覆土現場施工性試験（その１）
－連続混合時の品質調査－

日本原燃㈱　小椋　司
日本原燃㈱　鳥山　進
大成建設㈱　正会員　山下 勝紀
鹿島建設㈱　正会員　戸井田 克
清水建設㈱　正会員　中島　均
日本国土開発㈱　正会員　○大西 利満

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、ベントナイトを内割りで 15%程度混合する透水係数の小さな材料で埋め戻す計画がある。実験装置を用いた前報 [1),2)]では、15%ベントナイト混合土の場合に、回転式破砕混合装置（ツイスター）を用いることで経済性を有するベントナイト原鉱石の適用性が確認された。また、締固めが困難な狭隘部の場合にもベントナイトの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 1×10^{-10}m/s 程度は満足する可能性があることがわかった。そこで、本施工性試験では工事への適用性を確認するため、混合装置および盛土機械に実大機を用いて試験を実施した。覆土現場施工性試験（その１）では連続的にベントナイト混合土を製造するツイスタープラントの性能・品質調査結果、その２[3)]では品質のバラツキと透水係数の関係調査結果、その３[4)]では盛土試験結果を報告する。

２．試験概要

青森県六ヶ所村の低レベル放射性廃棄物埋設センターでは、図-1 に示す２号埋設施設と１号埋設施設が安全に操業されている。予定している廃棄体が埋設設備に埋設された後には、点検路を設置、覆土を行う計画である。覆土のうち、難透水性覆土と称するベントナイト混合土を実大規模のプラントで連続的に製造し品質調査を行った。

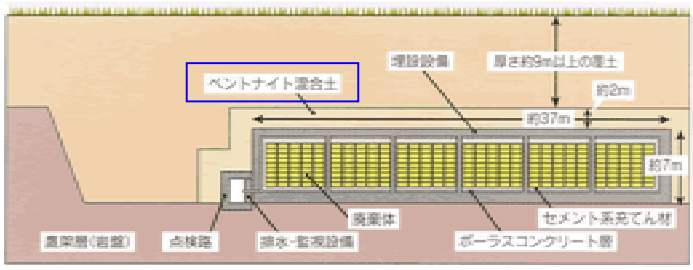

図-1　２号埋設施設概念図

(1) 使用材料

母材には現地発生土、添加材には米国産ボルクレイベントナイト原鉱石(20-0mm)（以下、原鉱石という）を用いた。表-1 に使用材料の物性を示す。なお、現地発生土は 50mm オーバー材を排除した。

表-1　使用材料の物性

項 目			現地発生土 50-0mm 選別材	ﾎﾞﾙｸﾚｲ ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ 原鉱石
土粒子の密度ρs		(g/cm^3)	2.636	2.517
自然含水比w_n		(%)	21.0	9.9
粒度	礫分	(%)	2.9	0.2
	砂分	(%)	69.2	93.5
	シルト分	(%)	11.5	6.3
	粘土分	(%)	16.4	
	最大粒径	(mm)	26.5	19.0
	均等係数 Uc		－	5.95
	曲率係数 U'		－	1.63
ｺﾝｼｽﾃﾝｼｰ	液性限界 w_L	(%)	55.2	584.4
	塑性限界 w_p	(%)	26.9	45.6
	塑性指数 I_p		28.3	538.8
地盤材料の分類名			細粒分質砂	細粒分混じり砂
メチレンブルー吸着量		(mmol/100g)	4.37	101.11
膨潤力		(ml/2g)	－	38.6
締固め	最大乾燥密度 ρ_{dmax}	(g/cm^3)	1.736	－
	最適含水比 w_{opt}	(%)	17.5	－
透水係数 k		(m/s)	3.56E-08	－
備 考				気中フルイ分析

(2) 破砕・混合方法

経済性を有する原鉱石を活用するため、破砕と混合を同時に行う回転式破砕混合装置（以下、ツイスターという）を用いた。ツイスターのチェーン回転数は通常 500～750rpm で運転するが、原鉱石の破砕を要するため 900rpm に設定した。チェーン本数は４本×3 段、製造量 80t/h（湿潤）の設定とした。

(3) ツイスタープラント

図-2 にプラント全景、表-2 にプラント機器一覧を示す。母材および添加材はそれぞれホッパーからコンピュータ制御したベルトフィーダで定量供給され、ツイスターで破砕混合後、混合土として排出される。なお、加水調整は破砕混合の前後２箇所で行った。

キーワード：難透水性覆土，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㈱ TEL:046-285-3339 FAX:046-286-1642

(4) 試料採取方法と調査項目

難透水性覆土に要求される性能は遮水性であるが、混合土製造時の品質管理項目としては、ベントナイト添加率、含水比とした。15%および 30%の２種類の混合土を連続的に製造し、排出口で試料を採取した。試料は、コンピュータ制御によって安定した状態となった後、30 秒毎に１回、500g 程度、合計 30 試料採取した。なお、添加率は内割り乾燥質量比とした。

図-2　ツイスタープラント全景

表-2　プラント機器一覧

No	機械名	仕　様	数量
1	ﾍﾞﾙﾄﾌｨｰﾀﾞ	B=750mm×4.0m,4m³ﾎﾊﾟｰ付	2
2	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ･BCS	W=500mm×L6.5m、50m/min	1
3	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ･BCS	W=750mm×L9.2m、80m/min	1
4	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ	W=750mm×L=14.7m、80m/min	1
5	ﾂｲｽﾀｰﾐｷｻ	TM-1500(簡体回転)、50m³/h	1
6	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ	W=1200mm×L=7.0m、68m/min	1
7	ﾍﾞﾙﾄｺﾝﾍﾞｱ	W=750mm×L=9.2m、80m/min	1
8	水槽	10m³	1
9	水定量供給ﾎﾟﾝﾌﾟ	ﾓﾉﾎﾟﾝﾌﾟ、0.5MPa×4.2m³/h	1
10	水定量供給ﾎﾟﾝﾌﾟ	ﾓﾉﾎﾟﾝﾌﾟ、0.5MPa×8.4m³/h	1
11	ｺﾝﾌﾟﾚｯｻ	2.5m³/min、排出ｶﾞｽ対策型	1
12	発電機	350kVA、排出ｶﾞｽ対策型	1
13	赤外線水分計	連続測定ﾀｲﾌﾟ	2
14	水噴霧ﾉｽﾞﾙ	扇平型ﾉｽﾞﾙ、ﾙｰﾌﾟ配管	2
15	分電盤	配電盤	1
16	制御盤	自動運転制御	1
17	操作室	5400×2250	1
18	試験室	5400X5400	1
19	倉庫	5400X2250	1
20	制御、管理装置	自動運転制御、管理ｼｽﾃﾑ	1
21	集塵機	150m³/h	1
22	発電機	37kVA、排出ｶﾞｽ対策型	1

３．試験結果および考察

(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、いずれも母材とベントナイトは細粒化されるとともに、良く混合されていた。

(2) 含水比のバラツキ

赤外線水分計による含水比測定結果を図-3 に示す。15%、30%ベントナイト混合土の含水比の変動係数(標準偏差／平均値)は、それぞれ 2.4%，3.2%程度と小さく、含水比のバラツキは極めて小さいといえる。しかしながら、目標含水比と平均値にはいずれも 0.8%の差がみられた。

(3) 添加率のバラツキ

メチレンブルー吸着量試験によるベントナイト添加率測定・算出結果を図-4 に示す。15%、30%ベントナイト混合土では、それぞれ 13～20%、27～34%の範囲で変動し、変動係数はそれぞれ 10.2%、5.2%となった。バラツキは比較的小さいものの、添加率の平均値と設定添加率にはそれぞれ 2.1%、1.5%の差がみられた。この原因の１つに原鉱石単体のメチレンブルー吸着量の変動が考えられる。ちなみに、本試験で測定した数回の結果でも 94～104 mmol/100g のバラツキがあり、添加率 15%と設定しても最大でその 10%、すなわち添加率で 1.5%の差が生じる。

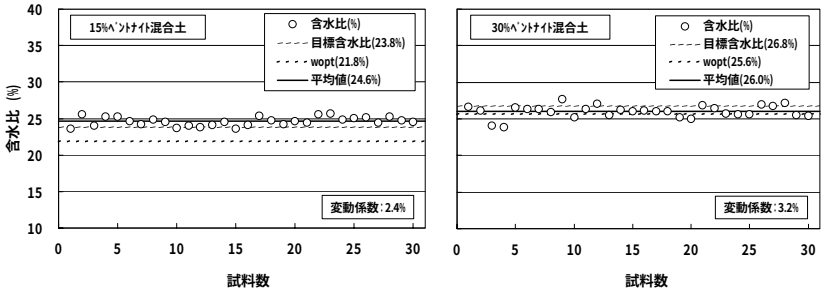

図-3　ベントナイト混合土の含水比のバラツキ

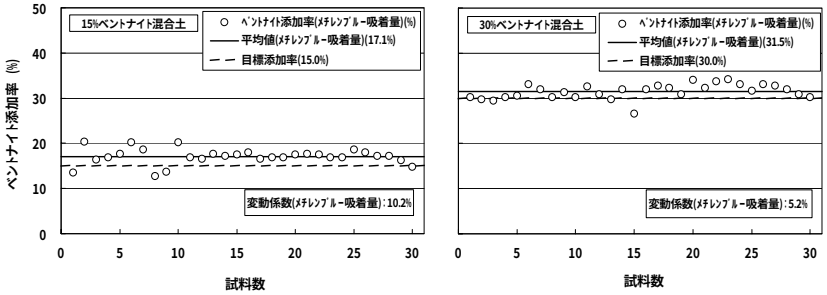

図-4　ベントナイト混合土のベントナイト添加率のバラツキ

４．おわりに

本試験では、混合土の含水比のバラツキは極めて小さかったことから、連続水分計、ベルトスケールを使用したツイスタープラントの自動制御の適用性は確認できたと考えられる。混合土のベントナイト添加率については、バラツキは比較的小さいものの、原鉱石単体のメチレンブルー吸着量の変動により設定値との差が認められたが、混合土と原鉱石を同時に採取すること、採取量を増やすことなどで対応できると考えられる。

【参考文献】

1)　佐藤,小椋他：ﾍﾞ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 CS05-057，pp.319~320，2006.9
2)　大西,庭瀬他：ﾍﾞﾝﾄﾅｲﾄ原鉱石を用いた遮水土の特性調査(その 2),土木学会第 61 回年次学術講演概要集 CS05-058，pp.321~322，2006.9.
3)　佐藤,鳴海他：覆土現場施工性試験 (その 2),土木学会第 62 回年次学術講演概要集 CS05，2007.9 (投稿中)
4)　藤原,鳥山他：覆土現場施工性試験 (その 3),土木学会第 62 回年次学術講演概要集 CS05，2007.9 (投稿中)