

## 【個別技術報告】

# 処分技術と安全評価に関する研究開発の現状 —実際の地質環境を対象とした取組みを中心として—

地層処分技術に関する研究開発報告会  
—処分技術の信頼性を支える基盤の強化に向けて—

平成15年2月28日 ヤクルトホール

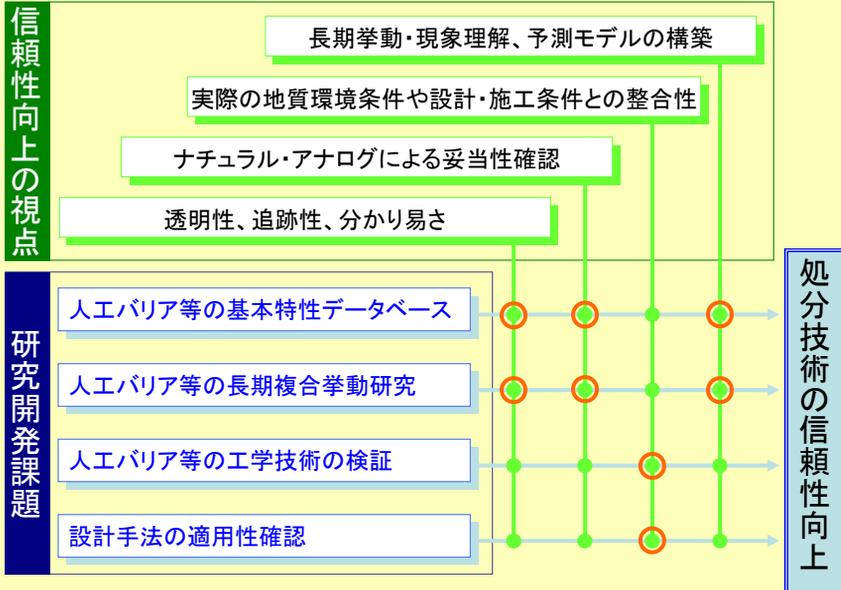
核燃料サイクル開発機構 東海事業所  
環境保全・研究開発センター

石川 博久

## 報告内容

- 研究開発課題と進め方
- 実際の地質環境を対象とした取組み  
(国際共同研究を中心に)
- 今後の進め方
- おわりに

## 処分技術の『信頼性向上』の視点

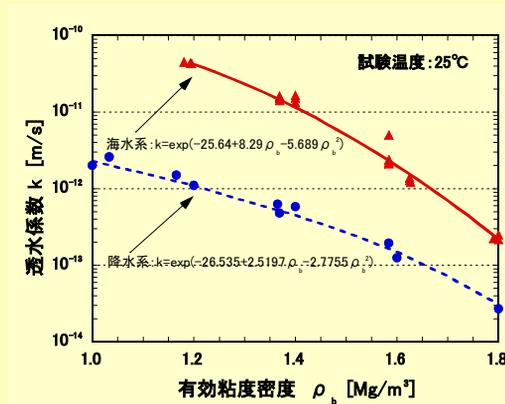


## 人工バリア等の基本特性データベース

緩衝材の基本特性データベースを構築するため、実際の地質環境条件を考慮した塩濃度や熱(温度)の影響に関するデータの拡充およびデータベース化

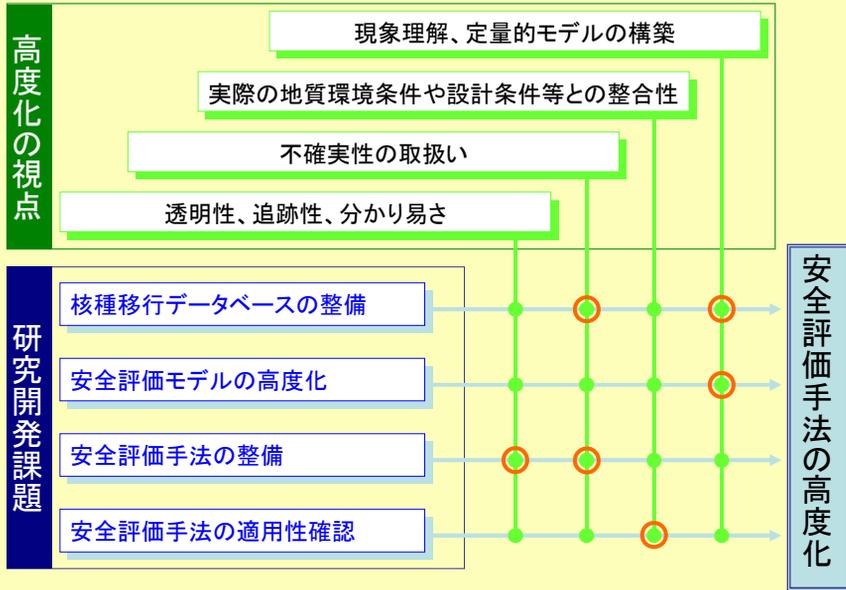
主に海水条件等を拡充中

- ・透水特性(透水係数)
- ・熱特性(熱伝導率、比熱)
- ・力学特性(一軸圧縮強度など)
- ・膨潤特性(膨潤応力、膨潤率など)

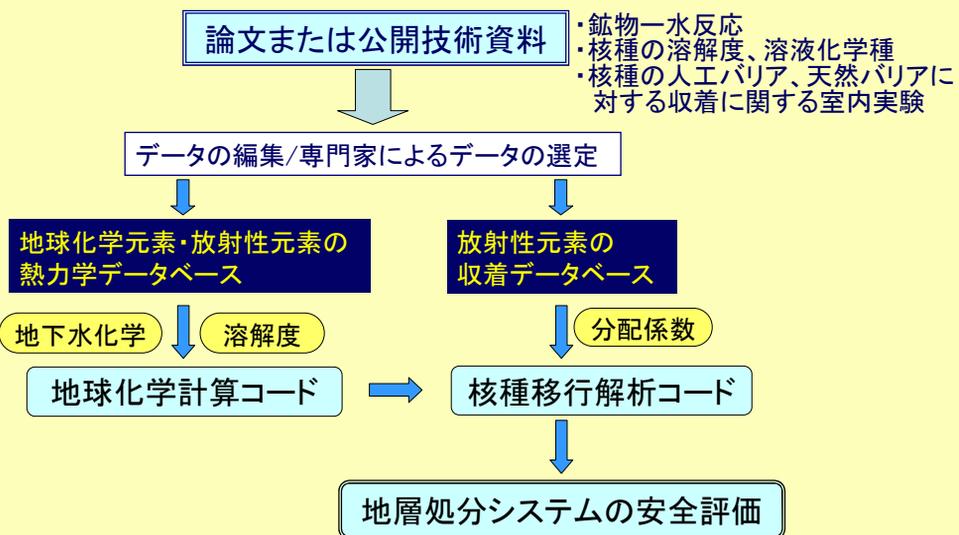


人工海水を用いた透水試験結果の例

## 安全評価手法の『高度化』の視点



## 核種移行データベースの整備

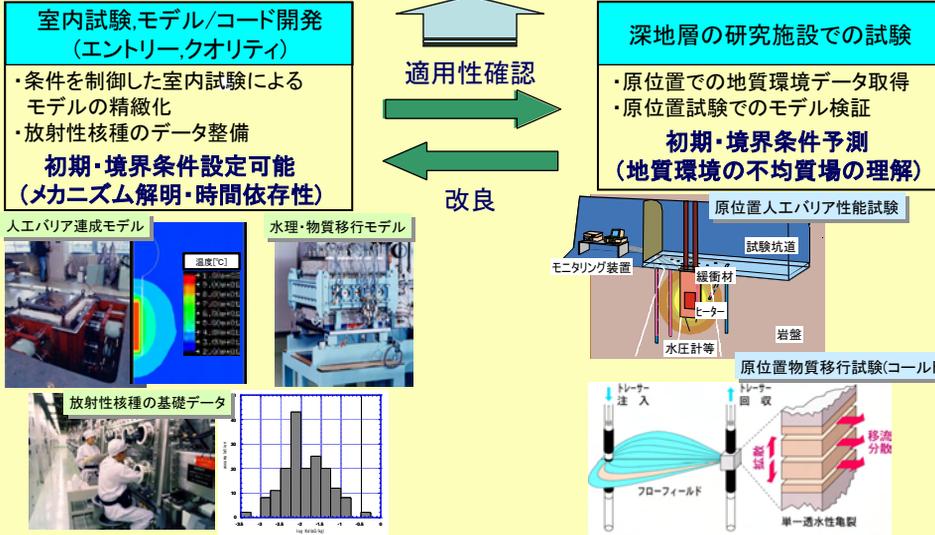


現在、データベース公開に向けて準備中

# 室内試験と深地層の研究施設での試験との連携の考え方



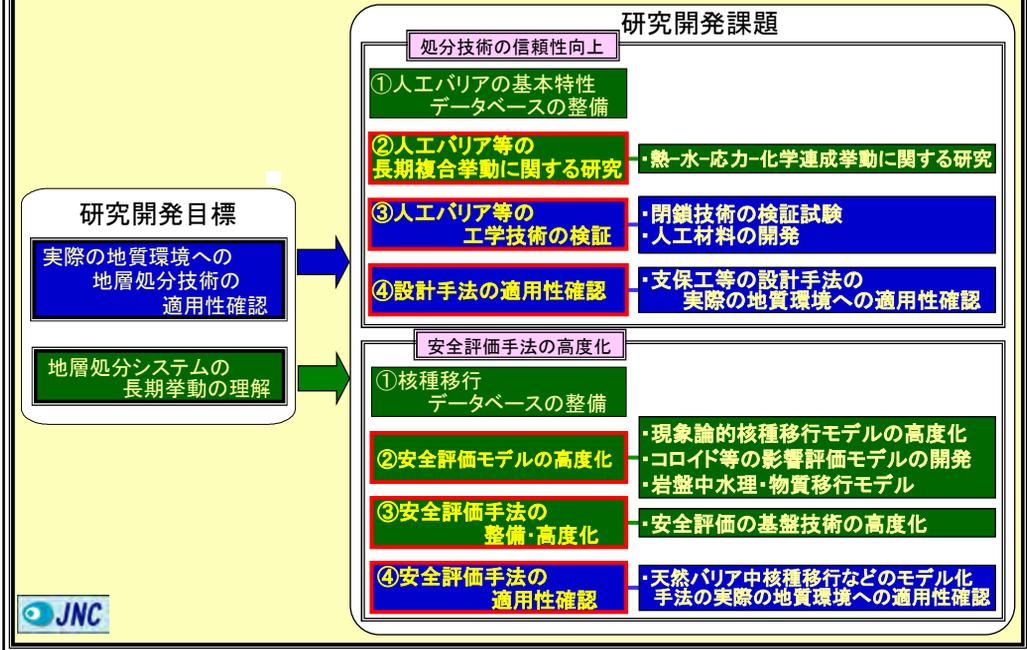
設計や安全評価で用いるモデルの信頼性向上



**実際の地質環境を対象とした取組み (国際共同研究を中心に)**



# 国際共同研究による海外の地下研究施設を活用した研究の位置づけ



## カナダAECLとの地下研究施設での人工バリア工学技術の検証

### ●目的

実規模試験によるシーリング技術の検証

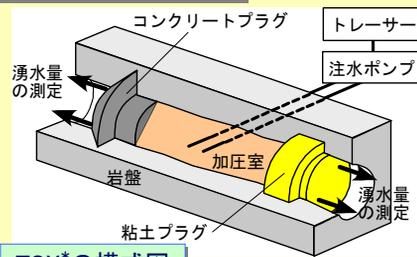
### ●実施内容

- ・低アルカリ性コンクリートおよび粘土プラグの設計・施工技術の適用性の評価
- ・プラグ性能の検証データの取得
- ・解析評価手法の確立

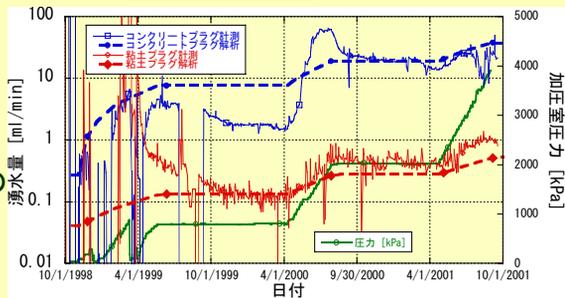
### ●これまでの成果

- ・掘削影響領域を考慮したプラグの設計・施工
- ・浸潤経路の把握
- ・トレーサー解析による浸潤経路評価

\* TSX:トンネルシーリング試験



TSX\*の模式図



プラグからの湧水の経時変化

## 期待される成果およびわが国への反映

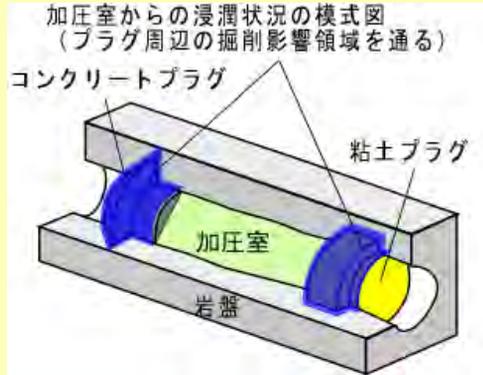


### ●期待される成果

- ・計測データから、プラグ性能を定量的に評価するとともに、評価手法を確証できる。

### ●わが国への反映

1. 結晶質岩に対するプラグおよびその周辺岩盤における浸潤挙動の検証と解析手法の確証
2. 幌延の堆積岩の場に応じたプラグの設計施工技術への応用
3. 試験で用いられた長期試験に適応する計測技術の選定



これまでの成果から推測される浸潤経路

## スウェーデンSKBの地下研究施設における プロトタイプ処分場プロジェクト



### ●目的

- ・坑道閉鎖までを模擬した実規模人工バリアシステムの構築及び解析モデルと実現象との比較の実施
- 特に、ニアフィールド環境での連成(熱-水-応力)現象の把握及びその解析評価手法の確証に重点

### ●実施内容

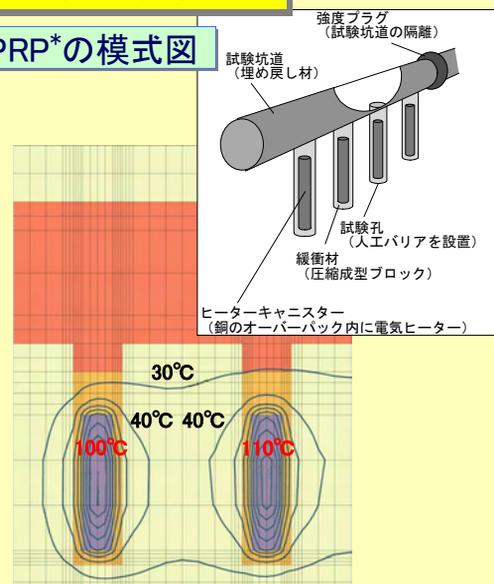
- ・ニアフィールド環境での熱、水、応力連成現象の理解
- ・計測データとの比較による解析モデルの妥当性の評価

### ●これまでの成果

- ・模擬処分環境場の設定
- ・連成モデルによる予測解析
- ・連成現象のデータの取得

\* PRP: プロトタイプ処分場プロジェクト

### PRP\*の模式図



廃棄体定置200日後の温度分布

## 期待される成果およびわが国への反映

### ●期待される成果

計測データとの比較検証から、  
ニアフィールドでの連成現象の解析技術が確認できる。

### ●わが国への反映

1. 結晶質岩の処分技術に関する基盤情報の整備
2. ニアフィールドでの連成現象解析手法の確認
3. PRPで用いられた長期試験に適應する計測技術の適用

## スウェーデンSKBの地下研究施設における 水理物質移行評価

- 目的: サイト特性調査と性能評価の連携の試みとして、  
性能評価上重要な健岩部の亀裂で行われた原位置  
トレーサー試験の不確実性を検討  
→ 特に、原位置トレーサー試験では、速いプロセスが  
卓越しており、それを考慮した場合としない場合の  
影響を検討

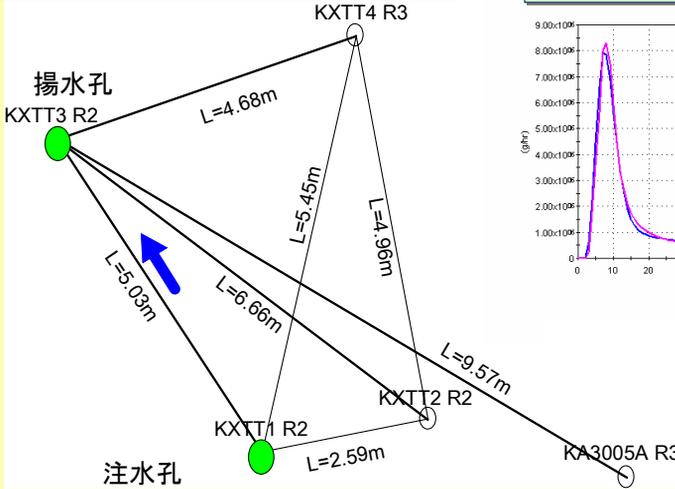


- 実施内容:
  - －原位置トレーサー試験を説明可能なモデルを構築
  - －性能評価の境界条件(流速1/1000)での挙動を予測
  - －挙動を比較し、重要なプロセス、構造を検討

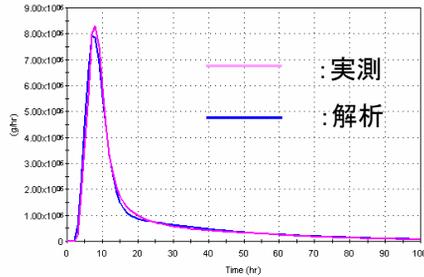
## スウェーデンSKBの地下研究施設における 水理物質移行評価（原位置トレーサー試験）



### トレーサー試験のボーリング孔配置



### HTO 破過曲線と解析結果



## スウェーデンSKBの地下研究施設における 水理物質移行評価（これまでの成果）

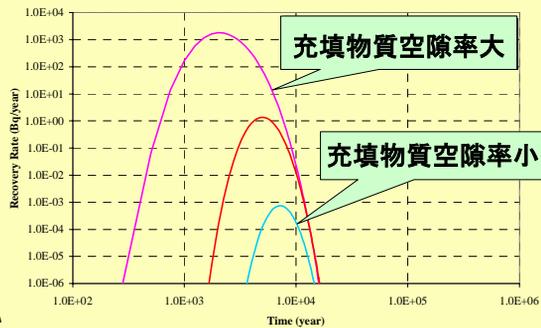


### ●結論

- 原位置トレーサー試験では  
充填物への拡散の影響大
- 原位置トレーサー試験の  
解釈には充填物の存在を  
考慮する必要がある

### ●期待される成果と我が国 への反映

- 原位置トレーサー試験におい  
て充填物の影響が重要であり、  
分配係数、拡散係数等のデー  
タを取得する必要性を調査側  
に提示



Am241の流速1/1000の際の性能評価  
時間スケールでの破過曲線（崩壊あり）

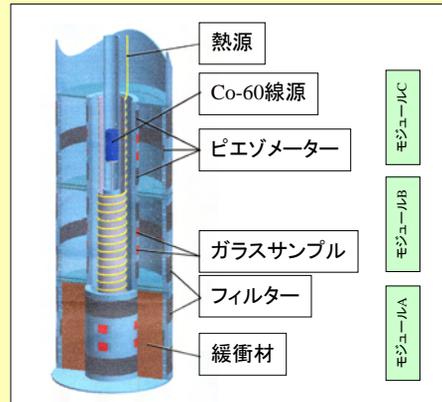
## ベルギー地下研究施設における CORALUSプロジェクト

### ●目的

第2次取りまとめで用いた核種移行に関わるモデルやデータベースの妥当性を原位置試験で確認する。

### ●実施内容

放射性核種を添加したガラスとベントナイトを地下研究施設に埋設し、放射性ガラスの溶解や核種移行挙動を調査する。

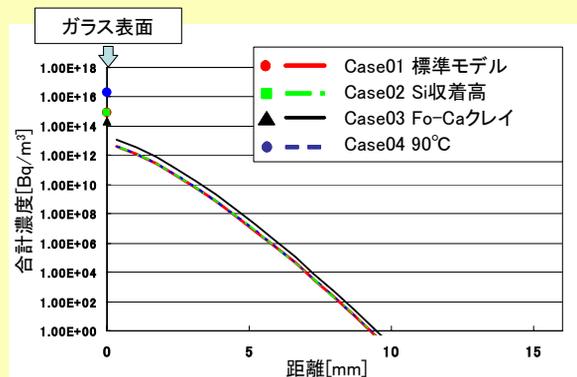


ブームクレイ(粘土層)中における  
CORALUS原位置試験テストチューブ

## 期待される成果

一原位置地下水化学に基づき、圧縮ベントナイト中の間隙水化学、ガラスの溶解速度、核種の溶解度、分配係数、拡散係数を導出し、圧縮ベントナイト中の核種移行挙動を予測

- 解析結果と原位置試験結果とを比較し、核種移行モデルやデータベースの妥当性を確認



緩衝材中における2.5年後の核種移行  
解析結果 <Am-241>

# グリムゼル原位置試験場での核種移行研究開発

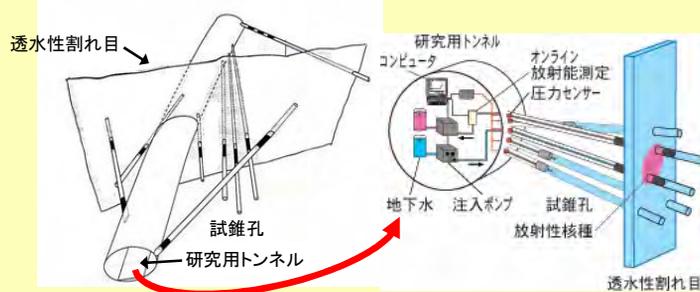


## ●目的

コロイド等の影響評価モデルの開発と原位置試験による適用性確認

## ●CRRプロジェクトの概要(CRR:コロイド影響原位置試験)

グリムゼル原位置試験場の研究用トンネルを横切る単一性透水性亀裂を対象に、コロイドによる核種の移行・遅延に関する影響評価を行う。



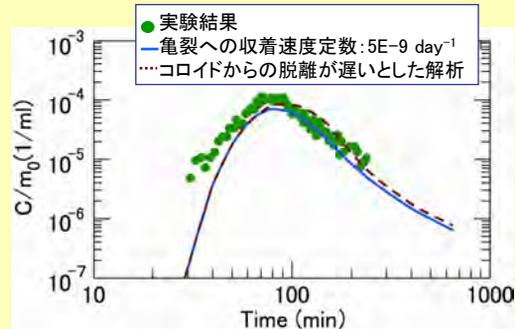
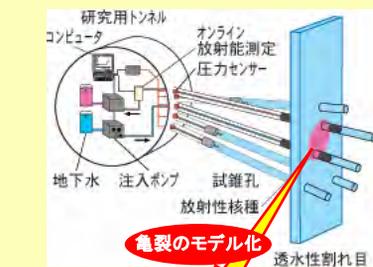
## ●HPFプロジェクトの概要(HPF:セメント影響原位置試験)

グリムゼルの原位置試験場において、処分場にセメント材を用いた際のセメント-地下水反応により発生する高pH溶液の影響評価を行う。

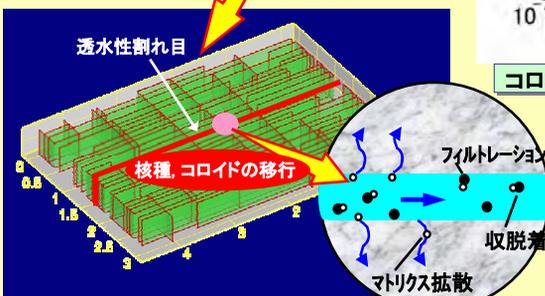
## ●これまでの成果

### ◆コロイド等の影響評価モデル開発

→ 原位置試験を通したモデルの妥当性の検討(実験結果と解析結果の比較)



コロイド共存系でのAmの移行に関する解析例



↑  
**コロイドの影響を考慮した解析**  
 (コロイドが共存する系でのAmの移行挙動は、コロイドからの脱離速度に影響を受けることを確認)

# 今後の進め方

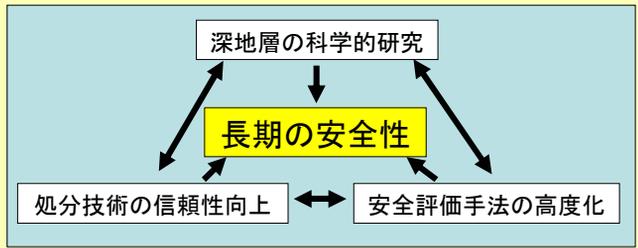
## 分野間の連携：連携を支援する環境の整備

特定の場所を対象とした  
検討は複雑



情報の増大、複雑化

情報のやり取りを円滑  
に行える環境の整備



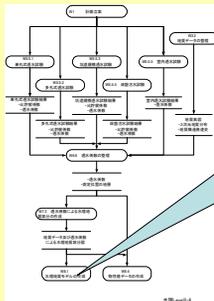
- ・連携の効率的実施の支援
- ・整合性や追跡性の向上
- ・評価結果の品質の向上

## 連携を支援する環境整備に向けた 取り組みの現状と今後の予定

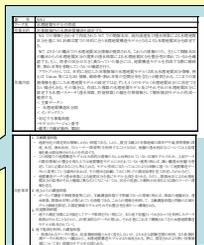
- ・情報の相関関係や依存関係の整理(第2次取りまとめベース)
- ・情報の体系的な集約→ワークフロー作成、計算機システム開発
- ・平成16年度を目標にデータベース機能などを備えたシステムとして具体化の予定
- ・3分野間および事業所間の連携に適用

### ワークフローの例

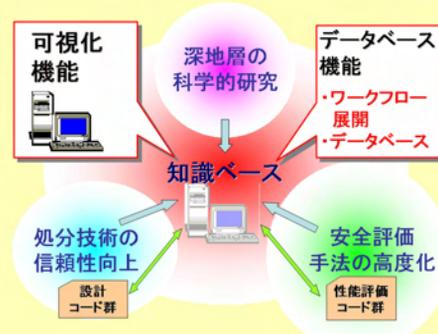
作業の流れを  
記載した「ワークフロー」



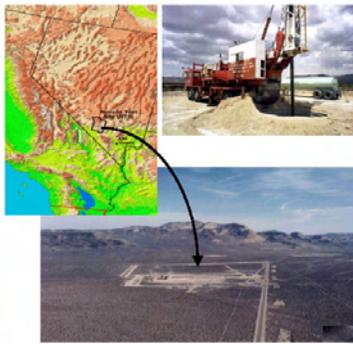
作業内容、注意事項を  
記載した「ワークシート」



### システム概念図



## 米国の事例調査の例



### Greater Confinement Disposal Project (GCD):

#### 予備的な性能評価:

- ・既存の知見のみを利用し、  
数値解析により不確実性を優先度付け



#### 全体の性能評価:

- ・優先度付けを踏まえた  
追加的なサイト特性調査等の実施
- ・包括的なFEP解析

- ・軍事関係のTRU廃棄物の処分
- ・1981-1989に操業
- ・2002にライセンス申請が許可
- ・処分実施後に評価を行った特異な例

#### GCDで認められた主な成果:

- ・繰り返しアプローチにより、不確実性が低減
- ・初期の段階での包括的なFEP解析により仕事を合理化 等

### 地質環境等の調査と安全評価の相互連携実現のための共通な課題:

- ・相互連携に関わる全研究者が全体の目標を理解し、自分たちの仕事との関係を理解すべき
- ・繰り返しの作業により、地質環境等の調査と安全評価の研究者がともに進歩すべき

## 国際共同研究の役割

- ① 国際的な課題に対する専門家の合意形成への寄与
- ② 海外で先行的に進んでいる結晶質岩における重要な経験や技術的知見の処分事業や安全規制への提供
- ③ 深地層の研究施設における研究計画の合理化
- ④ 専門家間で重要性が認識されている室内試験、モデル開発、データベース開発と原位置試験の連携手法の構築への寄与

## 今後の課題と進め方

- ① 深地層の研究施設計画の進展における  
個別研究の重要課題

- ・水理・物質移行研究

地表からの調査段階 → 巨視的構造が主対象  
 海外の地下研究施設成果 → わが国の岩盤への適用性を確認・改良

- ・地下水化学研究

実測データに基づき  
 地下水化学モデルや統計解析によるデータの解釈や補正

- ・処分技術開発

実測データに基づき  
 設計フローの構築、人工バリアの試設計  
 および原位置試験計画の詳細化

## 今後の課題と進め方（つづき）

- ② ニアフィールド環境に関する基盤情報の整備
  - ・熱-水-応力-化学連成数値実験を中心とした基盤情報整備
  - ・人工バリアや天然バリアに求められる性能とその評価手法の整理
- ③ 人工材料の開発
  - ・低アルカリ性コンクリートの施工性確認
- ④ 核種移行評価研究
  - ・原位置試験（化学アナログ） ↔ 室内試験（放射性核種）

連携

## おわりに

- 処分技術や安全評価手法の適用性確認は、地表からの調査段階から地下施設における研究まで段階を追って詳細化される地質環境特性に関する情報量・質の程度に応じて行われる。
- 海外の地下研究施設を活用した国際共同研究により、世界各国が共通して直面している技術的課題に対して、当該分野の専門家を動員して解決を図っていく。
- 実際の地質環境を対象とした取組みでは、国際協力による知見の蓄積および室内試験によるモデル化、データベース開発と連携し合理的に研究を進めていく。