

課題番号	3-2103
体系的番号	JPMEERF20213003
課題名	先が読めない廃止期間を、半物理・半統計的に評価するための最終処分場エミッションモデルの構築
課題代表者	石森洋行
課題代表研究機関名	国立環境研究所
研究実施期間	令和3年度(2021年度)～ 令和5年度(2023年度)
研究体制	石森洋行(サブテーマ1リーダー) 石垣智基(サブテーマ2リーダー)

1. はじめに（研究背景等）

■ 最終処分場の実態

- 一般廃棄物処分場（施設数1,689／廃止30）
自治体 ➡ 用地不足で処分場の新設が難しくなる
- 産業廃棄物処分場（施設数1,783／廃止30）
民間業者 ➡ 経営破綻、事業者数の減少、地域差、
不法投棄に繋がる。特に管理型処分場

こうした問題の回避には、**廃止期間の予測**が必要

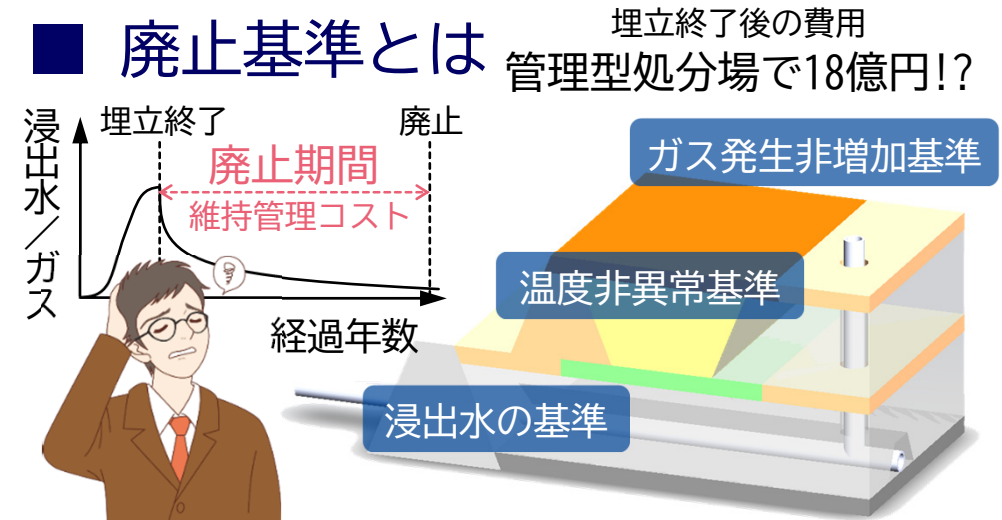
■ 廃止期間を長引かせる要因

- **住民理解のための上乗せ基準**
安全性を疑問視する声に応えるため、法規制に上乗せした基準を満たすよう維持管理する約束をしている。
- **埋立後の経営まで見通せていない技術採用**
入れ替わり多い行政担当者は、建設時に魅力的に見える技術（高度な水処理、漏洩検知）を採用してしまい、結果的に経営難に陥る場合もある。

■ 本研究で用いる研究手法

- 実務者への展開を図るため、最も単純な物理モデルによる予測 + 誤差は実測データで補完

■ 廃止基準とは



■ 近い将来必ず顕在化する問題

- **少子高齢化、経済低迷**
日本全体の財源は縮小する。将来にわたり廃止できない処分場を残さないシステム作りが必要になる。
- **災害廃棄物への対応**
経験のないごみを安全かつ効率的に処分する必要性
- **最終処分場の大型化**
大型処理施設に広域のごみを集約している。大量で
ごみ質の異なるものを一括処分 ➡ 更なる長期化!!?

2. 研究開発目的

■ 実測データの重要性と有効活用を訴えること

- 近年情報に対する社会的認知度が高まり、情報科学の発展とともに情報基盤の整備が進む
- 他産業は情報の有効活用（データサイエンス）を進めることで革新的発展につなげている
- **最終処分場でも情報技術を高度化できるはずであり**（眠ったままのデータとは言え、量は他産業や諸外国よりも膨大である）、**実測データの重要性を実務者に認識させることが肝要である**

■ 行動変容を促すための手段

■ 実測データを有効活用するための基盤作り

サブテーマ2

- 研究者と実務者の連携強化（研究者から実務者に教えを乞う）
- 研究者が得意とする可視化、分析、予測をWebアプリケーション化し、実務者自身が日常利用する
- シンポジウムを開催して経験、悩み、意見、情報の共有を進め、実務者同士の連携強化
- サブテーマ1と連携し、実務者が抱える課題解決に向けて実測データを受け、分析し解決策を提示

■ データ同化により将来予測をより正確にする

サブテーマ1

- 先を見据えた維持管理を実現させる（維持管理積立金の査定を適正化、廃止に向けた工事等に先行投資）
- 実測データの有効活用として、サブテーマ2で集めた実測データから半データ同化型将来予測を開発
- 物理モデルを用いてトレンドを計算し、トレンドからの変動成分を統計学的モデルで推定し、両者の計算結果を重ね合わせることで浸出水濃度を予測する
- 物理モデルに与える間隙率（水みち）は実際の最終処分場を対象に現地調査を行う

3. 研究目標及び研究計画

■ 研究目標

- (技術的成果)『実測データの収集のための研究者－実務者の連携を促す情報基盤』➡サブ2
- (学術的成果)『不均質・不確実性を考慮した半物理・半統計的な将来予測計算』➡サブ1

■ 研究計画

	サブテーマ2（連携強化と情報基盤）	サブテーマ1（将来予測計算）
令和3年度	全環研協議会との連携により 実測データの収集を開始 ①デモ版の試験公開 ②実務者に個別ヒアを申込 ③処分場調査に同行 ④実務者の要望を把握	水みちモデル構築のための 研究対象とする最終処分場の選定 ①調査地点の選定 ②電気探査で水みち調査 ③埋立層を試料採取しX線CT分析に供して水みち解析
令和4年度	実測データ収集の効率化のための 実務者視点での情報基盤の改良 ①実測データの収集 ②時系列のデータベース化 ③産廃処分場事業者への情報提供の依頼を開始	廃棄物埋立層の水みちを考慮した 移流分散解析技術の構築 ①処分場調査を継続 ②間隙構造の特性化 ③水みちを考慮した物理モデルの作成
令和5年度	廃止期間推定機能等を実装した 情報基盤の公開と第三者評価 ①開発した将来予測をWebアプリケーションに実装 ②フィードバックを得て、今後の課題を抽出する	実測データとの比較から 予測誤差を評価、統計分析による類型化 ①予測誤差を求める ②予測誤差の類型化 ③モデルを随時更新する半データ同化予測を実現

4. 研究開発内容

■ サブテーマ2（連携強化に資する情報基盤の構築）

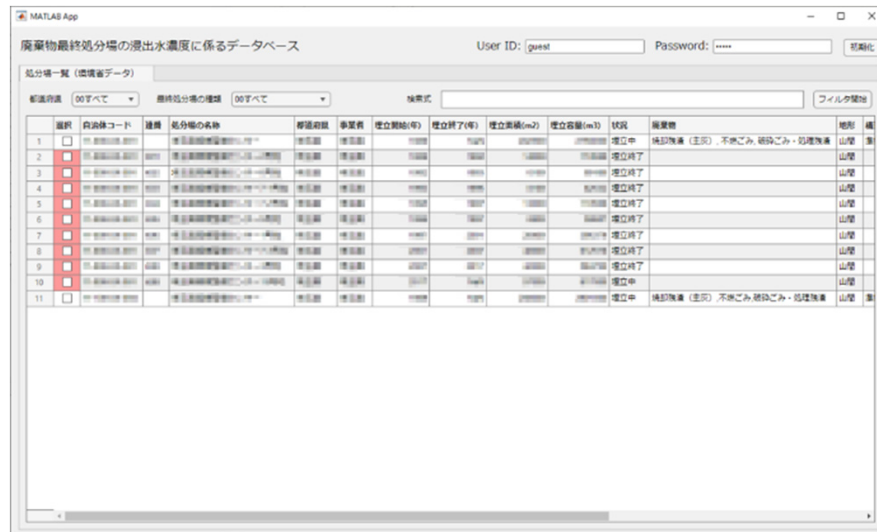
- 実務者の持つ実測データが有効利用できていない現状を踏まえ、現場情報の重要性を実務者自身に認識するために個別打合せやシンポジウムを開催した。実務者自身が抱える課題と解決について情報共有の場を設けることで、研究者と実務者間の連携強化のみならず、実務者同士の連携強化を促進した。
- 提供された実測データは、サブテーマ1の研究目的に利用するとともに、研究者の手によって、データの一元管理、可視化、統計分析、将来予測のための情報基盤の構築にも活用した。
- これにより管理対象の最終処分場について、過去、現在、未来の俯瞰的な理解を支援し、実務者自身は実測データが最終処分場の適正管理に不可欠であることの認識を新たにし、実測データの更なる提供と周辺実務者からの提供の加速化を図った。

■ サブテーマ1（将来予測モデルの構築）

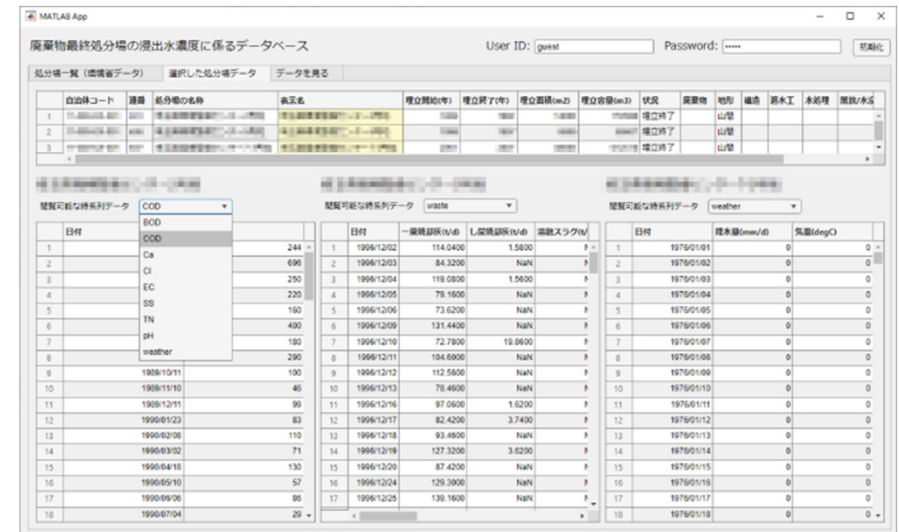
- データ同化に適した将来予測モデルを開発し、ここで必要となる水みちに係るモデルパラメータを現場調査に基づき評価した。実務面での運用を図るため、現場で取り得るデータを基に予測モデルを設計し、計算負荷軽減のために簡易化を指向した。
- 特徴は、予測誤差をモデル化する点である。従来の自然現象を対象とした物理モデリングとは異なり、その計算結果を用いて実測データから除去することで、既往の物理モデリングの結果とどの程度かけ離れているのか、すなわち予測誤差を求めた。
- ゆえに将来予測は、従来の物理モデルに、予測誤差を表現した統計学的モデルの和となる。

5. 結果及び考察（技術的成果：情報基盤）

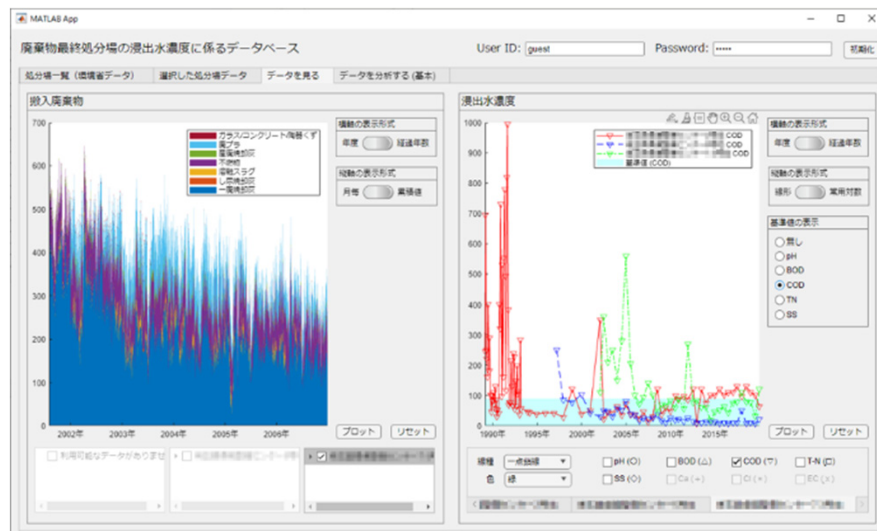
Webアプリケーションを通じて実務者にデータの有効活用を働き掛ける



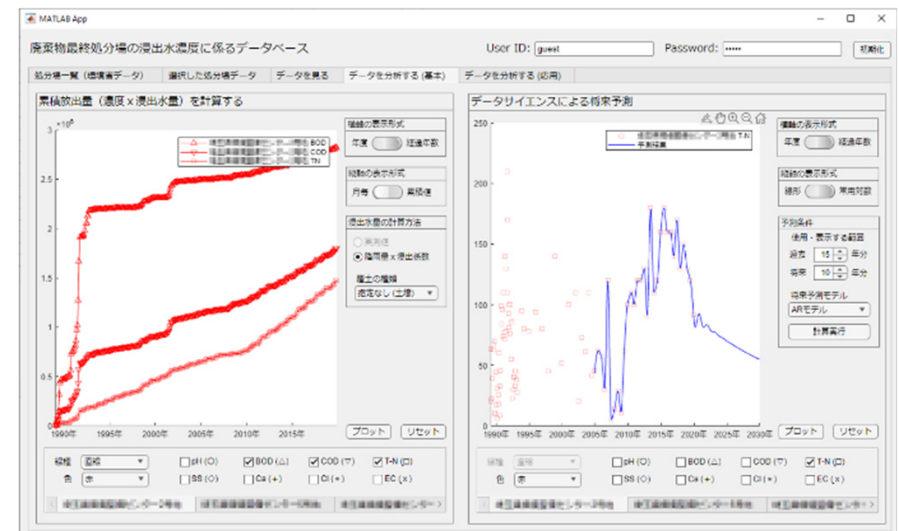
(a) 実務者の管理対象の最終処分場を一覧表示



(b) 選択した最終処分場で保有するデータを確認



(c) 保有するデータの可視化と比較



(d) 研究者のスキルを活用したデータ分析

5. 結果及び考察（技術的成果：情報基盤）

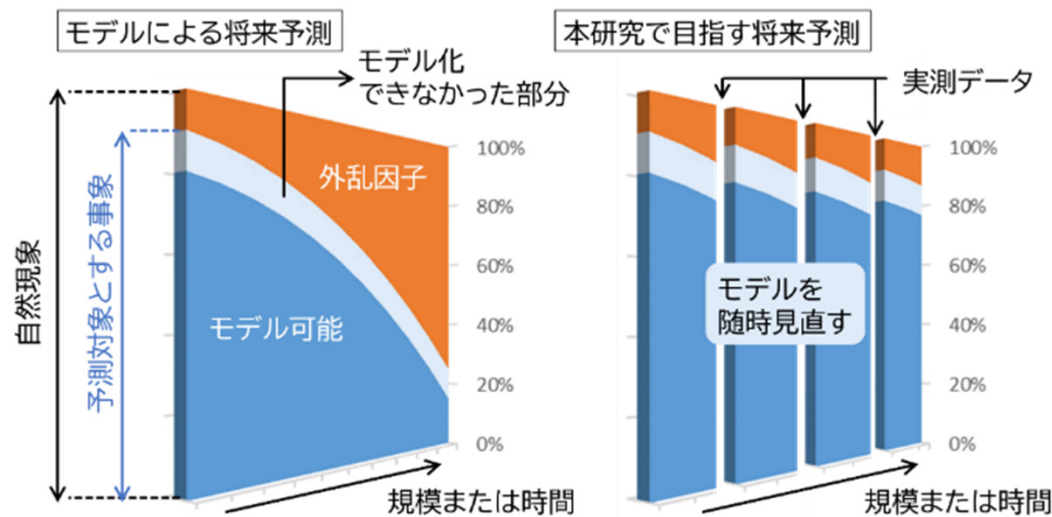
■ 県職員等閲覧権限を与えて、形質変更や廃止、跡地利用の判断を支援

ユーザー名	ハッシュ値	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
A		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
B		0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
C		0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
D		0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
E		0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
F		0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
G		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
H		0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
I		0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
J		0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
K		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
L		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
M		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
N		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ゲスト		0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
管理者		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

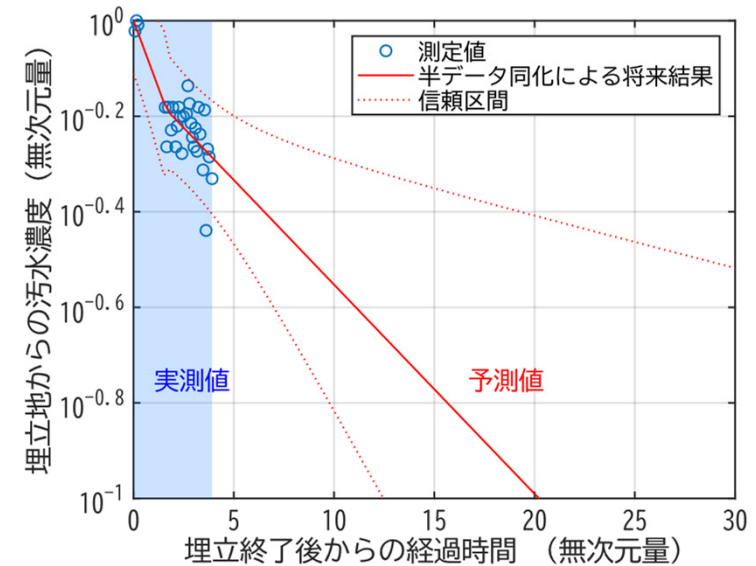
0...閲覧不可、1...閲覧可能を表す。前提としてマトリックスの対角成分には「1」が与えられており、ユーザーは自身の処分場データのみを閲覧できることを意味する。上図の場合では、すべてのユーザーは、自身の処分場のみならず、G列においても「1」と設定されており、これはGの処分場データも閲覧できることを意味する。またゲストはG処分場データのみを閲覧でき、管理者は全ての処分場データを閲覧できる権限となっている。

5. 結果及び考察（学術的成果：将来予測）

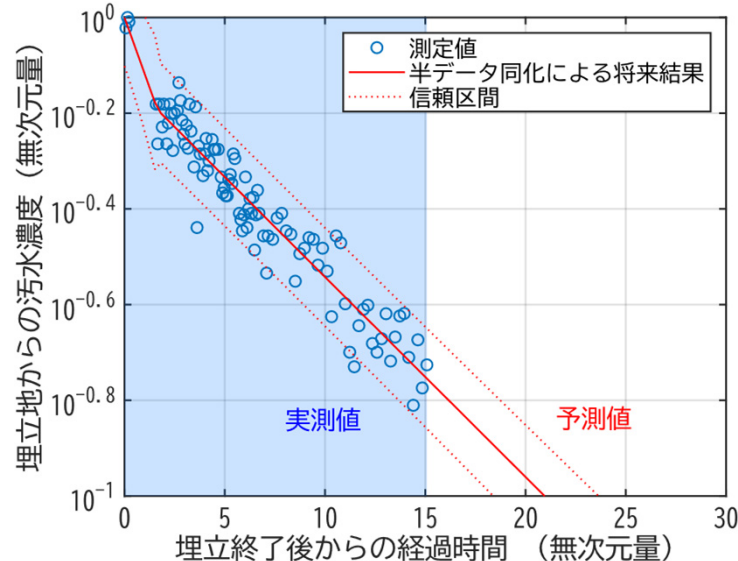
■ 実測データの蓄積とともにモデルを見直し、より正確な将来予測を実現



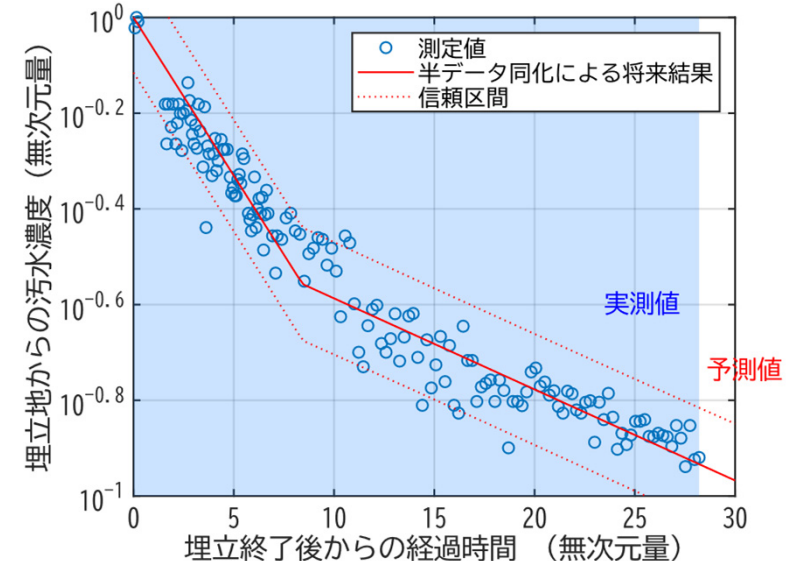
(a) 半データ同化による将来予測手法の概念図



(b) 経過時間が短くて十分なデータが無いとき



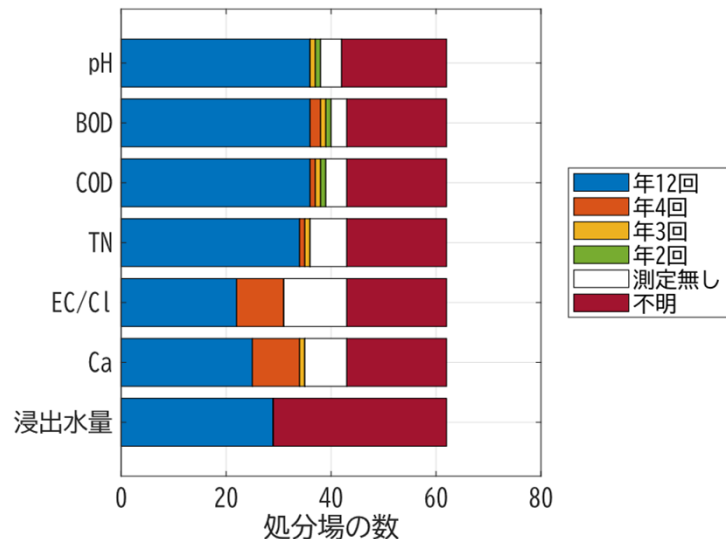
(c) 経過時間とともにデータが蓄積されたとき



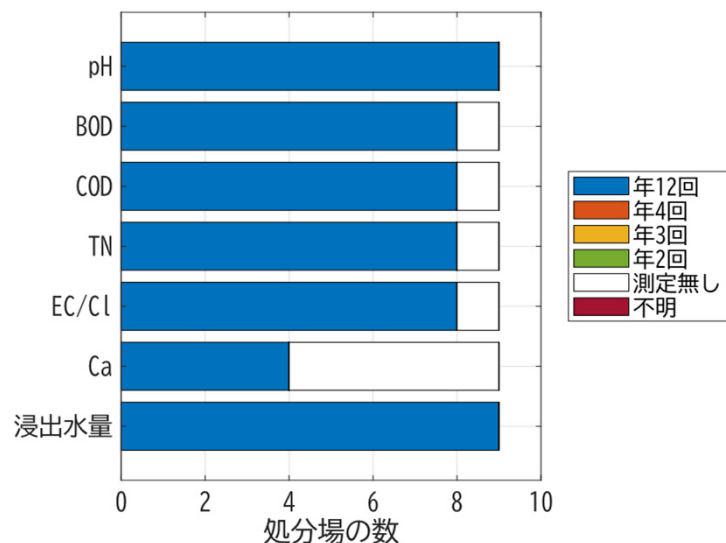
(d) データの蓄積が正確な予測を実現させる

5. 結果及び考察（サブテーマ2その他）

■ 収集した実測データ



(a) 一般廃棄物最終処分場



(b) 産業廃棄物管理型最終処分場

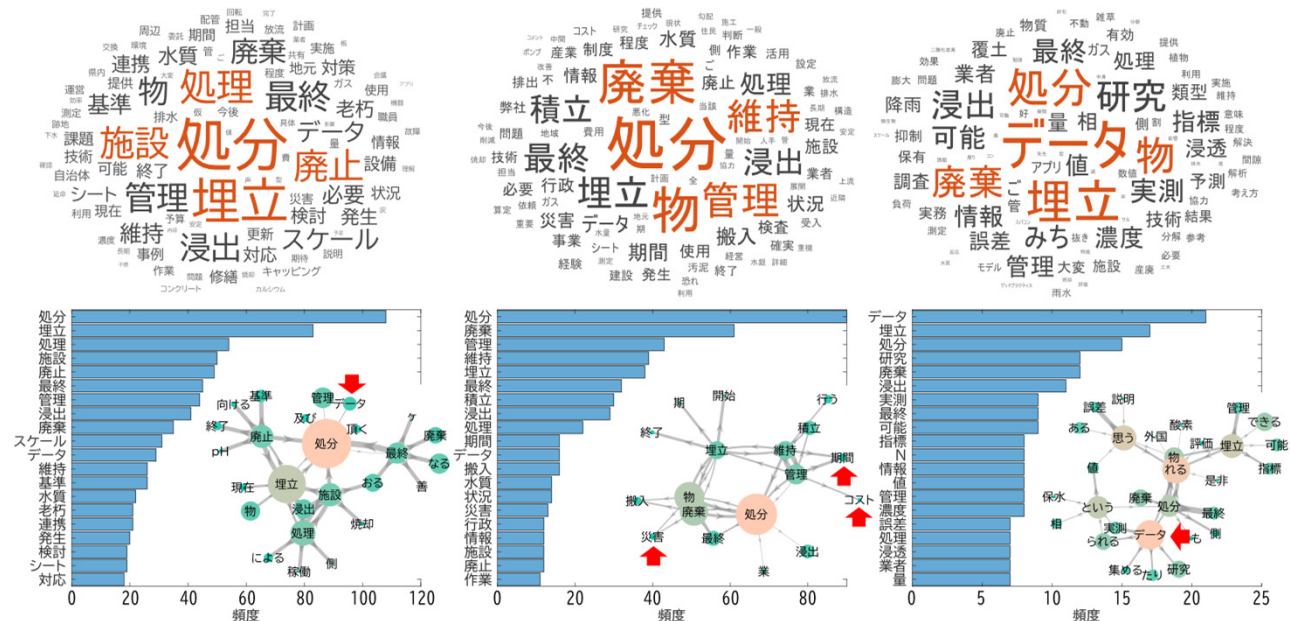
■ 連携強化のためのシンポジウム



(a) 自治体同士のグループワーク



(b) 実測データの有効活用を体験



自治体の声 265

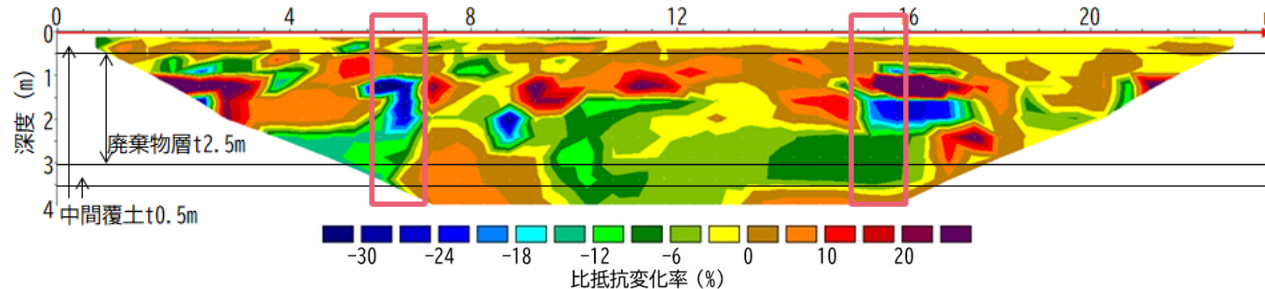
産廃事業者の声 92

有識者の声 58

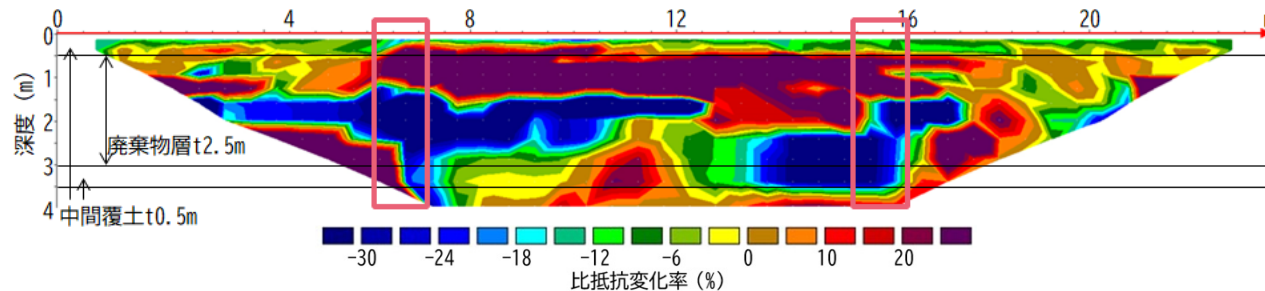
(c) グループワークで得た内容を自然言語処理によってサマリー化

5. 結果及び考察 (サブテーマ1 その他)

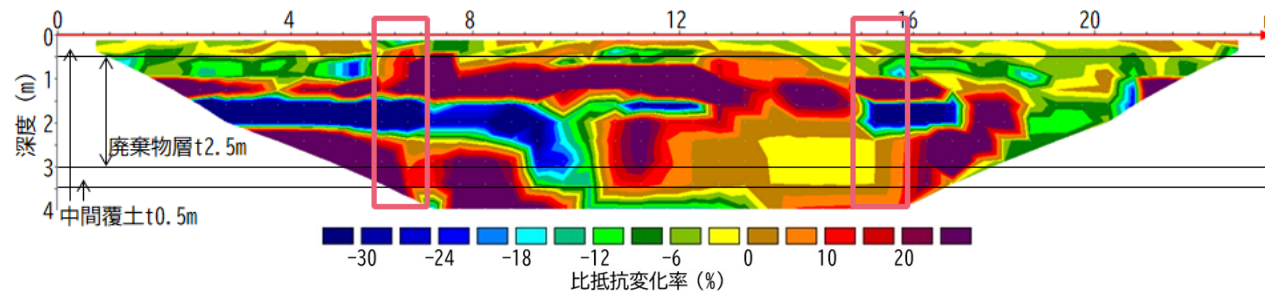
■ 不燃残渣埋立層内の水みち動態を可視化



(a) 注水終了時



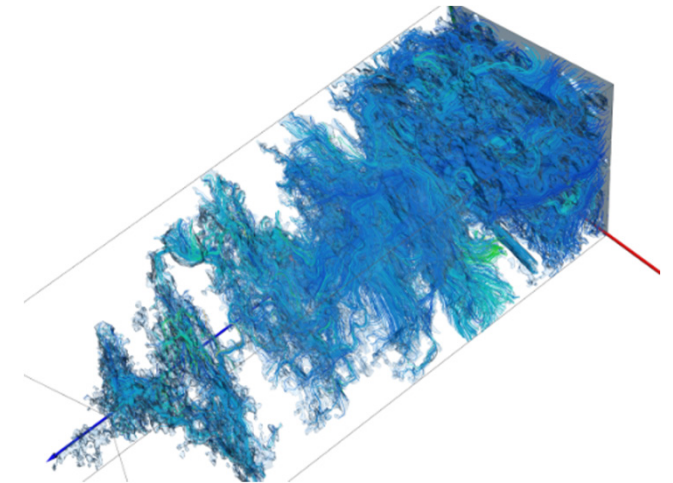
(b) 注水終了から3時間後



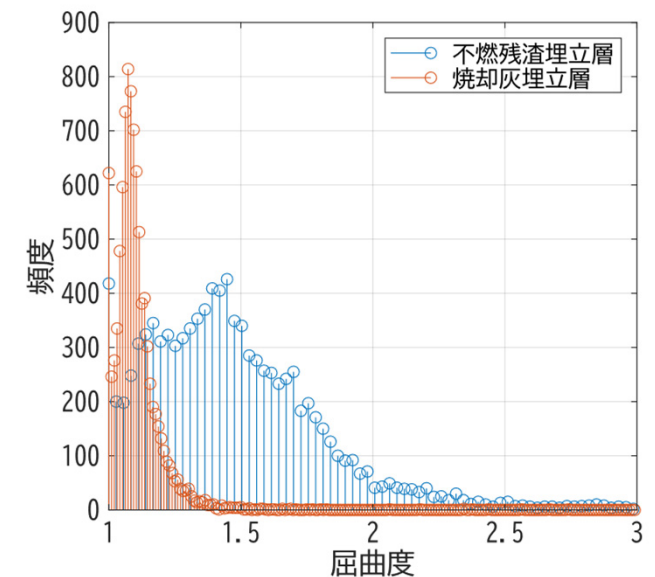
(c) 注水終了から94時間後

不燃残渣埋立層の注水試験後からの比抵抗変化率の時系列変化

■ 間隙構造の精密評価



不燃残渣埋立層の深度方向の流れ



不燃残渣と焼却灰の流れ特性の違い

6. 目標の達成状況と環境政策等への貢献

■ 達成状況『2. 目標を上回る成果をあげた』

- 研究目標にある技術的成果の『情報基盤』と学術的成果『半データ同化将来予測』を達成
- 研究の遂行に不可欠であった実測データの収集が目標50施設を大幅に上回り97施設を達成
- 上記成果から最終処分場の維持管理を改善するためのシステムを構築し防衛目的で特許化

■ サブテーマ2の達成状況

すべての研究目標を達成した。特に、提供に際して手間がかかる時系列データであるにも関わらず、研究協力を得た処分場の数は当初目標50を大幅に上回り97にも達成した。このことは、実務者との連携強化に向けたアプローチ方法が適切であったことを裏付けるものであり、データの有効活用は実務者においても元々から必要性を感じていたと考えられる。本研究を契機となり今後の進展が期待される。

■ サブテーマ1の達成状況

一部を除いて、研究目標は概ね達成した。最終処分場から得た不攪乱試料を用いたカラム溶出試験は、試料端面と試験容器端面に隙間が生じることからカラム試験は実現できなかった。代替としてライシメータ試験を新規に行う基礎実験を行うことで対応した。当該推進費だからこそ挑戦的な研究ができ、学術的にも実務的にも有意な研究成果を得ることができたと自己評価する。今後の課題も明確し新しいシーズを得た。

■ 環境政策等への貢献

これまで基準適合の判断にしか用いられてこなかったデータと情報が、

- (1) 研究者が得意とする可視化、分析、予測をWebアプリケーションで提供することで
- (2) 実務者にとって維持管理上の多くのメリットを与えるとともに
- (3) 停滞している最終処分場研究を持続的発展可能なものになり、わが国の財産となる

7. 研究成果の発表状況

成果の種別			
	合計	サブテーマ1	サブテーマ2
査読付き論文	0	0	0
査読付き論文に準ずる成果発表	0	0	0
その他誌上発表(査読無し)	3	2	1
口頭発表(国際学会等・査読付き)	0	0	0
口頭発表(学会等・査読無し)	10	6	4
知的財産権	0	0	0
国民との科学・技術対話	17	8	9
マスコミ等への公表・報道等	0	0	0
研究成果による受賞	0	0	0
その他の成果発表	0	0	0