

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

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
(JPMERF20193006)

令和元年度～令和3年度

Performance Inspection and Climate Change Adaptation Measures for Final Waste Disposal Sites with Life
Prolongation

〈研究代表機関〉
北海道大学

令和4年5月

目次

I. 成果の概要	・・・・・・・・・・	1
1. はじめに（研究背景等）		
2. 研究開発目的		
3. 研究目標		
4. 研究開発内容		
5. 研究成果		
5-1. 成果の概要		
5-2. 環境政策等への貢献		
5-3. 研究目標の達成状況		
6. 研究成果の発表状況		
6-1. 査読付き論文		
6-2. 知的財産権		
6-3. その他発表件数		
7. 国際共同研究等の状況		
8. 研究者略歴		
II. 成果の詳細		
II-1 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 （北海道大学）	・・・・・・・・・・	18
要旨		
1. 研究開発目的		
2. 研究目標		
3. 研究開発内容		
4. 結果及び考察		
5. 研究目標の達成状況		
6. 引用文献		
III. 研究成果の発表状況の詳細	・・・・・・・・・・	32
IV. 英文Abstract	・・・・・・・・・・	34

I. 成果の概要

課題名 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

課題代表者名 石井 一英 (北海道大学大学院工学研究院教授)

重点課題 主：【重点課題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：【重点課題⑦】 気候変動への適応策に係る研究・技術開発

行政要請研究テーマ (行政ニーズ) 非該当

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

研究経費

30,498千円 (合計額)

(各年度の内訳：令和元年度：11,336千円、令和2年度：10,231千円、令和3年度：8,931千円)

研究体制

(サブテーマ1) 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 (北海道大学)
(JPMEERF20193006)

他のサブテーマはない。

研究協力機関

研究協力機関はない。

本研究のキーワード 最終処分場、長寿命化、気候変動適応策、機能検査、浸出水処理施設

1. はじめに（研究背景等）

3Rの推進により最終処分量は年々減少し、1990年代には1億t以上あった最終処分量は、2018年には2025年度の目標値である1,300万tに近い、1,310万tにまで減少した。立地困難な最終処分場を確保するためには、当初計画よりも長寿命化^{*}できることは好ましく、長寿命化する最終処分場に対して安全・安心を担保するためには、施設の老朽化に伴う維持管理作業が極めて重要となる。しかしながら、老朽化に伴う構造面や維持管理面のトラブルの実態は不明であり、体系的な調査が必要とされている。また、廃棄物処理施設においては機能検査・精密検査（廃掃法第4条の5第1項第14号、第5条）が位置づけられているが、焼却施設とし尿処理施設のみが対象であり最終処分場は対象となっていない。また平成23年度に始まった定期検査制度（廃棄物の処理及び清掃に関する法律の一部を改正する法律等の施行について（通知）（平成23年2月4日環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部長））では、最終処分場も対象となったが、市町村の設置を除くものとされており、また構造基準への適合のチェックのみで、維持管理に対する検査とはなっていないのが課題である。

近年、気候変動の影響と考えられる災害をもたらす気象事例が増えており、豪雨や暴風による被害が相次いでいる。最終処分場では、降雨によって発生した浸出水は調整池と浸出水処理施設で適正に管理されているが、想定以上の豪雨の際には、調整池と浸出処理の容量不足となってしまう越流の危険性があり、周辺住民及び現場管理者にとっては一番の心配事である。最終処分場の長寿命化により、過去に想定した降雨以上の豪雨にさらされるリスクが高くなることから、今後、埋立の進展に伴う浸出水発生抑制策の検討、さらに浸出水処理施設の老朽化に伴うリニューアル時には調整池や浸出水処理の規模や処理プロセスの見直しあるいは緊急時を想定した簡易・バイパス処理の検討が必要となる。しかしながら、将来の気候変動に適応するための最終処分場の考え方、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についての整理は未だ行われていない。そのためには、将来の雨の降り方を考慮した浸出水発生量予測モデルの開発が必要となる。また、廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引きでは、し尿処理施設及び汚泥再生処理センター編は存在するものの、浸出水処理施設に対する手引きが無いのが現状である。

以上より、長寿命化傾向にある最終処分場に対して、構造・維持管理面のトラブルの実態を明らかにした上で、長寿命化を想定した維持管理面に主眼をおいた機能検査マニュアルを作成することが課題である。さらに長寿命化に伴い想定外の豪雨に晒されるリスクが大きくなることから、気候変動適応、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が課題となる。そのために浸出水発生量予測モデルを開発し浸出水処理施設の増強などリニューアルに必要な方策とコストを示す必要がある。その上で、廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引きの浸出水処理施設編を策定することが課題である。

※本研究で言う「長寿命化」とは、当初予定期間よりも長く埋立作業を行っている、あるいはその見込みのあることを意味しており、埋立終了（閉鎖）から廃止までの期間が長期化する、あるいはその可能性のあることは研究範囲外としている。

2. 研究開発目的

本研究では、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機能検査・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、ことを目的とする。

3. 研究目標

全体目標	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●機能検査・気候変動適応マニュアルの完成 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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
------	---

4. 研究開発内容

本研究では、サブテーマを設定せずに上記目的①～③を表0.1の内容とスケジュールにて行った。

表0.1 研究開発の内容（環：環境政策等への貢献）

研究項目	1年目	2年目	3年目	成果
<p>①実態調査</p> <p>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>
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）
②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		
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>◇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>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應するための浸出水管理方策）（環）</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>

①1年目において、維持管理上の課題と機能検査実施状況の実態を、全国の一般廃棄物最終処分場と産業廃棄物管理型最終処分場を対象にアンケート調査により明らかにし、2～3年目には問題対応の事例調査を行った。また3年間で機能検査を3件実施した。これらの情報は、②のマニュアル策定に活かすことができた。なお、これらのアンケート結果は公表済みである（別冊1）。

(<https://smcs.eng.hokudai.ac.jp/report.html>)

②マニュアルの策定においては、NPO法人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グループを立ち上げ、2年目にはマニュアル案を作成し、3年目に「長寿命化を想定した機能検査マニュアル」（別冊2）及び「気候変動適応マニュアル（特に雨の降り方の変化に適應するための浸出水管理方策）」（別冊3）を作成した。

- ③特に気候変動適応マニュアルの策定においては、**予定より前倒しして初年度に2種類の浸出水発生量予測モデルを作成した**（物質収支に基づく「ガス抜き管を考慮した浸出発生量予測モデル（モデルA）」と相関モデルに基づく「Deep Learningを用いた発生量予測モデル（モデルB）」、別冊4を参照）。2～3年目には両モデルを実現場に適用しその有用性を確かめると共に、**当初予定にな**い項目として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まで研究発展して実施した。さらに、この将来降雨予測を用いた浸出水処理施設リニューアルケーススタディを通じて、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を提示した。これにより、廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引きでは、し尿処理施設・汚泥再生処理センター編のみで浸出水処理施設については触れられてこなかったが、本研究により浸出処理施設編の提案にまで踏み込んだ（別冊3に記載）。本手引きは、環境政策等への貢献が特に期待される。
- ④そして、①～③のまとめである研究成果として、**既存及び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を提示することができた。**

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

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（別冊1）

全国の1,635件の一般廃棄物最終処分場（以下、一廃）（949通を自治体に送付）と180件の産業廃棄物管理型最終処分場（以下、産廃）（180通を事業者を送付）に対してアンケート調査を実施した（2019年9月25日送付、同年10月31日締め切り、郵送 or 電子メールにて回答）。一廃が403通の返送（返送率42.5%）があり516件、産廃が57通の返送（返送率31.7%）があり66件の回答数を獲得することができた。回答の地域分布と地域ごとの返送率については大きな偏りは見られなかった（なお産廃の北関東・甲信地域が回答数ゼロであったが、送付数が極めて少ないのが原因）。また供用開始からの年数についても、H29年度一般廃棄物処理実態調査（環境省）から得られた分布と、大きく異なることはなかったことから一廃については全国を網羅する回答が得られたと考えられる。実態調査結果の概要を表0.2に示す。特筆すべき点を以下にまとめる。

表0.2 実態調査結果のまとめ

	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) 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	<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% 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	<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 への問題対応の割合が 供用10年以降増加	<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	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

- ・一廃の場合、既に当初計画された供用年数以上に利用している、既に長寿命化している最終処分場は60%であり、残余年数を加えた推定供用年数で見ると、計画供用年数を超過している、あるいはこれから超過してしまう最終処分場の割合は92%である。これは近年の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間利用したいという自治体の希望を反映したものであると考えられる。一方、産廃は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ことが明らかになった。
- ・長寿命化に伴うトラブルは、一廃の場合、浸出水処理施設での耐用年数を迎える機器類や電気計装類の更新の他に、遮水工や基盤といった構造面でのトラブルも多く、これらへの問題対応は供用10年頃から増加することが明らかになった。産廃では、定期検査制度による都道府県の検査があることから、常に問題発見し対応している様子が明らかとなった。
- ・近年の雨の降り方の影響により、調整池と浸出処理施設容量の不足などから内部貯留の経験があった最終処分場は、一廃33%、産廃34%であった。その中には、常時内部貯留している場合や越流危機にあった場合があることが明らかとなった。
- ・点検については、産廃の85%が自主点検を行っているのに対して、一廃の場合は60%にとどまり、小規模の最終処分場ほど自主点検実施の割合が小さかった。また第三者による維持管理の機能検査については、一廃、産廃共に15%程度と低く、機能検査の必要性やその内容や具体的実施方法に関する情報周知や、定期検査との違いを明確にしていく必要があることが分かった。

2) 長寿命化を想定した機能検査マニュアル（別冊2）

2-1) 全体構成

機能検査マニュアルの目次構成を図0.1に示す。1章には、現時点の法制度上の検査の位置づけを整理すると共に、前節のアンケート調査を踏まえ、機能検査普及に向けた提案を行っている。なお、図0.1の1.1節の機能検査は廃掃法上の機能検査であり最終処分場は対象となっていない。一方、本報告書での機能検査とは、これより特段断りが無い限り、最終処分場の構造面だけではなく維持管理面も対象とした第三者による機能検査を指すことにする。

2章は、NPO最終処分場技術システム研究会（通称LSA）が策定した最終処分場機能検査社資格認定テキストの一部を抜粋し、各構造物や施設の機能、検査方法、留意点をまとめた。特に留意点については、前節の実態調査で得られたトラブル事例を記載することで、検査マニュアルとしての充実を図った。本研究では2.6節に、機能検査を踏まえた長寿命化の視点から助言を行うことを、新たに加えた。

なお、3章は既存及び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を記載しており（別冊3にも記載）、「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」として本研究のまとめとした（P13の4）を参照）。

以下に、本研究で特に強調したい点として1.2.2節と2.6節を記載する。

2-2) 機能検査の課題と提案（1.1.2節）

前節の実態調査から浮かび上がる機能検査上の課題を以下のようにまとめた。

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

図0.1 機能検査マニュアルの目次

a) 自主検査実施の不徹底

特に一般廃棄物最終処分場の自主点検の実施率が低いのは問題である。特に小規模の最終処分場での実施率が低い。定期検査は、市町村設置の最終処分場は対象外であることが課題である。

b) 周辺住民などへの配慮不足や低い意識

常に周辺住民や都道府県目を気にしている産業廃棄物管理型最終処分場の方が自主定期検査の実施率が高い。一般廃棄物最終処分場の運営主体の周辺住民などに対する配慮が十分ではないとまでは言えないが、法律の枠組みを超えてまで実施する必要性を感じてないのが実情であろう。

c) 第三者による機能検査の仕組みの不周知

第三者による維持管理面も含む機能検査のメリットへの理解が十分ではなく、また第三者による機能検査の存在自体、あるいは機能検査の内容や必要な経費、問い合わせ先などが十分に行き渡っていない。

d) 定期検査のみでは不十分であることの認識不足

定期検査はあくまでも構造基準を満足しているかどうかのチェックであり、維持管理の面からのチェックを行うものとはなっていない。特に産業廃棄物最終処分場においては、定期検査を行っているのに、第三者による機能検査まで行う必要性を感じていないことから、特に維持管理の面から第三者による機能検査を行う必要性を認識してもらう工夫が必要である。また、産業廃棄物最終処分場においては、機能検査に必要なコスト負担が問題となることから、維持管理の費用に機能検査の費用を計上する仕組み作りが重要であると考えられる。

今後、第三者による構造と維持管理両面からの機能検査の実施を促進し、最終処分場をより安全・安心なものとし、周辺住民など社会への信頼性を向上するために、下記の事項を提案したい。

- ①市町村設置の最終処分場も、定期検査の対象とする。
- ②都道府県に対して、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の定期検査状況の報告を義務化する。
- ③最終処分場設置者に対する廃棄物処理施設の維持管理状況の情報の公表義務において、その公表内容に、定期検査の実施内容（実施主体、実施時期、実施結果とその反映など）を含める。
- ④環境省が整理する一般廃棄物処理実態調査の報告時に、各市町村は定期検査状況（直近の定期検査実施日時など）も合わせて報告する仕組みにする。
- ⑤供用開始からの定期検査の実施はもちろんであるが、定期検査は主に構造基準のチェックとなることから、設置許可時の計画共用年数が経過する前に（あるいは延長申請時に）、第三者による維持管理も含む機能検査を義務づける。これは周辺住民との合意形成にとっても重要である。もちろん他の定期検査実施時に維持管理面からの機能検査を実施するのが望ましい。
- ⑥軽微な変更を行う際、あるいは変更を行う際に、第三者による機能検査を義務づける。特に、交付金措置がなされる事業については、第三者による機能検査を義務づける。
- ⑦上記①から⑥の前提として、最終処分場定期検査の方法や実施事例、第三者による機能検査を実施できる機関や団体、その内容や必要な費用などの情報を整理し公開する必要がある。

2-3) 機能検査を踏まえた長寿命化の視点からの助言（2.6節）

機能検査結果によって得られた情報に基づき、次のような長寿命化の視点にたった助言を行うべきである。

a) 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）
- ①閉鎖後の最終覆土施工時の雨水排除の徹底（覆土材の選定や勾配、U字溝などの雨水排除工の施工について）
- ②埋立物によっては浸出水処理しなければならない期間が長期になることから、後述する浸出水

処理施設への対策の必要性

- ③次期最終処分場の計画がない、あるいは合意形成等に時間がかかる場合、かさ上げや増量も含めた延命方策
- 残余年数が著しく長い場合（15～20年以上）
- ①定期的な機能検査の必要性
- ②未埋立区画がある場合は、埋立開始前の点検・補修の必要性
- ③浸出水発生抑制策（埋立面積の最小化、雨水排除率の向上、豪雨対策など）
- ④b)で後述する浸出水処理施設への対策

b) 浸出水処理施設への対応

下記の検討を、機能検査のオプションとして行うと浸出水処理施設への対応が可能となる。

- ①浸出水量と質について
 - ・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（次節のc) 緊急時の対策についてを参照）
- ②今後の設備・機器類の更新、改良について
 - ・特に電気計装類の更新（OSなどのバージョンアップ、交換部品の有無など）
 - ・設備更新時の浸出水処理施設規模の再設定及び処理プロセスの再検討
（上記の浸出水発生抑制策も考慮して）

c) 緊急時の対策について

- ①豪雨等による浸出水発生量増大時
 - ・内部貯留の検討
 - ・未埋立区画への貯水、埋立済み区画での調整池の仮設
 - ・外部処理
 - ・バイパス処理や緊急放流
（そうせざるを得ない場合の条件、事前連絡体制、水質モニタリングなど）
 - ・以上の緊急時対応に関する周辺住民との合意形成
- ②BCP対策
 - ・停電時の対応
 - ・幹線道路の通行止めなどによる職員アクセスが途絶えた場合の対応
 - ・埋立作業中断が中～長期にわたる場合の対応
 - ・浸出水処理施設運転中断が中～長期にわたる場合の対応

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）（別冊3）

3-1) 全体構成

気候変動適応マニュアルの目次構成を図0.2に示す。環境省では、地方公共団体における廃棄物・リサイクル分野の気候変動適応策ガイドラインを公表しており、その中に最終処分場に対する記述もある。1章では、前節の本研究での実態調査を踏まえ、既存ガイドラインに追記すべき事項をまとめている。2章では、本研究で開発したガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを用い、2100年までの最大降雨量予測に基づく浸出水発生量増加予測を全国を対象に行った。3章は、一般的な浸出水発生抑制策を記載した。4章では雨の降り方の変化により、浸出水発生量が増加してしまった場合を想定した浸出水処理施設リニューアルのケーススタディを行うと共に、5章ではこれらの考え方を一般化した。6章では、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）を参考に、浸出水処理施設編の提案を行っている。なお7

章は、既存及び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を記載しており（別冊2にも記載）、「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」として本研究のまとめとした（**P13の4**）を参照）。

以下に、本研究で特に強調したい点として1章、2章、4章及び6章を記載する。

3-2) 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（1章）

現行のガイドラインには、気温（上昇、低下）、降雨量（増加、降雨パターンの変化、減少）、積雪・降雪量（増加）、雲量・紫外線（紫外線の増加）、台風・強風（頻発化・強化）、気圧（高潮の発生）、海洋海氷（海面上昇）、自然災害（最終処分場への影響）の項目でまとめられている。前節で明らかとなった実態調査に基づき、本研究では特に下記の点を追記すべきであると提案する。

①気温が上昇することで考慮しなければならない事項として、猛暑に伴う水分蒸発によりスケールが相対的に増加し、配管が詰まるトラブルが生じた例があった。なお、気温上昇によって、浸出水処理施設の微生物処理への影響が懸念されたが、アンケート結果ではそのようなコメントはなかった。

②降雨量が増加した場合に対する考慮事項として、浸出水処理施設への影響に対して、

- ・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

の対応が必要であると考えられる。また、構造物への影響として、内部貯留を考慮した場合の堰堤の安定性など、各種構造物設計の確認も必要であると考えられる。

③降雨パターンの変化についても、降雨量が増加した場合と同様の事項が必要となる。さらに、側溝の排水能力の強化を付け加えるべきである。

一方、降雨量が減少することも考えられる。総降雨量が減少する場合もあるが、降雨パターンが変化し、雨期と乾期がはっきりするなど、雨の少ない時期が長く続くことも考えられる。このような減少に対して、生物処理機能確保のための浸出水処理量の調整が必要となる場合がある。そのために、豪雨予測のみならず、雨の少ない時期の短期的な浸出水量発生予測も必要である。

④自然災害による影響については、実態調査（別冊1）から、実際に生じたトラブルについて、図0.3に記載をしたので参考にすべきである。また自然災害の後の機能検査の実施とその検査結果に応じた改善を行うことが重要である。

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

図0.2 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）の目次

<p>①豪雨・台風・強風</p> <p>○土木構造物関連</p> <ul style="list-style-type: none"> ・豪雨による地山の崩壊や台風による雨漏れ ・堰堤を高くした例 ・法面の崩壊や流出 ・遮水シートや保護マットのめくれや剥がれ、破損 ・ガス抜き管の破損 ・調整池の新設 ・調整池への土砂の流入 ・遮断弁の設置 ・吸引車による緊急搬送 ・看板破損 ・水路破損 ・外周道路崩壊 ・フェンスの破損 ・シャッター、ドアの破損 <p>○浸出水処理施設</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電気計装類の水没 ・配管類の破損 ・停電 ・浸出水処理施設的全損 	<p>②豪雪</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保護シート亀裂 ・遮水シートの破損 ・調整池法面崩壊 ・CS処分場のドーム膜材の損傷 <p>③地震</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリート貯留構造物のひび割れ ・遮水工・基盤の損傷 ・集排水管・ガス抜き管の損傷 ・調整池の損傷 ・搬入路や場内舗装のひび割れ <p>④落雷</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浸出水処理施設での落雷による機器類の故障 ・シーケンサの取り替え ・電気計装類の異常 ・制御盤ユニットの故障やプロインバーターの故障 ・pH計やORPセンサーの故障 <p>⑤猛暑</p> <ul style="list-style-type: none"> ・猛暑による水分蒸発によるスケール増加による配管詰まり <p>⑥その他</p> <ul style="list-style-type: none"> ・凍結による配管及び保温材の破損 ・凍結による薬品漏れ
---	--

図0.3 自然災害により実際に生じたトラブル例

3-3) 雨の降り方の変化による浸出水管理の考え方 (2章)

A) ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルの開発 (詳細は別冊4)

既存の浸出水処理施設及び調整池の規模設定は、合理式による推定あるいは時間遅れを考慮したモデル

(廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領) による浸出水発生量予測に基づいている。しかし、近年焼却残渣を中心とした高密度埋立により、ごみ層の透水係数が小さい傾向にあることから、図0.4に示すように「ガス抜き管流れが原因であると思われる早い応答」と「ごみ層をゆっくりと浸出する遅い応答」の二つの応答を有する最終処分場が多い。

そこで本研究では、この二つの応答に対応可能なガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを構築することとした。

本モデルは、図0.5に示すように、①実処分場の埋立量(面積・深さ)及び浸出水集配水管、ガス抜き管の位置に関するデータに基づき、②3次元モデルをCAD上に作成し、③総面積と埋立量が同じになるように直方体の区画分けを行う。本モデルの基本的な仕組みは、基本単位となる区画に対して、「水たまり層(表流水を制御)」「覆土層」「ごみ層」「ガス抜き管(またはグリ石層)」「集配水管枝管及び主管」の要素を組み合わせ、各層ごとの水の流入出を計算する(詳細は別冊4)。④そして現地の降雨量と浸出水発生量の実測データに基づき、図0.6に示すようなモデル内のパラメータ11個(主に、蒸発速度、雨水排除率、水たまり層の側方流出係数、表面浸透能など)のフィッティングを行う。その際、浸出水発生量の観測値と計算値の誤差が最小になるようなパラメータ(誤差最小パラ)に加えて、誤差最小の結果から雨水排除率のみ変化させ最大ピークの差が最小になるようなパラメータ(ピーク値パラ)を求めた。本モデルを福岡県N処分場(埋立容量238万t、埋立面積18万 m^2 、一般廃棄物、1996年4月供用開始)に適用した結果、観測値と計算値の決定係数は0.88(誤差最小パラ)と0.89(ピーク値パラ、以下同様)、平均一日絶対誤

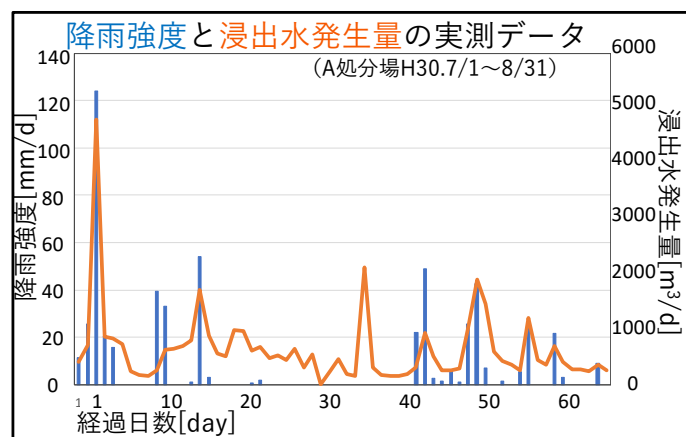


図0.4 降雨強度と浸出発生量データ (A処分場)

差は127と133t/day (<<処理能力1,600t/day)、最大浸出水発生量の日の誤差は2,583と1,498t/day (<<調整池容量45,000m³)であり、本モデルは実測値をよく表現できることが示された。

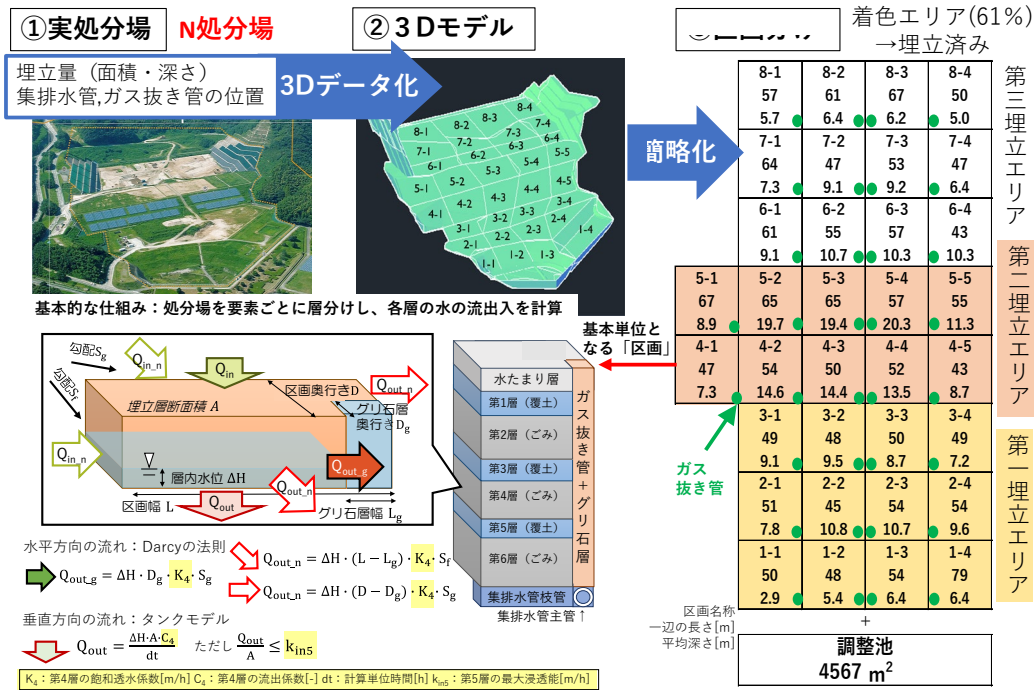


図0.5 ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルの全体像

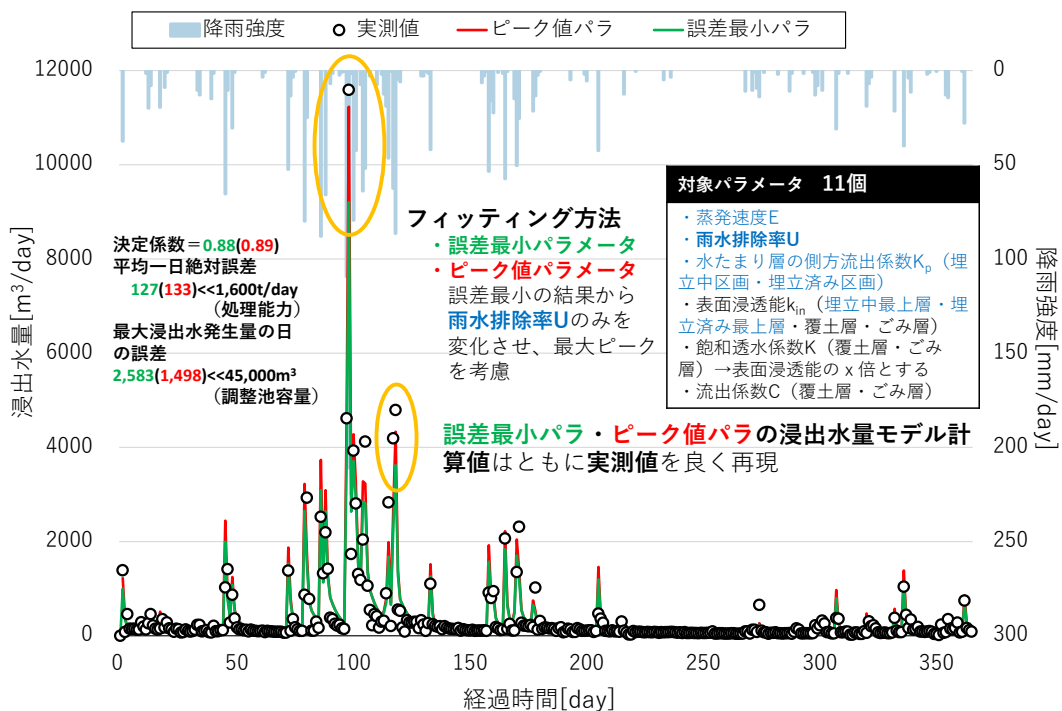


図0.6 浸出水量実測値とモデル計算値の比較 (N処分場)

B) 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

国立環境研究所が提供しているMIROC5の気候モデルとRCP8.5シナリオを組み合わせた予測データを、このN処分場を対象にした浸出水発生量予測モデルに入力して、将来豪雨時の浸出水量の検討を行った。具体的には、図0.7に示すように、全国の県庁所在地を対象に、過去の豪雨に対して

計算される年間総浸出水量（Past）と将来想定される豪雨に対して計算される年間総浸出水量（Future）より、総浸出水量の最大増加率を

(Future/Past - 1 × 100%)により計算した。その結果を図0.8に示す。なお、北海道はA処分場の座標と釧路市の平均値であり、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月の予測となる（本モデルは積雪を考慮できないため）。

総浸出水量の最大増加率は全国各地で3.1～96.4%という結果になった。地域による偏りはないと言える。各地方の結果を表0.3示すが、夏季(5-10月)はどの地方も将来豪雨時の総降水量のほうが多く、総降水量の最大増加率は中国地方が最も高く70.3%、北海道が最も低く18.7%であった。また、総浸出水量の最大増加率も中国地方が最も高く78.9%、北海道が最も低く33.3%であった。総降水量の増加率と総浸出水量の増加率にはある程度の相関があることが分かる。（なお、各県庁所在地の結果は表1.2を参照）

3-4) 浸出水処理施設リニューアルケーススタディ（4章）

北海道A市処分場（埋立容量184万t、埋立面積13.2万㎡、一般廃棄物、2003年7月供用開始）にガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを適用しパラメータフィッティング後のモデルに、A市の2100年までの最大降雨量であった2032年度の降雨量データ（MICRO5気候モデルRCP8.5）を入力し得られた結果を用いて、浸出水処理施設リニューアルケーススタディを行った。図0.9に示すように、浸出水発生抑制策がない場合（ケース2）は現行の600m³/dayから900m³/dayへの増強が必要となるが、浸出水発生抑制策を行う（ケース3）は、700m³/dayの増強で済ませることができコスト削減につながることを示した。さらに、豪雨時のみバイパス処理を行う場合（ケース1）は、さらにコストを削減できる。ただし、バイパス処理を行う際のルールや手続き、計画処理水質を満足できない（排水基準値は満足）可能性があることを事前に住民と協議する必要がある。

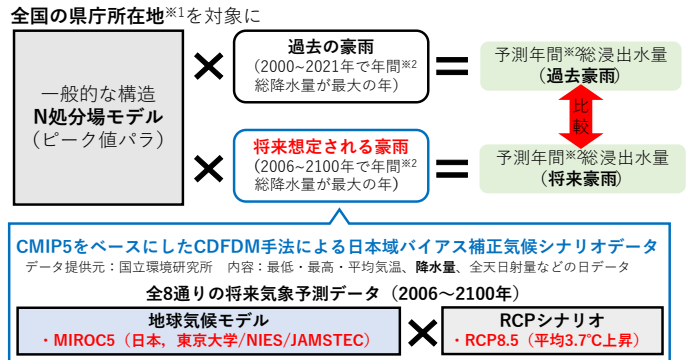


図0.7 2100年までの最大降雨量予測データを用いた浸出水発生量予測

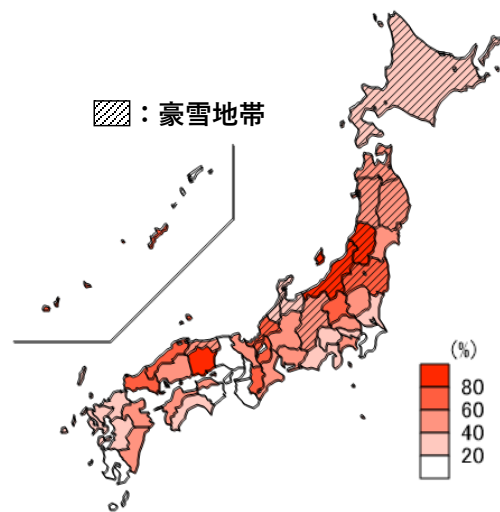


図0.8 全国の総浸出水量の最大増加率

表0.3 夏季（5-10月）の各地方の降水量比較と総降水量・総浸出水量の平均最大増加率

地方	過去総降水量[mm]	将来総降水量[mm]	総降水量増加率[%]	総浸出水量増加率[%]
北海道	1070.8	1269.8	18.7	33.3
東北	1114.8	1587.5	44.0	63.2
関東甲信	1135.0	1610.3	47.0	47.6
北陸	1181.6	1701.9	53.8	61.0
東海	1189.7	1725.0	48.6	54.1
近畿	1139.3	1731.8	48.4	50.4
中国	1184.0	1738.5	70.3	78.9
四国	1246.8	1807.6	34.0	36.0
九州	1273.7	1915.9	34.9	35.5
沖縄	1234.6	1869.0	45.2	53.3

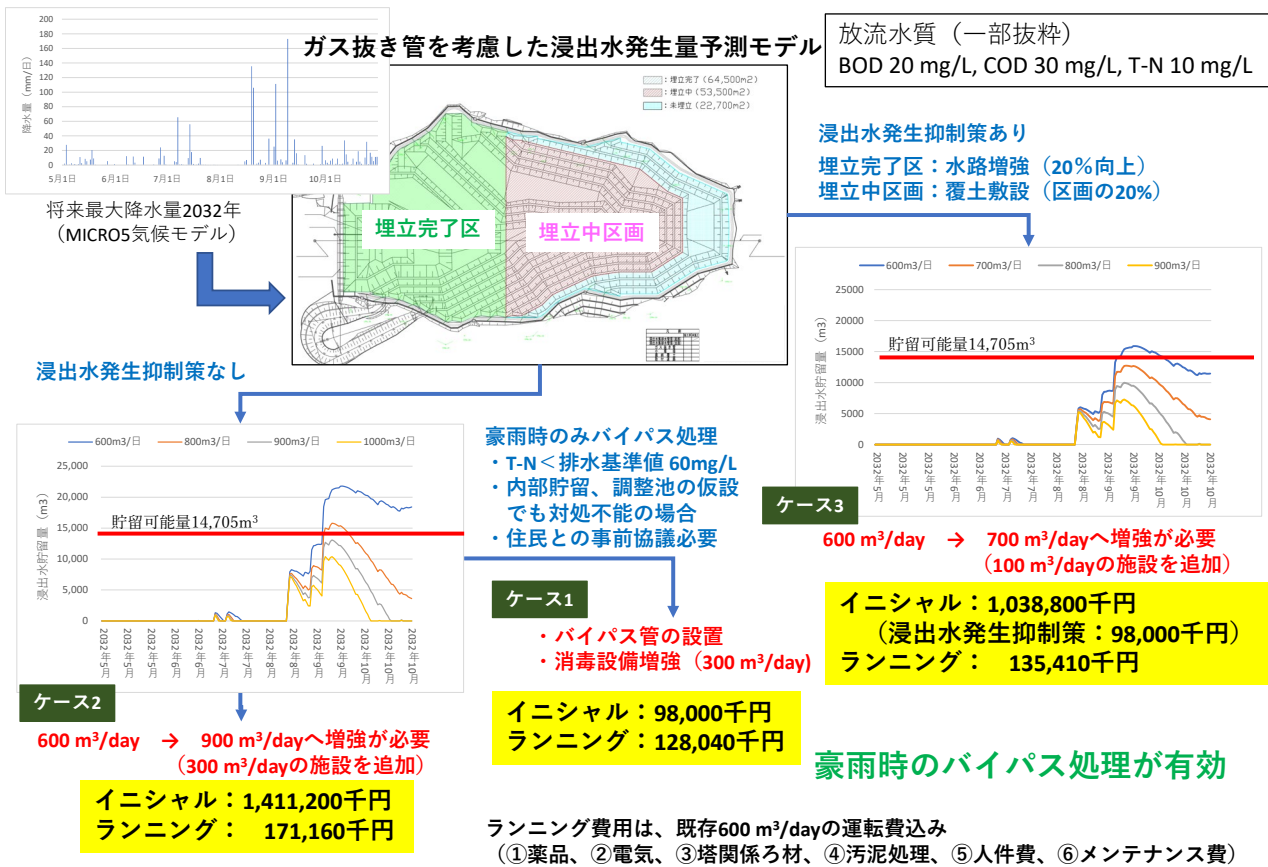


図0.9 浸出水処理施設リニューアルケーススタディ（A処分場）

3-5) 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章）

A) 最終処分場の延命化計画の考え方

図0.10のし尿処理施設・汚泥再生処理センター向けの手引きの計画作成フローを参考に、最終処分場の延命化計画のフローを図0.11のように提案する。ここでは、浸出水処理施設のみならず、最終処分場そのものの延命化を想定して提案しており、交付金対象とすべき点も提案する。

基本的には、設置許可時の維持管理計画や定期検査・機能検査の内容に基づき、過去の維持管理情報や維持補修データの収集・整備がなされる。最終処分場を構成する土木構造物及び浸出水処理施設、その他施設（トラックスケールや管理棟も含む）の維持管理すべき構造物、設備、機器等のリストが作成されており、各構造物・設備・機器の保全方式や管理基準値の選定に基づき、日々の運転・管理、補修・整備が行われている。以上が、日常業務として実施されている事項である。

延命化を検討する際には、上記の日常業務としての実施事項の確認に加えて、定期検査・機能

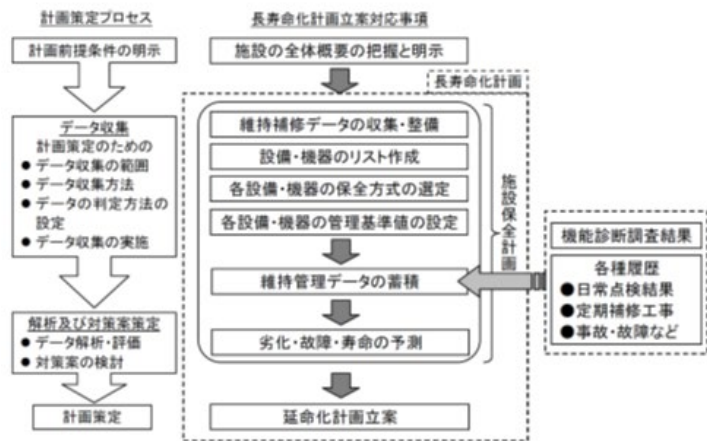


図0.10 長寿命化計画の枠組み 廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き（し尿処理施設・汚泥再生処理センター編）

検査を実施する。できれば第三者による実施が望ましい。過去の維持管理データの整理、現地調査による課題抽出・劣化・故障・寿命の予測が行われる。

次に延命化計画立案を行うことになるが、この部分が、し尿処理施設・汚泥再生処理センターとは大きく異なる。

- ①まず、残余年数と最終処分量の将来予測、土地利用や供用年数に関する周辺住民との協定内容を考慮し、供用予定年数を推定する、または設定する。
- ②埋立計画を見直す。特に、年次毎の最終覆土や雨水排除工の計画が、浸出水管理にとっては重要となる。これまでの計画を再度見直して、埋立面積の縮小化や雨水排除工の増強などを検討することが望まれる。また、区画埋立を行っている最終処分場では、未埋立区画の未埋立期間が長くなる傾向にあり、草木の繁茂や強風などの天候状況による保護材のめくれや破損、遮水工の破損などの事例が多く見られることから、未埋立区画の埋立前の点検や補修工事を考慮しておく必要がある。

③次に、浸出水量と質の設定を行う。

④以上を踏まえて、土木構造物及び浸出水処理施設の延命化計画を立案する。具体的には延命化効果、コスト、スケジュールの立案を行う。

B) リニューアル時の浸出水量と質の設定と処理プロセス及び運転条件の考え方

既設の浸出水処理施設のリニューアルを行う際には、下記の事項を満たす必要があると考えられる（特に交付金措置の場合）。その上で、ケーススタディで示したように、過去のデータ及び浸出水発生量予測モデルを用いて、適切な調整池と浸出水処理施設規模及び処理プロセスや運転条件を検討する。

- i) 過去の豪雨時の降雨量を考慮し、少なくとも内部貯留を回避できる。
- ii) 将来の豪雨など大雨への対応がなされている。
- iii) 脱炭素社会への貢献の検討がなされている。

4) 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と別冊3）

本研究のまとめとして、以上全ての検討を踏まえて、気候変動、特に雨の降り方の変化に対応するための浸出水処理管理方策について提案する。

まず図0.12に既存・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を示す。

4-1) 既存最終処分場の場合

○埋立量

供用開始から、基本的に右肩上がり埋立量は増加するとしている（直線とは限らない）。しかしながら、当初よりも埋立量が少なく経過し、当初の埋立終了予定15年間から25年間長寿化し、合計40年間埋立が可能であると想定した。それ以上も同様の考え方である。

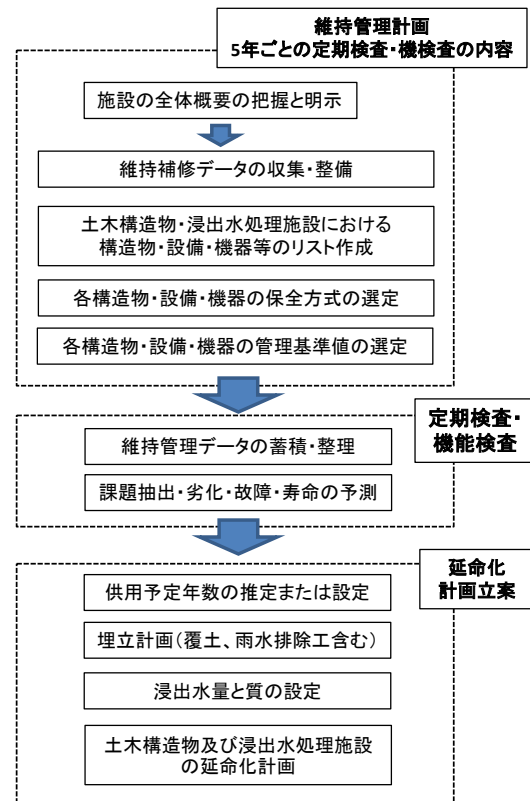


図0.11 提案する最終処分場の延命化計画フロー

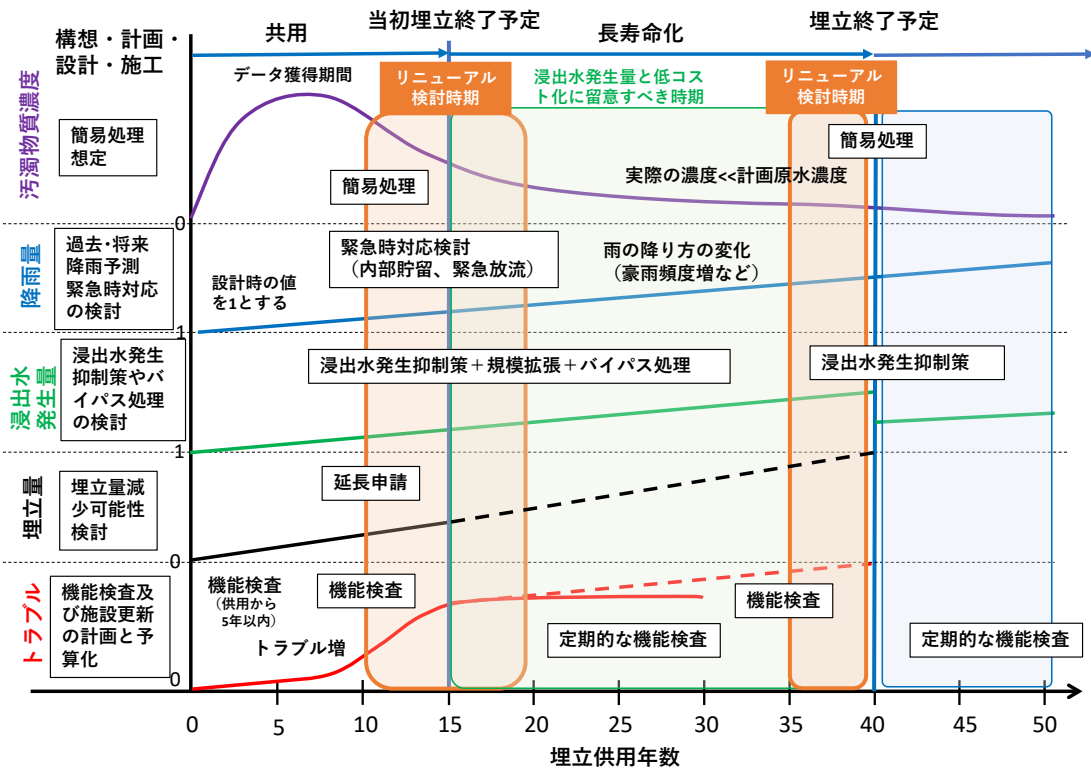


図0.12 既存・新規最終処分場の機能検査と浸出水処理施設リニューアルの考え方
(例：供用年数15年から40年への延長を想定)

○降雨量と浸出水発生量

設計時に設定された降雨量を1とする。雨の降り方が変わってきたことを踏まえ、今後も豪雨の頻度が増すなど雨の降り方が変化すると想定して、右肩上がりでの降雨量が増加すると想定している（こちらも直線とは限らない）。降雨の変化に伴って浸出水発生量も増加すると想定している。

○汚濁物質濃度

多くの最終処分場では、埋立廃棄物の種類や量にもよるが、埋立開始から徐々に汚濁物質濃度は上昇するが、埋立中であっても濃度が少しずつ低下する傾向にある。濃度ピークや低下の程度は最終処分場によって異なるが、時間が経過すると多くの最終処分場では、実際の汚濁物質濃度は計画原水濃度のよりかなり小さい場合が多いことを想定している。また埋立終了間際になっても、廃止基準値はまだ満足していないと想定している。

○トラブル

実態調査から、

- ・ 供用10年を超えると、貯留構造物や遮水工・基盤、調整池の問題対応が増加する
- ・ 供用30年をこえてもなお遮水工・基盤や調整池、集排水・ガス抜き管への問題対応が比較的多い
- ・ 浸出水処理施設については、供用10年を超えると耐用年数を迎える機器類、電気計装類への問題対応が徐々に増加し、供用25年を過ぎても緩やかに増加する

ことが明らかになっている。なお、供用25年で高止まりしているような表現であるが、アンケート調査データが無いことが原因であり、実際には点線で示したように、供用年数が増えるとともに増加するものと考えられる。

以上のような想定を考えた時に下記のような機能検査と浸出水処理施設のリニューアルを提案する。

①供用開始からまず5年以内に機能検査を行うと共におよそ5年毎の機能検査を継続して行う。

最終処分場では、申請・許可時に維持管理計画が策定されるが、供用が始まってしまうとその維持管理計画が運用されていない場合が多い。初期の5年間で、維持管理計画通りの運用の確認を踏まえ、より現地に適した維持管理方法を確立するための、維持管理に着目した機能検査が必要である。そして、およそ5年毎に機能検査を行うことが望ましい。この機能検査は第三者による実施を想定している。

②当初の埋立終了予定前後が最初のリニューアル検討時期である。

比較的トラブルが多く発見されるこのタイミングで下記を実施する必要がある。

- ②-1 最終処分場の延長申請を行うと想定されるが、その際に最終処分場の維持管理が適切に行われていることを住民や行政に示すためにも、第三者による機能検査の実施を行う。
- ②-2 その際に、降雨量の設定値や浸出水発生量が計画許容範囲であったかどうか、また既存の調整池や浸出水処理施設で量的な対応が十分であったか、また内部貯留の状況を整理し、必要に応じた対応を検討すべきである。例えば、埋立済み区画の浸出水発生抑制策、調整池や浸出水処理施設の規模拡張、あるいはバイパス処理の検討である。
- ②-3 加えて、浸出水原水水質のモニタリングデータから、処理プロセスの見直し、あるいは運転条件の見直しなどの簡易処理（処理の簡素化）を検討する必要がある。
- ②-4 以上を総合的に勘案して、今後の豪雨時において、内部貯留、調整池の仮設、バイパス処理、それでも対応困難な場合は緊急放流（排水基準以下）を行うなどの協議を、日常の情報提供や、緊急時の連絡手段、事前・事後のモニタリングデータの開示なども含め、周辺住民と行っておく必要がある。
- ②-5 多くの浸出水処理施設では、このタイミングでポンプ類、電気計装類、モニタリング計器類の交換時期が訪れるので、計画的な予算確保が重要となる。

③当初埋立終了予定を超過してからも定期的な（5年毎）の機能検査が必要である。

必要に応じて、②-2～②-5を行う。

④埋立終了前が次の重要な検討時期であり、下記の実施が必要である。

- ④-1 定期的な機能検査の他に、埋立終了を迎えるに当たっての機能検査が重要となる。
- ④-2 埋立終了後は最終覆土が施され、浸出水発生量が大幅に変化する。特に雨の降り方の変化を考慮すると、覆土表面の浸出水発生抑制策が重要となる。
- ④-2 この時期になると浸出水中の汚濁物質濃度は計画原水濃度よりもかなり低くなっていると想定される。よって、埋立終了から廃止に至る間のコスト低減のために、浸出水処理施設のリニューアル（規模と処理プロセスの改造）を検討する。

⑤埋立終了から廃止に至る間においても、定期的な機能検査は重要である。

4-2)新規最終処分場の場合

新規の最終処分場においても同様の考え方が重要である。図0.12に示したように、供用前の構想・計画・設計・施工段階から次の事項を検討することが重要である。

- トラブル対応**：機能検査及び施設更新の計画化と予算化が重要である。
- 埋立量**：脱炭素社会や3Rを実現するための埋立量削減が可能であるか、あるいはどの程度、当初計画よりも削減されるのか常にモニタリングしておく必要がある。
- 降雨量及び浸出水発生量**：近隣気象台のデータのみならず、現地へ雨量計を設置するなど、降雨と浸出水発生量の関係、積雪と春の雪解け時の浸出水発生量の関係がわかるようなデータを蓄積することが重要であり、必要に応じて本研究で提案した予測モデルの適用を検討する必要がある。また浸出水発生抑制策やバイパス処理の検討をこの段階から想定しておく必要がある。
- 汚濁物質濃度**：浸出水中の汚濁物質についても、当初想定していた原水水質よりもかなり低濃度で推移する可能性もこの段階で想定することも重要である。

○住民との協議：以上、計画段階から、想定外の豪雨時には、内部貯留、調整池の仮設、バイパス処理、それでも対応困難な場合は緊急放流（排水基準以下）を行うなどの協議を、日常の情報提供や、緊急時の連絡手段、事前・事後のモニタリングデータの開示なども含め、周辺住民と行っておく必要がある。

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

「長寿命化を想定した機能検査マニュアル」及び豪雨対策も盛り込んだ「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）」の2つのマニュアルの活用が見込まれる。特に、定期検査制度をすべての最終処分場を対象とすること、当初計画供用年数を延長する際には第三者による維持管理面の機能検査を義務化することがあげられる。また、浸出水処理施設の長寿命化にあたっては、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）が援用されてきたが、本研究が提案する「浸出水処理施設編」の活用も見込まれる。さらに、最終処分場のライフサイクル全体を通じた「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」の活用も期待する。

5-3. 研究目標の達成状況

研究目標の達成状況を表0.4に示す。

表0.4 研究目標の達成状況

全体目標	達成状況
<ul style="list-style-type: none"> ●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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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 	<ul style="list-style-type: none"> ●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。→（目標通りの成果） ●「長寿命化を想定した機能検査マニュアル」及び「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）」を作成した。→（目標通りの成果） ●ケーススタディとして、浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策を提案した。その基本的な考え方は、上記気候変動適応マニュアルに記載されている。→（目標通りの成果） ●長寿命化を想定した機能検査マニュアルは、完成したものの、マニュアルの実用化のために、さらに関係者の意見を聴取する必要がある。 ●気候変動適応マニュアルにおいては、特に雨の降り方の変化に対して、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例を示すことができた。→（目標を上回る成果） ●浸出水処理施設のリニューアル計画と設計手法を提示し、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）に追加する形で、浸出水処理施設編を提案することができた。これは環境施策に貢献しうる重要な提案である。→（目標を上回る成果）

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

2件

<主な査読付き論文>

- 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, Voi.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)

6-2. 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

6-3. その他発表件数

査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表（査読なし）	10件
口頭発表（学会等）	5件
「国民との科学・技術対話」の実施	0件
マスコミ等への公表・報道等	0件
本研究に関連する受賞	0件

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究者略歴

研究代表者：石井 一英

北海道大学工学部卒業、博士（工学）、現在、北海道大学大学院工学研究院教授

研究分担者

1) 落合 知

山梨大学工学部卒業、博士（工学）、現在、北海道大学大学院工学研究院特任助教

II. 成果の詳細

II-1 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

北海道大学大学院工学研究院 石井一英
落合 知

〔要旨〕

近年最終処分量の減少より、計画供用年数よりも長く利用する廃棄物最終処分場の長寿命化が進んでいるが、老朽化に伴う構造面や維持管理面のトラブルの実態は不明である。定期検査制度においても、市町村の設置を除く最終処分場のみが対象であり、かつ維持管理に関する検査とはなっていない。また近年、雨の降り方に変化が生じ、想定以上の豪雨により調整池と浸出水処理の容量不足による越流の危険性が高まっている。将来の気候変動適応策、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についての整理は未だ行われていない。そこで本研究では、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機能検査・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、ことを目的とした。その結果、①全国の一般廃棄物最終処分場と産業廃棄物管理型最終処分場を対象とするアンケート調査により、長寿命化の現状、浸出水処理を含む維持管理上の課題及び機能検査状況の実態を明らかにした。そして3件の機能検査を実施することができた。②アンケート調査の結果を踏まえ、さらにNPO法人最終処分場技術システム研究協会の協力を得て、「長寿命化を想定した機能検査マニュアル」及び「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）」を策定することができた。③特に気候変動適応マニュアルの一部として、ガス抜き管を考慮した浸出発生量予測モデルを構築した。モデルを実現場に適用しその有用性を確かめると共に、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及び浸出水処理施設リニューアルケーススタディを行い、将来の豪雨時にはバイパス処理が有効な場合があることを示した。これらの検討を踏まえて、廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引きの浸出処理施設編の提案を行った。①～③のまとめとした最終成果として、既存及び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を提示することができた。

1. 研究開発目的

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機能検査・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。

2. 研究目標

全体目標	<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●機能検査・気候変動適応マニュアルの完成 <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・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
------	---

3. 研究開発内容

3-① 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

全国の1635件の一般廃棄物最終処分場（以下、一廃）（949通を自治体に送付）と180件の産業廃棄物管理型最終処分場（以下、産廃）（180通を事業者へ送付）に対してアンケート調査を実施した（2019年9月25日送付、同年10月31日締め切り、郵送 or 電子メールにて回答）。一廃が403通の返送（返送率42.5%）があり516件、産廃が57通の返送（返送率31.7%）があり66件の回答数を得た。

3-② 長寿命化を想定した機能検査マニュアル及び気候変動適応マニュアル（特に雨の降り方の変化に適應するための浸出水管理方策）

マニュアルについては、NPO法人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グループを立ち上げ、2年目にはマニュアル案を3年目に策定した。まず、現時点の法制度上の検査の位置づけを整理すると共に、3-①の実態調査を踏まえ、機能検査普及に向けた提案を行った。次に、NPO最終処分場技術システム研究協会（通称LSA）が策定した最終処分場機能検査社資格認定テキスト¹⁾部を抜粋し、各構造物や施設の機能、検査方法、留意点をまとめた。特に留意点については、3-①の実態調査で得られたトラブル事例を記載することで、検査マニュアルとしての充実を図った。さらに機能検査を踏まえた長寿命化の視点から助言を行うことを、新たに機能検査項目に加えた。

3-③ 浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策の提案

本研究では、2種類の浸出水発生量予測モデルを作成した（物質収支に基づく「ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル（モデルA）」と相関モデルに基づく「Deep Learningを用いた発生量予測モデル（モデルB、本報告書での詳細な記載はない。別冊4を参照）」）。2～3年目には両モデルを実現場に適用し、その有用性を確かめると共に、特にモデルAを用いて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を行った。また、本モデルAをA市最終処分場に適用し2100年までの最大降雨年の浸出水発生量予測を行い、浸出水処理施設リニューアルケーススタディを行い、覆土や排水溝設置など表面排水能力向上などの浸出水発生抑制策の有無、浸出水処理施設規模増強、バイパス処理などのケース別にイニシャル・ランニングコストの解析を行った。続いて、以上の浸出水処理施設のリニューアル手順を一般化し、し尿処理施設・汚泥再生処理センター編しかなかった廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き²⁾浸出水処理施設編を提案することとした。

3-④ 既存及び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の提示

本研究のまとめとして、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を検討した。

4. 結果及び考察

4-① 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（別冊1）

1) 長寿命化の傾向

一廃に対して、当初の計画供用期間と残余年数を考慮した推定供用年数をプロットした結果が図1.1である。当初計画供用年数を超過して利用と推定される最終処分場は319件のうち92%（294件）であった。これは近年の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間利用したいという自治体の希望を反映した

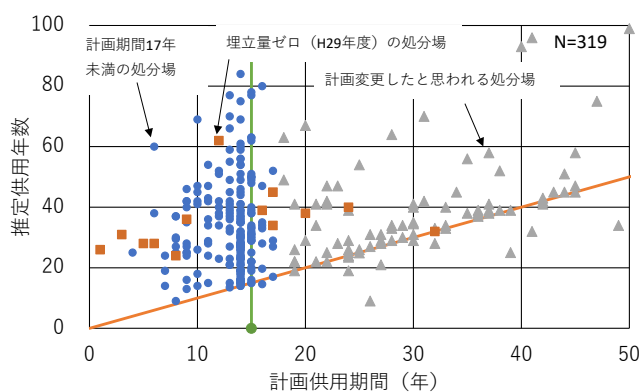


図1.1（一廃）当初の計画供用期間と推定供用年数の比較（2019年10月時点）

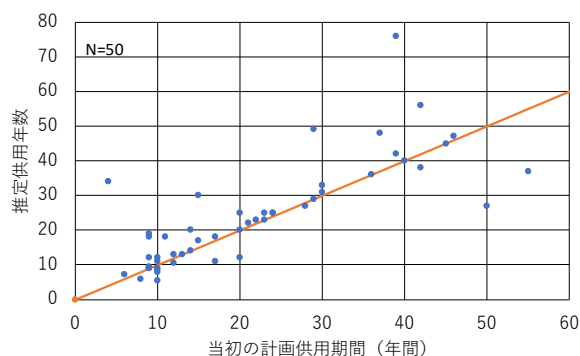


図1.2（産廃）当初の計画供用期間と推定供用年数の比較（2019年10月時点）

ものであると考えられる。一方、図1.2に示すように産廃の場合は、推定供用年数が当初の計画供用年数を上回るのは50件のうち54%（27件）であった。産廃の場合は、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ことが明らかになった。

2) 長寿命化のために行った問題対応

土木構造物と浸出水処理施設ごとに問題対応とその対応行った時期（供用年数）の累積数を図1.3に示す。各問題対応が生じた確率も示す。土木構造物よりも浸出水処理施設に関連する問題対応の方が多い傾向にある。

○土木構造物について

- ・供用開始時より遮水工・基盤などの初期に起こる問題対応が存在する。
- ・供用10年を超えると、貯留構造物や遮水工・基盤、調整池の問題対応が増加する傾向にあり、25年過ぎまでこの傾向はある。
- ・供用30年を超えてもなお、遮水工・基盤や調整池、集排水・ガス抜き管への問題対応が比較的多い。

○浸出水処理施設について

- ・供用10年を超えると耐用年数を迎える機器類、電気計装類への問題対応が徐々に増加する傾向にあり、25年までこの傾向は続いている。
- ・供用年数25年を過ぎても機器類、電気計装類への問題対応は緩やかに増加している。

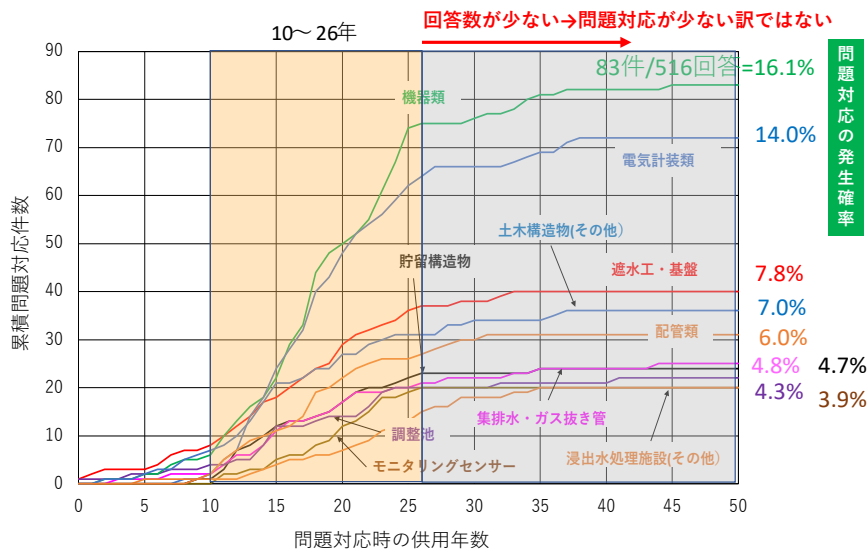


図1.3（一廃） 問題対応種別の累積数の経年変化

以上の問題対応に必要なコストや期間の解析を行った結果、最終処分場の長寿命化に向けて維持管理上考慮すべき優先順位を以下のように明らかにすることができた。

○土木構造物について

- 遮水工・基盤に関しては、供用当初から問題対応が必要な場合があるが、供用年数10年～26年の間では、土木構造物の中では問題対応が必要となる確率は最も高かった（ピークは供用年数が20年）。遮水工・基盤の問題対応に要したコストは、更新・増設の場合、74～2,175（中央値408）円/m³-埋立容量、破損・劣化修復で1～2,299（中央値100）円/m³-埋立容量であった。
- 貯留構造物、集排水・ガス抜き管及び調整池については、供用年数10～26年の間の問題対応が必要となる確率は、遮水工・基盤よりも相対的に低いが問題対応は必要となる。さらに、これらの確率のピークは、それぞれ35年、44年、41年となっており、長寿命化が進むとこれらの施設においても対応が必要となることを示唆している。

○浸出水処理施設について

- 機器類及び電気計装類への問題対応が必要となる確率が、他の配管やモニタリングセンサーに比べて大きかった。いずれも、交換・更新された場合が多く、機器類は0.04～342（中央値10）万円

/(m³/day)、電気計装類で、0.1～98（中央値8）円/(m³/day)であった。なお、機器類及び電気計装類は、基本的に耐用年数を迎えると交換・更新しながら利用するものである。

3) 浸出水管理の状況

図1.4に示すように、一廃の回答470件（クローズドシステム最終処分場を除く）のうち33%（155件）で内部貯留が確認されており（図には示していないが、産廃の回答61件の内56%（34件））、そのうち62件（産廃は14）件は内部貯留がないように設計された最終処分場であった。また、一廃の内部貯留経験155件のうち18%、産廃34件のうち9%が越流の危機にあったと回答していた。内部貯留は、豪雨時、梅雨など雨の多い時期に集中している他、常時内部貯留している最終処分場も見られた。

また図1.5に示すように、供用年数が長くなるほど、原水BOD計画値と実績値には乖離が見られ、他の水質項目COD・SS・T-Nでも同様の傾向であった。すなわち、簡易・バイパスなど処理プロセスを見直す、または薬品注入量などの運転条件を見直すことでコスト削減の可能性があることがわかった。

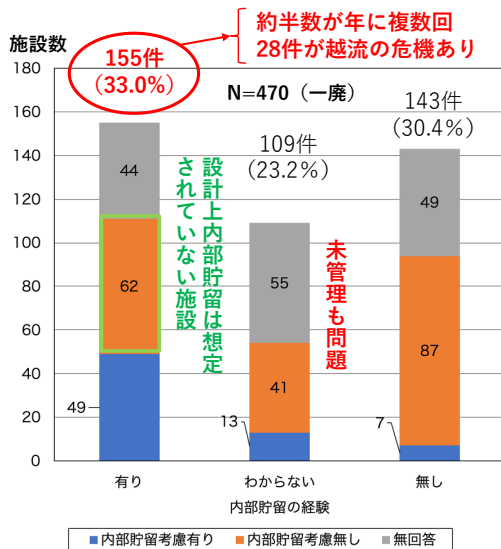


図1.4 (一廃) 内部貯留の発生状況

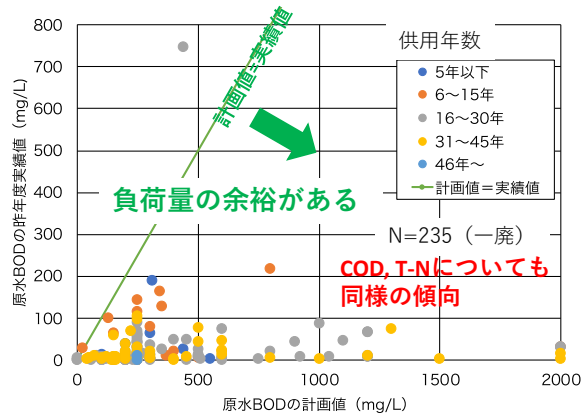


図1.5 (一廃) 浸出水原水濃度の計画値と実績値の比較 (BOD)

4) 気候変動と思われる事象や災害によって生じた問題とその対応事例について

災害対応の内訳としては、台風、落雷、豪雨による被害が多く見られている（図0.3）。豪雨により越流の恐れがあったため堰堤を高くした例や、下流側にトンパックを敷設した例があった。また豪雨・台風時に法面の崩壊や流出、遮水シートや保護マットのめくれや剥がれ、破損、ガス抜き管の破損の例があった。調整池が不足し新設した例や、調整池への土砂の流入、遮断弁の設置、吸引車による搬送の例や、台風による看板破損、水路破損、外周道路崩壊、フェンスの破損、シャッターの破損の例があった。浸出水処理施設では、豪雨による電気計装類の水没、豪雨や台風による配管類の破損、台風により施設の停電などが問題としてあげられた。なかには、台風による浸出水処理施設が全損した事例もあった。

5) 施設全体の点検管理について

一般廃棄物と産業廃棄物の自主定期点検の状況を比較すると、一般廃棄物は実施率が55%であるのに対して、産業廃棄物は82%と差があることが明らかになった。

第三者による機能検査は、一般廃棄物最終処分場の実施率は15%、産業廃棄物管理型最終処分場は14%であった。実施している処分場の約半数は定期的に行っていた。一方、第三者による機能検査を実施しない理由としては、必要性を感じていないという回答が多く、次いで機能検査自体を知らない、内容や費用が不明だからといった回答があった。

6) 実態調査のまとめ

表0.2に示した。

4-② 長寿命化を想定した機能検査マニュアル（別冊2）

機能検査マニュアルの目次を図0.1に示す。概要には「別冊1.2.2節の機能検査の課題と提案」及び「別冊2.6節の機能検査を踏まえた長寿命化の視点からの助言」について記載したので、ここでは機能検査マニュアルの検査項目を下記に、そして図1.6に文章例を記載する。なお、本報告書での機能検査とは、特段断りが無い限り、最終処分場の構造面だけではなく維持管理面も対象とした第三者による機能検査を指すことにする。

○土木構造物の検査項目

1) 貯留構造物、2) 遮水設備（遮水工基盤、遮水シート、土質遮水工、アスファルトコンクリート遮水工、鉛直遮水工、保護マット、遮水シート損傷（漏水）位置検知設備）、3) 埋立ガス処理施設、4) 地下水関連施設、5) 浸出水集排水施設、6) 雨水排水施設、7) 防水設備、8) 道路

○被覆型最終処分場の検査項目

1) 被覆設備、2) 人工地盤、3) 場内環境管理設備（場内環境測定機器、作業環境関連機器、防火設備）、4) 安定化促進設備、5) 遮水設備（遮水工基盤、遮水設備工、遮水工保護材）、6) 搬入管理設備

○浸出水処理施設の検査項目

1) 必要な機能と検査方法、2) 浸出水調整設備、3) カルシウム対策、4) 生物処理、5) 凝集処理、6) 砂ろ過、7) 活性炭吸着、8) キレート吸着、9) 消毒、10) 汚泥処理、11) ダイオキシン類の分解（1,4-ジオキサンの分解）、12) 塩類除去、13) 蒸発固化

1) 貯留構造物

・貯留構造物の種類
貯留構造物の形式には、土構造およびコンクリート構造などがあり、貯留構造物の種類によって、求められる機能の検査内容が異なる。
・貯留構造物に求められる機能
貯留構造物に求められる主たる機能には、①廃棄物等の貯留機能、②浸出水の流出防止機能があり、これらの機能が満足しているかを検査する。
・検査方法
貯留構造物本体や天端の変状ならびに貯留構造物からの浸出水の流出・漏水などを検査する。踏査による目視検査、測量による沈下や水平移動変異のほか、流出水がある場合は採水し、水量・水質検査などを行う。

2) 遮水シート

遮水シートは、場合により複雑かつ過酷な条件下で使用されるため、長期にわたり遮水機能（基本特性および耐久性などに関する特性）を保持しなければならない。
・種類
遮水シートは、合成ゴム・合成樹脂系（低弾性タイプ・中弾性タイプ・高弾性タイプの非補強タイプおよび補強タイプ）、ならびにアスファルト系（シートタイプおよび吹き付けタイプ）に分けられ、それぞれ要求機能がある。
・必要機能
①基本特性
外観、岩さ、遮水性（透水係数）、引張強さ、伸び率、引裂強さおよび接合部強度（工場接合および現場接合）があり、それぞれ検査結果を確認する必要がある。
②耐久性などに係る特性
耐候性、熱安定性、ストレスクラッキング性、耐酸・耐アルカリ性および安全性（溶出濃度）があり、それぞれの試験方法および基準に従う必要がある。
・検査方法
①施工完了後の遮水シートの検査は、引渡し検査結果を利用することができる。
②遮水シートの経年的変化については、最終処分場内にセットした遮水シートサンプルで評価する。

3) 保護マット

・種類
保護マットは、遮水性保護マット（または遮水性マット）、二重遮水シートの中層保護マットおよび一般保護マットに分けられ、それぞれに要求機能がある。
・求められる機能
保護マットに求められる機能には、遮水シートが外力によって損傷を受けるのを防ぐ保護機能と直射日光による劣化防止機能がある。保護機能を判断する指標として貫入抵抗があり、紫外線劣化防止機能を判断する指標として遮光性がある。
不織布の保護マットのうち、特に遮光性保護マット（または遮光性マット）は紫外線による極めて厳しい条件に暴露されており、損傷が発見された場合は、補修または交換を前提とする。
・検査方法
検査の方法としては、次のような方法がある。
・一般保護マットは、施工後目視できないので施工時検査データをチェックする。
・遮光性保護マット（または遮光性マット）は、損傷の有無、接合部割れの有無、異常な伸びおよび膨らみなどを外観検査する。
・抜き取り物性検査は、貫入抵抗および遮光性試験を実施する。
・抜き取り物性検査の実施は、機能検査者の指示のもと専門組織にて実施する。

4) 埋立ガス処理施設

埋立ガス処理施設は、埋立地から発生するガスを排除するために埋立地内部に設置される通気設備および終末処理設備で、多くの場合、浸出水集排水設備を兼用している。本施設は、埋立中のみならず、埋立終了後も機能が正常に保持されている必要がある。
・種類
埋立ガス処理設備には、埋立ガス抜き設備（集ガス・通気装置）と終末処理設備（ガス処理）がある。埋立ガス抜き設備の設置形態としては、①整型および法面浸出水集排水管をガス抜き設備として兼用使用する場合と、②個々に独立したガス抜き管を設置する場合がある。
・求められる機能
埋立ガス処理施設は、①埋立地内の廃棄物が分解する際に発生する埋立ガスを速やかに排出・処理する機能、②埋立地の安定化を促進するための空気を供給する機能を要求されるが、③埋立地内のガス排出管は浸出水集排水管と同様に有孔管であることから浸出水集排水機能を兼用することが多い。
・検査方法
施工完了後の検査は、設備の設置状態を目視によって検査する。埋立開始後の検査は、埋立ガス処理施設の設置状況、管の通気性の確認などを、踏査による目視によって行う。管の損傷などが考えられる場合には、排出ガスの状況調査も行う。

図1.6 機能検査項目の記載例

4-③ 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）（別冊3）

気候変動適応マニュアルについて、特に本研究では雨の降り方の変化に適応するための浸出水管理方策の視点でまとめている。豪雨や長雨による浸出水管理が、現場でもっとも関心が高く、前節の実態調査でも内部貯留や越流の危機の事例もあったことによる。概要は図0.2に示した。次節に本マニュアルの重要構成要素である「ガス抜き管を考慮した浸出水発生量モデル（2章）」及び「そのモデルを用いた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（2章）」及び「浸出水処理施設のリニューアルとコスト削減策の提案（4章）」、「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章）」、そして「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章）」について述べる。

1) ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデル（2章、詳細は別冊4）

a) モデル開発の必要性と目的

既存の浸出水処理施設及び調整池の規模設定は、合理式による推定あるいは時間遅れを考慮したモデル（廃棄物最終処分場整備の計画・設計・管理要領）による浸出水発生量予測に基づいている。しかし、近年焼却残渣を中心とした高密度埋立により、ごみ層の透水係数が小さい傾向にあることから、図0.4に示すように「ガス抜き管流れが原因であると思われる早い応答」と「ごみ層をゆっくりと浸出する遅い応答」の二つの応答を有する最終処分場が多い。そこで本研究では、この二つの応答に対応可能なガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを構築することとした。

b) モデルの基本単位

本モデルでは、最終処分場をごみ層・覆土層・ガス抜き管+グリ石層・集排水管枝管・集排水管主管に層分けし、各層の流入と層内の浸透による時間遅れを考慮することで、浸出水発量の計算を行う。図1.7は本モデルの基本単位となる区画である。即日覆土を想定し、最上層は覆土層の場合のみを考えた。また、ガス抜き管奥行き長さも調節が可能であり、長くすることでグリ石層を表現できる。なお、各層の水収式は別冊4を参照されたい。

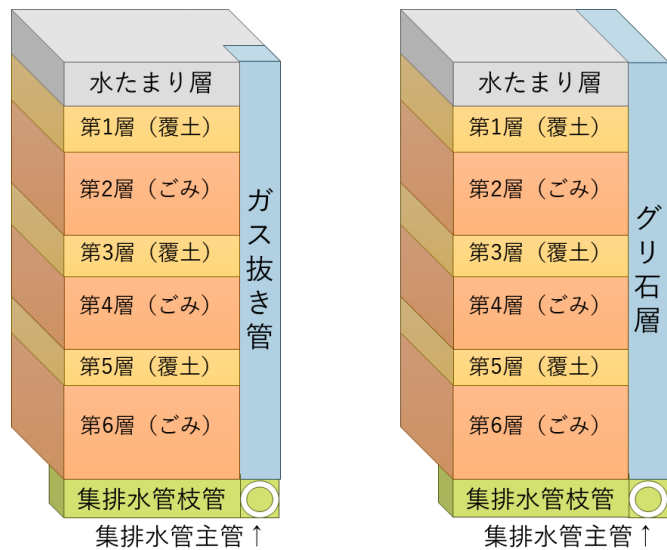


図 1.7 本モデル基本単位区画（左：ガス抜き管の区画，右：グリ石層の区画）

c) 浸出水発生量予測モデルの実処分場への適用

適用手順については、図0.5に示したように、①実処分場の埋立量（面積・深さ）及び浸出水集配水管、ガス抜き管の位置に関するデータに基づき、②3次元モデルをCAD上に作成し、③総面積と埋立量が同じになるように直方体の区画分けを行う。

④そして現地の降雨量と浸出水発生量の実測データに基づき、図0.6に示すようなモデル内のパラメータ11個（主に、蒸発速度、雨水排除率、水たまり層の側方流出係数、表面浸透能など）のフィッティング（2020年度データ）を行う。その際、浸出水発生量の観測値と計算値の誤差が最小になるようなパラメータ（誤差最小パラ）に加えて、誤差最小の結果から雨水排除率のみ変化させ最大ピークの差が最小になるようなパラメータ（ピーク値パラ）を求めた。本モデルを福岡県N処分場（埋立容量238万t、埋立面積18万m²、一般廃棄物、1996年4月供用開始）に適用した結果、観測値と計算値の決定係数は0.88と0.89（誤差最小パラ、ピーク値パラ、以下同様）、平均一日絶対誤差は127と133t/day（≪処理能力1,600t/day）、最大浸出水発生量の日の誤差は2,583と1,498t/day（≪調整池容量

45,000m³）であり、本モデルは実測値をよく表現できることが示された。

さらに、フィッティングに用いたデータ以外の時期においても同様のパラメータでモデルが成り立つかどうか検証するために、2018年度及び2019

表1.1 N処分場モデルの評価結果

誤差最小パラメータ（上段） ピーク値パラメータ（下段）	フィッティング	評価		
	2020年度	2018年度	2019年度	平均
実測値-計算値グラフの傾き[-]	0.8352	0.7796	0.8565	0.82
1以下=計算値<実測値で過小評価の傾向	0.9894	0.9215	1.0086	0.97
実測値-計算値グラフの決定係数R ² [-]	0.9052	0.8954	0.8615	0.88
	0.9118	0.9171	0.8728	0.89
平均一日絶対誤差[m ³]	141	96	156	131
	143	93	170	135
最大浸出水量の日の誤差（実測値-計算値）[m ³ /day]	2371	2397	2765	2511
	2347	1255	1756	1786

年度のデータの評価を行ったところ表1.1に示すように他の年度でも同様の結果が得られることを確か

めた。感度解析の結果は別冊4を参照されたい。

2) 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 (2章、詳細は別冊4)

国立環境研究所が提供しているMIROC5の気候モデルとRCP8.5シナリオを組み合わせた予測データ³⁾

を、このN処分場を対象にした浸出水発生量モデルに入力して、将来豪雨時の浸出水量の検討を行った。具体的には、図0.7に示すように、全国の県庁所在地を対象に、過去の豪雨に対して計算される年間総浸出水量 (Past) と将来想定される豪雨に対して計算される年間総浸出水量 (Future) より、総浸出水量の最大増加率を (Future/Past -1×100%) に

より計算を行った。その結果を図0.8に示す。なお、北海道はA処分場の座標と釧路市の平均値であり、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月の予測となる (本モデルは積雪を考慮できないため)。

次に、各都道府県の結果を表1.2にまとめた。徳島県の夏季 (5-10月) 以外は、各最大増加率は正の値であり、将来豪雨時のほうが総降水量・総浸出水量ともに大きいという結果であった。総浸出水量の最大増加率が最も高かったのは、山形県の96.4% (ただし、豪雪地帯のため5-10月の結果) で、最も低かったのは、徳島県の3.1%であった。また、豪雪地帯以外の35地点中24地点において、冬季 (11-4月) よりも夏季 (5-10月) の最大増加率が高かった。

次に、雨の降り方と浸出水発生量の関係について、各都道府県の詳細な結果をいくつか示す。

まず、最も増加率の小さかった徳島県の結果について、累積浸出水量と降雨の関係を図1.8、浸出水貯留量と降雨の関係を図1.9に示す。浸出水貯留量は、浸出水処理量を1,600 m³/dayとして毎日の浸出水発生量から処理量を差し引き、残る場合には翌日に持ち越すといった計算によって求めた。すなわち、浸出水貯留量の最大値が調整池容量として必要な値の目安となる。

図1.8より、徳島県では200日目付近 (1/1から計算を始めているため、およそ7月末) までは過去豪雨時と将来豪雨時の雨の降り方および累積浸出水量に大きな差はなかった。その後、将来豪雨時は230日目付近で150 mm/day以上の豪雨が降り続く期間があり、さらに260日目付近でも150 mm/day以上の豪雨

表1.2 各都道府県の降水量の比較と総降水量・総浸出水量の最大増加率

■ : 豪雪地帯

地方	地域名	年間				夏季 (5-10月)			
		過去総降水量 [mm]	将来総降水量 [mm]	総降水量増加率 [%]	総浸出水量増加率 [%]	過去総降水量 [mm]	将来総降水量 [mm]	総降水量増加率 [%]	総浸出水量増加率 [%]
北海道	旭川					1060.0	1339.0	26.3	43.9
	釧路					1081.5	1200.5	11.0	22.8
	北海道					1070.8	1269.8	18.7	33.3
東北	青森					940.5	1344.2	42.9	40.8
	岩手					1239.0	1541.6	24.4	41.4
	宮城	1559.5	2182.3	36.4	57.1	1141.5	1764.5	54.6	80.8
	秋田					1399.5	1765.0	26.1	41.5
	山形					962.5	1559.7	62.0	96.4
関東甲信	福島					1005.5	1549.9	54.1	78.1
	茨城	1671.5	2124.6	27.1	33.5	1062.0	1481.2	39.5	38.8
	栃木	1867.5	2620.2	40.3	43.0	1518.5	2091.1	37.7	39.7
	群馬	1503.0	2239.3	49.0	69.8	1190.0	1903.1	59.9	72.7
	埼玉	1703.0	2388.4	40.2	49.3	1097.0	1805.6	64.6	72.6
	千葉	1834.5	2290.3	24.8	15.6	1231.0	1599.9	30.0	23.5
	東京	2052.5	2669.6	30.1	21.9	1382.5	1964.8	42.1	33.0
	神奈川	2132.5	3002.7	40.8	52.9	1223.0	2131.1	74.3	77.9
	山梨	1599.0	2287.2	43.0	29.0	1284.0	1809.3	40.9	24.8
	長野					949.5	1275.5	34.3	45.2
北陸	新潟					1162.0	1924.3	65.6	87.1
	富山					1621.0	2176.0	34.2	39.4
	石川					1641.0	2245.1	36.8	39.2
	福井					1323.0	2362.1	78.5	78.2
東海	岐阜	2440.5	3479.9	42.6	45.2	1546.5	2651.2	71.4	72.3
	静岡	3367.0	4311.1	28.0	34.6	2530.5	3157.4	24.8	33.8
	愛知	1998.5	2876.0	43.9	44.5	1339.5	2190.6	63.5	70.0
	三重	2072.0	3017.4	45.6	44.5	1744.0	2350.7	34.8	40.3
近畿	滋賀	1950.0	2948.1	51.2	79.7	1274.0	2256.6	77.1	98.4
	京都	2061.0	3075.1	49.2	54.6	1409.0	2402.5	70.5	72.8
	大阪	2014.5	2481.5	23.2	15.1	1355.5	1884.9	39.1	30.5
	兵庫	2037.5	2516.1	23.5	16.8	1634.5	1971.3	20.6	14.0
	奈良	1646.5	2608.2	58.4	71.3	1147.0	1975.8	72.3	81.0
	和歌山	1950.5	2377.4	21.9	19.3	1442.0	1601.3	11.0	5.8
中国	鳥取					1360.5	2112.0	55.2	57.9
	島根	2223.5	3315.1	49.1	70.3	1578.0	2469.0	56.5	69.5
	岡山	1513.0	2426.4	60.4	85.2	1086.0	1998.5	84.0	101.5
	広島	2267.0	3330.6	46.9	47.6	1744.0	2702.3	54.9	55.3
	山口	2493.0	3985.5	59.9	74.4	1578.0	3169.5	100.9	110.3
四国	徳島	2612.0	2836.6	8.6	3.1	2025.0	1825.1	-9.9	-13.5
	香川	1583.5	2291.9	44.7	50.6	1264.5	1858.3	47.0	59.4
	愛媛	1796.5	2687.6	49.6	51.6	1290.5	2110.7	63.6	64.1
	高知	3658.5	4870.0	33.1	32.7	2833.0	3834.0	35.3	34.0
九州	福岡	2420.5	3097.4	28.0	28.7	1681.5	2428.4	44.4	43.9
	佐賀	2876.0	3545.5	23.3	21.6	2305.0	2883.8	25.1	24.2
	長崎	2709.5	3689.8	36.2	37.6	2122.0	2931.4	38.1	36.1
	熊本	2800.5	3438.1	22.8	20.2	2176.5	2795.7	28.4	21.1
	大分	2263.5	3035.3	34.1	43.1	1771.0	2477.2	39.9	44.5
	宮崎	3193.0	4209.7	31.8	42.9	2065.5	3321.8	60.8	69.3
鹿児島	3663.5	3965.1	8.2	13.4	2725.5	2932.2	7.6	9.2	
沖縄	沖縄	2895.5	4764.7	64.6	70.5	1986.0	2884.3	45.2	53.3

があり、その2つの期間に累積浸出水量が急増していることが分かる。一方、過去豪雨時は、294日目の277.5 mm/dayの豪雨が目立つが、浸出水量は比較的にコンスタントに増加していた。また、最終的な年間総浸出水量は同程度であった。

図1.9より、浸出水貯留量の変化には大きな差があった。過去豪雨時は浸出水貯留量のピークが1.5万 m^3 程度であるのに対し、将来豪雨時は4万 m^3 近い値であることが分かる。このように総浸出水量や総降水量が同程度でも、雨の降り方の違いによって浸出水貯留量の違いがあること分かった。

次に、三重県の累積浸出水量の変化を図1.10に、浸出水貯留量の変化を図1.11に示す。三重県は表1.2より年間総降水量・総浸出水量ともに最大増加率は45%程度であった。まず、図1.10をみると、過去豪雨時では273日目に427 mm/dayの豪雨とそれから10日程度空けて100 mm/dayの雨が2度降っており、その間の累積浸出水量の増加が著しいことが分かる。一方、将来豪雨時で最も日降水量が多かったのは227日目の234 mm/dayであるが、180日目～200日目付近の連続した長雨期間の累積浸出水量の増加のほうが大きく見える。浸出水貯留量の変化は過去豪雨時も将来豪雨時もピークは2~2.5万 m^3 で大きな差はなかった（図1.11）。このように雨の降り方が全く異なる場合でも浸出水貯留量の変化に大きな差が出ないような地域もいくつか存在した。

本解析より分かったことは、

- 1) 徳島県と三重県の結果から、雨の降り方の違いが浸出水量に大きく影響することが分かったが、浸出水量がその日の降雨だけでなく、その日以前の降雨にも影響されるため、具体的に何mmの雨が何 m^3 の浸出水量を発生させるかということを1:1の関係で述べるのは難しい。
- 2) ある降雨に対して浸出水処理が適切に行えるかどうかは、総降水量だけで比較するのでは不十分であり、具体的な降雨パターンを用いて計算する必要がある。
- 3) 以上のことから、過去の豪雨データだけでなく、将来の予測雨の降り方も考慮して処分場の設計を検討することは、処分場の気候変動適応策として重要であると言える。

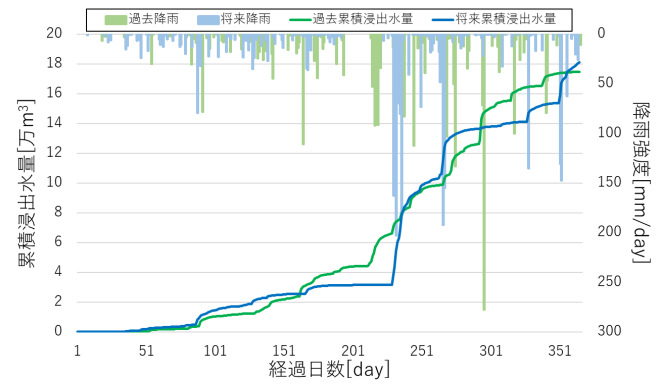


図 1.8 徳島県の累積浸出水量の変化

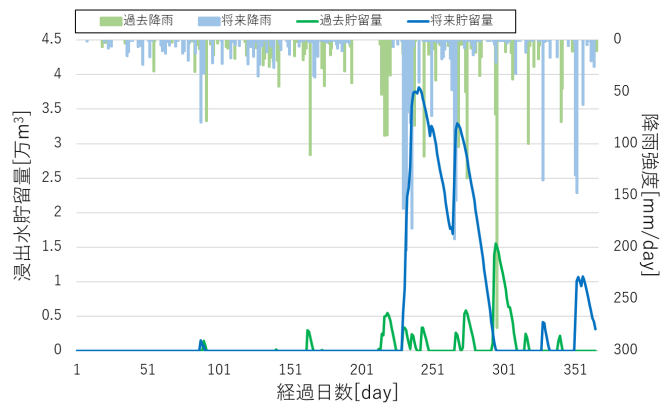


図1.9 徳島県の浸出水貯留量の変化

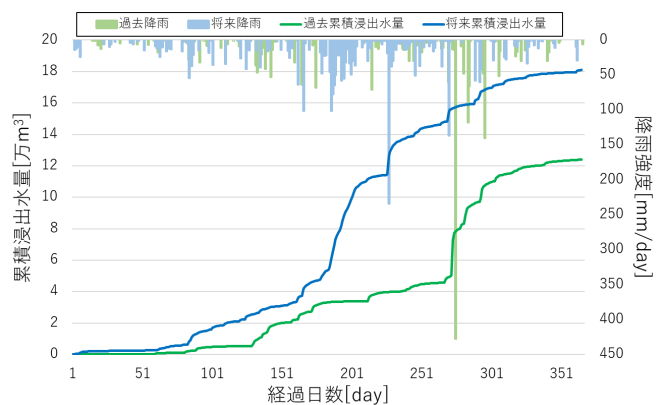


図1.10 三重県の累積浸出水量の変化

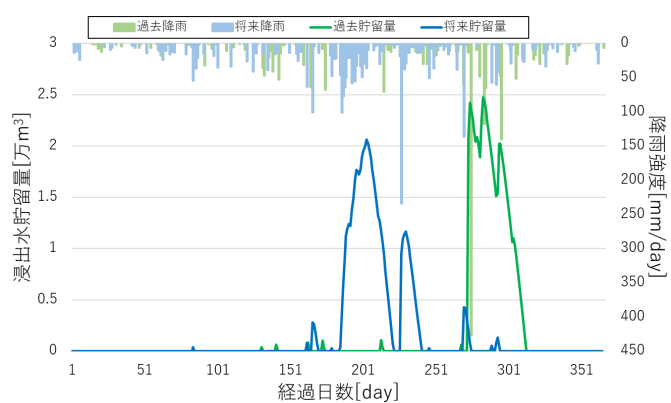


図1.11 三重県の浸出水貯留量の変化

3) 浸出水処理施設リニューアルケーススタディ (4章)

もう一つの適用例として、北海道A市処分場（埋立容量184万t、埋立面積13.2万m²、一般廃棄物、2003年7月供用開始）にガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを適用しパラメータフィッティング後のモデルに、A市の2100年までの最大降雨量であった2032年度の降雨量データ（MICRO5気候モデルRCP8.5）³⁾を入力し得られた結果を用いて、浸出水処理施設リニューアルケーススタディを行った。表1.4及び図0.9に示すように、浸出水発生抑制策がない場合（ケース2）は現行の600m³/dayから900m³/dayへの増強が必要となるが、浸出水発生抑制策を行う（ケース3）は、700m³/dayの増強で済ませることができコスト削減につながることを示した。さらに、豪雨時のみバイパス処理を行う場合（ケース1）は、さらにコスト削減が可能である。ただし、豪雨時のバイパス処理を行う際のルールや手続き、計画処理水質を満足できない可能性があることを事前に住民と協議する必要がある。

上記ではバイパス処理の可能性を示唆したが、ガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルを用いると、豪雨時の浸出水の発生経路の解析が可能となる。将来豪雨時の浸出水の発生経路を示したのが図1.12である。これをみると、降雨と同時に増減する早い応答では表流水（埋立地表面に降った雨が表層を流れてガス抜き管に流れてしまう浸出水のこと）の割合が高いことが分かる。さらに表1.3

より、100 mm/day以上の豪雨の日

4) 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章)

前章のA最終処分場のリニューアル例を踏まえて、浸出水処理施設リニューアル検討フローを整理し

表 1.4 リニューアルのコスト試算のまとめ

ケース	概要	浸出水処理施設規模 (m ³ /day)	整備内容	イニシャルコスト (千円)	ランニングコスト (千円/年)
ケース1	現状の施設規模を超える浸出水をバイパスして処理水と混合させる。	600 +300(消毒槽)	・バイパス管の設置 ・消毒槽増強	98,000	128,040
ケース2	施設規模のみを増強する。	900	・施設規模増強 (300 m ³ /日の施設を追加)	1,411,200	171,160
ケース3	浸出水発生抑制策を実施すると共に、施設規模を増強する。	700	・土木対策 (覆土敷設、水路増強) ・施設規模増強 (100 m ³ /日の施設を追加)	1,038,800	135,410

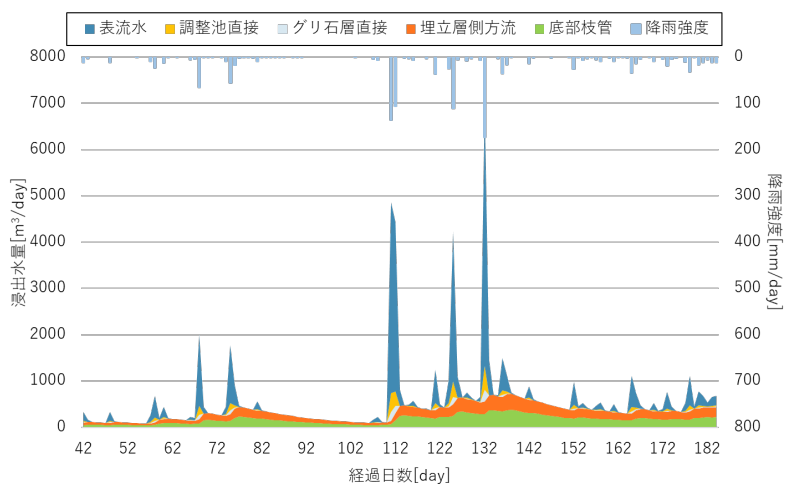


図 1.12 将来豪雨時の浸出水の発生経路 (A 処分場)

表1.3 豪雨日の浸出水発生経路の割合

100 mm以上の豪雨日	調整池への直接降雨	グリ石層への直接降雨	表面水	埋立層側方流	底部まで浸透
111日目	8.4%	4.0%	84.9%	1.5%	1.3%
112日目	7.2%	3.4%	82.5%	3.5%	3.5%
125日目	7.9%	3.7%	76.7%	5.8%	5.9%
132日目	7.5%	3.6%	80.8%	4.0%	4.1%

の浸出水は表流水の割合が約8割程度であった。このことから、豪雨時の浸出水の急増を抑制するには、覆土や排水溝能力の増強による浸出水発生抑制策が重要であることがわかる。

た。浸出水処理施設の改造は施設規模の増強及び施設の更新が主となる。増強及び更新に係る契機は浸出水量の増加及び原水水質の変動が考えられ、両者の状況により、検討パターンを1～4に分けた（図1.13）。

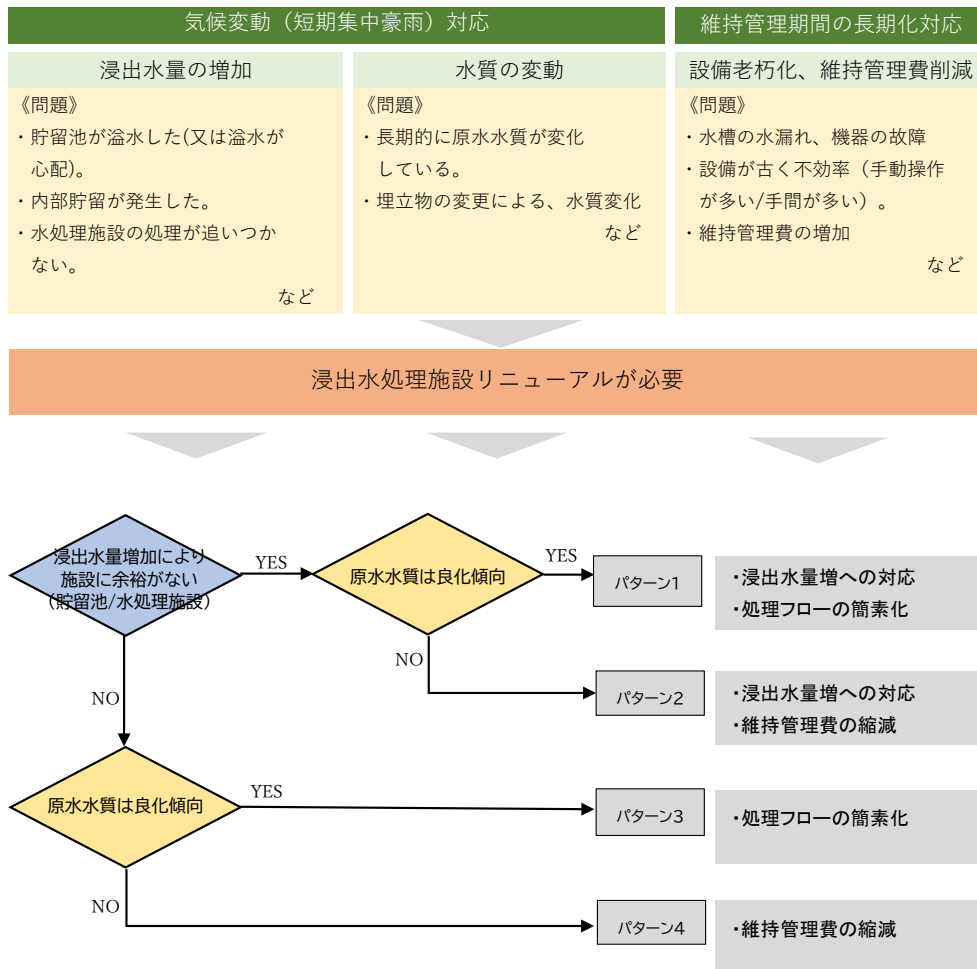


図 1.13 浸出水処理施設リニューアル検討フロー

水処理施設及び調整池（貯留池）の施設規模の検討フローを図1.14に示す。浸出水量発生予測モデルにより、水処理施設と貯留池の規模設定を実施する。水処理施設と貯留池の規模には関連性があり、一般に水処理施設規模より貯留池規模を大きく取の方がコスト面で優れる場合が多い。一方で貯留池は大面積を必要とするため、敷地条件を考慮し設定する必要がある。

また、下記検討フローとは別に施設の劣化状況等を確認し、継続使用に問題がある場合には改修を行う必要がある。

次に、浸出水処理施設処理の検討フローを図1.14に示す。

a) 水質条件の整理

原水水質の経年変化状況に加え、今後の埋立予定を考慮しつつ今後の原水水質を予測する。また、関連機関及び住民等の同意が得られる場合は処理水水質の変更を検討する。

b) 当初設計余裕率の把握

参考に示す「改造（最適化）計算モデル（別冊3に記載）」を使用し、水処理施設当初設計における余裕率を把握し、水質条件等の設計変更内容を反映しつつ最適な処理工程を設定する。

c) その他

下記検討フローとは別に施設の劣化状況等を確認し、継続使用に問題がある場合には改修を計画する。また、設備の追加が必要な場合は、設置場所及び受電設備等の対応可能容量等の検討を行う。

水処理施設及び調整池の施設規模、そして処理プロセスや運転条件が決まった後は、ケーススタデ

ィで示したように、イニシャルコストとランニングコストの検討を行う。

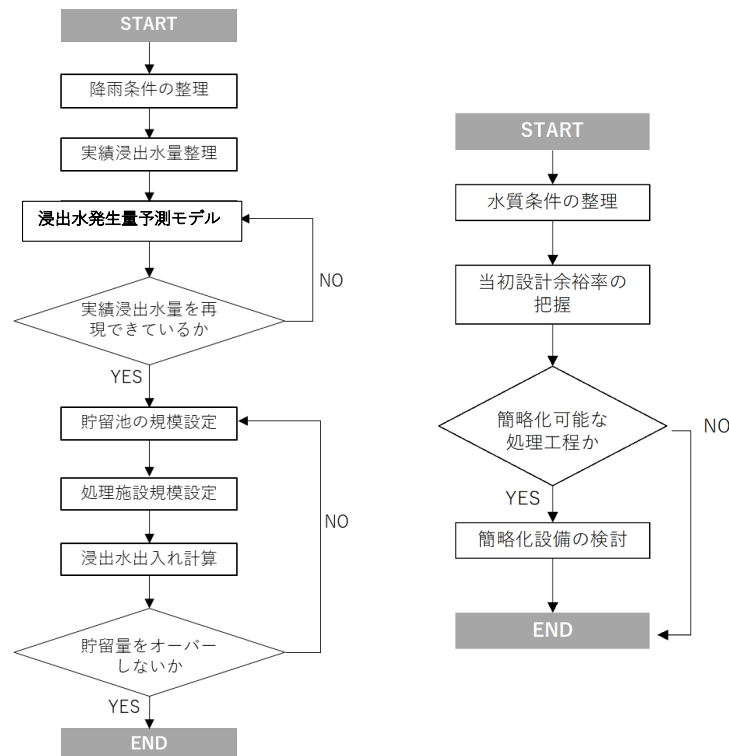


図1.14 浸出処理施設及び調整池の施設規模（左）及び処理プロセス（右）検討フロー

5) 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章）

A) 現状と課題の整理

現在、既設の最終処分場浸出水処理施設の更新に関する明確な手引きは存在しない。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月改定）²⁾を利用して検討されているのが実情である。図0.10に計画策定のフローを示す。

基本的には、し尿処理施設・汚泥再生処理センターに向けた手引きなので、延命化時の処理量や原水水質の設定などは、人口や負荷量原単位から、目標とする性能水準の設定を定めることとなる。よって、本手引きを利用する際には、下記のことを追加して考慮されなければならない。

- ①最終処分場の残余年数と年間埋立量を考慮した共用年数（延長期間）を推定する必要がある。
- ②再設定された降雨量、供用中の最終処分場の埋立・覆土状況、過去の観測値などによって決定される浸出水発生量予測に基づく出し入れ計算により、調整池及び浸出水処理施設の規模設定を行う必要がある。
- ③これまでの浸出水水質、今後の埋立物の種類や量、それから処理目標値（排水基準）などを考慮し、浸出水処理のプロセスや運転条件を再検討する必要がある。
- ④コスト削減のみならず、脱炭素社会への貢献から、省エネルギー化も同時に検討する必要がある。

B) 最終処分場の延命化計画の考え方

し尿処理施設・汚泥再生処理センター向けの手引きの計画作成フローを参考に、最終処分場の延命化計画のフローを図0.11のように提案する。ここでは、浸出水処理施設のみならず、最終処分場そのものの延命化を想定して提案している。

基本的には、設置許可時の維持管理計画や定期検査・機能検査の内容に基づき、過去の維持管理情報や維持補修データの収集・整備がなされる。最終処分場を構成する土木構造物及び浸出水処理施設、その他施設（トラックスケールや管理棟も含む）の維持管理すべき構造物、設備、機器等のリストが作成されており、各構造物・設備・機器の保全方式や管理基準値の選定に基づき、日々の運転・管理、補

修・整備が行われている。以上が、日常業務として実施されている事項である。

延命化を検討する際には、上記の日常業務としての実施事項の確認に加えて、定期検査・機能検査を実施する。できれば第三者による実施が望ましい。過去の維持管理データの整理、現地調査による課題抽出・劣化・故障・寿命の予測が行われる。

次に延命化計画立案を行うことになるが、この部分が、し尿処理施設・汚泥再生処理センターとは大きく異なる。

- ①まず、残余年数と最終処分量の将来予測、土地利用や供用年数に関する周辺住民との協定内容を考慮し、供用予定年数を推定する、または設定する。
- ②埋立計画を見直す。特に、年次毎の最終覆土や雨水排除工の計画が、浸出水管理にとっては重要となる。これまでの計画を再度見直して、埋立面積の縮小化や雨水排除工の増強などを検討することが望まれる。また、区画埋立を行っている最終処分場では、未埋立区画の未埋立期間が長くなる傾向にあることから、草木の繁茂や強風などの天候状況による保護材のめくれや破損、遮水工の破損などの事例が多く見られることから、未埋立区画の埋立前の点検や補修工事を考慮しておく必要がある。
- ③次に、浸出水量と質の設定を行う。こちらについては、次節に詳細を述べる。
- ④以上を踏まえて、土木構造物及び浸出水処理施設の延命化計画を立案する。具体的には延命化効果、コスト、スケジュールの立案を行う。

C) リニューアル時の浸出水量と質の設定と処理プロセス及び運転条件の考え方

既設の浸出水処理施設のリニューアルにも交付金措置を行うべきであるが、特に下記の事項を満たす必要があると考えられる。

i) 過去の豪雨時の降雨量を考慮し、少なくとも内部貯留を回避できる。

これは、特に交付金対象となる処分場は発注仕様書に基づく必要があることから、浸出水処理施設のリニューアルを交付金対象とする場合には、満足すべき事項である。内部貯留を回避することにより、将来的には浸出水質の改善が図られ、水処理プロセスの簡素化や運転コストの削減につながる可能性がある。

ii) 将来の豪雨など大雨への対応がなされている。

これは、最終処分場のレジリエンスの点から考慮すべき事項であると考えられる。具体的には、浸出水処理施設のリニューアル時に、簡易・バイパス処理可能な施設とし、さらに簡易・バイパスに切り替える条件やモニタリング方法などマニュアル化し、周辺住民との合意や協定を再構築しておく。その際には、豪雨などの緊急時には、①内部貯留をまず行う、②調整池を仮設する、③外部処理を検討する、④バイパス処理を実施する、⑤一部未処理の浸出水を緊急放流するなどの優先順位やその判断に至る判断基準やプロセス、モニタリング方法、連絡体制等について協議しておく必要がある。

本研究で提案する別冊4のガス抜き管を考慮した浸出水発生量予測モデルと将来気候変動データ等を用いて、豪雨時の浸出水量を予測し、その量に見合ったバイパス処理を検討することや、豪雨時には大半の浸出水がガス抜き管など廃棄物層を介さずに発生することから、平時の浸出水水質と希釈率を考慮した運転管理を検討することができる。

iii) 脱炭素社会への貢献の検討がなされている。

最終処分場での温室効果ガス発生抑制が可能な対策として、無機物埋立主体の日本においては、浸出水処理施設運転に伴うエネルギー量や薬品量を削減することが重要である。そのため、リニューアル時には、省エネタイプの設備・機器導入の配慮や、エネルギー節減型の運転条件を検討する必要がある。さらに、太陽光パネルなどの創エネ対策も今後検討が必要となろう。

4-④ 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と別冊3）

本研究のまとめとして、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を以下に提案する（図0.12）。

A) 既存最終処分場の場合

○埋立量

供用開始から、基本的に右肩上がりで埋立量は増加するとしている（直線とは限らない）。しかしながら、当初よりも埋立量が少なく経過し、当初の埋立終了予定15年間で25年間長寿命化し、合計40年間埋立が可能であると想定した。それ以上も同様の考え方である。

○降雨量と浸出水発生量

設計時に設定された降雨量を1とする。雨の降り方が変わってきたことを踏まえ、今後も豪雨の頻度が増すなど雨の降り方が変化すると想定して、右肩上がりで降雨量が増加すると想定している（こちら直線とは限らない）。降雨の変化に伴って浸出水発生量も増加すると想定している。

○汚濁物質濃度

多くの最終処分場では、埋立廃棄物の種類や量にもよるが、埋立開始から徐々に汚濁物質濃度は上昇するが、埋立中であっても濃度が少しずつ低下する傾向にある。濃度ピークや低下の程度は最終処分場によって異なるが、時間が経過すると多くの最終処分場では、実際の汚濁物質濃度は計画原水濃度のよりもかなり小さい場合が多いことを想定している。また埋立終了間際になっても、廃止基準値はまだ満足していないと想定している。

○トラブル

実態調査から、

- ・ 供用10年を超えると、貯留構造物や遮水工・基盤、調整池の問題対応が増加する
- ・ 供用30年をこえてもなお遮水工・基盤や調整池、集排水・ガス抜き管への問題対応が比較的多い
- ・ 浸出水処理施設については、供用10年を超えると耐用年数を迎える機器類、電気計装類への問題対応が徐々に増加し、供用25年を過ぎても緩やかに増加する

ことが明らかになっている。なお、供用25年で高止まりしているような表現であるが、アンケート調査データが無いことが原因であり、実際には点線で示したように、供用年数が増えるとともに増加するものと考えられる。

以上のような想定を考えた時に下記のような機能検査と浸出水処理施設のリニューアルを提案する。

①供用開始からまず5年以内に機能検査を行うと共におおそ5年毎の機能検査を継続して行う。

最終処分場では、申請・許可時に維持管理計画が策定されるが、供用が始まってしまふとその維持管理計画が運用されていない場合が多い。初期の5年間で、維持管理計画通りの運用の確認を踏まえ、より現地に適した維持管理方法を確立するための、維持管理に着目した機能検査が必要である。そして、おおそ5年毎に機能検査を行うことが望ましい。この機能検査は第三者による実施を想定している。

②当初の埋立終了予定前後が最初のリニューアル検討時期である。

比較的トラブルが多く発見されるこのタイミングで下記を実施する必要がある。

- ②-1 最終処分場の延長申請を行うと想定されるが、その際に最終処分場の維持管理が適切に行われていることを住民や行政に示すためにも、第三者による機能検査の実施を行う。
- ②-2 その際に、降雨量の設定値や浸出水発生量が計画許容範囲であったかどうか、また既存の調整池や浸出水処理施設で量的な対応が十分であったか、また内部貯留の状況を整理し、必要に応じた対応を検討すべきである。例えば、埋立済み区画の浸出水発生抑制策、調整池や浸出水処理施設の規模拡張、あるいはバイパス処理の検討である。
- ②-3 加えて、浸出水原水水質のモニタリングデータから、処理プロセスの見直し、あるいは運転条件の見直しなどの簡易処理（処理の簡素化）を検討する必要がある。
- ②-4 以上を総合的に勘案して、今後の豪雨時において、内部貯留、調整池の仮設、バイパス処理、それでも対応困難な場合は緊急放流（排水基準以下）を行うなどの協議を、日常の情報提供や、緊急時の連絡手段、事前・事後のモニタリングデータの開示なども含め、周辺住民と行っておく必要がある。

- ②-5 多くの浸出水処理施設では、このタイミングでポンプ類、電気計装類、モニタリング計器類の交換時期が訪れるので、計画的な予算確保が重要となる。
- ③当初埋立終了予定を超過してからも定期的な（5年毎）の機能検査が必要である。
必要に応じて、②-2～②-5を行う。
- ④埋立終了前が次の重要な検討時期であり、下記の実施が必要である。
- ④-1 定期的な機能検査の他に、埋立終了を迎えるに当たっての機能検査が重要となる。
- ④-2 埋立終了後は最終覆土が施され、浸出水発生量が大幅に変化する。特に雨の降り方の変化を考慮すると、覆土表面の浸出水発生抑制策が重要となる。
- ④-2 この時期になると浸出水中の汚濁物質濃度は計画原水濃度よりもかなり低くなっていると想定される。よって、埋立終了から廃止に至る間のコスト低減のために、浸出水処理施設のリニューアル（規模と処理プロセスの改造）を検討する。
- ⑤埋立終了から廃止に至る間においても、定期的な機能検査は重要である。

B) 新規最終処分場の場合

新規の最終処分場においても同様の考え方が重要である。図0.12に示したように、供用前の構想・計画・設計・施工段階から次の事項を検討することが重要である。

○トラブル対応

機能検査及び施設更新の計画化と予算化が重要である。

○埋立量

脱炭素社会や3Rを実現するための埋立量削減が可能であるか、あるいはどの程度、当初計画よりも削減されるのか常にモニタリングしておく必要がある。

○降雨量及び浸出水発生量

近隣气象台のデータのみならず、現地へ雨量計を設置するなど、降雨と浸出水発生量の関係、積雪と春の雪解け時の浸出水発生量の関係がわかるようなデータを蓄積することが重要であり、必要に応じて本研究で提案した予測モデルの適用を検討する必要がある。また浸出水発生抑制策やバイパス処理の検討をこの段階から想定しておく必要がある。

○汚濁物質濃度

浸出水中の汚濁物質についても、当初想定していた原水水質よりもかなり低濃度で推移する可能性もこの段階で想定することも重要である。

○住民との協議

以上、計画段階から、想定外の豪雨時には、内部貯留、調整池の仮設、バイパス処理、それでも対応困難な場合は緊急放流（排水基準以下）を行うなどの協議を、日常の情報提供や、緊急時の連絡手段、事前・事後のモニタリングデータの開示なども含め、周辺住民と行っておく必要がある。

5. 研究目標の達成状況

本研究はサブテーマが1つしかないため、表0.4に示した。

6. 引用文献

- 1) NPO 最終処分場技術システム研究協会（LSA）：最終処分場機能検査者資格認定テキスト, 2009
- 2) 環境省：廃棄物処理施設長寿命化総合計画作成の手引き, 2015（改定）
- 3) 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〈閲覧日時 2022/2/23〉<https://www.nies.go.jp/doi/10.17595/20200415.001.html#block3>

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 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, Voi.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)

<査読付論文に準ずる成果発表>

特に記載すべき事項はない。

<その他誌上発表（査読なし）>

【サブテーマ1】

- 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

(2) 口頭発表（学会等）

【サブテーマ1】

- 1) 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

- 2)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
- 3)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
- 4) 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
- 5) 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

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

(4) マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

特に記載すべき事項はない。

(5) 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。

IV. 英文Abstract

Performance Inspection and Climate Change Adaptation Measures for Final Waste Disposal Sites with Life Prolongation

Principal Investigator: Kazuei ISHII

Institution: Hokkaido University

N13, W8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, JAPAN

Tel: +81-011-706-7284 / Fax:+81-011-706-7287

E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

[Abstract]

Key Words: Landfill sites, Life prolongation, Climate change adaptation measures, Performance inspection, Leachate treatment facilities

The recent decrease in landfill waste by promoting the 3Rs (Reduce, Reuse, and Recycle) has increased the life of landfill sites more than the planned period for landfilling. However, as a result, operation and maintenance troubles might occur. The current situation on the troubles should be clarified. Periodic inspection based on laws is not applicable to landfill sites owned by municipalities, and such inspections are done only based on structural regulations, not operation and maintenance. In addition, recent changes in precipitation have increased the risk that leachate generated in unanticipated heavy rain might overflow landfill sites because of the small capacity in storage reservoirs and leachate treatment facilities. Proper leachate management strategies should be developed as climate change adaptation measures while considering future changes in precipitation. The objectives of this study for both landfill sites for municipal solid waste and industrial waste are: 1) To clarify problems caused by life prolongation and recent climate change in the operation and maintenance of landfill sites and the current situation on performance inspection; 2) To make two manuals of performance inspection and climate change adaptation measures based on those results; and particularly 3) To propose renewal strategy and cost reduction in leachate treatment facilities. As a result, 1) a questionnaire survey for landfill sites of municipal solid waste and industrial waste in Japan revealed the actual situation of life prolongation of landfill sites, problems with operating and maintaining landfill structure and leachate operation, and no performance inspection. 2) A performance inspection manual considering life prolongation of landfill sites and a climate change adaptation measure manual (leachate management strategy for adaptation to future change in precipitation) were successfully created. 3) In the climate change adaptation manual, a numerical model to predict leachate generation considering vertical venting pipes was developed. The model was applied to real landfill sites in Japan to confirm its effectiveness. Future leachate generation in each region was predicted using the model and maximum precipitation data by 2100 (data by National Institute for Environmental Studies). A case study of renewing a leachate treatment facility showed that bypass treatment can prevent leachate overflow during heavy rain. Finally, a feasible strategy of performance inspection and renewal of leachate treatment facilities for existing and new landfill sites was proposed.