

令和3年度環境研究総合推進費 環境問題対応型研究応募課題

(主) 重点課題⑫ 社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の適正処理の確保に関する研究・技術開発

(副) 重点課題⑤ 災害・事故に伴う環境問題への対応に貢献する研究・技術開発

行政コース (3-2) 自治体の廃棄物処理における運営課題の指標化及び将来予測手法等に関する研究

行政コース (3-5) 一般廃棄物処理施設の社会的受容向上に関する研究

令和3年度32,223千円、令和4年度30,911千円、令和5年度26,103千円

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

石森洋行※1 / 磯部友護※2 / 石垣智基※1 / 山田正人※1

※1 国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター / ※2 埼玉県環境科学国際センター 資源循環・廃棄物担当

1. はじめに (研究背景等)

2. 研究開発目的

3. 研究目標及び研究計画

4. 研究開発内容

5. 結果及び考察

6. 研究の進捗状況と環境政策等への貢献

7. 研究成果の発表状況

A network diagram with nodes and connecting lines, rendered in light blue and white against a dark blue background, spanning the top half of the slide.

1. はじめに (研究背景等)

報告書ページ番号

2ページ目

研究背景 〈最終処分場の廃止に係る問題〉

■ 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
こうした問題を回避するには、**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足するように維持管理・廃止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。

■ これまでの私たちの研究手法

- 物理化学的に精緻な物理シミュレーションモデルを構築し、処分場の性能評価や環境安全性を行ってきた。

✖ 今回は、実務者への展開を図るため、最低限の物理シミュレーションと実測データによる補完で単純化を行います

■ 廃止基準とは



埋立終了後の費用
管理型処分場で18億円!?

■ 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!!?

A network diagram with nodes and connecting lines, rendered in light blue and white against a dark blue background, spanning the top half of the slide.

2. 研究開発目的

報告書ページ番号

2ページ目

研究目的

■ 実用性のある廃止期間の予測

予測誤差を実測データで補正することで、計算コストを減らし実用性を高めながらも、

処分場内でなにが起きているかの現象解明に資する新しい数値解析モデルを構築する。以下二つの技術課題を解決：

①重要な物理現象である水みちの欠如 → モデルの精緻化、②埋立廃棄物の不均質性に対応できていない → 実測データの活用

その結果、次のような社会ニーズに応えることができる

(1) 長期的な視点での運営ができる

- 処分場管理者は、業務で対象とする時間軸が短く、目先のごみへの対応で精一杯
- 長い時間軸での経過を予測する研究成果は、安心な運営につながる

(2) 正確な環境安全性の評価と説明で、住民理解を得る

- むやみな上乘せ基準に代わる安全性評価で、廃止期間を短縮できる
- 個々の処分場のもつ特徴に応じて技術導入 (最上級の設備が常に最適とは限らない)

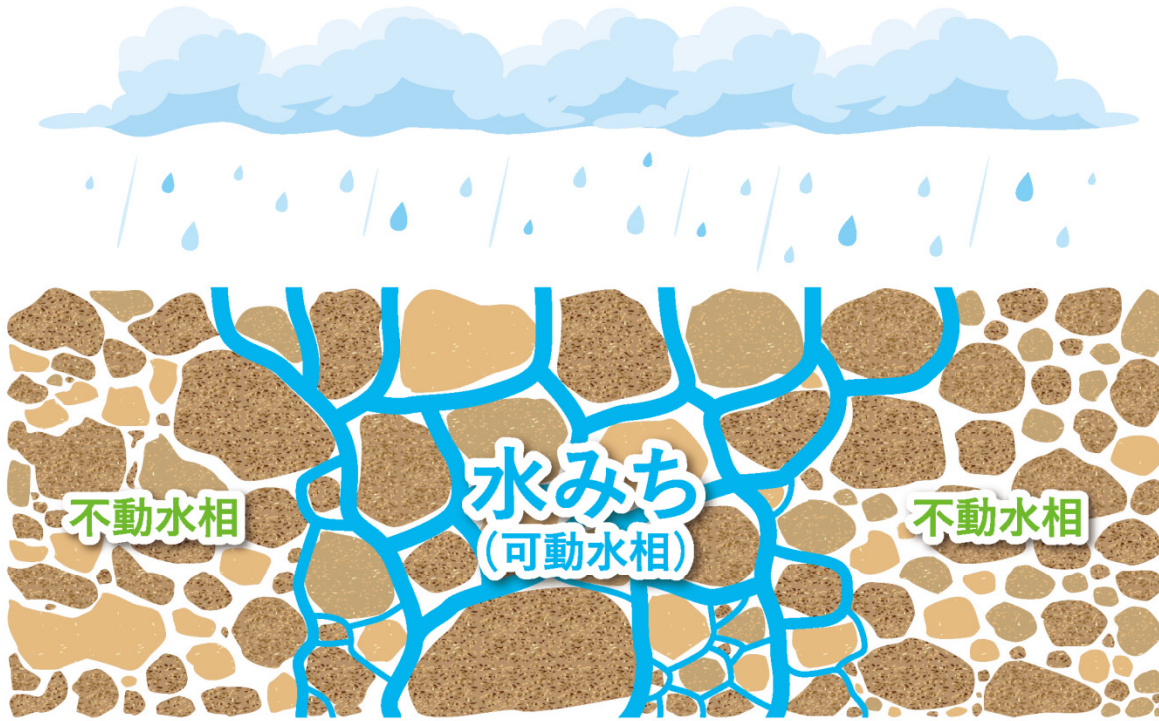
(3) 変化イベント：災害廃棄物、ごみ質変化、焼却施設の更新、合併・広域化などに柔軟な対応

- 変化に対応した合理的な最終処分の方法を提示できる
- 実用的な予測手法の波及により、科学的な判断とともに、将来のごみ処理・処分計画を随時見直せる

(4) 「廃止」の基準統一

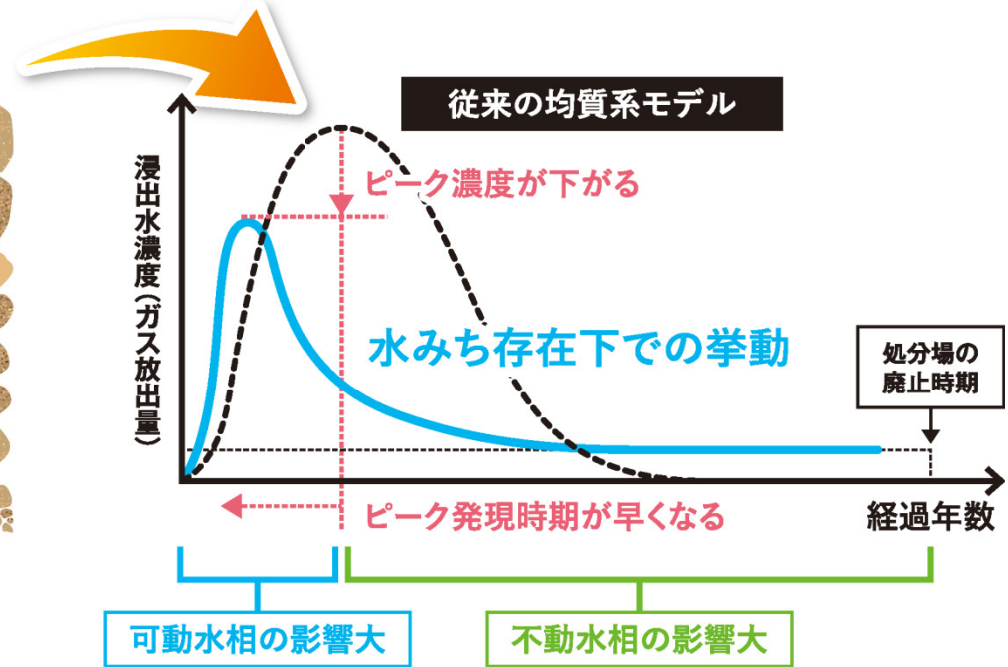
- 研究成果が、浸出水等のサンプリング時期や頻度を合理的に定める指標となり、政策の支援につながる

本提案研究のアイデア



浸出水濃度やガス発生量に影響

→ 廃止時期の判断を難しくさせている



〈物理的要因〉

間隙構造、コロイド剥離／堆積

〈化学的要因〉

可溶成分の溶解、沈殿による閉塞

水みち
(可動水相)

間隙内流速に依存する

移流 + 分散 + 分子拡散 + 吸脱着 + 溶出

廃棄物との反応

サブテーマ1

水みちの実態把握
数理モデルの精緻化

不動水相

理論上は時間の -0.5 乗に比例

廃棄物との反応
分子拡散 + 吸脱着 + 溶出

サブテーマ2

実測データの大量収集
実務者との連携

→ 複雑で不均質・不確実性がある → 無理な物理シミュレーションは避けて、**実測データを活用**するのが実用的

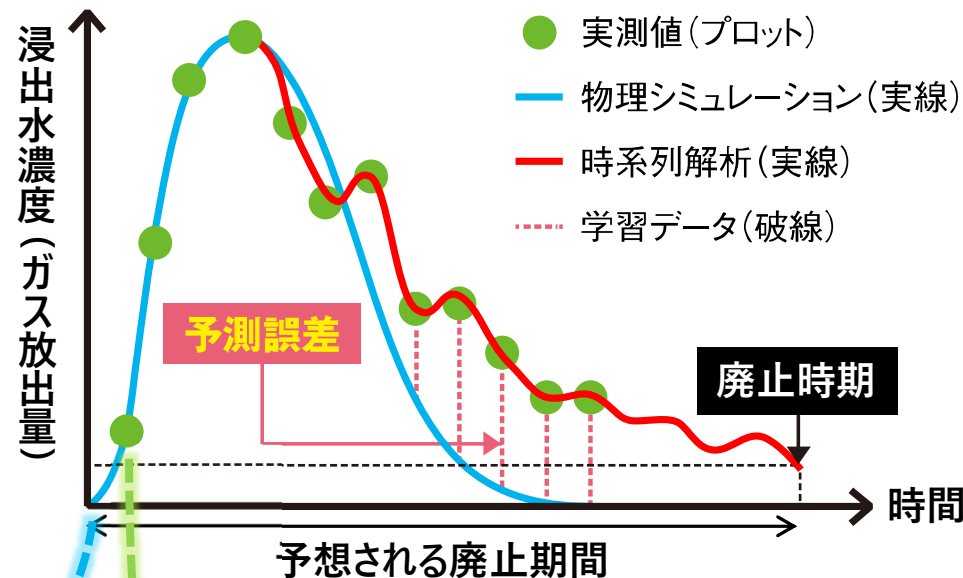
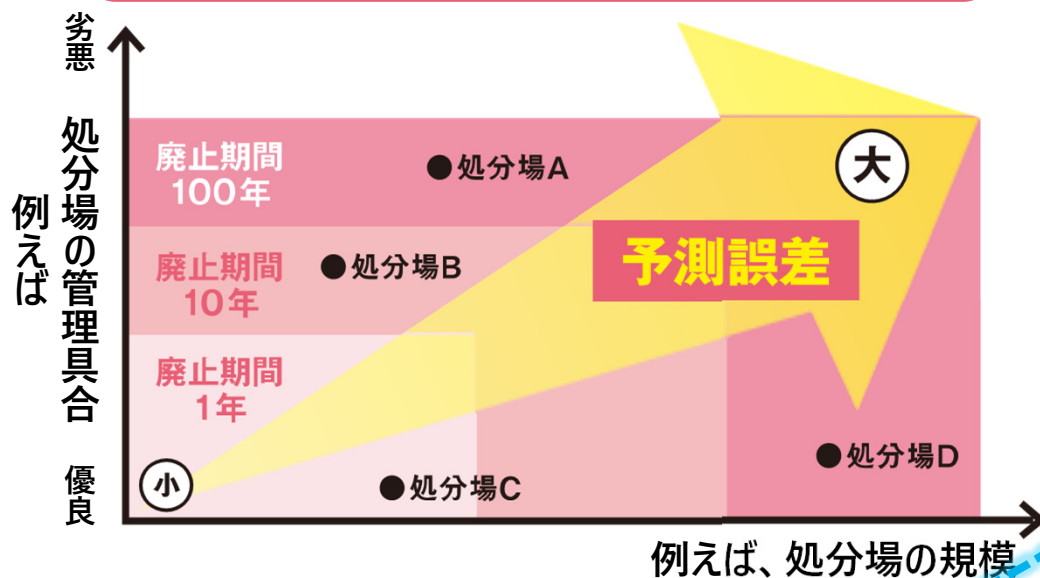
仮説：廃止期間の「予測誤差」は類型化できるはず

予測誤差 = 物理シミュレーションによる計算予測

実測データ

予測誤差の中身を研究する

統計解析 ⇒ 最終処分場の諸元と相関があるのか？



数多くの処分場に対して効率よく行うために、実務者との連携を促すための**研究基盤**が必要

サブ1 (研究者視点)

予測モデル構築・精緻化と
そのための現地調査

予測モデルを
組み込んだ情報基盤

実測データの収集
と実務者からの意見

サブ2 (実務者視点)

モニタリングデータの
掘り起こしのための戦略的かつ
効率的な情報基盤の構築

A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, positioned at the top of the slide.

3. 研究目標及び研究計画

報告書ページ番号

3ページ目～5ページ目

各サブテーマの最終目標

準三次元物理シミュレーション

Richards式

$$\frac{\partial \theta}{\partial p} \frac{\partial p}{\partial t} = \nabla \cdot \left[\frac{k_r K}{\mu} (\nabla p + \rho g \nabla z) \right]$$

Forcheimer式

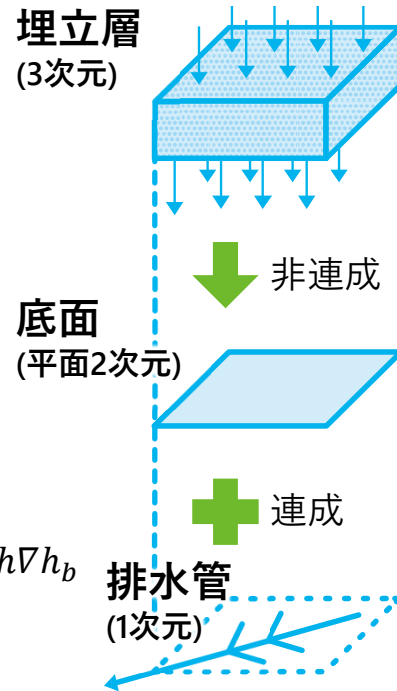
$$\phi \frac{\partial h}{\partial t} = \nabla \cdot [kh(\nabla h)]$$

Saint-Venant式

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla \cdot (uh) = 0$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \nabla \cdot \left(hu \cdot u + \frac{gh^2}{2} I \right) = -gh \nabla h_b$$

移流分散方程式 (c)



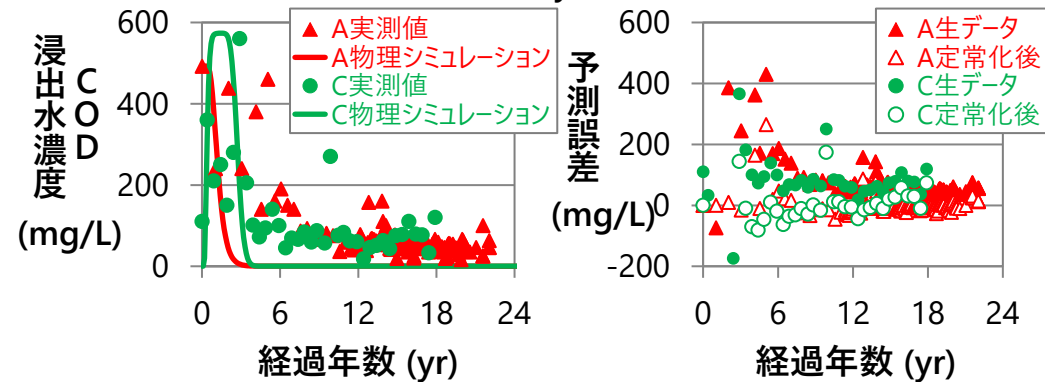
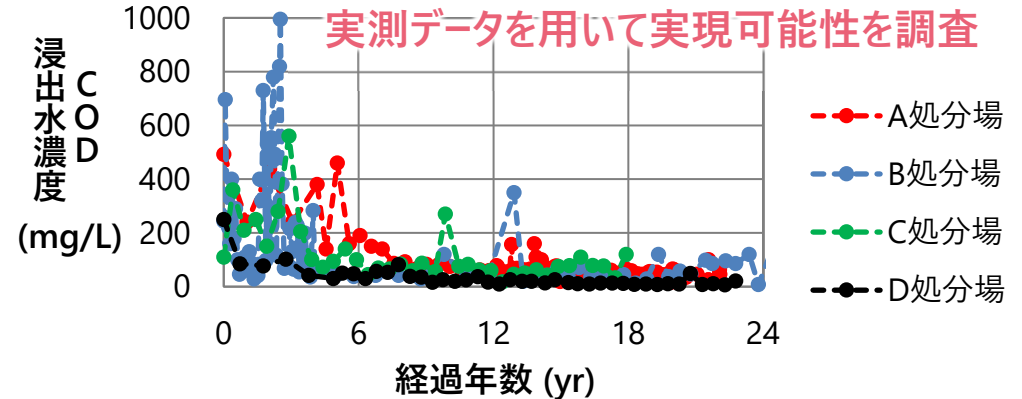
サーバー負荷軽減可能な簡易モデルを開発済み

可動水相と不動水相に分けたモデリングで、
実用的な廃止期間の予測ができることがわかった

本研究
の課題

水みちモデルの追加
(有効間隙率と屈曲度の評価)

時系列解析による補正

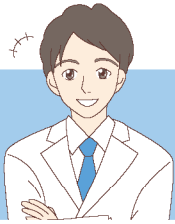


定常化できる統計情報なので、定常線形モデルを適用

本研究
の課題

実測データの大量収集
(機械学習を見据えてデータベース化)

各サブテーマの結び付けている対話型プラットフォーム



研究者サイド

研究者による現地調査結果

- ▶ 実務者とは、異なる水質項目をモニタリング

降雨・温度・湿度 大気圧・日射等

- ▶ 気象庁と連携

理論に基づいた 数値解析モデル

各測定項目→統合

年度	Ca
1979/02/21 10:31	123
年度	Cl
1979/02/21 10:31	123
年度	EC
1979/02/21 10:31	123
...	...



対話型プラットフォーム

埋立地内部の現象を理解

データ同化による予測モデルの高精度化

フィードバックにより開発を加速



実務者サイド

総務部

- ▶ 図面データ

搬入物管理部

- ▶ 埋立ごみの組成(既存システムあり)

維持管理部

- ▶ 外注データ
- ▶ 自動測定データ

各測定項目→統合

年度	pH
1979/02/21 10:31	321
年度	COD
1979/02/21 10:31	321
年度	排水量
1979/02/21 10:31	321
...	...

日報→月報→年報→時系列

日にち	トラック数	灰(t)
日にち	トラック数	灰(t)
1	12	24
2	4	67

まずは自分達のデータを見る

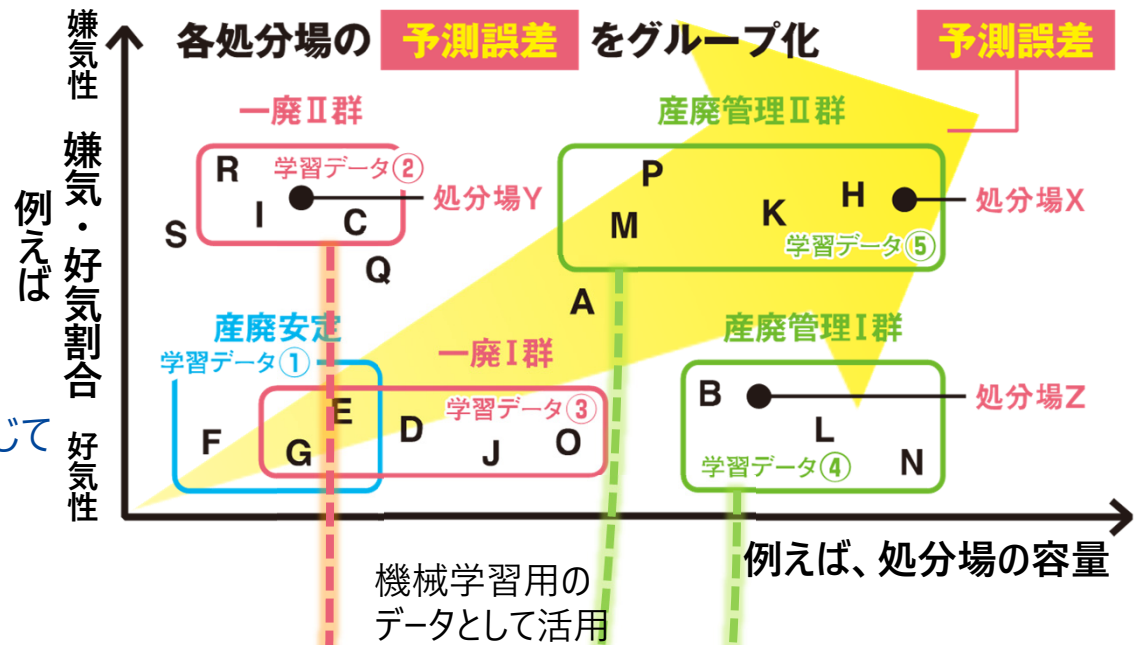
各部署と連携しデータを俯瞰する

自分達と類似した事例を参照

本研究全体での最終目標 〈予測誤差の類型化〉



類型化のパターンを幅広く検討する
↓
シナリオ(目的)に応じて適したモデルを利用



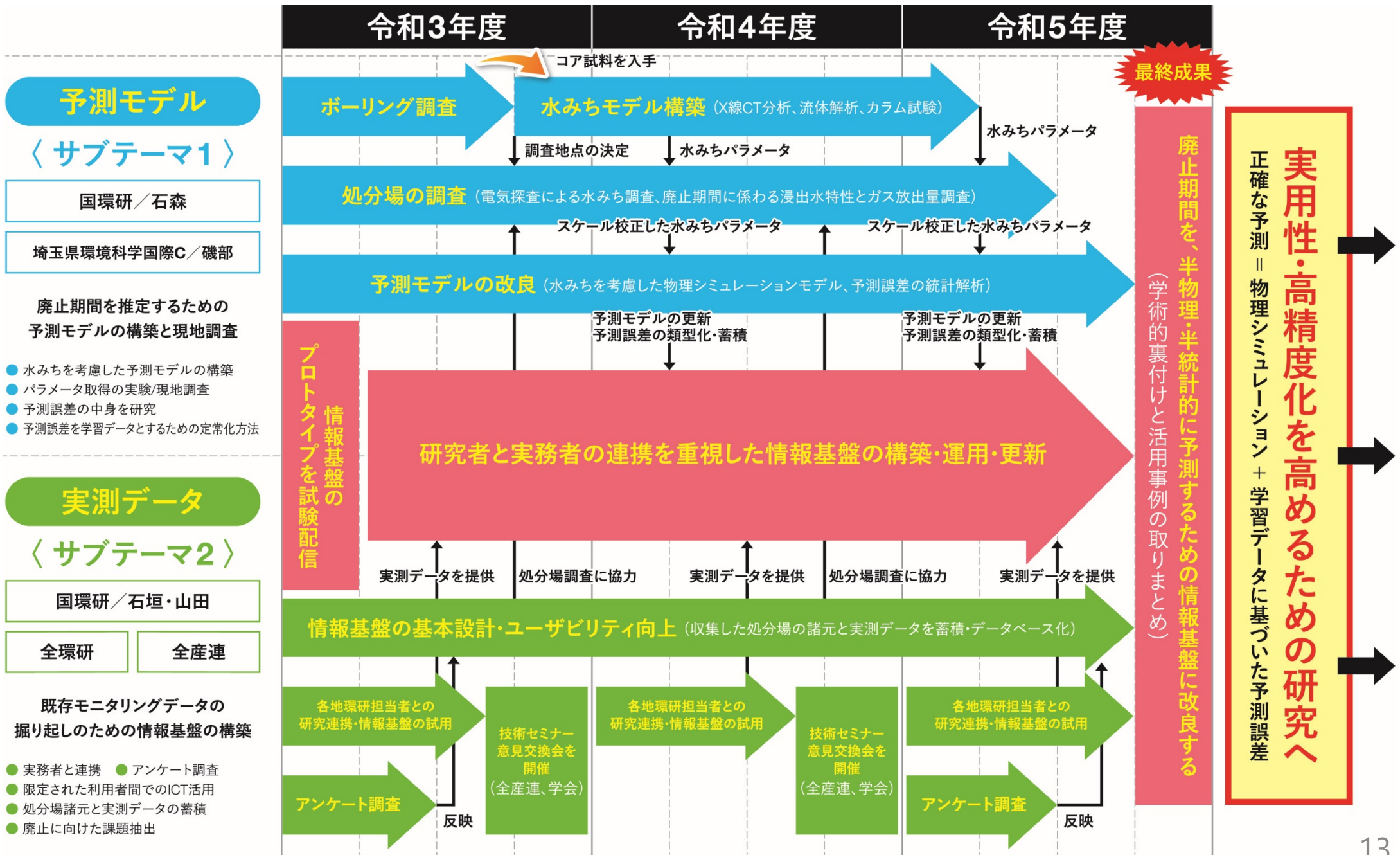
より正確な

廃止期間の予測 = 物理シミュレーションによる計算予測 + 予測誤差

具体的には

- ◎既存処分場X
正確な予測 = 物理シミュレーション + 予測誤差 (学習データ⑤を引用) → 処分場3件に試行
- ◎実測データの無い処分場Y
正確な予測 = 物理シミュレーション + 予測誤差 (学習データ②を引用) → 処分場3件に試行
- ◎これから新設する処分場Z
正確な予測 = 物理シミュレーション + 予測誤差 (学習データ④を引用) → 処分場1件に試行

年度計画



A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, positioned at the top of the slide.

4. 研究開発内容

報告書ページ番号

5ページ目～8ページ目

研究内容：サブテーマ1 〈国環研、埼玉環境国際センター〉

予測モデル構築・精緻化 (半物理・半統計的な将来予測計算手法の確立) とそのための現地調査

研究内容

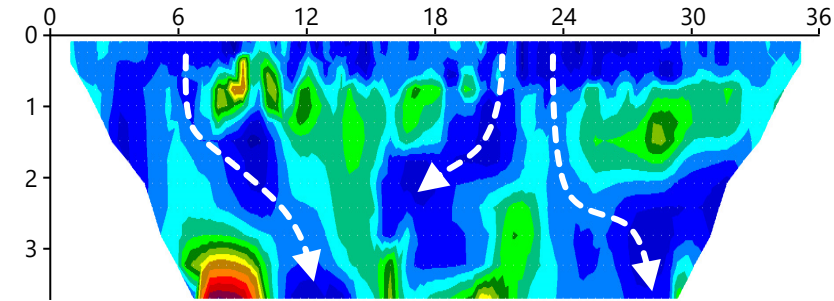
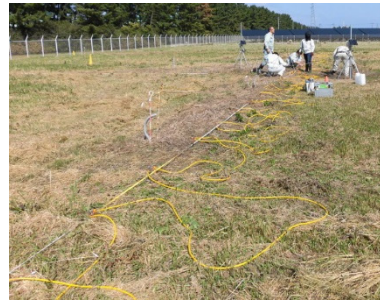
- ◆ 水みちの実態把握とモデル化
- ◆ 実測データを用いた不均質・不確実性を考慮した将来予測計算を行うこと

研究成果

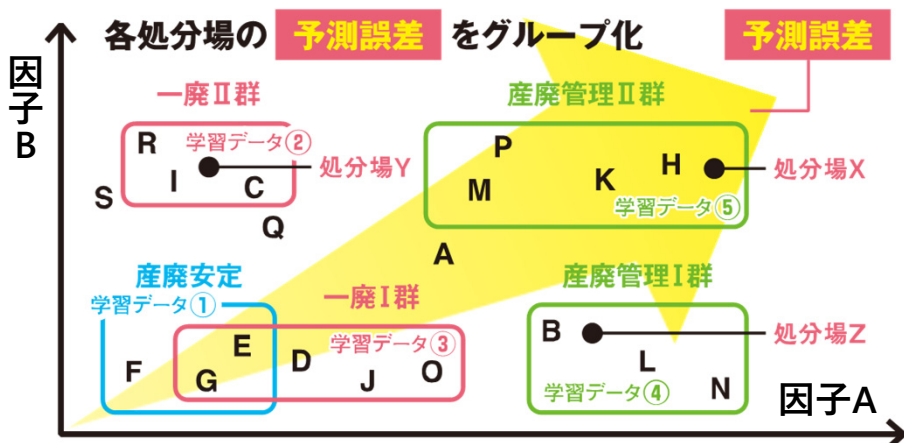
- ◆ 埋立地内での水みち形成過程の解明
- ◆ 廃止時期推定のための実用的なモデル

■ 処分場における水みちの実態把握 **NEW**

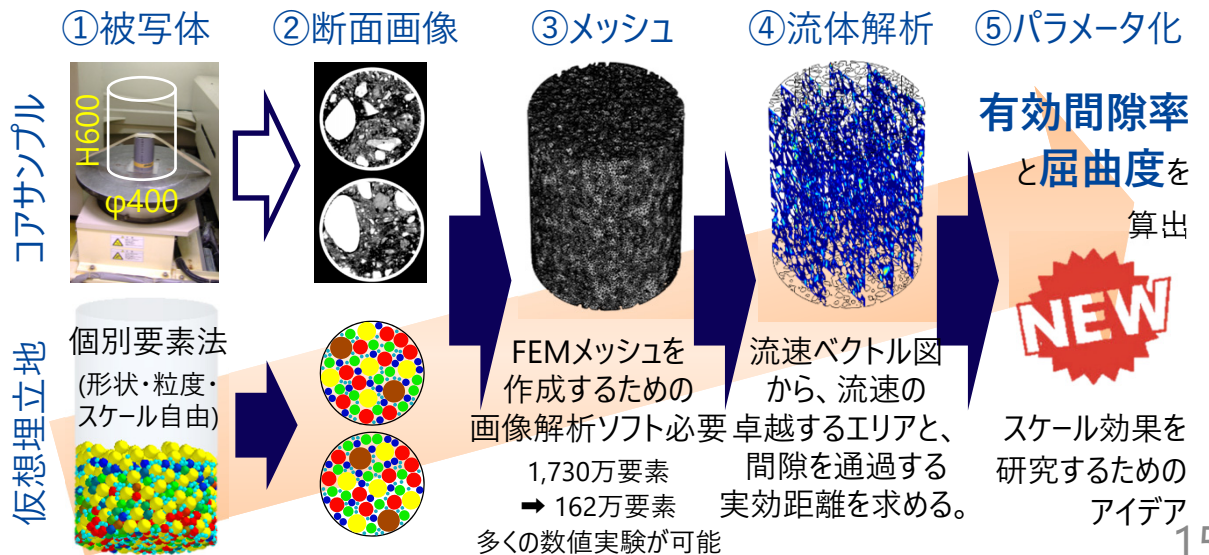
- 地盤環境よりも難しい。埋立層にはサクシオンが働かない部分があり流れが速い。
- 実際の埋立地で純水を注入、または雨水前後で、**比抵抗分布の変化率**を調査。
- **高解像度化、中長期測定**のための電極配置と計測時間を最小化する研究。



■ 物理シミュレーションの予測誤差の要因分析と統計学的モデリング



■ 数値実験による水みち発生モデルの構築



年度ごとの到達目標：サブテーマ1

予測モデル構築・精緻化 (半物理・半統計的な将来予測計算手法の確立) とそのための現地調査

実施機関	国立環境研究所、埼玉県環境科学国際センター
目標	<p><u>(令和3年度)『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』</u></p> <ul style="list-style-type: none">① ボーリング調査によってコア試料の採取と電気探査の調査地点の決定する② 降雨前後の比抵抗分布の変化から最終処分場に発生し得る水みちを可視化する③ コア試料をX線CT分析に供して、3次元間隙構造をデジタルデータとして得る <p><u>(令和4年度)『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』</u></p> <ul style="list-style-type: none">① 最終処分場調査を継続実施し、埋立層の組成と水みちの発生傾向を関係付ける② 3次元間隙構造を解析空間とした数値実験により有効間隙率と屈曲率を求める③ 求めた有効間隙率と屈曲率を、コア試料を用いたカラム試験によって検証する④ 水みちを考慮した物理シミュレーション（移流分散解析）を情報基盤に実装する <p><u>(令和5年度)『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』</u></p> <ul style="list-style-type: none">① 水みちを考慮した移流分散解析と集めた実測データの差から予測誤差を求める② 予測誤差を最終処分場の諸元との相関性を調べて、予測誤差の類型化を行う③ 最終処分場ごとに類型化された予測誤差情報を、学習データとするための前処理と定常化方法を検討し、将来研究への見通しを立てる

研究内容：サブテーマ2 〈国環研、全環研協議会、全産連〉

モニタリングデータ掘り起こしのための戦略的かつ効率的な情報基盤の構築

研究内容

- ◆ 処分場管理の実態と要望を調査
- ◆ 廃止の長期化を引き起こす要因を分析

研究成果

- ◆ 長期化の原因を究明
- ◆ 適正な維持管理に向けた提案
- ◆ 持続的な発展に資する情報基盤

実測データ大量収集を実現する情報基盤 **NEW**

- 事前アンケート(1年目)と追跡アンケート(3年目)によって、**導入効果**を検証。
- ユーザー意見を反映し、研究成果創出の加速を促す**使える情報基盤**とするため、
 - ①システムエンジニアに、アクセスシビリティとセキュリティを両立したデータベース設計を外注
 - ②Webデザイナーに、ユーザーフレンドリな操作画面の設計を外注

対面でのワークショップで着実な連携

- **実務への技術実装**と**研究のための情報収集**を促進

全国環境研究所交流シンポジウム



2019年11月実施
処分場調査法の技術実装
(地方環境研究所13機関参加)



全国産業資源循環連合会能力アップセミナー

実務 (Practical) and **研究** (Research) are shown as interacting roles. A blue arrow labeled **利用** (Use) points from the practical side to the research side. Another blue arrow labeled **計算値と実測値を送信** (Send calculated and measured values) points from the research side to the practical side.

現時点で準備済みの情報基盤 (ユーザーが見える画面)

年度ごとの到達目標：サブテーマ2

モニタリングデータ掘り起こしのための戦略的かつ効率的な情報基盤の構築

実施機関	国立環境研究所
目標	<p>（令和3年度）『全国環境研協議会との連携により実測データの収集を開始』</p> <ol style="list-style-type: none">① 準備済みの情報基盤をデモ版として試験公開し、実測データの収集を開始する② 地方環境研究所との連携し、最終処分場の実態把握とデモ版の解説を行う③ 最終処分場調査に同行し、廃止の決定要因となる浸出水とガス放出量を調べる④ 廃止に向けた手続き・技術的課題のアンケートを行い実務者の要望を把握する <p>（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』</p> <ol style="list-style-type: none">① 物理シミュレーションの予測誤差を評価するための、実測データの収集を行う② 収集した実測データをデータベース化し、情報基盤のアップデートを行う③ 全国産業廃棄物連合会と協力して技術セミナー・意見交換会を開催し研究協力者を募り、同時に本研究の進捗を廃棄物資源循環学会で報告し情報公開に努める <p>（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』</p> <ol style="list-style-type: none">① 予測対象とする最終処分場の廃止期間を、サブテーマ1で開発した物理シミュレーション（計算値）と統計学的モデリング（予測対象となる最終処分場に適した予測誤差を補正值とする）の和から求め、これらの機能を情報基盤に実装する② 情報基盤の試用による廃止期間の推定や維持管理方策の改善への活用についてアンケートによる追跡調査を行い、実用化に向けた今後の研究課題を抽出する

A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, positioned at the top of the slide.

5. 結果及び考察

報告書ページ番号

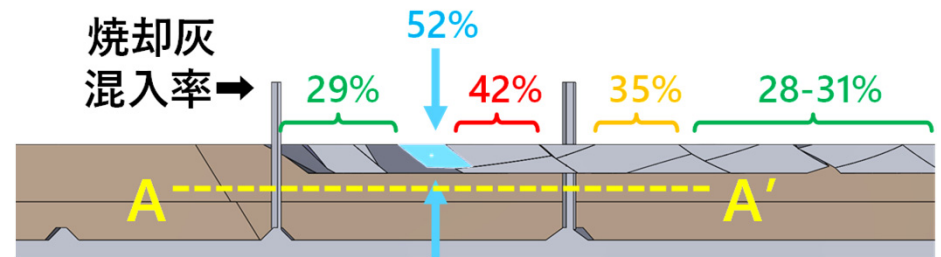
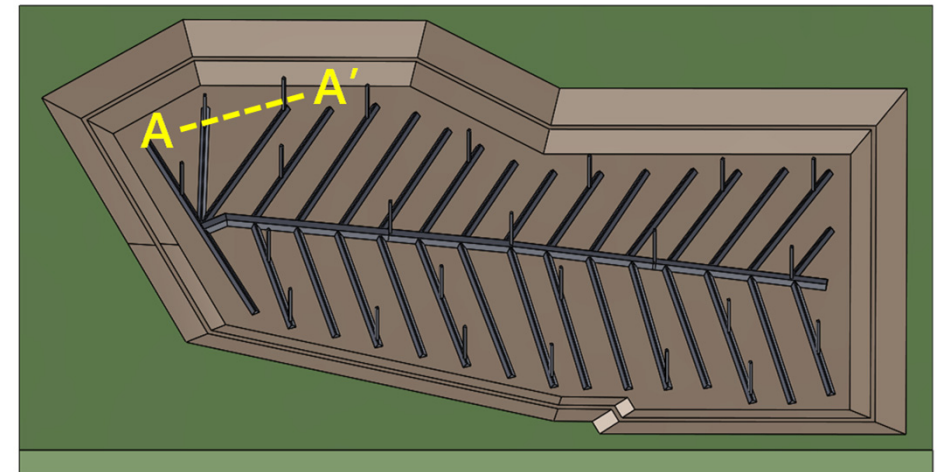
8ページ目～18ページ目

サブ1-①：研究対象の処分場と調査地点の選定

- 選定には、
- (a) 産業廃棄物の受け入れがあること、
 - (b) 搬入廃棄物の種類と量に係る日報があること、
 - (c) 搬入した廃棄物を処分場内のどこに埋めているのかを記録していること
 - (d) 浸出水に対して法定項目に加えて、塩化物イオンの測定を行っていること

(b)と(c)は、それぞれ別の部署が管理しており連携されていない

→ **3次元CADによる見える化**でデータを有効活用



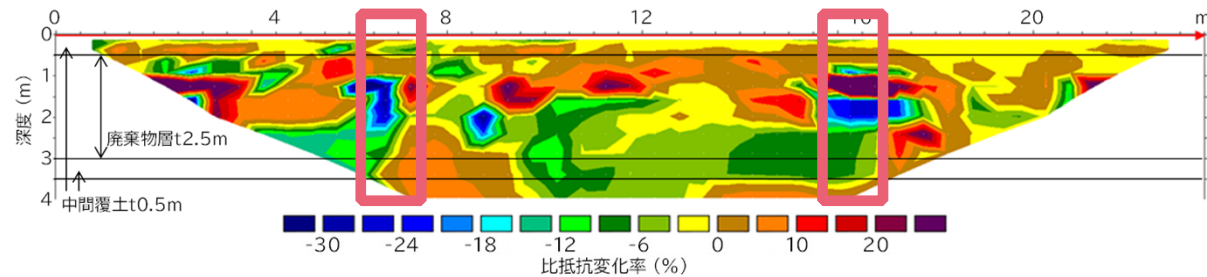
2021年8月19日搬入物
烧却灰58.0t(52%)、不燃物22.0t(20%)、
および廃プラ30.9t(28%)

サブ1-②：高密度電気探査による水みちの把握

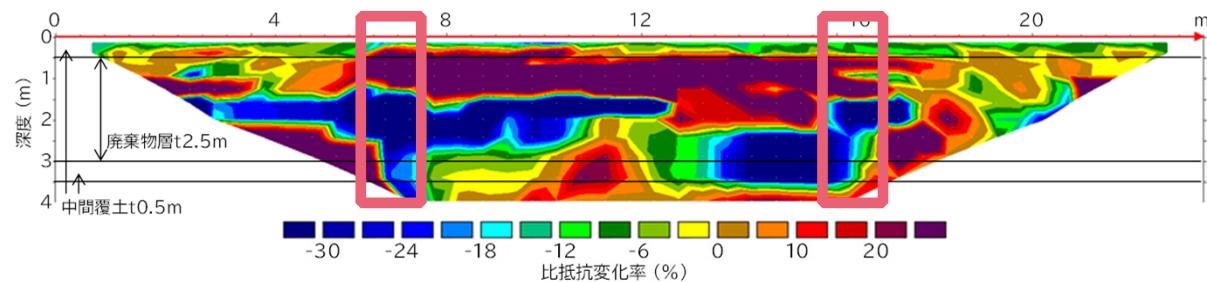
3次元CAD上から、焼却灰が多く不燃物が少ない箇所を対象に高密度電気探査を行いながら注水試験を実施した。 ➡ 1回に要する測定時間は30分で昼夜問わず連続モニタリングできた
 ➡ 注水後の動的な水の浸透(水みち)を捉えることができた



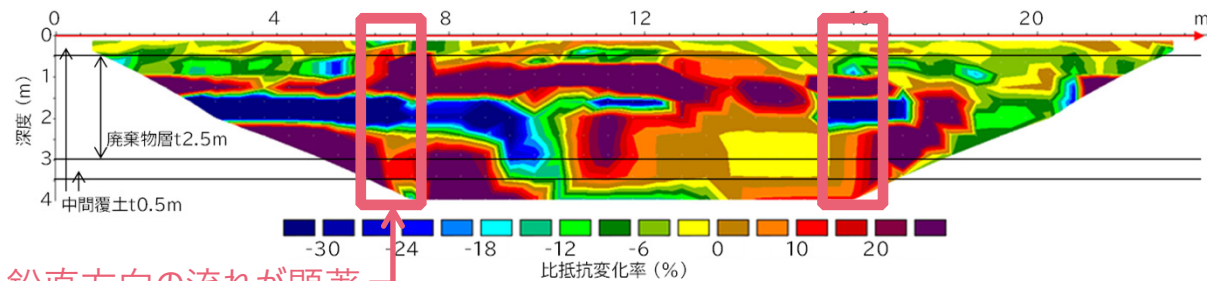
	本研究で用いた条件	従来
電極数	48本	48本
電極間隔	0.5 m	1.0 m
測線長	23.5 m	47 m
探査深度	3.7 m	7.4 m
空間分解能	12.5点/m ²	7.5点/m ²
時間分解能	12回/日	6回/日
その他	長期連続計測を見据えて、ソーラパネルとリチウムイオンバッテリーによる独立電源と空調機を導入、また遠隔操作するためのリモートコントローラー、WIFI、データサーバーも導入	



(a) 注水終了時



(b) 注水終了から3時間後



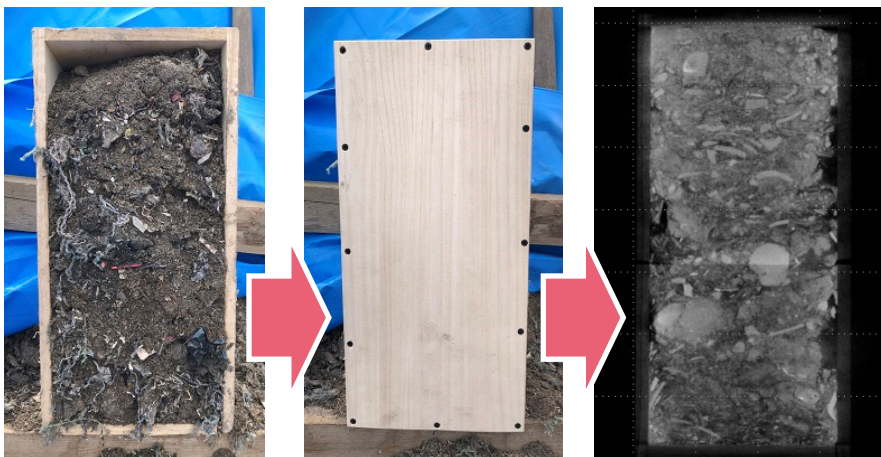
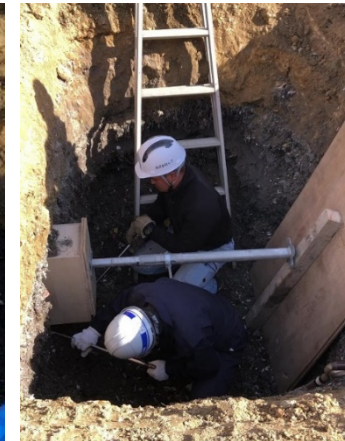
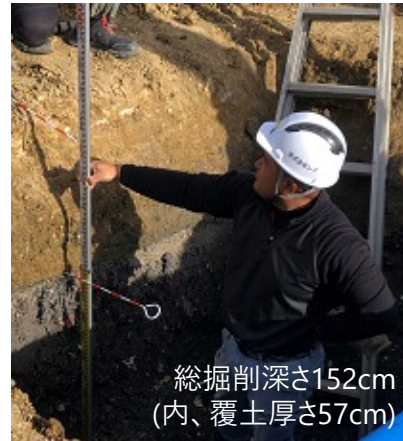
鉛直方向の流れが顕著

(c) 注水終了から94時間後

サブ1-③：不攪乱試料の採取と間隙構造の評価

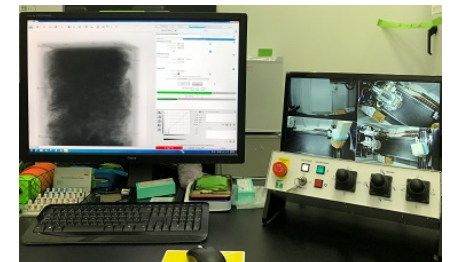
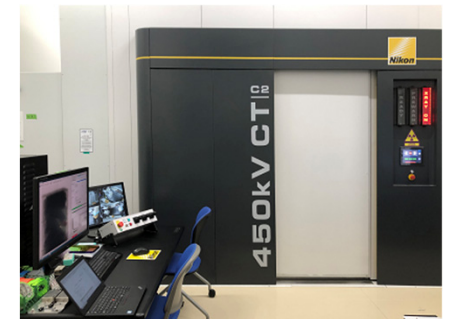
■ 工事計画 (8月検討開始、11月末終了)

- ① 処分場管理者への説明・承諾
- ② ゼネコンによる助力のもと試験掘削
- ③ 採取可能な大きさを見積もる
 - ✓ ケーシング/チェーンソーでは切断困難
 - ✓ 400×400×600 mmを2検体可能
 - ✓ かさ密度 2,020 kg/m³
- ④ X線分析の要件に合わせる
 - ✓ かさ密度からX線透過距離を試算
 - ✓ 金属物の可能性(主灰・不燃残渣)
 - ✓ 内容物を固定させる必要性
- ⑤ 再計画後、承諾を得て本掘削実施
 - ✓ 240×240×500mmを1検体
 - ✓ 間詰材(液体接着剤)で固定
- ⑥ 作業後の意見交換で改善案を得て成果取りまとめ



■ 埋立廃棄物のX線CT分析

- 試料サイズ: 240×240×500mm
- 線源: μフォーカス、450 kV
- 分解能: 146 μm (分解能↓撮影範囲↑)
- 水みち研究としての新規性
 - ✓ 埋立廃棄物を対象
 - ✓ 現在の技術水準を鑑みて試料サイズを最大化
特徴 = 線源の特性、測定時間、画像合成
 - ✓ 液体接着剤を間詰材として試料を固定
 - ✓ 複合材料の難しさへの挑戦
 - ✓ 比重0.001~7.8 → 空気と繊維を分けれない



流体力学によれば移流は間隙径の4乗に比例

→ **可動水相と不動水相の閾値判定**に繋がる可能性あり

サブ1-④：実測データの長期傾向の分析(先行着手)

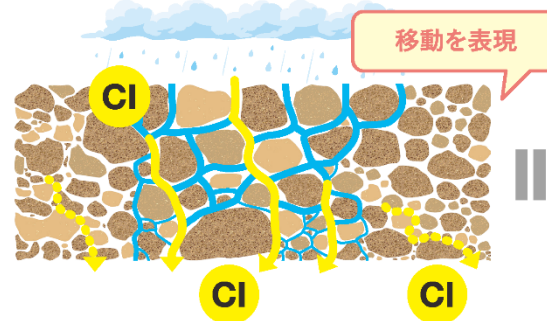
サブテーマ2からの実測データを分析

- 物理シミュレーションに与える補正係数を求めて類型化することを先行着手し、**最終目標までの道筋を明確化**
→ **実現可能性は高いと自己評価**
- 廃止を決める法定項目の分析のみならず、流れを決めるための**塩化物イオンの分析**が必須
- 廃止を長引かせる不動水相からの影響を調べるために、拡散方程式の理論解 $y = ax^b$ にフィッティング
 ✓ b 値 < -0.5 → 洗い流しが良好 (不動水相の影響少)
 ✓ b 値 = -0.5 → 不動水相からの溶出の影響がまだ顕著
 ✓ b 値 > -0.5 → 洗い流しが不良 (水没等による通水不十分)
- 実測データは予定以上に収集は進んでいるものの、類型化に必要な**処分場の諸元**がやや得られにくい

埋立地の流れを決める因子

- ✓ 塩化物イオン濃度
- ✓ 電気伝導率 (自動モニタリング技術あり)

法定項目には無い → 予測には必要



流れ場を決めるためのキャリブレーション (補正1)

相関因子

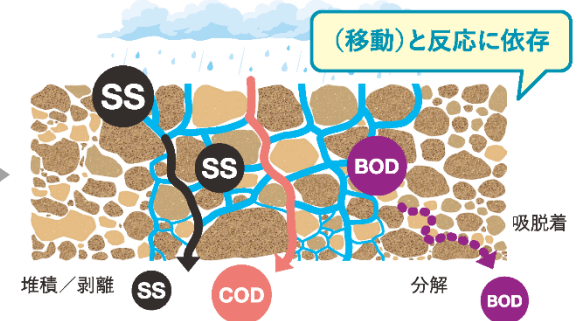
間隙構造に与える諸量

- ✓ 埋立地の面積
- ✓ 埋立地の深さ
- ✓ 埋立物の品目・割合など

廃止を決める因子

- ✓ pH, BOD, COD, SS, T-N
- ✓ 有害化学物質濃度など

法定項目

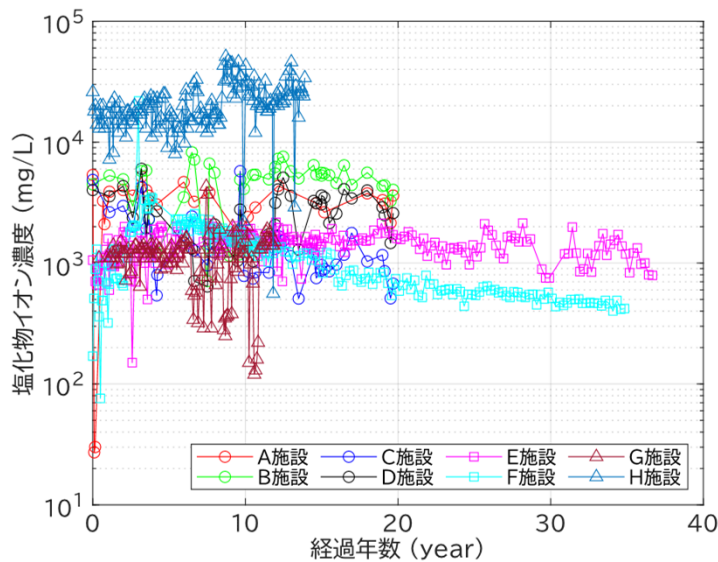


物質ごとの反応をキャリブレーション (補正2)

相関因子

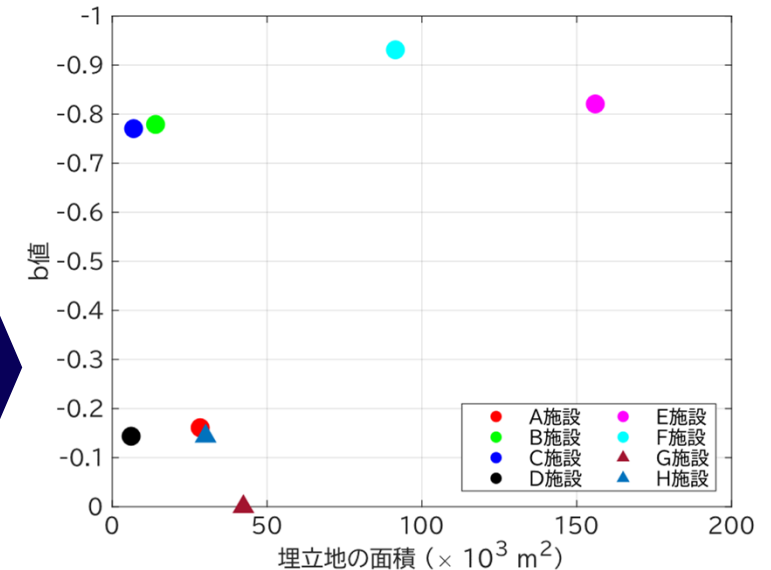
嫌気/好気に与える諸量

- ✓ 埋立地の深さ
- ✓ 保有水位
- ✓ 有機物混入率など



施設名	b値
A	-0.16
B	-0.78
C	-0.77
D	-0.14
E	-0.82
F	-0.93
G	>0
H	-0.14

b値を類型化



サブ2-①：対話型プラットフォームを試験公開



対話型プラットフォーム (ブラウザ上で利用)



活用を呼び掛けるためのパンフレットを製作

研究者-実務者間の連携強化のための対話型プラットフォーム

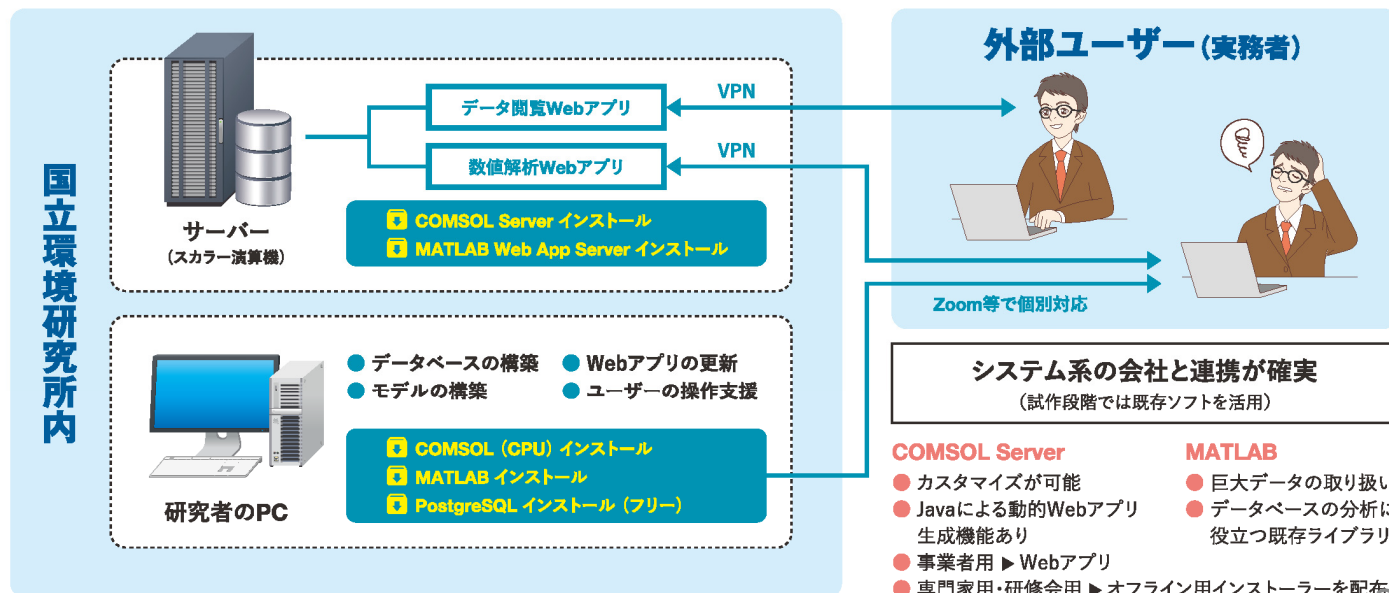
- 知識・データを双方向から共有
 - ✓ 研究者側から廃止期間予測ツールやデータベース可視化・分析ツールを提供
 - ✓ 実務者側から処分場の実態や実測データを提供
- httpで構築し、オンラインでブラウザから利用可能
 - ✓ 実務者側のPCへのインストール操作は不要
 - ✓ 実務者側のPCのスペックに関わらずスパコンの処理速度で常に最新版が利用可能
 - ✓ ユーザーIDとパスワードを入手して利用可能
 - ✓ オンラインの特長で開発が加速 (フィードバックが容易、アクセス解析で使いやすさの向上)

国立環境研究所スーパーコンピュータを利用

24時間稼働、電源、空調設備が整っている

オンラインのメリット

常に最新版を提供 / フィードバックを受けやすい / 使いやすさ向上



サブ2-②：実務者とのヒアリング・研修会等の実施



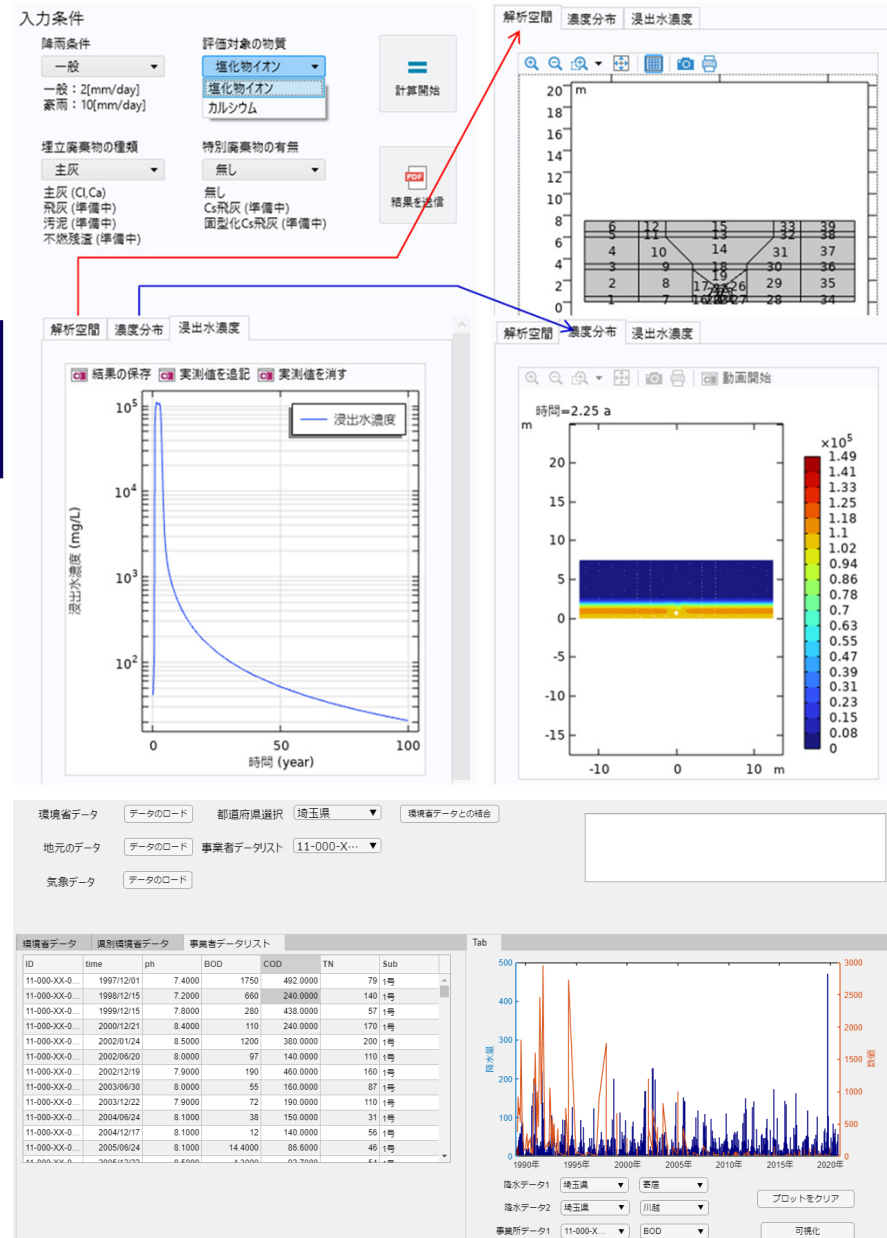
2022年3月11日
第1回県内最終処分場設置団体連絡会議

埼玉県内全24自治体と中規模会議を3回実施

現在までに実測データ
56カ所集まる
(当初予定15)

日付	内容	協力機関
2021/03/22	ヒアリング、データ提供依頼(9処分場)	CESS
2021/03/25	全環研協議会で本研究の説明・協力依頼	地環研13機関
2021/09/16	全国処分場の施設IDの決め方に係る相談	環境省
2021/09/22	廃棄物学会WGで本研究の説明・協力依頼	学会会員(産学官)
2021/10/16	ヒアリング、データ提供依頼(2処分場)	CESS
2021/11/05	ヒアリング、データ提供依頼(3処分場)	FECC
2021/11/08	ヒアリング、データ提供依頼(2処分場)	FECC
2021/11/09	ヒアリング、データ提供依頼(2処分場)	FECC
2021/11/30	県内最終処分場設置団体連携会議で研究紹介	CESS、環境整備C
2022/03/11	県内最終処分場設置団体連携会議で協力依頼	CESS、環境整備C
2022/03/24	ヒアリング、データ提供依頼(11処分場)	福岡大学
2022/06/06	ヒアリング、データ提供依頼(2処分場)	CESS、環境整備C
2022/07/25	県内最終処分場設置団体連携会議で研修実施	CESS、環境整備C

CESS = 埼玉県環境科学国際センター、FECC = 福島県環境創造センター

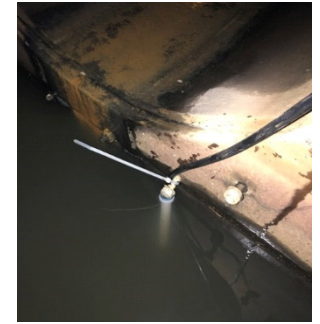
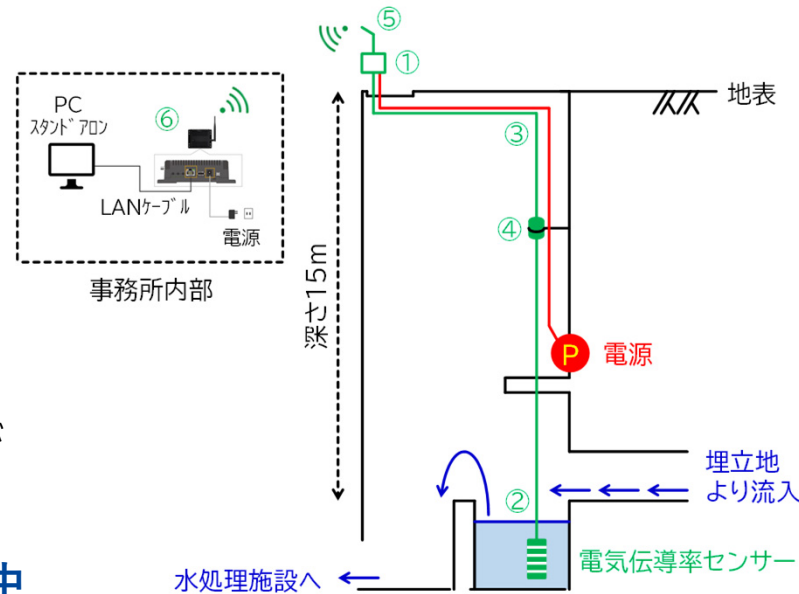


PCを用いた体験型研修を実施 (上: 予測ツール、下: データベース) 25

サブ2-③：浸出水とガスの現場調査法の検討

■ 浸出水中の塩化物イオン濃度の測定方法

- 廃止期間の予測精度向上には、埋立層内の流れの解明に寄与する**塩化物イオンの測定が不可欠**
 - ✓ 塩化物イオン濃度の測定をしている処分場は様々
毎月測定/年1回測定/そもそも原水は測定していない等
 - ✓ 電気伝導率センサーを導入している処分場は無い(現時点)
- 電気伝導率センサーの優位性
 - ✓ 塩化物イオン濃度は1検体数千円
 - ✓ 電気伝導率は浸出水中の塩化物イオンの代替指標
 - ✓ 初期コストは数十万円要するが、プロセス管理で導入実績が多く耐久性に優れる。連続モニタリング可能で長期計測向き
 - ✓ 近年のIoT技術との連携によって遠隔での管理が可能
- 数値解析の**予測精度向上に寄与するのかを実証中**



■ ガス放出量の測定方法

- 浸出水とは別の、廃止を決定づけるための管理項目
- ガスに関する廃止基準を満たせない処分場は多い
- 全国環境研協議会や廃棄物資源学会埋立処分部会で検討中。現場調査法ワーキングに参加し
 - ✓ ガスの現場調査法には課題が多い
 - ✓ 測定方法、精度、現地環境依存性 → 標準化を必要とする
 - ✓ そのなかのひとつ「閉鎖式チャンバー法」の精度、再現性評価に参加
 - 初心者でも十分に再現性の高い方法であることが示された
 - ✓ 浸出水濃度のように分析手法が確立されていないガスについては、実測データの収集よりも、先ず質の良い実測値をいかに得るのが重要



(a) 変換器



(b) 電気伝導率センサー



(c) ケーブル



(d) 中継ボックス



(e) データ送信機



(f) データ受信機

A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, representing a complex system or data network.

6. 研究の進捗状況と 環境政策等への貢献

報告書ページ番号

18ページ目～20ページ目

進捗状況

サブテーマ1	予測モデル構築・精緻化とそのための現地調査
自己評価結果	計画以上の進展がある
理由	<ul style="list-style-type: none"> ● 令和3年度に掲げた目標はすべてクリア ● サブテーマ2の進捗が速いので、実測データ収集の類型化を先行着手できた ● 水みちモデル構築までの研究手段の精緻化とロードマップの具体化によって実現可能性が向上
目標達成の見通し	技術上または実験上で幾つかの問題点は生じているものの、手法の改善とともに着実に進行している。最終目標 到達までの道筋は明瞭になっており 引き続き継続することで目標達成できる。

サブテーマ2	モニタリングデータの掘り起こしのための戦略的かつ効率的な情報基盤の構築
自己評価結果	計画以上の大きな進展がある
理由	<ul style="list-style-type: none"> ● 令和3年度に掲げた目標はすべてクリア ● 実測データの収集は予定15に対して現時点56集まった ● 実務者からも本研究に対する関心と貢献が寄せられており、更に地方環境研究所や大学関係者からの献身的な支援により効率的な研究が進められていると評価できる
目標達成の見通し	連携範囲を広げ、 令和4年度中には全国展開、令和5年度後半には産業廃棄物処分場にアプローチ する見込みである。現時点までで生じている問題として、処分場諸元（現地の保有水位や搬入廃棄物の特性、凶面（ガス抜き管や排水管の大きさや構造、最大埋立深さ、被覆））が資料の行方不明等の理由によりやや得られにくい状況である。研究者自らが処分場及び関連焼却施設に訪問して、必要な 資料を得るまでのプロセスを精査し、成功モデルとなる事例をひとつ創る必要がある。

環境政策等への貢献

■ 行政等が活用することが見込まれる成果

- ① **維持管理積立金の査定**を各処分場の実態と学術的見解を勘考して支援：
本研究を完遂し廃止までの期間が予測できれば過不足ない積立金の算定が可能になる
- ② **浸出水処理前の水質に係る法定項目及び塩化物イオンまたは電気伝導率の定期測定**：
予測の高精度化には埋立層内の流れを評価する必要があり、非反応性の塩化物イオン濃度または電気伝導率の定期測定は不可欠である
- ③ **法定項目、塩化物イオン濃度または電気伝導率、および浸出水量の測定頻度(月1回)**：
各測定項目同士での四則演算や相関分析を行うためには測定頻度は揃える必要があり、特に浸出水量はそのものの実績値の記録が良い
- ④ **電気探査のリモートコントロール、オンライン数値シミュレーション、データベースの活用**：
安定化度評価に利用可能な先端技術は多く、無償利用可能なツールもあるので積極活用する
- ⑤ **対話型プラットフォームを用いた一元管理によるデータの積み上げと継続的な発展**：
行政の人事異動等における引継ぎを容易にかつ正確にできる、他処分場との比較が容易になり実務者間での連携が促進される
- ⑥ **推奨項目：搬入廃棄物の日報(搬入元、搬入量と組成)と埋立場所の座標管理**：
3次元CADによる見える化が可能であり、廃止を困難にしている原因の特定に役立つ

■ 行政等が既に活用した成果

- ① **埼玉内最終処分場設置団体連携会議に参画し、県内24自治体とともに中規模会議を3回実施**
 - 県当局と各団体の実務担当者が直接集まって意見交換するという試み自体初めて
 - 埼玉県環境整備センター、埼玉県環境科学国際センター、埼玉県資源循環推進課も参加
 - 継続的な実施から連携強化に発展し、県内処分場の維持管理と廃止について適正化が見込まれる
 - ➡ **研究者-実務者間の連携強化のモデルケースとなる**
- ② **埼玉内最終処分場設置団体連携会議を通じて、一般廃棄物処分場の廃止に係る技術支援(1件)**
 - 実務者からの個別相談は決して一方向ではなく、研究者にとっても実態を知り対話型プラットフォームを実用展開するための有難い機会
 - その後の連絡会議では、情報共有や学術的知見の習得、若手職員の研修を目的として積極的な参加を得ている → モチベーションアップ

A network diagram with blue nodes and lines on a dark blue background, positioned at the top of the slide.

7. 研究成果の発表状況

報告書ページ番号

20ページ目～22ページ目

研究成果の発表状況

■ 誌上発表(査読無し) → サブ1 = 1件、サブ2 = 2件

- ① 【予定】石森ら：廃棄物処理・処分、有効利用時に役立つ数値シミュレーション技術と適用事例、近代科学社、全150頁 (翌3月発刊予定)
- ② 石森ら：都市清掃, 363, 74, pp.14-21 (2021) 最終処分場の実用的な将来予測手法とそのための対話プラットフォームの構築
- ③ 【予定】石森ら：水処理設計とCAEアプリ、DXへの展開、近代科学社、全180頁のうち80頁担当 (翌4月発刊予定)

■ 口頭発表(学会等) → サブ1 = 6件、サブ2 = 2件

- ① 石森ら：COMSOL Week 2021(2021)COMSOL Serverを用いた対話型プラットフォームの構築と廃棄物埋立地の適正管理に向けた将来...
- ② 石森ら：第27回計算工学講演会 (2022) 数値解析機能を実装した対話型プラットフォームによる廃棄物埋立地の適正管理のための実用的...
- ③ 石森ら：第33回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2022) 廃棄物埋立地の適正管理に向けた対話型プラットフォームの構築と研究者-実務...
- ④ 磯部ら：第33回廃棄物資源循環学会研究発表会 (2022) 比抵抗探査モニタリングを用いた廃棄物最終処分場の水みち探索に関する研究
- ⑤ H. ishimori et al.: 11th APLAS, Bangkok, Thailand (2022) Undisturbed sampling of waste layer and its X-ray CT image analysis...
- ⑥ Y. isobe et al.: 11th APLAS, Bangkok, Thailand (2022) Time-lapse electrical resistivity tomography to search water channel flow...
- ⑦ 【予定】磯部ら：第44回全国都市清掃研究・事例発表会 (2022) 埼玉県内における最終処分場実務担当者の連携への取り組み
- ⑧ 【予定】石森ら：第44回全国都市清掃研究・事例発表会 (2022) 処分場の長期的な管理、維持、廃止を支援するためのDX推進について

■ 国民との対話 → サブ1 = 3件、サブ2 = 5件

- ① 国立環境研究所夏の公開Youtubeチャンネル (2021年7月17日、総視聴者3133名) にての研究紹介
- ② 第2回埼玉県内最終処分場設置団体連携会議 (2022年3月11日、参加者33名) にての研究紹介
- ③ 第3回埼玉県内最終処分場設置団体連携会議 (2022年7月25日、参加者44名) にて成果発表と研修会を実施
- ④ 第1回埼玉県内最終処分場設置団体連携会議 (2021年11月30日、参加者40名) にて研究紹介
- ⑤ 令和3年度環境科学国際センター講演会 (2022年2月3日、参加者193人) にて成果発表
- ⑥ 令和3年度環境科学国際センターゴールデンウィーク特別企画の研究所公開 (2022年5月8日、参加者82人) にて成果発表
- ⑦ 国立環境研究所公開シンポジウム2022 (2022年4月29日、参加者180人) にて成果発表
- ⑧ 【予定】令和3年度環境科学国際センター県民の日特別企画 (2022年11月14日) にて成果発表