# 2009年度バックエンド週末基礎講座

## 実践講座VI

# 地層処分技術の知識管理
# －原子力機構における取り組み－

平成21年10月25日
北海道大学学術交流会館第3会議室

（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管理の必要性

2. 原子力機構の取り組み

3. 知識管理システムのデモンストレーション

4. まとめと今後の予定

# 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)を示す広い意味で使用
- **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**
  - 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)**
  - 知識マネジメント機能　＋　知識ベース

# 1．地層処分における知識管理の必要性

（1） 日本における地層処分技術の研究開発と地層処分計画

（2） 知識管理システムの必要性

# (1) 日本における地層処分技術の研究開発と地層処分計画

## 安全確保の仕組み

**日本の地質環境**

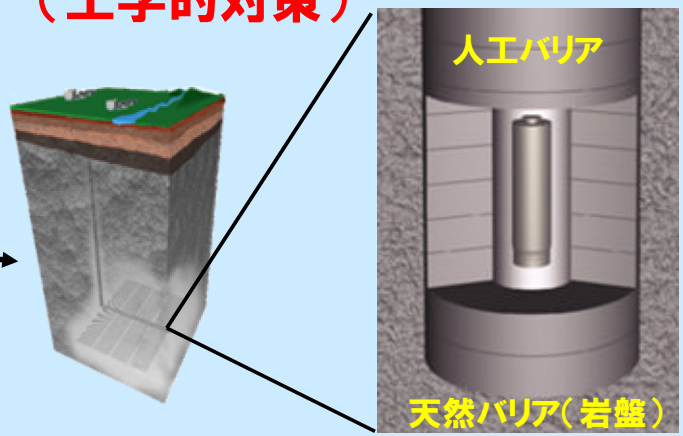
- 火山・活断層・侵食・・・
- 地下水の存在

**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）

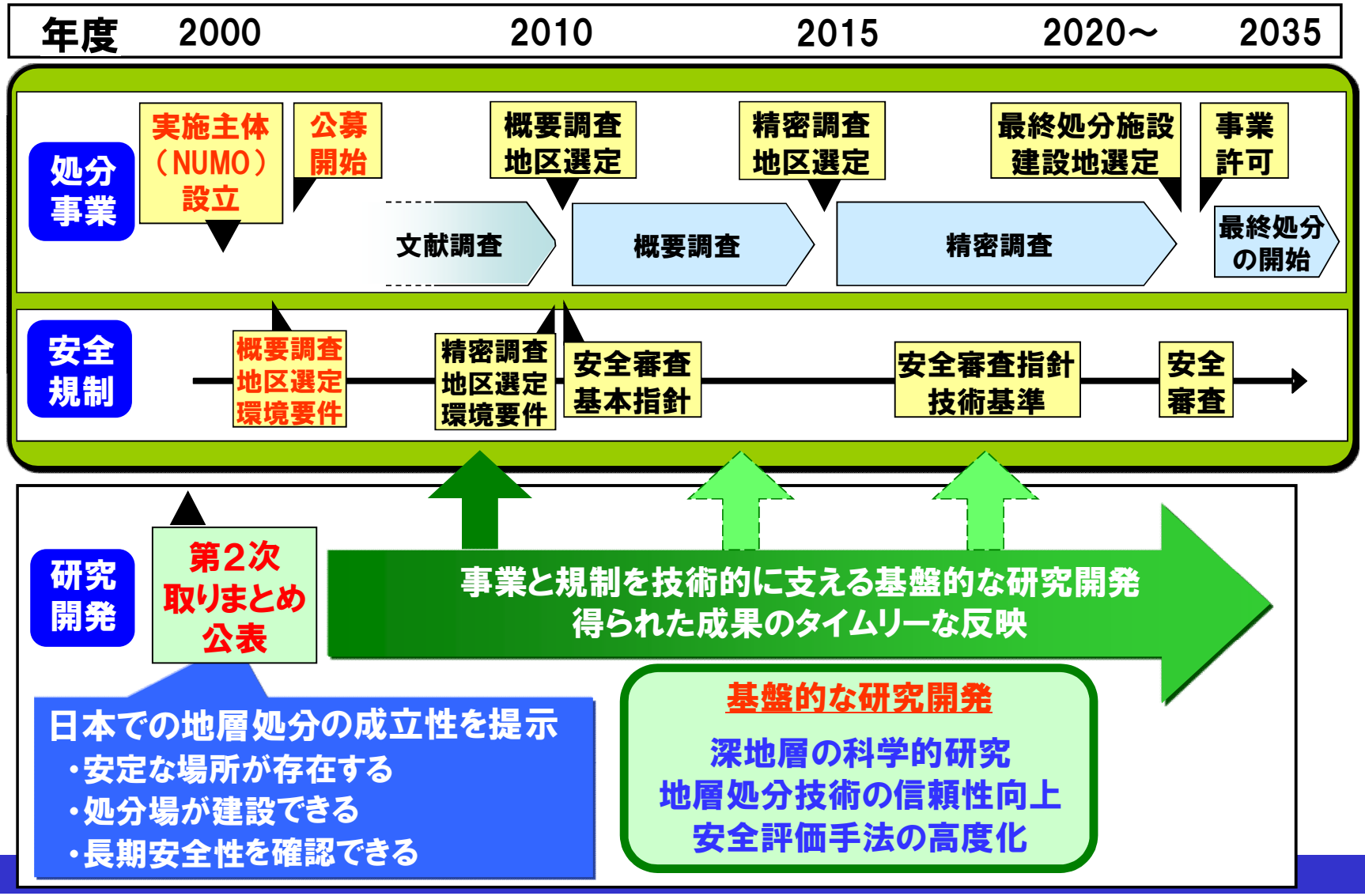



**安全性の確認**

処分場の長期安全性を予測的に評価　（安全評価）

# (1) 日本における地層処分技術の研究開発と地層処分計画

## 日本の地層処分計画



# (1) 日本における地層処分技術の研究開発と地層処分計画

## 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) 知識管理システムの必要性

## 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) 知識管理システムの必要性 情報の爆発的増加

- 従来型知識マネジメント
  - 編集と記録：文書とデータベース
  - 構造化と保存：ライブラリとアーカイブ
  - 品質管理：整合性チェックとピアレビュー
  - 統合と計画：専門家グループ
- 年報，特定テーマのレビュー，研究開発計画などに集約
- 基本的な枠組みは文明の発生と同時に形成，現代までほとんど変わらない：専門家グループの役割が重大

2002年のデータ:
- 新規情報生成量 – 5 EB
- 電子的媒体へのデータ保存 – 92%
- 年間の電子情報フロー – 18 EB
- 指数関数的増加：倍加時間約3年（10年間で1桁増加）

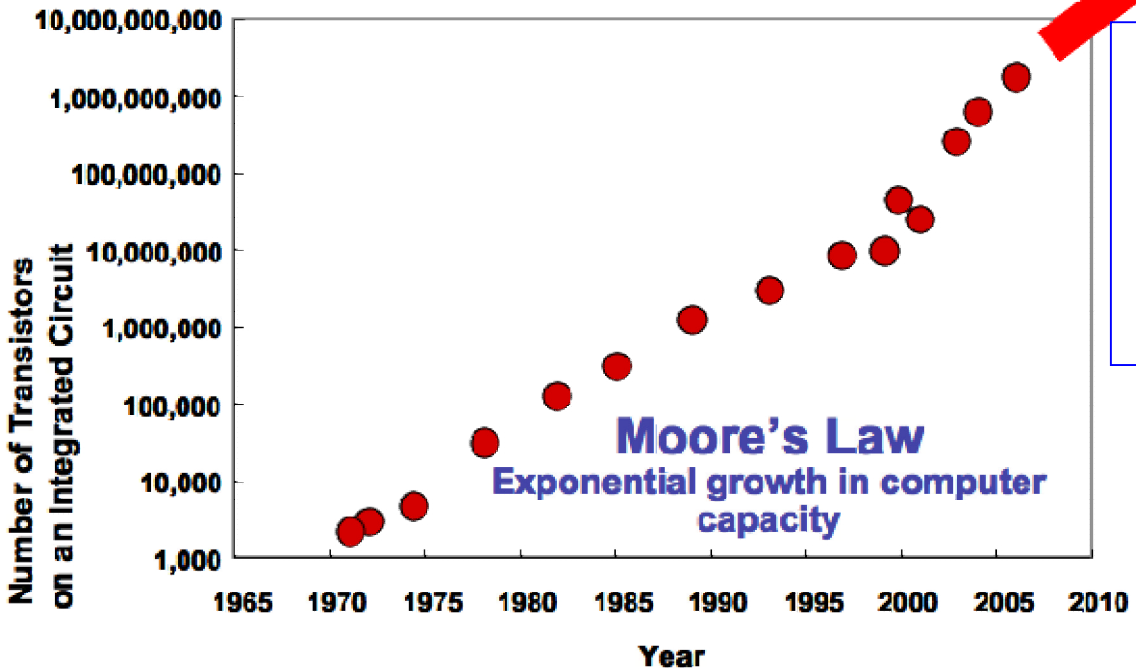
キロバイト（kB）：$10^3$ bytes
2 kB: タイプ原稿1ページ分
メガバイト（MB）：$10^6$ bytes
5 MB: シェークスピアの全著作
ギガバイト（GB）$10^9$ bytes
100 GB: 学術雑誌の図書館1フロア分
テラバイト（TB）$10^{12}$bytes
10 TB: 米国議会図書館収集の全印刷物
ペタバイト（PB）$10^{15}$bytes
200 PB: 全印刷物
エクサバイト（EB）$10^{18}$bytes
5 EB: 人類がこれまで話したすべての単語
(http://www2.sims.berkeley.edu/research/projects/how-much-info-2003/execsum.htm) より抜粋

# (2) 知識管理システムの必要性

## 情報の爆発的増加(地層処分特有の課題)

- 情報爆発はコンピュータ能力の発展に促進され追随
- 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?
$10^6$ x 現在の能力 / 速度

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

# (2) 知識管理システムの必要性

## 情報の爆発的増加(地層処分に関する知識ベースの変遷)

1940
1950
1960
1970
1980
1990
2000
2010

コンピュータ
能力の成長
とほぼ並行

主要ドキュメント／データベース
のインベントリ("page")

主要ドキュメント

すべて紙面

大部分が紙面

大部分電子媒体

すべて電子媒体

$10^4$

$10^6$

$10^8$

$10^4$

$10^7$

$10^{10}$

主要データベース

テキスト／磁気媒体

磁気媒体

磁気媒体／光媒体

光媒体／磁気媒体

NB 1 "page" ca. 2 kB

# (2) 知識管理システムの必要性

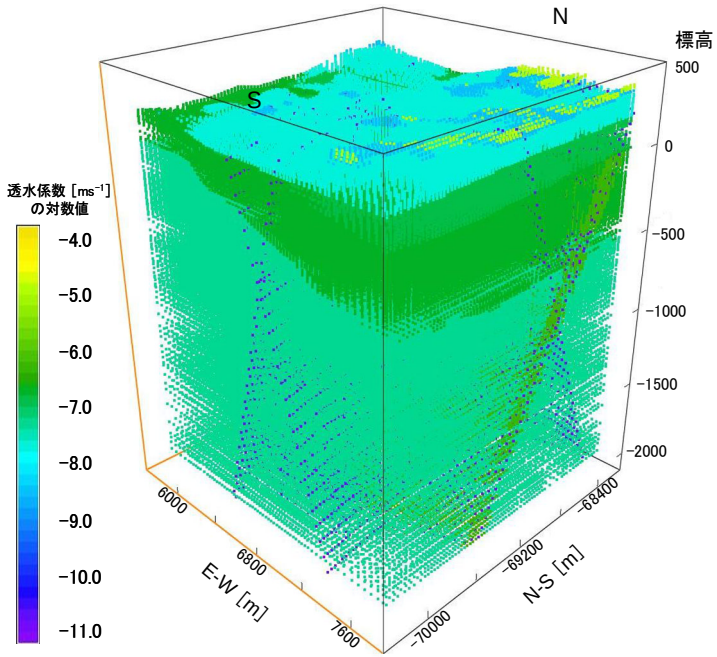
## 情報の爆発的増加
## （米国ユッカマウンテン処分場許可申請資料）

関連資料を含めると、三千万ページ

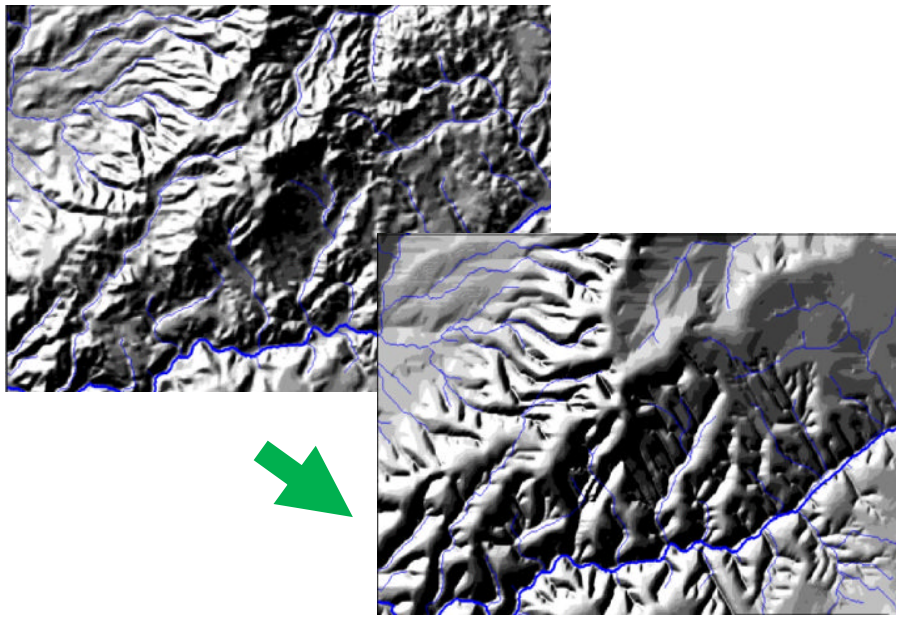
# (2) 知識管理システムの必要性

## 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) 知識管理システムの必要性

# (2) 知識管理システムの必要性

## 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

## 原子力機構における知識管理システム(JAEA KMS)の開発

・指数関数的に成長する知識ベースに対応
・必要な情報に容易にたどり着けるように
・データ生産者にフィードバックを行えるように

○従来型の知識ベース(紙媒体)から電子媒体へ
○必要な情報に容易にたどり着けるような検索機能
○判断根拠やそれを支持する証拠の保管と、新たな知見が得られた場合の書き換えを容易にする機能、履歴を管理する機能
○異なる分野間で議論できる機能
○暗黙知を抽出しやすくする機能
○技術伝承や人材育成に利用できる機能・・・・
○最新の知識工学・情報処理技術を用いたKMS
○システムのメンテナンスが容易なこと

# 将来も使えるシステム

土木分野においても1980年代後半～1990年代前半に
多くのエキスパートシステムが構築されている。

（例）構造物の設計支援システム、既設土木構造物の保守・管理支援システム、
構造物寿命予測システム、交通量予測、地下水実験フローに
関するエキスパートシステム等
（土木学会データベース内に収容されている文献は約350文献）

現在でも稼働しているものはごくわずかであり、ほとんどが衰退

従来のエキスパートシステム
- ✓ 汎用されにくいものであった
- ✓ 利用されても利用時に気付いた修正点を容易に更新できなかった

知識ソース（専門家）とシステム構築者（ソフトウェア開発者）との
かい離のため、知識の初期入力および更新が適切に行われず、陳腐化した。

# 将来も使えるシステム

| 従来のエキスパートシステムの失敗要因 | 既存のソフトウェアを用いたエキスパートシステム |
|---|---|
| 知識獲得の困難さ | ルール入力にはプログラムの知識を必要としないため、専門家がプログラマーを介さず自ら知識を入力できる |
| 知識メンテナンスの困難さ | ユーザーフレンドリーなインタフェース上でルールの更新が簡単に行える |
| 既存システムとの統合の困難さ | 決定木上に参考文献や計算ツールをリンクさせることが出来るので、実用へとつなげることが可能である。 |

**既存のソフトウェアをカスタマイズすることにより知識の入力・更新が容易になり、持続可能かつ発展するエキスパートシステムの開発が期待できる**

# JAEA KMSの主な機能(1/2)

**知識ネットワーク**

専門家が頭の中で考えている知識の関係をネットワーク状に表現

⇒知識の伝承・人材育成

**中間スキーマインターフェース**

世界各国の地層処分関係機関のサイトに同じキーワードで同時に アクセスし、関連する報告書を検索

⇒必要な情報に容易にたどり着けるような検索機能

**エキスパートシステム**

専門家の頭に入っている地質環境調査・解析のノウハウを表出化し、他の人が同様な調査・解析を行うことを支援

⇒知識の伝承・人材育成

**事例ベースシステム**

調査計画の立案の際や実際の調査中に問題に出会ったときに参考となる事例を格納し、調査・解析を支援

⇒知識の伝承・人材育成

**エキスパートシステム開発インターフェース**

専門家が頭の中で考えている経験やノウハウの表出化を助ける機能

⇒暗黙知の抽出、知識の伝承・人材育成

# JAEA KMSの主な機能(2/2)

## Scarab(討論ダイアグラムエディタ)

安全性の考え方の流れを論証と反証の連鎖で示す「討論ダイアグラム」を編集

⇒専門家間での知識の共有、知識の伝承・人材育成

## PAIRS

性能評価報告書の内容の一部変更に伴って生じる関係する記載箇所を同時に更新

⇒新たな知見が得られた場合の書き換えを容易にする機能

## JAEAデータベース

既存のデータベースをJAEA KMSのために作りかえるのではなく、そのまま利用できるようにリンク

⇒知識の伝承

## KOBWEB

グループウェア

⇒周知・連絡・意見交換

# 知識管理システムのデモンストレーション

# 4. まとめと今後の予定

## まとめ

従来型の知識マネジメントでは破綻
　⇒新たな知識マネジメントの提案
知識の伝承・人材育成、将来の新たな知見に基づき容易に変更可能なシステム（JAEA　KMS）の開発

## 今後の予定

平成21年度中にプロトタイプを完成させて、平成22年度から運用開始
引き続き知識の収集と入力を実施