小角 X 線散乱を用いた圧密ベントナイトのメゾスコピック構造評価

Mesoscopic structures of compacted bentonite studied by small-angle X-ray scattering

*斉藤 拓巳[1]，永井 菜月[1]，元川 竜平[2]，遠藤 仁[3]
[1]東大，[2]原子力機構，[3]高エネ研

実際の処分に供される圧密状態のベントナイトを対象に，通常の X 線回折では調べることのできない nm からサブ μm の構造を放射光での小角 X 線散乱を用いて評価した結果を報告する．

キーワード：圧密ベントナイト，メゾスコピック構造，小角 X 線散乱

1. 緒言

高レベル放射性廃棄物（HLW）処分において，緩衝材として使用されるベントナイトは，処分の長期安全性を担う重要なバリア材料である．環境条件の変化に伴う，そのバリア性能の変化を理解・モデル化し，処分の安全評価に反映させるためには，ベントナイトの構造と機能の関連付けが不可欠である．本発表では，実際の処分に供される圧密状態のベントナイトを対象に，通常の X 線回折では調べることのできない nm からサブ μm のメゾスコピック構造を放射光での小角 X 線散乱（SAXS）を用いて評価した結果を報告する．

2. 実験方法

SAXS は数度以下の角度領域における X 線散乱から散乱体の粒子・細孔の径や形状等の構造情報を取得するための手法であり，X 線回折測定や電子顕微鏡観察とは異なり，nm からサブ μm スケールの平均的な構造のその場測定が可能である[1, 2]．本研究では，高エネルギー加速器研究機構放射光科学研究施設 BL-6A において，波長 1.5 Å の単色 X 線を用いて，SAXS 測定を行った．測定試料には，ベントナイト（クニミネ工業製 Kunipia-F）を精製の上，層間イオンのイオン置換を行ったものを用いた．試料厚さ 1 mm で，異なる乾燥密度となるよう圧密した試料を 1 ヶ月間水溶液中で膨潤させたものを測定に供した．

3. 結果と考察

乾燥密度 0.8, 1.4, 1.8 g/cm^3 の Na 型ベントナイトの散乱プロファイルを図 1 に示す．散乱ベクトル $q = 4\pi\sin\theta/\lambda = 0.34$ Å^{-1} のピークは，主成分であるモンモリロナイトの 001 面の回折ピーク（$d = 18.5$ Å）に相当する．ここで，θ は散乱角度，λ は入射 X 線の波長である．乾燥密度の増加に伴い，001 面の回折ピークの半値幅の減少や $q = 0.1$ Å^{-1} の散乱強度の減少が見られた．これは，乾燥密度の変化に伴う，モンモリロナイトの積層数や粒子間空隙の変化に対応するものと考えられた．一方，より小さな q 領域（大きな構造スケールに相当）の散乱強度の q 依存性は試料間で同等であり，このサイズ領域での試料の構造が乾燥密度に依らない可能性が示唆された．発表では，層間を異なる陽イオンで置換した試料の SAXS プロファイル等の比較から，圧密ベントナイトのメゾスコピック構造を評価した結果を報告する．

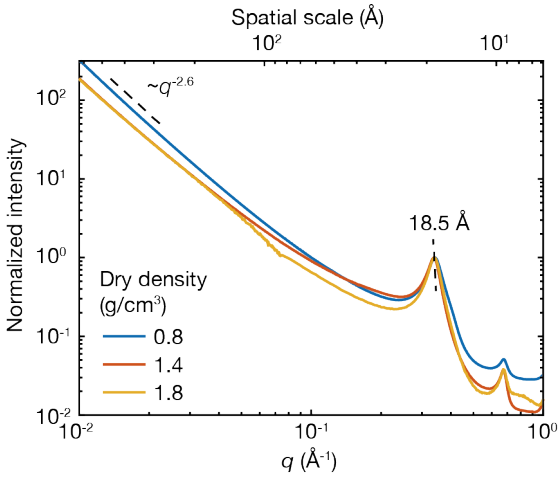

図 1. Na 型圧密ベントナイトの散乱プロファイル．001 面の回折ピークで規格化．

参考文献

[1] Motokawa, R. *et al.*, *Langmuir* **30,** 15127–15134 (2014).

[2] Matusewicz, M., *et al.*. *Clay Minerals* **51,** 189–195 (2016).

*Takumi Saito[1], Natsuki Nagai[1], Ryuhei Motokawa[2], and Hitoshi Endo[3]
[1]The University of Tokyo, [2]JAEA, [3]KEK