令和３年度研究成果発表会

資　料

令和 4(2022)年 6 月 21 日

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3年度　研究成果発表会

日　時：令和 4(2022)年 6 月 21 日　10 時 30 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

特別研究Ｂ：廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究

主　査　　石井　一英

副主査　　阿賀　裕英

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
	B	廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究
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

1

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）

2

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		坂本　篤	日本国土開発（株）
	堀江　裕貴	（株）大林組		坂本　嵩延	八千代エンジニヤリング（株）
	野本　裕	大成建設（株）		堀井安雄	（株）エックス都市研究所
	大野　文良	（株）東北構造社		坂本　和隆	日本水工設計（株）
	松本　真	（株）建設技術研究所			
	宮脇健太郎	明星大学			

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。→本日の発表内容
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）。→後日会員へ配布予定

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）

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～R年度） →本日の発表内容
・特別研究Bにも関連して、環境省環境研究総合推進費による「廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究」において実施された浸出水発生量及び浸出水質予測モデルについて報告を行う。

最終処分場のDXに関する課題整理

5

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

最終処分場のGXに関する課題整理

6

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）

浸出水量・水質予測モデルの開発

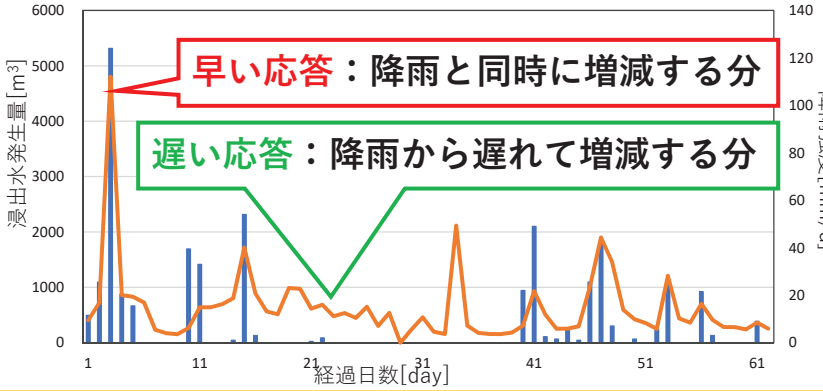
7

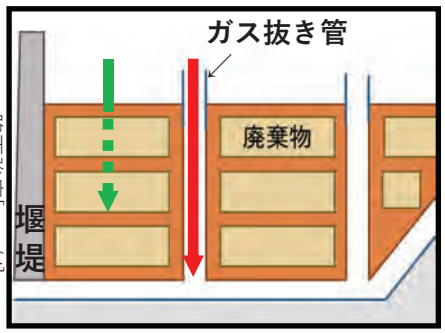
モデルの種類	＜Ⅱ 豪雨等時の浸出水処理施設対応＞	＜Ⅲ 気候変動適応＞
	既存・新規の処分場の設計に有効	
ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル（物質収支モデル）	・覆土やキャッピング等の**雨水排除設計に利用** ・日単位でだけではなく、**1時間単位の浸出水発生量予測**ができる可能性	・**将来の気象シナリオと連携**することで、既存の処分場のみならず、新規最終処分場の調整地と浸出水処理施設の**規模設計に利用**
	既存処分場の維持管理に有効	
Deep Learningを用いたモデル（現地時系列データによる回帰モデル） 処分場固有のモデル（高精度） 量と質の両方	**気象予測サービスとの連携による浸出水量・質の予測**（週単位） ↓ 事前に調整池の水位を低くする、簡易キャッピングなどの対応可能	（外挿になるが）精度は落ちるが ↓ **10～30年先を想定した豪雨対策**へ適用可能

背景　モデルに必要な要素

8

降雨強度と浸出水発生量の実測データ（A処分場H30.7/1～8/31）





埋立地断面図

既存モデル

設計マニュアルに記載[3)]

①合理式

$$Q = \frac{C}{1000} \times I \times A$$

Q：浸出水量[m³/日] C：浸出係数
I：降雨量[mm/日] A：埋立面積[m²]

②時間遅れを考慮した水収支モデル（田中ほか1980）
ガス抜き管を考慮せず、**一次元**の流れで計算

既往研究
③埋立地の浸出水漏水・溢流量推定モデル[4)]（花田ら2006）
ガス抜き管を考慮した**断面二次元**モデル、実処分場へ未適用

参考

▶ **ガス抜き管を考慮した実処分場に適用可能な三次元数値モデルを開発し、処分場の設計・気候変動対策に利用**

3)全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領　2010改訂版
4)花田ら（2006）：埋立地からの浸出水漏水・溢流量推定モデルの作成

研究目的

9

1）最終処分場の浸出水発生量予測のための
ガス抜き管を考慮した三次元数値モデルを開発する

2）開発したモデルを実処分場に適用する

3）2100年までの気象予測[5)]とモデルを組み合わせ、
最終処分場の設計および気候変動対策について
検討する

適用対象	福岡県N処分場	北海道A処分場
規模	238万t	184万m^3
特徴	一般的な構造	安定化促進のため、集排水管主管の上に沿った グリ石層あり→早い応答が発生しやすい構造

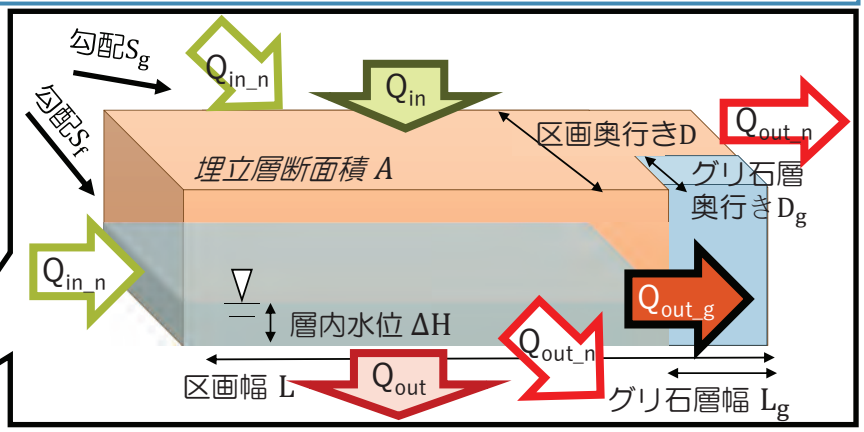
5)国立環境研究所　CMIP5をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ

開発　モデルの計算方法-区画の水収支例-

10

基本の仕組み：処分場を要素ごとに層分けし、各層の水の流出入を計算

基本単位となる「区画」



水平方向の流れ：Darcyの法則

$$Q_{out_g} = \Delta H \cdot D_g \cdot K_4 \cdot S_g$$

$$Q_{out_n} = \Delta H \cdot (L - L_g) \cdot K_4 \cdot S_f$$

$$Q_{out_n} = \Delta H \cdot (D - D_g) \cdot K_4 \cdot S_g$$

垂直方向の流れ：タンクモデル

$$Q_{out} = \frac{\Delta H \cdot A \cdot C_4}{dt} \quad \text{ただし} \quad \frac{Q_{out}}{A} \leq k_{in5}$$

K_4：第4層の飽和透水係数[m/h] C_4：第4層の流出係数[-] dt：計算単位時間[h] k_{in5}：第5層の最大浸透能[m/h]

適用　モデルの実処分場への適用手順（N処分場）　11

①実処分場

埋立量（面積・深さ）
集排水管,ガス抜き管の位置

3Dデータ化

②３Dモデル

簡略化

③区画分け

着色エリア(61%)
→埋立済み

		8-1 57 5.7	8-2 61 6.4	8-3 67 6.2	8-4 50 5.0
		7-1 64 7.3	7-2 47 9.1	7-3 53 9.2	7-4 47 6.4
		6-1 61 9.1	6-2 55 10.7	6-3 57 10.3	6-4 43 10.3
5-1 67 8.9	5-2 65 19.7	5-3 65 19.4	5-4 57 20.3	5-5 55 11.3	
4-1 47 7.3	4-2 54 14.6	4-3 50 14.4	4-4 52 13.5	4-5 43 8.7	
		3-1 49 9.1	3-2 48 9.5	3-3 50 8.7	3-4 49 7.2
		2-1 51 7.8	2-2 45 10.8	2-3 54 10.7	2-4 54 9.6
		1-1 50 2.9	1-2 48 5.4	1-3 54 6.4	1-4 79 6.4

第三埋立エリア
第二埋立エリア
第一埋立エリア

区画名称
一辺の長さ[m]
平均深さ[m]

ガス抜き管

＋

調整池
4567 m^2

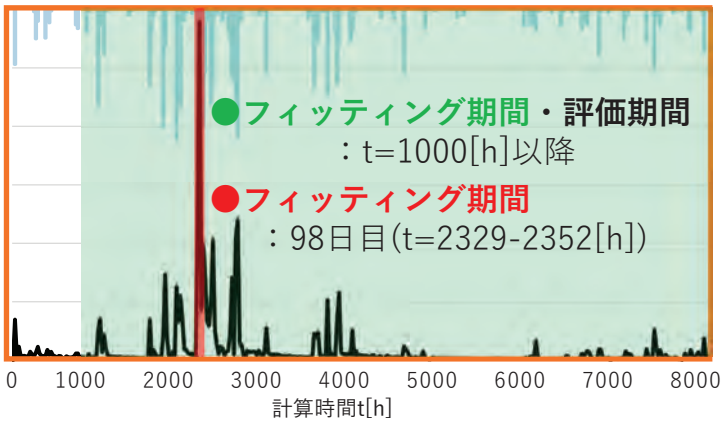
④浸出水量予測モデル

モデル化

パラメータ
フィッティング

適用　パラメータフィッティング（N処分場）　12

●**計算期間**：2020年度の365日間（8760[h]）



対象パラメータ　11個

- 蒸発速度E
- **雨水排除率U**
- 水たまり層の側方流出係数K_p（埋立中区画・埋立済み区画）
- 表面浸透能k_{in}（埋立中最上層・埋立済み最上層・覆土層・ごみ層）
- 飽和透水係数K（覆土層・ごみ層）→表面浸透能の x 倍とする
- 流出係数C（覆土層・ごみ層）

フィッティング方法

①**誤差最小パラメータ**：フィッティング期間の計算値と実測値の誤差二乗和が最小になるまで、青字のパラ→黒字のパラ→青字…でフィッティングを繰り返す

②**ピーク値パラメータ**：①の結果から**雨水排除率U**のみを変化させ、最大ピークの日の誤差二乗和が最小になるようにフィッティング

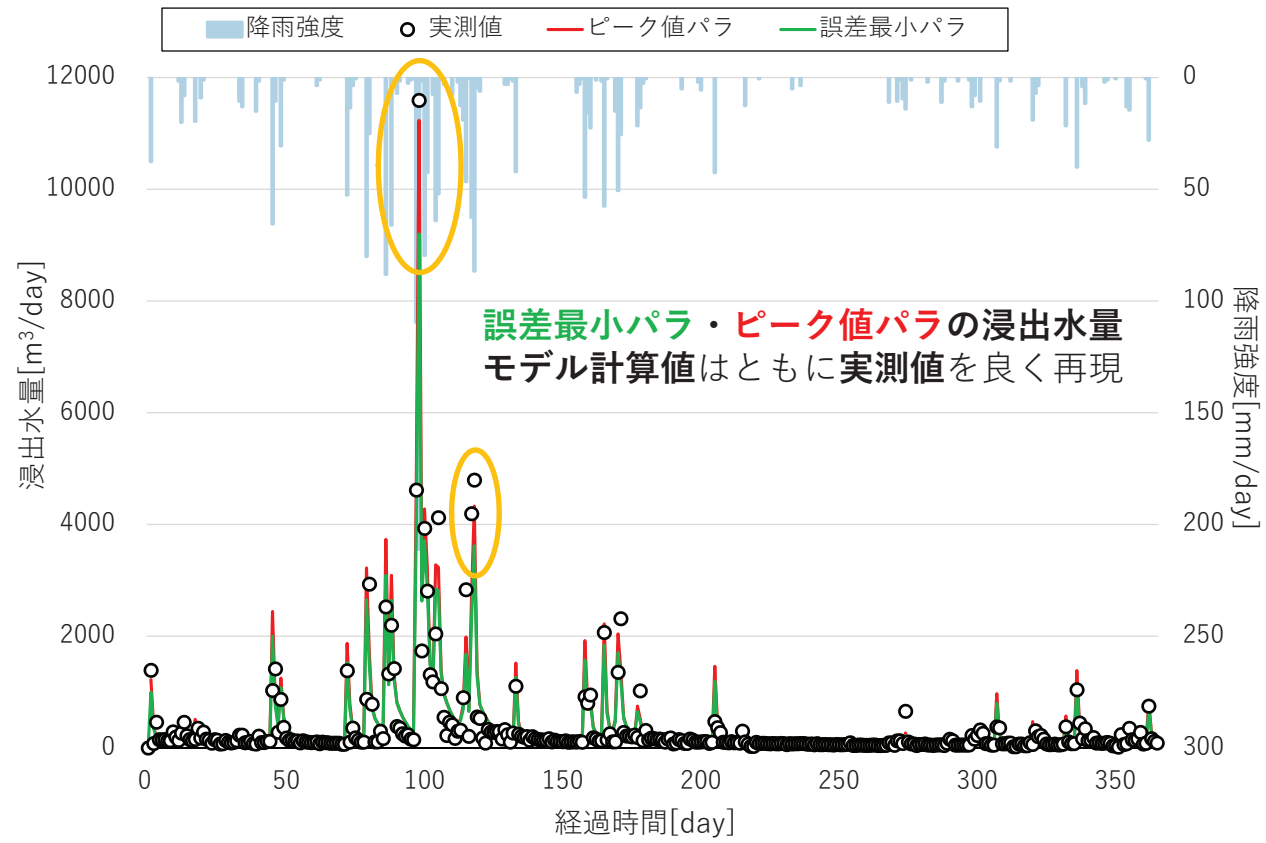
モデルの評価

フィッティングした年と別の年（2-3年分）のデータを用いて、
パラメータ含めたモデルの評価

適用結果

浸出水量実測値とモデル計算値の比較（N処分場）

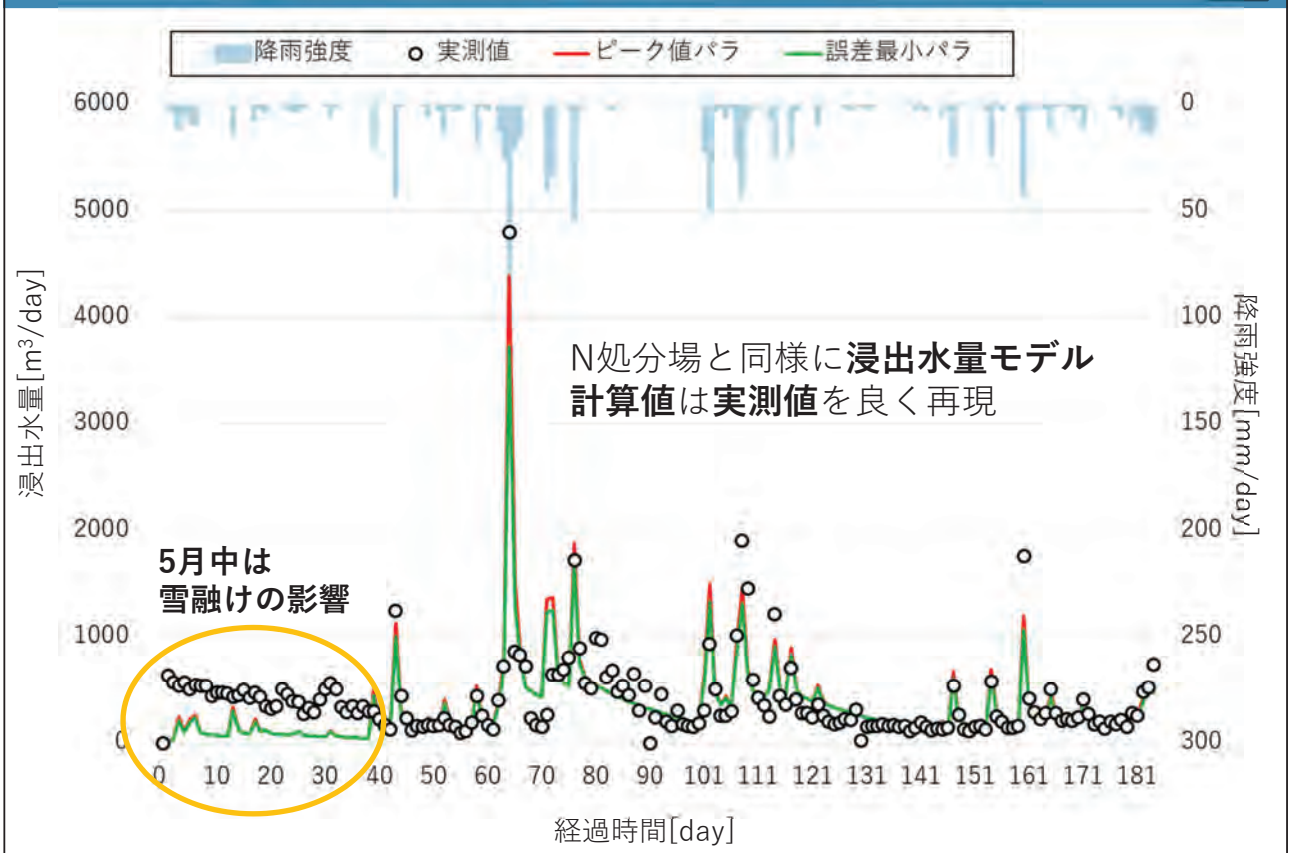
13



適用結果

浸出水量実測値とモデル計算値の比較（A処分場）

14



適用結果　モデルの評価（N処分場・A処分場）　15

誤差最小パラ（上段） ピーク値パラ（下段）	福岡県N処分場	北海道A処分場 ※夏季(5-10月)のみ
実測値-計算値グラフの傾き[-] 1以下＝計算値＜実測値で過小評価の傾向	0.82 0.97	0.83 0.90
実測値-計算値グラフの決定係数R^2 [-]	0.88 0.89	0.85 0.86
平均一日絶対誤差[m^3/day]	127 133 ≪処理能力1600 m^3/d	84 86 ≪処理能力600 m^3/d
最大浸出水量の日の誤差（実測値-計算値）[m^3/day]	2583 1498 ≪調整池容量45000 m^3	1083 850 ≪調整池容量16000 m^3

傾きが1に近く、決定係数0.8以上であり
処分場の浸出水処理能力や調整池容量を考えると誤差も十分に小さく

▶ **特にピーク値パラメータにおいて、高い精度のモデルを構築できた**

検討Ⅱ　将来豪雨時の浸出水量についての分析　16

A処分場モデル（ピーク値パラ） × **将来想定される豪雨**（検討Ⅰと同様） ＝ 予測浸出水発生量

↓ 分析

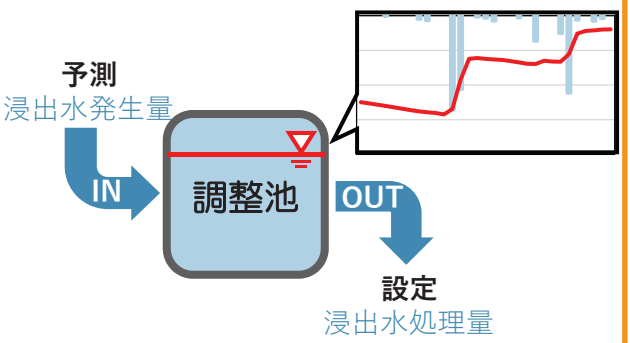
①浸出水の発生経路

早い応答に多いと考えられるが、実際どの程度か？

1.調整池への直接降雨 ＋

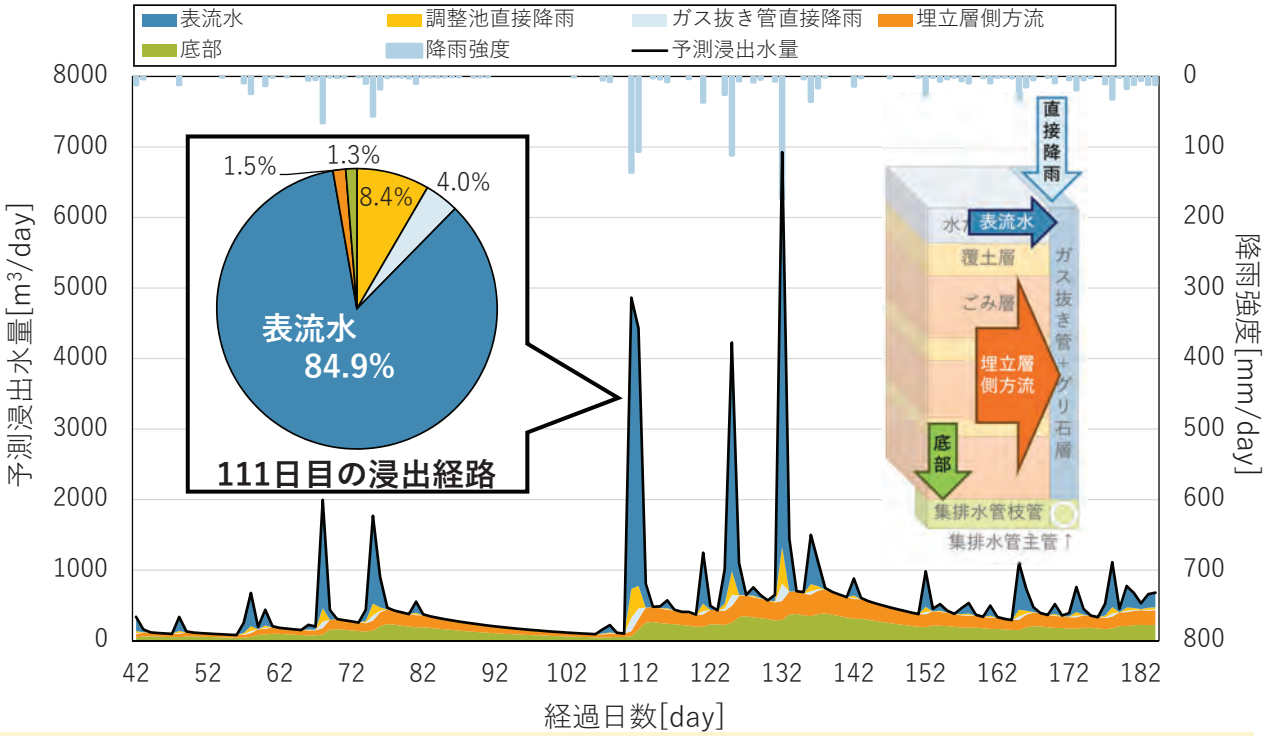
5パターンに分類

②調整池水量の変化



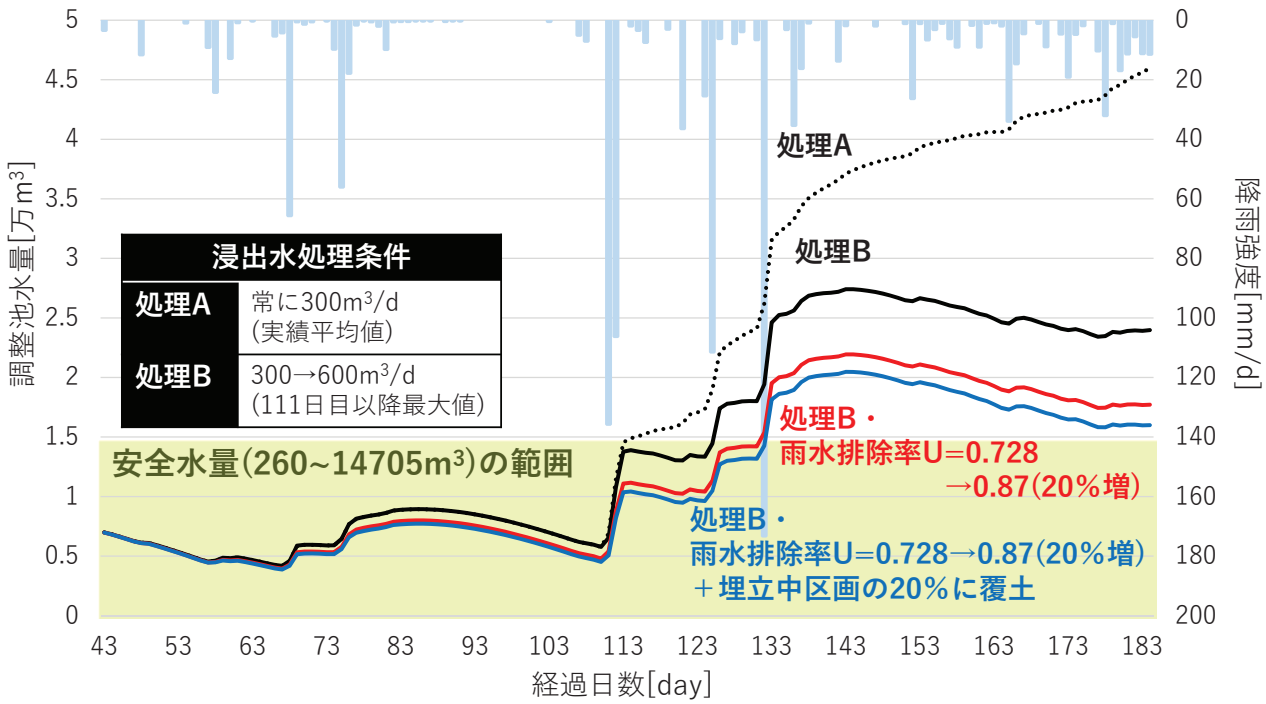
調整池出し入れ計算の前提条件
- 計算時間t=1000 h(42日目)から調整池水量計算を行う
- 調整池水量初期条件(42日目)は7000 m^3（実績平均値）
- 調整池安全水量の範囲は260～14705 m^3

結果Ⅱ　将来豪雨時の予測浸出水量とその発生経路（A処分場）　17



- 豪雨時の早い応答は表流水が約8割を占める
  →浸出水急増を防ぐには表流水をなるべく雨水として排除することが有効

結果Ⅱ　将来豪雨時の調整池水量の変化（A処分場）　18



- 表面の雨水排除率を上げることで浸出水の急増を抑制させることが可能
- 豪雨が連続すると処理しきれない可能性→バイパス処理や簡易処理

結論

19

- ガス抜き管考慮の浸出水量予測モデルを実最終処分場へ適用した結果…

浸出水発生量の変化を早い応答、遅い応答ともに再現可能

- 検討Ⅰ（全国の将来気象予測×浸出水量予測モデル）より…

全国各地で過去の豪雨時よりも総浸出水量が3.1～95.9%増加

雨の降り方の違いが浸出水発生および浸出水処理に大きく影響

- 検討Ⅱ（浸出水経路の分析と調整池水量の変化）より…

豪雨時の浸出水量の発生経路は約8割が表流水

→表面の雨水排除率を高めることで浸出水の急増を抑制

表面施工の工夫だけは対処できないほど浸出水が増加する可能性

→バイパス処理や簡易処理などの検討が必要

今後の展望
・実現場で使いやすいようモデルの簡易化
・積雪時期への適用ができるように改良

参考文献

20

1. 小山ら（2020）：廃棄物最終処分場における長寿命化及び気候変動への問題対応の実態把握
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejer/76/6/76_II_23/_article/-char/ja/
2. 気象庁：大雨や猛暑日などのこれまでの変化
https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
3. 全国都市清掃会議：廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領　2010改訂版
4. 花田茂久、東條安匡、松藤敏彦：埋立地からの浸出水漏水・溢流量推定モデルの作成(2006)
5. 国立環境研究所：CMIP5をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ
https://www.nies.go.jp/doi/10.17595/20200415.001.html#block3

HOKKAIDO UNIVERSITY

SARDINIA2021 HYBRID EVENT / 11-15 OCTOBER 2021 / CAGLIARI / ITALY 18TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WASTE MANAGEMENT AND SUSTAINABLE LANDFILLING

11:00-12:30, October 14th, 2021
Japanese time: 18:00-19:30, October 14th, 2021

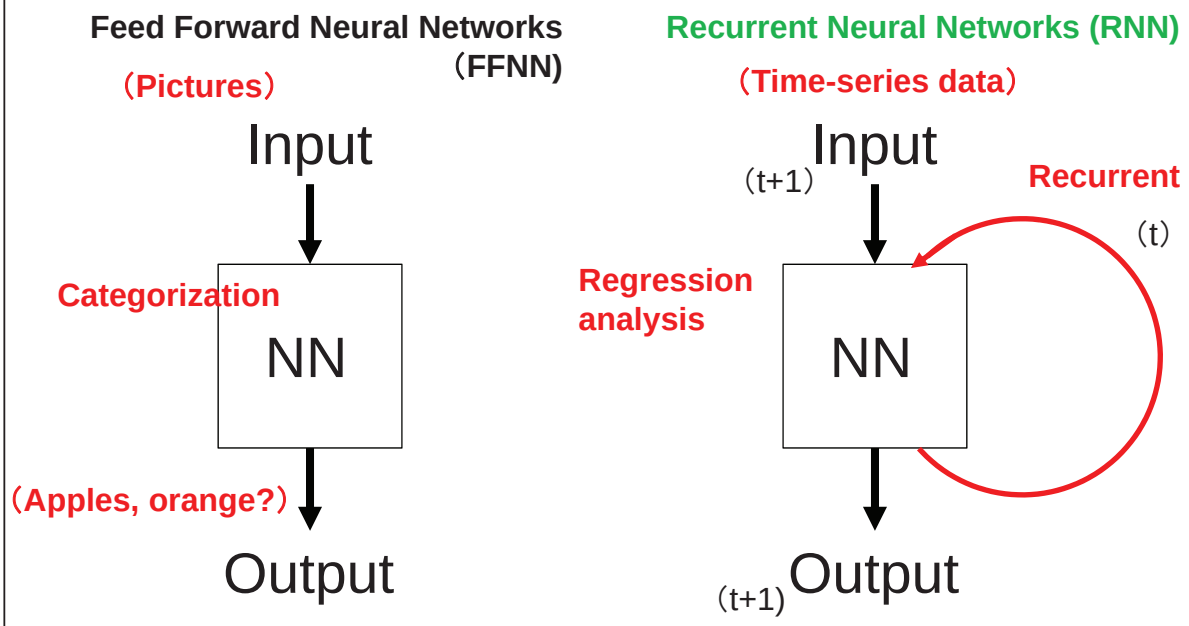
Sardinia 2021

PREDICTION OF LEACHATE GENERATION FROM A LANDFILL SITE USING THE LONG SHORT-TERM MEMORY MODEL

Kazuei Ishii, Masahiro Sato and Satoru Ochiai

Laboratory of Sustainable Material Cycle Systems,
Faculty of Engineering,
Hokkaido University, JAPAN

Feed forward neural networks (FFNN) and Recurrent neural networks (RNN)

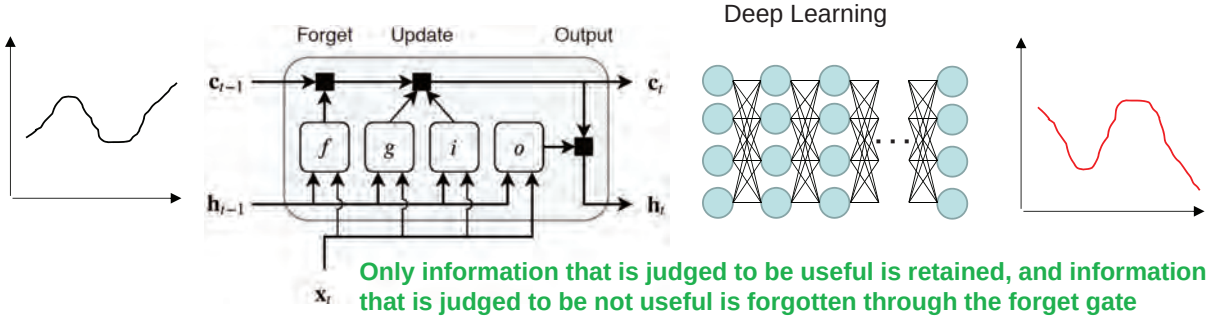


Long short-term memory (LSTM) model

- ✓ The traditional RNN model is subject to the gradient vanishing or blowing up after many time steps.
- ✓ On the basis of RNN, the LSTM model added a memory "cell" structure to judge whether the information was useful or not, by input, forget, and output gates (Yu et al., 2020).

Time-series data | LSTM layer | Fully connected layer | Regression output

Deep Learning



Only information that is judged to be useful is retained, and information that is judged to be not useful is forgotten through the forget gate

https://jp.mathworks.com/help/deeplearning/ug/long-short-term-memory-networks.html

HOKKAIDO UNIVERSITY

Objective study

The objectives of this study were to apply a LSTM model to predict the leachate generation from a landfill site located on Hokkaido, Japan, considering daily and seasonal changes in leachate quality.

HOKKAIDO UNIVERSITY

Objective landfill site in snow area

- Semi-aerobic landfill
- Area: 13.2 ha
- Volume: 1,840,000 m^3
- Leachate treatment capacity: 600 m^3/day
- Operation start: 2003

Landfill sites in Hokkaido

HOKKAIDO UNIVERSITY

1. Selecting input data

July 2003 March 2019 March 2020

All data — Time

15.5 years | 1 year

Learning phase → Learning

Testing phase → Input

Case 1: DP
Case 2: DP + DAT
Case 3: DP + DAT + AALW

Input data: Accumulated amount of landfilled waste (AALW)
Daily precipitation (DP)
Daily average temperature (DAT)
Output data: Leachate generation

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum|Obs. - Cal.|^2}$$

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum|Obs. - Cal.|/Obs. \times 100\ [\%]$$

LSTM model → **LSTM model**

Min: loss function

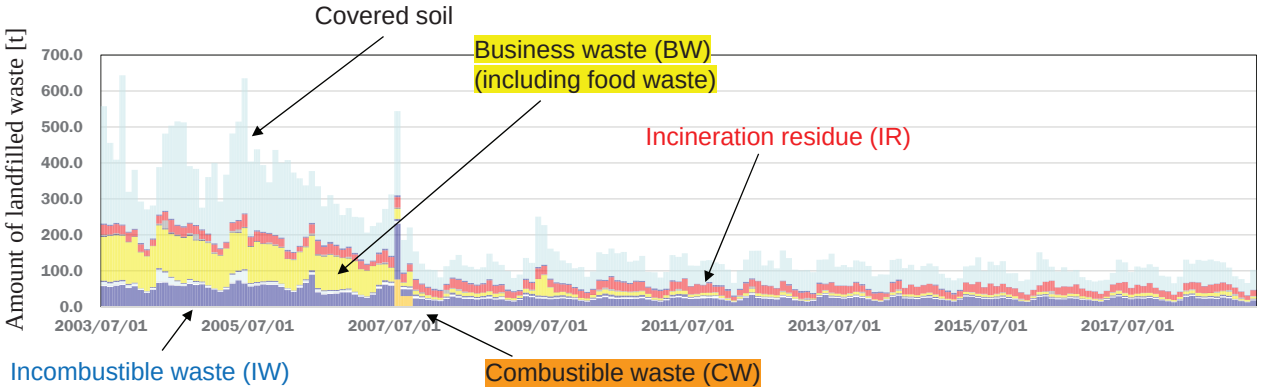
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum|Obs. - Est.|^2}$$

Output

Comparison

Leachate (Cal.) ↔ **Leachate (Obs.)**

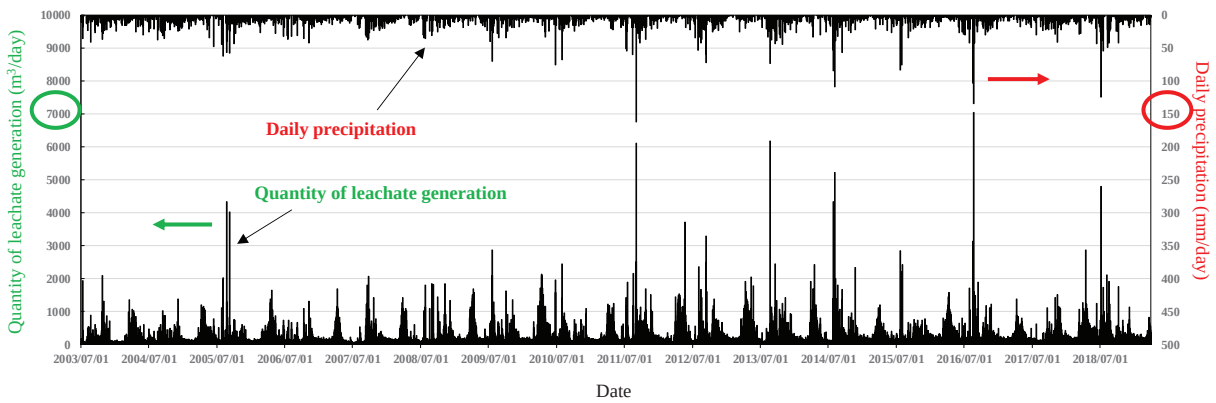
Input data: History of landfilled waste



Accumulated amount of landfill waste (= sum of all waste materials) was used for prediction of leachate generation.

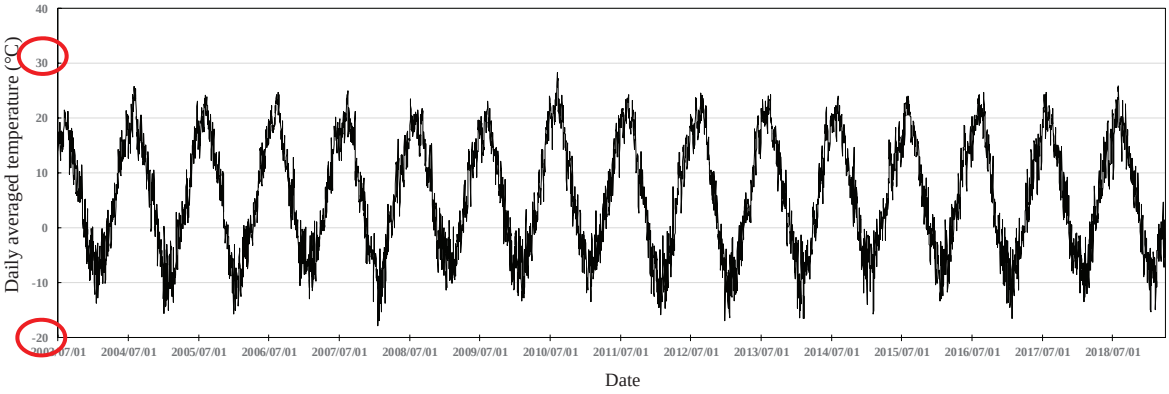
HOKKAIDO UNIVERSITY

Input data: Rainfall
Output data: leachate generation



HOKKAIDO UNIVERSITY

Input data: Average temperature



Determination of input parameters for prediction of leachate generation

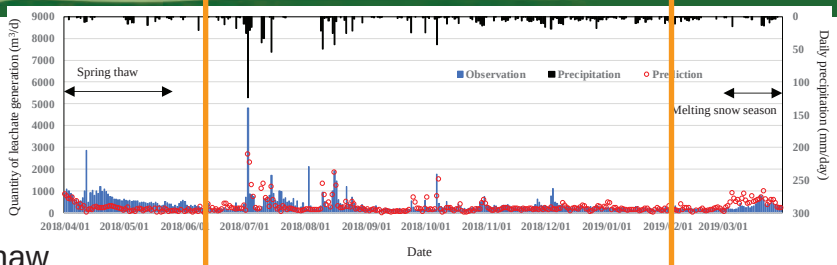
Table 1 Statistic values in the learning and testing phases for prediction in the quantity of leachate generation

	Case 1 Daily precipitation (DP)	Case 2 DP +Daily average temperature (DAT)	Case 3 DP + DAT +Accumulated amount of landfilled waste (AALW)
Learning phase			
RMSE	3.23	0.03	0.33
R^2	0.9992	0.9999	0.9999
Testing phase			
RMSE	365.26	300.47	241.07
R^2	0.2924	0.4999	0.6600
MAPE	56.2%	51.4%	33.1%

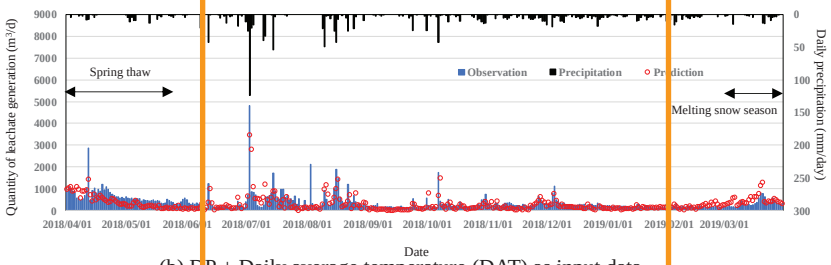
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\left(y_i^{obs} - y_i^{cal}\right)^2} \qquad MAPE = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\frac{\left|y_i^{obs} - y_i^{cal}\right|}{y_i^{obs}} \times 100.$$

Determination of input parameters for prediction of leachate generation

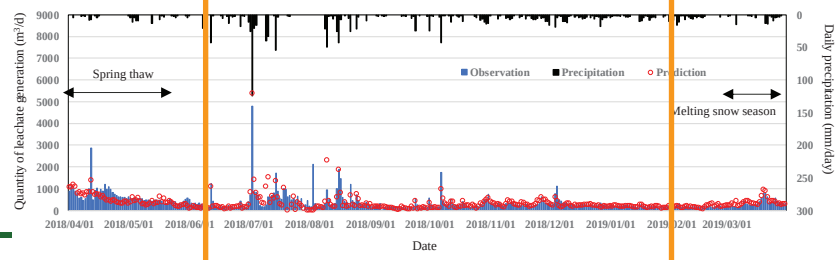
Spring thaw



(a) Daily precipitation (DP) as input data



(b) DP + Daily average temperature (DAT) as input data



(c) DP + DAT + Accumulated amount of landfilled waste (AALW) as input data

Testing phase

MAPE=56.2%

MAPE=51.4%

MAPE=33.1%

2. Calibration and verification of LSTM model

July 2003 March 2019 March 2020

All data — Time

15.5 years | 1 year | 1 year

Learning phase — **Testing phase** — **Verification phase**

Learning — Input — Input

LSTM model → **Candidate LSTM model** → **Calibrated LSTM model**

Random parameters

Output — Output

Leachate (Cal.) — Leachate (Cal.)

Min: Mean absolute percentage error

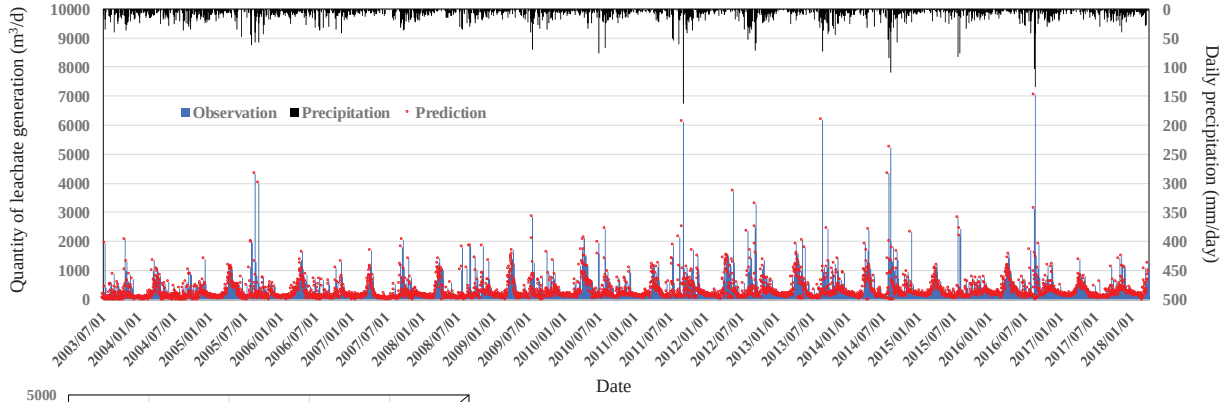
$$MAPE = \frac{1}{n}\sum |Obs. - Cal.|/Obs. \times 100\ [\%]$$

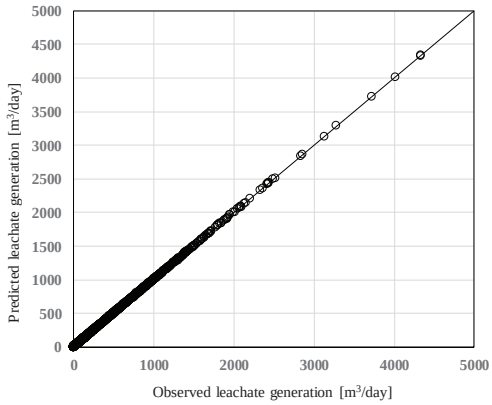
Comparison? Overfitting?

Leachate (Obs.)

Repeat 50 times for each hidden layer (200, 300, 500)

Results in the learning phase





RMSE=2.93

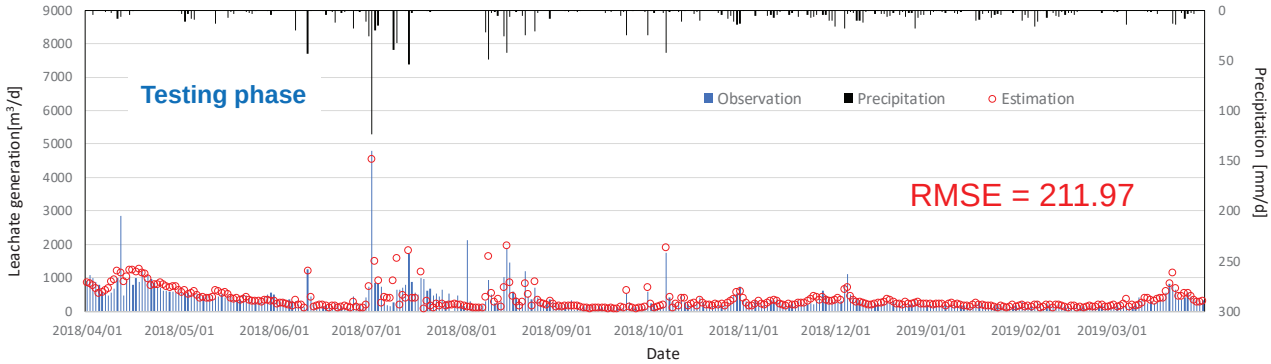
R^2=0.99995

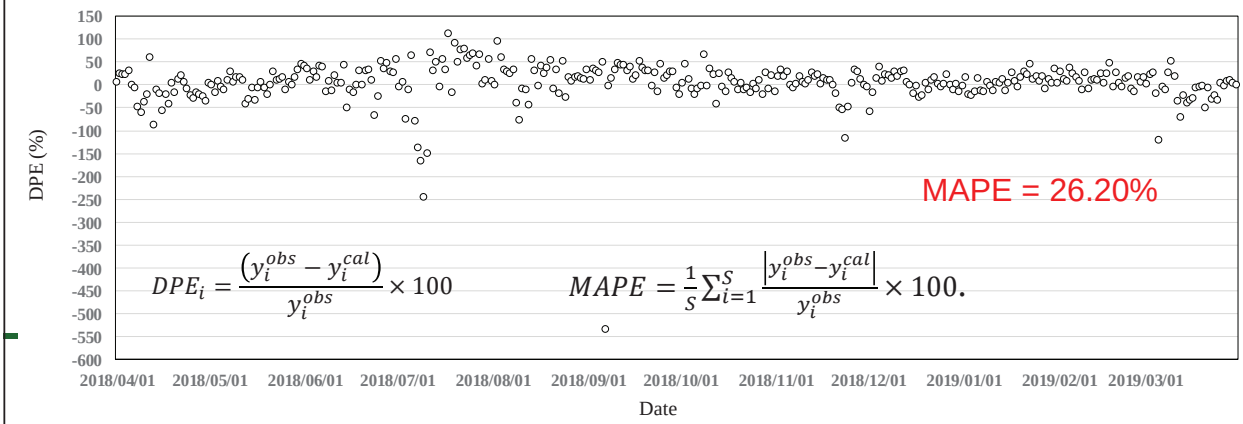
$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^{S}(y_i^{obs}-\bar{y}^{obs})(y_i^{cal}-\bar{y}^{cal})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{S}(y_i^{obs}-\bar{y}^{obs})^2\sum_{i=1}^{S}(y_i^{cal}-\bar{y}^{cal})^2}}\right]^2 \qquad RMSE = \sqrt{\frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}(y_i^{obs}-y_i^{cal})^2}$$

Learning was successful.

HOKKAIDO UNIVERSITY

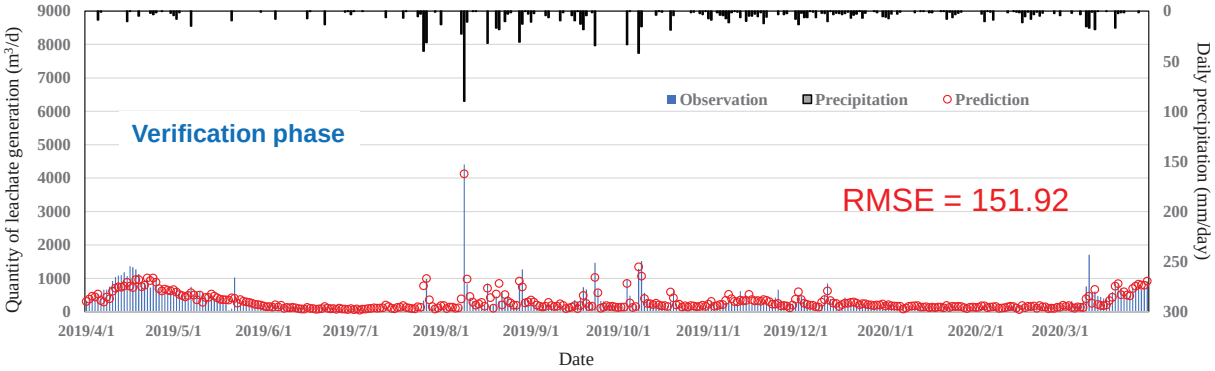
Prediction of leachate generation in testing phase

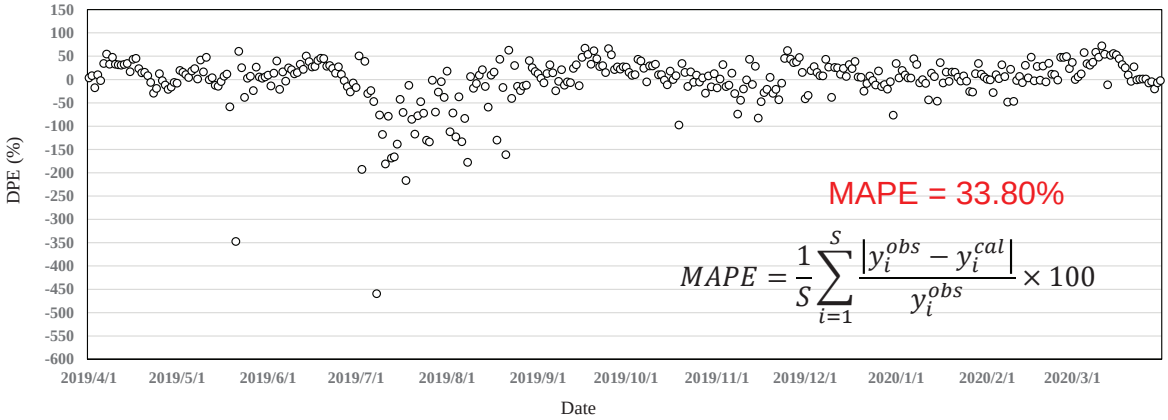




$$DPE_i = \frac{(y_i^{obs}-y_i^{cal})}{y_i^{obs}} \times 100 \qquad MAPE = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\frac{|y_i^{obs}-y_i^{cal}|}{y_i^{obs}} \times 100.$$

Prediction of leachate generation in Verification phase





$$MAPE = \frac{1}{S}\sum_{i=1}^{S}\frac{\left|y_i^{obs} - y_i^{cal}\right|}{y_i^{obs}} \times 100$$

Summary of the result

	Learning phase	Testing phase	Verification phase
RMSE	2.93	-	-
R^2	0.99995	-	-
RMSE	-	211.97	151.92
MAPE	-	26.2%	33.8%
The number of days with the DPE within			
±50% error	-	88.5%	86.0%
±30% error	-	72.1%	64.7%
±10% error	-	30.7%	26.0%

HOKKAIDO UNIVERSITY

まとめ

①海外での環境及び廃棄物分野におけるDXの文献調査を行うと共に、分科会メンバーにおけるブレインストーミングにより問題共有を図った。特に、DXによる効果は大きいものの、データ入力の負担やデータ共有のフォーマット、入力によるメリットについて議論を深めることが必要である。また、GXに関しては、処分場全体のGHG排出量を求める必要性や太陽光パネルを導入した際のエネルギー収支の評価を行う必要性が指摘された。

②本研究では、2つのモデルの開発を行った。ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルは、処分場に関するCADデータ、対象年度の降雨量及び浸出水発生量のデータがあれば、極めて高い精度で浸出水発生量の予測が可能であることを示した。一方、相関モデルであるDeep Learningを用いた予測モデルでは、浸出水量のみならず浸出水質も高い精度で予測できることを示した。

両者のモデルの適用範囲は異なり、利用方法も異なることから、両者のモデルのメリット及びデメリットを考慮して利用することが重要である。

ご静聴ありがとうございました。

K-ishii@eng.hokudai.ac.jp

特別研究グループ

Ｂ：廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究

1

R3年度研究

研究展開委員会　特別研究B

廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究（特B分科会）

主査　石井一英（北海道大学）

2

研究メンバー

研究展開委員会
特別研究「最終処分場管理の最適化に関する特別研究）

廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策の研究（特B分科会）

	氏　名	会　社　名		氏　名	会　社　名
◎	石井一英	北海道大学		関　眞一	飛島建設(株)
○	阿賀裕英	（地独）北海道立総合研究機構		古田秀雄	(株)建設技術研究所
	坂本　篤	日本国土開発(株)		坂本　和隆	日本水工設計（株）
	長谷川倫明	(株)ドーコン		吉田　友之	（株）エイト日本技術開発
	浦部朋子	(株)ボルクレイジャパン		宮脇健太郎	明星大学
	加納　光	個人			
	井土　將博	国際航業(株)			
	大宮　恭平	国際航業(株)			

課題番号：3-1906
体系的番号：JPMEERF20193006）
研究実施機関：令和元年度～令和３年度

廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策

重点課題
主：⑩廃棄物の適正処理と処理施設の長寿命化・機能向上に資する研究・技術開発
副：⑦気候変動への適応策に係る研究・技術開発

研究代表者　北海道大学　○石井一英
研究分担者　落合　知

1. 最終処分場長寿命化と機能･定期検査

行政ニーズへの適合性（必要性1）

GOOD

3R推進により、最終処分量が減少

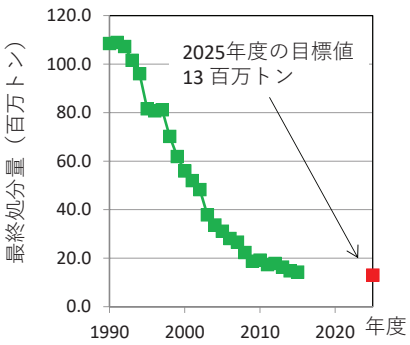


図1　最終処分量の推移（循環白書2018）

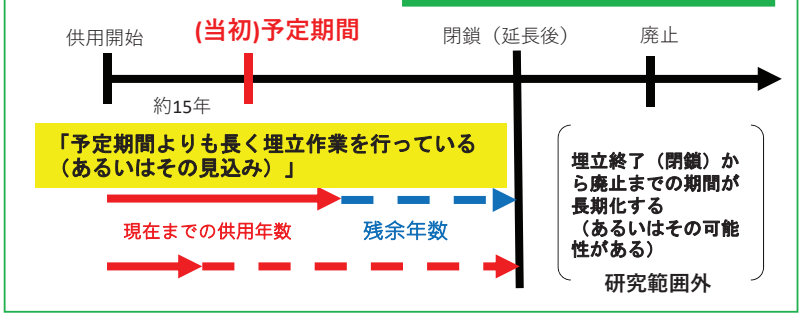
GOOD

・計画よりも長寿命化
・最終処分場の確保

長寿命化に伴う課題の実態が不明！

老朽化に伴うハード上のトラブル？

本研究での長寿命化の定義



機能検査・定期検査制度の対象になっていない！

機能検査・精密機能検査（廃掃法第4条の5第1項第14号、第5条）
→ **焼却施設・し尿処理施設のみが対象**

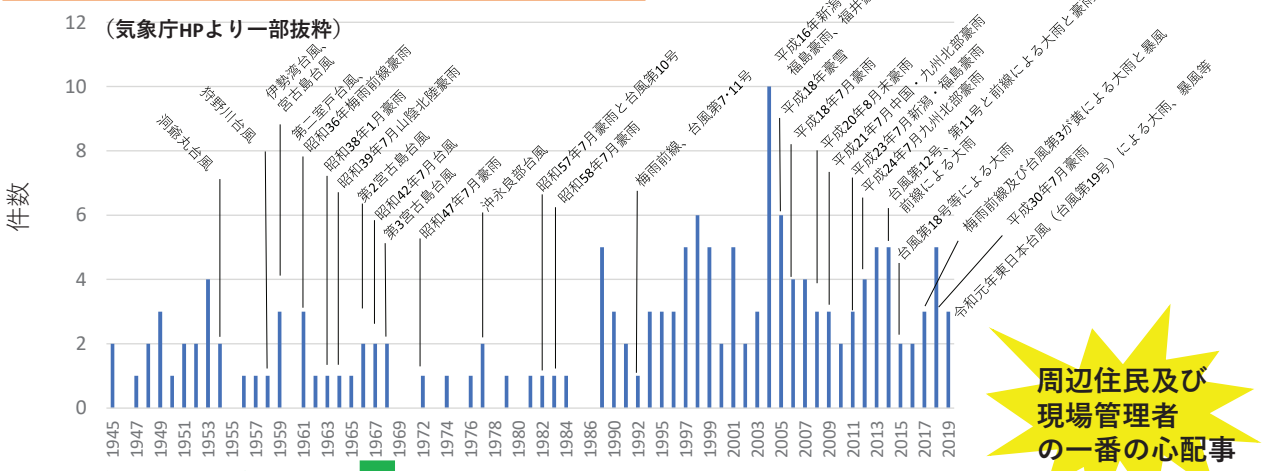
定期検査制度（廃棄物処理施設の定期検査ガイドライン、H23年）
→ **一般廃棄物・産業廃棄物**の焼却施設と**最終処分場**など
都道府県が実施　（市町村の設置を除く、構造基準のみのチェック）

2. 雨の降り方の変化と浸出水管理

行政ニーズへの適合性（必要性1）

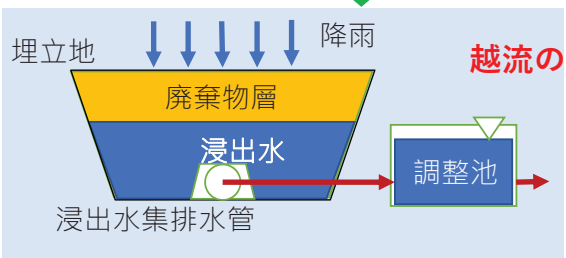
5

災害をもたらした気象事例は増える一方！



周辺住民及び現場管理者の一番の心配事

雨の降り方の変化



越流の危険

調整池と浸出処理の容量不足！

- **浸出水発生抑制策**
- **浸出水処理施設リニューアル**
  - 調整池や浸出水処理**規模やプロセスの見直し**
  - **簡易・バイパス処理**

3. 研究目的・ゴール・アウトカム

成果の波及・貢献度（有効性）

6

＜本研究の目的＞

一般廃棄物最終処分場及び産業廃棄物管理型最終処分場を対象に、

①長寿命化及び近年（将来）の気候変動による維持管理上の課題、機能検査実施状況の実態を明らかにする。

②実態調査に基づき機能改善策も含めた
A）機能検査・
B）気候変動適応マニュアルを策定する。

③特に浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策を提案する。

＜研究目標＞

全体

一般廃棄物最終処分場及び産業廃棄物管理型最終処分場を対象に、長寿命化及び近年（将来）の気候変動による**維持管理上の課題及び機能検査実施状況の実態を明らかにした上で、機能検査・気候変動適応マニュアルを策定すること、及びに浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策を提案すること。**

○機能検査／気候変動適応マニュアルの完成
- 長寿命化への対応の必要性、機能検査の内容、具体的問題対応策
- 気候変動適応の必要性、具体的適応策

○浸出水処理施設の改良・リニューアルの際の設計指針の提案
- 想定すべき降雨強度の考え方
- 浸出水発生量と質に応じた処理施設規模とプロセスの考え方

＜アウトカム＞

環境政策への貢献

- **長寿命化を想定した機能検査マニュアルの作成**
- **気候変動適応マニュアルの作成**
  - **特に雨の降り方の変化に適応するための浸出水管理方策の提案**

- 廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き（し尿処理施設・汚泥再生処理センター編）
→浸出水処理施設編の提案

4. 研究内容の全体像

研究項目	1年目	2年目	3年目	成果
①実態調査 ①-1　（石井） 機能検査の実態調査 ①-2　（落合） 気候変動による維持管理上の課題調査（ゲリラ豪雨多発・温度上昇による影響）	**◇アンケート＆ヒアリング調査による実態把握** ・長寿命化の実態と問題対応内容（コスト、期間） ・内部貯留や越流の危険性 ・浸出水量と質に応じた浸出水処理施設の改良・更新の必要性 **◇機能検査の実施** ・浸出水処理施設の機能検査（1件）	**◇問題対応の事例調査**（10件） **◇機能検査の実施**（2件）		**①（別冊1）** **長寿命化及び気候変動による維持管理上の課題と機能検査実施状況の実態調査結果（アンケート結果）**
②機能検査マニュアルの策定（石井）		**◇マニュアル（案）の作成**	**◇マニュアル完成**	**②-1（別冊2）** **長寿命化を想定した機能検査マニュアル（環）**
気候変動適応マニュアルの策定		NPO最終処分場技術システム研究協会の協力を得て、ワーキングを構成		**②-2（別冊3）** **気候変動適応マニュアル（特に雨の降り方の変化に適応するための浸出水管理方策）(環)**
③浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策の提案 （石井、落合）	**◇浸出水発生量予測モデルの構築** ***（予定より前倒して達成）*** モデルA ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル モデルB Deep Learningを用いた発生量予測モデル	**◇浸出水発生量・水質の予測モデルの完成** ・量→質予測への展開 ・両モデルを実現場に適用し有効性を確認 **◇浸出水処理プロセスのモデル化** ・浸出水処理施設リニューアルのための処理負荷増加可能性の検討 ・リニューアルに必要な施設整備コスト及び維持管理コスト見積もりモデル	**◇2100年までの最大降雨予測データによる全国浸出水発生量予測*（予定にない項目を達成）*** **◇浸出水処理施設リニューアルケーススタディ** **◇気候変動を考慮した浸出水処理施設のリニューアル計画と設計手法**	**③（別冊3に掲載）** **廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き※（浸出水処理施設編）（環）** ※し尿処理施設・汚泥再生処理センター編は存在 **＜①～③のまとめ＞** **④既存・新規最終処分場の機能検査と浸出水処理施設リニューアルの考え方（環）**

5.①長寿命化及び気候変動による維持管理上の課題と機能検査実施状況の実態調査

□調査対象

一般廃棄物最終処分場（以下、一廃）：1635件（全国：949通送付）
※H29年度一般廃棄物処理実態調査（環境省）より
産業廃棄物管理型最終処分場（以下、産廃）　：全国：180通送付
※全産連から提供を受けた送付先リストより

□日程：2019年9月25日送付、10月31日〆切

□回答

一廃：516件（403通、返送率42.5％）
産廃：66件（57通、返送率31.7％）

6. ①実態調査のまとめ

9

	一般廃棄物最終処分場	産業廃棄物最終処分場
長寿命化	・**供用年数＞計画供用年数：60%(N=319)** ・残余年数を考慮した **推定供用年数＞計画供用年数：92%** （30年～100年） 3Rの推進による最終処分量の減少と立地困難による長期利用の希望	・**供用年数＞計画供用年数：14％(N=50)** ・残余年数を考慮した **推定供用年数＞計画供用年数：54%** 事業採算面が重視されることから、長寿命化の傾向は一廃ほどではない
長寿命化に伴うトラブル	・**浸出水処理施設**（耐用年数を迎える機器類や電気計装類） ・**遮水工・基盤** への問題対応の割合が**供用10年以降増加**	・**常に問題発見し対応** ・**モニタリングセンサー類** ・**浸出水処理施設、貯留構造物** が**供用28年以降**問題対応増加
内部貯留	33.0％（N=470） 内、74.0％（N=155）が年に1度以上 18％（N=155）が越流危機 対応事例：**浸出水の循環・パイパス・簡易処理、キャッピング等による雨水分離対策等**	34.0％（N=61） 内、44.0％（N=34）が年に1度以上 9％（N=34）が越流危機
点検	自主点検実施せず：**40%（小規模実施少）** 第三者機関による機能検査：15% 第三者による機能検査の必要性、その内容や具体的実施方法に関する情報周知が必要	自主点検実施せず：**15%** 第三者機関による機能検査：14% 都道府県による定期検査や自主点検が充実する中で、第三者による機能検査の必要性や定期検査や自主点検との違いを今後明確にしていく必要

・**災害（豪雨・猛暑・台風・地震など）への問題対応状況は84件**（一般廃棄物）が報告され、気候変動が進行した場合に懸念される**問題対応の内容、及び予防対策の事例、要したコストと期間**について明らかにした。

7.②長寿命化を想定した機能検査マニュアルの作成

環境政策等への貢献

10

機能検査マニュアルの目次

はじめに

1. 機能検査の必要性と普及に向けた課題
1.1 機能検査、精密機能検査及び定期検査の法律等の位置づけ
1.2 機能検査のメリットと課題
1.2.1 機能検査の必要性とメリット
1.2.2 機能検査の課題と提案

2. 長寿命化の観点からの機能検査項目と検査方法
(**LSA最終処分場機能検査者資格認定テキストより一部抜粋**)
2.1 機能検査の全体像
2.2 全体計画に関して
2.3 土木構造物
2.4 被覆型最終処分場
2.5 浸出水処理施設
2.6 機能検査を踏まえた長寿命化の視点からの助言

3. 機能検査と連携した気候変動を考慮した浸出水管理方策（別冊3にも記載）
3.1 既存最終処分場への対応
3.2 新規最終処分場への対応

参考資料

提案
①全ての最終処分場を定期検査（構造基準）対象へ
②定期検査状況の報告と公表を義務化（環境省への報告含む）
③計画共用年数延長時の第三者による機能検査（維持管理も対象）の義務化
④軽微な変更あるいは変更申請時の第三者による機能検査を義務化（特に交付金措置事業）
⑤上記の前提として、定期検査方法、実施事例、機能検査（実施機関や団体、内容費用）に関する情報を公開

助言
1）残余年数に応じた最終処分場の管理について
・残余年数が短い場合（例えば10年以下）
・残余年数が著しく長い場合（15～20年以上）
2）浸出水処理施設への対応
・処理プロセスの簡素化の検討
・曝気量、薬品量などのコスト削減策の検討
・豪雨時の処理量の増加可能性の検討
・今後の設備・機器類の更新、改良について
3）緊急時の対策について
・豪雨時の対策（内部貯留、調整池仮設、バイパス処理や緊急放流など、住民協議事項）
4）BCP対策（停電時、アクセス不能、作業中断）

8.②気候変動適応マニュアルの作成
（特に雨の降り方の変化に適応するための浸出水管理方策）

環境政策等への貢献

気候変動適応マニュアルの目次

はじめに
1. 現行の最終処分場気候変動ガイドラインと本研究による追記事項
2. 雨の降り方の変化による浸出水管理の考え方
2.1 現状の浸出水処理施設等の設計の課題
2.2 ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル
2.3 使用した気象予測データについて
2.4 2100年までの最大降雨予測データによる全国浸出水発生量予測
3. 一般的な浸出水発生抑制策
3.1 浸出水発生抑制策
3.2 雨水排除の具体的な考え方
4. 浸出水処理施設リニューアルケーススタディ
4.1 A最終処分場の現状
4.2 浸出水発生量シミュレーション
4.3 浸出水処理施設の規模設計
4.4 コストの検討
5. 気候変動を考慮した浸出水処理施設のリニューアル計画と設計手法
5.1 条件別浸出水処理施設リニューアルフロー
5.2 リニューアル設計手法の整理
5.3 浸出水処理施設リニューアル費用の考え方
6. 廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き～浸出水処理施設編の提案
6.1 現状と課題の整理
6.2 最終処分場の延命化計画の考え方
6.3 最終処分場浸出水処理施設のリニューアルについて
7. 機能検査と連携した気候変動を考慮した浸出水管理方策（別冊2にも記載）
7.1 既存最終処分場への対応
7.2 新規最終処分場への対応
8. 今後検討すべき課題

降雨量が増加した場合に対する浸出水処理施設への影響として、
- 将来の浸出水発生量予測
- 浸出水発生抑制策
  （覆土・シートによる埋立作業面積の最小化、埋立地内雨水排除工の強化など）
- 浸出水処理施設の規模や処理プロセスの見直し
  （簡易・バイパス処理の検討）
- 越流回避のための緊急対策検討

積雪量や降雪量の増加に対しては、
- 雪解け時の浸出水発生量予測が今後重要

ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルによる2100年までの最大降雨予測データによる全国浸出水量発生量予測

一般的な構造 **N処分場モデル**（ピーク値パラ）

× 過去の豪雨（2000~2021年で年間※2総降水量が最大の年） ＝ 予測年間※2総浸出水量（過去豪雨）

比較

× 将来想定される豪雨（2006~2100年で年間※2総降水量が最大の年） ＝ 予測年間※2総浸出水量（将来豪雨）

CMIP5をベースにしたCDFDM手法による日本域バイアス補正気候シナリオデータ
データ提供元：国立環境研究所　内容：最低・最高・平均気温、**降水量**、全天日射量などの日データ

全8通りの将来気象予測データ（2006～2100年）

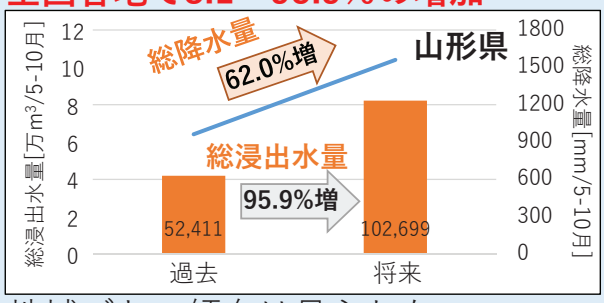
地球気候モデル（4種）
- MRI-CGCM3（日本，気象庁気象研究所）
- **MIROC5（日本，東京大学/NIES/JAMSTEC）**
- GFDL-CM3（アメリカ，地球物理流体力学研究所）
- HadGEM2-ES（イギリス，ハドレーセンター）

× **RCPシナリオ（2通り）**
- RCP2.6（平均1.0℃上昇）
- **RCP8.5（平均3.7℃上昇）**

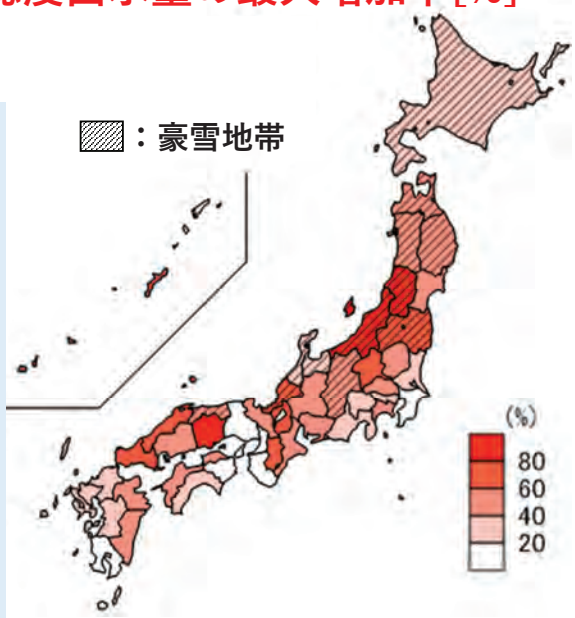
9. ③2100年までの最大降雨予測データによる全国浸出水量発生量予測

$$\left(\frac{\text{予測年間※2総浸出水量（将来豪雨）}}{\text{予測年間※2総浸出水量（過去豪雨）}} - 1\right) \times 100 = \text{総浸出水量の最大増加率[\%]}$$

- **過去豪雨と比較して総浸出水量が全国各地で3.1～95.9%の増加**



- 地域ごとの傾向は見られない
- **豪雪地帯外の35地点中24地点において、冬季（11-4月）よりも夏季（5-10月）のほうが増加率が高い**



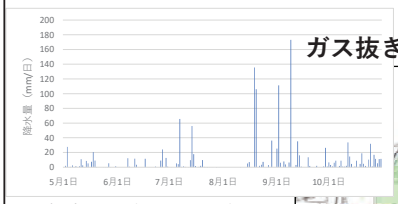
全国の総浸出水量の最大増加率※1

※1：北海道はA処分場の座標と釧路市の平均値
※2：豪雪地帯（北海道・宮城県を除く東北地方・北陸地方・長野県・鳥取県）については5-10月

10.③浸出水処理施設リニューアルケーススタディ（A処分場）

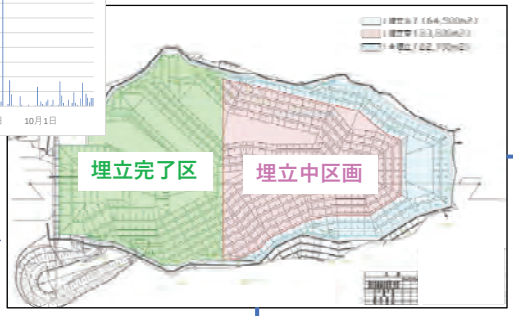
13

放流水質（一部抜粋）
BOD 20 mg/L, COD 30 mg/L, T-N 10 mg/L

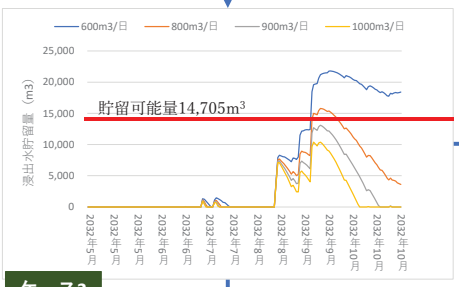


将来最大降水量2032年
（MICRO5気候モデル）

ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル



浸出水発生抑制策なし



ケース2

600 m³/day → 900 m³/dayへ増強が必要
（300 m³/dayの施設を追加）

イニシャル：1,411,200千円
ランニング： 171,160千円

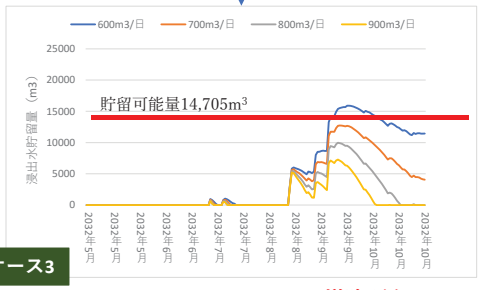
豪雨時のみバイパス処理
・T-N＜排水基準値 60mg/L
・内部貯留、調整池の仮設でも対処不能の場合
・住民との事前協議必要

ケース1

・バイパス管の設置
・消毒設備増強（300 m³/day）

イニシャル：98,000千円
ランニング：128,040千円

浸出水発生抑制策あり
埋立完了区：水路増強（20%向上）
埋立中区画：覆土敷設（区画の20%）



ケース3

600 m³/day → 700 m³/dayへ増強が必要
（100 m³/dayの施設を追加）

イニシャル：1,038,800千円
（浸出水発生抑制策：98,000千円）
ランニング： 135,410千円

豪雨時のバイパス処理が有効

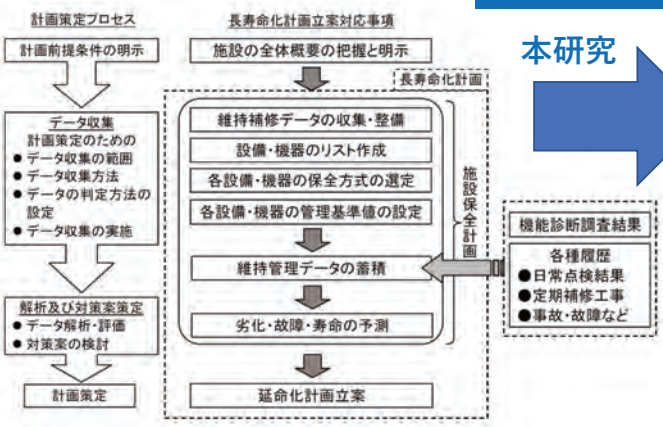
ランニング費用は、既存600 m³/dayの運転費込み
（①薬品、②電気、③塔関係ろ材、④汚泥処理、⑤人件費、⑥メンテナンス費）

11.③浸出水処理施設リニューアルの考え方

環境政策等への貢献

14

廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き（し尿処理施設・汚泥再生処理センター編）があるのみで、**現状は浸出水処理を対象とした手引きはない。**



（参考）廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き
（し尿処理施設・汚泥再生処理センター編）
平成27年3月改訂（平成22年3月）

本研究による追加事項

本研究

維持管理計画
5年ごとの定期検査・機検査の内容

施設の全体概要の把握と明示
↓
維持補修データの収集・整備
土木構造物・浸出水処理施設における構造物・設備・機器等のリスト作成
各構造物・設備・機器の保全方式の選定
各構造物・設備・機器の管理基準値の選定
↓
定期検査・機能検査
維持管理データの蓄積・整理
課題抽出・劣化・故障・寿命の予測
↓
延命化計画立案
供用予定年数の推定または設定
埋立計画（覆土、雨水排除工含む）
浸出水量と質の設定
土木構造物及び浸出水処理施設の延命化計画

浸出水量発生量予測モデルの利用が可能

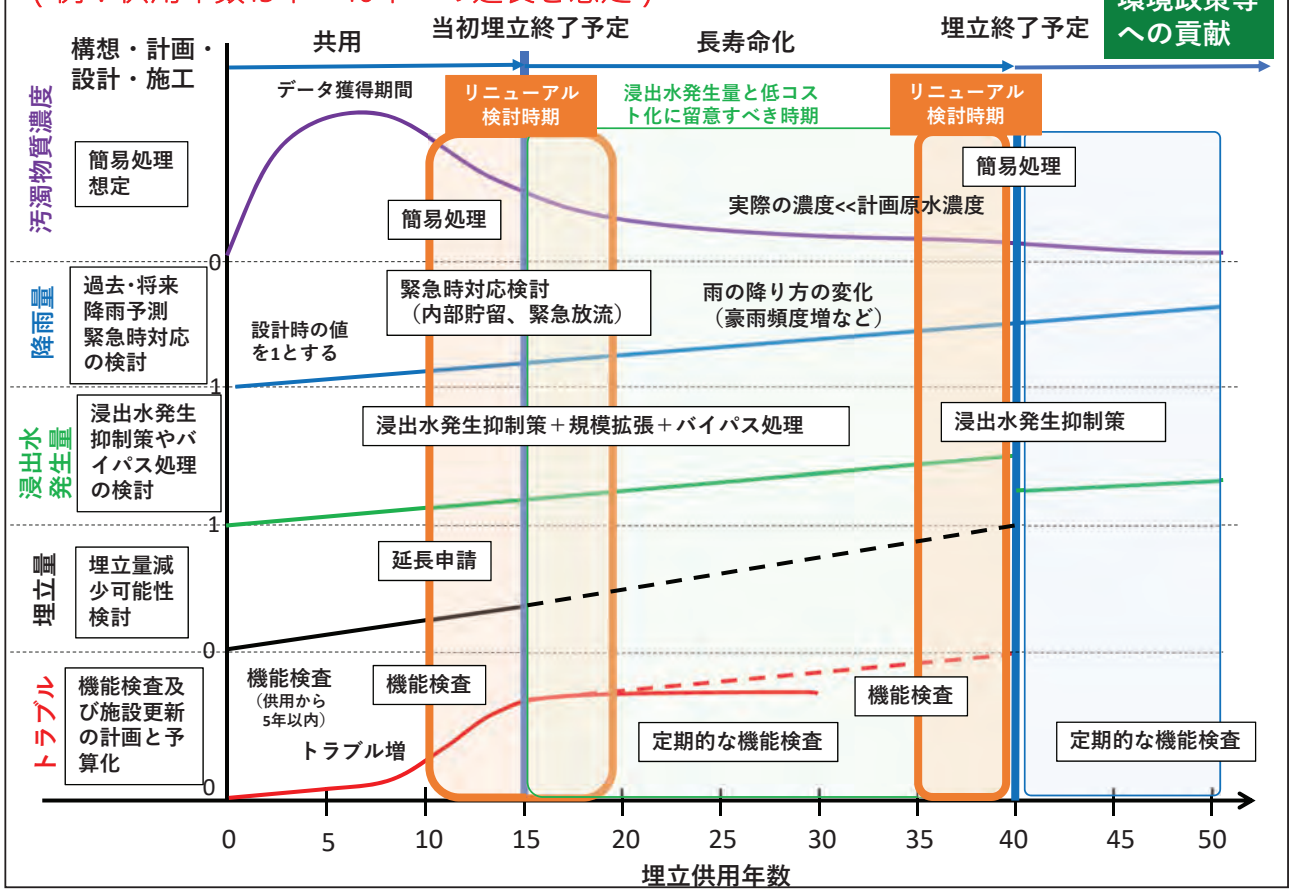
浸出水処理施設の長寿命化も交付金対象とすべき

＜要件＞
・過去の豪雨を考慮し少なくとも内部貯留を回避
・将来の豪雨など大雨への対応（判断基準、モニタリングも含めて）
（①内部貯留、②調整池の仮設、③外部処理、④バイパス処理、⑤未処理浸出水の緊急放流などの優先順位を住民と協議）
・脱炭素社会への貢献（省エネ、再エネ導入など）

12. ④既存・新規最終処分場の機能検査と浸出水処理施設リニューアルの考え方（例：供用年数15年→40年への延長を想定）

15

環境政策等への貢献



まとめ

16

①「最終処分場の長寿命化を想定した機能検査マニュアル」（別冊1）及び「最終処分場の気候変動適応マニュアル（特に雨の降り方の変化へ適応するための浸出水管理方策）（別冊2）の2つのマニュアルを作成することができた。

②特に気候変動適応マニュアルにおいて、浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策を提案できた。

今後は、LSAメンバー及び関係者の意見を聞きながら、両マニュアルのブラッシュアップを行っていく必要がある。

なお本研究は、環境研究総合推進費（[3-1906]「廃棄物最終処分場の長寿命化に伴う機能検査と気候変動適応策」（資源循環領域）（研究代表者：北海道大学　石井一英））による委託研究の一部である。関係者に御礼申し上げます。

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	クボタ環境サービス㈱
	佐原　光泰	クボタ環境サービス㈱
	佐々木　智彦	クボタ環境サービス㈱
	大久保　英也	大成建設㈱（代理 中島　秀也）
	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
- □有機系キレート材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)

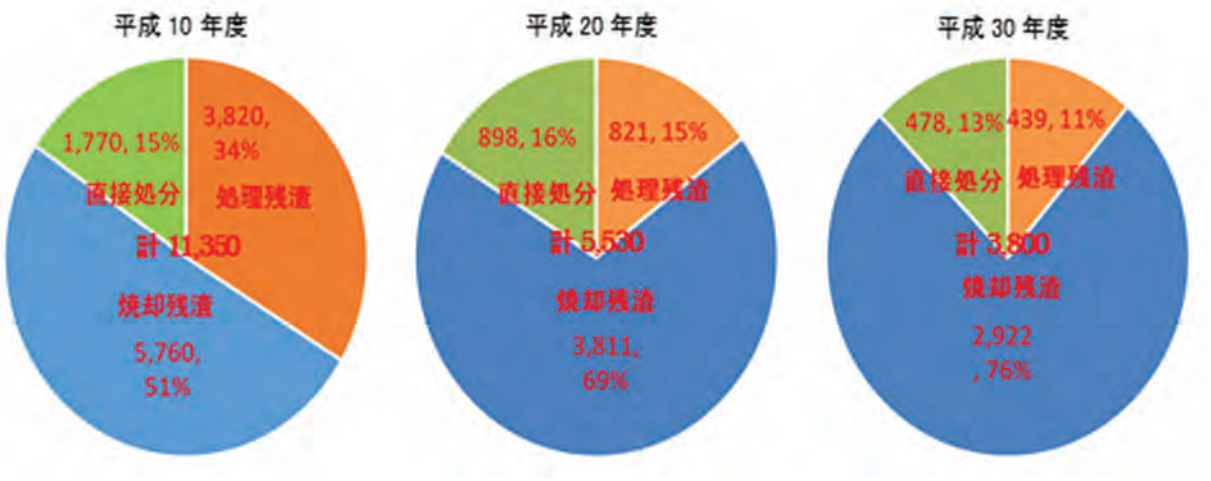
④ 埋立期間延伸と廃止後の長期間機能維持に対応するコンクリート構造物の点検・補修の提案

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

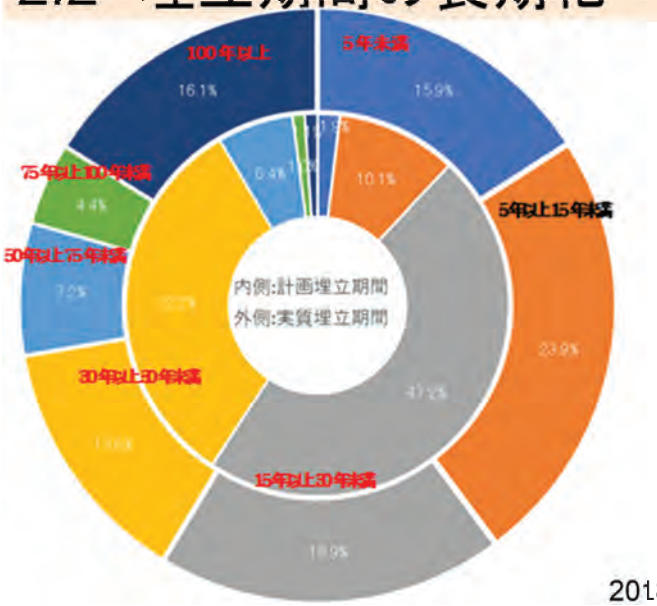
2.1　埋立廃棄物の変化



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%から平成30年度は76%に増加

2.2　埋立期間の長期化



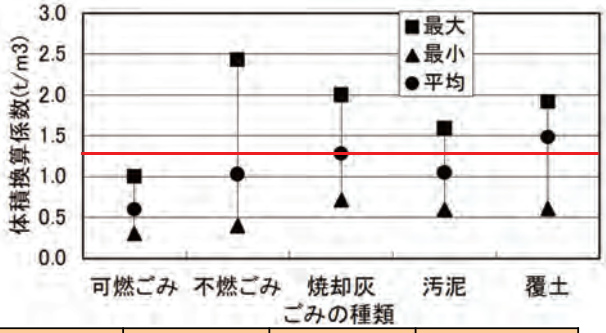
2018年度一般廃棄物実態調査(環境省)による。
計画期間は、埋立終了年度-開始年度。未定と埋立終了を除く。
実質期間は、残余容量÷2018年度埋立量+2018までの埋立期間

計画埋立期間は、30年以上のものが40.7%
実質埋立期間は、30年以上のものが41.3%

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。

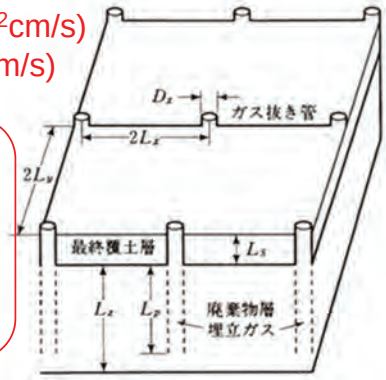
3.5　透気係数とガス抜き管密度(性能指針)

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※	$\Delta\bar{P}max$	L_x	k_s	L_x	k_s
[d^{-1}]	[m^2]	[−]	[Pa]	[Pa]	[−]	[m]	[m^2]	[m]	[m^2]
0.1	10^{-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2000m²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



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※	$\Delta\overline{P}max$	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$K_x=10^{-12}$ ⇒10^5m/s(10^{-3}cm/s)
覆土透水係数$K_s=10^{-11}$ ⇒10^{-4}m/s(10^{-2}cm/s)

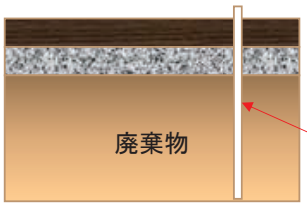
廃棄物の透水係数が、10^{-4}cm/s以下であれば、覆土しても遮蔽効果が期待できず、ガス抜き管に埋立ガスは集まらず、覆土表面から放散しやすい

廃棄物透水係数K_x≒覆土透水係数$K_s=10^{-11}$～10^{-12}

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※	$\Delta\overline{P}max$	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}

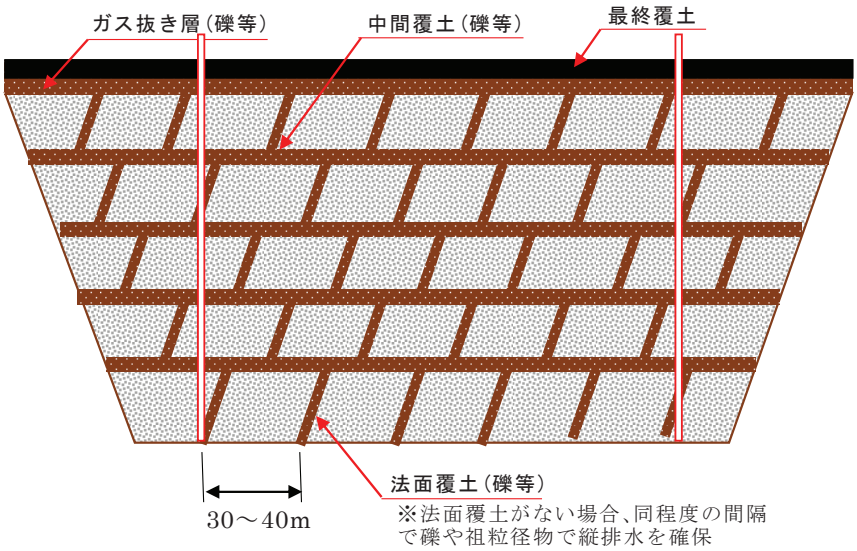
廃棄物透水係数$K_x=10^{-10}$ ⇒10^{-3}m/s(10^{-1}cm/s)
覆土透水係数K_s10^{-11} ⇒10^{-4}m/s(10^{-2}cm/s)



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}

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



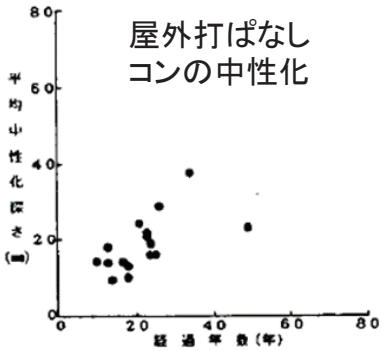
4.1 コンクリートの寿命は?

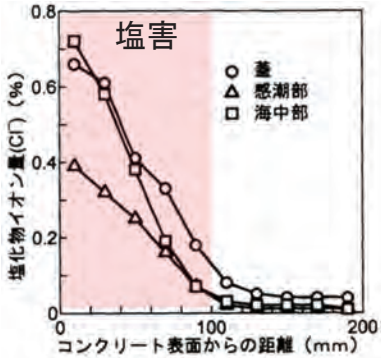
- 鉄筋コンクリートの寿命は、一般に30年～50年
  - 原因は、中性化、塩害、化学的腐食、凍害、疲労、風化、etc

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）

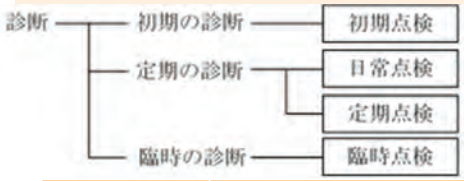
定期的な点検、補修、劣化抑制策等の対応が重要

廃止後も貯留構造物は半永久的に機能維持が必要





4.2 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

4.3 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

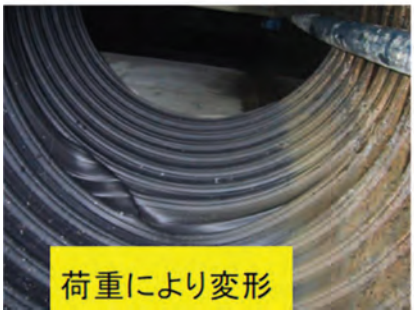
劣化要因	劣　化　機　構
光	光による遮水シート等の劣化は、光が当たる表面から生じる。光エネルギーは波長が短い方が強くなるが、遮水シート等の高分子材料の劣化が促進される波長は、300～400nm(近紫外線から紫の可視光線の範囲)である。高分子材料に光エネルギーが吸収されると、分子の化学結合が切断され劣化する。その機構の概要を下記に示す。 ①光エネルギーにより高分子材料が励起されラジカル(R･)が生じ、このラジカルが開始種となり高分子材料の分解反応が始まる。 ②ラジカルと空気中の酸素が反応しパーオキシラジカル(ROO･)が生じる。 ③パーオキシラジカルの分解反応が進みハイドロパーオキサイド(ROOH)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			

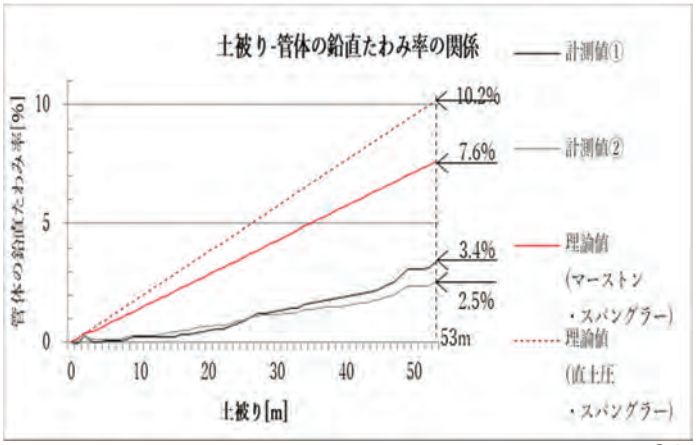
調査結果の解析と、劣化の評価モデルの検討は、今後の予定

5.3　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―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。

今後、曲げ応力も含めた設計法を検討していくとともに、信頼性の高い管種等を検討する。



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。

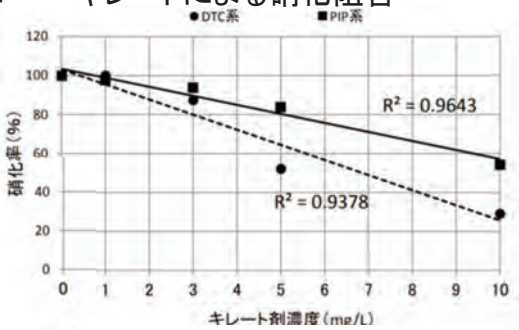
②点検手法については、次年度以降に検討

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。

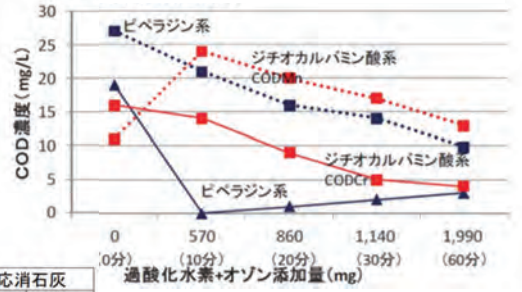
7.キレート由来物質の対応する浸出水処理施設

◎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	
飛灰発生量(乾)	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
飛灰発生量(湿)	1,344t		1,236t	
飛灰処分費(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	ー	-1.5	ー	-1.5
メタノール	ー	-1.3	ー	-1.3
計	ー	-2.8	ー	-2.8

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3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)		谷澤　房郎	大成建設㈱
○	庄司　茂幸	日本工営(株)		井塲　道夫	三ツ星ベルト㈱
	浜田　利彦	㈱大本組		福島　孝亮	㈱エイト日本技術開発
	柴田　健司	㈱大林組		中村　和弘	飛島建設㈱
	渡辺　修士	中電技術コンサルタント㈱		阿賀　裕英	(地独)北海道立総合研究機構
	小林　正利	㈱福田組		工藤　友康	八千代エンジニヤリング㈱
					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　廃止測定データの発生ガス等の状況調査方法
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　廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果
1.4.2　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

2

研究の概要

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。

3

研究の概要

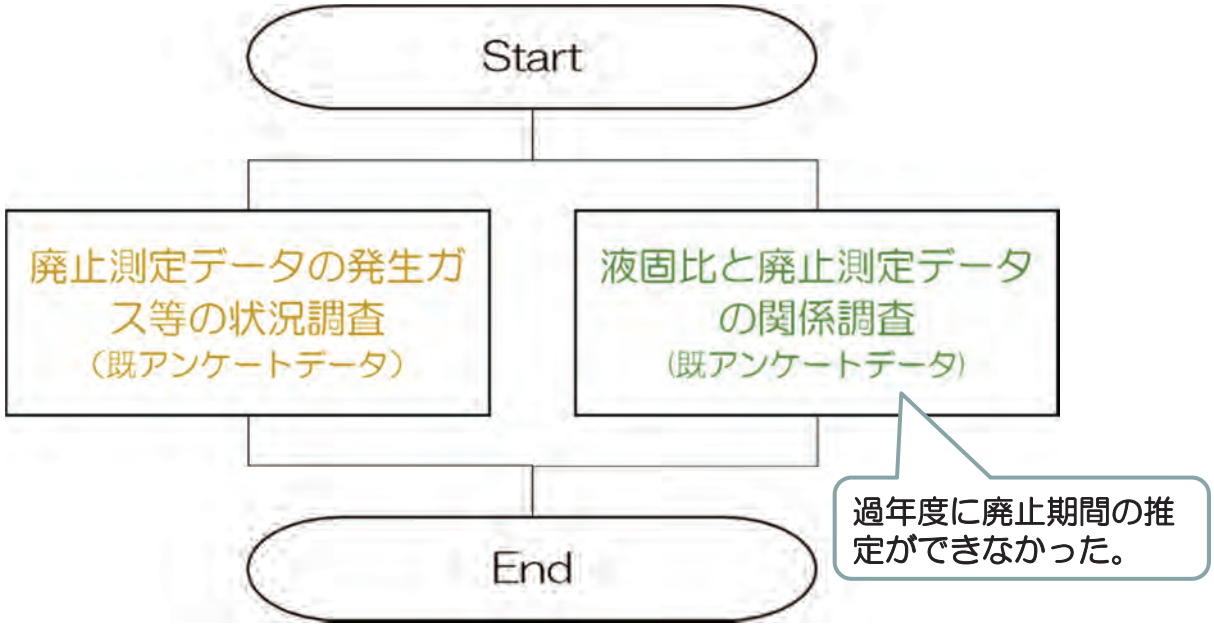
研 究 経 緯

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発生ガス等測定データの検討
	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

研究の概要

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。

8

研究の概要

研究の方法

廃止測定データの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、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する。今年度は1事例について整理した。

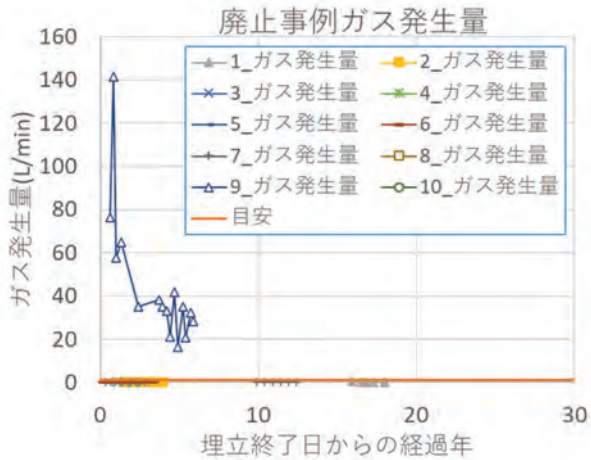
浸出水量の推定方法

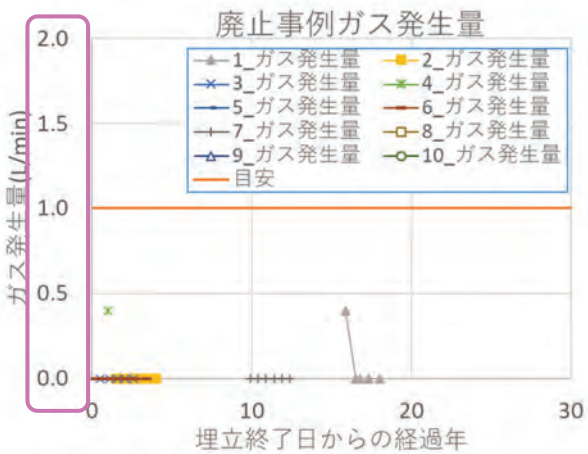
方法	合理式
埋立面積	埋立地全体（区分埋立は考慮しない）
月間可能蒸発散量	Blaney Criddle法
気象情報	近傍観測所の過去の気象データ

9

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



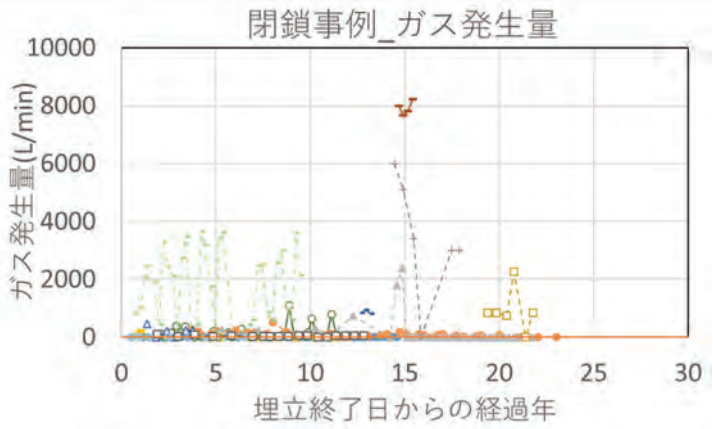


- 廃止事例のガス発生量は1事例を除き0.5L/min以下
- 最大約140L/minを示し、その後20L/minまで減少した事例
  ←この事例の測定方法の詳細は不明
  ←発生ガスの流量測定方法（例えば、外部からガスが流入する構造のガス抜き管での測定）および他の項目の測定値を考慮して総合的に判断し廃止したものと推察される。

10

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	率 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）

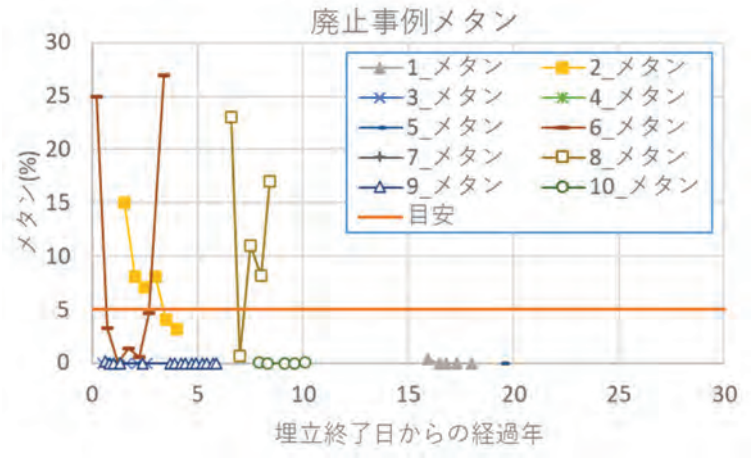
種別	傾き a	決定係数 R^2	期間	最大値
閉鎖	9.5	0.012	9.3	1100
	-8.8	0.286	19.3	516
	-28.1	0.044	16.5	2400
	-707.6	0.221	3.4	6000
	-97.6	0.015	2.4	2260
	-34.2	0.033	2.4	460
	2.4	0.000	8.8	3645
	-2.1	0.442	4.0	12.7
	-4.1	0.262	11.0	110

- 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

11

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

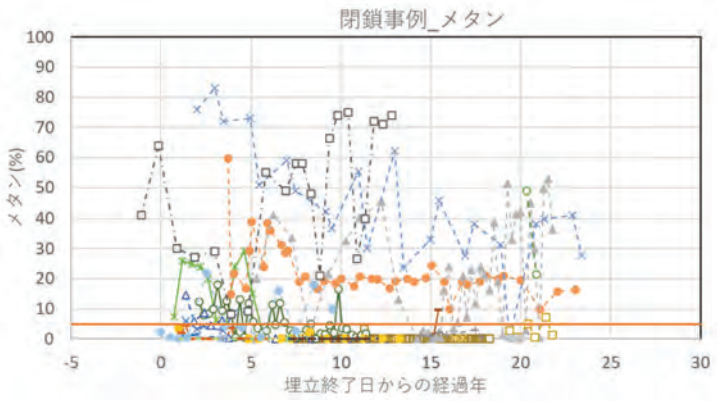


- メタン濃度が5%以下の事例が70%（10事例中7事例）
- 最大値が5%を超えている事例はばらつきが大きい
  ←この事例の測定方法の詳細は不明、ガス発生量はほとんどない事例
  →ガスが滞留または発生ガスの採取方法（例えば、時期、気象の影響など）のためと推察

12

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	率 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）

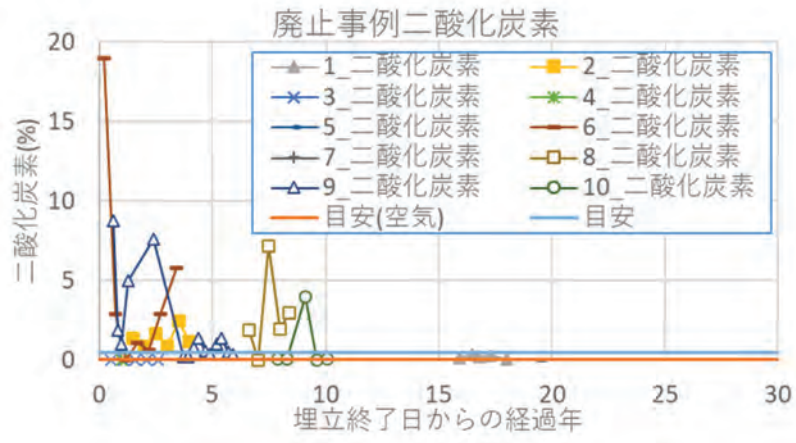
種別	傾き a	決定係数 R^2	期間	最大値
閉鎖	0.8	0.119	2.8	8.8
	-1.3	0.046	5.1	29
	-1.0	0.287	10.3	18
	-0.8	0.287	19.3	59.8
	0.5	0.017	16.5	53
	-2.2	0.545	21.6	83
	0.6	0.047	2.4	7.2
	-4.2	0.664	2.4	14.5
	1.0	0.187	9.5	22
	2.4	0.224	14.0	75

- 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

13

廃止測定データの発生ガス等の状況調査結果

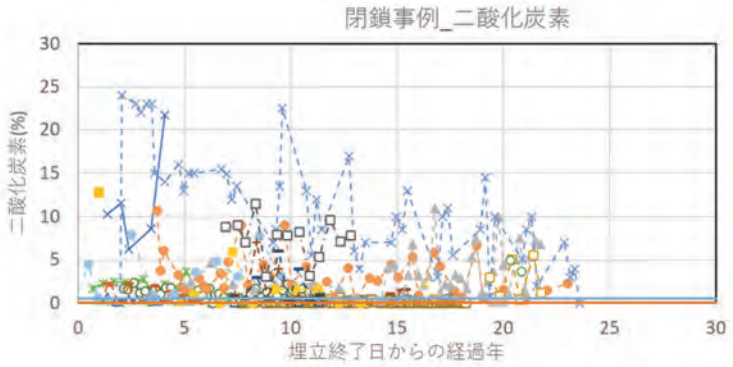
廃止事例の発生ガスの二酸化炭素濃度



- 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



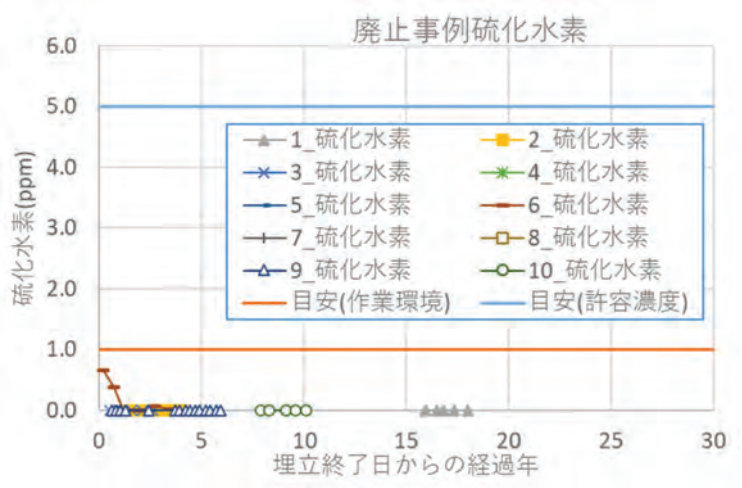
線形近似の傾き（期間＞2年かつ最大値>5）

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

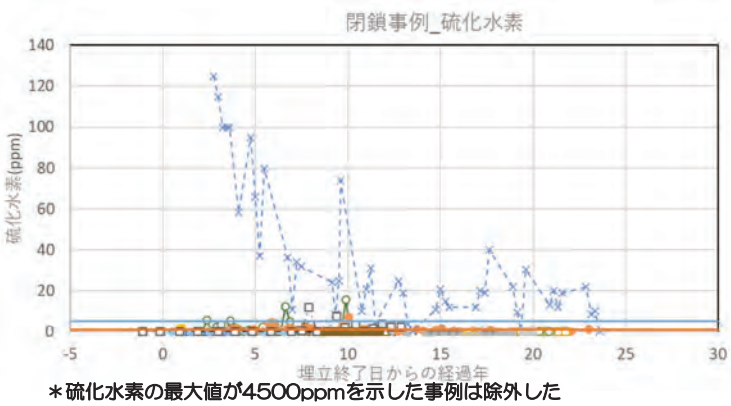
廃止事例の発生ガスの硫化水素濃度



- 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



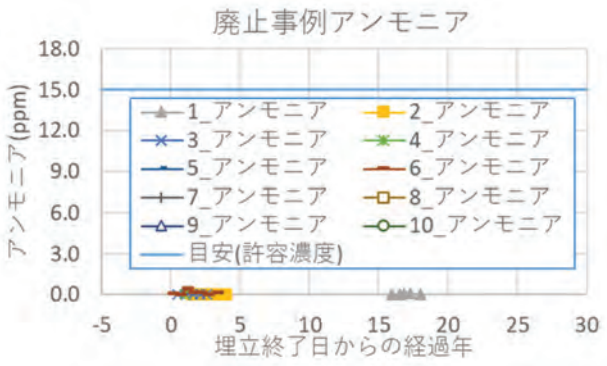
＊硫化水素の最大値が4500ppmを示した事例は除外した

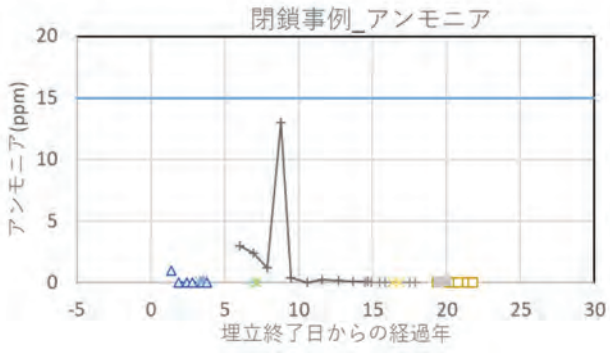
最大硫化水素濃度（閉鎖事例）（ppm）	事例数	率	
		節囲別	累計
定量下限値	15	60.0	60.0
0～1	3	12.0	72.0
1～5	2	8.0	80.0
5～10	1	4.0	84.0
10～25	2	8.0	92.0
25～	2	8.0	100.0
合計	25	100.0	－

- 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



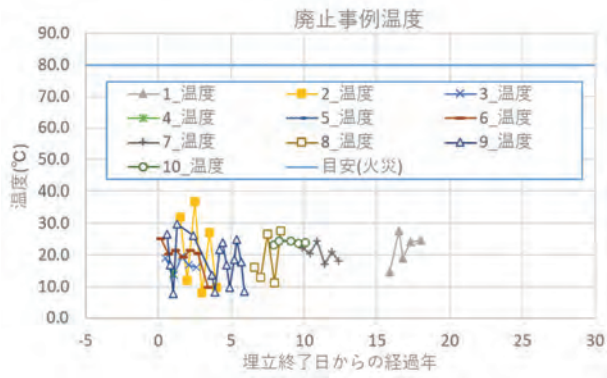


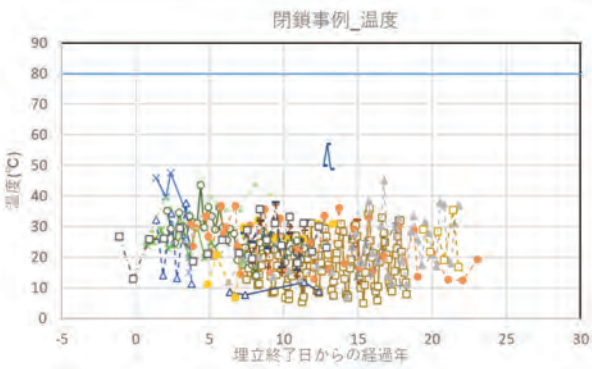
- 廃止事例、閉鎖事例共に、全ての測定値が低い値

18

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





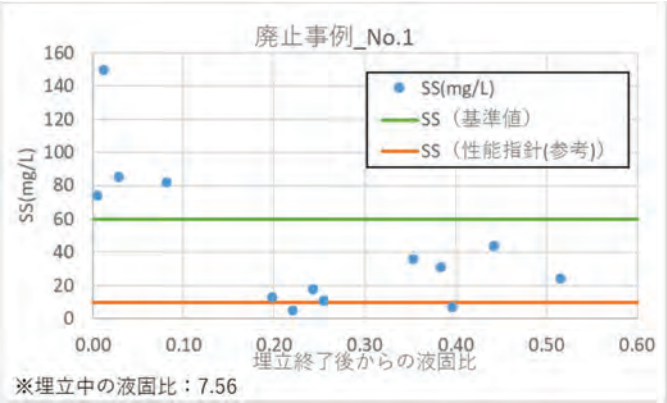
- 廃止事例、閉鎖事例共に、埋立層内温度のほとんどが10℃から40℃と地温程度と判断できる

19

液固比と廃止測定データの関係の調査結果

廃止測定データ一例

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



まとめと今後の課題

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

今後の課題

- 継続的な廃止事例の調査が必要
- 発生ガスのメタン濃度の精査が必要
- 液固比と浸出水物質濃度の関係の精査が必要

【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。

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３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	大成建設(株)		田中　裕一	五洋建設㈱
○	坂本　篤	日本国土開発㈱		平山　涼一	㈱エイト日本技術開発
	木村志照	㈱大林組			
	小竹茂夫	㈱大林組		松岡　巨恒	中外テクノス㈱
	古野間 達	鹿島建設㈱	☆	上田　滋夫	個人会員
	小林　薫	茨城大学			
	肴倉　宏史	国立環境研究所			

◎主査，○副主査，☆アドバイザー

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

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）を対象
- 令和元年（2019年）度は海面処分場を除いた、陸上処分場（1653カ所、945地方公共団体）についてアンケート送付
- 発送先：上記環境省実態調査結果および廃棄物年鑑の地方公共団体担当部署住所を参照

アンケート調査

<u>基本事項</u>

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

<u>追加事項</u>

埋立物（項目、割合、埋立量）、覆土、浸出水集排水管、ガス抜き管

<u>回収方法</u>

① Web入力

② 紙アンケート返送

③ エクセルシート返送

アンケート時期と回答数

2019年11月より分科会を開始
　アンケート調査方法、項目等の検討
2020年3月初旬発送
2020年6月回収終了

ご協力いただいた地方公共団体：259団体（27.4%）
処分場総数：394処分場（23.8%）
（2022年3月再チェック集計漏れ追加）

これまでの進捗状況

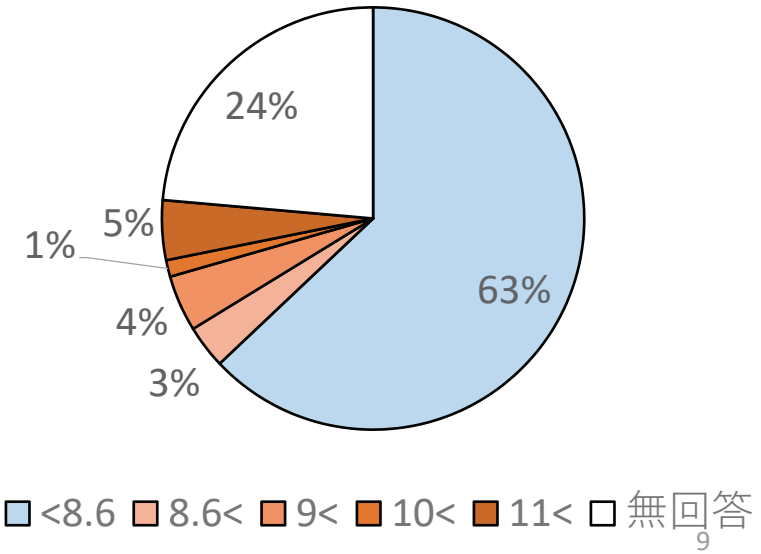
2019年3月アンケート発送
2020年6月アンケート回収終了・アンケート集計開始
　8月　Web分科会
　11月　基本事項分入力終了～データ確認集約
　12月　概要集約
2021年2月　Web分科会
　2月～　追加事項分整理開始
2021年8月　Web分科会
　　11月　追加事項集計終了、メール分科会
2022年1月　全国都市清掃会議事例・研究発表会（紙上発表）
　　3月再チェック（集計漏れ追加）
　　5月　web分科会

集計結果（集計漏れ修正版）

- 浸出水pH（最大or平均）

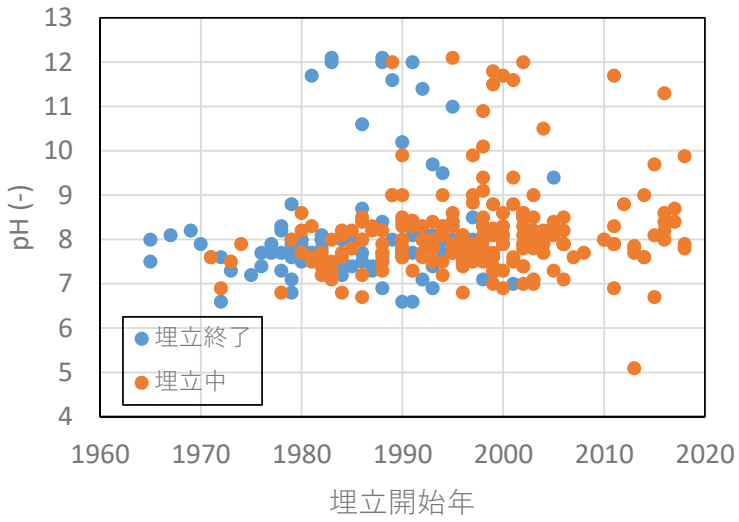
- pH10以上　6%

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



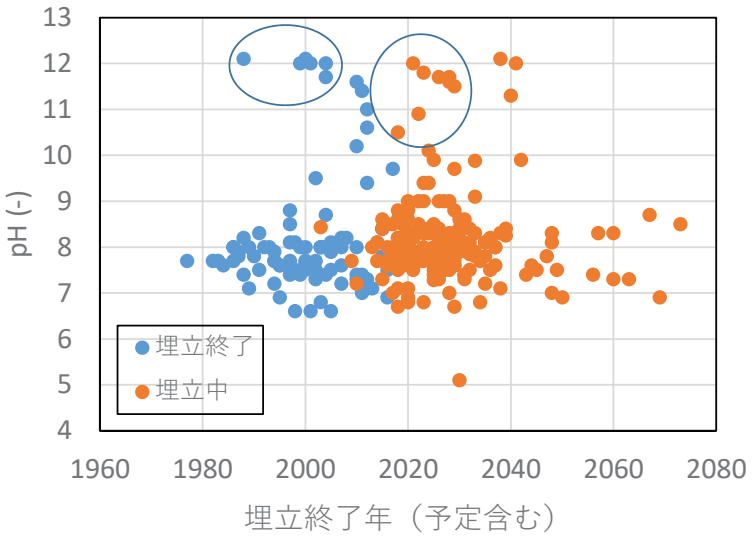
埋立開始年

- 埋立開始が近年でも高pHは存在する。必ずしも古い処分場ではない。埋立終了の処分場でpH10以上が11施設存在



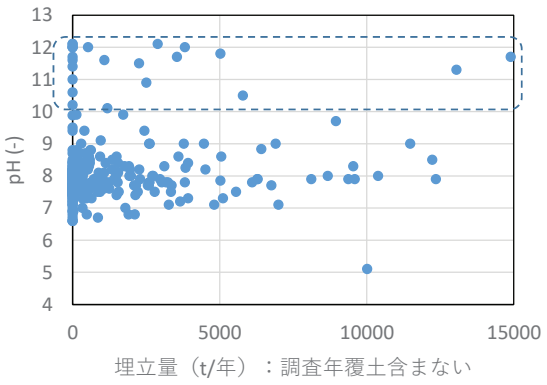
埋立終了年（予定）

- 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

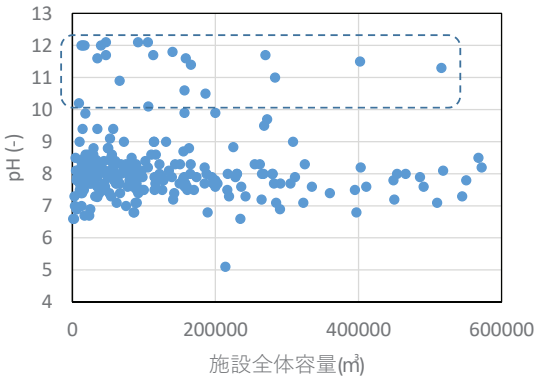


埋立量、残余容量

- 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。



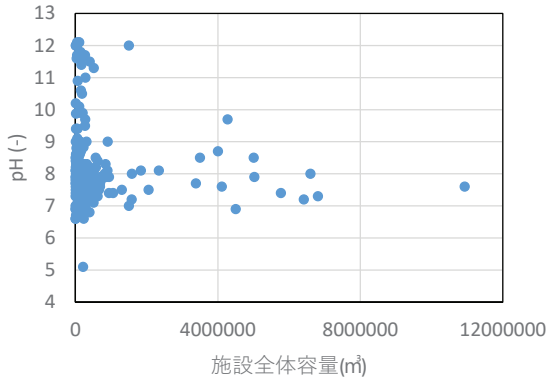
15000t/年以下のみ表示

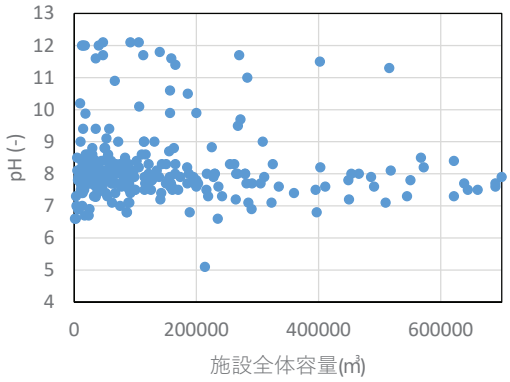


500,000m³以下のみ表示

施設全体容量

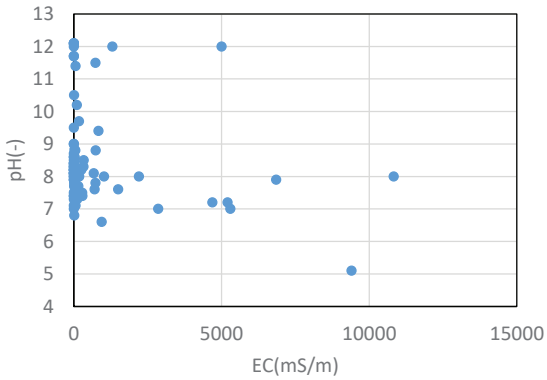
- pH10以上22施設は550,000m^{3}以下

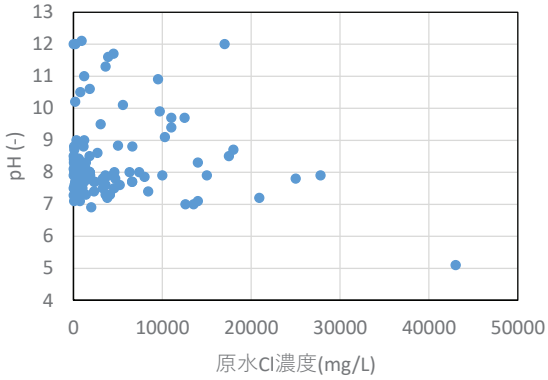




EC（電気伝導率）vs pH、 Cl(塩化物イオン) vs pH

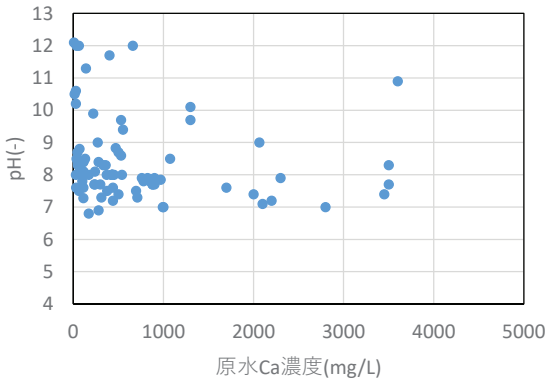
- EC, Cl$^-$は回答が少ないため、傾向を見ることは困難





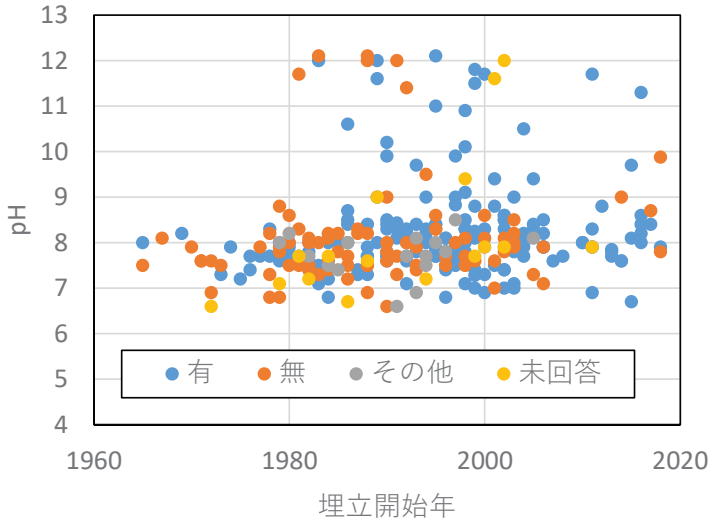
Ca vs pH

- 高pH要因に関係するCaですが、回答件数も少ない状況



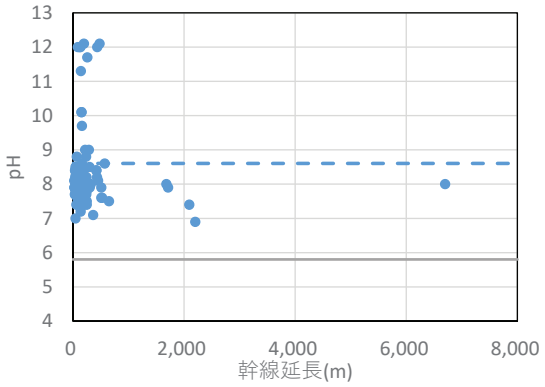
底部集排水管と竪型ガス抜き管の接続

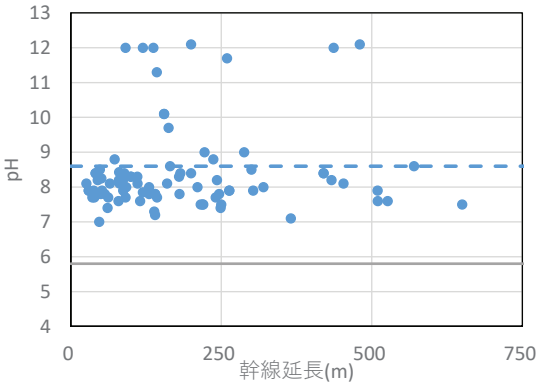
- 接続有でも高pHの処分場が多数存在



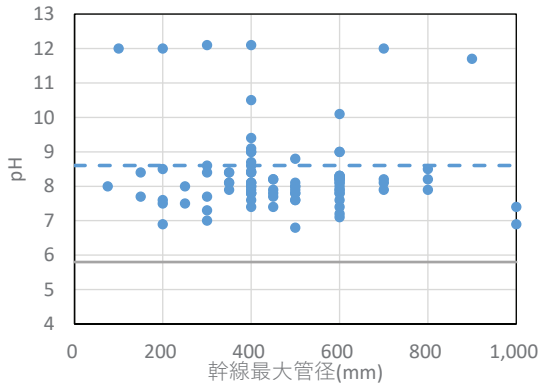
追加事項（集排水管関連の影響）

- 幹線延長

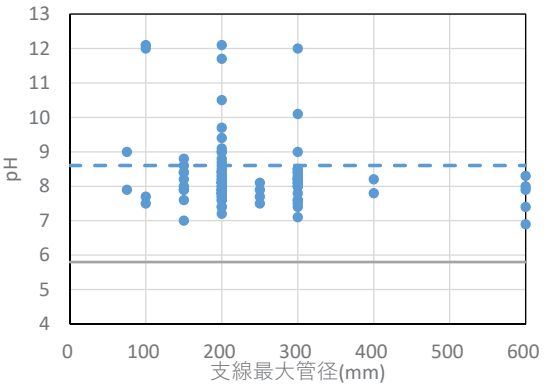




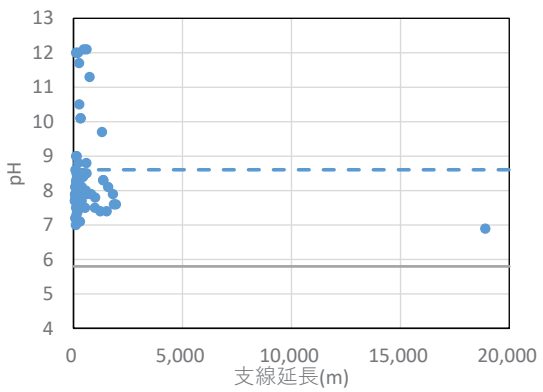
- 幹線管径

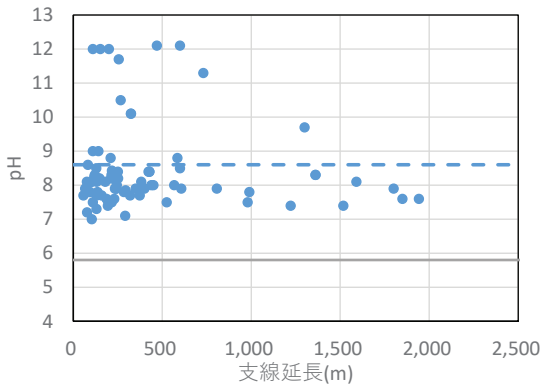


支線管径



- 支線延長





その他、幹線延長/面積、幹線集排水層体積、支線延長/面積、支線集排水層体積など検討、報告書参照

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。

該当する地方公共団体について、今後、ヒアリング等進めたい

令和3年度外部発表

- 第3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

一般廃棄物最終処分場の高pH浸出水アンケート調査

まとめ

- 一定数の処分場（pH10以上23件）で浸出水pHが高い処分場が存在した。なお、高pH浸出水に関して課題があるというコメントは3件程度で、浸出水処理では中和操作は容易でコストも低いため問題とされていない可能性もある。今後、廃止に向けて潜在的な課題を抱えている可能性が考えられた。
- 令和3年度は、アンケートの追加事項（埋立物、覆土、集排水管、ガス抜き）調査票の入力を実施
- データの整理、解析を継続中
- 令和3年11月までのデータ→全国都市清掃事例・研究発表会および「都市清掃」で公表
- 今後、陸上の処分場での高pH浸出水発生事例についての現地（またはメール）ヒアリング調査を中心に実施、pH低減技術の整理なども検討

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
熊谷　とも絵	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

- ✓ APLAS2020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
- ✓ Mini　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

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

Transition of Landfill waste in Japan

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

Waste emission amount and social situation

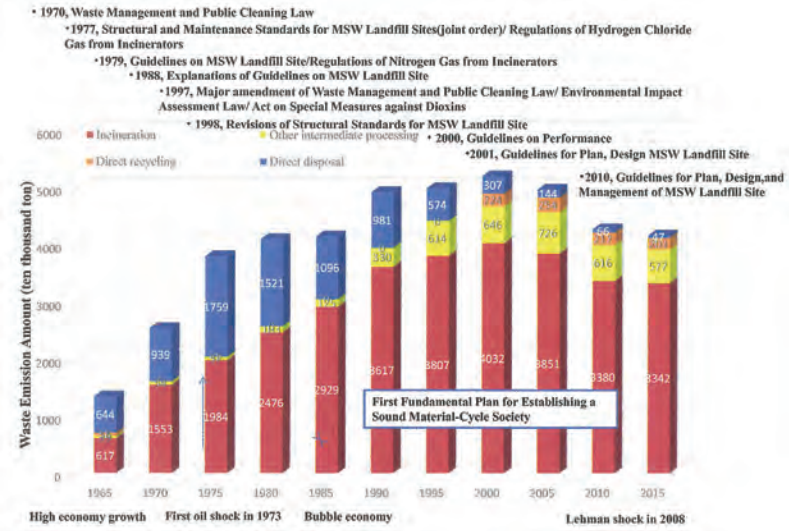


Fig. Waste emission amount and social situation (Higuchi S 2015)

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

Transition of landfill disposal amount

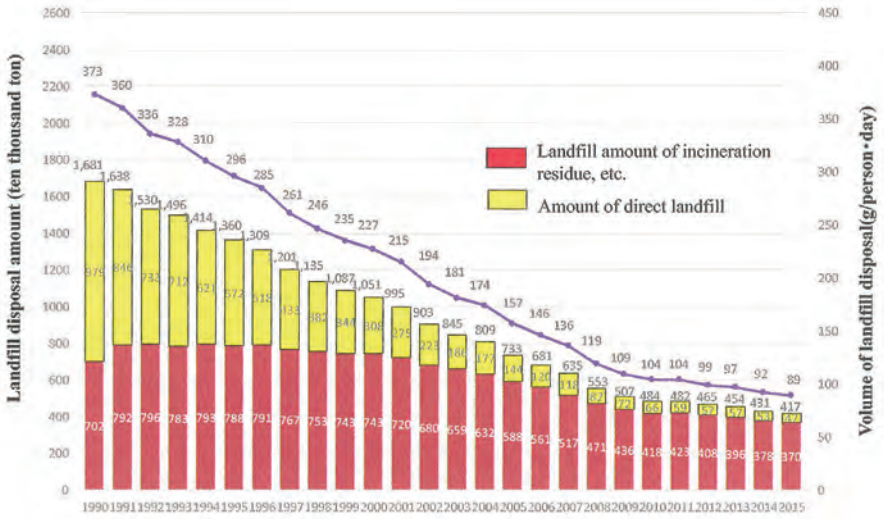


Fig. Transition of landfill disposal amount (Waste Recycling Office, Ministry of Environment 2012, 2017)

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

Transition of landfill disposal amount

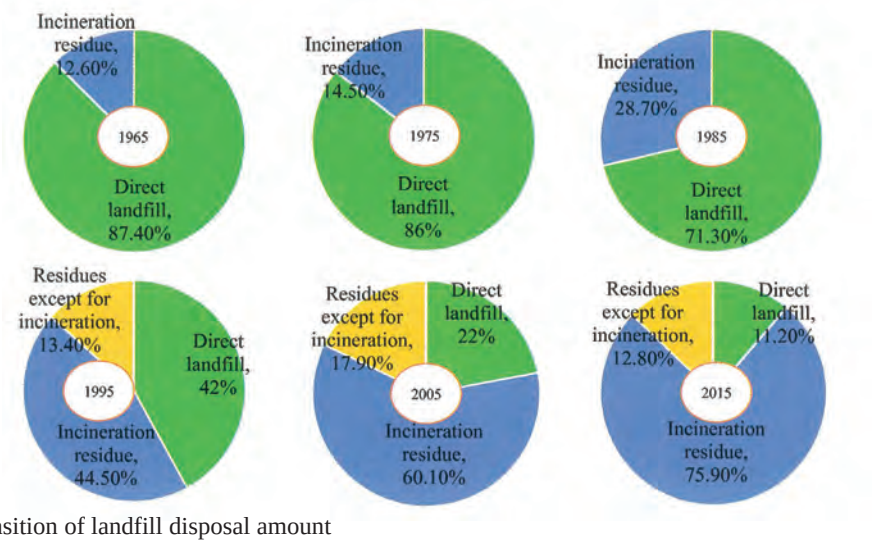


Fig. Transition of landfill disposal amount
(Waste Recycling Office, Ministry of Environment 2017; Environmental Industry Newspaper Company 2014)

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

Landfill sites in 1960s in Japan

Fig. Landfill sites in 1960s

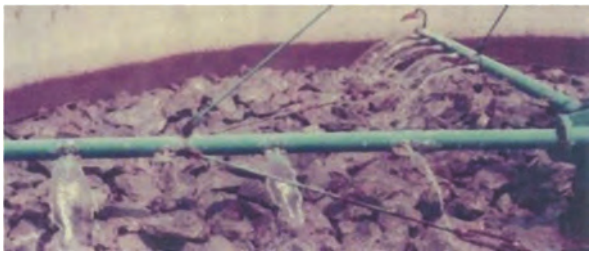


Fig. Leachate treatment by sprinkling filtration

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

Landfill sites after 2000 in Japan

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

Issues for Landfill

Route of waste treatment

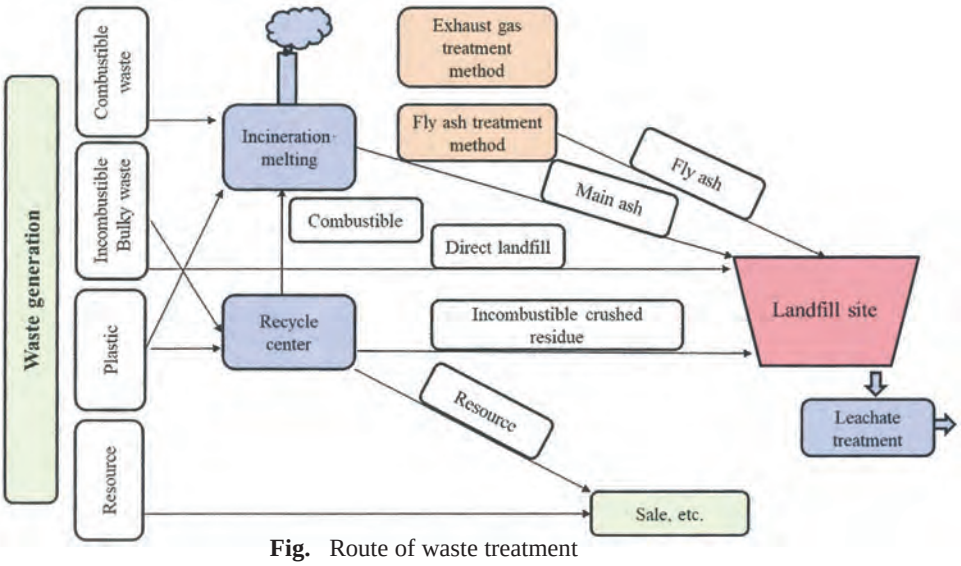


Fig. Route of waste treatment

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

Conceptual diagram of landfill waste quality transition

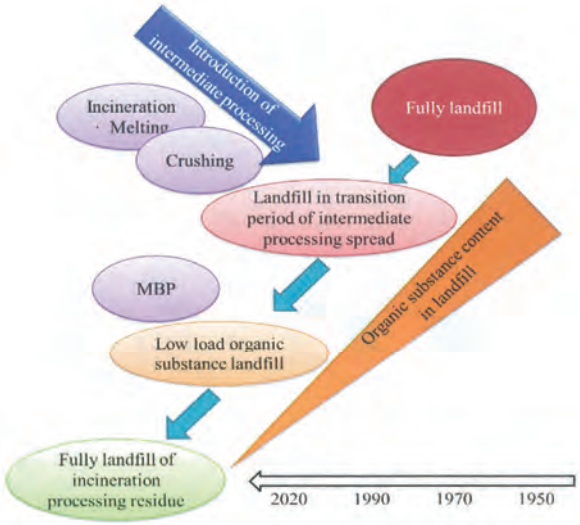


Fig. Conceptual diagram of landfill waste quality transition

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.*

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

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.*

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

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.*

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

The Problem of Remaining Chelate

Problem of Remaining Chelate

- *High concentration inorganic salts problem because of the increase in the ration of incineration residue of landfill waste at landfill sites together with recent interference problems with the treatment of nitrogen and COD in leachate due to the influence of organic chelate used for stabilization treatment of fly ash became to come out.*

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

Proportion of incineration facilities

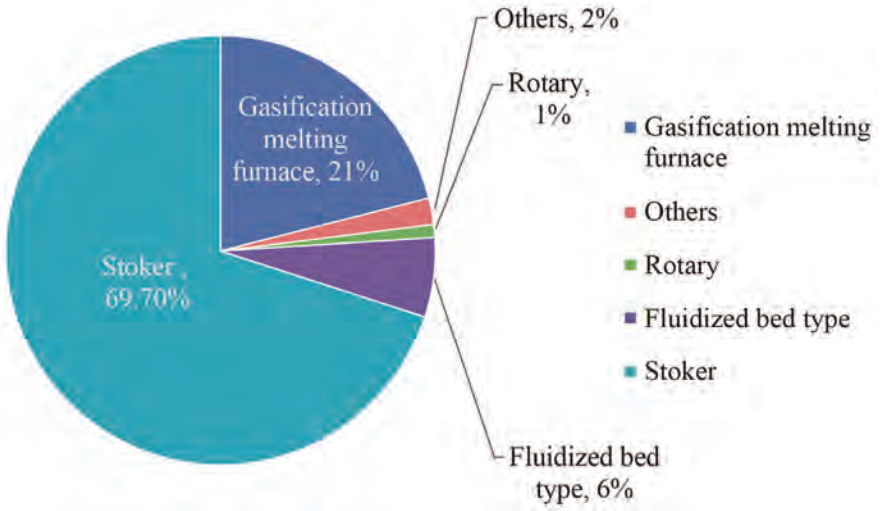


Fig. Proportion of incineration facilities

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

Proportion of gasification melting furnace

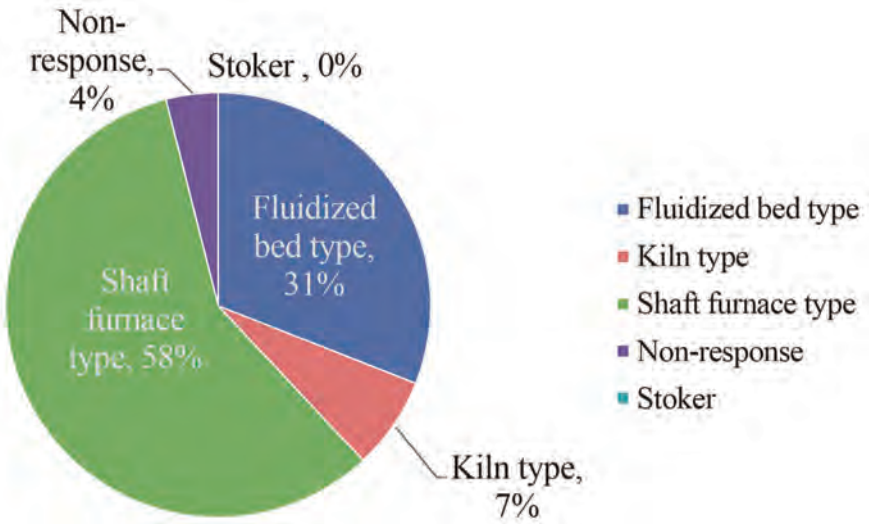


Fig. Proportion of gasification melting furnace

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

Effect of Chelate Treatment

Nitrogen source per ton of incineration residue

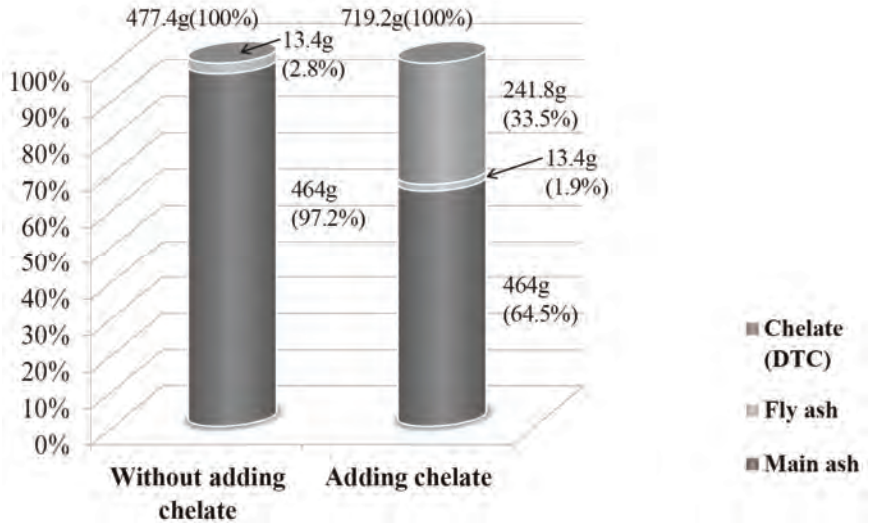


Fig. Nitrogen source per ton of incineration residue

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

CODMn supply source per incineration residue

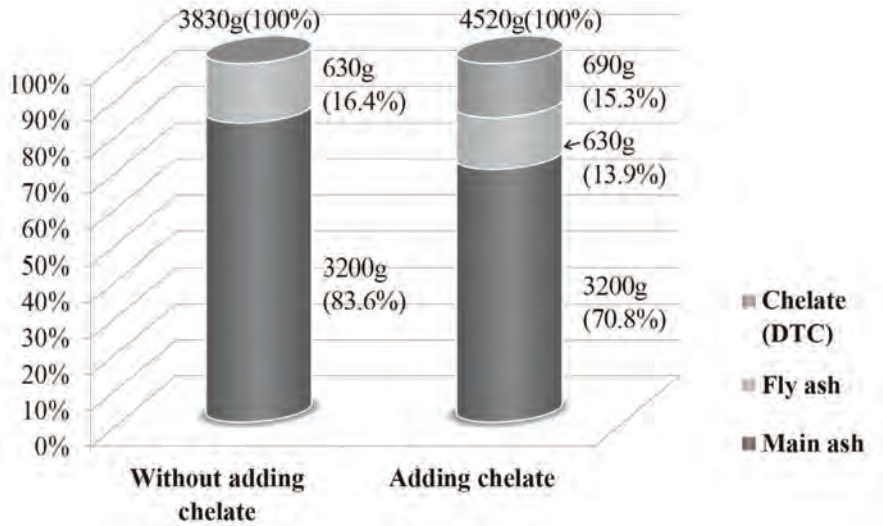


Fig. CODMn supply source per incineration residue

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

Guidelines of MSW Landfill Sites

The changes in landfill waste materials

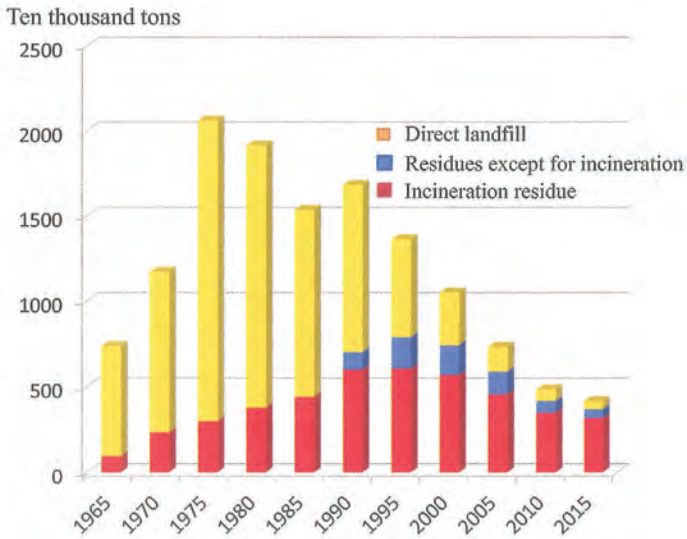


Fig. The changes in landfill waste materials

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

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

Leachate treatment flow

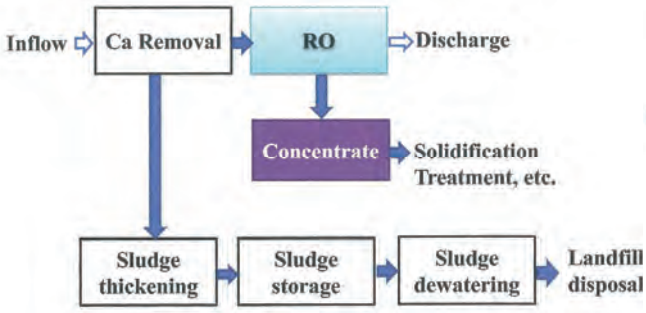


Fig. Leachate treatment flow (RO method)

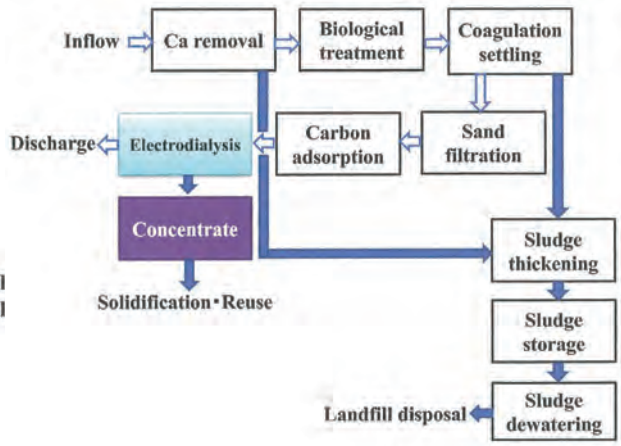


Fig. Leachate treatment flow (ED method)

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

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

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

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.

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

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.

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

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.

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

Conceptual diagram of a semi-aerobic landfill

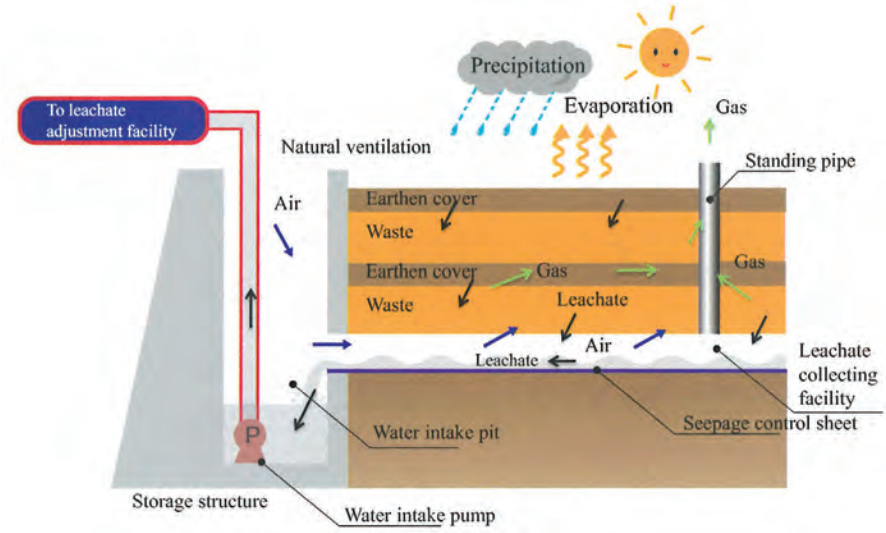


Fig. Conceptual diagram of a semi-aerobic landfill

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

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