

# P-021 廃棄小豆粉炭のタンパク質への熱ストレス耐性の賦与

乗富秀富<sup>1</sup>\*, 甲斐龍太郎<sup>1</sup>, 栗原駿一<sup>1</sup>, 遠藤信行<sup>2</sup>, 加藤 覚<sup>1</sup>, 内山一美<sup>1</sup>

<sup>1</sup>首都大都市環境, <sup>2</sup>株式会社EEN

\*E-mail: noritomi@tmu.ac.jp

## 背景と目的

毎年世界中で、膨大な量の植物バイオマス廃棄物が未利用まま廃棄されている。

植物バイオマス廃棄物の利活用を推進するため、植物バイオマス廃棄物を炭化処理することによりバイオマス炭が調製される。

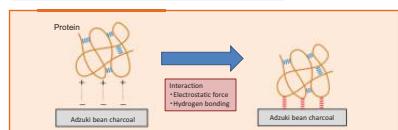
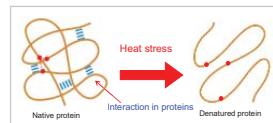
バイオマス炭の従来用途  
・土壤改良剤、水質浄化、二酸化炭素固定化など

さらなる高付加価値な利用技術の開発が望まれている。

生体高分子であるタンパク質は常温・常圧・中性附近で優れた生理活性を発揮することから、タンパク質の環境低負荷プロセス(酵素を用いる有機合成やバイオセンサ、バイオ燃料電池など)への応用が盛んに推進されている。

しかしながら、タンパク質は弱い相互作用力(静電力や水素結合、疎水結合)により形成された高次構造に基づいて生理活性を発揮しているため、熱などのストレスに脆弱であり、容易に変性・失活してしまう。

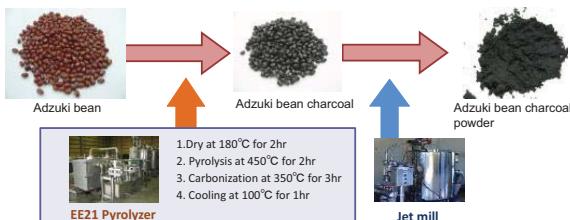
一方、水に不溶な担体に吸着されたタンパク質の活性や特異性、安定性が担体表面の物理的及び化学的特性に強く依存する。



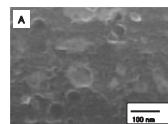
本研究では、小豆粉炭へのタンパク質の吸着によるタンパク質の熱ストレス耐性の促進について検討した。

## 廃棄小豆粉炭の調製と物理的及び化学的特性

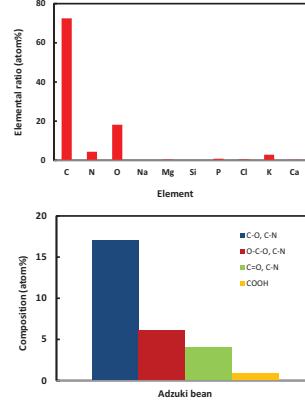
### 廃棄小豆由来のバイオマス炭の調製



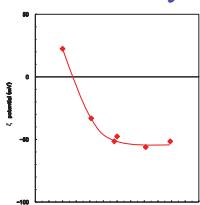
### 小豆粉炭表面(20万倍)



### 小豆粉炭表面の化学的特性



### 小豆粉炭のz電位



### 小豆粉炭の物理的特性

Specific surface area	204.5 m <sup>2</sup> /g
Mean diameter	7 μm

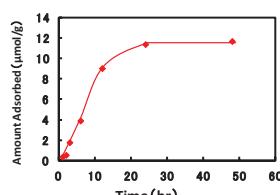
## 廃棄小豆粉炭吸着タンパク質の熱ストレス耐性

### モデルタンパク質である卵白リゾチームの構造と物性



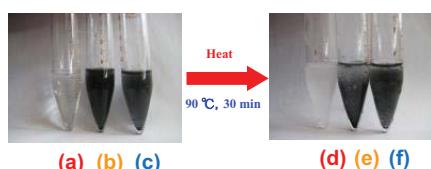
Size	4.5 × 3.0 × 3.0 nm
Molecular weight	14300
Isoelectric point	11
α-helix content	45 %
β-sheet content	19 %
Function	Hydrolysis of the β-1,4 glycosidic linkage of peptidoglycan in the cell wall of bacteria

### 小豆粉炭へのタンパク質の吸着の経時変化



### 小豆粉炭のタンパク質凝集抑制効果

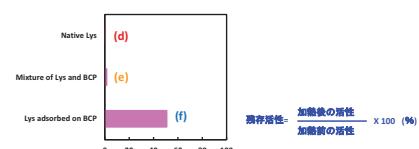
\*モデルタンパク質: 卵白リゾチーム



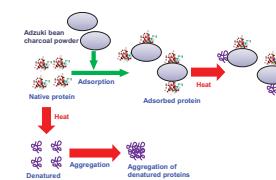
- (左)リゾチーム水溶液  
(透明 ⇒ 溶液全体がゲル化)  
(中)小豆粉炭混合リゾチーム水溶液  
(分散性良好 ⇒ 凝集)  
(右)小豆炭吸着リゾチーム水溶液  
(分散性良好 ⇒ 分散性良好)

### 加熱処理後のタンパク質の残存活性

\*BCP: 小豆粉炭, Lys: 卵白リゾチーム



### 小豆粉炭へのタンパク質の吸着と熱ストレス耐性



## まとめ

卵白リゾチームは、小豆粉炭表面に十分に吸着された。小豆粉炭吸着リゾチームの分散水溶液に90°Cで30分間の加熱処理(完熟卵のできる条件)を施しても、タンパク質の凝集が形成されず、50%を超えるタンパク質の残存活性が得られた。したがって、廃棄小豆粉炭は、熱ストレス耐性を促進させるタンパク質担体として非常に有効であることが実証できた。



# 嫌気-好気順次回分プロセスによる間欠的に発生する有機性固体廃棄物のバイオガス化



○秋月 真一・戸田 龍樹 創価大学理工学部

近年、間欠的かつ大量に発生する有機性固体廃棄物の適正処理法の確立が社会的課題となっている。例えば、発電所等の沿岸施設で発生する海産汚損生物、海岸に流れ着く漂着海藻、災害時に発生する各種有機性廃棄物等は、その膨大な量と突発的な発生形態から、緊急の対応が求められ、通常は焼却や埋立等の粗放的な方法で処理されている。本来この様な廃棄物には、可溶化、メタン発酵、硝化、脱窒素を含む、嫌気-好気生物処理システムを用いた省エネルギー処理が適していると考えられる。しかし、単純的な有機性廃棄物処理にこのような多段階化したシステムを用いることは、導入・運転管理費用の面から現実的ではない。そこで本研究では、可溶化、メタン発酵、脱窒素と共に嫌気条件下で反応が進行し、至適環境が近似することから、これらを統合した嫌気-好気順次回分プロセスによる間欠的に発生する有機性廃棄物処理技術の確立を目的とした。また、窒素除去の経路として、通常の硝酸経路と共に、反応に必要な曝気量と有機物量が削減可能な亜硝酸経路についても検討を行い、その有用性を評価した。

## はじめに

### 間欠的に発生する有機性固体廃棄物の社会的問題

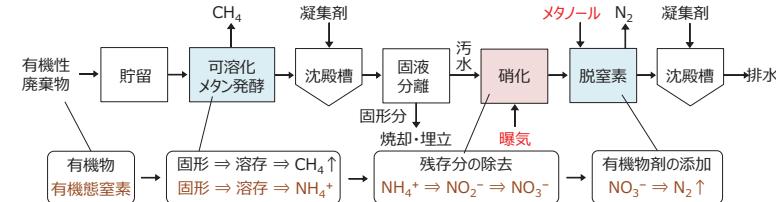
- ・災害廃棄物
- ・漂着海藻
- ・海産汚損生物
- ・未処理または焼却・埋立等の粗放的な処理

- ①膨大な排出量
  - ②周辺環境の汚染
  - ③金銭的損害
- (Pimental et al., 2005; Ye et al., 2011; Fitridge et al., 2012)

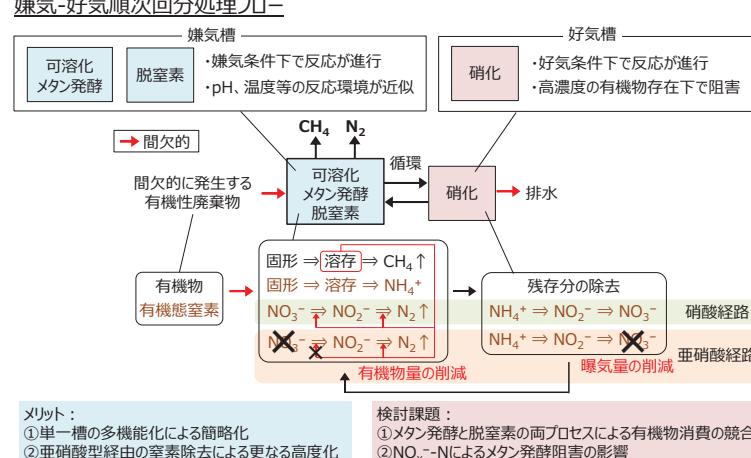


### 高含水系有機性廃棄物を省エネルギーで処理可能な嫌気-好気生物処理への適用

#### 従来の嫌気-好気処理フロー



#### 嫌気-好気順次回分処理フロー



可溶化・メタン発酵・脱窒素を統合した嫌気-好気順次回分プロセスによる間欠的に発生する有機性廃棄物の処理を行った。窒素除去の経路として硝酸経路と亜硝酸経路を用い、その有用性を検証した。

## 材料と方法

### 基質と種汚泥

基質：ムラサキイガイ（貝殻付き） 種汚泥：嫌気性消化汚泥、脱窒素汚泥、硝化汚泥

### 実験装置概要



### 表. 運転条件

窒素除去経路	反応槽	基質		種汚泥		pH <sup>b</sup>	DO <sup>b</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	温度 (°C)
		TCOD (mg-COD L <sup>-1</sup> )	TN (mg-N L <sup>-1</sup> )	消化 (g-VS L <sup>-1</sup> )	脱窒素 <sup>a</sup> (g-VS L <sup>-1</sup> )			
硝酸	嫌気	6,900	960	5.6	1.5	-	-	37
	好気	-	-	-	3.6	>7.0	>5.0	30
亜硝酸	嫌気	6,800	900	6.1	1.5	-	-	30
	好気	-	-	-	3.1	>7.8	>1.0	30

a: 亜硝酸経路における脱窒素汚泥と硝化汚泥は、事前に亜硝酸で順養したもの用いた。

b: 好気槽のpHはプロセスコントローラーにより制御した。

### 計算手法

TCOD除去率 = {投入TCOD量 - (メタン発酵によるCOD消費量 + 脱窒素によるCOD消費量)} / 投入TCOD量 × 100 (%)

TN除去率 = {投入TN量 - (脱窒素によるN除去量)} / 投入TN量 × 100 (%)

供給COD量 = メタン発酵によるCOD消費量 + 脱窒素によるCOD消費量 (g COD)

脱窒素率 = (循環直前の硝酸濃度 - 反応終了時の硝酸濃度) / 循環直後の硝酸濃度 × 100 (%)

a: 37°C中温条件下で吸収した0.395 Lのメタンを1 g CODとして換算した。

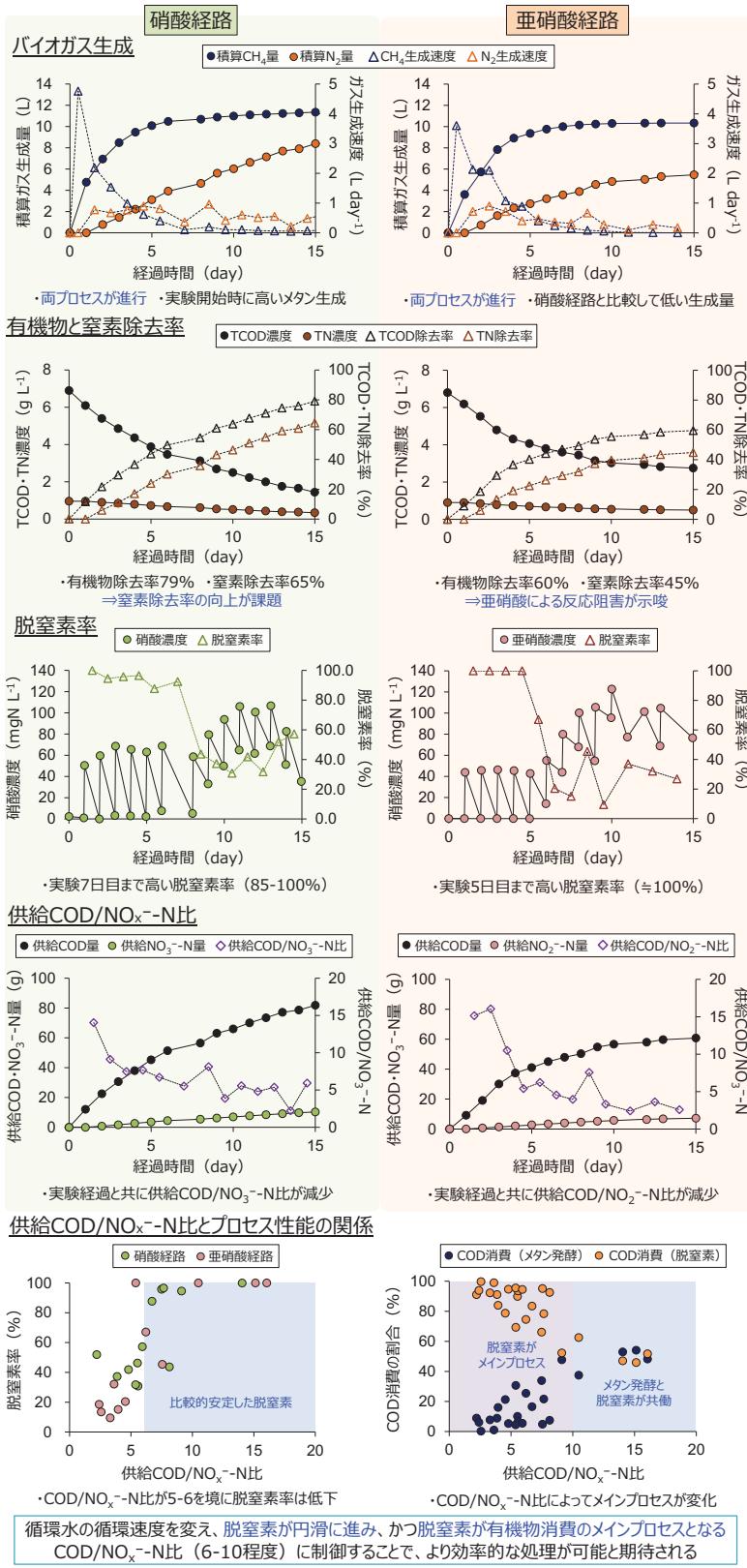
b: 脱窒素反応によって消費されるCOD量(2.86 g COD/g NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-Nおよび1.71 g COD/g NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)と、その量を菌体生育に用いると仮定した。

c: 窒素ガス化されたN量を脱窒素によるN除去量とした。

### 謝辞

本研究は、環境省循環型社会形成推進事業（K2010, K2158, K22065）「単位プロセスの多機能化による含塩性有機性固体廃棄物の低成本・低環境負荷処理プロセスの確立」の一環として実施されました。また、ムラサキイガイを採取するに当たり、三洋テクノマリン（株） 塩谷剛氏、東京大学 大気海洋研究所 國際沿岸海洋研究センターの皆様からご協力いただきました。これらの研究協力に対し、関係した方々に厚く御礼申し上げます。

## 結果と考察



## まとめ

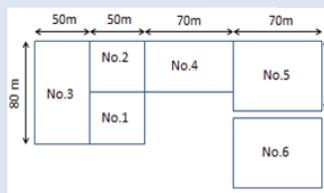
1. 硝酸・亜硝酸の両経路でメタン発酵と脱窒素の進行が見られ、单一槽の多機能化を達成した
2. 硝酸経路の方がより高い有機物・窒素除去率を示し、亜硝酸による反応阻害が示唆された
3. 脱窒素率は嫌気槽内の供給COD/NO<sub>x</sub>-N比に強く影響を受け、5-6付近に閾値が存在した
4. 循環速度を変え供給COD/NO<sub>x</sub>-Nを制御することでより効率的な処理が可能になると考えられた

# P 023 廃棄物埋立層保有水から塩類流出を遅らせる原因 —層構成物の陽イオン交換能(CEC)に着目して—

○ 石井敦<sup>1)</sup> 田中宏和<sup>2)</sup> 香村一夫<sup>1)</sup> 1)早稲田大学理工学部 2)福井県衛生環境研究センター

## 研究対象処分場

福井県F産業廃棄物処理センター内の最終処分場  
(水面埋立方式)



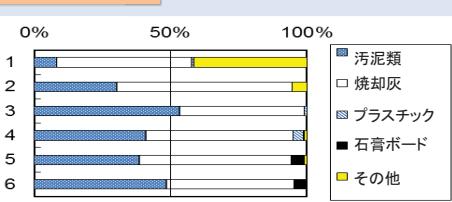
処分場遠景

処分場配置図

気象条件や埋立廃棄物の種類が埋立区画ごとに大きく変わらないため  
各埋立区画のデータを比較することが可能

区画	埋立開始	埋立終了	深度(m)
1	1982年12月	1988年3月	3
2	1988年3月	1990年9月	6
3	1990年9月	1995年5月	6
4	1995年6月	2000年12月	6
5	2001年1月	2009年5月	6
6	2008年3月	—	—

処分場概要



処分場各区画の含有物

## 研究背景・目的

### 最終処分場の管理

- 有害物質や汚濁物質による汚染問題
- 年月経過にともなう維持費負担

↓  
安定化判断とその促進

↓  
塩類溶出に着目した研究

### 最終処分場安定化

浸出水や埋立ガスに対する処理などの日常的な維持管理を行わなくてよい状態になること

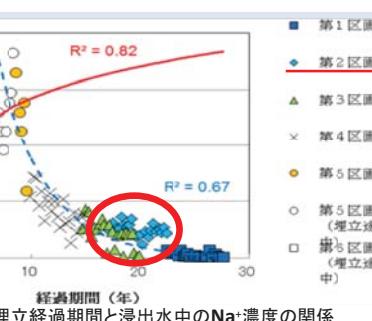
#### 安定化を進める3要素

- ・塩類溶出
- ・塩類固結
- ・有機物分解

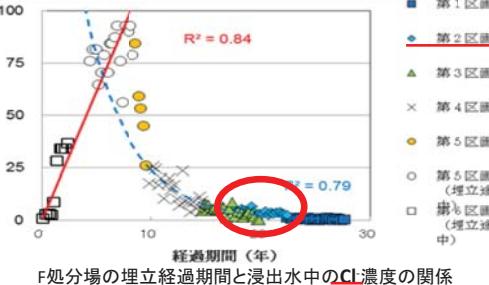
↓  
浸出水

## 研究対象試料

対象試料	第2～5区画のボーリング掘削試料
試料NO.と その深度	I : 175～200cm, II : 275～300cm III : 375～400cm, IV : 475～500cm
コア概要	主に焼却灰
試料粒度	2mmのふるいを通ったもの
試料状態	風乾試料



F処分場の埋立経過期間と浸出水中のNa<sup>+</sup>濃度の関係



F処分場の埋立経過期間と浸出水中のCl<sup>-</sup>濃度の関係

左図の赤丸で囲った部分

→ 第2区画におけるの塩類濃度

Na<sup>+</sup>の溶出が遅れている

塩類溶出速度 陰イオン>陽イオン

- 埋立物はイオン吸着能力を有する
- 陰イオン吸着量 < 陽イオン吸着量 (AEC) (CEC)

### 吸着に影響を及ぼす因子

#### 粘土鉱物

元素の置換によって生じる

永久荷電

pHに依存する

変異荷電

#### 腐植物

落ち葉、微生物

動物の死骸より生じる

本研究では埋立物のCECに着目

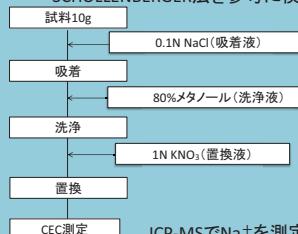
塩類溶出速度差の原因究明により

溶出速度を調整し安定化促進の可能性

## 実験方法

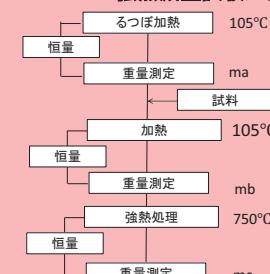
### CECの測定

廃棄物のCEC測定方法は確立していないため SCHOLLENBERGER法を参考に検討



ICP-MSでNa<sup>+</sup>を測定

### 強熱減量試験による腐植物量の推定

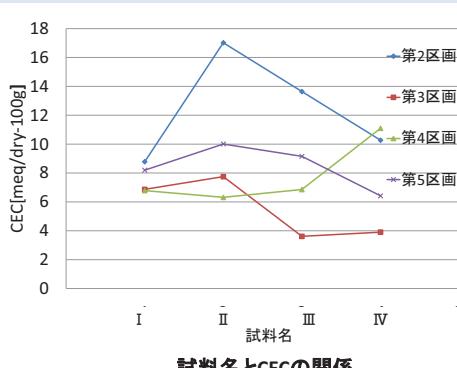


### 強熱減量の計算

$$\text{強熱減量} = \frac{mb - mc}{mb - ma} \times 100$$

この値から腐植物量の相対的な比較を試みた

## 実験結果・考察

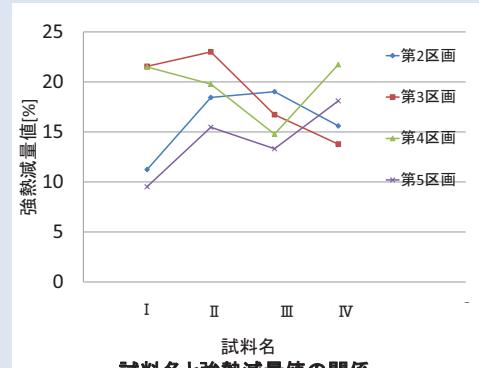


試料名とCECの関係

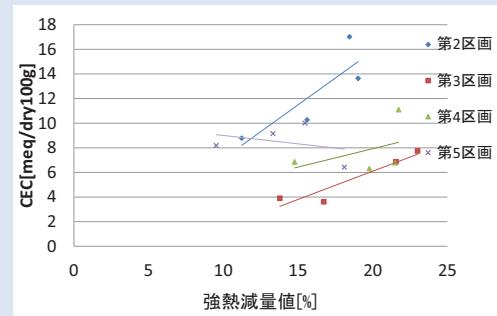
- 陽イオンの溶出が遅れている第2区画は高いCECを示す
- CECは試料採取深度と依存せず

### まとめ

- 埋立物はCECを有し、その因子として腐植物と土粒子が示唆された
- F処分場第2区画の陽イオン溶出の遅延は、他区画に比べてCECの高いことが影響している



- 強熱減量値は埋立区画や試料採取深度に依存せず



強熱減量とCECの相関

相関係数	R値
第2区画	0.8443
第3区画	0.9418
第4区画	0.4313
第5区画	0.3209

CECに影響を与える因子  
腐植物  
土粒子 (?)



# リン酸処理石炭灰添加による土壤及び砂の水分保持能への効果： P/Ca比率への依存性

林 聖薈 宋 萌珠 高橋 史武  
環境・社会理工学院 東京工業大学



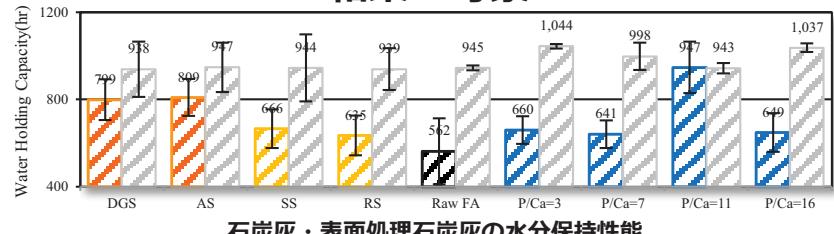
## 背景

- 火力発電は世界範囲で使われ、大量な石炭灰が排出されている  
**(Problem ①: 石炭灰をどう有効に利用)**
- 砂漠化は中国の西地方などの乾燥地域に脅威  
**(Problem ②: 高効率水分保持剤)**

## POINT

石炭灰を水分保持剤として回収利用

## 結果・考察



石炭灰・表面処理石炭灰の水分保持性能

- 温度は水分保持性能を影響する有効要素；
- リン酸カルシウムの表面処理は水分保持性能を影響する有効要素；

## 材料・方法



### SEM Observation



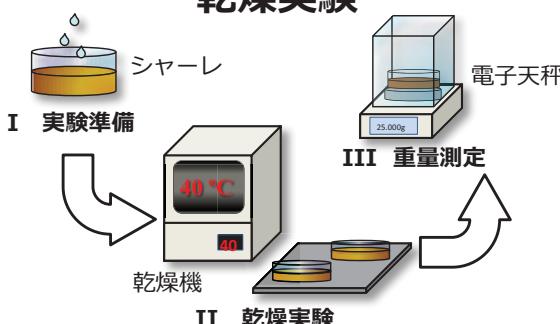
## 表面処理

リン酸カルシウム  $[Ca(OH)_2 + Na_3PO_4]$

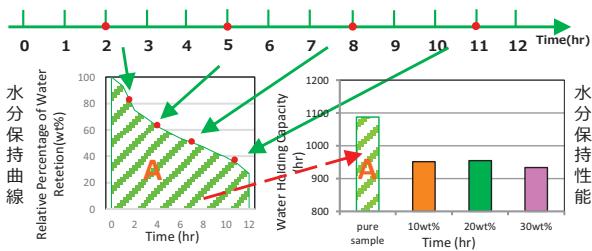
- P/Ca ratio = 3;
- P/Ca ratio = 7.12;
- P/Ca ratio = 11.67;
- P/Ca ratio = 16;



## 乾燥実験

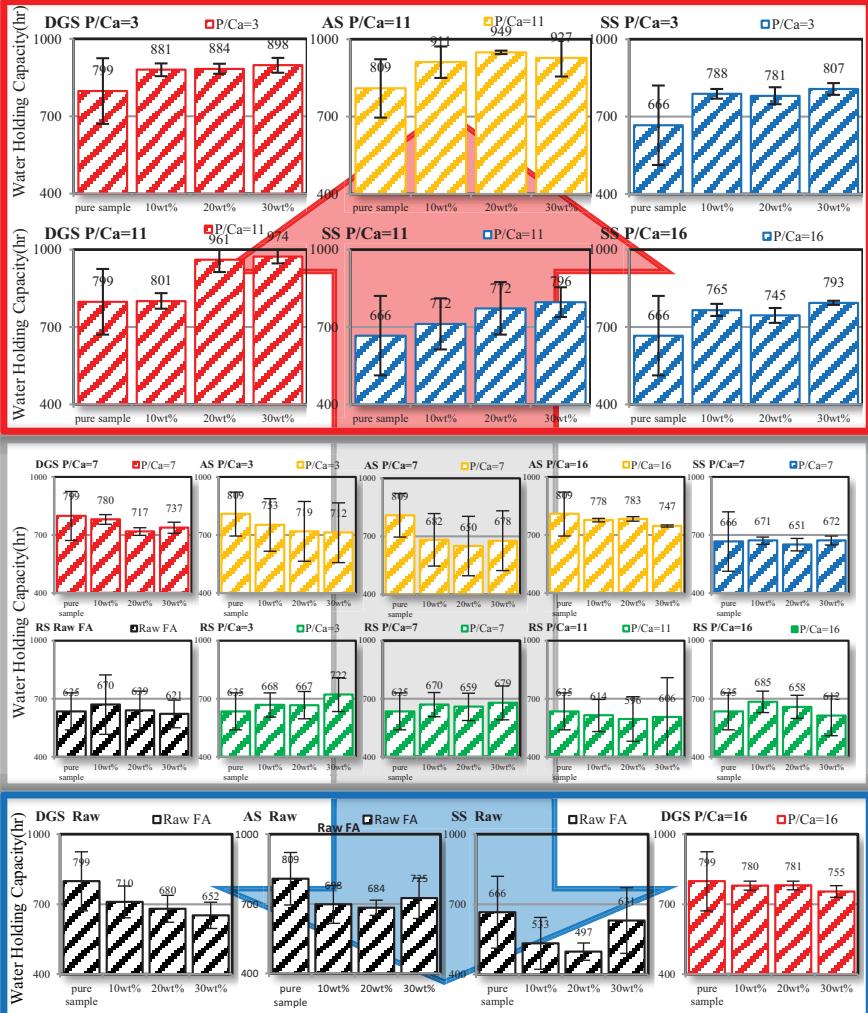


## 水分保持性能



## 石炭灰を混ぜた土壤と砂の水分保持性能

(安定性分析: T-TEST 顕著性 5 %)



Fly Ash	WHC of FA (40 °C)	Room Temperature				40 °C
		DGS	AS	SS	RS	
石炭灰	562	—	✓	✓	✓	—
P/Ca = 3	660 ↗	↗	↗	—	—	—
P/Ca = 7.12	641 ↗	—	—	—	—	—
P/Ca = 11.67	947 ↗	—	↗	↗	↗	—
P/Ca = 16	649 ↗	↗	✓	—	↗	—

(安定性分析: T-TEST 顕著性 5 %)

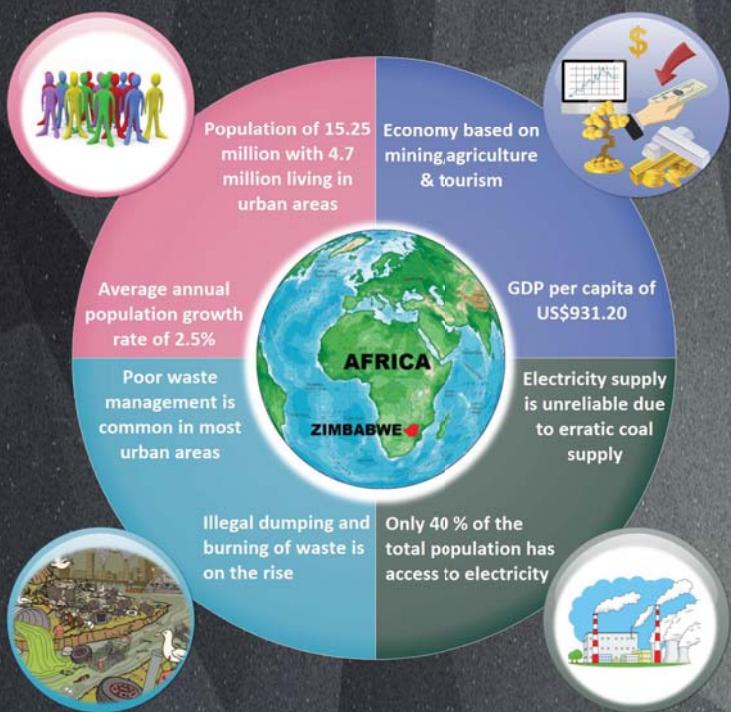
## 結論

- 表面処理と温度の変化は土壤や砂の水分保持性能に大きく影響する；
- すべての処理と混合は川砂の水分保持性能に影響なし；
- 未処理石炭灰の混合はサンプルに積極的な効果がない； P/Ca=7リン酸処理はすべてのサンプルに影響なし；
- P/Ca=11リン酸処理は最大の積極的な効果を示している；

# THE IMPACT OF COAL-ALTERNATIVE FUEL PRODUCED FROM MUNICIPAL SOLID WASTES USING HYDROTHERMAL TECHNOLOGY ON CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> & SO<sub>x</sub> EMISSIONS REDUCTION IN ZIMBABWE

Andile B. Maqhuza, Kunio Yoshikawa, Fumitake Takahashi  
Department of Transdisciplinary Science and Engineering, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

## 1. INTRODUCTION

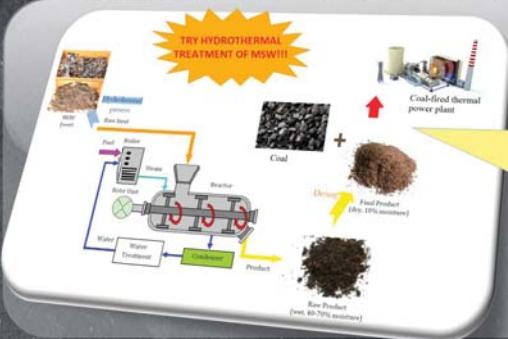


## 2. ESTIMATION METHOD

- ESTIMATION OF THE QUANTITY & COMPOSITION OF ZIMBABWE MSW**
- Zimbabwe MSW Generation rate was estimated by using reported GDP per capita & MSW generation data of low income nations
  - MSW Composition determined by statistically analyzing data from previous studies on Zimbabwe MSW characteristics

- ESTIMATION OF QUANTITY & ELEMENTAL COMPOSITION OF ALTERNATE FUEL PRODUCED FROM HYDROTHERMAL PROCESS**
- A model was developed on Microsoft Excel
  - Data based on the work performed by Prawisudha, 2011, the Tokyo Tech Hydrothermal Process, ultimate and proximate analysis data on MSW were used to estimate quantity and composition of alternate fuel

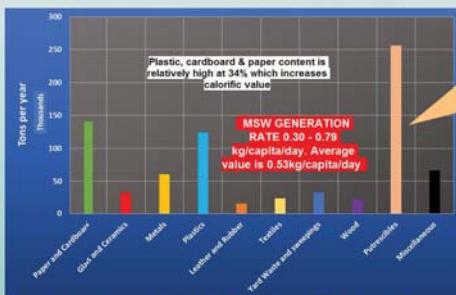
- ESTIMATION OF CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> EMISSIONS FROM CO-FIRING OF ALTERNATE FUEL IN COAL-FIRED POWER STATIONS**
- Estimates of the coal-fired power plants' CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> and NO<sub>x</sub> emissions were calculated by employing emission factors on reported plant capacities
  - Emissions from combustion of alternate-fuel were predicted from its simulated composition



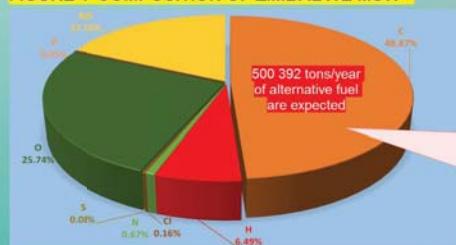
Hydrothermal treatment (HT) of MSW can simultaneously solve both problems by:

- providing a cheap clean fuel from MSW for co-firing
- making use of MSW by turning it into a valuable resource

## 3. RESULTS & DISCUSSION



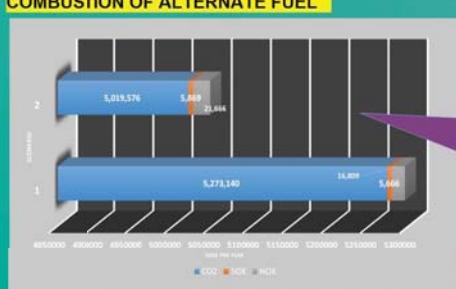
911 739 ± 158087 tons/year (wet basis) produced. About 776978 ± 134721 tons can be collected because of reduced collection efficiency. This is about 553 508 tons/year (dry basis) of MSW



A carbon content of about 49% is expected. Our model predicts that the proportion of fossil carbon (e.g. plastics) is 35% and the proportion of biogenic carbon is 65%. Low S & N content means reduced emissions.



Carbon converted to CO<sub>2</sub> is fossil carbon from plastics. This means about 17% of the carbon content of the alternate fuel is converted to CO<sub>2</sub>.



Scenario 1: Normal coal-fired stations vs Scenario 2: co-fired power station. CO<sub>2</sub> emissions are expected to be lower in scenario 2 compared to 1. However NO<sub>x</sub> will be relatively higher in scenario 2. No significant changes are expected in SO<sub>x</sub> emissions.

## 4. CONCLUSION

The co-firing of alternate fuel will lower CO<sub>2</sub> emissions by 5%, increase NO<sub>x</sub> emissions by 28% & lower SO<sub>x</sub> emissions by 3.6%. Considering the relative quantities of these pollutants and global warming potential, the co-firing of alternate fuel will not have a net negative impact on the environment.

# Kinetic study of cyanide uptake from wastewater onto Iron-modified synthetic zeolite by batch process

Irwin Maulana\*, Fumitake Takahashi\*

\*Global Engineering course for Development, Environment, Society School of Environment and Society, Tokyo Tech

G5-601, Tokyo Institute of Technology, Suzukake, 4259, Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, 226-8503 JAPAN

Tel: +81-45-924-5585 Fax: +81-45-924-5518 E-mail: takahashi.f.af@m.titech.ac.jp

## Background

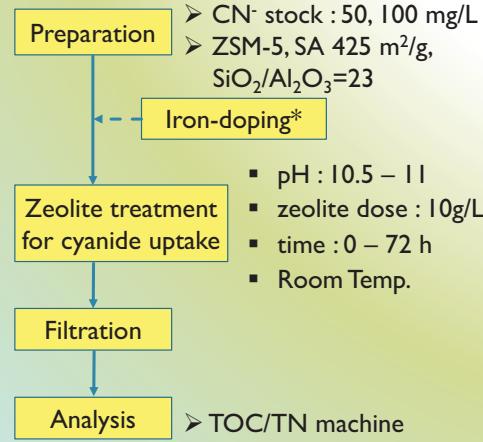
Currently, adsorption technique has been interesting among researchers for eliminating cyanide compounds from industrial wastewater since it has plenty of candidate materials that are possibly developed. Several adsorbent materials have been tested to perform cyanide adsorption process, while the information of using synthetic zeolite is still unclear even it has some advantages. Iron-modified synthetic zeolite is likely have a great potential owing to its high adsorption and various ion-exchange capacity as well as high affinity of iron ion with cyanide.

## Objective

- 1) To study the performance of iron-modified synthetic zeolite for cyanide removal process.
- 2) To investigate the adsorption kinetics of cyanide uptake by iron-modified synthetic zeolite

## Methods

### Experimental Procedure



Stirring speed 200 rpm \*Iron-doping



- 1] Agitated at 40°C, 24 h
- 2] Calcined at 500°C, 6 h

### ➤ Kinetic Study Analysis

$$\text{Adsorbed CN}^- = \frac{(C_0 - C_e)V}{m}$$

**Pseudo first-order model**

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e}$$

**Pseudo second-order model**

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t)$$

**Elovich model**

$k$  : constant of adsorption speed  
 $\beta$  : desorption constant

## Results and Discussion

### ➤ Check the removal efficiency and adsorption kinetics

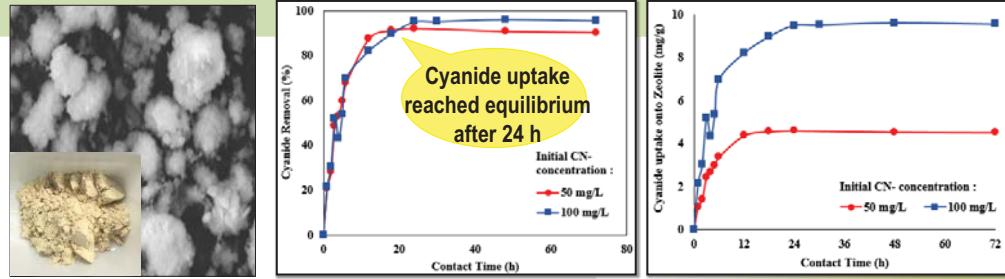


Fig.1 SEM image of Fe-synthetic zeolite in 4000X magnification (left); Effect of contact time on cyanide removal (center) and uptake onto zeolite (right)

[pH~10.5] CN could be eliminated by iron-cyanide bonding by forming Fe-CN complexes.

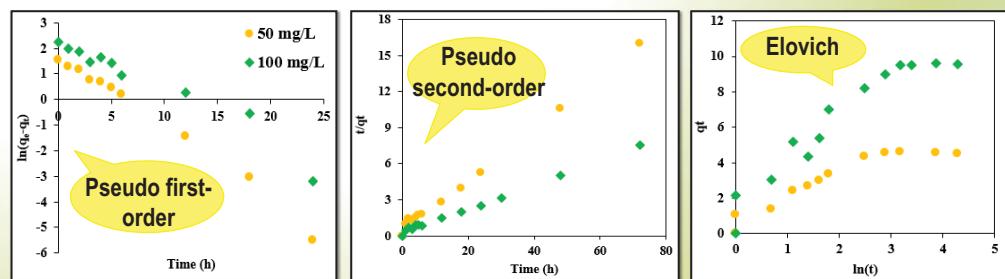


Fig.2 Plot of adsorption kinetics of cyanide onto iron-modified synthetic zeolite

### Adsorption kinetic parameters of CN<sup>-</sup> onto iron-modified synthetic zeolite

q <sub>e</sub> , exp (mg/g)	Pseudo first-order		Pseudo second-order			
	k <sub>1</sub> (min <sup>-1</sup> )	q <sub>e</sub> , cal (mg/g)	R <sup>2</sup>	k <sub>2</sub> (min <sup>-1</sup> )	q <sub>e</sub> , cal (mg/g)	R <sup>2</sup>
4.600	0.201	5.690	0.945	0.094	4.719	0.996
9.540	0.284	10.195	0.990	0.033	10.101	0.996

## Conclusion

Iron-modified synthetic zeolite has good performance in adsorbing cyanide. The pseudo second-order model is better matched for representing adsorption kinetic of the process

## Acknowledgement

<sup>1)</sup> Indonesia Endowment Fund for Education (LPDP),

<sup>2)</sup> JSPS Core-to-Core Program: Asia-Africa Science Platforms "Establishment of Asian Model for Research and Education on Urban Water Resource Management".

# 一般廃棄物焼却飛灰粒子の構造解析による不均一性評価

北村洋樹<sup>1,2</sup>, Astryd Viandila Dahlan<sup>1</sup>, 高橋史武<sup>1</sup><sup>1</sup>東京工業大学大学院 <sup>2</sup>日本学術振興会特別研究員DC

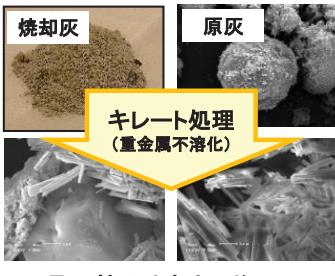
## 背景・目的

飛灰粒子は微粒子であるため、均一的な粒子であると見なされている！

### ① 焼却飛灰の代表的な分析手法

分析法	分析内容
X線・電子線分析	元素組成、鉱物種同定
X線吸収微細構造	鉱物種の推定
逐次抽出法	重金属種の分画
Geochemical modeling	化学反応の予測

### ② 飛灰の鉱物学的多様性



### ③ 焼却飛灰粒子の不均一性評価

焼却飛灰は微粒子のため、均一であると見なされているが、ミクロな特性が重金属の溶出挙動へ大きな影響を及ぼす可能性がある！

＜本研究の目的＞  
SEM-EDXを用いて個々の飛灰粒子の不均一性を評価する！

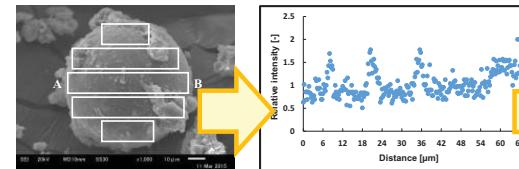
## 実験方法

個々の飛灰粒子に着目し、ミクロな視点で不均一性を評価する！

各種溶出試験を実施し、飛灰粒子を段階的に解析！

分析法	JLT46	TCLP	JLT19
抽出溶媒	純水	酢酸	塩酸
液固比	10	20	33.3
攪拌速度・時間	200 rpm, 6時間	30 rpm, 18時間	200 rpm, 2時間
ろ紙	0.45 μm, MF	0.6-0.8 μm, GF	0.45 μm, MF

個々の飛灰粒子に着目し、ミクロに分析！



主要元素の相対強度をラインプロファイルにより解析

不均一性の評価方法

各区間の相対強度から、個々の粒子内における主要元素の変動係数を算出し、その“ばらつき”を不均一性を評価するための指標とする。

## 結果・考察

飛灰粒子の主要元素は“ばらつき”が大きく、飛灰粒子は不均一！

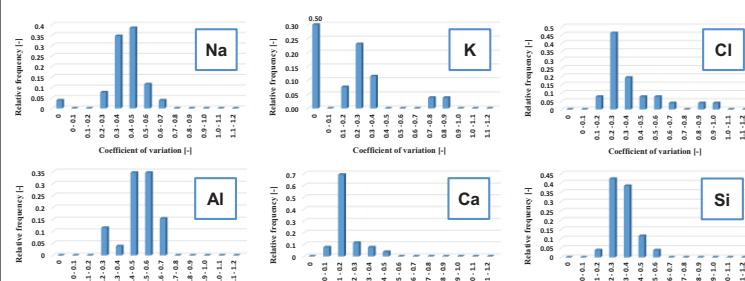


Fig. キレート処理灰粒子の主要元素変動係数

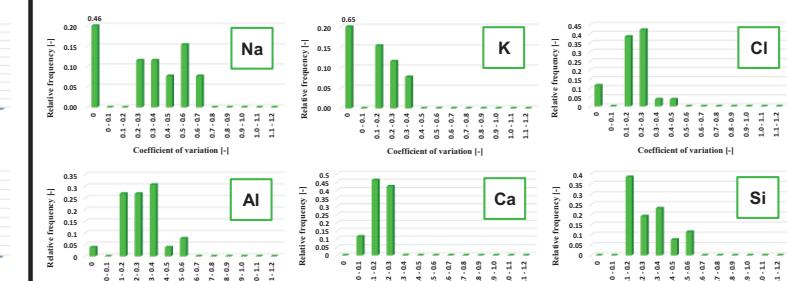


Fig. 難溶性成分(JLT46後)の主要元素変動係数

### <可溶性成分>

粒子表面の可溶性成分(Na, K, Cl)は大きな“ばらつき”

### <難溶性成分 その2>

Al/Ca/Siは若干の“ばらつき”

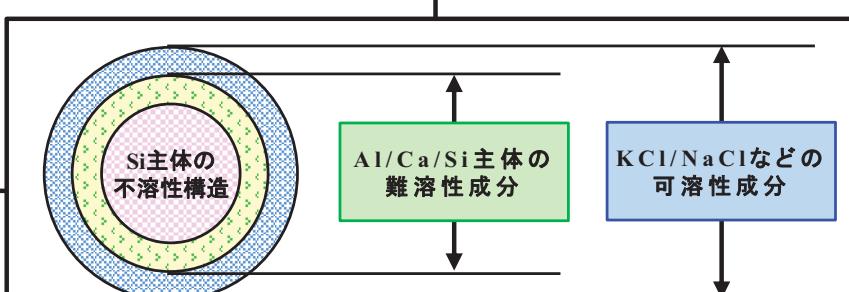


Fig. 一般廃棄物焼却飛灰粒子の構成モデル図

### <難溶性成分 その1>

Al, Siは若干の“ばらつき”  
Caは小さな“ばらつき”

### <不溶性成分>

Si主体の飛灰粒子主要骨格  
でさえ、大きな“ばらつき”

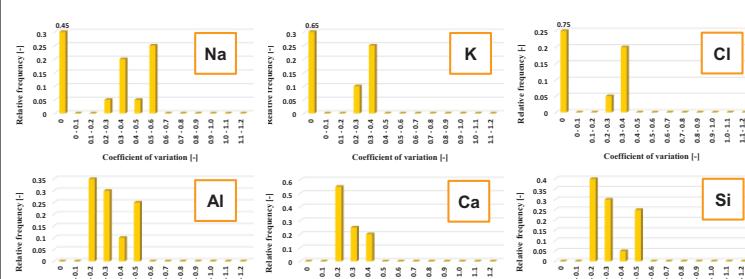


Fig. 難溶性成分(TCLP後)の主要元素変動係数

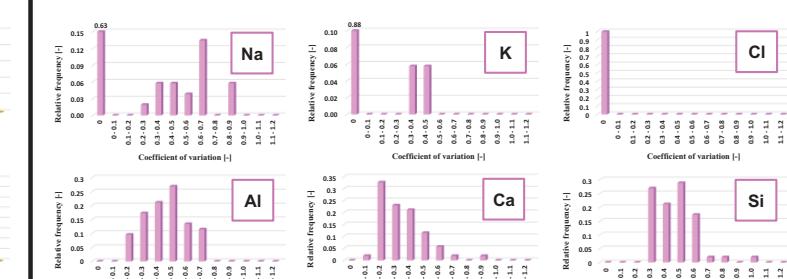


Fig. 不溶性成分(JLT19後)の主要元素変動係数

## 結論

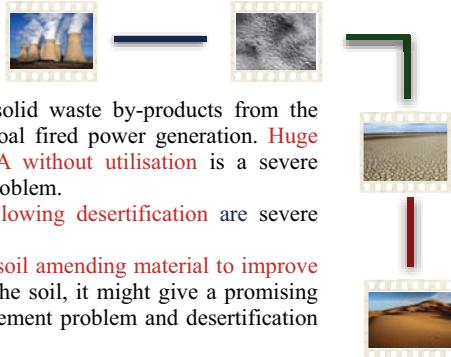
1. キレート処理後的一般廃棄物焼却飛灰粒子は、個々の粒子内でさえも不均一な特性を有している可能性がある。
2. 焼却飛灰粒子の不均一な特性は、重金属の溶出挙動へ重要な影響を及ぼしている可能性が考えられる。



# Organic Matters Might Explain Complex Dependency Of Water Holding Capacity Of Natural Soil/Sand And Synthetic Sand With/Without Coal Fly Ash Amendment On Particle Size And Temperature

Mengzhu Song, Shenglei Lin, Fumitake Takahashi  
Tokyo Institute of Technology, JAPAN

## Background

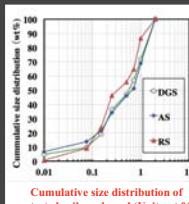


Fly ash (FA) is a major solid waste by-products from the combustion processes of coal fired power generation. Huge amount of accumulated FA without utilisation is a severe social and environmental problem.

Land deterioration and following desertification are severe problems in arid areas.

If FA can be recycled as a soil amending material to improve water holding capacity of the soil, it might give a promising solution of both FA management problem and desertification problem.

## Experiment Methods



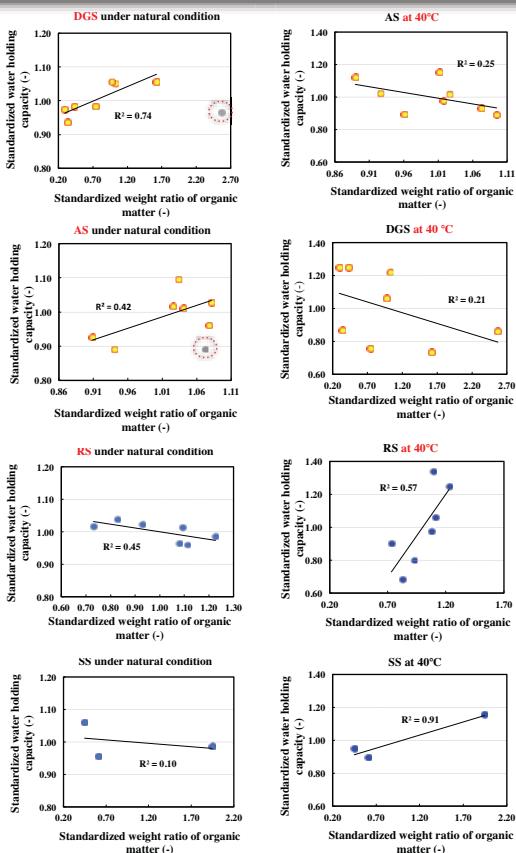
Four kinds of soils and sands named Decomposed Granite Soil (DGS), Akatama Soil (AS), River Sand (RS) and Silica Sand (SS) were used.

All soils/sands were sieved into different size ranges. Raw-FA mixed ratios: 10, 20 and 30 wt%.

Drying experiments were conducted respectively at natural temperature and 40 °C in the incubator.

In order to make WHC comparison easier, WHC of soil/sand sample with each size range was standardized based on the average WHC of whole size range, which is showed as this curve in the figure on the right.

## Correlation of WHC and weight ratio of organic matter in each size fraction of soil/sand



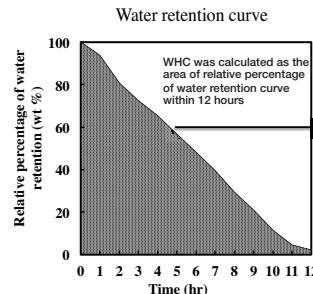
The weight ratios of organic matter in the different size fractions of pure soils and sand were measured. The results showed that the weight ratios of organic matter varied with the change of particle size range of soil/sand.

Scattered spots: size effect can be explained partially by different concentration of organic matter in each size range. Other parameters do have effects as well.

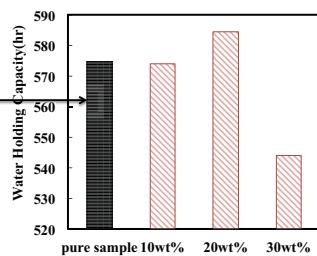
The dependency of soil WHC on organic matter also depends on drying temperature, and soil/sand types. For example, the correlations of soil and sand at the same temperature are different. And also, the correlations varied as the temperature changed.

High temperature might affect some types of organic matter contained in soil/sand, change its affinity to water.

## Concept of WHC

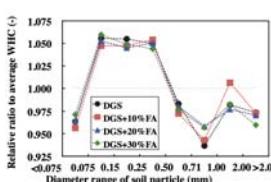


WHC measured in this study means water evaporation resistivity rather than available volumetric capacity for water in soil structure.

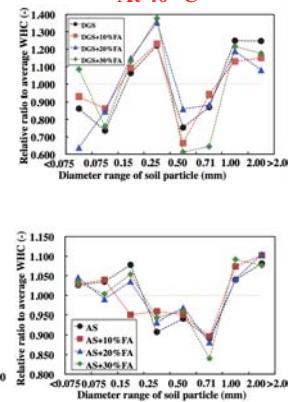


## Results and Discussion

### Under natural condition



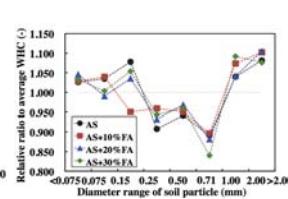
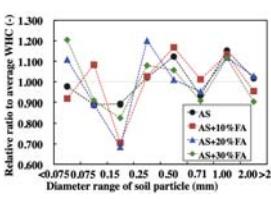
### At 40 °C



### Size Dependency

The highest/lowest WHC appeared in certain range of soil/sand particle size

WHC differences are regarded as statistically significant by Welch's t-test at 5% significance level.



### Temperature Dependency

WHC also depends on soil type and temperature.

Optimum size range for the highest WHC shifts to larger size range when drying temperature increases.

## Why there is a size dependency

Positive or negative correlations were found between WHC and organic matter. For example, DGS and AS under natural condition, the correlations are positive, which means WHC is increased as the weight ratio of organic mater is higher. In the cases of RS and SS under natural condition, the correlations are negative. The increase of organic matter decreased sand WHC.

High correlation between WHC and organic matter concentration (weight ratio) suggest that the size effect on soil/sand WHC is derived partially from different concentration of organic matter in each size range. Organic matter plays an important role for the size dependency of WHC.

## Conclusions

1. WHC of soil and sand with/without FA amendment had size dependency. The effect of soil/sand size on WHC was much larger than FA amendment effect and it could be explained partially by organic matter concentration in soil/sand fractions. The effect of organic matter on WHC depends on soil/sand type and drying temperature.
2. WHC has complicated dependency on the type of organic matter, its concentration, and temperature. It might have caused manifold and sometimes contradictory reports on WHC. Although FA modification is recommended to increase soil WHC by FA amendment, FA amendment effect should be tested at different temperatures.

# PSYCHOLOGICAL PREFERENCES OF COLOR AND SLOT SHAPE FOR TRASH CONTAINERS BASED ON TRIPPLICATED WEB QUESTIONNAIRE SURVEYS



Qiuhibi Jiang<sup>1</sup>, Shinya Suzuki<sup>2</sup> and Fumitake Takahashi<sup>1</sup>

1. Tokyo Institute of Technology

2. Fukuoka University

## BACKGROUND

In Japan, waste separation has been implemented over 40 years. There are 5 main types of wastes: combustible waste, incombustible waste, PET bottles, cans (metals) and glasses. We always use trash bins (trash containers) to collect our wastes in private/public place.

Two types of trash bin design in Japan



Blue color is used for all trash bins.  
Slot shape (PET bottle)

Blue color only used for can container.  
Slot shape (PET bottle)

Which design is better?

Trash bins (trash containers) can be regarded as an **important social infrastructure** to keep public places sanitary and beautiful.

We assume the trash bin **design** will influence the **waste segregation efficiency** (functionality) of trash bin.

## STUDY OBJECTIVE

Find the **preference degree** of different **colors** of four types trash bins (combustible, incombustible, can and pet bottle) design for people.

Find the **preference degree** of different **slot shapes** of PET bottles container design for people.

## METHODOLOGY

### Binary pairwise comparison method

If we want to know the preference degree of n samples( $A_1, A_2 \dots A_n$ )...

1<sup>st</sup> Step

Web questionnaires

Two samples were shown to the questionees. They were requested to only answer **which color they feel better depending on their image**.

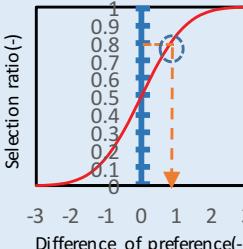
Selection ratio from web questionnaires

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$
$A_1$	1/2	$A_1/(A_1+A_2)$	...	$A_1/(A_1+A_n)$
$A_2$	$A_2/(A_1+A_2)$	1/2	...	$A_2/(A_2+A_n)$
...	...	...	...	...
$A_n$	$A_n/(A_1+A_n)$	$A_n/(A_2+A_n)$	...	1/2

2<sup>nd</sup> Step

Calculate by Thurston's law

Gaussian normal distribution



Thurston's law of comparative judgment assumes cumulative Gaussian normal distribution to describe the relation between selection ratio and the difference of preference.

$$F(A) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{Z_{AB}} \exp\left(-\frac{(Z_A - Z_B)^2}{2\sigma^2}\right) dZ_A$$

	$A_1$	$A_2$	...	$A_n$	Average (Z value)
$A_1$	0	$Z_{A1}-Z_{A2}$	...	$Z_{A1}-Z_{An}$	$Z_{A1}-1/10\sum^n Ai$
$A_2$	$Z_{A2}-Z_{A1}$	0	...	$Z_{A2}-Z_{An}$	$Z_{A2}-1/10\sum^n Ai$
...	...	...	...	...	...
$A_n$	$Z_{An}-Z_{A1}$	$Z_{An}-Z_{A2}$	...	0	$Z_{An}-1/10\sum^n Ai$

In this study,

10 common colors were used for combustible, incombustible, PET bottle and can containers to find the color preference degree.



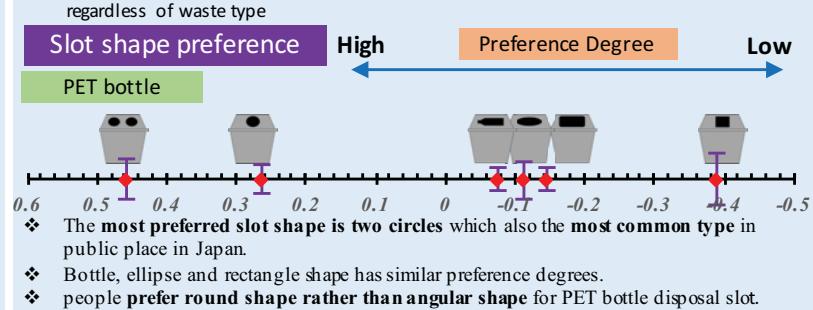
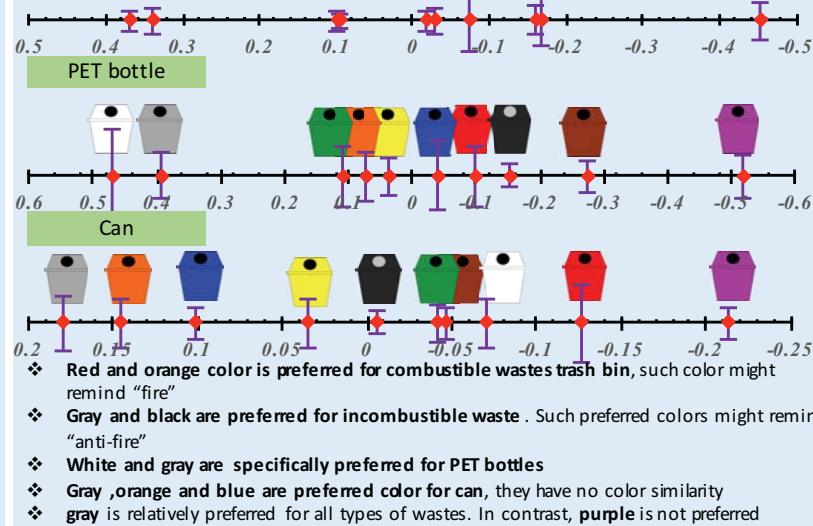
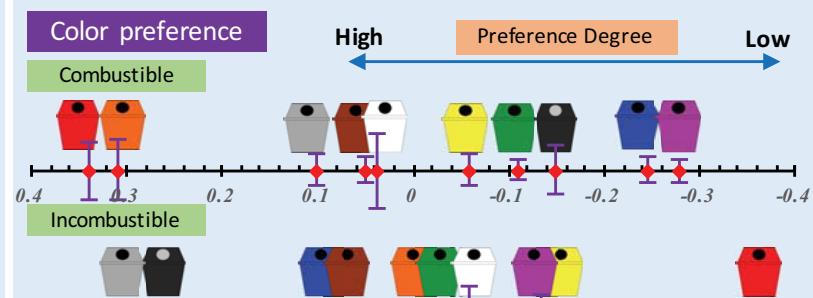
6 types slot shapes were used for pet bottle container to find the slot shape preference degree.



## RESULTS & DISCUSSION

\*Higher Z value means higher preference degree

Results based on 3 times web questionnaires and total 730 questionnaires data. Questionees (only Japanese) were adjusted to set equal male/female balance and equal age distribution from 20's to 60's at 10-year age interval.



## CONCLUSIONS

According to web-based questionnaires, preferred trash bin colors for 4 types of wastes (combustible waste, incombustible waste, can, and PET bottles). They are red for combustible waste, gray for incombustible waste, white for PET bottles, and gray for can, respectively. The most preferred slot shape for PET bottle container is two circles which also the most common type in public place in Japan.

# Intraparticle heterogeneity comparison analysis of municipal solid waste incineration fly ash from various incinerators

Astryd Viandila Dahlan<sup>1</sup>, Hiroki Kitamura<sup>1,2</sup>, Hirofumi Sakanakura<sup>3</sup>, Fumitake Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Global Engineering course for Development, Environment, Society, School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

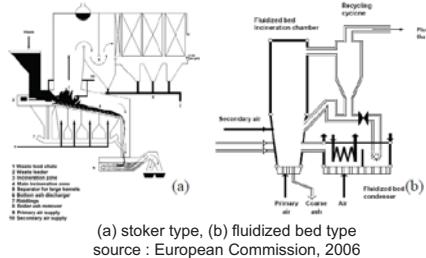


<sup>2</sup> Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science (JSPS)

<sup>3</sup> National Institute for Environmental Studies, Japan

## BACKGROUND

Japan is one of countries that are leading incineration facilities in the world. About 80% of MSW was treated by incineration. Two types of thermal treatment widely used in Japan are stoker type and fluidized bed type.

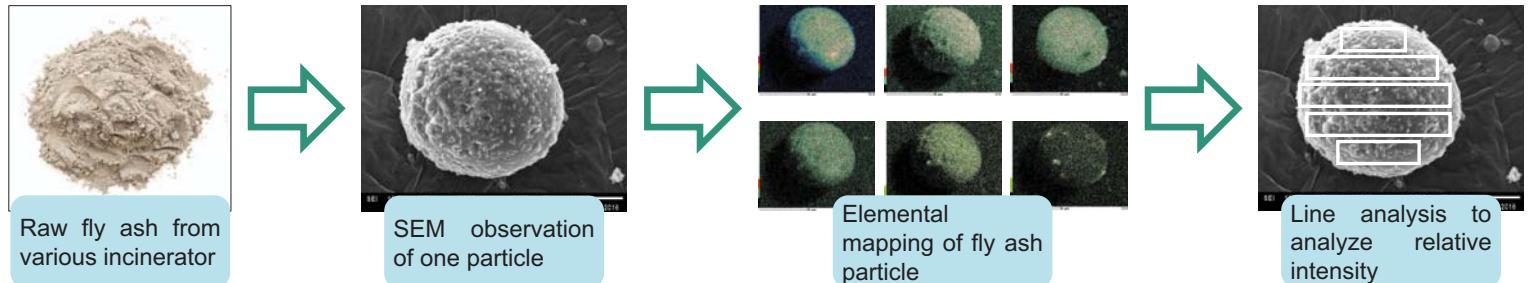


Fly ash is the secondary pollutant generated from those types incinerator. Fly ash categorized as hazardous waste and should be treated before its final disposal in landfill. MSWI fly ash has been regarded as homogeneous fine particles without sufficient micro-analysis. Whether the difference in the two types of incinerator will affect heterogeneity of fly ash particles formed.

## OBJECTIVE

- To investigate the elemental heterogeneity intra fly ash particles
- To compare heterogeneity of MSWI fly ash from various incinerators

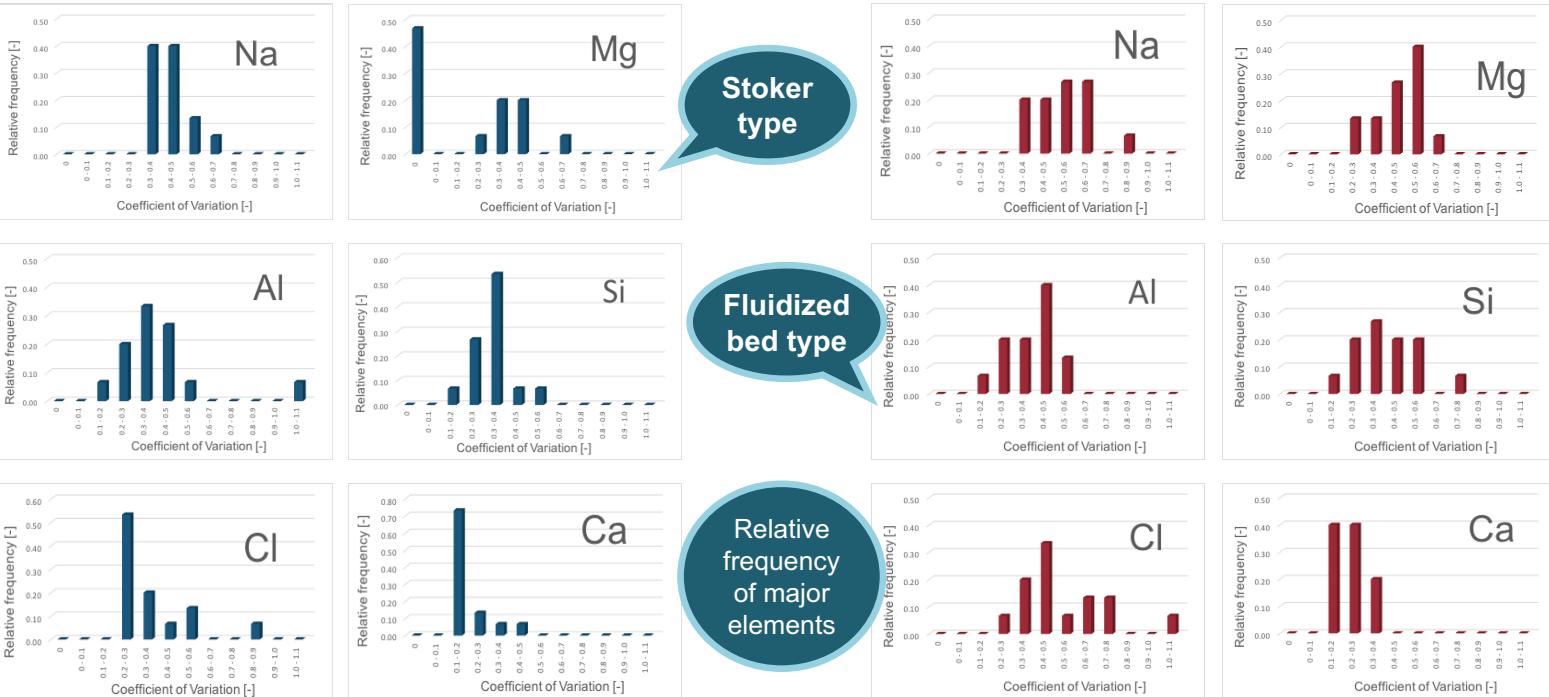
## METHODOLOGY



## RESULT AND DISCUSSION

Using line analysis from elemental mapping data, we can analyze correlation and distribution of elements in each particle. To get dispersion of element distribution in a particle, we calculate coefficient of variation of each element. It enables to evaluate the heterogeneity of each particle.

Major elements in fly ash particles shows different dispersion in fly ash particles. Stoker type and fluidized bed type have different dispersion of element distribution in their fly ash. According to the graphs, all major elements have large frequency distribution of coefficient of variation. It shows that elemental distribution in **particle fly ash surface are heterogeneous**.



## CONCLUSION

- Fly ash particles from stoker type and fluidized bed combustor have different distribution coefficient of variation
- Fly ash particles from stoker type and fluidized bed are heterogeneous although it has been regarded as homogeneous

## 1.研究背景および目的

放射能汚染廃棄物の焼却処理により、炉内耐火物に放射性セシウムの蓄積が確認されている

耐火物廃材の適切な処理の観点から、耐火物中の放射性物質等の挙動の把握が必要



都市ごみ、除染廃棄物など焼却対象物の異なる焼却炉の耐火物における放射性Csの挙動把握を行う

## 2.実験方法

### 除去特性

#### 1) 加熱試験に供した耐火物

- ・都市ごみ焼却炉、除染廃棄物仮設焼却炉で採取した耐火物廃材

#### 2) 試験条件

- ・加熱温度: 600~1000°C、加熱時間: 4時間
- ・一部、塩化物を10~30%添加し、添加効果を評価
- ・放射能濃度はゲルマニウム半導体検出器により測定

### 溶出特性

#### 1) 加熱試験に供した耐火物

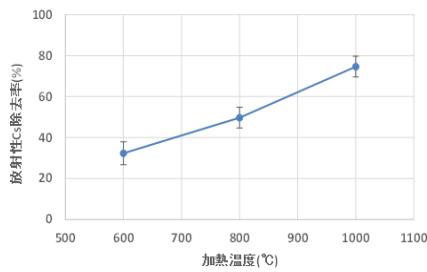
- ・都市ごみ焼却炉、除染廃棄物仮設焼却炉で採取した耐火物廃材

#### 2) 試験条件

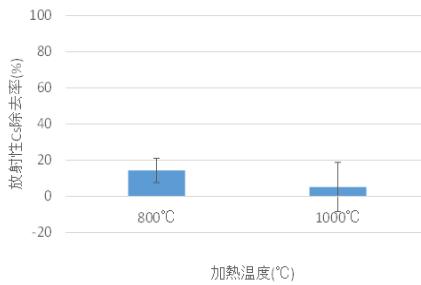
- ・環境庁告示第13号試験に準じて実施
- ・液固比10で混合し、溶出時間は6時間
- ・放射能濃度はゲルマニウム半導体検出器により測定

## 3.結果および考察

### 除去特性



都市ごみ焼却炉耐火物の加熱試験結果



除染廃棄物仮設焼却炉耐火物の加熱試験結果

都市ごみ焼却炉の耐火物では、800°Cで50%程度、1000°Cで70%程度の放射性Cs除去率が確認され、加熱のみで放射性Csが揮発した

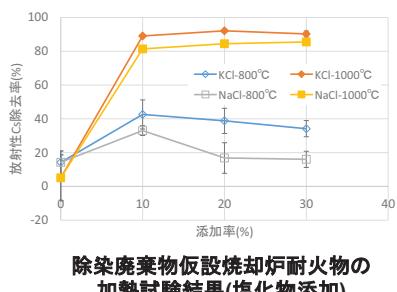
除染廃棄物仮設焼却炉の耐火物では、いずれの加熱温度でも放射性Cs除去率は20%以下と低く、単純な加熱では放射性Csが揮発しにくい

都市ごみと除染廃棄物では焼却飛灰の性状(放射性Csの溶出性等)が異なることから、焼却対象物によって耐火物内に蓄積しているCsの存在形態が異なる可能性が示唆

耐火物に含まれるCl濃度が異なっており、  
都市ごみ焼却炉の耐火物では5%程度、  
除染廃棄物仮設焼却炉の耐火物では0.2~0.3%程度

耐火物に含まれるClが塩化揮発のような形で作用か?

塩化物を添加

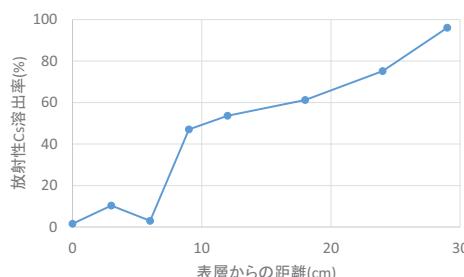


除染廃棄物仮設焼却炉耐火物の  
加熱試験結果(塩化物添加)

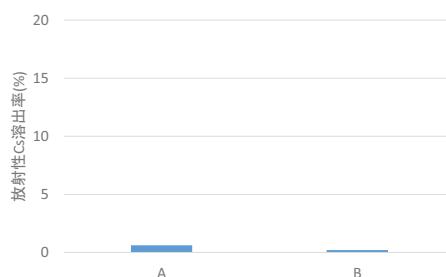
Cl量が少ない除染廃棄物系の耐火物においても、Cl源を供給することにより、加熱によって放射性Cs揮発除去を促進できる

Clによる揮発除去促進にはある程度の温度が必要

### 溶出特性



都市ごみ焼却炉耐火物の溶出試験結果



除染廃棄物仮設焼却炉耐火物表層の溶出試験結果

表層の放射性Cs溶出性は低いが、内部にいくにつれて溶出性が増加

焼却飛灰の放射性Cs溶出性が低いため、耐火物に蓄積しているCsも難溶性であった

## 4.結論

・都市ごみ焼却炉の耐火物は、表層の放射性Cs溶出性は低いが、Clが多く含まれており、結果として加熱による揮発除去が起きやすい

・除染廃棄物仮設焼却炉の耐火物は、難溶性Csが蓄積されやすく、結果として放射性Cs溶出率が低く、加熱による揮発除去が起こりにくいが、Cl源の添加により揮発が促進

## 1. 背景

2013年10月に「水銀に関する水俣条約外交会議及び準備会合」が開催され、条約の採択・署名が行われた。同条約の目的は、水銀及び水銀化合物の人為的な排出から人の健康及び環境を保護することであり、50番目の国が批准した日から90日後に発効となる。「水銀に関する水俣条約（以下、水俣条約）」の第8条は、大気への排出を規制している。日本では、大気汚染防止法の一部を改正する法律が国会で可決・成立となり、2015年6月19日に公布された<sup>2)</sup>。そして、2016年2月2日水俣条約を23番目に批准した<sup>3)</sup>。

それに伴い、今後煙道排ガス中の水銀モニターがますます求められ、簡便な水銀測定方法のニーズが高まっている。我々は簡単に煙道排ガス中の水銀測定ができる、可搬式水銀連続測定装置（SGM-8）を開発した。今回は、この測定装置を用いた排ガス中の水銀測定、応用例として0価と2価の水銀の形態別測定について報告する。

## 2. 可搬式水銀連続測定装置（SGM-8）について

### 2-1 装置構成

図1に可搬式水銀連続測定装置（SGM-8）の全体図を、図2に測定フロー図を示す。SGM-8は前処理部（WLE-8）と検出部（EMP-2）で構成されている。SGM-8の寸法は、幅269×高さ265×奥行き314mm、重量は5.9kgと従来の連続モニター計に比べ小型であり、可搬性に優れている。また、日本の排ガス中の水銀測定の公定法であるJIS K0222に記載された連続測定法<sup>4)</sup>にほぼ準拠した測定が可能となっている。

WLE-8には3本の洗浄ビンがあり、1段目には塩化スズ（II）溶液、2段目には水酸化カリウム水溶液、3段目は除湿を目的とした空瓶となっている。1段目の塩化スズ（II）溶液は気液接触により、排ガス中の2価水銀を0価の金属水銀へと還元する。2段目の水酸化カリウム溶液は、測定の際に干渉成分となる二酸化硫黄などの酸性ガスを除去する。3段目にて除湿を行った後、還元されたガス状総水銀はEMP-2へとガスへ導入される。EMP-2は冷原子吸光法を採用しており、測定範囲は0.1~999.9μg/m<sup>3</sup>である。

### 2-2 性能評価

図3にEMP-2で測定した金属水銀の低濃度標準ガスの再現性データを示す。0.4μg/m<sup>3</sup>、1.0μg/m<sup>3</sup>の標準ガスを繰り返し測定した結果（共にN=50）は平均で0.42μg/m<sup>3</sup>（変動係数CV4.2%）、1.0μg/m<sup>3</sup>（変動係数CV2.1%）と理論値通りの濃度が得られており、再現性も優れていることが分かった。また0.4μg/m<sup>3</sup>の繰り返し測定から得られた標準偏差より、検出限界は0.1μg/m<sup>3</sup>以下と算出された。



図1 可搬式水銀連続測定装置（SGM-8）

図2 SGM-8の測定フロー図



図3 EMP-2で測定した低濃度再現性

## 3. 結果 実排ガスへの適用

### 3-1 汚泥処理施設での測定

図4に、SGM-8を汚泥処理施設に適応した際の測定フロー図を示す。汚泥処理施設での評価はSGM-8による測定と、JIS K0222の湿式吸収法<sup>4)</sup>による測定、EN13211に準拠した湿式吸史法<sup>5)</sup>による測定、JIS K0222の金アマルガム法<sup>6)</sup>を応用した還元化金アマルガム法との併行測定を行った。

JIS K0222、EN13211は、それぞれ1、2段目に過マンガン酸カリウム硫酸溶液の湿式吸史液を入れ水銀を吸着させた。2本目の湿式吸史液は1段目の湿式吸史液からの水銀のリークを評価、3本目のインピジナーは除湿のため設置した。得られた湿式吸史液を還元化金アマルガム法にて測定し、総水銀量は1~2段目の吸叒液および接続に用いた配管類から回収される水銀の総和として求めた。

還元化金アマルガム法は、1段目の塩化スズ（II）溶液を入れて、気液接触により2価水銀を0価の金属水銀へ還元し、2段目のインピジナーの水酸化カリウム溶液で金アマルガム捕集に影響を及ぼす酸性ガスを除去する。3段目のインピジナーにて除湿を行った後、捕集管に水銀を吸着させる。サンプリングした捕集管は、ダブルアマルガム→冷原子吸光法にて測定を行った。

また、SGM-8の測定結果は併行測定時間中の平均の水銀濃度とした。

測定結果を比較したものが、図5となる。SGM-8の測定結果と他の公定法との相関係数はr = 0.7557となり、傾きは0.9895であることから、両者には良好な相関関係が得られた。

表1~3は、SGM-8と他の公定法の測定値をもとに、Horwits式で求めた室間再現標準偏差( $\sigma_R$ )の1/2である併行標準偏差( $\sigma_P$ )による併行許容差(2.8 $\sigma$ )と、SGM-8と他の公定法との測定値の差を比較したものである。ほとんどのデータで測定値の差は併行許容差(2.8 $\sigma$ )より低く、有意差は認めらなかった。

これより、汚泥処理施設において、SGM-8は他の公定法の結果と一致しており、有効な測定手法であることが示唆された。

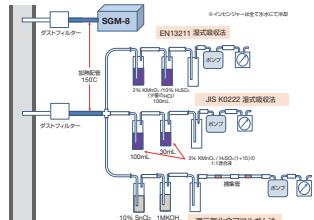


図4 汚泥処理施設での併行測定フロー図



図5 汚泥処理施設でのSGM-8と他の測定結果との相関

SGM-8-JIS K0222			SGM-8-還元化金アマルガム			SGM-8-EN13211		
測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差	測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差	測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差
SGM-8 JIS	測定時間の差	無	SGM-8 金アマ	測定時間の差	無	SGM-8 EN	測定時間の差	無
5.43	4.23	1.20	4.30	4.41	0.14	4.40	4.52	0.11
5.43	4.23	1.20	4.30	4.41	0.14	4.40	4.52	0.11
5.69	5.66	0.17	5.68	5.97	0.09	5.66	5.97	0.31
5.97	6.85	0.88	5.81	6.30	0.50	5.70	6.19	0.51
3.72	3.74	0.02	3.71	3.68	0.03	3.71	3.68	0.03
5.08	5.14	0.06	5.08	5.61	0.53	5.11	5.67	0.56

表1 SGM-8とJIS K0222の測定結果の差と併行許容差の比較

SGM-8-還元化金アマルガム			SGM-8-JIS K0222			SGM-8-EN13211		
測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差	測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差	測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差
SGM-8 金アマ	測定時間の差	無	SGM-8 JIS	測定時間の差	無	SGM-8 EN	測定時間の差	無
3.74	3.89	0.15	3.16	3.44	0.28	3.07	3.76	0.69
3.74	3.89	0.15	3.16	3.44	0.28	3.07	3.76	0.69
2.37	2.62	0.65	2.37	2.62	0.65	2.37	2.70	0.33
2.37	2.62	0.65	2.37	2.62	0.65	2.37	2.47	0.10
2.37	2.62	0.65	2.37	2.62	0.65	2.37	2.09	0.28

表2 SGM-8と還元化金アマルガムの測定値の差と併行許容差の比較

表3 SGM-8とEN13211の測定値の差と併行許容差の比較

## 3-2 一般ごみ焼却場での測定

図6に、一般ごみ焼却場に適応した測定フロー図を示す。一般ごみ焼却場での評価はSGM-8による測定、EN13211に準拠した湿式吸収法による測定、還元化金アマルガム法との併行測定を行った。一般ごみ焼却場での測定は、前述の汚泥処理施設と同じ測定条件で行った。測定点は脱硝触媒後で行い、あわせて排ガス中の成分の分析結果を示す。

測定結果を比較したものが、図7となる。一般ごみ焼却場での併行測定の結果も、SGM-8と他の測定方法との相関係数はr=0.8805。傾きがほぼ1となるべく、両者に非常に良好な相関関係を得られた。

また、表4は、SGM-8と他の公定法の測定値との差と併行許容差(2.8 $\sigma$ )の比較であるが、全てのデータで有意差は認めらなかった。

表6は排ガス成分であり、測定に水銀測定に影響を及ぼすNOがわずかに検出されているが、一般ごみ焼却場の煙道排ガス中の水銀測定においても、他の測定結果と一致しており、有効な測定手法であることが示唆された。

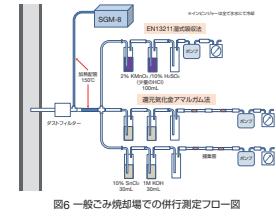


図6 一般ごみ焼却場での併行測定フロー図

SGM-8と還元化金アマルガム		
測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差
SGM-8 金アマ	測定時間の差	無
3.74	3.89	0.15
3.16	3.44	0.28
2.37	2.62	0.65
2.37	2.62	0.65
2.37	2.62	0.65
2.37	2.62	0.65
2.37	2.62	0.65

表4 SGM-8と還元化金アマルガムの測定値の差と併行許容差の比較

SGM-8とEN13211		
測定結果(μg/m³)	測定結果	有差差
SGM-8 EN	測定時間の差	無
3.74	3.76	0.02
2.37	2.70	0.33
2.37	2.47	0.10

表5 SGM-8-EN13211測定値の差と併行許容差の比較

表6 一般ごみ焼却場での排ガス成分



図7 一般ごみ焼却場でのSGM-8と他の測定結果との相関

## 3-3 水銀の形態別測定

可搬式水銀連続測定装置（SGM-8）の応用として、煙道排ガス中の0価と2価の水銀の形態別測定が可能である。図8には、汚泥処理施設で行った0価と2価水銀の形態別測定の測定フロー図を示す。形態別測定においては2台のSGM-8を使用し、それぞれ異なる洗浄液を用いる。1台は前述と同じ1段目に塩化スズ（II）溶液を用いて、0.2価を含む2価水銀を測定する。もう1台は、1段目に塩化スズ（II）溶液の代わりに塩化カリウム溶液を用いて。塩化カリウム溶液は、アメリカの公定法【Ontario+Hydro Method】<sup>1)</sup>で水銀の形態別測定をするのに用いられており、2価水銀のみを吸着する。これにより、0価水銀のみを測定することができる。この2台を併行して測定することで差分が2価水銀として見なすことができる。今回は形態別測定の評価と、ガス状総水銀Total Hgと0価の水銀(Hg<sup>0</sup>)の差分から得られた結果であるが、測定期間中2価の水銀は安定した濃度を示していることが分かった。

図9は還元化金アマルガム法との併行測定の結果であり、SGM-8のガス状総水銀Total Hgと還元化金アマルガム法は良好な相関関係を有していることが分かる。図10は、SGM-8による形態別測定の結果を示した。SGM-8と他の公定法との相関係数はr=0.9895である。SGM-8と他の公定法との測定値の差は併行許容差(2.8 $\sigma$ )より低く、有意差は認めらなかった。

今後、各プラントで水銀除去システムの効率化が求められるようになると想われる。併行測定するうえで、水銀の形態別測定は必要である。このSGM-8による水銀の形態別測定は、各プラントの処理工程での水銀形態の推移を、容易に把握することができると言える。

図8 SGM-8による形態分析測定、金アマルガム法との併行測定のフロー図

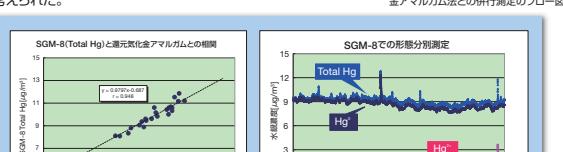


図9 SGM-8(Total Hg)と還元化金アマルガムとの相関

図10 汚泥処理施設での形態別測定

## 4. まとめ

SGM-8は、簡便に煙道排ガス中の水銀測定が可能な可搬式連続測定装置である。またその結果は現在用いられている公定法に対して良好な相関関係を示していることが分かった。また吸収液法や金アマルガム法などの「バチ測定」とは異なり、一定時間のレコードを見現場で見られるメリットがある。

更に、SGM-8は0価と2価水銀の形態別測定が可能であり、各プラントの工程での水銀の形態とマスクバランスを把握することも可能であると考えられた。

### 謝辞

煙道排ガスの測定を行う機会をいただき、御指導賜りました高岡昌輝 教授（京都大学大学院 地球環境学堂）には、厚く御礼申し上げます。

- 引文文献
  - 1) 経済産業省「化学品政策委員会第1回資料2-4「水銀に関する水俣条約について」」
  - 2) JIS K0222 「水銀の測定 濃度測定法」
  - 3) UNEP HP 「MINAMATA CONVENTION ON MERCURY」 <http://www.mercuryconvention.org/Countries/Tables/default.aspx>
  - 4) JIS K0222 「煙ガス中の水銀の分析方法」
  - 5) JIS K0222 「煙ガス中の水銀の測定法」
  - 6) ASTM method D 6784 「Standard Test Method for Elemental, Oxidized, Particle-Bound and Total Mercury in Flue Gas Generated from Coal-Fired Stationary Sources (Ontario Hydro Method)」

Identify the right mercury analyzer for you

<http://www.hg-nic.com>





# 塩化揮発による落じん灰からの金属分離技術の実証

○有田雅一<sup>1)</sup>、小林拓史<sup>2)</sup>、成岡朋弘<sup>1)</sup>、門木秀幸<sup>1)</sup>、三輪昌輝<sup>3)</sup>、吉川正明<sup>3)</sup>

1) 鳥取県衛生環境研究所 2) 鳥取県衛生環境研究所(現、鳥取県西部総合事務所) 3) 三光株式会社

## 背景と目的

- 一般廃棄物焼却量(H25年度) : 約3515万t/年、焼却残渣の埋立量: 約333万t/年<sup>1)</sup>
- 従来の灰溶融処理は高コスト、エネルギー消費量が大きい等の課題
- ストーカー式焼却施設から排出される落じん灰には、Cu、Zn、Pb、等の有用金属を含有<sup>2)</sup>
- 落じん灰を焼却灰と分離出し、落じん灰中の金属を分離回収できれば、焼却残渣に含まれる金属資源の効率的な回収、焼却灰中の重金属濃度の低減、環境負荷削減が期待

1) 環境省、一般廃棄物処理事業実態調査結果(平成25年度)、[http://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/waste\\_index.html](http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/waste_index.html)

2) 山本浩、横山隆、大下和敏、高間昌輝、武田信生、廃棄物学会論文誌、Vol.18、No.5、pp.314-324(2007)

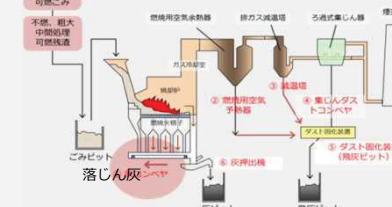


図1 一般廃棄物焼却施設の概要

## 目的

- 落じん灰に含まれる有用金属(Ni、Cu、Zn、Pb等)を塩化揮発法により、
- 連続処理が可能なベンチスケールの実証機(回転炉床式焼成炉)を用いて、
- 揮発分離処理の実証を行い、
- 塩化揮発処理の有効性を評価

## 実証施設の概要

**方式** : 回転炉床式焼成炉、電気加熱方式 **能力** : 約1~2kg/hr、処理温度 ~約1100°C

**特徴** : 塩化剤を混合した試料を連続的、定量的に投入可能で、急速加熱により金属を分離、熱処理物を連続的に排出が可能、処理時間は最長2時間まで調整が可能

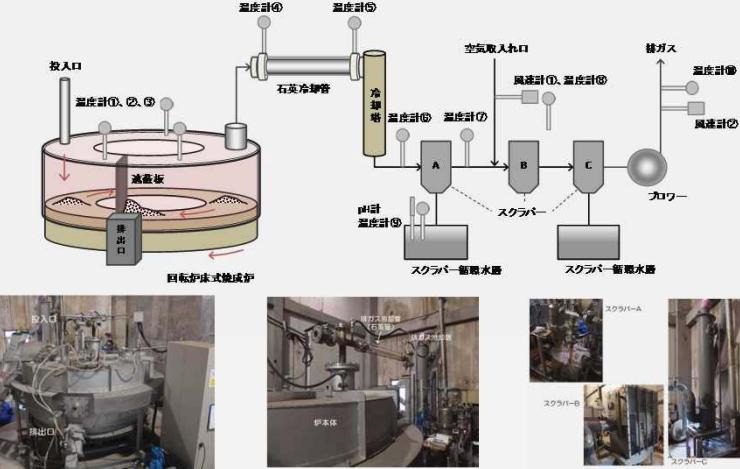


図2 実証施設の概要

## 材料

落じん灰は、一般廃棄物焼却施設から採取し、

目開き2mmのふるいでふるい分けを行った。

落じん灰(<2mm)に、CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O(落じん灰1kgあたり6mol/kg)、Ca(OH)<sub>2</sub>Cl(CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O)とのモル比がCa(OH)<sub>2</sub>/Cl=0.15となるように添加して混合して、試料を調整した。



表1 試料調製条件

項目	落じん灰(<2mm)	
	配合(落じん灰1kg)	1.0kg
CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O		0.88kg
Ca(OH) <sub>2</sub>		0.13kg
落じん灰1kgあたりCaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O添加量	6mol/kg	
Ca(OH) <sub>2</sub> /Clのモル比		0.15

## 焼成条件

表2に焼成炉の運転条件(焼成条件)を示す。

あらかじめ1100°Cに昇温した炉内に混合した試料90gを5分毎に、投入口から定量的に供給した。

投入口から出口(遮蔽板)までの移動時間を1時間となるように炉床回転速度を設定  
炉内は負圧になるように吸引圧を調整

表2 焼成条件

項目	条件
焼成温度	1100°C
炉床移動時間	1hr
試料投入方法	90g/5min
試料投入量	1.08kg/hr
吸引圧	-5~-3Pa

## 結果1 金属の揮発率

表3に落じん灰及び焼成後物中の金属含有量及びその揮発率を示す。

この結果から、Zn、Pbは90%以上、Cuは約80%と高い揮発率が得られた。Niは揮発率20%と揮発率は低値であるが一部は揮発分離された。

Fe、Cr、Mnは、逆に焼成処理物において増加した。これは、Fe、Cr、Mnは今回の処理条件では揮発分離されず、むしろ実証機の炉材等からの汚染があったためと考えられた。

以上から塩化揮発処理により、Cu、Zn、Pbの選択性的な分離が実証試験により確認された。

表3 落じん灰、焼成後物中の金属含有量及びその揮発率

	含有量 mg·kg <sup>-1</sup>						
	Fe	Cr	Mn	Ni	Cu	Zn	Pb
落じん灰	110000	270	2800	940	60000	74000	12000
焼成後物	100000	450	2700	480	6400	3600	280
揮発率*	-52%	-168%	-52%	20%	83%	92%	96%

\* 挥発率V(%)=(C<sub>A</sub>-C<sub>B</sub>×a)/C<sub>A</sub>×100 ここで、C<sub>A</sub> : 落じん灰中の各成分含有量

C<sub>B</sub> : 焼成後物中の各成分含有量

a : 焼成後物の重量/供試した落じん灰の重量\*\*

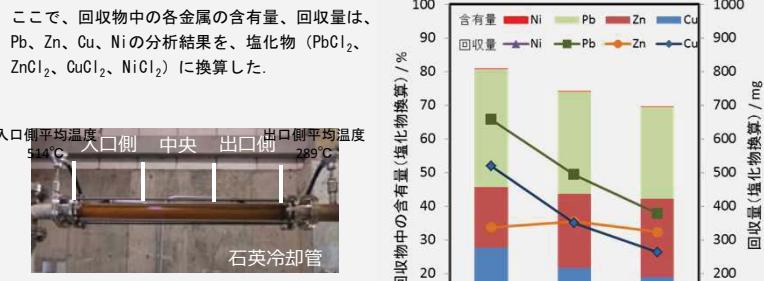
\*\* aは実証試験に供試した試料をバッチ式電気炉で別途、焼成試験を行って推定

## 結果2 挥発回収物の分析結果

石英冷却管に付着回収された回収物を入口側、

中央、出口側に分割し、王水分解とICP-MSにより分析した。図3に回収物の分析結果を示す。

ここで、回収物中の各金属の含有量、回収量は、Pb、Zn、Cu、Niの分析結果を、塩化物(PbCl<sub>2</sub>、ZnCl<sub>2</sub>、CuCl<sub>2</sub>、NiCl<sub>2</sub>)に換算した。



この結果から、付着回収物は、Cu、Zn、Pbを主成分とするものであり、Cu、Pbは石英冷却管の入口側から出口側にかけて回収物中の含有量が低下したが、Znは出口側で含有量が増加した。これは、石英管内の温度勾配により、凝集する元素の組成に差が生じたためと考えられた。

図3 石英冷却管での金属回収結果

## 結果3 焼成処理灰の溶出試験結果

表4に落じん灰及び焼成後物中のT-Cr、Pbの溶出試験等の結果を示す。

処理前の落じん灰について環告13号法のPb溶出量は基準値を超えていたが、塩化揮発処理により、基準値に適合するまで溶出量が減少した。また、1N塩酸抽出量(環告19号法)も処理により、基準値以下まで減少した。

Crについては、溶出量が増加しており、炉材からの汚染によるものと考えられた。

表4 溶出試験等の結果

	環告13号法 (mg/L)		環告46号法 (mg/L)		1N塩酸抽出 (環告19号法)	
	T-Cr	Pb	T-Cr	Pb	T-Cr	Pb
落じん灰	0.016	70	0.013	89	45	3900
焼成処理灰	0.15	0.075	0.14	0.080	150	140
基準値	1.5	0.3	0.05	0.01	250	150

## まとめ

塩化揮発法による落じん灰からの金属回収の連続的処理の実証を行った。この結果、

Cu、Zn、Pbの選択性的な分離回収

処理後の落じん灰のPb溶出量の削減

を確認した。

## 謝辞

本研究の一部は、環境研究総合推進費により実施しています。研究協力者を含む関係者にお礼申し上げます。

# 放射能汚染飛灰セメント固化物からの放射性セシウムの溶出量とその影響因子について

石森洋行、遠藤和人、山田一夫

国立環境研究所 資源循環・廃棄物研究センター  
〒305-0053 茨城県つくば市小野川16-2

## 研究背景と目的

福島第一原発事故後、東日本圏内で発生している焼却灰には放射性セシウムが含まれており、その安全・安心な埋立処分技術の確立が求められる。セメント固化技術は、有害化学物質の溶出量を低減させるための措置として利用されており、放射性セシウムに対しても有効な溶出抑制対策となり得るのかを検討する必要がある。

本研究では、セメント固化処理した飛灰からの放射性セシウム溶出量に及ぼす配合条件や養生条件の影響を調べた。

## 実験条件

### 焼却飛灰:

東日本圏内の焼却施設から採取した放射性セシウムを含む一般廃棄物廃棄物の焼却飛灰

### 供試体作製(セメント固化):

セメントと飛灰、水を表1に従い配合した。

セメント = 高炉セメントB種

養生日数 = 7, 14, 21, 28日

### 長期溶出試験:

試料 = セメント固化処理飛灰 ( $\phi 50 \times H 100$ )

溶媒 = 蒸留水

液固比 = 10

溶出液中の放射性セシウム濃度をモニタリングして、溶出量を含有量で除して溶出率を求めた。

## 結果

表2 セメント固化処理飛灰からの放射性セシウムの長期溶出量

	No.1 飞灰/セメント=300%				No.2 飞灰/セメント=225%				No.3 飞灰/セメント=150%				No.4 飞灰/セメント=225%&石炭灰			
養生日数(day)	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28	7	14	21	28
真密度 ( $g/cm^3$ )	2.19	2.24	2.21	2.33	2.2	2.24	2.24	2.34	2.26	2.31	2.33	2.33	2.11	2.19	2.2	2.32
一軸圧縮強さ (MPa)	1.26	3.14	4.61	5.27	1.82	3.8	5.67	7.12	2.29	3.78	5.8	7.47	0.996	2.43	3.5	4.11
放射性セシウム溶出率 (%)	27.4	20.5	10.4	12.8	21.2	15.8	8.6	11.6	20.1	14.0	7.6	9.5	27.6	19.9	8.8	12.4
6 時間後	35.7	28.7	21.2	18.3	32.7	24.7	20.1	14.4	31.2	20.8	17.2	14.8	39.0	26.5	20.9	16.1
24 時間後	54.2	40.5	29.5	25.8	49.3	36.5	23.4	24.0	42.1	31.1	23.5	19.6	54.4	41.3	29.0	22.0
2 日後	69.6	61.3	42.2	40.0	63.5	54.0	38.0	38.0	56.5	45.9	32.6	31.5	69.9	54.7	38.1	35.5
4 日後	79.6	70.9	58.0	54.9	72.8	63.0	49.3	44.6	72.5	55.7	47.0	42.2	75.1	66.5	51.9	44.1
8 日後	84.0	80.6	78.2	68.5	85.0	73.7	67.7	60.9	76.8	72.1	68.9	54.1	90.3	78.0	66.8	55.6
16 日後																

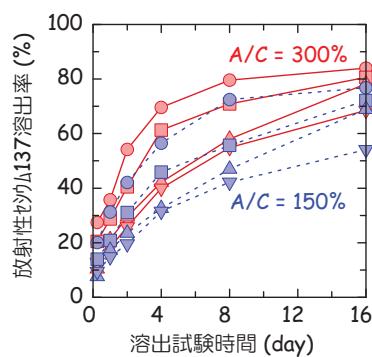


図2 放射性セシウム溶出率に対する溶出試験時間の依存性

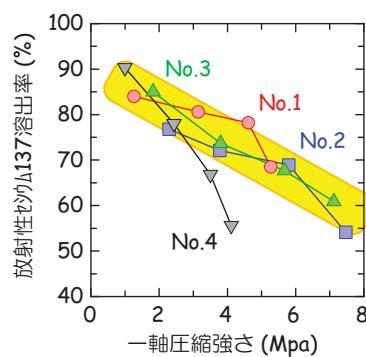


図3 放射性セシウム溶出率に及ぼす一軸圧縮強さの影響



写真1 放射性セシウムを含む焼却灰の仮置場



写真2 セメント固化化

供試体作製(セメント固化化)

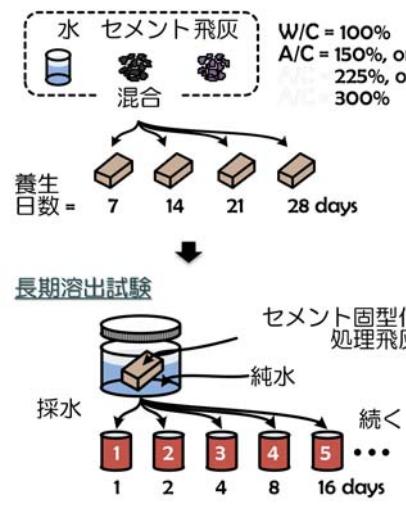


図1 実験手順

表1 供試体作製条件

	No.1	No.2	No.3	No.4
水/セメント (%)	100	100	100	100
飛灰/セメント (%)	300	225	150	225
水 (kg/m³)	338	401	479	395
セメント (kg/m³)	338	401	479	276
飛灰 (kg/m³)	1013	902	718	888
石炭灰 (kg/m³)	0	0	0	118

## 結論

セメント固化物からの放射性セシウムの溶出機構は内部拡散によるものであり、溶出量は溶出試験時間とともに増加した。溶出試験時間16日目では、いずれの供試体においても溶出率は50%以上であった。

セメント固化処理物のセメント添加量や養生日数の増加に従い、セシウムの溶出量は低減する。

本報で示した溶出率は、供試体サイズが直径50mm、高さ100mmの場合である。溶出機構が内部拡散によるものなので、供試体サイズが大きいほど溶出率は低くなる。ただし、溶出フラックスは供試体サイズに依存しないので、異なる供試体サイズの溶出挙動は本法で得た溶出フラックスから予測し得る。

# マングローブの熱分解ガス化特性評価

工学院大 (正) 小林 潤, 高橋慧輔, 酒井裕司, 成蹊大 加藤 茂

## マングローブの植林による環境改善



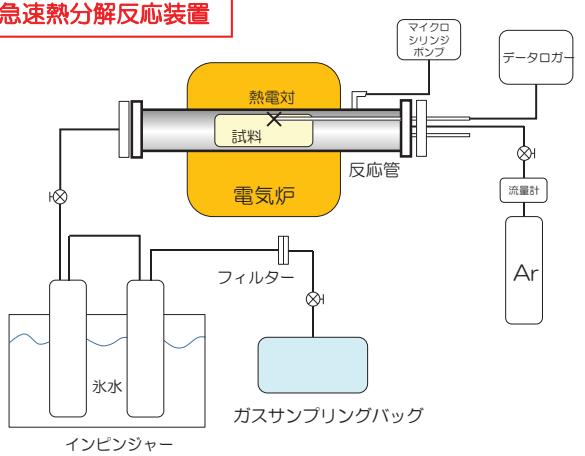
## マングローブの利用拡大

- 建物や船の材料として利用
- 染料として利用（樹皮）
- 燃料として利用（木炭）

## マングローブの高度利用

再生可能エネルギーとしての高効率利用  
固体燃料から気体・液体燃料へ

### 急速熱分解反応装置



### 実験試料

試料	特徴など
オオバヒルギ	粒径1.7~2.0 mm
シロバナヒルギ	粒径1.7~2.0 mm
ヒルギダマシ	粒径1.7~2.0 mm
マヤブシキ	粒径1.7~2.0 mm
マヤブシキバーク	粒径1.7~2.0 mm, 樹皮
杉	粒径~1.0 mm
竹	粉末



オオバヒルギ

ヒルギダマシ



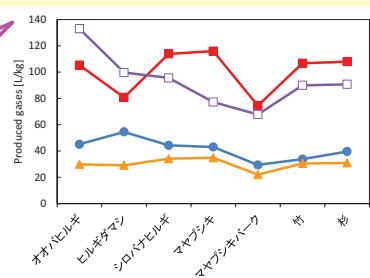
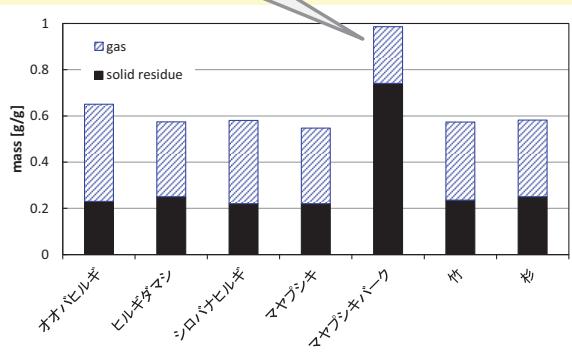
シロバナヒルギ

マヤブシキ

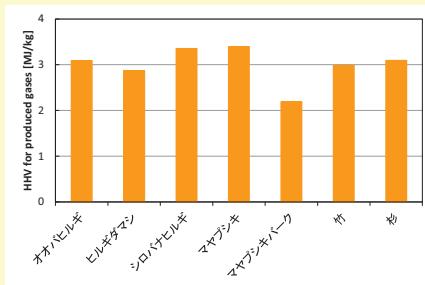
### 急速熱分解ガス化

- パーク（樹皮）はリグニンを多く含むため固定炭素分が増えたものと考えられる。
- 相対的にセルロース、ヘミセルロースが少ないとガス生成量が減少したと考えられる。

- ヒルギダマシは水素生成量が多く一酸化炭素量が少なく、ガスシフト反応が進行したような結果となった。
- 灰分などによる触媒効果についても検討する必要がある。



単位試料質量当たりの生成ガス量



単位試料質量当たりの生成ガス発熱量

### 結言

- 熱分解実験の結果、杉や竹と同程度の熱分解ガスを生成することが明らかとなった。
- 樹皮部分は固体残渣量が非常に多く、生成ガス量は少ない。
- ガス組成は樹種により異なり、生成ガスの発熱量も結果として異なる。

【謝辞】当該研究の一部は工学院大学 総合研究プロジェクト助成金により行われました。ここに謝意を表します。

# 若手が考える廃棄物業界の問題意識と専門性の整理 -若手の会企画ワークショップより-

○尾形有香<sup>1</sup>, 落合知<sup>1</sup>, 北村洋樹<sup>2</sup>, 佐々木由佳<sup>3</sup>, 佐藤昌宏<sup>4</sup>, 多島良<sup>1</sup>, 水原詠治<sup>5</sup>, 矢野順也<sup>6</sup>, 渡邊啓子<sup>7</sup>, 平田修<sup>8</sup>

<sup>1</sup>国立環境研究所, <sup>2</sup>東京工業大学, <sup>3</sup>加藤商事株式会社, <sup>4</sup>北海道大学, <sup>5</sup>龍谷大学, <sup>6</sup>京都大学, <sup>7</sup>創価大学, <sup>8</sup>福岡大学

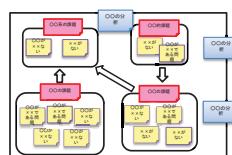
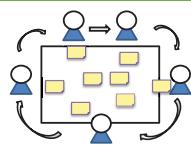
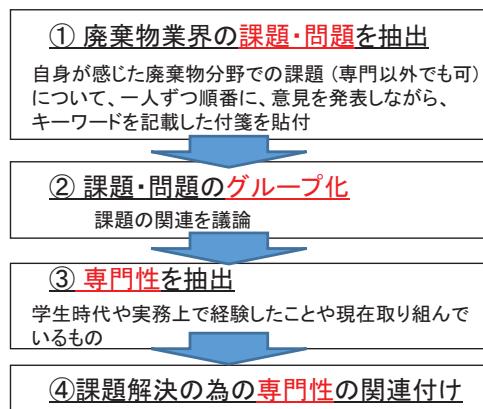
## 背景・目的

廃棄物資源循環学会若手の会では、これまでに、廃棄物業界に携わる研究者、実務者、学生間のネットワークを深めるため、研究発表会時において企画セッションを実施するとともに、日韓若手交流会を主催してきた。2015年度は、ワークショップ手法を活用し、業務や研究に繋がるような、より深い議論とネットワークを醸成するとともに、有用な専門知識・能力の共有化および今後の廃棄物分野で取り組むべき課題を検討する材料として、若手の関心事項を明らかとすることを目的とした。

## ワークショップの概要

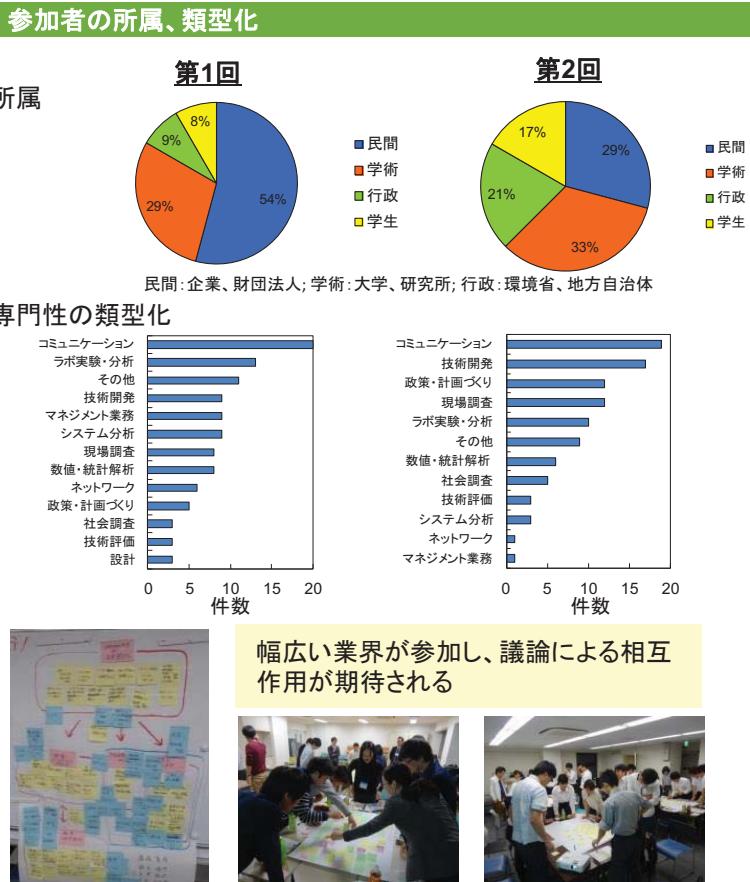
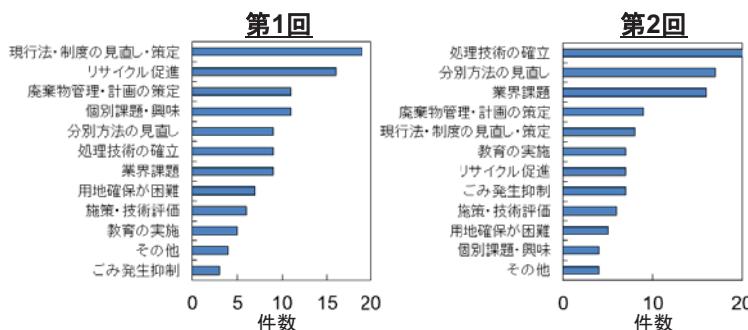
	第1回	第2回
開催日時、場所	2015年6月27日(土) @東京 13:00 ~ 17:00	2016年1月23日(土) @京都 13:00 ~ 17:00
参加人数	25名(事務局6名) 女性比率 0.3	25名(事務局8名) 女性比率 0.4
プログラム	前半:研究者、実務者より、話題提供  後半:グループワーク[3班] ①アイスブレイク ②「若手の関心・問題意識の整理と共有」 ③「若手の専門性の整理と共有」 ④全体発表と討議	前半:研究者、行政より、話題提供

## グループワークの方法



## ワークショップ分析の結果

### 課題の類型化



## ワークショップの効果(アンケート調査)

	第1回 n=18	第2回 n=15
このセミナーでの経験は、これから他の業務に役立つきっかけになった	4.4	4.6
自身の専門性を再認識することができた	4.2	4.3
他の若手メンバーのニーズを知ることができた	4.5	4.3
グループワークの設計は適切であった	4.6	4.3
若手同士のネットワーク作りに有効であった	4.7	4.7
このようなセミナーにまた参加したい	4.8	4.5

新たなネットワーク形成につながり良かった。  
普段は関わるが少ない他業種と、近年の動向や関心事項を議論でき、視野が広がるとともに、刺激になった。(中略)  
学生の立場からすると、企業で働いている人たちの現場の問題を知ることが出来て良かった  
若手の会の集まりを継続的に開催していただけうれしいです。

全く思わない 2.あまり思わない 3.どちらともいえない 4.少しうるさい 5.かなりうるさい

類型	具体例
現行法・制度の見直し・策定	一廃と産廃が分かれている意義 実務と法律が上手く結びつかないことがある
リサイクル促進	分別しやすい製品の開発 リサイクル品の安定した出口の確保
分別方法の見直し	分別方法の国内統一 分別はどこまですべきなのか 外国人のごみ分別に対する意識
廃棄物管理・計画の策定	ソーラーパネルの処理法 東京オリンピックのごみ処理
処理技術の確立	施設の老朽化・低コスト維持 付加価値を考える 焼却、浸出水処理技術の最適化 有機系廃棄物の有効活用、利用先の開拓
業界課題	イメージが悪い 廃棄物の安心を得るには

- ✓ 法制度の見直し、分別の効率化に関する関心が高い
- ✓ 幅広い業界において、廃棄物業界のイメージ向上が必要とされている
- ✓ 制度面と技術面との連携による資源循環の向上化の提案
- ✓ 幅広い分野での議論を行い、ネットワーク構築の強化に繋がった

若手の会では、多様な視点で、廃棄物業界の課題解決に貢献するため、今後も継続的に民間・行政・学術とのネットワーク醸成を目的としたワークショップ等の企画を実施する



# 射撃場より発生した汚染土壌中の鉛の粒度別濃度

大阪市立大学

○林健太 水谷聰 貫上佳則

## 研究背景・目的

### 汚染土壌の現状

- 工場、埋立地、重金属類使用地域を発生源とした汚染土壌の発生が顕在化
- 汚染原因の約77%が重金属汚染
- 重金属汚染土壌の影響は長期にわたる
- 重金属汚染土壌対策として、重金属を抽出し回収する

### 射撃場の汚染

使用される鉛の散弾の影響で、国内の射撃場から、鉛を高濃度(%オーダー)に含む土壌が多く確認されている[1]。

### 重金属回収の効率化

- 重金属回収に用いる溶媒の大量使用 → 大量排水、高コスト
- 効率的に重金属を抽出、回収するため土壌の粒度分布に着目
- 濃度の高い粒度のみ抽出することで効率化

## 研究方法

### (1) 土壌の性状

土壌の性状として、含水比、強熱減量を測定した。

国内射撃場より発生した鉛汚染土壌(2mm以下に調整済み)



### (2) 粒度試験

土壌を5画分に分けた。



粒径	ふるい分け後の土壌
2.00～0.85mm	
0.85～0.425mm	
0.425～0.25mm	
0.25～0.75mm	
0.075～mm	

### (3) 重金属分布の把握

重金属の粒度別濃度を確認するため、土壌の各画分とふるい分けされる前の土壌全体に対して全含有量試験、含有量試験、溶出量試験を行った。

全含有量試験・・・王水を用いて土壌中の重金属総量を測定

含有量試験・・・1mol/L塩酸を用いて重金属を抽出(環境省告示 第19号)

溶出量試験・・・蒸留水を用いて重金属を抽出(環境省告示 第18号(環告46号))



## 実験結果・考察

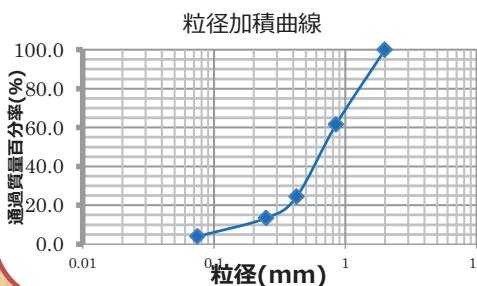
以下の2式を用いて含水比、強熱減量を求めた。

$$w = \frac{m_b - m_c}{m_c - m_a} \dots \text{式(1)}$$

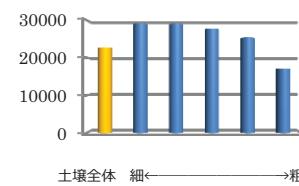
w:含水比(%)  
L:強熱減量(%)  
m<sub>b</sub>:容器質量(g)  
m<sub>c</sub>:湿潤度質量(g)  
m<sub>a</sub>:乾燥度質量(g)  
m<sub>d</sub>:強熱後質量(g)

$$L = \frac{m_c - m_d}{m_c - m_a} \dots \text{式(2)}$$

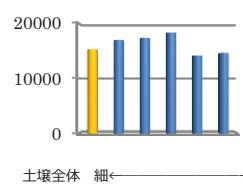
含水比	8.8%
強熱減量	11.1%



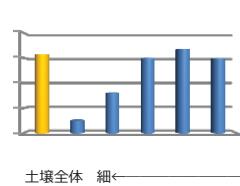
### 全含有量(mg/kg)



### 含有量(mg/kg)



### 溶出量(mg/L)



・粒度が小さいものほど鉛の全含有量は大きくなり、粒度が大きくなるにつれて全含有量は小さくなつた。

・全含有量と比較すると、ほぼ同程度ではあるが、含有量は粒度が小さいものが大きくなり粒度が大きいものは小さくなる傾向がある。

・溶出量は粒度が小さいものは低く、粒度が大きくなるにつれて高くなる傾向にあった。

・ふるい分けを行い粒度の小さい土壌のみを洗浄し重金属を抽出、回収することで溶媒の大量排水、高コストを抑えることができる。

・溶出量は土壌の粒度や土壌中の全含有量とは別の因子に支配されていると考えられる。

## 結論

- 全含有量、含有量は粒度と負の相関があり土壌をふるい分けし粒度の小さい土壌のみを洗浄処理することで土壌の洗浄、重金属の回収を効率的に行えることが分かった。
- 溶出量は全含有量、含有量とは異なり土壌の粒度のみに依存しているとは考えにくい。
- 洗浄処理を効率的に行うには土壌の組成や性状また、汚染原因や汚染濃度を確認し効果的である土壌と、そうでない土壌を判断する必要がある。
- 今後の発展性としては、溶出量が何に支配されているのかを分析し、効率的に重金属を抽出し回収する方法を検討する。

## 参考文献

[1]環境省 水・大気環境局 土壌環境課：射撃場に係る鉛汚染調査・対策ガイドライン、平成19年3月閲覧

[2]牛島茜：粒度分布に着目した汚染土壌中重金属のキレート洗浄処理、大阪市立大学工学部都市学科卒業論文、2015年

# 2016 年熊本地震における災害初動時での災害廃棄物量の推定

名古屋大学減災連携研究センター・平山修久

## 1. はじめに

熊本県熊本地方で、2016 年 4 月 14 日 21 時 26 分に M6.5、2016 年 4 月 16 日 01 時 25 分に M7.1 の地震が発生し、熊本県益城町では、震度 7 を記録する地震となった。

本稿では、広く一般に入手可能なセンサデータと災害直後に入手できる災害ハザード情報を用いて、災害初動時での災害廃棄物量の推定を行う。

## 2. 災害廃棄物量の推定手法

平山ら<sup>1)</sup>は、震度分布や浸水深などの災害ハザード情報を用いた災害廃棄物量の推定手法を提案している。そこでは、震度や浸水深などの災害ハザード情報と国勢調査等のセンサデータから、災害廃棄物量原単位により推定することができると提案している。

ここでは、災害ハザード情報として地震動マップ即時推定システム QuakeMap<sup>2)</sup>で提供されている計測震度を、センサデータとして平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計<sup>3)</sup>、平成 25 年住宅・土地統計調査<sup>4)</sup>を用いる。

まず、平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計における世帯総数と共同住宅世帯数より、木造住宅と非木造住宅の割合を地域メッシュ別に算出する。平成 25 年住宅・土地統計調査での住宅総数と世帯総数から世帯数当たりの住宅数を都道府県別に算出する。地域メッシュ別世帯総数、世帯数当たりの住宅数、木造住宅と非木造住宅の割合より、地域メッシュ別に木造住宅棟数、非木造住宅棟数を推定する。平成 25 年住宅・土地統計調査での、住宅の種類、住宅の構造、建築の時期別住宅数から、都道府県、政令指定都市毎の木造、非木造の建築時期の割合を算出する。そのうえで、地域メッシュ別木造、非木造住宅棟数と建築時期割合から、地域メッシュ別での木造・非木造、建築の時期別住宅棟数を推定する。図-1 に 2 分の 1 地域メッシュで推定した熊本県における木造住宅の棟数分布を示す。

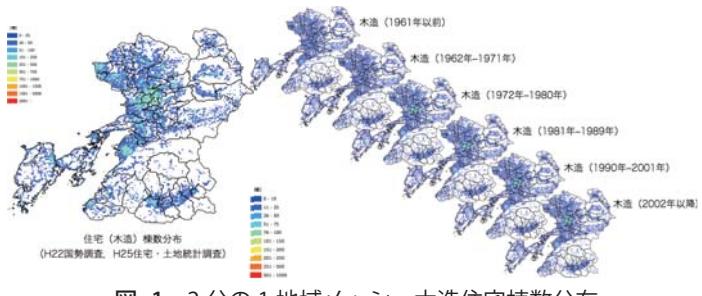
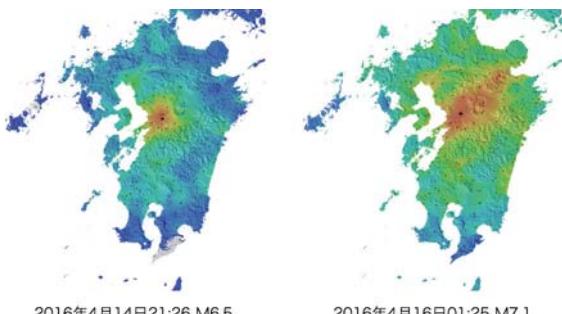


図-1 2 分の 1 地域メッシュ木造住宅棟数分布

図-2 に示す 250m メッシュ分解能にて算出されている計測震度の分布に対して、最空間結合により最大値での集約を行い、地域メッシュ別計測震度を算出する。図-3 に 2016 年 4 月 14 日 21:26M6.5、ならびに 2016 年 4 月 16 日 01:25M7.1 での熊本県における 2 分の 1 地域メッシュ別計測震度分布を示す。

図-2 2016 年熊本県熊本地方を震源とする地震計測震度分布<sup>2)</sup>

## 参考文献

- 1) N. Hirayama, et al., Establishment of Disaster Debris Management Based on Quantitative Estimation Using Natural Hazard Maps, Waste Management and the Environment V, WIT Transactions on Ecology and the Environment, 140, 167-178, 2010.
- 2) 産業総合技術研究所、地震動マップ即時推定システム, <https://gbank.gsj.jp/QuiQuake/QuakeMap/index.html>.
- 3) 総務省統計局：平成 22 年国勢調査に関する地域メッシュ統計., 4) 総務省統計局：平成 25 年住宅・土地統計調査., 5) 内閣府中央防災会議：首都直下地震の被害想定項目及び手法の概要, 2013 年 6 月.
- 6) 平山修久, 大迫政浩：東日本大震災の経験を踏まえた災害廃棄物の発生量原単位の推定, 環境衛生工学研究, 28(3), 139-142, 2014.

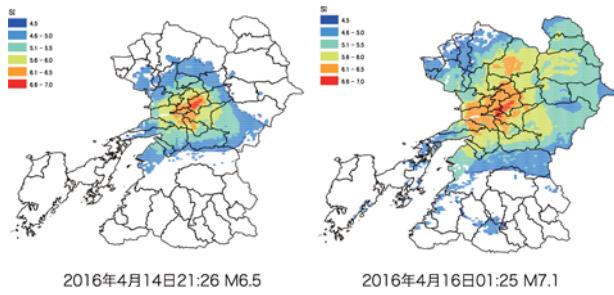


図-3 2 分の 1 地域メッシュでの計測震度分布

次に被災住宅棟数を推定する。ここでは、図-4 に示す住宅被害関数<sup>5)</sup>を用いて、地域メッシュ別木造・非木造、建築の時期別住宅棟数と地域メッシュ別計測震度分布より、地域メッシュ別に木造、非木造の全壊棟数、半壊棟数を推定する。2016 年 4 月 16 日 01:25 M7.1 の地震での住家被害の推定結果として、図-5 に 2 分の 1 地域メッシュ別に推定した木造全壊棟数の分布を示す。

推定した地域メッシュ別建物被害棟数に、災害廃棄物量原単位<sup>6)</sup>を乗じて、地域メッシュ別での災害廃棄物量を推定する。

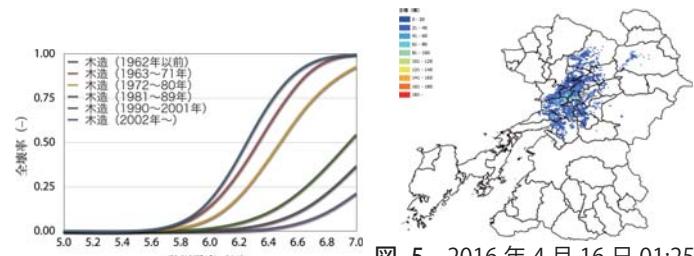
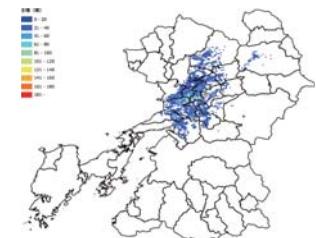
図-4 木造住宅被害関数<sup>5)</sup>

図-5 2016 年 4 月 16 日 01:25 M7.1 での 2 分の 1 地域メッシュ別木造全壊棟数分布

## 3. 2016 年熊本地震における災害直後での災害廃棄物量の推定結果

図-6 に 2016 年 4 月 14 日 21:26M6.5、ならびに 2016 年 4 月 16 日 01:25M7.1 の地震での 2 分の 1 地域メッシュ別に推定した災害廃棄物量を示す。また、地域メッシュ毎にそれぞれの地震による災害廃棄物量のうち最大値を市町村別に集計したもの、ならびに平成 28 年熊本地震に関する第 34 回災害対策本部会議資料（5 月 20 日）による推定結果を図-7 に示す。

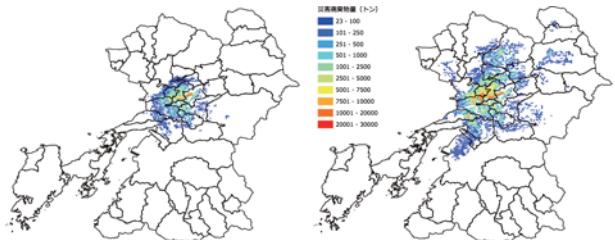


図-6 2 分の 1 地域メッシュでの災害廃棄物量推定結果

## 4. おわりに

ここでは、国勢調査、住宅・土地統計調査、ならびに災害直後に入手可能な計測震度分布を用いて、災害初動時において地域メッシュ別に災害廃棄物量の推定を行った。

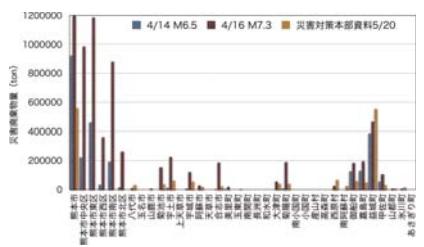


図-7 市区町村別災害廃棄物量推定