

# セメント硬化体中でのイオン拡散性の評価に関する文献調査

## 背景

現在、電気事業においては原子力発電所から発生する低レベル放射性廃棄物の次期埋設処分施設の建設に向けた検討が行われている。本施設の人工バリアに使用されるセメント硬化体には「非常に低い拡散性を有することで物質の拡散による移行を抑制する性能」が求められている(図 1)。ここで、セメント硬化体中でのイオンの拡散現象は空隙を介して生じため、長期的な拡散性の評価に際しては、セメント硬化体中に存在する空隙性状の長期挙動を踏まえる必要がある。

## 目的

セメント硬化体のイオン拡散性の評価に関する研究の現状を明らかにする。

## 主な成果

### 1. 空隙が拡散性に及ぼす影響

セメント硬化体のイオン拡散性には、空隙径が数十 nm 以上の毛細管空隙<sup>\*1</sup>が大きな影響を及ぼすことが分かった。しかしながら、それぞれの径の空隙が拡散性に及ぼす影響を定量的に評価した事例はほとんど見当たらず、今後明らかにする必要があると判断された。

数十 nm～数百 μm の範囲の毛細管空隙の量の測定には、空隙径ごとに評価可能な方法である水銀圧入法が最も有効であることが分かった。さらに、空隙の形状およびそれぞれの空隙の連続性を定量的に評価するには、内部の空隙像を非破壊で評価可能なマイクロ X 線 CT 技術の発展などが必要と判断された(表 1)。

### 2. 拡散性の評価方法

#### (1) 実験的な方法

セメント硬化体は非常に拡散性の低い材料であり、一般的なセメント系材料の拡散性評価手法(濃度分布法注<sup>\*2</sup>、電気泳動法注<sup>\*3</sup>、拡散セル法注<sup>\*4</sup>、電気伝導度法注<sup>\*5</sup>)のみでは、短期間に精度よく拡散係数を測定することが困難であると判断された。

#### (2) 数値解析的な方法

数値解析的手法による物質の移動評価では、Fick の拡散方程式や Nernst-Planck 式等が一般に用いられている。しかしながら、セメント硬化体中の長期的なイオン拡散性の評価精度を向上させるためには、上記1の成果を考慮して、対象とするセメント硬化体の空隙構造特性、空隙構造がイオン拡散挙動に与える影響を考慮できるモデルの導入が必要となると判断された。

## 今後の展開

セメント硬化体中のイオン拡散性に及ぼす空隙性状の影響を実験的に検討し、空隙径、空隙量の要因を取り込んだ実験的および解析的な拡散性評価手法の整備を図っていく。

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 西田 孝弘

関 連 文 献 庭瀬ほか:低レベル放射性廃棄物処分施設に用いるコンクリートの設計について、コンクリート工学、Vol.44, No.2, pp.3-8, 2006.2

\*1 :数十 nm～数百 μm 程度の大きさの空隙。硬化以前は、練り混ぜ水が占めていた空間で、セメントの水和後も水和物で占められなかった空隙

\*2 :内部に浸透したイオン濃度分布から拡散性を評価する方法

\*3 :イオンを電氣的に泳動させ、拡散性を評価する方法

\*4 :濃度差によりイオンを移動させ、拡散性を評価する方法

\*5 :電気抵抗から拡散性を評価する方法

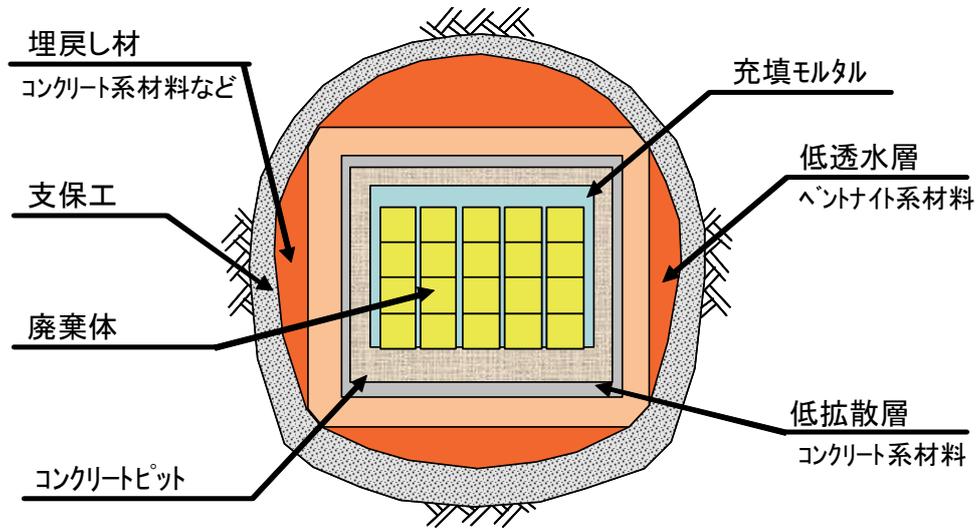


図 1 処分施設の概念(検討例)

「庭瀬ほか、低レベル放射性廃棄物処分施設に用いるコンクリートの設計について、コンクリート工学、Vol.44,No.2,pp.3-8,2006」より引用。施設に使用される材料のうち、低拡散層のコンクリート系材料には「非常に低い拡散性を有することで物質の拡散による移行を抑制する性能」が求められている。

表 1 空隙評価手法のまとめ

| 種類        | 水銀圧入        | 気体吸着       | 走査型電子顕微鏡 | マイクロ X 線 CT | ガリウム注入 | 水溶性高分子圧入 |
|-----------|-------------|------------|----------|-------------|--------|----------|
| 毛細管空隙*の評価 | ◎           | ×          | ×        | ×           | ×      | ×        |
| 空隙径分布の評価  | ○           | ○          | △        | △           | △      | ×        |
| 空隙形状の評価   | ×           | ×          | △        | ○           | ○      | ×        |
| 空隙の連続性の評価 | ×           | ×          | ×        | ○           | △      | ×        |
| 非破壊での評価   | ×           | ×          | ×        | ○           | ×      | ×        |
| 測定範囲      | 数十 nm～数百 μm | 数 nm～数十 nm | 数十 nm 以上 | 数 μm 以上     | —      | —        |
| 実用化       | 済           | 済          | 済        | 要検討         | 要検討    | 要検討      |

◎:有効, ○:可能, △:可能性有, ×:不可

\*:セメント硬化対中のイオン拡散性に及ぼす影響が大きい空隙

拡散性に大きな影響を及ぼすとされている数十 nm～数百 μm の範囲の毛細管空隙の量の測定には、空隙径ごとに評価可能な方法である水銀圧入法が最も有効であることが分かった。さらに、空隙の形状およびそれぞれの空隙の連続性を定量的に評価するには、内部の空隙像を非破壊で評価可能なマイクロ X 線 CT 技術の発展などが必要と判断された。