

## 【技術資料】 固体 NMR によるセメントの構造解析

### 概要

セメントは、エーライト( $C_3S$ )、ビーライト( $C_2S$ )、アルミネート( $C_3A$ )、フェライト( $C_4AF$ )等からなるクリンカー鉱物に石膏を加えて製造されます<sup>1)</sup>。セメントの強度や水和速度等の機能を制御するには、各成分の構造を詳細に把握することが重要です。

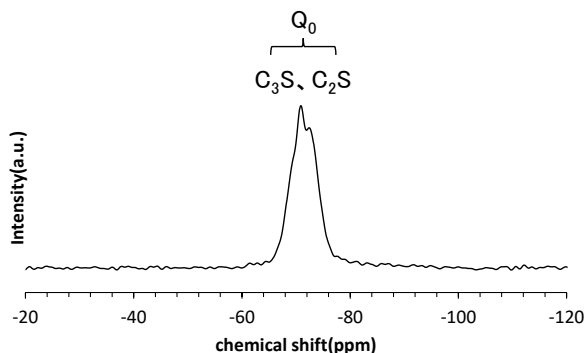
固体核磁気共鳴法(固体 NMR)は、測定元素の局所構造を反映したスペクトルが得られるため、セメントのように非晶質を含む材料の解析に有用です。本技術資料では、ポルトランドセメントを対象とした固体  $^{29}Si$ 、 $^{27}Al$  NMR 測定事例を紹介します。

### 分析方法・分析装置

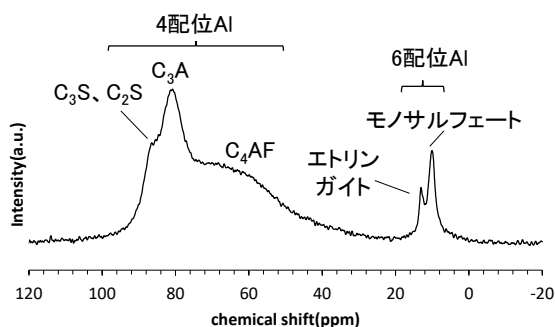
- ・分析方法 :  $^{29}Si$  DDMAS NMR、 $^{27}Al$  MAS NMR
- ・分析装置 : 400MHz NMR( $^{29}Si$ )、700MHz NMR( $^{27}Al$ )、高磁場 NMR により高分解能化)

### 結果

試料の  $^{29}Si$  DDMAS NMR スペクトルを【図 1】に、 $^{27}Al$  MAS NMR スペクトルを【図 2】に示します。 $^{29}Si$  DDMAS NMR では、クリンカー鉱物である  $C_3S$ (エーライト)及び  $C_2S$ (ビーライト)由来のピークが観測されました。一方、 $^{27}Al$  MAS NMR ではクリンカー由来の  $C_3A$ (アルミネート)や  $C_4AF$ (フェライト)だけでなく、水和反応により生じたモノサルフェートやエトリンガイトが検出されました<sup>2)</sup>。



【図 1】セメントの  $^{29}Si$  DDMAS NMR スペクトル



【図 2】セメントの  $^{27}Al$  MAS NMR スペクトル

### まとめ

固体 NMR によるセメント中の Si、Al 成分の構造解析により、水和や炭酸化等に伴う化学構造変化の追跡が可能です。弊社では、高磁場 NMR による高感度・高分解能な  $^{27}Al$  スペクトルが取得でき、微量成分の観測や、重複ピークの分離度向上が期待されます。

### 参考文献

- 1) 後英太郎:“新しいセメントとセメント技術”, p. 6 (1971), (成文堂新光社).
- 2) 高橋貴文, 大窪貴洋, 金橋康二:コンクリート工学, 56, p. 454(2018).

適用分野 : 無機材料、ガラス、その他無機製品