

# 放射性廃棄物処分・廃止措置の 安全評価に関する研究

安全研究センター  
原子力エネルギー関連施設安全評価研究ユニット  
廃棄物・廃止措置安全評価研究グループ

中山 真一

## 研究の位置付け（目的・意義）

放射性廃棄物処分の安全規制の基本的考え方の策定に資するため、廃棄物および処分方法に応じた安全評価手法を整備する。また、基準策定に資するための試算等を行う。

原子力施設の廃止措置（サイト解放を含む）にかかる規制のあり方の策定に資するため、被ばく評価手法および検認手法を整備する。

## 設定目標（期待される成果、達成時期）

低レベル廃棄物のうち炉内構造物等廃棄物の処分については事業申請（H19頃）に対応できるよう安全評価手法を整備する。またその後に処分の基本的考え方の検討が予定されているTRU廃棄物およびウラン廃棄物については、クリアランスおよび処分方法ごとの濃度上限値設定に必要な評価手法を整備し、解析を行う。

高レベル廃棄物の地層処分に対する長期的安全評価手法を整備する。また、平成20年代前半の精密調査地区選定に合わせて策定される安全審査基本指針の必要事項を検討する。

廃止措置に関しては、新しい廃止措置制度に対応するために被ばく評価コードを開発するとともに、クリアランスに関して検認の具体的手順を提示する。また、サイト解放基準の確立（H21頃）にあわせて検認手法の整備を行う。

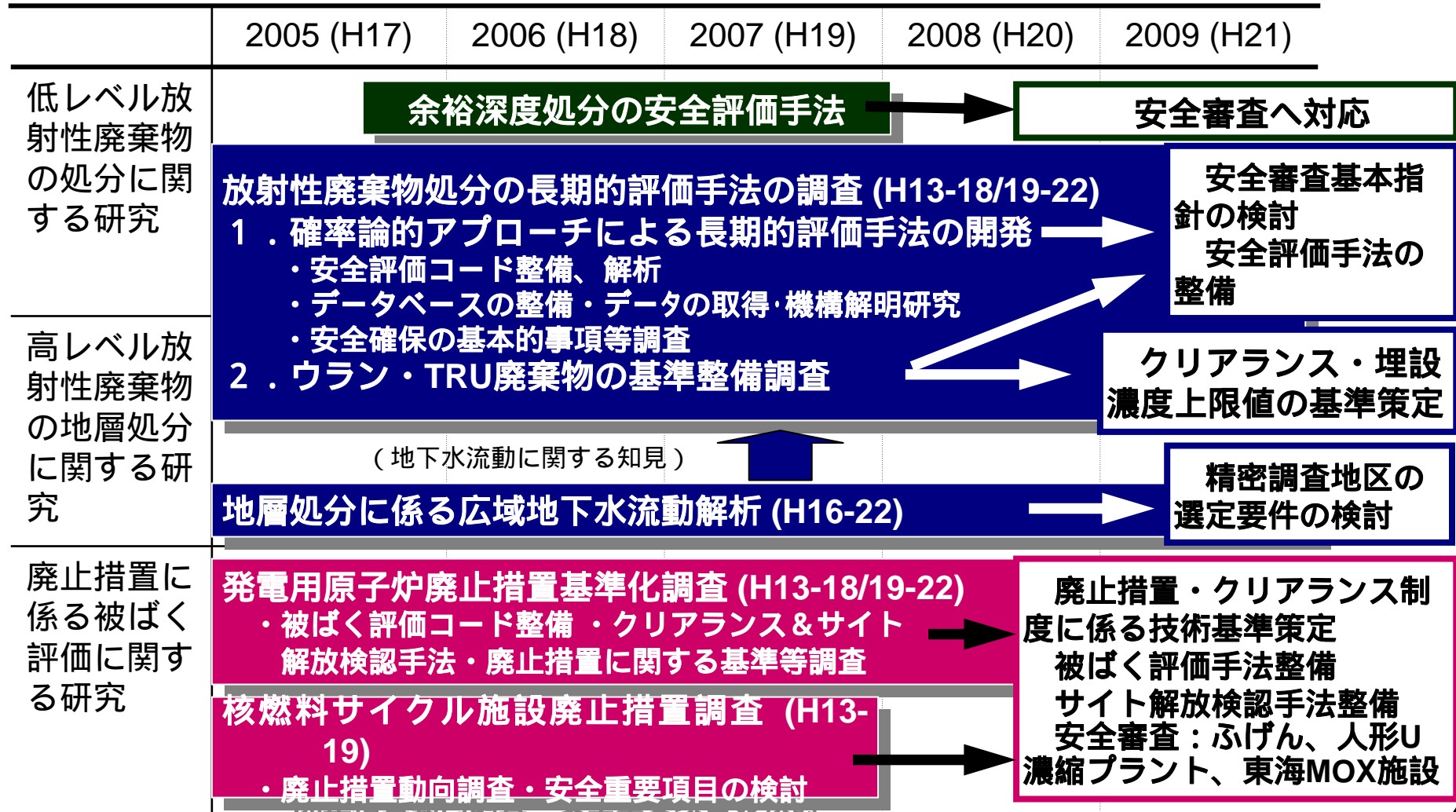
# 処分・廃止措置事業と規制の想定スケジュール

		2005 H17	2010 H22	2015 H27
高レベル放射性廃棄物処分	事業 <sup>2)</sup>	概要調査地区選定 / 精密調査地区選定		最終処分地施設建設地選定 (H30後半)
	規制	精密調査地区の選定のための環境要件の策定 安全審査基本指針の策定		
炉内構造物等廃棄物の処分	事業 <sup>3)</sup>		廃棄物発生 (原電東海, H23-30)	
	規制	安全審査指針		
TRU廃棄物処分, ウラン廃棄物処分	事業 <sup>3)</sup>	JNFL ウラン濃縮施設の操業 (H4-59)・解体撤去 (H60-62)		
	規制	JNFL 再処理施設の操業 (H18-58)・解体撤去 (H59-)		
		JNFL MOX燃料加工施設の操業 (H21-62)・解体撤去 (H63-)		
	規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全規制の基本的考え方の検討</li> <li>基本的考え方を基にTRU廃棄物処分, ウラン廃棄物処分の安全審査指針や濃度上限値等を策定</li> </ul>		
廃止措置	事業 <sup>3)</sup>	原電東海1号炉廃止措置申請 (H18.3)		
		ふげん申請	原電敦賀1号停止	JAEA人形峠濃縮原型プラント廃止措置
	規制	<ul style="list-style-type: none"> <li>ふげん発電所の廃止措置安全審査対応</li> <li>発電用原子炉に対するクリアランスレベル検認およびTRU廃棄物及びウラン廃棄物に対するクリアランス制度導入に向けた検討</li> </ul>		

- 1) 原子力安全委員会安全研究専門部会(2005): 日本原子力研究開発機構に期待する安全研究, 平成17年6月.
- 2) 原環機構(2001): 特定放射性廃棄物処分の概要調査地区等の選定手順の基本的考え方について, 平成13年11月8日.
- 3) 経済産業省総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会第7回廃棄物安全小委員会(2003): 放射性廃棄物処分に係る安全規制の現状と課題について, 平成15年11月20日.

# 研究の進め方（実施体制、手順、手法）

**実施体制**：安全研究センター、NUCEF, STEM, WASTE, 第4研究棟  
**手順、手法**（“余裕深度処分”以外すべてNISA受託）



# 成 果

処分の安全評価手法整備のための広域地下水流動解析手法の検討

処分の安全評価手法整備のためのベントナイト緩衝材の長期性能評価手法の検討

廃止措置のための放射線業務従事者被ばく評価手法の検討

余裕深度処分について、炉心構造物等廃棄物などに対する被ばく線量評価およびウラン廃棄物・TRU廃棄物の埋設濃度上限値の試算（炉心構造物等廃棄物試算結果は原子力安全委員会低レベル放射性廃棄物埋設分科会の審議のために提供）。

クリアランス制度に基づく原子力発電所の廃止措置の安全審査に備え、評価対象とすべき放射性核種の選択、評価単位の設定、放射能濃度の偏りの取扱い等に関する判断材料を提供。

# 広域地下水流動解析手法の検討

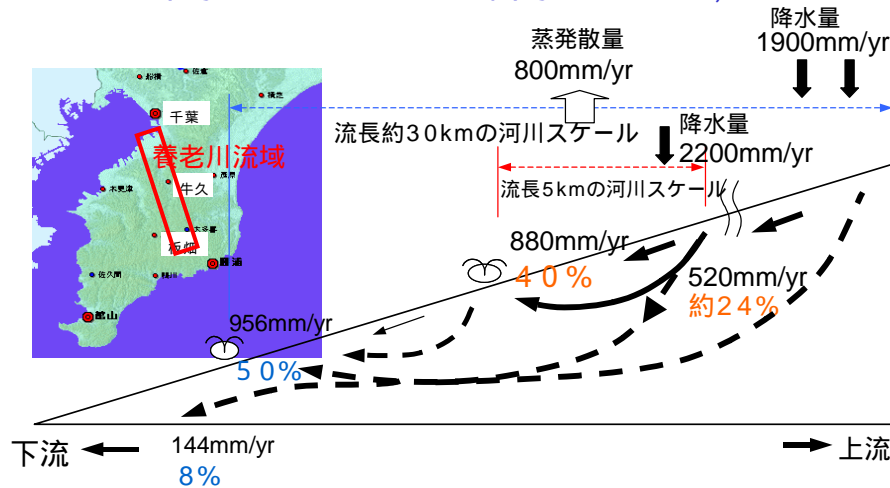
長期予測のために、処分場スケールより広域（数十km）の地下水流動を把握  
地下水の流動・賦存状況は精密調査地区選定の環境要件となる可能性

1. 測定結果と既存資料により広域地下水流動モデルイメージを作成
2. 複数サイトにおける地表踏査・物理探査・ボーリング等の実地データにより、涵養・流出機構のメカニズムの解明およびモデルを実証 モデルの妥当性確認

## 千葉県養老川流域の流動モデル検討 - 流動モデルイメージの作成

### 水収支解析から見た地下水流動状況

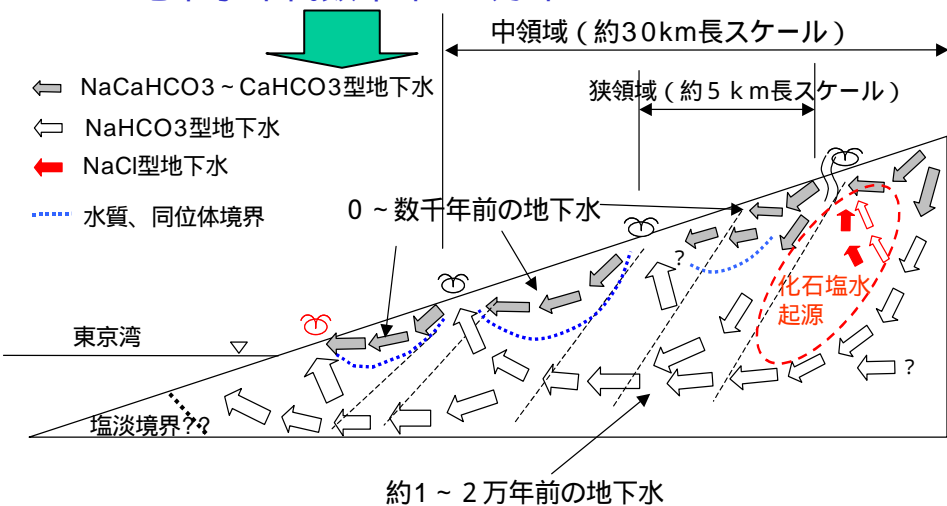
5km、30kmの各流域から系外へ浸透する  
地下水量はそれぞれ全降水量の24%,8%



+

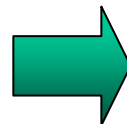
### 水質・同位体比・年代測定による地下水賦存状況の推定

NaCl型地下水、Na-HCO<sub>3</sub>型地下水Ca(CaNa)-HCO<sub>3</sub>型地下水の3種類。Na-HCO<sub>3</sub>型地下水は地下水年代数千年～2万年



広域地下水流動の特徴・概要、知見

地下水調査技術の適用性の比較評価

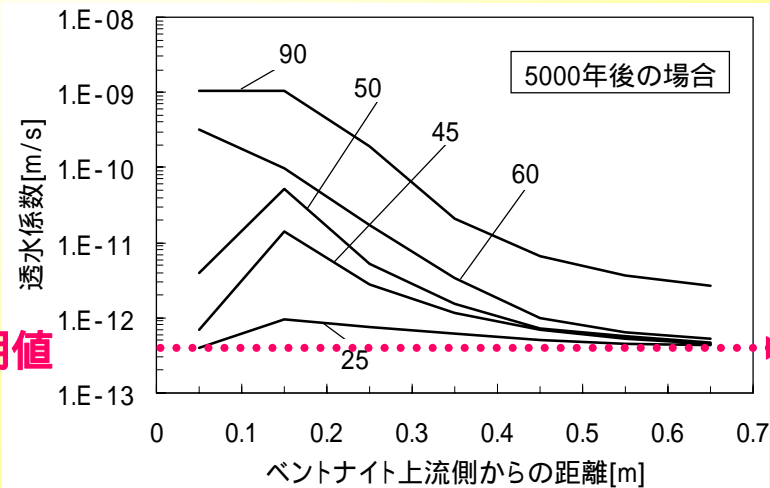
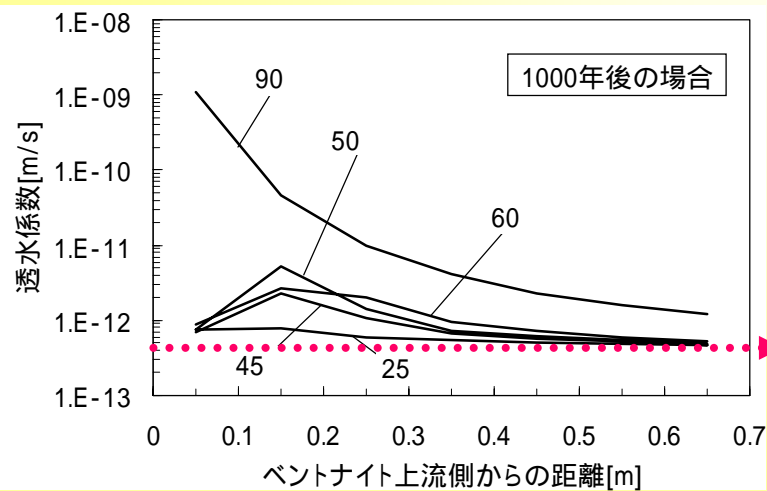
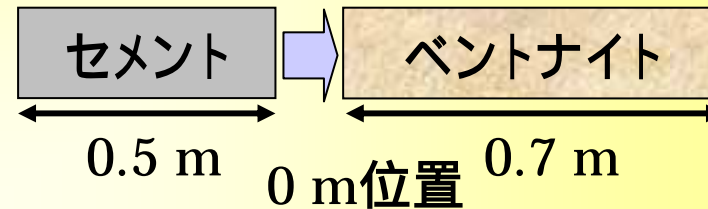


広域地下水流動DB(第1次版)の作成

# ベントナイト緩衝材の長期性能評価手法の検討

ベントナイト系緩衝材：止水性と物質移行抑制  
セメントに起因するアルカリ成分などにより緩衝材は長期に亘って変質  
透水係数の長期的変化を予測  
人工バリア性能の時間的変動を安全評価へ反映し高度化

- ・モンモリロナイトの溶解の研究
  - ・アルカリ成分の拡散の研究
  - ・処分環境での透水係数の研究
  - ・セメントからのアルカリ成分の浸出の研究
- 処分場環境におけるベントナイト系緩衝材の透水係数を計算

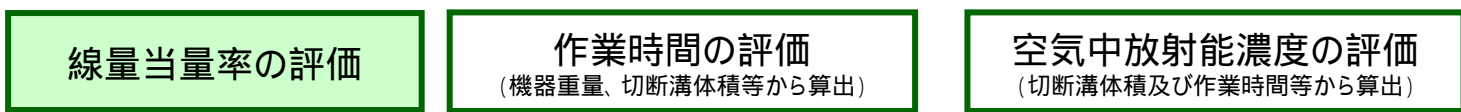


各温度における透水係数の分布（周辺温度一定）

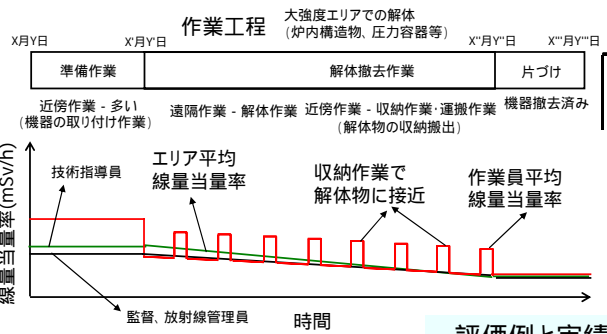
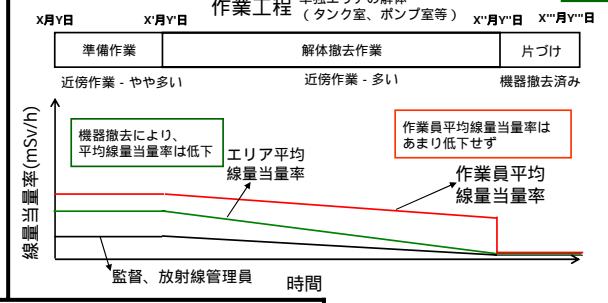
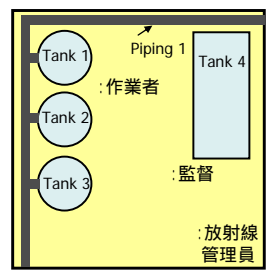
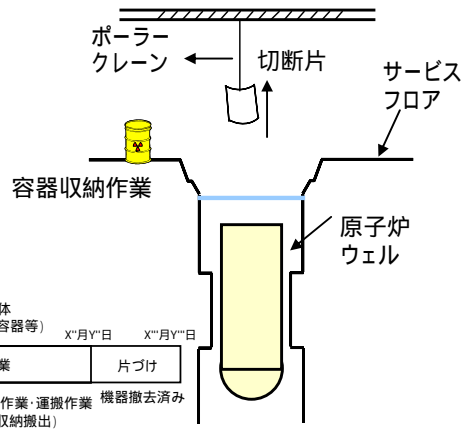
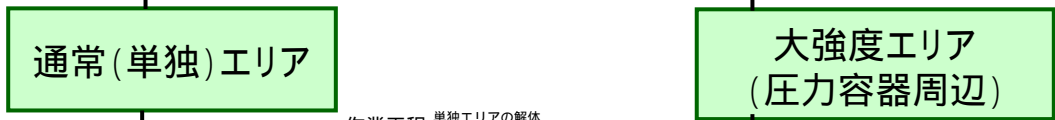


# 廃止措置にかかる放射線業務従事者被ばく評価手法の検討

工程や職種など解体作業の特徴を反映した合理的な被ばく線量評価



エリア分類: 外部被ばく (外部被ばく), 内部被ばく (内部被ばく)

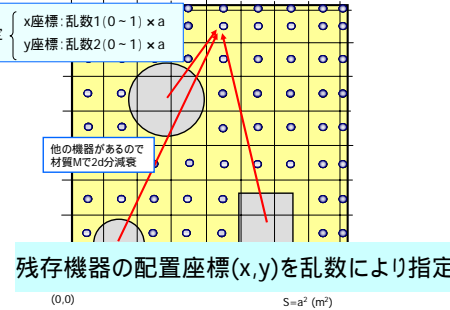
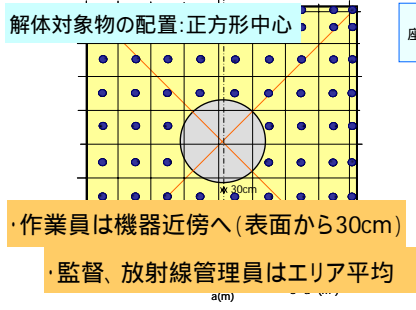


評価例と実績値との比較 (人・mSv)

作業	工法	評価結果	JPDR実績値
炉内構造物	遠隔	287.5	73.1
接続配管	在来	9.5	63.24
压力容器	遠隔	245.0	107.6
生体遮へい体	制御爆破等	18.9	28.5
汚染機器	在来	163.3	10.65
タービン建屋機器	在来	8.7	18.3

解体対象物  
・距離依存評価  
・エリア面積平均評価

解体対象物以外の機器  
・ランダム配置評価  
・固定配置評価



準備期間中

遠隔解体作業時  
サービスフロア

解体切断片収納時



# 成果のまとめ

## 高レベル廃棄物

(1) 水文地質学的影響：国内文献を対象とした調査技術データベース(1次版)を完成。そのデータベースの一部である堆積岩地域における水質・同位体比等の分析結果を用いて、広域的地下水流動の概念モデルを作成。

(2) 人工バリア材の性能評価に関しては、セメントの溶解及び2次鉱物の生成を考慮した長期的なセメント中物質拡散モデルを提示。放射性核種挙動に関しては、緩衝材中拡散係数のデータを取得。

(3) 長期安全評価のための確率論的安全評価手法については、隆起・浸食が地下水流動へ及ぼす影響の評価、および地下水移行シナリオの長期的なパラメータ不確かさ影響評価を完了。人間活動に関してはデータベースを整備し、ボーリング掘削の頻度データを用いて人間接近シナリオの解析を実施。

## 低レベル廃棄物

(1) ウラン廃棄物および超ウラン核種(TRU)廃棄物の浅地中処分(トレンチ処分、ピット処分、及び50~100mの深度への処分)に対する濃度上限値設定のための決定論及び確率論的解析を終了し、試算結果を取りまとめた。

(2) 炉心構造物等廃棄物の余裕深度処分に関して地下水移行シナリオを対象に人間に対する被ばく線量評価を行い、結果を公開。

## 廃止措置

(1) 公衆被ばく評価コードについての感度解析を実施し、評価パラメータの重要度を分類した。作業被ばく評価では、建屋内の多様な機器の解体作業に関わる作業者の被ばくを簡易に評価できるプログラムを開発中であり、外部被ばく評価の一部を成す線量当量率の評価モデルを完成。

(2) クリアランスの対象となる廃棄物のうち、建家構造物に対して、可搬型Ge検出器による建屋一括測定法の測定試験及びシミュレーション計算を実施し、その結果に基づいて一括測定の手法を提示した。金属機器及び解体コンクリートに関しては、検出器ごとの放射能換算テーブルを整備した。

(3) サイト解放の際の検認手法については米国・ドイツの規制動向および代表的施設の解放状況に関する調査が完了し、調査結果をもとに制度化の枠組みを検討整理した。

(4) 核燃料サイクル施設については、JAEAの再処理特研棟および仏UP-1における除染・解体技術および廃止措置状況の調査を完了し、またTRU核種を含む解体廃棄物の区分測定のあり方について整理した。

# 成果の活用

## 1．処分の長期的安全評価手法の整備において、

広域地下水流動評価や人工バリア（ベントナイト緩衝材）性能評価から得られる知見を組み込むことにより、安全評価の信頼性を向上させるとともに、評価期間や不確実性の取扱いなど安全基準に関する検討に資する。また、広域地下水流動に関する知見は、精密調査地区選定の環境要件の検討にも資する。

余裕深度処分に関しては、整備中の安全評価手法を平成19年頃と予想されている事業申請の安全審査において活用する。

その後は、TRU廃棄物及びウラン廃棄物の処分の基本的考え方の検討が予定されており、整備中のクリアランスレベル及び処分方法ごとの濃度上限値設定に必要な評価手法を用いて解析を行い、基準値策定の検討に資する。

## 2．廃止措置に関しては、

東海1号炉に続く解体対象とされているふげん発電所の廃止措置安全審査において、整備中の放射線業務従事者被ばく評価手法を適用する。

発電用原子炉のクリアランス制度導入のために蓄積した既往の技術的情報は、国によるクリアランスレベル検認において適用するとともに、TRU廃棄物及びウラン廃棄物に対するクリアランス制度導入に向けた今後の検討に資する。

# 用語解説

- ・ (地層処分の)精密調査地区選定

処分地の選定は、概要調査地区 精密調査地区 最終処分施設建設地の選定という3段階のプロセスを経て行われる。精密調査地区選定は、文献調査により選んだ概要調査地区のなかから、地下施設を設けて調査を行う地区を選定するプロセス。

- ・ TRU廃棄物

再処理施設およびMOX燃料加工施設から発生する燃料棒の部品、廃液、フィルターなど超ウラン核種を有意に含む工程廃棄物。放射能濃度により浅地中処分から地層処分に亘る。

- ・ ウラン廃棄物

ウラン濃縮・燃料加工施設から発生するウラン同位体で汚染された廃棄物。消耗品、スラッジ、廃器材などで、ウラン濃度は幅広く長寿命廃棄物。

- ・ 余裕深度処分

一般的な地下利用に余裕を持った深度、例えば50～100メートル程度の地中に埋設する処分であり、たとえば原子力発電所から発生する放射性廃棄物のうち、炉内構造物など比較的放射能レベルの高いものはこの方法で処分される。

- ・ クリアランス制度

原子力発電所の解体などで発生する資材等のうち、人の健康への影響が無視できるほど放射能レベルが極めて低いものは、普通の産業廃棄物として再利用、または処分することができるようにするための制度。

- ・ 新しい廃止措置制度

2005年の改正炉規法では、それまで届出制であった廃止措置が認可制となり、原子炉設置者はあらかじめ廃止措置計画を定め、大臣の認可を受けることとなった。