

低アルカリ性グラウトに関する基礎的研究

（株）大林組 正会員 入矢桂史郎
核燃料サイクル開発機構 栗原 雄二
核燃料サイクル開発機構 藤島 敦

1. はじめに

数千年以上の半減期の核種を含む放射性廃棄物の処分施設は、人工的に核種の移行を封じ込める人工バリアと天然の岩盤で構成する天然バリアの組み合わせによる多重バリアシステムにより、放射性核種を生物圏から隔離するコンセプトが採用され、岩盤内に建設される。しかし岩盤には亀裂があり、止水性を確保するために必要に応じてグラウトを行う必要があり、その材料としては、ポルトランドセメントなどのセメント系の材料が候補とされている。一方、セメント系材料が数千年以上の長期にわたり岩盤と接触すると、その浸出水が示す高い pH（12.5 以上）の影響を受け、岩盤を変質させることが懸念されている¹⁾。

核燃料サイクル開発機構が建設する幌延深地層研究センターでは、セメント系材料の岩盤への影響評価に関する研究として、これまで同機構で研究開発が進められてきた「低アルカリ性セメント」²⁾を使用した実証試験が計画されており、それに向けて低アルカリ性グラウトの研究が行われている³⁾。

本研究では、グラウトに必要な粒子の細かさ確保し、かつ低アルカリ性を満足できるセメント系材料の組み合わせについて、検討を行った。

2. 使用材料

使用した材料を表 - 1 に示す。使用したセメントは、普通ポルトランドセメントを微粉碎して超微粒子セメントとした試作品（微粒子 OPC）である。混和材としてシリカフェームは高純度品（SF(A)）と、粒径がやや大きくシリカ含有量が低いが低価格である中位品（SF(B)）の 2 種類を用いた。SF 等のポゾランよりも価格が安くまた実績のある石灰石微粉末（LP）および高炉スラグ微粉末（BFS）も検討に加えた。各材料の粒度分布曲線を図 - 1 に示す。

3. 材料の組み合わせ

既往の研究²⁾から、低アルカリ性を確保するために、OPC の 50%以上をポゾランで置き換えることが有効であるとの結論を得ている。グラウトは岩盤と直に接するため、強度より pH の低下速度が重要と考え、OPC とシリカフェームを同量使用することで、ポゾラン反応を促進しようと考えた。表 - 2 に試験を行った材料の組み合わせを示す。シリカフェームを 50%も OPC に置き換えて使用すると通常のコンクリートでは所要の施工性が確保できないが、本試験では水セメント比を 100%以上の懸濁液として使用とする場合もあるグラウトが対象であるため検討ケースに加えた。

4. 試験方法

グラウトの表 - 2 に示す組み合わせのセメントペーストとした。また、実際のグラウトの水セメント比とは異なる

表 - 1 使用材料

| 材料名 | 最大粒径 (μm) | 最大粒径 (μm) | 組成等 |
|---------|-----------|-----------|------------------------|
| 微粒子 OPC | 20.0 | 10,270 | JIS規格 |
| SF(A) | 4.0 | 202,000 | SiO ₂ 99%以上 |
| SF(B) | 7.0 | 198,000 | SiO ₂ 95%以上 |
| LP | 18.0 | 9,500 | CaCO ₃ |
| BFS | 7.0 | 12,000 | JIS規格 |

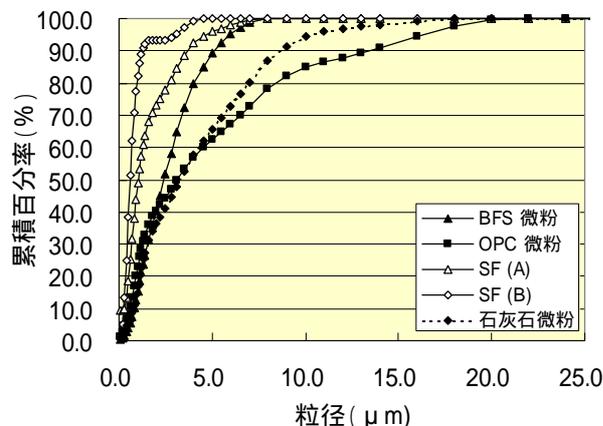


図 - 1 材料の粒度分布

キーワード 低アルカリ，グラウト，放射性廃棄物，シリカフェーム，

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4 640 大林組技術研究所 土木構造材料研究室 TEL0424-95-0950

が、pH 測定用の供試体の作製においては標準軟度になるように、水セメント比 80%とした。ペーストを混練後、密閉容器に入れて 20 で 28 日間密封養生を行った。養生中は分離を防ぐために常に容器を回転させた。養生後、余剰の水分を取り除くために 7 日間真空乾燥を行った後、粒径が 0.5mm 以下となるように粉碎し、浸出液の pH を測定する浸漬試験に使用した。浸漬試験は、ポリ容器に粉碎したセメント硬化体 20g とイオン交換水 40g を入れ（液固比 2.0）、pH を測定する期間まで浸漬を行った。

低アルカリ性セメントは、ポゾラン反応により pH を低下させているので、温度を加えると反応が促進し、pH が早く低下する。ここでは、最終状態の pH がどのくらいになるかを検討する目的で 20 に加えて 65 の試験についても実施した。pH の測定は 20 の条件で 3 日、7 日、その後は 7 日間隔で行い、65 での pH が定常状態に達するまで測定した。

表 - 2 材料の組み合わせ

| 試験ケース | 混合割合(質量%) | | | | |
|-------|-----------|-------|-------|----|-----|
| | OPC | SF(A) | SF(B) | LP | BFS |
| 1 | 50 | 50 | - | - | - |
| 2 | 50 | - | 50 | - | - |
| 3 | 20 | - | 20 | 60 | - |
| 4 | 20 | - | 20 | - | 60 |
| 5 | 30 | - | 30 | 40 | - |

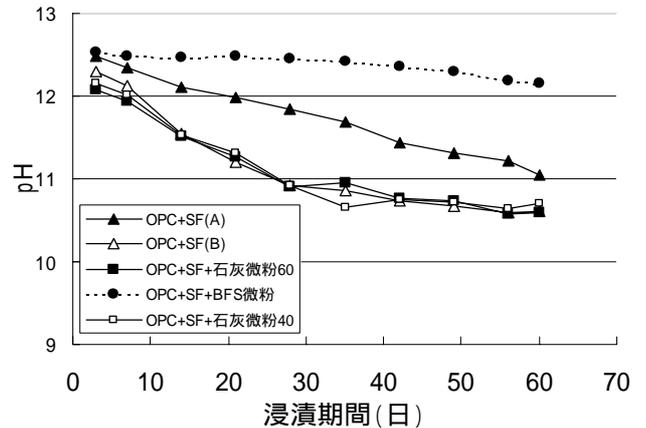


図 - 2 20 における pH の変化

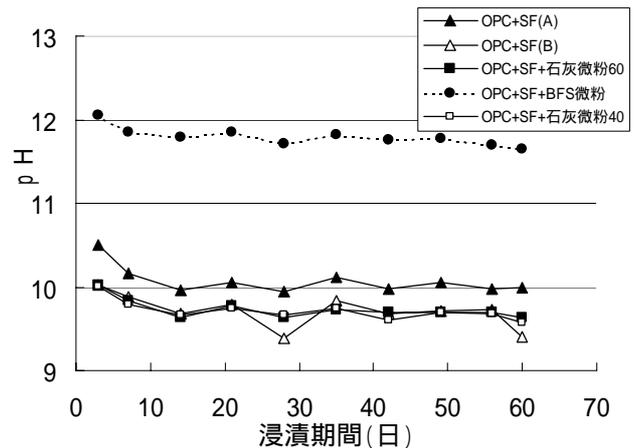


図 - 3 65 における pH の変化

5. 試験結果と考察

図 - 2 に 20 における pH の変化を示す。SF(B)を使用したケースでは、pH が 11.0 を下回るあたりから低下速度が鈍りはじめ、60 日経過時で pH は 10.5 程度であった。pH の低下速度は、SF(B)を用いたもので、0.025/日程度となった。また、SF(A)では SF(B)に比べて、初期の pH が高いことと低下速度が若干小さいことが認められた。SF(A)はシリカ純度が高く粒径も小さいために速く pH が低下するものと想定したが、実際には逆の結果が得られた。pH の低下速度にはシリカ以外のものも影響していると推定され、これが実用上は pH のばらつきに影響を与えるものと考えられる。また、LP を使用したものは SF のみのものと同様 pH を示した。LP は pH が 9.0 より小さいために、浸出液の pH には影響を与えないものと考えられる。65 の試験結果を図 - 3 に示す。浸出液の pH の最終低下状態と想定したこの試験では、SF(B)を使用したケースで 9.75 程度、SF(A)で 10.0 程度となった。低アルカリ性グラウトとして最終的には pH10.0 程度が期待できる。BFS を使用したものは、65 の試験でも pH11.5 以上を示した。コストなど総合すると OPC と SF および LP を混合したものが最も効果的なグラウト用低アルカリ性セメントであると認められる。

6. まとめ

普通ポルトランドセメントとシリカフュームを同量使用するという条件で検討した微粉末グラウト材は、高炉スラグのケースを除き、すべて最終の pH が 10.0 程度となると考えられる。なお、その条件下でも BFS を加えると、pH は 12.0 程度にまで上昇することが認められた。

参考文献

- 1) 大和田仁他：アルカリ溶液中での花崗岩の変質挙動，JNC TN8400 2000-027，2000.8
- 2) 入矢桂史郎他：ポゾランを高含有した低アルカリ性コンクリートの開発，大林組技術研究所報 No.65，2003.1
- 3) 入矢桂史郎他：幌延深地層研究センターにおけるコンクリート材料の施工性に関する研究（ ），JNC TN8400, 2002-013, 2002.2