

メタカオリンジオポリマーにおける軽金属イオン溶出時の温度依存性

九州工業大学大学院	学生会員	○古賀 新悟	九州工業大学大学院	正会員	合田 寛基
西松建設（株）	正会員	原田 耕司	富士電機（株）	非会員	足立 栄希
富士電機（株）	非会員	見上 寿	アドバンエンジニア（株）	非会員	谷澤 圭佐

1. はじめに

放射性廃棄物の安定化、固定化の処理方法にセメント固化とガラス固化がある。しかし、放射性物質の一つである放射性Csが水に溶けやすい特徴を有しているため、セメントの水和物と反応することにより、構造機構が変質することから、セメント硬化体の耐久性への影響が懸念されている。さらに、ガラス固化については、製作プロセスの中で二次廃棄物が発生することから、放射性廃棄物の安定固定化に対する課題が残されているのが現状である。

そこで、重金属イオンならびに放射性物質の固定化の特徴を有している^{リジ}ジオポリマー（以下、GP）の中でも、構造体に水和物が極めて少ないメタカオリン（以下、MK）を用いた GP の放射性廃棄物処理関連施設への適用が検討されている。

本研究では、メタカオリンジオポリマーの放射性物質の溶出特性に関する基礎研究として、軽金属（カリウム）による放射性物質を模擬し、メタカオリン GP モルタルを異なる温度の精製水に浸漬させ、内在するカリウムイオンの溶出特性を評価し、常温時に対する加速倍率を算出した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

表-1 に使用材料，表-2 に配合を示す．アルカリ溶液のアルカリ水比 (A/W) は 0.11 とした．また，モルタル中のカリウムのモル濃度を 0.10mol/L に統一した．

2.2 供試体作製方法と養生方法

ホバート型ミキサ（容量：2L）を用いて、1 バッチあたり 1.5L のモルタルを作製した．練り混ぜ方法は、MK と細骨材を入れて 30 秒間攪拌し、アルカリ溶液と KCl 溶液を入れて 1 分間練り混ぜ、30 秒間掻き落としを行い、さらに 1 分間練り混ぜを行った．供試体は円柱供試体（ $\phi 50 \times 100 \text{mm}$ ）とし、テーブルバイブレーターで振動を与えて締め固めた後、封緘処理を行った．養生方法は、20℃恒温室内で静置させる常温養生とプログラム

表-1 使用材料

使用材料	記号	密度 (g/cm ³)	備考
アルカリ溶液	AS	1.40	A/W=0.11
メタカオリン	MK	2.56	
細骨材	S	2.59	
塩化カリウム溶液	KCl	1.12	

表-2 溶出特性検討時の配合 (kg/m³)

記号	AS/P	AS	KCl	MK	S
	%	kg/m ³			
K-80	80	362	8.99	463	1350
K-90	90	379	9.42	431	1350
K-100	100	394	9.79	403	1350

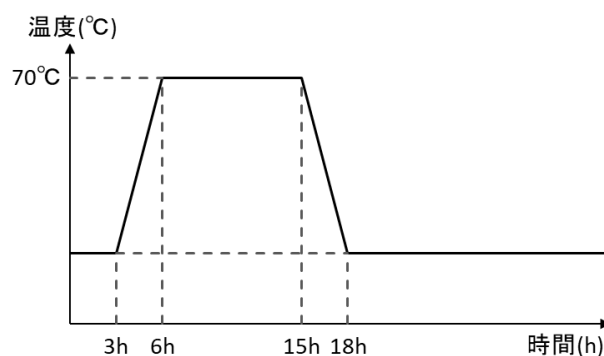


图-1 温度勾配

式恒温機を用いた加温養生の 2 種類行った。加温養生の温度勾配を図-1 に示す。加温養生後は指定の材齢まで 20℃恒温室内で養生させた。

2.3 浸漬方法

供試体作製後、材齢 7 日の供試体を精製水に浸漬させた。固液比は容積比で 1:1、浸漬期間は 2 週間、浸漬温度は 20℃、40℃、80℃の 3 種類とした。また、浸漬時は供試体によるカリウムの溶出量のばらつきを抑えるために同一水準の供試体 3 本を 1 つの浸漬容器に静

置した。濃度計測用の溶液サンプルは浸漬期間 1 週ごとに採取した。濃度の計測は ICP 発光分析法を用いた。

3. 実験結果および考察

表-3 に供試体 1 体に含まれるカリウムの質量を示す。ICP 発光分析により、浸漬溶液に溶出したカリウムの質量を求め、1 体あたりのカリウムの溶出割合から溶出特性を評価した。

図-2 に浸漬温度 20℃ の溶液粉体比とカリウムの溶出割合の関係を示す。常温養生を行った供試体の溶出割合は溶液粉体比に関わらず、浸漬 1 週間で約 1.3%, 2 週間で約 1.5% であった。また、加温養生を行った供試体の溶出割合は、浸漬 1 週間で約 0.6~0.9%, 2 週間で約 0.9~1.2% と溶液粉体比が変化しても約 0.3% 以内で推移していることがわかる。そのため、溶液粉体比の影響は少ないと考えられる。次に、養生条件とカリウムの溶出割合を比較すると、加温養生を行った供試体は常温養生を行った供試体よりカリウムの溶出割合が小さい。これは、加温養生により縮重合反応が促進され、本浸漬条件下では、常温養生と比較して物質移動抵抗性が向上したためと考ええる。

図-3 に浸漬 1 週間の浸漬温度と溶出割合の関係を示す。溶液粉体比や養生条件に関わらず、浸漬温度が増加するにともない、カリウム溶出量の増加割合は、常温養生では 20℃ 上昇するごとに約 0.5%, 加温養生では約 0.7% となった。また、20℃ 浸漬時に対する 80℃ 浸漬時の溶出割合の比 (加速倍率) について、常温養生で約 2.2 倍、加温養生で約 4.2 倍となった。本実験条件下では、溶液粉体比が異なる場合においても、80℃ で浸漬させることにより、常温養生では最大約 2.2 倍、加温養生では最大約 4.2 倍の加速倍率となったことから、浸漬時の温度調整による、短期間で溶出特性の検討が可能であることが示された。

今後の方針として、溶出割合が収束する期間および溶出割合を明らかにした上で、メタカオリンジオポリマーの溶出抵抗性について評価する予定である。

4. まとめ

本実験下で得られた知見を以下に示す。

- (1) 溶液粉体比が変化してもカリウムの溶出割合はほとんど一定であった。
- (2) 加温養生を行うことでカリウムの溶出割合を低減することができる。

表-3 供試体 1 体に含まれるカリウムの質量

記号	カリウムの質量(mg)
K-80	197.8
K-90	213.0
K-100	228.3

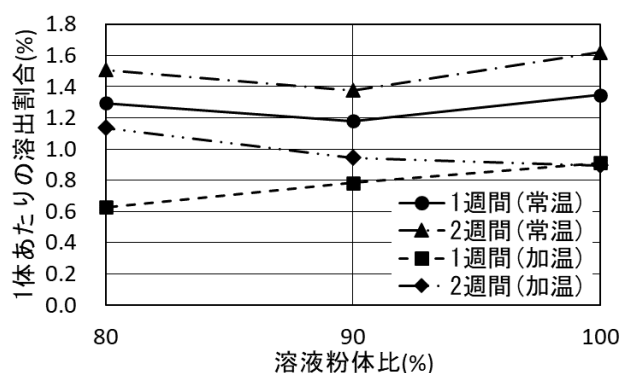
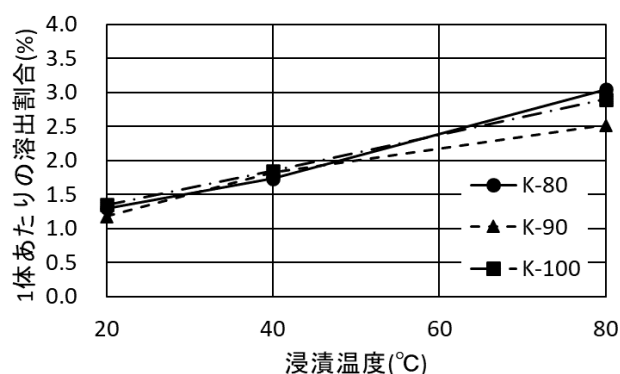
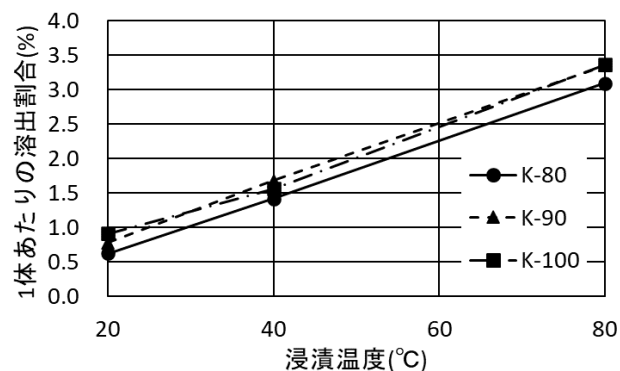


図-2 溶液粉体比と溶出割合の関係 (浸漬温度 20℃)



(a) 常温養生



(b) 加温養生

図-3 浸漬温度と溶出割合の関係 (浸漬 1 週間)

- (3) 加速倍率の評価は可能であり、常温養生で約 2.2 倍、加温養生で約 4.2 倍であった。

参考文献

- (1) 日本コンクリート工学会：「建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会」報告書，2017