

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
研究分担者

北海道大学

○石井一英
落合 知

I はじめに（研究背景）

1. 最終処分場長寿命化と機能・定期検査

GOOD

3R推進により、
最終処分量が減少

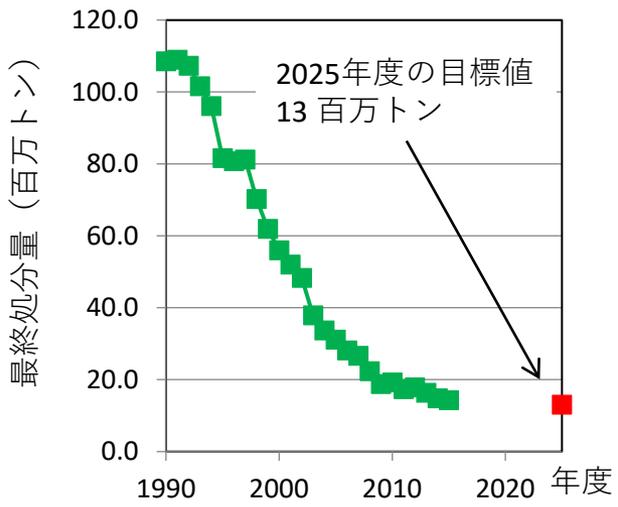


図1 最終処分量の推移 (循環白書2018)



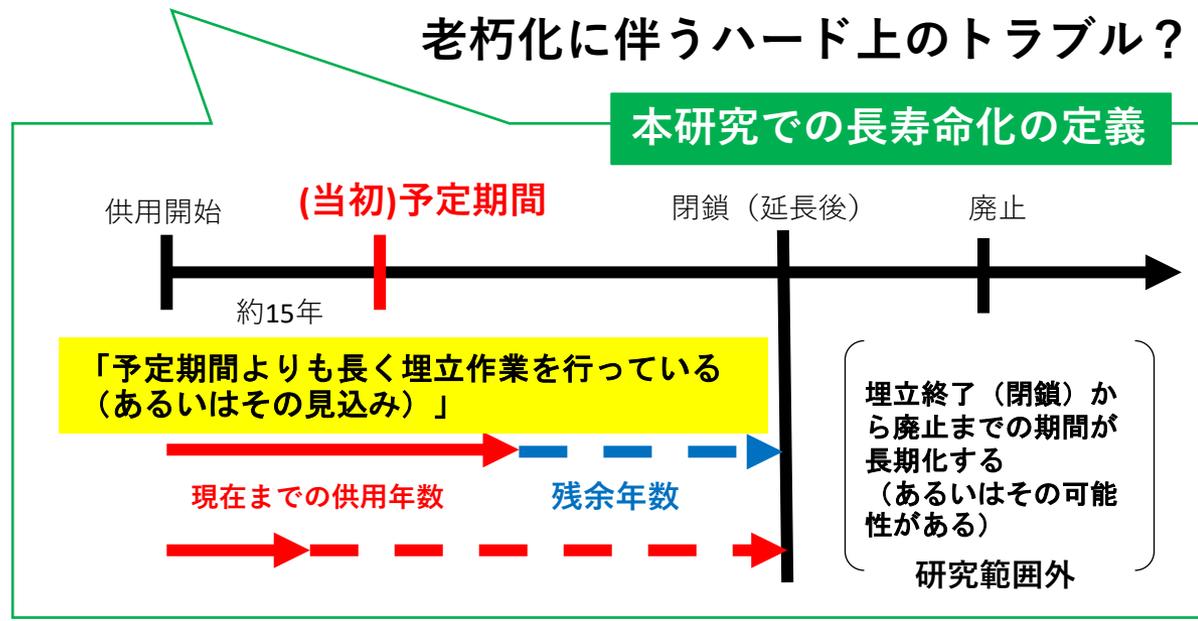
GOOD

- ・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

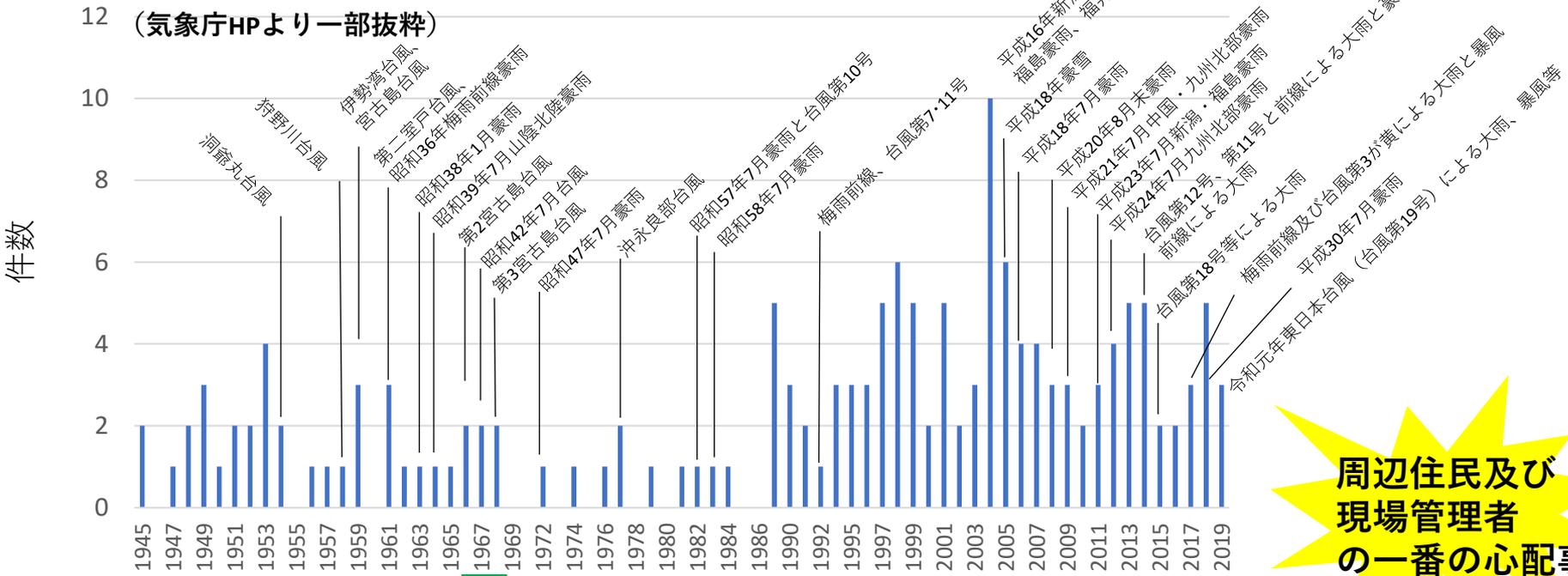
定期検査制度 (廃棄物処理施設の定期検査ガイドライン、H23年)

→ 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)

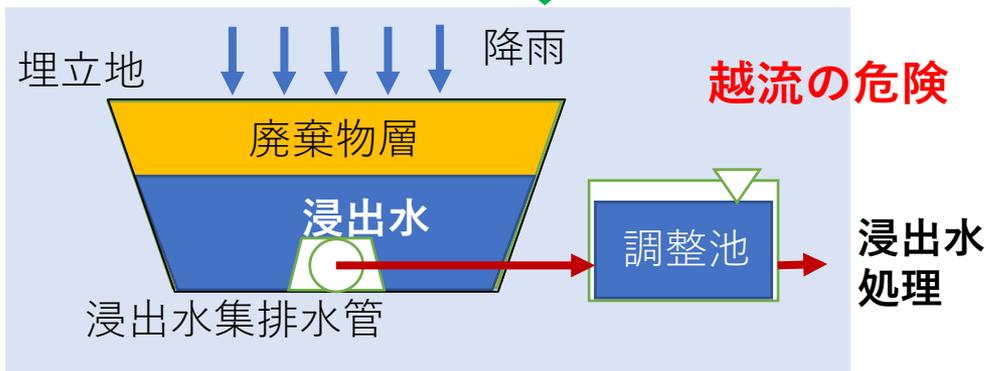
2. 雨の降り方の変化と浸出水管理

行政ニーズへの適合性
(必要性1)

災害をもたらした気象事例は増える一方！



雨の降り方の変化



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

II 研究開發目的

III 研究目標

3. 研究目的・ゴール・アウトカム

<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

IV 研究開発内容

4. 研究内容の全体像

研究項目	1年目	2年目	3年目	成果
<p>①実態調査 ①-1 (石井) 機能検査の実態調査</p> <p>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)</p>	<p>◇アンケート&ヒアリング調査による実態把握</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>◇機能検査の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浸出水処理施設の機能検査 (1件) 	<p>◇問題対応の事例調査 (10件)</p> <p>◇機能検査の実施 (2件)</p>		<p>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)</p>
<p>②機能検査マニュアルの策定 (石井)</p>		<p>◇マニュアル (案) の作成</p>	<p>◇マニュアル完成</p>	<p>②-1 (別冊2) 長寿命化を想定した機能検査マニュアル (環)</p>
<p>気候変動適応マニュアルの策定</p>		<p>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</p>		<p>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)</p>
<p>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)</p>	<p>◇浸出水発生量予測モデルの構築 <u>(予定より前倒して達成)</u></p> <p>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</p> <p>モデルB Deep Learningを用いた発生量予測モデル</p>	<p>◇浸出水発生量・水質の予測モデルの完成</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 <p>◇浸出水処理プロセスのモデル化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 	<p>◇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 <u>(予定にない項目を達成)</u></p> <p>◇浸出水処理施設リニューアルケーススタディ</p> <p>◇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</p>	<p>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)</p> <p>※し尿処理施設・汚泥再生処理センター編は存在</p> <p><①~③のまとめ></p> <p>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)</p>

V 研究成果

V-1 成果の概要

V-2 環境政策等への貢献には、
スライドに **環境政策等
への貢献** が付いています。

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

	一般廃棄物最終処分場	産業廃棄物最終処分場
長寿命化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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) <p>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</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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% <p>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</p>
長寿命化に伴うトラブル	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 <p>への問題対応の割合が供用10年以降増加</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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	<p>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</p>	<p>34.0% (N=61) 内、44.0% (N=34) が年に1度以上 9% (N=34) が越流危機</p>
点検	<p>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%</p> <p>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</p>	<p>自主点検実施せず： 15% 第三者機関による機能検査： 14%</p> <p>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</p>

・ **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

機能検査マニュアルの目次

はじめに

1. 機能検査の必要性和普及に向けた課題

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 機能検査の必要性和メリット

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)

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発生量予測



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)



9. ③浸出水発生量予測モデル

既存の浸出水発生量の予測

①合理式による推定

②時間遅れを考慮したモデル

- ・タンクモデルの考え方を応用

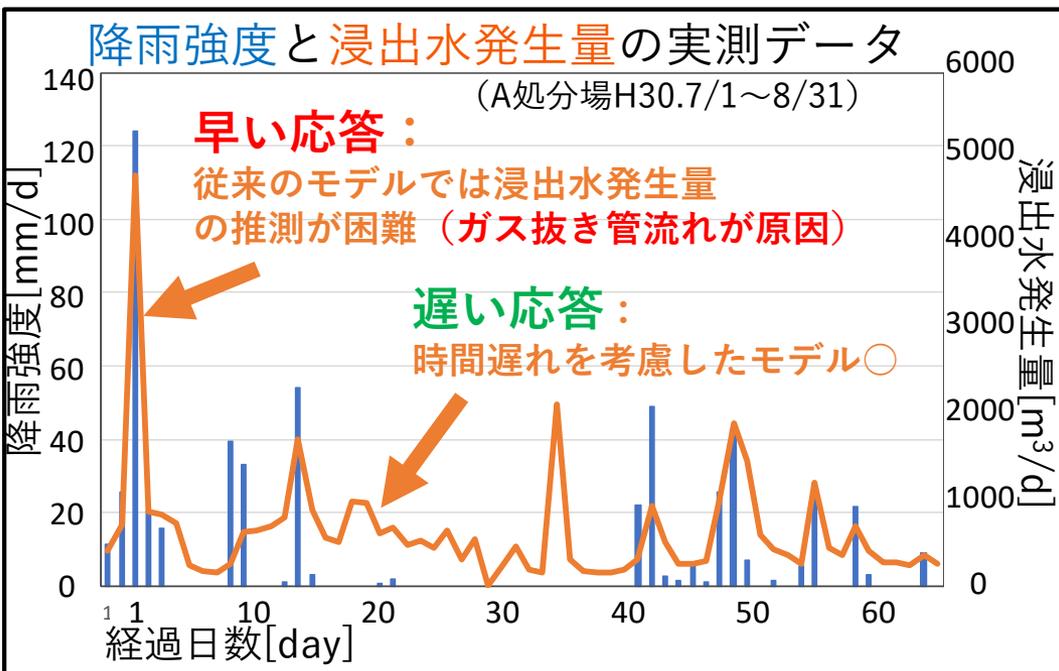
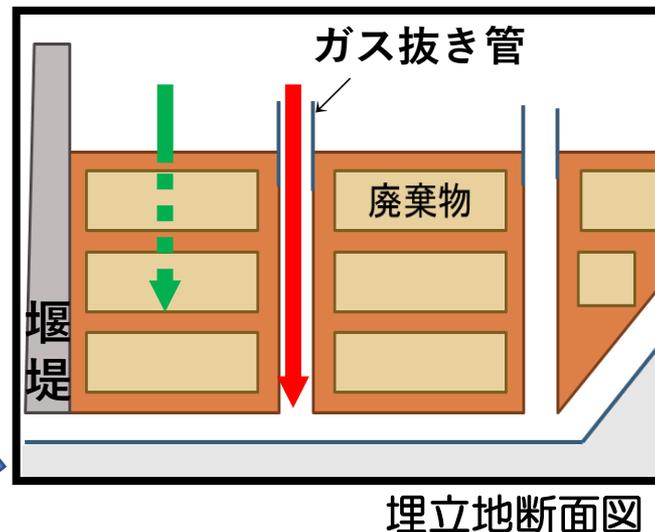
全国都市清掃会議

廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領

2010改訂版, 2010

実際は？

- ・高密度埋立
- ・ごみ層の透水係数小
- ・ガス抜き管流れ



本研究で
開発したモデル

①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・設計・気候変動
対策に利用)

②Deep Learningによる
浸出水発生量予測モデル
(回帰モデル・気象予報と連動した
短期的予測に利用) (発表なし)

降雨と浸出水量の応答関係にAIを利用できないか？

10. ③ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル 15

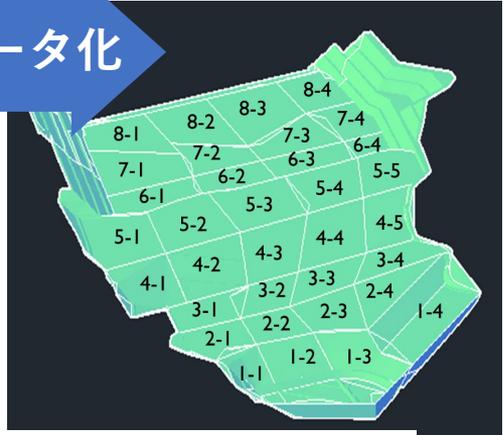
①実処分場 N処分場

埋立量 (面積・深さ)
集排水管, ガス抜き管の位置



② 3Dモデル

3Dデータ化



③ 区画分け

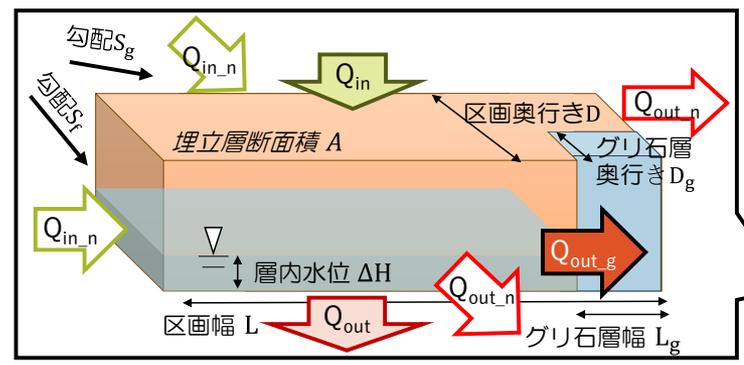
着色エリア(61%)
→埋立済み

簡略化

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

第三埋立エリア
第二埋立エリア
第一埋立エリア

基本的な仕組み：処分場を要素ごとに層分けし、各層の水の流入出を計算



基本単位となる「区画」

ガス抜き管

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

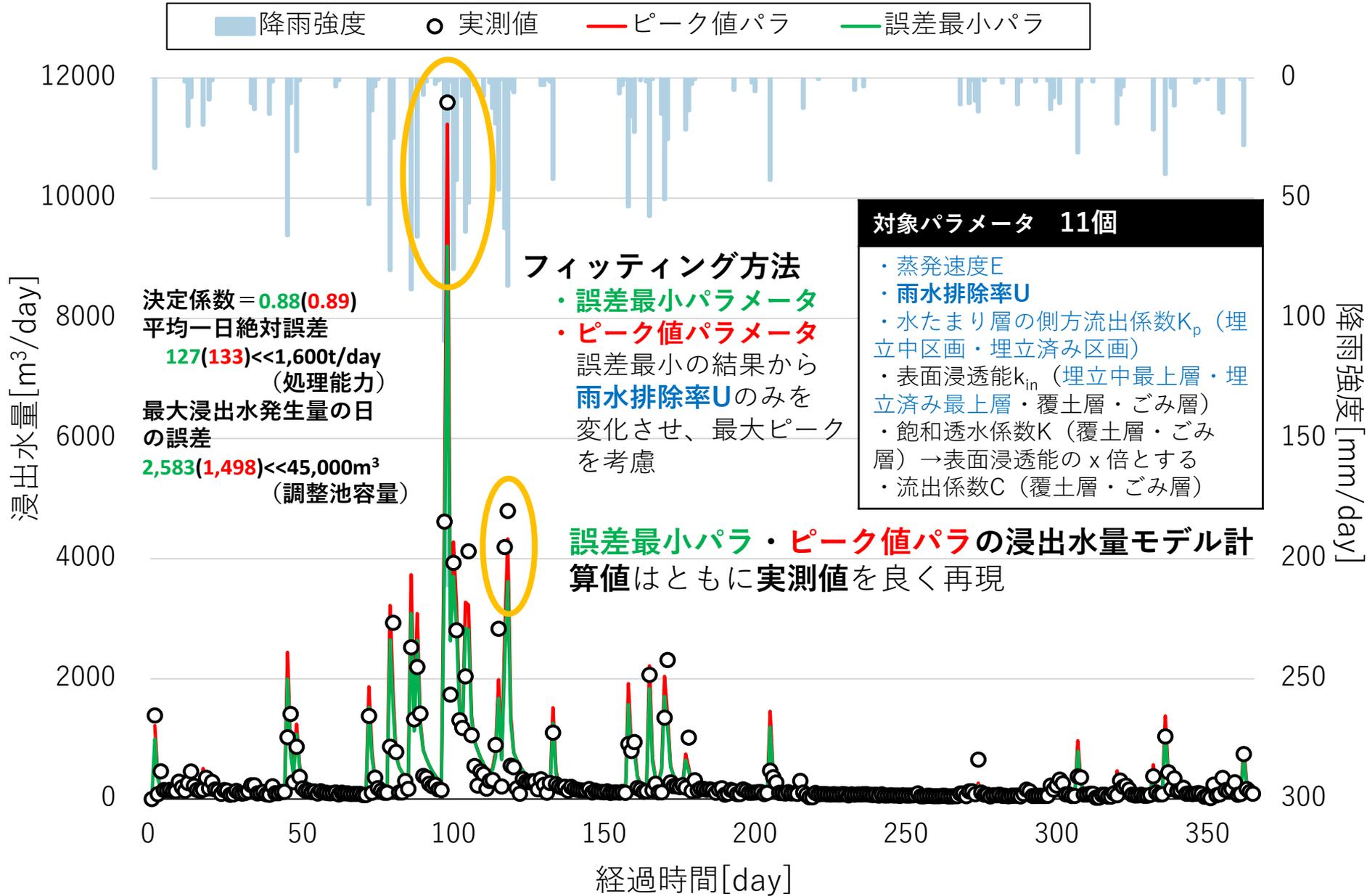
$$Q_{out} = \frac{\Delta H \cdot A \cdot C_4}{dt} \quad \text{ただし} \quad \frac{Q_{out}}{A} \leq k_{in5}$$

区画名称
一辺の長さ[m]
平均深さ[m]

調整池
4567 m²

K₄：第4層の飽和透水係数[m/h] C₄：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]

11. ③ 浸出水量実測値とモデル計算値の比較 (N処分場) 16



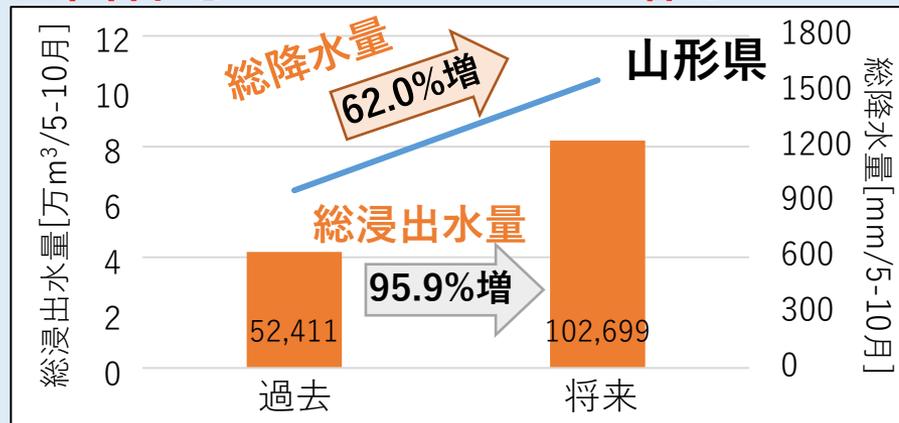
12. ③2100年までの最大降雨予測データによる全国浸出水量発生量予測

予測年間※2総浸出水量
(将来豪雨)

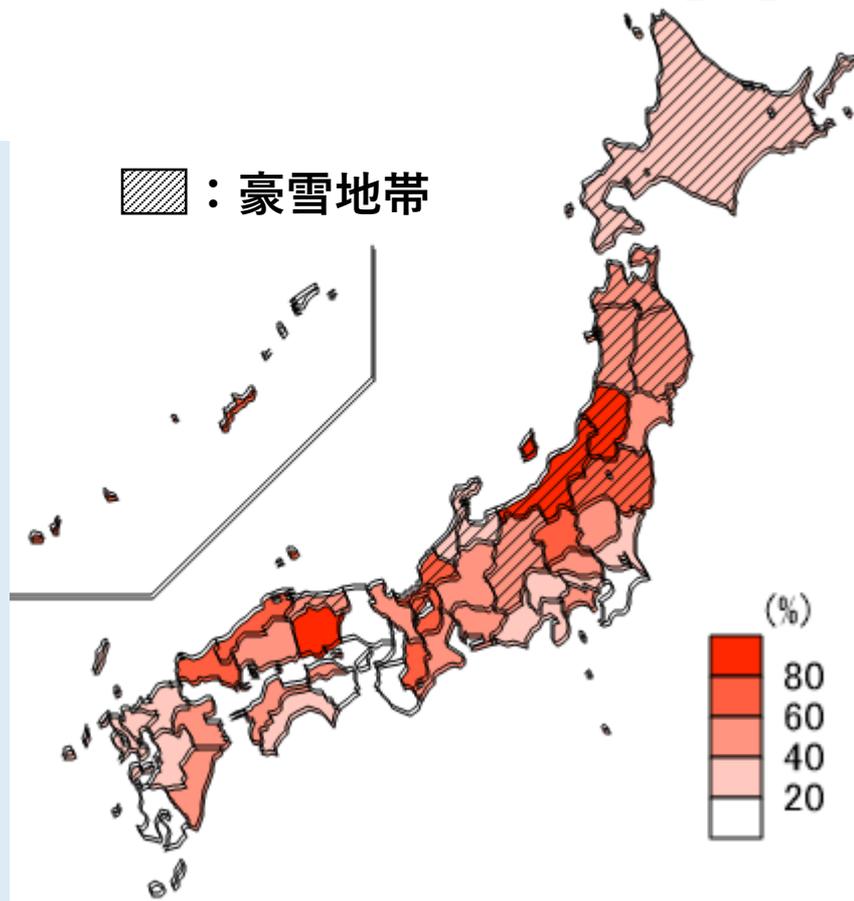
予測年間※2総浸出水量
(過去豪雨)

$-1 \times 100 =$ 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

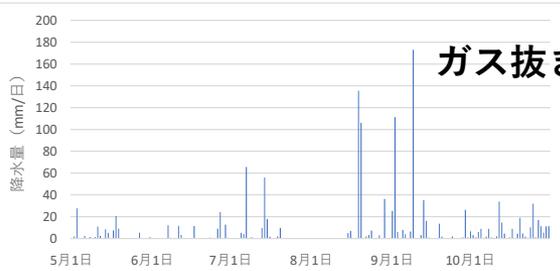


全国の総浸出水量の最大増加率※1

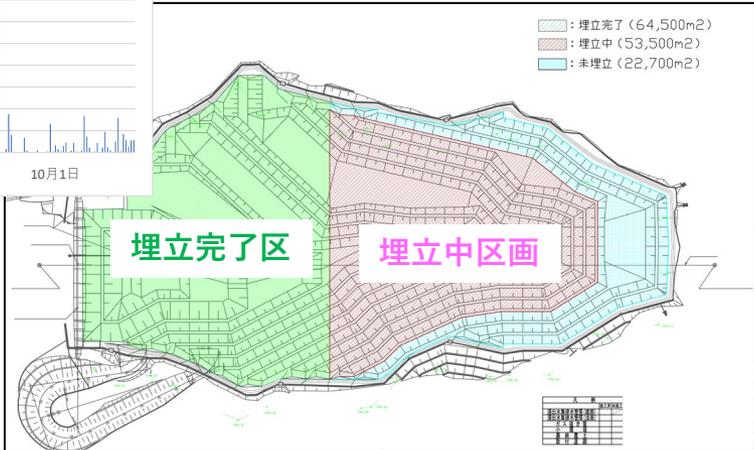
※1：北海道はA処分場の座標と釧路市の平均値

※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

13.③ 浸出水処理施設リニューアルケーススタディ (A処分場)



ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル

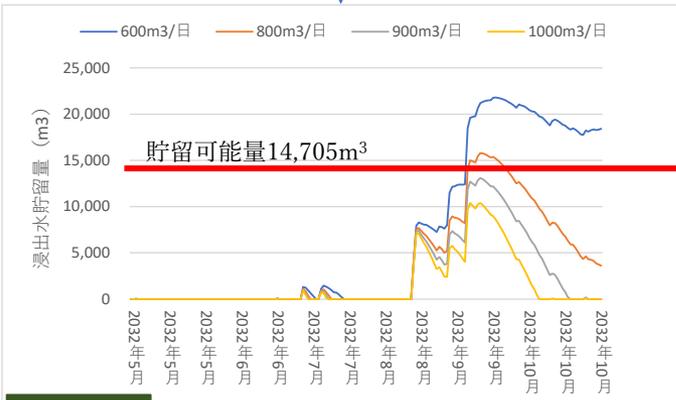


放流水質 (一部抜粋)
BOD 20 mg/L, COD 30 mg/L, T-N 10 mg/L

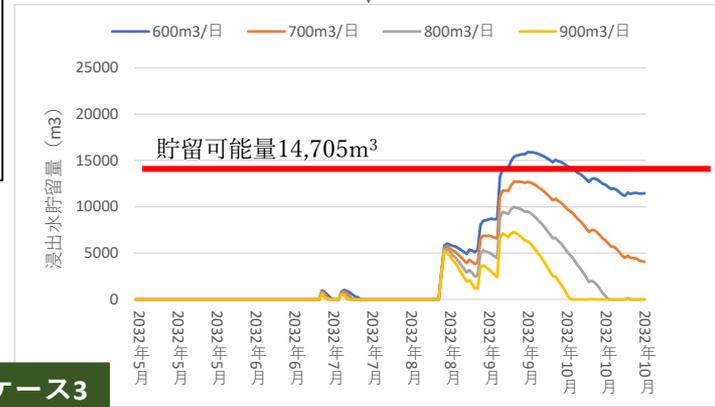
浸出水発生抑制策あり
埋立完了区：水路増強 (20%向上)
埋立中区画：覆土敷設 (区画の20%)

将来最大降水量2032年 (MICRO5気候モデル)

浸出水発生抑制策なし



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

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

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)

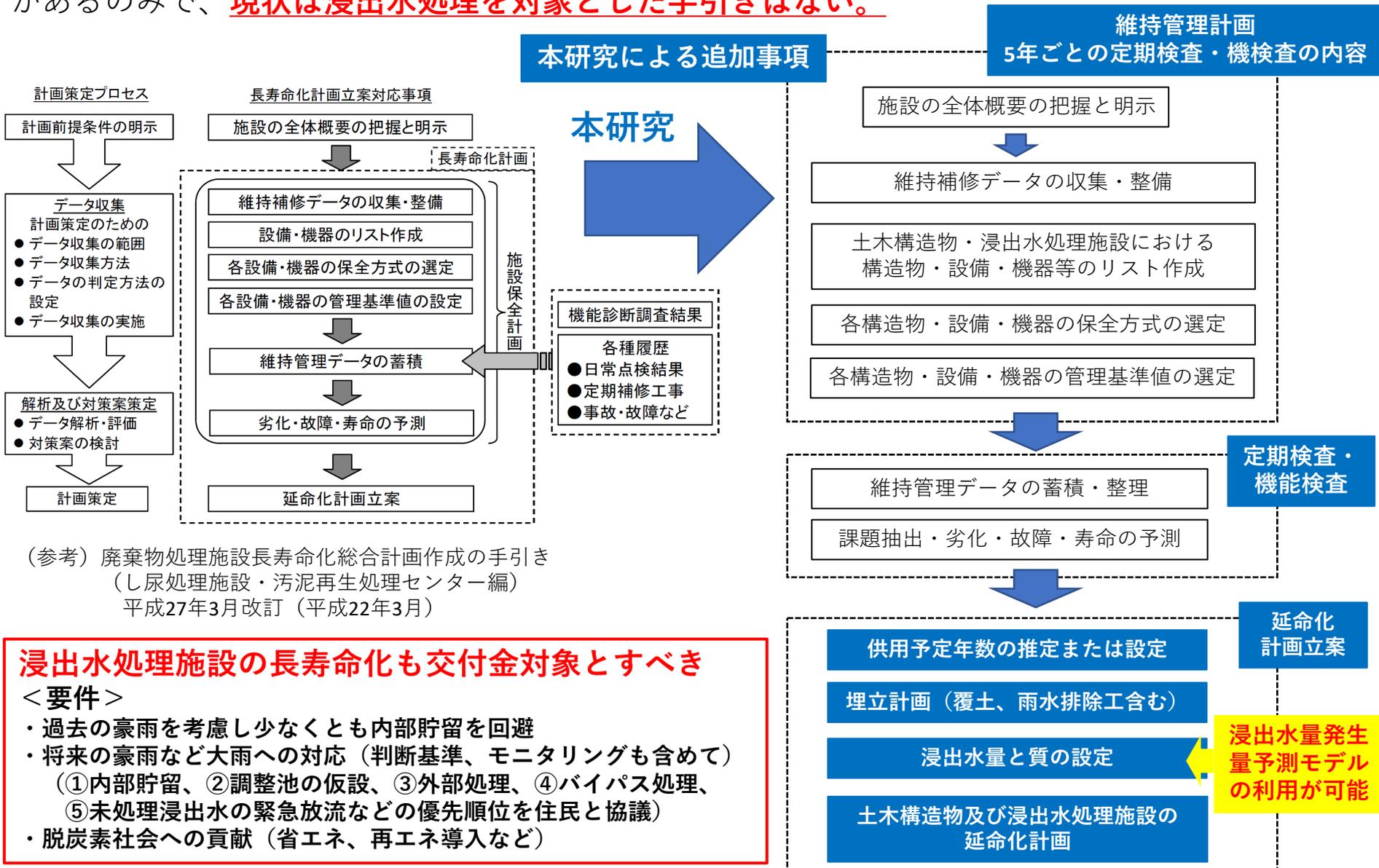
イニシャル：1,038,800千円 (浸出水発生抑制策：98,000千円)
ランニング：135,410千円

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)

14.③浸出水処理施設リニューアルの考え方

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。**



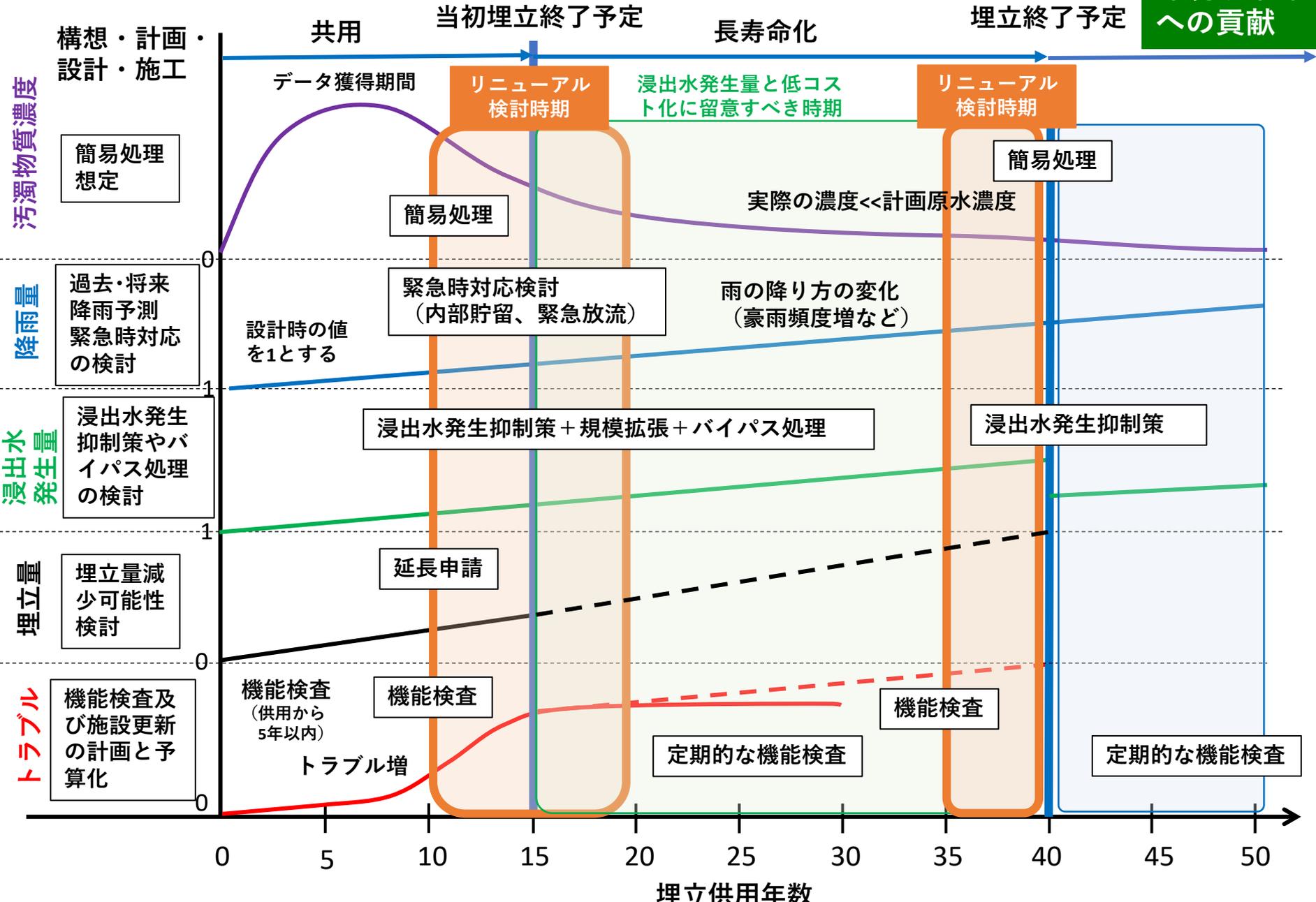
浸出水処理施設の長寿命化も交付金対象とすべき

<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）

(例：供用年数15年→40年への延長を想定)

環境政策等
への貢献



VI 研究成果の発表状況

17. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 1) 小山文敬、石井一英、阿賀裕英、佐藤昌宏、落合知：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, 土木学会論文誌, Vol.76, No.6, pp. II_23-II_34, 2020
- 2) Kazuei Ishii et al.: Prediction of Leachate Quantity and Quality from a Landfill Site in a Snow Area by the Long Short-Term Memory Model, Journal of Environmental Management, 310, 114733, 2022 (IF=6.789)

<その他誌上発表（査読なし）>（口頭発表含む）

- 1) Kazuei Ishii, Fumitaka Koyama, Masahiro Sato and Satoru Ochiai: Problems on long-term operation of landfill sites in Japan, The 6th International Scientific Conference on Material Cycles and Waste Management (3RINCS2020) (2020)
- 2) Kazuei Ishii, Fumitaka Koyama, Masahiro Sato and Satoru Ochiai: Problems on the long-term operation of landfill sites under climate change in Japan, The 35th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 2020
- 3) Kazuei Ishii, Natsuki Hiraoka, Masahiro Sato and Satoru Ochiai: A simple three-dimensional numerical model to predict leachate generation in landfill sites for climate change mitigation measures, The 35th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 2020
- 4) 石井一英、小山文敬、阿賀裕英、佐藤昌宏、落合知：廃棄物最終処分場における長寿命化に対する問題対応の実態把握, 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会, pp.337-338, 2020
- 5) 平岡夏生、石井一英、佐藤昌宏、落合知：豪雨時の浸出水発生量予測のためのガス抜き管を考慮した数値モデルの開発, 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会, pp.365-366, 2020
- 6) 平岡夏生、石井一英、佐藤昌宏、落合知：豪雨時の浸出水発生量予測のためのガス抜き管を考慮した数値モデルの開発, 第48回土木学会環境システム委員会研究論文発表会論文集, pp. 9-16, 2020
- 7) 石井一英、小山文敬、阿賀裕英、佐藤昌宏、落合知：廃棄物最終処分場における長寿命化に対する問題対応の実態把握, 第42回全国都市清掃研究・事例発表会, 2021
- 8) Kazuei Ishii, Masahiro Sato, Satoru Ochiai: Prediction of Leachate Quantity and Quality from a Landfill Site in a Snow Area by the Long Short-Term Memory Model, The 36th International Conference on Solid Waste Technology and Management, 2020
- 9) Kazuei Ishii, Masahiro Sato, and Satoru Ochiai: Prediction of Leachate Generation from a Landfill Site Using the Long Short-Term Memory Model, 18th International Symposium on Waste Management and Sustainable Landfilling, Sardinia 2021, 2021
- 10) 石井一英、小山文敬、阿賀裕英、佐藤昌宏、落合知：廃棄物最終処分場における長寿命化に対する問題対応の実態把握, 都市清掃, Vol.74, No. 361, pp. 245-252, 2021

国民との科学・技術対話の実施、マスコミ等への公表・報道等、本研究費の研究成果による受賞特に記載すべき事項はない。