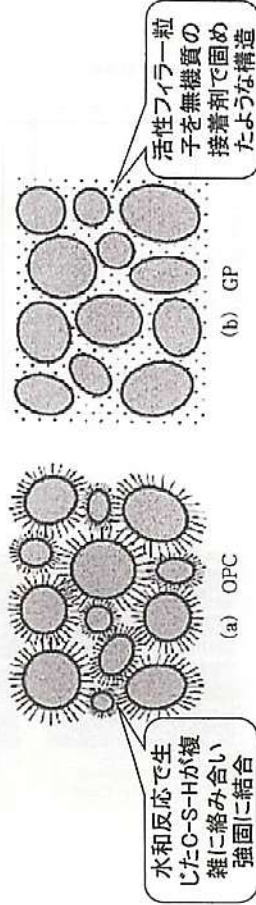
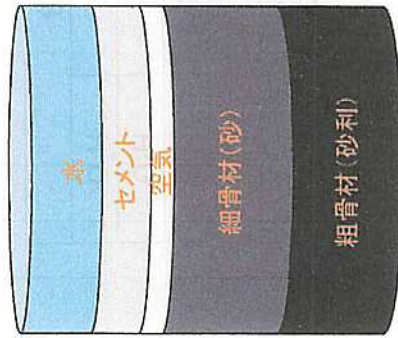


1988年にフランスのDavidovitsは、岩石由来の材料やFA、もみ殻のような副産物(以下、活性ファイラー)に含まれるシリカ(SiO₂)やアルミナ(Al₂O₃)がアルカリ溶液と反応することを明らかにした。この**化学的反応は重合(ポリマー化)**であり、堆積岩と同じメカニズムで固化する事から、これらのバインダーを「**ジオポリマー**」と名付けた。



出典:コンクリート工学,Vol.55, No.2, pp.131-137, 2017年2月号

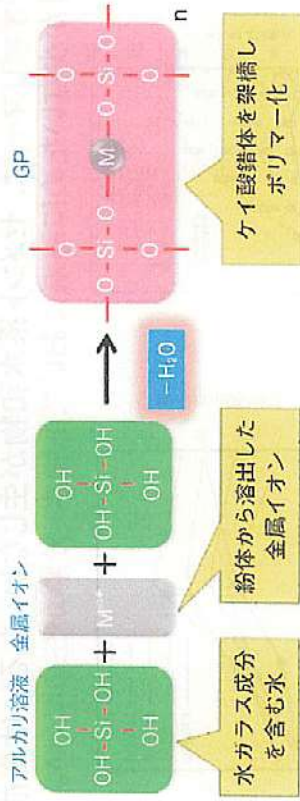
セメントの代わりに**活性ファイラー**、水の代わりに**アルカリ溶液**を混ぜて作るコンクリート。圧縮強度は、セメントコンクリートと同レベルまで発現が可能
(セメント)コンクリート



ジオポリマーコンクリート



活性ファイラーから溶出した金属イオンが水ガラスと接すると、ケイ酸錯体を架橋しポリマー化し、活性ファイラー粒子を無機質の接着剤で固めたような構造になる。



ゲル特有の**スポンジ状の微細孔の生成**が特徴的であり、GPは化学組成が**天然ゼオライト**(アルミノケイ酸塩のなかで結晶構造中に比較的大きな空隙を持つもの(総称)に似ていると考えられているが、非結晶質であるため正確な究明は困難。

出典:コンクリート工学,Vol.55, No.2, pp.131-137, 2017年2月号

活性ファイラー

シリカとアルミナが豊富な材料が有利。メタカオリン、フライアッシュ微粉末、高炉スラグ微粉末、シリカフェューム、都市ごみ溶融スラグ微粉末など

アルカリ溶液

ナトリウムやカリウム由来の溶液。水ガラス、水ガラスに水酸化ナトリウム溶液あるいは水酸化カリウム溶液などを混ぜたもの



フライッシュ微粉末

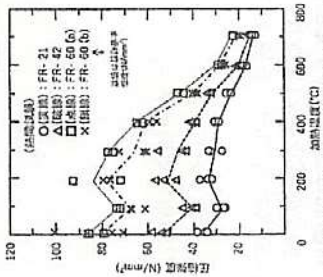


高炉スラグ微粉末

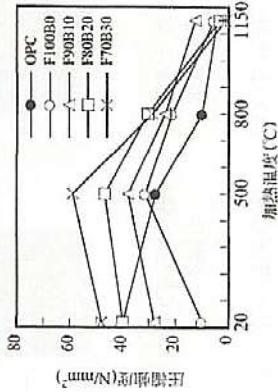
出典:コンクリート工学,Vol.55, No.2, pp.131-137, 2017年2月号

耐火材料

普通コンクリートは、高温になるとセメント系水和物の脱水・分解が生じるため空隙構造が変化し、強度・剛性が低下する。ジオポリマーは、セメント系水和物が生じない、あるいは生成量が少ないために高温においても脱水・分解が生じにくい。



加熱温度と圧縮強度の関係
(コンクリート技術の要旨 17, p.76)

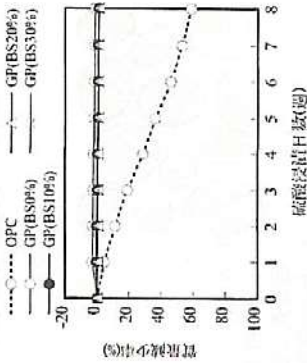


加熱温度と圧縮の関係

(一宮一夫, 上野義行, 原田隼朗, 池田政, 高炉スラグ粉末を添加したフライアッシュベースのジオポリマーの高温下における物性変化, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1269-1274, 2016)

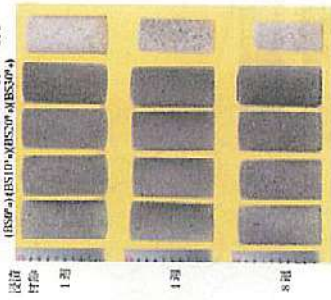
耐酸材料

セメントの場合はマトリックスがCa(OH)₂やC-S-Hで構成されているため、反応生成物が酸によって容易に溶解される。ジオポリマーでは、生成物がアルミノケイ酸塩縮合体であるので酸への溶解が生じにくい。



硫酸浸漬の結果(質量減少率)

(一宮一夫, 原田隼朗, 池田政, 池田二, 池田三, 池田四, フライアッシュと高炉スラグ粉末を用いたジオポリマーの耐酸性と高温特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.2005-2010, 2013)

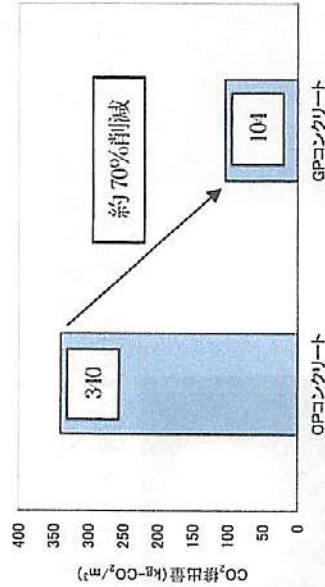


硫酸浸漬の結果(外観)

(一宮一夫, 原田隼朗, 池田政, 池田二, 池田三, 池田四, フライアッシュと高炉スラグ粉末を用いたジオポリマーの耐酸性と高温特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.2005-2010, 2013)

低炭素・資源循環型社会構築のための建設材料

ジオポリマーは、フライアッシュや高炉スラグなどの産業副産物を大量に利用可能である点、および石灰石の焼成を行わないので製造段階でのCO₂排出量を大きく削減できる。



試算の結果

出典:ジオポリマーの特性と施工事例, 西松建設技報, Vol.39, pp.1-6, 2016

GP溶液部の成分内訳ならびに配合指標

成分比を質量比ではなく、モル比で表すと、その反応に与える影響に関して元素の違いを意識することなく定量的に記述が可能

使用材料	成分	
NaOH溶液	NaOH	H ₂ O
KOH溶液	KOH	H ₂ O
水ガラス	NaOH	SiO ₂

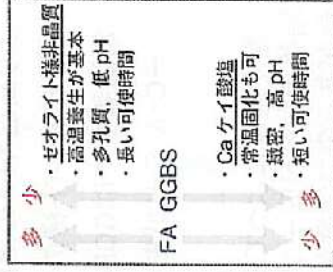
(NaOH + KOH) / H₂O → A/W(モル比) : アルカリ水モル比
 SiO₂ / (NaOH + KOH) → Si/A(モル比) : Siアルカリ水モル比
 H₂O → W(kg/m³)

活性フィラーの影響

- FA: 低硬化体pH, 多孔質
 常温での硬化に時間を要する(可長時間) → 加温養生

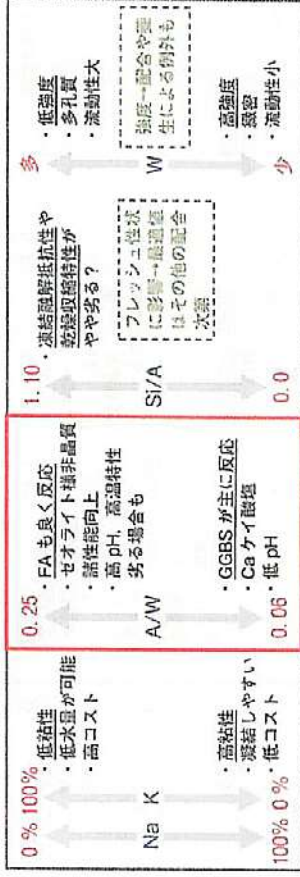
- GGBS: 高硬化体pH, 緻密化, 硬化体自体は酸に対する抵抗性は低い
 常温養生でも比較的早期に強度発現(可長時間短)

※GGBS: 水砕高炉スラグ微粉末



アルカリ/水モル比(A/W)の影響【(NaOH + KOH) / H₂O】
 溶液配合の中で最も生成物や諸性質に与える影響が大きい。

- 低A/W: GGBSの反応が主要な要素になりやすい。
- 高A/W: FAも良く反応するため、非晶質の3次元アルミノケイ酸塩物質も生じやすくなり、圧縮強度の他、多くの諸特性が向上する。



Si/アルカリモル比(Si/W)の影響【SiO₂ / (NaOH + KOH)】

- Si/AはA/Wと比較すると諸性質に与える影響は小さい。
- 高Si/A: 凍結融解性が劣る傾向があり、乾燥収縮も大きくなる傾向(最適なSi/Aは検討の余地が大きい)



カリウム(K)系-ナトリウム(Na)系の相違

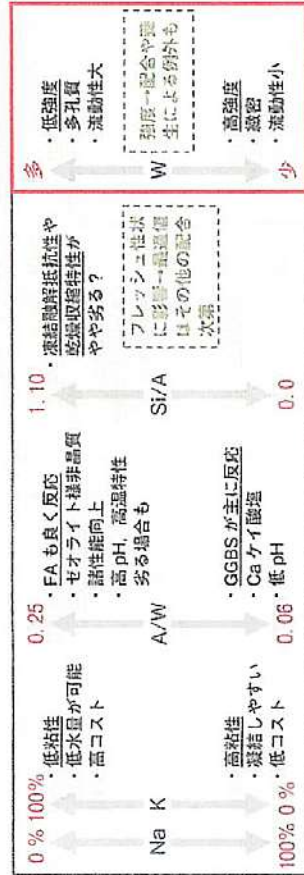
- 同一配(調)合で作製した場合、圧縮強度などの諸特性はおおよそ同じ。Kは溶液の粘性が小さく、凝結しにくいため、単位水量を減らして高強度化が可能だが、コストが高くなるので、Naの使用例が多い。



単位水量(W)の影響

※溶液における純水部分Wを単位水量として定義

粉体量を一定とすれば、一般的に、Wが多いと強度が低く多孔質になりやすい。セメントコンクリートほど明確ではないが、Wが少ないと強度は高くなるが、フレッシュ性は低下する。



出典:コンクリート工学,Vol.59, No.9, pp.794-800, 2021年9月号

養生温度の影響

より高温でFAの溶解反応が進行する。

→ゼオライト様の非晶質物質が多く生じる
 常温養生ではGGBSの反応が支配的となる。
 →C-A-S-Hが主な生成物



養生温度によって生成物が異なるため、圧縮強度などが同一でも性質が大きく異なる場合があるので注意が必要

近未来コンクリート研究会での取り組み

近未来コンクリート研究会

十河 茂幸 代表

建設技術の進歩に伴い専門性が深化し、作業が分業化したことで弊害が起きている。分業化した業種間の連携を強化することにより、部分最適から全体最適に移行するためのネットワーキング構築を目指す。

3協議会を立ち上げて活動中

- RC構造物の延命化技術研究協議会(2018年～)
- 江長和徳コンクリートメンテナンス協会技術委員長
- 初期ひび割れ抑制技術研究協議会(2018年～)
- 竹田宣典広島工業大学教授
- 構造物の生産性向上技術研究協議会(2018年～2020年)
- 脱炭素コンクリート技術研究協議会(2021年～)

坂本

近未来コンクリート研究会での取り組み

構造物の生産性向上技術研究協議会(2018～2020)

【目的】P協議会では、**構造物の生産性向上に資する技術を検討**するため、現状の把握と課題の抽出・整理を通して課題解決のための**具体的な要望・提案**を行う。

【検討の対象】特にコンクリート工では生産性が立ち遅れているという指摘があることから、**コンクリート工事を対象とする。**

【活動成果】①課題抽出と要望・提案検討表

- ②事例調査(文献調査・現場企業における事例)
- ③協議会メンバーからの話題提供・実例紹介

脱炭素コンクリート技術研究協議会(2021～)

出典:コンクリート工学,Vol.59, No.9, pp.794-800, 2021年9月号

日本で初めてカーボンキュア・テクノロジーズとライセンス契約を締結した曾澤高圧コンクリート(株)の鶴川工場を見学

・所在地: 北海道勇払郡むかわ町晴海67

・日時: 2021年10月14日(木) 9時~12時

・見学内容: 事業内容の説明, 工場見学
(カーボンキュアコンクリート施設, Basilsikを使用した水槽, 3Dプリンタ, コンクリートアインタンク)



液化炭酸ガス輸送ユニット, 計量ユニット, 操作ユニットで構成されており, 既存の生コン工場施設に後付けが可能である。

→ 室蘭の新日鉄住金製鉄所で発生するCO₂を使用し, ミキサー上部からCO₂(400~500g/m³)を吹き付ける計画

→ 北海道開発局ではC=280kg/m³以上の規定があるが, 製品は性能規定なので, セメント量やW/Cを気にする必要がない。

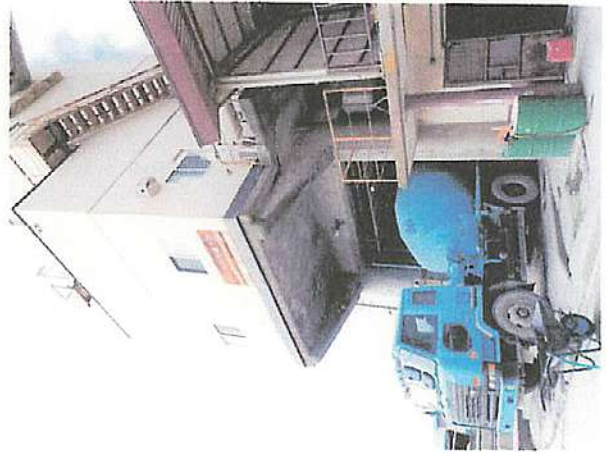
→ 普通コンクリートとカーボンキュアコンクリートを同じミキサーで同日に練ることができる。



液化炭酸ガス輸送ユニット

計量ユニット

操作ユニット



石炭ガス化燃料電池複合発電とCO₂の分離・回収技術を組み合わせた石炭火力発電の実証試験を行う大崎発電所において, 世界最先端の技術や近く実用化が見込める技術を, 元的に研究・開発できる環境を整備している。



大崎クールジェンから排出される**実ガスのCO₂**を使用した、**カーボンリサイクル技術**の実証実験が行われていた。当日は、現在進行しているプロジェクトのうち3プロジェクトについて視察を行った。

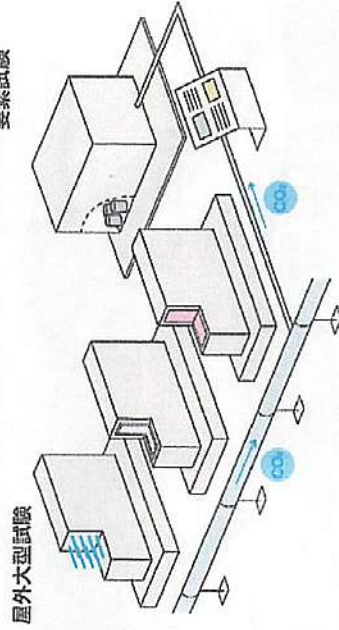
- ・日時: 2023年1月12日, 13:20~16:00
- ・場所: 広島県豊田郡大崎上島町中野6208-1大崎発電所内
- ・視察内容: Gas-to-Lipids/バイオプロセスの開発
CO₂有効利用コンクリートの研究開発
微生物類由来SAFの製造に係る研究開発
- ・参加者: 19名
- ・主催: 中国電力株式会社



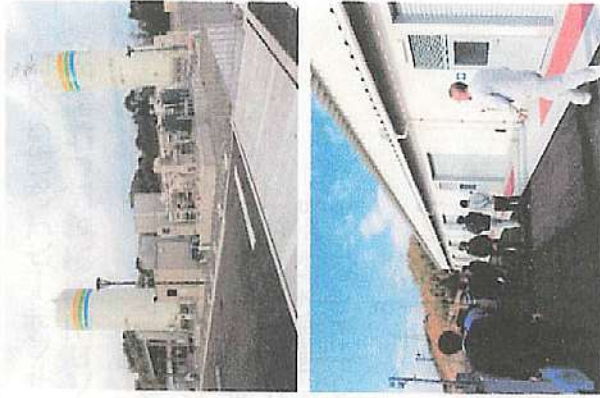
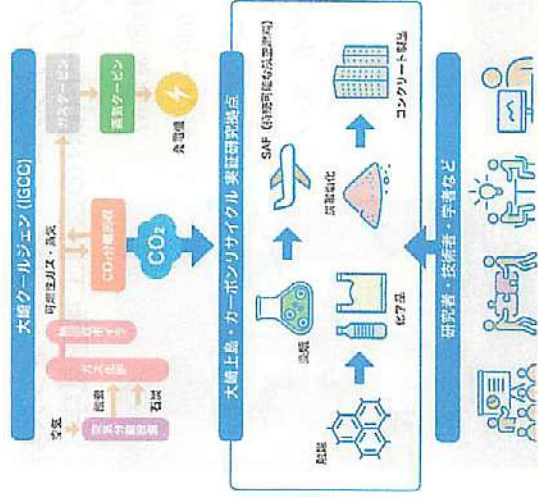
出典:カーボンリサイクル実証研究拠点/パンフレット

「CO₂有効利用コンクリートの研究開発」

CO₂と反応して硬化する性質を持つ特殊和材 γ -C₂Sを使用したコンクリートであるCO₂-SUICOMの適用範囲を拡大するため、屋外でCO₂を吸収させる方法や中性化による鉄筋腐食の対策について屋外大型試験体を用いて検討を行っていた。



出典:カーボンリサイクル実証研究拠点/パンフレット



出典:カーボンリサイクル実証研究拠点/パンフレット

ご清聴ありがとうございました。