

膨潤圧を指標としたベントナイト系緩衝材 の飽和・密度状態のモニタリング フレームワークの構築

王海龍

2023.10.16



目次

- 研究背景・目的
- 研究方法・結果
- 研究成果
- 結論

研究背景・目的



日本原燃 <https://www.jnfl.co.jp/ja/business/about/hlw/summary/>

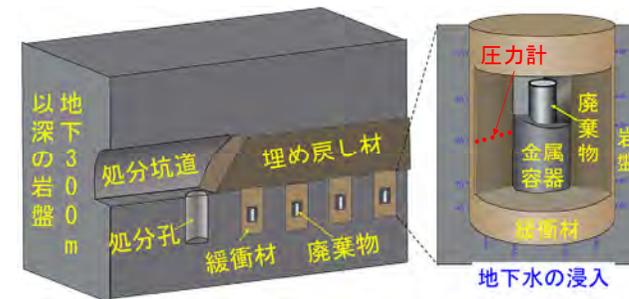


日本原燃に貯蔵される高レベル放射性廃棄物 (HLW)

使用済み燃料から推定したHLW保有本数：約2万本

将来の原子量発電の利用を考慮した処分場の処理能力：約4万本

研究背景・目的



地層処分：HLWを地下数百mの深部に多重バリアにより数万年以上に隔離

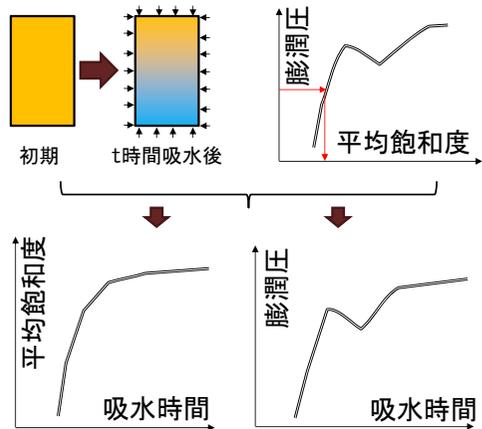
緩衝材：ベントナイトという粘土を締め固めた作製したバリアの一つ

再冠水過程：地下水が緩衝材に浸入し、緩衝材を飽和させる過程。

飽和状態は、緩衝材の設計機能を発揮する前提

膨潤圧：緩衝材の飽和過程に発生する圧力

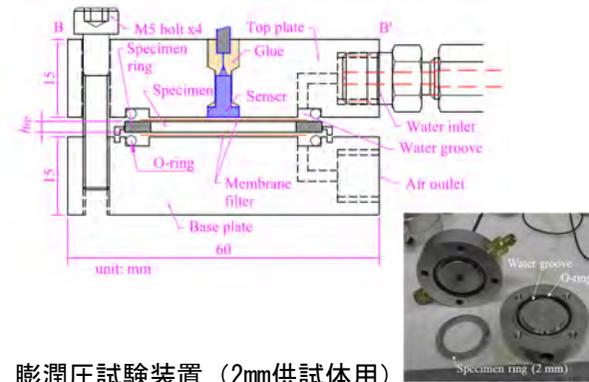
研究背景・目的



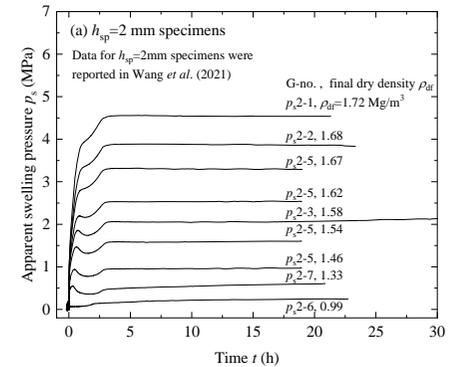
研究目的：

- 1) 膨潤圧データベース（乾燥密度・初期含水比・供試体厚さの影響）
- 2) 水分拡散係数のデータベース（乾燥密度・初期含水比）
- 3) 水分拡散⇔膨潤圧の関係
- 4) 間隙水密度

研究方法・結果：膨潤圧のデータベース

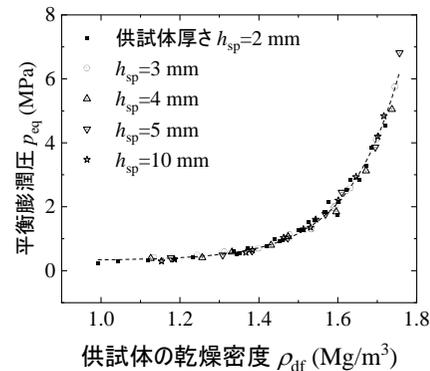
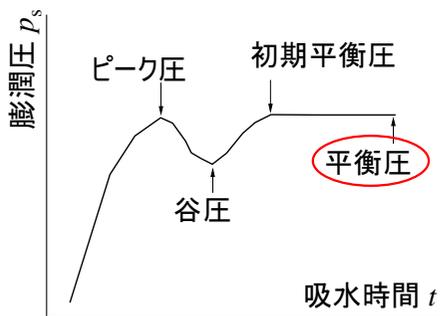


膨潤圧試験装置（2mm供試体用）
*地盤工学会関東支部技術賞受賞



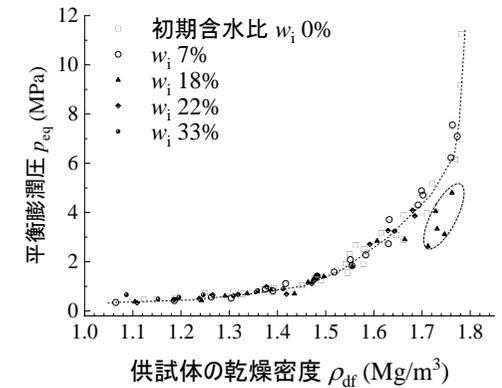
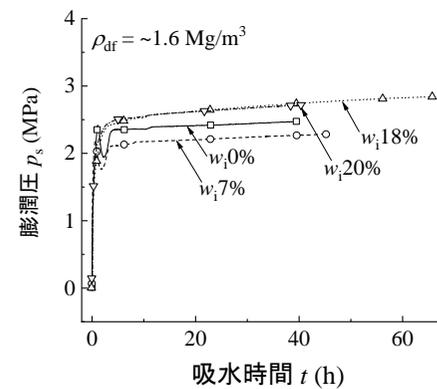
膨潤圧の経時変化2mm供試体

研究方法・結果：膨潤圧のデータベース



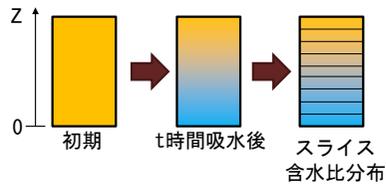
結論：膨潤圧は、供試体密度に依存し、供試体の厚さに依存しない

研究方法・結果：膨潤圧のデータベース



結論：膨潤圧に及ぼす試料の初期含水の影響は限定であるが、高密度・高初期含水比の領域で影響が顕著になる。

研究方法・結果：水分拡散係数のデータベース

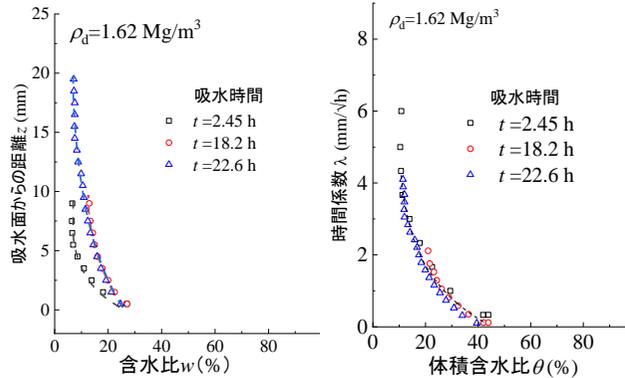


不飽和土のダルシー法則

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_w \frac{\partial \theta}{\partial z} \right)$$

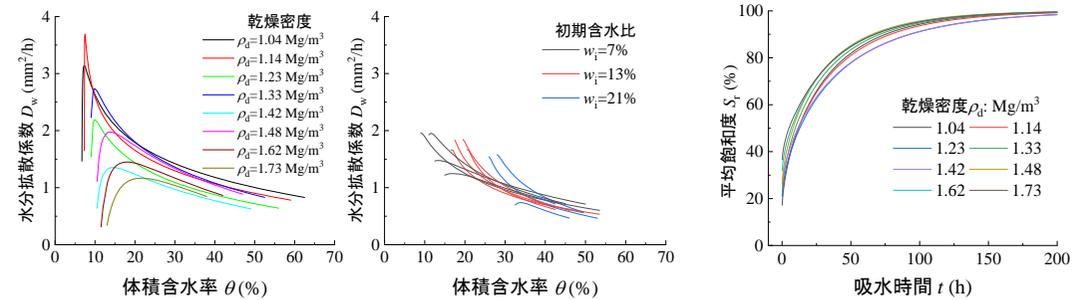
水分拡散係数

$$D_w(\theta_n) = -\frac{1}{2} \left(\frac{d\theta}{d\lambda} \right)^{-1}_{\theta_n} \int_{\theta_n}^{\theta_n} \lambda d\theta$$



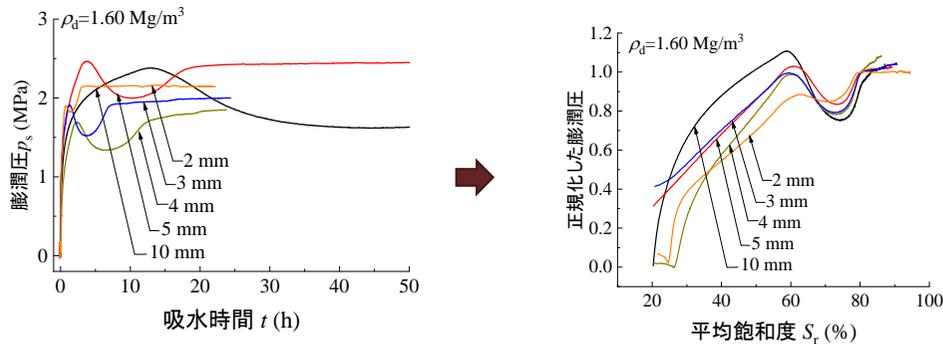
時間係数による吸水分布の正規化

研究方法・結果：水分拡散係数のデータベース



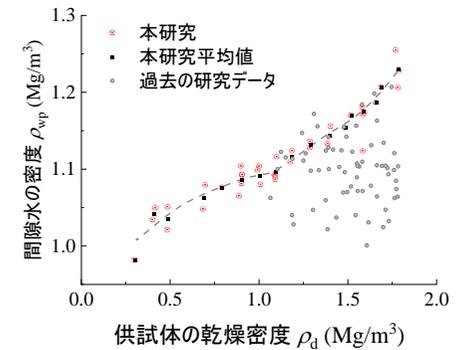
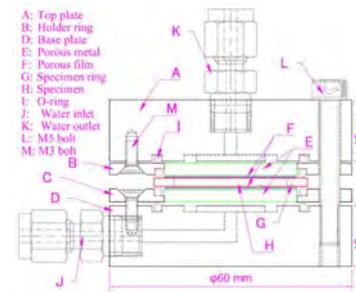
結論：水分拡散係数に及ぼす乾燥密度と初期含水比の影響が限定である。吸水時間に伴い、平均飽和度が収束する傾向が見られる。

研究方法・結果：平均飽和度 γ_v 膨潤圧



結論：膨潤圧の正規化，時間スケールの正規化，平均飽和度VS膨潤圧の関係をおおむね構築した

研究方法・結果：間隙水の密度



結論：間隙水の密度を正確に計測した。

研究成果

1. Wang, H. (2023) Pore water density in a saturated bentonite. *Géotechnique*, in press. <https://doi.org/10.1680/jgeot.22.00247>
2. Wang, H., Ito, D., Shirakawabe, T., Ruan, K., and Komine, H. (2023) On swelling behaviors of a bentonite under different water contents. *Géotechnique*, in press. <https://doi.org/10.1680/jgeot.21.00312>
3. Wang, H., Yamamoto, Y., Kyokawa, H., Ito, D., and Komine, H. (2023) Water and soil particle movements in unsaturated bentonite with constrained and free swelling boundaries. *Soils and Foundations* 63(4): 101350
4. Wang, H., Ruan, K., Harasaki, S., and Komine, H. (2022) Effects of specimen thickness on apparent swelling pressure evolution of compacted bentonite. *Soils and Foundations* 62(1): 101099.
5. Cho, K., Wang, H., et al. (投稿中). The effect of initial water content and dry density on the water movement of the compacted bentonite.
6. 王海龍「締固めたベントナイトの膨潤圧の経時変化に及ぼす供試体厚さの影響—その1」第57回地盤工学研究発表会, 22-7-2-01. 新潟市,2022.07.20-22
7. 王海龍「締固めたベントナイトの膨潤圧の経時変化に及ぼす供試体厚さの影響—その2」土木学会全国大会第77回年次学術講演会, III-275. 京都,2022.09.12-16
8. 曹基安, 王海龍, 小峯秀雄, 伊藤大知, 阮坤林, 後藤茂, 関口高志「高レベル放射性廃棄物処分におけるベントナイト系緩衝材の飽和度予測の試み」土木学会全国大会第77回年次学術講演会, III-4. 京都,2022.09.12-16
9. 曹基安, 阮坤林, 王海龍, 伊藤大知, 小峯秀雄, 後藤茂, 関口高志「締固めたベントナイトの水分拡散特性に及ぼす初期含水比の影響」第57回地盤工学研究発表会, 20-3-3-01. 新潟市,2022.07.20-22



結論

1. 膨潤圧に及ぼす供試体厚さ, 密度, 初期含水比の影響が限定であり, 高密度・高初期含水比の領域で影響が顕著になる.
2. 水分拡散係数に及ぼす供試体密度と初期含水比の影響が小さきことが確認され, データベースを構築した.
3. 膨潤圧と時間スケールの正規化方法を提案し, 平均飽和度と膨潤圧の関係をおおむね構築した
4. 厚さ2mmの供試体を用いる膨潤圧試験方法を開発し, データベースの構築時間を著しく短縮した. 本技術で, 間隙水の密度も正確に計測した

Thank you

