

第3回地層処分研究開発検討委員会

Minutes of the 3rd Meeting of “Technical Committee for Geological Isolation
Research and Development”

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
研究開発推進室

Research and Development Co-ordination and Promotion Office
Geological Isolation Research and Development Directorate

March 2009

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

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
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, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2009

第3回地層処分研究開発検討委員会

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 研究開発推進室
佐々木 康雄, 虎田 真一郎⁺¹, 沼田 良明^{※1}

(2008年12月19日受理)

原子力機構では、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、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」を機構内に組織し、審議検討を通じて客観的な助言をいただくことにより、研究開発の効率的な展開と、その成果による処分事業や安全規制等への技術基盤の確立に資することができるよう、時宜よく研究開発計画の実施にあたって反映させている。本資料は、2008年3月に開催した第3回委員会の会議報告を行うものである。

核燃料サイクル工学研究所（駐在）：〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33

+1 地層処分研究開発部門

※1 技術開発協力員

Minutes of the 3rd Meeting of “Technical Committee for Geological Isolation Research and Development”

Yasuo SASAKI, Shinichiro TORATA⁺¹ and Yoshiaki NUMATA^{※1}

Research and Development Co-ordination and Promotion Office
Geological Isolation Research and Development Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 19, 2008)

JAEA organizes the “Technical Committee for Geological Isolation Research & Development”, which consists of specialists in relevant fields at universities and institutes, in order to facilitate planning and conducting of a program of research and development (R&D) for geological disposal of high-level radioactive waste and TRU waste at JAEA-Tokai, through reflecting technical advices and comments made from them into the program. This report presents the minutes of the third meeting held in March 2008.

Keywords: Geological Disposal, High-level Radioactive Waste, TRU Waste Research and Development, Technical Committee

+1 Geological Isolation Research and Development Directorate

※1 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3回）	3
3.1 議事次第	3
3.2 議事概要	4
4. おわりに	7
参考文献	7
付録 第3回地層処分研究開発検討委員会 会議資料	8

Contents

1. Introduction	1
2. Members of the Technical Committee for Geological Isolation R&D	2
3. Summary of the 3rd committee meeting	3
3.1 Agenda	3
3.2 Minutes	4
4. Looking Ahead	7
Reference	7
Appendix: Presentation materials for the 3rd meeting	8

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）は、その中期計画（平成 17 年度～平成 21 年度）において、処分事業と安全規制の両面を支える技術を知識基盤として整備していくため、他の研究開発機関と連携して研究開発を進め、その成果を地層処分の安全確保の考え方や評価に係る様々な論拠を支える知識ベースとして体系化するとともに、中期目標期間における研究開発成果を、包括的な報告書と知識ベースとして取りまとめることを明らかにした¹⁻¹⁾。そのうち、主に東海研究開発センターにおいて実施している地層処分研究開発については、以下の計画に基づく成果を知識ベースの整備に反映することとしている。

一工学技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化のため、人工バリア等の長期挙動や核種の移行等に関わるモデルの高度化を図り、データを拡充するとともに、評価に必要となるデータの標準的取得方法を確立する。

一地質環境データ等を考慮した現実的な処分システム概念の構築手法や全体システムモデルを整備するとともに、掘削深度を考慮して、設計、安全評価手法の深部地質環境での適用性確認を行う。

一方、平成 17 年 7 月には、国の基盤的研究開発を実施する関係研究機関によって、「地層処分基盤研究開発調整会議」¹⁻²⁾（以下、調整会議）が設置され、研究開発全体計画の策定や成果の体系化を推進するとともに、国の委員会等へ積極的に情報を発信して評価を受けることを通じ、国の基盤的研究開発の計画的かつ効率的な推進を図るための仕組みが構築された。調整会議では、「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画¹⁻³⁾」（以下、HLW 全体計画）を策定し、今後の基盤研究開発の役割・目標や長期的かつ段階的な進め方といった全体基本連略を設定するとともに、その戦略に基づく、分野毎の目標・課題の設定、当面 5 年程度の研究計画を連携や体系化の視点を含めた具体的な研究開発計画を提示した。

地層処分研究開発部門は、上記の中期計画と HLW 全体計画を踏まえ、東海研究開発センターで実施している地層処分研究開発を対象として、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。委員会において審議検討を頂き、得られた客観的な助言やコメントについては、適宜研究開発の効率的な展開と、その成果による処分事業や安全規制等への技術基盤の確立に資することができるよう、時宜よく研究開発計画の実施にあたって反映させている。

本資料は、平成 20 年 3 月 5 日に開催した第 3 回委員会の会議資料をまとめるとともに、委員会において委員から頂いたご意見やご助言に加え、質問とその回答および今後の対応について整理したものである。

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3回委員会の席上、互選により朽山修東北大学教授（現、(財)原子力安全研究協会 処分システム安全研究所長）が委員長に選出された。

表1 地層処分研究開発検討委員会 構成員（所属と役職については第3回委員会開催時点）

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 准教授
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	朽山 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3回）

3.1 議事次第

第3回委員会の議事次第を表2に示す。また、委員会での配布資料は付録にまとめた。なお、委員会配布資料については、機構の公開ホームページ（地層処分研究開発部門のコーナー：<http://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/iinkai.html>）からも入手が可能である。

表2 第3回委員会議事次第
地層処分研究開発検討委員会（第3回）
—議事次第—

1. 日時：平成20年3月5日（水） 11：00—16：00
2. 場所：日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター地層処分基盤研究施設大会議室
3. 出席者
（委員） 朽山委員長，朝野委員，出光委員，大江委員，小林委員，佐藤委員，鹿園委員，
竹内委員，田中委員，長崎委員，増田委員，森山委員
（JAEA）河田部門長，油井ユニット長，宮原GL，内藤GL，亀井GL，虎田主幹 他
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）地層処分基盤研究開発における平成19年度の成果と平成20年度の計画概要
 - ①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
 - ④TRU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 議事概要

第3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 第2回委員会の議事録確認（付録 別添1参照）

第2回地層処分研究開発検討委員会の議事録について内容の確認が行われ、その内容について承認された。

3.2.2 地層処分基盤研究に関する全体概要について（付録 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。

- ・地層処分研究開発の成果について、専門家だけでなく一般国民に分かりやすく説明し社会への定着を図るとともに、理解促進活動の戦略をオールジャパンで立てていくべきである。その辺を整理した上での JAEA としての活動が必要である。
- ・JAEA の成果を知識ベースとして実施主体や規制側に提示する際は、知識マネジメントシステムの最終的な仕上がりを念頭に置き、ユーザーが判断できる形態で成果を体系的に揃えていくべきである。
- ・本委員会では、地層処分技術に係る研究開発全般に関する議論が多い。今後は地層処分研究開発に係る議論に焦点を絞るなど、委員会の役割を今一度確認しつつ明確にすべきである。
- ・現在は軽水炉からの廃棄物が蓄積してきたところ、その延長線に MOX などの高燃焼度の廃棄物が出てきている状況にある。今後は高燃焼度化に対する処分概念及び性能評価技術の開発が必要であり、本委員会でも議論していく必要があるのではないか。
- ・実施主体が行う概要調査以降の各技術開発が、重要な意味を持つと外部から評価して頂くためには、各機関との連携や役割分担が重要であり、成果と評価との整合性を示していく必要がある。JAEA にはそのために必要な提言がほしい。

3.2.3 個別研究課題について（付録 別添3-1, 3-2, 3-3参照）

工学技術開発、性能評価研究そして TRU 廃棄物の地層処分研究について、それぞれ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。

- ・最大2mmというオーバーパック(OP)の腐食量が、OPの健全性や処分場の設計にどのような影響を与えているのか、具体的に提示すべきである。[工学技術開発]
- ・パラメータの不確実性について、決定論的なのか、それとも確率論的な取り扱いなのか。知識が不足しているものについては、確率論は使えず、わからないことの影響（知識の不確実性）についても評価すべき。[性能評価研究]
- ・FepMatrix というツールの妥当性はどのように示していくのか。一般的な分野にも活用することにより、有効性について確認をすること。[性能評価研究]
- ・TRU 廃棄物について、JAEA はトータルとしてどのような研究が必要かを考えるべきである。処理側と調整を行い、HLW と整合性を保ちつつ、事業者と連携しつつ抜け落ちのある研究開発項目を補完しつづける必要がある。[TRU 廃棄物処分研究]

表3 第3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3回委員会で頂いたご意見・ご質問	当日の回答/対応	担当
	・基盤研究開発に関する全体概要		
1-1	<p>・地層処分研究開発の成果については学問体系ごとの専門家間で説明しコンセンサスを得ることはたいへん重要であるが、一般国民にも分かり易く説明する必要がある。</p> <p>・オールジャパンで役割分担を行い、理解促進活動の戦略を立ていくべきであるが、残念ながら今は出来ておらず、その辺を整理した上でのJAEAとしての活動が必要。</p> <p>・地元との協力についても『研究要素』とするべき。</p>	<p>・研究開発機関として次世代の高校生、大学生に対して、研究の背景の理解や技術的興味の拡大に向けて草の根活動を展開している。</p> <p>・第2次取りまとめ以降、我々は徐々に研究開発を行ってきたが、必要性は認識しており、国（上流側）へ向けた発言も含めて取り組みを行うべきである。</p> <p>・リスクコミュニケーションのための課題提起を実施主体で行い、必要な素材をJAEAで作成し、そしてそれを実施主体が広めていくべきである。</p>	基盤ユニット (各グループ)
1-2	<p>・JAEAの成果として実施主体に提示する際に、どのような形で知識ベースに反映するのか。</p> <p>・知識ベースの言葉の意味が分かりにくい。セーフティーケース・知識ベースの意味について担当者がイメージしているものが互いに異なっているのが現状。これに対する理解を誰もが合わせられるような方法を考えてほしい。</p>	<p>・知識ベースの個別要素として、データベースを中心に公開しており、国内外のユーザーも増加している。個別要素は知識マネジメントのプロトタイプが出来次第組み込みを行う予定である。</p>	基盤ユニット (各グループ)
1-3	<p>・この委員会の役割を明確にさせるべきだと思う。委員会では地層処分技術に係る研究開発に関する議論が多く、地層処分研究開発に係る議論に焦点を絞るなど、委員会の役割を今一度確認すべき。</p>	<p>・本委員会については、工学技術開発や安全評価手法の高度化の進め方、特に技術的な面でコメントをお願いしたい。</p>	基盤ユニット (各グループ)
1-4	<p>・ここでの研究開発は、大変高級なことをしている。しかし、世間のみならず地層処分業界の世界からも遊離している部分が多い。これが皆に理解されると同時に透明性の高いものになるべきと思う。</p>	<p>・第1期中期計画の節目にあたるH22年を目途に、2000年以降約10年間でどこまで進んだのか、示しておく必要があると思う。この場でその方向性などを示唆してほしい。</p>	基盤ユニット (各グループ)
1-5	<p>・70年代から軽水炉が本格的に稼働し、廃棄物が蓄積してきた延長線にMOXなどの高燃焼度の廃棄物が出てきている状況にある。このような経緯と事実に対して、若い世代の心構えにつながるようなことを示していただきたい。</p>	<p>・別途、資源エネルギー庁の公募事業の中で可能な範囲で対応してゆきたい。</p>	基盤ユニット (各グループ)
1-6	<p>・実施主体が行う概要調査以降の各技術開発が、重要な意味を持つと外部から評価して頂くためには、各機関との連携や役割分担が重要であり、成果と評価との整合性を示していく必要がある。</p>	<p>・地層処分基盤研究開発調整会議においてNUMOのニーズを踏まえ検討してゆく予定である。個別技術要素は随時Web等で公開しているが、体系的には知識マネジメントシステムを通じて事業等に反映してゆく予定である。</p>	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
	-1. 工学技術開発について		
2-1-1	・最大2mmというオーバーバック(OP)の腐食量が、OPの健全性や処分場の設計にどのような影響を与えているのか。	・OP全体の健全性評価として提示していきたいと考える。	ニアフィールド研究グループ
2-1-2	・各個別要素の技術を、いつどのように統合化していくのかを、ロードマップで示してほしい。	・研究開発ではまず材料を揃えることに主眼を置いており、これらをどのように使い勝手の良い知識ベースとして組み入れていくかについては、知識マネジメントで検討しているところである。	ニアフィールド研究グループ
	-2. 性能評価研究について		
2-2-1	・前進的モデルで対象とする、どのように地質が出来上がってきたかについては、データの収集の進捗によって変わってくる。すなわち、このような取扱いにおいては、新たなデータにより結果が大きく変わることになる。このため、新たな不確実性が生まれる。	・従来の統計的手法における不確実性を補うものであり、それぞれの強みを組み合わせ使用することが、信頼性向上につながるという考え方でまとめている。	システム性能研究グループ
2-2-2	・パラメータの不確実性について、決定論的なのか、それとも確率論的な取り扱いなのか。 ・知識が不足しているものについては、確率論は使えず、わからないことの影響(知識の不確実性)についても評価すべき。	・今回紹介した感度解析手法は、パラメータの分布や幅などの必要な情報が整理されれば確率論的な評価にも使えるものである。	システム性能研究グループ
2-2-3	・FepMatrixというツールの妥当性はどのように示していくのか? 皆が知っている判りやすいもので示せると良い。	・火山などの防災分野に関する影響を表現するために、FepMatrixを用いてTHMCGという形で整理することを検討している。このように、一般的な分野にも活用することにより、有効性について理解が深められると考える。	システム性能研究グループ
	. TRU廃棄物の地層処分研究開発		
3-1	・JAEAはトータルとしてどのような研究が必要かを考えるべきである。処理側と調整を行い、HLWと整合性を保ちつつ、NUMOと適宜相談しつつ抜け落ちのある研究開発項目を補完しつづける必要がある。	・拝承	TRU廃棄物処分研究グループ
3-2	・HFSCを化学的に研究されているようであるが、TRU処分場を工学的に見た場合に研究結果はどのように反映されるか? 例えば設計へのフィードバックは何か?	・まずは化学的な長期評価を行っているが物理的な挙動と不可分な面があると思っている。併せて施工性の検討も行っている。	TRU廃棄物処分研究グループ
3-3	・HFSCの長期変質については研究を進めているのか。	・セメントのナチュラルアナログは、ヨルダンの事例など限られた事例があるのみであった。参考となるものは参考としつつも、評価モデルの検討という観点からモデルで扱うプロセスのアナログを対象としていきたい。	TRU廃棄物処分研究グループ
3-4	・OPCのCSHゲルにAIは固溶体として取り込まれていることが確認されたのか?	・EPMAでAIの存在を確認したのみで、固溶体としての確認までにはいたっていない。	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 20 年度の計画実施にあたり、早速反映させるとともに、地層処分にに関する研究開発全体として平成 21 年度末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。

参考文献

- 1-1) 独立行政法人日本原子力研究開発機構: “独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画(中期計画)”, 2006.
- 1-2) 吉野恭司: “地層処分に係る政策動向と基盤研究開発の展開”, 第 22 回バックエンド夏期セミナー資料集, 平成 18 年 7 月 27-28 日, 北九州市, 日本原子力学会バックエンド部会, 2006.
- 1-3) 資源エネルギー庁,(独)日本原子力研究開発機構: “高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画”, 2006.

付録

第3回地層処分研究開発検討委員会 会議資料

- | | |
|-------------------|--|
| 別添1 : 資料第3-1号 | 第2回地層処分研究開発検討委員会議事録 |
| 別添2 : 資料第3-2-1号 | 地層処分基盤研究における平成19年度の成果と平成20年度の
計画概要 - 全体概要 - |
| 別添3-1 : 資料第3-2-2号 | 地層処分基盤研究における平成19年度の成果
- 工学技術開発について - |
| 別添3-2 : 資料第3-2-3号 | 地層処分基盤研究における平成19年度の成果
- 性能評価研究について - |
| 別添3-3 : 資料第3-3号 | TRU 廃棄物の地層処分研究開発について |

別添1

第2回地層処分研究開発検討委員会議事録

1. 日時場所

日時 ; 平成19年3月9日(金) 10:00~16:00

場所 ; テクノ交流館リコッティ 会議室

2. 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

(JAEA) 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

3. 配付資料

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)

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 -

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 -

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 -

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 -

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

4. 報告概要

1) 第1回地層処分研究開発検討委員会議事録について承認を得た。

2) 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。

2) 18年度に取りまとめた、幌延深地層研究計画の第1段階としての地上からの調査結果をふまえた研究報告書のうち、地層処分研究開発分野(工学技術、性能評価研究)に関する分冊の内容について、委員による事前のレビューを踏まえた対応について議論した。

5. 審議結果の概要

議事次第の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。分野ごとの主な意見を下記に示す。

1) 地層処分基盤研究に関する全体概要について

- ・ 原子力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。

2) 工学技術について

- ・ 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。
- ・ 実施主体が最終意思決定者であり、JAEA 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) 性能評価について

- ・ 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。

4) 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 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。JAEA 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。
- ・ JAEA 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。JAEA 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。

5) 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

- ・ 机上での予測と実際の場合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。

6. 委員会での審議結果の処置等について

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。

以上

別添 2

地層処分研究開発検討委員会
資料第3-2-1号

**地層処分基盤研究開発における
平成19年度の成果と
平成20年度の計画概要
－全体概要－**

平成20年3月5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取組み

2

前回委員会の主なコメントとその対応－全体概要

(コメント) 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。

→ 査読付論文投稿数は平成19年度は、22件(投稿準備中2件含む)へと増加。

(コメント) 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。

→ シナリオ解析支援ツールFepMatrixを公開、緩衝材の長期挙動についても3月末にデータベース公開予定。

(コメント) 世界的な戦略の中でのJAEA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。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。

→ OECD/NEA等の活動、MRS、Migration等の国際会議、数多くの国際共研に積極的に参加。エネ庁公募事業が受託できることを条件にグラウト技術や微生物など国際的コンセンサス作りのワークショップを検討中。

3

前回委員会の主なコメントとその対応－全体概要

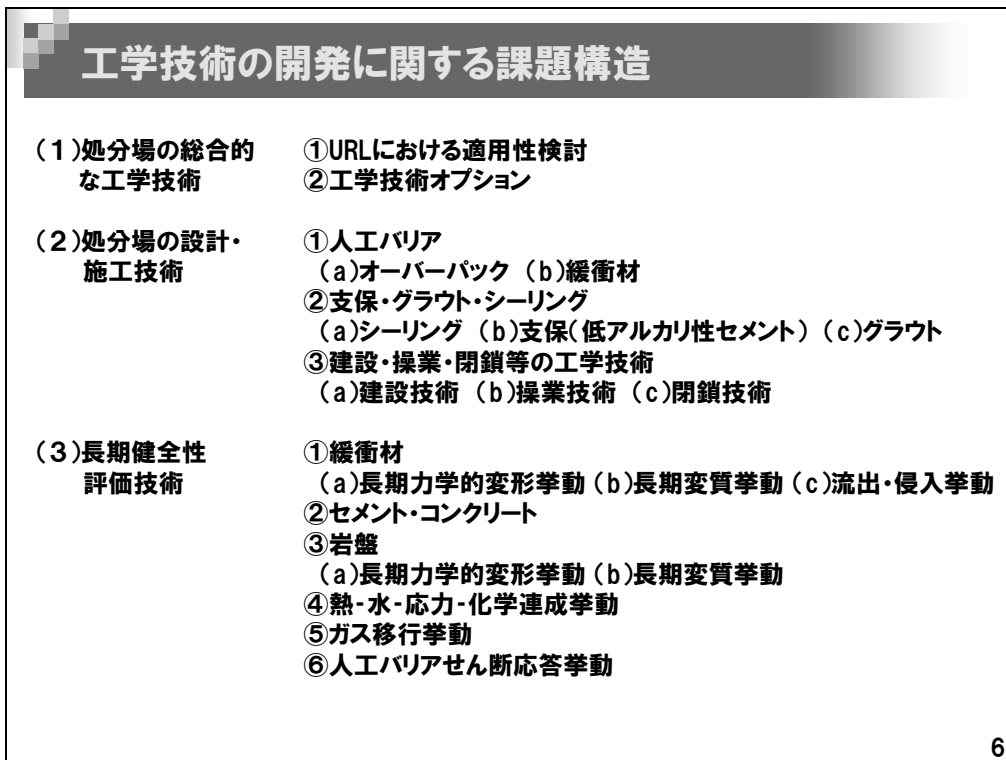
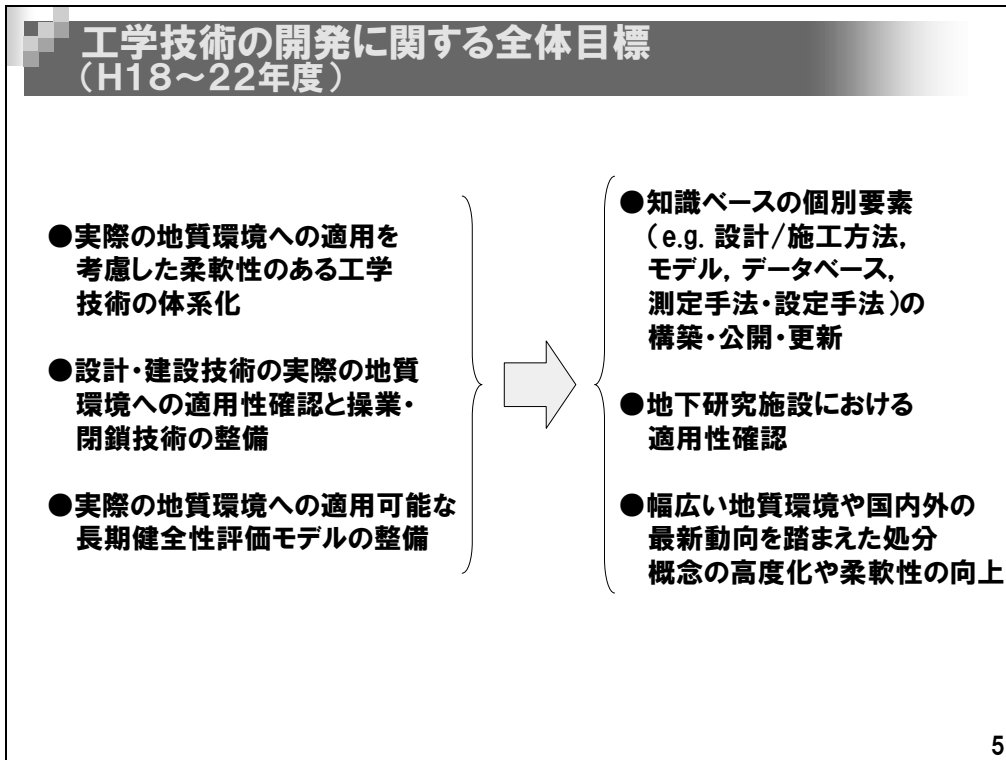
(コメント) これまでの研究成果を見ていると、“成果を出しっぱなし”で、“どうやって成果を集積するのか”、“JAEAがアレコレ研究を行っているが、メリハリが見えない”などの問題点が多く見受けられる。研究の方向性などが見えない。

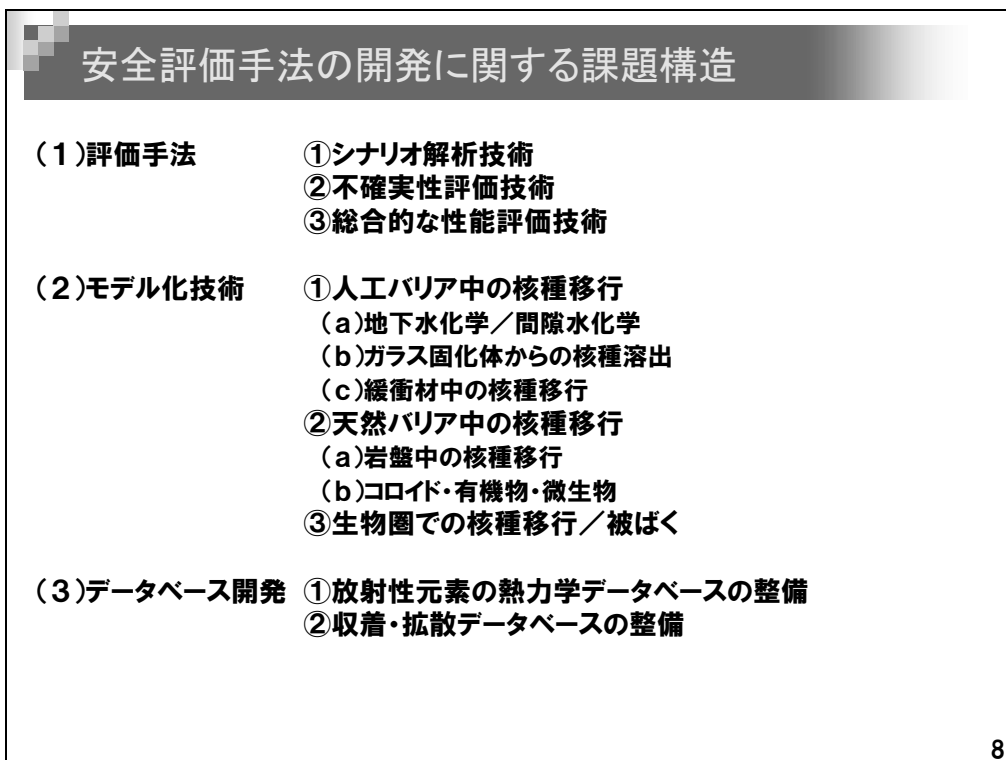
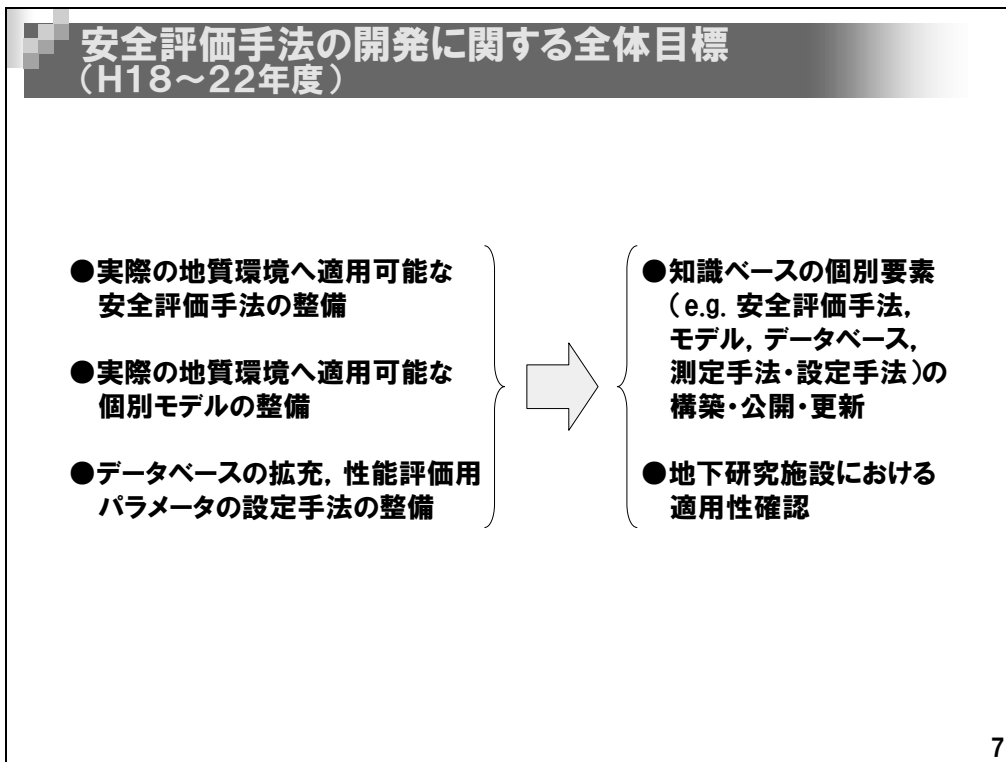
→ 工学技術や安全評価に関する最新の個別要素技術を公開するとともに、知識ベースとして取りまとめる予定。基盤研究開発の“アレコレ”は、科学的知見の拡充(長期試験、Fe-ベントナイト相互作用など)、技術的実現性の提示(URLでの適用性確認など)、先進技術の導入(低アルカリ性セメントなど)に焦点を当てて進めている。

(コメント) 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。

→ 連携大学院の講義用に平成19年度から試用開始。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。

4





平成19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

- ・オーバーバックに関する10年間の長期腐食試験データの取りまとめ
- ・人工バリア材料に係わるナチュラルアナログデータの取りまとめ
- ・様々な処分場概念(設計オプション)に共通する重要課題の抽出・整理
- ・幌延深地層研究所で得られた地質環境データを用いた掘削による影響を考慮した水-化学連成挙動解析結果の提示
- ・低アルカリ性コンクリートの現場施工試験におけるセメントの配合例の提示

安全評価手法の開発

- ・深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮した重要シナリオの抽出や不確実性に関する性能評価手法の方法論の検討および適用例の提示

9

資源エネルギー庁からの受託と他機関との連携 (平成19年度)

受託:2件, 共同研究:3件, 情報交換:6件

- 受託件名:「地下坑道施工技術高度化開発」
「処分システム化学影響評価高度化開発」

○他機関との連携

➤工学技術

- 溶接部腐食(RWMC共同研究)
- THMCセンサー開発(RWMC情報交換)
- 建設・操業・閉鎖(URLにおける適用性確認、RWMC情報交換)
- オーバーバック腐食手法、データベース開発(RWMC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情報交換)
- ガス移行挙動(RWMC情報交換)

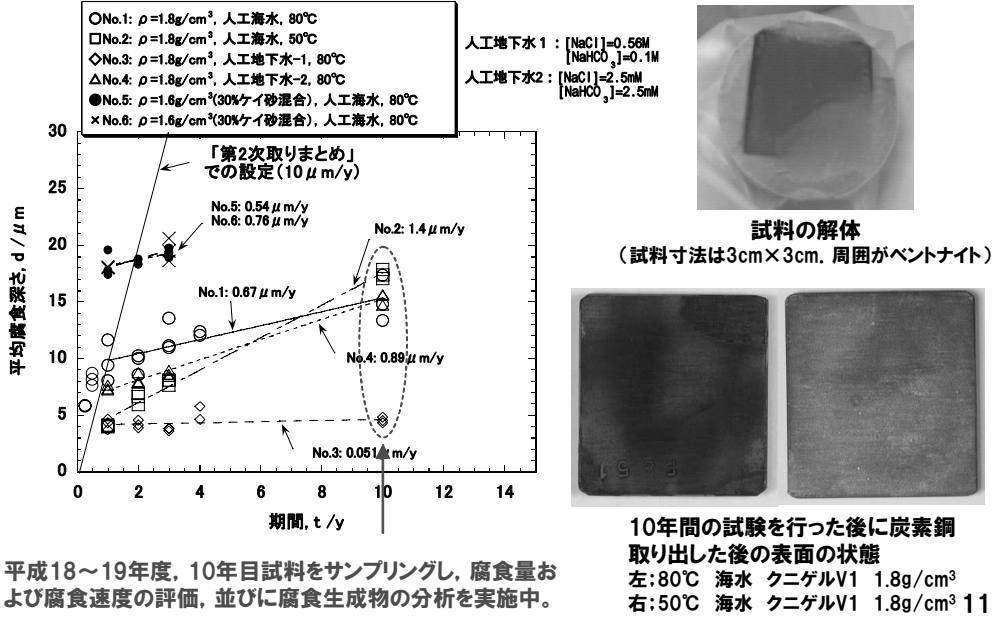
➤性能評価

- コロイド影響評価(CRIEPI共同研究)
- 生物圏評価(放医研情報交換)

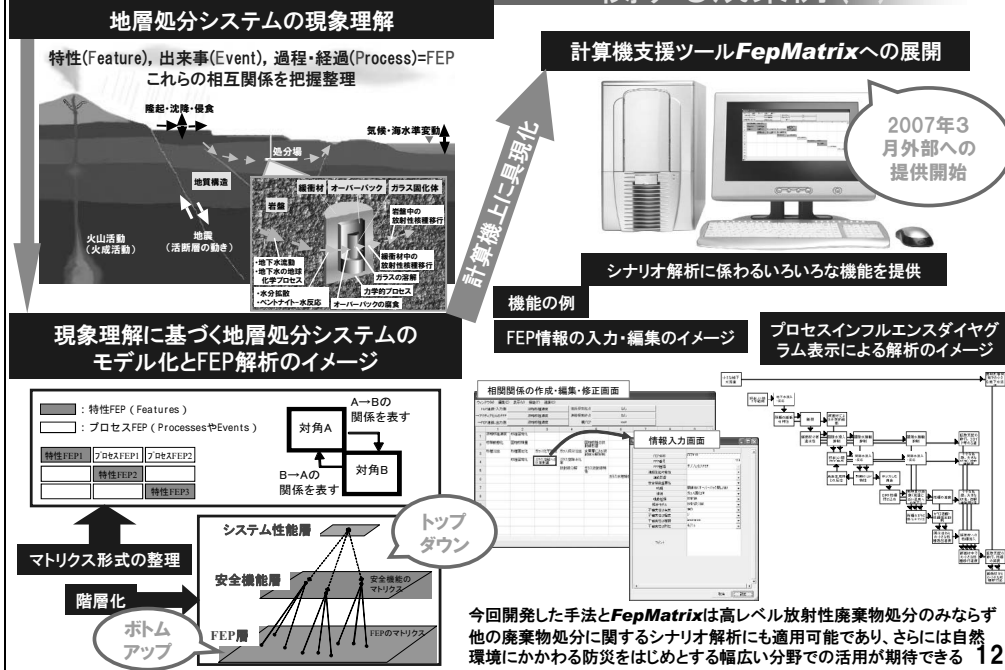
10

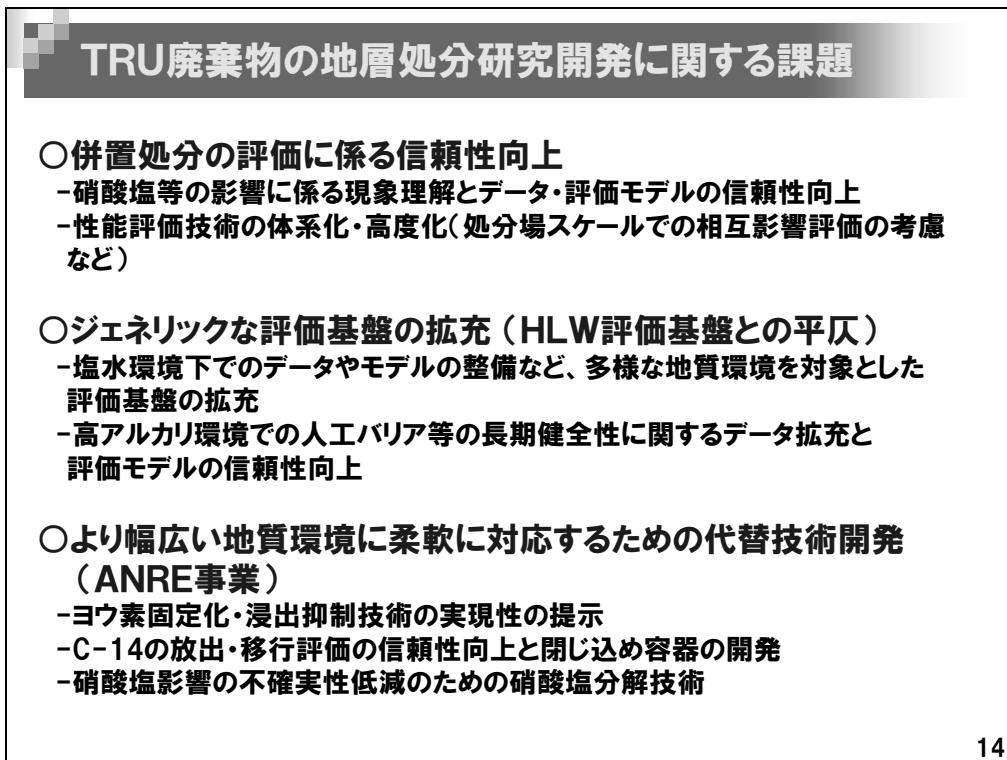
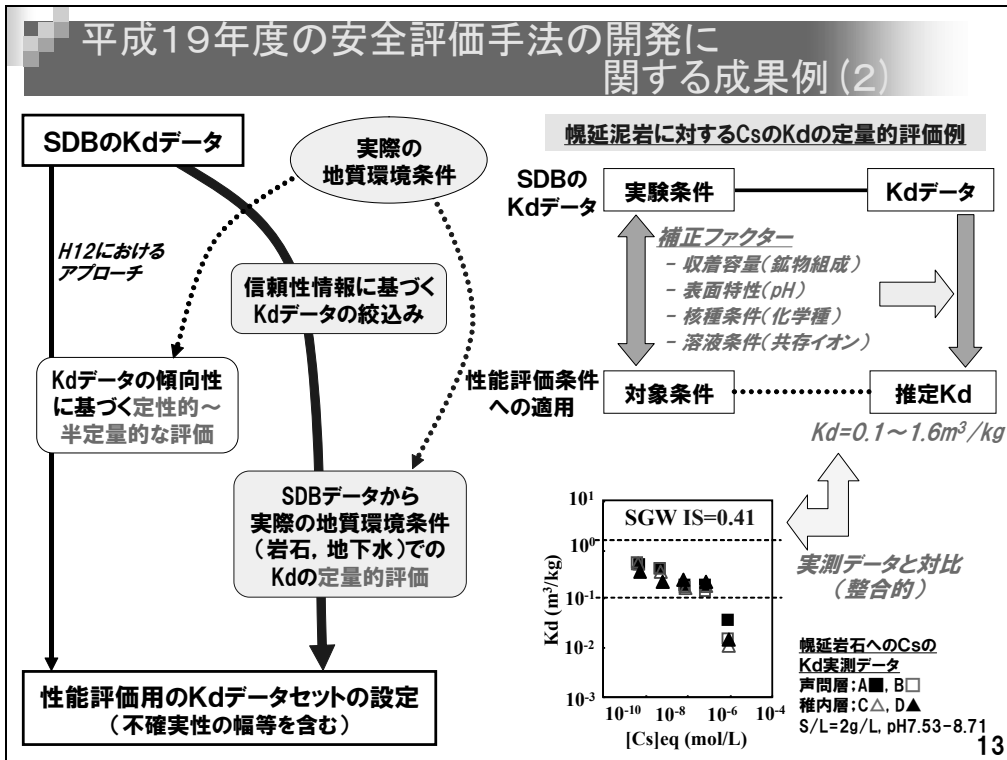
平成19年度の工学技術の開発に関する成果例

ベントナイト中における炭素鋼の長期腐食試験



平成19年度の安全評価手法の開発に関する成果例(1)





平成19年度のTRU廃棄物の 地層処分研究開発の主要目標

- ・処分の安全評価に関する安全評価手法の高度化及び
検証のための基礎データの収集・拡充
(地層処分相当は, HLWとの併置処分等の合理的な
処分ができるよう検討を進める)
- ・資源エネルギー庁から受託:
「硝酸塩処理・処分技術高度化開発」

15

平成19年度のTRU廃棄物の 地層処分研究開発の成果例

➤ 低アルカリ性セメント硬化体中におけるヨウ素やセシウムなどの
みかけの拡散係数の核種移行データを取得

水セメント比30%の4種類のセメント硬
化体(下表参照)に対して見掛けの拡散
係数を算定

→HFSC424の低アルカリ性セメントの各
元素の見掛けの拡散係数は小さい

	普通ポルト ランド セメント	シリカフェー ム	フライアッシュ
OPC	100	0	0
HFSC424	40	20	40
HFSC325	30	20	50
HFSC226	20	20	60

数字は重量%

見掛けの拡散係数(m²/s)

セメントの種類

セメント硬化体中の元素の見掛けの拡散係数算定例
(浸漬液の各元素濃度は0.5mol dm⁻³)

16

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 : 22件
 - ・ 研究開発報告書類数 : 31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 : 6件
 - ・ 研究開発報告書類数 : 1件

17

高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発 平成20年度の実施計画(案)

○工学技術の開発

- ・ オーバーパック材料の腐食に関するデータベースの試作
- ・ 幌延の地質環境データを活用した掘削による損傷領域の進展を考慮した坑道周辺の水-応力-化学連成挙動の解析
- ・ 低アルカリ性セメントを用いた覆工用コンクリートの配合選定方法の検討

○安全評価手法の開発

- ・ 人工バリアの収着分配係数・拡散係数の設定を支援するための現象論的収着・拡散モデルの提示
- ・ 深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮した事業段階の進展に応じた実用性の高い性能評価手法の例示

18

TRU廃棄物の地層処分研究開発 平成20年度の実施計画(案)

○TRU廃棄物の地層処分研究開発については、全体基本計画を踏まえ、評価の信頼性向上のための安全評価手法の高度化に資する基礎データの収集拡充及び評価モデル検討を進める。

- ・併置処分の評価に係る信頼性向上のための研究開発
- ・高レベル廃棄物処分の評価基盤と平仄を考慮しつつ、ジェネリックな評価基盤拡充のための研究開発

19

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の裾野拡大
- ・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

↓

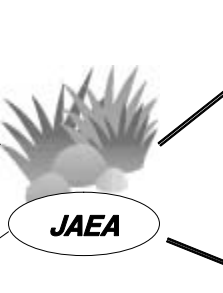
基礎基盤研究成果をツールとして理解拡大への草の根活動

約50名対象

自治体広報、
地域交流課
サイエンスカフェ
(情報発信、意見交換)

広報/報道
科学技術報道

産業界
報告会
人材の継続的育成



JA EA

約300名対象

大学教育との連携
(筑波大、茨大)(東大、金沢、福井、
東工大)さらに全国拡大

産学連携部(大学院教育、育成)
広報部(大学公開特別講座)

約450名対象

教育機関(高校の理科教育)
サイエンス教育振興のニーズに合せた、
自然科学・理工学分野への興味拡大を通じ、
原子力の理解へ(進路指導室や理科教師への
発信)

地域交流(サイエンスハイスクール、
サイエンスカフェ)

20

別添 3 - 1

地層処分研究開発検討委員会
資料第3-2-2号

**地層処分基盤研究開発における
平成19年度の成果
－工学技術開発について－**

平成20年3月5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

- **成果の提示について,**
 - ✓ **銅の腐食のように個々の成果ではなく, システムとしての成果を提示してほしい**
 - ✓ **材料の情報提供は, 他の人が判断できるレベルのものでないといけない**
 - ✓ **代替技術オプションなど, ある程度絞ったうえで提示する必要があるのではないか**
 - ✓ **実施主体の判断材料となるような成果の出し方とすべき**
 - ✓ **設計は, 使用する側が選択・判断すべきものであり, JAEAは材料やオプションを提供するのが役割**

2

知識ベース(工学技術)への反映のまとめ①

■:平成19更新・新規、■:平成19実績なし、■:未着手

分類の例	知識ベースに反映する成果の例
データ	<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】
ドキュメント	各種公開技術資料, レビュー報告書
ソフトウェア	<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】

3

知識ベース(工学技術)への反映のまとめ②

■:平成19更新・新規、■:平成19実績なし、■:未着手

分類の例	知識ベースに反映する成果の例
経験・ノウハウ (方法論など)	<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【URLI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】 ・オーバーパック腐食評価手法【オーバーパック】 ・オーバーパック材料・材質選定及び設計・製作手法【オーバーパック】 ・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】
統合化した知識	<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【URLI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【オーバーパック】
ガイダンス	・地質環境に応じた処分場設計要件【URLIにおける適用性検討】
プレゼンテーション	・数値実験技術【熱-水-応力-化学連成挙動】

4

国の全体計画における工学技術の開発の枠組み

1. 処分場の総合的な工学技術

- ◆URLにおける適用性検討
- ◆工学技術オプション

2. 処分場の設計・施工技術

- ◆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
- ◆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
- ◆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

- ◆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
- ◆岩盤の長期力学変形挙動/長期変質挙動
- ◆熱-水-応力-化学連成挙動
- ◆ガス移行挙動
- ◆人工バリアせん断応答挙動

5

平成19年度年度計画(地層処分関係抜粋)

- 処分場の設計や安全評価の信頼性を向上させるため, 地層処分基盤研究施設や地層処分放射化学研究施設等を活用して, 人工バリア等の長期挙動や核種の溶解・移行等に関するモデルの高度化, 基礎データの拡充, データベースの開発を進め, ①オーバーパックに関する10年間の長期腐食試験データ及び②人工バリア材料に係るナチュラルアナログ・データの取りまとめを行うとともに, ③様々な処分場概念(設計オプション)に共通する重要課題を抽出・整理する。
- 深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮して, 重要シナリオの抽出及び不確実性を考慮した性能評価の方法論を検討し, その適用例を示す。さらに, ④幌延深地層研究所で得られた地質環境データを用いて, 掘削による影響を考慮した水-化学連成挙動の解析結果を提示するとともに, ⑤低アルカリ性コンクリートの現場施工試験におけるセメントの配合選定例等を提示する。

6

平成19年度年度計画において
設定した工学技術の成果目標

- ① オーバーパックに関する10年間の長期腐食試験データ
- ② 人工バリア材料に係るナチュラルアナログ・データ
- ③ 様々な処分場概念(設計オプション)に共通する重要課題の抽出・整理
- ④ 幌延深地層研究所で得られた地質環境データを用いて、掘削による影響を考慮した水-化学連成挙動の解析結果の提示
- ⑤ 低アルカリ性コンクリートの現場施工試験におけるセメントの配合選定例の提示

7

① オーバーパックに関する10年間の
長期腐食試験データ

試験結果

○No.1: $\rho=1.8, r=0$, 人工海水, 80°C
 □No.2: $\rho=1.8, r=0$, 人工海水, 50°C
 ◇No.3: $\rho=1.8, r=0$, 0.1M-NaHCO₃/0.5M-NaCl, 80°C
 △No.5: $\rho=1.8, r=0$, 2.5mM-NaHCO₃/2.5mM-NaCl, 80°C, 80°C
 ●No.10: $\rho=1.8, r=0.3$, 人工海水, 80°C

「第2次取りまとめ」での設定(10 $\mu\text{m}/\text{y}$)

No.10: 0.54 $\mu\text{m}/\text{y}$
 No.2: 1.4 $\mu\text{m}/\text{y}$
 No.1: 0.87 $\mu\text{m}/\text{y}$
 No.5: 0.89 $\mu\text{m}/\text{y}$
 No.3: 0.051 $\mu\text{m}/\text{y}$

腐食評価

鉄考古学遺物
腐食データ [22] [23]

第2次取りまとめにおける設定 [1]
(10 $\mu\text{m}/\text{y}$)

室内実験
データ

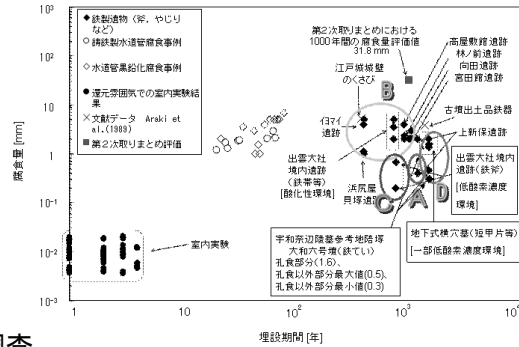
直線則による
外挿値の範囲

べき乗則による
外挿値の範囲

8

②人工バリア材料に係るナチュラルアナログ・データ

これまでの調査事例



全国14遺跡から約40試料の鉄腐食量調査

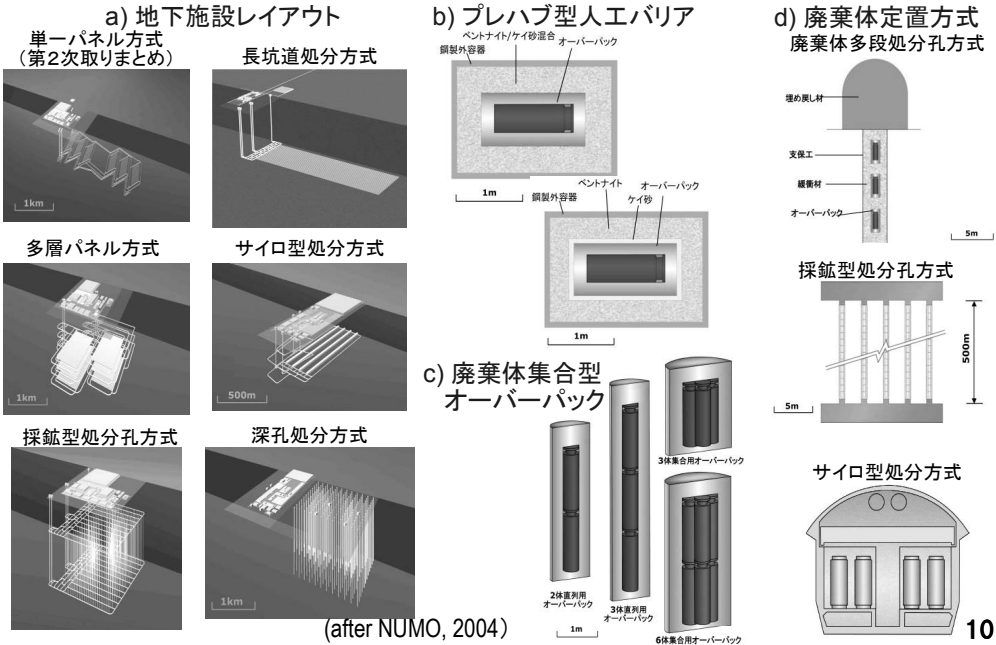
腐食状況を4タイプに分類

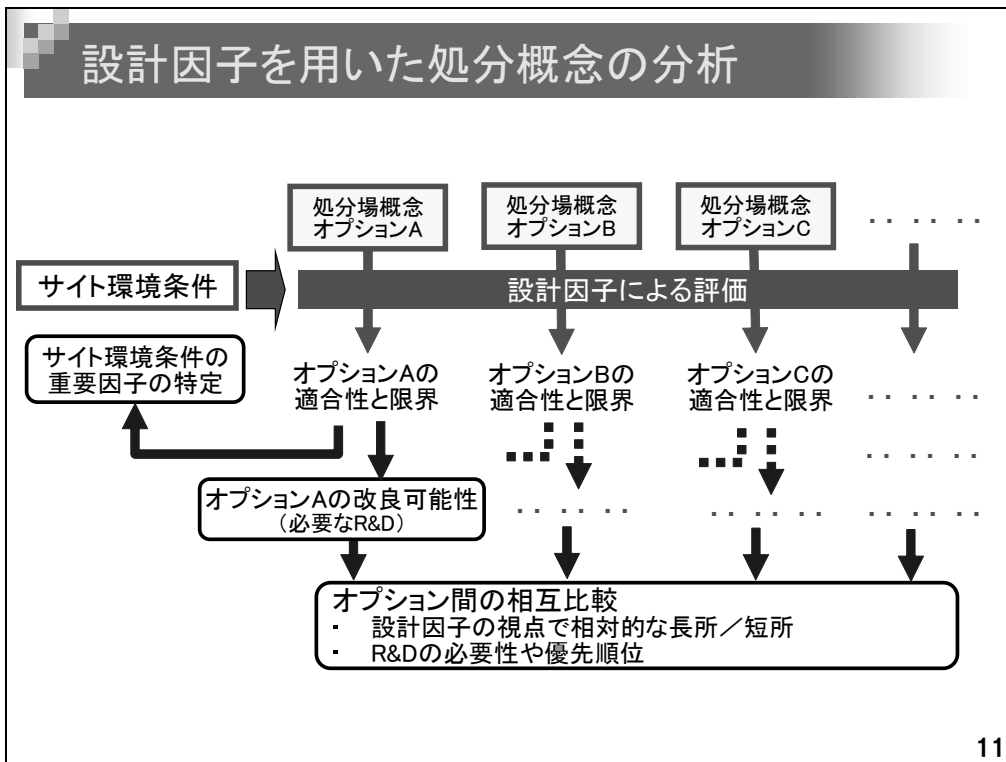
⇒ 処分環境での鉄長期腐食の傍証となるのはC,Dタイプ

- 低酸素濃度環境下 (タイプC,D) のデータは、第2次取りまとめの1000年後の評価値を超えず最大でも2mm

- 1) タイプA: 鉄残存なし。腐食の停止した時期が不明なため腐食量の最小値として評価(酸化性環境完全錆化型)
- 2) タイプB: 鉄残存し、2種の錆層が存在。腐食が進行中であり、出土時までの埋設期間を評価(酸化性環境腐食進行型)
- 3) タイプC: 鉄部分残存。1層錆で全面腐食しているため表面の錆厚で評価。(低酸素濃度環境腐食進行型)
- 4) タイプD: タイプCに加え孔食腐食のある試料、2段階腐食として評価。(低酸素濃度環境腐食二段階進行型)
初期: 酸化性環境で孔食腐食
後期: 低酸素濃度環境で全面腐食
腐食量=孔食深度+×線CTによる腐食量

③様々な処分場概念(設計オプション)に共通する重要課題





- ### 設計因子 (NUMO, 2004) と分析の視点
- ・ 閉鎖後安全性
 - ✓ 処分場閉鎖後の長期安全性のロバスト性
 - ・ 操業安全性
 - ✓ 処分場の建設, 操業, 閉鎖および施設解体時における作業安全および放射線安全
 - ・ 工学的成立性/品質保証
 - ✓ 処分場の建設と操業について詳細な品質レベルに至るまでの基本的な実現可能性
 - ・ 工学的信頼性
 - ✓ 操業に影響を与える可能性のある擾乱に対するロバスト性や境界条件(たとえば一日の廃棄体定置数)の観点からの事業の実現可能性
 - ・ サイト特性調査とモニタリング
 - ✓ サイト特性調査とモニタリングに対する技術的要件を満足するうえで求められる取り組み
 - ・ 回収可能性
 - ✓ 定置後の廃棄体回収の容易さ
 - ・ 環境影響
 - ✓ 処分事業に関係するすべての環境影響
 - ・ 社会経済的側面
 - ✓ コストやステークホルダーの受入れに寄与する因子
- 12

設計因子の観点からの分析例:
プレハブ型EBSモジュール (PEM)

- **品質保証**
 - ✓EBSの品質確保の困難さに対する工学的実用性の向上
 - 特に、高湿度環境下での圧縮ベントナイトの取扱い
- **工学的信頼性**
 - ✓年間の定置要件(廃棄体1000体)に対して柔軟な対応が可能
- **回収可能性**
 - ✓相対的に容易

(after NUMO, 2004)

④ 幌延の地質環境データを用いた、掘削による影響を考慮した水-化学連成挙動の解析結果

幌延地質環境に基づく坑道周辺の地下水水質変化

ニアフィールドのTHMCフロー

坑道掘削

不飽和領域の発生

地球化学反応
 酸素の影響、炭酸の脱ガス、鉱物の溶解沈殿

地下水水質の変化

人工バリアの設置

処分場の閉鎖

設定鉱物
 ・非晶質シリカ
 ・方解石
 ・Fe(OH)₃アモルファス
 ・黄鉄鉱 (速度反応)

初期地下水
 ・pH=6.8
 ・pe=-2.8
 ・全C=4.1 × 10⁻²mol/l

坑道内の条件
 ・相対湿度0.95
 ・酸素0.2atm
 ・二酸化炭素0.0003atm

稚内層
 ・間隙率0.38
 ・透水係数4.0 × 10⁻⁹m/s

解析条件

水分飽和度

気相中の二酸化炭素

間隙水pe

間隙水pH

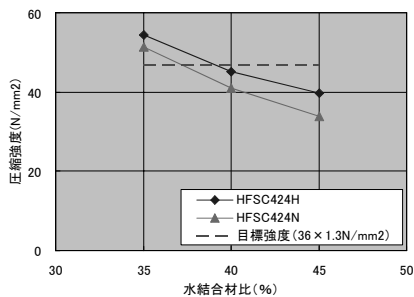
1000日後の解析結果

⑤低アルカリ性コンクリートの現場施工試験におけるセメントの配合選定例

吹付けコンクリートの配合選定例

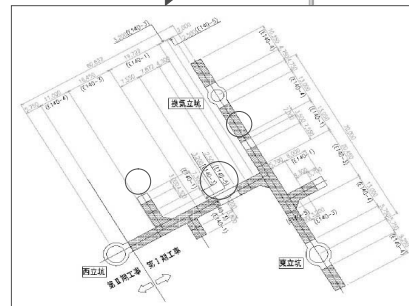
セメントの種類	水結合材比 W/B (%)	細骨材率 S/a (%)	水 W	単位量 (kg/m ³) 結合材:B				細骨材 S	粗骨材 G	高性能 AE減水 剤 SP
				OPC		HPC				
				OPC	HPC	SF	FA			
HFSC424N	35	60	175	200	—	100	200	935	628	1.05
HFSC424H	35	60	175	—	200	100	200	934	627	1.05

圧縮強度試験結果



幌延URLの設計基準強度を確保可能

原位置試験箇所 (140m坑道)



注)上記レイアウト図は、今後の調査研究の結果次第で見直すことがある。15

知識ベースへの平成19年度の主な反映

知識ベースにおける分類	平成19年度の主な成果
データ	<ul style="list-style-type: none"> ・10年目の試験結果に基づく長期腐食データの取得(炭素鋼)【オーバーバック】 ・純銅の耐食性に対する環境条件の影響に関するデータの拡充(銅)【オーバーバック】 ・緩衝材基本特性データベースの改良【緩衝材基本特性】 ・緩衝材と鉄とを10年間接触させた試験データの取得【緩衝材の長期変質挙動】 ・緩衝材の侵入挙動に関するデータベースの構築及びWeb公開【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・COUPLEを用いた連成試験データのとりまとめ【熱-水-応力-化学連成評価技術】
ドキュメント	<ul style="list-style-type: none"> ・各種公開技術資料, レビュー報告書の作成
ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> ・緩衝材の長期力学挙動に係る解析コード(MuDIAN)【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・COUPLEを用いた実験結果に基づく連成解析【熱-水-応力-化学連成評価技術】 ・応力連成ガス移行評価モデル(GAMBIT-GWS)の改良【ガス移行挙動評価】
経験・ノウハウ (方法論など)	<ul style="list-style-type: none"> ・多連接坑道の設計上の課題の抽出及び対応案の整理【岩盤の長期力学的変形挙動】 ・低アルカリ性セメントの配合選定例と品質管理項目の整理【低アルカリ性セメント】
統合化した知識	<ul style="list-style-type: none"> ・幌延第2段階実施計画に関する検討【URLにおける適用性検討】
ガイダンス	
プレゼンテーション素材	

(参考資料)

主な平成19年度の成果[1/3]

◆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）

1. 藤田朝雄ほか：“結晶質岩における粘土プラグの閉鎖性能にかかわる原位置試験及び解析評価”，原子力バックエンド研究, Vol.14, No.1, pp.13-30 (2007).
2. Ishidera, T., et al.: “Montmorillonite alteration in compacted bentonite in contact with carbon steel for ten years”, Journal of Nuclear Science and Technology (2007) (submitted).
3. Mitsui H.: “Stress corrosion cracking susceptibility for low carbon steel welds in carbonate-bicarbonate solution”, Corrosion Science (2008) (submitted).
4. Okubo T. et al.: “Evaluation of pore structure in compacted saturated bentonite using NMR relaxometry”, Applied Clay Science (2007) (submitted).
5. Okubo T.: “Tortuosity based on anisotropic diffusion process in structured plate-like obstacles by Monte Carlo simulation”, Transport in Porous Media (2007) (submitted).
6. 棚井憲治ほか：“X線CTスキャナによる亀裂内侵入ベントナイトの密度測定に関する適用性”，原子力バックエンド研究,(2007)(投稿中).
7. 谷口直樹ほか：“結晶質岩における粘土プラグの閉鎖性能にかかわる原位置試験及び解析評価”，材料と環境, 56-12, p.576-584(2008).
8. Taniguchi N. et al.: “Influence of sulfide concentration on the corrosion behavior of pure copper in synthetic sea water”, Journal of Nuclear Materials (2007) (submitted).

◆学会発表(口頭発表、ポスター発表)：

9. 藤崎淳ほか：“熱-水-応力-化学連成解析モデルの開発.1: 室内連成試験による熱-水連成モデルの検証”，土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会 (2007).
10. Fujita T.: “Current status on geological disposal program in Japan”, International Exchange Seminar between Saitama University and Thammasat University on Environmentally Sustainable Infrastructure Development in Asia (2007).
11. 藤田朝雄：“原位置における実規模プラグのシーリング性能に関する研究.3”，日本原子力学会2008年春の年会(2007).
12. 藤田朝雄ほか：“結晶質岩における原位置試験結果に基づく閉鎖要素に期待すべき性能要件”，土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会(2007).
13. 平本正行ほか：“地層処分施設における多連設坑道の設計手法に関する検討”，第37回岩盤力学に関するシンポジウム (2008).
14. Kobayashi Y. et al.: “Development of low-alkali cement for application in a JAEA URL”, R&D on Low-pH Cement for a Geological Repository 3rd Workshop (2007).
15. 小林保之ほか：“低アルカリ性セメントを用いた吹付けコンクリートの実用性検討.1: トンネル支保工への適用性検討”，日本原子力学会2007年秋の大会(2007).

主な平成19年度の成果[2/3]

◆学会発表(口頭発表、ポスター発表): [→前頁からの続き]

16. 松本一浩ほか: "緩衝材の侵入試験に関する今後の計画", 日本原子力学会2007年秋の大会 (2007).
17. 西村簡果ほか: "コンクリート支保の劣化を考慮したニアフィールドの長期力学的挙動の検討, 2: 処分孔設置方式における解析的検討", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会 (2007).
18. Okubo T. et al.: "Evaluation of pore structure in compacted saturated bentonite using NMR relaxometry", 3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement (2007).
19. 大塚貴洋ほか: "NMR緩和法による飽和圧密ベントナイト中の空隙構造の解析", 日本原子力学会2007年秋の大会 (2007).
20. 重野喜政ほか: "コンクリート支保の劣化を考慮したニアフィールドの長期力学的挙動の検討, 1: コンクリート支保劣化の力学モデル", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会 (2007).
21. 鈴木英明ほか: "熱-水-応力-化学連成解析モデルの開発, 2: 連成解析モデルによるニアフィールド事例解析", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会 (2007).
22. 陶山忠宏ほか: "低酸素雰囲気での高温条件下におけるFe型スメクタイトの変化の同定", 日本原子力学会2007年秋の大会 (2007).
23. 棚井憲治ほか: "塩水条件下におけるセメント影響を考慮した圧縮ベントナイトの透水特性", 日本原子力学会2007年秋の大会 (2007).
24. 棚井憲治: "繰延深地層研究計画における地上からの調査研究段階 (第1段階) 研究成果報告書の概要「処分技術の信頼性向上: 設計手法の適用性確認」", 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー (2007).
25. Tanai K. et al.: "A Study on extrusion behavior of buffer material into Fractures using X-ray CT method", 3rd International Meeting on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement (2007).
26. 横山裕ほか: "炭素鋼オーバーバック溶接部の酸化性雰囲気における腐食挙動評価", 腐食防食協会第54回材料と環境討論会 (2007).

19

主な平成19年度の成果[3/3]

◆研究開発報告書類(原子力機構報告書):

27. 藤崎淳ほか: "熱-水-応力連成試験設備 (COUPLE) を用いた室内試験の結果に基づく熱-水連成モデルの信頼性確認", JAEA-Research 2008-020 (2008).
28. 平本正行ほか: "岩石の強度回復特性・一般化応力緩和挙動に関する研究", JAEA-Research 2008-002 (2008).
29. 平本正行ほか: "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, 2", JAEA-Research 2008-013 (2008).
30. 平本正行ほか: "地層処分施設における多連設坑道の設計手法に関する検討", JAEA-Research 2008-001 (2008).
31. 齋藤雄也ほか: "断層ずれに伴う人工バリアの力学的挙動評価, 2", JAEA-Research 2008-010 (2008).
32. 陶山忠宏ほか: "炭素鋼と10年間接していた圧縮ベントナイトの変質挙動調査", JAEA-Data/Code 2008-007 (2008).
33. 鈴木英明ほか: "坑道周辺における不飽和領域の生起に伴う地球化学反応を考慮した水理-物質移行連成解析: 高レベル放射性廃棄物の地層処分における熱-水-応力-化学連成挙動モデル/解析コードの適用", JAEA-Research 2008-003 (2008).
34. 立川博一ほか: "オーバーバックの長期耐食性に関する調査: 平成18年度", JAEA-Research 2007-086 (2007).
35. Tanai K. et al.: "A Study on extrusion behavior of buffer material into fractures using X-ray CT method", JAEA-Research 2007-094 (2007).
36. 谷口直樹ほか: "緩衝材中における炭素鋼の腐食挙動の実験的検討, 1: 10年間の浸漬試験結果に基づく腐食進展挙動の検討", JAEA-Research 2008-011 (2008).
37. 谷口直樹ほか: "炭酸塩水溶液中における純鋼のアノード分極挙動", JAEA-Research 2008-012 (2008).
38. 上野健一ほか: "スメクタイトと2:1型粘土鉱物の標準生成自由エネルギーの推定手法による誤差について", JAEA-Research 2007-069 (2007).

20

地層処分研究開発検討委員会
資料第3-2-3号

**地層処分基盤研究開発における
平成19年度の成果
－性能評価研究について－**

平成20年3月5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**

関連する平成19年度の研究開発目標

深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮して、重要シナリオの抽出及び不確実性を考慮した性能評価の方法論を検討し、その適用例を示す。

主な研究項目

- ◆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

*赤字は上記目標に対応する研究項目 2

第2回委員会のコメントと対応

- ①地層処分に関する評価ツールについて積極的に公開し、世間の人が使えるようにしていくべき。

→シナリオ構築支援ツールFepMatrixの公開・提供開始

- ②不確実性要因はサイトによって異なるため、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。

→深地層の研究施設の地質環境データを活用して、安全評価上の重要シナリオを抽出する方法の適用例を示すとともに、空間的な不均質性に起因する不確実性等を考慮した安全評価手法を例示

3

シナリオ解析技術

◆平成19年度の主な成果

重要シナリオの抽出を考慮した評価方法の検討

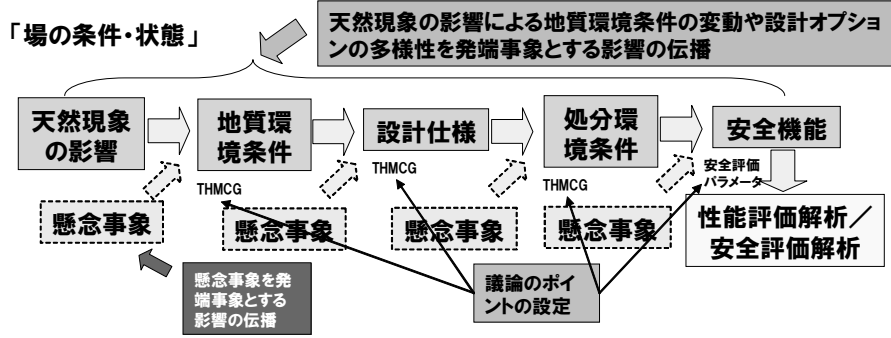
- ・シナリオの重要度の提示を可能とするシナリオ解析手法の構築
 - シナリオの重要度をわかりやすく提示可能なシナリオ解析手法の構築
 - ・既存のシナリオ情報の再整理
 - ・シナリオ表現の多様性(分析の詳細さに応じた説明の詳細さ区分)
 - ・汎用性を考慮した総合評価作業フレームの構築
- ・「総合評価作業フレーム」に基づく天然現象影響に関する重要度判定に必要となる情報の整備手法の検討
 - 地質環境の長期安定性研究に基づく「天然現象の影響」の検討
 - 「地質環境への影響」の検討
 - 「地質環境条件」の設定

4

シナリオ解析技術

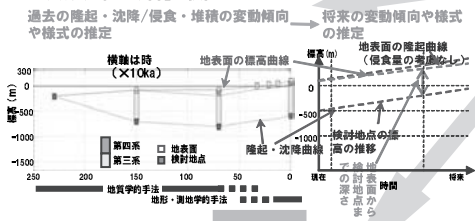
シナリオの重要度の提示を可能とするシナリオ解析手法の構築

- 既存のシナリオ情報の再整理
 - ①既存のFEP辞書や安全評価報告書等の情報に基づいた情報の再整理
 - ②「場の状態・条件」毎のTHMCG分類に基づく定量的な基盤情報の整備
 - ③基盤情報との比較や感度解析等のフィードバックによる懸念事象の影響の重要度の検討
- シナリオ表現の多様性
 - * 詳細な分析結果を活用した、詳細さを変えたシナリオ表現
- 汎用性を考慮した総合評価作業フレームの構築
 - * 分野間の関係と役割分担の明確化

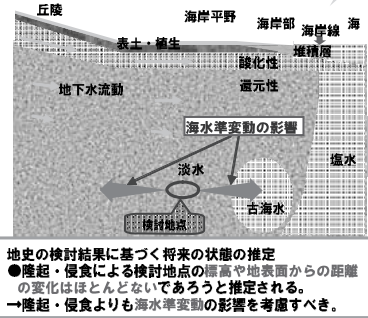


シナリオ解析技術(変動シナリオ)

① 地質環境の長期安定性研究に基づく「天然現象の影響」の検討



② 「地質環境への影響」の検討



③ 「地質環境条件」の設定

- △T(温度): 地温勾配が変化しないと仮定すると温度は不変
- H(水理): 海水準変動による地下水の流動方向が変化する可能性がある
- △M(力学): 割削がほとんどないので、検討地点の地圧はほぼ不変とみなせる
- ◎C(化学): 海水準変動による塩水あるいは古海水の流入による地下水の塩分濃度の変化
- △G(幾何形状): 割削がほとんどない

今回例示した地域における変動シナリオの重要度判定結果

- 重要な変動シナリオ: 海水準変動
 上記に係わる重要な地質環境条件:
 ①C: 地下水質の変化(淡水-塩水)
 ②H: 地下水流動方向の変化

結論: 地質環境の長期安定性研究の成果を「総合評価作業フレーム」に適切に取り込むことにより、重要な変動シナリオの抽出が可能となった。6

不確実性評価技術

◆平成19年度の主な成果

不確実性を考慮した性能評価の方法論の検討

○環境条件の変化とパラメータ値との関係の整理

処分環境条件(T(温度)H(水理)M(力学)C(化学)G(幾何形状))の変化と核種移行パラメータの変化との関係について、影響因子や関連する知見の充足性の観点から整理する方法について検討(不確実性の主要な要因の同定に反映)

○安全裕度の評価手法の検討

原子力安全委員会の報告書(低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方(中間報告)、平成19年7月5日)においては、「安全裕度の評価」が求められている。このような「安全裕度の評価」を可能とする感度解析手法の適用性についての検討を継続

7

不確実性評価技術

◆平成19年度の主な成果

○安全裕度の評価手法の検討

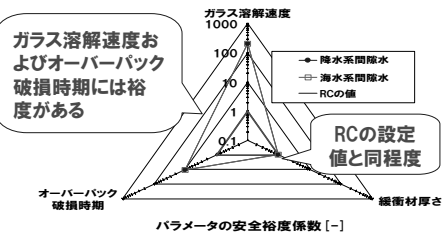
主に人工バリアの性能に基づいて安全性が示される場合には、地質環境調査への要求を緩和させ、サイト選定に幅を持たせることが可能になる。

- 天然バリアに極めて保守的な条件(透水量係数分布の平均値 $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)を想定し、人工バリアのパラメータを対象に、線量めやす値を満足するようなパラメータの範囲(成立条件)を抽出する。
- この成立条件の値とレファレンスケース(RC)の設定値との関係から安全裕度を評価。

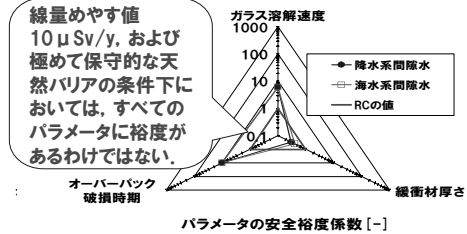
- 分析対象パラメータについては、人工バリアのパラメータのうち、工学的対策による性能の高度化が可能という観点から、ガラス溶解速度、オーバーバック破損時期、緩衝材の厚さに着目。
- 性能評価体系は第2次取りまとめ(Se-79, Cs-135, Th-229, Np-237)に準拠し、成立条件およびそれに基づく安全裕度係数を、任意の線量めやす値毎および人工バリアの間隙水毎に抽出。

安全裕度の評価事例

線量めやす値 $300 \mu\text{Sv}/\text{y}$



線量めやす値 $10 \mu\text{Sv}/\text{y}$



原子力安全委員会・放射性廃棄物・廃止措置専門部会: "低レベル放射性廃棄物埋設に関する安全規制の基本的考え方(中間報告)(案)、平成19年7月5日。

総合的な性能評価技術

◆平成19年度の主な成果

重要シナリオの抽出を考慮した評価方法の検討

・多様な地質環境・設計オプションに対応するための評価体系の具体化

◆総合評価作業フレームの具体化・詳細化

- ・設計、地質環境調査結果から処分環境条件、処分環境条件から安全機能への情報の受け渡しに関する総合評価作業フレームの具体化・詳細化。FepMatrixツールを改良し、データベースを接続。(Judgment Flow Diagram の構築)
- ・第2次取りまとめを基本情報として構築。

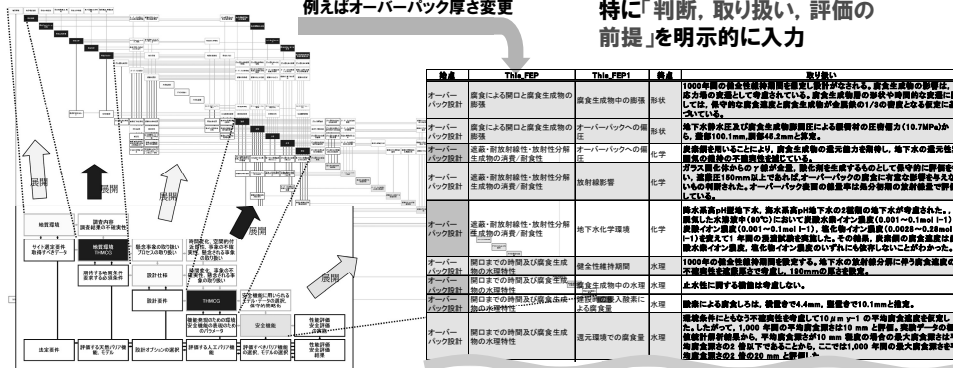
総合的な性能評価技術

多様な地質環境・設計オプションに対応するための評価体系の具体化

FepMatrixによる影響関係の提示

例えばオーバーバック厚さ変更

各ボックスに評価内容を記述、データベース化
特に「判断、取り扱い、評価の前提」を明示的に入力



Judgment Flow Diagram の構築

処分オプション等の変更に伴い、再考慮が必要な評価上のポイントがデータベースから容易に抽出可能

天然バリア中の核種移行 -水理・物質移行-

◆平成19年度の主な成果

深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮した評価手法の検討

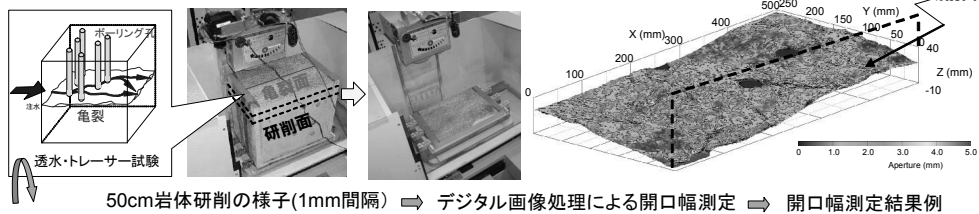
・水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因(現象・特性)検討

- 水理・物質移行評価における重要因子として亀裂開口幅に着目
 - * 50cmスケールの単一亀裂の亀裂形状測定を終了(今後、分析・解析予定)
 - * 亀裂内の光学的定量測定手法を整備(開口幅、トレーサー濃度の定量測定)
 - * 得られたデータから開口幅と亀裂内水理挙動について分析
- 実際の地質環境から得られるデータを用いた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

11

水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因(現象・特性)検討 ～平成19年度の成果～

◆ 50cmスケールの単一亀裂の亀裂形状測定を終了(今後、分析・解析予定)



50cm岩体研削の様子(1mm間隔) ⇒ デジタル画像処理による開口幅測定 ⇒ 開口幅測定結果例

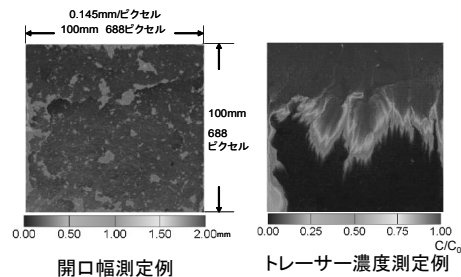
◆ 亀裂内の光学的定量測定手法の整備 (光の透過率の違いを利用した開口幅測定)

- ・高解像度での亀裂開口幅分布及びトレーサー濃度分布の測定が可能となった
→数値シミュレーションの検証データとして有効

◆ 光学的計測による亀裂内流れの分析

- ・データに基づき不均質に分布する開口幅が透水・物質移行特性に与える影響を分析

→局所三乗則の不成立性などを提示



12

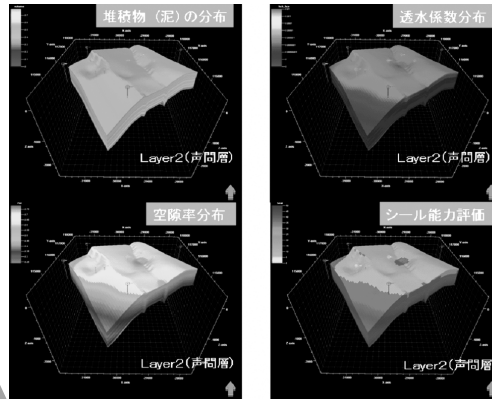
水理・物質移行現象に影響を及ぼす要因(現象・特性)検討
 ～ 平成19年度の成果 ～

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
 (幌延地域のデータを活用)

・前進的モデルとは？
 通常行われる、試錐データを地球統計的手法でつなげて地質モデルを構築する(バックワードモデリング)のではなく、堆積物の種類や流動方向、堆積場を設定し、堆積や埋没プロセスの過程を過去の時点から現在まで前進的にトレースして堆積岩地質モデル(前進的モデル)を構築する。

・前進的モデルに必要とされるデータ・知見
 地表地質データ/地表からの物理探査データ(反射法地震探査、比抵抗探査など)/試錐コアからの地質データ/試錐孔における物理検層データ/微化石分析データ/X線回折による岩石の構成鉱物データ...など。
 通常行われる試験項目で前進的モデルを構築可能

結論: 調査データを適切に取り込んで検討された前進的モデルにより得られた知見を反映させることにより、地球統計学的手法だけでは把握不可能な堆積岩の不均質性も考慮した精度の高い地質構造モデルを構築できる見通しを得た。



試解析

・解析例: 声問層中の泥、空隙、透水係数、シール能力の分布を3次的に把握可能。
 ・これの結果を反映することにより、不均質性も考慮した地質構造モデルを構築できる。

天然バリア中の核種移行 -コロイド・有機物・微生物-

▶平成19年度の主な成果

【地下水コロイド等の特性評価】

- ・幌延地下水中の天然コロイドの特性評価における脱ガスの影響を明らかにし、それを考慮した評価手法を検討。
- ・幌延地下水中有機物の特性評価を実施、分子量3,000以下と比較的小さいことを明らかにした。

【移行特性評価】

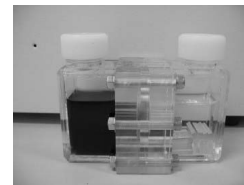
- ・人工亀裂入り花崗岩カラム中でベントナイトコロイド移行試験を実施、イオン強度が比較的高い条件では亀裂表面でコロイドが捕捉される可能性が示された。
- ・圧縮ベントナイト中でのフミン酸透過拡散試験を実施、イオン強度1Mの場合、分子量3,000以上の成分はフィルター効果により大きく遅延されることを示した。

【微生物固有な現象の抽出】

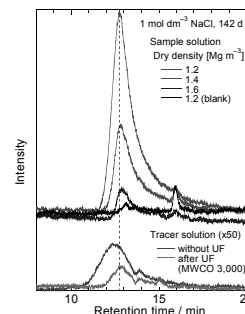
- ・幌延地下水より採取された鉄還元菌を用いて、花崗岩へのバイオフィルムの形成とCsの収着を確認した。

【COLFRAC-MRLを用いた解析】

- ・スイス・グリムゼル試験場でのColloid Formation and Migration (CFM) プロジェクトに参加、原位置移行試験の条件設定に必要な実験データを提供。



フミン酸の圧縮ベントナイト透過試験



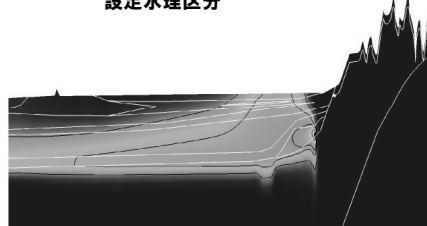
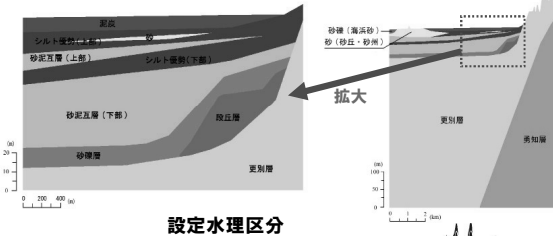
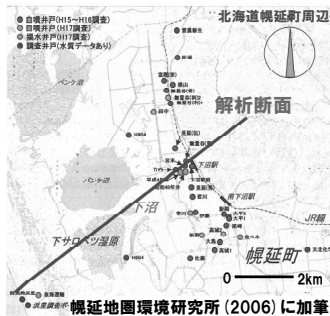
圧縮ベントナイト透過前後のフミン酸のサイズ排除クロマトグラム

生物圏での移行

◆平成19年度の主な成果

深地層の研究施設等における実際の環境条件を考慮したGBI設定手法の整備(幌延地域のデータ活用)

- ・表層環境における物質の希釈・分散効果の評価手法に関する検討(専門家による検討会の開催)



段丘層底部を起点とする移流分散解析結果の一例 (降雨浸透量7%, 透水異方性7%, 流出後1,000年) 15

環境分野の評価手法を適用

- ・地質断面および水理区分に基づくパラメータ、境界条件等の設定(各層における透水性は均一と仮定)
- ・沖積層の地下水位分布を参照地下水位とした現況再現解析
- ・現況再現解析で得られたパラメータを用いた移流分散解析の試行

放射性元素の熱力学データベースの整備

◆平成19年度の主な成果

- ・元素分配比によるRa溶解度推定について
 - 共沈反応による固物の存在比の評価を、既存の計算コードで使用可能な分配係数に割り付けるモデルの提示
 - 本方法を用いた核種移行率の試算
- ・An(IV)熱力学データの整備方針の再検討および欧米専門家との議論
- ・Pd熱力学データの検討
Lothenbach et al. (1999) 以降の文献調査および調査文献の熱力学データ見直し

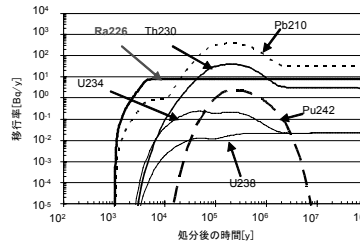


図1 第2次とりまとめで用いた簡易の共沈モデルを考慮した4n+2系列核種の人工バリアからの核種移行率

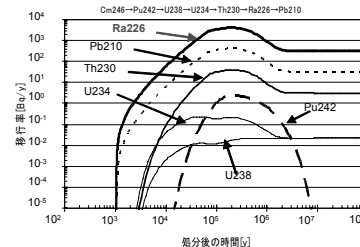
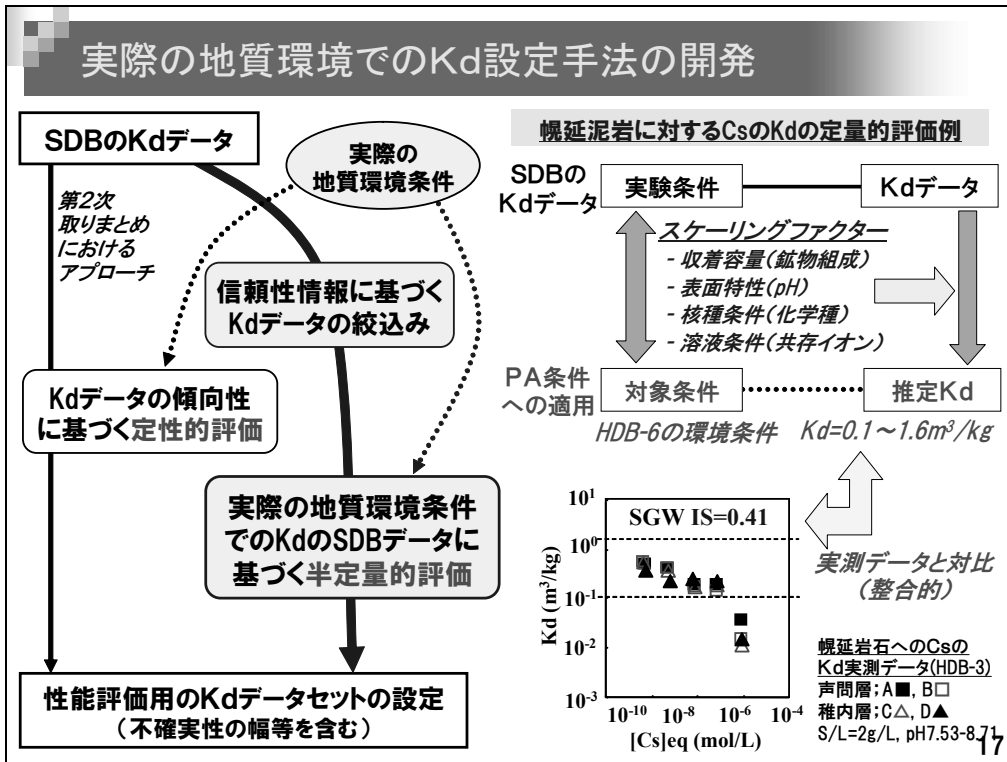


図2 分配モデルを考慮した4n+2系列核種の人工バリアからの核種移行率 16



知識ベースへの反映例のまとめ (安全評価)

[1/2]

分類の例	知識ベースに反映する成果の例
データ	<ul style="list-style-type: none"> ○岩盤中の亀裂の水利・物質移行特性などのデータの整備 [水利・物質移行] 「12, 64, 65」 ○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] 「6, 53」 ○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] ○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] 「5」 ○地下水/間隙水水質設定で必要となるデータベースの整理 [地下水化学/間隙水化学] ○信頼性の高い熱力学データ取得の設定手法 [放射性元素の熱力学データベースの整備] 「4」 ○既存の熱力学データの信頼性評価についての手法 [放射性元素の熱力学データベースの整備] ○信頼性の高い分配係数・拡散係数取得の手順および手法 [収着・拡散データベースの整備] ○既存の分配係数・拡散係数に対する信頼性評価手法 [収着・拡散データベースの整備] 「49, 62, 63」
ソフトウェア	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水/間隙水水質設定で必要となる地球化学コード [地下水化学/間隙水化学] ○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] ○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] ○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] 「51, 58」 ○コロイド・有機物影響の性能評価における取り扱いモデル [コロイド・有機物] 「6」 ○微生物影響の性能評価における取り扱いモデル [微生物] 「66」

○平成19年度までに成果を公開したもの(うち下線部分は今年度成果公開)
 ・成果公開準備・検討中のもの
 カッコ内数字は該当する査読付論文及び研究開発報告書類(参考)主な平成19年度の成果を参照方

知識ベースへの反映例のまとめ(安全評価)
[2/2]

分類の例	知識ベースに反映する成果の例
経験・ノウハウ	<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整備 [水理・物質移行]「5」 ○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]「6, 53」 ○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] ○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 [シナリオ解析技術]「60」 ○調査ノ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] ○調査ノ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] ○実際の環境条件を考慮した生物圏評価に関する考え方 [生物圏での被ばく]「55」 ○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] ○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 [生物圏での被ばく]「10」 ○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 [シナリオ解析技術]「57」 ○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 [不確実性評価技術] ○調査ノ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]「12, 50」 ○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 [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 [総合的な性能評価技術]「59, 61」 ○安全評価における長期溶解速度設定の考え方 [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 [ガラス固化体] ○ある地質環境が設定された場合の地下水ノ間隙水水質設定の考え方 [地下水化学ノ間隙水化学] ○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 [緩衝材中核種移行]「7, 8」 ○パ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 [緩衝材中核種移行] ○固溶体を含む溶剤制限固相の設定手法 [緩衝材中核種移行]「14, 67」 ○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 [水理・物質移行]「5」 ○コロイド・有機物影響の性能評価における取扱いの考え方 [コロイド・有機物]「6」 ○微生物影響の性能評価における取扱いの考え方 [微生物]「66」 ○信頼性の高い熱力学データ取得の設定手法 [放射性元素の熱力学データベースの整備]「4」 ○既存の熱力学データの信頼性評価についての手法 [放射性元素の熱力学データベースの整備] ○信頼性の高い分配係数・拡散係数取得の手順および手法 [収着・拡散データベースの整備] ○既存の分配係数・拡散係数に対する信頼性評価手法 [収着・拡散データベースの整備]「49, 62, 63」
統合化した知識	<ul style="list-style-type: none"> ○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]「9」
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]「52, 56」

○平成19年度までに成果を公開したもの(うち下線部分は今年度成果公開)
・成果公開準備・検討中のもの
カッコ内数字は該当する査読付論文及び研究開発報告書類(参考「主な平成19年度の成果」を参照)

19

主な平成19年度の成果

- ◆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): 14件
(うち, 英文論文11件)
- ◆学会発表(口頭発表、ポスター発表): 34件
(うち, 国際学会7件)
- ◆研究開発報告書: 19件
(うち, 英文報告書3件)

(計67件)

20

(参考資料)

主な平成19年度の成果[1/4]

◆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）

1. 江橋健ほか: “人工バリアのパラメータに関する感度解析”, 原子力バックエンド研究(2008)投稿準備中)
2. Ebashi T et al.: “Application of a comprehensive sensitivity analysis method to geological disposal concept in South Korea”, J. Nucl. Sci. Technol (2008)投稿準備中)
3. Fujii N. et al.: “Study of the migration behavior of K, Cs and Sr in smectite hydrates using molecular dynamics”, Applied Clay Science (2007) (submitted).
4. Fujiwara, K., et al.: “Hydrolysis constants of tetravalent neptunium by using solvent extraction method”, Radiochimica Acta (2007) (submitted).
5. 原彰男ほか: “Rock properties of diatomaceous mudstone at Horonobe, northern Hokkaido, Japan”, 地質学雑誌(投稿中).
6. Iijima, K., et al.: “Sorpton Behavior of Americium onto Bentonite Colloid”, Radiochimica Acta (2007) (submitted).
7. Ishidera, T., et al.: “Corrosion products from carbon steel formed in compacted bentonite under reducing conditions”, Journal of Nuclear Science and Technology (2007) (submitted).
8. Ishidera, T., et al.: “The Effect of Sodium Nitrate on the Diffusion of Cl⁻ and I⁻ in Compacted Bentonite”, Journal of Nuclear Science and Technology (2007) (accepted).
9. Lim, D., et al.: “Modeling of Radionuclide Migration through Fractured Rock in a HLW repository with Multiple Canisters”, Proceedings of 31st International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS 2007) (2007) (submitted).
10. Miyahara K, et al.: “Illustration of HLW repository performance: Using alternative yardsticks to assess modeled radionuclide fluxes”, Proceedings of 31st International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS 2007) (2007) (submitted).
11. M. Ochs, et al.: “Predicting the sorption of cesium, neptunium, thorium, and selenium under projected URL-conditions”, Radiochimica Acta (2007) (submitted).
12. Sato, A. and A. Sawada: “Analysis of tracer migration process in the crack by means of X-ray CT”, 11th Congress of International Society for Rock Mechanics - Ribeiro e Sousa, Olalla and Grossmann (eds), Vol. 1, pp. 15-18 (2007).
13. 笹本広: “第3回放射性廃棄物管理における天然及び人工バリア材としての粘土の役割に関する国際会議”, 日本原子力学会誌, 50-1 p.51(2008).
14. Yoshida Y. et al.: “Partition coefficients of Ra and Ba in calcite”, Chemical Geology (2007) (submitted).

主な平成19年度の成果[2/4]

◆学会発表(口頭発表、ポスター発表):

15. Ebashi T. et al.: "Application of comprehensive sensitivity analysis method to HLW disposal concept in South Korea", Korean Radioactive Waste Society (2007).
16. 江橋健ほか: "放射性廃棄物地層処分に係る天然現象影響評価研究—核種移行パラメータの設定検討—", 日本地球惑星科学連合2007年大会予稿集(CD-ROM), G121-P013 (2007).
17. Fujiwara, K. et al.: "Hydrolysis constants of tetravalent neptunium by using solvent extraction method", Migration 2007 (2007).
18. 藤原健社ほか: "実高レベル放射性廃棄物ガラスを用いた浸出試験", 日本原子力学会2007年秋の大会(2007).
19. 藤原健社ほか: "ベントナイト中におけるRa 移行挙動に及ぼすCa・Ba 鉱物との共沈の影響", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
20. 稲垣学ほか: "総合的なシナリオ解析手法に関する検討.1: 具体的な地質環境と設計オプションを考慮したシナリオ解析手法の検討", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
21. 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II: 拡散挙動に及ぼす乾燥密度及び溶液のイオン強度の影響", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
22. Iijima K. et al.: "Sorption Behavior of Americium onto Bentonite Colloid", Migration 2007 (2007).
23. 石寺孝充ほか: "概延堆積岩中の核種の拡散係数の取得", 日本原子力学会2007年秋の大会(2007).
24. Ishidera, T. et al.: "Investigation of Smectite Alteration and Form of Iron Corrosion Products in Compacted Bentonite Being in Contact with Carbon Steel for Ten Years", 3rd International Meeting for Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement (2007).
25. 石寺孝充ほか: "鉱物組成の異なるベントナイト間での拡散挙動の比較", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
26. 加藤智子ほか: "地層処分生物圏評価におけるコンパートメント間の物質移行パラメータの影響特性に関する検討", 日本原子力学会2007年秋の大会(2007).
27. 加藤智子ほか: "地層処分生物圏評価における元素依存パラメータの影響特性", 日本保健物理学会第41回研究発表会(2007).
28. 河内達ほか: "総合的なシナリオ解析手法に関する検討.3: 総合的なシナリオ解析にかかわる情報管理システムの詳細設計", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
29. 川村淳ほか: "高レベル放射性廃棄物処分における隆起・侵食に起因する変動シナリオのための情報整理の考え方", 日本地質学会第114年学術大会(2007).
30. 川村淳ほか: "高レベル放射性廃棄物処分における地震・断層活動に起因する変動シナリオのための情報整理の考え方", 日本地震学会2007年秋学術大会(2007).
31. 川村淳ほか: "総合的なシナリオ解析手法に関する検討.2: 地下水シナリオに対する重要な天然現象影響の抽出に関する検討", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).

23

主な平成19年度の成果[3/4]

◆学会発表(口頭発表、ポスター発表): [→前頁からの続き]

32. Kawamura M. et al.: "Study on potential changes in geological and disposal environment caused by "natural phenomena" on a HLW disposal system", American Geophysical Union 2007 Fall Meeting (2007).
33. 北村曉ほか: "活量係数モデルの差異による地層処分環境における放射性核種の溶解度計算結果の比較", 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー(2007).
34. 久野義夫ほか: "岩石亀裂中でのベントナイトコロイドの移行挙動", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
35. 前川惠輔: "概延深地層研究計画における地上からの調査研究段階(第1段階)研究成果報告書の概要「安全評価手法の高度化: 安全評価手法の適用性確認」", 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー(2007).
36. 牧野仁史ほか: "高レベル放射性廃棄物地層処分の安全評価シナリオ解析支援ツール「FepMatrix」の開発", 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー(2007).
37. 宮原要: "地層処分の安全評価に関する取り組みの現状と課題", 2007年度バックエンド週末基礎講座(2007).
38. 宮原要ほか: "ナチュラルフラックスとの比較によるバリア性能の例示", 日本原子力学会バックエンド部会第23回バックエンド夏期セミナー(2007).
39. 宮原要ほか: "What if解析による地層処分システムの安全機能に及ぼす断層活動の影響評価", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
40. Miyahara K. et al.: "Illustration of barrier performance using a relevant yardstick to compare radionuclide fluxes from the HLW repository in a generic PA model", 31st International Symposium on the Scientific Basis for Nuclear Waste Management (MRS 2007) (2007).
41. 大井貴夫ほか: "詳細分析に基づく明瞭で平易なシナリオの表現手法と重要シナリオの抽出手法に関する検討", 日本原子力学会2007年秋の大会(2007).
42. 佐藤久ほか: "光学的手法を用いた亀裂内トレーサー濃度分布の定量的計測", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会(2007).
43. 佐藤久ほか: "単一亀裂を対象とした光学的手法によるトレーサー移行計測データに基づく物質移行評価", 第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集(CD-ROM), p.263-268(2008).
44. 澤田淳ほか: "物質移行に寄与する亀裂開口幅に関する検討", 土木学会平成19年度全国大会第62回年次学術講演会(2007).
45. Sawada A. et al.: "Characterization of fracture aperture for groundwater flow and transport", American Geophysical Union 2007 Fall Meeting (2007).
46. 館幸男ほか: "取捨・拡散データベースシステムの開発とその適用法", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
47. 吉田泰ほか: "元素分配比を考慮したRa溶解度評価", 日本原子力学会2008年春の年会(2008).
48. 吉川英樹ほか: "バイオフィルム特性データ取得", 日本原子力学会2007年秋の大会(2007).

24

主な平成19年度の成果[4/4]

◆研究開発報告書類(原子力機構報告書等):

49. Berry, J. A. et al.: "Sorption studies of radioelements on geological materials", JAEA-Research 2007-074 (2007).
50. 江橋健ほか: "人工バリアと天然バリアのパラメータに関する感度解析: 高レベル放射性廃棄物の地層処分性能評価への包括的感度解析手法の適用", JAEA-Research 2008-019 (2008).
51. 北村曉ほか: "海水系地下水水中におけるベントナイト及び堆積岩に対するセシウムの収着挙動", JAEA-Research 2008-004 (2008).
52. 稲垣学ほか: "処分環境や設計オプションに対応した性能評価手法の構築,1", JAEA-Research 2008-022 (2008).
53. 久野義夫ほか: "地下水中のコロイドの特性評価に及ぼす水質擾乱影響の予察的検討", JAEA-Research 2008-016 (2008).
54. 林真紀ほか: "ガラスの溶解に関するデータベースの改良", JAEA-Data/Code 2008-008 (2008).
55. 加藤智子ほか: "地層処分生物圏評価における感度解析による重要パラメータの抽出に関する検討", JAEA-Research 2008-021 (2008).
56. 河内進ほか: "品質管理及びプロジェクト管理機能を考慮したJGISの機能高度化", JAEA-Data/Code 2008-006 (2008).
57. 川村淳ほか: "高レベル放射性廃棄物地層処分における天然現象影響評価に関する研究", JAEA-Research 2008-018 (2008).
58. Ochs, M. et al.: "Application of the sorption database to Kd-setting for Horonobe rocks", JAEA-Research 2008-017 (2008).
59. 大井貴夫ほか: "人工バリア・天然バリア中の核種移行解析コード「TIGER」を不確実性解析に用いるための特性把握", JAEA-Data/Code 2008-002 (2008).
60. 大井貴夫ほか: "シナリオの重要度をわかりやすく提示可能なシナリオ解析手法の整備", JAEA-Research 2008-023 (2008).
61. 大井貴夫ほか: "信頼性のレベルを提示可能な体系的な検討結果のとりまとめ方法の整備", JAEA-Research 2008-014 (2008).
62. Saito Y. et al.: "Evaluating and categorizing the reliability of distribution coefficient values in the sorption database, 2", JAEA-Technology 2008-018 (2008).
63. 齋藤好彦ほか: "収着データベースの更新: 信頼性評価に伴う収録データの訂正と公開文献データの追加", JAEA-Data/Code 2007-014 (2007).
64. 下茂道人ほか: "亀裂を有する堆積岩の水理・物質移行評価のためのデータ取得・解析", JAEA-Research 2008-029 (2008).
65. 高須民男ほか: "多孔質媒体均質層及び二層不均質層を対象にした塩淡境界面の挙動", JAEA-Research 2008-030 (2008).
66. 鈴木善克ほか: "地層処分における微生物影響評価に関する研究,2(共同研究)", JAEA-Research 2008-025 (2008).
67. 吉田泰ほか: "核種移行評価モデルにおけるRaの共沈現象の検討", JAEA-Research 2008-015 (2008).

別添 3 - 3

地層処分研究開発検討委員会
資料第3-3号

TRU廃棄物の 地層処分研究開発について

平成20年3月5日

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

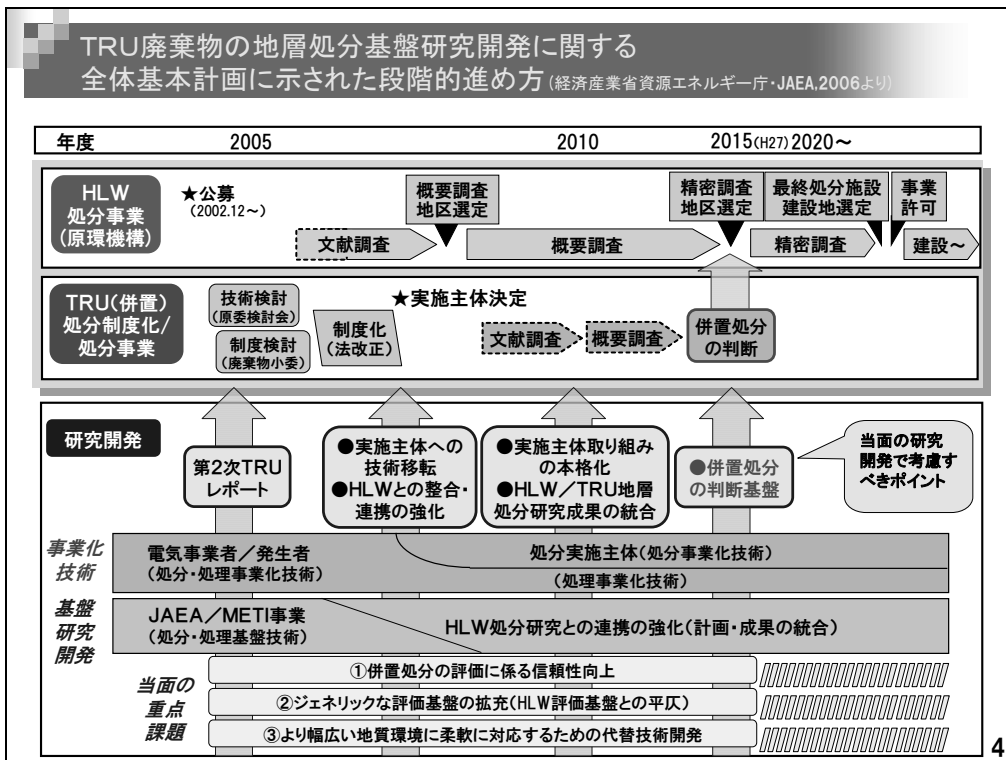
発表内容

- ・全体基本計画：当面の重点課題とJAEAの役割
- ・第2回地層処分研究開発検討委員会でいただいたTRU廃棄物地層処分研究に関する主なご意見と対応
- ・平成19年度 TRU廃棄物地層処分研究開発の主な成果

2

全体基本計画：当面の重点課題及びJAEAの役割

3



4

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(JAEA, 公募事業)
 - 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)(電気事業者→処分事業者)
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(JAEA)
 - 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(JAEA)
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(ANRE)
 - 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(ANRE)
 - 硝酸塩影響の不確実性低減のための硝酸塩分解技術(JAEA, 公募事業)

5

第2回地層処分研究開発検討委員会でいただいた TRU廃棄物地層処分研究に関する主なご意見と対応

6

主なご意見と対応(1)

- ◆TRU廃棄物は最も重要なのだという認識を。地層処分の鍵。処理・処分を全体として捉えよ。JAEAでは高レベル廃棄物とTRU廃棄物を一緒に研究を。→高レベル廃棄物とTRU廃棄物の地層処分研究は地層処分部門が一元的に実施。TRU処分研究については、高レベルの研究と平仄を考慮して成果・知見等を活用しつつ、機構の中期計画及び、全体基本計画で機構に課せられた研究課題、達成時期等を踏まえ、限られた予算枠の中で最優先事項として位置づけ、予算措置をして進めている。また、平成19年度に資源エネルギー庁の公募事業に応募し、硝酸塩処理処分技術高度化という課題の研究を受託。高レベルとの併置の観点からの研究であると同時に、処理と処分が連携。
- ◆セメント・ベントナイト反応については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。→試験・解析、ナチュラルアナログ研究を併行して進めており、20年2月現在で、学会発表できる程の知見。

7

主なご意見と対応(2)

- ◆微生物影響の研究についての位置づけとアプローチは。→硝酸分解への寄与を対象。20年2月現在、硝酸塩関連の公募研究のなかでデータ取得、評価モデル改良。
- ◆JAEAは放射性廃棄物処分全体のマネージメントを。→地層処分研究開発部門とバックエンド推進部門の2部門で対応(ただし後者の本来のミッションは、自らの廃棄物の処理処分・自らの原子力施設の廃止措置を行うこと)。地層処分部門とバックエンド推進部門とが情報共有・現状認識と今後の方針策定のために、部門長の定期会合を設置(20年2月までに21回開催)。このほかバックエンド推進部門を中心に特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針策定に協力。

8

主なご意見と対応(3)

◆廃棄物全体に適用できるような計画(マップ)を定めるべき。→平成19年3月に策定した「低レベル廃棄物管理計画書」の中に低レベル廃棄物処理処分の全体基本計画あり。これは、旧原研と旧サイクル機構が保管していた放射性廃棄物及び原子力機構において発生する廃棄物の発生から処理、保管、処分に至るまでの管理計画(当面の5年計画、長期的な展開等)。機構ホームページで公開。

◆今後約8年で「併置処分の判断基準」をどのように示すのか。→処分実施主体に技術基盤を提供できるよう当面幅広い条件を想定し、高レベル廃棄物処分との平仄を考慮しつつ、検討を進めていく。

◆TRU廃棄物に係る研究開発は、高レベル廃棄物に比べ、遅れている感がある。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。→機構中期計画及び全体基本計画で機構に課せられた研究開発課題等を踏まえた実施計画を立て、研究開発を進めている。

9

平成19年度 TRU廃棄物地層処分研究開発の主な成果

10

核種移行データ整備

■ 今後5カ年の計画

海水系地下水や廃棄体成分の影響を受けた条件及びセメント系材料の核種移行データの取得・整備

■ 平成19年度の取組み課題と主な成果

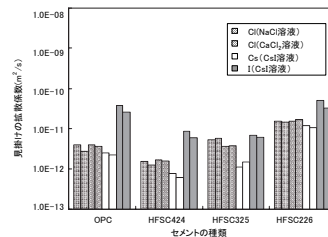
- ✓ 充填材や構造躯体の候補材料のセメント系材料について、放射性核種の拡散移行を抑制する機能について検討を実施。
- ✓ 現状の処分施設における核種移行評価モデルは、充填材及び構造躯体領域を瞬時混合領域として設定。
- ✓ セメント系材料として、普通ポルトランドセメント及び低アルカリ性セメントを対象として、セシウム及びヨウ素のみかけの拡散係数を取得。
- ✓ 低アルカリ性セメントとして、原子力機構が開発してきたフライアッシュ高含有シリカフェームセメント(HFSC)を対象。

水セメント比30%の4種類のセメント硬化体（下表参照）に対して見掛けの拡散係数を算定

→HFSC424の低アルカリ性セメントの各元素の見掛けの拡散係数は小さい

	普通ポルトランドセメント	シリカフェーム	フライアッシュ
OPC	100	0	0
HFSC424	40	20	40
HFSC325	30	20	50
HFSC226	20	20	60

数字は重量%



セメント硬化体中の元素のみかけの拡散係数算定例
(浸漬液の各元素濃度は0.5mol dm⁻³)

11

セメント系材料の長期挙動評価

■ 今後5カ年の計画

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19年度の主な成果

1. OPC硬化体の海水系地下水影響に関する検討

⇒ 昨年度の課題

- ・フリーデル氏塩の生成によるpH上昇反応を確認した。
- ・上記反応を初期生成水和物の設定に反映させ、モデル計算をすると、実測値よりも高pH側で評価する結果となった。

⇒ 本年度の成果

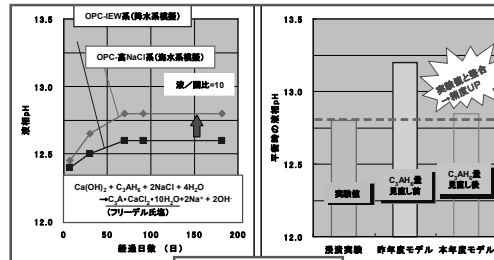
- ・C-S-H中にAlが固溶することを確認した。
- ・C-S-H中のAl固溶量の測定により OPCの初期水和生成物モデルにおけるカルシウムアルミネート水和物の適正化を図り、セメント海水反応モデルの信頼性を高めた。

2. HFSC水和物の化学的変質試験

⇒ 本年度の成果

- ・長期バッチ式浸漬試験及び透水実験を通じて、化学的変質及び物質輸送特性変化を評価するための基礎データを取得。OPC硬化体の変質挙動との違いを確認した。

※OPC:普通ポルトランドセメント
HFSC:低アルカリ性セメント
IEW:イオン交換水



バッチ式の浸漬実験

測定点	wt%			モル比		
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃
1	44.3	25.8	1.7	71.8	1.88	1.00
2	44.8	26.5	2.1	73.2	1.90	1.00
3	45.8	23.8	1.9	71.4	2.07	1.00
4	40.0	20.8	2.9	63.5	2.08	1.00
5	44.9	22.0	1.4	68.2	2.19	1.00
6	47.2	27.2	1.6	76.9	1.88	1.00
7	47.1	28.1	1.5	76.7	1.89	1.00
8	49.2	25.4	1.1	75.7	2.08	1.00
9	41.2	21.1	2.0	64.3	2.10	1.00
10	45.1	25.8	0.9	71.8	1.89	1.00
平均	45.9	24.8	1.7	71.2	1.90	1.00

OPCのC-S-H中 Al固溶量測定 (EPMA)

OPCペースト 電子顕微鏡写真 10 μm

カルシウムアルミネート水和物の見直し(適正化)

12

高アルカリ性条件における緩衝材の長期挙動評価

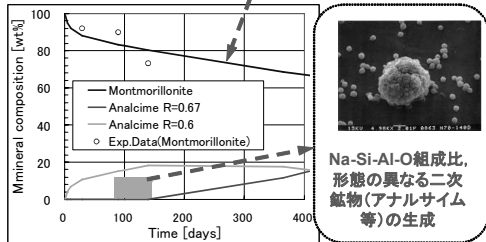
■ 今後5か年の計画

- ・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適切な評価を行うための基盤整備

■ 平成19年度の主な研究成果

- ・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, 長期溶解速度実験結果に基づくスメクタイト溶解・二次鉱物生成速度モデルの開発
- ・高塩濃度・アルカリ濃度における天然事例を比較対象とした, 緩衝材鉱物変遷モデルの妥当性検討
- ・緩衝材鉱物変遷に係る高アルカリ条件での溶存化学種, 鉱物の熱力学データ整備

H1870-スルー実験に基づく溶解速度式を用いたモンモリロナイト含有量変化モデル計算値

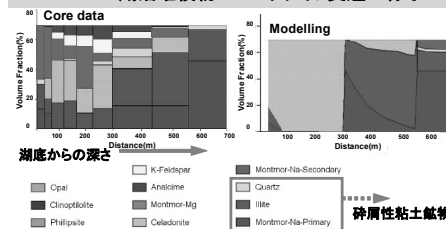


・スメクタイト長期溶解速度実験結果 (第51回粘土科学討論会, 2007; 現在, ~360日分析中)

※R=Si/(Si+Al), 天然のアナルサイムR=0.6~0.74

・緩衝材鉱物変遷モデルを適用した天然事例解析結果 (AESJ2008年春の年会発表予定)

Series Lake湖沼堆積物のスメクタイト変遷の様子



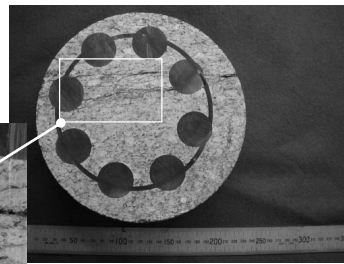
13

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より採取したコア)

14

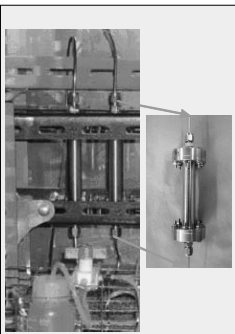
天然バリアへのアルカリ溶液影響評価

■ 今後5カ年の計画

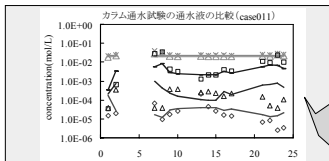
- ・ 実際の地下深部における亀裂中のアルカリ変質挙動の評価解析手法の構築
- 地下深部における亀裂を模擬した化学反応-物質移行連成モデル構築と計算の実施
- 地下深部における亀裂を用いたアルカリ溶液通水試験の実施

■ 平成19年度の主な成果

- ・ グリムゼル花崗岩を使用したカラム通水実験結果と計算結果の比較確認



昨年度(平成18年度実施)のカラム通水実験(粒径250μm以下)



カラム通水実験の通水履歴の比較(case011)

実験値と計算値の比較による、通水状態での化学反応モデル(初生鉱物の溶解速度式及び設定した二次鉱物(CSHゲル及びアナールサイム))の適用性の確認(平成19年度)

天然亀裂での化学反応-物質移行連成のモデリング

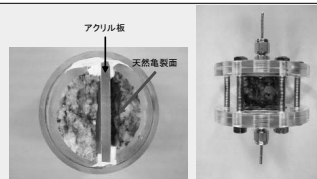
花崗岩初生鉱物の溶解速度調査結果等に基づく溶解速度式の設定(平成19年度)

$$Rate = kA(a_{H^+})^n(1 - Q/K)$$

k : 速度定数
A : 鉱物の比表面積
Q : イオン活動度積
K : 溶解反応の平衡定数

minerals	k (速度定数) (mol_mineral/m ² /s)	A (鉱物比表面積) (m ² /g)	n (次数)	参照
クォーツSiO ₂	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.2	SAKAGUCHI et al. 及びカラム通水実験結果
アムライト NaAlSi ₃ O ₈	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.2	SAKAGUCHI et al. 及びカラム通水実験結果
アノーサイト NaAl ₂ (Si ₂ Ca) ₂ O ₇	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.2	SAKAGUCHI et al. 及びカラム通水実験結果
カ長石 K ₂ Al ₂ Si ₂ O ₇	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.2	SAKAGUCHI et al. 及びカラム通水実験結果
パイロクセネ(アノサイト) Mg ₂ Al ₂ (OH) ₂ (Si ₂ Al) ₂ O ₇	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.2	SAKAGUCHI et al.
マゼラン石 Mg ₂ KAl ₂ (OH) ₂ (Si ₂ Al) ₂ O ₇	10 ⁻¹² at 90°C	6.70 ^(*)	-0.22	ENG. 2008

(*)本表での数値は、文献に基づき、マトリクス中の数値をそのまま採用した結果である。



天然亀裂へ通水実験とモデリング

- ・ 通水実験の検討(平成19年度)
- ・ 溶解沈殿に伴う亀裂構造の変化と物質輸送特性の変化の関係把握(例えば表面粗度と透水量係数との関係)

平成19年度実績

学会発表:

- (1) Sahara et al.: Evaluation Of The Long-Term Mechanical Behavior In The Near-Fields Considering Chemical Transitions Of Barrier Materials, Proceedings of 15th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE15, Nagoya(2007)
- (2) 三原守弘ほか: フライアッシュ高含有シリカフェームセメント硬化体の塩化物イオンの見掛けの拡散係数の評価(第61回セメント技術大会, 6月)
- (3) 三原守弘ほか: EPMAを用いたセメント硬化体に対するCl⁻の拡散係数及び間隙構造の評価(コンクリート工学年次大会 7月)
- (4) Mihara, M. et al.: Development of Radionuclide Migration Datasets of Safety Assessment for TRU Waste in Japan, Migration07, August(2007)
- (5) 三原守弘・小林一三: 圧縮成型ペントナイトの透水係数に及ぼすNaNO₃濃度の影響(原子力学会2007年秋の大会, 9月)
- (6) 亀井玄人・黒田茂樹: TRU廃棄物の地層処分-第2次TRUレポートの成果-(原子力学会 再処理・リサイクルセミナー)ポスター 6月)
- (7) Savage, D. et al.: Natural Systems Evidence for the Alteration of Clay under Alkaline Conditions: an Example from Searles Lake, California, Clay in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement, 3rd International Meeting (2007)
- (8) Savage, D. et al.: Natural Systems Evidence for the Alteration of Clay under Alkaline Conditions: an Example from Searles Lake, California, Workshop on long term clay buffer performance in HLW depositories, Lund(2007)
- (9) Sato, T. et al.: Effect of Deviation from Equilibrium on Dissolution Rate of Smectite under Hyperalkaline Condition, Clay in natural and engineered barriers for radioactive waste confinement, 3rd International Meeting(2007)
- (10) 小田治恵ほか: 項アルカリ条件下でのスメクタイトの溶解速度と二次固相生成の関係, 第51回粘土科学討論会(2007)
- (11) Gallardo, A. et al.: 緩衝材のアルカリ変質評価研究における天然事例の適用;カリフォルニア州Searles Lakeの事例:(1)地下水流動解析(日本原子力学会 2008年春の年会, 3月)
- (12) 小田治恵ほか: 緩衝材のアルカリ変質評価研究における天然事例の適用;カリフォルニア州Searles Lakeの事例:(2)地球化学-物質移動連成モデル(原子力学会 2008年春の年会, 3月)
- (13) 山口耕平: 高アルカリ性間隙水の浸入に伴う母岩の変質に関する研究(原子力学会2008年春の年会, 3月)

論文投稿:

- (1) 藤田英樹ほか: 硝酸塩がセメント水和物の溶解挙動へ及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, No.61(2008)(印刷中)
- (2) Martin, A. et al.: Key Issues Identified From Project Tru-2 On The Generic Co-location Concept Of Transuranic (TRU) Waste And High-level Radioactive Waste (HLW) Repositories In Japan, ICEM2007(2007)
- (3) Mihara, M. et al.: Development of Low-alkaline Cement Using Pozzolans for Geological Disposal of Long-lived Radioactive Waste, Doboku Gakkai Ronbunshuu Division F Vol.64 No.1, pp. 92-103(2008)
- (4) Mihara, M. et al.: Development of Radionuclide Migration Datasets for Safety Assessment of TRU Waste Disposal in Japan, Radiochimica Acta (submitted)
- (5) 三原守弘, 鳥居和之: フライアッシュ高含有シリカフェームセメント硬化体における塩化物イオン拡散係数の算定, セメント・コンクリート論文集, No.61(2008)(印刷中)
- (6) 藤田英樹ほか: セメントペースト硬化体の間隙水に残存する有機混濁剤の溶存挙動の評価セメント・コンクリート論文集, No.61(2008)(印刷中)

公開技術資料:

- (1) 亀井, 本田, 三原, 小田, 村上, 増田, 山口, 中西, 佐々木, 毛, 高橋, 目黒, 山口, 青山, 小華和: 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-Research 2007-067(2007)

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	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
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方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
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の)	1
比透磁率 ^(b)	(数字の)	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。
 (b) これらは無次元量あるいは次元1をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の1は通常は表記しない。

表3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

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 ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg 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 s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光照度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
放射線量	ルクス	lx	lm/m ²	m ² cd
放射線種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

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

表4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI組立単位		
	名称	記号	SI基本単位による表し方
粘力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ = s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² = s ⁻²
熱容量, エントロピー	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
熱伝導率	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ¹ kg s ⁻²
電荷密度	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
表面電荷	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ³ s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ² s A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
吸収線量率	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
放射線強度	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射輝度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ² m ⁻² kg s ⁻³ = m ² kg s ⁻³
酵素活性濃度	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 s ⁻³ = kg s ⁻³
	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ³ s ⁻¹ mol

表5. SI接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	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6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	'	1'=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	"	1"=(1/60)'=(π/648000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ⁻¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、対数量の定義に依存。
ベベル	B	
デジベル	dB	

表9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI単位で表される数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁻⁴ cd m ⁻²
ファ	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² 10 ⁴ lx
ガル	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(c)	Oe	1 Oe ≐ (10 ³ /4π) A m ⁻¹

(c) 3元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「≐」は対応関係を示すものである。

表10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI単位で表される数値
キュリー	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=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 f=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1メートル系カラット=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	1 cal=4.1868 J (「15°C」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m

