

JAEA-Research 2014-031



# 地層処分実規模設備整備事業における 工学技術に関する研究

-平成25年度成果報告-(共同研究)

Research on Engineering Technology in the Full-scale Demonstration of EBS and Operation Technology for HLW Disposal —Research Report in 2013— (Joint Research)

藤田 朝雄	棚井 憲治	中山 雅	澤田 純之
朝野 英一	齋藤 雅彦	吉野 修	小林 正人

Tomoo FUJITA, Kenji TANAI, Masashi NAKAYAMA, Sumiyuki SAWADA Hidekazu ASANO, Masahiko SAITO, Osamu YOSHINO and Masato KOBAYASHI

> バックエンド研究開発部門 幌延深地層研究センター 深地層研究部

Horonobe Underground Research Department Horonobe Underground Research Center Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

**March 2015** 

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。 本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。 なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ(<u>http://www.jaea.go.jp</u>) より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構研究連携成果展開部研究成果管理課 〒319-1195茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency. Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to Institutional Repository Section,

Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department, Japan Atomic Energy Agency.

2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

 $\underline{\mathbb{C} \text{ Japan Atomic Energy Agency, } 2015}$ 

# 地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究 -平成 25 年度成果報告-(共同研究)

日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門 幌延深地層研究センター 深地層研究部 藤田 朝雄、棚井 憲治、中山 雅、澤田 純之\*1、朝野 英一\*2、齋藤 雅彦\*2、 吉野 修\*2、小林 正人\*2

(2014年12月15日受理)

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)と(公財)原子力環境整備促進・資金管理セン ター(以下、原環センター)は、「放射性廃棄物の処理・処分等の研究開発に関する協力協定書」 (以下「協定書」)を締結し、高レベル放射性廃棄物地層処分の研究ならびに技術開発を進めて いる。

現在、原子力機構は、北海道幌延町において幌延深地層研究計画を進めており、地層科学研究 および地層処分研究開発を実施している。一方、国は深地層の研究施設等を活用して、国民全般 の高レベル放射性廃棄物地層処分への理解促進を目的として、実規模・実物を基本とした(実際 の放射性廃棄物は使用しない)地層処分概念とその工学的な実現性や人工バリアの長期挙動まで を実感・体感できる地上設備と深地層研究施設等における地下設備の整備事業である「地層処分 実規模設備整備事業」を平成20年度から公募事業として進めており、平成24年度に引き続き平 成25年度も原環センターが受注した。

原子力機構と原環センターは、上記の協定書に基づき、原環センターが受注した「地層処分実 規模設備整備事業」の工学技術に関する研究を共同で実施するために、「地層処分実規模設備整 備事業における工学技術に関する研究」に関して、共同研究契約を締結した。本共同研究は、「地 層処分実規模設備整備事業」における設備整備のための工学技術に関する研究(調査、設計、製 作、解析等)を共同で実施するものである。なお、本共同研究は深地層研究所(仮称)計画(平 成10年10月、核燃料サイクル開発機構)に含まれる地層処分研究開発のうち、処分システムの 設計・施工技術の開発や安全評価手法の信頼性確認のための研究開発の一環として実施されてい る。

本報告は、上記の共同研究契約に関わる平成 25 年度の成果についてまとめたものである。具体的成果としては、平成 20 年度に策定した全体計画に基づき、緩衝材定置試験設備や、実物大の緩衝材及びオーバーパック(模擬)の展示を継続するとともに、緩衝材定置(実証)試験を実施した。また、緩衝材の浸潤試験を継続した。

本研究は、日本原子力研究開発機構と(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターとの共 同研究に基づいて実施したものであり、(公財)原子力環境整備促進・資金管理センターが実施し た、経済産業省資源エネルギー庁受託「地層処分実規模設備整備事業」の研究成果を基に、取り まとめたものである。

- 幌延深地層研究センター:〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2
- \*1 株式会社 安藤・間(2013年6月30日まで技術開発協力員)
- \*2 (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター

# Research on Engineering Technology in the Full-scale Demonstration of EBS and Operation Technology for HLW Disposal - Research Report in 2013 -(Joint Research)

## Tomoo FUJITA, Kenji TANAI, Masashi NAKAYAMA, Sumiyuki SAWADA<sup>\*1</sup>, Hidekazu ASANO<sup>\*2</sup>, Masahiko SAITO<sup>\*2</sup>, Osamu YOSHINO<sup>\*2</sup> and Masato KOBAYASHI<sup>\*2</sup>

Horonobe Underground Research Department, Horonobe Underground Research Center Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management Japan Atomic Energy Agency Horonobe-cho, Teshio-gun, Hokkaido

(Received December 15, 2014)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) and Radioactive Waste Management Funding and Research Center (RWMC) concluded the letter of cooperation agreement on the research and development of radioactive waste disposal in April, 2005, and have been carrying out the collaboration work based on the agreement.

JAEA have been carrying out the Horonobe Underground Research Laboratory (URL) Project which is intended for a sedimentary rock in the Horonobe town, Hokkaido, since 2001. In the project, geoscientific research and research and development on geological disposal technology are being promoted. Meanwhile, the government (the Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry) has been promoting construction of equipments for the full-scale demonstration of engineered barrier system (EBS) and operation technology for high-level radioactive waste (HLW) disposal since 2008, to enhance public's understanding to the geological disposal of HLW, e.g. using underground facility. RWMC received an order of the project in fiscal year 2013 (2012/2013) continuing since fiscal year 2008 (2008/2009). Since topics in this project are included in the Horonobe URL Project, JAEA carried out this project as collaboration work continuing since fiscal year 2008.

This report summarizes the results of the research on engineering technology carried out in this collaboration work in fiscal year 2013. In fiscal year 2013, emplacement tests using buffer material block for the vertical emplacement concept were carried out and visualization tests for water penetration in buffer material were carried out.

Keywords: Horonobe URL Project, RWMC, Geological Disposal Technology, Engineered Barrier System, Demonstration, Public Acceptance

This work has been performed in JAEA as a joint research with RWMC, and includes the results which carried out by RWMC under the contract with the Agency for Natural Resources and Energy, Ministry of Economy, Trade and Industry.

<sup>\*1</sup> HAZAMA ANDO CORPORATION (until June 30, 2013, Collaborating Engineer)

<sup>\*2</sup> Radioactive Waste Management Funding and Research Center

# 目 次

1.	概要	1
	1.1 共同研究の背景	1
	1.2 共同研究の目的	1
	1.3 全体計画	1
	1.4 実施方法	2
2.	実施内容	4
	2.1 緩衝材定置(実証)試験	4
	2.2 緩衝材可視化試験	22
	2.3 地下での設備の整備	35
3.	まとめ	42
参	考文献	43

## Contents

1. Outline	1
1.1 Introduction	1
1.2 Objective	1
1.3 Whole idea	1
1.4 Role	2
2. Investigation	4
2.1 Emplacement tests of buffer material using	4
2.2 Emplacement tests using buffer material block for the vertical emplacement concept	. 22
2.3 Consideration of the plan of exhibition and experiments in Horonobe URL	. 35
3. Summary	. 42
References	. 43

# 図リスト

¥	1	模擬処分孔への定置(5 段)	4
¥	2	緩衝材 (展示用)のひび割れ (例)	6
义	3	緩衝材(ID-100)のひび割れ(例)	7
义	4	緩衝材(ID-92)のひび割れ(例)	7
义	5	緩衝材ブロックの番号(例)	. 10
义	6	模擬緩衝材間のずれの測定	. 18
义	7	定置・回収動作(2回目)後の模擬緩衝材間のずれ	. 19
义	8	定置・回収動作(4回目)後の模擬緩衝材間のずれ	. 19
义	9	模擬処分孔への定置(2回目)	. 19
义	10	おもしろ科学館での緩衝材定置(実証)試験状況	. 21
×	11	可視化試験概念	. 22
¥	12	可視化試験装置	. 22
¥	13	従来の供試体作製方法	. 24
¥	14	ブロック方式の供試体作製方法	. 24
¥	15	ブロック供試体の作製状況	. 25
义	16	試験装置の概要	. 25
×	17	緩衝材可視化試験状況(#12)	. 26
义	18	緩衝材可視化試験状況(#13)	. 26
义	19	給水量、含水比の経時変化	. 26
义	20	隙間に関する可視化試験の考え方	. 27
义	21	水平方向の隙間をもつ供試体作製方法	. 28
义	22	水平方向の隙間の浸潤試験の概要	. 29
义	23	水平方向の隙間の浸潤試験状況	. 30
义	24	緩衝材可視化試験状況(水平隙間#1)	. 30
义	25	含水比の深さ方向分布と想定される乾燥密度分布(水平隙間#1)	. 31
义	26	緩衝材可視化試験状況(水平隙間#2)	. 31
义	27	含水比の深さ方向分布と想定される乾燥密度分布(水平隙間#2)	. 31
义	28	水の浸潤による緩衝材変化のイメージ	. 32
义	29	水平方向隙間の浸潤試験用緩衝材可視化試験装置	. 32
¥	30	試験の準備状況(左:供試体作製、右:隙間および計測機器)	. 33
¥	31	試験の状況(平成 26 年 2 月 14 日試験開始)	. 33
¥	32	緩衝材の膨潤状況	. 33
¥	33	緩衝材の止水実験の方法	. 34
义	34	緩衝材の止水実験の状況	. 34
义	35	緩衝材膨潤実験の状況	. 34
×	36	地下施設で実施中および実施予定の調査・試験	. 36

义	37	資機材搬入出ルート	37
¥	38	搬出入に用いる立坑(東立坑)の断面仕様	38
¥	39	搬出入に用いる水平坑道(周回坑道)の断面仕様	39
¥	40	試験坑道2の断面仕様	39
义	41	模擬処分孔の仕様例	40

# 表リスト

表	1	全体計画で検討したスケジュール	2
表	2	共同研究分担一覧表	3
表	3	地層処分実規模設備整備事業検討委員会の開催実績	3
表	4	真空把持可能な緩衝材の選別結果	5
表	5	緩衝材定置(実証)試験に使用した緩衝材リスト	7
表	6	緩衝材一括把持時 運転記録(2013/9/4)	8
表	7	定置試験記録1段目	11
表	8	定置試験記録2段目	12
表	9	定置試験記録3段目	13
表	10	定置試験記録 4 段目	14
表	11	定置試験記録 5 段目	15
表	12	定置試験記録 6 段目	16
表	13	定置試験記録7段目	17
表	14	模擬緩衝材間のずれの測定結果	18
表	15	模擬緩衝材定置試験 運転記録(2013/9/6)	20
表	16	模擬緩衝材定置試験(4 段目) 運転記録(2013/9/7)	20
表	17	模擬緩衝材定置試験(4 段目) 運転記録(2013/9/8)	21
表	18	試験結果一覧	27
表	19	水平隙間の試験結果	30
表	20	資機材搬入出に用いる坑道仕様	39
表	21	搬入出および装置組立時の制約	40

This is a blank page.

## 1. 概要

#### 1.1 共同研究の背景

日本原子力研究開発機構(以下、原子力機構)と(公財)原子力環境整備促進・資金管理セン ター(以下、原環センター)は、「放射性廃棄物の処理・処分等の研究開発に関する協力協定」 を締結し、高レベル放射性廃棄物地層処分の研究ならびに技術開発を進めている。

現在、原子力機構は、北海道幌延町において堆積岩の地質環境を対象として、深地層の研究施 設を利用した幌延深地層研究計画を進めており、地層科学研究及び地層処分研究開発を実施して いる。一方、国の計画では地層処分の開始は平成 40 年代後半を目途としており、このスケジュ ールを踏まえ、地層処分研究開発を着実に進めることが望まれている。

また、総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会の報告書中 間取りまとめ「~最終処分事業を推進するための取組の強化策について~」(平成 19 年 11 月 1 日)<sup>1</sup>において、国民が最終処分事業の概念や安全性を体感できるような設備の整備について示さ れており、これを受けて、国は、深地層の研究施設等を活用して、国民全般の高レベル放射性廃 棄物地層処分への理解促進を目的として、実規模・実物を基本とした(実際の放射性廃棄物は使 用しない)地層処分概念とその工学的な実現性や人工バリアの長期挙動までを実感・体感できる 地上設備と深地層研究施設等における地下設備の整備事業である「地層処分実規模設備整備事業」 を平成 20 年度から公募事業として進めており、平成 20 年度から引き続き平成 25 年度も原環セ ンターが受注した。

本共同研究は、上記事業における設備整備のための工学技術に関する研究(調査、設計、製作、 解析等)を共同で実施するためのものである。なお、本共同研究は幌延深地層研究計画<sup>2</sup>におけ る、処分システムの設計・施工技術や安全評価手法の信頼性確認のための研究開発の一環として 行う。

#### 1.2 共同研究の目的

地層処分の概念や安全性について国民の理解促進に資することを目的とした体感設備を整備 し、人工バリアの搬送・定置に係る操業技術や長期挙動等の工学技術に関する研究(調査、設計、 製作、解析等)を実施する。

#### 1.3 全体計画

#### 1.3.1 「地層処分実規模設備整備事業」の全体構想

国の行う、地層処分実規模設備整備事業では、以下のことを計画している。

・「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第2 次取りまとめ」(以下、第2次取りまとめ)<sup>3),4),5),6)や、原子力発電環境整備機構(以下、NUMO) の公募資料等に示された、我が国の高レベル放射性廃棄物地層処分の概念(多重バリアシス テム)、人工バリア材料や処分場の操業に関わる工学的技術等について、実規模・実物を基 本とした設備(実際の放射性廃棄物は使用しない)を整備することにより、地層処分概念と その工学的な実現性、及び人工バリア材料の長期挙動等を実感・理解できる設備を設置する。</sup> 地上と地下における実規模設備を整備し、これらの設備を用いて工学技術と長期挙動を実証 し、その状況を実際に見て体感できるようにする。

- ・人工バリアシステムやその材料については実材料に基づく実規模相当品を提示する。工学技術の実現性として、操業技術、回収技術\*\*1)等を対象とし活用することによりその状況と成果を提示する。
- ・数年間に渡り、地上から地下へと展開し、順次整備を進める。

#### 1.3.2 本共同研究の全体計画

上述の構想に基づいて、平成 20 年度に実施した共同研究においては、海外の事例の調査を参考に、地上及び地下での展示方法、試験方法、試験設備等について検討し、整備する設備と試験対象を絞り込んだ全体計画を策定し、その概要を公表した<sup>7,8</sup>。

全体概要を以下に示す。

- 地上での設備整備と試験
  - ▶ 設備建屋の整備
  - ▶ 緩衝材及びオーバーパックの製作
  - 爰衝材定置試験設備の整備と試験
  - ▶ 人工バリア長期挙動試験設備の整備と試験
- 地下での設備整備と試験
  - 緩衝材の回収試験設備の整備と試験
  - ▶ オーバーパック腐食試験設備の整備と試験

また、平成 20 年度に策定した全体スケジュールを表 1 に示す。平成 25 年度はこの全体計画 に基づいて進めた。

	·프 ··				年	度		
	項日	H20	H21		H22	H23	H24	H25
	全体計画	全体計画 策定						
地上の	建屋	設計・ 製作	仮設	移 設 本設運営・管理			N	
の設備	建屋および装 置の整備	設計	▪製作			運用	(試験含む)	
	地下の設備	設計			注	備 設計	†•製作•展疗	(試験含む)

表 1 全体計画で検討したスケジュール

#### 1.4 実施方法

平成25年度の共同研究における原子力機構と原環センターの研究分担を表2に示す。また、 原環センターでは、当該事業に関する外部意見収集のために「地層処分実規模設備整備事業検討

<sup>※1)</sup>本報告書で取り扱う「回収技術」は、処分場の操業段階において不具合が発生した場合の緩衝材の除去(回 収)技術である。

委員会」(委員7名)を設け、全体計画に対して様々な観点からの意見を収集した。検討委員会の開催実績を表3に示す。

研究項目	原子力機構	原環センター
<地上での設備と試験>		
〇緩衝材定置試験(実証試験)		
• 試験		0
〇人エバリアの長期挙動に係る試験設備		
・試験計画検討	0	0
・試験設備検討		0
・製作(供試体含む)		0
・ 試験		0
<地下での設備と試験の検討>		
│ O試験坑道		
・幌延地下施設建設計画の調査	0	
・試験坑道整備方法検討	0	
〇緩衝材の回収技術に係る試験設備		
・試験計画検討		0
・試験設備検討	0	0
〇人エバリアの長期挙動に係る試験設備		
・試験計画検討		0
└・試験設備検討	0	0
│○報告書の作成	0	0

表 2 共同研究分担一覧表

期日	場所	内容
平成 25 年 7 月 26 日	原環センター 第一・二会議室	第一回委員会 ・委員構成について
		・ 平成 24 年度の成果について
		-1 工学技術試験設備の製作
		-2 緩衝材可視化試験
		-3 設備建屋の維持・管理・運営
		ー4 地下での設備の整備
		-5 地層処分へのさらなる理解促進のための方策検討
		・平成 25 年度の事業計画について
		-1 緩衝材定置(実証)試験
		ー3 試験施設の維持・管理・運営
		ー4 地下での設備の整備
		-5 地層処分へのさらなる理解促進のための方策検討
平成 25 年 11 月 19 日	原環センター	第二回委員会
	第一・二会議室	・進捗状況報告
平成 26 年 2 月 10 日	原環センター	第三回委員会
	第一・二会議室	・平成 25 年度の成果について
		-1 緩衝材定置(実証)試験
		-2 緩衝材可視化試験
		-3 試験施設の維持・管理・運営
		ー4 地下での設備の整備
		-5 地層処分へのさらなる理解促進のための方策検討

表 3 地層処分実規模設備整備事業検討委員会の開催実績

## 2. 実施内容

平成 25 年度の実施内容を、地上での試験として、緩衝材定置(実証)試験、緩衝材可視化試験、および地下での設備および試験の検討の3項目に分けて以下に記載する。

## 2.1 緩衝材定置(実証)試験

緩衝材定置試験装置にて、緩衝材ブロック(実物)および模擬緩衝材ブロックを用いて、8個および9個を一括して模擬処分孔に把持・搬送及び定置し、その状態を確認した。

試験は、実物の緩衝材ブロックを用いた準備作業を含む試験を9月2日(月)から6日(金)に行った。また、緩衝材定置(実証)試験をより多くの来館者に見て頂き、同時に来館者に本施設に対する理解を深めてもらう事を目的に、模擬緩衝材ブロック用いた試験を北海道経済産業局が主催した「おもしろ科学館 2013 in ほろのべ」の開催日に併せ、9月7日(土)及び8日(日)に実施した。

## 2.1.1 実物の緩衝材ブロックを用いた緩衝材定置(実証)試験

- (1) 緩衝材の確認及び準備
- 1) 緩衝材定置試験装置の点検

緩衝材定置(実証)試験を実施する前の事前確認として、以下の作業を実施した。

- a. 既に3段目までの模擬緩衝材が定置されている模擬処分孔に、緩衝材台車上に展示されている模擬緩衝材を4段目として定置した。
- b. 展示用の緩衝材(1/8 ブロック:H350mm)を緩衝材台車上に設置し、5 段目として自動制御で模擬処分孔への定置を行い、緩衝材が確実に定置できることを確認した。5 段目 まで定置した状態を図1に示す。



図 1 模擬処分孔への定置(5段)

## (2) 真空把持可能な緩衝材の選別

平成20年度に製作し、地層処分実規模試験施設内の木箱に保管されている緩衝材を開梱し、

緩衝材定置(実証)試験において使用可能な緩衝材の選別を行った。選別の手順は以下の通り である。

1) 緩衝材上面(真空把持面)のひび割れの有無を確認

2) 1 個用真空把持装置を用いて緩衝材を 60 秒間真空把持し、負圧を測定

なお、選別基準は、以下の要件を満足することとした。

- ・ 真空把持に支障をきたす(真空パッド内Oリングを貫通する)ひび割れがないこと。
- ・ 真空把持開始から 60 秒後の圧力が-95kPa 以下であること

選別結果を表 4 に示す。また、ひび割れのあった緩衝材上面の状態を図 2~図 4 に示す。

緩衝材	緩衝材形状	測定結	果[kPa]	真空把持面のひ	判定 ×使田不可	備老
ID		最大値	60 秒後	び割れ[mm]	○使用可能	د ، سر
展示用	1/8, H350mm	-92.9	-93.3	内側 160mm	×	図 2
8	1/8, H350mm	-94.1	-97.3	—	0	
9	1/8, H350mm	-94.3	-97.5	_	0	
21	1/8, H350mm	-94.5	-97.4	_	0	
22	1/8, H350mm	-94.1	-97.3	—	0	
23	1/8, H350mm	-94.3	-97.2	_	0	
24	1/8, H350mm	-94.4	-97.5	—	0	
26	1/8, H350mm	-94.3	-97.1	—	0	
27	1/8, H350mm	-94.4	-97.4	—	0	
28	1/8, H350mm	-94.6	-97.6	—	0	
29	1/8,H350mm	-94.8	-97.7	—	0	
30	1/8, H350mm	-94.2	-97.8	—	0	
31	1/8, H350mm	-94.5	-97.6	—	0	
32	1/8, H350mm	-93.8	-97.5	—	0	
33	1/8, H350mm	-94.4	-97.5	_	0	
34	1/8, H350mm	-94.1	-97.2	—	0	
36	1/8, H350mm	-94.4	-97.5	—	0	
53	1/8, H350mm	-94.0	-97.5	—	0	
55-1	1/8, H350mm	-94.1	-97.6		0	
66	1/8, H350mm			片側 280mm	×	
76	1/8, H350mm	-94.4	-97.3	内側 140mm	0	
77	1/8, H350mm	-94.0	-97.3	—	0	
89	1/8, H350mm	-91.2	-96.8	外側 80mm 内側 120mm	0	予備
90	1/8, H350mm	-93.4	-95.1	内側 150mm	0	
92	1/8, H350mm	-81.5	-81.5	外側 170mm 内側 120mm	×	図 4
95	1/8, H350mm	-93.8	-97.2	内側 100mm	0	予備
96	1/8, H350mm	-94.3	-97.5		0	

表 4 真空把持可能な緩衝材の選別結果

緩衝材	经街村取出	測定結	果[kPa]	真空把持面の	判定	<b>供</b> <del>2</del>
ID	│ 液凹的形水	最大値	60 秒後	ひび割れ[mm]	△使用不可 ○使用可能	加方
99	1/8, H350mm	-94.6	-97.3	内側 100mm	0	
100	1/8, H350mm	-86.7	-86.7	外側 100mm 内側 110mm	×	図 3
109	1/8, H350mm	-94.3	-96.8	外側 130mm 内側 100mm	0	
129	1/8, H300mm	-94.0	-97.9		0	
130	1/8, H300mm	-94.1	-97.2		0	
131	1/8, H300mm	-94.1	-97.2	—	0	
132	1/8, H300mm	-94.3	-97.2	_	0	
133	1/8, H300mm	-94.3	-97.3	内側 70mm	0	
134	1/8, H300mm	-94.1	-97.0	—	0	
135	1/8, H300mm	-94.4	-97.0	—	0	
136	1/8, H300mm	-94.0	-97.2	—	0	
137	円形, H350mm	-93.9	-97.1	—	0	
138	円形, H350mm	-93.8	-97.0	—	0	
139	円形, H350mm	-94.0	-97.2	_	0	予備
140	円形, H350mm	-94.4	-97.2	_	0	予備
141	円形, H350mm	-93.8	-97.1	_	0	予備
142	円形, H350mm	-93.8	-97.0	—	0	予備

表 4 真空把持可能な緩衝材の選別結果(続き)



図 2 緩衝材(展示用)のひび割れ(例)



図 3 緩衝材 (ID-100) のひび割れ (例)



図 4 緩衝材 (ID-92) のひび割れ (例)

## (3) 緩衝材の定置段数の検討

(2)で選別した真空把持可能な緩衝材の個数から、緩衝材定置(実証)試験においては、7段目までの定置(実証)試験を行うこととした。試験に使用した緩衝材を表5に示す。

また、緩衝材を一括把持した時の運転記録を表 6 に示す。なお、ID-90 の緩衝材については、 定置試験実施時に規定時間(90秒)以内に規定の負圧に達せず吸着異常エラーとなったため、 代替として ID-95(表 4 参照)の緩衝材を使用した。

	緩衝材 ID(1/8 ブロック)	緩衝材 ID(円形ブロック)
7 段目	展示用(H260mm)×8 個	—
6 段目	展示用(H260mm)×8 個	_
5 段目	129~136 (H300mm)	—
4 段目	9, 31 <b>~</b> 34, 53, 90(→95), 109(H350mm)	—
3 段目	8, 26, 27, 36, 55-1, 76, 77, 96(H350mm)	—
2 段目	21~24, 28~30, 99 (H350mm)	137(H350mm)
1 段目	展示用(H350mm)×8 個	138(H350mm)

表 5 緩衝材定置(実証)試験に使用した緩衝材リスト

	141011-1		,
	緩衝材個数	緩衝材厚さ	吸着時間
7 段目	8 個	260mm	73 秒
6 段目	8 個	260mm	74 秒
5 段目	8 個	300mm	70 秒
4 段目	8 個	350mm	73 秒
3段目	8 個	350mm	78 秒
2 段目	9個	350mm	82 秒
1段目	9個	350mm	79 秒

#### 表 6 緩衝材一括把持時 運転記録(2013/9/4)

## (4) 試験の確認項目

## 1) 緩衝材定置試験装置ブロック位置決め実証試験

a. 緩衝材(実物)ブロックを搭載した緩衝材台車が走行することにより発生すると考えら れる衝撃や振動がブロックに与える影響を確認する。

確認項目:外観、寸法(直径)及び隙間寸法

## 2) 緩衝材定置試験装置走行実証試験

- a. 緩衝材(実物)ブロックを搭載した緩衝材台車が走行することにより発生すると考えられる衝撃や振動がブロックに与える影響を確認する。
- b. 把持装置を下降させ把持したブロックを模擬処分孔に定置する場合のブロックの切り離し機構の動作確認を行う。

確認項目:両項目共に外観及び搬送速度

- 3) 把持機構実証試験
- a. 1/8 ブロック 8 個、または、円形ブロックを加えた 9 個のブロックを同時に把持する性能を確認する。

確認項目:把持動作中の真空ポンプの真空度及びハンドリング速度

- 4) 定置機構実証試験
- a. ブロックを積み重ねた時の定置精度を確認する。

確認項目:

- イ. 定置位置出し精度(平面(目視))
- n. 繰り返し定置精度(平面(目視及び触手)、ブロック間の隙間)
- 5) 工程の所要時間の測定
- a. 緩衝材台車始動から模擬処分孔定置までの時間を測定する。 確認項目:定置までの時間
- 6) 実物の緩衝材ブロックを7段定置する。
- (5) 試験結果

#### 1) 緩衝材定置試験装置ブロック位置決め実証試験

a. 緩衝材ブロックを搭載した緩衝材台車が走行することにより発生すると考えられる衝撃

や振動がブロックに与える影響を確認した。

小観

把持前に緩衝材台車上に円形に並べた模擬緩衝材ブロックと定置後の模擬緩衝材ブロ ックの外観を目視にて確認した結果、各回ともに試験に支障をきたすような傷等は見受 けられなかった。

- □. 寸法(直径)及び隙間寸法 定置前後で寸法(直径)及び隙間寸法の変化は数 mm 程度であり、緩衝材台車の走行に よる影響はほとんど見られなかった。
- 2) 緩衝材定置試験装置走行実証試験
- a. 緩衝材ブロックを搭載した緩衝材台車が走行することにより発生すると考えられる衝撃 や振動がブロックに与える影響を確認した。
  - イ. ブロックに影響を与えるような衝撃や振動は発生しなかった。
- b. 把持装置を下降させ把持したブロックを模擬処分孔に定置する場合のブロックの切り離 し機構の動作確認をした。
  - イ. 圧縮空気を供給する事により切り離しがスムーズに行える事を確認した。
- 3) 把持機構実証試験
- a. 1/8 ブロック 8 個または、円形ブロックを加えた 9 個のブロックを同時に把持する性能 を確認した。
  - 4. 真空度

把持動作中の真空度が設計値(-80kPa)以上になっている事を確認した。

- ロ. ハンドリング速度
   把持動作中のテレスコピックの速度が計画通りであることを確認した。
   また、振動及びブロック定置時の衝撃が発生しないことを確認した。
- 4) 定置機構実証試験
- a. ブロックを積み重ねた時の定置精度を確認した。
  - イ. 定置位置出し精度

各回共に所定内に定置出来る事を確認した。

<sup>n</sup>. 繰り返し定置精度

問題となる様な段差及び隙間は発生しなかった。

- 5) 工程の所要時間の測定
- a. 緩衝材台車始動から模擬処分孔定置までの時間を測定した。 設定所要時間 300 秒に対し、
  - ▶ 1段目、2段目(ブロック9個): 322.1秒~331.6秒
  - ▶ 3段目~7段目 (ブロック8個):241.1秒~316.5秒

とブロック8個を定置する方が早い傾向にあった。この現象は、把持時間においても同様な 傾向を示した。把持時間を以下に示す。

- ▶ 1段目、2段目 (ブロック9個): 79.4秒~79.6秒
- ▶ 3段目~7段目 (ブロック8個):66.0秒~80.1秒

## 6) 緩衝材ブロックを7段定置する。

計画通り7段を定置する事ができた。

各段数の定置試験結果を表 7 から表 13 に示す。各段における緩衝材ブロック番号を図 5 に 示す。



	定置試験記録(1/7)												
名称						「緩衝	才定	置運転(1	段目)」				
検査年月	B			2	平成254	<b>羊9 月</b>	4		9時20:	分開始			
記録者											気温	L 21	°C
緩衝材ブロッ	ク定置	精度記録	1段	∃:3	50m×9個	1							
				-		-							
外形寸法(	単位・m	m) (訳	計寸	ŧ·2	270)								
	「」	,	1	 5	2-	-6		3-7	4-	-8			
	 定	置前	22	272	22	73		2273	22	73			
測定個	定	置後	22	272	22	74		2272	22	74			
上面隙間寸法	<b>、</b> 1(単位	ī:mm)											
測定位置		1-2間	2-3	間	3-4 間	4-5 ቩ	1	5-6間	6-7間	7-8	間	8-1間	
│』定値│	定置前	1	1		1	1		1	1	5	5	1	
	定置後	2	2		1	1		3	2	1以	1下	5	
上面隙間寸法	52(単位	ī:mm)		r									
測定位置	⋸	9-1間	9-2	間	9-3間	9-4 🖡	1	9-5間	9-6間	9-7	間	9-8間	_
│ 測 定 値 │	正直削 空罢後	5	3	5	2	2		3	5	( 	)	6	_
加去欧胆士は	上 旦 夜 ト ( 畄 仕	 	2	-	Z	5		5	0	i	)	0	
侧面隙间 7 2		1_2 問	)_ <u>)</u>	問	2_1 閂	1_5 B	9	5_6 閏	6_7 問	7_0	ES .	0_1 問	
则足位區	』 定置前	1	2 3	[H]	<u>3</u> 4间 2	<u>4</u> 3⊪ 2	1	<u> </u>	1 2			1	-
│ 測 定 値 │	定置後	3	2	2	<u>-</u> 1以下	1		3	1		3	3	
<b>正力測定</b> (	単位:k	Pa) (‡	_ 巴持後	上昇	完了時)				L		1		
測定位置		ポンプA			ポンプB			把持部A系	系統	把打	持部 B 劽	系統	7
測定値		92. 9			94. 0			82. 7			84. 8		
重量測定(	単位:N	)(把打	寺後下	降直	前)								
測定位置		1 :	2	3	4		5	6	7	8	3	9	
測定値	29	91 30	02	2971	2994	- 29	90	2991	3001	29	91	4037	
	单位:Se	c)											
動作時間	定	置吸	着										
測定値	322	2.1   79	. 4										
外観													
真空把持に	「不都合	なひび割	れ、ロ	ቧሺ0	D有無	有							
その他コメント ブロック番号1と8とに 5mm の段差が発生(番号8が上)。													

# 表 7 定置試験記録 1 段目

	定置試験記録(2/7)									
名称	۲,				「緩衝	材定置運転	(2 段目)」			
検査年月	B		픽	□成25年	5 9 J	月 4日	11時1(	)分開如	4	
記録者	<u>r</u> 1								気涯	1 21°C
緩衝材ブロ・	ック定置料	青度記録	2段目:	350mm × 9	個					
外形寸法(	(単位:mm	) (設	計寸法:	2270)						
測定:	ブロック		1–5	2	-6	3–7	4-	-8		
測定値	定	置前	2269	2	267	2276	22	73		
		置後	2270	22	269	2275	22	74		
	·法 1 (単位 垩	<u>Z:mm)</u> 10⊞	0.088	0 / 88	4 6 8		C 7 88	7.0	88	0 1 88
測定1/21	自	「二乙 (目) ろ	2-3 [#]	<u>3-4</u>  目] 2	4-0	] <u></u> ] <u></u> ] <u></u> ] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]] ]	0 <sup>-</sup> / [#]	/-8	[日]	1 1
測定値	<u> 定</u> 置 後	3	2	 1以下	5	3	2	3		 1以下
└────└ └──上面隙間寸シ	<u>~ @ &amp;  </u> 去 2(単位	: mm)								
測定位	置	9-1間	9-2 間	9-3間	9-4 🖪	引 9−5間	9-6 間	9-7	間	9-8間
测空体	定置前	5	2	0	3	0	1	1(	)	7
· 川 正 恒	定置後	4	3	3	4	1	2	8		4
側面隙間寸流	去(単位:	mm)	1							
測定位	置	1-2間	2-3間	3-4 間	4-5 🖡	<u> 5-6間</u>	6-7間	7-8	間	8-1間
│ 測 定 値 │	定置前	1	1	1	6	2	1	1		1
	正直伐	<u>ک</u>	<u> </u>		5	Ζ		4		Ζ
ト段との田ノ	へ1てう 法 ( 罟	<u>.甲1⊻:Ⅲ</u> 1		校奉华/	1	5	6	7		8
測定値	≞ 定置後	-4	-2	+1	+2	+1	+1	+	7	+1
注記:壁と0	<u>、 に 加隙間が</u> が	よく測定	できない	箇所は出	」 入り(I	出十,入一)	のみ記ノ	、する。		
圧力測定(	(単位:kP	'a) (‡	巴持後上昇	早完了時)						
測定位置		ポンプ A		ポンプ	В	把持部A	系統	把持	宇部 B 🖁	系統
測定値		92. 9		93.9		83.	1		84. 4	
重量測定(	<u>〔単位:N〕</u>	(把持	持後下降面	<u> </u>		-				
測定位置	1	2		4	4 00	$\frac{5}{100}$	7	8	20	<u>y</u>
	<u>300</u>		06 300	04   300	4 29	188 2994	2991	29	92	4034
割作时间(5 動作時間	₽1⊻: Sec	了 雪 1070-	善							
	331	<u> </u>	6							
真空把持(	こ不都合な	こひび割	れ、凹凸	の有無	有					
その他コメン	· ト									

表 8 定置試験記録 2 段目

名         名	称					「緩衝	才定	置運転(3	段目)」		
検査年	月日			<u> </u>	<sup></sup> 成25年	5 9月	4	·日 1	3時20	分開始	
記録	者									気湯	1 <u>°C</u>
<u>緩衝材ブロ</u>	ック定	置精度	記録3	段目:(	350mm × 8	個					
外形・内形	寸法(単	单位:m	ım)								
	6		外形寸	法(設計	計寸法:2	270)		内形	寸法(設	討寸法:8	370)
測定ノロ	ック	1	-5	2-6	3–7	4-8		1–5	2-6	3–7	4-8
测点法	定置前	22	274	2273	2270	2270	)	866	867	864	865
測正個	定置後	22	273	2275	2271	2274	4	867	868	864	867
上面隙間寸法1(単位:mm)											
測定位	置	1-	2間	2-3間	3-4 間	4-5 🖡	5	5-6間	6-7間	7-8間	8-1間
	定置前	ក្រ	1	1	1	1		2	1	2	3
測定値	定置後	ź	2	2	1	2		3	1	1	3
側面隙間寸	法(単位	ī:mm)	J				l			L	
測定位	置	1-	2間	2-3間	3-4間	4-5 帰	5	5-6間	6-7間	7-8間	8-1間
	定置前	<u>ا</u> ر	2	1	1	1		2	1	2	2
測定値	定置後	ź	7	3	1	3		2	1	2	2
下段との出	入代寸	法(単信	立:mm)	(下)	没基準)			<b>/</b>			
測定位	置		1	2	3	4		5	6	7	8
測定値	定置後	ž -	-1	+4	+4	+2		0	+3	+1	0
注記:壁と	の隙間	がなく	測定で	きない	箇所は出.	入り ()	出+	,入一) (	のみ記入	する。	
圧力測定	(単位:	kPa)	(把持	接上昇	完了時)						
測定位置	-	ポ	ンプA		ポンプ	}		把持部A系	系統	把持部 B	系統
測定値	[	9	3.4		93. 2			84. 8		83. 4	Ļ
重量測定	(単位:	N)	(把持後	令下降直	前)				I		
測定位置	L -	1	2	3	4		5	6	7	8	
測定値	[ ;	3004	2990	298	9 298	3 30	09	3000	3012	2989	
動作時間(	単位:5	Sec)									
動作時間	!	定置	吸着								
測 定 値	<u>i</u> 3	00. 7	72.6								
外観											
真空把持	に不都	合なひ	び割れ	、凹凸。	の有無	有					
その他コメン	その他コメント										

	表 10 定置試験記録 4 段目											
						定置試験	記録	(4/7	')			
名	称						「緩衝	i材定	2置運転(4	段目)」		
検査	∓月日				7	平成25年	ŧ s	月	4日 14	4時10分	·開始	
記錄	禄者										気湯	∄ 21 °C
緩衝材ブ	コック対	と置精		段目∷	350m	m×8個					·	
外形・内別	形寸法(	単位:	: mm)									
			外形	寸法(	設計	十寸法:22	270)		内形	寸法(設	計寸法:8	70)
測定フ	ロック	-	1-5	2-6	6	3–7	4-	8	1–5	2-6	3-7	4-8
测空体	定置す	前	2275	228	6	2270	22	72	867	877	864	866
測 走 1 但	定置征	後	2275	228	4	2270	22	75	868	874	864	868
上面隙間。	寸法 1()	単位:	mm)									
測定	位置		1-2 間	2-3 🖡	間	3-4 間	4–5	間	5-6間	6-7間	7-8 間	8-1 間
』 定 値	定置	置前	6	7		7	1		1	1以下	1	1
	定置	<b>置後</b>	8	12		1以下	3		1	2	3	2
側面隙間。	寸法 (単	位:m	m)		r							
測定	位置		1-2間	2-3 🖡	間	3-4間	4-5	間	5-6間	6-7間	7-8間	8-1間
測定値	定置	三 三 三 三 の	6	6		1	1		1	1	2	2
	正値		۱۲ ۲۲ (۲۲ ۱۲۳۰)	 	+	ئ + :#= \	3		3			5
下段とのに	山人代	」 法 (耳	単1立:mm) 1		、校才 	を <i>牛)</i>			F	C	7	0
測定 測定	111 直	こう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょう ひょ	0	2 	<b>,</b>	ى +3	4 1	5	0 +2	0 +2	+2	<u> </u>
) 別 <u>に</u> 値 注記・ 辟	レの階間	≞1&   月がナこ	ノ測定で	+10	/ _   、 笛 ē	ту Е(+ни л. [.]	一 1 (山	, エ 7	ቸረ (_)	 記入する	ŦΖ	0
/二記·空(		4) ' U I		с′みぃ - ‹« ∟ і	。回た	ᇧᇂᄪᆺᇬ	(щ	т, 🤈			0	
上 刀 測 定 任		: кра		打皮工会	升元	」 吁 / 			±m +± ☆/ ۸ ズ	5 4 <del>5</del>	+m +± ☆/ D	<b>灭</b> 休
測 定	<u></u> 伯		<u> </u>			- 小ノノD 			121寸前Aオ 857	रेकार	121村市 D 82 3	<u> 赤</u>
□ <u> </u>	<u>爬</u> (畄仂	· N)		♦下降ī	古前	)			00.7		02.0	,
<u>王</u> 重 例 足 測 定 位	置	. 1	2	< 1 P41	3	<u> </u>		5	6	7	8	
測定	<u>。</u> 値	301	6 300	8 2	2971	3006	3	8012	3009	3014	3003	
動作時間	(単位:	Sec)										
動作時	間	定置	置 吸着									
測定	値	316.	5 80.	1								
外観												
真空把	持に不	都合な	なび割れ	ι. Uι	ሻወ	有無	有	ī				
		– .		. – 1			1 '	-				
スの出ーい	۰, ۱											
てい他コメ			- /= / !	· +	·			+ ( <u></u> )		بلوهر والمراجع		
フロック番	号2に	ついて	て、緩衝林	す表面	に真	空把持パ	ッド筆	心田内	りに張り込	むひび割	れがあった	こため、
緩衝材設置	時に外	側へ	10mm 程度	設置し	た。							

						定置試驗	<b>検</b> 記	,録(5/7	7)						
名;	称						「緩	衝材定	置運転	(5段	目)」				
検査年	月日				2	平成25:	年	9月	4日	15 時	50 分	開始			
記録	者												気温	22	°C
緩衝材ブロ	ック定	置精度	記録 5	 段目:	300	mm×8個									
外形・内形	寸法(]	单位:mr	n)												
				寸法(	(設計	+寸法:2	270	)	内	形寸約	去(設	計寸法	: 87	0)	
測定ブロ	ック		1–5	2-6	6	3–7		4-8	1-5		2-6	3-	7	4-8	-
测宁体	定置前	行 2	274	227	2	2272		2273	868		865	86	5	866	
<u> </u>	定置後	铨 2	274	227	2	2273		2275	866		865	86	6	868	
上面隙間寸	法 1 ( 単	単位:mm	)												
測定位	置	1.	-2 間	2-3	間	3-4 間	4	4-5間	5-6間	6	-7間	7–8	間	8-1 間	]
測定値	定置	前	1	1		1		1	2		1	1		2	
	定置	後	3	2		1以下		1	4		1	1		2	
側面隙間寸	法(単作	立:mm)					·								
測定位	置	1.	-2間	2-3	間	3-4間	4	4-5間	5-6間	6	-7間	7-8	間	8-1間	1
測定値	定置	前	1	1		2	-	1	2		1	1		2	
	正直 ] ハユ		5	ا ر	- cn. +	Z		3	3		I	Z		2	
ト段との出。 	人代寸	法(単位	L : MM)		、段さ	去华) 	-	4	F		^				_
测定位	直	- /44	 )	0		ئ +10		4	5		0	/1		<u> </u>	-
次日・時し	化単の階間	.1友	- <u>ィ</u> 副中で	-0 + +>1		〒10 〒1+山 7 (		т4 ГШ			$\frac{1}{1+z}$	<b>I</b>		Ζ	
注記:堂とり	ノシュー	י א גיינין ועיש / ו		≃′よぃ ⊦	回た		9 (	шт, Л	(-) 0,	の下口に、	<b>~ 9 @</b>	0			
上刀測定	(単位	: KPa)		行後上	并元	了时) 	)		1m ++ +n	1.54		1m ++	+7 D 7		٦
川正位直		<u></u>	シノA い2 0			- ホンノB 	5		把持部 9/1	A 糸稅 5		把持	。 11 0 11 0	き税	_
	(肖仏	• N)	92.9 (抽块络	山下肉	古盐				04.	. J			04. 3		
		. 11)	(1G1 <del>-1</del> 19 0	エート エート エート エート	旦 刑 2	) 		5	6		7	Q			
		2528	253	7	2536	3 2538	3	2534	253	7	, 2549	252	9		
	単位・	Sec)	200		2000	2000	<b>,</b>	2001	200		2010	202	.•		
動作時間	- 12 :	<u></u> 定置		<b></b>											
		294.9	66.	0											
外観	I			]											
真空把持	非に不満	都合なて	いび割れ	ı、凹	凸の	有無		有							
その他コメン	<b>/</b>						,								

				表	12	定置	試験	記録6	段	目				
						定置	試験	記録	6/7	)				
名	称						Γ	緩衝	才定	置運転(	6段目)	J		
検査年	月日				픽	☑成2	25年	E 9)	月 5	5日	8時3	0分	開始	
記録	者												気	温 21 ℃
<u>緩衝材ブロ</u>	ック定	置精度言	2録 6	段目	: 260	mm ×	8個							
外形・内形	寸法(単	重 位 : mm	)											
	測定ブロック 外形寸法(設計寸法:2270) 内形寸法(設計寸法:870)													
測定 ノロ	コック	1	-5	2-	6	3-	-7	4-8		1–5	2-6		3-7	4-8
測完值	定置前	ī 22	274	227	76	22	73	2274	4	865	869		867	867
別た喧	定置後	22	275	227	7	22	72	227	5	867	870		868	868
	法 1(単	位:mm)												
測定位	置	1-	2 間	2-3	間	3–4	間	4−5	<b>1</b>	5-6間	6-7	5	7-8間	8-1 間
測定値	定置	前	1	1		2	2	1		1	1		5	6
	定置	後   1」	以下	2		3	}	2		2	2		4	8
側面隙間寸	法(単位	ኒ:mm)									,			
測定位	置	1-	2間	2-3	間	3-4	間	4-5 🖡	1	5-6間	6-7 情	1	7-8間	8-1 間
測定値	定置	前	1	1		1	-	1		1	1		5	5
		後	2	11		<u>t</u>	)	3		1	1		3	10
下段との出	入代寸	法(単位	: mm)	( ]	下段表	₹準)	r							
測定位	└置		1	2		3	;	4		5	6		7	8
測定値	定置	後 -	+3	+4	ļ	-	3	-3		0	+1		+3	+5
注記:壁と	の隙間	がなく涯	則定で	きなし	い箇月	所は出	日入り	(出-	⊦, 入	、 – )のみ	▶記入す	る。		
圧力測定	(単位:	kPa)	(把持	<b>}後上</b>	昇完	了時	)							
測定位置	1	ポ	ンプA			ポ	ンプB			把持部A	系統		把持部E	3系統
測定値	Ī	9	1.8			9	3. 1			84. 1			84.	0
重量測定	(単位:	N) (	把持後	<b>长下降</b>	直前	.)								
測定位置	1	1	2		3		4		5	6	7		8	]
測定値	Ī	2236	223	6	2241		2241	22	244	2242	225	5	2230	
動作時間(	単位:	Sec)												
動作時間	]	定置	吸着	旨										
測定値	ī	241.1	75.	4										
外観														
真空把抖	寺に不者	『合なひ	び割れ	ı、凹	凸の	有無		有						
その他コメント														
「当新コメン」	· 卜参昭													
	<b>一</b> 》 照													

				X	10	定置試験	記録	7/7	')			
名	称						「緩衝	才定	置運転(7	(段目)」		
検査年	月日				-	平成25:	年 9	月	5日 9	時 30 分	₩開始	
記録	诸										复	ī温 21 ℃
<u>緩衝材ブロ</u> 外形・内形	<u> ック定</u> (1)	<u>2置精</u> / 単位:	<del>度記録7</del> mm)	段目:	260	mm×8個						
	_ ,		外形	寸法(	(設計	十寸法:22	270)		内形	寸法(詔		870)
測定フロ	コック		1–5	2-6	6	3–7	4-8		1–5	2-6	3–7	4-8
测宁体	定置前	ή	2270	227	5	2272	227	)	864	870	866	863
测 走 10	定置後	<b></b>	2270	227	6	2272	2273	3	863	870	866	866
上面隙間寸	⁻法 1 (単	単位 :	mm)									
測定的	立置		1-2間	2-3	間	3-4間	4−5 情	1	5-6間	6-7間	7-8間	8-1間
測完値	定置	前	1	2		2	1		1	1	2	3
	定置	後	3	1		1	2		4	1	1	5
側面隙間寸	⁻法(単	立:mn	n)									
測定值	立置		1-2 間	2-3	間	3-4 間	4−5 情	1	5-6 間	6-7 間	7-8 間	8-1間
測定値	定置	前	1	2		1	2		2	1	2	3
	定置	後	7	1		1	5		5	1	2	1
下段との出	入代寸	-法(単	〔位:mm〕	(ጉ	「段碁	基準)				r		
測定位	立置		1	2		3	4		5	6	7	8
測定値	定道	後	-4	-2		0	+3		0	+4	+1	-2
注記:壁と 圧力測定	:の隙間 (単位	]がな : kPa)	く測定で ) (把持	きなし 特後上	、箇 別 昇完	Fは出入り 了時)	(出-	-, J	(ー) のみ	記入する	<b>D</b> •	
測定位置	<u>雪</u>		ポンプA			ポンプB			把持部A系	系統	把持部	B 系統
測定値	直		93.8			94. 2			85.4		85	. 1
重量測定	(単位	: N)	(把持後	<b>後下降</b>	直前	)						
測定位置	<u> </u>	1	2		3	4		5	6	7	8	
測定値	直	2253	3 223	5	2240	2231	22	35	2246	2256	2237	
動作時間(	(単位:	Sec)										
動作時間	5	定置	こ 吸剤	旨								
測定値	直		77.	0								
外観												
真空把	持に不	都合な	いび割れ	1、凹	凸の	有無	有					
その他コメ: 手動運転に	ント て定置											

## 2.1.2 模擬緩衝材ブロックを用いた緩衝材定置(実証)試験

本試験は、2.1項に示した通り、より多くの来館者に見てもらう必要があるため、1段目から3 段目までを予め模擬処分孔に定置した状態で4段目のみを繰り返し定置し、試験時間を短縮した 試験を公開した。

#### (1) 模擬緩衝材定置・回収動作の繰り返しによる模擬緩衝材のずれの測定

4 段目に定置する模擬緩衝材について、定置・回収動作の繰り返しによる模擬緩衝材間のず れを測定し、模擬緩衝材位置の調整頻度の検討を行った。図 6 に示すように、模擬緩衝材の 外側端の位置でずれの大きさを測定した。測定結果を表 14 に示す。



図 6 模擬緩衝材間のずれの測定

		模擬緩衝材間のずれの大きさ[mm]										
	1-2間	2-3間	3-4 間	4-5間	5-6間	6-7間	7-8間	8-1間				
1回定置・回収後	6	7	5	4	3	1	3	6				
2回定置・回収後	5	6	2	7	7	2	4	3				
3回定置・回収後	11	11	7	13	13	8	9	7				
4回定置・回収後	13	15	11	16	16	8	10	12				

表 14 模擬緩衝材間のずれの測定結果

#### (2) 定置·回収動作回数

測定結果から、定置・回収動作を3回以上繰り返すと、模擬緩衝材間のずれが10mmを超 えることがわかった。模擬緩衝材間のずれと模擬処分孔への定置時の状態を図7~図9に示 す。

以上より、定置試験装置を安全に作動させるため、定置試験においては、定置・回収動作を 3回繰り返した後には、必ず緩衝材台車上で模擬緩衝材の位置調整を行い、模擬緩衝材間のず れを解消させることとした。事前確認し得られた結果は、平成24年度に実施した試験結果と 同等の結果となった。運転記録を表15に示す。



図 7 定置・回収動作(2回目)後の模擬緩衝材間のずれ



図 8 定置・回収動作(4回目)後の模擬緩衝材間のずれ



図 9 模擬処分孔への定置(2回目)

	<b>我</b> 10 天成极国的龙		2010/3/0/	
	動作	運転時間(定置)	吸着時間	着床高さ
	1段目 定置	299.3 秒	56.2 秒	341mm
	2段目 定置	307.8 秒	55.6 秒	690mm
	3段目 定置	280.1 秒	51.4 秒	1041mm
4 段目	定置・回収(1 回目)	290.2 秒	53.0 秒	1390mm
4 段目	定置・回収(2 回目)	289.4 秒	52.0 秒	1390mm
4 段目	定置・回収(3 回目)	290.1 秒	52.6 秒	1389mm
4 段目	定置・回収(4 回目)	288.8 秒	51.6 秒	1390mm
	模擬:	緩衝材位置調整		
4 段目	定置・回収(5 回目)	289.7 秒	52.3 秒	1390mm
	模擬:	緩衝材位置調整		

表 15 模擬緩衝材定置試験 運転記録(2013/9/6)

#### (3) 試験結果

公開試験では、試験毎に運転時間及び吸着時間を測定した。試験は、9月7日(土)及び8日(日) に各12回、合計24回実施した。試験結果を表16、表17に、試験実施時の実施状況を図10 に示す。9月7日(土)および8日(日)の2日間の来館者数は、合計840名であった。(7日:287 名、8日:553名)なお、この来館者数は地層処分実規模試験施設の開館(平成22年度)以降 のおもしろ科学館における最大来館者数であった。

衣 10	<b>悮</b> 擬 橫	(4 段日) 連転記	荻(2013/9/7)
実施回数	開始時刻	運転時間(定置)	吸着時間
1	9:54 AM	288.9 秒	52.1 秒
2	10:27 AM	289.5 秒	52.5 秒
3	10:54 AM	290.2 秒	52.8 秒
	模擬綴	<b>餐</b> 衝材位置調整	
4	11:20 AM	289.3 秒	52.3 秒
5	11:45 AM	288.9 秒	51.7 秒
	模擬緩	<b>餐</b> 爾材位置調整	·
6	12:23 PM	289.5 秒	52.0 秒
7	12:39 PM	288.4 秒	51.2 秒
8	12:54 PM	288.4 秒	51.1 秒
	模擬緩	<b>餐</b> 爾材位置調整	·
9	1:53 PM	289.1 秒	51.8 秒
10	2:24 PM	288.7 秒	51.5 秒
11	2:50 PM	288.4 秒	51.3 秒
	模擬緩	<b>餐</b> 爾材位置調整	
12	3:25 PM	289.3 秒	52.0 秒
	模擬綴	<b>餐</b> 衝材位置調整	

表 16 模擬緩衝材定置試験(4段目) 運転記録(2013/9/7)

表 17	模擬緩衝材定置試験	(4 段目) 運転記録	渌(2013/9/8)
実施回数	開始時間	運転時間(定置)	吸着時間
1	9:50 AM	289.9 秒	52.7 秒
2	10:15 AM	290.1 秒	52.8 秒
3	10:56 AM	290.4 秒	53.4 秒
	模擬綴	爰衝材位置調整	
4	11:25 AM	289.5 秒	52.4 秒
5	11:53 AM	290.2 秒	53.0 秒
6	12:23 PM	289.3 秒	51.9 秒
	模擬綴	爰衝材位置調整	
7	12:48 PM	289.4 秒	51.9 秒
8	1:25 PM	289.4 秒	52.4 秒
9	1:52 PM	290.7 秒	53.4 秒
	模擬綴	爰衝材位置調整	
10	2:22 PM	290.3 秒	52.8 秒
11	2:52 PM	289.8 秒	52.4 秒
12	3:24 AM	289.5 秒	52.1 秒
	模擬綴	爰衝材位置調整	



図 10 おもしろ科学館での緩衝材定置(実証)試験状況

## 2.2 緩衝材可視化試験

## 2.2.1 緩衝材可視化試験の目的

緩衝材可視化試験は、地層処分の人工バリアの主要構成要素である緩衝材を対象として以下の 目的で実施している。

- 緩衝材の性質や利用方法の来館者による理解促進
- 緩衝材の挙動の把握・理解および理解促進のための資料作成

## 2.2.2 平成 24 年度までの緩衝材可視化試験

平成20年度から平成24年度にかけて人工バリア長期挙動試験において緩衝材可視化試験として緩衝材の挙動を観察できるよう展示を行ってきた。

平成 20 年度に実規模サイズの再冠水浸潤過程の可視化設備を計画(図 11)していたものの、 平成 21 年度に詳細な検討をした結果、「人工バリア可視化試験」の装置を 1/20 カラムモデル(直 径 10cm、高さ 5cm)とし、装置を製作した(図 12)<sup>9),10)</sup>。平成 22 年度から平成 23 年度にか けて緩衝材自体の浸潤(一体モデル)および隙間をもつ緩衝材の浸潤(隙間モデル)について長 期試験を実施した。その結果、試験開始から 100 日程度で供試体全体がほぼ飽和しており試験終 了時(試験開始から約 500 日)では、一体モデルの含水比分布は供試体の側面付近の含水比が高 く、隙間モデルは供試体の中心上部の含水比が高いことが分かった<sup>11),12),13),14)</sup>。





図 12 可視化試験装置

平成24年度は、平成23年度までの成果のうち「緩衝材の隙間」について改めて緩衝材の条件 を設定し、緩衝材の状態の把握および隙間の閉塞挙動の記録を実施した。その結果、緩衝材の密 度および飽和度の差により閉塞するまでの時間に差があるものの、緩衝材の含水比分布はほぼ一 様であった<sup>15)16)</sup>。

#### 2.2.3 緩衝材の機能と可視化試験の検討

平成24年度まで緩衝材可視化試験のうち「緩衝材の隙間」について、改めて緩衝材の性質を利 用した機能および要件から試験の背景を示す。

緩衝材は人工バリアを構成する要素の一つであり、「放射性物質の移行抑制」のため安全機能 が設定されている<sup>17)</sup>。

- 移流の抑制(低透水性)
- コロイド移行の防止・抑制(コロイドろ過能)
- 吸着による放射性物質の移行遅延(吸着性)

さらに人工バリアの長期健全性の維持の観点から、以下の技術要件が設定されている 9。

- 自己修復性
- 耐熱性
- 対放射線性
- 緩衝材流出の抑制
- 残置物との相互作用の影響の低減
- バリア材料間の相互作用の影響の低減
- ガラス固化体の過熱防止
- オーバーパックの保護
- オーバーパックの沈下防止
- 施工時の隙間の充填(自己シール性)

平成 25 年度は、上記の緩衝材の技術要件のうち「緩衝材の隙間」に関わる事項と考えられる 「自己修復性」「自己シール性」について、緩衝材可視化試験において試験・検証と試験状況の 展示を実施することとした。以下に実施項目を示す。

- •ブロック方式の緩衝材供試体を用いた鉛直方向の隙間の浸潤試験
- 水平方向の隙間の浸潤試験装置の製作および試験を実施
- 見学者体験型の緩衝材実験の実施(緩衝材止水実験、緩衝材膨潤実験)

また、緩衝材可視化試験に関連する研究では、原環センターにおいて「処分システム工学要素 技術高度化開発」としてパイピング・エロージョンに関する試験<sup>18)</sup>を実施している。また、原子 力機構では緩衝材の流出挙動に関する試験<sup>19)</sup>や膨潤挙動に関する試験<sup>20)</sup>を実施している。

#### 2.2.4 ブロック方式の緩衝材供試体を用いた鉛直方向の隙間の浸潤試験

## (1) 目的

これまで緩衝材可視化試験では、緩衝材の供試体をモールド内で成型していた(図 13)。 この方法では、供試体作製時において過剰間隙水圧の上昇や給水経路の閉塞といった課題があ り、過剰間隙水圧の上昇がある場合は供試体膨張により隙間を閉塞させる可能性があり、給水 経路の閉塞では供試体全体への浸潤が遅れることが考えられる。この課題について、整形後に モールドから取り出す、ブロック方式の供試体とすることで過剰間隙水圧の消散、給水経路の 確保が可能と考え、ブロック方式による浸潤試験を実施し、過去の試験と比較した。



## (2) ブロック方式の供試体作製方法

ブロック方式の供試体の作製の流れを以下に示す。供試体は、乾燥密度 1.6Mg/m<sup>3</sup>で飽和度 50%(含水比 13.2%)の供試体および乾燥密度 1.8Mg/m<sup>3</sup>で飽和度 90%(含水比 16.4%)の2 種類を設定した。

(i) ベントナイト混合土の含水比を調整する。

(ii) ベントナイト混合土をモールドに詰め、静的圧縮しブロックを作製する。(図 14:①②)

(iii)モールドから緩衝材ブロックを取り出す。(図 14:③、図 15)

- (iv) 緩衝材ブロック内の過剰間隙水圧の影響を小さくするために乾燥防止の対策をとった 上で大気中に放置する。(図 14:④)
- (v) 緩衝材可視化試験装置の容器内に緩衝材ブロックを設置できるように整形する。その際、
   緩衝材間の隙間は1mmになるように調整する。(図 14:5)







図 15 ブロック供試体の作製状況

## (3) ブロック供試体の試験方法

供試体を緩衝材可視化試験装置に設置した後は従来の試験と同様に供試体側面から注水し 試験を開始した。水の浸潤状況および隙間の状況は供試体上面から観察した。

装置は図 16 に示す機器により構成される。

- 緩衝材供試体容器(ステンレス製、一部アクリル)
- ビューレット(給水装置)
- ろ紙(供試体側面の全面に給水用)
- デジタルカメラ(緩衝材表面観察用、タイマー動作)



図 16 試験装置の概要

## (4) 試験状況と取得データ

緩衝材供試体の表面の状況、給水量、含水比分布のデータを取得した。また、試験装置、緩 衝材ブロック、ブロック製作状況、試験状況について、デジタルカメラにて記録した。データ の取得方法を以下に示す。また、平成25年度に実施した試験結果を表18に示す。

緩衝材供試体の表面の状況(図 17、図 18)

緩衝材供試体の表面の状況は、プログラムされたデジタルカメラにより定期的に撮影 した。

• 給水量 (図 19)

給水量は定期的(実規模試験施設が開館日に3回/日)にビューレットの水位を計測 することにより、給水量を計測した。 • 含水比分布調查

供試体の水の浸潤状況を把握するため含水比分布を測定した。



試験開始前



試験開始直後 図 17 緩衝材可視化試験状況(#12)



60 日後



試験開始前



試験開始直後 図 18 緩衝材可視化試験状況(#13)



62 日後



図 19 給水量、含水比の経時変化

		試験前		試験後				
	乾燥密度	含水比	飽和度	試験期間	給水量	含水比	飽和度	備考
	Mg/m <sup>3</sup>	%	%	day	mL	%	%	
#10	1.80	16.4	89.4	87.0	12.1	18.1	97.1	モールド内整形
#11	1.59	13.2	50.0	133.0	74.6	25.3	96.7	モールド内整形
#12	1.60	13.2	52.2	59.0	74.0	25.2	96.3	ブロック供試体
#13	1.81	16.4	91.0	62.3	28.4	20.5	109.2	ブロック供試体

表 18 試験結果一覧

(5) 観察事項

- 緩衝材ブロックを用いた試験では、モールド内で整形した供試体での試験よりも、水が容易に浸潤するようになり緩衝材が水に接触するとすぐに膨潤し隙間の閉塞が始まった。
- 試験開始約 60 日後には、どちらの供試体においても、水の浸潤は供試体全体におよび含水比はほぼ一様となった。また、飽和度はいずれも 96%以上となり飽和していると判断された。

#### 2.2.5 水平方向の隙間の浸潤試験装置の製作および試験

(1) 目的

これまでの緩衝材の隙間に関する緩衝材可視化試験では縦方向に隙間を設け、同じ方向から 観察している。しかし、この供試体の隙間閉塞の挙動観察では閉塞の有無の確認をする程度に とどまっていた。

そのため隙間における緩衝材挙動を観察できるように供試体の上端面に隙間を設けるよう に境界条件を変更した(図 20)。この水平方向の隙間の浸潤試験は、水の浸潤による隙間の 閉塞がどのような緩衝材の挙動(膨潤、流出・侵入など)によるものかを確かめることを目的 とした。



## (2) 供試体作製方法

水平方向の隙間を持つ供試体の作製の流れを以下に示す。供試体は、乾燥密度 1.6Mg/m<sup>3</sup>で 飽和度 50%(含水比 13.2%)、および乾燥密度 1.8Mg/m<sup>3</sup>で飽和度 90%(含水比 16.4%)の 2 種類とした。

- (i) ベントナイト混合土の含水比を調整する。
- (ii) ベントナイト混合土を隙間分の厚さのスペーサーを設置したモールドに詰め、静的圧縮 しブロックを作製する。(図 21:①②)

(iii)緩衝材を上下反転し、緩衝材可視化試験装置を組み立てる。(図 21:③)



図 21 水平方向の隙間をもつ供試体作製方法

## (3) 試験方法

水平方向の隙間の浸潤試験の概要を図 22 に示す。緩衝材を設置したモールドを水中に投入 し、アクリル板にあけられた孔を通じて緩衝材上面に設けた隙間に注水し試験を開始した。水 の浸潤状況および隙間の状況は供試体上面から観察した。

供試体中心にダイヤルゲージを設置し、緩衝材の膨潤による鉛直変位を測定した。





図 23 水平方向の隙間の浸潤試験状況

	試験前			試馬	<b>検後</b>	
	乾燥密度	含水比	飽和度	試験期間	含水比	備考
	Mg/m <sup>3</sup>	%	%	day	%	
水平隙間#1	1.60	13.2	50.0	59.0	48(上) 26(中) 22(下)	上面より給水 隙間 5mm
水平隙間#2	1.80	16.4	89.4	62.3	38.1(上) 22.3(中) 20.3(下)	上面より給水 隙間 5mm

表 19 水平隙間の試験結果



試験開始前



試験開始1日後 図 24 緩衝材可視化試験状況(水平隙間#1) (乾燥密度1.6Mg/m<sup>3</sup>、飽和度50%)



61日後



図 25 含水比の深さ方向分布と想定される乾燥密度分布(水平隙間#1)



試験開始1日後 図 26 緩衝材可視化試験状況(水平隙間#2) (乾燥密度1.8Mg/m<sup>3</sup>、飽和度90%)



図 27 含水比の深さ方向分布と想定される乾燥密度分布 (水平隙間#2)



図 28 水の浸潤による緩衝材変化のイメージ

- (5) 観察事項
  - 各試験ともに緩衝材の上面に隙間(5mm)を設け、水の浸潤による挙動を観察した。
     試験開始1日後には膨潤した緩衝材で隙間が満たされている様子が観察された。
  - 各試験ともに試験開始約 60 日後の垂直方向の含水比分布は、上面は飽和していたが下端部では試験開始時と同じであった。

## (6) 水平方向の隙間の浸潤試験の準備と試験状況

これまでの試験より得られた知見などを考慮した、緩衝材の隙間への水の浸潤試験用の装置 を製作した(図 29)。



図 29 水平方向隙間の浸潤試験用緩衝材可視化試験装置

装置に供試体(乾燥密度 1.6Mg/m<sup>3</sup>、飽和度 50%)を準備し、隙間は幅 10mm とした。試験の再現性を確認するため同じ条件のものを 2 つ用意した。供試体中央には円盤状のプレートを 設置し緩衝材の膨潤量をダイヤルゲージで計測することとした(図 30)。

試験は平成26年2月14日に開始した(図31)。緩衝材の膨潤量の経時変化を図32に示 す。水の浸潤に伴い緩衝材は膨潤し、試験開始から約2週間で隙間の半分の5mm程度の膨潤 量がある。これ以降、膨潤量の変化はかなり小さくなっている。また、表面観察では隙間が閉 塞している様子が見られるので、緩衝材の膨潤以外の要因(例えば、緩衝材の流出・堆積の現 象)により隙間が閉塞されたと考えられる。



図 30 試験の準備状況(左:供試体作製、右:隙間および計測機器)



図 31 試験の状況(平成 26 年 2 月 14 日試験開始)



## 2.2.6 見学者体験型の緩衝材実験の実施

「おもしろ科学館 2013 in ほろのべ」において、見学者が体験できる実験として「緩衝材止水 実験」、「緩衝材膨潤実験」を実施した。

緩衝材止水実験の方法を図 33 に、見学者が実験を体験している様子を図 34 に示す。緩衝材 膨潤実験の状況を図 35 に示す。見学者、特に小学生ぐらいの子供には大変好評で、子供や大人 から「おもしろい」「不思議」と言った感想が得られ、緩衝材についての認識や理解が進んだも のと思われる。



①水の入った容器を緩衝材の 入った容器に返す





②容器をゆっくり引き上げる
 ③固まった緩衝材に釘を刺してゆっくり抜く
 図 33 緩衝材の止水実験の方法



④水が漏れないことを確認



図 34 緩衝材の止水実験の状況



図 35 緩衝材膨潤実験の状況

## 2.2.7 まとめ

緩衝材可視化試験によりデータを取得し、水の流速がないような場合は緩衝材の隙間が閉塞す ることが確認できた。

ブロック方式の緩衝材では、水が隙間を浸潤しやすくなり、緩衝材は水に接触するとすぐに膨 潤した。

水平方向の隙間の浸潤試験では、プロトタイプの装置での試験を経て新たな装置を製作した。 これまでの試験の結果から、隙間に水が浸潤すると緩衝材の膨潤とそれ以外の現象により閉塞が 起こることが分かった。また、隙間から離れた位置の緩衝材含水比は試験開始時とほとんど変化 していなかった。今後、さらに条件を変えて隙間閉塞の状況を調査していくことにより、人工バ リアの品質向上に関わる知見が得られると考えられる。

## 2.3 地下での設備の整備

平成 25 年度は、原子力機構の幌延深地層研究センター地下施設を活用した地下での緩衝材回 収試験を想定した実証試験について、必要な試験設備等を考慮した試験実施実現性の可否(地下 施設内の空間内で設備が設置出来るかどうか等)を検討した。

検討に当たっては、原子力機構と調整し幌延深地層研究センターの調査坑道の工事・試験の進 捗状況の確認を行った<sup>21)</sup>。

## 2.3.1 調査坑道の工事・試験の進捗状況

## (1) 調査坑道の工事状況(平成 26 年 1 月 17 日現在)

1) 立坑

①東立坑	:	掘削深度 350.5m
②换気立坑	:	掘削深度 365.5m
③西立坑(維持管理)	:	掘削深度 350.5m

2) 水平坑道

①深度 140m 水平坑道	(維持管理)	: 掘削長 173.6m
②深度 250m 水平坑道	(維持管理)	: 掘削長 178.1m
③深度 350m 水平坑道	(坑道掘削)	: 掘削長 756.1m

#### (2) 地下で実施中の調査・試験

地下で実施中の調査・試験について図 36 に示す。



#### 凶 30 地下他設で美施中および美施ア走の調査・試

## 2.3.2 緩衝材回収試験の検討

幌延深地層研究センター深度 350m 調査坑道における試験坑道 2 を利用し、処分孔竪置き方式 を対象とした実規模スケールでの緩衝材回収試験の実施に向けた制約条件や留意点などについ て検討を行った。

#### (1) 試験坑道2までのアクセス方法と坑道仕様の検討

試験坑道2までの資機材の搬入出ルートは、図37に示すとおりに設定した。

- 地上から地下まで:東立坑
- 立坑下から試験坑道まで:東立坑から試験坑道に至る最短ルート

地上から地下坑道への資機材の搬入には、立坑がアクセスルートとなる。立坑を用いた資機 材の揚重の際、巻上ワイヤーや人キブル設備などとの干渉が問題となり、外形と重量に制約を 受けることになる。また、坑底での受取側の吊荷重について制約が生じることになる。さらに、 坑底から試験箇所までの搬送は、水平坑道が設定されている。坑道は狭隘な空間となり、地上 の開放空間と異なり、揚重作業や運搬作業に制約を及ぼすことになる。



図 37 資機材搬入出ルート

搬出入に用いる立坑(東立坑)、水平坑道(周回坑道)および試験坑道の断面仕様を図 38、 ~図 40 に示す<sup>22)</sup>とともに、表 20 に資機材搬入出に用いる坑道仕様を示す。 JAEA-Research 2014-031





図 39 搬出入に用いる水平坑道(周回坑道)の断面仕様



図 40 試験坑道2の断面仕様

	表	20	資機材搬入出に用いる坑道仕様
--	---	----	----------------

45.送	传送仕堆	搬入出条件		相击,枷头子计	
小坦	小坦江饻	形状	重量	「物里・版达力法」	
□立坑 地上~地下間の搬送	φ6.5m	外寸:2.8×3.0m 長さ:5m 程度	8t	立坑(揚重荷重 8t) 坑口移動台車 8t	
□ 立坑下 周回坑道での資機材搬送に向け た積替え	高さ H 約 4.5m	外寸:φ8m 長さ:5m 程度	4t	トロリー (揚重荷重 2t×2 基)	
周回坑道 立坑下〜試験坑道間の搬送	高さ H 約 3.0m	高さ:2.0m 幅 :3.0m 長さ:4m 程度	4t	トロリー (搬送荷重 2t×2 基)	
試験坑道入口 試験坑道内での資機材搬送に向 けた積替え	高さ H 約 3.0m	高さ:2.0m 幅 :3.0m 長さ:5m 程度	4t	トロリー (揚重荷重 2t×2 基)	
試験坑道 試験坑道内での資機材運搬	高さ H 約 4.0m	高さ:2.2m 幅 :3.2m 長さ:4m 程度	4t	トロリー (搬送荷重 2t×2 基)	

資機材の搬出入に対する各坑道の制約のうち、周回坑道(2.0m×3.0m×4m、重量 4t)が、 最も制限を受ける条件となる。また、試験坑道(2.2m×3.2m×5m、重量 4t)の制約が試験実 施時に制約を受ける条件となる。表 21に地下での実規模スケール試験計画を立案するにあた っての制約条件をまとめた。

	っよい表直祖立时の前約			
☆計タ <i>州</i>	搬入出条件			
使討朱叶	形状	揚重重量		
①搬入出、組立作業に対する制約条件	高さ 2.0m、幅 3.0m、長さ 4m	4t		
<ul><li>②試験実施に対する制約条件</li><li>(試験坑道での制約)</li></ul>	高さ 2.2m、幅 3.2m、長さ 5m	4t		

表 21 搬入出および装置組立時の制約

(2) 実規模スケールでの緩衝材回収試験の実施に際しての留意事項

#### 1) 模擬試験孔の整備

試験を実施するため、模擬試験孔の整備が必要となる。模擬処分孔は、図 41 に示すよう な第2次取りまとめ<sup>5</sup>の寸法に準拠し、坑道底面からの深さ4,130mmを確保するものとした。



図 41 模擬処分孔の仕様例

#### 2) 試験体の準備

a. 模擬廃棄体(オーバーパック)の搬入出と設置に係る留意事項

実規模スケール試験に用いる模擬廃棄体の寸法(直径  $\phi$  820 mm、長さ 1,730 mm)は、試験 坑道 2 への搬入出や設置作業を行うことが可能な範囲である。しかし、模擬廃棄体の重量(6.1t) は、制約条件(表 21 の①、②)を越えているため、坑道に付帯する搬送・揚重設備を用い て模擬廃棄体の搬入出や模擬処分孔へ設置することが困難である。

実規模スケール(寸法・重量)とした試験を行うためには、以下の2つの方策が考えられる。

(i) 分割(例えば2分割)して地上から搬入出し、試験孔内で組み合わせる。

(ii) 一体のままで立坑により地上から地下へ搬入出した後、地下坑道内では模擬廃棄体

の搬入出と試験孔内へ設置する装置を別途準備する。

b. 緩衝材の搬入出と設置に係る留意事項

実規模スケール試験に用いる緩衝材の寸法と重量は、分割することにより坑道への搬入出 や試験作業を行うことが可能な範囲である。なお、模擬処分孔への設置は、真空把持による 分割した緩衝材ブロックを設置する方法や、鋼殻を付けた緩衝材リングについて真空把持と 合わせて鋼殻部を把持して設置する方法などが考えられる。

#### 3) 緩衝材回収装置の搬入出と設置に係る留意事項

実規模スケール試験に用いる坑道における制約条件(表 21 の①, ②)があるため、地上で 組立後、装置一体で地下へ搬入出することは困難である。そのため、実規模スケールでの試験 の実施に際しては、これら制約条件を踏まえた装置の製作、若しくは坑道径の拡張が必要とな る。

#### 2.3.3 まとめ

実規模スケールでの緩衝材回収試験に関しては、立坑及び水平坑道の仕様や揚重設備などの制 約条件を踏まえた詳細な検討が必要であるが、第2次取りまとめに準拠した坑道仕様に適用する ことを条件とした場合、深度 350m 調査坑道及び試験坑道2では、第2次取りまとめの坑道断面 より狭隘な空間となり、試験に使用する装置の搬入出だけではなく、装置自体の設置が難しいこ とがわかった。したがって、地下環境下における実規模の緩衝材回収試験の実施に向けては、装 置の設計、あるいは坑道の拡張などを考慮した計画の検討が必要である。

## 3. まとめ

平成 25 年度に実施した、原環センターとの共同研究「地層処分実規模設備整備事業における 工学技術に関する研究」において、以下の成果を得た。

- ▶ 緩衝材定置(実証)試験を実施し、定置精度等を確認した。
- ▶ 緩衝材可視化試験を実施し、ブロック式緩衝材では水が隙間を浸潤しやすく、緩衝 材は水に接触すると直ぐに膨潤することを確認した。
- 緩衝材可視化試験において、水平方向隙間の閉塞試験について検討し、試験装置を 製作した。
- 緩衝材回収試験について、幌延深地層研究センターの調査坑道の仕様を基に試験装置の搬入ルートや揚重設備による制限等を検討した。

今後、「地層処分実規模設備整備事業」の進捗に伴い、地下施設での試験設備の整備、試験に ついて検討が必要である。

## 参考文献

- 総合資源エネルギー調査会電気事業分科会原子力部会放射性廃棄物小委員会:報告書中間取りまとめ「~最終処分事業を推進するための取組の強化策について~」(平成19年11月1日) (2007).
- 2) 核燃料サイクル開発機構: 深地層研究所(仮称)計画(平成 10 年 10 月), JNC TN1410 98-002, (1998).
- 3)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の技術的信頼性-地 層処分研究開発第2次取りまとめ-総論レポート,JNC TN1400 99-020(1999).
- 4) 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の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-分冊1 わが国の地質環境.JNC TN1400 99-021(1999).
- 5) 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の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-分冊2 地層処分の工学技術,JNC TN1400 99-022(1999).
- 6) 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の技術的信頼性-地層処分研究開発第2次取りまとめ-分冊3 地層処分システムの安全評価,JNC TN1400 99-023(1999).
- 7) 原子力環境整備促進・資金管理センター:平成 20 年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費 地層処分実規模整備事業 報告書(2009).
- 8) 中司昇,畑中耕一郎,佐藤治夫,杉田裕,中山雅,宮原重憲,朝野英一,齋藤雅彦,須山泰 宏,林秀郎,本田ゆう子,菱岡宗介:地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する 研究-平成 20 年度成果報告-(共同研究), JAEA-Research 2009-044(2010),53p.
- 9) 原子力環境整備促進・資金管理センター:平成21年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費 地層処分実規模整備事業 報告書(2010).
- 10) 中司昇,畑中耕一郎,佐藤治夫,杉田裕,中山雅,宮原重憲,朝野英一,齋藤雅彦,須山泰 宏,林秀郎,本田ゆう子,菱岡宗介:地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する 研究・平成21年度成果報告-(共同研究), JAEA-Research 2010-060 (2011), 50p.
- 11) 原子力環境整備促進・資金管理センター:平成 22 年度核燃料サイクル関係推進調整等委託 費 地層処分実規模整備事業 報告書(2011).
- 12) 原子力環境整備促進・資金管理センター:平成 23 年度核燃料サイクル関係推進調整等委託 費 地層処分実規模整備事業 報告書(2012).
- 13) 中司昇,畑中耕一郎,佐藤治夫,杉田裕,中山雅,朝野英一,齋藤雅彦,須山泰宏,林秀郎, 本田ゆう子,菱岡宗介:地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究・平成22 年度成果報告・(共同研究), JAEA-Research 2013-026 (2013), 57p.
- 14) 中司昇,佐藤治夫,棚井憲治,杉田裕,中山雅,澤田純之,新沼寛明,朝野英一,齋藤雅彦, 吉野修,塚原成樹,菱岡宗介:地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究-平成 23 年度成果報告-(共同研究), JAEA-Research 2013-027 (2013), 34p.
- 15)原子力環境整備促進・資金管理センター:平成24年度核燃料サイクル関係推進調整等委託費 地層処分実規模整備事業 報告書(2013).
- 16) 中司昇,佐藤治夫,棚井憲治,中山雅,澤田純之,朝野英一,齋藤雅彦,吉野修,塚原成樹, 菱岡宗介,小林正人:地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究-平成24 年度成果報告-(共同研究), JAEA-Research 2013-034 (2014), 70p.
- 17) 原子力発電環境整備機構:地層処分事業の安全性確保(2010年度版)ー確かな技術による 安全な地層処分の実現のために-, NUMO-TR-11-01 (2011).
- 18) (公財)原子力環境整備促進・資金管理センター:平成24年度地層処分技術調査等委託費高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム工学要素技術高度化開発報告書(第2分冊)-人工バリア品質評価技術の開発-,平成25年3月(2013).
- 19) 松本一浩、棚井憲治: 緩衝材の流出/侵入特性(II)-幌延地下水(HDB-6 号孔)を用いた緩衝材 の侵入特性評価-, JNC-TN8400 2004-026 (2005).

- 20) 杉田裕, 菊池広人, 棚井憲治: 人工バリアにおける緩衝材の 隙間膨潤挙動に関する基礎試験(II), JNC-TN8430 2003-007 (2003).
- 21) 幌延深地層研究センターホームページ: http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/
- 22) 日本原子力研究開発機構:幌延深地層研究計画 地下研究施設整備(第Ⅱ期) 等事業設計図 集 http://www.jaea.go.jp/02/compete/pfi/pfi.html (2010).

表 1. SI 基本単位						
甘大昌	SI 基本ì	単位				
盔半里	名称	記号				
長さ	メートル	m				
質 量	キログラム	kg				
時 間	秒	s				
電 流	アンペア	Α				
熱力学温度	ケルビン	Κ				
物質量	モル	mol				
光 度	カンデラ	cd				

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単	11101列
SI 基本単位	
名称	記号
面 積平方メートル	m <sup>2</sup>
体 積 立法メートル	m <sup>3</sup>
速 さ , 速 度 メートル毎秒	m/s
加 速 度メートル毎秒毎秒	m/s <sup>2</sup>
波 数 毎メートル	m <sup>-1</sup>
密度,質量密度キログラム毎立方メートル	kg/m <sup>3</sup>
面積密度キログラム毎平方メートル	kg/m <sup>2</sup>
比体積 立方メートル毎キログラム	m <sup>3</sup> /kg
電 流 密 度 アンペア毎平方メートル	A/m <sup>2</sup>
磁 界 の 強 さアンペア毎メートル	A/m
量 濃 度 <sup>(a)</sup> , 濃 度 モル毎立方メートル	mol/m <sup>8</sup>
質量濃度 キログラム毎立法メートル	kg/m <sup>3</sup>
輝 度 カンデラ毎平方メートル	cd/m <sup>2</sup>
屈 折 率 <sup>(b)</sup> (数字の) 1	1
比 透 磁 率 (b) (数字の) 1	1
(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野で	は物質濃度
(substance concentration) ともよげれる	

(b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

#### 表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

			SI 租工单位	
組立量	名称	記号	他のSI単位による 表し方	SI基本単位による 表し方
平 面 負	自 ラジアン <sup>(b)</sup>	rad	1 (в)	m/m
立 体 自	コステラジアン <sup>(b)</sup>	sr <sup>(c)</sup>	1 (b)	$m^{2/}m^2$
周 波 数	なヘルツ <sup>(d)</sup>	Hz	-	s <sup>-1</sup>
力 力	ニュートン	Ν		m kg s <sup>-2</sup>
压力,応力	パスカル	Pa	N/m <sup>2</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
エネルギー,仕事,熱量	± ジュール	J	N m	$m^2 kg s^2$
仕事率,工率,放射,	ミワット	W	J/s	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
電荷、電気量	と クーロン	С		s A
電位差(電圧),起電力	ゴボルト	V	W/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-1}$
静電容量	コアラド	F	C/V	$m^{-2} kg^{-1} s^4 A^2$
電気抵抗	1オーム	Ω	V/A	$m^2 kg s^{-3} A^{-2}$
コンダクタンス	、ジーメンス	s	A/V	$m^{-2} kg^{-1} s^3 A^2$
磁 身	E ウエーバ	Wb	Vs	$m^2 kg s^2 A^1$
磁束密厚	E テスラ	Т	Wb/m <sup>2</sup>	$\text{kg s}^{2} \text{A}^{1}$
インダクタンス	ペーンリー	Н	Wb/A	$m^2 kg s^{-2} A^{-2}$
セルシウス温厚	モ セルシウス度 <sup>(e)</sup>	°C		K
光 剪	ミルーメン	lm	cd sr <sup>(c)</sup>	cd
照月	E ルクス	lx	lm/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> cd
放射性核種の放射能 <sup>(f)</sup>	ベクレル <sup>(d)</sup>	Bq		s <sup>-1</sup>
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 s^{-2}$
線量当量,周辺線量当量,方向 性線量当量,個人線量当量	) シーベルト <sup>(g)</sup>	Sv	J/kg	$m^2 s^{-2}$
酸素活性	も カタール	kat		s <sup>-1</sup> mol

酸素活性(カタール) kat [s<sup>1</sup> mol
 (a)SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはや ュヒーレントではない。
 (b)ラジアンとステラジアンは数字の1に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の1は明 示されない。
 (a)測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。
 (a)へルツは周頻現象についてのみ、ペラレルは放射性核種の統計的過程についてのみ使用される。
 (a)やレシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。やレシウス度とケルビンの
 (b)からさは同一である。したがって、温度差や理慮問摘を決す数値はどもらの単位で表しても同じである。
 (b)放射性核種の放射能(activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。
 (g)単位シーベルト(PV,2002,70,205) についてはCIPM動音2 (CI-2002) を参照。

#### 表4.単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

	SI 組立単位				
組立量	名称	記号	SI 基本単位による 表し方		
粘度	パスカル秒	Pa s	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-1</sup>		
カのモーメント	ニュートンメートル	N m	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>		
表 面 張 九	リニュートン毎メートル	N/m	kg s <sup>-2</sup>		
角 速 度	ラジアン毎秒	rad/s	m m <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> =s <sup>-1</sup>		
角 加 速 度	ラジアン毎秒毎秒	$rad/s^2$	$m m^{-1} s^{-2} = s^{-2}$		
熱流密度,放射照度	ワット毎平方メートル	$W/m^2$	kg s <sup>-3</sup>		
熱容量、エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 kg s^{2} K^{1}$		
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	$m^2 s^{-2} K^{-1}$		
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 s^{-2}$		
熱伝導率	「ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s <sup>-3</sup> K <sup>-1</sup>		
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m <sup>3</sup>	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>		
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>		
電 荷 密 度	クーロン毎立方メートル	C/m <sup>3</sup>	m <sup>-3</sup> sA		
表 面 電 荷	「クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>-2</sup> sA		
電 束 密 度 , 電 気 変 位	クーロン毎平方メートル	C/m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> sA		
誘 電 卒	「ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} kg^{-1} s^4 A^2$		
透 磁 率	ミ ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>		
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 kg s^2 mol^1$		
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	$m^2 kg s^2 K^1 mol^1$		
照射線量(X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg <sup>-1</sup> sA		
吸収線量率	ダレイ毎秒	Gy/s	$m^2 s^{-3}$		
放 射 強 度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 m^{2} kg s^{3}=m^2 kg s^{3}$		
放 射 輝 度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 sr)$	m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> kg s <sup>-3</sup> =kg s <sup>-3</sup>		
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m <sup>3</sup>	$m^{-3} s^{-1} mol$		

表 5. SI 接頭語							
乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号		
$10^{24}$	<b>э</b> 9	Y	10 <sup>-1</sup>	デシ	d		
$10^{21}$	ゼタ	Z	$10^{-2}$	センチ	с		
$10^{18}$	エクサ	E	$10^{-3}$	ミリ	m		
$10^{15}$	ペタ	Р	$10^{-6}$	マイクロ	μ		
$10^{12}$	テラ	Т	$10^{-9}$	ナノ	n		
$10^{9}$	ギガ	G	$10^{-12}$	ピ <sub>コ</sub>	р		
$10^{6}$	メガ	M	$10^{-15}$	フェムト	f		
$10^{3}$	+ 1	k	$10^{.18}$	アト	а		
$10^{2}$	ヘクト	h	$10^{-21}$	ゼプト	z		
$10^{1}$	デ カ	da	$10^{.24}$	ヨクト	v		

表6.SIに属さないが、SIと併用される単位				
名称	記号	SI 単位による値		
分	min	1 min=60s		
時	h	1h =60 min=3600 s		
日	d	1 d=24 h=86 400 s		
度	•	1°=(п/180) rad		
分	,	1'=(1/60)°=(п/10800) rad		
秒	"	1"=(1/60)'=(п/648000) rad		
ヘクタール	ha	1ha=1hm <sup>2</sup> =10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>		
リットル	L, 1	1L=11=1dm <sup>3</sup> =10 <sup>3</sup> cm <sup>3</sup> =10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>		
トン	t	$1t=10^{3}$ kg		

## 表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で

表される奴値が実験的に停られるもの					
名称				記号	SI 単位で表される数値
電	子 치	ドル	ŀ	eV	1eV=1.602 176 53(14)×10 <sup>-19</sup> J
ダ	ル	ŀ	$\sim$	Da	1Da=1.660 538 86(28)×10 <sup>-27</sup> kg
統-	一原子	質量単	〔位	u	1u=1 Da
天	文	単	位	ua	1ua=1.495 978 706 91(6)×10 <sup>11</sup> m

#### 表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=10 <sup>5</sup> Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1mmHg=133.322Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=100pm=10 <sup>-10</sup> m
海 里	M	1 M=1852m
バーン	b	$1 \text{ b}=100 \text{ fm}^2=(10^{-12} \text{ cm})2=10^{-28} \text{m}^2$
ノット	kn	1 kn=(1852/3600)m/s
ネーバ	Np	の単位しの教徒的な関係は
ベル	В	対数量の定義に依存。
デジベル	dB -	

#### 表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値	
エルグ	erg	1 erg=10 <sup>-7</sup> J	
ダイン	dyn	1 dyn=10 <sup>-5</sup> N	
ポアズ	Р	1 P=1 dyn s cm <sup>-2</sup> =0.1Pa s	
ストークス	St	$1 \text{ St} = 1 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} = 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$	
スチルブ	sb	$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd } \text{ cm}^{\cdot 2} = 10^4 \text{ cd } \text{ m}^{\cdot 2}$	
フォト	ph	1 ph=1cd sr cm <sup>-2</sup> 10 <sup>4</sup> lx	
ガ ル	Gal	1 Gal =1cm s <sup>-2</sup> =10 <sup>-2</sup> ms <sup>-2</sup>	
マクスウェル	Mx	$1 \text{ Mx} = 1 \text{ G cm}^2 = 10^{-8} \text{Wb}$	
ガウス	G	$1 \text{ G} = 1 \text{Mx cm}^{-2} = 10^{-4} \text{T}$	
エルステッド <sup>(c)</sup>	Oe	1 Oe ≙ (10 <sup>3</sup> /4π)A m <sup>-1</sup>	
(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≦ 」			

は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例					
	名称			記号	SI 単位で表される数値
キ	ユ	IJ	ĺ	Ci	1 Ci=3.7×10 <sup>10</sup> Bq
$\scriptstyle  u$	ン	トゲ	$\sim$	R	$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{C/kg}$
ラ			ド	rad	1 rad=1cGy=10 <sup>-2</sup> Gy
$\scriptstyle  u$			ム	rem	1 rem=1 cSv=10 <sup>-2</sup> Sv
ガ		$\sim$	7	γ	1 γ =1 nT=10-9T
フ	T.	ル	"		1フェルミ=1 fm=10-15m
メー	ートル	系カラ	ット		1メートル系カラット = 200 mg = 2×10-4kg
ŀ			N	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標	準	大 気	圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
力		IJ	ļ	cal	1cal=4.1858J(「15℃」カロリー), 4.1868J (「IT」カロリー) 4.184J(「熱化学」カロリー)
3	カ	17	~		$1 = 1 = 10^{-6}$ m