

フライアッシュ原粉を用いたジオポリマーの放射性物質吸着特性に関する検討

東京電力ホールディングス (株) 平野 義昭
 東京電力ホールディングス (株) 正会員 ○小林 保之
 東京電力ホールディングス (株) 梅田 陽子
 東京電力ホールディングス (株) 水梨 康之
 前田建設工業 (株) 正会員 南 浩輔

当社石炭火力発電所より発生したフライアッシュ (以下 FA と略す) 原粉を主原料としたジオポリマー (以下 GP と略す) について、放射性物質吸着材への適用に向け、配合や吸着性の関係把握など、実験的に検討を行った。

1. はじめに

FA など非晶質粉体とアルカリ溶液との反応にて硬化する GP は、セメント代替のバインダー材料のほか、放射性物質の固定化材料としての利用について検討が進められている¹⁾。

一方、当社石炭火力発電所では、年間約 80 万トンの石炭灰が発生しており、石炭灰有効利用の多角化に向けた検討を進めている。今回、その一環として、GP の陽イオン交換能に着目し、放射性物質吸着材の適用に向けた実験的検討を行った。

2. 実験概要

2. 1 GP 供試体

セメント代替として GP を使用する場合には、力学特性や施工性の確保が必要となるが、本検討では吸着用途としていること、ならびに、FA の大量利用を目的としていることから、活性フィラーを FA 単体とした配合をベースとした。また、FA の反応性をより高めるため、比較的高い濃度のアルカリ溶液を用いることとした。

使用材料を表 1、配合条件を表 2 に示す。供試体はφ 50mm×100mm の円柱とした。養生方法は常温 (20℃, 湿度 60%) と加温養生 (80℃, 湿度 95%, 12 時間相当) とした。

2. 2 フレッシュ性状および圧縮強度

GP 練混ぜ後のフレッシュ性状を表 3 に示す。アルカリ濃度が高い場合、フローが小さくなる傾向が見られた。なお、配合④ (BS 置換率 20vol%) は、混和剤の影響により、比較的大きなフローとなった。

次に、GP の圧縮強度を図 1 (配合①~③)、図 2 (配

キーワード ジオポリマー, 放射性物質吸着材, フライアッシュ, 配合

連絡先 〒230-8510 神奈川県横浜市鶴見区江ヶ崎町 4 番 1 号 東京電力ホールディングス (株) TEL 045-394-6000

表 1 使用材料

項目	記号	材料
活性フィラー	FA	フライアッシュ原粉 密度 2.27g/cm ³ , 強熱減量 5.5% 比表面積 4,733cm ² /g
混和材	BS	高炉スラグ微粉末, 密度 2.91 g/cm ³ , 比表面積 4,160 cm ² /g
アルカリケイ酸溶液	ASS	水酸化ナトリウム, 蒸留水, シリカフェーム混合液 (密度 1.25~1.32 g/cm ³)

表 2 配合条件 (単位: kg/m³)

配合名称	BS 置換率 (vol.%)	A/W モル比	FA	BS	ASS
①	0	0.150	1,098	0	592
②	0	0.175	1,098	0	604
③	0	0.200	1,098	0	621
④	20	0.175	878	282	604

注 1) Si/A(アクリ)モル比一定 注 2) 配合④のみ混和剤を添加 注 3) 常温養生は全配合、加温養生 (80℃) は配合②④で実施

表 3 フレッシュ性状

配合名称	フロー [mm]	15 打後フロー [mm]	練上がり温度 [°C]
①	145×143	219×217	36.6
②	126×122	202×202	38.9
③	131×127	205×201	39.0
④	281×277	300 Over	39.9

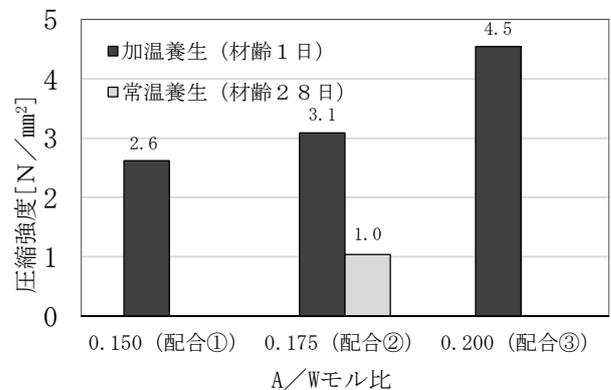


図 1 GP 圧縮強度

合④) に示す。加温養生した供試体は、常温養生した供試体に比べ発現強度が高い。また、アルカリ刺激が高まるにつれ、圧縮強度も増加しており、FA の反応性が高まっていると推察される。一方、高炉スラグ微粉末を添加すると、加温養生・常温養生とも大幅に強度が増加することが確認された。

2. 3 放射性物質吸着試験手順

試験に用いる試料は、図3に示すとおり GP (材齢 52 日) を破碎後、篩により粒度調整を行った (4.75-9.5 mm、2.36 - 4.75 mm)。吸着率は、2ppm 相当の非放射性セシウム [Cs]・ストロンチウム [Sr] を純水 (40ml) に添加した模擬液の初期濃度と、GP 試料 (1g) を添加し 24 時間静置後の模擬液との濃度変化により吸着率を求めた。なお、吸着能力の比較用に、天然ゼオライト・石炭灰由来人工ゼオライトについても吸着試験を実施した。

2. 4 放射性物質吸着試験結果

GP の配合・養生条件と吸着試験結果との関係を表4に示す。今回の試験においては以下の傾向を確認した。

・GP で吸着率が最も高い配

合 (同一粒度で比較) は配合①で、Cs・Srとも吸着率 50%程度となり、石炭灰由来人工ゼオライトと同等の吸着能力を保持することを確認した (図4)。

・高炉スラグ添加により Cs・

Srとも吸着率が低下した。高炉スラグに含まれるカルシウムイオン下で形成された C-S-H により、GP 構造の一部に変化が生じたことによる影響が想定される。

・粒度を小さく (比表面積を大きく) することで Cs・Srとも吸着率が向上した。

・アルカリ濃度や養生条件が吸着率に与える顕著な影響を確認できず、今後のデータ蓄積等が必要である。

3. まとめ

当社石炭灰を用いた GP は放射性物質吸着能力を有し、配合条件等により、人工ゼオライトと同等以上の吸着能力に改善できる可能性がある。今後は、GP 配合や養生条件と吸着能力との関係把握に向けた詳細検討や、製造・加工方法についても検討を進めていく予定である。

参考文献

1) Vincent CANTAREL et.al : Geopolymers and Their Potential Applications in the Nuclear Waste Management Field, JAEA-Review 2017-014

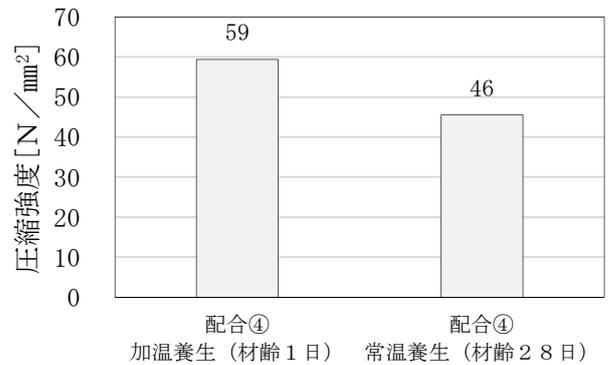


図2 GP 圧縮強度 (高炉スラグ微粉末添加)

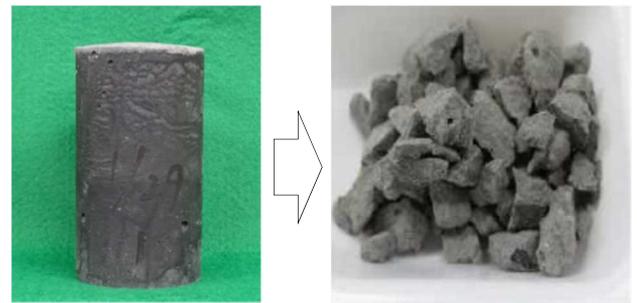


図3 GP 吸着試験試料

表4 GP 吸着試験結果

配合名称	①	②		③	④		参考	参考		
A/Wモル比	0.150	0.175		0.200	0.175		石炭灰由来 人工 ゼオライト	天然 ゼオライト		
養生条件	加温	加温	常温	加温	加温	常温				
高炉スラグ添加	無	無	無	無	有					
粒度(mm)	4.75-9.5	2.36-4.75	4.75-9.5	4.75-9.5	4.75-9.5	4.75-9.5	5.0-8.0	1.4-4.0		
吸着率	Cs	49%	55%	42%	30%	48%	18%	28%	52%	99%
	Sr	51%	56%	36%	43%	45%	30%	31%	25%	59%

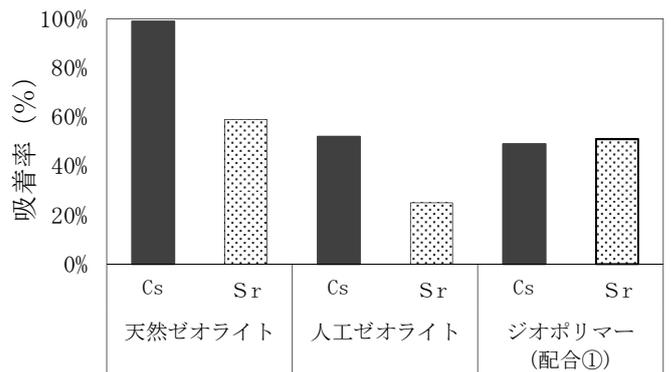


図4 他材料との吸着率の比較