



# 高巢研究室紹介

北九州市立大学 国際環境工学部 建築デザイン学科  
教授 高巢 幸二



# 高巢研究室紹介

## 教授 高巢 幸二



出身大学：九州大学工学部建築学科

資格：博士（工学），一級建築士，フォークリフト，玉掛け，床上操作式クレーン

著書：建築材料（朝倉書店），日本建築学会の技術者倫理教材（日本建築学会）

受賞：令和2年度気候変動アクション環境大臣表彰、American Concrete Institute (Singapore Chapter) AWARD2014

論文：高巢幸二他：浮遊選鉱法によるフライアッシュ中の未燃炭素除去およびそのフライアッシュスラリーを使用したコンクリートの特性に関する実験的研究，日本建築学会構造系論文集，No.697，pp331-340，2014.3

高巢幸二他：混和材の外割混入率が硬化体の強度増進と発現時期に及ぼす影響，日本コンクリート工学会年次論文集，Vol.31，No.1，pp.235-240，2015.7

Koji TAKASU et al.：A STUDY ON CREEP PROPERTY OF RECYCLED AGGREGATE CONCRETE WITH FLY ASH, Advances in Construction Materials Proceedings of the Conmat'20, Japan, pp.1993-2001，2020.8

特許：特許第4802305号（浮遊分離装置及び方法並びにその利用製品の製造方法）

特開2020-186143（ジオポリマー組成物の製造方法）

特願2020-202043（浮遊分離装置、改質フライアッシュスラリーの製造方法、および改質フライアッシュを利用した製品の製造方法）

所属学会：日本建築学会，日本コンクリート工学会，日本仕上げ学会

委員会活動：日本建築学会倫理委員会委員、日本コンクリート工学会技士研修委員会幹事、日本CM協会九州支部副支部長、北九州市における産業副産物の利活用に関する研究会会長



# 高巢研究室のこれまでの就職先

## 修論生（45名）

- 施工管理： 清水建設、 大林組、 大成建設、 鹿島建設、 ショーボンド建設
- 材料メーカー： 日本製鉄、 太平洋セメント、 日鐵住金建材、 麻生セメント
- 住宅系： 大和ハウス（施工管理）、 旭化成ホームズ
- 設計監理系： NTTファシリティーズ、 梓設計
- 電力系： 九州電力
- インフラ施設系： NEXCO中日本、 NEXCO西日本
- プラント系： 川崎重工業、 三菱化学エンジニアリング、 山九
- 材料評定会社： 建材試験センター、 日本総合建築試験所
- 公務員： 下関市役所、 沖縄県庁

## 卒論生（80名）

- 設計系： 積水ハウス、 阿久根建設
- 施工管理： 大林組、 清水建設、 奥村組、 三井住友建設
- ビル管理系： ザイマックス
- 住宅系： 大和ハウス

## 高巢研で得られる知識・スキル・機会

- 建築材料開発の基礎力・応用力
- コンクリート実験手法の知識と匠の技
- 研究チームでの活動による主体性・協調性
- コミュニケーション能力
- 就活の面接で使える話題と話術
- 有名企業との共同研究で企業の人との接触
- 豊富な研究プロジェクト

# 高巢研での大学院進学の特長

- 第1位：自己の成長（PDCAサイクルの実践）
- 第2位：設計事務所、メーカー、電力、試験機関等  
学部では合格できない会社に受かりやすい
- 第3位：自身が提案し主体的に行動できる部署に配属されやすい
- 第4位：給料が高く離職率も低い
- 第5位：もう少し学生がしたい

## 学会発表等での学生の受賞

永田洋一（2014 M2）：建築九州賞（研究新人賞）

庄山隼人（2014 M2）：American Concrete Institute (Singapore Chapter)

AWARD2014,39th Conference on Our World in Concrete &  
Structure

庄山隼人（2014 M2）：建築学会大会（関西）学術講演会材料施工委員会若手優秀  
発表賞

天野幹久（2020 M2）：建築九州賞（研究新人賞）

山崎勇輔（2020 M1）：建築学会九州支部材料施工奨励賞



皆さんの活躍でさらに多くの受賞者  
が現れることを期待しています。



# 高巢研究室年間スケジュール

	3~4年	M1	M2	イベント
11月	基礎学力ゼミ			
12月	基礎学力ゼミ			
1月	基礎学力ゼミ			
2月	基礎学力ゼミ			
3月	研究紹介ゼミ			
4月	卒論ゼミ	修論ゼミ・AIJ全国提出・企業研究	修論ゼミ・就職活動	
5月	卒論ゼミ	修論ゼミ・企業研究	研究計画・セメント大会	野球観戦
6月	卒論予備実験	修論ゼミ・企業研究	修論予備実験	ドラゴンズカップ
7月	院推薦入試・実験	修論ゼミ・企業研究	修論実験・JCI大会発表	
8月	卒論実験・実験室掃除	修論ゼミ・インターンシップ・実験室掃除	修論実験・実験室掃除	BBQ
9月	卒論実験	修論ゼミ・AIJ全国発表・インターンシップ	修論実験	中間発表ゼミ旅行
10月	卒論解析・まとめ	修論ゼミ・企業研究	修論実験・解析・国際会議発表	講座卒業生との懇親会
11月	卒論解析・まとめ	修論ゼミ・就職活動	修論実験・解析	3年生仮配属講座歓迎会
12月	卒論発表会・AIJ九州支部提出	修論ゼミ・AIJ九州支部論提出・就職活動	修論実験・解析・AIJ九州支部提出	3年生仮配属講座歓迎会・忘年会
1月	卒計	修論ゼミ・JCI大会提出・就職活動	修論〆切	新年会
2月	卒業設計〆切	修論ゼミ・セメント大会提出・就職活動	修論発表	
3月	プレ修論ゼミ	修論ゼミ・AIJ九州支部発表・就職活動	AIJ九州支部発表	お疲れゼミ旅行・追い出しコンパ・卒業式

ゼミ予定：全体ゼミ（週1回），論文ゼミ（週1回）

1. 省力施工型低炭素コンクリートの諸特性に関する研究
2. パリ協定のCO<sub>2</sub>削減目標に貢献するセメントフリーコンクリートの開発
3. 発電由来燃焼灰の改質技術に関する研究
4. 低炭素社会実現へ向けた建築材料の性能考慮型環境影響評価
5. 硬化コンクリートの試験・分析手法の標準化に関する研究



# 1. 省力施工型低炭素コンクリートの諸特性に関する研究

- 1) 複合混合した場合の粘性と流動性状予測式の提案
- 2) 熔融スラグ細骨材を使用した自己充填性コンクリートの開発
- 3) 多成分系粉体を複合混合した再生骨材コンクリートの力学性状
- 4) 副産物系粉体を使用したセメント硬化体の反応率と諸特性の関係
- 5) 各種コンクリートのアルカリシリカ反応（ASR）特性とその抑制機構

## フレッシュ性状 スランプ・スランプフロー試験



スランプ

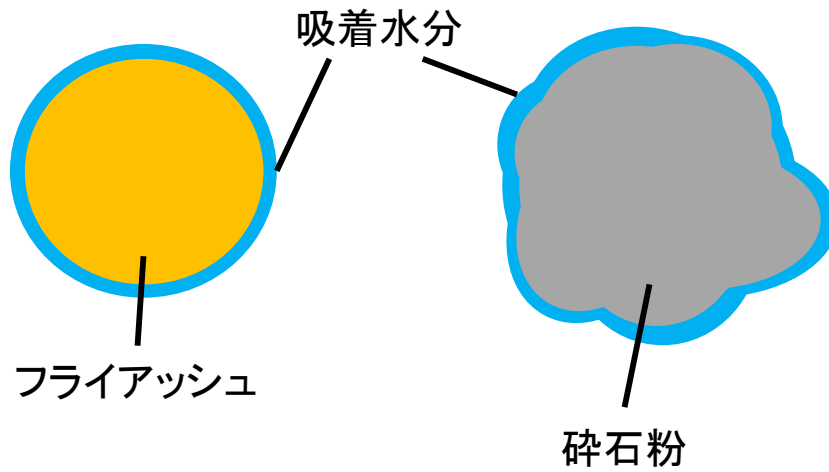


スランプフロー



Jリングフロー

## フレッシュ性状

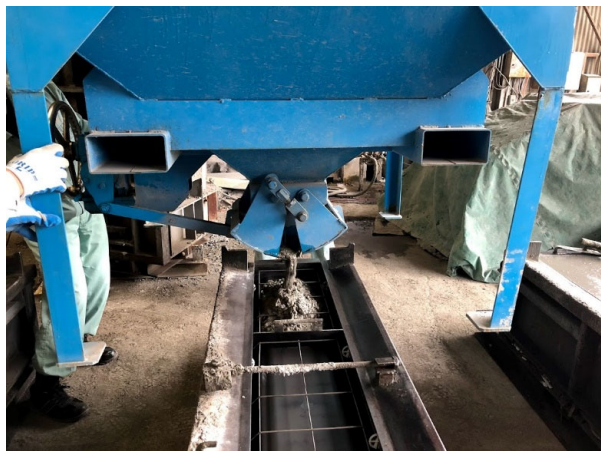


※表面形状と吸着水の簡易モデル



V漏斗流下試験

## 省力施工型低炭素コンクリート二次製品



流し込み



脱型状況



軽微な振動締め



設計不十分なコンクリート

## 再生骨材

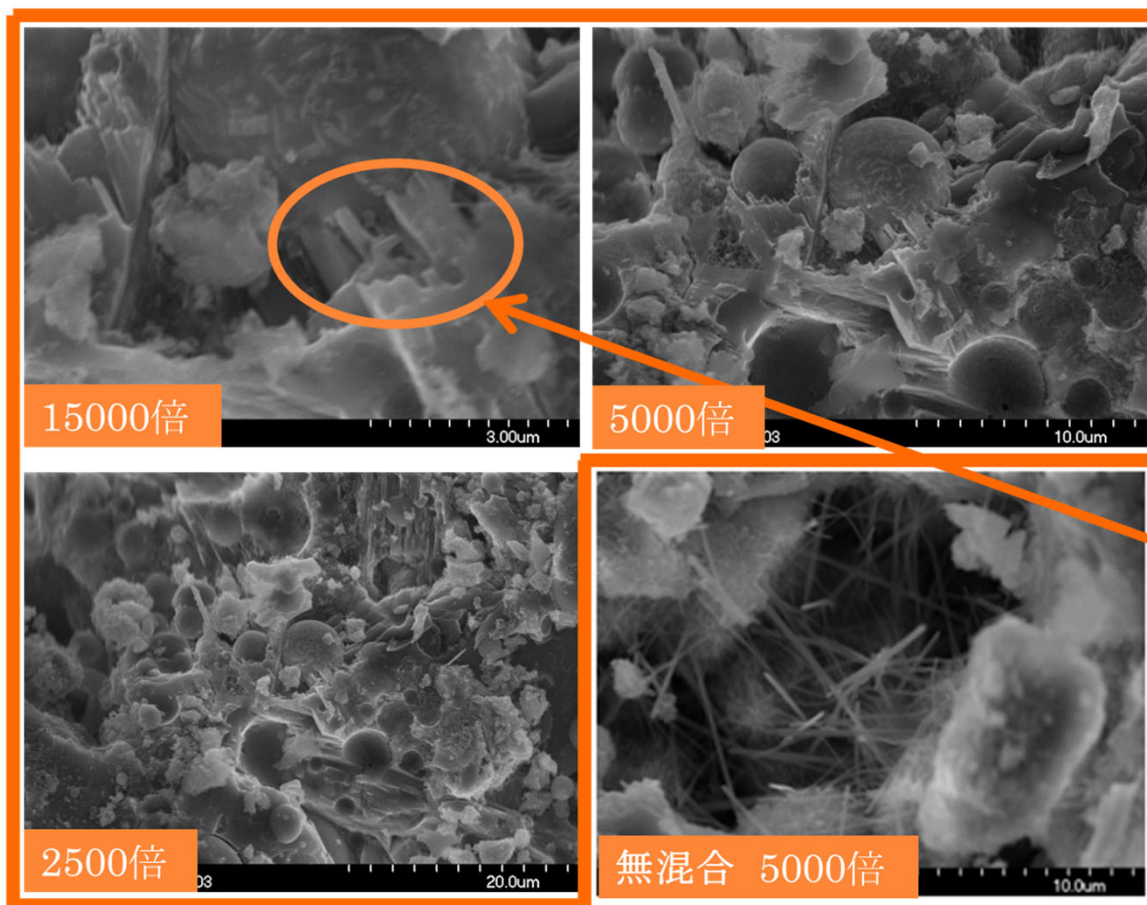


再生粗骨材



再生細骨材

## 【SEM画像】



フライアッシュ  
10%に比べさら  
に内部が密実

多数のフライアッ  
シュ粒子が存在

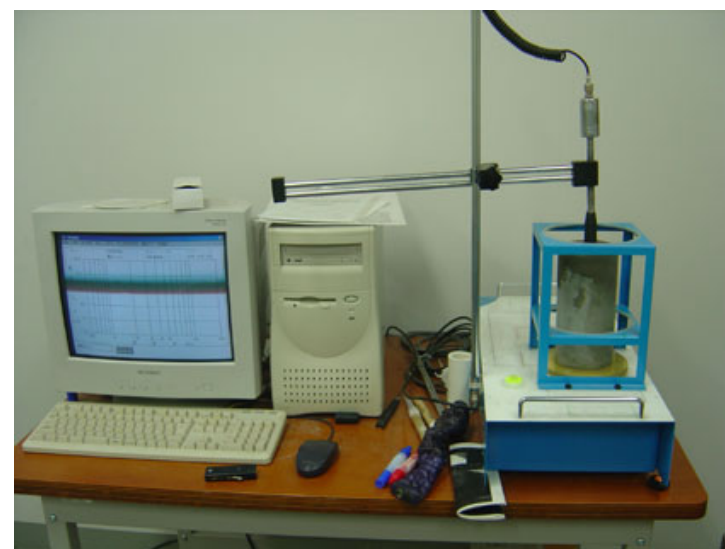
フライアッシュ周  
囲に強い反応物  
を確認

材齢7日 フライアッシュ20%混合

## アルカリシリカ反応抑制効果



アル骨反応促進装置



動弾性係数測定

## 沖縄での実機実験



模擬柱型枠



コンクリート打設



生コン車による打設



型枠解体後



## 霧島での実験



霧島暴露試験場



試験体の埋設状況

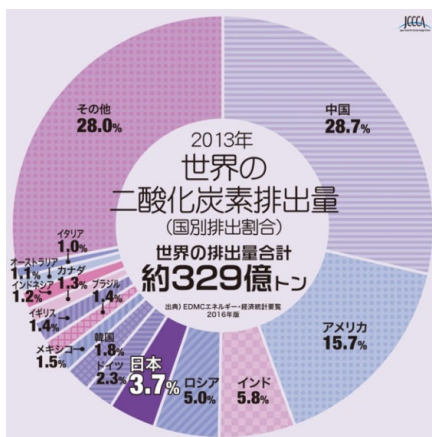


試験体の気中暴露状況

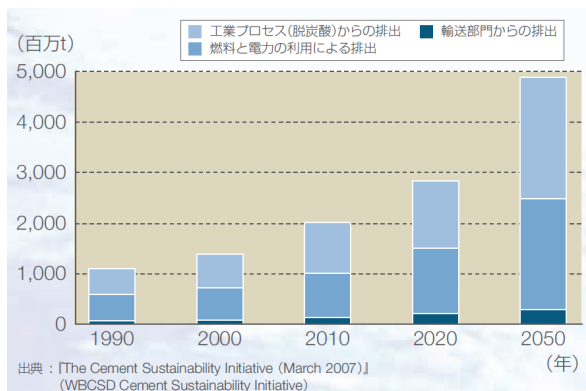
## 2. パリ協定のCO<sub>2</sub>削減目標に貢献するセメントフリーコンクリートの開発

- 1) ジオポリマーの硬化制御技術開発
- 2) 改質フライアッシュを使用したセメントフリーコンクリートの性能評価
- 3) 自己治癒機能を有するセメントフリーコンクリートの開発

## 【建設業の二酸化炭素排出量】



出展：全国地球温暖化防止活動推進センター：世界の二酸化炭素排出量（2013年）、[http://www.jccca.org/chart/chart03\\_01.html](http://www.jccca.org/chart/chart03_01.html)



出典：「The Cement Sustainability Initiative (March 2007)」  
(WBCSD Cement Sustainability Initiative)

コンクリート構成材料	環境負荷物質排出量		
	CO <sub>2</sub> (kg/kg)	SO <sub>x</sub> (g/kg)	NO <sub>x</sub> (g/m <sup>3</sup> )
普通ポルトランドセメント	0.684	0.189	1.390
砕石	0.008	0.013	0.047
砂利	0.012	0.016	0.057

コンクリートのCO<sub>2</sub>排出量

$$= \text{セメント} + \text{粗骨材} + \text{細骨材}$$

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

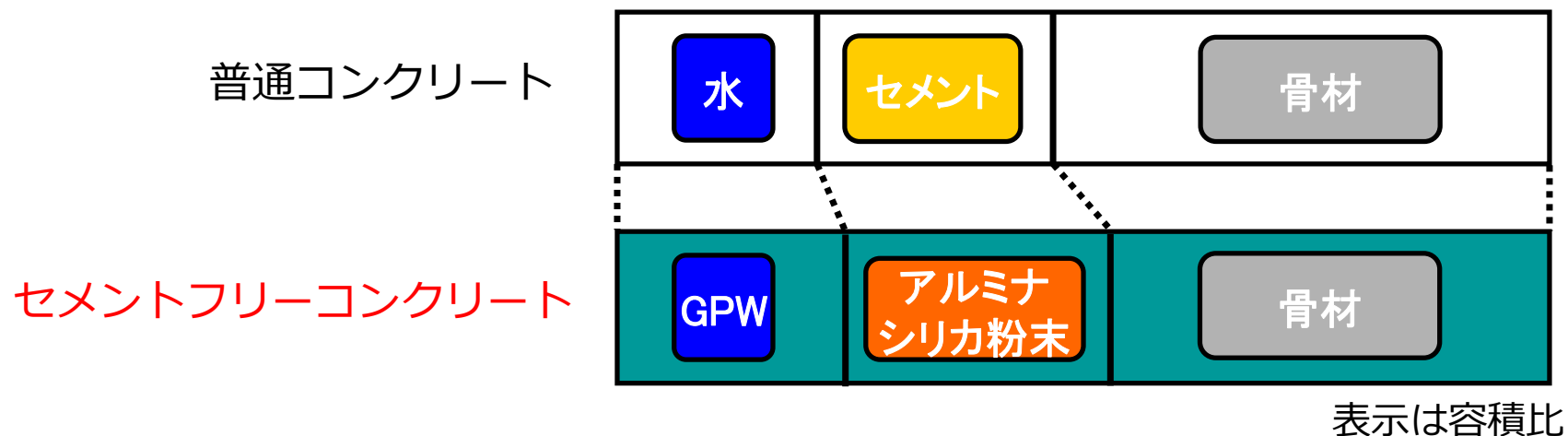
$$= 212.6 \text{kg/m}^3$$

コンクリートのCO<sub>2</sub>排出量：  
セメントの使用量に大きく依存  
セメントフリーコンクリートが実現  
できれば建設分野におけるCO<sub>2</sub>排出  
量抑制に大いに貢献可能

セメント製造時のCO<sub>2</sub>排出量：全世界の約6%  
日本においては総排出量の約4%

## 【セメントフリーコンクリート】

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)

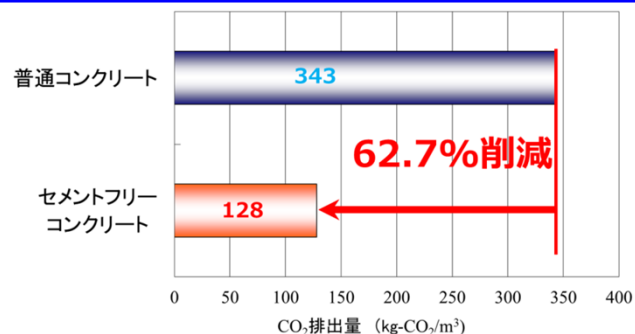
アルミナシリカ粉末

フライアッシュ (FA)

高炉スラグ微粉末 (BFS)

## 【セメントフリーコンクリートの効果】

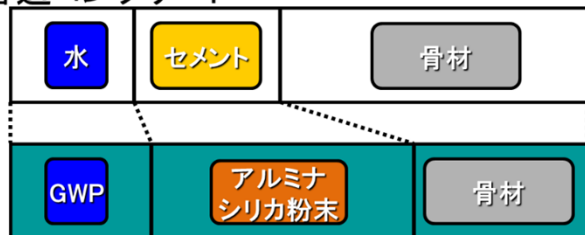
①排出されるCO<sub>2</sub>が普通コンクリートに対して極めて低い



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

普通コンクリート



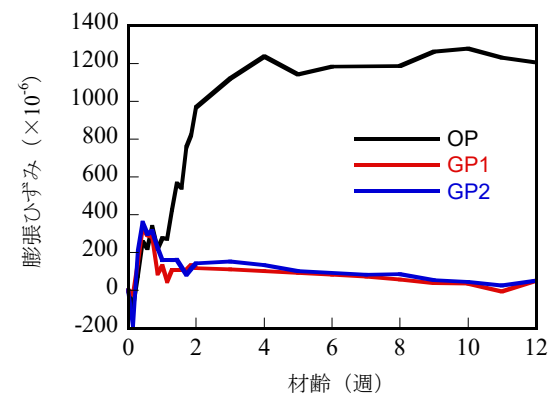
セメントフリーコンクリート

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)。



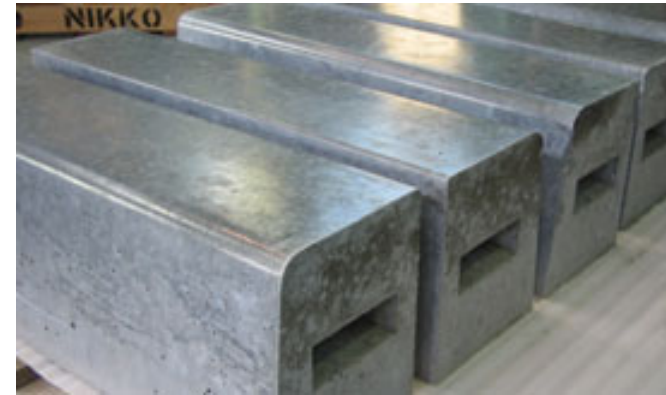
## 【セメントフリーコンクリートの現状】

- ・ オーストラリア



FA+BFSを主材とするジオポリマーで空港のエプロンと誘導路において約6万m<sup>3</sup>の打設量の実績

- ・ 日本

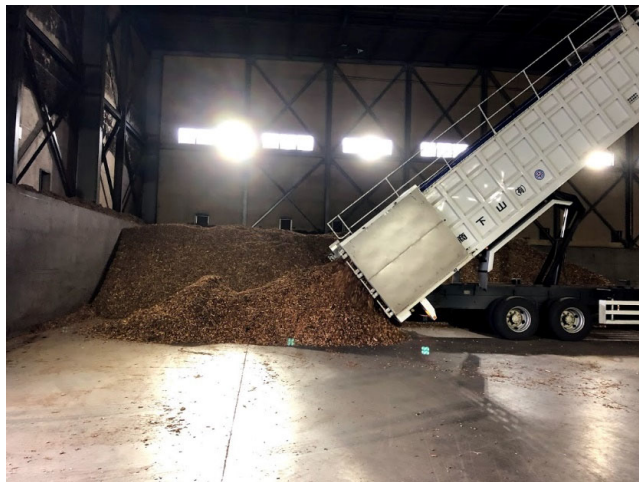


試験的な二次製品の製造程度  
日本コンクリート工学会の研究委員会として**実用化の模索段階**

### 3. 発電由来燃焼灰の改質技術に関する研究

- 1) 発生場所の違う木質バイオマス燃焼灰の品質と改質手法
- 2) 湿式分級装置による改質フライアッシュの高品質化
- 3) XRDリートベルト法による改質フライアッシュモルタルの水和反応評価
- 4) 廃棄物フリーとなるクローズドシステムの実証

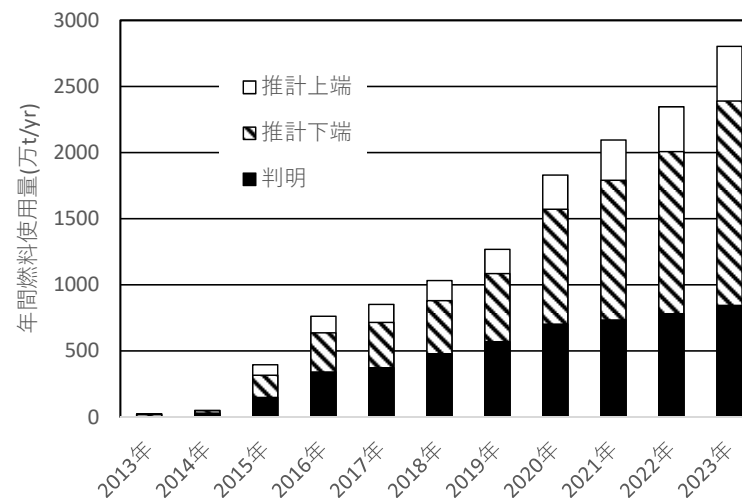
## 【木質バイオマス発電所】





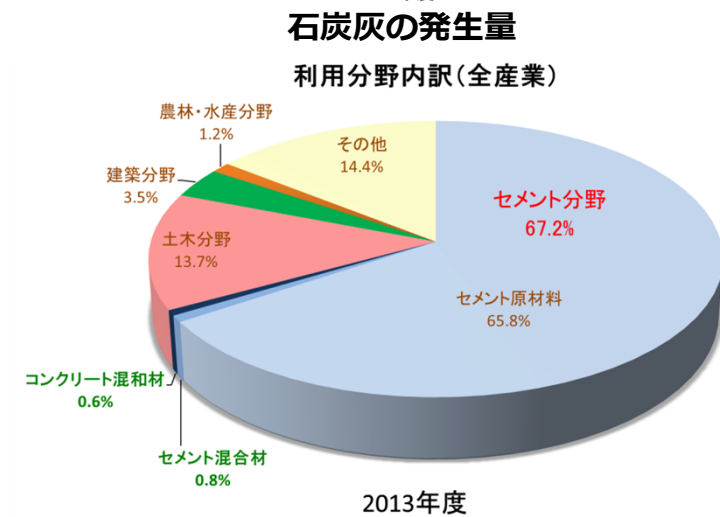
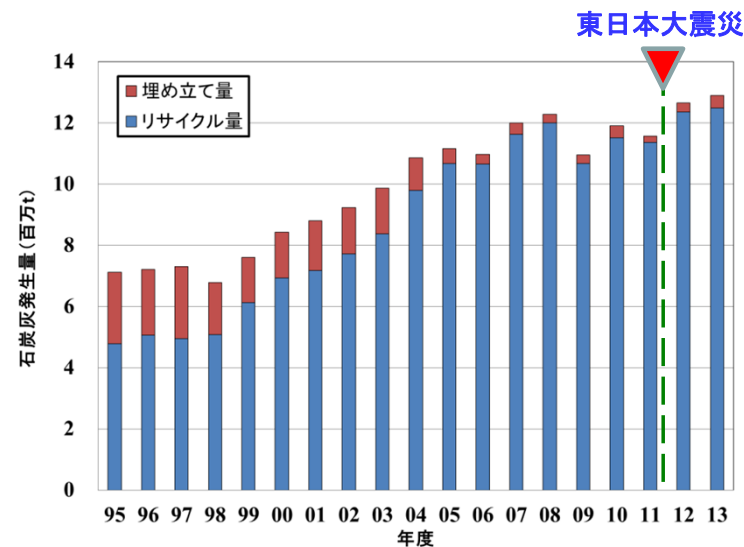
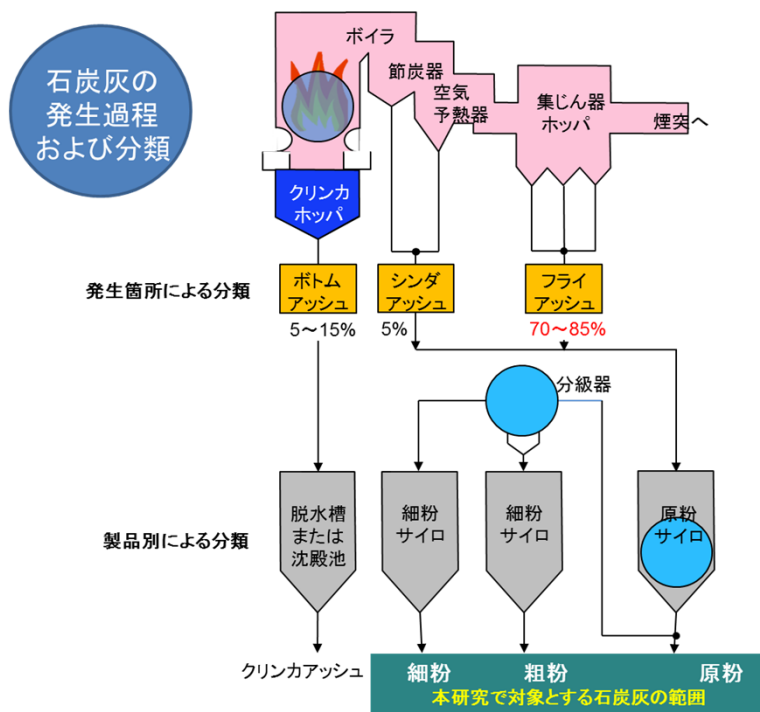
## 【木質バイオマス燃焼灰】

現在はフライアッシュを活性フィラーとして使用しているが石炭火力発電の抑制によって将来的にはフライアッシュの排出は抑制されていくので、**新たなコンクリート混和材および活性フィラー原料を模索**する必要がある。現在、再生可能エネルギーの推進により**木質バイオマス燃焼灰**の排出が増加しており、都市ゴミなどの焼却灰と同一視されて、**産業廃棄物扱い**になっている。



- 課題**
- ①木質バイオマス焼却灰の全体量の把握調査
  - ②木質バイオマス焼却灰のリサイクル用途の類型化
  - ③木質バイオマス焼却灰における浮遊選鉱技術の適用可能性

# 【フライアッシュ発生量】



## 【フライアッシュコンクリートの効果】

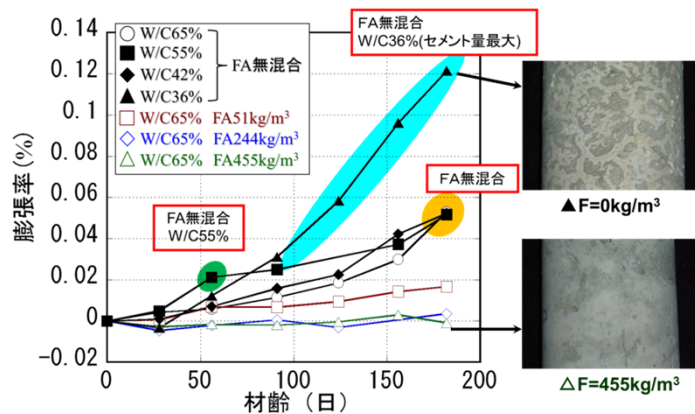
①産業廃棄物の有効利用

②乾燥収縮率を低減(ひび割れ対策として極めて有効)。

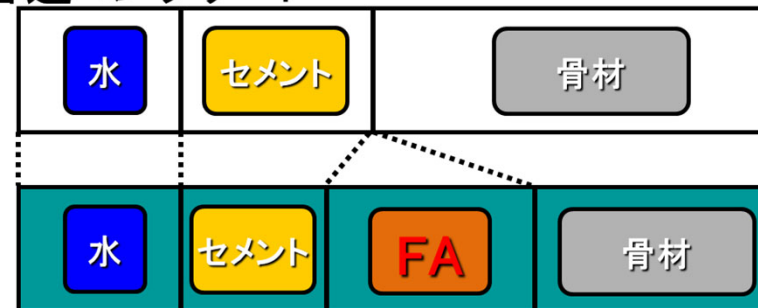
③アルカリ骨材反応を抑制(ASR抑制対策として極めて有効)。

④強度増進によるセメント量の低減

⑤天然資源の消費抑制



普通コンクリート



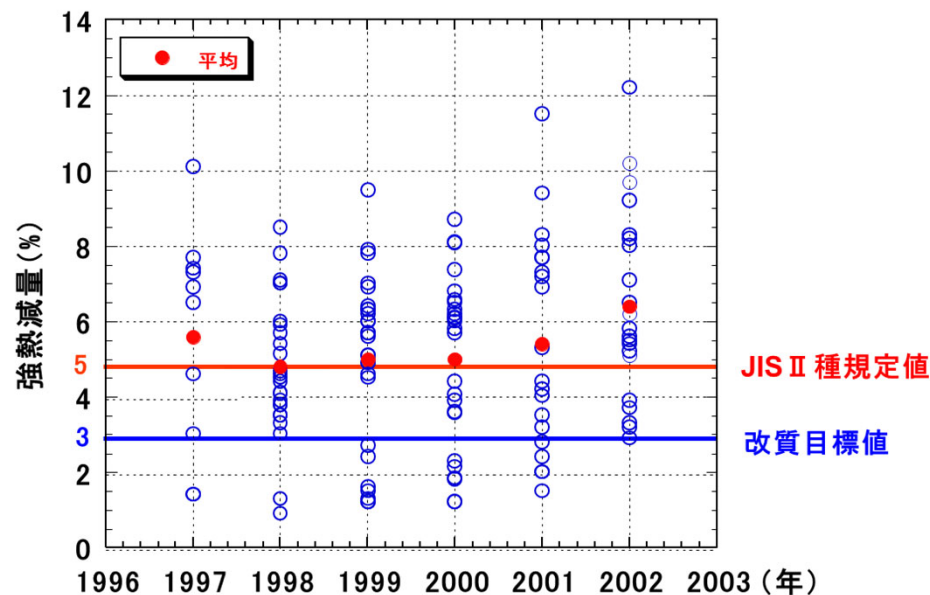
FAコンクリート

※普通コンクリートの容積比

水:1.75 セメント:1.00 骨材:6.80

## 【フライアッシュの品質】

- ・ 強熱減量（未燃カーボン量）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、コンクリートへの利用が難しい。
- ・ 企業発電 F A は強熱減量5%を越えるフライアッシュが圧倒的に多い。



電力事業者 F A の強熱減量

### 企業発電 F A の強熱減量

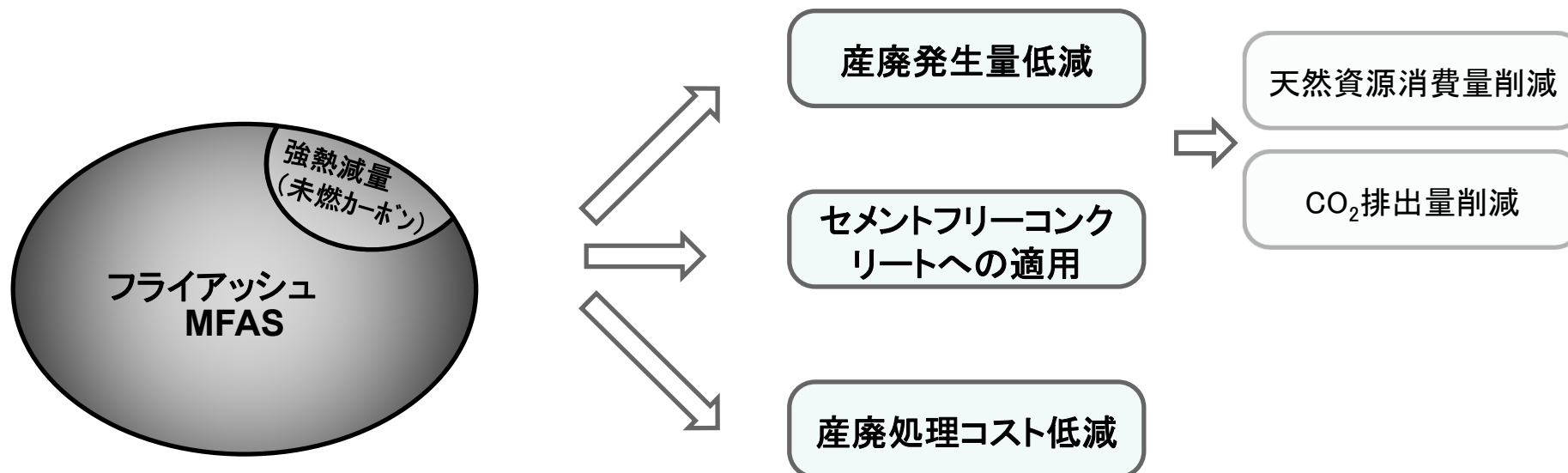
排出元	強熱減量 (%)
A企業発電 A工場	12.8
同 B工場	11.8
同 C工場	9.8
同 D工場	5.5
同 E工場	5.2
B企業発電	9.6

企業発電灰の産廃としての引き取り価格が、10年で4倍以上に上昇している。

→企業の処理費が逼迫。

現状、およそ10千円/ton

## 【FA中の未燃カーボン除去によるメリット】



- ・ 強熱減量3%以下に改質できる技術はセメントフリーコンクリートへの適用を可能とし、CO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減可能。
- ・ 産廃としてのFAを低コストで有効利用（高度資源化）が可能。

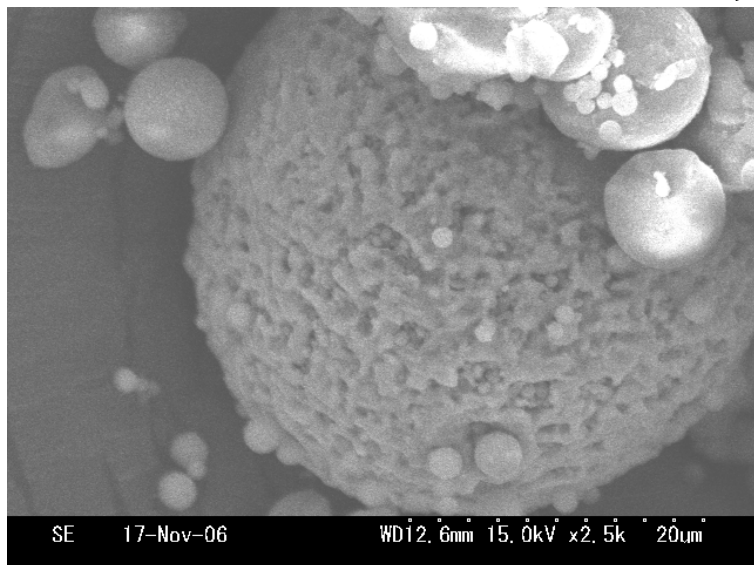
MFAS (Modified Fly Ash Slurry) : 改質後FA

## 【MFAS（改質フライアッシュスラリー）】

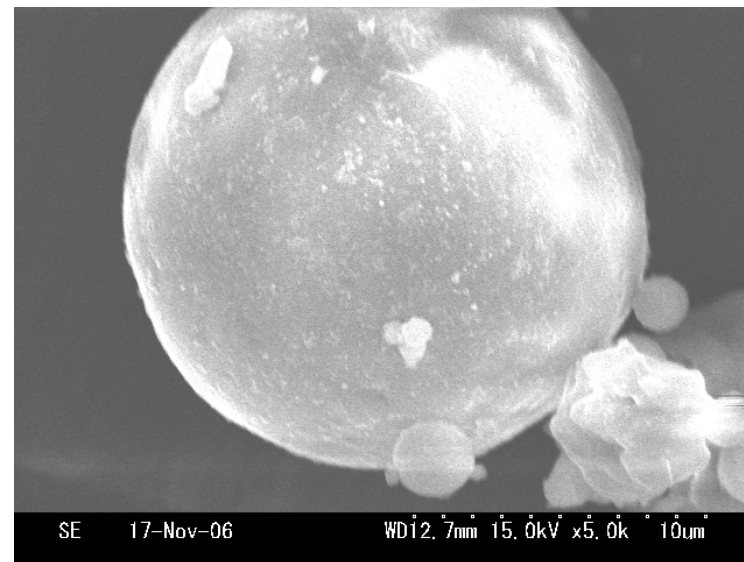
特許 第4802305号（浮遊分離装置及び方法並びにその利用製品の製造方法）

本技術は、浮遊選鉱法のシステムで、フライアッシュを改質して強熱減量2%以下の改質フライアッシュスラリー・MFAS (Modified Fly 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。

フライアッシュの電顕画像



フライアッシュ原粉



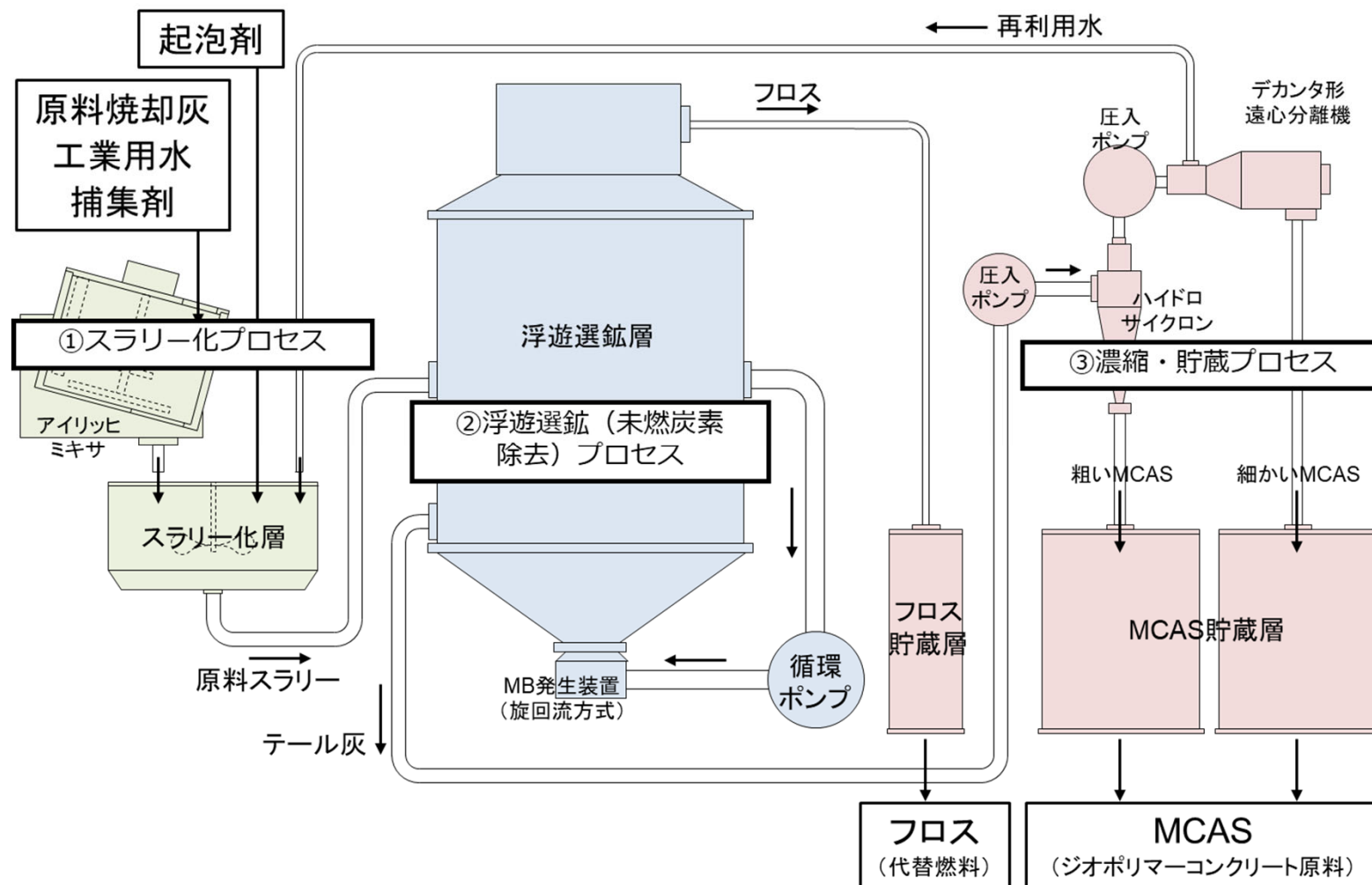
MFAS  
(Modified Fly Ash Slurry)

## 【フライアッシュの改質】



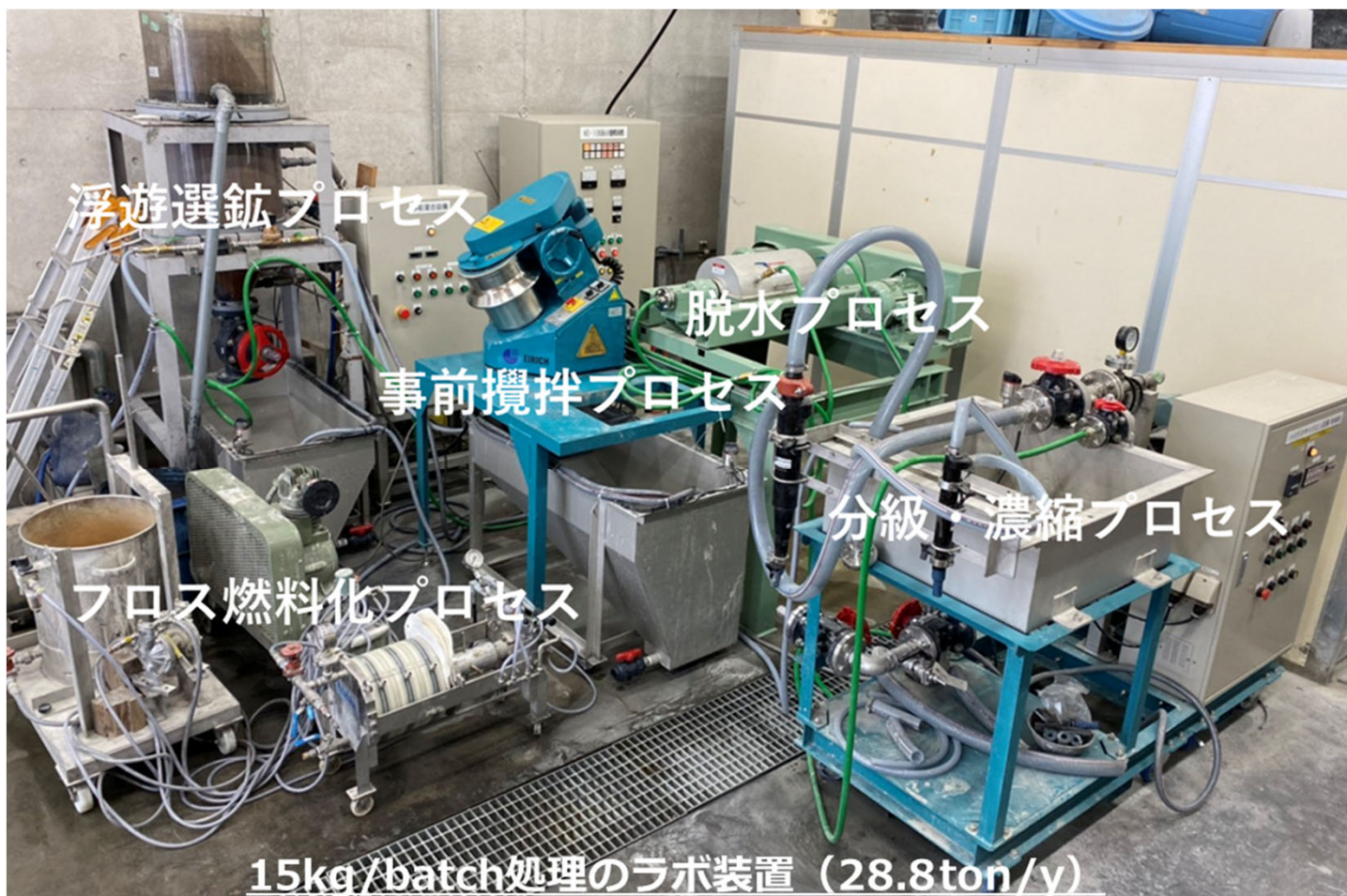
※本デバイスは未燃分離器の回路に取り付ける循環ポンプのみを動力源としており、省エネ型でコンパクトな低価格プラントである。

# 【フライアッシュの改質プロセス】





## 【改質フライアッシュラボ装置】



## 【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

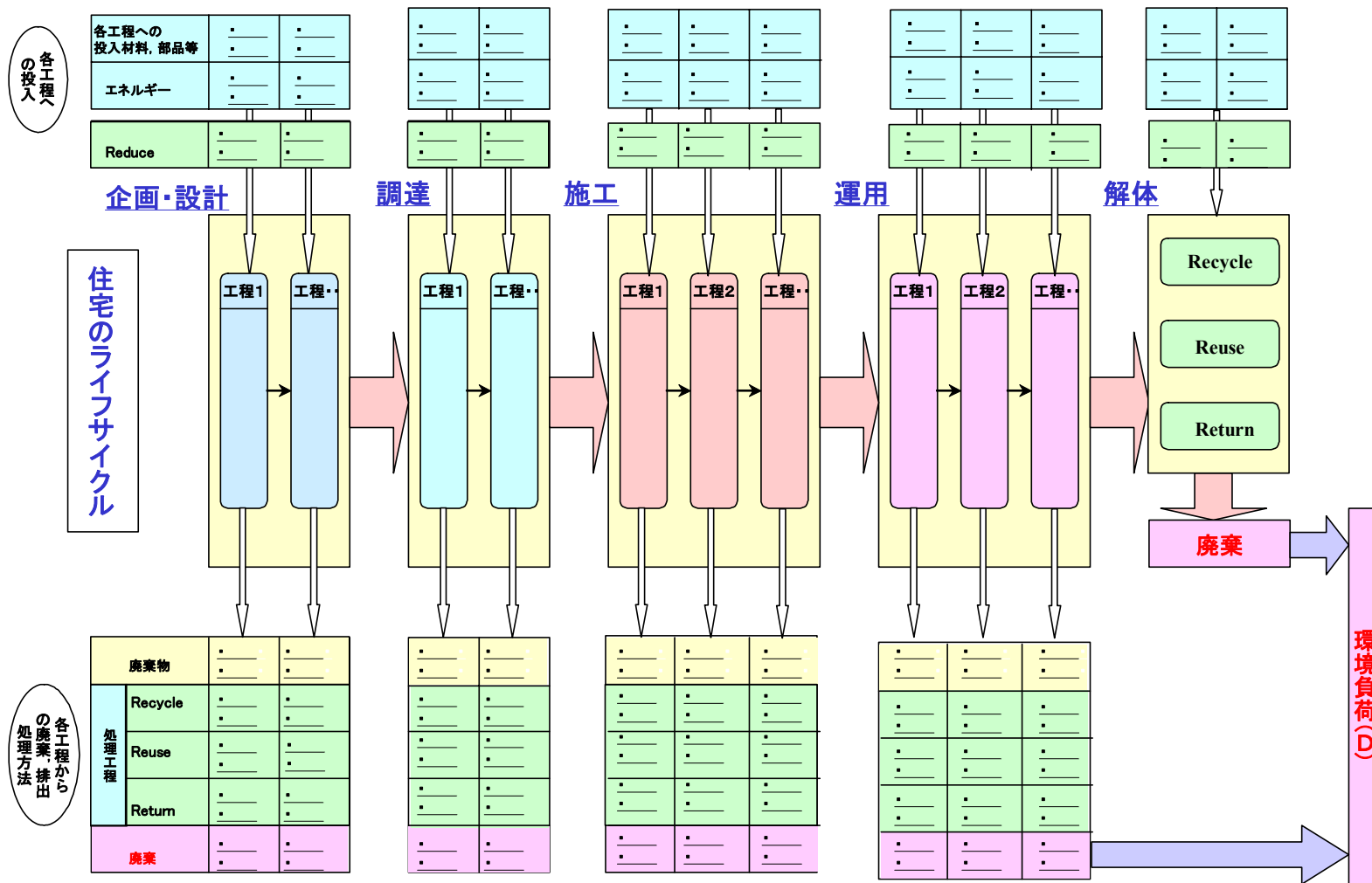
**特願2023-061243**：水分子移動システム、粉体湿潤装置・充填剤洗浄装置及びコンクリートの製造方法



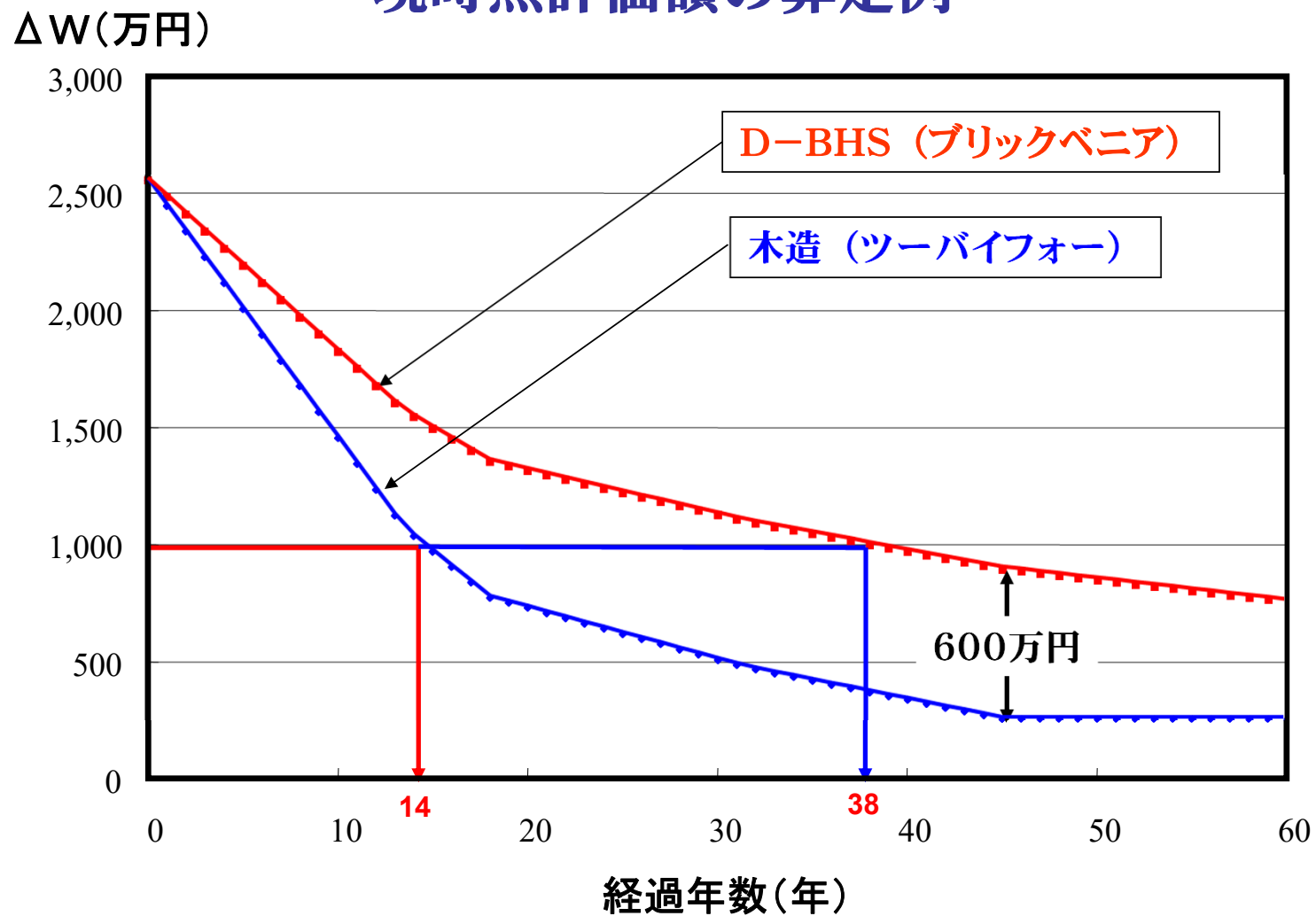
## 4. 低炭素社会実現へ向けた建築材料の性能考慮型環境影響評価

- 1) 各種コンクリートにおける環境影響およびライフサイクルコスト
- 2) 建築材料の性能とCO<sub>2</sub>排出量の関係
- 3) 低炭素化を指向したRC造躯体の断面設計と環境負荷評価

# ライフサイクルフロー分析



## 現時点評価額の算定例



## 環境負荷物質原単位

コンクリート構成材料	環境負荷物質排出量		
	CO <sub>2</sub> (kg/kg)	SO <sub>x</sub> (g/kg)	NO <sub>x</sub> (g/m <sup>3</sup> )
普通ポルトランドセメント	0.684	0.189	1.390
砕石	0.008	0.013	0.047
砂利	0.012	0.016	0.057

- ・CO<sub>2</sub>原単位は横山らによる2000年産業連関表のデータを使用
- ・SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>原単位は1995年産業連関表による日本建築学会データベースを使用
- ・フライアッシュは有価物としての流通は2007年度実績で0.66%でありそのほとんどが産業廃棄物としてリサイクルされているので電力による副産物と考慮して原単位を0とした
- ・海砂の原単位は未整備のため、暫定的に砂利の原単位を使用

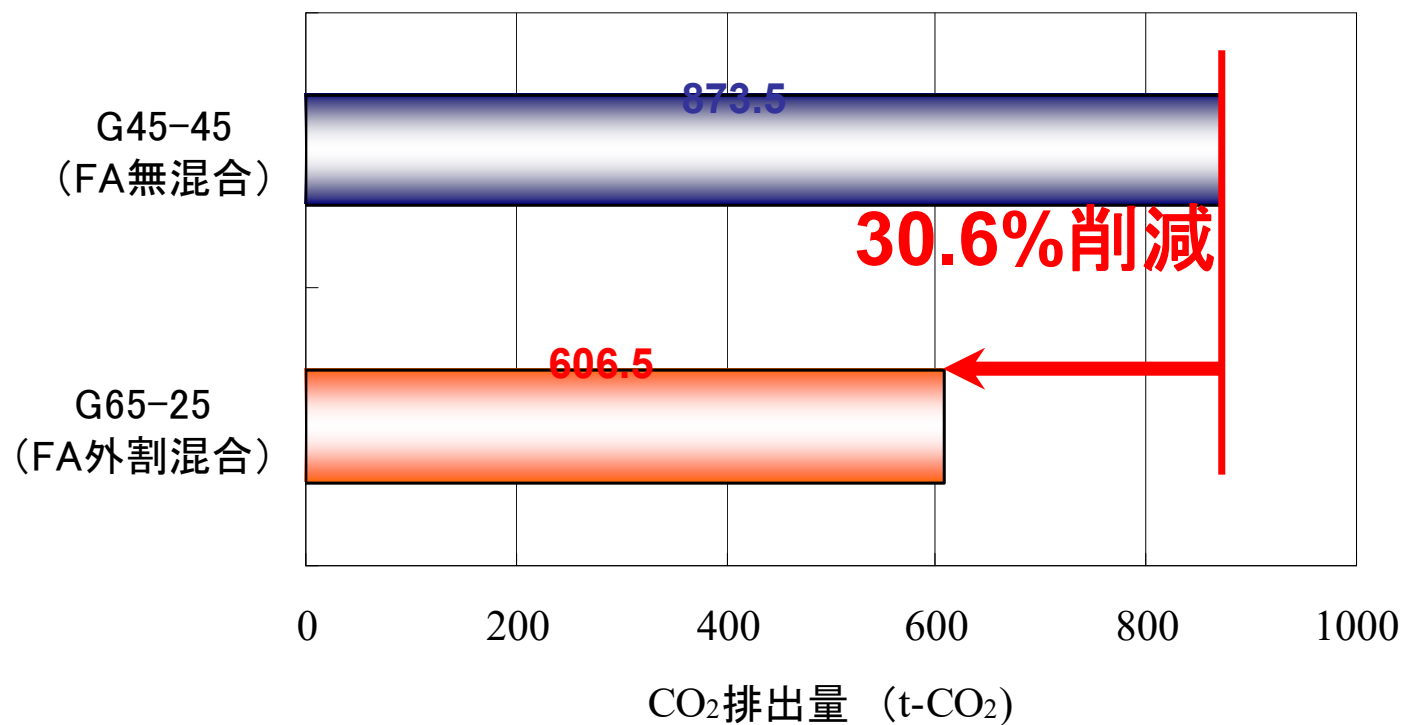
## 算定方法

調合記号	W/C	W/(C+F)	C+F	単位質量(kg/m <sup>3</sup> )				
	(%)	(%)	(kg/m <sup>3</sup> )	W	C	FA	S	G
G65-65	65	65	285	185	285	0	837	974
G65-35		35	529			244	566	
G65-25		25	740			455	331	

G65-65の場合

$$\begin{aligned}
 &= \text{セメント} \times 0.684 + \text{粗骨材} \times 0.008 + \text{細骨材} \times 0.012 \\
 &= 285 \times 0.684 + 974 \times 0.008 + 837 \times 0.012 \\
 &= 212.6(\text{kg} / \text{m}^3)
 \end{aligned}$$

## ケーススタディによる建物の環境影響評価

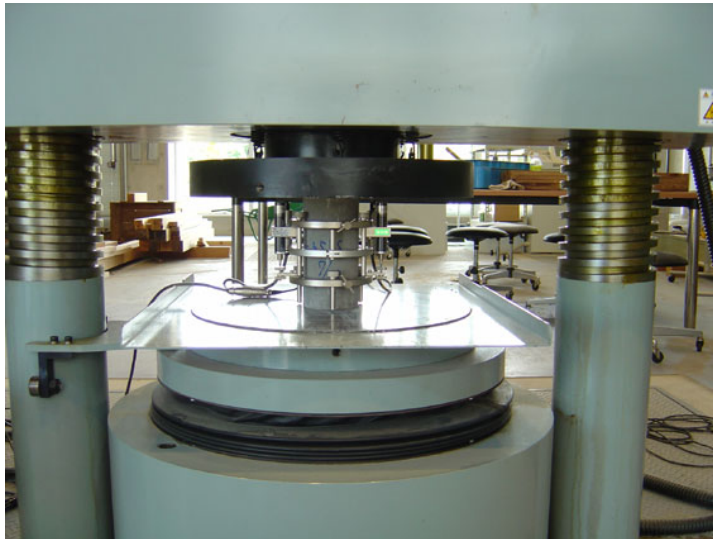


## 5. 硬化コンクリートの試験・分析手法の標準化に関する研究

- 1) クリープ試験方法と各種コンクリートのクリープ特性
- 2) 粉末X線回折装置とリートベルト法によるセメント鉱物の消費過程
- 3) SEM-EDXによるポゾラン反応相解析



## 強度試験



圧縮強度試験



曲げ強度試験

## コンクリートのクリープ試験



クリープ試験装置  
(材料分析室)

## 粉末X線回折(XRD)方法

使用装置：X'PertPRO MPD (PANalytical社製)

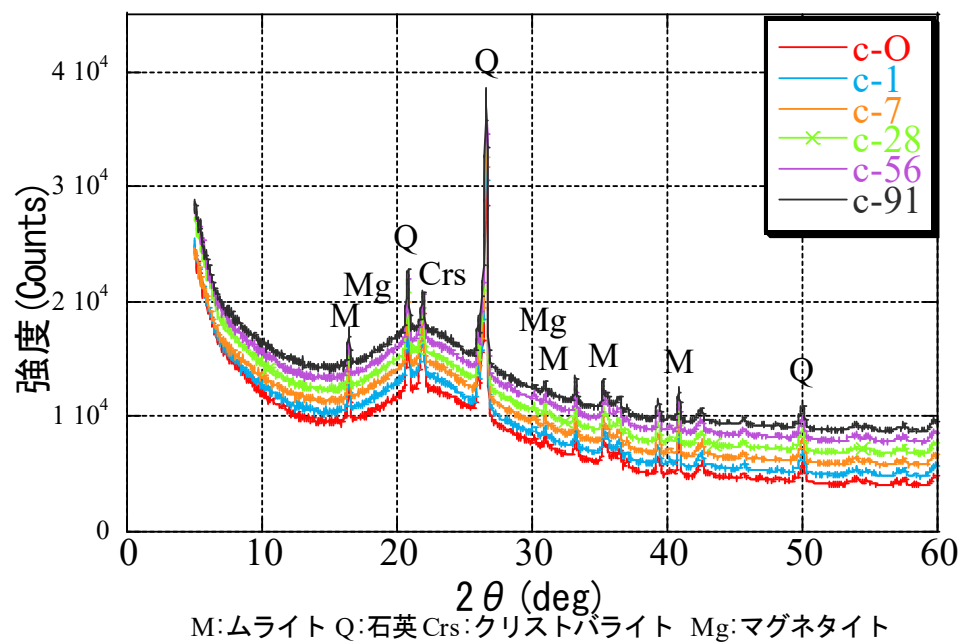
ターゲット：Cu-K $\alpha$

電圧・電流：45kV,40mA

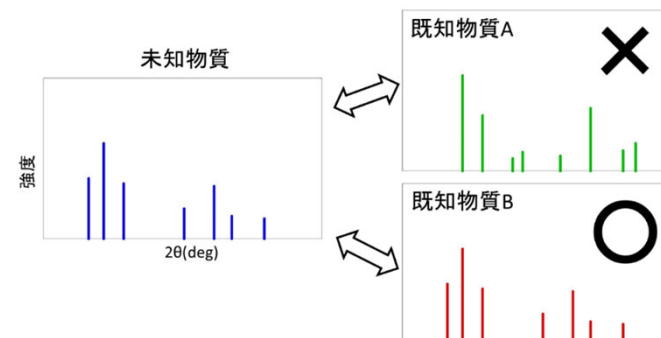
検出器：X'celerator (高速半導体アレイ)

走査速度：5°/min

測定範囲：5~60°

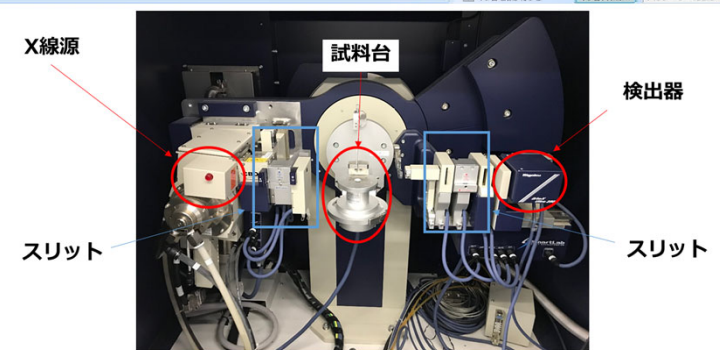
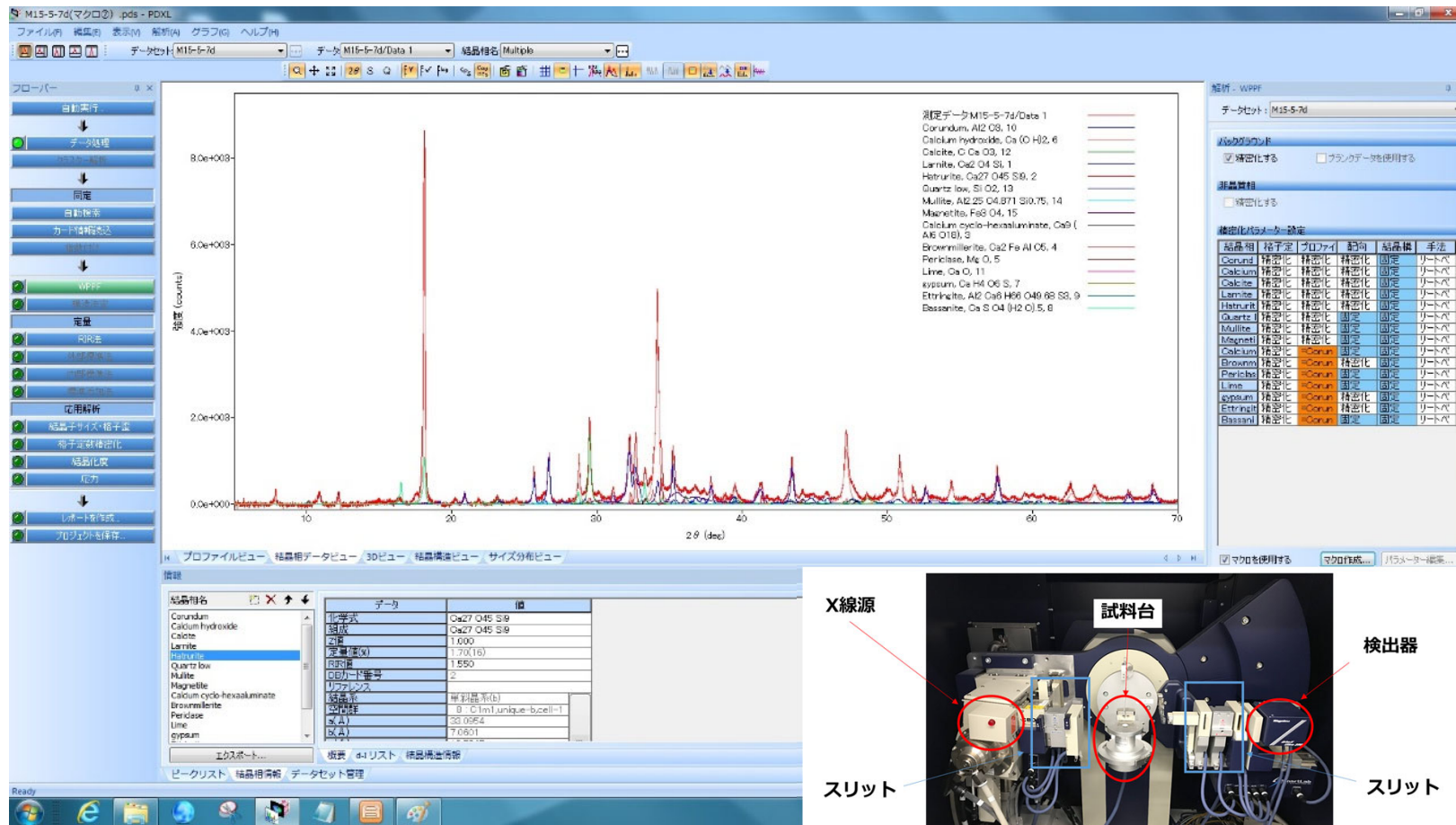


## 鉱物同定方法



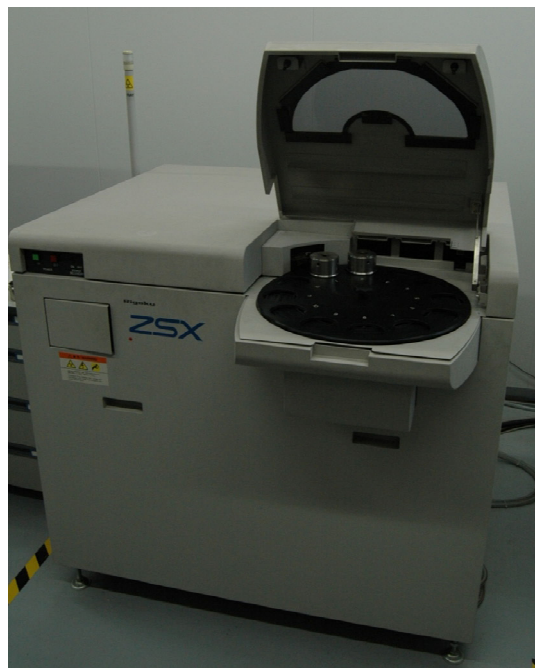
3強ピークが一致するものを  
その鉱物と判定した

# XRD/リートベルト法



試料台の種類やX線源の角度や速度によっても測定の精度が異なる

## 蛍光X線分析装置



FA	化学成分 (%)										
	ig-loss	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
原灰	9.78	1.22	53.06	21.34	9.63	0.75	nd	nd	0.56	0.09	1.91
K-2-1	0.57	2.21	57.32	24.20	10.33	0.81	0.43	nd	0.64	nd	2.33
K-3-1	0.68	0.95	58.39	23.50	10.71	0.81	nd	nd	0.62	nd	1.97
K-3-2	1.34	0.77	55.79	24.05	10.47	0.71	0.41	nd	0.59	nd	1.42
K-4-1	1.09	0.80	56.80	24.52	8.78	0.73	nd	nd	0.87	nd	2.07

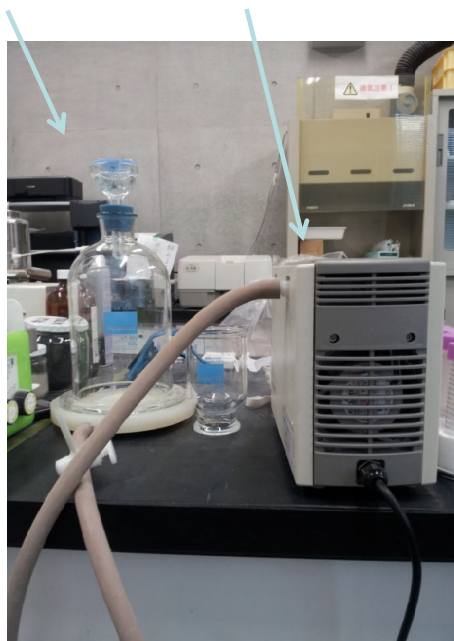
## メチレンブルー吸着量試験

### ○メチレンブルー吸着量...フライアッシュの混和剤の吸着量を評価

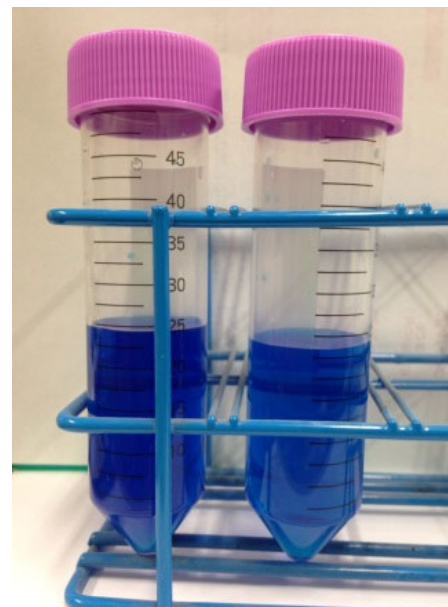
JCAS I-61-1995「フライアッシュのメチレンブルー吸着量試験方法」に準拠し、  
吸引ろ過方法を用いて測定した。

ろ過器

真空吸引器



メチレンブルー溶液  
原液          吸着後



## コンクリート中の水酸化カルシウム量の測定装置



天秤ビーム式熱重量測定装置  
(計測分析センター)



天秤式熱重量測定装置  
(材料分析室)

## 細孔径分布測定装置



気体吸着法式  
(計測分析センター)



## 細孔径分布測定装置



水銀圧入ポロシーメーター  
(計測分析センター)

## コンクリート中の塩化物イオン測定



電位差自動滴定装置  
(材料分析室)



# 研究室行事

## 学会発表(国際会議・イギリス2019)



## 学会発表(バンケット)



## 学会発表(バンケット後記念撮影)



## 建築学会九州支部材料・施工夏季セミナー





## 日本コンクリート工学会九州支部学生シンポジウム





## 中間発表ゼミ旅行2023



## 中間発表ゼミ旅行2023



## 中間発表ゼミ旅行2023



## 中間発表ゼミ旅行2023



## 中間発表ゼミ旅行2019





# ドラゴンズカップ2023



## 追い出しコンパ(2018)





## 高巢研同窓会 in 北九州







## 高巢研同窓会 in 秋葉原



高巢研究室の歴史は皆さんと共に作られます。

研究室一同みなさん方のご訪問・お問い合わせをお待ちしております。

分からないことがあれば気軽にご相談して下さい。

高巢研究室HPアドレス

<http://esd.env.kitakyu-u.ac.jp/takasu>