令和４年度研究成果発表会

資　料

令和 5(2023)年 6 月 22 日　北とぴあ 15 階「ペガサスホール」にて

(及び Microsoft Teams によるハイブリッド形式)

特定非営利活動法人 最終処分場技術システム研究協会

令和4年度　研究成果発表会

日　時：令和 5(2023)年 6 月 22 日　10 時 00 分開会

●研究成果報告

１．特別研究グループ「最終処分場管理の最適化に関する特別研究」

グループリーダー　　石井　一英

特別研究Ａ：廃棄物最終処分システムのＤＸとＧＸに関する研究

主　査　　石井　一英

２．行政研究グループ「廃棄物の物性変化に応じた処分場施設のあり方研究」

グループリーダー　宇佐見貞彦

サブリーダー　纐纈　卓也

行政研究：廃棄物の物性変化に応じた最終処分場施設のあり方に関する研究

主　査　　宇佐見貞彦

副主査　　纐纈　卓也

３．調査研究１グループ「最終処分場の維持管理・廃止に関する調査研究」

グループリーダー　　宮脇健太郎

サブリーダー　　坂本　篤

調査研究１－１：最終処分場の廃止に関する研究

主　査　　坂本　篤

副主査　　庄司　茂幸

調査研究１－２：高ｐＨ浸出水に関する調査研究

主　査　　宮脇健太郎

副主査　　坂本　篤

４．調査研究２グループ「最終処分場技術の国際展開に関する調査研究」

グループリーダー　則松　勇

調査研究２：アジア地域への日本の最終処分システム技術の情報発信に関する研究

主　査　　則松　勇

NPO･LSA　令和3,4年度　研究の概要

分　類		研究タイトル
特別研究	A	廃棄物最終処分システムのDXとGXに関する研究
行政研究		廃棄物の物性変化に応じた最終処分場施設のあり方に関する研究
調査研究１	1	最終処分場の廃止に関する研究
	2	高pH浸出水に関する調査研究
調査研究２		アジア地域への日本の最終処分システム技術の情報発信に関する研究

特別研究　外部資金の確保が可能な研究
行政研究　環境省等の廃棄物行政に寄与し、受託等に発展する可能性のある研究
調査研究1　最終処分場の維持管理･廃止に関する内部研究
調査研究2　国際展開に寄与する研究

特別研究グループ

Ａ：廃棄物最終処分システムの DX と GX
に関する研究

R3-4年度研究

研究展開委員会　特別研究A

廃棄物最終処分システムのDXとGXに関する研究（特A分科会）

主査　石井一英（北海道大学）

0. 研究メンバー

廃棄物最終処分システムのDXとGXに関する研究（特A分科会）

	氏　名	会　社　名		氏　名	会　社　名
◎	石井　一英	北海道大学		繁泉　恒河	（株）フジタ
	則松　勇	清水建設（株）		鵜飼　亮行	五洋建設（株）
	工藤　郁	清水建設（株）		小宮山由起江	清水建設（株）
	纐纈　卓也	（株）エイト日本技術開発		阿賀　裕英	（地独）北海道立総合研究機構
	小竹　茂夫	（株）大林組			
	堀江　裕貴	（株）大林組		坂本　篤	日本国土開発（株）
	野本　裕	大成建設（株）		坂本　嵩延	八千代エンジニヤリング（株）
	大野　文良	（株）東北構造社			
	松本　真	（株）建設技術研究所		堀井安雄	（株）エックス都市研究所
	宮脇健太郎	明星大学		坂本　和隆	日本水工設計（株）
				安納 泰斗	（株）環境生物化学研究所

1. 背景

・SDGsの実現への貢献、カーボンニュートラルな社会の達成に向けて、Society 5.0に基づく技術社会革新が求められている。

・廃棄物最終処分場もDX（デジタルトランスフォーメーション）とGX（グリーントランスフォーメーション）を進めていく必要がある。

・DXは業務の効率化のみならず、異分野との連携や融合、イノベーションの創出につながる。そして、何よりも安全・安心な最終処分場を社会にアピールするための必須事項である。

2. 目的

最終処分場の計画・設計・施工・維持管理・廃止後管理のすべての段階のDXとGXに関する研究を行うことを目的とする。

①最終処分場の計画～廃止後管理のすべての段階において、どのようなDXが計られるべきか検討する。その際、他の土木・建設・プラント現場でのDX事例の調査を行う（R3～R4年度）。R4年度は、廃棄物分野のDXに関わる海外文献調査及び事例調査を行った。
②CS処分場等の継続的維持管理データ観測と解析を行い、DXを想定したデータ解析手法や情報公開形態を検討する（R4年度）。 R4年度は、CS処分場の長期モニタリングデータのアップデートを実施した。
③数値モデル等による散水方法の最適化など最終処分場の安定化予測の検討を行う（R3年度）。 R3年度に報告済みであるので、本報告書では報告なし。
④最終処分場の脱炭素化については、LSA脱炭素タスクフォースと連携し、次年度以降の検討体制を構築した。本報告書では、議論のキーワードのみ記すことにする。

5

昨年度の振り返り
（ブレーンストーミング）

6

3. 最終処分場のDXに関する課題整理

計画・設計段階

設計事例やデータの共有

- 浸出水データ
  （埋立物との対応で）
- 液固比
- 飛灰性状
- 埋立方式（薄層埋立など）

施工段階

既存データの活用

- 計画・設計・施工のDXは済み
  （デジタル設計・施工）
- 膨大なデータがある
- BIM/CIM
  （Building/Construction Information Modeling, Management)

供用段階

管理ノウハウ共有・情報提供

- 運転、維持管理のDXはほとんど進んでいない
- 降雨と浸出水発生量の関係
- 天気予報による情報提供
- 浸出処理のAI化

DXを阻む要因・課題

- 手入力の煩雑さ
- 組織内での決済
- フォーマットについて
  - 入力しやすいフォーマット
  - 共通化
  - フォーマット変換
- 自治体にとってのメリットがない
  - データの公開義務範囲は限定的
  - コスト（データ獲得、管理）

DXによる効果

- 住民説明会での3Dによるプレゼン
  →安全・安心の向上
- メンテナンスに利用可能
- 浸出水発生量や水質の予測につながる
  →コスト削減
- 自治体間（処分場間）の比較が可能となる
  →維持管理の改善

4. 最終処分場のGXに関する課題整理

焼却灰の炭酸中和＝炭素固定

- 経産省
  様々な灰の炭酸ガス固定量の評価

焼却炉との連携

- プラ燃焼によるGHG排出
- CCUS
- 地域電力
- キレート処理の是非

太陽光パネル

- 最終処分場の跡地利用
- CS処分場の屋根利用
- 防災調整池の利用
  （フロート式）

災害の頻発化

- 仮置き場として利用
- ゲリラ豪雨対応
- 調整池、浸出水処理施設
  の規模設計見直し

浸出水処理施設

- 排水基準、性能指針の関係性
- 廃止に時間がかかる
- GXを考慮した場合の浸出水処理プロセスのあり方
- 住民合意

課題

- 最終処分場由来のGHG排出量
- 浸出水処理施設での削減要因は？
  - 各処理プロセスでのGHG排出量の評価
- 太陽光パネル設置処分場のエネルギー収支
  解析（オープンとクローズ）

海外文献調査

① 「Digital Transformation and Environmental Sustainability:
A Review and Research Agenda」
デジタルトランスフォーメーションと環境の持続可能性：レビューと研究の課題

sustainability

MDPI

Article

Digital Transformation and Environmental Sustainability: A Review and Research Agenda

Abdul Karim Feroz [1], Hangjung Zo [1,*] and Ananth Chiravuri [2]

[1] School of Business and Technology Management, College of Business, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST), Daejeon 34141, Korea; akferoz@kaist.ac.kr
[2] College of Business and Economics, United Arab Emirates University, Al Ain 15551, United Arab Emirates; ananth.chiravuri@uaeu.ac.ae
* Correspondence: joezo@kaist.edu; Tel.: +82-42-350-6311

Abstract: Digital transformation refers to the unprecedented disruptions in society, industry, and organizations stimulated by advances in digital technologies such as artificial intelligence, big data analytics, cloud computing, and the Internet of Things (IoT). Presently, there is a lack of studies to map digital transformation in the environmental sustainability domain. This paper identifies the disruptions driven by digital transformation in the environmental sustainability domain through a systematic literature review. The results present a framework that outlines the transformations in four key areas: pollution control, waste management, sustainable production, and urban sustainability. The transformations in each key area are divided into further sub-categories. This study proposes an agenda for future research in terms of organizational capabilities, performance, and digital transformation strategy regarding environmental sustainability.

Keywords: digital transformation; environmental sustainability; artificial intelligence; big data analytics; Internet of Things; systematic literature review

check for updates

Citation: Feroz, A.K., Zo, H., Chiravuri, A. Digital Transformation

①主な調査結果（1）

カテゴリー	主な調査結果
大気汚染	今までにない数の機会が、世界中の都市の大気汚染を研究、制御、管理、及び予測するためのデジタルテクノロジーによって提供されている。デジタルテクノロジーは、この点で関連するプロセスとメカニズムを変革している。
二酸化炭素排出量	世界中の政府や企業組織が大気中への二酸化炭素排出量を削減するための慣行を採用するようになっている為、環境的に持続可能な慣行のデジタライゼーションが注目を集めている。
排水処理	デジタル技術の適用による廃水処理は、効率的なエネルギー使用の為の注目に値するチャネルを開き、環境への影響を最小限に抑える為に資源を節約する。
気候変動／災害管理	デジタルテクノロジー主導の方法は、環境への二酸化炭素排出量の削減、気候変動の規制、自然災害の管理に重要な役割を果たすことが出来る。組織はさらにこれらの機会を利用している。

①主な調査結果(2)

カテゴリー	主な調査結果
固形廃棄物	都市廃棄物や産業廃棄物の蓄積は、環境に重大な損害を与えている。デジタル技術は、10年前には想像もできなかった非常に大規模な廃棄物に対処する新しい方法を開発する為に使用されている。組織はインダストリー4.0の時代に新しいビジネスモデルを開発する為、持続可能性に関連する機会に頼ることが出来る。
電子廃棄物	電子機器から発生する廃棄物を管理する為、デジタル技術を効果的に使用することがますます求められている。
食品廃棄物	産業・家庭食品廃棄物は、IoTやビッグデータなどのデジタルテクノロジーを使用して正常に処理出来る。
農業廃棄物	高品質な生産の為に農業プロセスで発生する廃棄物を処理する目的で、デジタル技術が採用されている。

①主な調査結果(3)

カテゴリー	主な調査結果
持続可能な製造	サーキュラーエコノミーの概念が出現した後、環境に害を及ぼさないデジタル技術主導のクリーンな製造プロセスが求められている。このようなプロセスは、コストだけでなく生態系への悪影響も減らすことが出来る。
持続可能なサプライチェーン	デジタルテクノロジーにより、企業はバリューチェーン全体で廃棄物を最大限に排除し、持続可能な消費を促進し、環境に有害な廃棄物の残留物を排除することが出来る。

カテゴリー	主な調査結果
スマートシティ	現代世界の技術開発は市民の幸福を高め、持続可能性を改善し、効率的なエネルギー使用の範囲を拡大し、健康的な実践のための助けとなる環境を提供することにより、都市中心部のスマートシティへの移行を推進している。
持続可能な都市	スマートシティはデジタルテクノロジーの支援を受けて、廃棄物ゼロの生成メカニズム、クリーンエネルギーの使用、持続可能な消費慣行を採用することで、持続可能な都市へとさらに進化する。

②「How Industry4.0 Transforms The Waste Sector」
インダストリー4.0が廃棄物セクターをどのように変革するか

13

14

②重要なメッセージ

- 従来通りビジネスの終わりに向けて
- 廃棄物管理の未来を再構築する
- 無駄のない未来への高い可能性
- さらなる資源の枯渇と汚染？　→電子廃棄物
- 廃棄物削減か、それとも廃棄物増加か？
  → 今後も続く人口増

15

CASE STUDY / TOWARDS A DRIVERLESS BUSINESS MODEL?

DEVELOPING AN AUTONOMOUS REFUSE TRUCK

16

CASE STUDY / THE RISE OF ROBOTS ON WASTE SORTING

MAX-AI® ROBOTIC SORTER

17

CASE STUDY

SANITARY LANDFILLS

Source: Danita S. Boettner, GPS for Landfill Compaction, New Mexico SWANA Annual Meeting, found in: http://www.nmswana.com/wp-content/uploads/2018/01/2017_GPS-Presentation.pdf

17

18

CHAPTER 9

TOWARDS A NEW SCIENTIFIC PARADIGM?

③「Impacts of the digital transformation on the environment and sustainability
Issue Paper under Task 3 from the“Service contract on future EU environment policy”」
デジタルトランスフォーメーションが環境と持続可能性に与える影響
「将来のEU環境政策に関するサービス契約」からタスク3に基づいた発行論文

19

④「Municipal Digital Transformation Guidebook」
地方自治体におけるデジタルトランスフォーメーションガイドブック

20

21

5.最終処分場のDX事例の調査

①建設DX事例集
https://www.nikkenren.com/publication/detail.html?ci=356

②廃棄物分野における情報技術の利活用検討専門委員会 報告書 R3年6月

③建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト試行技術集
https://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000062.html

④インフラDX大賞
https://www.mlit.go.jp/report/press/kanbo08_hh_000945.html

⑤廃棄物資源循環学会処理・リサイクルに係るDX推進ガイドライン
https://jsmcwm.or.jp/?p=29757

22

6. 最終処分場のDX事例の調査

	調査	計画設計	施工	維持管理
技術	・3D測量 ・UAV ・GNSS ・BIM／CIM ・自動・自律	・BIM／CIM	・3D測量 ・UAV ・BIM／CIM ・VR・AR・MR ・自動・自律 ・ICT建機 ・ロボット ・GNSS ・遠隔臨場 ・情報共有システム ・書類・提示の電子化 ・AI	・3D測量 ・UAV ・BIM／CIM ・VR・AR・MR ・自動・自律 ・ICT建機 ・ロボット ・GNSS ・遠隔臨場 ・情報共有システム ・書類・提示の電子化 ・AI
例	・3D測量やUAV、GNSSによる最終処分場建設地の測量調査	・BIM／CIMによる最終処分場の計画設計	・3D測量、UAV、BIM／CIM、ICT建機等による施工管理や出来形管理の効率化 ・VR・AR・MRによる出来形イメージの可視化 ・遠隔臨場、情報共有システム、書類・提示の電子化等による立会検査や書類作成の効率化	・3D測量やUAVによる最終処分場の埋立状況や残余容量把握 ・水質遠隔監視システム ・水質のリアルタイム分析と連動した運転の最適化 ・周辺状況（気温、天候等）と連動した運転の最適制御 ・ディープラーニングによる水質・水量予測 ・ロボットを用いた施設や設備の劣化診断、修復

23

CS処分場長期データのアップデート

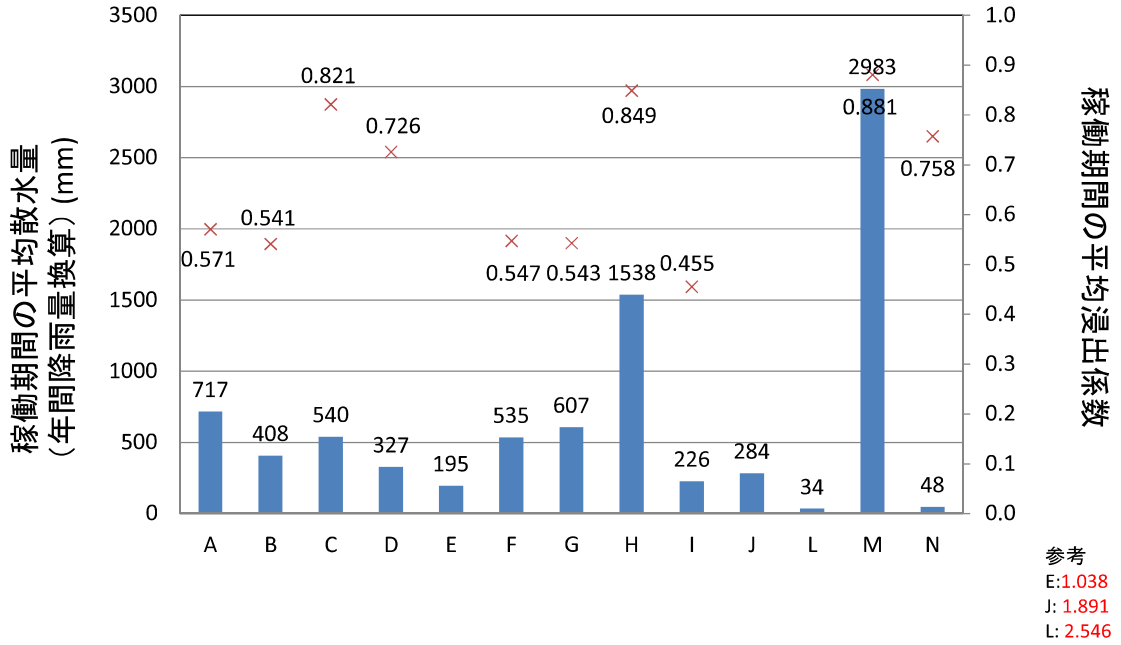
24

7. 対象事例

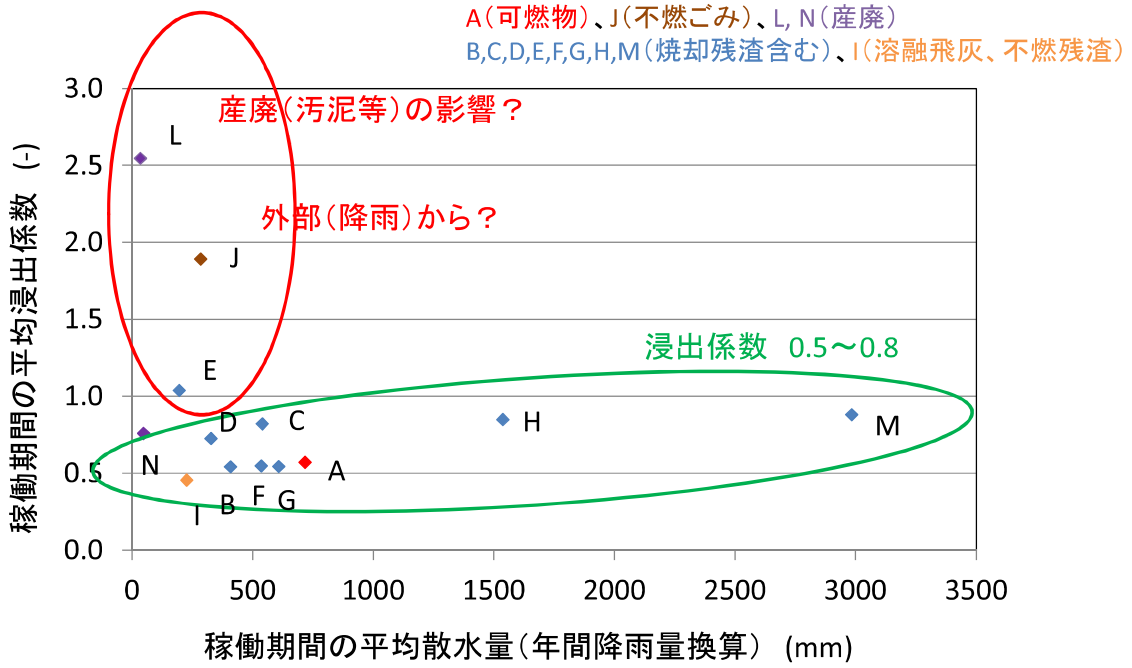
埋立物分類	該当施設数[1)]	必要なデータが得られた施設数（施設名称）
（1）可燃ごみを含む	3	1（A）
（2）焼却灰を含む	32	8（B、C、D、E、F、G、H、M[2)]）
（3）焼却灰を含まない溶融スラグ・溶融飛灰	8	1（I）
（4）不燃物のみ	21	1（J）
（5）産業廃棄物	5	2（L[3)], N[4)]）
計	69	13

1) 2015年度で建設中も含めたCS処分場（LSA把握分）
2) 2018年度追加施設
3) 隣り合う第1期、第2期施設で、浸出水は混合処理のため、実質は1施設とみなせる。
4) 2020年度追加施設

8. 散水量と浸出係数(1)

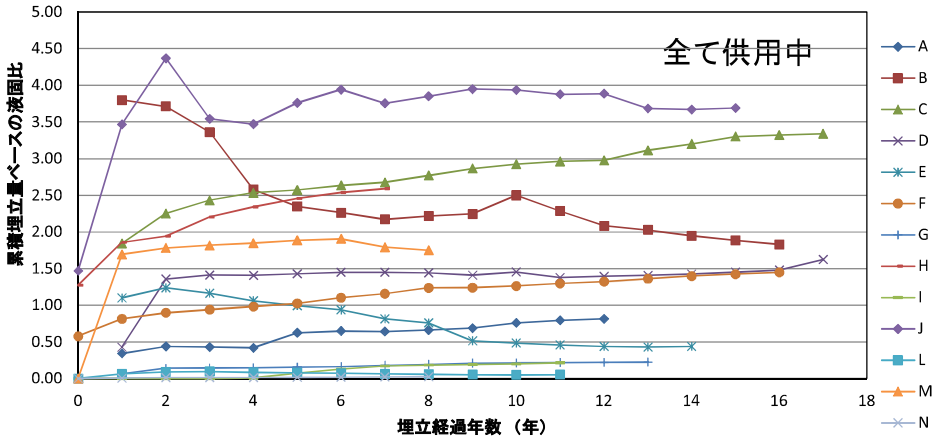


9. 散水量と浸出係数(2)



10. 累積埋立量ベースの液固比 = 累積浸出水発生量 / 累積埋立量

・埋立期間中、同じ割合で散水していれば変化しない。
・埋立終了後、散水をする場合、液固比は増加する。最終的には、計画埋立量ベースの液固比と同じになる。

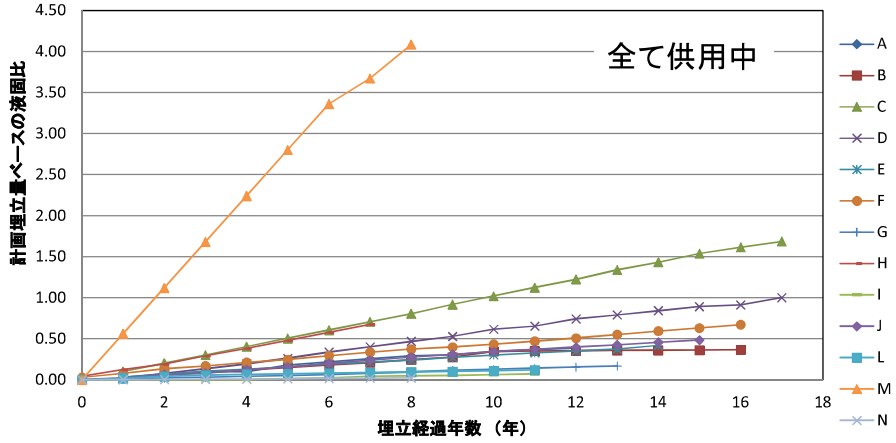


	液固比*（m^3/m^3）
排水基準値	1.0～1.3
性能指針	1.5程度～2.0
高度処理	1.5～3.0
脱塩処理	3.0以上

A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

11. 計画埋立量ベースの液固比 = 累積浸出水発生量 / 計画埋立量

・当初計画の廃止までに必要な散水量に対して、現時点での散水量を評価することができる。
・区画埋立の場合や分別埋立の場合には、1区画埋立の場合と比較することが困難になると考えられる。



	液固比*（m^3/m^3）
排水基準値	1.0～1.3
性能指針	1.5程度～2.0
高度処理	1.5～3.0
脱塩処理	3.0以上

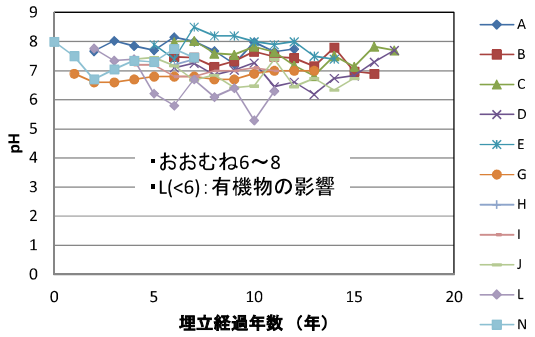
A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

29

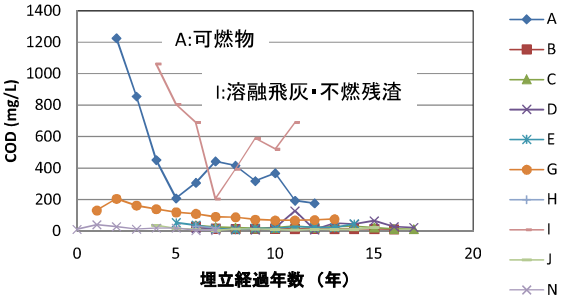
12. 浸出水質の経時変化

A(可燃物)、J(不燃ごみ)、L, N(産廃)
B,C,D,E,F,G,H,M(焼却残渣含む)、I(溶融飛灰、不燃残渣)

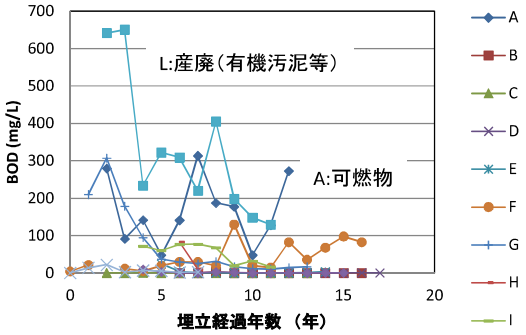
○ pH



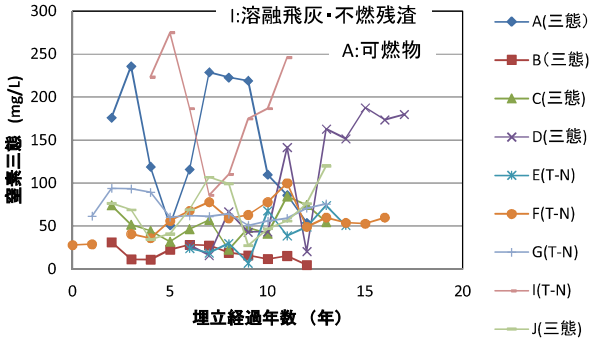
○ COD



○ BOD



○ 窒素

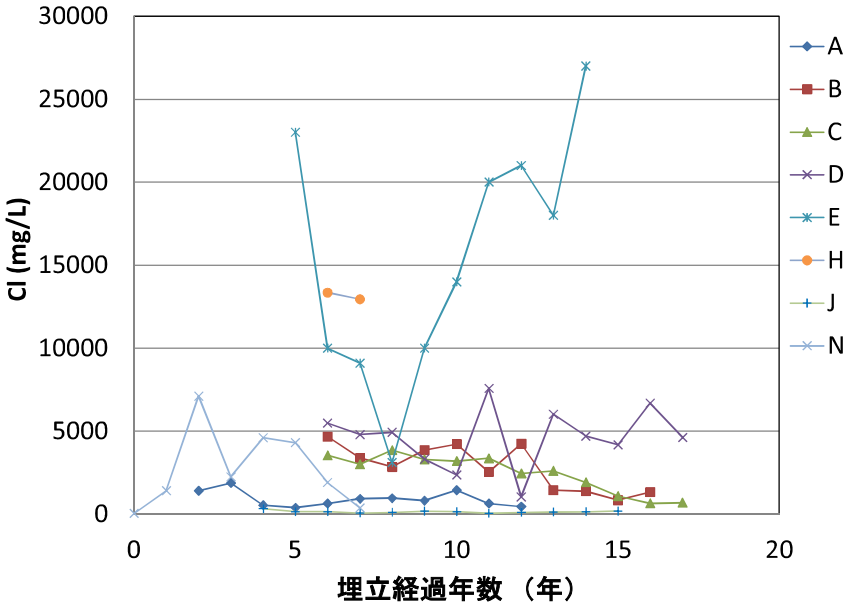


30

13. 浸出水質の経時変化

A(可燃物)、J(不燃ごみ)、L, N(産廃)
B,C,D,E,F,G,H,M(焼却残渣含む)、I(溶融飛灰、不燃残渣)

○ 塩化物イオン

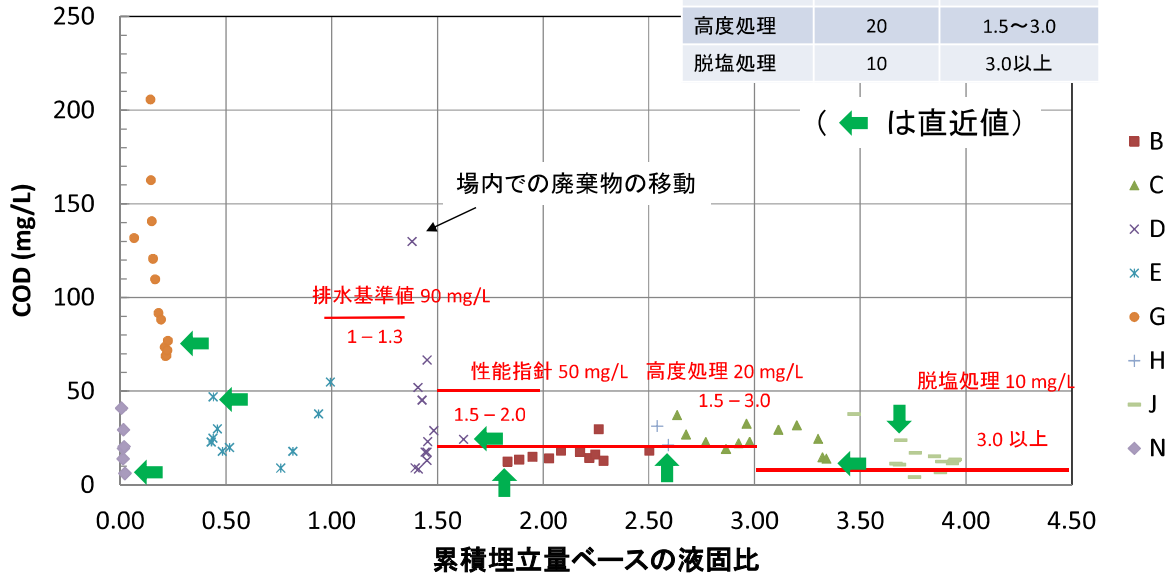


14. COD濃度と累積埋立量ベースの液固比の関係

31

散水量が多い方がCOD濃度は低い傾向にある。

	COD (mg/l)	液固比＊ (m^3/m^3)
排水基準値	90	1.0～1.3
性能指針	50	1.5程度～2.0
高度処理	20	1.5～3.0
脱塩処理	10	3.0以上



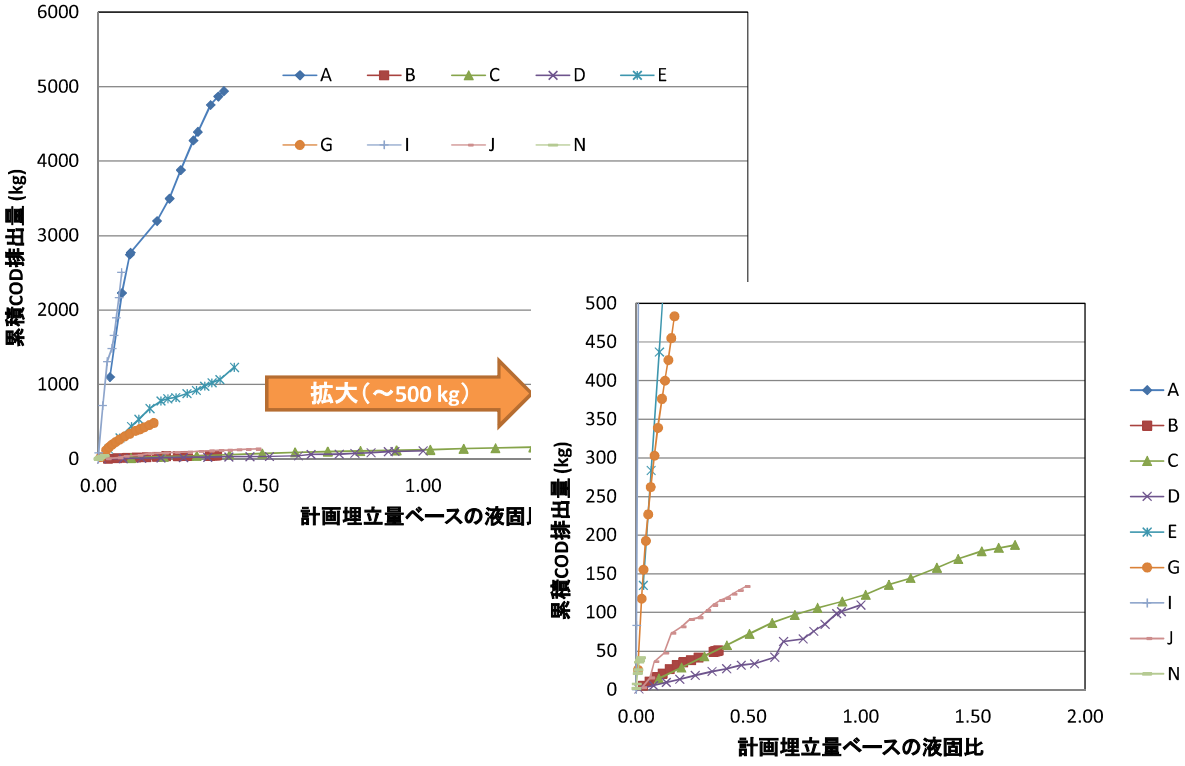
供用中なので、不確実性はあるが、20 mg/Lや10 mg/L以下にまでCOD濃度減少させるのは、液固比をあげても無理な場合がある。

A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

15. COD累積流出量

32

A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

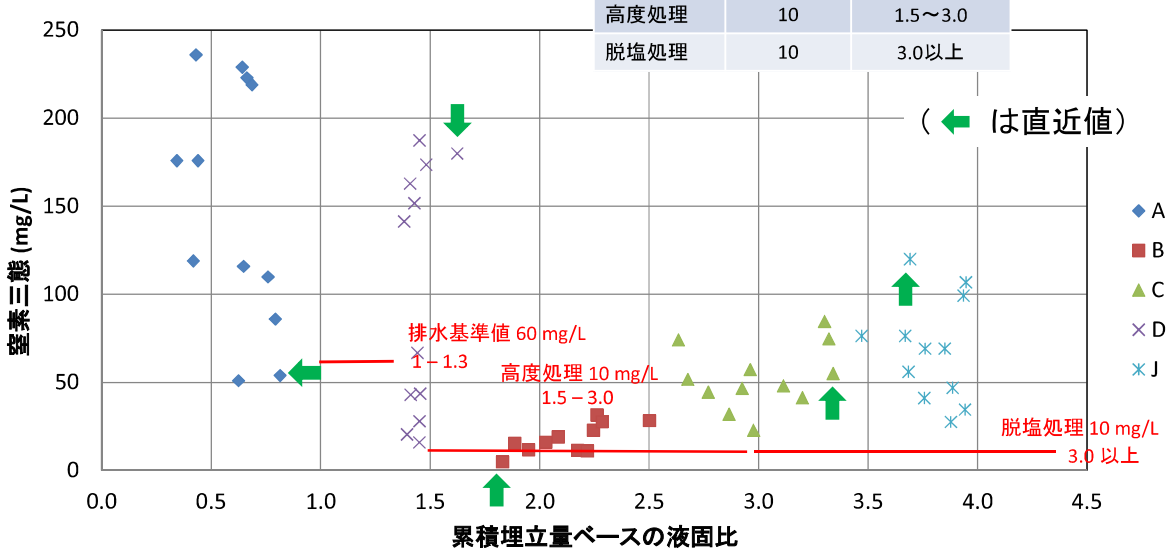


33

16. 窒素（窒素三態）と累積埋立量ベースの液固比の関係

散水量と窒素量の関連性は低い。

	T-N (mg/l)	液固比* (m^3/m^3)
排水基準値	60	1.0～1.3
性能指針	-	1.5程度～2.0
高度処理	10	1.5～3.0
脱塩処理	10	3.0以上



供用中なので、不確実性はあるが、60 mg/L以下にするためには、設計要領では液固比2程度は必要であるが、液固比3で満足しない場合もある。

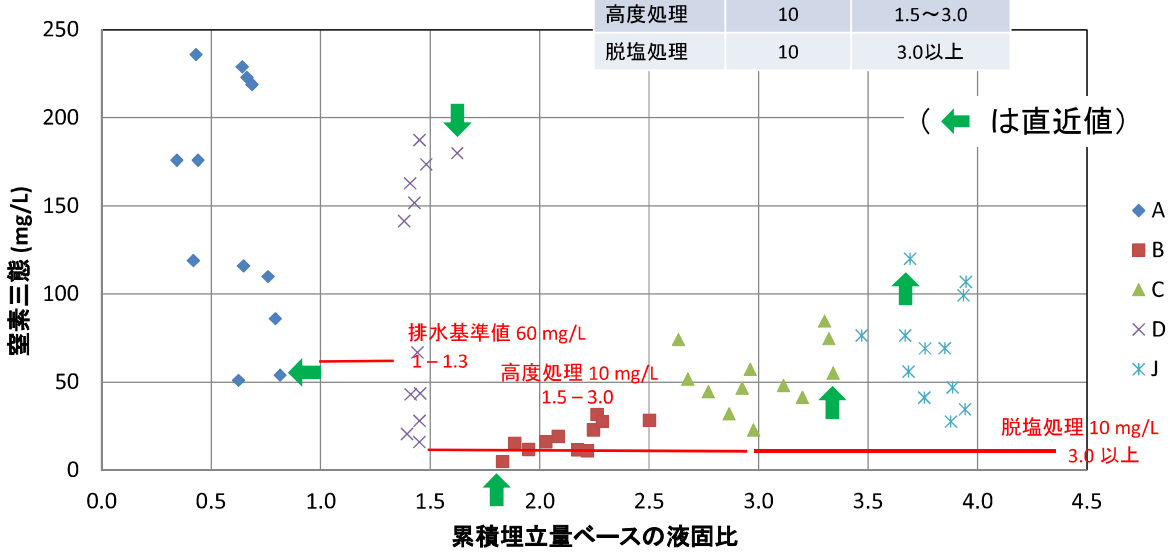
A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

34

17. 窒素（窒素三態）と累積埋立量ベースの液固比の関係

散水量と窒素量の関連性は低い。

	T-N (mg/l)	液固比* (m^3/m^3)
排水基準値	60	1.0～1.3
性能指針	-	1.5程度～2.0
高度処理	10	1.5～3.0
脱塩処理	10	3.0以上



供用中なので、不確実性はあるが、60 mg/L以下にするためには、設計要領では液固比2程度は必要であるが、液固比3で満足しない場合もある。

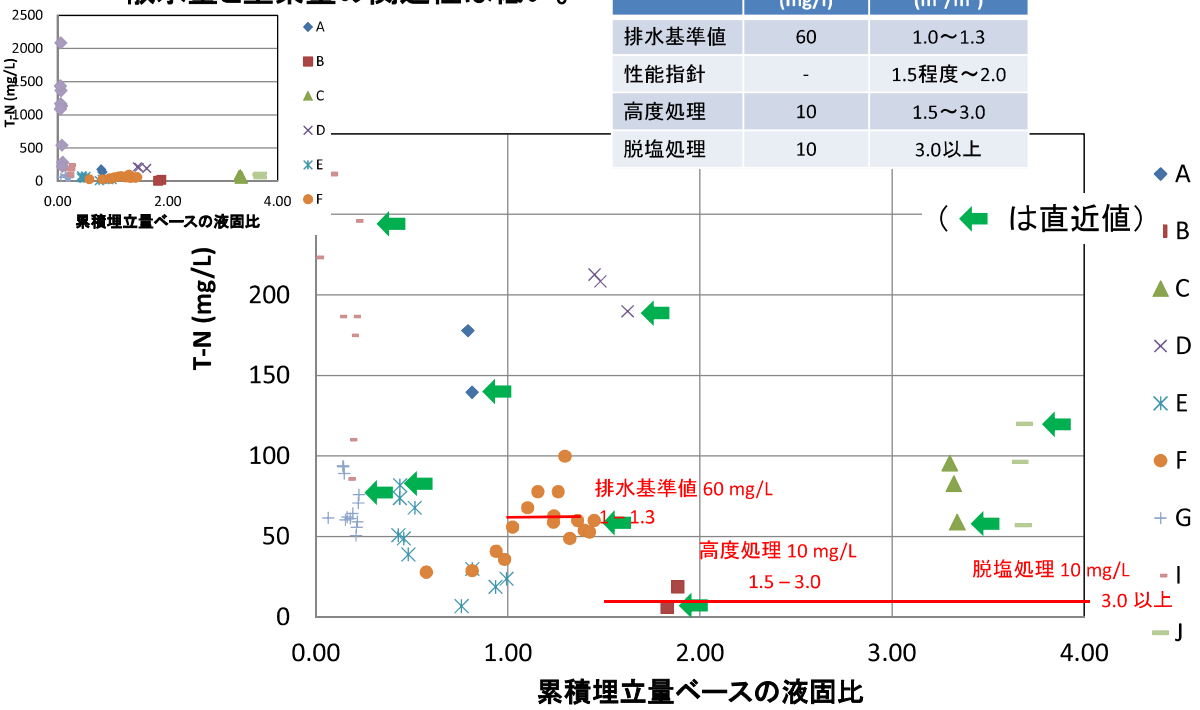
A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

18. 窒素（T-N）と累積埋立量ベースの液固比の関係

35

散水量と窒素量の関連性は低い。

	T-N (mg/l)	液固比* (m^3/m^3)
排水基準値	60	1.0～1.3
性能指針	-	1.5程度～2.0
高度処理	10	1.5～3.0
脱塩処理	10	3.0以上

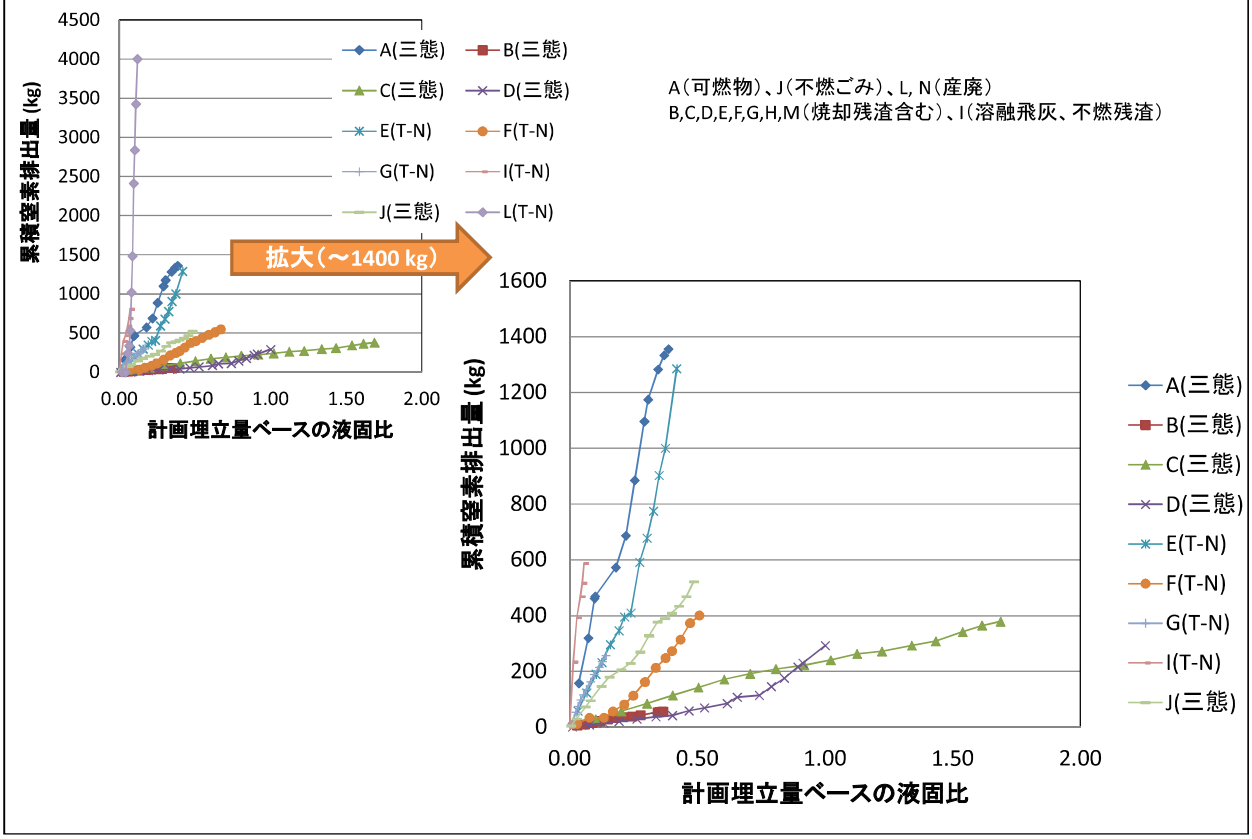


供用中なので、不確実性はあるが、60 mg/L以下にするためには、設計要領では液固比2程度は必要であるが、液固比3で満足しない場合もある。

A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

19. T-N累積流出量

36



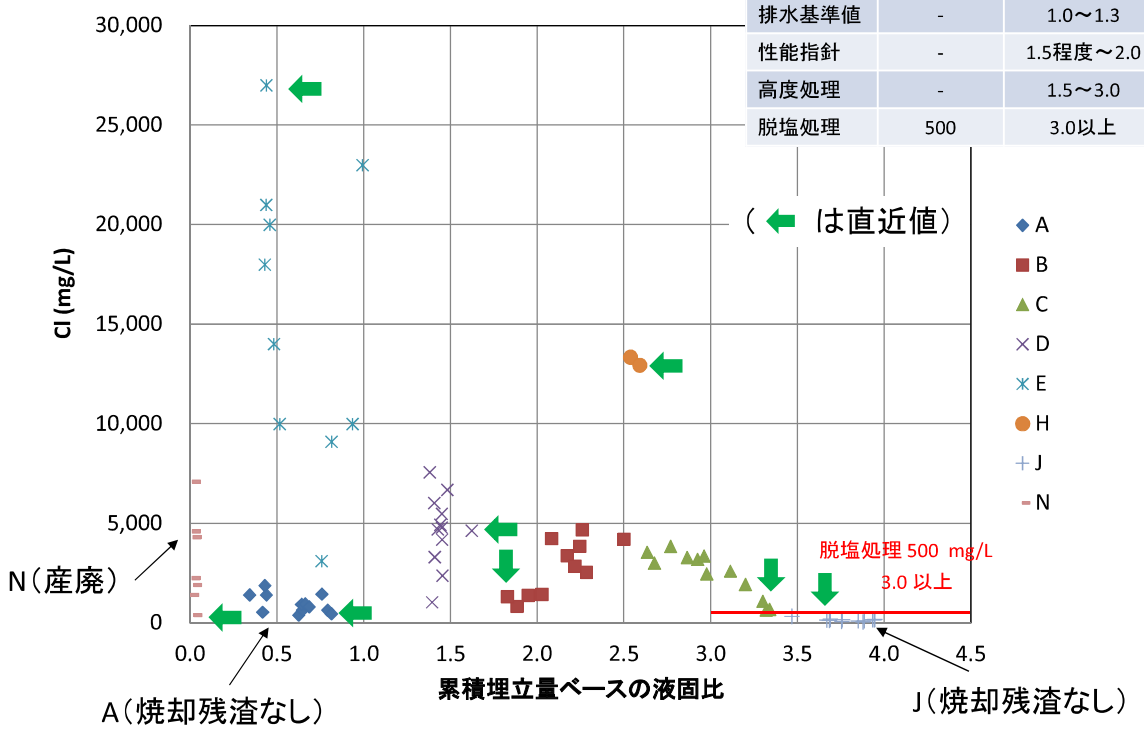
A（可燃物）、J（不燃ごみ）、L, N（産廃）
B,C,D,E,F,G,H,M（焼却残渣含む）、I（溶融飛灰、不燃残渣）

20. 塩化物イオンと累積埋立量ベースの液固比の関係

37

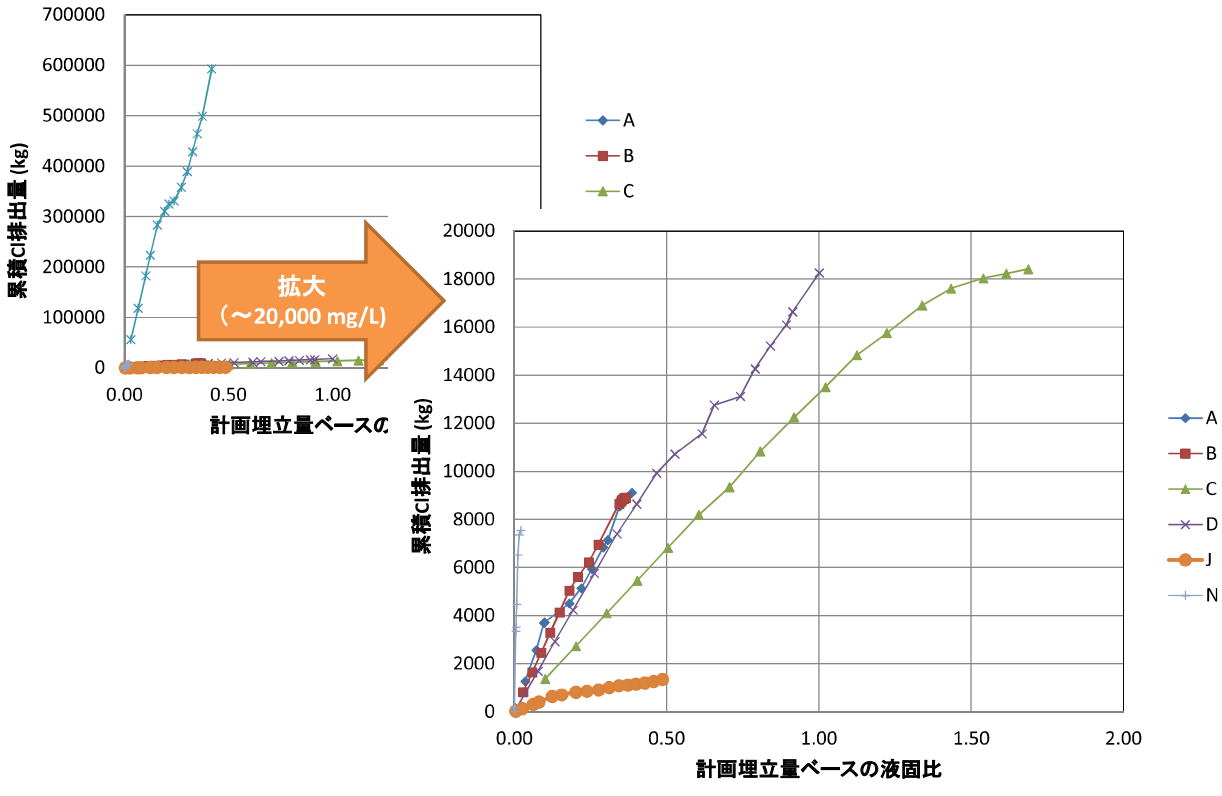
散水量が多い方が塩化物イオン濃度は低い傾向にある。

	Cl^- (mg/l)	液固比* (m^3/m^3)
排水基準値	-	1.0～1.3
性能指針	-	1.5程度～2.0
高度処理	-	1.5～3.0
脱塩処理	500	3.0以上



38

16. 塩化物イオン累積流出量



21. まとめ

①環境、廃棄物管理、行政管理といった視点でDXに関する文献調査や最終処分場へ適用可能なDX技術に関する調査を行った。導入コストの問題はあるものの、一般化しつつあるドローンの利用、BIMやCIMの利用はDXの入り口としては導入促進が期待される。
　しかしながら、自治体など処分場の管理者が、DXを行うメリットを享受するためには、手入力の煩雑さ、データ公開に向けた組織内の決済構造、フォーマットなどのいくつかの課題を解決する、あるいは理解を促すことが重要である。

②CS処分場の長期モニタリングデータの更新を行った。CS処分場の維持管理の効率化、及び廃止に向けた議論はまだまだ道半ばであるが、関係自治体の協力を得ながらLSAとしてCS処分場のデータ蓄積を今後も続けていく必要がある。また、上記①のDXと関連して、各処分場のデータ管理の一元化や見える化を促進していく必要もあろう。

ご静聴ありがとうございました。

K-ishii@eng.hokudai.ac.jp

行政研究グループ

廃棄物の物性変化に応じた最終処分場施設のあり方に関する研究

行政研究グループ

A　廃棄物の物性変化に応じた最終処分場施設のあり方に関する研究

役職	氏　　名	所　　属
主査	宇佐見　貞彦	個人/パシフィックコンサルタンツ(株)
副主査	纐纈　卓也	㈱エイト日本技術開発
	加納　光	個人
	松山　眞三	個人
	越智　隆一	㈱エイト日本技術開発
	石津　貴基	㈱エイト日本技術開発
	陳　彦瑾	㈱エイト日本技術開発
	中村　優	㈱エックス都市研究所
	塩澤　靖	水ingエンジニアリング㈱
	石原　達弘	クボタ環境エンジニアリング㈱
	佐原　光泰	クボタ環境エンジニアリング㈱
	大久保　英也	大成建設㈱
	宮田　涼平	大成建設㈱
	則松　勇	清水建設㈱
	田島　孝敏	㈱大林組
	若林 秀樹	鹿島建設㈱
	日野林　譲二	タキロンシーアイシビル㈱
	工藤　秀穂	タキロンシーアイシビル㈱
	浦部　朋子	ボルクレイ・ジャパン㈱

1.研究の背景と目的

- □3Rの進展や中間処理の高度化に伴い、最終処分廃棄物は、減少
- □無機化・高密度化
- □埋立期間が数十年以上に及ぶ事例。廃止後の機能維持
- □高pH、高密度、高塩類、高有機キレート状態の廃棄物
  - ➢浸出水処理への影響
  - ➢貯留構造物、浸出水集排水施設等にも影響

↓

- ◆埋立期間長期化、埋立廃棄物の物性変化に応じて、廃止後の機能維持も踏まえて最終処分場施設のあり方を研究する。

具体的には・・・・

- 埋立期間の長期化によって、貯留構造物や浸出水集排水施設等のコンクリート構造物も耐久性が必要
- 最終処分場分野では、これらコンクリート構造物の高アルカリ状態における耐久性に係る研究例は見当たらない
  - コンクリート構造物について、高アルカリ状態や廃止後の長期間における耐久性を実現するための構造や材質について研究
- 廃棄物高密度化は、貯留構造物の安定性を低下
- 透水性低下は、雨水の浸透抑制、洗い出し現象抑制
- 有機系キレート剤による浸出水中の有機性窒素やCODは、生物学的硝化脱窒素法では除去されにくい
  - 埋立廃棄物の物性変化に対する適正な設計の考え方を研究
- 遮水シートと水処理施設の長寿命化・高耐久性化は、他分科会等で研究中のため対象外とする。

ゴールは・・・・

① 埋立廃棄物の単位体積重量の変化に対する貯留構造物等の荷重条件提案

② 埋立層の透水性の低下に対応するガス抜き施設等の配置の考え方提案

③ 埋立期間延伸に対応するコンクリート構造物の設計の考え方提案(廃止後の機能維持の視点も重要)

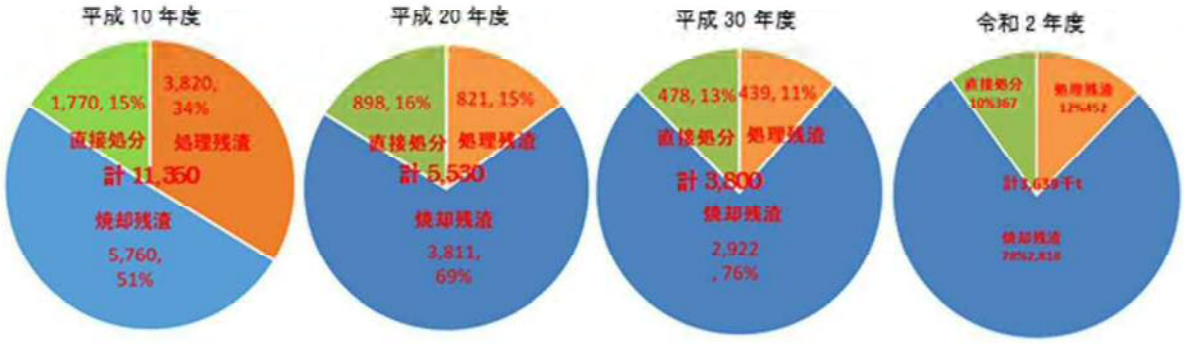
④ 埋立期間延伸と廃止後の長期間機能維持に対応するコンクリート構造物の点検・補修の提案

⑤ 埋立期間延伸に対応する遮水シートの考え方提案

⑥ 埋立期間延伸に対応する浸出水処理施設のあり方提案

⑦ キレート由来物質に対応する浸出水処理施設提案

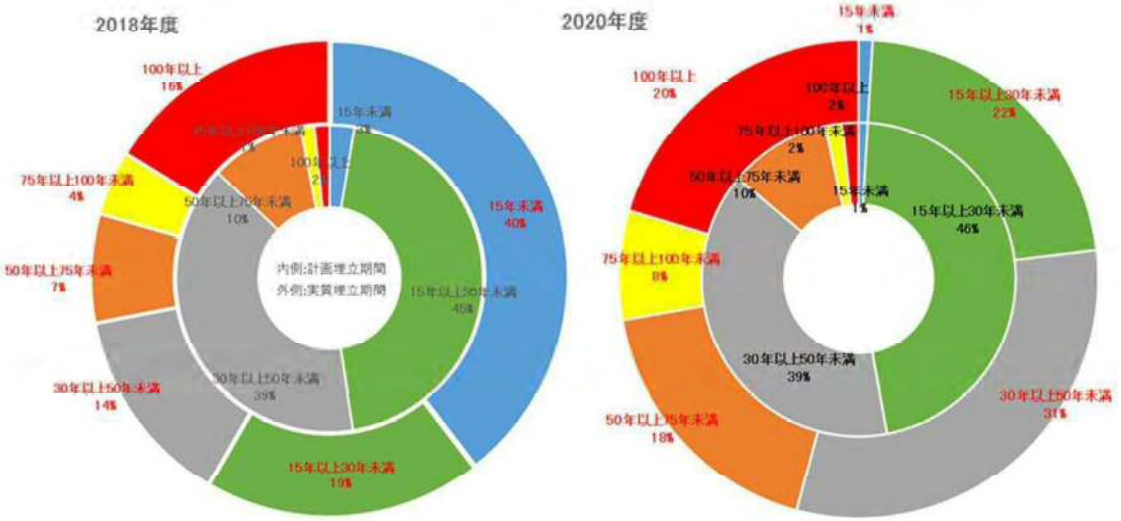
2.1　埋立廃棄物の変化



一般廃棄物実態調査(環境省)による。

焼却残渣の埋立割合は、平成10年度51%から令和2年度は78%に増加

2.2　埋立期間の長期化



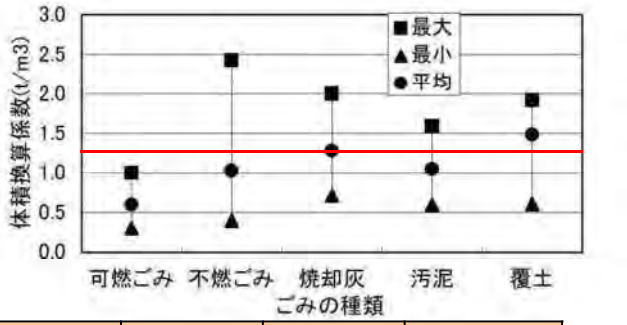
2018,2020年度一般廃棄物実態調査(環境省)による。
計画期間は、埋立終了年度-開始年度。未定と埋立終了を除く。
実質期間は、残余容量÷統計年度埋立量+統計年度までの埋立期間

計画埋立期間は、30年以上53%、100年以上2%
実質埋立期間は、30年以上77%、100年以上20%

3.1　廃棄物の高密度化

右図は、計画・設計要領掲載値
(平成元年以前の値)
　焼却灰平均1.30t/m³
下図は、近年の廃棄物密度
(2t/m³を超える焼却残渣もある)

高密度化(平均1.83t/m³)



事例	M処分場	Aセンター	F埋立地	O処分場	I埋立地	D3埋立地	O処分場
埋　立 廃棄物	焼却残渣 主体	焼却残渣、 破砕不燃物	焼却残渣、 破砕不燃物	焼却残渣、 破砕不燃物 海岸漂着物	焼却残渣、 破砕不燃物	焼却残渣	焼却残渣主 体
最小値	1.209 (汚泥)				1.75 (破砕残渣)		1.46 (GL-0.8m)
最大値	2.018 (焼却灰)				1.90 (焼却灰)		1.90 (GL-3.5m)
平均値		1.8～1.9	1.76	1.46		2.212	
備　考	ボーリング 固結状態	受入設定値	覆土含む		埋立実績	現場砂置換	現場水置換

○M県産業廃棄物最終処分場の測定例

項　目	単位体積重量 (t/m³)	測定方法	備　考
覆土	1.906	測定方法1	-
がれき類	1.129		1.00 (コンクリートくず)
ガラス陶器	0.781		1.00
燃え殻	2.200		1.14
ばいじん	1.122		1.26
非飛散性アスベスト	1.164		0.30(廃石綿等)
廃プラスチック	1.256		0.35
混合廃棄物 (紙くず・金属くず)	0.759		紙くず:0.30 金属くず:1.13
無機性汚泥	1.225	測定方法2	1.10
有機性汚泥	1.500		
飛散性アスベスト	0.285	測定方法3	0.30(廃石綿等)
木くず	0.380	測定方法4	0.55
繊維くず(畳)	0.279		0.12
鉱さい	2.936	測定方法5	1.93

3.2　廃棄物が高密度化すると・・・・

- 貯留構造物に働く荷重が増加(貯留構造物の変位・倒壊)
  - □擁壁の継ぎ手部が段違いになる。勾配が変化した。 etc.
- 地盤に掛る荷重が増加(地盤沈下⇒遮水工損傷)
- 透気性が低下し、埋立層内の嫌気化⇒水質・ガスの悪化
  - □降雨後や散水後に埋立表面の水溜りができて浸透しない。
  - □ガス抜き管から腐った卵(温泉の硫黄臭)の匂いや水蒸気が出る。

↓

- 貯留構造物付近の、埋立高さ低減や軽量物埋立
- 地盤沈下は埋立後は対応できない。沈下量の予測を行い、必要に応じて埋立高さの低減等を実施
  - □遮水シートの許容沈下量は沈下の幅にもよるが、数cm～20cm程度
- 設計に用いる単位体積重量、剪断抵抗角、粘着力等を提案

3.3　廃棄物の高密度化と透水係数

廃棄物の透水係数は、
1×10^{-5}～1×10^{-9}m/s
1×10^{-3}～1×10^{-7}cm/s

不燃ごみ全般の埋立地は、
1×10^{-3}～1×10^{-4}cm/s

焼却残渣主体の埋立地は、
1×10^{-3}～1×10^{-5}cm/s
さらに高密度化すると、
1×10^{-5}～1×10^{-7}cm/s

測定場所	透水係数(m/s)
①高密度化工事で締め固められた廃棄物層表面	1.42×10^{-5}
②高密度化工事未施工場所の廃棄物層表面	1.52×10^{-5}
③実証実験エリア表面	2.77×10^{-8}
④覆土表面	9.64×10^{-5}
⑤高密度化工事で締め固められた廃棄物層の表面	2.83×10^{-8}
⑥高密度化工事と高密度化工事の間の廃棄物層表面	7.07×10^{-9}
⑦高密度化工事未施工場所の廃棄物層表面	3.37×10^{-6}
⑧実証試験エリア表面	3.86×10^{-6}

測定場所		透水係数(m/s)	固有透気係数(m^2)
泉大津沖埋立処分場	覆土層	1.15×10^{-8} ～ 4.92×10^{-7}	1.15×10^{-15} ～ 4.92×10^{-14}
	廃棄物層	1.42×10^{-7} ～ 1.36×10^{-5}	1.42×10^{-14} ～ 1.36×10^{-12}
尼崎沖埋立処分場	覆土層	3.86×10^{-7} ～ 7.96×10^{-7}	3.86×10^{-14} ～ 7.96×10^{-14}
	廃棄物層	2.07×10^{-5} ～ 1.74×10^{-5}	2.07×10^{-12} ～ 1.74×10^{-12}

3.4　廃棄物が高密度化すると・・・・(2)

- 透気性が低下し、埋立層内の嫌気化⇒水質・ガスの悪化
  - □降雨後や散水後に埋立表面の水溜りができて浸透しない。
  - □浸出水量が少ない。
  - □ガス抜き管から腐った卵(温泉の硫黄臭)の匂いや水蒸気が出る。

- 焼却残渣や汚泥は、破砕不燃物や陶磁器・ガラス等と混合して埋め立てる。
- 砂・砂礫等、透水性の高い覆土を行う。
- ガス抜きを追加する。
  - □がれき、ガラス・陶磁器、石、硬質プラ等でよい。

SADAHIKO USAMI　Pacific Consultants CO., LTD.

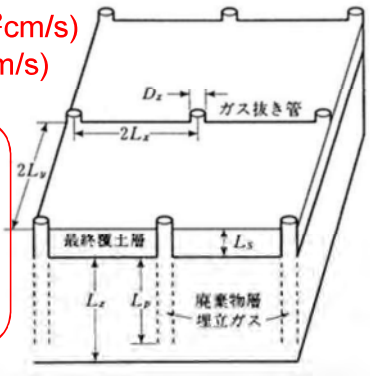
3.5　透気係数とガス抜き管密度(性能指針)

与条件						ガス抜き管が独立の場合		ガス抜き管が浸出水集排水とつながっている場合	
埋立地条件		設定目標値							
G	k_x	η	ΔPmax	ΔP※	ΔP/max	L_x	k_s	L_x	k_s
[d^{-1}]	[m^2]	[−]	[Pa]	[Pa]	[−]	[m]	[m^2]	[m]	[m^2]
0.1	10^{-11}	0.6	2000	926	2.2	24	2.2×10^{-13}	35	2.2×10^{-13}
0.1	10^{-10}	0.6	2000	92.6	21.5	61	2.1×10^{-13}	129	1.8×10^{-13}
0.1	10^{-9}	0.6	2000	9.3	215	164	2.0×10^{-13}		
0.03	10^{-10}	0.5	2000	23.1	86	110	4.5×10^{-14}	330	6.3×10^{-14}

廃棄物透水係数$K_x=10^{-11}$ ⇒10^{-4}m/s(10^{-2}cm/s)
覆土透水係数$K_s=10^{-13}$ ⇒10^{-6}m/s(10^{-4}cm/s)

埋立地条件として、
ガス発生速度G(焼却残渣=0.1)
廃棄物層深さLz(=20m)
廃棄物の固有透気係数kx
集ガス率η=0.6
覆土下最大圧Δpmax[Pa]制御目標値
2,000Pa(=20cmH_2O)

性能指針の2000m^2に1か所のガス抜き管の前提は、覆土の透水性が廃棄物よりも2乗低いこと



SADAHIKO USAMI　Pacific Consultants CO., LTD.

3.6 透気係数とガス抜き管密度(現状)

与条件						ガス抜き管が独立の場合		ガス抜き管が浸出水集排水とつながっている場合	
埋立地条件		設定目標値							
G	k_x	η	ΔPmax	ΔP※	$\Delta\bar{P}$max	L_x	k_s	L_x	k_s
[d^{-1}]	[m^2]	[−]	[Pa]	[Pa]	[−]	[m]	[m^2]	[m]	[m^2]
0.1	10^{-12}	0.6	20	7440	0.008	10	1.0×10^{-12}	10	1.0×10^{-12}
0.1	5^{-12}	0.6	20	1448	0.018	10	5.0×10^{-12}	10	5.0×10^{-12}
0.01	10^{-12}	0.6	20	744	0.027	10	1.0×10^{-11}	10	1.0×10^{-11}
0.01	10^{-11}	0.6	20	74.4	0.269	10	1.0×10^{-11}	10	1.0×10^{-11}

廃棄物透水係数$K_x=10^{-12}$ ⇒10^{5}m/s(10^{-3}cm/s)
覆土透水係数$K_s=10^{-11}$ ⇒10^{-4}m/s(10^{-2}cm/s)

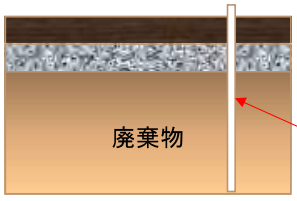
廃棄物の透水係数が、10^{-4}cm/s以下であれば、覆土しても遮蔽効果が期待できず、ガス抜き管に埋立ガスは集まらず、覆土表面から放散しやすい
廃棄物透水係数K_x≒覆土透水係数$K_s=10^{-11}$～10^{-12}

SADAHIKO USAMI　Pacific Consultants CO., LTD.

3.7 透気係数とガス抜き管密度(改良)

与条件						ガス抜き管が独立の場合		ガス抜き管が浸出水集排水とつながっている場合	
埋立地条件		設定目標値							
G	k_x	η	ΔPmax	ΔP※	$\Delta\bar{P}$max	L_x	k_s	L_x	k_s
[d^{-1}]	[m^2]	[−]	[Pa]	[Pa]	[−]	[m]	[m^2]	[m]	[m^2]
0.1	10^{-10}	0.6	20	74.4	0.269	10	1.0×10^{-10}	10	1.0×10^{-10}
0.1	10^{-9}	0.6	20	7.4	2.688	30	1.7×10^{-10}	40	1.7×10^{-10}
0.01	10^{-10}	0.6	20	7.4	2.688	30	1.7×10^{-11}	40	1.7×10^{-11}
0.01	10^{-9}	0.6	20	0.7	26.88	66	6.7×10^{-11}	146	6.7×10^{-11}

廃棄物透水係数$K_x=10^{-10}$ ⇒10^{-3}m/s(10^{-1}cm/s)
覆土透水係数K_s10^{-11} ⇒10^{-4}m/s(10^{-2}cm/s)

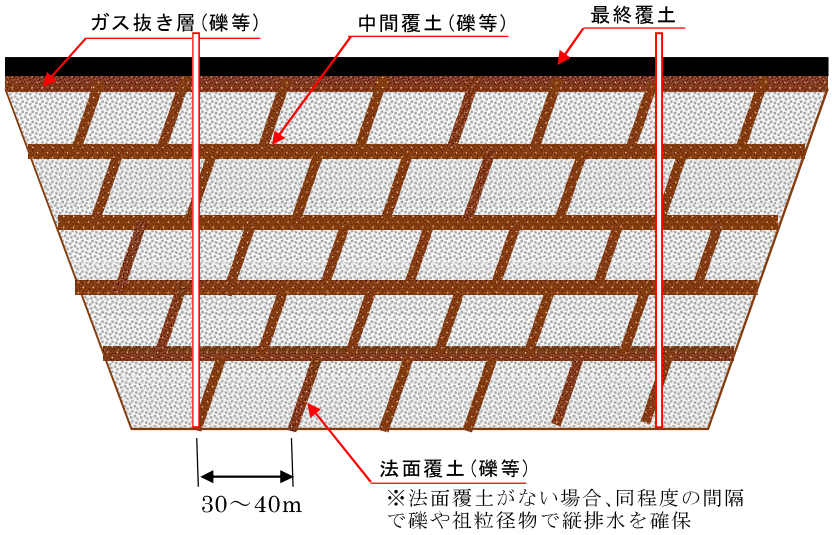


覆土の下部にガス抜き層を設けると、埋立ガスはガス抜き層を通してガス抜き管に集まる。
廃棄物透水係数(=ガス抜き層)K_xは、覆土の透水係数より1～2オーダー高くする。$K_s=10^{-11}$～10^{-12}

SADAHIKO USAMI　Pacific Consultants CO., LTD.

3.8　ガス抜き設備の設計(提案)

○ガス抜き管は、作業性の低下につながるので、従来どおり40m程度の間隔で設置
○セル方式で覆土を行い、覆土は透気性の良い材料を用いる。
◎雨水が浸透しやすく、ガスも抜けやすいので、安定化の促進を期待
○ガス抜き管が座屈変形する事例もあるので十分な強度が必要



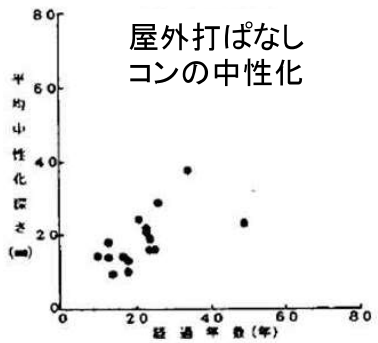
4.1　コンクリートの寿命は?

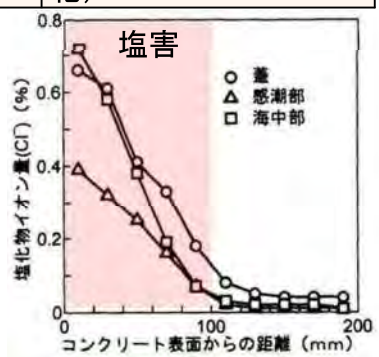
- 鉄筋コンクリートの寿命は、一般に30年～50年
  - 原因は、中性化、塩害、化学的腐食、凍害、疲労、風化、etc

設置環境	劣化要因	劣化機構
大気中	・空気（二酸化炭素、酸素） ・水（雨、酸性雨） ・海水飛沫、塩粒子 ・気温	・中性化（地域全般） ・塩害（海洋近接場所） ・凍害（降雪寒冷地）
地盤中	・地下水	・カルシウム溶出（中性化）

定期的な点検、補修、劣化抑制策等の対応が重要

廃止後も貯留構造物は半永久的に機能維持が必要





4.2　耐久性のための設計検討項目

耐用年数100年を満足する構造物の最小被りと最大水セメント比

（2017年土木学会コンクリート標準示方書［設計編］）

構造部位	W/Cの最大値（mm）	かぶりcの最大値（mm）	施工誤差Δcc（mm）
柱	50	45	15
はり	50	40	10
スラブ	50	35	5
橋脚	55	55	15

海洋コンクリートにおける耐久性から定まる
AEコンクリートの最大水セメント比

施工条件 / 環境区分	一般の現場施工の場合	工場製品、または材料の選定および施工において、工場製品と同等以上の品質が保証される場合
(a) 海上大気中	45	50
(b) 飛　沫　帯	45	45
(c) 海　　中	50	50

4.3　コンクリートの劣化状況調査

F市最終処分場

処分場	建設年月	経過年数	測点	場所	反発硬度	推定強度 (N/mm²)	平均値 (N/mm²)
K1	1979年11月 ～ 1980年3月	42年	北側擁壁	西 ①	32	23	26
				中央 ②	38	30	
				東-1 ③	33	24	
				東-2 上 (h=155cm) ④	29	18 ※除外	
				東-2 下 (h=125cm) ⑤	34	25	
K2	1987年9月 ～ 1989年3月	33年	北側締切堰堤	東 ⑥	36	28	27
				中央 ⑦	33	24	
				西 ⑧	38	30	
			西側締切堰堤	南-1 ⑨	39	32	32
				南-2 ⑩	42	35	
				中央 ⑪	37	29	
				北 ⑫	39	31	
M	1994年9月 ～ 1997年3月	25年	浸出水処理プラント側	左 ⑬	40	33	26
				中央 ⑭	31	22	
				右 ⑮	32	23	

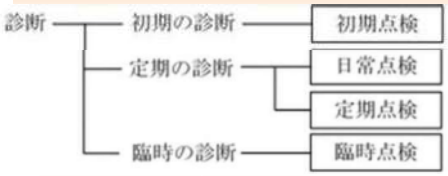
4.3 コンクリートの劣化状況調査(2)

K組合(竣功後17年経過)

区分	調査箇所			測定高(m) 測定箇所	硬度	推定強度（N/mm2）	
	壁面	区画	位置			計測値	平均
貯留槽	北側側壁	区画①	西側	1.4	32	23	22
			中央	1.5	30	21	
		区画②	西側	1.5	30	20	19
			中央	1.5	28	17	
			東側	0.8	30	20	
		区画③	西側	1.4	42	35	35
			東側	0.8	43	36	
	東側側壁	区画③	北側	1.2	40	32	
			南側	1.2	44	37	
		区画⑥	北側	1.4	43	36	35
			南側	1.3	40	33	
	南側側壁	区画⑥	中央	1.0	42	36	
			西側	1.0	43	36	
		区画⑤	東側	0.8	43	37	33
			西側	1.5	37	29	
		区画④	東側	1.3	44	37	32
			西側	1.0	35	26	
	区画境天端	区画 ②×③	南側	天端中央	38	30	28
			北側	天端中央	34	25	
調整槽	天端	中央部	北側	中央部	31	21	21

19

4.4 コンクリートは点検・保守管理が重要



点検の種類	調査方法
初期点検	目視やたたきによる調査（ひび割れ、豆板、コールドジョイントなどの初期欠陥） 設計・施工に関する書類調査
日常点検	肉眼、写真、双眼鏡などによる目視調査、たたきによる調査 （ひび割れ、剥離、錆汁、漏水、異常な変位）
定期点検	目視やたたきによる調査を主体とし、必要に応じて非破壊試験やコア採取 （ひび割れ、剥離、錆汁、漏水、異常な変位）
臨時点検	災害や事故により損傷を受ける可能性を有する部位、部材の目視やたたき調査 （ひび割れ、断面欠損、剥落、漏水、変形、支持状態、異常音、異常振動）
緊急点検	目視やたたきなどの方法に加え、非破壊試験やはつり調査

20

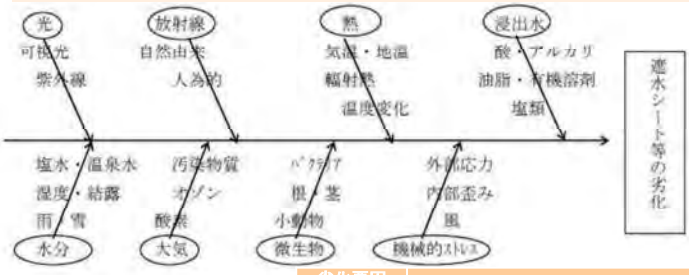
4.5　点検頻度の考え方

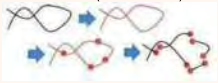
点検種別	点検頻度	考え方
初期点検	1回	施工中～供用開始前迄 ※現場施工記録などで代用
日常点検	1回/月	※高速道路のような、日常負荷のかかる構造物ではないため、日・週単位の点検は不要では？ 構造物によっては年単位の点検になる？
定期点検	短期：　1回/月(日常に含む) 中期：　1回/2～3年 長期：　1回/5～10年	各コンクリート構造物の点検実績 ※浸出水処理関連施設に使用するコンクリートは下水道の管理基準が良いのではないか？
臨時点検	災害後、不具合発生時	台風、暴風雨、地震等の災害発生直後及び不具合発生時等
緊急点検	緊急時	必要に応じ

点検種別		通常部（貯留構造物）	劣化しやすい部位（排水溝・台貫等）	浸出水集排水ピット
初期点検		1回 供用開始前迄	1回 供用開始前迄	1回 供用開始前迄
日常点検 目視		1回/年	3回/年	1回/月
定期点検	中期	1回/5年	1回/2年	1回/年
	長期	1回/10年	1回/10年	1回/10年
臨時点検		台風、暴風雨、地震直後 不具合発生時等		地震時 不具合発生時等
緊急点検		緊急時	緊急時	緊急時
参考		定期はダムを参考		定期は下水道を参考

廃止後の貯留構造物機能維持のための維持管理指針、財源の確保、メンテナンスフリーを目指す構造形式等を提案

5.1　遮水シートの劣化要因

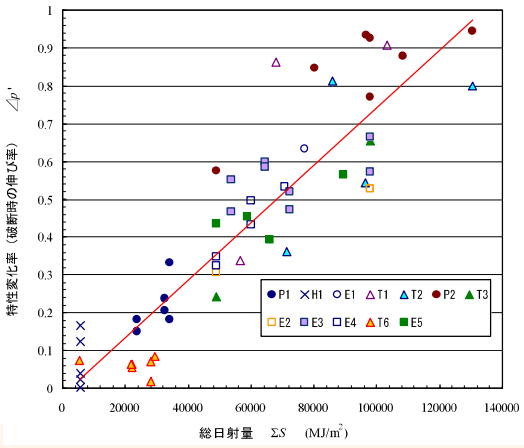


劣化要因	劣　化　機　構
光	光による遮水シート等の劣化は、光が当たる表面から生じる。光エネルギーは波長が短い方が強くなるが、遮水シート等の高分子材料の劣化が促進される波長は、300～400nm(近紫外線から紫の可視光線の範囲)である。高分子材料に光エネルギーが吸収されると、分子の化学結合が切断され劣化する。その機構の概要を下記に示す。 ①光エネルギーにより高分子材料が励起されラジカル(R・)が生じ、このラジカルが開始種となり高分子材料の分解反応が始まる。 ②ラジカルと空気中の酸素が反応しパーオキシラジカル(ROO・)が生じる。 ③パーオキシラジカルの分解反応が進みハイドロパーオキサイド(ROOH)やカルボニル基(>C=O)が生成する。
熱	熱による遮水シート等の劣化は、加熱された遮水シート等の高分子材料が高いエネルギー状態になり、通常では反応しにくい空気中の酸素と反応し高分子が分解する。この劣化は、高分子材料に与えられるエネルギー源が異なるが空気中の酸素との反応による分解であり光による劣化機構と同様の反応と考えられる。高分子鎖が空気中の酸素により酸化され切断される状況をイメージ図[2]に示す。 高分子材料の長い分子鎖が酸素と反応した部分で切断される。切断された分子鎖の末端(図中の赤丸)には酸素と結合したユニットが形成される。 
浸出水	浸出水に含まれる酸、アルカリ、塩類等の無機物質や有機溶剤や油脂類等の有機物質による劣化機構は、遮水シート等に使用される高分子材料の種類により異なるので、個別の遮水シート等ごとに検証する必要がある。酸化力の強い酸や有機溶剤、油脂類については遮水シート等の劣化を促進する可能性が高いので注意を要する。表1.5-2に参考例として高密度ポリエチレンの耐薬品性を示す。

5.2 IGSにおける調査結果

種類	2008年サンプリング (経年5～27年)					2019年サンプリング (経年17～35年)				
	地区数	暴露	保護有	埋設	他	地区数	暴露	保護有	埋設	他
EPDM	5	11	9	0	1	3	5	3	0	11
TPO	4	18	3	0	3	6	11	8	6	0
HDPE	2	2	5	0	1	3	0	11	4	1
PVC	2	12	0	0	1	0	0	0	0	0
合計	13	66				12	60			

調査結果の解析と、劣化の評価モデルの検討は、今後の予定



5.3 既存文献による遮水シートの耐久性

①各温度条件での空気、水、合成浸出水に曝したHDPE製ジオメンブレンの劣化
※35℃合成浸出水に浸漬条件(初期値の50%に低下する時間)
〇破断時引張強度　335～380年
〇破断時引張ひずみ　190～50年

②管理型廃棄物海面処分場に用いられたLLDPE製遮水シートの現地耐久性調査
厚さ3mm 20年経過後
ほとんど変化なし(伸び保持率と日射量は相関)

③遮水シートの耐久性評価と遮光性保護による延命効果の確認
〇促進暴露5,000時間(実暴露25年)で初期値の80%
〇遮光性保護マットありはほとんど劣化なし

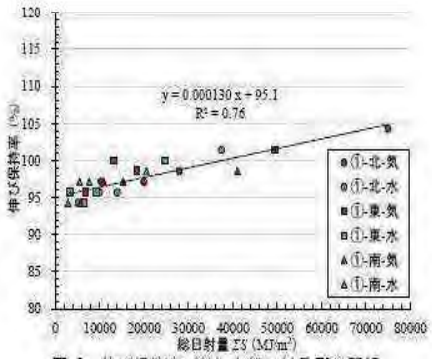
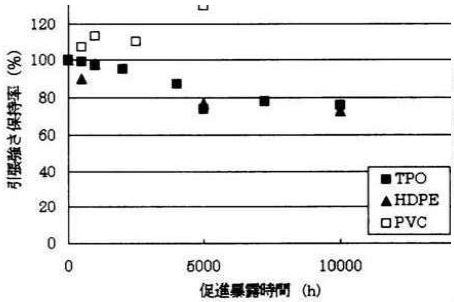
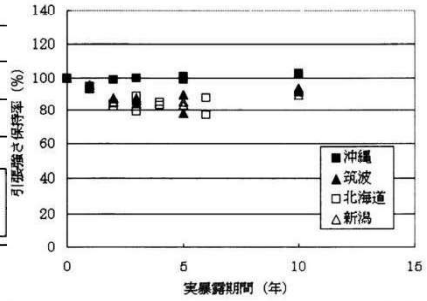


図-8　伸び保持率（%）と総日射量ΣSの関係





5.3　既存文献による遮水シートの耐久性(2)

④暴露されたジオテキスタイルと遮水シートに関する新しい試験結果
促進暴露試験とアリゾナ州フェニックスでの暴露
初期値の50%に低下するまでの時間

(b) Geomembranes (various resins)	Thickness (mm)	Figure no. (supp. data)	Laboratory predicted halflife in years		Phoenix, Arizona, predicted halflife in years	
			Strength	Elongation	Strength	Elongation
HDPE	1.5	18	76	69	97	91
LLDPE	1.0	19	49	46	66	63
fPP	1.0	20	50	41	59	54
EPDM	1.0	21	60	70	74	56
PVC (Euro.)	2.5	22	54	54	72	55

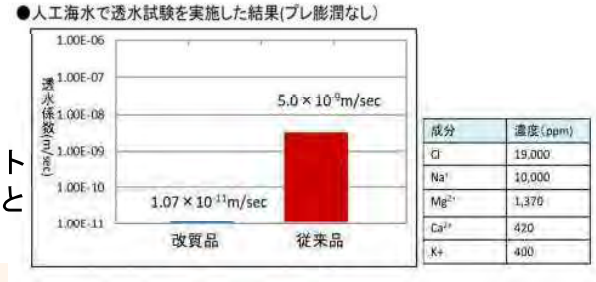
5.4　ベントナイト系遮水材

LaGatta, M.D ら：降下ひずみ（降下量をΔ、不同沈下境域の端から中央までの水平距離をLとしたときのΔ/Lで定義）が0.5以上の場合（変形角度 26°）、重ね部の透水係数が上昇し、遮水性能が低下することが確認

小川他（2014）：不同沈下を想定したGCL重ね部の落戸実験を実施、降下ひずみ Δ/L が0.06程度であり上載荷重が十分に得られる場合は、GCLの伸び変形のみが発生し、それ以上の沈下変形に対しては、重ね合わせのずれは発生するとしているが、重ね合わせ幅 50mm 以上維持すれば遮水性は確保

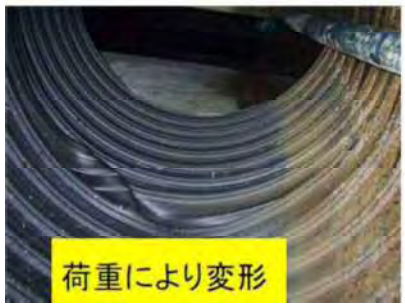
LinおよびBenson(2000)：GCLは高濃度の2価陽イオンを含む溶液により湿潤・乾燥のサイクルが繰り返されると透水係数が増大することを示唆

勝見他（2005）：無機塩類を使用した GCL の長期透水試験が実施されているが、KCl > $CaCl_2$ > NaCl の順に透水係数に影響を与えることが示されており、3年間の透水試験により約 2～3 オーダーの透水係数の上昇

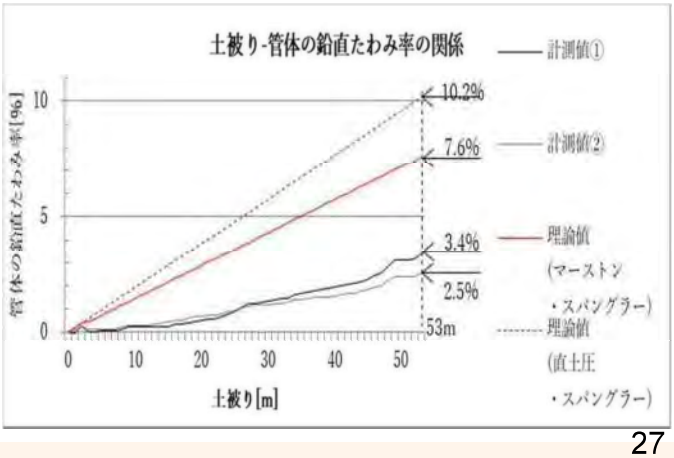


人工海水に浸漬したベントナイトおよびポリマー改良品をコア材としたGCLの透水係数の変化

5.5　廃棄物高密度化と浸出水集排水管の変形



①マーストン・スバングラー式が多用されている。
　埋立深さ30mを超える場合は適用できない。
②東田らの提案式
　H14年にLSAで提案。
マーストン・スパングラー式を用いると安全側に評価
管の材質ごとに協会でさだめたマニュアルで許容たわみ率のチェック



6.　浸出水処理施設の長寿命化

昨年度の特別研究Bで、アンケートによる事例は発表済

①ストックマネジメントが必要
　一例として、LSAと廃棄物研究財団で取りまとめた「ブック財団12-02「その他の施設の長寿命化計画の作成資料集」(2012年4月)がある。

②点検手法については、次年度以降に検討

③埋立地の延命化による水質良化・水処理改良等のケーススタディは、①の事例で検討済。追加内容が必要か今後検討する。

6.1　浸出水処理施設機器別管理基準例

設備機器	対象箇所	診断項目	保全方式 BM	TBM	CBM	管理基準 評価方法	管理値例	診断頻度	参考耐用年数
BOD酸化槽ばっ気装置	BOD酸化槽接触材	磨耗、劣化、閉塞	○		◎	著しい摩耗、劣化、閉塞がないこと	磨耗、劣化、閉塞状況 運転状況	2～3年	7～10年
	機械式ばっ気装置	劣化、腐食			◎	①異常音・振動がないこと ②正常に撹拌していること	メーカ基準値	2～3年	7～10年
	散気装置	劣化	◎			正常に散気していること	劣化状況 散気状況	3年	7～10年
	ばっ気ブロワ	磨耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	3年	7～10年
BOD酸化槽逆洗装置	逆洗装置	劣化	◎			正常に逆洗していること	劣化状況 逆洗状況	3年	7～10年
	逆洗ブロワ	磨耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	3年	7～10年
BOD酸化槽汚泥引抜ポンプ		摩耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	2～3年	7～10年
硝化槽ばっ気装置	硝化槽接触材	磨耗、劣化、閉塞	○		◎	著しい摩耗、劣化、閉塞がないこと	磨耗、劣化、閉塞状況 運転状況	2～3年	7～10年
	機械式ばっ気装置	劣化、腐食			◎	①異常音・振動がないこと ②正常に撹拌していること	メーカ基準値	2～3年	7～10年
	散気装置	劣化	◎			正常に散気していること	劣化状況 散気状況	3年	7～10年
	ばっ気ブロワ	磨耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	3年	7～10年
硝化槽逆洗装置	逆洗装置	劣化	◎			正常に逆洗していること	劣化状況 逆洗状況	3年	7～10年
	逆洗ブロワ	磨耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	3年	7～10年
脱窒素槽撹拌装置	脱窒素槽接触材	磨耗、劣化、閉塞	○		◎	著しい摩耗、劣化、閉塞がないこと	磨耗、劣化、閉塞状況 運転状況	2～3年	7～10年
	機械式撹拌装置	劣化、腐食			◎	①異常音・振動がないこと ②正常に撹拌していること	メーカ基準値	2～3年	7～10年
	散気装置	劣化	◎			正常に散気していること	劣化状況 散気状況	3年	7～10年
	撹拌ブロワ	磨耗、腐食	○		◎	①異常音・振動・発熱がないこと ②性能が低下していないこと	メーカ基準値 性能が○%以上低下	3年	7～10年

6.2　浸出水処理施設長寿命化のための点検

最終処分場の延命化が進むと、自主点検及び第三者による機能検査による施設の健全性の判断が重要(機能検査チェックシートの活用)

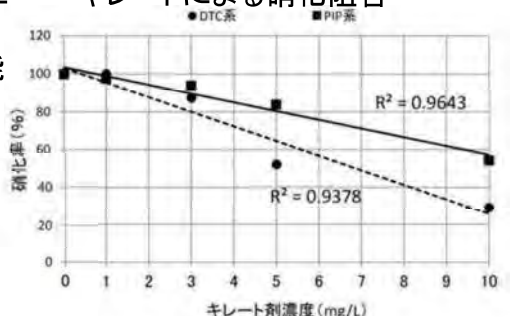
検査項目		検査方法	判定値	判定
土木構造物	水槽類	目　視	クラックや明らかな腐食がないこと	□OK □NO
	スラブ、床	目　視	クラックや明らかな腐食がないこと	□OK □NO
機械構造物	塔槽類	目　視 維持管理記録	著しい錆がないこと 修理・補修の内容が明確に記載されていること	□OK □NO
	作業架台、階段手摺りなど	目　視	著しい錆がないこと	□OK □NO
	薬品貯槽類	目　視	液漏れや滲みがないこと	□OK □NO
	配管類	目　視 維持管理記録	著しい錆がないこと 液漏れや滲みがないこと 閉塞や著しいスケールの付着がないこと 修理・補修の内容が明確に記載されていること	□OK □NO

今後、長寿命化のための既設水処理施設の対応や新規水処理施設の設計についての提案を重点的にブラッシュアップする。

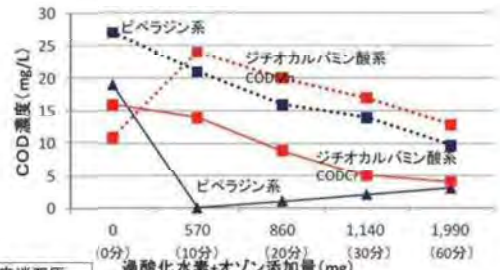
7.キレート由来物質の対応する浸出水処理施設

◎有機キレートの影響で、浸出水のT-N,CODの上昇とともに、硝化阻害が発生(右図上)
◎促進酸化によりキレート剤とCODの分解は可能
◎キレート剤を無機系に変更してもコストは同等

キレートによる硝化阻害



促進酸化によるCOD分解

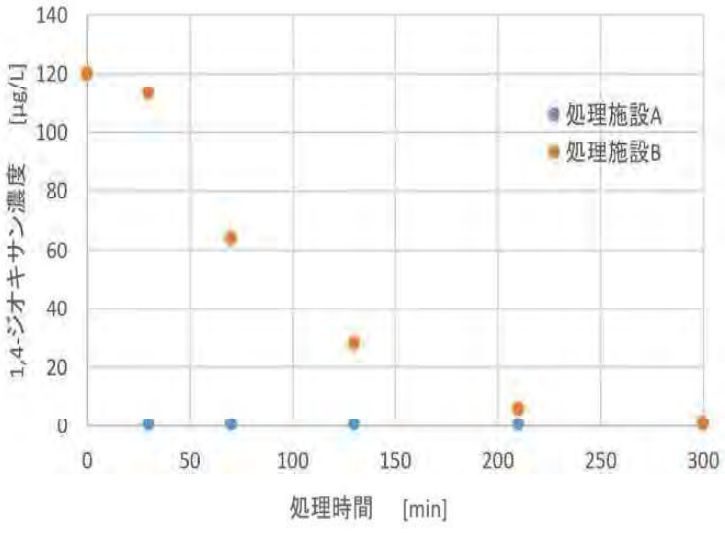


脱塩剤	特号消石灰		高反応消石灰	
脱塩剤	242t		188t	
脱塩剤単価	25円		35円	
脱塩剤費(百万円)	6.10		6.60	
発泡発生量(t)	1,075t		995t	
キレート添加率	有機	無機	有機	無機
	5%	10%	5%	10%
キレート添加量	53.8t	108t	49.8t	99.5t
キレート剤費用(百万円)	18.8	21.6	17.4	19.9
薬剤費計(百万円)	24.9	27.7	24.0	26.5
発泡発生量(t)	1,344t		1,236t	
発泡処分費(百万円)	0		-5.4	
合計(百万円)	24.9	27.7	18.6	21.1
率	100%	111%	74.7%	84.7%

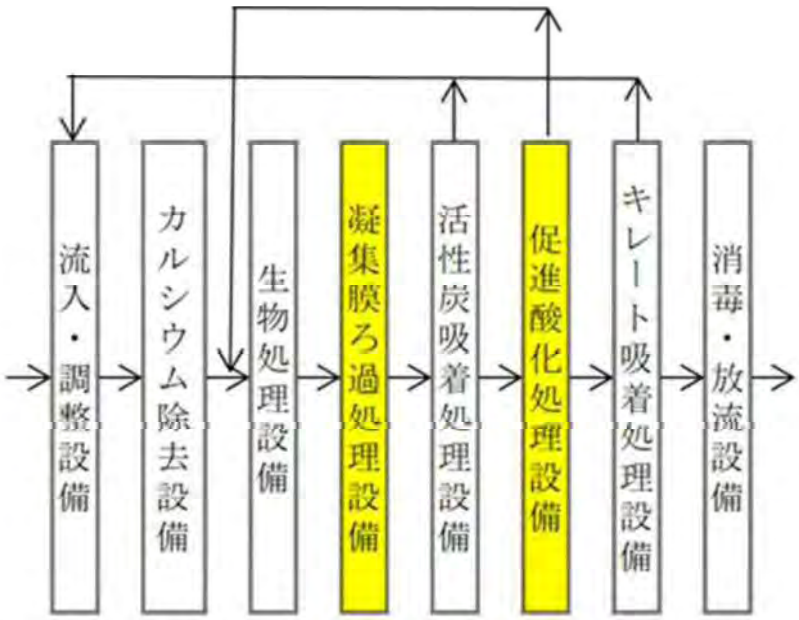
脱塩剤	特号消石灰		高反応消石灰	
キレート	有機	無機	有機	無機
活性炭	—	-1.5	—	-1.5
メタノール	—	-1.3	—	-1.3
計	—	-2.8	—	-2.8

7.1 促進酸化による1.4ジオキサンの処理

共存存物質であるTOC濃度は、処理施設Aが4mg/L、処理施設Bが31mg/Lと有意差があり、処理施設Bではヒドロキシルラジカルが TOCに消費された結果、処理施設Aの10倍近く定量下限になるまで時間を要した。
浸出水に含まれる共存物質によりヒドロキシルラジカルが消費されるため、促進酸化処理までのプロセスで共存物質を低減させることが必要



7.2 キレート由来物質処理フロー



ご清聴ありがとうございました。

調査研究グループ

１―１：最終処分場の廃止に関する研究

NPO・LSA　特定非営利活動法人最終処分場技術システム研究協会
令和4年度研究成果発表会

3．調査研究1
「最終処分場の維持管理・廃止に関する調査研究」

調査研究1-1
最終処分場の廃止に関する研究

主査：坂本　篤（日本国土開発(株)）

最終処分場の廃止に関する研究分科会 メンバー

リーダー	宮脇健太郎	明星大学
サブリーダー	坂本　篤	日本国土開発(株)

	氏　名	所　属		氏　名	所　属
◎	坂本　篤	日本国土開発(株)		福島　孝亮	㈱エイト日本技術開発
○	庄司　茂幸	日本工営(株)		中村　和弘	飛島建設㈱
	浜田　利彦	㈱大本組		阿賀　裕英	(地独)北海道立総合研究機構
	柴田　健司	㈱大林組		工藤　友康	八千代エンジニヤリング㈱
	渡辺　修士	中電技術コンサルタント㈱		本多　美智男	㈱環境生物化学研究所
	小林　正利	㈱福田組			
	井塲　道夫	三ツ星ベルト㈱		谷澤　房郎	大成建設㈱

計12 名

◎：主査
○：副主査

1

報告書の目次

1-1：最終処分場の廃止に関する研究
- 1.1　緒言
- 1.2　研究の目的
- 1.3　研究方法
  - 1.3.1　研究フロー
  - 1.3.2　廃止事例等アンケートの概要
  - 1.3.3　廃止測定データの状況調査方法
  - 1.3.4　液固比と廃止測定データの関係の調査方法
- 1.4　研究結果
  - 1.4.1　廃止測定データの浸出水水質の状況調査結果
  - 1.4.2　廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果
  - 1.4.3　液固比と廃止測定データの関係の調査結果
- 1.5　まとめと今後の課題
  - 1.5.1　まとめ
  - 1.5.2　今後の課題

研 究 目 的

研究目的

廃止に至るまでの期間は、廃棄物の種類、最終処分場の構造、埋立方法および気象条件などの様々な要因によって異なると考えられる。廃止までの期間を予測する手法を確立するうえで廃止事例および閉鎖事例の廃止基準に関わる測定結果が重要な基礎データであるが、これらの情報が公表されることはほとんどなく、十分な研究および検証ができないのが現状である。

廃止にいたるまでの問題点の抽出および廃止に至るまでのメカニズムの解明に資する基礎データの提供を目的として、廃止事例および閉鎖事例の廃止に関するデータを整理した。

研究の概要

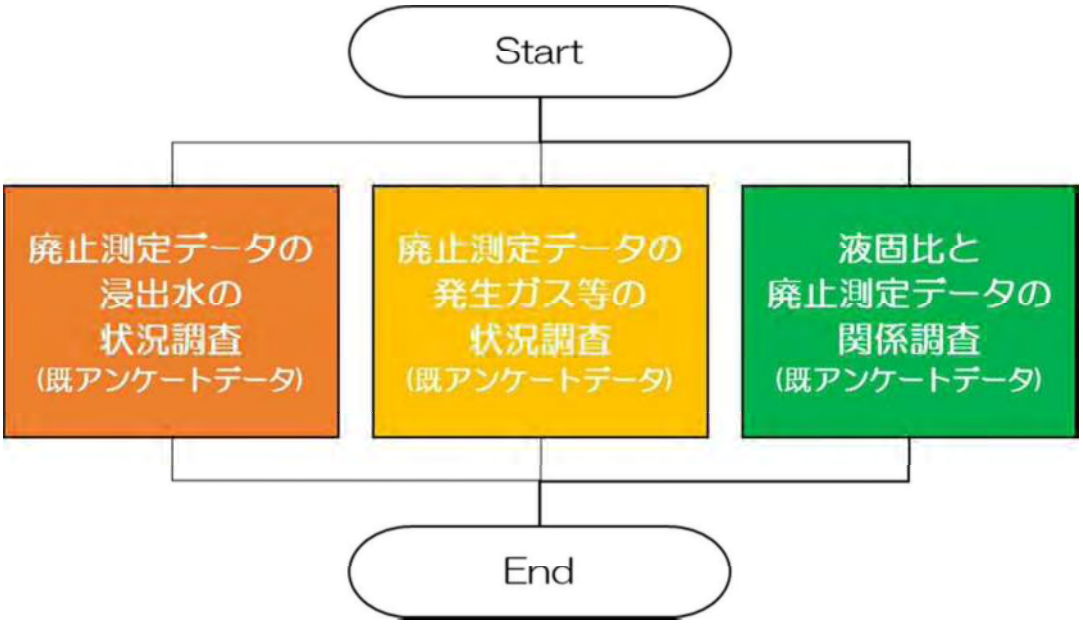
研 究 経 緯

H27-H28	埋立終了から廃止までの維持管理費に関する検討
	廃止のパターン
	安定化促進対策のまとめ（埋立終了後の対策を主として）
	跡地利用の実態調査（アンケート）
	想定される廃止後の問題例のまとめ
	浸出水をポンプアップしている最終処分場の課題と考察
H29-H30	監督部署の廃止および跡地利用への考え方調査（アンケート）
	廃止事例および閉鎖事例の実態調査（アンケート）
H31-R2	廃止事例および閉鎖事例の実態調査のクロス分析
	廃止事例および閉鎖事例の廃止事例別測定データの整理
	廃止事例および閉鎖事例の項目別浸出水測定データの検討
R3-R4	廃止事例および閉鎖事例の項目別測定データ(浸出水、発生ガス)の検討
	液固比と測定データの関係の整理

4

研究の概要

研 究 内 容



5

研究の概要

アンケートの概要(対象)

アンケート対象の抽出条件

項目	廃止事例	閉鎖事例
抽出条件	環境省実態調査(H19～H28)で廃止と表記	環境省実態調査(H28)で埋立終了と表記され廃止と表記されていない
	遮水を有する（遮水なしを除く）	遮水を有する（遮水なしを除く）
	埋立開始が1978年以降	埋立開始が1978年以降
	残容量が計画容量の1/2以下（埋立休止を除外）	残容量が計画容量の1/2以下（埋立休止を除外）
	埋立面積が1,000㎡以上	埋立面積が1,000㎡以上
		水処理を有すること
		廃棄物に焼却残さを含む

＊主に一般廃棄物最終処分場

＊H30西日本豪雨災害を考慮し岡山県、広島県、愛媛県の施設を調査対象から除外した。

6

研究の概要

アンケートの概要(項目)

アンケートの項目

分類	種別	項目
共通	一般廃棄物最終処分場の諸元	処分場の立地、埋立面積、埋立容量、埋立開始年月、埋立終了年月、処分場閉鎖年月、処分場廃止年月、遮水の方式、区分埋立、水処理施設の規模、処分場の構造
	最終処分場の構造等の詳細	埋立廃棄物の種類・量、区分埋立について、覆蓋（屋根）、表面遮水工（キャッピング）、水処理施設
	測定項目およびデータ	地下水の水質、放流水の水質、浸出水の水質、埋立ガスの発生状況、埋立地内部の温度・埋立地外の地温、沈下・亀裂
	上乗せ基準	有無、時期
	住民説明	有無
	跡地利用	有無、内容
廃止事例	廃止の状況	廃止基準を満足、撤去等

7

アンケートの概要(回答数等)

アンケート回答数等

項目	廃止事例	閉鎖事例
対象施設数	108	221
既回答施設数	14	－
除外数＊	10	15
有効回答数	48 (44%)	112 (55%)
廃止測定データ 提供事例数	11 (23%、10%)	47 (42%、21%)
ガス測定データ 提供事例数	10 (21%、9%)	32 (28.6%、15.7%)

＊H30西日本豪雨災害を考慮し岡山県、広島県、愛媛県の施設を調査対象から除外した。

研究の方法

廃止測定データ（浸出水、発生ガス等）の状況調査方法

既アンケートの廃止測定データを用いて、浸出水、発生ガスおよび廃棄物層内温度を項目別にデータ整理した。

液固比と廃止測定データの関係の調査方法

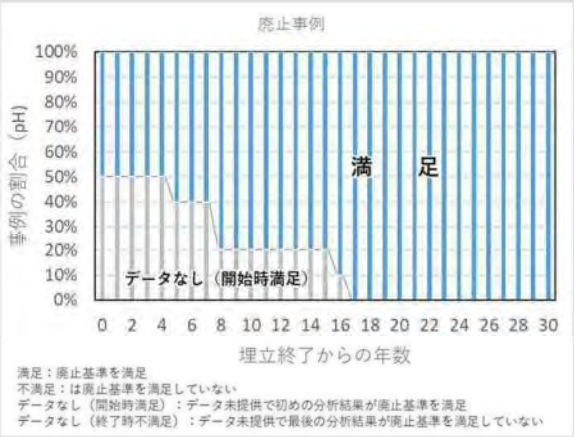
既アンケートの廃止測定データと埋立容量と推定浸出水量を用いて液固比と廃止測定データの関係について整理した。

浸出水量の推定方法

方法	合理式
埋立面積	埋立地全体（区分埋立は考慮しない）
月間可能蒸発散量	Blaney Criddle法
気象情報	近傍観測所の過去の気象データ

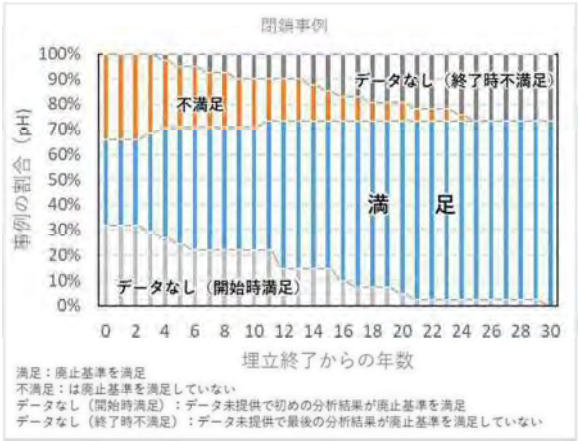
廃止測定データの浸出水の状況調査結果

pH



廃止事例

・全ての事例で測定開始時から基準を満足



閉鎖事例

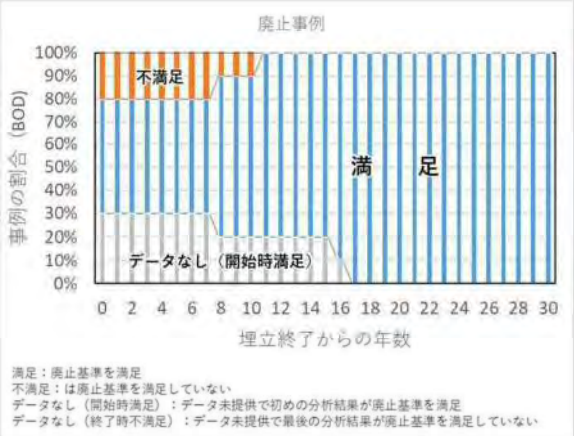
・測定開始時に不満足は約35%

・測定開始時不満足の約20%が時間経過で基準満足

10

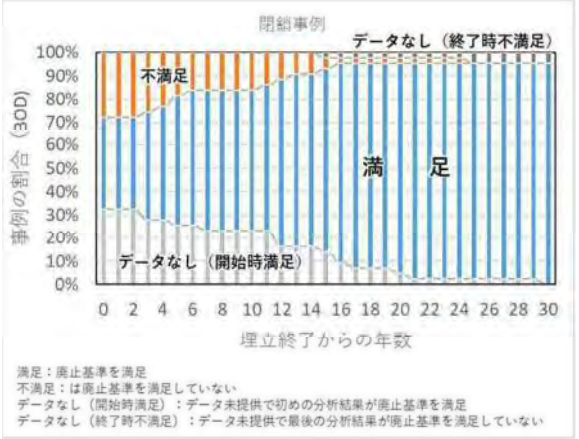
廃止測定データの浸出水の状況調査結果

BOD



廃止事例

・埋立終了時から基準満足が約80%



閉鎖事例

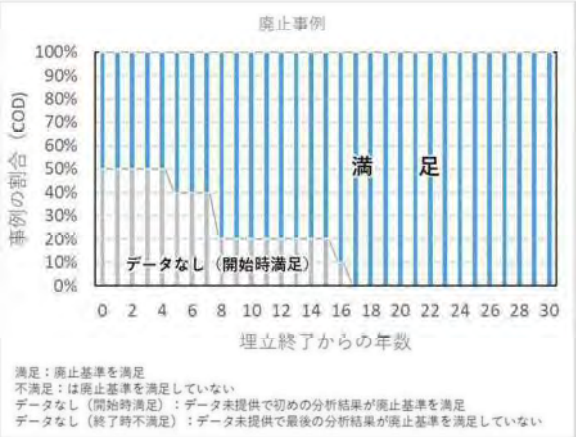
・埋立終了時から基準満足が約60%

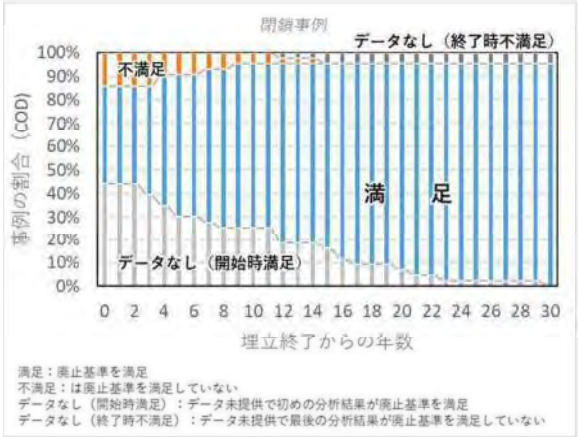
・測定開始時不満足の事例の約80%が時間経過で基準満足

11

廃止測定データの浸出水の状況調査結果

COD





廃止事例

・全ての事例で測定開始時から基準を満足

閉鎖事例

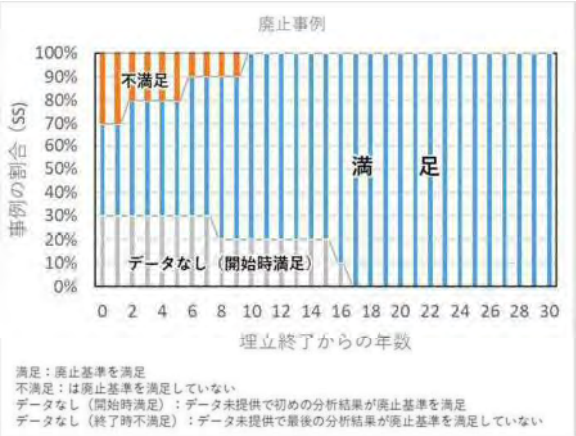
・埋立終了時から基準満足が約75%

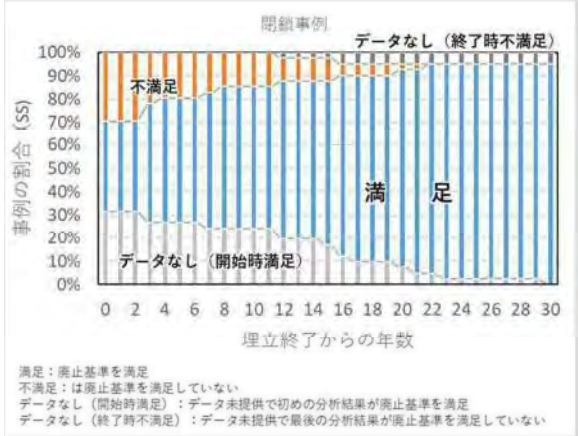
・測定開始時不満足の事例の約65%が時間経過で基準満足

12

廃止測定データの浸出水の状況調査結果

SS





廃止事例

・埋立終了時から基準満足が約60%

閉鎖事例

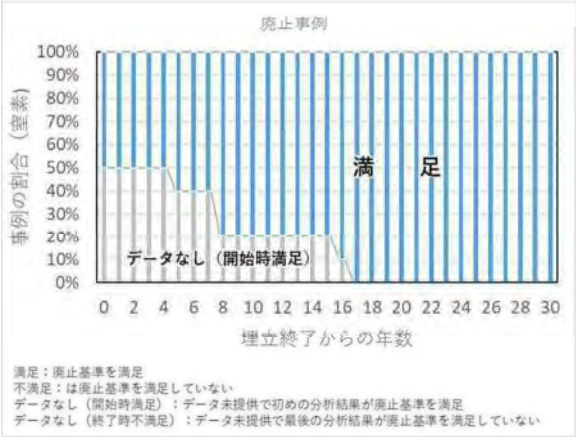
・埋立終了時から基準満足が約40%

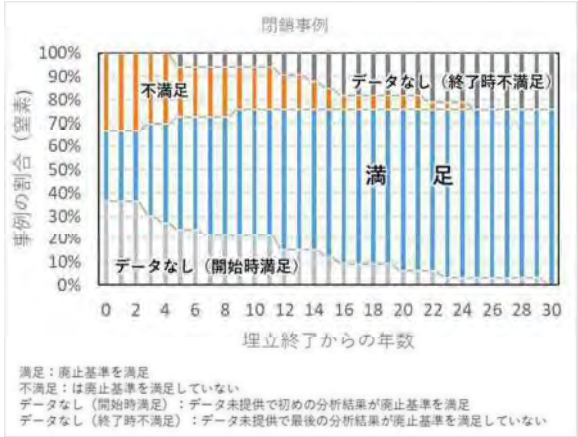
・測定開始時不満足の事例の約85%が時間経過で基準満足

13

廃止測定データの浸出水の状況調査結果

窒素





廃止事例

・全ての事例で測定開始時から基準を満足

閉鎖事例

・埋立終了時から基準満足が約50%

・測定開始時不満足の事例の約25%が時間経過で基準満足

14

廃止測定データの浸出水の状況調査結果

浸出水のまとめ

項目	pH		BOD		COD		SS		窒素	
	廃止事例	閉鎖事例	廃止事例	閉鎖事例	廃止事例	閉鎖事例	廃止事例	閉鎖事例	廃止事例	閉鎖事例
埋立終了時から基準満足	100%	50%	71%	59%	100%	75%	57%	57%	100%	48%
基準不満足→満足	－	21%	－	83%	－	67%	－	83%	－	25%

pH、窒素は、埋立終了時に廃止基準を満足していない割合が多くかつ時間が経過しても廃止基準を満足し難い。

BOD、SSは、埋立終了時には廃止基準を満足していない割合が多いが時間の経過とともに廃止基準を満足しやすい。

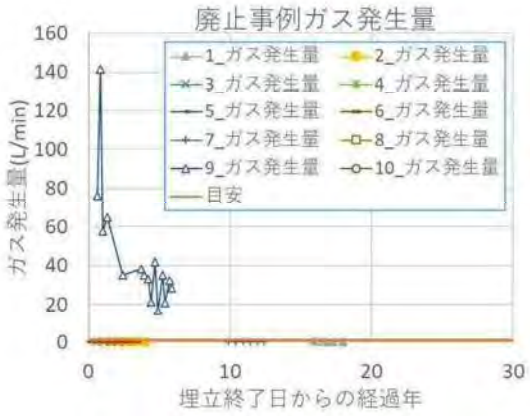
CODは埋立終了時に基準を満足している割合が多いが時間が経過しても廃止基準を満足し難い。

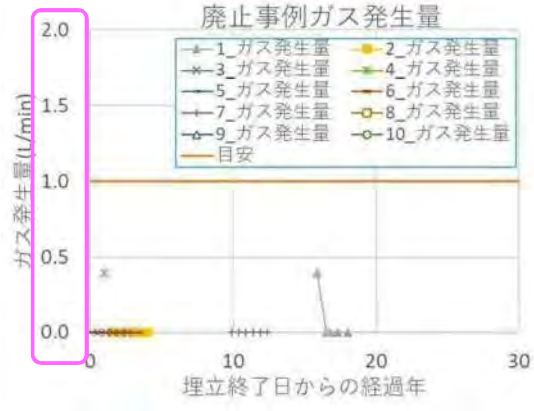
24年以上経っても浸出水の水質が廃止基準を満足しない事例がある。

15

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

廃止事例のガス発生量

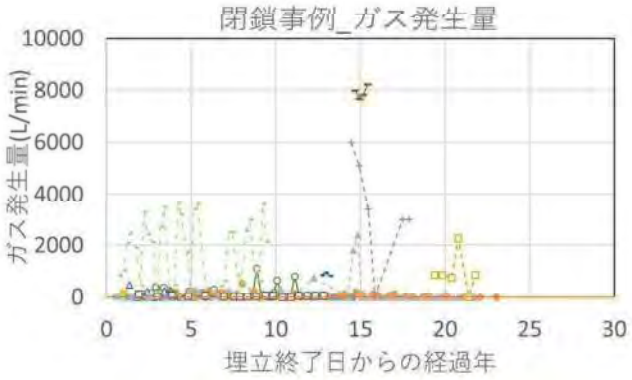




- 廃止事例のガス発生量は1事例を除き0.5L/min以下
- 最大約140L/minを示し、その後20L/minまで減少した事例
  ←この事例の測定方法の詳細は不明
  ←発生ガスの流量測定方法（例えば、外部からガスが流入する構造のガス抜き管での測定）および他の項目の測定値を考慮して総合的に判断し廃止したものと推察される。

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

閉鎖事例のガス発生量



最大ガス発生量（閉鎖事例）(L/m)	事例数	率	
		範囲別	累計
定量下限値	3	13.6	13.6
0～1	5	22.7	36.4
1～20	3	13.6	50.0
20～150	2	9.1	59.1
150～1000	3	13.6	72.7
1000～2500	3	13.6	86.4
2500～5000	1	4.5	90.9
5000～	2	9.1	100.0
合計	22	100.0	–

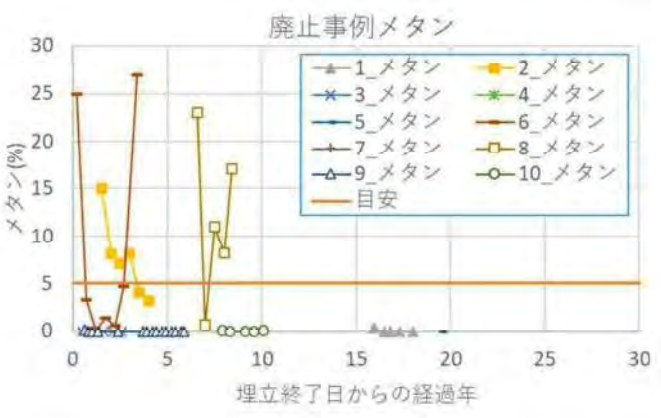
線形近似の傾き（期間＞2年かつ最大値>1）

種別	傾き a	決定係数 R^2	期間	最大値
閉鎖	9.5	0.012	9.3	1100
	-8.8	0.286	19.3	516
	-28.1	0.044	16.5	2400
	-707.6	0.221	3.4	6000
	-97.6	0.015	2.4	2260
	-34.2	0.033	2.4	460
	2.4	0.000	8.8	3645
	-2.1	0.442	4.0	12.7
	-4.1	0.262	11.0	110

- 閉鎖事例の最大ガス発生量が1L/min以下の事例は36.4%
- 閉鎖事例のガス発生量はばらつきが大きいものの減少傾向

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

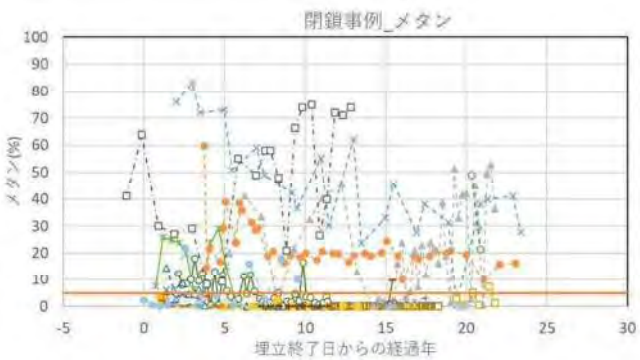
廃止事例の発生ガスのメタン濃度



- メタン濃度が5%以下の事例が70%（10事例中7事例）
- 最大値が5%を超えている事例はばらつきが大きい
  ←この事例の測定方法の詳細は不明、ガス発生量はほとんどない事例
  →ガスが滞留または発生ガスの採取方法（例えば、時期、気象の影響など）のためと推察

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

閉鎖事例の発生ガスのメタン濃度



最大メタン濃度（閉鎖事例）(%)	事例数	率	
		範囲別	累計
定量下限値	4	13.3	13.3
0～5	13	43.3	56.7
5～10	4	13.3	70.0
10～25	3	10.0	80.0
25～50	2	6.7	86.7
50～100	4	13.3	100.0
合計	30	100.0	–

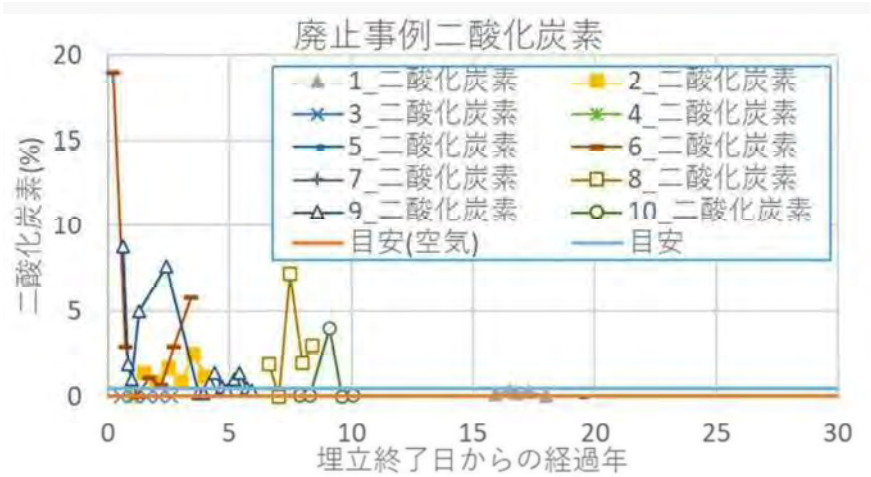
線形近似の傾き（期間＞2年かつ最大値>5）

種別	傾き a	決定係数 R^2	期間	最大値
閉鎖	0.8	0.119	2.8	8.8
	-1.3	0.046	5.1	29
	-1.0	0.287	10.3	18
	-0.8	0.287	19.3	59.8
	0.5	0.017	16.5	53
	-2.2	0.545	21.6	83
	0.6	0.047	2.4	7.2
	-4.2	0.664	2.4	14.5
	1.0	0.187	9.5	22
	2.4	0.224	14.0	75

- 最大メタン濃度が5%以下の事例は56.7%（30事例中17事例）
- 一部の事例で最大メタン濃度が50%超
- 線形近似の傾きが正と負の事例が半々
  →メタン濃度が高い場合、メタン濃度の減少に長期間を要する可能性

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

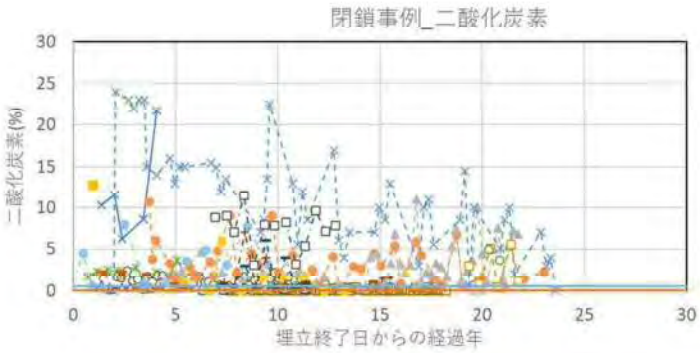
廃止事例の発生ガスの二酸化炭素濃度



- 二酸化炭素濃度はばらつきが大きい
  ←測定は行っているが廃止の判断基準として優先順位が低い可能性

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

閉鎖事例の発生ガスの二酸化炭素濃度



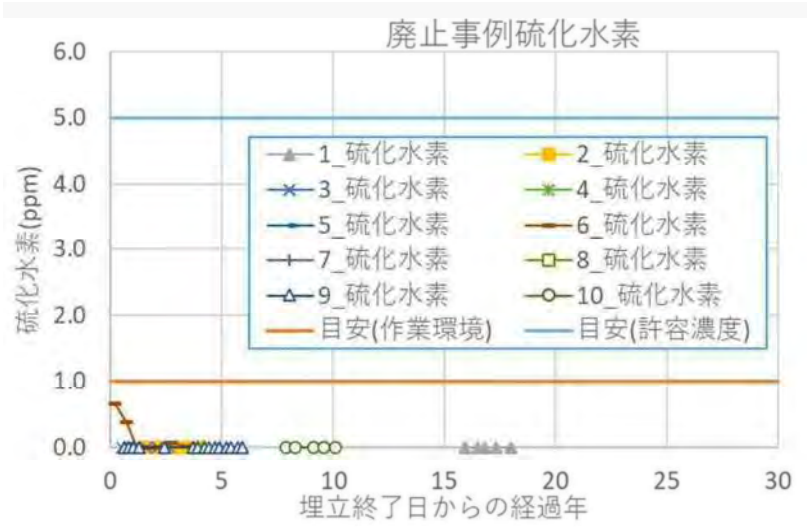
線形近似の傾き（期間＞2年かつ最大値>5）

種別	傾き a	決定係数 R^2	期間	最大値
閉鎖	3.2	0.336	2.8	21.7
	-0.1	0.087	19.3	10.7
	0.2	0.125	16.5	11
	-0.1	0.022	8.4	5.9
	-0.6	0.443	21.6	24
	0.2	0.004	9.4	5.5
	0.3	0.156	9.5	7.9
	0.1	0.003	4.1	6
	-0.4	0.065	4.0	7
	-0.3	0.041	14.0	11.5

- 二酸化炭素濃度はばらつきが大きい
- 線形近似の傾きが正と負の事例が半々
  ←二酸化炭素濃度が高い場合、二酸化炭素濃度の減少に長期間を要する可能性

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

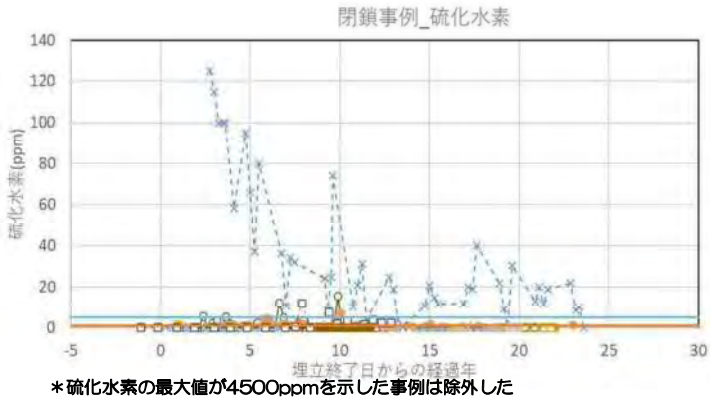
廃止事例の発生ガスの硫化水素濃度



・全ての測定値が低い値

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

閉鎖事例の発生ガスの硫化水素濃度



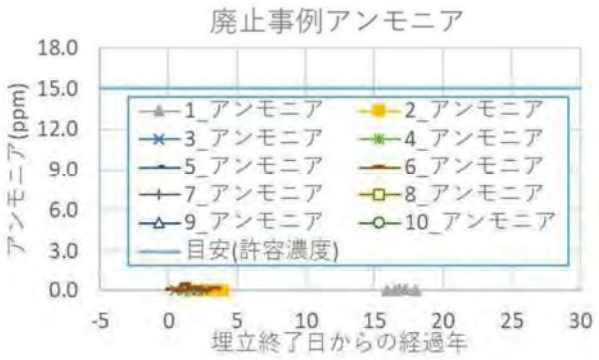
＊硫化水素の最大値が4500ppmを示した事例は除外した

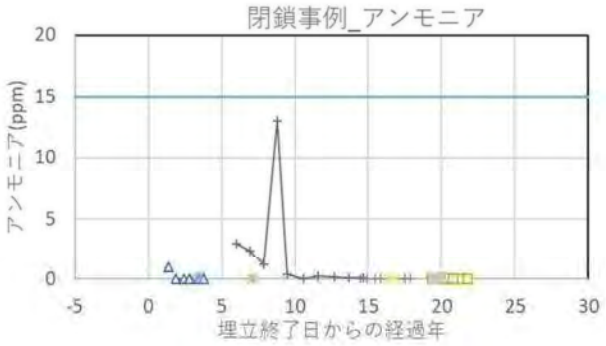
最大硫化水素濃度（閉鎖事例）（ppm）	事例数	率	
		範囲別	累計
定量下限値	15	60.0	60.0
0～1	3	12.0	72.0
1～5	2	8.0	80.0
5～10	1	4.0	84.0
10～25	2	8.0	92.0
25～	2	8.0	100.0
合計	25	100.0	－

・最大硫化水素濃度は5ppm以下の事例が80.0%(25事例中20事例)
・最大値が120ppmを超えていた事例は減少傾向

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

発生ガスのアンモニア濃度



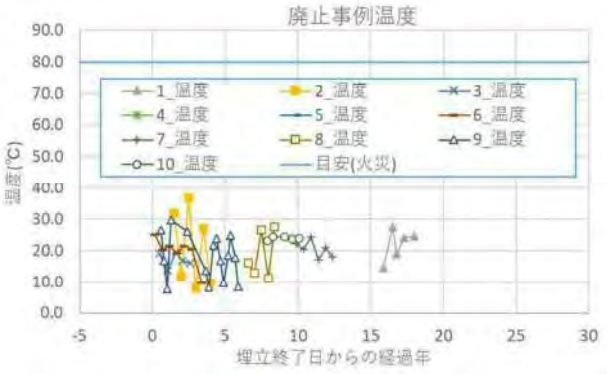


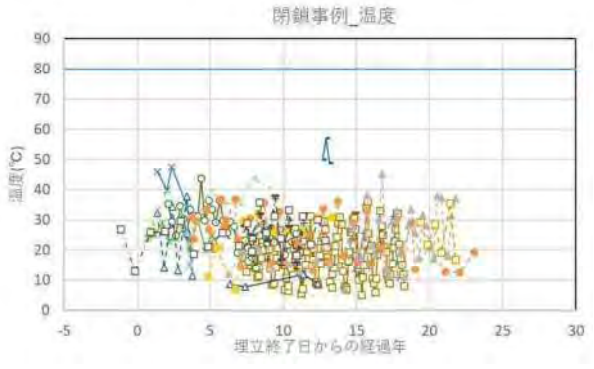
・廃止事例、閉鎖事例共に、全ての測定値が低い値

24

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

廃棄物層内温度





・廃止事例、閉鎖事例共に、埋立層内温度のほとんどが10℃から40℃と地温程度と判断できる

25

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

発生ガス等のまとめ

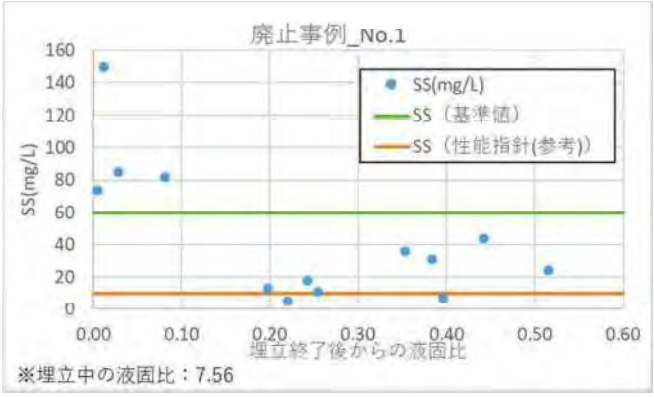
- 廃止事例のガス発生量のほとんどが0.5L/min以下
- 閉鎖事例の最大ガス発生量が1L/min以下の事例が36.4%
- 閉鎖事例のガス発生量はばらつきが大きいものの減少傾向
- 廃止事例のメタン濃度が5%以下の事例が70%
- 閉鎖事例の最大メタン濃度が5%以下の事例は56.7%
- メタン濃度が高い場合、メタン濃度の減少に長期間を要する可能性

26

液固比と廃止測定データの関係の調査結果

事例1

埋立面積(㎡)	12,000	ごみの種類（%）	焼却残渣（主灰）	
埋立容量(㎥)	40,000		溶融飛灰	
埋立構造	準好気性埋立構造		可燃ごみ	
覆蓋	無		資源ごみ	
浸出水処理量（㎥/日）	14		不燃ごみ	43
立地	平地		焼却残渣(飛灰)	
埋立開始～埋立終了(年)	21.8		溶融スラグ	
埋立終了～廃止（年）	2.9		破砕ごみ・処理残渣	
埋立開始～廃止（年）	24.8		その他	57

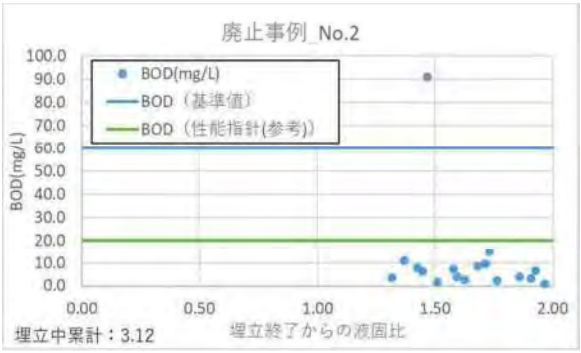


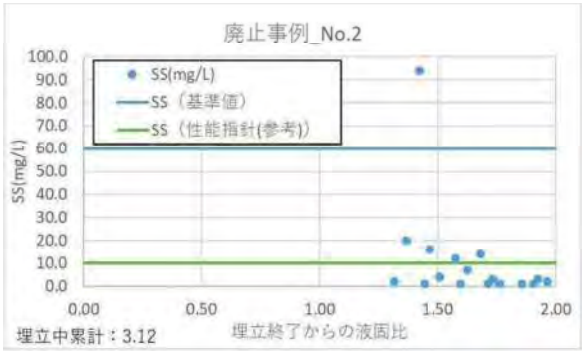
27

液固比と廃止測定データの関係の調査結果

事例2

廃止事例No.	2			
過年度廃止事例No.	8	ごみの種類（%）	焼却残渣（主灰）	30
廃止一覧No.	59		溶融飛灰	
埋立面積(㎡)	27,000		可燃ごみ	
埋立容量(㎥)	120,000		資源ごみ	
埋立構造	準好気性埋立構造		不燃ごみ	3
覆蓋	無		焼却残渣(飛灰)	9
浸出水処理量（㎥/日）	40		溶融スラグ	
立地	平地		破砕ごみ・処理残渣	21
埋立開始～埋立終了(年)	12.7		覆土	35
埋立終了～廃止（年）	12.8		不明	2
埋立開始～廃止（年）	25.5			



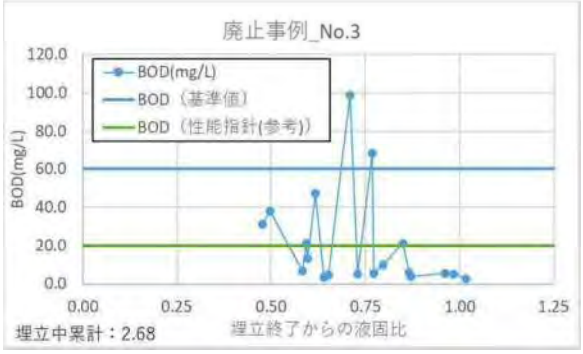


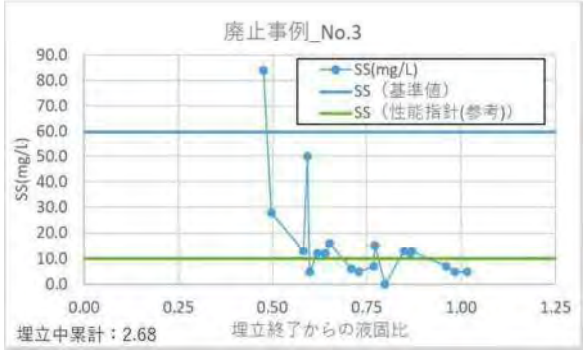
28

液固比と廃止測定データの関係の調査結果

事例3

廃止事例No.	3			
過年度廃止事例No.	9	ごみの種類（%）	焼却残渣（主灰）	有
廃止一覧No.	62		溶融飛灰	
埋立面積(㎡)	29,000		可燃ごみ	
埋立容量(㎥)	130,000		資源ごみ	
埋立構造	準好気性埋立構造		不燃ごみ	有
覆蓋	無		焼却残渣(飛灰)	
浸出水処理量（㎥/日）	344		溶融スラグ	
立地	山間		破砕ごみ・処理残渣	
埋立開始～埋立終了(年)	13.5			
埋立終了～廃止（年）	9.8			
埋立開始～廃止（年）	23.3			





29

まとめと今後の課題

まとめ

廃止に至るまでの問題点の抽出および廃止に至るまでのメカニズムの解明に資する基礎データの提供を目的として、廃止事例および閉鎖事例の廃止に関するデータを整理した。具体的には、①廃止測定データの浸出水の状況を整理、②発生ガス等についての状況を整理および③廃止事例の液固比と浸出水測定データの関係を整理した。

今後の課題

- 継続的な廃止事例の調査が必要
- 廃止基準不満足事例の精査が必要
- キャッピングと廃止測定データの関係の調査が必要

【謝辞】
多くの方にアンケート調査に協力していただいた。深く感謝いたします。

30

調査研究グループ

１－２：高ｐＨ浸出水に関する調査研究

令和４年度報告

研究展開委員会　調査研究1

高pH浸出水に関する調査研究（調査研究1　1-2分科会）

主査　宮脇健太郎（明星大学）
副主査　坂本 篤（日本国土開発）

研究メンバー

研究展開委員会
　調査研究「最終処分場の維持管理・廃止に関する調査研究」

高pH浸出水に関する調査研究分科会

	氏　名	会　社　名		氏　名	会　社　名
◎	宮脇健太郎	明星大学		田中　裕一	五洋建設㈱
○	坂本　篤	日本国土開発㈱		谷口　新吾	㈱環境生物化学研究所
	木村志照	㈱大林組			
	小竹茂夫	㈱大林組		平山　涼一	㈱エイト日本技術開発
	古野間 達	鹿島建設㈱			
	小林　薫	茨城大学		松岡　巨恒	中外テクノス㈱
	肴倉　宏史	国立環境研究所	☆	遠藤　和人	国立環境研究所
			☆	吉田　英樹	室蘭工業大学

◎主査，○副主査，☆アドバイザー
（オブザーバー：環境生物化学研究所：國奥，茨城大学：米山，原）

高pH浸出水の課題

- 一般廃棄物最終処分場　熱処理残渣主体
  - 焼却灰（主灰）、飛灰処理物、スラグ、溶融飛灰処理物など　→　アルカリ性物質含む
- 一部の処分場、高pH浸出水の発生（長期）
  - 処分場が非常に古い、管理不十分で集排水管の閉塞、内部滞水、海面処分場など
  - ほとんどの浸出水項目が廃止基準に合致、しかし、pH8.6以上の場合は廃止できない。
- 件数は少ないが、全国で、どの程度の処分場で高pH浸出水が発生しているか、またどのような技術が導入可能かの検討が必要となる。

調査目的

- 下記項目を検討し、課題整理をすることを目的
  - 最終処分場の浸出水pHの現状
  - 実際に廃止に向けた課題を抱える処分場の存在割合など
  - 浸出水原水のpH、および関連水質項目、廃止に向けて基準超過している項目
  - 管理者の課題
  - 追加：pHに影響を与える項目として、埋立物（割合など）、覆土、浸出水集排水管、ガス抜き管など

アンケート調査

調査対象

環境省「一般廃棄物処理実態調査結果」(H29年度)に記載されている「埋立中または埋立終了」の一般廃棄物最終処分場（1679カ所）のうち海面処分場を除いた、陸上処分場（1653カ所、945地方公共団体）

基本事項

浸出水pHおよびEC（電気伝導率）と、関連する水質項目、pH他浸出水に関する質問事項

追加事項

埋立物（項目、割合、埋立量）、覆土、浸出水集排水管、ガス抜き管

回収方法

Web入力，紙アンケート返送，エクセルシート返送

アンケート発送：2020年3月，回収2020年６月

回収状況

地方公共団体：259団体（27.4%），処分場総数：394処分場（23.8%）

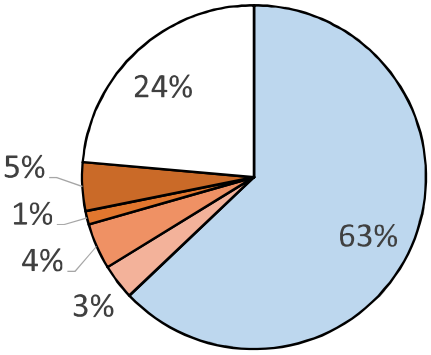
これまでの分科会活動状況

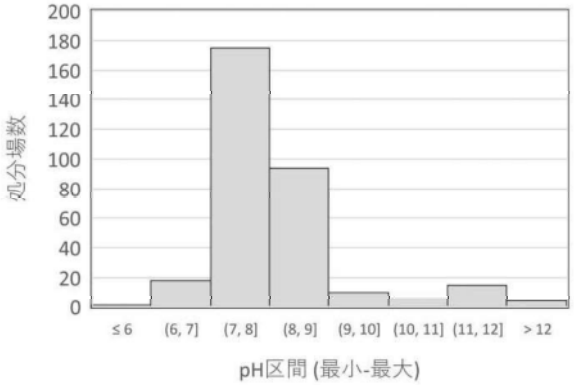
2019年3月アンケート発送
2020年6月アンケート回収終了・アンケート集計開始　第1期
　2月～　追加事項分整理開始
2021年
2021年11月　追加事項集計終了
2022年1月　全国都市清掃会議事例・研究発表会（紙上発表）
2022年　アンケートデータ解析
2023年1月　全国都市清掃会議事例・研究発表会（坂本副主査）
2023年2月　現地ヒアリング調査（高pH処分場）

集計結果（最終版）

- 浸出水pH（最大or平均）
- pH10以上　6%

浸出水集排水管出口	37
集水ピット	44
調整池（調整槽）	35
浸出水処理施設原水槽	154
その他	63
未回答	61
	394

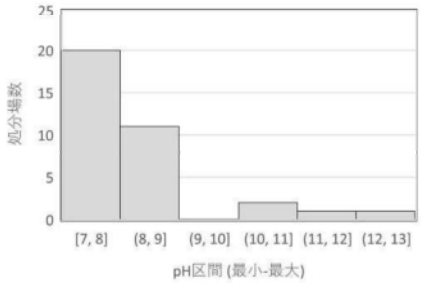




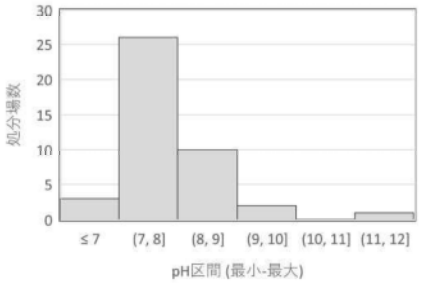
□<8.6 □8.6< □9< □10< □11< □無回答

浸出水pH頻度分布

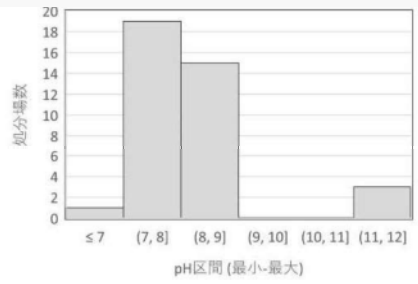
集排水管出口



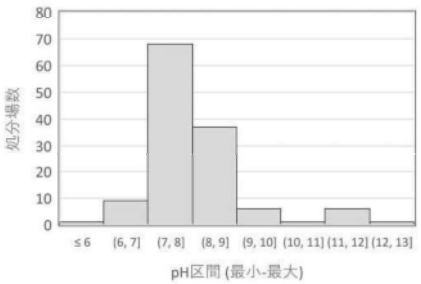
集水ピット



調整池



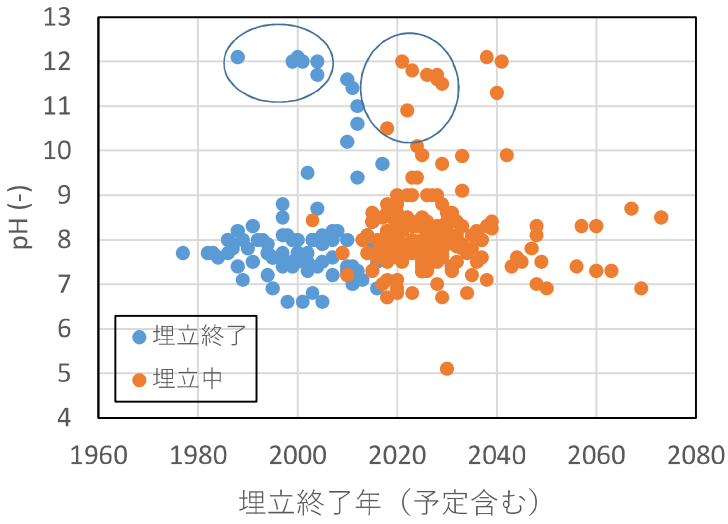
浸出水処理施設原水槽



R3年度報告再掲

埋立終了年（予定）

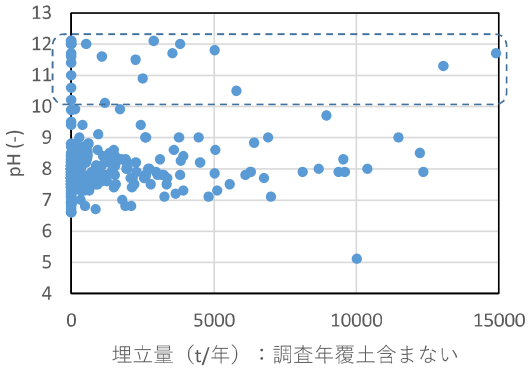
- 埋立終了から20-30年以上でpH12程度など存在
- 埋立終了15年以上で6施設がpH11以上
- 埋立中施設で10年以内に埋立終了予定の施設でも8施設はpH10以上



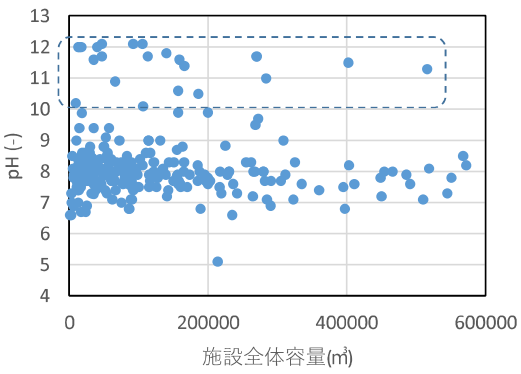
R3年度報告再掲

埋立量、残余容量

- 年間埋立15,000t以下、容量約600,000m³以下で一部高pHを示す。
- 埋立終了している処分場は0t/年となっている。



15,000t/年以下のみ表示

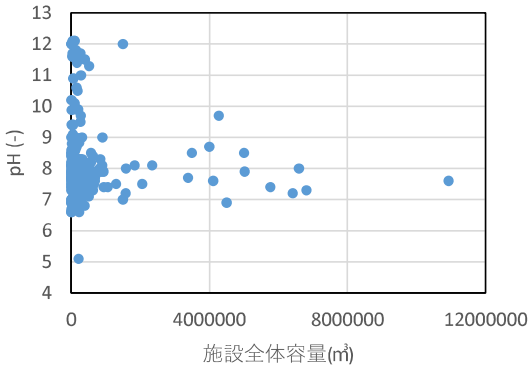


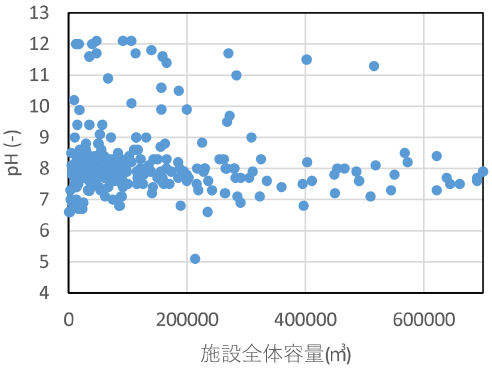
500,000m³以下のみ表示

R3年度報告再掲

施設全体容量

- pH10以上22施設は550,000m^{3}以下

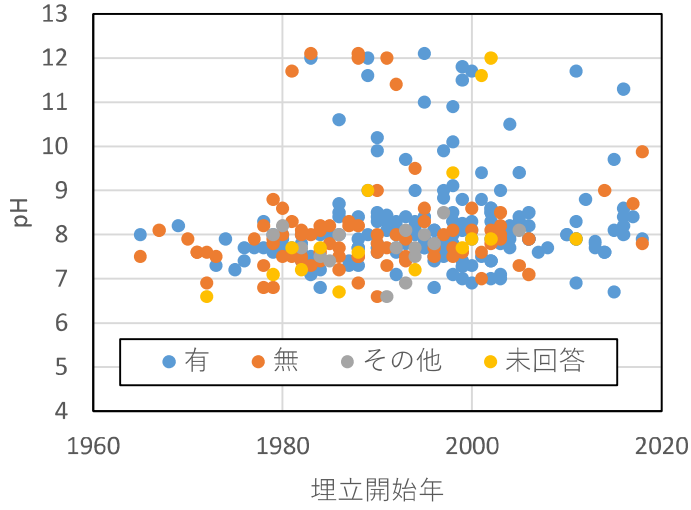




R3年度報告再掲

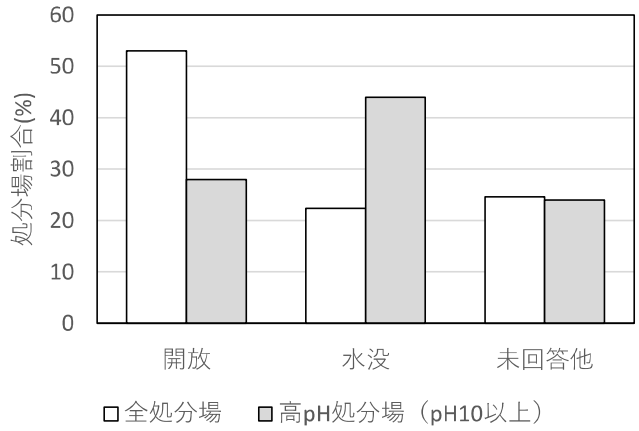
底部集排水管と竪型ガス抜き管の接続

- 接続有でも高pHの処分場が多数存在



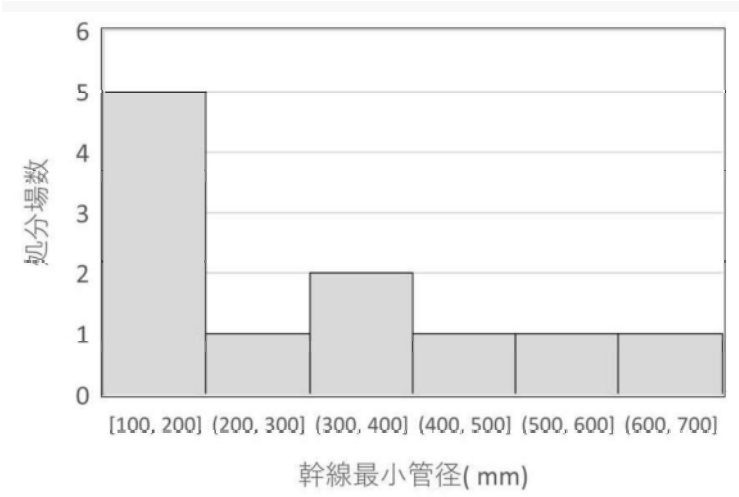
集排水管出口状況(アンケート＋環境省データ)

- 全処分場(394件)についての末端集水管の状況は、開放209件　水没88件　無回答他97件
- pH10以上の処分場（図中、高ｐH処分場）では、25処分場について、開放8件　水没11件　無回答6件
- 高pH浸出水の処分場については、水没している場合が多い傾向ということが確認



幹線最小管径（pH10以上の処分場）

- 幹線の最小管径が比較的小さいものが多い



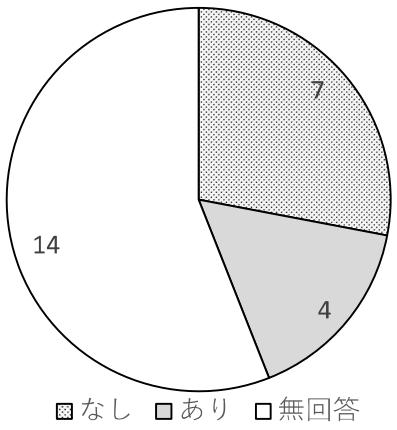
底部集排水層の構成砕石

- 割栗石（50-150mm）の回答が3件、残り6件は比較的小さな粒径の砕石（ただし無回答16件）

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9
最小粒径(mm)	10	20	20	20	30	30	50	50	50
最大粒径(mm)	30	30	30	30	40	40	150	150	150

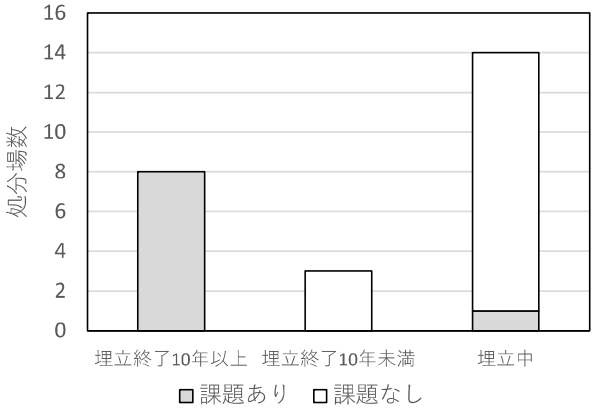
集排水層周りの不織布

- 回答数もかなり少なく、また施工時の不織布の有無など詳細が不明なことも多いと推察
- 回答内では不織布なしの方が多い結果



pH課題の有無(pH10以上の処分場)

- アンケート設問「pHが基準以上のアルカリ性を示し、課題となっている。」
- 埋立終了10年以上はすべて課題がある
- 10年未満では「いいえ」回答→廃止検討が行われていないと推測
- 埋立中は特にpHに意識されることは少ない



アンケート自由記述（高pH関連3件）

- 浸出水の水素イオン濃度(pH)が11.4（平成30年度平均）と廃止基準の5.8から8.6に比べて高く、埋立終了時（12.0）からほとんど低下がみられないため、廃止時期については予測がつかない状況である。
- 当該最終処分場は、上部を広場として一般開放していることから、埋め立て範囲内での高pH浸出水への大掛かりな対策（対策機器の設置や掘り返しなど）ができず、自然にpHが下がってくることを待つ以外にないのではないかと思われる。　雨水による埋め立てられた焼却灰等の中和に要する時間等、高pH浸出水について、考察・文献が少なく、今後どの程度の時間を要するのか見通しが立たない。
- 当最終処分場は、平成29年度に原水のpHが11.89を示すなど、高pHであることから、廃止までに相当期間を要するのではないかと危惧しているところである。高pHに対する対応策については、情報収集し、検討していきたい。

現地ヒアリング調査

- 浸出水pHが10以上を示す処分場25施設
- 首都圏にあり，埋立終了から一定期間経過後もpH11を超えている一処分場について，ヒアリング調査を受け入れていただけた。
- 実施日：2023年2月10日

ヒアリング項目

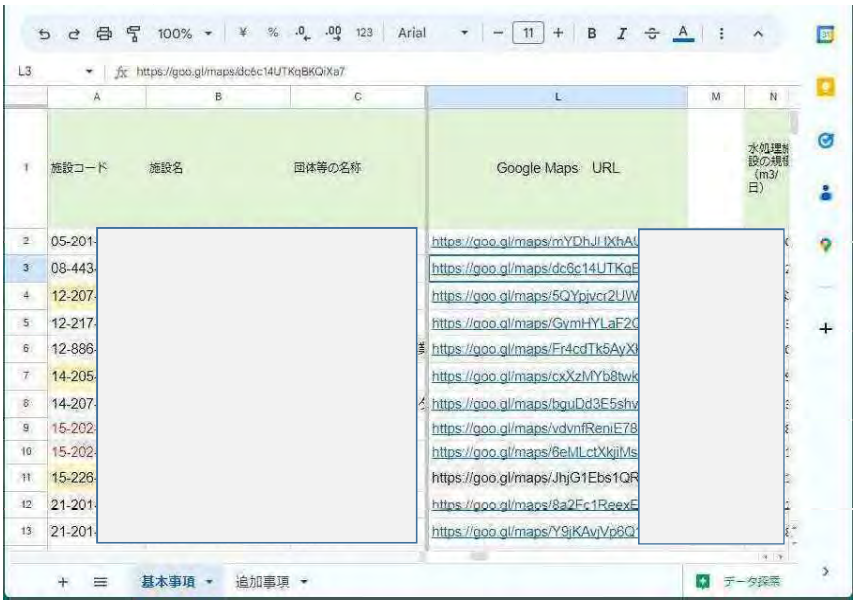
1	**浸出水pHの経時的状況**
2	経年的(年度毎など）浸出水処理水量の状況（調整池、浸出水処理施設）
3	埋立終了までの埋立物埋立量と種類（年度毎など、その他飛灰関連について可能なら清掃工場での処理状況）
4	ガス組成など
5	埋立地内水位（内部貯留されている場合）、調整池水位状況、水温計測状況
6	内部滞水（内部貯留）の有無（状況）
7	浸出水集排水管、ガス抜き管、浸出水処理施設の状況（構造・図面等の確認、将来的な浸出水処理施設の更新なども含む）
8	即日覆土の管理状況
9	最終覆土と雨水排除（シートなどの有無など含む）
10	その他

ヒアリング結果

- 浸出水調整池（槽）が小さく，底部集排水管出口のバルブを常時開閉することで浸出水量を制御
- 常に内部貯留状態となり，高pHとなることが確認

高pH処分場25か所

- Googleマップ上でポイントをリスト化



Googleマップリンクにより容易に可視化

令和３年度外部発表

- 第43回全国都市清掃研究・事例発表会（2022.1中止・紙上発表）
- 「都市清掃」第75巻第367号pp.300-303（2022.5）

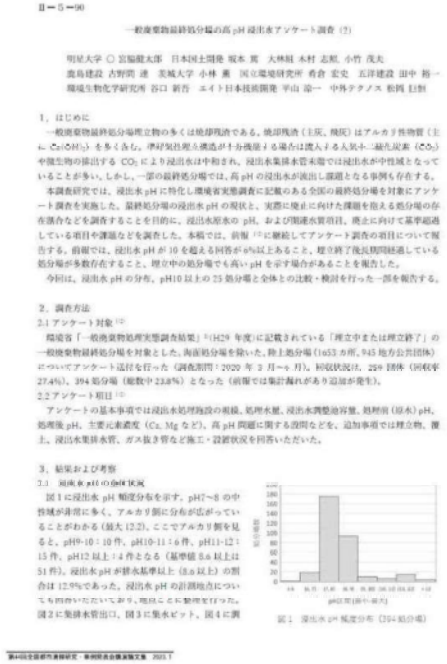
一般廃棄物最終処分場の高pH浸出水アンケート調査

2023/6/22

23

令和４年度外部発表

- 第44回全国都市清掃研究・
  事例発表会（2022.1，佐賀市）



一般廃棄物最終処分場の高 pH 浸出水アンケート調査（2）

2023/6/22

24

まとめ

- 約4年間で，高pH浸出水に関するアンケートについて実施，整理した。
- 浸出水pHの分布はアルカリ側に広がっていた。
- 計測地点によりpH10以上の割合が異なり、集排水管出口の場合10.8％となった。廃止を検討する場合は、計測地点の確認が必要になるといえる。
- 集排水管の末端が解放されているか水没しているかの比較において、浸出水が高pHを示す場合は、水没している割合が高い傾向が見られた。
- アンケートでpHが課題になっているかどうかの問に対して、主に埋立終了後10年以上経過すると課題として顕在化している可能性が推察された。

高pH浸出水に関する展望

- pH10以上の浸出水が発生している処分場では、回答全体と比べ浸出水集排水管が水没している割合が高いことから、内部貯留（意図的）や滞水（非意図的）による廃棄物層での間隙水の長期接触によりアルカリ性物質が溶解していることが推測される。
- 極力、内部貯留、集排水管の水没を防ぎ準好気性構造を確保することが望ましいといえる。今後の気候変動等による降雨量の増大、内部貯留期間の長期化などによる長期的なpH上昇には注意が必要と考えられる。
- pHの廃止基準は8.6以下という大変厳しい数値が求められる。現時点で基準以上でもさほど高く無い場合（例えば8.6～10程度）、問題視されていない可能性がある。今後、課題として顕在化することも注意が必要である。

展望（続き）

- 現状の日本の埋立物は焼却残渣主体のため有機物含有量などが少ないことから、現状の処分場設計では準好気性埋立構造の必要性が薄いと考えられがちである。
- しかし、高アルカリ状態の浸出水中和のための空気導入、カルシウムスケール等の課題に対応するため、底部集排水管の十分な管径、底部砕石層の十分な砕石粒径、不織布等目詰まりの生じる可能性がある施工を極力避けるなどの対応は，必要と考えられる。

次期の予定

- 次期，継続してpH10以上の25処分場についても、高pHの要因について文献，ヒアリング，実施調査などにより精査することを計画
- アンケート項目について細かな条件など未確認部分（例，埋立物、ガス抜き管との関係性）の検討を継続
- 最終的には，高pH浸出水対策技術の整理と適応状況に合わせた技術選択などを可能とする情報を公開することを目標に分科会活動を行う予定
- 環境省施設リストに掲載されない、平成10年以前に設置された処分場で埋立終了届を提出し廃止以前の処分場が存在することなども検討

調査研究グループ

２：アジア地域への日本の最終処分システム技術の情報発信に関する研究

調査研究2

アジア地域への日本の最終処分システム技術の情報発信に関する研究

分科会メンバー

則松　勇	団体/個人	清水建設㈱
工藤　郁	団体	清水建設㈱
光本　純	団体	㈱大林組
石井　一英	個人	北海道大学
宮脇健太郎	個人	明星大学
副田俊吾	団体/個人	日本工営㈱
齊藤　啓輔	団体	日本工営㈱
薦田敏郎	団体/個人	鹿島建設
志々目　正高	団体/個人	前田工繊㈱
纐纈　卓也	団体/個人	㈱エイト日本技術開発
大寺　泰輔	団体	㈱エイト日本技術開発
青田　圭治	団体	日立造船㈱
坂田　幸久	団体	㈱エックス都市研究所
荒木 理絵	団体	㈱エックス都市研究所
堀井安雄	団体/個人	㈱エックス都市研究所
眞鍋　和俊	団体	応用地質㈱
大野　文良	個人	
朴　升鐸	個人	

研究の背景

- ✓ 日本の技術がアジア地域に展開されアジア地区の環境対策に貢献
- ✓ その中でも廃棄物処理関連技術は我が国がアジア地域の発展に貢献できる有望な技術
- ✓ 今後幅広い展開の可能性

研究の目的

- ✓ アジア地域の対象国の廃棄物処理ニーズを的確に把握
- ✓ それを解決するための基本技術やシステムの提案
- ✓ LSAが保有してきた技術の中からまとめ、英語版で発信

研究の内容

- ✓ APLAS2022開催国のタイを対象国とし、タイの廃棄物処理関連の状況の調査
- ✓ タイの今後の廃棄物処理に関して必要な情報のピックアップ
- ✓ 将来の焼却残さ中心の埋め立てに移行した際に懸念される問題点の洗い出し

- ✓ タイの廃棄物管理の課題や今後のまとめの資料とする
- ✓ APLASバンコク2022で発表済み

＜以降、発表PPTをレヴュー＞

The PPT is referred from

「Municipal Solid Waste Landfill Technology in Japan」
Professor Sotaro Higuchi

and

Dr. Yasuo Horii

Transition of Landfill waste in Japan

Waste emission amount and social situation

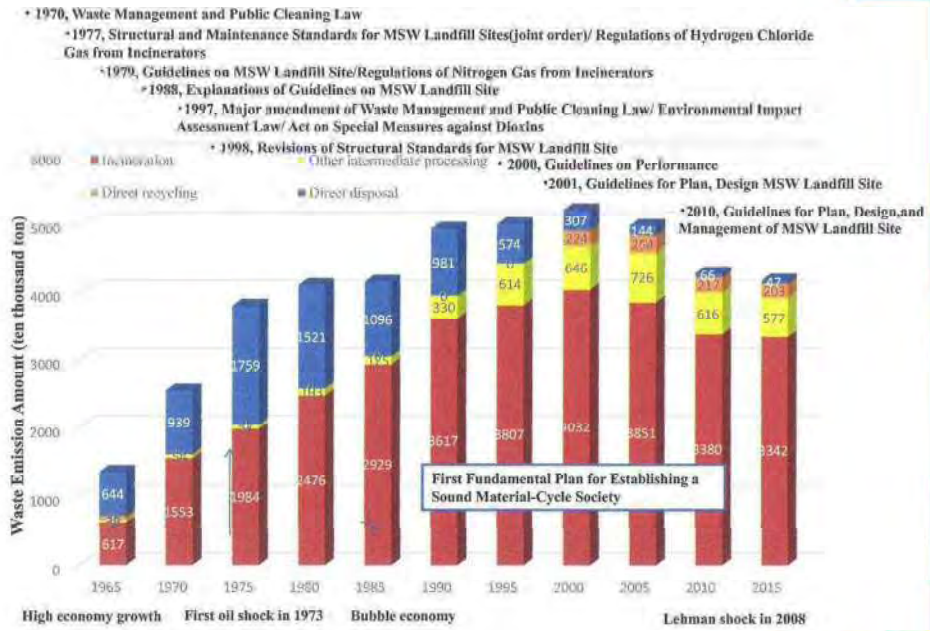


Fig. Waste emission amount and social situation (Higuchi S 2015)

Transition of landfill disposal amount

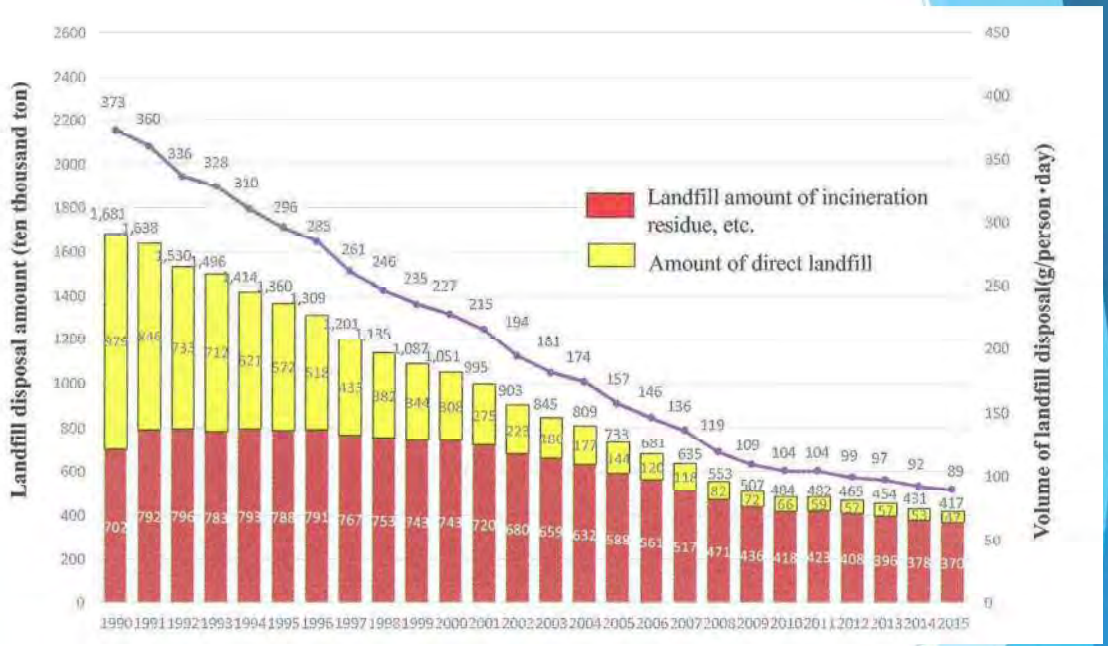


Fig. Transition of landfill disposal amount (Waste Recycling Office, Ministry of Environment 2012, 2017)

Transition of landfill disposal amount

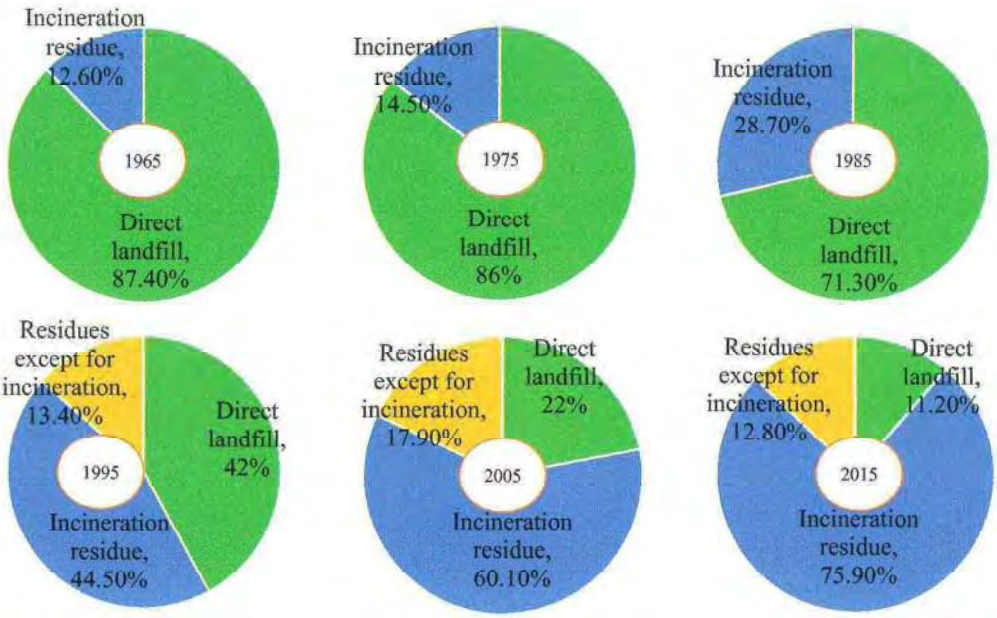


Fig. Transition of landfill disposal amount
(Waste Recycling Office, Ministry of Environment 2017; Environmental Industry Newspaper Company 2014)

Landfill sites in 1960s in Japan

Fig. Landfill sites in 1960s

Fig. Leachate treatment by sprinkling filtration

Landfill sites after 2000 in Japan

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Issues for Landfill

Route of waste treatment

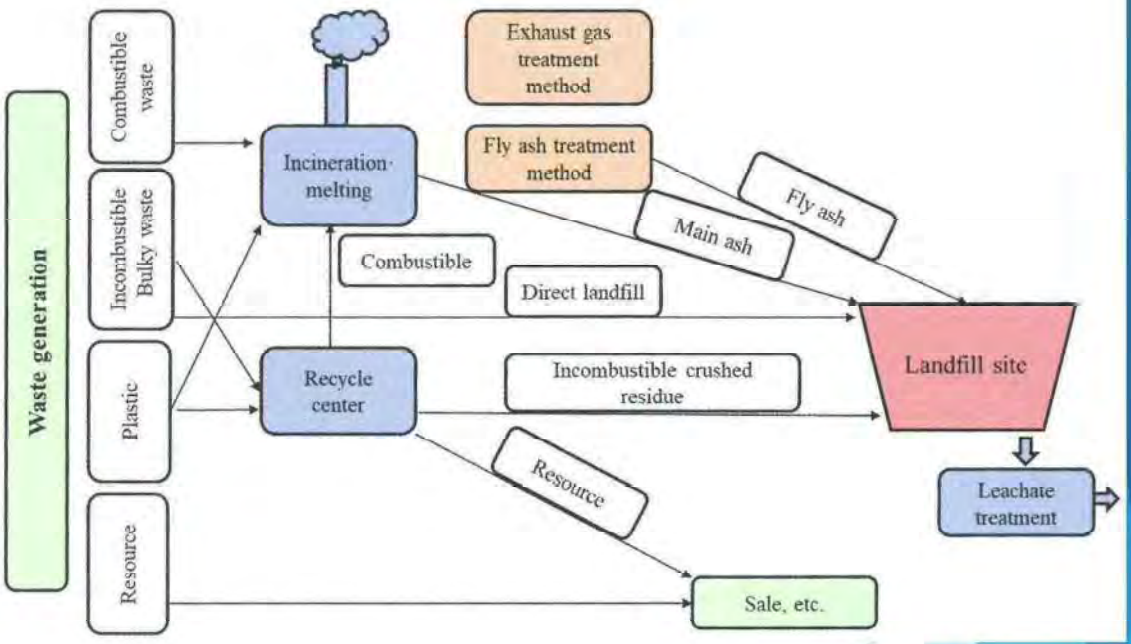


Fig. Route of waste treatment

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Conceptual diagram of landfill waste quality transition

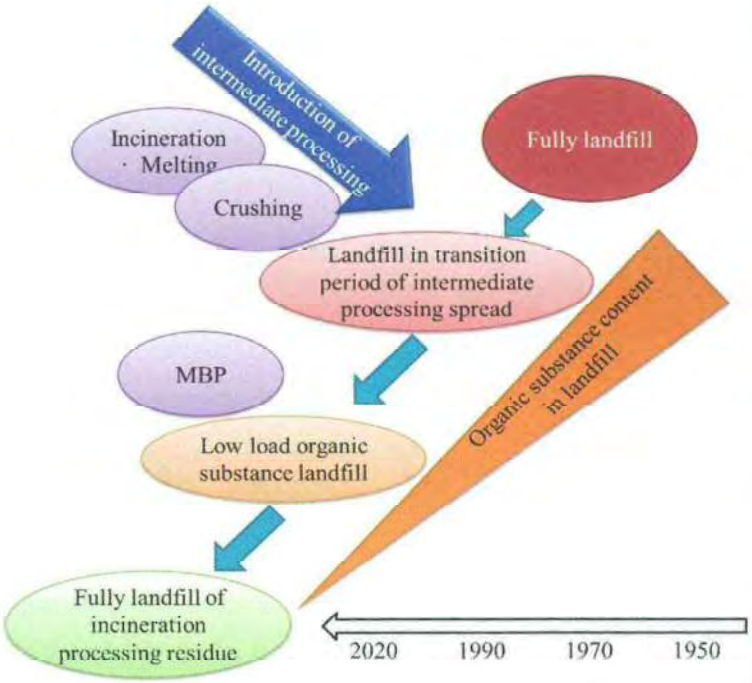


Fig. Conceptual diagram of landfill waste quality transition

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Issue of High Concentration Inorganic Salt

- *Since the 1980s, incineration facilities became popular and the regulation of HCI gas in exhaust gases became full scale, Ca and Cl contents in the fly ash increased, and the Ca^{2+} and Cl^- concentrations in leachate also increased.*
- *The problem of adhesion of calcium scale to agitators and submersible pumps constituting the leachate treatment facility became obvious.*
- *Cl^- concentration rose, causing corrosion of equipment and inhibition of nitrification in the biological nitrification-denitrification step.*

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Paddy rice damage caused by salt damage

Normal paddy rice after rice planting | Start to wither due to salt damage | Withered rice

Fig. Paddy rice damage caused by salt damage

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Issue of Calcium Scale

- *When exhaust gas is treated by a dry or semi-dry type in an incineration facility, it is collected by a dust collector and landfilled, so it contains $CaCl_2$ and unreacted lime in fly ash.*
- *They are dissolved as Ca^{2+} and Cl^- in leachate by precipitation.*
- *Ca^{2+} in the leachate precipitates and solidifies as calcium carbonate (hereafter $CaCo_3$) when it is oxidized, $CaCo_3$ scale is attached to the pump, agitator, piping which constitutes the water collecting pipe and leachate treatment facility, causing piping blockage, pump failure etc.*

Issue of Chloride

- *The chloride problem in landfill site is caused by $CaCl_2$, a by-product in the fly ash accompanying HCI gas treatment in incineration facility.*
- *$CaCl_2$ dissolves as Ca^{2+} and Cl^- in leachate due to precipitations.*
- *As Cl^- in leachate is not a substance regulated by the Water Pollution Prevention Act, it is generally not subject to leachate treatment. However, high concentrations cause metal corrosion and biological treatment in the leachate treatment process, especially nitrification inhibition during nitrogen treatment.*
- *Besides, when it is discharged to the public water area, if it is used for agricultural water, it will affect the agriculture industry.*

Guidelines of MSW Landfill Sites

The changes in landfill waste materials

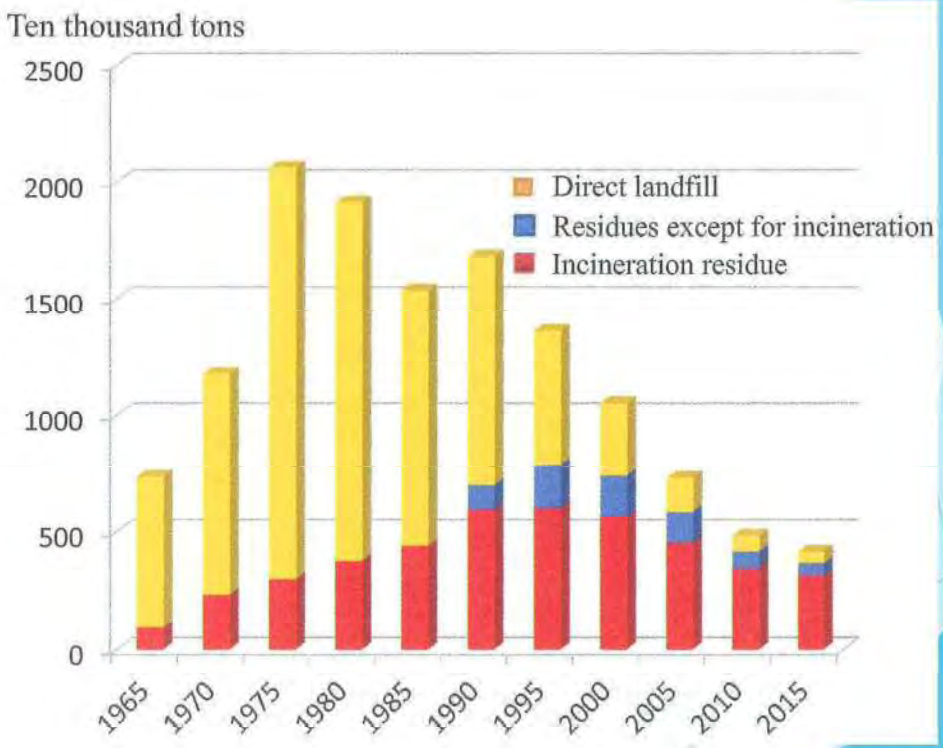


Fig. The changes in landfill waste materials

The Landfill System & Technologies Research, Association of Japan, NPO (NPO LSA)

Examples of leachate quality

Table Examples of leachate quality

Landfill site	A	B	C	D
Chromaticity (°)	500－200		500－4000	
PH	6.0－7.0	5.2－6.1	7.4－8.3	7.2－7.8
BOD (mg/L)	100－6000	2000－7000	200－2000	50－1000
COD_{MN} (mg/L)	100－1000	200－500	100－1200	150－1000
SS (mg/L)	50－200	40－240	20－300	40－100
NH_4-N (mg/L)	150－200	5－300	50－400	100－250

Leachate treatment flow

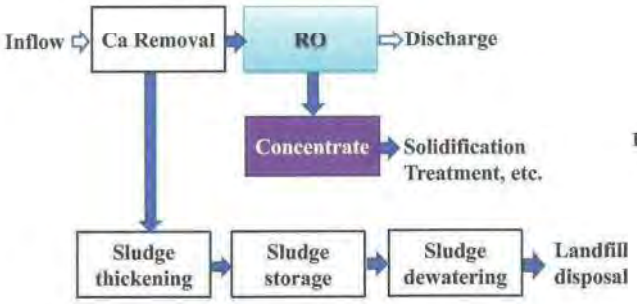


Fig. Leachate treatment flow (RO method)

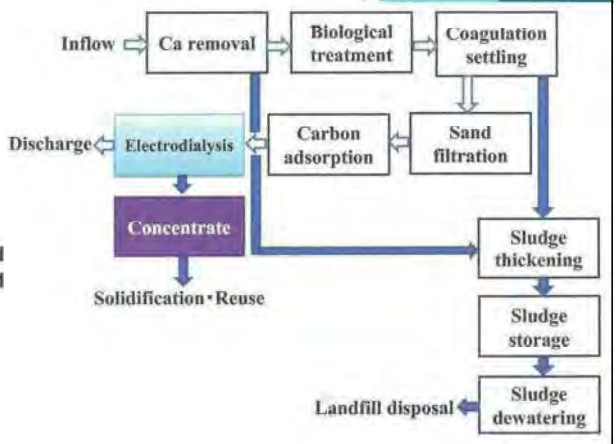


Fig. Leachate treatment flow (ED method)

Leachate Treatment

Water treatment measures for increasing calcium concentration

Types	No.	Name of solutions / outlines
Adhesion prevention	**1**	**pH adjusting method** Inject acid so that the Langeria index is negative and suppress the generation of calcium scale.
	2	**Decarboxylation method** Raw water is acidified by acid injection and then aerated to convert carbonate ions into carbon dioxide and dissipate it into the atmosphere
	3	**Scale preventive addition method** By adding chemicals, precipitation of calcium carbonate is suppressed, and precipitated particles are dispersed and crystallized
Ca removal	**4**	**Alkaline coagulation precipitation method (lime-soda method)** Sodium carbonate is added to generate calcium carbonate while keeping the raw water alkaline, and a flocculant and an auxiliary agent are added to the calcium carbonate for precipitation treatment
	5	**Crystallization method** After adding sodium carbonate to the raw water, water is passed through the seed crystal-filled layer of calcium carbonate to grow crystals on the surface of the seed crystal

Water treatment measures for increasing saline concentration

No.	Name of solutions / outlines
1	**Electric Dialyze (ED) method** The solution is electrolyzed and separated into ionic and non-ionic substances by an ion exchange membrane.
2	**Reverse Osmosis (RO) method** Pressurize the raw water above the osmotic pressure to obtain osmotic water on the opposite side of the semipermeable membrane.
3	**Evaporation method** Raw water is heated, evaporated and concentrated. By reducing the pressure of the system, it is possible to operate with a lower boiling point.

Measures related to additional items (boron) of the Water Pollution Prevention Act

Boron removal <treatment technology>

No.	Name of solutions / outlines
1	**Chelating adsorption method** Boron (compound) is removed by passing raw water through the packed layer of chelate resin. Chelate can be used repeatedly by regeneration.
2	**Coagulating sedimentation method** Alkaline coagulation treatment using aluminum sulfate band / slaked lime, or alkaline coagulation treatment with additional polyvinyl alcohol.
3	**Solvent extraction method** A method in which a solvent and wastewater are brought into contact with each other, and boron is dissolved in the solvent for separation. A chemical (extractant) that modifies the boron compound in the wastewater so that it dissolves in the solvent is injected in advance. Suitable for high-concentration wastewater and chelated recycled wastewater.

Measures related to additional items (1,4-dioxane) of the Water Pollution Prevention Act

1,4-dioxane removal <treatment technology>

No.	Name of solutions / outlines
1	**Biological treatment method** Remove 1,4 dioxane by biologically treating raw water with activated sludge method, contact aeration method, rotating disk contactor process, etc.
2	**Activated carbon adsorption method** Remove 1,4 dioxane by passing raw water through the packed layer of activated carbon. Activated carbon can be used repeatedly by regeneration.
3	**Advanced oxidation process** After proper pretreatment of leachate, it is decomposed by OH radicals using UV / ozone combined treatment and H2O2 / ozone combined treatment. The most appropriate method for leachate treatment.

福岡大学松藤先生より
「福岡方式の適切な技術移転事例について」

Toward Appropriate Technology Transfer of the “Fukuoka Method”

(Semi-aerobic Landfill Concept)

Dr. Yasushi MATSUFUJI
Prof. Emer. Fukuoka University
(NPO) SWAN-Fukuoka,JAPAN

Topics:

1. Basic Concept and Mechanism of F.M.
2. Case-study of overseas technical transfer
3. Importances of daily landfill O/M
4. Conclusion

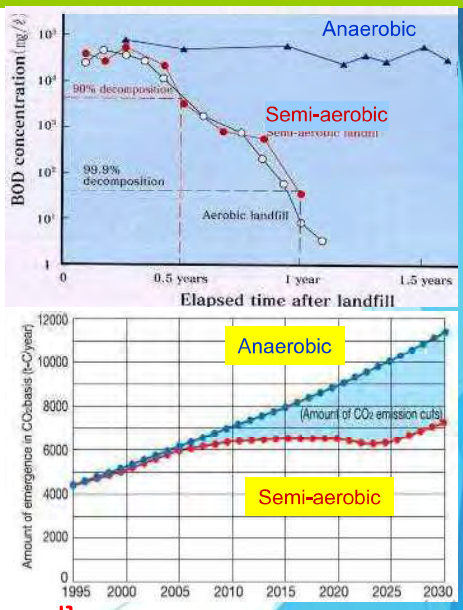
Open Dumping of Landfills in Fukuoka（1971）

Semi-aerobic Concept

"If Landfill is under aerobic condition, Landfill have not only dumping function but also treatment function"

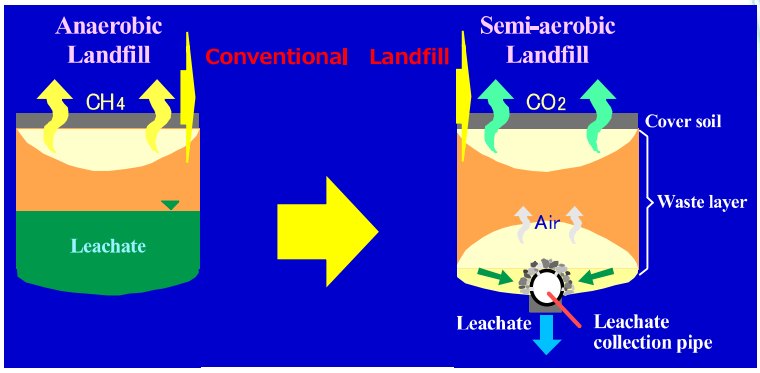
Advantages

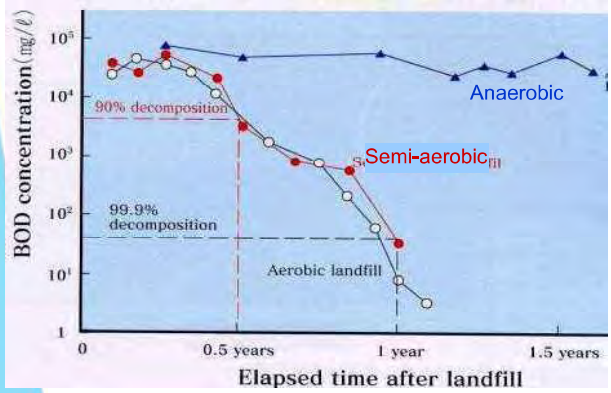
1. To reduce
   Pollutant of Leachate
2. To reduce
   Methane Emission
3. To reuse & recycle
   Completed Landfills

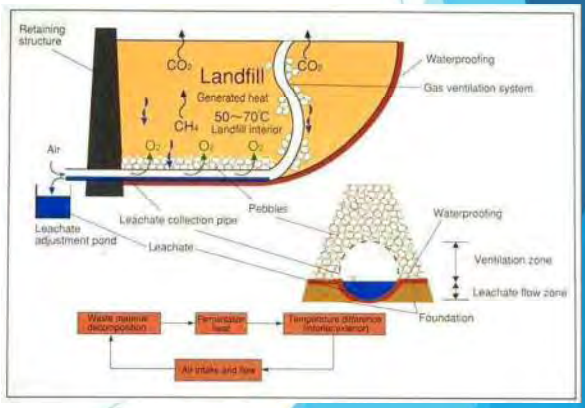


Low Cost, Simple, Eco-Friendly

Mechanism of Semi-aerobic Landfill Type



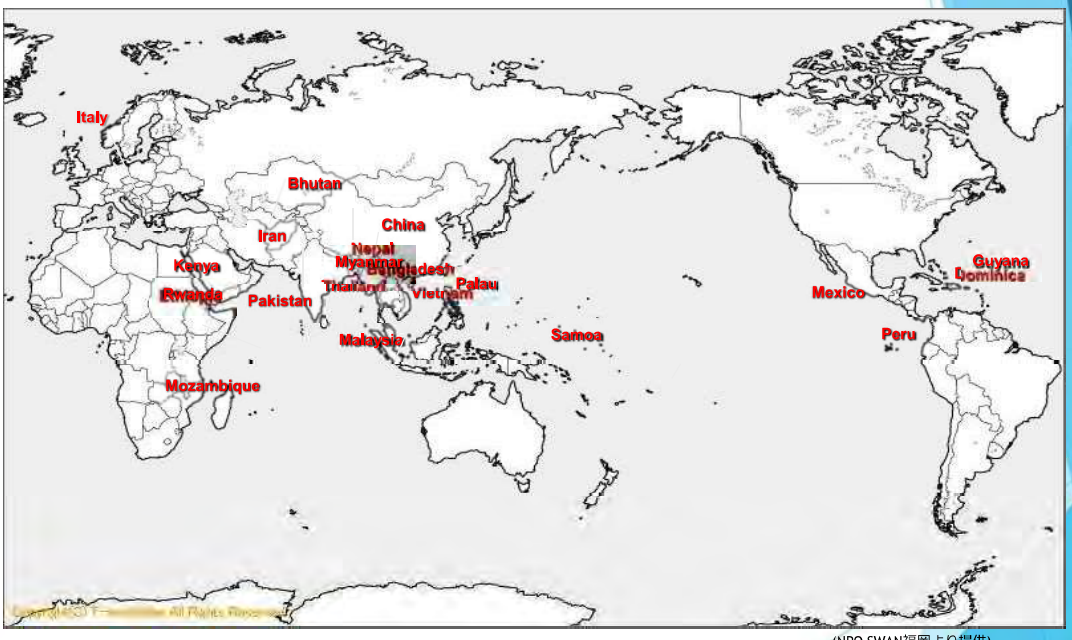




Intergraded Sanitary Landfills based on Fukuoka Method

Reuse of Completed Landfills in Fukuoka

Transfer Technology to Developing Countries based on Fukuoka Method



(NPO SWAN福岡より提供)

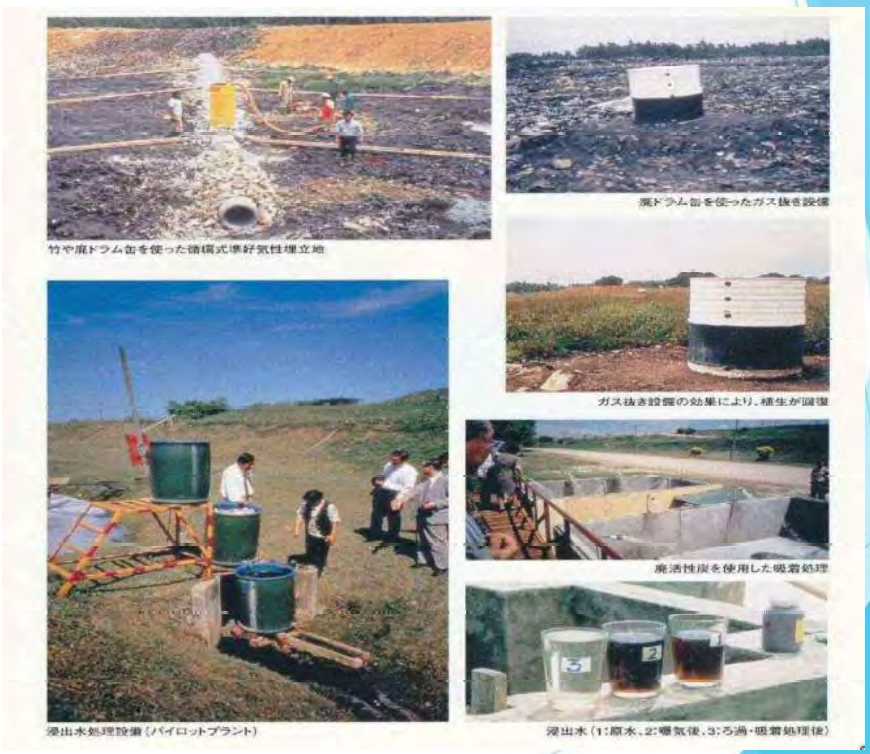
On going 21 pilot projects

Lack of 6Ms

- Money
- Manpower
- Material
- Maintenance
- Management
- Motivation

Low Cost, Simple and Eco- Friendly

Low-cost Leachate Treatment system in Malaysia



(NPO SWAN福岡より提供)

Improvement Process by F.M from Open Dumping to SLF

Malaysia

(NPO SWAN福岡より提供)

Case-study based on F.M in Iran

(NPO SWAN福岡より提供)

Pilot Project by F.M and Leachate Treatment in Veitnam

Eco-Fan

Tornado Treatment Facility

(NPO SWAN福岡より提供)

Pilot Project by F.M and Leachate Treatment in Kenya(2015)

(NPO SWAN福岡より提供)

Thank you for your time!

特定非営利活動法人　最終処分場技術システム研究協会

〒108-0074　東京都港区高輪 3 丁目 23 番 14 号　シャトー高輪 401

TEL:03-3280-5970　FAX:03-3280-5973

http://www.npo-lsa.jp　　E-mail:office@npo-lsa.jp