

# フライアッシュを使用した高耐久性コンクリートの製造技術の開発

## 背景

放射性廃棄物処分施設に用いられるコンクリート材料は、様々なイオンを含む地下水中で、廃棄体からの崩壊熱による高温の影響を受ける環境に長期間曝されるため、セメント水和物の変質し、さらに溶脱する現象が生じる。その溶脱成分は、ベントナイト材料や岩盤を変質させるため、人工バリアとしての性能低下の原因となる。また、コンクリート材料には、廃棄体を搬入する作業期間中に支保や構造体としての力学性能も要求される。当所では、溶脱に対する耐久性が高く、かつ高強度を有するトバモライト高含有型コンクリートの開発研究を進めており、その基本技術を確立したが、さらに性能向上を図るには、トバモライトの含有率を増加させる必要がある。

## 目的

トバモライトが主要な水和生成物であり、 $30\text{N}/\text{mm}^2$ 以上の圧縮強度を有するコンクリート製造技術を開発し、セメント水和物の耐熱性および溶脱に対する耐久性を検証する。

## 主な成果

### 1. トバモライト高含有化のための最適条件の抽出

フライアッシュの全粉体材料に対する質量比を 40%、オートクレーブ養生条件として養生時間 12 時間、養生温度  $180 \sim 220$  とすることにより、トバモライト含有量が 40 ~ 50 質量%、圧縮強度  $60 \sim 80\text{N}/\text{mm}^2$ となるモルタル製造技術を開発した(図 1、図 2)。なお、トバモライトの生成量を高めるためには、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 量が少なく、 $\text{SiO}_2$ 量が多いフライアッシュを用いるのが良く、フライアッシュのガラス化率や比表面積は、トバモライトの生成量に大きく影響しない(写真 1)。

### 2. 耐熱性評価

トバモライト高含有モルタルについて、耐熱性を評価した。27 週間 110 の高温曝露に対して、乾燥収縮の増加、結晶水の脱離が観察されたが、トバモライトを構成する Si-O 層と Ca-O 層の結晶間隔は変化せず、強度低下も生じないことを明らかにした(図 3)。

### 3. 溶脱に対する耐久性評価

トバモライト高含有ペーストと従来法で製造したフライアッシュ混入ペーストについて溶脱に対する耐久性を比較した。トバモライトの溶解速度は C-S-H に比べて低いため、従来法によるフライアッシュ混和ペーストに比べて溶脱に対する抵抗性が高いことを明らかにした(図 4、図 5)。この特徴は、放射性廃棄物処分施設のベントナイト系人工バリアの性能を維持する上で、非常に有用な性質である。

## 今後の展開

開発したトバモライト高含有モルタルの長期間の耐熱性と溶脱抵抗性を明らかにするために、さらに長期間の耐熱試験と浸漬試験を行い、この材料の有用性を確認する。

主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 主任研究員 山本 武志

関連報告書 「フライアッシュを使用したトバモライト高含有型コンクリート製造技術の開発」 電力中央研究所報告：N04034(2005年6月)

## 4. バックエンド

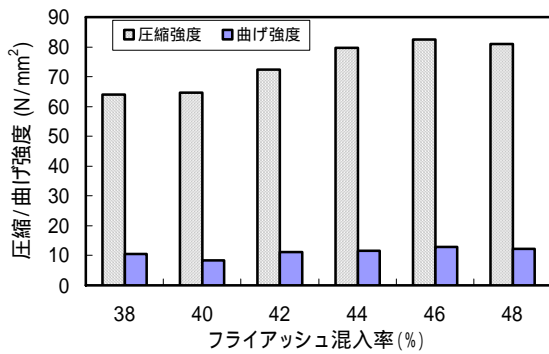


図1 フライアッシュ混入率と強度特性の関係

フライアッシュの混入率を高めると圧縮強度と曲げ強度は高まる。

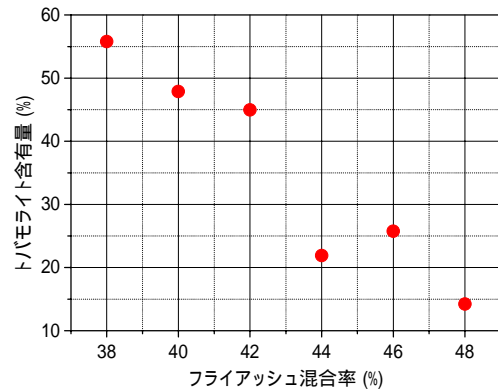


図2 フライアッシュ混入率とトバモライト含有量の関係  
フライアッシュの混入率を 38~42%とした場合にトバモライト含有率は高まる。

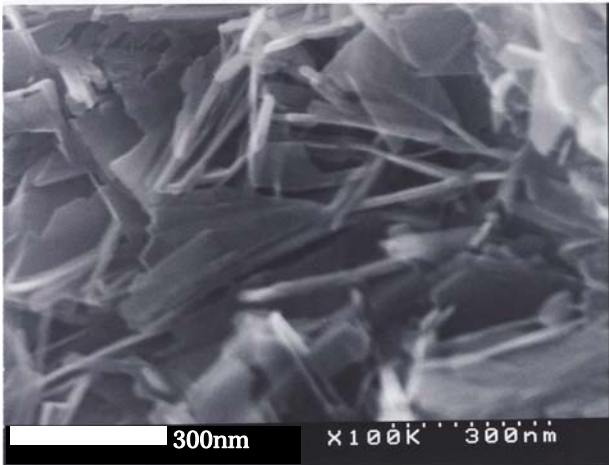


写真1 トバモライトの結晶

トバモライトは、厚さが約 20nm、幅が 200~300nm となる板状結晶である。

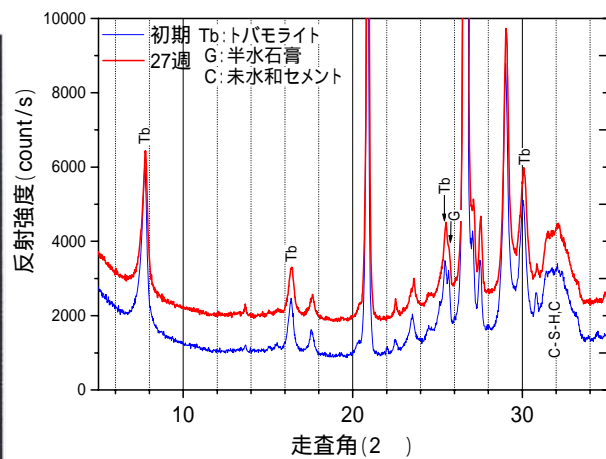


図3 結晶相に与える高温乾燥の影響(XRD分析)

トバモライトの結晶間隔を示す各走査角度における X 線の反射ピークの高さおよび位置に変化は認められなかった。

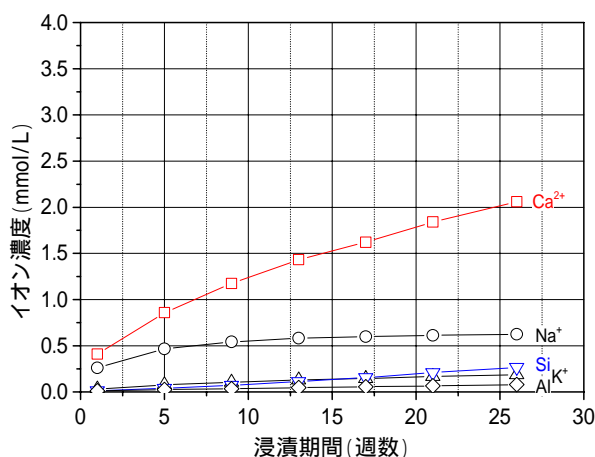


図4 トバモライト高含有ペーストの溶脱特性

従来法のフライアッシュ混和ペーストは OPC 単味に比べて溶脱抵抗性が高いことが知られているが、フライアッシュ混入率を40%としたトバモライト高含有ペーストは、フライアッシュ混和ペーストに比べて主要な溶脱イオン濃度が低く、溶脱抵抗性が非常に高い。

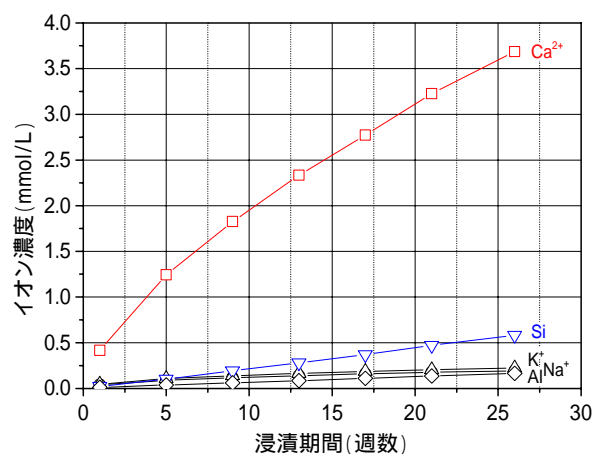


図5 フライアッシュ混和ペーストの溶脱特性