

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

はじめに

「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」は、管理型海面最終処分場の安定化を促進し、当該処分場を早期に廃止するための技術について、最新の知見をとりまとめたものである。

これらの知見をとりまとめるため、国土交通省港湾局が発注した「管理型海面最終処分場の早期安定化及び利用高度化に関する検討業務」の下で、一般財団法人みなと総合研究財団において、「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（委員長：嘉門雅史 一般社団法人環境地盤工学研究所理事長）」及び「早期安定化技術分科会」を設置した。

本技術情報集においては、早期安定化技術のさらなる進展に資する観点から、港湾における管理型処分場の早期安定化に資する可能性のある技術について整理し、当該処分場への制度的・技術的な適用性が高く、特に今後の技術開発により有効な技術となる可能性が高い技術を選定した上で、選定した技術の概要、現状の課題、留意事項等について詳細に解説している。

これにより、管理型海面最終処分場を現在保有、もしくは今後整備する予定の港湾管理者及び地方自治体をはじめとした関係者において、早期安定化技術に関する最新の知見の共有が図られ、当該技術のさらなる研究・開発が進展することが期待される。

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名簿（五十音順）

委員長	嘉門 雅史	一般社団法人 環境地盤工学研究所 理事長
副委員長	土田 孝	広島大学大学院 教授
委員	遠藤 和人	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 循環利用・適正処理処分技術研究室 主任研究員
委員	勝見 武	京都大学大学院 教授
委員	菊池 喜昭	東京理科大学 教授
委員	島岡 隆行	九州大学大学院 教授
委員	宮脇 健太郎	明星大学 教授
委員	森脇 武夫	国立呉工業高等専門学校 教授
委員	渡部 要一	北海道大学大学院工学研究院 教授

関係機関	国土交通省 港湾局 海洋・環境課
関係機関	国土交通省 港湾局 技術企画課 技術監理室
関係機関	国土交通省 関東地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課
関係機関	国土交通省 近畿地方整備局 港湾空港部 海洋環境・技術課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 企画課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 廃棄物対策課
関係機関	環境省 大臣官房廃棄物・リサイクル対策部 産業廃棄物課
関係機関	東京都 港湾局 港湾整備部
関係機関	兵庫県 県土整備部 土木局 港湾課
関係機関	大阪湾広域臨海環境整備センター
関係機関	国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
関係機関	一般社団法人 日本埋立浚渫協会

上記のほか、以下の機関にも委員会の開催を案内し、適宜傍聴いただきました。

横浜市港湾局企画調整部、大阪府港湾局経営振興課、大阪市港湾局計画整備部、尼崎市経済環境局環境部、神戸市みなと総局技術部計画課、広島県土木局空港港湾部、広島県環境県民局産業廃棄物対策課、北九州市港湾空港局整備部、公益財団法人愛知臨海環境整備センター、公益財団法人岡山県環境保全事業団、ひびき灘開発株式会社

早期安定化技術分科会名簿

委員	遠藤 和人	国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター 循環利用・適正処理処分技術研究室	主任研究員
委員	島岡 隆行	九州大学大学院	教授
委員	宮脇 健太郎	明星大学	教授
委員	渡部 要一	北海道大学大学院工学研究院	教授
委員	有岡 謙一	一般社団法人 日本埋立浚渫協会	技術委員会 環境・海洋部会長

事務局

事務局	小田 勝也	一般財団法人	みなと総合研究財団	業務執行理事
事務局	池田 秀文	一般財団法人	みなと総合研究財団	首席研究員
事務局	木村 和正	一般財団法人	みなと総合研究財団	主任研究員
事務局	谷 政史	一般財団法人	みなと総合研究財団	研究員
事務局	東海林 俊吉	公益財団法人	廃棄物・3R研究財団	技術振興部長

目 次

はじめに

用語の説明	i
1. 序説	1
1-1. 背景	1
1-2. 目的	1
1-3. 適用範囲	1
2. 早期安定化技術の適用のための前提	2
2-1. 管理型海面最終処分場を取り巻く現状と課題	2
2-1-1. 管理型海面最終処分場が有する特性	2
2-1-2. 管理型海面最終処分場の保有水等水質の特徴	2
2-1-3. 管理型海面最終処分場の維持管理・廃止に係る諸制度	5
2-2. 早期安定化技術の適用に関する課題	8
2-2-1. 構造基準及び維持管理基準の遵守	8
2-2-2. 廃止基準への適合	8
2-2-3. 各ライフステージにおいて実施可能な対策の検討	8
2-2-4. 広大な土地への施工の困難さ	8
2-2-5. 早期安定化技術の熟度	9
3. 早期安定化の効果が見込まれる技術	10
3-1. 早期安定化技術の一覧	10
3-2. 早期安定化技術の選定	10
4. 選定された早期安定化技術	17
4-1. 分割埋立・廃棄物の選別受入れ	17
4-2. 厚覆土・全面集水層	25
4-3. 排水水質（pH）対策	34

参考資料

早期安定化に資する可能性がある技術の個票

用語の説明

本技術情報集で使用する用語について、以下に説明する。

(1) 海面最終処分場

廃棄物の水面埋立処分を行う目的で海面に建設された廃棄物最終処分場。

(2) 管理型海面最終処分場

海面最終処分場のうち産業廃棄物の管理型最終処分場及び一般廃棄物最終処分場（本技術情報集中での定義）。

(3) 管理型廃棄物

一般廃棄物及び管理型最終処分場で埋立処分する燃え殻、ばいじん、汚泥、鉱さい等の産業廃棄物であり、遮断型最終処分場でしか処分できない産業廃棄物や安定型最終処分場で埋立処分する安定型産業廃棄物を除いた廃棄物（本技術情報集中での定義）。

(4) 埋立地

一般的には、海面などの公有水面を護岸で囲い、その中に廃棄物や土砂などを投入することによって造成された土地。最終処分場では、廃棄物を埋立処分する場所。

(5) 外周護岸

海域に面しており、波浪等の作用を受ける海面最終処分場の外周を囲む護岸（陸域に面した部分の護岸も含む）。

(6) 内護岸

海面最終処分場を区画するために外周護岸の内側に設けられる中仕切護岸。

(7) 埋立護岸

外周護岸、内護岸の総称。

(8) 保有水

埋立処分される廃棄物が保有する水。

(9) 保有水等

保有水、雨水及び遮水工で締め切られた内部の海水等、埋立地内に存在する水。

(10) 浸出液

保有水等集排水設備により浸出液処理設備、下水道あるいは浸出液調整池等を集められる水。

(11) 遮水工

埋立地からの保有水等の浸出を防止するために、埋立地内の底部及び側面等に設けられる遮水の効力を有する構造体あるいは材料で構成される設備。

(12) 開口部

廃棄物が内水等に露出している部分で、閉鎖の措置が講じられていない部分。

(13) 暗渠

保有水等の集排水ならびに残留海水面の水位管理等のために、廃棄物層内に埋設される構造物。

(14) 揚水井戸

保有水等の集排水ならびに残留海水面の水位管理等のために、埋立地内に設けられる揚水のための井戸。

(15) 調整池

保有水等集排水設備により集められ、浸出液処理設備に流入する保有水等の量及び水質を調整することのできる耐水構造の設備。

ただし、海面最終処分場においては、調整池設置は義務付けられていない。なお、保有水等が流入せず、専ら雨水のみが流入し、雨水排水の調整を目的とするものは「雨水調整池」という。

(16) 残留海水面

埋立開始前及び当初において、外部の海水から護岸などの遮水工によって隔離された埋立地内に残留した海水を残留海水といい、その残留海水が形成する海水面。または、外界の海水の潮汐変動のような自然営力では水位は変動せず、降雨等の天水による水位変動が起きる海水面。

(17) 内水ポンド

埋立末期に海面最終処分場の埋立地内に残された池状の残留海水面。

浸出液処理設備に流入する保有水等の水量・水質の調整等の機能を持つものもある。

(18) 保有水等集排水設備（余水吐き等）

保有水等を有効に集め、排出することができる堅固で耐久力を有する構造の余水吐きその他の集排水設備。

本技術情報集では、余水吐き、吐水ポンプ、暗渠、揚水井戸、排水設備としての機能を持つ内水ポンドなどを総称して使用する。

(19) 浸出液処理設備

保有水等集排水設備により排出された浸出液を、物理化学的または生物化学的処理方式等により処理する設備。

(20) 廃棄物処理法

廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年 12 月 25 日法律第 137 号）。

(21) 港湾法

港湾法（昭和 25 年 5 月 31 日法律第 218 号）。

(22) 公有水面埋立法

公有水面埋立法（大正 10 年 4 月 9 日法律第 57 号）。

(23) 基準省令

一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和 52 年 3 月 14 日総理府・厚生省令第 1 号）。

(24) 基準運用に伴う留意事項

一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について（平成 10 年 7 月 16 日、環水企第 301 号・衛環第 63 号）。

(25) 護岸マニュアル

管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（改訂版）、財団法人港湾空間高度化環境研究センター、平成 20 年 8 月発行。

(26) 管理水位

海面最終処分場内において、適切な管理・運営を行うために確保する水位。

(27) 埋立ガス

埋立地から発生するガスであり、主に微生物による廃棄物中の有機物の分解過程から発生するガス。

(28) 閉鎖

基準省令第1条第2項第17号及び基準省令第2条第2項第1号二等に従い廃棄物の飛散・流出、悪臭の発生、火災の発生の防止等のため、埋立処分が終了した埋立地の開口部を、土砂等（転圧締固めを行い、おおむね50 cm以上の厚さの土砂、またはこれと同等以上の性能を有する層）で覆い閉じること。

(29) 埋立終了

廃棄物処理法第9条第4項（第15条の2の6第3項により準用する場合を含む。）に従い埋立処分の終了届が出された最終処分場において、廃棄物ならびに覆土を計画埋立高まで埋め立て、開口部が閉鎖されている状態。

(30) 廃止までの土地利用

基準省令に示されている「埋立地を埋立処分以外の用に供する場合（基準省令第1条第1項第1号）」。

(31) 廃止

廃棄物処理法第9条第5項（第15条の2の6第3項により準用する場合を含む。）に基づく廃止。

廃棄物処理施設としての規制を受けなくとも、そのままであれば生活環境の保全上の問題が生じるおそれなくなった状態。

(32) 竣功

埋立工事が公有水面埋立法に基づく免許願書の申請条件（工事の変更を含む。）を満たした状態に至った際、埋立の免許を受けた者が実施する竣功認可申請に対する、都道府県知事の認可。

(33) 指定区域

廃棄物処理法第15条の17第1項に定める指定区域。

指定の対象となる区域は、現に生活環境保全上支障が生じるおそれがない廃棄物の最終処分場の跡地等であって、土地の形質の変更に伴い生活環境保全上支障（廃棄物の飛散・流出、ガスの発生、公共の水域または地下水への汚染等）が生じるおそれがある跡地その他の埋立処分の場所である。

(34) 港湾事業者

管理型廃棄物埋立護岸の建設・管理等を行う者。

(35) 廃棄物事業者

廃棄物の埋立処分とそれに伴う環境保全を行う者。

1. 序説

1-1. 背景

管理型海面最終処分場は、廃棄物処理法に基づく一般廃棄物及び産業廃棄物を受け入れる処分場である。当該最終処分場については、平成 9 年の廃棄物処理法改正を受けた平成 10 年の最終処分場に係る基準省令改正により、廃止基準が設定された。これにより当該最終処分場は、当該基準を満たし、廃止の確認がなされるまでの間、基準省令に定める構造基準及び維持管理基準を遵守する必要がある。当該最終処分場については、処分場内部の保有水等が停滞するために廃棄物の安定化に長期間を要するという特性があることから、廃止に至るまで長期間にわたる処分場の維持管理が必要となり、これに伴う費用負担及び土地の利用に関する著しい制約が生じている現状がある。

こうした状況を踏まえ、管理型海面最終処分場の維持管理に要する費用を低減し、跡地を早期に有効活用するためにも、上記の構造基準及び維持管理基準を満たし、当該最終処分場に適用可能な早期安定化技術について検討・整理する必要がある。

一方、早期安定化技術については、管理型海面最終処分場の個々の管理者においても、それぞれ有効と考えられる技術の検討及び実証が進められているところであるが、早期安定化技術の検討・実証・利用の促進を図るためには、既存の知見が幅広い関係者間で共有され、共有された知見を基にした更なる検討が進められる必要がある。

1-2. 目的

本技術情報集は、管理型海面最終処分場の維持管理期間の短縮による維持管理費用の低減及び早期の土地利用の実現に資するため、当該最終処分場跡地を早期に廃止基準に適合させるための早期安定化技術について整理し、関係者間においてこれら知見を共有することを目的とする。

1-3. 適用範囲

廃棄物最終処分場は、廃棄物等の種類や性状等により、一般廃棄物最終処分場、産業廃棄物最終処分場（安定型、管理型、遮断型）に、また、地形的特徴からは水面埋立地と陸上埋立地とに分類され、水面埋立地はさらに海面埋立地と内水面埋立地に分類される。

本技術情報集は、港湾における管理型海面最終処分場を対象としており、海面埋立地のうち、一般廃棄物及び産業廃棄物の管理型最終処分場が該当する。

2. 早期安定化技術の適用のための前提

2-1. 管理型海面最終処分場を取り巻く現状と課題

2-1-1. 管理型海面最終処分場が有する特性

海面に立地する管理型最終処分場は以下の特徴を有しており、管理型海面最終処分場内の廃棄物の安定化に長期間を要する要因となっている。

(1) 廃棄物中の汚濁成分の洗い出しが限定的であること

汚濁成分の溶出は、間隙水中の汚濁成分濃度が平衡濃度に達した時点で収まるが、廃棄物層間隙の透水性が著しく小さいため、埋立廃棄物からの汚濁成分の洗い出し（汚濁成分の溶出）を促進する廃棄物層への雨水侵入は限定的となる。間隙水は淀んでおり、深層部に至っては間隙水の移動はなく、対流現象も認められていない。このため、安定化の第一歩である汚濁成分の洗い出しは極めて限定的となる。

(2) 保有水は塩分濃度が高く、高アルカリ性を呈すること

焼却残渣等の投入によって高アルカリ性となった保有水のpH（水素イオン濃度）の低下速度は極めて小さいため、海域の排水基準（ $5 \leq \text{pH} \leq 9$ ）への適合には長期間を要する。

また、海面最終処分場の構造上、処分場内には塩類を含む弱アルカリ性の海水が豊富に存在しており、そこに廃棄物由来の塩類とアルカリ成分が加わるため、汚濁物質の分解者となる微生物の活性が低下する。

(3) 埋立廃棄物は、嫌気的かつ還元的状態であること

間隙水の移動が少ないこと、塩分濃度が高いことで飽和溶解度も小さいことにより、埋立廃棄物層への空気（酸素）の侵入や間隙水への汚濁成分（有機物）の溶出は限定される。そのため、埋立廃棄物は嫌気的かつ還元的雰囲気（還元状態）に晒される。したがって、埋立廃棄物中の汚濁成分（有機物）の分解については、好気性分解に比べて分解速度が小さい嫌気性分解が支配的となる。

(4) 埋立終了に近づくにつれて内水ポンドの汚濁成分濃度が高まること

陸上最終処分場の場合は、保有水等中の汚濁成分濃度は埋立期間中にピークを迎え、埋立終了にかけて徐々に濃度が減少する傾向を示す。

一方、海面最終処分場の場合、残留海水面の中に含まれる汚濁成分は、埋立当初は低濃度である一方、水中埋立の終了が近づくにつれて残留海水面が減少し、急激に濃度が上昇する傾向を示す。さらに、その後も汚濁成分の濃度が高い状態が継続する。

2-1-2. 管理型海面最終処分場の保有水等水質の特徴

環境省が実施した全国の管理型海面最終処分場へのアンケート調査等による、保有水等の水質の調査事例から、COD（化学的酸素要求量）、T-N（全窒素）及びpHについて、以下の特徴が示唆されている。

① 処分場によって水質が大きく異なる傾向がある。（図 2-1）

保有水等のCODの分布は、排水基準の90mg/L以下を上回っている件数が約40%あり、また、高濃度の400mg/Lまで幅広く存在している。（事例1）さらに、保有水

等の pH の分布は、排水基準の 9 以下を上回っている件数が約 44%あり、また、13 以上まで幅広く存在している。(事例 2)

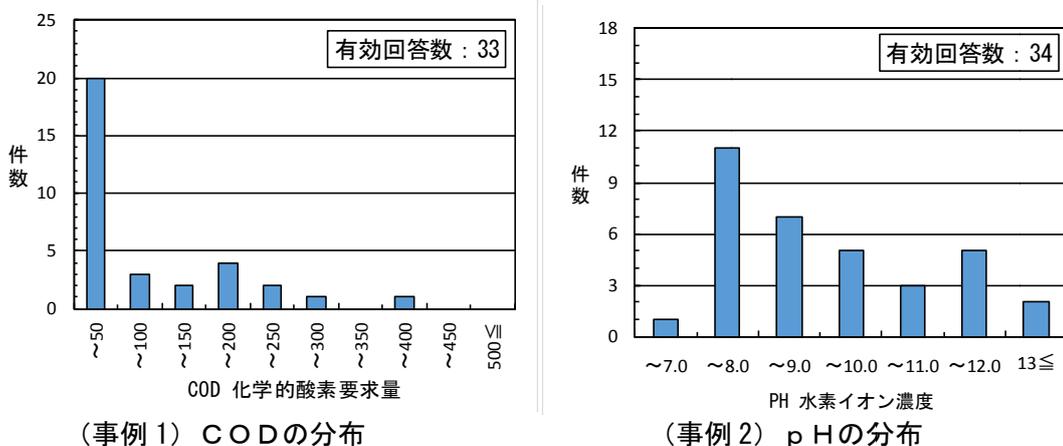


図 2-1 全国の管理型海面最終処分場の保有水等の水質調査事例 (COD、pH の分布)

出典：環境省 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討調査報告書アンケート調査編
(平成 17 年 9 月)

② 突発的に高濃度の値が記録される場合がある。また、低濃度から高濃度まで変動幅が大きい。(図 2-2)

保有水等の COD の推移の例では、低い濃度で安定していた状態から急激に濃度が高まる事例がある。(事例-3) 一方、同じ最終処分場であっても、保有水等の COD は比較的低濃度で安定した状態で推移しているものの、T-N は長期間にわたり大きな幅で濃度が変動する事例がある。(事例-4) いずれの事例からも、2 年以上にわたり排水基準に適合することの難しさが窺える。

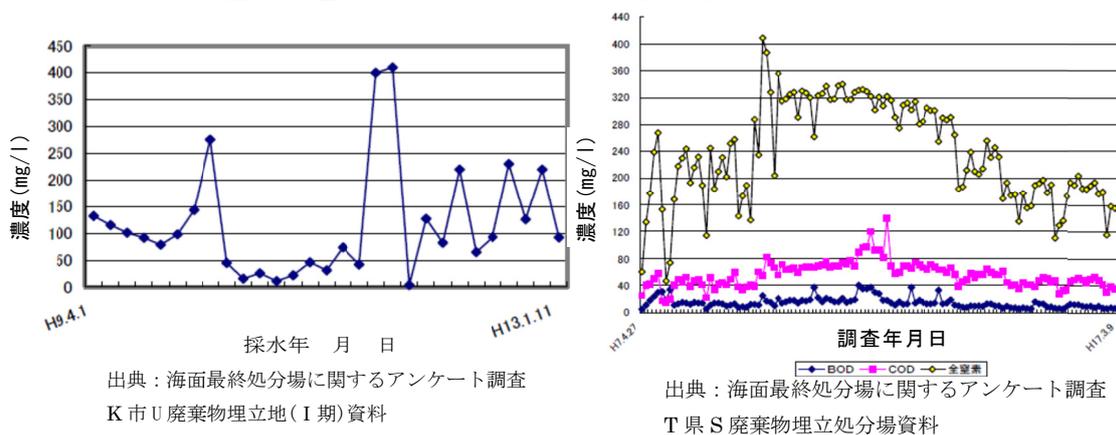


図 2-2 全国の管理型海面最終処分場の保有水等の水質調査事例 (COD、T-N 等の推移)

出典：環境省 海面最終処分場閉鎖・廃止基準適用検討調査報告書アンケート調査編
(平成 17 年 9 月)

③ 燃え殻等の埋立割合が高い処分場では、維持管理期間が長い傾向がある。

燃え殻等の埋立割合と維持管理年数の関係を調査した事例では、燃え殻等が埋立物に含まれる施設数(表 2-1 の 0%より多い施設)の平均維持管理年数は 18 年としている。また、pH についての暗渠排水の水質予測事例では、排水基準に適合するまでに 100 年程度の維持管理年数が必要と推定されている。(図 2-3)

表 2-1 燃え殻等の埋立割合と維持管理年数の関係

維持管理年数 燃え殻等割合	0～5	6～10	11～15	16～20	21～25	26～	計
0%	2	3	1				6
0%より多く20%以下		4	1	2			7
20%より多く40%以下		4					4
40%より多く60%以下			1	3	2		6
60%より多く80%以下						2	2
80%より多い				1		1	2
未回答						1	1
計	2	11	3	6	2	4	28

※燃え殻等：燃え殻、焼却灰、ばいじん、鉍さい

出典：海面最終処分場閉鎖・廃止適用マニュアル（案）検討調査委託業務報告書
（平成 26 年 12 月） 平成 26 年度環境省委託調査（抜粋）

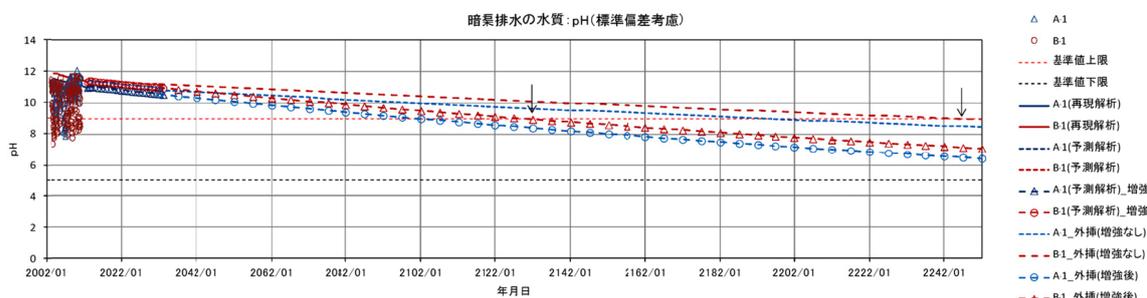


図 2-3 暗渠排水の水質予測事例

出典：大阪湾広域臨海環境整備センター 保有水 pH 支配要因物質詳細調査報告書
（平成 24 年 3 月）

以上のとおり、COD、T-N及びpHが高濃度を示す要因としては、管理型海面最終処分場の立地条件や構造、集排水設備の有無、覆土状況等の影響要因に加え、受け入れる廃棄物の種類による影響が考えられる。例えば、COD及びT-Nに影響を与える廃棄物については焼却灰・ばいじん・汚泥等が考えられ、pHに影響を与える廃棄物については焼却灰・鉍さい等が考えられる。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のいずれの負荷も大きい焼却灰の受入比率の多寡が処分場の安定化の期間を大きく左右すると考えられる。

このように、管理型海面最終処分場の早期安定化の阻害要因や保有水等の水質の傾向は一律ではなく、排水基準に 2 年以上にわたり適合させ廃止するためには、それぞれの処分場の特性に応じて最適な対策技術を選択する必要がある。

2-1-3. 管理型海面最終処分場の維持管理・廃止に係る諸制度

(1) 廃棄物処理法上の規制（構造基準・維持管理基準・廃止基準）

管理型海面最終処分場に関する環境規制のうち、処分場の早期安定化に特に関連が深いのは、廃棄物処理法における廃止基準である。（表 2-2）

平成 10 年に廃止基準が導入された結果、保有水等の水質の基準への適合や、最終処分場の廃止までの間、基準省令で定める構造基準及び維持管理基準を遵守する必要等が発生した。管理型海面最終処分場の特性により、当該最終処分場が廃止基準に適合するまでに長期間を要することも相まって、埋立後の港湾施設整備計画に沿った処分場跡地の本格的な利用が困難になることも生じている。

一方で、廃止基準の導入以降、実際に廃止された海面最終処分場は堺第 7-3 区産業廃棄物最終処分場一次処分地、響灘西部廃棄物処分場 1 号地等である。両処分場ともガレキ類等が埋立廃棄物の多くを占めており、汚濁度の高い廃棄物が埋め立てられて廃止された事例ではない。

このように、管理型最終処分場が廃止された事例が非常に少ないことから、廃止基準の適用の考え方が明確化されていないことや、廃止手続に係る知見・ノウハウが乏しいことも、当該最終処分場を廃止する上での課題となっている。

表 2-2 最終処分場の廃止基準の概要

基準の内容
1) 廃棄物最終処分場が囲い、立て札、調整池、浸出液処理設備を除き構造基準に適合していないと認められないこと。
2) 最終処分場の外に悪臭が発散しないように必要な措置が講じられていること。
3) 火災の発生を防止するために必要な措置が講じられていること。
4) ねずみが生息し、はえその他の害虫が発生しないように必要な措置が講じられていること。
5) 地下水等の水質検査の結果、次のいずれにも該当していないこと。ただし、水質の悪化が認められない場合においてはこの限りでない。 イ. 現に地下水質が基準に適合していないこと ロ. 検査結果の傾向に照らし、基準に適合しなくなるおそれがあること
6) 保有水等集排水設備により集められた保有水等の水質が、次に掲げる項目・頻度で 2 年以上にわたり行った水質検査の結果、排水基準等（別表）に適合していると認められること。 (1) 排水基準等 6 月に 1 回以上 (2) 水素イオン濃度、BOD、COD、SS 3 月に 1 回以上
7) 埋立地からガスの発生がほとんど認められない、またはガスの発生量の増加が 2 年以上にわたり認められないこと。
8) 埋立地の内部が周辺の地中温度に比して異常な高温になっていないこと。
9) おおむね 50cm 以上の覆いにより開口部が閉鎖されていること。
10) 雨水が入らず、腐敗せず保有水が生じない廃棄物のみを埋め立てる処分場の覆いについては、沈下、亀裂その他の変形が認められないこと。
11) 現に生活環境保全上の支障が生じていないこと。

※排水基準等（別表参照）

¹ 平成 26 年 12 月に、環境省委託業務の報告書において、海面処分場廃止等に関する検討会により、「海面最終処分場の廃止に関する技術情報集」が取りまとめられ、海面最終処分場の構造上の特徴や維持管理状況を踏まえ、基準省令及び基準運用に伴う留意事項等に定められた事項を補足し、廃止に関連する構造、維持管理、閉鎖(埋立終了)・廃止に向けての手続き(モニタリングを含む)等について留意点や対応事例が示され、廃止等に関する考え方が整理された。

別表（参考） 浸出水（原水質）に関する基準値と測定頻度（管理型処分場廃止基準）

出典：平成二八年六月二〇日環境省令第一六号

項目	基準値（廃止基準）	測定頻度（廃止基準）
アルキル水銀化合物	検出されないこと	2回/年以上
水銀及びアルキル水銀その他の水銀化合物	0.005mg/L以下	〃
カドミウム及びその化合物	0.03mg/L以下	〃
鉛及びその化合物	0.1mg/L以下	〃
有機燐化合物	1mg/L以下	〃
六価クロム化合物	0.5mg/L以下	〃
砒素及びその化合物	0.1mg/L以下	〃
シアン化合物	1mg/L以下	〃
ポリ塩化ビフェニル	0.003mg/L以下	〃
トリクロロエチレン	0.1mg/L以下	〃
テトラクロロエチレン	0.1mg/L以下	〃
ジクロロメタン	0.2mg/L以下	〃
四塩化炭素	0.02mg/L以下	〃
1・2-ジクロロエタン	0.04mg/L以下	〃
1・1-ジクロロエチレン	1mg/L以下	〃
シス-1・2-ジクロロエチレン	0.4mg/L以下	〃
1・1・1-トリクロロエタン	3mg/L以下	〃
1・1・2-トリクロロエタン	0.06mg/L以下	〃
1・3-ジクロロプロペン	0.02mg/L以下	〃
チウラム	0.06mg/L以下	〃
シマジン	0.03mg/L以下	〃
チオベンカルブ	0.2mg/L以下	〃
ベンゼン	0.1mg/L以下	〃
セレン及びその化合物	0.1mg/L以下	〃
一・四-ジオキサン	0.5mg/L以下	〃
ほう素及びその化合物	海域に排出：230mg/L以下	〃
ふっ素及びその化合物	海域に排出：15mg/L以下	〃
アンモニア、アンモニウム化合物、亜硝酸化合物及び硝酸化合物	1Lにつきアンモニア性窒素に0.4を乗じたもの、亜硝酸性窒素及び硝酸性窒素の合計量200mg以下	〃
水素イオン濃度（pH）	海域以外の公共用水域に排出：5.8以上~8.6以下、 海域に排出：5.0以上~9.0以下	4回/年以上
生物化学的酸素要求量（BOD）	60mg/L以下	〃
化学的酸素要求量（COD）	90mg/L以下（海域及び湖沼に適用）	〃
浮遊物質（SS）	60mg/L以下	〃
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（鉱油類含有量）	5.0mg/L以下	2回/年以上
ノルマルヘキサン抽出物質含有量（動植物油脂類含有量）	30mg/L以下	〃
フェノール類含有量	5.0mg/L以下	〃
銅含有量	3.0mg/L以下	〃
亜鉛含有量	2.0mg/L以下	〃
溶解性鉄含有量	10mg/L以下	〃
溶解性マンガン含有量	10mg/L以下	〃
クロム含有量	2.0mg/L以下	〃
大腸菌群数	3,000個/cm ³ ・d	〃
窒素含有量	120（日間平均60）mg/L以下（海域または湖沼の規制地域に適用）	〃
燐含有量	16（日間平均8）mg/L以下（海域または湖沼の規制地域に適用）	〃

(2) 管理型海面最終処分場の各ライフステージにおける適用法令の変化

管理型海面最終処分場に関わる主な法律として、廃棄物処理法、公有水面埋立法及び港湾法などがあり、管理型海面最終処分場の建設から廃止、跡地利用までの各段階に応じて適用される法律が異なる（図 2-4）。

このような適用法令の違いに応じ、各段階における廃棄物事業者や港湾事業者等の管理主体が異なる事例もある（図 2-5）。

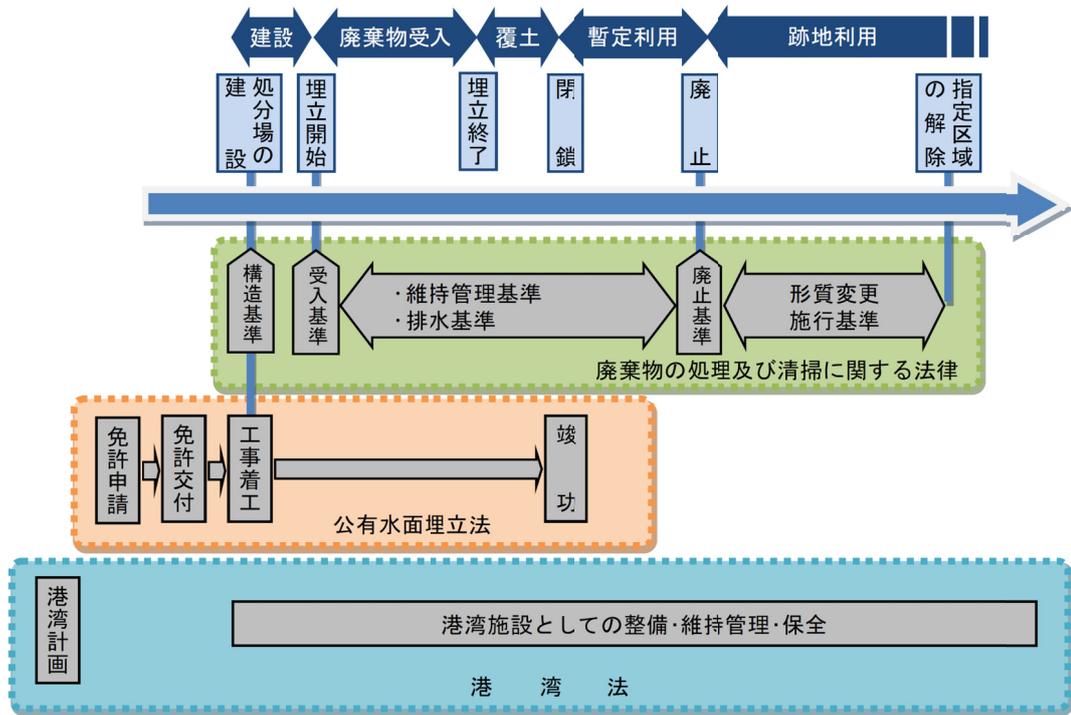


図 2-4 管理型海面最終処分場に関する法令

ライフサイクル	閉鎖				廃止				
	護岸整備	廃棄物埋立処分	維持管理	跡地利用	護岸整備	廃棄物埋立処分	維持管理	跡地利用	
管理主体の変遷	<small>閉鎖：埋立処分が終了した埋立地の開口部を土砂等で覆うこと。 廃止：生活環境保全上の問題が生じるおそれなくなった状態。</small>								
	港湾部局	環境部局/ 第3セクター	環境部局/ 第3セクター	環境部局/ 第3セクター	港湾部局/ 第3セクター	港湾部局/ 第3セクター	環境部局/ 第3セクター	環境部局/ 第3セクター	港湾部局/ 第3セクター
東京港	東京都港湾局	東京都環境局	東京都環境局	東京都環境局	東京都港湾局	東京都港湾局	東京都環境局	東京都環境局	東京都港湾局
北九州港	北九州市港湾空港局	北九州市環境局 (ひびき灘開発株式会社に業務委託)	北九州市環境局 (ひびき灘開発株式会社に業務委託)	北九州市環境局 (ひびき灘開発株式会社に業務委託)	北九州市港湾空港局	北九州市港湾空港局	北九州市環境局 (ひびき灘開発株式会社に業務委託)	北九州市環境局 (ひびき灘開発株式会社に業務委託)	北九州市港湾空港局
大阪湾フェニックス	港湾管理者	大阪湾広域臨海環境整備センター	大阪湾広域臨海環境整備センター	大阪湾広域臨海環境整備センター	港湾管理者	港湾管理者	大阪湾広域臨海環境整備センター	大阪湾広域臨海環境整備センター	港湾管理者
(参考) 港湾管理者の関与のない海面処分場の例									
水島港	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団	(財)岡山県環境保全事業団

図 2-5 管理型海面最終処分場のライフサイクルと管理主体の変遷事例

2-2. 早期安定化技術の適用に関する課題

2-2-1. 構造基準及び維持管理基準の遵守

廃棄物の最終処分においては、以下の2点が求められる。

- ①生活環境の保全に支障が生じない方法で、廃棄物を適切に管理すること。
- ②環境汚染を起こさずに自然界の代謝機能を利用して土壌に還元し、安定化を図ること。

したがって、廃棄物を貯留するための適切な空間や、環境保全機能等を担保することを目的とした構造基準及び維持管理基準が基準省令により規定されており、事業の運営や跡地利用に資するため、廃止までに要する期間を短縮する方策として早期安定化技術を適用する場合においても、これらの構造基準・維持管理基準を遵守する必要がある。

特に、海面最終処分場の構造的な特性を考慮して、埋立地の上部に設ける保有水等の集排水設備の検討や、内水ポンドと組み合わせてpHの早期低減を図る集排水設備の検討などにおいても、構造基準や維持管理基準を満足するよう適切に対応する必要がある。

2-2-2. 廃止基準への適合

最終処分場の廃止基準は、地中に閉じこめられた廃棄物が攪乱されない限り、周辺環境に影響を与えることがないことを判断する基準として規定されたものであり、同基準に規定されている構造的要件や排水基準等に適合しなければ廃止することができない。

とりわけ、生活環境保全上の支障をきたすおそれのある廃棄物を埋め立てる管理型最終処分場においては、廃止以降においても排出される放流水が基準値を超過することのないよう施設の機能が保持されている必要があり、早期安定化技術自体が、廃止基準に適合する必要がある。

なお、廃止基準への適合にあたっては、平成26年12月に環境省の委託業務により「海面最終処分場の廃止に関する技術情報集（海面処分場廃止等に関する検討会）」の整理が行われたほか、一部の課題（廃止後の水位管理や内水ポンドの取扱い等）についてはさらに検討が進められている。

2-2-3. 各ライフステージにおいて実施可能な対策の検討

管理型廃棄物は自然界の代謝機能や溶出により経年的に汚濁成分を排出するが、一定期間を経て次第に安定化・無害化していく廃棄物と考えられる。しかし、海面最終処分場の構造的な特性（2-1-1参照）から、廃棄物の安定化が遅れ、維持管理期間が長期化するといわれていることから、埋立後に実施する対策のみでは、早期安定化対策に限界がある。

したがって、速やかな跡地利用を目指す上では、埋立後の早期安定化対策のみならず、埋立前段階から実施可能な対策を検討する必要がある。

一方、我が国の海面最終処分場の現状として、今後整備が実施される処分場、埋立中の処分場、維持管理中の処分場といった、様々なライフステージ段階にある処分場が存在している。したがって、埋立前段階から実施可能な対策を検討するとともに、埋立段階、維持管理段階、閉鎖（埋立終了）の各ライフステージから実施可能な対策の整理が必要である。

2-2-4. 広大な土地への施工の困難さ

海面最終処分場は、陸上最終処分場と比較して広大な面積を有し、大量の廃棄物を受け

入れることができるポテンシャルを有する一方で、下記のような課題がある。

- ①埋立地が広く、汚濁負荷の発生源となる埋立廃棄物量が膨大であること。
- ②埋め立てる廃棄物の種類により汚濁度が異なること。
- ③降雨量等により水位が変動する保有水等が常に存在すること。 等

また、対策の効果を長期間維持するには、廃棄物の種類や埋立後の経過時間の違いによる浸出水質、ガス発生量の変化への対応に加え、廃棄物層の沈下速度の変化及び底部遮水工（粘性土層）の圧密による不等沈下への対応が必要となり、コストが嵩む要因となっている。

そのため、早期安定化技術を処分場全体に適用することは、施工上困難である。

2-2-5. 早期安定化技術の熟度

早期安定化に資する技術として様々な手法が提案されているが、アイデア段階のものから実際の施工事例があるものまで技術の熟度が様々であることから、技術の実現可能性が異なっている。また、現状として維持管理期間の短縮や、現場に則した条件で安定化の効果を定量的に評価する手法は確立されていない。

また、海面最終処分場内の保有水流動は、基本的に降雨浸透のみに左右されると考えられるが、実際は埋立廃棄物の種類が多く、廃棄物埋立層が不均一であることによる影響も考えられる。よって、それらの影響を想定した浸出水の水質挙動を、数値解析等により高い精度で予測する方法の確立が望まれる。

3. 早期安定化の効果が見込まれる技術

3-1. 早期安定化に資する可能性のある技術の一覧

早期安定化に資する可能性がある技術全般について、処分場の構造基準及び維持管理基準を遵守可能と考えられる技術を、既往の研究論文や調査報告書等を参考に一覧（表 3-1）に整理した（個々の技術の概要については巻末の参考資料を参照）。

埋立前や埋立中の段階では、維持管理期間短縮を目的とする選別受入、前処理、埋立工法等の汚濁負荷低減技術について、埋立終了段階では、跡地利用の早期化を目的とする覆土等による封じ込め技術について、維持管理中の段階においては、埋立終了後の安定化促進を目的とする雨水排除、洗出し、浄化等の技術について整理している。これらの技術が適用される処分場のライフステージは、図 3-1 のように整理される。

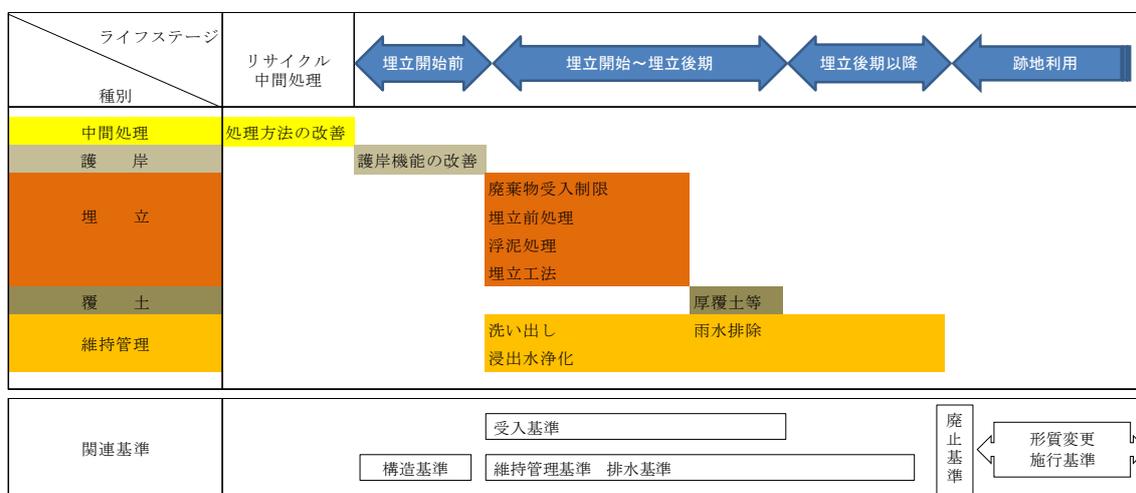


図 3-1 管理型海面最終処分場のライフステージに適用される技術

3-2. 早期安定化技術の選定

表 3-1 に整理した技術については、理論的研究段階から実際の施工事例がある段階まで技術段階が様々であり、また、技術によっては処分場の廃止後の土地利用に支障を生じる可能性がある。

本技術情報集においては、早期安定化技術のさらなる進展に資する観点から、管理型海面最終処分場への制度的・技術的な適用性が高く、特に今後の技術開発により有効な技術となる可能性が高い技術として、表 3-2 の評価方法に基づき、以下の 3 つの技術を選定した。

- ①分割埋立・廃棄物の選別受入れ
- ②厚覆土・全面集水層
- ③排水水質（pH）対策

表 3-1 管理型海面最終処分場の早期安定化に資する可能性がある技術の一覧

(1/3)

凡例：技術の熟度				
1	アイデア段階			
2	理論的研究・基礎実験の段階			
3	実証が必要な段階			
4	実証実験中・終了の段階			
5	実際の施工事例がある段階			

※埋立後期
廃棄物の埋立てにより、水面が埋立終了する直前の段階とする

種別	技術分類	対策技術	技術の概要	早期安定化効果	対象物質	技術熟度	適用可能ライフステージ			技術的留意事項	規制上の留意事項	跡地利用への影響	個票整理番号	
							埋立開始前	埋立開始～埋立後期※	埋立後期以降					
護岸建設	護岸機能の改善													
	高機能護岸	集排水機能を有する遮水壁	出継手による連結鋼管矢板を用いた遮水・浄化システムで、継手の空洞空間からの揚水により浸出水の漏出経路を遮断するとともに浸出水の集排水により廃棄物の浄化を促進する技術	護岸全周から揚水でき、内水ポンドや集排水設備の設置が不要な集排水システムで、早期安定化に寄与する可能性がある。		3	○		継ぎ手毎の浸出水の集水方法を確立する必要がある。H-H継ぎ手鋼管矢板は特注品となるため施工費用が増加し施工期間が長期化するおそれがある。		(土地利用への制約は特でない。)	1		
中間処理	処理方法の改善													
	溶融	ガス化溶融方式、灰溶融方式	ごみは、シャフト式、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により、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でスラグ化する技術	重金属等をスラグ内に閉じ込めるため無害化され、汚濁物質の溶出が抑制される。減容化、再資源化にも寄与する。	重金属	5		○	安定化効果が高いが、処理コストが嵩む。			2		
埋立	廃棄物受入制限													
	廃棄物の選別受入	受入基準	浸出水水質の悪化や長期的な安定化への影響をできる限り低減できる受け入れ基準を設定する。また、廃棄物の投入箇所の浸出水を長期モニタリングすることにより、水質悪化の要因となる廃棄物を特定し、受け入れないなどのサイクルを繰り返す受入廃棄物の選別手法	モニタリングデータに基づいて、継続的に水質の悪化要因を排除して埋立てるため、安定化効果が期待できる。	COD, T-N	5		○	区画埋立と組み合わせ、受入れ後に汚濁度の高い廃棄物を区別して埋め立てる方法も適用できる。	廃棄物の種類の制限を行う場合は、変更申請の要否について、環境部局の確認を要する。	分割埋立て汚濁度の高い廃棄物区画では、廃止まで長期化するおそれがある。	3		
	埋立前処理													
	エージング	焼却灰の安定化方法	焼却灰を湿潤状態で大気に晒し、汚濁物質をCO ₂ によって炭酸化する技術	重金属類（鉛）とCO ₂ が反応し不溶化されるため汚濁物質の溶出が抑制される。焼却炉等の排気ガス中の高濃度CO ₂ を利用する、反応効率を改善する技術提案もある。	重金属（可能性としてpH）	5		○	広い静置スペースの確保を要する。重金属類の安定化技術であり、浸出水のpH対策技術として期待されるが、十分な知見がなく効果検証ができていない。		(土地利用への制約は特でない。)	4		
	埋立廃棄物の洗浄・分級	分級処理		団粒子を破壊しないように水路で緩速で流送する間に、焼却灰の粒度による沈降特性を利用する湿式分級法と、所定の粒度で篩分けて海水中に投入する乾式分級法からなり、透水性の良い粗粒分と汚濁濃度の高い微粒子を分級する技術	流送中に有機性等の汚濁物質の溶脱を促進し、溶出濃度が高く難透水性地盤となる微粒子を選別して、埋立良材に改質が期待できる。	COD, T-N	3		○	初期汚濁量の低減と透水性の改善による維持管理期間の短縮効果の検討を要する。			5	
		スラリー輸送と分級システム		廃棄物をスラリー輸送する間に、固形物同士の摩擦や流水の洗浄により表面の汚濁物質を剥離し、その後、汚濁濃度の高い微粒子を分級する技術	有機性等の汚濁物質の溶脱の促進と汚濁濃度の高い微粒子を選別して処理するため、安定化効果が期待できる。	COD, T-N	3		○	海面処分場での実用化と片押し、薄層撒き出し等の工法との最適な組み合わせの検討を要する。			6	
		洗浄処理（WOW（ウェイストウォッシング）システム）	機械洗浄方式	スパイラル方式	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技術	有機性等の汚濁物質の溶脱が促進されるため、陸上処分場の条件での試験では、未処理の場合と比べ早期の安定化が認められている。	COD, T-N	3		○	機械処理プラントの設置場所、所要スペース、電源等の確保を要する。	処分場内の廃棄物の処理について、前処理或いは中間処理と見做されるのか、関係部局の確認を要する。	(土地利用への制約は特でない。)	7
			浸漬洗浄方式	埋立層下部より洗浄水を上向流で通水させ、廃棄物中の汚濁物を上層から洗浄排出する技術	(海面処分場には適用困難と考えられる。)	COD, T-N	2		○	膨大な保有水が存在する場合は、通水が困難。				8
			磨砕洗浄システム	焼却灰の粒子同士を攪合わせ、灰の表面に付着した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する技術	(海面処分場には適用困難と考えられる。)	重金属, COD, T-N	2		○	細粒化により浮泥が増加し、安定化の阻害要因となるおそれがある。				8
	固化・不溶化	セメント固型化処理法(仮称)		廃棄物を結合材（水硬性セメント）で固型化する方法で、金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準（環告5号）で、配合量は、コンクリート固型化物1m ³ 当たり150kg以上、強度は、一軸圧縮強度が0.98メガパスカル以上とする等が規定されている技術	結合材により、物理的強度が長期間保たれ、化学的には、水又は海水に難溶性であるとともに、有害物質の取着効果も期待できる。	重金属, COD, pH	5		○	種々の廃棄物品目の固型化処理が可能な技術であるが、費用対効果や土地利用についての検討を要する。		一軸圧縮強度が980 kN/m ² （≒10kg f/cm ² ）以上のため、地盤の性状や施工性に検討が必要である。	9	
		プレミックス埋立法		焼却灰を安定化材（セメント等）と混合して埋め立てる工法	覆土量の削減、浸出水量の削減、浸出水質の改善（重金属類の溶出防止）、悪臭防止、飛散防止、地盤強度確保などの効果が謳われている。安定化についての具体的な知見はない。	重金属, COD	2		○	焼却灰に適用する技術で、他の廃棄物に関する知見はない。		10%配合で一軸圧縮強度が3000 kN/m ² 以上の報告例があり、地盤の性状や施工性に検討が必要である。	10	
水砕スラグ混合埋立法			廃棄物と水砕スラグを混合して埋め立てる工法	スラグが固化し廃棄物からの溶出が削減することで、浸出水処理のコスト低減、跡地利用の地盤改良が不要となる効果が謳われている。スラグと廃棄物を混合した事例はなく、安定化についての知見はない。		1		○	スラグ以外の廃棄物品目の埋立容量が減少する。		スラグと廃棄物を混合した事例はなく不明。	11		

種別	技術分類	対策技術	技術の概要	早期安定化効果	対象物質	技術 熟度	適用可能ライフステージ			技術的留意事項	規制上の留意事項	跡地利用への影響	個票 整理番号
							埋立開始 前	埋立開始～ 埋立後期※	埋立後期 以降				
埋立	浮泥処理												
		回収・除去	浮泥層除去	沈降した浮泥（微細粒子）を、サンドポンプ等により吸引・除去する工法	浮泥は、汚濁物質を多量に含み透水性も低いため、回収して処理することで、廃棄物層の安定化促進が期待できる。	COD, T-N	3		○		浮泥は高含水率のため、固液分離（脱水）のコストが嵩み、沈殿分離方式でも広大なスペースを要する。	（安定化促進対策であり、廃止後の土地利用との関連性は特にない。）	12
		埋立工法											
		分別・分級埋立	ポンド方式	廃棄物でポンドを構築し、ポンド毎に単一種類または類似の廃棄物を分割して埋め立てる工法	内側に汚泥、ばいじん等水面埋立に向きない廃棄物を封じ込み、水質汚濁を最小限に押さえ込み、処理原水の汚濁度の減少が期待できる。局所的な粘土・ヘドロ層の集積の抑制や、内水水質の急激な変化を緩和するために用いることもある。	COD, T-N	5	○			廃棄物を投入して築堤するため、浅い水面に適用できる。	埋立廃棄物の種類によって、水質、ガス発生の変化及び沈下に検討が必要である。	13
			分割埋立	複数区画に分け、汚濁度に合わせた複数の受入基準を設定して埋め立てる工法	区画毎の円滑な跡地利用を図ることを目的とした方法であり、汚濁度の低い埋立区画では安定化促進効果が期待できる。	COD, T-N, pH	3	○			汚濁度の高い廃棄物を投入した区画の対策を要する。	汚濁度の高い廃棄物埋立区画では特に、水質、ガス発生の変化及び沈下に検討が必要である。	14
			分級埋立		汚濁成分と溶出濃度・速度など化学的視点から溶出特性の異なる粒径別に分級して埋め立てる工法で、細かい粒子側は、汚濁物質を多量に含み透水性も低いため、回収後に分離して処分する技術に応じた安定化対策が行える。	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、早期の安定化効果が期待できる。分離した汚濁度の高い粒子は特定区画に封じ込み、性状に応じた安定化対策が行える。	COD, T-N	3		○		地盤形成の視点から分級粒径を選択する場合もある。片押し、薄層撒き出し等の工法との最適な組み合わせの検討を要する。	（土地利用への制約は特にない。）
		上下層分離埋立	層的分別埋立	保有水面以下を、汚濁の少ない浚渫土等で埋め立て、保有水面以上の陸化部分には管理型廃棄物を埋め立てる工法	飽和帯の汚濁度が少ないので、上層の不飽和帯の洗い出しを促進することによって、早期の安定化が期待できる。	COD, T-N	5		○		既往の管理技術で対応可能であるが、効果を検証中である。	（土地利用への制約は特にない。）	16
	透水性反応層		透水性反応層（黒ぼく土、鉄粉等）を設け、有害物を吸着処理する技術	各種の有害物質の溶出を抑制できる。	重金属、COD	2		○		海面処分場での安定化についての知見はない。	透水性反応層を攪乱しない施工が必要と考えられる。	17	
	不透水層による保有水分離		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アイデア技術	飽和層内の廃棄物は封じ込み、上層の不飽和帯のみ洗い出しによって安定化し、期間短縮を図るアイデアである。		1		○		材料により、ガス排出装置があることが望ましい。	不透水層の性能維持とガス対策が必要である。		
覆土	多機能覆土	多機能型覆土システム	キャピラリー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留める覆土手法	飽和層内の汚濁物質の移流を抑制することで、上層の不飽和帯の安定化促進が期待される。雨水は、速やかに集水暗渠から流出させられ、ガス対策としても期待できる。	COD, T-N, pH	2		○		排水機能維持のため不等沈下対策を要する。	覆土システムの性能維持と不等沈下を抑制する施工が必要である。	18	
		厚い覆土	厚覆土	表層覆土部分を一般的な厚さ（1m）よりも厚く、汚濁の少ない建設残土等の良質土によって覆土を行うもので、保有水位付近まで廃棄物が存在しないように沈下量を管理して施工することを特徴とする工法	廃棄物層を乱さずに、早期の土地利用を図ることや、材料によっては、蒸発や表流水排除により雨水の浸入防止を図ることが出来る。検討段階であるが、既往の埋立技術で施工可能である。	COD, T-N, pH	2		○		全面集水層と組み合わせて施工すること及び材料によってはガスが溜まりにくくする対策が望ましい。	ガス対策が行われている場合には、機能を損なわない施工やガスが溜まりにくくする対策が必要である。	19
維持管理	雨水排除												
	浸透防止	キャッピング	アスファルトやシート等により、雨水が廃棄物層に浸透することを防止する技術	汚濁物質の移流を抑制することで一定の封じ込め効果を有する。		5			○		埋立ガスの滞留に注意を要し、材料により、ガス排出装置があることが望ましい。形質変更時に性能の維持を要する。	浸透防止性能を維持できる施工方法とガスの排出対策が必要である。	20
		浸透抑制	通気・浸透抑制キャッピングシステム	廃棄物からのガスは通過すると共に雨水の浸透量を制御するもので、排水層、浸透防止層（ガス通気・雨水制御シート）、ガス排除層のコンポーネントで形成する技術	キャッピング材料等の組み合わせによって雨水浸透率を変化させることができ、汚濁物質の移流を抑制することで一定の封じ込め効果を有する。飽和層内の汚濁物質の移流を抑制する。海面処分場での知見はない。		5			○	保有水水位変動に伴う圧力によるシートへの影響に留意を要する。形質変更時に性能の維持を要する。	通気・浸透抑制性能を維持できる施工方法と必要によりガスの排出対策が必要である。	21
		低透水性覆土材	透水性の低い土砂を覆土して雨水の浸透を抑制する技術	汚濁物質の移流を抑制することで一定の封じ込め効果を有する。雨水は、道路下の雨水集水管で速やかに海面に放流する。		5		○		材料により、ガス排出装置があることが望ましい。形質変更時に性能の維持を要する。	低透水性覆土の性能を維持できる施工方法とガスの排出対策が必要である。		
		キャピラリーバリア	不飽和帯の下部に砂と礫を配し、透過する雨水を砂と礫の毛管力の差を利用して側方へ排除することによって、廃棄物へ浸透する雨水の量を減らす技術	飽和層内の汚濁物質の移流を抑制するとともに、上層の不飽和帯の安定化促進が期待される。海面処分場での知見はない。		5		○		海面処分場の環境での不等沈下抑制等、毛管力機能の維持が求められる。形質変更時に性能の維持を要する。	毛管力機能の維持と不等沈下を抑制できる施工方法が必要である。	22	
		水平排水層（全面集水層）	管理水位近傍に礫層等の透水性の良い集排水層を処分場の区画全面に敷設し、側方排水を促す技術	水平暗渠管に比べ排水機能が向上し、下方への雨水浸透を抑制するとともに、材料や厚さによっては、不等沈下にも対応できる。		4			○		利用資材や合理的な層厚さの計画を要する。	ガス対策が行われている場合には、機能を損なわない施工やガスが溜まりにくくする対策が必要である。	23

種別	技術分類	対策技術	技術の概要		早期安定化効果	対象物質	技術 熟度	適用可能ライフステージ			技術的留意事項	規制上の留意事項	跡地利用への影響	個票 整理番号
								埋立開始 前	埋立開始～ 埋立後期※	埋立後期 以降				
維持管理	洗い出し・安定化促進	洗い出し・ 集排水促進	水平暗渠	管理水位面を設定し、その水位高さ近傍に集排水管を埋設し、保有水等を積極的に集排水する方法	水位の管理とともに、雨水による洗い出しの促進と、末端が大気開放されている場合には、準好気化によって早期安定化が期待できる。廃止基準の達成時期が予測しにくい。	COD, T-N	5			○	広大な面積で集排水することを考慮した合理的な管渠敷設計画を要する。		集排水機能を維持できる施工が必要である。	24
			群揚水井戸	適正なピッチを決めて複数井戸を用いて、保有水等を揚水する方法	水位の管理とともに、洗い出しの促進効果がある。廃止基準の達成時期が予測しにくい。	COD, T-N	5			○	広大な面積で集排水することを考慮した合理的な配置計画を要する。		井戸の配置や設置数の変化に伴う水質・ガス発生量の影響を検討する必要がある。	25
			単独揚水井戸	小規模の処分場で、太い井戸1本程度で揚水する方法	水位の管理とともに、洗い出しの促進効果がある。廃止基準の達成時期が予測しにくい。	COD, T-N	5			○	広大な面積で集排水することを考慮した合理的な配置計画を要する。		集排水機能を維持できる施工が必要である。	
			鉛直透水孔	打ち込み素孔方式で孔を設置し、その空隙に透水性の良い材料(砂等)を充填する工法	降雨の廃棄物層浸透と覆土の透水機能増進、発生ガスが抜けやすい構造にできるとしており、安定化効果を期待できる。	COD, T-N	2			○	保有水水位や廃棄物層の透水性を考慮した合理的な配置計画が必要。		施行透水孔の配置や数量の変化に伴う水質・ガス発生量の影響を検討する必要がある。	26
			井戸(有孔管)	有孔管を多数配置する工法。無排土、無水で削孔し、ケーシング内部に設置した有孔管を所定位置に設置した後、ケーシングのみ回収する工法	埋立層内の空気循環効果と保有水の汲み上げによる地盤の早期安定化を図っている。	COD, T-N	3			○	保有水水位や廃棄物層の透水性を考慮した合理的な配置計画が必要。		井戸の配置や設置数の変化に伴う水質・ガス発生量の影響を検討する必要がある。	27
	強制浄化	循環浄化	曝気循環浸透式	浸出水を曝気して浸透させ、循環させる技術	硫化水素発生抑制、有機成分や窒素成分を低減する。環境対策として実施される。	COD, T-N	3			○	好気化する区画の大きさを考慮した合理的な設備計画が必要。			28
			給水型	廃棄物層内に揚水井戸を設置し、内水を廃棄物層側へ流し込む技術	濁質の移流を促進するので、区画された廃棄物層の浄化に効果が考えられる。	COD, T-N	3			○	維持管理コストが高いため、浄化する区画の廃棄物容量、汚濁度を考慮した合理的な設備計画が必要。			
			排水型	内水を揚水して、廃棄物層内に設置した井戸に流し込む技術		COD, T-N	3			○				
		強制的通気工法	圧縮空気を管を通して廃棄物中に断続的に注入する技術	好気化による有機物の分解促進で、安定化効果が期待できる。	COD, T-N, H ₂ S	2			○	維持管理コストが高く、費用対効果の検討を要する。			29	
		ケミカルオキシ レーション法	霧状酸化剤注入	廃棄物層内に設置された通気管から、オゾン水や過酸化水素水等の酸化剤を供給する技術	硫化水素やアンモニア等の悪臭物質の分解と発生抑制と難分解性有機物質の酸化分解によって安定化できる。	COD, T-N, H ₂ S	2			○	維持管理コストが高く、費用対効果の検討を要する。		(廃止までの安定化促進対策であり、廃止後の土地利用との関連性は特でない。)	30
			キレート注入	重金属等の有害物質の吸着技術	化学的吸着によって、有害物質を安定化できる。	重金属, COD	2			○	維持管理コストが高く、費用対効果の検討を要する。			
		海水導入による 希釈浄化	満干潮位差を利用して、周辺海面から海水を導入・排水する技術	内水を希釈効果により安定化できる可能性がある。アイディア段階であり、効果の知見はない。			1	○			導入水量、排水水質のコントロール方法の検討を要する。			31
		海水導入による 洗い出し促進	潮位による内水と周辺海面の水位差で保有水に流れを起こす技術	濁質の移流を促進することにより安定化できる可能性がある。アイディア段階であり、効果の知見はない。			1	○			導入水量、排水水質のコントロール方法の検討を要する。			
		微生物注入	微生物注入	浸出水の処理工程で微生物を添加して窒素除去するとともに、埋立層内に微生物を強制的に注入する技術	水質の改善や安定化の促進が考えられるが、海面処分場廃棄物層内の嫌気的環境での効果に関する知見はない。	T-N	2			○	処理効果の高い微生物群の形成手法の確立を要する。			32
		浸出水浄化	浄化	内水ポンド	複数の内水ポンドを設置することで、水質浄化の機能が発揮される技術	懸濁物の沈殿効果や硝化・脱窒反応の発現によって、排水処理に効果的な技術である。	COD, T-N	5			○	排水処理機能を補完する設備であり、他の安定化技術と併用を要する。	廃止後も残置する場合は廃止基準及び土地利用計画への適合を要する。	集排水設備として残置している場合は、機能を維持できる施工が必要である。
	トレンチ			内水底層からの硫化水素臭対策として、揚水した底層水を開渠で流下させて酸素を供給し、循環させる技術	水質改善とともに底層の嫌気性状態も改善するため、安定化が期待できる。主に環境対策として実施される。	COD, T-N, H ₂ S	5			○	水質や臭気等の改善目的と所要循環水量を考慮した合理的な設備計画が必要。PHIによっては、臭気対策を要する。			34
	強制循環			ポンド内にスクリー等を設置し、内水を循環させる技術	内水の滞留による嫌気化を防止する、水質の安定化に効果的な技術である。主に環境対策及び排水処理の補助として実施される。	COD, T-N, H ₂ S	5			○	水質や臭気等の改善目的と所要循環水量を考慮した合理的な設備計画が必要。			
	エアレーション			内水ポンドの一部を区切り、曝気する技術	酸素の供給により有機性濁質の微生物分解を促進する、排水処理に効果的な技術である。主に環境対策及び排水処理の補助として実施される。	COD, T-N	5			○	水質改善に要する酸素溶解量を考慮した合理的な設備計画が必要。		(維持管理期間中の対策であり、廃止後の土地利用との関連性は特でない。)	35
	接触曝気			コンクリートがら等を敷き詰めた斜面や水路に、浸出水を流し空気に接触させる技術	酸素の供給により有機性濁質の微生物分解を促進する、排水処理に効果的な技術である。	T-N	5			○	他の浄化技術に比べ、安定化促進効果は低い。			
	土壌による浄化			土壌を用いた浸透区画を設置して浄化する技術	定期的に耕運して、土壌の浄化能力を維持し、保有水のpH、TOC、T-N等の水質を改善できるので、排水処理に効果的な技術である。	COD, T-N	4			○	大量の浸出水を考慮した合理的な設備計画と、目詰まり防止や長期的効果の検討を要する。		37	
	凝集剤添加			ポンドに凝集剤を注入する技術	懸濁物を化学的に凝集してフロックを形成させる、排水処理に効果的な技術である。	COD	2			○	維持管理コストが高く、費用対効果の検討を要する。		38	
	化学薬品注入			内水ポンド水に化学薬品を注入し、返送する技術	内水の溶解性物質を薬品で酸化等の処理をする、排水処理に効果的な技術である。	COD	2			○	維持管理コストが高く、費用対効果の検討を要する。			
	中和		内水ポンド等による受動的中和	水面から大気中の二酸化炭素が自然に取り込まれ、炭酸中和される作用	高pHの浸出水の中和対策として調査中で、閉鎖後の薬品を用いない中和処理技術として知見が得られている。	pH	3			○	pHの下げ幅によって、ポンドの表面積の設定を要し、所要面積が大きくなる場合がある。	自然流下であれば廃止基準に適合性あり。	集排水設備として残置している場合は、機能を維持できる施工が必要である。	39
			内水ポンド等による能動的中和	内水ポンドの曝気やトレンチ処理を行って、大気中の二酸化炭素により炭酸中和する技術	高pHの浸出水の中和対策として調査中で、閉鎖後の薬品を用いない中和処理技術として知見が得られている。主に排水処理の補助として実施される。	pH	3			○	pHの下げ幅によって、中和設備規模の設定を要し、所要規模が大きくなる場合がある。		(維持管理期間中の対策であり、廃止後の土地利用との関連性は特でない。)	

表 3-2 管理型海面最終処分場の早期安定化技術の適用性に係る選定表

(1/3)

凡例: 技術の熟度

1	アイデア段階
2	理論的研究・基礎実験の段階
3	実証が必要な段階
4	実証試験中・終了の段階
5	実際の施工事例がある段階

■ 評価方法①②③による選定結果が「×」	※埋立後期
■ 評価方法④⑤⑥による選定結果が「△」	廃棄物の埋立てにより、水面が埋立終了する直前の段階とする。
■ 「×」及び「△」の項目がない場合、選定結果が「○」	

適用可能 ライフステージ	技術分類	対策技術	対象 物質	①技術熟度 (実現可能性)	②海面処分場 における適用可能性	③廃止基準との 整合性	④コストの課題	⑤跡地利用時に おける課題	⑥その他	選定結果		
埋立開始前	護岸機能の改善											
	高機能護岸	集排水機能を有する遮水壁		3	高い	高い	高コストとなる恐れ (特注の矢板構造となるため)	特に想定されない	-	△		
	埋立法											
	分別・分級埋立	ポンド方式	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない (追加的な施設等は不要であるため)	特に想定されない	各区画の境界については遮水性でない ことから、処分場全体が廃止基準を満 たさないと廃止できない。	△		
	分割埋立		COD, T-N, pH	3	高い	高い	特に想定されない (通常の遮水矢板による施行)	特に想定されない	廃棄物の選別技術である。「廃棄物の 選別受入(受入基準)」と組み合わせ ることで、より効果を発揮すると考え られる。	○		
	洗い出し・安定化促進											
埋立開始～ 埋立後期	強制浄化	海水導入による希釈浄化		1	高い	不明	不明	特に想定されない	護岸の一部を開孔して海水を導入する 構造のため、護岸の遮水性を損なう恐 れがある。	×		
	海水導入による洗い出し促進			1	高い	不明	不明	特に想定されない		×		
	処理方法の改善											
	溶融	ガス化溶融方式、灰溶融方式	重金属	5	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	△		
	廃棄物受入制限											
	廃棄物の選別受入	受入基準	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない (通常の受入管理及びモニタリングの範囲で 実施可能)	特に想定されない	-	○		
	埋立前処理											
	エージング	焼却灰の安定化方法	重金属 (可能性 として pH)	5	高い	高い	高コストとなる恐れ (エージングの実施のための広大な用地の確 保が必要)	特に想定されない	-	△		
	埋立廃棄物の洗浄・分 級	分級処理		COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	△	
		スラリー輸送と分級システム		COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	△	
		洗浄処理 (WOW (ウェイト ウォッシング) システム)	機械 洗浄 方式	スパイラル 方式	COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	△
				インジェク ター方式	COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	△
浸漬洗浄方式			COD, T-N	2	低い(膨大な保有水が存在する 海面処分場においては、通水が 困難であるため)	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	×	
磨砕洗浄システム		重金属, COD, T-N	2	低い(焼却灰の細粒化により浮 泥が増加し、安定化の阻害要因 となるおそれがあるため)	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	-	×		
固化・不溶化	セメント固型化処理法(仮称)		重金属, COD, pH	5	高い	高い	高コストとなる恐れ (廃棄物と混合するための膨大な量のセメント が必要となるため)	特に想定されない	-	△		
	プレミックス埋立法		重金属, COD	2	高い	高い	高コストとなる恐れ (廃棄物と混合するための膨大な量のセメント が必要となるため)	特に想定されない	-	△		
	水砕スラグ混埋立法			1	高い	高い	特に想定されない (スラグは産業副産物として入手可能と考え られるため)	特に想定されない	-	×		

適用可能 ライフステージ	技術分類	対策技術	対象物質	①技術熟度 (実現可能性)	②海面処分場 における適用可能性	③廃止基準との 整合性	④コストの課題	⑤跡地利用時に おける課題	⑥その他	選定結果										
埋立開始～ 埋立後期	浮泥処理																			
	回収・除去	浮泥層除去	COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (浮泥は高含水率のため、固液分離(脱水) のコストが嵩むおそれがあるため)	特に想定されない	—	△										
	埋立工法																			
	分別・分級埋立	分級埋立	COD, T-N	3	高い	高い	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用または 処理委託費用が発生するため)	特に想定されない	—	△										
	上下層分離埋立	層的分別埋立	層的分別埋立	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない	特に想定されない	水面下を土砂で埋立てから廃棄物を搬 入開始することから、廃棄物による埋 立が完了するまで長期間を要する。	△									
												透水性反応層	重金属, COD	2	低い(海面処分場における安定 化の知見がないため)	高い	不明	透水性反応層を攪乱し ない施工が必要と考え られる。	—	×
												不透水層による保有水分離		1	高い	高い	不明	不透水層の性能維持と ガス対策が必要であ る。	—	×
	覆土																			
	多機能覆土	多機能型覆土システム	COD, T-N, pH	2	低い(海面処分場においてキャ ピラリーバリアの安定化効果の 知見がないため)	高い	特に想定されない	覆土システムの性能維 持と不等沈下を抑制す る施工が必要である。	—	×										
	厚い覆土	厚覆土	COD, T-N, pH	2	高い	高い	特に想定されない (覆土材料の調達方法によってはコストが増 加するおそれ)	特に想定されない	—	○										
	雨水排除																			
	浸透抑制	低透水性覆土材		5	低い(海面処分場において、雨 水流入抑制は、廃棄物層の浄化 の観点から望ましくないため)	高い	特に想定されない (覆土材料の調達方法によってはコストが増 加するおそれ)	跡地利用の際、低透水 性覆土の機能を維持す る必要がある。	—	×										
		キャピラリーバリア		5	低い(海面処分場における安定 化の知見がないため)	高い	特に想定されない	跡地利用の際、キャピ ラリーバリアの機能を 維持する必要がある。	—	×										
											水平排水層(全面集水層)		4	高い	高い	特に想定されない (覆土材料の調達方法によってはコストが増 加するおそれ)	特に想定されない	全面集水層より上部を汚濁負荷の少な い土砂で埋立る場合に効果を発揮する ことから、「厚覆土」と組み合わせる ことで、効果を発揮すると考えられ る。	○	
洗い出し・安定化促進																				
洗い出し・集排水促進	水平暗渠		COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない	特に想定されない	本技術単体での使用においては、早期 安定化の効果が限定的である。	△										

適用可能 ライフステージ	技術分類	対策技術	対象物質	①技術熟度 (実現可能性)	②海面処分場 における適用可能性	③廃止基準との 整合性	④コストの課題	⑤跡地利用時に おける課題	⑥その他	選定結果	
埋立後期 以降	雨水排除										
	浸透防止	キャッピング		5	低い(海面処分場において、雨水流入抑制は、廃棄物層の浄化の観点から望ましくないため)	高い	特に想定されない	特に想定されない	—	×	
	浸透抑制	通気・浸透抑制キャッピングシステム		5	低い(海面処分場における安定化の知見がないため)	高い	特に想定されない	特に想定されない	—	×	
	洗い出し・安定化促進										
	洗い出し・集排水促進	群揚水井戸	群揚水井戸	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない	特に想定されない	本技術単体での使用においては、早期安定化の効果が確認されていない。	△
			単独揚水井戸	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない	特に想定されない	広大な海面処分場においては早期安定化の効果が限定的である。	△
			鉛直透水孔	COD, T-N	2	低い(海面処分場における安定化の知見がないため)	高い	高コストとなる恐れ (広大な面積では、施工数量が多くなる可能性があるため)	特に想定されない	—	×
			井戸(有孔管)	COD, T-N	3	低い(海面処分場における安定化の知見がないため)	高い	高コストとなる恐れ (広大な面積では、施工数量が多い可能性があるため)	特に想定されない	—	×
	強制浄化	循環浄化	曝気循環浸透式	COD, T-N	3	高い	低い(設備による保有水の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×
			給水型	COD, T-N	3	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用が発生するため)	特に想定されない	—	×
			排水型	COD, T-N	3	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用が発生するため)	特に想定されない	—	×
		強制的好気工法		COD, T-N, H ₂ S	2	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用が発生するため)	特に想定されない	—	×
		ケミカルオキシデーション法	霧状酸化剤注入	COD, T-N, H ₂ S	2	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (廃棄物層に注入するための大量の薬液が必要となるため)	特に想定されない	—	×
			キレート注入	重金属, COD	2	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (廃棄物層に注入するための大量の薬液が必要となるため)	特に想定されない	—	×
	微生物注入	微生物注入	T-N	2	低い(海水中においては、微生物の活動が低下するため)	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (廃棄物層に注入するための大量の微生物が必要となるため)	特に想定されない	—	×	
	浸出水浄化										
	浄化	内水ポンド	内水ポンド	COD, T-N	5	高い	高い	特に想定されない (追加的な施設等は不要であるため)	特に想定されない	—	○
			トレンチ	COD, T-N, H ₂ S	5	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×
			強制循環	COD, T-N, H ₂ S	5	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×
			エアレーション	COD, T-N	5	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×
			接触曝気	T-N	5	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×
			土壌による浄化	COD, T-N	4	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (設備等の導入、稼働、維持管理費用が発生するため)	特に想定されない	—	×
			凝集剤添加	COD	2	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (ポンドに投入するための凝集剤が大量に必要となるため)	特に想定されない	—	×
			化学薬品注入	COD	2	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	高コストとなる恐れ (ポンドに投入するための凝集剤が大量に必要となるため)	特に想定されない	—	×
			中和	内水ポンドによる受動的中和	pH	3	高い	あり	特に想定されない (追加的な施設等は不要であるため)	特に想定されない	—
		内水ポンド等による能動的中和	pH	3	高い	低い(設備による廃棄物層の浄化がなされている場合、設備稼働中は廃止できないため)	特に想定されない	特に想定されない	—	×	

4. 選定された早期安定化技術

本章では、3-3. で選定した個々の早期安定化技術について詳細に解説する。

また、分割埋立・廃棄物の選別受入れ、厚覆土・全面集水層、排水水質（pH）対策のそれぞれの技術については、いずれも併用可能であるが、対策に要する費用や、各処分場における個々の特性やライフステージを考慮し、適切な対策技術を採用する必要がある。

4-1. 分割埋立・廃棄物の選別受入れ

(1) 対策技術の概要

分割埋立は、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である。早期安定化等の観点から、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とされている。海面最終処分場では、遮水機能を有する内護岸（矢板等による中仕切り）で複数の区画に分割し、廃棄物の汚濁度に応じて区画ごとに分けて埋立処分する。汚濁度の低い廃棄物を埋め立てる区画は、早期の安定化が期待できる。

また、分割埋立の円滑な実施を可能とするため、処分場の受入基準による選別を行う。したがって、受入基準は、廃棄物の汚濁度による選別が容易となるよう勘案して設定する。

さらに、この廃棄物の選別受入れには、厳しい基準を設けて、汚濁度の高い廃棄物は受け入れない方法もある。

なお、汚濁度の高い廃棄物の埋立区画において早期安定化を図る場合には、その性状と処分量に応じ、洗浄・分級や固化・不溶化等の前処理技術の適用を検討する必要がある。

図 4-1 に分割埋立・廃棄物の選別受入れの概念を示す。

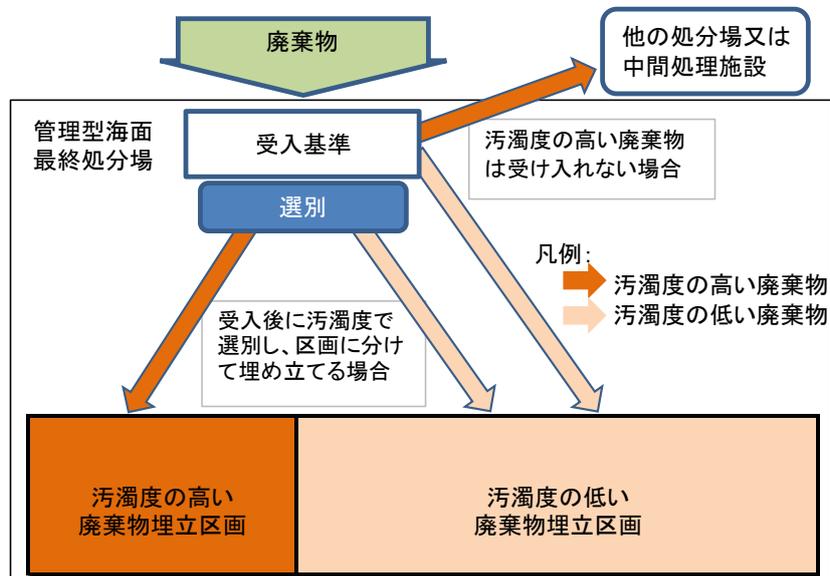


図 4-1 分割埋立・廃棄物の選別受入れの概念図

(2) 要素技術の解説と効果

【分割埋立】

埋立地内を中仕切りにより複数区画に分けて、区画ごとに管理型廃棄物の汚濁度に基づく選別基準を設定し、それぞれの性状に応じて別々に分割して埋め立てる工法である。

したがって、この分割埋立を採用するに当たっては、廃棄物の選別受入と組み合わせると効果的である。

汚濁度の低い廃棄物の埋立区画では、排水水質が安定しやすいため、廃止基準に速やかに適合することが期待できる。したがって、当該区画を先行して廃止できるよう、基準省令に適合した区画構造とする。

一方、汚濁度の高い廃棄物の埋立区画は、降雨による洗い出しで浄化する方法の場合、長期間の維持管理が必要になりコストが嵩むと考えられる。

したがって、洗浄による強制的な浄化や、固化・不溶化による溶出抑制を行って管理期間の短縮を図ること、または分級して汚濁度の高い廃棄物を選別し、高い汚濁負荷の区画をできるだけ小規模にする対策を講じるなど、その性状に応じて区画ごとに前処理の適用を検討することが有効である。

対策の対象となる物質等：COD、T-N、pH

技術熟度：実際の施工事例がある段階（従来の区画埋立による実施例）

適用ライフステージ：護岸整備段階

【廃棄物の選別受入れ】

処分場の浸出水の水質の悪化や長期的に安定化に影響を及ぼす要因をできる限り取り除いて、早期安定化や維持管理コストの縮減を図ることを目的とする対策技術である。具体的には、受け入れる廃棄物のCOD・T-N・重金属等の基準を厳しく設定し、汚濁度の高い廃棄物の品目を受け入れない方法である。

この対策技術を適用する場合、受入基準を超過した廃棄物については、他の処分場における処分や中間処理施設等における処理が必要となる。

一方、分割埋立と組み合わせることにより、受け入れてから汚濁度で選別して埋め立てる方法が採用できる。したがって、分割した区画ごとに、埋め立てられた廃棄物の性状に応じた早期安定化対策や維持管理方法の適用が可能となる。

さらに、造成地盤が圧密し難い性状の廃棄物を選別し分けて埋め立てる場合もある。

対策の対象となる物質等：COD、T-N、重金属

技術熟度：実際の施工事例がある段階

適用ライフステージ：埋立段階（埋立開始段階）

(3) 施工方法

【分割埋立】

外周護岸や中仕切りによる埋立区画の整備は、従来の施工技術により実施可能である。

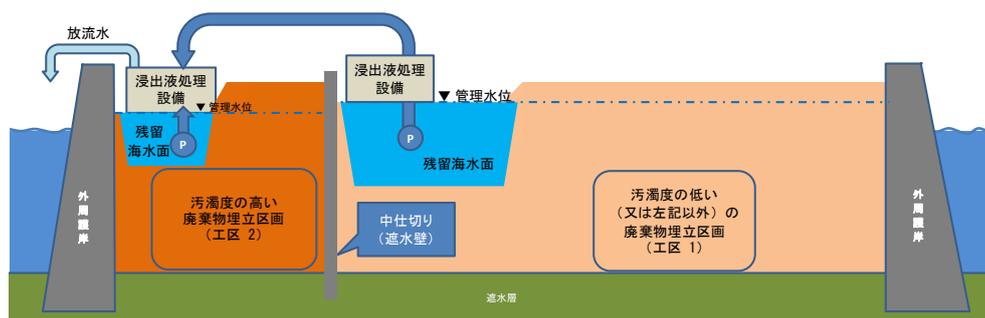
施行に当たっては、港湾の施設の技術上の基準、護岸マニュアル等に準拠する。また、廃棄物の汚濁度に応じて適切な維持管理を行うため、それぞれの区画に保有水等集排水

設備を設置する。なお、浸出液処理設備を1ヶ所に集約させ、共通設備として整備することも可能である。(図4-2)

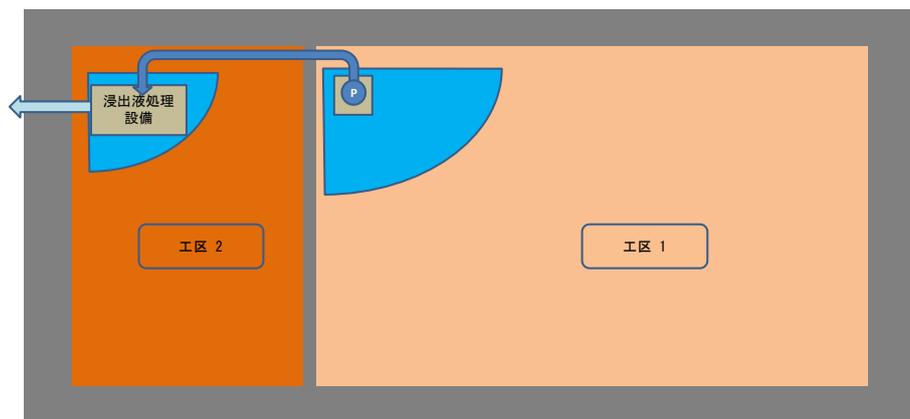
処分場の閉鎖(埋立終了)後に、汚濁度の低い廃棄物埋立区画が廃止された以降も、汚濁度の高い廃棄物埋立区画は継続的な維持管理が必要となることが想定される。

そのため、各区画の竣功・廃止時期を考慮して、排水処理系統の切り替えができるように整備する。(図4-3)

なお、浸出液処理設備を共通設備として設置する場合は、汚濁度の低い廃棄物埋立区画の排水について廃止基準の適合確認を可能とするために、当該排水を、共通の処理系統に混入する前の段階で採水、測定できるようにしておく必要がある。

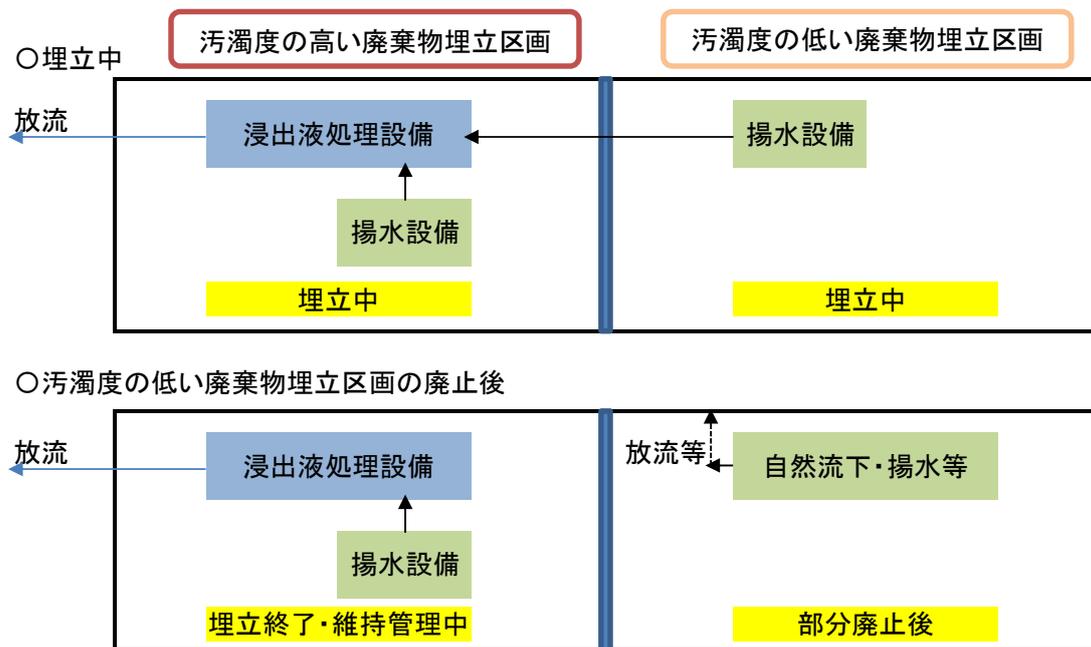


(断面図)



(平面図)

図4-2 分割埋立の概念図



(注) 浸出液処理設備は、埋立区画外に設置する事例もある。

図 4-3 分割埋立の排水系統イメージ図

【 廃棄物の選別受入れ 】

廃棄物の投入時期と投入量・場所及びサンプルの化学分析等の記録を管理するとともに、観測井戸を配置して保有水水質の長期モニタリングを行い、浸出水の経時的な傾向を把握する。これらのデータを組み合わせた図 4-4 に示す受入れ廃棄物の選別フローにより、早期安定化や維持管理コストの縮減を効果的に行う。すなわち、水質の悪化傾向が認められる場合は、投入廃棄物の管理記録との突合せにより、悪化した水質の項目に該当する汚濁成分を含む廃棄物との相関の検証を行った上で、当該廃棄物について受け入れしない品目や別区画で処分する品目への変更といった対応を行い、さらに選別受入れによる効果を高める。

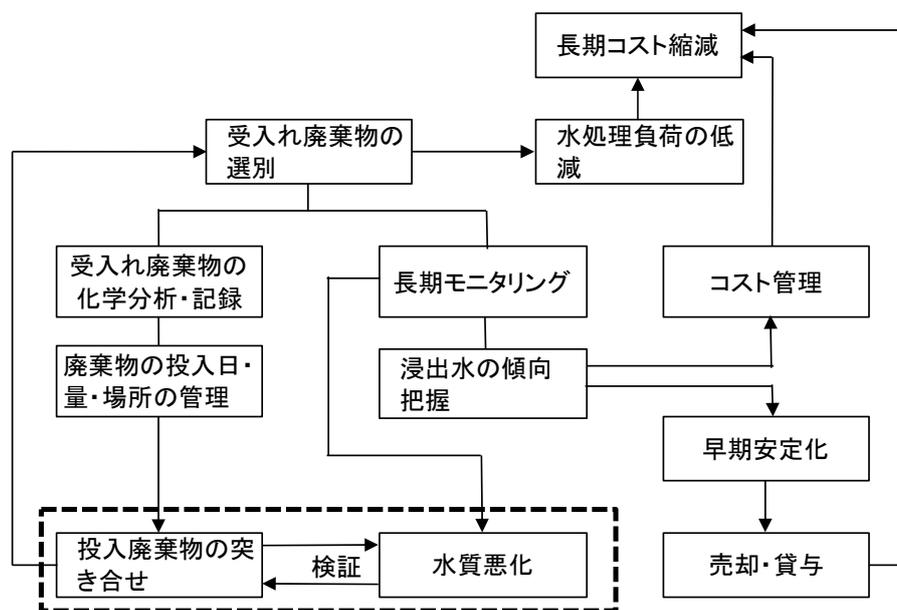


図 4-4 受入れ廃棄物の選別の概念

(4) 当該技術を適用する際の検討時期

分割埋立の適用については、廃棄物処理施設の設置許可の取得、必要な区画容量の検討、跡地利用計画との整合性の観点から、新規処分場の整備計画段階で検討することが望ましい。特に、汚濁度の低い埋立区画を早期に廃止するためには、当該区画は単独で廃棄物処理施設の設置許可を取得しておく必要がある。

廃棄物の選別受入の適用については、埋立中の処分場でも受入基準の調整や処分場内に汚濁度の高い廃棄物の前処理設備を新たに設置する検討は可能である。しかし、前処理設備の導入については、導入前の未処理の埋立廃棄物と混在することから、費用対効果を十分発揮することが可能か検討する必要がある。

(5) 留意事項

① 技術の適用に当たっての現状の課題

【 分割埋立 】

汚濁度の高い廃棄物埋立区画の利用を早期に開始するためには、前処理技術の開発・実証が必要である。以下に対策として考えられる技術を示すが、海面最終処分場での実施例はない。

- 対策技術として埋立段階では、廃棄物を埋立地内部の海水等で洗浄して汚濁物質を浄化する方法や粒子の性状の違いによって分離する方法がある。浄化する方法には、回転機械等を設置した水槽に注水して、廃棄物に付着した汚濁物質を流出させる技術があり、性状で分離する方法には、汚濁度の低い粗い粒子と汚濁度の高い細かな粒子の2種類に、粒子の大きさで分級する技術がある。分級技術については、一般廃棄物の焼却灰試料を用いた研究室実験で浸出水質の安定化状況や費用対効果等の検証段階にあり、それ以外の種類の廃棄物については未調査である。
- 水質の安定に長期的に影響を及ぼす廃棄物に対しては、固化・不溶化技術があるが、海面

最終処分場以外での事例である。固化する場合は、浸出抑制と亀裂等の劣化防止等のための固化材（セメント等）の最適な配合率と、バラツキ等を考慮した品質を確保するための混練方法及び安価な工法が確立されていない。

なお、不溶化する場合は、薬剤添加により物理・化学的に重金属等の有害物質の溶出を抑制する方法がある。

- ・ 閉鎖前の段階での対策技術には、浸透防止や浸透抑制による雨水排除等がある。ガス対策の必要性や沈下による機能への影響が明らかになっていない。

【 廃棄物の選別受入れ 】

特になし。

② 制度的な留意事項

【 分割埋立 】

- ・ 早期に供用したい区画には、先行して廃止の確認が受けられるようにするため、汚濁度の低い廃棄物の埋立区画を割り当てるなど、廃止後の土地利用を見据えた区画の配置が必要である。
- ・ 汚濁度の低い区画について、先行して廃止の確認を受けるためには、廃棄物処理施設の設置許可の申請が区画ごとに必要である。区画ごとに設置許可を受けるためには、遮水性のある内部仕切設備（矢板等）により区画を分割し、区画ごとに個別に保有水等集排水設備等を設ける必要がある。なお、浸出液処理設備は区画共通で設定してもよい。

【 廃棄物の選別受入れ 】

- ・ 処分場の廃棄物受入基準で対応できるため、特になし。

③ 技術的な留意事項

【 分割埋立 】

- ・ 内部仕切設備には、遮水性能を有する中仕切りを行い、鋼矢板等の鋼製遮水壁の採用など経済性に留意する。
- ・ 鋼製遮水壁の施工方法及びその手順は、地盤条件や外周護岸との施工順序により気象・海象条件、作業条件を考慮して、施工中や完成後の構造上の自立安定性や遮水機能等に留意する。
- ・ 中仕切り周辺における廃棄物の埋立に当たっては、仕切りの安定性を確保するために、その両側において廃棄物を埋め立てる速度の調整に留意する。
- ・ 浸出液処理設備の設計に当たっては、汚濁度の低い廃棄物の埋立区画の廃止後は、汚濁度の高い廃棄物を埋め立てた区画からの高負荷で小水量の保有水等の処理に移行することに留意する。
- ・ 汚濁度の高い廃棄物を埋め立てて長期間の維持管理を要する区画の対策として、洗浄・分級や固化・不溶化技術を検討する場合には、対象とする廃棄物の適用性や前処理後の性状の長期安定性と造成地盤の跡地利用上の影響及び対策の費用対効果等を総合的に検討のうえ採用することに留意する。
- ・ 固化・不溶化技術に分類したセメント固化処理については、「金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準」（環境庁告示 5 号 昭和 52 年 3 月 14 日）を参照できる。しかし、上欄の①技術の適用に当たっての現状の課題に示すとおり、対象となる廃棄物で配合試験等を行っ

た上で固化体の品質等の確認を行うことに留意する。

【 廃棄物の選別受入れ 】

- 一般的に、廃棄物の種類に応じて性状が異なるため、埋立地の安定化に及ぼす影響は異なる。(表 4-1) 特に産業廃棄物については、排出先や工程によって様々な廃棄物の種類が存在し、性状も多様である。(表 4-2) したがって、処分場が受け入れる汚濁負荷の抑制や維持管理期間の短縮を図るためには、廃棄物の受入基準による的確な対応が必要となる。そのため、産業廃棄物管理票(マニフェスト)や受入検査(化学分析)と保有水等のモニタリングの結果によるデータベースの構築等を行い、排出される廃棄物の実態に応じて受入基準を見直すことなどに留意する。

表 4-1 廃棄物の種類と安定化に及ぼす影響の例

廃棄物の種類		安定化に及ぼす影響
一般廃棄物	焼却灰(主灰) 焼却灰(飛灰)	COD↑, T-N↑, pH↑、浮泥生成, 水分・物質移動↓
	不燃ごみ・破砕ごみ	COD↑, T-N↑
産業廃棄物	燃えがら	COD↑, T-N↑
	汚泥	COD↑, T-N↑, pH↑、浮泥生成, 水分・物質移動↓
	鉱さい	pH↑、多種性状, 分散・泥状化, 水分・物質移動↓
	ばいじん	COD↑, T-N↑, pH↑、浮泥生成, 水分・物質移動↓
	廃プラスチック類	COD↑
	がれき類	COD↑
	上水汚泥 下水焼却灰	COD↑, T-N↑, pH↑、軟弱地盤形成, 水分・物質移動↓

注) 性状の一般的な傾向を示したものであり、受入れ基準の検討にあたっては、マニフェストや受入れ検査(化学分析)及び保有水等のモニタリング等の結果を踏まえて検討する必要がある。

表 4-2 産業廃棄物の種類(参考例)

種類	参考例
汚泥	建設汚泥、下水汚泥、上水汚泥、ビルピット汚泥、めっき汚泥、カーバイトかす、ベントナイト汚泥、洗車場汚泥 など
鉱さい	鋳物スラグ、鋳物廃砂、電炉等溶解炉かす、ボタ、不良石炭、粉炭かす、高炉・転炉・電気炉等のスラグ、キューポラのノロ、不良鉱石、銅スラグ、アルミニウムドロス など
燃え殻	石炭灰、廃活性炭、産業廃棄物の焼却残灰・炉内掃出物、下水汚泥焼却灰など
廃プラスチック類	合成樹脂くず、合成繊維くず、合成ゴムくず(廃タイヤを含む)、合成高分子系化合物、建設系廃プラスチック など
ばいじん	大気汚染防止法に定めるばい煙発生施設、産業廃棄物焼却施設において発生するばいじんであり集じん施設によって集められたもの
産業廃棄物を処分するために処理したもの(政令 13 号廃棄物)	産業廃棄物を処分するために処理したもので、上記に該当しないもの(コンクリート固化物、灰の熔融固化物など)

(6) 適用事例

響灘西部廃棄物処分場 ひびき灘開発㈱

- ・当該処分場では、産業廃棄物のみを埋立処分している。
- ・廃プラスチック、紙付石膏ボード類、紙くず、木くず、有機性廃棄物等（水に浮遊するものや飛散性のあるもの及び造成地盤に影響を与えるものや硫化水素等の発生する可能性があるもの）の受入れを制限しており、必要に応じて展開検査等実施。
- ・受け入れる廃棄物の重金属類の溶出率を、埋立基準（金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める省令）に定める値の3倍厳しく設定している。（表4-3）

表 4-3 受入基準（抜粋）（平成 28 年 12 月現在）

	鉛又はその化合物	六価クロム化合物	砒素又はその化合物	カドミウム又はその化合物	セレン又はその化合物
受入基準	<0.1mg/ℓ	<0.5mg/ℓ	<0.1mg/ℓ	<0.03mg/ℓ	<0.1mg/ℓ
埋立基準	<0.3mg/ℓ	<1.5mg/ℓ	<0.3mg/ℓ	<0.09mg/ℓ	<0.3mg/ℓ

- ・上記の品目・条件に合致しない産業廃棄物は、市内の再資源化施設や中間処理施設等での処理などを産業廃棄物関連の協会等の協力を得て指導する。
- ・選別受入れによる埋立は、2号地（ポンド方式・片押し方式による埋立、埋立終了）と3号地（栈橋方式・片押し方式による埋立、埋立中）で実施している。
- ・さらに受入基準を厳しくする必要がある状況ではないが、モニタリングによって水質の悪化が認められる場合は、埋立記録との照合から投入廃棄物との突合せを行い、必要によりボーリング調査も行って廃棄物の種類を確認することとしている。
- ・跡地利用の用途も念頭に置いて埋め立てており、土地造成に向かない廃棄物は極力制限することとしている。過去に、廃プラスチック等の造成地盤に影響を及ぼす圧密し難い廃棄物を受け入れていた際は、場所を決めて集中的に投入する工夫をしていた。

4-2. 厚覆土・全面集水層

(1) 対策技術の概要

廃棄物処理法上、埋立が終了した時点で概ね 50cm 以上の土砂等によって開口部を閉鎖する必要があるが、当該覆土は、保有水等の水位より上部を通常より厚く施工し、厚覆土の直下全面に透水性の高い粗粒層を敷設する技術である。

これにより、保有水等の水位より上部が汚濁度の少ない覆土となるため、雨水の浸透過程における汚濁が抑制される。また、雨水が廃棄物層へ浸透する前に全面集水層を通過して排水されることで、保有水等の廃棄物層への接触が減少し、水質悪化が防止できる。これらの方法を組み合わせることによって、処分場の早期安定化に寄与し、浸出液処理の負担も軽減できる。

また、厚覆土の設置により、廃棄物層の覆いを適切に確保した状態での掘削可能な深度が通常より深くなり、表層利用のための形質変更による影響を低減することが可能となる。

厚覆土と全面集水層による工法の基本概念を図 4-5 に示す。

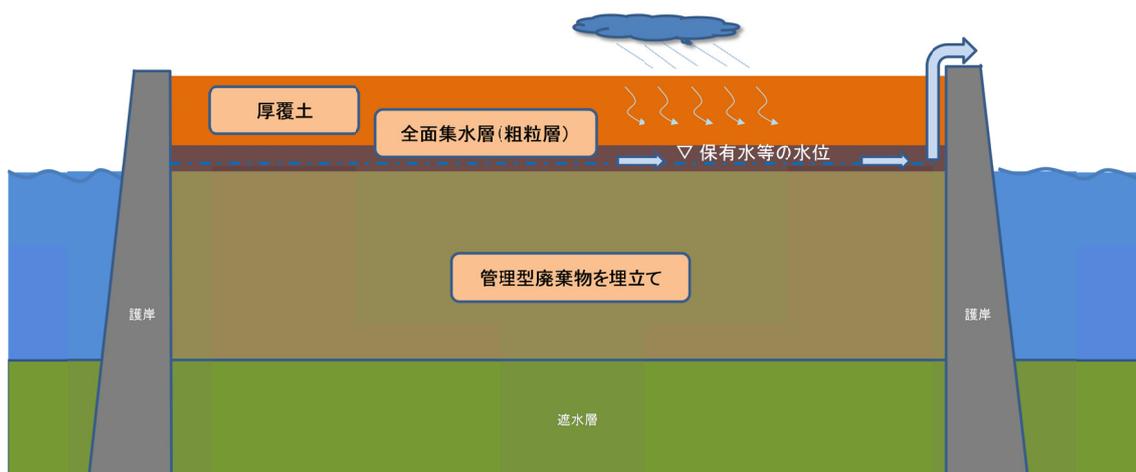


図 4-5 厚覆土と全面集水層による工法の基本概念図

(2) 要素技術の解説と効果

【厚覆土】

建設残土等の良質土により、覆土部分を通常施工される一般的な厚さ(1m)よりも厚く、インフラの埋設深さや施設の基礎の大きさ等も考慮して覆土する技術である。

また、保有水等の水位付近まで廃棄物が存在しないように、沈下量を管理して施工することが特徴である。厚覆土の施工により、保有水等の水位付近まで廃棄物がないため、地表面からの浸透過程での雨水の汚濁を防止できる。

加えて、埋立終了以降の土地利用において、表層の掘削時に生活環境に及ぼす影響を抑制することで、管理型廃棄物の埋立地を早期に表層利用することが可能となる。(図 4-6)



図 4-6 厚覆土工法の基本概念

対策の対象となる物質等：COD、T-N等の浸出の抑制

技術熟度：実証が必要な段階

適用ライフステージ：埋立段階（廃棄物層の埋立が海水面に達する前の段階）

【 全面集水層 】

処分場全面に廃棄物層よりも透水性の高い粗粒層（全面集水層）を厚覆土直下に敷設することにより、雨水が廃棄物層へ浸透する前に全面集水層を通して側方に排水される。

全面集水層から排水される保有水等は、内水ポンド等を介して速やかに場外に排水することで、廃棄物層に接触する時間が減少し、水質悪化が防止できるため、処分場の早期廃止に資する。（図 4-7）また、水質の悪化の防止により、水処理の負担も軽減される。

したがって、全面集水層を厚覆土と併せて施工することにより、廃止基準に適合するまでの期間が一層短縮され、また、跡地利用が行いやすくなる。

全面集水層は、杭打ち等によって部分的な破壊があった場合にも、連続性が保たれる限り集水機能は損なわれない。そのため、廃棄物層と雨水等の接触を抑制する他の工法（キャピラリーバリア等）と比べ、高度利用に当たっての支障とならない。

対策の対象となる物質等：雨水に溶脱した汚濁物質（排除）

技術熟度：実証試験中の段階

適用ライフステージ：埋立段階（廃棄物層の埋立が海水面に達する前の段階）

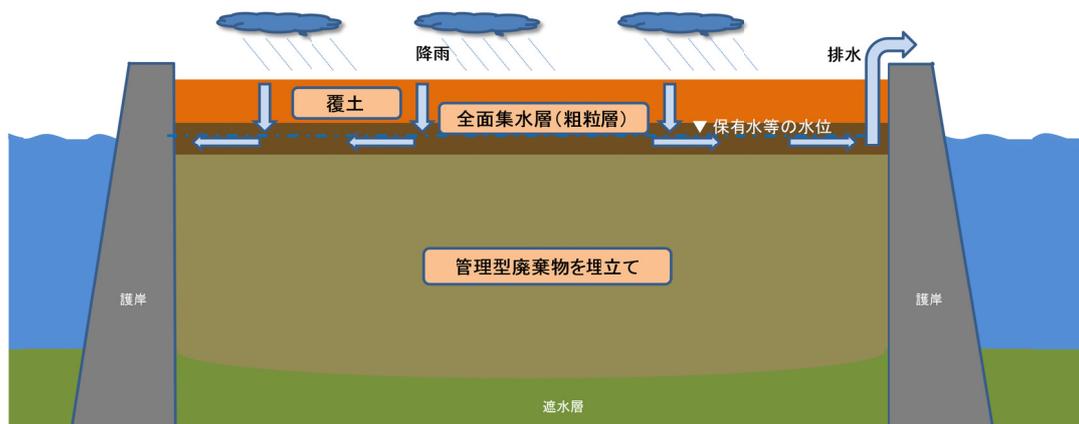


図 4-7 全面集水層の基本概念

(3) 施工方法

【 厚覆土 】

施工に当たっては、表層に覆土するための通常の技術が適用可能である。厚覆土の材料は、跡地を表層利用する際に生活環境に影響を及ぼさずに掘削可能な良質土とする。

港湾用地として表層を有効利用するため、覆土厚さは、既存施設における基礎の事例及びインフラの埋設深さに基づいて計画し（例：基礎深さ 3.5m+最小覆土厚 0.5m）、良質土底部が管理水位以下の深さとなるように、廃棄物層の圧密と底部遮水層等の原地盤の沈下分を見込んで施工する。

効率よく集排水するため、管理水位レベルに集排水暗渠等を設置する場合は、暗渠上面より以浅を覆土施工する。また、側溝の整備や整備段階に応じて下水道により雨水排除を行う。

【 全面集水層 】

全面集水層の厚さは、不等沈下に配慮した上で保有水等を集水できる必要な断面が確保できる厚さ（1m 以上）とする。また、沈下速度が遅い箇所から施工する等、全面集水層の施工順序や施工時の地盤高さを工夫することで、将来的にも全面集水層の連続性を確保することができる。さらに、廃止以降の底部遮水層の残留沈下による全面集水層の沈下量も考慮して施工する。なお、全面集水層を連続的に施工できない場合は、既施工部との残留沈下量の差等を考慮し、接続部は全面集水層を増厚する等の施工上の工夫により対処する。

全面集水層の機能は、保有水等の水位以下に設置し、集水した保有水等を速やかに排水することで発揮される。したがって、底部遮水層の圧密沈下量が小さく、全面集水層の位置が計画した時期に保有水等の管理水位以下とならない場合は、プレロードの施工等の対処が必要となる。

維持管理中の排水は、集水した保有水等を一旦内水ポンドに集め、水処理した上で排水する方法がある。全面集水層で集められた保有水等が排水基準を満足し廃止確認を受けた後は、場外に自然流下で又は揚水して排水する。

(4) 当該技術を適用する際の検討時期

厚覆土及び全面集水層の設置には、建設残土等の良質な覆土材料や粗粒層の材料が長期にわたり大量に必要なことになる。そのため、これらの材料を安定して調達する方法を検討する必要がある。したがって、港湾用地として有効利用する際の工作物の基礎構造や、インフラ設備の埋設深さ及び管理水位計画などの諸元から、処分場が陸地化する前の早い段階で覆土の厚さを設計する必要がある。

本技術は、埋立中で陸地化する前の処分場であれば、適用可能である。

(5) 留意事項

① 技術の適用に当たっての現状の課題

特になし。

なお、これまでに詳しい検討が行われているものの施工事例はない。したがって、施工方法についての具体的な知見が不足しているため、下欄の③に示す留意事項を踏まえて、施工する埋立地の特性に応じた技術的な検討を行い、導入を図る必要がある。

② 制度的な留意事項

【 厚覆土 】

- ・ 廃止前における覆土の掘削については、覆土が 50cm 以上残存することが明らかであれば、維持管理基準に適合するが、必要な手続きについては都道府県知事と相談を要する。
- ・ 廃止後における「開口部の閉鎖」措置である覆土の掘削については、覆土が 50cm 以上残存することが明らかである場合は、軽微な変更として事前の届出を必要としないとされている。
- ・ 廃止後の形質変更に当たっては、覆土の機能を損なうおそれがないようにするなど、「土地の形質の変更の施行方法に関する基準」の遵守に留意する。なお、「小構造物設置のための直接基礎の施工」や「電気やガス、上・下水道などのライフラインの設置」などのために、土地利用計画地盤高（港湾用地利用面）から覆土を 50 cm 以上残存することが明らかでない掘削行為は、生活環境保全上の支障が生じるおそれがある。したがって、廃棄物層への雨水の浸透抑制のための代替措置を講じる必要性があると考えられ、「土地の形質の変更の施行方法に関する基準」の規定に留意する。

【 全面集水層 】

特になし。

③ 技術的な留意事項

【 厚覆土 】

- ・ 汚濁物質の浸出を抑制するために、圧密沈下も考慮して覆土底面が保有水等の水位以深となるように施工する必要がある。したがって、覆土の施工計画に必要な廃棄物層の圧密量や底部遮水層の沈下量の予測精度を高めることも必要である。そのためには、計測地点の適切な配置や、廃棄物層及び底部遮水層の各沈下量の把握が可能な層別沈下計の利用等、観測方法には十分に配慮する必要がある。
- ・ 厚覆土の施工には膨大な量の覆土材料が必要となる。材料の調達方法を予め検討し、安定的かつ経済的に当該材料を確保することが重要である。

- ・ 廃棄物の埋立工程については、材料調達による厚覆土の設置時期等の計画に基づき、底部遮水層の圧密沈下を詳細に予測した結果を施工計画に反映する。埋立完了後に残留沈下量が大きく、土地の早期利用や廃止の支障となることが予想される場合は、必要な余盛量や圧密促進工法の採用について検討する。
- ・ 廃棄物層の上部に厚覆土を施工した場合、保有水等の水位より上部に廃棄物層がないため、表層付近のガスの発生リスクが軽減される。ただし、発生したガスが経年的に厚覆土下部に溜まり、将来的な跡地利用時に問題となる可能性がある。したがって、全面集水層とそれに接続したガス抜き管等を設置し、ガスが溜まりにくくなる対策を行うよう留意する。
- ・ 密度の高い覆土材料を陸域に厚く施工するため、載荷盛土工法等と同様の廃棄物層や底部粘性土層の早期圧密・沈下促進効果を考慮できる。したがって、処分場に受け入れられる廃棄物の容量は、必ずしも減少しないので、埋立処分事業の経済性の検討に当たって留意する。

【 全面集水層 】

- ・ 全面集水層の施工に当たっては膨大な量の材料が必要となる。予め材料の調達方法を検討し、安定的、かつ経済的に材料を確保することが重要である。
- ・ 全面集水層は、透水係数が $k = 1 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 以上となる材料とする。
- ・ 全面集水層が保有水位付近あるいは下部にあるときは、浸透した降雨は全面集水層を介して速やかに排水される。一方、全面集水層が保有水等の水位より上部にあるときは、大部分の降雨は廃棄物層に浸透する。したがって、埋立完了後に集水層が保有水位以下となるよう沈下を考慮して、全面集水層の設置高さ及び厚さを決定する。（図 4-8）

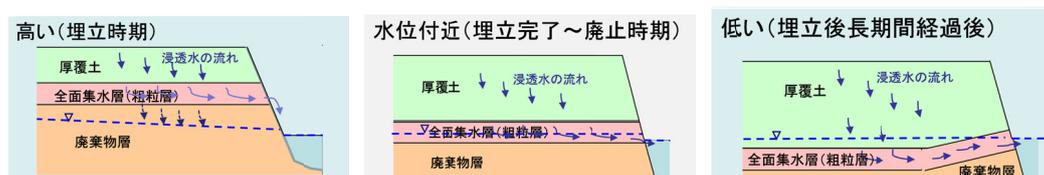


図 4-8 全面集水層の排水機能概念図

保有水等の水位より集水層が下部にあり、長期間降雨がない場合、全面集水層内の保有水等の水質は、下部の廃棄物層に存在する汚濁物質を含んだ保有水の水質の拡散の影響を受け、一時的に悪化する可能性がある。

ただし、全面集水層の沈下を想定した模擬土槽実験によれば、その影響は廃棄物層水質の安定に応じて経年的に小さくなることが確認されている。

- ・ 全面集水層の厚さについては、下部の底部遮水層の圧密沈下による不等沈下が発生した場合にも、水平方向の連続性が損なわれない厚さを確保する必要がある。（検討事例：集水暗渠の不等沈下量の観測事例等を参考として、施工性も考慮し最低限 1m 以上を確保。）
 なお、全面集水層が不等沈下した場合でも、その機能を発揮することは、土層実験やシミュレーション解析で検証されている。
- ・ 全面集水層上部の透気性次第で、廃棄物層から発生するガス対策として、ガス抜き管等を設置し、当該ガスをモニタリングするとともに、必要に応じてガスが溜まりにくくするよう留意する。
- ・ 通常のモニタリングに加えて、全面集水層の機能を評価し、その効果確認や維持管理に資

するために、全面集水層と保有水等の水位の高さの関係、圧密沈下の進行を把握するための沈下観測や水位観測、全面集水層を介して排出される浸出水の量や水質の観測を行う。

(6) 適用検討事例

【厚覆土・全面集水層】

適用事例なし。

なお、平成 27 年度に、大阪湾広域臨海環境整備センターにおいて、厚覆土・全面集水層を導入する上での課題の整理、法制度上の課題、設計・施工方法等について検討が行われた。また、土槽実験に基づく検討も行われたので、実験結果の概要を以下に示す。

○全面集排水層を設置した場合の保有水等の挙動に関する実験による評価

①土槽試験装置と実験の概要

土槽試験装置は内部を観察できるように透明塩化ビニル製とし、模擬降雨の滴下装置を槽の上部に設け、模擬廃棄物槽内の食紅の移動状況により評価した。

実験ケースは、CASE0（従来の排水暗渠を模擬）、CASE2（沈下により保有水に沈没）、CASE3（不等沈下し逆傾斜）、CASE4（上流側と下流側が不連続）、CASE5（高度利用による杭打ち等で部分的に破損）、CASE6（圧密沈下による下部保有水の水質が影響）、CASE7（機能が途中でなくなった若しくは処分場の一部に全面集水層を設置）、CASE8（圧密沈下が進み深い位置となった早期埋没）の計 8 ケースを設定した。

各ケースの概念図を図 4-9 に、食紅の移動評価による保有水流動の可視化実験の結果を図 4-10 に示す。

②土槽実験結果の概要

全面集水層を保有水等の水位以下に設置した場合、浸透した降雨は速やかに排水される。そのため、保有水等の水位の上昇が抑えられ、下部の廃棄物層内の汚濁物質は封じ込められたような状態となる。結果として排水される保有水等の水質は、汚濁物質の影響を受けず、早期に排水基準を満足する可能性がある。この機能は、全面集水層の水平方向の連続性が確保できれば、沈下により全面集水層がかなり深い位置となった場合や、逆勾配となった場合、高度利用（杭打ち等）により部分破損した場合にも期待することができる。

ただし、汚濁物質の封じ込めによって、全面集水層から排出される水質の濃度が保有水の濃度の 1/100 となっても、pH は 2 程度しか低下しないので、保有水の pH が 11 以上の場合は、排水基準を満たさない可能性がある。また、渇水期等では一時的に排出される水質が悪化する可能性もあり、維持管理期間中は内水ポンド等を介して水処理した上で排水する必要がある。ただし、時間経過により、これらも問題ないレベルとなると推定される。

なお、土槽実験における暗渠排水と全面集水層との比較では、電気伝導度（EC）の低下速度が 3～4 倍速い結果を示した。暗渠排水の挙動は、暗渠出口から底面までの深さ、横幅（実験であれば土槽のスケール）に依存する。しかし、全面集水層では底面までの深さの影響をほとんど受けない。全面集水層の効果は全面集水層の下部の廃棄物層が深いほど大きいと言える。

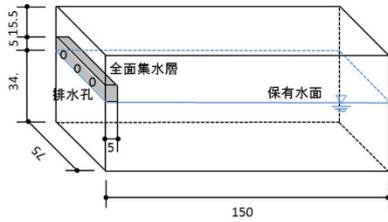
土槽実験結果のまとめと考察を表 4-4 に示す。

表 4-4 土槽実験結果の総括

土槽実験結果のまとめ	考察
<p>①全面集水層を設置し浸透した雨水を集排水することで、保有水等の水位の上昇が抑えられ、下部の廃棄物層内の汚濁物質は封じ込められたような状態となる。</p> <p>②全面集水層の機能は、全面集水層が保有水等の水位以下であれば、保有水等の水位よりかなり深い位置となった場合(CASE2) や不等沈下により逆勾配となった場合(CASE3)、高度利用(杭打ち等)により部分破損した場合(CASE5)にも変わらずに期待できる。</p> <p>③浸出水の EC 濃度変化より、全面集水層が機能した場合(CASE2, 3, 5)の浸出水の水質は保有水の1/20~1/100に低下し、低下速度は実験スケールで暗渠排水(CASE0)に比べ3~4倍速く、早期に排水基準を満たす可能性が示唆された。</p> <p>④降雨がなく全面集水層からの排水が行われない時期は、下部の水質の拡散等の影響を受け、全面集水層内の水質が一時的に悪くなる可能性があるが、時間が経過すると問題ないレベルまで低下する。</p> <p>⑤全面集水層が断裂した場合(CASE4) や部分的に施工された場合(CASE7)は、全面集水層の機能が低下する。</p> <p>⑥圧密沈下に伴う排水(CASE6, 8)は廃棄物層内の保有水を押上げ、全面集水層から排出される水質へ影響する。その程度は、圧密沈下量に応じて変化する。</p>	<p>① 実験結果の EC 濃度変化より、pHは1~2程度低下することが期待されるが、初期濃度によっては、排水基準を満たすのに時間を要する可能性がある。</p> <p>② 全面集水層の機能を発揮するためには、全面集水層の水平方向の連続性を確保することが重要である。</p> <p>③ 全面集水層を設置した場合にも、渇水期等では一時的に水質が悪化する可能性がある。ただし、その影響は時間の経過とともに小さくなると考えられる。</p> <p>④ 残留沈下量が大きく、圧密排水量が多い場合は、浸出水の水質への影響が大きくなる。ただし、その影響は圧密の進行とともに低下し、収束傾向を示す。</p> <p>⑤ 本実験では、廃棄物層からの溶出を考慮していない。ただし、全面集水層が機能した場合の浸出水の水質は、廃棄物層の溶出を含めた下部の保有水の影響を受けにくいと考えられる。</p>

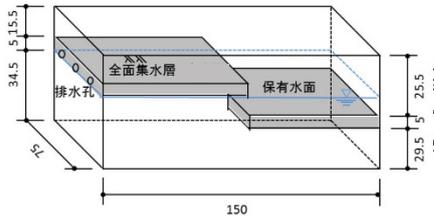
CASE0 水平暗渠模擬

従来の集水暗渠を模擬したケース



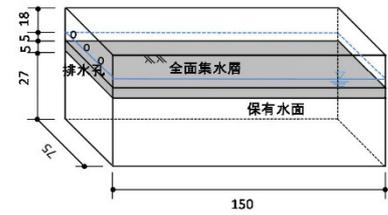
CASE4 全面集水層設置(不連続)

全面集水層が沈下や施工手順によって不連続となったケース
全面集水層が不連続となった場合の集排水機能の変化を確認する



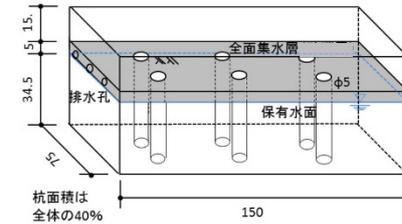
CASE2 全面集水層設置(水没)

水位が浅く、全面集水層が水没したケース
全面集水層が沈下等により水没した場合の集排水機能の変化を確認する



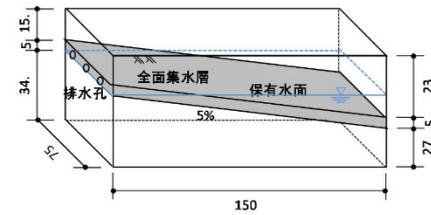
CASE5 全面集水層設置(部分破損)

全面集水層が杭打ち等によって部分的に破損したケース
全面集水層が部分的に破損した場合の集排水機能の変化を確認する



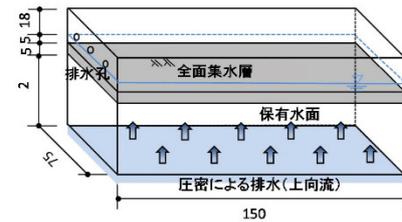
CASE3 全面集水層設置(不等沈下)

全面集水層が傾斜したケース
全面集水層が不等沈下により傾斜した場合の集排水機能の変化を確認する



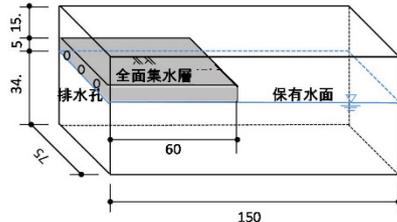
CASE6 全面集水層設置(圧密)

圧密ケース
在来地盤の圧密沈下による過剰間隙水圧が浸出水の水質に与える影響を確認する



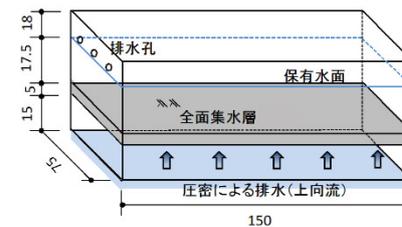
CASE7 集水層の機能不全

全面集水層の機能が途中でなくなってしまったもしくは
処分場の一部に全面集水層を設置したケース

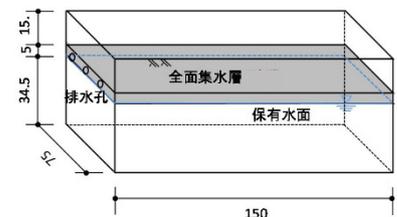


CASE8 集水層の早期埋没

圧密沈下により全面集水層がかなり深い位置となったケース



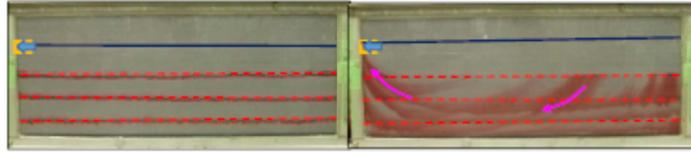
標準ケース 設計通りに全面集水層が設置されたケース



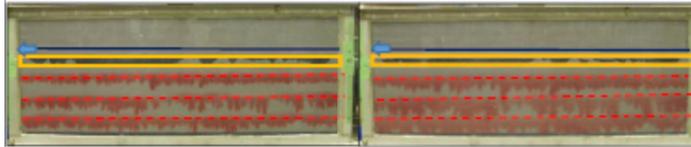
全面集水層が沈下した CASE2, 6, 8 において、排水孔と全面集水層端部を排水パイプ φ10 mm で繋いだ。

図 4-9 土槽実験の各ケースの概念図

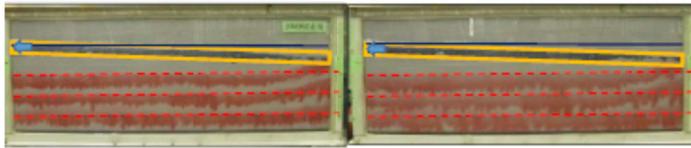
CASE0 水平暗渠模擬



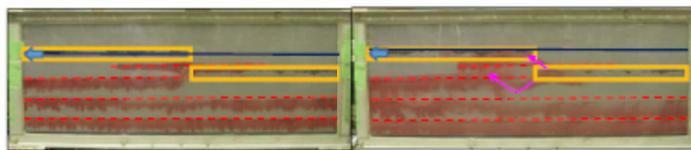
CASE2 全面集水層設置
(水没)



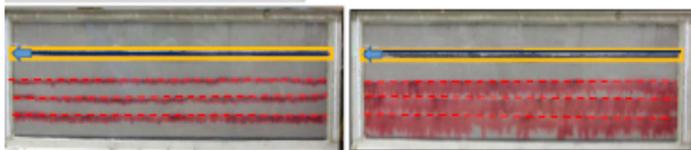
CASE3 全面集水層設置
(不等沈下)



CASE4 全面集水層設置
(不連続)



CASE5 全面集水層設置
(部分破壊)



CASE6 全面集水層設置
(圧密)



CASE7 集水層の機能不全



CASE8 集水層の早期埋没

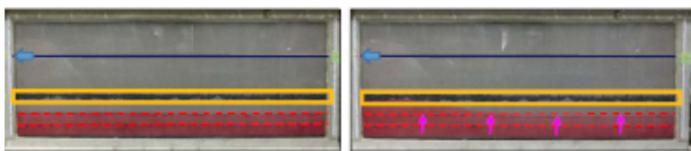


図 4-10 食紅の移動評価による保有水流動の可視化実験の結果
(図左：実験開始直後 図右：実験開始 24 時間後)

4-3. 排水水質（pH）対策

(1) 対策技術の概要

従前より国内では焼却灰の埋立比率が高いことや、鉍さい等に起因する高いpHの保有水対策が必要になっている。一方、内水ポンドなどで保有水等と池の水が混合することにより、高アルカリの保有水等のpHが低減されることや暗渠内や内水ポンドに流入する間、あるいは内水ポンド水面において大気中の二酸化炭素を吸収することによりpHが低減することが知られている。したがって、これらの方法を効果的に組み合わせて埋立地に適用することにより、保有水等が集排水設備を流下して排水されるまでの間に、高いpHの低減が促進されることが期待される。海面最終処分場への適用については、調査や室内実験等により検討されている段階であるが、維持管理に資するpHの中和方法の知見が得られている。

(2) 要素技術の解説と効果

処分場内の保有水等集排水設備を活用し、主に次の①と②による作用によって排水水質のpHを低減させる。(図 4-11)

① 希釈作用

高アルカリの保有水等が内水ポンドに流入し排水されるまでの間に、pHの低下した大量の保有水等と混合することによって、pHが低減する。化学当量としては、10倍希釈でpHが1低下する。

② 炭酸中和作用

高アルカリの保有水等が暗渠内や内水ポンドに流入し排水されるまでの間に、気相中の二酸化炭素が自然に水面から吸収され、pHが低減する。二酸化炭素については、大気からの供給や、有機物分解による生成が期待できる。

③ 焼却灰等からのアルカリ成分溶出抑制によるpH低減

焼却灰については、焼却施設における排ガスを利用した炭酸中和や、セメント固化、灰洗浄など、有害金属処理としての検討事例が多数存在しており、炭酸中和については、pH低減の面からも効果が期待できる。

対策の対象となる物質等：pH

技術熟度：理論的研究・基礎実験の段階

適用ライフステージ：埋立段階（内水ポンドの設置が可能な時期まで）

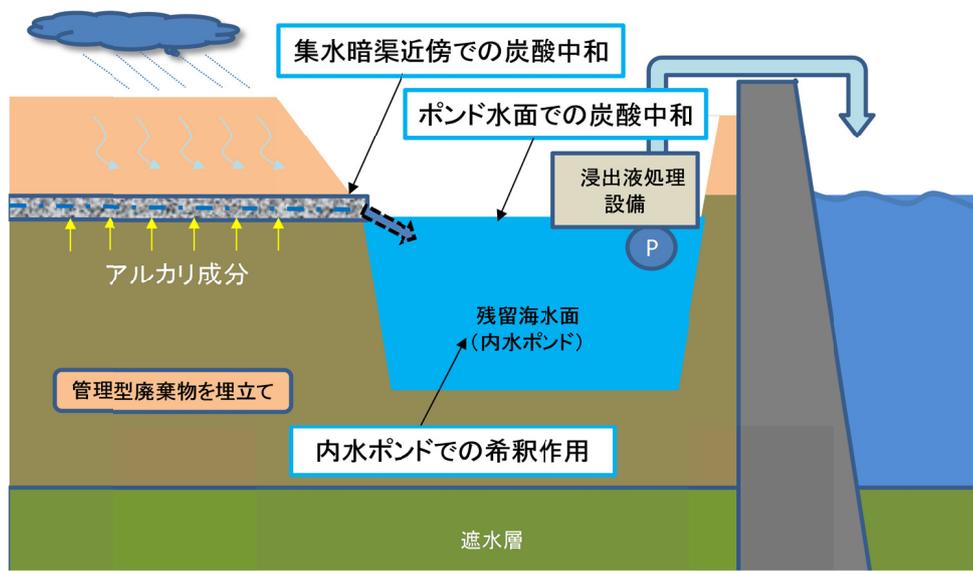


図 4-11 内水ポンドにおける希釈・中和作用の基本概念

(3) ポンドの検討手順

pH値は、保有水等が流下し排水されるまでの間に、pHの低い水との混合割合や大気中の二酸化炭素と接する時間に応じて低下する。したがって、内水ポンドの諸元の検討においては、保有水等の流入量や確保可能なポンドの容量と面積を考慮する必要がある。例えば、以下の手順で内水ポンドの諸元についての基本的な検討ができる。①ポンド内の水量と流入する保有水量の割合を勘案して、必要となる容量（基本容量）を求める。② 確保可能な水面の大きさから、炭酸中和作用によるpH低下効果を求める。③ この低下効果に相当する希釈作用による容量を計算する。（＝過大な容量＝削減可能な容量）。④ 基本容量から、炭酸中和作用を勘案して削減可能な容量を差し引くことで、⑤ 最終的なポンド容量を算出する。⑥ 最終的なポンド容量を水面の大きさを割り戻せば、水深が求まる。（図4-12）

なお、本手順は理論的な観点による検討方法を示したものであり、実際の海面最終処分場への適用においては、処分場の条件に応じて修正を加える必要がある。特にポンド内の混合状態の影響が大きいことに留意するとともに、二酸化炭素の吸収速度を実験やシミュレーション等で確認し、十分安全側で設計する必要がある。また、内水ポンドは埋立てに伴う残留海面として形成されるので、その時期に合わせて施工することや、関係法令に適合する構造とする必要がある。

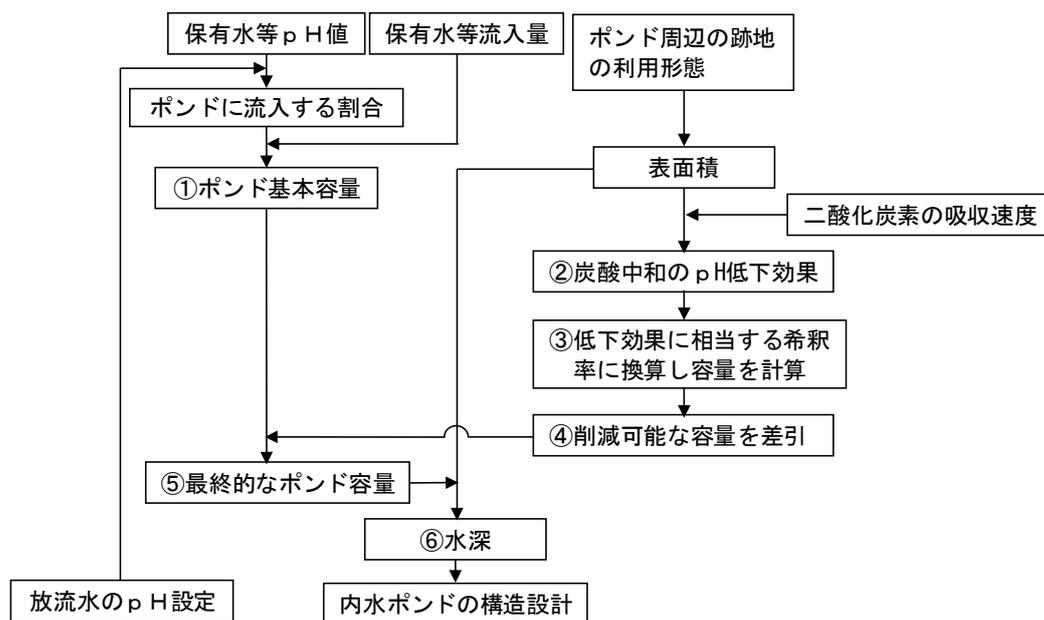


図 4-12 pH の低下を考慮した基本的な内水ポンド容量の検討手順（案）

(4) 当該技術を適用可能な時期

希釈及び炭酸中和技術は、新規処分場に限らず、埋立途中の処分場であっても、必要な残留海面が残っている限り適用することができる。

(5) 留意事項

① 技術の適用に当たっての現状の課題

炭酸中和作用については、実際の埋立地では、内水ポンドの水面の面積や水の滞留時間及び pH が変動するので、炭酸化の進行も連動して変化する。したがって、埋立地での経時的な pH の変化に係る変動因子を勘案したうえで、排水基準の pH に適合させるために残置すべき内水ポンドの規模についての最適な設計手法が確立されていない。

pH が低下した大量の池の水と流入する保有水等が十分に混ざり合うことによって、pH が低下する効率が高まる。しかし、現在は、pH 低減のための理論に基づいた基本的な考え方が検討され、現地調査や室内実験に基づいた解析と評価を実施している。

② 制度的な留意事項

- ・ 廃棄物処理法上、内水ポンドという設備は無いが、“余水吐きその他の排水設備”（規則第一条の七の三第二号）に相当する保有水等集排水設備として位置づける場合には、保有水等を有効に排出することができる堅固で耐久性を有する構造である必要がある。

出典：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（環境省委託業務の報告書）

- ・ 残留海水面から構成される内水ポンドを残した状態で、公有水面埋立法上の竣功が可能であるかどうか、対象となる海面最終処分場の免許権者の港湾部局等に確認する必要がある。
- ・ 内水ポンドを残す場合は、廃棄物の飛散・流出防止のため、廃棄物を露出させないように措置を講じ、「厚さがおおむね 50cm 以上の土砂による覆いその他これに類する覆いにより開口部を閉鎖すること。」（基準省令第 1 条第 2 項第 17 号及び基準省令第 2 条第 2 項第 1 号ニ）に適合させる必要がある。
- ・ 廃止の確認において、内水ポンドを調整池として残す場合は、内水ポンドの流入水を将来的な放流水とみなし、この流入水を確認の対象とする。

内水ポンドを保有水等集排水設備として位置付ける場合は、内水ポンドからの排出水が廃止確認の対象となる。

出典：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（環境省委託業務の報告書）

③ 技術的な留意事項

- ・ 大規模な内水ポンドは、埋立処分量の減少や跡地利用上の制約、管理面等から実際に設置しにくいとため、ポンド流入前に浸出水の pH を低減して、ポンドの規模を可能な限り小さくできるような方法を検討し、組み合わせることが望ましい。
- ・ 大気中の二酸化炭素吸収による中和のみでは、大きな表面積のポンドが必要になると考えられ、pH 低減対策のためのポンドの規模は、希釈効果も加えた検討が必要である。

なお、ポンド表面からの二酸化炭素の吸収速度は、ポンドの表層水が pH 9 程度になると低下する。ポンド内水の状況が完全混合に近い場合には改善されるが、一般に、ポンド内水は完全混合状態とはいえ、内水全体を炭酸中和で排水基準の pH 9 以下にすることは難しい。そのため、希釈も加えた組み合わせを検討する必要があるが、その場合でも、混合状態によって希釈効率も影響を受けることを考慮する必要がある。

したがって、ポンド内の混合状況や水質変化等の長期的な調査により、実際のポンドの状況を把握するとともに、二酸化炭素の吸収速度を実験やシミュレーション等で再現性を確認

し、ポンドの設計諸元に実態が十分反映されるように留意して、必要なポンドの容量を検討する。

(6) 適用検討事例

大阪湾広域臨海環境整備センターでは、暗渠の排水を対象に、内水ポンドを残置した場合の大気中の二酸化炭素吸収による炭酸中和作用でpHを低減する方法等の検討が行われている。海面最終処分場では保有水等は海水の性状を有していることから、当該検討において基礎的な情報のひとつとした、人工海水等を用いた気液界面での二酸化炭素吸収速度を実測した研究報告の抜粋を以下に示す。

○気相から弱アルカリ水に吸収されるCO₂量の実測

①実験の概要

焼却灰等に空気中の二酸化炭素が作用して炭酸化・中性化が進行することが知られている。定量的な設計因子を定めるためには、二酸化炭素吸収量を実測する系を構築する必要がある。容器に満たした試料水（吸収液）を入れ密閉された実験装置内に二酸化炭素を注入して、気相の二酸化炭素濃度の変化を測定し、気液界面での二酸化炭素吸収速度を実測した（図4-13）。

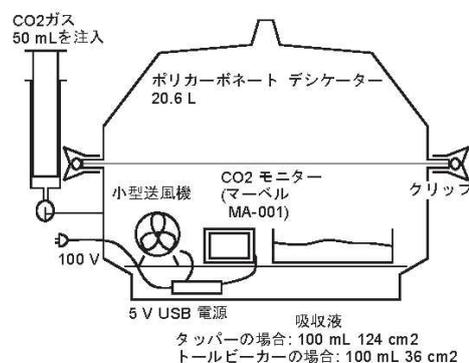


図 4-13 実験装置

②実験結果及び考察

図4-14に示す気相中二酸化炭素濃度の変化から、気相から水へ二酸化炭素が単位面積・単位時間あたりに移動する量(フラックス)を求めた。pH9及び10の吸収液(Run1, 2, 4, 6)については、初期値(フラックスの最大値)は、0.2mol m⁻² min⁻¹であった。一方、pH12の吸収液(Run3, 5, 7)については1.5mol m⁻² min⁻¹であった。最終値は、水中濃度と気相中濃度が平衡に近づいた後であるので、比較には使用していない。各実験ケースは、吸収液のpH・容器の水量及び表面積を組み合わせ設定した。(表4-5)

表 4-5 吸収液のpH・容器の水量及び表面積の設定による実験ケース

吸収液 設定	Run1	Run2	Run3	Run4	Run5	Run6	Run7
	pH7 標準液	pH9 標準液	ホウ酸+NaOH	pH9 標準液	ホウ酸+NaOH	人工海水+pH9 標準液	人工海水+ホウ酸+NaOH
pH	7	9	12	9	12	9	10
水量(mL)	100	100	100	100	100	100	100
水表面積(cm ²)	124	124	124	36	36	124	124

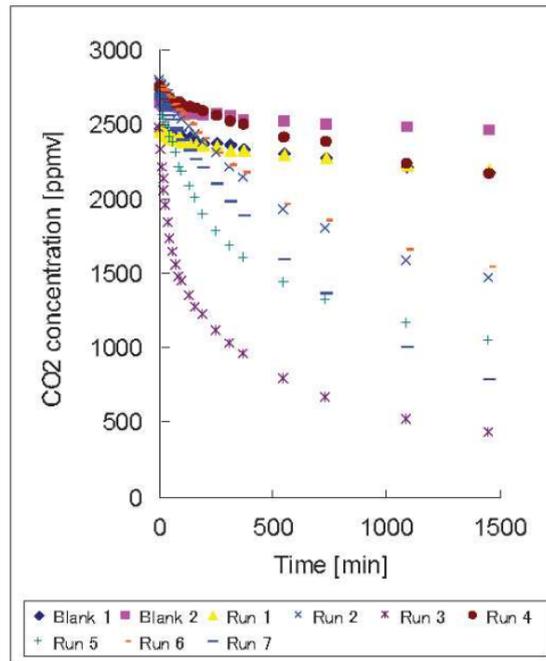


図 4-14 デシケーター中の二酸化炭素濃度の推移

出典：渡辺(信) 気相から弱アルカリ水に吸収される CO₂ 量の実測
 第 24 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集 2013

