり、クラックや施工継目の処理を上手く行うことで廃棄物中への雨水浸透を抑制できる。 | 埋立完了時の浸出水量の削減 |
| タンクリーチング試験 | 排水基準を大幅に下回る | <ul style="list-style-type: none"> 焼却灰を固化し、雨水等の触れる面積を小さくすることで溶出を抑制。 | 浸出水の水質改善による水処理システムの簡素化 |
| 体積変化 | 10%配合で4%減 20%配合以上では体積増加 | <ul style="list-style-type: none"> 10%配合以下であれば体積増加は無いため、埋立容量を損なわない。 20%以上の配合でも、固化により分解ガスの発生が無ければ即日覆土等を簡略化でき、埋立容量を損なわない。 | 埋立容量を損なわない埋立管理が可能 |

出典：一丸敏則・松浦彰男・桑原正彦 プレミックス埋立手法における基礎実験 第19回廃棄物学会 研究発表会講演論文集 2008

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 11

技術の名称：水砕スラグ混合埋立工法

処理対象：焼却灰

| | | | | |
|-------|----|-------|--------|-----------|
| 技術分類： | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立前処理 | 固化・不溶化 | 水砕スラグ混合埋立 |

対象物質等：COD T-N 重金属 pH H₂S

技術熟度：★ アイデア段階
★★ 理論的研究・基礎実験の段階

適用可能ライフステージ：埋立開始前 埋立開始～埋立後期 埋立後期以降
★★★ 実証が必要な段階
★★★★ 実証試験中・終了の段階

技術の概要：★★★★★ 実際の施工事例がある段階

産業副産物である鉄鋼スラグと廃棄物を混合して埋め立てて、廃棄物地盤の改質を行う。

(1) 廃棄物地盤の特性の研究事例の概要

試験は、次の3段階で行った。表-1に各試料の配合率、表-2に試験条件、表-3に物理試験結果を示す。
Stage1: 焼却灰に、ばいじん・無機汚泥・鉱さいを混合した試料を用いて、廃棄物層の強度特性および強度発現特性の差違を確認した。特に廃棄物層内の地下水位(以降は保有水水位と称する)の変動に起因する飽和度の変化による強度を確認した。
Stage2: 廃棄物に改質材を混合した場合の改良効果を確認した。改質材は、既往の研究成果に基づいて、セメント高炉B種(以降は高炉Bと称する)および水砕スラグを選択した。
Stage3: 締固めた廃棄物の強度特性を、締固めた土のコーン指数試験および土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験(側圧はStage1と同じ)により確認した。また、締固め仕事量と強度の関係から締固め特性も確認した。

表-2 各Stageの試験条件

| Stage 2 廃棄物層の地盤改良効果確認 | |
|---------------------------|--|
| 試料名 | 配合-1, 配合-2 |
| 改良材 | 高炉B種, 水滓スラグ |
| 配合率 | 高炉B種 30 kg/m ³ , 50 kg/m ³ , 70 kg/m ³ 水滓スラグ 15%, 30%, 50% |
| 養生期間 | 3日, 7日, 28日 |
| 養生方法 | 水中養生, 気中養生 |
| 供試体寸法 | 直径50 mm, 高さ100 mm |
| 供試体作成方法 | 1 Ecで締固め |
| 試験方法 | 土の非圧密非排水(UU)三軸圧縮試験 |
| Stage 1・Stage 3 廃棄物層の強度確認 | |
| 試料名 | 配合-1, 配合-2 |
| 養生期間 | 3日, 7日, 28日, (14日: Stage 1のみ) |
| 養生方法 | 水中養生, 気中養生 |
| 供試体寸法 | 直径50 mm, 高さ100 mm |
| 供試体作成方法 | 1 Ecで締固め |
| 試験方法 | 土の三軸圧縮試験(UU)三軸圧縮試験 |
| Stage 3 廃棄物層の強度発現傾向確認 | |
| 試料名 | 配合-1, 配合-2, 攪乱後再突固め試料 |
| 試験方法 | 締固めた土のコーン指数試験 |
| 供試体寸法 | 直径100 mm, 高さ100 mm |
| 突固め回数 | 22回, 55回, 121回, 199回 |
| 養生期間 | 3日, 7日, 28日 |
| 養生方法 | 水中養生, 気中養生 |
| 試験条件 | 養生後不攪乱, 養生後攪乱再締固め |

表-1 試験試料の廃棄物配合率(体積比%)

| 区分 | Stage 1 | | Stage 2 | | Stage 3 | |
|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | 配合-2 | 配合-1 | 配合-2 | 配合-1 | 配合-2 | 配合-1 |
| 焼却灰 | 20 | 45 | 20 | 45 | 20 | 20 |
| ばいじん | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 無機汚泥 | 50 | 25 | 50 | 25 | 50 | 50 |

表-3 試験試料の特性

| 試料 | 焼却灰 | | | ばいじん | | | 汚泥 | | | 配合-1 | | 配合-2 | | |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 2 | Stage 3 | Stage 1 | Stage 2 | Stage 3 |
| 土粒子の密度 g/cm ³ | 2.637 | 2.551 | 2.643 | 2.538 | 2.587 | 2.575 | 3.353 | 2.496 | 2.688 | 2.541 | 2.763 | 2.724 | 2.524 | 2.623 |
| 土の含水比 % | 45.1 | 25.8 | 24.6 | 19.5 | 26.0 | 21.8 | 102.8 | 166.0 | 32.7 | 41.2 | 19.7 | 54.2 | 64.8 | 27.1 |
| 礫分 % | 38.0 | 36.4 | 25.6 | 32.0 | 22.7 | 7.1 | 0.0 | 0.0 | 9.4 | 24.7 | 19.1 | 22.8 | 19.7 | 12.6 |
| 砂分 % | 40.0 | 47.4 | 55.2 | 40.5 | 39.4 | 6.1 | 0.9 | 2.1 | 32.6 | 41.2 | 48.0 | 44.2 | 37.0 | 32.1 |
| シルト分 % | 13.2 | 16.2 | 11.7 | 16.6 | 37.9 | 40.0 | 66.2 | 61.7 | 35.3 | 22.5 | 17.8 | 20.4 | 25.8 | 28.3 |
| 粘土分 % | 8.8 | 16.2 | 7.5 | 10.9 | 37.9 | 46.8 | 32.9 | 36.2 | 22.7 | 11.6 | 15.1 | 12.6 | 17.5 | 27.0 |
| 最大乾燥密度 g/cm ³ | | 1.429 | | | 1.115 | | | 0.513 | | 1.295 | 1.677 | 1.009 | 1.014 | 1.415 |
| 最適含水比 % | | 27.9 | | | 42.1 | | | 134.8 | | 33.2 | 16.8 | 50.6 | 49.2 | 20.4 |

注) 締固め試験方法は A-c 法

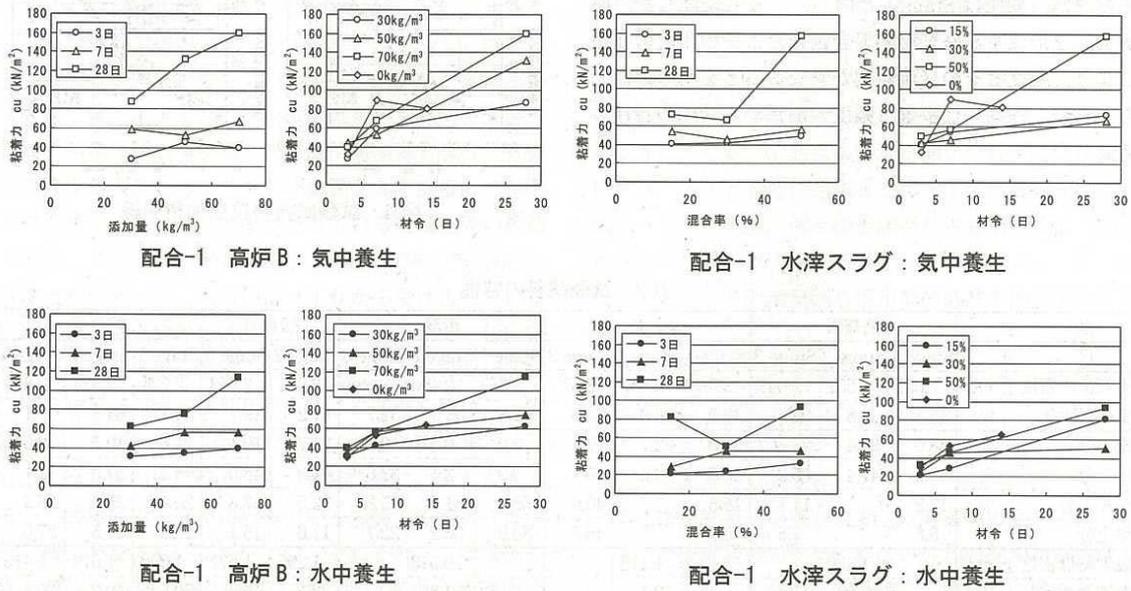


図-1 配合-1の改良効果

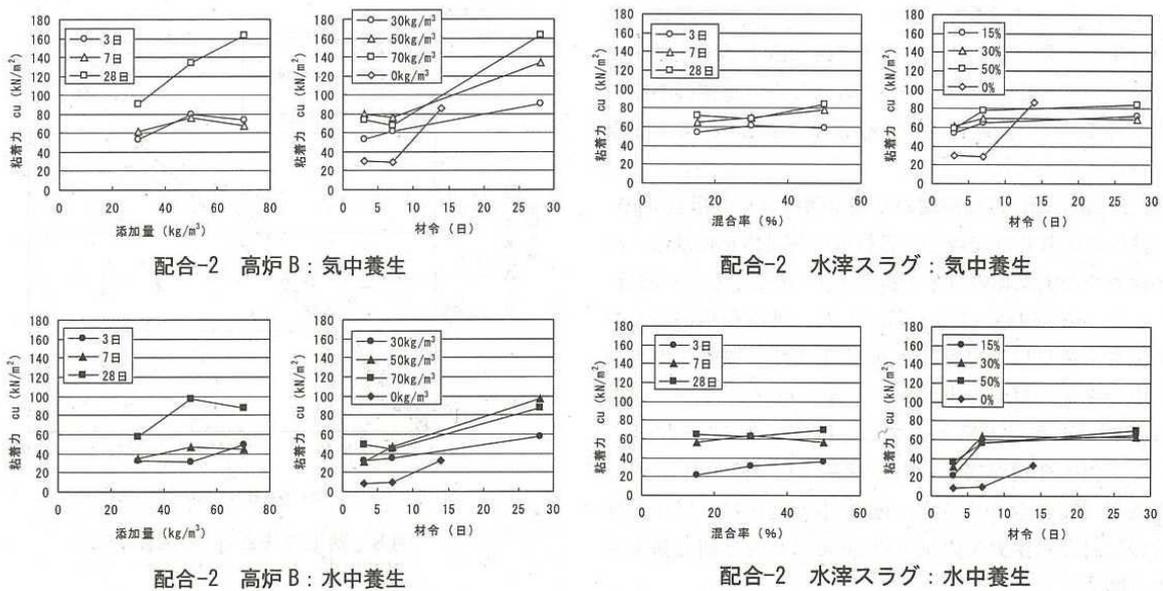


図-2 配合-2の改良効果

(2) 試験結果

- ・焼却灰が40%以上含まれる廃棄物は、養生方法に関係なく自硬性により強度が増加する。このため、改質材混合による地盤改良を行っても効果は顕著に現れにくい。このことから、このような廃棄物は、十分に締固めを行えば強度が増加すると考えられる。
- ・焼却灰の混合率が低く、ばいじん・無機汚泥を多く含む廃棄物は、自硬性による強度発現が相対的に少ないため、改質材混合等の地盤改良を必要とする場合があると考えられる。
- ・廃棄物の埋立処分では、焼却灰の混合量を40%以上にするよう埋立管理を行い、ばいじん・無機汚泥を集中的に埋立処分することは、廃棄物層の強度が低くなることが懸念されるため避けることが望ましい。
- ・改質材としては、水滓スラグは高炉Bに比べ強度発現が劣る。この傾向は、ばいじん・無機汚泥の多く混入する廃棄物ほど顕著に現れる。

出典：(一財)みなと総合研究財団 海面最終処分場廃棄物地盤の特性と産業副産物による改質効果
 廃棄物資源循環学会誌 2012

| | | | | |
|-------------|-------|---|--------|----------------------|
| 技術の名称 | 浮泥層除去 | | | |
| 処理対象 | 浮泥 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 浮泥処理 | 回収・除去 | 浮泥層除去 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |
| 技術の概要 | | | | |

沈降した浮泥(微細粒子)を、サンドポンプ等により吸引し除去する工法である。これらは、従来の技術が適用可能であるが、浮泥の特性を把握することが重要である。
海面処分場の内水ポンド底部表層に分布する、含水比が高く非常に軟弱な底質(浮泥)は、廃棄物から溶出した汚濁物質を含んでおり、内水ポンドにおいて、嫌気的な環境下で分解または可溶化し、水質悪化の原因になる可能性が高い。

(1) 浮泥の現地調査事例¹⁾

一般廃棄物焼却灰、汚泥を中心に埋立を行っている海面処分場の調査事例を示す。

- 1) 水質調査 全体調査：内水ポンドの縦断方向と横断方向に調査測線を設定し、40m間隔で深度方向にpH、ORP、EC、透視度、水温を原位置で測定、内水ポンドの中央部と廃棄物を埋立している周縁部の2箇所です採水し、EC、COD、T-N、TOC、Ca、Cl等を測定した。
- 2) 浮泥調査 超音波の深淺、レッド測深による層厚分布調査、エクマンバージ、柱状採泥器で採泥による分析調査、溶出濃度、含有量を測定した。
- 3) 調査結果 ①堆積分布：斜面の先からポンド中央部にかけて層厚10～90cmで分布しており、中央が最も厚かった。(図-1) ②土質特性：細粒分が主体で砂分は数%であった。(表-1、図-2) ③内水ポンドの水質分布(図-3)に対して、浮泥は、含有量：浮泥A(外縁部)と浮泥C(中央部)を比較すると、浮泥AはTOC、S、P、Alが高く、浮泥CはT-N、Ca、Mg、Clが高くなっていた。(表-2) ④溶出濃度：浮泥AはTOC、Sの溶出量が多く、浮泥CはEC、COD、T-N、Ca等が多い。(表-3) しかし、含有量から考えるとほとんど溶出していない。短時間で堆積した相対的に粗粒な浮泥はイオン化しにくい重金属や有機物を沈殿過程に多く取り込んでいる可能性が高い。

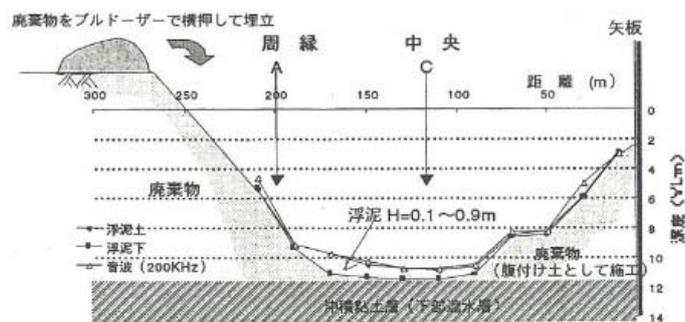


図-1 浮泥の堆積状況

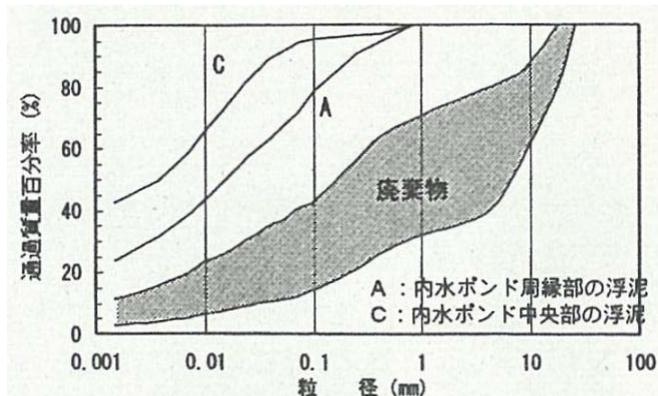


図-2 浮泥等の粒度分布

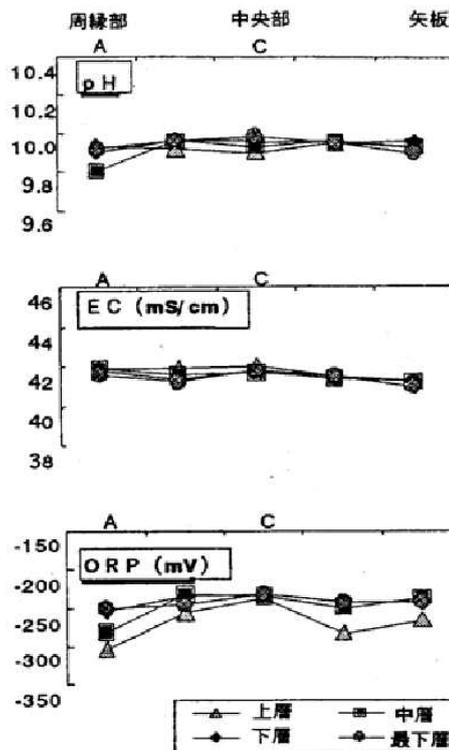


図-3 内水ポンド水質の水平分布

表-1 浮泥の土質特性

| 項目 | 地点 | A (周縁部) C (中央部) | |
|----------|----------------------------|-----------------|---------|
| | | A (周縁部) | C (中央部) |
| 一般 | 土粒子密度 (g/cm ³) | 2.665 | 2.648 |
| | 含水比 (%) | 228.6 | 319.8 |
| 粒度 | 泥分 (%) | 0.0 | 0.0 |
| | 砂分 (%) | 28.1 | 5.7 |
| | シルト分 (%) | 37.5 | 41.4 |
| | 粘土分 (%) | 34.4 | 52.9 |
| 強熱減量 (%) | | 2.3 | 1.8 |

表-2 浮泥の含有量試験結果

| 項目 | A (周縁部) | C (中央部) |
|------------------|---------|---------|
| Ca (ng/dry-kg) | 25,500 | 27,900 |
| Mg (ng/dry-kg) | 1,610 | 2,390 |
| Na (ng/dry-kg) | 7,310 | 7,480 |
| K (ng/dry-kg) | 1,950 | 1,880 |
| Cl (ng/dry-kg) | 14,200 | 16,600 |
| S (ng/dry-kg) | 6,280 | 2,830 |
| TC (ng/dry-kg) | 22,800 | 5,390 |
| T-N (ng/dry-kg) | 1,770 | 2,020 |
| P (ng/dry-kg) | 853 | 561 |
| Fe (ng/dry-kg) | 4,380 | 2,330 |
| Mn (ng/dry-kg) | 252 | 196 |
| Al (ng/dry-kg) | 7,280 | 5,400 |
| As (ng/dry-kg) | 3.12 | 2.48 |
| Pb (ng/dry-kg) | 223 | 81.3 |
| Cd (ng/dry-kg) | 7.60 | 3.20 |
| T-Cr (ng/dry-kg) | <0.04 | 0.38 |
| Cu (ng/dry-kg) | 293 | 111 |
| Ni (ng/dry-kg) | 65.7 | 34.8 |
| Hg (ng/dry-kg) | 0.0026 | 0.0009 |
| Zn (ng/dry-kg) | 1,430 | 550 |

表-3 浮泥の溶出試験結果

| 項目 | A (周縁部) | C (中央部) |
|---------------------------|---------|---------|
| pH (-) | 10.5 | 10.5 |
| EC (mS/m) | 1,940 | 2,320 |
| ORP (mV) | 179 | 131 |
| Ca (mg/L) | 1,560 | 1,800 |
| Mg (mg/L) | 0.98 | 1.19 |
| Na (mg/L) | 3,160 | 3,860 |
| K (mg/L) | 761 | 795 |
| Cl (mg/L) | 6,340 | 7,680 |
| SO ₄ (mg/L) | 1,280 | 1,070 |
| TOC (mg/L) | 20,700 | 3,940 |
| CODMn (mg/L) | 129 | 309 |
| i-N (mg/L) | 9.1 | 10.7 |
| NH ₄ -N (mg/L) | 0.30 | 0.30 |
| NO ₂ -N (mg/L) | <0.050 | <0.050 |
| NO ₃ -N (mg/L) | <2.25 | <4.50 |
| P (mg/L) | <0.50 | <0.50 |
| Fe (mg/L) | 0.08 | 0.06 |
| Mn (mg/L) | <0.01 | <0.01 |
| Al (mg/L) | 13.7 | 23.9 |
| As (mg/L) | 0.001 | 0.001 |
| Pb (mg/L) | <0.01 | <0.01 |
| Cd (mg/L) | 0.03 | <0.01 |
| Cr ⁶⁺ (mg/L) | <0.04 | <0.04 |
| Cu (mg/L) | 0.59 | 0.60 |
| Ni (mg/L) | 0.09 | 0.04 |
| Hg (mg/L) | 0.0002 | <0.0001 |
| Zn (mg/L) | 0.04 | 0.03 |

(2) 浮泥に関する安定化促進方策の研究事例 2) 3)

海水中における焼却灰の沈降特性を利用し、埋立地の安定化促進に効果的な方法を調査した。

1) 実験結果

①海水中に焼却灰を投入することによりフロックが生成する。②フロックは生成時に汚濁成分を取り込んだ。(図-4) ③焼却灰からの汚濁成分の洗出しは、沈降距離に影響を受ける可能性がある。さらに、沈降距離は堆積層内間隙水の汚濁成分濃度に影響を及ぼすと考えられた。(表-4) ④焼却灰は、一般土砂(海底土やダム底質土)よりも凝集性が高かった。⑤焼却灰の凝集性はpHの影響を受け、pH10.2~10.6程度で粒径の大きいフロックが生成された。⑥沈降距離が長くなるに伴い微細粒子(浮泥)の生成量は増加した。すなわち、浮泥は有機分を多く含み、浮泥層の透水性は砂礫層よりも低いため、廃棄物埋立地盤より浮泥層を除去するか、埋立前に浮泥を取り除くことが早期安定化に有効である。埋立前の浮泥除去のイメージを図-5に示す。

表-4 TOCの溶出特性

| 項目 | 単位 | 水深 (m) | | | |
|------|-----|--------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| 残留海水 | 濃度 | mg/L | 15 | 13 | 9 |
| | 溶出量 | mg | 1020 | 1760 | 1840 |
| 砂礫層 | 濃度 | mg/L | 334 | 324 | 229 |
| | 溶出量 | mg | 1120 | 1070 | 770 |

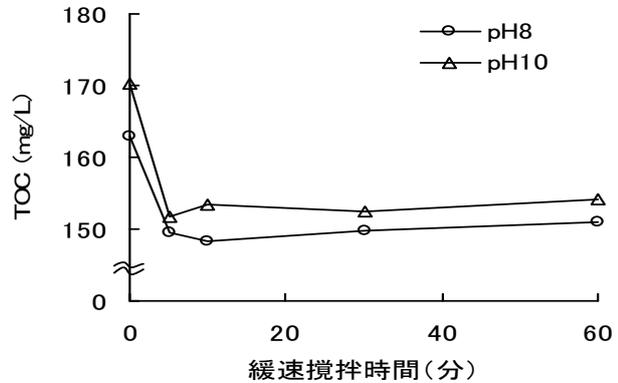


図-4 攪拌と水中のTOC濃度

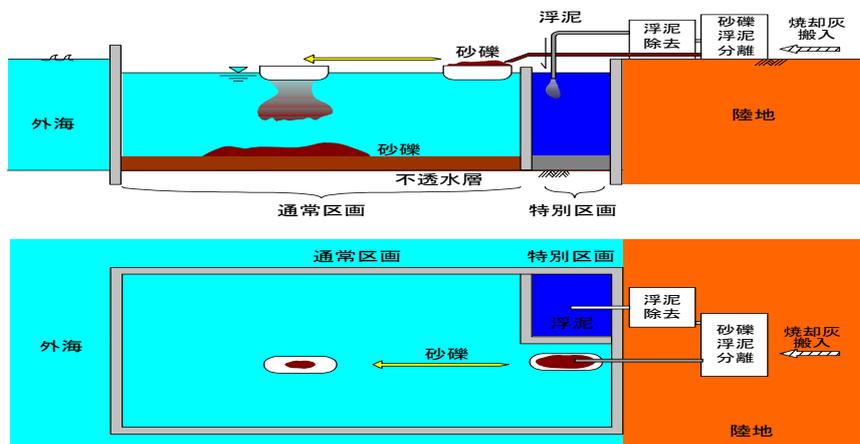


図-5 埋立前の浮泥除去イメージ

- 出典：1) (財)日本環境衛生センター 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討調査報告書 文献調査編
(環境省委託) 2005
- 2) 崎田省吾・島岡隆行・古賀大三郎・東原純・前田直也・小林哲夫 廃棄物海面埋立処分場内水ポンド
の水質分布と浮泥の特性 第24回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 2003
- 3) 古賀大三郎・島岡隆行・崎田省吾・横尾武臣・小久保裕 海面埋立地における早期安定化のため
の浮泥除去に関する研究 第26回全国都市清掃研究・事例発表会講演論文集 2005

| | | | | |
|-------------|---------------------|-----------|---------|---------------------|
| 技術の名称 | ポンド方式 | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物・産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立工法 | 分別・分級埋立 | ポンド方式 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★★★ ★. アイデア段階 | | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 |
| | | | | ★★★★. 実証が必要な段階 |
| | | | | ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 |
| 技術の概要 | ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | | |

海面埋立処分場を複数の区画(ポンド)に分け、廃棄物の種類や汚濁度等に合わせて各区画の受入基準を設定して埋め立てて、区画毎の安定化や円滑な跡地利用を図る方法であり、ポンドの堰堤ごとに汚濁負荷を封じ込めるため、排水が廃止基準を満足するまでの期間が短くなる効果が期待できる。
 ここでは、ポンド方式について、廃棄物や建設汚泥で築堤後、形成したポンド内に廃棄物の種類を勘案して埋め立てる工法(ケース1)及び比較的良質な材料で形成したポンドの陸上部を安定型廃棄物と管理型廃棄物の区画に分けて埋め立てる工法(ケース2)の施工事例を示す。

(1) ポンド工法(ケース1)施工事例¹⁾

産業廃棄物により築堤を行い複数区画の池(ポンド)を造成し、水質汚濁を最小限に抑えるため、ポンド内に汚泥、ばいじん等を埋め立てるもので、廃棄物の種類や性状を勘案して封じ込める工法である。

○ケース1の施工事例

産業廃棄物等により幅約20mの堤を築き複数区画のポンドを造り、廃棄物を計画的に受け入れる。(図-1)

築堤端は、不安定地盤なので、車両の走行禁止区域としている。

なお、環境保全のために最終覆土を1mとし、この内上部に50cmの山砂を勾配をつけて盛り、植芝することによって、表流水のポンド外への排水を促すとともに、ポンドへの降雨浸透水量を減らして、ポンドからの汚濁負荷の浸出を抑制する。

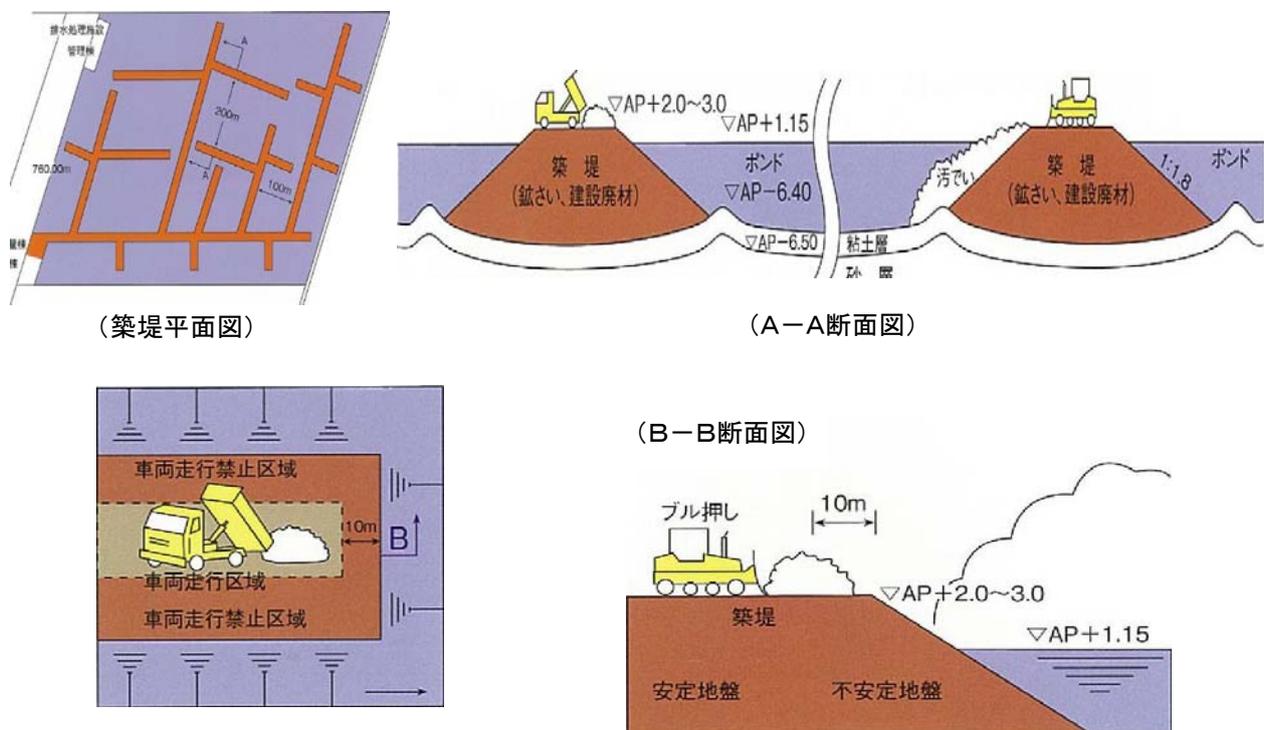


図-1 産業廃棄物により築堤したポンド工法の基本概念(ケース1)

(2) ポンド工法(ケース2)

土砂やがれきにより築造した区割堤で仕切られたポンドごとに、産業廃棄物等を封じ込める工法である。

ポンドの埋め立てが陸上埋立に移行し、覆土後に、安定型と管理型のポンドを区分して埋め立てる。安定型ポンドには安定型廃棄物を、管理型ポンドには管理型廃棄物を埋め立てる工法である。

○ポンド工法(ケース2)の施工事例²⁾

土砂・がれきにより幅約35mの区割堤を築き複数区画のポンドを造り、廃棄物を埋め立てて、水面より上に設定された計画埋立高さに達したら覆土する。(図-2)

覆土後の陸上区画の埋め立てにおいては、安定型ポンドと称する区画には土砂・がれき等の安定型廃棄物を埋め立て、管理型ポンドと称する区画には汚泥等の管理型廃棄物を、それぞれ埋め立てる。(図-3)

管理型ポンドは、区割堤上部に堤体を増築し遮水シートを施工する。また、有孔管を管理型廃棄物埋立層の最下部に敷設して浸出水を集め、排水処理施設で処理後、海域への放流や処分地内での水利用を行う。

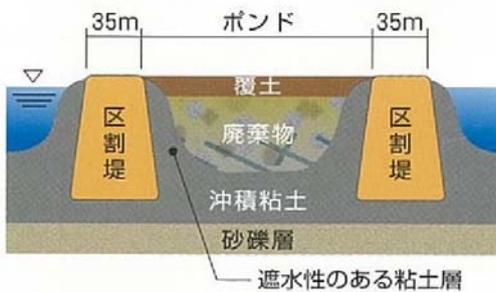


図-2 海面埋立処分段階の基本概念
(ケース2) (1)

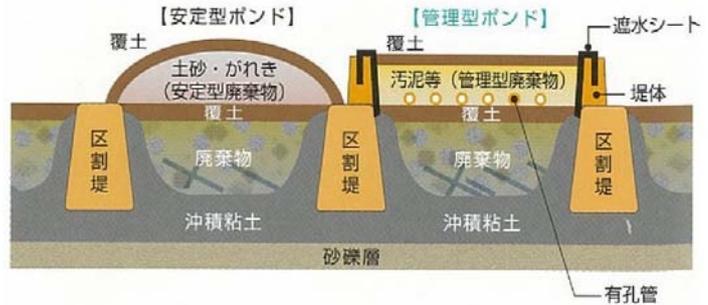


図-3 陸上埋立処分段階の基本概念
(ケース2) (2)

出典：1) 富津地区廃棄物処分場 パンフレット
2) 大阪府堺第7-3区埋立処分地 パンフレット

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 14

| | | | | |
|-------------|-------------|---|--------|---------------------|
| 技術の名称 | 分割埋立（区画埋立） | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物・産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立工法 | 区画埋立 | 分割埋立 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |
| 技術の概要 | | | | |

(1) 区画埋立の基本的な考え方
 最終処分場は、埋立期間がおおむね15年間前後と長年月を要し、埋立面積が広大で、浸出水量の低減、管理の容易性、埋立地の早期安定を目的に、区画埋立などの段階的な埋立計画が必要となる。
 区画埋立などの段階的な整備は、埋立地の地形や規模によって大きく異なるが、一般的には施設整備の段取りや埋立作業が容易になるばかりでなく、造成形状の安定性の確保、埋立層の安定化の促進、浸出水の良質化や減量化などが図られ、埋立地の機能が十分確保されることにもなる。
 最終処分場の埋立面積が広大で、埋立期間が比較的長期間にわたる場合、浸出水処理量の制御低減、表面遮水工の劣化防止、埋立地盤の早期安定、埋立中および終了後の維持管理コスト低減などを目的に区画埋立を計画し、必要に応じて区画堤などを設けることが望ましい。

(2) 区画埋立
 区画埋立は広大な埋立地において、同種類の廃棄物であっても、埋立地を区画分けして、既埋立区画、埋立中の区画、未埋立区画を明確にして埋め立てることによって、埋立地の管理や浸出水量や質の制御が容易になる。
 区画埋立による区画堤は、埋立物の流出防止や区画ごとに雨水の遮断機能を有した有効な施設であると同時に、既埋立区画には覆土などを施すことにより、景観を十分配慮した段階的整備が可能となる。区画埋立の実施の可否は、計画地の地形的条件、埋立計画、浸出水処理施設の能力、作業性や区画堤の設置による建設費増と埋立容積減などを相互的に勘案して採用する必要がある。区画数は、国庫補助申請で整備する場合、埋立年数が10年から15年程度となることが多く、利点、欠点、リスクを総合的に検討する必要があるが、2～3区画としている事例が多い。

(3) 分割埋立
 異種類の廃棄物を種類や形状などに応じて別々に分割して埋め立てる方法を分割埋立という。
 埋立処分地の早期安定化や廃棄物のリサイクル促進の観点から、分割埋立によって埋立地や埋立跡地の管理が容易になる場合が多い。

出典：(社)全国都市清掃会議 廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領 2010改訂版

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 15

| | | | | |
|-------------|-------|---|---------|---------------------|
| 技術の名称 | 分級埋立 | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立工法 | 分別・分級埋立 | 分級埋立 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |

技術の概要：

汚濁成分と溶出の濃度・速度など化学的視点から、特性の異なる粒径別に分級前処理を行い、透水性の良い粗粒子区分と細粒子区分に分けて、特に汚濁物質を多量に含み透水性も低い細粒子区分は分割して、別の区画に埋め立てる工法である。

粗い粒子の区画は、汚濁度が低く、また、透水性の改善に伴う有機性等の汚濁物質の移流促進によって、洗出しが促進され早期の安定化効果が期待できる。汚濁度の高い細かな粒子は分割した区画に封じ込め、性状に応じた安定化対策が行える。

細粒子区分は中仕切りにより封じ込めるか、或いは、仕切りを設けずに細粒子区分をセメントで固化等を行って埋め立てる方法が考えられる。

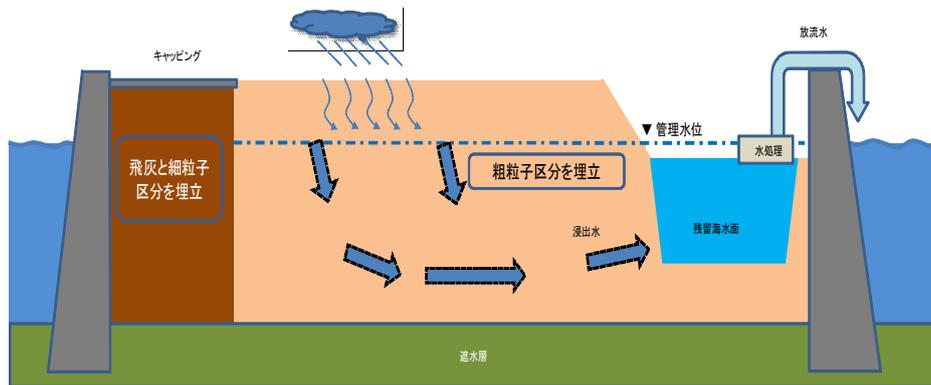


図-1 分級埋立の基本イメージ

出典：国土交通省 分級工法における埋立方法の基本コンセプト 管理型海面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(第2回) 2016

| | | | | |
|-------------|--------------------------------------|-----------|---------|---|
| 技術の名称 | 層的分別埋立 | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物、産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立工法 | 上下層分離埋立 | 層的分別埋立 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★★★★ ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 | | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★★★. 実証が必要な段階 ★★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 |
| | 技術の概要 | | | |

東京都が管理する新海面処分場Aブロックでは、廃棄物の埋立に先立ち、海面部を浚渫土砂や建設発生土で陸化した後に焼却残渣を受け入れている。このような埋立方式は海面埋立処分場としては類がなく、内陸の埋立処分場と大差のない準好気性埋立構造とすることができる。

○ 施工事例

東京港内の新海面処分場は、総面積が約480haあり、A～Gの7つのブロックから成っている。このうち、A～Eの5つのブロックが埋立後飛散防止や汚水処理等の管理が必要な廃棄物を埋め立てる管理型ブロックで、計画埋立地盤高はA .P. +30m(Aブロックは+6m)となっており、浚渫土等で埋め立て陸化した後、廃棄物等を埋立処分する計画であり、現在、Aブロックが埋立中である。(表-1、図-1、図-2)

新海面処分場Aブロックでは、廃棄物の埋立が進行するにしたがって、浸出水の汚濁濃度は高くなる傾向にある。この傾向は一般的な海面埋立処分場と同様である。(表-2)

しかしながら、焼却残渣のみを受け入れているため、一般的な内陸埋立処分場と比較して浸出水の汚濁濃度は低く、pHを除き排水基準を満足している。以上のことから、海面部を浚渫土砂で埋め立てた後、可燃ゴミ焼却残渣のみを受け入れている埋立処分場では、海面及び内陸の一般的な埋立処分場に比べ、埋立終了後の浸出水等の早期安定化に有効であり、処分場廃止までの期間を短縮できるものと考えられる。

表-1 新海面処分場Aブロックの概要¹⁾²⁾

| 処分場名 | 埋立面積 | 埋立容量 | 埋立期間 | 埋立物 |
|---------------|------|---------------------|-----------|------|
| 新海面処分場 A ブロック | 20ha | 約100万m ³ | 平成10～13年度 | 焼却残渣 |

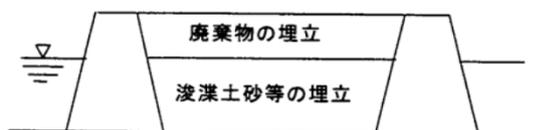


図-1 新海面処分場Aブロックの概念

表-2 新海面処分場Aブロックの浸出水質

| 項目 | 平成11年度 | 平成12年度 |
|-------------------|--------------|----------------|
| | 平均(最小～最大) | 平均(最小～最大) |
| pH | 8.6(8.3～9.1) | 9.0(7.3～9.8) |
| BOD(mg/l) | 8.4(4.4～29) | 24(6.2～67) |
| COD(mg/l) | 21(13～52) | 34(20～60) |
| SS(mg/l) | 13(4～29) | 26(2～122) |
| 窒素(mg/l) | 3.5(2.3～4.6) | 14.3(5.2～27.9) |
| ダイオキシン類(pg-TEQ/l) | - | 0.69 |

注) 重金属等は水質汚濁防止法の放流水排出基準を下回っていた。



図-5.1 新海面処分場の平面図

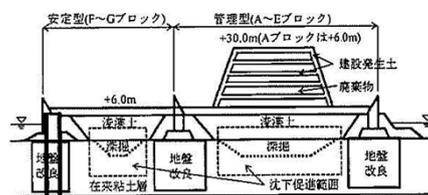


図-2 新海面処分場の平面図と埋立断面のイメージ

出典：1)国土交通省 港湾局 (財)港湾空間高度化環境研究センター 一般廃棄物を受け入れる廃棄物埋立護岸の有効な土地利用検討業務報告書 準好気化埋立 2008

2) (財)日本環境衛生センター 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討調査報告書(環境省委託) 2005

3) 松山公正・新舎博・藤森修吾 海面処分場の現状と将来性 海面処分場の事例その1 東京都新海面処分場の例について 地盤工学会誌 2013

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

整理番号 17

| | | | | |
|-------------|---------------------|--------------------------|---------|---|
| 技術の名称 | 透水性反応層、不透水層による保有水分離 | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物・産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 埋立 | 埋立工法 | 上下層分離埋立 | 透水性反応層の設置 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★ | ※不透水層による保有水分離は★で、対象物質は不明 | | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 |

技術の概要

廃棄物埋立処分場においては、雨水等の流入により様々な化学物質が埋立廃棄物から溶出し、長期間にわたり水処理が必要な浸出水が流出する。特に埋立初期には高濃度の汚濁成分が溶出し、浸出水処理は、濃度変動に対応し、かつ、長期間継続する必要がある。より安全な処分場の建設、管理及び埋立方法とすするためには、処分場内での化学物質の固定、除去、あるいは早期安定化方法を確立することが重要である。本技術は、廃棄物を埋め立てる際に敷設される覆土を改質することにより浸出水の浄化資材 (PRB) として機能させ、埋立層内で汚濁物質を除去することにより、水処理施設の負荷を安定・軽減するとともに、万が一の漏水事故時の周辺環境汚染リスクを軽減する。

○ 水平型浸透性反応層 (HPRB) による有害物質捕捉技術の長期性能評価実験事例

1) 実験概要

実験に用いたテストセルは、深さ7m、直径5mの円筒状で廃棄物層は2.5mを2層、その間の中間覆土と底部覆土にHPRBを0.5m敷設した。HPRBの材料としては、汚濁物質の処理効果をもつ火山灰土壌、鉄粉と透水性向上のために熔融スラグ(スラグ)を混合して用いた。対照として、HPRBのかわりにスラグのみを敷設したセルを設置した。混合廃棄物を2種類用意し、それぞれHPRBを敷設したものとスラグを敷設したものを作成し、合計4基設置した。テストセル4基それぞれの浸出水及び内部保有水を採取し、溶出成分の長期挙動の把握及びHPRBの処理効果の持続性の検証等を行った。

テストセル最下部に流出してくる浸出水及び表-1の内部各層の保有水に含まれる有機汚濁成分 (BOD, COD, TOCなど)、イオン類、揮発性脂肪酸、金属類(非金属類を含む)等をモニタリング項目とした。

2) 中長期継続モニタリング結果

有機汚濁成分の指標として浸出水のBOD, COD, TOCを測定した結果を図-1に示す。埋立初期において、COD, TOCが非常に高濃度で溶出するが、HPRBを敷設したテストセルNo. 1、No. 3では1600日経過時までスラグを敷設したセルNo. 2、No. 4に比べて安定した水質が得られた。

浸出水に含まれて高濃度で溶出する金属類は少なかった。有害金属の中ではヒ素、セレンが排水基準値を超える濃度で溶出した。有機性廃棄物からヒ素が溶出したが、HPRBによりおおむね排水基準以下の濃度に処理された。セレンは排水基準値をやや上回る場合もあったが、HPRB層による削減効果は確認された。

また、HPRBを使用した場合の水処理負荷低減効果をLCAで評価したところ、運転時の負荷低減効果だけを比較しても大幅に環境負荷が削減されることが判明した。

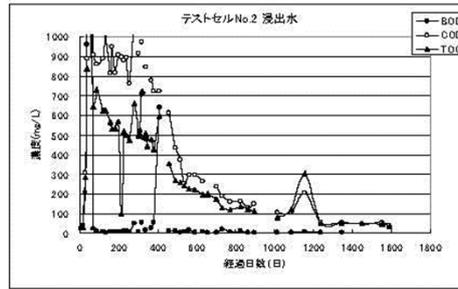
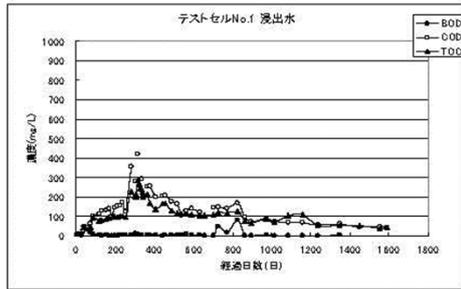
表-1 各テストセルの充填物配合

| | セル1 | セル2 | セル3 | セル4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 最終覆土 | 土壌+スラグ | 土壌+スラグ | 土壌+スラグ | 土壌+スラグ |
| 上層廃棄物 | 廃棄物A | 廃棄物A | 廃棄物B | 廃棄物B |
| 中間覆土 | PRB | スラグ | PRB | スラグ |
| 下層廃棄物 | 廃棄物A | 廃棄物A | 廃棄物B | 廃棄物B |
| 底部覆土 | PRB | スラグ | PRB | スラグ |

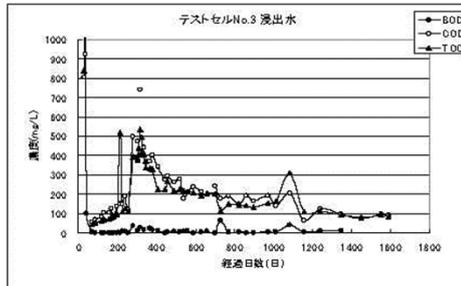
廃棄物A 焼却灰50%、不燃ごみ等破砕物20%、シュレッダーダスト30%

廃棄物B 焼却灰47.6%、不燃ごみ等破砕物19%、シュレッダーダスト28.6%、コンポスト4.8%

無機性廃棄物



有機性廃棄物



中間、底部に PRB 層を敷設

中間、底部にスラグ層を敷設

図-1 テストセル浸出水の有機汚濁成分濃度の推移

(上下層分離埋立に係るアイデア事例)

○不透水層による保有水分離

前項の水平型浸透性反応層 (HPRB) の事例と異なって、不透水層を設置して上下層を分離して埋め立てるアイデア技術である。

薄層撒き出し工法等で、管理水位以下の埋立中に、粘土などで不透水層を設け、上下に保有水を分離することによって、飽和層内の廃棄物は封じ込め、上層の不飽和帯のみ洗い出しによって安定化し、期間短縮を図ることを目的とする。

なお、透水性の低い材料を用いて、通常の施工法で実施できるため、特に研究等は実施されていないとみられる。

出典：渡辺洋一・川崎幹生・磯部友護・鈴木和将・小野雄策・山田正人・遠藤和人 水平型浸透性反応層 (HPRB) による有害物質補足技術の長期性能評価 第21回廃棄物資源循環学会研究発表会 2010

| | | | | |
|-------------|-------------|---|----------|----------------------|
| 技術の名称 | 多機能型覆土システム | | | |
| 処理対象 | 一般廃棄物・産業廃棄物 | | | |
| 技術分類 | 種別 | 大分類 | 中分類 | 対策技術 |
| | 覆土 | 多機能覆土 | 多機能型システム | 多機能型覆土 |
| 対象物質等 | COD | T-N | 重金属 | pH, H ₂ S |
| 技術熟度 | ★★ | ★. アイデア段階 ★★. 理論的研究・基礎実験の段階 ★★★. 実証が必要な段階 ★★★★. 実証試験中・終了の段階 ★★★★★. 実際の施工事例がある段階 | | |
| 適用可能ライフステージ | 埋立開始前 | 埋立開始～埋立後期 | 埋立後期以降 | |

技術の概要

廃棄物処分場の覆土は、良質な土砂等もしくは粘性等を用いていることが多いが、覆土を多機能にすることで、処分場内の保有水処理及び発生ガス処理を促進し、維持管理コストを低減することが期待される。

○ 検討事例

多機能型覆土システムは、バリア層によって透水量を制御し、透気層(バイオフィルター層)によって透気量を制御しながら硫化水素ガスとメタンガスを処理し、表層には耐浸食性に優れた(植栽層)を有するメンテナンスを最小限にとどめた最終覆土である。

植栽層、バリア層、透気層について必要な性能を図-1に示す。植栽層においては浸食防止や透水性の制御が求められ、景観としての機能も重要である。バリア層では、透水性制御、ガス拡散防止、浸食防止の機能が必要である。さらに、下部の透気層において酸化しきれない過剰なメタンガスや吸着できない硫化水素ガスの反応予備領域としても期待することができる。透気層では、ガスの収集ならびに収集移動過程における硫化水素ガスならびにメタンガスの捕捉性能が要求される。また、透気性を確保するために粗粒土で構成される通気層は粘着性がないため、斜面安定の観点からはすべり面になることも検討しなければならない。

提案されている多機能型覆土は、積層構造であるがキャピラリーバリア型覆土のように求められる材料品質が高くなくとも雨水浸透を構造的に抑制でき、同時に埋立ガスの収集と酸化・吸着を行うことで、最終覆土上部への環境影響を減少させて跡地利用を可能にしようとするシステムである。鉛直方向の積層構造のみならず、平面的にも多様性を持たせた構造とすることで、集水域を設定し最終覆土を介したガスと水の交換量を制御可能な工学的最終覆土となる。

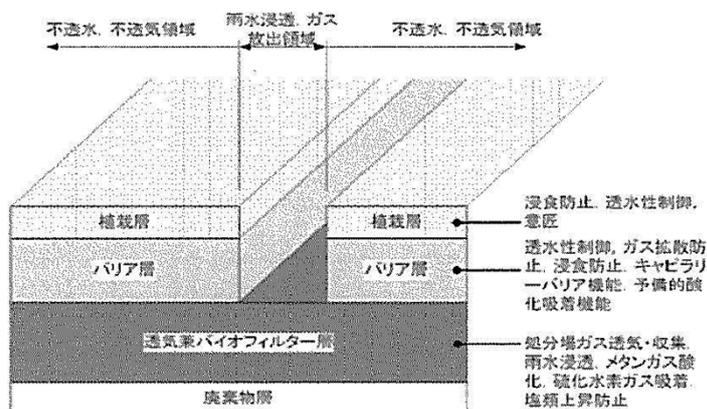


図-1 多機能型覆土に求められる性能

図-2に多機能型覆土の概念断面図を示す。覆土表面は勾配を有する構造となっており、雨水を集排水可能である。また、バリア層の開口部面積を変化させることによって、廃棄物層へと浸透させる雨水量を調整できる。透気層はスラグ等の粗砂からレキ相当の粒径を有する粒状体によって構成されることを想定しているため、基本的には蒸発の影響を無視することが可能であり、浸透量の計算が降雨量によって簡便に計算できる利点を有している。また、廃棄物層はその安定化の進行にもなって生物分解に必要な水分量(蒸発による消失量も含む)が変化する。一般的な経年変化として、廃棄物の安定化が進行するにしたがって基質となる有機物が減少するため、微生物活動も低下して必要となる水分量も減少することになる。廃棄物層への必要以上の給水は、水処理負荷を増大させることになるため、適正な水分供給を管理することが求められる。

図-3に示すように、多機能型覆土は安定化度の違いによって開口部面積を変化させることで廃棄物層への雨水浸透量を容易に制御することができ、同時に安定化の進行にしたがって減少する処分場ガスの排気口面積の制御としても機能する。

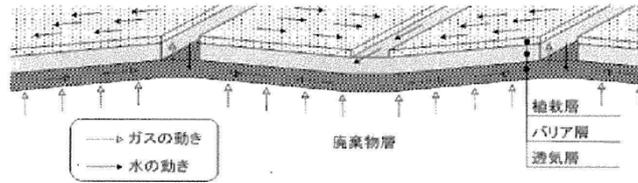


図-2 多機能型覆土の概念図

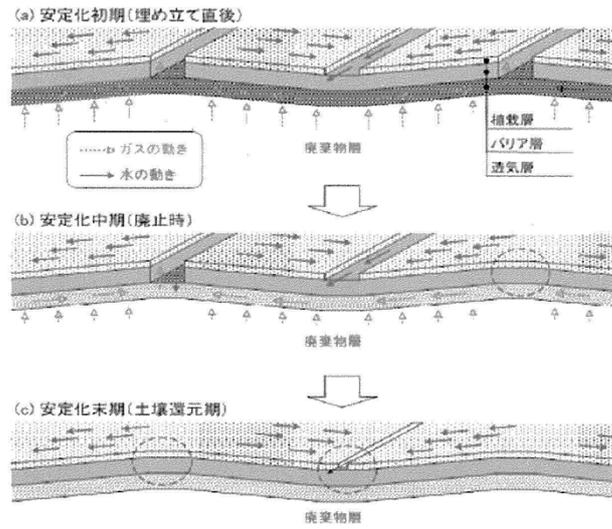


図-3 多機能型覆土の段階的施工イメージ

出典：国立環境研究所 最終処分場の早期跡地利用を考慮した多機能型覆土の検討 廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告 2004