



九州大学 大学院 工学研究院 環境社会部門

九州大学 大学院 システム情報科学研究所 情報エレクトロニクス部門

## **(寄附講座) 資源循環情報 IoT システム講座 令和 4 年度 成果報告書**

Kyushu University

Donated Course Material Cycle IoT System

results of an analysis report (2022)

## 目次

1章	本寄附講座の概要	001
2章	構成員	002
3章	研究一覧	003
4章	研究成果	
4-1	廃棄物埋立地盤中における電源確保のための実用化に資するごみ電池の作製に関する研究	006
4-2	廃棄物埋立地盤の3次元モニタリングを可能とする種々の環境センサの量産化に関する研究	008
4-3	廃棄物のリサイクル、処理、処分に関連するシステムへ応用するためのセンシング、データ通信デバイス、エネルギーハーベスティング回路に関する研究	010
4-4	光ファイバ技術を用いた廃棄物埋立地のモニタリングシステムに関する研究	012
4-5	アフリカ諸国における埋立地の地球環境への影響 – ボツワナのメガ埋立地からのメタンガス放出実態 –	014
4-6	衛星情報を活用した廃棄物埋立地の全球地球IoT観測システムの開発に関する研究	016
4-7	自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究	018
4-8	自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究	020
4-9	IoTを活用した複数の再エネ発電施設を統制する電力マネジメントシステムに関する研究	022
4-10	地域における脱炭素を目指した資源循環モデルの構築	024
4-11	AIを用いた一般廃棄物排出行動予測に基づく発生量削減方策に関する研究	026
4-12	古紙の分別収集における画像認識技術を用いたごみ分別システムに関する研究	028
5章	研究活動	030
5-1	学会発表／論文投稿	030

# 1章 本寄附講座の概要

講座名：資源循環 IoT システム講座

講座設置期間：令和4年4月～令和8年3月（4年間）

講座の目的：ローカル SDGs の達成に向けて、製品の製造、消費、廃棄物の排出・収集、中間処理、再資源化、再製品化との協業、最終処分に至る一連の廃棄物処理の流れをトータルシステムとして捉え、種々の情報を一元管理、活用することで廃棄物処理・資源循環マネージメントの最適化を可能とするごみインフラ DX プラットホームの構築を行う。本プラットフォームは、地球温暖化、脱炭素、資源循環など人類が共通して抱える喫緊の課題解決に寄与する。

また、工学研究院とシステム情報科学研究院の連携を通して、異なった分野の研究者が専門性を補完、結集して共同研究を行うことにより、共通の目標を短期間での達成を可能とする。

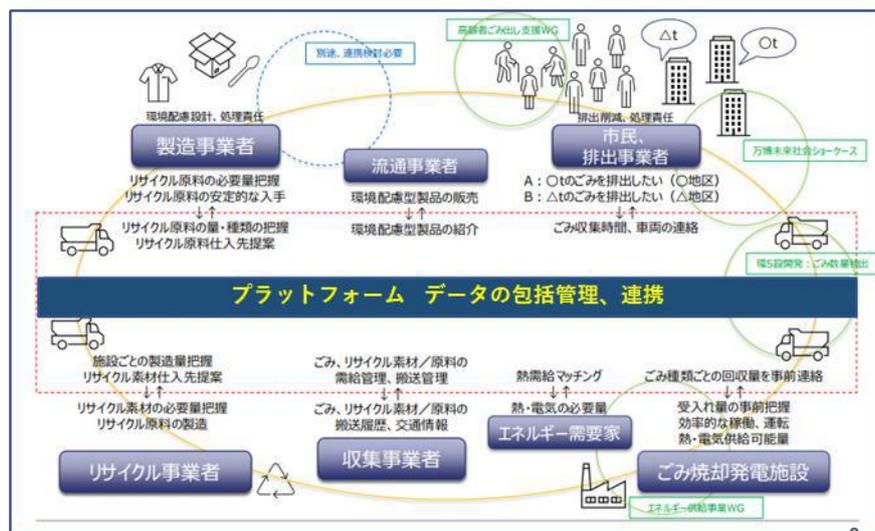


図. ごみインフラ DX プラットホームのイメージ

寄附者：日立造船株式会社

## 2章 研究体制

以下に、本寄附講座に所属するメンバーを記載する。

氏名	所属	役職
島岡 隆行	工学研究院 環境社会部門	教授
金谷 晴一	システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門	教授
杉崎 康弘	工学研究院 環境社会部門	助教
Kumar GOODWILL	システム情報科学研究院 情報エレクトロニクス部門	助教
榊原 恒治	工学研究院 環境社会部門	受託研究員
太田 良子		事務補佐員

以下に、研究体制のイメージを示す。

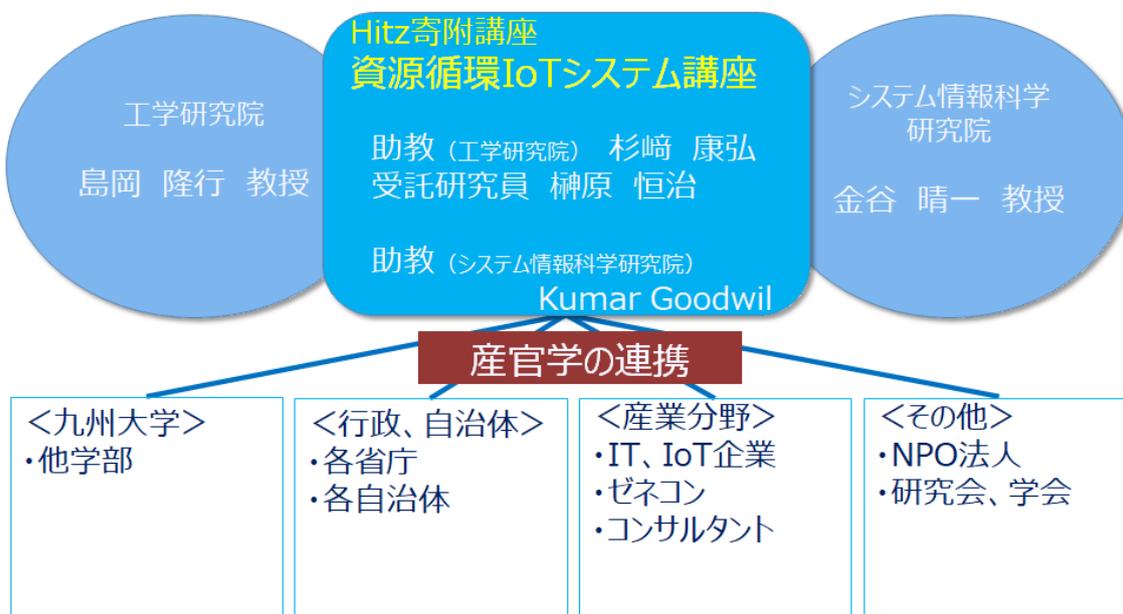


図. 研究体制のイメージ図

### 3章 研究一覧

以下に、研究一覧を示す。

分野	研究タイトル	担当者
IoT センサ ／モニタリ ング	廃棄物埋立地盤中における電源確保のための実用化に資するごみ電池の作製に関する研究	工学研究院 環境社会部 門 中山准教 授
	廃棄物埋立地盤の3次元モニタリングを可能とする種々の環境センサの量産化に関する研究	
	廃棄物のリサイクル、処理、処分に関連するシステムへ応用するためのセンシング、データ通信デバイス、エネルギーハーベスティング回路に関する研究	Kumar GOODWILL
	光ファイバ技術を用いた廃棄物埋立地のモニタリングシステムに関する研究	工学研究院 環境社会部 門 小宮助教
	アフリカ諸国における埋立地の地球環境への影響 –ボツワナのメガ埋立地からのメタンガス放出実態–	杉崎
	衛星情報を活用した廃棄物埋立地の全球地球IoT観測システムの開発に関する研究	
資源循環	自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究	金谷
	自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究	榊原
	IoTを活用した複数の再生エネルギー発電施設を統制する電力マネジメントシステムに関する研究	
	地域における脱炭素を目指した資源循環モデルの構築	
	AIを用いた一般廃棄物排出行動予測に基づく発生量削減方策に関する研究	杉崎

	古紙の分別収集における画像認識技術を用いたごみ分別システムに関する研究	
--	-------------------------------------	--

## 4章 研究成果

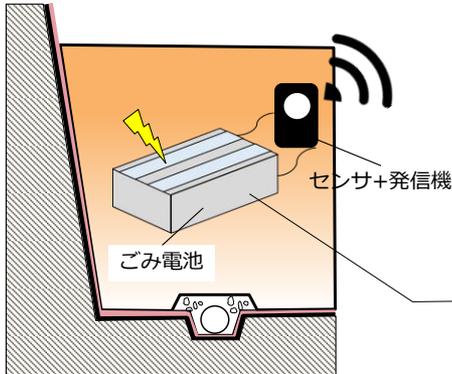
以下では、研究別に、研究概要及び今年度の研究成果を示します

## 4 - 1 廃棄物埋立地盤中における電源確保のための実用化に資するごみ

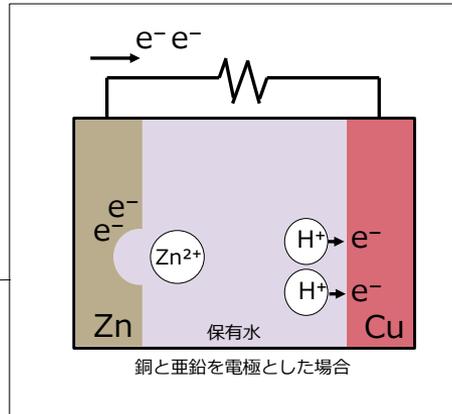
### 電池の作製に関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

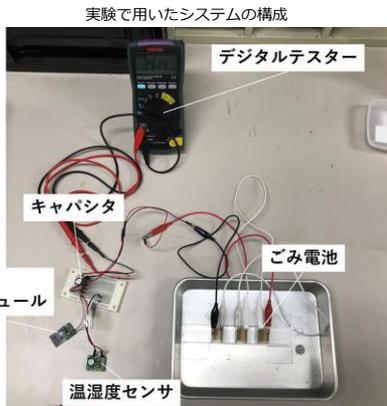
# 廃棄物埋立地盤中における電源確保のための 実用化に資するごみ電池の作製に関する研究



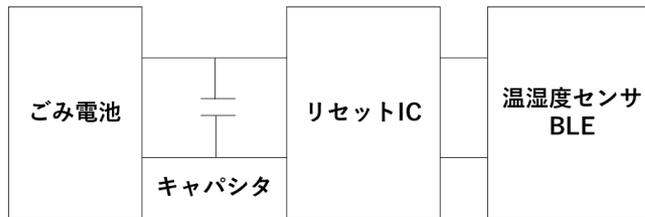
ごみ電池を用いたモニタリングイメージ



## 開発したごみ電池の基本構造



実験で用いたセンサシステムの写真



## ごみ電池を利用したIOT温湿度センシング

- ・ 廃棄物埋立層内では、焼却残渣由来の可溶性塩類等が雨水と接触することで溶解している。埋立地の保有水は、強塩基性物質の溶解により**高pH + 電解質を多く含む高い電気伝導度 (EC) の特性**を有する。

- ・ 本研究では、廃棄物埋立層内の保有水を電解液として作用させ発電エネルギーを回収する**ごみ電池を技術開発する研究**を行う。これまで、電極の選定や電池内部構造の基本的なデザインについて検討してきたが、**実用化のために解決すべき課題**は多い。

- ・ **ごみ電池を実用化するため、最適な電極材料の選定、電池の躯体デザイン等**に関する研究開発を行う。

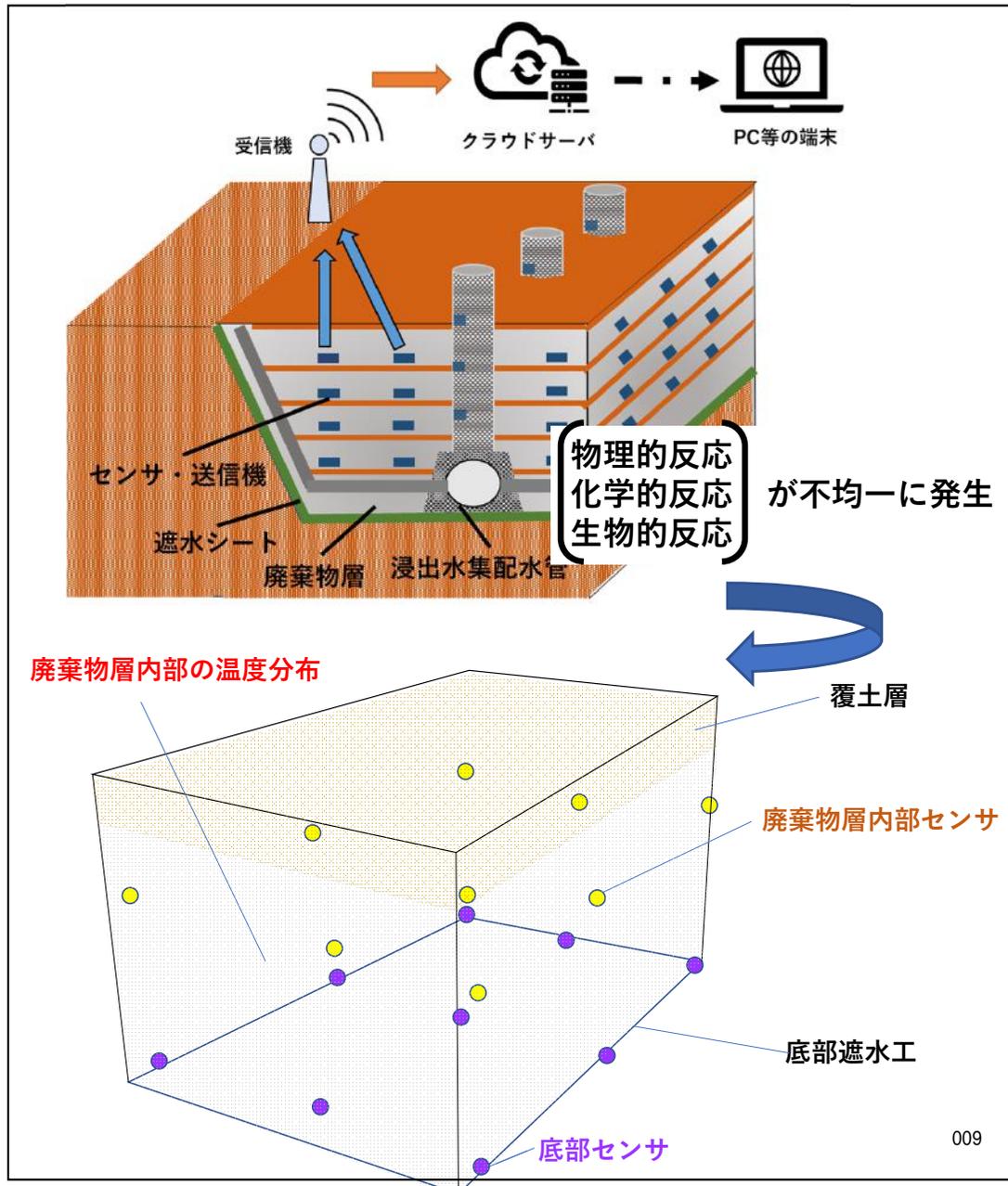
## 4 - 2 廃棄物埋立地盤の 3 次元モニタリングを可能とする種々の環境セン

### サの量産化に関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

# 廃棄物埋立地盤の3次元モニタリングを可能とする 種々の環境センサの量産化に関する研究

## 研究概要



・ 廃棄物埋立地盤内では、廃棄物の性状や埋立時の状況によって、物理、化学、生物学的な条件が大きく異なり、**廃棄物層内の安定化状況等の評価を困難**としている。

・ 廃棄物埋立地盤内の種々の環境状況を把握するためのセンサを設置し、時空間的な環境モニタリングを実施する必要があるが、**過酷な（高温、高圧、高pH等）環境に耐え、かつ安価なセンサを開発する必要がある。**

・ そこで、本研究では上記のような状況を踏まえ、**廃棄物埋立地盤内の3次元モニタリングを可能とする種々の環境センサの量産化のための技術開発を行う。**

・ 上記の目的を達成するため、**センサや各種電子機器の腐食対策を考**える。まずは、**安価なコーティング剤を用いて、高pH下での耐腐食性を評価する試験**をおこなう。

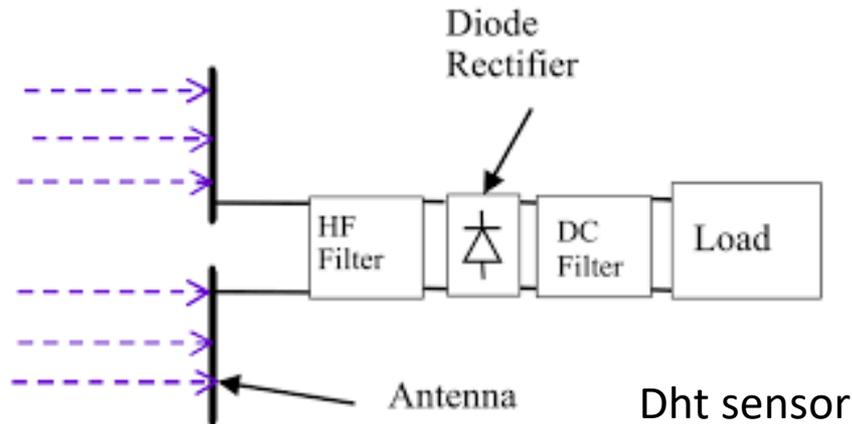
### 4 – 3 廃棄物のリサイクル、処理、処分に関連するシステムへ応用するためのセンシング、データ通信デバイス、エネルギーハーベスティング回路に関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

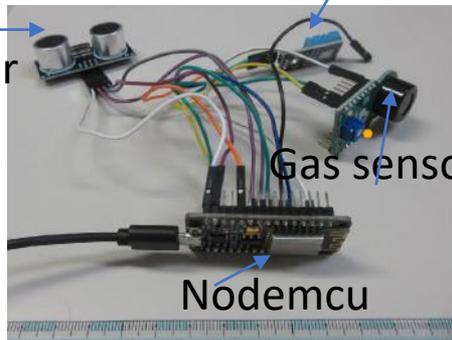
# Smart Waste management system

## Abstract

- Energy harvesting has been regarded as a viable solution to extending battery lifetime of wireless sensor network. Motivated by these, modelling of the radio frequency (RF) energy available to the wireless nodes is required for efficient operation of wireless networks. A novel **metasurface antenna** will be designed to take power from ambient and change it into **dc using rectifier**. **High efficient rectifier** design another task of this research work.



Ultrasonic sensor



metasurface



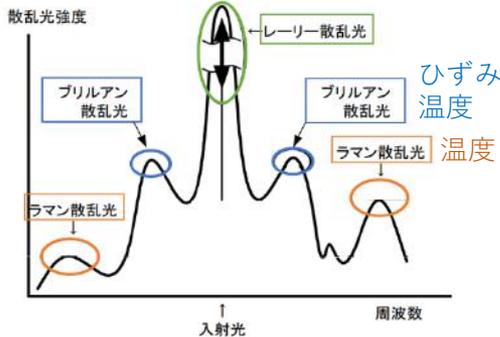
Cpw antenna

#### 4 - 4 光ファイバ技術を用いた廃棄物埋立地のモニタリングシステムに関する研究

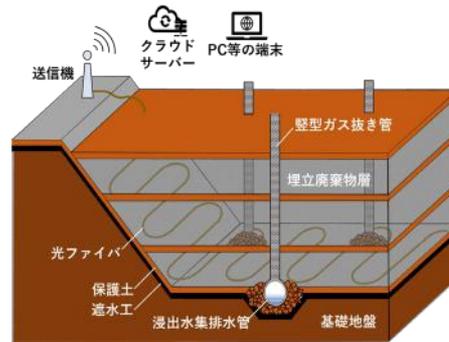
以下では、研究全体の概要を示します。

# 光ファイバ技術を用いた廃棄物埋立地のモニタリングシステムに関する研究

## 研究概要

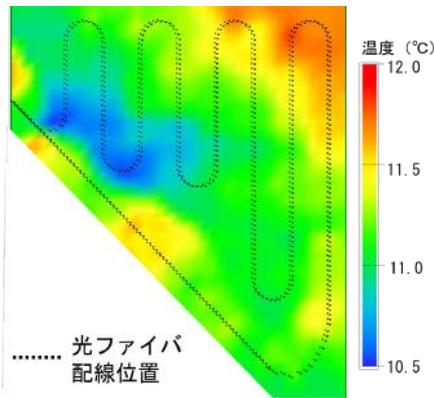


光ファイバの後方散乱光の特性を利用した物理量計測 (光ファイバセンサ)

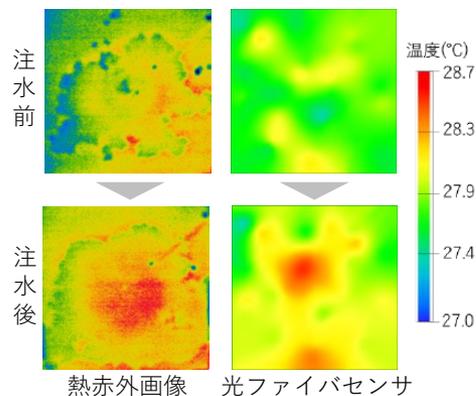


光ファイバを導入した埋立地のIoTモニタリングシステム

- 廃棄物最終処分場の廃止にあたっては、「埋立地の内部が周辺の温度に比して異常な高温になっていないこと」が求められる。広大な面積、膨大な埋立容量を有し、かつ埋立廃棄物が不均質である埋立地においては、埋立地の温度を面的に、さらには三次元的にモニタリングすることが望まれる。
- 光ファイバセンサは、光ファイバに入射した光の散乱光が光ファイバの温度、ひずみ等により変化することを利用して、光ファイバの線方向の温度、ひずみ等の分布を計測することができるものである。
- 埋立地と周辺環境の境界部にあたる遮水工やキャッピング層に光ファイバを網目状にまたは一定間隔で配線することで、境界部の面的な温度分布の把握、さらには埋立地内部の三次元的な温度分布の推定が可能と考えられ、処分場の廃止の適切な判定に寄与することが期待される。さらには、遮水工の破損に伴う浸出水の漏水を異常な温度分布として検知できる可能性も考えられる。
- 本研究では、埋立地モニタリングの高度化における光ファイバセンサの適用性を明らかにするとともに、光ファイバセンサと通信技術の組合せによる埋立地のIoT化、埋立地モニタリングのDXを図る。



光ファイバセンサによる埋立地のキャッピング層内の面的温度分布の把握



光ファイバセンサによる遮水工の漏水検知の模擬実験

## 4 – 5 アフリカ諸国における埋立地の地球環境への影響

### – ボツワナのメガ埋立地からのメタンガス放出実態 –

以下では、研究全体の概要を示します。

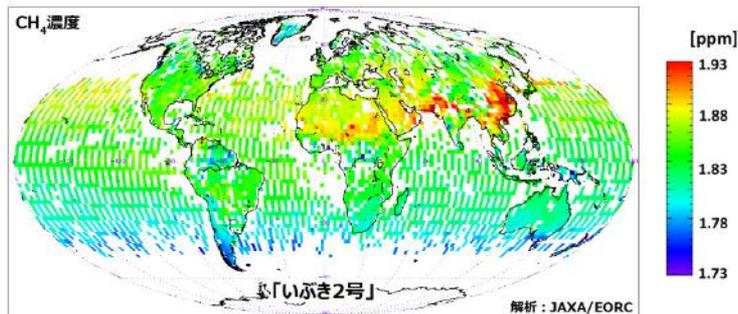
# アフリカ諸国における埋立地の地球環境への影響

－ボツワナのメガ埋立地からのメタンガス放出実態－

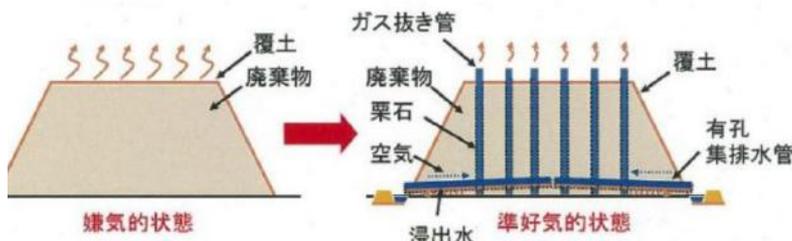
## 研究概要



アフリカとボツワナ国(Google)    ボツワナGamodubu処分場 (Google)



GOSAT2が観測した全球メタン濃度 (JAXA)



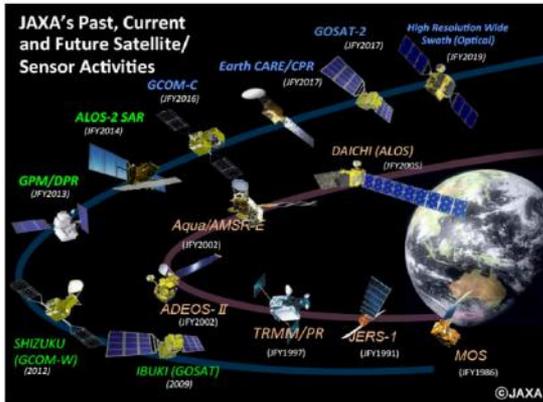
嫌気の状態から準好気へ (福岡市)

- ・ アフリカ諸国（特にボツワナ国）のメガ処分場における**温室効果ガス（メタンガス等）**の排出実態を計測して地球環境への影響を求める。また、**温室効果ガスの排出削減**ために、既存の**嫌気性埋立から準好気性埋立へ**経済的に改善する方法も検討する。また、現地の処分場では、**火災**が多発している。地表面の温度の観測で監視し、火災の発生を最小化する方法を検討する。
- ・ 温室効果ガス（CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O）観測センサーを搭載した人工衛星データ及び現地での実測データを利用して、アフリカ諸国に存在するメガ処分場（≧100ha）を対象として、**埋立地表面から排出される温室効果ガス及び表面温度の観測**を可能とする。
- ・ アフリカ諸国にて、**温室効果ガス総排出量に占める処分場からの排出割合**を求め、温室効果に及ぼす最終処分の影響を定量的に把握する。
- ・ アフリカ諸国にて、埋立地表面温度より、火災発生特性を把握し、**火災予知**を可能とする。
- ・ アフリカ諸国にて、**埋立地の準好気性埋立への改善**とその経済性評価を行う。

## 4 – 6 衛星情報を活用した廃棄物埋立地の全球地球 IoT 観測システム の開発に関する研究

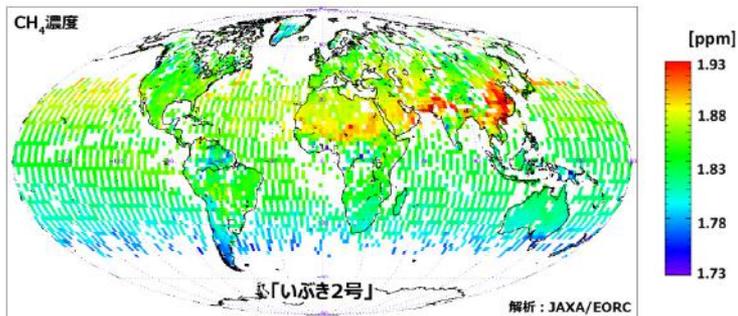
以下では、研究全体の概要を示します。

# 衛星情報を活用した廃棄物埋立地の検出に関する研究

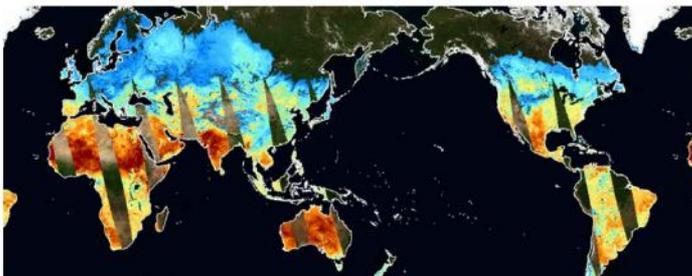


- ・ 温室効果ガス観測衛星  
→ GOSAT、GOSAT2
- ・ 地表面温度観測  
→ GCOM-C、GCOM-W

JAXAが過去から打ち上げてきた地球環境衛星 (JAXA)



GOSAT2が観測した全球メタン濃度 (JAXA)



GCOM-C、GCOM-Wが観測した地表面温度 (JAXA)

## 研究概要

### 概要：

アジア、アフリカ諸国に存在するメガ廃棄物処分場（ $\geq 100\text{ha}$ ）を対象として、衛星情報よりその場所の検出に関する研究。

### 目的：

- ・ 人工衛星データを用いたメガ廃棄物処分場の検索手法の検討する。
- ・ 廃棄物埋立地の特徴は、人工的な形状、廃棄物の色、微生物の発酵熱に伴う温度、日々の埋立に伴う高さの変化等がある。衛星データには、これらの廃棄物埋立地の特徴を含める、地表面の写真（可視光）、地表面の温度（熱赤外）、植物の活性度（可視光、近赤外）、標高（SAR）などの情報がある。そこで、衛星データを用いてAI処理にて廃棄物埋立地を検出する。

## 4 - 7 自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に

### 関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

# 900MHz帯金属対応小型ダイポールアンテナの設計及び評価

- RFID (Radio Frequency Identification)  
近距離通信を用いた自動認識技術

## ・無指向性タグ (Bタグ)

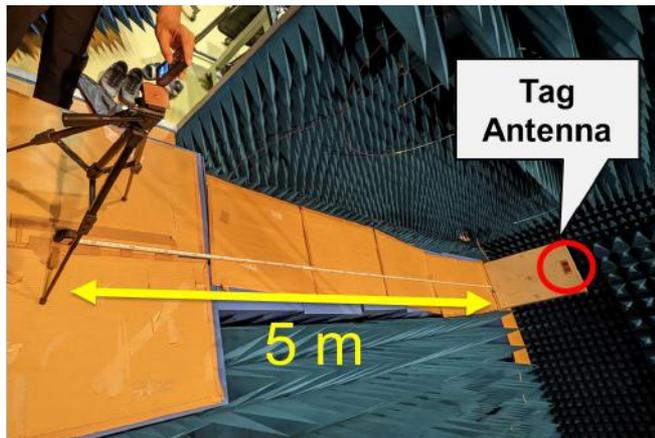


## ・単方向指向性タグ (Aタグ)



↑こちらを開発する

## ・測定環境



## Abstract

- 金属に貼り付けて使用でき、ICチップと直接接続できるダイポールアンテナを開発する。周波数はRFIDタグシステムで使用されている900MHz帯とする。アンテナ構造はアンテナ部であるトップメタルと裏面フローティングメタルの2層メタル構造とする。フローティングメタルを採用することで、アンテナの放射を単方向化し、裏面に金属があった場合でも放射可能なアンテナとする。
- RFIDタグ用に設計したアンテナに、インピーダンス整合回路を追加することで、アンテナを再設計することなく50Ωの測定系を用いたアンテナ特性の測定を可能とする。
- アンテナトップメタルとフローティングメタルとショートすることで小型化を行う。
- アンテナ形状に柔軟性を持たせることで、金属体の曲面形状に対応可能なアンテナを開発する。
- 移動体においても対応可能とするため、円偏波アンテナを開発する。

## 4 - 8 自動認証タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に

### 関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

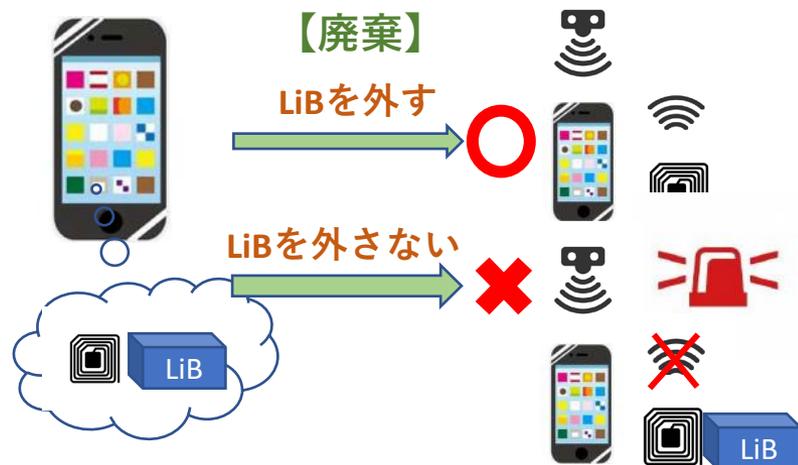
# 自動認識タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究

リチウムイオン電池 (LiB) の発火



【現状の対策】 事後検知⇒消火  
煙探知、温度検知、火炎の画像検知

【新しい技術】 事前検知⇒除去



【将来像】



## 研究概要

- ・リチウムイオン電池 (LiB) を装着したままの廃棄物が発火する事故が多発している。この対策として、現状では、発火後の煙や火炎を検知して早急に消火する**事後対応策**が開発されているが、**事前に検知するシステムはない**。
- ・RFIDのようなタグとLiBをセットにし、LiBの有無でセンサーが反応するような**技術を開発する**。
- ・このセンサーを収集業者やパッカー車の投入口天井あるいはリサイクル施設の受入れエリアに設置することで、LiBを装着したままの廃棄物を検知し除去する。このような**廃棄物収集、処理システムを構築する**。
- ・将来的には、製品製造から廃棄までをタグで管理することで動脈/静脈を連携した資源循環システムの構築を目指す。

## 4 – 9 IoT を活用した複数の再エネ発電施設を統制する電力マネジメントシステムに関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

# 再生可能エネルギー発電施設における蓄電池の最適な併設に関する研究

## 研究概要

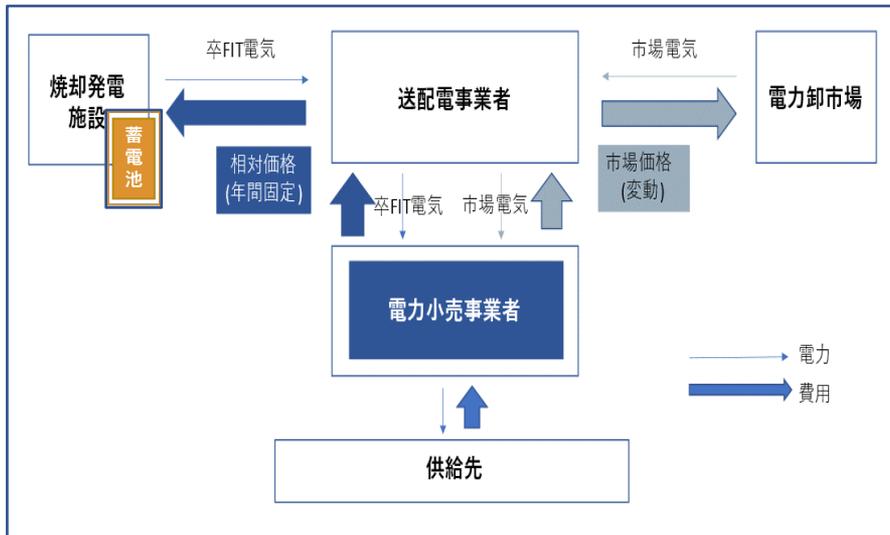
・電力自由化や脱炭素化を背景に、再生可能エネルギーを中心とした分散型エネルギーシステムの導入が促進されている。

・再生可能エネルギーの中でもごみ焼却発電は、太陽光発電や風力発電と比べて比較的安定した電力を供給できること、焼却発電施設は各地域に存在することから、地域の自立・分散型発電の中核としての役割が期待される。

・再生可能エネルギー電源と蓄電池を併用することで電力安定化やピークシフトへの対応などが可能となる。

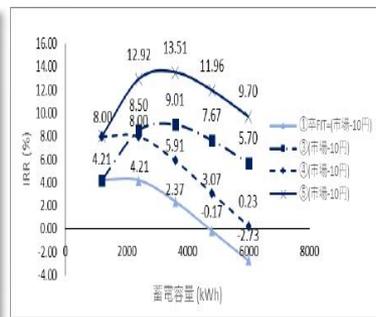
・しかし現状では蓄電池の導入コストが高いため普及が進んでいない。

・本研究では、ごみ焼却発電施設に蓄電池を併設する際に、事業採算性を考慮した小規模かつ最適な蓄電池容量の算出方法について検討した。



ごみ焼却発電 + 蓄電池 電力供給イメージ

分析条件	内容
条件①	蓄電池単価は40,000円/kWh (現在の条件)
条件②	蓄電池単価を20,000円/kWh(現状の50%)とした場合。技術進歩によるコストダウンや補助金活用などを想定
条件③	蓄電池単価を容量に応じて変化させた場合。[「規模の経済」] Case1を基準に蓄電池費用が容量比の0.6乗に相当すると仮定。
条件④	CO <sub>2</sub> 削減価値を収益化した場合。電力調達を、市場電力→卒FIT電力に置き換えたことによるCO <sub>2</sub> 排出削減量を再エネクレジットに転換し、収益に加える。市場電力のCO <sub>2</sub> 排出係数は0.5 kg-CO <sub>2</sub> /kWh、再エネクレジット価格は2020年の東京都の価格を参考に5,600円/t-CO <sub>2</sub> に設定
条件⑤	条件③、④の両方を加味した場合。



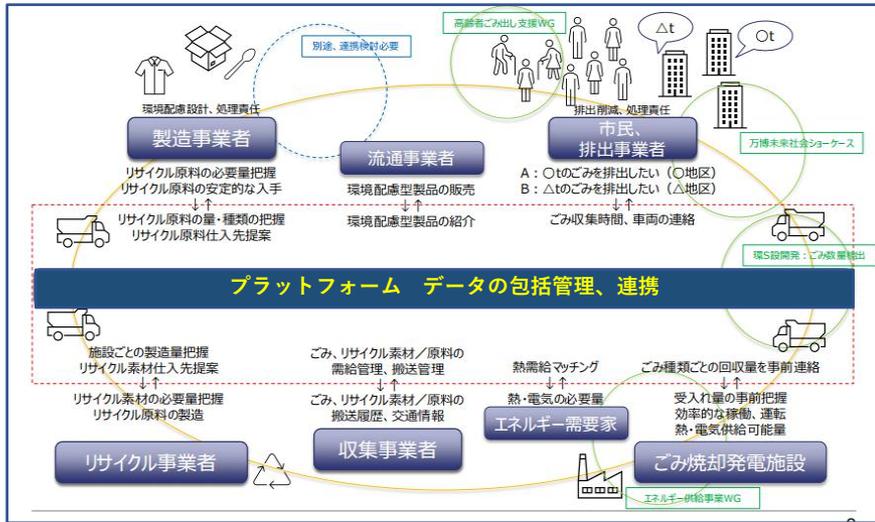
各条件での蓄電池の容量に対する事業採算性の評価 (IRRで評価)

## 4 - 1 0 地域における脱炭素を目指した資源循環モデルの構築

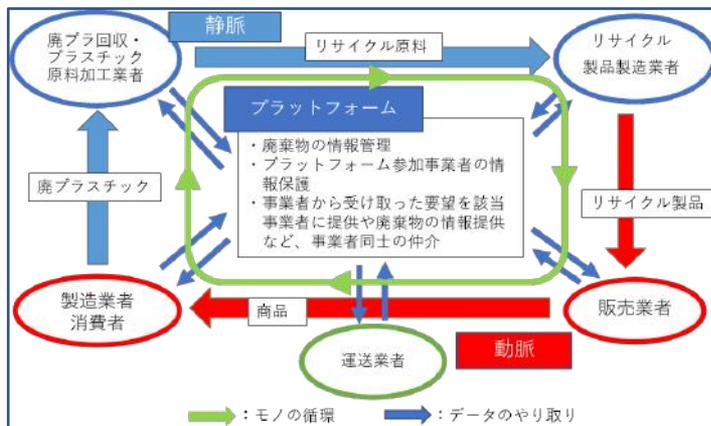
以下では、研究全体の概要を示します。

# 地域における資源循環の効率化を目指したプラットフォームの構築に関する研究

## 研究概要



動脈と静脈を連携させるみ資源循環プラットフォームのイメージ



プラスチック資源循環プラットフォーム

・IoT技術を活用して、廃棄物管理や処理に関する様々なデータを包括的に管理し、脱炭素化や効率化を目指すインフラDXプラットフォームを構築する。

・廃プラスチックを対象とし、廃プラスチック回収・プラスチック原料加工業者やリサイクル製品製造業者など各事業者から資源循環促進のために必要とされる要件をヒアリング調査を実施する。

・資源循環促進に必要な要件を包括的に一括管理するプラスチック資源循環プラットフォームとそのプラットフォームと各業者間でやり取りされるデータを整理する。

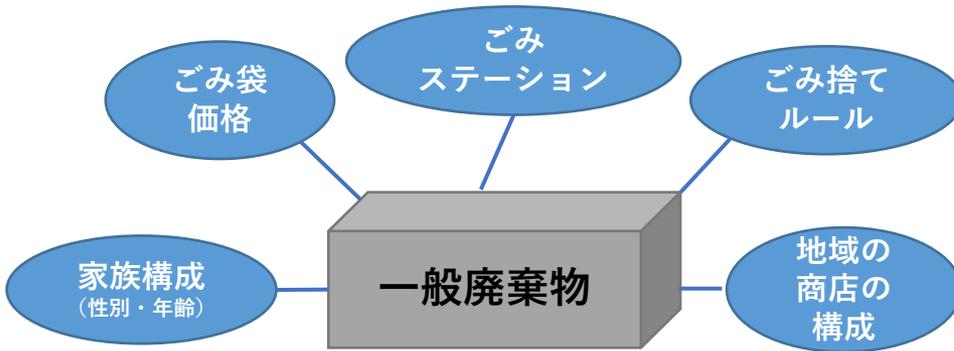
## 4 - 1 1 AI を用いた一般廃棄物排出行動予測に基づく発生量削減方 策に関する研究

以下では、研究全体の概要を示します。

# AIを用いた一般廃棄物排出行動予測に基づく 発生量削減方策に関する研究

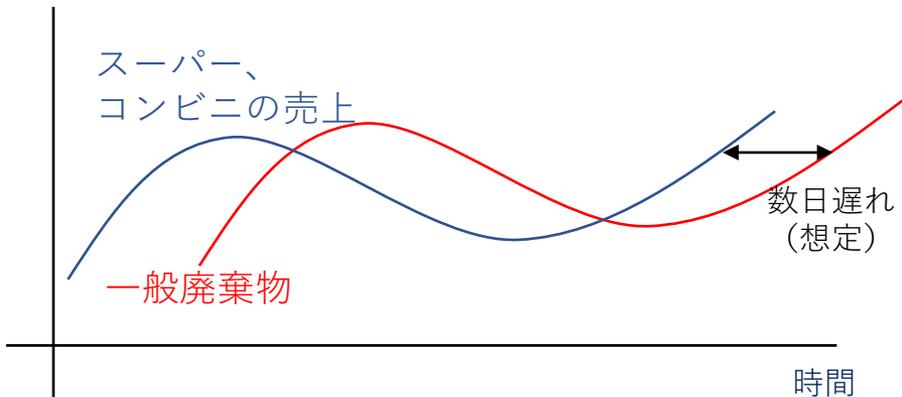
## 一般廃棄物の量の要因と削減

- 自治体と調整して、データ取得から始める。
- 統計、AI（機械学習）等で要因を探し、削減策を検討する。
- 削減策もシミュレーションして、定量的に効果を求める。



## 一般廃棄物の変動

- 自治体、事業者と調整して、データ取得から始める。
- AI（機械学習）を用いて、時系列予測を行う。



027

## 研究概要

一般廃棄物について、発生量を削減するために、その量に影響する要因及び削減方法を検討する。

### ・要因の特定

一般廃棄物の量は、ごみ袋の価格、家族構成、市町村によるごみ出しのルール、ごみステーションの環境、近隣の商店の構成等に依存する考えられます。これらについて、現状の市町村ごとでの1人あたりのごみ捨て量が多い市と少ない市を比較検討する。データからAI等で定量的に分析を行い、ごみの量を抑えるために重要な要因を明らかにする。

### ・一般廃棄物の削減方法

上記の結果を元にして、発生量を削減するための方法も検討する。例えば、ごみステーションの環境が影響する場合には、ステーションの場所（市民が捨てやすい場所）、大きさ、収集回数などを検討する。

### ・一般廃棄物の変動量について

日々の一般廃棄物の変動量について、廃棄物の需要と供給の関係から予測する。あるローカルなエリアでスーパーやコンビニでの売上やその他の条件（天候、月日）から、ごみの量をAI（機械学習）を用いて予測する。

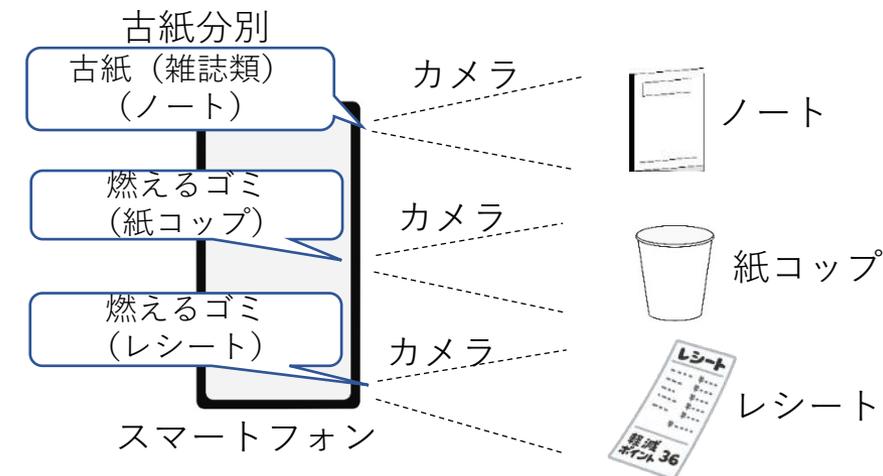
## 4 - 1 2 古紙の分別収集における画像認識技術を用いたごみ分別システ

### ムに関する研究

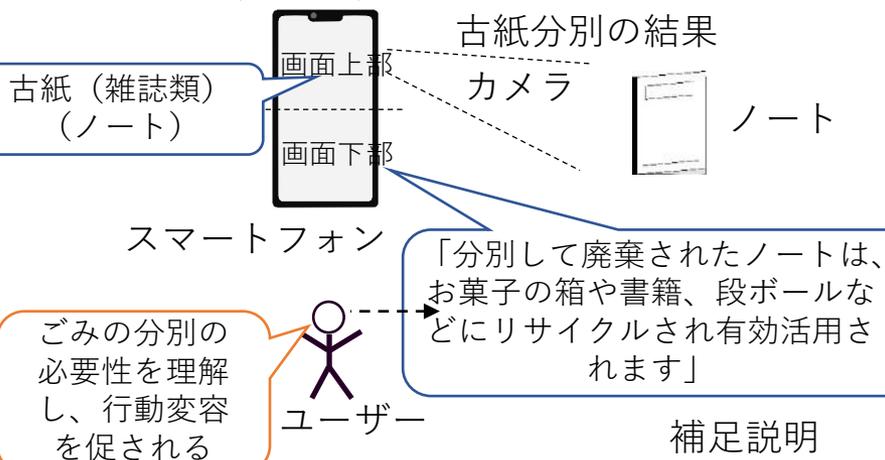
以下では、研究全体の概要を示します。

# 古紙の分別収集における画像認識技術を用いた ごみ分別システムに関する研究

## 画像認識技術を用いた古紙分別システム イメージ



## 行動変容（ナッジ）



## 研究概要

- ・スマートフォンのカメラをごみにかざすことで、**AIを用いた画像認識**によって**古紙の種類を判別するシステム**を開発する。また、カメラで判別した古紙の分別結果を表示する際に、リサイクルの有用性を説明するメッセージなども表示し、**分別の必要性を理解させることで人々の行動変容を促す（ナッジ）**。
- ・本システムの効果を確認するために、**事業者へのアンケート**や**LCA(Life Cycle Assessment)**などを用いて効果を確認する。
- ・現状、**中小企業**における古紙リサイクルの促進が課題となっている。本システムの利用がその解決策となるように、従業員への教育なども含めて、**本システムが利用されやすい仕組み**を検討する。

## 5章 研究活動

### 5-1. 学会発表／論文投稿

以下に、研究発表会での発表実績、プロシーディングを記載する。

#### <口頭発表>

・第33回 廃棄物資源循環学会（2022年9月20日～22日）

発表タイトル	発表者
光ファイバセンサを用いた廃棄物埋立地の管理手法に関する基礎的研究	浜田梨央、島岡隆行、小宮哲平、今井道男、小澤一喜
廃棄物埋立処分場の保有水を利用したごみ電池のプロトタイプ作製に関する研究	村上凜太郎、島岡隆行、中山裕文、金谷晴一
廃棄物埋立地の環境モニタリングを目的としたIoTシステムの開発に関する基礎的研究	亀野流、中山裕文、島岡隆行、金谷晴一

・The 11th China-Japan Joint Conference on Material Recycling and Waste Management（2022年11月17日～18日）

発表タイトル	発表者
Development of a power source for IoT devices using leachate at the waste landfill site	Murakami Rintaro, Nakayama Hirofumi, Shimaoka Takayuki, Kanaya Haruichi
Applicability of optical fiber sensor on temperature distribution estimation and leakage detection of impermeable liner in solid waste landfill	Komiya Teppei, Hamada Rion, Shimaoka Takayuki, Imai Michio, Ozawa Kazuki

・土木学会西部支部（2023年3月4日）

発表タイトル	発表者
ごみ電池を電源とする温湿度無線モニタリングシステムに関する研究	村上凜太郎、中山裕文、島岡隆行、金谷晴一
LCA 手法を用いた古紙分別アプリ活用による環境影響評価	小城直也、島岡隆行、杉崎康弘
光ファイバセンサを用いた廃棄物埋立地の遮水工の温度分布および漏水モニタリングに関する基礎的研究	浜田梨央、島岡隆行、小宮哲平
自動認識タグによる安全・効率的な廃棄物処理システムの構築に関する研究	相原愛里子、榊原恒治、伊藤憲司、島岡隆行、金谷晴一
Sentinel-2 を用いた教師なし学習による大規模廃棄物埋立地の検索手法に関する研究	上瀧大樹、島岡隆行、杉崎康弘
小売販売データを用いた ARMAX モデルによる福岡市の一般廃棄物量予測	濱地雅也、島岡隆行、杉崎康弘
再生可能エネルギー発電施設における蓄電池の最適な併設に関する研究	溝江悦子、榊原恒治、島岡隆行
地域における資源循環の効率化を目指したプラットフォームの構築に関する研究	宮崎祥、榊原恒治、島岡隆行

・2022 年度（第 75 回）電気・情報関係学会九州支部連合大会  
 （2022 年 9 月 16 日～17 日）

発表タイトル	発表者
コッククロフトウォルトン回路の多段化による無線エネルギーハーベスティング回路の開発	保坂亮磨、鳥越翔太、 Goodwill Kumar、金谷晴一
900MHz 帯単方向指向ダイポールアンテナの設計及び評価	伊藤憲司、Goodwill Kumar、金谷晴一
ベイズ最適化による 900MHz 帯単方向指向性スロットアンテナの設計及び評価	新地茉央、竹上航平、Goodwill Kumar、金谷晴一
Dual band one-sided directional antenna for 5G application	Yixuan Shu, Goodwill Kumar, Haruichi Kanaya

・第 37 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会（2023 年 3 月 13 日～15 日）

発表タイトル	発表者
無線エネルギーハーベスティング回路の開発及び Bluetooth システムの駆動実験	保坂亮磨、鳥越翔太、 Goodwill Kumar、金谷晴一
Design of dual band one-sided directional antenna for 5G communication	Yixuan Shu, Kohei Takegami、 Goodwill Kumar、Haruichi Kanaya

<プロシーディングス（査読あり、国際学会）>

・24th IEEE Electronics Packaging Technology Conference

(7-9 December 2022)

発表タイトル	発表者
Design of one-sided directional slot antenna for 28GHz band application by Bayesian optimization  (Proc. 24th IEEE Electronics Packaging Technology Conference, pp.290-294, 2022.eptc22-05-151)	Kohei Takegami, Kumar Goodwill, Haruichi Kanaya
One-sided directional slot antenna with magnetic film for 28 GHz application  (Proc. 24th IEEE Electronics Packaging Technology Conference, pp.325-328, 2022.eptc22-05-152)	Koto Miyahara, Takeshi Ishibashi, Kim Kong Tham, Kumar Goodwill, Haruichi Kanaya