

分置

Z
PNC J1250 98-001

社内資料

本資料は 年 月 日付けて登録区分、
変更する。

01.10. 4

[技術情報室]

高レベル廃棄物と地層処分の理解促進の ための P A ツールの構築

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1998年1月

株式会社 アイ・イー・エー・ジャパン

本資料は、核燃料サイクル開発機構の開発業務を進めるために作成されたものです。したがって、その利用は限られた範囲としており、その取扱には十分な注意を払ってください。この資料の全部または一部を複写・複製・転載あるいは引用する場合、特別の許可を必要としますので、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松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)

複
理

して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問い合わせは下記に願います。

〒107 東京都港区赤坂1-9-13

動力炉・核燃料開発事業団

技術協力部 技術管理室

社内資料
PNC 1250 98-001
1998年1月

登録区分
2001.10.4
変更表示

高レベル廃棄物と地層処分の理解促進のための P Aツールの構築

根本和泰*, 穴澤活郎*, 成義勝*, 風間武彦*
野元洋一*, 遠藤弘美*, 橋本卓*, 歌田美保*

要 旨

「高レベル廃棄物と地層処分」は、今後ますますパブリック・アクセプタンス（P A）活動において重要性が高まってくるテーマである。P A活動においては、これまで様々な手法や手段が試みられてきたが、いまだその効果は十分でないように思われる。そこで本調査では、P A・教育手法の現状調査分析に基づいて、一層効果的なP A活動に資する手段を考案し、その概念設計を行った。さらに、設計の有効性を検証するためのプロトタイプ（システムおよびデータ）を作成し、そこで実現すべき機能を明らかにした。

本報告書は、株式会社アイ・イー・エー・ジャパンが動力炉・核燃料開発事業団の契約により実施した研究の成果である。

契約番号：090C0147

事業団担当部課室および担当者：環境技術開発推進本部社会環境研究グループ

主幹 麻生良二

*：エネルギー環境研究部

OFFICIAL USE ONLY
PNC 1250 98-001
January, 1998



A Construction of PA Tool for Promoting Public Understanding of HLW and Geological Disposal

K.Nemoto*, K.Anazawa*, Y.Nari*, T.Kazama*,
Y.Nomoto*, H.Endo*, T.Hashimoto*, M.Utada*

Abstract

“High-level Radioactive Waste (HLW) and Geological Disposal” is a subject which comes to have more and more importance in public acceptance (PA) activities. In PA activities various methods or tools have been tried, however, apparently not with an appreciable effect yet. In this study therefore, based on the survey and analysis of the status of educational methods in PA activities, a more effective tool for those activities was devised and its concept was designed. Moreover, a prototype (data system and sample date) was made up for verifying effectiveness of the concept, and functions to be realized were clarified.

Work performed by IEA of Japan Co., Ltd. Under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation (PNC)
Contract No. 090C0147

PNC Liaison: Presentation Management Research Program, Radioactive Waste Management Project,
Ryoji Aso

*: Energy and Environment Department

目 次

要 旨

Abstract

1. 本 P A ツールの必要性と目的.....	1
2. 本ツールの特徴.....	3
3. 本ツールのシステムの概念.....	4
4. ハードウェアおよびソフトウェア環境.....	5
5. インストールならびに使用例.....	8
6. 今後の開発・改良プロセス.....	17
7. データファイル	
7. 1 データファイルの構成.....	19
7. 2 スタートページ.....	23
7. 3 高レベル放射性廃棄物.....	26
7. 4 高レベル放射性廃棄物とは.....	27
7. 5 処分方法について.....	32
7. 6 地層処分の研究開発.....	46
7. 7 結論.....	74

1. 本P Aツールの必要性と目的

現在、動力炉・核燃料開発事業団は、日本において高レベル放射性廃棄物（HLW）の地層処分が安全に実施できることを科学的・技術的に明らかにすることを目標として地層処分研究開発に取り組んでいる。そこでは、できるだけ広い地質環境（地層や地下水など）に設置できる多重バリアを対象とし、地質環境を特定することなく地下水に対する多重バリアシステムの性能を明らかにするための研究に重点がおかされている。また、日本の地質環境、火山の噴火や隆起・侵食といった自然現象についても、地層処分の観点から、基本的なデータ・情報を収集・整理している。

一方、HLW 処分事業を進めるにあたっては、処分場の確保が重要であるにも関わらず、その解決は大きな課題として残されている。HLW 処分場を最終的に自治体に受け入れてもらうためには、その地元住民の理解が必要不可欠であるが、未だ国民の HLW に対する関心は低く、これまで国や電力会社等によって実施されてきた HLW に関する広報の効果は十分であったとは言い難い。

平成 7 年現在、国民の中で自分の自治体が高レベル廃棄物処分場建設のための地質調査の要請を受けた場合に同意すべきであるとする人の割合は 3 割、自分の自治体が処分場の立地に最適であることが判明した場合に処分場を受け入れる人は 15% となっている。HLW について多少なりとも関心を持つ層（全体の 65%）でも、自分の自治体が（高レベル廃棄物処分場建設のための）地質調査の要請を受けた場合に自治体が同意すべきであると回答する人の割合は 4 割、自分の自治体が処分場の立地に最適であることが判明した場合に処分場を受け入れるとする人は 2 割弱と低い水準となっている。

このため、HLW の処分問題を解決するためには、HLW 処分に関する偏見の無い情報を積極的に提供し、国民の HLW 処分に対する理解を深めていく必要がある。具体的には、国民に対する十分かつ効果的な HLW 処分に向けた取り組みの情報提供を戦略的に計画し、一定の節目ごとに理解を深めてもらう努力が重要である。ごく近い将来の大きな節目とし

ては、動力炉・核燃料開発事業団が西暦2000年にまとめることになっている第2次技術報告書の発表がある。これは日本のH L W地層処分の技術的信頼性を明らかにすることを目標とするものであり、それゆえ、国民に同報告書を理解してもらうことが当面のPA・教育活動の第一目標といえよう。そのための有効な手法、特にセミナーや説明会等における手法の確立が待望されている。

こうしたことから本プロジェクトでは、セミナーや説明会等の対外活動準備上の労力とコストを大幅に削減し、対外PA・教育活動の頻度と質の向上に資することを目的とし、「高レベル放射性廃棄物と地層処分の理解促進のためのPA教育手法についての調査」での成果を踏まえて、具体的かつ効果的なPAツールを構築した。本ツールは、小型化、高性能化の著しいパーソナル・コンピュータ（PC）およびプロジェクタから構成され、講演者の用途および目的に応じて適宜画像データをスクリーン表示できるようになっている。

なお本プロジェクトでは、初版ツールとして、画像ファイルおよびシナリオ（ナレーション）の作成にあたって、聴講者の対象を「ジャーナリスト」あるいは「原子力産業の関係者」として、質疑応答を踏まえた上でデータ構築を行った。

2. 本ツールの特徴

本ツールは、以下のような3つの主要な特徴を有している。

① Q対応に適したビジュアル・ツールである

本ツールは、PCを活用して、画像や音声データをフレキシブルに提示すべく開発されている。PCを直接プロジェクトに連結することにより、従来のOHPのように図表に止まることなく、動画や音声データを自由に活用することができる。また、ビデオ上映とも異なり、個々のテーマ毎に画像・音声データが独立しているため、聴講者からの質問に対しても適宜対応が可能である。マルチ・メディア時代の双方型ツールと言える。

② 進化しうる広報ツールである

【インターネットホームページとの差別化】

本ツールは、対話集会等で直接聴衆に提示するものであるため、発表での質疑応答を通して聴衆の「生」の声を反映することができ、ツールの内容を進化・充実させていくことが可能である。

【パンフレット・ビデオ等との差別化】

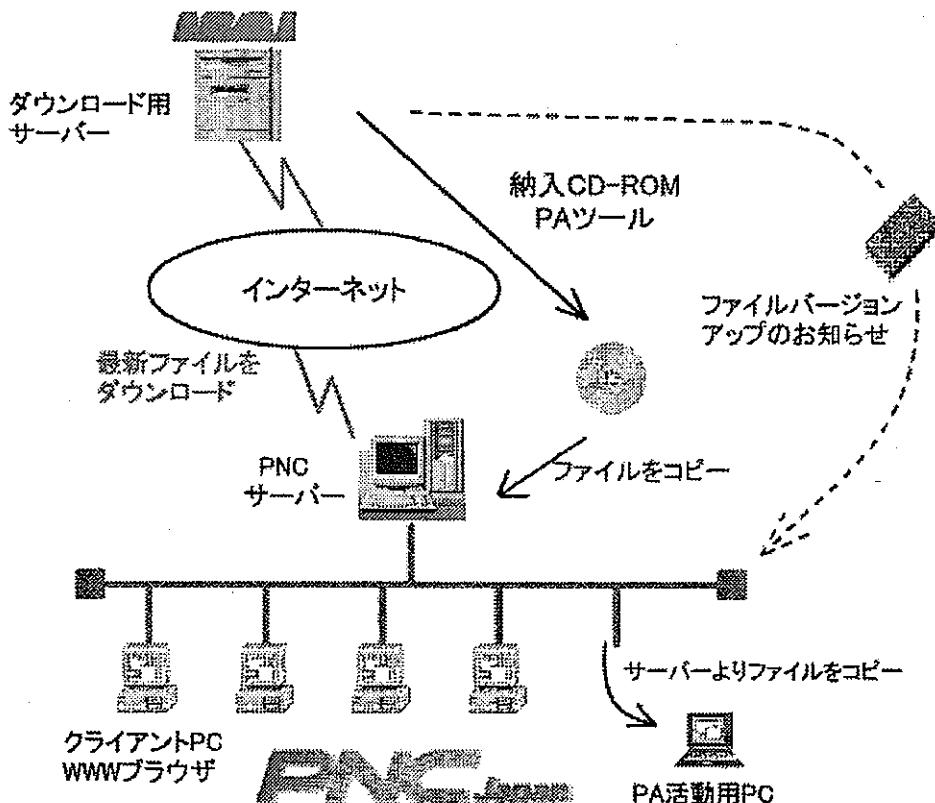
1つの画面（ページ）は、（テキスト、イメージ画像、動画、図表、ビデオのファイル等の）部品の集合体で構成されているため、必要に応じて加筆・修正・変更等の改良が可能である。

③ 可逆性の高い（ターゲット・パライアブルな）ツールである

インターネットホームページでは、情報提供する対象を1つ、例えば一般向けに限定しなければならない。これに対して本ツールは、内容を臨機応変に変えることができるため、プレゼンテーションする対象に合わせたシナリオをあらかじめ複数用意することが可能である。「マスコミ向け」「一般聴衆（大人）向け」「大学生向け」「中小学生向け」など説明対象に応じて異なった説明をすることが可能な汎用プレゼンテーションツールである。

3. 本ツールのシステムの概念

本ツールはハードウェアに対する汎用性が高く、展示館用のデスクトップから講演会用のノート型までと、広範囲のハードウェア環境での使用が可能である。データのインストールや更新はフロッピー・ディスク（FD）やCD-ROM（CD）のような記憶媒体の利用のほか、インターネットを用いたデータ転送も可能である。本ツールの作成・更新システムの概念を以下に示す。



本ツールのシステム概念図

4. ハードウェアおよびソフトウェア環境

(1) ハードウェア

本ツールはハードウェア的にはパーソナルコンピュータ（P C）およびプロジェクタから構成されている。個々のスペックについては、

- ① データを格納する記憶装置に十分な容量と適切なアクセス速度が確保されること
- ② 動画や大容量のグラフィック・ファイルがスムーズに表示できること
- ③ 適切な解像度および表示色数があること

などを基本的な条件として決められている。③に関しては、画像表示領域を可能な限り大きくすることが望ましい。現段階では、普及型の高解度プロジェクタの性能に合わせ、800×600 ピクセルで製作されている。

(2) ソフトウェア

本ツールでのデータは、インターネットで広く普及している World Wide Web (WWW) に則り、ブラウザ上で表示可能なように、H T M L という言語で記述された文書ファイルで構成される。基本的にデータ 1 項目を 1 ファイルにまとめ、図表、写真、動画などのデータ（将来的には音声データ）ファイルにリンクをはっている。

本ツールは最も普及しているインターネット閲覧ソフト（ブラウザ）である Netscape Navigator 上で作動するように構築されている。Internet Explorer 等、他のブラウザでも作動可能であるが、Netscape の使用を推奨している（「(3) ハードウェア・ソフトウェア環境」参照）。

また画像データは、インターネットにおける WWW 上で急速に普及した動画形式であ

る Shockwave で記述されているため、データ表示のためにはブラウザーに Shockwave のプラグインを組み込む必要がある。同ソフトはブラウザーの配布時に添付されているほか、インターネット上で Macromedia 社のホームページ^{注1)} から無償でダウンロードすることができる。

(3) ハードウェア・ソフトウェアの仕様

以上のハードウェア・ソフトウェア要件の元、本ツールは以下の環境で動作するよう構築されている。

a. Windows 環境

- ① Intel486 以上、または Pentium プロセッサ あるいは同等以上の CPU
- ② VGA モニタ (256 色以上)
- ③ マウスまたはポインティングデバイス
- ④ 16MB 以上の空きメモリ (32MB 以上推奨)
- ⑤ 15MB 以上の空き容量があるハードディスク (20MB 以上推奨)
- ⑥ Microsoft Windows 95 日本語版、NT4.0 日本語版またはそれ以降のバージョン
- ⑦ Netscape Navigator3.0、またはそれ以降のバージョン
- ⑧ Shockwave Flash のプラグイン

b. Macintosh 環境

- ① 68040 以上のプロセッサを搭載した Macintosh または Power Macintosh コンピュータ
- ② マウスまたはポインティングデバイス

^{注1)} <http://www.macromedia.com/shockwave/download>

- ③ 11MB 以上の空きメモリ (16MB 以上推奨)
- ④ 15MB 以上の空き容量があるハードディスク (20MB 以上推奨)
- ⑤ 漢字 Talk7.5 またはそれ以降のバージョンの Mac OS
- ⑥ Netscape Navigator3.0、またはそれ以降のバージョン
- ⑦ Shockwave Flash のプラグイン

5. インストールならびに使用例

(1) インストール

本ツールのハードディスクへのインストールは以下の二つの手順にしたがって行う。

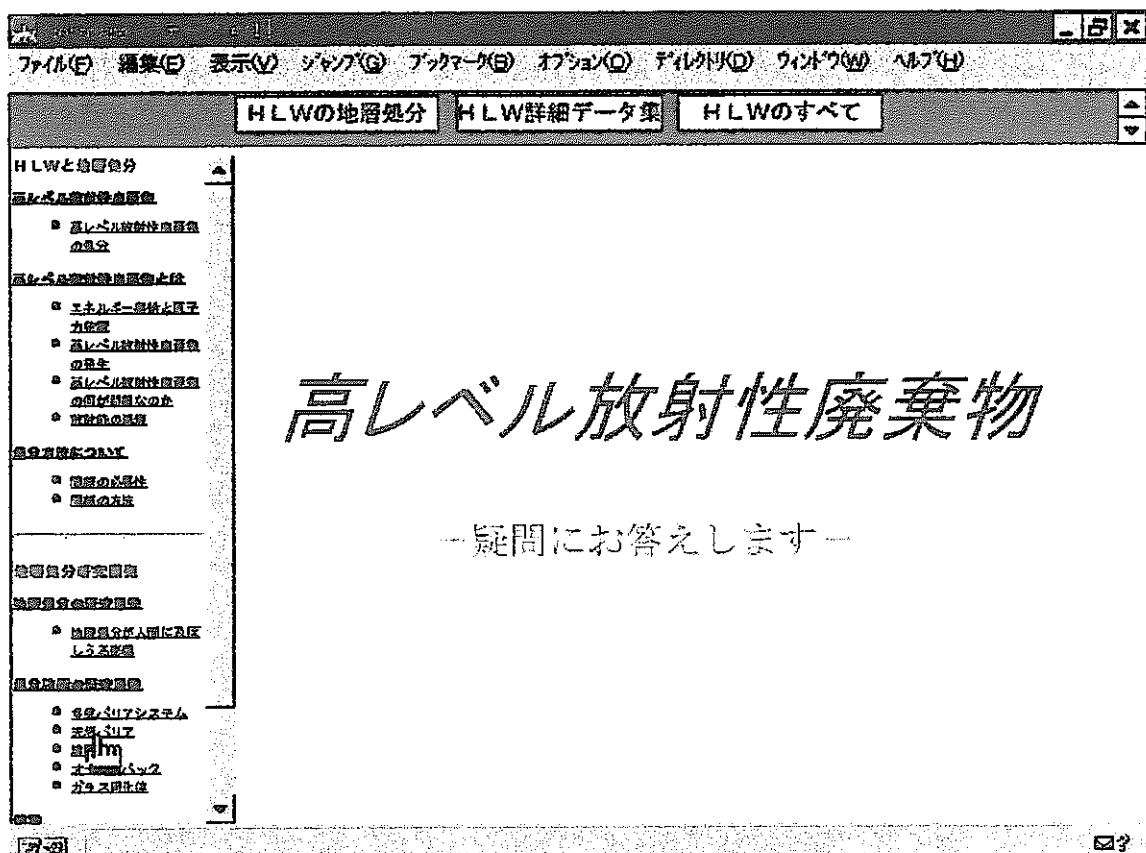
- ① PCハードディスク内に本ツールを格納するためのディレクトリを作成（名称は任意）
- ② 本ツールの収納された記憶媒体（FD、CD等）内のデータファイルを①で作成したディレクトリに全てコピーする

(2) 使用例

本ツールは、WWW閲覧と同じ要領で使用することができる。手順は以下のようになる。

- ① Shockwave のプラグインを組み込んだブラウザー（Netscape Navigator, Communicator）を起動させ、（1）で作成したディレクトリ内にある index.htm ファイルを読み込む。
- ② 画面上で青下線、あるいは記号により明示的に作成されているボタンをマウスクリックすることで次の別のデータを読み込む。ツール内では、画面左側にフレームと称される分割画面が表示され、その中に各項目名を示すボタンが表示されている。必要とされる項目をマウスで選択し、当該データを表示させる。また、画面中央のメインフレーム内では、画像データの動作を制御するボタンが明示される。必要に応じてマウスで選択する。

具体的な使用例を〔5. 1図〕～〔5. 9図〕に示す。



[第1図]サブフレームのメニューから必要とするデータ画面を表示させる

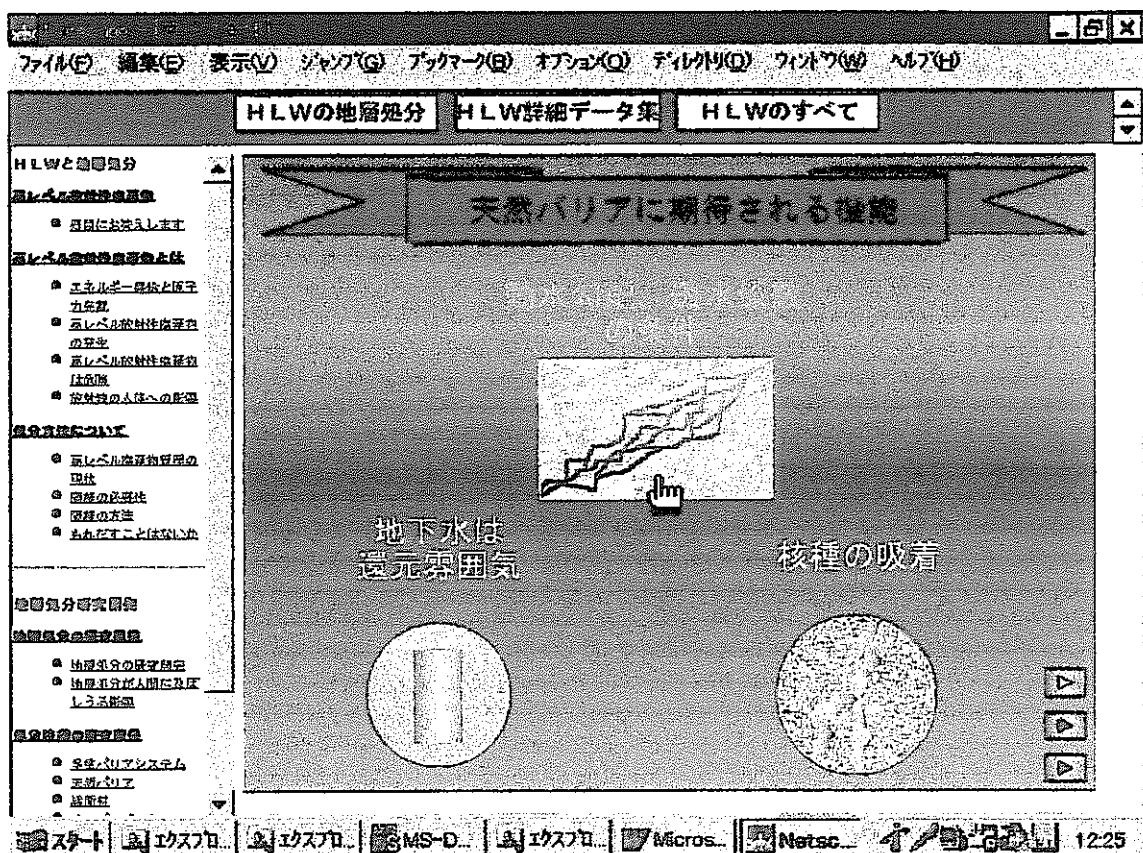
PAツールで表示される画面には、常に画像データのメニューがフレーム枠内に表示されている。各項目の上にマウス・ポインタを移動させると、自動的にポインタは手の形に変化する。必要とする項目を選択し、マウスクリックを実行することで目的とするデータ画面を表示させることができる。ここではその例として、「天然バリア」という項目の画像データを表示させる。

用語

マウス・ポインタ：モニター画面上に現れるマウスの動きに連動した矢印

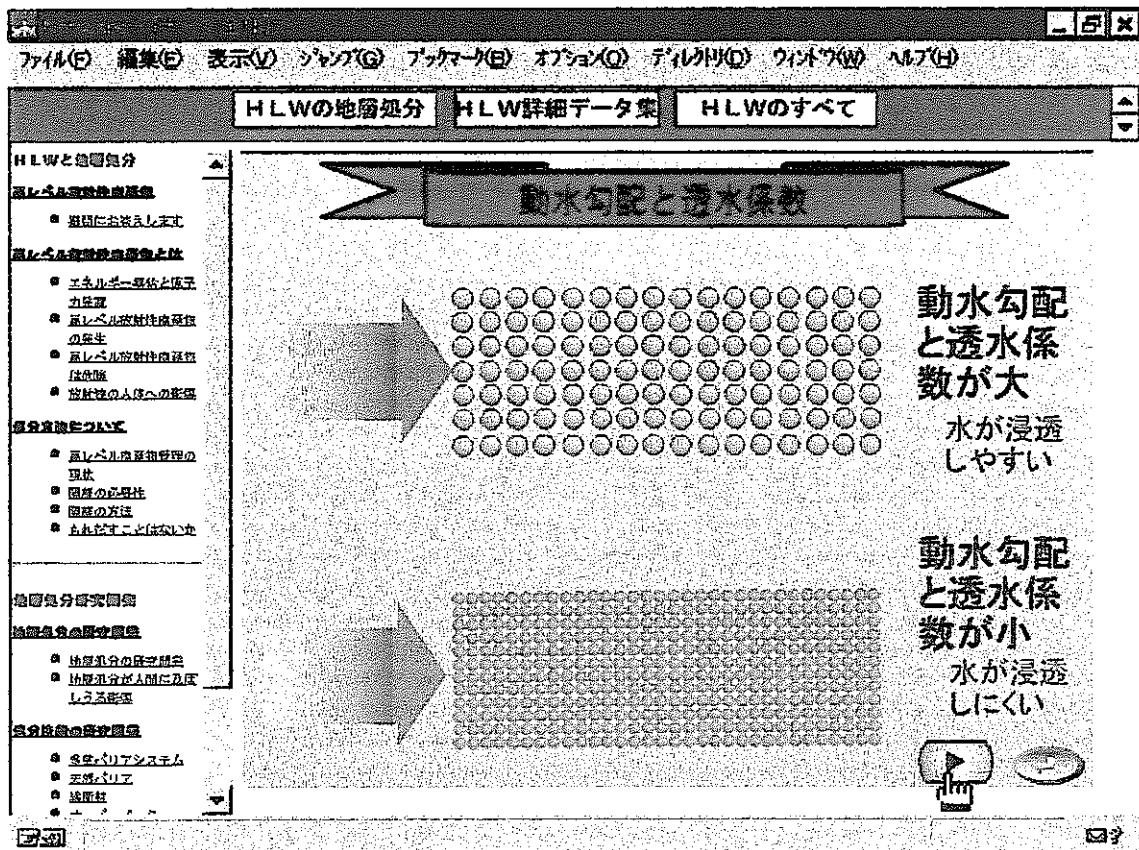
マウス・クリック（クリック）：マウスのボタン部を押すこと

左クリック：マウスの左ボタンを押すこと



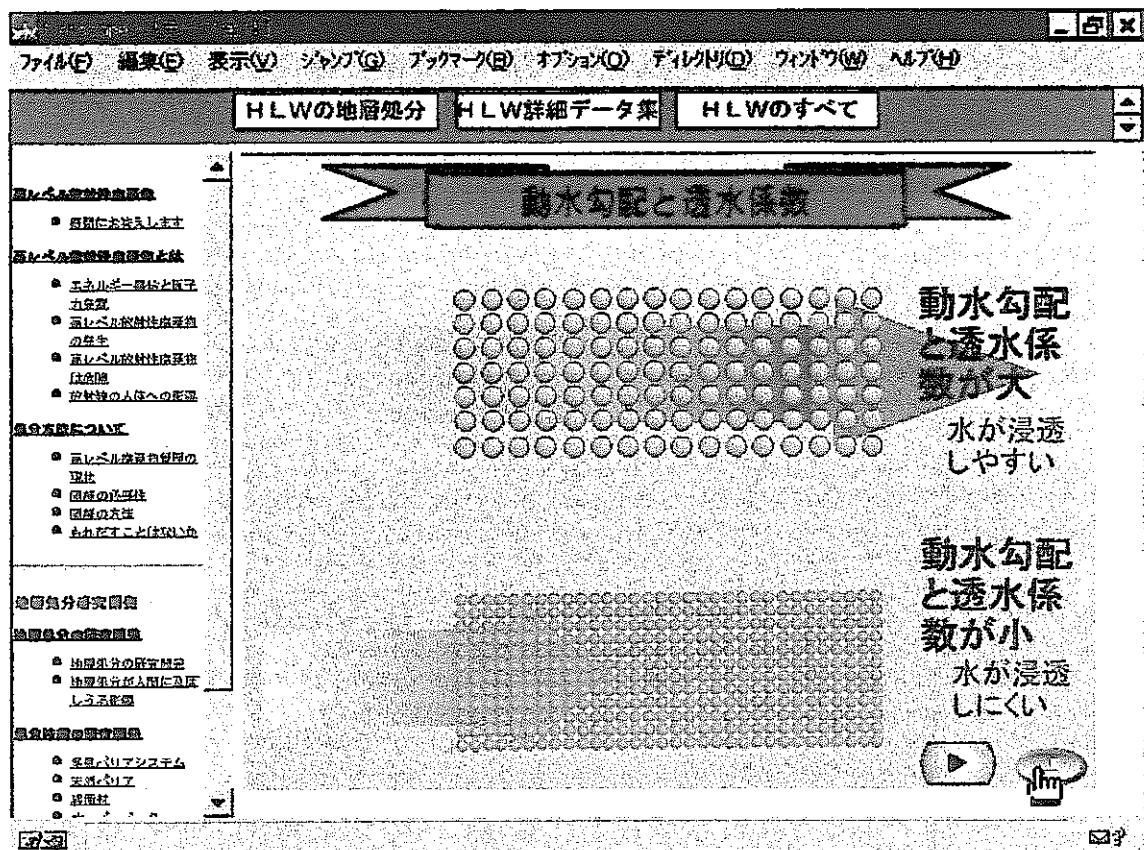
〔第2図〕画面上のメニューから必要とするデータ画面を表示させる

「動水勾配、透水係数の条件」、「地下水は還元雰囲気」、「核種の吸着」の3つのメインボタンが表示されている。各ボタンの上にマウス・ポインタを移動させると、自動的にポインタは手の形に変化する。必要とするデータを示すボタンを選択し、マウスクリックを実行することで目的とするデータ画面を表示させることができる。



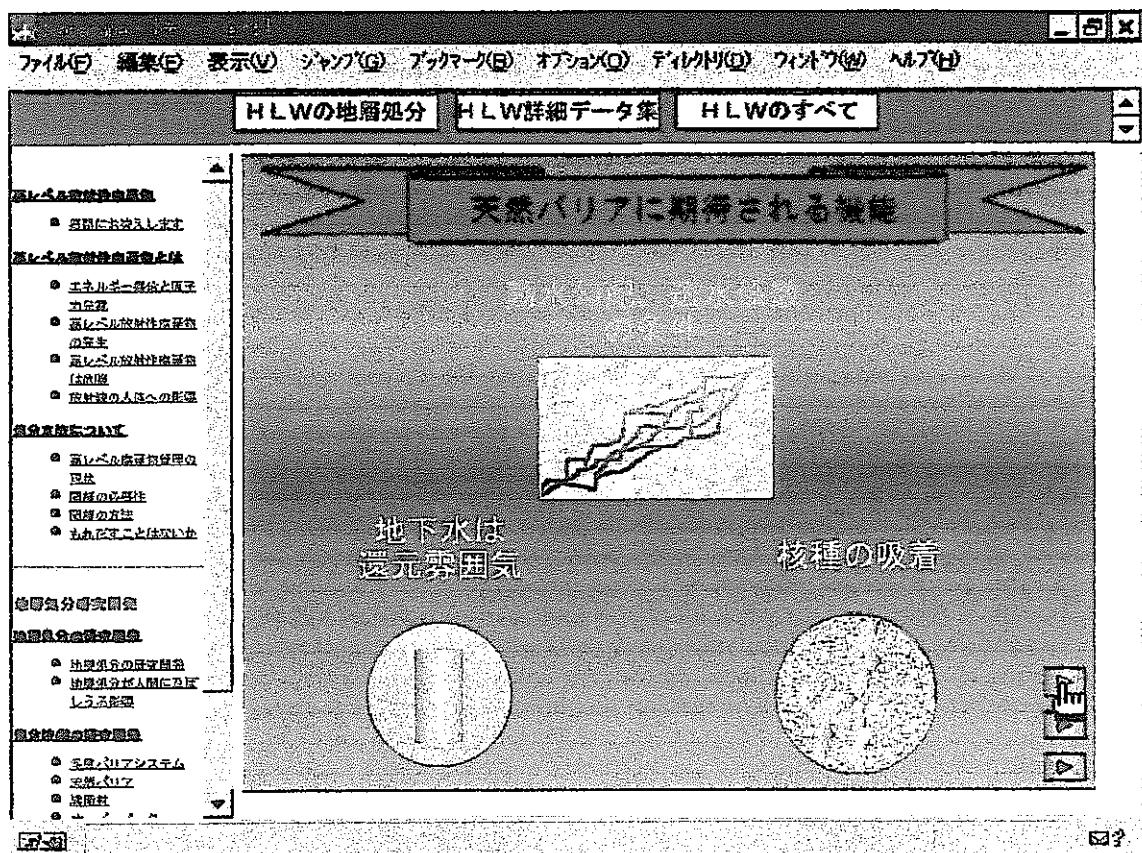
〔第3回〕動画を開始する

再生ボタンの上にマウス・ポインタを移動させる。ポインタはボタン上で自動的に手の形に変化する。左クリックすると動画が始まる。



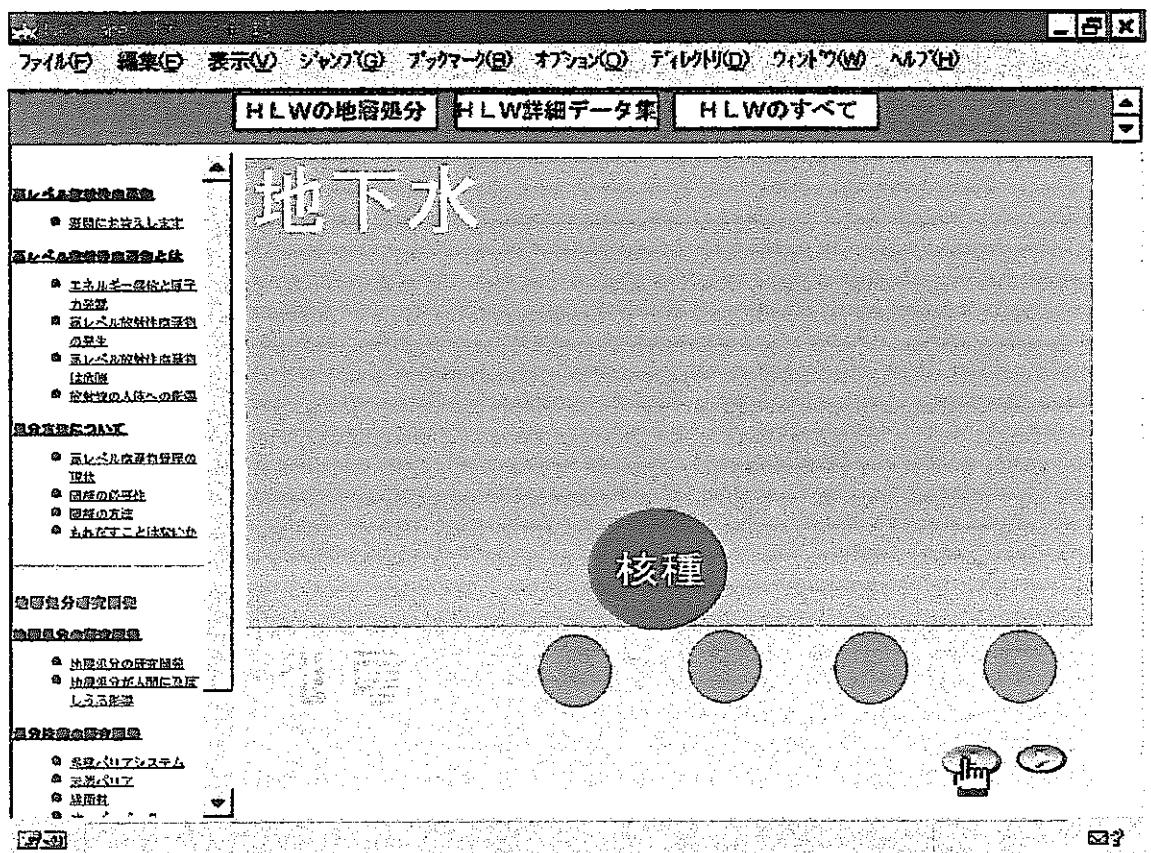
〔第4図〕 一つ前のメニュー画面へ戻る

マウス・ポインタを「戻る」のボタンの上に移動させると、ポインタは手の形に変化する。左クリックすると、前の画面が表示される。



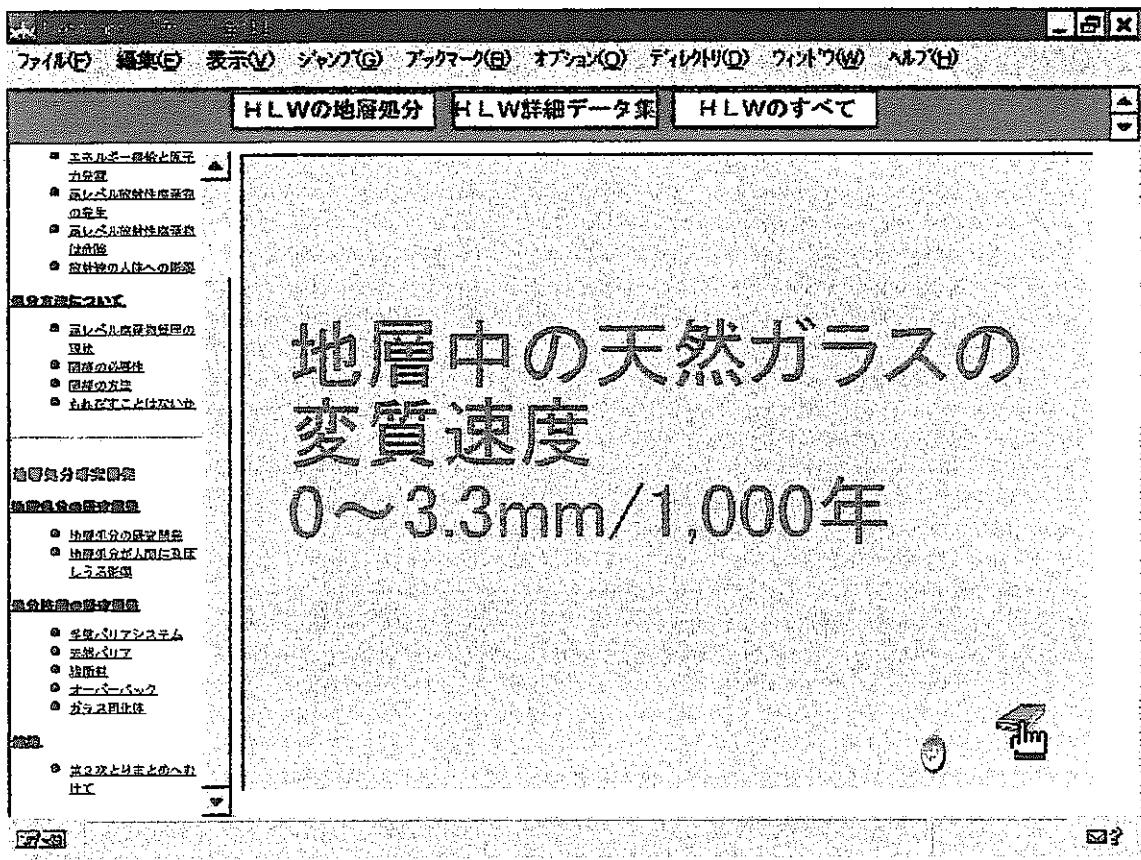
〔第5図〕 詳細なデータを表示させる

メインボタン以外にも小型のボタンがある場合、そのメニュー ボタンには詳細データがリンクされている。ボタンの上にマウス・ポインタを移動させるとポインタは手の形に変化する。左クリックすると目的とする画面が表示される。



〔第6図〕動画の途中から前画面へ戻る

マウス・ポインタを「戻る」のボタンの上に移動し、左クリックする。



〔第7図〕 実験条件や出典を見る

マウス・ポインタを「本」マークの上に移動し、左クリックする。

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) シャグ(G) ブックマーク(B) オプション(O) ディレクトリ(D) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

HLWの地層処分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

火山ガラスの変質速度

試料	03		Ar59		Ar96	
	Ar	Bt	Ar	Bt	Ar	Bt
時間	2百万年		3百万年		6百万年	
ガラスの組成 (SiO ₂ wt. %)	60		61		56	
埋没深度 (m)	1,350		2,300		3,600	
最高温度 (°C)	28		45		59	
泥質岩開水の水質	初期 Na+Cl 型、50万年以降 Na+HCO ₃ 型					
泥質岩の礎物組成	石英 > 斜長石 > 長石 > 方解石 > 泥岩 > 行岩 > 黄鉄鉱					
泥質岩の透水係数 (m/s)	2.4×10^{-11}		7.7×10^{-11}		7.4×10^{-12}	
変質帯の厚さ (μm)	0	0	5~10	0	10~20	10
変質度 (mm/1,000年)	0	0	1.7~3.3	0	1.7~3.2	1.7

【出典】『ニアフィールド研究(3) ガラス固化体からの核種溶出に関する研究』
動態技術 No. 95 1992. 3 p. 42-49

〔第8図〕出典の例

「戻る」のボタンを押すと前画面に戻る。

6. 今後の開発・改良プロセス

本プロジェクトにより仕様が具体化されたPAツール・システムの今後の開発、改良について簡単な展望を示す。

本プロジェクトで作成されたデータ構成は、聴衆のターゲットを「ジャーナリスト」や「原子力産業の関係者」という、原子力や地層処分に対する知識の高い層に向けた内容に絞られている。今後はこの対象となる層を、「小中学生」や「高校生」あるいは「主婦層」などへと広めていく必要がある。

また、本プロジェクトで提示したシステムは、その特徴として聴衆からのフィードバックにより改良が積み重ねられていくところに将来への大きな可能性が内蔵されている。したがって、今後の開発はより多くの聴衆からの意見を元に行うことを念頭に置いて進めることが要請される。

実際の作業においては、動力炉・核燃料開発事業団の発表する各種技術報告書をはじめ、一般向けのパンフレットやインターネットで公開されているホームページ、さらには第2次技術報告書の原案などの情報を元に、最終報告書との整合性を踏まえつつ内容を充実させていかなければならない。今後加速的に提出される第2次技術報告書に関する情報を、迅速かつ正確に本ツールに取り込み、研究の進展状況と方向性を明確化していくことが要求される。

データファイル

本冊子に添付してあるデータファイルには、質疑応答用のデータや詳細なデータも含まれているが、本冊子には、その中から原子力産業の関係者に向けたプレゼンテーションで直接使用するデータを抜粋して掲載する。

データファイルの構成

(1) はじめに

- ①高レベル放射性廃棄物の地層処分（タイトル静止画面）
- ②新聞記事
- ③高レベル放射性廃棄物---3つの疑問

(2) P Aツールスタート

- ①高レベル放射性廃棄物---疑問にお答えします（タイトル画面）

(3) 高レベル放射性廃棄物とは

- ①エネルギー需給と原子力発電
 - 世界のエネルギー供給量（+人口）
 - 発電電力量の構成比率、各種電源のCO₂排出量
- ②高レベル放射性廃棄物の発生
 - 火力発電所、原子力発電所
- ③高レベル放射性廃棄物は危険
 - 原子力発電所は高レベル廃棄物を発生
 - 高レベル廃棄物は放射能レベルが高い
 - 放射線の漏洩は遮蔽物で防ぐことができる
 - 高レベル廃棄物は厳重に管理しないと危険である
- ④放射線の人体への影響
 - 放射線は危険（各放射線量毎の人体への影響）

(4) 処分方法について

①高レベル廃棄物管理の現状

高レベル廃棄物貯蔵管理センター

安全確保の仕組み

超長期の安全確保の仕組み

問題点

②隔離の必要性

人間環境とともにある高レベル廃棄物

処分の概念

③隔離の方法

隔離の方法

海洋底下処分

宇宙処分

氷床処分

地層処分

シガーレイク鉱床

高レベル廃棄物は地下に埋めて安全か

④もれだすことはないか

天然バリア：深地層（+出典）

人工バリアの仕様

緩衝材の仕様

オーバーパックの仕様

ガラス固化体の仕様

放射性廃棄物の漏出を防ぐ多重バリア・システム

(5) 地層処分の研究開発

- ①地層処分の研究開発（タイトル画面）
- ②地層処分が人間に及ぼしうる影響
 - 地層処分が人間に及ぼしうる影響
 - 火山噴火
 - 地震
 - 隆起・侵食
 - 人的介入
 - 地下水
 - 地下水の移動速度
 - 溶存酸素量と金属の腐食速度
- ③多重バリアシステム
 - 地層処分の概念
 - 安定な地層
 - 安定な地層+人工バリア
 - 多重バリアシステム

(6) 処分技術の研究開発

④天然バリア

天然バリアに期待される機能
動水勾配、透水係数の条件
地下水は還元雰囲気
地下水の還元性 (+出典)
酸化雰囲気・還元雰囲気
核種の吸着
(Q対応データ)
物理吸着
キレート吸着
コロイド吸着

⑤緩衝材

緩衝材 (機能の抜粋) (+出典)
ペントナイトとは
ペントナイトの写真
電子顕微鏡図
ペントナイトの膨張写真
ペントナイトの膨潤
粒子の膨潤
粒子の膨潤による地下水流の変化
イオン交換
化学的緩衝性

⑥オーバーパック

オーバーパックの腐食 (+出典)
オーバーパックとは

⑦ガラス固化体

ガラス固化体の特性
ガラスの長期安定性 (+出典)
ガラス固化体の概要説明図

(7) 結論

①第2次とりまとめへむけて
第2次取りまとめの目標
勧告・提言

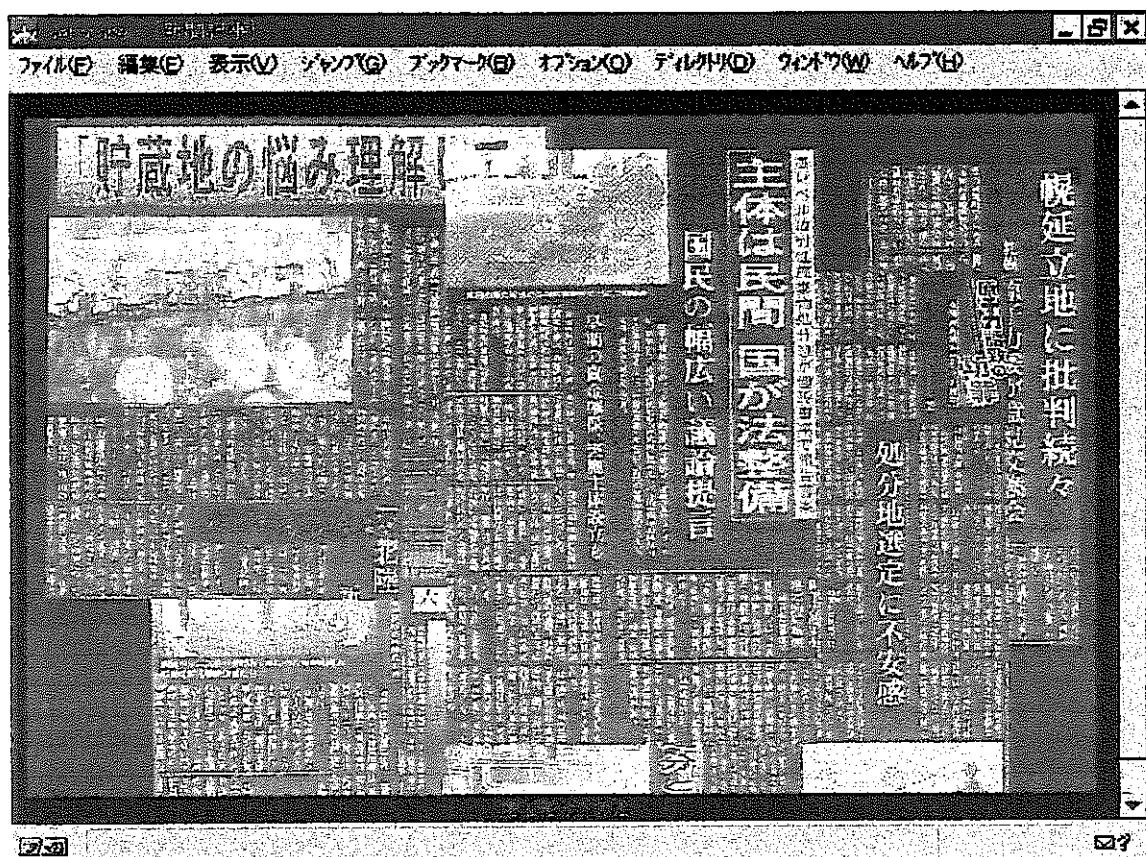
スタートページ



スタートページ（1）

ナレーション

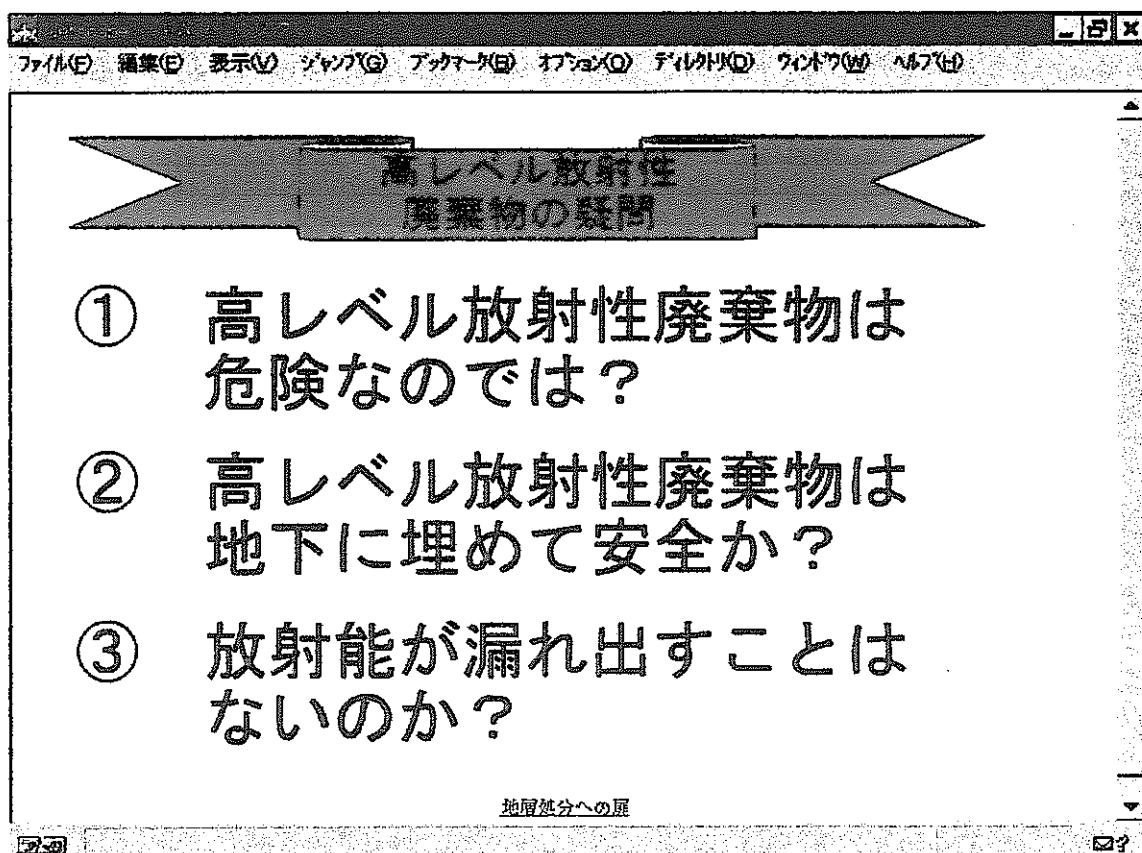
（スタートページ：自己紹介等）



スタートページ（2）

ナレーション

みなさんは、高レベル廃棄物について、すでに様々な情報をお持ちだと思います。



スタートページ (3)

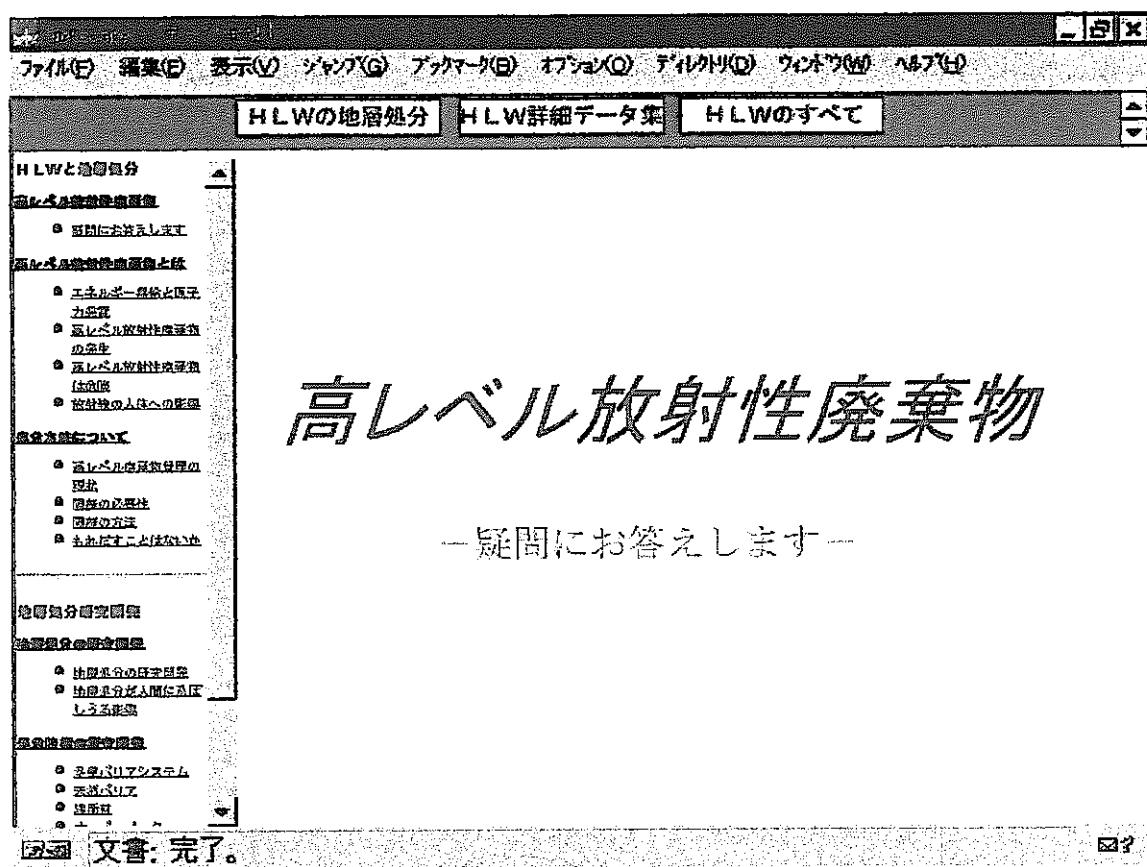
ナレーション

なかでも、次のような疑問をお持ちの方は多いのではないでしょうか。

<クリック><クリック><クリック>

みなさんがこのような不安を持たれるのはもっともです。そこで、まずはこれら3つの疑問にお答えします。

高レベル放射性廃棄物

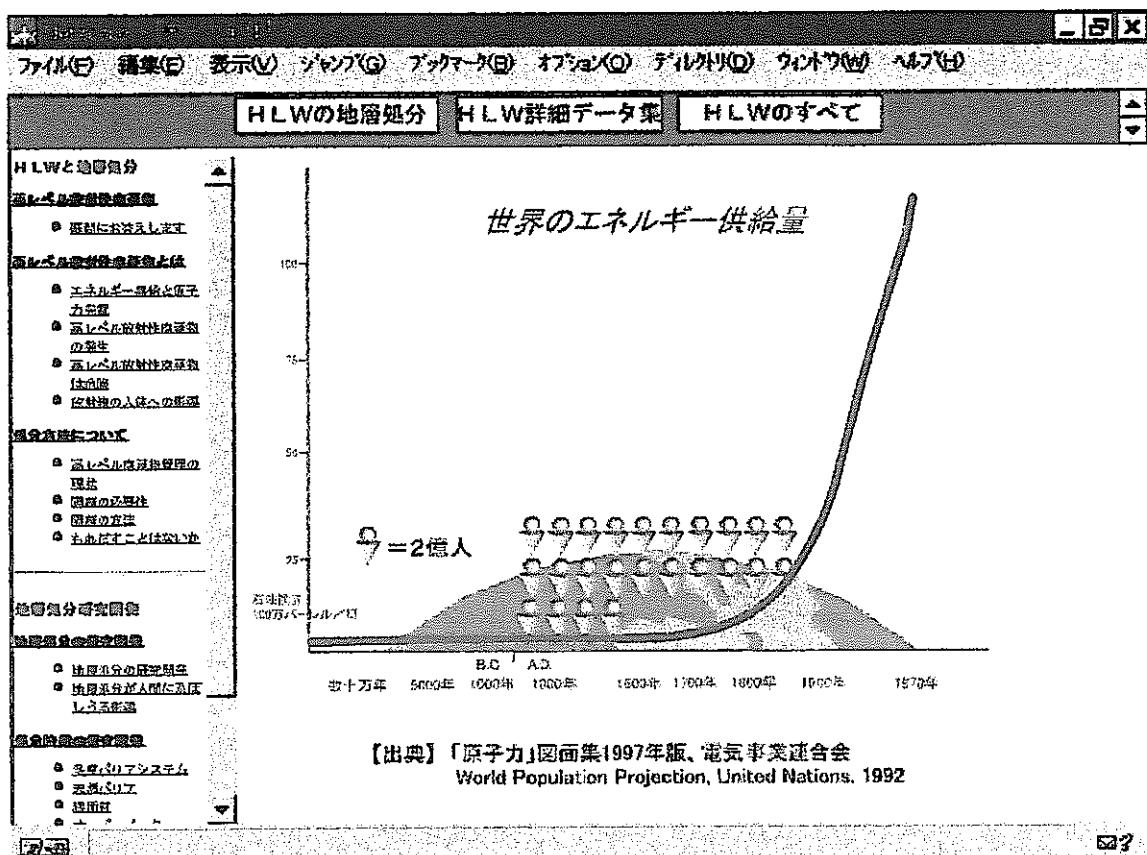


高レベル放射性廃棄物の処分

ナレーション

(PAツール本体のスタート)

高レベル放射性廃棄物とは

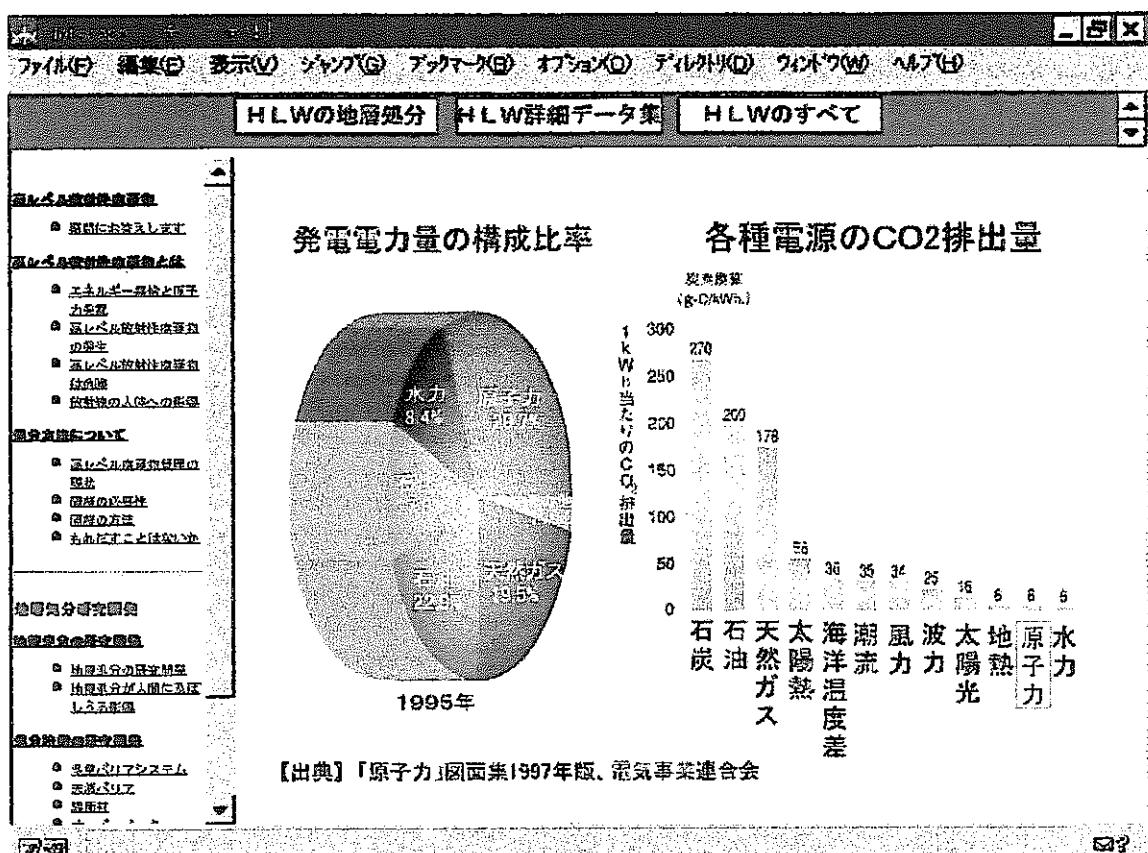


エネルギー需給と原子力発電（1）

ナレーション

高レベル廃棄物は、原子力発電により発生します。現代社会では、原子力発電は重要なエネルギー源となっています。

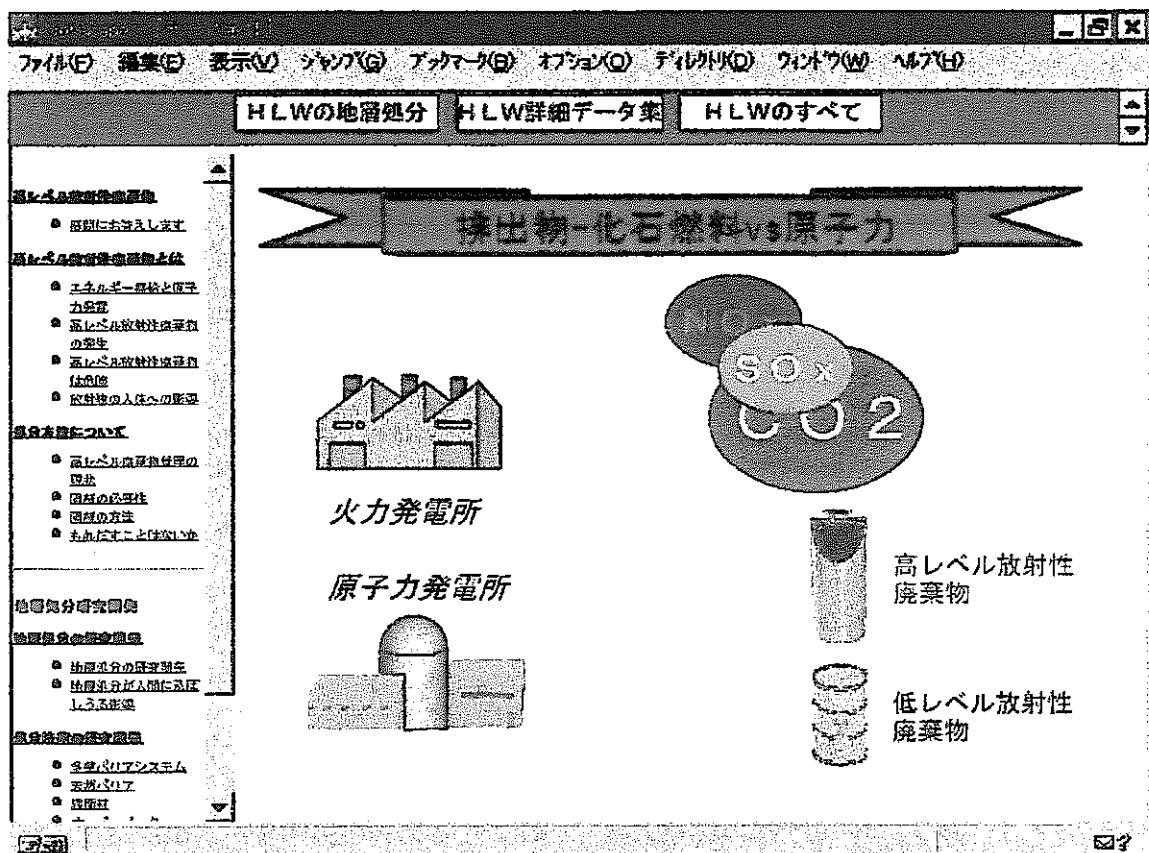
文明の発展や人口の爆発的な増加と共にエネルギー消費量も増加してきました。それに伴い、これを賄うエネルギー源も薪（まき）から、水力、風力、石炭、石油、そして原子力へと移り変わっていきました。



エネルギー需給と原子力発電（2）

ナレーション

このエネルギー統計図を見てみると、現在、原子力は、日本の発電量の約 30%を賄う主要な電力源として、そして CO₂排出量の少ないエネルギー源として、重要な存在となっています。

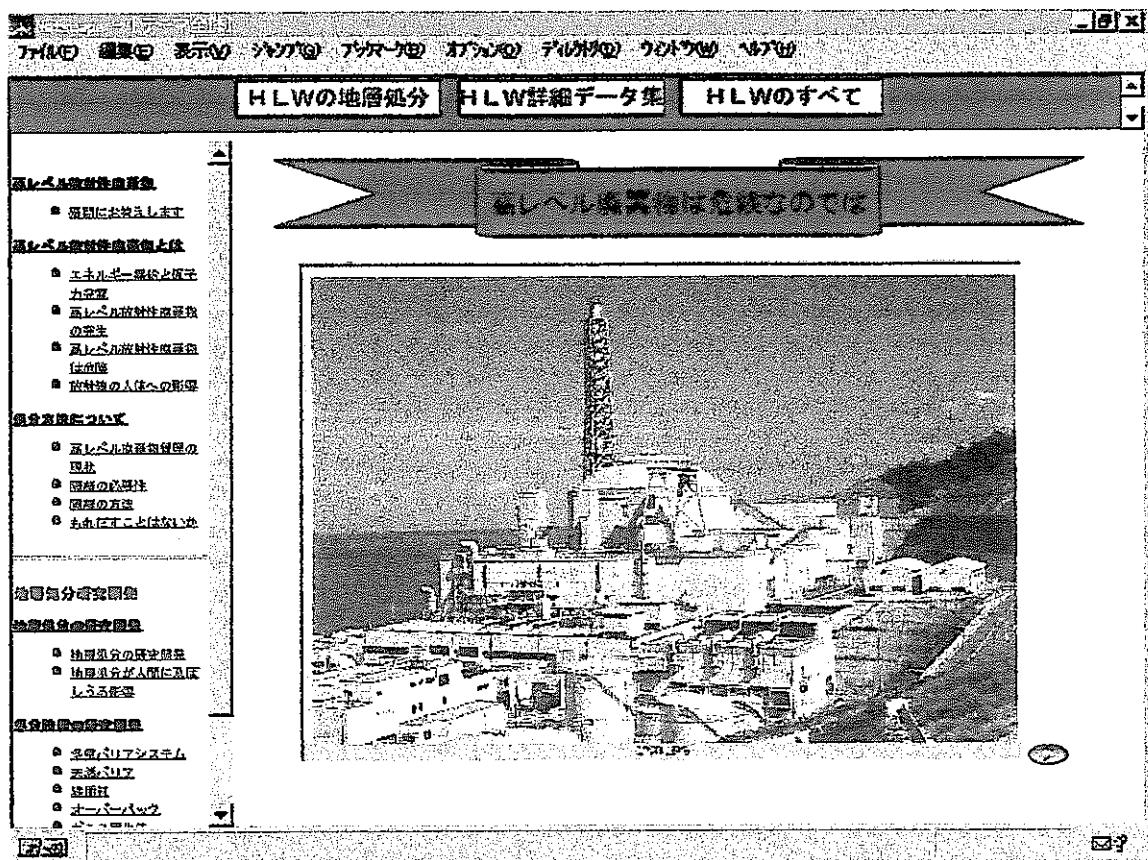


エネルギーの生産と高レベル放射性廃棄物の発生

ナレーション

＜クリック＞火力発電所は＜クリック＞二酸化炭素、＜クリック＞窒素酸化物、＜クリック＞硫黄酸化物を排出することでエネルギーを得てまいりました。

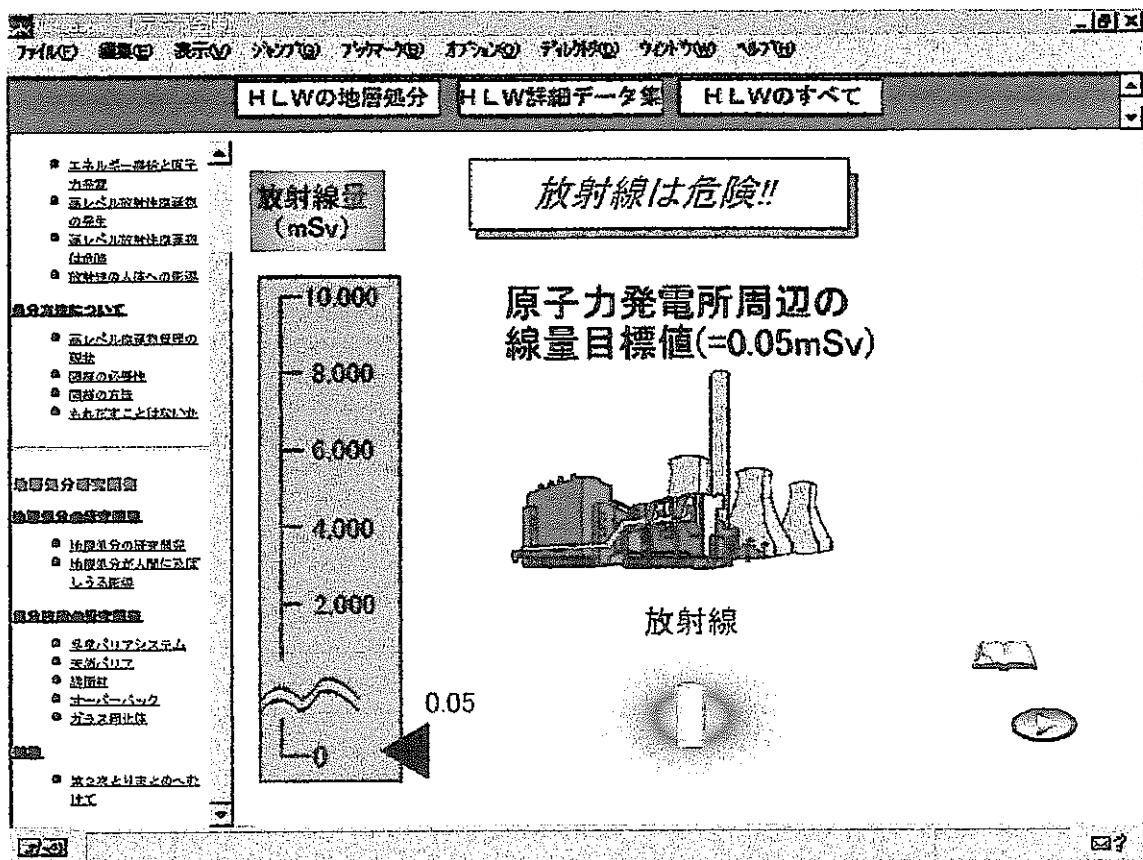
これに対して、原子力発電所は、[低レベル放射性廃棄物](#)と[高レベル放射性廃棄物](#)を発生させることでエネルギーを得ています。このように、エネルギーを得ることと、廃棄物が出ることとは、裏腹の関係にあります。原子力発電の利用を円滑に推進するためには、これら放射性廃棄物の安全な処分が主要な課題として残されています。



高レベル放射性廃棄物は危険なのでは

ナレーション

そこで皆さんから出された第1番目の疑問、「高レベル廃棄物は危険なのでは？」にお答えします。答えは「その通り、危険」です。原子力発電で発生する高レベル廃棄物は、有害な放射線を出す能力、すなわち放射能が非常に大きい物質ですので、遮蔽するものがないままで近づくと、大量の放射線を浴びることになり、大変危険です。



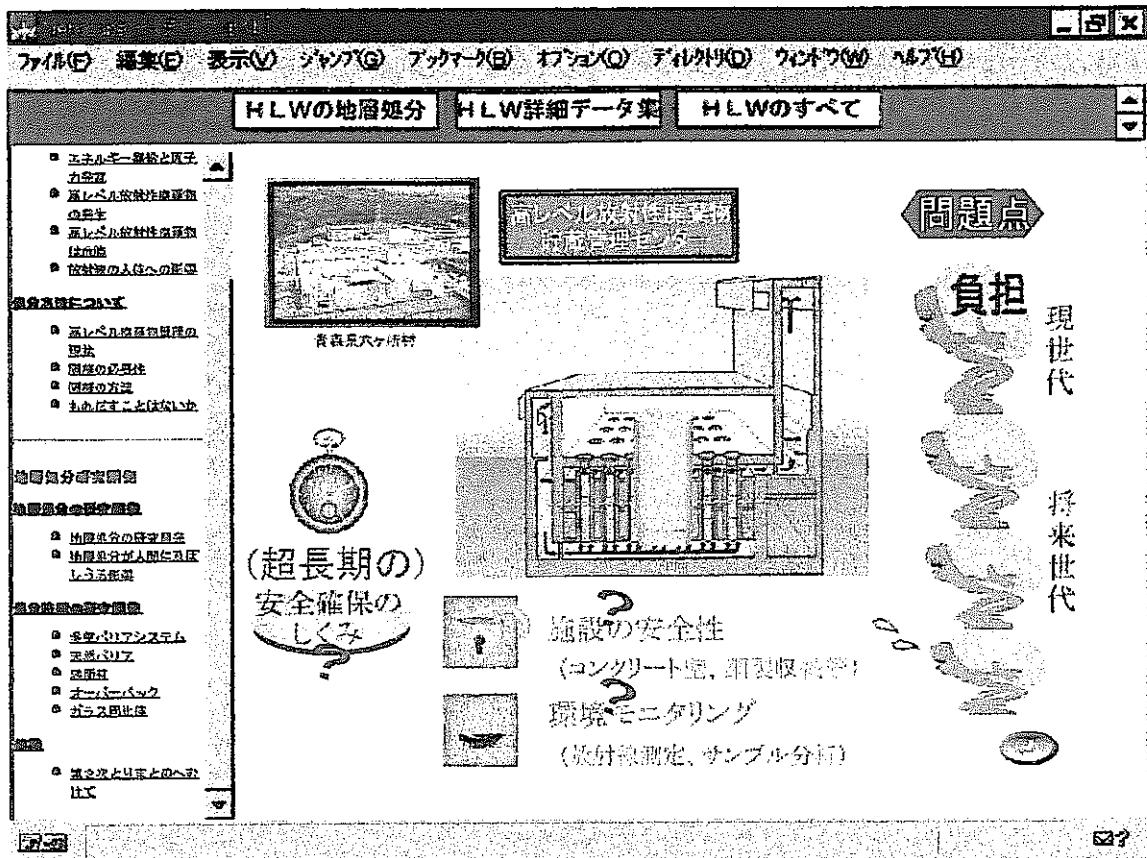
高レベル廃棄物の放射線が人体に及ぼす影響

ナレーション

放射線は細胞に影響を与えることにより、これを破壊することによって人体に有害な影響を及ぼします。線量によっては、皮膚の炎症や火傷などを起こし、場合によっては死につながるケースさえもあります。

そこで大量の放射線を出す高レベル廃棄物は、人間環境から隔離する必要があります。

処分方法について



高レベル廃棄物管理の現状

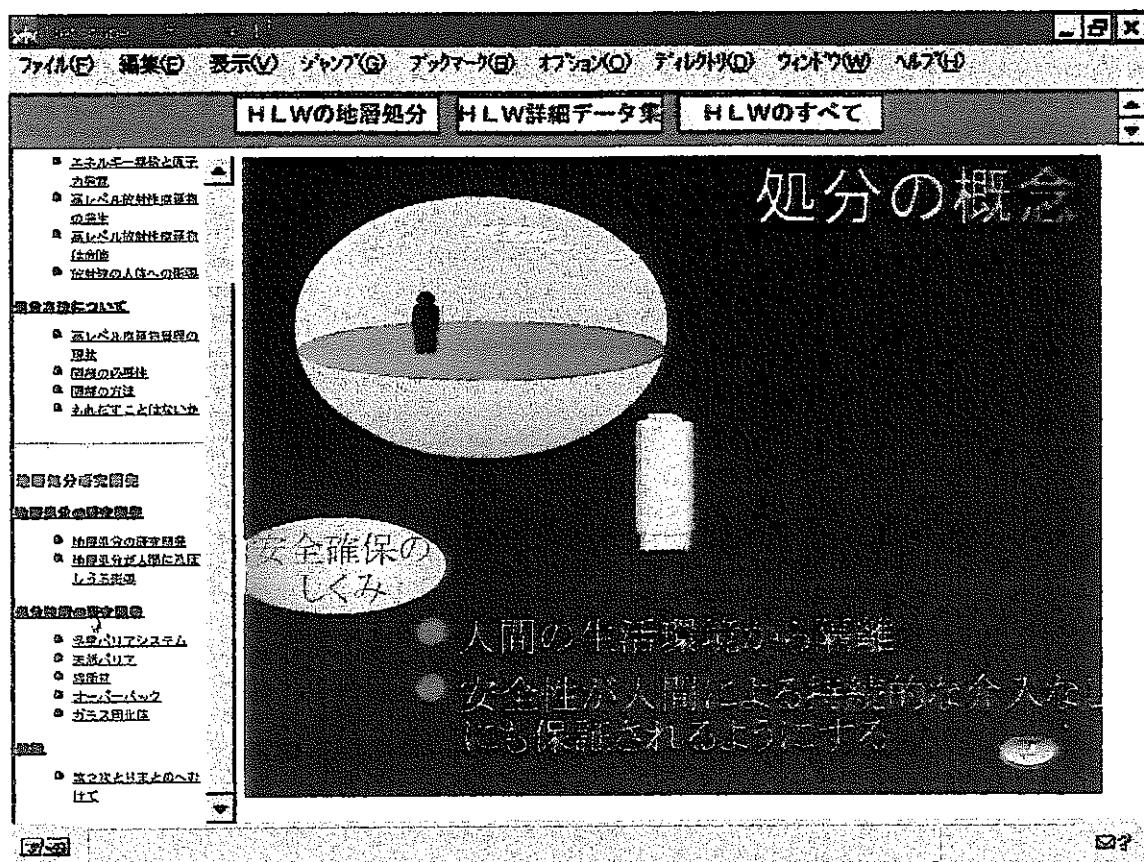
ナレーション

現在高レベル廃棄物は、青森県六ヶ所村の高レベル廃棄物貯蔵管理センターに管理されています。<クリック>

管理施設は、厚さ 1~2 メートルの鉄筋コンクリートで放射線を遮るとともに、周辺環境への影響がないことを確認するため、周辺の放射線を測定・調査し、安全を確保しています。<クリック>

しかし、高レベル廃棄物には、安定な状態になるまで数十万年、数百万年を要する元素も含まれております。このような超長期にわたって、制度的な安全確保の仕組みを維持することは不可能であると考えられます。<クリック>

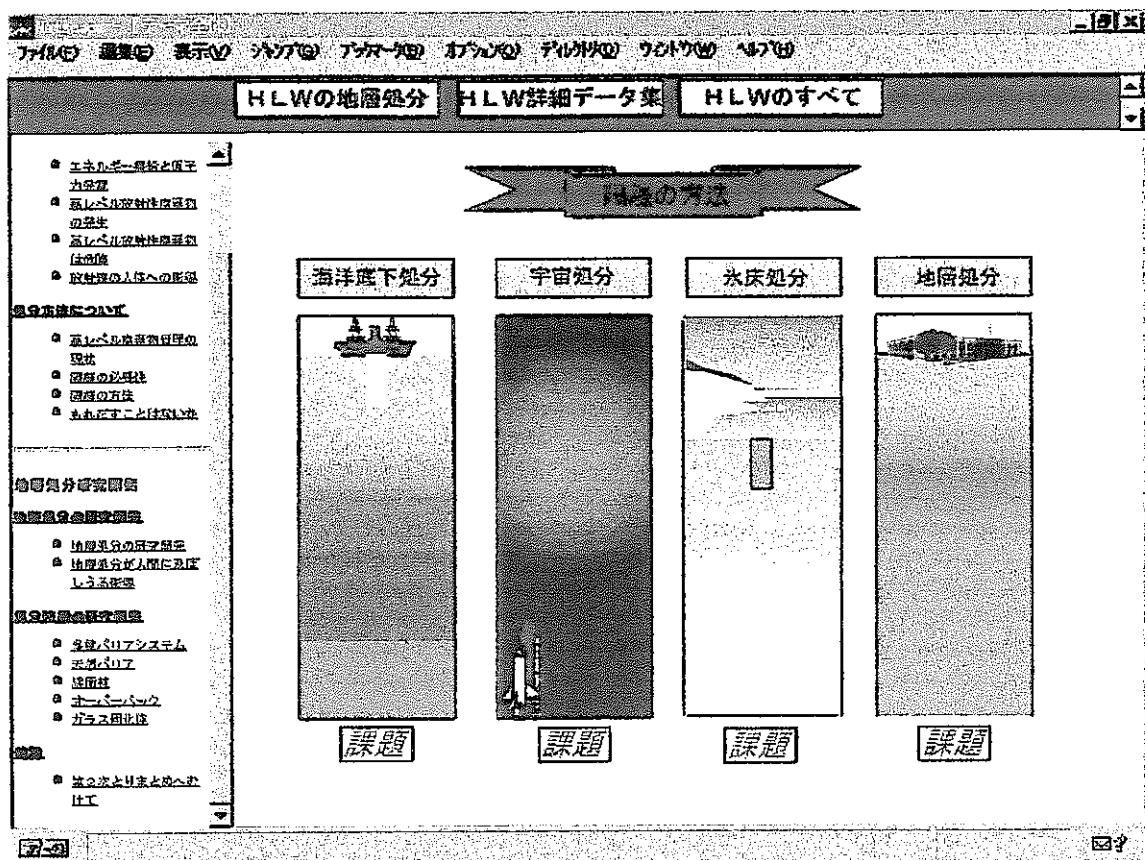
また、「原子力発電の恩恵を受けた現世代が、高レベル廃棄物の管理を将来の世代に頼るべきではない」ということが国際的なコンセンサスとなっています。



隔離の必要性

ナレーション

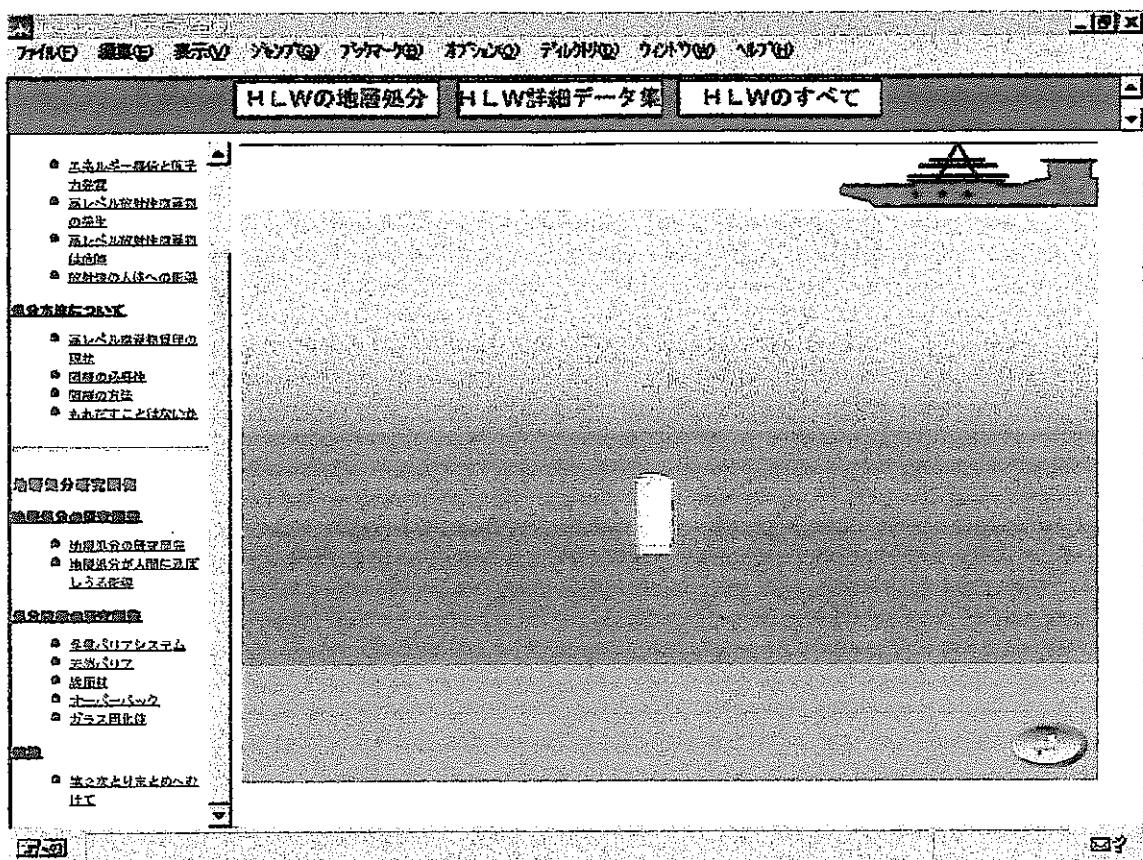
人間の持続的な介入を必要としない方法で安全を確保するためには、人間環境から離れた場所に永久に隔離、すなわち処分することが必要となります。



隔離の方法（1）

ナレーション

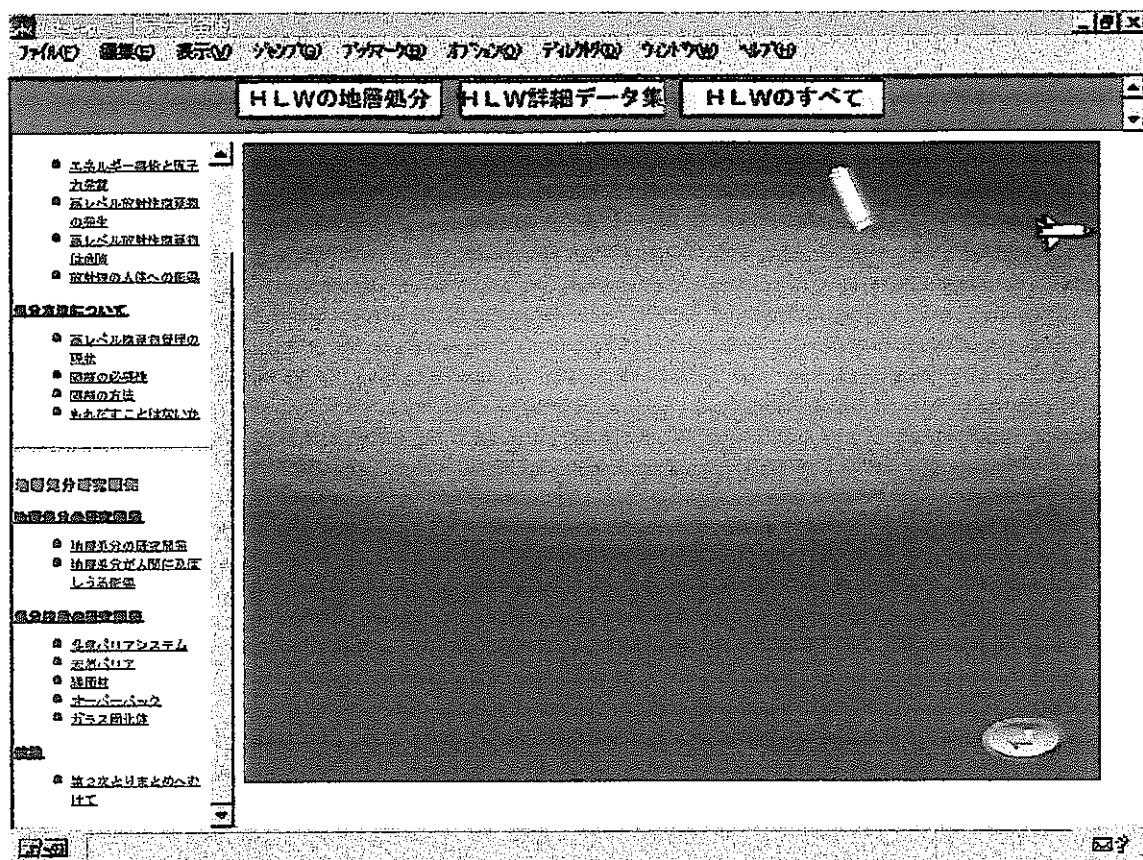
高レベル廃棄物を人間環境から隔離するための方法としては、次のようなオプションが考えられています。



隔離の方法（2）

ナレーション

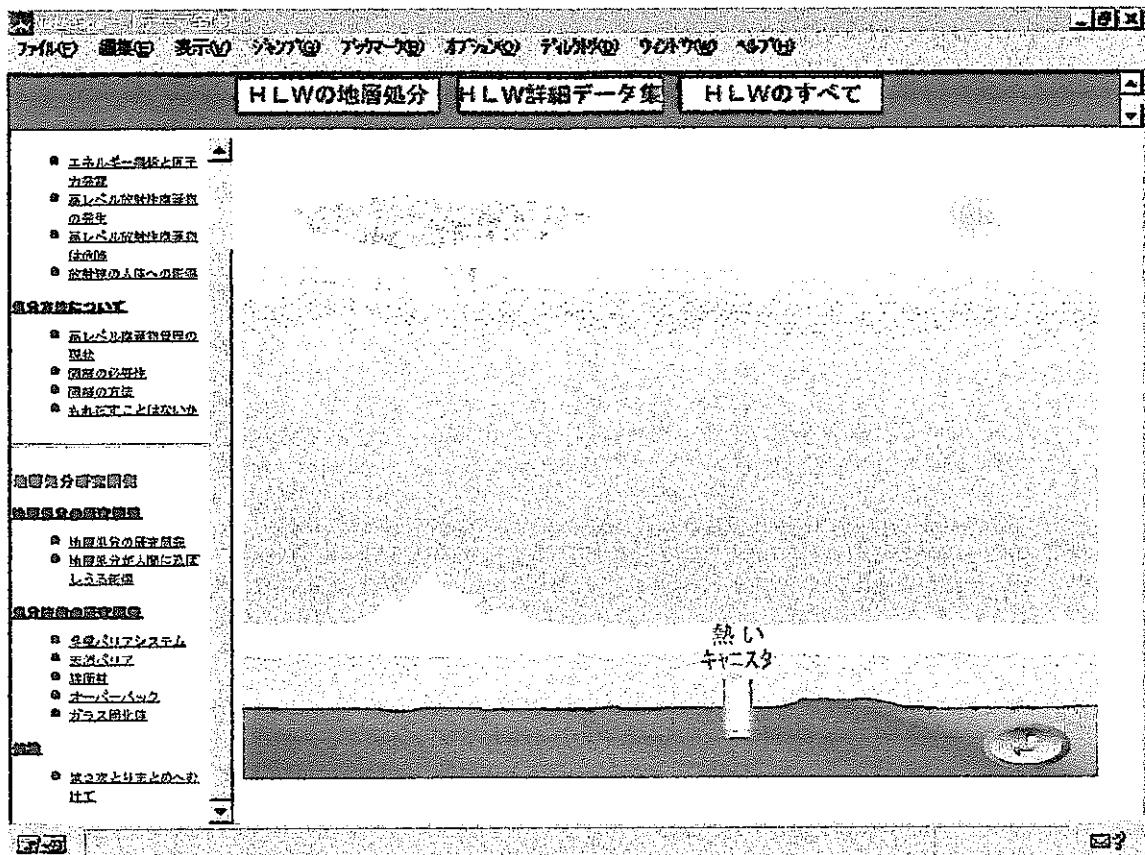
廃棄物を海底の堆積層に打ち込むというのが海洋底下処分の考え方です。しかし、海洋底の堆積層は塩分を多く含むため、廃棄物を覆う金属製キャニスターの腐食は比較的早く、放射性物質が漏れ出しやすいものと想定されます。浸出した場合の被害の大きさを考慮すると、この方法で安全性を確保するのは困難だといえます。



隔離の方法（3）

ナレーション

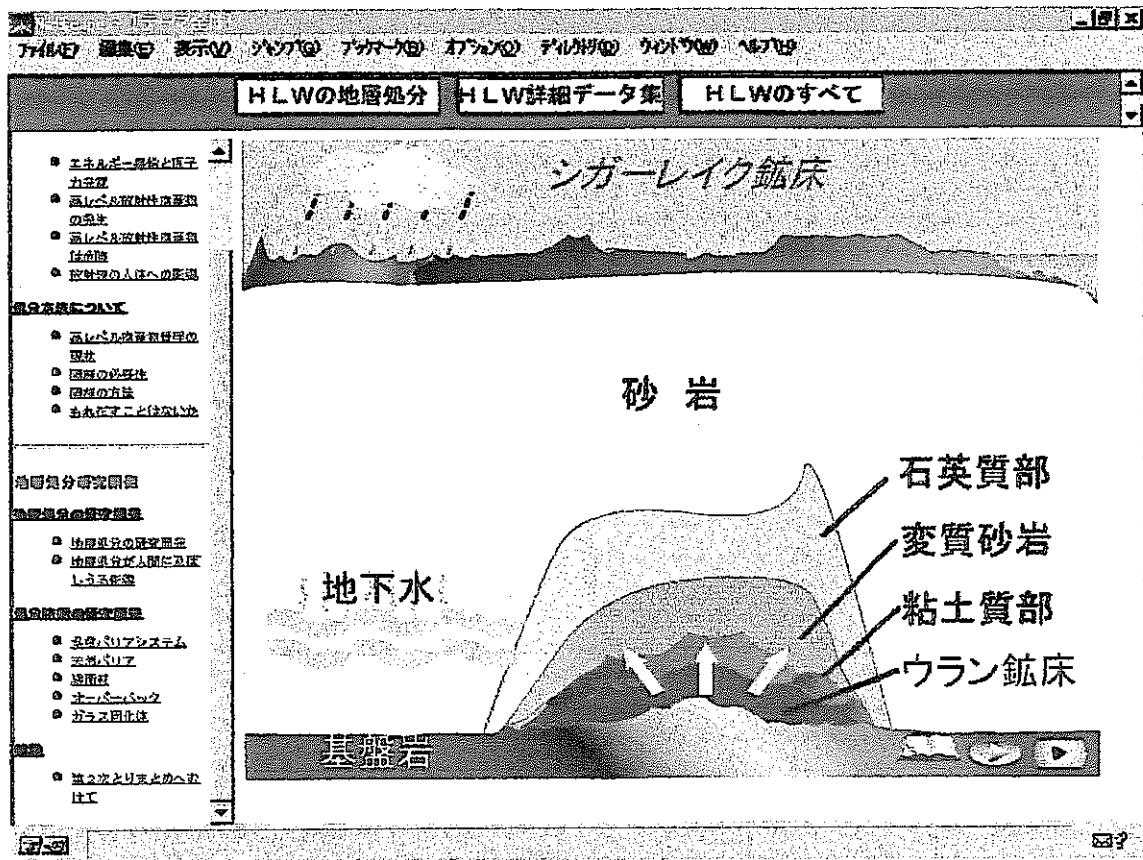
廃棄物をロケットで宇宙空間へ放出するのが宇宙処分の考え方です。しかし宇宙空間では隕石との高速度の衝突により廃棄物が人間環境へ飛散する事故も想定されます。この場合の被害の大きさを考慮すると、今の段階では困難といえます。



隔離の方法（4）

ナレーション

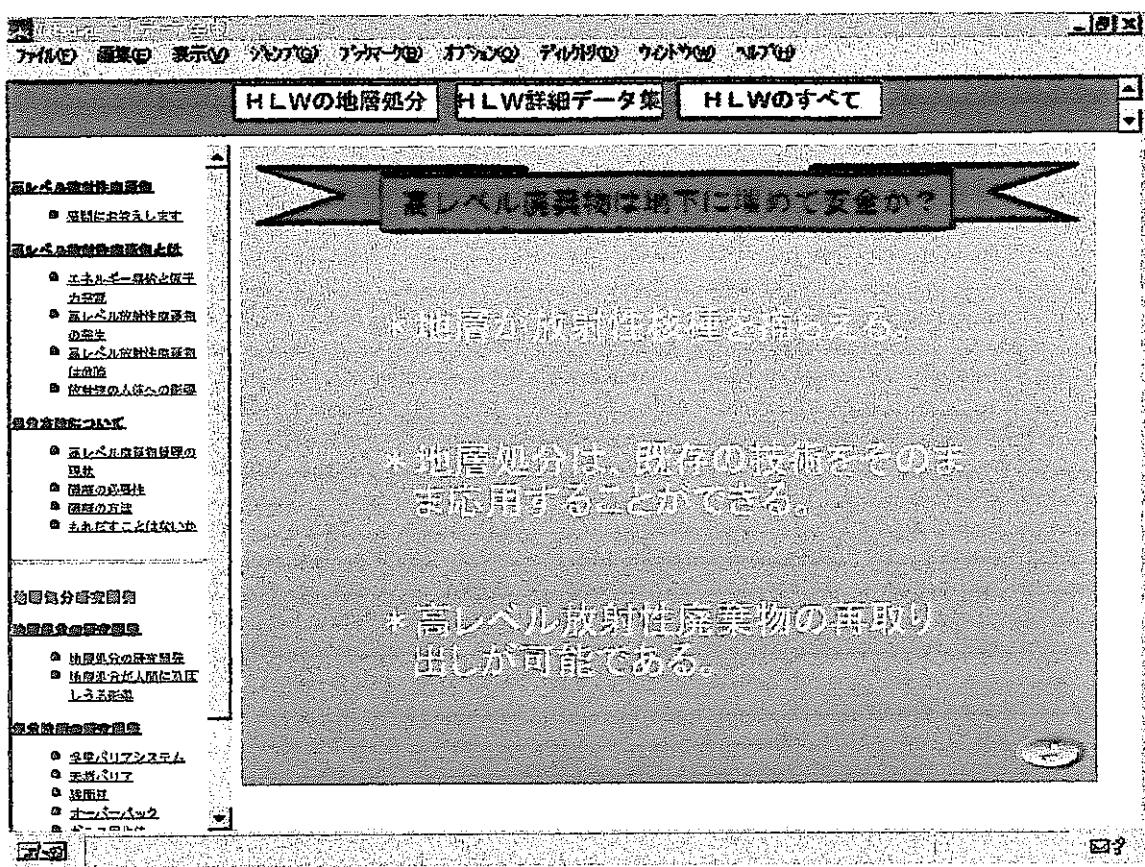
廃棄物を南極などの氷の下に埋めてしまうというのが氷床処分の考え方です。これは、廃棄物を氷の上に置き、廃棄物の持つ熱と重みで氷の下へ閉じ込めようというものです。この方法では、廃棄物の処分位置をコントロールできず、また将来、気候変動により氷が溶け出し、廃棄物が露出する危険性があり、今の段階では困難と言えます。



隔離の方法（5）

ナレーション

現在世界各国において最も合理的で実現可能な方法と考えられているのが深地層処分です。地層は、放射性物質を閉じ込め、その移動を阻止する性質を持っています。<クリック> 実際の例ですが、カナダにあるシガーレイク・ウラン鉱床は、地下 430mの砂岩の中にあります。この砂岩には地下水が多く含まれていますが、放射性物質が地表へ漏出（ろうしゅつ）した事実は確認されませんでした。このように地層処分の安全性は、地球の歴史からもみることができます。



高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性

ナレーション

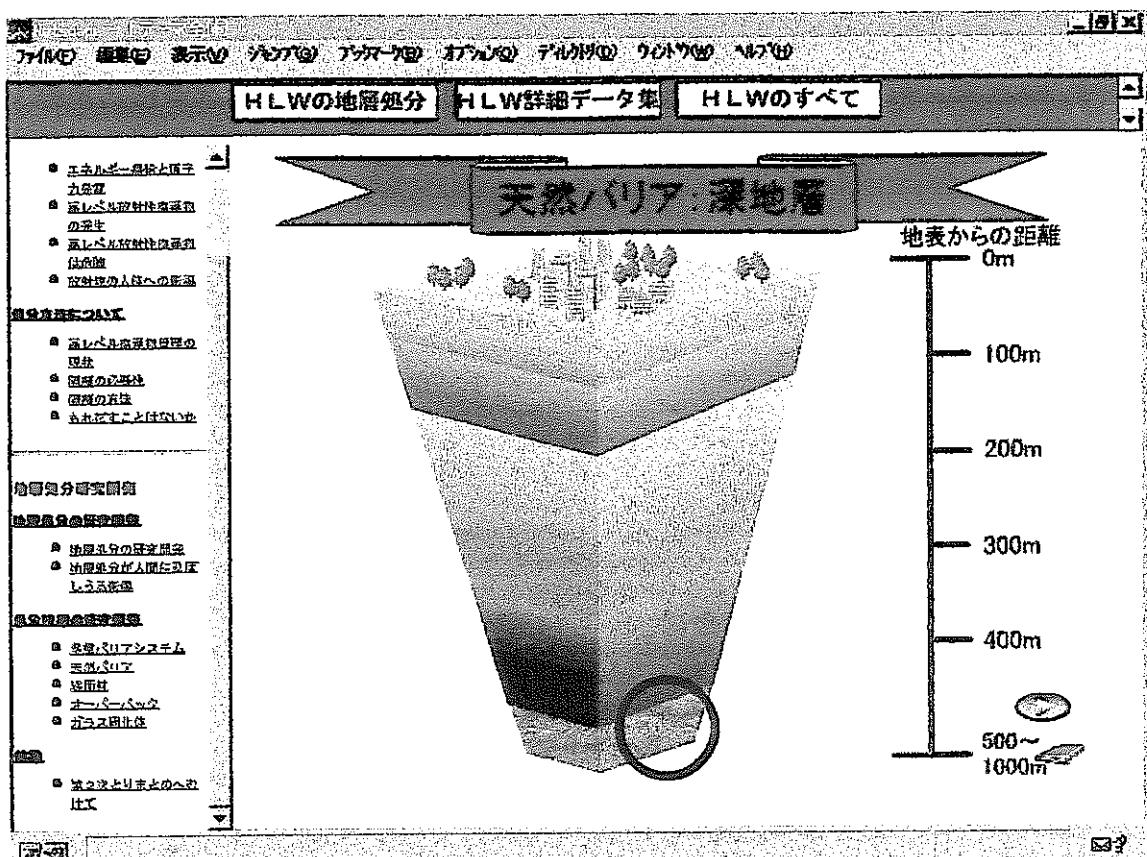
ここで第2番目の疑問「高レベル放射性廃棄物は、地下に埋めて安全か？」に対してお答えします。答えは次の3つの理由によって「Yes」です。

1つ目として、「地層が放射性物質を捕らえるため、地上にでる可能性は極めて低い」ということが挙げられます。

2つ目として、「既存の鉱山技術や土木工学の技術が応用できる」ということが挙げられます。

3つ目として、「処分した高レベル廃棄物は、万が一の場合、再取り出しが容易である」ということも挙げられます。

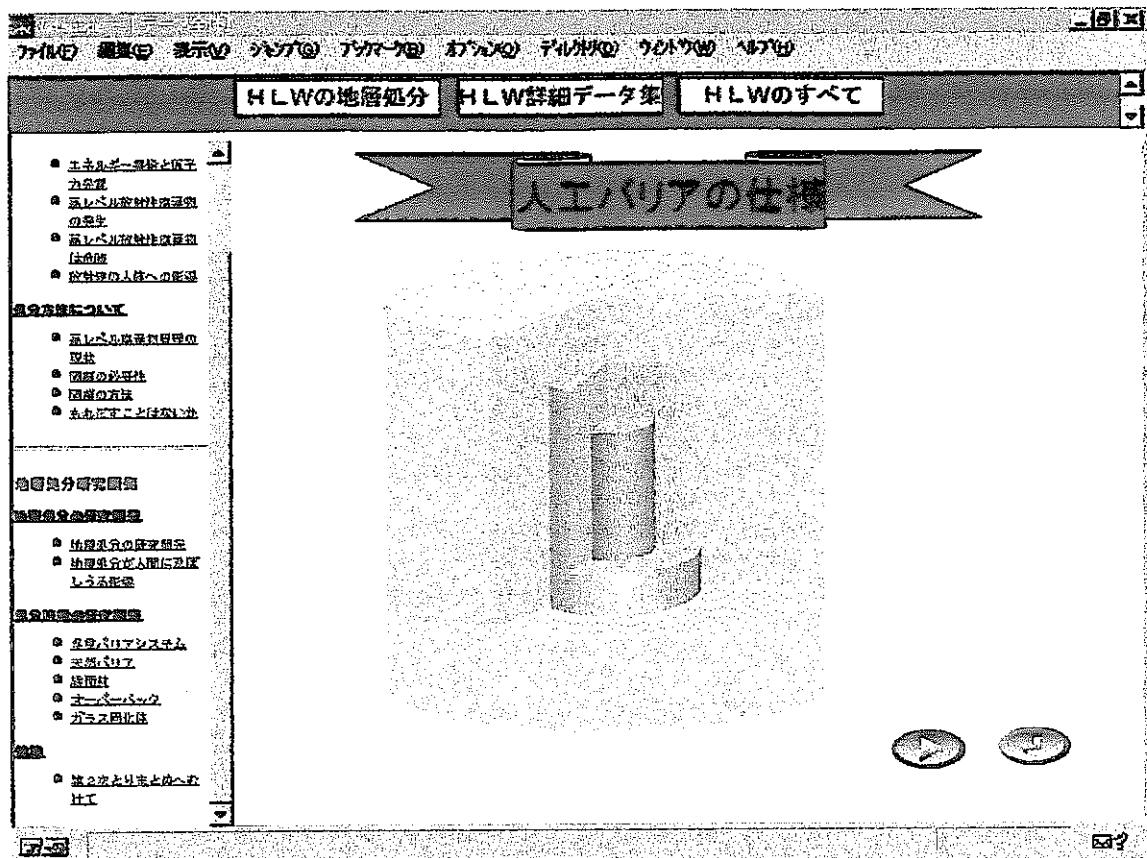
その他の処分方法は、安全確保のための研究が地層処分ほど進んでいません。地下に埋めるという方法が、現在の人類が持つ技術で最も安全を確保できる方法なのです。



天然バリアとしての深地層

ナレーション

地下深くに高レベル廃棄物を埋めるのは、あたかも新しい鉱物を作るようなものです。地下資源は長期にわたって安定して存在しており、また、地下のことは、人類が長年つちかってきた鉱山技術でよく分かっております。つまり、地下そのものが高レベル廃棄物を人間環境から隔離し、閉じ込めるための天然のバリア、すなわち障壁の一つとなっています。

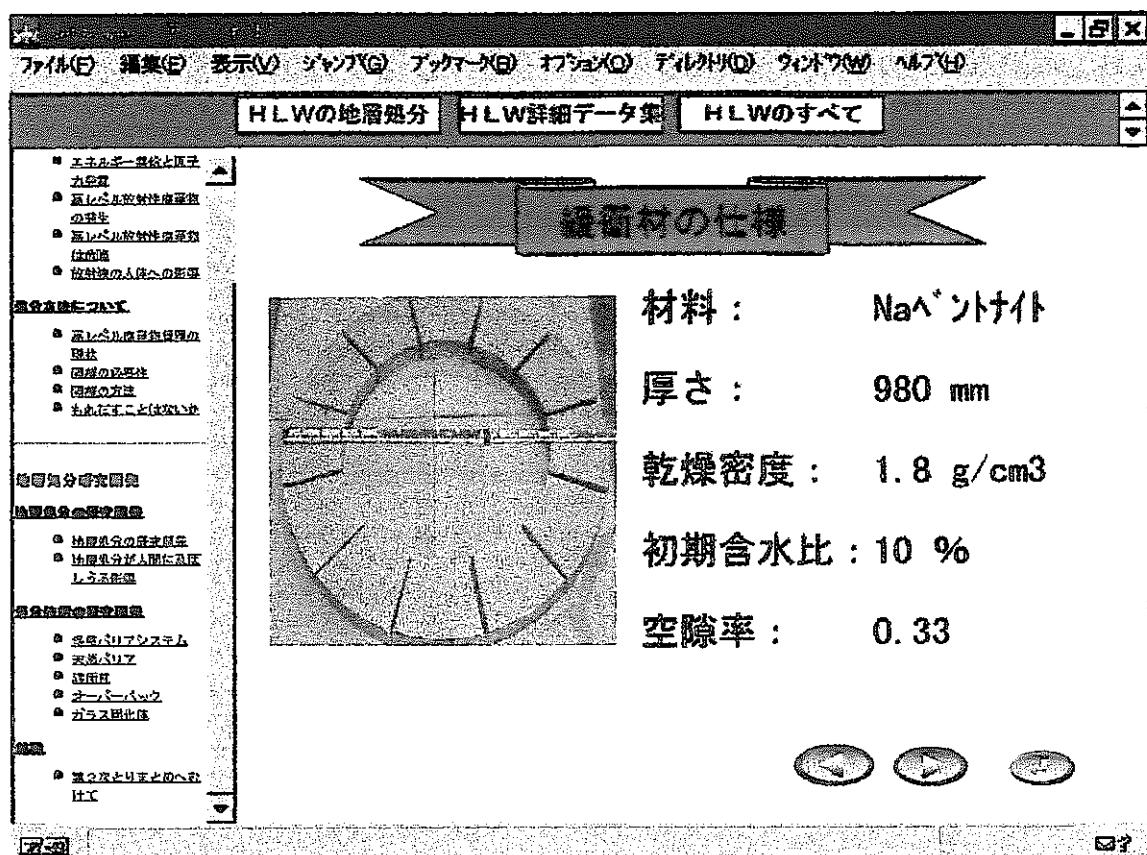


多重の人工バリア・システム

ナレーション

高レベル廃棄物を深地層に処分する時には、人工的に何重ものバリアを設けて封じ込めます。

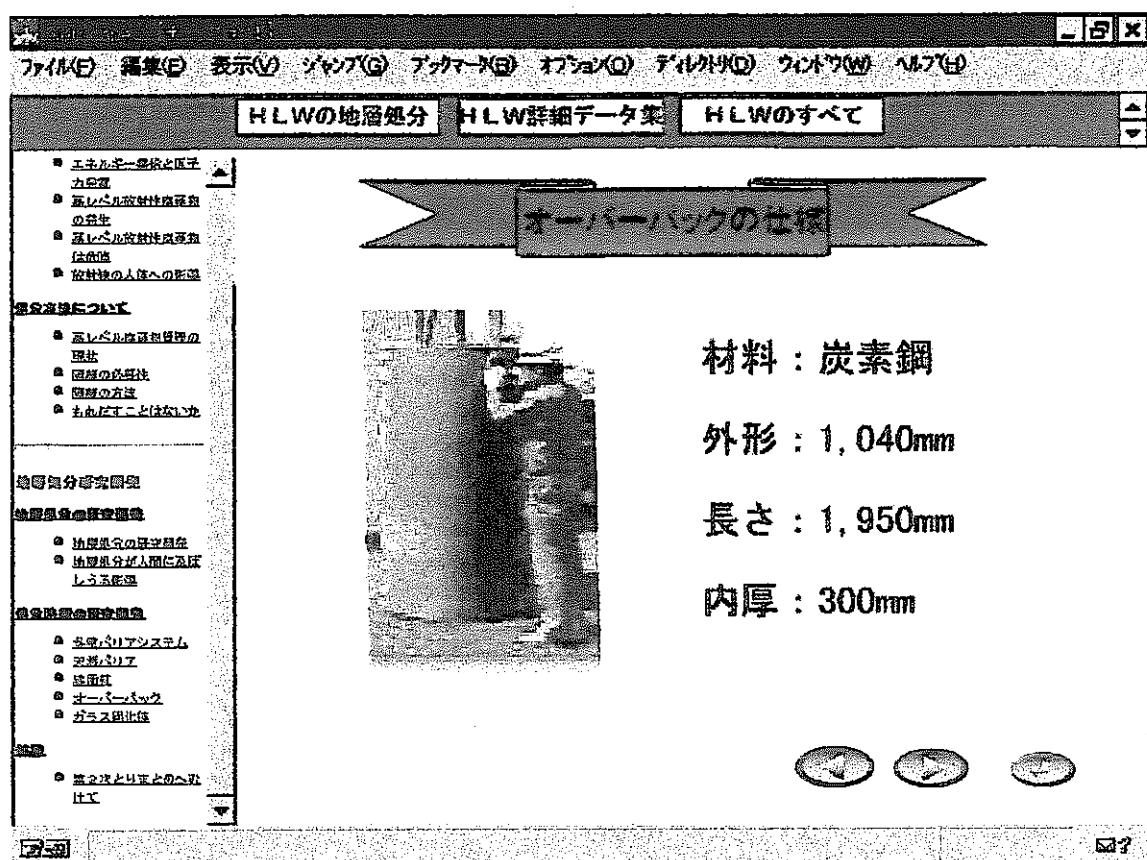
動然では、バリアの性能を調査・研究し、その結果を平成3年に取りまとめました。その時に人工バリアの仕様も提案しています。



人工バリア・緩衝材

ナレーション

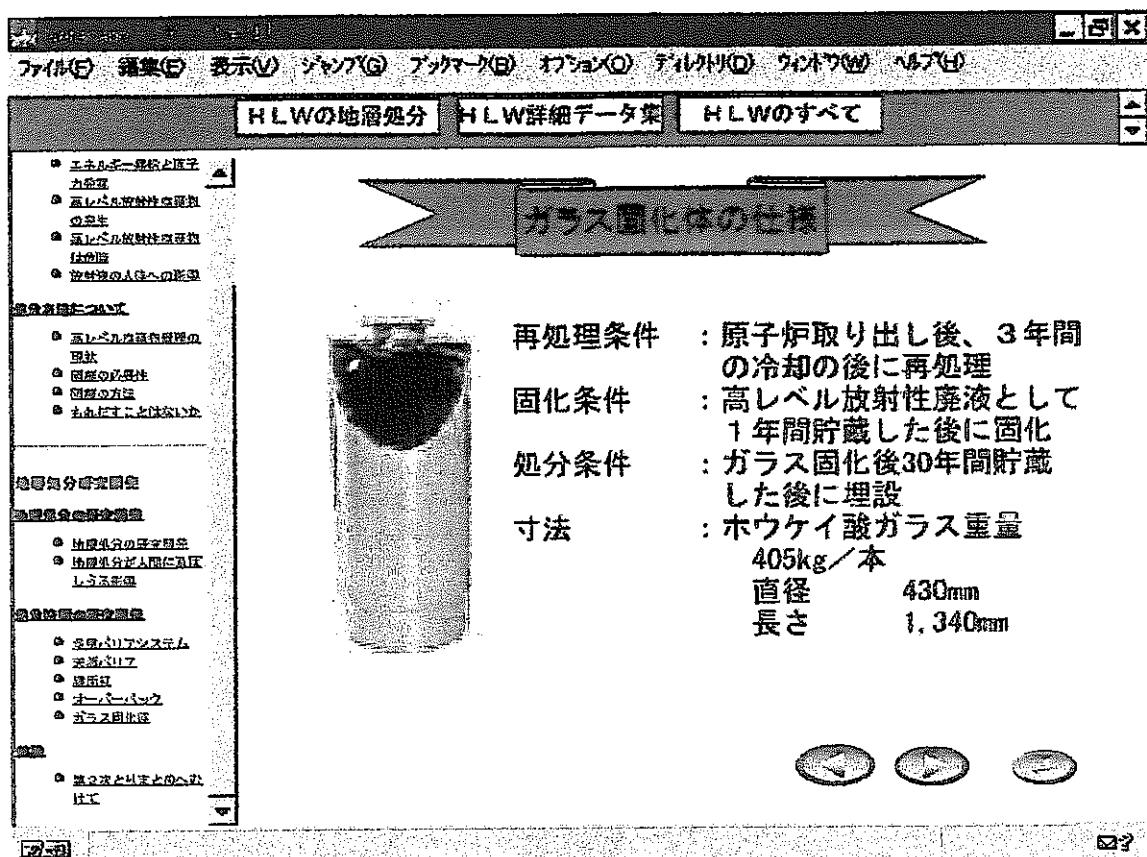
深い安定した岩盤で廃棄物の一番外側を覆うのはベントナイトと呼ばれる特殊な粘土です。この粘土は地下水を通しにくいので地下水が高レベル廃棄物に近づくのを防ぎます。これが一番外側の人工バリアです。



人工バリア・オーバーパック

ナレーション

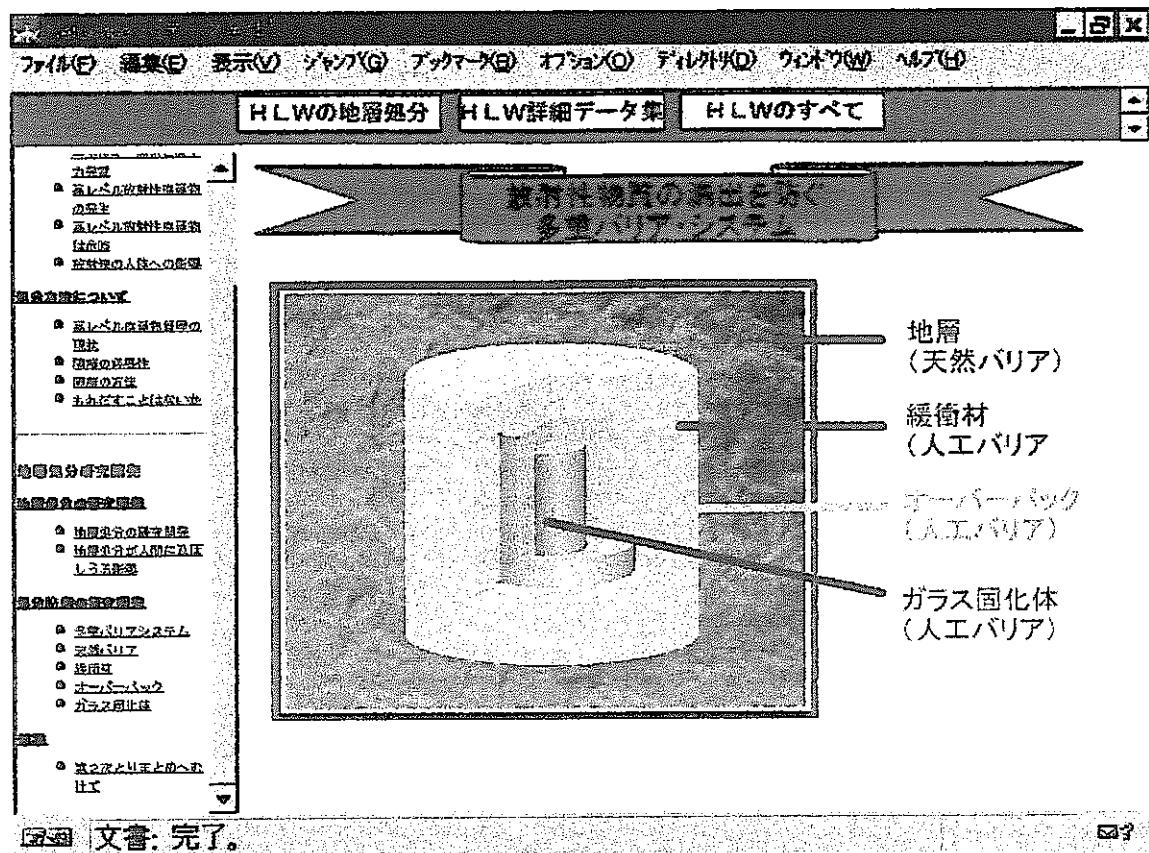
その内側は炭素鋼という鉄の容器で覆います。この容器が第2の人工バリアです。



人工バリア・ガラス固化体

ナレーション

放射性廃棄物は液体として発生するので、ケイ酸などを混ぜてガラスとして固めます。これをガラス固化体と言い、これ自体が一番内側の人工バリアとなっています。



放射性物質が漏れ出すことはないのか

ナレーション

そこで、冒頭の皆さんからの疑問の第3番目、「地下に埋められた高レベル廃棄物から放射能が漏れ出すことはないのか?」という疑問にお答えします。答えは「ほとんどありません」です。

高レベル廃棄物を処分する時には、人工的に何重ものバリアを設けて封じ込め、さらに、それ自体が天然のバリアとなる地下深くの安定した岩盤の中に、しっかりと埋め込み、固定してしまいますので、これらの何重ものバリアを突き破って放射性物質が外界に漏れ出すことはほとんど考えられません。

地層処分の研究開発

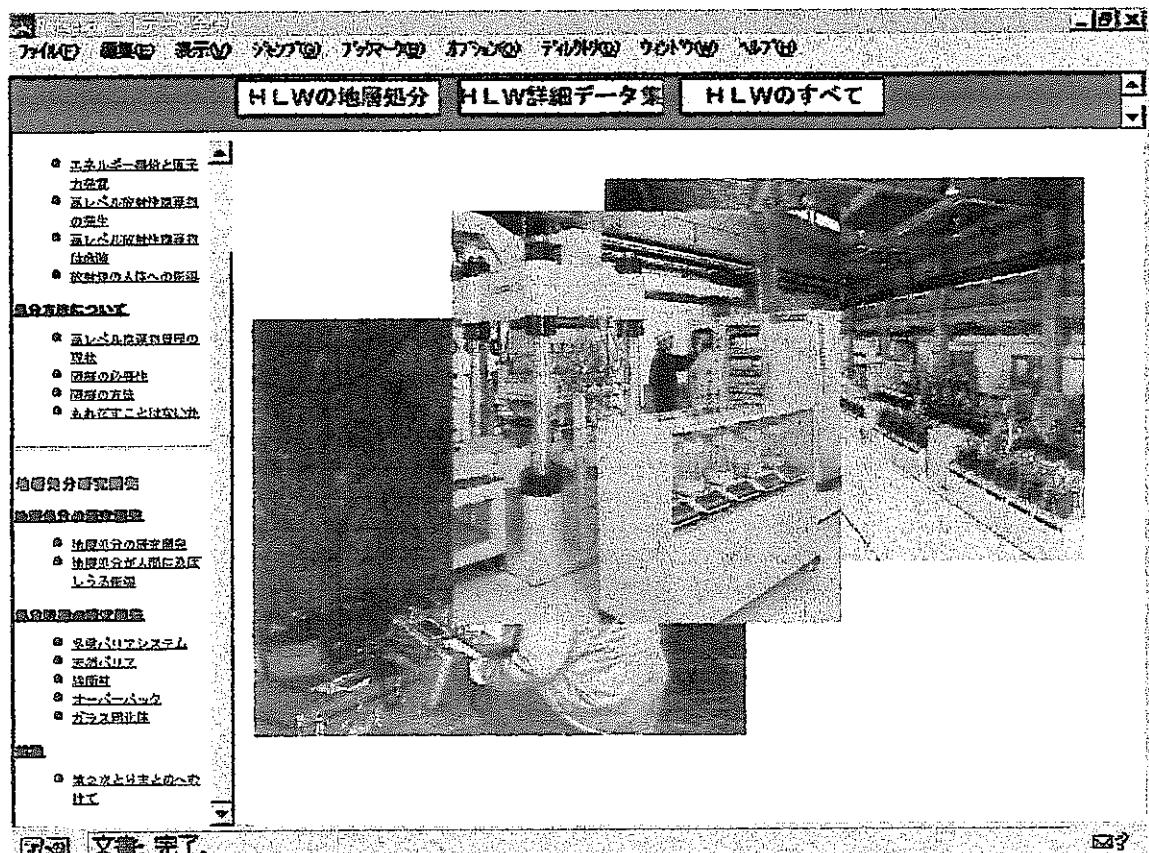
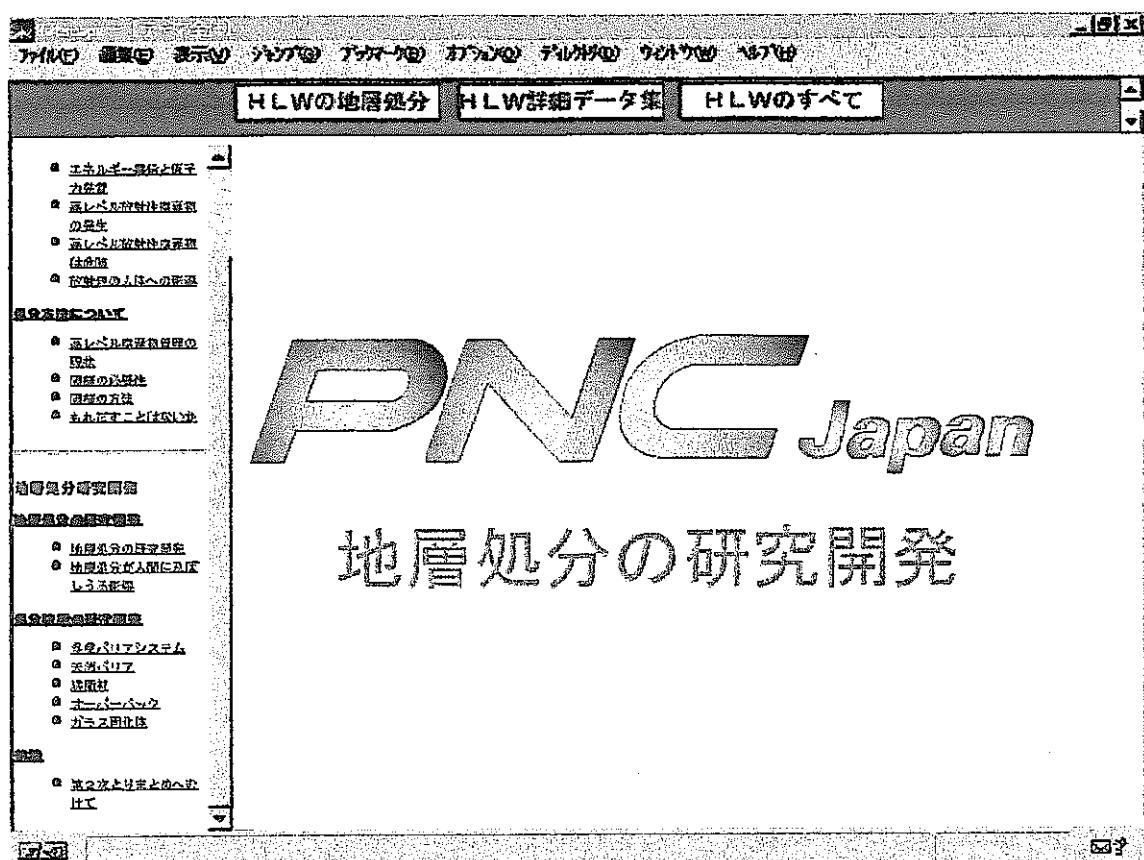


図4 文書 完了。

地層処分の研究開発（1）

ナレーション

動燃は、高レベル廃棄物を日本の地層において安全に処分する方法について研究開発を進めています。

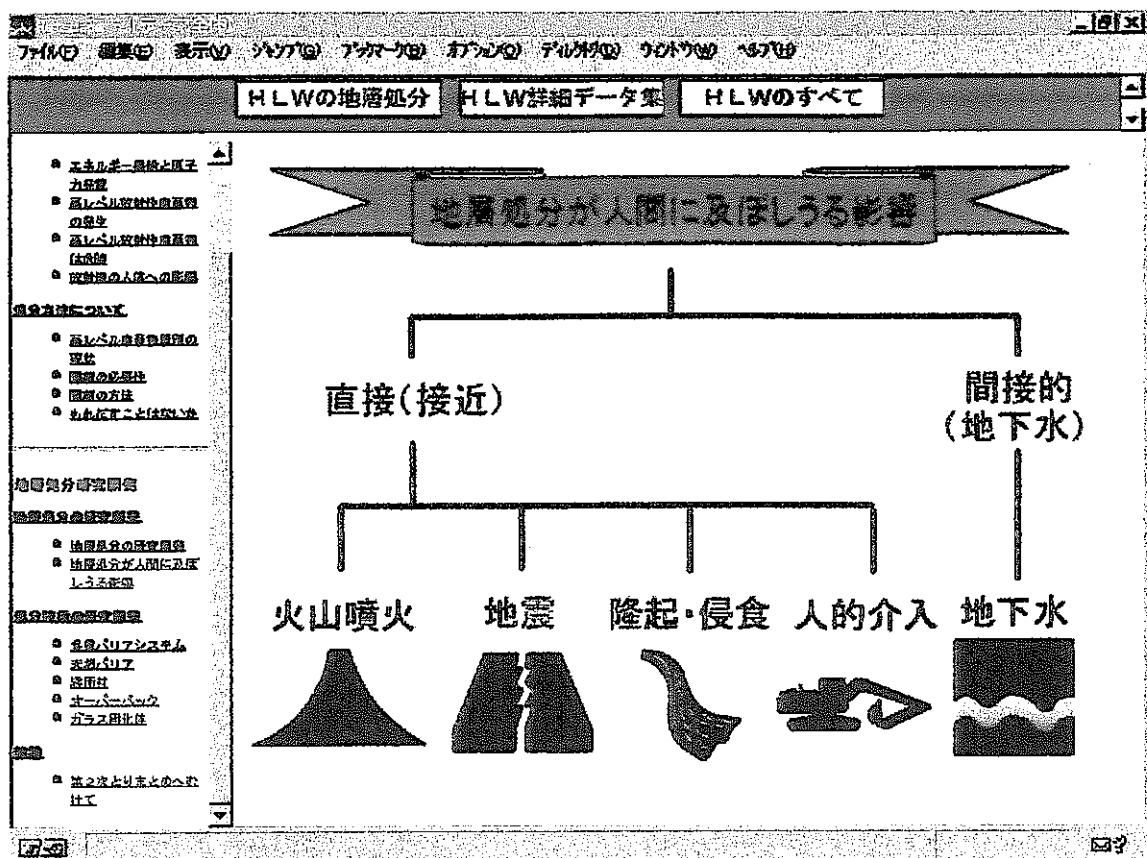


地層処分の研究開発（2）

ナレーション

そこで以下に地層処分は、人間にどういう影響を及ぼしうるのか、という研究についてまず紹介し、次いで多重バリアシステムの一つ一つについて、処分技術の開発状況を説明致します。

動燃は、西暦2000年を目途に、これまでの研究開発成果を皆様に公表しようとしておりますが、その目標や概要について、最後に御報告致します。



地層処分が人間に及ぼしうる影響（1）

ナレーション

では、地層処分の考え方と研究課題を具体的に見ていきましょう。

地層処分では安全性の確保が最重要課題です。そのためには、自然現象などの影響が少ない安定した地層を選ぶ必要があります。

地層処分した廃棄物が人間環境へ被害をもたらすケースとして、火山活動、地震・断層活動、隆起・侵食・沈降などの自然現象や、採掘などの人間活動、それに放射性物質が地下水に溶けだす場合などが想定されます。

まず火山活動に対する対策からお話し致します。

HLWの地層処分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

- ハルゼー技術と原子力施設
- 高レベル放射性廃棄物の発生
- 高レベル放射性廃棄物は生物
- 放射性の人への影響

地層方法について

- 高レベル廃棄物貯蔵の現状
- 地層化の現状
- 地層化の方法
- カルシナイト化法

地層区分研究開発

地層区分実証実験

- 地層区分の研究開発
- 地層区分が人間に及ぼす影響

地層化技術研究開発

- 地層化システム
- 地層化アレイ
- 脱酸素
- オーバーパック
- ガラス固化法

その他

- 第2次トリ主止め加工

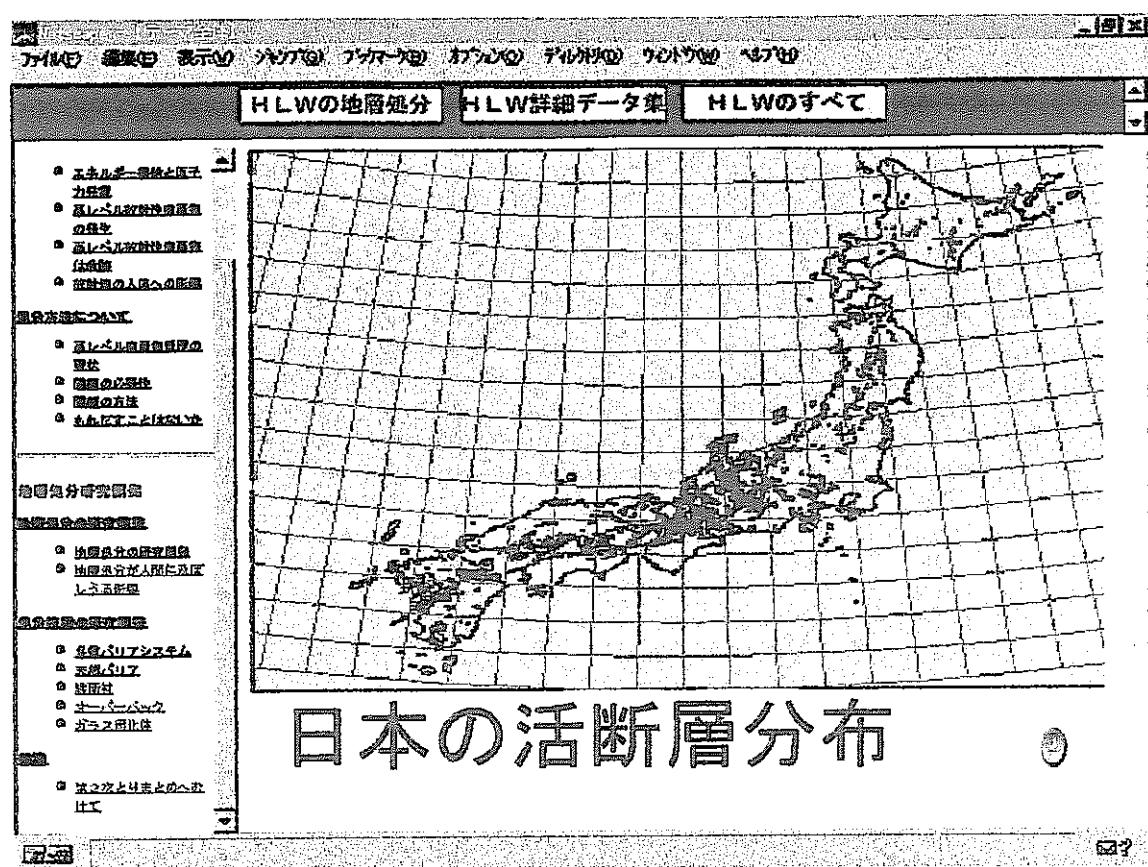
第四紀の火山 200万年前～現在

▲

地層処分が人間に及ぼしうる影響（2）

ナレーション

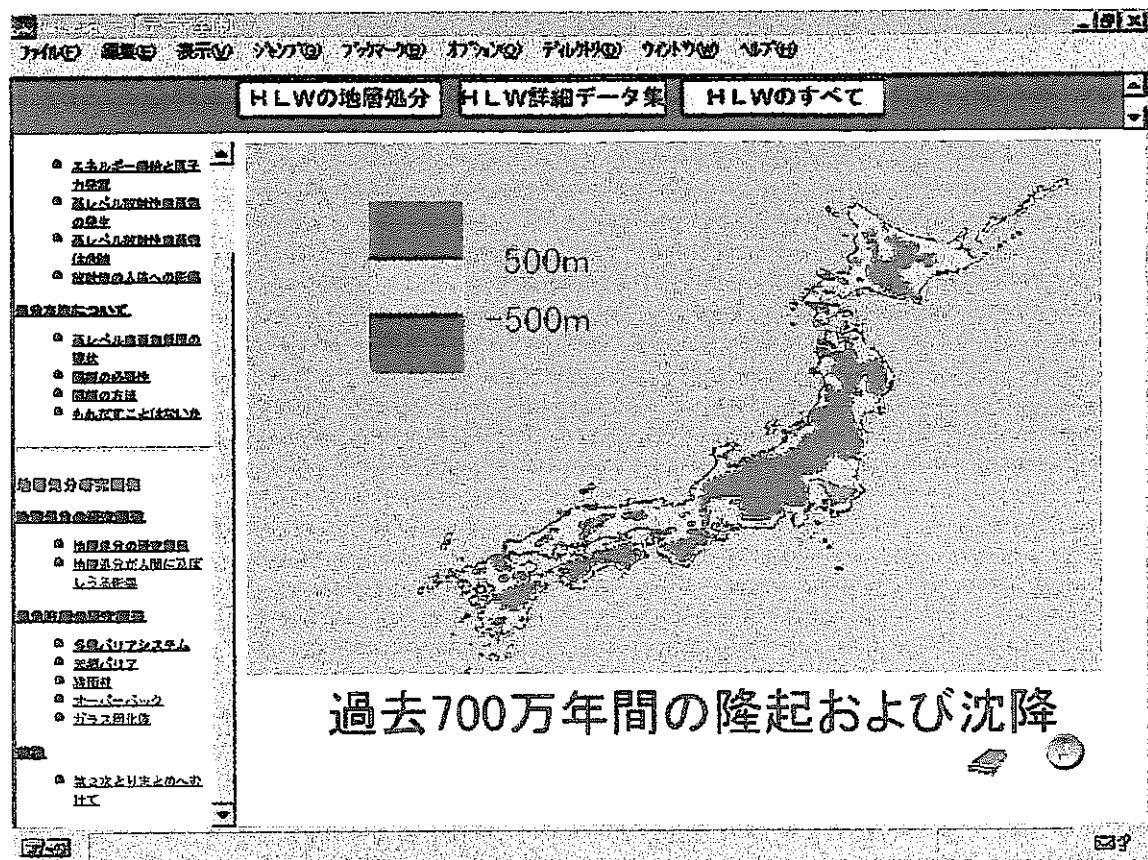
日本は火山国として有名ですが、火山のある場所は限られています。<クリック>例えば、過去 200 万年間に火山活動があったのはこれらの地域に限られます。<クリック>さらに過去 6,500 万年前まで遡っても火山活動は限定された地域で発生しています。こうした知見に基づけば火山活動が起こる可能性のある場所を避けることは可能であると考えられます。



地層区分が人間に及ぼしうる影響（3）

ナレーション

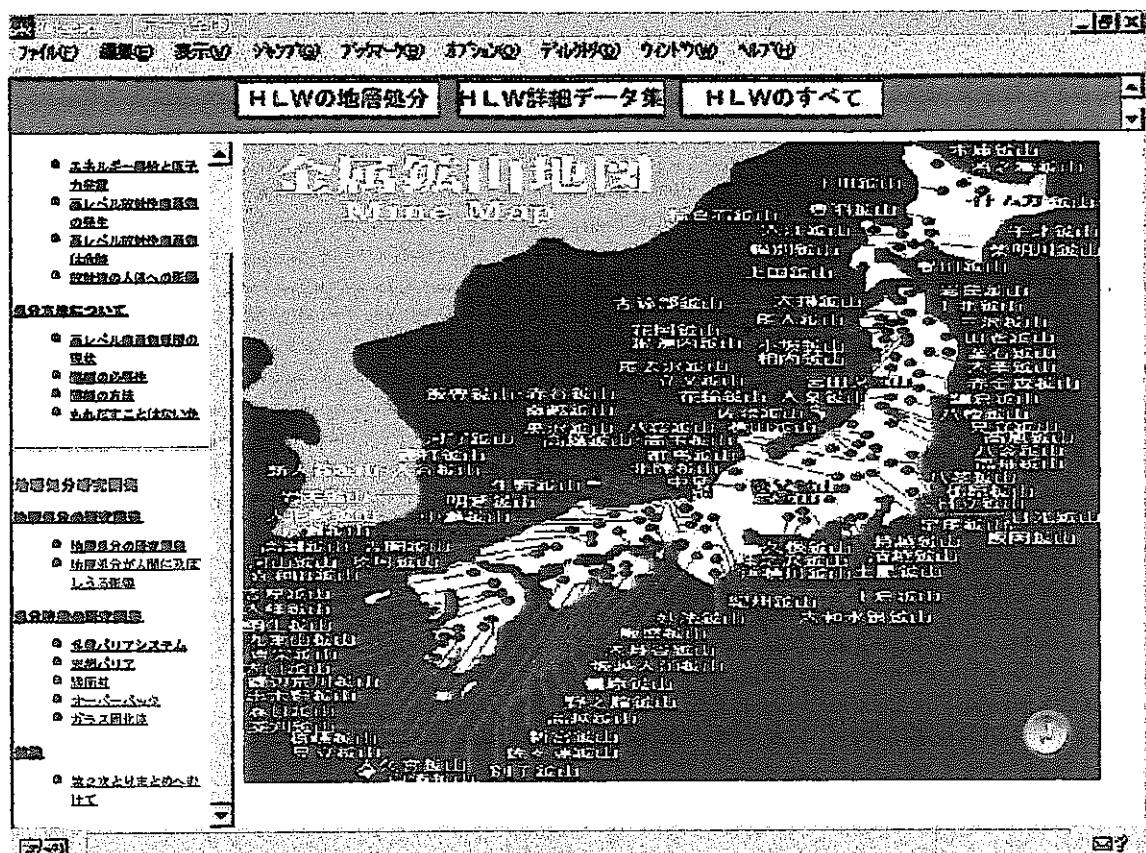
次に地震ですが、地下深部は地震によるゆれが小さいことが確認されています。また火山とともに、地質調査により地震の起きる可能性の高い場所を避けることは可能だと考えられます。



地層処分が人間に及ぼしうる影響（4）

ナレーション

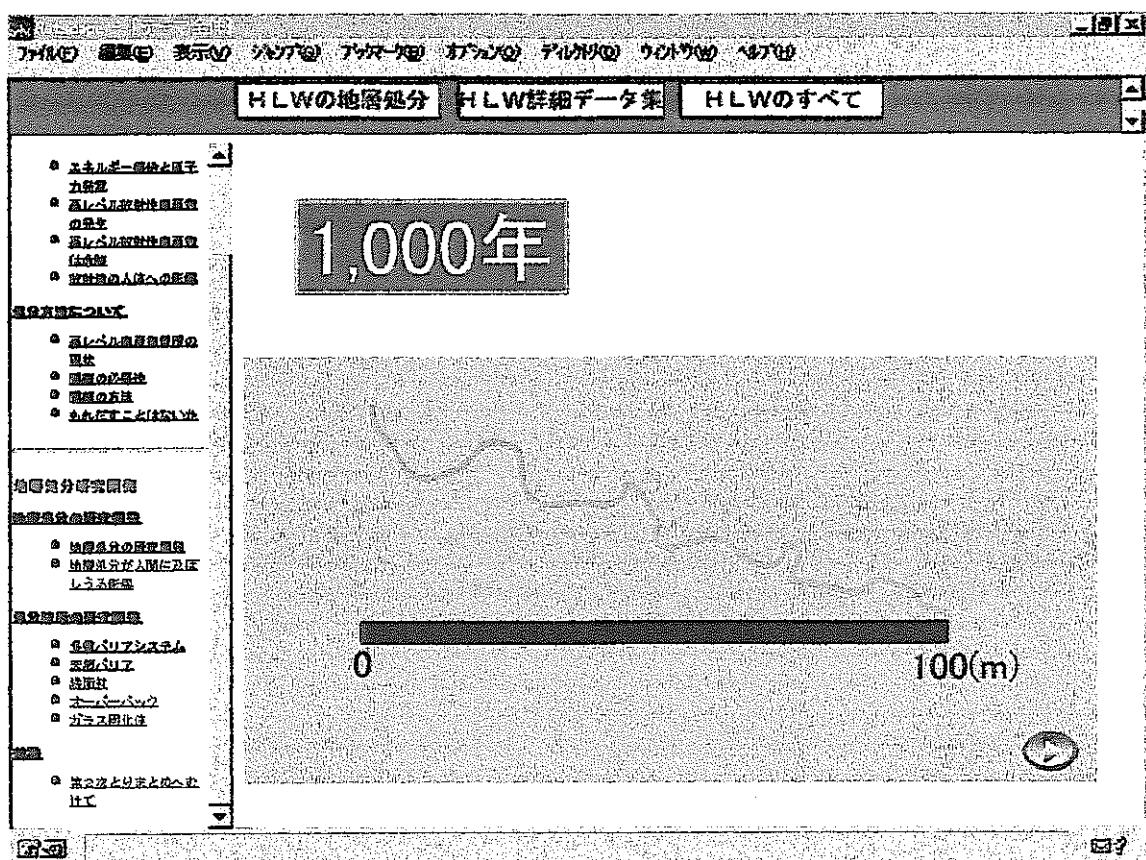
長い期間では、土地の隆起や浸食もあります。しかし、通常、隆起や侵食が起こったとしてもその変動幅は数万年で1メートル程度であり、大規模な地殻変動を起こす場所は限られています。従って、そのような場所は予め避けることも可能です。



地層処分が人間に及ぼしうる影響（5）

ナレーション

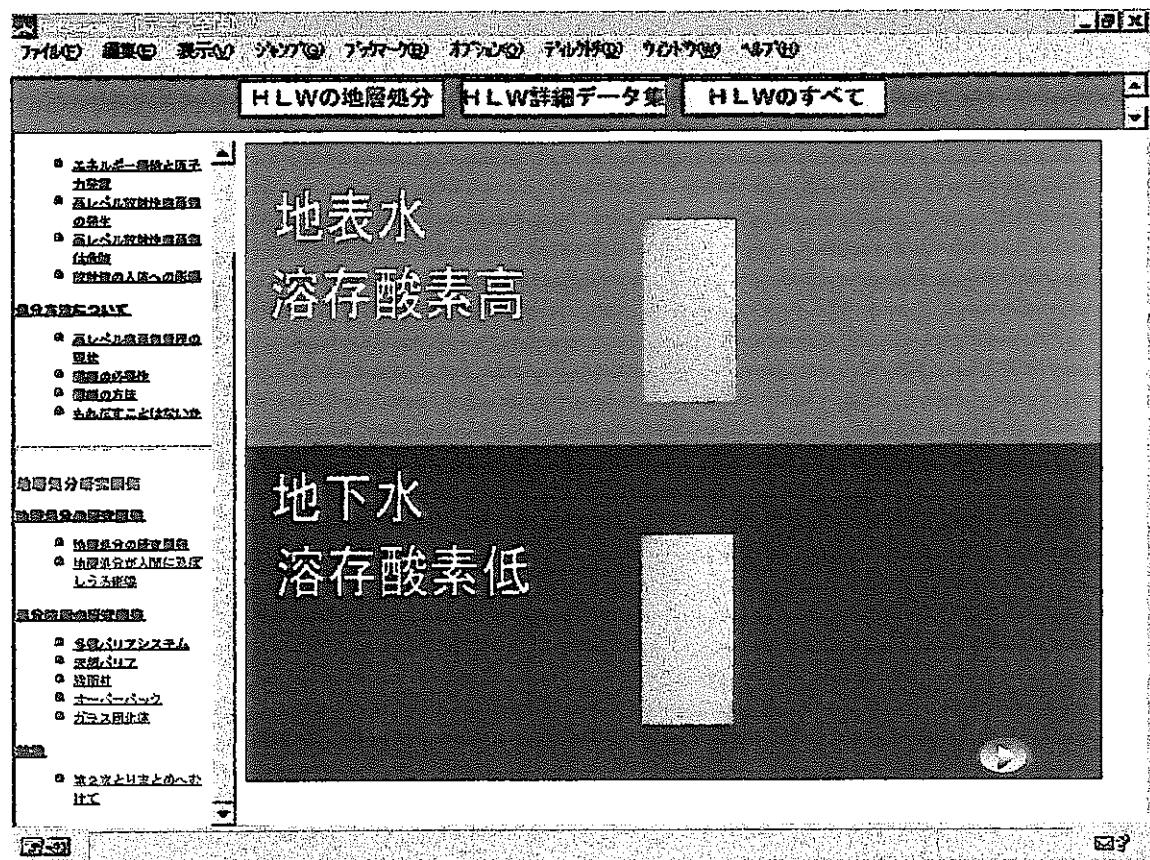
以上のような自然現象によって高レベル廃棄物が人間環境に接触する可能性の他に、将来地下資源の採掘作業によって地中に埋設された高レベル廃棄物に到達する可能性についても考慮する必要があります。しかし、地下資源のある場所は現在の調査技術を駆使すれば自然現象と同様に予測することができます。この図はそのような例として我が国の金属鉱山の位置を示したものです。



地層処分が人間に及ぼしうる影響（6）

ナレーション

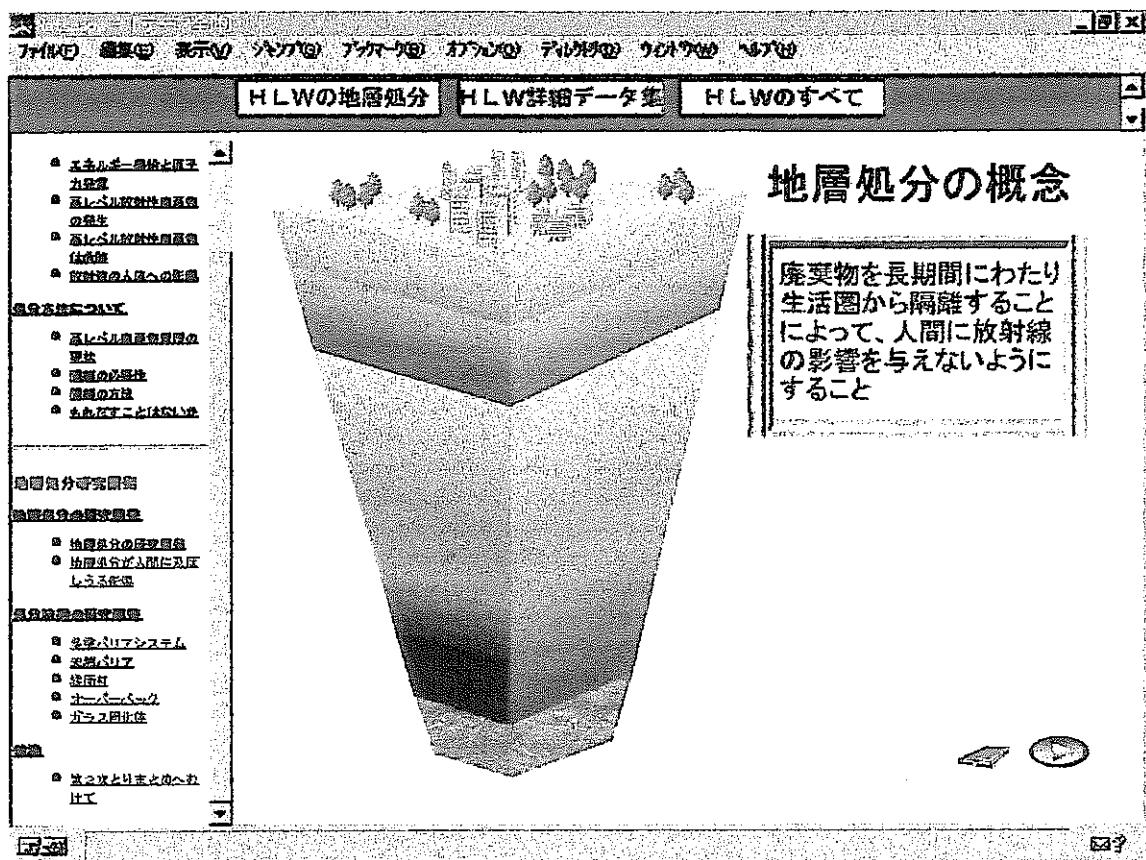
以上のように、自然現象による大規模な影響や人間活動による影響は、地質調査などを基に予め回避することができるといえます。しかし、地下水が高レベル廃棄物に到達し、バリアが腐食する可能性を除外することはできません。<クリック>これまでの研究により、深地層中での地下水の移動には非常に長い時間を要することがわかっています。例えば、地下水が 100m 移動するには 1,000 年という長い時間を要します。<クリック>深地層中の地下水の移動速度は 1 年当たり 0.01cm から 10cm です。



地層処分が人間に及ぼしうる影響（7）

ナレーション

<クリック>そのほか、深地層中の地下水は還元性が高く、溶存酸素濃度は地表水に比べて低いことがわかっています。<クリック>溶存酸素が少ないと金属の腐食速度が小さくなるため、仮に地下水が高レベル廃棄物を覆う金属容器に接触した場合でも、腐食の進行が遅くなります。さらに、こうした還元的な地下水には放射性物質の溶解度も小さくなっています。



多重バリアシステム（1）

ナレーション

しかし極めて長い期間をかけて徐々に浸透してくる地下水によって放射性物質が溶け出し、人間環境に影響を及ぼすことがないことを確認しておく必要があります。<クリック>そのためわが国では、地層処分の概念として、長期的に安定な地層を選び、天然バリアと<クリック>人工的な安全防護のシステム（人工バリア）<クリック><クリック>を組み合わせた多重バリアシステムが考えられています。

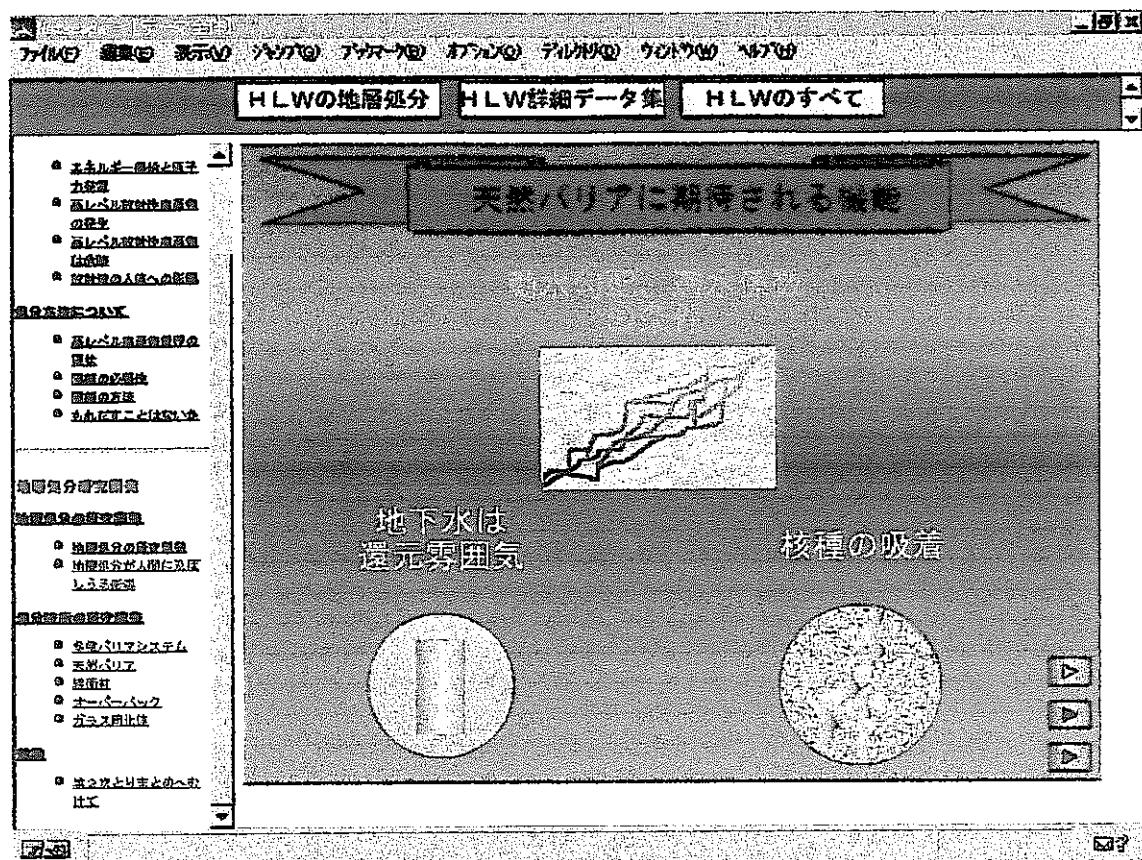
多重バリアシステムによって<クリック>

多重バリアシステム（2）

ナレーション

高レベル廃棄物と地下水が接触する可能性を十分低くしておくとともに<クリック>、たとえ地下水が接触しても、放射性物質が処分された場所から移動しにくくしておく必要があります。また、放射性物質が移動したとしても、人間の生活環境に到達するまでの間に放射能が減衰することにより人間に影響を及ぼさないことを確認しておくことが課題となります。

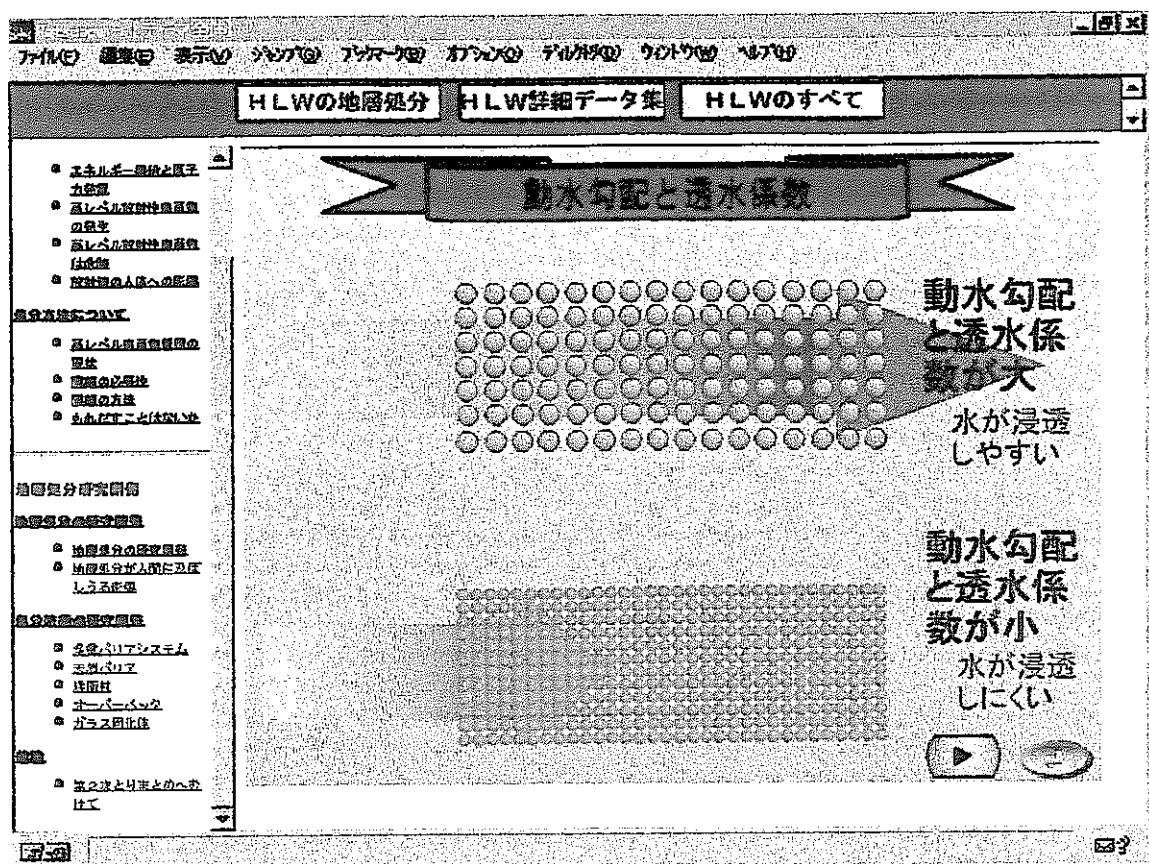
では、それぞれのバリアについて、具体的な研究開発状況をご説明いたします。



天然バリア（1）

ナレーション

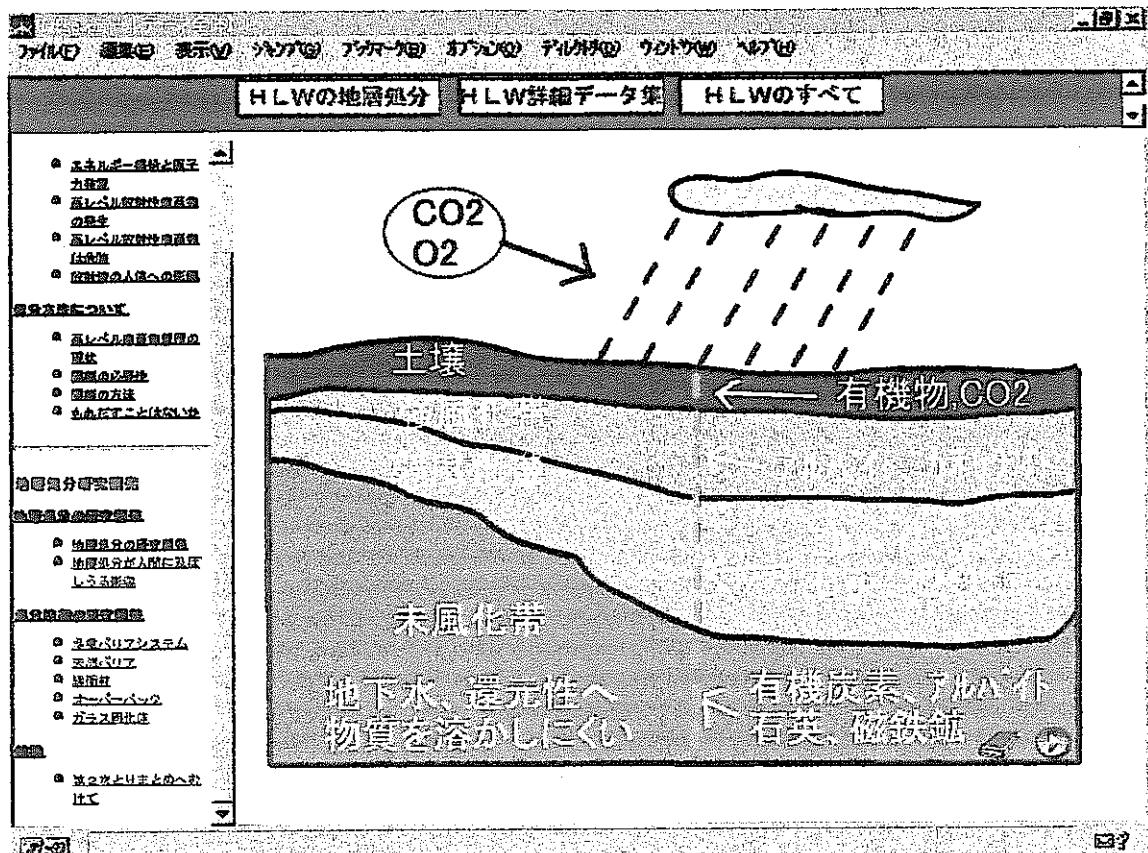
深地下に埋設された高レベル廃棄物を地下水の影響から一番外側で隔離するのは、地層そのものです。地下深部の地層は、人間の生活環境から放射性物質を隔離する天然障壁としての様々な機能が備わっています。



天然バリア（2）

ナレーション

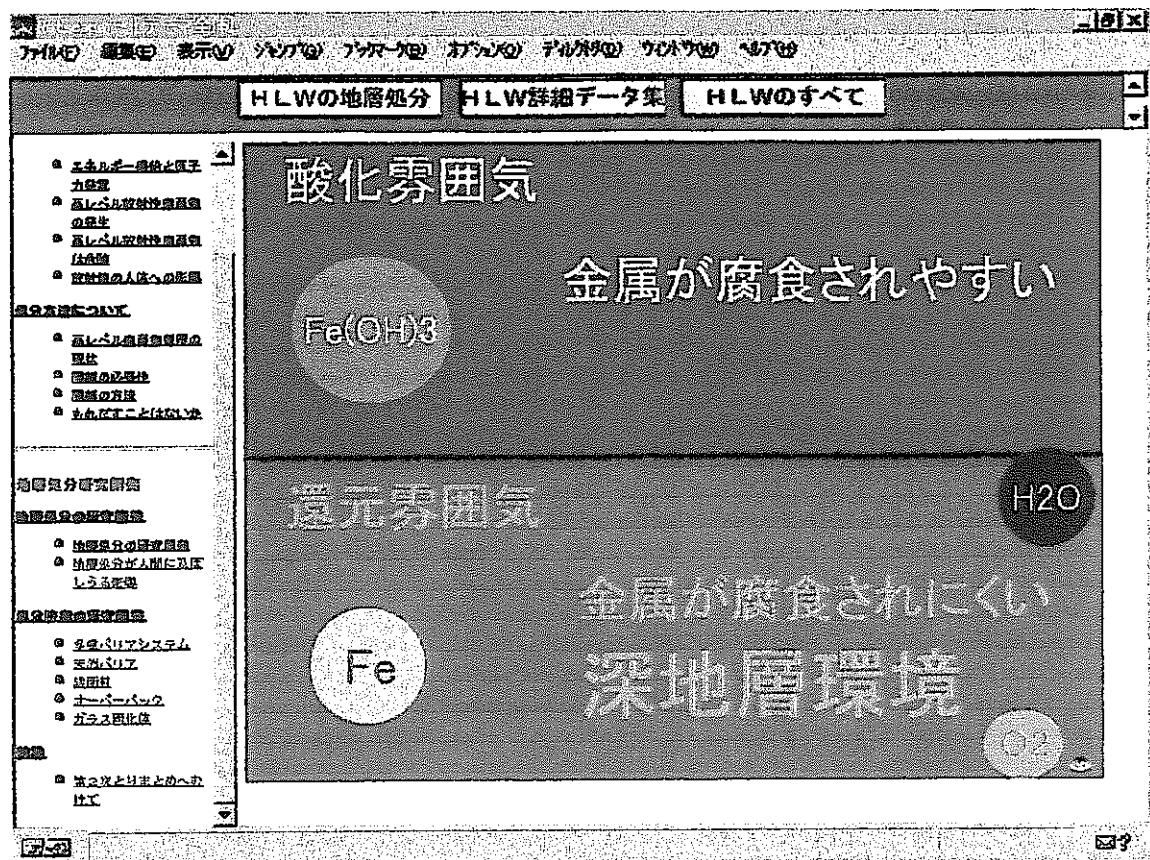
ガラス固化体から地層中に漏れ出した放射性物質は、地下水に運ばれて生物圏に達する可能性があります。このため、高レベル廃棄物を処分する地層は、万一放射性物質が地層中に漏れ出しても、その移行を遅らせるような環境、すなわち地下水の速度がより遅い環境が求められます。したがって処分場には、地下水の流れやすさを示す指標である動水勾配や透水係数の小さな地層が選ばれます。



天然バリア (3)

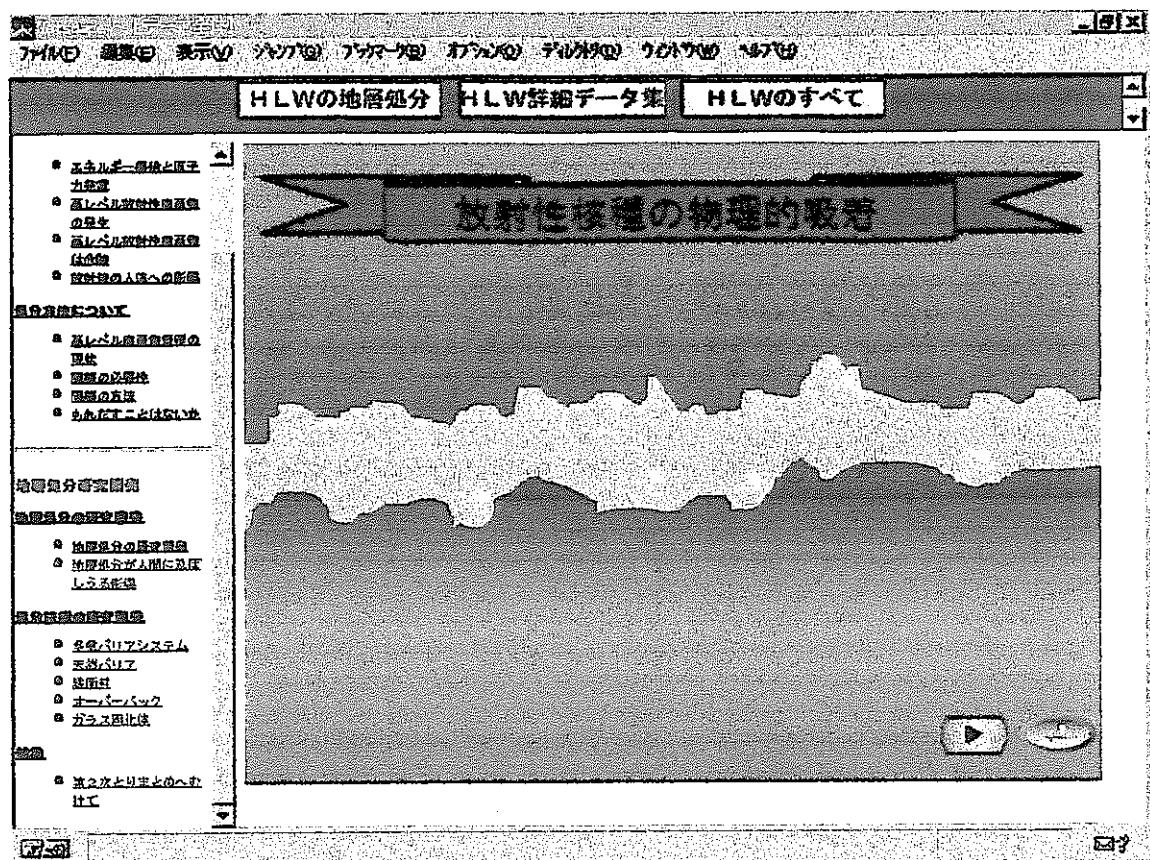
ナレーション

堆積岩中の地下水の多くは雨水を起源としています。雨水は地中を浸透して行く間に、様々な鉱物と反応し、中性からアルカリ性へ、また還元的雰囲気へと変化していきます。すなわち、オーバーパックの金属を腐食しにくい性質になっていきます。



ナレーション

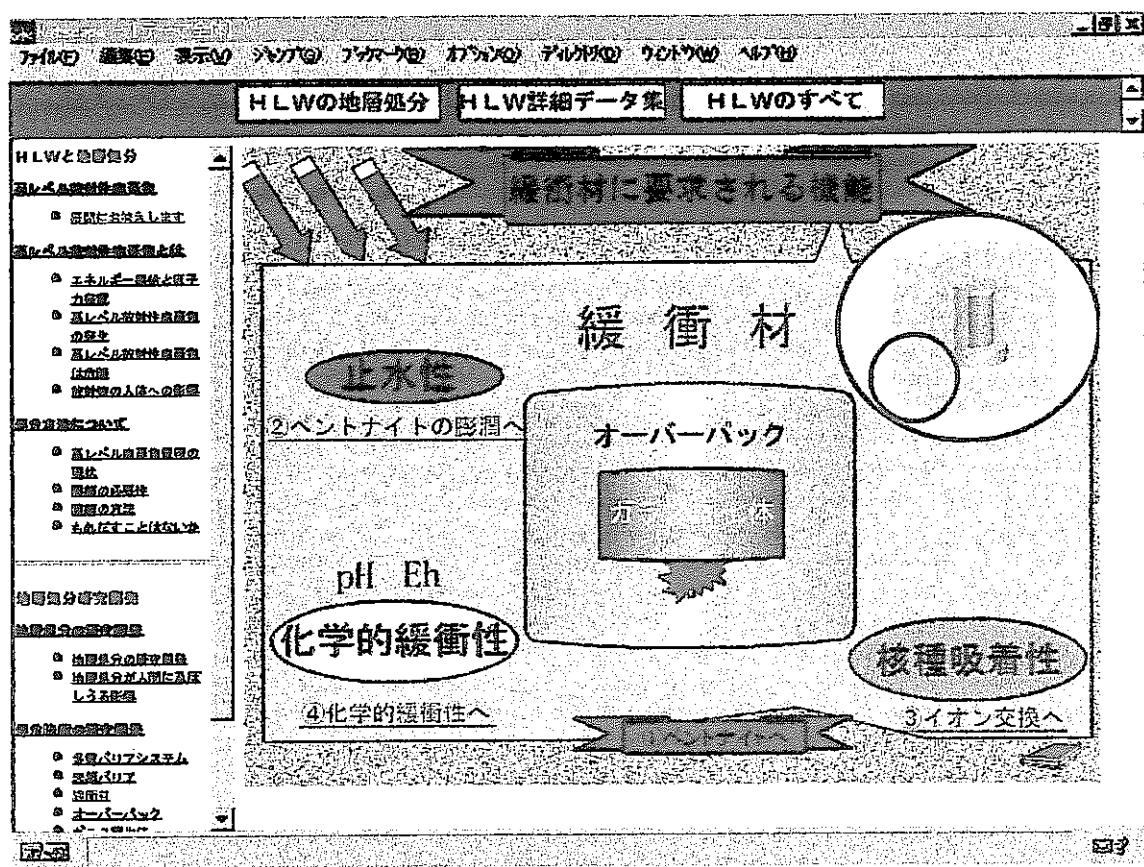
<クリック>また、<クリック>酸化雰囲気では金属が腐食されやすいのに対し、<クリック>還元雰囲気である地下水中では金属が腐食されにくいという利点があります。



天然バリア (5)

ナレーション

<クリック>放射性物質の移行を遅らせる現象としてイオン交換や物理吸着等があります。放射性物質は、こうした吸着によって地下水の流速よりも移行速度が遅くなり、生物圈に達する確率が更に低くなっています。



緩衝材（1）

ナレーション

人工バリアで一番外側を守るのが緩衝材です。緩衝材は主に、地下水の流れの抑制、放射性物質の吸着、放射性物質の移行の抑制といった役割を果たします。実際には、ベントナイトという物質が緩衝剤の候補に挙げられています。

アート(1) ブラウジ(2) 表示(3) リンク(4) フォルダ(5) オフスクリーン(6) ディレクトリ(7) ウィンドウ(8) ヘルプ(9)

HLWの地層区分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

HLWと地層区分

- 高レベル放射性廃棄物
 - 放射性物質として
- 高レベル放射性廃棄物と地層
 - エネルギー関係と原子力政策
 - 高レベル放射性廃棄物の発生
 - 高レベル放射性廃棄物は地層
 - 放射性の人間への影響
- 地層区分について
 - 高レベル廃棄物と地層の現状
 - 地層の分類
 - 地層の変遷
 - もろばさ二点法
- 地層区分研究報告
- 地層区分の実験結果
 - 地層区分の現状報告
 - 地層区分が人間に及ぼす影響
- 地層区分技術
 - 多孔隙リソースシステム
 - 遮断バリア
 - 遮断壁
 - オーバーハング
 - ドーム構造

ベントナイト

ベントナイトとは

凝灰岩や流紋岩が変質を受けてできた粘土。イオン交換性に特徴があり、水分を含むと10倍に膨らむ性質がある。

緩衝材（2）

ナレーション

<①をクリック>Na モンモリロナイトを主成分とするベントナイトは粘土の一種です。ベントナイトはイオン交換性を持ち、水を吸収して膨らむという、緩衝剤として非常に有利な性質を備えています。

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ハンガ(G) ブスター(B) オフス(O) ディグダ(D) ウィウウ(W) ヘルツ(H)

HLWの地層処分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

HLWと地層区分

高レベル放射性廃棄物

- 地層におぼえています

高レベル放射性廃棄物とは

- 高レベル放射性廃棄物の定義
- 高レベル放射性廃棄物は危険
- 放射性の人体への影響

高レベルについて

- 高レベル放射性廃棄物の定義
- 固形の必要性
- 固形の実現
- それがなまこなさい

地層区分研究会

地層区分の基礎概念

- 地層区分の基礎概念
- 地層区分が人間に及ぼす影響

地層区分の基礎概念

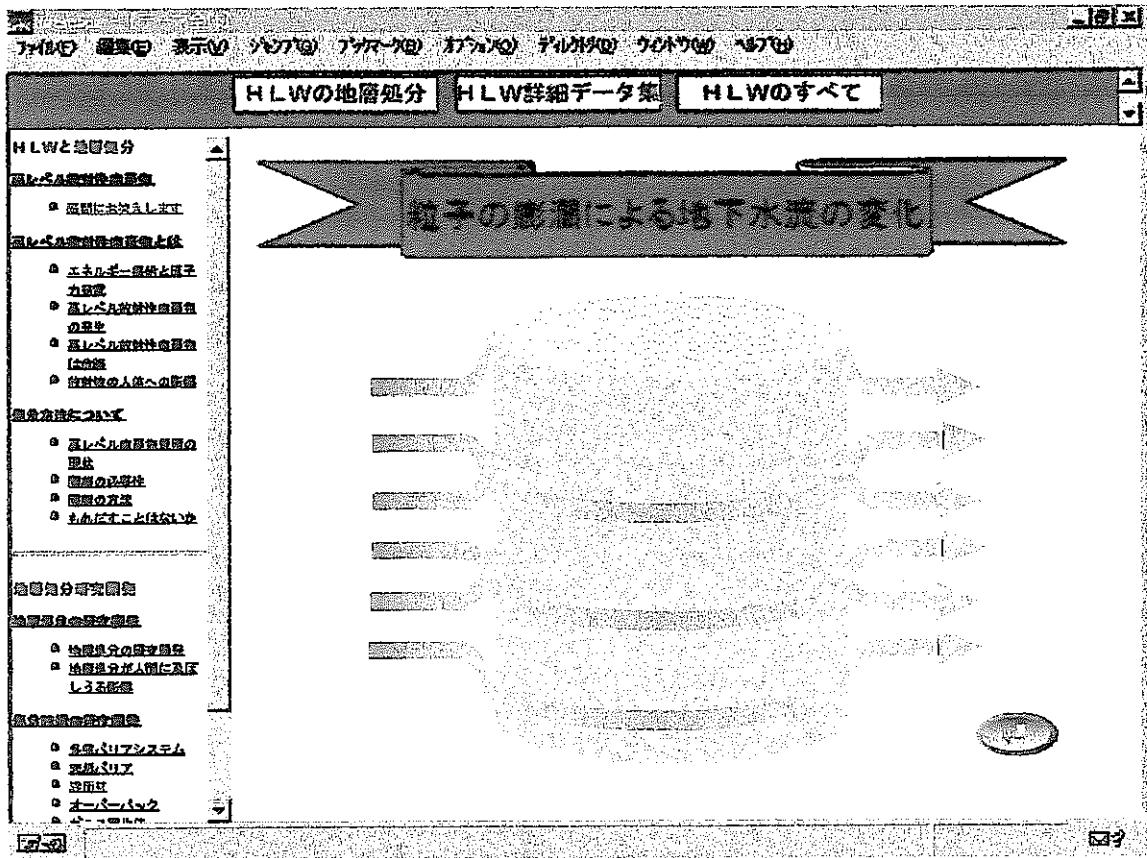
- 地層区分システム
- 地層区分
- 地層区分
- オーバーパック

**ベントナイトの特性(1)
-粒子の膨潤-**

緩衝材（3）

ナレーション

<②をクリック>ベントナイトは水を吸うと膨らむため、地下水を通しにくいという性質があります。したがって地下水は緩衝材の外側をゆっくりと「しみていく」ような動きしかしないことが分かっています。



緩衝材 (4)

ナレーション

地下水はこのようにペントナイトを避けるようにしながら、その周囲をゆっくりと動きます。またペントナイトにしみこんだ地下水は周りの流れに影響されず、殆ど動かないことがわかっています。

ファイル(?) ホーム(?) 表示(?) ハング(?) アンダードラッグ(?) カラム(?) デルタ(?) ウィザード(?) ヘルプ(?)

HLWの地層処分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

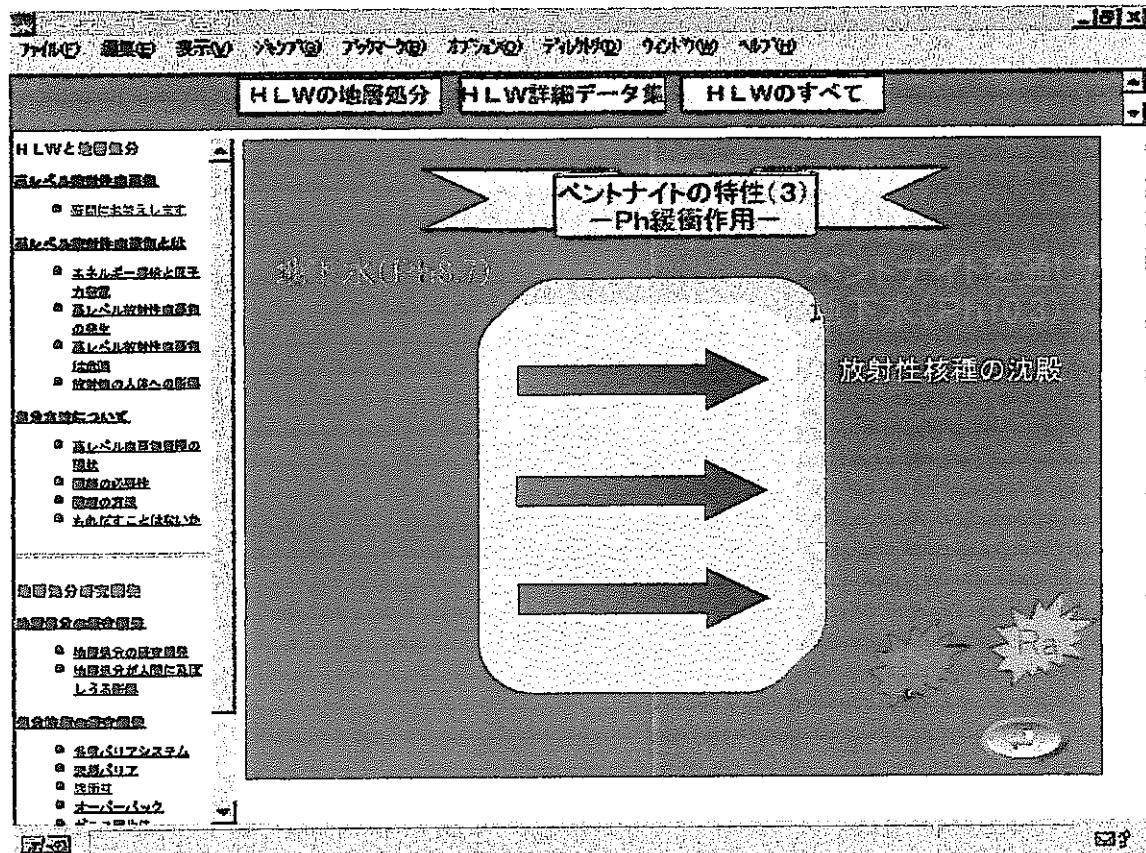
高レベル放射性廃棄物
・ 地層における吸着
高レベル放射性廃棄物とは
・ エネルギー供給と原子力発電
・ 高レベル放射性廃棄物の収容
・ 高レベル放射性廃棄物の処理
・ 放射性の人への影響
高レベル放射性廃棄物の収容
・ 高レベル放射性廃棄物の収容
・ 地層の適切性
・ 放置の方法
・ それに対する安全性
地層区分概念図
地層区分の考え方
・ 地層区分の考え方
・ 地層区分が人間に及ぼしうる影響
地層区分の実施形態
・ 地層バリアシステム
・ 地層バリア
・ 地層壁
・ オーバーパック

ペントナイトの特性(2)
—イオン交換—

緩衝材 (5)

ナレーション

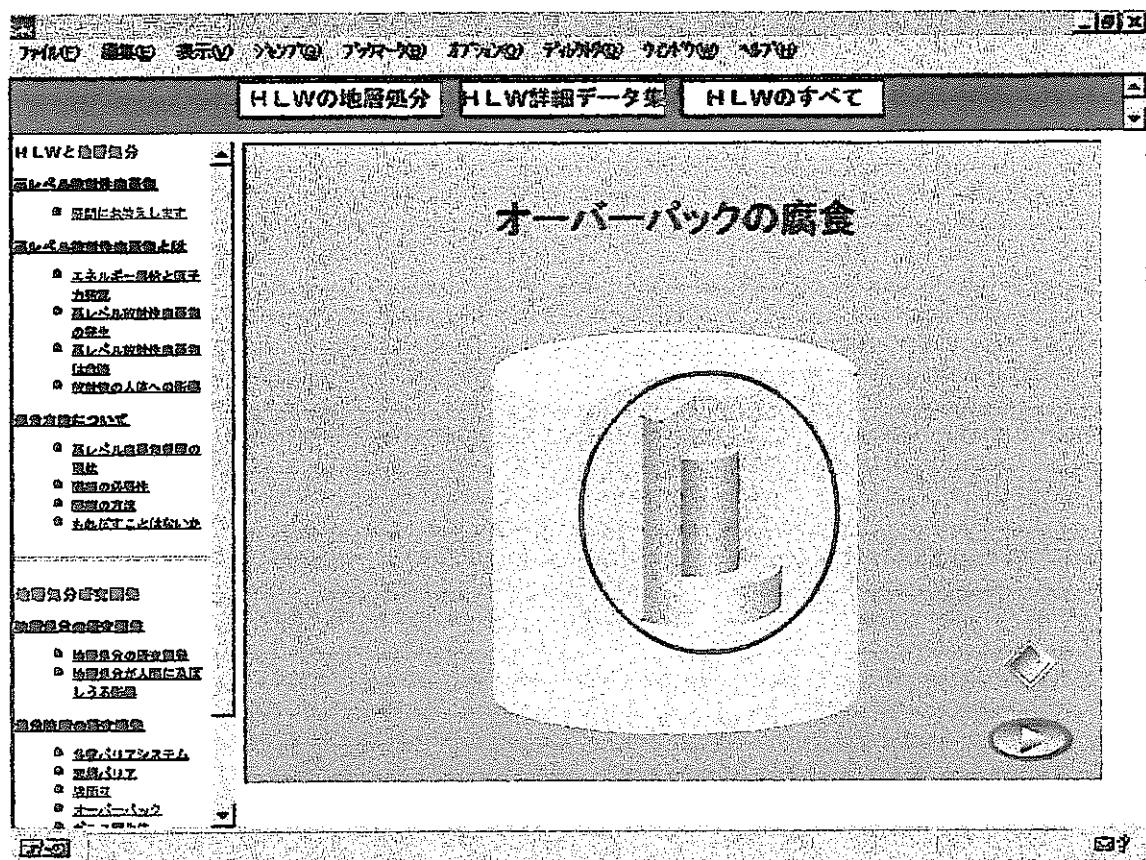
<③をクリック>また、ペントナイトは放射性物質を吸着し、動きをほとんど止めてしまう性質を有しています。放射性物質がオーバーパックから漏れ出すような事態が起きてても、ペントナイトに吸着されて動きを止めてしまいます。その間にも放射性物質は減衰していきます。



緩衝材 (6)

ナレーション

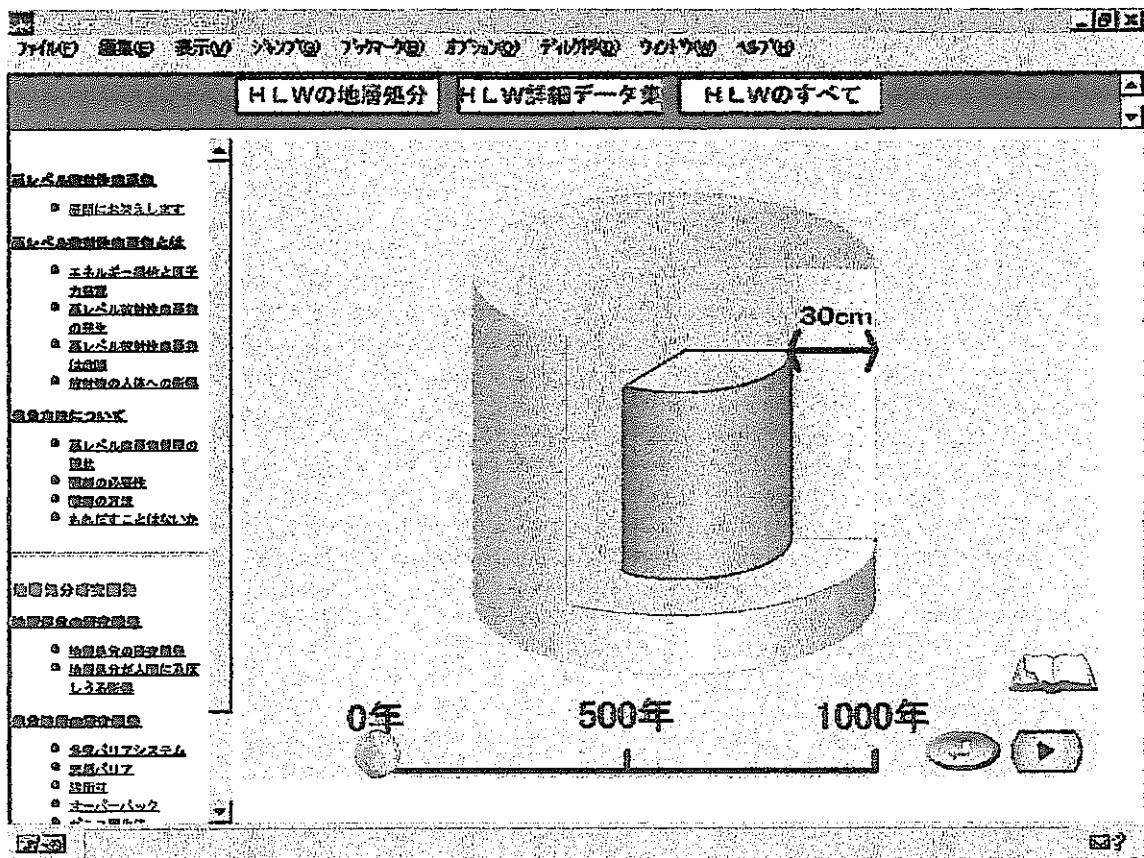
<④をクリック>地下水がベントナイト内をゆっくりとしみ込んでいくとき、地下水の化学的性質は、よりアルカリ性に、そしてより還元的に変化していきます。この様な水に放射性物質はほとんど溶けません。



オーバーパック（1）

ナレーション

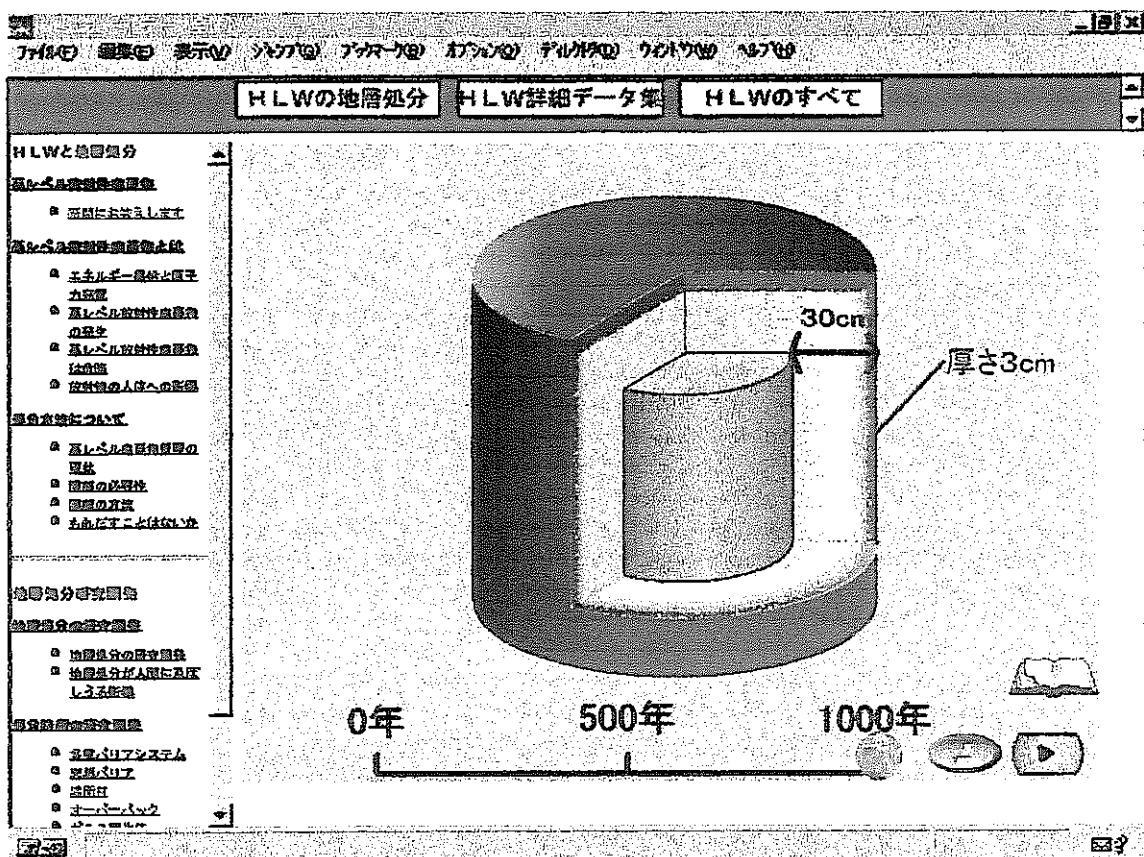
ガラス固化体をしっかりと覆い、密閉するのがオーバーパックです。その材料として第一候補に挙げられているのが鉄を主成分とする炭素鋼です。



オーバーパック (2)

ナレーション

炭素鋼の腐食試験をした結果、平均的な腐食の速さは1,000年間で1cm以下と非常に遅いことがわかりました。様々な試験結果や計算結果から推定すると、



オーバーパック (3)

ナレーション

腐食は 1,000 年間で最大でも約 3cm という値が得られました。オーバーパックの厚みは腐食分や強度などの様々な条件を考慮に入れて決められます。例えば現在開発中の実験用オーバーパックは厚さ 30cm です。

ファイル(?) 検索(?) 表示(?) ハンガ(?) フォルダ(?) カラム(?) ディレクトリ(?) ウィンドウ(?) ヘルプ(?)

HLWの地層処分 HLW詳細データ集 HLWのすべて

ガラス固化体の特性

左側メニュー:

- エネルギー削減と原子力発電
- 高レベル廃棄物処理の発生
- 高レベル廃棄物処理の仕組み
- 放射性の入浴への影響

高レベル廃棄物処理について

- 高レベル廃棄物処理の現状
- 廃棄物処理に関する議論
- 廃棄物処理の問題
- 廃棄物処理の方法
- ガラス化(?)

地層処分研究報告書

地層処分の実験結果

- 地層処分の現状調査
- 地層処分が人間に及ぼす影響

地層処分実験文庫

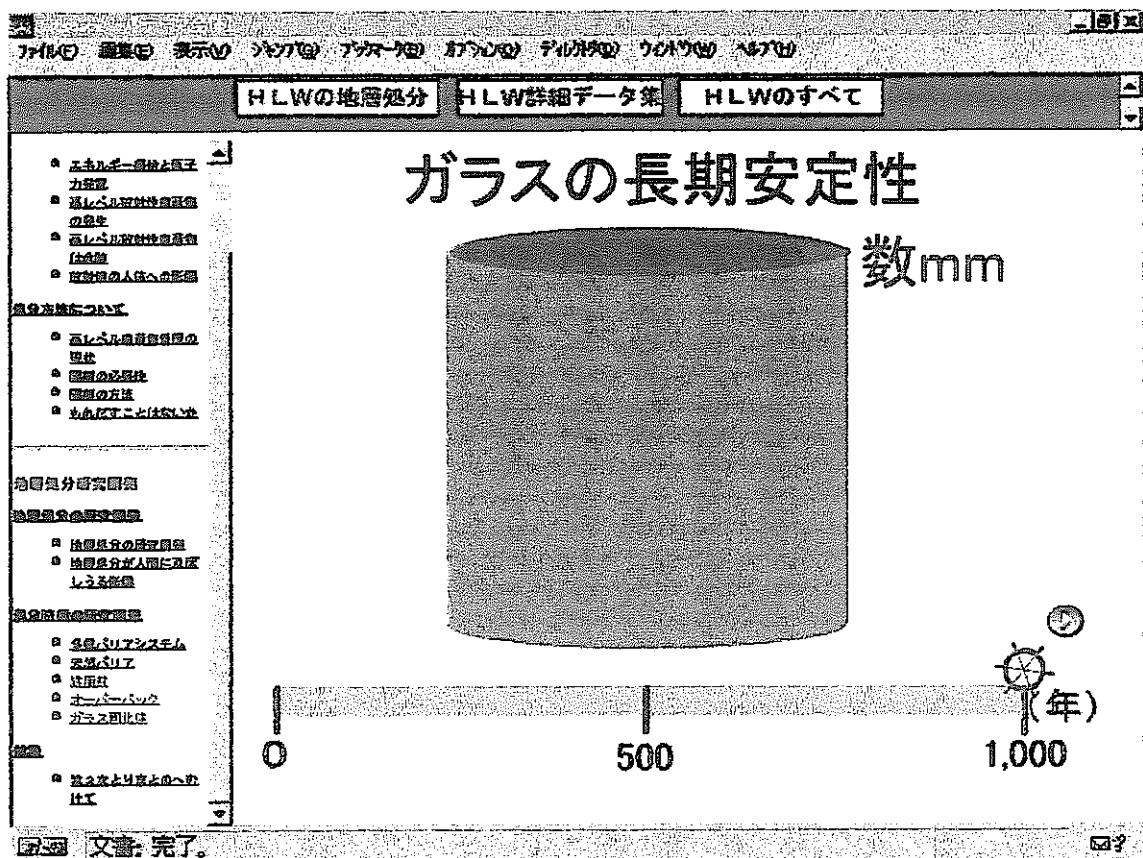
- 地層ペリオドシステム
- 地層ペリオド
- 地層化
- オーバーパック
- ガラス固化法

• 第2次トリビアへのお仕事

ガラス固化体（1）

ナレーション

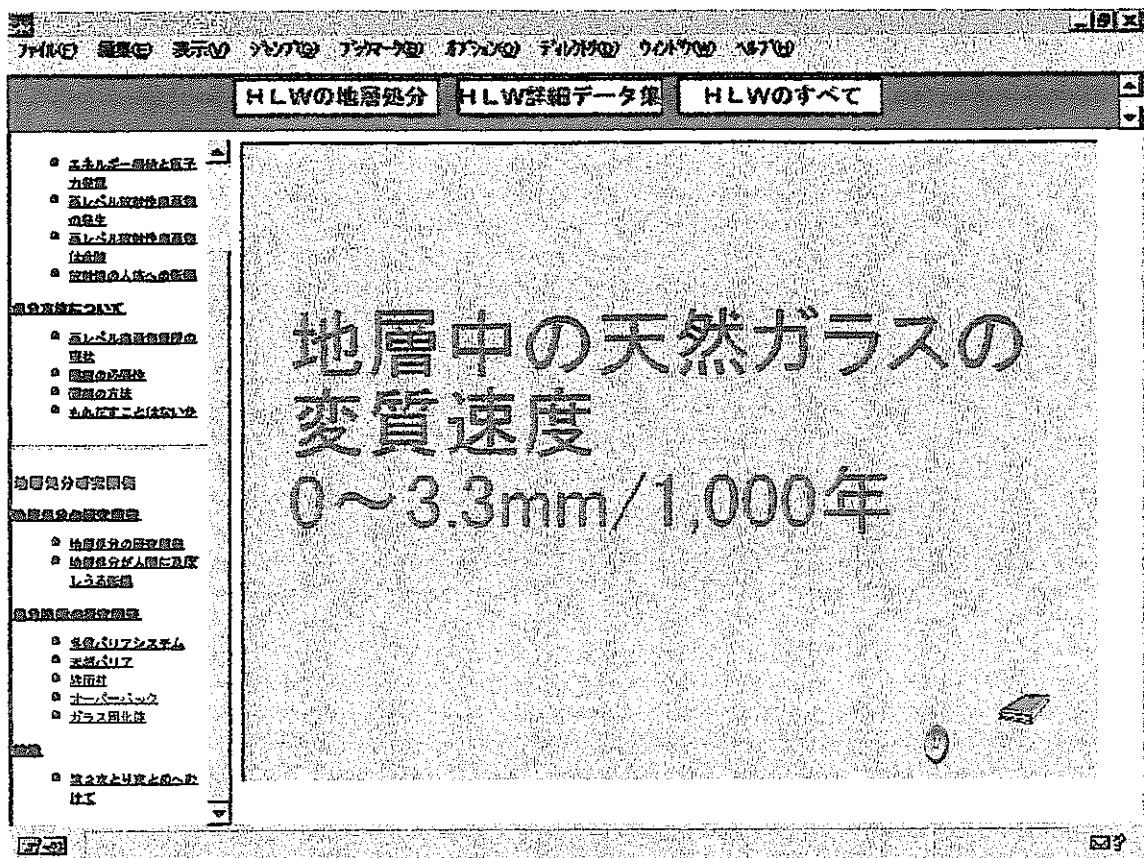
高レベル廃棄物はホウケイ酸ガラスというガラスで固められます。<クリックはなし>



ガラス固化体（2）

ナレーション

ガラスは非常に安定した物質で、<クリック>地下水にはなかなか溶けません。古代に使用されていたガラス製の容器がほぼ原型をとどめたままで発掘されることがあります。

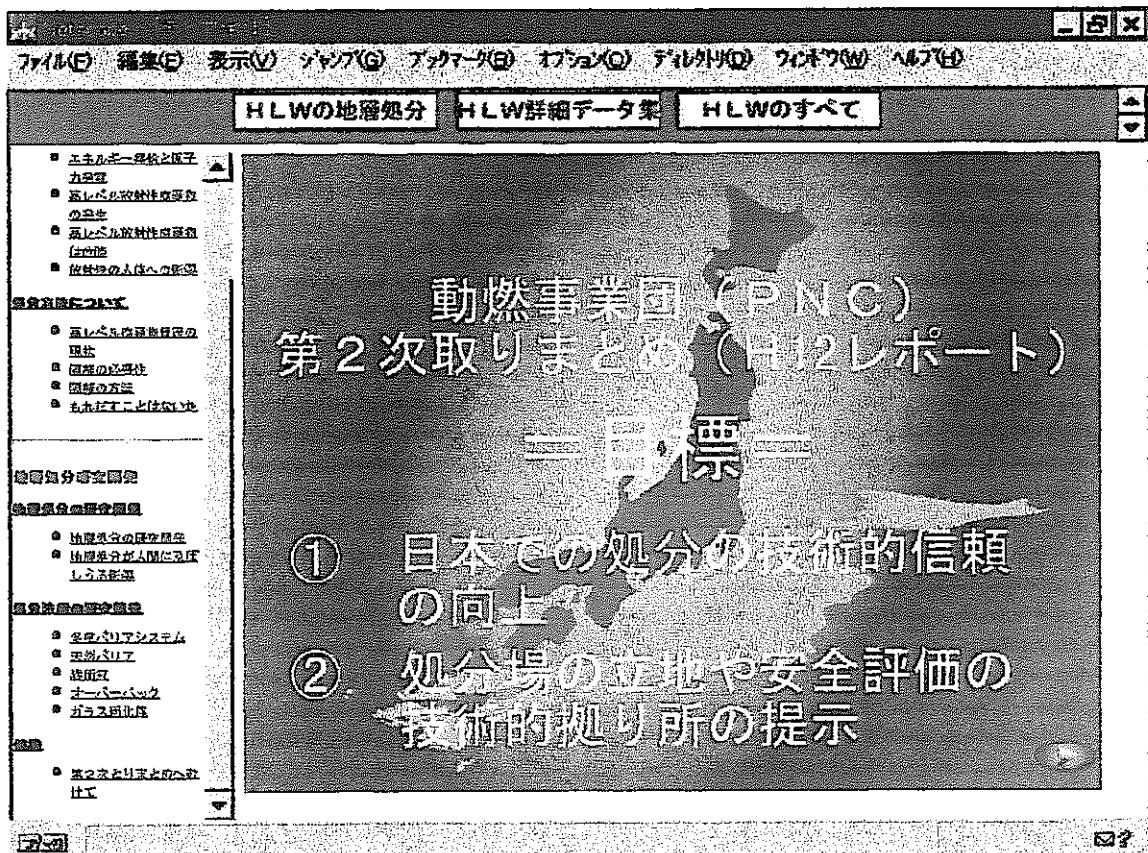


ガラス固化体（3）

ナレーション

<クリック>これまでの調査からガラスの変質量は千年で千分の数ミリメートルであることが確認されています。

結論



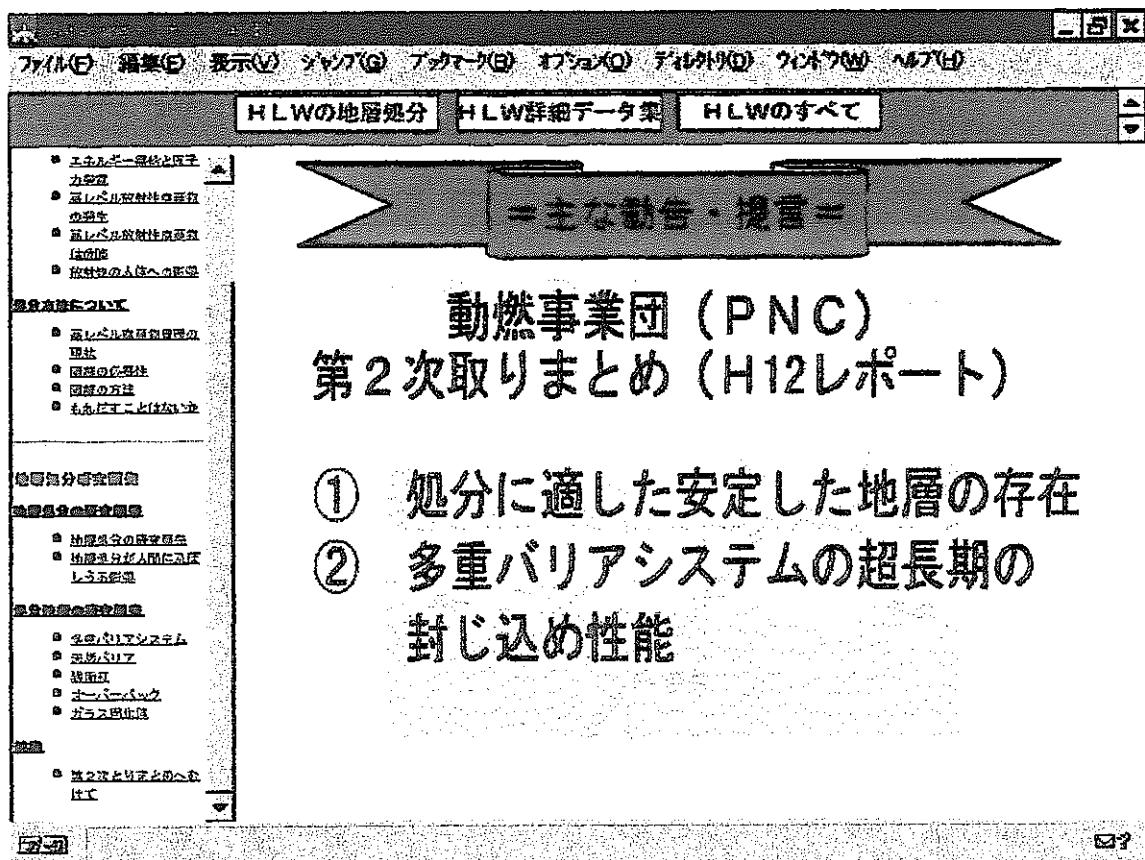
第2次とりまとめへむけて(1)

ナレーション

動燃では、研究開発の成果を1991年に「第1次とりまとめ」として発表していますが、2000年に「第2次とりまとめ」を新たに発表する予定です。<クリック>

この「第2次とりまとめ」の目標は、<クリック>日本での地層処分につき、技術的信頼性を高めること<クリック>、処分場のサイト探しや安全評価のための技術的拠り所を示すことの2点です。

このような目標を達成するために、「第1次とりまとめ」では、仮想データを用いたのですが、「第2次とりまとめ」では実測データを用いて、研究開発を進め、具体的には次のようなことを勧告、提言しようとしています。<クリック>



第2次とりまとめへむけて（2）

ナレーション

日本には、地震・活断層や火山活動および地殻変動などを起こすことのない安定した、処分に適した地層が存在すること<クリック>
さらに、このような安定した地層深くに高レベル廃棄物を処分しても、多重バリアシステムによって、超長期にわたり廃棄物の放射性物質を閉じ込めることができること、の2点です。

このように、動燃は第2次とりまとめへ向けて地層処分の研究開発に取り組んでおります。