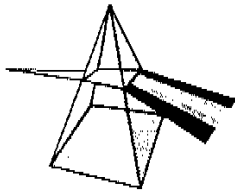


【技術報告】



TRU廃棄物の処分施設に関する設計研究 —岩盤の力学特性及び発熱性廃棄物の影響を考慮 した処分空洞径の検討—

前田 宗宏 伊藤 勝* 三原 守弘*
奥津 一夫*2 赤坂 直人*2

株式会社小堀二研究所

* 東海事業所 環境技術開発部

*2 鹿島建設株式会社 土木設計本部

資料番号：104-10

Design Study for TRU Waste Repository

-Study on the diameter of caverns for the repository, as well as consideration for the affect of rock mechanical properties and exothermic waste-

Munehiro MAEDA Masaru ITO* Morihiro MIHARA*

Kazuo OKUTSU*2 Naoto AKASAKA*2

Kobori Research Complex INC.

* Waste Technology Development Division, Tokai Works

*2 Civil Engineering Design Division, Kajima Corporation

発熱の小さいTRU廃棄物については、地下深部の大空洞に集合理設する地層処分が、長期間にわたり人間環境から隔離する方法として有力な概念と考えられている。経済的には、より大きな空洞が望ましいが、岩盤の力学特性から掘削可能な空洞径は制限される。また、緩衝材の候補材料の一つであるベントナイトの熱変質を抑制する観点から、発熱密度によっても、集合理設できる処分施設の大きさは決定される。

このため、本設計研究においては、想定しうる4種類の処分施設概念への適用を考慮して、各種岩盤条件での弾塑性解析及び熱解析を実施し、実現可能な空洞径あるいは処分施設概念の組み合わせ等を明らかにした。

For low exothermic TRU waste, geological disposal within large caverns is being considered as a potential disposal option, because it is a way to isolate the waste from the human environment for a long period. To reduce the disposal cost the caverns should be as large as possible. However, the excavation diameter of caverns is restricted by host rock mechanical properties. Also, the size of caverns is decided by exothermic density in order to avoid thermal alteration in bentonite, which is one of the candidate buffer materials. In this design study, we carried out elasto-plastic analysis and thermal analysis for four possible type concepts of the repositories. As a result, we showed the acceptability of the repository cavern concepts and the feasible excavation diameters.

キーワード

TRU廃棄物、処分施設設計、岩盤の力学特性、処分空洞径、弾塑性解析、ハル・エンドピース廃棄物、熱解析、ベントナイト

TRU Waste, Design of Repository, Host Rock Mechanical Properties, The Excavation Diameter of Caverns, Elasto-plastic Analysis, Hull & Endpieces Waste, Thermal Analysis, Bentonite

1. はじめに

TRU廃棄物とは、使用済燃料の再処理とMOX燃料の加工の過程で発生するウランやプルトニウム等のTRU核種を含む放射性廃棄物のうち、高レベル放射性廃棄物を除いた中・低レベルの放射性廃棄物であり、浅地中以外の処分方法が適切と考えられる放射性廃棄物である¹⁾。

TRU廃棄物は、半減期が約一千万年にもなるヨウ素 (^{129}I) といった長半減期核種を含有する。そのため、処分施設には、長期間にわたり、これを人間環境から隔離することが要求される。その処分概念としては、地層処分が有力と考えられている。また、TRU廃棄物は、高レベル放射性廃棄物と比較して発生量が多いものの、そのほとんど

が非発熱性の廃棄体である。そのため、地下深部の大空洞処分施設による集合理設が経済的観点から合理的と考えられている。

このように、TRU廃棄物処分は、地層処分という観点で高レベル放射性廃棄物処分と共通しているため、TRU廃棄物の処分研究においては、高レベル放射性廃棄物の処分研究でカバーされない事項を中心に研究を進めている。その一つが、大空洞処分施設に係る評価である。

そこで本研究では、地下深部においてどの程度の大きさの空洞が掘削可能であるかを、岩盤の力学特性をパラメータとして理論解析法により検討した。さらに、大断面岩洞方式、小断面岩洞方式、坑道方式、サイロ方式という4種類の処分施設概念を提案した。

次に、TRU廃棄物のうち、ハル・エンドピース（使用済み燃料の被覆管をハル、端末部分をエンドピースという）廃棄体は、高レベル放射性廃棄物と比較すれば量は少ないが、発熱性があり、人工バリアに及ぼす影響を把握する必要がある。そこで、熱解析を実施し、人工バリアへの熱影響回避の観点から要求される事項を明らかにした。

本報では、上記の検討結果について報告する。

なお、これらの検討にあたり、対象となる岩盤の物性値に関しては、高レベル放射性廃棄物における処分研究の成果²⁾を参考にした。

2. 処分空洞径の検討

TRU廃棄物の処分施設における地下空洞は、建設、操業、閉鎖の作業期間中、安定性が確保されていることが要求される。ここでは、処分深度、岩盤の力学特性をパラメータとして、掘削可能な処分空洞径を概略評価した結果をまとめる。さらに、処分施設概念の提示を行う。

2.1 検討方法

地下空洞の安定性解析については、これまで様々な手法が提案されている³⁾。本検討の目的は、先に述べたように地下深部に大空洞を建設するという観点から、設定した処分深度及び岩盤の力学特性に対して、どの程度の空洞を掘削することが可能であるかを概略検討することにある。この検討方法には、検討のレベルを考慮した上で、力学に基づく定量的な結果が得られ、かつ簡便な弾塑性理論による解析解を適用した。

本検討で用いた弾塑性理論²⁾は、図1に示すように初期応力が静水圧状態である円形トンネルを対象とし、モール・クーロンの破壊規準を適用し

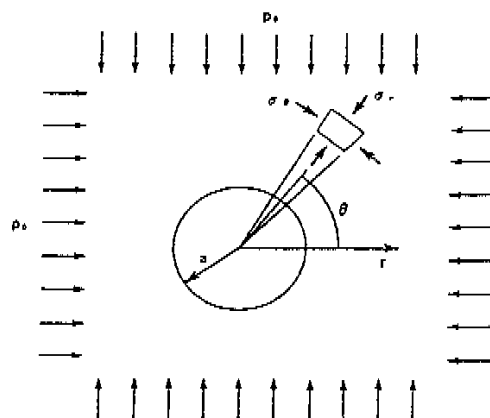


図1 弾塑性解析モデル

て空洞の状態を解析するものである。ここで、図中の a は空洞半径、 p_0 は地山の初期応力、 σ_θ は接線方向応力、 σ_r は半径方向応力を示す。

実際の解析にあたっては、既存の設計例や知見を参考に、以下の仮定を設けた。

- ①地山の初期応力は、土被り圧の1.5倍の値が等方等圧に作用する²⁾。
- ②地山の降伏（弾性体が塑性化する状態）後の挙動は、バイリニア型の完全弾塑性モデルとする²⁾。
- ③処分施設閉鎖後の超長期間においては、支保工の効果は期待できないため、保守的に岩盤のみで安定性を確保する。すなわち、解析上の内圧を考慮しない。
- ④空洞壁面の最大変位量を4 cm以下とする。これは、野崎ら⁴⁾による既存28ヵ所の地下発電所における施工時の岩盤挙動の調査結果を受けたものである。4 cm以上の変位を生じたサイトでは、岩盤の一部崩落や変位の急激な増加といった変状を生じていると報告されている。

2.2 検討に用いたパラメータ

(1) 処分深度の設定

TRU廃棄物処分施設の検討用処分深度は、表1に示す各国におけるTRU廃棄物の処分計画並びに「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書—平成3年度—」²⁾（以下「H3報告書」という）を参考として、300 m及び700 mにした。

(2) 岩盤の力学特性

岩盤の力学特性に関しては、表2に示すようにH3報告書において適用された値を用いることにした。

表1 各国の計画における処分深度¹⁾

国名	処分施設等	処分深度	候補地層
アメリカ	WIPP	650m	岩塩層
イギリス	セラフィールド	800m	凝灰岩
ドイツ	コンラッド	800~1,300m	頁岩
	ゴアレーベン	700~900m	岩塩層
ベルギー	モルデューセル地区	220~230m	ブーム粘土層
スイス	タイプB	600~1,100m	泥灰岩
	タイプC	1,200m	花崗岩
スウェーデン	SFR	海底下60m	不明
	SFL3	500m	未定

表2 検討に用いた岩盤物性値²⁾

岩種	単位体積重量 (kg/m ³)	弾性係数 (MPa)	ポアソン比	粘着力 (MPa)	内部摩擦角 (deg)
結晶質岩系岩盤	A 2,700	30,000	0.2	7.5	35
	B 2,700	10,000	0.2	6.0	35
堆積岩系岩盤	A 2,300	4,000	0.3	4.0	30
	B 2,300	2,000	0.3	2.0	30
	C 2,300	1,000	0.4	1.0	25

H3 報告書における岩種は、結晶質岩系岩盤として日本に広く分布する花崗岩を、堆積岩系岩盤として第三紀の堆積岩を代表的な例としている。そして、いくつかの実測例を参考にして、結晶質岩系岩盤について2種類の物性を、堆積岩系岩盤について3種類の物性を設定している。

2.3 検討結果

(1) 解析結果

前記の処分深度及び岩盤の力学特性について、空洞壁面変位が4 cm以下となるように処分空洞径をパラメータとして解析した結果を、表3(a)、(b)

表3(a) 処分深度300mの解析結果

岩種	処分空洞径 (m)	空洞壁面変位 (cm)	塑性領域 (m)
結晶質岩系岩盤	A 166	4.0	0.0
	B 55	3.9	0.2
堆積岩系岩盤	A 23	3.9	1.3
	B 9	3.9	1.8
	C 2	3.7	1.3

表3(b) 処分深度700mの解析結果

岩種	処分空洞径 (m)	空洞壁面変位 (cm)	塑性領域 (m)
結晶質岩系岩盤	A 65	3.9	5.6
	B 20	3.9	2.5
堆積岩系岩盤	A 7	3.8	1.7
	B 2	3.5	1.0
	C 0.3	3.2	0.4

に示す。

これより、結晶質岩系岩盤では、最も条件が厳しい岩種B、処分深度700mのケースにおいても処分空洞径20mというかなり大断面の空洞が掘削可能であることが分かる。一方、堆積岩系岩盤では、最も条件の良い岩種Aにおいてさえも、深度700mでは、処分空洞径7mが限界と考えられる。

(2) 処分空洞径と処分深度の関係

図2(a)、(b)に示した曲線は、空洞壁面変位が4 cm以下という条件下で本解析により得られた、各岩盤の力学特性に対する掘削可能な処分空洞径(直径)と処分深度の関係を表したものである。各曲線の上側に位置する処分空洞径と処分深度の組み合わせが掘削可能と判断される範囲である。

さらに図中には、既存の道路・鉄道トンネル

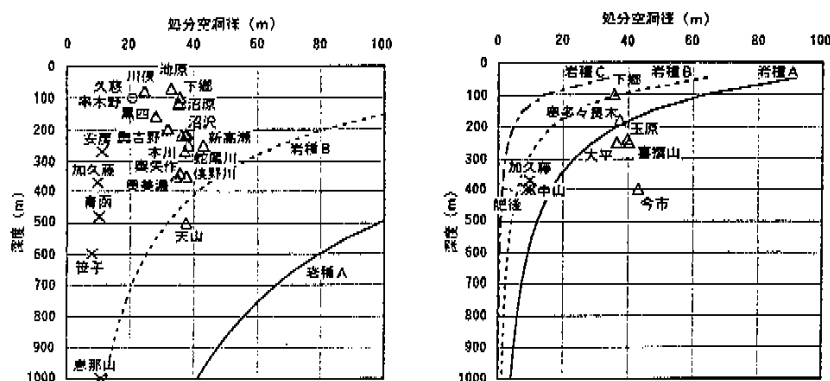


図2 処分空洞径と処分深度の関係

(×)、揚水式地下発電所(△)、岩盤石油タンク(○)の断面積を円形に換算した場合の換算直径と深度(上被り)の関係をプロットした⁶⁾。ただし、既存構造物には、支保工が設置されている。その結果、結晶質岩系岩盤では、岩種B程度の力学特性を有していれば、支保工なしでも既存構造物規模の空洞掘削が可能であることが分かる。一方、堆積岩系岩盤では、岩種Aの力学特性を有していても、支保工なしでは既存構造物規模の空洞掘削が困難な場合もあることが分かる。

2.4 処分施設の概念検討

(1) 人工バリアの基本構成

本研究において人工バリアは、諸外国の検討例や高レベル放射性廃棄物処分の検討結果より、図3に示すような充填材、構造躯体、緩衝材から構成されるものを基本と考えた。

充填材は、構造躯体内部に定置される廃棄体間の空隙を埋めるために充填される。構造躯体は、主として廃棄体を定置するための器の役割を果たす。構造躯体と岩盤の間に設置される緩衝材には、低い透水性を有し、地下水や溶存物質の浸入・移行を抑制するとともに放射性核種を吸着して、その移行を抑制・遅延させるといった機能が期待されている。

充填材及び構造躯体の候補材料としては、建設材料として幅広く用いられているセメント系材料が考えられる。緩衝材の候補材料としては、現在、ベントナイトが有力視されている。

(2) 処分施設の概念検討

一方、本研究では、処分施設の具体的な検討を行うにあたり、図2に示した国内における地下空洞の施工実績や諸外国の検討例を参考として、直径30m、20m、10mという3種類の処分空洞径を設定した。このような処分空洞径を設定した場合、前節の結果から、表4に示す岩種に対しては、無支保でも掘削可能と考えられる。

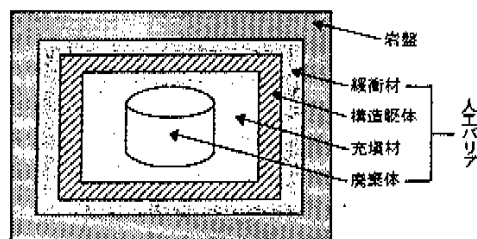


図3 人工バリア構成の概念図

表4 無支保で掘削可能と考えられる岩種

処分空洞径	処分深度300m	処分深度700m
30m	結晶質岩A、B	結晶質岩A
20m	結晶質岩A・B、堆積岩A	結晶質岩A・B
10m	結晶質岩A・B、堆積岩A	結晶質岩A・B

施設タイプとしては、横長の坑道タイプと縦長のサイロタイプが考えられる。坑道タイプの施設としては処分空洞径30m、20m、10mに対し各々、大断面岩洞方式、小断面岩洞方式、坑道方式という名称を付与し概念検討を実施した。ここでは、断面積100m²程度以上の比較的大断面の坑道を岩洞と呼ぶことにした。また、サイロタイプは、力学的安定性の観点等から高さの制約を受けると考えられるため、水平面における処分空洞径を20m程度とし、鉛直面への投影面積が大断面岩洞方式にほぼ匹敵する形状を考えることにした。

図4～図7に、各処分施設の概念図を示す。なお、図4～図7は、鉛直方向の断面図を示したものである。

大断面岩洞方式は、図4に示した断面が水平方向に連続する。揚水式地下発電所クラスの大きさに対応するもので、規模としての施工実績は豊富である。また、埋設密度が高いため、掘削延長が短くなり、コスト的に最も有利と考えられる。

小断面岩洞方式は、図5に示した断面が水平方向に連続する。岩盤石油備蓄タンククラスの大きさに対応するもので、前記構造物としての施工実

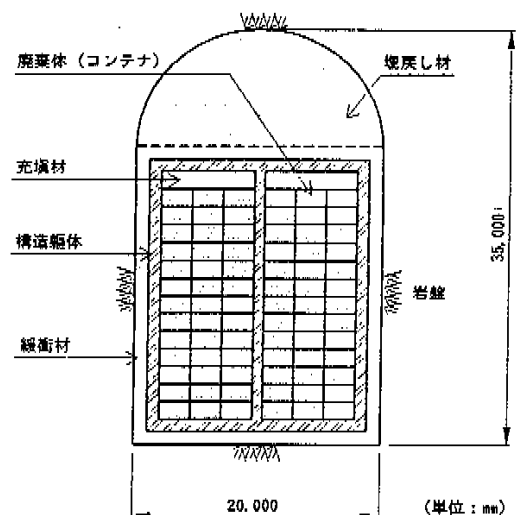


図4 大断面岩洞方式概念図

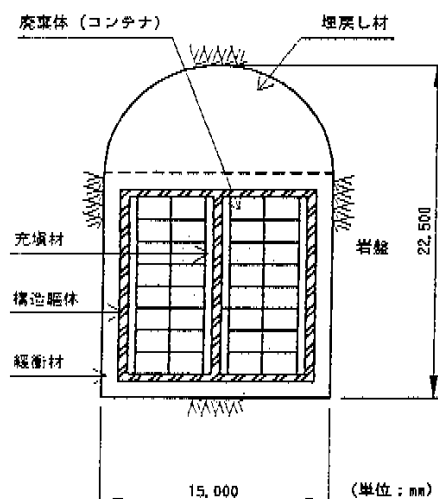


図5 小断面岩洞方式概念図

績は少ないが、揚水式地下発電所の施工実績を鑑みると十分施工可能と考えられる。

坑道方式は、図6に示した断面が水平方向に連続する。既存の道路や鉄道の大規模トンネルの大きさに対応するもので、規模としての施工実績は豊富である。また、埋設密度が低いため、掘削延長が長くなり、コスト的には最も不利と考えられる。

サイロ方式（図7）は、他の空洞とは異なり、鉛直方向に長い空洞で、水平面の形状は円形である。現状、国内における施工実績はほとんどなく、神岡鉱山（岐阜県吉城郡神岡町）の地下に建設されたスーパーカミオカンデが唯一の施工事例と思われる。また、埋設密度は高いものの、サイロを掘削するための施工用坑道が必要となり掘削量が多くなる。そのため、必ずしもコスト的に有利にならない可能性がある。

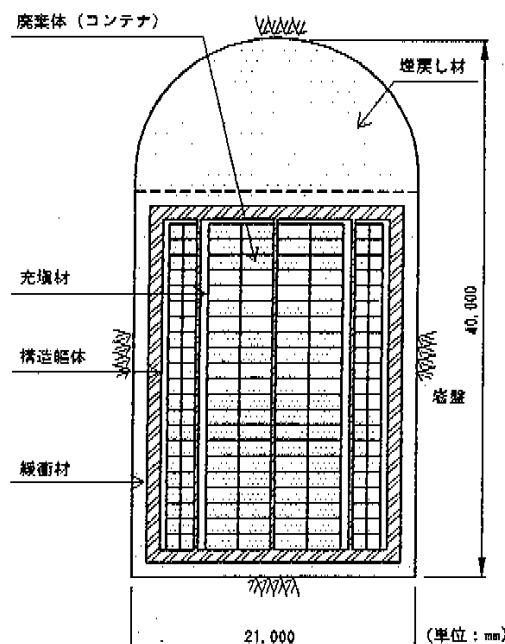


図7 サイロ方式概念図

また、図4～図7には、前述した人工バリア構成にはない「埋戻し材」及び「コンテナ」が表示されている。埋戻し材は、地下空洞内の余分な空間を埋戻すものである。候補材料としては、掘削ズリを混合したベントナイトやセメント系材料の使用が考えられる。コンテナは、廃棄体の搬送・定置といった作業の効率性や安定性の向上を図る目的でオプションとして導入した概念である。廃棄体を地上においてコンテナに数本ごと収納し、地下施設に運び入れるという方法を現在考えている。コンテナの候補材料もセメント系材料が考えられる。

3. 発熱性廃棄体による影響の検討

廃棄体から発生する核種の崩壊熱が、人工バリア、特に緩衝材としてのベントナイトに及ぼす影響を検討するため、処分深度及び空洞中心間距離をパラメータとする3種類の処分形態、すなわち大断面岩洞方式、小断面岩洞方式、坑道方式を対象とした2次元熱解析を実施した。サイロ方式については、構造躯体内側の鉛直面への投影面積が大断面岩洞方式と同程度であることから、それによって代表させた。対象廃棄体としては、再処理工場から発生するTRU廃棄物のうち、最も発熱性の大きいハル・エンドピース廃棄体とした。

また、解析結果の評価にあたっては、緩衝材

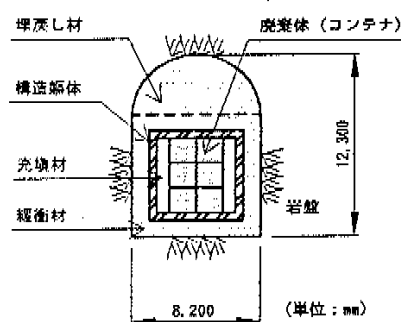


図6 坑道方式概念図

(ベントナイト)の機能上問題となるような熱変質(イライト化)が顕著とならない 100°C ²⁾を熱的制限温度に設定した。

3.1 解析方法

解析モデルを図8に示す。処分空洞は、前章における処分空洞径の検討と同様に円形とし、外側から緩衝材、構造躯体、廃棄体及び充填材の混合部(均質体)で構成されるようにモデル化した。緩衝材及び構造躯体の厚さは、概念検討上の設定値である100cm及び50cmとした。また、廃棄体及び充填材の混合部の直径は、前章で提示した各処分概念における構造躯体内側の面積を円形に換算することにより設定した。この直径を換算廃棄体直径と呼ぶこととする。したがって、モデル化された処分空洞の直径は、処分空洞の呼び径30m、20m、10mより小さなものとなる。

モデル化の範囲は、鉛直方向に関して上方に処分深度300m及び700m、下方に200m²⁾とした。また、水平方向に関しては、併設される処分空洞との熱干渉の影響を評価するために、処分空洞の中心間距離を呼び径(空洞直径=D)の3倍、4倍、5倍と設定した。実際の解析モデルにおいては、対称条件となることから前記中心間距離の半分となる。

表5には、上記の換算廃棄体直径及びモデルの水平方向距離、並びに処分空洞の奥行き1m当たりの廃棄体本数を示す。

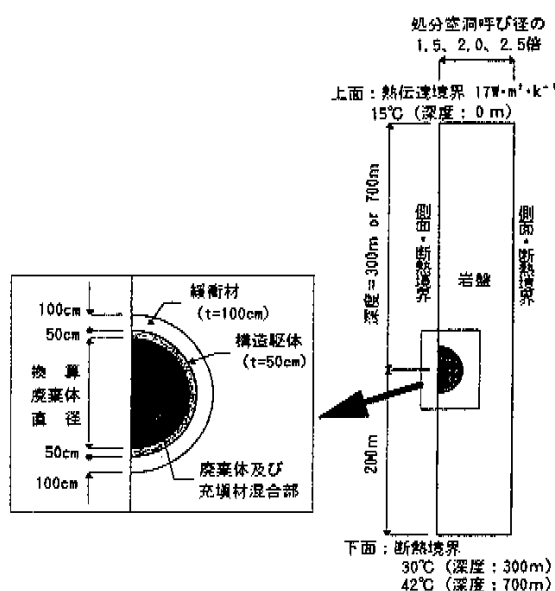


図8 熱解析モデル図

表5 モデル寸法及び廃棄体本数

空洞呼び径 D (m)	換算廃棄体 直径 (m)	解析モデルの水平方向距離 (m)			廃棄体本数 (本/m)
		1.5D	2D	2.5D	
10	4.2	15	20	25	15
20	12.4	30	40	50	150
30	20.3	45	60	75	410

また解析は、汎用有限要素解析コード「ANSYS」により行った。

3.2 初期条件及び境界条件

初期条件については、地表面の温度を 15°C とし、深度方向に $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の温度勾配を考慮して解析対象領域内の初期温度を設定した²⁾。

境界条件については、側面及び底面に関して断熱境界、地表面は熱伝達境界とした。地表面の熱伝達率は、 $17\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ とした²⁾。

3.3 解析に用いたパラメータ

解析に用いた熱的物性値を表6に示す。ここで、廃棄体及び充填材の混合部については、廃棄体の体積割合が1割未満で、ほとんどが充填材(セメント系材料)で占められるため、セメント系材料である構造躯体と同様の物性値で代表できるものと仮定した。緩衝材及び岩盤については、H3報告書と同様とした。また、緩衝材に関しては、H3報告書を参考にして、緩衝材の温度がより高くなる乾燥状態(含水比6%)の値のみを設定した。

3.4 ハル・エンドピース廃棄体の発熱特性

PWRのハル・エンドピース廃棄体を想定した発熱特性を図9に示す。ここでは、中間貯蔵期間を炉からの取り出し後15年として熱解析を行った。

廃棄体及び充填材の混合部に与える発熱条件は、廃棄体1本当たりの発熱特性に、表5に示した廃棄体本数を乗じ、さらに、換算廃棄体直径が占める面積で除して平均の発熱密度とした。炉からの取り出し後15年時点でのハル・エンドピース廃棄体1本当たりの発熱量は、11.5Wである。し

表6 人工バリア及び岩盤の熱的物性値²⁾

	熱伝達率 ($\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)	比熱 ($\text{KJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$)	単位重量 (kg/m^3)
廃棄体/充填材混合部	1.2	0.9	2,400
構造躯体	1.2	0.9	2,400
緩衝材(乾燥状態)	0.9	0.6	1,900
岩盤			
結晶質岩系岩盤	2.9	0.84	2,700
堆積岩系岩盤	2.3	0.84	2,300

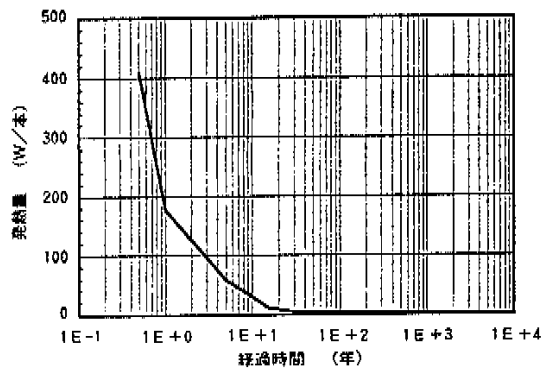


図9 発熱量の経時変化

表7 発熱密度

発熱密度 (W/m³)	処分空洞の呼び径 (m)		
	10m	20m	30m
	12.5	14.3	14.6

たがって、解析の初期段階においては、表7に示す発熱密度を廃棄体及び充填材の混合部に与えた。

3.5 解析結果

(1) ニアフィールドの温度の経時変化

ニアフィールド各部の温度は、廃棄体埋設直後から上昇し、20年程度までに最大となる。その後、徐々に温度は低下し、終局的には、初期地温まで低下するものと考えられる。

一例として、坑道方式の場合（処分空洞の呼び径 $D=10\text{m}$ 、空洞中心間距離 $3D$ （ 30m ）、処分深度 300m 、結晶質岩系岩盤）を取り上げ、図10にニアフィールドの温度の経時変化を示す。

(2) 空洞中心間距離の影響

解析の結果、以下に記すことが明らかとなった。

緩衝材に発生する最大温度は、処分空洞径、すなわち、埋設される廃棄体の本数（総発熱量）により律速され、併設される空洞の熱干渉効果をほとんど受けない。

廃棄体の中間貯蔵期間を炉からの取り出し後15年とした本解析の場合、緩衝材の熱的制限温度 100°C を下回る処分空洞径は、呼び径で 10m 、すなわち、坑道方式の場合のみであった。ちなみに、廃棄体の中間貯蔵期間を0年（廃棄体の発熱特性： 410W/本 ）とした場合の予備解析では、坑道方式においても緩衝材の熱的制限温度を下回らなかった。一方、中間貯蔵期間を今回の設定年より長くすれば、より大きな処分空洞径においても成

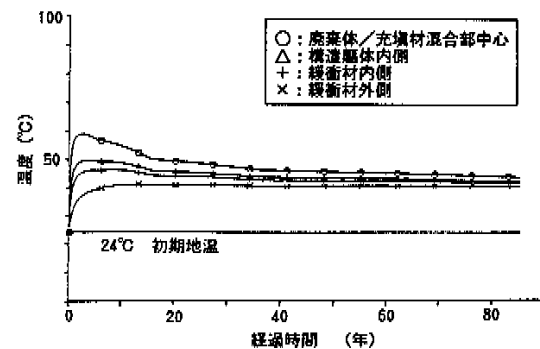


図10 ニアフィールドの温度の経時変化

立する可能性があると考えられる。

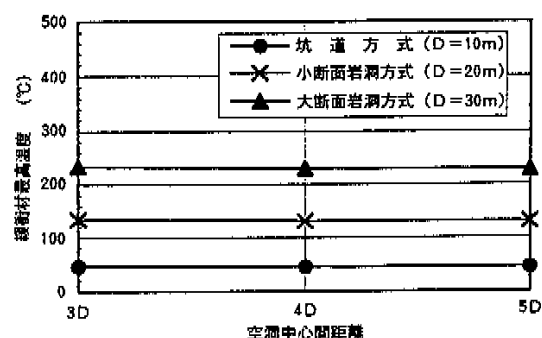
また、空洞中心間距離を離しても緩衝材に対する温度上昇量低減効果はほとんどないことから、併設される空洞の中心間距離は、力学的安定性によって決定すればよいと考えられる。

さらに、処分深度及び岩種の相違が緩衝材最大温度に与える影響は、以下のとおりである。

① 処分深度の相違は、初期地温差として緩衝材最大温度に現れる。したがって、処分深度 300m 及び 700m では、 12°C （ $=3^\circ\text{C}/100\text{m} \times 400\text{m}$ ）の差となる。

② 岩種の相違は、言い換えれば熱的物性値の相違で、本解析の場合、熱伝導率が小さい堆積岩系岩盤の方が、より緩衝材における蓄熱量が高くなる。しかしながら、その差は、数 $^\circ\text{C}$ 程度である。

一例として、すべての処分施設概念が空洞安定性の観点から成立する結晶質岩系岩盤、処分深度 300m の場合を取り上げ、図11に空洞中心間距離と処分空洞呼び径、緩衝材最大温度の関係を示す。

図11 空洞中心間距離と緩衝材最大温度の関係（結晶質岩系岩盤、処分深度 300m ）

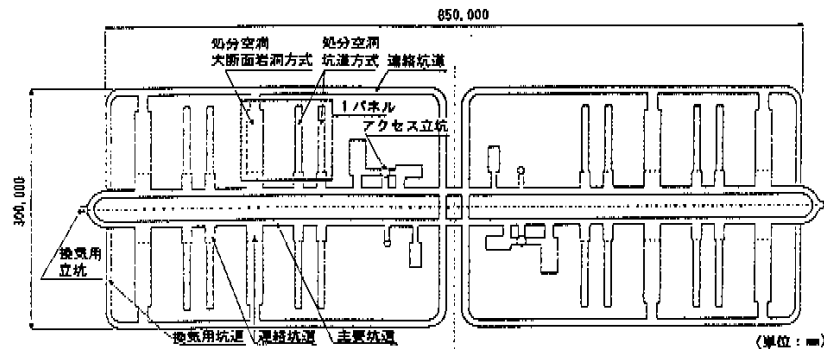


図12 処分施設レイアウト例

3.6 熱影響を考慮した処分施設レイアウトの提案

本研究では、前述した熱解析の結果を踏まえ、発熱性であるハル・エンドピース廃棄体は、緩衝材の最大温度を熱的制限温度100℃以下に抑えることが可能な坑道方式に埋設し、非発熱性廃棄体は、その他の処分方式に埋設するという基本方針を考えた。その結果、処分施設レイアウトの組み合わせとして、以下に記す3種類が考えられる。

- ① 坑道方式＋大断面岩洞方式
- ② 坑道方式＋小断面岩洞方式
- ③ 坑道方式＋サイロ方式

図12は、一例として「坑道方式＋大断面岩洞方式」の場合の処分施設レイアウト平面図を示したものである。この例では、総処分量約30万本¹⁾(200ℓドラム缶換算)を8パネル(区画)に分割して埋設すると仮定した場合を示している。地下施設全体の大きさは、約0.3km²となり、高レベル放射性廃棄物処分施設のそれ(総処分量4万本(約200ℓのガラス固化体)、約5.4km²)と比較すると、集合理設することにより、かなり処分施設をコンパクトにできることが分かる。

4. おわりに

本研究では、結晶質岩系岩盤と堆積岩系岩盤を対象とした処分空洞の掘削可能径や発熱性廃棄体の影響について概略的設計解析を行うとともに、具体的な処分施設概念や処分施設レイアウトを例示した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ① 空洞安定性検討の結果、結晶質岩系岩盤に対しては既存の揚水式地下発電所クラスの空洞掘削が可能であるが、堆積岩系岩盤の場合は、処分深度あるいは空洞径にかなり制約を受ける。

② ハル・エンドピース廃棄体に対し中間貯蔵期間を15年とした場合、緩衝材に発生する最大温度は、総発熱量により律速され、併設される空洞の熱干渉効果をほとんど受けない。また、今回設定した処分空洞径においては、呼び径10m(坑道方式)でないと緩衝材の熱的制限温度の観点から満足しない。それ以上の処分空洞径にする場合は、より長期間の中間貯蔵が必要である。

③ また、併設される空洞の中心間距離を離しても緩衝材に対する温度上昇量低減効果はほとんどないことから、中心間距離は、力学的安定性によって決定すればよい。

④ 廃棄物の発生量が多くても、大空洞の処分施設とすることで、地下施設全体の大きさを高レベル廃棄物処分施設のそれと比較してコンパクトにできる。

今後は、人工バリアの長期健全性を含めた処分施設の詳細な検討を進める。

参考文献

- 1) 原子力委員会 放射性廃棄物対策専門部会：“TRU核種を含む放射性廃棄物の処理処分について”(1991)。
- 2) 動力炉・核燃料開発事業団：“高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書「平成3年度」”，PNC/TN 1410 92-081 (1992)。
- 3) 鹿島建設土木設計本部編：“土木設計の要点③トンネル/土地造成”(1994)。
- 4) 野崎隆司、伊藤洋、他：“大規模地下空洞における各種安定化対策工とその考察”，電力土木，No.209，P40～48 (1987)。
- 5) 財団法人環境整備センター：“放射性廃棄物データブック”(1995)。
- 6) 鹿島建設㈱の情報に基づく。