

地層処分研究の理解促進に資する可視化素材
(データ集・記録集)

2003年3月

核燃料サイクル開発機構
東海事業所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、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

電話:029-282-1122(代表)
ファックス:029-282-7980
電子メール:jserv@jnc.go.jp

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)
2003

地層処分研究の理解促進に資する可視化素材
(データ集・記録集)

高蒲信博¹、吉川英樹²、柏崎博¹、綿引孝宜³
本間信之⁴、澤田淳⁵、若杉圭一郎⁵、飯島和毅⁶、根本信一³
牧野仁史⁵、川上進²、棚井憲治²、杉田裕²、谷口直樹²、伊藤彰²

要 旨

核燃料サイクル開発機構東海事業所の「地層処分基盤研究施設」では、年間数千人の来訪者を受け入れている。その対応にあたっては、幅広い来訪者各層の理解促進、そして、研究者と来訪者との円滑なコミュニケーションの促進を図るために、試験研究を行っている現場を紹介するだけでなく、研究内容をわかりやすい形に加工した様々なツールを活用している。

本報では、それらツールの一つとして整備した、地層処分の操業イメージおよび個々の研究に係る解析結果等を可視化した素材を DVD-R に収めるとともに、活用時の留意事項をまとめた。

-
- 1 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 研究計画グループ
 - 2 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 処分バリア性能研究グループ
 - 3 原子力システム株式会社
 - 4 (現在) 石川島播磨重工業株式会社
 - 5 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
 - 6 東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 放射化学研究グループ

Visualized materials of information on HLW geological disposal
for promotion of public understanding
(Set of Data)

Nobuhiro SHOBU¹, Hideki YOSHIKAWA², Hiroshi KASHIWAZAKI¹, Takanori WATAHIKI³,
Nobuyuki HONMA⁴, Atsushi SAWADA⁵, Keiichiro WAKASUGI⁵, Kazuki IJIMA⁶,
Shinichi NEMOTO³, Hitoshi MAKINO⁵, Susumu KAWAKAMI², Kenji TANAI²,
Yutaka SUGITA², Naoki TANIGUCHI², Akira ITO²

Abstract

Japan Nuclear Cycle Development Institutes (JNC) has a few thousands of short term visitors to Geological Isolation Basic Research Facility of Tokai works in every year.

From the viewpoint of promotion of the visitor's understanding and also smooth communication between researchers and visitors, the explanation of the technical information on geological disposal should be carried out in more easily understandable methods, as well as conventional tour to the engineering-scale test facility (ENTRY).

The images of repository operation, output data of technical calculations regarding geological disposal were visualized. We can use them practically as one of the useful explanation tools to support visitor's understanding. The visualized materials are attached to this report with the DVD-R media, furthermore, background information of each visualized materials was documented.

1 Planning and Co-ordination Group, Waste isolation research division, Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

2 Barrier Performance Group, Waste isolation research division, Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

3 Nuclear Energy System Inc.

4 (present)Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

5 Repository System Analysis Group, Waste isolation research division, Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

6 Radiochemistry Group, Waste isolation research division, Waste management and fuel cycle research center, Tokai works

目 次

1. はじめに	1
2. 可視化素材（動画）の内容	1
2.1 地層処分場の操業	1
2.1.1 処分孔縦置き方式のケース	1
2.1.2 処分坑道横置き方式のケース	3
2.2 各種解析結果	4
2.2.1 熱解析	4
2.2.2 埋め戻し後の再冠水解析	5
2.2.3 炭素鋼オーバーパックの腐食	5
2.2.4 核種移行率と放射線学的影響の評価	6
2.3 亀裂ネットワークモデル	7
2.3.1 亀裂ネットワークモデルの構築	7
2.3.2 亀裂ネットワークモデルによる物質移行計算	7
3. 補足説明素材（静止画）の内容	8
3.1 安全評価で想定するモデル	8
3.2 各国の安全評価結果との比較	8
4. DVD-R のコンテンツの閲覧	9
5. おわりに	9
参考文献	16

DVD-R

1. はじめに

「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の全体計画（中間評価）：平成13年12月 核燃料サイクル開発機構 研究開発課題評価委員会（廃棄物処理処分課題評価委員会）」では、核燃料サイクル開発機構が行う国民各層の理解促進については、成果のわかりやすい公表や深地層の研究施設を中心とした施設の公開を積極的に進めることで、研究開発機関として科学的・技術的な面での理解促進に寄与していくとしている。

核燃料サイクル開発機構 東海事業所の「地層処分基盤研究施設」では、地層処分研究に係る施設の積極的な公開を推進するため、年間数千人の来訪者を受け入れている。その対応にあたっては、幅広い来訪者各層に対する成果の理解促進及び研究者と来訪者との円滑なコミュニケーションを図るため、研究の内容やその成果をわかりやすい形に加工した様々なツールを活用している。

本報では、それらツールの一つとして活用している、地層処分場の操業、個々の研究に係る解析結果等の可視化を行ったことをまとめた。さらにその結果を素材としてDVD-Rに収めるとともに、活用時において留意しておくべき事項についても紹介する。

2. 可視化素材（動画）の内容

本素材は「地層処分基盤研究施設」における施設来訪者への研究紹介の一環として、同素材を上映しながら来訪者へ口頭で補足説明することを前提とし、かつ十数分という短時間での対応を想定して作成したものである。

同素材の可視化にあたっては、主に「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ -（以下、「第2次取りまとめ」と称する）」等で公表された知見や解析結果等の情報を活用した。

ここでは、各素材のアウトライン、そして活用時において留意しておくべき事項として、各素材のコアメッセージ、背景となる技術情報、製作にあたって配慮した事項などをまとめた。なお、本素材で想定している処分場のイメージ、解析の条件等は特定の場所を対象としたものではないことに注意する。

2.1 地層処分場の操業

「第2次取りまとめ」における処分場のレイアウトは、硬岩系と軟岩系の岩盤について例示されているが、ここでは、処分深度1,000mの花崗岩の地質環境下（硬岩系岩盤）を想定した仮想的な処分場の地下施設を対象に操業のイメージの可視化を行った。

2.1.1 処分孔縦置き方式のケース

(1) アウトライン

ガラス固化体を内包するオーバーパック（以下、「廃棄体」と称する）及びその周囲に定置する緩衝材を、アクセス坑道を利用して地下施設へ搬送し、連絡坑道及び主要坑道を經由し、縦置き方式で処分坑道内の処分孔に定置する場合の一連のハンドリング概念を例示した。

（動画は2分47秒で編集、画面のサムネイルが 図 - 1 コンテンツのメニ

ユー画面(1/3) 処分場の操業 に示されている。)

(2) コアメッセージ

現状の技術あるいは近い将来実現すると考えられる技術で処分場の操業は実施可能である。

(3) 技術情報

処分場レイアウト：図 - 2 全体鳥瞰図（硬岩系岩盤、縦置き方式）を参考にした。

地上施設と地下施設間のアクセス：地下施設までのアクセス方式は、主にエレベータ搬送による立坑方式、および車両搬送による斜坑方式の2つが考えられる。ここでは、大深度地下へのアクセス方法として採用している実績が最も多い立坑方式のみとした。アクセス坑道については、作業の安全性の観点から、建設、操業、閉鎖作業が独立に平行して行うことができるように、各作業それぞれに専用のアクセス坑道を設けることとし、作業の効率性などの観点から、建設用と閉鎖用のアクセス坑道は各2本、操業用のアクセス坑道は換気専用立坑1本を含む3本（緩衝材搬送用立坑が1本、廃棄体搬送用立坑が1本）とし、合計7本設けることとした。

廃棄体の形状：廃棄体のハンドリングで特に重要な把持の确实性の観点から、現状では機械的機構によるハンドリングが最も適切な方法と考えられている。廃棄体の形状は、操業システムを構築するうえで成立性の高い方法の一つと判断されている“ハンドリング機器との取り合い部が頂部”にあること、そして、遠隔脱機構の実現性や安全に対する信頼性の面でも有望で、かつ、実績もある“ガラス固化体と同様な形状”とした。

地下施設における廃棄体及び緩衝材の積み替え：廃棄体については、搬送時、定置時いずれにおいても廃棄体は縦向きであるため廃棄体の横倒しは不要であるが、積み替えに定置設備のハンドリング機構（廃棄体の上下移動）を利用するため、廃棄体搬送台車と定置設備の走行フロアを上下に分けることとした。

緩衝材については、後述の通り軌道方式であるので、緩衝材の定置設備と連結を行うだけで積み替え作業は必要ない。

地下施設での搬送と定置：搬送方式については、軌道方式、無軌道方式、コンベア方式が考えられるが、ここでは、作業の遠隔化（廃棄体の表面の放射線量は高く、人間が直接近づくことは困難であるため、人工バリアの設置においては、かなりの範囲で遠隔操作が必要となる）に比較的有利な軌道方式とした。

緩衝材の定置方式としては、現場締固め方式とブロック方式があるが、「第2次取りまとめ」において、立坑における搬送から処分孔への定置作業の全工程における設備概念が例示されているブロック方式とした。坑道内における緩衝材ブロック及び廃棄体の定置については、i)下部緩衝材ブロックの定置、)側部緩衝材ブロックの定置、)廃棄体の吊り降ろし定置、)上部緩衝材ブロックの定置 という手順となる。なお、)と)を逆にした手順もありうる。処分孔縦置き定置方式では、処分坑道から鉛直下方に掘られた処分孔の直上まで定置装置が直接アクセス可能である。

したがって、緩衝材ブロックと廃棄体の定置設備が、連絡・主要坑道および処分坑道に敷設したレール上を走行して処分孔直上まで直接アクセスし、搭載した緩衝材ブロックや廃棄体を処分孔内に吊り降ろすなどの方法が可能となる。

緩衝材ブロックは定置する層ごとにパレット上に並べられた状態で搬送装置に搭載され、主要・連結坑道から処分坑道を通して所定の処分孔位置まで運ばれる。所定の処分孔に到達後、緩衝材ブロックはパレットごと(ローラコンベアで)定置装置に送られ、定置装置の真空吸着式の吊り降ろし機構にて把持される。空パレットを(ローラコンベアで)パレット回収装置に送った後、緩衝材ブロックは処分孔内に吊り降ろされる。ブロック形状に関しては、すべて同型とするのが望ましく、また、ブロックが正方形のパレット上に載せてハンドリングされることから、分割数に関してはパレットの向きの管理が必要とならない、分割なし、4分割等が候補とされている。ここでは分割なしとした。

廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の外観については、図 - 3 処分孔縦置き方式における廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の全体構成の例(ブロック方式)を参考にした。

2.1.2 処分坑道横置き方式のケース

(1) アウトライン

廃棄体及びその周囲に定置する緩衝材を、アクセス坑道を利用して施設へ搬送し、連絡坑道及び主要坑道を経由し、横置き方式で処分坑道内に定置する場合の一連のハンドリング概念を例示した。

(動画は2分30秒編集、画面のサムネイルが図 - 1 コンテンツのメニュー画面(1/3) 処分場の操業 に示されている)

(2) コアメッセージ

「2.1.1 処分孔縦置き方式のケース」に同じ

(3) 技術情報

処分場レイアウト：硬岩系岩盤における横置き方式のケースの処分場全体の外観は省略した。

地上施設と地下施設間のアクセス：「2.1.1 処分孔縦置き方式のケース」に同じ

廃棄体の形状：「2.1.1 処分孔縦置き方式のケース」に同じ

地下施設における廃棄体及び緩衝材の積み替え：廃棄体については、廃棄体搬送台車に縦向きに積み込まれた廃棄体を横置き定置のために横転させる。横転後、横置き定置設備の廃棄体ハンドリング機構(廃棄体の横移動)を利用して定置設備に積み替える。このため同じフロアでの積み替え作業となる。緩衝材については、緩衝材横置き定置設備の定置機能を用い廃棄体積み替えの場合と同様に積み替え作業を行う。同様に積み替えのフロアを分ける必要はない。

地下施設での搬送と定置：搬送及び定置の流れは「2.1.1 処分孔縦置き方式のケース」と概ね同じであるが、以下の点が異なる。

坑道内における緩衝材ブロック及び廃棄体の定置については、下部緩衝材ブロックの定置、廃棄体の押し込み定置、上部緩衝材ブロックの定置の順となる。

処分坑道横置き定置方式の場合、廃棄体を定置する処分坑道は径 2.2m の狭い空間であるため、定置作業に関する設備の動作スペースに余裕が少なく、またレールなどの附帯設備の設置も、施工後の撤去の問題を含めてきわめて困難となる。したがって定置作業は、坑道壁面をガイドとして車輪により自走する設備により、緩衝材ブロックや廃棄体を坑道軸方向に押し込むように定置する方法にした。なお、緩衝材ブロックの分割数は、操業的観点及び力学的観点から 6 分割が候補と考えられている。

廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の外観については、図 - 4 処分坑道横置き方式における廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の全体構成の例（ブロック方式）を参考にした。

2.2 各種解析結果

2.2.1 熱解析

(1) アウトライン

ガラス固化体からの熱の影響による、緩衝材及び周辺の岩盤における温度分布を、処分孔縦置き方式の場合について例示した。

（動画は 41 秒編集、画面のサムネイルが図 - 1 コンテンツのメニュー画面 (1/3) 熱解析 に示されている）

(2) コアメッセージ

空洞安定性から設定された最小処分坑道離間距離および最小廃棄体ピッチの組み合わせとした場合でも、緩衝材の最高上昇温度は約 98 となり 100 を下回ることが確認できる。

なお、廃棄体定置後、10 年～20 年で最高上昇温度に到達し、1,000 年で人工バリア内の温度分布が一定（処分深度 1,000m の硬岩系岩盤とする本ケースでは約 60 ）となり、廃棄体定置後約 10,000 年で人工バリアの温度は初期地温に戻る。

(3) 技術情報

発熱量、場の温度及び形状

ガラス固化体の発熱量は、「第 2 次取りまとめ」で想定しているモデルガラス固化体を 50 年間中間貯蔵（冷却期間 54 年）されたものである。

人工バリア、処分孔及び処分坑道の形状は、2.1.1 処分孔縦置き方式のケースのものと同じ。地表面は 15 で一定、地温勾配は深度方向に 3 /100m としていることから、地下 1,000m における岩盤の初期地温は 45 となる。

解析の考え方

地下水の浸潤により緩衝材の熱物性は変化する。緩衝材の最高温度を制限する観点から廃棄体の占有面積を求める際には、人工バリア設置時における含水状態での熱物性を用いて解析すれば保守的な結果を与えることにより、「第 2 次取りまとめ」では、水および応力との連成を考慮しない熱伝導解析

(3次元モデル)により坑道離間距離及び廃棄体ピッチ設定に関する評価を行っている。

2.2.2 埋め戻し後の再冠水解析

(1) アウトライン

処分坑道埋め戻し材、処分孔内の放射線遮へい上必要な埋め戻し材及び緩衝材への再冠水挙動を例示した。

(動画は37秒編集、画面のサムネイルが図-1コンテンツのメニュー画面(1/3)再冠水解析に示されている)

(2) コアメッセージ

人工バリア埋設後のオーバーパックの腐食挙動や緩衝材の性能を評価する上で、廃棄体埋設後に、周辺岩盤から緩衝材への地下水の浸潤にともなって緩衝材が再冠水するまでの時間(人工バリア定置後に緩衝材内が飽和に達するまでの時間)の状態を把握することが非常に重要である。

本ケースでは約10年で再冠水することがわかる。

(3) 技術情報

ガラス固化体の発熱量は前述と同様。解析モデルとしては、処分孔縦置方式のケースに対して軸対称モデルを用いて実施している。オーバーパックは炭素鋼製、放射線遮へい上必要な埋め戻し材及び緩衝材はケイ砂混合体(30wt%、乾燥密度 1.6Mg m^{-3})、処分坑道埋め戻し材は骨材混合材(ベントナイト混合率15wt%)としている。

熱-水-応力連成解析のケースとしては、水理的初期条件を地表面に地下水面のある静水圧状態において処分坑道および処分孔の掘削を行い、掘削後5年後に廃棄体を処分、岩盤の固有透過度を $1.0 \times 10^{-15}\text{m}^2$ としたケースとした。

また、2.2.1熱解析でも述べたように、熱解析は保守的な結果を与えるために人工バリア設置時における含水状態の緩衝材の熱物性を用いて実施されているが、緩衝材の再冠水の評価するうえでは、緩衝材は飽和度の変化により熱物性が大きく変化すること、緩衝材の飽和度をどのように設定するかにより、熱解析を実施した場合のニアフィールドの温度分布は異なってくることから、連成解析は必要不可欠である。

2.2.3 炭素鋼オーバーパックの腐食

(1) アウトライン

オーバーパックの耐用年数として考慮されている1,000年間における腐食の進み具合と腐食膨張の様子を例示した。

(動画は20秒編集、画面のサムネイルが図-1コンテンツのメニュー画面(2/3)腐食に示されている)

(2) コアメッセージ

1,000年で腐食量3.18cmとなり、腐食代を4cmとした根拠が確認できる。

(3) 技術情報

ベントナイト中における炭素鋼の腐食形態は、圧縮ベントナイトによる不動態化の阻害効果により、全面腐食である可能性が高いことから、全面腐食の場合に

ついて、1,000年間の腐食深さを評価している。処分環境では、はじめに緩衝材や埋め戻し材中に取り込まれた酸素の還元をカソード反応とする腐食が進展し、酸素が消費された後は水の還元による腐食が支配的になると考えられることから、それぞれの腐食深さを別々に評価し合算している。

オーバーパック1本当たりの腐食に寄与する緩衝材および埋め戻し材中に存在する酸素量が最も多い、軟岩系岩盤縦置き方式の仕様を例に、腐食量を評価したところ、前者による最大腐食深さの推定値は11.8mm、後者については、20mmとの評価結果が示されている。

また、腐食部の腐食後の体積は腐食前の3倍に膨張すると仮定した。

2.2.4 核種移行率と放射線学的影響の評価

(1) アウトライン

人工バリア中の緩衝材領域（半径70cm）及び母岩100mの領域において、放射性核種がどのように移行するかを描写、さらに人間への放射線学的影響を直接的に表す尺度の一つである線量を同時に表示した。

放射性核種は、「第2次取りまとめ」の線量の最大値を支配しているCs-135（半減期が約230万年と長く、可溶性で、分配係数が小さい）また、人工バリアにより母岩への移行が抑えられている放射性核種の一例としてAm-243（半減期が約7380年と短く、難溶性で、分配係数が大きい）とした。

（動画はそれぞれ33秒編集、画面のサムネイルが図-1コンテンツのメニュー画面(2/3) 核種移行率と放射線学的影響の評価 に示されている）

(2) コアメッセージ

Cs-135の場合は天然バリア（母岩）への移行が生じるが、その移行率は十分小さくなっていること、一方Am-243の場合は人工バリア内で減衰していることが確認できる。

線量については、いずれの核種においても法令に定める一般公衆の線量の基準1mSv/yを十分下回ることが確認できる。

(3) 製作にあたっての配慮事項

可視化にあたっては、「核種移行率」という量が他の解析結果の動画で扱っている“温度（熱解析）”、“水のしみこみ（再冠水解析）”などと比較して、我々の日常生活に密着したものでないことから、幅広い来訪者各層の理解促進を図るべく、ここでは「第2次取りまとめ」のリファレンスケースで算出された核種移行率（Bq/y）を直接可視化するのではなく、それぞれの放射性核種の移行率が最大となる緩衝材内側、すなわち、本核種移行解析の出発点での値で除すことで規格化し、“放射性核種が1年間で動く量”を最大からの低減の程度として表現した。なお、ここで用いた移行率の解析結果はガラス固化体1本に対するものである。

時間については、「第2次取りまとめ」において解析結果が示されている1,000万年までの時点とした。

線量については、「第2次取りまとめ」での総本数4万本のガラス固化体を処分するとの想定に準拠して、4万本に相当する線量結果を表示した。

なお、第2次取りまとめにおける母岩領域の核種移行率の計算値は1次元のデータであるが、本動画では表現の都合上、帯状（2次元）としている。

2.3 亀裂ネットワークモデル

2.3.1 亀裂ネットワークモデルの構築

(1) アウトライン

坑道周辺における亀裂の分布について、亀裂ネットワークモデルを用いて例示した。なお、亀裂ネットワークモデルは現場のデータを統計的な解析手法により確率分布を推定し、その確率分布からモンテカルロ手法により個々の亀裂を発生させる統計的モデルである。

(動画は1分54秒編集、画面のサムネイルが図-1 コンテンツのメニュー画面(3/3) 亀裂ネットワークモデルの構築 に示されている)

(2) コアメッセージ

坑道壁面で抽出された亀裂を基に、亀裂ネットワークモデルを用いることにより坑道を横切る亀裂の分布を3次元的に表すことができる。さらに、亀裂の分布特性に基づいて、坑道周辺の岩盤全体の亀裂の推定ができる。

(3) 製作にあたっての配慮事項

岩手県釜石鉱山の坑道(KD-90)の壁面写真に基づき可視化した。なお、岩手県釜石鉱山での試験は平成10年3月末に終了している。

ここでは、評価対象をこの坑道を含む一辺90mの立方体領域として、調査結果等を統計的手法で解析し、壁面での亀裂の分布をあらわすように同立方体領域の中へ亀裂を発生させた。亀裂の透水量係数(m^2/s)を $10^{-3} \sim 10^{-9}$ の範囲で白色から青色へと濃淡で示した。

2.3.2 亀裂ネットワークモデルによる物質移行計算

(1) アウトライン

岩盤の亀裂中を主に地下水が流動する亀裂性岩盤の場合、水がどのように移動するかについて、亀裂ネットワークモデルを用いてシミュレーションした例を紹介する。

(動画は34秒編集、画面のサムネイルが図-1 コンテンツのメニュー画面(3/3) 亀裂ネットワークモデルによる物質移行計算 に示されている)

(2) コアメッセージ

亀裂性岩盤の地下水の流れは一様ではなく様々な経路を広がって流れる。

(3) 製作にあたっての配慮事項

評価対象の岩盤中(一辺90mの立方体領域)において、水の流れをわかりやすく示すとの製作の都合上、右側面の全体から左側面の全体へ一定の動水勾配を与え、右側面の中央10m四方の領域のみから流れる地下水の軌跡を描写した。亀裂内の場所をいつの時点に通ったかがわかるように、表示されている色は地下水がある時間に亀裂の場所に残した軌跡を表現している。時間経過とともにその軌跡を白色から青色へ変化させた。なお、表示期間については2,200日までとした。

(4) 技術情報

本動画の地下水の流れは水の流れをわかりやすく示すための仮想的なものであり、「第2次取りまとめ」の評価とは直接関係しないことに留意する必要がある。また、「第2次取りまとめ」の安全評価で適用した母岩(花崗岩)中の核種移行

解析モデルは、前述の亀裂ネットワークモデルではなく、より簡便な1次元平行平板モデルを重ね合わせたモデルであることには注意する。なお、この1次元平行平板モデルの重ね合わせに関しては、3次元亀裂ネットワークモデルを用いた核種移行モデルによる核種移行解析結果との比較によりその適用性が確認されている。

3. 補足説明素材（静止画）の内容

前述の「2.2.4 核種移行率と放射線学的影響の評価」の動画による説明を補足する素材（静止画）として以下を準備した。

3.1 安全評価で想定するモデル

(1) アウトライン

安全評価のモデル要素、そこで想定する核種の移行経路、ふるまいなどを模式的に示した。

（画面のサムネイルが図 - 1 コンテンツのメニュー画面(3/3) 安全評価で想定するモデル に示されている）

(2) コアメッセージ

地下水に溶け出した放射性核種が緩衝材や岩盤の中を収着・拡散しながら、様々な方向に分散され、次第に希釈されていく
その後比較的水を通しやすい断層破碎帯を通ると仮定
帯水層を経て、河川に到達し、最終的に飲料水や食料などを介して人間に取り込まれることを仮定

3.2 各国の安全評価結果との比較

(1) アウトライン

「第2次取りまとめ」と諸外国の安全評価結果を比較して示した。

（画面のサムネイルが図 - 1 コンテンツのメニュー画面(3/3) 各国の安全評価結果との比較 に示されている）

(2) コアメッセージ

「第2次取りまとめ」での線量の最大値は、わが国の自然放射線レベルである $900 \mu\text{Sv/y} \sim 1200 \mu\text{Sv/y}$ 、さらに諸外国で提案されている防護レベルである $100 \mu\text{Sv/y} \sim 300 \mu\text{Sv/y}$ を下回ることが確認できる。

また、スウェーデン、フィンランド、カナダ、スイスなど諸外国でも地層処分の安全評価が実施され、これらの安全評価では、適切なサイトが選定され、工学的な対策が適切に施されれば、高レベル放射性廃棄物の地層処分による放射線学的影響が規制のガイドラインを十分下回るとの結論で一致している。

4. DVD-R のコンテンツの閲覧

動画の再生には Quick Time Player version5.0 以上のアプリケーションソフトが必要である。

さらに、収録されている“index.html”ファイルを Netscape Navigator4.5 又は Internet Explorer5.0 以降のバージョンのブラウザで閲覧し、各メニュー画面をク

リックすることで動画の再生ができる。

動作に必要な不可欠な環境条件は以下のとおり

- ・ Pentium プロセッサを搭載した PC 互換コンピュータであること
- ・ Windows98/NT/Me/2000/XP のいずれかの OS があること
- ・ DVD ドライブがあること

コンテンツのメニュー画面を図 - 1 に示す。


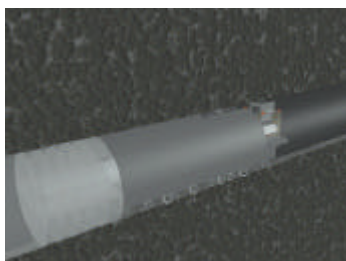
5 . おわりに

ここで取り揃えた素材については、「地層処分基盤研究施設」における施設来訪者への研究紹介を想定したものであるが、今後、本情報へのアクセス手段の多様化との観点から、サイクル機構内現地での情報提供のみならず、現地外（例えば、将来的にインターネットでの情報発信など）でも本素材を視聴できる仕組みを構築することを視野にいれておく必要がある。

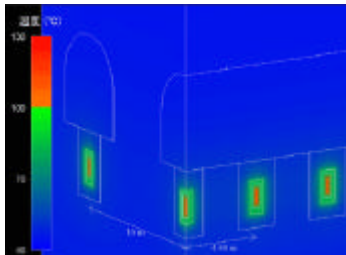
謝 辞

動画製作にあたっては、東洋エンジニアリング株式会社及び日商岩井株式会社に協力を得た。ここに謝意を表す。

処分場の操業

	<p>廃棄体及び緩衝材を、アクセス坑道を利用して地下施設へ搬送し、連絡坑道及び主要坑道を経由し、縦置き方式で処分坑道内の処分孔に定置する場合の一連のハンドリング概念を例示。</p>
	<p>廃棄体及び緩衝材を、アクセス坑道を利用して地下施設へ搬送し、連絡坑道及び主要坑道を経由し、横置き方式で処分坑道内に定置する場合の一連のハンドリング概念を例示。</p>

熱解析

	<p>ガラス固化体からの熱の影響を受けても緩衝材に対する熱的制限値である 100 を超えないことを例示。 < 緩衝材の最高温度は約 98 ></p>
---	--

再冠水解析（熱-水-応力連成解析）

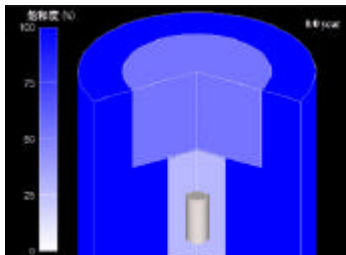
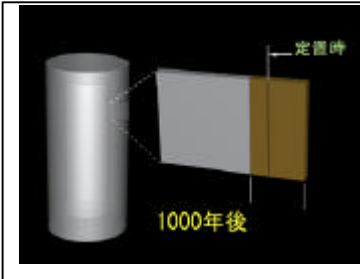
	<p>処分坑道埋め戻し材、処分孔内の放射線遮へい上必要な埋め戻し材及び緩衝材への再冠水挙動を例示。 < 約 10 年で再冠水 ></p>
---	--

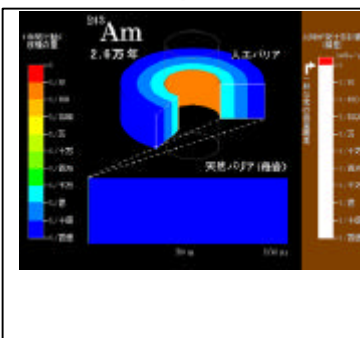
図 - 1 コンテンツのメニュー画面 (1/3)

腐食

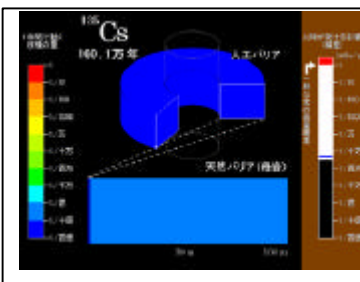


オーバーパックスの耐用年数として考慮されている 1,000 年間における腐食（31.8mm 減肉）の進み具合と腐食膨張の様子を例示。
 なお、腐食部の腐食後の体積は腐食前の 3 倍に膨張すると仮定。

核種移行率と放射線学的影響の評価



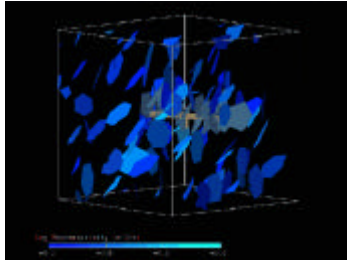
人工バリアにより母岩への移行が比較的抑えられている核種
 核 種：Am243
 半 減 期：約 7380 年（半減期が短い）
 溶 解 度：小（難溶性）
 分配係数：大



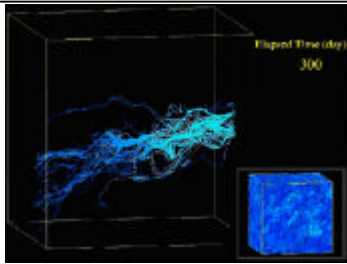
総線量の最大値を支配している核種
 核 種：Cs135
 半 減 期：約 230 万年（半減期が長い）
 溶 解 度：大（可溶性）
 分配係数：小

図 - 1 コンテンツのメニュー画面 (2/3)

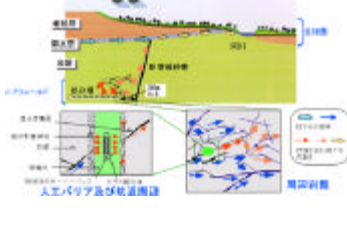
亀裂ネットワークモデルの構築

	<p>坑道周辺における亀裂の分布について、確率論的手法である亀裂ネットワークモデルを用いて例示。</p>
---	--

亀裂ネットワークモデルによる物質移行計算

	<p>亀裂性岩盤の場合、水がどのように移動するかについて亀裂ネットワークモデルを用いてシミュレーションした例を紹介。</p>
---	--

安全評価で想定するモデル（静止画）

	<p>安全評価のモデル要素、そこで想定する核種の移行経路、ふるまいなどを模式的に紹介。</p>
---	---

各国の安全評価結果との比較（静止画）

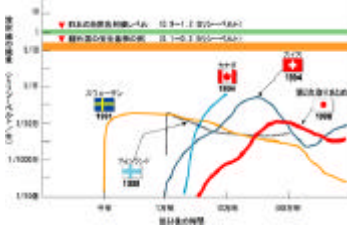
	<p>「第2次取りまとめ」と諸外国の安全評価結果を比較して示した。</p>
---	---------------------------------------

図 - 1 コンテンツのメニュー画面 (3/3)

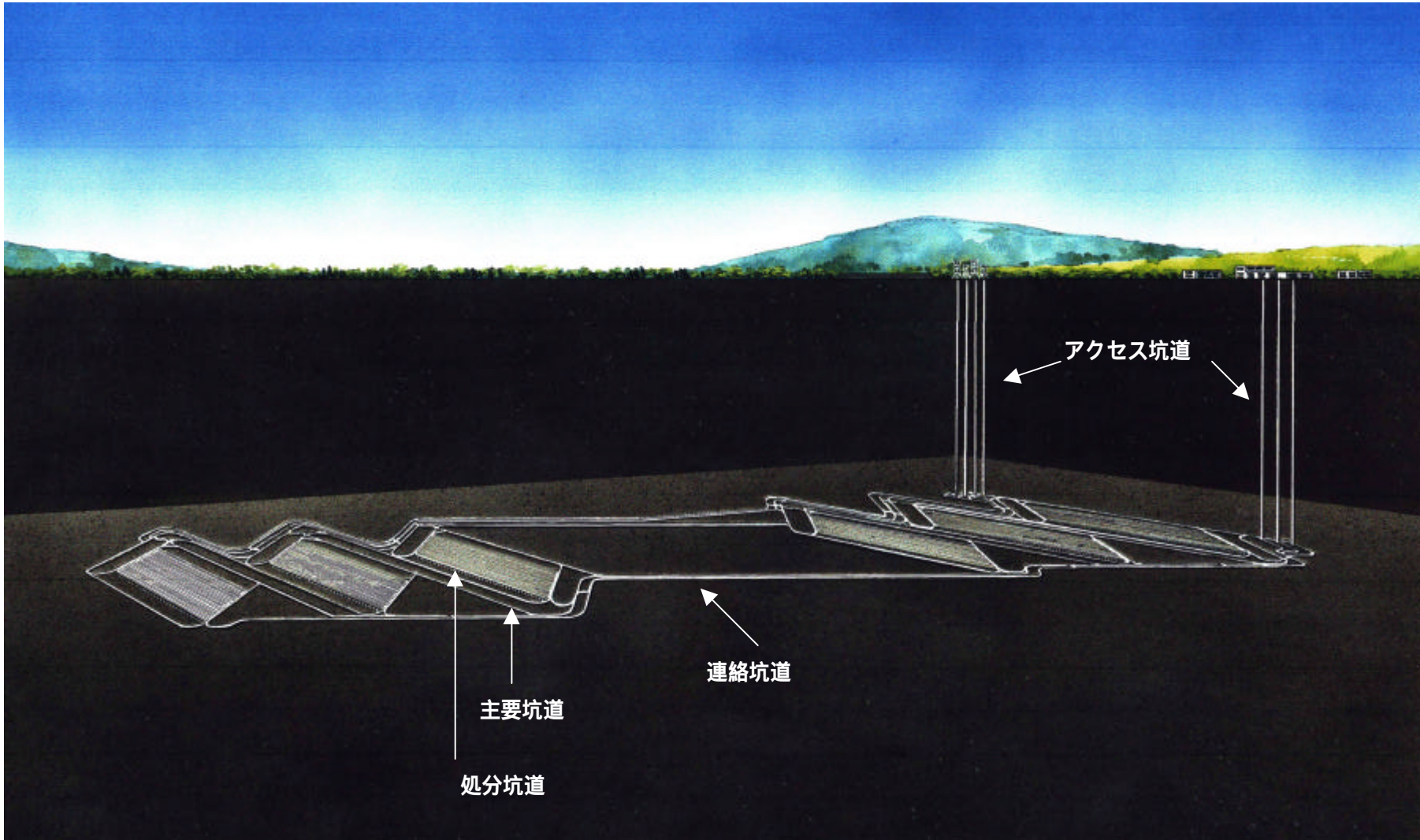
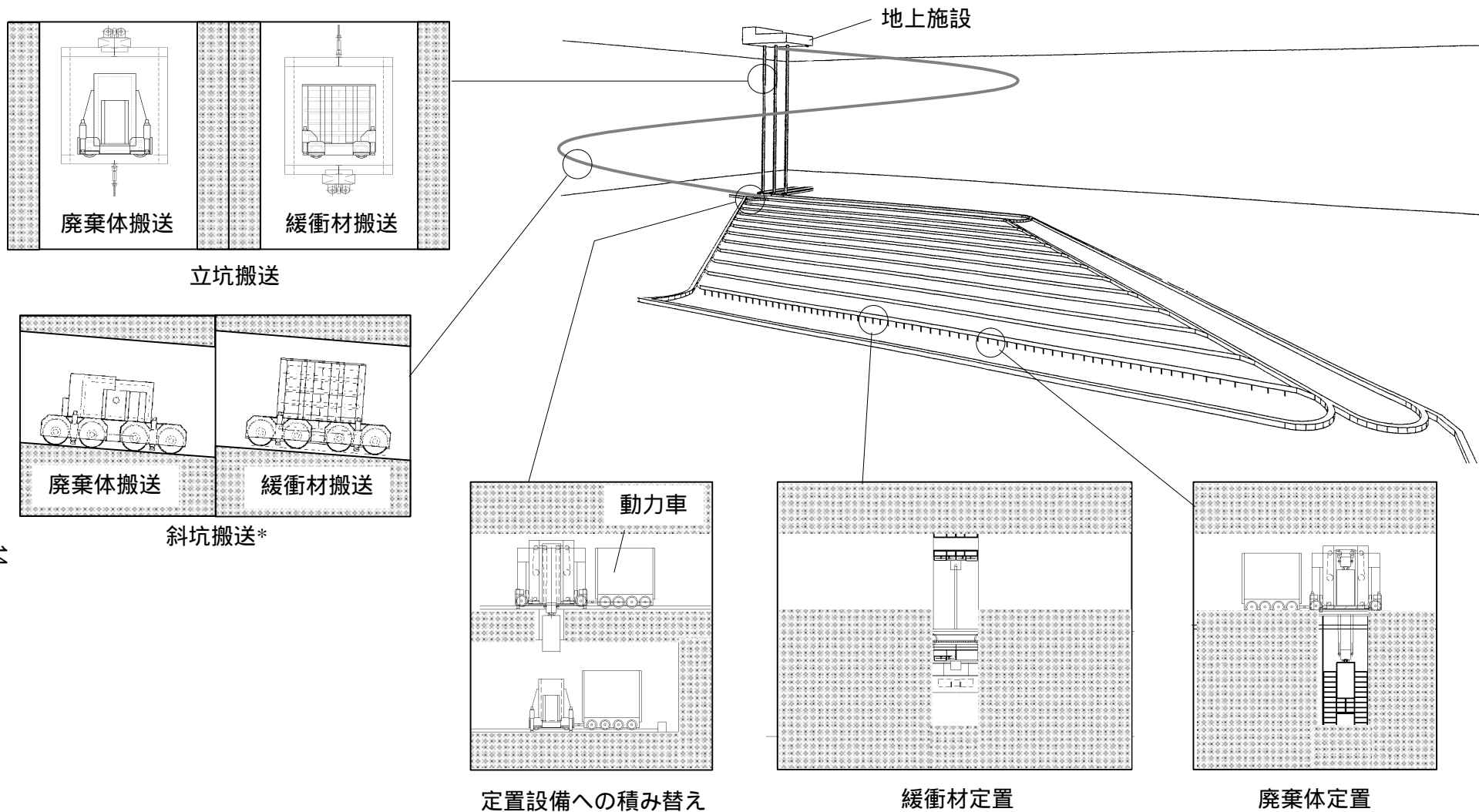
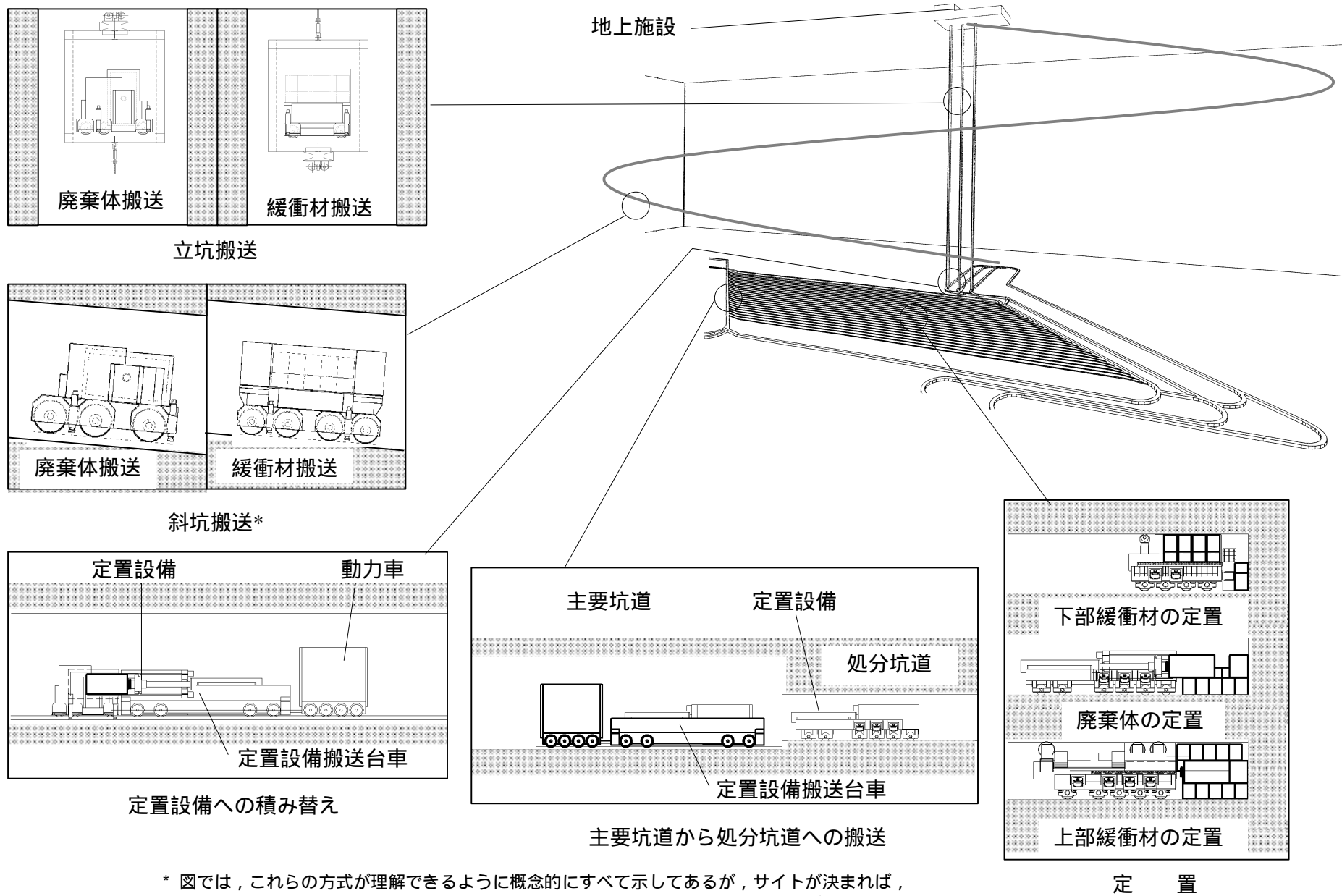


図 - 2 全体鳥瞰図（硬岩系岩盤、縦置き方式）



* 図では、これらの方式が理解できるように概念的にすべて示してあるが、サイトが決まれば、その地質環境条件や敷地条件なども考慮して、最適な方式あるいはその組み合わせが設定される。

図 - 3 処分孔竖置き方式における廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の全体構成の例(ブロック方式)



* 図では、これらの方式が理解できるように概念的にすべて示してあるが、サイトが決まれば、その地質環境条件や敷地条件なども考慮して、最適な方式あるいはその組み合わせが設定される。

図 - 4 処分坑道横置き方式における廃棄体および緩衝材の搬送・定置設備の全体構成の例（ブロック方式）

参考文献

核燃料サイクル開発機構（2001）：「高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の全体計画（中間評価）平成13年12月 核燃料サイクル開発機構 研究開発課題評価委員会（廃棄物処理処分課題評価委員会）」、サイクル機構技術資料 JNC TN1440 2001-008

核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 総論レポート、サイクル機構技術資料 JNC TN1400 99-020

核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 分冊2 地層処分の工学技術、サイクル機構技術資料 JNC TN1400 99-022

核燃料サイクル開発機構（1999）：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第2次取りまとめ - 分冊3 地層処分システムの安全評価、サイクル機構技術資料 JNC TN1400 99-023

本間信之、千葉恭彦、棚井憲治（1999）：地層処分場の操業システムに関する検討、サイクル機構技術資料 JNC TN8400 99-050

菖蒲信博、柏崎博（2003）：亀裂ネットワークモデルによる物質移行計算の動画サンプル、サイクル機構技術資料 JNC TN8400 2002-009