

地層処分における埋め戻し材料の締固め性および透水性

安藤ハザマ 正会員 ○小栗光 正会員 千々松正和
原子力環境整備促進・資金管理センター 非会員 川久保政洋

1. はじめに

地層処分場の埋め戻し材には、坑道が卓越した地下水の流動経路にならないことが設計要件の一つとして要求されている¹⁾。埋め戻し材には、掘削土を利用することが合理的と考えられているが、掘削土の性状は岩種によって異なるため、わが国で想定される多様な岩種を用いた埋め戻し材の初期品質や施工後の品質に関するデータを整備しておくことで、サイト選定段階における候補サイトの多様な地質環境を対象として実施される施設設計に対して、柔軟かつ迅速に対応できると考えられる。本稿では、埋め戻し材に用いる材料の種類や粒度、ベントナイトの混合率の違いが、締固め性や透水性に与える影響について報告する。

2. 使用材料および基本特性

表1に使用材料を示す。ベントナイトは2種類、骨材はケイ砂6号、火成岩類4種類、堆積岩類4種類を対象とした。使用した材料の基本特性試験として、メチレンブルー吸着量、膨潤力、粒度、土粒子の密度、吸水率等の測定を行い、混合材料については締固め試験と透水試験を実施した。火成岩および堆積岩のうちの砂岩、凝灰岩については砕石（粒径5~20mm）と砕砂（最大粒径5mm）を用意し、これを6:4の割合で混合したものもしくは砕砂のみのものを骨材として使用した。図1に使用した骨材の粒度を示す。使用した骨材のうち、ケイ砂6号は粒径が揃っており、また、泥岩、珪藻土は細粒分を多く含む材料である。昨年度は、図1に示す材料を対象として、混合土の締固め性が骨材の土粒子の密度や吸水率の影響を受けることを報告した²⁾。そこで今年度は、締固め性および透水性への粒度による影響を確認するため、砕石を含む骨材を用いた試験を実施した。玄武岩に関しては、砕砂2種類（最大粒径5mm（砕砂粗目）と最大粒径2mm（砕砂細目））および、微粉末を用いて図2に示す粒度の異なる材料を製作し、粒度による試験結果の比較を実施した。

3. 締固め試験結果

締固め試験結果を図3に示す。(a)は、骨材にケイ砂6号を用いた場合のベントナイトの種類・混合率および締固めエネルギーによる比較である。同一の混合率および締固めエネルギーにおいては、Ca型ベントナイトであるクニボンドを用いた混合土より、Na型ベントナイトであるクニゲルV1を用いた混合土の方が締固め性は良い。混合率は15%、30%の2種類であるが、クニゲルV1は15%より30%の方が締固め性は良く、対照的に、クニボンドは15%より30%の方が締固め性は悪くなっている。また、クニゲルV1を用いた混合土は、締固めエネルギーが大きくなると得られる最大乾燥密度も大きくなる。(b)には、火成岩および、泥岩と珪藻土を除く堆積岩に関して、締固め性への粒度の影響を整理した。ベントナイトはクニゲルV1、混合率は15%、締固めエネルギーは1.0Ecである。多くの岩種では、骨材を砕砂のみとするより砕砂と砕石を混合した方が粒径幅は広くなることから、締固め性は良い。しかしながら、凝灰岩では砕砂のみの場合の方が最大乾燥密度は大きく、玄武岩では最大乾燥密度に大きな差異は無かった。差異を生じ

表1 使用材料

材料	種類			
ベントナイト	Na型		クニゲルV1	
	Ca型		クニボンド	
ケイ砂	三河ケイ砂	6号		
火成岩	流紋岩	砕石	砕砂	
	安山岩	砕石	砕砂	
	玄武岩	砕石	砕砂	
	花崗岩	砕石	砕砂	
堆積岩	砂岩	砕石	砕砂	
	凝灰岩	砕石	砕砂	
	泥岩			
	珪藻土			

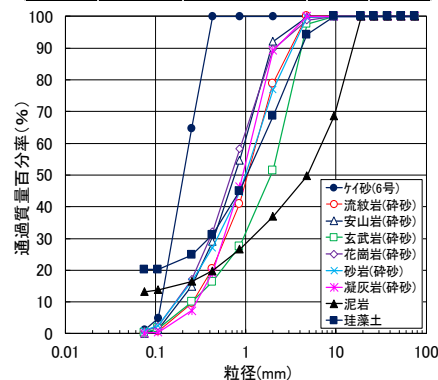


図1 使用した骨材の粒度

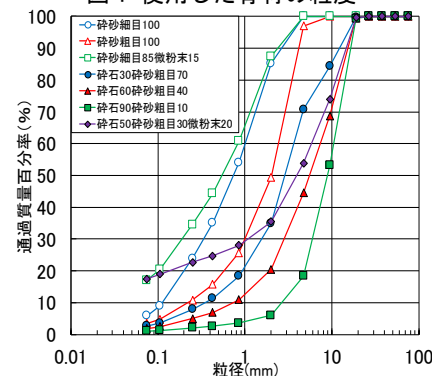


図2 玄武岩を用いて作製した材料の粒度

キーワード：放射性廃棄物、地層処分、埋め戻し材、締固め性、透水性

連絡先：〒305-0822 茨城県つくば市荻間 515-1, TEL : 029-858-8810, E-mail : oguri.hikaru@ad-hzm.co.jp

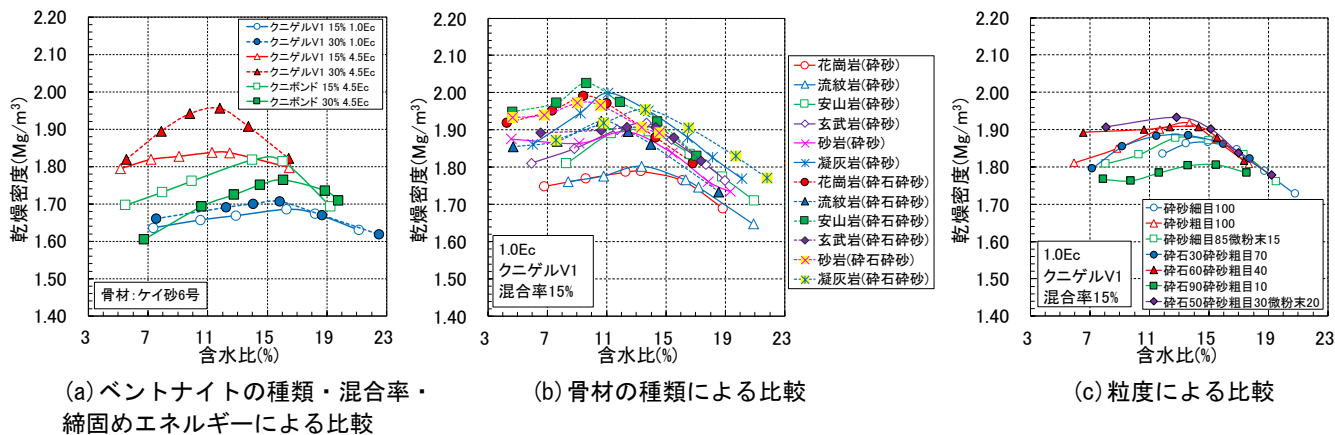


図3 締固め試験結果

ない原因として、碎石の硬度が低いためにエネルギーが碎石の破碎に消費され、達成できる乾燥密度に影響を及ぼした可能性がある。(c)は、図2に示した粒度の異なる玄武岩を用いた混合土の締固め試験結果である。碎石の割合が多い場合(碎石90%)は、締固め性が悪い。また、細粒分が締固め性に及ぼす影響は小さいことが分かった。

4. 透水試験結果

透水試験結果を図4に示す。(a)~(c)に透水係数と有効粘土乾燥密度の関係をまとめた。ケイ砂6号、各骨材の砕砂、泥岩、珪藻土を骨材として用いた場合の結果である。(a)はベントナイトの種類による比較である。いずれのベントナイトも有効粘土乾燥密度と透水係数に相関が見られるが、Na型ベントナイトであるクニゲルV1を用いた混合土の方がCa型ベントナイトであるクニボンドを用いた混合土より透水係数は小さくなっている。(b)は骨材の種類による比較である。泥岩の場合のみ、同じ有効粘土乾燥密度において透水係数が非常に大きくなっている。(c)は図2に示した粒度の異なる玄武岩を用いた混合土の透水試験結果である。骨材として、砕砂粗目(最大粒径5mm)を用いたとき、有効粘土乾燥密度が小さい場合に透水係数が大きくなっているが、1オーダー以内の差であり、有意な差か否かはデータを拡充して確認する必要がある。

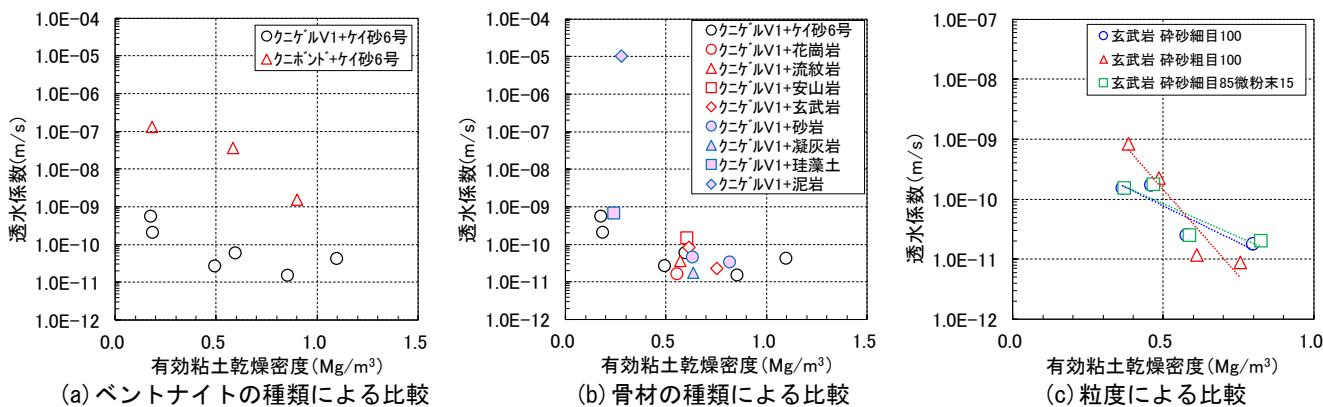


図4 透水試験結果

5. まとめ

締固め性および透水性に及ぼすベントナイト・骨材の種類、ベントナイト混合率、骨材の粒度の影響について確認した。締固め性、透水性に最も影響を与えるのはベントナイトの種類、混合率であるが、骨材の種類、最大粒径も影響を与えることが確認できた。今後は、碎石を混合したベントナイト混合土に関しても透水試験を実施するとともに、試験水の種類(人工海水等)についても、その影響を確認していく予定である。

本報告は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業「平成30年度および令和2年度高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る技術開発事業(地層処分施設閉鎖技術確証試験)」の成果の一部である。

【参考文献】1) 原子力発電環境整備機構, 包括的技術報告書: わが国における安全な地層処分の実現, NUMO-TR-20-03, 2021.

2) 小栗光, 千々松正和, 山田淳夫, 伊藤歩夢, 川久保政洋, 阿部孝行: 撒き出し・転圧工法による坑道の埋め戻しに関する小規模施工試験, 第75回年次学術講演会講演概要集, 土木学会, CS12-25, 2020.