

## ベントナイト原鉱石を用いた遮水土の特性調査（その2）

日本原燃(株)	正会員	庭瀬	一仁
日本原燃(株)		池田	秀康
日本原燃(株)		鳴海	恵一郎
日本国土開発(株)	正会員	○大西	利満
日本国土開発(株)	正会員	佐藤	泰
日本国土開発(株)		岸野	敏彦

## 1. はじめに

低レベル放射性廃棄物の処分では、地下水による核種移行を抑制するため、埋設設備周囲を透水係数の小さなベントナイト混合土で埋め戻す計画がある。しかしながら、ブルドーザや振動ローラ等の一般建設機械での施工が困難な狭隘部では、締固め密度が低下し、透水係数が上昇する可能性がある。本調査ではこのような場合にもベントナイトの添加率を増やすことで施工後の目標としている透水係数が  $1.0 \times 10^{-10} \text{m/s}$  程度の遮水性を確保できることを確認した。なお、ベントナイトを多量に使用するため、経済的なベントナイト原鉱石を使用した。

## 2. 試験概要

低レベル放射性廃棄物埋設施設の点検路内部等、狭隘部の施工を対象として、ベントナイトの添加率（内割り）を30%,50%とするとともに、締固めエネルギーを1Ec以外に0.6Ec、0.4Ecとした供試体を作製し、透水試験を実施した。

表-1 試験ケース

試験ケース	母材の種類	ベントナイトの種類	ベントナイトの配合 乾燥質量比(内割り) (%)	透水試験試料の 締固めエネルギー
①-K-15	現地発生土B	クニゲルV1原鉱石	15	1Ec
①-K-30			30	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
①-K-50			50	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
①-V-15		ボルクレイ原鉱石	15	1Ec
①-V-30			30	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
①-V-50			50	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
②-K-15	コンクリート用 細骨材	クニゲルV1原鉱石	15	1Ec
②-K-30			30	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
②-K-50			50	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
②-V-15		ボルクレイ原鉱石	15	1Ec
②-V-30			30	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec
②-V-50			50	0.4Ec, 0.6Ec, 1Ec

## (1) 使用材料

本調査では表-1に示すように母材に現地発生土B、コンクリート用細骨材（大井川産川砂）、ベントナイトにはクニゲルV1原鉱石、ボルクレイ原鉱石を使用した。これらの母材およびベントナイトは、「ベントナイト原鉱石を用いた遮水土の特性調査（その1）」<sup>1)</sup>と同じ材料を用いた。

## (2) 破砕混合方法

（その1）<sup>1)</sup>と同様に現地発生土Bはツイスターを使用して20-0mmに破砕した材料を母材とした。母材とベントナイトとの破砕混合には回転式破砕混合装置（ツイスター）の実験機を用いた。破砕混合条件としてチェーン本数、チェーン回転数をそれぞれ4本×3段、1,050rpmとした。含水比は1Ecの最適含水比に調整した。

## (3) 供試体作製方法

φ10cm、高さ12.7cmの透水試験供試体は、1Ec供試体で3層各25回、0.6Ecは3層各15回、0.4Ecは3層各10回の突固めを行って作製した。

## 3. 試験結果および考察

土質試験結果の一覧を表-2に示す。

## (1) 外観

ツイスターによって製造されたベントナイト混合土の外観は、図-1に示すようにいずれも母材とベントナイトが細粒化されるとともに、良く混合されている。ただし、（その1）<sup>1)</sup>と同様に、クニゲルV1原鉱石の場合は、原鉱石が十分破砕されずに残り、ベントナイトの乳白色の粒が認められる。

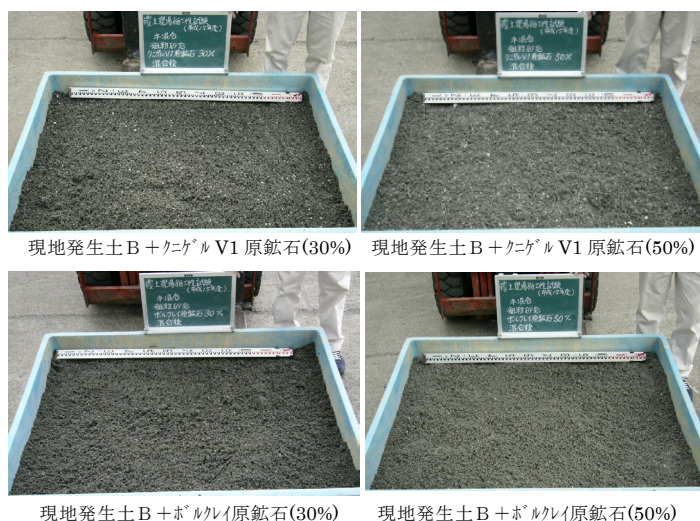


図-1 ベントナイト混合土の外観(母材：現地発生土B)

キーワード:放射性廃棄物, 狭隘部, ベントナイト原鉱石, ベントナイト混合土, 透水係数, 回転式破砕混合装置  
連絡先: 〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 日本国土開発(株) TEL:046-285-3339 FAX:046-286-1642

表-2 土質試験結果一覧表

試験の種類	ベントナイト混合土												
	現地発生土B(母材)						コンクリート用細骨材(母材)						
	クニゲルV1原鉱石			ボルクレイ原鉱石			クニゲルV1原鉱石			ボルクレイ原鉱石			
	15%	30%	50%	15%	30%	50%	15%	30%	50%	15%	30%	50%	
土粒子の密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	2.707	2.701	2.687	2.697	2.707	2.640	2.685	2.678	2.665	2.673	2.650	2.601	
粒度	石分(%)	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	礫分(%)	6.8	6.4	6.3	6.3	5.1	4.3	18.8	16.3	13.4	17.4	13.9	
	砂分(%)	60.4	49.7	39.2	57.1	43.7	29.9	70.1	61.3	50.8	69.1	57.3	
	細粒分(%)	32.8	43.9	54.5	36.6	51.2	65.8	11.1	22.4	35.8	13.5	28.8	
	最大粒径(mm)	9.5	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	9.5	9.5	
コンステンション	液性限界 $w_L(\%)$	66.0	115.3	150.3	81.4	140.2	232.7	65.9	120.9	191.8	108.2	158.6	
	塑性限界 $w_P(\%)$	21.3	22.9	19.5	20.8	22.1	24.3	17.9	16.8	17.5	16.2	17.4	
	塑性指数 $I_P$	44.7	92.4	130.8	60.6	118.1	208.4	48.0	104.1	174.3	92.0	141.2	
地盤材料の工学的分類	礫混じり細粒分質砂	礫混じり細粒分質砂	粘土(高液性限界)	礫混じり細粒分質砂	粘土(高液性限界)	粘土(高液性限界)	細粒分混じり礫質砂	細粒分質礫質砂	礫混じり細粒分質砂	細粒分混じり礫質砂	礫混じり細粒分質砂	礫混じり細粒分質砂	
締固め	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}(\text{g/cm}^3)$	1.545	1.527	1.490	1.501	1.424	1.354	1.813	1.740	1.646	1.707	1.603	
	最適含水比 $w_{opt}(\%)$	22.6	24.6	25.2	25.8	28.3	31.8	13.9	16.4	18.7	15.9	18.5	
メチレンブルー吸着量 (mmol/100g)	28	37	44	32	44	60	10	21	32	15	27	47	
透水試験 (圧力水頭2000cm、 15%のみ600cm)	1.0Ec	透水係数 $k(\text{m/s})^*$	8.93E-11	5.27E-12	3.78E-12	5.26E-11	4.40E-12	4.27E-12	1.27E-10	8.64E-12	4.87E-12	1.26E-10	5.23E-12
		乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	1.548	1.530	1.480	1.502	1.423	1.344	1.807	1.748	1.646	1.718	1.619
		締固め $D_c(\%)$	100.2	100.2	99.3	100.1	99.9	99.3	99.7	100.5	100.0	100.6	101.0
	0.6Ec	透水係数 $k(\text{m/s})^*$	—	3.13E-11	7.57E-12	—	9.77E-12	8.26E-12	—	1.50E-11	1.07E-11	—	7.66E-12
		乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	—	1.437	1.408	—	1.339	1.247	—	1.684	1.589	—	1.514
		締固め $D_c(\%)$	—	94.1	94.5	—	94.0	92.1	—	96.8	96.5	—	94.4
	0.4Ec	透水係数 $k(\text{m/s})^*$	—	4.09E-11	4.56E-12	—	1.49E-11	6.76E-12	—	4.08E-11	4.75E-12	—	1.36E-11
		乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	—	1.349	1.304	—	1.290	1.177	—	1.585	1.533	—	1.472
		締固め $D_c(\%)$	—	88.3	87.5	—	90.6	86.9	—	91.1	93.1	—	91.9

(2) 締固め特性

締固め試験結果を図-2に示す。ベントナイト添加率の増加に伴って、最適含水比が上昇し、最大乾燥密度は低下する傾向がある。ベントナイトの種類によって最大乾燥密度にも差があり、添加率が高いほどその差も広がっている。

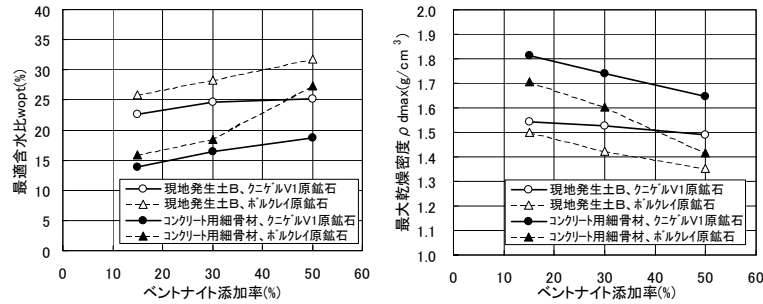


図-2 締固め特性（ベントナイト混合土）

(3) 透水試験

透水試験の結果を図-3に示す。締固めエネルギーの低下があってもベントナイトの添加率を30,50%とすることで目標としている透水係数  $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$  は満足することがわかった。ボルクレイ原鉱石を使用した場合にはクニゲルV1原鉱石と比較して乾燥密度は低いものの、透水係数はやや低くなっている。これは、膨潤鉱物であるモンモリロナイトの含有率の差によるものと考えられる。

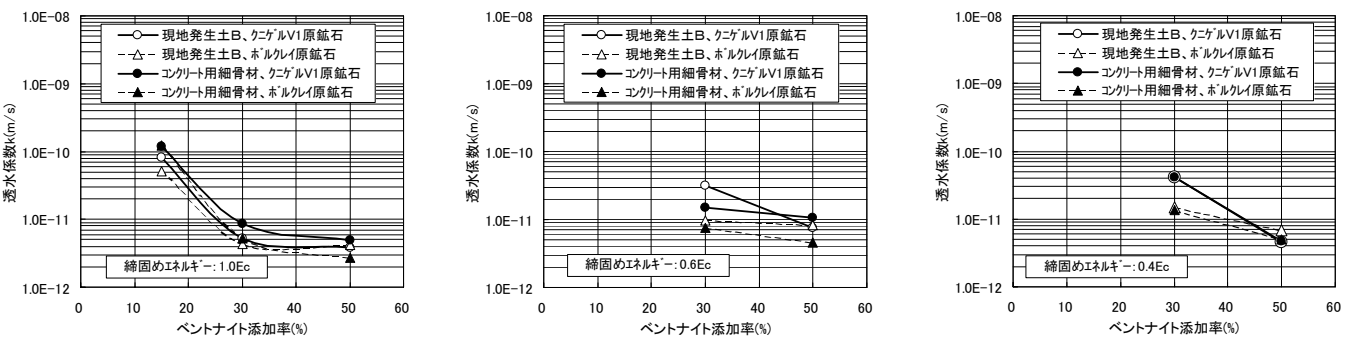


図-3 透水試験結果（ベントナイト混合土）

4. おわりに

本調査の結果、経済的なベントナイト原鉱石は締固めが困難な狭隘部の場合にも添加率を増加させることによって、目標としている透水係数  $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$  は満足する可能性があることがわかった。一方で、表-2に示すように、本調査中締固めエネルギーが最も低い0.4Ecの場合にも締固め度は90%前後の比較的高い乾燥密度となっているので、吹付け施工等を考慮するとさらに低い締固めエネルギーをも想定した試験が望まれる。

【参考文献】

- 1) 小椋,佐藤他:ベントナイト原鉱石を用いた遮水土の特性調査(その1),土木学会第61回年次学術講演概要集CS5, 2006.9(投稿中)
- 2) 佐藤,松村他:ベントナイト原鉱石を用いたラドンバリア材の特性調査(その1),土木学会第60回年次学術講演概要集3-319, pp.637-638, 2005.9.
- 3) 長柄,大西他:ベントナイト覆土によるラドン散逸抑制効果の評価(1),日本原子力学会2005年春の年会予稿集第I分冊J18, p.86, 2005.3.