

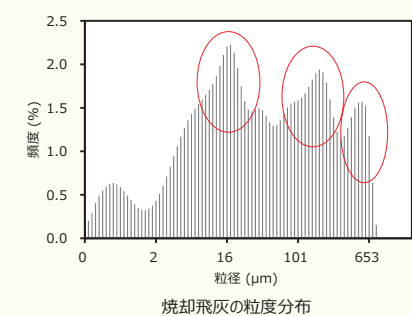
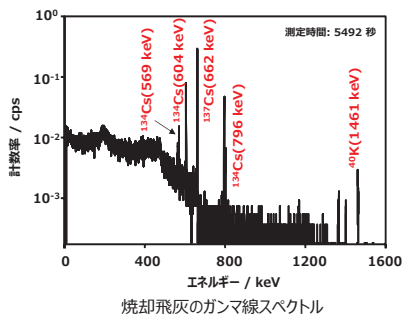
## 研究背景

一般廃棄物を燃やすことで生じる都市ごみ焼却飛灰には、福島第一原子力発電所事故に由来する放射性セシウム ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) を含むものがある。その都市ごみ焼却飛灰を適切に処理するために、放射性セシウムの化学形態をより詳細に知る必要がある。そこで、都市ごみ焼却飛灰に逐次抽出試験を適用し、放射性セシウムの化学形態の調査を行った<sup>1)</sup>。

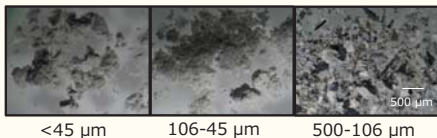
今回はさらに詳細な調査を行うために、焼却飛灰をふるい分けし、放射性セシウムの粒度分布を調査した。

1) 藤井健悟, 越智康太郎, 萩原健太, 大淵敦司, 野村貴美, 中村利廣, 小池裕也:放射化学, 34, 1-11 (2016).

## 都市ごみ焼却飛灰



500, 106, 45 $\mu\text{m}$  でふるい分け



福島県内の一般廃棄物焼却炉で2013年1月に採取

$^{134}\text{Cs}$ :  $917 \pm 5 \text{ Bq kg}^{-1}$   
 $^{137}\text{Cs}$ :  $4540 \pm 12 \text{ Bq kg}^{-1}$

※測定日を基準に減衰補正

## 実験操作

### ・逐次抽出試験

焼却飛灰 5 g

← 40 mL 1 M  $\text{MgCl}_2$  水溶液

1 時間 攪拌 → 水溶性 可溶性 (IE)

可溶性の残渣

← 40 mL 0.04 M  $\text{NaOAc-HOAc}$  緩衝液 (pH 5.0)

6 時間 攪拌 → 難溶性 炭酸塩態 (CB)

炭酸塩態の残渣

← 100 mL 0.04 M  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  水溶液

6 時間 攪拌 → Fe-Mn 酸化物態 (OX)

酸化物態の残渣

← 1) 40 mL 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$   
 15 mL 0.02 M  $\text{HNO}_3$   
 ← 2) 25 mL 3.2 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  水溶液 (25 vol%  $\text{HNO}_3$ )  
 20 mL 純水

6 時間 攪拌 → 有機物・硫化物態 (OB)

有機物・硫化物態の残渣

乾燥 → 残留物態 (RES)

### ・環境省告示第 13 号試験 (環告 13 号試験)

固液比 10, 溶出時間は 6 時間で実施

### ・X 線回折分析

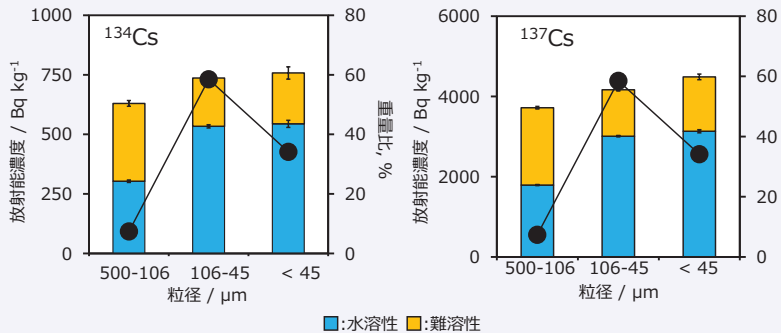
リートベルト解析による結晶相の定量を実施

### ・放射能測定

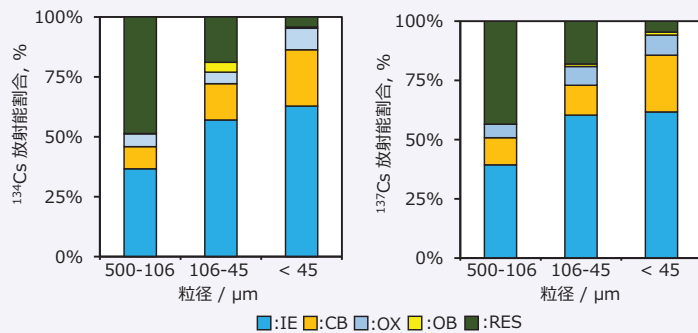
高純度 Ge 半導体検出器で放射性セシウムの定量を実施

## 実験結果及び考察

### ・放射性セシウムの粒度別放射能濃度 (環告 13 号試験)



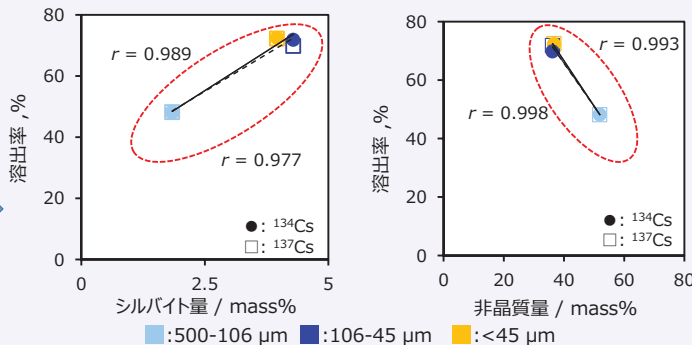
### ・逐次抽出試験結果 (粒度別放射能分布)



粒径が小さい飛灰⇒放射能濃度が高く、水溶性で存在する放射性セシウムの割合が高い。  
 粒径が大きい飛灰⇒放射能濃度が低く、難溶性 (RES) で存在する放射性セシウムの割合が高い。

### ・リートベルト解析による結晶相の定量 (主成分のみ記載)

| 結晶相名   | 濃度 / mass%            |                      |                   |
|--|-----------------------|----------------------|-------------------|
|  | 500-106 $\mu\text{m}$ | 106-45 $\mu\text{m}$ | <45 $\mu\text{m}$ |
| シルバイト (KCl)                                      | 1.84                  | 3.96                 | 4.29              |
| ハライト (NaCl)                                      | 3.29                  | 5.41                 | 6.83              |
| CaClOH   | 4.58                  | 15.46                | 14.11             |
| カルサイト ( $\text{CaCO}_3$ )                        | 8.02                  | 8.99                 | 22.46             |
| ゲーレンナイト ( $\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{SiO}_7$ ) | 11.4                  | 7.03                 | 2.66              |
| 非晶質量   | 51.9                  | 36.7                 | 36.2              |



シルバイト量と放射性セシウム溶出率に正の相関。非晶質量と放射性セシウム溶出率に負の相関。  
 水溶性放射性セシウムは二次生成粒子である可能性が示唆された。

## まとめ

都市ごみ焼却飛灰中放射性セシウムに関して、ふるい分けを行い、放射性セシウムの粒度分布を調査した。放射能測定、X 線回折分析の結果から、焼却飛灰中放射性セシウムのうち、水溶性で存在するもの (水溶性セシウム) は粒径の小さい部分に多く存在し、その発生過程は排ガスと消石灰の反応生成物であることが示唆された。

## 研究の背景・目的

- 途上国では、E-waste(廃電子電気機器)のインフォーマルリサイクルによる環境汚染が生じているが、貧困層が多く、バックヤードなどで小規模な解体・金属回収などの取締りや禁止が困難である。
- 本研究は、フィリピン・マニラにおける国際NGOのプロジェクトを事例として、実施前後の人々の態度・行動変化、環境影響の変化を考察し、フィリピン以外の国・地域のインフォーマルリサイクル改善に適用しうる知見をまとめることを目的とする。

## 国際NGOのプロジェクト



- Médecins du Monde France  
 “E-Waste informal recycling Intervention strategy”
- 対象地域: Metro Manila, Philippines (4地域)
- 実施期間: Sept 2012 –Dec 2016
- 予算規模: 305,000Euro/year
- 一般目標: E-wasteインフォーマルリサイクル・コミュニティの環境要因に関連した死亡率と罹患率の低減
- 具体的目標: 4年間でE-wasteのインフォーマルリサイクラー及びコミュニティの衛生的・環境的影響の軽減
- 期待される成果:
  - 有害化学物質曝露リスクの大幅低減
  - コミュニティのリスク対応能力の向上
  - 質の高い保健医療へのアクセス

Sites projet:

- 1: Capulong Street, Barangay 108, Manila City
- 2: Barangay Longos, Malabon City
- 3: Bagong Silang, Caloocan North
- 4: San Vicente, Caloocan North



San Vicente (2012年11月)



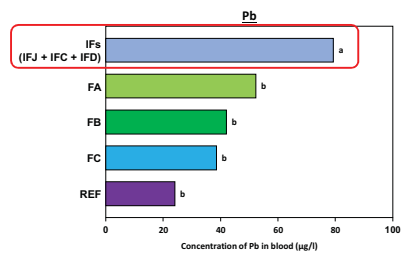
Bagong Silang (2010年8月)

## 現地調査

- [2010年2、8月]
- ヒアリング調査: Bagong Silang地域、ジャンクショップ
- 解体作業中・住民の生体試料(毛髪、尿、血液)n=10
- [2016年9-10月]
- ヒアリング調査: MDMプロジェクトコーディネーター及びBagong Silangのバランガイ保健所、リサイクラーとその家族、地域コミュニティリーダー、周辺のジャンクショップ
- 解体作業中21名を対象に生体試料(毛髪、尿、血液) →分析中



破砕したブラウン管ガラス  
(2010年8月)



血中の鉛濃度(2010年調査)

## 主な効果、課題

- ✓ リサイクラーの意識向上
- ✓ コミュニティの組織化 (Associationの発足)
- ✓ 保健医療従事者の知識向上
- ✓ 危険なリサイクル行動(ブラウン管ガラス破砕、野焼き)回避
- ✓ 定期清掃による周辺環境の改善
- △ 手袋、マスク等の保護具の未着用(作業効率を優先)
- △ リサイクルヤードへの移転が困難(土地がない)
- △ コミュニティ・ビジネス(米販売)の低収益性
- △ コミュニティ参加率低下(建設業への転職者の増加)
- △ 法制度の未整備
- △ 有害廃棄物の未収集
- △ 他の地域の住民による危険なリサイクルの継続



保管中のブラウン管(2016年9月)



定期清掃 (Clean up drive)



対話 (Dialogue)

## 今後の予定

- リサイクラー／住民を対象としたアンケート実施
- 属性と受容態度や行動変容の関係を比較分析
- 健康影響、環境影響の変化の考察

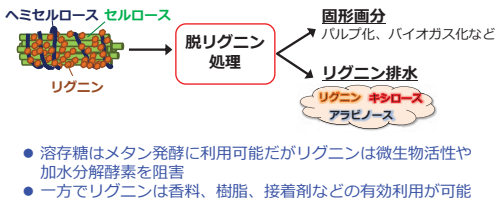
謝辞: 本研究はH27~29年度科学研究費・若手研究(B)「フィリピンのE-wasteインフォーマルリサイクルの適正化方策による環境改善効果」(15K16165)の助成を受けました。

# 電気凝集処理を利用したリグニン含有排水のメタン発酵処理

小山 光彦<sup>1</sup>、金田和裕<sup>2</sup>、戸田龍樹<sup>2</sup> ( <sup>1</sup>東京工業大学 環境・社会理工学院 <sup>2</sup>創価大学大学院 工学研究科 )

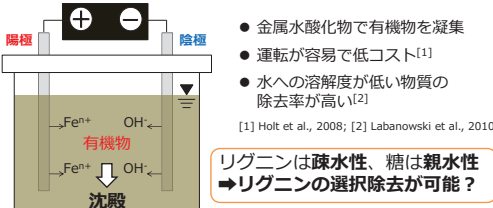
## 背景

### 1. リグニン含有排水のバイオガス化



メタン発酵の前段でリグニンを除去・回収できれば溶存糖のメタン変換率向上ならびにリグニンのバイオリアファイナリーができる可能性

### 2. 電気凝集処理によるリグニンの回収



鉄はメタン発酵微生物の必須元素⇒メタン発酵を促進?

### 3. 仮説と本研究の目的

電気凝集処理とメタン発酵の組み合わせ



#### 本研究の目的

リグニン含有排水のメタン発酵処理における電気凝集処理の効果を検討する

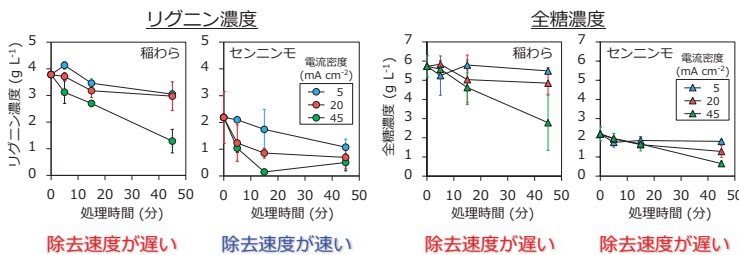
- ①リグニンを選択除去する電気凝集処理条件の検討
- ②電気凝集処理排水のメタン発酵処理性能の評価

## 研究1 リグニンを選択除去する電気凝集処理条件の検討

### 1. リグニン排水の化学組成

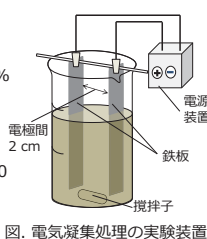
| 有機物                           | 稲わら       | センニンモ     |
|-------------------------------|-----------|-----------|
| SCOD (g-COD L <sup>-1</sup> ) | 23.6±0.09 | 12.0±0.13 |
| Lignin (g L <sup>-1</sup> )   | 3.78±0.28 | 2.19±0.97 |
| Sugar (g L <sup>-1</sup> )    | 5.80±0.56 | 2.20±0.37 |

### 3. 電気凝集処理によるリグニンと糖の除去効果

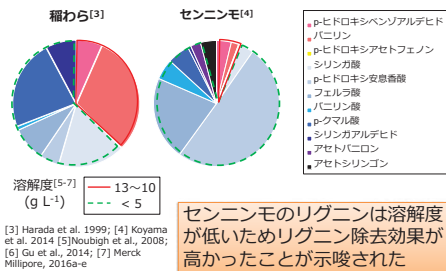


## 2. 実験方法

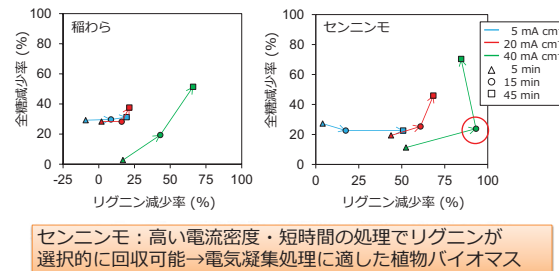
- 反応槽  
有効容積 30 L トールピーカー  
電極  
Fe JIS規格品 SS400, 純度99.8%  
電源装置  
直流安定化電源  
条件  
水温 (°C) : 35  
電流密度 (mA cm<sup>2</sup>) : 5, 20, 40  
処理時間 (分) : 5, 15, 45  
測定項目  
pH, リグニン, 全糖



## 4. リグニン組成と溶解度

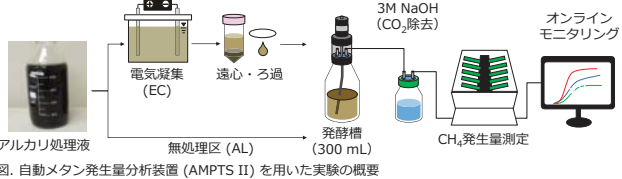


## 5. リグニンの選択的回収が可能か条件



## 研究2 電気凝集処理排水のメタン発酵処理性能の評価

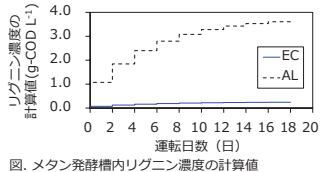
### 1. 実験方法



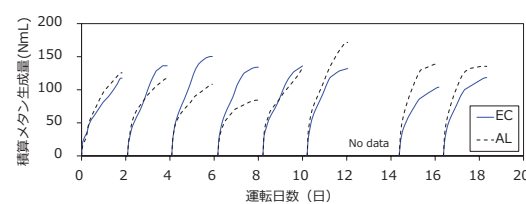
基質: センニンモのアルカリ処理液 (40 mA cm<sup>2</sup>, 15 min)  
種菌: 中温消化汚泥  
微量元素: 鉄以外\*を添加  
運転条件: 基質供給2日に1回、37°C、  
撹拌100 rpm、二連  
測定項目: pH、塩分、メタン発生量

表. 有機物負荷量 (g-COD L<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>)

|             | 電気凝集区 | 無処理区 |
|-------------|-------|------|
| 全有機物量       | 1.19  | 2.00 |
| リグニンを除く有機物量 | 1.15  | 1.36 |



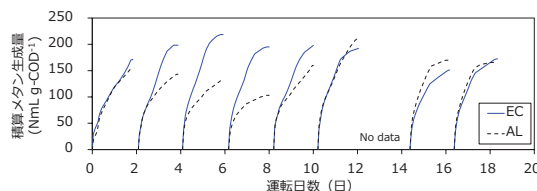
### 3. メタン生成量



$$\text{メタン生成量 (NmL g-COD}^{-1}\text{)} = \frac{\text{CH}_4\text{生成量 (NmL)}}{\text{投入COD量} - \text{リグニン量 (g-COD)}}$$

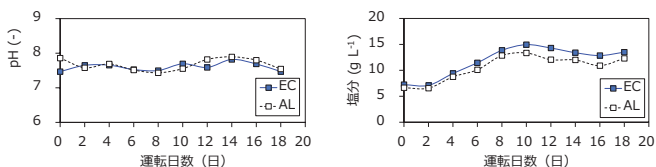
[11] Tuomela et al. (2000)

### 4. 嫌気分解可能な有機物量あたりのメタン生成量



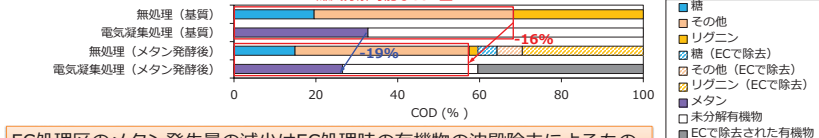
[12] Sierra-alvarez & Lettinga 1991

### 2. メタン発酵槽内のpHと塩分



[9] Speece 1996; [10] Zhang et al. 2017

### 5. COD収支 (d12-18)



## 結論

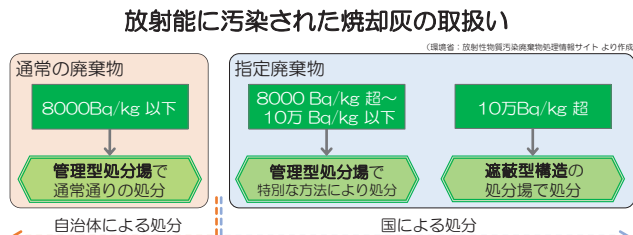
- リグニン溶解度の低いセンニンモは、高い電流密度かつ短時間の電気凝集処理によりリグニンを選択的に高効率回収可能
- 電気凝集処理を用いることにより、メタン発酵の運転初期においてリグニンによるメタン発酵阻害を回避
- リグニンの高効率回収、残渣液中に含まれる易分解性有機物の損失の最小化、残渣液からのメタン回収が可能

謝辞 本研究の一部は環境研究総合推進費 (平成26-28年度、課題番号 4-1406) ならびにJSPS科研費 (15312677) により実施されたものであり、これらの研究協力に対し関係各位に厚く御礼申し上げます。

# 加熱化学処理による焼却灰からの放射性セシウム除去技術の高度化

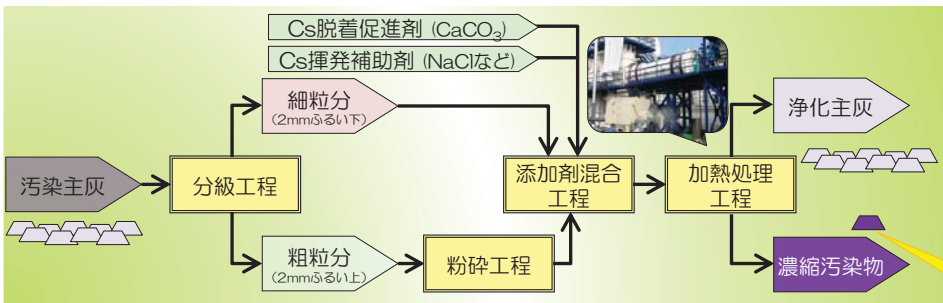
○藤原大<sup>1,2</sup>、倉持秀敏<sup>1,2</sup>、小倉正裕<sup>3</sup>、竹田尚弘<sup>3</sup>、大迫政浩<sup>1</sup> 1) (国研) 国立環境研究所、2) 横浜国立大学大学院、3) (株) 神鋼環境ソリューション

## ◆ 背景と目的



➤ 焼却灰(主灰)からのセシウム除去技術が必要

## ● 加熱化学処理 (低温焼成) の全体フロー



《長所》  
 ・比較的低温での処理：1000～1200℃  
 ・経済性に優れ、浄化物は元の性状を維持  
 《課題》  
 ・他の熱処理技術に比べ、放射性セシウム除去率が低い (本技術では、これまで90%程度の除去率 高温焼成・溶融技術では、99.9%除去)

《研究目的》  
 放射性セシウム除去率のさらなる向上を検討

1/10 程度に減量化

## ◆ ① 水洗い併用による放射性セシウム除去率向上 ◆

### ● 狙い：揮発補助剤種類の検討

NaCl (融点：800℃) ← 過去の検討により、CaCl<sub>2</sub>より有効と判断  
 CaCl<sub>2</sub> (融点：770℃)  
 NaCl + CaCl<sub>2</sub> (共晶温度：540℃) ← 共晶による、熔融温度低下の効果を比較した。

### ● 方法 試料：都市ごみ焼却灰 (主灰) 2mmふるい下分

#### ● step1 加熱化学処理

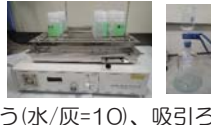
薬剤条件① 試料：CaCO<sub>3</sub> : NaCl = 70 : 30 : 5  
 薬剤条件② 試料：CaCO<sub>3</sub> : NaCl : CaCl<sub>2</sub> = 70 : 30 : 1.8 : 3.2

大気雰囲気下：設定温度 600～1000℃×60分  
 卓上管状炉 (5g/バッチ)



#### ● step2 水洗処理

6h振とう(水/灰=10)、吸引ろ過



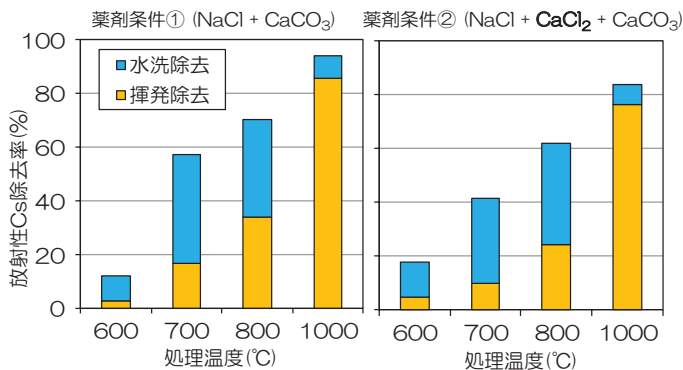
●放射能(r-Cs)測定 Ge半導体検出器



$$\text{揮発除去率 (\%)} = \frac{\text{加熱処理前のr-Cs} - \text{加熱処理後のr-Cs (Ba)}}{\text{加熱処理前のr-Cs量 (Ba)}} \times 100 (\%)$$

$$\text{水洗除去率 (\%)} = \frac{\text{加熱処理後のr-Cs} - (\text{溶出残渣のr-Cs (Ba)})}{\text{加熱処理前のr-Cs量 (Ba)}} \times 100 (\%)$$

### ● 結果



・水洗工程併用により、1000℃処理で94%のCsが除去可能  
 ・薬剤の種類としては、NaClとCaCO<sub>3</sub>が適当 (共晶による熔融温度低下・除去率向上の効果は見られなかった)

## ◆ ② 高温化・薬剤量upによる放射性セシウムの除去率向上 ◆

### ● 方法 試料：都市ごみ焼却灰 (主灰) 2mmふるい下&2mmふるい上

発生割合 → 66% (2mmふるい下) / 34% (2mmふるい上)

#### ● 加熱化学処理

大気雰囲気下：雰囲気温度 1100～1200℃×60分  
 卓上マッフル炉 (5g/バッチ)



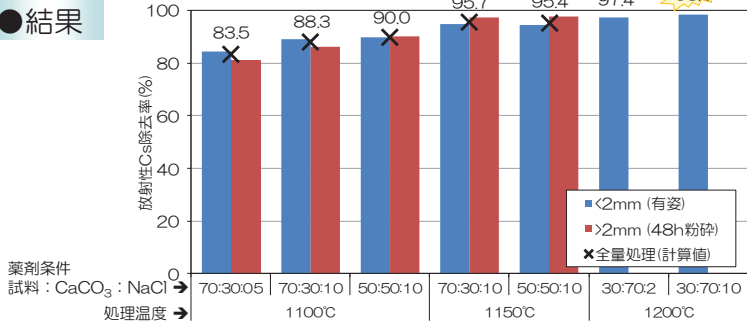
●放射能(r-Cs)測定 Ge半導体検出器



$$\text{放射性Cs除去率 (\%)} = \frac{\text{加熱処理前のr-Cs} - \text{加熱処理後のr-Cs (Ba)}}{\text{加熱処理前のr-Cs量 (Ba)}} \times 100 (\%)$$

(①の揮発除去と同じ)

### ● 結果



・高温化・薬剤量upにより、Cs除去率は、飛躍的に向上し、1150℃で96%、1200℃で99%程度除去できる可能性

## ◆ まとめ

- ・都市ごみ焼却灰からの放射性セシウム除去技術を検討した
- ・加熱化学処理と水洗除去の組合せで、1000℃で94%の放射性Csが除去可能
- ・1200℃処理・薬剤量upにより、最大で99%程度除去の可能性が示唆された



M.K. Biddinika<sup>1</sup>, M Syamsiro<sup>2</sup>, A.N. Hadiyanto<sup>2</sup>, Z. Mufrodi<sup>3</sup>, F Takahashi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta Midori Yokohama 226-8503 JAPAN  
<sup>2</sup> Center for Waste Management and Bioenergy, Universitas Janabadra, Jl. TR Mataram 57 Yogyakarta 55231, INDONESIA  
<sup>3</sup> Chemical Engineering Department, Universitas Ahmad Dahlan, Jl. Prof. Dr. Soepomo Yogyakarta 55164, INDONESIA

## Background

- In order to improve public awareness and understanding on waste-to-oil technology, a model machine for public outreach of pyrolysis technology for plastics waste in small scale has been designed
- The model is transported from one community-based waste center (waste bank) into another for education and campaign purposes
- The model needs to be complemented by an additional technology to show the whole process from plastics waste at its original form

## Purpose

- To complement public understanding on the whole pyrolysis process from plastics waste (at original form) into oil
- To improve public understanding on utilization of plastics waste
- To attract more people joining 3R activities in community-based waste center

## Process comparison



Fig. 1. Previous/current process: from small-sized plastics waste without crushing

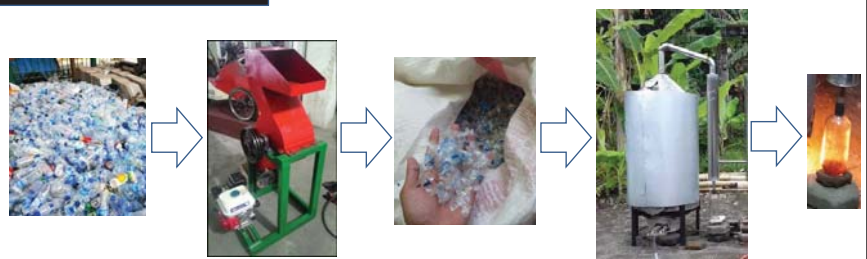
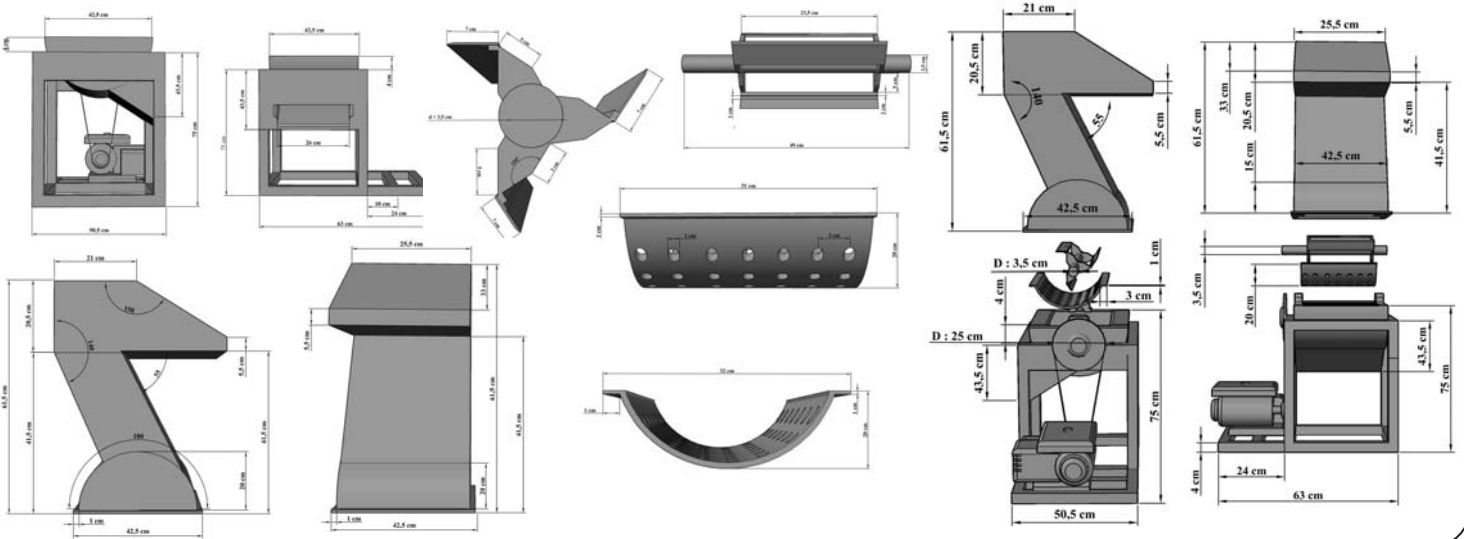


Fig. 2. Proposed/future process: from original form of plastics waste then crushing prior to pyrolysis

## Design



## Public outreach activities



## Conclusions and lessons learned

- The total dimension of the model is 63 cm x 50.5 cm x 136.5 cm (length x wide x height)
- Gasoline/diesel engine is preferable compared to electric-powered motor for powering the model due to practical consideration of waste bank location
- Initial test result showed the model is capable of 14 kg/hour of shredding capacity (waste material: PET bottles)
- The capacity could be increased by adding more material input as well as using water to push the shredded plastics flowing down
- The selection of gasoline/diesel engine creates more noise during operation whilst verbally explaining how the machine works, which is not so convenient for practical education/presentation purpose compared with that of electric motor which emits less noise and exhaust fume

## Reference

- Syamsiro *et al.*, *Energy Procedia*, vol. 47 (2014), 180-188
- Lim X Le, Lam WH, *Energy Policy*, vol. 65 (2014), 16-26
- Luthra *et al.*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 41 (2015) 762-776
- Indrianti Nur, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 224 (2016) 158-166
- Dhokhikah *et al.*, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 102 (2015) 153-162

# P-037 一般廃棄物焼却飛灰粒子の弱酸性抽出処理による内部マトリクスの不均一性評価



北村洋樹<sup>1,2</sup>, Astryd Viandila Dahlan<sup>1</sup>, 田宇<sup>1</sup>, 山本貴士<sup>3</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 <sup>3</sup>国立環境研究所

## 背景・目的 焼却飛灰の粒子内・粒子間の特性は均一？ 不均一？ 重金属溶出挙動への影響は？

<背景：飛灰の不均一性が重金属溶出挙動へ及ぼす影響は不明>

焼却飛灰

特別管理廃棄物

SEM

微粒子のため均一？

処理後

鉱物特性が変化！

飛灰内部構造

本当に均一！？

方法

<目的：焼却飛灰の粒子内・粒子間の不均一性評価>

- 不均一性評価 その1  
粒子内の不均一性(個々の粒子の不均一性)
- 不均一性評価 その2  
粒子間の不均一性(粒子間の元素組成の差)
- 本研究の目的  
粒子表面 / 内部マトリクスの不均一性を調査！

不均一性の要素

- 形態学的特性
- 鉱物学的特性
- 内部構造特性
- 元素分布 など？

**重金属溶出挙動へ影響を及ぼしている可能性！？**

## 実験方法 個々の飛灰粒子をSEM-EDXで観察・分析し、ミクロな視点から不均一性を評価する！

実験試料1：キレート処理済み焼却飛灰(キレート剤：ジチオカルバミン酸系)  
(焼却能力が250 Mg/d(ストーカ炉)の焼却施設、バグフィルター入口から採取)  
実験試料2：弱酸性抽出処理(TCLP試験)後に得られた飛灰の不溶性残渣

- ① 形態観察：走査型電子顕微鏡(SEM: JSM-6610LA, 日本電子)
- ② 元素分析：エネルギー分散型X線分析装置(EDX: EX-94300S4L1Q, 日本電子)
- ③ 鉱物組成：X線回折分析(XRD: MultiFlex, Rigaku)

<飛灰粒子内における不均一性評価方法>

Step 1 → 2

< Step 01 >  
元素マッピング後、飛灰粒子を水平方向へ均等に5分割

Step 2 → 3

< Step 02 >  
全区間のラインプロファイル解析により、構成元素の相対強度を算出

Step 3

< Step 03 >  
相対強度から変動係数を算出し、粒子内における不均一性を評価

<飛灰粒子間における不均一性評価方法>

Step 1 → 2

< Step 01 >  
飛灰粒子表面のエリア分析を実施

Step 2 → 3

< Step 02 >  
飛灰粒子表面の構成元素の質量%を算出

Step 3

< Step 03 >  
ヒストグラムのばらつきから、粒子間における不均一性を評価

## 結果・考察 飛灰粒子は粒子内・粒子間において不均一な特性を有することが判明！

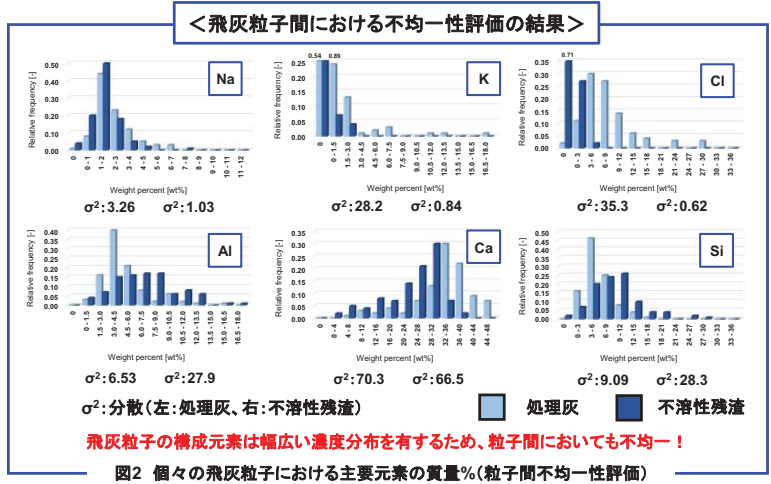
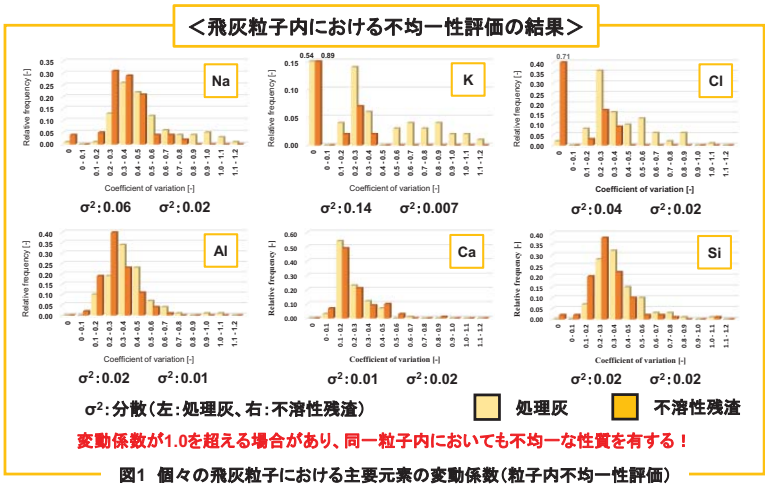
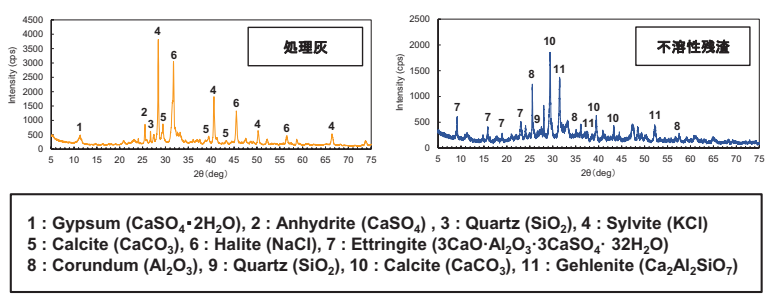


表1 処理灰および不溶性残渣の変動係数の相関行列

|    | Al   | Ca   | Si   | Cl   | K     | Na   | O     |
|----|------|------|------|------|-------|------|-------|
| Al | 1.00 | 0.22 | 0.73 | 0.19 | 0.03  | 0.73 | 0.72  |
| Ca | 0.69 | 1.00 | 0.24 | 0.10 | 0.42  | 0.15 | 0.21  |
| Si | 0.74 | 0.64 | 1.00 | 0.20 | -0.01 | 0.69 | 0.59  |
| Cl | 0.50 | 0.64 | 0.55 | 1.00 | 0.01  | 0.27 | 0.31  |
| K  | 0.32 | 0.54 | 0.45 | 0.61 | 1.00  | 0.02 | -0.03 |
| Na | 0.57 | 0.59 | 0.65 | 0.74 | 0.54  | 1.00 | 0.83  |
| O  | 0.73 | 0.51 | 0.72 | 0.39 | 0.29  | 0.63 | 1.00  |

■ 処理灰    ■ 不溶性残渣

正の相関① Al, Ca, Si, O(処理灰):  $Al_2O_3$ ,  $Ca_2Al_2SiO_7$ ,  $SiO_2$   
 正の相関② Al, Si, O(不溶性残渣):  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ , aluminosilicate  
 正の相関③ Cl, Ca, K, Na(処理灰):  $CaCl_2$ , KCl, NaCl



## まとめ 飛灰粒子の不均一性は鉱物組成に依存している可能性が示唆された！

<結論>

1. 飛灰粒子は粒子内・粒子間で不均一な性質を有する。
2. 飛灰粒子の不均一性は鉱物組成に依存している可能性がある。
3. 不均一特性が重金属溶出挙動へ影響を及ぼす可能性がある。

<今後の展望>

1. その他の溶出試験を実施して、粒子内部の不均一性を評価する。
2. 不均一特性が重金属溶出挙動へ与える影響を解明する。
3. 様々な焼却飛灰を分析し、不均一性評価の指標を標準化する。



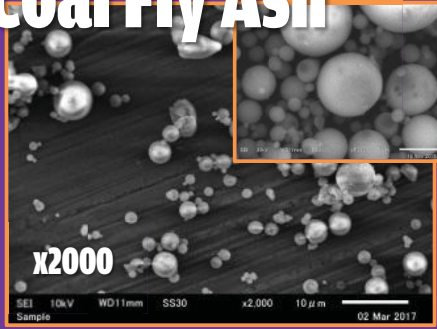
# 有機・無機表面処理による石炭灰粒子表面の形状変化

林 聖薔 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

## Coal Fly Ash

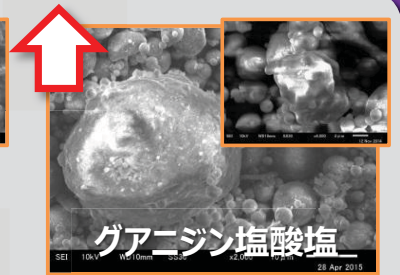
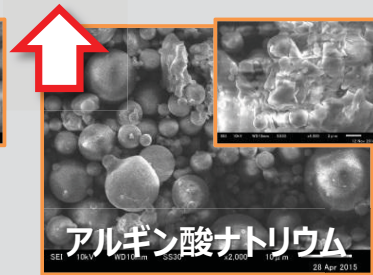
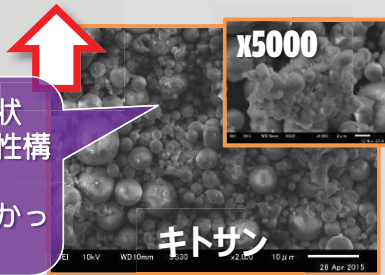


## 表面処理

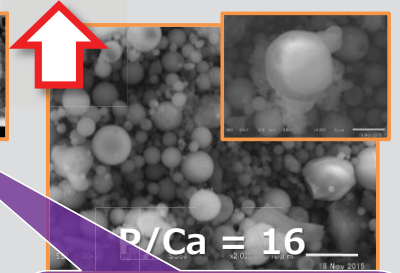
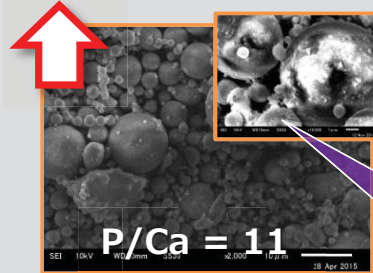
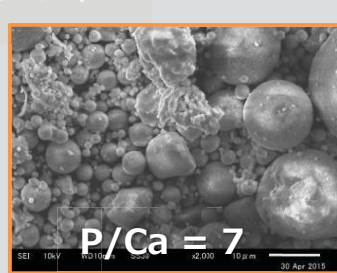
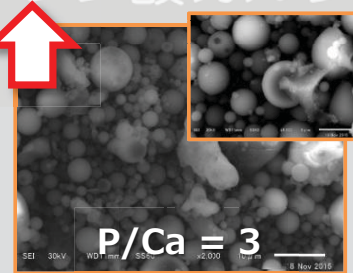
- ▶ 表面に微細構造、空間構造を作ると多孔性が上がり→水分がより多い量でより長い時間保持できる(水分保持性能が上がる)；
- ▶ 方法1：リン酸カルシウム・有機物コーティング；
- ▶ 方法2：500℃・300℃で有機物・石炭灰焼結；
- ▶ 土壌水分保持性能への効果は40℃環境での乾燥実験の結果を分析した；

## 有機物

有機物のコーティング(塊状化)は確認できたが、多孔性構造は見られなかった；  
土壌水分保持への効果は高かった；

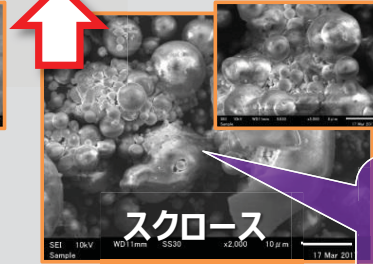
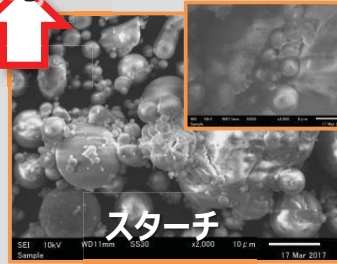
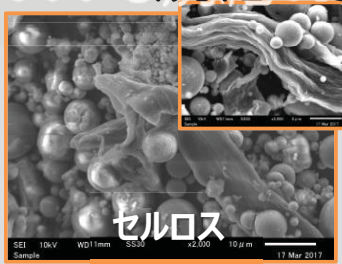


## リン酸カルシウム



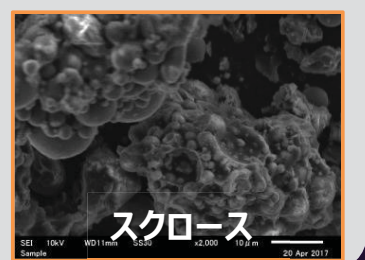
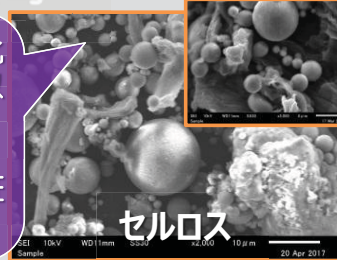
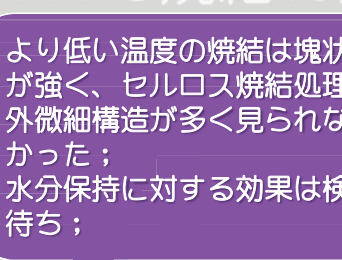
P/Ca比率が11のリン酸カルシウム表面処理は表面微細構造が見られ、水分保持性能への効果も積極的だと確認できた；

## 500℃焼結3時間



焼結表面処理は石炭灰の塊状化・微細構造が確認できた；  
スターチとスクロース焼結は水分保持に積極的効果があった；

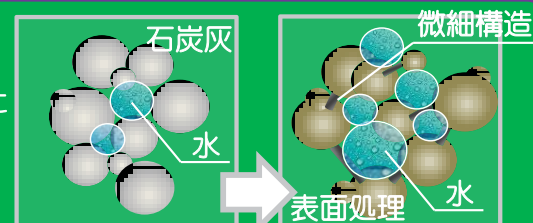
## 300℃焼結3時間



より低い温度の焼結は塊状化が強く、セルロース焼結処理以外微細構造が多く見られなかった；  
水分保持に対する効果は検証待ち；

## 結論

- ・ 細かい粒子にもかかわらず、スムーズの球体表面を持つ石炭灰自身は水分を長い時間保つことができなかった；
- ・ 有機や無機の表面処理による塊状化は水分保持性能に積極的な効果がなかった；
- ・ 表面処理によって形成した微細構造は水分保持性能を上げることができた；
- ・ 無機や有機物質自身の吸水能力は水分保持性能にある程度の影響を与えると推測する；



# Effect of Polymer Treated-Fly Ash Amendment on Water Retention Capacity of Sand

P-039

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



## Background

- Fly ash recycle
- Anti-desertification

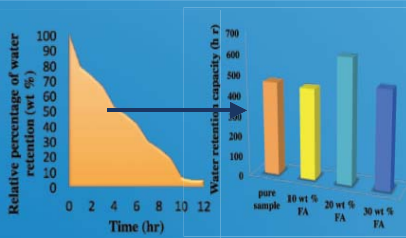


## Purpose of the study

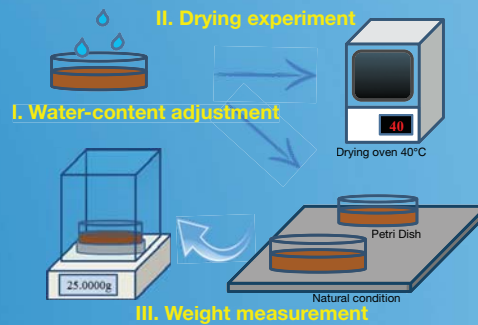
- ◆ Utilize FA as the soil water holding agent. This may give a promising solution of both FA recycle management problem and desertification problem at the same time.

## Experiment Methods

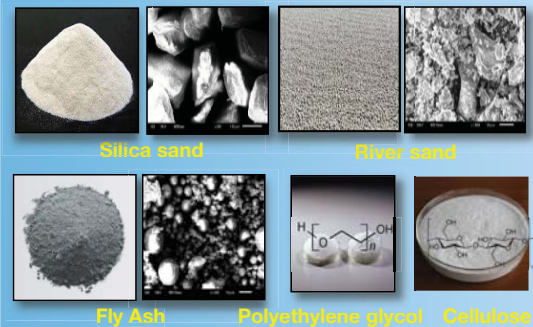
### Water retention capacity measurement



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



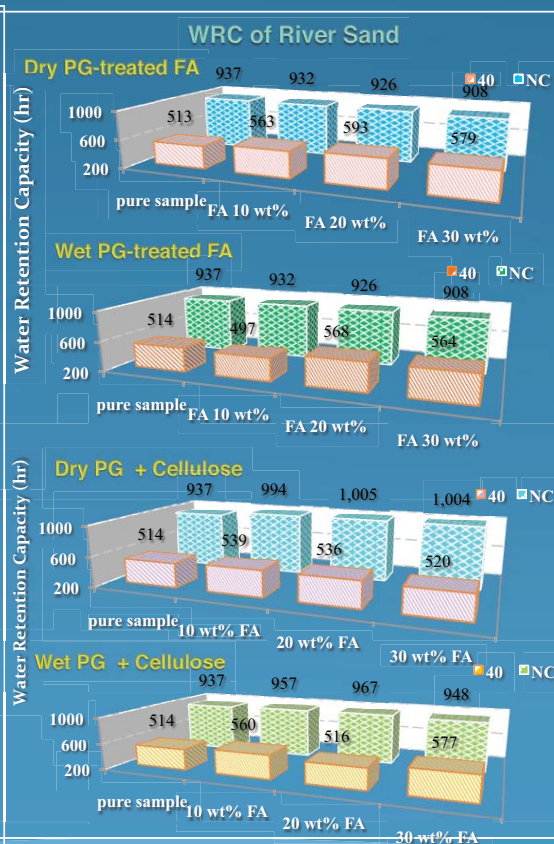
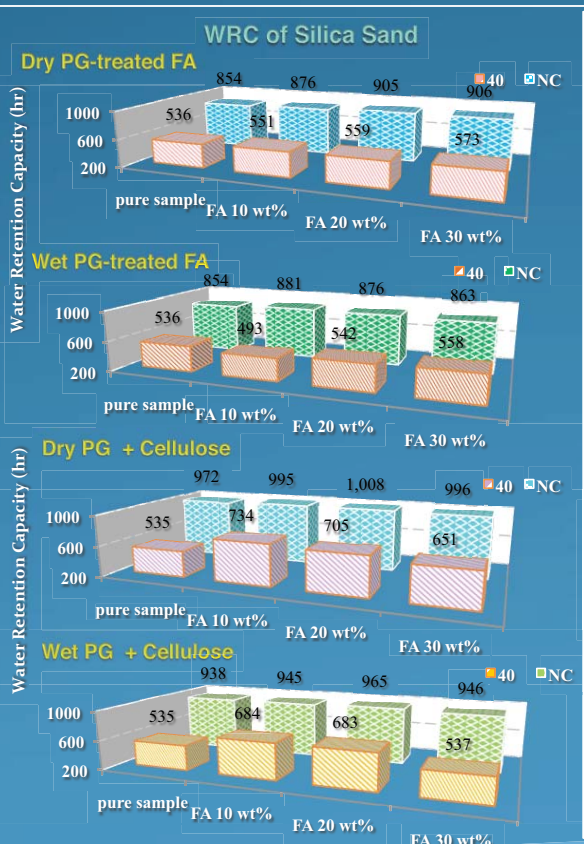
### Experiment materials



## Result and Discussion

### ◆ WRC of samples amended by FA

### Summary Table



| WRC                  | SS | FA ratio (at Max WRC) |
|----------------------|----|-----------------------|
| PG (DRY)             | →  | 30 wt%                |
| PG (WET)             | →  | 30 wt%                |
| PG + Cellulose (DRY) | →  | 10 wt%                |
| PG + Cellulose (WET) | →  | 10 wt%                |

FA mixing ration is one of the factors affect the WRC

| WRC                  | RS | FA ratio (at Max WRC) |
|----------------------|----|-----------------------|
| PG (DRY)             | →  | 20 wt%                |
| PG (WET)             | →  | 20 wt%                |
| PG + Cellulose (DRY) | →  | 10 wt%                |
| PG + Cellulose (WET) | →  | 30 wt%                |

## Conclusion

Experimental results can be concluded that the effect of wet PG-treatment of FA on the WRC of sands was negative. Although the WRC of sands can be increased by amending dry-modified FA, the effect is limited. In addition, the hysteresis effect should also be concerned. In the natural environment, the rainfall possibly could reduce the positive effect of PG-modified FA on water retention of soil afterwards. The effect of PG and Cellulose mixture treated FA amendment is positive. Cellulose has a positive effect on the water retention.



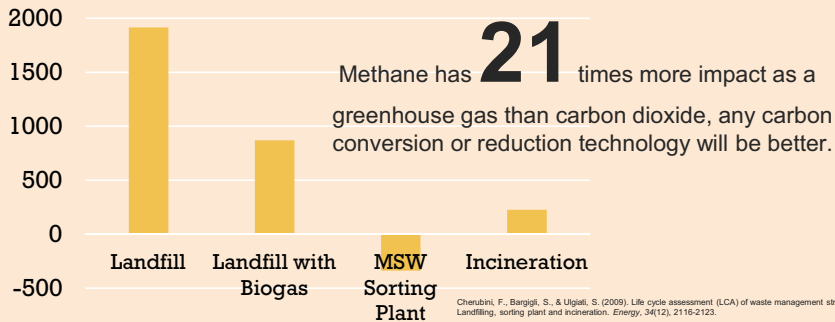
# ENERGY RECOVERY FROM EXCAVATED WASTE: PRELIMINARY SURVEY ON INDONESIAN LANDFILL

BASKORO LOKAHITA & FUMITAKE TAKAHASHI

Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 4259 Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226-8503, Japan

## INTRODUCTION

### GLOBAL WARMING POTENTIAL (kt CO<sub>2</sub>)



## OBJECTIVE

The objective in this preliminary study is to conduct field survey in target landfill site. The data we gathered from interview and literature review.

1. Identifying Landfill Profile and Site Map
2. Identifying amount and composition of input waste
3. Identifying potential environment impact from landfill operation
4. Explain the concept of Landfill mining for energy recovery

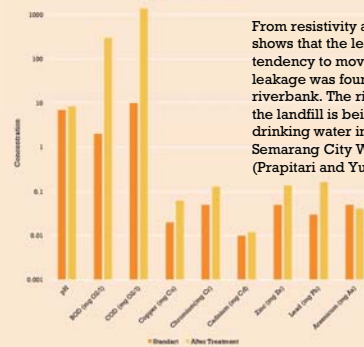
## DISCUSSION



### COMPOSITION OF WASTE GOING TO THE LANDFILL (2017)

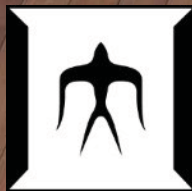
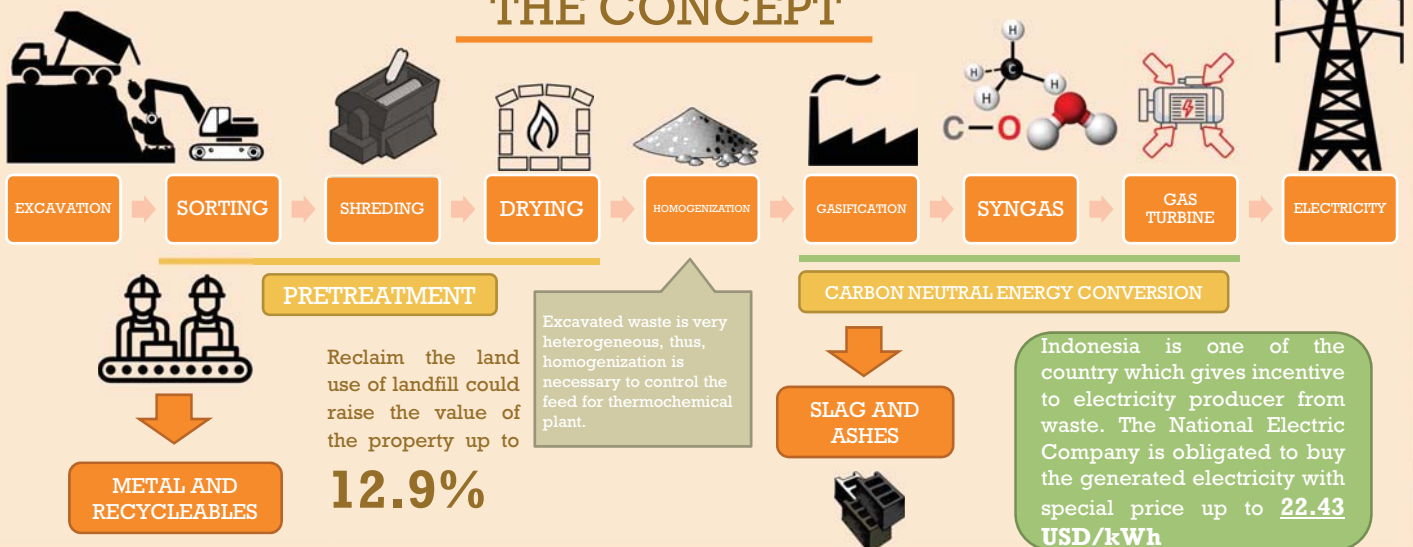


### Leachate Characteristic



From resistivity analysis, it shows that the leachate has a tendency to move south, and leakage was found in the riverbank. The river nearby the landfill is being used for drinking water intake by Semarang City Water Agency. (Prapitani and Yulianto, 2013)

## THE CONCEPT



Global Engineering course for Development, Environment and Society,  
Department of Transdisciplinary Science and Engineering,  
School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology

Waste Recycle Research group

# Preference of Seven Combined Trash Bin Designs In Japan Based on Web-questionnaires Using Pairwise Comparison Method



Qihui Jiang<sup>1</sup>, Shinya Suzuki<sup>2</sup> and Fumitake Takahashi<sup>1</sup>  
 1. Tokyo Institute of Technology  
 2. Fukuoka University

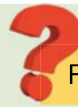
## BACKGROUND

In Japan, **waste separation** has been implemented over 40 years. There are 5 main types of wastes:



We always use **trash bins** (trash containers) to collect our wastes in private/public place.

An important social infrastructure



For the existing trash bin designs, which design is better ?



## OBJECTIVE

Find the preferred trash bin design from our daily life

## METHODOLOGY

1 Web questionnaires → Selection ratio

### Binary pairwise comparison method



Which design is better for waste separation and collection?

(ペットボトル、かん(缶)、その他(燃やすゴミ)をゴミ箱へ分別しながら捨てる時、より捨てやすい、分かりやすいと感じられるものをどちらかお選び下さい。)

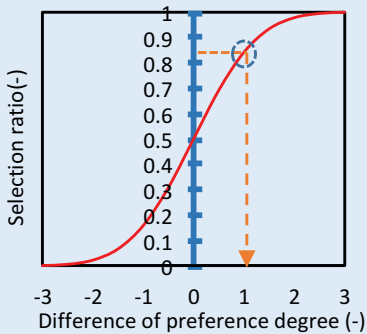


Questionees were adjusted to set equal male/female balance and equal age distribution from 20's to 60's at 10 age interval.

2 Selection ratio → Preference degree(Z value)

### Thurston's law of comparative judgement

Gaussian normal distribution  
 mean=0 variation=1



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

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

Relative degree of **preference degree(adjusted Z values)** of each object(trash bin) can be calculated from all selection ratio data.

## RESULTS & DISCUSSION

Higher Z values means higher preference.



Two preferred design

➢ Four trash bins design are more preferable than 3 trash bin design



6 times, totally 1470 questionees



## CONCLUSION

Colorful trash bin with detailed separation is preferred, appropriate design might be able to encourage users to separate wastes psychologically.

# Equilibrium and Kinetic Studies on Biosorption of Mercury (II) ions by *Cladophora* sp. algae

Rosamond Tshumah-Mutingwende<sup>1</sup>, Fumitake Takahashi<sup>1</sup>, Ewa Cukrowska<sup>2</sup> and Julien Lusilao-Makiese<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Japan

<sup>2</sup>Molecular Sciences Institute, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa



**Algae**

- Low cost
- Availability in every season
- Eco-friendly



- Ease of identification
- High metal removal efficiency

**Conventional treatment**

- High operational and maintenance costs
- Energy intensive processing
- Residual metal sludge disposal

**Passive treatment**

- Require more land area
- Limestone armouring, lowering efficiency

## Background



# Hg

TABLE 1: COEFFICIENTS OF THE LANGMUIR AND FREUNDLICH EQUILIBRIUM MODELS

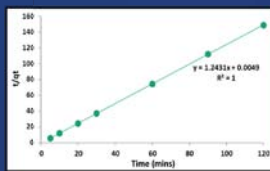
| Langmuir isotherm |                                      |                         | Freundlich isotherm |                                     |       |
|-------------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------|
| R <sup>2</sup>    | q <sub>m</sub> (mg g <sup>-1</sup> ) | B (l mg <sup>-1</sup> ) | R <sup>2</sup>      | K <sub>f</sub> (l g <sup>-1</sup> ) | n (-) |
| 1.00              | 1.01                                 | 11.14                   | 0.02                | 0.55                                | 27.93 |

- The Langmuir equilibrium isotherm model best described the results with a R<sup>2</sup>=1 compared to R<sup>2</sup>=0.02 for Freundlich model
- The calculated equilibrium maximum adsorption capacity =1010 mg kg<sup>-1</sup>

## INTRA-PARTICLE DIFFUSION MODEL



## PSEUDO 2<sup>ND</sup> ORDER MODEL



- C ≠ 0 ∴ pore diffusion is not the only rate-controlling step
- Two distinct regions—the initial pore diffusion due to external mass transfer effects followed by the intra-particle diffusion

- Pseudo 2nd order mechanism predominant
- chemisorption is the rate limiting step

## Conclusions

- More than 99 % Hg adsorption was observed at 1.0 mg l<sup>-1</sup>, pH 3 within the first 5 min of contact and equilibrium was attained after 10 min.
- The presence of competing cations reduced the extraction efficiency to a maximum of 67% after 60 min
- Kinetic studies showed the pseudo 2<sup>nd</sup> order model is the most suitable kinetics model for the adsorption of Hg<sup>2+</sup> on *Cladophora* sp. algae ∴ chemisorption is the rate limiting step
- The Langmuir equilibrium isotherm model showed the best correlation with R<sup>2</sup> = 1

Contact | Fumitake TAKAHASHI, Ph.D. School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology G5-13, 4259, Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, 226-8503, JAPAN / Tel: +81.45.924.5585 / E-mail: takahashi.f.af@m.titech.ac.jp

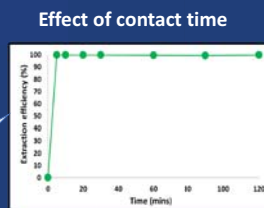
## Objectives

- To optimize process parameters
- To study the equilibrium and kinetic models for the adsorption of Hg on *Cladophora* sp. algae

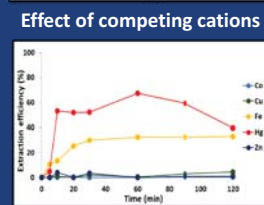
## Methodology

- Algae sampling
- Cleaning
- Characterization
- Algae culture (2-3 days)
- Acclimatization in distilled water (1 day)
- Batch adsorption tests performed in triplicates
- Control was setup in all the batch tests
- Heavy metal analysis
- Hg<sup>2+</sup> : FI-CVAAS
- Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> & Co<sup>2+</sup> : ICP-OES

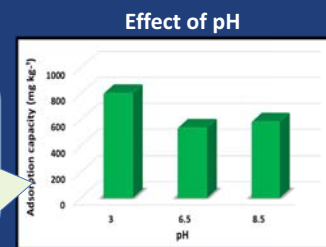
## Results & Discussions



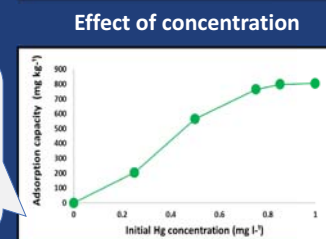
Rapid decrease in solution Hg concentration within the first 5 min



- Predominance of the carboxyl functional groups at low pH
- Decrease in H<sup>+</sup> ions (less competition for binding sites) and combination of precipitation and adsorption can be attributed to the high adsorption capacity at pH 8.5



- Increasing number of Hg<sup>2+</sup> ions in solution competed for the finite number of binding sites on *Cladophora* sp. surface
- A maximum adsorption capacity of 805 mg kg<sup>-1</sup> was observed at an initial Hg concentration of 1.0 mg l<sup>-1</sup> and optimum pH 3



# Correlation analysis of major elements in fly ash particles from fluidized bed thermal treatment of municipal solid waste incineration



Astryd Viandila Dahlan<sup>1</sup>, Hiroki Kitamura<sup>1,2</sup>, Yu Tian<sup>1</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> Center for Material Cycles and Waste Management Research, National Institute for Environmental Studies, Japan



## Background



Municipal Solid Waste (MSW) in Japan.



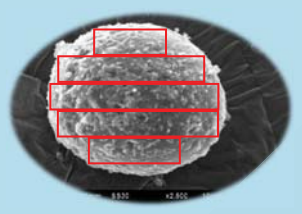
80% from total MSW are treated by incinerator



Secondary pollutant from incinerator : bottom ash and fly ash



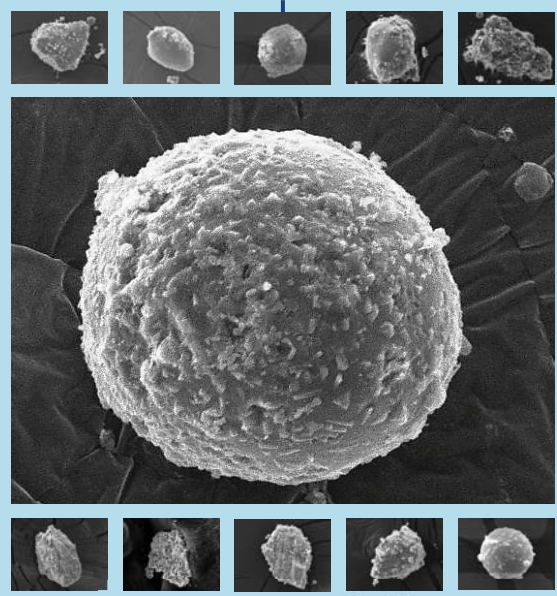
Surface elemental concentrations of 100 fly ash particles measured by SEM-EDS



Surface elemental concentrations of each fly ash particles measured by SEM-EDS

## OBJECTIVE

to investigate the correlation major elements in fly ash particles from fluidized bed incinerator

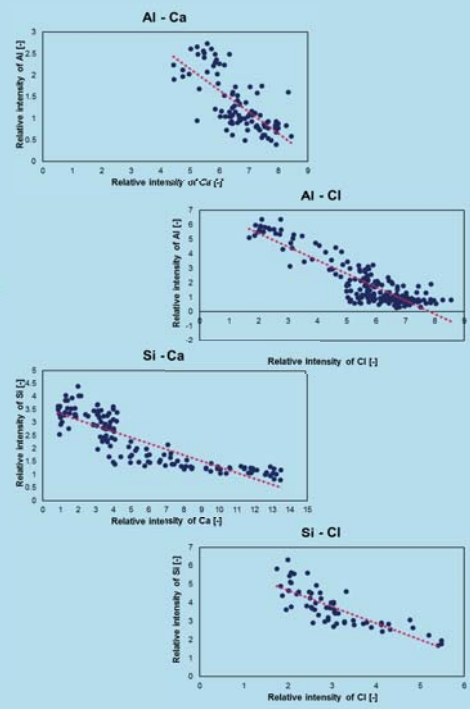
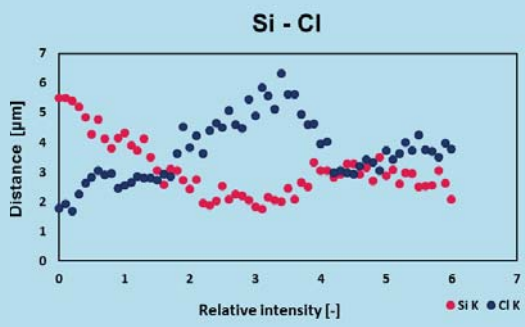
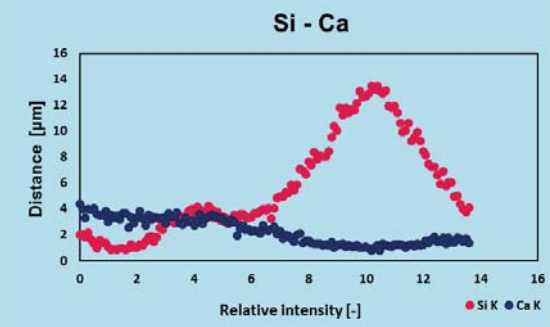
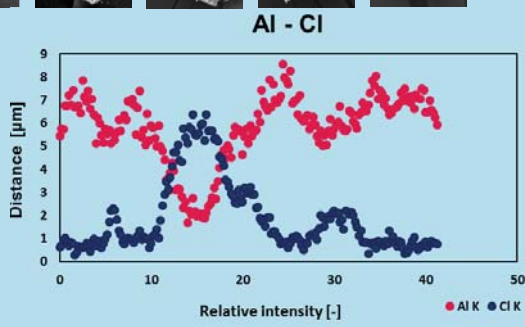
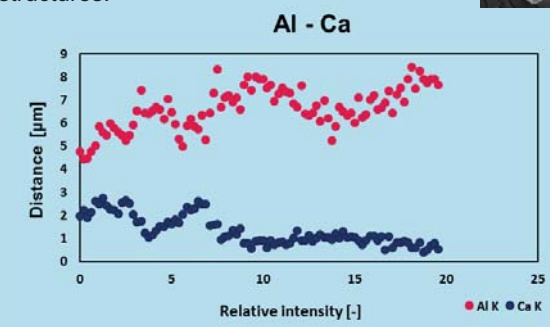


In this study, we focused on certain sections of fly ash particles on which **silicate (Si)** and **aluminum (Al)** were detected in higher concentrations than other particles.

## Results

MSW incineration fly ash particles consist of NaCl/KCl-base surface, Al/Ca/Si-base inner matrices, and Si-base cores with complex structures.

**Al-rich regions** in Al/Ca/Si-base inner matrices include **less** amount of **calcium and chloride**.  
**Si-rich regions** in Al/Ca/Si-base inner matrices also include **less** amount of **calcium and chloride**.



## Conclusion

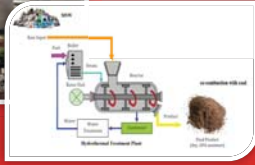
- silicate (Si) and aluminum (Al) has negative correlation with calcium (Ca) and chloride (Cl)
- Although sufficient number of observations and measurements are necessary, correlation analysis of major elements and metals of micro sections of fly ash particles might be useful to investigate elemental compositions of amorphous phase in fly ash particles

# COAL-ALTERNATIVE FUEL PRODUCTION FROM MUNICIPAL SOLID WASTES USING HYDROTHERMAL TREATMENT TECHNOLOGY UNDER UNCERTAINTY IN ZIMBABWE

Andile B. Maqhuza, Kunio Yoshikawa, Fumitake Takahashi  
Tokyo Institute of Technology



- > Poor MSW management
- > Leachate contamination
- > Toxic & odorous emission
- > Risk of fire in landfills
- > Power deficit
- > Coal supply unreliable
- > Hydrothermal Treatment Technology (HTT)
- > Waste to biochar



- > Stochastic Modelling
- > Risk Analysis
- > Monte Carlo Simulations
- > Probability Distribution
- > Distribution fitting
- > @RISK plugin software
- > Microsoft Excel

Municipal solid waste (MSW) management in Zimbabwe is substandard. Power generation is very poor due to unreliable coal supply & other factors. Hydrothermal treatment technology can convert MSW into a coal-like fuel. However, the amount of MSW & subsequent hydrochar that can be produced is largely unknown because waste collection data is not available. The objective of this study is to quantify the whole range of MSW generated & hydrochar that can be expected from Zimbabwe's urban areas using Monte Carlo Simulations

Using reported per capita MSW generation values, MSW characteristics and HTT data, a probability distribution model was developed on an Excel sheet equipped with Palisade's @RISK software. @RISK is capable of performing Monte Carlo simulations. Probability distributions were fitted into results and used in the simulations. Hence for the MSW generated, it calculated 50 thousand unique "what if" cases, storing the inputs & results of each calculation as individual scenarios or iterations.

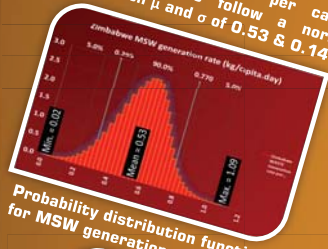
## INTRODUCTION METHODOLOGY



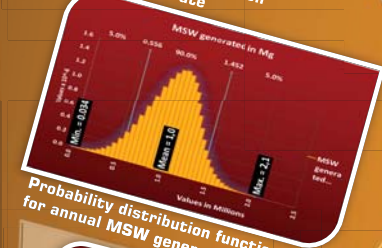
## CONCLUSION

Results of Zimbabwe MSW Characteristics are shown below:

Reported MSW generation per capita (kg/capita/day) figures follow a normal distribution with  $\mu$  and  $\sigma$  of 0.53 & 0.14.



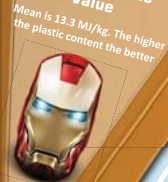
Probability distribution function for MSW generation rate



Probability distribution function for annual MSW generated

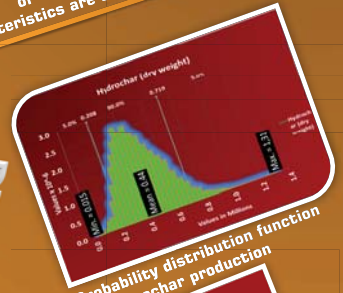


Tornado Diagram for MSW calorific Value

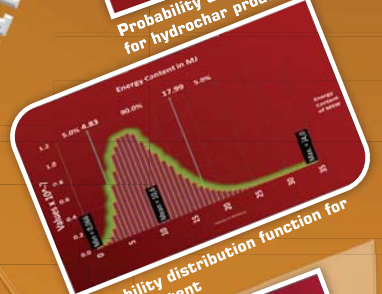


Mean is 13.3 MJ/kg. The higher the plastic content the better.

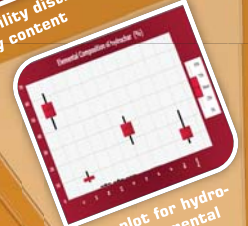
Results of expected MSW-derived hydrochar characteristics are shown below:



Probability distribution function for hydrochar production



Probability distribution function for energy content



Box plot for hydrochar elemental composition

A 90% confidence interval estimate of the MSW generation rate is 0.56-1.45 million Mg/yr. From this, an annual mean of 0.40-1.24 million Mg of can reasonably be expected to be collected to produce biochar.

The quantity of hydrochar that can be expected from the collected from the MSW is 0.21-0.72 million Mg/yr at a 90% confidence interval. The calorific value of the MSW is estimated to lie between 9.3-17.8 MJ/kg. The energy content that can be exploited from this converted MSW (to hydrochar) is 4.84-17.9 PJ annually

The stochastic methodology for estimating MSW generation and hydrochar production avoids the limitations of deterministic estimates as it paints a more clearer picture of all possible outcomes. Most of the data required to determine the waste quantities generated is stochastic in nature, and often such data is not recorded on the ground level by local authorities. Further research on the economic viability of biochar production to ascertain the level of business success from biochar production is needed.



Andile Blessings Maqhuza is a second year Master Course Student in the Department of Transdisciplinary Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, Japan. He is in the Global Engineering for Development, Environment and Society graduate program. His research interests cover value-added treatments of wastes, landfill disposal & biomass-to-energy. He belongs to TAKAHASHI LAB.

