



JAEA QA ワークショップ  
2009年1月28-29日

## 知識マネジメントシステムの背景と H22報告書の作成について

梅木 博之

独立行政法人日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門

### 知識マネジメントシステムの必要性

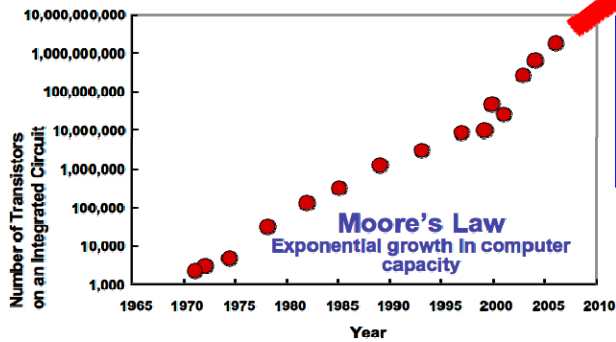


1

- 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)

## 地層処分に特有の課題

- 情報爆発はコンピュータ能力の発展によって加速
  - 今後もこの傾向は持続 – 2002-2007年の間にさらに加速、倍増する時間は3年から1.5年に短縮！
- 放射性廃棄物処分分野では特に問題: 研究開発計画の作成にあたって事業期間の長期性に留意することが必要
  - 従来型アプローチでは破綻することは明らか

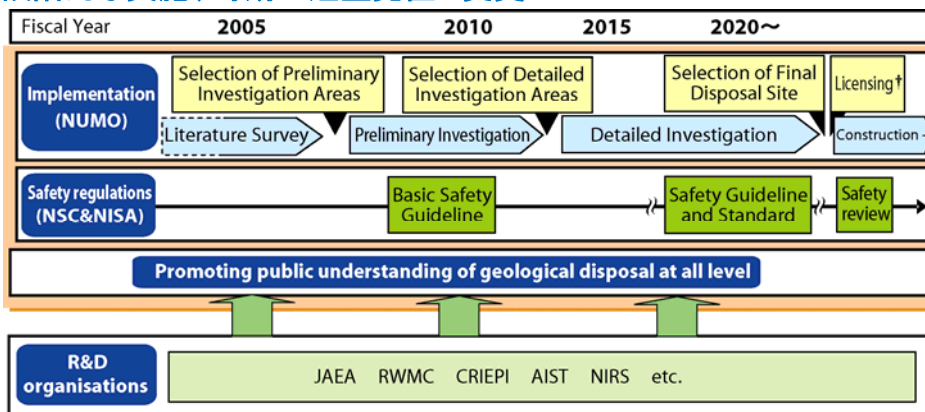


・処分場の操業 ~ 2035?  
 $10^6 \times$  現在の能力 / 速度

・処分場の閉鎖 ~ 2095?  
 $10^{14} \times$  現在の能力 / 速度!!!

## 日本の地層処分計画

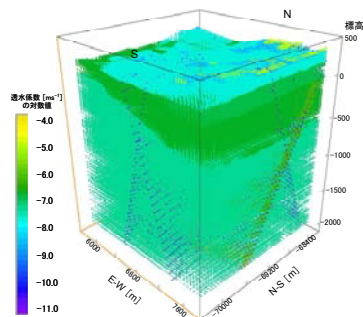
➤ 段階的な実施、時期は適宜見直し変更...



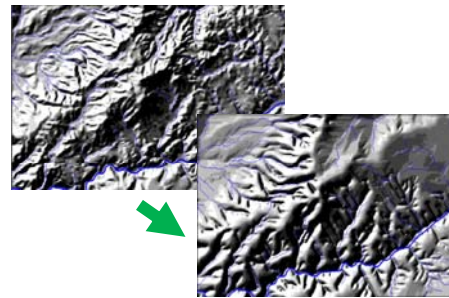
➤ 知識マネジメントシステムの開発はH17レポートによって打ち出され、実施主体と規制機関に技術的基盤を提供するJAEAの中心的テーマ (JNC H17, 2005)

## 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
- 最近では、三次元の高解像度、時間依存のより統合的なモデルの取り扱いにより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

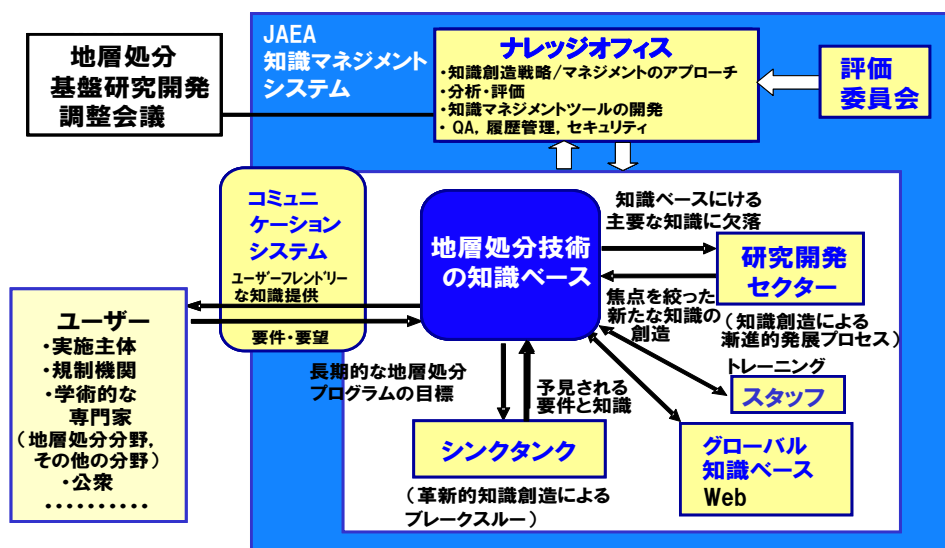
## 日本の計画に特徴的な課題

- 公募方式による**サイト選定** – スケジュール、サイト特性（複雑な地質である可能性）、適切な処分場デザインにおける不確実性
- サイト特性調査初期の厳しいスケジュール、複数の候補地点を並行して調査しなければならない可能性
- HLWとTRU廃棄物両者を対象（分割処分あるいは共処分）
- 経験を積んだ専門家の不足や団塊世代の大量退職
- 公開性と透明性の確保に関する義務

## JAEA KMSの基本概念

- 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



## KMSの主要な構成要素

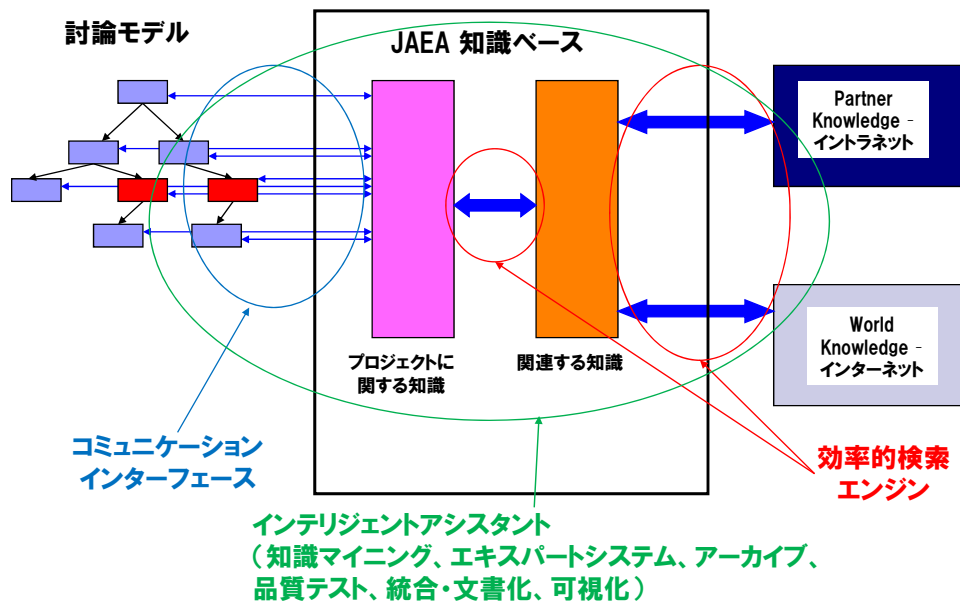
- 知識ベース(KB)と関連する保管、維持ツール
- 知識獲得技術(形式知及び暗黙知)
- 知識処理技術(自律的処理、品質チェック、傾向分析、etc)
- 柔軟性のあるユーザーフレンドリーなコミュニケーションインターフェース
- トレーニングと暗黙知の伝承
- 執行管理:進捗やフィードバックの利用のモニタリング、品質マネジメントと戦略策定(技術やプロジェクトの境界条件における将来の進展の予見に関する活動も網羅)

## 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	- 生データ(内部) - 抽出データ(外部作業用) - 処理データ	- 自律的なQA - データマイニング - 自律的データ	- 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	- 作成文書 - 外部で作成された主要文書	- 頑健なアーカイブ - 自律的QA/カタログ化/相互参照	- 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	- 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	- 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	- 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	- 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	- 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	- 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	- 経験をつんだ統合チーム - エキスパートシステム	- 主要な統合プロセスの明示 - QAアプローチの提示	- 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	- 経験をつんだ調整チーム	- 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	- 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	- ユーザーフレンドリー・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)	- 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	- 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

- 知識ベース (KB) の厳密な構造化は不要:
  - 標準化した語彙体系 (オントロジー) によるスマート検索エンジンの活用
  - 厳密なファイル管理と頑丈なセキュリティ
- KMS によって提供される機能
  - KB の維持、更新、アクセスの促進 (可能な限り自動化)
  - 知識生産者とユーザー間の効果的インターフェース (先進的コミュニケーションツールの利用)
  - 自動化することができないタスクを実行 (例えば意思決定) するための暗黙知の開発
- ユーザー (知識生産者を含む) のニーズに基づく KMS の適用
  - 要件管理システム (RMS) とのインターフェース
  - すべてのユーザーのニーズに対応する柔軟な討論ネットワーク



- 情報技術による支援を統合
- オントロジーの構築を支援
- 組み込まれるツールキット
  - 形式知の編成－知識マイニングツール
  - 暗黙知の編成－エキスパートシステムツール
  - 自律的な知識処理－アーカイブ、品質テスト、結合、統合及び文書作成に関するツール
  - 知識の提示－可視化ツール

- 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

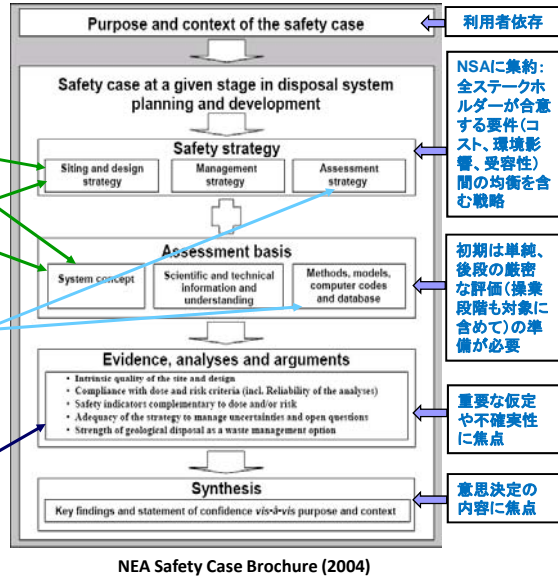
- 通常「プロジェクト管理」ハンドブックの対象となるトピックス – 「自然科学」ではタブー
- 先端的技術を押し進め、百年といった時間スケールのプロジェクトにおいては決定的に重要
- 執行管理が不可欠：
  - すべてのユーザー（実施主体及び規制機関、データ供給者とデータ出力者、その他のステークホルダー）にとってアウトプットが適切なものとなっていることを確認するための進捗状況のモニタリングとフィードバック
  - 最終的に処分場の許認可における意思決定に利用されることから、これに耐える厳格な品質マネジメントの確保
  - 戦略開発（時間フレームを考慮し、技術やプロジェクト境界条件に関する将来の重要な変化を予測することが必要）

- 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



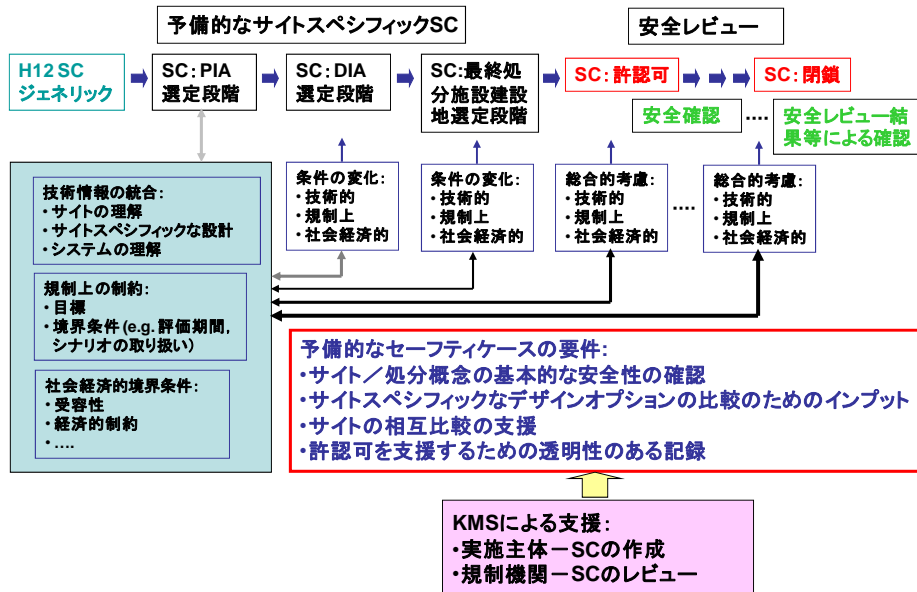
# セーフティケースの構成要素

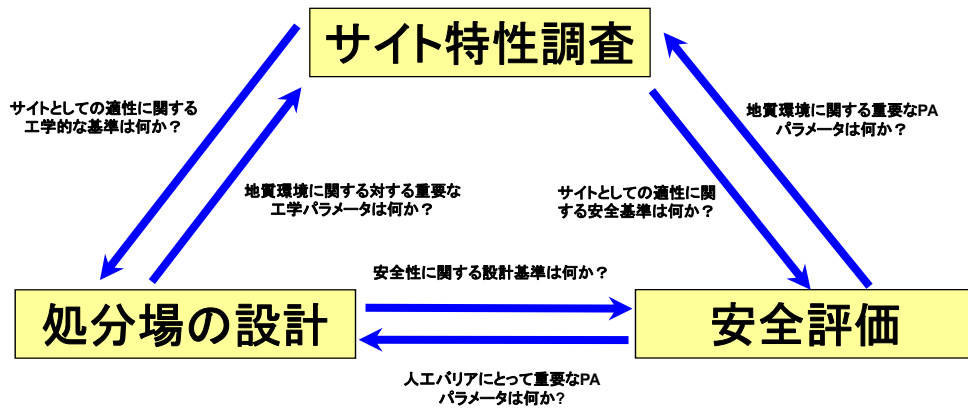
- 多様な論拠に基づく地層処分システムの長期的安全の主張及びその信頼性の評価
- 与えられた前提条件(対応する意思決定の種類、安全基準、技術基準など)の下でセーフティケースに含めるべき論拠の要件
  - 適切なサイトが選定されていること
    - 地質環境の長期安定性
    - 好ましい地質環境特性(還元性・小さな地下水流量と流速)
  - 処分場が適切に設計されていること
    - 適切な設計思想(多重バリア、頑健性、安全裕度、品質管理、経験の豊富な材料の使用、経済性)
    - 建設・操業・閉鎖技術の実現可能性
  - 信頼できる安全評価手法を用いていること
    - 網羅的かつ体系的なシナリオ解析
    - 評価モデルの検証及び確認
    - ソフトウェアやデータの品質管理
    - 最新の科学技術的知見との整合性
    - 不確実性への対処
  - 求められるレベルの安全性を有していること
    - 長期的安全性が基準を満足すること
    - 不確実性を考慮した安全性の補完的説明
    - 閉鎖前安全性



NEA Safety Case Brochure (2004)

# セーフティケースの段階的進展とKMS





## 品質マネジメント

- 重要性は疑いの余地がない、しかし、不適切に適用され多くの処分プログラムで悩みの種
- セーフティケースによって焦点を絞ることが可能 - 要求される品質のレベルはセーフティケースへの影響度に関連:
  - 決定的に重要な論拠(例えば、母岩の特徴が十分に定義されている)に対しては高レベルの品質が必要
  - 一般的な支援情報(例えば、被覆層の熱伝導特性が把握されている)にはそれほど高くないレベルの品質で可能
- QMSの必要性が容易に説明できるような状況では、これを厳密に実施することについてより許容されやすい

- JAEAは、実施主体と規制機関を支える技術的基盤を提供(セーフティケースの開発を支援)するという役割を果たすために2010年(H22)に進捗報告書を作成
- KMSはこの支援機能の主要な要素として提示
- 情報爆発という問題とパラダイムシフトの実現という方針を念頭に置いて、これまでに議論した多くの原則を実現することができるような文書化のための新しいアプローチについて検討中

- 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)

- 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



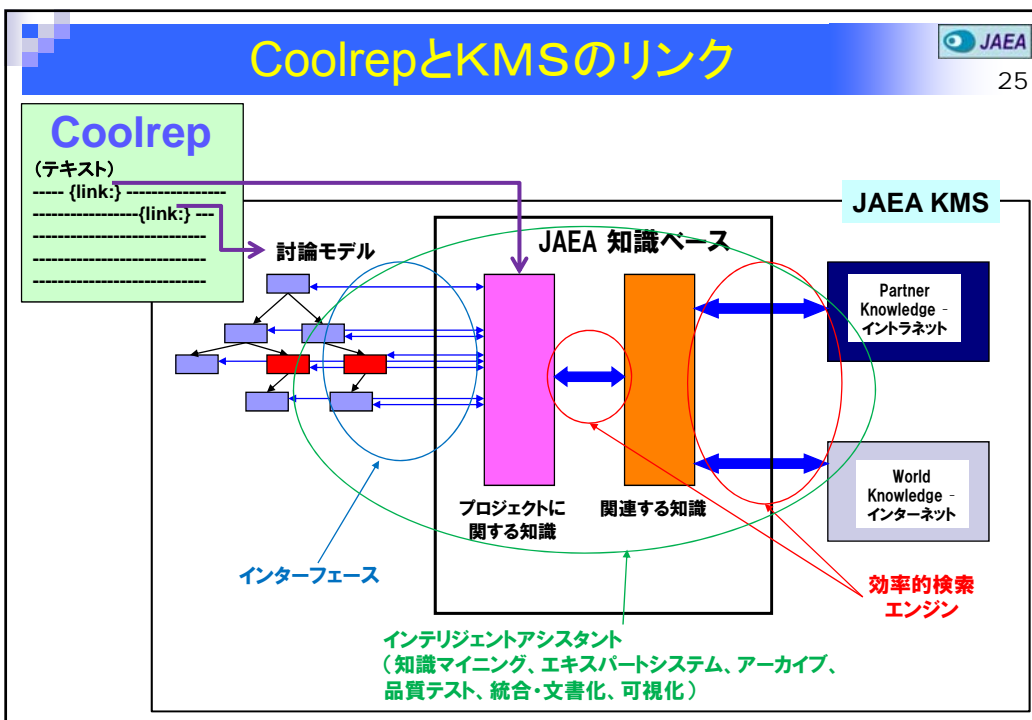
## 解決の方策

- 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)
  - ...

## Coolrepのアイデア

- 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) → 支持と賛辞

## CoolrepとKMSのリンク



## 利 点

- 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の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
- エキスパートシステムを稼働した実体験が可能: URLの成果を用いたエキスパートシステムで地質環境調査をシミュレーション(マニュアル(文書)へのリンクでは単なる情報提供)

## 結 論

- 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見え、明確となるように、QAI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