

第2回地層処分研究開発検討委員会(会議報告)

Minutes of "Technical Committee for Geological Isolation Research
and Development (2nd Time)"

佐々木 康雄 虎田 真一郎 沼田 良明

Yasuo SASAKI, Shinichiro TORATA and Yoshiaki NUMATA

地層処分研究開発部門
システム性能研究グループ

Performance Assessment Research Group
Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2008

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

本レポートは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 (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4 日本原子力研究開発機構内

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

第2回地層処分研究開発検討委員会（会議報告）

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット
佐々木 康雄、虎田 真一郎、沼田 良明*

（2008年1月18日受理）

地層処分研究開発部門が実施している地層処分研究開発のうち、主として東海研究開発センターにおいて実施している研究課題について審議検討を頂き、客観的な助言を得て計画に反映し、優れた成果を効率的に得るとともに、これを処分事業や安全規制等に時宜良く反映していくため、大学や関連研究機関における専門家による「地層処分研究開発検討委員会」を設置している。本資料は、2007年3月に開催した第2回委員会の会議報告を行うものである。

Minutes of “Technical Committee for Geological Isolation Research and Development (2nd Time)”

Yasuo SASAKI, Shinichiro TORATA and Yoshiaki NUMATA※

Geological Isolation Research Unit
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received January 18, 2008)

In order to plan and conduct a program of research and development (R&D) for geological disposal of high-level radioactive waste in JAEA-Tokai, JAEA decided to receive technical comments and advices from the Technical Committee for geological isolation R&D. This committee, which is constituted of specialists who do not belong to JAEA, has evaluated the program, taking into account of the status of geological disposal technology in Japan as well as foreign countries.

This report compiles the minutes of the second meeting held in March 2007.

Keywords: Geological Isolation, Research, Advisory Committee

※Collaborating Engineer

目次

1. はじめに	1
2. 地層処分研究開発検討委員会の構成	2
3. 地層処分研究開発検討委員会（第2回）の開催概要	3
3.1 議事概要	3
3.2 委員会開催結果概要	4
4. おわりに	9
付録 地層処分研究開発検討委員会（第2回） 会議資料	10

Contents

1. Introduction.....	1
2. Members of the Technical Committee for Geological Isolation R&D	2
3. Summary of the committee (2nd Time).....	3
3. 1 Agenda	3
3. 2 Minutes of the committee(2nd Time).....	4
4. Conclusion	9
Appendix Materials for the Technical Committee for Geological Isolation R&D(2nd Time).....	10

This is a blank page.

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（以下、「機構」という）では、東海研究開発センターにおいて地層処分基盤研究開発を実施しており、これらの研究開発について審議検討を頂き、客観的な助言を得て計画に反映し、優れた成果を効率的に得るとともに、これを処分事業や安全規制等に時宜よく反映していくため、機構外の専門家で構成される「地層処分研究開発検討委員会」（以下、「委員会」という）を平成 18 年 5 月 16 日に設置した。

本資料は平成 19 年 3 月 9 日に実施された第 2 回委員会の会議資料をまとめるとともに、委員会で委員から頂いたご意見等とその回答、そして次回委員会への対応について示したものである。

2. 地層処分研究開発検討委員会の構成

委員会の構成員を表1に示す。なお第1回委員会の席上、互選により栢山修東北大学教授が委員長に選出されている。

表1 地層処分研究開発検討委員会 構成員（平成18年度）

委員	朝野 英一	原子力環境整備促進・資金管理センター 処分技術調査研究プロジェクト プロジェクトマネージャー
委員	出光 一哉	九州大学大学院 工学研究院 環境システム科学研究センター 教授
委員	大江 俊昭	東海大学工学部 エネルギー工学科 教授
委員	小林 晃	京都大学大学院 農学研究科 地域環境科学専攻 助教授
委員	佐藤 正知	北海道大学大学院 工学研究科 エネルギー環境システム専攻 教授
委員	鹿園 直建	慶應義塾大学 理工学部 応用化学科 教授
委員	竹内 光男	原子力発電環境整備機構 技術部 部長
委員	田中 幸久	電力中央研究所 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員
委員	登坂 博行	東京大学大学院 工学系研究科 地球システム工学専攻 助教授
委員長	栢山 修	東北大学 多元物質科学研究所 教授
委員	長崎 晋也	東京大学大学院 工学系研究科 原子力専攻 教授
委員	増田 純男	原子力安全研究協会 研究参与
委員	森山 裕丈	京都大学大学院 工学研究科 原子核工学専攻 教授
委員	渡辺 邦夫	埼玉大学 地圏科学研究センター長 教授

(50音順、以上14名)

3.地層処分研究開発検討委員会（第2回）の開催概要

3.1 議事概要

第2回委員会の議事概要を表2に示す。また、委員会資料については、付録にてまとめた。なお、委員会資料については、下記のURLに示す、機構の公開ホームページ中の地層処分研究開発部門のコーナーからも入手できる。

<http://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/iinkai.html>

表2 第2回委員会議事概要

地層処分研究開発検討委員会（第2回） —議事概要—	
1.	日時：平成19年3月9日（金） 10：00－16：00
2.	場所：テクノ交流館 リコッティ 3階 会議室1，2
3.	出席者 （委員） 朽山委員長、朝野委員、大江委員、佐藤委員、竹内委員、田中委員、増田委員、長崎委員、森山委員、渡辺委員 （機構） 河田部門長、石川副部門長、油井ユニット長、宮原GL、内藤GL、亀井GL、虎田主幹
4.	議事 （1）開会挨拶 （2）資料確認、前回議事録確認 （3）議論の進め方について （4）地層処分基盤研究における5ヵ年計画と平成18年度の成果 ①基盤研究開発に関する全体概要 ②工学技術開発について ③性能評価研究について ④幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階研究成果報告書 —分冊・地層処分研究開発のレビューについて— ⑤長半減期低発熱放射性廃棄物(TRU 廃棄物)の地層処分研究開発について （5）総括討論 （6）閉会挨拶

3.2 委員会開催結果概要

第2回委員会の開催結果概要を下記に示す。なお、委員会時の各委員のご意見と当日の回答及び今後の対応についての詳細については表3に示す。

3.2.1 地層処分基盤研究に関する全体概要について（別添2参照）

地層処分基盤研究に関する全体概要についてこれまでの成果と今後の計画について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

委員より以下のような意見があった。

- ・機構として地層処分研究の成果の意義を考えるべき。論文数を増やすべきとのご意見の一方で、論文数のみが成果になるのではなく、プロジェクトとして機構外で進められている処分事業などより広い視野での貢献こそ、成果として意義があるという見方も指摘された。
- ・機構は地層処分全体を俯瞰して戦略をたてるよう努力すべきである。また、世界的な廃棄物対策戦略の中で研究の方向性をもつということも重要である。

3.2.2 工学技術について（別添3参照）

工学技術についてこれまでの成果と今後の計画について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

委員より以下のような意見があった。

- ・銅のオーバーパックの研究など人工バリアオプションについては、材料研究の位置づけも明確にする必要がある。また、個々のBAT (Best Available Technology, 利用できる最善の技術)としてではなく、処分システムとしてのBATの示し方を考えてほしい。
- ・実施主体がユーザー（主要の）であり、機構はその判断材料になるような成果の出し方とするべきである。

3.2.3 性能評価について（別添4参照）

性能評価についてこれまでの成果と今後の計画について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

委員より以下のような意見があった。

- ・地層処分に関する評価ツールについて問合せを受けることがある。このようなツールは積極的に公開し、世間の人が使えようようにしていくべきである。
- ・不確実性要因はサイトによって異なる。このため、事例として、幌延というサイトを対象とした場合の不確実性要因について、整理していく必要がある。

3.2.4 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階成果報告書レビューへの対応（別添5参照）

幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階成果報告書レビューへの対応について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

委員より以下のような意見があった。

- ・机上での予測と実際の場でのものとの違いなどを記載した方が良い。また、やった事、やっていない事を明確に記載しておくことが、今後のためになる。
- ・データが無いのに解析を行っても意味がない。無理に進める必要は無く、課題の抽出をしておくこと。3次元の解析は、データが揃った段階で実施できるよう手法を準備しておくことが重要。

3.2.5 長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU 廃棄物）の地層処分研究について（別添 6 参照）

長半減期低発熱放射性（TRU）廃棄物の処分研究についてこれまでの成果と今後の計画について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

委員より以下のような意見があった。

- ・ TRU 廃棄物は最も重要なのだという認識を持って欲しい。地層処分の鍵となる。処理・処分を全体として捉えること。機構では是非、高レベル廃棄物と TRU 廃棄物を一緒に研究して欲しい。
- ・ 機構は放射性廃棄物処分全体のマネジメントとして、（地層処分・余裕深度処分・浅地中処分の相関性を明確にして）「今後、放射性廃棄物をどう扱っていくか」という全体像を示すべきである。機構の中だけでも、高レベル廃棄物、TRU 廃棄物、研究所等廃棄物を統一的に捉えた議論を行い、整合性のとれた考え方を示して欲しい。地層処分相当だけの問題でもない。ここでやろうとしていることが、他の廃棄物にとっては非常に重い課題となり、その処分が進まなくなる可能性もある。全廃棄物を、統一的に管理できるようにすべきである。

表3 第2回地層処分研究開発検討委員会で各委員から頂いたご意見等と対応について

	第2回委員会で頂いたご意見・ご質問	当日の回答/対応	担当
	I. 基盤研究開発に関する全体概要		
1-1	・年間の論文発表数16件は多くない。もっと論文数を増やした方がよいのでは。	・目標を定めて計画的に行っている。速報性が求められるので、まず技術資料を作成し、その後論文作成に着手しているのが実情である。	基盤ユニット (各グループ)
1-2	・世間から見ると論文数、技術資料数かもしれないが、もっと重要な仕事もあるはずである。調整会議等の活動は処分事業にとって非常に大きな貢献であると思う。 ・論文が少ないからだめと言われたいよう、社会に向けての成果の発信方法を工夫して欲しい。	・研究者の資質を高める意味でも論文作成は必要。一方、プロジェクトとしての時間的な制約の中で成果が求められており、まず技術資料となってしまうものが多い。論文が知識ベースの根幹となると考えているものの、実態が追いついていないのが現状。	基盤ユニット (各グループ)
1-3	・世界的な戦略の中での機構の戦略を示しつつ、世界の処分プロジェクトへの貢献を考えて欲しい。 ・日本全体の中での方向性がわかりにくい。 ・機構は、全体を俯瞰して戦略を立てる事の重要性をきちんと認識すべきである。	・我が組織が世界及び日本の中で目指す方向を考えて行きたい。現在は、IAEAの教育プログラムに幌延の地下研を取り上げてもらうよう計画中だが、必ずしも受身ではなく、日本初のベンチマークに参加する仕組みを構築していきたい。	基盤ユニット (各グループ)
1-4	・これまでの研究成果を見ていると、“成果を出しっぱなし”で、“どうやって成果を集積するのか”、“機構がアレコレ研究を行っているが、メリハリが見えない”などの問題点が多く見受けられる。研究の方向性などが見えない。	・“成果の集積”に関しては、知識化のプロジェクトを立ち上げて、今年度末にはプロトタイプが完成する予定。	基盤ユニット (各グループ)
1-5	・提案だが、「放射性廃棄物の教科書」を作って欲しい。一般の人に「日本にはどんな放射性廃棄物があるか、それ1つずつについて一体どうしようとしているのか」などの知識を持ってもらう必要がある。	・地層処分について、既に教科書づくりを進めている。連携大学院の講義用に平成19年度から使用開始予定。その中で放射性廃棄物の全体について概要を示してある。なお、原子力文化振興財団でも図を多用した分かりやすい資料を公開しており、適宜活用に資するべきと考える。	基盤ユニット (各グループ)
1-6	・研究を行っていく上で、“日本独自の”や“日本だけの”ではダメで、世界に通用するやり方で行わなければいけない。将来を見て、世界で採用される研究開発をするべきである。	・関連する国際会議、ワークショップ、OECD/NEAやIAEAの活動に参加する中で、ご指摘の方向性を目指して努力していきたい。	基盤ユニット (各グループ)

	第2回委員会で頂いたご意見・ご質問	当日の回答／対応	担当
II-1. 工学技術開発について			
2-1-1	<ul style="list-style-type: none"> ・BATについて、銅のオーバーパックの研究など、材料の必要性の位置づけを明確にする必要がある。また、個々のBATではなく、システムとしてのBATとして提示すべき。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ご指摘の形態での成果の提示については、国の全体計画にしたがい、オプションの成立性に鍵となる研究開発としてH18年度より追加した項目であり、今後、研究開発の枠組みのなかに取り込んでいく。 	ニアフィールド研究グループ
2-1-2	<ul style="list-style-type: none"> ・代替技術オプションを多く提示しても実施主体側も困るので、ある程度絞る必要があるのではないか。 ・設計は、使用する人が判断すべきものであることから、機構の役割としては、材料オプションを提供するのが役割である。 ・材料の情報提供は、他の人間が判断できるレベルのものでないといけない。 ・実施主体が判断材料になるような成果の出し方とすべきである。 	<ul style="list-style-type: none"> ・処分概念や設計オプションの採用等についての最終的な判断は、実施主体の役割と考える。 	ニアフィールド研究グループ
II-2. 性能評価研究について			
2-2-1	<ul style="list-style-type: none"> ・地層処分に関するツールについて問合せを受けることがある。このようなツールは積極的に公開し、世間の人が使えらるようにしていくべきである。 	<ul style="list-style-type: none"> ・拝承 	システム性能研究グループ
2-2-2	<ul style="list-style-type: none"> ・不確実性要因はサイトによって異なる。このため、事例として、幌延というサイトを対象とした場合の不確実性要因について、整理していく必要があるのではないか？ 	<ul style="list-style-type: none"> ・シナリオ解析技術と包括的感度解析手法を適切に組み合わせ整理していく。 	システム性能研究グループ
II-3. 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階研究成果報告書 一分冊・地層処分研究開発のレビューについて－ 処分技術の信頼性向上			
	特になし		
II-4. 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階研究成果報告書 一分冊・地層処分研究開発のレビューについて－ 安全評価手法の高度化			
2-4-1	<ul style="list-style-type: none"> ・目的が設計へのフィードバックであるなら、出来ないものは出来ないと書くべき。目標と成果が整合していない。 ・データが無いのに解析を行っても意味がない。無理に進める必要は無く、課題の抽出をしておくことが重要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ご指摘に配慮して記述に努力する。 	システム性能研究グループ
2-4-2	<ul style="list-style-type: none"> 機構の報告には一番大事な考察が不十分な印象。 	<ul style="list-style-type: none"> ・目的に対する成果という視点で考察が足りない点は認識している。今後考察に重点を置いた研究を進めるべく努力したい。 	システム性能研究グループ

	第2回委員会で頂いたご意見・ご質問	当日の回答／対応	担当
	Ⅲ. 長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU廃棄物）の地層処分研究開発		
3-1	<p>・TRU廃棄物は最も重要なのだという認識を持って欲しい。地層処分の鍵となる。機構では是非、高レベル廃棄物とTRU廃棄物を一緒に研究して欲しい。</p>	<p>・拝承</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-2	<p>・セメントとベントナイトの相互作用を解明することは難しい研究なので、人工バリアの溶出を抑えるために、セメントとベントナイトの間により安定なセラミックスを挟むなどの代替法を視野に入れるべきである。コスト増といった問題もあるが、そうした検討の中で合理的なものにして欲しい。より安全側の技術から検討し、現実的な技術へと移行すべきである。</p>	<p>・ベントナイトとセメントの反応は最重要課題のひとつと認識している。まず、試験データの蓄積を進め、その結果次第では代替技術の適用もあり得る。低アルカリ性セメントの採用も候補であるし、ご提案のような新しい概念についても、視野に入れて研究を進めたい。</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-3	<p>・長期的な化学反応を実験室で捕捉するのは難しいので、室内実験と自然界での現象とのバランスを考えながら研究を進めるべきである。</p>	<p>・そのような認識で、ナチュラルアナログも重要と考えており、具体的な対象について検討を始めたところ。</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-4	<p>・微生物影響の研究については、どのように位置づけて、どんなアプローチをしているのか？</p>	<p>・まずは硝酸分解についての寄与を対象としている。定量的モデル評価のため室内実験を行うとともに、硝酸塩変遷としては農業由来の硝酸イオン等の微生物反応による変遷の調査を行い、モデルの解析結果と比較するなどのナチュラルアナログ的研究も重要と考える。</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-5	<p>・機構は放射性廃棄物処分全体のマネジメントとして、「今後、放射性廃棄物をどう扱っていくか」という全体像を示すべきである。（地層処分・余裕深度処分・浅地中処分の相関性を明確に） ・機構の中だけでも、高レベル廃棄物、TRU廃棄物、研究所等廃棄物を統一的に議論して欲しい。</p>	<p>・機構としては、日本全体としての廃棄物処理・処分の戦略について弱い面があるのは事実である。わが社の後始末を進めるといって強く、日本全体の技術的な処分マネジメントを議論する余裕がない。指摘を踏まえ、今後関係部署内で議論していきたい。</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-6	<p>・今後約8年で「併置処分の判断基準」を示すとあるが、どのように示すのか？大変ではないか？</p>	<p>・高レベル廃棄物の研究と並行し、処分事業の進展に合わせ必要な情報を提供できるよう、かつ幅広い条件を想定してデータ取得など検討を進めていく。また、処分方法の最適化に対処できるような技術基盤の蓄積を図っていかなくてはならない。</p>	TRU廃棄物処分研究グループ
3-7	<p>・研究開発と実施計画との進捗バランスをよく考えること。</p>	<p>・拝承</p>	TRU廃棄物処分研究グループ

4. おわりに

個々の研究課題についての指摘については、平成 19 年度の計画実施に迅速に反映させるとともに、地層処分に関する研究開発全体として平成 22 年頃を目途とした成果の取りまとめに向けて、指摘事項を踏まえた計画、実施をはかる。

本委員会は次年度以降も開催を計画し、適宜機構の地層処分研究開発へのご意見、議論を頂くものとする。

付録

地層処分研究開発検討委員会（第2回） 会議資料

- 別添1： 資料第2-1号 第1回地層処分研究開発検討委員会議事録（案）
- 別添2： 資料第2-2-1号 地層処分基盤研究における5カ年計画と平成18年度の成果
－基盤研究開発に関する全体概要－
- 別添3： 資料第2-2-2号 地層処分基盤研究における5カ年計画と平成18年度の成果
－工学技術開発について－
- 別添4： 資料第2-2-3号 地層処分基盤研究における5カ年計画と平成18年度の成果
－性能評価研究について－
- 別添5： 資料第2-3号 幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階研究成果報告書
－分冊・地層処分研究開発のレビューについて－
- 別添6： 資料第2-4号 長半減期低発熱放射性廃棄物(TRU 廃棄物)の地層処分研究開発について

第 1 回地層処分研究開発検討委員会議事録（案）

1. 日時場所

日時 ; 平成 18 年 7 月 24 日(月) 14:00~17:00

平成 18 年 7 月 25 日(火) 9:00~12:00

場所 ; JAEA 東海研究開発センター 核燃料サイクル工学研究所
地層処分基盤研究施設 (ENTRY)

2. 出席者 ;

(委員) 朽山委員、朝野委員、出光委員、小林委員、竹内委員、増田委員、
田中委員、長崎委員、渡辺委員、大江委員、鹿園委員、森山委員
(JAEA) 河田部門長、石川副部門長、梅木主席、油井ユニット長、宮原 G L、
亀井 G L、虎田主幹

3. 配付資料

資料第 1 - 1 号 検討委員会での議論のポイントについて
資料第 1 - 2 号 地層処分に関する研究開発をとりまく動向 (全体概要)
資料第 1 - 3 号 知識マネジメントシステムの開発
資料第 1 - 4 - 1 号 HLW 処分における平成 17 年度までの成果と『次期 5 カ年』の研究
開発計画 - 全体 -
資料第 1 - 4 - 2 号 HLW 処分における平成 17 年度までの成果と『次期 5 カ年』の研究
開発計画 - 工学技術について -
資料第 1 - 4 - 3 号 HLW 処分における平成 17 年度までの成果と『次期 5 カ年』の研究
開発計画 - 性能評価について -
資料第 1 - 5 号 長半減期低発熱放射性廃棄物(TRU 廃棄物)の地層処分研究開発につ
いて

4. 報告概要

- 1) 互選により、朽山委員が委員長に選任された。
- 2) 当委員会の審議の重点および機構での地層処分に関する研究開発の全体概要を説明し、委員会での議論すべき研究課題の現在の位置づけ、範囲や今後 5 カ年程度という研究期間に重点をおいた議論の方向を確認した。(地層処分研究のうち工学技術および性能評価研究を対象とし、深地層の研究施設計画等については、個々の課題について開催される委員会審議課題とする。)
- 3) 機構の行う地層処分技術に関する研究開発の「知識マネジメントシステム」の考え方について、個々の基盤研究の成果との連携、知識化のイメージの具体化について説明を行った。知識マネジメントのあり方について、委員から意見があった。
- 4) 工学技術開発、性能評価研究および長半減期低発熱放射性 (TRU) 廃棄物の処分研究についてこれまでの成果と今後の計画について説明し、研究計画策定の考え方や研究の進め方について議論した。

5. 審議結果の概要

議事次第の各説明案件ごとに質疑応答および議論の時間をとり、委員からのご意見を頂いた。各分野ごとの主な意見を下記に示す。

- 1) 知識マネジメントシステム
 - ・知識情報をリスト化するだけでなく、ユーザ側の立場に立った開発を望む。
 - ・不確実な知識や情報は、その適用範囲、限界などについても併せて知識化できるように考慮されたい。
 - 2) 地層処分基盤研究におけるこれまでの成果と次期計画全体について
 - ・国の政策に沿った研究計画のみでなく、新たな視点で主体的な計画をもつことを望む。
 - ・例えば5年後の成果を具体的に提示するなど、知識や技術へどう反映されるのかとの判断、見通しがつくような計画にすべきである。
 - 3) 工学技術について
 - ・サイトを決めずに行う研究は際限がなく、また確証することが難しいテーマがたくさんある。先を見通した戦略を考えないと行き詰る。
 - 4) 性能評価について
 - ・性能評価研究の柔軟性を高める具体的な取り組みを明示することを望む。
 - ・現状での不確実性がどのくらいあるか、それによって処分システムへどれくらい影響があるかをキチンと理解することが重要で、不確実性と不均質性は明確に区別して取り扱うべき。
 - 5) 長半減期低発熱放射性廃棄物（TRU 廃棄物）の地層処分研究について
 - ・TRU の検討では先行した HLW に倣った方法で実施するのが良いのかも要検討。処理技術を先行して実施すべきであったのではないか？
 - ・バリアシステムの長期挙動に関する研究と、それを受けた核種移行に関する研究計画の方針にアンバランスを感じる。核種移行では、バリアシステムの変質影響が考慮されない単純な評価なのではとの質疑があり、将来的には変質を考慮した溶解・収着分配のデータ取得を計画している旨説明した。
 - 6) 研究開発全般にわたって
 - ・統合によって、処分の推進側と規制側の両方を支援する世界最大の研究機関となった JAEA の基本的な考え方・フィロソフィーが見えない。どのような方針で実施していくのかをもっと出してもらいたい。国内での研究の分担等について実施することが重ならないように配慮しているようであるが、世界標準も視野にいれ、世界の中での位置付けをはっきりとさせてもらうよう期待する。
6. 委員会での審議結果の処置等について
- 個々の研究計画についての指摘については、今年度の研究実施に迅速に反映させるとともに、地層処分に関する研究開発全体として平成 22 年頃を目途に成果のとりまとめを行う

上で、中期的な計画推進にあたり、指摘事項を踏まえた計画、実施をはかる。

本委員会は今後半期ごとに開催を計画し、適宜機構の地層処分研究開発へのご意見、議論を頂くものとする。

以上

別添 2

地層処分研究開発検討委員会

資料第2-2-1号

**地層処分基盤研究における5ヵ年計画と
平成18年度の成果
—基盤研究開発に関する全体概要—**

平成19年3月9日

**地層処分研究開発部門
地層処分基盤研究開発ユニット**

油井 三和

説明内容

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発
 - 工学技術の開発
 - 安全評価手法の開発

- ・TRU廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物)の地層処分研究開発

- ・地層処分基盤研究開発成果の次世代を中心とした理解拡大への新たな取組み

2

前回委員会の主なコメントとその対応(1)

•HLW/TRU共通

(コメント) 海外動向と「地層処分基盤研究開発調整会議」での議論を踏まえた研究の必要性について

- 個別分野の最新の海外動向の調査を実施
「地層処分基盤研究開発調整会議」で設定された目標を達すべく研究開発を実施

•HLW

(コメント) BAT概念の理解と研究の方向性

- 国内外の動向等を踏まえ、利用可能な最善の技術として用いられる成果の提示を目標に、常に state-of-the-artを意識した研究開発の実施

(コメント) 長期挙動評価における不確実性による影響を考慮した重点的な取り組み

- 包括的感度解析による重要パラメータの抽出を実施

(コメント) 処分概念オプションに関する性能評価の取り組み、性能評価の柔軟性を高める具体的な取り組み

- 設計オプションについてH12レファレンスケースを変更した場合の影響因子を安全機能の観点から整理の着手 等

3

前回委員会の主なコメントとその対応(2)

•TRU

(コメント) 処理と処分が連携した研究開発計画

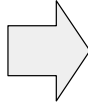
- 硝酸塩について、脱硝プロセス開発と地層中の硝酸の変遷挙動評価の有機的な取り組みについて検討

(コメント) バリアシステム長期挙動と核種移行研究のアンバランス

- 核種移行に関しても、データ取得のみでなくHLWの成果を踏まえ、メカニスティックな研究も実施

4

工学技術の開発に関する全体目標 (H18～22年度)

- | | | |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● 実際の地質環境への適用を考慮した柔軟性のある工学技術の体系化 ● 設計・建設技術の実際の地質環境への適用性確認と操業・閉鎖技術の整備 ● 実際の地質環境への適用可能な長期健全性評価モデルの整備 |  | <ul style="list-style-type: none"> ● 知識ベースの個別要素 (e.g. 設計/施工方法, モデル, データベース, 測定手法・設定手法)の構築・公開・更新 ● 地下研究施設における適用性確認 ● 幅広い地質環境や国内外の最新動向を踏まえた処分概念の高度化や柔軟性の向上 |
|--|---|---|

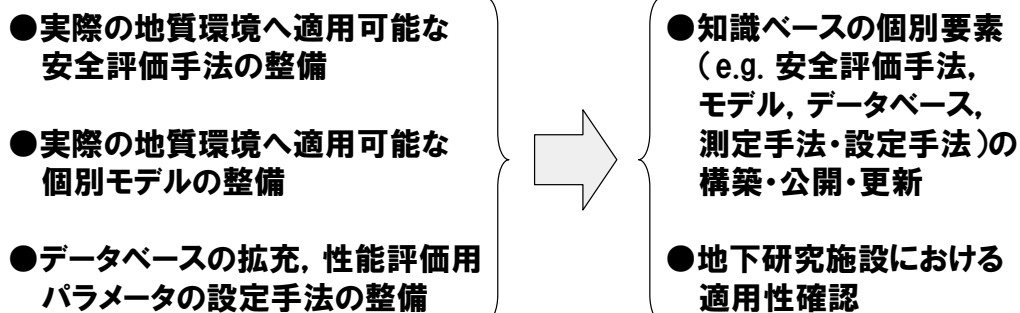
5

工学技術の開発に関する課題構造

- | | |
|-------------------------|--|
| <p>(1) 処分場の総合的な工学技術</p> | <p>① URLにおける適用性検討
② 工学技術オプション</p> |
| <p>(2) 処分場の設計・施工技術</p> | <p>① 人工バリア
 (a) オーバーパック (b) 緩衝材
 ② 支保・グラウト・シーリング
 (a) シーリング (b) 支保(低アルカリ性セメント) (c) グラウト
 ③ 建設・操業・閉鎖等の工学技術
 (a) 建設技術 (b) 操業技術 (c) 閉鎖技術</p> |
| <p>(3) 長期健全性評価技術</p> | <p>① 緩衝材
 (a) 長期力学的変形挙動 (b) 長期変質挙動 (c) 流出・侵入挙動
 ② セメント・コンクリート
 ③ 岩盤
 (a) 長期力学的変形挙動 (b) 長期変質挙動
 ④ 熱・水・応力・化学連成挙動
 ⑤ ガス移行挙動
 ⑥ 人工バリアせん断応答挙動</p> |

6

安全評価手法の開発に関する全体目標 (H18～22年度)



7

安全評価手法の開発に関する課題構造

- (1) 評価手法
 - ① シナリオ解析技術
 - ② 不確実性評価技術
 - ③ 総合的な性能評価技術
- (2) モデル化技術
 - ① 人工バリア中の核種移行
 - (a) 地下水化学／間隙水化学
 - (b) ガラス固化体からの核種溶出
 - (c) 緩衝材中の核種移行
 - ② 天然バリア中の核種移行
 - (a) 岩盤中の核種移行
 - (b) コロイド・有機物・微生物
 - ③ 生物圏での核種移行／被ばく
- (3) データベース開発
 - ① 放射性元素の熱力学データベースの整備
 - ② 収着・拡散データベースの整備

8

平成18年度の高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の主要目標

工学技術の開発

- ・銅製オーバーパックの長期性能にとって重要な環境条件の提示
- ・地下施設の建設工事等が地層処分システムの長期性能に及ぼす影響の整理
- ・低アルカリ性セメントの現場施工試験に関する課題抽出

安全評価手法の開発

- ・核種の拡散データベースの公開
- ・安全評価シナリオの抽出や天然現象影響評価

9

JAEAと資源エネルギー庁事業等との連携 (平成18年度)

○工学技術

- 溶接部腐食(共同研究)
- 塩濃縮モデル(共同研究)
- THMCセンサー開発(共同研究)
- 建設・操業・閉鎖(URLにおける適用性確認、情報交換)
- 緩衝材の鉄変質(情報交換)
- オーバーパック腐食手法、データベース開発(情報交換)
- 高温におけるオーバーパック腐食、緩衝材変質(情報交換)
- 低アルカリセメント開発(CRIEPI共同研究)
- 多連設坑道、クリープ挙動(CRIEPI共同研究)
- 緩衝材隙間膨潤(情報交換)
- ガス移行挙動(情報交換)

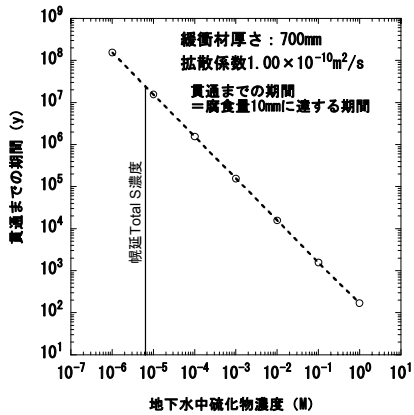
○性能評価

- 性能評価高度化(共同研究)
- 微生物影響評価モデル(共同研究)
- 幌延地下水化学モデル(共同研究)
- コロイド影響評価(共同研究)
- 放射線影響評価(共同研究)
- 核種移行現象の解明(情報交換)

10

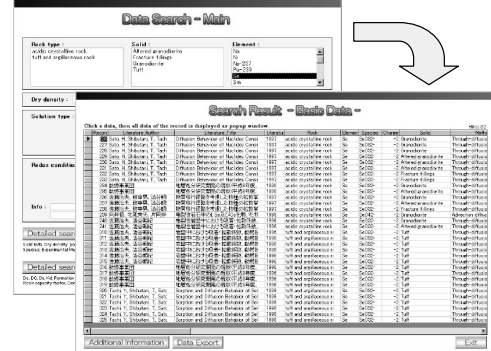
平成18年度の高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の主な成果

・銅オーバーパック長期性能と環境条件



緩衝材中の硫化物の拡散に基づく銅オーバーパックの寿命予測

・収着・拡散データベースの整備・公開



拡散データベースの検索例
(岩石に対するSeの拡散係数)

拡散データベースの登録件数の状況

年度	固相	件数
H17末まで	・結晶質岩(酸性・塩基性) ・堆積岩(砂質岩類、泥質・凝灰質岩類)	約330
H18	・Kunigel-V1 ・Kunipia-F ・その他(砂混合ベントナイト、精製スメクタイト等)	約1,050

11

TRU廃棄物の地層処分研究開発に関する課題

- 併置処分の評価に係る信頼性向上
 - 硝酸塩等の影響に係る現象理解とデータ・評価モデルの信頼性向上
 - 性能評価技術の体系化・高度化(処分場スケールでの相互影響評価の考慮など)
- ジェネリックな評価基盤の拡充(HLW評価基盤との平仄)
 - 塩水環境下でのデータやモデルの整備など、多様な地質環境を対象とした評価基盤の拡充
 - 高アルカリ環境での人工バリア等の長期健全性に関するデータ拡充と評価モデルの信頼性向上
- より幅広い地質環境に柔軟に対応するための代替技術開発(ANRE事業)
 - ヨウ素固定化・浸出抑制技術の実現性の提示
 - C-14の放出・移行評価の信頼性向上と閉じ込め容器の開発
 - 硝酸塩影響の不確実性低減のための硝酸塩分解技術

12

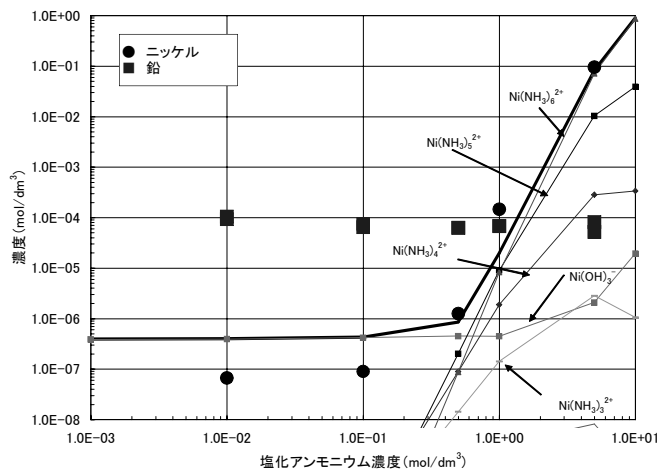
平成18年度のTRU廃棄物の地層処分研究開発の主要目標

- ・第2次TRUレポートの英語版の出版
- ・TRU廃棄物の併置処分の法制化等に向けた国と協力による説明用資料の作成
- ・安全評価手法の高度化開発及び基礎データの収集・拡充

13

平成18年度のTRU廃棄物地層処分研究開発の主な成果

- ・硝酸の変遷物であるアンモニアによる溶解度への影響評価



高アルカリ領域 (pH12~13) におけるニッケル及び鉛の塩化アンモニウム濃度依存性

(過飽和法, 浸漬期間28日, 0.45 μmのろ過の後分析)

14

まとめ

- ・高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発
 - － 知識ベースの個別要素の構築・公開・更新
 - － 地下研究施設における適用性確認
 - ・ 論文投稿数 : 16件
 - ・ 技術資料公開数 : 34件

- ・TRU廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物)の地層処分研究開発
 - － 安全評価技術の高度化(アルカリ環境の影響等)
 - － 併置処分に関する信頼性の向上(硝酸塩の影響等)
 - ・ 論文投稿数 : 5件
 - ・ 研究開発報告書公開数 : 2件

15

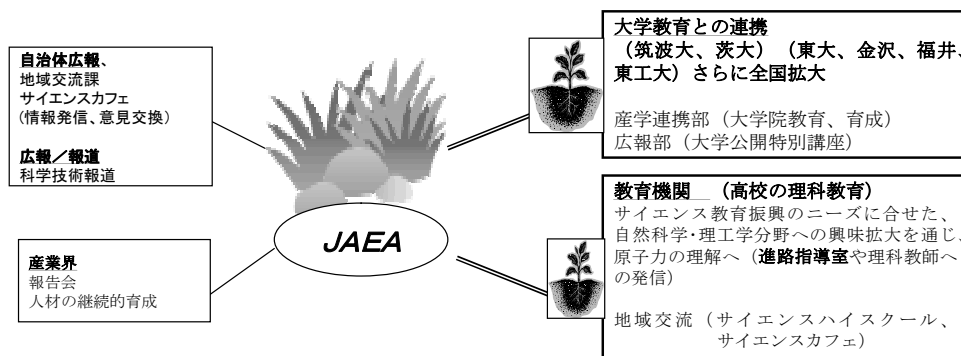
研究成果の理解拡大へのとりくみ

従来の単なる報告会形式でなく、科学技術コミュニケーションに意義あるとりくみ

- ・次世代の社会的理解や技術的興味裾野拡大
- ・研究成果を情報として直接発信する……基礎基盤研究の理解
- ・研究成果の理解拡大と地層処分への理解促進



基礎基盤 研究成果をツールとして理解拡大 への草の根活動



16

別添 3

地層処分研究開発検討委員会

資料第2-2-2号 1

地層処分基盤研究における5カ年計画と
平成18年度の成果
—工学技術開発について—

平成19年3月9日

地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット
ニアフィールド研究グループ
内藤 守正

前回のコメント:工学技術分

2/33

- [1] サイトについて、これまで不可能だと思われたところも可能であったり、その逆だったりということがあり得る。工学技術だけではどうしてもクリアできない条件(当該技術での限界)があることを確認するためにやっているのか。
- [2] 確認することが難しい話がたくさんある。確認するためには何を見せればいいのか、という戦略を考えないと行き詰る。
- [3] 公衆へのアピール方法をトップダウンで誰かが考える必要があるのではないか。
- [4] 代替OPの腐食挙動で銅の腐食について。銅の場合には、スウェーデンやフィンランドがやっているが、日本ではどこまで具体的な検討を行うのか。

平成18年度の研究開発の枠組み

3/33

1. 処分場の総合的な工学技術

- ①URLにおける適用性検討
- ②工学技術オプション

2. 処分場の設計・施工技術

- ①人工バリア
 - ◆オーバーパック(ナチュラルアナログ含む), 緩衝材
- ②支保・グラウト・シーリング
 - ◆シーリング, 支保(低アルカリ性セメント), グラウト
- ③建設・操業・閉鎖等の工学技術
 - ◆建設技術, 操業技術, 閉鎖技術, 品質管理

3. 長期健全性評価技術

- ①緩衝材
 - ◆長期力学的変形挙動, 緩衝材の長期変質挙動, 緩衝材の流出・侵入挙動
- ②岩盤の長期力学変形挙動/長期変質挙動
- ③熱-水-応力-化学連成挙動
- ④ガス移行挙動
- ⑤人工バリアせん断応答挙動

1. 処分場の総合的な工学技術

4/33

①URLにおける適用性検討

▶今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆地質環境条件
 - ・幌延等の具体的な地質環境条件(坑道掘削段階により得られる情報)
- ◆設計手法・考え方
 - ・処分坑道横置き方式を一例とした全体フロー更新
 - ・H17設計の見直し
 - ・設計手法の体系化

【H17】

- ◆地質環境条件
 - ・幌延等の具体的な地質環境条件(地上からの調査段階により得られた情報)
- ◆設計手法・考え方
 - ・処分孔縦置き方式を一例とした全体フローの更新
 - ・人工バリア・埋め戻し材設計フローの構築
 - ・試設計の実施と留意点の整理

【知識ベースへの反映】

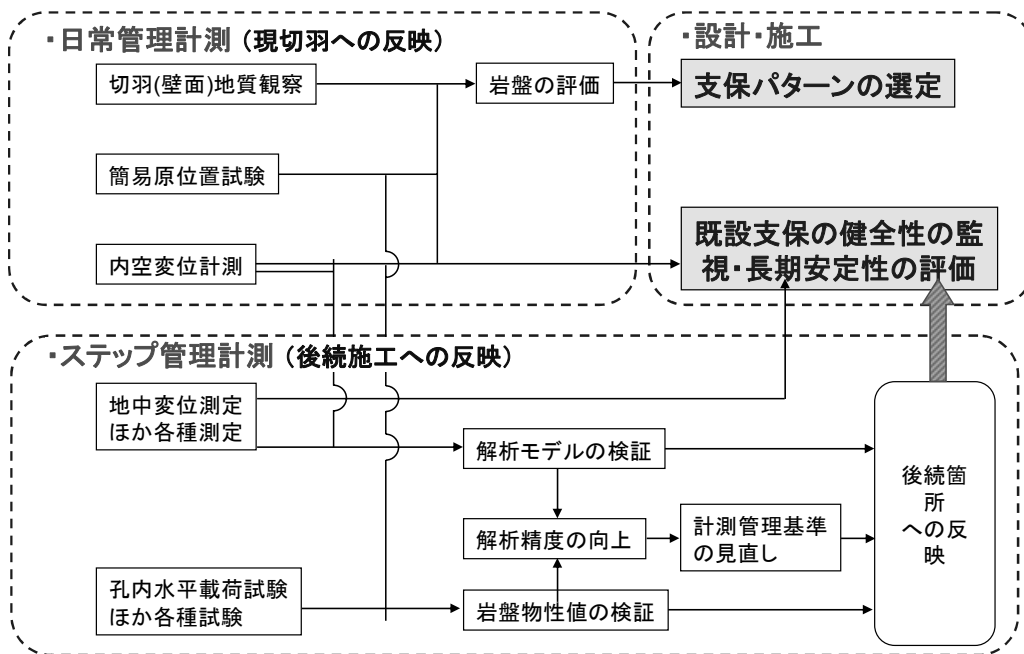
- 坑道掘削段階において得られる情報を基にした, 処分場設計の考え方や設計手法の提供
- 坑道掘削段階において適用した施工方法や対策工法の適用事例及び留意点の提供
- 地質環境に応じた設計要件

【H12】

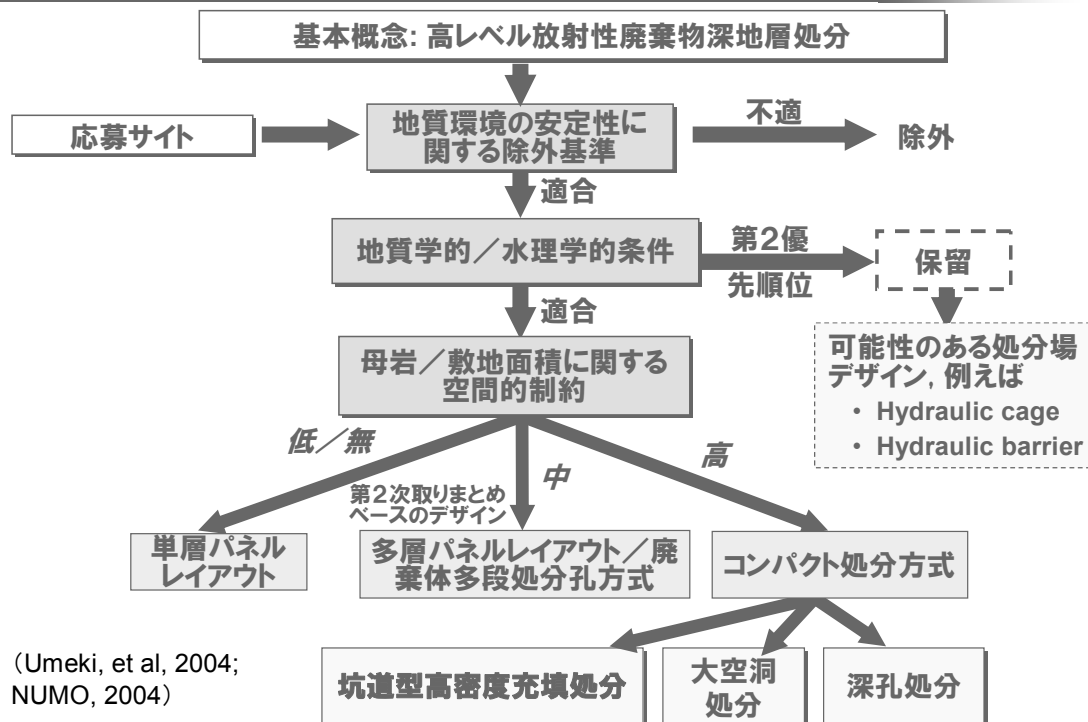
- ◆地質環境条件
 - ・幅広い地質環境を一般化(硬岩系/軟岩系)
- ◆設計手法・考え方
 - ・処分場全体設計の基本的な考え方の例示
 - ・人工バリア設計の考え方の例示

1. 処分場の総合的な工学技術 ①URLにおける適用性検討 5/33

■ 情報化施工プログラム 掘削を行いながら、地質観察結果や各種計測データを総合的に分析し、設計・施工にフィードバックする手法



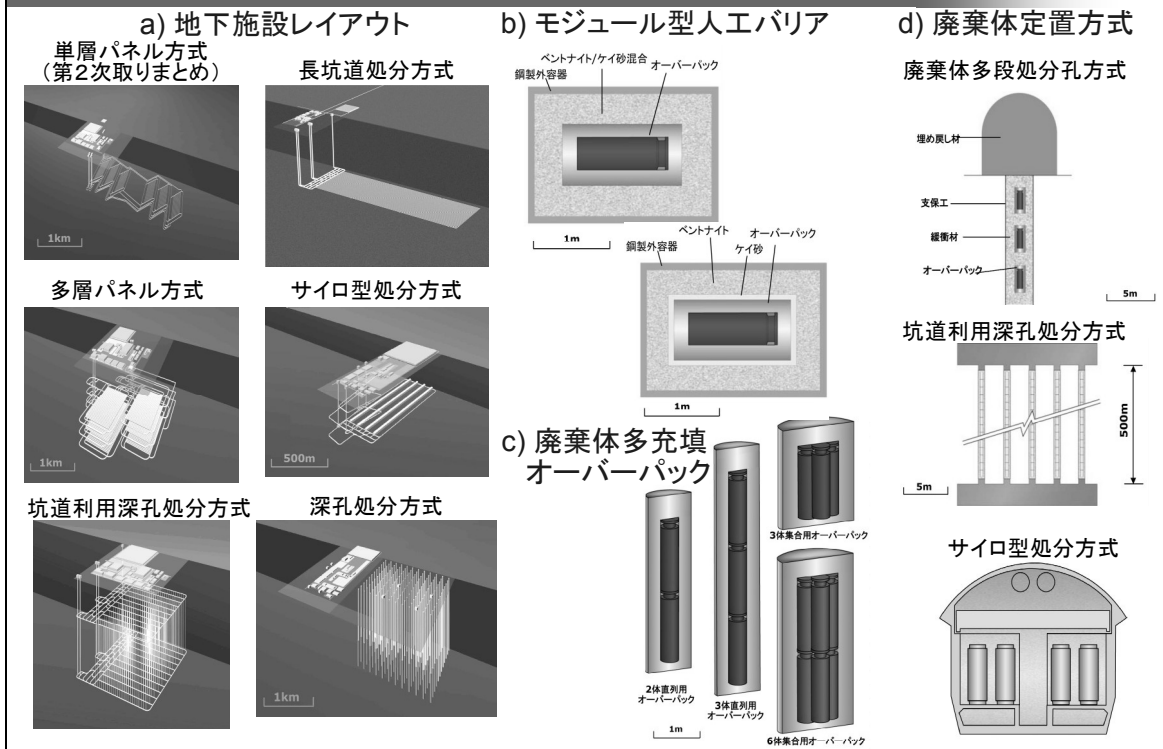
1. 処分場の総合的な工学技術: ②工学技術オプション 【参考】 処分場概念の最適化: オプション選択のフロー 6/33



(Umeki, et al, 2004; NUMO, 2004)

【参考】 処分場概念オプションの例 (NUMO, 2004)

7/33

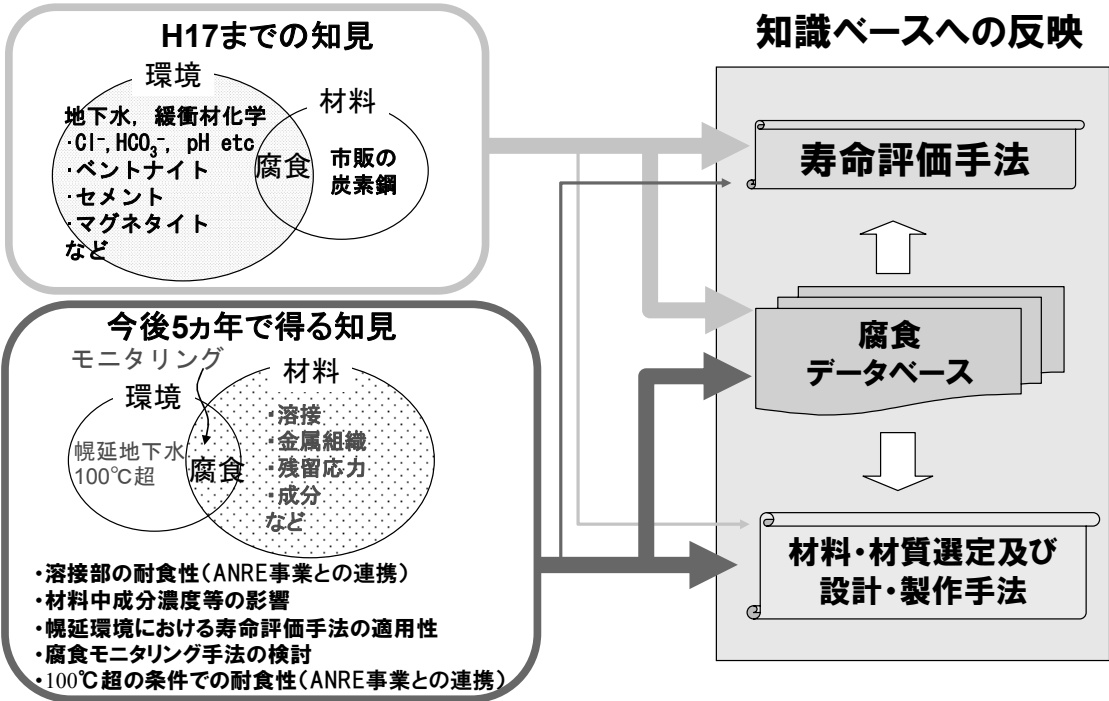


2. 処分場の設計・施工技術

8/33

①人工バリア [オーバーパック - 炭素鋼オーバーパックの腐食挙動-]

➤ 今後5か年の計画



2. 処分場の設計・施工技術

①人工バリア [オーバーパック ー代替オーバーパックの腐食挙動ー]

➤今後5ヵ年の計画

H17までの知見

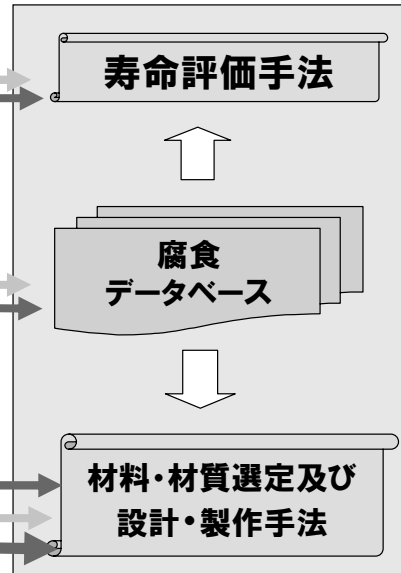
- ・チタンのすきま腐食, 水素脆化挙動
- ・銅の電気化学特性, 硫化物環境での耐食性

今後5ヵ年で得る知見

- 銅の局部腐食, 応力腐食割れに関する実験データの拡充
- チタンと銅の溶接部における耐食性評価(ANRE事業との連携)

- 地質環境に対する適用条件の提示
- 銅オーバーパックの超長寿命化(10⁴年以上)の可能性

知識ベースへの反映

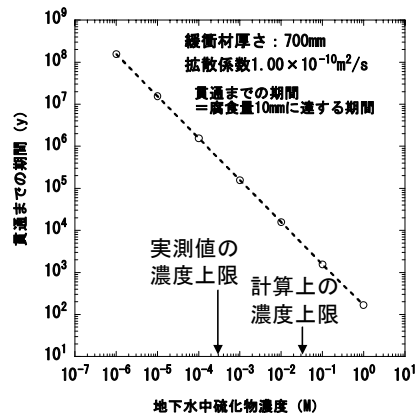
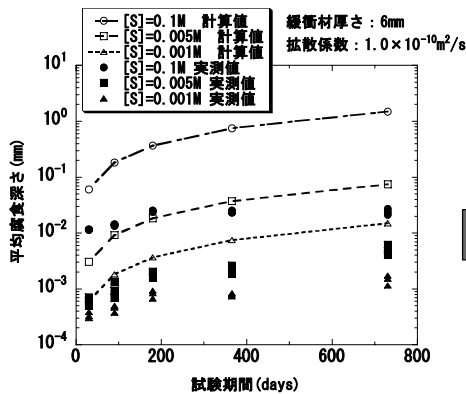


平成18年度の成果

2. 処分場の設計・施工技術: ①人工バリア

オーバーパックの基本特性

低酸素濃度環境における銅オーバーパックの腐食挙動



緩衝材中における純銅の腐食に及ぼす硫化物濃度の影響(実測値と, 緩衝材中の硫化物の拡散に基づく腐食量計算結果の比較)

緩衝材中の硫化物の拡散に基づく銅オーバーパックの寿命予測

→硫化物濃度とともに腐食速度は増加。緩衝材中の拡散に基づき安全側の評価が可能。

→硫化物濃度条件によっては10万年を超える超長寿命達成の可能性がある

今後の予定: 酸化性~還元性における純銅の局部腐食, 応力腐食割れ挙動などデータの拡充と, より信頼性の高い寿命評価手法の構築

2. 処分場の設計・施工技術

①人工バリア [緩衝材]

11/33

▶ 今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆環境条件
 - ・セメント影響を考慮したデータの取得
- ◆データ
 - ・関係式の整理(セメント影響)及び国内外の知見を踏まえたデータベースの拡張(ANRE事業との連携)
- ◆標準化
 - ・委員会等による測定手法の標準化に向けた体制の構築
- ◆設計
 - ・自己シール性に関するデータの拡充と設計基準に係る基盤情報の整理(ANRE事業との連携)

【H17】

- ◆環境条件
 - ・海水系地下水でのデータ取得
- ◆データ
 - ・関係式の整理(海水条件)及びデータベースの構築・公開
- ◆標準化
 - ・影響因子(圧縮成型時の残留応力)の特定
- ◆設計
 - ・具体的な地質環境での試設計の例示と課題の抽出

【H12】

- ◆環境条件
 - ・降水系地下水でのデータ取得
- ◆データ
 - ・関係式の整理(降水条件)
- ◆標準化
 - ・試料の寸法等が膨潤応力に影響
- ◆設計
 - ・設計の考え方を例示

【知識ベースへの反映】

- 緩衝材基本特性データベースの更新
- 膨潤応力等の測定手法の標準化
- 緩衝材の設計基準に関わる基盤情報及び設計の考え方の提供

平成18年度の成果

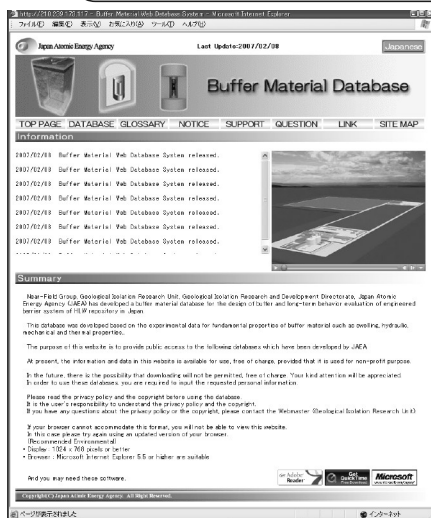
2. 処分場の設計・施工技術: ①人工バリア

12/33

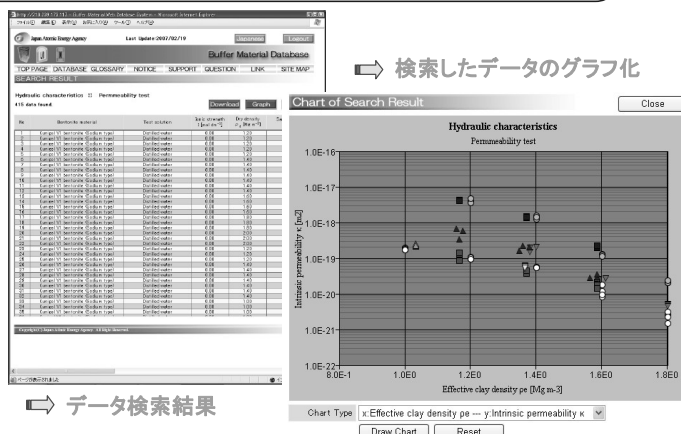
緩衝材基本特性データベース英語版

国内外を含めた研究者にも幅広く研究データを利用して頂くため、データベースの英語版を構築(平成19年3月末Web公開予定)

⇒ 緩衝材基本特性データベース Web アドレス: <http://bufferdb.jaea.go.jp/>



Buffer Material Database TOP PAGE



今後の予定:

- 塩水系環境条件—セメント影響に係わる基本特性データの拡充
- 埋め戻し材仕様なども含めた低ベントナイト混合率データの拡充
- データベースの更新: 国内外の各研究機関や大学等と協力・連携

2. 処分場の設計・施工技術

②支保・グラウト・シーリング [支保 一低アルカリ性コンクリート開発]

13/33

▶今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆施工性
 - ・幌延での試験施工により、吹き付け性能、材料分離抵抗性、品質変動等について確認(CRIEPIとの連携)
- ◆強度特性
 - ・掘削時の詳細支保設計に必要な強度を確保するための配合選定を実施(CRIEPIとの連携)
- ◆低アルカリ性
 - ・pH低下予測の精度向上のため、ポゾラン反応の反応速度データの拡充し、速度パラメータを再評価(CRIEPIとの連携)
- ◆低腐食性
 - ・海上暴露試験を継続し、鉄筋腐食の進行性を確認

【H17】

- ◆施工性
 - ・場所打ち、吹き付け性能を確認(HFSC424)
- ◆強度特性
 - ・設計基準強度を満足することを確認(HFSC424)
- ◆低アルカリ性
 - ・モデル解析によりpH低下の評価に共通し
- ◆低腐食性
 - ・海上暴露試験により鉄筋の発錆を確認(HFSC226)

【知識ベースへの反映】

- 低アルカリ性コンクリートの材料特性データベースの提供・公開
- 配合選定方法の標準化(マニュアル)
- 施工管理基準(マニュアル)の提供

【H12】

- ◆緩衝材や周辺岩盤への影響を考慮し、低アルカリセメントの使用を推奨

平成18年度の成果

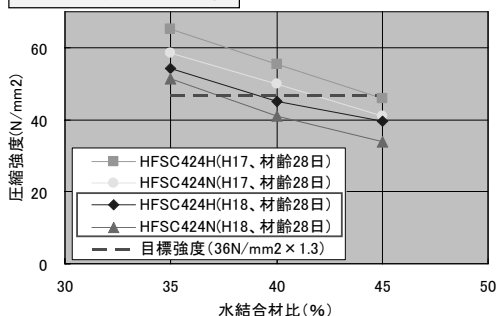
2. 処分場の設計・施工技術：②支保・グラウト・シーリング

14/33

支保工(低アルカリ性コンクリート)開発

幌延URLでの使用材料(骨材、結合材)を用いたベースコンクリートのフレッシュ性状試験、圧縮強度試験を基にコンクリート配合を選定

圧縮強度試験結果



ベースコンクリートの水結合材比と圧縮強度の関係

- ・水結合材比と圧縮強度の関係
 - 水セメント比説の関係が成立
- ・H17年度との比較
 - 圧縮強度が低い傾向 (要因) 粗骨材形状の相違による付着強度の影響(碎石→玉砂利)

幌延URLでの配合
→水結合材比を35%程度に設定

H17年度との配合比較

実施年度	結合材種類	目標スランプ (cm)	水結合材比: W/B(%)	細骨材率: s/a(%)	単位量(kg/m³)							高性能AE減水剤
					W (Water)	結合材: B (Binder)			S (Sand)	G (Gravel)		
						OPC	HPC	SF			FA	
H17年度	HFSC424N	18±2	40	60	200	200	—	100	200	950	645	B×1.1%
	HFSC424H		45	60	203	—	180	90	180	975	663	B×1.2%
H18年度	HFSC424N	18±2	35	60	175	200	—	100	200	935	628	B×1.05%
	HFSC424H		35	60	175	—	200	100	200	934	627	B×1.05%

今後の予定: 幌延URLの施工機械を用いた施工性、力学特性試験を実施

2. 処分場の設計・施工技術

②支保・グラウト・シーリング [シーリング]

➤今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆閉鎖要件
 - ・処分場のレイアウト規模を対象とした解析評価及び結晶質岩に関わる閉鎖要素の要件の明確化
- ◆基盤情報
 - ・ズリ, ベントナイト含有率をパラメータとした材料特性データ取得
- ◆原位置実規模試験
 - ・堆積岩(幌延)における閉鎖性能試験に関わる知見の蓄積・整備
- ◆長孔の止水確保
 - ・国内外事例の整備

【H17】

- ◆閉鎖要件
 - ・水理解析及びFaultツリー分析を行い, 閉鎖シナリオを提示
- ◆基盤情報
 - ・海水系での埋め戻し材の隙間充填性能に着目した基礎試験結果から埋め戻し材仕様を例示
- ◆原位置実規模試験
 - ・施工されたプラグの低透水性を確認し, プラグ設置部の物質移行挙動を解析評価

【H12】

- ◆閉鎖要件
 - ・埋め戻し材に期待される役割と設計上考慮すべき項目を設定
- ◆基盤情報
 - ・膨潤, 透水性等のデータから埋め戻し材仕様を例示
- ◆原位置実規模試験
 - ・結晶質岩(カナダ)においてプラグの施工を確認

【知識ベースへの反映】

- 閉鎖設計の基本的な考え方と閉鎖要件の提供
- 閉鎖材料及び性能に係るデータベースの提供

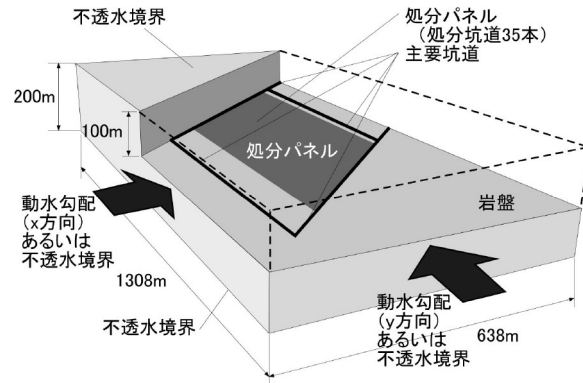
平成18年度の成果

2. 処分場の設計・施工技術: ②支保・グラウト・シーリング

閉鎖要素の相互影響を考慮したパネル規模での水理解析

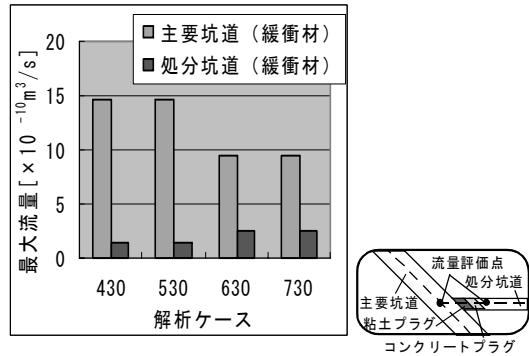
解析条件

坑道形状: 主要坑道[一辺4.0m], 処分坑道[一辺2.0m]
 プラグの設置位置: 主要坑道の2箇所に粘土プラグ
 処分坑道の両端部にコンクリートプラグと粘土プラグ
 モデル境界: 処分パネルの周囲100m分をモデル化
 境界条件: 動水勾配を与えない境界面は不透水境界
 動水勾配: 0.01



結果

全体の地下水流動および通過流量等に対して, 粘土プラグの設置位置, 埋め戻し材の透水係数, 動水勾配の方向が大きく影響することが分かった。



処分坑道境界部における最大流量
 [プラグ設置の効果 (直交圧力勾配)]

- 粘土プラグ設置位置:
- 430 (処分坑道, 主要坑道),
 - 530 (処分坑道),
 - 630 (主要坑道),
 - 730 (粘土プラグ無し)

2. 処分場の設計・施工技術

③建設・操業・閉鎖等の工学技術 [建設技術]

17/33

▶今後5ヵ年の計画

【～H22】

◆設計手法:

- ・幌延での掘削時に得られた地質環境情報に基づき、地上からの調査段階に置ける地下施設の設計手法の適用性確認、留意点の抽出
- ・情報化施工計画の立案、適用事例の提示
- ・地下深部における坑道群の設計体型の整備、妥当性の検証

◆設計上の留意点:

- ・ニアフィールドの観点から建設技術に要求される要件(掘削影響領域[EDZ]、水みち、掘削対策工に用いられる材料選定)の整理

◆原位置試験の計画:

- ・幌延での地質環境データを用いた予備解析による連成挙動の把握、腐食・環境モニタリング手法の検討等

【H17】

◆設計条件:

- ・地上からの調査結果を基に設計用物性値の設定例を提示

◆設計手法:

- ・上記設計用物性値に基づく単一坑道の設計例を提示
- ・地下研究施設における防災、耐震を考慮した試設計事例を提示

◆設計上の留意点:

- ・情報化施工に関する手法の整備
- ・ニアフィールドにおける地質環境、建設技術の整理等

【知識ベースへの反映】

- 地質環境データを基にした設計用物性値設定の考え方の提供
- 情報化施工システムの提供

【H12】

- ◆幅広い地質環境を対象に、当時の技術で実現可能と考えられる建設技術を例示

◆平成18年度成果

◆2. 処分場の設計・施工技術: ③建設・操業・閉鎖等の工学技術

18/33

◆長期性能の観点から処分施設の設計・建設上の留意点の提示

◆工学材料の抽出

POSIVAでの検討例との比較

▶URL建設に伴い持ち込まれる工学材料を抽出

発生源	持ち込まれる工学材料の種類	
	ONKALO	幌延の地下施設
①長期性能に対して影響がないため、残置できるもの		
添加材のある吹付けコンクリート		フライアッシュ(細骨材置換) セメント(普通) セメント(高炉B) 鋼材(鉄筋、鋼管等) 再生砕石(基礎砕石用)
上部コンクリート		
②長期性能に対して影響があるため、除去するもの(除去できるもの)		
廃棄物からの汚染	発塵による生成ガス	
発破孔の蓋および導火線	ポリプロピレン(発破孔の蓋) AI(導火線)	
床	セメント 鋼材(金網鉄筋など)	セメント(早強)
種々の構造物	セメント 鋼材(防火扉、中間扉、分岐壁など) Zn	鋼材(一時避難所扉)
③長期性能に対して影響があるため、代替材料に替えるもの(替えられるもの)		
支持ボルト	セメント 有機物(定着材:セメントカプセルの紙チューブやレジレン) ポリスチレン(定着材:セメントカプセルのメッシュ)	セメント 有機物(定着材:セメントカプセルの紙チューブやレジレン) ポリスチレン(定着材:セメントカプセルのメッシュ)
アンカーボルト	セメント	
添加材のある吹付けコンクリート	セメント	セメント(高炉B、高炉スラグ含有量30~60wt%) ポリプロピレン(繊維補強)
グラウト材	セメント	(設計書には明記されていないがセメントを想定)
矢板		埋込板 および 松矢板
覆工コンクリート		セメント(早強) ポリプロピレン(繊維補強)
底層コンクリート		セメント(早強) ポリプロピレン(繊維補強)
④長期性能に対して影響があるが、除去、代替ができないもの		
支持ボルト	鋼材(異形棒鋼、ねじり棒鋼、産金)	
(ロックボルト)	Zn FRP(ロックボルト)	
アンカーボルト	鋼材	鋼材(表面排水工の不透過シートなどの定着用)
添加材のある吹付けコンクリート	鋼材 Zn	鋼材(金網鉄筋)
排水パイプ	鋼材 ポリエチレン ポリスチレン	ポリ塩化ビニル(表面排水用埋込管) 鋼材(表面排水工の不透過シートなどの定着用など) ポリエチレン(ドレンマットなど) ブチルゴム(表面排水の集水管定着) ポリエチレン(定着助水シート、鋼管管など)
鋼製支保工		鋼材(水平坑道、立坑、さや管)
覆工コンクリート		止水材(吸水膨張タイプ、打錠部止水用)
⑤長期性能に対して影響が不明なもの		
支持ボルト		特殊添加材(定着材:ドライモルタルの急硬材)
(ロックボルト)		
添加材のある吹付けコンクリート	AI(急硬材)	カルシウムアルミネート(急硬材)
グラウト材	有機物(急硬材)	(設計書には明記されていないがAI系を想定)
種々の構造物	AI	

◆工学材料の分類

▶除去可能なものは、閉鎖時等に可能な限り除去

▶代替可能な「セメントや有機物」は、影響の少ない代替材料に変更

▶例えば、セメントは、低アルカリ性セメントに、吹付けコンクリートに混入させる有機繊維は、無機繊維に代替

▶除去・代替ができない等の「鋼材や有機物」は、残置後どのような影響を及ぼすか評価

◆今後の課題

- ▶代替材料の更なる開発
- ▶残置する工学材料の評価とその対策の検討

3. 長期健全性評価技術

①緩衝材:長期力学的変形挙動

➤今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆クリープモデル/評価
- ・海水系地下水条件でのモデルの適用性確認
- ・緩衝材/岩盤連成モデルの構築(降水系条件)
- ◆データ取得
- ・海水系地下水条件でのデータ取得及びパラメータ設定方法の考え方を整理
- ・長期圧密試験による二次圧密係数の加速の有無に係るデータの取得

【H17】

- ◆クリープモデル/評価
- ・モデルを再度整理・選定し、実験結果との比較を通して降水系地下水条件でのモデルの妥当性を確認
- ・二次圧密係数の加速も考慮した評価の実施
- ◆データ取得
- ・降水系地下水条件でのデータ取得及びパラメータ設定方法の考え方を整理
- ・海水系地下水条件での一部データ取得

【知識ベースへの反映】

- 緩衝材/岩盤応力連成モデルの提供
- 降水/海水条件での解析パラメータ設定方法の考え方の提供
- パラメータ等のデータベースの提供

【H12】

- ◆クリープモデル/評価
- ・既存のモデルを利用し概略的な影響評価を実施(関口-太田モデル:沈下, 修正Cam-clayモデル:腐食膨張)
- ◆データ取得
- ・降水系地下水条件でのデータ取得

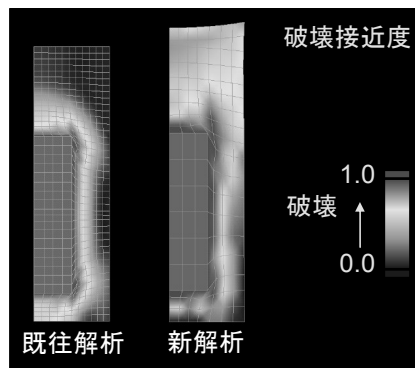
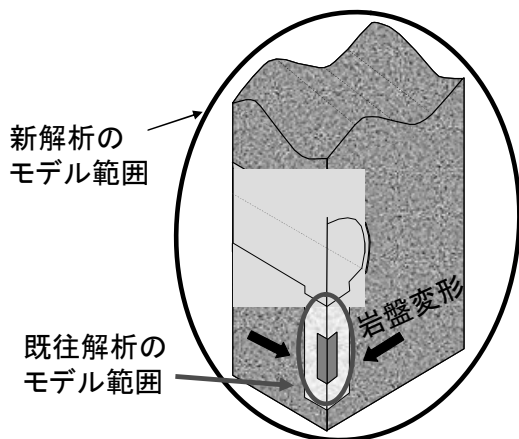
平成18年度の成果

3. 長期健全性評価技術: ①緩衝材

緩衝材の長期力学的変形挙動

解析手法の高度化

➤岩盤, 支保工, 埋め戻し材挙動を加えて力学連成モデルを構築



解析結果比較(腐食膨張後の応力評価)
⇒ 新解析では応力状態の高い範囲が広がる

- ◆ 処分孔周囲の岩盤クリープ変形や埋め戻し材挙動などを考慮することで、より実現象に近い条件での解析評価が可能となった。

今後の予定: 構築したプロトタイプモデルを基に、解析条件(パラメータ, メッシュ分割度など)の適正化や、支保工劣化挙動の導入などの課題に取り組む。

3. 長期健全性評価技術：①緩衝材
緩衝材の流出・侵入挙動

21/33

▶今後5ヵ年の計画

【～H22】
 ◆環境条件：降水系地下水
 ◆実験系
 ・侵入：岩盤亀裂(レプリカを含む)
 ・浸食：平行平板亀裂
 ◆モデル/評価
 ・侵入：侵入現象モデルの改良
 ・浸食：ベントナイトコロイドの生成条件の把握

【H17】
 ◆環境条件：海水系地下水
 ◆実験系：平行平板亀裂
 ◆モデル/評価
 ・侵入：X線CTにより得られた亀裂侵入密度データなどを用いモデルの適用性を確認
 ・浸食：臨界流速よりも低流速でコロイドが生成する可能性を示唆

【知識ベースへの反映】
 ●緩衝材侵入現象モデルの提供
 ●流出・侵入データベースの提供・公開
 ●ベントナイトコロイド生成条件の提供

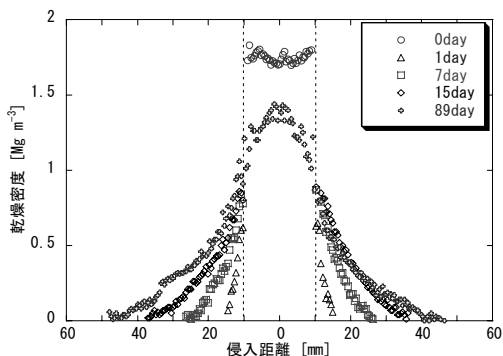
【H12】
 ◆環境条件：降水系地下水
 ◆実験系：平行平板亀裂
 ◆モデル/評価
 ・侵入：侵入距離と時間の関係を用い拡散として取扱モデル化
 ・浸食：定性的にベントナイトコロイドが生成する臨界流速を評価

平成18年度の成果
3. 長期健全性評価技術：①緩衝材
緩衝材の流出・侵入挙動

22/33

侵入現象

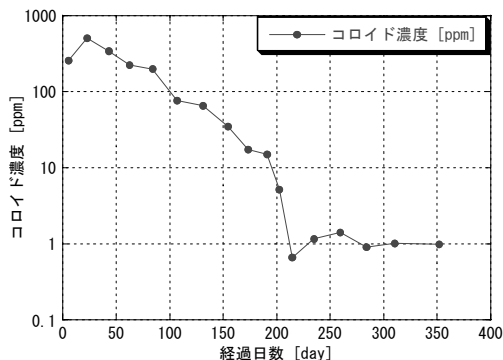
X線CTによる亀裂内侵入密度分布の拡充



侵入距離と乾燥密度分布の関係

浸食現象

流速(平均流速 10^{-7} m/s)とコロイド生成濃度との関係データの拡充(コロイド:1nm~1 μ m)



経過時間と浸食コロイド濃度の関係

今後の予定

- ・亀裂表面粗さをパラメータとした侵入挙動の把握, ボーリングコアの表面粗さ測定
- ・流速とコロイド生成濃度との関係データの拡充

3. 長期健全性評価技術
②岩盤の長期力学変形挙動

▶今後5ヵ年の計画

- 【～H22】
- ◆ データ
 - ・坑道掘削時に得られる計測データの取得、岩盤の力学特性に関する諸情報の整理
 - ◆ 予測手法
 - ・掘削時データを用いた予測手法の再現性検証
 - ・予測に用いる物性値やモデル定数の設定方法の例示
 - ・緩衝材の膨潤、オーバーパックの腐食、支保工を組み込んだ予測手法の提示
 - ◆ 設計への反映
 - ・EDZの自己回復特性など岩盤の長期特性変化に関する検討

- 【H17】
- ◆ データ
 - ・予測に必要な地質環境データを幌延の地上調査から取得
 - ◆ 予測手法
 - ・初期地圧の異方性を考慮した予測手法を提示
 - ・地圧現象を用いた長期予測への外挿方法の提示
 - ◆ 設計への反映
 - ・長期力学挙動評価の観点から設計時に考慮すべき留意点の抽出

- 【知識ベースへの反映】
- 岩盤物性データベースの提供・公開
 - 長期力学変形挙動予測モデルの提供
 - 解析パラメータ設定の考え方の提供

- 【H12】
- ◆ データ
 - ・力学的地質情報を統計的に整理
 - ◆ 予測手法
 - ・コンプライアンス可変型構成方程式

平成18年度の成果
3. 長期健全性評価技術②岩盤の長期力学変形挙動
ニアフィールド岩盤の長期力学挙動予測評価手法の信頼性向上に関する検討

▶第2次取りまとめやH17取りまとめでは、ニアフィールド岩盤の長期力学挙動予測にコンプライアンス可変型構成方程式を採用
▶トンネル掘削後の内空変位や支保工軸力の実測値とコンプライアンス可変型構成方程式を用いた解析値とを比較し、短期におけるコンプライアンス可変型構成方程式の適用性を検証（2トンネル現場の計測データにて検証）

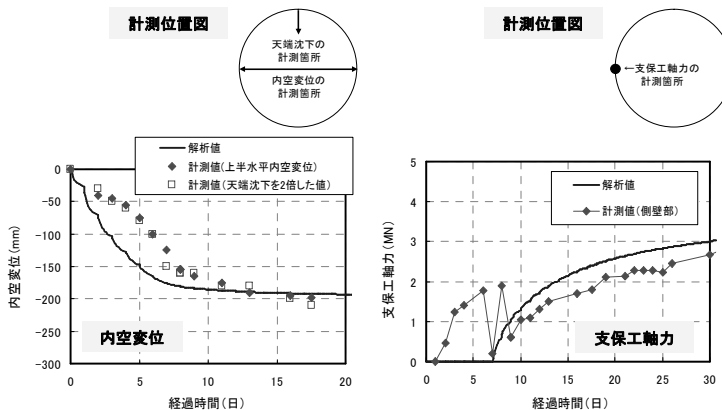
コンプライアンス可変型構成方程式の基本式

$$\frac{d\lambda^*}{dt} = a \cdot (\sigma^*)^n \cdot (\lambda^*)^m$$

- λ*: λ(=ε/σ)を初期値λ₀で基準化した値(-)
- t: 時間(sec)
- a: 強度を表すパラメータ(1/sec)
- σ*: 破壊接近度(-)
- n: 時間依存性の程度を表すパラメータ(-)
- m: 破壊進行性の程度を表すパラメータ(-)



トンネル施工時の様子



内空変位と支保工軸力の解析値と計測値の比較

実測値の経時変化を再現できることを確認

今後の課題：信頼性向上のために、2現場の検証のみならず、例えば、幌延地下施設建設時に得られる計測データを用いて検証していくことが必要である。

3. 長期健全性評価技術
③熱-水-応力-化学連成挙動

25/33

➤ 今後5年間の計画

【～H22】

- ◆ 解析モデル
 - ・ 化学現象から他の現象への影響モデルの精緻化
- ◆ 検証
 - ・ 室内連成試験, 塩の蓄積挙動 (ANRE事業との連携), ベンチマーク試験 (国際共研) に対する検証解析
 - ・ 連成データ計測技術の開発 (ANRE事業との連携)
- ◆ 解析評価
 - ・ 幅広い地質環境条件における解析の実施 (適用事例の拡充)

【H17】

- ◆ 解析モデル
 - ・ 熱-水-応力連成コードに物質移行及び地球化学コードを付加したプロトタイプ・コードの構築
- ◆ 検証
 - ・ 室内連成試験, 塩の蓄積挙動, YMP坑道加熱試験 (国際共研) に対する検証解析
- ◆ 解析評価
 - ・ 第2次取りまとめにおける結果の妥当性を確認

【知識ベースへの反映】

- 熱-水-応力-化学連成モデル及びデータベースの提供
- 熱-水-応力-化学連成データ計測技術の提供
- 数値実験技術の提供

【H12】

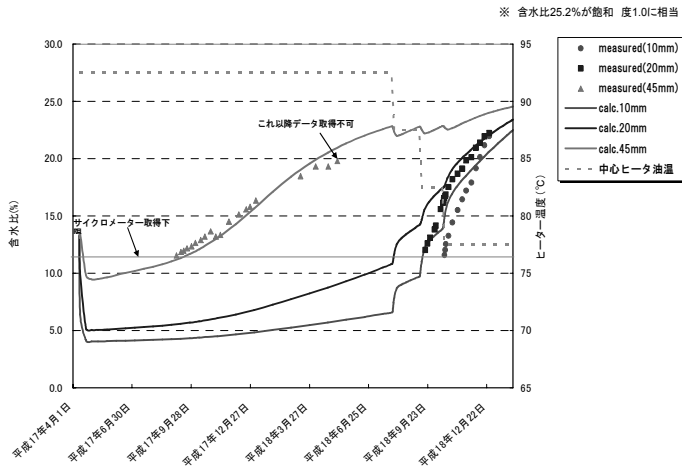
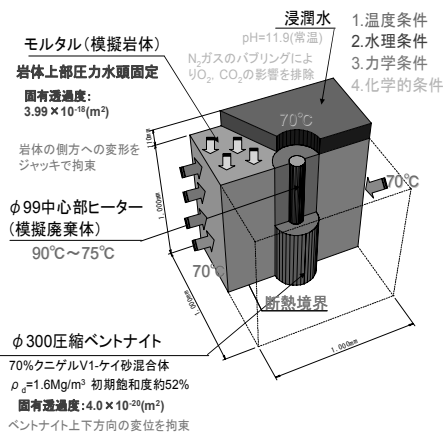
- ◆ 解析モデル
 - ・ 熱-水-応力連成モデルの構築
- ◆ 検証
 - ・ 釜石人工バリア試験, BIG-BEN, 国際共研での検証解析
- ◆ 解析評価
 - ・ 第2次取りまとめの概念での評価

平成18年度の成果

3. 長期健全性評価技術: ③熱-水-応力-化学連成挙動

26/33

COUPLEによる熱-水-応力-化学連成試験



今後の試験予定

- 平成19年3月末まで現在の試験を継続.
- ヒーターによる加温停止後, 緩衝材を解体し, サンプルング, 分析を実施.
- THC連成により, モデル/コードの確証解析を実施
- 次期試験は, ANRE事業との共同研究で, 平成20年度に実施予定

3. 長期健全性評価技術

④ガス移行挙動

27/33

▶ 今後5ヵ年の計画

【～H22】

- ◆データ取得
 - ・幌延コアの透気特性
- ◆現象理解
 - ・X線CTによる3次元的な把握(緩衝材)
- ◆モデル/評価
 - ・応力達成モデルによる実験結果の再現及び改良
 - ・モデルの検証を目的とした幌延原位置試験計画の立案及び予備解析

【H17】

- ◆データ取得
 - ・海水系地下水条件での緩衝材の透気特性
- ◆現象理解
 - ・X線CTによる可視化試験の可能性を確認
- ◆モデル/評価
 - ・改良型TOUGH2による実験結果の再現
 - ・応力達成モデルの導入

【知識ベースへの反映】

- ガス移行-応力達成モデルの提供
- 解析パラメータ設定方法の考え方の提供
- 透気特性(岩盤・緩衝材)データベースの提供・公開

【H12】

- ◆データ取得
 - ・降水系地下水条件での緩衝材の透気特性
- ◆現象理解
 - ・破過圧力や膨潤応力などから推定
- ◆モデル/評価
 - ・二相流モデルTOUGH2による概略評価

平成18年度の成果

3. 長期健全性評価技術：④ガス移行挙動

透気特性試験

28/33

幌延コアの透気特性データの取得

⇒ 幌延における原位置試験に係る解析に反映

▶ 実験試料; HDB-10孔, 深度265.77m, 直径3.8cm × 長さ3.8cm

水の浸透率に係る測定結果

ガスの浸透率に係る測定結果

○水の浸透率は1E-17m², ガスの浸透率は1E-20m²程度

今後の予定: 幌延コア(HDB-6孔, 10孔)及び緩衝材に関するデータの拡充, GAMBIT-GWSモデルの改良(実験結果との比較検討)

3. 長期健全性評価技術
⑤人工バリアせん断応答挙動 29/33

➤ **今後5ヵ年の計画**

【～H22】
 ◆データ取得
 ・せん断速度をパラメータとしたデータの取得
 ◆モデル/評価
 ・せん断速度影響を評価可能なモデルの選定
 ・パラメータ設定に関する考え方の整理

【H17】
 ◆データ取得
 ・1/20模型実験によるデータの取得
 ◆モデル/評価
 ・実験結果のシミュレーション解析を実施しモデルの適用性を確認

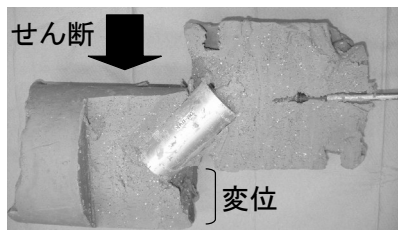
【知識ベースへの反映】
 ●人工バリアの限界条件の提供
 ●解析パラメータ設定方法の考え方の提供

【H12】
 ◆データ取得
 ・なし
 ◆モデル/評価
 ・SKBの解析結果を参考に0.2m程度せん断変位した場合の影響を概略的に評価

平成18年度の成果
 3. 長期健全性評価技術：⑤人工バリアせん断応答挙動 30/33
せん断試験

【目的】 断層ずれ速度の影響評価

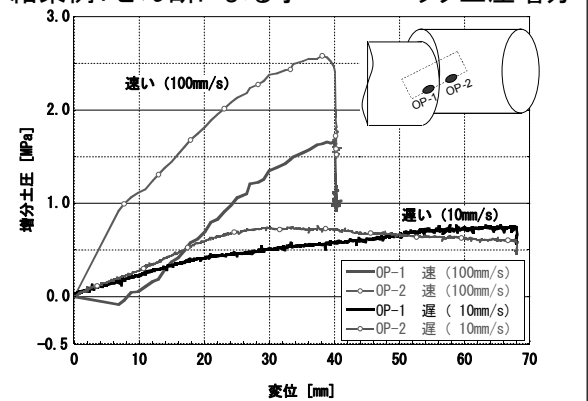
	速度	変位
速	100mm/s	40mm
遅	10mm/s	70mm



実験後取り出された供試体

➤ ずれ速度を変えた模型実験を実施

結果例：せん断によるオーバーパック土圧増分



◆ せん断速度を変えた模型実験を行って、土圧変化に与える影響を概略的に把握した。

速度を1/10にすると、せん断によってオーバーパックにかかる土圧は1/3程度に減少する。

今後の予定： 模型実験によるデータ取得によって速度について影響評価を行うとともに、解析手法の整備を進めて、シミュレーション解析の精度を高める。

平成18年度：まとめ

31/33

・ 投稿論文数: 9件

・ 研究開発報告書作成数: 16件

知識ベースへの反映のまとめ①(工学技術)

32/33

■:H18更新・新規、■H18実績なし

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
<ul style="list-style-type: none"> ・オーバーパック腐食データベース【オーバーパック】 ・緩衝材基本特性データベース【緩衝材】 ・閉鎖材料及び性能に係るデータベース【シーリング】 ・低アルカリ性コンクリートの材料特性データベース【支保】 ・原位置で確認すべき操業・閉鎖技術項目【操業・閉鎖】 ・緩衝材/岩盤応力連成評価に用いるパラメータ等のデータベース【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・緩衝材流出・侵入データベース【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・岩盤長期力学変形挙動に関わる物性データベース【岩盤の長期力学変形挙動】 ・熱-水-応力-化学連成挙動評価用データベース【熱-水-応力-化学連成挙動】 ・透気特性(岩盤・緩衝材)データベース【ガス移行挙動】 	データ
各種公開技術資料, レビュー報告書	ドキュメント
<ul style="list-style-type: none"> ・緩衝材/岩盤応力連成モデル【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・緩衝材侵入現象モデル【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・岩盤長期力学変形挙動予測モデル【岩盤の長期力学変形挙動】 ・熱-水-応力-化学連成モデル【熱-水-応力-化学連成挙動】 ・ガス移行-応力連成モデル【ガス移行挙動】 	ソフトウェア

知識ベースへの反映のまとめ②(工学技術)

33/33

■:H18更新・新規、■:H18実績なし、■:未着手

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
<ul style="list-style-type: none"> ・坑道掘削段階において得られる情報を基にした、処分場設計の考え方や設計手法【URLにおける適用性検討】 ・概念オプションの成立性や実現性関わる技術基盤情報【工学技術オプション】 ・オーバーバック腐食評価手法【オーバーバック】 ・オーバーバック材料・材質選定及び設計・製作手法【オーバーバック】 ・標準化した緩衝材膨潤応力等の測定手法(土木学会と連携予定)【緩衝材】 ・緩衝材の設計基準に関わる基盤情報及び設計の考え方【緩衝材】 ・閉鎖設計の基本的な考え方と閉鎖要件【シーリング】 ・低アルカリ性コンクリート配合選定方法【支保】 ・低アルカリ性コンクリート施工管理基準【支保】 ・グラウト材料の長期評価手法【グラウト】 ・グラウト施工技術【グラウト】 ・地質環境データを基にした設計用物性値設定の考え方【建設】 ・情報化施工システム【建設】 ・人工バリア等の長期安全性の観点からの品質管理の考え方【品質管理】 ・人工バリア等に係わる性能保証データの計測技術【品質管理】 ・降水/海水条件での緩衝材/岩盤応力連成解析パラメータ設定方法の考え方【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・緩衝材長期変質挙動評価手法【緩衝材の長期変質挙動】 ・緩衝材の安全機能に対する変質が及ぼす影響評価手法【緩衝材の長期変質挙動】 ・ベントナイトコロイド生成条件【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・岩盤長期力学変形挙動解析パラメータ設定の考え方【岩盤の長期力学変形挙動】 ・熱-水-応力-化学連成データ計測技術【熱-水-応力-化学連成挙動】 ・ガス移行解析パラメータ設定方法の考え方【ガス移行挙動】 ・人工バリアの限界条件【人工バリアのせん断応答挙動】 ・人工バリアのせん断応答挙動解析パラメータ設定方法の考え方【人工バリアのせん断応答挙動】 	<p>経験・ノウハウ (方法論など)</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・坑道掘削段階において適用した施工方法や対策工法の適用事例及び留意点【URLにおける適用性検討】 ・ナチュラルアナログに関する統合データ【オーバーバック】 	<p>統合化した知識</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・地質環境に応じた処分場設計要件【URLにおける適用性検討】 	<p>ガイダンス</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・数値実験技術【熱-水-応力-化学連成挙動】 	<p>プレゼンテーション</p>

別添 4

地層処分研究開発検討委員会

資料第2-2-3号 1

地層処分基盤研究における5カ年計画と
平成18年度の成果
－性能評価研究について－

平成19年3月9日

地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット
システム性能研究グループ
宮原 要

主な研究項目

2/25

◆評価手法

- シナリオ解析技術
- 不確実性評価技術
- 総合的な性能評価技術

◆モデル化技術

- 人工バリア中の核種移行：地下水・間隙水化学研究
- 天然バリア中の核種移行
 - ・水理・物質移行
 - ・収着・拡散
 - ・コロイド・有機物・微生物
- 生物圏での移行／被ばく

◆データベース開発

- 放射性元素の熱力学データベース整備
- 収着・拡散データベースの整備

前回のコメント

3/25

- ① **研究の意義の明確化(必要性、見通し)**
 - ・JAEAが何故このテーマを今、この5年間にやるのか
 - ・何故この研究を進めているのかを示すこと、見通しがよくなるような研究開発を行うこと
- ② **不確実性や影響に関する現状認識**
 - ・現状での不確実性がどのくらいあるのか、それによる影響はどの程度かを理解して研究すべき
- ③ **性能評価研究のあり方(説得性の追及)**
 - ・社会が納得するような説得力のあるものにすべき
- ④ **シナリオ設定の不確実性や信頼性向上のための検討手順を明らかにすべき**
- ⑤ **不確実性と不均質性を区別すべき**
- ⑥ **柔軟性を高める具体的な取り組みとは何か、多様な処分システムの性能について検討すべき**
- ⑦ **機構の解明において、天然の条件を考慮すること、アプローチの方法論を明示すべき**

シナリオ解析技術

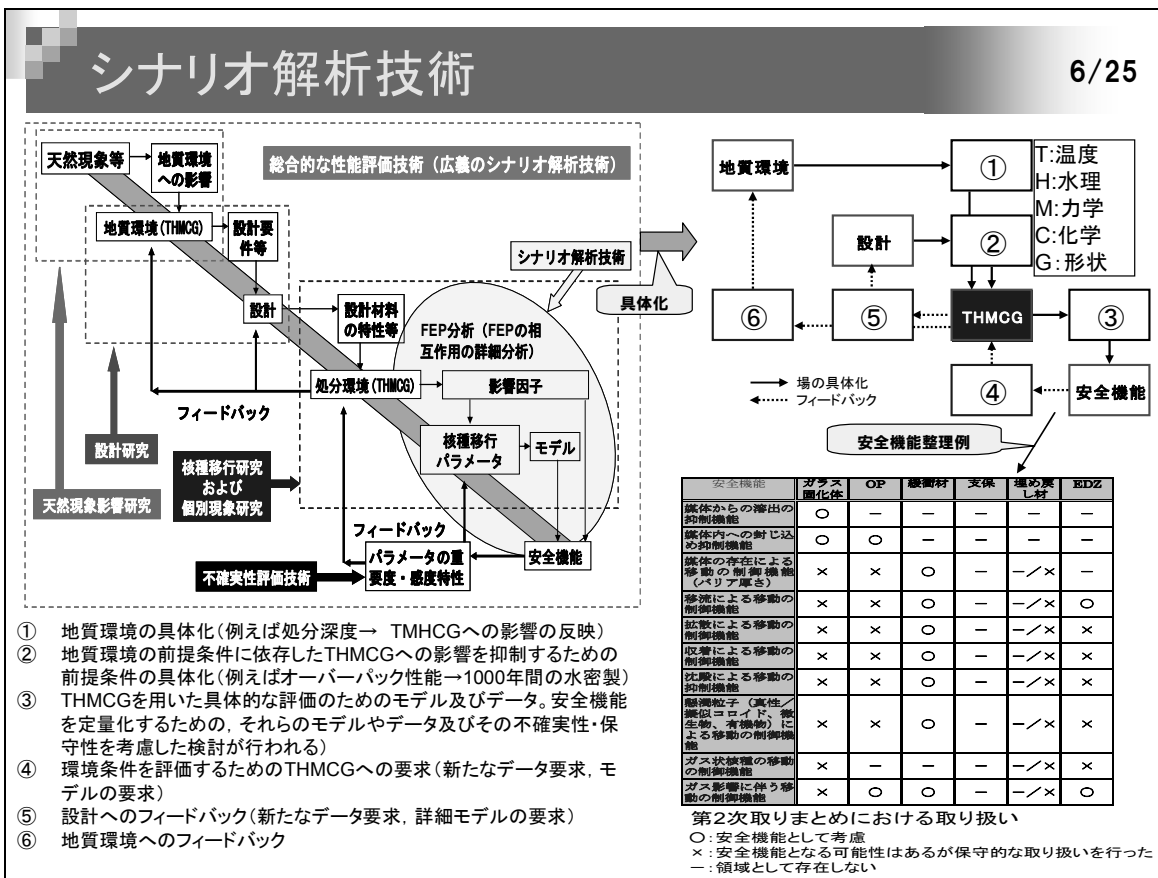
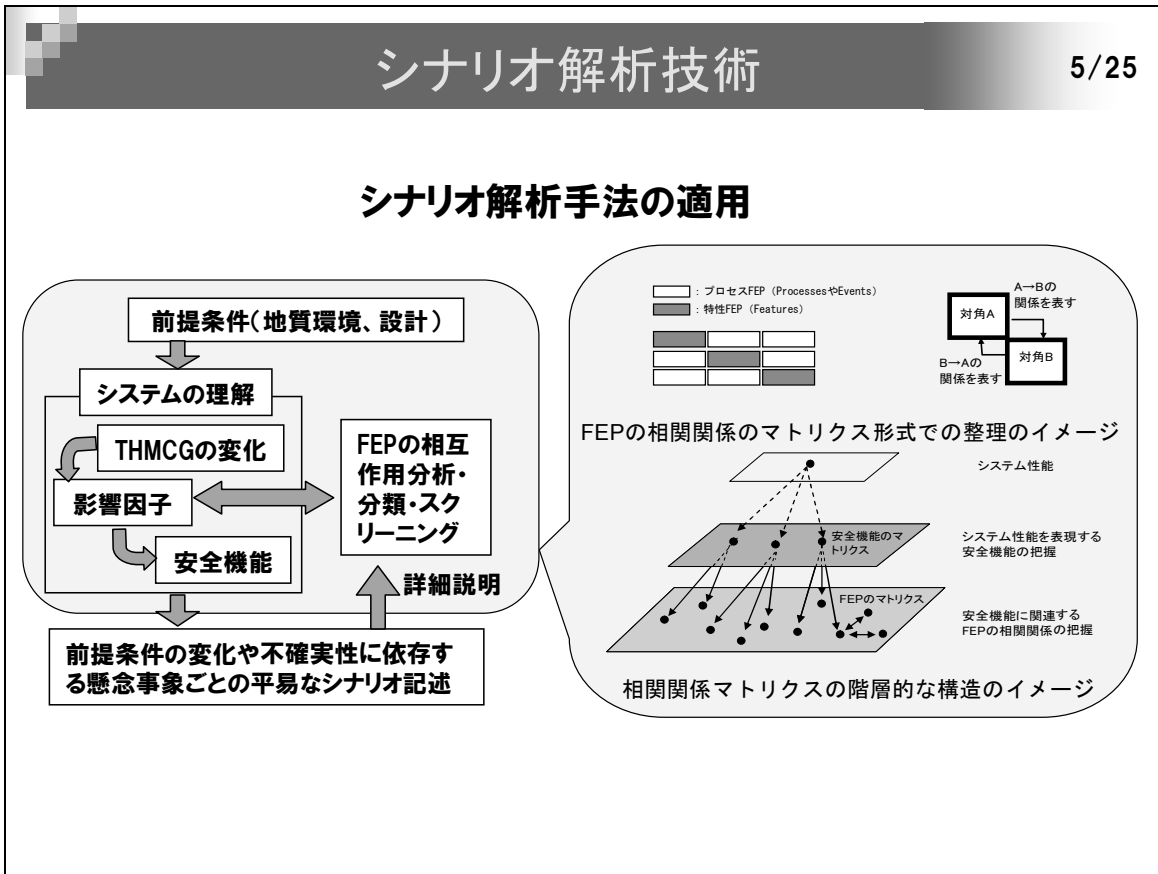
4/25

◆ 今後5カ年の計画

- ・シナリオ解析手法の体系的な整備(追跡性、透明性と分かりやすさの向上)
 - シナリオ検討の結果の妥当性の提示(網羅性、追跡性、透明性の確保)
 - 評価の道筋や検討結果、今後の重要な課題をわかりやすく提示する(分析結果の平易な表現)
- ・FEP情報の整備からシナリオの構築、安全評価までの評価・検討体系の整備
 - 天然現象による擾乱、多様な地質環境、設計オプションに対応可能な統一的なシナリオ解析体系の整備
- ・シナリオのスクリーニング、重要度評価技術の整備
 - 条件等の変化に応じたシナリオの重要性の変化を把握できる評価体系の整備

◆ 平成18年度の主な成果(④)

- ・シナリオ解析技術の高度化概念の構築
 - わかりやすい表現と分析における網羅性、追跡性、透明性の確保(FEP分析)とを両立させる体系の概念構築(表現と分析の2層化)
 - 結果のフィードバックを考慮した統一的なシナリオ解析体系の概念構築
 - * 多様な地質環境、設計オプションに対応可能な統一的なシナリオ解析体系の概念構築
 - * 感度解析結果のフィードバックを可能とする体系の概念構築



不確実性評価技術

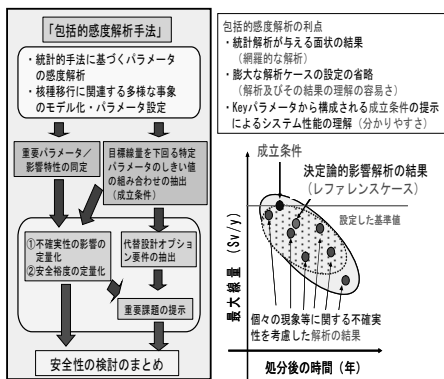
7/25

◆今後5カ年の計画

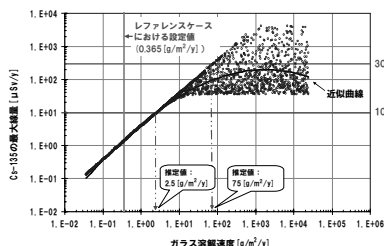
- ・不確実性の要因の分類に応じた不確実性の定量化技術の整備
- ・不確実性の影響評価技術の整備

◆平成18年度の主な成果(②)

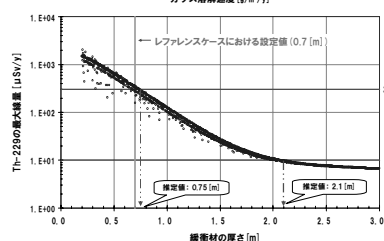
- 包括的感度解析手法のHLW性能評価への適用性確認
- 感度分析の切り口の整理及びそれに基づく決定木分析手法の適用性確認
- 国外の不確実性要因の分類に関する文献調査・分類事例の蓄積



包括的感度解析手法の特徴



- ・ガラス溶解速度が2.5 [g/m²/y] 以下であれば、Cs-135の最大線量は10 μSv/yを超えない
- ・ガラス溶解速度が75 [g/m²/y] 以下であれば、Cs-135の最大線量は300 μSv/yを超えない



- ・緩衝材の厚さが2.1 [m] 以上であれば、Th-229の最大線量は10 μSv/yを超えない
- ・緩衝材の厚さが0.75 [m] 以上であれば、Th-229の最大線量は300 μSv/yを超えない

極端な天然バリア及び降水系間隙水を想定した場合の成立条件抽出例

総合的な性能評価技術

8/25

◆今後5カ年の計画

- ・多様な地質環境や設計オプションに対しても評価可能な評価体系の柔軟性の確保
- ・総合的な性能評価の品質確保のための体系の整備

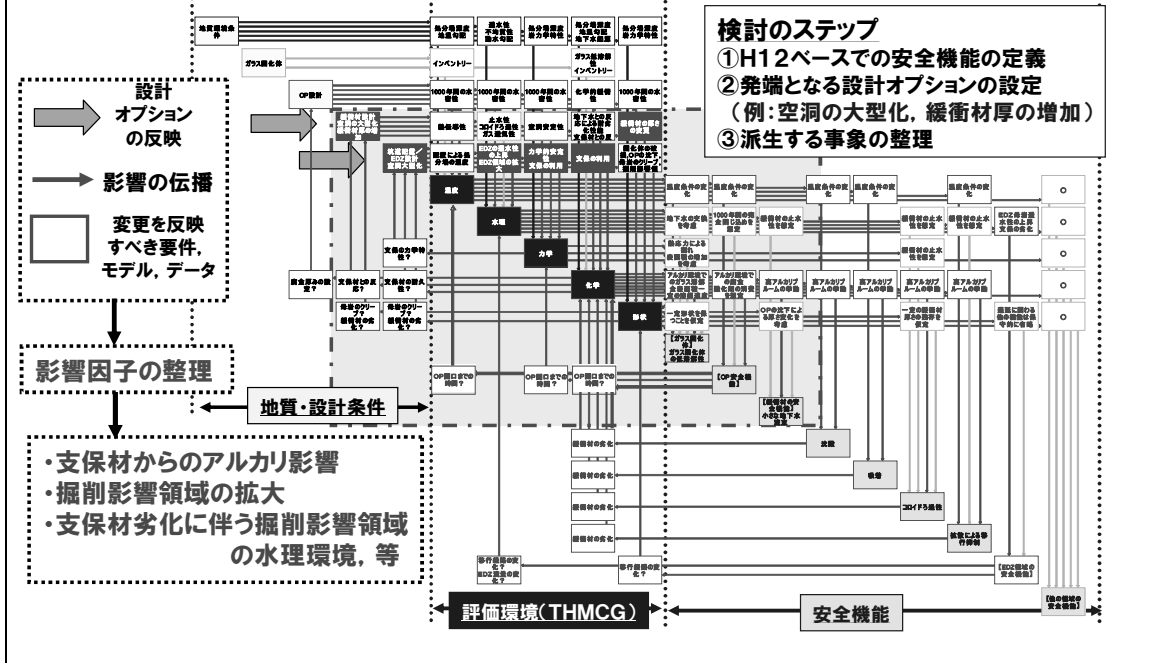
◆平成18年度の主な成果

- ・多様な設計オプションに対応するための評価体系の概念構築(⑥)
 - (I) 設計オプションの変更に伴って生じる新規影響因子の抽出、Reserve FEPの見直し (例示)(改良したシナリオ分析・表現方法の適用)
 - (II) 再整理したFEPに対応するモデル・パラメータの整備
 - (III) 安全性の評価
 - (IV) 成立条件の抽出(不確実性評価技術の適用)
 - (V) 設計の最適化あるいは地質環境の見直し
 - (VI) I ~ Vの繰り返し
- ・品質確保のための体系の概念設計(③)
 - 既存の情報管理コミュニケーションツール「JGIS」の高度化検討
 - 研究者間のコミュニケーション、情報の整合性を管理する機能
 - 研究成果・進捗を管理する機能
 - 品質保証要件との適合を判断し、研究の品質を管理する機能

総合的な性能評価技術

9/25

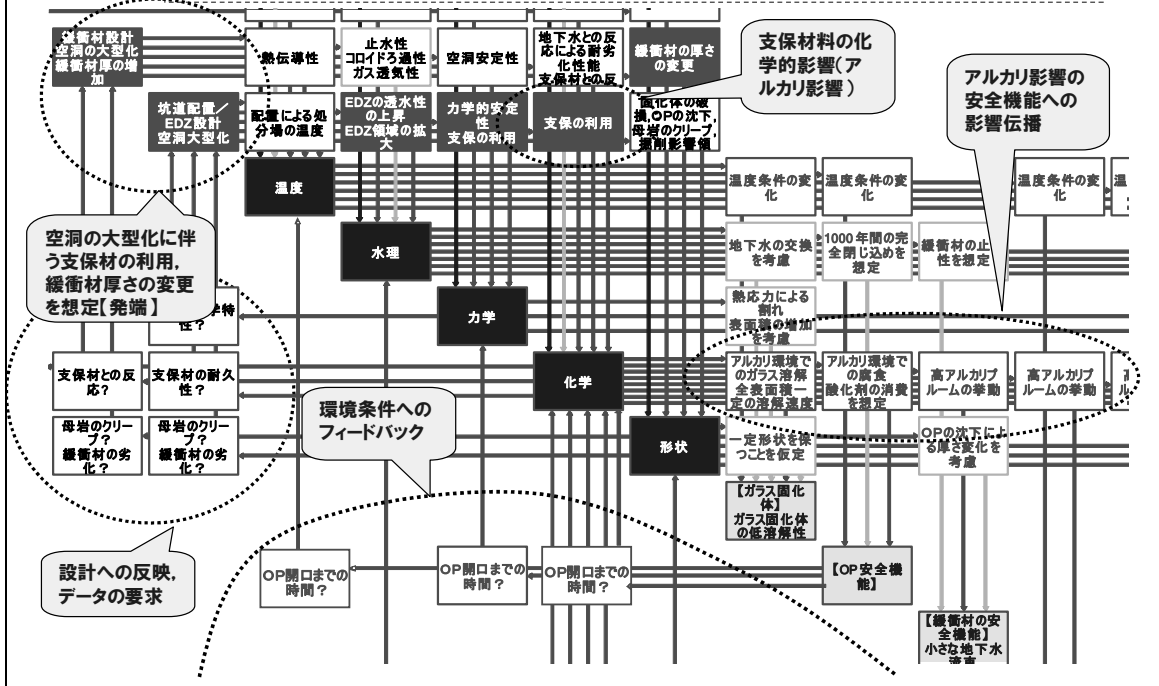
代替設計オプションの採用に伴う新規影響因子の抽出例 (シナリオ解析技術の高度化概念の適用)



総合的な性能評価技術

10/25

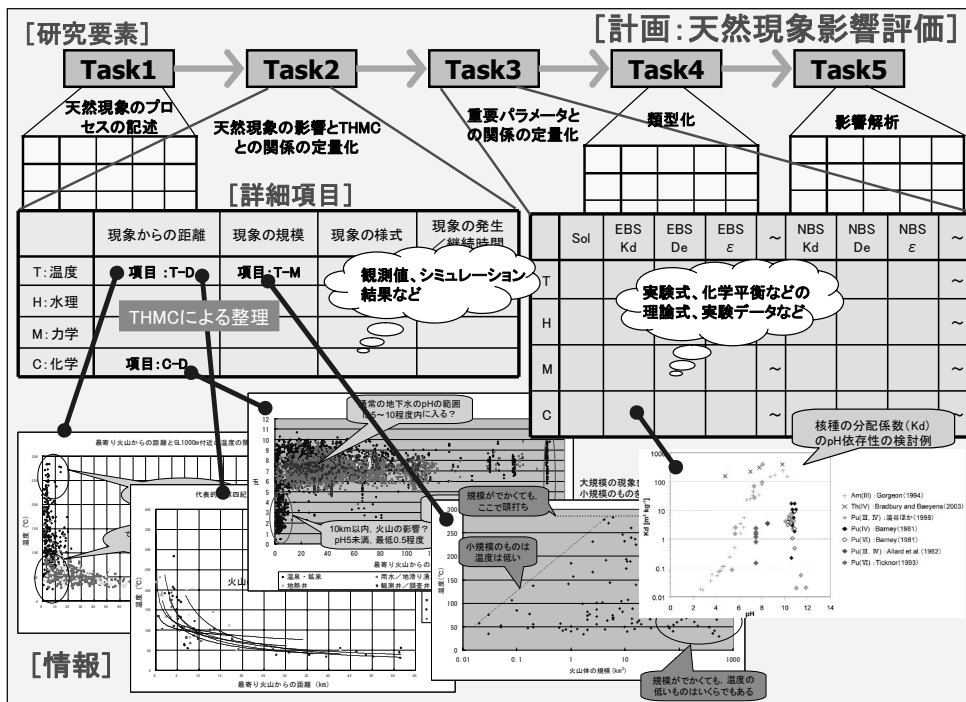
代替設計オプションの採用に伴う新規影響因子の抽出例 (シナリオ解析技術の高度化概念の適用)



総合的な性能評価技術 (品質確保のための体系の概念設計)

11/25

情報管理コミュニケーションツール「JGIS」を用いた情報の整理



人工バリア中の核種移行—地下水化学／間隙水化学—

12/25

今後5カ年の計画

【地下水化学】

- 幌延を例に、実測データの信頼性評価と補正に関する適用性を検討、また、掘削に伴う地下水水質の変化を推定する手法を開発
- 国内および諸外国における事例をもとに、地下水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化

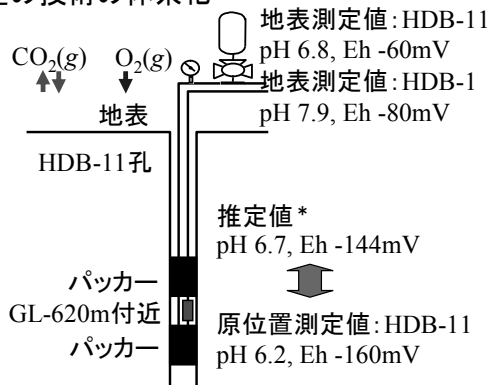
【間隙水化学】

- 幌延を例にしたデータの取得などによるモデルの適用性検討
- 間隙水水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化

平成18年度の主な成果(7)

【地下水化学】

- 幌延を例に、地層中に認められる鉱物情報に基づいた地球化学モデル(方解石、黄鉄鉱、菱鉄鉱との平衡を仮定)により原位置地下水のpH, Ehを推定
- 推定値は、地表での測定値より、原位置測定値に近づくものの、やや不整合
- 今後、HDB-11の水質分析結果をもとに再検討



* HDB-11の地下水分析結果が未公表であったため、HDB-1(GL-560m)地下水分析結果を基に、pHやEhに影響を与えられと考えられる鉱物の情報をもとに推定した暫定値

推定手法の適用性検討

天然バリア中の核種移行 -水理・物質移行-

13/25

◆今後5カ年の計画

- ▶水理・物質移行現象に影響を及ぼす現象・特性の把握、不均質性の取り扱い手法の検討
- ▶地質環境の多様性や情報収集のレベルに応じた処分場周辺の水理・物質移行評価を可能とする柔軟な評価技術の整備、改良、体系化
- ▶瑞浪、幌延の坑道掘削段階のデータを用いた評価の試行、地上からの調査段階の結果との比較による評価手法の実用性の向上

◆平成18年度の主な成果(⑤)

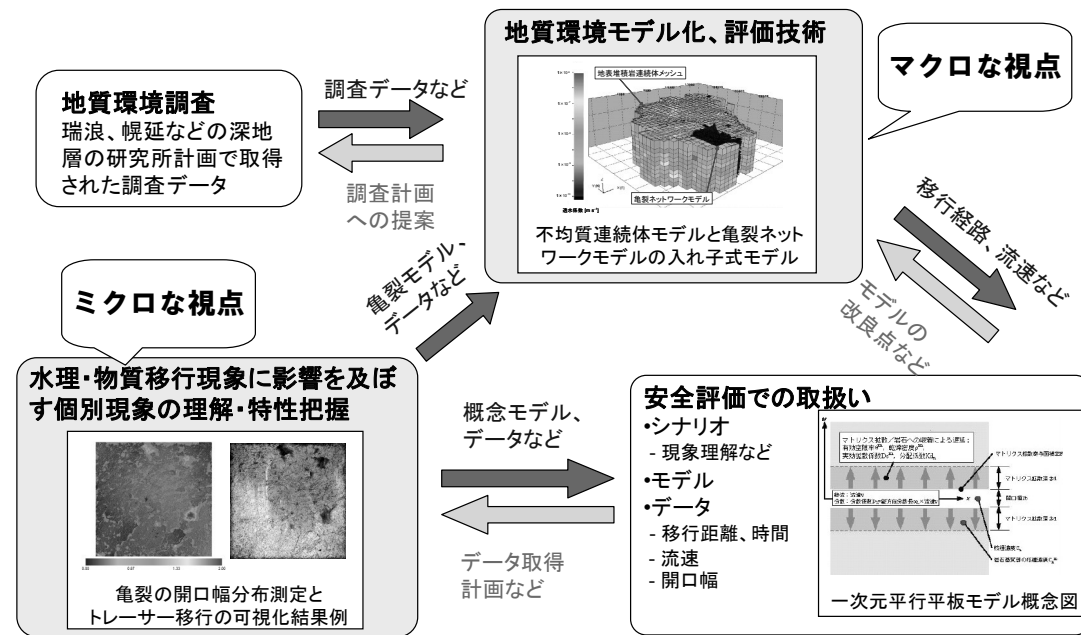
- ▶水理・物質移行現象に影響を及ぼす現象の特性を把握するための測定技術の開発
- ▶亀裂接触面積率と亀裂表面の粗さが水理・物質移行特性に及ぼす影響特性の把握
- ▶多孔質媒体中水理・物質移行現象可視化装置を用いた塩水くさびの特性把握
- ▶堆積岩地域の形成過程を考慮した地質構造の不均質性評価手法の検討
- ▶亀裂性媒体を対象とした水理学的有効間隙率の設定手法についての既存手法の整理と東濃地域で取得されたデータへの適用
- ▶幌延地域(堆積岩地域)の地上からの調査結果に基づく性能評価に関する成果のとりまとめ(幌延第一段階報告書)

岩盤中の核種移行

14/25

ミクロとマクロの視点の組合せによる体系的アプローチ

天然バリアを対象とした安全評価に必要な技術開発



天然バリア中の核種移行 - 水理・物質移行 -

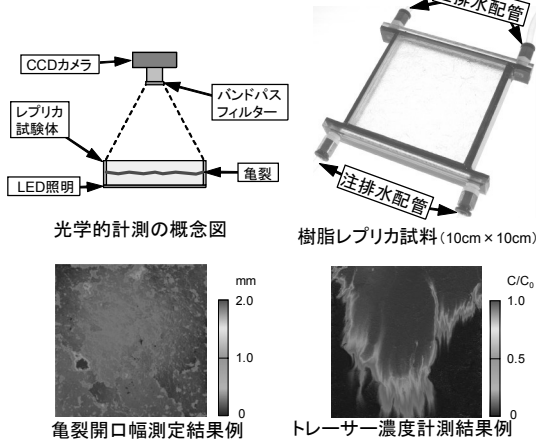
15/25

ミクロな視点

水理・物質移行現象に影響を及ぼす現象の特性を把握するための測定技術の開発

亀裂接触面積率と亀裂表面の粗さが水理・物質移行特性に及ぼす影響特性の把握

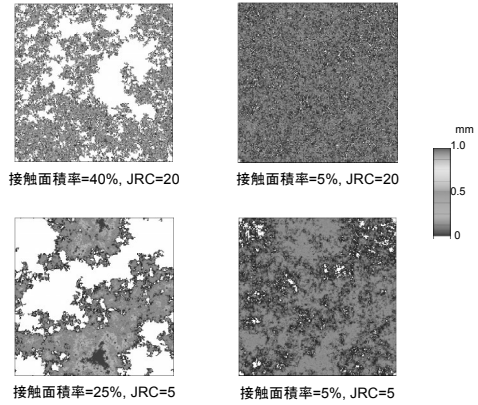
◆透明樹脂による亀裂のレプリカ試料を用いた光学的計測技術を開発



◆亀裂開口幅分布、トレーサー濃度の定量的かつ同時計測が可能
◆亀裂を対象とした水理物質移行コードの検証に活用可能

◆亀裂モデルによる数値解析

- 亀裂の接触面積率と亀裂表面の粗さを表す指標 (JRC 値) をパラメータとして複数の単一亀裂モデルを作成



亀裂モデル例 (開口幅分布図)

◆亀裂接触面積率は亀裂の透水特性に、JRC値は亀裂の物質移行特性に与える影響がそれぞれ大きいことがわかった

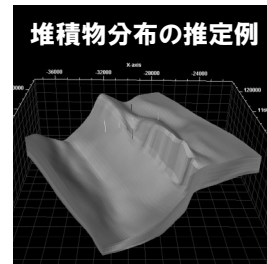
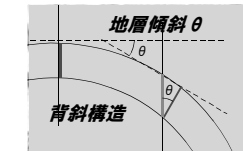
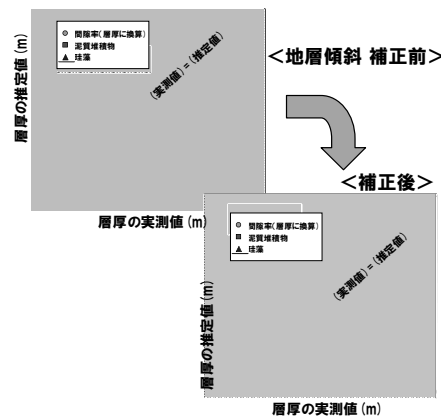
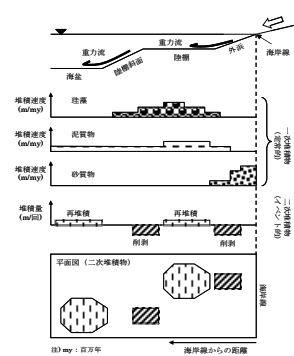
天然バリア中の核種移行 - 水理・物質移行 -

16/25

マクロな視点

堆積岩地域の形成過程を考慮した地質構造の不均質性評価手法の検討

堆積過程の推定手法の概念



これまで取得した地質データ、地質学的知見を総合的に解釈し、幌延地域の地質構造の推定を実施。

これまでの堆積過程のシミュレーションでは考慮できなかった背斜構造の影響を、地層傾斜を補正することで考慮し、実測との整合性が向上。

天然バリア中の核種移行 -収着・拡散-

17/25

➤ 今後5カ年の計画

- ・ 環境条件や岩石の状態に応じた収着・拡散過程の理解促進
 - 現象理解に必要なデータ取得とモデルの整備・改良
- ・ 収着分配係数・拡散係数設定に適用可能なモデル化技術の整備
 - 熱力学的収着モデル及び拡散モデルの適用性の向上
 - 分配係数および拡散係数の不確実性推定方法の開発
 - 分配係数のバッチ/インタクト間の整合性に関する検討の継続

➤ 平成18年度の主な成果(⑦)

- ・ ある地質環境条件が設定された場合に、現象理解に基づき収着分配係数・拡散係数等を設定する手法の整備を目的として、幌延堆積岩を対象とした収着・拡散試験計画を作成、試験を開始した。

天然バリア中の核種移行 -コロイド・有機物・微生物-

18/25

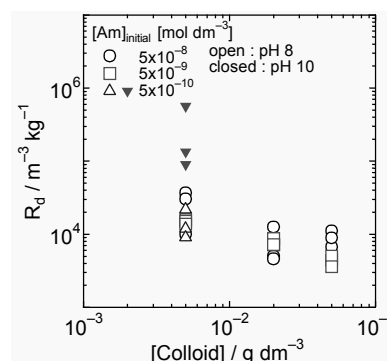
➤ 今後5カ年の計画

- ・ コロイド・有機物・微生物の影響に係るデータの拡充、より現実的な現象理解とモデル化の促進
 - 地下水コロイド・有機物・微生物の特性評価手法の整備とデータ取得
 - 核種との相互作用評価手法の整備とデータ取得・モデル化
 - フィルター効果等移行挙動のモデル化とデータ取得
 - 微生物固有な現象の抽出と評価モデル・コードの整備と適用性検討
- ・ 影響が顕在化する可能性のある環境条件の把握と性能評価での取り扱いの具体化
 - COLFRAC-MRLを用いたコロイド・有機物影響の感度解析と、影響が有意となる地質環境条件抽出

➤ 平成18年度の主な成果(⑦)

【核種との相互作用評価】

- ・ ベントナイトコロイドに対するAmの収着及び脱離試験を実施し、 $10^4 \sim 10^5 \text{ m}^3/\text{kg}$ オーダーの高い分配係数を示すことを明らかにした。



ベントナイトコロイドに対するAmの分配係数

天然バリア中の核種移行 -コロイド・有機物・微生物 19/25

▶平成18年度の主な成果(⑦)

【移行特性評価】

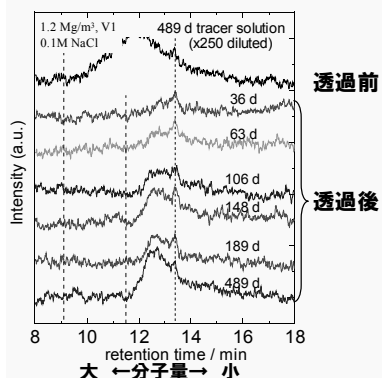
- 乾燥密度・イオン強度をパラメータとした、圧縮ベントナイト中でのフミン酸透過拡散試験を実施し、フィルター効果によりフミン酸の拡散が大きく遅延されていることを明らかにした。

【微生物固有な現象の抽出】

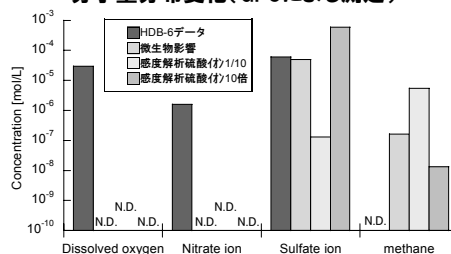
- JAEA-産創研の共同研究において、幌延で得られたデータを基に地下水組成へ与える微生物影響を解析的に評価した結果、硫酸イオン濃度変動に対するメタン濃度変動を示唆する結果が得られた。

【COLFRAC-MRLを用いた解析】

- スイス・グリムゼル試験場で実施中のColloid Formation and Migration (CFM) プロジェクトに参加し、室内試験や解析結果に基づき、原位置移行試験の条件設定を進めた。



圧縮ベントナイト透過前後でのフミン酸の分子量分布変化(GPCによる測定)



微生物影響による地下水溶存化学種濃度変動の解析結果

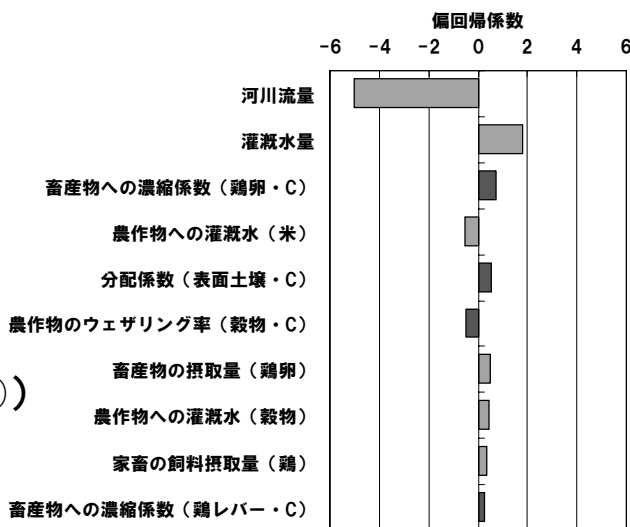
生物圏での移行／被ばく

◆今後5カ年の計画

- 実際の環境条件を考慮したGBI設定手法の整備(表層水理の取り込み)
- 地表環境での核種移行／被ばくのモデルの妥当性の確認・改良・整備
- 生物圏評価モデルパラメータの影響特性の把握
- データベースの整備・更新

◆平成18年度の主な成果(②)

- 生物圏評価パラメータの感度特性の把握
- 表層水理環境での核種の希釈・分散効果を評価するための水収支の推定に必要なデータの検討

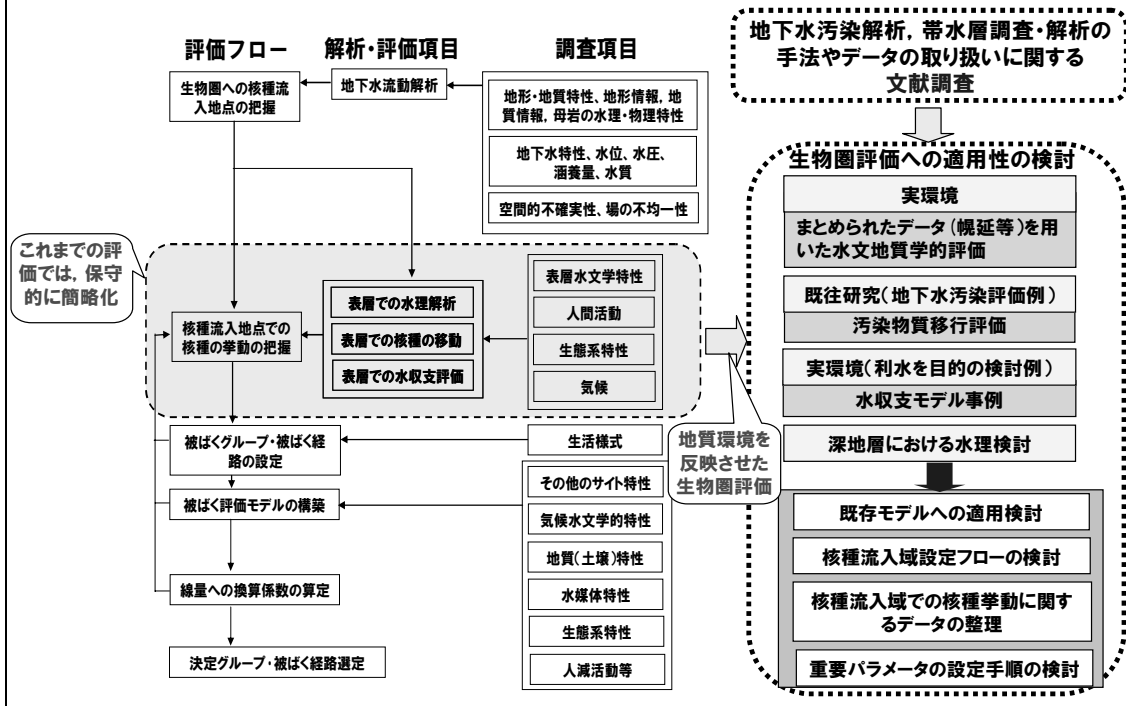


線量に影響を与える生物圏パラメータの例 (C-14)

生物圏での移行／被ばく

21/25

表層水理を考慮した生物圏評価モデルの検討フロー・項目と既存の情報の整理



放射性元素の熱力学データベースの整備

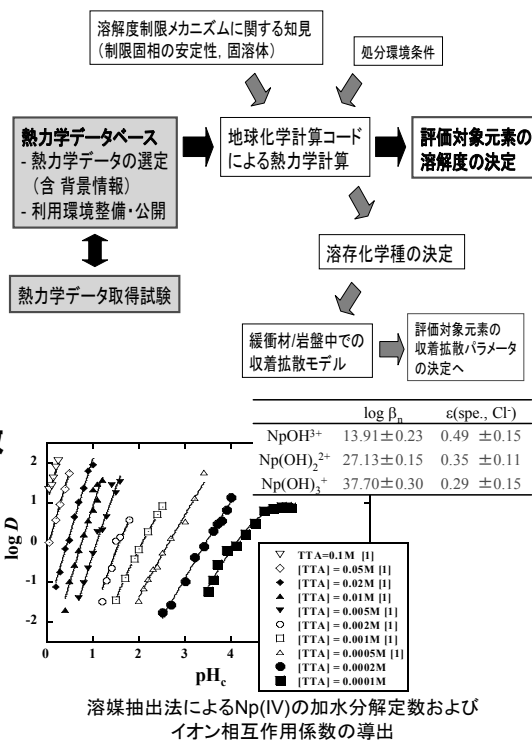
22/25

今後5カ年の計画

- 最新のデータベースの整備・公開
- 核種移行解析における溶解度設定手順および手法の整備
 - An (IV), Se等の試験研究の継続
 - TDBに反映すべきデータの抽出
 - 化学アナログやモデル推定値の検討

平成18年度の主な成果(7)

- 溶媒抽出法によるNp (IV) の加水分解定数およびイオン相互作用係数の導出 (学会発表)
- Np (IV) 加水分解定数導出に伴うNp (IV) 水和酸化物の溶解度積の再評価
- 熱力学データの系統性調査 (安全研究センターと連携)

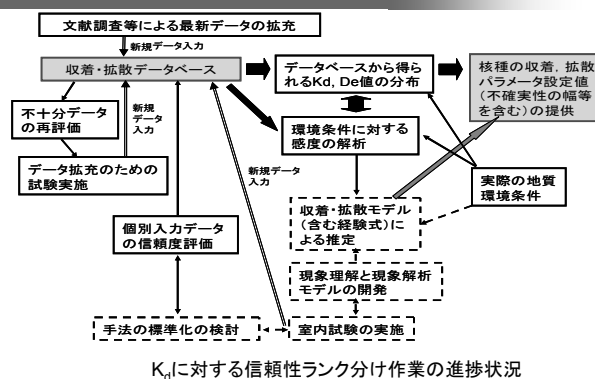


収着・拡散データベースの整備

23/25

▶ 今後5カ年の計画

- DDBの公開
- SDB/DDBの継続的な更新
- 分配係数や拡散係数の設定手順および手法の整備
 - ▶ 登録データへの信頼度付与
 - ▶ 幌延等の地質環境に対するSDB/DDBの適用性の検討



▶ 平成18年度の主な成果(③)

- 収着データベースの登録件数追加(約21,000件→約24,200件)(3月に更新版を公開予定)
- 収着データベース掲載値(K_d)の信頼性についてのランク分けの継続
- 拡散データベースの情報追加および公開(3月予定)

K_d に対する信頼性ランク分け作業の進捗状況

年度	固相	元素	件数
H17末まで	ベントナイト	Cs, Th~Cm	約2,980
H18	ベントナイト	Se, Tc, Ra, Np, Pu	約760
	堆積岩等	Se, Cs, Th, Np等	約1,000

拡散データベースの登録件数の状況

年度	固相	件数
H17末まで	結晶質岩, 堆積岩	約330
H18	Kunigel-V1, Kunipia-F, 砂混合ベントナイト, 精製スメクタイト等	約1,050

主な平成18年度の成果

24/25

- ◆ 査読付投稿論文
(査読付国際会議プロシーディングスを含む): 13件
(うち, 英文論文8件)
- ◆ 学会発表(口頭発表): 20件
(うち, 国際学会2件)
- ◆ 学会発表(ポスター発表): 13件
(うち, 国際学会6件)
- ◆ 研究開発報告書: 20件
(うち, 英文報告書1件)

(計66件)

知識ベースへの反映例のまとめ(性能評価)

25/25

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
<ul style="list-style-type: none"> ・室内試験～サイト調査間のスケールの違いを補間する知見の蓄積 [水理・物質移行] 「4,22,64」 ・岩盤中の亀裂の水理・物質移行特性などのデータの拡充・整備 [水理・物質移行] 「1,2,3,60,62」 ・特性評価手法と特性データ、核種との相互作用評価手法と相互作用データ [コロイド・有機物] ・特性評価手法開発と特性データ、核種との相互作用データ取得 [微生物] 「55」 	データ、経験・ノウハウ
<ul style="list-style-type: none"> ・ガラス溶解の現象理解/安全評価における浸出モデル構築に反映可能なツール(ガラスデータベース)の整備 [ガラス固化体] ・地下水/間隙水水質設定で必要となる地球化学コード、データベースの整理 [地下水化学/間隙水化学] 	データ、ソフトウェア
<ul style="list-style-type: none"> ・実際の地質環境条件や現象を考慮したスクリーニング手法の構築・モデル化 [シナリオ解析技術] ・調査/事業段階に応じた評価手法の構築/開発 [シナリオ解析技術] ・相互作用モデル、移行挙動モデル、それらを反映した影響評価コード [コロイド・有機物] 「9,10」 ・相互作用モデル、移行挙動モデル、それらを反映した影響評価コード [微生物] 「6,55」 ・実際の環境条件を考慮した生物圏評価に関する考え方の整理、ツールの整備 [生物圏での被ばく] 「51」 ・将来の環境変遷を考慮した場合の時間枠に応じた評価手法・考え方の整備 [生物圏での被ばく] 「49」 ・人間の放射線影響(線量・リスク)以外の指標を用いた評価に必要な手法・ツールの整備 [生物圏での被ばく] 	ソフトウェア、経験・ノウハウ
<ul style="list-style-type: none"> ・地域性、時間変遷など不確実性も考慮した、シナリオ構築の考え方の整理 [シナリオ解析技術] 「47,48」 ・不確実性の分類・整理及びパラメータの分布設定の考え方の整理 [不確実性評価技術] 「50」 ・調査/事業段階に応じた不確実性の影響評価技術の適用事例 [不確実性評価技術] ・個別現象の不確実性、生起可能性、時間変遷などを考慮した不確実性の影響評価の考え方の整理 [不確実性評価技術] ・評価結果の信頼性を向上させるための手法・考え方の整備 [総合的な性能評価技術] 「66」 ・安全評価における長期溶解速度設定の考え方の整理 [ガラス固化体] ・ガラスからの核種溶出および緩衝材中での核種移行評価に関する評価手法の整備 [ガラス固化体] ・ある地質環境が設定された場合の地下水/間隙水水質設定の考え方の整理 [地下水化学/間隙水化学] 「11,65」 ・安全評価で必要となる収着係数や拡散係数設定の考え方の整理 [緩衝材中核種移行] 「13」 ・バッチ式収着試験から得られる分配係数の圧密系への適用手法の整備 [緩衝材中核種移行] 「12」 ・固溶体を含む溶解度制限固相の設定手法の整備 [緩衝材中核種移行] ・処分場周辺の水理・物質移行評価に必要な一連の技術の整備・改良、体系的整理、瑞浪・幌延の地質環境データを用いた評価の試行による適用性の提示 [水理・物質移行] 「63」 ・地質環境データの解釈～地下水の移行経路特性の評価に付随する不確実性の整理 [水理・物質移行] 「22」 ・収着分配係数・拡散係数設定のための収着・拡散モデルの整備 [天然バリア中収着・拡散] 「54,58」 ・コロイド・有機物影響の性能評価における取り扱い [コロイド・有機物] ・微生物影響の性能評価における取り扱い [微生物] 「55」 ・信頼性の高い熱力学データ取得の設定手法の整理 [放射性元素の熱力学データベースの整備] ・既存の熱力学データの信頼性評価についての手法の整理 [放射性元素の熱力学データベースの整備] 「59」 ・信頼性の高い分配係数・拡散係数取得の手順および手法の整理 [収着・拡散データベースの整備] 「57」 ・既存の分配係数・拡散係数に対する信頼性評価手法の整理 [収着・拡散データベースの整備] 「56」 	経験・ノウハウ、ガイダンス
<ul style="list-style-type: none"> ・実際の地質環境の情報に基づく総合的な性能評価に関わる一連の作業を品質を確保しつつ行うための技術的な手引き [総合的な性能評価技術] 	統合化した知識、ガイダンス

事業段階における総合的な性能評価体系の構築・整備に向けてー平成18年度の成果ー

○ 査読付論文(査読付国際会議プロシーディングスを含む)

1. J. Xiao et al.: “visualization and quantitative evaluation of aperture distribution, fluid flow and tracer transport in a variable aperture fracture”, ISRM International Symposium 2006 4th Asian Rock Mechanics Symposium, Rock Mechanics in Underground Construction, Leung, C. F. and Zhou, Y. X. ed (2006).
2. A. Sato et al.: “Visualization of 2D diffusion Phenomena in Rock by Means of X-ray CT”, Advances in X-ray Tomography for Geomaterials, Desrues, J., Viggiani, G and Besuelle, P. ed., pp. 315-321 (2006).
3. A. Sato et al.: “Analysis of tracer migration process in the crack by means of X-ray CT”, 11th ISRM Congress 2007 (submitted).
4. 甲斐邦男ほか: “続成鉱物の分布に基づく新第三系珪藻質泥岩中の地下水流動の推定ー北海道幌延地域についてー”, 日本地熱学会誌 (投稿中) .
5. Y. Yoshida et al.: “Co-precipitation reaction for Ba and Ra into calcite”, J. Nucl. Radiochem. Sci. (submitted).
6. Y. Tochigi et al.: “Modeling studies on microbial effects on groundwater chemistry”, Mat. Res. Soc. Proc. (in press).
7. 藤井直樹ほか: “圧縮ベントナイト中の表面拡散現象に関する均質化解析”, 土木学会応用力学論文集 (投稿中) .
8. 黒澤進ほか: “コロイドプローブ原子間力顕微鏡による NaCl 水溶液中のモンモリロナイト

- 粒子の相互作用力の測定”, 日本原子力学会和文論文誌, Vol. 5, No. 3, pp. 251-256 (2006).
9. 黒澤進ほか: “DLVO 理論に基づく地下水中でのモンモリロナイトゲルからの粒子の分散性に関する評価”, 日本原子力学会和文論文誌 (印刷中) .
 10. 黒澤進ほか: “高レベル放射性廃棄物地層処分の核種移行評価におけるコロイド影響に関するモデル解析”, 日本原子力学会和文論文誌 (投稿中) .
 11. H. Sasamoto et al.: “A preliminary Interpretation of Groundwater Chemistry in the Horonobe Area”, 12th Int. Symp. Water Rock Interaction (WRI-12) (submitted).
 12. X. Xia, et al.: “Comparative study of cesium sorption on crushed and intact sedimentary rock”, Radiochim. Acta, Vol. 94, No. 9-11, pp. 683-687 (2006).
 13. Ishidera, T. et al.: “The effect of sodium nitrate on the diffusion of CO_3^{2-} , Cl^- and I^- in compacted bentonite”, J. Nucl. Sci. Technol. (submitted).
- 学会発表 (口頭発表)
14. 川村淳ほか: “放射性廃棄物処分に係わる天然現象影響評価に関する影響解析パラメータの設定手法の検討”, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 (2006).
 15. Kawamura, M. et al.: “Study on Evaluation Method for Potential Impacts of “Natural Phenomena” on a HLW Disposal System”, East Asia Forum on Radioactive Waste Management Conference 2006 (2006).
 16. 加藤智子ほか: “TRU 廃棄物処分に特有な放射性核種を考慮した地層処分生物圏評価”, 保健物理学会 2006 (2006).
 17. 江橋健ほか: “包括的感度解析手法に基づく HLW の地層処分における重要な研究課題の同定に資する検討”, 日本原子力学会 2007 年春の年会, I30 (2007) 【予定】 .
 18. 栃木善克ほか: “微生物影響評価コードによる地下水組成の評価”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会, B26 (2006).
 19. 吉田泰ほか: “炭酸塩固相に対する微量元素の共沈反応についての固溶体モデルによる評価(2)”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会, B29 (2006).
 20. 武部篤治ほか: “亀裂の接触面積率と JRC が透水特性に与える影響検討”, 土木学会第 61 回年次学術講演会, CS05-013 (2006).
 21. 甲斐邦男ほか: “続成鉱物の分布に基づく新珪質泥岩中の地下水流動の推定”, 日本地熱学会平成 18 年学術講演会, B01 (2006).
 22. 澤田淳ほか: “亀裂性岩盤におけるボーリング調査に基づく水理学的有効間隙率の設定について”, 第 36 回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集, pp. 273-278 (2007).
 23. 米村拓峰ほか: “X 線 CT によるトレーサー移行プロセス分析方法の開発”, 平成 19 年資源・素材学会春季大会 (投稿中) .
 24. 前川恵輔ほか: “幌延深地層研究計画 ; (5) 安全評価手法の適用性評価”, 日本原子力学会 2007 年春の年会, I05 (2007) 【予定】 .
 25. 原彰男: “シリカ鉱物の相変化に伴う珪藻質泥岩の物性変化と物質移行特性”, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 (2006).
 26. K. Karasaki et al.: “Simulation of salt water intrusion!”, TOUGH Symposium 2006 (2006).
 27. 熊本創ほか: “X 線 CT による亀裂を有する堆積岩中の移流および拡散現象の可視化”, 第 41 回地盤工学研究発表会 (2006).
 28. 黒澤進ほか: “モンモリロナイト粒子の分散性と核種移行への影響”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会, B32 (2006).

29. 藤井直樹ほか: “MD 計算によるスメクタイト中の Cs, Sr の移行特性の評価”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会, B49 (2006).
30. 飯島和毅ほか: “ベントナイトコロイドに対する Am の収着挙動(II)”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会, B31 (2006).
31. 藤原健壯: “溶媒抽出法による Np(IV)加水分解定数の測定 II”, 日本原子力学会 2006 年秋の大会予稿集, G28 (2006).
32. 石寺孝充ほか: “圧縮ベントナイト中へ移行した腐食生成物の存在状態”, 日本原子力学会 2007 年春の年会, I17 (2007) 【予定】.
33. 飯島和毅ほか: “圧縮ベントナイト中のフミン酸の拡散挙動”, 日本原子力学会 2007 年春の年会, I42 (2007) 【予定】.

○ 学会発表（ポスター発表）

34. 川村淳ほか: “火山活動を例とした放射性廃棄物処分に係わる影響解析パラメータの設定”, 日本地球惑星科学連合 2006 年大会 (2006).
35. 川村淳ほか: “高レベル放射性廃棄物処分における隆起・侵食に起因するシナリオの検討”, 日本地質学会第 113 年年会（高知大会）(2006).
36. 加藤智子ほか: “地表環境での時間的変遷による影響を考慮した地層処分生物圏評価”, 日本原子力学会北関東支部若手研究者発表会 2006 (2006).
37. 大井貴夫ほか: “地層処分生物圏評価研究の今後の研究開発項目とそれに対して要求される観点の抽出”, 日本原子力学会第 22 回バックエンド夏期セミナー (2006).
38. T. Kato et al.: “Extended biosphere dataset for safety assessment of radioactive waste geological disposal”, International Symposium on Environmental Modeling and Radioecology 2006 (2006).
39. T. Ohi et al.: “Application of a Comprehensive Sensitivity Analysis Method on the Safety Assessment of TRU Waste Disposal in JAPAN”, MRS2006 Fall Meeting, (Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXX) (2006).
40. 林真紀ほか: “ガラスの溶解に関するデータベース整備の現状”, 日本原子力学会第 22 回バックエンド夏期セミナー (2006).
41. 土井玲祐ほか: “堆積岩に対する Cs 収着挙動のモデル化”, 2006 日本放射化学学会年会/第 50 回放射化学討論会, 3P19 (2006).
42. Y. Yoshida et al.: “Co-precipitation reaction for Ba and Ra into calcite”, ASR Symp. 2006 (submitted).
43. Y. Tochigi et al.: “Modeling studies on microbial effects on groundwater chemistry”, MRS2006 Fall Meeting, (Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXX) (2006).
44. 前川恵輔ほか: “地層中の塩淡境界評価に関する一考察”, 日本原子力学会第 22 回バックエンド夏期セミナー(2006).
45. K. Maekawa et al.: “Laboratory Experiment of Saltwater Intrusion into Freshwater Aquifer”, AGU 2006 Fall Meeting, H33D-1531 (2006).
46. A. Sawada et al.: “A numerical study on the correlation between fracture transmissivity”, hydraulic aperture and transport aperture, AGU 2006 Fall Meeting, H13D-1425 (2006).

○ 研究開発報告書

47. 川村淳ほか: “高レベル放射性廃棄物地層処分に係わる天然現象影響評価計画書”, JAEA-Review 2006-039 (2006).

48. 牧野仁史ほか: “高レベル放射性廃棄物地層処分安全評価のシナリオ解析のための計算機支援ツールの開発”, JAEA-Data/Code 2007-005 (2007).
49. 宮原要ほか: “地層処分の安全規制に関する動向”, JAEA-Review 2006-030 (2006).
50. 仲島邦彦ほか: “決定木分析を用いた核種移行解析結果の感度分析の検討(II)”, JAEA-Data/Code 2006-013 (2006).
51. 稲垣学ほか: “表層での水理・物質移行を考慮した生物圏における評価に関する検討”, JAEA-Research 2007-029 (2007).
52. 陶山忠宏ほか: “鉄型化ベントナイト水熱試験—低酸素雰囲気での高温条件下における鉄型化ベントナイトの変化の同定—”, JAEA-Research 2006-064 (2006).
53. 陶山忠宏ほか: “鉄型化ベントナイト水熱試験(II)—低酸素雰囲気, 150°C における鉄型化ベントナイトの変化の同定—”, JAEA-Research 2007-018 (2007).
54. 土井玲祐ほか: “幌延堆積岩への Cs 収着挙動に対するイオン交換反応に基づくモデルの適用性検討”, JAEA-Research 2007-007 (2007).
55. 栃木善克ほか: “地層処分における微生物影響評価に関する研究(1) (JAEA-産創研共同研究)”, JAEA-Research 2007-010 (2007).
56. M. Ochs et al. “Evaluating and categorizing the reliability of distribution coefficient values in the sorption database”, JAEA-Technology, 2007-011 (2007).
57. 栃木善克ほか: “主要岩石及び緩衝材中の核種の拡散係数データベースシステム (2007 年公開版/仕様)”, JAEA-Data/Code 2007-010 (2007).
58. 栃木善克ほか: “花崗岩質岩石のマトリクスにおける拡散深さに関する研究”, JAEA-Research 2007-024 (2007).
59. 吉田泰ほか: “OECD/NEA で選定された熱力学データの利用環境の整備 (その3)— Ni, Se, Zr および 有機物配位子の熱力学データベースファイルの作成 —”, JAEA-Data/Code 2007-009 (2007).
60. 佐藤久ほか: “光学的手法を用いた亀裂開口幅測定及び亀裂内濃度分布測定手法の開発”, JAEA-Research 2007-006 (2007).
61. 高須民男ほか: “多孔質媒体中水理・物質移行現象可視化装置 (小型 MACRO)の開発及び予察試験結果”, JAEA-Technology 2006-061 (2006).
62. 下茂道人ほか: “亀裂を有する軟岩の水理・物質移行特性データの取得・解析”, JAEA-Research 2007-016 (2007).
63. 前川恵輔ほか: “地質環境調査・物質移行評価に関する研究の基本的な方針”, JAEA-Review 2007-011 (2007).
64. 原彰男ほか: “前進的モデルを用いた不均質性堆積岩評価手法の研究 III”, JAEA-Research 2007-015 (2007).
65. 磯貝武司ほか: “圧縮ベントナイト中の間隙水組成の測定—間隙水 pH の空間変化に関する追加試験の結果—”, JAEA-Data/Code 2006-017 (2006).
66. 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター: “高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する性能評価技術高度化研究 (共同研究)”, JAEA-Research 2006-091 (2006).

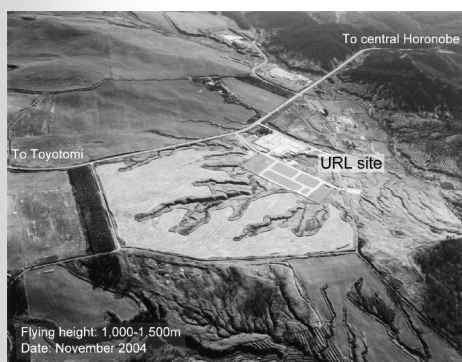
以上

別添 5

地層処分研究開発検討委員会

資料第2-3号

幌延深地層研究計画における地上からの 調査研究段階研究成果報告書 -分冊・地層処分研究開発のレビューについて-



平成19年3月9日

地層処分研究開発部門
地層処分基盤研究開発ユニット

油井 三和

本報告書の目的と現状

●目的

深地層の科学的研究(別分冊)

- 地層処分研究開発における設計や安全評価手法の適用性の確認
- 地上からの調査研究段階(第1段階)における設計や安全評価手法に関わる留意点の整理

●現状

深地層の科学的研究は第1段階(2001年3月～2006年3月の5ヵ年)の成果を網羅しているが、その成果を用いる地層処分研究開発とは、1年程度の時間的ギャップが生じている。

- JAEA第1期中期計画の目標の一つである「精密調査における地上からの調査で必要となる技術基盤の整備」では、これらのギャップを含めて成果のとりまとめを行う。

コメントの分類と対応

(コメント)	(対応)
● 明確化のための質問(Q)	● 修正
● 示唆・推奨(S)	● 解説
● 称賛(C)	● 無修正
	● その場で補足説明

3

幌延の第一段階研究成果報告書レビュー 主なコメント対応

	コメント	対応案	分類
全体	設計手法及び安全評価手法の適用性確認の目標に向けて、幌延を対象として課題はよく整理されている。事業や規制への反映の視点で有益な成果を期待する。	ありがとうございます。激励と捉えさせて頂き、更に目標に向けて努力致します。	C/ 無修正
	どのような読者を対象に、何を知らしめたいのかを吟味する必要性を感じる。適切な言葉を選び、読者に理解してもらいたいことを伝えるレポートとすべき。	読者は地層処分の専門家です。言葉使いに関しては、各委員のコメントを参考に見直します。	Q/ 修正・ 解説
	幌延サイトの特徴を最大限利用して、処分研究への貢献を考慮して報告されていると理解する。工学技術の開発では、実環境における調査の最新情報を設計に反映し、安全評価など知見情報のフィードバックの視点が目的として明確に掲げられていることを受けた成果を期待する。	ありがとうございます。激励と捉えさせて頂き、更に目標に向けて努力致します。	C/ 無修正
第1章	「深地層の科学的研究」と「地層処分研究開発」との関係を簡単にわかりやすく示して欲しい。	外部の読者が混乱しないよう、図を用いて両者の関係を記述させて頂きます。	S/ 修正
	安全規制の指針の整備など未定の事柄や、規制を具体化するための議論を支える知識など幌延の成果と関連がはっきりしない記述は不適切。また、「不確実性」は、処分の安全性の上では長期のものを指すのであり、科学と経験で対処できる「不均一性」との違いに注意すべし。	規制への反映など未定な事柄ではありますが、国の安全規制に関する計画を引用しつつ、記述するよう心がけております。不確実性と不均一性の対応については、記述の適切性について検討します。	S/ 解説
第2章	第2次取りまとめを引例や対照とする記述が特に第2章で頻繁に出てくる。その意味するところが必ずしも明瞭でない箇所がある。	第2次取りまとめについては、必要最小限の記述にとどめますが、技術のベースとして取り扱っております。	S/ 修正
第3章	一連の安全評価手法が適用可能であることが示されたわけではなく、適用して見ただけである。解析は、やろうと思えばいくらでも出来る。適用できない事例があるとするれば、それが何かを示す方が重要ではないか。	仰るとおりです。適用性についてはSpecificであるが故、現実性、実現性を重視し記述に心がけておりますが、失敗例、反省例については記述を見直します。	S/ 解説
	設計へのフィードバックが重要なことは冒頭で著者自身が述べていることであり、それが目標でもあったはずである。しかし、設計にフィードバックし得たと言えるであろうか？ ここで、今後の課題のような捉え方をするのは冒頭の目的から見ておかしい。	大上段に構えた目的の割には、成果が貧弱という点は否めません。地層の複雑さに対して謙虚かつ正直な記述に心がけます。	Q/ 修正

4

別添 6



地層処分研究開発検討委員会

第2回地層処分研究開発検討委員会

資料第2-4号

長半減期低発熱放射性廃棄物(TRU廃棄物)の 地層処分研究開発について

地層処分研究開発部門 TRU廃棄物処分研究グループ

バックエンド推進部門 廃棄物処理技術開発グループ

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



発表内容

- ・第2次TRUレポート以降の計画
全体基本計画とJAEAの役割
JAEAの実施計画
- ・第1回地層処分研究開発検討委員会で頂いた
TRU廃棄物地層処分研究に関する主なコメン
トと対応
- ・平成18年度 TRU廃棄物地層処分研究開発
の主な成果

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



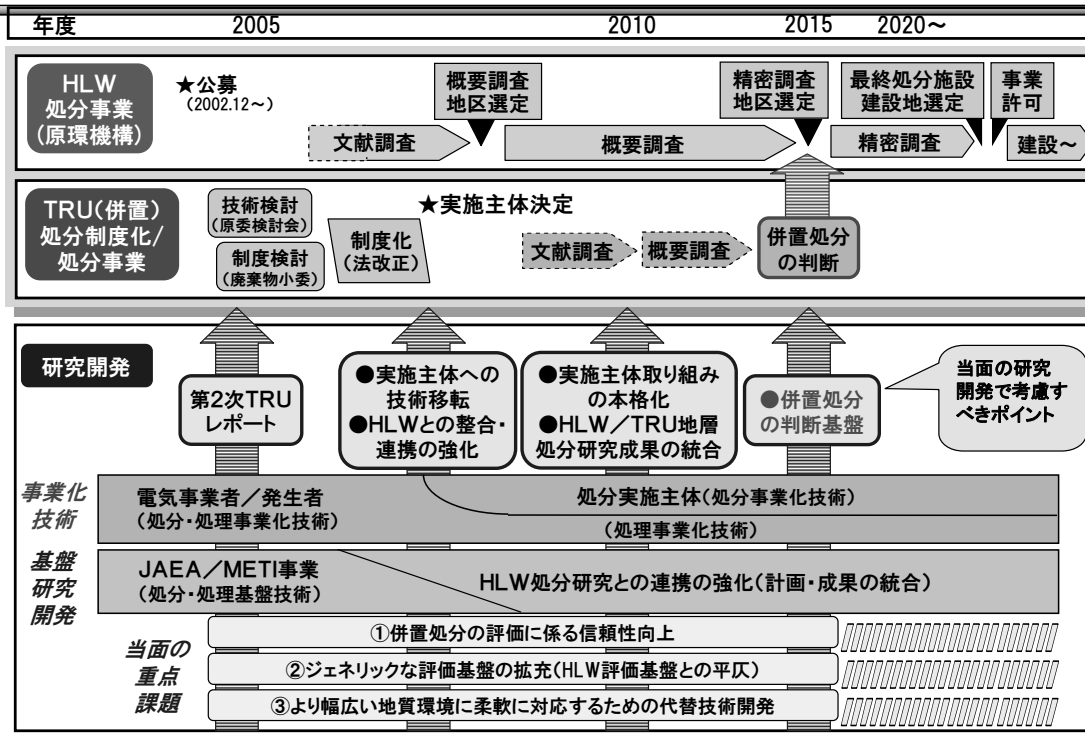
第2次TRUレポート以降の計画

全体基本計画とJAEAの役割

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



背景: TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する
全体基本計画に示された段階的進め方 (経済産業省資源エネルギー庁・JAEA, 2006より)



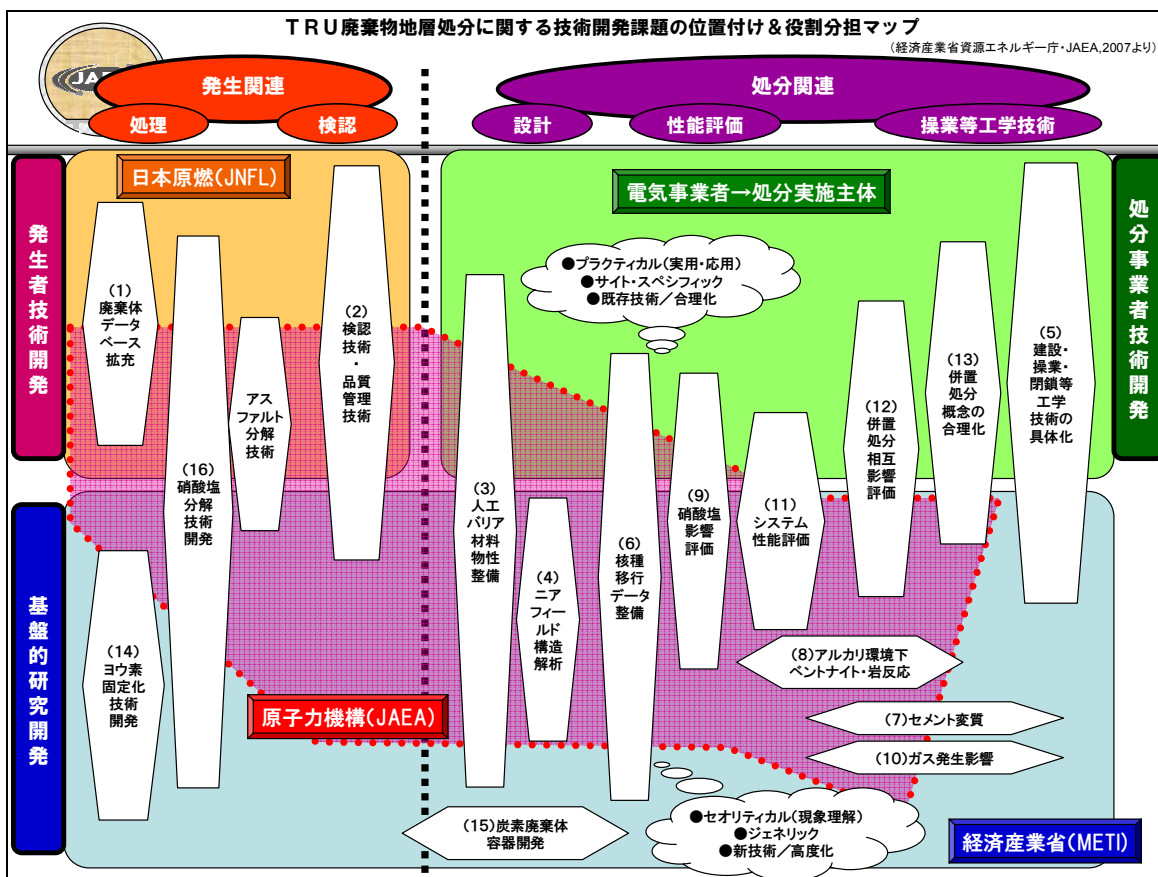


背景: 全体基本計画に示された当面の重点課題

(経済産業省資源エネルギー庁・JAEA,2006より)

1. 併置処分の評価に係る信頼性向上
 - 硝酸塩等の影響に係る現象理解とデータ・評価モデルの信頼性向上
 - 性能評価技術の体系化・高度化(処分場スケールでの相互作用評価の考慮など)
2. ジェネリックな評価基盤の拡充(HLW評価基盤との平仄)
 - 塩水環境下でのデータやモデルの整備など, 多様な地質環境を対象とした評価基盤の拡充
 - 高アルカリ環境での人工バリア等の長期健全性に関するデータ拡充と評価モデルの信頼性向上
3. より幅広い地質環境に柔軟に対応するための代替技術開発
 - ヨウ素固定化・浸出抑制技術の実現性の提示
 - C-14の放出・移行評価の信頼性向上と閉じ込めよう期の開発
 - 硝酸塩影響の不確実性低減のための硝酸塩分解技術

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste





JAEAの実施計画

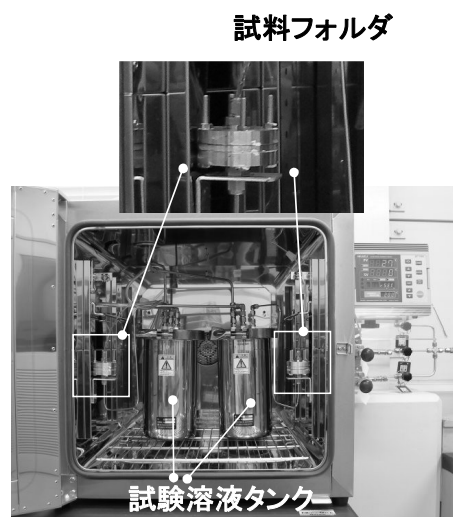
R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



基盤情報の拡充(高アルカリ性条件における緩衝材の長期挙動評価)

◆ 研究開発の目標, 概要

- ・地下水組成、廃棄体成分、人工バリア材料の多様性に対応したシナリオ・解析評価モデル
- ・熱力学データベース整備及び速度モデルに関する信頼性向上
- ・ベントナイト圧縮体の狭隘間隙における化学
- ・緩衝材・セメント系材料境界遷移層に関する知見の拡充
- ・ベントナイトのセメンテーションに係る知見の拡充
- ・長期の実験事例、超長期の天然事例などの知見の拡充、シナリオ・解析評価モデルの確証
- ・地下水の多様性による力学変化と物質移動特性変化の評価



加圧通水型緩衝材変質実験装置

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste

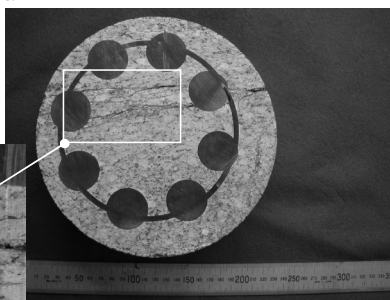
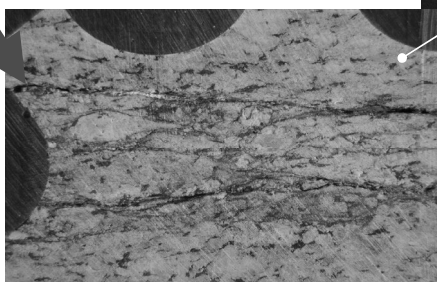


基盤情報の拡充(天然バリアへのアルカリ溶液影響評価)

◆ 研究開発の目標, 概要

- ・変質過程のシナリオの構築
- ・岩盤中物質移行特性への影響に関する知見の拡充
- ・岩盤の不均質性を考慮した影響評価手法の提示

天然の亀裂



亀裂を含む花崗岩を用いたアルカリ変質実験を検討

(写真はグリムゼルテストサイトにおける破砕帯より採取したコア)

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



基盤情報の拡充(セメント系材料の長期挙動評価)

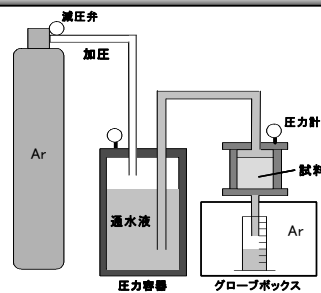
◆ 研究開発の目標, 概要

1. セメントの化学的変質

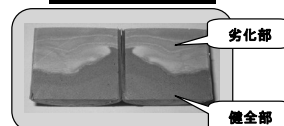
- ・海水系地下水中MgのOPCへの影響、Friedel氏塩生成に伴うpH上昇
- ・低アルカリ性セメント (HFSC=フライアッシュ高含有シリカフェームセメント) の水和反応過程
- ・セメント系材料 (OPC, HFSC) の地下水または廃棄体由来成分による化学的変質
- ・熱力学データベース、反応速度データの整備, 高イオン強度下, 固相影響下での活量補正法の反映, 実地質環境に即した化学的変質現象の検討によるモデルの検証・高度化の実施

2. 化学的変質-物質輸送モデルの構築・高度化

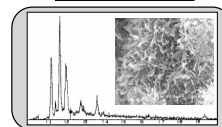
→ 施設設計の合理化, 安全裕度の向上



通水劣化試験装置



通水劣化試料断面



劣化部分分析一例(SEM, EDX)

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



基盤情報の拡充及び併置処分(硝酸塩影響評価)

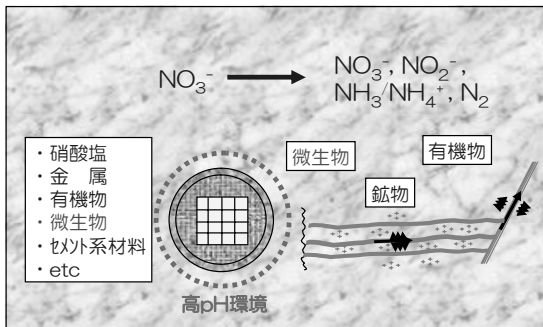
◆ 研究開発の目標, 概要

1 硝酸塩変遷評価モデルの高度化並びに検証

- ・ 鉱物や多様な共存化学種による硝酸塩変遷
- ・ 高pH環境下の微生物活動による硝酸塩変遷

2 多様な環境における硝酸塩/有機物反応の評価

- ・ 硝酸塩/有機物反応に対する触媒作用物質に関する知見の拡充・整理及び評価



高pH環境下の微生物活動による硝酸塩変遷の研究
- 好アルカリ性脱窒菌 (NO₃⁻ → N₂) の取得 -



R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



基盤情報の拡充(核種移行、性能評価に関する検討)

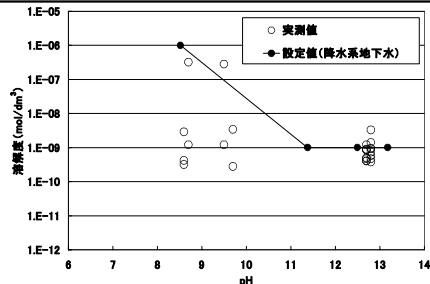
◆ 研究開発の目標, 概要

1 溶解度

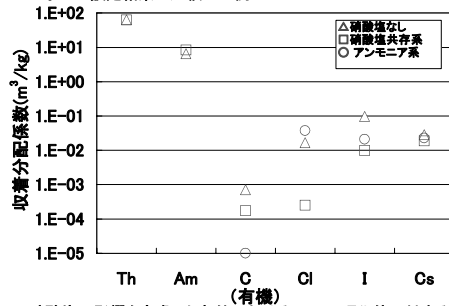
- ・ 高アルカリ領域データ取得、熱力学データ確認
- ・ 海水系地下水、廃棄体成分等の影響下のデータ取得
- ・ 可溶性有機物と核種との錯体生成定数の整備
- ・ 熱力学データベース (TDB) への反映

2 収着・拡散

- ・ セメント系材料等への収着データ取得
- ・ 海水系地下水や廃棄体成分等の影響下でのセメント系材料等への収着データ取得
- ・ 硝酸錯体・アンモニア錯体の核種収着に及ぼす影響
- ・ 硝酸イオンによる核種の酸化状態変化及び核種収着に及ぼす影響の知見



トリウム(Th:アクチニドIV価)の溶解度の取得結果と降水系地下水での設定結果の比較の一例



硝酸塩の影響を考慮した条件におけるセメント硬化体に対する核種の収着分配測定結果例(Cの有機は、ホルムアルデヒドを想定)

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



第1回地層処分研究開発検討委員会で頂いたTRU 廃棄物地層処分研究に関する主なコメントと対応

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



主なコメント

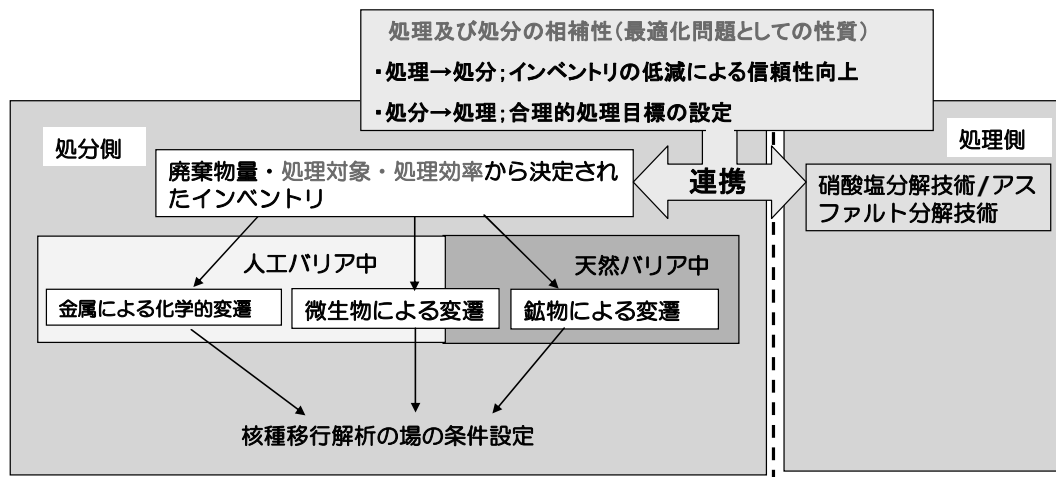
- ◆核種移行データの現象論的理解を進めること
- ◆処理・処分技術を総合的に検討し、有機的連携のもとに研究開発を進めること
- ◆放射性元素以外の有害物質の影響についても検討すること
- ◆TRU廃棄物が地層処分のサイト条件に対する制約とならないようにすること

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



処理・処分技術を総合的に検討し、有機的連携のもとに研究開発を進めること

廃棄物に含有される硝酸塩の処理・処分をパイロットケースとして検討→他の分野に拡大



R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



放射性元素以外の有害物質の影響についても検討すること

◆廃棄体含有化学物質の種類及び量について調査を実施中

観点: 環境関連物質, 核種挙動影響物質, バリア材影響物質 etc.

◆含有化学物質の種類及び量に基づき対処方針を決定

- ・処分時の影響評価で対処
- ・処分施設の設計で対処
- ・廃棄物処理で対処
- ・既存規制法との整合確認

◆処理・処分で連携して問題解決

- ・硝酸塩の処理・処分での連携を参考として対処

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



TRU廃棄物が地層処分のサイト条件に対する制約と ならないようにすること

◆ 固化体による核種閉じ込め性能の向上

処分の評価において最も線量を支配する核種 (I-129) を含む廃棄体グループ1に
対して、I-129の放出を抑制する固化体の技術開発 (JAEA及び原環センターで実施)

◆ 人工バリアによる核種閉じ込め性能の向上

緩衝材の高圧縮成型化による核種の拡散係数の低減やセメント系材料における核
種の拡散遅延モデルの導入などを図り、複数のバリア材料により核種の閉じ込め機
能を向上

◆ 処理段階での不確実性低減

硝酸塩分解技術など、処理段階で処分後の不確実性の低減

◆ 生物圏評価モデルの向上

I-129やC-14などについては、安定同位体も存在するため、それらの影響を考慮し
た生物圏モデルを検討

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



平成18年度 TRU廃棄物地層処分研究開発の主な成果

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



人工バリア(ベントナイト)へのアルカリ溶液影響評価

◆ 今後5カ年の計画

- ・海水環境などの多様な環境条件でのデータ整備, 評価手法の高度化
- ・鉱物の熱力学データや変質モデルなどのより現実的評価を行うための基盤整備

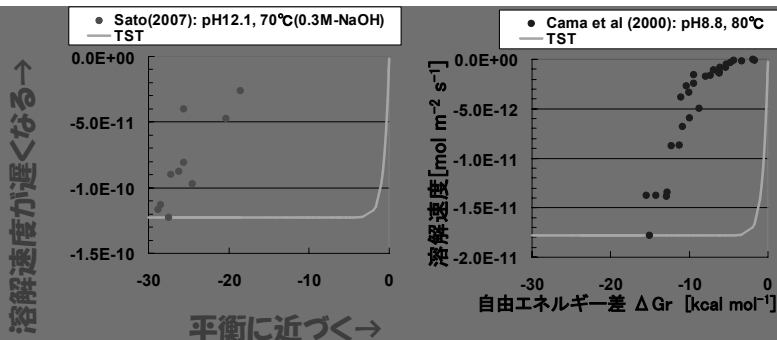
◆ 平成18年度の主な研究成果

- 高塩濃度・アルカリ濃度での鉱物変遷モデルの検証対象となる天然事例の情報整理
- 多成分反応移動解析コードへのOstwald Ripeningモデルの組み込み
- 高アルカリ条件での溶存化学種の熱力学データ整備, 長期浸漬スメクタイト試料の溶解度データ取得
- 高アルカリ条件におけるスメクタイト溶解速度データ取得, 長期溶解速度実験の予察解析

◇ フロースルー式スメクタイト溶解速度実験結果

高アルカリ条件(0.3M-NaOH)で, 平衡から離れた条件でも溶解反応が抑制される(左図)。

右図は文献値(Cama et al.,2000; pH8.8)



R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



天然バリアへのアルカリ溶液影響評価

◆ 今後5カ年の計画

- ・実際の地下深部における亀裂中のアルカリ変質挙動の評価解析手法の構築
 - 地下深部における亀裂を模擬した化学反応-物質移行連成計算の実施
 - 地下深部における亀裂を用いたアルカリ溶液通水試験の実施

◆ 平成18年度の主な成果

- ・高pH地下水-岩反応による鉱物変遷シナリオの作成
- ・鉱物変遷シナリオに基づく変質解析, 及び, 浸漬試験での変質挙動再現計算
- ・岩試料の初期状態の観察及び粉碎試料を用いた変質加速試験(高pH溶液への鉱物試料の浸漬)

文献調査のまとめ(例)

文献番号	①	②	③
松本(1997)	○	○	○
高橋(1997)	○	○	○
高橋(1998)	○	○	○
高橋(1999)	○	○	○
高橋(2000)	○	○	○
高橋(2001)	○	○	○
高橋(2002)	○	○	○
高橋(2003)	○	○	○
高橋(2004)	○	○	○
高橋(2005)	○	○	○
高橋(2006)	○	○	○
高橋(2007)	○	○	○
高橋(2008)	○	○	○
高橋(2009)	○	○	○
高橋(2010)	○	○	○
高橋(2011)	○	○	○
高橋(2012)	○	○	○
高橋(2013)	○	○	○
高橋(2014)	○	○	○
高橋(2015)	○	○	○
高橋(2016)	○	○	○
高橋(2017)	○	○	○
高橋(2018)	○	○	○
高橋(2019)	○	○	○
高橋(2020)	○	○	○
高橋(2021)	○	○	○
高橋(2022)	○	○	○
高橋(2023)	○	○	○
高橋(2024)	○	○	○
高橋(2025)	○	○	○

初期鉱物変質の傾向(例)
鉱物変遷シナリオの検討

亀裂媒体のモデル構築(例)

浸漬試験中の鉱物溶解・沈殿の再現解析(例)
化学反応-物質移行連成計算

岩試料の初期状態の観察 (Grimsel test siteで採取)

岩石名 : (A) 花崗岩, アブライト
(B) 黒雲母花崗岩
特徴 (A) 花崗岩とアブライトからなる。その割合はおよそ6:4。
(B) 弱い変成作用を受け、形状不規則な鉱物が多い。アブライトの割合は約3%。
主成分 : (A)(B) カリ長石, 斜長石, 石英, 黒雲母
(A) (25%) (22%) (26%) (13%)
(B) (23%) (29%) (19%) (15%)

変質加速試験の概要

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



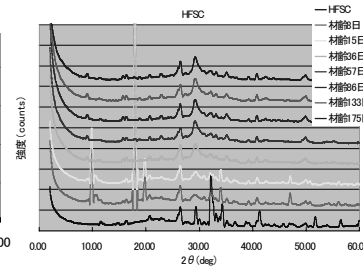
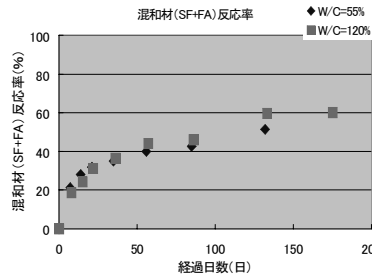
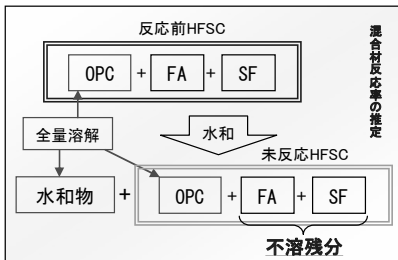
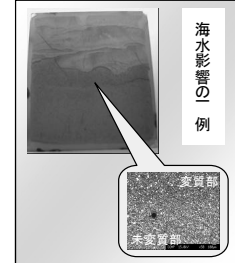
セメント系材料の長期挙動評価

今後5カ年の計画

- ① 地下水組成およびセメント系材料の多様性を考慮した化学-物質移動モデルの構築とそれに伴うデータベース整備

平成18年度の取組み課題と成果

- ①-1. 普通ポルトランドセメント硬化体の海水系地下水に関する検討及び熱力学データの調査
⇒海水系地下水影響による変質部の組織状態の確認とフリーデル氏塩生成時のpH上昇機構を解明
- ①-2. 低アルカリ性セメント (HFSC) の水和反応の検討及び化学的変質試験
⇒HFSC水和過程の検討により、酸溶解 (不溶残分) により混合材反応率 (量) の推定可能



R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



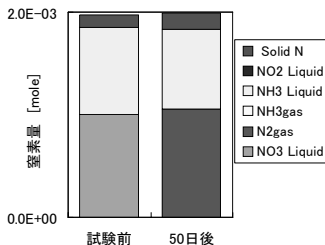
硝酸塩影響評価

◆今後5カ年の計画

- 地下水や岩石等の多様性並びに廃棄体及び人工バリア由来の化学物質の影響の考慮
- 多様な環境における有機物/硝酸塩反応の評価

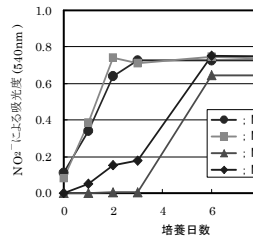
◆平成18年度の主な実施項目と成果

- 1) 中性領域における微生物影響部分の検証に係るデータ取得
⇒微生物反応を考慮した窒素収支データを取得
- 2) アスファルト由来の低分子有機物を電子供与体とする好アルカリ性脱窒菌の取得
⇒土壌から、pH10環境下で酢酸及びセメント混和剤を電子供与体として硝酸塩を還元する活性を持つ好アルカリ性硝酸塩還元菌群を取得

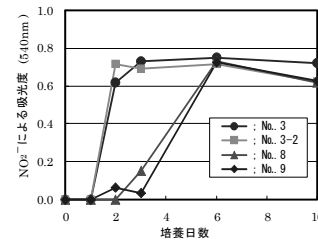


微生物反応前後の窒素収支計算結果の一例
培養条件
pH 7.5, 初期硝酸濃度 0.02M, 温度 35°C
アスファルト接液面積 50cm², 培地中NH₃あり

亜硝酸生成：酢酸ナトリウム



亜硝酸生成：セメント混和剤



取得した菌の硝酸塩還元試験の結果の一例

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



核種移行データ整備

今後5カ年の計画

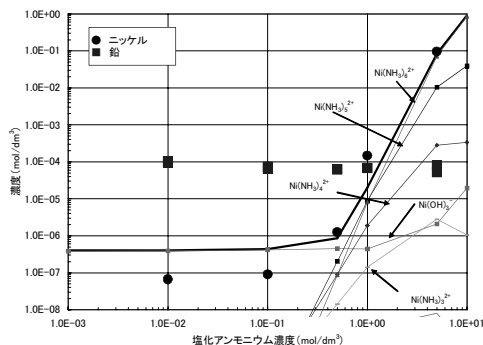
- ① 高アルカリ領域の熱力学データの適用性、海水系地下水や廃棄体成分の影響を受けた条件での核種移行データの取得・整備

平成18年度の取組み課題と成果

- ① 廃棄体成分の影響として、硝酸塩の分解成分としてのアンモニアの鉛の溶解度への影響を検討

→過飽和側からの溶解度試験を28日間実施。塩化アンモニウム濃度上昇ともなう鉛の溶解度上昇はみられず。ニッケルの傾向とは異なるため、今度詳細な検討を行なう。

- ② セメント添加有機物共存におけるアクチノイド（プルトニウム、アメリシウム、トリウム）の過飽和側からの溶解度試験を実施中。



高アルカリ領域 (pH12~13)におけるニッケル及び鉛の硝酸塩分解成分濃度依存性 (過飽和法、浸漬期間28日、0.45 μmのろ過の後分析)

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste



平成18年度実績(出版物)

1. 研究開発報告書(JAEA Research and Review)
 - 1) JAEA and FEPC 第2次TRUレポート英語版
 - 2) 三原・小林(JAEA Research) NaNO_3 の圧縮成型ペントナイトの透水係数への影響(印刷中)
 - 3) 地層処分研究開発部門・バックエンド推進部門 TRU廃棄物の処理・処分技術に関する研究開発 平成18年度報告(JAEA Review 作成中)
2. 論文投稿
 - 1) Martinほか (Waste Management '07, Proc.) TRU-2概要(投稿中)
 - 2) Ohiほか (MRS2006, Proc.) 包括的感度解析(印刷中)
 - 3) 三原ほか (コンクリート工学年次論文集)セメント中のClの拡散(投稿中)
 - 4) Sahara, Murakami, Mihara, Ohi (ICON15, Proc.) ニアフィールド長期力学挙動(投稿中)
3. 論文掲載
 - 1) Martinほか (17th Int. Sedimentological Congress, Proc.) 地質関連
 - 2) 本田ほか (材料と環境)アルカリ性条件炭素鋼腐食に伴う硝酸の挙動
 - 3) Alexander, Shiotsuki, Kameiほか (Waste Management'06, Proc.) TRU処分の国際動向
 - 4) Xia, Kamei ほか (MRS 2006, Proc.) Seの吸着
4. 外部発表(要旨集)
 - 1) Oda, Sasaki, Savage, Arthur and Honda (Bridging Clays 2006, 講演要旨) 粘土のアルカリ変質
 - 2) 中西ほか(日本原子力学会2006年秋の大会)セメント水和物と塩水との反応
 - 3) 田島, 三原ほか(土木学会全国大会)高アルカリと硝酸塩の影響によるペントナイトの水利特性評価
5. 出版物(報告書、パンフレット及び解説)
 - 1) 原子力委員会 長半減期低発熱放射性廃棄物の地層処分の基本的考え方 高レベル放射性廃棄物との併置処分等の技術的成立性(作成協力)
 - 2) 資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構 TRU廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体基本計画
 - 3) 資源エネルギー庁 TALK 考えよう、放射性廃棄物のこと。原子力エネルギーの未来のために、TRU廃棄物の地層処分(作成協力)
 - 4) 資源エネルギー庁 TRU廃棄物の地層処分について考えてみませんか(作成協力)
 - 5) 亀井 (RANDECニュース) TRU廃棄物処分概要
 - 6) 黒田・亀井(バックエンド部会誌、夏期セミナー講演再録) 併置と今後の研究課題(印刷中)
 - 7) 亀井 JAEA成果普及情報誌(和文、英文概説)TRU-2概説
 - 8) 亀井 粘土ハンドブック(共著書籍)地層処分と粘土の利用(印刷準備中)

R&D Project for Geological Disposal of TRU Waste

This is a blank page.

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	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	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	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組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	メートル毎メートル	m ⁻¹
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
質量体積 (比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
(物質量の)濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率	(数の)	1

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エタ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	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
平面角	ラジアン ^(a)	rad		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)		m ² ・m ⁻² =1
周波数	ヘルツ	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m ² ・kg ² ・s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² ・kg ² ・s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s ² ・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ³ ・A ²
磁束	ウェーバ	Wb	V・s	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C		K
光束	ルーメン	lm	cd・sr ^(c)	m ² ・m ⁻² ・cd=cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ² ・m ⁻⁴ ・cd=m ⁻² ・cd
(放射性核種の)放射能	ベクレル	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 質量エネルギー分与, 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, 組織線量当量	シーベルト	Sv	J/kg	m ² ・s ⁻²

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作る際のいくつかの用例は表4に示されている。
- (b) 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“1”は明示されない。
- (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
- (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	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 ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻¹
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	kg ² ・s ⁻²
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻¹ =s ⁻¹
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s ²	m ² ・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 ² ・s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量熱容量 (比熱容量), 質量エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg・K)	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量エネルギー (比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻¹
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ ・s ² ・A
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² ・s ² ・A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² ・kg ² ・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 ² ・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 ⁻¹ ・s ² ・A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² ・s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² ・m ⁻² ・kg ² ・s ⁻³ =m ² ・kg ² ・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 ² ・m ⁻² ・kg ² ・s ⁻³ =kg ² ・s ⁻³

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
リットル	l, L	1 l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg
ネーパ	Np	1 Np=1
ベル	B	1 B=(1/2) ln10 (Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1 u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1 ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里		1 海里=1852m
ノット		1 ノット=1 海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1 a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1 bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10 ⁻¹⁰ m
バイン	b	1 b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm ² =0.1Pa・s
ストークス	St	1 St=1cm ² /s=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G ≙ 10 ⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe ≙ (1000/4π) A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx ≙ 10 ⁻⁸ Wb
スチルブ	sb	1 sb=1cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホト	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X unit	1 X unit=1.002×10 ⁻¹¹ J
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W・m ⁻² ・Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 metric carat = 200 mg = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	
マイクロン	μ	1 μ = 1μm=10 ⁻⁶ m

