

地層処分システムの設計・安全評価体系の システム化に関する研究

研究概要

（核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書）

2002 年 3 月

三菱重工業株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319 - 1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2002

地層処分システムの設計・安全評価体系のシステム化に関する研究

(核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書)

石原義尚^{*1}，福井 裕^{*1}，佐川 寛^{*1}，伊藤隆哉^{*1}，
松永健一^{*1}，小華和治^{*1}，桑山有紀^{*1}

要 旨

本研究では，統合解析システムの開発に資するため，第2次取りまとめに向けて構築されてきた設計・安全評価の体系を整理し，今後の研究開発で得られる成果も考慮した上で，これらを計算機上に展開し，システム化するための設計検討を行った。

- (1) 地層処分システムの設計・性能評価を実施するための共通の作業基盤となる統合解析システムの開発に向けて，地質環境を含む地層処分システムを計算機上に構築（統一環境場の構築方針の策定）するための検討を実施した。
- (2) 第2次取りまとめにおける「処分技術（設計）」および「性能評価」のワーク（評価）項目に対して，その基盤となる技術情報（入出力情報）の対応付けを行い，地層処分システムの設計・安全評価に関する一連の作業をまとめた評価フローを作成した。
- (3) 性能・安全評価の体系化に向けて，今後の地層処分研究における詳細モデル開発に関する課題を抽出し，これらの課題を統合解析システムに取り込むための情報として整理した。

本報告書は，三菱重工業株式会社が核燃料サイクル開発機構との委託研究契約により実施した研究成果に関するものである。

機構担当部課室：東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

* 1 三菱重工業株式会社

Study on Systematic Integration Technology of Design and Safety Assessment for HLW Geological Disposal

(Document Prepared by Other Institute, Based on the Trust Contract)

Yoshinao Ishihara*¹, Hiroshi Fukui*¹, Hiroshi Sagawa*¹,
Kenichi Matsunaga*¹, Takaya Ito*¹, Osamu Kohanawa*¹,
Yuki Kuwayama*¹

ABSTRACT

The present study was carried out relating to basic design of the “Geological Disposal Technology Integration System” that will be systematized as knowledge base for analysis and assessment of geological disposal by integrating organically and hierarchically analysis and evaluation method in three study field. The key conclusions are summarized as follows:

- (1) The examination to construct the virtual geological disposal system which contained the geological environment on the computer was executed aiming at the development of integration and the analysis systems which became working common basic to execute the design and the performance assessment of the geological disposal system.
- (2) Technological information (I/O information) which became the base was associated with work (evaluation) item of "Disposal technology (design)" and "Performance assessment" in the Second Progress Report by JNC, and the evaluation flow by which a series of work concerning the design and the safety assessment of the geological disposal system was brought together was made.
- (3) The subject concerning the detailed model development in the R&D activity of the geological disposal system in the future was extracted aiming at the systematization of the performance and safety assessment, and was arranged as information to take these detailed models into the “Geological Disposal Technology Integration System”.

This work was performed by Mitsubishi Heavy Industries, LTD. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Waste Management and Fuel Cycle Research Center, Waste Isolation Research Division, System Analysis Group

*1 Mitsubishi Heavy Industries, LTD.

目 次

1 . はじめに -----	1
2 . 統合解析システム詳細機能の検討 -----	2
2 . 1 性能評価のための機能検討 -----	2
2 . 2 研究開発支援機能の検討 -----	2
3 . 技術基盤情報の体系化 -----	9
3 . 1 「処分技術」分野に関する評価フローの作成 -----	9
3 . 2 「性能評価」分野における評価フローの作成 -----	9
4 . 追加評価モデルの検討 -----	14
4 . 1 ニアフィールド現象 -----	14
4 . 2 ファーフィールド現象 -----	14
4 . 3 処分場スケール -----	15
5 . おわりに -----	19

図目次

図 2-1	統合解析システムの全体概念図-----	4
図 3-1	「処分技術」分野のワークフロー階層構成図-----	10
図 3-2	「処分技術」オーバーバック設計に関するワークフロー -----	11
図 3-3	「性能評価」分野のワークフロー階層構成図-----	12
図 3-4	「性能評価」インベントリ評価に関するワークフロー -----	13

表目次

表 2-1	第 2 次取りまとめの安全評価における地質環境・設計情報の取り扱い -----	5
表 4-1	追加評価モデルの検討リストの整理（ニアフィールド） -----	16
表 4-2	追加評価モデルの検討リストの整理（ファーフールド） -----	17
表 4-3	追加評価モデルの検討リストの整理（処分場スケール） -----	18

1. はじめに

地層処分システムの長期の安全性は、シナリオで表現される長期間の複合的な現象を考慮して処分システム全体の性能を定量化することによって示される。特に、安全評価の基本となる地下水移行シナリオに関しては、今後進められる個別詳細研究の成果を取り込みつつ、シナリオの成立性（例えば、ニアフィールドに関連するものとして、緩衝材の幾何形状、温度変化、完全飽和の達成、還元条件の回復、拡散場の形成、変質・劣化など）を確認し、これを安全評価に適切に反映していくことが重要である。このためには、地層処分システムの設計（長期健全性評価含む）で得られる知見を組み合わせた適切なシナリオの構築と、シナリオに応じた一連の安全評価を実施するための作業基盤として、地層処分システム（地質環境条件を含む）を計算機上に展開した統合解析システムの開発が必要である。

本研究では、統合解析システムの開発に資するため、第2次取りまとめに向けて構築されてきた設計・安全評価の体系を整理し、今後の研究開発で得られる成果を取り入れることも考慮した上で、これらを計算機上に展開し、システム化するための設計検討を行う。

2. 統合解析システム詳細機能の検討

地層処分システムの設計・性能評価を実施するための共通の作業基盤となる統合解析システムの開発に向けて、地質環境を含む地層処分システムを計算機上に構築（統一環境場の提示）し、知識ベースとして構築するための検討を実施する。

2.1 性能評価のための機能検討

地層処分システムに関する研究開発は、地質環境条件の調査（サイト特性調査）、処分技術（処分場の設計）、性能・安全評価の3分野から成り立っている。第2次取りまとめにおいては、わが国における地層処分の技術的信頼性を示すという観点から、サイトを特定せずに検討が進められてきた。しかし、処分事業の実施主体（原子力発電環境整備機構）が設立され、今後は具体的なサイト選定作業が進められて行くことから、研究開発においても実際の地質環境条件を対象とした具体的な検討が必要となる。このためには、3つの研究分野の連携がより重要となり、各分野における試験データ取得、現象理解、シナリオ構築、モデル開発、解析・評価に至るまでの情報の流れと、それらを有機的かつ階層的に統合し体系化していく必要がある。

このような体系化を図るための統合解析システムの全体概念を図2-1に示す。地質環境条件の調査で得られる具体的なデータに基づいて作成された地質構造モデルを計算機上に展開し、これを共通の作業基盤として、処分場の設計検討、および設計された地層処分システムに対する性能・安全評価が実施できるようなシステムを基本概念とする。このため、統合解析システムで実現する「処分技術」分野および「性能評価」分野の機能について、第2次取りまとめにおける検討項目を中心に、各ワーク（評価）項目間の相関関係を整理した。ワーク（評価）項目の選定は、基本的に第2次取りまとめの報告書の目次構成に準じて抽出した。これらの各ワーク（評価）項目に対して、入力情報となるワーク項目およびパラメータ、評価コード・手法、主要出力情報、ならびに下流側のワーク項目を、各ワーク項目間の相関関係に留意して整理した。

2.2 研究開発支援機能検討

図2-1に示した統合解析システムの全体概念に基づき、計算機上に構築された地層処分システム（地質環境含む）に対して、広域地質環境スケールから処分坑道スケールまでの設計・安全評価を実施する際の機能について検討した。第2次取りまとめの安全評価において、地質環境条件および処分技術の成果である観測・設計結果をどのように取り扱っているかを整理して、表2-1に示す。

第2次取りまとめの安全評価においては、サイトを特定しない検討であることから、地質環境条件の多様性と空間的な不均質性を類型化して取り扱っている。今後の研究開発においては、具体的なサイト条件に基づく不均質性の評価（モデル構築含む）を取り込んでいく必要があり、統合解析システムでは取得データや評価結果に基づく不均質場の状態を可視化することにより、研究者間での場の情報の共有と評価間での確実な情報伝達を達成することが、研究開発支援の有効な機能の一つと考えられる。

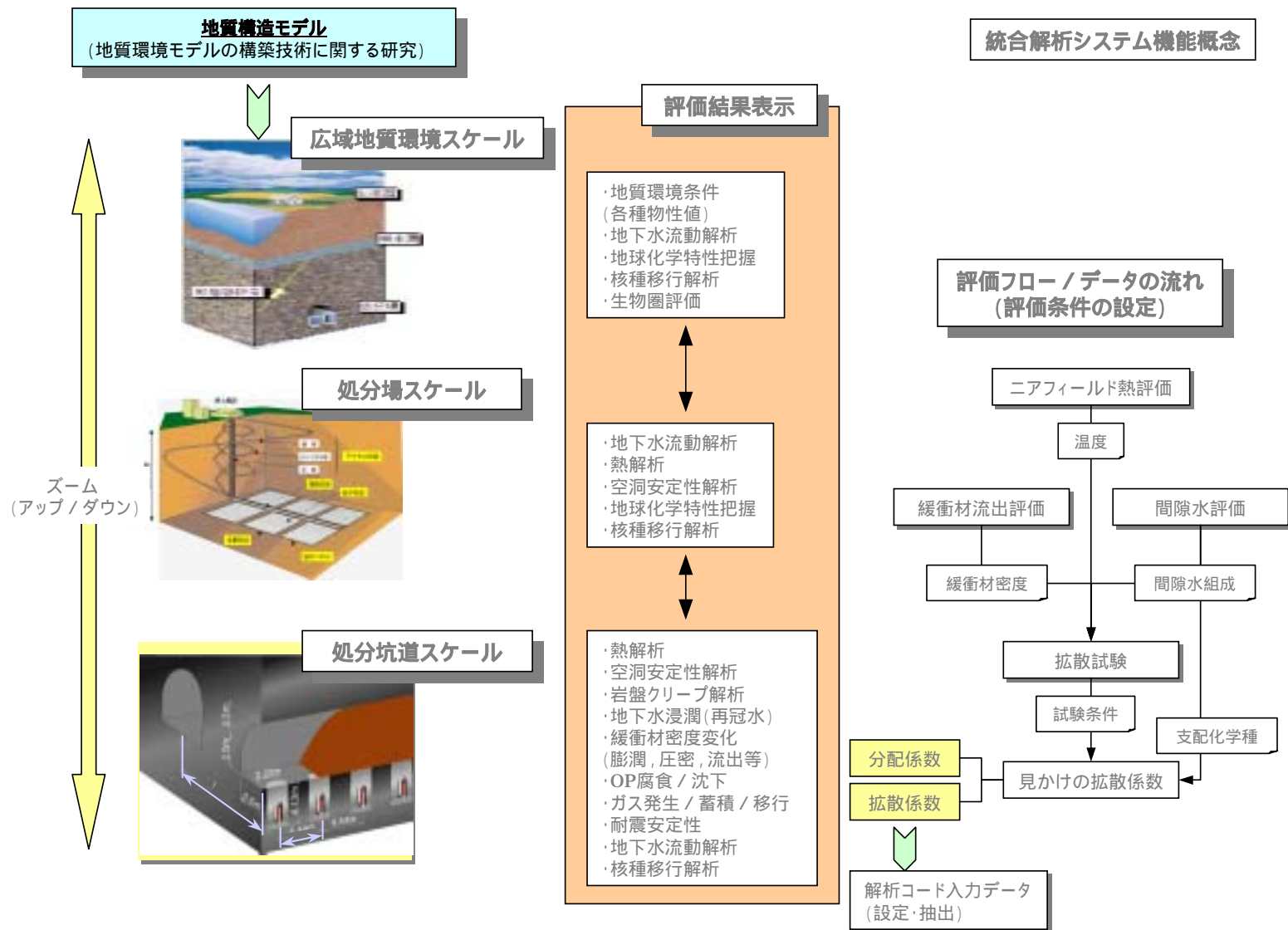


図2 - 1 統合解析システムの全体概念図

表2 - 1 第2次取りまとめの安全評価における地質環境・設計情報の取り扱い

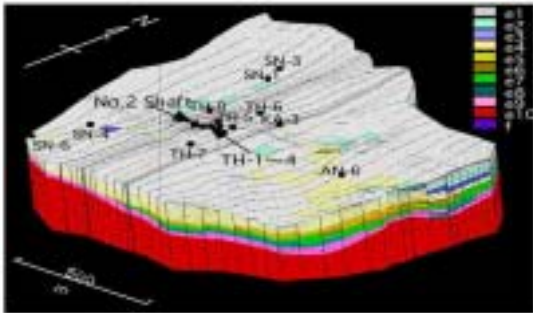
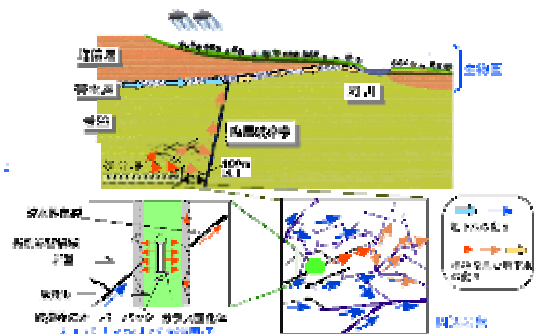
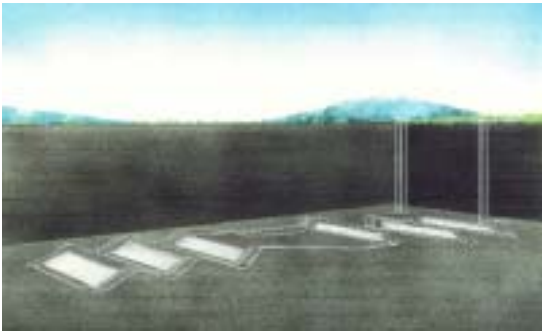
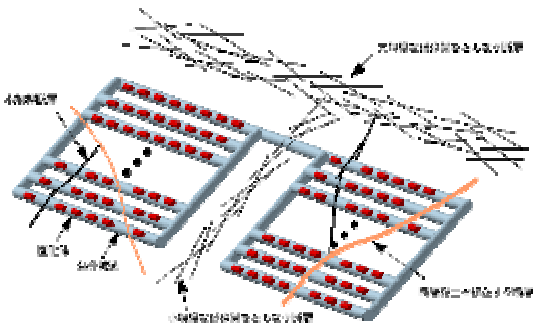
分類	観測・設計結果	安全評価上の取り扱い	設定
地質構造			<ul style="list-style-type: none"> ・地形：山地，丘陵，平野，海域 ・岩種：結晶質岩，堆積岩 ・処分場下流 100 m に断層破碎帯（水理解析は考慮せず，涵養点は帯水層） ・地下水：降水系，海水系（ただし，場所による不均質性は考慮せず） ・岩盤物性値（力学特性，熱特性）： <ul style="list-style-type: none"> - 結晶質岩；1種類のデータセット - 堆積岩；5種類のデータセット（場所による不均質性は考慮せず）
処分場			<ul style="list-style-type: none"> ・廃棄体本数：4万本 ・処分深度： <ul style="list-style-type: none"> - 結晶質岩；1000 m - 堆積岩；500 m ・パネル配置：主要地下水流動方向に対して処分坑道は直交 ・定置方式：縦置き，横置き ・プラグ：粘土材もしくは低アルカリ性セメント ・グラウト：（粘土材） ・支保：低アルカリ性セメント ・埋め戻し材：粒度調整ざりとベントナイト混合材

図 4.2.2-4 時分派遣社員と雇用主の比率

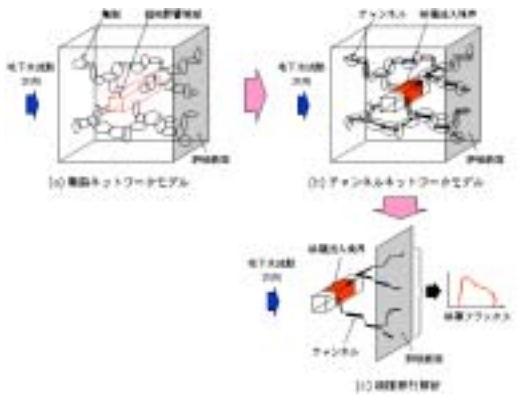
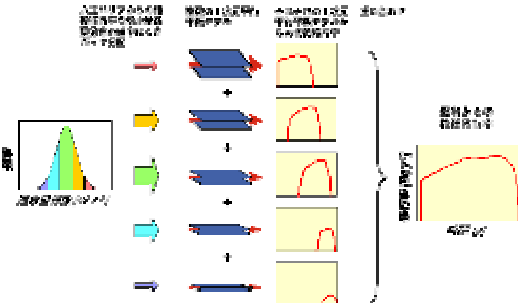
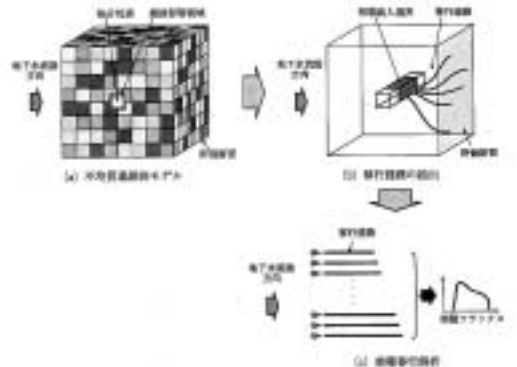
分類	観測・設計結果	安全評価上の取り扱い	設定
天然バリア (坑道一本)	 <p>(a) 亀裂ネットワークモデル</p> <p>(b) チャンネルネットワークモデル</p> <p>(c) 破壊帯モデル</p>	 <p>（左図参照）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・亀裂ネットワークモデルでは、位置情報（流路情報）あり ・重ね合わせモデルでは流路情報が欠落 ・等水量係数：深度依存性考慮 ・動水勾配：地形に準拠 ・移行経路：100 m（下流側断層破碎帯までの最短距離）
	 <p>(a) 不均質係数モデル</p> <p>(b) 移行経路抽出</p> <p>(c) 破壊帯モデル</p>	<p>（左図参照）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地質統計学法に基づき不透水係数場を設定（50 リアライゼーション） ・水理解析の結果に基づき、下流側断層までの移行流路を抽出（42 流路） ・流路毎に核種移行解析を実施（移行距離，流速は流路毎に異なる） ・42 流路の移行率を重ね合わせ評価（流露毎の位置情報あり） ・50 リアライゼーションについて上記の移行評価を行い，最終的に平均値を算出（この段階で流路情報が意味を持たなくなる） ・動水勾配：地形に準拠

Figure 1 is a schematic diagram of the water supply system for the water supply plant. It illustrates the flow of water from various sources through different treatment stages to the final distribution system. The components and flow are as follows:

- Water Sources:** 河川 (River), 湖沼 (Lake), 雨水 (Rainwater), and 地下水 (Groundwater).
- Pretreatment:** 沉砂池 (Sedimentation tank), 格栅 (Grate), and 沉砂池 (Sedimentation tank).
- Primary Treatment:** 初沉池 (Primary sedimentation tank) and 曝气沉砂池 (Aeration sedimentation tank).
- Secondary Treatment:** 曝气池 (Aeration tank) and 二沉池 (Secondary sedimentation tank).
- Tertiary Treatment:** 过滤池 (Filtration tank) and 活性炭吸附池 (Activated carbon adsorption tank).
- Distribution:** 清水池 (Clear water tank), 加压泵 (Pressure pump), and 配水池 (Distribution tank).

The diagram shows the flow of water from these sources through the treatment stages to the final distribution system. The flow is indicated by arrows and labels such as 进水 (Inflow), 出水 (Outflow), 回流 (Recirculation), and 排放 (Discharge).

3. 技術基盤情報の体系化

第2次取りまとめにおける「処分技術（設計）」および「性能評価」のワーク項目に対して、その基盤となる技術情報（入出力情報）の対応付けを行い、地層処分システムの設計・安全評価に関する一連の作業をまとめた評価フローを作成した。

3.1 「処分技術」分野に関する評価フローの作成

第2次取りまとめにおける「処分技術」分野のワーク項目の全体像を図 3-1 に示す。基本的には第2次取りまとめ報告書の目次構成に準じる形で整理し、人工バリアおよび処分施設の設計項目、ならびに設計された処分システムに対する長期健全性評価の項目を階層的にまとめた。

図 3-1 に示したワーク項目の全体構成に対して、個々の設計・評価項目に関するワークフローを作成した。一例として、オーバーパックの設計に関するワークフローを図 3-2 に示す。各ワーク項目で行う具体的な検討（試験、データ設定、解析等）を影付きのボックスで、その検討に対する上流／下流の検討を影なしのボックスでそれぞれ表した。各検討間の情報（データ）の流れはボックスの左側から入る黒矢印で表し、検討に使用するツール（解析コード）等は下側から入る情報として表現した。また、各検討項目は、研究者の判断に属すると考えられる項目を赤色で、解析・評価の項目を黄色で、実験や観測等の項目を水色でそれぞれ表現した。これらの分類は、ワークフローを知識ベースとして構築する際に、技術情報を適切に管理できるようにするためのものである。

3.2 「性能評価」分野における評価フローの作成

第2次取りまとめにおける「性能評価」分野のワーク項目の全体像を図 3-3 に示す。基本的には第2次取りまとめ報告書の目次構成に準じる形で整理し、FEP リストを参考に、放射線学的特性、水理学的特性、化学的特性、物質移行特性に関するワーク項目を階層的にまとめた。なお、FEP リストに挙げられている熱的特性および力学的特性に関する評価については、「処分技術」分野の長期健全性評価として実施されており処分技術のワークフローに含めたため、性能評価のワーク項目には含めていない。一例として、インベントリ評価に関するワークフローを図 3-4 に示す。

また、整理したワークフローに関して、安全評価で対象とするプロセス（現象）との関連を明確にするため、個々のワーク項目が第2次取りまとめにおける包括的 FEP リストとの対応付けも行い、どの項目を対象とした評価・検討であるかを整理した。

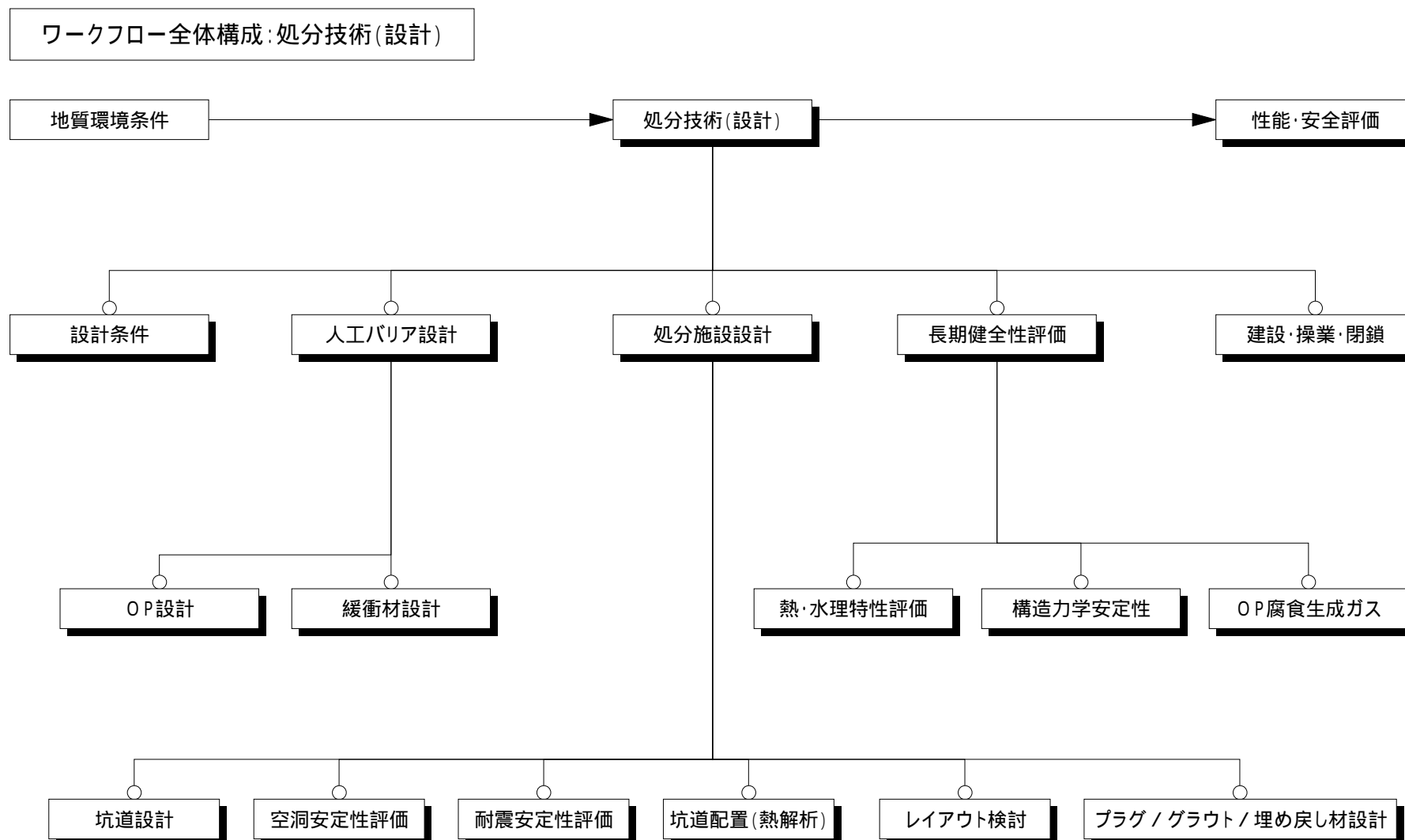


図3 - 1 「処分技術」分野のワークフロー階層構成図

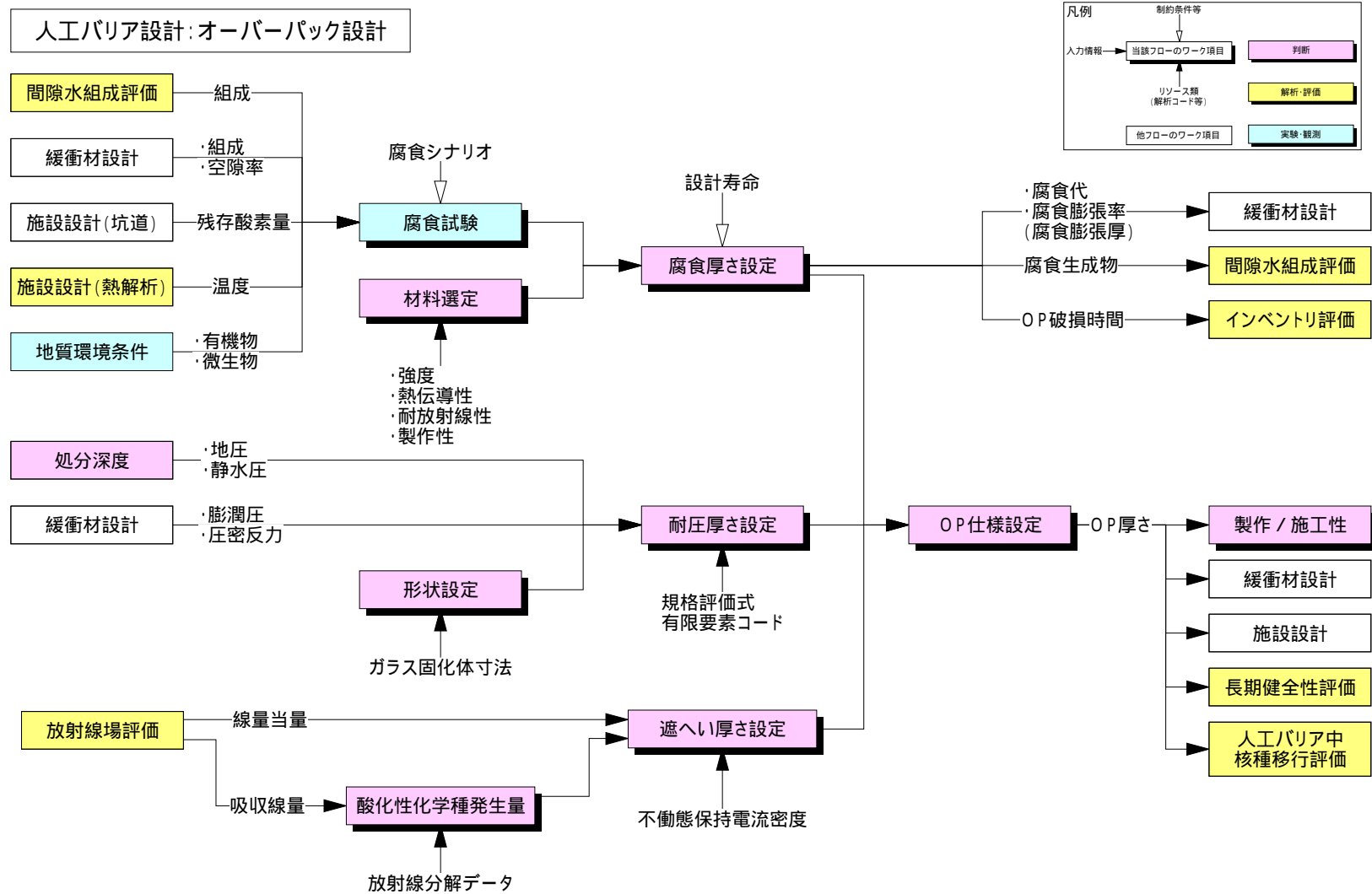


図3 - 2 「処分技術」オーバーパック設計に関するワークフロー

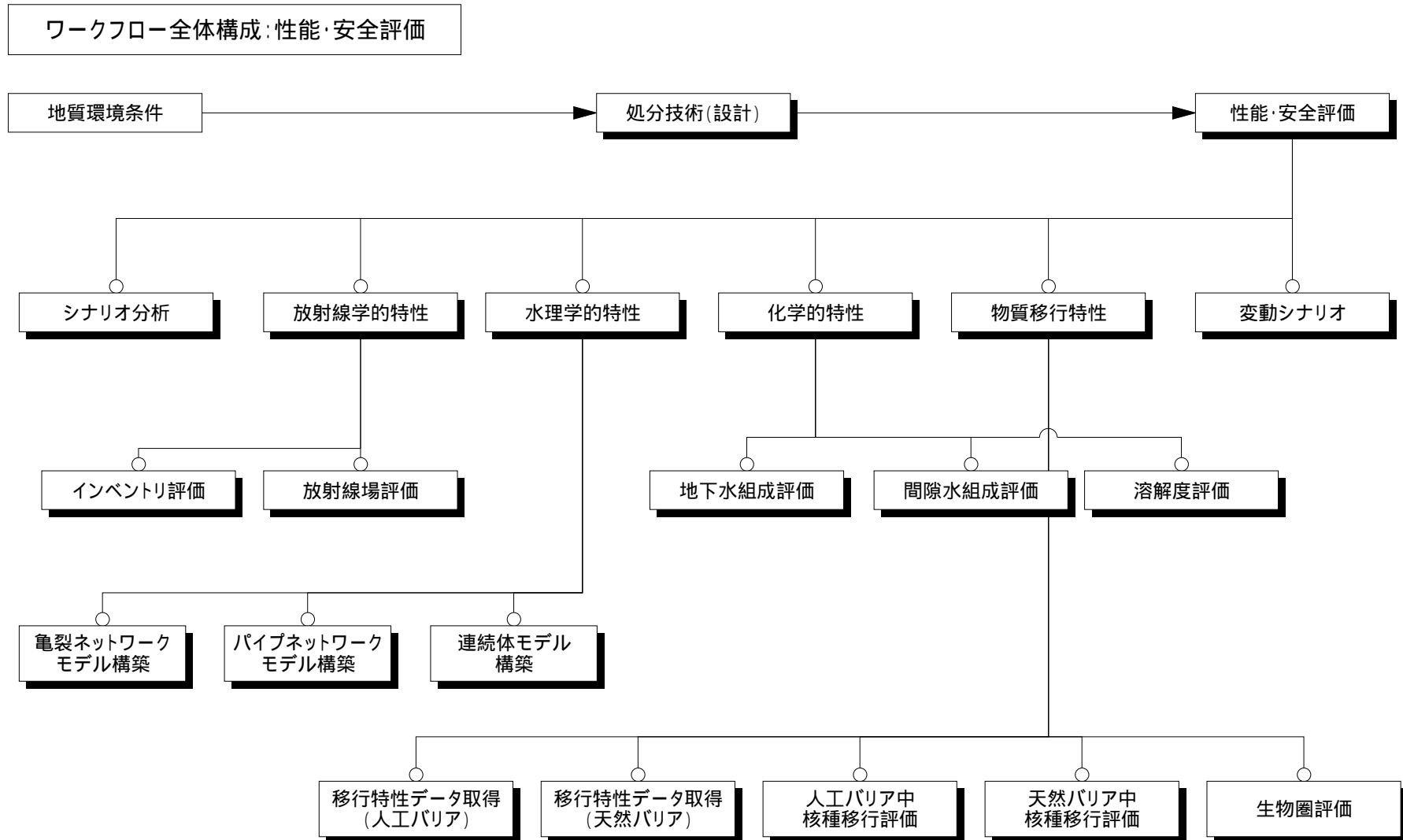


図3 - 3 「性能評価」分野のワークフロー階層構成図

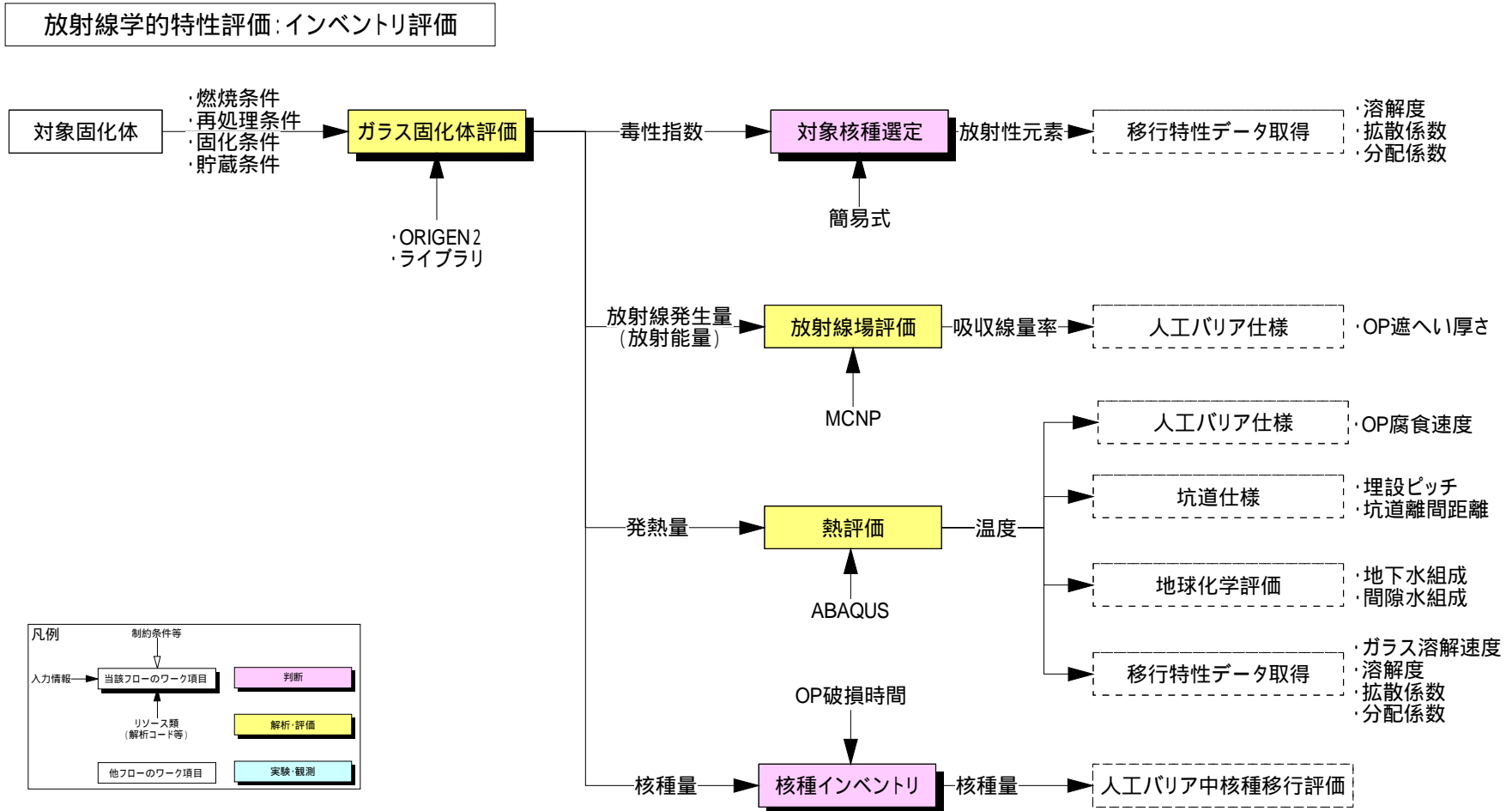


図3 - 4 「性能評価」インベントリ評価に関するワークフロー

4. 追加評価モデルの検討

性能・安全評価の体系化に向けて、今後の地層処分研究における詳細モデル開発に関する課題を抽出し、これらの課題を統合解析システムに取り込むための情報として整理する。

4.1 ニアフィールド現象

ニアフィールドにおける追加評価モデルの検討リストを作成し、以下に示すように、課題の特徴や課題解決の見込みに加えて、将来的な統合解析システムへの組み込みにおける親和性等を考慮するとともに、サイクル機構殿の各種研究設備の活用についても配慮して、今後の研究開発計画策定における優先順位を設定した。

課題としての重要度；
課題解決の見通し；
統合解析システムとの親和性；
サイクル機構殿の研究設備活用の観点；

上記の観点から課題の追加評価モデルのリストを整理した結果を表 4-1 に示す。整理に従い、ニアフィールド現象に関する技術開発計画を策定する項目として、以下を抽出した。

ニアフィールド熱解析技術の高度化
ニアフィールド連成現象評価技術の高度化
緩衝材の健全性評価技術の高度化
地下水の放射線分解評価技術の高度化

4.2 ファーフィールド現象

ファーフィールドにおける追加評価モデルの検討リストを作成し、4.1 項で示した観点から追加評価モデルのリストを整理した結果を表 4-2 に示す。整理に従い、ファーフィールド現象に関する技術開発計画を策定する項目として、以下を抽出した。

多孔質媒体における不均質性を考慮した地下水流動解析技術の高度化
亀裂性媒体における地下水流動解析技術の高度化
広域を対象とした地下水流動解析技術の高度化
密度流評価技術の高度化

生物圏への核種移行経路の評価技術の開発

4.3 処分場スケール評価手法

処分場スケールにおける追加評価モデルの検討リストを作成し、4.1 項で示した観点から追加評価モデルのリストを整理した結果を表 4-3 に示す。整理に従い、処分場スケールに関する技術開発計画を策定する項目として、以下を抽出した。

コンクリート影響評価技術の高度化

表 4 - 1 追加評価モデルの検討リストの整理(ニアフィールド)

分 類	項 目	概 要	優先順位設定上の考慮の観点				統合解析システムによる評価項目										課題番号
			課題としての重要度	課題解決の見通し	統合解析システムとの親和性	J N C 研究設備活用 の 観 点	地 質 環 境 デ ー タ	取得条件	デ ー タ 分 布 確 認	広域特性把握	設計解析	処分施設設定	処分坑道設定	人工バリア健全性評価	核種移行評価	天然バリア評価	
熱解析	開放坑道への熱放散	操業期間中の開放坑道への熱の散逸による人工バリア最高温度の低下				B	-	-	-	-					-	-	
	操業時のギャップを考慮した熱解析	操業(定置)時のギャップを考慮した地下水の浸潤、緩衝材の膨潤、および熱評価				B	-	-	-	-					-	-	
化学解析	OPの腐食挙動評価(マグネタイト腐食)	炭素鋼の腐食生成物(マグネタイト)による腐食加速(OPの早期破損)		-	-	B	-	-	-	-		-			-	-	
	コンクリート製支保の影響評価	高アルカリ浸出液によるOPの腐食評価および緩衝材の変質評価				A , B	-	-	-	-					-	-	
	熱 - 水 - (応力) - 化学 - 物質移行連成現象	再冠水時の塩の蓄積および温度低下後の塩の溶解 / 拡散散逸の評価				A , B	-	-	-	-					-	-	
応力解析	OPの寿命評価	OPの腐食膨張およびそれに伴う応力によるOPの破損時間(貫通時間)の評価	-	-			-	-	-	-		-			-	-	
	OPの座屈 / せん断破壊(断層直撃など)	岩盤の大変形(クリープや断層直撃)によるOPの座屈・せん断破壊、ならびに緩衝材の大変形・大流出		-	-	B	-	-	-	-		-			-	-	
	ガラス固化体の破損	OPの腐食膨張や機械的破損によるガラス固化体の破損				B	-	-	-	-		-			-	-	
	緩衝材の密度低下・不均一化	OPの腐食膨張や沈下、緩衝材の流出に伴う密度低下と不均一化				A	-	-	-	-		-			-	-	
	緩衝材形状の変化	緩衝材形状の変化に伴うOPと岩盤の接触(緩衝材のバリア機能喪失)		-			-	-	-	-	-	-			-	-	
放射線解析	緩衝材の放射線損傷	緩衝材の放射線損傷による変質と劣化		-			-	-	-	-	-	-	-		-	-	
	地下水の放射線分解	地下水の放射性分解による酸化性化学種の生成				A	-	-	-	-	-	-			-	-	
核種移行解析	緩衝材中の移流移行	緩衝材中の移流場形成に伴う核種の移流・分散移行、および沈殿物の移行(ろ過機能喪失)					-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	微生物による核種移行評価	微生物活動による核種移行特性の変化	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	
	有機物による核種移行評価	有機物の影響による核種移行特性の変化およびコロイド形成	-	-	-					-	-	-	-	-	-	-	
	ガス発生に伴う間隙水(核種)の押し出し	OPの腐食生成ガスによる緩衝材間隙水(溶存核種)の押し出し			-	(B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

凡例

課題としての重要度;
課題解決の見通し;
統合解析システムとの親和性;
JNC研究設備の観点;
統合解析システムによる評価項目;

:重要度が高い、
:数年内に相当程度の技術開発の進捗が見込める、
:親和性が高い、
A:室内試験装置の活用、
:直接対応する機能、

:重要度が相対的に高い、
:数年内にある程度の技術開発の進捗が見込める、
- :親和性が相対的に低い
B:地下研究施設の活用、
- :評価対象外

- :重要度が相対的に低い
- :長期的な課題
空欄:該当施設無し、あるいは不明

表4 - 2 追加評価モデルの検討リストの整理(ファーフールド)

分 類	項 目	概 要	優先順位設定上の考慮の観点				統合解析システムによる評価項目										課題番号
			課題としての重要度	課題解決の見通し	統合解析システムとの親和性	JNC研究設備活用 の観点	地質環境データ	取得条件	データ分布確認	広域特性把握	設計解析	処分施設設定	処分坑道設定	人工バリア健全性評価	核種移行評価	天然バリア評価	
地下水流動解析	岩(岩マトリクス)の不均質性の取り扱い	多孔質性岩体の透水係数の不均質性を考慮した地下水流動解析				B					-		-	-	-	-	
	岩(亀裂の性状と分布)の不均質性の取り扱い	亀裂性媒体を等価な多孔質媒体へ置換した評価手法の開発				B					-		-	-	-	-	
	岩(亀裂の性状と分布)の不均質性の取り扱い	亀裂性岩体における亀裂部とマトリクス部の両者における地下水の移動を考慮した地下水流動解析				B					-		-	-	-	-	
		亀裂の水理学的な分類と適切なモデル化				B					-		-	-	-	-	
	広域を対象とした地下水流動の評価	天然バリアから生物圏に至る全経路を対象とした地下水流動解析				B					-		-	-	-	-	
	詳細スケールの地下水流動の評価	坑道スケールの不均質性を考慮した地下水流動解析				B					-	-		-	-	-	
	密度流解析	塩水と淡水が共存する系における地下水流動解析(海水準変動等の影響に関する非定常解析を含む)				A、B					-	-	-	-	-	-	
	サイセミックポンピングの評価	地震・断層活動に伴う突発的な地下水流動の解析	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
天然バリア中の核種移行解析	熱対流(熱水対流)の評価	天然の温度勾配や廃棄体の発熱の影響を考慮した地下水流動解析									-		-	-	-	-	
	複数の亀裂を考慮した核種移行解析	複数の亀裂を組合せて(並列・直列)考慮する核種移行解析			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	亀裂の分類を考慮した核種移行解析	亀裂を現実的に分類し、これを反映した核種移行解析の実施		-							-	-	-	-	-	-	
	濃度を保存する核種移行解析	地下水中の核種濃度を物理現象に則って評価する核種移行解析		-							-		-	-			
生物圏評価	生物圏への核種放出域の設定	生物圏への核種の放出を物理現象に則って評価するための核種移行解析				(B)					-		-	-	-		
	GBIの設定	実際の浅部地下の地下水流動を考慮してGBIを設定した生物圏			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	帯水層のモデル化	帯水層における希釈量の評価	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	海洋のモデル化	海洋における希釈量の評価	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	気候変動を考慮した生物圏評価	気候変動の影響を動的に評価する生物圏評価		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	接近シナリオのための生物圏評価	天然事象や人的行為による接近シナリオに対応した生物圏評価		-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

凡例

課題としての重要度；
課題解決の見通し；
統合解析システムとの親和性；
JNC研究設備の観点；
統合解析システムによる評価項目；

：重要度が高い、
：数年内に相当程度の技術開発の進捗が見込める、
：親和性が高い、
A：室内試験装置の活用、
：直接対応する機能、

：重要度が相対的に高い、
：数年内にある程度の技術開発の進捗が見込める、
-：親和性が相対的に低い
B：地下研究施設の活用、

-：重要度が相対的に低い

：数年内にある程度の技術開発の進捗が見込める、

-：長期的な課題

空欄：該当施設無し、あるいは不明

- 評価対象外

表4 - 3 追加評価モデルの検討リストの整理 (処分場スケール)

分 類	項 目	概 要	優先順位設定上の考慮の観点				統合解析システムによる評価項目										課題番号
			課題としての重要度	課題解決の見通し	統合解析システムとの親和性	JNC研究設備活用 の観点	地質環境データ	取得条件	データ分布確認	広域特性把握	設計解析	処分施設設定	処分坑道設定	人工バリア健全性評価	核種移行評価	天然バリア評価	
化学(劣化)解析	坑道開放に伴う母岩の劣化解析	酸素等との反応による母岩の化学的劣化(変質)解析	-	-	-		-	-	-	-					-	-	
	コンクリート部材の変質評価	コンクリート部材の水及び空気(炭酸)との反応、並びに透過水(高アルカリ)の組成、pHの解析					-	-	-	-					-	-	
	コンクリート影響による緩衝材の変質評価	コンクリート起源の高アルカリ水と緩衝材中のベントナイトの劣化反応の解析					-	-	-	-					-	-	
	コンクリート影響による母岩の変質評価	コンクリート起源の高アルカリ水と母岩との反応の解析					-	-	-	-					-	-	
応力解析	施工性を考慮した埋め戻し材の充填状態の評価	再冠水に伴う施工時空隙の閉塞状況の解析	-	-			-	-	-	-					-	-	
	坑道埋め戻し時の力学的プラグの効果に関する評価	再冠水時における力学的プラグの力学的挙動の解析	-	-			-	-	-	-					-	-	
	緩衝材の埋め戻し材側への押し出しの評価	緩衝材の膨潤、オーバーパックの腐食膨張を考慮した埋め戻し材の変形解析(緩衝材の変形解析)	-	-			-	-	-	-					-	-	
	クリープのモデル化	軟岩系における坑道上部岩盤の長期的変形挙動の解析	-	-			-	-	-	-					-	-	
	緩衝材の亀裂への侵入のモデル化	ベントナイトの亀裂への浸入挙動の解明	-	-			-	-	-	-	-	-			-	-	
水理解析	掘削影響領域のモデル化	掘削影響領域での水理挙動の解明	-	-		B	-	-	-	-					-	-	
	坑道埋め戻し後の再冠水の評価	埋め戻し領域の再冠水挙動の解明	-	-			-	-	-	-					-	-	
	緩衝材の亀裂への進入を考慮した水理解析	周辺岩盤の水理挙動の解明	-	-		A	-	-	-	-	-	-			-	-	
	埋め戻し材、プラグ及びグラウトを考慮した水理解析	人工バリア近傍の水理挙動の解明		-			-	-	-	-					-	-	
核種移行解析	複数廃棄体の相互影響評価	3次元的な廃棄体の配置を考慮した核種移行解析		-			-	-	-	-	-			-	-	-	
	廃棄体毎のバリア機能の不均一性を考慮した核種移行解析	人工バリアや天然バリアのバリア機能の個体差を考慮した核種移行解析	-	-			-	-	-	-	-			-	-	-	
	ミキシングセルの妥当性の評価	人工バリア核種移行評価における適切な外側境界条件の設定	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	コロイドによる核種移行の評価	真性コロイドならびに疑似コロイドによる核種放出促進機構の解明とモデル化			-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
その他	母岩中ガス移行評価	オーバーパック腐食ガス及び埋め戻し時残存ガスの挙動解明	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

凡例

課題としての重要度;
課題解決の見通し;
統合解析システムとの親和性;
JNC研究設備の観点;
統合解析システムによる評価項目;

:重要度が高い、
:数年内に相当程度の技術開発の進捗が見込める、
:親和性が高い、
A:室内試験装置の活用、
:直接対応する評価項目、

:重要度が相対的に高い、
:数年内にある程度の技術開発の進捗が見込める、
- :親和性が相対的に低い
B:地下研究施設の活用、
- :評価対象外

- :重要度が相対的に低い
- :長期的な課題
空欄:該当施設無し、あるいは不明

5. おわりに

地層処分システムの長期の安全性は、シナリオで表現される長期間の複合的な現象を考慮して処分システム全体の性能を定量化することによって示される。特に、安全評価の基本となる地下水移行シナリオに関しては、今後進められる個別詳細研究の成果を取り込みつつ、シナリオの成立性を確認し、これを安全評価に適切に反映していくことが重要である。このためには、地層処分システムの設計（長期健全性評価含む）で得られる知見を組み合わせた適切なシナリオの構築と、シナリオに応じた一連の安全評価を実施するための作業基盤として、地層処分システム（地質環境条件を含む）を計算機上に展開した統合解析システムの開発が必要である。

本研究では、統合解析システムの開発に資するため、第2次取りまとめに向けて構築されてきた設計・安全評価の体系を整理し、今後の研究開発で得られる成果も考慮した上で、これらを計算機上に展開し、システム化するための設計検討を行った。

(1) 統合解析システムの詳細機能の検討

地層処分システムの設計・性能評価を実施するための共通の作業基盤となる統合解析システムの開発に向けて、地質環境を含む地層処分システムを計算機上に構築（統一環境場の構築方針の策定）するための検討を実施した。

(2) 技術基盤情報の体系化

第2次取りまとめにおける「処分技術（設計）」および「性能評価」のワーク（評価）項目に対して、その基盤となる技術情報（入出力情報）の対応付けを行い、地層処分システムの設計・安全評価に関する一連の作業をまとめた評価フローを作成した。

(3) 追加評価モデルの検討

性能・安全評価の体系化に向けて、今後の地層処分研究における詳細モデル開発に関する課題を抽出し、これらの課題を統合解析システムに取り込むための情報として整理した。