

人工バリア等の性能保証に関わる研究の サイクル機構における取り組み

(研究報告)

2004年2月

核燃料サイクル開発機構
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

電話：029-282-1122（代表）

ファックス：029-282-7980

電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2004

人工バリア等の性能保証に関わる研究のサイクル機構における取り組み

(研究報告)

川上 進*, 油井三和*, 栗原雄二**, 神徳 敬*, 杉田 裕*

要 旨

国が策定する安全基準・指針等に資するために、今後の研究開発により得られる成果がどのように反映されるかを明確とするための検討が行われ、他のサイクル機構技術資料として報告されている。その報告では、高レベル放射性廃棄物の地層処分において、処分場における長期的安全性の観点から人工バリア等の処分施設を構成する各要素の性能を保証する項目を抽出し、さらに、これらの項目について具体的にどのように性能保証するのかを示し、今後取り組みが必要と考えられる課題を整理している。

本報告では、人工バリア材料であるオーバーパック、緩衝材に対して整理された各課題に関して、サイクル機構における現在の取り組み状況について取りまとめた。

* 東海事業所 環境保全センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ
** 東海事業所 環境保全センター 処分研究部 システム解析グループ

Activity of studies on the performance guarantee of the engineering barrier system for the geological disposal of high-level radioactive waste

(Research Document)

Susumu KAWAKAMI*, Mikazu YUI*, Yuji KURIHARA**,
Takashi JINTOKU* and Yutaka SUGITA*

Abstract

In order to contribute to the safety standards and guidelines upon which a administration decides, examination for clarifying how to reflect the result obtained by future R&D was performed in other reports, as the JNC technical reports. In those reports, from a viewpoint of the long-term safety on geological disposal of high-level radioactive waste, the items which should guarantee the performance of each element of the repository were extracted, and it was shown how to guarantee the performance about these items. Furthermore, future R&D requirements were extracted.

In this report, the status of each subject in JNC was reported.

* Barrier performance group, Waste isolation research division,
Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

** Repository system analysis group, Waste isolation research division,
Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

目 次

1. はじめに	1
2. 目的.....	2
3. 取り組み状況の調査・整理.....	2
3.1 性能保証項目（案）の整理で抽出された今後の課題.....	2
3.2 実施の方法とその状況	5
3.2.1 オーバーパック	5
3.2.2 緩衝材	10
4. おわりに	18
参考文献.....	19

表 目 次

表 3.1-1	オーバーパックに係わる性能保証項目（案）	3
表 3.1-2	緩衝材に係わる性能保証項目（案）	4
表 3.2-1	オーバーパックの性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（1/2）	8
表 3.2-2	オーバーパックの性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（2/2）	9
表 3.2-3	緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（1/4）	14
表 3.2-4	緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（2/4）	15
表 3.2-5	緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（3/4）	16
表 3.2-6	緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法（4/4）	17

図 目 次

図 3.2-1	乾燥密度 1.6g/cm ³ ，ケイ砂混合率 30%の緩衝材中における炭素鋼の不動態化条件	7
図 3.2-2	弱アルカリ性～アルカリ性環境における炭素鋼の孔食係数	7
図 3.2-3	人工海水および蒸留水における有効粘土密度と透水係数の関係	13

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制に関しては、その基本的考え方が「高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第1次報告）」（原子力安全委員会、2000）として公表され、ここでは、実施主体が行う処分事業の進展に合わせて安全の確認が適切に行われるように、安全審査、安全確認等に係る指針・技術基準を策定していくこととし、安全基準・指針等の策定に関するスケジュールが示されている。

これらの安全規制に係わる指針・基準を策定するための技術情報は、安全基準・指針の策定スケジュールに合わせて整備しておく必要があり、既存のものおよび今後の研究開発により取得する必要があるものもある。「特性放射性廃棄物の最終処分に係る基本方針」（通商産業省、2000）では、国および関係機関は、最終処分の安全規制・安全評価のために必要な研究開発を積極的に進めていくことを求めている。

このような背景を受けて、川上ほか（2003）と杉田ほか（2003a）の検討（以下、「進め方と反映先報告書」とする）では、処分場を構成する要素である、オーバーパック、緩衝材、埋め戻し材、プラグ、アクセス・連絡・主要・処分の各坑道、処分孔等について、処分場の長期的安全性の観点から性能を保証すべき項目（以下、性能保証項目（案）とする）を抽出し、さらに、これら項目に対して保証するために必要な具体的評価方法・評価に必要なデータベースと今後取り組むべき課題の整理を行った。

現在、核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構とする）では、「全体計画」（サイクル機構 研究開発課題評価委員会、2001）に沿った研究開発を進めている（サイクル機構、2003）。これら研究開発は、サイクル機構で現在取り組んでいる、または取り組む予定のものであり、これらの成果は、安全規制に係わる指針・基準の策定に資する基盤的技術情報となるとともに、実施主体が進める処分事業へも反映されるものと考えられる。

本検討では、「進め方と反映先報告書」で示された課題がサイクル機構においてどのように取り組まれているかを示すために、各課題に対して「全体計画」に基づき進められている研究開発の具体的内容（データ取得、モデル・評価手法の開発等）を位置付けた。これにより、長期的安全性の観点から抽出した性能保証項目（案）とサイクル機構における具体的研究開発との関係が明確となった。この取り組み状況、取り組み計画は、今後の処分事業の進展や安全基準・指針の策定等で必要となる処分技術の基盤情報となるものである。

2. 目的

本検討では、「進め方と反映先報告書」での性能保証項目（案）・課題等の抽出・整理に引き続き、各項目・課題に対してのサイクル機構における具体的取り組み状況を取りまとめる。

検討の対象としては、処分場を構成する要素であるオーバーパック、緩衝材、埋め戻し材、プラグ、アクセス・連絡・主要・処分の各坑道、処分孔であるが、本報告ではオーバーパック、緩衝材についての検討結果を示し、埋め戻し材、プラグ、アクセス・連絡・主要・処分の各坑道、処分孔については別報で報告する。

3. 取り組み状況の調査・整理

3.1 性能保証項目（案）の整理で抽出された今後の課題

処分場の長期的安全性を確保するためには、人工バリア等の処分場を構成する各要素に対して期待する性能が確実に発揮されることを評価等により保証する必要がある。「進め方と反映先報告書」では、この性能保証すべき項目（性能保証項目（案））について抽出および整理を行っている。これらの項目の抽出および整理は、

- 1) 何を保証すべきか
- 2) それをどのように保証（評価）するか
- 3) 評価にあたり今後の課題は何か

を想定して検討し、その結果は「進め方と反映先報告書」に整理表としてまとめられている。ここで、「進め方と反映先報告書」で抽出されたオーバーパックおよび緩衝材に関する性能保証項目（案）をそれぞれ表 3.1-1, 3.1-2 に示す。表でわかるように、性能保証項目（案）が処分場における時間の経過とともに変化することを考慮して項目を抽出し、また、この性能保証項目（案）に対してどのように保証するのか、その評価内容等を具体的に示した。さらに、第 2 次取りまとめ（サイクル機構、1999）で示されている情報を現状として、評価内容と現状との差異を今後の課題として示した。これらを上述の整理表として取りまとめた。ただし、表 3.1-1, 3.1-2 の(*)で示した性能保証項目（案）については、施工管理的なもの、耐震性能に関わるものとして別の整理をしており、本検討でも取り扱わないこととする。

表 3.1-1 オーバーパックに係わる性能保証項目（案）

処分場における時間軸	何を性能保証するか（性能保証項目）	
	役割	基準のポイント
作業中～埋め戻し	ガラス固化体を内包し外部から隔離する（埋設前）	<p>内空寸法は固化体キャニスタに適切なものであること （過大・過小でない・封入作業に影響を与えない・搬送時固化体に機械的損傷を与えない等）</p> <p>気密性を有し、それを確認すること</p> <p>運搬時、埋設時、事故時、気密性を損なわれないよう、運搬時の荷重に対して十分な強度を有すること</p>
	放射線管理のため、ガラス固化体の放射線を遮蔽する	<p>オーバーパックと作業設備を組み合わせで適切な遮蔽をすること （オーバーパック単独で遮蔽すると厚さが必要以上に厚くなる）</p>
埋め戻し後	ガラス固化体を内包し外部から隔離する	<p>埋設後（緩衝材膨潤前）、水密性を損なわれないよう埋設後の荷重に対してオーバーパック寿命期間中の腐食量を考慮した上で十分な耐圧性を有すること</p> <p>地震時、水密性を損なわれないよう埋設後の荷重に対して十分な強度を有すること(*)</p> <p>腐食に対して所定の期間、水密性を維持するため、地下環境条件において必要な腐食寿命を有すること</p>
	放射線遮蔽（地下水の放射線分解等の防止）	放射線による影響（地下水の放射線分解により発生する酸化性化学種のオーバーパックの腐食への影響等）を与えないよう、適切な遮蔽を考慮すること
オーバーパック破損後	ガラス固化体周りに放射性物質が溶けにくい環境を作る	ガラス固化体周りに還元性環境を作ること

(*)：整理表では別表とした項目

表 3.1-2 緩衝材に係わる性能保証項目（案）

処分場における時間軸	何を性能保証するか（性能保証項目）		
	役割	基準のポイント	
廃棄体定置時～埋め戻し	廃棄体を内包する(*)		
	廃棄体を支持する	廃棄体からの荷重に対して有意な影響を受けないこと(*)	
埋め戻し	廃棄体からの放射線を遮蔽する	廃棄体からの放射線に配慮されていること	
緩衝材膨潤中～膨潤後	カバーパックが所定の寿命を達成できる環境を維持する	顕著な不均一腐食を生じない環境を維持するとともに還元性環境を維持すること	
		微生物などによる顕著な腐食速度の増加が生じない環境を維持すること	
	放射性核種の移行を抑制する	水みちが形成されず、緩衝材厚さが一定以上減少しないこと	廃棄体を支持するとともに緩衝材の顕著な厚みの減少を防止すること
			地震で有意な影響を受けないこと(*)
			十分な膨潤能力（応力、ひずみ）を有すること
			膨潤能力、力学特性が劣化しないこと、あるいは劣化評価が可能なこと
			施工時のすき間を吸収すること
			腐食膨張によるせん断応力で有意な影響を受けないこと
			緩衝材が破壊しない十分な変形能を有すること(*)
			ガス発生により有意な影響を受けないこと
			岩盤クリープで有意な影響を受けないこと
		地下水の移動を抑制すること	低透水性であること
			緩衝材の密度を十分な範囲に維持すること
			特性が著しく劣化しないことあるいは劣化評価が可能なこと
		地下水化学の変動を緩和すること	化学的緩衝性を有すること
			特性が著しく劣化しないことあるいは劣化評価が可能なこと
		核種のコロイドをろ過すること	
	溶解した核種の移行を遅延すること		収着性を有すること
			特性が著しく劣化しないこと、あるいは劣化評価が可能なこと
	岩盤を保護する	岩盤が破壊して水みちが形成されないこと	

(*)：整理表では別表とした項目

3.2 実施の方法とその状況

3.1 の性能保証項目に対して抽出・整理された各課題について、サイクル機構における取り組み状況として、「実施中」および「計画中」の2つに分け、具体的な実施の方法として整理する。整理においては、第2次取りまとめ以降に公開された技術資料等、最新の情報に基づいて行う。なお、サイクル機構において関連する研究が実施されておらず、かつ他の研究機関において研究が行われている課題については、「JNC 以外の機関での実施が適切」として整理する。

また、実施計画を検討している幌延の深地層の研究施設を利用した原位置試験についても計画中として整理する。ここで、計画されている原位置試験では第2次取りまとめで人工バリアの埋設後の長期挙動評価として取り上げられた事項に基づき、人工バリアの長期挙動評価に関する試験として5項目、建設・操業・閉鎖の工学技術に関する試験として3項目が選定されている（サイクル機構、2003）。選定された試験を以下に示す。

【人工バリアの長期挙動評価に関する試験】

- －人工バリア試験（熱・水・応力・化学連成試験）
- －緩衝材／岩盤クリープ試験
- －ガス移行挙動試験
- －オーバーパック腐食試験
- －セメント影響試験

【建設・操業・閉鎖の工学技術に関する試験】

- －低アルカリ性コンクリート施工性確認試験
- －定置精度確認試験
- －坑道閉鎖試験

実施の方法については、できるだけ課題の詳細内容との対比が分かるように整理する。なお、試験項目、内容について検討が続けられているところであり、今後変更される可能性はある。

3.2.1 オーバーパック

オーバーパックにおける課題に対する実施の方法を表 3.2-1～表 3.2-2 に示す。ここで、操業中～埋め戻し期間におけるオーバーパックの封入や定置に関連するハード技術開発に強く依存する課題については、サイクル機構における実施は考えられていない。他の研究機関としては、原子力環境整備促進・資金管理センターにて要素技術に関する詳細な検討が実施されている（原子力環境整備促進・資金管理センター、2002、2003）。

表中で、サイクル機構で実施中（データ取得、モデル・評価手法の開発等）とした項目に関して、個々の最近での取り組みについて概要を以下に示す。概要に附した番号は、実施の方法毎に附した番号（取組概要の欄を参照）である（表 3.2-1～表 3.2-2）。また、一例として OP1 の一部（コンクリート（高 pH 化）影響）について、研究の進展程度を示す具体的データ、評価内容を紹介する。

(1) 概要 OP1～OP4【埋め戻し後】

- ・ OP1：炭素鋼の地下環境条件に対する腐食挙動に関する研究として、堆積岩系岩盤等における支保工の施工を考慮したコンクリート共存環境（高 pH 化）の影響や緩衝材仕様の変化による不動態化への影響等に関する腐食試験によるデータ取得を行っている（谷口ほか，2002，2003）。また，短期試験に基づく腐食寿命評価の結果を補完するものとして考古学的鉄製品の調査によるナチュラルアナログ研究を実施し，数百年オーダーの腐食に関わる知見を蓄積している（サイクル機構，2003）。
- ・ OP2：銅の地下環境条件に対する腐食挙動に関する研究として，処分開始初期の酸化性環境における銅の腐食形態に及ぼす地下水組成等の環境因子の影響に関する腐食試験によるデータ取得を行っている（川崎ほか，2002）。また，還元性環境における硫化物等の影響についての腐食試験を行っている。
- ・ OP3：チタンの地下環境条件に対する腐食挙動に関する研究として，還元性環境におけるチタンの不動態皮膜の安定性，水素吸収挙動等に関する腐食試験によるデータ取得を行っている（鈴木ほか，2003）。また，水素脆化生起条件に関わる検討も行っている。
- ・ OP4：放射線による腐食への影響として，第2次取りまとめにおいては放射線によりオーバーパック周辺の地下水が分解されて生成する酸化性化学種がオーバーパックの腐食に影響を及ぼさないように，オーバーパック遮へい厚さを求めた（サイクル機構，1999）。現状においては，サイクル機構において模擬放射線等を用いた試験は計画されておらず，既存の文献等の調査を行う計画である。

(2) 概要 OP5【オーバーパック破損後】

- ・ OP5：オーバーパックの腐食挙動に影響を与える地下環境（Eh，pH，緩衝材間隙水化学等）について，予測評価を可能とする解析モデルの開発を行なっている。ここでは，人工バリアを中心としたニアフィールドにおける熱的，水理学的，力学的，化学的プロセスの相互影響の時間的／空間的変遷を把握するための数値実験を目的として，熱・水・応力・化学連成挙動解析モデルの構築を目指している（伊藤ほか，2002，2003）。

(3) 取組状況の詳細例（OP1：コンクリート影響）

炭素鋼腐食挙動に関する研究では，軟岩系岩盤などでの処分を想定してコンクリート製支保工による腐食形態，腐食局在化等への影響を確認する必要がある。炭素鋼の腐食形態の確認として，炭素鋼試験片を埋め込んだ緩衝材にセメントと接触させた水溶液等を浸潤させる電気化学試験を行った。図 3.2-1 に試験の結果を示すが，緩衝材に浸潤させる水の pH が約 13 以下で全面腐食となった（谷口ほか，2002）。また，腐食局在化への影響として，セメント材料（普通ポルトランドセメント，低アルカリ性セメント）と接触した溶液および弱アルカリ性～アルカリ性の炭酸塩水溶液（炭酸塩濃度 0.1M 以下，pH 約 8.5～13）を用いて試験

を行った。図 3.2-2 に試験の結果と全面腐食の評価に用いたデータ（石川ほか，1992）を合せて示す。結果から，高 pH 環境における孔食係数は，約 0.1mm 以上の腐食量において全面腐食での値とほぼ同程度になることがわかった。これらの結果より，炭素鋼は普通ポルトランドセメントとの共存による高 pH 環境において不動態化する可能性はあるが，腐食寿命に影響を及ぼすような腐食局在化には至らないと評価されている。ただし，高 pH 環境での炭素鋼の応力腐食割れ感受性についての評価が今後の課題であり，実験的な検討を行う予定である。

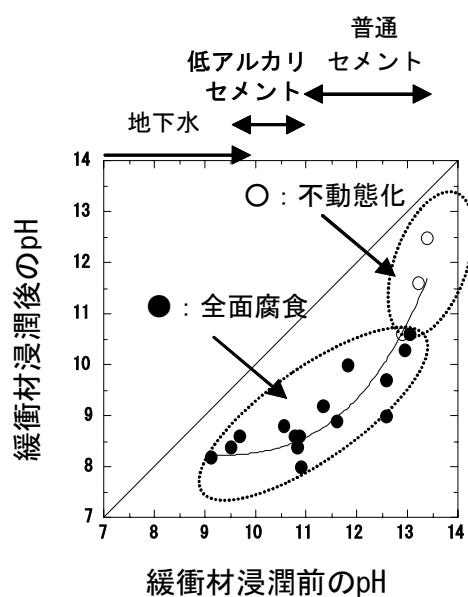


図 3.2-1 乾燥密度 1.6g/cm³，ケイ砂混合率 30%の緩衝材中における炭素鋼の不動態化条件

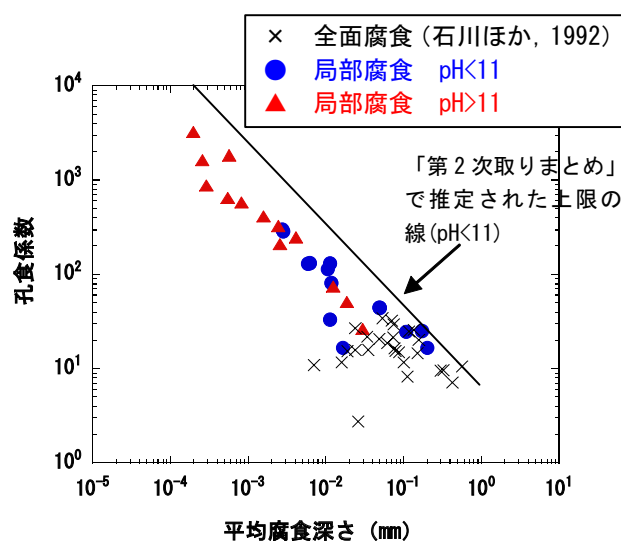


図 3.2-2 弱アルカリ性～アルカリ性環境における炭素鋼の孔食係数

表 3.2-1 オーバーパッキングの性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法 (1/2)

時期	役割	何を性能保証するか (基準の内容)	設計の要件	どう保証するのか (方法、解説)	今後の課題	実施の方法	取組概要
操業中、埋め戻し	ガラス固化体を内包し外部から隔離する (埋設前)	内空寸法は固化体キャニスタに適切なものであること (過大・過小でない・封入作業に影響を与えない・搬送時固化体に機械的損傷を与えない等)	ガラス固化体の大きさに合せた空間を設け、ガラス固化体を挿入した後、蓋をすること	オーバーパッキング封入試験 (ガラス固化体の挿入、蓋部封入) および搬送・定置実験により確認する	オーバーパッキング封入試験および搬送・定置実験により設定したギヤップが適切かどうかを確認する。	【JNC以外の機関での実施が適切】 ただし蓋部封入技術に関しては腐食挙動に対する考慮が必要。 ・他機関において蓋部封入技術に関する検討を実施中 ・ガラス固化体挿入に関しては未実施	—
		気密性を有し、それを確認すること	胴部と蓋部に気密性を實現できる構造とすること	オーバーパッキング封入後、非破壊検査の実施 (超音波探傷/磁粉探傷/浸透探傷ほか)により、欠陥の有無を確認する	・既存の遠隔溶接技術でも問題なく封入できることを非破壊試験等で確認する。 ・非破壊検査手法および溶接部の許容欠陥等に関する評価基準の設定する (許容欠陥の定量化)。	【JNC以外の機関での実施が適切】 ・他機関において封入技術、非破壊試験技術に関する検討を実施中 (評価基準の設定は範囲外)	—
		運搬時、埋設時、事故時、気密性を損なわれないよう、運搬時の荷重に対して十分な強度を有すること	運搬時、埋設時、事故時の荷重を設定して、これに対する強度評価を実施すること	オーバーパッキング封入後、気密試験またはこれに相当する試験の実施により、欠陥の有無を確認する	漏えい試験手法および評価基準を設定する。	【JNC以外の機関での実施が適切】 ・他機関において漏えい試験手法に関する検査を実施中 (評価基準の設定は範囲外)	—
		運搬時、埋設時、事故時、気密性を損なわれないよう、運搬時の荷重に対して十分な強度を有すること	運搬時、埋設時、事故時の荷重を設定して、これに対する強度評価を実施すること	強度試験を実施して荷重に対して十分な強度を有することを確認する。	処分場設計までに強度試験を実施し、運搬時にかかる荷重に対し十分な強度を有することを確認する。	【JNC以外の機関での実施が適切】	—
	放射線管理のため、ガラス固化体の放射線を遮蔽する	オーバーパッキングと操業設備を組み合わせた状態での遮蔽を確保すること (オーバーパッキング単独で遮蔽すると厚さが必要以上に厚くなる)	オーバーパッキングと操業設備を組み合わせた状態で要求を満たす遮蔽を確保すること	オーバーパッキングと操業設備を組み合わせた状態での遮蔽能力を確認する。	処分場設計までに搬送機器・諸設備の機能や要件を明らかにし、その遮蔽能力を決定する。	【JNC以外の機関での実施が適切】 ・他機関において搬送・定置設備の観点から検討を実施中	—

表 3.2-2 オーバーパックの性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法 (2/2)

時期	何を性能保証するか (基準の内容)		どう保証するのか (方法、解説)		今後の課題	実施の方法	取組概要
	役割	基準のポイント	設計の要件	評価内容 (評価方法、データベース)			
埋め戻し後	ガラス固化体を内包し外部から隔離する	埋設後 (緩衝材膨潤前)、水密性を損なわれないよう埋設後の荷重に対してオーバーパック寿命期間中の腐食量を考慮した上で十分な耐圧性を有すること	埋設後の荷重を設定して、これに対する強度評価を実施する	定まった基準により設定された荷重により評価するとともに、強度試験を実施して荷重に対する十分な強度を有することを確認する	処分場設計までに強度試験を実施し、埋設後にかかる荷重に対し十分な強度を有することを確認する	【JNC以外の機関での実施が適切】	—
		腐食に対して所定の期間、水密性を維持するたため、地下環境条件において必要な腐食寿命を有すること	炭素鋼：処分環境条件に対する腐食代を設定すること。想定される応力、環境条件に対して、炭素鋼が応力腐食割れを生じないこと。	・浸漬試験、電気化学試験、応力腐食割れ試験などの腐食試験を実施し、1000年間の腐食量、応力腐食割れ感受性を評価する。 ・ナチュラルアナログ研究による確認を行う	・材質 (溶接を含む) による腐食速度、応力腐食割れ感受性への影響を確認する。 ・軟岩系岩盤での処分を想定してコンクリート支保工による腐食形態、腐食局在化等への影響 (地下水の高pH化による影響) を確認する。処分後初期の酸化性環境での耐食性を確認するため実地環境での実証試験を行う。 ・長期試験、ナチュラルアナログ研究による寿命評価の妥当性を確認する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・コンクリート (高pH化) 影響 ・早期試験 ・ナチュラルアナログ 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・材質 (溶接含む) の影響確認 ・幌延を利用した原位置試験 (実証試験)	OP-1
			銅：処分環境条件に対する腐食代を設定すること。想定される応力、環境条件に対して応力腐食割れが生じないこと。	・浸漬試験、電気化学試験、応力腐食割れ試験などの腐食試験を実施し、1000年間の腐食量、応力腐食割れ感受性を評価する。 ・ナチュラルアナログ研究による確認を行う	局部腐食・応力腐食割れの発生／進展挙動、還元性環境での腐食挙動 (特に硫化物共存系) などに関する基礎実験データを取得し、実験データに基づく腐食寿命評価を行う。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・局部腐食の発生／進展挙動 ・硫化物共存系に関する基礎実験 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・応力腐食割れの発生／進展挙動 ・実験データに基づく腐食寿命評価	OP-2
			チタン：想定される処分環境条件に対する腐食代を設定すること。	・すきま腐食・再不動電位など腐食発生に関するデータを整備し、処分環境中の局部腐食発生可能性を評価する。 ・水素発生速度、吸収率、水素濃度分布、水素脆化発生可能性を評価する	還元環境下での腐食速度 (水素発生速度)、水素吸収率などを想定される処分環境を模擬した条件で実験的に評価するとともにチタン中の長期の水素濃度、水素分布を予測する。 ・水素脆化発生条件についてより詳細に検討する。 ・これらの結果に基づいて水素脆化発生可能性を評価する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・水素発生、水素吸収率に関する実験的評価 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・水素脆化発生条件の検討 ・長期の水素濃度、水素分布予測 ・水素脆化発生可能性の評価	OP-3
			地下水の放射線分解による腐食への影響がない遮蔽厚さを設定すること	設定された遮蔽厚さに対し、放射線分解生成物が腐食寿命に影響を与えないことを解析および実験で確認する	炭素鋼と銅については線量率 (遮蔽厚さ) と腐食速度の関係、線量率 (遮蔽厚さ) と放射線分解生成物の生成量の関係の評価。チタンについては放射線によりもたらされる現象 (例えば不動態皮膜の変質、放射線分解による水素の発生／吸収など) を抽出し、各現象の影響の程度が線量率 (遮蔽厚さ) によりどのように変化するのかを評価する。	【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・炭素鋼、銅、チタンに関する文献調査 ただし、オーバーパック厚さの合理化の観点は研究外	OP-4
オーバーパック破損後	ガラス固化体固りに放射性物質が溶けにくい環境を作る	ガラス固化体固りに還元性環境を作ること	腐食後還元性を維持できる材料を選定すること	材料による還元作用を評価する	オーバーパックの腐食生成物による還元作用の評価する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの開発 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延において模擬オーバーパックを用いた試験を計画	OP-5

3.2.2 緩衝材

緩衝材における課題に対する実施内容と状況を表 3.2-3～表 3.2-6 に示す。ここでは、特にセメント影響に関して、TRU 廃棄物処分においても精力的に研究が進められており、高レベル放射性廃棄物処分における課題との共通性が高く TRU 廃棄物の処分研究（以下、TRU 研究とする）での成果が重要な知見となることから、密接なる連携を図りながら進めていくことが肝要である。

表中で、サイクル機構で実施中（データ取得、モデル・評価手法の開発等）とした項目に関して、個々の最近での取り組みについて概要を以下に示す。概要に附した番号は、実施の方法毎に附した番号（取組概要の欄を参照）である（表 3.2-3～表 3.2-6）。また、一例として BM14 についてのみ、どの程度まで評価が進展しているかがわかるような具体的データ、評価内容を紹介する。

(1) 概要 BM1【廃棄体定置時～埋め戻し】

- ・ BM1：定置時から埋め戻しにかけての緩衝材は不飽和状態であることも考えられる。第 2 次取りまとめにおける力学的な検討は、飽和状態に対するものであり、不飽和状態に対する検討は実施していない。今後、既存の式・データを用いた試解析を実施する予定である。

(2) 概要 BM2～BM22【緩衝材膨潤中～膨潤後】

- ・ BM2：緩衝材の間隙水化学として、実験的な検討およびモデル化やベントナイト変質に関わるナチュラルアナログ研究を行っている（サイクル機構，2003）。また、セメント支保工の影響評価として、緩衝材のセメント影響による材質の劣化変質（スメクタイトの溶解）等について評価が、TRU 研究において行われている。
- ・ BM3：人工バリアの施工（特にブロック型緩衝材）において発生するオーバーパック－緩衝材間のすき間に関するオーバーパック腐食への影響についての実験的検討を行っている（谷口ほか，2003）。
- ・ BM4：緩衝材中の微生物の活性や緩衝材のコロイドろ過作用については、第 2 次取りまとめにおいて実験的検討に基づく評価を示した。また、TRU 研究として、ケイ砂混合ベントナイト中の微生物の移行に関する実験的検討が行われた（嶺ほか，1999）。
- ・ BM5：緩衝材の力学的挙動については、評価の信頼性向上のための評価モデルの検討、モデル構築のためのデータ取得を行っている（サイクル機構，2003）。また、オーバーパック支持力の長期安定性に対する安全裕度の確認や、オーバーパックの腐食膨張影響の確認のための実験的検討を行っている。
- ・ BM6：緩衝材の膨潤能力に関しては、その基本的特性として海水系条件や供試体寸法等の影響に関するデータ取得および試験手法の標準化に関する検討を行っている（サイクル機構，2003）。
- ・ BM7：緩衝材の劣化評価について、鉄－ベントナイト水熱試験や高アルカリ環境におけるスメクタイト溶解試験、二次鉱物の同定のための考察・試験、ナチュラルアナ

ログ研究を行っている（サイクル機構，2003）。また，変質試料に対する膨潤・力学特性試験については，第2次取りまとめにおいてCa型化した高密度供試体とNa型化の供試体との比較により評価が行われた（サイクル機構，1999）。解析手法構築のための連成コードの構築に関しては，OP5で述べたように，熱・水・応力・化学連成挙動の時間的／空間的変遷を予測するためのモデル開発を行っている。

- ・BM8：緩衝材の施工時において発生するすき間について，すき間膨潤挙動に関わるデータ取得およびすき間膨潤モデル構築のための基礎データ取得を目的に，実験的検討と解析評価手法の検討を行っている（杉田ほか，2003b；サイクル機構，2003）。また，ペレット緩衝材を用いたすき間への充填手法に関するデータ取得を行っている（Sugita et al., 2003）。これらの検討は，BM9における施工精度に関する検討へ反映する。
- ・BM9：緩衝材の施工時において発生するすき間について，定置装置に関わる検討は上記BM8での検討を反映して実施する。
- ・BM10：腐食膨張に関して，オーバーパックの腐食生成物に対する検討を行った（本間ほか，2002）。また，腐食膨張による緩衝材への力学的影響に関しては，BM5で述べた評価モデルの検討およびデータ取得を行っている。
- ・BM11：ガスの発生による緩衝材の影響について，ガス移行試験によるデータ取得および評価モデルの構築を行っている（棚井ほか，2003；Tanai and Yamamoto, 2003）。
- ・BM12：岩盤クリープによる影響については，特に軟岩系岩盤における岩盤，緩衝材およびオーバーパックの力学相互作用を考慮した解析評価が必要と考えられる。現状では，緩衝材および岩盤のそれぞれにおいて検討を行っており，岩盤クリープについては，岩盤クリープに関するデータの取得およびモデルの検討（宮野前ほか，2002），緩衝材についてはBM5に述べたような検討を行っている。
- ・BM13：緩衝材の低透水性に関して，緩衝材の密度維持の観点からの緩衝材の流出挙動，緩衝材の劣化・変質，緩衝材の膨潤量の増加に関わる支保工の劣化等について検討を行っている。流出挙動に関しては，その挙動を評価するためのモデルの構築およびモデル構築のためのデータ取得を行っている（松本・棚井，2003）。緩衝材の劣化に関して，BM7に述べたような検討を行っている。支保劣化に関しては，TRU研究において検討が行われている。
- ・BM14：緩衝材の透水性に関して，その基本的特性として海水系条件や温度等の影響に関するデータ取得および試験手法の標準化に関する検討を行っている（菊池ほか，2003）。
- ・BM15：緩衝材の劣化による影響に関して，緩衝材の劣化評価については，BM7の鉄ーベントナイト水熱試験や高アルカリ環境におけるスメクタイト溶解試験，二次鉱物の同定のための考察・試験，ナチュラルアナログ研究および解析手法構築のための連成コードの構築を行っている（サイクル機構，2003）。また，変質試料に

対する水理特性試験については、TRU 研究において検討が行われている。

- ・ BM16 : 緩衝材中の間隙水化学の変化に対する評価に関して、実験的な検討およびモデル化を行っている（サイクル機構，2003）。また、緩衝材の変質に関わるナチュラルアナログ研究（サイクル機構，2003）やセメントの影響としての TRU 研究における検討が行われている。
- ・ BM17 : 緩衝材の劣化による影響に関して、緩衝材の劣化評価については、BM7 の鉄ーベントナイト水熱試験や高アルカリ環境におけるスメクタイト溶解試験、二次鉱物の同定のための考察・試験、ナチュラルアナログ研究および解析手法構築のための連成コードの構築が行っている（サイクル機構，2003）。また、地球化学データベース整備に関して、実験的な検討およびモデル化を行っている（サイクル機構，2003）。
- ・ BM18 : 緩衝材のコロイドろ過効果に関して、微生物および高分子有機物のコロイドろ過に関する試験を行っている（サイクル機構，2003）。
- ・ BM19 : 変質した緩衝材のコロイドろ過効果に関して、セメント影響にともなうコロイドろ過性能に関する検討を行っている（サイクル機構，2003）。
- ・ BM20 : 核種のベントナイトへの収着性能に関して、収着分配係数に関するデータ取得およびデータベース開発を行っている。また、核種の収着メカニズムに関わる検討も行っている。
- ・ BM21 : 緩衝材の核種移行に対する劣化評価に関して、緩衝材の劣化評価については、BM7 の鉄ーベントナイト水熱試験や高アルカリ環境におけるスメクタイト溶解試験、二次鉱物の同定のための考察・試験、ナチュラルアナログ研究および解析手法構築のための連成コードの構築を行っている（サイクル機構，2003）。また、高アルカリ環境における核種収着、拡散試験によるデータ取得、地球化学データベース整備に関する実験的な検討およびモデル化を行っている（サイクル機構，2003）。
- ・ BM22 : 岩盤を保護する観点より、BM10 で述べたオーバーパック腐食生成物の物性値の取得、BM12 で述べた緩衝材および岩盤のクリープ挙動に関わる検討を行っている。

(4) 取組状況の詳細例（BM14：緩衝材透水特性）

緩衝材の基本特性については、第 2 次取りまとめまでに降水系地下水条件でのデータを主に取得してきたが、実際の地質環境を考慮した場合、熱や水質等の影響を把握する必要がある。これまでに、海水系地下水として人工海水を用いたデータの取得を行い、降水系（蒸留水）データとの比較を行った。図 3.2-3 にこれら取得されたデータを示す。ここで、横軸とした有効粘土密度は、砂の体積を除いてベントナイトの乾燥密度を計算した指標である。図から人工海水の場合では、降水系のデータと比較して、圧縮ベントナイトの透水係数が 1 桁程度大きくなることがわかった。また、透水特性の一般化としてベントナイトとしてクニゲル V1 およびケイ砂混合体を用いた場合における有効粘土密度と人工海水の固有透過度の関

係式を構築した。今後は、幅広い仕様のベントナイトにも対応可能なように、例えばベントナイト中のモンモリロナイト含有率などによる関係式の一般化や、地下水化学が透水係数に及ぼす影響の把握等が課題である（サイクル機構，2003）。

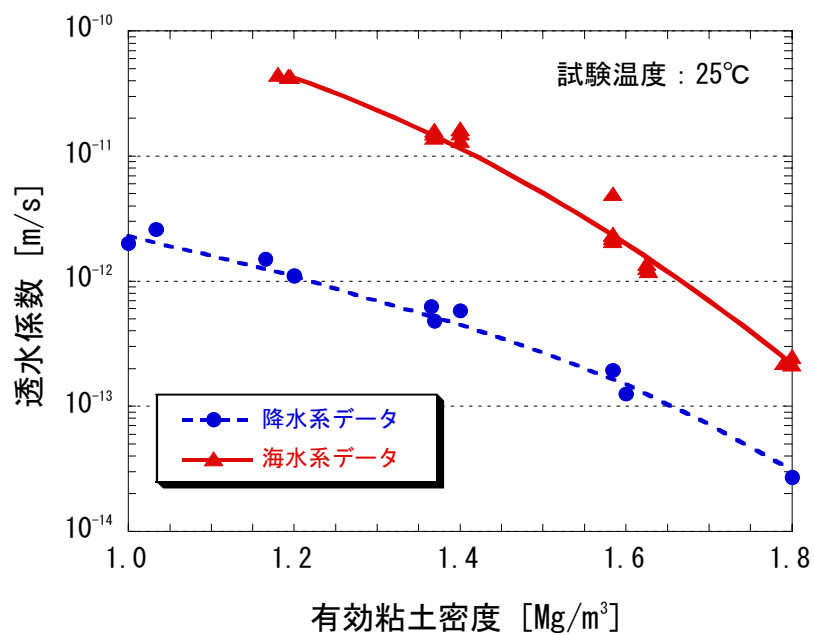


図 3.2-3 人工海水および蒸留水における有効粘土密度と透水係数の関係

表 3.2-4 緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法 (2/4)

時期	何を性能保証するか (基準案)		設計の要件	どう保証するのか (方法、解説)		今後の課題	実施の方法	取組概要																		
	役割	基準のポイント		評価内容 (評価方法、データベース)																						
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7												
															膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7						
																					膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7												
															膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7						
																					膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7												
															膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7						
																					膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7												
															膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7						
																					膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7												
															膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7						
																					膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制する	水みちが 形成され ず、緩衝 材厚さが 一定以上 減少しな いこと	膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験	BM-7																		
									膨潤能力、力学特性 が劣化しないこと、 あるいは劣化評価が 可能なこと	環境による特性劣化評価 が可能であり、顕著な劣 化が見込まれる場合にそ れに伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・環境条件（地下水化学、温度等）や支援 工（セメント）による材料の変化とそれに 伴う膨潤能力、力学特性変化を、シナリ オ、モデル、データを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のために鉄-ベントナイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のため の熱力学考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のため に変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・セメント溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する膨潤試験、力学特性試験 によるデータ取得 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌													

表 3.2-5 緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法 (3/4)

時期	何を性能保証するか (基準案)		役割	どう保証するか (方法、解説)		今後の課題	実施の方法	取組概要
	基準のポイント			設計の要件	評価内容 (評価方法、データベース)			
緩衝材膨潤中～膨潤後	放射性核種の移行を抑制する			緩衝材の仕様設定においては、緩衝材の処分外への流出量 (はらみ出し、流出)、支保の劣化を考慮すること	・長期にわたる緩衝材のはらみ出し量、流出量、支保の劣化量を実験で確認するとともに、流出および支保工の劣化に関しては信頼性の高いモデルにより評価する。	・埋め戻し材との相互作用を考慮した、室内および原位置試験を実施する。 ・はらみ出し、流出を評価するために、地下水条件、亀裂幅、密度、ケイ砂混合率をパラメータとした室内試験等によりデータの拡充および粘性係数、密度分布等のデータ取得を実施する。 ・長期の緩衝材はらみだし量、流出量、支保工の劣化量を評価するために、基本モデルを構築する	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・流出差動に関する試験データ取得 ・流出挙動モデルの構築 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・支保劣化に関する研究 (TRU研究と連携) 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・輻射におけるセメント影響試験	BM-13
			地下水の移動を抑制すること	透水係数が満足できる緩衝材仕様を設定すること	・緩衝材の透水特性を実験的に定量化する	・塩濃度、密度、温度、ケイ砂混合率などを考慮したデータを取得するとともに、各パラメータとの相関関係を一般化する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・透水試験によるデータ取得 ・透水特性に関する関係式の構築	BM-14
			低透水性であること	環境による透水性の劣化をあらかじめ余裕代に組み込むこと	・環境条件 (地下水化学、温度等) や支保工 (セメント) による材料の変化とそれによる水理特性の変化を、シナリオ、モデル、データをを用いて評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナイト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のためにスメクタイト溶解速度取得試験を実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のための熱力学的考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のために変質試料に対する水理特性試験を実施する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・スメクタイト溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学的考察、変質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの開発 ・変質試料に対する水理特性試験によるデータ取得 (TRU研究と連携) 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・輻射におけるセメント影響試験及び低アルカリ性コンクリート施工性確認試験	BM-15
			化学的緩衝性を有すること	緩衝材中の間隙水化学の変化を評価すること	・物質移行-地球化学連成により間隙水化学を評価し、ナチュラル・アナログの活用を実施する。 ・セメントの影響を評価する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・物質移行-地球化学連成による間隙水化学に関する評価・データ取得 ・ナチュラルアナログ ・セメント影響評価研究 (TRU研究と連携) 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・輻射におけるセメント影響試験及び低アルカリ性コンクリート施工性確認試験	BM-16	
			地下水化学の変動を緩和すること	緩衝材の化学的な変化による間隙水化学の変化を、シナリオ、モデル、データをを用いて評価すること	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナイト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のためにスメクタイト溶解速度取得試験を実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のための熱力学的考察、変質加速試験、ナチュラルアナログの実施する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・変質試料に対する地球化学データベースを整備する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・スメクタイト溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学的考察、変質加速試験、ナチュラルアナログの実施 ・時空間変化解析手法に関する連成コードの開発 ・地球化学データベース整備 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・輻射におけるセメント影響試験及び低アルカリ性コンクリート施工性確認試験	BM-17	

表 3.2-6 緩衝材の性能保証に関わる今後の課題に対する実施の方法 (4/4)

時期	何を性能保証するか (基準案)		どう保証するのか (方法、解説)		今後の課題	実施の方法	取組概要
	役割	基準のポイント	設計の要件	評価内容 (評価方法、データベース)			
緩衝材 膨潤中 ～膨潤 後	放射性核 種の移行 を抑制す る	核種のコロロイドをろ過すること	緩衝材の仕様設定におい て、有効粘土密度をコロ ロイドのろ過に十分なものと すること	・コロロイドのろ過を実験的に確認する	・緩衝材仕様とコロロイドのろ過効果との詳細な関係を把握す る。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・微生物および高分子有機物のコロロイドろ過 に関する試験	BM- 18
			緩衝材の化学的変化によ るコロロイドのろ過性能に 影響を与えないこと	変質した緩衝材を用いてコロロイドのろ過を 実験的に確認する。	・緩衝材の変質とコロロイドのろ過効果との詳細な関係を把握す る。	【JNCにおいて以下の研究を検討中】 ・セメント影響に伴うコロロイドろ過性能に関 する研究 (一部実施済み)	BM- 19
		放射性核 種の移行 を遅延 すること	収着性能をもつ粘土鉱物 を含有していること	緩衝材の核種の収着性能を、信頼性の高い データベースおよびモデルにより評価す る。	・信頼性の高い収着分配係数データを拡充する。 ・核種の収着メカニズム (イオン交換、表面錯体、共沈等) を 解明し、基本定数を整備する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・収着分配係数に関するデータ取得と標準化 に関する基礎情報の整備 ・核種の収着メカニズム解明、基本定数の整 備	BM- 20
		溶解した 核種の移行 を遅延 すること	特性が著しく劣化し ないこと、あるいは 劣化評価が可能なこ と	・オーバーバック腐食生成物の影響 (Fe型 化、クロライト化等) を、モデルおよび データベースにより評価する。 ・普通セメントの影響 (CSH ₂ 、イライト 化、ゼオライト化等) を、モデルおよび データベースにより評価する。	・鉄との反応に関するシナリオの明確化のために鉄-ベントナ イト水熱試験を実施する。 ・セメント影響評価のためにスメクタイト溶解速度取得試験を 実施する。 ・変質後材料の性能を定量化するために、二次鉱物の同定のた めの熱力学的考察、変質加速試験、ナチュラルアナログを実施 する。 ・時空間変化解析手法の確立のために連成コードを開発する。 ・各変質シナリオに対応した変質生成物の性能データ取得のた めに変質試料に対する核種収着、拡散試験を実施する。 ・変質試料に対する核種移行データベースを整備する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・鉄-ベントナイト水熱試験 ・スメクタイト溶解速度取得試験 ・二次鉱物の同定のための熱力学的考察、変 質加速試験、ナチュラルアナログの実施、 時空間変化解析手法に関する連成コードの 開発 ・変質試料に対する核種収着、拡散試験によ るデータ取得 ・地球化学データベース整備 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延におけるセメント影響試験及び低アル カリ性コンクリート施工性確認試験	BM- 21
緩衝材を 保護する	岩盤を保護する	岩盤が破壊して水みちが形成され ないこと	ニアファイールドの応力場 を評価すること	・オーバーバックの腐食膨張を考慮した緩 衝材反力によりEDZが広がる範囲、程度お よび岩盤が破壊しないことを定量化する。	・腐食生成物の物性データ (膨張率、弾性係数等) 取得のため に腐食試験を実施する。 ・緩衝材反力を考慮した岩盤のEDZの広がり定量化するため に岩盤及び緩衝材クリープモデルを開発する。	【JNCにおいて以下の研究を実施中】 ・腐食生成物物性に関するデータ取得 ・クリープ試験によるデータ取得 ・クリープモデルの構築 ・EDZの評価手法の調査 【JNCにおいて以下の研究を計画中】 ・幌延における緩衝材／岩盤クリープ試験	BM- 22

4. おわりに

本報告では、「進め方と反映先報告書」での性能保証項目（案）・課題等の抽出・整理に引き続き、各項目・課題に対してのサイクル機構における具体的取り組み状況を取りまとめた。これにより、長期的安全性の観点から抽出した性能保証項目（案）とサイクル機構における具体的研究開発との関係が明確となり、今後の処分事業の進展や安全基準・指針の策定等で必要となる処分技術の基盤情報の1つの資料になるものとする。ただし、サイクル機構における取り組みとして、ほとんどが実施中もしくは計画中であることから、処分事業や安全基準・指針等の策定の進展に合わせて今後も最新の情報を取り込んだ見直しを行っていく。

今後は、オーバーパックと緩衝材以外の処分場を構成する要素である埋め戻し材、プラグ、アクセス・連絡・主要・処分の各坑道および処分孔について取りまとめるとともに、性能保証項目（案）を評価するツールとなるモデル、評価手法やデータベースなどについての現状についても取りまとめる予定である。

参考文献

- 原子力安全委員会（2000）：高レベル放射性廃棄物の処分に係る安全規制の基本的考え方について（第1次報告），原子力安全委員会，平成12年11月6日。
- 原子力環境整備促進・資金管理センター（2002）：平成13年度 高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査報告書－遠隔操作技術高度化調査－，（1/2）～（2/2），平成14年3月。
- 原子力環境整備促進・資金管理センター（2003）：平成14年度 高レベル放射性廃棄物処分事業推進調査報告書 遠隔操作技術高度化調査，（1/2）～（2/2），平成15年3月。
- 本間信之，谷口直樹，川崎 学，川上 進（2002）：オーバーパック腐食生成物の弾性係数の測定，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2002-010。
- 石川博久，本田 明，鶴留浩二，井上邦博，小畑政道，佐々木憲明（1992）：オーバーパック候補材料選定と炭素鋼オーバーパックの寿命評価，動燃事業団技術資料，PNC TN8410 92-139。
- 伊藤 彰，川上 進，油井三和（2002）：熱-水-応力-化学連成挙動研究の現状と今後の計画，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2001-028。
- 伊藤 彰，川上 進，油井三和（2003）：熱-水-応力-化学連成挙動に関する数値解析コードの開発，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2002-022。
- 核燃料サイクル開発機構（1999）：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，サイクル機構技術資料，JNC TN1400 99-022。
- 核燃料サイクル開発機構（2003）：高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発－平成14年度報告－，サイクル機構技術資料，JNC TN1400 2003-004。
- 核燃料サイクル開発機構 研究開発課題評価委員会（廃棄物処理処分課題評価委員会）（2001）：平成13年度研究開発課題評価（中間評価）報告書 研究課題「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の全体計画」，サイクル機構技術資料，JNC TN1440 2001-008。
- 川上 進，杉田 裕，栗原雄二，神徳 敬，谷口直樹，油井三和，棚井憲治，柴田雅博，本間信之（2003）：高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリア等の性能保証に関わる研究の進め方と反映先，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2002-026。
- 川崎 学，谷口直樹，川上 進（2002）：炭酸塩水溶液およびケイ砂混合ベントナイト中における純銅のアノード分極挙動，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2002-016。
- 菊池広人，棚井憲治，松本一浩，佐藤治夫，上野健一，鐵 剛志（2003）：緩衝材の飽和透水特性－Ⅱ－海水性地下水が緩衝材の透水性に及ぼす影響－，サイクル機構技術資料，JNC TN8430 2003-002。
- 嶺 達也，三原守弘，大井貴夫（1999）：微生物の珪砂混合ベントナイト中の移行に関する実験的研究，サイクル機構技術資料，JNC TN8430 99-013。
- 松本一浩，棚井憲治（2003）：ベントナイト緩衝材の流出特性の評価（Ⅱ），サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2003-006。
- 宮野前俊一，小川豊和，井上博之，梨本 裕（2002）：軟岩の長期力学的変形挙動に関する研

究，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2002-015.

杉田 裕，栗原雄二，川上 進，神徳 敬，油井三和（2003a）：高レベル放射性廃棄物の地層処分における人工バリア性能等の性能保証に関わる研究の進め方と反映先（その2），サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2003-015.

杉田 裕，菊池広人，棚井憲治（2003b）：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)，サイクル機構技術資料，JNC TN8430 2003-007.

Sugita, Y., Suzuki, H. and Chijimatsu M. (2003): Thermal, hydraulic and swelling properties of bentonite pellet – Examine on calculating parameter assessment on PRP-, JNC Technical Report, JNC TN8400 2002-023.

鈴木宏幸，谷口直樹，川上 進（2003）：還元性環境下におけるチタンの腐食速度と水素吸収挙動，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2003-003.

棚井憲治，松本一浩，菊池広人（2003）：X 線 CT 法の適用性に関する検討，サイクル機構技術資料，JNC TN8430 2003-001.

Tanai, K. and Yamamoto, M. (2003): Experimental and Modeling Studies on Gas Migration in Kunigel V1 Bentonite, JNC TN8400 2003-024.

谷口直樹，川上 進，森田光男（2002）：ベントナイト／ケイ砂混合体における炭素鋼の不動態化条件，サイクル機構技術資料，JNC TN8400 2001-025.

谷口直樹，川崎 学，川上 進，鈴木治雄（2003）：弱アルカリ性およびアルカリ性環境における炭素鋼オーバーパックの局部腐食進展挙動，サイクル機構技術資料．JNC TN8400 2003-016.

通商産業省（2000）：特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針，通商産業省告示第 591 号，平成 12 年 10 月 2 日．