

混和剤は汎用品から選定することとした。

第 38 表 品質改善したセメント系充填材の示方配合

W/B (%)	S/B	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)							
			水 W	結合材 B			細骨材 S		水中不 分離性 混和剤	高性能 AE 減水 剤 SP8HVM
				中庸熱 セメント	高炉ス ラグ 微粉 末	膨張 材	砕砂	陸砂		
55.0	3.17	5.0	252	458			1,454		1.1	4.58
				131	307	20	872	582		B×

(5) セメント系充填材改善配合の検討結果

(i) 室内試験練り(フレッシュ性状確認試験)

- a. スランプフロー試験結果(75cm±10cm、5時間後も65cm以上を確保が理想)

第 39 表に示すように、平温時(20℃)及び低温時(5℃)においても、目標性能を満足する結果が得られた。

第 39 表 スランプフロー試験結果

環境条件	スランプフロー (cm)					
	5分	60分	120分	180分	240分	300分
平温時(20℃)	74.3	75.0	72.3	72.5	71.0	69.0
低温時(5℃)	69.8	71.0	70.0	69.8	68.0	66.5

- b. 空気量(1時間後に5%±1.5%)

空気量測定結果を第 40 表に示す。平温時(20℃)では目標性能を達成可能であったが、低温時(5℃)では、目標性能を僅かに外れた。低温下では水中不分離性混和剤の粘性が増すことが知られている。このため、練混ぜ時に巻き込ん

だ空気(エントラップドエア)が抜けきれずに所定の範囲に収まらなかったと考えられる。

ただし、これらは混和剤等の添加量を微調整することで対応可能であるため、最終的には実機試験練りにて修正することとし、問題ないと判断した。

第 40 表 空気量測定結果

環境条件	空気量 (%)	
	5 分	60 分
平温時 (20℃)	4.6	3.8
低温時 (5℃)	9.0	7.0

c. ブリーディング率(ノンブリーディング)

平温時(20℃)及び低温時(5℃)いずれも 0%であり目標性能を満足する結果が得られた。

d. 凝結時間

凝結時間の試験結果を第 41 表に示す。基本配合案(第 37 表の凝結時間参照)に比べると、平温時及び低温時の終結時間はそれぞれ、6 時間 45 分と 15 時間 35 分短くなっており、W/B を見直したことによる効果であると考えられる。

なお、目標性能である 48 時間には 8 時間程度及ばない結果となったが、空気量の調整とあわせて混和剤等の添加量を修正(減じる)すれば、更に凝結時間の短縮が期待できると思われる。

第 41 表 凝結時間の試験結果

環境条件	凝結時間	
	始発	終結
平温時 (20℃)	15 時間 55 分	21 時間 15 分
低温時(5℃)	37 時間 05 分	56 時間 45 分

(ii) 硬化物性取得試験(平温時のみ取得)

a. 圧縮強度

圧縮強度の試験結果を第 42 表に示す。低温時の圧縮強度は取得していないが、基本配合案(第 37 表の圧縮強度参照)の検討段階において M:S 比率が 3:7 であれば設計基準強度を満足できることを確認している。充填モルタル改善配合(以下「改善配合」という。)では W/B を小さくし、単位結合材も増量したことで平温時の強度が増進している。このため、改善配合は低温時においても安定した強度発現が得られると考えられる。

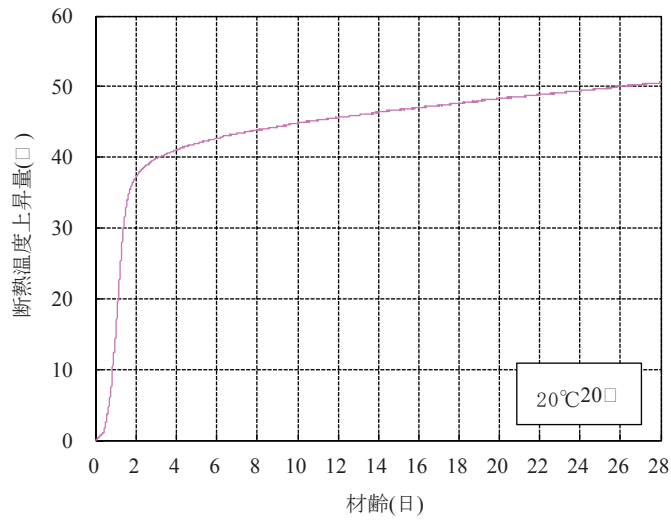
第 42 表 圧縮強度の試験結果

環境条件	圧縮強度 (N/mm ²)		
	7 日	28 日	91 日
平温時 (20℃)	22.6	32.3	43.0

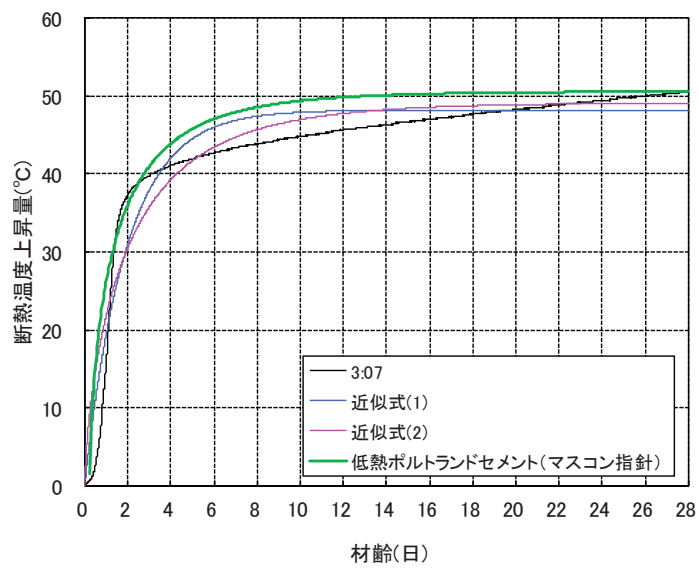
b. 断熱温度上昇量

断熱温度上昇量の試験結果を第 17 図に示す。断熱温度上昇量は一般に使用する結合材量が増えるに従い上昇する。改善配合結合材比率を M:S=3:7 としており、セメント比率が増えることによって、S の潜在水硬性も比例して促進されたことで、50℃程度まで上昇したと考えられる。

なお、参考までに同じ低発熱型のセメントである低熱ポルトランドセメントを改善配合の結合材と同量とした場合の断熱温度上昇量と比較したものを第 18 図に示す。両者はほぼ同等の断熱温度上昇量であることがわかる。このため、改善配合の断熱温度上昇量は、低発熱型セメントを使用した効果が発揮されていると考えられる。



第 17 図 改善配合の断熱温度上昇量試験結果

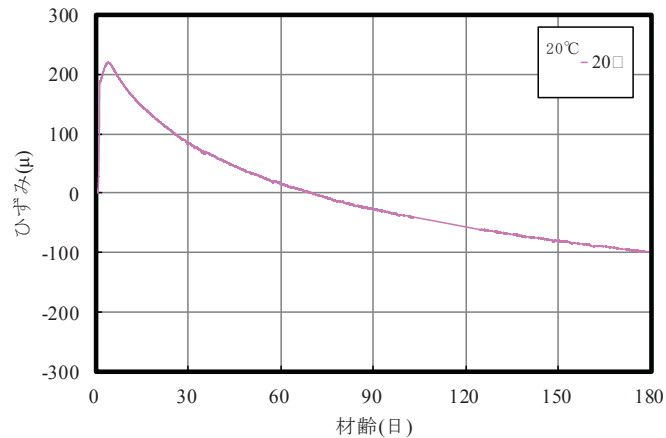


配合名	K	α	β	近似式
改善配合	48.2	0.515	-	$Q(t)=K(1-\exp(-\alpha t))$ ……式(1)
	49.2	0.586	0.725	$Q(t)=K(1-\exp(-\alpha t^\beta))$ ……式(2)
低熱ポルトランドセメント(マスコン指針)	50.6	0.867	0.639	$Q(t)=K(1-\exp(-\alpha t^\beta))$ ……式(2)

第 18 図 改善配合と低熱ポルトランドセメントの断熱温度上昇量比較

c. 自己収縮

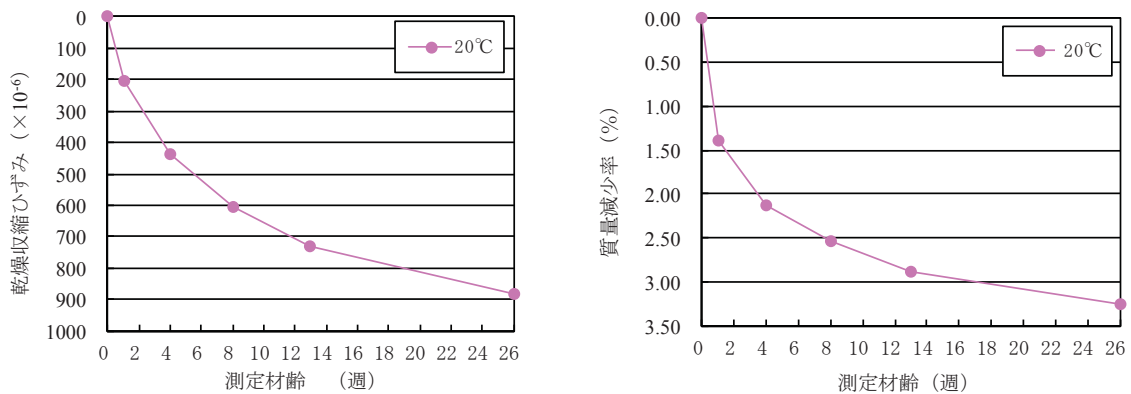
改善配合の自己収縮の測定結果を第 19 図に示す。改善配合では単位結合材料の増量と単位水量が減量されることによる収縮補償用として添加した膨張材の効果により、自己収縮ひずみは $100\mu\text{m}$ 程度まで抑えられたと考えられる。



第 19 図 改善配合の自己収縮試験結果

d. 乾燥収縮

改善配合の乾燥収縮測定結果を第 20 図に示す。単位水量を減じた効果により、乾燥収縮ひずみは一般のコンクリートと同程度の $800 \times 10^{-6} \sim 900 \times 10^{-6}$ となった。セメント系充填材は区画内に充填されるため、実際には乾燥の影響を受け難い環境であることを考慮すれば、改善配合は更に収縮量は低減されると考えられる。



第 20 図 改善配合の乾燥収縮試験結果

e. 乾燥単位容積質量

改善配合の乾燥単位容積質量の試験結果を第 43 表に示す。要求性能を満足できることを確認した。

第 43 表 乾燥単位容積質量の試験結果

環境条件	乾燥単位容積質量 (t/m ³)
平温時 (20℃)	2.00

(iii) 改善配合の検討結果まとめ

低温環境下における凝結改善を目的とした配合検討の結果、結合材比率(M:S比率)を 3:7 とすることで、低温時においても終結が 56 時間程度まで改善された。また、従来からの要求性能を満足できる見通しが得られたことで、

第 38 表に示す改善配合を新配合充填材の候補にすることとした。また、改善配合の検討を実施したことで収縮量の低減なども可能となり、更なるひび割れ抑制効果も期待できると考えられる。

なお、実際のセメント系充填材の性能については、模型実験等を経て性能を評価し、最終判断する必要があるとし、後述する新配合充填材実証試験を実施している。

5. 新配合充填材実証試験

(1) 目的

新配合充填材(以下「3:7 モルタル」という。)の実構造物における施工性(充填性)と硬化後の性状が目標性能を達成可能であることを確認する。

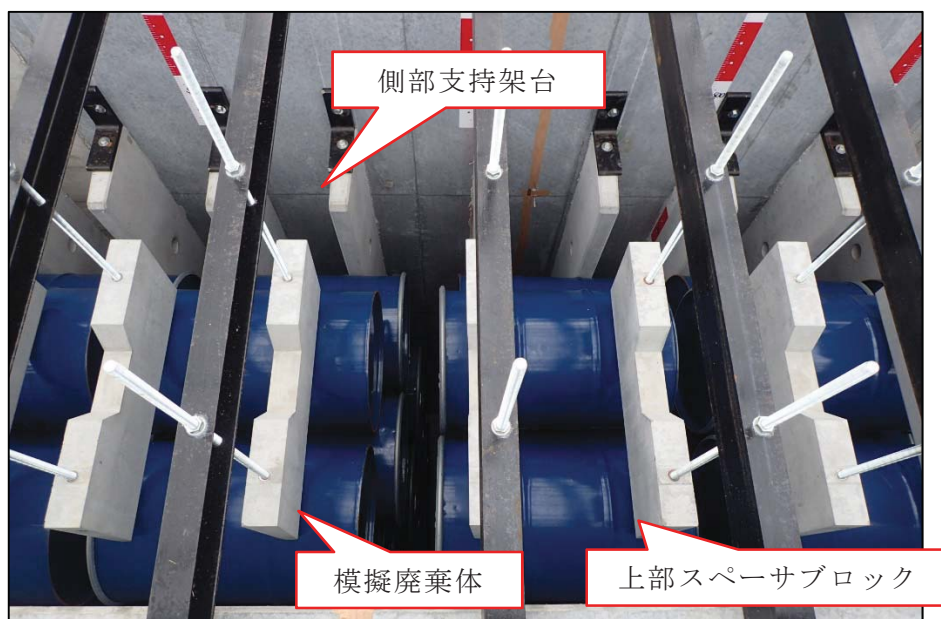
充填時において3:7 モルタルの充填性、側壁等に与える影響を分析・評価する。
ドラム缶周りの隙間への充填性などを確認する。

(2) 検討内容

新配合充填材実証試験(以下「実証試験」という。)に用いる設備は、2号埋設設備の高さを模擬するとともに、打込み速度も実施設と同様とした。モルタルを打設する試験体と検討項目を第21図、第22図及び第44表に示す。



第21図 実証試験供試体の外観



第 22 図 実証試験供試体の内側

第 44 表 実証試験における主な確認項目

検討項目	確認方法	確認内容
流動性の確認	目視・測量	セルフレベルリング性
間隙通過性の確認	目視・コア観察	廃棄体とモルタルの密着性
ひび割れ発生状況	目視・スケッチ	ひび割れ発生の有無

(3) 試験方法

モルタル打設は、2t 車級コンクリートポンプ車(11m、3 段屈折式ブーム、30m³/h)を使用した。ポンプ車の配置状況を第 23 図に示す。アジテータ車は全 11 台(4m³積み)とし、打込み量は、スペーサブロック上面の高さで終了することとした。



第 23 図 モルタル打設方法

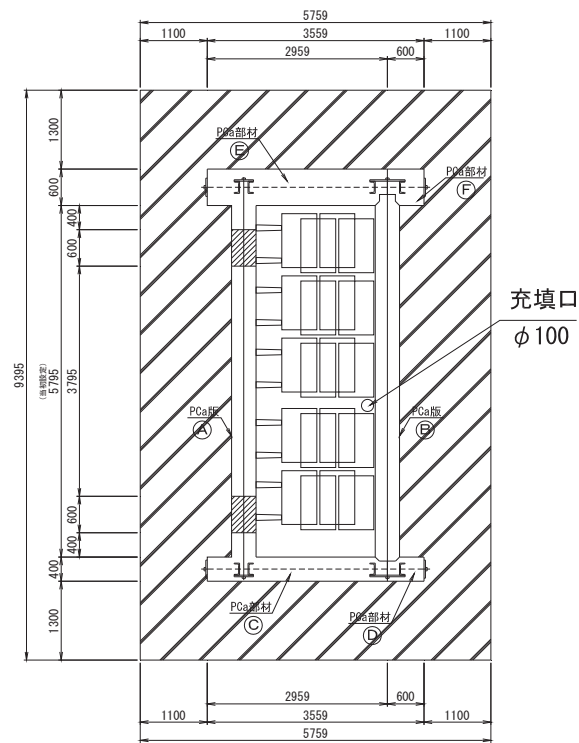
□部は、情報保護の観点から非公開とする。

打設方法は、実施工を模擬して、ブームを充填口に配置し、サニーホースに接続して、底面上 50cm 位置から打込みを開始した。サニーホースは打設高さ 50cm ごとに引き上げ、ホース下部を 50cm カットして充填口に戻し、これを 50cm 打ち上げるごとに繰り返した。

打込み速度は実施工を模擬して、同様の打ち上がり高さとなるよう以下の打込み速度とした。

$$40\text{m}^3/5\text{h}=8\text{m}^3/\text{h}\approx\text{約 }130\text{L}/\text{min}$$

供試体の平面図を第 24 図に、充填状況を第 25 図に示す。



第 24 図 実証試験供試体平面図



第 25 図 充填モルタル打込み状況

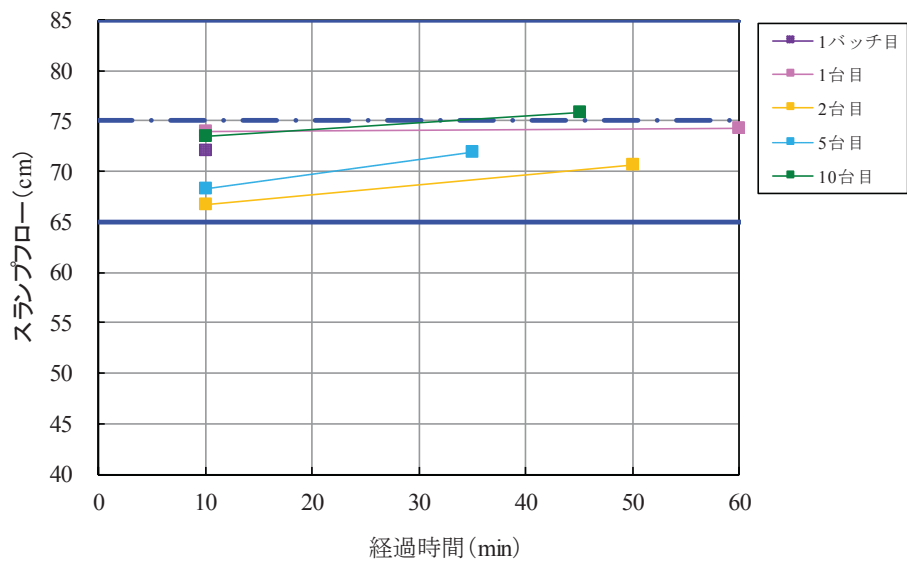
(4) 試験結果及び考察

(i) フレッシュ性状

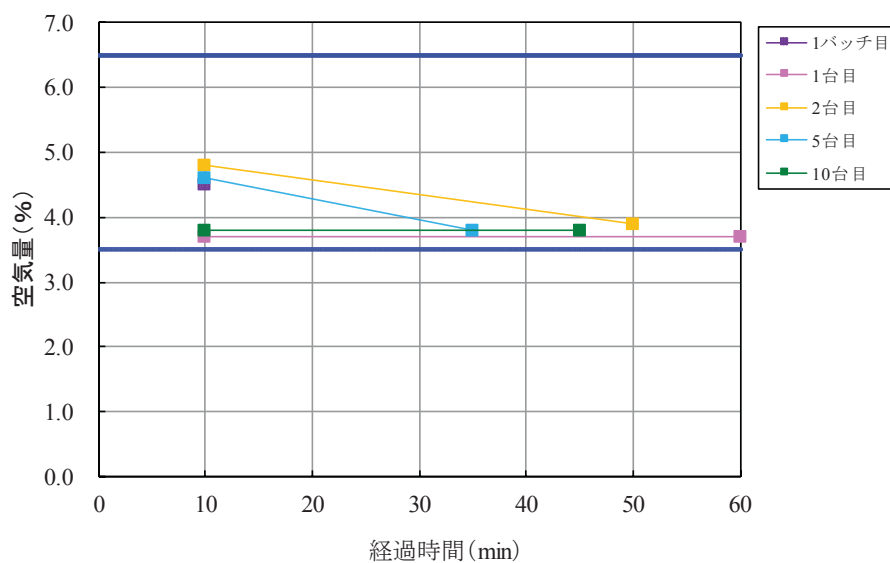
第 45 表、第 26 図及び第 27 図に示すように、要求品質を全て満足していることを確認した上で打設した。

第 45 表 フレッシュ性状確認結果

水準	経過時間 (min)	スランブフロー (cm)			平均	空気量 (%)	モルタル 温度 (°C)
			×				
1バッチ目	10	72.2	×	72.1	72.15	4.5	21
1台目	10	74.8	×	73.0	73.90	3.7	21
	60	74.5	×	74.0	74.25	3.7	23
2台目	10	67.1	×	66.4	66.75	4.8	21
	50	70.7	×	70.7	70.70	3.9	23
5台目	10	68.5	×	68.0	68.25	4.6	22
	35	72.0	×	72.0	72.00	3.8	23
10台目	10	73.7	×	73.2	73.45	3.8	22
	45	76.0	×	75.6	75.80	3.8	22



第 26 図 スランブフロー試験結果



第27図 空気量試験結果

(ii) ブリーディング

第28図に示すように、発生していないことを確認した。



1台目

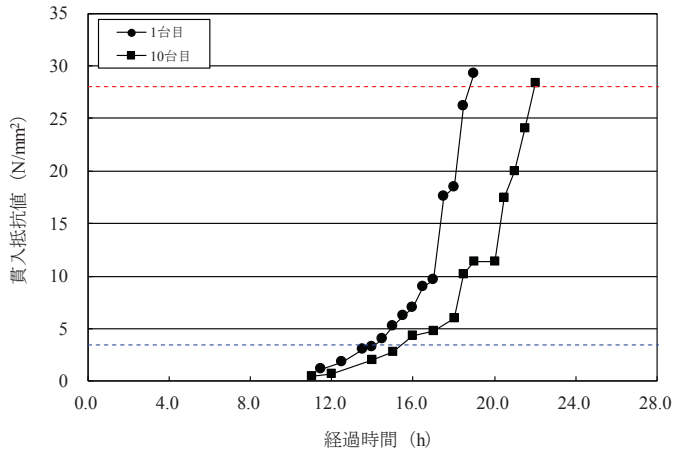
10台目

第28図 ブリーディング試験結果

部は、情報保護の観点から非公開とする。

(iii) 凝結

第29図に示すように、表面水の変動等の要因によりアジテータ車1台目と10台目で凝結時間が1時間程度相違したものの、目標の凝結終了時間を十分に満足している。

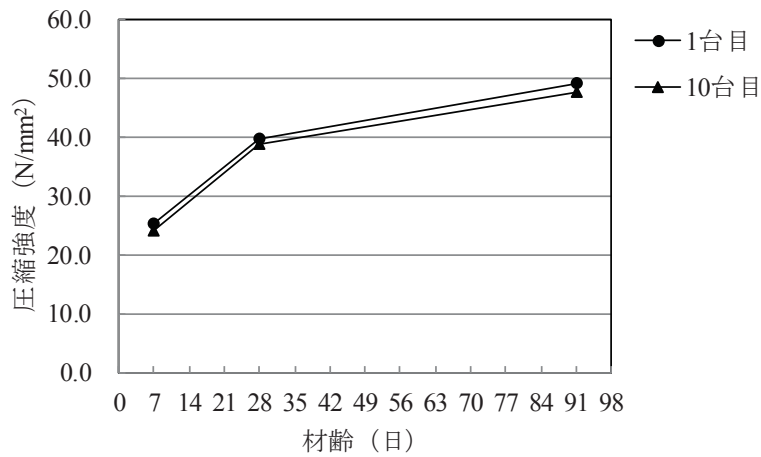


試料名	始発	終結
	h:m	
1台目	14:25	18:50
10台目	15:30	21:55

第 29 図 凝結時間結果

(iv) 圧縮強度

第 30 図に示すように、所定の圧縮強度発現を確認できた。



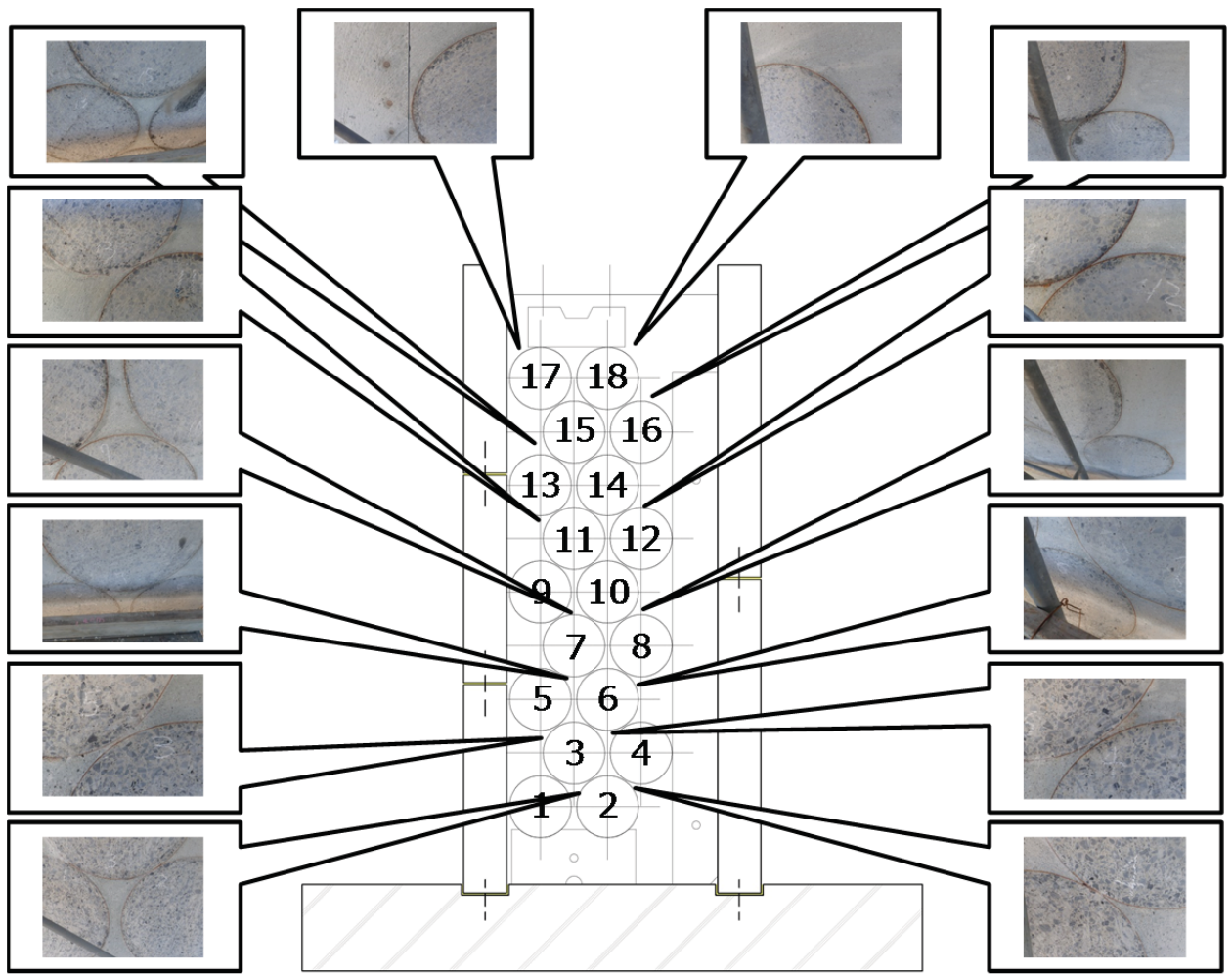
第 30 図 圧縮強度試験結果

(v) ドラム缶周りの充填性

3:7 モルタルを打設した後に試験体を切断し、ドラム缶の隙間やドラム缶の蓋周辺の充填状況を確認した（第 31 図、第 32 図及び第 33 図）。これより、輪体で重なるドラム缶の隙間や蓋の隙間などにも密実に充填されていることが確認できた。



第 31 図 充填状況（輪切り断面）（その 1）



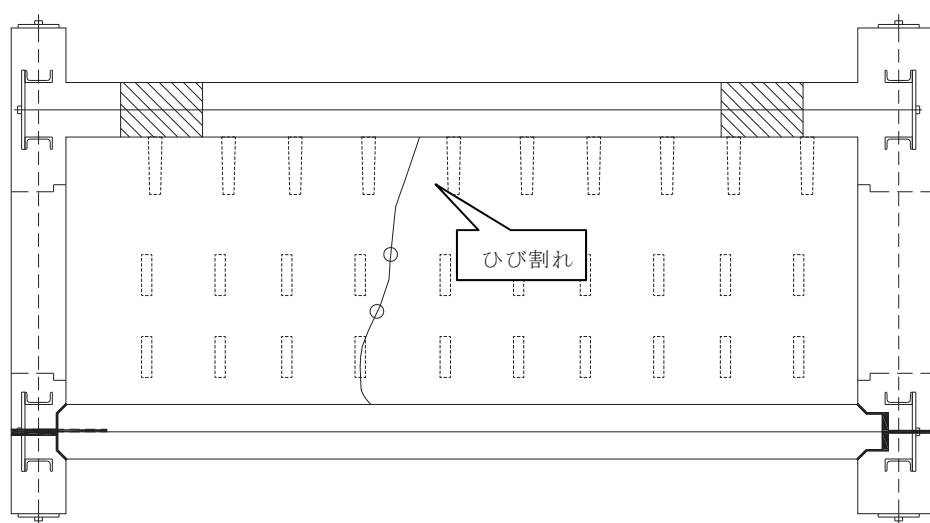
第 32 図 充填状況（輪切り断面）（その 2）



第 33 図 充填状況（側面）

(vi) ひび割れ発生状況

3:7モルタルを充填してから4日後に第34図に示すひび割れが発生した。ひび割れ深さは、長辺方向に切断した後断面を確認し、最上部のドラム缶位置までひび割れが達していることがわかった。しかし、今回の試験体は東西方向の長さを実際の区画の1/3程度としているため、実施設よりも拘束が厳しい。20℃程度の外気温の場合、実施設で温度ひび割れが発生したとしても、1本程度以下であることが確認できた。



第34図 ひび割れ発生状況

(5) まとめ

操業時におけるさらなる安全性確保の観点から、低温下でも安定した品質を確保できる改善配合を検討した。

従来からの要求事項を満足しつつ、低温下での凝結時間が管理できる配合を選定した。

充填性試験の結果、ドラム缶周りの隙間などにも密実に充填されていることが確認できた。

モルタルの収缩量にも配慮されており、ひび割れの発生可能性は小さいものとなっている。

参考文献

- (1) 充填材の品質評価研究委員会(1993)：充填材の品質評価研究委員会報告、コンクリート工学、Vol. 31、No. 8、1993. 8
- (2) 日本コンクリート工学協会(1992)：充填材の品質評価研究委員会中間報告書、1992年12月
- (3) 日本コンクリート工学協会(1992)：セメント系充填材に関するシンポジウム 論文集、1992年12月
- (4) 日本原燃株式会社(1997)：六ヶ所低レベル放射性廃棄物埋設センター 廃棄物埋設施設事業変更許可申請書、平成9年9月(一部補正)
- (5) (財)原子力環境整備センター(1988)：低レベル放射性廃棄物施設貯蔵安全性実証試験報告書 昭和62年度
- (6) 日本原燃株：埋設設備充てん業務品質管理基準(25版)、2016. 7
- (7) (公財)土木学会：2017年制定 コンクリート標準示方書 施工編、2018. 3
- (8) 日本原燃株：土木操業管理細則(30版)、2017. 8
- (9) (社)土木学会(1988)：高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの設計施工指針(案) 昭和63年1月、1988. 1
- (10) コンクリート工学会(1996)：技術フォーラム資源の有効活用とコンクリート(第5回)高炉スラグ微粉末を用いたコンクリート、1996. 4
- (11) 矢ノ倉ほか(2015)：中庸熱セメントと高炉スラグ微粉末の混合比を変えたペーストの水和反応に関する研究 土木学会第70回年次学術講演会、V-483、pp. 965-966、2015. 9

3 号埋設設備の構造設計について

目 次

1. はじめに.....	1
2. 漏出防止設計の基本方針.....	1
(1) 基本方針.....	1
(2) 設備の概要.....	1
(3) 準拠する指針類.....	2
3. 埋設設備の設計.....	3
(1) 設計方針.....	3
(2) 計算モデル.....	3
(3) 照査ケース.....	6
(4) 荷重条件.....	8
(5) 作用荷重.....	10
(6) 荷重の組合せ.....	11
(7) 計算結果.....	16

1. はじめに

第二種廃棄物埋設施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則第十条(廃棄物埋設地)のうち構造設計について説明する。具体的には、埋設設備の準拠する指針類、設計方針、計算モデル、照査ケース、荷重条件、作用荷重、荷重の組合せ、各設備の構造について説明する。

2. 漏出防止設計の基本方針

(1) 基本方針

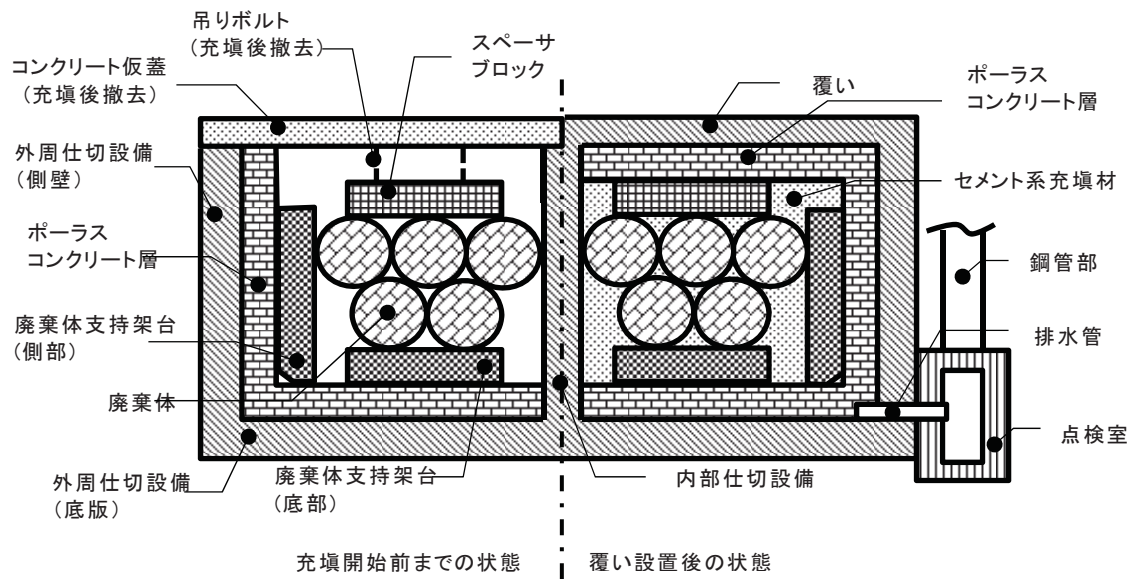
埋設設備及び排水・監視設備のうちポーラスコンクリート層は、埋設する放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までの間において、廃棄物埋設地の限定された区域(埋設設備)からの放射性物質の漏出を防止する機能を有する設計とする。

(2) 設備の概要

埋設設備の概要図を第1図に示す。

埋設設備は、外周仕切設備、内部仕切設備、廃棄体支持架台、セメント系充填材、覆い及びコンクリート仮蓋により構成される。排水・監視設備はポーラスコンクリート層、排水管、点検管及び点検室で構成され、ポーラスコンクリート層は外周仕切設備及び覆いの内側の面に設置する。スペーサブロック及び吊りボルトは、セメント系充填材を充填した時の廃棄体の浮き上がりを防止するために設置するものであり、セメント系充填材を充填後に吊りボルトは撤去する。

ここでは、漏出防止及び遮蔽の機能を確保するために構造上の安定性を必要とする設備として、埋設設備の外周仕切設備、内部仕切設備、覆いの構造安定性について、設計方針、計算モデル、照査ケース、荷重条件、作用荷重、荷重の組合せ、各設備の構造を説明する。



第 1 図 埋設設備概要図

(3) 準拠する指針類

埋設設備は、以下に示す指針に基づき設計する。

(i) 「耐震設計に係る工認審査ガイド」(平成 29 年 11 月 15 日改正、原子力規制委員会) に記載されている指針で準拠する指針類

- ・「コンクリート標準示方書(構造性能照査編)」(2002 年制定(社)土木学会)
(以下「コン示 2002」という。)
- ・「道路橋示方書・同解説 I 共通編」(平成 14 年 3 月(社)日本道路協会)
(以下「道示 I」という。)
- ・「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」(平成 14 年 3 月(社)日本道路協会)
(以下「道示 V」という。)
- ・「水道施設耐震工法指針・解説」(1997 年版(社)日本水道協会)
(以下「水道指針」という。)

(ii) 「耐震設計に係る工認審査ガイド」(平成 29 年 11 月 15 日改正、原子力規制委員会) に記載されていない指針で準拠する指針類

- ・「コンクリート標準示方書(設計編)」(2017 年制定(公社)土木学会)

(以下「コン示 2017」という。)

- ・「青森県建築基準法施行細則」

3. 埋設設備の設計

(1) 設計方針

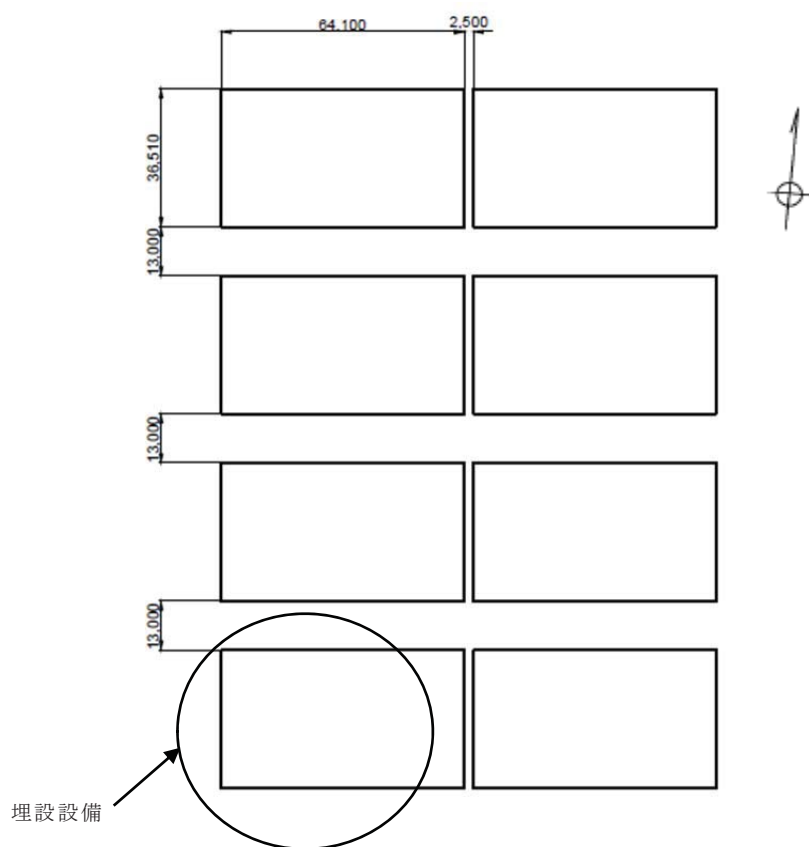
埋設設備の作業中の主な状態について、ピットの構造部位ごとに構造と荷重状態を想定し、許容応力度法による照査で構造安定性を確認する。

(2) 計算モデル

埋設設備は、鉄筋コンクリートによる外周仕切設備、内部仕切設備及び覆いにより構成され、内部は内部仕切設備により3号は66区画に区画される。各区画内には、廃棄体を定置した後、セメント系充填材として普通モルタルを充填し、有害な空隙が残らないようにするとともに、外周仕切設備及び覆いと廃棄体の間にはホワイトゾーンとして、普通モルタルの層を200mm設置する。

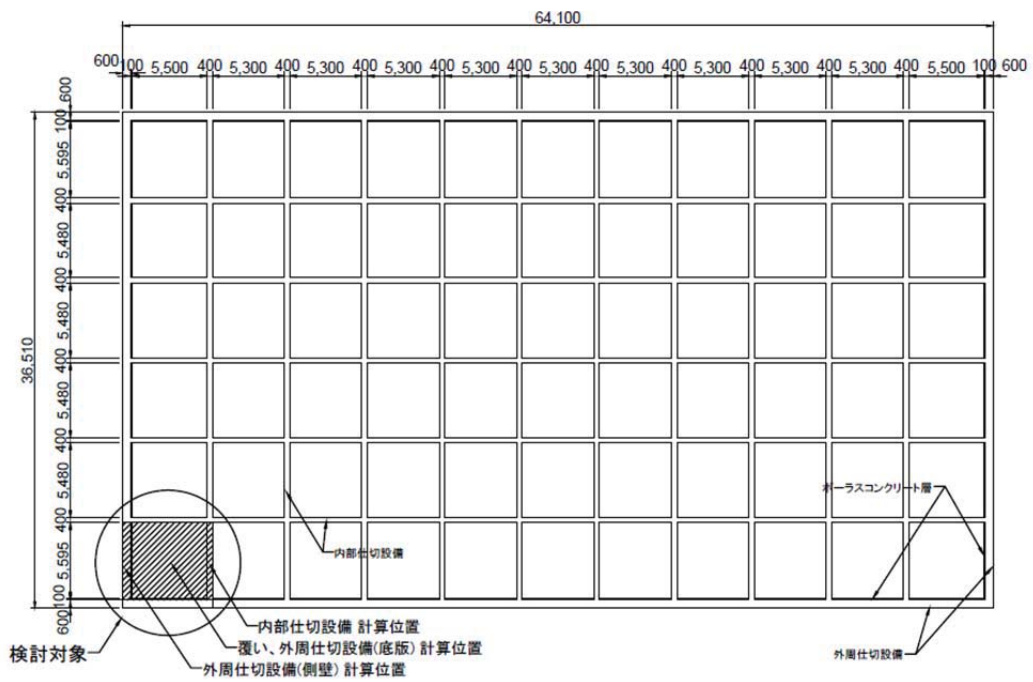
また、排水・監視設備として、外周仕切設備及び覆いとホワイトゾーンとの間に十分な集水機能を有する厚さ100mmのポーラスコンクリート層を設置する。

埋設設備の計算位置は、第2図に示すとおり、埋設設備の区画のうちスパンが最も大きい隅角部の区画を検討対象とする。埋設設備の検討対象区画の平面図及び断面図を第2図に示す。

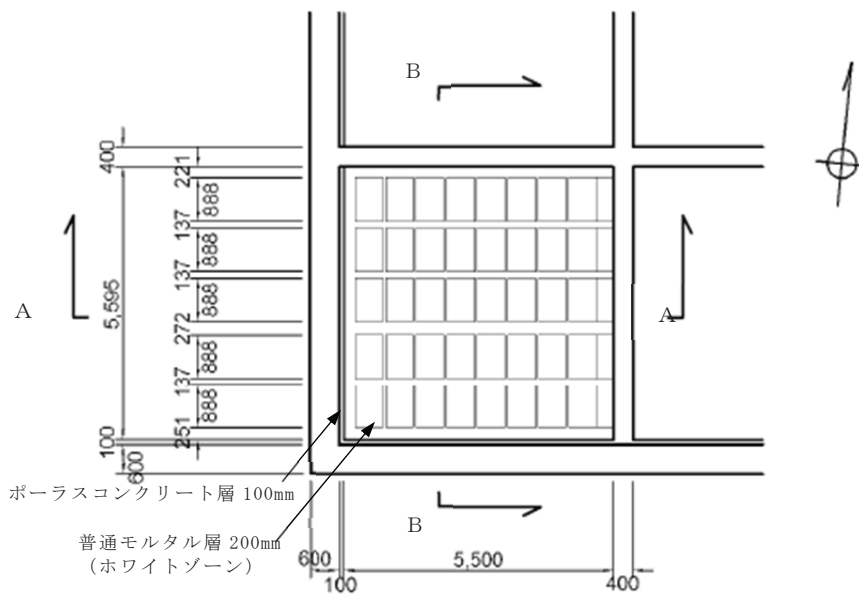


(a) 埋設設備平面図

第 2 図 検討対象区画の平面図・断面図 (1/3)

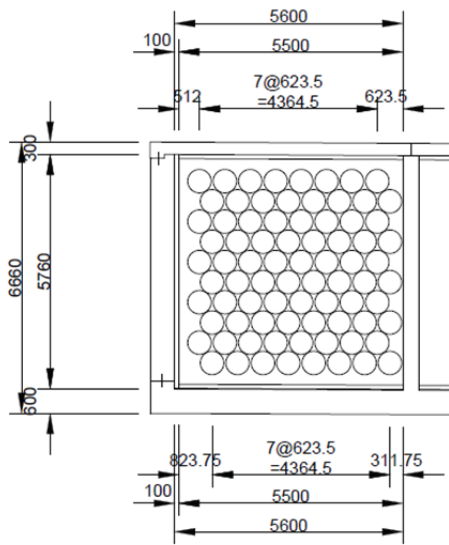


(b) 埋設設備拡大平面図

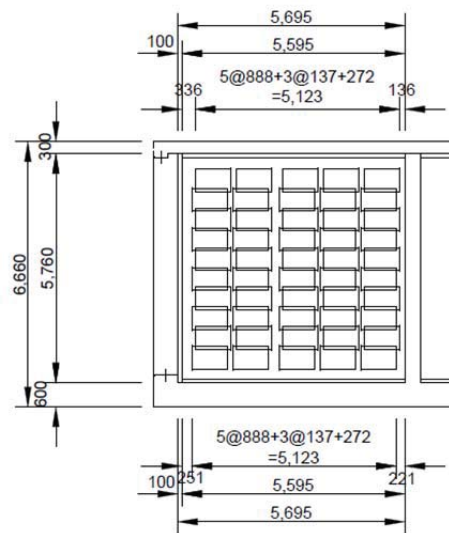


(c) 検討対象平面図

第 2 図 検討対象区画の平面図・断面図 (2/3)



(d) A-A 断面図（東西方向）



(e) B-B 断面図（南北方向）

第 2 図 検討対象区画の平面図・断面図 (3/3)

(3) 照査ケース

照査ケースを第 1 表に示す。照査対照部位は、外周仕切設備側壁、外周仕切設備底版、内部仕切設備、覆い、埋設設備全体とする。ただし、覆いは埋設設備全体として照査するため省略する。

埋設設備の状態については、施設の操業中の主な状態について構造と荷重状態を想定し、廃棄体定置時、モルタル充填時、覆土前、覆土後に区分し、許容応力度法により部位ごとに照査する。

具体的には、廃棄体定置時、モルタル充填時については、作用荷重を想定し、外周仕切設備側壁、内部仕切設備、外周仕切設備底版のそれぞれについて面外荷重を受ける版としてモデル化し、断面力を算出、鉄筋コンクリート部材として許容応力度法による照査を行う。状態設定として、廃棄体定置時、モルタル充填時は施工期間が短期であるため常時のみ考慮する。

覆土前、覆土後については、外周仕切設備、内部仕切設備、覆い、セメント系充填材の層、ポーラスコンクリート層及び廃棄体層からなる断面を 2 次元 FEM により、静的応力解析を行い、常時及び地震時を考慮する。地震力は、第四条（地震による損傷の防止）より、廃棄物埋設施設の耐震重要度分類を C クラスとし水平震度 $K_H =$

0.2 とする。

第 1 表 照査ケース

	部位	ケース	廃棄体 定置時	モルタル 充填時	覆土前	覆土後
埋設設備	外周仕切設備 側壁	常時	○	○		
		地震時				
	外周仕切設備 底版	常時	○	○		
		地震時				
	内部仕切設備	常時	○	○		
		地震時				
	覆い	常時				
		地震時				
	埋設設備全体	常時			○	○
		地震時			○	○

凡例：○は照査ケース、網かけは照査ケース外

(i) 廃棄体定置時

外周仕切設備底版、外周仕切設備側壁、内部仕切設備の構築完了後、各区画への廃棄体の定置が完了した状態とする。廃棄体定置後は短期間で充填され、その状態が存続する期間が短いため、常時は短期の許容応力度で照査し地震時を考慮しない。

(ii) モルタル充填時

廃棄体の定置が完了した区画にモルタルを充填し、ピット上部まで充填が完了した状態とする。充填は短期間であるため、常時は短期の許容応力度で照査し地震時を考慮しない。

(iii) 覆土前

全ての区画において廃棄体定置、モルタル充填、覆いの施工が完了し、覆土の施工のみが待たれる状態とする。この状態は長期間継続する可能性があるため、常時及び地震時の荷重状態を考慮する。常時は長期の許容応力度、地震時は短期の許容応力度で照査する。

(iv) 覆土後

全ての区画において廃棄体の定置、モルタル充填、覆い、覆土の施工が完了し、地下水が回復した状態とする。この状態は長期間継続するため、常時及び地震時の荷重状態を考慮する。常時は長期の許容応力度、地震時は短期の許容応力度で照査する。

(4) 荷重条件

(i) 重量

a. 廃棄体重量

設計に用いる廃棄体重量を第2表に示す。

第2表 廃棄体重量

材料	廃棄体重量 (kN/本)	備考
廃棄体 (最大)	9.81	
廃棄体 (最小)	2.26	浮力考慮

(ii) 許容応力度

a. 許容応力度

使用材料の許容応力度を第3表に示す。

第3表 許容応力度

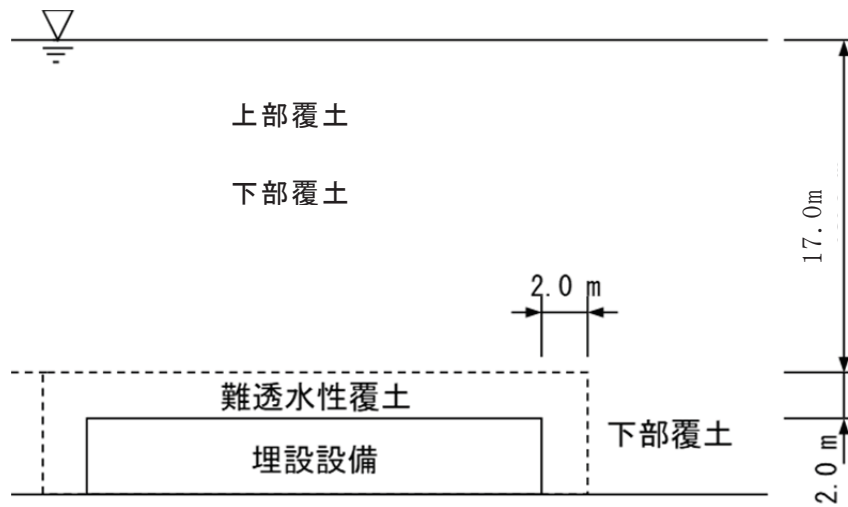
部材	応力度の種類		許容応力度 (N/mm ²)	備考
コンクリート 設計基準強度 24.6N/mm ²	曲げ	長期	9.20	*1
		短期	13.8	*1
	せん断	長期	0.455	*1
		短期	0.683	*1
鉄筋 SD345	引張	長期	196	
		短期	294	

*1 : 「コン示 2002」 P243

(iii) 土被り

a. 土被り

埋設設備は、難透水性覆土、上部覆土及び下部覆土で覆われ、難透水性覆土の厚さは、2.0mとする（側部も同様）。上部覆土と下部覆土の層境は不確定要素が大きいため、保守側になる条件として、単位体積重量は値が大きい下部覆土を設定する。土被りの状況を第3図に示す。



第3図 土被り及び地下水位

b. 地下水位

平均的な地下水位は、大雨や融雪時等の突発的な水位上昇を考慮し、埋設設備の設計上は、第3図に示すとおり GL±0m とする。

(5) 作用荷重

埋設設備の構造計算では、下記の荷重を考慮する。風荷重は土圧及び水圧より小さいため考慮しない。

- ・ 廃棄体もたれ荷重
- ・ 充填モルタル側圧
- ・ 土圧
- ・ 水圧
- ・ 覆土荷重
- ・ 積雪荷重
- ・ 降灰荷重
- ・ 上載荷重
- ・ 地震時荷重

(6) 荷重の組合せ

(i) 外周仕切設備側壁

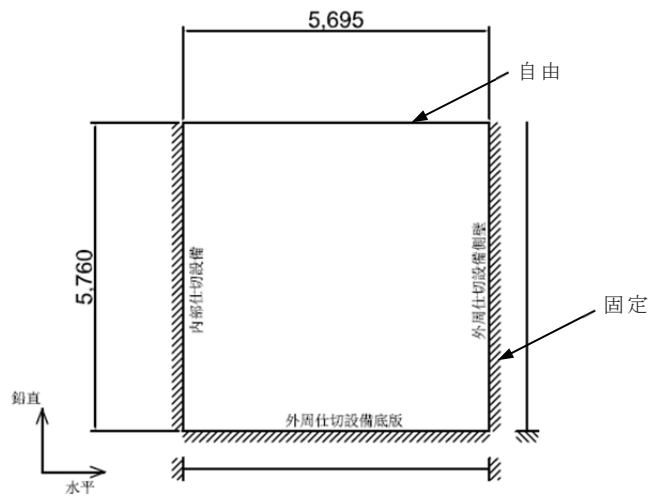
外周仕切設備側壁は、廃棄体及びモルタル充填時の側圧等を考慮し、3辺固定1辺自由スラブとして断面力を算出後、許容応力度法により照査する。

検討位置は、第2図に示す位置において、スパンが長くかつ廃棄体もたれ荷重が作用する南北方向の外周仕切設備の側壁を対象にする。設計計算を実施する検討ケースは、第4表の検討実施欄に○印で示した2ケースとする。解析モデルは第4図に示す。

なお、躯体の自重、覆い重量及び覆土重量等、面内方向の圧縮力として作用する荷重は、安全側を考慮して考えない。

第4表 外周仕切設備側壁の検討ケース

検討ケース		埋設設備自重	廃棄体もたれ荷重	充填モルタル側圧	土圧	水圧	覆土荷重	積雪荷重	上載荷重	地震の影響	許容応力度	検討実施
廃棄体定置時	常時		○								短期	○
モルタル充填時	常時		○	○							短期	○



第 4 図 外周仕切設備側壁の解析モデル

(ii) 外周仕切設備底版

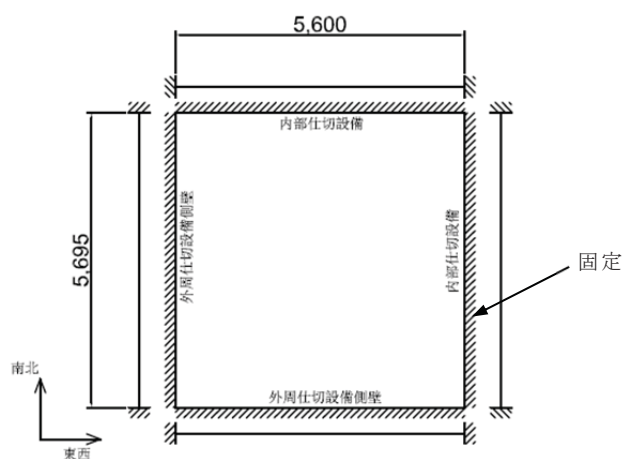
外周仕切設備底版は、埋設設備の自重、廃棄体及び充填モルタル等に対する地盤反力を考慮し、4 辺固定スラブとして断面力を算出後、許容応力度法により照査する。

検討位置は、第 2 図に示す。外周仕切設備の底版は、支持地盤上に設置されるため、主たる設計荷重を地盤反力とし、設計計算を実施する検討ケースは、第 5 表の検討実施欄に○印で示した 1 ケースとする。解析モデルは第 5 図に示す。

第 5 表 外周仕切設備底版の検討ケース

検討ケース		埋設設備自重	廃棄体もたれ荷重	充填モルタル側圧	土圧	水圧	覆土荷重	積雪荷重	上載荷重	地震の影響	許容応力度	検討実施
廃棄体定置時	常時	○						○			短期	○
モルタル充填時	常時	○									短期	×

廃棄体定置時は、地盤反力を構成する成分として、埋設設備自重（埋設設備自重、廃棄体自重、充填モルタル自重）及び積雪荷重が考えられ、モルタル充填時より荷重状態が厳しいため、モルタル充填時の検討を省略する。



第 5 図 外周仕切設備底版の解析モデル

(iii) 内部仕切設備

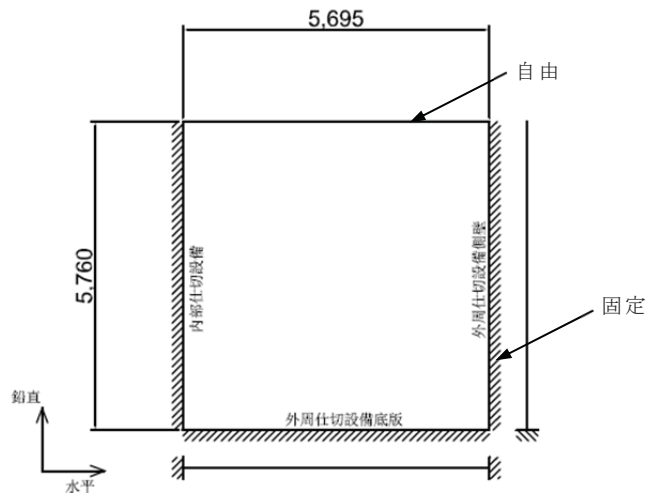
内部仕切設備は、廃棄体及びモルタル充填時の側圧等を考慮し、3 辺固定 1 辺自由スラブとして断面力を算出後、許容応力度法により照査する。

検討位置は、第 2 図に示す位置において、スパンが長くかつ廃棄体もたれ荷重が作用する南北方向の内部仕切設備を対象にする。設計計算を実施する検討ケースは、第 6 表の検討実施欄に○印で示した 2 ケースとする。解析モデルは第 6 図に示す。

なお、躯体の自重、覆い重量及び覆土重量等、面内方向の圧縮力として作用する荷重は、安全側を考慮して考えない。

第 6 表 内部仕切設備の検討ケース

検討ケース		埋設設備自重	廃棄体もたれ荷重	充填モルタル側圧	土圧	水圧	覆土荷重	積雪荷重	上載荷重	地震の影響	許容応力度	検討実施
廃棄体定置時	常時		○								短期	○
モルタル充填時	常時		○	○							短期	○



第 6 図 内部仕切設備の解析モデル

(iv) 埋設設備全体

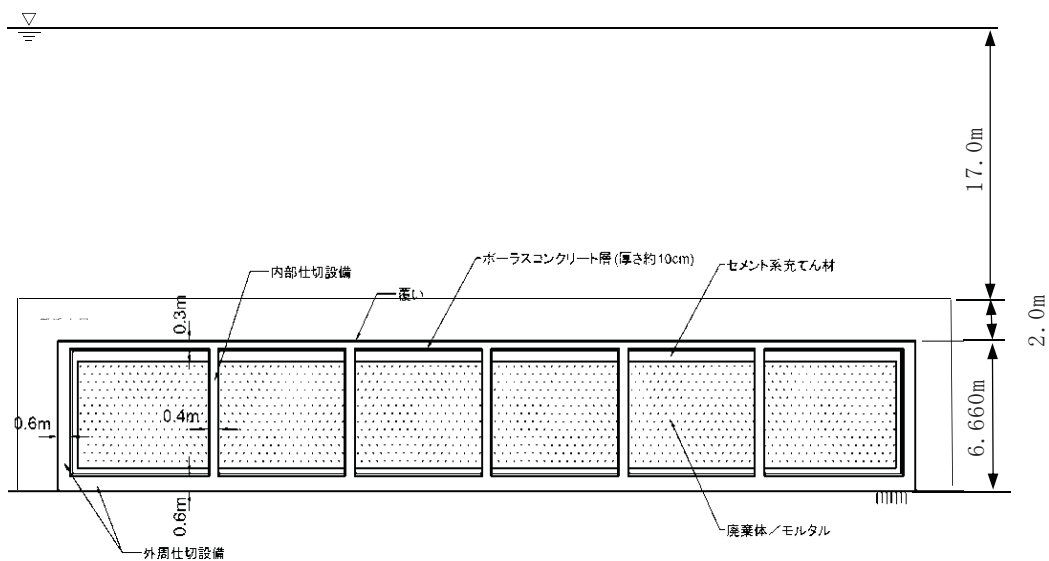
埋設設備全体は、外周仕切設備側壁、外周仕切設備底版、内部仕切設備、覆い、充填モルタルの層、ポーラスコンクリート層、廃棄体から成る埋設設備をモデル化し、モデル化する境界条件は設備の底面に地盤バネを配置し、常時と地震時に埋設設備に発生する応力を2次元FEM解析で評価する。なお、設計水平震度khは0.2とする。

検討位置は、第7図に示す断面において、埋設設備の底面幅の狭い南北方向断面を対象とする。設計計算を実施する検討ケースは、第7表の検討実施欄に○印で示した2ケースとする。

第7表 埋設設備全体の検討ケース

検討ケース		埋設設備自重	廃棄体もたれ荷重	充填モルタル側圧	土圧	水圧	覆土荷重	積雪荷重	降灰荷重	上載荷重	地震の影響	許容応力度	検討実施	備考
覆土前	常時	○										長期	×	覆土前<覆土後のため省略
	地震時	○									○	短期	×	
覆土後	常時	○			○	○	○	○	○			長期	○	
	地震時	○			○	○	○			○	○	短期	○	上載荷重に積雪荷重を含む。

覆土後の荷重状態の方が覆土前より厳しいため、覆土前の検討を省略する。



第7図 解析対象断面図

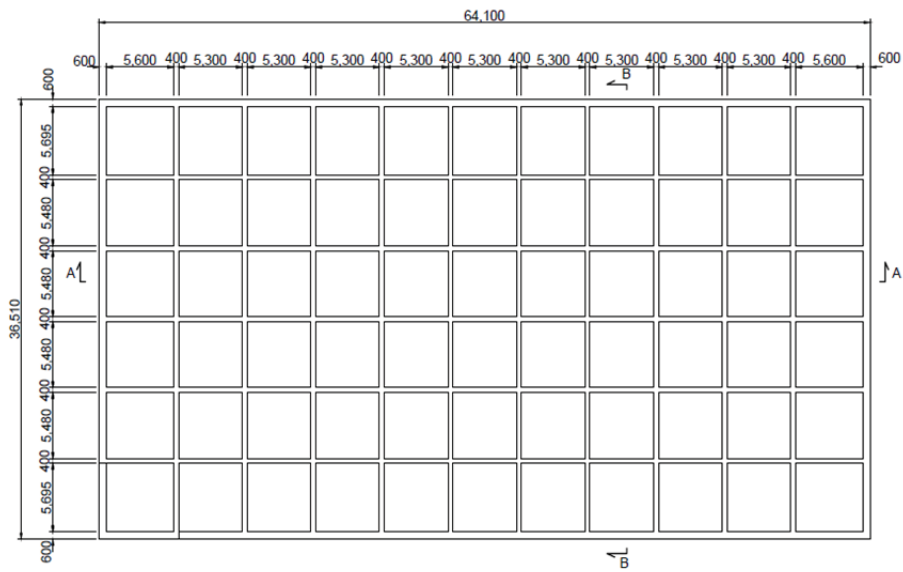
(7) 計算結果

(i) 計算結果

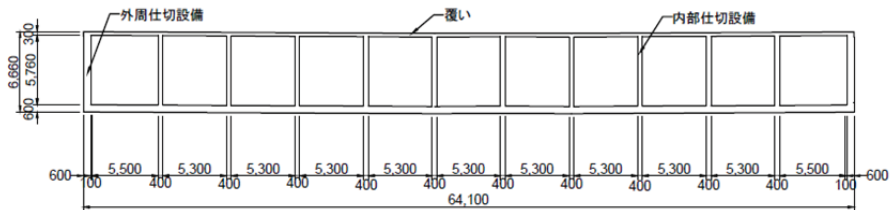
外周仕切設備、内部仕切設備、覆いの構造については、検討位置の鉛直方向及び水平方向に対して外側、内側に発生する応力度が、常時及び地震時において、曲げ圧縮、せん断、引張の各許容応力度以下であることを確認し、構造上の安定性を有する構造とする。

(ii) 埋設設備の構造

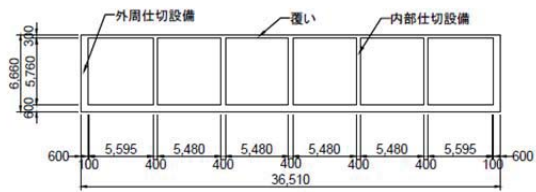
計算結果に基づき、埋設設備の構造図を第8図に示す。



(a) 埋設設備平面図



(b) 埋設設備 A-A 断面図



(c) 埋設設備 B-B 断面図

第 8 図 埋設設備構造図

想定される自然現象及び人為事象の
選定について

目 次

1. 選定の基本方針.....	1
2. 自然現象等の抽出.....	1
3. 自然現象の選定.....	3
4. 人為事象の選定.....	3
5. 安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等.....	3
6. 安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等に対する設計方針.....	3
(1) 自然現象について.....	3
(2) 人為事象について.....	5

根拠資料 1 自然現象及び人為事象の選定

1. 選定の基本方針

敷地及び敷地周辺で想定される自然現象及び人為事象(以下自然現象及び人為事象をまとめて「自然現象等」という。)について、廃止措置開始前の期間に対して、安全機能を有する施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等を選定する。

2. 自然現象等の抽出

(1) 自然現象等の選定の考え方及びフロー

自然現象等の選定の考え方としては、自然現象等を国内外の基準及び文献から網羅的に抽出し、立地特性、地質調査結果、埋設設備の状態及び自然現象の特徴等を考慮して、安全機能を有する施設の安全機能に影響を及ぼさない事象は除外し、詳細評価をすべき事象を選定する。

自然現象等の選定の流れとしては、国内外の基準及び文献調査により自然現象等を網羅的に抽出し、立地特性、地質調査結果、埋設設備の状態及び自然現象の特徴を考慮し、海外での評価手法を参考に、以下の基準のいずれかに該当するものを除外する。

なお、除外基準の詳細な考え方については根拠資料 1 に示す。

- ① 発生頻度が極低頻度と判断される事象
- ② 施設周辺では起こり得ない事象
- ③ 事象の進展が緩慢で対策を講じることができる事象
- ④ 施設に影響を及ぼさない事象
- ⑤ 他の事象に包含できる事象

除外基準に該当しない事象は、廃止措置開始前の各期間において、安全機能を有する施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等として選定する。

なお、廃止措置開始前における地震と津波については、第四条及び第五条で別途説明する。

(2) 自然現象等を抽出した国内外の文献

国内外の基準及び文献を参考にし、安全機能を有する施設の安全機能に影響を与えると考えられる自然現象等の抽出を行った。国内外の基準及び文献は自然災害、産業事故、原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある外部ハザード、放射性廃棄物処分施設の地質環境及び安全評価に係る情報が網羅的に示されているものを参考にした。自然現象等を抽出した国内外の文献の一覧を第 1 表に示す。

第1表 自然現象等を抽出した国内外の文献一覧

No.	文献名
1	日本原子力学会(2014):外的ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準:2014(AESJ-SC-RK008)
2	国会資料編纂会(1998):日本の自然災害
3	日外アソシエーツ(2010):日本の災害史事典 1868-2009
4	日外アソシエーツ(2010):産業災害全史<シリーズ災害・事故史4>
5	IAEA(2003):Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements Series No.NS-R-3(Rev.1)
6	IAEA(2010):Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants, Specific Safety Guide No.SSG-3
7	NRC(1983):PRA PROCEDURES GUIDE (Vol.1,Vol.2), NUREG/CR-2300
8	NRC(1991):Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events(IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities, NUREG-1407
9	NRC(1987):Evaluation of External Hazards to Nuclear Power Plants in the United States, NUREG/CR-5042
10	NEI(2012):DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE, NEI 12-06
11	IAEA(2015):Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide No.SSG-35
12	OECD/NEA(2000):Features, Events and Processes (FEPs) for Geologic Disposal of Radioactive Waste
13	OECD/NEA(2014):Updating the NEA International FEP List, An IGSC Technical Note
14	総合資源エネルギー調査会原子力保安・安全部会(2003):廃棄物安全小委員会報告書 -高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて-
15	IAEA(2004):Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities Vol.1
16	IAEA(2004):Safety Assessment Methodologies for Near Surface Disposal Facilities Vol.2
17	土木学会(2006):精密調査地区選定段階における地質環境調査と評価の基本的考え方
18	原子力安全基盤機構(2006):地層処分に係る調査に関する報告書
19	産業技術総合研究所(2007):概要調査の調査・評価項目に関する技術資料
20	原子力安全基盤機構(2008):地層処分の立地選定段階の調査に係わるガイドラインの検討
21	土木学会(2008):余裕深度処分の安全評価における地下水シナリオに用いる核種移行パラメータ設定の考え方
22	原子力安全委員会(2010):余裕深度処分の管理終了以後における安全評価に関する技術資料
23	IAEA(2011):Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No.SSG-14
24	IAEA(2014):Near Surface Disposal Facilities for Radioactive Waste, Specific Safety Guide No.SSG-29

No.1~11:自然災害及び産業事故に関する文献 No.12~24:放射性廃棄物処分施設の地質環境及び安全評価に係る文献

なお、上記論文に記載される内部事象については、第十条第四号の「影響事象分析」で説明する。

3. 自然現象の選定

自然現象の選定については、根拠資料 1 に示す。

なお、根拠資料 1 には、廃止措置開始後の期間に対して、第十条第四号の観点で選定した事象についても示す。

4. 人為事象の選定

人為事象の選定については、根拠資料 1 に示す。

5. 安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等

廃止措置開始前の安全機能を有する施設の安全機能に影響を及ぼし得る自然現象として、①火山の影響、②風（台風）、③積雪、④竜巻、⑤降水、⑥低温・凍結、⑦塩害、⑧落雷、⑨森林火災、⑩生物学的事象、⑪液状化（覆土）の 11 事象を選定した。

廃止措置開始前の安全機能を有する施設の安全機能に影響を及ぼし得る人為事象として、①航空機落下、②近隣工場等の火災、③近隣工場等の爆発、④電磁的障害、⑤有毒ガスの 5 事象を選定した。

6. 安全機能に影響を及ぼし得る自然現象等に対する設計方針

上記で選定した自然現象等のうち、火山の影響以外の自然現象(10 事象)及び人為事象(5 事象)については、大きな影響を及ぼすおそれはないが、個別に評価し、必要に応じて設計方針を示す。

なお、火山影響については、参考資料 8 に詳細を記載する。

(1) 自然現象について

(i) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで

放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までは、埋設設備により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を確保する。

- 風（台風）及び積雪については、想定される風荷重及び積雪荷重に対して、放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。具体的には、八戸特別地域気象観測所及びむつ特別地域気象観測所の観測値の極値並びに六ヶ所地域気象観測所の観測値の極値を比較し、そのうち最大の観測値（八戸特別地域気象観測所の日最大瞬間風速 41.7m/s、六ヶ所地域気象観測所の最深積雪 190cm）を踏まえて設計する。

- 竜巻については、想定される風荷重に対して、放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。具体的には、敷地から最も近傍である東通村で発生した竜巻を考慮し、設計上考慮すべき竜巻風速の最大風速49m/sを踏まえて設計する。
- 降水については、排水監視設備の排水管に弁を設置することにより、降雨で廃棄物埋設地内に滞留した水が排水監視設備の排水管を通じ埋設設備内に浸入することがない設計とする。
- 低温・凍結については、「2017年制定 コンクリート標準示方書【設計編】」に基づき、凍結融解により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能へ影響を受けない配合仕様にした設計とする。
- 塩害については、「2017年制定 コンクリート標準示方書【設計編】」に基づき、塩害に起因する鋼材腐食により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なわないようコンクリートの配合とかぶりを考慮した設計とする。
- 落雷については、「建築基準法」、「消防法」に基づく避雷設備の設置を要求される建物はなく、常時機能維持が必要な動的機器はないため、落雷により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なうおそれがないため、落雷に対する設計は不要である。
- 森林火災については、鎮火後、保守を行うことが可能であるため、森林火災により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なうおそれがないため、森林火災に対する設計は不要である。
- 生物学的事象については、埋設設備は生物によって破壊されないことから、生物学的事象に対する設計は不要である。

設計条件を設定して設計を行うとした自然現象による異種の自然現象について適切に重畳を考慮し、放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。

(ii) 覆土完了から廃止措置開始まで

覆土完了から廃止措置開始までは、埋設設備により移行抑制機能を、覆土により遮蔽機能及び移行抑制機能を確保する。

- 風（台風）、積雪、竜巻、降水、低温・凍結、塩害、落雷、森林火災及び生物学的事象については、難透水性覆土及び下部覆土の遮蔽機能及び低透水性並びに埋設設備、難透水性覆土及び上部覆土の収着性に影響が生じないように、上部覆土は5m以上の厚さを確保した設計とする。なお、上部覆土の収着性に対し

て支障となるような状況に対しては、定期的に点検を行い必要に応じて保修を行うことを基本とする。

- 液状化（覆土）については、液状化対策として、締固め性能が良いとされている「粒径分布に広がりを持った材料」を用いて、管理値（締固め度 90%以上）を設定して施工を行い、難透水性覆土及び下部覆土の遮蔽機能及び低透水性並びに難透水性覆土及び上部覆土の収着性を損なわない設計とする。

(2) 人為事象について

(i) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで

放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までは、埋設設備により放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を確保する。

- 航空機落下については、埋設設備（標的面積 0.019km²）に対する、「直行経路を巡航中の計器飛行方式民間航空機の落下事故」及び「訓練空域内を訓練中及び訓練空域周辺を飛行中の自衛隊機又は米軍機の落下事故」を合算した航空機落下確率は、 4.3×10^{-8} （回/年）であり、「航空機落下確率評価基準」に示される判断基準である 10^{-7} 回/年未満であることから、航空機落下に対する設計は不要である。
- 近隣工場等の火災、爆発については、むつ小川原国家石油備蓄基地（距離：3,570m）及びウラン濃縮工場加工施設の屋外危険物貯蔵施設（距離：491m）の火災、濃縮機器製造工場の高圧ガス貯蔵／消費施設（距離：1,100m）の爆発が想定されるが、いずれも廃棄物埋設地まで十分な離隔があり、廃棄物埋設地に与える影響は十分小さいことから、近隣工場等の火災、爆発に対する設計は不要である。
- 有毒ガスについては、ウラン濃縮工場加工施設のフッ化ウラニル及びフッ化水素が想定されるが、埋設設備が鉄筋コンクリート造であるため、放射性物質の漏出を防止する機能、遮蔽機能を損なうおそれがないため、有毒ガスに対する設計は不要である。
- 電磁的障害については、埋設設備が静的な設備であるため、放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なうおそれはないため、電磁的障害に対する設計は不要である。

(ii) 覆土完了から廃止措置開始まで

覆土完了から廃止措置開始までは、埋設設備により移行抑制機能を、覆土によ

り遮蔽機能及び移行抑制機能を確保する。

- 航空機落下、近隣工場等の火災、爆発、有毒ガス及び電磁的障害については、上部覆土を 5m 以上の厚さを確保した設計とすることから、いずれも、難透水性覆土及び下部覆土の遮蔽機能及び低透水性並びに難透水性覆土及び上部覆土の収着性を損なうおそれはないため、設計は不要である。

なお、上部覆土の収着性に対して支障となるような状況に対しては、定期的に点検を行い、必要に応じて保修を行うことを基本とする。

自然現象及び人為事象の選定

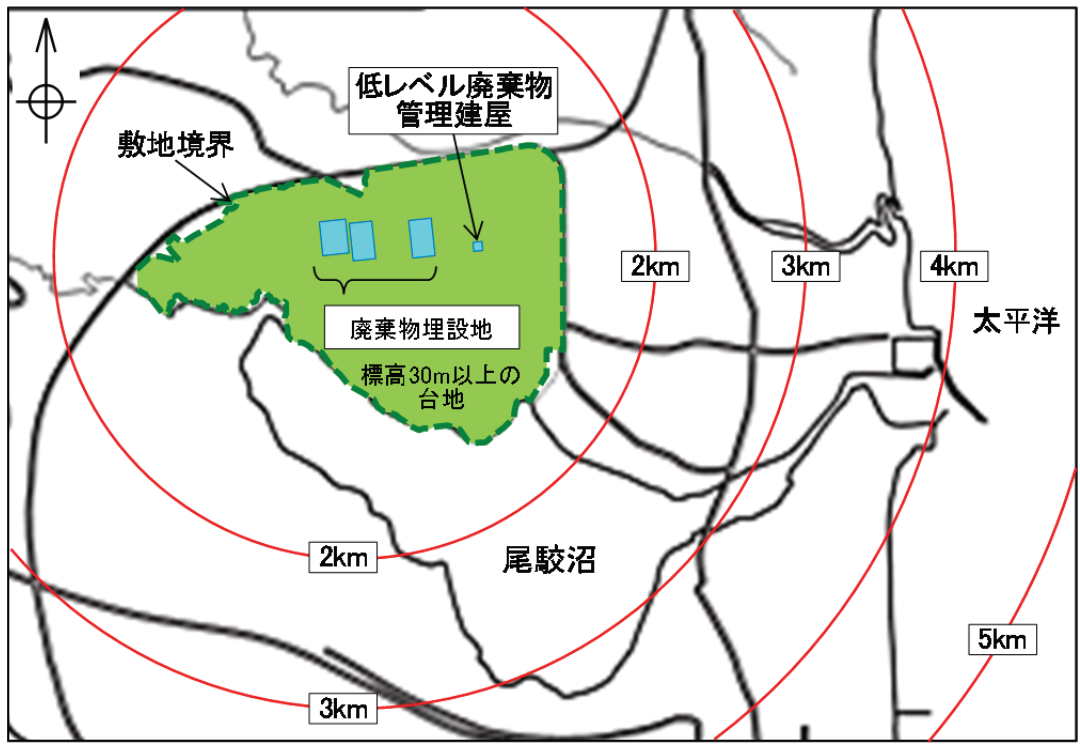
第 1 表 事象の除外基準及び考え方

自然現象等の除外基準	考え方	
	廃止措置開始前*1	廃止措置開始後*2
①発生頻度が極低頻度と判断される事象	隕石や人工衛星*3の落下のような、発生頻度が極低頻度と判断される事象は除外する。	隕石落下のような発生が極低頻度であり、事象の影響が放射性廃棄物による影響を上回るような事象は除外する。
②施設周辺では起こり得ない事象	安全機能を有する施設の立地条件、地質調査結果、埋設設備の状態及び選定された自然現象等の影響を考慮し、影響が及ばない事象は除外する。	安全機能を有する施設の立地条件、地質調査結果、埋設設備の状態及び選定された自然現象等の影響を考慮し、線量評価に影響が及ばない事象は除外する。
③事象の進展が緩慢で対策を講じることができる事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができるものについては除外する。	—
④施設に影響を及ぼさない事象	事象に顕著な変化がなく安全機能を有する施設の安全機能に与える影響が小さい事象については除外する。	事象に顕著な変化がなく安全機能を有する施設の安全機能に与える影響が小さく、線量評価に影響しない事象については除外する。
⑤他の事象に包含できる事象	安全機能を有する施設への影響が他の事象の影響評価で包含できる場合は除外する。	安全機能を有する施設への影響が他の事象の影響評価で包含できる場合は除外する。

*1：許可基準規則解釈第9条第2項より「「廃止措置開始前まで」とは、ピット処分にあつては埋設終了後300～400年以内」とあることから、廃止措置開始前までの期間として覆土完了後300～400年間を対象とする。

*2：主要な放射性物質のうち半減期の長い放射性物質の放射エネルギー及び放射能濃度が十分に小さいことを考慮して1万年程度までを目安とする。

*3：NRC（1991）によると、隕石及び人工衛星の落下の確率は 10^{-9} オーダー（回/y）と記載されている。
NRC（1991）：Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities, NUREG-1407



第1図 敷地の位置図

第2表 自然現象の選定 (1/8)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができうる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できうる事象			
1	火山・火成活動 火山の影響	-	-	-	-	-	要	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、第十条第四号にて「火山の影響」として考慮する。
2	地震	-	-	-	-	-	第四条	要	廃止措置開始前は、第四条（地震による損傷の防止）にて別途説明する。 廃止措置開始後は、第十条第四号にて「地震」として考慮する。
3	プレート運動に起因する事象 断層活動 (地盤の変形)	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：-	-	不要	要	安全機能を有する施設はN値50以上の岩盤に設置していることから、地盤の変形は発生しない。第三条（安全機能を有する施設の地盤）にて別途詳細な説明をする。廃止措置開始後は、出戸西方断層の断層活動によって広域に地盤が傾斜する可能性があるため、第十条第四号にて「断層活動（地盤の変形）」として考慮する。
4	地震の変位	-	○	-	-	-	不要	不要	敷地内に将来活動する可能性のある断層がないことか、地盤の変位は発生しないため、考慮しない。第三条（安全機能を有する施設の地盤）にて別途詳細な説明をする。
5	液状化	-	-	-	-	-	要	要	安全機能を有する施設はN値50以上の岩盤に設置しているため、地盤の液状化は発生しない。地盤の液状化は、第三条（安全機能を有する施設の地盤）にて別途詳細な説明をする。 廃止措置開始前及び廃止措置開始後の覆土については、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。
6	津波	-	-	-	廃止措置開始前：- 廃止措置開始後：○	-	第五条	不要	廃止措置開始前は、第五条（津波による損傷の防止）で別途説明する。 廃止措置開始後は、安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置すること及び既往津波並びに公表された津波シミュレーション結果から、津波は到達しない。また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (2/8)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができうる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象			
7	プレート運動 隆起・沈降運動	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：-	-	不要	要	廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、第十条第四号にて「隆起・沈降」として考慮する。
8	変成作用	-	○	-	-	-	不要	不要	変成作用を被るような地質構造場（地温・圧力）ではないため、考慮しない。
9	塑性変形作用	-	○	-	-	-	不要	不要	塑性変形を被るような地質構造場（褶曲構造）ではないため、考慮しない。
10	続成作用	-	○	-	-	-	不要	不要	続成作用を被るような地質構造場（沈降場）ではないため、考慮しない。
11	静振	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。 また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。
12	高潮	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。 また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。
13	波浪・高波	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。 また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。
14	高潮位	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。 また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (3/8)

	国内外の文献等から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができている事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象			
15	低潮位	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。
16	海流異変	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れ、標高30m以上の台地に位置することから、影響はないため、考慮しない。また、海洋及び河川から取水する設備もないため、影響はない。
17	風(台風)	-	-	-	廃止措置開始前：- 廃止措置開始後：○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下にあることから、影響はないため、考慮しない。
18	竜巻	-	-	-	廃止措置開始前：- 廃止措置開始後：○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下にあることから、影響はないため、考慮しない。
19	砂嵐	-	○	-	-	-	不要	不要	敷地周辺に砂塵が舞い上がるような砂漠や大規模な砂丘は分布しないため、考慮しない。
20	極端な気圧	-	-	-	-	○	不要	不要	高気圧、低気圧による気圧の変化により、安全機能を有する施設の安全機能が損なわれるおそれはないため、考慮しない。なお、竜巻による急激な気圧変化が想定されるが、これは「竜巻」の影響評価に包含される。
21	降水(量)	-	-	-	-	-	要	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、地下水流動に影響するため第十号第四号にて「降水量」として考慮する。
22	洪水	-	○	-	-	-	不要	不要	周辺河川において洪水が発生したとしても、標高30m以上の台地に位置する安全機能を有する施設への影響はないため、考慮しない。(老部川は標高5m~20m、二又川は標高1m~5mを流れる。)

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。国内外の文献等から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (4/8)

	国内外の文献等から抽出した事象	除外の基準						評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後		
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができざる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できざる事象				
23	降雪	-	-	-	-	○	不要	不要	「竜巻」の影響評価（飛来物）に含まれる。	
24	落雷（電流）	-	-	-	廃止措置開始前：- 廃止措置開始後：○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下に設置されていることから、影響はないため、考慮しない。	
25	高温（気温）	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：-	-	不要	要 ^{*1}	廃止措置開始前は、高温による安全機能を有する施設への影響はないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、降水量及び蒸発散量に影響するため、第十条第四号にて「気温」として考慮する。	
26	低温・凍結（気温）	-	-	-	-	-	要	要 ^{*1}	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、降水量及び蒸発散量に影響するため、第十条第四号にて「気温」として考慮する。	
27	氷結	-	-	-	-	○	不要	不要	「低温・凍結」の影響評価に含まれる。	
28	氷晶	-	-	-	-	○	不要	不要	氷晶による荷重の影響については、「降下火砕物」、「積雪」の荷重の影響評価に含まれる。	
29	氷壁	-	○	-	-	-	不要	不要	敷地周辺には氷壁が形成されるような環境になく、取水を行い冷却を行う設備はないことから、影響はないため、考慮しない。	
30	高水温	-	-	-	○	-	不要	不要	海洋及び河川から取水する設備はなく、影響はないため、考慮しない。	
31	低水温	-	-	-	○	-	不要	不要	海洋及び河川から取水する設備はなく、影響はないため、考慮しない。	
32	干ばつ	-	-	-	○	-	不要	不要	顕著な変化がなく、安全機能を有する施設に与える影響が小さいことから、考慮しない。	
33	霜	-	-	-	○	-	不要	不要	霜による安全機能を有する施設への影響はないため、考慮しない。	

*1：高温及び低温・凍結は廃止措置開始後の状態設定では降水量及び蒸発散量に影響するため、まとめて「気温」として考慮する。
 事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
 国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (5/8)

	国内外の文献等から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができざる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象			
34	霧	-	-	-	○	-	不要	不要	霧による安全機能を有する施設への影響はないため、考慮しない。
35	積雪	-	-	-	○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。廃止措置開始後は、埋設設備は地下に設置されていることから、影響はないため、考慮しない。
36	雪崩	-	○	-	-	-	不要	不要	埋設設備周囲の斜面の形状を考慮すると、埋設設備を損傷させるような雪崩が発生しにくいため、考慮しない。
37	土壌の収縮・膨張	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は岩盤に設置することから、影響はないため、考慮しない。
38	海水による川の閉塞	-	-	-	○	-	不要	不要	海洋及び河川から取水、冷却を行う設備はなく、安全機能を有する施設に影響はないため、考慮しない。
39	湖若しくは川の水位降下	-	-	-	○	-	不要	不要	安全機能を有する施設は、取水、冷却を行う設備はないことから、影響はないため、考慮しない。
40	海水準変動	-	-	-	○	-	不要	要	廃止措置開始後は、沼・河川の変化は、「隆起・侵食」及び「海水準変動」において考慮する。 廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、地下水流動に影響するため、第十条第四号にて「海水準変動」として考慮する。
41	風化	-	-	-	○	-	不要	不要	事象の進展（岩盤の風化）が非常に緩慢なため、考慮しない。
42	蒸発散（量）	-	-	-	○	-	不要	要	廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、地下水流動に影響するため第十条第四号にて「蒸発散量」考慮する。

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (6/8)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方		
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後			
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができうる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象					
43	気象変動に起因する事象	-	-	-	○	○	○	○	要	不要	廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、地下水流動に影響するため第十条第四号にて「かん養量」として考慮する。
44		-	○	-	-	-	-	-	不要	不要	将来の気温低下を考慮しても、永久凍土が問題となるような状況になるとは考えにくいため考慮しない。
45	河川流量	-	-	-	-	-	○	○	要	不要	廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、希釈水量に影響するため第十条第四号にて「河川流量」として考慮する。
46		プレート運動と気候変動	-	-	-	-	-	○	○	要	不要
47	土石流		-	○	-	-	-	-	-	不要	不要
48	陥没	-	○	-	-	-	-	-	不要	不要	陥没が発生するようない地質ではないため、考慮しない。
49	地形及び陸水の变化	-	-	-	-	-	○	○	要	不要	廃止措置開始前は、事象により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、「隆起・沈降」、「侵食」、「海水準変動」に包含される。
50		地盤（地表面）の侵食	-	-	-	-	-	○	○	要	不要

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (7/8)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準						評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤		廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができうる事象	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：○	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：○	他の事象に包含できうる事象			
51	海岸侵食	-	-	-	○	○	不要	不要	廃止措置開始前は、安全機能を有する施設が海岸から約3km離れていることから、考慮しない。 廃止措置開始後は、「侵食」に包含される。	
52	海面下の侵食	-	-	-	○	-	不要	不要	敷地は海岸から約3km離れていることから、考慮しない。 また、海洋及び河川から取水及び冷却を行う設備はないことから、影響はないため、考慮しない。	
53	地下水による侵食	-	○	-	-	-	不要	不要	地下水による侵食を受けるような地質及び地下水質ではないため、考慮しない。	
54	河川の流路変更	-	-	-	-	○	不要	不要	安全機能を有する施設は、取水及び冷却を行う設備はなく、影響はないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、沼・河川の変化は、「隆起・侵食」及び「海水準変動」において考慮する。	
55	変質	-	○	-	-	-	不要	不要	変質（風化除く）を被るような地質環境にないため、考慮しない。	
56	流出点の形態（河川・沼）	-	-	-	-	○	不要	不要	廃止措置開始前は、事象の変化により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、侵食や海水準変動の評価に内包する。	
57	泥湧出（泥火山）	-	○	-	-	-	不要	不要	泥が湧出（泥火山が発生）する地質構造（泥岩破砕層、地中ガス貯存及び背斜構造）ではないため、考慮しない。	
58	地すべり	-	○	-	-	-	不要	不要	埋設地及びその付近に地すべり地形はなく、すべり面となるような弱層も確認されていないため、考慮しない。 第三条（安全機能を有する施設の地盤）にて別途説明する。	
59	透水性の変化	-	-	-	-	○	不要	要	廃止措置開始前は、事象により直接施設に影響を及ぼすことはないため、考慮しない。 廃止措置開始後は、施設通過流量に影響するため第十条第四号にて「透水性の変化」として考慮する。	
60	斜面の不安定	-	○	-	-	-	不要	不要	廃棄物埋設地及びその付近の自然斜面においては、崖崩れや山崩れが発生するよう不安定な斜面は存在しないため、考慮しない。	

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。
国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第2表 自然現象の選定 (8/8)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準					評価		事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前	廃止措置開始後	
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができざる事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象			
61	森林火災	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下に設置されていることから、影響はないため、考慮しない。
62	草原火災	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：○	○	不要	不要	廃止措置開始前は、「森林火災」の影響評価に包含される。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下に設置されていることから、影響はないため、考慮しない。
63	生物学的事象	-	-	-	-	-	要	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、第十条第四号にて「生物学的事象」として考慮する。
64	塩害	-	-	-	廃止措置開始前：○ 廃止措置開始後：○	-	要	不要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 廃止措置開始後は、埋設設備は地下に設置されていることから、影響はないため、考慮しない。
65	隕石	○	-	-	-	-	不要	不要	隕石の衝突は発生の可能性が著しく低い。また、非常に大きな隕石については、衝突による影響が放射性廃棄物による影響を有意に上回るため、考慮しない。
66	カルスト	-	○	-	-	-	不要	不要	敷地周辺はカルスト地形ではない（石灰岩分布地域ではない）ため、考慮しない。
67	岩塩ダイアピル	-	○	-	-	-	不要	不要	岩塩ダイアピルを生じるような岩塩層は分布しないため、考慮しない。
68	深部流体	-	○	-	-	-	不要	不要	敷地は火山山フロントの海溝側にあること、水みちとなるような大規模な構造線が分布しないことから、施設に影響を与えないため、考慮しない。
69	天水の水質	-	○	-	-	-	不要	不要	現状の天水は、安全機能を有する施設に影響を及ぼす水質ではないため、考慮しない。 長期的にも、天水の水質が急激に変化することは想定しづらいので考慮しない。
70	表流水・地下水の水質	-	○	-	-	-	不要	不要	現状の地表水・地下水は安全機能を有する施設に影響を及ぼす水質ではないため、考慮しない。 長期的にも、水質が急激に変化することは想定しづらいので、考慮しない。

事象は廃止措置開始前及び廃止措置開始後に区分し、評価した。国内外の文献から抽出した事象をプレート運動、気候変動、プレート運動及び気候変動に起因する事象及びその他の事象に区分した。

第3表 人為事象の選定 (1/2)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準						評価	事象に対する考え方
		基準①	基準②	基準③	基準④	基準⑤	廃止措置開始前		
		発生頻度が極低頻度と判断される事象	施設周辺では起こり得ない事象	事象の進展が緩慢で対策を講じることができている事象	施設に影響を及ぼさない事象	他の事象に包含できる事象			
1	船舶事故による油流出	-	-	-	○	-	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れた標高30m以上の台地に位置するため、影響はない。 また、海洋から取水する設備もないため、影響はない。	
2	船舶事故(爆発、化学物質の放出)	-	-	-	○	-	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れた標高30m以上の台地に位置するため、影響はない。	
3	船舶の衝突	-	-	-	○	-	不要	安全機能を有する施設は海岸から約3km離れた標高30m以上の台地に位置するため、船舶が衝突することはない。	
4	飛来物(航空機落下等)	-	-	-	-	-	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。	
5	鉄道事故(爆発、化学物質の放出)	-	○	-	-	-	不要	敷地周辺には鉄道路線がないため、発生しない。	
6	鉄道の衝突	-	○	-	-	-	不要	敷地周辺には鉄道路線がないため、発生しない。	
7	交通事故(爆発、化学物質の放出)	-	-	-	-	○	不要	「近隣工場の爆発」に包含される。化学物質の放出は、「有毒ガス」に包含される。	
8	自動車の衝突	-	○	-	-	-	不要	周辺監視区域の境界にフェンスを設置し、入構する自動車进行管理しており発生しない。	
9	近隣工場の爆発	-	-	-	-	-	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。	
10	工場事故(化学物質の放出)	-	-	-	-	○	不要	化学物質の放出は、「有毒ガス」に包含される。	
11	飲山事故(爆発、化学物質の放出)	-	○	-	-	-	不要	敷地周辺に鉱山はないため、発生しない。	
12	土木・建築現場の事故(爆発、化学物質の放出)	-	○	-	-	-	不要	敷地内での工事は十分に管理されていることから、発生しない。	
13	軍事基地の事故(爆発、化学物質の放出)	-	○	-	-	-	不要	三沢基地は敷地から約28km離れており、影響はない。	
14	軍事基地からの飛来物	-	○	-	-	-	不要	故意によるもの以外は、三沢基地は敷地から約28km離れていることから、影響はない。	
15	軍事行動による破壊・損傷	/	/	/	/	/	不要	テロ行為等の人為的な破壊行為は外部事象に含めない。	
16	パイプライン事故(爆発、化学物質の放出)	-	○	-	-	-	不要	むつ小川原国家石油備蓄基地の陸上輸送配管は、約2km以上離れた場所の1.2m以上の地下に埋設されており、影響はない。	

第3表 人為事象の選定 (2/2)

	国内外の文献から抽出した事象	除外の基準					評価	事象に対する考え方
		基準① 発生頻度が極低頻度と判断される事象	基準② 施設周辺では起こり得ない事象	基準③ 事象の進展が緩慢で対策を講じることができ得る事象	基準④ 施設に影響を及ぼさない事象	基準⑤ 他の事象に包含でき得る事象		
17	敷地内における化学物質の漏えい	-	○	-	-	-	不要	安全機能を有する施設付近における化学物質の貯蔵・運搬はないため、影響はない。
18	人工衛星の落下	○	-	-	-	-	不要	人工衛星の大部分が大気圏で燃え尽き、一部破片が落下する可能性があるが、その可能性は極めて低く、安全機能を有する施設に影響を及ぼすことはない。
19	ダムの前縁	-	○	-	-	-	不要	安全機能を有する施設の周辺にダムはないため、ダムの崩壊は発生しない。
20	電磁的障害	-	-	-	-	-	要	廃止措置開始前は、サージ・ノイズや電磁波の侵入の可能性があるので、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。
21	掘削工事	-	○	-	-	-	不要	敷地内での工事は規制されることから、発生しない。
22	重量物の落下	-	○	-	-	-	不要	重量物の運搬は十分に管理されているため、発生しない。
23	タービンミサイル	-	○	-	-	-	不要	敷地周辺にタービンミサイルを発生させるような回転装置はない。
24	有毒ガス	-	-	-	-	-	要	安全機能を有する施設では、有毒ガスを発生させる設備は存在しないが、他事業所や敷地外の施設（船舶、交通、工場）からの有毒ガスの発生が想定されるため、廃止措置開始前は安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。
25	近隣工場の火災	-	-	-	-	-	要	廃止措置開始前は、安全機能に影響を及ぼし得る事象として考慮する。 (航空機落下火災、近隣工場の火災等)。
26	火災	-	-	-	-	○	不要	「近隣工場の火災」に包含される。

第4表 文献調査の結果抽出された自然現象 (2/4)

全事象	許可基準規則 解釈 ^{*1} 火山影響評価 ガイド ^{*2}	既往の国内外文献による自然現象・人為事象の抽出 番号は国内外の文献一覧における文献No.を示す										既往の国内外文献による地質環境の長期変動項目の抽出 番号は国内外の文献一覧における文献No.を示す							理施設へ影響を与える可能性のある事象の整理と抽出				
		1	2,3,4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15,16	17	18	19	20		21	22	23	24
		42 地震による土石流	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-	-
43 暴雨による土石流	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22 降雹	
44 降雹	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	23 降雹(電流)	
45 落雷(電流)	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	24 森林火災	
46 森林火災	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	25 草原火災	
47 草原火災	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	26 高温	
48 高温	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	27 低温・凍結	
49 低温・凍結	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	28 氷結	
50 氷結	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	29 氷晶	
51 氷晶	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	30 氷壁	
52 氷壁	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	31 高水温	
53 高水温	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	32 低水温	
54 低水温	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	33 干ばつ	
55 干ばつ	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	34 霜	
56 霜	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	35 霧	
57 霧	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火山から発生するの飛来物(噴石)	
58 火山弾(大きな噴石)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火砕流(サージ及びガラスを含む)	
59 火山礫(小さな噴石)	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	溶岩流	
60 火砕流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	サージ(火砕流を含む)	
61 溶岩流	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	プラスト(火砕流を含む)	
62 火砕サージ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火山性土石流、火山泥流及び洪水	
63 爆風	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火砕流(サージ及びガラスを含む)	
64 洪水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	溶岩流	
65 降灰	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	サージ(火砕流を含む)	
66 火災(山林火災)	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	プラスト(火砕流を含む)	
67 火山ガス滞留	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火山性土石流、火山泥流及び洪水	
68 熱湯	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火砕流(サージ及びガラスを含む)	
69 山体崩壊	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	溶岩流	
70 新しい火口の開口	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	サージ(火砕流を含む)	
71 津波及び静脈	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火山ガス	
72 大気現象	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火砕流(サージ及びガラスを含む)	
73 地震変動	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	溶岩流	
74 火山性地震とこれに関連する事象	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	サージ(火砕流を含む)	
75 熱湯	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火山性土石流、火山泥流及び洪水	
76 積雪	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	火砕流(サージ及びガラスを含む)	
77 豪雪による雪崩	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	溶岩流	
78 融雪による雪崩	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	サージ(火砕流を含む)	

注1：国内外の基準及び文献から廃棄物理施設の安全性に影響を与えると考えられる自然現象として135事象を網羅的に抽出し、明らかに類似した事象は統合することで70事象に整理した。

*1：許可基準規則解釈に例示されている事象を含む場合は○で示す。

*2：「火山影響評価ガイド」に記載される火山事象を含む場合は○で示す。

第2表 文献調査の結果抽出された人為事象

全事象	既往の国内外文献による外部事象 番号は国内外の文献一覧における文献No.を示す											地質環境の長期変動事象 (地象自然環境)	許可基準規則及び許可 基準規則解釈 ¹⁾ 、火山影 響評価 ²⁾	埋施設へ影響を与える可能性のある事象 の抽出		
	既住の国内外文献による外部事象															
	1	2,3,4	5	6	7	8	9	10	11	外部事象						
1	○		○	○								○		1	船舶事故による油流出	
2	○	○	○	○				○				○		2	船舶事故(爆発、化学物質放出)	
3	○		○	○								○		3	船舶の衝突	
4	○		○	○				○				○		4	飛来物(航空機落下等)	
5	○		○	○								○		5	鉄道事故(爆発、化学物質放出)	
6	○		○	○								○		6	鉄道の衝突	
8	○		○	○								○		7	交通事故(爆発、化学物質放出)	
9	○		○	○								○		8	自動車の衝突	
10	○		○	○								○		9	近隣工場の爆発	
11	○		○	○								○		10	工場事故(化学物質放出)	
14	○		○	○								○		11	鉱山事故(爆発、化学物質放出)	
15	○		○	○								○				
16	○		○	○								○				
17	○		○	○								○		12	土木・建築現場の事故(爆発、化学物質放出)	
18	○		○	○								○				
19	○		○	○								○		13	軍事基地の事故(爆発、化学物質放出)	
20	○		○	○								○		14	軍事基地からの飛来物	
21	○		○	○								○		15	軍事行動による破壊・損傷	
22	○		○	○								○		16	パイプライン事故(爆発、化学物質の放出)	
23	○		○	○								○				
24	○		○	○								○		17	敷地内における化学物質の漏えい	
25	○		○	○								○		18	人工衛星の落下	
26	○		○	○								○		19	ダム の崩壊	
27	○		○	○								○		20	防壁・堤防の崩壊	
28	○		○	○								○		21	電磁的障害	
29	○		○	○								○		22	掘削工事	
30	○		○	○								○		23	重量物の落下	
31	○		○	○								○		24	タービンミサイル	
32	○		○	○								○		25	有毒ガス	
33	○		○	○								○		26	近隣工場の火災	
34	○		○	○								○		27	森林火災	
35	○		○	○								○		28	市街地の火災	
34	○		○	○								○		26	火災	
35	○		○	○								○		26	河川の流路変更	自然事象に含む
36	○		○	○								○		26	鉱坑、井戸、油井	敷地内に当該資源がない

火山の影響について

目 次

1. 火山の影響に係る設計の基本方針	1
2. 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出	1
3. 廃棄物埋設地の安全機能に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価	8
(1) 設計対応不可能な火山事象の敷地への到達の可能性	8
(2) 設計対応が可能な火山事象の評価	18
4. 設計上考慮する降下火砕物に対する防護設計	30
(1) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで	30
(2) 覆土完了から廃止措置開始まで	31
(3) 降灰に対する対応	31
5. 参考文献	32

1. 火山の影響に係る設計の基本方針

火山の影響については、廃棄物埋設地に大きな影響を及ぼすおそれがあることから、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(平成25年6月19日 原規技発第13061910号 原子力規制委員会決定)(以下「火山影響評価ガイド」という。)を参考に、埋設設備及び覆土の安全機能に影響を与える可能性のある火山事象について評価を行う。

埋設設備には常時機能維持が必要な動的機器はなく、想定される火山事象に対して、放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までは放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を、覆土完了から廃止措置開始までは移行抑制機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。

2. 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出

火山が廃棄物埋設地に与える影響を評価するため、文献調査^{(1)~(38)}、敷地及び敷地周辺における地質調査を実施し、地理的領域内(半径160km)に分布する48の第四紀火山を抽出した。抽出結果を第1表及び第1図に示す。

なお、申請時点(2018年8月1日)では中野ほか編(2013)⁽¹⁾に基づき43の第四紀火山を抽出していたが、中野ほか編(2013)のWEB版において2019年3月19日の更新で三ツ森(碓ヶ関カルデラから分離)、阿闍羅山(碓ヶ関カルデラから分離)、先十和田(十和田から分離)、柴倉岳(新規)、網張火山群(岩手山から分離)の計5火山が新たに追加された。

3号廃棄物埋設地が位置する下北半島は、北側は津軽海峡に、東側は太平洋に、西側は陸奥湾にそれぞれ面し、敷地は、下北半島南部の太平洋側に位置する。

地理的領域内の第四紀火山の形式、活動年代及び最後の活動からの経過期間を第2表に示す。これらの火山について、活動年代及び最後の活動からの経過期間から、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を評価した。

その結果、完新世に活動を行った北海道駒ヶ岳、恵山、恐山、岩木山、北八甲田火山群(気象庁編(2013)⁽⁴⁾による「八甲田山」に相当する。)、十和田、秋田焼山、八幡平火山群(気象庁編(2013)⁽⁴⁾による「八幡平」に相当する。)、岩手山及び秋田駒ヶ岳の10火山を廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

また、完新世に活動を行っていない火山(38火山)について、「日本の火山(第3版)」(中野ほか編、2013)⁽¹⁾等の記載年代から、最後の活動からの経過期間が全活動期間より

も短い場合若しくは最後の活動からの経過期間が活動期間内の最大休止期間よりも短いとみなせる場合は、将来の活動性が否定できない火山と評価した。

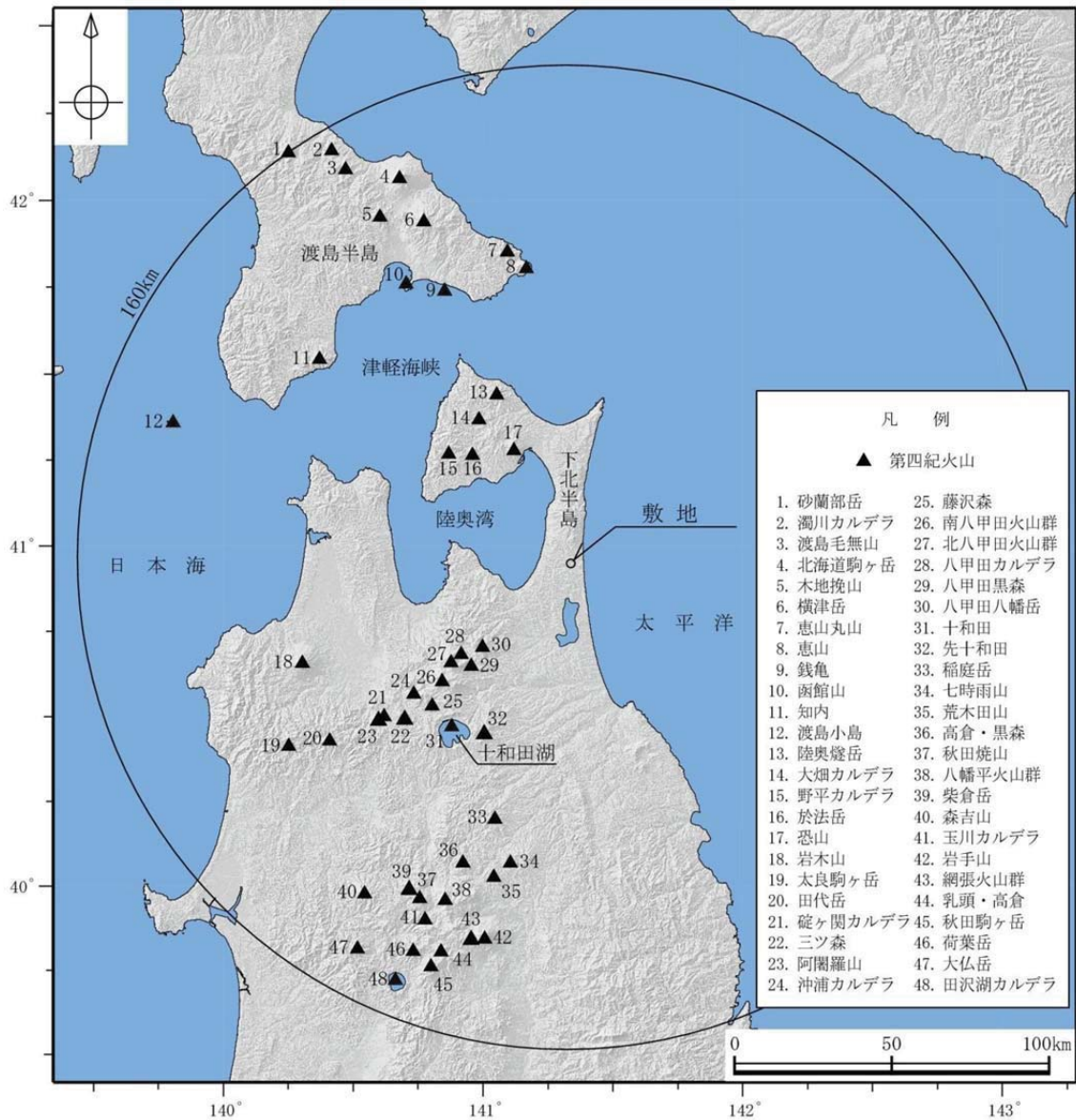
その結果、横津岳、陸奥燧岳、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、八甲田カルデラ、先十和田、玉川カルデラ、網張火山群、乳頭・高倉及び荷葉岳の 11 火山を抽出した。

以上のことから、3 号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山として、北海道駒ヶ岳、横津岳、恵山、陸奥燧岳、恐山、岩木山、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、北八甲田火山群、八甲田カルデラ、十和田、先十和田、秋田焼山、八幡平火山群、玉川カルデラ、岩手山、網張火山群、乳頭・高倉、秋田駒ヶ岳及び荷葉岳の 21 の火山を抽出した。(第 2 図)

第1表 敷地周辺の第四紀火山一覧(敷地を中心とする半径160km範囲)

	火山名	位置		敷地からの 離隔(km)
		北緯	東経	
1	砂蘭部岳(さらんべだけ)	42° 08' 21"	140° 14' 05"	159
2	濁川カルデラ(にごりかわ)	42° 07' 11"	140° 26' 47"	148
3	渡島毛無山(おしまけなしやま)	42° 05' 15"	140° 28' 14"	144
4	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがた)	42° 03' 48"	140° 40' 38"	133
5	木地挽山(きじびきやま)	41° 57' 07"	140° 36' 09"	125
6	横津岳(よこつだけ)	41° 56' 16"	140° 46' 17"	118
7	恵山丸山(えさんまるやま)	41° 51' 07"	141° 05' 35"	100
8	恵山(えさん)	41° 48' 16"	141° 09' 58"	94
9	銭亀(ぜにかめ)	41° 44' 21"	140° 51' 05"	95
10	函館山(はこだてやま)	41° 45' 33"	140° 42' 14"	103
11	知内(しりうち)	41° 32' 33"	140° 22' 17"	103
12	渡島小島(おしまこじま)	41° 21' 27"	139° 48' 27"	136
13	陸奥燧岳(むつひうちだけ)	41° 26' 20"	141° 03' 10"	57
14	大畑カルデラ(おおはた)	41° 22' 00"	140° 59' 00"	53
15	野平カルデラ(のだい)	41° 16' 00"	140° 52' 00"	52
16	於法岳(おほうだけ)	41° 15' 47"	140° 57' 29"	46
17	恐山(おそれざん)	41° 16' 42"	141° 07' 11"	39
18	岩木山(いわきさん)	40° 39' 21"	140° 18' 11"	95
19	太良駒ヶ岳(だいらこまがたけ)	40° 24' 46"	140° 15' 04"	112
20	田代岳(たしろだけ)	40° 25' 42"	140° 24' 31"	100
21	碓ヶ関カルデラ(いかりがせき)	40° 30' 35"	140° 36' 35"	81
22	三ツ森(みつもり)	40° 29' 54"	140° 41' 49"	76
23	阿闍羅山(あじゃらやま)	40° 29' 37"	140° 35' 36"	83
24	沖浦カルデラ(おきうら)	40° 34'	140° 44'	69
25	藤沢森(ふじさわもり)	40° 31' 53"	140° 48' 14"	67
26	南八甲田火山群(みなみはっこうだ)	40° 36' 12"	140° 50' 33"	59
27	北八甲田火山群(きたはっこうだ)	40° 39' 32"	140° 52' 38"	53
28	八甲田カルデラ(はっこうだ)	40° 41' 00"	140° 55' 00"	49
29	八甲田黒森(はっこうだくろもり)	40° 38' 51"	140° 57' 18"	49
30	八甲田八幡岳(はっこうだはちまんだ)	40° 42' 11"	140° 59' 54"	42
31	十和田(とわだ)	40° 28' 12"	140° 52' 45"	68
32	先十和田(せんとわだ)	40° 27' 10"	141° 00' 05"	65
33	稲庭岳(いなにわだけ)	40° 11' 54"	141° 02' 47"	90
34	七時雨山(ななしぐれやま)	40° 04' 09"	141° 06' 20"	102
35	荒木田山(あらかだやま)	40° 01' 35"	141° 02' 27"	108
36	高倉・黒森(たかくら・くろもり)	40° 04' 06"	140° 55' 23"	107
37	秋田焼山(あきたやけやま)	39° 57' 49"	140° 45' 25"	123
38	八幡平火山群(はちまんたい)	39° 57' 28"	140° 51' 14"	120
39	柴倉岳(しばくらだけ)	39° 59' 44"	140° 42' 49"	121
40	森吉山(もりよしざん)	39° 58' 36"	140° 32' 38"	130
41	玉川カルデラ(たまがわ)	39° 54' 00"	140° 46' 38"	129
42	岩手山(いわてさん)	39° 51' 09"	141° 00' 04"	128
43	網張火山群(あみはり)	39° 51' 03"	140° 57' 06"	129
44	乳頭・高倉(にゅうとう・たかくら)	39° 48' 17"	140° 50' 18"	137
45	秋田駒ヶ岳(あきたこまがたけ)	39° 45' 40"	140° 47' 57"	142
46	荷葉岳(かようだけ)	39° 48' 23"	140° 43' 50"	140
47	大仏岳(だいぶつだけ)	39° 48' 49"	140° 30' 56"	147
48	田沢湖カルデラ(たざわこ)	39° 43' 14"	140° 39' 43"	151

(中野ほか(2013)⁽¹⁾による。)



この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の基盤地図情報を使用した。(承認番号 平成 30 情使、第 153

(中野ほか編(2013)^①に基づき作成。)

第 1 図 敷地周辺の第四紀火山分布図(敷地を中心とする半径 160km 範囲)

第2表 地理的領域内の第四紀火山における活動可能性(1/2)

火山名 ^{*1}	形式 ^{*1}	活動年代 ^{*1} (千年前)		最後の活動 からの 経過期間 (千年間)	廃棄物埋設施設に 影響を及ぼし得る火山 (21火山)	
					完新世に活動を行 った火山 (10火山)	将来の活動可能性が否定できない 火山 (11火山) ^{*3}
1 砂蘭部岳 (さらんべだけ)	複成火山	1,800		1,800		
2 濁川カルデラ (にごりかわ)	カルデラ-火砕流	15		15		
3 渡島毛無山 (おしまけなしやま)	溶岩流	前期更新 世 前半	or 前期更新 世	前期更新 世 後半以降		
4 北海道駒ヶ岳 (ほっかいどうこまがた け)	複成火山	30 以前 110 ^{*4}	~ A. D. 2,000	-	○	
5 木地挽山 (きじびきやま)	複成火山	1,900	or 1,900以降	約1,900		
6 横津岳 (よこつだけ)	複成火山	1,100 ^{*5}	or 1,100以降 140 ^{*6}	140		○
7 恵山丸山 (えさんまるやま)	複成火山	200		200		
8 恵山 (えさん)	複成火山 溶岩ドーム	50	~ A. D. 1,874	-	○	
9 銭亀 (ぜにかめ)	カルデラ-火砕流	45		45		
10 函館山 (はこだてやま)	複成火山	1,200	~ 900	900		
11 知内 (しりうち)	複成火山 溶岩ドーム	2,500	~ 1,400	1,400		
12 渡島小島 (おしまこじま)	複成火山	160	~ 110	110		
13 陸奥燧岳 (むつひうちだけ)	複成火山	1,200	~ 500	500		○
14 大畑カルデラ (おおはた)	カルデラ	3,000	~ 1,800	1,800		
15 野平カルデラ (のだい)	カルデラ	1,900		1,900		
16 於法岳 (おほうだけ)	複成火山	2,000		2,000		
17 恐山 (おそれざん)	火砕丘-カルデラ 溶岩ドーム	1,300	~ 20	20	○ ^{*2}	
18 岩木山 (いわきさん)	複成火山 溶岩ドーム	650	~ A. D. 1,863	-	○	
19 太良駒ヶ岳 (だいらこまがたけ)	複成火山	200		200		
20 田代岳 (たしろだけ)	複成火山 溶岩ドーム	600	~ 600以降 35~15.5 ^{*7}	35~15.5 ^{*7}		○
21 碓ヶ関カルデラ (いかりがせき)	カルデラ-火砕流台 地	2,600	~ 2,300	2,300		
22 三ツ森 (みつもり)	複成火山	1,900	~ 1,300	1,300		
23 阿闍羅山 (あじらやま)	複成(複合)火山	1,000		1,000		
24 沖浦カルデラ (おきうら)	カルデラ-火砕流台 地、溶岩ドーム	1,700 ^{*8} 900 ^{*8}	~ 1,100 ^{*8} ~ 700 ^{*8}	700 ^{*8}		
25 藤沢森 (ふじさわもり)	溶岩流	3,500	~ 1,700	1,700		○
26 南八甲田火山群 (みなみはっこうだ)	複成火山	1,100	~ 300	300		○

第2表 地理的領域内の第四紀火山における活動可能性(2/2)

火山名 ^{*1}	形式 ^{*1}	活動年代 ^{*1} (千年前)		最後の活動からの経過期間 (千年間)	安全機能を有する施設に影響を及ぼし得る火山 (21火山)	
					完新世に活動を行った火山 (10火山)	将来の活動可能性が否定できない火山 (11火山) ^{*3}
27 北八甲田火山群 (きたはっこうだ)	複成火山 溶岩ドーム	400	～ 0.6～0.4	0.6～0.4	○	
28 八甲田カルデラ (はっこうだ)	カルデラ-火砕流台地	900	～ 400	400		○ ^{*9}
29 八甲田黒森 (はっこうだくろもり)	複成火山	1,750	～ 1,600	1,600		
30 八甲田八幡岳 (はっこうだはちまんだけ)	複成火山	1,800	～ 1,600	1,600		
31 十和田 (とわだ)	カルデラ-火砕流台地 溶岩ドーム	200	～ A.D. 915	1	○	
32 先十和田 (せんとうわだ)	複成(複合)火山	620 2,530 ^{*10}	～ 450	450		○
33 稲庭岳 (いなにわだけ)	複成火山	3,000	～ 2,600	2,600		
34 七時雨山 (ななしぐれやま)	複成火山、溶岩ドーム カルデラ-火砕流台地	1,100	～ 900	900		
35 荒木田山 (あらかだやま)	複成火山	2,100	～ 1,900	1,900		
36 高倉・黒森 (たかくら・くろもり)	複成火山	3,200	～ 2,500	2,500		
37 秋田焼山 (あきたやけやま)	複成火山 溶岩ドーム	500	～ A.D. 1,997	-	○	
38 八幡平火山群 (はちまんたい)	複成火山	1,200	～ 7.3	7.3	○	
39 柴倉岳 (しばくらだけ)	複成(複合)火山	2,600	～ 2,000 ^{*11}	1,200		
		1,200				
40 森吉山 (もりよしざん)	複成火山 溶岩ドーム	1,100	～ 700	700		
41 玉川カルデラ (たまがわ)	カルデラ-火砕流	2,000	and 1,000	1,000		○
42 岩手山 (いわてさん)	複成火山	700	～ A.D. 1,919	-	○	
43 網張火山群 (あみはり)	複成(複合)火山	1,620	～ 300	300		○
44 乳頭・高倉 (にゅうとう・たかくら)	複成火山 溶岩ドーム	600	～ 100	100		○
45 秋田駒ヶ岳 (あきたこまがたけ)	複成火山、溶岩流及び小型楯状火山	100	～ A.D. 1,971	-	○	
46 荷葉岳 (かようだけ)	複成火山、溶岩流及び小型楯状火山、溶岩ドーム	2,200	～ 900	900		○
47 大仏岳 (だいぶつだけ)	複成火山	3,000	～ 2,100	2,100		
48 田沢湖カルデラ (たざわこ)	カルデラ 複成火山、溶岩ドーム	1,800	～ 1,400	1,400		

*1: 中野ほか編(2013)⁽¹⁾、西来ほか編(2012)⁽²⁾及び西来ほか編(2014)⁽³⁾に基づき作成

*2: 気象庁編(2013)⁽⁴⁾による活火山に該当するため抽出

*3: 最後の活動からの経過期間が活動期間内の最大休止期間よりも短いとみなせる火山

*4: 雁澤ほか(2005)⁽⁵⁾によれば、北海道駒ヶ岳起源の降下火砕物(E-x)が洞爺火山灰の下位に認められ、その年代を110kaと推定している

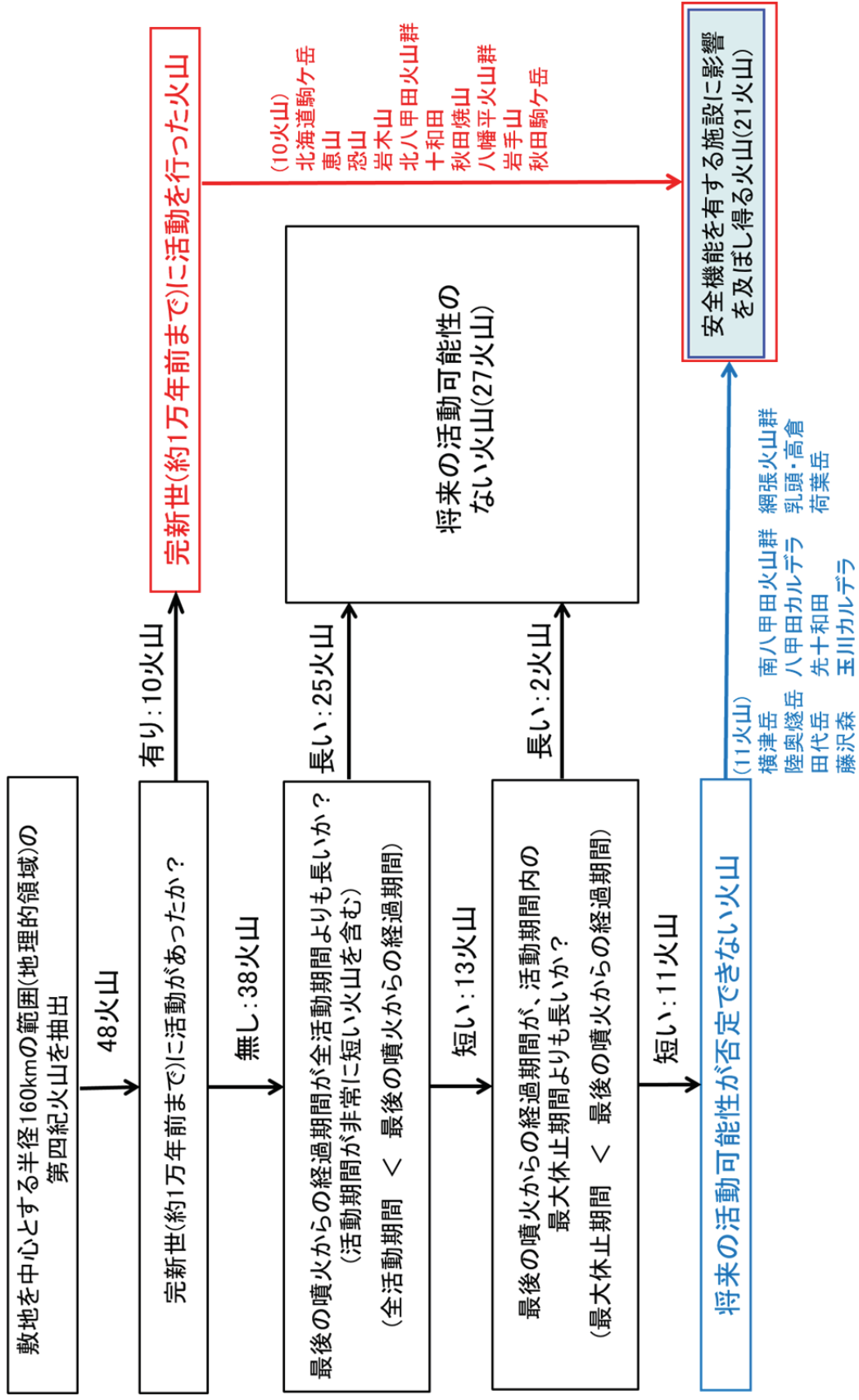
*5: 高田、中川(2016)⁽⁶⁾によれば、横津岳のグループ1の活動は1.71Maから開始したとされるが、中野ほか編(2013)⁽¹⁾の年代を記載

*6: 新エネルギー・総合技術開発機構(1988)⁽⁷⁾によれば、横津岳に含まれる熊泊山火山噴出物の年代として0.14±0.04Ma(FT年代)が得られている

*7: 宝田(1991)⁽⁸⁾によれば、層序的に十和田大不動火砕流(約3.5万年前)と十和田八戸火砕流(約1.55万年前)の噴出時期の間にあるとされる

*8: 宝田、村岡(2004)⁽⁹⁾による

*9: 中野ほか編(2013)⁽¹⁾によれば、カルデラ形成時期は0.90Ma、0.76Ma及び0.40Maの各年代値が記載されているが、その活動時期を0.90Ma～0.40Maと保守的に評価した



第2図 火山の抽出フロー

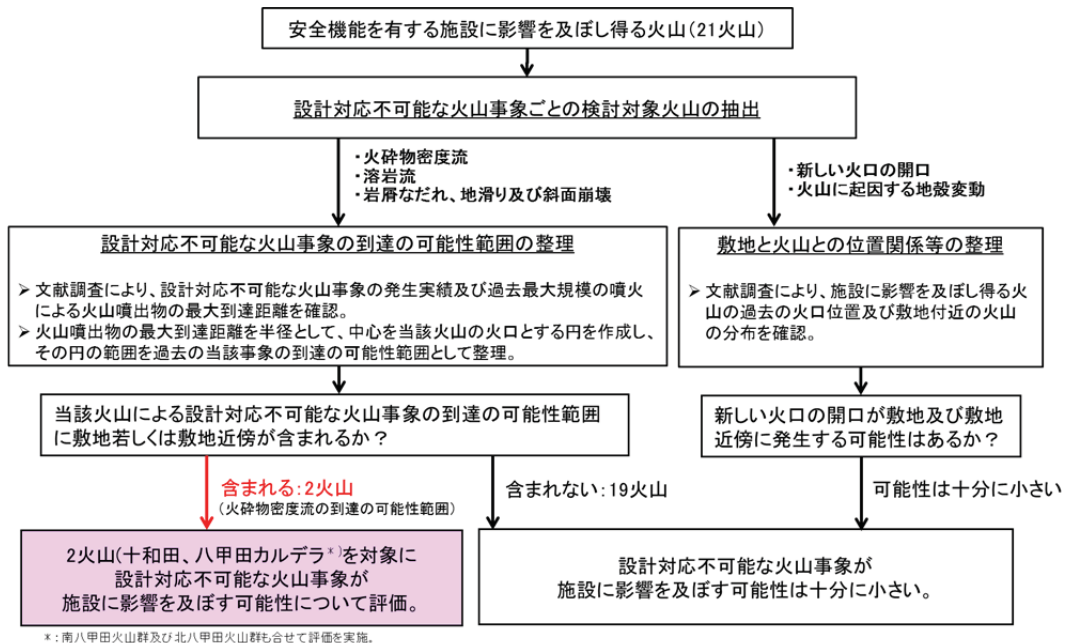
3. 廃棄物埋設地の安全機能に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)について、覆土までの操業期間中における活動可能性と規模を考慮し、3号廃棄物埋設地の安全機能に影響を与える可能性について検討した。

なお、降下火砕物については、地理的領域外の火山を含めてその影響を評価した。

(1) 設計対応不可能な火山事象の敷地への到達の可能性

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る21火山に対して、設計対応が不可能な火山事象について敷地への到達の可能性を検討した。設計対応不可能な火山事象の評価フローを第3図に示す。



第3図 設計対応不可能な火山事象の評価フロー

(i) 火砕物密度流(火砕サージ及びブラストを含む)

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)について、敷地への到達の可能性を検討した結果、十和田及び八甲田カルデラ以外の火山は、発生実績や敷地からの離隔距離等より、火砕物密度流が敷地に到達する可能性は十分に小さいと評価した。

十和田及び八甲田カルデラについては文献調査から、敷地近傍では火砕流堆積物の分布は認められないものの、過去最大規模の噴火における火砕物密度流の到

達の可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれることから、「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方」（平成30年3月7日、原子力規制庁）を参考に、十和田及び八甲田山*1 について「巨大噴火の可能性評価」を行った上で、「巨大噴火以降の火山活動の評価」を実施し、影響の可能性を評価する。

a. 十和田

(a) 巨大噴火の可能性評価

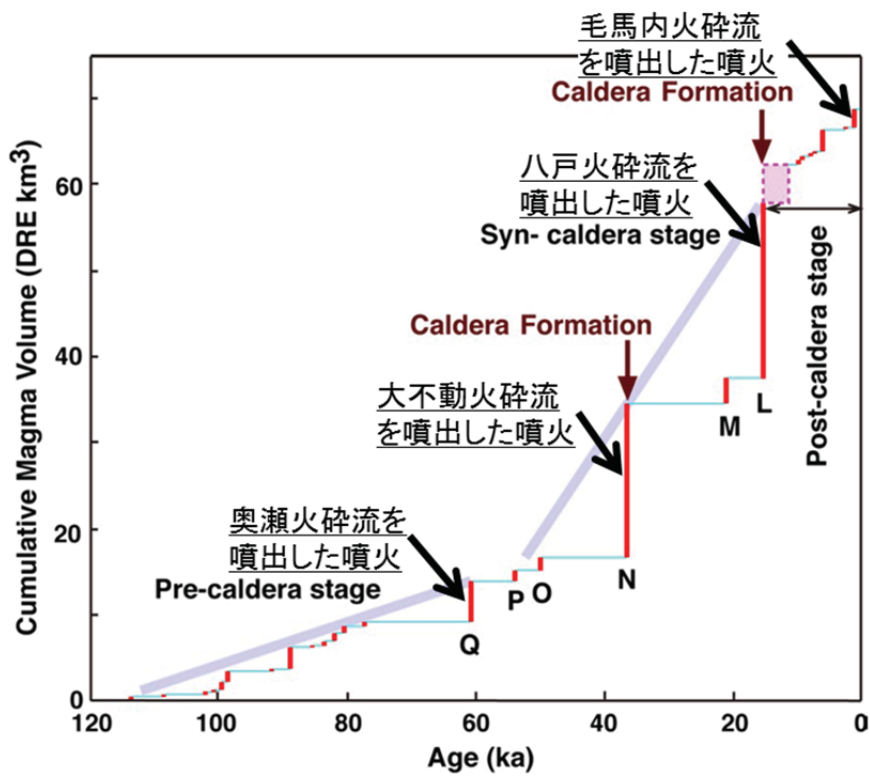
十和田の活動履歴(階段ダイアグラム)を第4図に示す。活動履歴から、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度、噴出量及び噴出率が異なること等から、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる(工藤ほか、2011)⁽¹³⁾。

地質調査及び火山学的調査結果から、敷地は、巨大噴火に伴う2回の大規模火砕流であるカルデラ形成期の十和田八戸火砕流及び十和田大不動火砕流の到達末端に位置する。十和田八戸火砕流及び十和田大不動火砕流の分布は第5図及び第6図に示す。

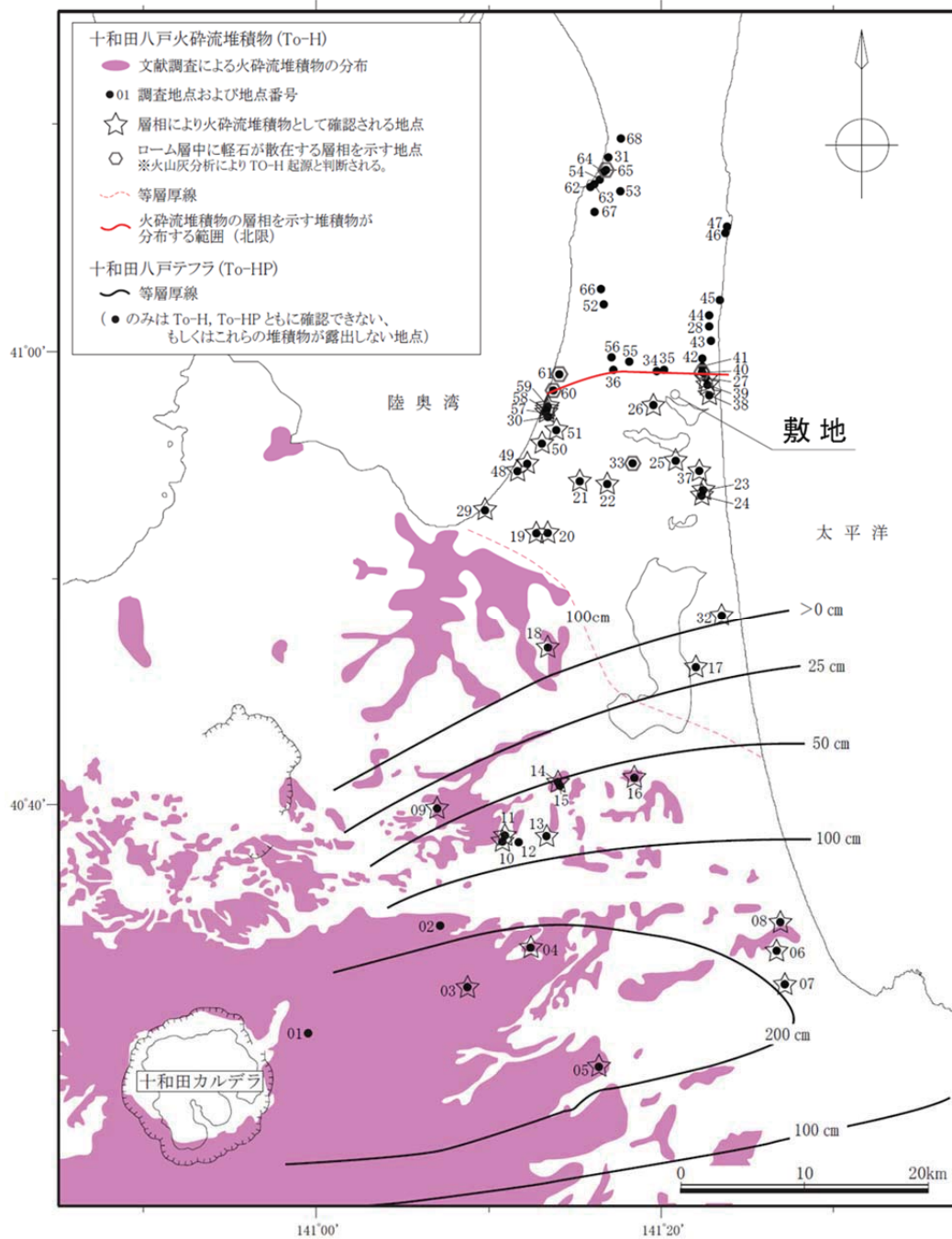
また、地震波速度構造⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾⁽²¹⁾、比抵抗構造⁽²²⁾、地震及び地殻変動⁽²³⁾から、現状、十和田直下の上部地殻(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。

以上の調査結果から、十和田については、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない。

*1：八甲田カルデラに南八甲田火山群・北八甲田火山群をあわせて「八甲田山」とする。

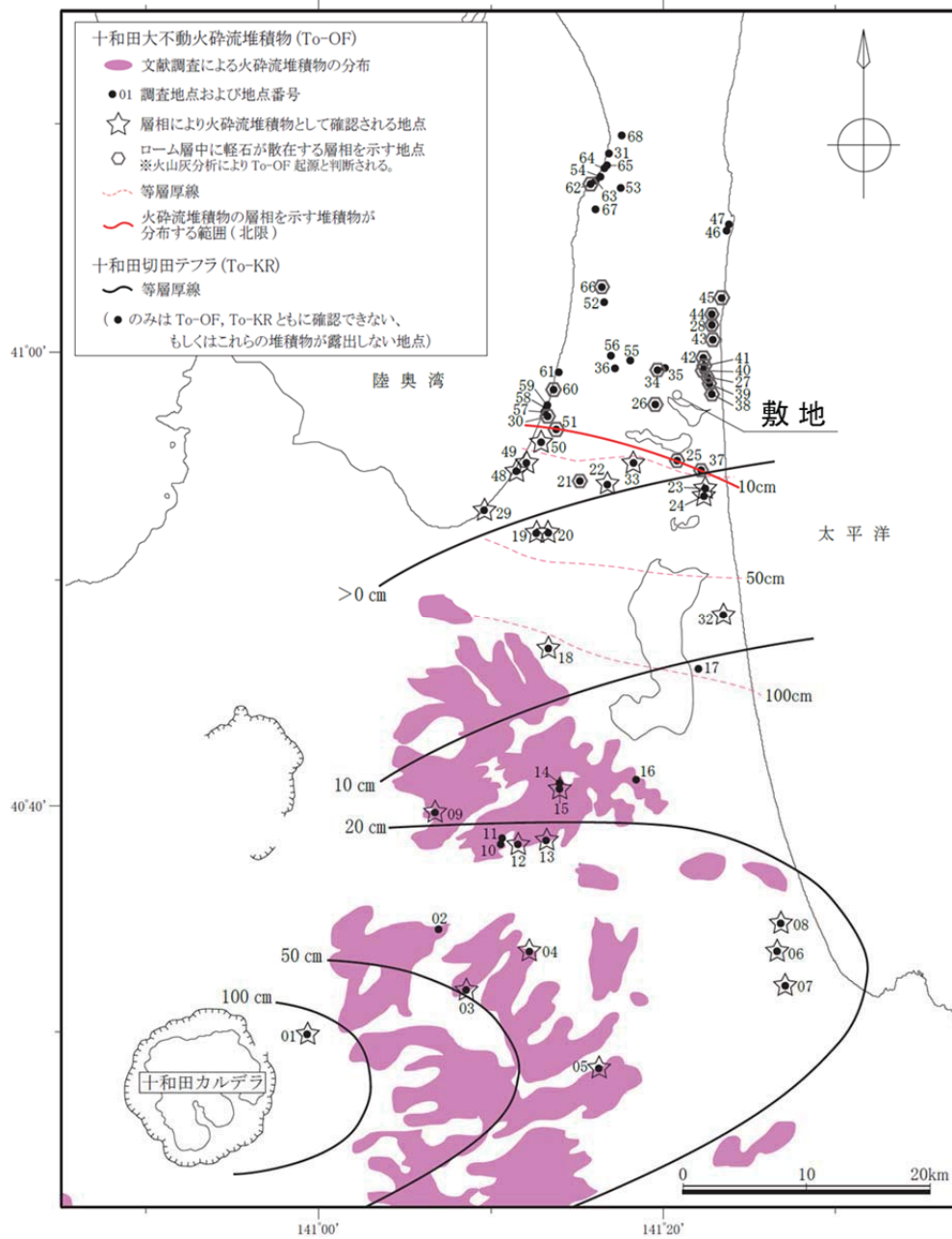


第4図 十和田の階段ダイアグラム(Yamamoto et al. (2018)⁽¹²⁾に一部加筆)



火砕流堆積物の分布は、村岡ほか(1991)⁽¹⁴⁾、大沢ほか(1993)⁽¹⁵⁾、大沢、須田(1978)⁽¹⁶⁾、土井(1993)⁽¹⁷⁾、町田、新井(2011)⁽¹⁸⁾に基づき当社が作成。

第5図 十和田八戸火砕流の分布



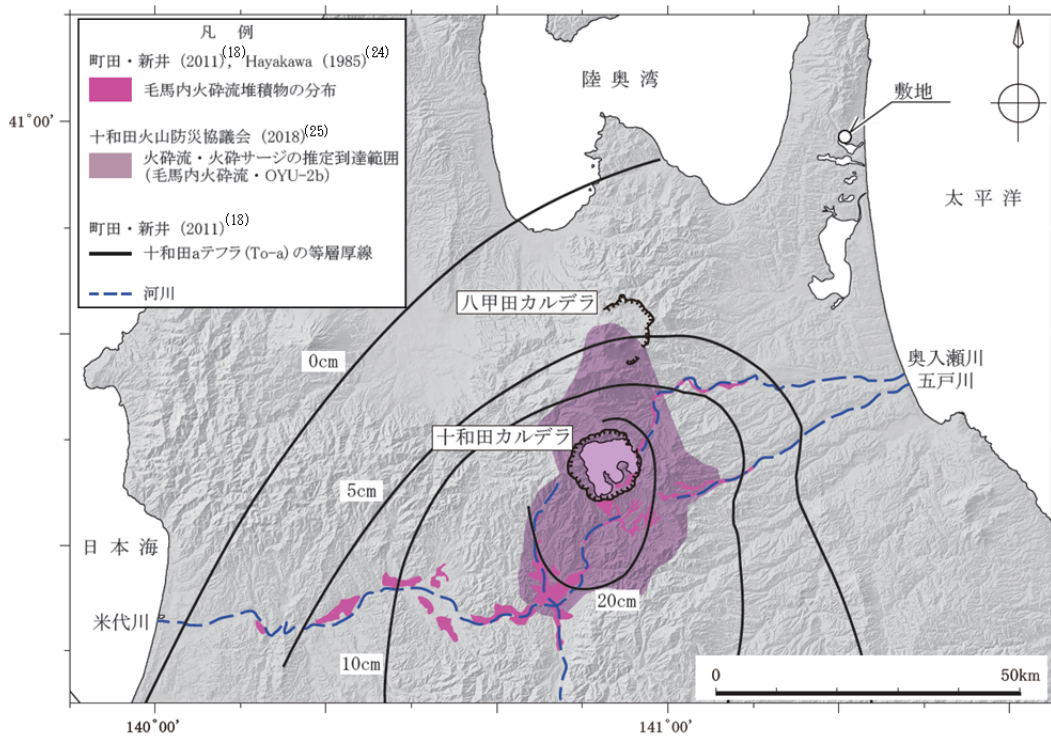
土井(1993)⁽¹⁷⁾、町田、新井(2011)⁽¹⁸⁾に基づき当社が作成。

第 6 図 十和田大不動火砕流の分布

(b) 巨大噴火以降の火山活動の評価

最後の巨大噴火以降の最大規模の火砕流である毛馬内火砕流を対象として、到達の可能性の評価を行う。

文献に示される毛馬内火砕流堆積物の分布を第7図に示す。文献調査の結果、毛馬内火砕流は敷地には到達していない。



第7図 毛馬内火砕流堆積物の分布

(c) 十和田の評価まとめ

以上より、十和田の現在の活動状況は、巨大噴火の可能性は十分に小さく、最後の巨大噴火以降の活動期である後カルデラ期の最大規模の火砕物密度流(毛馬内火砕流)が敷地に到達していないことから、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

b. 八甲田山

(a) 巨大噴火の可能性評価

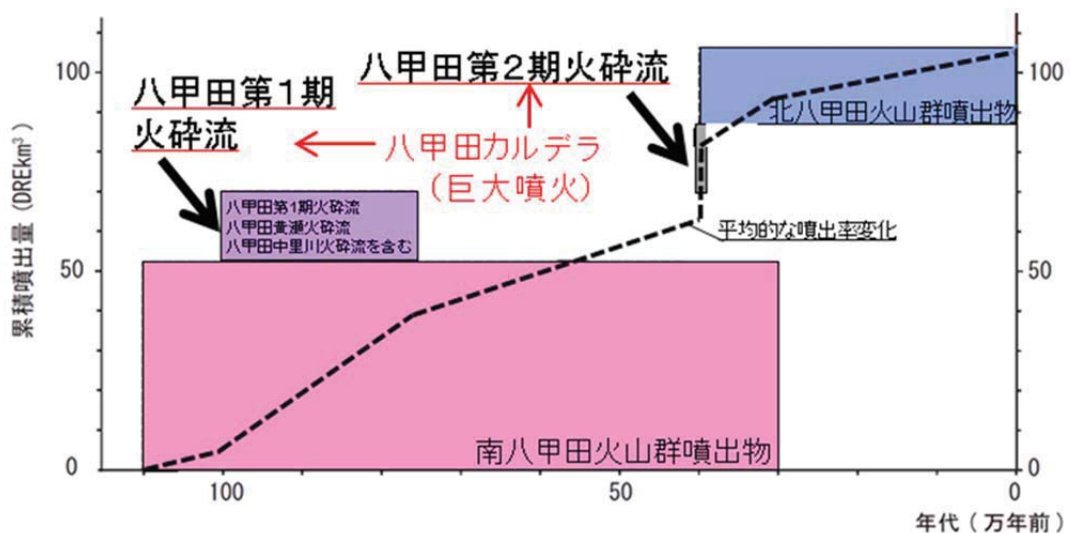
八甲田山の階段ダイアグラムを第8図に示す。階段ダイアグラムについて

は、工藤ほか(2004)⁽²⁷⁾によると、八甲田カルデラの形成後の約40万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群である北八甲田火山群について、その活動のピークは40万年前～10万年前までの間にあったと考えられ、10万年前以降の火山活動は比較的低調になっており、長期的にみると終息へと向かっているとしている。

八甲田山の各火山とその噴出物の分布を第9図に、八甲田第2期火砕流の広域的な分布は第10図に示す。地質調査及び火山学的調査結果から、2回の巨大噴火のうち過去最大規模の噴火である八甲田第2期火砕流は敷地には到達していない。

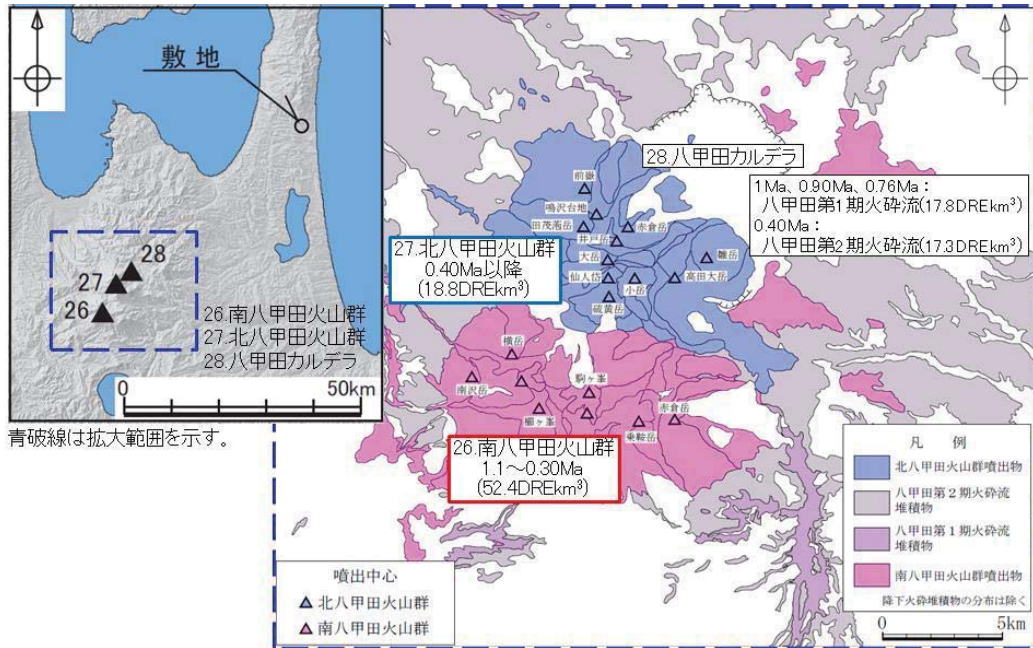
また、地震波速度構造⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾、比抵抗構造⁽³¹⁾、地震及び地殻変動⁽³²⁾から、現状、八甲田山直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

以上の調査結果から、八甲田山について、現状、巨大噴火が起こる可能性があるとする知見は認められない。



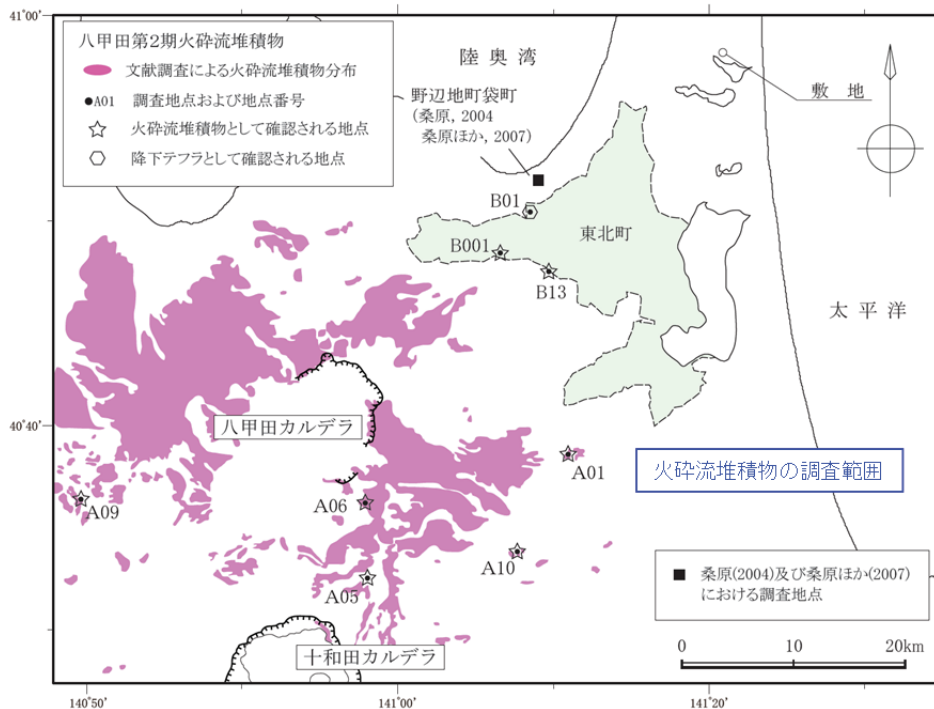
年代は中野ほか編(2013)⁽¹⁾、噴出量はUmeda et al.(2013)⁽²⁶⁾及び工藤ほか(2004)⁽²⁷⁾に基づく。

第8図 八甲田山の階段ダイアグラム



村岡、高倉(1988)⁽²⁸⁾、宝田、村岡(2004)⁽⁹⁾より当社が作成、年代は中野ほか編(2013)⁽¹¹⁾及び工藤ほか(2011)⁽¹³⁾、噴出量はUmeda et al.(2013)⁽²⁶⁾及び工藤ほか(2004)⁽²⁷⁾に基づく。

第9図 八甲田山の各火山とその噴出物の分布

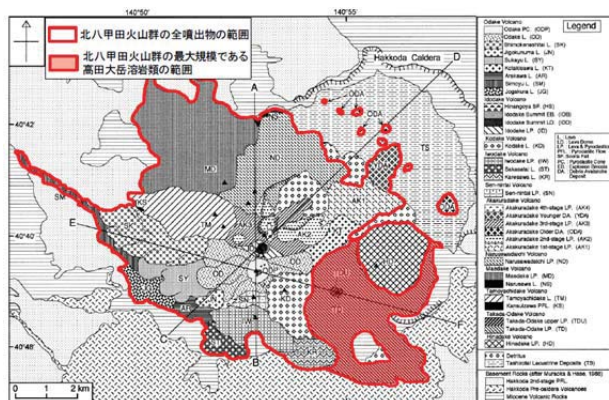


村岡、高倉(1988)⁽²⁸⁾、村岡ほか(1991)⁽¹⁴⁾、大沢ほか(1993)⁽¹⁵⁾、桑原(2004)⁽²⁹⁾、桑原ほか(2007)⁽³⁰⁾に基づき当社が作成。

第10図 八甲田第2期火砕流堆積物の分布

(b) 巨大噴火以降の火山活動の評価

活動履歴調査、地質調査及び火山学的調査から、最後の巨大噴火以降の火山活動では、北八甲田火山群及び南八甲田火山群(40 万年前以降)における最大規模の噴出物として高田大岳溶岩類があるが、噴出物の分布は噴出中心付近に限られ(第 11 図参照)、八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められないため、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



北八甲田火山群起源の設計対応不可能な火山事象の分布(赤線内)

Volcano	Geological Unit* Abbreviation	Volume** (DRE, km ³)
Odake	ODP Odake PC.	0.01
	OD Odake L.	0.18
	SK Shimokenashitai L.	0.27
	JN Jigokunuma L.	0.02
	SY Sukayu L.	0.22
	KT Kotakisawa L.	0.09
	SM Shimoyu L.	0.17
	AR Arakawa L.	0.11
	JG Jougakura L.	0.19
	Total	1.3
Idodake	HS Hinangoya SF.	0.001
	IDE Idodake Summit EB.	0.001
	IDD Idodake Summit LD.	0.004
	ID Idodake LP.	0.25
Total	0.25	
Kodake	KD Kodake L.	0.45
Iwodake	IW Iwodake LP.	0.23
	ST Sakasatai L.	0.11
KZ Kozawa L.	0.09	
Total	0.43	
Sen-nintai	SN Sen-nintai LP.	0.51
Akakuradake	AK4 Akakuradake 4th-stage LP.	0.002
	AK3 Akakuradake 3rd-stage LP.	0.11 (0.02)
	AK2 Akakuradake 2nd-stage LP.	0.79 (0.23)
	AK1 Akakuradake 1st-stage LP.	0.39 (0.08)
Total	1.6	
Narusawadaichi	ND Narusawadaichi LP.	1.3 (0.09)
Total	1.4	
Maedake	MD Maedake LP.	0.88
	NS Narusawa L.	0.03
Total	0.91	
Tamoyachidake	TM Tamoyachidake L.	2.9
	KS Kansuzawa PFL.	0.02
Total	2.9	
Takada-Odake	TDU Takada-Odake upper LP.	0.003
	TD Takada-Odake LP.	3.2
Total	3.2	
Hinadake	HD Hinadake LP.	2.1
Debris	YDA Akakuradake Younger DA.	0.03
	ODA Akakuradake Older DA.	0.40
Total	15	

工藤他(2004)⁽²⁷⁾に一部加筆

第 11 図 高田大岳溶岩類の分布範囲

(c) 八甲田山の評価まとめ

以上より、八甲田山の現在の活動状況は、巨大噴火の可能性は十分に小さく、過去最大規模の火砕物密度流も敷地には到達していないことから、3 号廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(ii) 溶岩流、岩屑なだれ、地すべり及び斜面崩壊

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)のうち、「火山影響評価ガイド」に基づき、溶岩流、岩屑なだれ、地すべり及び斜面崩壊の検討対象となる敷地から半径50km以内の火山は、恐山(39km)及び八甲田カルデラ(49km)である。

恐山では、溶岩流及び岩屑なだれの発生実績が認められ、到達距離は、溶岩流が9km、岩屑なだれが15kmであることから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

八甲田カルデラにおいては、上記事象の発生実績は認められない。

(iii) 新しい火口の開口、火山に起因する地殻変動

敷地は、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)の過去の火口及びその近傍に位置しないこと並びに火山フロントより前弧側(東方)に位置することから、これらの火山事象が敷地において発生する可能性は十分に小さいと評価した。

(iv) 設計対応不可能な火山事象の敷地への到達の可能性に関するまとめ

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)を対象に、設計対応不可能な火山事象について、発生実績、過去最大規模の噴火等の知見に基づき敷地への到達の可能性について評価した結果、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(2) 設計対応が可能な火山事象の評価

3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)に対して、「火山影響評価ガイド」に示される設計対応が可能な火山事象について、3号廃棄物埋設地の安全機能に影響を与える可能性について検討した。

(i) 降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井、2011)⁽¹⁸⁾等による、地理的領域内外における降下火砕物の分布を第12図及び第13図に示す。

町田・新井(2011)⁽¹⁸⁾及び地質調査により、敷地及び敷地近傍に分布する主な降下火砕物として、下位より、甲地軽石、オレンジテフラ、洞爺火山灰、鬼界葛原テフラ、阿蘇4テフラ、十和田レッドテフラ、支笏第1テフラ、十和田切田テフラ、始良Tnテフラ、十和田八戸テフラ、濁川テフラ、十和田中楸テフラ、十和田aテフラ及び白頭山苦小牧テフラがあげられる(第3表)。

地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物のうち十和田のオレンジテフラは先カルデラ期に、十和田レッドテフラ、十和田切田テフラ及び十和田八戸テフラはカルデラ形成期に噴出したものである。十和田は現在、後カルデラ期が継続していることから、これらの降下火砕物を評価対象外とした。また、北八甲田火山群において28万年前～18万年前に噴出した甲地軽石が観察される(第14図)。甲地軽石の給源である八甲田山は10万年以降の火山活動が比較的低調であり、長期的にみると終息に向かっているとされているが、「原子力発電所の火山影響評価ガイドにおける「設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価」に関する基本的な考え方について」(平成30年3月7日原子力規制庁)を参考に、甲地軽石を評価対象とした。

一方、地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物のうち洞爺火山灰、鬼界葛原テフラ、阿蘇4テフラ、支笏第1テフラ及び始良Tnテフラを噴出した各火山は現在、後カルデラ火山の活動を継続しており同規模噴火の可能性は十分小さいことから、これらの降下火砕物を評価対象外とした。

以上を踏まえると、評価対象となる十和田中楸テフラ、十和田aテフラ、甲地軽石及び白頭山苦小牧テフラのうち敷地及び敷地近傍において最も層厚が大きい降下火砕物は、第3表に示すとおり、甲地軽石である。

したがって、甲地軽石を対象にした降下火砕物シミュレーションを実施する。降下火砕物は、一般的に給源から離れるほど層厚が減少する傾向を示すため、甲地軽石の給源に近い再処理事業所地点での計算結果を参照する。(第308回 核燃料施設等の新規性基準適合性に係る審査会合資料、2019年10月25日))

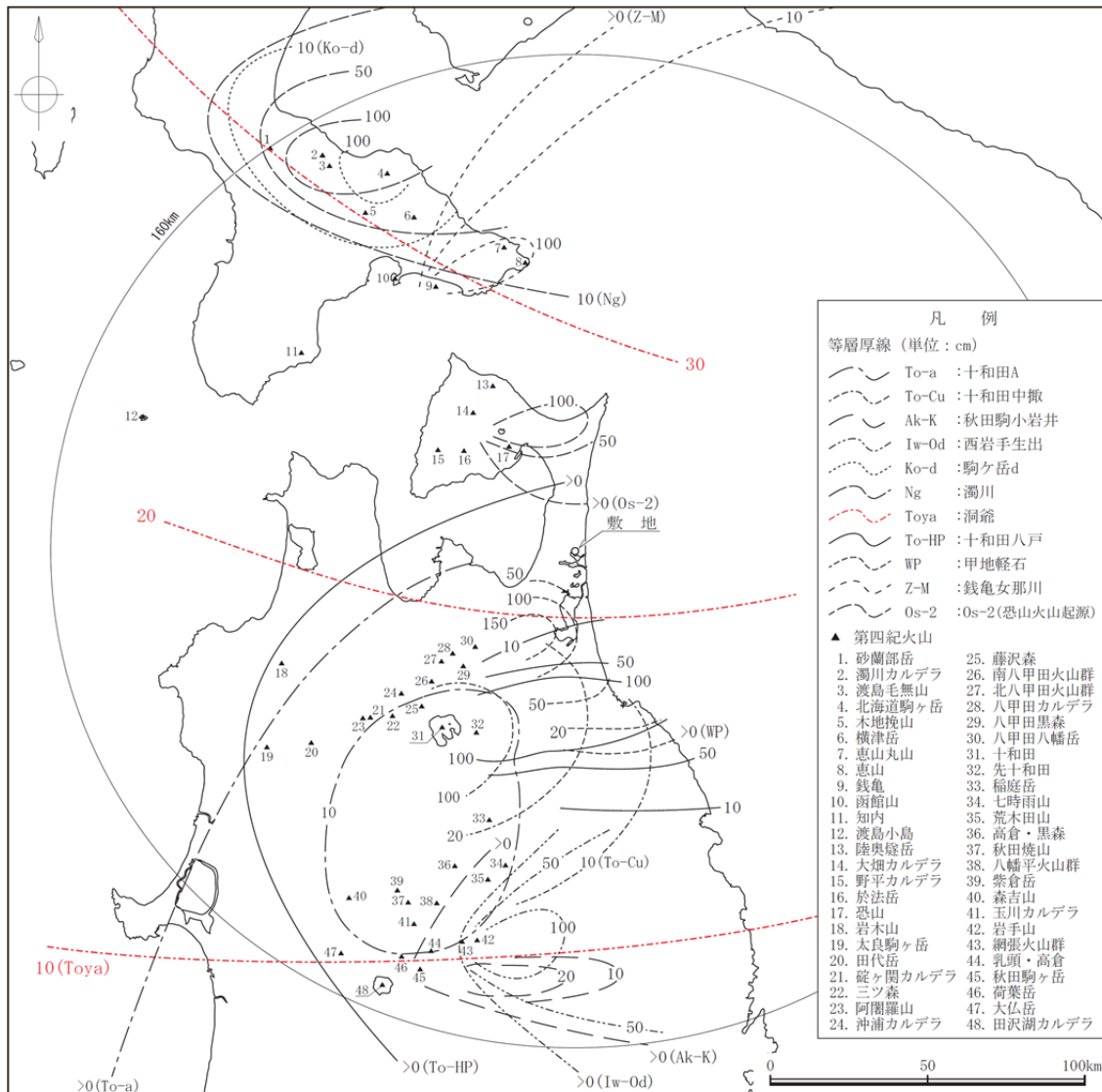
本解析は、移流拡散モデルを用いた解析プログラムであり、降下火砕物が全て降下するまで、一定方向に同じ風速の風が吹き続ける条件で実施した。

降下火砕物シミュレーションに用いる計算条件については、甲地軽石が28～18万年前の噴火と非常に古く、噴火に係る計算条件の情報が乏しいことから、工藤ほか(2004)⁽²⁷⁾の等層厚線の分布主軸方向(WP)の風を抽出・平均した風を用いて、再現性解析を行い、最も再現性が良い解析結果(第15図)に基づき設定した。再現性解析結果を踏まえた降下火砕物シミュレーションの主な計算条件を第4表に示す。

月別平年値の風を基にした降下火砕物シミュレーション結果を第16図に示す。評価点における火山灰の厚さは6.0cm～25cmとなる。

一方、不確かさ(風向、風速及び噴煙柱高度)の検討については、敷地が八甲田山の北東方向に位置していることから、敷地方向の風を考慮した風向の不確かさの影響が最も大きくなると考えられる。したがって、八甲田山から敷地に向かう風を抽出・平均して作成した敷地方向の風を用いた風向の不確かさを考慮したシミュレーションのケースを実施した結果、層厚が53cmとなった(第17図)。以上を踏まえ、設計に用いる敷地内の降下火砕物の層厚を55cmとする。

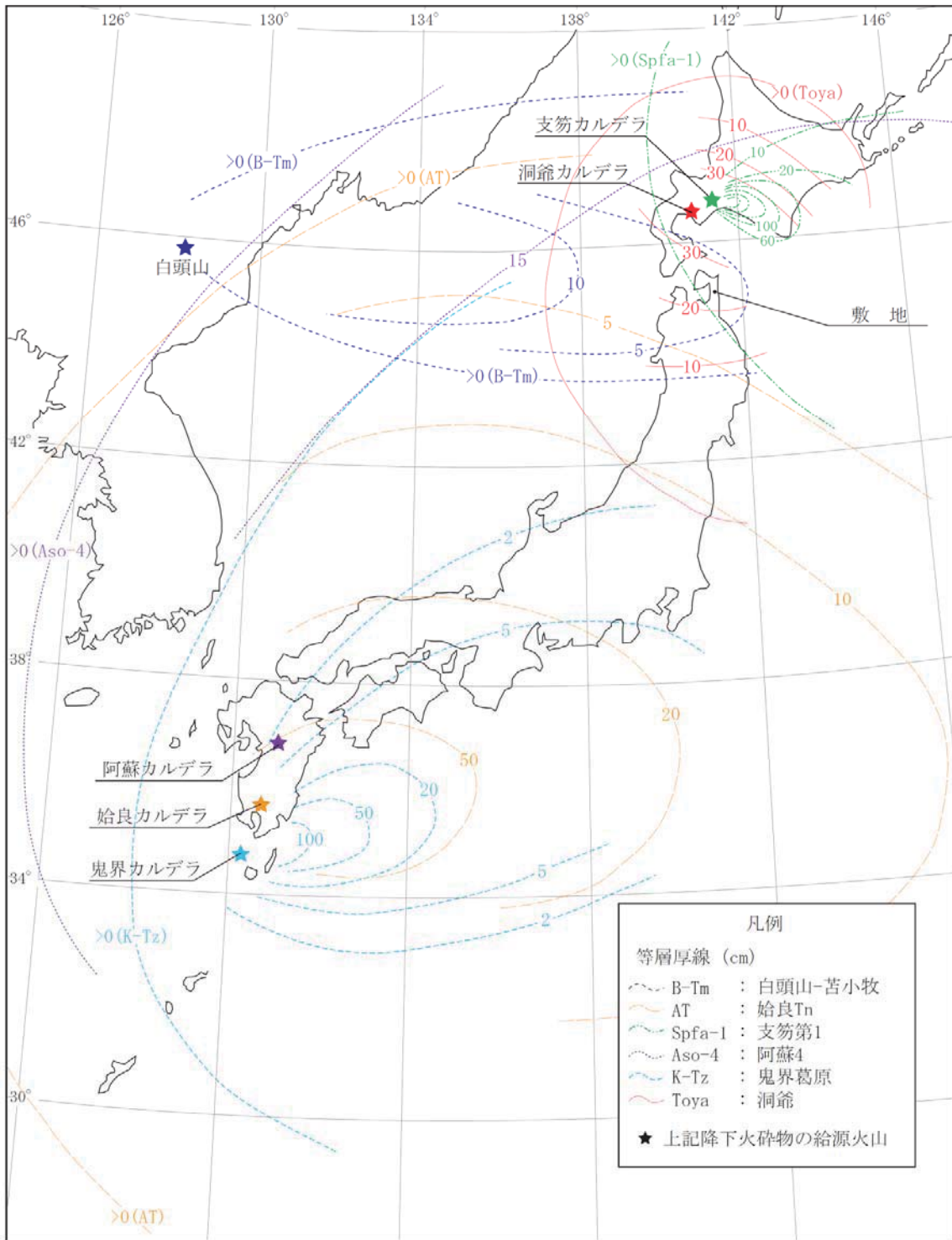
また、甲地軽石を対象とした密度試験結果を第18図に示す。層厚が最大となる甲地軽石の密度試験の結果、乾燥密度は $0.43\text{g}/\text{cm}^3$ 、飽和密度 $1.25\text{g}/\text{cm}^3$ である。小尾ほか(2019)⁽³⁸⁾において、細粒火山灰との比較検討として有史以降の噴火の軽石を対象とした堆積密度を計測しており、乾燥状態では約 $0.4\text{g}/\text{cm}^3$ ～約 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ 、自然状態では約 $0.5\text{g}/\text{cm}^3$ ～約 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態(試料を2日間浸水させて計測した密度)では約 $0.6\text{g}/\text{cm}^3$ ～約 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ の結果を示している。以上を踏まえ、設計に用いる降下火砕物の密度は、湿潤状態で $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ とする。



(第四紀火山の位置及び名称は、中野ほか編(2013)⁽¹⁾に基づき作成。)
 (降下火砕物の名称及び等層厚線は、町田・新井(2011)⁽¹⁸⁾、工藤ほか(2004)⁽²⁷⁾、リサイクル燃料貯蔵株式会社(2007)⁽³³⁾に基づき作成。)

第 12 図 地理的領域内の第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布

(敷地及び敷地近傍に分布する主な降下火砕物については
 地理的領域外のものもあわせて示す)



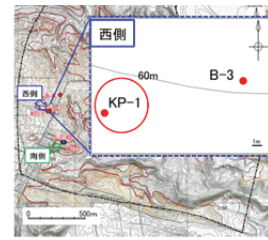
(町田・新井(2011)⁽¹⁸⁾に基づき作成。)

第13図 地理的領域外の第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布
(敷地及び敷地近傍に分布する主な降下火砕物)

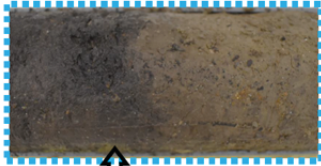
KP-1孔（掘削深度：0.00～5.00m，孔口標高：53.79m）

第290回審査会合での甲地軽石の評価範囲（43cm）

第290回審査会合コメントの範囲



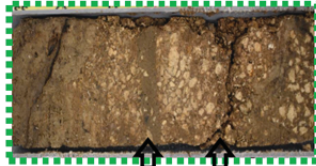
① 腐植と火山灰質シルトの境界



深度2.90 m

- ・深度2.90 mより上方は黒色の腐植からなる
- ・深度2.90 mより下方は火山灰質シルトからなり、わずかに腐植や軽石を含む。

② 火山灰質シルトと甲地軽石(主部)の境界



深度3.08 m ~ 3.09m 深度3.12 m

- ・甲地軽石(主部)では軽石が比較的密に集積する。
- ・深度3.08～3.09mにおいて、軽石中にシルトを挟在する。
- ・軽石の含有量は上方に向かうにつれて減少する。

③ 甲地軽石(主部)と腐植質シルトの境界



深度3.33 m 深度3.36 m ~ 3.37 m

- ・深度3.33 mより下方は腐植質シルトからなる。
- ・深度3.36 mより下位に約1cmの腐植層が形成されている。
- ・さらにその下位に軽石が散在する。

164

第 14 図 再処理施設敷地で確認された甲地軽石の堆積状況^{*1}

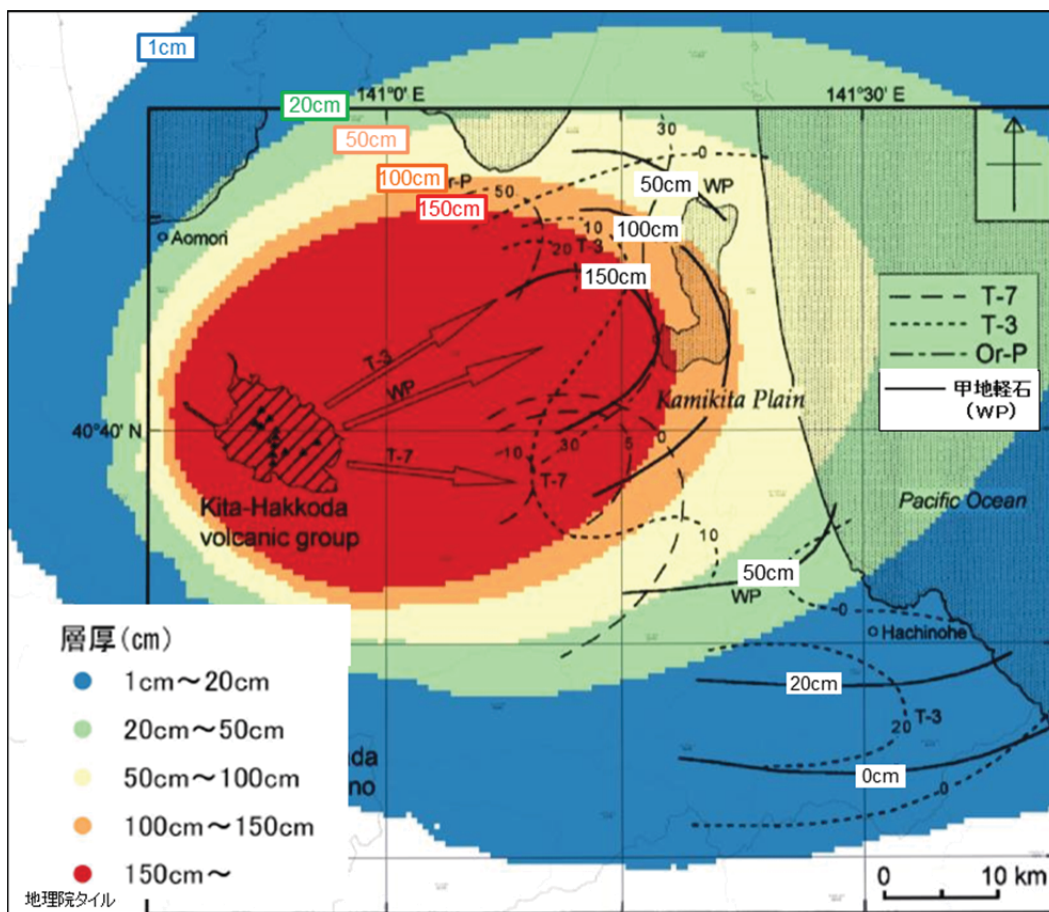
*1：「再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設火山の影響評価について」

(第308回 核燃料施設等の新規性基準適合性に係る審査会合資料、2019年10月25日)を引用

第3表 敷地及び敷地近傍に分布する主な降下火砕物の種類と層厚

(灰色セルは操業期間中に同規模の噴火が発生する可能性の低い降下火砕物)

敷地と火山の 距離	噴出源	降下火砕物	年代	層厚 (cm)	
				文献調査	地質調査
半径 160km 内	十和田	十和田 a テフラ (To-a)	約 1,100 年前 ⁽¹⁾	<5 ^{(18) (24)}	—
	十和田	十和田中楸テフラ (To-Cu)	約 6,200 年前 ⁽³⁴⁾	<10 ^{(18) (24) (35)}	—
	北八甲田 火山群	甲地軽石 (WP)	約 18 万年前～28 万年 前	20～50 ⁽²⁷⁾	43
	濁川 カルデラ	濁川テフラ (Ng)	約 1.5 万年前 ⁽¹⁸⁾	— ⁽¹⁸⁾	—
	十和田	十和田八戸テフラ (To-HP)	約 1.55 万年前 ⁽¹³⁾	<10 ^{(18) (36)}	—
	十和田	十和田切田テフラ (To-KR)	約 3.6 万年前 ⁽³⁴⁾	<10 ^{(18) (36)}	—
	十和田	十和田レッドテフラ (To-Rd)	約 6.1 万年前 ⁽³⁴⁾	<10 ^{(18) (36)}	30
	十和田	オレンジテフラ (Or-p)	約 17 万年前	<30 ⁽²⁷⁾	25
半径 160km 外	白頭山	白頭山苫小牧テフラ (B-Tm)	約 1,000 年前 ⁽¹⁸⁾	5～10 ⁽¹⁸⁾	—
	始良 カルデラ	始良 Tn テフラ (AT)	約 2.8 万年前～3.0 万 年前 ⁽¹⁸⁾	<5 ⁽¹⁸⁾	—
	支笏 カルデラ	支笏第 1 テフラ (Spfa-1)	約 4.2 万年前～4.4 万 年前 ⁽¹⁸⁾	>0 ⁽¹⁸⁾	—
	阿蘇	阿蘇 4 テフラ (Aso-4)	約 8.5 万年前～9 万年 前 ⁽¹⁸⁾	>15 ⁽¹⁸⁾	—
	鬼界 カルデラ	鬼界葛原テフラ (K-Tz)	約 9.5 万年前 ⁽¹⁸⁾	<2 ⁽¹⁸⁾	—
	洞爺	洞爺火山灰 (Toya)	約 11.2 万年前～11.5 万年前 ⁽¹⁸⁾	20～30 ⁽¹⁸⁾	15



(工藤ほか(2004) ⁽²⁷⁾に当社の解析結果を重ね合わせて作成)

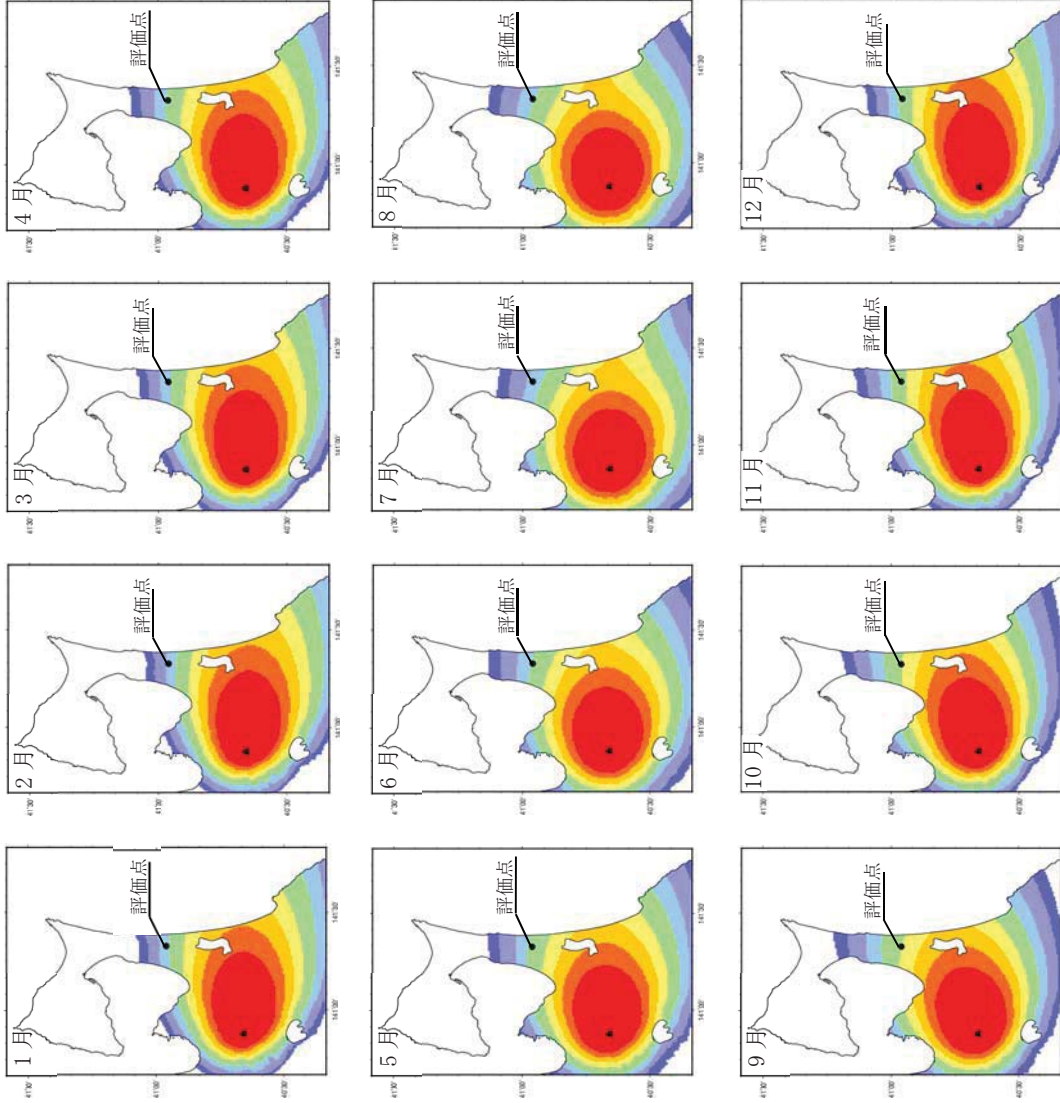
第 15 図 甲地軽石 (WP) の再現性解析結果

第4表 降下火砕物シミュレーションの主な計算条件

想定 噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
甲地軽石 (WP)	噴出物量	kg	8.25×10^{12}	工藤ほか(2004) ⁽¹⁰⁾ に基づき設定(噴出量: 3.3km ³ (DRE)、 マグマ密度 2.5t/m ³)	
	噴煙柱高度	m	25,000	再現性解析結果に基づき設定	
	粒径	最大	mm	$1/2^{-10}$	Tephra2 推奨値
		最小	mm	$1/2^{10}$	Tephra2 推奨値
		中央	mm	$1/2^{-3}$	再現性解析結果に基づき設定
		標準 偏差	φ	2.5	再現性解析結果に基づき設定
	岩片密度	t/m ³	2.6	Tephra2 推奨値	
	軽石粒子密度	t/m ³	1.0	Tephra2 推奨値	
	渦拡散係数	m ² /s	0.04	萬年(2013) ⁽³⁷⁾ に基づき設定	
	拡散係数	m ² /s	75,000	再現性解析結果に基づき設定	
	Fall Time Threshold	s	3,600	萬年(2013) ⁽³⁷⁾ に基づき設定	
	給源	X座標 (UTM:54N)	m	489,622	大岳山頂の UTM 座標
		Y座標 (UTM:54N)	m	4,500,900	
		標高	m	1,584	大岳山頂の標高
	風	月別平年値の風		気象庁が 1981 年～2010 年の 30 年間の観測値の平均を 基に算出(秋田地方気象台)	
風向の不確かさの風		ワイオミング大学の HP 上の 1973 年～2018 年のうち秋 田地方気象台の高層気象観測データを用いて、敷地方 向の風を抽出し作成			
標高 データ	500m メッシュ		国土地理院の数値地図 50m を 解析用に 500m メッシュに変換		

	質量 (kg/m ²)	層厚 (cm)
1月	8.4 × 10 ¹	8.4 × 10 ⁰
2月	6.1 × 10 ¹	6.1 × 10 ⁰
3月	8.8 × 10 ¹	8.8 × 10 ⁰
4月	1.1 × 10 ²	1.1 × 10 ¹
5月	1.3 × 10 ²	1.3 × 10 ¹
6月	1.1 × 10 ²	1.1 × 10 ¹
7月	6.7 × 10 ¹	6.7 × 10 ⁰
8月	9.3 × 10 ¹	9.3 × 10 ⁰
9月	2.5 × 10 ²	2.5 × 10 ¹
10月	2.5 × 10 ²	2.5 × 10 ¹
11月	1.9 × 10 ²	1.9 × 10 ¹
12月	1.3 × 10 ²	1.3 × 10 ¹

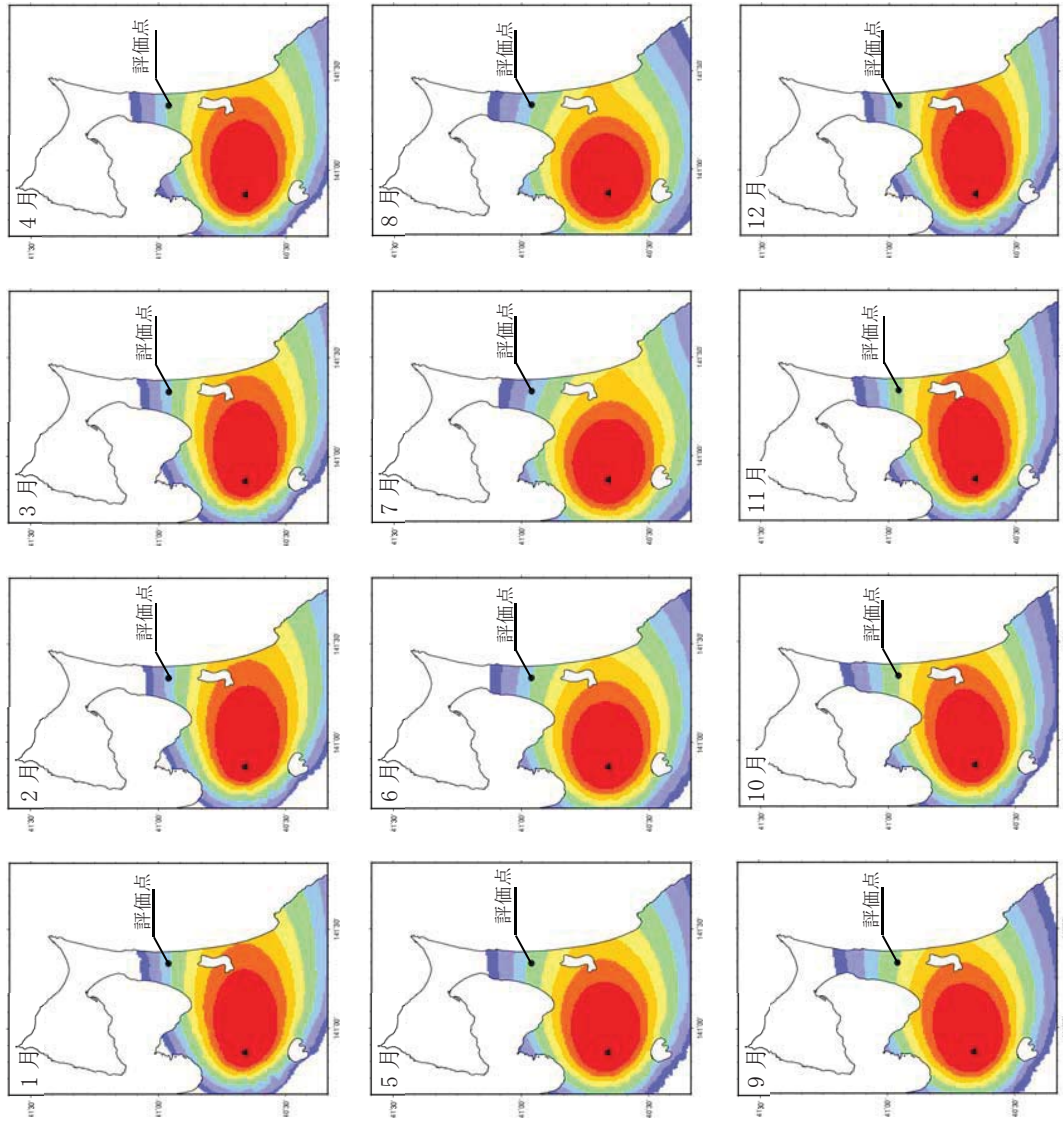
月別平年値(9時)の風の際の評価点
での層厚(1981~2010年)



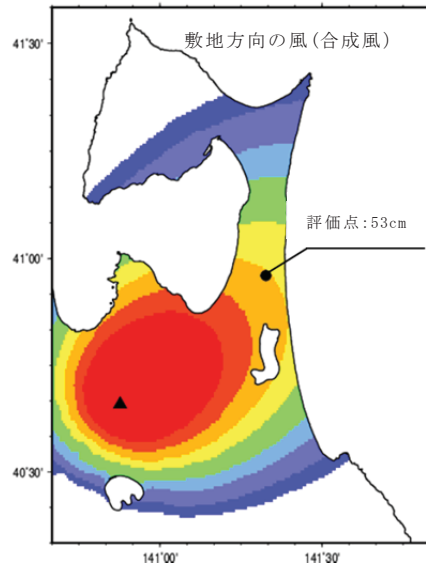
第16図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(1/2)(月別平年値の風：9時)

	質量 (kg/m ²)	層厚 (cm)
1月	8.9 × 10 ¹	8.9 × 10 ⁰
2月	6.5 × 10 ¹	6.5 × 10 ⁰
3月	8.6 × 10 ¹	8.6 × 10 ⁰
4月	1.1 × 10 ²	1.1 × 10 ¹
5月	1.3 × 10 ²	1.3 × 10 ¹
6月	9.9 × 10 ¹	9.9 × 10 ⁰
7月	6.0 × 10 ¹	6.0 × 10 ⁰
8月	9.0 × 10 ¹	9.0 × 10 ⁰
9月	2.3 × 10 ²	2.3 × 10 ¹
10月	2.4 × 10 ²	2.4 × 10 ¹
11月	1.8 × 10 ²	1.8 × 10 ¹
12月	1.3 × 10 ²	1.3 × 10 ¹

月別平年値(21時)の風の際の評価点
での層厚(1981~2010年)

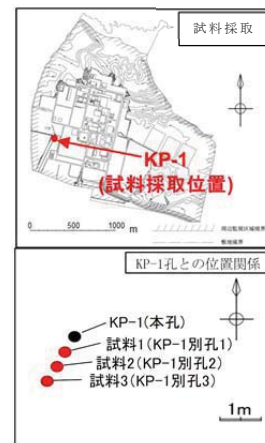


第 16 図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(2/2)(月別平年値の風：21時)



第 17 図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(風向きの不確かさを考慮)

試料名		試料 1	試料 2	試料 3	平均
乾燥密度	g/cm ³	0.36	0.50	0.42	0.43
湿潤密度	g/cm ³	1.14	1.20	1.14	1.16
飽和密度	g/cm ³	1.21	1.30	1.25	1.25



第 18 図 甲地軽石の密度試験結果*1

*1: 「再処理施設、廃棄物管理施設、MOX燃料加工施設火山の影響評価について」

(第 308 回 核燃料施設等の新規性基準適合性に係る審査会合資料、2019 年 10 月 25 日)に一部加筆

(ii) 土石流、火山泥流及び洪水

土石流、火山泥流及び洪水については、敷地近傍には敷地を中心とする半径120kmの範囲に存在する廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(横津岳、恵山、陸奥燧岳、恐山、岩木山、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、北八甲田火山群、八甲田カルデラ、十和田、先十和田、八幡平火山群の13火山)を対象に検討した。その結果、これらの火山を起源とする土石流、火山泥流及び洪水に伴う堆積物は確認されず、また、敷地は太平洋及び陸奥湾を境にする下北半島脊梁部の台地上に位置し、これらの火山を源流に有する河川流域に含まれないことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(iii) 火山から発生する飛来物(噴石)

火山から発生する飛来物(噴石)については、本敷地を中心とする半径約10kmの範囲に火山が分布しないことから、噴石が敷地に到達することはなく、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

(iv) 火山ガス

火山ガスについては、本敷地は、太平洋及び陸奥湾を境にする下北半島脊梁部の台地上に位置し、火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

(v) その他の火山事象

火山による熱水系及び地下水の異常については、火山発生メカニズムや火山フロントの位置を考慮すると、敷地近傍において、新しい火口が開口する可能性が十分に小さいことから、熱水等の影響の可能性は十分に小さいと評価した。

火山性の津波及び静振については、敷地周辺の海域に海底火山は分布せず、敷地周辺に大きな影響を及ぼした火山事象による歴史津波の記録は知られていないことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

火山に起因する大気現象については、第四紀火山と敷地とは十分な離隔があることから、影響は十分に小さいと評価した。

火山性地震とこれに関連する事象については、第四紀火山と敷地とは十分な離

隔があることから、影響は十分に小さいと評価した。

(iv) 設計において考慮する火山事象

「火山影響評価ガイド」を参考にし、安全機能を有する施設への影響を評価した結果、大きな影響を及ぼすおそれはないものの、設計において考慮する必要がある火山事象として降下火砕物が選定された。

敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物について、噴出源の各火山の活動を考慮し、最も層厚が大きい甲地軽石を選定する。

甲地軽石と同規模の噴火を想定し、風向の不確かさを考慮した降下火砕物シミュレーションから、設計に用いる敷地での層厚を 55cm と設定する。設計に用いる密度は、甲地軽石の密度試験結果から、 $1.3\text{g}/\text{cm}^3$ と設定する。

4. 設計上考慮する降下火砕物に対する防護設計

設計上考慮する火山の影響(降下火砕物)に対して廃棄物埋設地は、放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了までは放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を、覆土完了から廃止措置開始までは移行抑制機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。

(1) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで

(i) 防護設計の基本方針

埋設設備には、常時機能維持が必要な動的機器はないことから、降下火砕物に対しては荷重の影響を考慮する。降下火砕物の荷重としては、層厚及び単位荷重を考慮し、埋設設備は降下火砕物の荷重に対して放射性物質の漏出を防止する機能及び遮蔽機能を損なわない設計とする。

埋設設備の降下火砕物に対する設計については、静的設計法を基本とし、「2017年制定 コンクリート標準示方書【設計編】」及び「道路橋示方書・同解説 I 共通編及びV耐震設計編(平成14年版)」に基づき防護設計を講ずる。

(ii) 自然現象の重畳

自然現象の重畳に関しては、重畳を検討する自然現象の特徴を考慮して、詳細に検討が必要となる自然現象の組合せを抽出する。重畳の組合せの検討の結果、降下火砕物は、風(台風)+降下火砕物及び降下火砕物+積雪を考慮する。

(2) 覆土完了から廃止措置開始まで

降下火砕物の堆積により、上部覆土表面が化学的及び熱的影響を受ける懸念があるが、その影響範囲は地表面に限定される。難透水性覆土及び下部覆土の遮蔽機能及び低透水性並びに難透水性覆土及び上部覆土の収着性に影響は生じないよう、上部覆土は5m以上の厚さを確保した設計とする。

(3) 降灰に対する対応

降下火砕物の影響として、放射性廃棄物の受入れの開始から覆土開始までの間、埋設設備に降灰が確認された場合、必要に応じて、除灰を実施する。

また、覆土開始時点で、廃棄物埋設地上に降下火砕物が堆積していた場合、除灰を実施する。

5. 参考文献

- (1) 中野俊、西来邦章、宝田晋治、星住英夫、石塚吉浩、伊藤順一、川邊禎久、及川輝樹、古川竜太、下司信夫、石塚治、山元孝広、岸本清行編(2013)：日本の火山(第3版)、産業技術総合研究所地質調査総合センター、200万分の1地質編集図、No. 11
- (2) 西来邦章、伊藤順一、上野龍之編(2012)：第四紀火山岩体、貫入岩体データベース、地質調査総合センター速報、no. 60、地質調査総合センター
- (3) 西来邦章、伊藤順一、上野龍之、内藤一樹、塚本 斉編(2014)：第四紀噴火・貫入活動データベース Ver. 1.00、独立行政法人産業技術総合研究所
- (4) 気象庁編(2013)：日本活火山総覧(第4版)
- (5) 雁澤好博、紀藤典夫、柳井清治、貞方 昇(2005)：北海道駒ヶ岳の最初期テフラの発見と初期噴火活動史の検討、地質学雑誌、Vol. 111、No. 10、pp. 581-589
- (6) 高田倫義、中川光弘(2016)：南西北海道、横津火山群の地質と岩石：150万年間の活動様式とマグマ化学組成の時間変遷、日本地質学会第123年学術大会講演要旨、R3-0-2
- (7) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)(1988)：No. 13 南茅部地域、地熱開発促進調査報告書、1170p
- (8) 宝田晋治(1991)：岩屑流の流動・堆積機構－田代岳火山起源の岩瀬川岩屑流の研究－、火山、Vol. 36、No. 1、pp. 11-23
- (9) 宝田晋治、村岡洋文(2004)：八甲田山地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)、青森(5)、No. 30、地質調査総合センター、86p
- (10) 工藤 崇(2018)：十和田湖周辺地域における前期～中期更新世火山活動史、地質調査研究報告、No. 69、pp. 165-200
- (11) 須藤 茂(1992)：5万分の1仙岩地域中心部地熱地質図説明書、特殊地質図(21-5)、地質調査所、73p
- (12) Yamamoto, T., Kudo, T. and Isizuka, O. (2018)：Temporal variations in volumetric magma eruption rates of Quaternary volcanoes in Japan, Earth, Planets and Space, 70:65
- (13) 工藤崇、小林淳、山元孝広、岡島靖司、水上啓治(2011)：十和田火山における噴火活動様式の時代変遷と長期予測、日本第四紀学会講演会要旨集、Vol. 41、pp. 82-83
- (14) 村岡洋文、山口 靖、長谷紘和(1991)：八甲田地熱地域で見出されたカルデラ群、

- 地質調査所報告、No. 275、pp. 97-111.
- (15)大沢 穠、三村弘二、広島俊男、中島和敏(1993)：20 万分の 1 地質図幅 青森、第 2 版、地質調査所
- (16)大沢 穠、須田芳朗(1978)：20 万分の 1 地質図幅 弘前および深浦、地質調査所
- (17)土井宣夫(1993)：盛岡市付近に分布する十和田一大不動、八戸火砕流堆積物の産状、日本地質学会東北支部会報、No. 22、pp. 8-9
- (18)町田洋、新井房夫(2011)：新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺]、東京大学出版会、276p
- (19)Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A. and Zhao, D. (2001) : Three-dimensional structure of Vp, Vs, and Vp/Vs and beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, Journal of Geophysical Research, Vol. 106, No. B10, pp. 21, 843-21, 857
- (20)中島淳一(2017)：東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造：地殻構造と低周波地震・S 波反射面との関係、東京大学地震研究所彙報、Vol. 92、pp. 49-62
- (21)防災科学技術研究所：日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大 2019 年版)、http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/alljpn.php
- (22)Kanda, W. and Ogawa, Y. (2014) : Three-dimensional electromagnetic imaging of fluids and melts beneath the NE japan arc revisited by using geomagnetic transfer function data, Earth, Planets and Space, 66, doi:10.1186-1880-5981-66-39
- (23)気象庁(2019)：十和田の火山活動解説資料(令和元年 11 月)
- (24)Hayakawa, Y. (1985) : Pyroclastic Geology of TowA.D. a Volcano, Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo, Vol. 60, pp. 507-592
- (25)十和田火山防災協議会(2018)：十和田火山災害想定影響範囲図、青森県防災危機管理課・秋田県総合防災課・鹿角市総務課・小坂町総務課発行、平成 30 年 1 月 24 日作成(修正済)、15p
- (26)Umeda, K., Ban, M., Hayashi, S., Kusano, T. (2013) : Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc, J. Earth System Science, Vol. 122, No. 1, pp. 137-147

- (27) 工藤崇、宝田晋治、佐々木実(2004)：東北日本、北八甲田火山群の地質と火山発達史、地質学雑誌、Vol. 110、No. 5、pp. 271-289
- (28) 村岡洋文、高倉伸一(1988)：10万分の1八甲田地熱地域地質図説明書、特殊地質図(21-4)、通商産業省工業技術院地質調査所、27p
- (29) 桑原 拓一郎(2004)：青森県東部上北平野における海成段丘構成物の層序と相対的海面変化、地質学雑誌、Vol. 110、No. 2、 pp. 93-102
- (30) 桑原 拓一郎、檀原 徹、山下 透(2007)：青森県、上北平野北部に分布する袋町1～9テフラの記載岩石学的特徴、第四紀研究、Vol. 46、No. 1、p. 63-66
- (31) 小川康雄(1991)：八甲田火山群の深部比抵抗構造に関する考察、地質調査所報告、No. 275、pp. 83-95
- (32) 気象庁(2019)：八甲田山の火山活動解説資料(令和元年11月)
- (33) リサイクル燃料貯蔵株式会社(2007)：リサイクル燃料備蓄センター 使用済燃料貯蔵事業許可申請書 平成19年3月(平成21年4月一部補正、平成21年6月一部補正、平成21年8月一部補正、平成21年12月一部補正、平成22年4月一部補正)
- (34) 工藤崇、内野隆之、濱崎聡志(2019)：十和田湖地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)、産総研地質調査総合センター、192p
- (35) 早川由紀夫(1983)：十和田火山中掬テフラ層の分布、粒度組成、年代、火山、第2集、Vol. 28、No. 3、pp. 263-273
- (36) 工藤崇(2005)：十和田地域の地質、地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)、産総研地質調査総合センター、79p
- (37) 萬年一剛(2013)：降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状－第四紀学での利用を視野に、第四紀研究、Vol. 52、No. 4、pp. 173-187
- (38) 小尾亮、藤沢康弘、厚井高志、池田暁彦、堤宏徳、山本陽子(2019)：降灰後の土石流発生に関わる火山灰特性(軽石の堆積密度)について、2019年度砂防学会研究発表会概要集、岩手、2019-5-21/23、砂防学会、2019