

P-001 埋立処分場最終覆土における降雨時のメタンガスの挙動

伊豆本聰¹ 濱本昌一郎¹ 井本博美¹ 川本健² 西村拓¹

1 東京大学大学院農学生命科学研究所・2 埼玉大学大学院理工学研究科

satoshi.izumoto@soil.en.a.u-tokyo.ac.jp

背景と目的

✓ 地表面に湛水が生じている場合に、浸潤に伴って土中空気圧が上昇し、続いて土中空気が噴出する現象が、カラム実験で数多く報告されている。一方、埋立処分場最終覆土は通常、降雨浸透抑制のために締固め度が高く、容易に湛水するため、埋立処分場では降雨時にメタンガス噴出が生じる可能性がある。したがって、埋立処分場の環境リスクを評価する上で降雨浸潤時のメタンガス移動を理解することが必要である。しかし、このような降雨中に生じる浸潤が覆土内のメタンガス移動に与える影響について調べた例は少ない。

✓ 本研究では埋立処分場覆土の物理特性、降雨強度、メタンガス発生速度が降雨におけるメタンガスの噴出特性に与える影響を明らかにすることを目的とし、バッチ実験とカラム実験を行った。



図1. 降雨後の埋立処分場

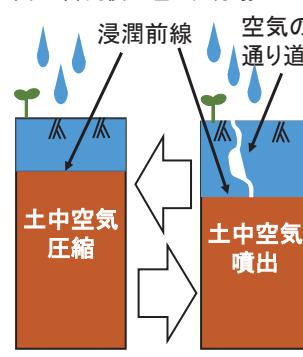


図2. 土中空気圧縮、噴出概念図

試料

埼玉県環境整備センター内の埋立処分場覆土と同じ場所で採取した土の2mm篩通過分(砂77%、シルト14%、粘土9%)を用いた。

実験方法(バッチ実験)

1. 50cc金属製容器に試料を充填した。
2. ピンに充填試料を入れた後、メタンガスを注入し、メタンガス濃度5%(残りは空気)に調整した。
3. ガスを8時間間隔で7回採取し、ガス濃度をガスクロマトグラフで測定した。



図3. バッチ実験装置

実験条件(バッチ実験)

乾燥密度 (g cm ⁻³)	1.40	1.50	1.60
含水比 (%)	20	20	12,16,20

実験装置(カラム実験)

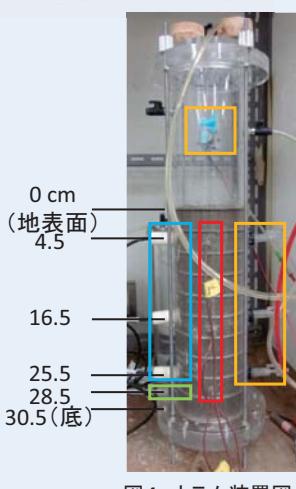


図4. カラム装置図

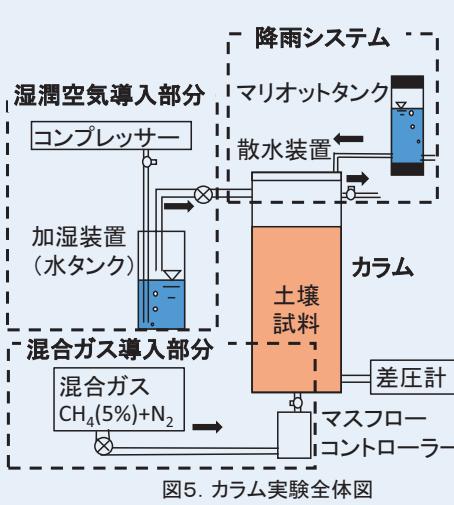


図5. カラム実験全体図

実験方法(カラム実験)

カラム下端からメタン混合ガスを注入し、内部のガス濃度が定常になった後、降雨を開始した。

実験条件(カラム実験)

乾燥密度 (g cm ⁻³)	降雨強度 (mm min ⁻¹)	測定項目		カラム内器具
		水分量	TDR水分センサー	
1.40	2.05	温度	熱電対	
	3.68	ガス濃度	ガス採取ポート	
1.50	1.80	土中空気圧	差圧測定ポート	
	0.88			
1.60	0.88			
	0.88	ガス噴出	なし	

謝辞: 本研究を遂行するにあたり埼玉県環境科学国際センターの長森正尚研究員にご助言を頂いた。ここに記してお礼申し上げます。

実験結果(バッチ実験)

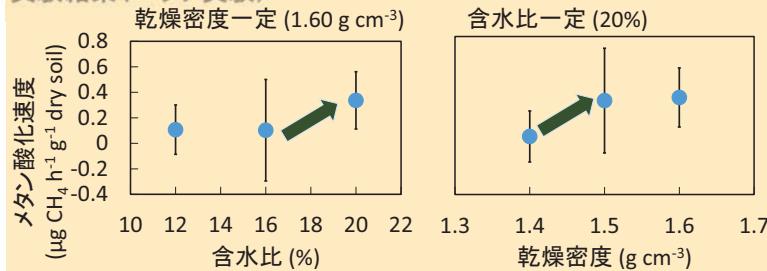


図6. 異なる含水比及び乾燥密度条件下におけるメタンガス酸化速度

➢ 含水比及び乾燥密度が高い条件で乾土質量あたりのメタン酸化速度が大きくなる傾向があったが、有意な差はなかった。

実験結果(カラム実験)

土中空気圧変化

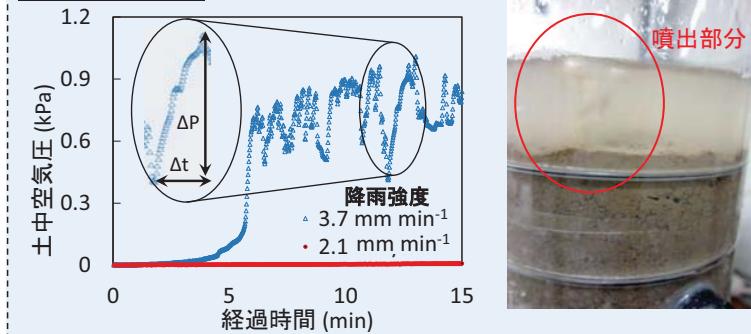


図7. 異なる降雨強度条件下における土中空気圧変化

➢ 降雨強度が大きい場合、浸潤部分の間隙が完全に水で塞がり、土中空気が逃げられなくなったため、土中空気が圧縮と急激な噴出を繰り返した。

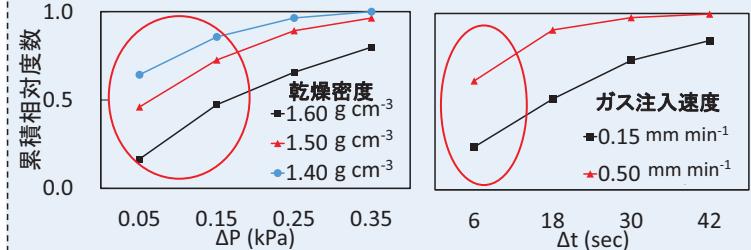


図8. 異なる乾燥密度、ガス注入速度条件下における噴出特性

➢ 乾燥密度が小さいほど間隙径が大きくなり、噴出に要する圧力が小さくなつた。 ➢ ガス注入速度が大きい場合、連続的な噴出が促進された。

メタン濃度変化

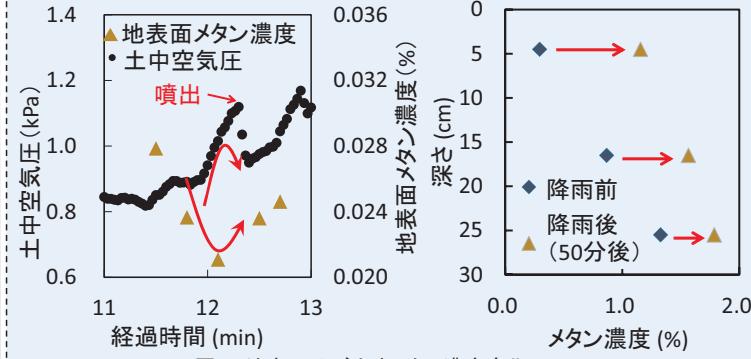


図9. 地表面及び土中メタン濃度変化
(乾燥密度1.50 g cm⁻³, ガス注入速度0.15 mm min⁻¹)

➢ 噴出後に地表面メタン濃度が上昇 ➢ 降雨によりガス移動が制限され、噴出ガスにはメタンが含まれていた。 ➢ 土中メタンガス濃度が上昇した。

結論

1. 埋立処分場覆土において、降雨強度が大きく湛水が生じる場合、メタンを含む土中空気の圧縮と噴出が繰り返し起こると考えられる。
2. 覆土の締固め度が高いほど降雨時に土中空気圧が高くなると考えられる。
3. 廃棄物層のガス発生速度が大きい場合、降雨時に連続的なガスの噴出が起ると考えられる。
4. 降雨時にはガス移動が制限され、浸潤開始後数十分で覆土内メタンガス濃度が上昇すると考えられる。

P-002 リン酸化合物添加によるバグフィルター差圧上昇抑制に関する研究

○(学)高橋 滋敏¹⁾, (正)黄 仁姫¹⁾, (正)松尾 孝之¹⁾, (正)松藤 敏彦¹⁾, 倉田 昌明²⁾, 前田 典生²⁾

1) 北海道大学, 2) 株式会社 タクマ

1. 研究背景・目的

● 研究背景

- ごみ焼却施設では、バグフィルター(BF)を用いた集塵が一般的
- BFで圧力損失(BF差圧)が排ガス処理全体の圧力損失の約6割
→ 排ガス処理におけるエネルギー損失が問題となる

● 研究の契機

- ある産廃焼却施設において、
リン酸廃液焼却時にBF差圧低下の報告
→ BF差圧低下によるエネルギー改善の可能性

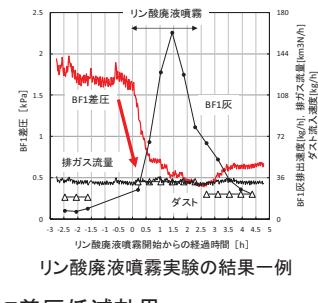
● 既往の研究

BF差圧低下に関してわかったこと

- リン酸が原因物質
- 現象は再現性がある現象
- ダストの物性変化の可能性
- 噴霧中に低下、噴霧終了後は上昇傾向

まだわかっていないこと

- ダスト付着量とBF差圧の関係
- リン酸噴霧時のBF差圧上昇傾向の変化
- リン酸代替物質としてのリン酸化合物のBF差圧低減効果

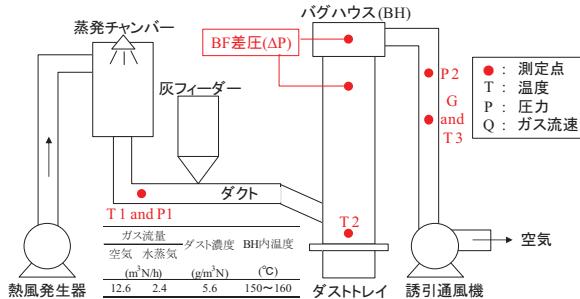


● 研究目的

リン酸化合物種によるBF差圧低減効果とBF差圧低減メカニズムの解明

2. ラボスケール試験

● ラボスケール実験装置



BH内にろ布(PTFE, φ130mm × 1000mm)を設置し集塵装置内に投入されたものを合わせてダストと定義

● 実験条件

- 飛灰(FA1, FA2)中リン濃度が0~18wt%となるよう
リン酸溶液(H_3PO_4) or 第一リン酸カルシウム($Ca(H_2PO_4)_2$)
をFAと同時投入
- 各RUNをID化しFA1or2-O△-□と表記した
○はブランクをB, H_3PO_4 をL, $Ca(H_2PO_4)_2$ をSとし、
△はリン濃度、□は実験回数とした

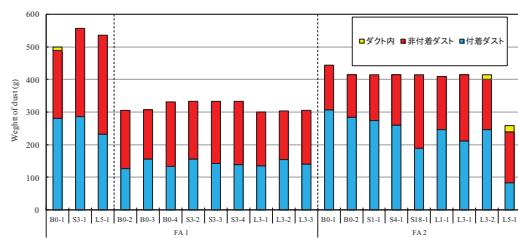
● 実験内容

- ダストバランス調査(付着ダスト量を知るため)
- 付着ダスト量と ΔP 調査(リン酸化合物種による ΔP 上昇傾向の違いを調べるため)
- リン酸噴霧時の付着ダストの物性調査(粒径、円形度、XRD)

3. 実験結果

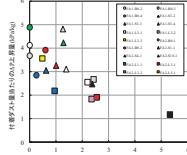
● ダストバランス

- 收支がとれた
- それぞれのRUN条件ではほぼ同じ付着量だった



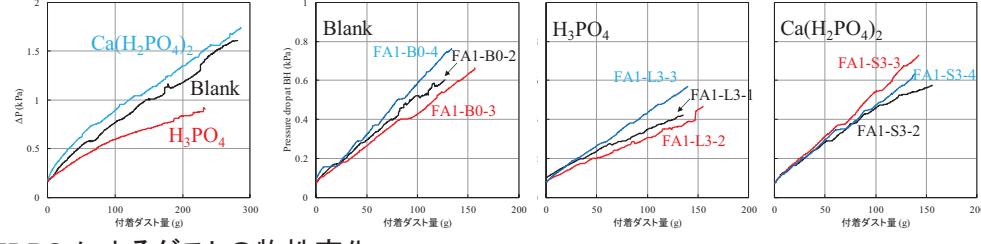
● ダスト中リン濃度と ΔP

- ダスト中リン濃度が5wt%までは
リン濃度が上昇するほど ΔP が下がった



● 付着ダスト量と ΔP

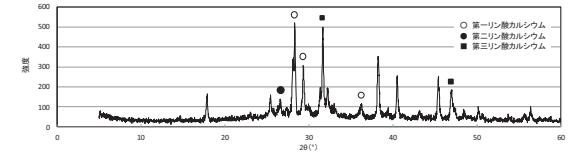
- リン濃度一定とし付着ダスト量で3条件を比較した時、 ΔP は H_3PO_4 条件が最も低かった
- $Ca(H_2PO_4)_2$ 条件はブランクとほぼ同じ傾向、同じ値だった
- 再現性が確認され、 ΔP は同一付着ダスト量では H_3PO_4 条件で下がることがわかった



● H_3PO_4 によるダストの物性変化

- H_3PO_4 によってダストの平均粒径が大きくなつた
- 反応生成物は主に $Ca(H_2PO_4)_2$ と考えられる

	Phosphorus concentration in dust (%-P)	Number of dust particles (-)	Average diameter (μm)	Average circularity (-)
FA2-B0-2	0.25	24416	9.44	0.871
FA2-L1-1	0.94	21256	12.65	0.847
FA2-L3-1	2.54	19284	12.53	0.835
FA2-L3-2	2.34	177708	12.93	0.841
FA2-L5-1	5.33	208345	12.2	0.838



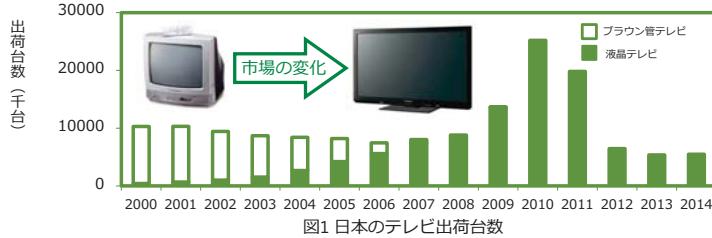
4. 結論

- ダスト中リン濃度が5wt%までは、 H_3PO_4 によってBF差圧が低下する
- $Ca(H_2PO_4)_2$ の場合でも、ダスト中リン濃度が2wt%を超えるとBF差圧低減効果がみられる
- H_3PO_4 によるBF差圧低減効果は、 $Ca(H_2PO_4)_2$ の反応生成に伴い、ダストの大粒径化が起こったためと考えられる

アルカリ溶融を用いた廃液晶ガラスの機能性素材化プロセスの開発

千葉大学院 工学研究科 笠原大慈 和嶋隆昌

Introduction



今後 液晶ガラス（アルミニノホウケイ酸ガラス）の廃棄量が増加

高い耐熱性と耐薬品性 → 通常のガラスと同様のリサイクルが困難
特殊な処理が必要

アルカリ溶融



液晶パネルのガラス（アルミニノホウケイ酸ガラス）の組成

表1 液晶ガラス（アルミニノホウケイ酸ガラス）の組成

Components	Mass (%)	
SiO_2	>50	
Al_2O_3	10.0~20.0	機能性物質ゼオライトの原料
B_2O_3	5.0~20.0	
$\text{MgO} + \text{CaO} + \text{ZnO} + \text{SrO} + \text{BaO}$	5.0~20.0	$\left(\text{SiO}_2 + 2\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{O} \right)$ $\left(\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{NaOH} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + \text{H}_2\text{O} \right)$

ゼオライトとは [化学式 : $\text{M}_n\text{Al}_n\text{Si}_{1-n}\text{O}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$]

- 多孔質アルミニケイ酸塩の総称
- 微細孔（直径0.3~2.0nmの細孔）が規則的に配列
- 触媒能、イオン交換などの機能

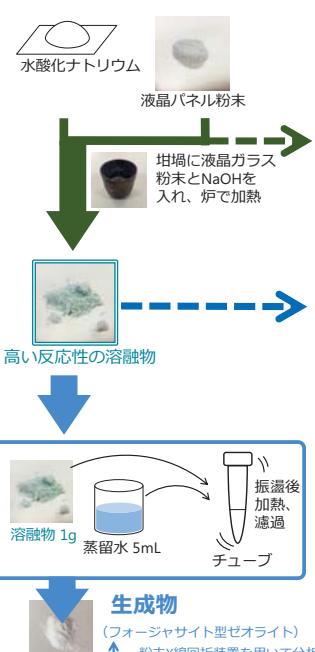


フォージャサイト型ゼオライト

研究目的

水酸化ナトリウムを用いたアルカリ溶融により液晶ガラスをアルカリ塩に転換し、アルカリ塩中のSi、Al成分からゼオライトを作るための溶融条件を明らかにする。

Methods



アルカリ溶融

実験1 加熱温度変化 100~800 °Cの間で変化

実験2 NaOH添加量変化

液晶ガラス重量の1.0~2.5倍の間で変化

実験3 加熱時間変化

0.5~7.0 Hの間で変化

Results

実験1 加熱温度変化

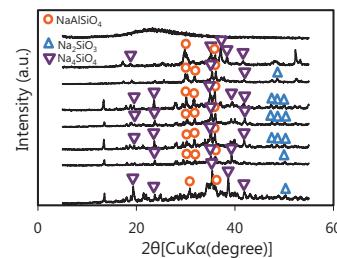


図2 各溶融温度の溶融物のXRDパターン

実験条件 加熱時間：3H 添加量：2倍

- 溶融物のXRDパターンからSi、Alを含むナトリウム塩のピークが確認できた。
- Si、Alとともに廃液晶ガラスはほとんど溶解性を示さなかった。
- 溶融処理により、300°Cで加熱した溶融物の溶解量はSi、Alともに大きく増加した。
- 300°C以上で加熱した溶融物の溶解量はほぼ一定となった。

実験2 NaOH添加量変化

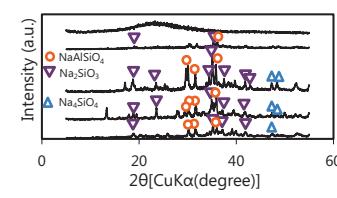


図4 各添加量の溶融物のXRDパターン

実験条件 添加量：1.5倍 加熱温度：400°C

- 溶融物のXRDパターンからSi、Alを含むナトリウム塩のピークが確認できた。
- Si、AlとともにNaOH添加量1.5倍まで溶解量が増加した。
- 1.5倍以降の溶解量はほぼ一定となった。

実験3 加熱時間変化

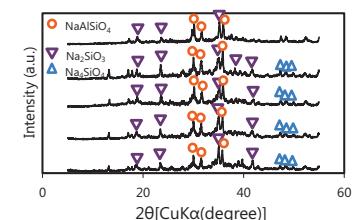


図6 各加熱時間の溶融物のXRDパターン

実験条件 加熱時間：3H 加熱温度：400°C

- 溶融物のXRDパターンからSi、Alを含むナトリウム塩のピークが確認できた。
- Si、Alとともに溶融時間による溶解量の大きな変化は見られなかった。

ゼオライトの合成

加熱温度400°C・添加量1.5倍、
加熱時間3Hで作成した溶融物を合成

→ フォージャサイト型
ゼオライトの生成を確認

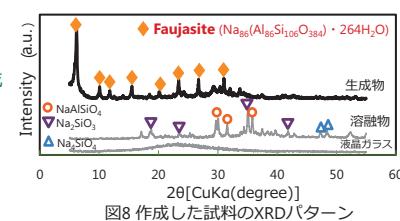


図8 作成した試料のXRDパターン

Conclusions

- アルカリ溶融により液晶ガラスをアルカリ塩に転換し、ゼオライトを作るための溶融条件を明らかにした。
- 実験により、加熱温度300°C以上、水酸化ナトリウム添加量1.5倍以上、溶融時間0.5時間以上で溶解性の高い溶融物を得られることが分かった。
- 加熱温度400°C・添加量1.5倍・加熱時間3Hで作成した溶融物からゼオライトが生成できた。

P-004 調査研究活動の活性化に向けた九州支部の試み

○ 鈴木 慎也*, 居倉修史**, 星野広志***, 島岡隆行****

*福岡大学 **福岡県リサイクル総合研究事業化センター ***日本環境衛生センター ****九州大学
814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1 E-mail: ssuzuki@fukuoka-u.ac.jp

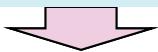


1. 開催に至るまでの経緯

◆調査研究事業(2007年～): 若手会員の研究活動の活発化、会員同士の情報交換・意見交換、共同研究の活性化
- 「支部」という限られた地域でどこまで共同研究を推進できるか？

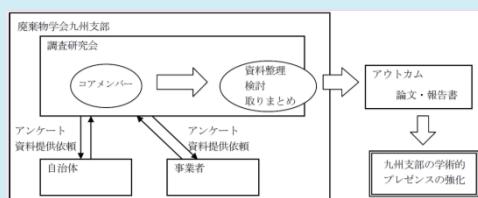
◆黎明期(2007年)

- 地域に根差した廃棄物研究、地域が抱える問題を取り上げる
- 府官学共同で、1つのテーマのもとで調査研究を行う
- 部会メンバーは学会員から広く公募する
- 研究期間：1～2年間
- 得られた成果は研究セミナーを通して学会員に還元、報告書作成
- セミナー参加者数：100名



◆創生期(2008年～)

- 研究面：廃棄物フローにおける「入」と「出」の不一致に着目
- 資源多消費型の構造、農業国かつ自動車生産基地
- 廃棄物マスフローにおける農業系廃棄物の重要性を明確にする

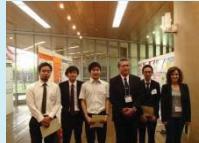


- 壮大な構想 →支部全体の活動としては広がりにくい
- 報告書作成、セミナー開催などはなかなかできない



◆派生期(2010年～)

- 若手研究者に研究発表の場を提供すべくポスター発表会を実施する
- 投票により優秀ポスター賞を選出し、表彰する



- ポスター発表自体は毎年盛り上がっている！

◆共同研究期(2011年～)

- 資源性廃棄物の不適切分別を招く心理的要因の定量的評価法の開発
- 九州支部幹事2名による共同研究(環境省環境科学研究総合推進費)

- 研究者が支部を移動すると継続困難になる
- 支部としての活動と言えるのか？

◆改めて「産・官・学」連携の推進を図る(2014年～)

- 何だかんだ言って、「学」側の連携のみが主体であった
- 「産」側の情報提供: 実務上の諸問題に対する情報提供・問題提起
- 「官」側の情報提供: 研究助成の紹介と自由討議
- 「学」側の情報提供: 研究動向の報告・課題解決

2. 「若手の集い」当日の様子

◆2016年2月22日(月)「若手の集い」

- 大学関係者10名、民間企業関係者5名、官公庁5名、話題提供者7名
- インプット志向の企画(会員以外を招いて自己研鑽)

- 「若手の集い」の名称はふさわしいのか？

- 何歳までが若手か？若手会員は一体何名いるのか？

◆経済産業省九州経済産業局

- サポイン事業: 地域で活躍する研究開発型企業群の層を厚く
- 環境・エネルギーも一分野(平成27年度実績)
(<http://www.chusho.meti.go.jp/keiei/sapoin/2016/160415SenryakuKoubo.htm>)

◆(国研)科学技術振興機構(JST)

マッチングプランナープログラム(<http://www.jst.go.jp/mp/>)

研究成果最適展開支援プログラム(A-STEP)
(<http://www.jst.go.jp/a-step/>)

ナノテクノロジープラットフォーム
(<http://www.jst.go.jp/nanotechpf/>)

◆(公財)北九州市産業学術推進機構(FAIS)

- 「実用化研究開発事業」、「シーズ創出・実用性県賞事業」
- 「低炭素化技術」含めた環境が一分野

◆(公財)福岡県リサイクル総合研究事業化センター

- 「研究会」、「共同研究プロジェクト」の2段階構成
(<http://www.recycle-ken.or.jp/sienseido.html>)

◆(公財)福岡県産業・科学技術振興財団 (ふくおかIST)

- 「産学コーディネートプログラム」、「研究開発FS事業」、「文部科学省補助事業 地域イノベーション戦略支援プログラム」

◆北九州市環境局

北九州市環境未来技術開発助成

- 「希少金属・資源のリサイクル」、「新エネルギー・省エネルギー及び工場廃熱等未利用エネルギーの導入・普及」、「水素エネルギーの導入・普及」
- 「実証研究」、「社会システム研究」、「FS研究」

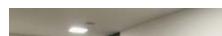
3. 今後の課題

◆開催時期: 入念な検討が必要

- ほとんどの研究助成の公募期間が春先に集中
- 年度末: 民間企業は繁忙期、大学関係者も卒業論文発表会など
- 会場レイアウト、タイムスケジュールなどにも工夫が必要

◆実際に共同研究につながるか？

- まずは日常的に人間関係を構築しておくことが大事
- 若手会員を増やすにはどうしたらいいか？



3. 今後の課題

◆開催時期: 入念な検討が必要

- ほとんどの研究助成の公募期間が春先に集中
- 年度末: 民間企業は繁忙期、大学関係者も卒業論文発表会など
- 会場レイアウト、タイムスケジュールなどにも工夫が必要

◆実際に共同研究につながるか？

- まずは日常的に人間関係を構築しておくことが大事
- 若手会員を増やすにはどうしたらいいか？

【格安スマホを活用した建設廃棄物輸送管理システムの構築と導入】

○(正)水田和真¹⁾,佐藤敦司²⁾,高磯徹³⁾

1) (一財)関西環境管理技術センター, 2) 沖電気工業(株), 3) 阪神高速技術㈱

研究概要 建設汚泥(産廃)を再利用する再生活用事業実施にあたり、近年普及した格安スマホを用いた建設廃棄物輸送時の位置情報管理システムの構築導入を行った。

研究経緯 1. 平成22年に建設汚泥の再生活用事業(埋立面積8.4ha/計画土量80万m³)を個別指定制度を利用して事業化。建設廃棄物のトレーサビリティ向上のため、同年より廃棄物輸送管理システムを構築し、現在も運用中である。運用実績は5年間で累計14.5万台。

2. 新たな再生活用事業の事業化に際し、廃棄物輸送管理システムが必要となり、既存システムと併用して使える新規デバイスを検討。
最新デバイスの技術動向や操作性、汎用性を検討して、格安スマホ(本体+SIM)を新たなデバイスとして選定し、アプリ開発・構築を行った

3. 平成28年2月より、大阪の土地区画整備事業(埋立面積2.3ha/計画土量15万m³)にて新システム導入。最大時250台/日で運用開始した。

研究手法

- 複数デバイスによる走行試験の実施
(既存システム+携帯デバイス8機種による比較試験)
- 1回/分、24H×7日間の連続稼働によるGPS位置情報取得状況の解析

**住民・行政のニーズ**

- 建設汚泥処理土のトレーサビリティの確保
- 事業期間中のダンプ輶轍による周辺道路の渋滞、混雑の緩和
- ダンプの休憩・待機場所把握(寄り道、路上休憩の把握)

システムフロー**機器構成と特徴**

既存システム：専用車載器+通信機



- 【機器構成】**
・専用カーナビ型車載器
・通信端末

新規システム：格安スマートフォン

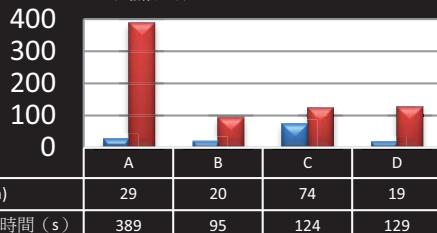


- 【機器構成】**
・格安スマートフォン(市販品)
・格安SIM(市販品)
・専用位置情報アプリ(Android:開発品)

専用車載器+通信機		格安スマートフォン
位置情報捕捉	カーナビGPS位置捕捉(GPS衛星3基の信号から位置を特定する) マップマッチング(自車位置を地図の道路上に補正)	GPS位置補足 (A-GPS対応により携帯電話基地局の位置データを併用し、測位スピードが早い)
操作性	タッチパネル/4.3インチ液晶 感圧式(ディスプレイに指で圧力を加えることで操作)	タッチパネル/4.5インチ液晶(採用機種) 静電容量式(体内の微量な電流を感じて操作)
連絡方法	メッセージ送受信機能	メッセージ送受信機能、通話機能(スマートフォン機能)
拡張性	専用端末のアプリ開発が必要	Androidアプリ導入可能。ブラウザで電子マニフェスト情報等も参照可能
汎用性	専用端末	Androidのスマートフォンであれば、アプリ導入可能
導入コスト	専用カーナビ端末の為、高額(数万円~)	各メーカーの格安スマホが使用可能(~数万円)
通信費用	大手通信キャリアのみ選択可能(千円~)	MVNO(格安SIM)使用可能(~千円)
ソフトウェア更新	専用端末にSDカードを挿入してアップデート	インターネット経由でアップデート

⇒デバイスを専用車載器から格安スマートフォンへの変更をおこなっても、同等以上の運用が実現可能である。

デバイス毎GPS捕捉状況 A:既存機種 B:携帯デバイス D:格安スマートフォン
(※抜粋データ)

**結論**

汎用ICT機器デバイス導入により、廃棄物管理のトレーサビリティが容易に向上できた。

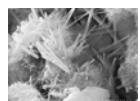
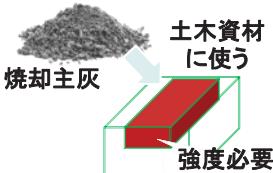
- ・測位速度、操作性、汎用性の向上
- ・導入コスト/ランニングコストの低廉化
- ・緊急時の連絡手段提供(通話機能使用)
- ・電子マニフェスト等情報を参照可能(常時インターネット接続)

化学物質の溶出特性からみた焼却灰の一軸圧縮強さ予測に関する基礎的研究

立命館大学大学院 ○筒井祐貴, 国立環境研究所 石森洋行, 立命館大学 建山和由

1. 研究背景・目的

<<背景>> 焼却灰は土木資材に使用できる可能性がある.



強度は焼却灰に発生する
鉱物に依存している

特に、エトリンガイトと $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の生成
が強度に大きな影響を及ぼしている?

<<目的>> 本研究では、焼却灰の化学組成が圧縮強さや生成する鉱物に及ぼす影響を調べる。

✓ 以下の3つの関係を調べる

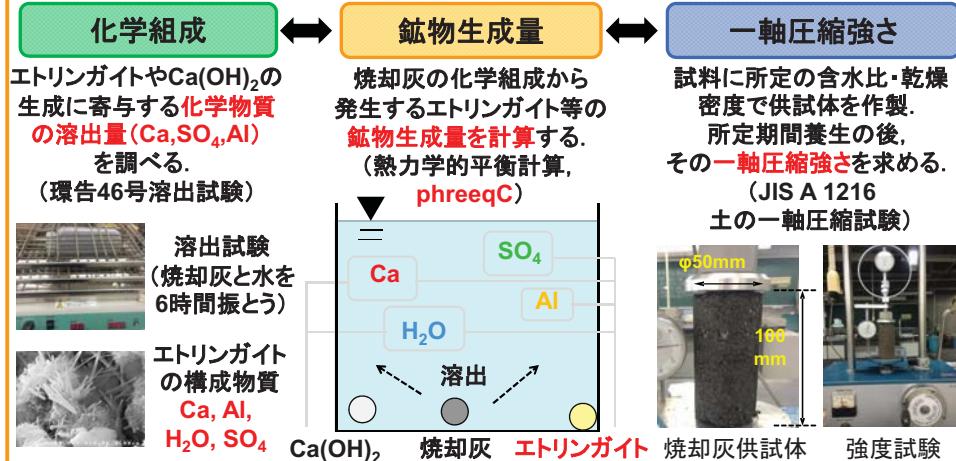
- ・ 焼却灰の化学組成($\text{Ca}, \text{Al}, \text{SO}_4$)
- ・ 鉱物生成量(エトリンガイト, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 等)
- ・ 一軸圧縮強さ

2. 試験概要

使用した試料

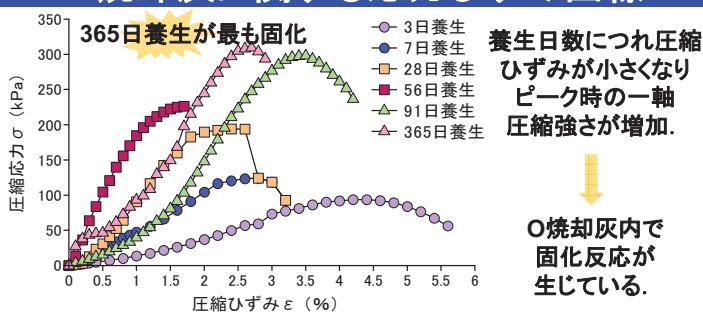
試料名	S焼却灰 (産業廃棄物)	O焼却灰 (一般廃棄物)	K焼却灰 (医療系廃棄物)
土粒子密度 (g/cm ³)	2.61	2.68	2.59
含水比 (%)	0.14	58.6	40.9
強熱減量 (%)	0.25	16.9	15.2
化学組成 (%)	SiO ₂ : 69.3 Al ₂ O ₃ : 12.2 Fe ₂ O ₃ : 4.1 CaO: 5.6	SiO ₂ : 22.4 Al ₂ O ₃ : 17.6 Fe ₂ O ₃ : 7.2 CaO: 33.9	SiO ₂ : 29.2 Al ₂ O ₃ : 13.7 Fe ₂ O ₃ : 4.4 CaO: 21.0

試験方法

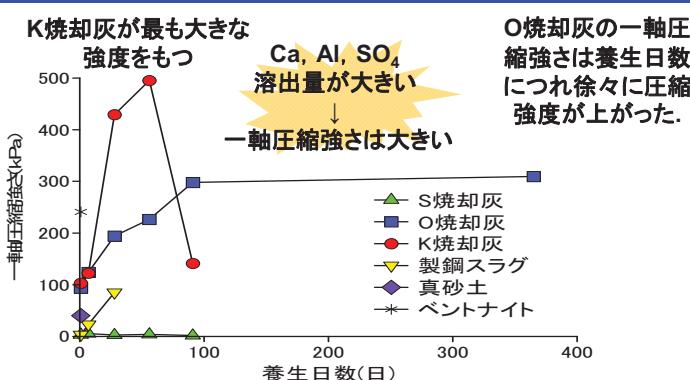


3. 試験・解析結果

O焼却灰に関する応力ひずみ曲線



一軸圧縮強さと養生日数の関係



溶出試験

	単位	S焼却灰	O焼却灰	K焼却灰
pH	-	9.6	12.1	10.6
電気伝導度	mS/m	10.5	434	758
Ca	mg/L	15.8	31.2	764
Al	mg/L	0.36	12.6	0.54
SO ₄	mg/L	< 5.0	118	420
Ca/Al	-	43.9	2.5	1410
Ca/SO ₄	-	3.2	0.3	1.8

<<溶出量について>>

① $\text{Al} \text{ or } \text{SO}_4 > \text{Ca}$
→エトリンガイト

② $\text{Al} \text{ or } \text{SO}_4 < \text{Ca}$
→ $\text{Ca}(\text{OH})_2$

エトリンガイトや $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が焼却灰中に生成され、大きな強度を発現した。

熱力学的平衡計算

	S焼却灰	O焼却灰	K焼却灰	
供試体	含水比 (%)	19.6	44.2	41.3
作製条件	乾燥密度 (kg/m ³)	1640	1140	1190
鉱物生成量	エトリンガイト	29.5, (8.5%)	1130, (45.2%)	190, (0.85%)
(mg/kg, (%)	Ca(OH) ₂	289, (83.4%)	932, (37.1%)	21300, (94.6%)
	CaSO ₄ ·2H ₂ O	0, (0%)	0, (0%)	1020, (4.5%)
	Al(OH)	7.6, (2.2%)	447, (17.8)	0, (0%)
試験結果	圧縮強さ (kPa)	5.3	310	495

O焼却灰の圧縮強さはK焼却灰とほぼ同様であり、S焼却灰より60倍大きい。
→エトリンガイトは $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (水酸化カルシウム)や $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (石膏)等より強度に及ぼす影響は大きいと示唆される。

4. 結論・謝辞

- ・ エトリンガイトは水酸化カルシウムや石膏等より強度に及ぼす影響は大きいと示唆される。
- ・ 焼却灰の溶出濃度を利用した熱力学的平衡計算は、エトリンガイトや水酸化カルシウム等の鉱物生成量と焼却灰の圧縮強さを予測することに効果的であるとわかった。
- ・ 本研究は一般財団法人レントオール奨学財団の助成を受けて実施した。ここに謝意を表する。

P-007 開発途上国における廃棄物管理とその他の都市開発セクターの連関: ダッカ市(バングラデシュ)を事例として

澤村新之介, 阿部直也

東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系

1. 研究目的・研究背景

研究背景

- 連関とは...「ある問題が他の問題に影響を与える関係性」
- 廃棄物管理は、他の都市開発セクターと様々な連関あり
- ODA事業は、特定の機関の特定のセクターに対するアプローチ
→ 機関やセクターをまたぐ問題に対してはアプローチが難しい
- 既存研究:都市行政のコンテキストで、機関やセクターをまたぐ問題に焦点を当てた研究は極めて少ない



包括的な都市開発、及び廃棄物管理の強化のため、廃棄物管理と他の都市開発セクターの連関を明確化する必要あり

ダッカ市

- 人口約891万人、面積316km²、バングラデシュ国の首都
- 市役所(北・南)、上下水道局、首都圏開発局、環境局、首都圏警など多数の行政機関の間での弱いつながり

どのような点で連携を強めるべきか知るため、優先度の高いセクター間の連関を把握する必要あり

研究目的

ダッカ南・北市役所廃棄物管理局職員が認識する廃棄物管理と他の都市開発セクターの連関及び優先度を把握すること

2. 研究手法

インタビュー調査概要

当国の廃棄物管理専門家の協力のもと、インタビュー調査を実施

調査期間: 2015年9月2日~19日(18日間)

回答者: ダッカ南・北市役所 廃棄物管理局職員 計31名

	清掃局長	副清掃局長	清掃監督員	清掃検査官	清掃員	計
ダッカ北	回答者	0	5	1	8	0 14
市役所	母集団	1	5	2~5	30~40	3,000~
ダッカ南	回答者	1	4	2	10	0 17
市役所	母集団	1	5	2~5	30~40	3,000~

質問事項:

Q.1 優先度の高い廃棄物管理の要素(1,2,3位を選択形式で)

(一次収集、二次収集、道路・排水路の清掃、最終処分、リサイクル・コンポスト、産業廃棄物、医療廃棄物、住民参加、法制面、組織、財政管理、民間委託、その他)

Q.2 優先度の高い都市開発セクター(1,2,3位を選択形式で)

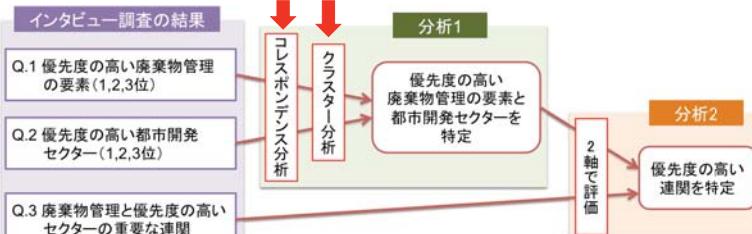
(ただし廃棄物管理を除いた、上水道、下水道、排水、大気汚染の管理、交通、電力供給、スマム地域改善、都市計画、行政機関の調整・連携の拡大、その他)

Q.3 廃棄物管理と優先度の高いセクターの重要な連関(自由回答形式で)

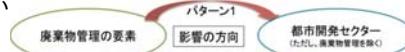
データ分析フロー

コレスポンデンス分析: 質的多次元データを単純化し二次元で可視化することによって、変数間もしくは個体間の構造的関連性を把握する分析法

クラスター分析: 変数間もしくは個体間の類似度(距離)に基づいて、最も似ている個体から順次集めてクラスターを作っていく分析法

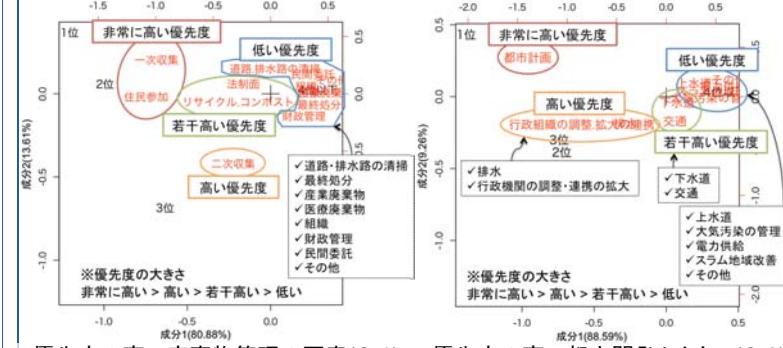


- 回答数(Q.3)が多いほど、その連関の優先度は高い
- 連関の影響を受ける側の廃棄物管理の要素、もしくは都市開発セクターの優先度が高いほど、その連関の優先度も高い



3. 分析結果

分析1: 優先度の高い廃棄物管理の要素と都市開発セクター



優先度の高い廃棄物管理の要素(Q.1) 優先度の高い都市開発セクター(Q.2)

分析2: 廃棄物管理と優先度の高いセクターの重要な連関

職員が述べた連関は、その性質から4つのグループに分類できた

赤星付きの連関は、分析結果、特に優先度が高いと評価されたもの

連関	回答数	関係する廃棄物管理の要素	影響の方向	関係する都市開発セクター
グループA: 都市計画が廃棄物管理を考慮していないこと				
★ 二次収集用の中継所の確保されていないこと	17	二次収集(3)	都市計画(4)	
ガス・水道等の工事のための度重なる道路掘削作業	6	道路・排水路の清掃(1)	行政機関の調整・拡大の連携(3)	都市計画(4)
グループB: 廃棄物管理に関する法が順守されないこと				
★ 市民に廃棄物管理に関する法が順守されないこと (特に不法投棄、不法な土地の占有)	14	道路・排水路の清掃(1) 住民参加(4) 法制面(2)	行政機関の調整・連携の拡大(3)	
不法投棄や不法建設などを行う建設業	9	道路・排水路の清掃(1) 法制面(2)	行政機関の調整・連携の拡大(3)	
グループC: 排水と廃棄物管理の相互依存関係				
★ 固形廃棄物による排水路の詰まり	14	道路・排水路の清掃(1) 住民参加(4)	排水(3)	
他の行政機関(特にダッカ上下水道局)による不十分な排水路の管理・清掃	9	道路・排水路の清掃(1)	行政機関の調整・連携の拡大(3)	排水(3)
冠水による廃棄物の散乱	5	道路・排水路の清掃(1)		排水(3)
ダッカ市役所による不十分な排水路の管理・清掃	5	道路・排水路の清掃(1)	行政機関の調整・連携の拡大(3)	排水(3)
冠水による清掃業の妨げ	5	道路・排水路の清掃(1)		排水(3)
グループD: 交通渋滞による廃棄物管理の妨げ				
★ 交通渋滞による二次収集の妨げ	14	二次収集(3)	交通(2)	

※括弧内の数字は分析結果に基づいた優先度を示す (4: 非常に高い、3: 高い、2: 若干高い、1: 低い)

※回答数が10人以上、かつ影響を受ける側の要素/セクターの非常に高い優先度、もしくは高い優先度の連関を、特に優先度が高いと評価した

4. 結論

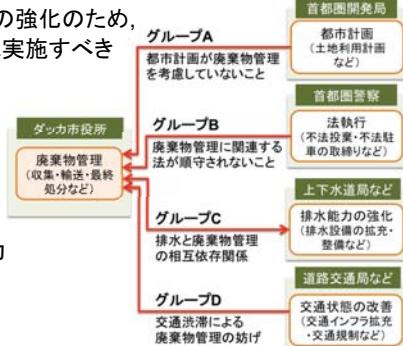
包括的な都市開発及び廃棄物管理の強化のため、ダッカ市では、下記の4点を優先的に実施すべき

A) 首都圏開発局による廃棄物管理 (特に収集中継所の用地) を考慮した都市計画の策定

B) ダッカ首都圏警による廃棄物管理に関連した法執行の実施

C) 引き続きの廃棄物収集と排水能力両方の強化

D) 引き続きの交通状態の改善



謝辞: 本研究を遂行するにあたり、八千代エンジニアリング株式会社 石井明男様にご助力頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

湿式メタン発酵のための固体食品廃棄物の前処理

静岡県工業技術研究所:中島大介 室伏敬太 太田良和弘 山梨罐詰株式会社:松村英功 望月光明

1 背景

食品廃棄物

- ・食品リサイクル法により、食品製造企業に対し食品廃棄物の有効活用を義務付け
- ・1日数トン程度の食品廃棄物を排出する小規模な食品製造企業でも、年間1,000万円以上の処理費用が発生

エネルギー

- ・東日本大震災をきっかけとした再生可能エネルギーの需要の高まり
- ・静岡県では平成23年3月から「ふじのくに新エネルギー等倍増計画」を策定し、再生可能エネルギーの導入を促している。

中小規模食品製造企業向け小型メタン発酵システムを開発し、再生可能エネルギーの導入を促すと共に食品廃棄物処理の負担を軽減する。

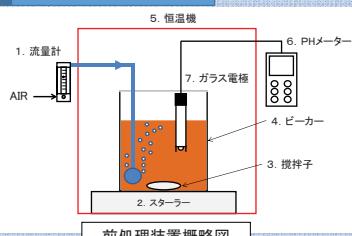
4 固形物の前処理

・難分解性の固体物がそのままメタン発酵槽に導入された場合、分解しきれない固体物が槽内に蓄積し、メタン発酵に悪影響を与える。

固体分を可溶化する適切な前処理が必要

・本研究では小型メタン発酵プラント開発の趣旨にあう前処理方法として**微生物を利用した前処理方法を検討**

5 前処理方法の検討



前処理装置概略図

原料	ラビットフード
配合量	ラビットフード20g 蒸留水180g
処理温度	35°C
処理pH	5.5~6.5 (NaOH溶液で調整)
処理時間	4日間

・食品廃棄物のモデルとして、難分解性固体物である繊維質が多く含まれるラビットフードを採用した。
・試験は一日一度処理液を回収する方法と、未回収で継続する方法の2種類を比較した。

7 メタン発酵原料としての評価

・回収した処理液と他の廃棄物(シロップ廃液、汚泥等)を配合してメタン発酵原料とし、ラボスケールのメタン発酵槽に投入した。

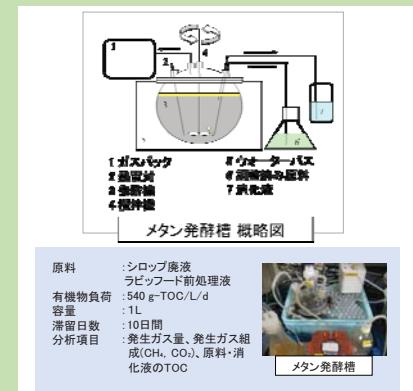
・メタン発酵原料は有機物5,400 ppm-TOC,C/N=25になるように調整し、有機物負荷の中の処理液の割合(投入比率)を徐々に高めていった。

・処理液の投入比率が100%になつても、ガス発生量は約1,000mL/g-TOC/dで安定していた。また、有機物の分解率(TOC 分解率)も約80%以上で安定した。



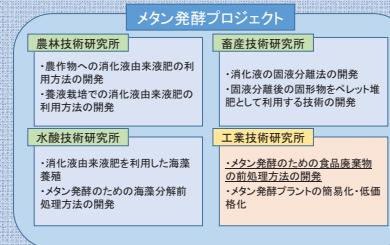
原料	シロップ廃液 ラビットフード前処理液
有機物負荷	540 g-TOC/L/d
容量	1L
滞留日数	10日間
分析項目	発生ガス量、生成ガス組成(CH_4, CO_2)、原料・消化液中のTOC

メタン発酵槽 概略図

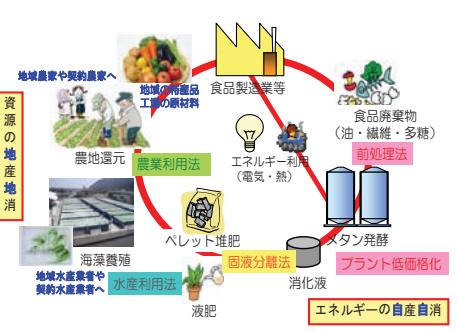


2 メタン発酵プロジェクト

- ・静岡県新成長戦略研究「分散型エネルギー社会に貢献する小型メタン発酵プラントの開発」(通称:メタン発酵プロジェクト)
- ・静岡県の公設試験場と県内企業が一丸となり、小型で導入しやすい静岡県版メタン発酵プラントの開発を進めている。



3 最終的な目標



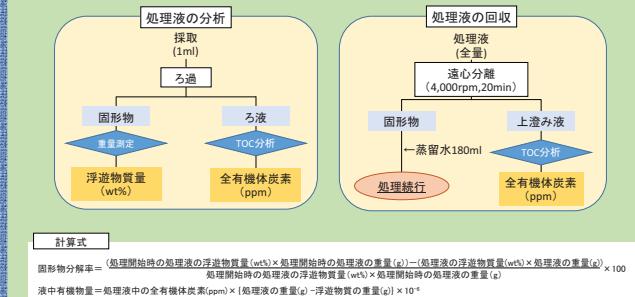
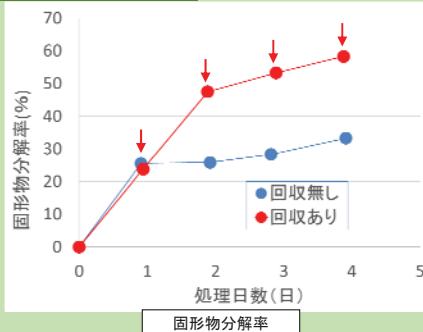
4 固形物の前処理

・難分解性の固体物がそのままメタン発酵槽に導入された場合、分解しきれない固体物が槽内に蓄積し、メタン発酵に悪影響を与える。

固体分を可溶化する適切な前処理が必要

・本研究では小型メタン発酵プラント開発の趣旨にあう前処理方法として**微生物を利用した前処理方法を検討**

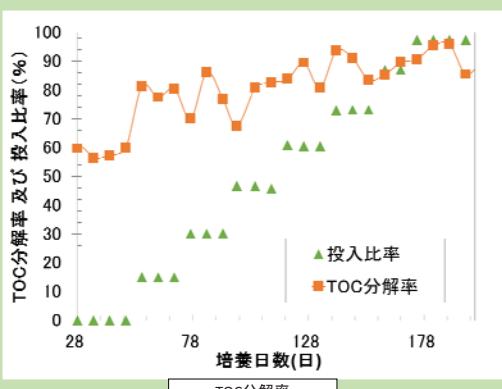
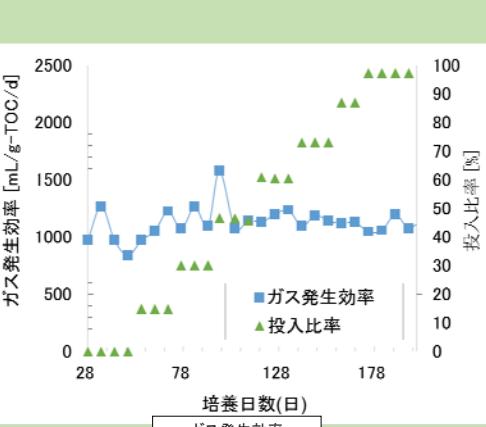
6 前処理手法の評価



※矢印は回収のタイミングを表す

・処理液を回収した場合、固体物の分解は4日目まで増加している。

・処理液を蓄積された可溶性有機物は処理1日目以降は分解されてしまう。適切に処理液を回収することで可溶性有機物の分解を回避することができる。



8 まとめ

・固体の食品廃棄物をメタン発酵するため、微生物を利用して可溶化する前処理を検討した。

・微生物を利用した前処理では、処理液を適宜抜き取ることによって固体物の分解量が増加し、利用できる有機物も効率的に蓄積させることができる。

・回収した処理液をメタン発酵槽に投入し、メタン発酵に有利な原料であることを確認した。

9 今後の検討

・分解に関連する微生物の同定

・ベンチスケールの油分・固体分前処理装置の試作

・実際の廃棄物を用いた検討





ルーメン処理への界面活性剤添加によるメタン発酵効率向上

瀧澤修平¹, 馬場保徳², 多田千佳¹, 福田康弘¹, 中井裕¹⁽¹⁾東北大学大学院農学研究科、⁽²⁾石川県立大学生物資源工学研究所

背景・目的

ルーメンハイブリッド型メタン発酵システム (Baba et al., 2013)



ルーメン処理にも応用可能か?

目的 ルーメン処理時の界面活性剤添加による、
ルーメンハイブリッド型メタン発酵システムの高効率化

結論・今後の展望

ルーメン処理

◆ SDS 0.1, 0.2 mg/ml 添加によって古紙の断片サイズが小さく分解されていた。

◆しかし、SDS 添加による古紙およびペーパースラッジの可溶化・有機酸生成の促進は確認できなかった。

メタン発酵

◆ SDS 0.1, 0.2 mg/ml 添加によって古紙からのメタン生産量が約10%向上し、さらにメタンガス回収日数を約35%短縮した。

◆ペーパースラッジを基質とした場合および0.4, 0.8 mg/mlのSDSを添加した場合、メタン生産量は減少した

展望

他の界面活性剤も調べることで、ルーメンハイブリッド型メタン発酵システムのさらなる高効率化が期待される。

材料と方法

【材料】

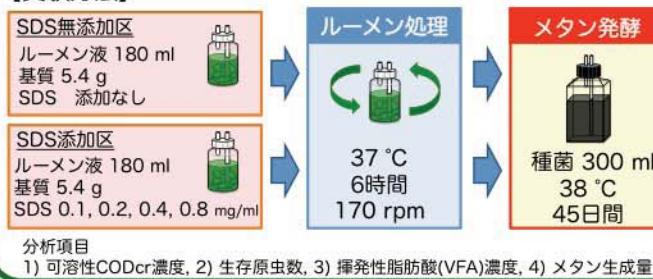
基質① 古紙	縦35mm × 横25mm セルロース 71.3% ヘミセルロース 18.5% リグニン 8.9% その他 1.3%
-----------	--

基質② ペーパースラッジ	粗灰分 66.2% セルロース 8.5% ヘミセルロース 2.7% リグニン 13.7% その他 8.9%
-----------------	---

材料① ルーメン液	東北大附属農場で飼育されているホルスタイン牛から経口採取
--------------	------------------------------

材料② ドデシル硫酸Na (SDS)	陰イオン性界面活性剤 本実験では、界面活性剤のモデルとして使用
-----------------------	------------------------------------

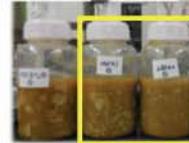
【実験方法】



結果① ルーメン処理

古紙

無添加区 添加区

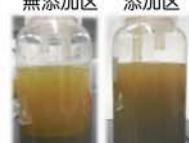


SDS 0.1, 0.2 mg/ml
古紙の断片サイズが小さくなった

分析項目	SDS濃度 (mg/ml)				
	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8
可溶性COD (g/L)					
ルーメン処理 0h	8.09	7.92	8.18	8.33	8.56
ルーメン処理 6h	8.85 ^c	8.92 ^c	9.39 ^{bc}	9.78 ^{ab}	10.28 ^a
総VFA (g/L)					
ルーメン処理 0h	4.44	4.31	4.51	4.38	4.28
ルーメン処理 6h	5.32 ^a	5.12 ^{ab}	4.95 ^{ab}	5.05 ^{ab}	4.43 ^b
生存原虫数 ($\times 10^4$ cells/ml)					
ルーメン処理 0h	18.75 ^a	12.50 ^{ab}	10.50 ^{ab}	6.00 ^{bc}	1.25 ^c
ルーメン処理 6h	3.50 ^a	1.75 ^{ab}	2.25 ^{ab}	1.75 ^{ab}	0.00 ^b

ペーパースラッジ

無添加区 添加区



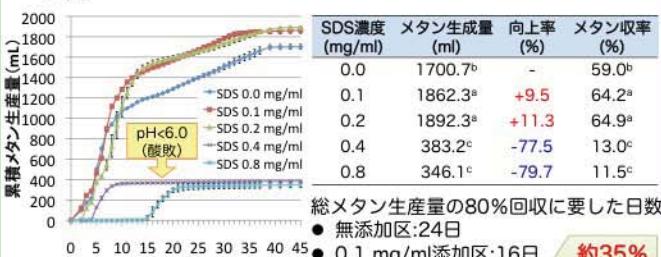
ペーパースラッジのサイズに変化は見られなかった

分析項目	SDS濃度 (mg/ml)				
	0.0	0.1	0.2	0.4	0.8
可溶性COD (g/L)					
ルーメン処理 0h	9.50	9.23	9.01	8.76	8.58
ルーメン処理 6h	10.45	10.20	10.15	10.22	10.32
総VFA (g/L)					
ルーメン処理 0h	4.58	4.62	4.60	4.56	4.70
ルーメン処理 6h	5.02	4.93	5.01	5.05	4.98
生存原虫数 ($\times 10^4$ cells/ml)					
ルーメン処理 0h	19.75 ^a	17.50 ^a	15.75 ^a	8.75 ^b	6.00 ^b
ルーメン処理 6h	7.00 ^a	6.75 ^a	5.25 ^{ab}	4.50 ^b	1.50 ^c

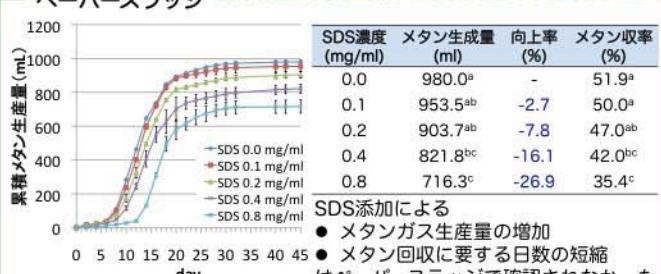
小括 ◆ SDS 0.4, 0.8 mg/ml 添加によって生存原虫数が大きく減少した
◆ 化学成分に差はなく、可溶化や酸生成の促進は見られなかった

結果② メタン発酵

古紙



ペーパースラッジ



古紙 小括

SDS 0.1, 0.2 mg/ml 添加によりメタン生産量が約10%向上、メタン生産量の80%回収に要する日数も約35%短縮した。

ペーパースラッジ 小括

SDS添加によるメタン生産量の向上はみられず、SDS濃度依存的に減少した。

考察 SDSの影響

細菌への影響

SDS濃度が適正の場合

- ▷ 原虫数が減少し、纖維分解菌増加 (A.K.Patra et al., 2012)
- ▷ リグノセルロース崩壊 (Kaar and Holtapple, 1998)
- ▷ 纖維分解酵素活性向上 (Lee et al., 2003)
- ▷ 纖維分解菌の増殖促進 (Goto et al., 2003)

基質への影響

古紙 (Emae, 2006)

長い纖維が絡み合っている
固形分は少ない

低濃度でも纖維分散の効果が現れやすい

SDS濃度が高すぎる場合

- ▷ 原虫の纖維分解能喪失
- ▷ 纖維分解酵素付着性低下 (Lee et al., 2007)
- ▷ 纖維分解菌・メタン菌にダメージ
- ▷ VFAの蓄積 & pH低下 (X. Huang et al., 2015)

ペーパースラッジ (Nagayoshi et al., 2011)

纖維は短く、絡んでいない
固形分が纖維を巻き込み凝集

微生物に影響がない濃度では効果が現れにくい

○藤原 大^{1,2}, 倉持 秀敏^{1,2}, 野村 和孝¹, 前背戸 智晴¹, 大迫 政浩¹

1: (国研)国立環境研究所 2: 横浜国立大学

●はじめに

- 放射能に汚染された草木や落葉を中心とした除染廃棄物は、焼却減容化が本格化。
- 除染廃棄物を焼却した際の放射性セシウム(Cs)の挙動は調査されていない。
- 焼却残渣の適正な処分、リサイクル、貯蔵管理には焼却時の放射性Cs挙動の把握が必要。



『調査内容』

除染廃棄物のみを焼却した際の、

- 1) 焼却残渣への放射性Csの移行挙動の解明
- 2) 水や酸による放射性Cs溶出特性の把握
- 3) 飛灰中の放射性Csの由来推定



焼却した除染廃棄物		Run1	Run2
かさ密度	(kg/m ³)	838	961
水分	(%)	49.8	58.4
組成	灰分 (%)	32.7	25.1
	可燃分 (%)	17.6	16.5
低位発熱量	(kJ/kg)	2320	1530

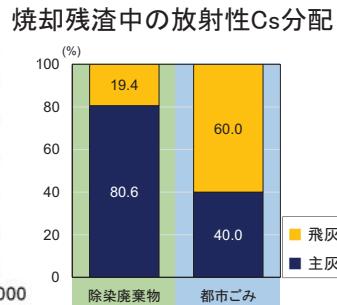
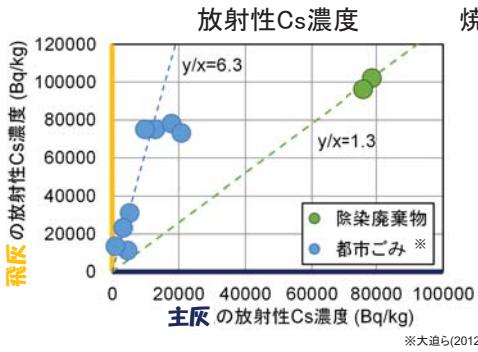
●焼却残渣への放射性Csの分配

✓ 飛灰と主灰で同レベルの放射性Cs濃度

- 都市ごみでは飛灰に放射性Csが濃縮される

✓ 8割の放射性Csが主灰へ移行

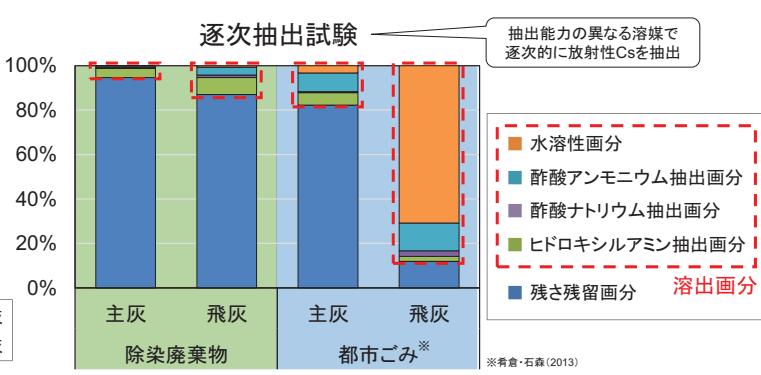
- 都市ごみでは主灰へは3~4割だけ移行



●放射性Csの溶出特性

✓ 飛灰・主灰から放射性Csは落出しにくい

- 都市ごみでは飛灰中の約8割の放射性Csが水溶出する

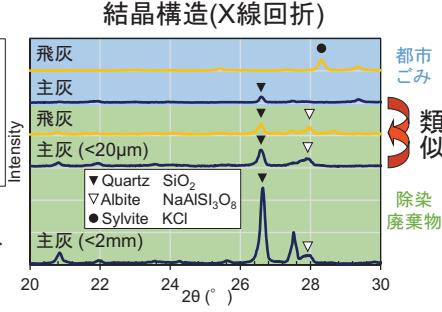
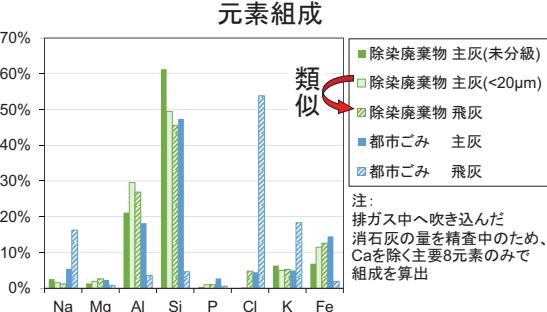


• 焼却残渣は、溶出性の観点では都市ごみよりも安全

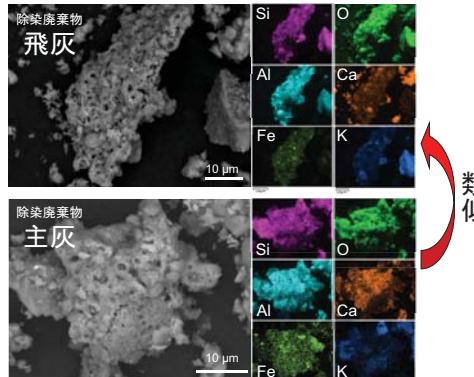
●飛灰中の放射性Csの由来

✓ 灰の巻き上がりにより飛灰に放射性Csが混入

- 都市ごみでは主に塩化セシウムの揮発により飛灰に放射性Csが混入



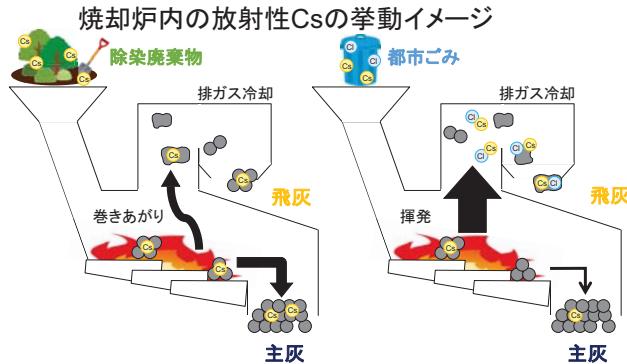
溶融物の確認 (SEM-EDS観察)



●まとめ ~除染廃棄物焼却の特徴(新たな知見)~

- 1) 主灰と飛灰で同程度の放射性Cs濃度
- 2) 飛灰・主灰とも放射性Csのほとんどが不溶性として存在 (水による溶出率は1%未満)
- 3) 飛灰中の放射性Csは塩化セシウムとしての揮発ではなく、主灰の巻き上がり成分が主な要因

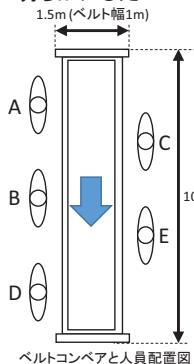
都市ごみとは挙動が大きく異なる



ベルトコンベアを用いた災害廃棄物手選別における人員配置と作業効率に関する検討

背景:災害廃棄物や建設系産業廃棄物の再生利用のために、手選別処理が広く行われている。しかし、各処理施設において独自の処理方法で運転管理しており、手選別の効率に関する因子を科学的に明らかにする検討はほとんど行われてきていません。本研究では災害廃棄物などの手選別処理効率を向上させるための因子及び技術的な仕様を実験的に特定することを目的とした。

実験方法:廃棄物AおよびBの物理組成(ごみ性状分析、化学性状分析)を把握した後、ベルトコンベアにRun毎に 2.5 m^3 ($12.5\text{ m}^3 \times 2$ 回)流し、手選別作業を30分間/Run行った。現場にて各作業員の抜取り量の測定、録画動画解析により各作業員の廃棄物へのアプローチの回数と時間を明らかにした。



廃棄物A:粗選別後の手選別可能な程度に粉碎され混合された災害廃棄物を想定
廃棄物B:コンクリートがら、がれき等を多く含む重量系の災害廃棄物を想定

表2 実験条件

Run.	対象物	分類数	人数	配置
Run.1	廃棄物A	12	5	ABCDE
Run.2		6	3	ABC
Run.3		7	3	ABC
Run.4		6	2	AB
Run.5		6	4	ABCD
Run.6	廃棄物B	12	5	ABCDE
Run.7		6	3	ABC

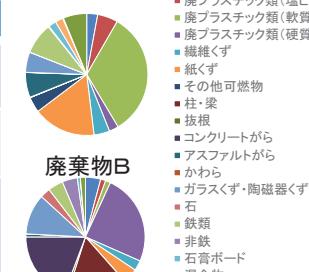
表1 分類数と分類品目

分類数	分類品目
6分類	①廃プラスチック類(安定型)②廃プラスチック類(塩ビ管) ③廃プラスチック類(軟質)④廃プラスチック類(硬質) ⑤木くず⑥紙くず
7分類	①廃プラスチック類(安定型)②廃プラスチック類(塩ビ管) ③廃プラスチック類(軟質)④廃プラスチック類(硬質) ⑤木くず⑥紙くず⑦金属くず
12分類	①廃プラスチック類(安定型)②廃プラスチック類(塩ビ管) ③廃プラスチック類(軟質)④廃プラスチック類(硬質) ⑤木くず⑥紙くず⑦金属くず⑧非鉄 ⑨がれき類(がら)⑩石膏ボード⑪焼却⑫スプレー缶・乾電池

測定項目

回収量(ton or m^3): 回収された廃棄物の重量または体積
回収数(個): 回収された廃棄物の個数

廃棄物A



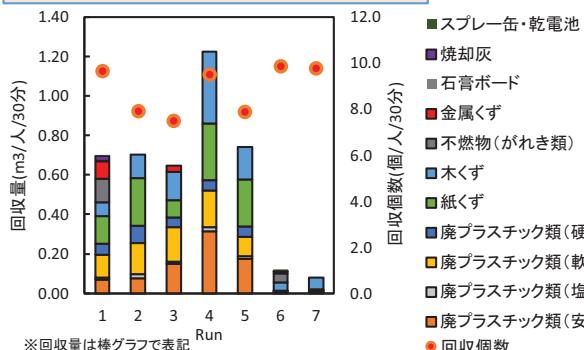
廃棄物B



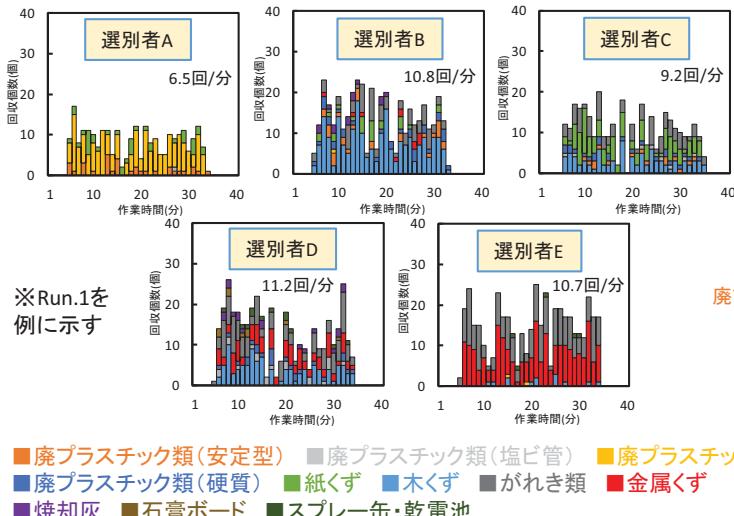
廃棄物試料の組成(体積ベース)

結果・考察

選別作業人数・分類数と回収量の関係



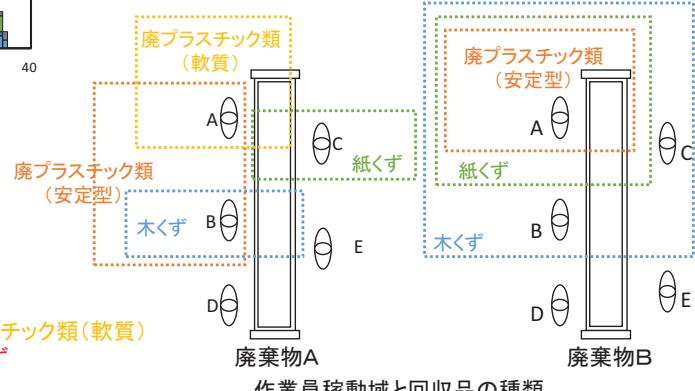
各配置人員の廃棄物へのアプローチ回数および回収物の関係



結論:災害廃棄物の手選別処理にベルトコンベアを導入することを想定し、廃棄物性状及び選別作業員の配置位置・人数が選別作業にどのような影響を及ぼしているのかを実証試験によって明らかにした。廃棄物性状によって回収重量および回収体積量は異なるが、一人当たりの廃棄物回収個数には影響がなかった。さらにベルトコンベアの上流側の作業員は体積の大きな廃プラスチック(軟式)など体積の大きいものを回収しており、その作業員は他の箇所に比べ上肢運動が大きいことが分かった。そのため回収速度は他の作業員に比べ低くなつた。

したがって、各配置によって回収の役割分担をすることによって、作業員の回収速度が配置位置によってばらつきが出るもの、全体の手選別効率が向上することが示唆された。

謝辞:本研究の遂行にあたって、廃棄物・作業場・手選別ラインの貸与などで多大なご協力をいただいた事業者様のご好意に感謝いたします。



豎型ストーカ式焼却炉の燃焼過程分析

P-012

株式会社プランテック

● 桝本 貴史、三宅 伴憲、山田 裕史、曾谷 幸広

はじめに

当社は幅広い性状の廃棄物を安定して焼却できる豎型ストーカ式焼却炉を開発し、種々の廃棄物を処理してきた。豎型ストーカ式焼却炉の燃焼理論立証を目的とし、平成27年3月竣工の一般廃棄物処理施設で廃棄物層内、燃焼室、再燃焼室の燃焼ガスおよび廃棄物層内の固体物をサンプリング、分析した。

豎型ストーカ式焼却炉の特長

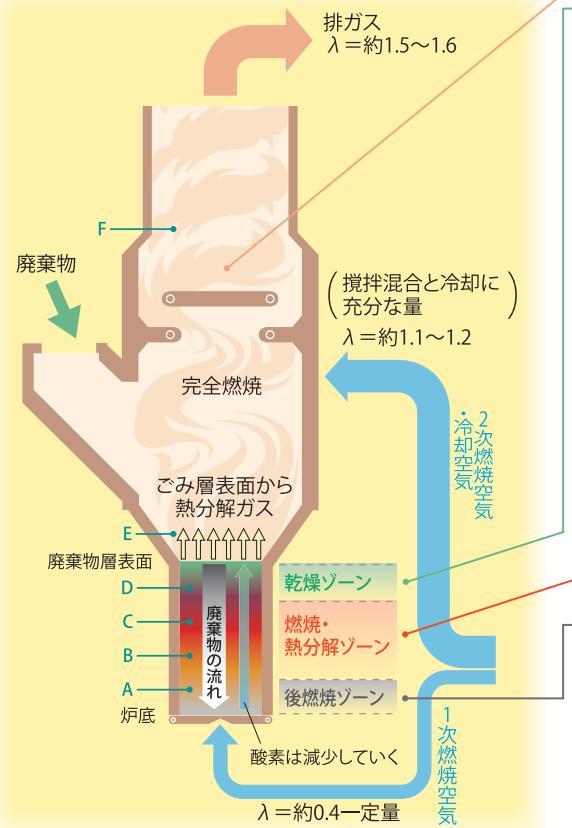
- 形状は豎型の円筒で省スペース
- 稼動部が少なくメンテナンスが容易
- 1次燃焼空気は理論空気量の1/2以下で一定量
- 一定量の空気に見合った量の可燃物が燃焼するため、異常燃焼のない安定燃焼
- 廃棄物は部分燃焼し、熱分解
- 熱分解ガスは充分な量の2次燃焼空気により完全燃焼
- 熱分解残渣(炭化物)は、時間をかけて完全燃焼

試験目的 と 概要

稼動中の豎型ストーカ式焼却炉の廃棄物層内等燃焼過程の燃焼ガスおよび固体物をサンプリング・分析し、燃焼過程を明確にすることで上記特長●を立証することを目的とした。
下図に示すA～F点で燃焼ガスをサンプリングし、A～D点から廃棄物層内の固体物をサンプリングした。

適用廃棄物

理論空気量以下で一定量の1次燃焼空気により高カロリーから水分の多い低カロリー廃棄物まで助燃を必要とせず安定焼却。



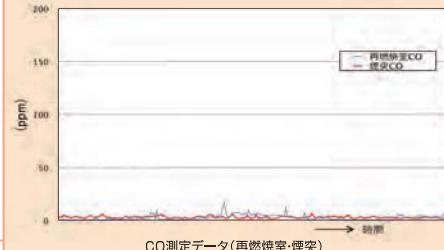
結言

稼動中の豎型ストーカ式焼却炉の廃棄物層、燃焼室、再燃焼室から燃焼ガスまた廃棄物層内の固体物をサンプリング・分析した。その結果、炉内に投入された廃棄物は、炉底から供給される理論空気量の1/2以下の1次燃焼空気により、乾燥、部分燃焼・熱分解し、熱分解ガスは2次燃焼空気により、熱分解残渣(炭化物)は炉底からのフレッシュ空気により後燃焼が行われ、完全燃焼していることをデータから立証できた。

試験結果

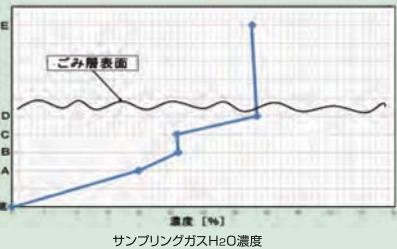
2次燃焼による完全燃焼

熱分解ガスは充分な量の2次燃焼空気による旋回流と特殊整流装置により完全燃焼し、CO濃度は安定して数ppm以下で推移。



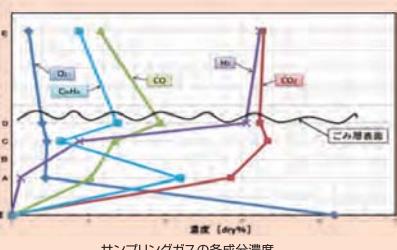
乾燥ゾーン

酸素を含まない高温ガスとの接触により効率よく乾燥



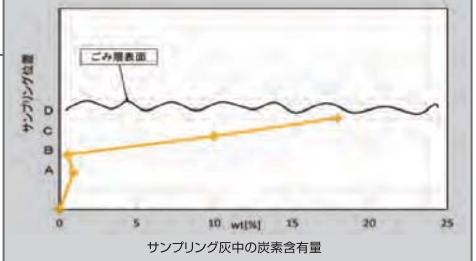
燃焼・熱分解ゾーン

部分燃焼の発熱により可燃物は可燃性熱分解ガスと炭化物に熱分解



後燃焼ゾーン

熱分解後の炭化物は時間をかけて完全燃焼



実験炉を用いたPRTR対象物質の排出特性の把握



○徳村 雅弘^{1,*}, 三宅 祐一¹, 王 斎¹, 雨谷 敬史¹, 小口 正弘²

¹静岡県立大学 食品栄養科学部, ²国立環境研究所

*E-mail: tokumura@u-shizuoka-ken.ac.jp



産業廃棄物の焼却処理に伴う化学物質の大気への排出

現状と課題

- 第4次環境基本計画では、“化学物質のライフサイクルにわたるリスク低減の実現”が重点的課題として挙げられている
- 多くの化学物質は製品として使用され、最終的に廃棄物となって処理されると考えると、廃棄物処理における化学物質の排出量管理は極めて重要な課題である
- 環境省の報告書によると、一般廃棄物焼却による金属類の推計大気排出量は、届出排出量と比較し、無視できない量と試算されている
- しかし、産業廃棄物に関しては、今後の課題として残され、情報が非常に限られている
- 産業廃棄物の寄与も無視できないと予想されることから、その排出量推計は極めて重要

産業廃棄物



実験操作（実施設の排出実態調査）

測定設施

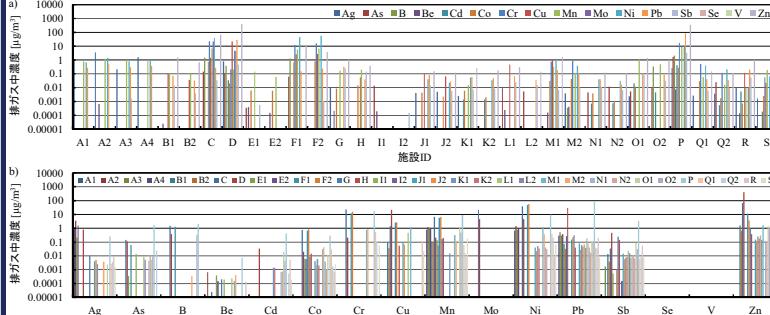
- 産業廃棄物焼却施設17施設、また、試料採取・分析法の確認として、一般廃棄物焼却施設1施設を対象とした
- 金属類の測定（JIS Z 8808およびJIS K0083に準拠）
- 粒子態の金属類の捕集にはポリテトラフルオロエチレン（PTFE）ろ紙または円筒ろ紙を用いた
- ガス態の金属類の捕集にはガス吸引吸収液（5%硝酸+10%過酸化水素水）を用いた
- PTFEろ紙は、47%フッ酸2.5 mL、13 M濃硝酸2.5 mL、60%過塩素酸3 mLを加え、120-200°Cで酸処理を行った後、0.1 M硝酸を加え、内標準（スカンジウムSc、イットリウムY、ビスマスBi）を各100 ng添加後、10 mLに定容した
- ガス吸引液も同様に、内標準を添加後、定容した
- 測定は、誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いて行った

VOC、アルデヒド類の測定（環境省「排出ガス中の指定物質の測定方法マニュアル」を参考）

- VOCの捕集剤にはチャコールチューブ・シャンボ（栗田科学社製）、アルデヒド類の捕集剤には2,4-ジトロフェニルヒドラジン（DNPH）アクリルガラスチューブ（栗田科学社製）を用いた
- VOCの捕集剤（活性炭）をバイアルレジンに取り出し、内標準としてトルエン-d₆を2 µg添加した二硫化炭素2 mLを加え、30分間振とう抽出を行った。その後、ガスクロマトグラフィータンデム質量分析（GC-MS/MS）を用いて測定を行った
- アルデヒド類の捕集剤にアセトニトリル8 mLを通過させ、10 mLに定容後、高速液体クロマトグラフィー（HPLC）で分析した

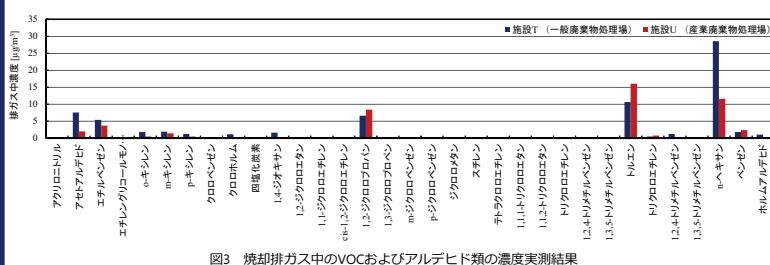
実焼却施設の排出実態調査結果（金属類）

- 多くの金属について、排ガス中の粒子態濃度は施設によって大きく異なっていた
- これらのは違いは、処理廃棄物の違いや排ガス処理方式の違いに依存していると考えられる
- そのため、排ガス中の金属濃度と施設の特徴の関係を分析し、廃棄物処理施設の類型化へ反映していく



実焼却施設の排出実態調査結果（VOCとアルデヒド類）

- 施設T（一般廃棄物処理場）と施設U（産業廃棄物処理場）の最終排ガス中のVOCおよびアルデヒド類は、脂肪族であるn-ヘキサン、芳香族であるベンゼンおよびその誘導体（トルエン、キシレン、エチルベンゼン）が主要な物質であった
- 施設T（一般廃棄物処理場）と施設U（産業廃棄物処理場）の最終排ガスの組成は、ほぼ同等であり、処理廃棄物の種類による、これらの物質の生成濃度には違いは無かった



結論

- 産業廃棄物焼却施設から排出されるPRTR対象の金属類や揮発性有機化合物の実態調査を行った。これは、排出係数作成に資する重要な基礎データである
- 既存の廃棄物焼却施設を想定した燃焼実験設備を整え、特に制御が難しい固形・液状廃棄物試料の燃焼実験を行った。燃焼に伴う金属類やVOCとアルデヒド類の排出傾向の理解、実施設での排出特性の理解および物質挙動モデルの検証を行うための基礎データを取得できるようになった

研究プロジェクトと本研究の目的

研究プロジェクトの概要と目的

目的

産業廃棄物の焼却処理に伴う化学物質の物質フローと大気排出量の推計およびその推計手法と基礎データの提示

サブテーマ1 廃棄物処理施設の実態化

- 焼却施設の構造と方針、運営、廃棄物組成等との関係を整理
- 維持管理情報や活用した詳細な廃棄物焼却施設類型と処理廃棄物データの構築

サブテーマ2 マテリアルフロー計

- 産業廃棄物焼却施設への化学物質流入フローの推計

- 産業廃棄物焼却施設から提供頂いた廃油と汚泥を用いた

- PRTR届出移動量データに基づく廃棄物処理への化学物質流入フローの解析

サブテーマ3 物質挙動・排出特性の把握

- 実験炉による化学物質の排出特性把握

- 焼却処理における物質挙動のモルタル化

サブテーマ4 実施設の排出実験の開拓

- 焼却施設の揮発性有機化合物の排出特性把握

- 実験炉に応じた挙動把握

- 実験炉による物質挙動のモルタル化

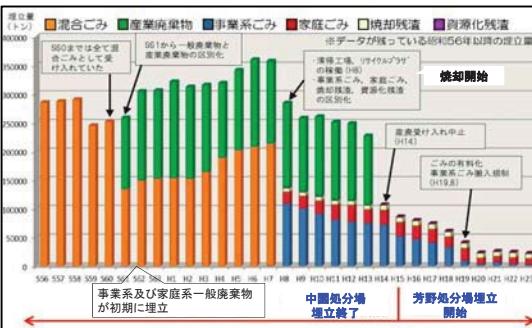
廃止予定の廃棄物最終処分場における廃止基準の達成状況調査について

室蘭工業大学くらし環境系領域・辛丹慧、吉田英樹

中園処分場



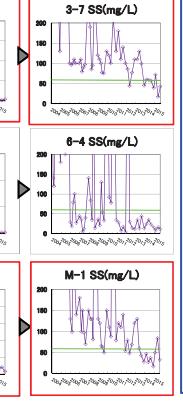
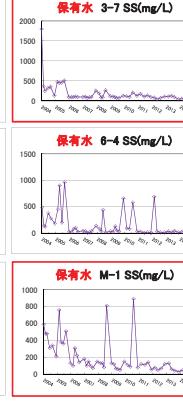
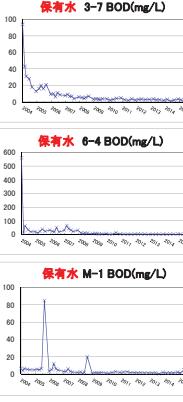
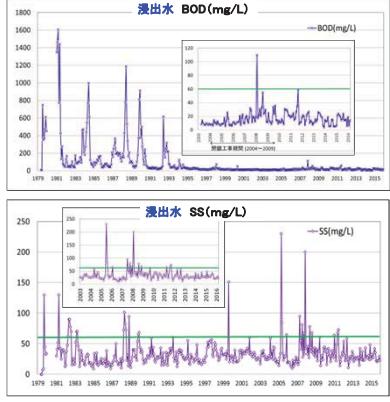
埋立期間: 1986年6月～2003年6月
埋立容量、面積: 659万 m³、49.8 ha
埋立: 埋立廃棄物: 家庭系、事業系一般廃棄物、焼却残渣(1996年4月から)、産業廃棄物
モニタリング管(紫色表示): 2004年に5本設置、**常時閉鎖**
ガス抜き管(黄色表示): 2005年～2008年92本設置、**大気開放**
遮水シート(なし): 底部は岩盤遮水となっており、周囲の地下水が常に流入している



保有水等(浸出水)

保有水等集排水設備により集められた保有水等(浸出水)の水質が**2年以上**すべての項目について**排水基準等に適合している**と認められること

BOD < 60mg/l
SS < 60mg/l
頻度: 3月に1回以上



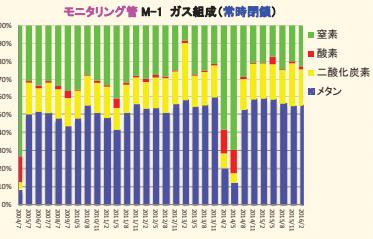
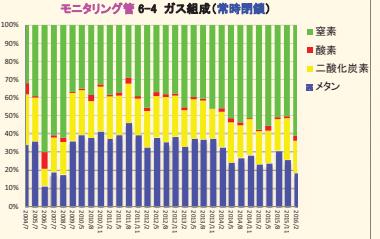
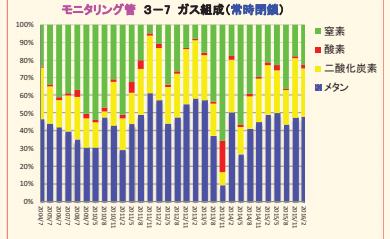
- ・**浸出水と保有水**を比べると、保有水がやや高いが、3-7とM-1のSSを除いて、廃止基準を満たしている。
- ・保有水3-7とM-1のSSも**低下傾向**が有意である。
- ・**浸出水**を水質の代表値として**廃止基準を満たしている**と言える。

一般廃棄物の最終処分場廃止基準

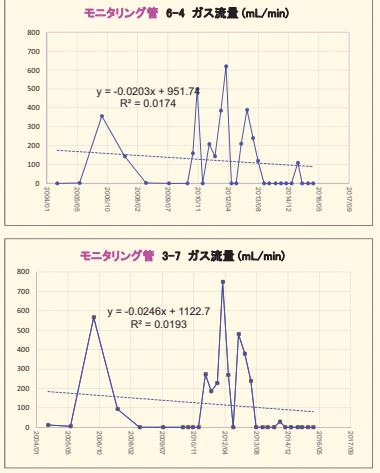
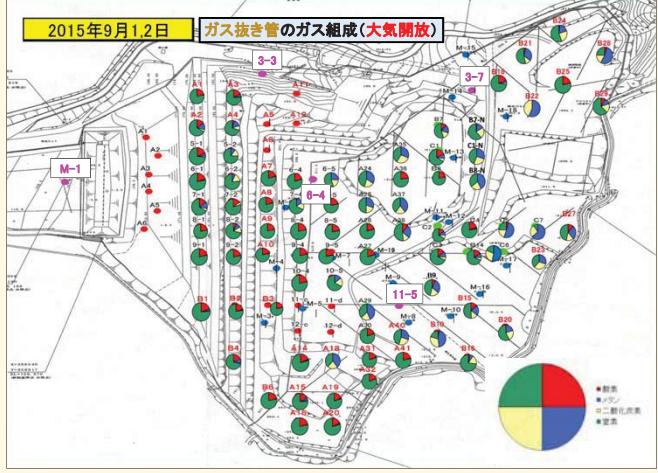
(総理府・厚生省令)

ガス発生 非増加基準

- ・ガスの発生がほとんど認められない
- ・ガス発生量の増加が2年以上認められない



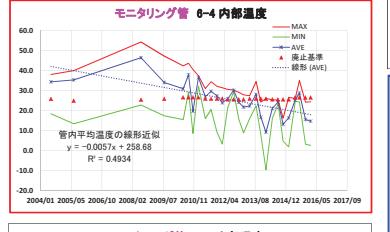
埋立ガス



- ・ガス発生量が測定下限の目安として**1000 mL/min**
- ・発生量の減少傾向が統計的に有意である
- メタン濃度が覆土下で**5%未満**である

内部温度 非異常基準

埋立地内部が周辺の地中の温度に比して**異常な高温**になっていないこと
内部と周辺の地中の温度の差が**摂氏20度未満**である状態
旭川市の過去35年間の年平均気温5.2℃に20℃を加えた**25.2℃**を目安とする



- ・**温度の減少傾向**が統計的に有意である

- ・モニタリング管内で2m間隔で測定し、管内最高温度で評価しても、夏季以外は廃止基準(25.2°C)を下回っている。
- ・6-4,3-7の管内平均温度は1年を通して基準を下回っており、かつ統計的に温度低下傾向が有意である(データ数28でR²=0.140以上)
- ・**廃止基準を満たしている**と言える。

2002年廃棄物学会廃棄物埋立処分研究部会「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法」より

- ・5カ所のモニタリング管でガス発生量が測定下限(1000mL/min)を全て下回っている。
- ・**廃止基準を満たしている**と言える。
- ・ただし、モニタリング管ではメタン濃度が**全て5%以上**であり、ガス抜き管でも**77本中39本(51%)**も**5%以上**であることから、**廃止後も長期モニタリングが必要である**

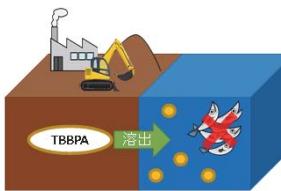
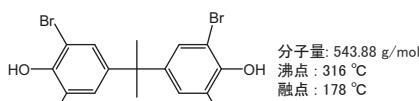
謝辞: 旭川市環境部廃棄物処理課による観測データの提供及び現場調査における全面的なご協力をいただきました。深く感謝申し上げます。

熱水条件下におけるメチルアミン水溶液を用いた テトラブロモビスフェノールA(TBBPA)の脱臭素化

木村 雄太, 田口 実, 船造 俊孝* (中央大理工.)

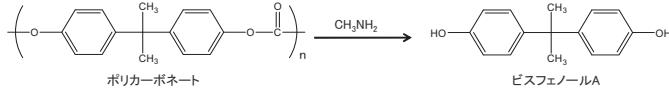
1. 緒言

高分子材料は燃焼しやすいため、製品の耐火性を高める目的で難燃剤が添加・塗布されている。TBBPAは日本で15000 t/年(2012年)使用されており、最も需要の高い臭素系難燃剤であるが、廃棄プラスチック製品などに含まれるTBBPAは環境汚染が懸念されている。



2. 研究背景と目的

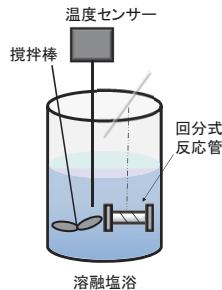
当研究室では、热水条件下でメチルアミン水溶液を用いてデカブロモジフェニルエーテルの脱臭素化やポリカーボネート及びポリエチルのケミカルリサイクルの研究を行っている。



目的

热水条件下でメチルアミン水溶液を用いてTBBPAの脱臭素化を行い、反応条件が脱臭素化率と速度に与える影響と反応機構を調べた。

3. 実験方法



回分式反応管 内容積: 3.5 mL
試料: TBBPA 40 mg
反応時間: 5-120 min
反応温度: 180-300 °C
アミン濃度: 0.15-1.2 mol/kg
添加物: アンモニア、水酸化ナトリウム、
メチルアミン(MA),ジメチルアミン(DMA)
トリメチルアミン(TMA)

定義式

$$\text{脱臭素化率} [\%] = \frac{\text{反応液中の臭素イオン量 [g]}}{\text{仕込み試料中の臭素量 [g]}} \times 100$$

分析手法



反応液

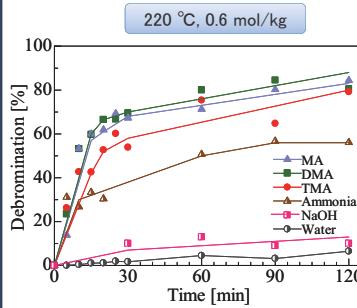
イオンクロマトグラフィー-IC
ガスクロマトグラフィー質量分析計
(GC/MS)

固体残渣

フラスコ燃焼法

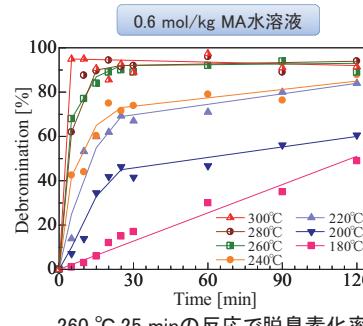
4. 結果と考察

メチルアミンの有効性



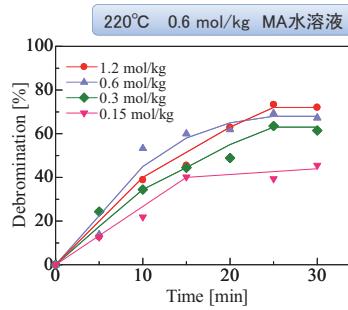
アミンはTBBPAの脱臭素化に有効であり、中でもMAとDMAが有効。

反応温度の検討



260 °C, 25 minの反応で脱臭素化率92%を達成。

濃度による脱臭素化率への影響



濃度 [mol/kg]	TBBPAに対するモル比	Brに対するモル比
1.2	32	8
0.6	16	4
0.3	8	2
0.15	4	1

濃度による脱臭素化への影響は見られない。
TBBPA中のBrに対し2当量以上で過剰となる。

固体残渣中の臭素量

260 °C, 0.6 mol/kg MA水溶液

反応時間 [min]	残存率 [%]
5	0.8940
30	0.08967
60	0.1429

定義式

$$\text{残存率} [\%] = \frac{\text{固体残渣中の臭素量 [g]}}{\text{仕込み試料中の臭素量 [g]}} \times 100$$

固体残渣中に残存する臭素はほとんどない

⇒ 臭素は溶液中に臭素イオンと臭化化合物として存在する

低温でのTBBPAの反応

140 °C, 0.6 mol/kg MA水溶液

試料	反応時間 [min]	脱臭素化率 [%]
TBBPA	60	0-1
2,6-Dibromophenol	60	0-1

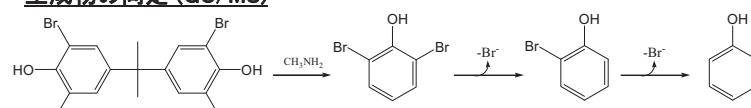
140°Cでは脱臭素化は進行しない。

⇒ BPAの形を保持したまま脱臭素化は進行しない。

5. 本研究のまとめ

- 0.6 mol/kg MA水溶液を用いて260 °C, 25 min反応させることで脱臭素化率92%が得られた。
- 本研究の反応ではTBBPAが最終的にBr⁻とphenolと炭化物が生成した。

生成物の同定 (GC/MS)



反応条件	260°C			240°C
	10 min	30 min	60 min	30 min
Product-1	○	×	×	○
Product-2	○	○	×	○
Product-3	○	○	○	×

MAは触媒として作用している。

最終生成物はphenolである。

240°CではProduct-1が脱臭素化されにくい。

固体残渣の元素分析

260 °C, 60 min, 0.6 mol/kg MA水溶液

炭素 [%]	水素 [%]	窒素 [%]
57.38	3.72	1.85

固体残渣中に窒素はほとんど含まれていない。 C_{4.78}H_{3.72}N_{0.13}O_{2.32}

今後の課題

- 生成物の定量を行い、マスバランスを調べる。
- 製品中に含まれるTBBPAの脱臭素化を試みる。

リン組成分布からみた 下水消化汚泥からのリン回収法の検討

大阪市立大学： ○若山聖、貫上佳則、水谷聰
白井麻結

研究背景・目的

資源としてのリンの現状

- ・リン鉱石を日本は全量輸入
- ・今後リン鉱石が枯渇する恐れがある
- 国内でのリンの安定確保が必要

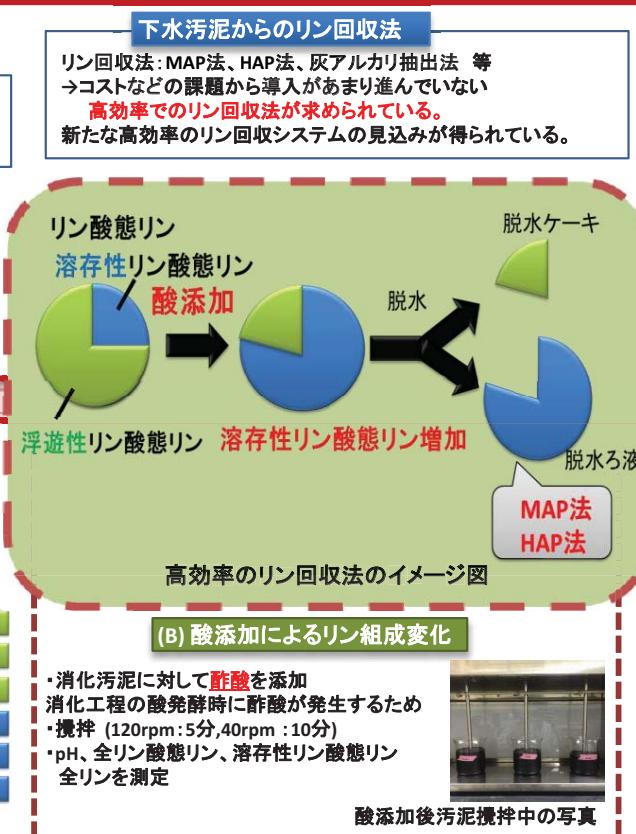
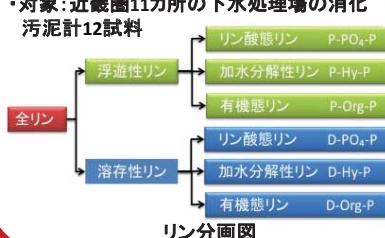
下水処理場におけるリン

- ・生活由来のリンが流入していく
- ・下水汚泥に集約される
- 有効利用がほとんどされていない
- ・汚泥処理中にリンが結晶化
- 機械の故障やつまりの原因

研究方法

(A) 6分画法によるリン組成分析

- ・下水試験法に定められているリン分画法を下水汚泥に適用
- ・下図のようにリンを6分画
- ・対象：近畿圏11カ所の下水処理場の消化汚泥計12試料



目的

- (A) 多くの下水処理場から消化汚泥のリン組成の分布の把握

- (B) 下水汚泥の酸処理によるリン形態変化についての把握

- (C) 酸処理後の下水汚泥からのリン回収法の検討

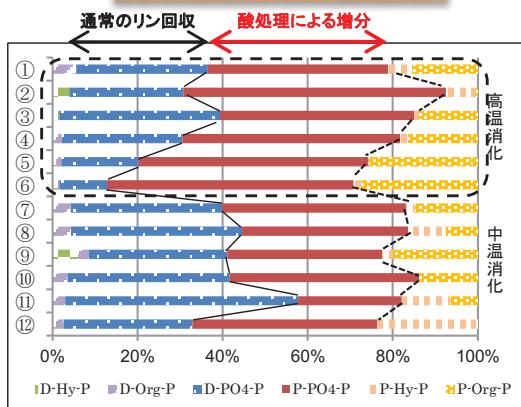
(C) MAP法・HAP法によるリン回収

酢酸添加後の消化汚泥からリン回収実験を行った。

	MAP法 (Magnesium Ammonium Phosphate)	HAP法 (Hydroxy Apatite)
生成反応式	$Mg^{2+} + NH_4^+ + HPO_4^{2-} + OH^- \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$	$10Ca^{2+} + 6PO_4^{3-} + 2OH^- \rightarrow Ca_{10}(OH)_2(PO_4)_6$
添加薬剤	・硫酸マグネシウム七水和物 ・塩化アンモニウム	塩化カルシウム
モル比 (mol Mg(Ca)/D-PO ₄ -P)	① ② ③ ④ ⑤ 0.2 0.5 1 2 5	① ② ③ ④ ⑤ 0.5 1 1.5 3 5
イメージ図		

実験結果・考察

(A) 6分画法によるリン組成分析



溶解性全リンの割合は

高温消化: 13~39% (平均28%) 中温消化: 33~58% (平均43%)

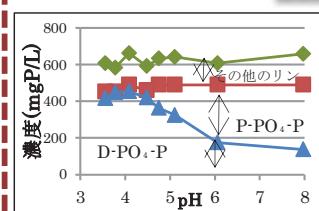
ろ液として回収できるリンの割合は中温消化の方が約1.5倍多い

消化汚泥の酸処理により浮遊性リン酸態リンを全量可溶化した場合、脱水ろ液として回収できるリンの割合は

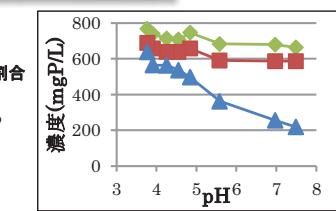
高温消化: 76~86% (平均81%) 中温消化: 71~92% (平均81%)

回収可能なリンが1.4倍~6.1倍 (平均2.8倍) 増加すると推定される。

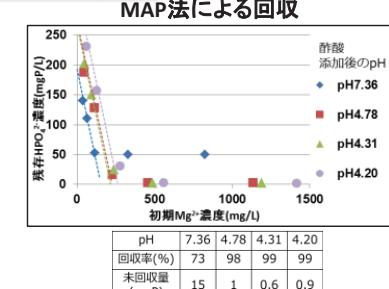
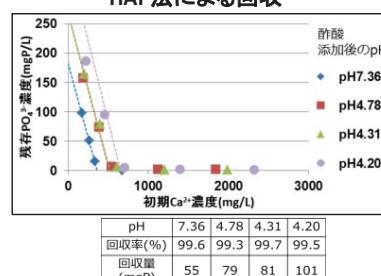
(B) 酸添加によるリン組成変化



酢酸添加量を増やしてpHを低くするとP-PO₄-Pが減少し、D-PO₄-Pが増加



(C) MAP法・HAP法によるリン回収



結論

- 11カ所の下水処理場の消化汚泥の調査から、消化汚泥中の溶解性リン酸態リンと浮遊性リン酸態リンは平均値でそれぞれ32%と45%であり、高温消化の汚泥の方が浮遊性リン酸態リンの割合が大きかった。
酸処理により浮遊性リン酸態リンを全量可溶化した場合、脱水ろ液として回収されるリンの割合は、高温消化、中温消化のいずれの消化汚泥も平均値で81%まで増加すると推定された。
- 消化汚泥に酢酸を添加して浮遊性リン酸態リンを可溶化した場合、酢酸添加前は21%であった溶解性リン酸態リンの割合が、pH5では52%、pH4では70%にまで増加することがわかった。
- MAP法に比べHAP法のほうが高い回収率が得られたことから、HAP法はMAP法よりも酸添加後のリン回収に適していることが推定された。

参考文献

- 貫上佳則、白井麻結: 消化汚泥からのリン回収効率に及ぼす汚泥の酸処理条件の影響、第52回下水道研究発表会講演集, pp188-190, 2015.
- 貫上佳則、水谷聰、太田雅文: 下水汚泥中のリン組成と硫酸を用いたリンの可溶化効果、第25回廃棄物資源循環学会研究発表会, B6, 2014

P-017 融合酵母 FSC 株の五炭糖の発酵能

明星大学大学院理工学研究科 環境システム学専攻 ○山田泰地、酒井遙行、田中修三

研究背景と目的

トウモロコシやサトウキビの食用部を原料としたバイオエタノールの利用が進んでいるが、食料との競合等の問題が起こっている。この背景から廃木材などのリグノセルロース系バイオマスを利用したエタノール生産が推進されているが、従来の酵母が資化できるグルコースのほかに酵母が資化できない五炭糖(キシロース,L-アラビノース)が含まれている。その含有率は針葉樹(スギ)が20%、広葉樹(ナラ)が34%、草本(稻わら)が44%を占めているが、この五炭糖は利用されていない。そのため、当研究室で製造した五炭糖の資化能をもつFSC株を用い、これら五炭糖の発酵能を調べることを目的とした。

実験方法

グルコースからのエタノール発酵能の高い*Saccharomyces cerevisiae*変異株とキシロースからのエタノール発酵能の高い*Candida intermedia*変異株を細胞融合させFSC株を製造した(図1)。実験は、保存株からシード液を作成後、シードを使った前培養を行い、その前培養液を種として各種条件でエタノール発酵を行う手順を取る。各培地成分は表1に示す。

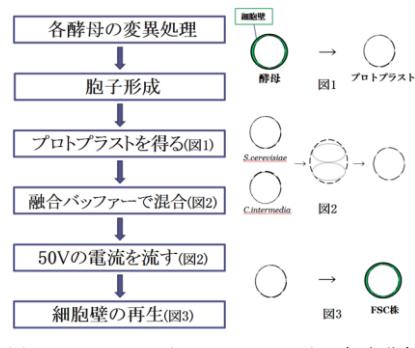


図1 *S.cerevisiae* と *C.intermedia* との細胞融合

表1 各培地成分組成

成分	各成分濃度(g/L)				
	YMG	YMM	YMA	YMX	YMGA
グルコース(六単糖)	20	0	0	0	10
マンノース(六炭糖)	0	20	0	0	0
L-アラビノース(五炭糖)	0	0	20	0	10
キシロース(五単糖)	0	0	0	20	0
ベーフン				20	
酵母エキス			10		
麦芽エキス				10	

結果と考察

グルコースとキシロースの発酵における五炭糖キシロースの消費(図2)について、FSC株は*S.cerevisiae*野生株より高い消費能を有することを確認した。FSC株による六単糖の発酵は、グルコースとマンノースのどちらも発酵24hですべて消費され、エタノール生成量も発酵開始24hで最大値となり、理論値の94%のエタノール生成量となった(図3)。

五炭糖単独の発酵実験YMXとYMAでは(図4)、キシロースが発酵時間に対して線形的に消費され、L-アラビノースは36hでほとんど消費されており(図5)、L-アラビノース単独のYMA(図4)と同じであった。エタノール生成量はグルコースの消費に伴い、12hで大きく上昇したが、その後のL-アラビノース分解にも関わらず、エタノール生成量の明確な増加は見られなかった。

五炭糖にグルコースを加えたYMGA培地での発酵では、グルコースは12hですべて消費され、L-アラビノースも36hでほとんど消費されており(図5)、L-アラビノース単独のYMA(図4)と同じであった。エタノール生成量はグルコースの消費に伴い、12hで大きく上昇したが、その後のL-アラビノース分解にも関わらず、エタノール生成量の明確な増加は見られなかった。

表2に各培地におけるFSC株の発酵特性を示す。エタノール収率は六炭糖が理論値の94%、五炭糖が25~35%であり、五炭糖にグルコースが加わると50%であった。また、五炭糖の基質消費速度は六炭糖より低いが、L-アラビノースはキシロースの1.6倍の消費速度であった。

今後は、FSC株の五炭糖からのエタノール生成について詳細に調べる計画である。

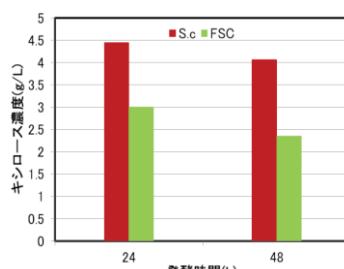


図2 FSC株と *S.cerevisiae* 野生株による糖発酵におけるキシロース残存量(消費量)(添加濃度 グルコース 10g/L、キシロース 5g/L)

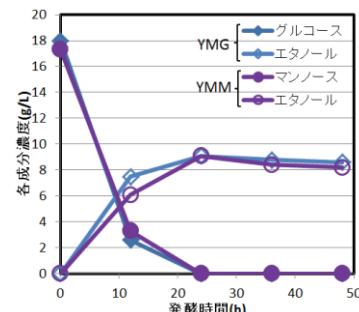


図3 FSC株による六炭糖の発酵

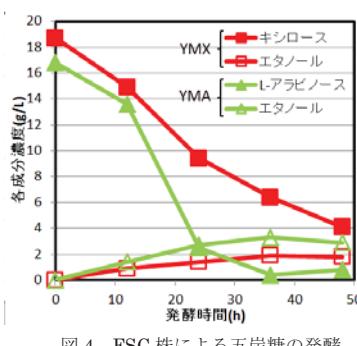


図4 FSC株による五炭糖の発酵

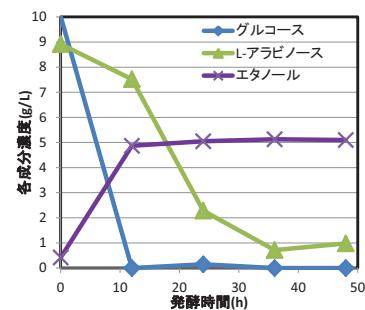


図5 FSC株による YMGA 培地での発酵

表2 各培地におけるFSC株の発酵特性(発酵時間48h)

培地	炭素源	EtOH生産量(g/L)	基質消費量(g/L)	菌体増加量		生成物収率(g/g-基質)	基質消費速度(g/Lh)
				g-DW/L	EtOH Cells		
YMG	G	8.6	18.0	1.7	0.48	0.09	9.00
YMM	M	8.2	17.3	0.8	0.47	0.05	8.66
YMA	A	2.9	16.0	0.8	0.18	0.05	6.02
YMX	X	1.8	14.6	1.7	0.12	0.12	3.77
YMGA	G+A	4.7	17.9	1.3	0.26	0.07	5.98

G:グルコース,M:マンノース,A:L-アラビノース,X:キシロース,

まとめ

- FSC株は五炭糖(キシロース、L-アラビノース)の高い発酵能を有することが確認できた。
- 五炭糖のうち、L-アラビノースはキシロースより1.6倍高い速度で消費された。
- グルコース存在下でも、FSC株によるL-アラビノース消費の抑制は見られなかった。

P-018 木質バイオマスのアルカリ前処理と酵素糖化

明星大学大学院理工学研究科 環境システム学専攻 ○酒井遙行、山田泰地、田中修三

研究の背景と目的

地球温暖化を背景に、廃材や残材などの木質（リグノセルロース系）バイオマスを用いたバイオエタノール生産が求められている。木質バイオマスを利用するためには、まずリグノセルロース構造を分解する前処理が必要である。本研究では、前処理方法としてアルカリ処理を取り上げ、処理条件を変化させながら木質バイオマスの処理を行い、その効果を酵素糖化の程度により調べることを目的とする。

実験方法

酵素产生: *Trichoderma reesei* の野生株から図1の手順で酵素を产生させた。

前処理（アルカリ処理）: バイオマス（クラッシャー粉碎したナラと杉）1gとNaOH水溶液50mLを加え、処理時間を20~60min、NaOH濃度を10~40g/Lと変化させて、オートクレーブで加熱処理(122°C, 0.2MPa)した。

酵素糖化: セルクラストと产生セルラーゼを用いて、酵素と基質（前処理済みバイオマス）の比(E/S)が1:50及び1:100の割合で糖化させた。

結果と考察

図1の手順で产生させた酵素タンパクのSDS-PAGE分離の結果（図2）から、产生セルラーゼにBGL、CBH、EGが含まれていることを確認した。

処理時間変化させた前処理（図3）で、ナラは処理時間の増加により糖濃度の増加し、60min処理で1.8g/Lの糖が生成された。しかし、杉は糖化量が少なく、処理時間による差はなかった。つぎに、60min処理で、NaOH濃度を変化（図4）させると、ナラはNaOH濃度が20g/L以上で糖濃度が減少した。これはヘミセルロースがアルカリ分解したためと考えられる。一方、杉の場合（図5）、糖化量が低く大差なかった。酵素量節減のためにE/Sの割合を1:100にすると、ナラは糖濃度が1g/L程度に低下し（図4）、杉はほとんど変化なかった（図5）。本前処理法はナラに対して一定の効果が見られたが、杉は糖化が進まず、さらに処理条件の検討を行っていく必要がある。

当研究室で製造したセルラーゼによる糖化において、活性はセルクラストより低かったが、前処理済みナラの糖化を確認し（図6）、さらに*T.reesei*の変異等による酵素产生の可能性を探ることにした。

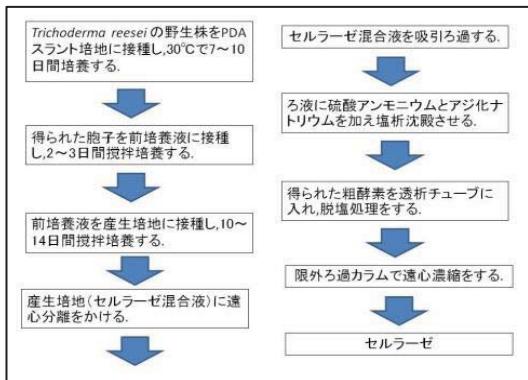


図1 *T.reesei*による酵素产生の手順

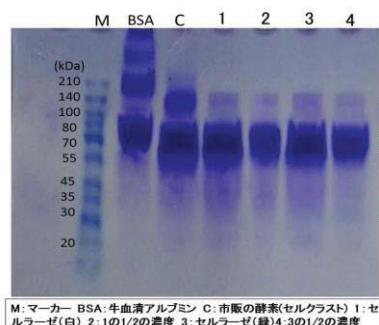


図2 SDS-PAGEによる酵素分離

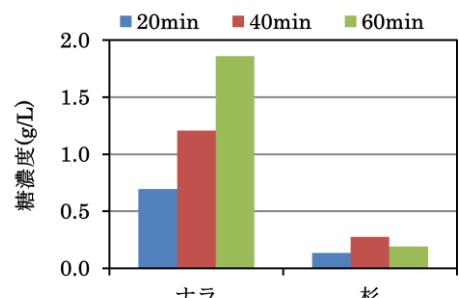


図3 処理時間の糖化活性への影響

(E/S=1:50, セルクラスト)

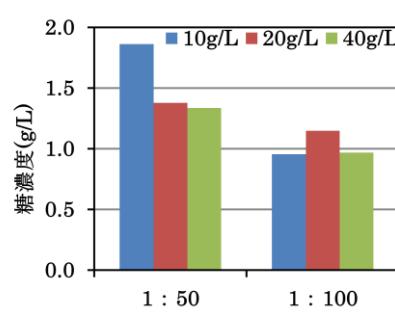


図4 糖化に及ぼすNaOH濃度の影響(ナラ)
(60min, セルクラスト)

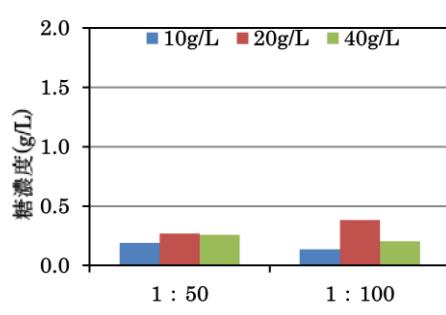


図5 糖化に及ぼすNaOH濃度の影響(杉)
(60min, セルクラスト)

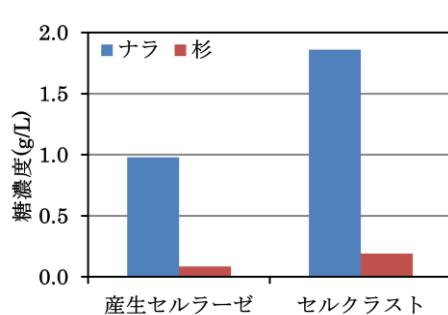


図6 产生セルラーゼとの酵素活性比較
(E/S=1:50, NaOH10g/L, 60min)

○ 阿部 憲一, 瀧澤 修平, 福田 康弘, 多田 千佳, 中井 裕

東北大学大学院農学研究科 附属複合生態フィールド教育研究センター 動物環境システム学分野



① はじめに

食肉処理場で排出される牛ルーメン内容物

未消化の固形残渣 → 脂肥資材などに再利用可能
液体分 → 施設内で一次処理後、下水 / 河川放流
ルーメン液が排水処理負荷の2割を占めるとの試算もある



古紙・草本などのセルロース系バイオマス

古紙回収率 80%以上、古紙利用率 65%未満
(日本紙製造会議 Web サイト)、採用産業者「紙パルプ統計」

廃棄処理された古紙の再利用価値は低い

リグニン低含量の草本もソフトバイオマスとして期待



牛ルーメン内の微生物群は
纖維質分解に秀でている！
↑ メタン発酵では律速工程

ルーメン液を用いた前処理 + メタン発酵

- 古紙からのメタン生成量が2.6倍増加 (Itoh et al., 2012)
- 粉碎稲藁からのメタン収率が1.8倍向上 (Zhang et al., 2016)

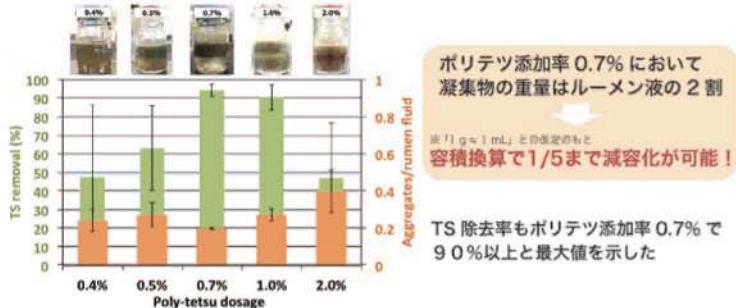
凝集剤・凝聚剤をもちいた凝集減容化方法の提案



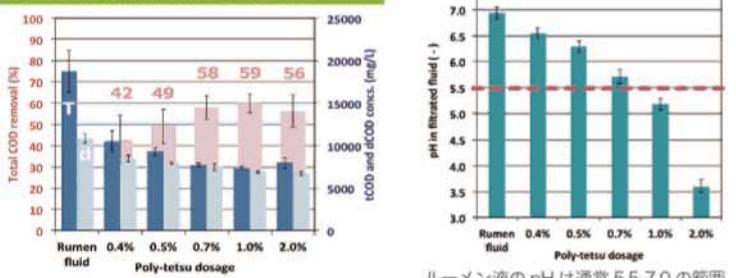
- 研究目的**
- 1 ルーメン液の凝集回収および減容化の可能性を検証
 - 2 ルーメン液凝集物の纖維質分解活性の有無を検証
 - 3 ルーメン液凝集物を基質として供したメタン発酵特性の評価

③ 結果 1：凝集によるルーメン液の減容化

ルーメン液凝集減容化における最適なポリテツ添加量の決定 → ルーメン液に対して 0.7% 添加

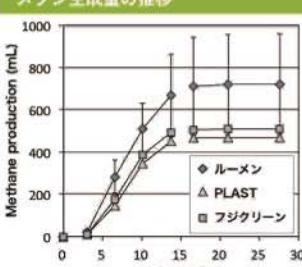


ルーメン液凝集過濾液中の COD 濃度



⑤ 結果 3：ルーメン液凝集物を供したメタン発酵

メタン生成量の推移



メタン転換率の比較

試験区	投入CODに対する メタン転換率 (%)	除去CODに対する メタン転換率 (%)
ルーメン液	34.2	47.9
ルーメン液凝集物 (PLAST)	31.5	52.0
ルーメン液凝集物 (Fjukirin)	34.9	50.2

ルーメン液凝集物のメタン転換率はルーメン液と同程度消費されたCODの約50%がメタンに転換

② 実験方法

ルーメン液の採取・保存

乳牛ホルスタイン種（粗飼料摂取）
経口カテーテル法でルーメン液採取
1mm メッシュ濾過で固形分を除去
38°C で保存（5時間以内に使用）



凝集剤の選定

pH中性剤でも凝集性があるもの
→ ポリテツを添加すればルーメン液中のセルロース溶解活性が強く低下

生物毒性が低いと“選ばれる”もの
→ 選ばれた生物毒性高いものを選ぶことと想定

試験（オリア社：日高工業株式会社）
石炭灰（プラスチック再生エコリサイクル）
キタサン（フジクリーン：富士エンジニアリング株式会社）

ルーメン液の凝集減容化

試験区	PLAST	FJUKIRIN
乳	> 1.1%	0.5%
牛乳	< 0.07%	0.05%
38°C	2.4 ~ 2.9%	2.1%
40°C	< 0.05%	0.03%
pH	7.3 ± 0.2	7.3 ± 0.2

pH、基質物の回収率、COD/TS比から、ポリテツの最適添加量を決める



ルーメン液凝集物の古紙分解試験

- ・ルーメン液 + 古紙
- ・プラスチルーメン凝集物 + 古紙
- ・フジクリーンルーメン凝集物 + 古紙
- ※ 各試験とも水2g、古紙未投入のプランク区も用意

液量 400 mL, 古紙 4 g (1% w/w)

※ ルーメン液凝集物は人工堆肥に用意

[測定項目]
- pH
- CH₄, CO₂発生量
- 溶解性COD濃度
- VS, TS
- 有機酸 (VFA) 成分
- 細胞質含有量



ルーメン液凝集物を供したメタン発酵試験

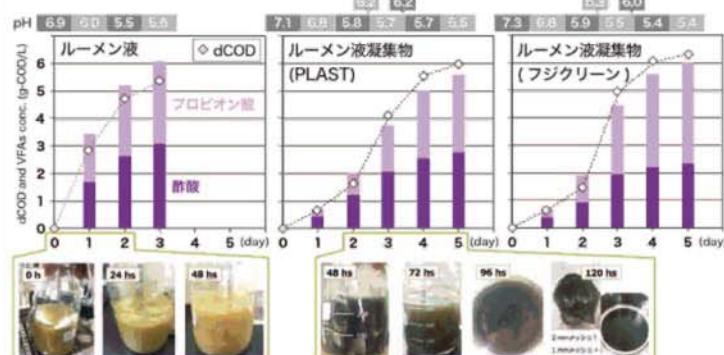
それぞれ古紙添加率 1% で 5 日間のルーメン処理
基質 200 mL + メタン種汚泥 300 mL

温度: 38°C, 28 日間の静置培養 (1 日 1 回攪拌)



④ 結果 2：ルーメン液凝集物の纖維質分解能

ルーメン液凝集物の古紙分解試験における溶存態 COD と VFA の増加傾向



セルロース・ヘミセルロース・リグニン成分の分解

試験区	纖維質分解率 (%)			処理時間 (day)
	セルロース	ヘミセルロース	リグニン	
ルーメン液	87.1	57.6	51.1	3
ルーメン液凝集物 (PLAST)	84.8	60.8	47.9	5
ルーメン液凝集物 (Fjukirin)	83.0	73.0	41.2	5

セルロース・リグニン分解率
ルーメン液 > ルーメン液凝集物

ヘミセルロース分解率
ルーメン液 < ルーメン液凝集物

古紙 (印刷紙) の纖維質組成
セルロース : 71.3%
ヘミセルロース : 18.5%
リグニン : 8.9%

⑥ まとめ

- 1 ポリテツと PLAST を用いた凝集方法により、ルーメン液の容積を最大で1/5まで減容化できた
- 2 古紙分解試験より、ルーメン液凝集物にも纖維質分解活性が保持されていることを確認できた
- 3 メタン発酵回分試験より、ルーメン液凝集物のメタン転換率はルーメン液と同程度であることを確認できた

謝辞:
本研究でもいたる箇所に、日高工業株式会社様、株式会社エコサイエンス様、フジエンジニアリング株式会社様から試供品として提供して顶いたものである。ルーメン液の採取にあたっては、東北大学大学院農学研究科複合生態フィールド教育研究センター一橋員の千葉様、丹内正樹様、山本雄一様、中村広様の協力を頂いた。なお本研究は、東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト (NET) の支援により実施された。ここに感謝の意を表す。

○水谷一平¹⁾、加用千裕²⁾、立尾浩一³⁾、橋本征二⁴⁾

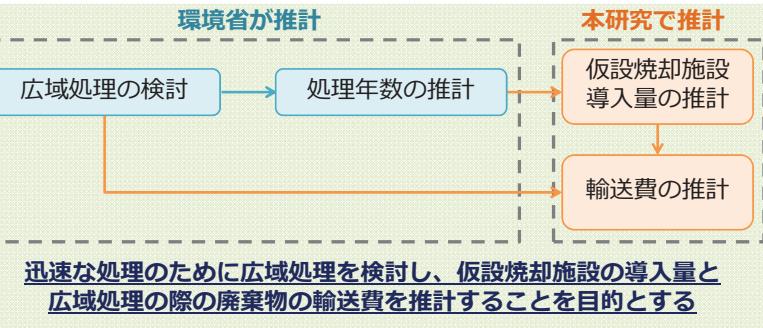
1) 立命館大学大学院、2) 東京農工大学、3) 日本環境衛生センター、4)立命館大学

背景・目的

- 南海トラフ大地震では、東日本大震災の約11倍もの量の災害廃棄物が発生すると予測されている



迅速な処理が求められる



方法

対象廃棄物

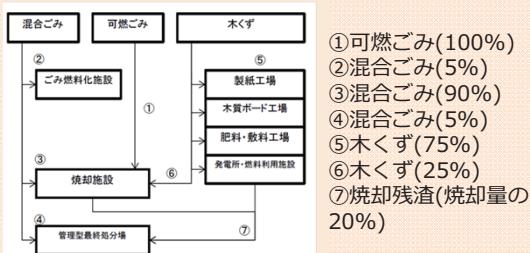
- 可燃ごみ、混合ごみ、木くず

検討したシナリオ

- 県内シナリオ
- ブロック内シナリオ
- 全国シナリオ

処理範囲拡大

各廃棄物の処理フロー



線形計画モデルの構築

<目的関数：輸送費用最小化>

$$\sum_{i} \sum_{j} C_{ij} \times X_{ij} \rightarrow \min$$

<制約条件①：廃棄物量条件>

$$\sum_j X_{ij} = W_i$$

<制約条件②：処理能力条件>

$$\sum_i X_{ij} \leq P'_j + P_j \times (y - 1)$$

<制約条件③：非負条件>

$$X_{ij} \geq 0$$

i: 災害廃棄物の発生都道府県

j: 災害廃棄物の処理・再資源化・処分都道府県

C_{ij}: 都道府県 i から都道府県 j へ輸送される廃棄物の輸送単価(円/t)(i=j の時: C=0)

X_{ij}: 都道府県 i から都道府県 j 輸送される廃棄物量(t)

W_i: 都道府県 i で発生した災害廃棄物量(t)

P'_j: 都道府県 j の1年目の受入可能量(t)

P_j: 都道府県 j の2年目以降の受入可能量(t)

y: 処理年数

必要な仮設焼却能力と仮設焼却施設を導入した際の輸送費の推計

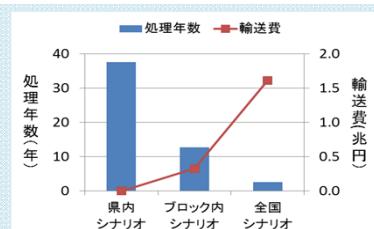
・ 県内シナリオ

3年後の廃棄物残量を3年で除すことで必要な仮設焼却能力(t/Y)を推計した。

・ ブロック内、全国広域処理シナリオ

同様に必要な仮設焼却能力を推計し、線形計画モデルの<制約条件②: 処理能力条件>に組み込むことで、輸送費が最小となるような都道府県ごとの仮設焼却能力の配分を推計。また、その際の輸送費も推計した。

結果・考察



処理年数、輸送費

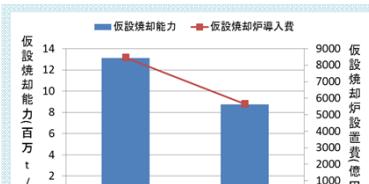
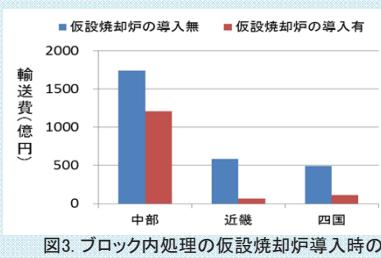
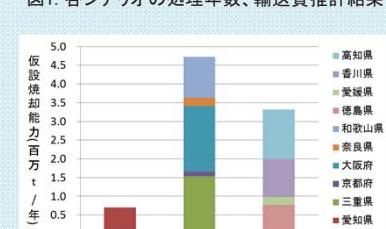
処理範囲を拡大することで、処理年数の大きな低減効果が見られた。全国規模で処理を行った場合、3年以内に処理が完了すると推計されたが、輸送費が約1.6兆円かかる結果となった。

仮設焼却炉の導入量

処理年数が3年を超える都道府県、地方を対象として、県内シナリオとブロック内シナリオで、3年以内の処理を可能とするために必要な仮設焼却炉の導入量を推計した。ブロック内シナリオでは中部、近畿、四国地方の仮設焼却炉の必要量を推計した。都道府県間の廃棄物輸送費を最小とする線形計画法に組み込んだため、廃棄物発生量の多い都道府県で仮設焼却炉を導入する結果となったと考えられる。

仮設焼却炉導入時の輸送量比較

仮設焼却炉を導入することで輸送費が大きく減少すると推計された。廃棄物発生量の多い都道府県で仮設焼却炉を導入するため、都道府県間の廃棄物輸送量が減少したためであると考えられる。

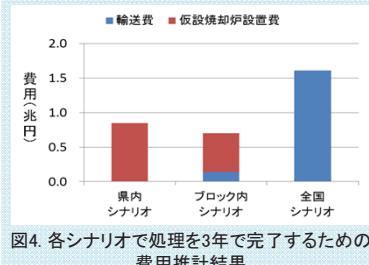


総仮設焼却能力、総設置費用推計結果

県内シナリオで約1300(万t/年)、ブロック内シナリオで約870(万t/年)の仮設焼却能力が必要であると推計された。ブロック内シナリオは広域処理を行っている分、必要な仮設焼却能力が県内シナリオよりも少ないと考えられる。

処理を3年で完了するために必要な費用推計結果

県内シナリオで約8400億円、ブロック内シナリオで約7000億円、全国シナリオで約1.6兆円と推計された。県内シナリオで多くの仮設焼却炉を導入しても、全国シナリオよりも費用が安く、ブロック内シナリオと約1400億円しか変わらない結果となった。



結論・今後の課題

- 可燃ごみ、混合ごみ、木くずの処理を3年以内に終えるには、最低でも約7000億円必要であると推計された
- 大規模な広域処理を行わなくとも、仮設焼却施設を導入することで3年以内の処理が可能であると推計された
- 廃棄物の処理にかかる費用などは含まれていないため、今後そのような費用についても考慮していく必要がある