

締固めたベントナイトの膨潤圧発生に伴うモンモリロナイト底面間隔の遷移

早稲田大学 正会員 ○王 海龍, 小峯秀雄
電力中央研究所 正会員 渡邊保貴

1. 目的：高レベル放射性廃棄物の地層処分バリアシステムでは、緩衝材の主要材料としてベントナイトが検討されている。ベントナイトに含まれているモンモリロナイトの吸水膨潤により、処分システムの間隙や岩盤亀裂などをシールすることは、期待されている。本研究は、締固めたベントナイトの吸水膨潤の際に発生する膨潤圧(p_s)とモンモリロナイトの底面間隔を同時に計測した結果を報告する。

2. 研究方法：図 1 に示す XRD_膨潤圧装置を用いて、ベントナイトクニゲル V1 で作成した初期密度の異なる 4 供試体(表 1)を対象に実験した。事前準備として、厚さ 2mm のモールドに静的に締固めた径 28mm 供試体を、圧力センサーが装着された底版(base)および X 線スキャン孔(X-ray path)が保留された上版(cover)の間に固定した(図 1)。供試体と底版の間に、送水層とする金属メッシュおよびろ紙を、供試体と上版の間に、供試体の変形を拘束するベリリウム版(Be plate)を設置した。そして、XRD_膨潤圧装置を X 線回折装置(リガク RINT-TTR III)のステージに設置する。平行 Cu K α 光束が X 線スキャン孔からベリリウム版を通過し、給水前および給水後の供試体の上面を $2\theta=0.8-9^\circ$ の範囲にてスキャンした。つまり、膨潤圧は供試体の底面、X 線プロフィールは、供試体の上面から同時に計測した。供試体の膨潤変形が完全に抑えられることができなかったため、表 1 の最終乾燥密度は、試験終了時の供試体平均飽和度を 100%とし、最終含水比から算定した。

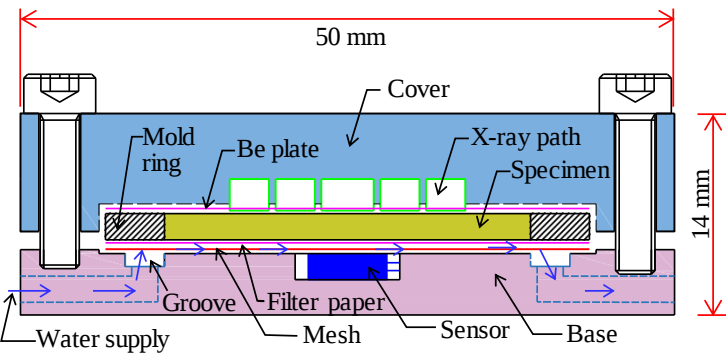


Table 1 Conditions of tested specimens

材料	初期 含水比 w_i %	初期 乾燥密度 ρ_{di} Mg/m ³	最終 含水比 w_f %	最終 乾燥密度* ρ_{df} Mg/m ³
クニゲル V1	7.38	1.06	57.1	1.07
	7.31	1.33	39.8	1.32
土粒子密度： 2.757 Mg/m ³	7.34	1.51	36.3	1.38
	7.68	1.69	25.8	1.61

*: It was calculated by assuming a saturated condition at the end of the test with a water content of w_f .

Fig. 1 Schematic illustration of XRD swelling pressure apparatus

3. 結果：給水前の X 線プロフィールを 1 番、給水後のものを、スキャン順で 2 番から番号を付け、供試体毎に 31 の代表プロフィールは図 2 に並べた。給水時の膨潤圧曲線は、代表 X 線プロフィールの上部に示した。曲線上の○は、プロフィールのスキャン時点を指す。モンモリロナイトの回折ピークは、膨潤圧の発生に伴い初期値の $2\theta=7.0^\circ$ から 5.7° , 4.8° までに移動した(図 2)。これらのピーク位置は、それぞれモンモリロナイトの結晶層間の水分子状態(L)：1 列水分子(1w), 2w および 3w に対応し、層間水が継続的に増加していることが分かった。2 つ L 状態の遷移段階において、プロフィールに 2 つのピークが現れた(図 2 青線)。膨潤圧曲線上に 5 つの変化時点(図 2b 参照)：初期 p_s (p_{si})、 p_s ピーク (p_{sp})、 p_s 谷 (p_{sv})、初期平衡 p_s (p_{eqi}) および平衡 p_s (p_{eq}) を赤丸で強調し、それに対応する X 線プロフィールを赤線で示した。 p_s が p_{sp} に至るには、4 供試体の L が概ね 2w に遷移したが、 p_{sv} までは、L が 3w (緩い供試体、図 2a, b, c) または 2w (密な試体、図 2d) に維持していることが分かった。 p_{eq} では、すべての供試体が概ね 3w に至ったが、密な供試体の 2w ピークが一部残留されていた。最も緩い供試体においても、 4.8° より小さい角度のピークが現れなかったが、実際存在するピークが観察できなかった可能性がある。

謝辞：本研究の一部は早稲田大学・持続的未來社会研究所の活動として行われた。本研究の一部は、「平成 31 年度放射性廃棄

キーワード ベントナイト, X 線回折, 膨潤圧

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 西早稲田キャンパス 58 棟 203 室 TEL 03-5286-2889

物共通技術調査等事業（放射性廃棄物に係る重要な基礎的技術に関する研究調査の支援等に関する業務）の成果の一部である。

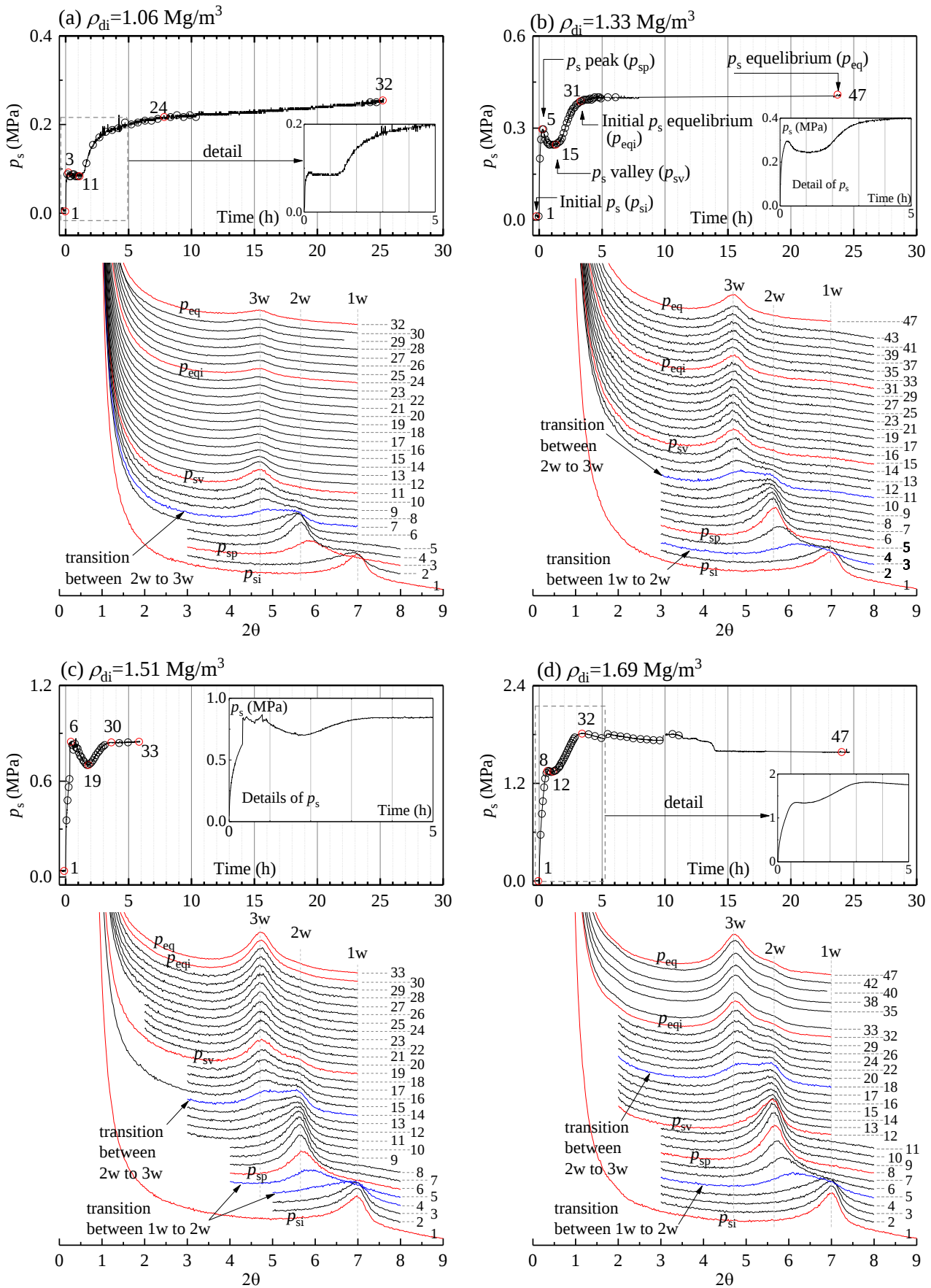


Fig. 2 Results of swelling pressure and X-ray profiles of compacted bentonite specimens
(a) $\rho_{di} = 1.06 \text{ Mg/m}^3$, (b) $\rho_{di} = 1.33 \text{ Mg/m}^3$, (c) $\rho_{di} = 1.51 \text{ Mg/m}^3$, and (d) $\rho_{di} = 1.69 \text{ Mg/m}^3$