

課題番号：3G-2103

課題名

**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**

体系的番号：JPMEERF20213G03

主：【重点課題⑩】 地域循環共生圏形成に資する廃棄物処理システムの構築に関する研究・技術開発

副：【重点課題⑫】 社会構造の変化に対応した持続可能な廃棄物の適正処理の確保に関する研究・技術開発

課題代表者：高巢 幸二（教授）

課題代表機関：北九州市立大学 国際環境工学部

研究実施期間：令和3年度～令和5年度

研究体制：京都大学大学院、西松建設、日本アイリッヒ、九州工業大学大学院



【目次】

1. 研究の背景・目的
2. 研究の目標・内容・結果および考察
3. 研究の進捗状況
4. 環境政策等への貢献
5. 研究成果の発表状況
6. 研究経費の内訳



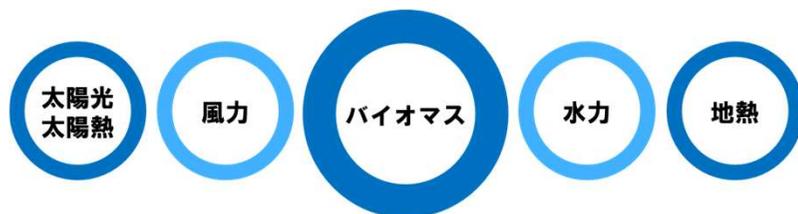
1. 研究の背景・目的

【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
→2023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70万t (2023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



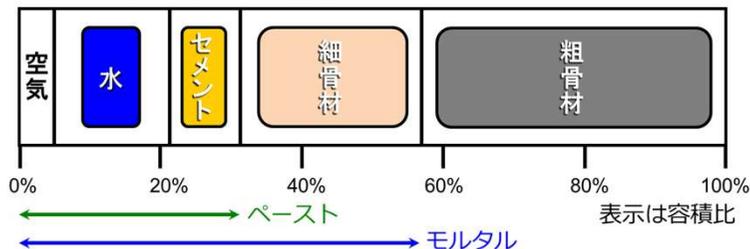
【SDGsを指向したコンクリートの方向性】

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CO₂排出削減

コンクリートのCO₂排出量

セメント	粗骨材	細骨材
194.9 (91.7%)	7.8 (3.7%)	10.0 (4.6%)

=212.6kg/m³

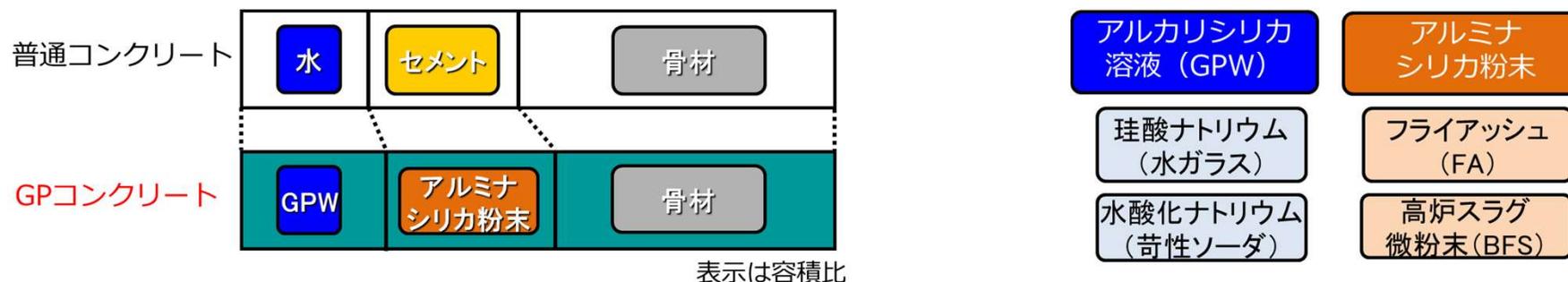
セメント製造時のCO₂排出量：
全世界の総排出量の約6%
日本においては約5%

今後

- セメントの使用量を低下させCO₂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



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。



バイオマス燃焼灰の活用

- GP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
 - ・ フライアッシュと同様に適用可能であるかの検討
 - ・ 未燃炭素除去の検討（予備調査では未燃炭素の高い燃焼灰が存在）

【研究目的】

本研究開発では、木質バイオマス燃焼灰の類型化を行うとともに、本提案方式に合致した燃焼灰を選択し、木質バイオマス燃焼灰から未燃炭素と重金属を除去する装置を連続式にすることによって装置サイズを1/10にコンパクト化して、300ton/yの製造量を有するパイロット装置を開発することによって実用可能性を検証する。パイロット装置で製造した改質灰を使用したジオポリマーコンクリートに対して暴露試験により実環境下での耐久性能評価を実施し、改質木質バイオマス燃焼灰（MCAS：Modified Combustion Ash）を使用したジオポリマーコンクリートの実用可能性を検証する。

サブテーマ

I 木質バイオマス燃焼灰の類型化

(サブテーマ①)

II 連続式木質バイオマス燃焼灰改質リサイクルシステムの実用可能性検証

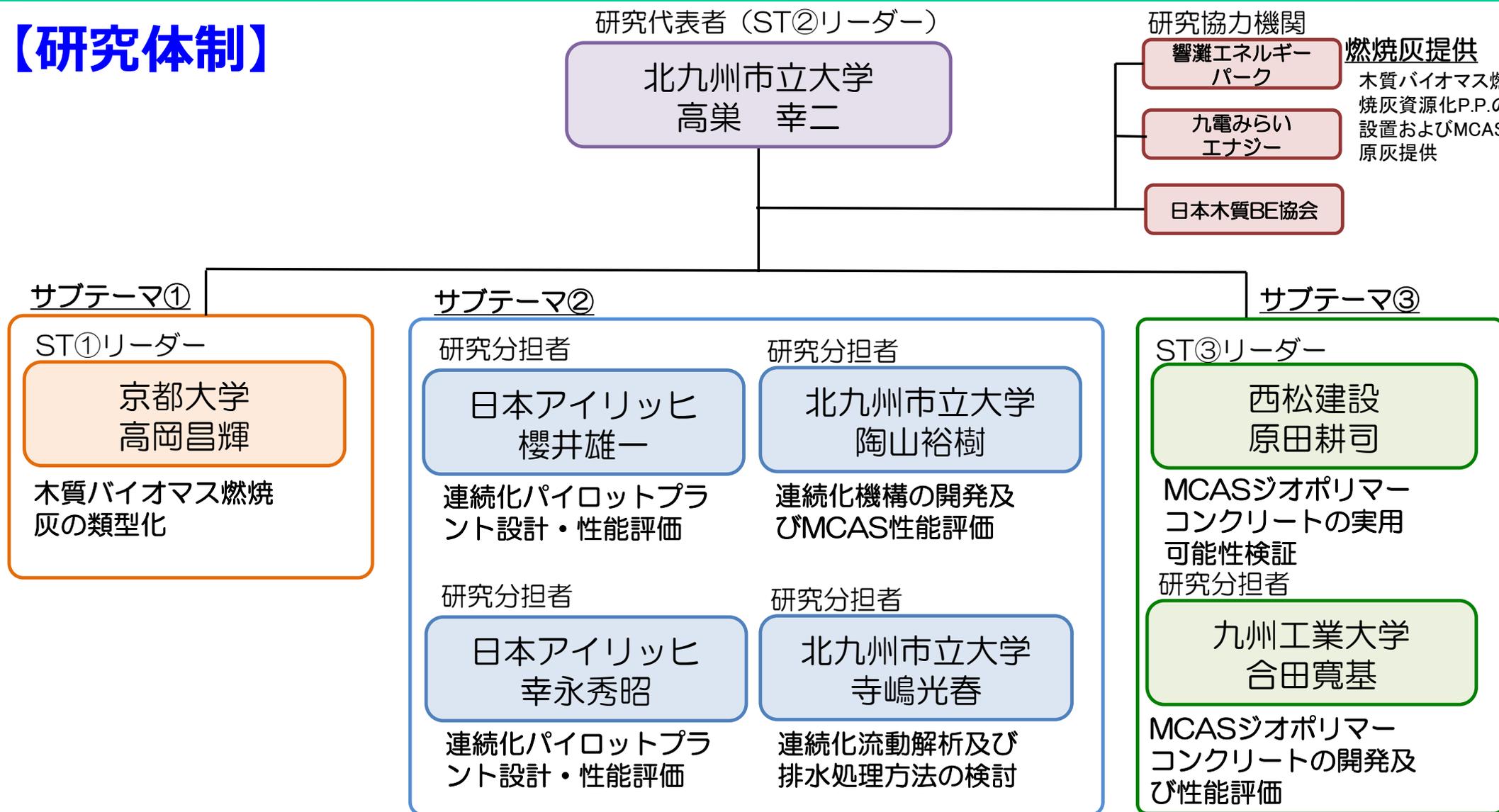
(サブテーマ②)

III 改質木質バイオマス燃焼灰を使用したジオポリマーコンクリートの開発

(サブテーマ③)



【研究体制】





2. 研究の目標・内容・結果および考察

サブテーマ①: 京都大学 木質バイオマス燃焼灰の類型化

研究内容・目標:

- ・ 木質バイオマス発電施設からの燃焼灰の発生量に関する全国的なデータベースを作成 (難易度中)
- ・ 木質バイオマス発電施設からの灰の発生量の推計及び燃焼灰の類型化および活性フィルターとして適用できる燃焼灰を抽出 (難易度小)

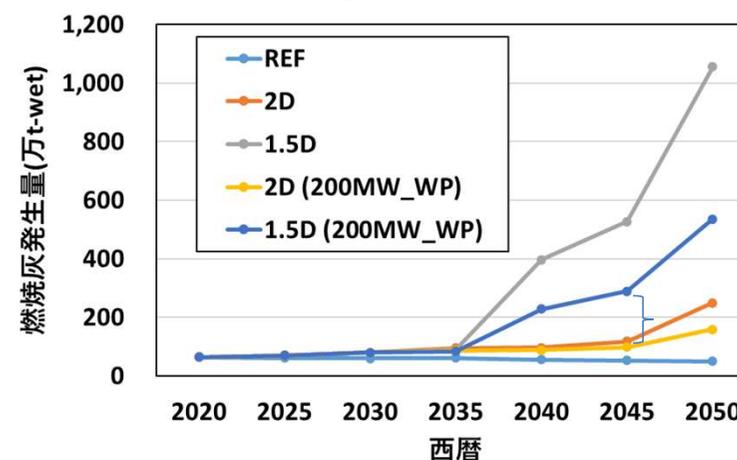
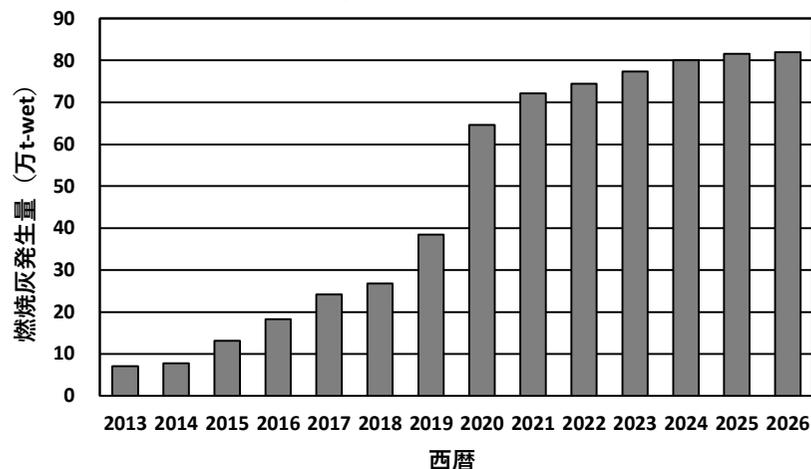
【サブテーマ1：目的・内容・アンケート調査結果】

再生可能エネルギーの一つとして近年導入が急増している木質バイオマス燃烧灰の排出実態を把握し、有効利用を促進させるため、データを整備する。

- ・全国アンケート調査を行い、発生量を推計。
- ・燃烧灰の性状分析を通して特徴を把握、類型化を行う
- ・各有効利用用途別に資源量を見積もり。特に、ジオポリマー利用に適した量

主燃料が木材またはパーム椰子殻（PKS）で出力1MW以上の固定価格買取制度（FIT）認定発電施設220件を灰発生量推計対象：103施設から回答

- 灰1tあたりの**有効利用**、廃棄にかかる平均費用はそれぞれ**1万5100円**、1万8700円
- 2026年時点、WCが38%、WPが33%、**PKSが21%**。
- 灰発生量推計式の開発**。循環流動層ボイラー主流。主灰で71%、飛灰で65%。
- 2026年で**82万トン/年**。気候変動を考慮したシナリオ（**2℃目標**）で**160-250万トン/年**



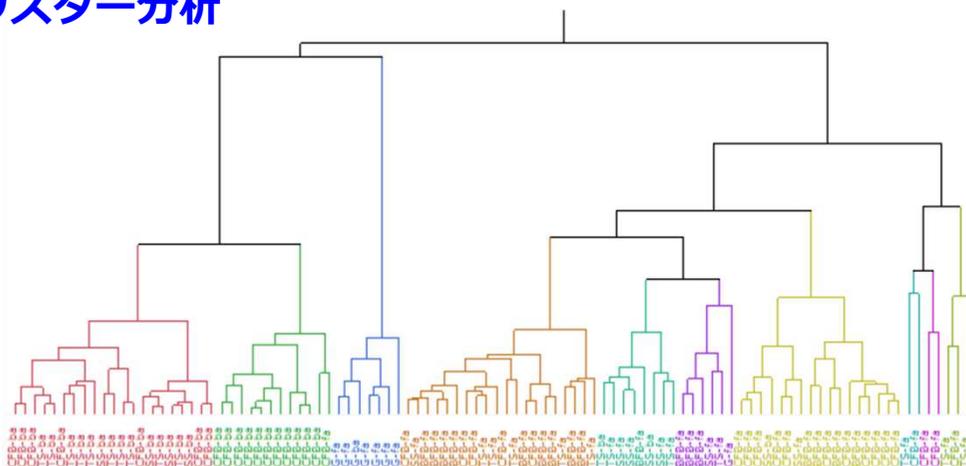
【サブテーマ1： 燃焼灰の性状調査結果】

64施設から、主灰、飛灰を**156試料**を3年間にわたり収集・性状把握のために各種分析

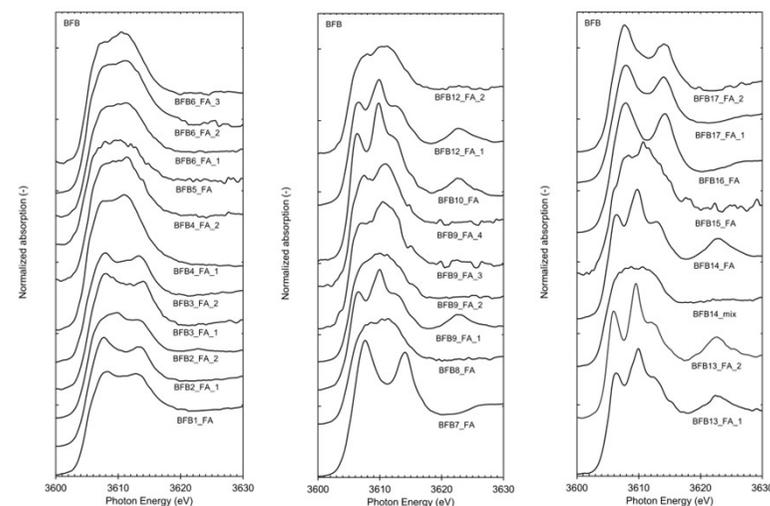
- MP発光分析の適用・確立
- 飛灰・主灰の各炉形式、燃料種ごとの元素組成に対して、主成分分析・階層クラスター分析を適用。**廃木材**を利用している施設において、統計的に有意に**重金属が高い**。
- カリウムの化学状態**を放射光で測定主灰はアルミノケイ酸塩主体。飛灰は塩化物・硫酸塩。

性状分析項目	目的	分析方法	対象燃焼灰
主要元素	リサイクル性	蛍光X線分析、ICP発光分析、MP発光分析	飛灰・主灰
未燃炭素	浮選による分離対象・リサイクル阻害性	前処理+CHN分析計	飛灰・主灰
重金属含有量	リサイクル性・肥料基準との比較	ICP発光分析、ICP質量分析、水銀分析計	飛灰・主灰 (一部)
重金属溶出量	処分基準との比較	環告13号、環告46号法で溶出+ICP質量分析、水銀分析計	飛灰
粒径	リサイクル性	ふるい、レーザー回折	飛灰・主灰
結晶成分	リサイクル性	X線回折分析	飛灰・主灰
Kの化学状態	リサイクル性	X線吸収端近傍構造分析	飛灰・主灰

主要元素に対する階層クラスター分析



燃焼灰中カリウムの化学状態



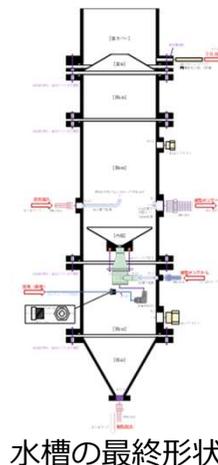
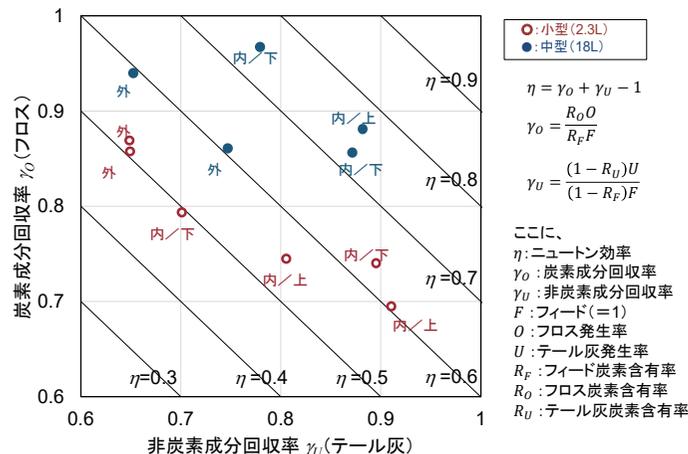
サブテーマ②: 北九州市立大学、日本アイリッヒ 連続式木質バイオマス燃焼灰改質システムの実用可能性検証

研究内容・目標:

- ・ 10倍の効率を要する連続式処理装置の開発および実機の1/10のパイロットプラント（300t/y）での性能検証（**難易度高**）
- ・ 処理費の目標は8,000円/t以下とし、現状の処理費の50%以上を削減（**難易度中**）
- ・ 攪拌時間を3分/回として、150kg/hの事前攪拌装置および1時間以内で150kgのテール灰を濃度75wt%以上のケーキ状に脱水する装置の確認（**難易度小**）
- ・ 重金属に関して安価で簡便な排水処理方法の提案（**難易度中**）

【サブテーマ2：10倍の効率を要する連続式処理装置の開発】

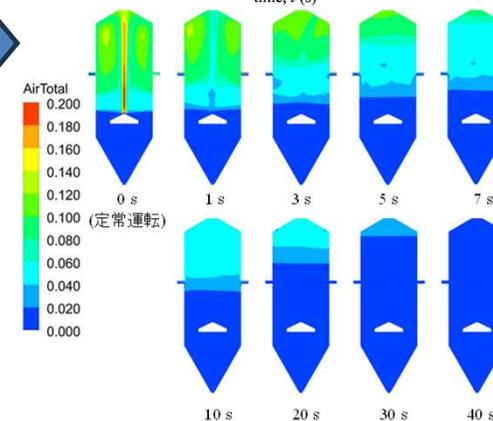
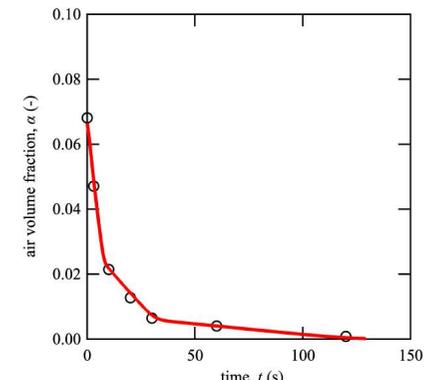
プロトタイプ装置を用いた水槽形状や運転条件の検討



【分離能力を改善した連続式装置の機構】

1. MBノズルを水槽の中に沈めて取り付け。
2. フロスとして分離したい成分は、MBノズルから吐き出される上昇流に乗ってフロス溢出口付近にまで到達。
3. テール灰として分離したい成分を外周付近を下降させ、内底の隙間を経て水槽の一番下から排出。
4. 分離能力が最適となるMBノズル吐出口からフロス溢出口までの距離が存在。
5. 原料を水槽の水平断面の中心から投入。
6. 循環ポンプへの吸込口は、内底より上の水槽の外周から中心に向かって水槽内径の1/6離れた位置。
7. 水槽内の渦流を積極的に消失・強化する必要はない。

数値解析 (CFD)



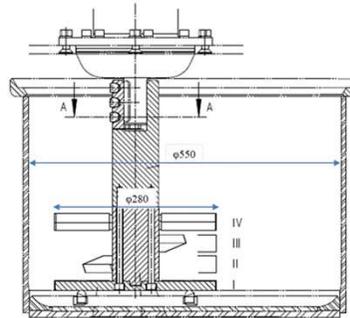
気泡ボリュームフラクションの変化を良好に再現

パイロットプラント (300t/y) の設計およびMCAS製造の特許申請 (特開2024-30281) に反映

【サブテーマ2：パイロットプラントの設計・製作】

選定された事前攪拌装置

機種	アイリッヒミキサR05T
呼び容量	~40L/バッチ
混合工具	スター型, SUS304, φ280mm
混合工具回転数	1780rpm (計画)
混合パン	内径φ550mm, SUS304
混合時間	3分/バッチ
実投入量	25kg (原料のみ)



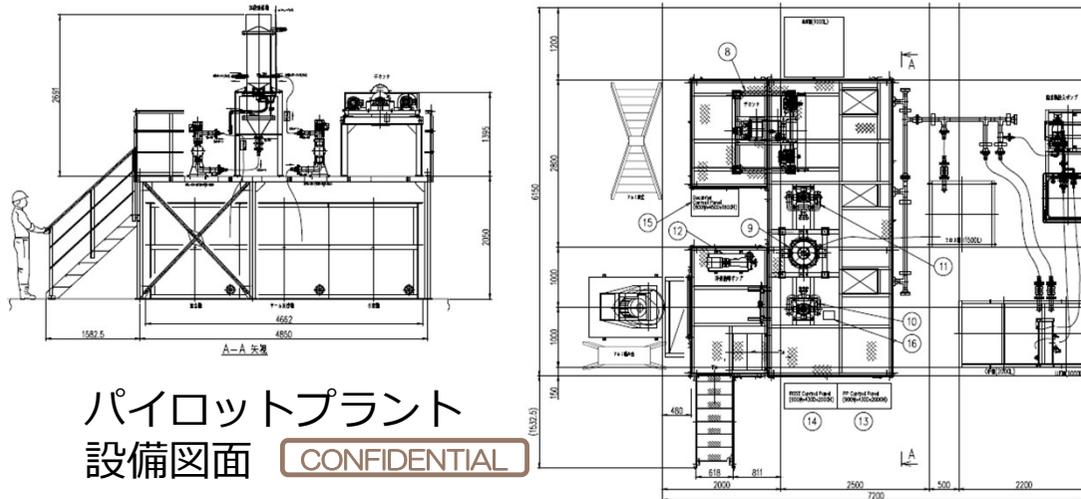
混合工具・混合パン

パイロットプラントの主な仕様

計画処理量	300ton/年 (250日/年×8h/日として)
時間処理量	150kg/h
原料スラリー	燃焼灰：灯油：パイン油：水
スラリー濃度	10wt%
スラリー比重	1.05~1.10kg/L
供給量	1,500L/h (25L/min)

デカンタ式遠心分離機の運転パラメータ

遠心効果	1000~1500G
差速	12~16min ⁻¹
処理量 (流量)	0.4~0.6m ³ /h
原液SS濃度	10%



パイロットプラント

設備図面 CONFIDENTIAL



パイロットプラントの外観

【サブテーマ2：パイロットプラントの性能検証】

試験運転の結果

No.	原料 強熱減量	取出 投入	平均 滞留時間, min	原料 スラリー 濃度	灯油 添加率	パイン 油 添加率	テール灰 強熱減量	テール灰 発生率	フロス 強熱減量	フロス 発生率	ニュート ン効率 η
0110-1			10				2.62%	74.9%	34.08%	25.1%	0.63
0110-2			10				2.56%	74.6%	27.24%	25.4%	0.58
0117-1	10.92%	0.7	10	12%	1.0%	0.3%	3.34%	70.7%	39.38%	29.3%	0.62
0117-2			10				2.72%	62.4%	40.59%	37.6%	0.63
0117-3			6				2.65%	62.1%	37.37%	37.9%	0.61



得られたテール灰



フロスの溢出

180kg/hの処理速度で、MCAS（テール灰）の炭素含有量<3.0% かつ $\eta>0.60$ を達成

木質バイオマス燃焼灰1tの処理費

費用種類	内容	消費量	費用
電気料金 24円/kWh	事前攪拌プロセス	47.5kWh	3,048円
	浮遊選鉱プロセス	22.0kWh	
	脱水濃縮プロセス	57.5kWh	
油脂類	捕集剤	10kg	4,800円
	気泡剤	3kg	
その他	工業用水(30円/t)	333kg	10円
	合計		7,858円

処理費<8,000円/t を達成

工程	実機プラント（3000t/y）に向けた課題・改善点
燃焼灰計量投入	時間短縮と省力化、粉塵飛散防止
添加剤計量投入	時間短縮、省力化
計量投入	適性量の自動検出
攪拌	攪拌装置内の付着削減
攪拌容器内洗浄	時間短縮と省力化
攪拌物排出	時間短縮、省力化、容器内の付着除去
事前攪拌物一時貯槽・供給	省力化、スラリー均一化、動力削減、配管洗浄システム
計画処理量	計画の処理量より余裕をもった処理能力
浮遊選鉱槽内スラリー循環	起動条件の自動検知
浮遊選鉱槽テール灰(MCAS)排出	省力化、自動流量制御、動力削減、配管洗浄システム
テール灰(MCAS)の一時貯槽	槽内の付着削減、省力化、スラリー均一化、動力削減

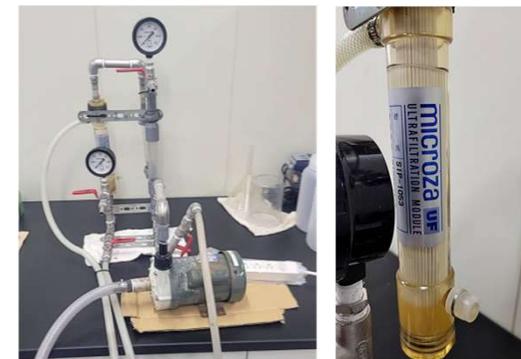
【サブテーマ2：排水基準達成のための方法】

バイオマスボイラ燃焼灰に含まれる有害物質

有害物質元素	Cr	As	Cd	Pb	Hg
燃焼灰中濃度 (mg/kg)	43.4	4.5	0.7	20.9	0.286

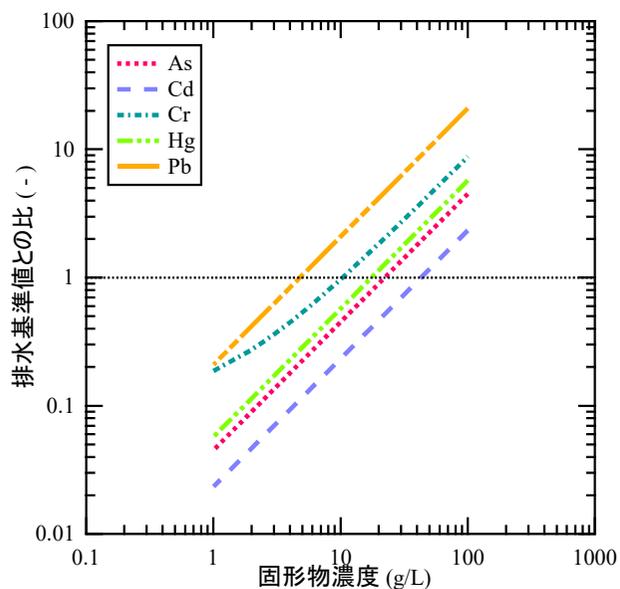
遠心分離脱離液のUF膜処理

旭化成マイクロザSLP-1053,
膜内径1.4 mm, 膜面積0.12 m²,
ポリスルホン
公称分画分子量10,000, 100 kPa

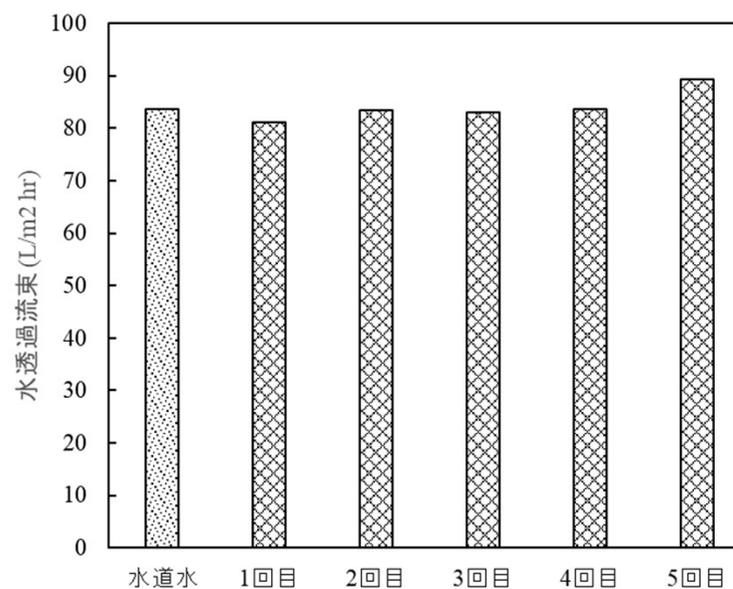


改質システム脱離液中の溶解性の有害物質濃度

有害物質元素	Cr	As	Cd	Pb	Hg
濃度 (mg/L)	0.05	0.005未満	0.001未満	0.005未満	0.0005未満
一律排水基準(mg/L)	0.5	0.1	0.03	0.1	0.005



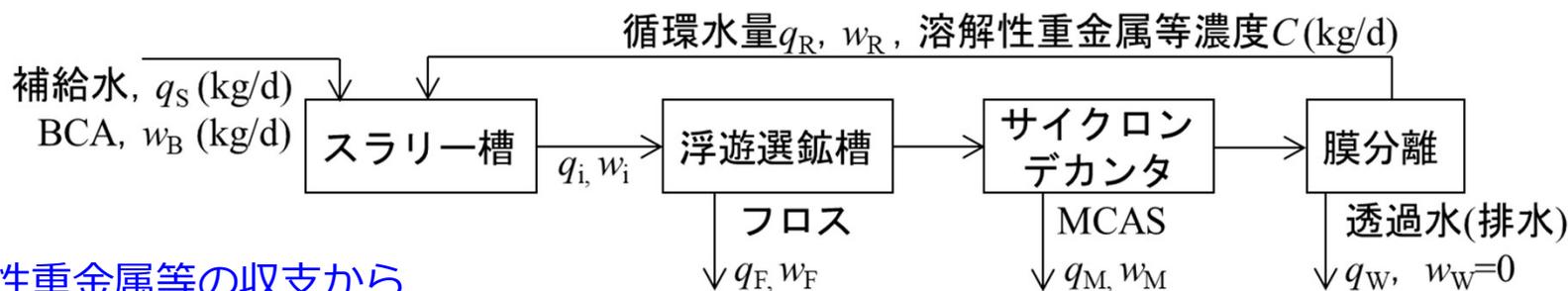
固形物濃度と排水基準値との比の関係



UF膜による繰り返しろ過試験結果



【サブテーマ2：水バランス調査による排水水量の最適化】



水と溶解性重金属等の収支から

$$\eta_B w_B = C(q_F + q_M + q_W)$$

$$q_s = q_F + q_M + q_W$$

排水量 q_W (kg/d)

浮遊選鉱槽投入水量 q_i (kg/d)

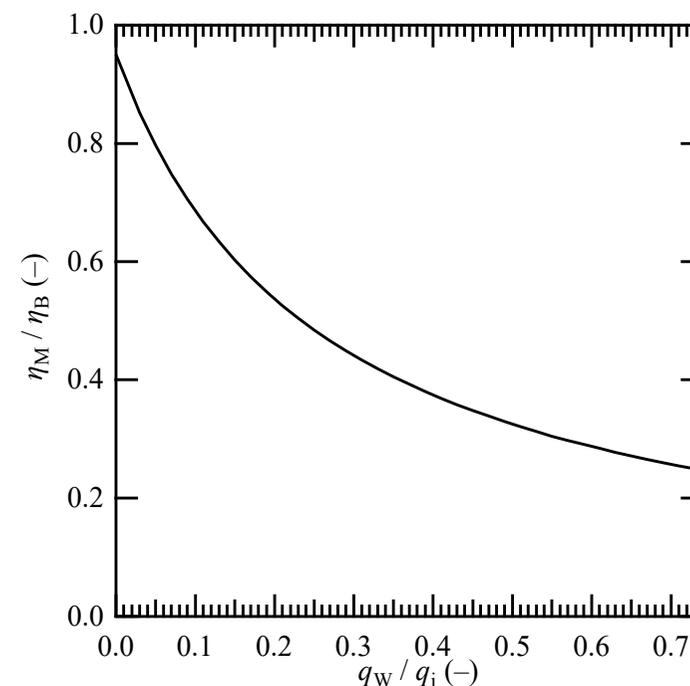
MCAS中溶解性重金属含有比 η_M (kg溶解性重金属/kgMCAS)

BCA中溶解性重金属含有比 η_B (kg溶解性重金属/kgBCA)

について、関係を計算

排水量を増やすとMCAS中の溶解性重金属含有を減らすことができる。これにより排水によるMCAS中の溶解性重金属含有量のコントロールができる。

排水量をゼロにするとBCA中の95%の溶解性重金属量となる。



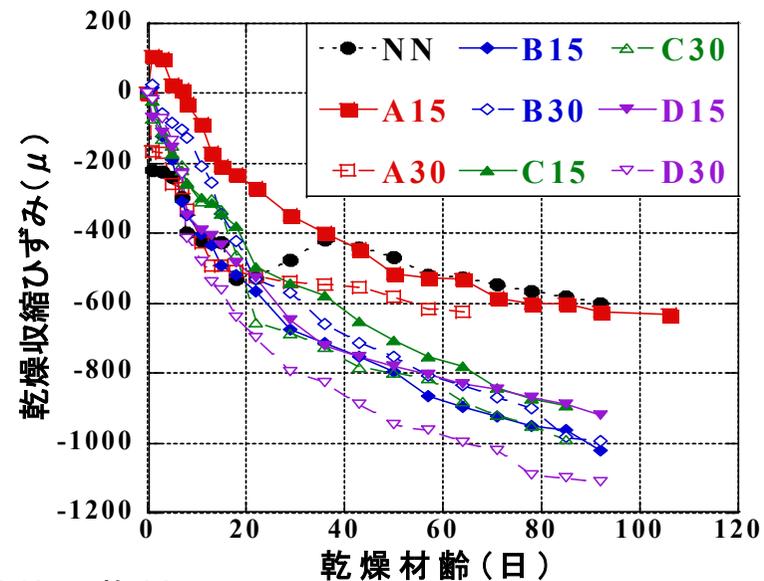
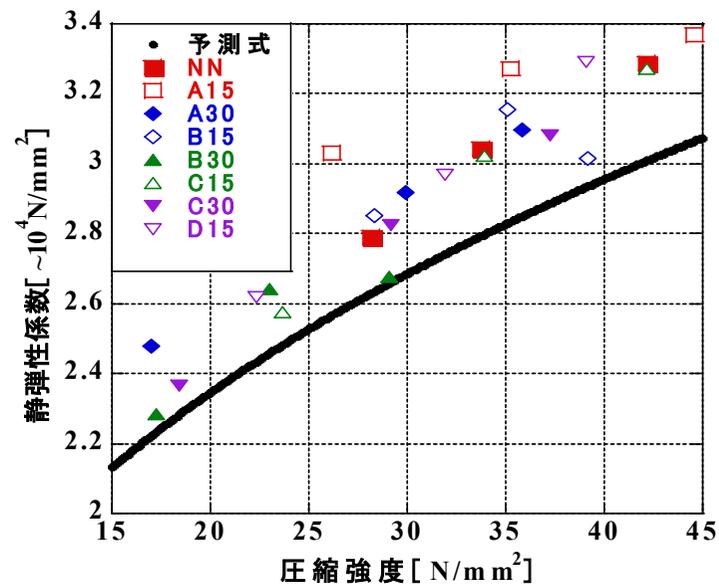
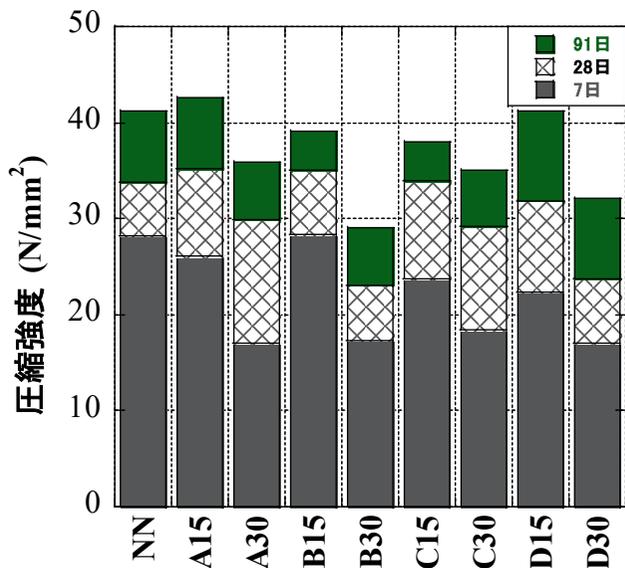
【サブテーマ2 : MCASの製品評価】

供試体調合

使用したバイオマス燃焼灰由来のMCAS

物性	A灰	B灰	C灰	D灰
密度[g/cm ³]	2.22	1.91	1.99	2.09
強熱減量	3.02%	8.64%	15.90%	9.92%
pH	10.67	11.44	10.62	10.72
プレーン比表面積[cm ² /g]	4346	6470	7346	6848
未燃炭素量(塩酸処理後の強熱減量)	1.85%	3.72%	1.48%	0.94%
成分 SiO ₂	40.5%	17.9%	14.0%	13.4%
CaO	22.8%	36.5%	11.3%	8.34%
Fe ₂ O ₃	29.4%	24.1%	10.3%	6.75%
Al ₂ O ₃	39.5%	14.9%	13.5%	10.4%

調合	W/B (%)	単位質量(kg/m ³)					
		W	B	C	MCAS	S	G
NN				360	0	805	945
A15				306	54	786	945
A30				252	108	767	945
B15				306	54	776	945
B30	50	180	360	252	108	746	945
C15				306	54	779	945
C30				252	108	752	945
D15				306	54	782	945
D30				252	108	759	945



MCASを使用したセメントコンクリート供試体の物性

サブテーマ③: 西松建設、九州工業大学大学院 改質木質バイオマス燃焼灰を使用したジオポリマーコンクリートの開発

研究内容・目標:

- ・ 普通コンクリートに対してCO₂排出量を60%削減し、目標性能は設計基準強度24N/mm²以上、耐久性能の優れたもの (難易度中)
- ・ 常温硬化型で60分程度の可使用時間を有する生コンプラントで練混ぜ可能なGPコンクリートの開発 (難易度高)
- ・ 製品の環境負荷低減効果、高機能性およびコストを加味して総合的優位性の提示 (難易度中)

【サブテーマ3：MCAS・GPコンクリートの開発および曝露試験】

以下の目標値を満足するMACSを利用したジオポリマーコンクリートを開発した。

・CO₂排出量を62.5%削減、60分程度の可使用時間の確保、設計基準強度29.7N/mm²以上、耐久性能の優れたものを開発し、曝露実験により長期耐久性を確認した。

配合表 (CO₂削減率⇒クリア)

Sample No.	単体量(kg/m ³)								CO ₂ 排出量(kg/m ³)	削減率(%)
	AS	SH	W _{MCAS}	MCAS	BFS	LS	S	G		
B18-L15	159.5	21.5	85	254	68	57	698	944	118.5	62.5

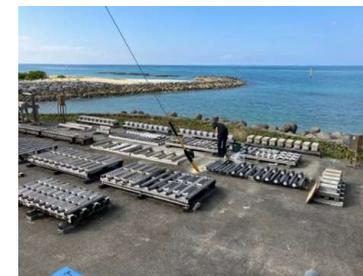
試験結果1 (圧縮強度、60分程度の可使用時間⇒クリア)

Sample No.	B18-L15	
養生条件	加温 (60°C12h)	常温 (20°C)
強度試験材齢	1日	28日
スランプフロー(mm) 0min	569.5	
スランプフロー(mm) 60min	450.0	
圧縮強度(N/mm ²)	26.59	29.69



フロー試験

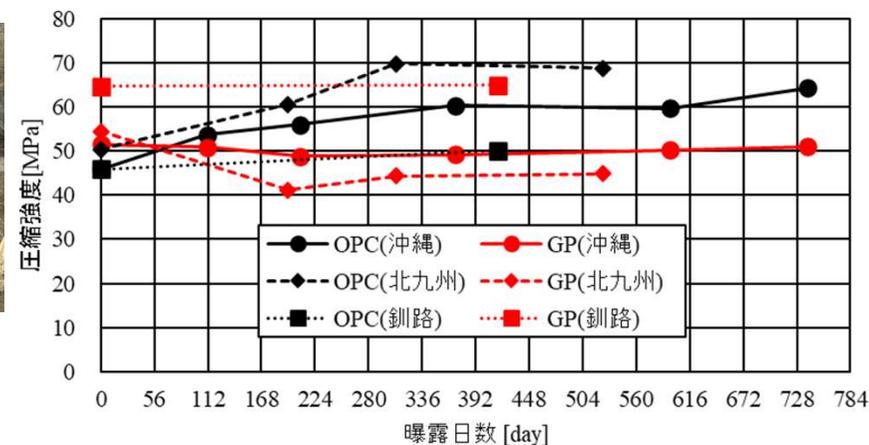
GPコンクリート曝露試験



沖縄曝露試験場



釧路曝露試験場

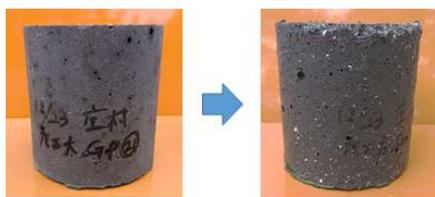
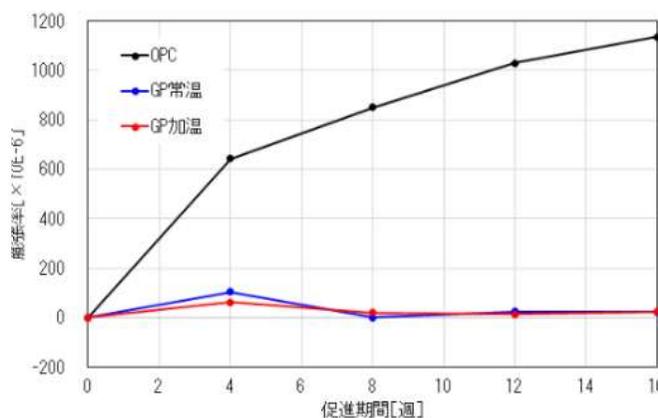
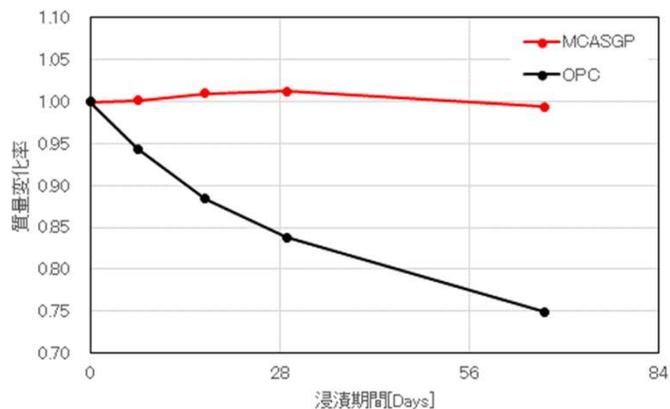


圧縮強度の推移

【サブテーマ3：MCAS・GPコンクリートの耐久性および小型製品】

試験結果2（酸に対する抵抗性高い、アルカリシリカ反応抑制⇒クリア）

小型製品の試作



酸に対する抵抗性



MCAS・GPコンクリート縁石



実機ミキサ



練混ぜ



打設



養生

【サブテーマ3：3枚目MCAS・GPコンクリートの総合優位性】

・製品の環境負荷低減効果、高機能性およびコストを加味して総合的優位性の提示

総合評価

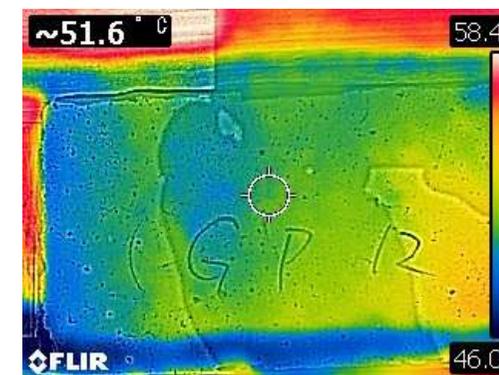
種類	環境負荷低減	高機能性	コスト	総合評価
MCASを利用したジオポリマーコンクリート	○ * 二酸化炭素を60%削減可能。 * 循環型社会に貢献	○ * アルカリ骨材反応の抑制効果、耐酸性等に優れる。	△ * 割高になる。	○ コストは割高であるが、環境負荷低減効果を期待でき、高機能性を有効活用すれば、普及が可能

高機能性を活かした製品例

機能	製品例	備考
高い耐酸性	① 化学工場などの水処理施設 ② 下水管 ③ 補修材 等	補修材は、新設材料よりコストが高い。
アルカリ骨材反応の抑制効果	① 低品質の骨材を利用した製品	構造物の長寿命化とともに、骨材の枯渇問題も解決できる。
低い放射熱	① ヒートアイランド対策製品 ② 屋外の駐車場	高温な沖縄において「琉球ジオポリマー」を検討中。



ヒューム管



放射熱



3. 目標の達成状況と環境政策等への貢献

【目標の達成状況】

I 木質バイオマス燃焼灰の類型化（サブテーマ①） 1. 目標を大きく上回る成果をあげた

○全国的なデータベースを作成

- ・研究開始当初のFIT認定施設は191施設であったことから、100施設以上の施設からアンケート回答を得ることを目標に実施し、**105**施設から回答を得た。
- ・灰中主要成分元素濃度と有効利用の有無について、各発電施設に情報を付与して、**Google Map形式でのデータベースを整備**した。

○木質バイオマス発電施設からの灰発生量の推計

- ・炉形式及び燃料種、発電容量から燃焼灰量を推計する式を開発した。
- ・過去から現在までの灰発生量の推移を見積もり、**2026年時点で約82万t-wet/年**に達すると推定した。
- ・**2050年までの燃焼灰発生量**を気候変動を考慮したシナリオ下で将来予測した。

○燃焼灰の類型化

- ・木質バイオマス燃焼灰の元素分析においてMP-AESを用いた方法を確立した。
- ・得られた燃焼灰（**64施設、150サンプル以上**）に対して組成分析などを実施し、数量化1類、クラスター分析等により考察するとともに、類型化を実施した。

○各リサイクル用途に応じた将来的な資源量の見積もり

- ・全国220施設から排出される燃焼灰に対して、肥料利用、セメント原料利用、サブテーマ2で実施するジオポリマー利用として利用可能と推定される資源量の見積もりを行った。**82万t-wet/年**の燃焼灰中**肥料利用として70万t-wet/年**、**セメント原料利用として32万t-wet/年**、**改質処理後ジオポリマー利用として17万t-wet/年**が有効利用されうると推定された。

【目標の達成状況】

II 連続式木質バイオマス燃焼灰改質リサイクルシステムの実用可能性検証（サブテーマ②）

2. 目標を上回る成果をあげた

○連続式処理パイロットプラントの開発

- ・浮遊選鉱装置を連続式にするため2.3Lの小型装置から検証を実施し、18Lの中型装置にサイズアップして、最終的に当初の予定通り**150Lの連続式パイロットプラントを開発**した。
- ・テール灰の未燃炭素量3.0%以下、ニュートン効率0.60以上の運転条件に到達した。パイロットプラントは**360t/年の処理量を達成**できることが確認でき、運転条件の最適化により24時間運転とした場合、1080t/年の処理効率を達成できる可能性を示した。従って、当初の**目標値である300t/年を大幅に上回る結果を達成した**。
- ・**1ライン3,000t/年の実機プラントの設計原案**を示した。
- ・研究開始当初より60%アップの電気料金で**処理費を試算したが、7,858円/tとなり当初目標の2%減で達成した**。
- ・攪拌時間は3分/回で目標とする製品を製造できることを確認した。事前攪拌プロセスの最適化により150kgを47分で処理できることが確認され、目標効率を27%アップすることができた。
- ・脱水ケーキの**濃度は68.5wt%（目標の91%）**にとどまった。木質バイオマス燃焼灰は石炭灰に比べて粒径が歪で保水しやすい性質を有しているため、**その特性上、石炭灰で達成できた濃度75wt%の達成は困難**であった。

○安価で簡便な排水処理方法の提案

- ・実証した木質バイオマス燃焼灰は重金属の溶出量は排水基準を満たしていたので、**処理水の循環利用が最も安価で簡便な手法**であることを見出した。
- ・排水処理する場合は、排水中懸濁固形物に重金属が含まれているので、**除濁膜（UF膜）でろ過した後、排水可能である**ことを示した。

○建築技術性能評価認定を得るための基礎データ収集

- ・4種類のMCASを使用したコンクリートに対して圧縮強度、静弾性係数および乾燥収縮の基礎データを収集した。 27

【目標の達成状況】

Ⅲ 改質木質バイオマス燃焼灰を使用したジオポリマーコンクリートの開発 (サブテーマ③)

3. 目標どおりの成果をあげた

○MCASを利用したジオポリマーコンクリートを開発

- ・パイロットプラントから製造されたMCASを利用して、**圧縮強度29.7N/mm²**、普通コンクリートに対して**CO₂排出量を62.5%削減**し、**耐酸性、アルカリシリカ反応抑制**のあるジオポリマーコンクリートを開発した。
- ・**釧路、沖縄、北九州の3地域に曝露**することにより長期強度および耐久性状を確認した。**長期圧縮強度は材齢が経過しても低下せず、構造体としての安全性**が担保された。
- ・木質バイオマス専焼灰を使用した場合、改質により未燃炭素を除去した方が圧縮強度が高くなり、改質処理の有効性が確認できた。

○小型製品を試作および生コンプラントで練混ぜ可能なGPコンクリート開発

- ・パイロットプラントで改質したMCASを使用して実機ミキサによる練混ぜによって、**縁石の小型製品を製造**した。
- ・MCASの含水率を考慮してアルカリ水比を0.19、石灰石微粉末を最適混合することにより、**可使時間60分を満足**する生コンプラント対応型のGPコンクリートを開発した。

○GPコンクリートの総合的優位性

- ・**コストは割高**であるが、**環境負荷低減効果を期待でき、高機能性を有効活用すれば、普及が可能**であることを示した。
- ・高機能性を活かした製品を例示した。今後、**炭素税等が導入されれば、コストメリットが生じる**のでジオポリマーコンクリートの社会実装は加速すると考えられる。

【環境政策への貢献】

- ・木質バイオマス燃焼灰の発生量の推計については、**2026年での総発生量が82万t-wet/年程度**と、全国の都市ごみ焼却残渣総量の約20%程度と見込まれ、今後の有効利用や産業廃棄物としての処理の基礎的なデータになりうる。
- ・木質バイオマス燃焼灰量については、炉形式により異なること、性状については炉形式や燃料種等により大きく異なり、これらの情報から、**未稼働の施設や今後建設される施設における灰発生量およびそれに基づく経費について推計**ことができ、**木質バイオマス発電施設の事業運営に資する情報**となる。
- ・全国220施設において発生する燃焼灰のうち、**肥料利用可能量が70万トン、セメント利用が32万トン、ジオポリマー利用が17万トンの資源量を提示**した。
- ・リサイクラーにとっては、地域における資源量が提示されたことにより、ある一定のリサイクル材の確保が想定されることから**リサイクル費用の低減などにも繋がり、地域循環共生圏形成の一助**となりうる。
- ・開発した改質装置は、燃焼灰産廃処理費の平均値の半分以下（**8000円/t以下**）で**処理可能**であり、装置の**連続化に成功して10倍の処理効率を達成**し、ジオポリマー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。
- ・開発したジオポリマーコンクリートの**二酸化炭素排出量の削減率は62.5%を達成**しており、将来的に40%代替すれば日本の二酸化炭素排出量を1%削減可能することができる。
- ・開発したジオポリマーコンクリートは放射熱が低いので、**ヒートアイランド対策として駐車場等の路盤材料に貢献可能**である。



本技術開発により、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**CO₂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. 研究成果の発表状況

【研究成果の発表状況】

成果の種別	件数
査読付き論文：	7
その他誌上発表（査読なし）：	2
口頭発表（国際学会等・査読付き）：	11
口頭発表（学会等・査読なし）：	25
知的財産権：	5
「国民との科学・技術対話」の実施：	6
マスコミ等への公表・報道等：	3
研究成果による受賞：	2

○国民との科学・技術対話 北九州市立大学公開講座

「炭素に繋がる新しい豊かな暮らしを創る国民のためのインフラ技術」

第1回（インフラ技術における脱炭素）、高巢幸二，2023年5月20日，19名

第2回（廃棄物処理における脱炭素）、高岡昌輝，2023年5月27日，19名

第3回（排水処理における脱炭素）、寺嶋光春，2023年6月3日，19名

第4回（コンクリート建築における脱炭素）、陶山裕樹，2023年6月10日、19名

第5回（コンクリート橋における脱炭素）、合田寛基，2023年6月17日、19名

第6回（次世代コンクリートにおける脱炭素、原田耕司，2023年6月24日、19名

○プレス発表

「木質バイオマス発電で生じる灰 コンクリート材料に有効活用」

NHK北九州，高巢幸二，幸永秀昭、2023年10月25日

<https://www3.nhk.or.jp/lnews/kitakyushu/20231025/5020014412.html>



ご清聴ありがとうございました。