

~~限定資料~~

本資料は(平)年 7月 25日付で

登録区分変更する。 [技術展開部技術協力課]

人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書)

| 技術資料 | | |
|------|--------------|-----------|
| 開示区分 | レポートNo. | 受領日 |
| ZT | J1201 98-001 | 1999.2.10 |

この資料は技術管理室保存資料です
閲覧には技術資料閲覧票が必要です
動力炉・核燃料開発事業団 技術協力部技術管理室

1998年3月

株式会社 大林組

人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究内容報告書)

1998年3月

株式会社 大林組

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示するものです。については、複製、転載、引用等を行わないよう、また、第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理してください。また、今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に注意してください。

This document is not intended for publication. No public reference nor disclosure to the third party should be made without prior written consent of Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

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

限定資料

PNC ZJ1201 98-001
1998年3月

人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究

河村秀紀*、田中達也*

要 旨

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する第2次とりまとめにおいては、第1次とりまとめで示された人工バリアコンセプトに対し、より信頼性の高い合理的な人工バリアコンセプトを示すことが求められている。

本研究では、これまでに公表された国内外の人工バリアコンセプトに関する文献調査・背景整理を行うとともに、経済性の観点からの定量的な評価を含めた総合評価を実施し、合理的な人工バリアコンセプト構築への方策（アプローチ）および今後の展開について検討した。本研究の対象とする項目は以下のとおりである。

- ① 人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理
- ② 人工バリアコンセプトの特性評価
- ③ 人工バリアコンセプトの経済性評価
- ④ 深さの変化による処分費用の概略比較
- ⑤ 総合評価による合理性の検討

②のコンセプトの特性評価では、①で抽出した人工バリアコンセプトおよび定置形態をベースに比較対象を設定し、長期の安全性、施工性、操業性、品質保証性等の観点から、特性評価を実施した。

③の経済性評価では、第1次とりまとめで示された人工バリアコンセプト（H3）と現在検討中である第2次とりまとめに向けた人工バリアコンセプト（H3改案）を対象として、人工バリア一体当たりの概略コストを積算し、比較評価を行った。

④の深さの変化による処分費用の概略比較では、上記の第2次とりまとめに向けた人工バリアコンセプト（案）をベースとして、建設費、操業費、閉鎖費について深度をパラメータとした相対比較を行った。

⑤の合理性の検討では、①～④の結果を踏まえた合理化への方策を提示した。

本報告書は、株式会社大林組が動力炉・核燃料開発事業団の委託研究により実施した研究の成果である。

契約番号：090D0344

事業団担当部課室および担当者；環境技術開発推進本部処分研究グループ 梅木博之

*：土木技術本部設計第二部

A Study for Engineered Barrier System Optimization

H.Kawamura*, T.Tanaka*

Abstract

The more reliable and reasonable "Concepts and Designs of Engineered Barrier System (Hereafter EBS)" has been required in the PNC Second Progress Report for HLW Geological disposal.

Based on literature survey for "EBS Concepts and Designs" and understanding of the background information of EBS design, the system evaluation including cost estimation was performed. The approach for optimization of EBS Concepts and Designs were studied and future actions were proposed.

The items of this study were :

- (1) Literature survey of EBS concepts and designs and understanding of background information
 - (2) Evaluation of characteristics for EBS concepts
 - (3) Cost estimation of EBS concepts
 - (4) Rough estimation and comparison of disposal costs depended on the depth of repository
 - (5) System evaluation for possible optimization of EBS
- (2) *Evaluation of characteristics for EBS concepts* : set up the case for comparison based on EBS emplacement concepts and characterize these cases from long term safety, construction, operation, quality assurance points of view.
- (3) *Cost analysis* : compare the unit cost of EBS design between PNC First Progress Report (So called H-3) and developed for the Second Progress Report.
- (4) *Rough estimation and comparison of disposal costs* : parametric study of disposal depth by cost estimation of the construction, operation and closure cost based on the proposed EBS design for the Second Progress Report.
- (5) *System evaluation* : propose the approach and future actions for optimization of EBS Concepts and Designs

This work was performed by Obayashi Corporation under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : Isolation System Research Program Radioactive Waste Management Project :
Hiroyuki Umeki

*Obayashi Corporation Civil Engineering Technical Division

人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究

実施責任者 井上貞文

実施担当者 田中達也

業務担当者 河村秀紀

小西一寛

深谷正明

佐藤晶子

中岡健一

中畠昭彦

斎藤 隆

山口敏子

金森千恵子

目 次

| | |
|-------------------------------|---------|
| 1. 研究の目的と範囲 | 1-1 |
| 1.1 研究の目的 | 1-1 |
| 1.2 研究の範囲 | 1-1 |
| 2. 人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究 | 2. 1-1 |
| 2.1 人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理 | 2. 1-1 |
| 2.1.1 人工バリア構成に関する調査 | 2. 1-1 |
| (1) 調査対象と調査項目 | 2. 1-1 |
| (2) 調査分析と背景整理 | 2. 1-2 |
| (3) 調査結果 | 2. 1-6 |
| 2.1.2 廃棄体定置コンセプトに関する調査 | 2. 1-8 |
| (1) 調査対象と調査項目 | 2. 1-8 |
| (2) 調査分析と背景整理 | 2. 1-10 |
| (3) 調査結果 | 2. 1-11 |
| 2.2 人工バリアコンセプトの特性評価 | 2. 2-1 |
| 2.2.1 人工バリアコンセプトの比較 | 2. 2-1 |
| (1) 比較対象の設定と比較項目 | 2. 2-1 |
| (2) コンセプトの比較 | 2. 2-2 |
| (3) 比較評価 | 2. 2-5 |
| 2.2.2 廃棄体定置コンセプトの比較 | 2. 2-5 |
| (1) 比較対象の設定と比較項目 | 2. 2-5 |
| (2) コンセプトの比較 | 2. 2-5 |
| (3) 比較評価 | 2. 2-7 |
| 2.3 人工バリアコンセプトの経済性評価 | 2. 3-1 |
| 2.3.1 比較対象の設定と比較項目 | 2. 3-1 |
| (1) 比較対象 | 2. 3-1 |
| (2) 比較の前提 | 2. 3-1 |
| 2.3.2 コンセプトの概略比較 | 2. 3-5 |
| (1) 建設費 | 2. 3-5 |
| (2) 人工バリア製作費 | 2. 3-8 |
| (3) 操業費 | 2. 3-10 |
| (4) 閉鎖費 | 2. 3-16 |
| 2.3.3 比較結果 | 2. 3-19 |

| | |
|-------------------------------|--------|
| 2.4 深さの変化による処分費用の概略比較 | 2.4-1 |
| 2.4.1 比較対象と比較項目 | 2.4-1 |
| (1) 比較対象と比較項目 | 2.4-1 |
| (2) 比較項目と検討の手順 | 2.4-6 |
| 2.4.2 結晶質岩と堆積岩を対象とした概略比較 | 2.4-7 |
| (1) 建設費 | 2.4-7 |
| (2) 操業費 | 2.4-23 |
| (3) 閉鎖費 | 2.4-30 |
| 2.4.3 比較結果 | 2.4-43 |
| 2.5 総合評価による合理性の検討 | 2.5-1 |
| 2.5.1 人工バリアコンセプトの比較評価結果 | 2.5-1 |
| 2.5.2 合理化に向けてのアプローチ | 2.5-3 |
| (1) 背景整理 | 2.5-3 |
| (2) 合理的な人工バリアシステムの概念構築 | 2.5-4 |
| (3) 配置の考え方 | 2.5-6 |
| (4) 人工バリアの定置方法 | 2.5-6 |
| (5) デモンストレーションへの展開 | 2.5-6 |
| 3.まとめと今後の展開 | 3-1 |
| 3.1 まとめ | 3-1 |
| (1) 人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理 | 3-1 |
| (2) 人工バリアコンセプトの特性評価 | 3-1 |
| (3) 人工バリアコンセプトの経済性評価 | 3-1 |
| (4) 深さの変化による処分費用の概略比較 | 3-2 |
| 3.2 残された課題と今後の展開 | 3-2 |
| (1) 残された課題 | 3-2 |
| (2) 今後の展開 | 3-3 |

1. 研究の目的と範囲

1.1 研究の目的

高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する第2次とりまとめにおいては、第1次とりまとめで示された人工バリアコンセプトに対し、より信頼性の高い合理的な人工バリアコンセプトを示すことが求められている。

第2次取りまとめ報告書に示される人工バリアコンセプトが、広く社会の理解を得るために、これまでに提案されている様々な人工バリアコンセプトに対し、長期安全性、施工性、経済性等の観点から定量的に評価し、総合的に判断した上で、信頼性の高い合理的な人工バリアコンセプトを示すことが必要である。

本研究では、これまでに公表された国内外の人工バリアコンセプトに関する文献調査・背景整理を行うとともに、経済性の観点からの定量的な評価を含めた総合評価を実施し、合理的な人工バリアコンセプト構築への方策（アプローチ）および今後の展開について検討した。

1.2 研究の範囲

本研究の対象とする項目は以下のとおりである。

- ① 人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理
- ② 人工バリアコンセプトの特性評価
- ③ 人工バリアコンセプトの経済性評価
- ④ 深さの変化による処分費用の概略比較
- ⑤ 総合評価による合理性の検討

2. 人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究

人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究では、まず、ガラス固化体の処分を基本としたコンセプトを対象に、文献調査等による特徴整理と背景分析を実施する。また、提案されている幾つかの廃棄物定置コンセプトについても平行して調査し、特徴の整理を行う。次段階では、これらのコンセプトを相互に比較することにより合理化に向けての要素を抽出し、その実現性評価に資する情報を整理する。

2.1 人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理

2.1.1 人工バリアの構成に関する調査

(1) 調査対象と調査項目

ガラス固化体の処分を基本としている国は、我が國の他にスイス、フランスが代表的である。この内スイスの人工バリアコンセプトは、動燃のH3での概念と類似しており（若干寸法が異なる）、本調査ではH3コンセプトを基本とすることとする。また、フランスは明確な仕様を提示していない。その背景を調査する観点から、以下のコンセプトを調査の対象とする。

- ① H3コンセプト
- ② H3改良コンセプト（動燃版より提示 平成9年12月現在）
- ③ 電共研での参考コンセプト（地層処分研究情報交換会“INTEGRATE'97”）
- ④ Toyota+McKinleyの提案コンセプト（1998 IHLRWM to be published）
- ⑤ Aptedの提案コンセプト（MRS'97 in Davos）

調査は次章の人工バリアコンセプトの特性評価を勘案して、以下の項目について実施する。

- ・システム概念図
- ・システムの仕様（材料、寸法）
- ・システム構築の前提条件
- ・システムの特徴
- ・コンセプト構築の背景

(2)調査分析と背景整理

図 2.1.1-1に今回調査した4つのコンセプトの概念図を提案された仕様とともに示す。これらのコンセプトは、我が国と同様にガラス固化体の処分を想定して設定されたものであるが、その前提、および仕様を設定する根拠が異なることから、寸法等に違いが生じている。

a.システム構築の前提条件

それぞれの概念の前提是表 2.1.1-1にまとめられる。

表 2.1.1-1 対象概念と前提

| 調査対象概念 | 岩 種 | 埋設深さ(m) | 備 考 |
|----------------|------|---------|------------|
| ①H 3 コンセプト | 結晶質岩 | 1 0 0 0 | |
| ②H 3 改良コンセプト | 結晶質岩 | 1 0 0 0 | H 3 概念を改良 |
| ③電共研コンセプト | 結晶質岩 | 1 0 0 0 | |
| ④McKinleyコンセプト | 結晶質岩 | 8 0 0 | 性能評価はなされず |
| ⑤Apied 提案コンセプト | 結晶質岩 | 1 0 0 0 | 力学的な検討はされず |

いずれも結晶質岩を対象に、埋設深さは異なるが廃棄体の横置き定置を基本パターンの一つに考えている。

b.システムの特徴

それぞれのシステムの特徴は以下のようにまとめられる。

①H 3 コンセプト：

スイスのGewahr1985で示された概念を基本として設定されている。

- ・処分の成立性を示す目的で設定された概念であることから、合理化、最適化ははかられていない。
- ・ゼネリックな地質環境条件での仕様設定であり、スイスの概念を参考に施工上の観点からペントナイトの厚さが決定されている。
- ・オーバーパックは、炭素鋼で1 0 0 0年間の健全性確保を目標に腐食代、外圧への対

応を考慮してその厚さが決定されている。

- ・緩衝材は、ベントナイト100%で拡散場を確保する目的で密度が決定されている。

②H 3 改良コンセプト：

H 3 コンセプトを出発点とした改良案である。

- ・地質環境条件は同じゼネリックであるが、地圧条件、側圧係数等の外的条件の現実的な設定が実施されている。
- ・オーバーパックで1000年以上の完全隔離をはかる。
- ・緩衝材は、施工性と経済性を考慮してベントナイト：ケイ砂=7：3の混合材とする
- ・オーバーパックの腐食膨張を考慮し、周辺岩盤（結晶質岩）の引っ張り破壊を生じない厚さを設定している。

④電共研コンセプト：

H 3 コンセプトを出発点とした改良案である。

- ・想定した地質環境条件を用い、地圧条件、側圧条件はH 3 と同様の考え方を踏襲している。
- ・炭素鋼のオーバーパックを基本とし、腐食代と強度から厚さを決定する。
- ・緩衝材はベントナイト：ケイ砂=8：2の混合とし、オーバーパックの腐食膨張による周辺岩盤への影響を検討している。
- ・緩衝材の厚さは、核種移行に必要な厚さから決定されている。

⑤Toyota+McKinleyのコンセプト：

スイスGewahr1985を出発点とした合理化アイデアである。

- ・地質環境条件は、H 3 報告書の値を使用している。
- ・緩衝材は、混合比の異なる3重層から構成され、それぞれの層の機能が設定されている。
- ・オーバーパックは炭素鋼を基本とし、現実的な側圧係数、地圧条件、腐食率を考慮して厚さを決定している。
- ・施工性と品質保証の観点からプレファブリックなユニット化（一体型）定置方式を基本としている。

- ・ユニット化のため外部に炭素鋼ケーシングを用いることから、再冠水時間を遅らせることができ、ベントナイトの熱による制約を緩和でき、高密度での配置の可能性がある。

⑥Apted のコンセプト：

H 3 コンセプトの課題解決を目標として提案された概念

- ・1000年間の確実な隔離を外側の炭素鋼オーバーパックで確保する。
- ・内部緩衝材は、HIPベントナイトとケイ砂との混合材とする。
- ・緩衝材は核種の適時の放出を容認する範囲で厚さを決定している。
- ・外部に炭素鋼オーバーパックを配置することにより、再冠水の時期を1000年にわたり遅らせることができ、ベントナイトの温度制約を緩和できることから高い密度での定置が可能となる。
- ・外部からの地圧を考慮せずにオーバーパックの厚さが決定されているため、システム全体では、物量が他のコンセプトに比較して大幅に削減されている。

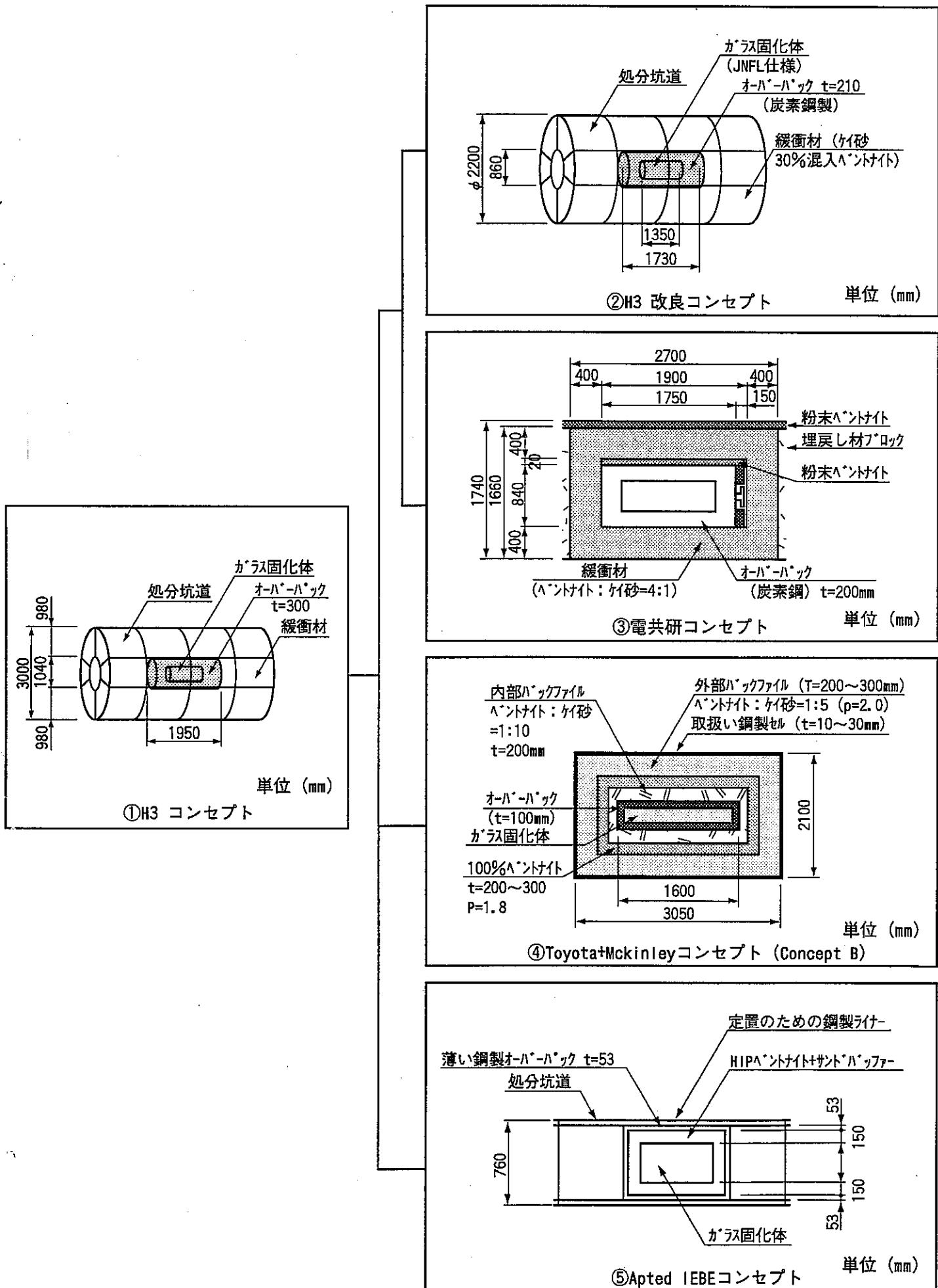


図2.1.1-1 調査対象コンセプト

d. コンセプト構築の背景

ここで対象としたいすれのコンセプトも、今後の比較を行うことを目的としているため結晶質岩における横置き定置概念を基本とした。図 2.1.1-1に示すように、①から④までのコンセプトはスイスのGewahr1985に示された概念を踏襲している。この背景には共通して以下の点が考慮されている。

- ・サイト条件が特定されていない状況での人工バリアコンセプトであることから、材質寸法、仕様は保守的な考え方で設定されている。
- ・炭素鋼オーバーパックを基本としているのは、入手が容易で、製作性、機密性、および腐食等の挙動が比較的把握されており、他の金属材料に比較して安価であることにによる。
- ・緩衝材としてベントナイトをベースとした材料が選定されている。これはベントナイトが天然に安定に存在する材料であり、入手が可能で、かつバリアとして要求される性能を具備していることによる。
- ・オーバーパックと緩衝材を組み合わせた人工バリアシステムは、想定される外部の環境変化、および内部からの影響（腐食膨張、湿潤膨張、ガス）に対し、長期にわたり健全性を確保できるロバストなシステムとなる見通しがえられており、PA上の理解し易い単純なシステムである。

一方、⑥のA p t e d 氏が提案したコンセプト（Integrated EBS）は、特徴にも記述したが、H3コンセプトが抱えていたオープン・クエスチョン（懸念事項）に対する対応をコンセプトを変えることで解決しようとするものである。提案そのものは、外部の地圧等を考慮していないこともあり、結果的に大幅な数量の削減が図られているが、考え方そのものはユニークであり、①～④までの仕様決定の思想（特に外力）を踏襲すれば数量は増加するが、長期の不確実性を削減できる可能性を有している。これらの点については、次節で検討する。

(3) 調査結果

上記までの概念、特徴、分析と背景をまとめて表 2.1.1-2に示す。これらのコンセプトの特性比較は 2.2.1で実施する。

表 2.1.1-2 人工バリアコンセプトの調査結果および比較

| | H 3 概念 | H 3 改良（案） | 電共研概念（案） | M c K + 豊田概念（案） | A p t e d 概念（案） | | | |
|------------------|--|---|--|---|--|---|--|---|
| システム概念図 | | | | | | | | |
| 特 徴 | <p>〔スイスGewahr1985での概念を基本〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・処分の成立性を示す目的での人工バリア概念であることから、合理化、最適化は図られていない。(地質環境条件はジェネリック) ・オーバーパックで100年間の完全隔離 ・ベントナイトに長期の核種移行遅延性を期待 | <p>〔H 3 概念を出発点とした改良案〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外的条件の現実的な設定、各物性値の把握、解析検討をへて合理性を考慮した仕様設定を目指す。(地質環境条件はジェネリック) ・施工性(定置性)の観点から技術的に可能な範囲での合理性を一部追求 ・今後の開発課題を抽出する目的で設定 | <p>〔H 3 概念を出発点とした改良案〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基本的にはH 3 改良案と同じ思想から設定(物性値はすべて動燃報告書から設定) ・施工性(定置性)の観点から技術的に可能な範囲での合理性を一部追求 ・今後の開発課題を抽出する目的で設定 | <p>〔H 3 概念を出発点とした改良案〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期の現象を考慮した機能の異なるベントナイト・砂の互層構造の導入 ・保守的に扱われた条件を現実的に評価し、合理的な仕様を設定(腐食率、応力、熱) ・プレファブリックのユニット化による高品質管理 | <p>〔H 3 での課題解決を出発点とした案〕</p> <ul style="list-style-type: none"> ・100年間の確実な閉じ込めを外側の鋼製オーバーパックで確保、内部ベントナイト充填により厚さ薄肉化 ・ベントナイトはH I Pによる均質性確保 ・全ての仕様を最小化することによるコスト削減 | | | |
| 長期的に考慮すべき事象への対応性 | <ul style="list-style-type: none"> ・外部からの水圧/地圧への耐久性 ・岩盤のクリープ変形への追随性 ・オーバーパックの支持性 ・周辺温度と固化体の熱への対応 ・オーバーパック腐食膨張への追随 ・オーバーパック腐食生成物の緩衝性 ・セメント系材料との変質 ・地下水との化学作用(塩水) ・ガスのブレーカスルー ・ベントナイト流出 ・自己シール性 | <ul style="list-style-type: none"> ○ — ○ ○ △ — — — — — △ | <ul style="list-style-type: none"> ・外部からの水圧/地圧への耐久性 ・岩盤のクリープ変形への追随性 ・オーバーパックの支持性 ・周辺温度と固化体の熱への対応 ・オーバーパック腐食膨張への追随 ・オーバーパック腐食生成物の緩衝性 ・セメント系材料との変質 ・地下水との化学作用(塩水) ・ガスのブレーカスルー ・ベントナイト流出 ・自己シール性 | <ul style="list-style-type: none"> ○ △ ○ ○ △ — △ — — △ * | <ul style="list-style-type: none"> ・外部からの水圧/地圧への耐久性 ・岩盤のクリープ変形への追随性 ・オーバーパックの支持性 ・周辺温度と固化体の熱への対応 ・オーバーパック腐食膨張への追随 ・オーバーパック腐食生成物の緩衝性 ・セメント系材料との変質 ・地下水との化学作用(塩水) ・ガスのブレーカスルー ・ベントナイト流出 ・自己シール性 | <ul style="list-style-type: none"> ○ — ○ ○ ○ — — — ○ ○ * | <ul style="list-style-type: none"> ・外部からの水圧/地圧への耐久性 ・岩盤のクリープ変形への追随性 ・オーバーパックの支持性 ・周辺温度と固化体の熱への対応 ・オーバーパック腐食膨張への追随 ・オーバーパック腐食生成物の緩衝性 ・セメント系材料との変質 ・地下水との化学作用(塩水) ・ガスのブレーカスルー ・ベントナイト流出 ・自己シール性 | <ul style="list-style-type: none"> ○ — — — △ — — — ○ ○ * |
| 安全性確保の見通し | Robustなバリアとして十分機能 | 核種保持性能の確保見通しあり | 核種保持性能の確保見通しあり | 所定の機能確保の見通しあり | 所定の性能確保の確認必要 | | | |
| 製作性 | オバーパック | 炭素鋼を基本、実規模での製作性確認 厚肉構造のため溶接性の確認必要 | 炭素鋼を基本 厚肉構造のため溶接性の確認必要 | 炭素鋼を基本 厚肉構造のため溶接性の確認必要 | 炭素鋼を基本 設計の考え方を考案することによる薄肉化 | | | |
| | ベントナイト | 100%高圧縮ベントナイトを基本 実規模での製作は実施されず | 3 : 1 混合高圧縮ベントナイトを、H I Pを対象 縦置きタイプで充填性確認 | 高圧縮ベントナイトを、H I Pを対象 ユニットタイプの製作試験を計画 | 様々な混合比からなるベントナイトを使用 プレファブリックによるユニット化を基本 | | | |
| 定置方法 | 原位置でのベントナイトアーリング定置を基本 搬送装置、定置装置は机上検討 | 現位置でのベントナイトアーリング、H I Pによる充填を対象とした検討(縦置きタイプで原位置試験) 搬送装置、定置装置は机上検討 | 原位置でのベントナイトアーリング、H I Pによる充填を対象に机上検討 搬送装置、定置装置は机上検討 | 地上でのユニット化したプレファブリックを基 本 搬送装置、定置装置は机上検討 | 地上でのユニット化したプレファブリックを基 本 搬送装置、定置装置は机上検討 | | | |
| 再取り出し性 | 言及されず | 検討中(処分坑道定置では極めて困難) | 検討中(処分坑道定置では極めて困難) | 言及されず | 言及されず | | | |
| 経済性 | ・数量比率 と 全体比率 | 数量:ベントナイト(100)、オバーパック(100) 掘削量(100)/固化体1本 1.0(廃棄体間隔7m) | 数量:ベントナイト(43)、オバーパック(57) 掘削量(57)/固化体1本 0.5(廃棄体間隔7m) | 数量:ベントナイト(11)、オバーパック(53) 掘削量(13)/固化体1本 0.3 | 数量:ベントナイト(21)、オバーパック(22) 掘削量(21)/固化体1本 0.2 | | | |
| 残された課題 | ・保守的な仕様設定によるコストアップ ・所定の品質の実現性確認 ・長期健全性確保の実証 | ・ジェネリックな条件下での合理性追求 ・所定品質の実現性確認(設計思想を含めて) ・長期健全性確保の実証(考え方を含めて) | ・設計の考え方の実証 ・所定品質の実現性確認 ・長期健全性確保の実証 | ・設計の考え方の実証(力学的な観点から) ・所定品質の実現性確認(定置方法を含めて) ・長期健全性確保の実証 | ・設計の考え方の実証 ・所定品質の実現性確認 ・長期健全性確保の実証 | | | |
| 総合評価 | — | 詳細検討対象:A | (H 3 改良型と同じレベル) | 詳細検討対象:B | 詳細検討対象:C | | | |

2.1.2 廃棄体定置コンセプトに関する調査

(1) 調査対象と調査項目

廃棄体の定置コンセプトについては、H 3 報告書で例としていくつか記述されている。また各国の評価書でも可能性のある定置形態として幾つか例示されている。これまでの定置形態としては、基本的に横置き定置方式と豎置き定置方式が支配的である。またそれぞれの廃棄体の定置方式として、人工バリアの寸法にもよるが、ピット（処分孔）と呼ばれる空洞に1本から数本定置される場合と、処分坑道と呼ばれるピットに比較して大きな径の坑道に複数本定置される方式が存在する。

廃棄体の定置コンセプトとしては、廃棄体の定置形態（横置き、縦置き）と定置方式（ピット、処分坑道）の組み合わせから構成される。また1～複数本を同一の空洞に定置する場合と、多数の廃棄体を定置する場合がそのバリエーションとして存在する。これらの組み合わせを統合し整理した例を、図 2.1.2-1に示す。組み合わせから以下の4つのケースを検討対象とする。

CASE 1：処分孔豎置き方式

CASE 2：処分立坑豎置き方式

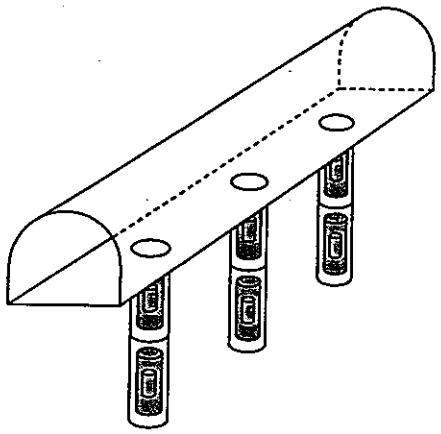
CASE 3：処分孔横置き方式

CASE 4：処分坑道横置き方式

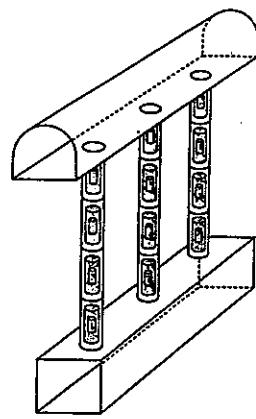
調査検討項目としては、以下の6項目とする。

- ・特徴の整理
- ・施工性
- ・定置性
- ・再取り出し性
- ・経済性
- ・長期健全性

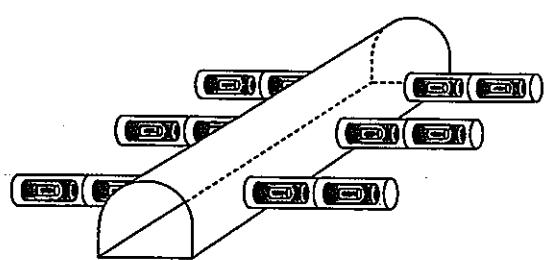
最後に調査結果として総合評価を実施する。



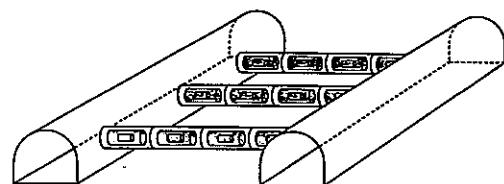
CASE. 1：処分孔豎置き方式



CASE. 2：処分立坑豎置き方式



CASE. 3：処分孔横置き方式



CASE. 4：処分坑道横置き方式

図2.1.2-1 廃棄体定置コンセプトの整理結果

(2)調査分析と背景整理

CASE 1からCASE 4までの特徴を以下に示す。

①CASE 1：処分孔堅置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された鉛直の処分ピット（処分孔）にそれぞれ一体あるいは複数体定置される。
- ・処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性を確保するために、円形に近い形状で適切な支保が適用される。
- ・一つのピットに複数定置される場合は、緩衝材の温度制約から、処分坑道の離隔距離、あるいは処分ピットの間隔が大きくなる。

②CASE 2：処分立坑堅置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された処分立坑に複数本一定間隔で定置される
- ・処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性を確保するために、円形に近い形状で適切な支保が適用される。
- ・施工の観点から、処分立坑は上下の処分坑道間に建設される。処分立坑の長さは最大でも100m程度と想定される。（処分環境の維持）

③CASE 3：処分孔横置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された水平の処分ピット（処分孔）にそれぞれ一体あるいは複数体定置される。
- ・処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性を確保するために、円形に近い形状で適切な支保が適用される。
- ・一つのピットに複数定置される場合は、緩衝材の温度制約から、処分坑道の離隔距離、あるいは処分ピットの間隔が大きくなる。

④CASE 4：処分坑道横置き方式

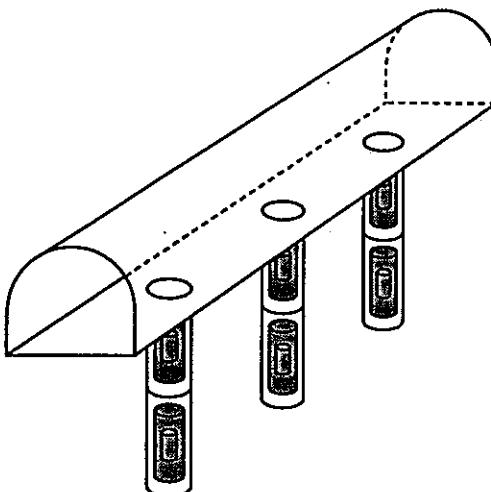
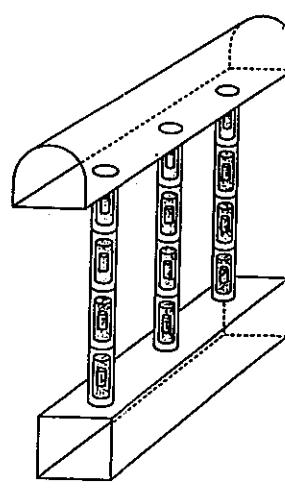
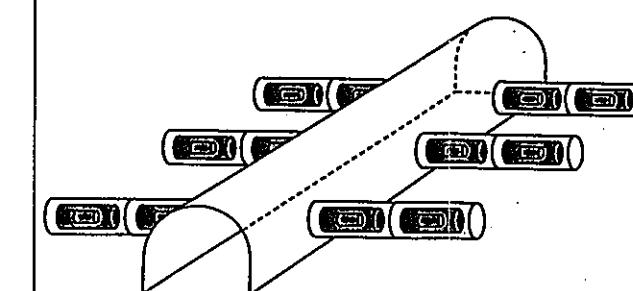
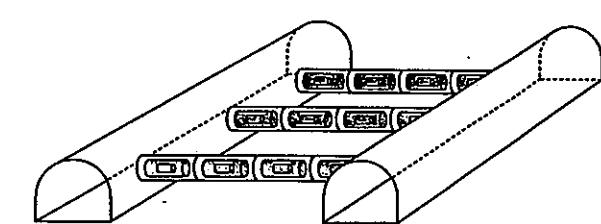
- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に定置される。
- ・処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性を確保するために、円形に近い形状で適切な支保が必要となる。
- ・施工性の観点から処分坑道の両側には主要坑道とよばれる坑道が建設される。処分坑道の長さは建設機械（トンネル・ボーリング・マシンの場合）の経済的な距離、あるいは岩盤の均質性を考慮して1本500m程度が想定される。

それぞれのケースは、長短あり、どの形態が有利か単純な評価は困難である。次節で定性的かつ相対的な比較を行うにあたり、概念が作成されてきた背景について言及する。いずれの方式も同一の安全性と健全性が確保されることを基本としているが、定置形態のバラエティは、サイトの条件と要求される性能に左右される。例えば強度の比較的小さい軟岩では、立坑の豊置き方式の建設は困難がともなうことが想定される。また、再取り出し性といった社会的側面の要求がある場合は、処分立坑方式、処分坑道横置き方式での対応は不可能ではないが実施にあたっては困難が伴う。

(3) 調査結果

4つの廃棄体定置コンセプトに関する調査結果と分析結果を表 2.1.2-1に示す。調査結果は、処分形態の概念図、特徴、施工性、定置性、再取り出し性、経済性、長期健全性について記述している。最後には、総合評価として調査の結果をまとめている。

表 2.1.2-1 廃棄体定置コンセプトの比較

| | CASE 1 : 処分孔豎置き方式 | CASE 2 : 処分立坑縦置き方式 | CASE 3 : 処分孔横置き方式 | CASE 4 : 処分坑道横置き方式 | |
|--------|--|--|--|---|---|
| 処分形態 |  |  |  |  | |
| 特徴 | <ul style="list-style-type: none"> 廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された処分孔（処分ピット）にそれぞれ一体あるいは複数本定置される。 処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性確保の観点から円形に近い形状で適切な支保を用いて建設される。 1孔に複数定置される場合は、処分坑道の離隔距離、あるいは定置ピッチは大きくなる。 | <ul style="list-style-type: none"> 廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された処分孔（処分ピット）にそれぞれ一体あるいは複数本定置される。 処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性確保の観点から円形に近い形状で適切な支保を用いて建設される。 施工の観点から、処分用立坑は上下の処分坑道間に建設される。立坑の長さは100m程度と想定される。 | <ul style="list-style-type: none"> 廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された処分孔（処分ピット）にそれぞれ一体あるいは複数本定置される。 処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設される。堆積岩の場合は、空洞の安定性確保の観点から円形に近い形状で適切な支保を用いて建設される。 1孔に複数定置される場合は、処分坑道の離隔距離、あるいは定置ピッチは大きくなる。 | <ul style="list-style-type: none"> 廃棄体は、処分坑道に一定間隔に定置される。 処分坑道は、人工バリアの規模に対応して円形に建設され、堆積岩の場合は適切な支保が準備される。 1本の処分坑道の長さは500m程度となる 施工の観点から、処分坑道はその両端に施工のための坑道が建設される。 | |
| 処分孔施工性 | 空洞掘削性 | <ul style="list-style-type: none"> 処分ピットは処分坑道からボーリング掘削機を使用 立坑方式より効率が劣る | <ul style="list-style-type: none"> 処分立坑はレーザボーラの使用により急速施工が可能（下部に坑道の存在が不可欠となる） | <ul style="list-style-type: none"> 処分ピットは処分坑道からボーリング掘削機を使用 縦置き方式より効率が高い | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道はボーリング掘削機で効率的に施工可能（反対側に坑道がある場合は効率が高い） |
| | 空洞安定性 | <ul style="list-style-type: none"> 堆積岩では支保が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 堆積岩では支保が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 堆積岩では支保が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 堆積岩では支保が必要 |
| 定置性 | 現位置セット | <ul style="list-style-type: none"> 1孔づつパンナイトロックを用いた原位置で定置できる | <ul style="list-style-type: none"> 困難 | <ul style="list-style-type: none"> パンナイトロックの使用によるセット | <ul style="list-style-type: none"> パンナイトロックの使用による1本づつのセット |
| | ユニット型 | <ul style="list-style-type: none"> 方向転換、吊上げ、吊込みの設備開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 方向転換、吊上げ、吊込みの設備開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 押し込み方式の設備開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 長距離押し込み方式の設備開発が必要 |
| | 隙間充填性 | <ul style="list-style-type: none"> 重力方向のため比較的容易に充填可能 | <ul style="list-style-type: none"> 機械による充填方法の開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 上部の隙間に充填する手法の開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 上部の隙間に充填する手法の開発が必要 |
| | 定置確認 | <ul style="list-style-type: none"> 他のケースより最も確実 | <ul style="list-style-type: none"> 深部の定置精度確認のための手法の開発が必要 | <ul style="list-style-type: none"> 比較的管理が可能 | <ul style="list-style-type: none"> ユニット型の場合の管理方法開発が必要 |
| 再取り出し性 | | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道が埋戻しされるまでは容易 | <ul style="list-style-type: none"> 困難 | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道が埋戻しされるまでは容易 | <ul style="list-style-type: none"> 困難 |
| 経済性 | 掘削量 | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道の分、掘削量が最も多い | <ul style="list-style-type: none"> 掘削量は、CASE 1より少ない | <ul style="list-style-type: none"> CASE 1より少ない | <ul style="list-style-type: none"> 最も掘削量は少ない |
| | バリア材 | <ul style="list-style-type: none"> バリア材は同じ（広い範囲の管理区域の設定が必要） | <ul style="list-style-type: none"> バリア材は同じ（広い範囲の管理区域の設定が必要） | <ul style="list-style-type: none"> バリア材は同じ（広い範囲の管理区域の設定が必要） | <ul style="list-style-type: none"> バリア材は同じ |
| | 埋戻材 | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道の分、埋戻量が最も多い | <ul style="list-style-type: none"> CASE 1より少ないが横置き方式より大きい | <ul style="list-style-type: none"> CASE 1より少ない | <ul style="list-style-type: none"> 最も埋戻量は少ない |
| 長期健全性 | ペントナイト流出 | <ul style="list-style-type: none"> 上部からの処分坑道への流出について要検討 | <ul style="list-style-type: none"> 上部からの処分坑道への流出について要検討 | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道への流出について要検討 | <ul style="list-style-type: none"> 処分坑道への流出について要検討 |
| | 安定性 | <ul style="list-style-type: none"> 現在解析検討では大きな影響はないと予測されている | <ul style="list-style-type: none"> ペントナイトの圧密沈下、オバーパックの沈下について要検討 | <ul style="list-style-type: none"> 現在解析検討では大きな影響はないと予測されている | <ul style="list-style-type: none"> 現在解析検討では大きな影響はないと予測されている |
| | 劣化 | <ul style="list-style-type: none"> セメント系材料とペントナイト材料の相互作用については要検討 | <ul style="list-style-type: none"> セメント系材料とペントナイト材料の相互作用については要検討 | <ul style="list-style-type: none"> セメント系材料とペントナイト材料の相互作用については要検討 | <ul style="list-style-type: none"> セメント系材料とペントナイト材料の相互作用については要検討 |
| 総合評価 | | <ul style="list-style-type: none"> φ2.2mの処分ピットを効率よく掘削するための開発が必要であるが、オバーパック、ペントナイトの定置は比較的容易に品質よくできる可能性が高い。 処分坑道が必要のため全体コストは最も高い。 処分場の完全閉鎖まで個別に廃棄体の状況をモニタリングすること、再取り出し性は確保される。 | <ul style="list-style-type: none"> 処分立坑は効率よく施工できる技術は存在する。 上下の坑道が必要となるため初期段階での施工が複雑となる。また評価上、廃棄体が異なる深さに定置されることに対する対応が必要。 廃棄体の定置のため特別な設備が必要で、定置品質の確認が難しいため技術開発が必要となる。 再取り出し性とモニタリングは困難。 | <ul style="list-style-type: none"> 水平方向に処分孔を効率よく掘削する機械の開発が必要。 処分坑道から両方向に定置することから、処分坑道は効率的に活用できる。 CASE 1より数量は減るが、廃棄体の定置性の観点から急速施工、品質確認の技術開発が必要。 再取り出し性、モニタリングは確保される。 | <ul style="list-style-type: none"> 水平方向に長距離に機械掘削する技術は存在する。 処分坑道そのものに廃棄体を定置することから、最もコストが低く抑えられる。 廃棄体の定置性の観点から、急速施工、品質確認の技術開発が必要。 再取り出し性、モニタリングは困難。 |

参考文献

- 動力炉・核燃料開発事業団（1997）：地層処分研究情報交換会（INTEGRATE'97），PNC TN11
00 97-004, pp. 3. 2. 185-190
- M. Toyota, I. G. McKinley (1997) :Optimization of the engineered barrier system for
vitrified HLW, Proc. of The 8th International Conference of HLRWM, Las Vegas 1998,
pp. 648-652
- M. J. Apted(1997) :Modest Proposal : A Robust, Cost-Effective Design for High-Level
Waste Packages, Proc. of MRS'97, Switzerland, October

2.2 人工バリアコンセプトの特性評価

2.2.1 人工バリアコンセプトの比較

(1) 調査対象の設定と比較項目

人工バリアコンセプトの比較対象は、2.1で調査対象とした以下の5つのコンセプトとする。

- ①H3コンセプト
- ②H3改良コンセプト（動燃殿より提示）
- ③電共研での参考コンセプト（地層処分研究情報交換会“INTEGRATE'97”）
- ④Toyota+McKinleyの提案コンセプト（1998 IHLRWM to be published）
- ⑤Aptedの提案コンセプト（MR S'97 in Davos）

比較項目は、人工バリアコンセプトの特性比較を目的に以下の項目を設定する。

- ・長期に考慮すべき事象への対応性（性能評価に関する項目）
- ・長期安全確保の見通し
- ・製作性（オーバーパック、ペントナイト緩衝材）
- ・定置方法（ユニット型、ブロック型）
- ・再取り出し性
- ・経済性（製作費用、定置費用、建設費用、その他）
- ・残された課題
- ・総合評価

これらの項目の内、特に長期に考慮すべき事象への対応性として、さらに以下の項目を設定する。

- ・外部からの水圧／地圧への耐久性
- ・周辺岩盤のクリープ変形への追随性
- ・オーバーパックの支持性
- ・周辺温度とガラス固化体の発熱への耐久性
- ・炭素鋼オーバーパックの腐食膨張への耐久性
- ・オーバーパックの腐食生成物との化学的相互作用による健全性
- ・セメント系支保工材との化学的相互作用による健全性

- ・地下水化学特性に対する健全性と化学的・力学的緩衝性の長期確保
- ・ガスのブレークスルーに対する健全性
- ・ベントナイトの流出に対する滞留性
- ・周辺の隙間への自己シール性
- ・コロイドフィルター性

(2) コンセプトの比較

今回調査した4つのコンセプト（図 2.1.1-1）を対象に、上記の調査項目を整理して表2.1.1-2に示す。ここで長期的に考慮すべき事象への対応性では、

○：定量的検討で確認

△：懸案事項として解決されていない

－：検討されていない

*：定性的検討で確認

で主観的な評価を実施している。

それぞれのコンセプトの比較結果を以下のようにとりまとめた。

① H 3 コンセプト：

- ・処分の成立性を示す目的で設定された概念であることから、オーバースペックの仕様となっている。合理化の観点からは検討されていない。
- ・ベントナイトが本来有する特性を利用した緩衝材としての役割を期待した概念でありそのベントナイトも国内産を用いており、長期的に考慮すべき事象への対応性検討に用いる十分な物性値が把握されていなかった。
- ・オーバーパックの厚さも、保守的な腐食率を設定したため厚くなっている。
- ・総合して他のコンセプトに比較して最も高いスペックとなっている。

② H 3 改良コンセプト：

- ・地質環境条件は同じゼネリックであるが、地圧条件、側圧係数、腐食率等がデータの取得が進展したこともあり、現実的な設定が実施されているため、オーバーパックの厚さに関しては最新の腐食試験結果による1000年間の腐食代、および耐圧計算からの厚さの合計でH 3よりは削減されている。（300mm ⇒ 210mm）
- ・オーバーパックの腐食膨張が周辺岩盤（花崗岩）に与える影響を考慮して、力学的緩

衝材としてのペントナイト厚さを決定している。（H3コンセプトに対して980mm ⇒ 670mmに削減）

- ・人工バリア材の厚さ等の削減により、処分坑道の掘削径が削減されている（ ϕ 3000mm ⇒ ϕ 2200mm）
- ・緩衝材としてペントナイトとケイ砂の混合材を用いることにより、所定の透水係数を確保したまま、ガスのブレーキスルー、ペントナイトの温潤膨張による圧力の低減、および所定密度の施工性を高めている。

④電共研コンセプト：

- ・検討は H3コンセプトを出発点とした改良案であり、思想的にはH3改良案を類似している。
- ・オーバーパックは、耐圧計算に基づく耐圧代と腐食代とで200mm（170+30mm）の厚さになっている。
- ・緩衝材はペントナイト：ケイ砂=8：2の混合とし、オーバーパックの腐食膨張による周辺岩盤への影響を検討している。（H3改良と同じ）緩み領域での強度低下は考慮していないため、厚さ40cmで応力緩衝性ありと判断している。
- ・自己シール性についても上部に発生する施工時の間隙を埋めるために必要な緩衝材の密度を解析的に求め、40cmあれば過剰な膨潤圧を発生せずにシールできると判断している。

⑤Toyota+McKinleyのコンセプト：

- ・基本的にはスイスGewahr1985を出発点とした合理化アイデアであり、幾つかの不確実性を明確にするために、バリアシステムの構成を検討している。
- ・オーバーパックの厚さを設定する考え方とは、H3改良、電共研と同様であるが、腐食率をオーバーパックの周辺に配置した砂層の効果を考慮して小さく設定しており、結果的に深さ800mであるが、100mmと薄くなっている。
- ・緩衝材は、ペントナイトとケイ砂の混合比のことなる3層から構成されており、それぞれの役割を設定している。外部バックフィル層は、中間層にある100%ペントナイト層を保護するとともに外内圧を力学的に緩衝し、再冠水時に均等に地下水が浸透する透水係数としている。内部バックフィル層はケイ砂：ペントナイト=10：1と

し、オーバーパックの腐食によるガス圧の低減、腐食膨張による力の均等化をはかる役割を期待している。

- ・H 3 改良、電共研のコンセプトに比較して、懸案事項とされた長期的に考慮すべき事象への対応を、コンセプトによって対応しようとする試みがなされている。それぞれの期待される役割が性能通り発揮されるかどうかの確認は必要である。
- ・電共研でも検討されているが、このコンセプトでは、施工性と品質保証の観点からプレファブリックなユニット化（一体型）定置方式を基本としており、輸送方法、定置方法に関しては今後検討が必要であるが、将来的に遠隔操作を中心に検討を進めていくのであれば合理的な方法といえる。
- ・さらに、ユニット化のため外部に炭素鋼ケーシングを用いることから、再冠水時間を遅らせることができ、ベントナイトの熱による制約を緩和でき、高密度での配置の可能性がある点、H 3 改良、電共研に比較して合理化への展開が可能である。

⑥Apted のコンセプト：

- ・コンセプトそのものは、H 3 コンセプトの課題解決を目標として提案された概念であり、長期の健全性を確保するために幾つかのアイデアが提案されている。
- ・1 0 0 0 年間の隔離を外側の炭素鋼オーバーパックで確保する。この厚さは、腐食代のみを考慮して決定されているようである。外圧に抵抗する耐圧部材とはしていない。
- ・緩衝材は核種の適時の放出を容認する範囲で厚さを決定しているため、150mm と大幅に削減されている。核種によっては、緩衝材中に閉じ込める期間を確保することが有効であるが、H 3 で採用した核種移行経路の設定では、この程度の厚さがあれば、最終的な放出は十分基準を下回る範囲であると判断しており、天然バリア中の核種移行距離と移行経路の特性によっては、緩衝材の厚さを合理化できる可能性を示唆している。
- ・このコンセプトの大きな利点は、従来ガラス固化体に接して鋼製のオーバーパックを設置していたが、外部に設置することにより、腐食膨張の影響、ガスの影響が長期健全性の評価上のレベルが低減された点にある。温度による緩衝材の劣化、放射線分解等の幾つかの課題はあるが合理化への一つのアプローチを示唆している。

(3) 比較評価

各コンセプトの相対比較結果を総合評価を含めて、表 2.1.1-1にまとめて示す。それぞれの特質があり、定性的な比較だけで優劣をつける段階ではないと判断した。ここで取り扱ったコンセプトは大別して、H3コンセプトのタイプをより現実的な条件の設定により設計上で合理化する方向（H3改良、電共研）、長期の懸案事項を改良することにより対応する方向（Toyota+McKinley）、新しい概念を作る方向（Apted）に分類できる。各コンセプトには、それぞれの良さがあり、安全性の確保、長期の健全性確保、施工性、品質保証の観点からどこに合理性を追求できかの詳細な検討が必要とされる。この件については、2.5章で言及する。

2.2.2 廃棄体定置コンセプトの比較

(1) 比較対象の設定と比較項目

比較の対象とする定置コンセプトは、2.1.2で調査した以下の4ケースとする。

- ・ CASE 1：処分孔縦置き方式
- ・ CASE 2：処分立坑縦置き方式
- ・ CASE 3：処分孔横置き方式
- ・ CASE 4：処分坑道横置き方式

比較評価は、すでに2.1.2で示した以下の調査項目に関して相互に実施する。

- ・施工性
- ・定置性
- ・再取り出し性
- ・経済性
- ・長期健全性

特に、定置性を含めた施工性（品質管理の確実さ、完成後の品質保証の観点）、再取り出しが要求された場合の安全性を担保した手法の適用性、および物流の観点からの輸送定置のし易さを含めた総合的な比較評価を試みる。

(2) コンセプトの比較

CASE 1からCASE 4までを比較した結果を表 2.1.2-1 に示す。相互の比較結

果をまとめると以下の特徴がある。

①CASE 1：処分孔豎置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された鉛直の処分ピット（処分孔）にそれぞれ一体あるいは複数体定置されることから、それぞれ独立したシステムで操業ができる。
- ・処分ピットの施工性を考慮すると、直径2mレベルの垂直の立坑を狭い作業エリアで精度よく高速に建設できるかの観点、特に堆積岩の場合は支保工が必要となることから施工手順の検討が不可欠となる。
- ・処分坑道は、廃棄体の運搬・定置に必要なスケールで建設されることから、各ピットに廃棄体が定置されても、独立して定置されることから、処分坑道の空間が維持されているかぎり、安全な再取り出し性は確保できる。
- ・処分坑道を最終的に埋戻すことから、その仕様によっては数量が多くなりコストアップの要因となる。

②CASE 2：処分立坑豎置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された処分立坑に複数本一定間隔で定置されることから、定置に際しては、作業安全と品質管理のためのソフト・ハードシステムが必要とされる。
- ・立坑は上下の坑道を利用したレーズボーラで建設されるが、軟岩系ではその施工にさいしての困難さが予測されるため、硬岩系のみへの適用が現実的である。
- ・立坑の長さが100m程度では、30本以上の廃棄体が立坑に定置されるため、再取り出しが要求された場合、安全性を確保して取り出すには技術的な開発が必要とされる。また、どの廃棄体を取り出すかの認定が難しく、結果的には、大量の緩衝材の処分が必要となる。

③CASE 3：処分孔横置き方式

- ・廃棄体は、処分坑道に一定間隔に構築された水平の処分ピット（処分孔）にそれぞれ一体あるいは複数体定置される。そのためのスペースの確保が必要となる。廃棄体をユニットで定置するためのハード技術の開発と実証が不可欠となる。
- ・この形態は結晶質岩、堆積岩どちらにも適用可能である。
- ・処分坑道が維持されている限り、比較的容易に再取り出しが可能である。

④CASE 4：処分坑道横置き方式

- ・廃棄体は、長い処分坑道に一定間隔に定置されるため、定置作業は坑道の建設と独立して実施できる。定置間隔を的確に定めることにより、全体としては掘削量、埋戻し材の量が最小とすることができます。
- ・1本の坑道に50体以上の廃棄体と定置することになる。そのため、再取り出し性が要求された場合、取り出す廃棄体を把握する手法、および取り出し時に大量の緩衝材の処分が必要となる。
- ・この形態は結晶質岩、堆積岩どちらにも適用可能である。

(3) 比較評価

4つの廃棄体定置コンセプトに関する総合評価結果を表 2.1.2-1に示す。それぞれの評価結果には、技術的な課題も合わせて記述している。

2.3 以降の人工バリアコンセプトの経済性評価では、現段階では、CASE 4の横置き方式を基本ケースとして選定することとする。

2.3 人工バリアコンセプトの経済性評価

2.3.1 比較対象の設定と比較の前提

(1) 比較対象

経済性評価の対象となる人工バリアデザインは、第1次とりまとめで示されたH3と第2次とりまとめに向けて検討中のH3改良案の2つとする。両デザインを図-2.3.1.1に示す。本章の目的はH3からH3改良案へのデザインの見直しにより、経済性の観点からどの程度の合理化がなされたかの把握である。

両デザインの経済性の比較項目を以下の4つとした。

- ・ 建設費
- ・ 人工バリアの製作費
- ・ 操業費
- ・ 閉鎖費

各比較項目の積算の前提を次節に示す。

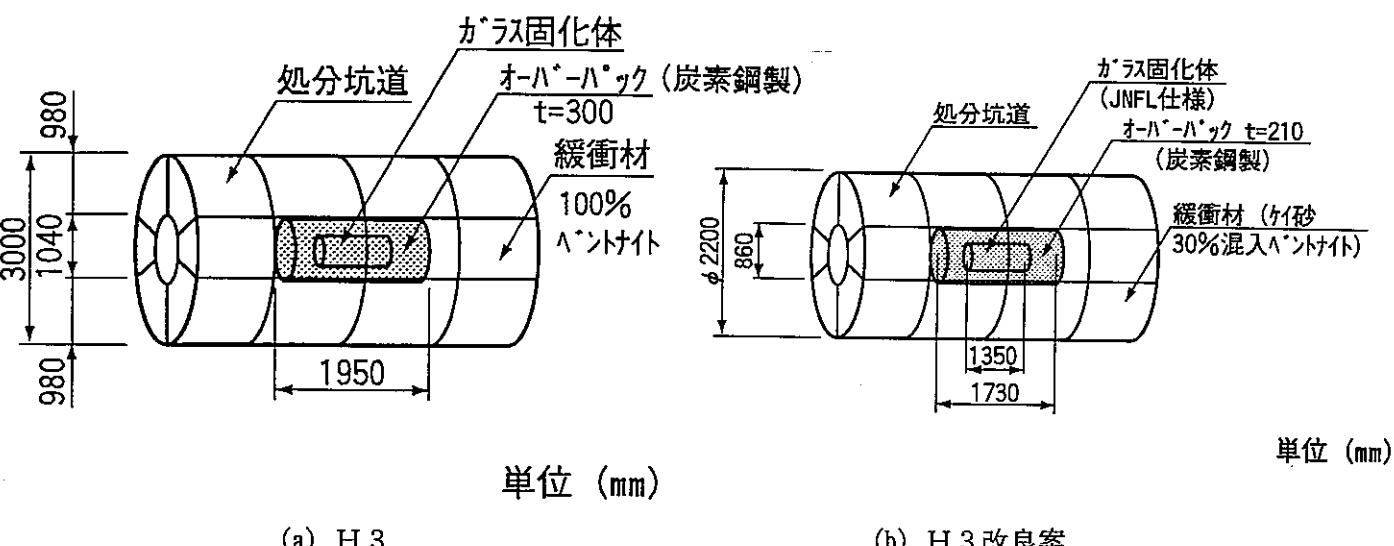


図-2.3.1.1 H3デザインとH3改良案

(2) 比較の前提

経済性の比較評価は、結晶質岩を対象とした横置き定置方式をベースとした人工バリアデザインを対象とする。以下に各比較項目の前提条件を整理して示す。

a. 建設費

①対象項目

地下施設の建設に要するアクセス坑道、主要/連絡坑道、処分坑道の工事費を対象とする。地上施設、インフラ施設および地下施設内の設備については対象に含めない。

②施設配置

図-2.3.1.2 に示す第1次取りまとめで示された立坑によるアクセスを想定した8パネルの施設レイアウト（40000 本定置）を基本とした。施設配置は両人工バリアデザインを基本とした熱解析による埋設密度の検討（廃棄体間隔は共に7m）により設定した。

③処分深度

1000m とする。

④各坑道の仕様

人工バリアデザインの見直しによる経済性への影響の把握を目的とすることから、立坑および主要／連絡坑道の仕様は同一とした。処分坑道の仕様は両デザインに従う。

⑤各坑道の施工単価

「平成7年度 地層処分システムの設計手法の開発（II）（PNC ZJ1201 96-001）」に示される結晶質岩横置き定置方式での積算単価の検討結果を利用する。積算単価検討の前提となる坑道仕様を図-2.3.1.3 に示す。両デザイン共に処分坑道の仕様は無支保となることから、坑道掘削 1m³ での積算単価を直接適用することとした。各積算単価は直接工事費、間接工事費および一般管理費を含んだ工事価格から算出したものである。

b. 人工バリア製作費

①製作費単価

「平成8年度 地層処分施設の設計研究（PNC ZJ1449 97-004）」に示される H3 デザインをベースとした製作費を基本とする。

②オーバーパック

オーバーパック一体当たりの製作費から算出した 1m³ 当たりの製作費単価を適用した。

③緩衝材

緩衝材ブロックの分割方式については共に共通とした。

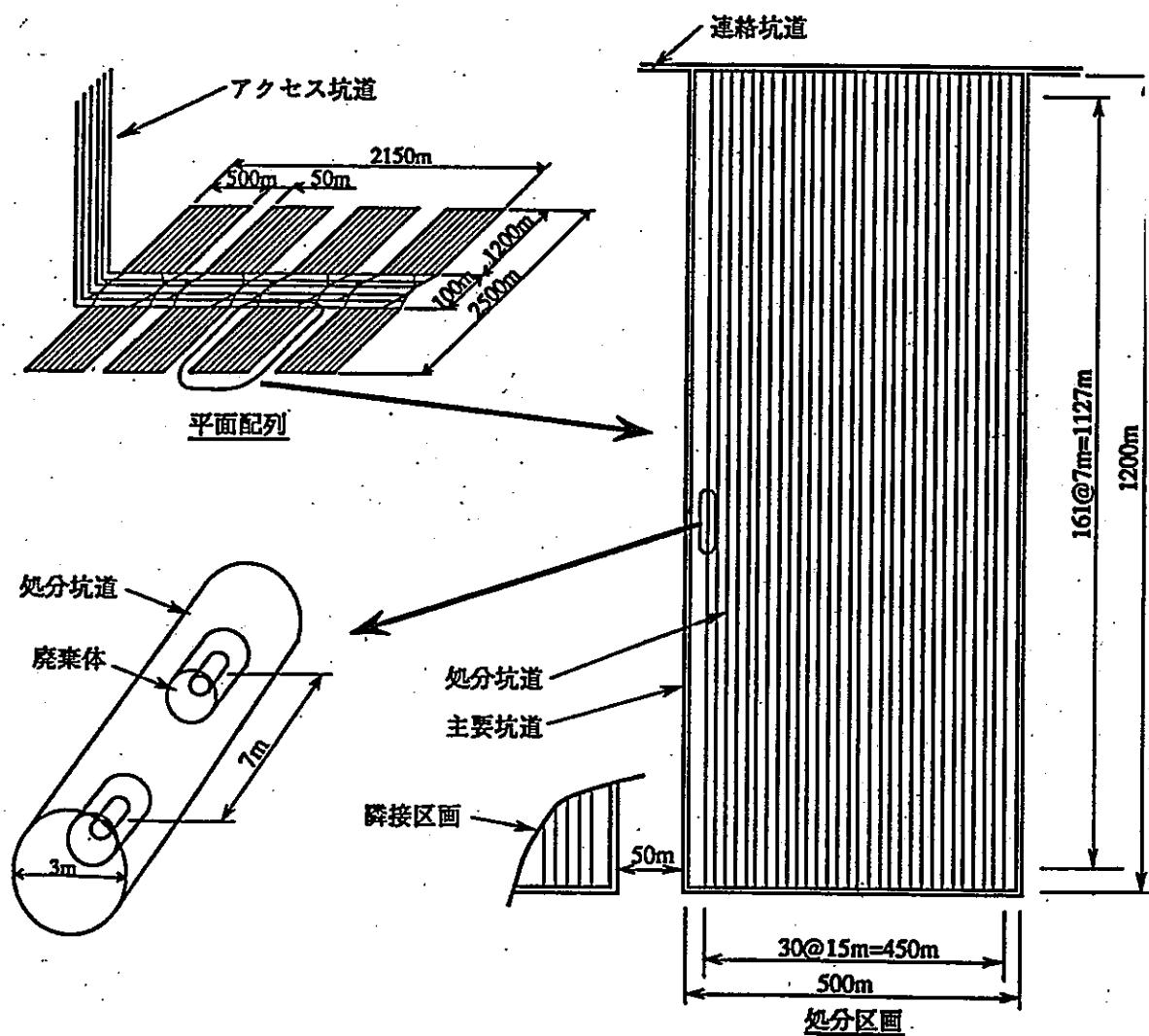
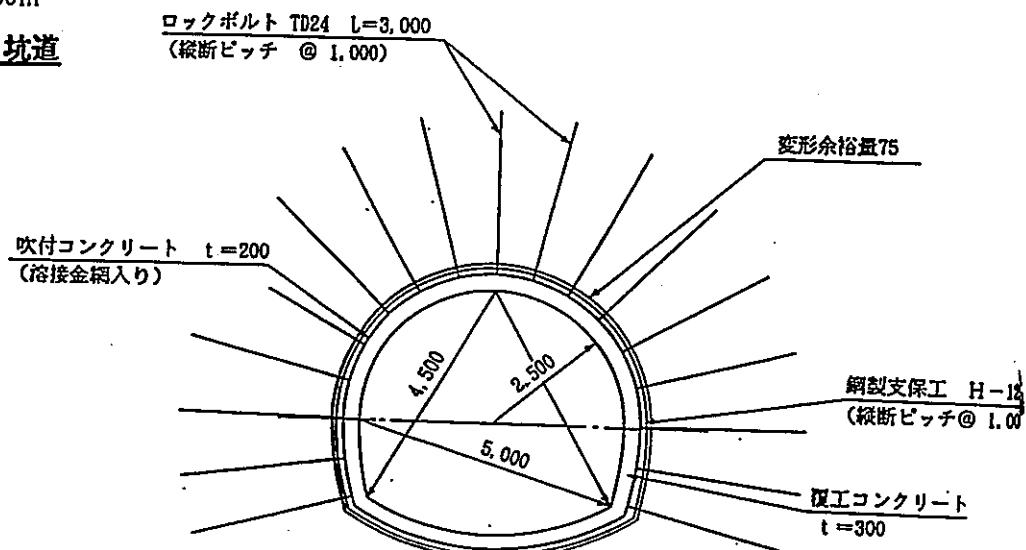
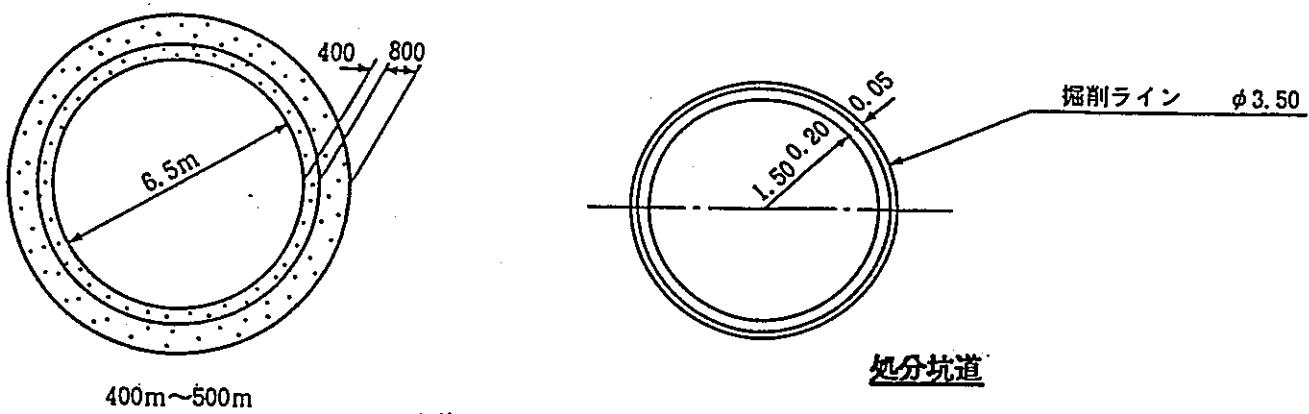
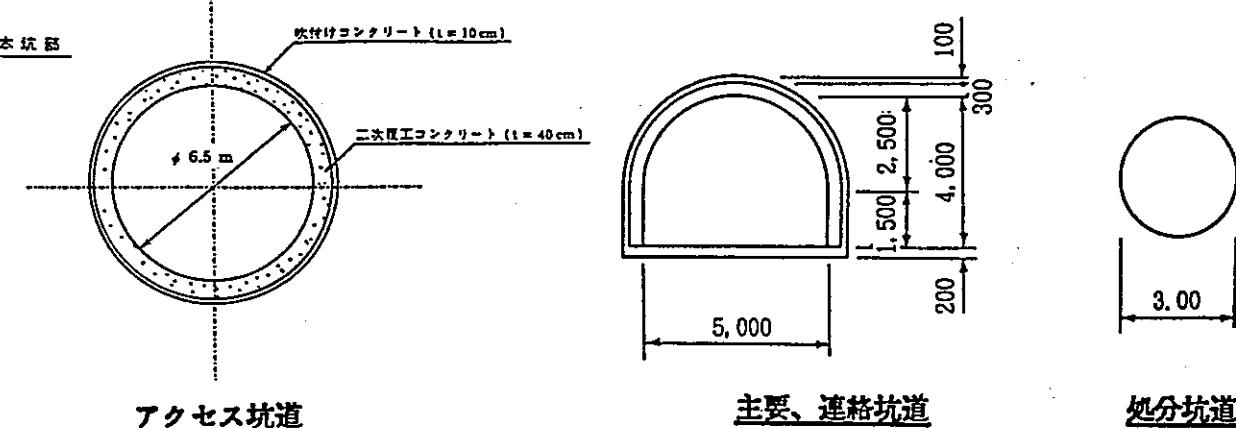


図-2.3.1.2 検討の前提となる施設レイアウト



(a) 堆積岩



(b) 結晶質岩

図-2.3.1.3 単価検討の前提とした地下施設の坑道仕様

c. 操業費

「平成 8 年度 地層処分施設の設計研究 (PNC ZJ1449 97-004)」に示される H3 概念をベースとした操業費を基本とした。

d. 閉鎖費

アクセス坑道、主要/連絡坑道を対象とした閉鎖の材工費を対象とする。地上施設、地下施設内の設備費等は含めない。「平成 8 年度 地層処分施設の設計研究 (PNC ZJ1449 97-004)」に示される H3 概念をベースとした閉鎖費を基本として、埋戻し工 1m³ 当たりの単価を適用し、埋戻し材の仕様は共通とした。

2.3.2 コンセプトの概略比較

(1) 建設費

a. 算出条件

建設費経済性評価の算出条件を表-2.3.2.1 に示す。

表-2.3.2.1 建設費の算出条件

| 項目 | H3 | H3 改良案 | 備考 |
|--------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| 連絡坑道延長 | 2150m×6 本+5000m= 17900m | 1750m×6 本+5000m= 15500m | 埋設密度により設定 |
| 主要坑道延長 | 2900m×8 パネル= 23200m | 2800m×8 パネル= 22400m | 埋設密度により設定 |
| 処分坑道断面 | 7.1m ² ($\phi=3m$) | 3.8m ² ($\phi=2.2m$) | 人工バリアデザインにより設定 |

b. 単価

「平成 7 年度 地層処分システムの設計手法の開発 (Ⅱ) (PNC ZJ1201 96-001)」より設定した単価を表-2.3.2.2 に示す。

表-2.3.2.2 建設費の積算に用いた単価

| 項目 | 分類 | 費用(百万円) | 単価 | 単位 |
|--|-------|---------|---------|------------------|
| アクセス坑道建設 (立坑1本当たり 51,964m ³) | 直接工事費 | 4,146 | — | — |
| | 間接工事費 | 1,174 | — | — |
| | 一般管理費 | 500 | — | — |
| | 合計 | 5,820 | 112,000 | 円/m ³ |
| 連絡/主要坑道建設 (463,700+650,400m ³) | 直接工事費 | 28,642 | — | — |
| | 間接工事費 | 18,200 | — | — |
| | 一般管理費 | 4,398 | — | — |
| | 合計 | 51,240 | 39,000 | 円/m ³ |
| 処分坑道建設 (3,090,200m ³) | 直接工事費 | 163,040 | — | — |
| | 間接工事費 | 89,985 | — | — |
| | 一般管理費 | 25,303 | — | — |
| | 合計 | 286,682 | 92,771 | 円/m ³ |

c. 積算結果

建設費の積算結果を表-2.3.2.3に示す。表より、人工バリアデザインの見直しによる建設費への合理化程度はH3を基準とすると、100:58となり約42%の減となる。

表-2.3.2.3 建設費の積算結果

| 分類 | 単価(円) | 単位 | H3数量 | H12数量 | H3費用(百万円) | H12費用(百万円) | 備考 |
|-----------|---------|----|---------|--------|-----------|------------|---|
| アクセス坑道建設費 | 112,000 | m3 | 318086 | 318086 | 35,626 | 35,626 | H3,H12共:外径 ϕ 7.5m,1200m × 6本 |
| 連絡坑道建設費 | 39,000 | m3 | 399170 | 345650 | 15,568 | 13,480 | H3:2150m × 6本+5000m,S=22.3m ² H12:1750m × 6本+5000m,S=22.3m ² |
| 主要坑道建設費 | 39,000 | m3 | 517360 | 499520 | 20,177 | 19,481 | H3:2900m × 8パネル,S=22.3m ³ H12:2800m × 8パネル,S=22.3m ³ |
| 処分坑道建設費 | 92,771 | m3 | 2112960 | 922560 | 196,021 | 85,587 | H3:1200m × 31本 × 8パネル,S=7.1m ² H12:1200m × 31本 × 8パネル,S=3.1m ² |
| | | | | 合計 | 267,392 | 154,174 | |
| | | | | 比率 | 100 | 58 | |

(2) 人工バリア製作費

H 3 改良概念のオーバーパックと緩衝材の製作費を評価し、H 3 概念の費用との比較を行う。

(a) オーバーパック

「地層処分施設の設計研究」(PNC ZJ1449 97-004)において、H 3 概念のオーバーパック(肉厚 30cm) 製作費は次のように評価されている。

一体当たりの単価 : 7,900 千円／一体

m³単価 : 5,448 千円／m³

したがって、4万本では

316,000 百万円

となる。

ここでは、上記m³単価を用いて、H 3 改良概念仕様オーバーパックの一体当たりの費用を算出する。H 3 改良概念ではオーバーパックの肉厚は 21cm であり、その体積は

$$F(860-440) \times (1770-1340) \text{ [mm]} = 0.82 \text{ m}^3$$

したがって、H 3 改良概念仕様のオーバーパック一体当たりの単価は

4,500 千円／一体

となり、4万本では、

180,000 百万円

となる。算出結果を表-2.3.2.4 に示す。

表-2.3.2.4 オーバーパック費用
(H 3 概念と H 3 改良概念の比較)

| | H3概念 | H3改良概念 |
|---------------------------|-------------|------------|
| 外形寸法 [mm] | Φ1040x1950L | Φ860x1770L |
| 体積 [m ³] | 1.45 | 0.82 |
| 容積単価 [千円／m ³] | 5,448 | 5,448 |
| 一体当たりの単価 [千円／一体] | 7,900 | 4,500 |
| オーバーパック費用(4万本)[百万円] | 316,000 | 180,000 |

(b) 緩衝材

H 3 概念の緩衝材の製作費についても、「地層処分施設の設計研究」(PNC ZJ1449 97-004)において評価されている。ここでは、この文献における評価手法にしたがって、H 3 改良概念の緩衝材の製作費を算出して、H 3 概念の費用との比較を行う。

H 3 改良概念では、緩衝材に 30%ケイ砂を混合することから、緩衝材単価の算出には上記文献の埋戻し材の単価に示されているケイ砂（3号と5号）の材料単価 22,000 円／ton を用いる。

ここで、H 3 改良概念での廃棄体一体当たりの緩衝材ブロックの分割方式については、基本的に H 3 概念と同様とした。このため、廃棄体一体当たりの材料単価は緩衝材体積の変化に応じて異なるが、ブロック数あるいは金型の数に依存すると考えられる。

- ・廃棄体一体当たりの設備費
- ・廃棄体一体当たりの加工費
- ・廃棄体一体当たりの検査費

については、H 3 概念と同じとした。

処分深度 1000m、横置き定置方式の場合の H 3 概念および H 3 改良概念の緩衝材費用を表-2.3.2.5 に示す。ここで、処分坑道内の廃棄体定置間隔は 7m としている。

表-2.3.2.5 緩衝材費用
(H 3 概念と H 3 改良概念の比較、処分深度 1000m、横置き定置)

| | H 3 概念 | H 3 改良概念 |
|--------------------------------|-------------|-----------------------|
| オーバーパック寸法 [mm] | F1040x1950L | F860x1770L |
| 材料 | クニゲルV1-100% | クニゲルV1-70% ケイ砂-30% |
| 乾燥密度 [g/cm ³] | 1.8 | 1.6 |
| 厚さ [cm] | 98 | 67 |
| 処分坑道径 [mm] | 3000 | 2200 |
| 廃棄体定置間隔 [mm] (処分深度1000mを想定) | 7000 | 7000 |
| ペントナイト材料単価 [円／ton] | 41,000 | 41,000 |
| ケイ砂（3号と5号）材料単価 [円／ton] | - | 22,000 |
| 緩衝材容積単価 [円／m ³] | 82,000 | 61,572 |
| 廃棄体一体当たりの体積 [m ³] | 47.82 | 25.58 |
| 廃棄体一体当たりの材料単価 [千円／一体] | 3,921.2 | 1,575.0 |
| 廃棄体一体当たりの設備費 [千円／一体] | 165.8 | 165.8 |
| 廃棄体一体当たりの加工費 [千円／一体] | 30.0 | 30.0 |
| 廃棄体一体当たりの検査費 [千円／一体] | 15.0 | 15.0 |
| 廃棄体一体当たりの単価 [千円／一体] | 4,132.0 | 1,785.8 |
| 緩衝材費用（4万本） [百万円] | 165,279.6 | 71,430.5 |

(3) 操業費

「地層処分施設の設計研究」(PNC ZJ1449 97-004)におけるH 3概念の操業費の評価手法をH 3改良概念に適用し、H 3概念とH 3改良概念の操業費の比較を行う。

(a) H 3概念

「地層処分施設の設計研究」(PNC ZJ1449 97-004)において評価されたH 3概念の操業費の各費目を整理するとともに、総額と合わせて表-2.3.2.6に示す。なお、表には、上記(1)で示したオーバーパックおよび緩衝材の費用を物品費として操業費に含めている。

H 3概念の操業費の総額は、618,828百万円となる。

(b) H 3改良概念

人工バリア概念・仕様の変化が操業費用に及ぼす影響を検討し、H 3改良概念の費用を算出する。ここでは、基本的な操業システムはH 3概念と同じであるものとして検討を行った。

i) 地上施設

地上施設の内装設備の項目のうち、費用が人工バリア仕様に依存するものを表-2.3.2.7に示す。ここで、依存性のある項目を○印で示し、その要因を備考欄に示す。

地上施設内装設備の中で依存性がある項目は、

- ・オーバーパックセル内のオーバーパック移送台車
- ・オーバーパック移送セル内のオーバーパック移送台車
- ・オーバーパック供給室内のオーバーパック移送台車

であり、その要因は、

- ・オーバーパック重量の減少に伴う定格荷重の低下
- ・オーバーパックの遮蔽性能見直しに伴う台車救援方式の変更

である。

地上施設の放射線管理設備については、H 3概念の費用と同じとし、地上施設建屋付帯設備については、内装設備費用の変化に比例するものとして算出する。また、地上施設のランニングコストについては、次の仮定に基づき算出する。

- ・設備補修費：表-2.3.2.6と同様に設備費の3%/年
- ・電力費：地上施設設備費総額に比例
- ・人件費：H 3概念費用と同じ

表-2.3.2.6 H3概念の操業費（処分深度1000m、横置き定置）

| | | 項目 | 費用[百万円] | 小計[百万円] | 備考 | |
|-----------------------|---------|---------------|---------|---------|--------------------------|--|
| 地上施設 | 内装設備 | トラックエリア | 736 | | 主要機器:クレーン | |
| | | キヤスク移送セル | 405 | | 主要機器:搬送台車 | |
| | | キヤスク検査室 | 2,022 | | 主要機器:クレーン、検査機器 | |
| | | ガラス固化体取り出しセル | 80 | | 主要機器:クレーン | |
| | | ガラス固化体検査セル | 1,140 | | 主要機器:クレーン、P/M | |
| | | 一時保管セル(検査後) | 446 | | 主要機器:搬送台車、保管ラック | |
| | | オーバーパックセル | 3,080 | | 主要機器:クレーン、P/M、溶接機、搬送台車 | |
| | | オーバーパック移送セル | 219 | | 主要機器:搬送台車 | |
| | | 廃棄体一時保管庫 | 723 | | 主要機器:クレーン、保管ラック | |
| | | 廃棄体払い出しセル | 121 | | 主要機器:搬送台車 | |
| | | 空オーバーパック搬入エリア | 427 | | 主要機器:クレーン、保管ラック | |
| | | オーバーパック供給室 | 163 | | 主要機器:搬送台車 | |
| | | オーバーパック補修室 | 722 | | 主要機器:クレーン | |
| | | 補修容器仮置きエリア | 432 | | 主要機器:クレーン、搬送台車、保管ラック | |
| | | 補修セル | 2,525 | 13,242 | 主要機器:クレーン、溶接機、検査機器 | |
| 放射線管理設備 | | 放射線監視 | 1,580 | | | |
| | | 出入り管理 | 1,060 | | | |
| | | 試料分析 | 180 | | | |
| | | 屋外放射線監視 | 710 | 3,530 | | |
| 建家付帯設備 | | 換気空調 | 4,200 | | | |
| | | 電気設備 | 7,361 | | | |
| | | ユーティリティ設備 | 4,200 | | | |
| | | その他付帯設備 | 5,616 | 21,377 | | |
| ランニングコスト (操業期間30年) | | 設備補修費 | 34,334 | | 設備費の3%/年 | |
| | | 電力費 | 6,938 | | 平均使用量1640kWh ¥18/kWhで試算 | |
| | | 人件費 | 8,550 | | 運転員38人 ¥7.5百万/年・人で試算 | |
| | | | | 49,822 | | |
| 地上施設計 | | | 87,971 | | | |
| 操業設備 | 設備費 | 立坑エレベータ | 7,488 | | | |
| | | 坑道 | 9,069 | 16,557 | 主要機器:駆動台車、定置装置 | |
| ランニングコスト (操業期間30年) | | 設備補修費 | 14,902 | | 設備費の3%/年 | |
| | | 電力費 | 12,944 | | 平均使用量2736kWh ¥18/kWhで試算 | |
| | | 人件費 | 5,175 | 33,021 | 運転員23人 ¥7.5百万/年・人で試算 | |
| | | | | | | |
| 操業設備計 | | | 49,578 | | | |
| 物品 | オーバーパック | | 316,000 | | H3仕様、4万本、単価7900千円/本 | |
| | | | 165,280 | | H3仕様、廃棄体4万体分、単価4,132千円/体 | |
| 物品費計 | | | 481,280 | | | |
| 総計 | | | 618,828 | | | |

表-2.3.2.7 地上施設内装設備費用の人工バリア仕様依存性
(H3概念とH3改良概念の比較)

| エリア | 機器名称 | 依存性 | 備考 |
|--------------|-----------------------|-----|-------------------|
| トラックエリア | トラックエリア天井クレーン | — | |
| | キャスク一時保管台 | — | |
| | キャスク縦起こし架台 | — | |
| | キャスク一時保管エリースライドハッチ | — | |
| キャスク移送セル | キャスク搬送台車 | — | |
| | 遮蔽扉 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| キャスク検査室 | キャスク検査室天井クレーン | — | |
| | キャスク外蓋取り外し装置 | — | |
| | キャスク外蓋仮置き架台 | — | |
| | キャスク外観検査装置 | — | |
| | キャスク内部ガスサンプリング装置 | — | |
| | 表面汚染密度測定装置 | — | |
| | 遮蔽扉 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| ガラス固化体取り出しセル | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| ガラス固化体検査セル | ガラス固化体検査セル天井クレーン | — | |
| | ガラス固化体検査セルテレスコピッククレーン | — | |
| | ガラス固化体検査セルスライドハッチNo1 | — | |
| | ガラス固化体検査セルスライドハッチNo2 | — | |
| | キャスク内蓋仮置き台 | — | |
| | ガラス固化体外観検査装置 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| 一時保管セル(検査前) | 一時保管セルスライドハッチNo1 | — | |
| | ガラス固化体一時保管仮置きラック | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| 一時保管セル(検査後) | 一時保管セルスライドハッチNo2 | — | |
| | ガラス固化体一時保管仮置きラック | — | |
| | ガラス固化体搬送台車 | — | |
| | 遮蔽扉 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| オーバーパックセル | オーバーパックセルスライドゲートNo1 | — | |
| | オーバーパックセルスライドゲートNo2 | — | |
| | オーバーパックセル天井クレーン | — | |
| | オーバーパックセルテレスコピッククレーン | — | |
| | ガラス固化体一時仮置きラック | — | |
| | オーバーパック移送台車 | ○ | オーバーパック重量 遠隔救援 |
| | オーバーパック上蓋仮置き架台 | — | |
| | オーバーパック溶接装置 | — | |
| | 放射能検査装置 | — | |
| | ヘリウムリークテスト装置 | — | |

| | | | |
|---------------|--------------------|---|-------------------|
| | 廃棄体反転装置 | — | |
| | 表面汚染密度測定装置 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| オーバーパック移送セル | オーバーパック搬送台車 | ○ | オーバーパック重量 遠隔救援 |
| | 遮蔽扉 | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |
| | | | |
| 廃棄体一時保管庫 | 廃棄体一時保管庫スライドゲートNo1 | — | |
| | 廃棄体一時保管庫スライドゲートNo2 | — | |
| | 廃棄体一時保管庫天井クレーン | — | |
| | 廃棄体保管ラック | — | |
| 廃棄体払い出しセル | 廃棄体搬送台車 | — | |
| | 廃棄体搬送トラック | — | |
| 空オーバーパック搬入エリア | トラックエリア天井クレーン | — | |
| | オーバーパック保管ラック | — | |
| | トラックエリアスライドゲート | — | |
| オーバーパック供給室 | オーバーパック搬送台車 | ○ | オーバーパック重量 |
| | 遮蔽扉 | — | |
| オーバーパック補修室 | オーバーパック補修室天井クレーン | — | |
| | オーバーパック除染装置 | — | |
| 補修容器仮置きエリア | 補修容器仮置きエリア天井クレーン | — | |
| | 補修容器仮置きラック | — | |
| | 補修容器搬送台車 | — | |
| 補修セル | 補修セル天井クレーン | — | |
| | 補修セルレスコピッククレーン | — | |
| | 補修溶接装置 | — | |
| | ヘリウムリーク検査装置 | — | |
| | 超音波探傷検査装置 | — | |
| | 補修容器除染装置 | — | |
| | 表面汚染密度検査装置 | — | |
| | 補修容器保管ラック | — | |
| | 補修セルスライドゲート | — | |
| | 遮蔽窓(監視用) | — | |

ii) 操業設備

操業設備の人工バリア仕様依存性の検討結果を表-2.3.2.8に示す。H3概念からH3改良概念の人工バリア仕様の変更に伴い、費用が変わると考えられる項目は、

- ・緩衝材定置装置
- ・廃棄体定置装置

の二つで、その要因は、

- ・緩衝材と廃棄体の重量減少による定格荷重の低下
- ・オーバーパックの遮蔽性能見直しに伴う定置装置救援方式の変更

である。

表-2.3.2.8 操業設備費用の人工バリア仕様依存性
(H3概念とH3改良概念の比較)

| エリア | 機器名称 | 人工バリア依存性 | 備考 |
|---------|-----------|----------|---------|
| 立坑エレベータ | 立坑エレベータ | — | |
| 定置設備 | 受渡し機構 | — | |
| | 定置装置駆動台車 | — | |
| | 坑道健全性確認台車 | — | |
| | 緩衝材定置装置 | ○ | 重量／遠隔救援 |
| | 廃棄体定置装置 | ○ | 重量／遠隔救援 |
| | 粉末緩衝材充填装置 | — | |

iii) H3改良概念における操業費用の算出

以上の検討により算出したH3改良概念の操業費用を、表-2.3.2.6に示すH3概念での費用との比として表-2.3.2.9に示す。

表-2.3.2.9 H3改良概念の操業費用
(H3概念とH3改良概念の比較、処分深度1000m、横置き定置)

| | | H3概念 | H3改良概念費用 |
|-------|----------|---------|-------------|
| | | 費用[百万円] | H3改良費用／H3費用 |
| 地上施設 | 内装設備 | 13,242 | 1.00 |
| | 放射線管理設備 | 3,530 | 1.00 |
| | 建家付帯設備 | 21,377 | 1.00 |
| | ランニングコスト | 49,822 | 1.00 |
| 地上施設計 | | 87,971 | 1.00 |
| 操業設備 | 立坑エレベータ | 7,488 | 1.00 |
| | 坑道 | 9,069 | 1.23 |
| | ランニングコスト | 33,021 | 1.10 |
| 操業設備計 | | 49,578 | 1.11 |
| 物品 | オーバーパック | 316,000 | 0.57 |
| | 緩衝材 | 165,280 | 0.43 |
| 総計 | | 618,828 | 0.64 |

(4) 閉鎖費

a. 算出条件

建設費経済性評価の算出条件を表-2.3.2.10に示す。プラグ数量および仕様は共通とした。

表-2.3.2.10 閉鎖費の算出条件

| 項目 | H3 | H3 改良案 | 備考 |
|--------|--|-----------------------|----------------|
| 連絡坑道延長 | 2150m×6本+5000m=17900m | 1750m×6本+5000m=15500m | 埋設密度により設定 |
| 主要坑道延長 | 2900m×8パネル=23200m | 2800m×8パネル=22400m | 埋設密度により設定 |
| プラグ数量 | 処分坑道：2箇所/本 連絡坑道：6箇所/本 主要坑道：4箇所/ハ'祉 アクセス坑道：5箇所/本 | 同左 | 人工バリアデザインにより設定 |

b. 単価

「平成8年度 地層処分施設の設計研究（PNC ZJ1449 97-004）」より設定した単価を表-2.3.2.11に示す。

表-2.3.2.11 閉鎖費の積算に用いた単価

| 項目 | 分類 | 単価 | 単位 |
|---|---------|-------------|------------------|
| アクセス坑道埋め戻し | 工事費 | 53,100 | 円/m ³ |
| | 材料費 | 42,000 | 円/m ³ |
| | 合計 | 95,100 | 円/m ³ |
| 連絡坑道埋め戻し (上部吹込み材 50/50%) (下部締固め材 20/80%) (上部：下部面積 =44:56) | 工事費（上部） | 18,900 | 円/m ³ |
| | 工事費（下部） | 18,200 | 円/m ³ |
| | 材料費（上部） | 50,900 | 円/m ³ |
| | 材料費（下部） | 42,000 | 円/m ³ |
| | 合計 | 64,424 | 円/m ³ |
| 主要坑道埋め戻し (上部吹込み材 50/50%) (下部締固め材 20/80%) (上部：下部面積 =44:56) | 工事費（上部） | 18,300 | 円/m ³ |
| | 工事費（下部） | 17,600 | 円/m ³ |
| | 材料費（上部） | 50,900 | 円/m ³ |
| | 材料費（下部） | 42,000 | 円/m ³ |
| | 合計 | 63,824 | 円/m ³ |
| プラグ材工 | アクセス坑道 | 461,363,865 | 円/箇所 |
| | 連絡坑道 | 206,745,473 | 円/箇所 |
| | 主要坑道 | 206,240,273 | 円/箇所 |
| | 処分坑道 | 137,648,402 | 円/箇所 |

c. 積算結果

閉鎖費の積算結果を表-2.3.2.12に示す。表より、人工バリアデザインの見直しによる閉鎖費の合理化程度は、H3を基準として100:97となり約3%の減となる。アクセス坑道、主要/連絡坑道の仕様はH3、H3改良案とも共通としたために、坑道延長の合理化によるわずかな費用減のみとなる。

表-2.3.2.12 閉鎖費の算出結果

| 分類 | 単価(円) | 単位 | H3数量 | H12数量 | H3費用(百万円) | H12費用(百万円) | 備考 |
|------------|-------------|----|--------|--------|-----------|------------|---|
| アクセス坑道埋め戻し | 151,875 | m3 | 238919 | 238919 | 36,286 | 36,286 | H3,H12共:内径 φ 6.5m,6本 |
| 連絡坑道埋め戻し | 111,471 | m3 | 255970 | 221650 | 28,533 | 24,708 | H3:2150m × 6本+5000m,S=14.3m ² H12:1750m × 6本+5000m,S=14.3m ² |
| 主要坑道埋め戻し | 110,512 | m3 | 331760 | 320320 | 36,663 | 35,399 | H3:2900m × 8パネル,S=14.3m ³ H12:2800m × 8パネル,S=14.3m ³ |
| | | | | 小計 | 101,483 | 96,393 | |
| | | | | 比率 | 100 | 95 | |
| プラグ | 137,648,402 | 箇所 | 496 | 496 | 68,274 | 68,274 | H3,H12共:処分坑道1本当たり2箇所,31本×8パネル |
| 連絡坑道 | 206,745,473 | 箇所 | 36 | 36 | 7,443 | 7,443 | H3,H12共:連絡坑道1本当たり6箇所,6本 |
| 主要坑道 | 206,240,273 | 箇所 | 32 | 32 | 6,600 | 6,600 | H3,H12共:1パネル当たり4箇所,8パネル |
| アクセス坑道 | 461,363,865 | 箇所 | 30 | 30 | 13,841 | 13,841 | H3,H12共:立坑1本当たり5箇所 |
| | | | | 合計 | 197,640 | 192,550 | |
| | | | | 比率 | 100 | 97 | |

2.3.3 比較結果

H3 および H3 改良案の 2 つの人工バリアデザインを対象として経済性の評価を行った。評価項目となる人工バリア製作費、建設費、操業費、閉鎖費の経済性の比較結果を表-2.3.3.1 に示す。

表-2.3.3.1 H3 人工バリアデザインとH3改良案の経済性の比較結果
- 結晶質岩 横置き定置方式、処分深度 1000m -

| 評価項目 | H3 | H3 改良案 | 備考 |
|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| 人工バリア製作費 | | | |
| オーバーパック [4万本（百万円）] | 100 [316,000] | 57 [180,000] | — |
| 緩衝材 [4万本（百万円）] | 100 [165,280] | 43 [71,431] | — |
| 合計 [4万本（百万円）] | 100 [481,280] | 52 [251,431] | — |
| 建設費 [工事費（百万円）] | 100 [161,493] | 63 [102,832] | インフラ、地上施設、地下施設内設備費は除く |
| 操業費 [（百万円）] | 100 [618,828] | 64 [396,049] | — |
| 閉鎖費 [材工費（百万円）] | 100 [197,640] | 97 [192,550] | 地上施設、地下施設内設備費は除く |

また、経済性の観点からの人工バリアデザインの合理化結果をまとめて図-2.3.3.1 に示す。

H3 人工バリアシステムから H3 改良案への合理化（経済性）のアプローチ

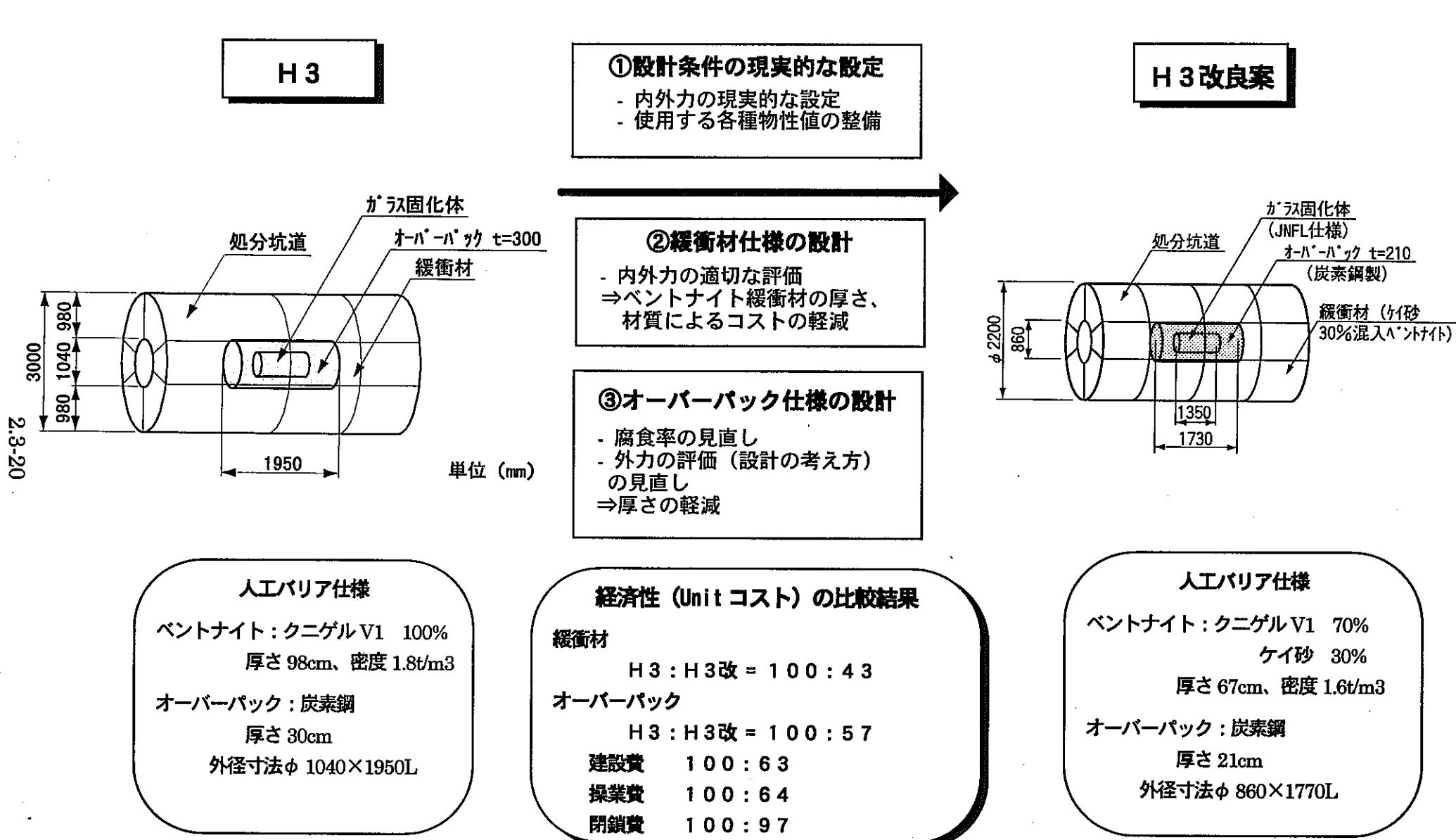


図-2.3.3.1 H3 から H3 改良案への合理化の結果

2.4 深さの変化による処分費用の概略比較

2.4.1 比較対象と比較項目

(1) 比較対象と前提条件

第2次とりまとめに向けた人工バリアデザイン（H3改良案）、処分施設（地下施設）の各仕様をベースとして、深さの変化による処分費用の概略の比較を行った。処分施設の坑道断面仕様は、新第三紀堆積岩および結晶質岩の2ケースを対象とした。費用算定のパラメータとなる検討条件を表-2.4.1.1に示す。

表-2.4.1.1 費用算定の検討条件

| 検討パラメータ | 設定条件 | 備考 |
|---------|---|-----------------------|
| 処分岩種 | 第三紀堆積岩と結晶質岩の2ケース | 坑道仕様の相異として取り扱う |
| 処分深度（m） | 堆積岩：300, 500, 700 結晶質岩：300, 500, 700, 1000, 1300 | 堆積岩は力学的安定性から700mまでの検討 |

本検討の基本となる前提条件を表-2.4.1.2に示す。また、処分深度別の施設レイアウトを図-2.4.1.1に示す。

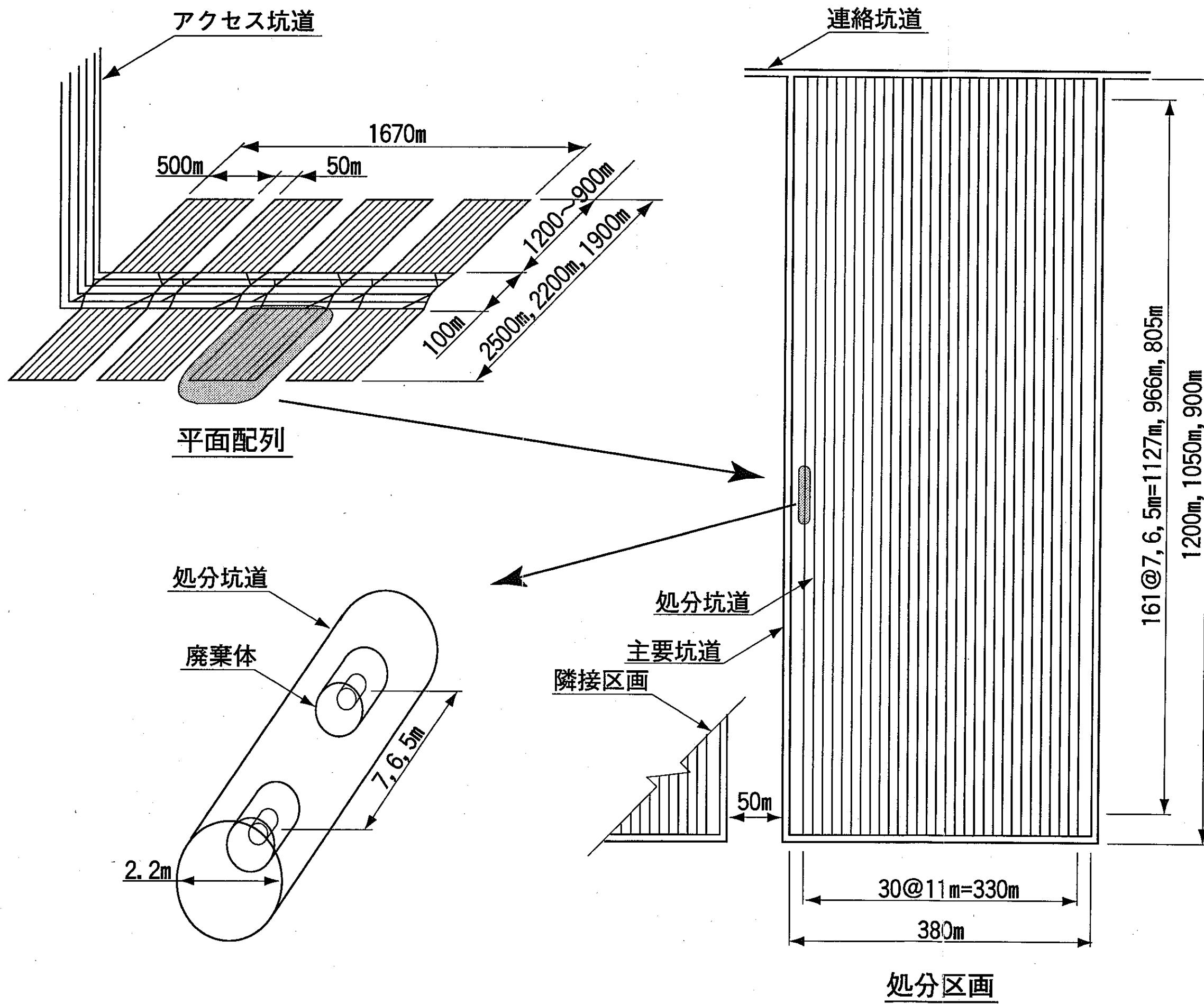


図-2.4.1.1 (a) 処分深度別の処分施設レイアウト (堆積岩)

一処分深度 (700m, 500m, 300m : 深度700mは参考値) —

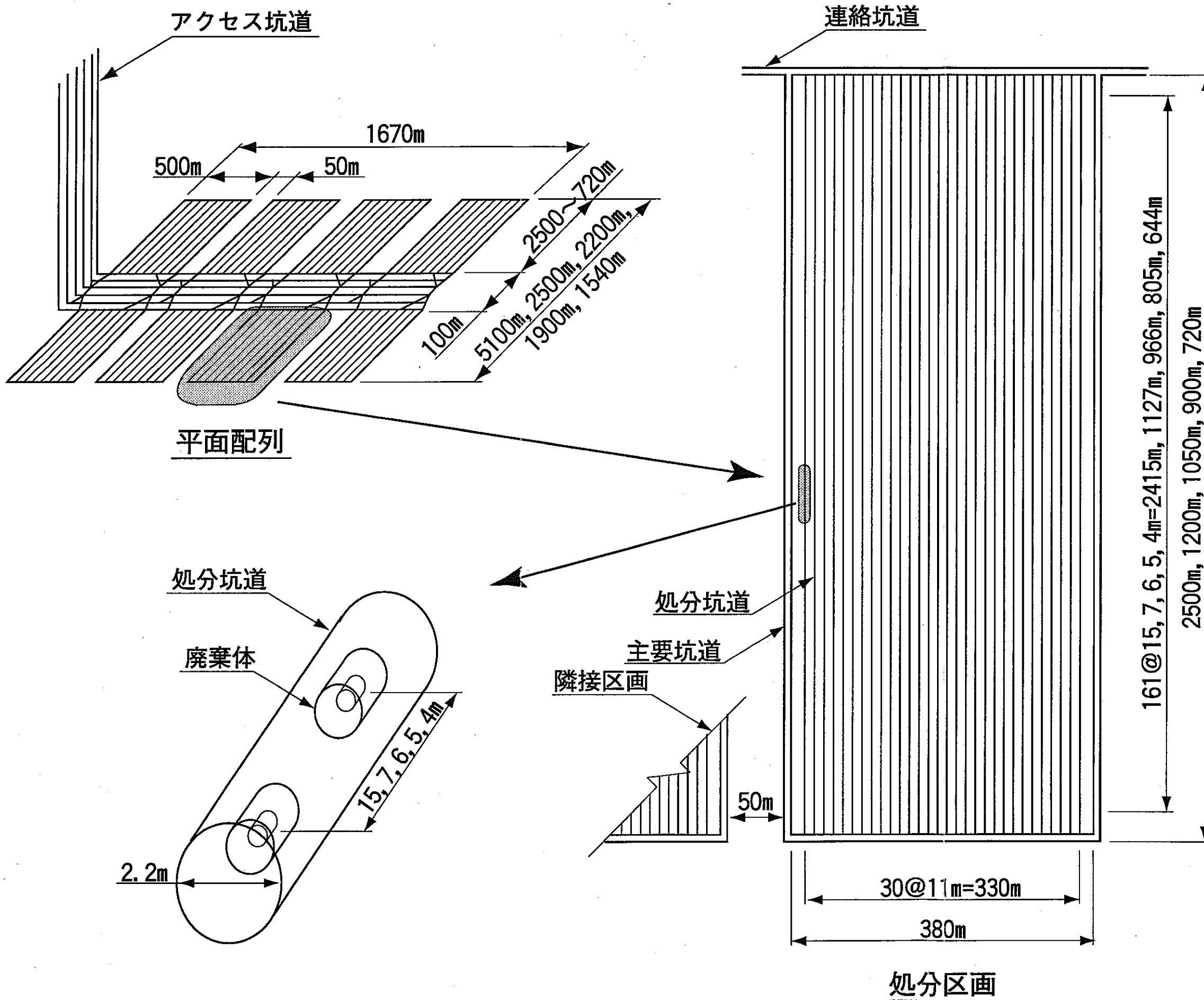


図-2.4.1.1 (b) 処分深度別の処分施設レイアウト (結晶質岩)
—処分深度 (1300m, 1000m, 700m, 500m, 300m) —

表-2.4.1.2 費用算定の前提条件

| 前提項目 | 前提の内容 | 引用 | 備考 |
|--------------|--|---------|----------------|
| 実施スケジュール | 建設期間：10年程度 操業期間：30年間 閉鎖期間：15年間 | (設計研究) | |
| 廃棄体定置方式 | 横置き定置 | H12 | |
| 人工バリア仕様 | H3 改良 | H12 | |
| 処分パネル数 | 8パネル | H3 | |
| アクセス方式 | 立坑 | H3 | |
| アクセス坑道本数 | 建設、操業、閉鎖用として各2本、 合計6本 | H3 | |
| 廃棄物処分本数 | 40000本 | H3, H12 | |
| 操業計画 | 1日6本受入れ、20日/月の計画 | H3 | |
| 廃棄体埋設密度 | 【堆積岩】 深度：密度⇒ 300m : 52 m ² /本 500m : 60 700m : 70 【結晶質岩】 深度：密度⇒ 300m : 48 500m : 52 700m : 60 1000m : 80 1300m : 100 | H12 | H12 検討結果より概略設定 |
| 処分坑道仕様 | 【堆積岩】 内径2.2m+鋼製セグメント 【結晶質岩】 内径2.2mの無支保 | H12 | H12 検討結果より概略設定 |
| 処分パネルの幅と長さ | 【堆積岩】 深度：幅/長さ⇒ 300m : 380/900 m 500m : 380/1050 700m : 380/1200 【結晶質岩】 深度：幅/長さ⇒ 300m : 380/720 m 500m : 380/900 700m : 380/1050 1000m : 380/1200 1300m : 380/2500 | H12 | 熱解析結果より概略設定 |
| パネル当たり処分本数 | 162本 | (設計研究) | H3 ベース |
| パネル当たり処分坑道本数 | 31本 | (設計研究) | H3 ベース |
| パネル当たり処分坑道長さ | 【堆積岩】 深度：長さ⇒ 300m : 223200 m 500m : 260400 700m : 297600 【結晶質岩】 深度：長さ⇒ 300m : 178560 500m : 223200 700m : 260400 | H12 | 熱解析結果より概略設定 |

| | | | |
|-----------------|---|-----|----------------|
| | 1000m : 297600 1300m : 620000 | | |
| 主要/連絡坑道仕様 | 【堆積岩】 300, 500m で支保仕様を変更 700m では補助工法を想定 【結晶質岩】 深度により変更無し 施工上の軽微な支保を設定 | H12 | 検討中のため 概略設定 |
| パネル当たり主要/連絡坑道長さ | 【堆積岩】 深度 : 長さ ⇒ 300m : 17440/15020 m 500m : 19840/15020 700m : 22240/15020 【結晶質岩】 深度 : 長さ ⇒ 300m : 14560/15020 500m : 17440/15020 700m : 19840/15020 1000m : 22240/15020 1300m : 43040/15020 | H12 | 熱解析結果より概略設定 |
| アクセス坑道仕様 | 【堆積岩】 300, 500m で支保仕様を変更 【結晶質岩】 深度により変更なし 施工上の軽微な支保を設定 | H12 | 検討中のため 概略設定 |

(2) 比較項目と検討の手順

費用の算定の対象とする項目は『建設費』『操業費』『閉鎖費』とし、動燃殿の既存の単価検討結果をベースに算出する。

検討の手順を以下に示す。

- ①『建設費』『操業費』『閉鎖費』の各項目について、費用算出項目を整理する。
- ②整理した全ての費用算出項目について、処分岩種条件（新第三紀堆積岩と結晶質岩）のコストへの影響、処分深度条件のコストへの影響の有無を検討する。また、処分コストに影響する各費用算出項目のコスト算定の方法を設定する。
- ③上記②の費用算出項目に対して、処分深度を500mとしたコスト算定の方法を整理し、堆積岩サイト、結晶質岩サイトの処分コストの算定を行う（レファレンス・ケース）
⇒動燃殿の既存の研究成果をベースに算出可能な項目、不可能な項目を整理し、不可能な項目については、仮定的に費用を計上する。
- ④サイト条件、処分深度条件のコストへの影響があると判断した各費用算出小項目について、レファレンスケースを基本としたコストの増減額（変化量）を概略提示する。

2.4.2 結晶質岩と堆積岩を対象とした概略比較

(1) 建設費

a. 費用算出項目の整理

建設費としての費用算出項目の整理結果を表-2.4.2.1 に示す。表中右側には、処分岩種（堆積岩サイト、結晶質岩サイト）および処分深度条件に関する処分コストへの影響の有無を○,△,ー印で示している。ここで○印は費用への直接的な影響がある項目、△印はサイト条件の違いによる処分場規模（平面広さ）の違いによる影響などの2次的な影響がある項目、ー印は影響がない項目を示している。

表-2.4.2.1 処分コスト（建設費）の費用算出項目一覧表

| 費用算出の大分類 | 費用算出項目 | 処分岩種 | 処分深度 | 備考 |
|---|---------|------|------|--------------|
| インフラ施設 | インフラ施設 | — | — | トータル費を仮定 |
| 地上施設 | 施設建設費 | — | — | トータル費を仮定 |
| | 設備費 | — | — | トータル費を仮定 |
| | 維持管理費 | — | — | トータル費を仮定 |
| 地下施設工事費 -アクセス坑道 -主要/連絡坑道 -処分坑道 | 直接工事費 | ○ | ○ | 施工方法と数量 |
| | 間接工事費 | — | △ | 直接工事費に対応 |
| | 一般管理費 | — | △ | 工事原価に対応 |
| | 排水設備 | ○ | ○ | 排水容量に対応 |
| 地下施設内設備 | 換気・空調設備 | ○ | ○ | 施設規模と地温に対応 |
| | 立坑内設備 | — | △ | すり搬出、人員搬送設備 |
| | 維持管理費 | △ | △ | 各設備費と耐用年数に対応 |

処分コストに影響する上記の各項目について、影響パラメータとなる処分岩種、深度条件の変化に対する費用算出の方法を表-2.4.2.2 に示す。

表-2.4.2.2 影響項目の費用算定の方法（建設費）

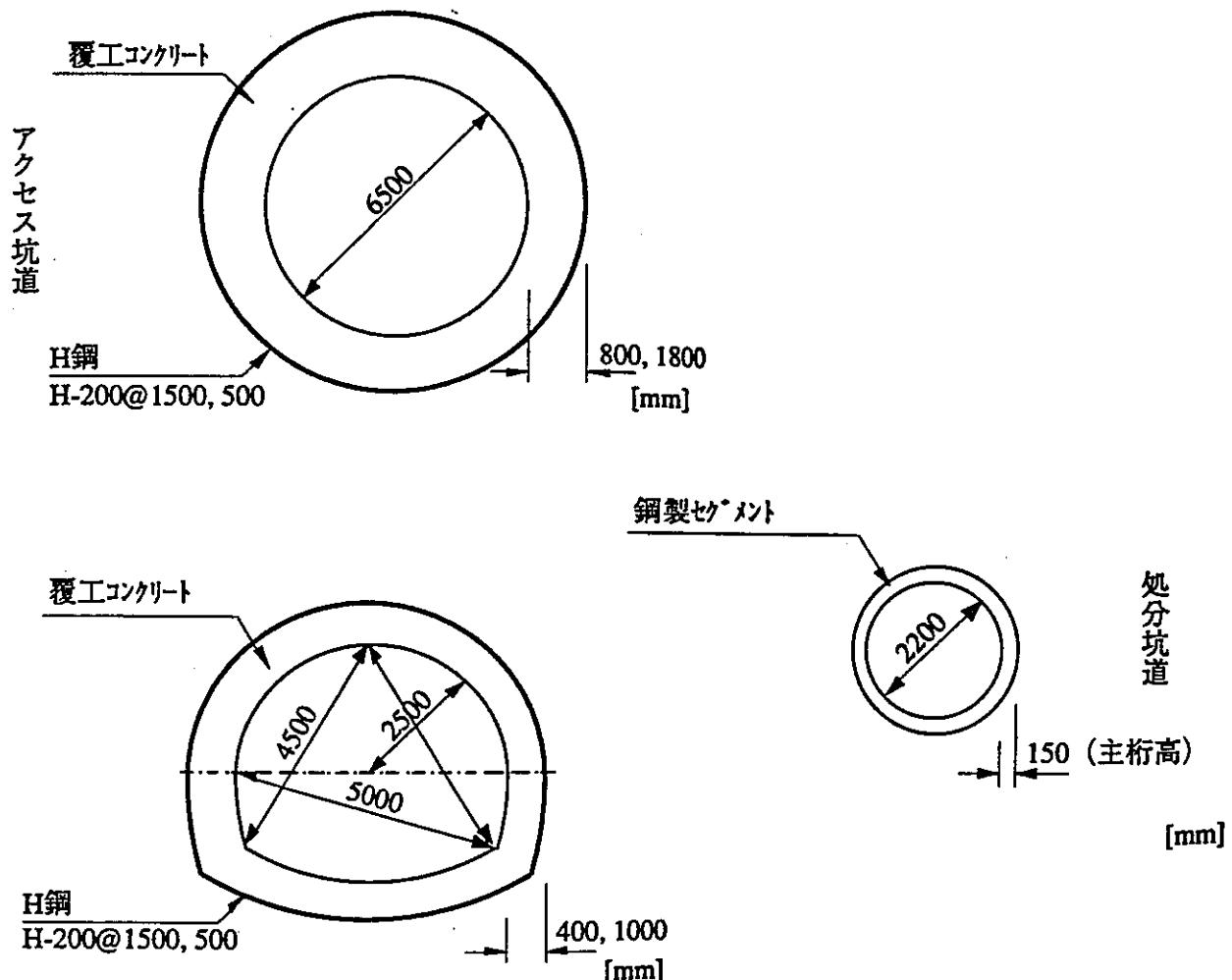
| 費用算出の大分類 | 費用算出項目 | 処分岩種 | 処分深度 |
|----------|---------------------|-----------------------------------|--|
| 地下施設工事費 | 直接工事費 | 支保仕様、施工方法の違いにより、材料単価、施工単価、掘削容積を増減 | ①支保仕様（荷重）、各坑道の支保仕様の違いにより、掘削容積、材料容量を増減 ②処分施設規模の違いにより、坑道長さ（掘削容積）を増減 |
| | 間接工事費 | — | 直接工事費に対応して増減（直接工事費の46%） |
| | 一般管理費 | — | 工事原価に対応して増減（工事原価の9.39%） |
| 地下施設内設備費 | 排水、換気空調、立坑内設備、維持管理費 | 検討事例がないことから仮定的に一律で設定 | 検討事例がないことから仮定的に一律で設定 |

b. 前提条件

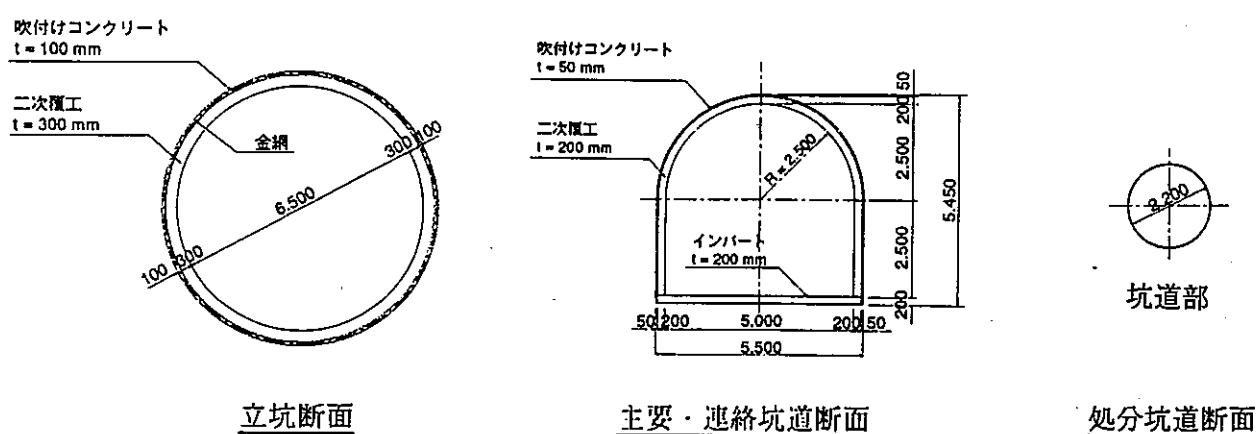
地下施設の直接工事費算出の前提条件を以下に示す。

① 処分施設の仕様

新第三紀堆積岩および結晶質岩を対象とした各坑道の仕様を図-2.4.2.1に示す。また、費用算出の条件となる数量諸元を表-2.4.2.3に示す。



(a) 新第三紀堆積岩



(b) 結晶質岩

図-2.4.2.1 新第三紀堆積岩および結晶質岩を対象とした各坑道の仕様

表-2.4.2.3 坑道仕様に関する数量諸元

| 岩種 | 部位 | 項目 | 深度条件 (m) | 数量 (m ²) |
|------|---------|------------------------|-------------|----------------------|
| 堆積岩 | アクセス坑道 | 掘削断面積 | 300 | 51.5 |
| | | | 500 | 54.1 |
| | | | 700 | 54.1 |
| | | 内空断面積 | 300 | 33.2 |
| | | | 500 | 33.2 |
| | | | 700 | 33.2 |
| | | 覆工断面積 | 300 | 18.35 |
| | | | 500 | 46.94 |
| | | | 700 | 46.94 |
| | 主要・連絡坑道 | 掘削断面積 | 300 | 25.15 |
| | | | 500 | 37.09 |
| | | | 700 | 37.09 |
| | | 内空断面積 | 300 | 18.45 |
| | | | 500 | 18.45 |
| | | | 700 | 18.45 |
| | | 覆工断面積 | 300 | 4.60 |
| | | | 500 | 12.85 |
| | | | 700 | 12.85 |
| | | インバート断面積 | 300 | 2.09 |
| | | | 500 | 5.79 |
| | | | 700 | 5.79 |
| | 処分坑道 | 掘削断面積 | 300 | 4.91 |
| | | | 500 | 4.91 |
| | | | 700 | 4.91 |
| | | 内空断面積 | 300 | 3.80 |
| | | | 500 | 3.80 |
| | | | 700 | 3.80 |
| 結晶質岩 | アクセス坑道 | 掘削断面積 (全ての深度で同一) | — | 43.00 |
| | | 内空断面積 (全ての深度で同一) | — | 33.20 |
| | | 覆工断面積 (全ての深度で同一) | — | 6.41 |
| | 主要・連絡坑道 | 掘削断面積 (全ての深度で同一) | — | 26.70 |
| | | 内空断面積 (全ての深度で同一) | — | 22.32 |
| | | 覆工断面積 (全ての深度で同一) | — | 2.63 |
| | | インバート断面積 (全ての深度で同一) | — | 1.10 |
| | | 掘削断面積 (全ての深度で同一) | — | 3.80 |
| | 処分坑道 | 内空断面積 (全ての深度で同一) | — | 3.80 |

②単価

「平成7年度 地層処分システムの設計手法の開発（Ⅱ）（PNC ZJ1201 96-001）」に示された単価を基本とする。

③その他

通常の支保工を想定した場合は、坑道の力学的安定性の観点から深度 700m の堆積岩ケースでの坑道の建設が困難となる。その為、費用算出においては立坑の 500m 以深および主要/連絡坑道、処分坑道において補助工法の追加を仮定した。

また、堆積岩の処分坑道の標準支保パターンとなる鋼製セグメントは、費用単価が大きいことが予想されたため、深度 500m の条件下でコンクリートセグメントを用いた場合についても参考として算出した。

c. 算出結果

新第三紀堆積岩と結晶質岩を前提とした地下施設の工事費の算出表をそれぞれ表-2.4.2.4(a),(b)に示す。また、地下施設の工事費合計と建設費の合計の比較検討結果をまとめて表-2.4.2.5(a),(b)に示す。堆積岩では深度 500m、結晶質岩では深度 1000m を基本ケースとした深さの変化による費用の変化率を表中に示している。

地下施設の工事費は、堆積岩の深度 300m～700m 間で基本ケースより 23% 減から 13% 増までの影響となる。また、結晶質岩では、深度 300m～1300m 間で基本ケースより 20% 減から 56% 増までの影響となる。

また、建設費合計の視点から深さの変化による影響を整理すると、堆積岩ケースで基本ケースより 21% 減から 12% 増、結晶質岩ケースで 28% 減から 52% 増の影響となる。建設費合計のインフラ施設、地上施設、地下施設内設備については、動燃殿の既存研究事例がないことから、仮定的に設定したものである。

表-2.4.2.4 (a) 地下施設の工事費の算出表（堆積岩）

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|--------------|-------------|----------------|----------------|---|-------------------------------------|
| 堆積岩 (300m) | アクセス坑道 (立坑 6本) | 掘削費 | 991,609 | 16738 | m ³ | 59,243 | $51.5 \times 325 = 16738$ (余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 鋼製支保工費 | 9,926 | 325 | m | 30,541 | |
| | | 防水工費 | 19,812 | 8255 | m ² | 2,400 | $25.4 \times 325 = 8255$ |
| | | 覆工費 | 153,231 | 5963 | m ³ | 25,697 | $18.35 \times 325 = 5963$ |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 1,175,814 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 540,874 | 1 | 式 | 540,874,389 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 1,716,688 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 161,197 | 1 | 式 | 161,197,029 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 1,877,885 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 11,267,312 | — | — | — | |
| 主要・連絡坑道 | 掘削費 | 9,021,694 | 816369 | m ³ | 11,051 | 25.15*32460=816369 (余堀り考慮せず) | |
| | | ロックボルト費 | 1,843,274 | 32460 | m | 56,786 | L=3m, 19本/1.5m |
| | | 吹付け費 | 1,893,067 | 584280 | m ² | 3,240 | t=10cm, 18.00*32460 |
| | | 金網工 | 125,620 | 32460 | m | 3,870 | |
| | | 鋼製支保工費 | 1,612,191 | 32460 | m | 49,667 | |
| | | 覆工費 | 4,440,658 | 149316 | m ³ | 29,740 | $4.60 \times 32460 = 149316$ |
| | | インバート費 | 1,265,167 | 67841 | m ³ | 18,649 | $2.09 \times 32460 = 67841$ |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 20,201,670 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 9,292,768 | 1 | 式 | 9,292,768,314 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 29,494,439 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 2,769,528 | 1 | 式 | 2,769,527,781 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 32,263,966 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 廻分坑道 | 掘削費 | 1,439,047 | 26514 | m ³ | 54,275 | $4.91 \times 900 \times 30 \times 8 / 40 = 26514$ (すりつけ部考慮せず) | |
| | | 鋼製セグメント | 1,387,800 | 5400 | m | 257,000 | |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 3,415,727 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,571,235 | 1 | 式 | 1,571,234,581 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 4,986,962 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 468,276 | 1 | 式 | 468,275,725 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 5,455,238 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 218,209,506 | 40 | 式 | 5,455,237,656 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|--------------|-------------|------------|----------------|----------------|-------------------------|
| 堆積岩 (500m) | アクセス坑道 (立坑 6本) | 掘削費 | 1,682,620 | 28402 | m ³ | 59,243 | 54.1×525=28402(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 鋼製支保工費 | 16,034 | 525 | m | 30,541 | |
| | | 防水工費 | 32,887 | 13703 | m ² | 2,400 | 26.1×525=13703 |
| | | 覆工費 | 633,200 | 24641 | m ³ | 25,697 | 46.94×525=24641 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 2,365,976 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,088,349 | 1 | 式 | 1,088,349,056 | 直接工事費 * 46% |
| | | 工事原価 | 3,454,325 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 324,361 | 1 | 式 | 324,361,142 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 3,778,686 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 22,672,118 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 主要・連絡坑道 | 掘削費 | 14,288,468 | 1292957 | m ³ | 11,051 |
| | | | ロックボルト費 | 1,979,560 | 34860 | m | 56,786 |
| | | | 吹付け費 | 4,924,463 | 759948 | m ² | 6,480 |
| | | | 金網工 | 134,908 | 34860 | m | 3,870 |
| | | | 鋼製支保工費 | 5,194,140 | 34860 | m | 149,000 |
| | | | 覆工費 | 13,322,063 | 447951 | m ³ | 29,740 |
| | | | インバート費 | 3,764,096 | 201839 | m ³ | 18,649 |
| | | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 |
| | | | 直接工事費合計 | 43,607,697 | — | — | |
| | | | 間接工事費 | 20,059,541 | 1 | 式 | 20,059,540,739 |
| | | | 工事原価 | 63,667,238 | — | — | 直接工事費 * 46% |
| | | | 一般管理費 | 5,978,354 | 1 | 式 | 5,978,353,648 |
| | | 合計 | 69,645,592 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 処分坑道 | 掘削費 | 1,678,889 | 30933 | m ³ | 54,275 |
| | | | コンクリートセグメン | 1,064,700 | 6300 | m | 169,000 |
| | | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 |
| | | | 直接工事費合計 | 3,332,469 | — | — | カッター交換工 |
| | | | 間接工事費 | 1,532,936 | 1 | 式 | 1,532,935,545 |
| | | | 工事原価 | 4,865,404 | — | — | 直接工事費 * 46% |
| | | | 一般管理費 | 456,861 | 1 | 式 | 456,861,447 |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 5,322,266 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 212,890,623 | 40 | 式 | 5,322,265,566 | 消費税は含まず |
| | | | | | | | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|--------------|------------|--------|---------------|-------------------------------|---------------------------|
| 堆積岩 (500m) | アクセス坑道 (立坑 6本) | 掘削費 | 1,682,620 | 28402 | m3 | 59,243 | 54.1 × 525=28402(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L-12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 鋼製支保工費 | 16,034 | 525 | m | 30,541 | |
| | | 防水工費 | 32,887 | 13703 | m2 | 2,400 | 26.1 × 525=13703 |
| | | 覆工費 | 633,200 | 24641 | m3 | 25,697 | 46.94*525=24641 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 2,365,976 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,088,349 | 1 | 式 | 1,088,349,056 | 直接工事費 * 46% |
| | | 工事原価 | 3,454,325 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 324,361 | 1 | 式 | 324,361,142 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 3,778,686 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 22,672,118 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | 掘削費 | 14,288,468 | 1292957 | m3 | 11,051 | 37.09*34860 (余堀り考慮せず) | |
| | | ロックボルト費 | 1,979,560 | 34860 | m | 56,786 | L-3m, 19本/1.5m |
| | | 吹付け費 | 4,924,463 | 759948 | m2 | 6,480 | t=20cm, 21.80*34860 |
| | | 金網工 | 134,908 | 34860 | m | 3,870 | |
| | | 鋼製支保工費 | 5,194,140 | 34860 | m | 149,000 | |
| | | 覆工費 | 13,322,063 | 447951 | m3 | 29,740 | 12.85*34860 |
| | | インパート費 | 3,764,096 | 201839 | m3 | 18,649 | 5.79*34860 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 43,607,697 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 20,059,541 | 1 | 式 | 20,059,540,739 | 直接工事費 * 46% |
| | | 工事原価 | 63,667,238 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 5,978,354 | 1 | 式 | 5,978,353,648 | 工事原価*9.39% |
| | 合計 | 69,645,592 | — | — | — | — | 消費税は含まず |
| 処分坑道 | 掘削費 | 1,678,889 | 30933 | m3 | 54,275 | 4.91*1050*30*8/40 (すりつけ部考慮せず) | |
| | | 鋼製セグメント | 1,619,100 | 6300 | m | 257,000 | |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 3,886,869 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,787,960 | 1 | 式 | 1,787,959,545 | 直接工事費 * 46% |
| | | 工事原価 | 5,674,828 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 532,866 | 1 | 式 | 532,866,360 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 6,207,694 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | 合計 | 248,307,779 | 40 | 式 | 6,207,694,480 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず | |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|--------------|-------------|--------|--------|-------------------------------|-----------------------------|
| 堆積岩 (700m) | アクセス坑道 (立坑 6本) | 掘削費 | 2,323,688 | 39223 | m3 | 59,243 | 54.1 × 725=39223(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L-12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 鋼製支保工費 | 22,142 | 725 | m | 30,541 | |
| | | 防水工費 | 45,415 | 18923 | m2 | 2,400 | 26.1 × 725=18923 |
| | | 覆工費 | 874,520 | 34032 | m3 | 25,697 | 46.94*725=34032 |
| | | 補助工法 | 39,600 | 200 | m | 198,000 | 深度500~700m区間, フォアポーリング60本*2 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 3,306,601 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,521,037 | 1 | 式 | 1,521,036,661 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 4,827,638 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 453,315 | 1 | 式 | 453,315,218 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 5,280,953 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 31,685,720 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | 掘削費 | 15,272,184 | 1381973 | m3 | 11,051 | 37.09*37260 (余堀り考慮せず) | |
| | | ロックボルト費 | 2,115,846 | 37260 | m | 56,786 | L-3m, 19本/1.5m |
| | | 吹付け費 | 5,263,497 | 812268 | m2 | 6,480 | t=20cm, 21.80*37260 |
| | | 金網工 | 144,196 | 37260 | m | 3,870 | |
| | | 鋼製支保工費 | 5,551,740 | 37260 | m | 149,000 | |
| | | 覆工費 | 14,239,244 | 478791 | m3 | 29,740 | 12.85*37260 |
| | | インバート費 | 4,023,242 | 215735 | m3 | 18,649 | 5.79*37260 |
| | | 補助工法 | 1,475,496 | 37260 | m | 39,600 | フォアポーリング(12本*2) |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 48,085,445 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 22,119,305 | 1 | 式 | 22,119,304,782 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 70,204,750 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,592,226 | 1 | 式 | 6,592,226,021 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 76,796,976 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 処分坑道 | 掘削費 | 1,918,730 | 35352 | m3 | 54,275 | 4.91*1200*30*8/40 (すりつけ部考慮せず) | |
| | | 鋼製セグメント | 2,775,600 | 7200 | m | 385,500 | 深度500の1.5倍の単価を使用 |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 5,283,210 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 2,430,277 | 1 | 式 | 2,430,276,508 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 7,713,486 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 724,296 | 1 | 式 | 724,296,364 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 8,437,783 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 337,511,307 | 40 | 式 | 8,437,782,672 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|-------------------|--------------|------------|--------|----|---------------|------------------------------------|
| 結晶質岩 (300m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 掘削費 | 974,686 | 13975 | m3 | 69,745 | 43.00*325=13975(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 吹付け費 | 14,568 | 7556 | m2 | 1,928 | t=10cm, 23.25*325=7556 |
| | | 覆工費 | 53,527 | 2083 | m3 | 25,697 | 6.41*325=2083 |
| | | 防水工費 | 18,134 | 7556 | m2 | 2,400 | |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 1,062,151 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 488,590 | 1 | 式 | 488,589,512 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 1,550,741 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 145,615 | 1 | 式 | 145,614,545 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 1,696,355 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 10,178,131 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 主要・連絡坑道 | 8,727,925 | 789786 | m3 | 11,051 | 26.70*29580=789786 (余堀り考慮せず) |
| 処分坑道 | 主要・連絡坑道 | 吹付け費 | 1,344,623 | 415007 | m2 | 3,240 | t=10cm, 14.03*29580=415007 |
| | | 覆工費 | 2,313,623 | 77795 | m3 | 29,740 | 2.63*29580=77795 |
| | | インバート費 | 606,801 | 32538 | m3 | 18,649 | 1.1*29580=32538 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 12,992,972 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 5,976,767 | 1 | 式 | 5,976,767,225 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 18,969,739 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 1,781,259 | 1 | 式 | 1,781,258,535 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 20,750,998 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 処分坑道 | 678,966 | 16416 | m3 | 41,360 | 3.80*720*30*8/40=16416 (すりつけ部考慮せず) |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 1,267,846 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 583,209 | 1 | 式 | 583,209,050 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 1,851,055 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 173,814 | 1 | 式 | 173,814,047 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 2,024,869 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 80,994,754 | 40 | 式 | 2,024,868,856 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|-------------------|--------------|------------|--------|----|---------------|------------------------------------|
| 結晶質岩 (500m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 掘削費 | 1,574,493 | 22575 | m3 | 69,745 | 43.00*525=22575(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 吹付け費 | 23,533 | 12206 | m2 | 1,928 | t=10cm, 23.25*525=12206 |
| | | 覆工費 | 86,470 | 3365 | m3 | 25,697 | 6.41*525=3365 |
| | | 防水工費 | 29,294 | 12206 | m2 | 2,400 | |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 1,715,027 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 788,912 | 1 | 式 | 788,912,359 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 2,503,939 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 235,120 | 1 | 式 | 235,119,893 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 2,739,059 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 16,434,355 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | | 掘削費 | 9,577,703 | 866682 | m3 | 11,051 | 26.70*32460=866682 (余堀り考慮せず) |
| | | 吹付け費 | 1,475,538 | 455413 | m2 | 3,240 | t=10cm, 14.03*32460=455413 |
| | | 覆工費 | 2,538,904 | 85370 | m3 | 29,740 | 2.63*32460=85370 |
| | | インバート費 | 665,881 | 35706 | m3 | 18,649 | 1.1*32460=35706 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 14,258,026 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 6,558,692 | 1 | 式 | 6,558,691,912 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 20,816,718 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 1,954,690 | 1 | 式 | 1,954,689,802 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 22,771,408 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 廻分坑道 | | 掘削費 | 848,707 | 20520 | m3 | 41,360 | 3.80*900*30*8/40=20520 (すりつけ部考慮せず) |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 1,437,587 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 661,290 | 1 | 式 | 661,290,112 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 2,098,877 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 197,085 | 1 | 式 | 197,084,580 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 2,295,962 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 91,838,476 | 40 | 式 | 2,295,961,892 | 5台/ハ'ネル×8ハ'ネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|-------------------|--------------|-------------|--------|----|---------------|-------------------------------------|
| 結晶質岩 (700m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 掘削費 | 2,174,300 | 31175 | m3 | 69,745 | 43.00*725=31175(余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 吹付け費 | 32,498 | 16856 | m2 | 1,928 | t=10cm, 23.25*725=16856 |
| | | 覆工費 | 119,414 | 4647 | m3 | 25,697 | 6.41*725=4647 |
| | | 防水工費 | 40,454 | 16856 | m2 | 2,400 | |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 2,367,903 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,089,235 | 1 | 式 | 1,089,235,206 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 3,457,138 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 324,625 | 1 | 式 | 324,625,242 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 3,781,763 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 22,690,578 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | | 掘削費 | 10,285,851 | 930762 | m3 | 11,051 | 26.70*34860=930762 (余堀り考慮せず) |
| | | 吹付け費 | 1,584,635 | 489085 | m2 | 3,240 | t=10cm, 14.03*34860=489085 |
| | | 覆工費 | 2,726,623 | 91682 | m3 | 29,740 | 2.63*34860=91682 |
| | | インバート費 | 715,115 | 38346 | m3 | 18,649 | 1.1*34860=38346 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 15,312,223 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 7,043,623 | 1 | 式 | 7,043,622,808 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 22,355,846 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 2,099,214 | 1 | 式 | 2,099,213,968 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 24,455,060 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 処分坑道 | | 掘削費 | 990,158 | 23940 | m3 | 41,360 | 3.80*1050*30*8/40=23940 (すりつけ部考慮せず) |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 1,579,038 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 726,358 | 1 | 式 | 726,357,664 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 2,305,396 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 216,477 | 1 | 式 | 216,476,690 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 2,521,873 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 100,874,910 | 40 | 式 | 2,521,872,754 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------|--------|----|---------------|---|
| 結晶質岩 (1000m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 掘削費 | 3,074,639 | 44084 | m3 | 69,745 | $43.00 * 1025 = 44084$ (余堀り考慮せず) |
| | | ロックボルト費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 吹付け費 | 45,942 | 23829 | m2 | 1,928 | $t=10cm, 23.25 * 1025 = 23829$ |
| | | 覆工費 | 168,804 | 6569 | m3 | 25,697 | $6.41 * 1025 = 6569$ |
| | | 防水工費 | 57,190 | 23829 | m2 | 2,400 | |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 3,347,810 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,539,992 | 1 | 式 | 1,539,992,418 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 4,887,802 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 458,965 | 1 | 式 | 458,964,610 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 5,346,767 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 32,080,600 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | | | | | | |
| 主要・連絡坑道 | | 掘削費 | 10,993,999 | 994842 | m3 | 11,051 | $26.70 * 37260 = 994842$ (余堀り考慮せず) |
| | | 吹付け費 | 1,693,736 | 522758 | m2 | 3,240 | $t=10cm, 14.03 * 37260 = 522758$ |
| | | 覆工費 | 2,881,092 | 96876 | m3 | 29,740 | $2.63 * 37260 = 96876$ |
| | | インパート費 | 764,348 | 40986 | m3 | 18,649 | $1.1 * 37260 = 40986$ |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 16,333,175 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 7,513,261 | 1 | 式 | 7,513,260,507 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 23,846,436 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 2,239,180 | 1 | 式 | 2,239,180,296 | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 26,085,616 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | | | | | | |
| 処分坑道 | | 掘削費 | 1,131,610 | 27360 | m3 | 41,360 | $3.80 * 1200 * 30 * 8 / 40 = 27360$ (すりつけ部考慮せず) |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 1,720,490 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 791,425 | 1 | 式 | 791,425,216 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 2,511,915 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 235,869 | 1 | 式 | 235,868,801 | 工事原価*9.39% |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 2,747,784 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 109,911,345 | 40 | 式 | 2,747,783,617 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 工種 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|-----------------|-------------------|--------------|-------------|---------|----|----------------|-------------------------------------|
| 結晶質岩 (1300m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 掘削費 | 3,973,721 | 56975 | m3 | 69,745 | 43.00*1325=56975(余堀り考慮せず) |
| | | ロックbolt費 | 1,236 | 15 | m | 82,368 | L=12m, 12本/m(坑口部15m区間) |
| | | 吹付け費 | 59,394 | 30806 | m2 | 1,928 | t=10cm, 23.25*1325=30806 |
| | | 覆工費 | 218,245 | 8493 | m3 | 25,697 | 6.41*1325=8493 |
| | | 防水工費 | 73,934 | 30806 | m2 | 2,400 | |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 4,326,530 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,990,204 | 1 | 式 | 1,990,203,747 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 6,316,734 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 一般管理費 | 593,141 | 1 | 式 | 593,141,288 | |
| | | 小計 | 6,909,875 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計(6本) | 41,459,250 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | | 掘削費 | 17,131,282 | 1550202 | m3 | 11,051 | 26.70*58060=1550202 (余堀り考慮せず) |
| | | 吹付け費 | 2,639,246 | 814582 | m2 | 3,240 | t=10cm, 14.03*58060=814582 |
| | | 覆工費 | 4,541,239 | 152698 | m3 | 29,740 | 2.63*58060=152698 |
| | | インバート費 | 1,191,037 | 63866 | m3 | 18,649 | 1.1*58060=63866 |
| | | その他直接工事費 | 0 | 1 | 式 | 0 | |
| | | 直接工事費合計 | 25,502,804 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 11,731,290 | 1 | 式 | 11,731,289,627 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 37,234,093 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 一般管理費 | 3,496,281 | 1 | 式 | 3,496,281,348 | |
| | | 合計 | 40,730,375 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 廻分坑道 | 2,357,520 | 57000 | m3 | 41,360 | 3.80*2500*30*8/40=57000 (すりつけ部考慮せず) |
| | | その他直接工事費 | 588,880 | 1 | 式 | 588,880,000 | カッター交換工 |
| | | 直接工事費合計 | 2,946,400 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,355,344 | 1 | 式 | 1,355,344,000 | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 4,301,744 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 一般管理費 | 403,934 | 1 | 式 | 403,933,762 | |
| | | 小計(TBM1台当たり) | 4,705,678 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 合計 | 188,227,110 | 40 | 式 | 4,705,677,762 | 5台/パネル×8パネル消費税は含まず |

表-2.4.2.5 (a) 建設費の費用積算結果のまとめ（堆積岩）

地下施設工事費合計の比較

| 積算ケース | アクセス坑道(百万円) | | 主要・連絡坑道(百万円) | | 処分坑道(百万円) | | 合計(百万円) | |
|-------|-------------|------|--------------|------|-----------|------|---------|------|
| 300m | 11,267 | 0.50 | 32,264 | 0.46 | 218,209 | 0.88 | 261,740 | 0.77 |
| 500m | 22,672 | 1.00 | 69,645 | 1.00 | 248,308 | 1.00 | 340,625 | 1.00 |
| 700m | 31,686 | 1.40 | 76,797 | 1.10 | 337,511 | 1.36 | 445,994 | 1.31 |

建設費合計としての比較

| 積算ケース | インフラ施設 | | 地上施設 | | 地下施設工事費 | | 地下施設内設備 | | 合計(百万円) | |
|-------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 300m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 261,740 | 0.77 | 30,000 | 1.00 | 321,740 | 0.80 |
| 500m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 340,625 | 1.00 | 30,000 | 1.00 | 400,625 | 1.00 |
| 700m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 445,994 | 1.31 | 30,000 | 1.00 | 505,994 | 1.26 |

表-2.4.2.5 (b) 建設費の費用積算結果まとめ（結晶質岩）

地下施設工事費合計の比較

| 積算ケース | アクセス坑道(百万円) | | 主要・連絡坑道(百万円) | | 処分坑道(百万円) | | 合計(百万円) | |
|-------|-------------|------|--------------|------|-----------|------|---------|------|
| 300m | 10,178 | 0.32 | 20,751 | 0.80 | 80,995 | 0.74 | 111,924 | 0.67 |
| 500m | 16,434 | 0.51 | 22,771 | 0.87 | 91,938 | 0.84 | 131,143 | 0.78 |
| 700m | 22,691 | 0.71 | 24,455 | 0.94 | 100,875 | 0.92 | 148,021 | 0.88 |
| 1000m | 32,081 | 1.00 | 26,086 | 1.00 | 109,911 | 1.00 | 168,078 | 1.00 |
| 1300m | 41,459 | 1.29 | 40,730 | 1.56 | 188,227 | 1.71 | 270,416 | 1.61 |

2.4.2.2

建設費合計としての比較

| 積算ケース | インフラ施設 | | 地上施設 | | 地下施設工事費 | | 地下施設内設備 | | 合計(百万円) | |
|-------|--------|------|--------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| 300m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 111,924 | 0.67 | 30,000 | 1.00 | 171,924 | 0.75 |
| 500m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 131,143 | 0.78 | 30,000 | 1.00 | 191,143 | 0.84 |
| 700m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 148,021 | 0.88 | 30,000 | 1.00 | 208,021 | 0.91 |
| 1000m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 168,078 | 1.00 | 30,000 | 1.00 | 228,078 | 1.00 |
| 1300m | 20,000 | 1.00 | 10,000 | 1.00 | 270,416 | 1.61 | 30,000 | 1.00 | 330,416 | 1.45 |

(2) 操業費

a. オーバーパック

オーバーパックの仕様(板厚)に及ぼす処分深度の影響を考慮して、深度に伴うオーバーパック費用の概略比較を行う。

i) 検討の前提

オーバーパックの板圧の検討では次の前提を仮定する。

ア) 腐食代は深度によらず4 cm一定とする

イ) オーバーパックの設計外力

- ・結晶質岩密度: 2.7 g/cm³ (RM-1)

- ・堆積岩密度: 2.2 g/cm³ (RM-4-1)

- ・側圧係数: = 148/h+1.02 (h:深度 m)

ウ) 耐圧設計手法

昭和55年通商産業省告示第501号『発電用原子力設備に関する構造等の技術基準』の第2種容器の規定に基づき、次の(2.4.2.1)~(2.4.2.2)式を用いる。

・平板(蓋板、底板)

$$t = d \sqrt{\frac{KP}{S}} \quad (2.4.2.1)$$
$$\therefore P = \frac{S}{K} \left(\frac{t}{d} \right)^2$$

ここで、

t: 平板の計算上必要な厚さ[mm]

d: 平板の径又は最小内のり[mm]

P: 最高使用圧力[MPa]

S: 最高使用温度における告示別表第4に規定する材料の許容引張応力[MPa]

K: 平板の取付け方法による係数[-]

なお、計算で使用した値は次のとおり。

d = 460mm(蓋板)、d = 440mm(底板)

S = 132 [MPa]

K=0.5

・円筒洞

告示では、次の2つの式のうち、大きい方の値を最小必要板厚とすることが規定されている。

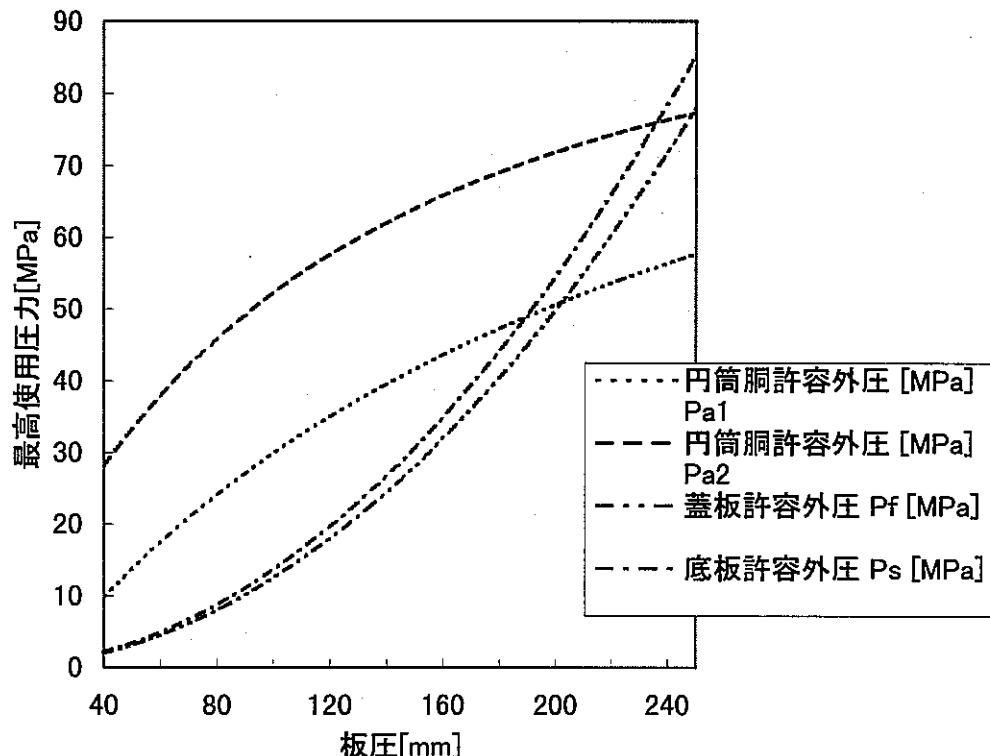


図-2.4.2.2 オーバーパックの最高使用圧力と板厚の関係

$$t = \frac{D_0 \left(\frac{P_e}{B} + 0.0833 \right)}{2.167} \quad (2.4.2.2)$$
$$t = \frac{D_0}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2P_e}{S}} \right)$$

したがって、

$$P = P_{a1} = \left[\frac{2.167}{D_0 / t} - 0.0833 \right] B$$

$$P = P_{a2} = \frac{2S}{D_0 / t} \left[1 - \frac{1}{D_0 / t} \right]$$
(2.4.2.3)

ここで、

t : 洞の計算上必要な厚さ[mm]

D_0 : 洞の外径[mm]

P_e : 外面に受ける最高の圧力[MPa]

B : 告示別図第5から別図第7により求めた値

P_a : 許容外圧[MPa]

表-2.4.2.6 深度に伴うオーバーパック費用の概略比較

| | 深度 [m] | 300 | 500 | 700 | 1000 | 1300 | |
|--------|---------------------|------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 結晶質岩 | 初期地圧 [MPa] | 鉛直成分 | 7.9 | 13.2 | 18.5 | 26.5 | 34.4 |
| | | 水平成分 | 12.0 | 17.4 | 22.8 | 30.9 | 39.0 |
| | 必要最小板厚 [mm] | 胴板 | 46 | 60 | 76 | 104 | 138 |
| | | 蓋板 | 99 | 119 | 136 | 158 | 177 |
| | | 底板 | 94 | 113 | 130 | 151 | 170 |
| | 設計板厚 [mm] | 胴板 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 |
| | | 蓋板 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 |
| | | 底板 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 |
| | オーバーパック外径 [mm] | | 720 | 760 | 800 | 840 | 880 |
| | オーバーパック高さ [mm] | | 1630 | 1670 | 1710 | 1750 | 1790 |
| 第三紀堆積岩 | オーバーパック体積 [m³] | | 0.458 | 0.552 | 0.654 | 0.765 | 0.883 |
| | オーバーパック重量 [t] | | 3.60 | 4.34 | 5.14 | 6.01 | 6.94 |
| | オーバーパック単価 [千円] | | 2,497 | 3,009 | 3,564 | 4,165 | 4,813 |
| | オーバーパック費(4万本) [百万円] | | 99,891 | 120,361 | 142,578 | 166,608 | 192,517 |
| | 初期地圧 [MPa] | 鉛直成分 | 6.5 | 10.8 | 15.1 | - | - |
| | | 水平成分 | 9.8 | 14.2 | 18.6 | - | - |
| | 必要最小板厚 [mm] | 胴板 | 41 | 52 | 64 | - | - |
| | | 蓋板 | 89 | 107 | 123 | - | - |
| | | 底板 | 85 | 103 | 117 | - | - |
| | 設計板厚 [mm] | 胴板 | 130 | 150 | 170 | - | - |
| | | 蓋板 | 130 | 150 | 170 | - | - |
| | | 底板 | 130 | 150 | 170 | - | - |
| | オーバーパック外径 [mm] | | 700 | 740 | 780 | - | - |
| | オーバーパック高さ [mm] | | 1610 | 1650 | 1690 | - | - |
| | オーバーパック体積 [m³] | | 0.414 | 0.504 | 0.602 | - | - |
| | オーバーパック重量 [t] | | 3.26 | 3.96 | 4.73 | - | - |
| | オーバーパック単価 [千円] | | 2,257 | 2,748 | 3,281 | - | - |
| | オーバーパック費(4万本) [百万円] | | 90,290 | 109,912 | 131,247 | - | - |

なお、計算で使用した値は次のとおり。

$$B = 117 \text{ [MPa]}$$

$$S = 220 \text{ [MPa]}$$

ii) 検討結果

図-2.4.2.2 に板厚の範囲を 40~250mm とした場合の計算結果を示す。この計算結果をもとに、結晶質岩と堆積岩の各設定深度における初期地圧から板厚を設定する。

表-2.4.2.6 に各深度でのオーバーパックの仕様の設定結果を示す。ここでは、横置き定置方式を想定しているため、胴板、蓋板、底板とも初期地圧の水平成分をもとに板厚を設定している。結晶質岩の 1000m のケースは、H3 改良概念のオーバーパック設計条件と近いが、H3 改良概念では、1000m 相当の土被り圧に、550m 相当の側圧係数の値を用いていること等のため、ここでの検討結果よりも板厚が大きくなっている。

上記板厚の設定結果に腐食代を加え各深度におけるオーバーパックの仕様を決める。また、2.3.2(2)で用いたオーバーパックの m^3 単価により算出した深度に伴うオーバーパック費用の概略比較を表-2.4.2.6 にあわせて示す。

(b) 緩衝材

深度に伴うオーバーパックの仕様（板厚）の変化を影響を考慮して、深度に伴う緩衝材の費用を算出する。

i) 検討の前提

緩衝材費用の検討では次の前提を仮定する。

ア) 緩衝材厚さは一定（67cm）とする

イ) 緩衝材の材料費の容積単価は表-2.3.2.5 に示す H3 改良概念の値（61,572 円/ m^3 ）とする

ウ) 緩衝材の設備費、加工費、検査費の廃棄体一体当たりの単価は 2.3.2(2)における検討と同様に一定とする

ii) 検討結果

表-2.4.2.7 に検討結果を示す。本検討ケースの場合、廃棄体 4 万本の緩衝材費用の最大と最小は次のとおりである。

最大：約 1,490 億円（結晶質岩、深度 1300m）

最小：約 400 億円（結晶質岩、深度 300m）

また、同一深度における結晶質岩と堆積岩の緩衝材費用を比べると、堆積岩では、オーバーパック外径が小さいが廃棄体定置間隔が大きいため、結果的には結晶質岩よりも費用がやや高くなっている。

表-2.4.2.7 深度に伴う緩衝材費用の概略比較

| | 深度 [m] | 300 | 500 | 700 | 1000 | 1300 |
|---------|----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 結晶質岩 | オーバーパック寸法 [mm] | Φ720x1630L | Φ760x1670L | Φ800x1710L | Φ840x1750L | Φ880x1790L |
| | オーバーパック外形体積 [m ³] | 0.664 | 0.758 | 0.860 | 0.970 | 1.089 |
| | 緩衝材厚さ [mm] | | | 670 | | |
| | 緩衝材外径(坑道径) [m] | 2.06 | 2.10 | 2.14 | 2.18 | 2.22 |
| | 廃棄体定置間隔 [m] | 4 | 5 | 6 | 7 | 15 |
| | 緩衝材体積 [m ³] | 12.7 | 16.6 | 20.7 | 25.2 | 57.0 |
| | 緩衝材材料単価 [円／m ³] | | | 61,572 | | |
| | [千円／一体] | 780 | 1,020 | 1,276 | 1,549 | 3,508 |
| | 緩衝材設備・加工・検査費 [千円／一体] | | | 211 | | |
| 第三紀堆積岩 | 緩衝材費用(4万本分) [百万円] | 39,631 | 49,217 | 59,465 | 70,392 | 148,748 |
| | オーバーパック寸法 [mm] | Φ700x1610L | Φ740x1650L | Φ780x1690L | - | - |
| | オーバーパック外形体積 [m ³] | 0.620 | 0.710 | 0.808 | - | - |
| | 緩衝材厚さ [mm] | | 670 | | - | - |
| | 緩衝材外径(坑道径) [m] | 2.04 | 2.08 | 2.12 | - | - |
| | 廃棄体定置間隔 [m] | 5 | 6 | 7 | - | - |
| | 緩衝材体積 [m ³] | 15.7 | 19.7 | 23.9 | - | - |
| | 緩衝材材料単価 [円／m ³] | | 61,572 | | - | - |
| | [千円／一体] | 968 | 1,212 | 1,472 | - | - |
| 2.4.2.7 | 緩衝材設備・加工・検査費 [千円／一体] | | 211 | | - | - |
| | 緩衝材費用(4万本分) [百万円] | 47,155 | 56,896 | 67,298 | - | - |

c) 地上施設と操業施設

ここでの検討では、地上施設（オーバーパック建屋内装設備関連）の費用については、深度に伴う変化がないものと仮定し、2.3.2で検討したH3改良概念の費用とする。また、操業施設のなかでは、深度に伴い費用が変わるものとして立坑エレベータが考えられる。

表-2.4.2.8に立坑エレベータの構成要素機器の中で費用が処分深度に依存すると考えられるものを○印で示す。

表-2.4.2.8 立坑エレベータ機器要素費用の処分深度依存性

| 機器要素 | 深度依存性 | 備考 |
|--------------|-------|----|
| 立坑内ガイド・構造物 | ○ | 揚程 |
| ケーブル類 | ○ | 揚程 |
| 昇降装置 | ○ | 揚程 |
| ケージ・カウンタウェイト | — | |
| 巻上機支持構造物 | — | |
| 地上付帯設備 | — | |

表-2.4.2.8の分類に基づいて、立坑エレベータの費用の深度依存性を試算した結果を表-2.4.2.9に示す。

ここで、算出結果は、深度1000mの場合を1とした比率で示す。また、これ以外の操業施設の費用は深度に依存しないものと仮定し、地上施設と同様に、2.3.2で検討したH3改良概念の費用とする。

表-2.4.2.9 深度に伴う立坑エレベータ費用の概略比較

| 処分深度 [m] | 1000 | 1300 | 700 | 500 | 300 |
|-------------|------|------|------|------|------|
| 立坑エレベータ費用比率 | 1 | 1.14 | 0.85 | 0.75 | 0.63 |

d) 深度に伴う操業費用の概略比較

以上a)～c)での検討をまとめ、深度に伴う物品費（オーバーパック、緩衝材）を含む操業費用の概略比較を行う。なお、検討結果は、2.3.2に示したH3概念における費用に対する比率で示す。検討結果を表-2.4.2.10（結晶質岩）と表-2.4.2.11（堆積岩）に示す。

操業費が一番小さいのは、結晶質岩と堆積岩の300mのケースで、H3概念の場合の0.45倍、一番大きいのは結晶質岩の1300mのケースで、H3概念の0.78倍となった。

表-2.4.2.10 深度に伴う操業費用の概略比較（結晶質岩）

| | | H3概念 | 結晶質岩 | | | | |
|----------|----------|---------|-----------------|-------|------|------|------|
| | | 費用[百万円] | 費用比率(H3概念を1とする) | | | | |
| 処分深度 [m] | | 1,000 | 1,000 | 1,300 | 700 | 500 | 300 |
| | 地上施設計 | 87,971 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 操業設備 | 立坑エレベータ | 7,488 | 1.00 | 1.14 | 0.85 | 0.75 | 0.63 |
| | 坑道 | 9,069 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 |
| | ランニングコスト | 33,021 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| | 操業設備計 | 49,578 | 1.11 | 1.13 | 1.09 | 1.07 | 1.06 |
| 物品 | オーバーパック | 316,000 | 0.53 | 0.61 | 0.45 | 0.38 | 0.32 |
| | 緩衝材 | 165,280 | 0.43 | 0.90 | 0.36 | 0.30 | 0.24 |
| | 総計 | 618,828 | 0.61 | 0.78 | 0.56 | 0.50 | 0.45 |

表-2.4.2.11 深度に伴う操業費用の概略比較（堆積岩）

| | | H3概念 | 堆積岩 | | |
|----------|----------|---------|-----------------|------|------|
| | | 費用[百万円] | 費用比率(H3概念を1とする) | | |
| 処分深度 [m] | | 1,000 | 700 | 500 | 300 |
| | 地上施設計 | 87,971 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 操業設備 | 立坑エレベータ | 7,488 | 0.85 | 0.75 | 0.63 |
| | 坑道 | 9,069 | 1.23 | 1.23 | 1.23 |
| | ランニングコスト | 33,021 | 1.10 | 1.10 | 1.10 |
| | 操業設備計 | 49,578 | 1.09 | 1.07 | 1.06 |
| 物品 | オーバーパック | 316,000 | 0.42 | 0.35 | 0.29 |
| | 緩衝材 | 165,280 | 0.41 | 0.34 | 0.29 |
| | 総計 | 618,828 | 0.55 | 0.50 | 0.45 |

(3) 閉鎖費

a. 費用算出項目の整理

閉鎖費の費用算出項目の整理結果を表-2.4.2.12に示す。表中右側には、処分岩種（堆積岩サイト、結晶質岩サイト）および処分深度条件に関する処分コストへの影響の有無を○,△,ー印で示している。ここで○印は費用への直接的な影響がある項目、△印はサイト条件の違いによる処分場規模（平面広さ）の違いによる影響などの2次的な影響がある項目、ー印は影響がない項目を示している。

表-2.4.2.12 処分コスト（閉鎖費）の費用算出項目一覧表

| 費用算出の大分類 | 費用算出項目 | 処分岩種 | 処分深度 | 備考 |
|----------|--------|------|------|----------------|
| 地上施設 | 施設建設費 | — | — | トータル費を仮定 |
| | 設備費 | — | — | トータル費を仮定 |
| | 維持管理費 | — | — | トータル費を仮定 |
| | 解体撤去費 | — | — | トータル費を仮定 |
| 地下施設 | 維持補修費 | △ | △ | 支保形式と仕様 |
| 閉鎖工事費 | 直接工事費 | ○ | ○ | 断面仕様と施設規模 |
| | 間接工事費 | — | △ | 直接工事費に対応 |
| | 一般管理費 | — | △ | 工事原価に対応 |
| 地下施設内設備 | 立坑内設備 | ○ | ○ | 埋め戻し材搬入、人員搬送設備 |
| | 維持管理費 | △ | ○ | 各設備費と耐用年数に対応 |

処分コストに影響する上記の各項目について、影響パラメータとなる処分岩種、処分深度条件の変化に対する費用算定の方法の考え方を表-2.4.2.13に示す。

表-2.4.2.13 影響項目の費用算定の方法（閉鎖費）

| 費用算出の大分類 | 費用算出項目 | 処分岩種 | 処分深度 |
|----------|-------------|----------------------------|---|
| 地下施設 | 維持補修費 | 支保の仕様毎の材料費に一定比率を乗じることにより設定 | 支保仕様（荷重）、処分施設規模の違いにより、材料費を増減し、一定比率を乗じることにより設定 |
| 閉鎖工事費 | 直接工事費 | 処分施設各坑道仕様により、閉鎖単価を増減 | 処分施設各坑道の仕様および施設規模により、閉鎖容量を増減 |
| | 間接工事費 | — | 直接工事費に対応して増減 (直接工事費の46%) |
| | 一般管理費 | — | 工事原価に対応して増減 (直接工事費の46%) |
| 地下施設内設備 | 立坑内設備、維持管理費 | 検討事例がないことから仮定的に一律で設定 | 検討事例がないことから仮定的に一律で設定 |

b. 前提条件

閉鎖費の直接工事費算出の前提条件を以下に示す。

①処分施設の仕様

前述の建設費算出項目で設定した坑道仕様（表-2.4.2.2 参照）、数量諸元（表-2.4.2.3 参照）に従う。

②単価

「平成8年度 地層処分施設の設計研究（PNC ZJ1449 97-004）」に示された単価を基本とする。

c. 算出結果

新第三紀堆積岩と結晶質岩を前提とした閉鎖工事費の算出表をそれぞれ表-2.4.2.14(a),(b)に示す。また、閉鎖工事費合計と閉鎖費合計の各深度の比較検討結果をまとめて表-2.4.2.15(a),(b)に示す。堆積岩では深度500m、結晶質岩では深度1000mを基本ケースとした深さの変化による費用の変化率を表中に示している。

閉鎖工事費は、堆積岩の深度300m～700m間で基本ケースより11%減から11%増まで

の影響となる。また、結晶質岩では深度 300m～1300m 間で基本ケースより 27%減から 21%増までの影響となる。

また、閉鎖費合計の視点から深さの変化による影響を整理すると、堆積岩ケースで基本ケースより 22%減から 10%増、結晶質岩ケースで 26%減から 20%増の影響となる。閉鎖費合計の地上施設、地下施設内設備については、動燃殿の既存研究事例がないことから、仮定的に設定したものである。

表-2.4.2.14 (a) 閉鎖工事費の算出表（堆積岩）

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|----|-------------|-------------------------------|
| 堆積岩 (300m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 5,392 | 10784 | m3 | 500 | $33.18 \times 325 = 10784$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 445,164 | 10784 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 49,606 | 10784 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 523,024 | 10784 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 1,023,186 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 470,666 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 1,493,851 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 140,273 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 1,634,124 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 9,804,745 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | | | | | | |
| 主要・連絡坑道 | | 埋戻し材製造費 | 299,444 | 598887 | m3 | 500 | $18.45 \times 32460 = 598887$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,121,816 | 280454 | m3 | 4,000 | $8.64 \times 32460 = 280454$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 1,496,635 | 318433 | m3 | 4,700 | $9.81 \times 32460 = 318433$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 958,219 | 598887 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 6,647,646 | 598887 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 40,192,524 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 18,488,561 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 58,681,084 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 5,510,154 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 64,191,238 | — | — | — | 消費税は含まず |
| プラグ | | アクセス坑道 | 5,536,366 | 12 | 箇所 | 461,363,865 | 2箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1バネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 19,578,892 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 39,157,784 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 18,012,581 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 57,170,365 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 5,368,297 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 62,538,662 | — | — | — | 消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|----|-------------|-------------------------------|
| 堆積岩 (500m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 8,711 | 17421 | m3 | 500 | $33.18 \times 525 = 17421$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 719,139 | 17421 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 80,137 | 17421 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 844,919 | 17421 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 1,652,904 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 760,336 | — | — | — | |
| | | 工事原価 | 2,413,241 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 226,603 | — | — | — | |
| | | 小計 | 2,639,844 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 15,839,063 | — | — | — | 消費税は含まず* |
| | | | | | | | |
| 主要・連絡坑道 | 主要・連絡坑道 | 埋戻し材製造費 | 321,584 | 643167 | m3 | 500 | $18.45 \times 34860 = 643167$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,204,760 | 301190 | m3 | 4,000 | $8.64 \times 34860 = 301190$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 1,607,292 | 341977 | m3 | 4,700 | $9.81 \times 34860 = 341977$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,029,067 | 643167 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 7,139,154 | 643167 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 40,970,620 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 18,846,485 | — | — | — | |
| | | 工事原価 | 59,817,106 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 5,616,826 | — | — | — | |
| | | 合計 | 65,433,932 | — | — | — | 消費税は含まず* |
| プラグ | プラグ | アクセス坑道 | 8,304,550 | 18 | 箇所 | 461,363,865 | 3箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1パネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 22,347,075 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 44,694,151 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 20,559,309 | — | — | — | |
| | | 工事原価 | 65,253,460 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,127,300 | — | — | — | |
| | | 合計 | 71,380,760 | — | — | — | 消費税は含まず* |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|---------------|-------------------|---------------|------------|--------|----|-------------|-------------------------------|
| 堆積岩 (700m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 12,028 | 24056 | m3 | 500 | $33.18 \times 725 = 24056$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 993,032 | 24056 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 110,658 | 24056 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,166,716 | 24056 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | <u>直接工事費</u> | 2,282,433 | — | — | — | |
| | | <u>間接工事費</u> | 1,049,919 | — | — | — | 直接工事費*0.46% |
| | | <u>工事原価</u> | 3,332,353 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 312,908 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | <u>小計</u> | 3,645,260 | — | — | — | |
| | | <u>合計(6本)</u> | 21,871,563 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | | 埋戻し材製造費 | 343,724 | 687447 | m3 | 500 | $18.45 \times 37260 = 687447$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,287,704 | 321926 | m3 | 4,000 | $8.64 \times 37260 = 321926$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 1,717,949 | 365521 | m3 | 4,700 | $9.81 \times 37260 = 365521$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,099,915 | 687447 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 7,630,662 | 687447 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | <u>直接工事費</u> | 41,748,717 | — | — | — | |
| | | <u>間接工事費</u> | 19,204,410 | — | — | — | 直接工事費*0.46% |
| | | <u>工事原価</u> | 60,953,127 | — | — | — | |
| プラグ | | 一般管理費 | 5,723,499 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | <u>合計</u> | 66,676,626 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | アクセス坑道 | 11,072,733 | 24 | 箇所 | 461,363,865 | 4箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1ハーネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 25,115,259 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | <u>直接工事費</u> | 50,230,517 | — | — | — | |
| | | <u>間接工事費</u> | 23,106,038 | — | — | — | 直接工事費*0.46% |
| | | <u>工事原価</u> | 73,336,555 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,886,303 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | <u>合計</u> | 80,222,857 | — | — | — | 消費税は含まず |

表-2.4.2.14 (b) 閉鎖工事費の算出表（結晶質岩）

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|----|-------------|-------------------------------|
| 結晶質岩 (300m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 5,393 | 10786 | m3 | 500 | $33.18 \times 325 = 10786$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 445,246 | 10786 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 49,616 | 10786 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 523,121 | 10786 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 1,023,376 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 470,753 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 1,494,128 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 140,299 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 1,634,427 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 9,806,563 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | 主要・連絡坑道 | 埋戻し材製造費 | 330,113 | 660226 | m3 | 500 | $22.32 \times 29580 = 660226$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,161,904 | 290476 | m3 | 4,000 | $9.82 \times 29580 = 290476$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 1,737,825 | 369750 | m3 | 4,700 | $12.50 \times 29580 = 369750$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,159,211 | 724507 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 8,042,028 | 724507 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 42,099,845 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 19,365,929 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 61,465,774 | — | — | — | |
| プラグ | プラグ | 一般管理費 | 5,771,636 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 67,237,410 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | アクセス坑道 | 5,536,366 | 12 | 箇所 | 461,363,865 | 2箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1パネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 19,578,892 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 39,157,784 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 18,012,581 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 57,170,365 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 5,368,297 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 62,538,662 | — | — | — | 消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|-------------------|---------------|-------------------|--------|----|-------------|----------------------|
| 結晶質岩 (500m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 8,710 | 17420 | m3 | 500 | $33.18*525=17420$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 719,098 | 17420 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 80,132 | 17420 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 844,870 | 17420 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 1,652,810 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 760,292 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 2,413,102 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 226,590 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 2,639,692 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 15,838,154 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | 主要・連絡坑道 | 埋戻し材製造費 | 362,254 | 724507 | m3 | 500 | $22.32*32460=724507$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,275,028 | 318757 | m3 | 4,000 | $9.82*32460=318757$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 1,907,025 | 405750 | m3 | 4,700 | $12.50*32460=405750$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,159,211 | 724507 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 8,042,028 | 724507 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 42,414,309 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 19,510,582 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 61,924,892 | — | — | — | |
| プラグ | プラグ | 一般管理費 | 5,814,747 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 67,739,639 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | アクセス坑道 | 8,304,550 | 18 | 箇所 | 461,363,865 | 3箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1バネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 22,347,075 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 44,694,151 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 20,559,309 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 65,253,460 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,127,300 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 71,380,760 | — | — | — | 消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|----------------|--------------------------------|-------------|------------|--------|----|-------------|-------------------------------|
| 結晶質岩 (700m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 12,028 | 24056 | m3 | 500 | $33.18 \times 725 = 24056$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 993,032 | 24056 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 110,658 | 24056 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,166,716 | 24056 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 2,282,433 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,049,919 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 3,332,353 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 312,908 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 3,645,260 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 21,871,563 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | 主要・連絡坑道 | | | | | |
| | | 埋戻し材製造費 | 389,038 | 778075 | m3 | 500 | $22.32 \times 34860 = 778075$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,369,300 | 342325 | m3 | 4,000 | $9.82 \times 34860 = 342325$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 2,048,025 | 435750 | m3 | 4,700 | $12.50 \times 34860 = 435750$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,330,701 | 831688 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 9,231,737 | 831688 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 44,037,564 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 20,257,279 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 64,294,844 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,037,286 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 70,332,129 | — | — | — | 消費税は含まず |
| プラグ | アクセス坑道 主要坑道 連絡坑道 処分坑道 | アクセス坑道 | 11,072,733 | 24 | 箇所 | 461,363,865 | 4箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1ハーネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 25,115,259 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 50,230,517 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 23,106,038 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 73,336,555 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 6,886,303 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 80,222,857 | — | — | — | 消費税は含まず |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 | |
|----------------------------|--------|-------------|------------|---------|--------|-------------|----------------------|----------------------|
| 結晶質岩 (1000m) (立坑 1本) | アクセス坑道 | 埋戻し材製造費 | 17,005 | 34010 | m3 | 500 | $33.18*1025=34010$ | |
| | | 埋戻し材材料費 | 1,403,933 | 34010 | m3 | 41,280 | | |
| | | 埋戻し材工費 | 156,446 | 34010 | m3 | 4,600 | | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,649,485 | 34010 | m3 | 48,500 | 設備費含む | |
| | | 直接工事費 | 3,226,869 | — | — | — | | |
| | | 間接工事費 | 1,484,360 | — | — | — | 直接工事費*46% | |
| | | 工事原価 | 4,711,228 | — | — | — | | |
| | | 一般管理費 | 442,384 | — | — | — | 工事原価*9.39% | |
| | | 小計 | 5,153,613 | — | — | — | | |
| | | 合計(6本) | 30,921,677 | — | — | — | 消費税は含まず | |
| | | 主要・連絡坑道 | 埋戻し材製造費 | 415,844 | 831688 | m3 | 500 | $22.32*37262=831688$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 1,463,652 | 365913 | m3 | 4,000 | $9.82*37262=365913$ | |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 2,189,143 | 465775 | m3 | 4,700 | $12.50*37262=465775$ | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 1,330,701 | 831688 | m3 | 1,600 | 設備費含む | |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 9,231,737 | 831688 | m3 | 11,100 | 設備費含む | |
| | | 直接工事費 | 44,299,840 | — | — | — | | |
| | | 間接工事費 | 20,377,926 | — | — | — | 直接工事費*46% | |
| | | 工事原価 | 64,677,767 | — | — | — | | |
| | | 一般管理費 | 6,073,242 | — | — | — | 工事原価*9.39% | |
| | | 合計 | 70,751,009 | — | — | — | 消費税は含まず | |
| プラグ | アクセス坑道 | アクセス坑道 | 13,840,916 | 30 | 箇所 | 461,363,865 | 5箇所/立坑1本 | |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1パネル | |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 | |
| | | 処分坑道 | 27,883,442 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 | |
| | | 直接工事費 | 55,766,883 | — | — | — | | |
| | | 間接工事費 | 25,652,766 | — | — | — | 直接工事費*46% | |
| | | 工事原価 | 81,419,650 | — | — | — | | |
| | | 一般管理費 | 7,645,305 | — | — | — | 工事原価*9.39% | |
| | | 合計 | 89,064,955 | — | — | — | 消費税は含まず | |

| 積算ケース | 坑道種別 | 項目 | 総額(千円) | 数量 | 単位 | 単価 | 備考 |
|-----------------|-------------------|---------------|--------------------|---------|----|-------------|--------------------------------|
| 結晶質岩 (1300m) | アクセス坑道 (立坑 1本) | 埋戻し材製造費 | 21,982 | 43964 | m3 | 500 | $33.18 \times 1325 = 43964$ |
| | | 埋戻し材材料費 | 1,814,834 | 43964 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材工費 | 202,234 | 43964 | m3 | 4,600 | |
| | | 埋戻し材運搬費 | 2,132,254 | 43964 | m3 | 48,500 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 4,171,304 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 1,918,800 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 6,090,104 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 571,861 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 小計 | 6,661,965 | — | — | — | |
| | | 合計(6本) | 39,971,791 | — | — | — | 消費税は含まず |
| 主要・連絡坑道 | | 埋戻し材製造費 | 647,950 | 1295899 | m3 | 500 | $22.32 \times 58060 = 1295899$ |
| | | 埋戻し材材料費(下部) | 12,433,123 | 301190 | m3 | 41,280 | |
| | | 埋戻し材材料費(上部) | 17,235,641 | 341977 | m3 | 50,400 | |
| | | 埋戻し材工費(下部) | 2,280,596 | 570149 | m3 | 4,000 | $9.82 \times 58060 = 570149$ |
| | | 埋戻し材工費(上部) | 3,411,025 | 725750 | m3 | 4,700 | $12.50 \times 58060 = 725750$ |
| | | 埋戻し材運搬費 | 2,073,438 | 1295899 | m3 | 1,600 | 設備費含む |
| | | アクセス坑道部運搬費 | 14,384,479 | 1295899 | m3 | 11,100 | 設備費含む |
| | | 直接工事費 | 52,466,252 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 24,134,476 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 76,600,728 | — | — | — | |
| プラグ | | 一般管理費 | 7,192,808 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 83,793,536 | — | — | — | 消費税は含まず |
| | | アクセス坑道 | 19,377,282 | 42 | 箇所 | 461,363,865 | 7箇所/立坑1本 |
| | | 主要坑道 | 6,599,689 | 32 | 箇所 | 206,240,273 | 4箇所/1ペネル |
| | | 連絡坑道 | 7,442,837 | 36 | 箇所 | 206,745,473 | 6箇所/連絡坑道1本 |
| | | 処分坑道 | 33,419,808 | 496 | 箇所 | 137,648,402 | 2箇所/処分坑道1本 |
| | | 直接工事費 | 66,839,616 | — | — | — | |
| | | 間接工事費 | 30,746,223 | — | — | — | 直接工事費*46% |
| | | 工事原価 | 97,585,840 | — | — | — | |
| | | 一般管理費 | 9,163,310 | — | — | — | 工事原価*9.39% |
| | | 合計 | 106,749,150 | — | — | — | 消費税は含まず |

表-2.4.2.15 (a) 閉鎖費の費用積算結果のまとめ（堆積岩）

閉鎖材工費合計の比較

| 積算ケース | アクセス坑道(百万円) | | 主要・連絡坑道(百万円) | | プラグ(百万円) | | 合計(百万円) | |
|-------|-------------|------|--------------|------|----------|------|---------|------|
| 300m | 9,805 | 0.62 | 64,191 | 0.98 | 62,539 | 0.88 | 136,535 | 0.89 |
| 500m | 15,839 | 1.00 | 65,434 | 1.00 | 71,381 | 1.00 | 152,654 | 1.00 |
| 700m | 21,872 | 1.38 | 66,677 | 1.02 | 80,223 | 1.12 | 168,772 | 1.11 |

閉鎖費合計としての比較

| 積算ケース | 地上施設 | | 地下施設(維持補修費)*1 | | 閉鎖工材費 | | 合計(百万円) | |
|-------|-------|------|---------------|------|---------|------|---------|------|
| 300m | 3,200 | 1.00 | 1,913 | 0.40 | 136,535 | 0.89 | 141,648 | 0.88 |
| 500m | 3,200 | 1.00 | 4,743 | 1.00 | 152,654 | 1.00 | 160,597 | 1.00 |
| 700m | 3,200 | 1.00 | 5,486 | 1.16 | 168,772 | 1.11 | 177,458 | 1.10 |

* 1支保工費の0.5%を30年期間と仮定

表-2.4.2.15 (b) 閉鎖費の費用積算結果のまとめ（結晶質岩）

閉鎖材工費合計の比較

| 積算ケース | アクセス坑道(百万円) | 主要・連絡坑道(百万円) | プラグ(百万円) | 合計(百万円) |
|-------|-------------|--------------|----------|---------|
| 300m | 9,806 | 0.32 | 67,237 | 0.95 |
| 500m | 15,838 | 0.51 | 67,740 | 0.96 |
| 700m | 21,871 | 0.71 | 70,332 | 0.99 |
| 1000m | 30,922 | 1.00 | 70,751 | 1.00 |
| 1300m | 39,972 | 1.29 | 83,794 | 1.18 |

閉鎖費合計としての比較

| 積算ケース | 地上施設 | | 地下施設(維持管理費)*1 | | 閉鎖工材費 | | 合計(百万円) | |
|-------|-------|------|---------------|------|---------|------|---------|------|
| 300m | 3,200 | 1.00 | 653 | 1.00 | 139,582 | 0.73 | 143,435 | 0.74 |
| 500m | 3,200 | 1.00 | 653 | 1.00 | 154,959 | 0.81 | 158,812 | 0.82 |
| 700m | 3,200 | 1.00 | 653 | 1.00 | 172,426 | 0.90 | 176,279 | 0.91 |
| 1000m | 3,200 | 1.00 | 653 | 1.00 | 190,738 | 1.00 | 194,591 | 1.00 |
| 1300m | 3,200 | 1.00 | 653 | 1.00 | 230,515 | 1.21 | 234,368 | 1.20 |

* 1支保工費の0.5%を30年期間と仮定

2.4.3 比較結果

深度の変化にともなう処分費用の概略算定を「建設費」「操業費」「閉鎖費」の3項目について実施した。表-2.4.3.1、図-2.4.3.2 に新第三紀堆積岩および結晶質岩の2ケースの費用算出結果をまとめて示す。

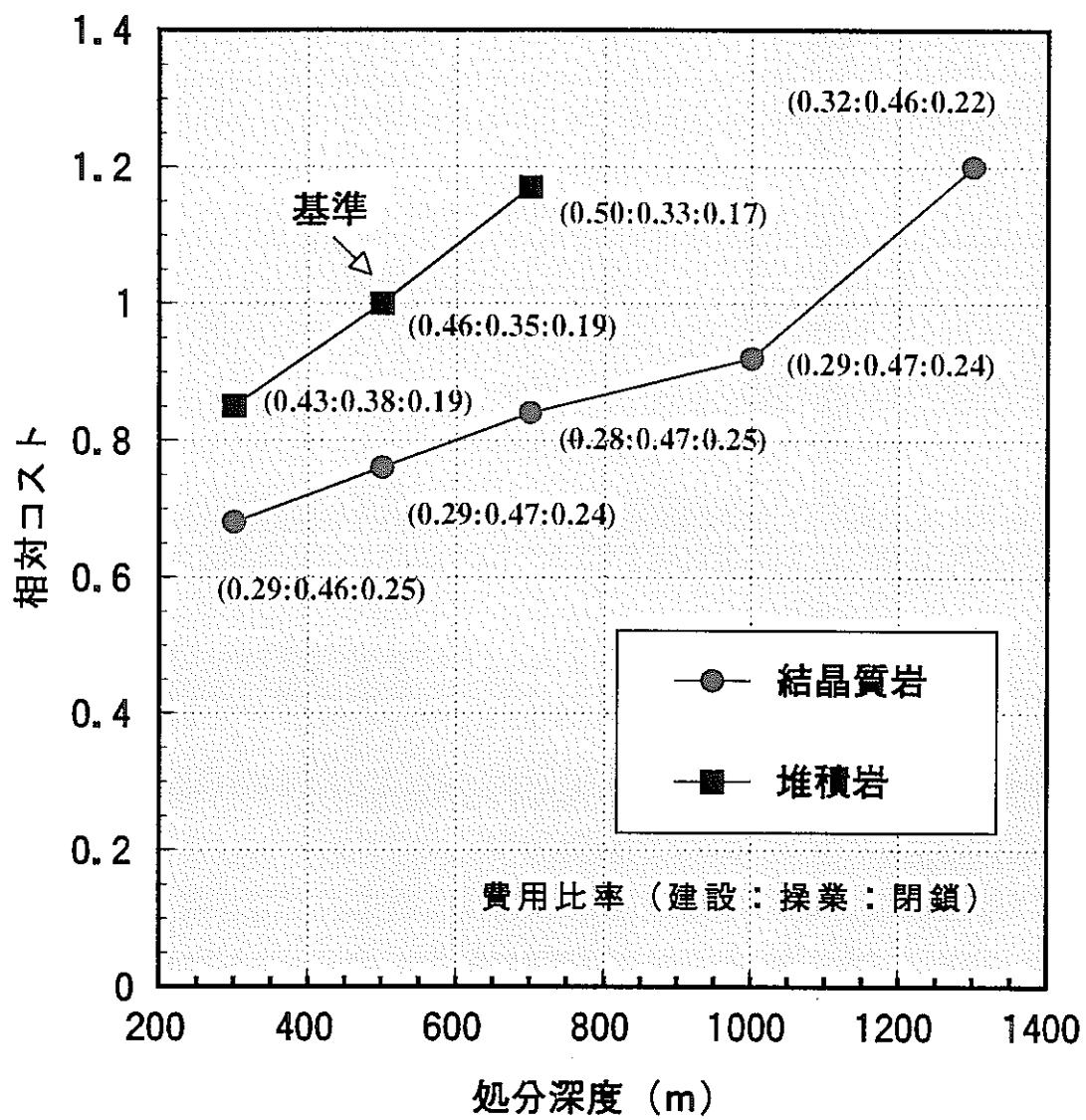
表-2.4.3.1 深度にともなう処分費用の概略算定結果

〔新第三紀堆積岩〕

| 項目＼深度 (m) | 500 | 300 | 700 | 基本ケース費用 (百万円) |
|-----------|-----|------|------|---------------|
| 建設費 | 1 | 0.80 | 1.26 | 400,625 |
| 操業費 | 1 | 0.90 | 1.10 | 309,414 |
| 閉鎖費 | 1 | 0.88 | 1.10 | 160,597 |

〔結晶質岩〕

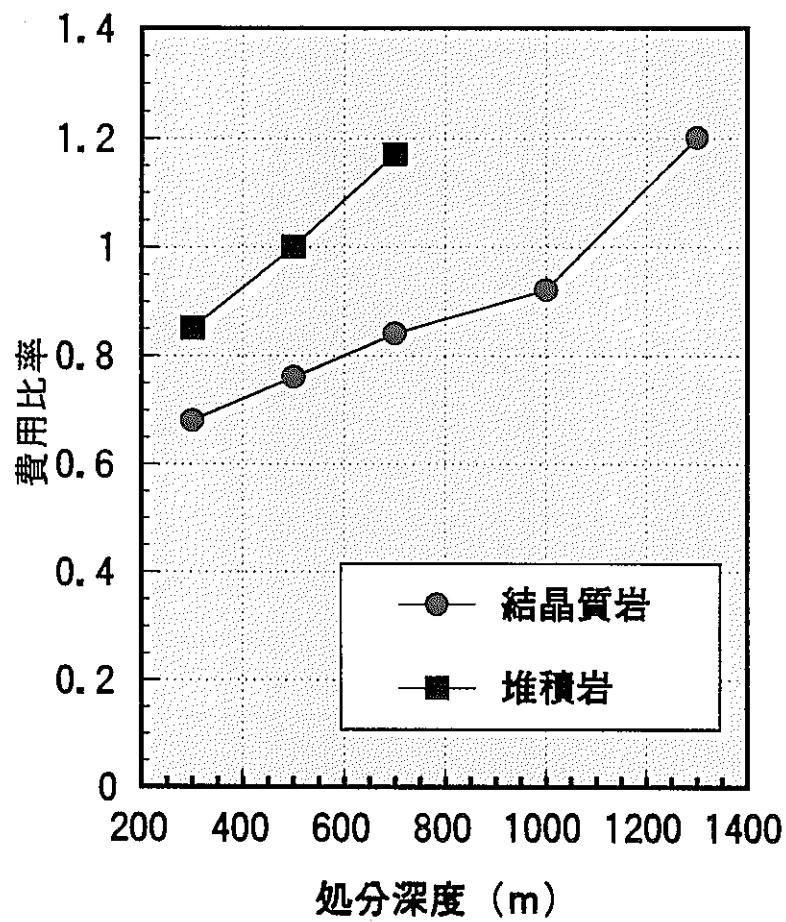
| 項目＼深度 (m) | 1000 | 300 | 500 | 700 | 1300 | 基本ケース費用 (百万円) |
|-----------|------|------|------|------|------|---------------|
| 建設費 | 1 | 0.75 | 0.84 | 0.91 | 1.45 | 228,078 |
| 操業費 | 1 | 0.73 | 0.82 | 0.92 | 1.28 | 377,485 |
| 閉鎖費 | 1 | 0.74 | 0.82 | 0.91 | 1.20 | 194,591 |



(堆積岩の処分深度 500m ケースを相対コスト 1 とする)

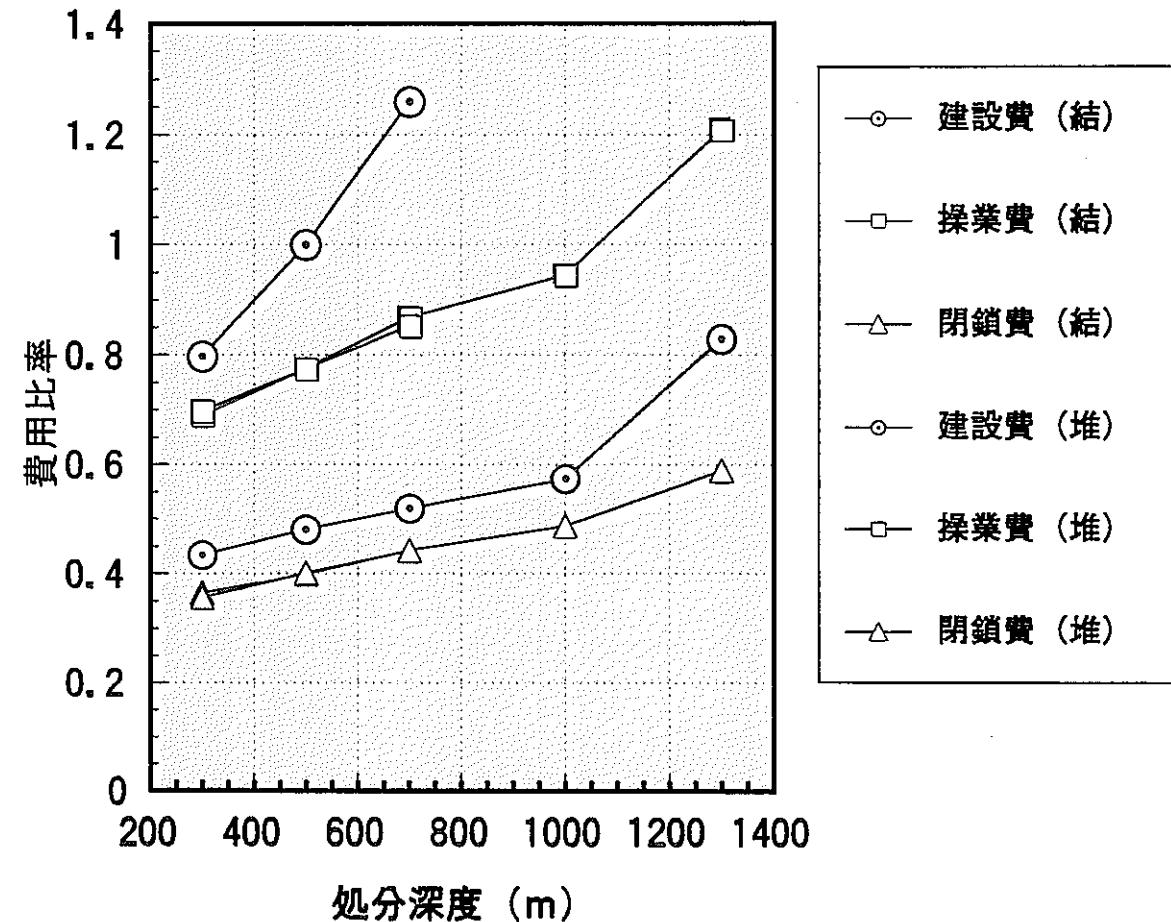
深度と相対コストの関係

図-2.4.3.2 深度とコストの関係（その1）



* 堆積岩の処分深度500mケースを「1」
とする。

処分深度と全体コストの関係



* 堆積岩の処分深度500mの建設費を「1」
とする。

処分深度と内訳コストの関係

図-2.4.3.3 処分深度とコストの関係（その2）

2.5 総合評価による合理性の検討

本節では、これまでの検討結果を受けて、人工バリアコンセプトに関する合理性の検討の面向で、どのようなアプローチがとられるかについて検討する。

2.5.1 人工バリアコンセプトの比較評価結果

2.1 節において、この時点で提案されている幾つかの人工バリアコンセプトを比較した。それぞれについてどの程度合理性が追求されているかについては、数字的な比較だけでなく、抱える懸案事項に対する解決度、あるいは解決の可能性についての評価が不可欠である。特に、長期の不確実性に対する考え方方が透明性を持って、専門家、審査官に説明できるか、また説得性のある成果が今後準備できるか、といった観点からの考察が必要となる。

H 3 改良案は、H 3 概念をより具体化した地質環境条件のもとで、緩衝材については、透水性、透気性、応力緩衝性、オーバーパックの支持性等の実験データに基づく解析的検討によりその仕様の妥当性が記述されている。しかし、これらの実験データは短期の成果であり、懸案事項としている長期挙動に関する信頼性のあるデータは取得されていない。またオーバーパックの設計では、荷重の不確実性を上回る安全率が設定されている。緩衝材とオーバーパックでは材料の違いがあるがその設計の考え方についての整合性はまだ取られていない。

電共研概念案は、基本的にH 3 改良案と同じ思想である。一部解析検討はなされているが、考慮するシナリオ、データは動燃事業団が使用しているものを踏襲している。特徴としては、品質管理の観点から施工方法を考慮し、より現実的な構築法を提案している点が上げられる。今後解決すべき課題は、H 3 改良案と同様である。

Toyoata+McKinley概念は、N A G R Aの概念をベース（H 3 と同じ）に、幾つかの懸案事項を解決するための方策を概念として提案したものである。それぞれの仕様設定については、H 3 報告書、N A G R A報告書をベースに理論解析レベルで言及されている。着目すべき点は、人工バリアの長期健全性に係わるオーバーパックの腐食膨張、ガスのブレーキスルー、ベントナイト流出に対して説得性のある説明が展開されていることである。それぞれの根拠については、今後の詳細な検討が必要とされるが長期の不確実性に対する設計上（概念）で解決しようとする試みは特筆すべき点である。

Apted の提案した概念は、H 3 での概念での懸案事項を念頭に、発想の転換をはかったものである。予備的安全評価を含め、バリアとしての核種閉じ込め機能の成立性は論じら

れているが、長期の健全性に関して、特に熱に対するベントナイトの劣化、放射線分解の影響、レドックス・フロントが岩盤内に拡大することなど、材料力学的にまた地球科学的に解決すべき課題が多い。

ここで比較の対象とした4つの概念では、我が国のサイトの特徴を考慮したH3改良案、電共研案を基本として、Toyata+McKinleyが示した長期の不確実性への具体的なアプローチが人工バリアの合理化につながると考えられる。

2.5.2 合理化に向けてのアプローチ

(1) 背景整理

H 3 報告書では、我が国において処分の安全性確保の見通しを得ることを目的に、概括的に設定された地質環境条件の下で、諸外国の例も参考に人工バリア概念を構築した。基本的な諸物性値は取得したもの、その仕様については未解決な課題も多く、保守的な考え方に基づいて設定している。最終的には今後の研究課題として幾つかの項目を抽出した段階で終わっている。

[なぜ合理化が必要か、なぜ今からチャレンジしなければならないか]

「第2次とりまとめ」では、ジェネリックな地質環境条件設定の下で、合理的かつ信頼性の高い考え方に基づく人工バリアシステム概念の構築を目指している。その主要なターゲットは、2000年以降の実施主体による処分地選定段階で得られるスペシフィックなサイト特性データにより、合理的かつ最適な人工バリアシステムを構築できる技術を確立するための研究開発の方向性を示すことがある。

[人工バリア概念の合理化とは]

- ・ H 3での人工バリア概念の課題分析（設計条件等の設定根拠の分析も含めて）
- ・課題解決、あるいは長期の不確実性を少なくするための方策の検討
- ・人工バリアシステムの要求機能（安全性確保の観点）の整理
- ・地質環境に対応した現実的な設計の考え方の構築と仕様の決定
- ・高度な品質を担保できる製作、施工検討

(2) 合理的な人工バリアシステム概念構築

[基本仕様（出発点）：H 3 概念=炭素鋼オーバーパック+ベントナイト緩衝材]

① 安全性確保の観点からの要求

⇒ オーバーパックによる 1000 年程度の確実な隔離：厚さで担保

- ・核分裂生成物が支配する放射能量が大きく減衰する期間
- ・処分場の建設等により乱された環境が平衡状態になる期間
- ・確実な封じ込めによる「安心感」を与える期間

⇒ ベントナイトによる核種放出量の抑制：密度、純度、厚さで担保

- ・核種の溶解度の制限
- ・核種移行の遅延
- ・コロイドフィルター機能

⇒ ベントナイトによる内外力への応力緩衝機能：密度、純度、厚さで担保

- ・オーバーパックの腐食膨張力への緩衝機能
- ・周辺岩盤のクリープ等変形への緩衝機能
- ・廃棄体の支持機能

⇒ 人工バリアシステムとしての長期健全性確保：各構成材料の特性（強度、変形等）

- ・相互作用による形状確保 厚さ等の仕様
- ・耐震性
- ・劣化、流出への抵抗
- ・ガスのブレークスルーへの健全性

② 長期の健全性評価の観点（基本人工バリアシステムをベースにした将来事象）

⇒ ベントナイトの材質、密度、厚さの確保

- ・ガス発生によるベントナイトの密度変化、拡散機能の破損
- ・ベントナイトの湿潤膨張による密度変化、オーバーパックとの相互作用による塑性変形による厚さの減少
- ・オーバーパックの腐食膨張によるベントナイトの密度変化、塑性変形、せん断破壊による拡散ゾーンの損傷、コロイドフィルターの損傷
- ・外圧による（岩盤の長期クリープ力、地震力）ベントナイトの密度変化、せん断破壊による拡散ゾーンの損傷、コロイドフィルターの損傷

- ・ベントナイトの周辺亀裂への浸入と流出による密度変化、厚さの減少
- ・ベントナイトの密度変化と塑性変形によるオーバーパックの沈下促進による必要
厚さの減少

*上記の事象に対する対応

- a. 人工バリア材料の性質（オーバーパックの材質を変える、ベントナイトの純度、密度の高度化での対応）
- b. 長期健全性をより評価し易くするシステムの導入（役割分担）
- c. 配置、定置まで統合された高度な品質管理（プレファブリック：UNIT化）

③施工性：品質保証の観点

⇒これまでの概念は必ずしも高度な品質を保証できるシステムではない

処分坑道の建設、人工バリアの製作、定置方法を含めた総合的な品質保証が可能な
コンセプトを構築する⇒プレファブリック

④経済性の確保

⇒過度の保守性担保から品質を維持しつつ合理的なシステムへの展開

建設／製作、定置、埋戻しまでの一環した経済性評価

①～④の要件を満足する新しい人工バリアシステムとして

⇒安全性を確保しつつ長期健全性評価での不確実性を削減する方策

[ベントナイト／砂の混合材の使用による設計の簡易さ]

⇒これまでの実験結果を反映した材料定数の根拠ある設定

[オーバーパックの腐食率]

[ベントナイトの特性値]

⇒外力の現実的な設定と緩衝材厚さを決定する提案

[オーバーパックの腐食膨張の影響を評価した応力緩衝材としてのベントナイト必
要厚さの設定]

⇒高度な品質管理の提案

[プレファブケーションユニット化によるアプローチ]

(3)配置の考え方

[一体型人工バリアを基本とした配置の考え方]

- ・結晶質岩、堆積岩での豎置きと横置きタイプの特徴の整理

施工性、定置性、品質管理、長期挙動評価の課題に対する対応の評価

- ・横置き方式の場合の処分坑道利用と処分孔利用形態の整理と施工性検討
- ・豎置き方式の場合の処分孔の施工性（1本の立坑に複数の一体型を収納）
- ・性能確認期間のモニタリング、最終閉鎖の前の取り出し性確保
- ・破碎帯、断層への対応の確実さ
- ・品質管理の確実性

(4)人工バリアの定置方法

- ・配置に対応した定置方法の提案

- ・豎置き、横置き方式を対象とした定置の具体的な手順と方策

- ・一体型の製作方法、運搬、定置の機器概念
- ・一体型定置の場合の処分坑道、処分孔の精度と定置のクリアランスの確保
- ・処分坑道、処分孔内での湧水力所の対策
- ・定置精度の確認方法
- ・発生する隙間の対応

(5)デモストレーションへの展開

- ・新人工バリアシステムの性能評価

- ・長期健全性評価

- ・定置方式の実証計画

3.まとめと今後の展開

3.1 まとめ

「人工バリアコンセプトに関する合理性の評価研究」では、人工バリアコンセプトの調査・分析にはじまり、それらの定性・定量的な評価を相対比較を含めて実施した。そこで参照ケースを選定し、コンセプトの経済比較を行うとともに、処分深さの変化による処分費用の概略比較を実施した。これらの検討結果は以下のようにまとめられる。

(1)人工バリアコンセプトに関する文献調査および背景整理

人工バリアの構成に関しては、ガラス固化体を対象とする概念を対象に5つのコンセプトを抽出し、特徴を整理するとともに、その分析および背景の考察を行った。ここで対象となった概念は、大きく、H3報告書でのコンセプトをより現実的な条件で改良した概念、H3コンセプトでの懸案事項を緩衝材を中心とした組み合わせで対処する概念、および新しい考え方で構築した概念に大別された。それぞれの概念は、従来の設計の考え方を踏襲しており、今後安全率の設定等での課題が存在する。いずれの概念も長期の安全性確保の観点からは成立性の見通しがあると判断され、むしろ長期の健全性の観点からの特性、および施工性、品質管理、経済性の観点からの合理化検討が中心となっている。特に長期の健全性では、さまざまな事象に対する対応を設計で対処していくのか、性能評価で対処していくのか、またロバストなバリアシステムで対処していくのかの報告性を示唆する提案であった。

(2)人工バリアコンセプトの特性評価

調査の対象としたコンセプト相互を比較評価した。明瞭な比較のポイントは量的な項目であるが、それぞれの前提が異なるため同じレベルでの比較は困難である。特に⑤のApted氏のコンセプトは他と大きく異なるため単純な比較は難しい。H3改良、電共研、Toyota+McKinleyコンセプトはいずれもH3コンセプトに比較して、数量は数10%削減されている。また長期の事象に対する対応もいくつの前提のもとで検討されている。

(3)人工バリアコンセプトの経済性評価

代表的なコンセプトについて、建設費、人工バリア製作費、定置費に分けて定量的に

比較した。その結果H 3 改良コンセプトはベースとしたH 3 コンセプトに比較して約50 %のコストダウンになっている（人工バリア製作費/ 1 ユニット）。これは、数量的な削減によるところが大きい。また、地下施設全体の建設・操業・閉鎖費では、閉鎖費には大きな削減が認められないものの、建設費、操業費は約35 %のコストダウンがはかれる見通しが得られている。

(4) 深さの変化による処分費用の概略比較

結晶質岩と堆積岩を対象に、処分坑道横置き方式を基本とし、処分深さをパラメータとした建設費、操業費、埋戻し・閉鎖費の変化について概略比較を実施した。深さに大きく関連する費用は、建設費、操業費である。建設費は、アクセス坑道の変化および処分坑道の長さ、直径の変化（オーバーパックの厚さ、埋設密度）が大きく寄与している。操業費は、オーバーパックの厚さ、緩衝材の量の変化による材料費、操業設備費の寄与が大きい。閉鎖費の費用は空洞の量に関係するため、建設費と同様な傾向を示す。

堆積岩では、深さの変化に伴い、支保工の厚さが変化していくため、建設費が大きく変動する。深い場合は、浅い場合と異なる考え方の導入、および支保形式を検討する必要があると思われる。

3.2 残された課題と今後の展開

(1) 残された課題

今回の検討では、対象とした人工バリアコンセプトについて、調査のレベルでの定性的な検討が中心であった。それぞれのコンセプトにおいても、定性的な検討で長期の事象に対する対応を概略検討しているが、その考え方、検討に用いたロジック（数式、モデル）、解析のデータ等についての妥当性は実証されていない。また施工性、品質管理の観点からの検討も想定での判断であり、実際に実験等で確かめなければならない項目が多いと思われる。例えば、オーバーパックの設計についても、従来の保守的な手法の適用が基本とされており、長期にわたる安定性の評価指標、限界状態の設定等についての検討が必要である。

緩衝材については、ペントナイトとケイ砂の混合材が主力となっているが、その物性値、特性については十分実験されておらず、長期の健全性評価における前提部分に不確実性が含まれている。また多くの事象についてはまだ未解決な課題が多い。

(2) 今後の展開

ガラス固化体を対象とした概念の横並びの比較は、今回初めて実施された。それぞれの独自の考え方がある背景にあり、また特筆すべき効用も検討されている。第2次とりまとめを作成するにあたり、H3改良の人工バリアコンセプトが、現時点での考慮できる最先端のかつ信頼できるコンセプトであることを示すために、また今後、サイト条件の入手に従い、合理化・最適化への方向性を示すための道筋を示す検討が不可欠である。そこで、最後に今後の展開として、今後どのような検討を進めていくかについて提案する。

- ①今回対象とした人工バリアコンセプトでの共通した開発課題（確認すべき事項）について、現時点での可能な範囲で定量的な検討を実施し、問題点を明確にするとともに、H3改良コンセプトに導入できる要素を検討する。
- ②今後の合理化・最適化へのアプローチの一環として、想定される立地サイトの地質環境条件下での人工バリアコンセプトを構築し、長期安全性確保、長期の健全性確保、および施工性、品質管理、再取り出し性、経済性の観点から、我が国で実現可能かつ現実的な人工バリアコンセプトを構築する。例えば、Apted氏の概念は、結晶質岩で地下水の移行速度が遅いエリアでは有効に作用する概念である、といったサイトの水理特性と地化学特性に対応した合理的な人工バリアコンセプトを構築する手法とその設計体系を構築する。
- ③合理的なコンセプトを構築することに平行し、その性能を実証する方策を検討する。例えば、室内での実規模試験による性能確認、施工技術の確立、原位置・地下研究施設での定置のデモンストレーション試験、および長期のモニタリングによる性能確認などが対象となる。