

処分孔プラグを想定した砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の放射線遮蔽性能に関する実験的調査

大成建設（株） 正会員 ○木全祐輔

早稲田大学 正会員 小峯秀雄 王海龍

早稲田大学 フェロー会員 後藤茂 学生会員 伊藤大知

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物は、数万年にわたり人間の生活環境から隔離する必要があり、処分方法として地下300m以深の深地層中に埋設する地層処分が有力である。図1は地層処分の概念図である。地層処分第2次取りまとめ事業¹⁾より、処分孔のプラグとなる埋め戻し材には、材料として砂・Na型ベントナイト混合土を用い、厚さは1mと設定されている。しかし、放射線遮蔽性能に関する定量的な評価は示されていない。そこで本研究では、砂・Na型ベントナイト混合土および砂・鉛玉・Na型ベントナイトの放射線遮蔽実験を行い、砂・Na型ベントナイト混合土の放射線遮蔽性能を定量評価するとともに、高比重の鉛玉を用いることによる遮蔽効果の向上について検討した。

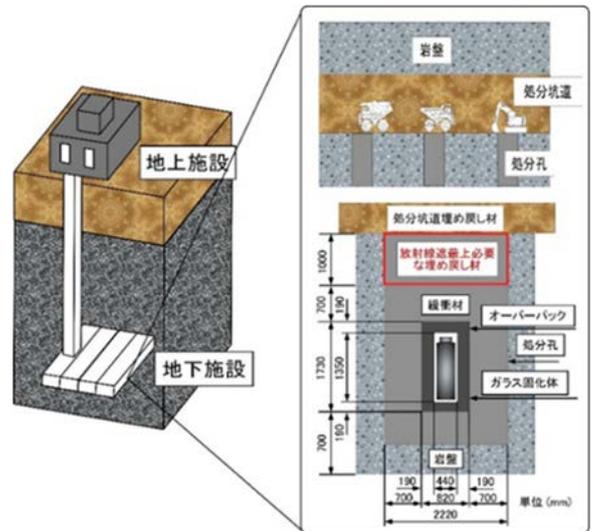


図1 地層処分の概念図

2. 実験方法および供試体作製方法

本実験は既往の研究^{2),3)}と同様に、図2の概要図のような実験を行った。同実験は、台の上に線源、供試体（遮蔽物）、検出器の順に設置し、ガンマ線、全中性子線、速中性子線、熱中性子線の透過量を検出器で測定する。測定は、供試体厚（層厚）5cm、10cm、20cm、30cmおよび40cmに変えて行った。

本実験で使用する供試体は、目標含水比を15%に調整した、重量配合7:3の砂・Na型ベントナイト混合土と重量配合6:1:3の砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の自立供試体である。作製は底面が30cm×30cm、側面が30cm×40cmの板を組み合わせたものに試料を入れて、ランマーで突固めた。突固めは最初の1層目は2.5cmで行い、それ以降は5cmずつで行った。

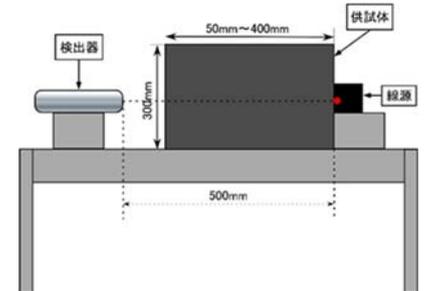


図2 放射線遮蔽実験の概要図

3. 砂・Na型ベントナイト混合土と各種土質材料の層厚の変化による放射線遮蔽性能の比較

供試体の放射線低減率 R_{rad} は、式(1)で算出した。

$$R_{rad} = \left(1 - \frac{N - N_{BG}}{N_0 - N_{BG}}\right) \times 100 \quad (1)$$

ここで、 N : 供試体の透過線量 N_0 : 供試体なしの場合の線量 N_{BG} : バックグラウンドの線量

図3は砂・Na型ベントナイト混合土、砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土および既往の研究結果^{2),3)}のガンマ線低減率と層厚の関係を示す。砂・Na型ベントナイト混合土および砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土のガンマ線低減率は各種土質材料と同様に層厚が大きくなるに伴い、増加していることが確認できる。層厚40cmのとき、ガンマ線低減率は99%を示しており、ガンマ線遮蔽性能は優れていると考えられる。砂・Na型ベントナイト混合土と砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土を比較すると、層厚10cm、層厚20cm、層厚30cmのとき、砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の放射線遮蔽性能は、砂・Na型ベントナイト混合土よりも優れていることが確認できる。

キーワード 砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土、放射線遮蔽性能、処分孔プラグ

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1（新宿センタービル） TEL:090-4933-5491

ントナイト混合土の方が、ガンマ線低減率は1%~5%程増加し、鉛玉を使用することでガンマ線低減率が大きくなる可能性があると考えられる。既往の研究²⁾より、ガンマ線遮蔽性能は湿潤密度に依存すると考えられている。高比重の鉛玉を用いることで、砂・Na型ベントナイト混合土の湿潤密度が大きくなり、砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土のガンマ線低減率は、砂・Na型ベントナイト混合土と比較して大きくなったと考えられる。

図4~図6は砂・Na型ベントナイト混合土、砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土および既往の研究結果^{2),3)}の各種中性子線低減率と層厚の関係を示す。図4~図6より、砂・Na型ベントナイト混合土および砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の各種中性子線低減率は、各種土質材料と同様に層厚が大きくなるに伴い、増加していることが確認できる。層厚が40cmのとき、全中性子線低減率、速中性子線低減率は90%であるが、熱中性子線低減率は70%と全中性子線低減率、速中性子線低減率と比較して20%程低減効果が小さい。しかし各種土質材料と比べても各種中性子線低減率は相対的に優れていると考えられる。既往の研究²⁾より、中性子線遮蔽性能は体積含水率に依存すると考えられている。Na型ベントナイトは高い保水能力があるため、体積含水率が大きくなり、各種中性子線低減率が大きくなったと考えられる。

熱中性子線低減率においては、層厚5cm, 10cmで-60%~-30%とマイナスの値となっており、熱中性子線が増加していることが確認できる。砂・Na型ベントナイト混合土と砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土を比較すると、各種中性子線低減率は砂・Na型ベントナイト混合土の方が、砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土と比較して1%~5%程大きくなっており、各種中性子線低減率に対して、鉛玉の効果は認められなかった。

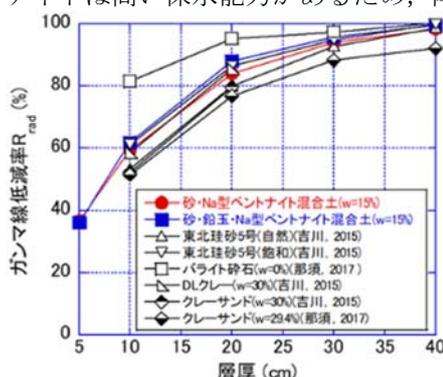


図3 ガンマ線低減率と層厚の関係

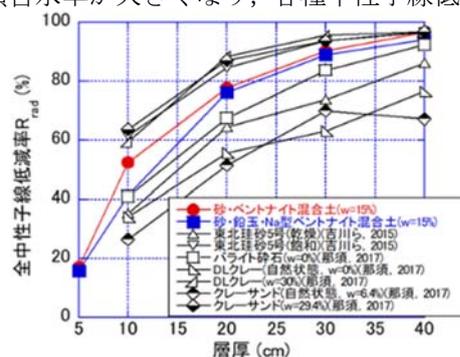


図4 全中性子線低減率と層厚の関係

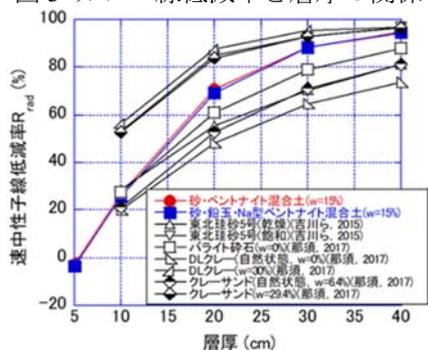


図5 速中性子線低減率と層厚の関係

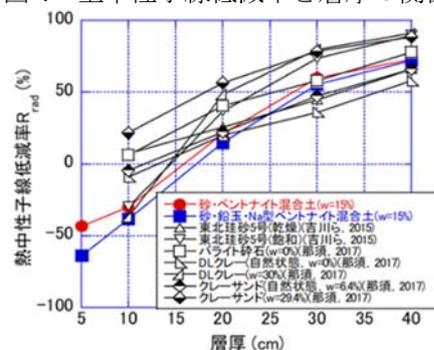


図6 熱中性子線低減率と層厚の関係

4. 結論

砂・Na型ベントナイト混合土および砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土の放射線遮蔽性能を評価した結果、ガンマ線と各種中性子線遮蔽性能は層厚が大きくなるに伴い優れており、層厚40cmでガンマ線低減率は99%、全中性子線低減率、速中性子線低減率は90%、熱中性子線低減率は70%を示した。処分孔プラグとなる埋め戻し材で規定されている層厚は1m程度であり、本実験よりさらに高い放射線遮蔽効果があると推定される。放射線の遮蔽に適していると考えられる。鉛玉を用いることでガンマ線遮蔽性能は砂・鉛玉・Na型ベントナイト混合土のほうが大きくなったが、各種中性子線遮蔽性能は、砂・Na型ベントナイト混合土の方が1%~5%ほど大きくなったため、鉛玉を用いることによる各種中性子線遮蔽への有効性は低いと考えられる。

参考文献

- 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—総論レポート，JNC TN 1400 99-020, pp.II-1-II-5,IV63,1999
- 吉川絵麻，小峯秀雄，後藤茂，吉村貢，鈴木聡彦，成島誠一，新井靖典，氏家伸介，佐古田又規，長江泰史：土質系材料の放射線遮蔽性能の定量評価，土木学会論文集C(地圏工学)，Vol73, No.4, 342-354, 2017
- 那須郁香，小峯秀雄，後藤茂，新井靖典，氏家伸介，吉村貢：所沢ロームを対象とした覆土材の放射線遮蔽性能の評価，第52回地盤工学研究発表会，2017