



本資料は2001年11月30日付で  
登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

## 地層処分における建設工法の調査

—概要—

1985年7月

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配布するものです。従って、その取扱いには十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用などには事業団の承認が必要です。



# 地層処分における建設工法の調査

## — 概要 —

1985年7月

株式会社 日 建 設 計

## 地層処分における建設工法の調査\*

伊勢村 邦郎\*\*      正木 範昭\*\*  
田村 彰教\*\*      瀬尾 芳雄\*\*

### 要 旨

本報告書は深地層試験場及び地層処分場における立坑等の建設工法について調査を行ったものである。

本調査の内容は以下の通りである。

- (1) 既存深部立坑の事例調査を行い、問題となった事象及びその対策を整理した。
- (2) 立坑等の現状の建設工法について比較検討を行い、地下深部立坑に特有な地圧、湧水、ガス、地熱等の事象に対する対策工法を検討した。これらを踏まえ、深地層試験場立坑に対する最適工法を提案した。
- (3) 地層処分場の位置づけについて検討を行い、その特殊性を踏まえた上で(2)で提案した建設工法を再検討し、将来の地層処分をも考慮した建設工法を提案した。
- (4) 深地層試験場及び地層処分場の建設に係る法規上の問題点について整理した。
- (5) 深地層試験場の建設工法に係る測定・試験項目について検討を行い、試験場建設までに実施すべき研究開発課題を抽出した。

---

\* 本報告書は、株式会社日建設計が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

\*\* 土木業務所

STUDY ON CONSTRUCTION METHOD FOR DEEP GEOLOGICAL DISPOSAL\*

Kunio ISEMURA\*\*    Noriaki MASAKI\*\*  
Akinori TAMURA\*\*    Yoshio SEO\*\*

Abstract

This study was performed to investigate construction methods for the shafts of an underground research laboratory and deep geological repositories.

Contents of this study were the following.

- (1) Information on existing deep shafts was collected, and problems and countermeasures were noted.
- (2) Present construction methods for the shafts were compared and countermeasures for phenomena peculiar to deep shafts -high ground pressure, spring water, gas generation, ground heat etc.-were investigated. Based upon the results of the investigation mentioned above, optimum construction methods were proposed for the shafts of an underground research laboratory.
- (3) Taking account of the peculiarities of deep geological repositories, the construction methods proposed at (2) were re-examined. Optimum construction methods for the shafts of repositories to be constructed in the future were proposed.
- (4) Legal problems in relation to the construction of an underground research laboratory and deep geological repositories were studied.
- (5) Items of measurement and tests in relation to construction methods were investigated for an underground research laboratory. Items of R & D which must be carried out before the construction of an underground research laboratory were determined.

---

\* Work performed by Nikken Sekkei Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

\*\* Civil Engineering Office

---

# 目 次

---

	ページ
第 1 章 調査の目的と概要	1
第 2 章 既存深部立坑の調査	2
2-1 事例	2
2-2 深部立坑における問題点	3
第 3 章 建設工法の提案	4
3-1 条件設定	4
3-2 最適掘削工法の提案	5
3-3 各種対策工法の提案	7
3-4 提案工法のまとめ	8
第 4 章 将来の地層処分を考慮した建設工法の提案	13
第 5 章 諸問題の検討	17
5-1 関連法規等の検討	17
5-2 建設工法に係る測定・試験項目の検討	19

## 第1章 調査の目的と概要

高レベル廃棄物の処分については当面地下深部に廃棄物を埋設する地層処分が有力とされており、また、最近の高レベル廃棄物の貯蔵の段階においても、地下深部の空洞を利用することが考えられている。そのためには地下深部に空洞を設け、その空洞をある期間健全に保持することが必要である。また、地層処分に関する研究の中には地下深部で実施する必要のあるものがあり、そのための深地層試験場が北海道幌延町に計画されている。

しかし、地下深部における空洞の建設及び維持においては、増大する地圧や地熱、高圧の地下水の存在等地下深部であるがゆえの問題が存在し、それらの問題は高レベル廃棄物の貯蔵や地層処分においても直面する問題になると考えられる。

また、地域によってはガスの発生や地下資源等の存在も考えられ、地層処分の研究や実施に際して困難な課題になることも考えられる。

そこで本検討では上記状況を踏まえて以下の検討を行っている。

### ① 既存深部立坑の調査

既存深部立坑等の事例調査を行い、問題となった事象及びその対策について整理する。

### ② 地下深部における立坑等の建設工法の提案

立坑等の現状の建設工法について比較検討を行い、深部立坑に特有な地圧、湧水、ガス、地熱等の事象に対する対策工法を検討する。これらを踏まえ、深地層試験場立坑に対する最適工法を提案する。

### ③ 将来の地層処分を考慮した建設工法の提案

地層処分場の特殊性を踏まえた上で、②で提案した建設工法を再検討し、将来の地層処分を考慮した建設工法を提案する。

### ④ 地層処分の実施あるいは研究のための地下開発に伴う関連法規等の検討

深地層試験場及び地層処分場の建設に係る法規上の問題点について、地下の使用権との関連、建設工事との関連の2点から整理する。

### ⑤ 深地層試験場の建設時に必要な研究開発項目の検討

深地層試験場の建設工法に係る測定・試験項目について、建設前、建設中、建設後の3段階に分けて検討を行い、試験場建設までに実施すべき研究開発課題を抽出する。

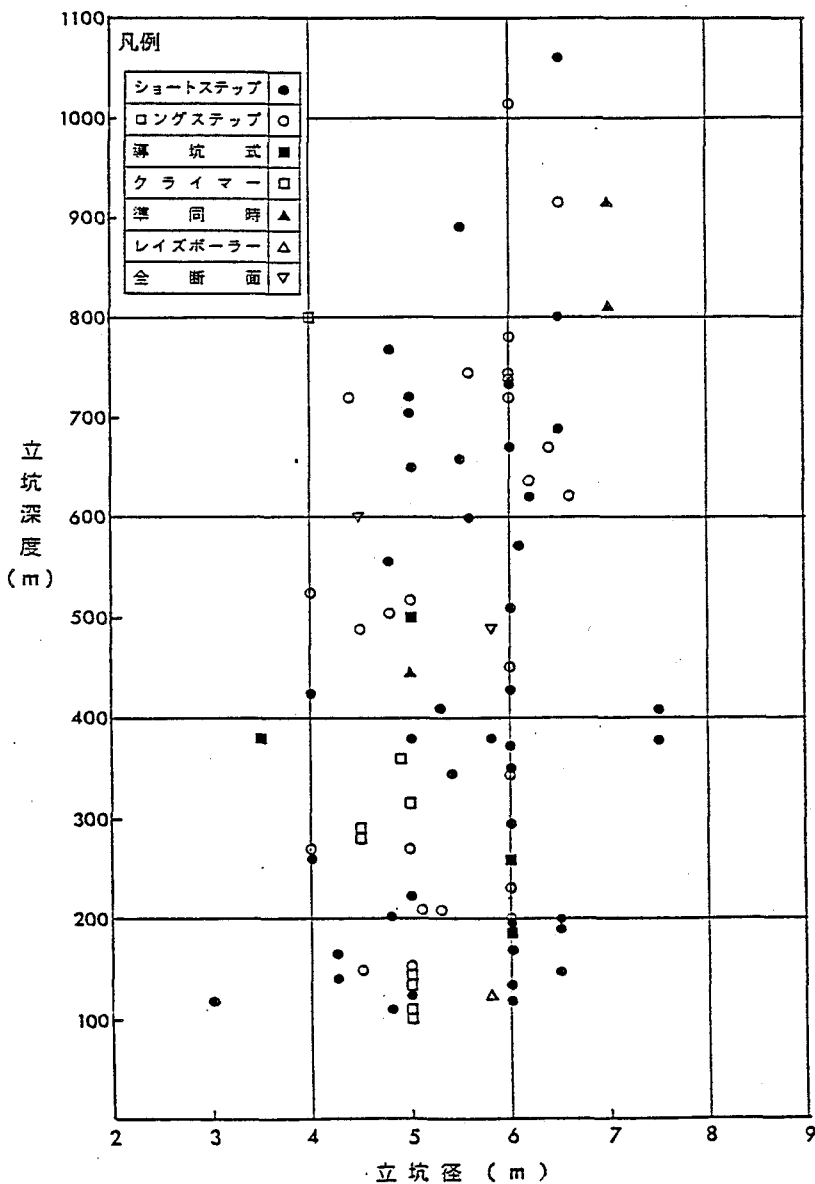
## 第2章 既存深部立坑の調査

本章では、過去に建設された深部立坑等を対象として事例の収集を行っている。また、収集された事例を参考にして、深部立坑に共通する問題となる地圧、湧水、ガス、地熱等に係る問題点を抽出し、検討をおこなっている。

### 2-1 事例

#### §1 収集事例について

今回、収集した立坑事例は96件であり、問題として特に多く挙げられているのは湧水、地圧（破砕帯）であった。



また、立坑事例について深度、径に対する工法の比較を図にしたものが図2-1である。

これによると径6m以上、深度500m以上の立坑の掘削工法としては、これまでショートステップ工法とロングステップ工法が大半を占めている。しかし、ロングステップ工法が用いられているのは昭和40年頃までであり、それ以降はほとんどがショートステップ工法にとって替わられている。

図2-1 既存立坑の深度～径の工法別関係



## 2-2 深部立坑における問題点

収集された事例を参考にして、深部立坑に特有な地圧、湧水、ガス、地熱の現象について問題点を整理したのが表2-1である。

表2-1 深部立坑における問題点

現象	問題点
地 圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断層破碎帯や弱層部を掘進中に立坑切羽近傍や接続部で崩壊した例がある。</li> <li>・立坑本体が地圧によって損なわれた例はない。</li> </ul>
湧 水	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラウト注入圧力の増加</li> <li>・落水の増加に伴う作業能率の低下</li> <li>・排水揚程の増加による排水経費の増大</li> <li>・立坑の水没による作業停止</li> <li>・坑壁ライニングの張出し</li> </ul>
ガ ス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メタンガスが立坑内で発生した場合、メタンガスは空気より軽いため軽微な換気設備で対応可能（但し、メタンガスが溜まるような立坑構造のものは注意を要する）。</li> <li>・メタンガスが炭酸ガスや硫化水素等との混合で発生する場合、それらは空気より重いため、換気容量の設定が必要。</li> </ul>
地 熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業能率の低下</li> <li>・大容量の通気設備が必要（場合によっては冷房設備も必要となる）。</li> </ul>

### 第3章 建設工法の提案

本章では、立坑等の現状の建設工法について比較検討を行い、地下深部立坑に特有な地圧、湧水、ガス、地熱等の事象に対する対策工法を検討し、これらを踏まえ深地層試験場立坑に対する最適工法の提案を行う。

#### 3-1 条件設定

ここでは、建設工法の検討の前提となる諸条件について整理を行っている。

##### §1 検討対象

検討対象は深地層試験場の立坑及び立坑と横坑の接続部とする。その仕様を表3-1に示す。また、深地層試験場全体の施設概念の一例を図3-1に示す。

表3-1 検討対象立坑仕様

項目	仕様
用途	深地層試験場主立坑
立坑深度	1,000 m
立坑径	仕上り内径 $\phi 6.0$ m
接続部	・異なる深度レベルで少なくとも2ヶ所設置 ・水平坑道断面は3×3 m
必要設備	・昇降設備 1基、容量5トン以上（人員・機材用） ・人道 ・ユーティリティ ・入・排気
耐用年数	30～50年

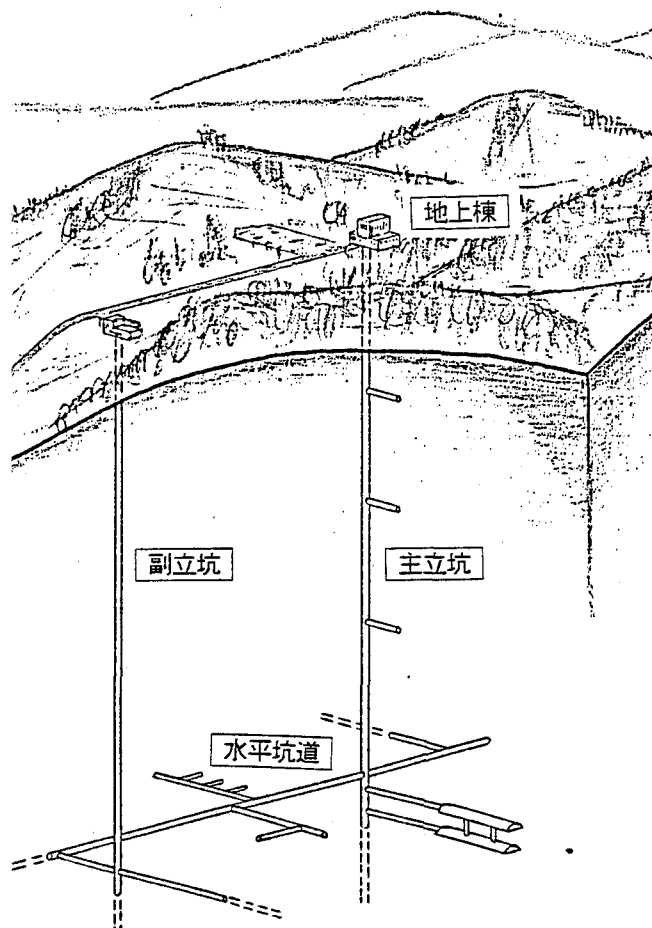


図3-1 深地層試験場 概念の一例

## § 2 地盤条件

深地層試験場の建設が計画されている幌延町の地盤を対象とし、地盤条件については既存資料に基づき推定を行った。地質推定図を図3-2に示す。

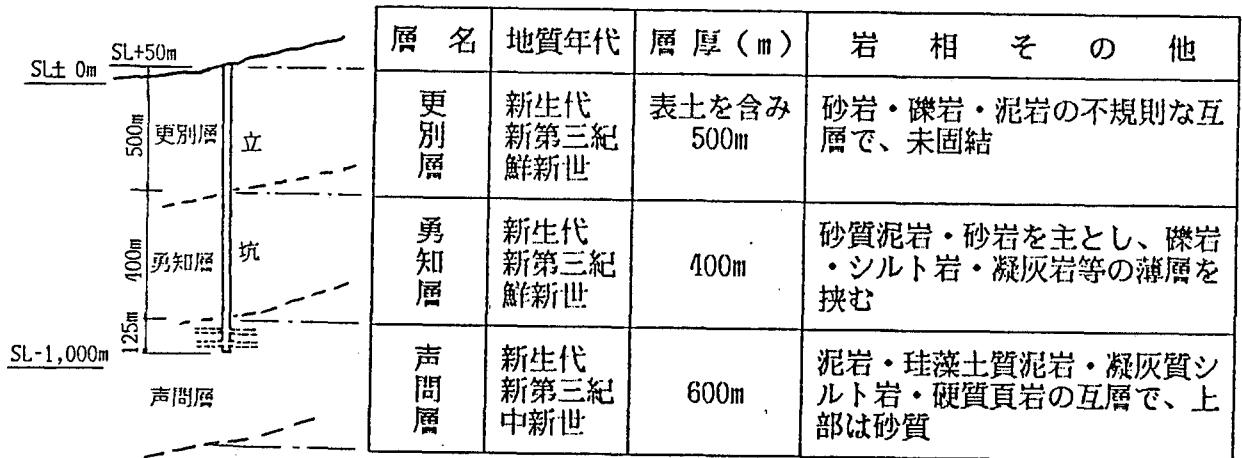


図3-2 地質推定図

### 3-2 最適掘削工法の提案

現在開発されている立坑建設工法のうち、深地層試験場の1本目の立坑を水平坑道なしで深度1,000mまで掘り下がることを考慮した場合、適用可能性の高い工法としては、ショートステップ工法、準同時工法、全断面機械掘削機による工法が考えられる。

この3工法について比較したものが表3-2である。

表3-2より、深地層試験場立坑の建設工法としては、計画地の地質、経済性、工期、実績等からショートステップ工法が最も適用性が高いと考えられる。

ショートステップ工法は、

- ・ 施工中の岩盤の露出面・露出時間が少なく、(早期覆工)、安全性が高い(対自然災害)。
- ・ 上下作業が少なく(同時に2つの作業は施工しない)、保安が良い(対労働災害)。
- ・ 作業が単純なので、条件変化に対するフレキシビリティが高い。

という長所をもっている。

表3-2 立坑建設工法の比較

	ショートステップ工法	準同時工法	全断面機械掘削機による工法
仮支保工	基本的に、仮支保工は不要。地山が不良時に仮支保工で施工する。	地山の良好な場所で行うので仮支保工は施工しない。	TBM本体があるので施工困難
一次覆工	1.5~2.5mピッチで行う。掘削と覆工を交互に行う。掘削切羽と覆工場所が同じ。	1.5~2.5mピッチで行う。掘削ズリ積みと覆工を同時に行う。掘削切羽と覆工場所が1ピッチ離れる。	TBM本体の長さ分覆工が遅れる。一般にはセグメント覆工となる
作業能率	安定している	覆工とズリ積みを並行するので良い。	地質条件に制約される地質に適応すれば良好
作業安全性	地山の露出面積・時間が少ないので良い。	覆工とズリ積みが上下作業になり多少の不安がある。	人が少ないので比較的良い。
1000mの深さに対する技術的信頼性	最も実績があり信頼性がある。	地山条件が良ければ実績もあり信頼性がある	施工実績がないので今後の研究が必要
地質変化への適応性	最もある	適応性はあるが、基本的には地質良好な所で施工する工法である。	地質が変化すると掘削不能になりやすく、適応性は低い。
地山のゆるみ	発破工法なので多少はやむをえない。	同 左	機械掘削の最大の利点で少ない。
地圧への対応	覆工厚と覆工強度で対応できる。	同 左	覆工強度のみで対応しなければならぬ(掘削断面を変化させられない)
湧水への対応	ステップグラウトにて対応。突発的大湧水があったとしてもバルクヘッドにて対応可能	同 左	ステップグラウトの施工がむづかしい。突発的大湧水でTBMが水没すると施工再開困難
経済性	良い	設備費が高い	TBM、設備費が非常に高い。
計画地での備	種々の補助工法を採用すれば施工可能である	種々の補助工法を採用すれば施工可能であるが、工事費が高く、不良地質ではショートステップ化しなければならない。	計画地の地質、湧水の予想からすると、TBM本体や止水方法の研究開発がなければ施工不能と思われる。

### 3-3 各種対策工法の提案

3-2で提案された掘削工法（ショートステップ工法）の補助工法として、地熱、湧水、ガスその他に対して提案している各対策工法をとりまとめたものが表3-3である。

表3-3 各対策工法のまとめ

	問題となる現象	対策工法	選 定 理 由
地 圧	地山の崩落	・ステップグラウト工 (地盤の結合力を高める)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深い立坑における実績も多く、効果も確認されている。</li> <li>・施工性が高く、条件変化に対するフレキシビリティが高い。</li> <li>・施工後の問題が少ない。</li> </ul>
	高い地圧	<ul style="list-style-type: none"> <li>・覆工巻厚の増加</li> <li>・鋼製支保工材の装入</li> </ul>	
湧 水	作業能率と品質の低下	・ステップグラウト工 (地盤のスキ間を埋める)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・深い立坑における実績も多く、効果も確認されている。</li> <li>・施工性が高く、条件変化に対するフレキシビリティが高い。</li> <li>・施工後の問題が少ない。</li> </ul>
	恒久的な湧水処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウォーターリングの設置</li> <li>・スライディングフォーム工法 (止水シート採用)</li> <li>・釜場排水 (ポンプ座排水)</li> </ul>	
ガ ス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガス爆発</li> <li>・ガス中毒</li> <li>・酸欠事故</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前ボーリングによる探査およびガス抜</li> <li>・換気設備の設置</li> <li>・坑内諸設備の防燃仕様化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工事の安全や作業環境維持に必要不可欠である。(工事の基本)</li> </ul>
地 熱	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業能率の低下</li> <li>・品質の低下</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・換気工</li> <li>・冷却設備工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・根本的には防げないので、適当な作業環境を維持する。</li> </ul>
山 ハ ネ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・岩盤が地圧の作用で突然に爆裂する</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ゆるめ発破</li> <li>・放圧ボーリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・この現象は十分に解明されておらず、はっきりとした対策はないが、実績としてこれらが行なわれている。</li> </ul>

### 3-4 提案工法のまとめ

本節では3-2、3-3で提案された各種工法についてのとりまとめを行うものとする。  
 深地層試験場立坑の全体構造図、提案工法（掘削工法、各種対策工法）の施工フロー図を図3-3に示す。

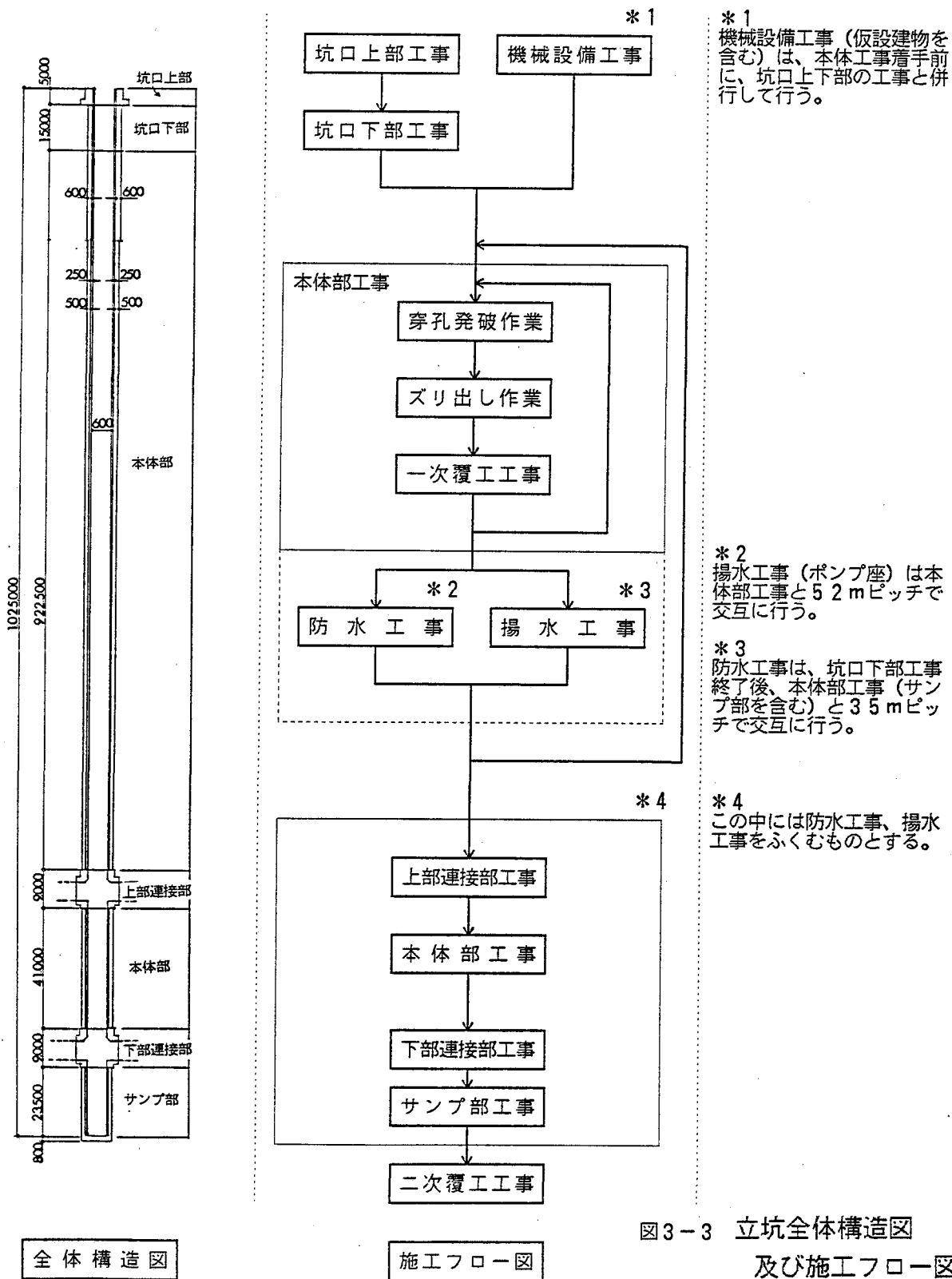


図3-3 立坑全体構造図  
及び施工フロー図

各工事に対する概略説明を表3-4に、施工・設備概要図を図3-4に示す。  
また、深地層試験場立坑の建設に係る全体工程を表3-5に示す。

表3-4 各工事の概要

工 事		工 事 の 概 要	工期 (月)	
仮 設 工 事		・仮設建物、機械設備工事 (敷地造成は含まず)	5.0	
本 工 事	坑口上部工事	・開削工法で施工	(1.0) *	
	坑口下部工事	・人力穿孔で発破掘削 (発破有効長1.0m) を行う。 ・覆工はショートステップ工法にて施工。	(1.4) *	
	本 体 部 工 事	穿孔発破作業	・発破有効長は岩Ⅲ部で1.8m、岩Ⅳ部で1.4m、岩Ⅴ部で1.2mとする。 **	30.3
		ズリ出し作業	・ズリ積みは替えキブル方式で行う。 ・ズリ積み作業において地圧対策工法として、岩Ⅳ部ではH125 @ 0.9m、岩Ⅴ部ではH150@0.9m の支保工で山留を施工。**	
		一次覆工作業	・覆工サイクル長は1.8mとする。	
	連 接 部 工 事	・掘削一次覆工はNATM工法で行う。 ・二次覆工は鉄筋コンクリートとする。	3.4	
	サ ン プ 部 工 事	・本体部の施工と同様。	0.8	
	二 次 覆 工 作 業	・二次覆工作業はスライディングフォーム工法を採用。	9.1	
防 水 工 事	・35m ピッチで40m の探査ボーリングを行いながら、湧水がなければ掘削、湧水が予想されれば防水グラウトを行う。	11.0		
揚 水 工 事	・立坑及び横坑からの湧水に備えて、立坑掘削中に52m ピッチでポンプ座を設置する。	3.6		
撤 去 工 事		—————	2.0	
全工期			65.2	

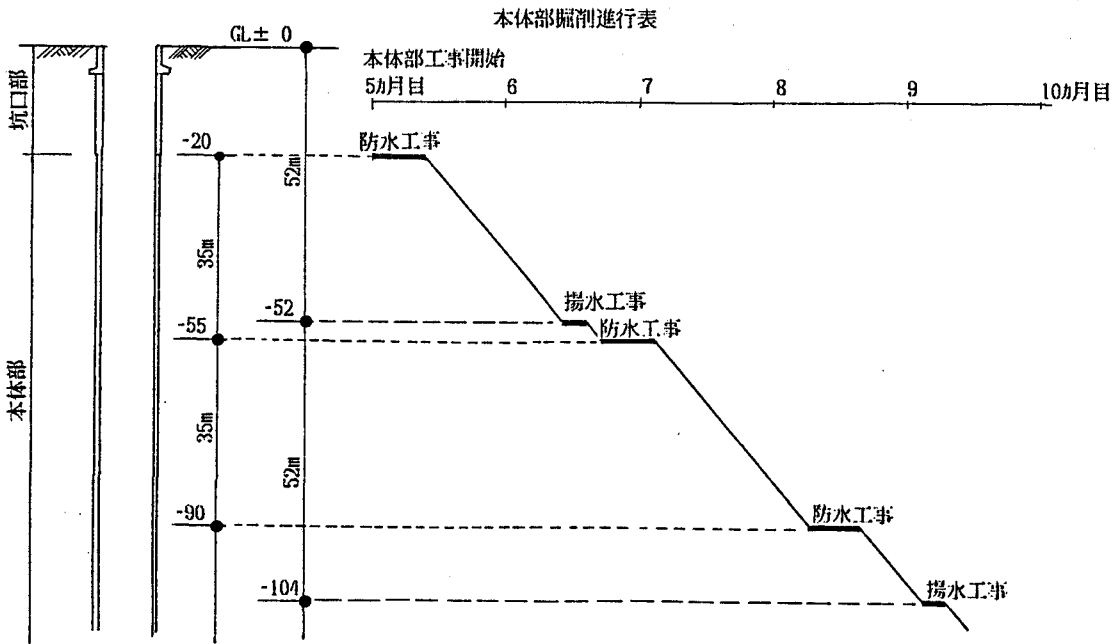
\*) 仮設工事と併行して行う。

\*\*\*) 岩質分類については本編 (資料3-1) 参照。

表3-5 深地層試験場立坑の建設に係る全体工程

工事	年月	一年目	二年目	三年目	四年目	五年目	六年目	
		3 6 9	15 18 21	27 30 33	39 42 45	51 54 57	63 66	
仮設工事	機械設備	■						
	仮設建物	■						
本工事	坑口上部工事	■						
	坑口下部工事	■						
	本体部工事	■						
	接続部工事			■				
	サンプル部工事					■		
	二次覆工工事					■		
	揚水設備工事	■						
防水工事	■							
撤去工事						■		

注) 本体部と揚水設備工事、本体部と防水工事は併行作業になり、そのサイクルは下図のようになる。



防水工事

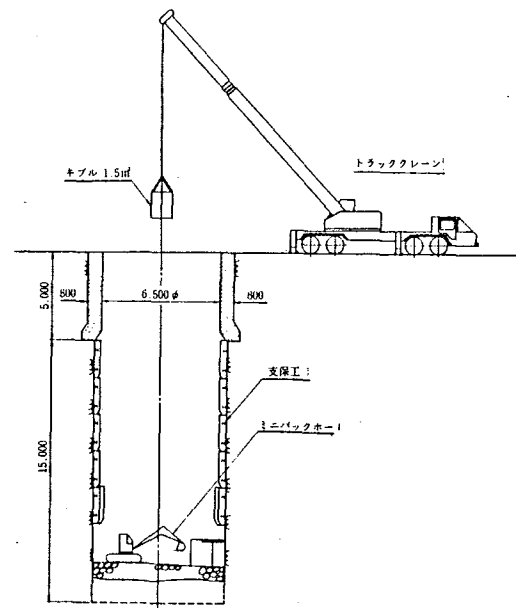
- ・延べ30回、11ヶ月（1回当たり0.4ヶ月）
- ・GL-20mより35mピッチで行う

揚水設備工事

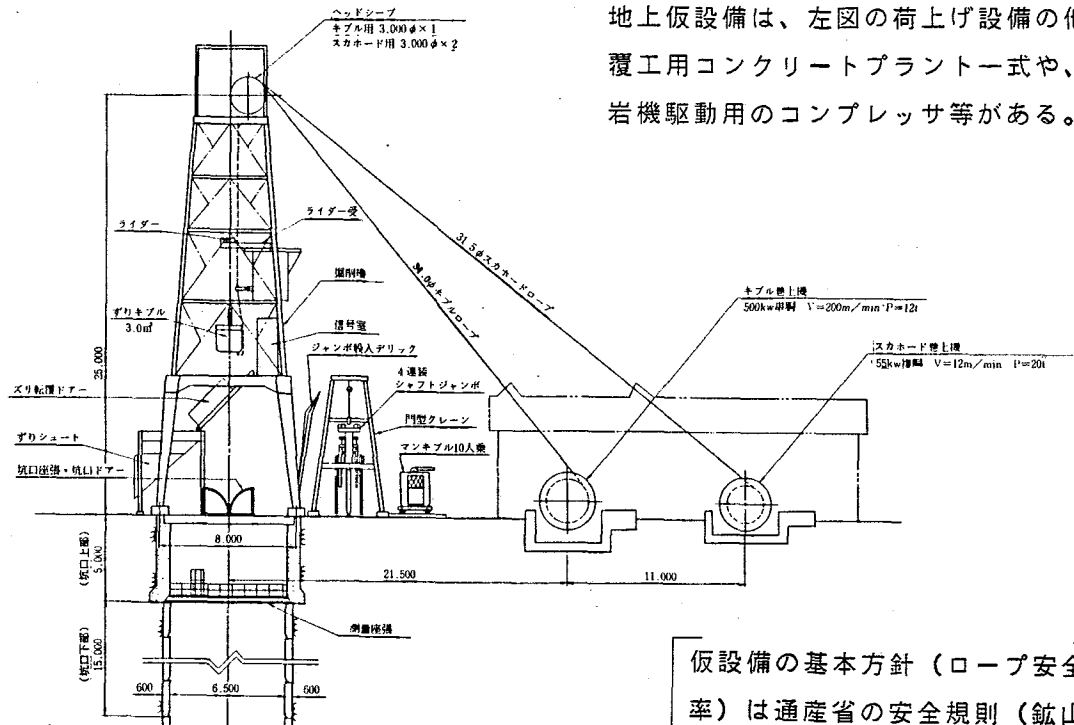
- ・延べ20ヶ所、3.6ヶ月（1回当たり0.2ヶ月）
- ・GL±0mより52mピッチで行う



坑口上部・下部工事



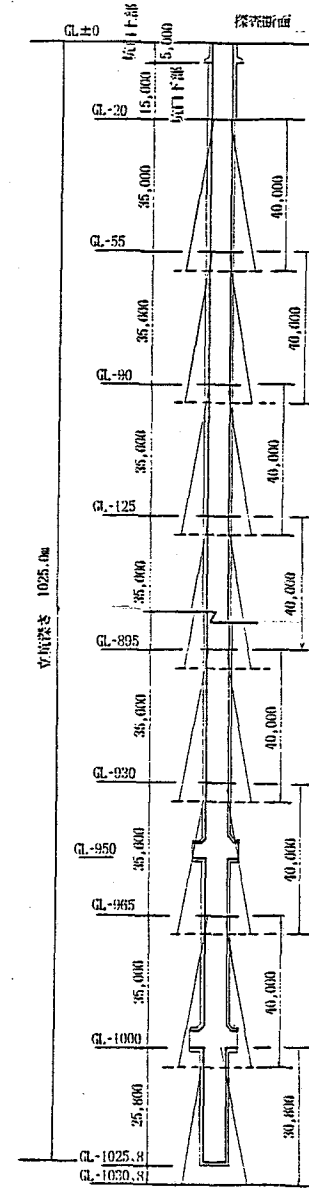
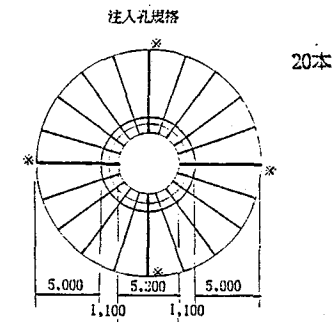
機械設備



地上仮設備は、左図の荷上げ設備の他に覆工用コンクリートプラント一式や、削岩機駆動用のコンプレッサ等がある。

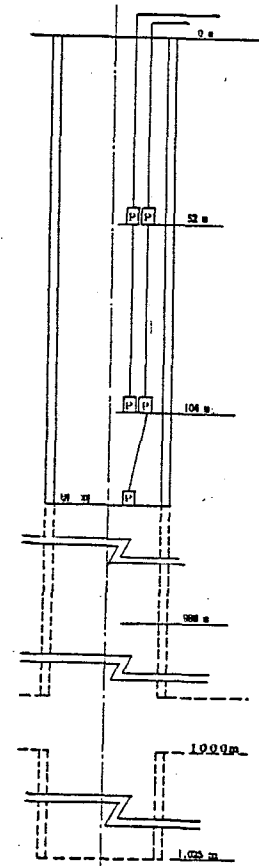
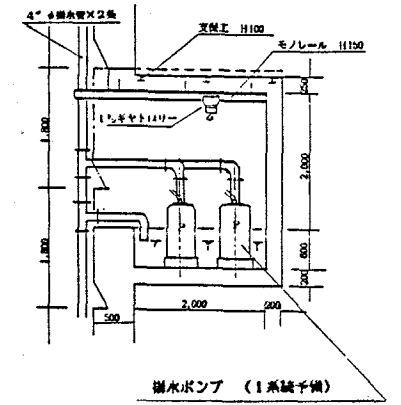
仮設備の基本方針（ロープ安全率）は通産省の安全規則（鉱山保安法）に基づいて行っている

防水工事



防水工事は、35mピッチで40mの調査ボーリングを行いながら、湧水がなければ掘削、湧水が予想されれば防水グラウトを行う。

揚水工事

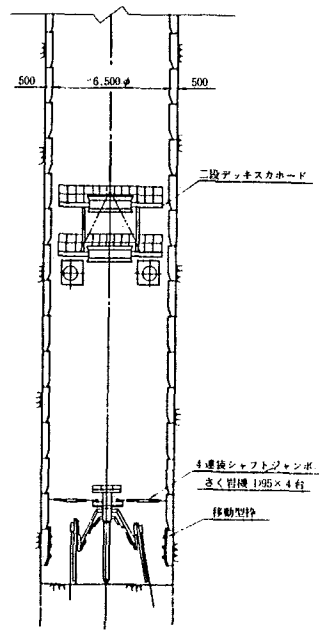


揚水工事は、立坑及び横坑からの湧水に備えて、立坑掘削中に52mピッチでポンプ座を設置する。

本体部工事

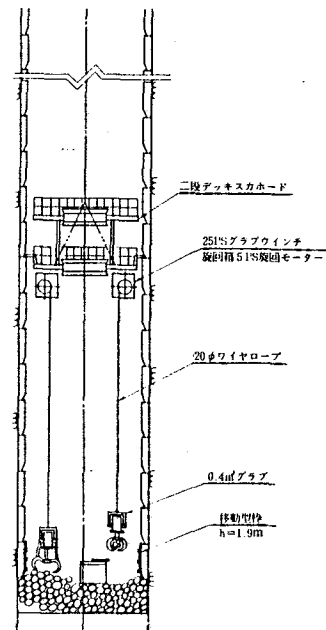
二次覆工作業

穿孔発破作業



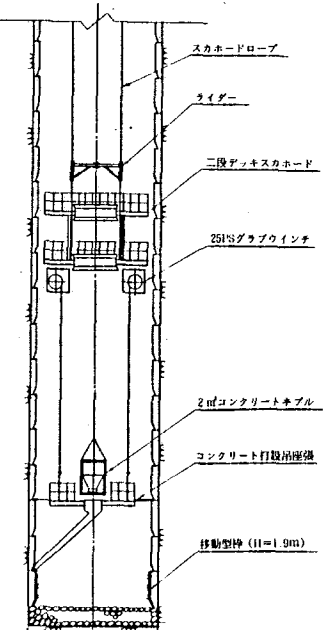
穿孔時の状態は、移動型枠が切羽にセットしたままで穿孔、発破を行う。

ズリ出し作業



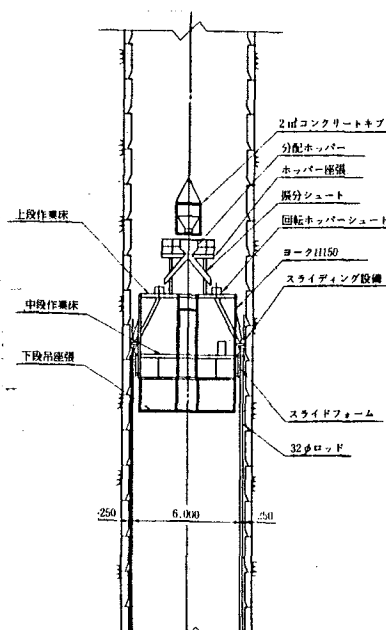
発破直後の状態は、爆破されたズリが切羽を殆ど埋めている。移動型枠はそのままの状態、型枠の高さまでズリを取る。

一次覆工作業



型枠を降下、セットする。これにコンクリートを打設する。次に残ズリを取って穿孔に移る。

二次覆工作業



スライディングフォーム工法の採用により、打ち継ぎ目をなくする。

図3-4 施工・設備概要図

**This is a blank page.**

## 第4章 将来の地層処分を考慮した建設工法の提案

本章では、地層処分場の特殊性を踏まえた上で、3章で提案した深地層試験場立坑の建設工法を再検討し、将来の地層処分を考慮した建設工法を提案する。

地層処分場として要求される機能及び対策を3章で提案した深地層試験場立坑の建設工法と対比して示したものが表4-1である。地層処分場の建設工法については、地層処分場としての要求仕様レベルが未だ明確でないが、表4-1では要求仕様レベルが、3章で提案した深地層試験場立坑の建設工法の

- ・ 技術的延長上にある場合は工法の改良
- ・ 技術的延長上にない場合は工法の変更

で対応するものとしている。

しかしながら、現状の技術的状況から判断すると、

- ① 全断面機械掘削工法を全面的に採用するには、コスト、技術面に難があり、実績も少ないので、今後の研究開発が必要である。
- ② 機械掘削と発破掘削の併用工法は、経済性、能率、安全性について検討の必要がある。
- ③ 改良発破工法・スムーズブラスティング工法は、能率の点で通常発破工法に劣るものの、地山のゆるみが最小限に抑えられる点に十分なメリットがある。技術的にも十分確立し、実績も増加している。

と言える。

以上により、現時点においては、地層処分を考慮した建設工法として、掘削にスムーズブラスティング工法を採用したショートステップ工法（必要に応じて、注入工法を併用）が最も適用性が高いと考えられる。

**This is a blank page.**

表4-1 地層処分場立坑として要求される機能及び対策

項目	深地層試験場立坑	地層処分場立坑	対策	内容	評価	
長期耐久性の確保	耐用年数 30~50年	耐用年数 50~100年	工法の改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>覆工材コンクリートの配合を、長期安定性のあるものにする。</li> <li>防水工法の改良により湧水の低減を計りコンクリート打設環境の向上に努める。</li> </ul>	<p>覆工コンクリートの改良は一般のコンクリートの改良と同様と考える。長期安定性のあるものにした場合、掘削覆工サイクルは遅くなる。</p> <p>注入材料として微粒子状のものを使用し防水効果の向上を計る。硬化材を改良するなどにより長期耐久性を高める。注入工法の改良によって、より均一な地盤改良を行い、湧水の低減を計る。</p>	100年間の耐久性を確保するのであれば防水工やコンクリートの配合の改良で十分対応可能と思われる。
			工法の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンクリート以外の長期安定性のある覆工材・覆工方法を開発する。</li> </ul>	セラミックのような耐熱性、耐酸性、耐アルカリ性の優れた材料を開発する。高強度早期覆工工法（剛性の出来るだけ高い覆工を切羽に出来るだけ近い所で施工する方法）を研究開発する。	
			工法の改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>発破法の改良によるヒビ割れ範囲と大きさの低減</li> <li>防水工法の改良により、周辺への影響を低減する。</li> </ul>	<p>スムーズプラスティングに代表される制御発破工法の採用を考える。スムーズプラスティング工法は発破の周辺孔を平行かつ接近して配置させ、孔径より十分小さい径の爆薬を装填して軽装薬とする工法である。技術的にかなり確立され実績もある。</p> <p>注入材料として微粒子状のものを使用し防水効果の向上を計る。硬化材を改良するなどにより長期耐久性を高める。注入工法の改良によって、より均一な地盤改良を行い、湧水の低減を計る。</p>	
周辺岩盤状況	掘削、メンテナンスに影響しなければ特に考慮する必要はない。ただし、技術開発のため考慮する可能性はある。	将来の埋め戻しの際、その影響により放射性核種の移行径路とならぬように考慮する。	工法の改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>機械掘削工法の開発</li> </ul>	<p>これまで国内ではほとんど実績がなく、海外の事例の調査から始める必要がある。具体的な研究開発課題としては、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>地質の変化に対応出来るカッターの開発またはカッターの簡便な交換方法の開発</li> <li>切羽付近で山留の出来る機械構造の開発</li> <li>機械内からステップグラウトの出来る機械構造の開発</li> <li>外周地山からの湧水を防ぐ構造の研究などが挙げられる。</li> </ul>	<p>基本的には機械掘削のほうが周辺地質へ与える影響は少ないが、大深度に対する実績が国内ではほとんどなく、今後研究すべき課題が多い。</p> <p>現時点における技術として発破工法の改良によりかなりのレベルまで周辺地質への影響を低減することは可能であると考えられる。</p>
			工法の変更	<ul style="list-style-type: none"> <li>機械掘削と発破掘削の併用工法の開発</li> </ul>	立坑周囲を機械で、中央を発破掘削する工法であるが、経済性、能率、安全性について検討の必要がある。	
			工法の改良	<ul style="list-style-type: none"> <li>発破法の改良によるヒビ割れ範囲と大きさの低減</li> <li>防水工法の改良により、周辺への影響を低減する。</li> </ul>	<p>スムーズプラスティングに代表される制御発破工法の採用を考える。スムーズプラスティング工法は発破の周辺孔を平行かつ接近して配置させ、孔径より十分小さい径の爆薬を装填して軽装薬とする工法である。技術的にかなり確立され実績もある。</p> <p>注入材料として微粒子状のものを使用し防水効果の向上を計る。硬化材を改良するなどにより長期耐久性を高める。注入工法の改良によって、より均一な地盤改良を行い、湧水の低減を計る。</p>	
立坑掘削により与えた影響に対する復旧	特に考慮する必要はない。ただし、技術開発のため考慮する可能性はある。	埋め戻し時に、その影響により立坑内外において放射性核種の移行径路とならぬように考慮する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>立坑埋め戻し時における注入工の、注入圧・注入材料の改良。</li> <li>掘削から埋め戻し時までの時間を短くして、掘削後の影響を低減する。</li> <li>掘削時に周辺に与える影響が少なければ回復もしやすい。</li> </ul>			

**This is a blank page.**

## 第5章 諸問題の検討

### 5-1 関連法規等の検討

本節では深地層試験場及び地層処分場の建設に係る法規上の問題点として地下の使用権に係る法規上の問題及び建設を進める上で関係する法規上の問題についてまとめる。

#### §1 地下の使用権に係る法規上の問題

地下を利用する場合に競合あるいは関係する法規上の問題を深地層試験場及び地層処分場に対してまとめたものを表5-1に示す。

表5-1 地下の使用権に係る関連法規及びその適用

問題	関連法規及びその適用		
土地所有権・地上権との競合	法	土地所有権	土地の所有権は法令の制限内においてはその土地の上下に及ぶとされている（民法207条）。
		地上権	地上権は他人の土地において工作物または竹木を所有するためその土地を使用する権利である（民法265条～268条）。
		地中権	地中権（区分地上権）は一定部分の空中または一定部分の地中を限定して地上権の目的とすることができる旨を定めた（民法269条ノ2）ものである
	適用	（深地層試験場）坑口付近は土地所有権及び地上権の設定を行う必要がある。他の場所は地中権の設定によって利用が可能。 （地層処分場）処分場の範囲は全面取得とすべきである。処分用地の周囲数kmの広域に対しても地中権を設定しておくべきである（ボーリング等の行使制限）。	
鉱業権との競合	法規	鉱業権	地中の鉱物はこれを掘採し取得する権利は国に留保され、国はこれを鉱業権として一定の要件のもとに公権力によって賦与する権利を有する（鉱業法第2条）こととされている。
	適用	（深地層試験場）鉱業権者に対して事前に事実上の承諾を求める等により調整を図ることが望ましい。 （地層処分場）既存の鉱業権が設定済である場合には損害賠償によって掘削行為を停止してもらうか或いは鉱業権の抹消をしてもらうべきである。周囲数kmの広域に対しても鉱業権に基づく掘削やボーリングの禁止措置を設定する必要があるので法規の改正または新設等の検討が必要。	
温泉法との競合	法規	温泉法	温泉を湧出させる目的で土地を掘削しようとする者は都道府県知事に申請してその許可を受けなければならない（第3条1項）。都道府県知事は温泉の湧出量、温度若しくは成分に影響を及ぼし、その他公益を害する恐れがあると認めるときの外は掘削の許可を与えなければならない（第4条）。
	適用	（深地層試験場）土地所有権、地中権の設定によって対抗可能。 （地層処分場）同上	
水利権との競合	法規	水利権	地下水の取扱いに関しては民法には明文の規定がなく、地下水の利用に関する判例として、他人の権利を侵害せざる限度内においてのみ利用が可能とされている。
	適用	（深地層試験場）周辺の地権者の地下水利用に関する権利関係を明確にする必要がある。 （地層処分場）周辺の地権者の地下水利用に関する権利関係を明確にする必要がある。周囲数kmの広域における地下水利用を規制出来るような法規の改正が必要である。	

## § 2 建設を進める上で関係する法規上の問題

建設を進める上で関係する法規上の問題を深地層試験場及び地層処分場に対してまとめたものを表5-2に示す。

表5-2 建設を進める上で関係する法規及びその問題

分野	主たる法規	内容及び問題点
立地	国土利用計画法	土地に関する権利の移転等の許可・届出
	農地法、農振法、森林法、自然公園法等	開発行為の許認可
建設	深地層試験場 ・建築基準法 ・労働安全衛生法等	現行法規により手続きが可能であるが、各法規の適用範囲について関係部局との調整を行う必要がある。
	地層処分場 ・建築基準法 ・労働安全衛生法 ・原子炉等規制法 ・放射線障害防止法等	従来の施設と較べ特殊性があり新しい法規の整備が必要である。



## 5-2 建設工法に係る測定・試験項目の検討

本節では深地層試験場立坑の建設工法に係る測定・試験項目について立坑建設前、建設中、建設後の3段階に分けて検討を行い、深地層試験場立坑の建設までに実施すべき研究開発課題を抽出した。

### § 1 立坑建設工法に係る調査・測定・試験項目の検討

深地層試験場立坑の建設工法に係る調査・測定・試験項目を立坑建設前、建設中、建設後に分けて表5-3に示す。

表5-3 立坑建設工法に係る調査・測定・試験項目

時期	項目	内容	
立坑建設前	深地層の水理機構の調査	室内試験（岩盤水理試験）	・吸水率、間隙率の測定 ・透水試験 ・粒度試験 ・水質試験
		大規模及び中規模な割れ目の調査	・リモートセンシング ・弾性波探査 ・地表踏査 ・ボーリング調査
		小規模な割れ目に関する調査	・地表踏査 ・ボーリング調査 ・ポアホールTV観測
		透水性に関する調査	・ボーリング孔を利用した透水性試験（ルジオン試験等）
		地下水の賦存に関する調査	・地下水サンプリングと分析 ・地下水圧測定
	ボシた力学的特性を試験用	ボーリングコアの力学特性試験	・一軸圧縮試験 ・三軸圧縮試験 ・その他室内物性試験
		ボーリング孔内載荷試験	
		ボーリング孔内せん断試験	
		ボーリング孔内初期地圧測定（水圧破砕法）	
	立坑建設中	立坑壁面の地質観測	・地質スケッチ作成 ・割れ目データの観測・分析
立坑建設中の動態観測		・岩盤応力の変化測定 ・岩盤内変位の変化測定	
立坑掘削による壁面近傍岩盤の安定性と透水性に関する試験		・立坑掘削前後の岩盤の透水性、変形係数測定 ・ポアホールTVによる孔壁亀裂測定	
立坑掘削に伴う地下水挙動調査		・間隙水圧測定 ・水質分析 ・地下水トレーサー試験 ・地下水位測定 ・湧水量とその湧水点、温度の測定	
立坑建設後*	継続すべき調査、測定、試験項目	・立坑建設中の動態観測 ・立坑掘削に伴う地下水挙動調査	
	立坑周辺岩盤の劣化に関する掘削工法の比較試験	・孔内載荷試験による変形係数測定 ・孔内パッカーテストによる透水係数測定 ・ポアホールTV観測	

\*) 立坑の建設技術に関する項目に限定する。

## § 2 深地層試験場立坑建設までに実施すべき研究開発課題

§ 1 で述べた調査・測定・試験項目を実施する場合に適用される技術には、既存技術で対応できるものも多いが、確立していない技術もある。立坑の建設前、建設中に必要となる技術は早急に開発すべきである。

立坑建設前に着手すべき研究開発課題を表 5 - 4 に示す。

表 5 - 4 立坑建設までに実施すべき研究開発課題

分 類	項 目	内 容
調査技術の開発	調査用機器（深さ1,000m用）開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高性能ボアホールTVの開発</li> <li>・深部用透水試験装置の開発</li> <li>・地下水検層装置の開発</li> <li>・深部用孔内力学試験装置の開発</li> </ul>
	調査結果のより高度な解析技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下深部の水理機構の評価手法の研究</li> <li>・地質情報の合理的な処理技術の研究</li> </ul>
計測技術の開発	地下水モニタリング技術の開発	
	高温・高水圧用岩盤測定器の開発	
	測定器設置技術の開発	
試験技術の開発	岩盤の基礎データを得るための室内試験技術の開発	
	岩盤の劣化評価技術の研究開発	