2010年度バックエンド週末基礎講座

実践講座IV

地層処分技術の知識マネジメント
－原子力機構における取り組み－

平成22年10月31日
福井大学文京キャンパス　産学官連携本部3階研修室

（独）日本原子力研究開発機構
仙波　毅

本日の内容

1. 地層処分における知識マネジメントの必要性

2. 原子力機構の取り組み

3. 知識マネジメントシステムのデモンストレーション

用語の定義

- **知識**
  - 地層処分プロジェクトを支える全ての科学技術（社会科学、経済学などを暗に内包）に関するデータ、情報、経験・ノウハウなど
- **知識ベース**
  - 種々の媒体（文書、電子ファイルなど）によって体系的に保存し必要に応じて直ちに取りだせるようにされている様々な知識
- **知識マネジメント（KM）**
  - 知識ベースを構築、保存、更新、伝達、共有するとともに知識の作成と活用を支援するための行為
- **知識マネジメントシステム（KMS）**
  - 知識マネジメントを行うためのツール　＋　知識ベース

1．地層処分における知識マネジメントの必要性

（1）地層処分技術の特徴

- 安全確保のしくみ
- 日本の地層処分計画
- 安全性に関する社会的受容
- セーフティケース作成のための研究開発の統合
- 事業段階における研究開発の役割

（2）知識マネジメントシステムの必要性

- 地層処分研究開発で考慮すべき点
- 情報爆発、統合プロセスの複雑化
- 地層処分における知識マネジメントの必要性
- 地層処分のセーフティケース
- 知識マネジメントの4つのステージと支援機能
- 特別な関心事・・・暗黙知

(1) 地層処分技術の特徴

- 放射性廃棄物を、人工のバリアと天然のバリアを組合わせた多重バリアで構築される受動的なシステムによって、数万年といった**超長期間**にわたる**安全性を確保**
- 「安全性の実証(実際に作動させて納得)」ではなく、「**安全性の立証(説明による了解)**」が社会的合意の根拠
  ー安全性を経験できない、頭で理解することが必要
- 「安全性の立証」はデータ、専門家の判断やシミュレーションなどを駆使した推論過程
  ー多くの学問分野における多様かつ大量の知識(単なるデータではなく、情報、**経験・ノウハウ**)が関係

暗黙知

(1) 地層処分技術の特徴

安全確保の仕組み

日本の地質環境

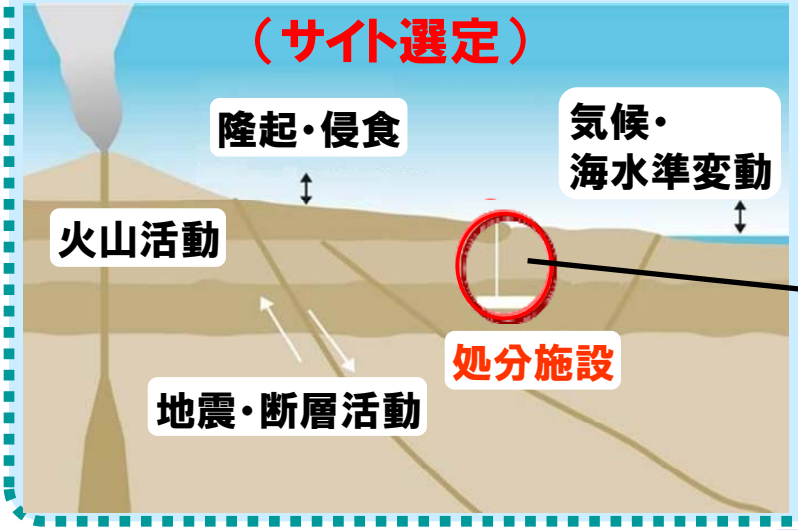
- 火山・活断層・侵食・・・
- 地下水の存在

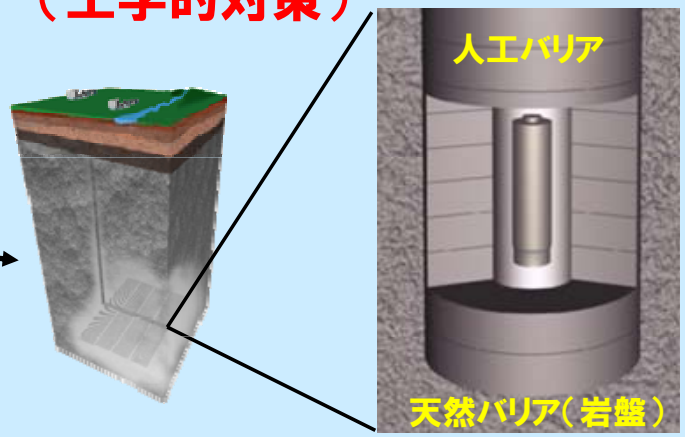
影響の可能性

- 人間と廃棄体との接近
- 地下水による放射性物質の運搬

対 策

- 地層処分にとって安定な場所を選定（サイト選定）
- 適切な多重バリアシステムを構築（工学的対策）



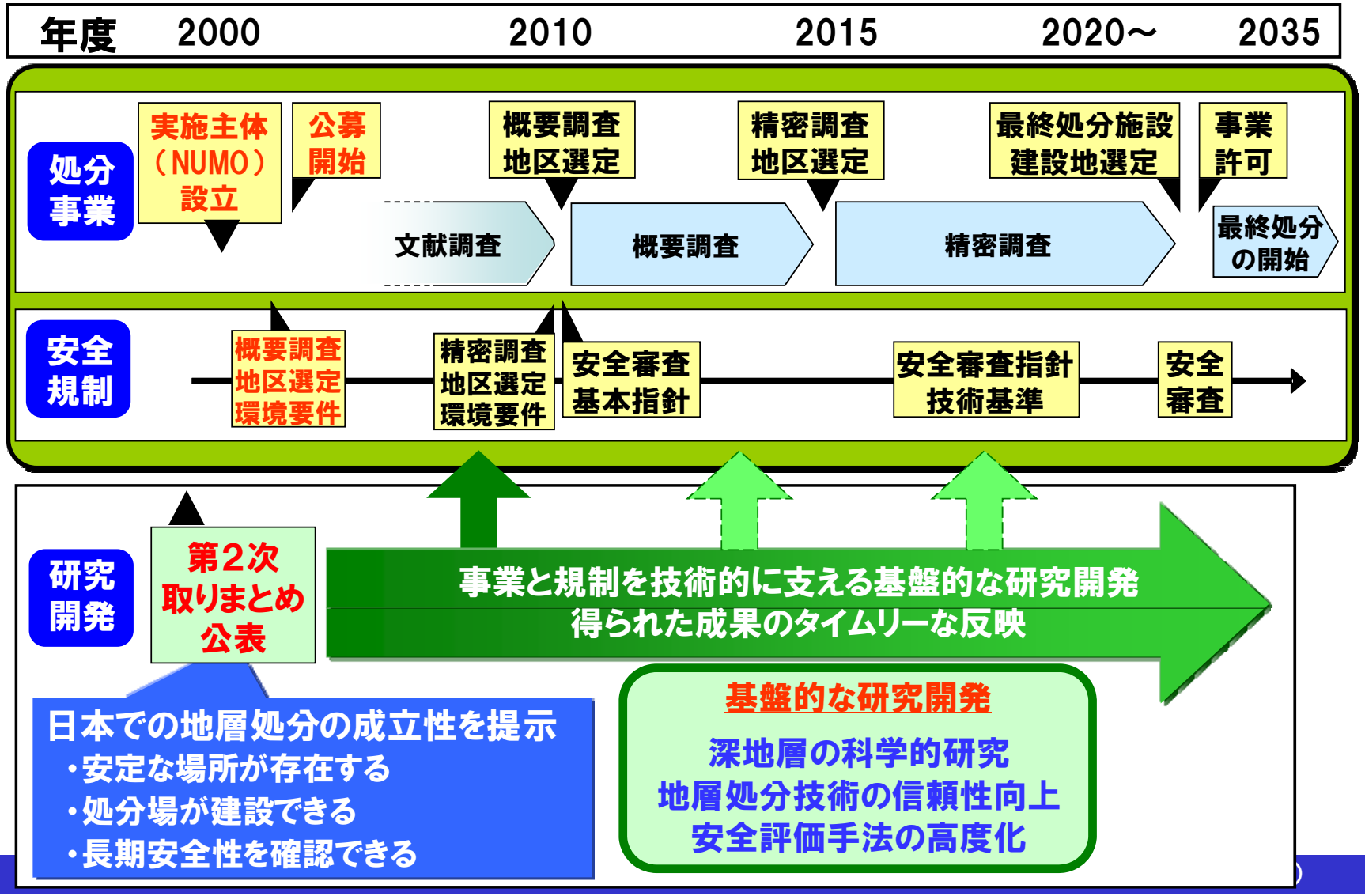


安全性の確認

処分場の長期安全性を予測的に評価　（安全評価）

(1) 地層処分技術の特徴

日本の地層処分計画



(1) 地層処分技術の特徴

- 放射性廃棄物を、人工のバリアと天然のバリアを組合わせた多重バリアで構築される受動的なシステムによって、数万年といった超長期間にわたる安全性を確保

- 「安全性の実証(実際に作動させて納得)」ではなく、「安全性の立証(説明による了解)」が社会的合意の根拠
  ー安全性を経験できない、頭で理解することが必要

- 「安全性の立証」はデータ、専門家の判断やシミュレーションなどを駆使した推論過程
  ー多くの学問分野における多様かつ大量の知識(単なるデータではなく、情報、経験・ノウハウ)が関係

(1) 地層処分技術の特徴

- 放射性廃棄物を、人工のバリアと天然のバリアを組合わせた多重バリアで構築される受動的なシステムによって、数万年といった超長期間にわたる安全性を確保

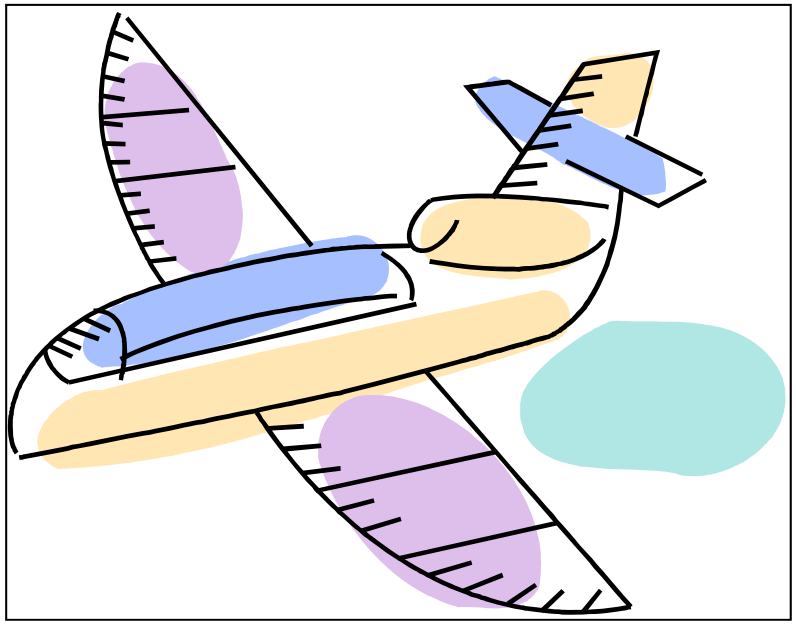
- 「安全性の実証(実際に作動させて納得)」ではなく、「安全性の立証(説明による了解)」が社会的合意の根拠
  ー安全性を[illegible]できない、頭で理解することが必要

- 「安全[illegible]シミュレーションなどを[illegible]
  ー多[illegible]の知識(単なるデータではなく、情報、経験・ノウハウ)が関係

セーフティケース
長期にわたって安全性を確保できることの論拠

(1) 地層処分技術の特徴

安全性に関する社会的受容：大型旅客機



大型旅客機
・・・例えば、747-400　ジャンボジェット

- 部品数：～6百万個
- 重量：～400トン
- 高度・速度：10,000m程度・900km/h程度
- 飛行の安全管理：飛行士とコンピュータによる制御、管理システム
- 重大事故の要因：部品の損傷、人的エラー、異常天候など
- 最悪のケース：離陸直後、大都市に墜落

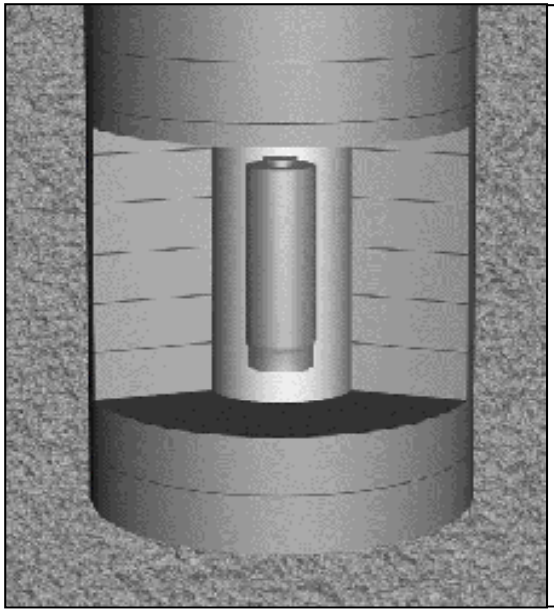
安全に飛行できる科学的説明
-最新の科学技術（流体力学、材料科学、コンピュータ科学・・・）

何万回に及ぶ飛行実績
-「百聞は一見にしかず」（実証）

→ **社会に広く受容**

(1) 地層処分技術の特徴

安全性に関する社会的受容：地層処分



処分ユニット

- 部品数：4
- 重量：～60トン
- 高度・速度：地下　300m～・静止
- 制御システム不要
- 重大事故の要因：破壊的シナリオはほとんど皆無
- 最悪のケース：将来の人間によるボーリング？

安全に処分できる科学的説明

－最新の科学技術的知見に基づく

セーフティケース（長期にわたって安全性を確保できることの論拠）

→ 社会的受容？

閉鎖後：一見できず

(1) 地層処分技術の特徴

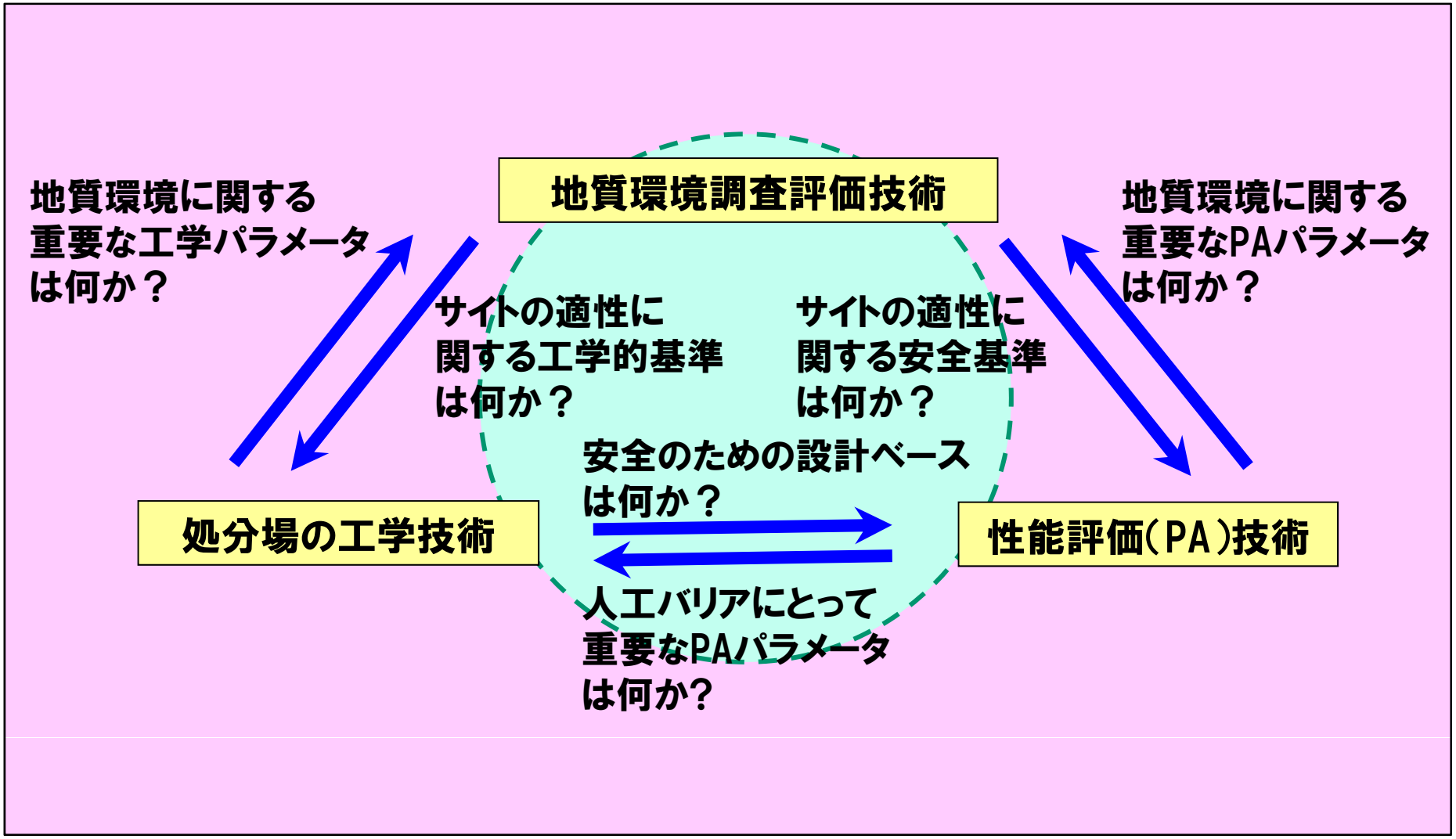
- 放射性廃棄物を、人工のバリアと天然のバリアを組合わせた多重バリアで構築される受動的なシステムによって、数万年といった超長期間にわたる安全性を確保
- 「安全性の実証(実際に作動させて納得)」ではなく、「安全性の立証(説明による了解)」が社会的合意の根拠ー安全性を経験できない、頭で理解することが必要
- 「安全性の立証」はデータ、専門家の判断やシミュレーションなどを駆使した推論過程
  ー多くの学問分野における多様かつ大量の知識(単なるデータではなく、情報、経験・ノウハウ)が関係

(1) 地層処分技術の特徴

学際的な研究開発
地質学
地形学
水理学
地球化学
システム工学
計算科学
原子力工学
環境学
倫理学
政策科学
保健物理
物理化学
生物学
資源工学
材料化学
土木工学
社会科学
・・・
・・・

(1) 地層処分技術の特徴

セーフティケース作成のための研究開発の統合



(1) 地層処分技術の特徴

事業段階における研究開発の役割

●段階的なアプローチと意思決定

- 三段階のサイト選定→許認可→建設→操業→閉鎖…→

●意思決定における信頼構築

- 地層処分安全性への信頼
  - セーフティケース(長期にわたって安全性を確保できることの論拠)に対する科学的客観性と技術的信頼性
- 処分事業への信頼
  - 政策や規制、事業者の技術的能力と事業運営姿勢に対する信頼など

●地層処分の特徴を考慮した研究開発戦略

- 安全性確保の長期性と処分事業の長期性
- 最新の研究開発成果を取り込みつつ、セーフティケース作成のための科学技術的基盤を処分事業全体にわたって支援

(2) 知識マネジメントシステムの必要性

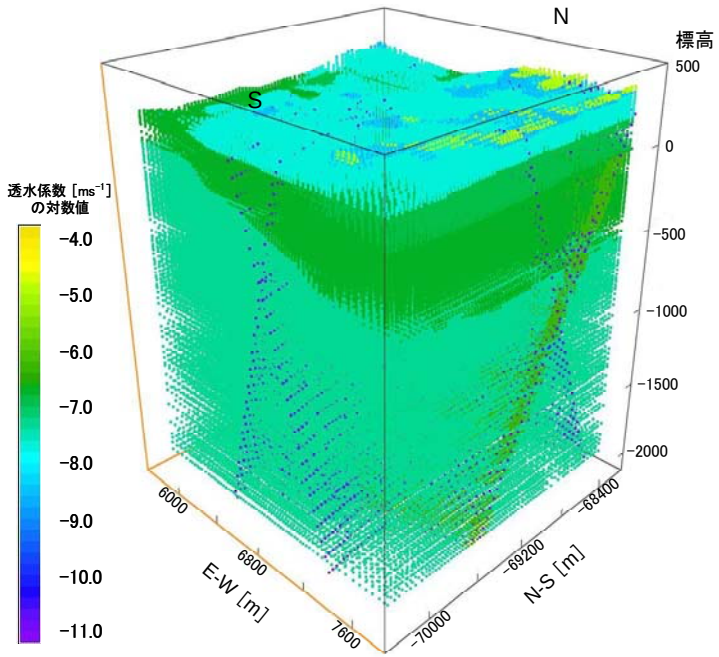
地層処分研究開発で考慮すべき点

- 情報量の爆発的増加
- 異なる分野間の多数の関連性を考慮した
  統合プロセスの複雑さの増大
- 長期間にわたる処分計画に対する地層処分技術の
  継続的な信頼性向上のための研究開発管理

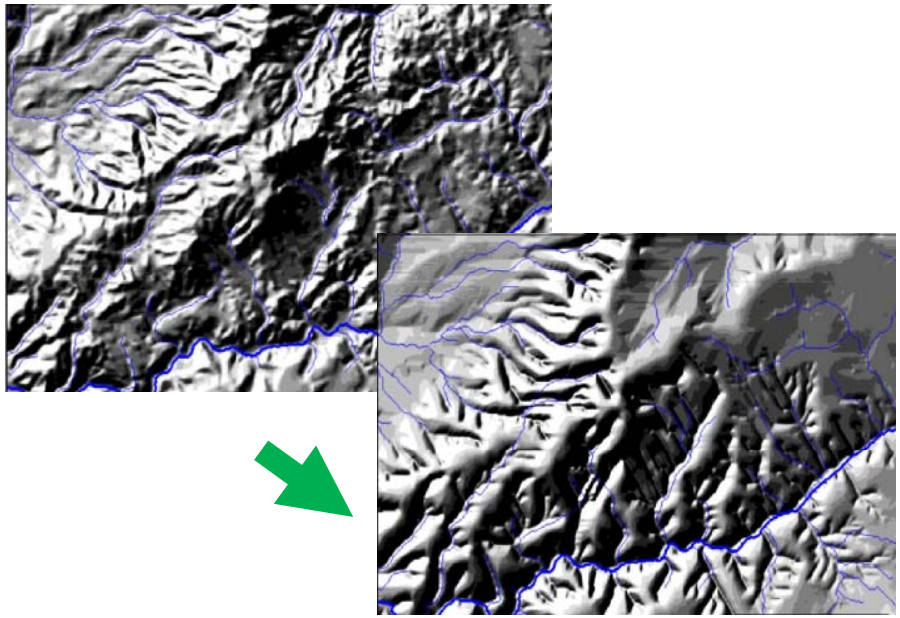
(2) 知識マネジメントシステムの必要性

日本における情報爆発・統合プロセスの複雑化

- 最初の統合性能評価(H3)報告書は約400ページ、9年後の第2次取りまとめ(H12)では約2000ページに増加
- 最も難しかった点の一つは、地質環境、工学技術、性能評価に関連する多量の情報／データを**統合**すること
- 将来的にはHLW/TRU廃棄物処分場全体を対象とした**3次元、時間依存のより統合的なモデルの取り扱いによってさらにデータ量が増加**



3次元水理地質モデルによる透水係数の分布



東濃地域の3次元地形変化予測の例

(2) 知識マネジメントシステムの必要性

情報量の爆発的増加
（米国ユッカマウンテン処分場許可申請資料）

関連資料を含めると、三千万ページ

(2) 知識マネジメントシステムの必要性

地層処分における知識マネジメントの必要性

- 「安全性の立証」に必要なのは**客観性のある適切な科学技術的知識**　ー　研究機関の役割
- 大量かつ多様な知識が関係、さらに長い事業期間にわたって知識は増大・進化(立地点の地層の段階的な調査による情報の蓄積、科学技術の進歩)ー**「情報爆発」と「知識統合」への対応**
- セーフティケースの妥当性を知識の変化に応じて継続的に検証(過去と現在を比較)するため、**知識を管理**(品質に留意した、生産・加工・更新・保存・伝承の繰り返し)することが必要

(2) 知識マネジメントシステムの必要性
地層処分のセーフティケース

地層処分技術

- 超長期の安全性確保
- 学際的総合技術
- 事業期間の長期性

事業期間を通じた繰り返し過程

➢ セーフティケースの作成

地層処分の長期的安全性を様々な証拠に基づいて立証しようとするもの

多くの学問分野の「知識」（データ、情報、経験、ノウハウなど）を用いて行う論理立てた説明

➢ セーフティケースの信頼構築

段階的に蓄積されるサイトの情報や最新の科学技術的知見を用いた信頼性の向上

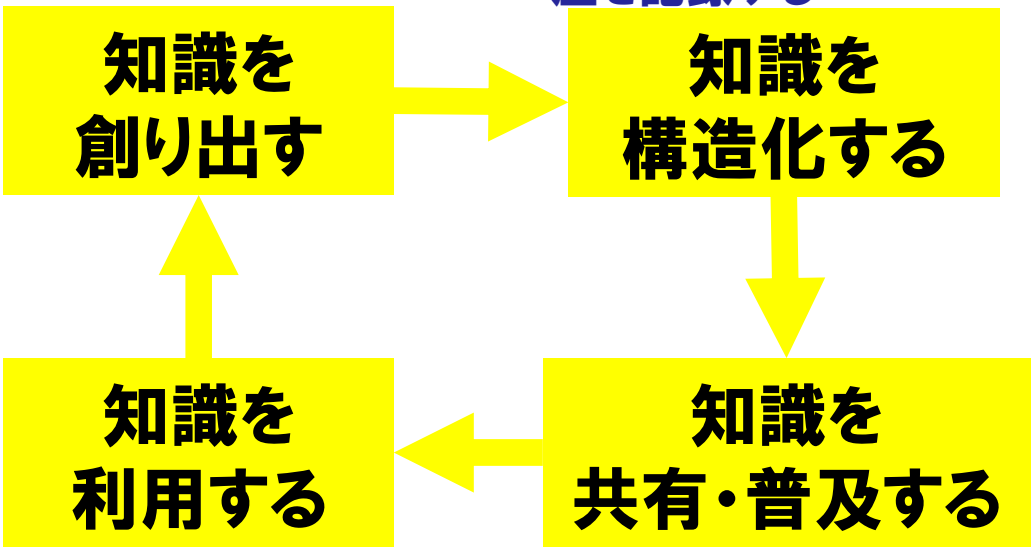
➢ セーフティケースの受容

事業を次段階へ進めるためにセーフティケースが信頼に足るものであることについての合意

(2) 知識マネジメントシステムの必要性
知識マネジメントの4つのステージと支援機能

■課題探索を支援する
■仮説生成を支援する
■発見的問題解決
■戦略立案支援

■人やコンピュータの使いやすい形で表現する
■相互の関係が分かりやすいように体系化、保存する
■知識の深化に応じてタイムリーに更新し履歴を記録する



■繰り返し行うタスクに必要なツールやデータをパッケージ化し手順を標準化する
■過去の経験から規則を学んで活用する
■類似した事例を参考にする

■ユーザー間で知識を共有する
■重要な知識を要約する
■知識を普及し広く意見を募る
■必要な知識を効率的に探す

(2) 知識マネジメントシステムの必要性

特別な関心事・・・暗黙知

- **暗黙知**の文書化は困難
  文章・図表・数式などによって説明・表現できる知識(形式知)で取りまとめられてきている
- **暗黙知**の例
  - 実験手法のノウハウ、
  - システム性能評価における留意点、
  - 地質環境調査上のノウハウ　など
- **暗黙知**は、危機に瀕している
  - 技術伝承
  - 人材育成
  - 組織の財産の継承
- e-ラーニングなどの新しい可能性
  - 例えば、エキスパートシステム支援のe-ラーニング

2. 原子力機構の取り組み

知識マネジメントシステムの基本概念

- セーフティケースに階層的に含まれる様々な命題に根拠となるよう関連づけて、知識（形式知と暗黙知）をもれなく体系化
- 爆発的に増加する知識に対応可能な柔軟な仕組み
- 専門家だけでなく、あらゆるステークホルダーにとってユーザーフレンドリーな機能を提供
- 最先端のIT、知識工学を最大限に活用

JAEA KMSとは？

✓知識マネジメントシステム

- 時間とともに進化する多種・多様な知識を、目的や利用者の知識レベルに応じて効果的に利用・統合することを支援する仕組み

✓セキュリティへの配慮から助走期間を設定

- 外部からのアクセスは、現在は「Read Only」
- JAEA KMSの機能は「説明（ビデオなどを駆使）」による紹介
- 当面、双方向のコミュニケーション機能は、HP上で指定するアドレスへの問い合わせ・ご意見で対応

セーフティケースのKM的取り扱い

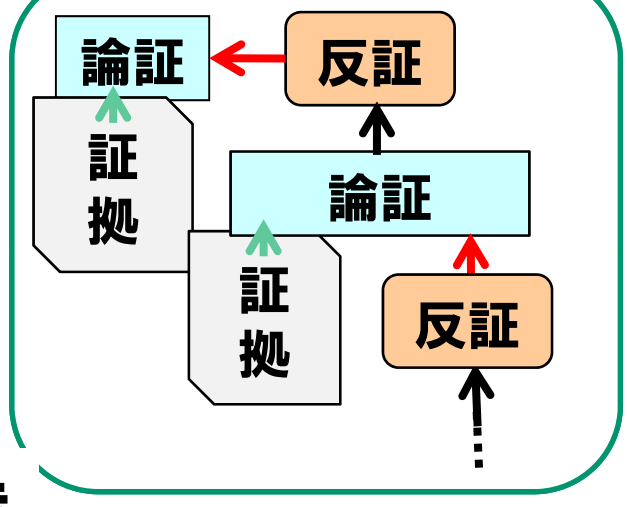
討論モデルによるセーフティケースの表現

- 討論の形式により論点を明らかにしつつ内容を深化
- セーフティケースの構成要素に基づいて討論すべき項目を構造化
- 補強すべき知識の明確化

地層処分を安全に実施できる

- 適切なサイトが選定されている
  - 地質環境が長期的に安定である
  - 好ましい地質環境特性（還元性・小さな地下水流量と流速）を有している
- 処分場が適切に設計されている
  - ....
  - ....
- 信頼できる安全評価手法を用いている
  - ....
  - ....
- 求められるレベルの安全性を有している
  - ....
  - ....

討論モデルによる展開



セーフティケースの論証構造

KMS個別ツールの紹介

討論モデルエディタ

知識を
創り出す

討論モデルエディタ
知識ネットワーク
ES開発インターフェース

知識を
構造化する

知識を
共有・普及する

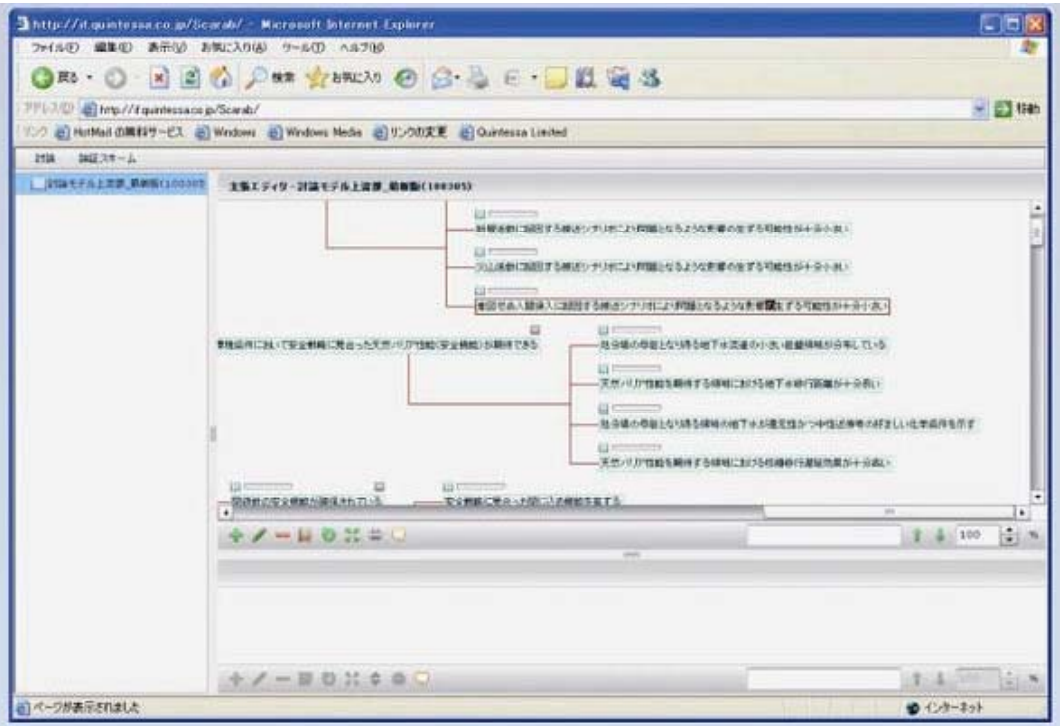
知識を
利用する

エキスパートシステム
事例ベース
データベース
性能評価統合レポートシステム

知識協働支援ツール
マネジメントコクピット
中間スキーマインタフェース

討論モデルエディタ（Scarab）

討論モデルとは、論証と反証の連鎖を、それらの根拠とともに、議論形式で示したものです。質問と回答（Q&A）のリストを体系化したものとも言えます。



概要を読む（PDF）

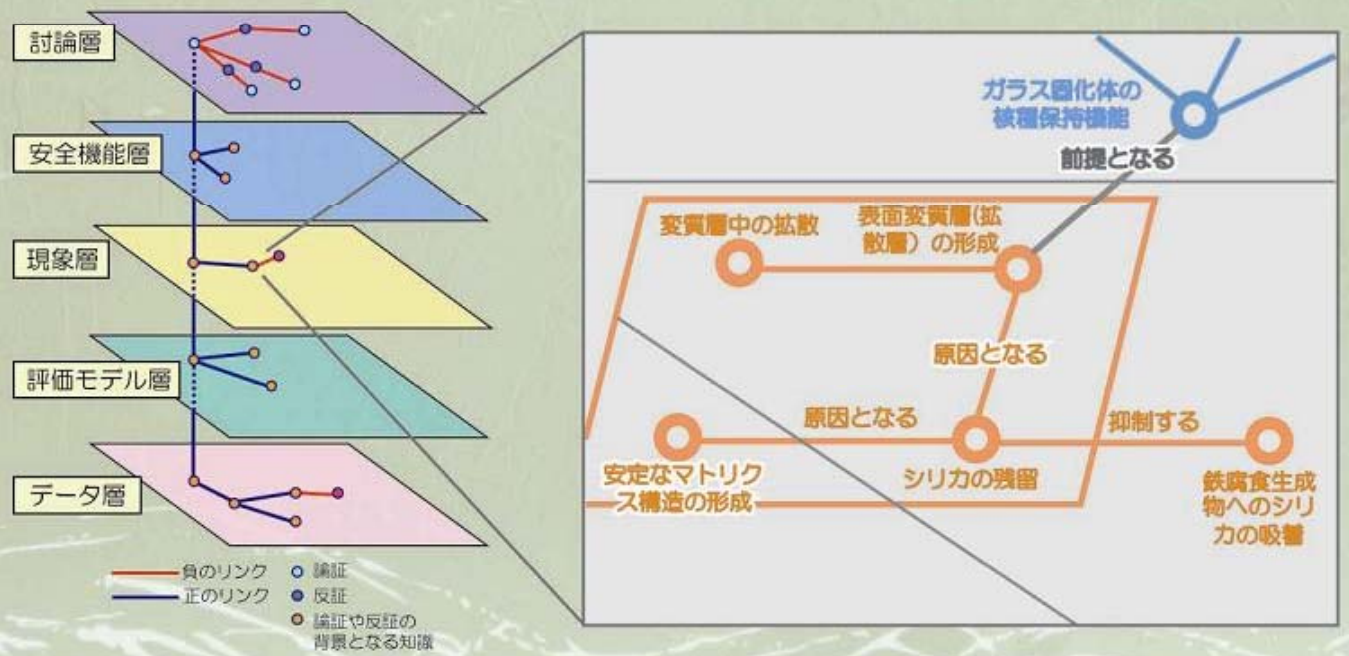
操作ガイド（ビデオ）

利用シナリオ

利用シナリオではツールの使用例をビデオでご紹介します

知識ネットワーク作成・閲覧ツール（KNetwork2）

専門家が頭の中で考えている情報の関係を、ネットワーク状に示すツールです。
討論モデルを作成する際に、論証や反証などを抽出する作業を支援します。



概要を読む（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

利用シナリオ

利用シナリオではツールの使用例をビデオでご紹介します

エキスパートシステム開発インターフェイス

コンピュータの専門家ではない、調査の専門家（エキスパート）が、自分のノウハウをルール化し、エキスパートシステムを作成することを支援するツールです。

概要を読む（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

知識協働支援ツール（Kobweb）

■地層処分事業の従事者や種々の分野の研究者は、事業主体、規制機関や研究機関等の異なる組織に所属していたり、また、同じ組織でも地理的に離れた場所で働いています。知識協働は、単発的かつ一過性のものではなく、異なる組織間、地理的に離れたオフィス間、異分野間での日常的な双方向の連携を必要とします。グループウェアは、このような連携のために、上に述べた様々な意味で「隔てら

ユーザー同士が、周知・連絡・意見交換などのコミュニケーションをするのを支援するツールです。

（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

利用シナリオ

利用シナリオではツールの使用例をビデオでご紹介します

マネジメントコクピット

地質環境調査のマネージャーが、進行中の調査作業の進捗状況や、最新の地質環境モデルの内容や、関連する情報を迅速に把握することを支援するためのツールです。

概要を読む（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

利用シナリオ

利用シナリオではツールの使用例をビデオでご紹介します

中間スキーマインタフェイス

キーワードを入力すると、世界各国の地層処分関係機関のサイトに同時にアクセスして、関連する報告書などを一斉に検索できるツールです。

テーマ

Risk

サブテーマ

communication

assessment

simulation

analysis

management

SKB　ANDRA　FORSMARK　NDA　Google　YAHOO! JAPAN

Experiences from risk ...Thegerström Claes, Engström Saida 1999 ヒット数：1件	Mise en page 1 (Page 2) Jan 19, 2007 Plaq. Bioclim D4/5 Jan 16, 2006 Country report Apr 3 ,2008 ヒット数：5件	ヒット数：0件	The foundation report on the NIREX..... NIREX social science workshop report ヒット数：2件	HLW 処分のリスクコミュニケーションのための Web システム..... Construction and Evaluation of a Risk Communication .... ヒット数：14,100件	HLW 処分のリスクコミュニケーションのためのWeb... WEB システムを使ったアフェクティブな.... ヒット数：91,700件
Methodology for risk assessment..... The use of ecosystem models.... ヒット数：3件	Microsoft PowerPoint ....May 28, 2007 Poster [THME] : M, HM and.....Jan 16, 2006 Read more May 29 , 2008 ヒット数：21件	Terminology report. Respect distance..... Geological Data Acquisition for.... ヒット数：4件	021 radiological effect on the natural.... Radioactive waste management.... ヒット数：63件	41.03-01 HLW and Spent Fuel Management Issues Associated with the co-disposal..... ヒット数：10,800件	WEB システムを使ったアフェクティブな... Fact Sheet on Probabilistic Risk Assessment ヒット数：157,000件
ヒット数：0件	country report Apr 3, 2008 Oral Session 2A : Alkaline ... Jan 16, 2006 Microsoft PowerPoint ....May 28, 2007 ヒット数：33件	Sensitivity Analysis methods and a biosphere test case implemented in EIKOS. ヒット数：1件	ヒット数：0件	Risks and Uncertainties Associated.... Systemic Analysis, Mapping, Modeling, and Simulation.... ヒット数：7,200件	Comprehensive Social Impact assessment.... Assessments for Disposal of Radioactive Waste Materials.... ヒット数：28,600件
ヒット数：0件	Plaq. Bioclim D4/5 Jan 16, 2006 Couv crea 1 Apr 10, 2006 country report Apr 3, 2008 ヒット数：41件	Microbiology of transitional ... Sensitivity Analysis methods and... ヒット数：3件	Generic repository studies.... PCP15 contingency procedure... ヒット数：23件	Probabilistic risk analysis (PRA) for a high level radioactive waste repository Book: Acceptable Evidence ヒット数：8,330件	HLW 処分のリスクコミュニケーションのための..... Atoms in Japan Vol.45 No.10 ヒット数：163,000件
ヒット数：0件	Poster [SRC] Sorption, ...Jan 16 , 2006 Plaq. Bioclim D4/5 Jan 16, 2006 Oral Session 7B ....Jan 16, 2006 ヒット数：51件	Terminology Report . Respect Distance. The use of the term Respect Distance in Posiva and SKB. ヒット数：1件	PCP10 baseline management system... Annual reports and account..... ヒット数：70件	41.03-01 HLW and Spent Fuel Management Book: Acceptable Evidence ヒット数：10,400件	Atoms in Japan Vol.45 No.10 高レベル放射性廃棄物処分技術の社会適合性向上... ヒット数：183,000件

検索

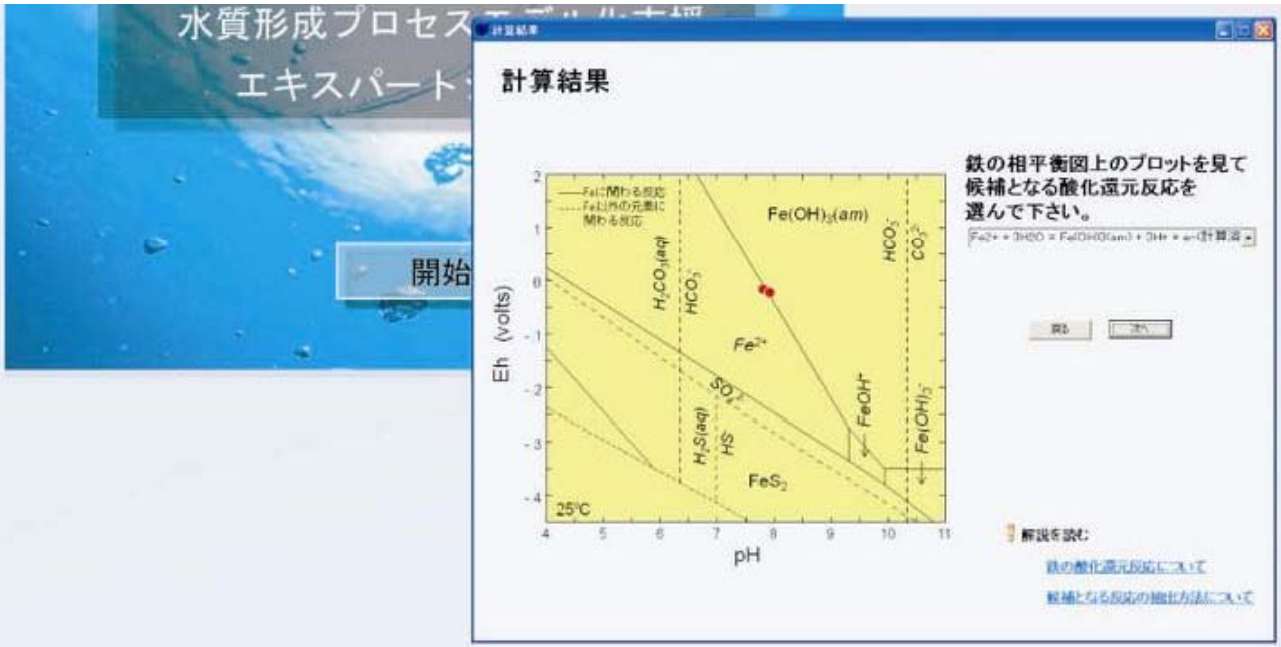
起動する

概要を読む（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

エキスパートシステム

- **専門家のノウハウが、ルールの形で整理されています。**
  専門家ではない人が、調査や解析、評価などを実施することを支援します。



学的
とが

ルールファイルを見る

操作ガイドで示すエキスパートシステムのルールファイルを表示します

本ツールの概要については、エキスパートシステム開発インタフェイスの概要をご覧ください

事例ベースシステム

ルール形式では表現しにくい過去のトラブル事例などの発生原因や対処方法が格納してあり、キーワードで検索することができます。

事例として追加（事例追加）されることで事例ベースは成長していきます。

り利用できる機能を閲覧（事例の検索、表示）のみに制限させていただいております。

起動する

概要を読む（PDF）

操作ガイド（ビデオ）

利用シナリオ

利用シナリオではツールの使用例をビデオでご紹介します

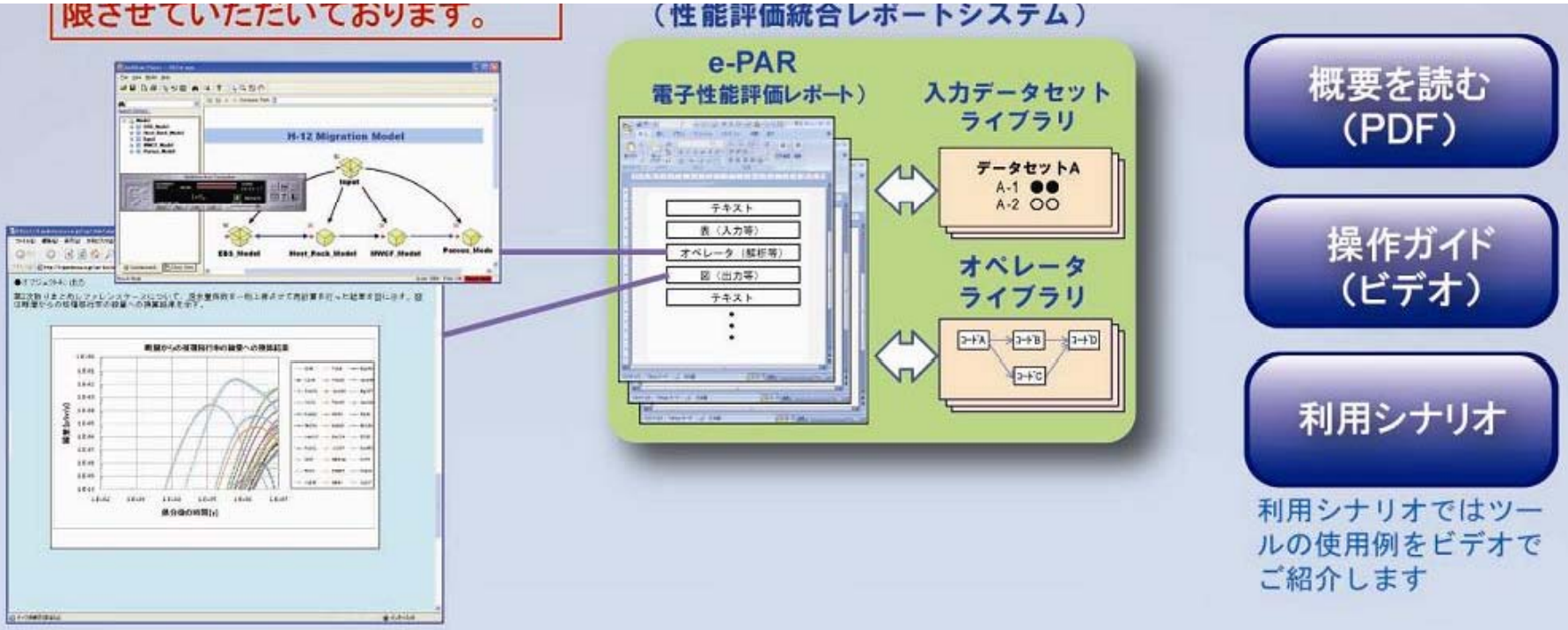
JAEAデータベース

熱力学・収着・拡散データベース	地層処分の安全評価のためのデータベースです。
緩衝材基本特性データベース	緩衝材や処分場の設計と人工バリアの長期挙動評
グラウトデータベース	地下坑道掘削時における湧水抑制のためのグラウ
ガラスの溶解に関するデータベース	ガラスの溶解挙動に関する公開情報を集約したデ-
温泉地化学データベース［データ集］	日本の地質環境の理解や火山・地熱活動の影響評
坑井温度プロファイルデータベース［データ集］	日本の地質環境の理解や火山・地熱活動の影響評

既存のデータベースをそのまま利用します。

性能評価統合レポートシステム PAIRS

「読む」だけでなく、「興味のある人が、実際に解析を試してみる」ことができるインタラクティブな報告書（電子性能評価レポート）の作成を支援するツールです。



知識管理システムのデモンストレーション

http://kms1.jaea.go.jp/kmsif/kms_login.html へアクセスください。

（経済産業省資源エネルギー庁からの受託事業として実施した「地質環境総合評価技術高度化開発」,「先進的地層処分概念・性能評価技術高度化」の成果の一部を用いています）