

北九州市立大学プレスリリース

# 木質バイオマス燃焼灰を資源化する パイロット装置の完成

～二酸化炭素排出削減と産業廃棄物の有効利用に貢献～

2023.10.25

高 巢 幸 二 (教授)

北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科



※本プレスリリースは、(独)環境再生保全機構「令和3年度環境研究総合推進費 3G-2103 ジオポリマーコンクリートに資する木質バイオマス燃焼灰の資源化技術の実証開発」で実施した内容の一部です。

1



北九州市立大学 国際環境工学部  
建築デザイン学科 高巢研究室

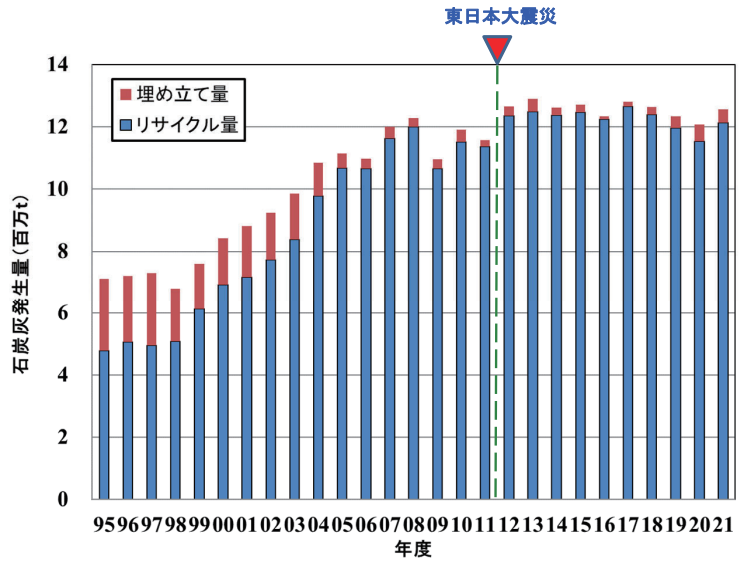
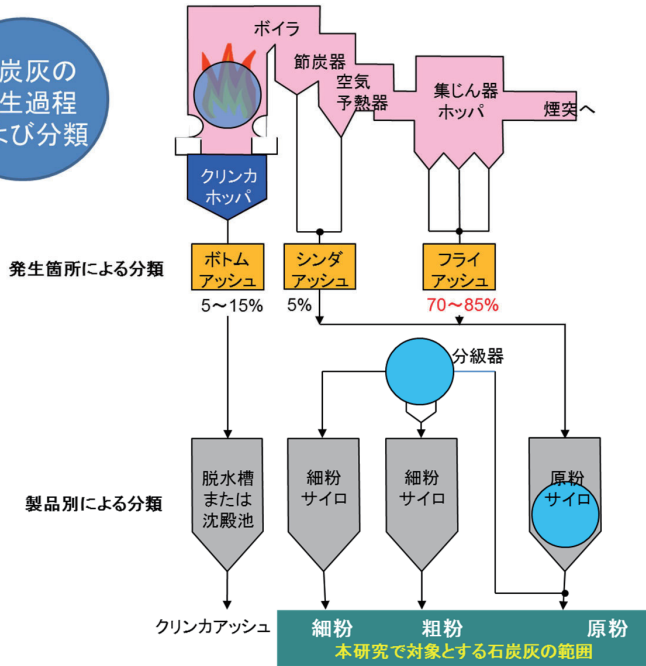
1. 研究の背景・目的

## 1. 研究の背景・目的

2

## 【フライアッシュ(石炭灰)】

石炭灰の発生過程および分類



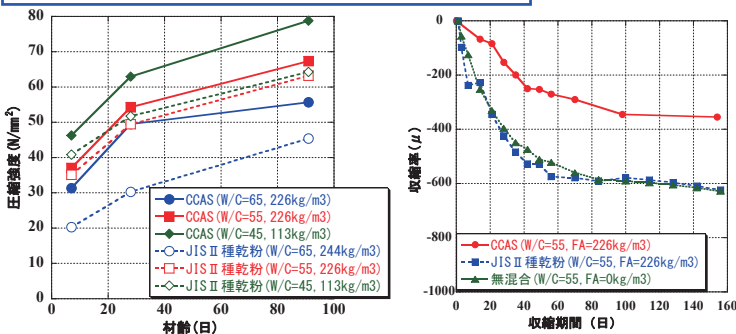
出典) 財団法人石炭エネルギーセンター: 石炭灰の有効利用, [http://www.jcoal.or.jp/bunya7\\_24.pdf](http://www.jcoal.or.jp/bunya7_24.pdf)

## 【石炭灰コンクリートの効果】

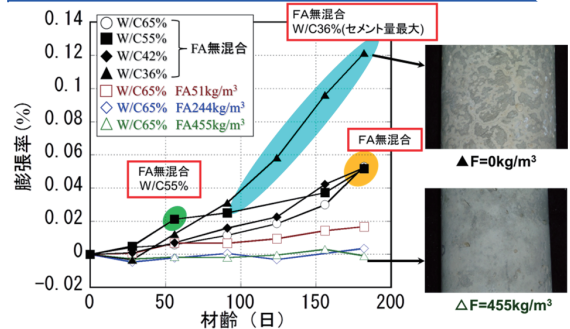
①産業廃棄物の有効利用

②圧縮強度の増加 (JIS II 種乾粉よりCCASコンクリートの方が強度上昇)

③乾燥収縮率の低減 (JIS II 種乾粉よりCCASコンクリートの方が乾燥収縮率を抑制)



④アルカリ骨材反応を抑制 (ASR抑制対策として極めて有効)。



⑤天然資源の消費抑制

問題

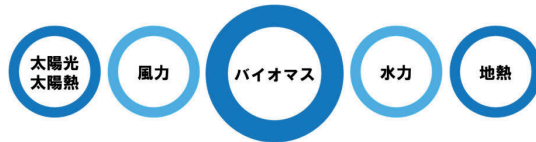
- 我が国は世界中から批判を浴び2050カーボンニュートラル達成には化石燃料である石炭を使用することは困難。
- 石炭灰に変わる材料を探索する必要性

## 【木質バイオマス燃焼灰の活用】

「パリ協定」の目標達成  
→2050年に温室効果ガスを実質ゼロ

高まる木質バイオマス発電事業への関心

再生可能エネルギーの利活用：地球温暖化対策の一つ



発電容量：2015年度 375MW程度  
→2019年度 1,670MW程度  
→2025年度 4,690MWへ上昇

→木質バイオマス燃焼灰の急増  
→現状の40万tから71万t（2025年度）

木質バイオマス燃焼灰の現状



重金属溶出の可能性あり  
→利用法が確立されていない

現在：産廃処理費（16,000円/t程度）を支払ってほとんどが埋立or最終処分  
→有効活用方法の確立が急務



参考文献：1)一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会：FIT制度における木質バイオマス発電所、<https://www.jwba.or.jp/database/fit/>

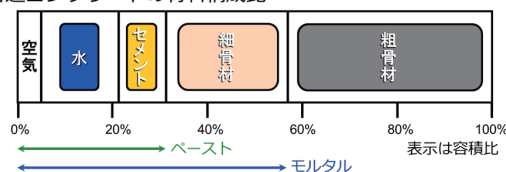
## 【SDGsを指向したコンクリートの方向性】

①持続可能な生産消費形態を確保



②天然資源の使用を抑制して廃棄物・副産物の大量有効活用

普通コンクリートの材料構成比



③コンクリートに適用できるように廃棄物・副産物を高品質化

④セメント製造によるCO<sub>2</sub>排出削減

コンクリートのCO<sub>2</sub>排出量

$$= 194.9 (91.7\%) + 7.8 (3.7\%) + 10.0 (4.6\%)$$

=212.6kg/m<sup>3</sup>

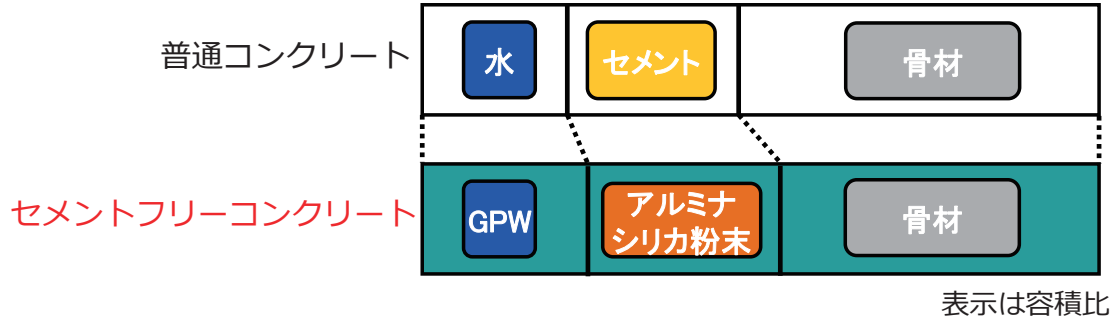
セメント製造時のCO<sub>2</sub>排出量：  
全世界の総排出量の約6%  
日本においては約5%

今後

- セメントの使用量を低下させCO<sub>2</sub>排出量を抑制
- 天然資源の使用を抑制して廃棄物・副産物の大量有効活用を推進
- 廃棄物・副産物の高品質化を指向。

## 【ジオポリマーコンクリート】

ジオポリマー：1978年にフランスのDavidovitsが提唱したアルカリシリカ溶液とアルミナシリカ粉末との反応によって形成される非晶質のポリマー（縮重合体）の総称



アルカリシリカ溶液 (GPW)

珪酸ナトリウム(水ガラス)

水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)

アルミナシリカ粉末

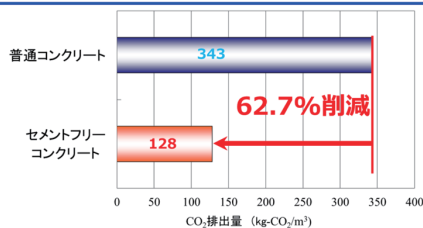
フライアッシュ(FA)

高炉スラグ微粉末(GGBS)

7

## 【ジオポリマーコンクリートの特徴】

①排出されるCO<sub>2</sub>が普通コンクリートに対して極めて低い



②フライアッシュ・高炉スラグ微粉末等の産業副産物の有効利用

③天然資源の消費抑制

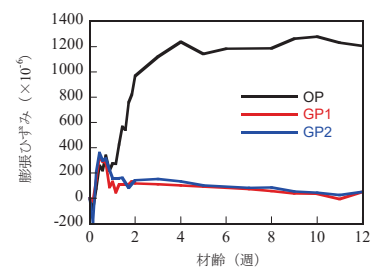


④酸に対する抵抗性, 耐火性が高い



種類	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	
	加熱前	加熱後
セメント	46.8	5.3 (11.3%)
セメントフリー	31.7	36.8 (116.1%)

⑤アルカリ骨材反応を抑制(ASR抑制対策として極めて有効)。



8

## 【木質バイオマス燃焼灰の品質】

### コンクリート混和材としての利活用の条件

- ・強熱減量（未燃炭素量）が3%を超えるとコンクリートの凝結不良、AE剤の吸着が問題となり、コンクリートへの直接利用が困難となる。

### 木質バイオマス燃焼灰の物性値

灰種	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	ブレン値 (cm <sup>2</sup> /g)	BET比表面積 (m <sup>2</sup> /g)	湿分 (%)	強熱減量 (%)	結合水減量 (%)	炭素減量 (%)	MB吸着量 (mg/g)	活性度指数 (28日) (%)	フロー値比 (%)
WBCA-A	2.22	3720	13.1	0.21	11.70	0.67	9.39	0.85	82.55	89.05
WBCA-B	2.06	2230	16.7	1.37	18.79	2.03	12.36	0.72	72.36	70.24
JIS II種 FA	2.29	3060	1.6	0.12	2.70	0.25	1.71	0.10	83.11	111.85
JIS II種基準	1.95以上	2500以上	—	1.0以下	5.0以下	—	—	—	80以上	95以上

⇒ 強熱減量（未燃炭素量）が高い木質バイオマス燃焼灰が存在

ジオポリマーコンクリートのアルミナシリカ粉末として利用するには

- ・未燃炭素除去手法の検討
- ・フライアッシュと同様に適用可能であるかの検討

## 【未燃炭素量の違い】



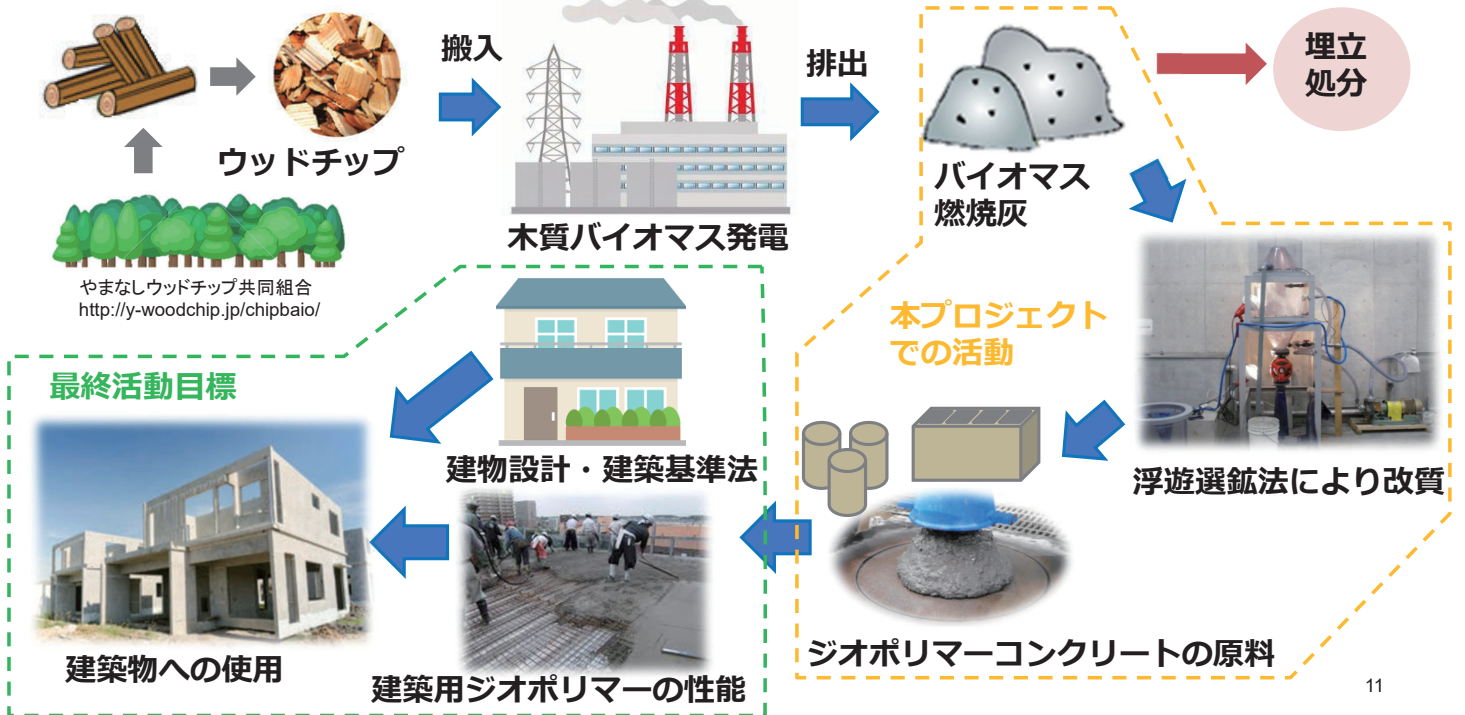
未燃炭素量(強熱減量) 11.3%



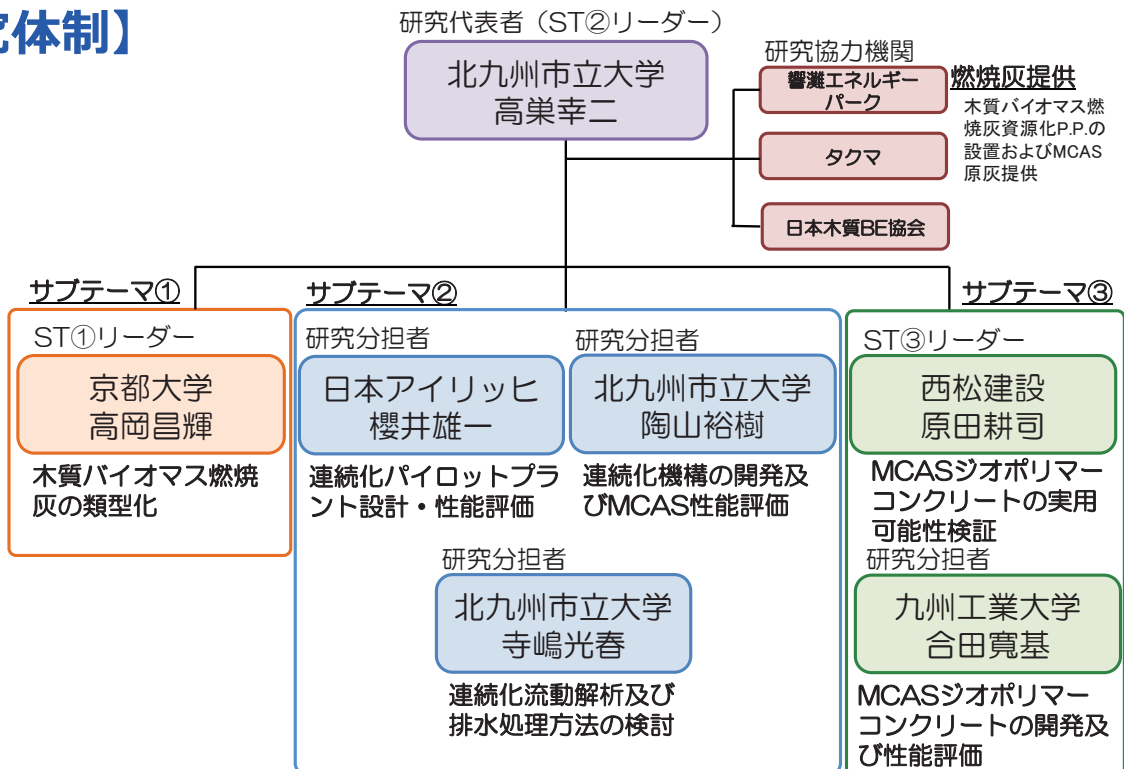
1.5%



## 【研究目的】



## 【研究体制】



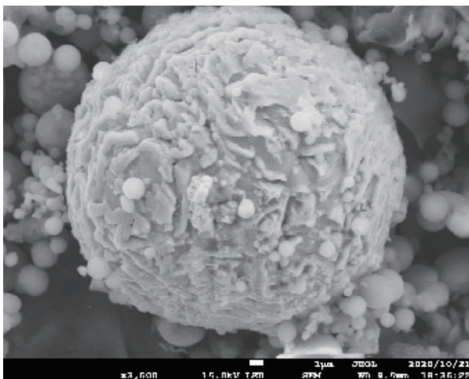
## 2. 開発技術の概要

13

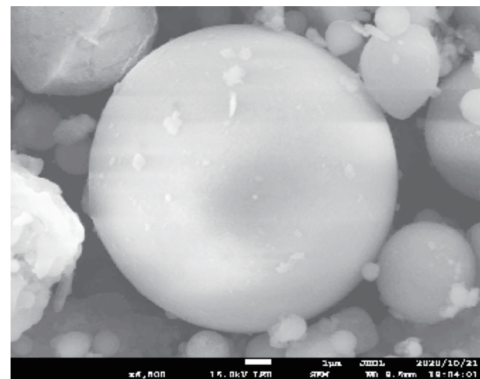
## 【MCAS（改質木質バイオマス燃焼灰スラリー）】

本技術は、浮遊選鉱法の原理を利用して、燃焼灰を改質して強熱減量2%以下の改質木質バイオマス燃焼灰スラリー・MCAS (Modified Combustion Ash slurry) を製造し、低炭素で高性能なジオポリマーコンクリートを実現する。

木質バイオマス燃焼灰の電顕画像



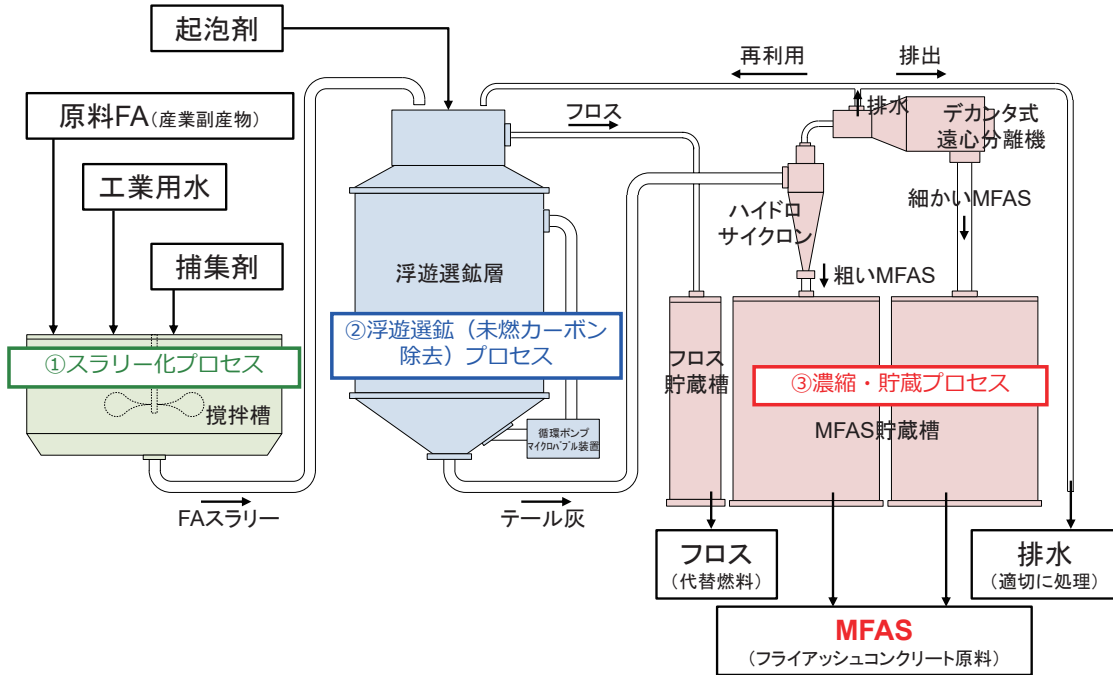
木質バイオマス燃焼灰原灰



MCAS  
(Modified Combustion Ash slurry)

14

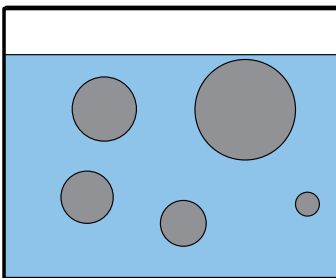
## 【木質バイオマス燃焼灰の改質プロセス（バッチ式）】



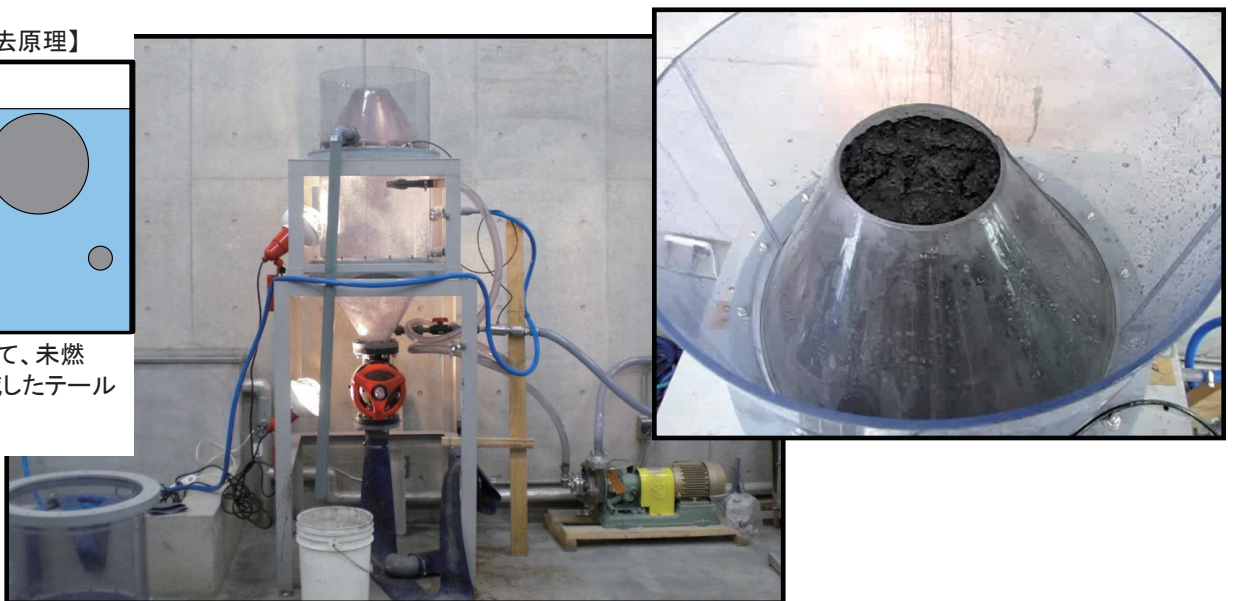
15

## 【浮遊選鉱装置（バッチ式）】

【未燃炭素除去原理】



⑥ フロスを分離して、未燃カーボンを低減したテール灰を得る。



※本デバイスは未燃分離器の回路に取り付ける循環ポンプのみを動力源としており、省エネ型でコンパクトな低価格プラントである。

16



## 【浮遊選鉱装置により改質された燃焼灰】



原灰  
未燃炭素含有量(強熱減量) 11.3%

フロス灰  
60.9%

改質灰  
1.5%

17

## 【未燃炭素再資源化装置】

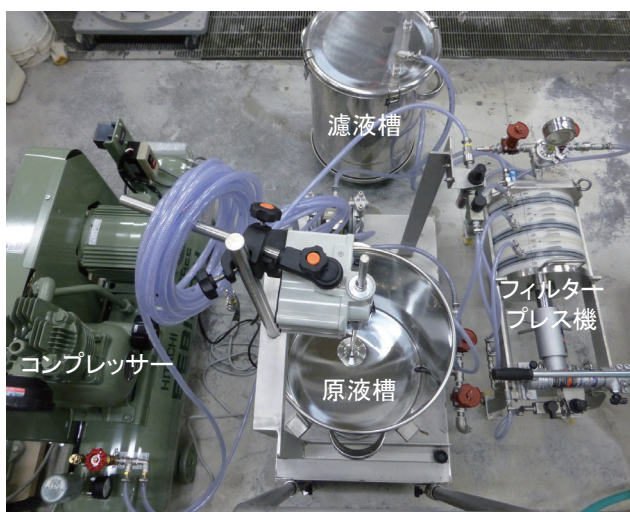


写真 フロス濃縮装置の試作機

試作機のテスト結果

	No.1	No.2
圧入圧力	0.3MPa	0.1MPa
圧入時間	3min	2min
圧搾圧力	0.5MPa	0.2MPa
圧搾時間	5min	1min
エアブロー 圧力	—	0.3MPa
エアブロー 時間	—	2min
脱水ケーキ スラリー濃度	57.2wt%	67.3wt%

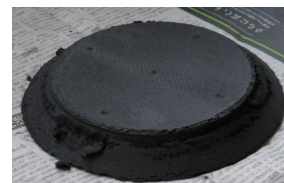
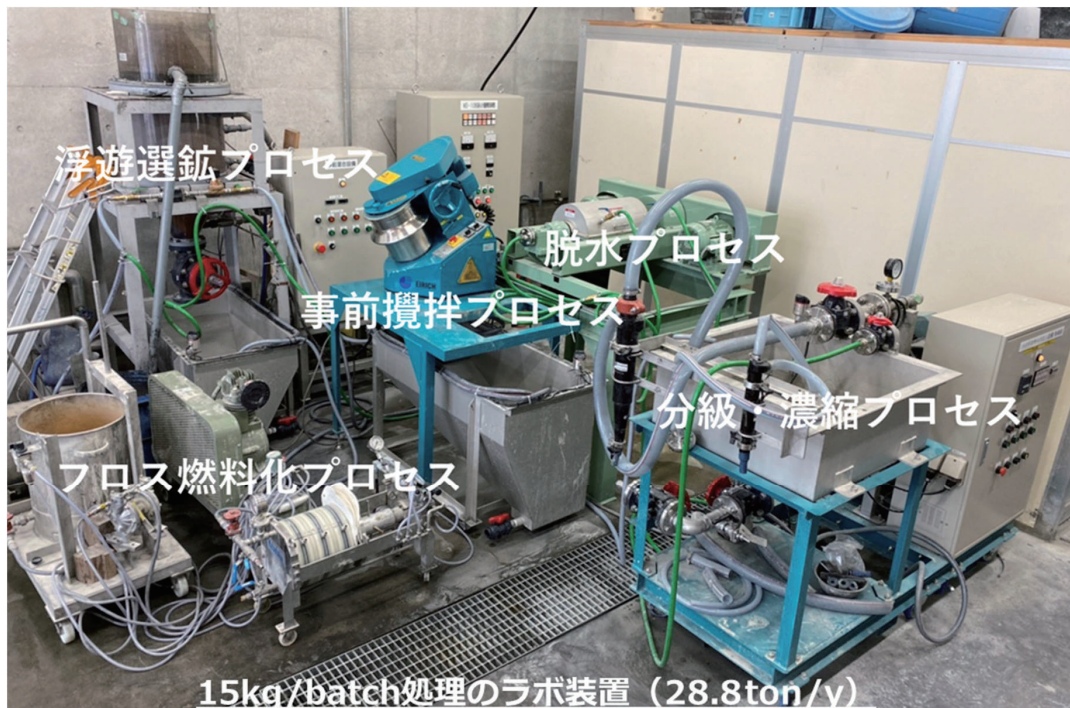


写真 フロスケーキ

- ・発熱量19.0MJのフロスケーキの製造に成功した。
- ・廃棄物フリーのクローズドシステムが構築できた。

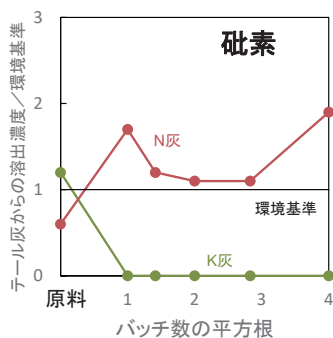
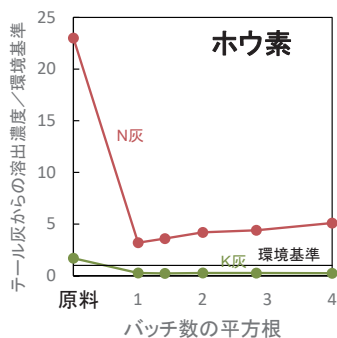
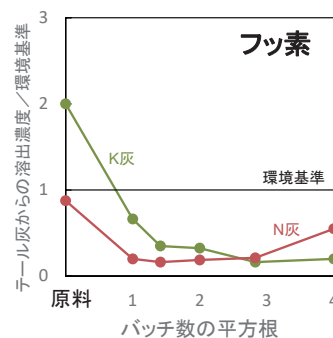
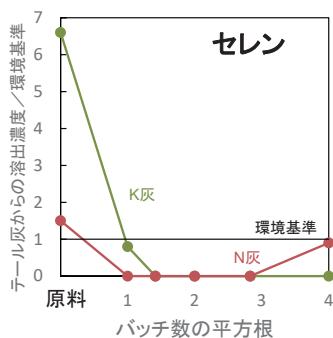
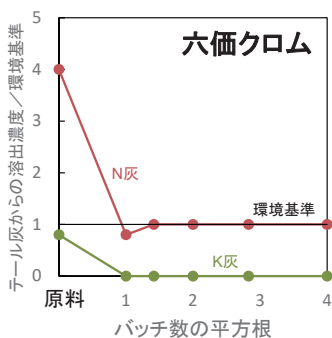
18

## 【ラボ・バッチ式MCAS資源化装置（プロトモデル）】



19

## 【燃烧灰からの重金属除去】

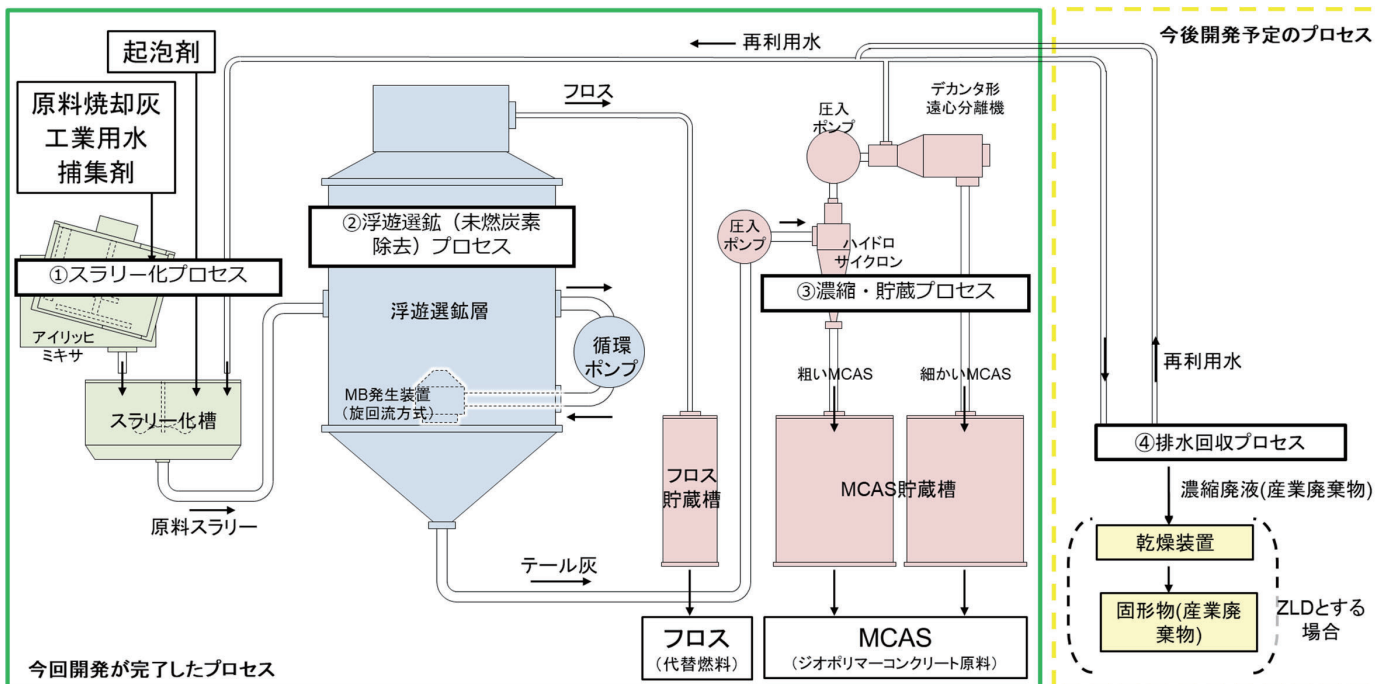


・浮遊選鉱処理は燃烧灰を水で洗浄するので一部の元素を除いて重金属を除去できる。

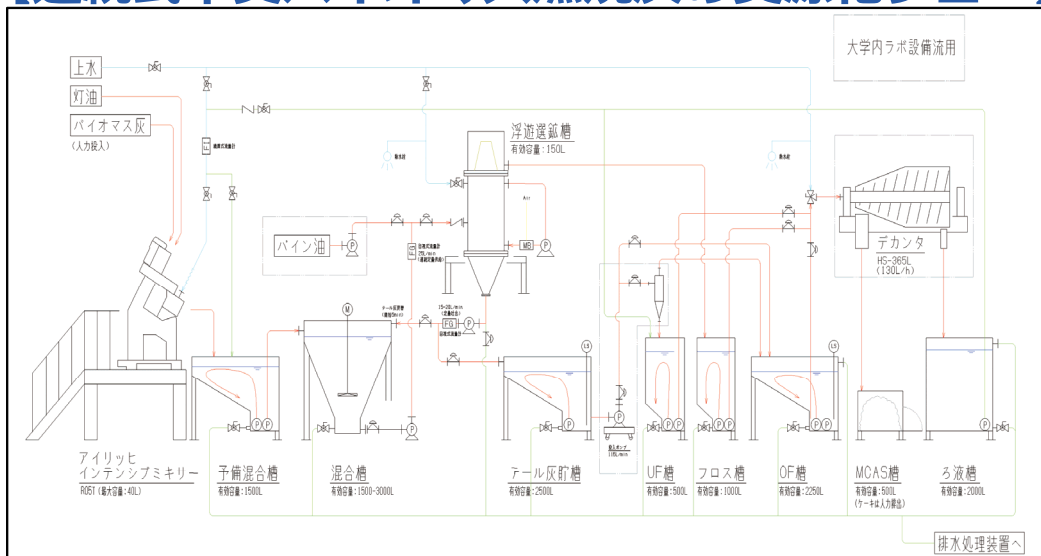
→現状、処理システムおよび処理コストは今後の検討課題

20

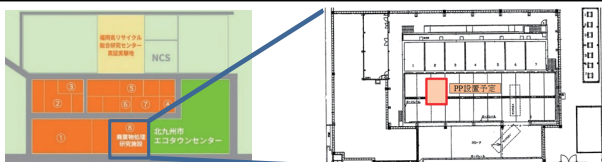
## 【連続式木質バイオマス燃焼灰の資源化プロセス】



## 【連続式木質バイオマス燃焼灰の資源化フロー】



全体フローシート



パイロット送致設置場所  
北九州市エコタウン



## 【連続式木質バイオマス資源化パイロット装置】



開発したパイロット装置 (300t/年)

- 特許 第6411135号** : 未燃カーボン回収方法及び浮遊分離装置並びにテール灰の製造方法及びフロスの製造方法
- 特許 第7361325号** : ジオポリマー組成物の製造方法
- 特開2020-11863** : 改質フライアッシュの製造方法
- 特願2022-133053** : 改質フライアッシュを連続して製造可能な浮遊分離装置
- 特願2023-061243** : 水分子移動システム、粉体湿潤装置・充填剤洗浄装置及びコンクリートの製造方法



23

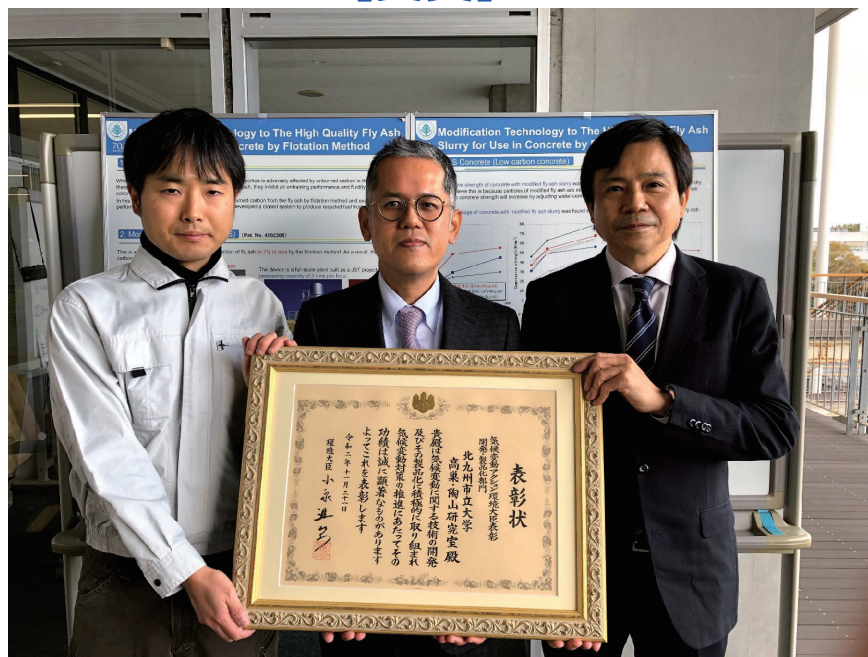
## 3. 環境政策への貢献

## 【MFAS・GPプレキャスト製品の製造】



25

## 【受賞】



令和2年度気候変動アクション環境大臣表彰

26



## 【環境政策への貢献】

- ・木質バイオマス発電は、必ずしも燃焼方法が確立されているとはいえ、その燃焼灰の品質が不安定である。現在、バイオマス燃焼灰はその性状が未解明で再利用が限定的で、埋め立て処分されているものも多い。バイオマス燃焼灰から効率よく未燃炭素を除去する技術が確立されたので、ジオポリマーコンクリートだけでなく従来のセメントコンクリートにもバイオマス燃焼灰を活用することが容易となった。
- ・本研究開発によってMCASをGPコンクリートに適用することによって、コンクリートのCO<sub>2</sub>排出量を最大約60%削減できることが試算できている。今後、現場打設対応型MCAS・GPコンを開発できれば、普通コンクリートの代替が可能となり将来的に40%代替すれば日本のCO<sub>2</sub>排出量を1%削減可能。



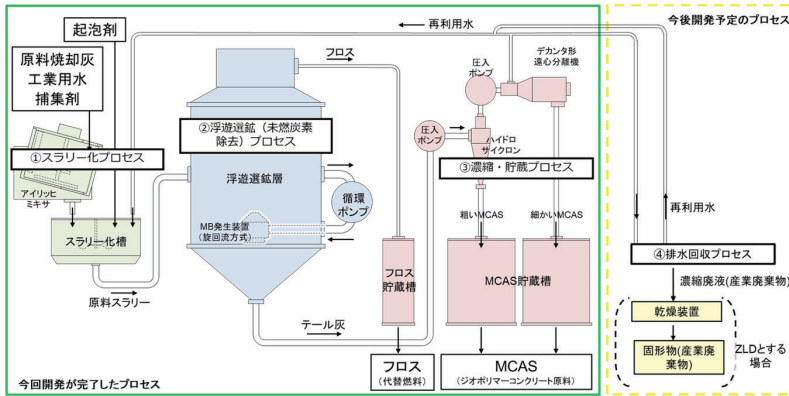
本技術開発によって、リサイクル手法の確立していない木質バイオマス燃焼灰から未燃炭素と重金属を除去して改質することによってGPコンクリートの活性フィラーとして地域内で資源循環を可能にすると共にコンクリートのCO<sub>2</sub>排出量を抑制しパリ協定の削減目標の一部となし温暖化対策に貢献できる。



## 4. 今後の展開

## 【今後の展開】

- ・パイロット装置で木質バイオマス燃焼灰の改質実験を継続して、**目標通りの処理効率（300t/年）と処理費（8,000円/t）を検証**する予定である。
- ・このパイロット装置には水処理設備が組み込まれていないのでラボ上で設計した**水処理設備をこの装置に組み込んでハイブリッド資源化システムを構築**する予定である。
- ・パイロット装置から製造された製品を使用して炭素中立（カーボンニュートラル）コンクリートの開発を行う予定である。
- ・パイロット装置から製造された改質木質バイオマス燃焼灰を使用した建築構造部材を製造して、**世界初の完全ジオポリマー構造体の建物を建築**して**本技術の社会実装**を目指す。



木質バイオマス燃焼灰ハイブリッド資源化システム



GPコンクリートガレージコンペ最優秀賞作品

## 5. 質疑応答・現地にて装置説明