

知識マネジメントシステム開発の現状について

平成21年3月10日

地層処分研究開発部門
梅木 博之

- 地層処分事業の長期性と安全確保の超長期性
 - 長期的な視点に立った研究開発の推進
 - 事業の節目における重要な意思決定プロセスへの知識の継続的提供（重要なのは超長期の安全性を説明するための「知識」）
 - 知識の柔軟な創出と信頼性の継続的向上が必須（科学的知見の進歩や社会的条件などの変化に適切に対応）

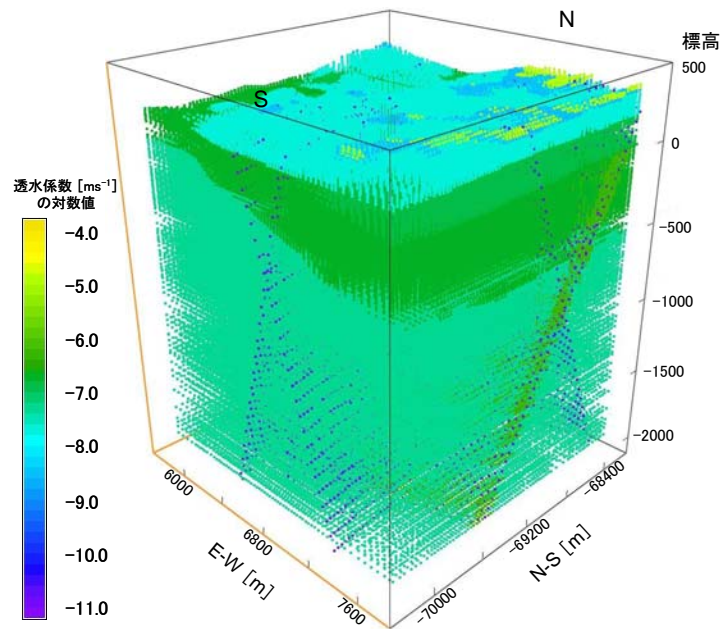
アプローチと目標

「機構は、我が国における地層処分技術に関する研究開発の中核的役割を担い、処分実施主体である原子力発電環境整備機構による処分事業と、国による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。このため、「地層処分研究開発」と「深地層の科学的研究」の二つの領域を設け、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。中期目標期間における研究開発成果を、国内外の専門家によるレビュー等を通じて**技術的品質を確保した包括的な報告書と知識ベース**として取りまとめる。」

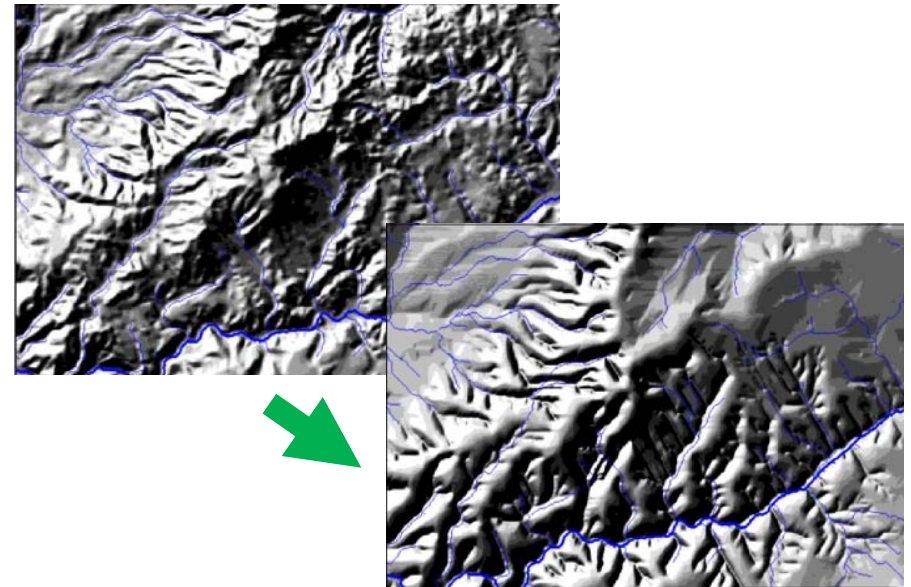
- 地層処分計画において取り扱わなければならない**多量かつ多岐にわたる情報量**を考えれば、先進的な知識管理システム(KMS)を導入は避けられないものであり、問題は、こうしたシステムの構築が可能かどうかということ
- 日本の地層処分計画において、先進的なKMSの開発に積極的に取り組んでいるもう一つの理由は、特に、**暗黙知**を抱えたまま、経験を積んだ多くの専門家が退職するという状況(これは他の原子力分野でも同様)

日本の地層処分研究開発における情報爆発

- 最初の統合性能評価(H3)報告書のボリュームは約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**三次元、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**



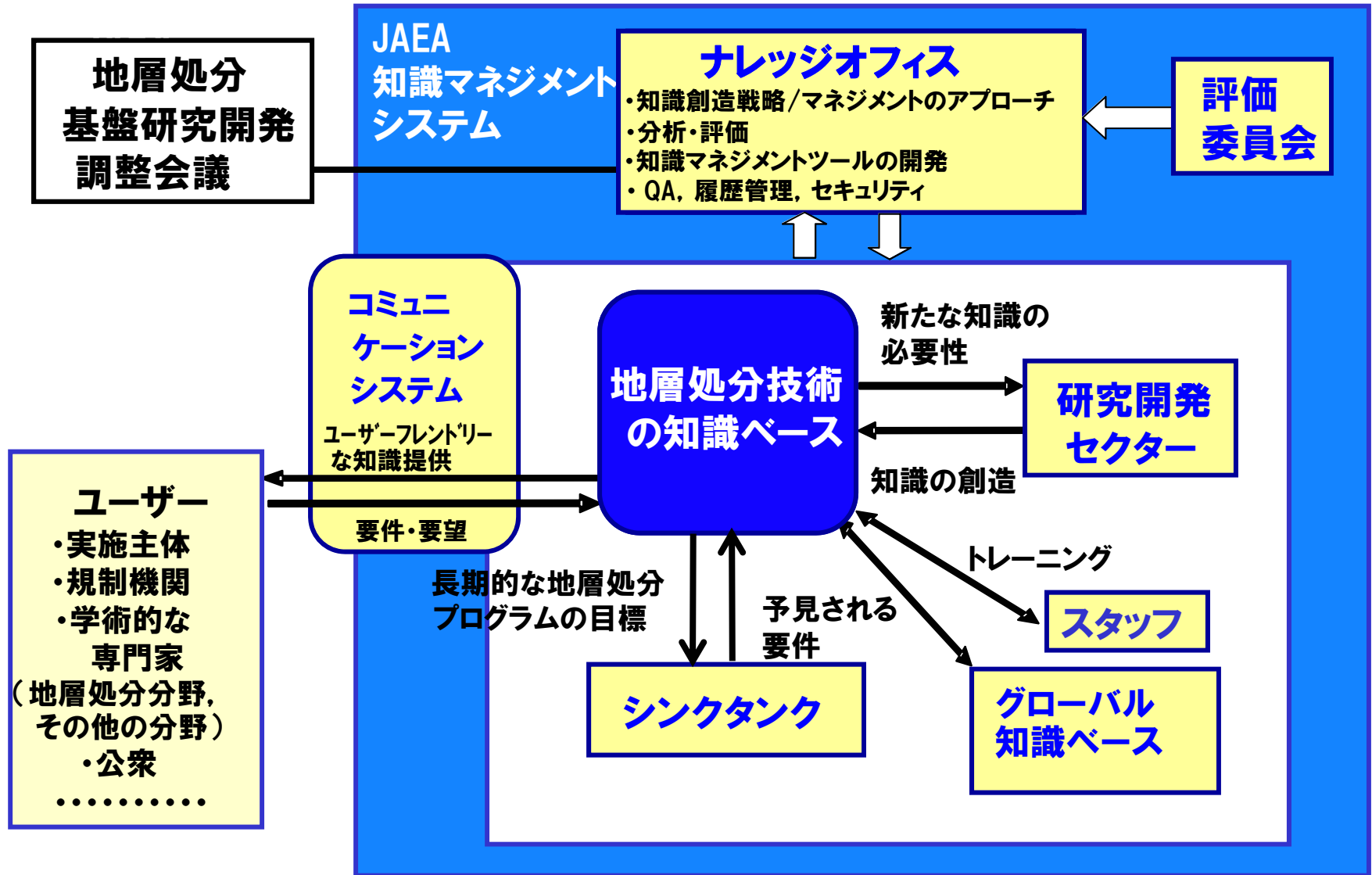
三次元水理地質モデルによる
透水係数の分布



東濃地域の三次元地形変化予測の例

- 地層処分における知識のフラックスは極めて大きく過去のアプローチは明らかに適用不可能: **先進的な知識工学的技術を採用**することが不可欠
- KMSは単に情報を保管し伝達するための受動的なツールではない—多様なソースからの材料を**自律的に統合し、傾向と不整合を明確化**するとともに**データ生産者にフィードバック**を行なうことができる機能を有することが必要
- KMSは**指数関数的に成長する知識ベースに対応可能**であることが必要
- データ生産者とデータのユーザー両者にとって**柔軟性と利用の容易性**を備えていることが必須
- 先端的な電子情報管理の導入: エキスパートシステム、人工知能、ニューラルネットワーク、ウェブベースエージェント、ボットといった関連分野における経験の利用

知識マネジメントシステムの基本構成

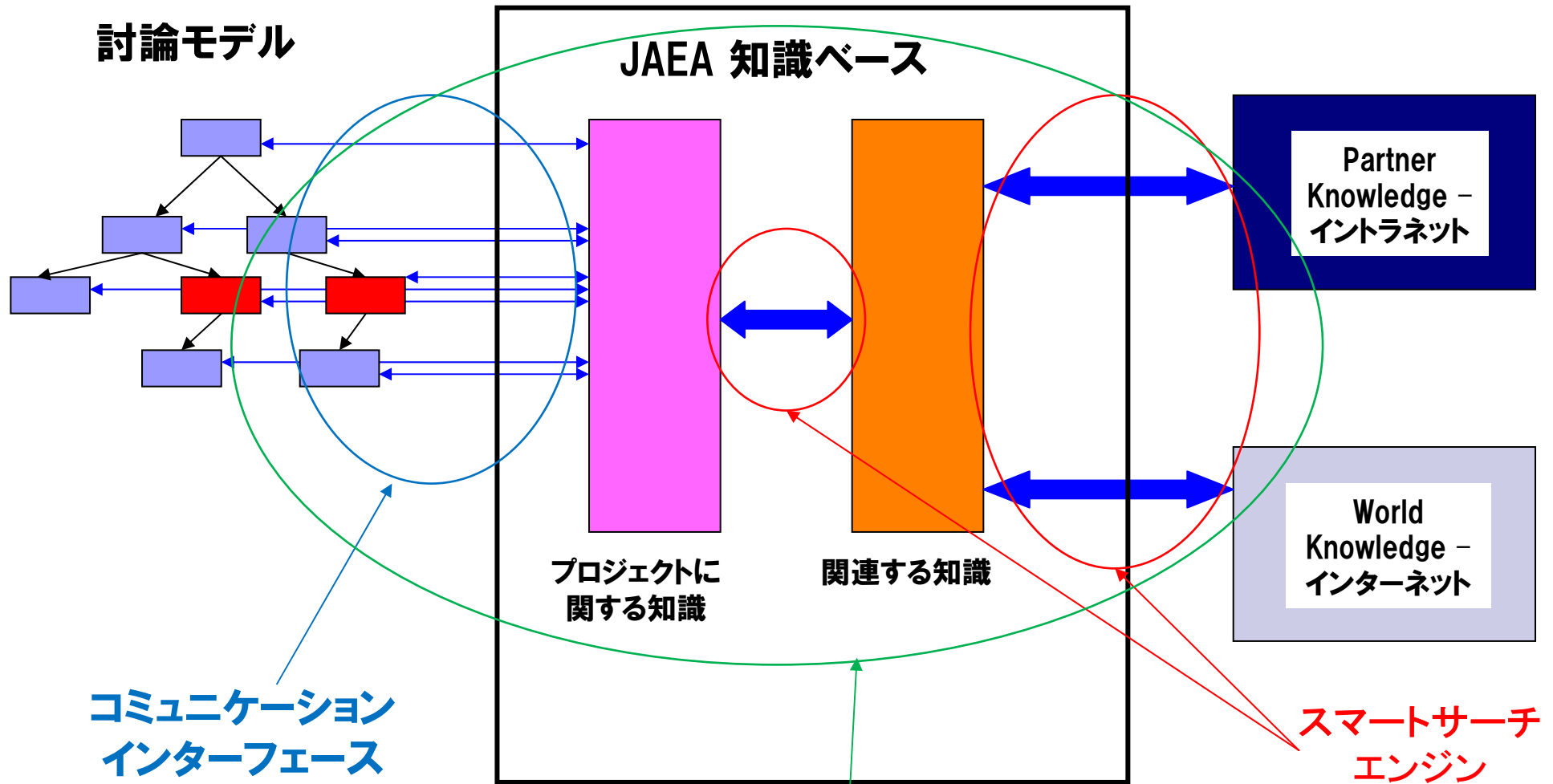


知識マネジメントの要素

知識形態	マネジメント機能	内容	必要な開発項目	コメント
データ	データマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> - 生データ(内部) - 抽出データ(外部作業用) - 処理データ 	<ul style="list-style-type: none"> - 自律的なQA - データマイニング - 自律的データ 	<ul style="list-style-type: none"> - 国際協力が有効な分野
ドキュメント	ドキュメントマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> - 作成文書 - 外部で作成された主要文書 	<ul style="list-style-type: none"> - 頑健なアーカイブ - 自律的QA/カタログ化/相互参照 	<ul style="list-style-type: none"> - 電子的なアーカイブが決定的な課題となる分野
ソフトウェア	ソフトウェアマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> - 関連するすべてのコード/データベースのアーカイブ - マニュアル&ハンドブックのアーカイブ - 関連する出力のアーカイブ 	<ul style="list-style-type: none"> - 頑健なアーカイブ - 自律的変更管理 - 定式化されたQAアプローチ 	<ul style="list-style-type: none"> - 電子的なアーカイブが決定的な課題となる分野
経験・ノウハウ(方法論)	リソースマネジメント	<ul style="list-style-type: none"> - 手順書&ガイドブック - エキスパートシステム - トレーニング資料 	<ul style="list-style-type: none"> - 経験保存のためのエキスパートシステムの利用 - 次世代専門家へのトレーニング 	<ul style="list-style-type: none"> - 国内(あるいは地域的)トレーニングセンターからの強い要求が想定
統合化した知識	知識統合	<ul style="list-style-type: none"> - 経験をつんだ統合チーム - エキスパートシステム 	<ul style="list-style-type: none"> - 主要な統合プロセスの明示 - QAアプローチの提示 	<ul style="list-style-type: none"> - 自動化への強い潜在的ニーズ
ガイダンス	知識コーディネーション	<ul style="list-style-type: none"> - 経験をつんだ調整チーム 	<ul style="list-style-type: none"> - 要件の予測(シンクタンク) - 知識における主要なギャップを解消するためのアプローチ 	<ul style="list-style-type: none"> - 自動化は極めて困難
プレゼンテーション素材	ユーザー/生産者の対話	<ul style="list-style-type: none"> - ユーザーフレンドリ・インターフェース(対話を可能とするインタラクティブな機能) 	<ul style="list-style-type: none"> - 複雑な情報を提示するための高性能グラフィカルインターフェース 	<ul style="list-style-type: none"> - 様々なステークホルダーの要求への対応

朱書きは部分的ではあっても先進的なITの適用が可能と考えられる項目

- すべてのユーザーに対する基本的な役割は**セーフティケース(SC)**に関連：
 - SCは、知識を生産する研究機関の支援を得て実施主体により開発
 - 規制機関や特定のステークホルダーグループによりレビュー：
これは共通に認証された構造やデータベースを備えるKBがあれば促進
 - それぞれ必要とするレベルでの関連情報にアクセスする、その他のステークホルダーや意思決定者との議論の焦点となるもの



インテリジェントアシスタント
(知識マイニング、エキスパートシステム、アーカイブ、品質テスト、統合・文書化、可視化)

- JAEA KMS基本概念と設計、方法論／ツール開発
- 主要なサブパートの開発
 - 次世代型サイト特性調査情報統合システム (ISIS: Information Synthesis and Interpretation System)
 - 地質環境調査計画書作成・変更支援
 - 地質環境モデル作成支援
 - 性能評価支援システム
 - 性能評価統合技術－PAIRS (Performance assessment All-In-One Report System)
 - 課題探索的性能評価技術
 - 処分場の工学技術
 - 処分概念創出フレーム／処分概念DB
 - 設計支援
 - 最適化／意思決定支援
 - 方法論の開発 (e.g. 処分場設計最適化、調査計画における意思決定支援)

- 知識マネジメントについてこれまでに述べた多くの部分は**形式知**に焦点 – これらの文書化は容易
- 同時に**暗黙知**が重要 – 上級スタッフの頭の中にあり、特に学際的なプロジェクトの実際面におけるプランニングや意思決定において鍵となる情報と経験
- 暗黙知は、従来、トレーニングや徒弟制度、研修実地訓練などを通じたマネジメント – 重要な役割を担っていたスタッフの退職により多くプログラムに危機
- 特別の研修コースや教育指導プロジェクトと組み合わせた新しいアプローチ(例えば、エキスパートシステム支援のeラーニング)が有効となる可能性
- **典型的な例** – 実験手法のノウハウ、システム性能評価における留意点など

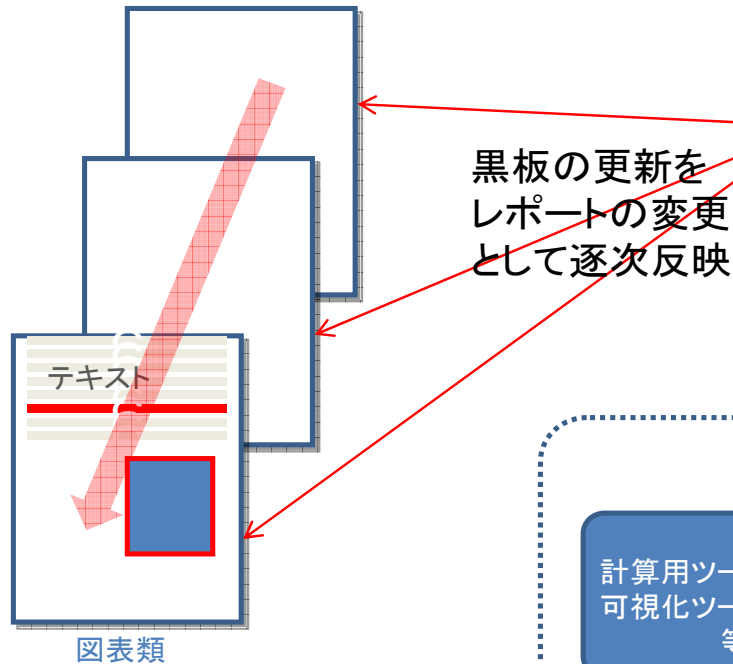
KMS開発状況

知識マネジメント	要素	方法論／ツール開発	研究開発成果への適用
知識獲得	タスクフロー	インタビュー(問題解決メソッド (CommonKADS))	全体性能評価、ニアフィールド水理・核種移行解析、性能評価用分配係数設定、低アルカリセメント開発、地下水地球化学調査、水理調査、物理探査、ボーリング掘削
	タスクに関連した知識抽出	インタビュー(問題解決メソッド (CommonKADS))	地質環境調査、性能評価、処分場設計のタスクフローの明確化の作業
知識モデル化	オントロジー	オントロジーモデル開発環境(Protégé)	性能評価オントロジーモデル、地質環境調査オントロジーモデル
	知識ネットワーク	Knetwork、階層型知識ネットワークエディター(性能評価)	討論モデルに関連する知識の関係づけ
	知識及び知識間の関係性の表現	構文分析	性能評価モデル／コード利用
	討論ネットワーク(モデル)	討論ダイアグラムエディター	火山／断層活動、低アルカリセメント設計、オーバーバック寿命
	ルールベース	JESS(IF-THEN形式)	エキスパートシステムに反映
	事例ベース	Web/HTML文書	エキスパートシステムに反映
成果集約	エキスパートシステム	エキスパートシステム開発環境 (BBS/Protégé/JESS/ルール・事例作成インターフェース)	地球化学(掘削水トレーサ選定、厚壁画像調査方法の選択、水質形成プロセスモデル化支援、地下水滞留時間推定)
	ハイブリッドシステム	利用支援環境	
	知識ベース	中間スキーマインターフェース	ハイブリッド知識ソース(専門家+性能評価知識ベース)、地質環境統合データベース
	All-in-one report	PAIRS	電子性能評価報告書(ePAR)
	Coolrep	Web/hyper-link	研究開発成果の統合化
システム管理ツール	黒板システム(黒板+コントロールシェル)	OpenBBS/追加機能(Java)	KMS全体管理
	検索エンジン		
	コミュニケーション	XOOPS	JAEA内で運用中

Performance assessment All-In-one-Report System (PAIRS)

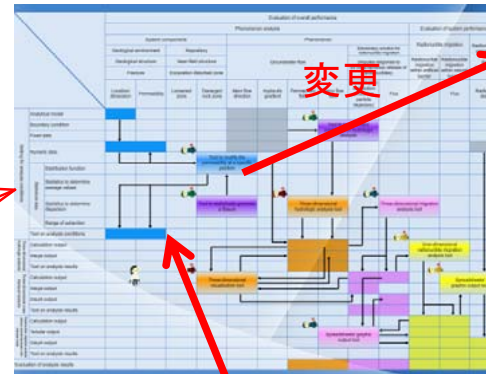
電子性能評価レポート(ePAR)

性能評価解析の内容に関するテキストや図表を含むHTMLドキュメント。黒板内の該当するワーキングメモリと連動。



黒板

改訂中のレポートに必要な全ての情報及び解析結果を含むワーキングメモリ



新たな
解析結果

ハイブリッド 知識ソース

計算用ツール、
可視化ツール、
等

- インテリジェントシステム
- 知識ベース及びオントロジーモデルへのリンク
- オンラインヘルプ

コントロールシェル

黒板の更新に対応して適切な知識ソースを起動し必要な情報を検索・提供する

入力



担当者

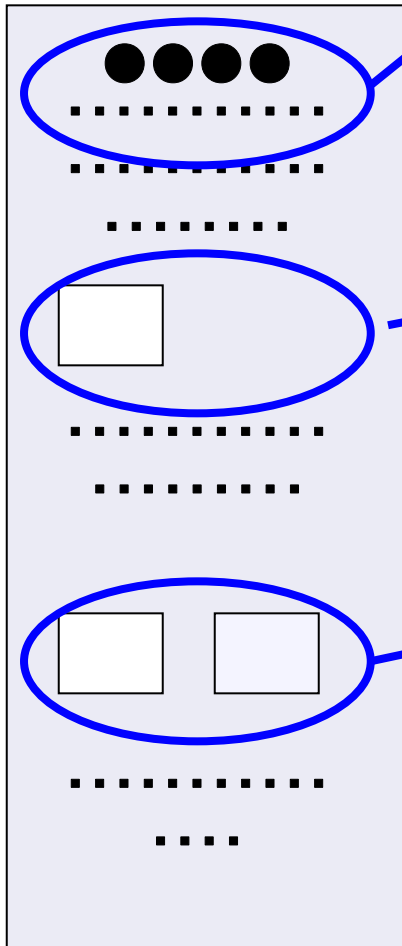
ePARの構成例(水理・物質移行解析)

HTMLドキュメント

タイトル, 概要

透水係数場設定

物質移行解析



Nov.13th, 2008
XXXXXXXXXX

① High-Hydraulic conductivity structure
Inferred major faults (IMFs) in a geological environment of crystalline rocks mean faults which have not yet identified but whose existence is inferred. Faults and IMFs in this study refer to relatively large faults that can be hydraulic pathways. The following figure shows examples of faults and IMFs. While faults are observed in the borehole or outcrop exposure, the existence of IMFs is referred from lineaments or by elastic wave exploration. For analysis, in this study, the fault or IMF was not supposed to exist.

IMF's Distribution

The basic features of radionuclide migration behavior based on assumed geological environment conditions and design options are as follows:

Fig. 5.1.1.1 shows a random hydraulic conductivity field with a deterministically given fault and statistically created fracture on the supposition of crystalline rock, vertical placement and fault case. The fracture density was 0.6 fractures/m, double of the reference case in the second report. Since there were two groups of fractures: high-angle fractures and horizontal fractures, it is characteristic that horizontal and vertical fractures intersect the disposal pit. Fig. 5.1.1-2 shows the distribution of the hydraulic conductivity coefficient on a vertical cross section at around the disposal hole.

Fig. 5.1.1-4 Trajectory of particles on the supposition of crystalline rock, vertical placement case (dated back to 100,000 years ago)

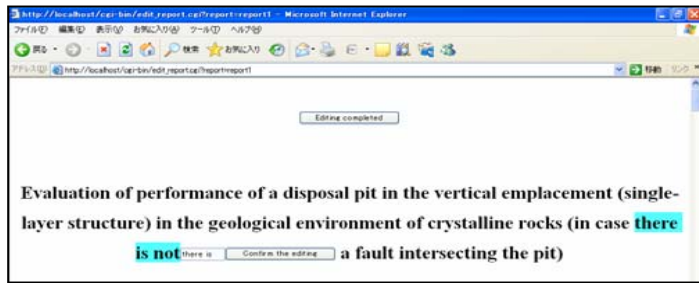
Information for editing of three-dimensional transport analysis

Perform three-dimensional transport analysis
Open the editing tool for figures
Upload the figure edited
Confirm the editing

How to use AVS2

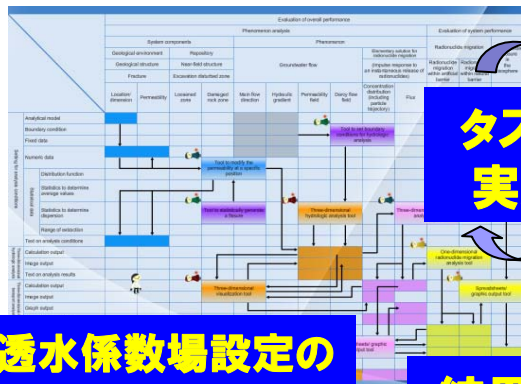
ePAR修正作業の例(水理・物質移行解析)

本文側 ← → 黑板側



テキストの変更

必要なタスクの実施



透水係数場設定の
タスク起動

結果

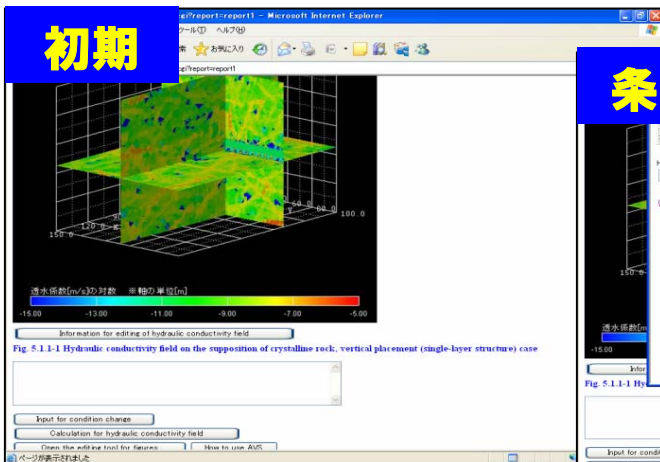
Change material number of corresponding finite elements automatically

Before	After	xmin	ymin	zmin	xmax	ymax	zmax
1	9	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //
2	10	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //
4	9	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //
7	10	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //
6	9	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //
8	9	25.0	50.0	0.0	150.0	55.0	100.0 //

1e-11	1e-11	1e-11	0.0	0.0	0.0
1e-12	1e-12	1e-12	0.0	0.0	0.0
1e-12	1e-12	1e-12	0.0	0.0	0.0
2e-6	2e-6	2e-6	0.0	0.0	0.0
2e-5	2e-5	2e-5	0.0	0.0	0.0

Overwrite hydraulic conductivity data automatically

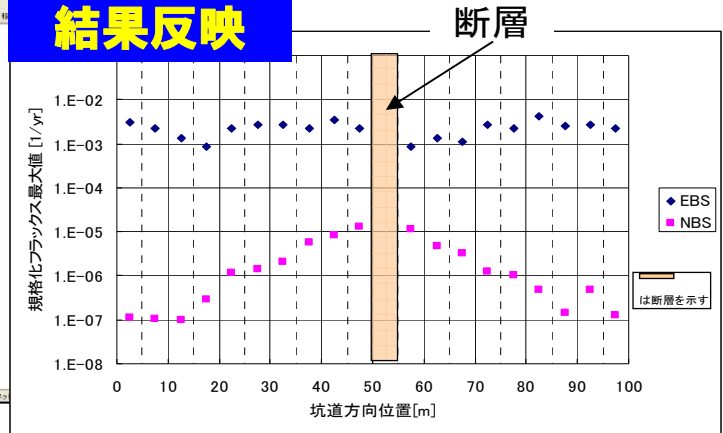
メッシュデータ,
透水係数場の変更



条件変更

- 断層の追加 (位置, 規模)
- 透水係数の設定

結果反映

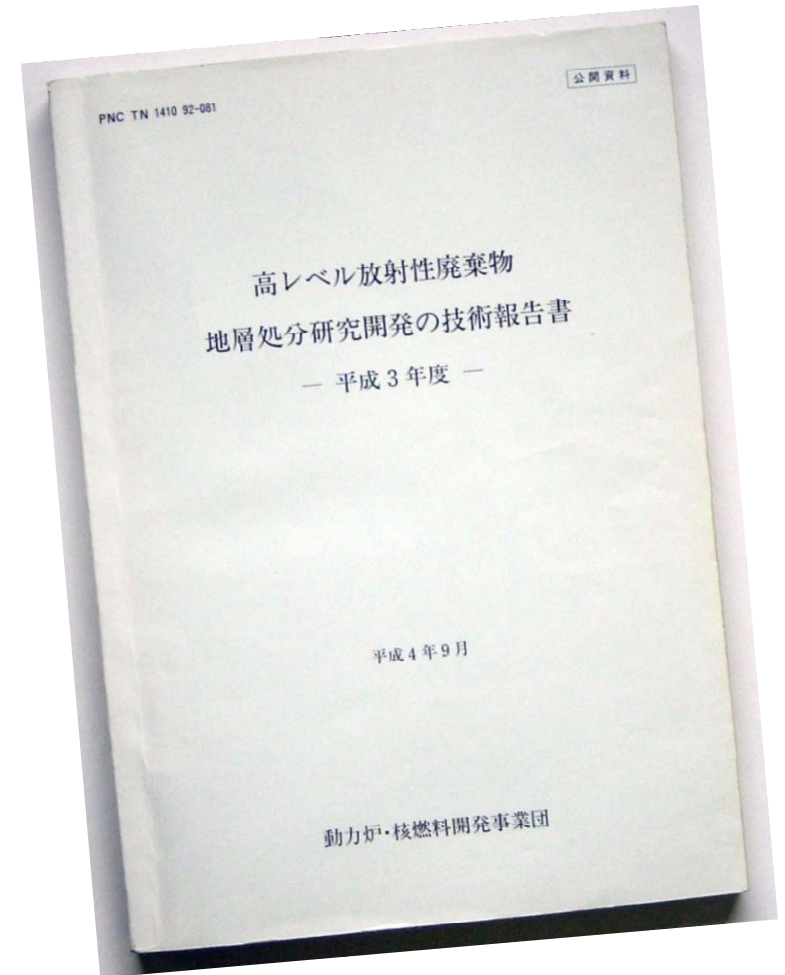


- 報告書作成に関する新たな、寿命の長いアプローチの必要性
 - 日本の放射性廃棄物処分計画におけるプロジェクト報告書で取り扱うべき情報の分量は指数関数的に増大
 - この傾向は諸外国においても同様
- このような情報爆発は平成17年報告書(H17)において指摘され、JAEAは新たなプロジェクトとして**先進的な知識マネジメント(KM)技術の開発**を開始
- **セーフティケースの信頼性**は継続的に高められることが必要(紙ベースでは対応不可)
- **技術移転**を継続的／効率的に実施することが必要
- **国民理解の促進**のためには、「様々な読者自身が知りたいと思う情報を欲しいときにすばやく引き出せる」ことが重要(情報の非対称性の解消)(「**道路地図**」から「**カーナビ**」へ)

統合化と品質保証に関する問題 (1)

18

- 初期には、地層処分システムの統合的性能評価はすべてのプロジェクト要素を概観する少人数のチームによって実施
- 報告書類は、単独の報告書(あるいは少数の報告書群)として伝統的な技術分野(地質環境、工学技術及び安全評価)に沿って作成
- 内容の品質保証は、内部レビューあるいは限られた範囲の外部レビューに基づく「形式化」されていない方法で実施



統合化と品質保証に関する問題 (2)

19

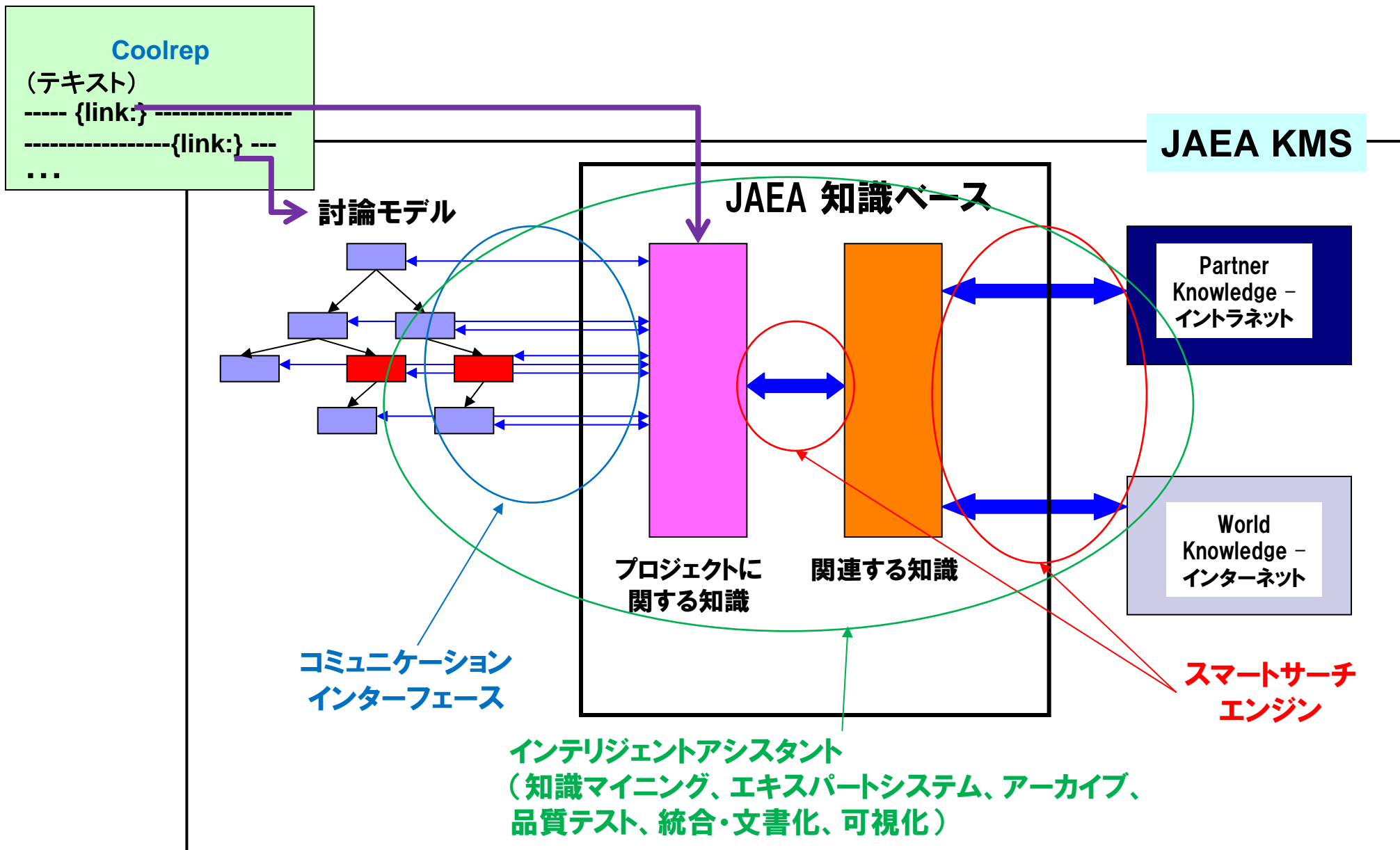
- 20世紀末までに、プロジェクトに関する文書化には多数の報告書をシリーズとして取りまとめる必要性が生じた
- 各報告書はそれぞれの内容に対応した専門家によるチームによって作成され、個々の分野においてさえ全体を概観することが次第に困難となった → 重複や全体としての整合性の確保に関する問題の発生
- 形式に則った品質保証プロセスが導入されたが分量の多さから適用に限界



- 知識マネジメントシステム(KMS)と一体化した報告書の作成
:“次世代型”文書化-“Coolrep”
 - 関連する多量の情報を取り扱うことが可能
 - 多数の関係者がアクセス可能なユーザーフレンドリーな方法
 - より透明性の高い品質保証の実施が可能
 - 必要な研究開発の特定と限られた資源の下での優先順位付けに関する複雑なプロセスを支援
 - ユーザーからのフィードバックによる情報の構造化のための方法論やプレゼンテーションのためのソフトウェアの改良(自律的進展機能:より重要な適用(例えばサイト選定や許認可のためのセーフティケースの提示)に向けた継続的改良)
 - ...

- 完全な電子化によってDVDあるいはインターネットで作成
- 簡単に読むことができる概説(30-50ページ程度)
- ハイパーリンクによりサポート情報に接続, 例えば:
 - より詳細な技術的情報を提供する報告書
 - 重要な参考文献の全文
 - ビデオやアニメーションなどの可視化支援資料
 - レビューや品質保証に関するすべての資料
 - 関連するウェブサイト
 - ...
- 国内外関連機関の専門家からの意見(KMSレビューワークショップ、QAワークショップ) → 支持と賛辞

CoolrepとKMSのリンク



- 概説はセーフティケースの論理構造の提示(地層処分が安全であるという「骨」の部分の説明)に焦点をあてることが可能
 - 技術的な支援情報は専門家向け報告書として別に提供するのではなく関連する場所でアクセス可能(「見たいものがすぐ見える」)
- 技術的な深さは入れ子構造のハイパーリンクによって増加
- ピアレビューを実施したテキストと直接リンクすることによって可能な箇所はすべて品質を保証することが可能
- 報告書作成過程の管理への効用
 - 受け入れられている最新のドラフトを含む, 読み取り専用のマスター文書を一つだけ存在させることが可能で管理が容易
 - 構成要素の修正は並行して進めるが著者の電子署名付きとし, 報告書のコーディネーターの承認と署名を得た後に初めてマスター文書に加えられるような厳密な管理が可能
 - これによって品質を保証し, 異なるグループが異なるデータベースを使用するような事態を排除可能

- 概説を最上位に置く階層的な情報構造により、対象層に応じた「わかりやすい」安全性の説明が可能
- 技術移転に有効
 - 技術を知識基盤として体系化することにより、個別技術の内容を相互に関係付けて理解可能
 - 知識マネジメントの視点を導入することにより、最新の知識による技術的な更新が可能
 - 調査技術や手法、データといった技術的な成果物だけでなく、それらの適用に関するノウハウを提供

■ 中期計画報告書との関係

- Coolrepは知識マネジメントシステムの進化に応じて継続的に変化する「**生きた文書**」
- 中期計画報告書は中期計画終了時点でCoolrepの内容を「凍結」したもの
- Coolrepの方法論は開発途上

■ 想定読者

- NUMO、安全規制機関、地層処分に関心のあるステークホルダー

「地層処分のセーフティケースを支援するための知識ベース」(仮題)

1. 中期計画報告書の位置づけ

放射性廃棄物の展望／日本の地層処分計画の推移／今後のマイルストーンへの準備／本報告書の範囲と目標

2. 技術的背景

日本における放射性廃棄物管理／地層処分プロジェクトの歴史と目標

3. 安全性の実証

セーフティケースの定義と日本における適用／安全戦略／処分の実施のための構造的アプローチ

4. 定型化された方法による安全性の定量化

処分システムの記述／シナリオ解析／影響解析／品質マネジメント／解釈とセーフティケースのための論拠

5. Coolrepの概観

KBの限界についてのまとめ／その他の利用可能なリソース

6. まとめと結論、将来の研究開発課題

■ 統合の視点

- 知識工学的視点: 成果物だけでなく成果を生み出すためのノウハウなども対象(スライド#8参照)
- H22取りまとめメッセージの裏づけ

■ H22取りまとめメッセージ案

- 第2次取りまとめ及びTRU2次レポートは、日本における高レベル放射性廃棄物／TRU廃棄物の安全な地層処分が基本的に実現可能であることについて確かな基盤を提供、その後の著しい科学技術の進歩に照らしても基本的な結論はなお有効
- この日本全体を視野に入れた一般的な基盤は、第2次取りまとめ／TRU2次レポート以降続けられている事業段階の研究開発によって、特定の候補サイトの固有の条件に対して具体的に適用するために強化
 - 候補サイトの地質学的、地理的、社会政治学的条件の考慮
 - 閉鎖後だけでなく処分場の建設・操業期間の安全性を確保するための要件や建設における実際的な制約条件を包括的に考慮
 - 「情報の非対称性」の問題認識－すべての関心のあるステークホルダーへの積極的な情報提供
 - 地域の要求に応じて、技術的基準に沿って作成された計画を変更を許容する柔軟性－ただし、地域の要求を優先して変更した結果、安全性に対する裕度が犠牲となってはならない
 - 研究開発の進展や科学技術の進歩、候補サイトが決まった後に行なわれる地質環境特性調査などによって今後も予想される関連情報の爆発的増加は従来の情報管理の方法を超えたものになりつつあるという認識と、これに対応するためのパラダイムシフトとしての新たな知識マネジメントシステムの導入

- KMS開発と「クールレポ」のアイデアに基づくアプローチに関する議論
 - KMS国際レビューワークショップでの支持(2008年11月、http://www.jaea.go.jp/04/tisou/kms/kms_chisiki.html)
 - 地層処分研究開発・評価委員会による支持(2008年11月)
 - QAワークショップにおける支持(2009年1月、[ウェブサイト準備中](#))
 - 電子報告書の技術的可能性を実証(英文デモ版作成、2008年11月)
- KMSプロトタイプ of 構築と公開(平成21年度)
- クールレポ主文の作成
 - 第一次ドラフト内部レビュー中
 - 外部レビューを予定
 - 内部委員会(地層処分研究開発・評価委員会など)
 - 国内関係機関
 - 国際レビュー(ワークショップ?)

- 知識マネジメントに関する新たな取り組みは、地層処分計画におけるすべてのステークホルダーに共通の科学技術的基盤を提供することを目指している
- KMSの開発そのものが大きな課題:しかし、最新のITやKMツールを用いることによって実現可能
- KMSツールによって、安全で効率的、かつ受け入れることができる処分場開発プロジェクトにとって重要となる上位レベルの統合化や意思決定に要する時間を短縮するとともに容易にすることが期待される
- 21世紀の放射性廃棄物管理プロジェクトの実施や規制に携わるスタッフは、先端的なソフトウェア、データベース及びインターフェースによって広い視野を得ることが可能となる
- JAEAは要求に応じて知識や情報を提供することを目指して次の進捗報告書(H22)の作成を検討中:この報告書では次世代のセーフティケースに求められるKMSの主要な概念を提示するだけでなく、これらを報告書自体に取り込む計画
- 安全文化を目指すすべての関係者を奮起させるような焦点を絞った効果的な品質マネジメントを実行することが不可欠であり、KMツールはユーザーにとって利点が明確となるように、QAに対する努力が最小限となるようなものでなければならない