

資料 1-5

2020年10月2日

日本原燃株式会社

前回(2020年9月2日)までのヒアリングコメントへの回答  
(第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号(3号廃棄物埋設施設))

「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について 第十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号(3号廃棄物埋設施設)」に関して頂いたコメントについて以下に回答する。

【凡例】

「廃棄物埋設施設における許可基準規則への適合性について(2020年7月7日提出版)」に対し、追記又は削除した部分は、以下のとおり表示を実施。

赤字：2020年8月26日提出版での追記又は見え消し

緑字：2020年10月2日提出版での追加又は見え消し

「廃棄物埋設事業変更許可申請書」の記載部分について、以下のとおりマーキング表示を実施。

本文記載・・・「黄色」

本文・添付書類ともに記載・・・「黄色」

添付書類記載・・・「水色」

本文・添付書類の記載変更箇所・・・「下線」

本資料は、施設ごとに記載していないものは、3号廃棄物埋設施設を代表に説明する。  
なお、1号及び2号廃棄物埋設施設においても同様に反映する。

	コメント	反映箇所
1	液状化について、「必要に応じて液状化により線量評価上の影響がないことを確認する。」と記載されているが、この記載だと「液状化するかもしれない」と読める。第十条四号において「液状化しない」とする評価と不整合になるため、記載を修正すること。	・まとめ資料本文 P. 43～P. 44
2	敷地への津波到達の可能性という観点では、再処理事業所と濃縮・埋設事業所で差はないはずであり、記載ぶりについて整合を図ること。下記第六条に係る火山についても整合を図ること。	・添付 2 参考 3 資料全般
3	大規模噴火のモニタリングを行わない理由について、資料 1-3 では火山影響による安全機能の喪失は地震の評価に包含されるとする一方、ヒアリングでは施設のリスクを踏まえると大規模噴火のモニタリングは不要と判断している、との説明であり、不整合であることから、大規模噴火のモニタリングを行わないのであれば、その理由を整理すること。	・添付 2 参考 3 「5. 火山活動のモニタリング」

(a) 難透水性覆土

～中略～

(三) 仕様

～中略～

③ 液状化抵抗性

力学的影響により覆土が変状することのないように、粒径分布に広がりを持った土質系材料で十分に締固めを行う。

なお、実際に使用する材料の粒径分布に基づいて、道路橋示方書<sup>(7)</sup>に示される液状化判定法による確認を行う。い、必要に応じて液状化により線量評価上の影響がないことを確認する。

～以下略～

※下部覆土（まとめ資料本文 P. 45）についても同様の修正とする。

添付資料 2 技術要件における  
考え方のうち、参考資料 3

## 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. 調査及び検討内容.....	1
(1) 文献調査.....	1
(2) 地形調査.....	2
(3) 地質調査.....	2
(4) 火山学的調査.....	2
(5) 地球物理学的調査.....	2
23. 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出.....	3
(1) 完新世に活動を行った火山.....	3
(2) 完新世に活動を行っていない火山.....	3
(3) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山.....	4
34. 廃棄物埋設地に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価及ぼし得る火山の火山活動に関する個別評価.....	11
(1) 設計対応不可能な火山事象の敷地への到達可能性詳細調査対象火山の抽出.....	11
(2) 設計対応可能な火山事象の評価十和田.....	17
(3) 八甲田山.....	47
(4) まとめ.....	69
5. 火山活動のモニタリング.....	70
6. 廃棄物埋設地の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価.....	71
(1) 降下火砕物.....	71
(2) その他の火山事象.....	86
47. 設計上考慮する降下火砕物に対する防護設計.....	87
(1) 放射性廃棄物の受入れの開始から覆土完了まで.....	87
(2) 覆土完了から廃止措置の開始まで.....	88
(3) 降灰に対する対応.....	88
58. 参考文献.....	89

根拠資料—十和田および八甲田山における地球物理学的調査について

## 1. 火山の影響に係る設計の基本方針

「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廃棄物埋設地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とする動的な設備・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の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。

評価は、立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

立地評価では、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山を抽出し、設計対応不可能な火山事象が施設の運用期間中に影響を及ぼす可能性について評価を行う。廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれ、過去に巨大噴火が発生した火山については、「巨大噴火の可能性評価」を行った上で、「最後の巨大噴火以降の火山活動の評価」を行う。

影響評価では、施設の安全性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。

## 2. 調査及び検討内容

### (1) 文献調査

第四紀に活動した火山(以下「第四紀火山」という。)のうち、施設に影響を及ぼし得る火山を抽出し、立地評価及び影響評価を行うことを目的として、第四紀火山について、敷地を中心とする半径 160 km の範囲(以下「地理的領域」という。)を対象に文献調査を実施した。

地理的領域内の第四紀火山の文献調査は、年代、活動様式等が網羅的に整理されているカタログを用いた。カタログは、「日本の火山(第 3 版)」(中野ほか編、2013)<sup>(1)</sup>、「日本活火山総覧(第 4 版)」(気象庁編、2013)<sup>(2)</sup>、「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」(西来ほか編、2012)<sup>(3)</sup>、「第四紀噴火・貫入活動データベース」(西来ほか編、2014)<sup>(4)</sup>、「日本の第四紀火山カタログ」(第四紀火山カタログ委員会編、1999)<sup>(5)</sup>、「1 万年噴火イベントデータ集」(産業技術総合研究所地質調査総合センター編、2017)<sup>(6)</sup>及び各種「地質図幅」である。また、カタログの引用文献等についても収集し、加えて、「海域火山データベース」(海上保安庁海洋情報部)<sup>(7)</sup>、「日本の主要第四紀火山の積算マグマ

噴出量階段図」(山元、2015)<sup>(8)</sup>及び「新編 火山灰アトラス」(町田・新井、2011)<sup>(9)</sup>についても文献調査を実施した。さらに、文献収集の更なる網羅性向上のため、補足的に国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、地理的領域内の第四紀火山に関する論文等についても文献調査を実施した。

なお、降下火砕物については、上記文献を用いて、地理的領域外の火山についても文献調査を実施した。

また、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる火山については、地球物理学的調査の知見や近い将来の巨大噴火の発生可能性についても文献調査を実施した。

## (2) 地形調査

主に国土地理院撮影の空中写真及び同院発行の地形図を使用して空中写真判読を行い、敷地を中心とする半径 30km の範囲及びその周辺地域において、第四紀火山の可能性のある地形の有無を把握した。

## (3) 地質調査

地理的領域内の第四紀火山の噴出物を対象に地表踏査等を実施し、敷地を中心とする半径 30km の範囲及びその周辺地域において、噴出物の種類、分布、第四紀火山の活動時期等を把握した。

## (4) 火山学的調査

地質調査において確認した降下火砕物及び火砕流堆積物を対象に、堆積物の厚さ、空間分布等を把握した。

## (5) 地球物理学的調査

廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山のうち、設計対応不可能な火山事象の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる火山を対象に、地震波速度構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施し、現在のマグマ溜まりの状況について把握した。

### 23. 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<sup>(1)~(4038)</sup>並びに、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、地理的領域内の火山地質図を第 2 図に示す

なお、申請時点(2018年8月1日)では中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>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。

#### (1) 完新世に活動を行った火山

「日本の火山(第 3 版)」(中野ほか編, 2013)<sup>(1)</sup>及び「日本活火山総覧(第 4 版)」(気象庁編, 2013)<sup>(2)</sup>を参照し、地理的領域内の第四紀火山のうち、完新世に活動を行った火山(以下「活火山」という。)を抽出した。

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)<sup>(42)</sup>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)<sup>(42)</sup>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。

#### (2) 完新世に活動を行っていない火山

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)<sup>(1)</sup>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。



### (3) 廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山

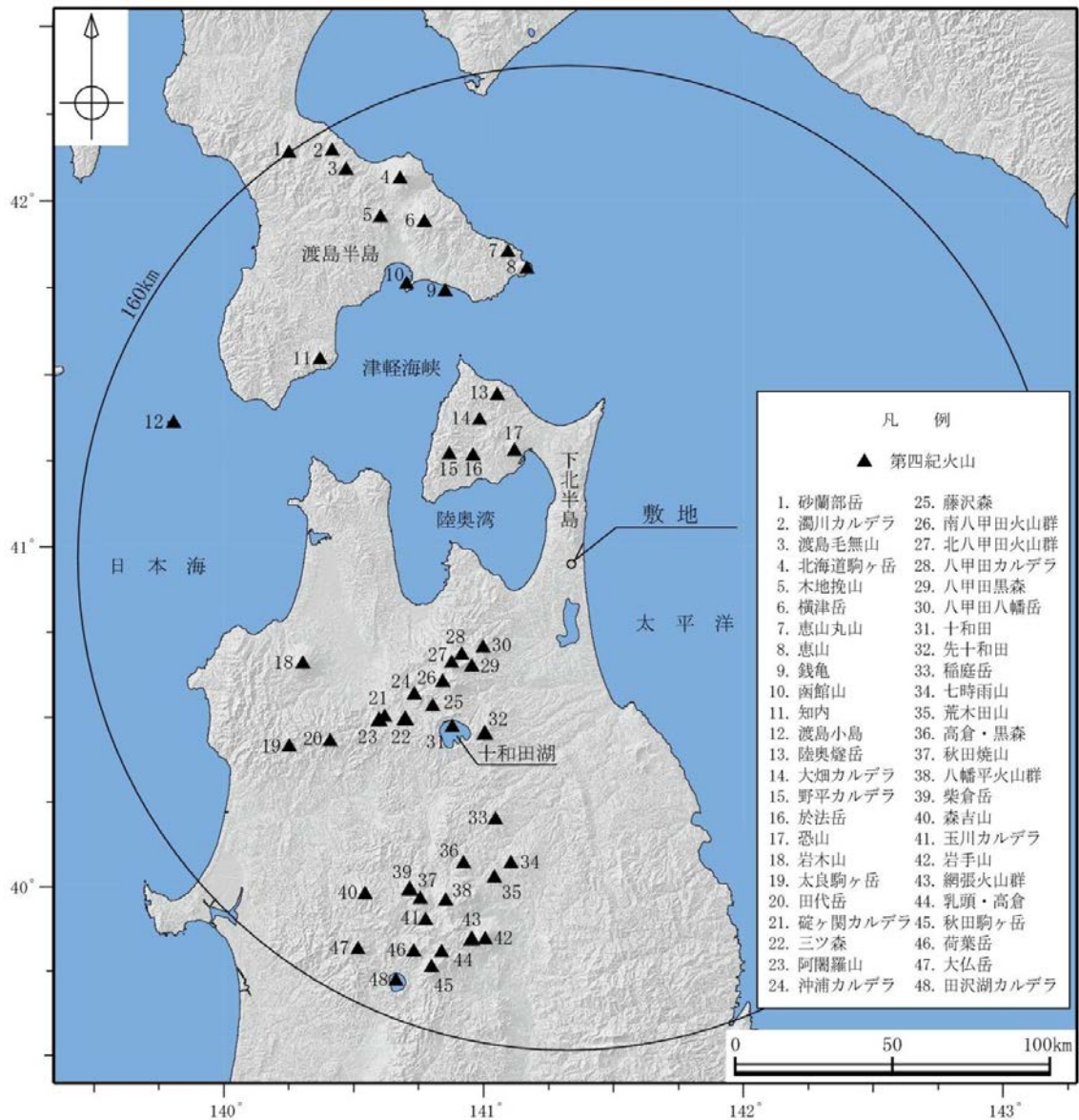
以上のことから、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山として、「完新世に活動を行った火山」及び「完新世に活動を行っていない火山」より、北海道駒ヶ岳、横津岳、恵山、陸奥燧岳、恐山、岩木山、田代岳、藤沢森、南八甲田火山群、北八甲田火山群、八甲田カルデラ、十和田、先十和田、秋田焼山、八幡平火山群、玉川カルデラ、岩手山、網張火山群、乳頭・高倉、秋田駒ヶ岳及び荷葉岳の21の火山を抽出した。

(第23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け)	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け)	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

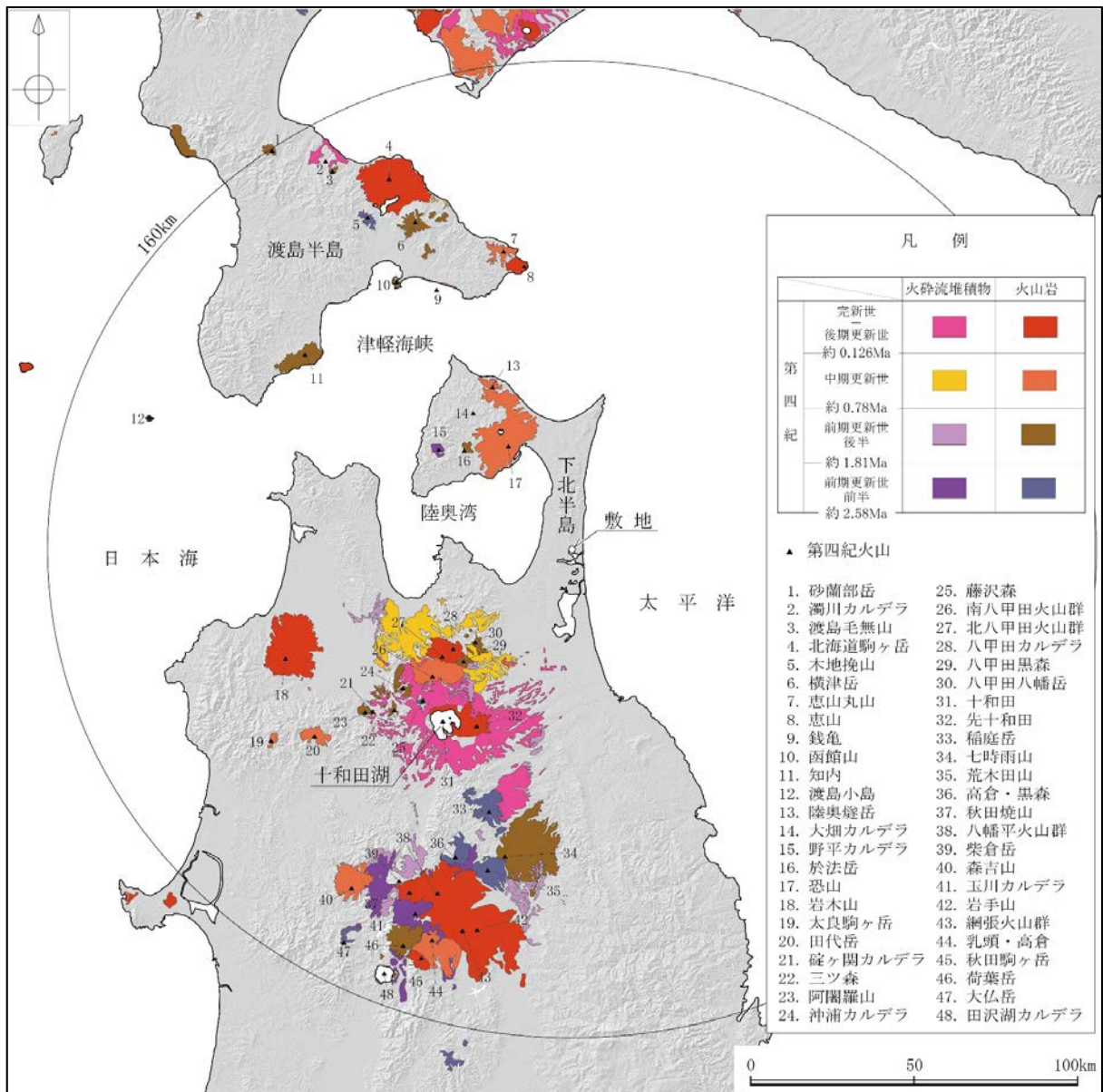
(中野ほか(2013)<sup>(1)</sup>による。)



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号)

(中野ほか編(2013)<sup>①</sup>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図 地理的領域内の火山地質図

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)	廃棄物埋設地に 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 (あじゃらやま)	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	~ 1,100*8	700*8		
		900*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 <sup>*1</sup>	形式 <sup>*1</sup>	活動年代 <sup>*1</sup> (千年前)		最後の活動からの経過期間 (千年間)	廃棄物埋設地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) <sup>*3</sup>
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		○ <sup>*9</sup>
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 <sup>*10</sup>	～ 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 (はちまんだい)	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 1,200	～ 2,000 <sup>*11</sup>	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)<sup>(1)</sup>、西来ほか編(2012)<sup>(43)</sup>及び西来ほか編(2014)<sup>(44)</sup>に基づき作成

\*2: 気象庁編(2013)<sup>(42)</sup>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)<sup>(41)</sup>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)<sup>(413)</sup>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)<sup>(1)</sup>の年代を記載

\*6: 新エネルギー・総合技術開発機構(1988)<sup>(44)</sup>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

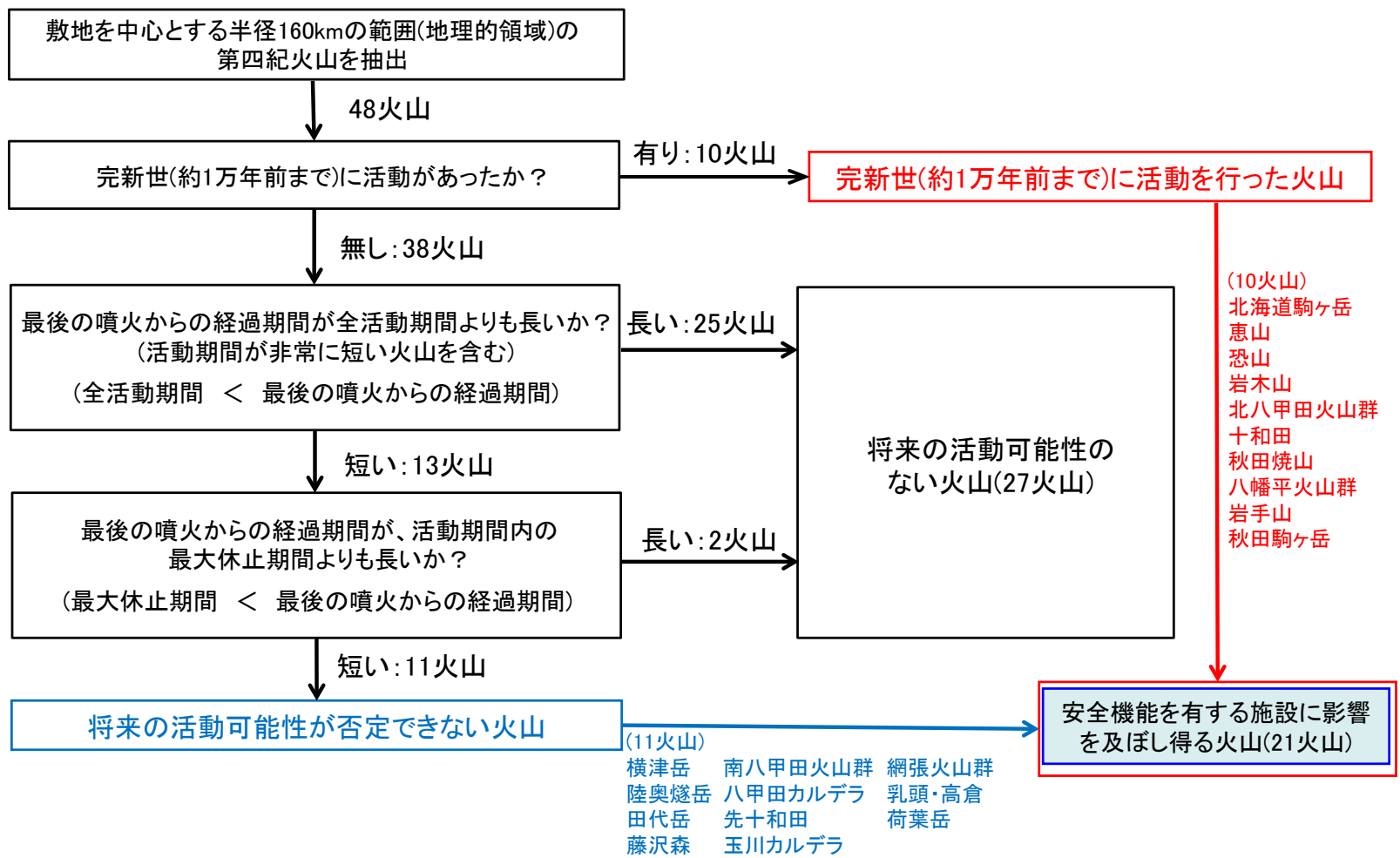
\*7: 宝田(1991)<sup>(445)</sup>によれば、層序的に十和田大不動火砕流(約3.5万年前)と十和田八戸火砕流(約1.55万年前)の噴出時期の間にあるとされる

\*8: 宝田、村岡(2004)<sup>(427)</sup>による

\*9: 中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>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

\*10: 工藤(2018)<sup>(446)</sup>によれば、十和田湖周辺の高山溶岩・火山砕屑岩で、2.53±0.07Ma(K-Ar年代)が得られている

\*11: 須藤(1992)<sup>(447)</sup>によれば、柴倉岳火山噴出物と榑森火山噴出物は識別されており、前者で2.6±0.5Maと2.0±0.2Ma、後者で1.2±0.1Ma(K-Ar年代)が得られている



第 23 図 火山の抽出フロー

### 34. 廃棄物埋設地の安全機能に影響を及ぼし得る火山の火山活動に関する個別評価と与える可能性のある火山事象の影響評価

#### (1) 詳細調査対象火山の抽出

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及びと規模を考慮し、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。活動履歴に関する文献調査により、立地評価の対象となる設計対応不可能な火山事象の発生実績、過去最大規模の噴火による火山噴出物の敷地への到達可能性等について第3表に整理した。

火砕物密度流については、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、十和田及び八甲田カルデラの過去最大規模の噴火における火砕流の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる(第4図及び第5図参照)。一方、十和田及び八甲田カルデラ以外の施設に影響を及ぼし得る火山については、発生実績や敷地からの離隔等より、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。

溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、敷地から50km以内に分布する恐山及び八甲田カルデラが評価対象火山となる。恐山については、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に伴う堆積物は敷地周辺には分布しない。一方、八甲田カルデラについては、溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊の発生実績が認められない。その他の19火山については、敷地から50km以内に分布しないことから、評価対象外である。したがって、これらの火山事象が敷地に到達する可能性は十分に小さいと評価した。

新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地が、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る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。

以上のことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山(21火山)の火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、過去最大規模の噴火を想定しても、施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さいと評価した。

一方、火砕物密度流については、敷地及び敷地近傍が十和田及び八甲田カルデラの火砕流の到達可能性範囲に含まれることから、十和田及び八甲田カルデラについて、詳細



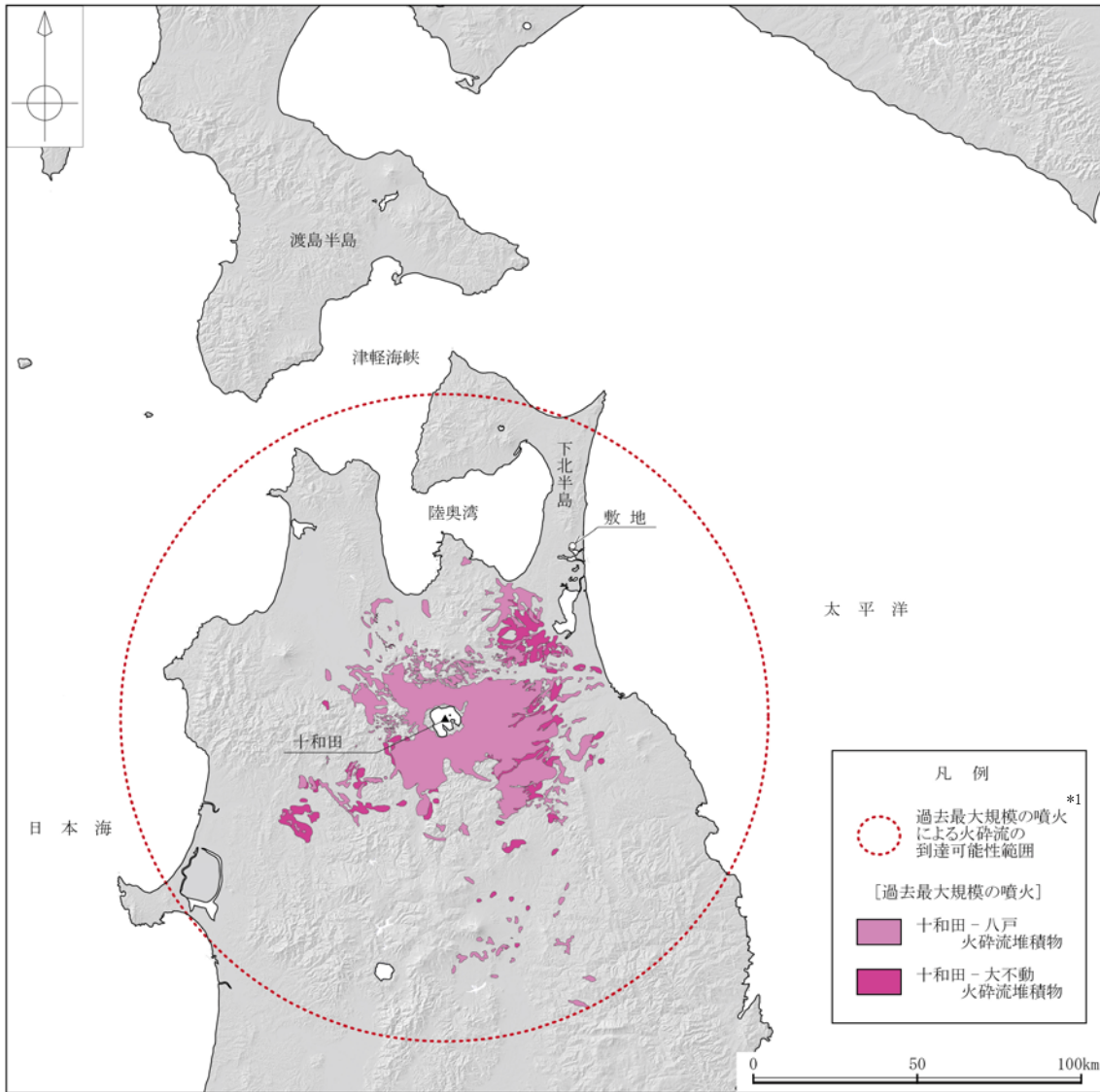
な調査・検討を実施した。なお、八甲田カルデラについては、隣接する南八甲田火山群及び北八甲田火山群を含めて「八甲田山」として詳細な調査・検討を実施した。

第3表 設計対応不可能な火山事象とその噴出物の敷地への到達可能性評価

(地理的領域内の第四紀火山の文献調査結果に基づき作成)

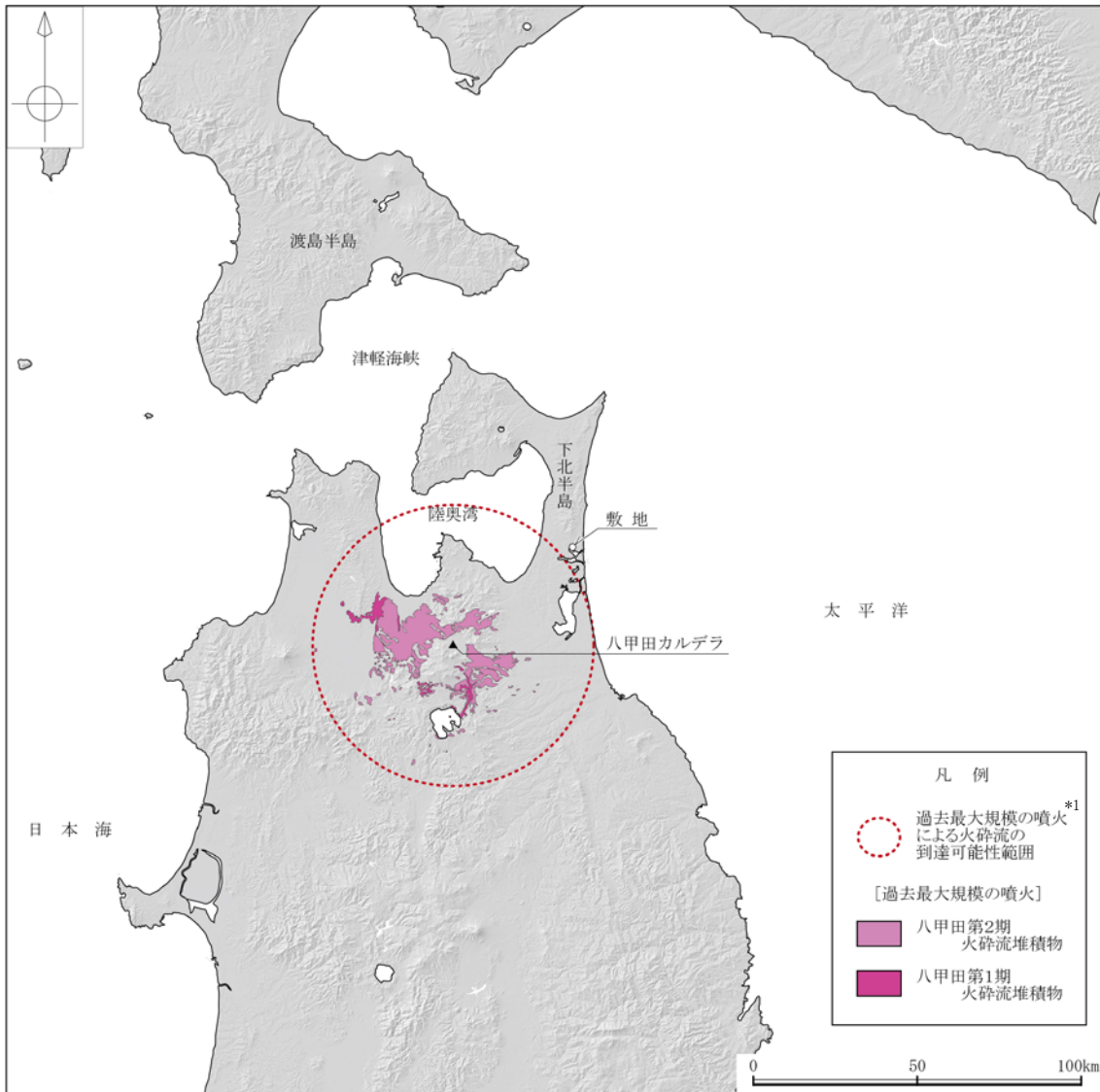
火山名	敷地からの 離隔 (km)	設計対応不可能な火山事象				
		火砕物 密度流	溶岩流	岩屑なだれ, 地滑り及び 斜面崩壊	新しい火口 の開口	地殻変動
		検討対象となる火山の敷地からの離隔				
		160km以内	50km以内	50km以内	—	—
4 北海道駒ヶ岳 (ほっかいどうこまがたけ)	134	○ (7km)	検討不要		○*1	○*1
6 横津岳 (よこつだけ)	118	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
8 恵山 (えさん)	95	○ (4km)	検討不要		○*1	○*1
13 陸奥燧岳 (むつひうちだけ)	58	○ (8km)	検討不要		○*1	○*1
17 恐山 (おそれざん)	39	○ (15km)	○ (9km)	○ (15km)	○*1	○*1
18 岩木山 (いわきさん)	93	○ (6km)	検討不要		○*1	○*1
20 田代岳 (たしろだけ)	98	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
25 藤沢森 (ふじさわもり)	65	◎	検討不要		○*1	○*1
26 南八甲田火山群 (みなみはっこうだ)	57	○ (13km)	検討不要		○*1	○*1
27 北八甲田火山群 (きたはっこうだ)	51	○ (10km)	検討不要		○*1	○*1
28 八甲田カルデラ (はっこうだ)	46	× (42km)	◎	◎	○*1	○*1
31 十和田 (とわだ)	66	× (100km)	検討不要		○*1	○*1
32 先十和田 (せんとわだ)	63	○ (24km)	検討不要		○*1	○*1
37 秋田焼山 (あきたやけやま)	121	○ (12km)	検討不要		○*1	○*1
38 八幡平火山群 (はちまんたい)	118	◎	検討不要		○*1	○*1
41 玉川カルデラ (たまがわ)	127	○ (41km)	検討不要		○*1	○*1
42 岩手山 (いわてさん)	126	○ (20km)	検討不要		○*1	○*1
43 網張火山群 (あみはり)	127	○ (8km)	検討不要		○*1	○*1
44 乳頭・高倉 (にゅうとう・たかくら)	135	◎	検討不要		○*1	○*1
45 秋田駒ヶ岳 (あきたこまがたけ)	141	○ (13km)	検討不要		○*1	○*1
46 荷葉岳 (かようだけ)	138	◎	検討不要		○*1	○*1

◎：当該火山の活動履歴上、発生実績が認められない火山事象  
 ○：当該火山の活動履歴上、発生実績は認められるが、敷地近傍への到達可能性が十分に小さい火山事象  
 ×：過去の最大規模の噴火による火山噴出物が、敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある火山事象  
 ()内の距離：過去の最大規模の噴火による火山噴出物の到達距離  
 検討不要：敷地からの隔離による判断  
 \*1：敷地は過去の火口及びその近傍に位置しないことによる



\*1：到達可能性範囲は、火山を中心に過去の最大規模の噴火に伴う火砕流の最大到達距離を半径とし、円を描いた。

第4図 十和田における過去最大規模の噴火による火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲  
 (中川ほか(1972)<sup>(53)</sup>、土井(1993)<sup>(54)</sup>、村岡ほか(1991)<sup>(55)</sup>、大沢ほか(1993)<sup>(56)</sup>、大沢・須田  
 (1978)<sup>(57)</sup>、町田・新井(2011)<sup>(9)</sup>、長森ほか(2013)<sup>(58)</sup>に基づき作成)



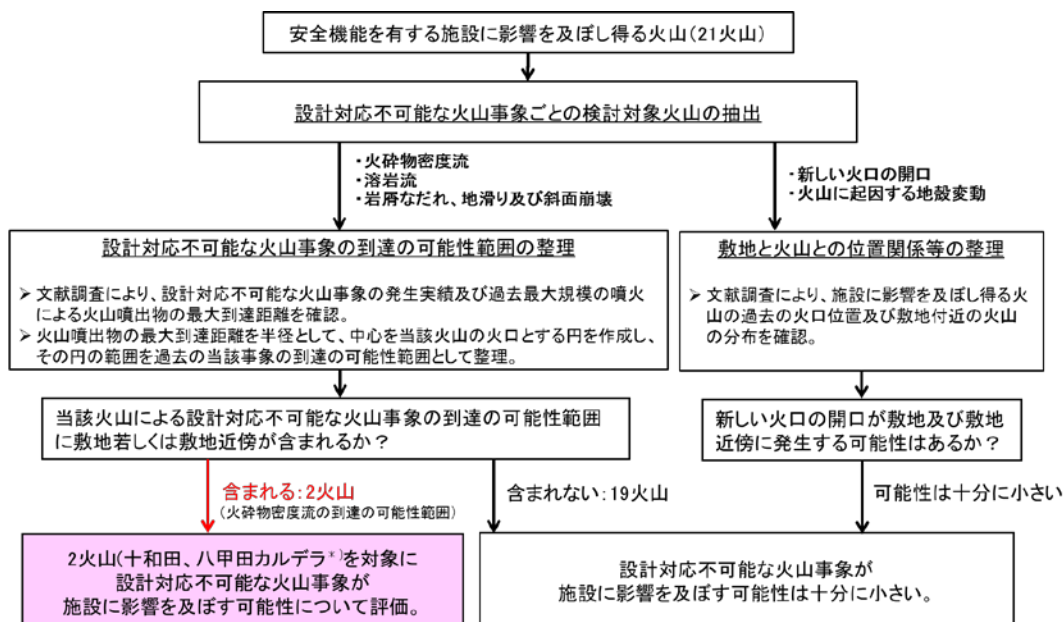
\*1：到達可能性範囲は、火山を中心に過去の最大規模の噴火に伴う火砕流の最大到達距離を半径とし、円を描いた。

**第5図 八甲田カルデラにおける過去最大規模の噴火による火砕流堆積物の分布と到達可能性範囲**

(村岡・高倉(1988)<sup>(28)</sup>、村岡ほか(1991)<sup>(55)</sup>、大沢ほか(1993)<sup>(56)</sup>、青森県史編さん自然部会(2001)<sup>(59)</sup>、長森ほか(2013)<sup>(58)</sup>、工藤ほか(2019)<sup>(48)</sup>に基づき作成)

(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。



\*: 南八甲田火山群及び北八甲田火山群も合わせて評価を実施。

\*: 南八甲田火山群及び北八甲田火山群もあわせて評価を実施。

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\*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-(2) 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)<sup>(13)</sup>。

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。

気象庁(2013)<sup>(2)</sup>によると、十和田は先カルデラ成層火山群、十和田カルデラ及び後カルデラ成層火山・溶岩ドームからなるとしている。その活動は、Hayakawa(1985)<sup>(10)</sup>によると、先カルデラ期、カルデラ形成期及び後カルデラ期に区分されるとしている。

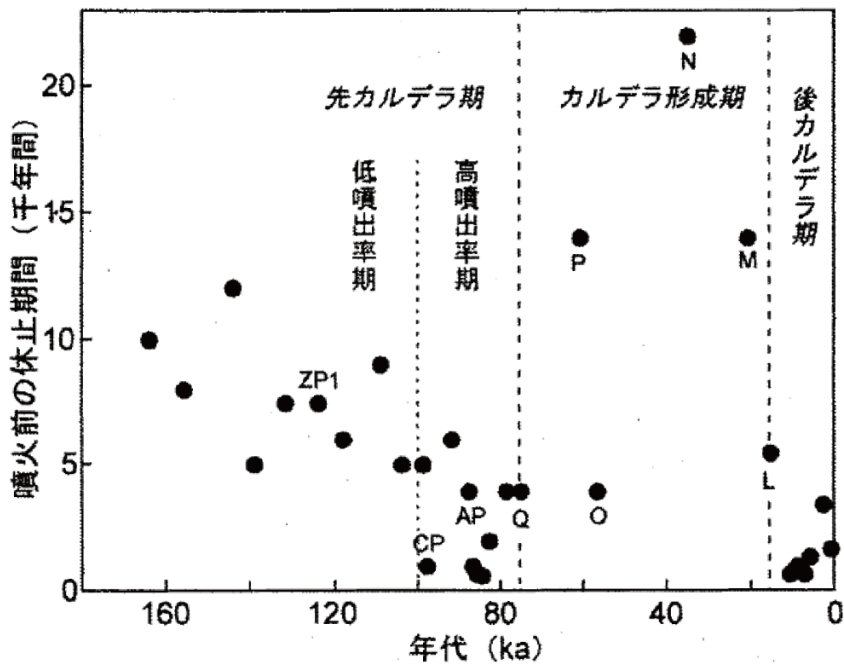
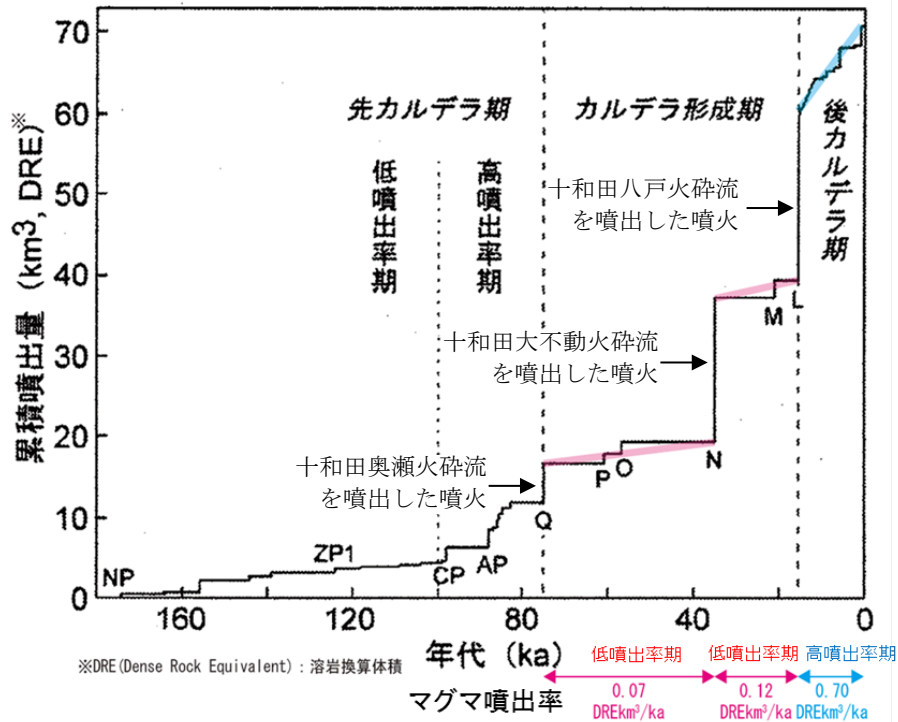
Hayakawa(1985)<sup>(10)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>によると、カルデラ形成期に火砕流を伴う規模の大きな噴火を3回(十和田奥瀬火砕流、十和田大不動火砕流、十和田八戸火砕流)起こしている(第6図)。

一方、Yamamoto et al(2018)<sup>(12)</sup>は、地球科学的特徴から十和田奥瀬火砕流を噴出した噴火を先カルデラ期とみなすとしており、見解が分かれている(第7図)。

Hayakawa(1985)<sup>(10)</sup>によると、後カルデラ期に毛馬内火砕流(見かけの噴出量は約5km<sup>3</sup>)を噴出したとしている。

これらの噴火のうち巨大噴火に該当する噴火は、十和田大不動火砕流(見かけの噴出量は約40km<sup>3</sup>)及び十和田八戸火砕流(見かけの噴出量は約40km<sup>3</sup>)を噴出した噴火(以下それぞれを「噴火エピソードN」及び「噴火エピソードL」という。)である。したがって、この2回の巨大噴火と最後の巨大噴火(噴火エピソードL)以降の噴火を対象に評価を実施した。

なお、十和田奥瀬火砕流(見かけの噴出量は約10km<sup>3</sup>)を噴出した噴火は巨大噴火に該当しないが、噴火の様式と規模に基づきカルデラ形成期として整理した。

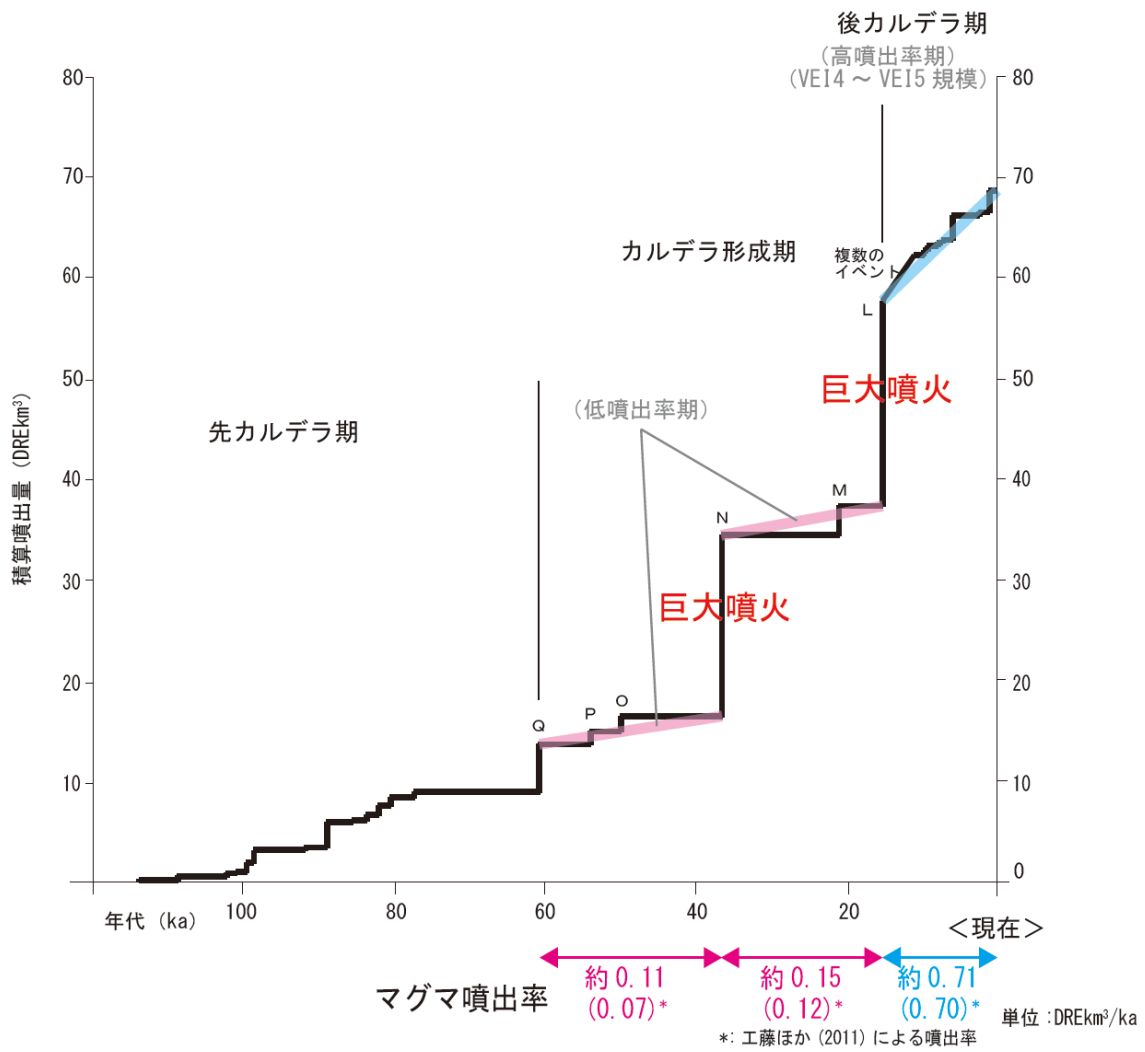


[ カルデラ形成期 ]	[ 先カルデラ期 ]
L: 十和田八戸火砕流及び八戸テフラ	AP: 十和田アオスジテフラ
M: 十和田ビスケット2テフラ	CP: 十和田カステラテフラ
N: 十和田大不動火砕流及び切田テフラ	ZP1: 十和田ザラメ1テフラ
O: 十和田合同テフラ	NP: 十和田ヌカミソテフラ
P: 十和田キビダンゴテフラ	
Q: 十和田奥瀬火砕流及びレッドテフラ	

注) 八甲田白ベタテフラの年代を 190ka とした場合における各噴出物の年代

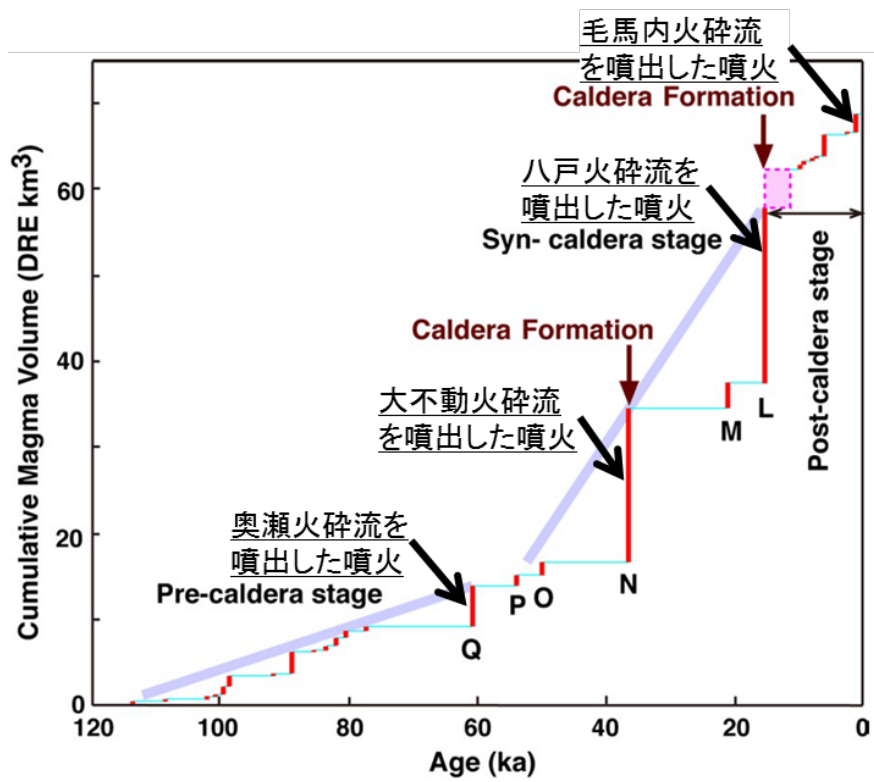
第6図 十和田の階段ダイアグラム及び噴火前休止期間の時間変化

(工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>に基づき作成)



第7図 十和田の階段ダイアグラム(Yamamoto et al. (2018)<sup>(12)</sup>に基づき作成)





第4図 十和田の階段ダイアグラム(Yamamoto et al. (2018)<sup>(42)</sup>に一部加筆)

## (i) 巨大噴火の可能性評価

### a. 活動履歴

工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>によると、現在の活動期である後カルデラ期は、高頻度（噴火間隔 3,400 年以下）かつ一回の噴出量が 2.5DREkm<sup>3</sup> 以下であり、カルデラ形成期の低頻度（噴火間隔 22,000 年～4000 年）かつ一回の噴出量 1.2DREkm<sup>3</sup>～20.3DREkm<sup>3</sup> とは異なるとしている（第 6 図）。

一方、十和田の 10 万年前以降のマグマ供給率はほぼ一定であり、また、後カルデラ期は先カルデラ期後期と活動様式が類似していることから、今後マグマ供給率が減少しなければ、長期的（数万年スケール）には再びカルデラ形成期に移行する可能性が指摘されるとしている。しかし、過去の活動履歴から、大規模噴火の前には数万年にわたって局在的な低噴出率期（噴火エピソード N の前は 0.07DREkm<sup>3</sup>/千年、噴火エピソード L の前は 0.12DREkm<sup>3</sup>/千年）が先行するとしており、現在の活動は、約 15,000 年間にわたって高噴出率期（0.70DREkm<sup>3</sup>/千年）にあり、噴出量 1DREkm<sup>3</sup> 以下の小規模噴火も数多く発生していることから、現状ではカルデラ形成期のような状態に至っていないと考えられるとしている。したがって、今後も短期的（数百年～数千年スケール）には、過去 15,000 年間と同様な活動が継続すると推定され、仮に、今後カルデラ形成を伴う大規模噴火が発生するとしても数万年先になると予想されるとしている。

なお、工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>の「カルデラ形成を伴う大規模噴火」は、「巨大噴火」に相当する。

一方、Yamamoto et al(2018)<sup>(12)</sup>において、階段ダイアグラム（第 7 図）が示されており、これに基づき噴出率の傾向を確認した結果、カルデラ形成期の巨大噴火前は低噴出率期（噴火エピソード L の前は約 0.15DREkm<sup>3</sup>/千年）であるが、現在の後カルデラ期は高噴出率期（約 0.71DREkm<sup>3</sup>/千年）となっている。これは、工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>による噴出率の傾向と同様である。

また、十和田における近い将来の巨大噴火の発生可能性に言及した文献について調査した結果、高橋(2008)<sup>(4913)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(4311)</sup>には、現状、巨大噴火の可能性が低いとする主旨の知見は認められるが、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。また、十和田火山防災協議会(2018)<sup>(4514)</sup>による十和田火山災害想定影響範囲図においても、巨大噴火を想定していない。

## b. 地質調査及び火山学的調査

十和田における巨大噴火に伴う 2 回の大規模火砕流(十和田大不動火砕流及び十和田八戸火砕流)の噴出物を対象に調査を実施し、その分布を確認した。十和田近傍から敷地を中心とした地域にかけての地質柱状図を第 8 図に示す。なお、巨大噴火には該当しないものの、十和田奥瀬火砕流は敷地には到達していないことを確認した。

### (a) 十和田大不動火砕流

十和田大不動火砕流を伴う巨大噴火では、火砕流の噴出に先立って爆発的噴火に伴う降下火砕物(十和田切田テフラ)が噴出しており、火砕流堆積物の直下に、この堆積物が認められる。十和田大不動火砕流堆積物及び十和田切田テフラの分布を第 9 図に示す。

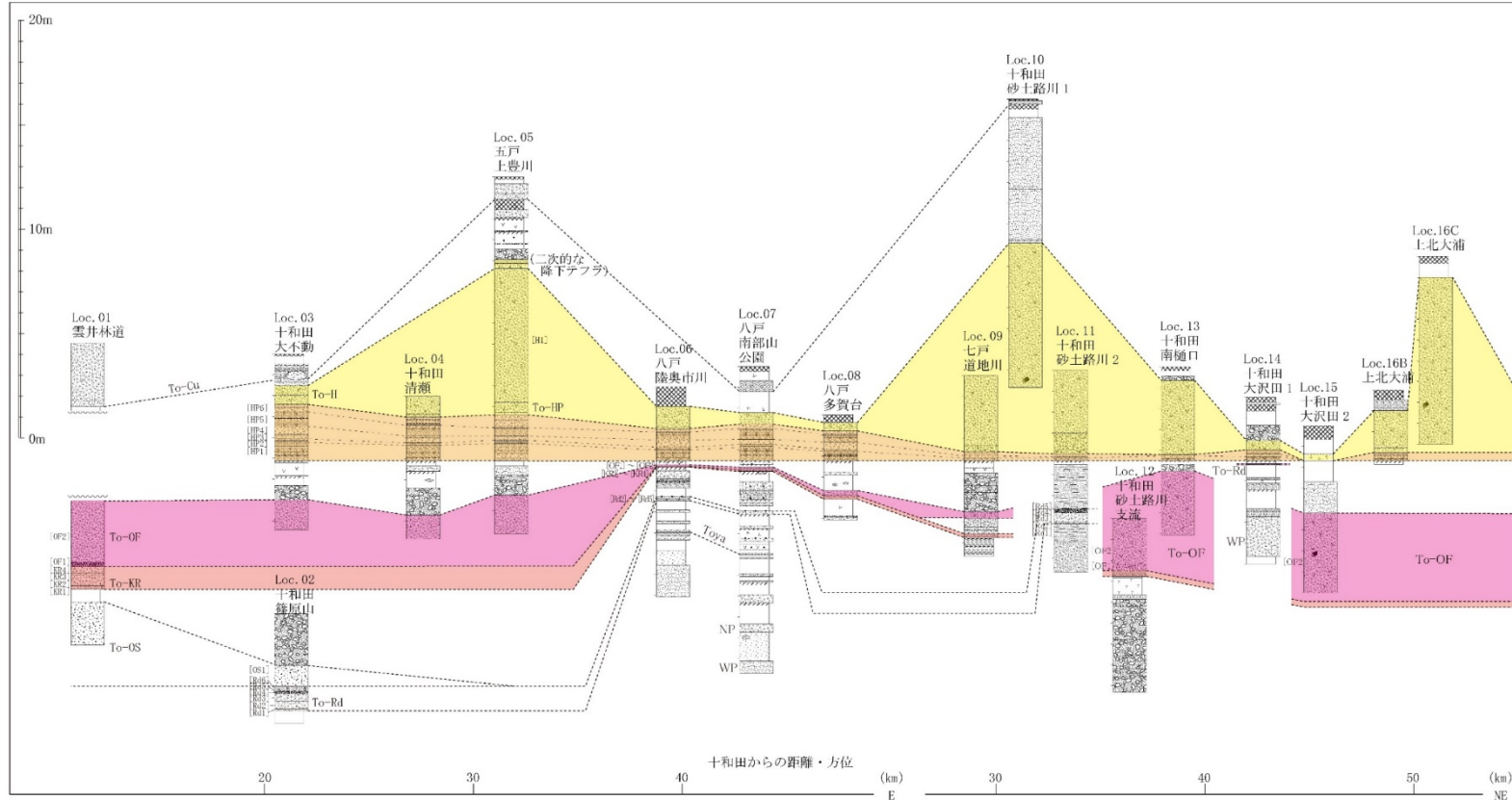
十和田大不動火砕流堆積物は、六ヶ所鷹架西(Loc. 33)及び野辺地目ノ越 1(Loc. 50)において、ローム層中に軽石混じり火山灰層(火砕流堆積物)が層厚約 16 cm 及び約 3 cm のパッチ状として認められる。また、敷地を含む更に北方の地域では、層相から火砕流堆積物と判断できないものの、ローム層中に十和田大不動火砕流起源に対比される径約 1 cm 以下の軽石が認められ、再処理敷地内(Loc. 26)においては、最大平均径約 4mm の軽石が認められる(第 10 図)。一方、十和田切田テフラは、北方に向かって層厚を減じ、東北淋代 2(Loc. 19)、六ヶ所平沼 1(Loc. 23)等において、層厚約 3 cm ～約 7 cm で確認した。

### (b) 十和田八戸火砕流

十和田八戸火砕流を伴う巨大噴火では、火砕流の噴出に先立って爆発的噴火に伴う降下火砕物(十和田八戸テフラ)が噴出しており、火砕流堆積物の直下に、この堆積物が認められる。十和田八戸火砕流堆積物及び十和田八戸テフラの分布を第 11 図に示す。

十和田八戸火砕流堆積物は、塊状無層理で淘汰が悪く、軽石を主体として褐灰～灰白色火山灰の基質からなる。敷地近傍では、ローム層中に軽石混じり火山灰層(火砕流堆積物)が層厚約 5 cm ～約 20 cm のパッチ状を呈する火砕流堆積物として確認した(第 10 図)。また、敷地より北方の地域では、層相から火砕流堆積物と判断できないものの、ローム層中に十和田八戸火砕流起源に対比される径約 1 cm 以下の軽石が認められる。一方、十和田八戸テフラは、北方に向かい急激に層

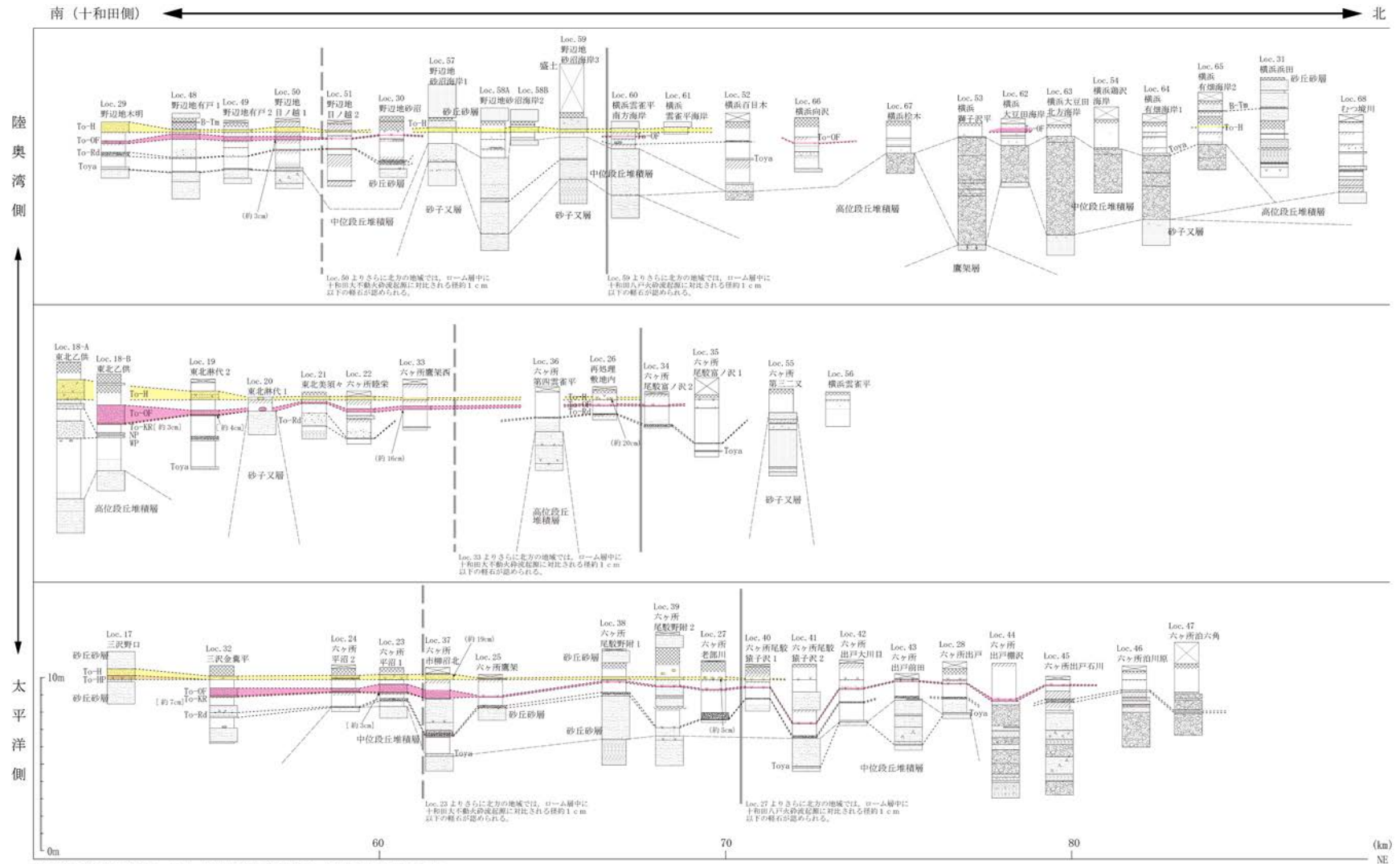
厚を減じ、三沢市野口 (Loc. 17) より北方では確認できない。



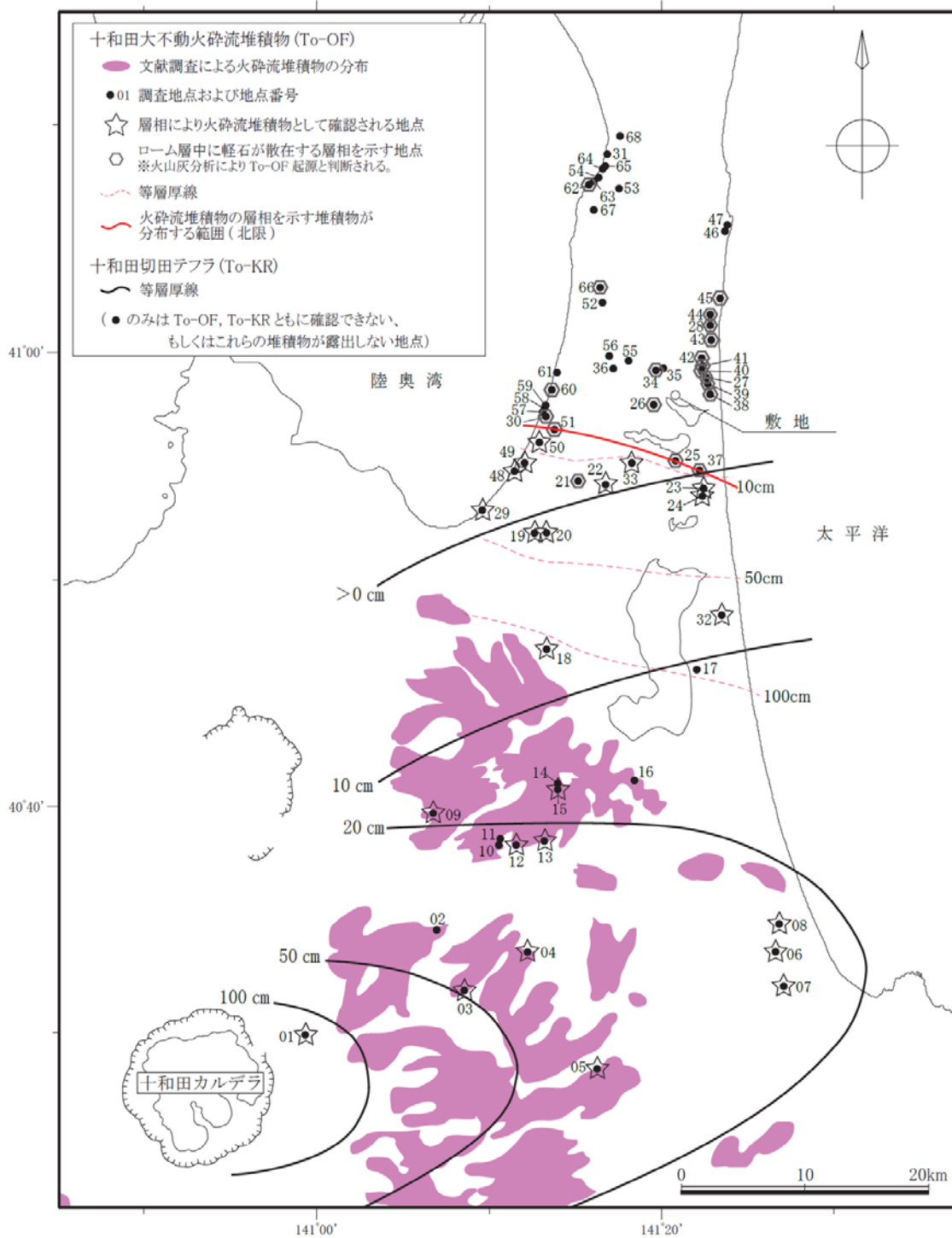
<b>火山噴出物</b> 細粒火山灰 粗粒火山灰 軽石 火山岩片・スコリア 火砕流堆積物(火山灰質) 火砕流堆積物(火山岩片質) 軽石(散在する層相を示す) 火山豆石	<b>巨大噴火による火砕流堆積物</b> To-II To-HP To-OF To-KR	<b>非火山性の堆積物など</b> 盛土、表土など 黒色土壌 暗褐色土壌 ローム <b>基盤岩類</b> 麻朶層中部層	<b>カルデラ形成期の主な火山噴出物</b> To-H: 十和田八戸火砕流 To-HP: 十和田八戸テフラ To-OF: 十和田大不動火砕流 To-KR: 十和田切田テフラ To-OS: 十和田奥瀬火砕流 To-Rd: 十和田レッドテフラ	<b>その他の火山噴出物</b> 十和田起源 後カルデラ期 To-Cu: 十和田中敷テフラ 先カルデラ期 NP: スカミソ軽石 北八甲田火山群起源 WP: 甲地軽石 広城火山灰 B-Tm: 白頭山若小牧火山灰 Toya: 洞窟火山灰	<b>火砕流堆積物の層相を示す堆積物が分布する範囲(北限)</b> 十和田大不動火砕流堆積物 十和田八戸火砕流堆積物 Loc.01: 調査地点番号
---	--	---	---	--	--

第 8 図 巨大噴火に伴う火砕流堆積物に着目した地質柱状図(1/2)

(各調査地点の位置は第 9 図及び第 11 図に示す)



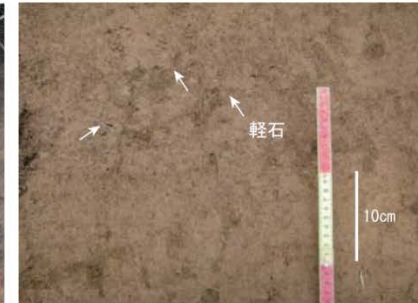
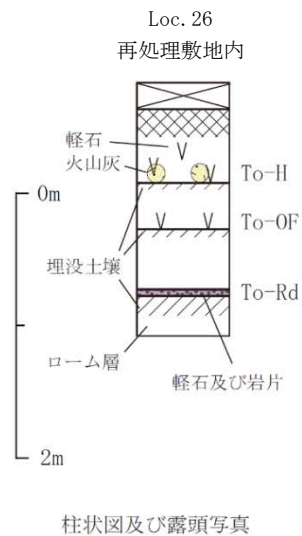
第8図 巨大噴火に伴う火砕流堆積物に着目した地質柱状図(2/2)  
 (各調査地点の位置は第9図及び第11図に示す)



(土井(1993)<sup>(54)</sup>及び町田・新井(2011)<sup>(9)</sup>に基づき作成)

第 69 図 十和田大不動火砕流堆積物の分布及び十和田切田テフラの等層厚線図

(各調査地点の地質柱状図は第 8 図に示す)

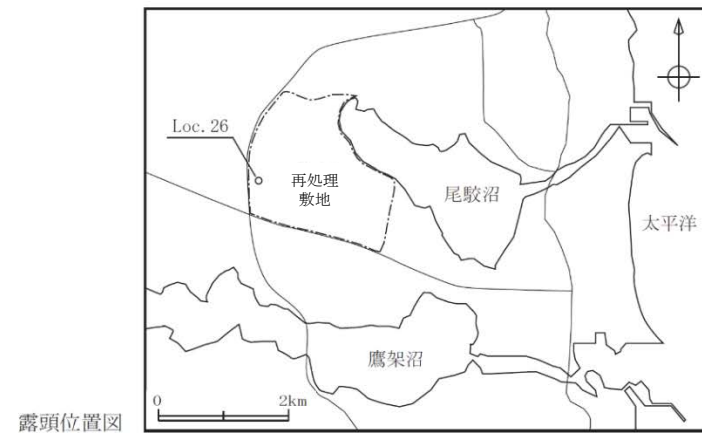


十和田大不動火砕流堆積物起源の軽石  
ローム層中に、僅かに軽石が点在する。  
最大平均粒径は約4mmである。



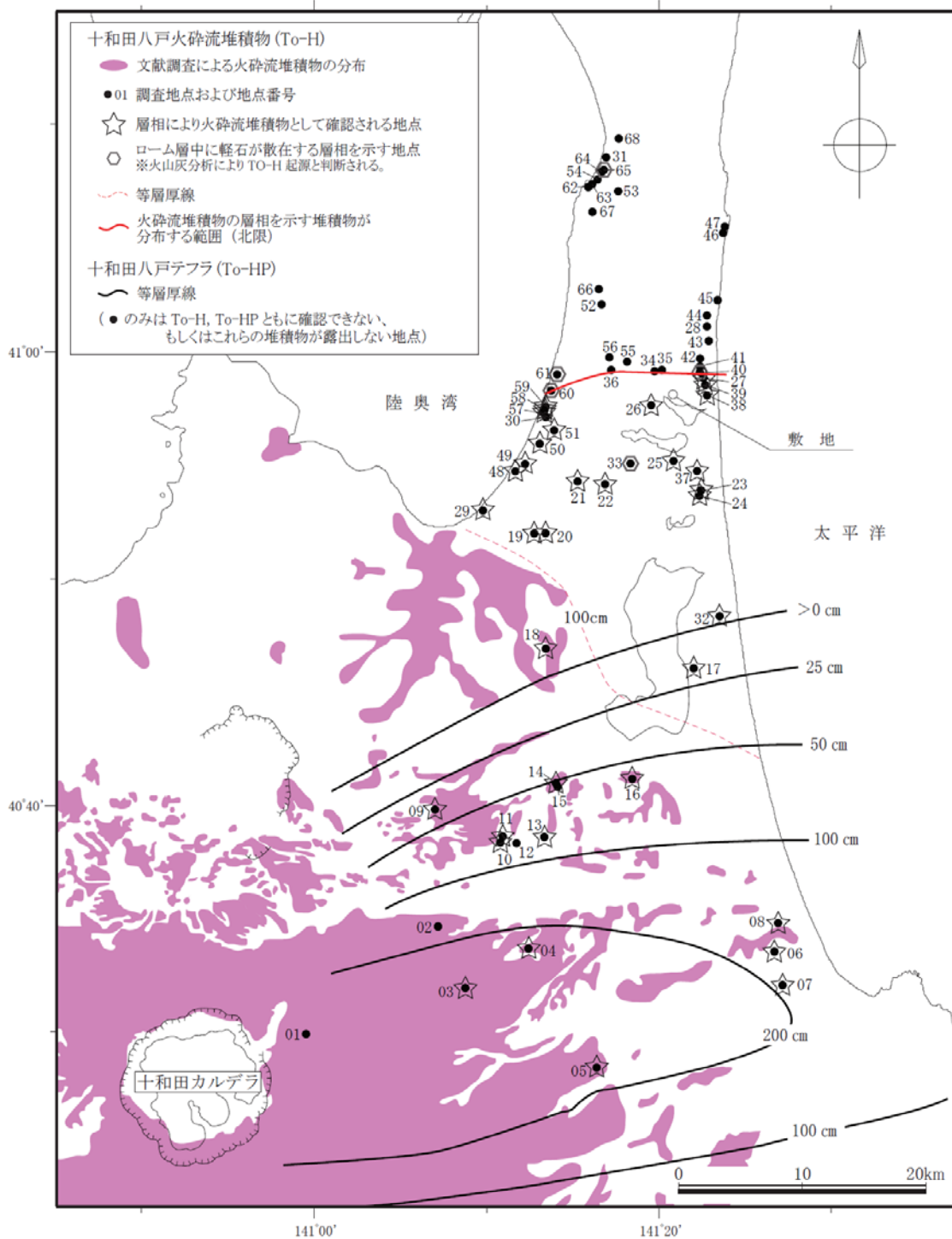
十和田八戸火砕流堆積物  
軽石混じり火山灰がパッチ状に認められる。  
層厚は約20cm、最大平均粒径は約2mmである。  
土壌化や植生による擾乱が著しい。

上位より、  
十和田八戸火砕流堆積物 (To-H)、十和田大不動  
火砕流堆積物 (To-OF) 起源の軽石が散在する層準、  
並びに軽石及び岩片が密集する十和田レッドテフラ  
(To-Rd) が確認される。



第10図 Loc. 26における十和田八戸火砕流堆積物及び十和田大不動火砕流堆積物の状況





(土井(1993)<sup>(54)</sup>、村岡ほか(1991)<sup>(55)</sup>、大沢ほか(1993)<sup>(56)</sup>、大沢・須田(1978)<sup>(57)</sup>及び町田・新井(2011)<sup>(9)</sup>に基づき作成)

第 511 図 十和田八戸火砕流堆積物の分布及び十和田八戸テフラの等層厚線図

(各調査地点の地質柱状図は第 8 図に示す)

### c. 地球物理学的調査

下司 (2016) <sup>(15)</sup>によると、大規模噴火が発生するためには、その火山のシステムにあらかじめマグマを蓄積させておくことが必要であるとしており、この大規模噴火を引き起こすマグマシステムは、下部地殻物質の部分熔融等による珪長質メルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、上部地殻への集積等が起こり、地殻全体に広がる巨大で複雑なシステムであると考えられるとしている。また、物理探査（地球物理学的調査）によってカルデラ火山の地下に検出されつつある低速度領域や低比抵抗領域は、このような部分熔融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられるとしており、カルデラの陥没量とカルデラ形成噴火の噴出量がほぼ一致するとしている。なお、下司 (2016) <sup>(15)</sup>の「大規模噴火」の噴火規模は、「巨大噴火」の噴火規模を包含する。

以上のことから、巨大噴火に直接寄与する上部地殻におけるマグマ溜まりは、カルデラを超える範囲まで部分熔融域が広がっていると考えられるため、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して地球物理学的調査を実施し、現在のマグマ溜まりの状況について評価した。

地球物理学的調査として、地震波速度構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施した。流体の存在に敏感な比抵抗構造と、流体のうちメルトか水か推定可能な地震波速度構造は相補的な関係であるため、これらより、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性を把握した。また、地震活動及び地殻変動に関する調査を行い、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を把握した。

#### (a) 地震波速度構造及び比抵抗構造

地震波速度構造について、Nakajima et al (2001) <sup>(16)</sup>によると、火山フロントに沿った最上部マントルの低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び高  $V_p/V_s$  は、大量のメルトの存在を示唆するとしている。また、火山フロントに沿った下部地殻のうち活火山の直下の低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び高  $V_p/V_s$  は、メルトの存在を示唆するとしている。加えて、火山フロントに沿った上部地殻のうち活火山の直下の低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び低  $V_p/V_s$  は、水の存在を示唆するとしている（第12図参照）。中島 (2017) <sup>(17)</sup>によると、Nakajima et al (2001) <sup>(16)</sup>の解析結果等から、東北地方の火山地

域の地殻にはいくつかの共通する特徴が存在するとしており、上部地殻内には大規模な (>10km) マグマ溜まりは存在しないとしている (第 13 図参照)。

防災科学技術研究所HP上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」(Matsubara, 2019) <sup>(18)</sup> の地震波トモグラフィ解析結果 (第 14 図参照) 及び Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果 (第 15 図参照) に基づくと、いずれの結果でも十和田直下の上部地殻内 (約 20 km 以浅) に、メルトの存在を示唆する顕著な低 Vp かつ高 Vp/Vs 領域は認められない。

一方、比抵抗構造について、Kanda and Ogawa (2014) <sup>(19)</sup> によると、インダクションベクトルの実部は本質的に低比抵抗の方向を指す傾向があるとしている。Kanda and Ogawa (2014) <sup>(19)</sup> のインダクションベクトル (第 16 図参照) に基づくと、16 秒周期では、十和田に向くベクトルは認められず、顕著な低比抵抗異常は推定できない。また、磁場 3 成分を用いたインバージョン解析により、インダクションベクトルを再現できる北東北の三次元比抵抗構造が示されており、その解析結果 (第 17 図参照) に基づくと、十和田直下の上部地殻内にマグマ若しくは高塩濃度流体を示唆する顕著な低比抵抗領域は認められない。

地震波速度構造及び比抵抗構造を統合的に解釈すると、十和田直下の上部地殻内に大規模なマグマ溜まりの存在を示唆する顕著な低速度・高 Vp/Vs かつ低比抵抗領域は認められない。

#### (b) 地震活動

気象庁一元化震源カタログ (地震月報 (カタログ編) <sup>(20)</sup> (期間: 1997 年 10 月 ~ 2017 年 12 月) 及び気象庁一元化処理震源要素 <sup>(21)</sup> (期間: 2018 年 1 月 ~ 2018 年 12 月)) より作成した十和田付近の震央分布及び地震活動の時間変化を第 18 図に示す。地震は、十和田の後カルデラ期の最新の噴火 (十和田 a) の火口である十和田湖中湖付近及びその周辺の震源深さ 5km~10km 付近に集中する一方で、低周波地震はそれらよりやや深い 25km~35km 付近で発生している。

また、「十和田の火山活動解説資料 (平成 26 年 1 月)」(気象庁、2014) <sup>(22)</sup> によると、2014 年 1 月 27 日昼前から夜にかけて地震活動が活発な状況になったが、27 日の夜から地震回数は減少し、2 月に入ってからはおおむね静穏な状況であり、低周波地震、火山性微動は観測されていないとしている。また、火山

活動に特段の変化はなく、噴火の兆候は認められず、2007年12月1日の噴火予報（平常）の発表以降、予報警報事項に変更はないとしている。

#### (c) 地殻変動

国土地理院（2018）<sup>(23)</sup>によると、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後の余効変動が、東日本の広い範囲で見られるとしている。

国土地理院による電子基準点データから作成した十和田周辺の基準点間の基線長（斜距離成分）の時間変化（期間：2003年1月～2018年12月）を第19図に示す。十和田では、2011年東北地方太平洋沖地震以降の余効変動が継続しているが、地震発生前を含め、十和田を中心とした地域では、この余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。

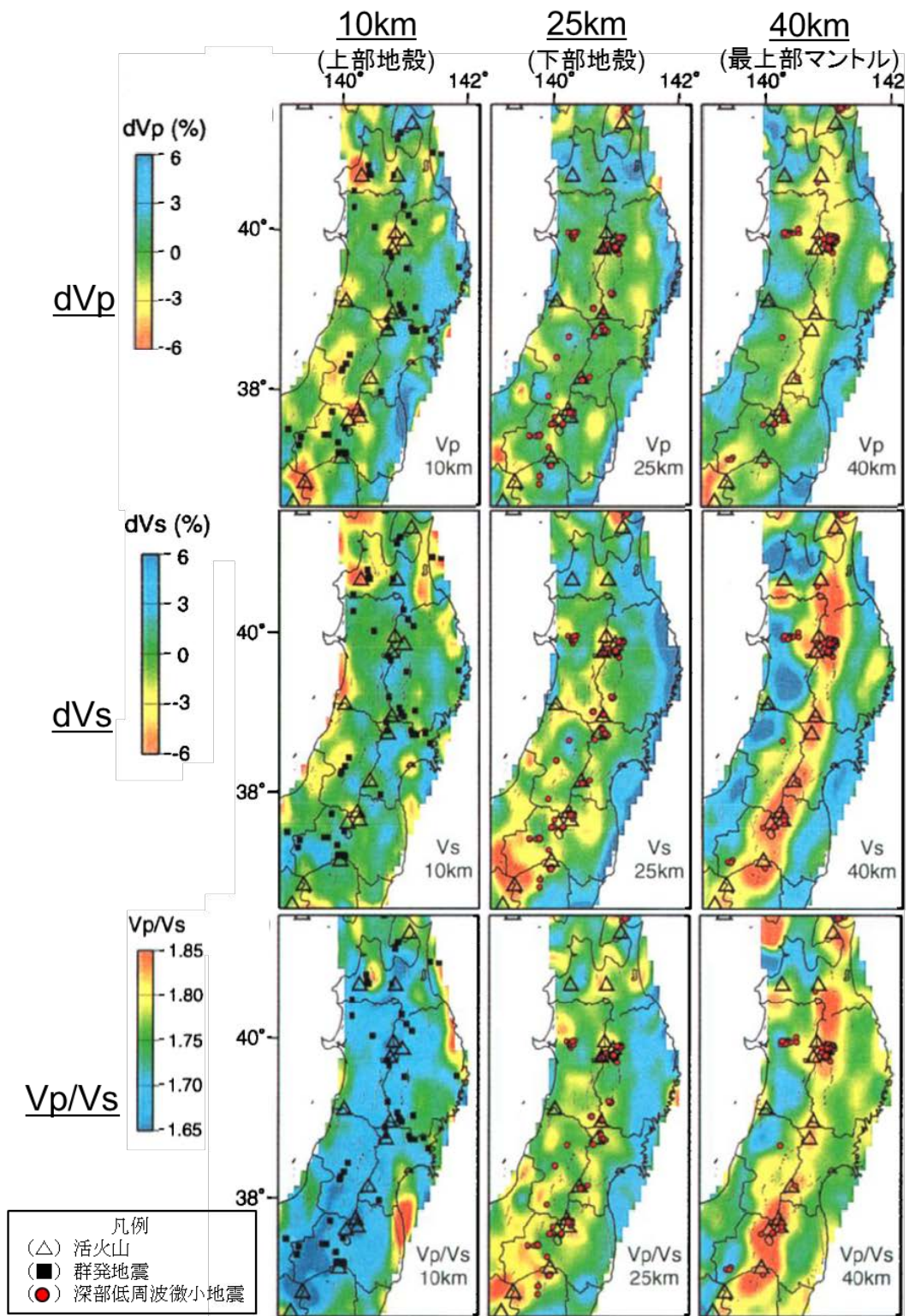
また、「十和田の火山活動解説資料（平成26年1月）」（気象庁、2014）<sup>(22)</sup>において、2014年1月に地震活動が活発化した際の地殻変動観測結果によると、地震増加時及びその前後で十和田付近の地殻変動に変化は認められないとしている。

加えて、第131回火山噴火予知連絡会資料（気象庁、2015）<sup>(24)</sup>によると、十和田周辺における干渉SARの解析結果（2014年9月4日と2014年10月16日）について、ノイズレベルを超える位相変化は認められないとしており、第143回火山噴火予知連絡会資料（気象庁、2019）<sup>(25)</sup>においても、十和田周辺における干渉SARの解析結果（2015年10月8日と2018年10月18日）について、ノイズレベルを超えるような位相変化は認められないとしている。

さらに、国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録を基に作成した、十和田付近の一等水準路線の上下変動（第20図参照）によると、大館付近において局所的な変動はあるが、十和田に最も近い碓ヶ関付近の一等水準点には継続的な変位の累積は認められず、十和田を中心とした継続的な変位の累積は認められない。

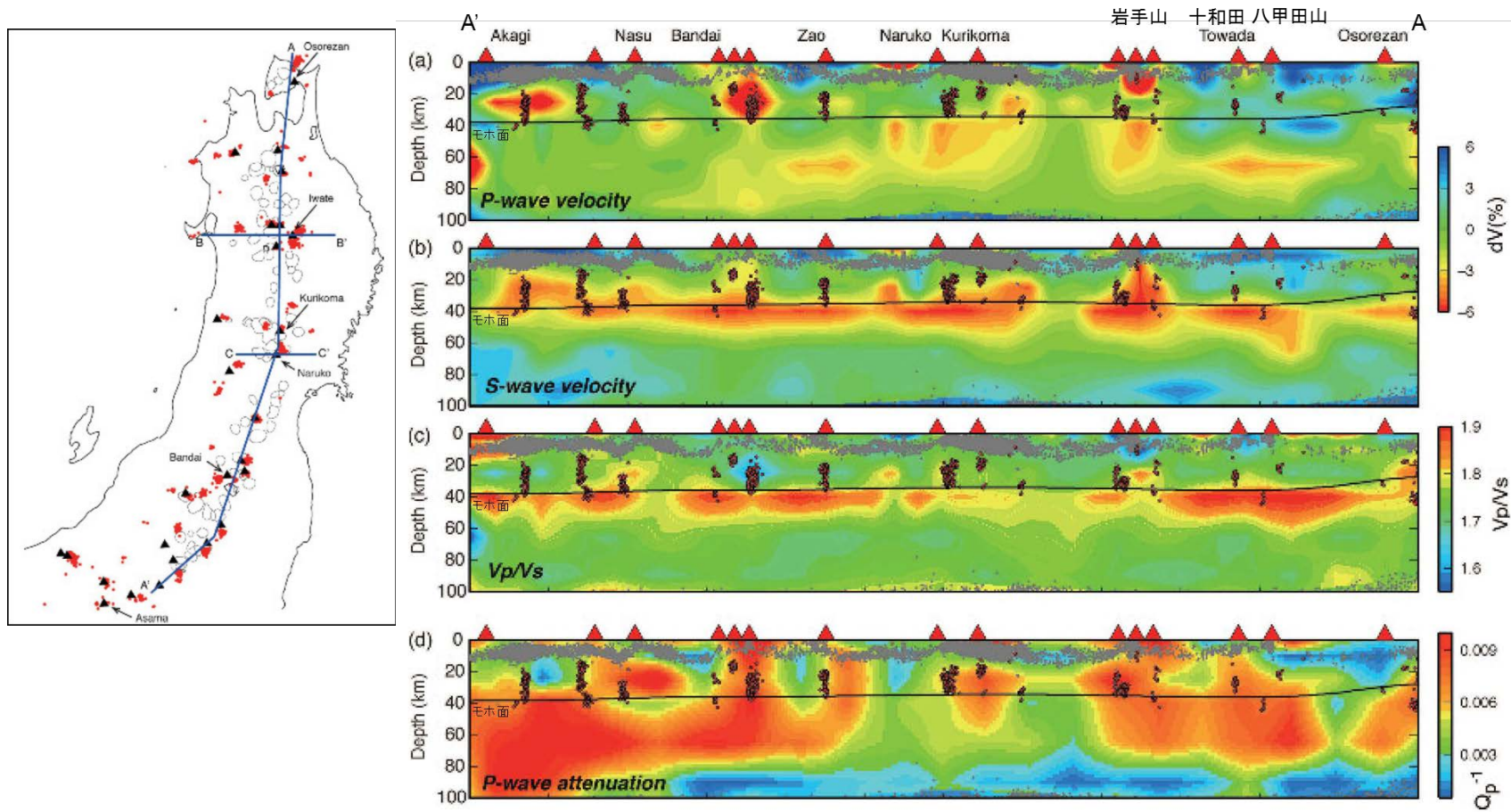
#### (d) 地球物理学的調査の評価

また、地震波速度構造<sup>(19)(20)(21)</sup>、比抵抗構造<sup>(22)</sup>並びに地震及び地殻変動<sup>(23)</sup>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（根拠資料参照）。



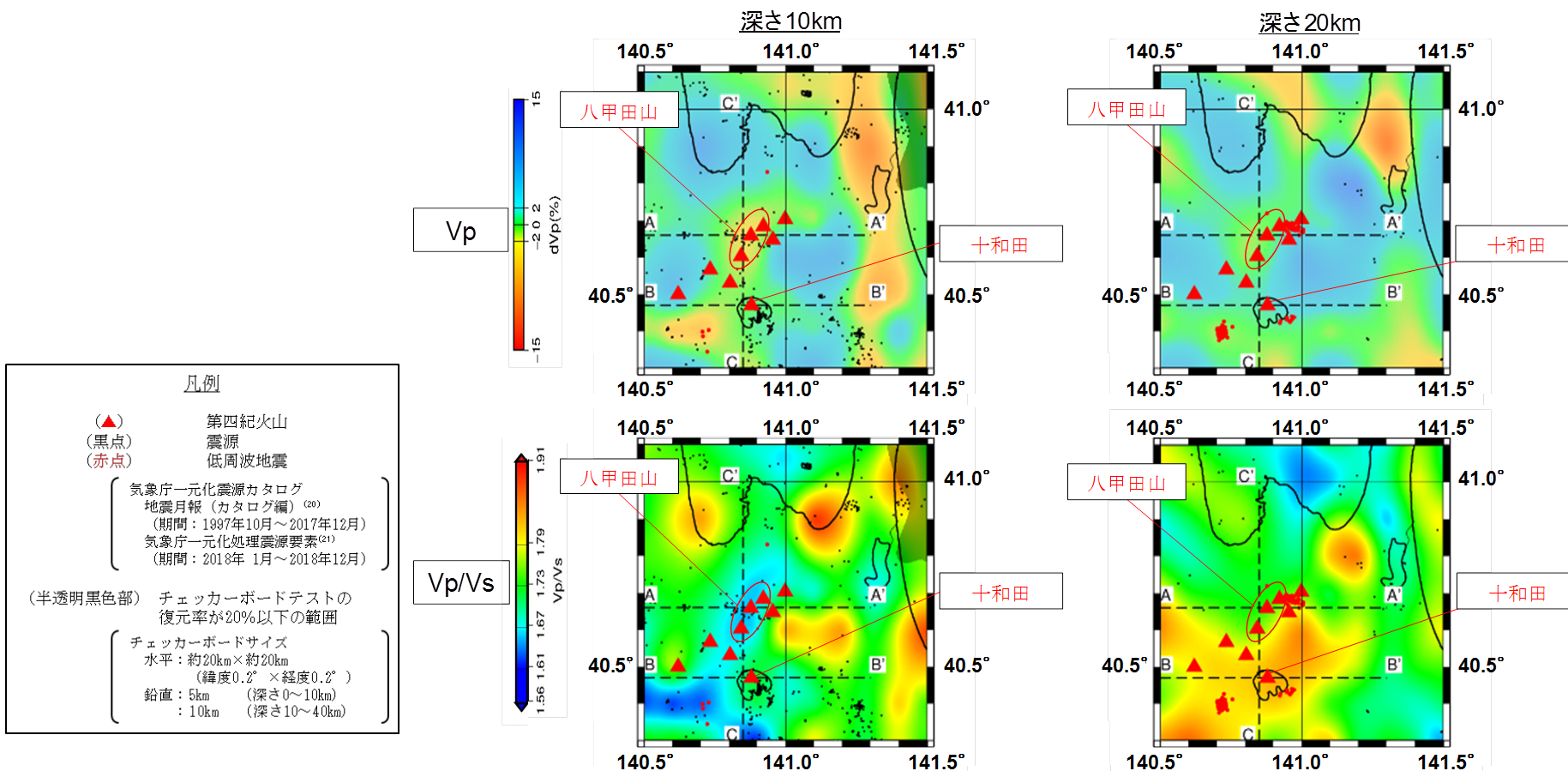
第12図 Nakajima et al. (2001)<sup>(16)</sup>の地震波トモグラフィ解析結果

(Nakajima et al. (2001)<sup>(16)</sup>に加筆)



\*1 : (a)～(c)の解析結果は Nakajima et al. (2001)<sup>(16)</sup>と同じ

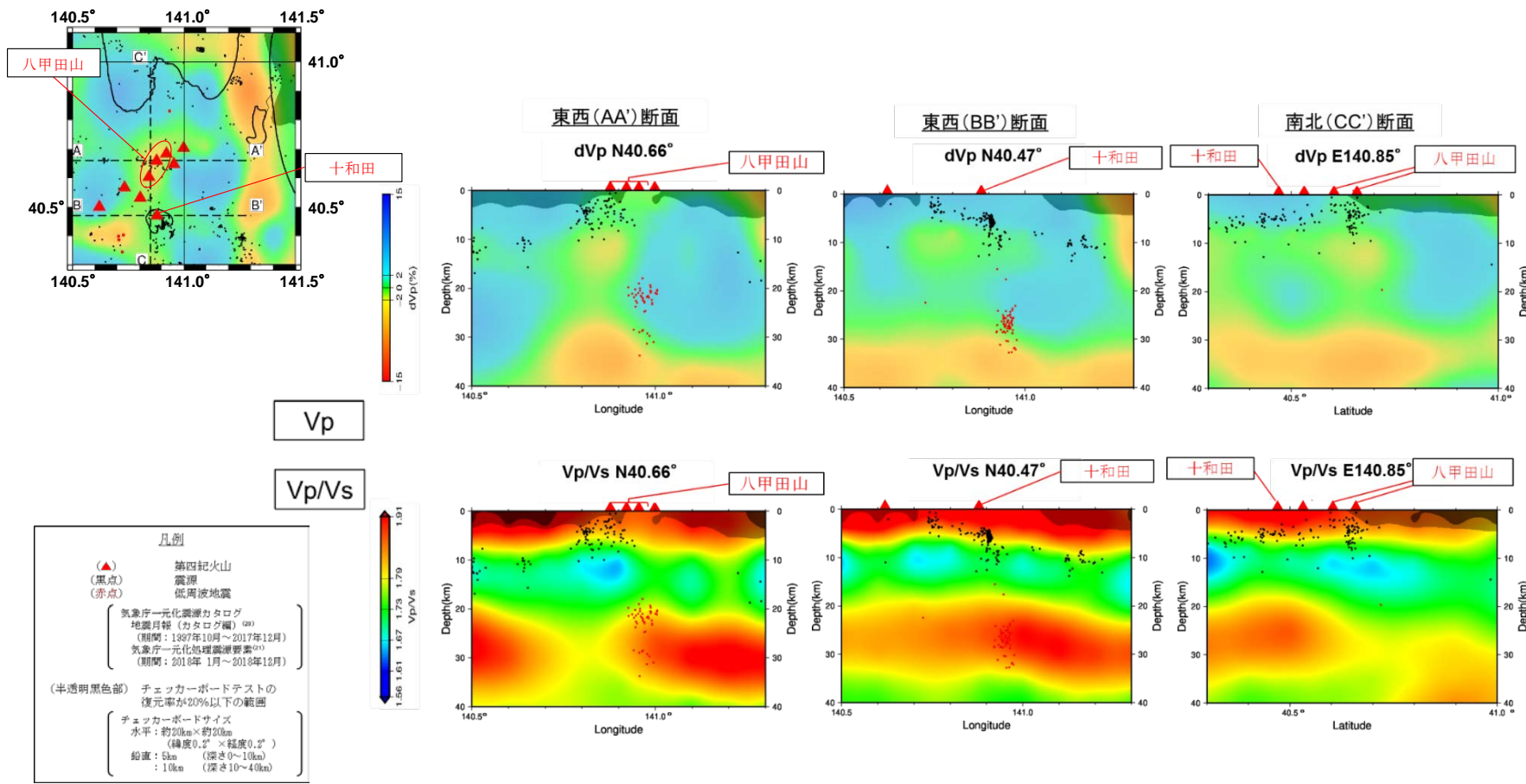
第 13 図 中島 (2017)<sup>(17)</sup>の地震波トモグラフィ解析結果 (中島 (2017)<sup>(17)</sup>に加筆) \*1



第14図 防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」の地震波トモグラフィ解析結果(1/2)

(防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」地震波トモグラフィ解析結果の公開データに基づ

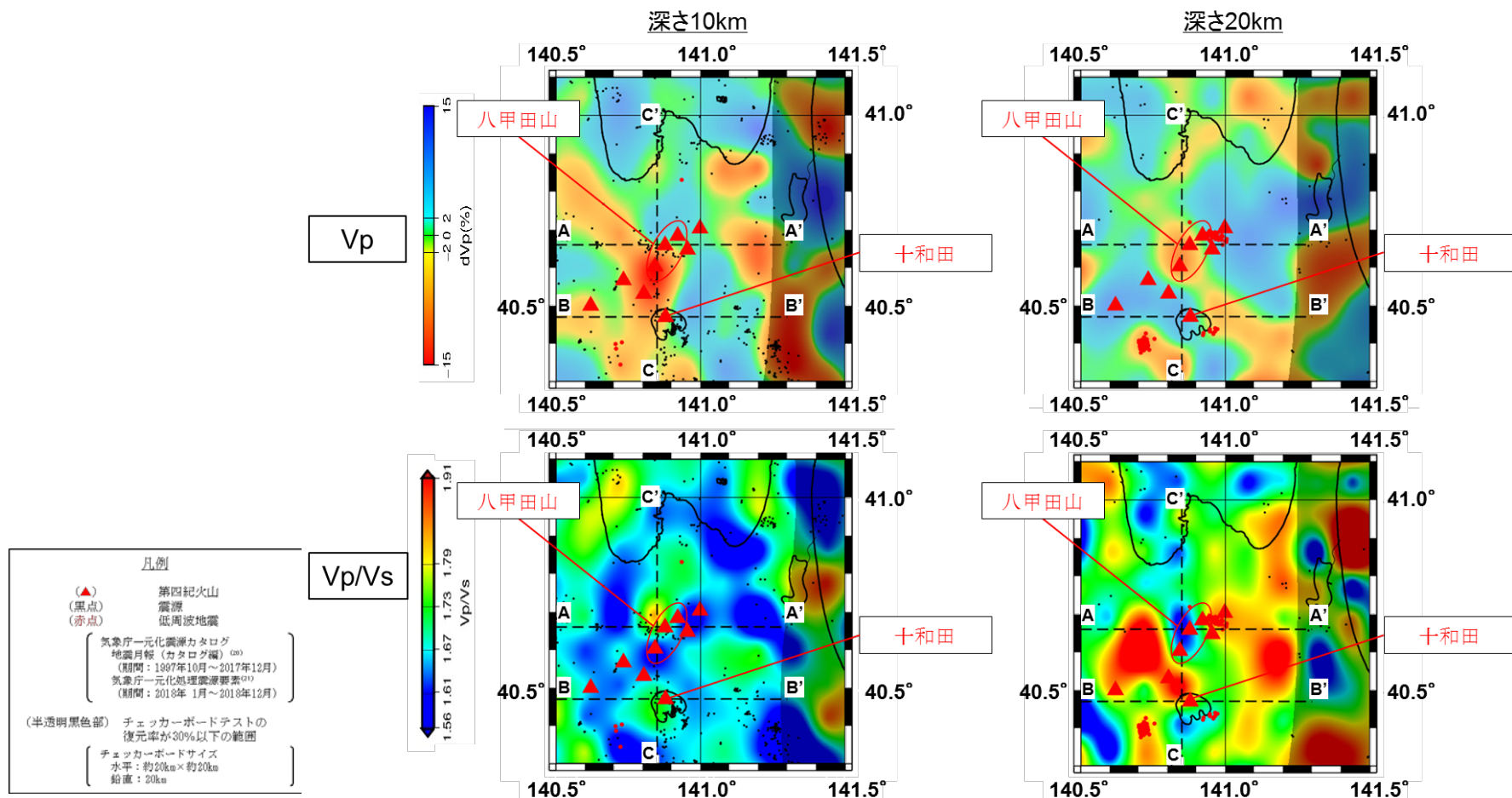
き作図 (解析手法等は Matsubara et al. (2019)<sup>(18)</sup>に記載))



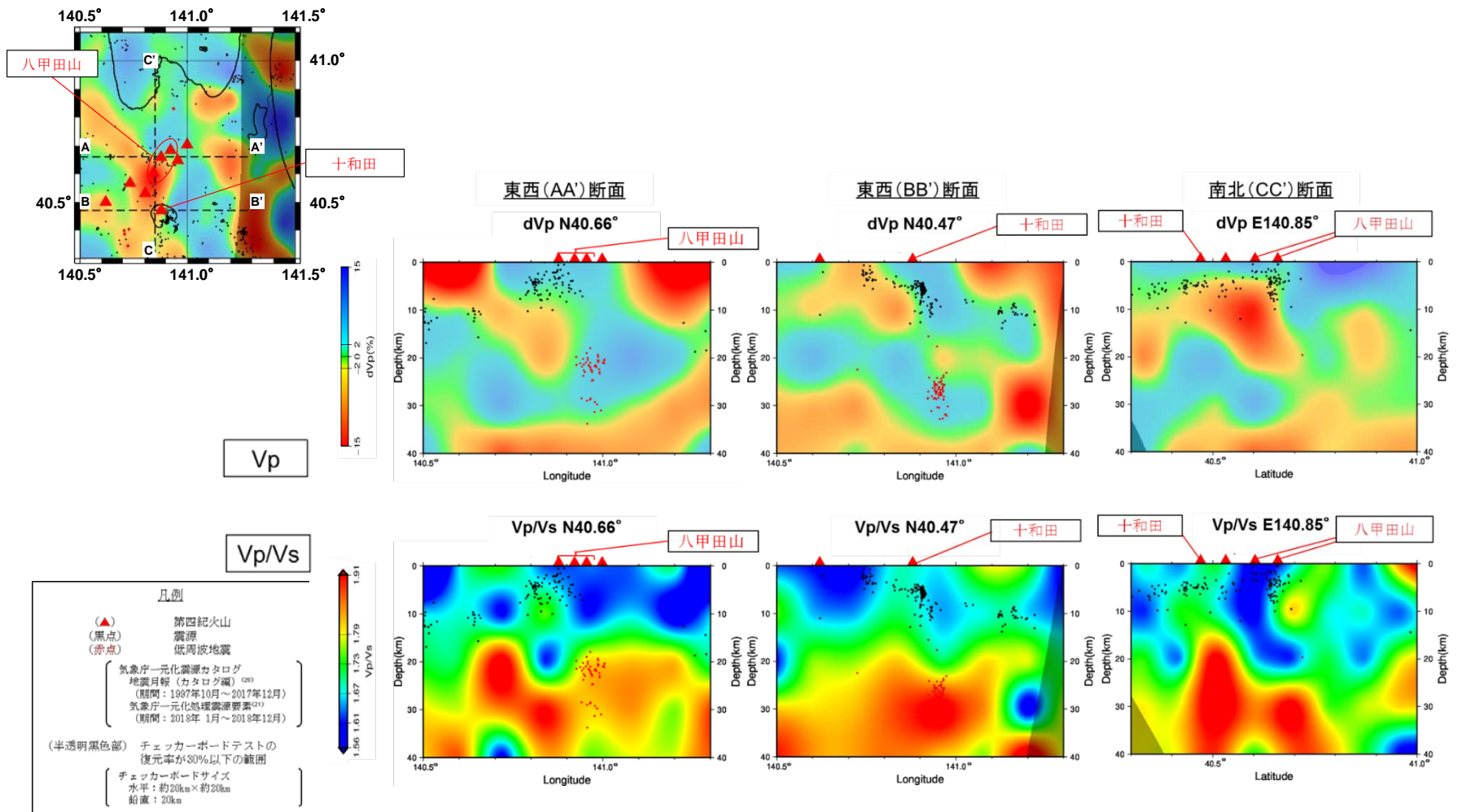
第 14 図 防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」の地震波トモグラフィ解析結果 (2/2)

(防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大 2019 年版)」地震波トモグラフィ解析結果の公開データに基づき作図 (解析手法等は Matsubara et al. (2019)<sup>(18)</sup>に記載))

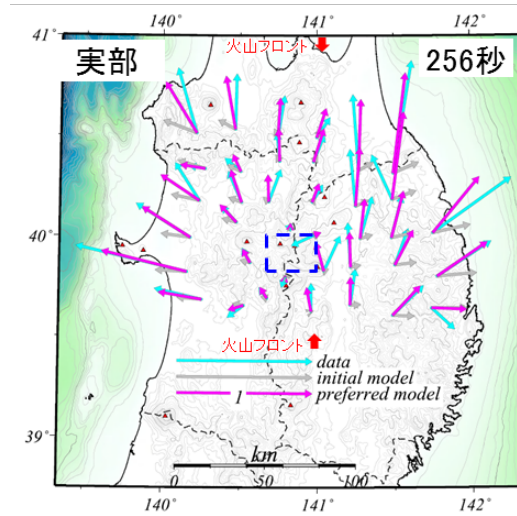
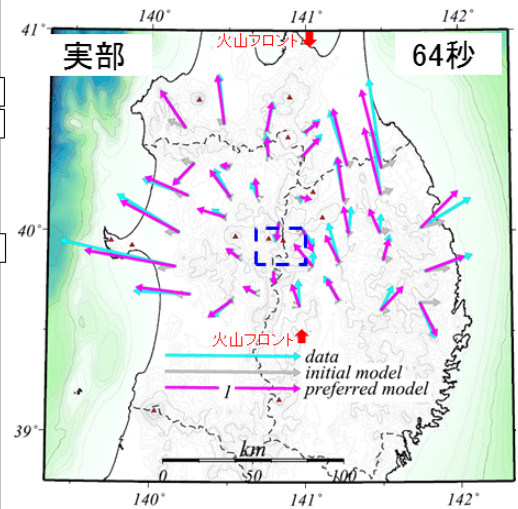
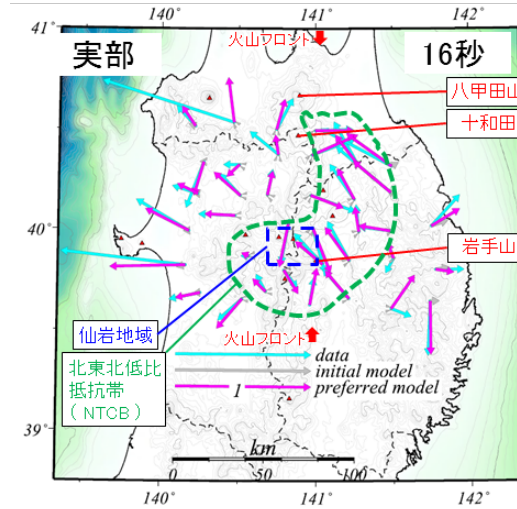
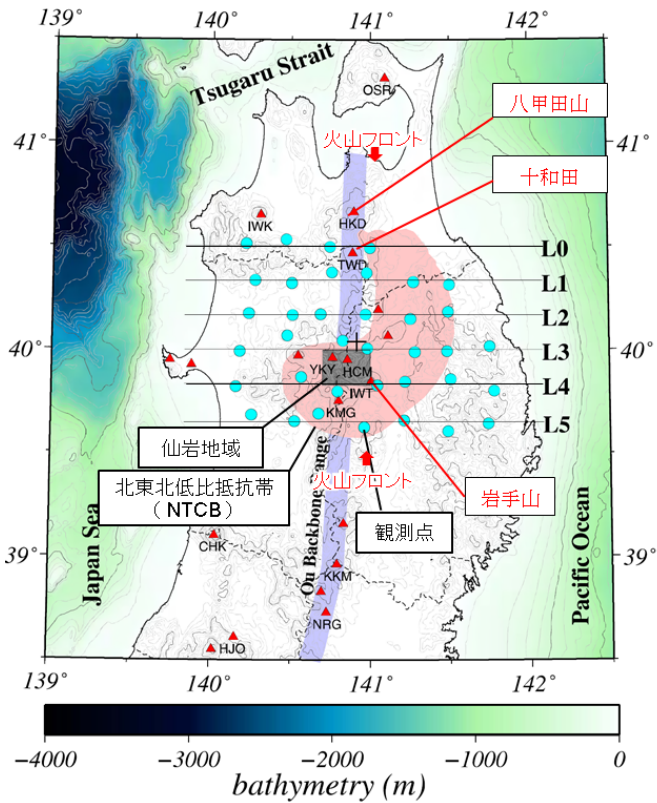




第15図 Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果(1/2)



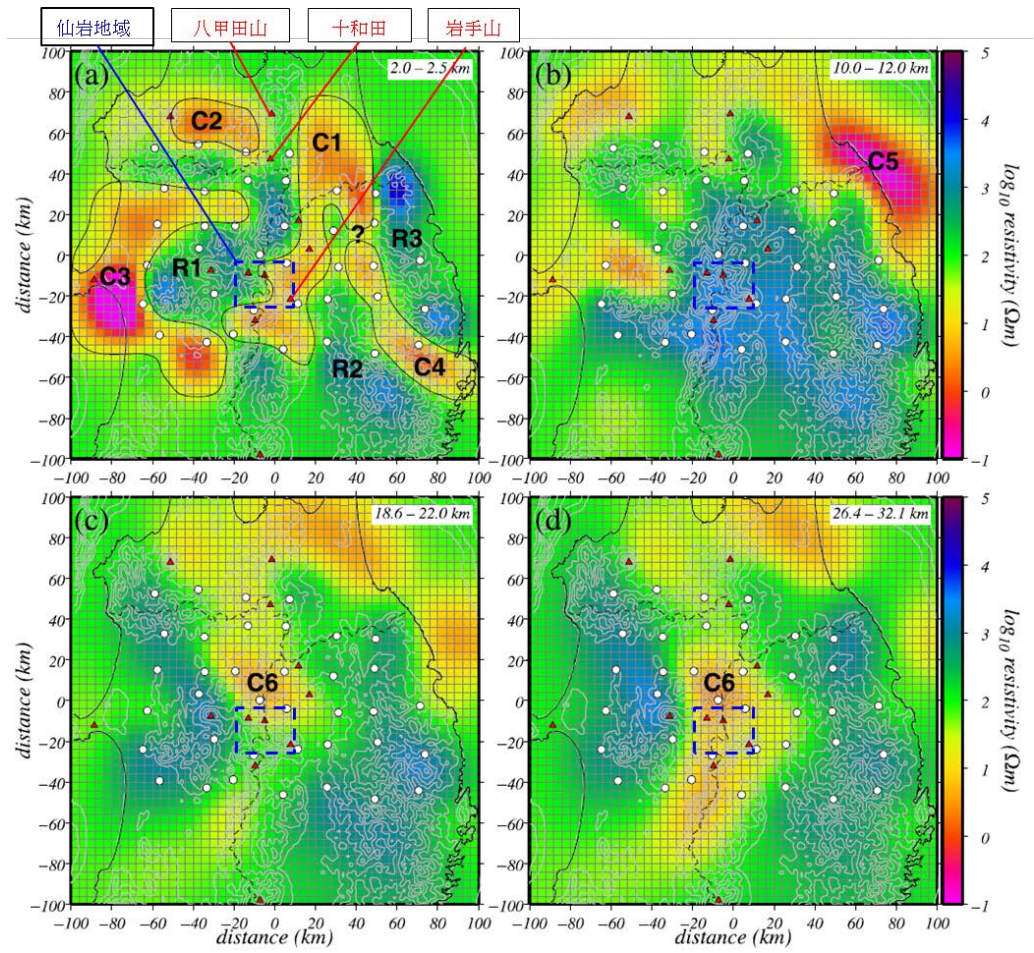
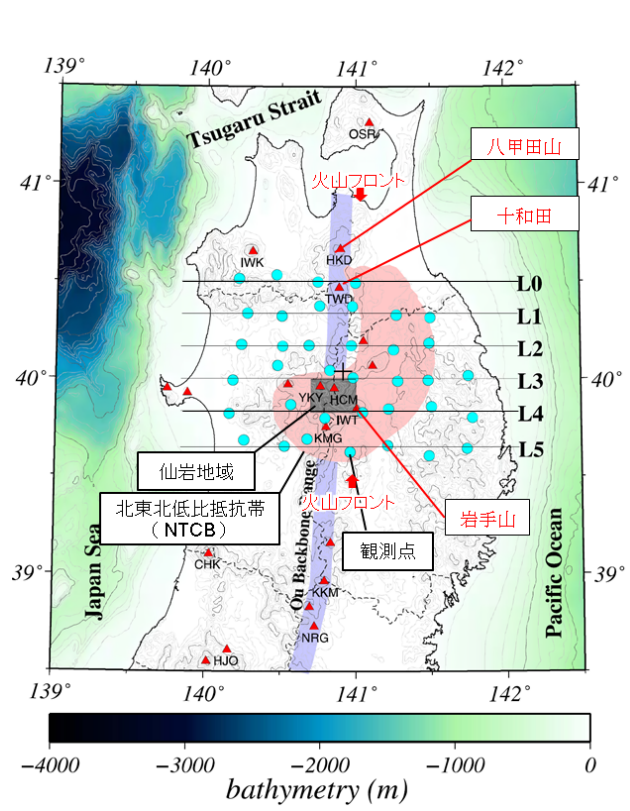
第15図 Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果(2/2)



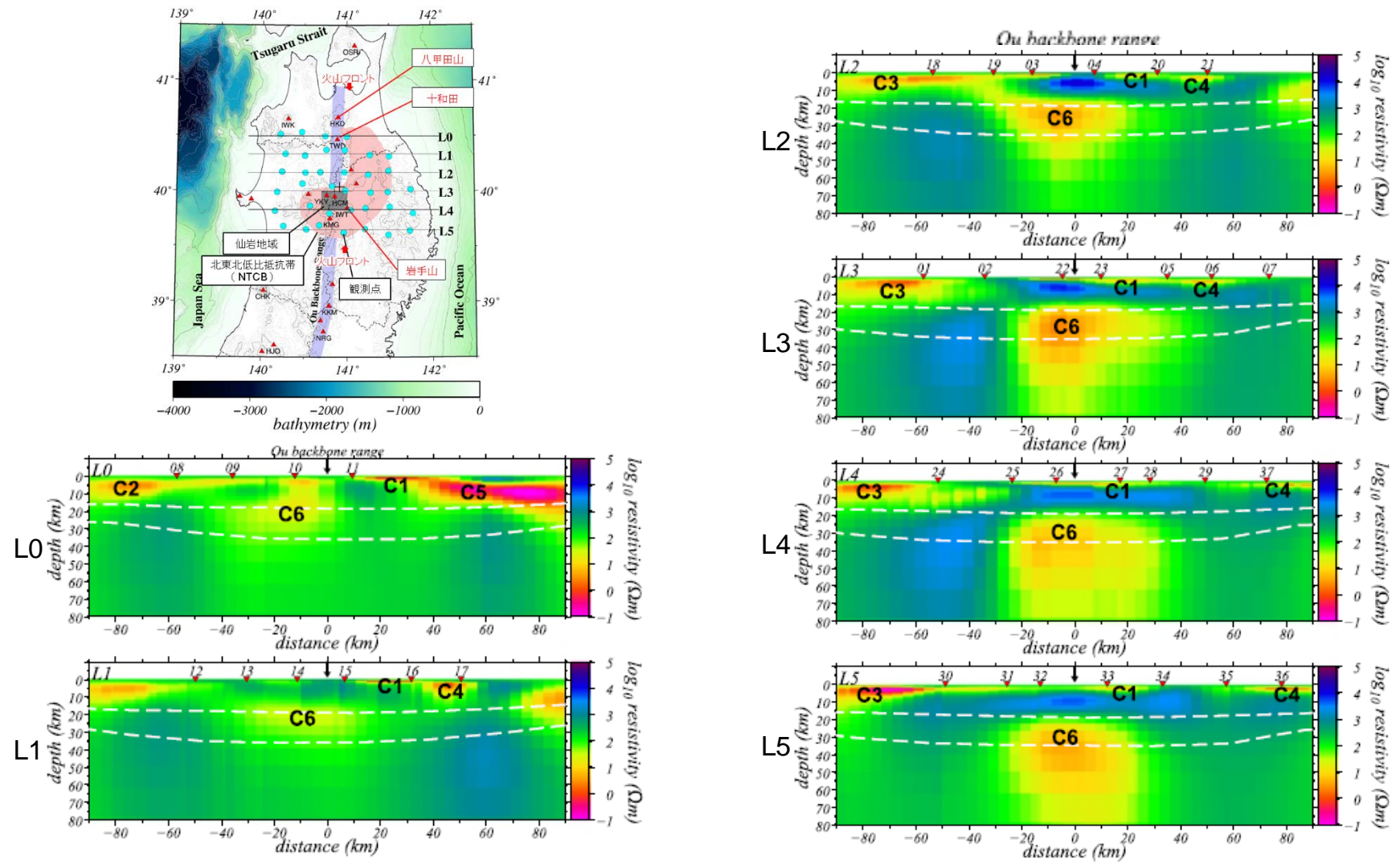
Kanda and Ogawa(2014)のインダクションベクトルのうち青矢印は、Ogawa(1987)で示された観測データに基づくインダクションベクトルと同じ。

Skin depthは、観測する周波数帯域の電磁場がどれくらいの深さの情報を持っているかの指標となる。上嶋(2009)に基づけば、大地の比抵抗を100Ωmと仮定すると、  
 ・16秒周期では深さ約20km以浅  
 ・64秒周期では深さ約40km以浅  
 ・256秒周期では深さ約80km以浅の比抵抗構造を反映する。

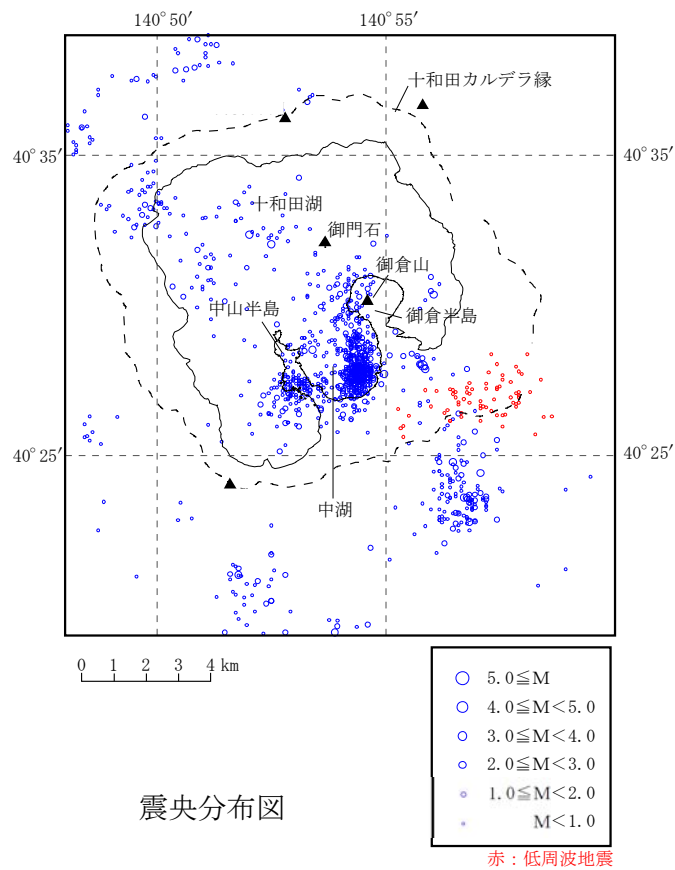
第16図 北東北における観測及びモデル化されたインダクションベクトル (kanda and ogawa (2014) <sup>(19)</sup> に加筆)



第 17 図 北東北の三次元比抵抗構造 (水平断面) (1/2) (kanda and ogawa(2014)<sup>(19)</sup>に加筆)



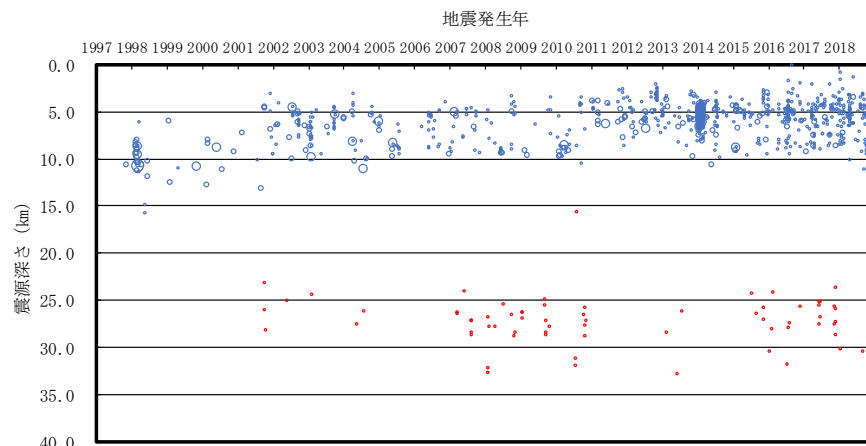
第 17 図 北東北の三次元比抵抗構造 (鉛直断面) (2/2) (kanda and ogawa(2014)<sup>(19)</sup>に加筆)



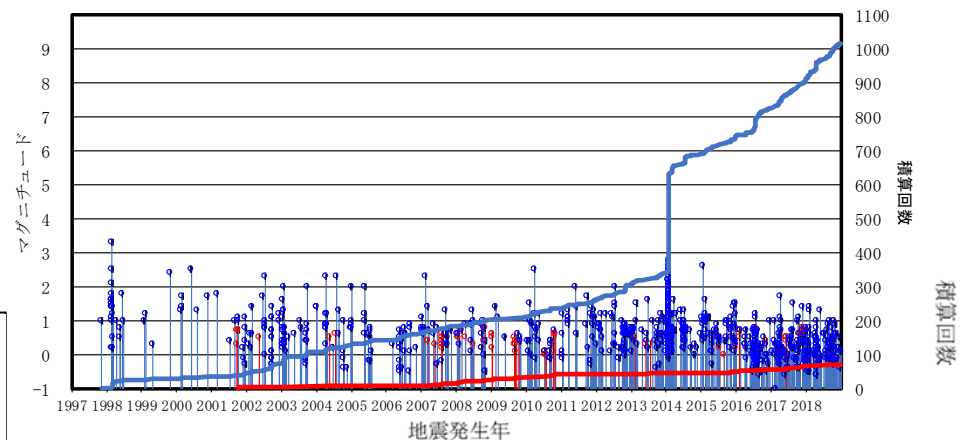
震央分布図

気象庁一元化震源カタログ  
 地震月報 (カタログ編)<sup>(20)</sup> (期間: 1997年10月~2017年12月)  
 気象庁一元化処理震源要素<sup>(21)</sup> (期間: 2018年1月~2018年12月)  
 に基づき作成

赤: 低周波地震

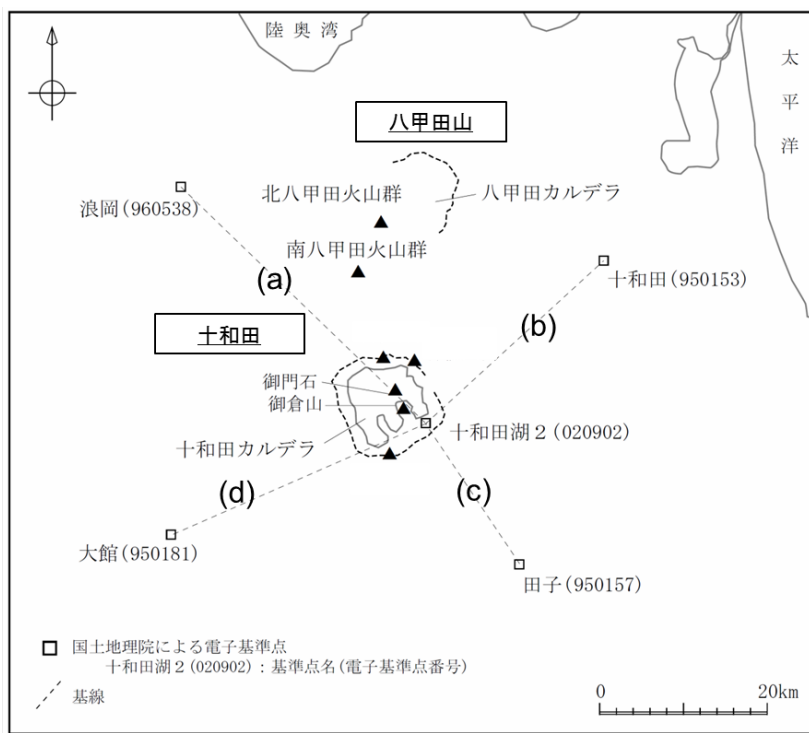


震源深さの時間変化図

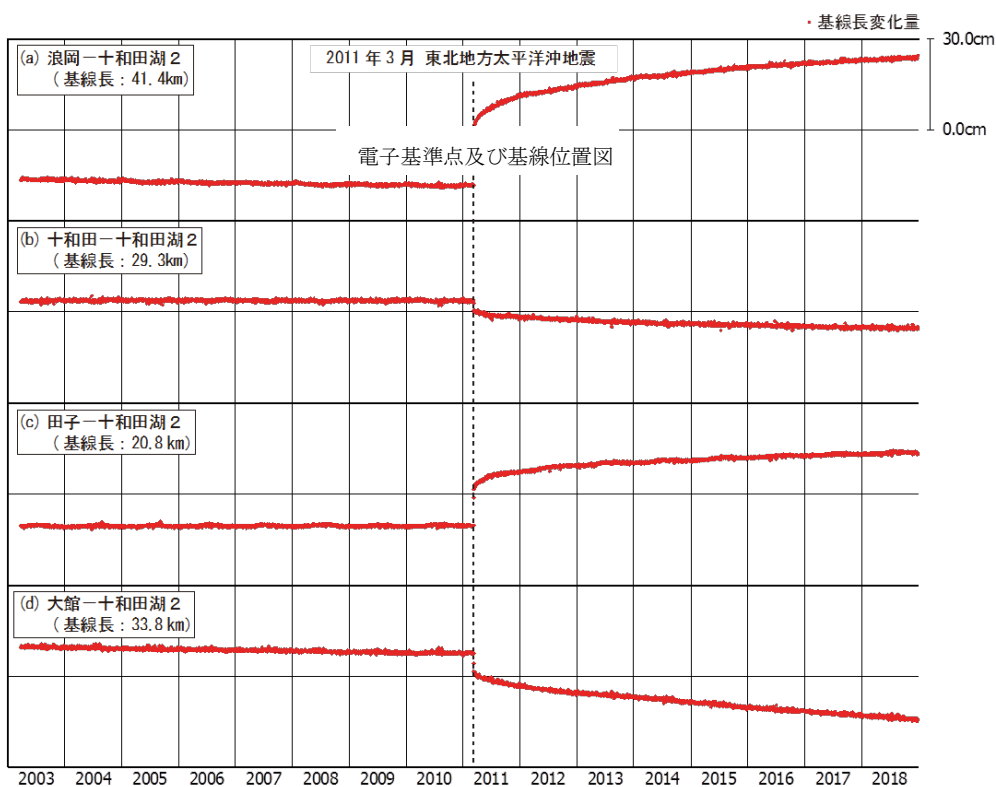


地震活動経過図及び回数積算曲線

第18図 十和田付近における地震活動



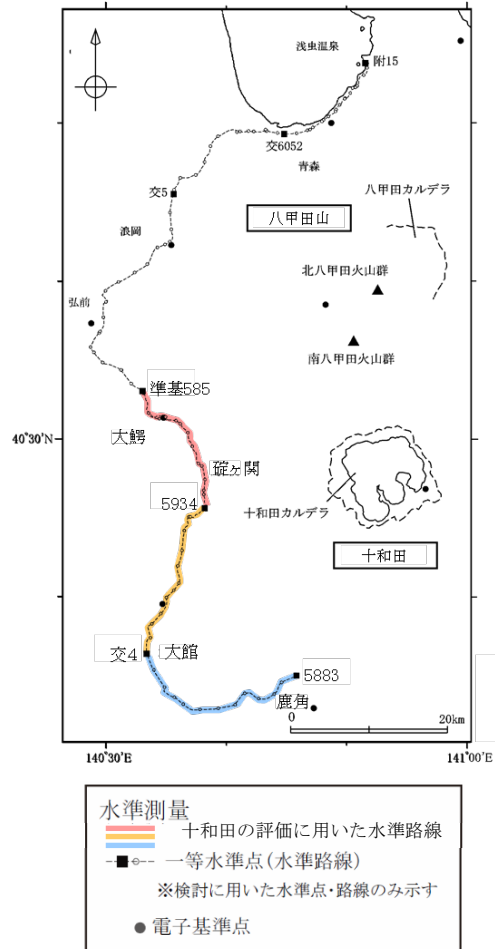
電子基準点及び基線位置図



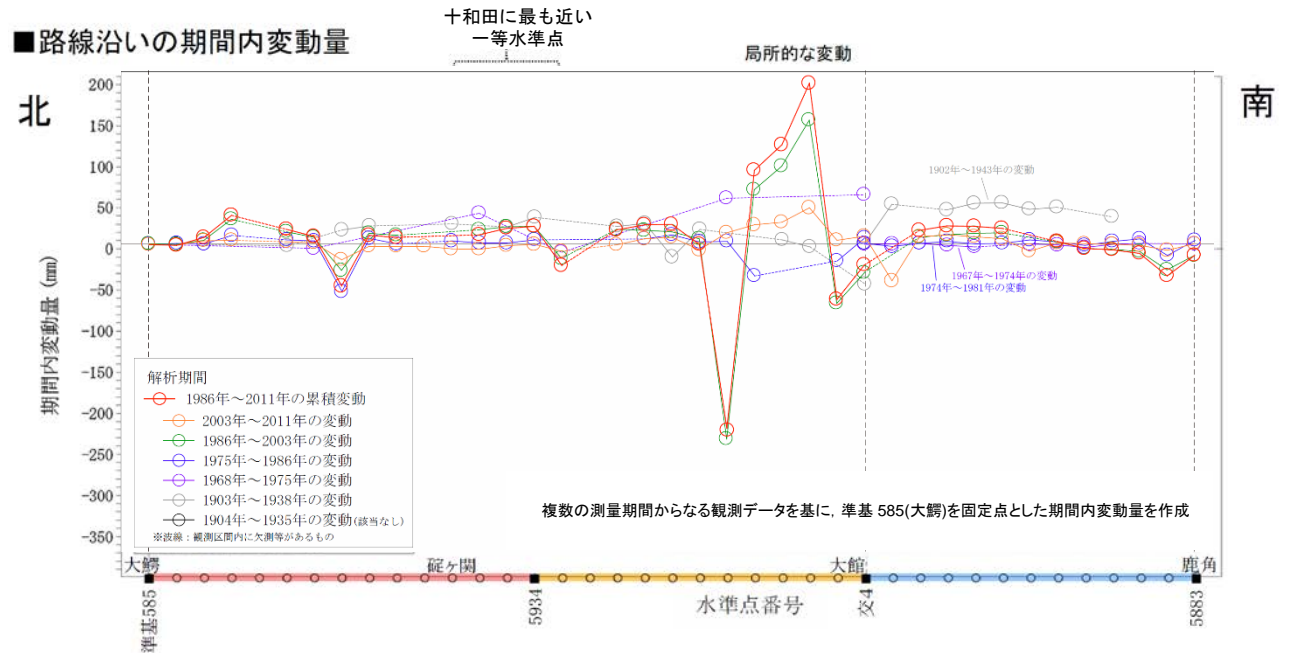
第 19 図 十和田を囲む電子基準点間の基線長の時間変化 (斜距離成分)

(国土地理院の電子基準点データより作成 (期間 : 2003 年 1 月 ~ 2018 年 12 月))

■水準路線



■路線沿いの期間内変動量



第 20 図 十和田付近の一等水準路線の上下変動の期間内変動量

(国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録より作成)



#### d. 巨大噴火の可能性評価のまとめ

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・噴出率が異なる(巨大噴火前には数万年間の低噴出率期が先行する傾向が見られるが、後カルデラ期は高噴出率期である)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)<sup>(11)</sup>。

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と評価した。

地球物理学的調査の結果、現状、十和田直下の上部地殻内(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。

文献調査の結果、十和田について、高橋(2008)<sup>(13)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(11)</sup>には、現状、巨大噴火の可能性が低いとする主旨の知見は認められるが、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。また、十和田火山防災協議会(2018)<sup>(14)</sup>による十和田火山災害想定影響範囲図においても、巨大噴火を想定していない。

以上のことから、十和田の現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、巨大噴火の可能性は十分小さいと評価した。

## (b ii) 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

### a. 活動履歴

最後の巨大噴火(噴火エピソード L)以降の活動期である後カルデラ期は、1,000年単位で頻繁に噴火を続けており、後カルデラ期と同規模の活動可能性は十分小さいと判断できない。したがって、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(見かけの噴出量は約 5km<sup>3</sup>)を対象として、敷地への到達の可能性を評価する。(第 21 図)

### b. 地質調査及び火山学的調査

町田・新井(2011)<sup>(9)</sup>及び Hayakawa(1985)<sup>(10)</sup>は、毛馬内火砕流堆積物を十和田カルデラから主に河川沿いに図示している。また、十和田火山防災協議会(2018)<sup>(14)</sup>は、広井ほか(2015)<sup>(26)</sup>等を考慮し、毛馬内火砕流堆積物及び 0YU-2b の火砕サージ堆積物の確認地点を基に、十和田カルデラの周囲約 20km の範囲を火砕流・火砕サージの推定到達範囲として図示している。それらを合わせて第 22 図に示す。いずれの知見においても、毛馬内火砕流は、敷地に到達していない。

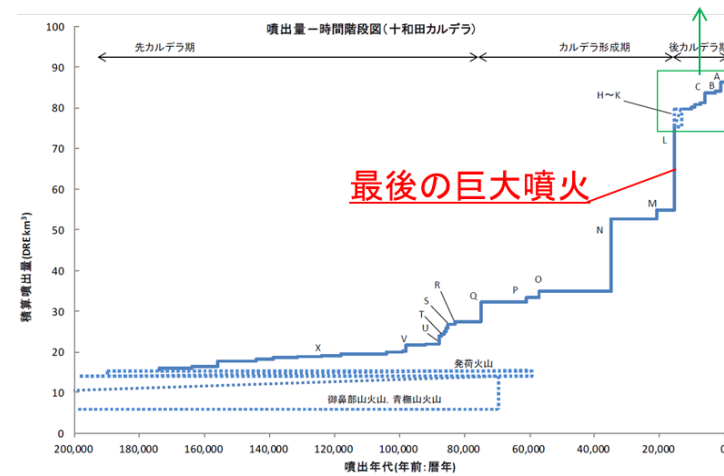
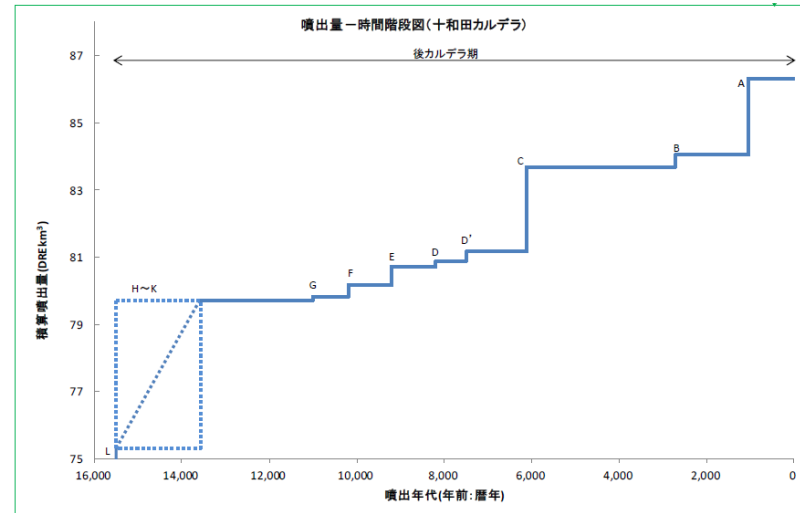
文献に示される毛馬内火砕流堆積物の分布を第 7 図に示す。文献調査の結果、毛馬内火砕流は敷地には到達していない。

### c. 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価のまとめ

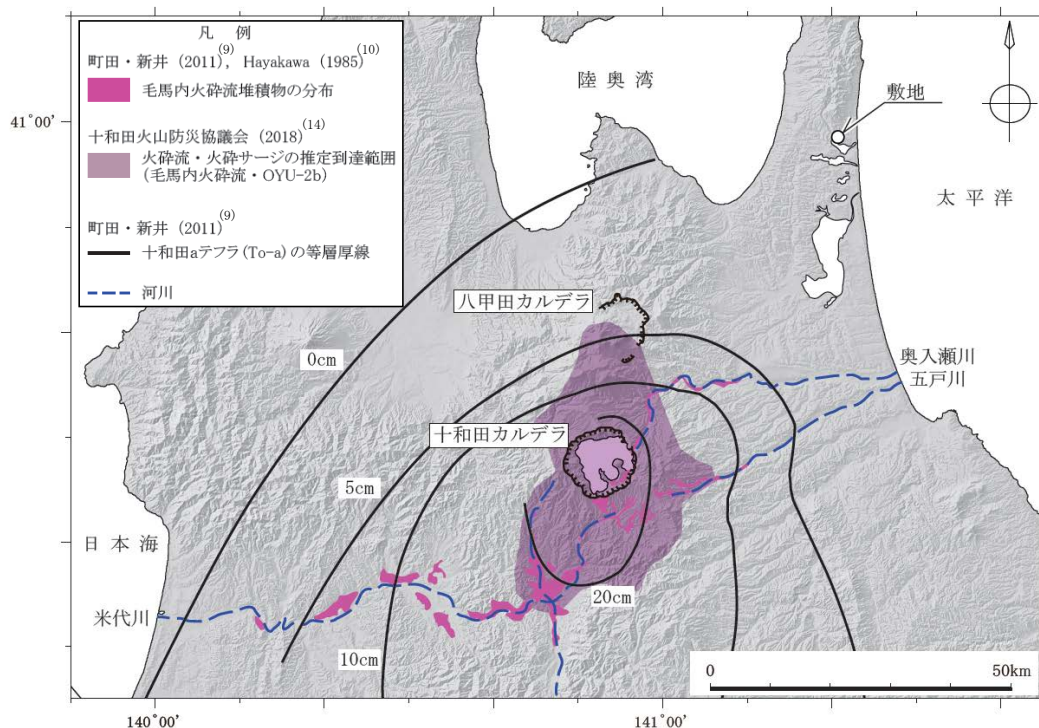
活動履歴及び地質調査・火山学的調査の結果より、最後の巨大噴火以降の最大規模の毛馬内火砕流が敷地に到達していないことから、火砕物密度流が廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。また、火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、「4. (1) 詳細調査対象火山の抽出」に記載するように、敷地と火山の離隔等から、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

活動期	噴火エピソード (10) (Hayakawa, 1985)	噴出物	マグマ種類	噴火様式	体積・km <sup>3</sup> (斜体はDRE 下線は見かけの噴出量)
後カルデラ 成層火山・ 溶岩ドーム (後カルデラ 期)	A	十和田aテフラ			
		毛馬内火砕流	流紋岩～ デイサイト	火砕流	2.27 <sup>※2</sup>
		大湯3軽石	—	降下軽石	6.51 <sup>※3</sup>
		大湯2火山灰(OYU-2)	—	降下火山灰, 火砕サージ	
	B	大湯1軽石	流紋岩	降下軽石	
		惣部火山灰	—	降下火山灰	0.35 <sup>※2</sup>
	C	迷ヶ平軽石	流紋岩	降下軽石	0.84 <sup>※3</sup>
		宇樽部火山灰	デイサイト	火砕サージ, 降下火山灰	2.52 <sup>※2</sup>
		金ヶ沢軽石	デイサイト	降下軽石	9.18 <sup>※3</sup>
	D'	中郷軽石(CU)	デイサイト	プリニ-式噴火, 降下軽石	
		御門石溶岩	デイサイト	溶岩ドーム	0.29 <sup>※2</sup>
		御倉山溶岩	デイサイト	溶岩ドーム	0.325 <sup>※3</sup>
	D	戸来火山灰	デイサイト	マグマ水蒸気噴火, 降下火山灰	19 <sup>※1</sup>
		中ノ沢火山灰	—	降下火山灰	0.16 <sup>※2</sup>
	E	小国軽石	デイサイト	降下軽石, 降下火山灰	0.34 <sup>※3</sup>
		貝守火山灰	—	降下火山灰	0.54 <sup>※2</sup>
	F	南部軽石	デイサイト	プリニ-式噴火, 降下軽石	2.51 <sup>※3</sup>
		椋山火山灰	安山岩	降下火山灰, スコリア	0.36 <sup>※2</sup>
	G	夏坂スコリア	安山岩	降下スコリア	1.26 <sup>※3</sup>
		新郷軽石	デイサイト	降下軽石	0.1 <sup>※2</sup>
H I J K	五色岩火山, 二の倉テフラ群 (二の倉期後, 中, 前期)	玄武岩質 安山岩	溶岩流, 降下スコリア, 降下火山灰	4.42 <sup>※2</sup>	
				0.45 <sup>※3</sup>	
				10.4 <sup>※3</sup>	

※1: 第四紀火山カタログ委員会編 (1999) <sup>(9)</sup>より引用 ※2: 文献中で DRE 換算されている値を階段図等から読み取った体積 ※3: Hayakawa (1985) <sup>(10)</sup>より引用



第21図 十和田の後カルデラ期の階段ダイアグラム(山元(2015) <sup>(8)</sup>に基づき作成)



第 722 図 毛馬内火砕流堆積物の分布

(十和田火山防災協議会 (2018)<sup>(14)</sup>、町田・新井 (2011)<sup>(9)</sup>、Hayakawa (1985)<sup>(10)</sup> に基づき作成)

(e) 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.(3) 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)<sup>(97)</sup>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を第 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。

気象庁編(2013)<sup>(2)</sup>によると、八甲田山は、少なくとも 17 以上の成層火山や溶岩ドームからなり、南八甲田火山群及び北八甲田火山群に区分され、八甲田カルデラは、北八甲田火山群の直下～北東に存在するとしている。中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>及び宝田・村岡(2004)<sup>(27)</sup>によると、南八甲田火山群は、八甲田カルデラの先カルデラ火山であり、約 1.1Ma～0.3Ma に活動したとしている。

村岡・高倉(1988)<sup>(28)</sup>によると、八甲田カルデラの噴出物として、八甲田第 1 期火砕流堆積物及び八甲田第 2 期火砕流堆積物が示されている。

中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(29)</sup>によると、八甲田山の活動を南八甲田火山群、八甲田カルデラ及び北八甲田火山群の活動に区分し、このうち、八甲田カルデラにおいては、約 1Ma(八甲田中里川)、0.9Ma(八甲田黄瀬)、0.76Ma(八甲田第 1 期)及び 0.40Ma(八甲田第 2 期)に大規模火砕流を噴出したとしている。

工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>によると、北八甲田火山群は、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としている。これらを踏まえた八甲田山の各火山の分布と階段ダイアグラムを第 23 図に示す。これらの噴火のうち、巨大噴火に該当する噴火は、八甲田カルデラの八甲田第 1 期火砕流(見かけの噴出量は 37km<sup>3</sup>)及び八甲田第 2 期火砕流(見かけの噴出量は 36km<sup>3</sup>)を噴出した噴火である。

したがって、この 2 回の巨大噴火と最後の巨大噴火(八甲田第 2 期火砕流を噴出した噴火)以降の噴火を対象に評価を実施した。

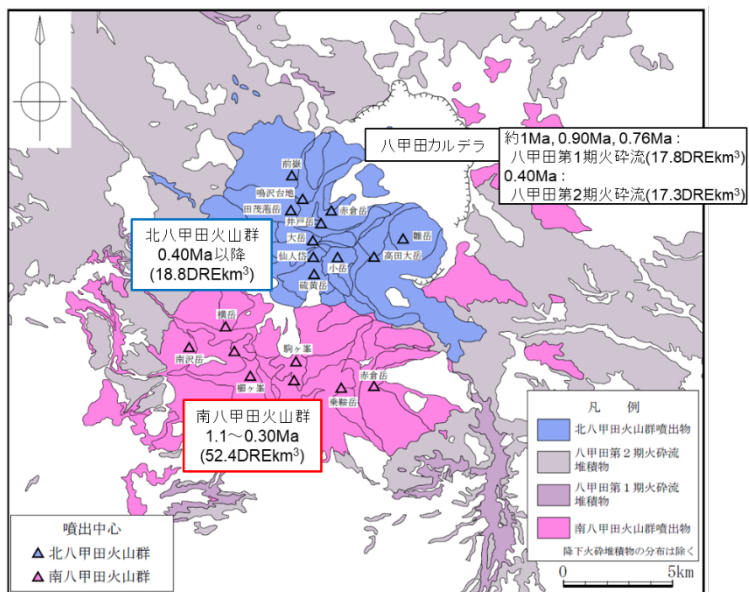
#### (i) 巨大噴火の可能性評価

##### a. 活動履歴

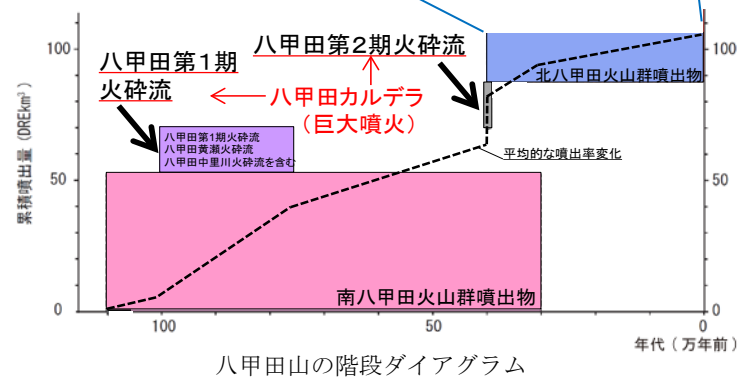
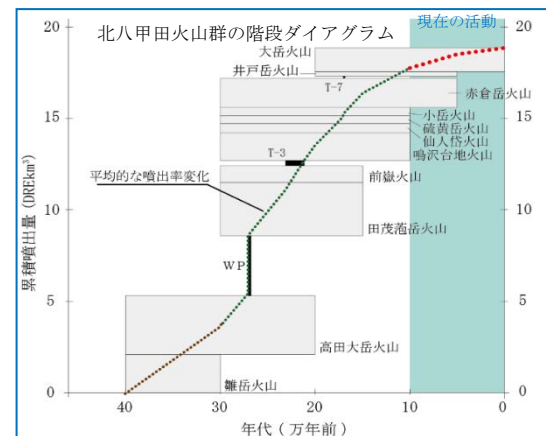
八甲田山は、約 110 万年前から活動を開始し、南八甲田火山群及び八甲田カルデラの活動後、最近 30 万年間では北八甲田火山群のみ活動が継続している。工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>によると、北八甲田火山群は、八甲田カルデラの形成後の約 40 万年前以降に活動を開始した後カルデラ火山群である。また、北八甲田火山群の噴出率及び活動様式の時間変化から、その火山活動のピークは 40 万年前～10 万年前までの間にあったと考えられ、10 万年前以降の火山活動は比較的低調になっているとし

ている。加えて、噴出中心が火山群中央部に収束する傾向が認められることから、北八甲田火山群の活動は、長期的にみると終息へ向かいつつある状態と解釈できるとしている(第24図)。

また、文献調査の結果、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ず、八甲田山火山防災協議会(2014)<sup>(4031)</sup>による火山災害予想区域図においても、巨大噴火を想定していない。

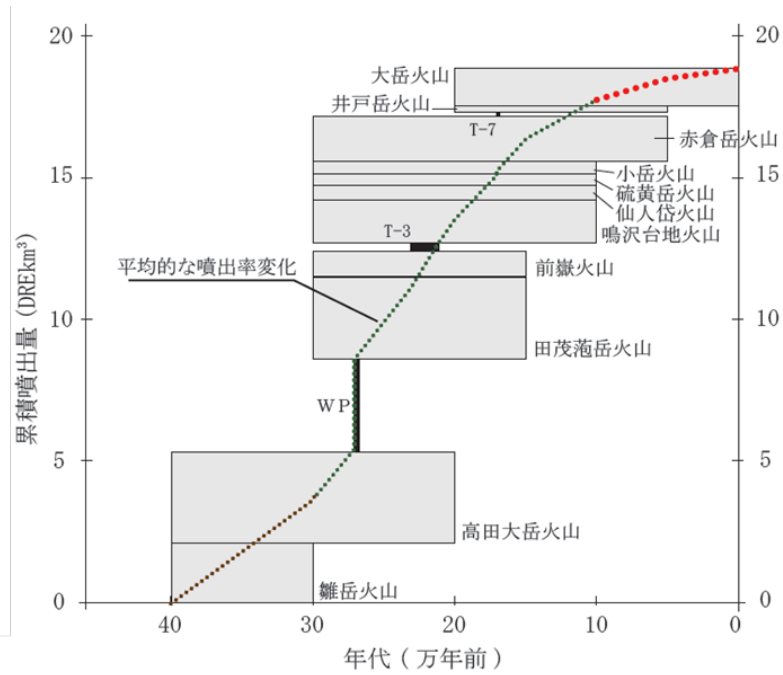


八甲田山の地質図



第 823 図 八甲田山の噴出物の分布と階段ダイアグラム

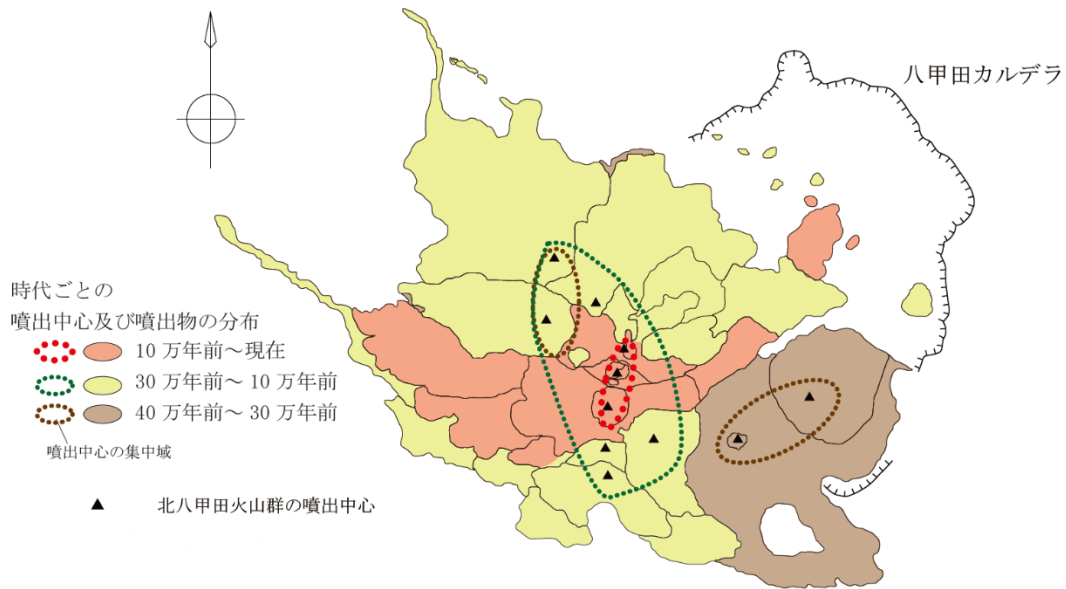
(村岡・高倉(1988)<sup>(28)</sup>、宝田・村岡(2004)<sup>(27)</sup>、中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>、工藤ほか(2011)<sup>(29)</sup>、Umeda et al. (2013)<sup>(662)</sup>、工藤ほか(2004)<sup>(230)</sup>に基づき作成)



火山体	年代	噴出量	降下火砕物	年代※	噴出量
大岳火山	0.2Ma ~ 現在	1.3DREkm <sup>3</sup>	T-7	0.17Ma	0.1DREkm <sup>3</sup>
井戸岳火山	0.2Ma ~ 0.1Ma 以降	0.25DREkm <sup>3</sup>	T-3	0.23Ma ~ 0.21Ma	0.3DREkm <sup>3</sup>
赤倉岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma 以降	1.6DREkm <sup>3</sup>	甲地軽石 (WP)	0.27Ma	3.3DREkm <sup>3</sup>
小岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.45DREkm <sup>3</sup>			
硫黄岳火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.43DREkm <sup>3</sup>			
仙人岱火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	0.51DREkm <sup>3</sup>			
鳴沢台地火山	0.3Ma ~ 0.1Ma	1.4DREkm <sup>3</sup>			
前嶽火山	0.3Ma ~ 0.15Ma	0.91DREkm <sup>3</sup>			
田茂菴岳火山	0.3Ma ~ 0.15Ma	2.9DREkm <sup>3</sup>			
高田大岳火山	0.4Ma ~ 0.2Ma	3.2DREkm <sup>3</sup>			
雑岳火山	0.4Ma ~ 0.3Ma	2.1DREkm <sup>3</sup>			

※八甲田第2期火砕流堆積物と洞爺火山灰の年代及び堆積物間の土壌層厚からの推定値

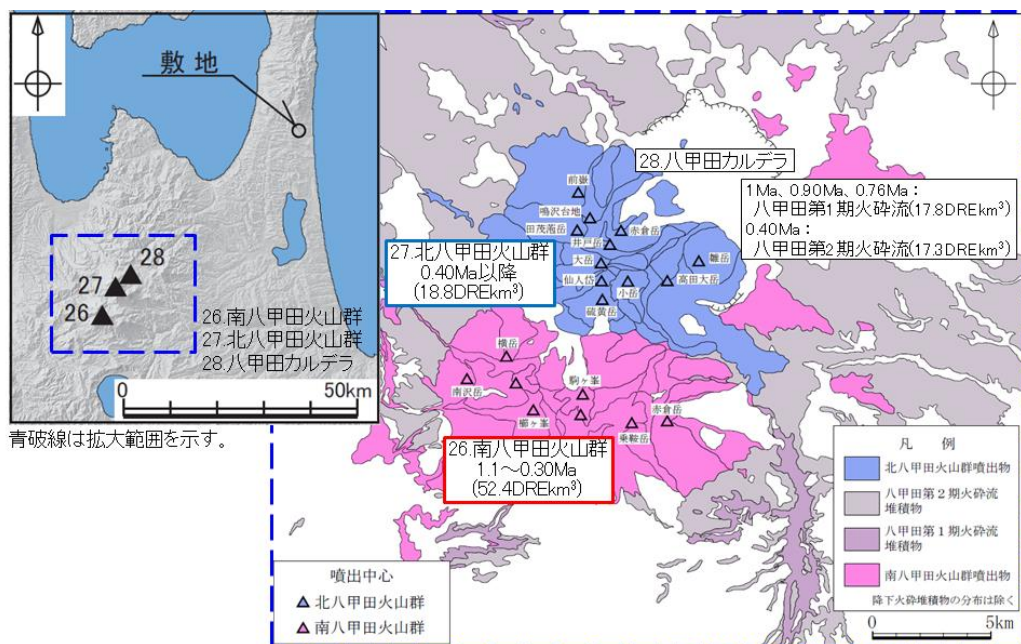
※北八甲田火山群の噴出物の区分。年代及び噴出量は工藤ほか(2004)に基づく。



第24図 北八甲田火山群の噴出率の時間変化及び噴出中心の時空間分布

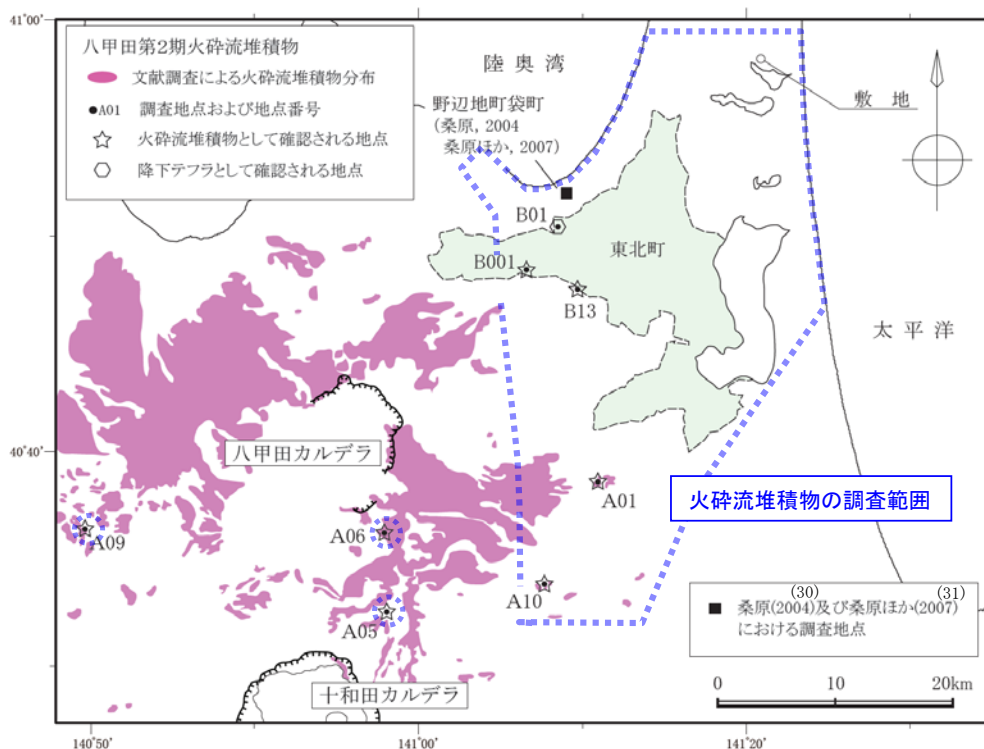
(工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>に基づき作成)





村岡、高倉(1988)<sup>(28)</sup>、宝田、村岡(2004)<sup>(9)</sup>に基づき作成、年代は中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(13)</sup>、噴出量はUmeda et al.(2013)<sup>(26)</sup>及び工藤ほか(2004)<sup>(27)</sup>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)<sup>(28)</sup>、村岡ほか(1991)<sup>(14)</sup>、大沢ほか(1993)<sup>(15)</sup>、桑原(2004)<sup>(29)</sup>、桑原ほか(2007)<sup>(30)</sup>に基づき作成。

第10図—八甲田第2期火砕流堆積物の分布

## b. 地質調査及び火山学的調査

八甲田山において、過去最大規模の火砕物密度流を噴出した八甲田カルデラの噴出物を対象に調査を実施した。

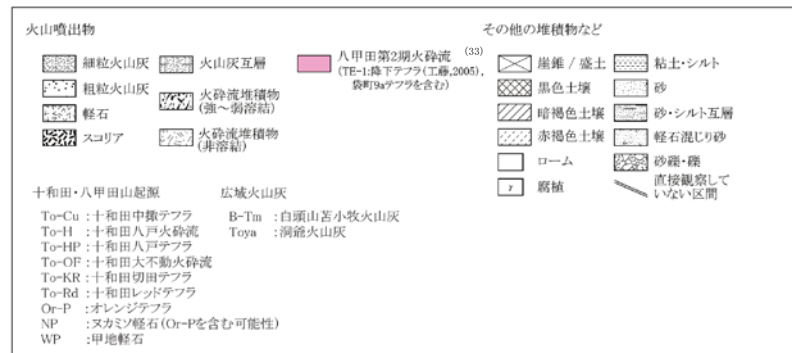
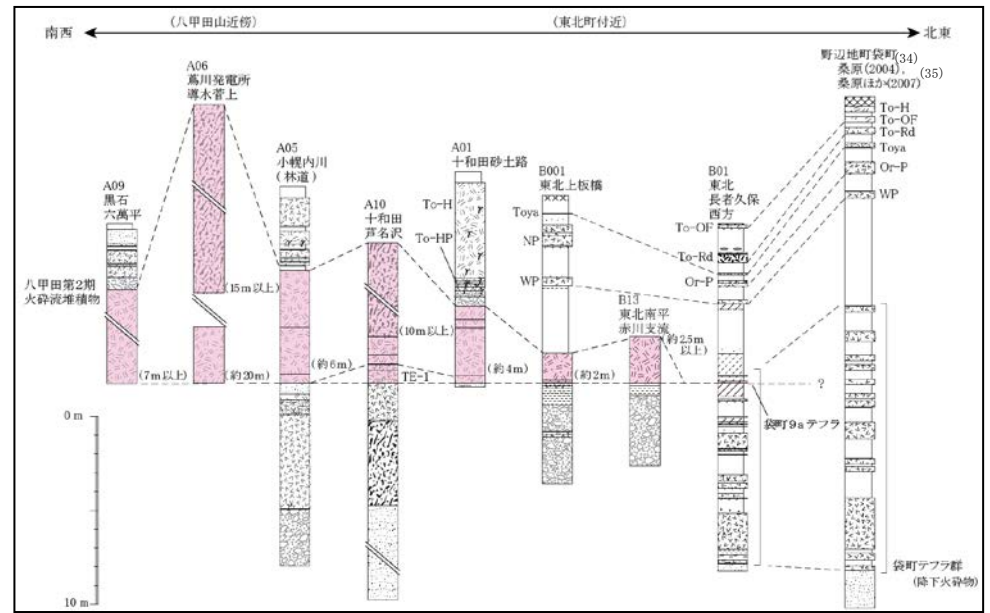
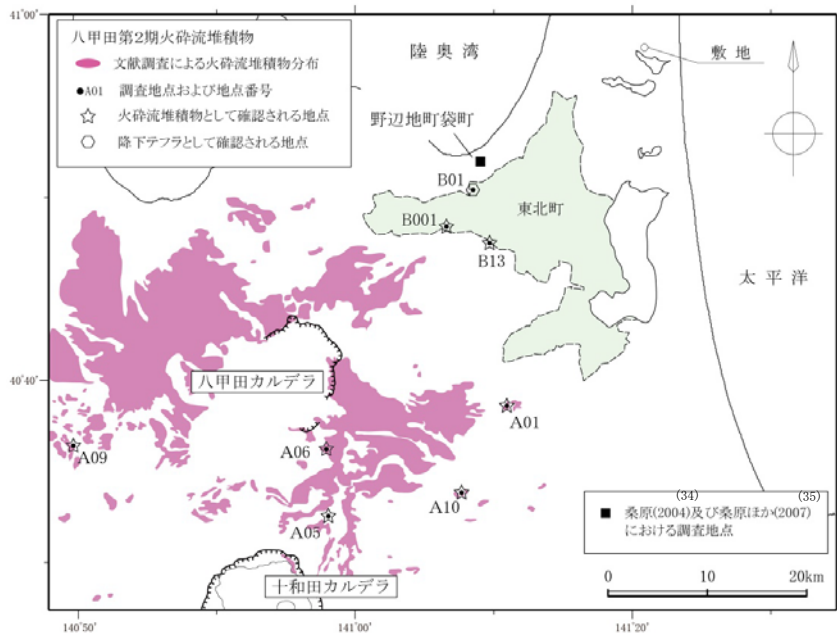
村岡・高倉(1988)<sup>(28)</sup>、第四紀火山カタログ委員会編(1999)<sup>(5)</sup>によると、八甲田第1期火砕流の見かけの噴出量は37km<sup>3</sup>、八甲田第2期火砕流の見かけの噴出量は36km<sup>3</sup>とされているが、八甲田第1期火砕流堆積物は、工藤ほか(2006)<sup>(32)</sup>、工藤ほか(2011)<sup>(29)</sup>等によって示された年代測定、化学分析結果等によると、異なる時代の複数の火砕流堆積物で構成されている可能性があるとされている。これらのことから、2回の巨大噴火のうち八甲田第2期火砕流が、八甲田山の過去最大規模の火砕流であると評価した。

八甲田第2期火砕流堆積物は、第25図に示すように、八甲田山周辺に広く分布し、敷地方向では八甲田山から東北町西部にかけて分布し、八甲田山近傍の小幌内川林道(Loc. A05)及び十和田砂土路(Loc. A01)では層厚約6m及び約4m、東北南平赤川支流(Loc. B13)では層厚約2.5m以上の火砕流堆積物として確認した。

一方、東北長者久保西方(Loc. B01)においては、オレンジテフラ、甲地軽石(工藤(2005)<sup>(33)</sup>による「八甲田白ベタテフラ」に相当する。)及び複数の降下火砕物(袋町テフラ群: 桑原(2004)<sup>(34)</sup>の「袋町1~13テフラ」に相当する。)が確認され、これらの間に挟まる袋町9aテフラは、おおむね淘汰良好な軽石を主体とすることから、降下火砕物と評価した。また、その年代及び鉱物的特徴(石英を非常に多く含む等)は、八甲田第2期の噴出物と類似することから、八甲田第2期の噴火に伴って噴出した降下火砕物と考えられる。

しかし、本地点には、八甲田第2期の噴火に伴う火砕流堆積物は確認できない。このことは、本地点には、八甲田第2期の噴火に伴う火砕流は到達していないことを示唆している(第26図)。加えて、桑原(2004)<sup>(34)</sup>及び桑原ほか(2007)<sup>(35)</sup>によると、野辺地町袋町地点における露頭から、降下火砕物等の層序等に関する報告がされているが、八甲田第2期火砕流堆積物は認められていない。

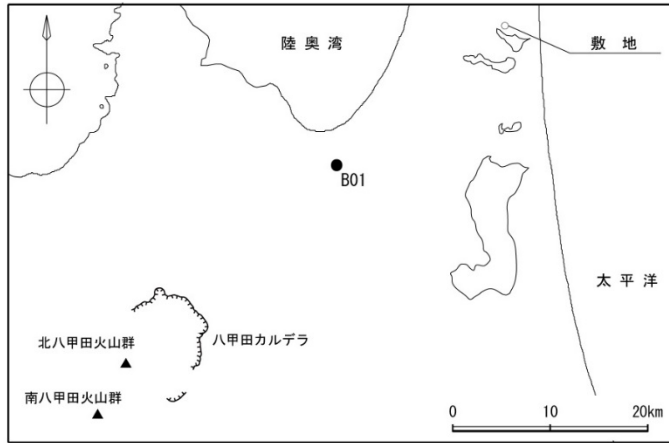
以上のことから、これらの地点より北方に位置する敷地に火砕流は到達していないと評価した。



(村岡・高倉(1988)<sup>(28)</sup>、村岡ほか(1991)<sup>(55)</sup>、大沢ほか(1993)<sup>(56)</sup>、青森県史編さん自然部会(2001)<sup>(59)</sup>、桑原(2004)<sup>(34)</sup>及び桑原ほか(2007)<sup>(35)</sup>に基づき作成

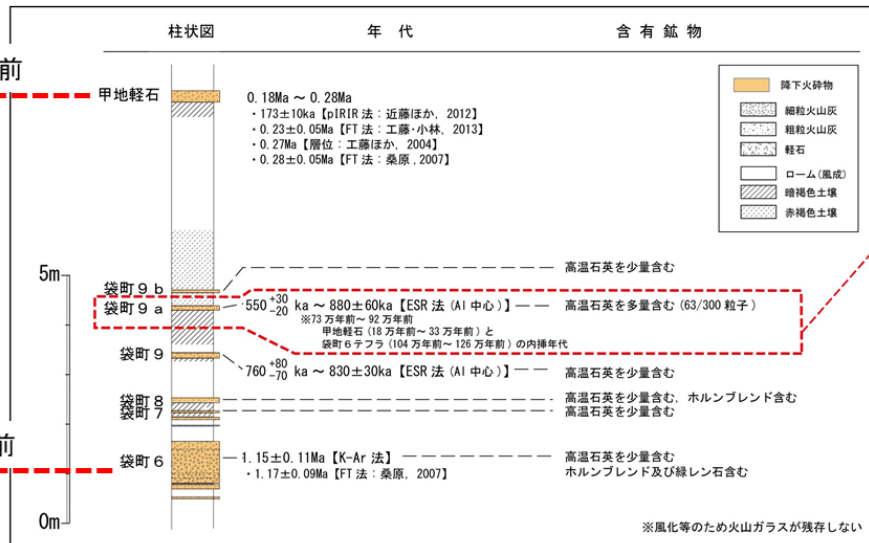
第 25 図 八甲田第 2 期火砕流堆積物に着目した地質柱状図

【東北町の露頭：B01 地点】



露頭写真

18~28万年前



約100万年前

八甲田山周辺に分布する主な堆積物	年代	含有鉱物
八甲田第2期	約40万年前	高温石英を多量含む。 高温石英を多量含む。
八甲田第1期	約76万年前	高温石英、カミングトン閃石を少量含む 高温石英を含む。
八甲田黄瀬	約90万年前	（高温石英含まない）
黄瀬川	78万年前～99万年前	高温石英を少量含む
八甲田中里川	約100万年前	高温石英を含む

宝田・村岡（2004）、工藤ほか（2006）等に基づき作成

第26図 Loc. B01における八甲田カルデラの噴出物に着目した地質柱状図等

### c. 地球物理学的調査

地球物理学的調査として、十和田と同様に、地震波速度構造、比抵抗構造、地震活動及び地殻変動に関する検討を実施した。流体の存在に敏感な比抵抗構造と、流体のうちメルトか水か推定可能な地震波速度構造は相補的な関係であるため、これらより、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性を把握した。また、地震活動及び地殻変動に関する調査を行い、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を把握した。

#### (a) 地震波速度構造及び比抵抗構造

地震波速度構造について、Nakajima et al. (2001)<sup>(16)</sup>によると、火山フロントに沿った最上部マントルの低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び高  $V_p/V_s$  は、大量のメルトの存在を示唆するとしている。また、火山フロントに沿った下部地殻のうち活火山の直下の低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び高  $V_p/V_s$  は、メルトの存在を示唆するとしている。加えて、火山フロントに沿った上部地殻のうち活火山の直下の低  $V_p$ 、低  $V_s$  及び低  $V_p/V_s$  は、水の存在を示唆するとしている（第 12 図参照）。中島 (2017)<sup>(17)</sup>によると、Nakajima et al. (2001)<sup>(16)</sup>の解析結果等から、東北地方の火山地域の地殻にはいくつかの共通する特徴が存在するとしており、上部地殻内には大規模な (>10km) マグマ溜まりは存在しないとしている（第 13 図参照）。

防災科学技術研究所 HP 上の「日本列島下の三次元地震波速度構造（海域拡大 2019 年版）」(Matsubara et al., 2019)<sup>(18)</sup>の地震波トモグラフィ解析結果（第 14 図参照）及び Hi-net や東北大学等の観測点の観測データを用いた地震波トモグラフィ解析結果（第 15 図参照）に基づくと、いずれの結果でも八甲田山直下の上部地殻内(約 20km 以浅)に、メルトの存在を示唆する顕著な低  $V_p$  かつ高  $V_p/V_s$  領域は認められない。

一方、比抵抗構造について、Kanda and Ogawa (2014)<sup>(19)</sup>によると、インダクションベクトルの実部は本質的に低比抵抗の方向を指す傾向があるとしている。小川 (1991)<sup>(36)</sup>によると、周期 64 秒のインダクションベクトル（第 27 図参照）では津軽海峡の誘導電流の影響で北向き成分が卓越するとしているが、調査域の東半分のインダクションベクトルの北向き成分が小さいことから深部に低比抵抗異常が存在することを示唆しているとしている。また、小川

(1991)<sup>(36)</sup>の広域的な比抵抗構造の影響も考慮した二次元比抵抗構造(第28図参照)によると、八甲田地域の深度10km以深に低比抵抗帯が存在しているが、八甲田山直下の上部地殻内の10km以浅に顕著な低比抵抗領域は認められない。

地震波速度構造及び比抵抗構造を統合的に解釈すると、八甲田山直下の上部地殻内の10km以深は低比抵抗領域であるが、その領域は低 $V_p$ かつ低 $V_p/V_s$ であることから、上部地殻内に大規模なマグマ溜まりの存在を示唆する顕著な低速度・高 $V_p/V_s$ かつ低比抵抗領域は認められない。

#### (b) 地震活動

気象庁一元化震源カタログ(地震月報(カタログ編)<sup>(20)</sup>(期間:1997年10月~2017年12月)及び気象庁一元化処理震源要素<sup>(21)</sup>(期間:2018年1月~2018年12月))より作成した八甲田山付近の震央分布及び地震活動の時間変化を第29図に示す。八甲田山においては、通常地震が観測期間を通じて北八甲田火山群付近の深さ10km以浅に集中している。

また、「八甲田山の火山活動解説資料(令和元年10月7日)」(気象庁、2019)<sup>(37)</sup>によると、2019年10月7日6時以降、大岳山頂の西約4km、深さ約1km付近を震源とする地震が増加し、14時まで61回発生したとしている。また、2018年4月10日に日回数22回を観測するなど、これまでも周辺で一時的な地震の増加がみられたが、低周波地震及び火山性微動は観測されておらず、地震活動以外に火山活動の活発化は認められないとし、噴火予報(噴火警戒レベル1、活火山であることを留意)の予報事項に変更はないとしている。

加えて、「火山の状況に関する解説情報(八甲田山第3号)令和元年10月8日16時00分」(気象庁、2019)<sup>(38)</sup>によると、2019年10月7日6時頃から始まった八甲田山周辺での地震は、2019年10月8日10時以降観測されていないとしている。加えて、低周波地震や火山性微動は観測されておらず、地殻変動に火山活動に伴う変化はみられないとしている。また、監視カメラによる観測では、地獄沼付近及び大岳周辺に特段の変化はみられず、火山活動の活発化を示す変化は認められないとしている。

#### (c) 地殻変動

国土地理院(2018)<sup>(23)</sup>によると、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後

の余効変動が、東日本の広い範囲で見られるとしている。

国土地理院による電子基準点データから作成した八甲田山周辺の基準点間の基線長（斜距離成分）の時間変化（期間：1997年1月～2018年12月）を第30図に示す。八甲田山では、2011年東北地方太平洋沖地震前において、十和田―黒石及び青森A―十和田の基準点間で継続的な縮みが確認されていた。しかし、2011年東北地方太平洋沖地震以降、全ての基線において余効変動が継続している。

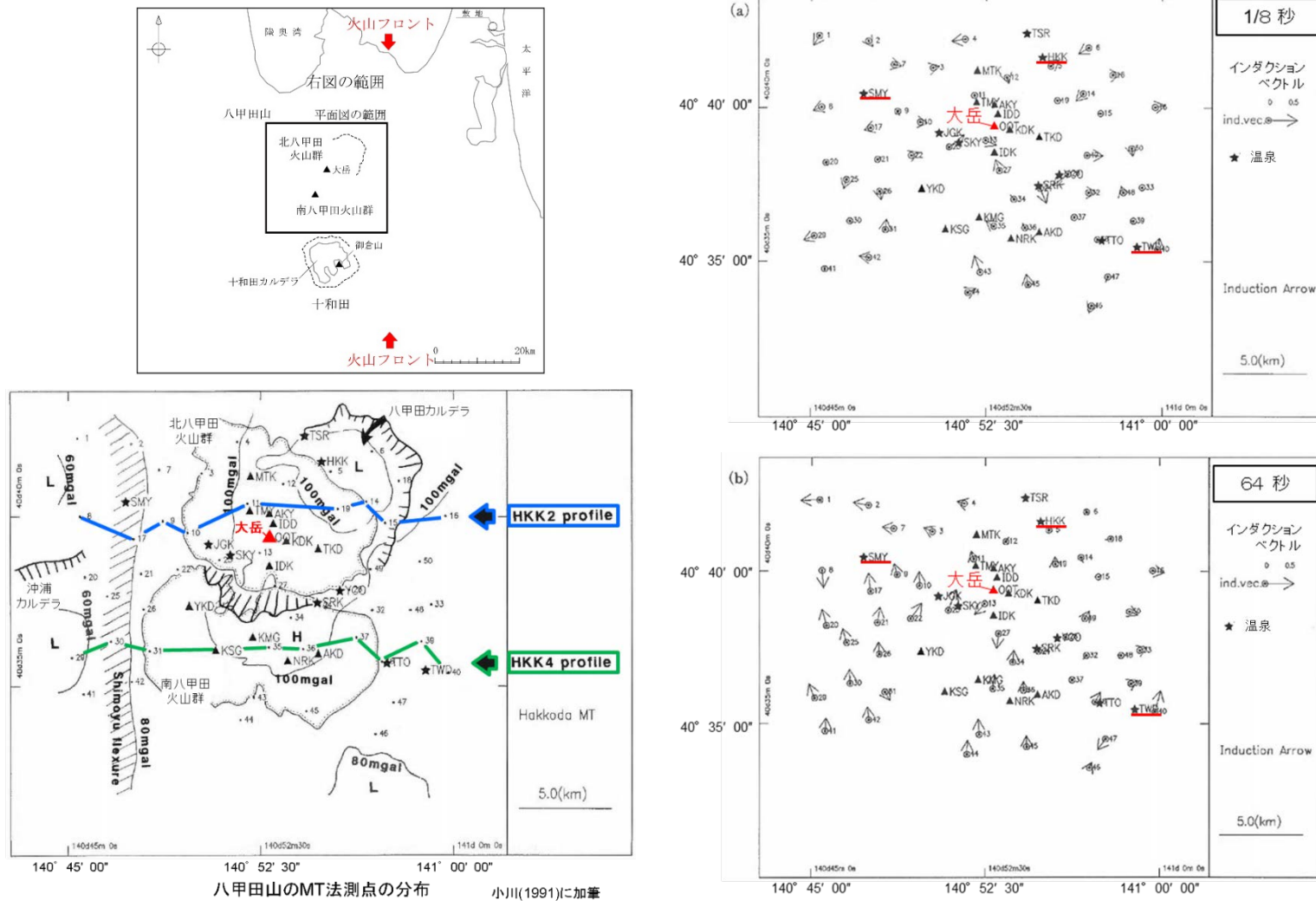
また、「八甲田山の火山活動解説資料（平成26年6月）」（気象庁、2014）<sup>(39)</sup>によると、2013年2月頃以降わずかな膨張を示す地殻変動がみられていたが、8月頃から鈍化し、11月頃からは停滞しその状態が続いているとしている。

加えて、第131回火山噴火予知連絡会資料（気象庁、2015）<sup>(24)</sup>によると、八甲田山周辺における干渉SARの解析結果（2014年9月4日と2014年10月16日）について、ノイズレベルを超える位相変化は認められないとしており、第143回火山噴火予知連絡会資料（気象庁、2019）<sup>(25)</sup>において、八甲田山周辺における干渉SARの解析結果（2015年10月8日と2018年10月18日）について、山頂の西側周辺で衛星視線方向伸長の位相変化が認められるが、気象ノイズによる可能性があるとしている。

さらに、国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録を基に作成した、八甲田山付近の一等水準路線の上下変動（第31図参照）によると、青森及び藤崎町付近において地盤沈下による局所的な変動はあるが、八甲田山に最も近い青森付近の一等水準点には継続的な変位の累積は認められず、八甲田山を中心とした継続的な変位の累積は認められない。

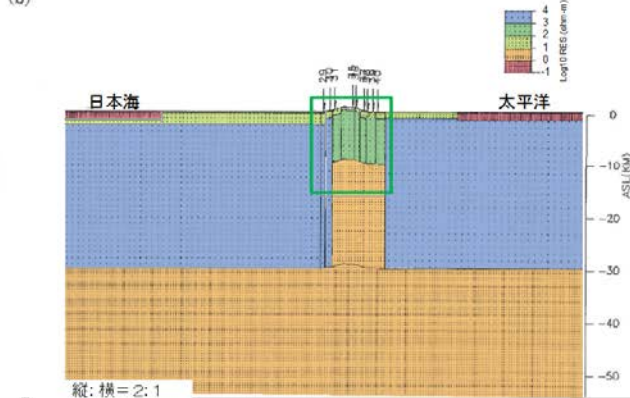
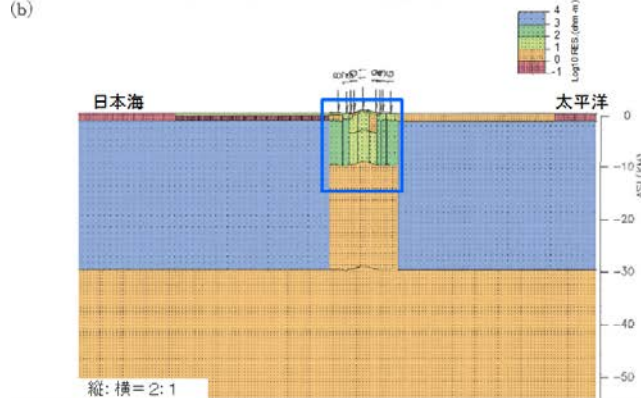
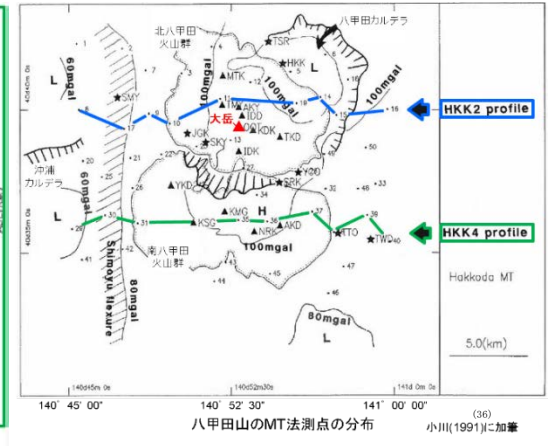
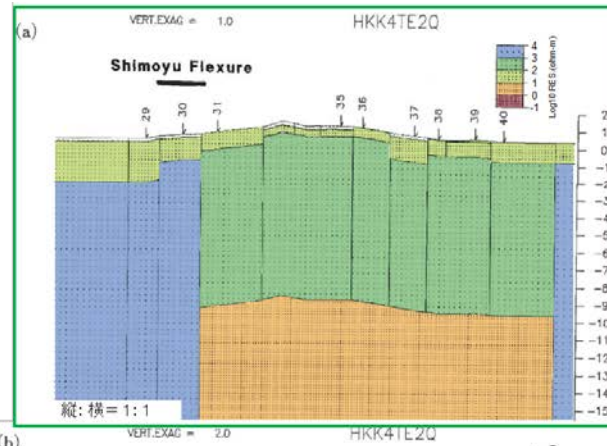
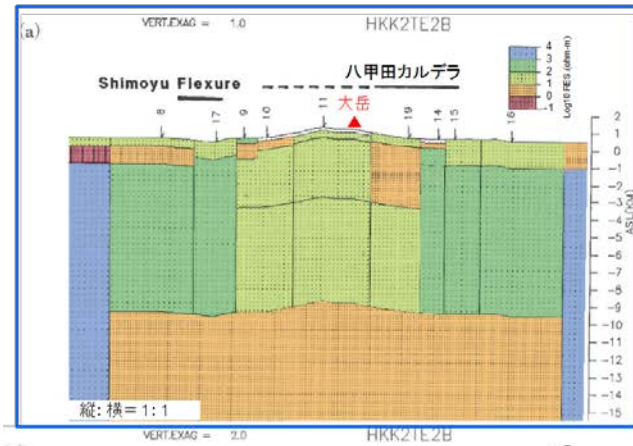
#### (d) 地球物理学的調査の評価

また、地震波速度構造<sup>(19)(20)</sup>、比抵抗構造<sup>(31)</sup>並びに、地震及び地殻変動<sup>(32)</sup>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（根拠資料参照）。



第27図 八甲田山におけるインダクションベクトルの実部の分布 (小川(1991)<sup>(36)</sup>に加筆)

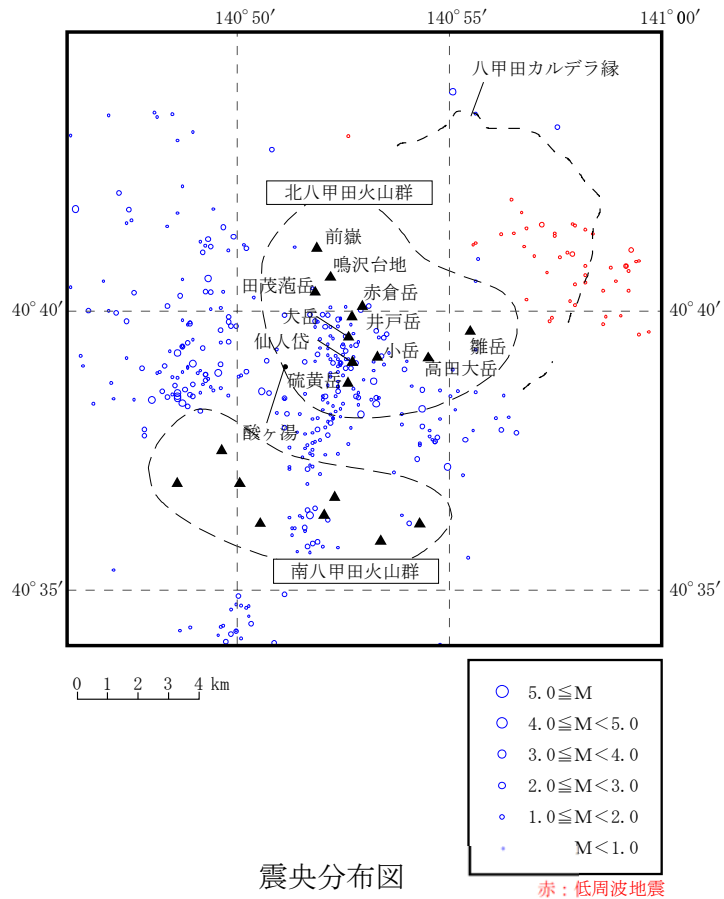




北八甲田火山群と八甲田カルデラを切る測線 (HKK 2)

南八甲田火山群を切る測線 (HKK 4)

第 28 図 八甲田山の比抵抗構造 (小川(1991)<sup>(36)</sup>に加筆及び塗色)



震央分布図

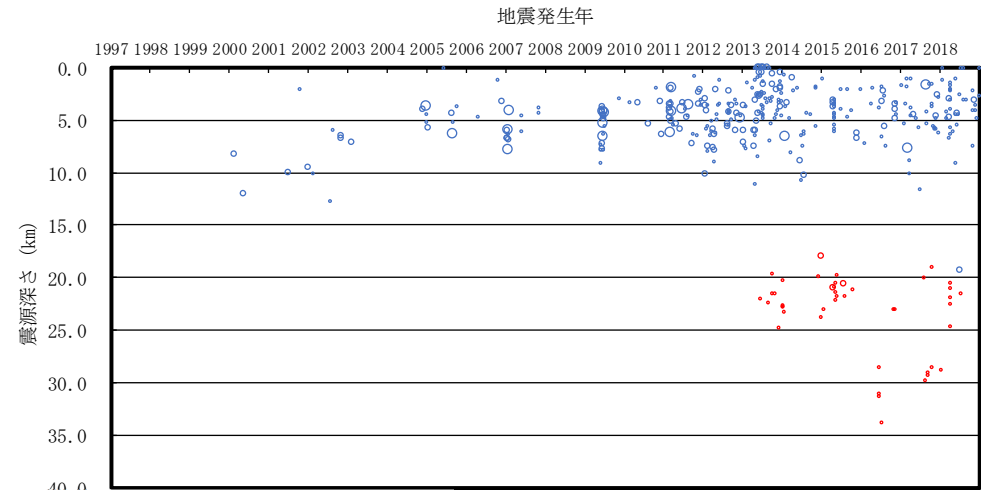
赤：低周波地震

気象庁一元化震源カタログ

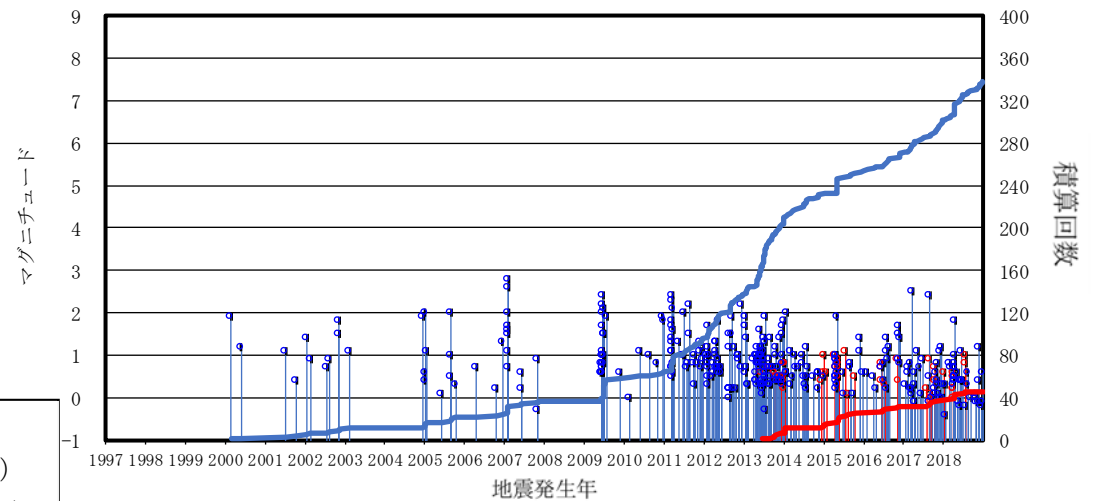
地震月報 (カタログ編)<sup>(20)</sup> (期間：1997年10月～2017年12月)

気象庁一元化処理震源要素<sup>(21)</sup> (期間：2018年1月～2018年12月)

に基づき作成

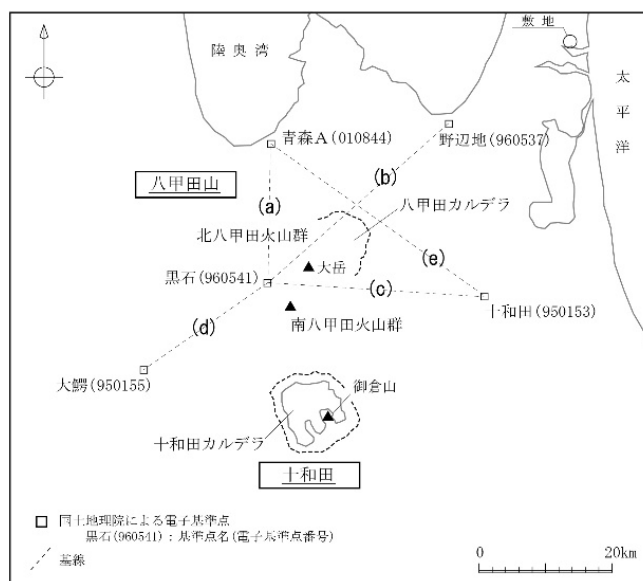


震源深さの時間変化図

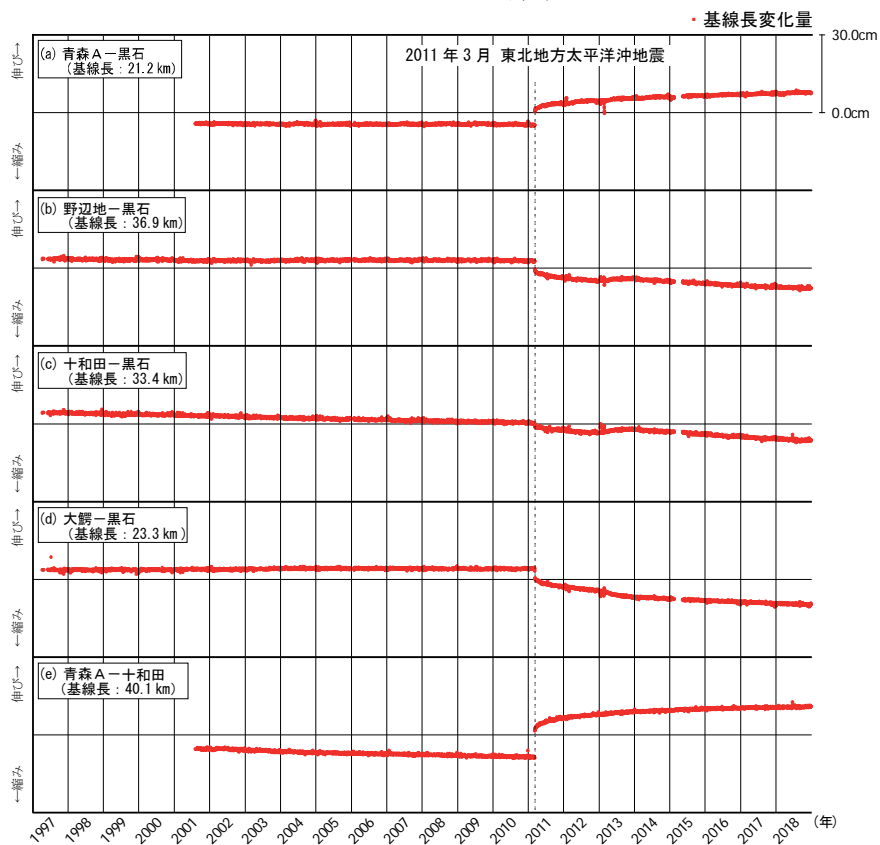


地震活動経過図及び回数積算曲線

第29図 八甲田山付近における地震活動



電子基準点及び基線位置

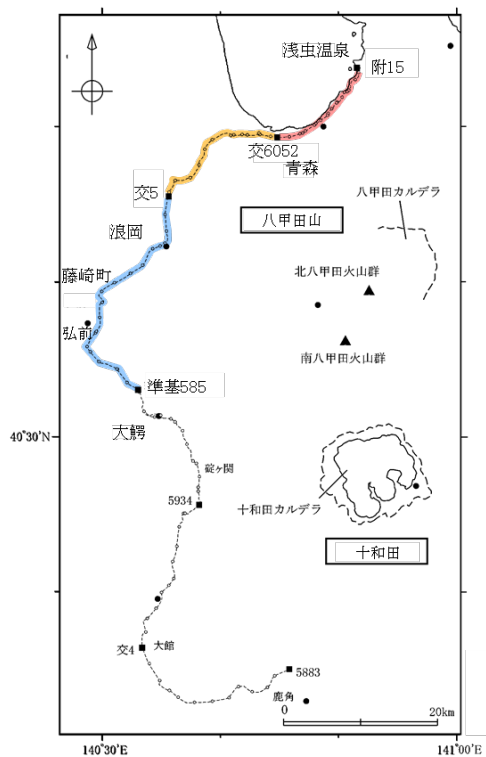


基線長の時間変化

第 30 図 八甲田山を囲む電子基準点間の基線長の時間変化 (斜距離成分)

(国土地理院の電子基準点データより作成 (期間: 1997 年 1 月 ~ 2018 年 12 月))

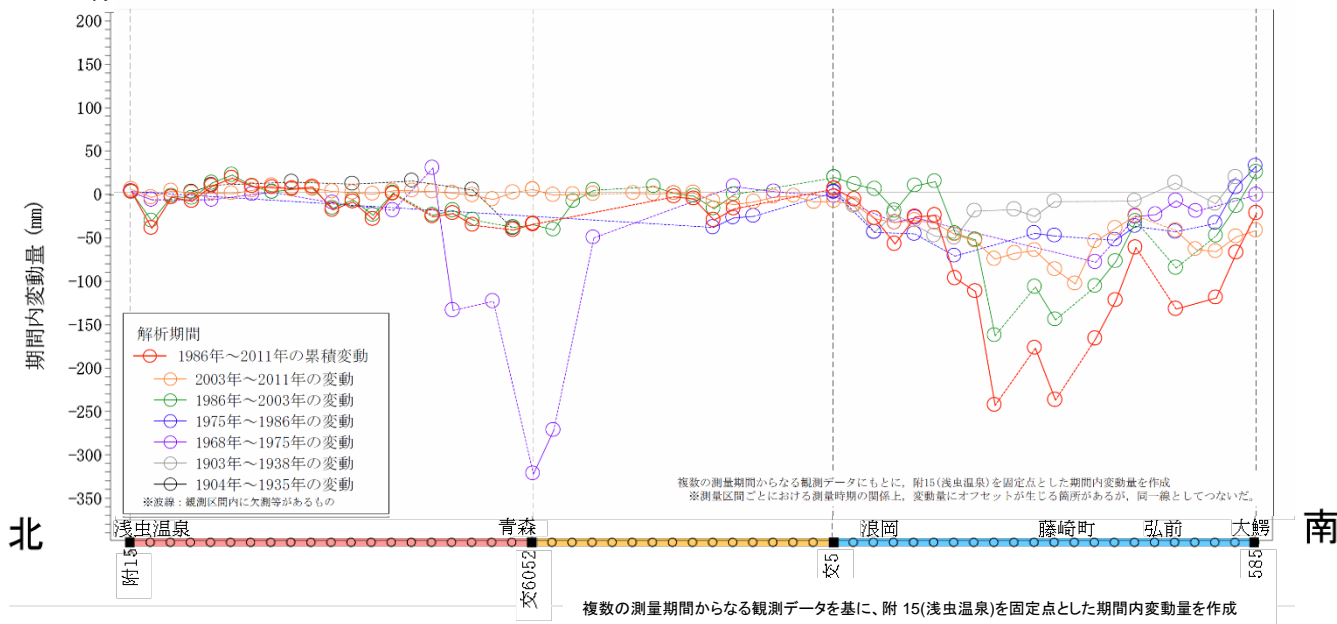
■水準路線



水準測量  

 八甲田山の評価に用いた水準路線  
 ■ 一等水準点(水準路線)  
 ※検討に用いた水準点・路線のみ示す  
 ● 電子基準点

■路線沿いの期間内変動量



第31図 八甲田山付近の一等水準路線の上下変動の期間内変動量

(国土地理院による基盤地図情報及び一等水準点検測成果収録より作成)

#### d. 巨大噴火の可能性評価のまとめ

活動履歴について、工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>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。

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期火砕流は敷地に到達していないと評価した。

地球物理学的調査の結果、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。

文献調査の結果、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ず、八甲田山火山防災協議会(2014)<sup>(31)</sup>による火山災害予想区域図においても、巨大噴火を想定していない。

以上のことから、八甲田山の現在の活動状況は、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

#### (b ii) 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

##### a. 活動履歴

最後の巨大噴火(八甲田第2期火砕流を噴出した噴火)以降の活動について、北八甲田火山群は、工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>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としていることから、北八甲田火山群における最大規模の火山活動を評価した。一方、八甲田カルデラの先カルデラ火山である南八甲田火山群については、宝田・村岡(2004)<sup>(27)</sup>によると、約1.1Ma頃に活動を開始し八甲田カルデラ形成後の約0.3Maまで活動したとしていることから、最後の巨大噴火(約40万年前)以降、約30万年前までの活動における最大規模の火山活動を評価した。

##### b. 地質調査及び火山学的調査

工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>によると、最後の巨大噴火以降の火山活動である北八甲田火山群(40万年前以降)の活動における最大規模の噴火に伴う噴出物は高田大岳溶岩

類(3.2DREkm<sup>3</sup>)であり、その分布は噴出中心付近に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない。なお、北八甲田火山群の全噴出物や岩屑なだれを含め、八甲田カルデラを越えて分布していない(第32図)。

一方、宝田・村岡(2004)<sup>(27)</sup>によると、八甲田カルデラの先カルデラ火山である南八甲田火山群について、最後の巨大噴火(約40万年前)以降、約30万年前まで活動したとされるが、それらの噴出物の分布は南八甲田火山群の山体周辺に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない(第33図)。

#### c. 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価のまとめ

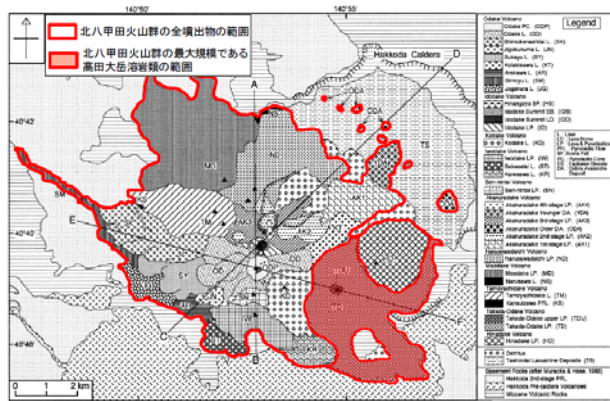
活動履歴調査、地質調査及び火山学的調査から、最後の巨大噴火以降の火山活動では、北八甲田火山群及び南八甲田火山群(40万年前以降)における最大規模の噴出物として高田大岳溶岩類があるが、噴出物の分布は噴出中心付近に限られ(第32図参照)、八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められないため、~~廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。~~一方、南八甲田火山群は最後の巨大噴火以降、約30万年前まで活動したとされるが、それらの噴出物の分布は南八甲田火山群の山体周辺に限られ、敷地が位置する北東方向では、八甲田カルデラを越えて分布していない。

また、新しい火口の開口及び地殻変動については、「4.(1)詳細調査対象火山の抽出」に記載するように、敷地において発生する可能性は十分小さいと評価した。

以上のことから、八甲田山の最後の巨大噴火以降の火山活動に伴う設計対応不可能な火山事象は、発生実績や敷地と火山離隔等から、~~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。~~

#### (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。~~



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)

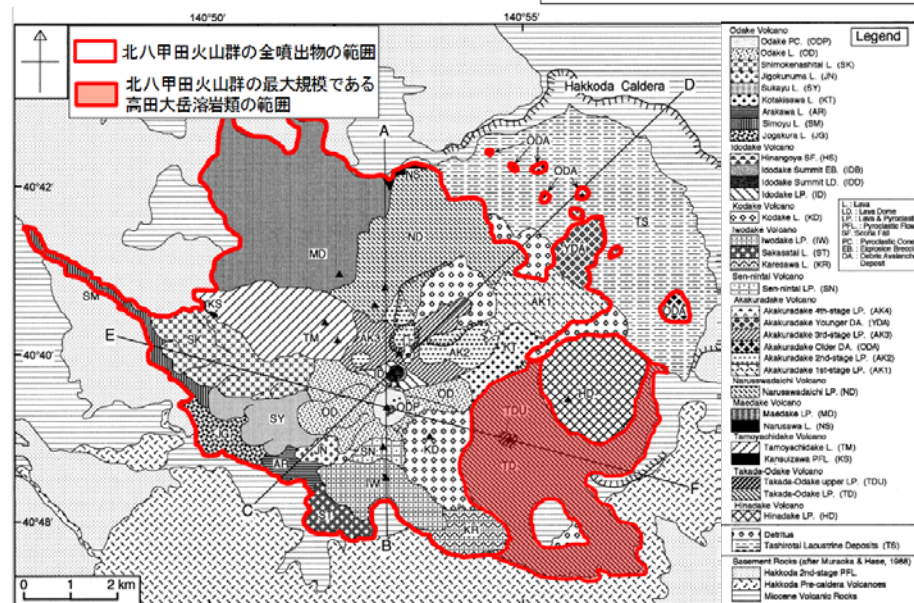
Volcano	Geological Unit* Abbreviation	Volume** (DRE, km <sup>3</sup> )
Odake	ODP Odake PC.	0.01
	OD Odake L.	0.18
	SK Shimokenashitai L.	0.27
	JN Jigokunuma L.	0.02
	SY Sukayu L.	0.22
	KT Kotakisawa L.	0.09
	SM Shimoyu L.	0.17
	AR Arakawa L.	0.11
	JG Jougakura L.	0.19
	Total	1.3
Idodake	HS Hinangoya 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 Kansuizawa PFL.	0.02
Total	2.9	
Takada-Odake	TDU Takada-Odake upper LP.	0.003
	<b>TD Takada-Odake LP.</b>	<b>3.2</b>
	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)<sup>(27)</sup>に一部加筆

第 11 図—高田大岳溶岩類の分布範囲

Volcano	Geological Unit* Abbreviation	Volume** (DRE, km <sup>3</sup> )
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
Avalanche	ODA Akakuradake Older DA.	0.40
Total		15

北八甲田火山群起源の噴出物



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)

第 32 図 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 (工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>に加筆)

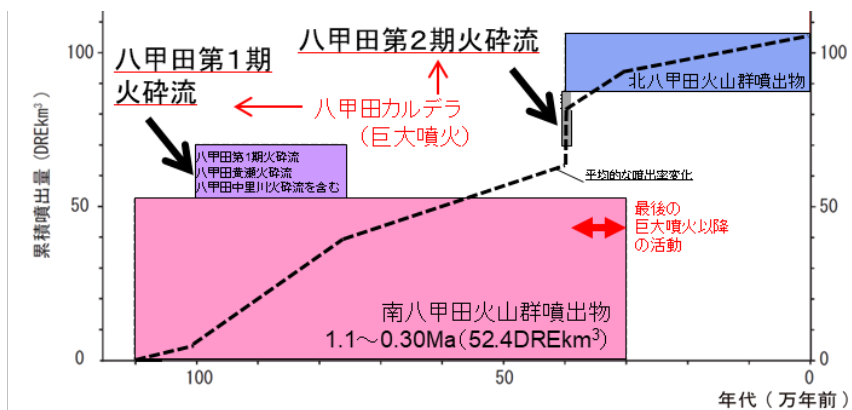


南八甲田火山群起源の火山噴出物

噴出物	噴火様式	年代	体積
駒ヶ峯溶岩, 駒ヶ峯火砕岩	溶岩流, 溶岩ドーム, 火砕岩	0.3Ma	52.4 km <sup>3</sup> (DRE)
黄金平溶岩	溶岩流	0.3Ma	
南八甲田第3ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体: 溶岩流, 火砕岩	0.5Ma~0.3Ma	
蔦川火砕堆積物	降下火砕物, 火砕流	0.65Ma~0.35Ma	
南八甲田第2ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体: 溶岩流, 火砕岩	0.8Ma~0.6Ma	
黄瀬川火砕流	火砕流	1.0Ma~0.8Ma	
南八甲田第1ステージ溶岩・火砕岩	成層火山体: 溶岩流, 火砕岩	1.1Ma~0.8Ma	

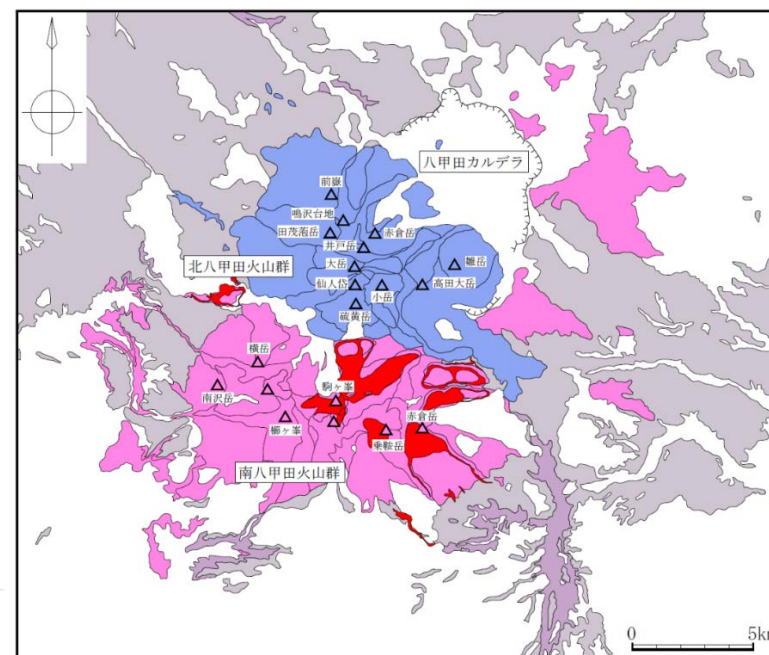
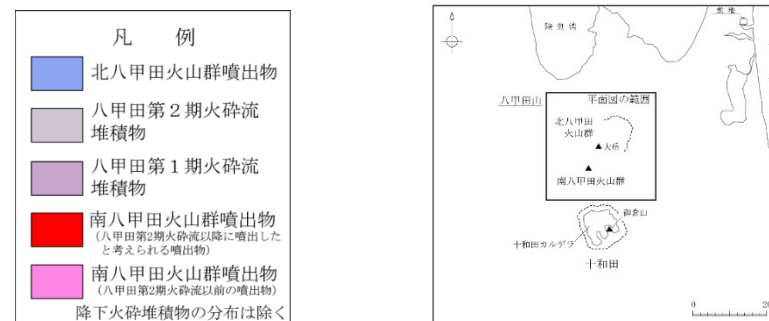
最後の  
巨大噴火以降  
の活動

宝田・村岡(2004)<sup>(27)</sup>、Umeda et al.(2013)<sup>(62)</sup>に基づき作成。  
なお、蔦川火砕堆積物は八甲田第2期火砕流(0.4Ma)よりも下位層準である。



年代は中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>、噴出量はUmeda et al.(2013)<sup>(62)</sup>、工藤ほか(2004)<sup>(30)</sup>及び工藤ほか(2011)<sup>(29)</sup>に基づく

八甲田山の階段ダイアグラム



八甲田山起源の火山噴出物の分布

第 33 図 南八甲田火山群起源の設計対応不可能な火山事象の分布

#### (4) まとめ

施設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可能性を評価した。

火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象については、発生実績や敷地と火山の離隔等から、過去最大規模の噴火を想定しても、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

一方、火砕物密度流については、文献調査の結果、十和田及び八甲田カルデラの巨大噴火に伴う火砕流の到達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、十和田及び八甲田山について、詳細な調査・検討を実施した。

十和田の巨大噴火の可能性評価については、地質調査及び火山学的調査の結果、敷地は巨大噴火による火砕流の末端に位置すると考えられるが、活動履歴、地震波速度構造、比抵抗構造、地震・地殻変動データ等から、巨大噴火が差し迫った状態ではなく、巨大噴火の可能性を示す科学的に合理性のある具体的な根拠が得られていないことから、巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

また、最後の巨大噴火以降の火山活動については、活動履歴及び地質調査・火山学的調査の結果より、最後の巨大噴火以降の最大規模の火砕流が敷地に到達していないことから、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性は十分小さく、火砕物密度流以外の設計対応不可能な火山事象は、敷地と火山の離隔等から、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。

##### (ii) 溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊

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、地滑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、廃棄物埋設地に到達する可能性は十分小さいと評価した。

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ため考慮しない。

##### (iii) 新しい火口の開口及び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及び敷地において発生する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評価した結果、敷地への到達の可能性及び敷地において発生する可能性は十分低いため、3号廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性はないと評価した。~~

## 5. 火山活動のモニタリング

十和田及び八甲田山は巨大噴火の可能性が十分小さく、万が一火砕物密度流が到達した場合でも、以下の理由により火山活動のモニタリングは実施する必要はない。

- ・安全機能を有する施設に常時機能維持を必要とする動的な設備・機器はなく、直ちに対応が必要な設備はないこと
- ・過去の巨大噴火による火砕物密度流(十和田八戸火砕流堆積物)の到達実績(敷地近傍で約5cm～20cm)から、巨大噴火が発生し火砕物密度流が敷地に到達しても安全機能を有する施設が損壊する可能性は小さいこと
- ・安全を確保した上で、除灰等による対処が可能なこと

~~放射性廃棄物の受入れ開始から覆土完了までは巨大噴火が発生する可能性は十分小さく、廃棄物埋設地に影響を及ぼす可能性はないと評価した。また、地震により発生するおそれがある安全機能の喪失においても、公衆への影響が十分に小さいことを踏まえると、巨大噴火に伴う火山事象は安全機能を有する施設に対する影響が十分小さいため、火山活動のモニタリングは実施しない。~~

## 6. 廃棄物埋設地の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価(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現状における活動可能性及び規模を考慮し、3号廃棄物埋設地に影響を与える可能性のある火山事象について検討した。

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) 降下火砕物

#### (i) 給源を特定できる降下火砕物

「新編 火山灰アトラス」(町田・新井、2011)<sup>(489)</sup>等による、地理的領域内外における第四紀火山起源の主な降下火砕物の分布を第 4234 図及び第 4335 図に示す。

町田・新井(2011)<sup>(489)</sup>及び地質調査により、敷地及び敷地近傍に分布する主な地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物としては、オレンジテフラ、十和田レッドテフラ、十和田切田テフラ、十和田八戸テフラ、濁川テフラ、甲地軽石、十和田中楸テフラ及び十和田 a テフラがあげられる。また、地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物は、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、始良 Tn テフラ及び白頭山苦小牧テフラがあげられる下位より、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 34 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及び十和田切田テフラは最後の巨大噴火以前の、及び十和田八戸テフラは最後の巨大噴火の噴出物であり、カルデラ形成期に噴出したものである。十和田は現在は、最後の巨大噴火以降の活動である後カルデラ期の活動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。加えて、濁川テフラの給源である濁川カルデラは「廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山の抽出」において、廃棄物埋設地に影響を及ぼし得る火山ではないと評価したことから、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。このうち、敷地及び敷地近傍での層厚が最も大きい洞爺火山灰を噴出した洞爺カルデラの階段ダイアグラムを第36図に示す。

以上を踏まえると、評価対象となる十和田中掬テフラ、十和田aテフラ、甲地軽石及び白頭山苫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34表に示すとおり、甲地軽石である。より、再処理敷地内の複数地点で確認した(第37)。再堆積を含む層厚が最大であるKP-1孔(第38図参照)において、軽石が比較的密に集積する主部(層厚21cm)と、その上位に堆積する甲地軽石を含む再堆積層(火山灰質シルト:層厚22cm)を確認したことから、再堆積を含む甲地軽石の層厚を43cmと評価した。

#### (ii) 給源不明な降下火砕物

地質調査により敷地内に給源不明な降下火砕物は確認されなかったが、敷地近傍の再処理敷地内において確認された主な給源不明な降下火砕物としてA～Dテフラがある(第4表)。これらの降下火砕物のうち、最も層厚が大きい降下火砕物はCテフラ(約12cm)である。

#### (iii) 降下火砕物シミュレーション

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した。降下火砕物シミュレーションの実施に当たって、解析可能な給源を特定できる降下火砕物について、同規模噴火の可能性、地質調査結果(最大層厚)、敷地と火山との離隔及び噴出量を検討し、敷地に最も影響を与える甲地軽石を対象に解析を実施した。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。(再処理事業所再処理事業変更許可申請書本文及び添付書類の一部補正について)(令和2年4月28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28万年前～

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)<sup>(2730)</sup>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 1639 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 45 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 1640 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 1741 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。

#### (iv) 降下火砕物の密度

軽石の密度に関する文献調査の結果、新版地学辞典(2007)<sup>(40)</sup>によると、軽石について、火山砕屑物の一種で、多孔質で見かけ密度が小さく淡色を呈するとしている。

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)<sup>(3841)</sup>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。

層厚が最大となる甲地軽石を対象に密度試験を実施した結果、乾燥密度は  $0.43\text{g}/\text{cm}^3$ 、飽和密度  $1.25\text{g}/\text{cm}^3$  であり(第 42 図)、文献調査結果と整合的である。

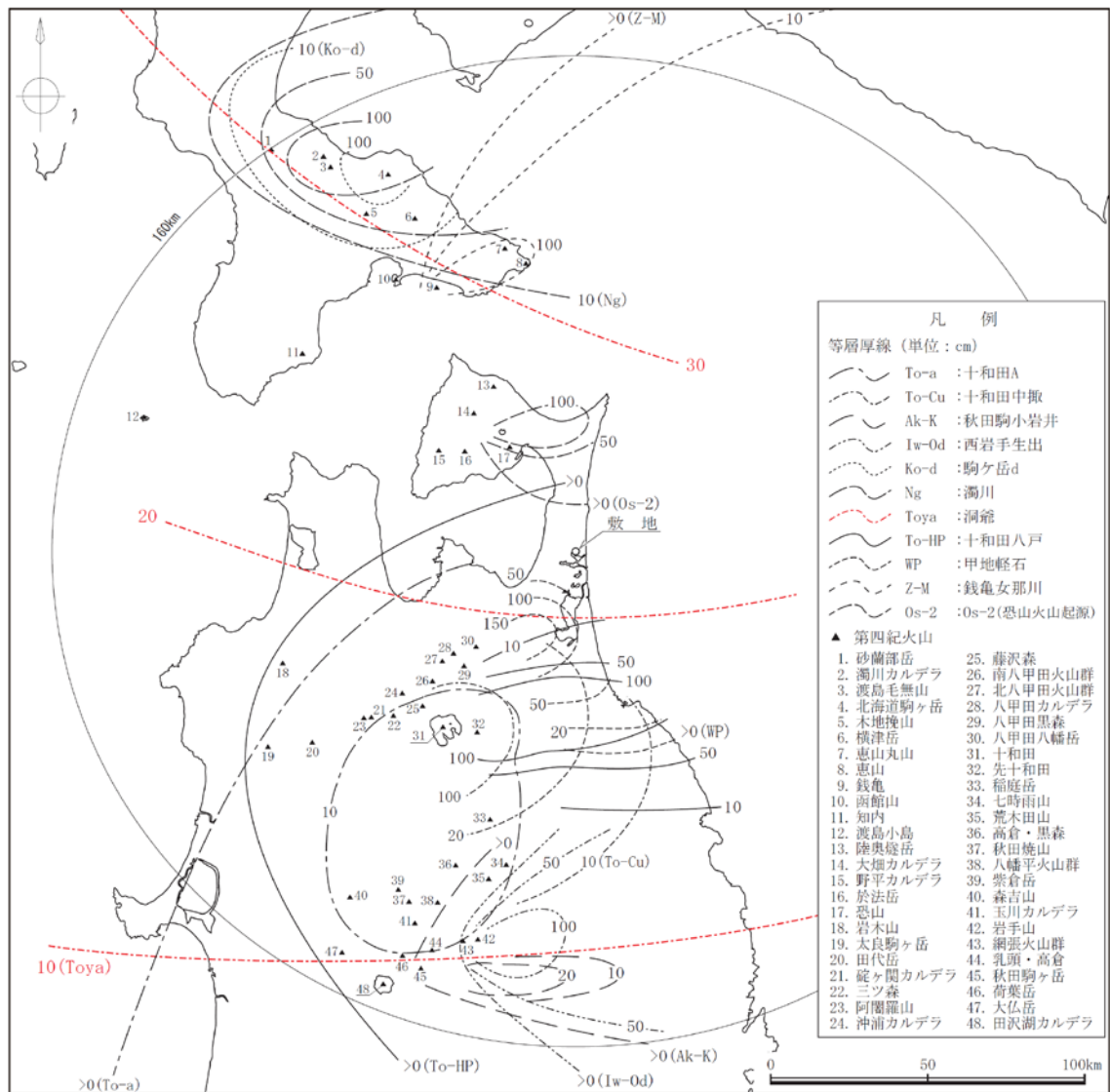
#### (v) 設計に用いる降下火砕物の層厚及び密度

敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物のうち、給源を特定できる降下火砕物については、甲地軽石の層厚が最大で、地質調査によると再堆積を含み 43 cm であり、文献調査によると 20 cm~50 cm である。また、給源不明な降下火砕物については、C テフラの層厚が最大で、地質調査の結果、約 12 cm である。加えて、現状における同規模の噴火の可能性、地質調査結果及び噴出量等を踏まえ、甲地軽石を対象とした降下火砕物シミュレーションを実施した結果、風向の不確かさを考慮したケースにおいて、評価

地点での層厚は 53 cm となった。

甲地軽石の密度試験の結果、乾燥密度は  $0.43\text{g/cm}^3$ 、飽和密度  $1.25\text{g/cm}^3$  である。

以上を踏まえ、設計に用いる降下火砕物の層厚を 55 cm、密度を ~~は~~、湿潤状態で  $1.3\text{g/cm}^3$  とする。

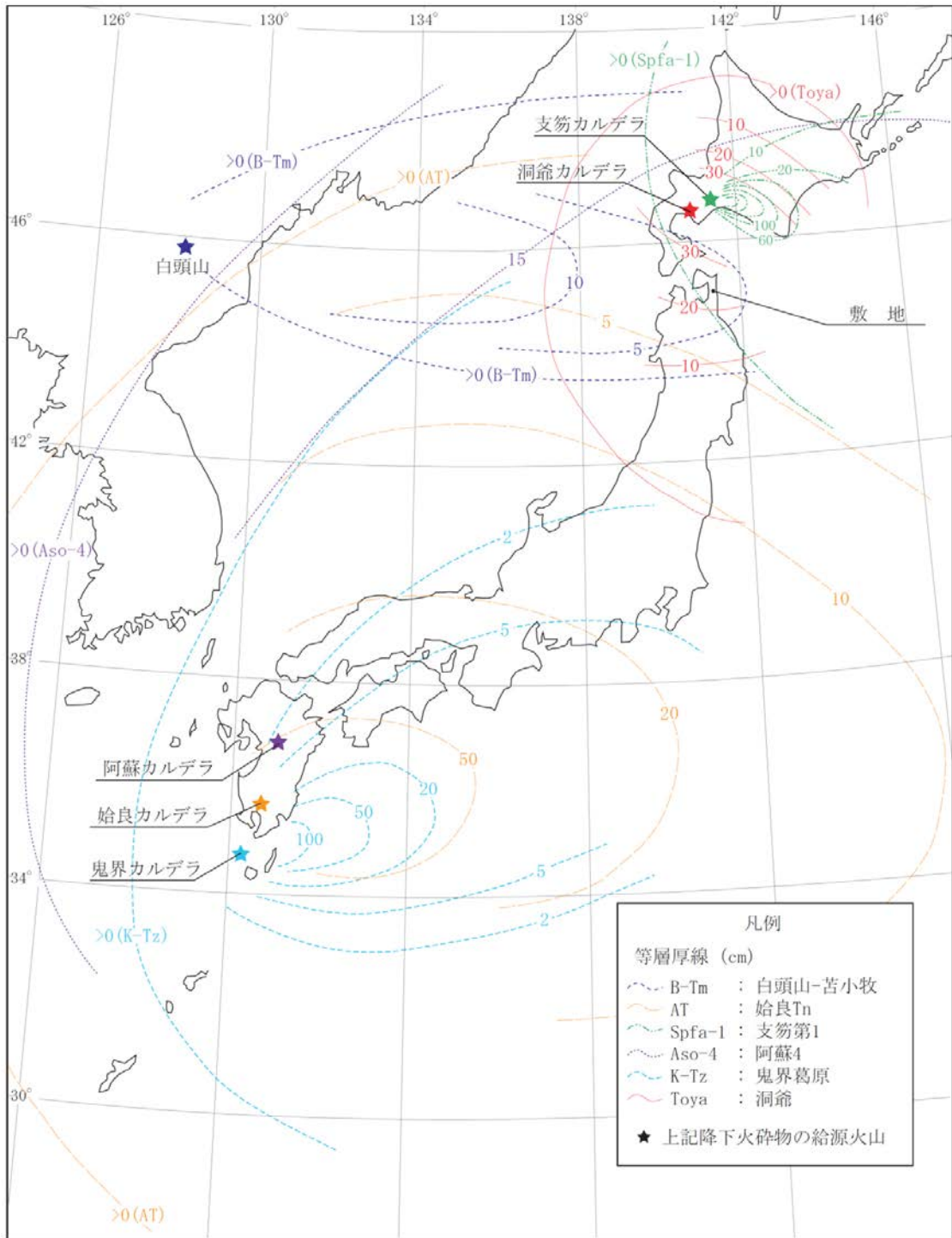


(第四紀火山の位置及び名称は、中野ほか編(2013)<sup>(1)</sup>に基づき作成。)  
 (降下火砕物の名称及び等層厚線は、町田・新井(2011)<sup>(489)</sup>、工藤ほか(2004)<sup>(493)</sup>、リサイクル燃料貯蔵株式会社(2007)<sup>(496)</sup>に基づき作成。)

### 第 4234 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)<sup>(489)</sup>に基づき作成。)

第 1335 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)

第 34 表 評価対象とする降下火砕物の選定及び諸元

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)

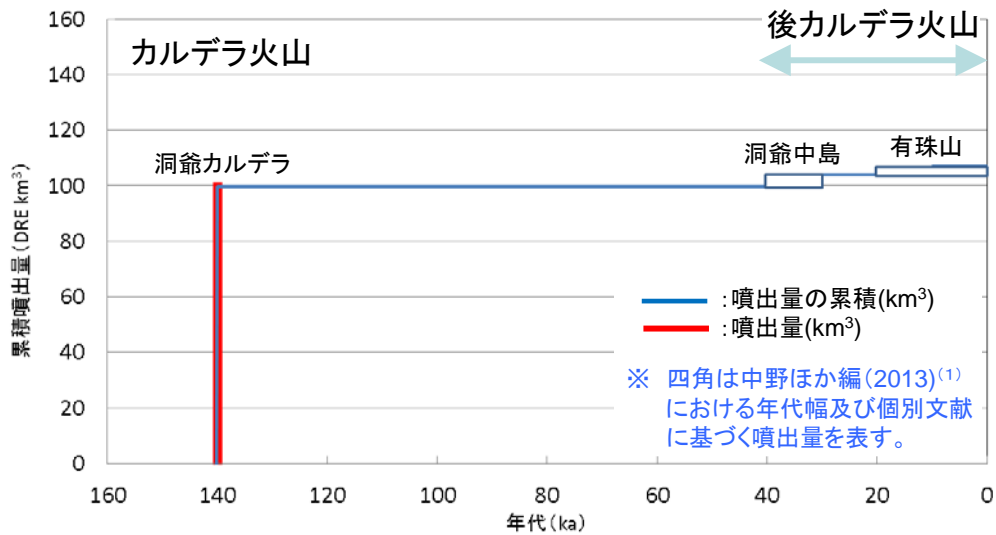
敷地と火山の 距離	噴出源	降下火砕物	年代	層厚 (cm)	
				文献調査	地質調査
半径 160km 内	十和田	十和田 a テフラ (To-a)	約 1,100 年前 <sup>(1)</sup>	< 5 <sup>(489) (2410)</sup>	—
	十和田	十和田中撤テフラ (To-Cu)	約 6,200 年前 <sup>(2448)</sup>	< 10 <sup>(489) (2410) (2549)</sup>	—
	北八甲田 火山群	甲地軽石 (WP)	約 18 万年前～28 万年前	20～50 <sup>(2730)</sup>	43
	濁川 カルデラ	濁川テフラ (Ng)	約 1.5 万年前 <sup>(489)</sup>	— <sup>(489)</sup>	—
	十和田	十和田八戸テフラ (To-HP)	約 1.55 万年前 <sup>(4211)</sup>	< 10 <sup>(489) (2633)</sup>	—
	十和田	十和田切田テフラ (To-KR)	約 3.6 万年前 <sup>(2448)</sup>	< 10 <sup>(489) (2633)</sup>	—
	十和田	十和田レッドテフラ (To-Rd)	約 6.1 万年前 <sup>(2448)</sup>	< 10 <sup>(489) (2633)</sup>	30
	十和田	オレンジテフラ (Or-p)	約 17 万年前	< 30 <sup>(2730)</sup>	25
半径 160km 外	白頭山	白頭山苫小牧テフラ (B-Tm)	約 1,000 年前 <sup>(489)</sup>	5～10 <sup>(489)</sup>	—
	始良 カルデラ	始良 Tn テフラ (AT)	約 2.8 万年前～3.0 万年前 <sup>(489)</sup>	< 5 <sup>(489)</sup>	—
	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 <sup>(489)</sup>	> 0 <sup>(489)</sup>	—
	阿蘇	阿蘇 4 テフラ (Aso-4)	約 8.5 万年前～9 万年前 <sup>(489)</sup>	> 15 <sup>(489)</sup>	—
	鬼界 カルデラ	鬼界葛原テフラ (K-Tz)	約 9.5 万年前 <sup>(489)</sup>	< 2 <sup>(489)</sup>	—
	洞爺	洞爺火山灰 (Toya)	約 11.2 万年前～11.5 万年前 <sup>(489)</sup>	20～30 <sup>(489)</sup>	15
給源不明	—	A テフラ	—	—	約 7 <sup>*1</sup>
	—	B テフラ	—	—	約 11 <sup>*1</sup>
	—	C テフラ	—	—	約 12 <sup>*1</sup>
	—	D テフラ	—	—	約 10 <sup>*1</sup>

\*1：敷地内には確認されないが、近隣の再処理敷地内で確認された層厚を示す。

洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
AD.2000	後カルデラ火山	有珠山	2000年噴火	中野ほか編(2013) <sup>(1)</sup> 町田・新井(2011) <sup>(9)</sup> 曾屋ほか(2007) <sup>(67)</sup> 中川ほか(2005) <sup>(68)</sup> 第四紀火山カタログ委員会編(1999) <sup>(5)</sup>
20ka			1663年噴火(Us-b)	
30ka		有珠外輪山溶岩 等		
40ka	洞爺中島	中島火山噴出物	4.2	
140ka	カルデラ火山	洞爺カルデラ	洞爺火砕流 洞爺火山灰 <sup>※</sup>	100

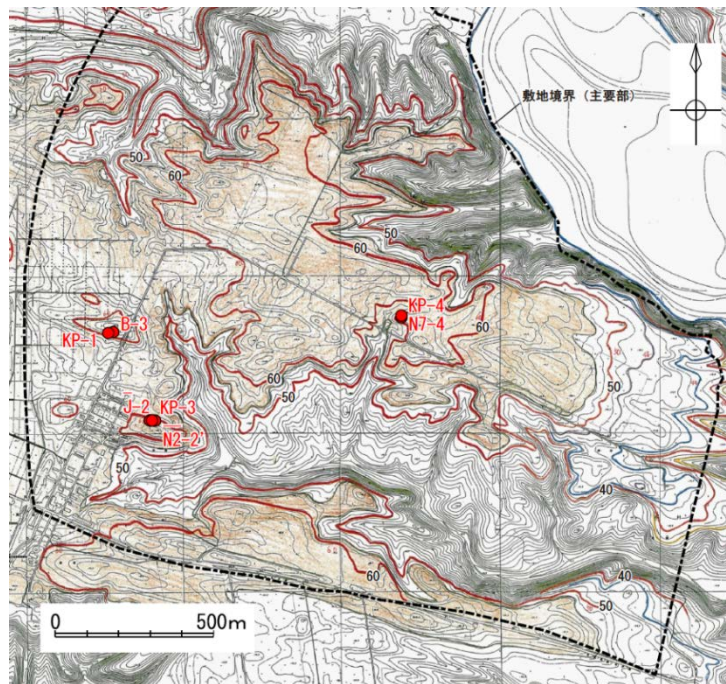
※町田・新井(2011)<sup>(9)</sup>によると、  
11.2~11.5万年前に噴出したテフラとしている。



第 36 図 洞爺カルデラの階段ダイアグラム

再処理敷地内で確認した甲地軽石の層厚

ボーリング 孔名	層厚	確認深度 (確認標高)	備考
KP-1 孔	43cm	2.90m～3.33m (50.46m～50.89m)	・火山灰質シルト（甲地軽石の再堆積含む）22 c m ・甲地軽石（主部）21 c m
B-3 孔	37cm	8.57m～8.94m (50.98m～51.35m)	・火山灰質シルト（甲地軽石の再堆積含む）5 c m ・甲地軽石（主部）32 c m
KP-3 孔	—	—	シルト質砂層中に散在（深度：3.50m～3.72m、 標高：51.53m～51.75m）するため層厚評価不適
N2-2' 孔	—	—	砂層中に散在（深度：3.90m～3.92m、 標高：51.60m～51.62m）するため層厚評価不適
J-2 孔	10cm	3.60m～3.70m (51.48m～51.58m)	
KP-4 孔	17cm	2.21m～2.38m (53.06m～53.23m)	
N7-4 孔	16cm	7.50m～7.66m (53.37m～53.53m)	



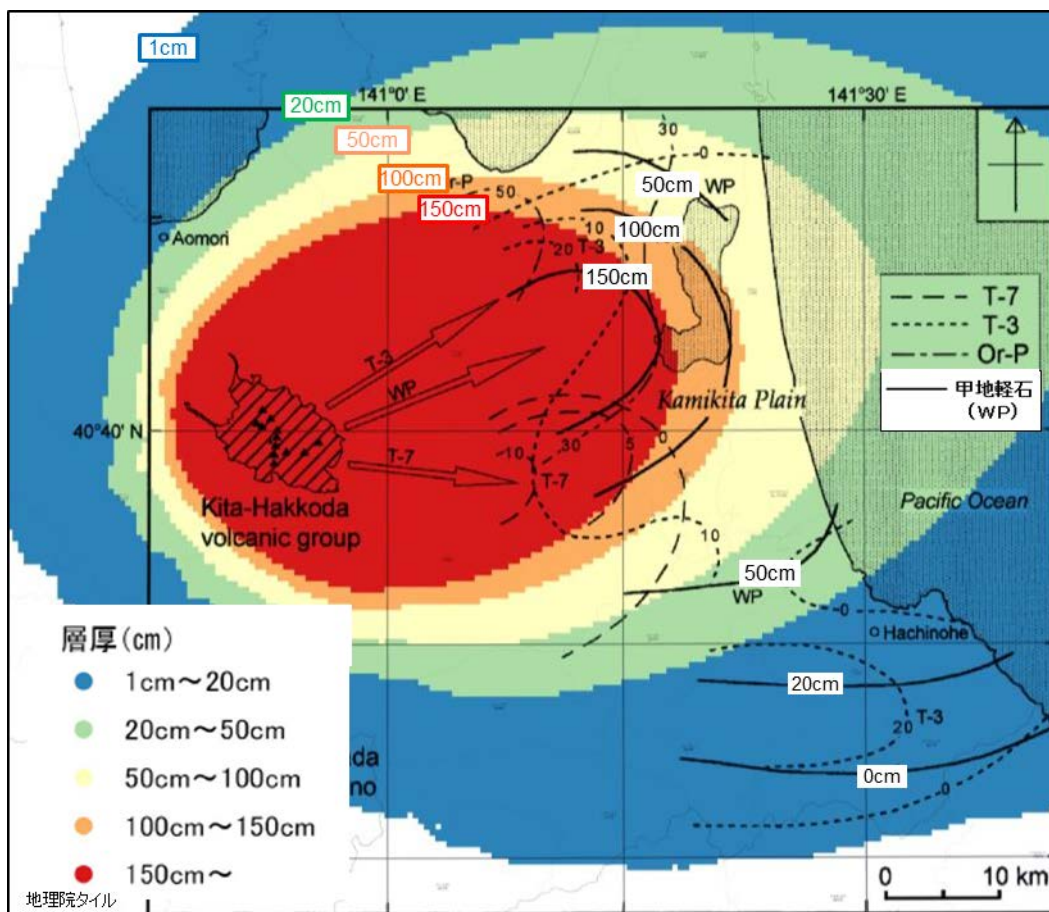
甲地軽石を確認した再処理敷地内ボーリング調査位置図

第 37 図 甲地軽石に着目した地質調査結果



第 1438 図 再処理敷地で確認された甲地軽石の堆積状況<sup>\*1</sup>

\*1: 「再処理事業所再処理事業変更許可申請書—本文及び添付書類の一部補正について」(令和2年4月28日)を引用



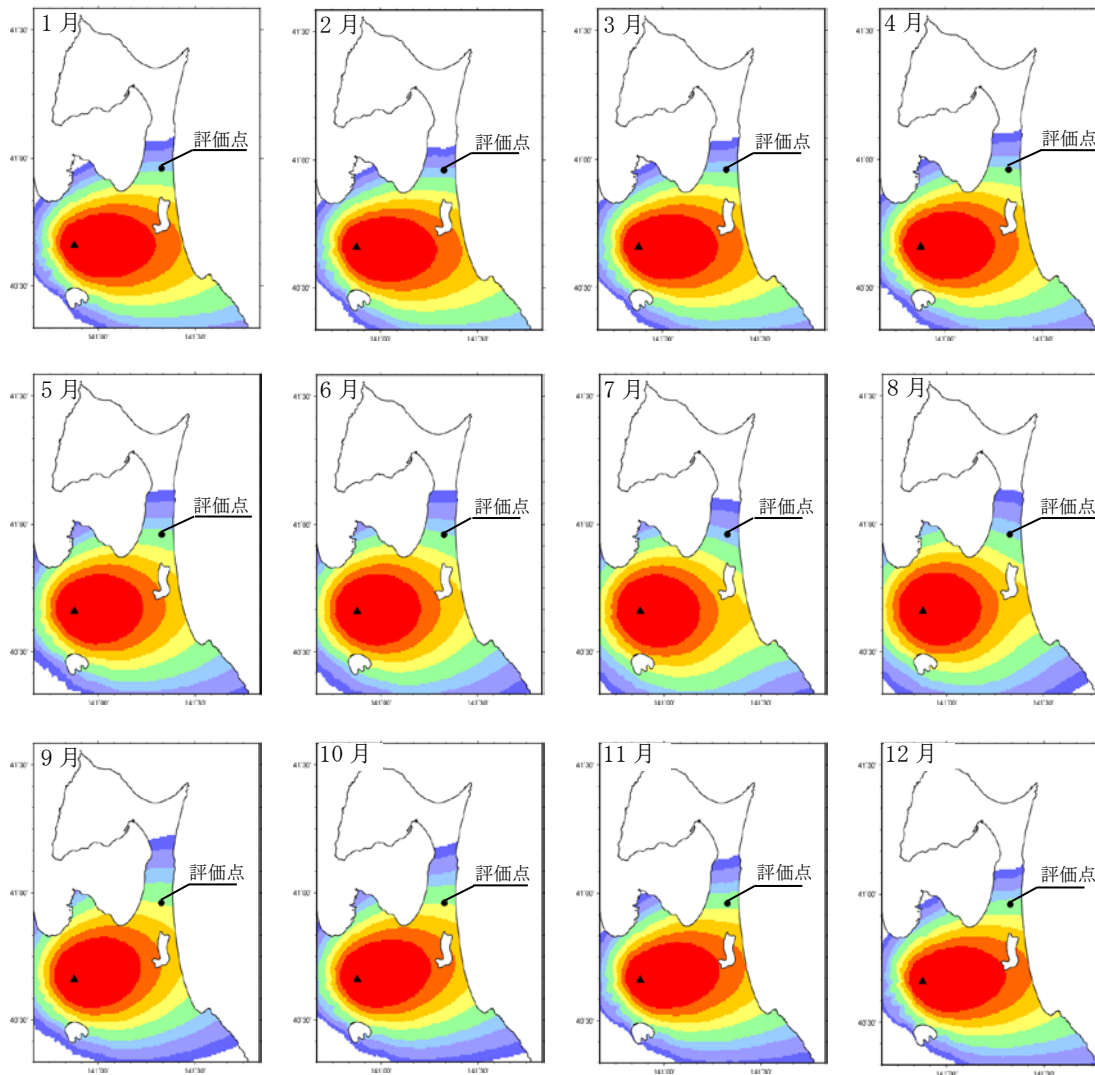
(工藤ほか(2004) (2730) に当社の解析結果を重ね合わせて作成)

第 1539 図 甲地軽石 (WP) の再現性解析結果

第 45 表 降下火砕物シミュレーションの主な計算条件

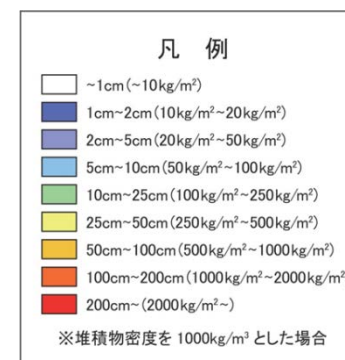
想定 噴火規模	パラメータ	単位	値	設定根拠等	
甲地軽石 (WP)	噴出物量	kg	$8.25 \times 10^{12}$	工藤ほか(2004) <sup>(4730)</sup> に基づき設定(噴出量： 3.3km <sup>3</sup> (DRE)、マグマ密度 2.5t/m <sup>3</sup> )	
	噴煙柱高度	m	25,000	再現性解析結果に基づき設定	
	粒径	最大	mm	$1/2^{-10}$	Tephra2 推奨値
		最小	mm	$1/2^{10}$	Tephra2 推奨値
		中央	mm	$1/2^{-3}$	再現性解析結果に基づき設定
		標準 偏差	φ	2.5	再現性解析結果に基づき設定
	岩片密度	t/m <sup>3</sup>	2.6	Tephra2 推奨値	
	軽石粒子密度	t/m <sup>3</sup>	1.0	Tephra2 推奨値	
	渦拡散係数	m <sup>2</sup> /s	0.04	萬年(2013) <sup>(4750)</sup> に基づき設定	
	拡散係数	m <sup>2</sup> /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) <sup>(4750)</sup> 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 <sup>*1</sup>		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		

\*1:「火山防災マップ作成指針」(内閣府ほか、2013) <sup>(61)</sup>によると、シミュレーションに用いる風向・風速は、気象庁ホームページの気象庁統計情報にある過去の気象データ検索(高層)で紹介されている月平均値を使うと良いとされており、この月平均値の風は、気象観測統計指針(気象庁、2018) <sup>(62)</sup>において「その時々気象や天候を評価する基準」として示されている月別平年値の風に相当する。



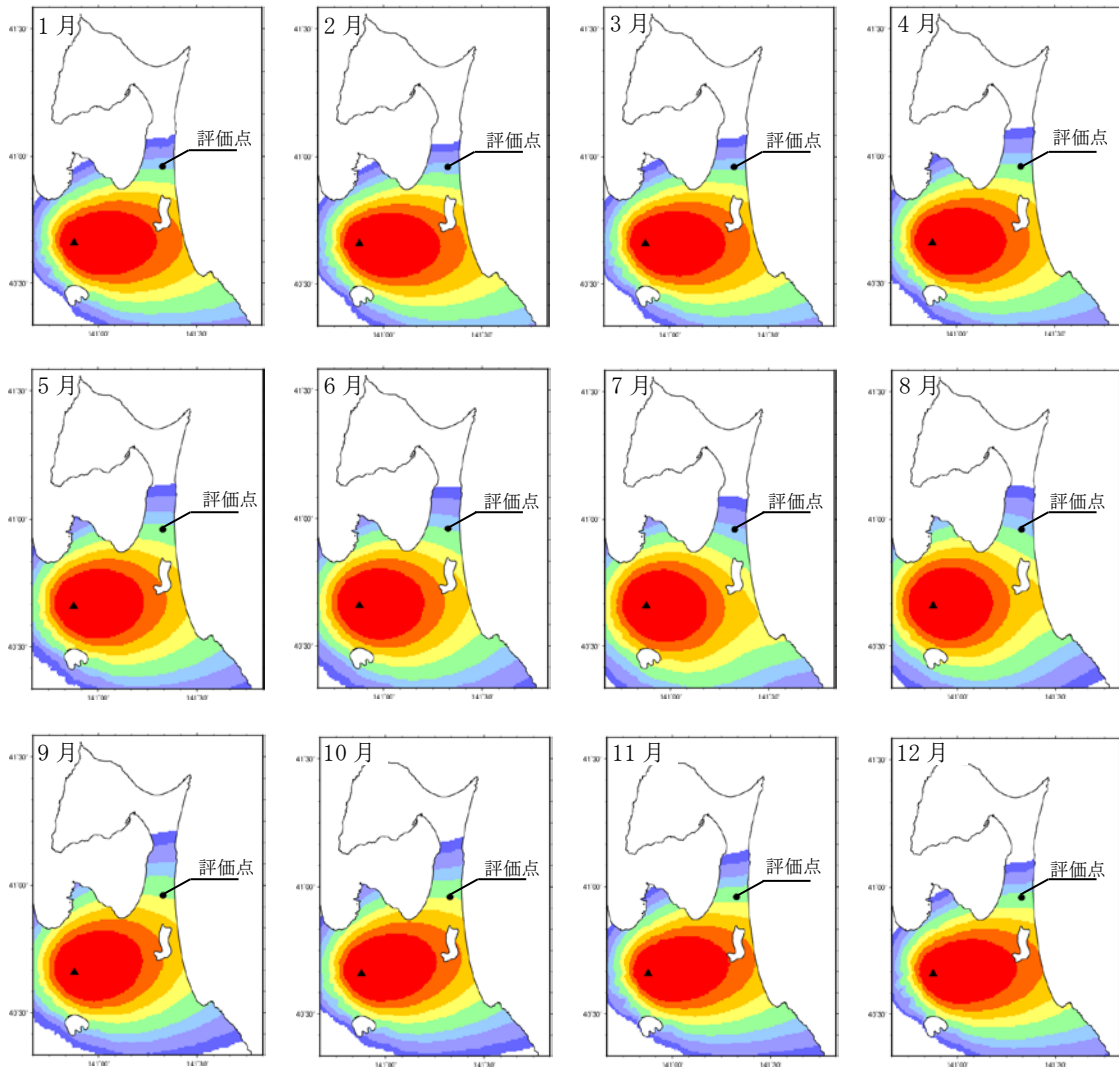
	質量 (kg/m <sup>2</sup> )	層厚 (cm)
1月	$8.4 \times 10^1$	$8.4 \times 10^0$
2月	$6.1 \times 10^1$	$6.1 \times 10^0$
3月	$8.8 \times 10^1$	$8.8 \times 10^0$
4月	$1.1 \times 10^2$	$1.1 \times 10^1$
5月	$1.3 \times 10^2$	$1.3 \times 10^1$
6月	$1.1 \times 10^2$	$1.1 \times 10^1$
7月	$6.7 \times 10^1$	$6.7 \times 10^0$
8月	$9.3 \times 10^1$	$9.3 \times 10^0$
9月	$2.5 \times 10^2$	$2.5 \times 10^1$
10月	$2.5 \times 10^2$	$2.5 \times 10^1$
11月	$1.9 \times 10^2$	$1.9 \times 10^1$
12月	$1.3 \times 10^2$	$1.3 \times 10^1$

月別平年値(9時)の風の際の評価点での層厚(1981~2010年)



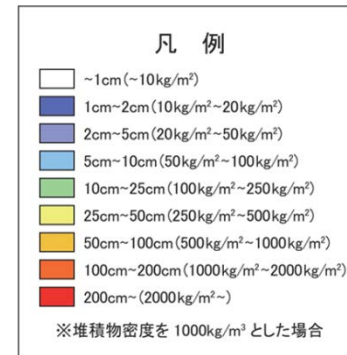
第 1640 図 降下火砕物シミュレーションの解析結果(1/2) (月別平年値の風：9時)



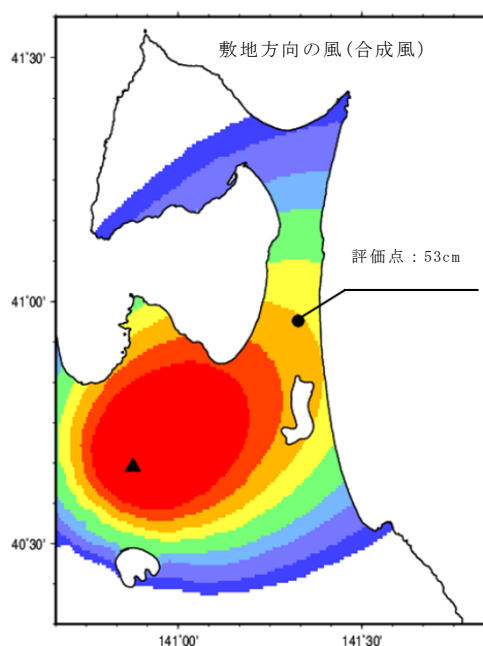


	質量 (kg/m <sup>2</sup> )	層厚 (cm)
1月	$8.9 \times 10^1$	$8.9 \times 10^0$
2月	$6.5 \times 10^1$	$6.5 \times 10^0$
3月	$8.6 \times 10^1$	$8.6 \times 10^0$
4月	$1.1 \times 10^2$	$1.1 \times 10^1$
5月	$1.3 \times 10^2$	$1.3 \times 10^1$
6月	$9.9 \times 10^1$	$9.9 \times 10^0$
7月	$6.0 \times 10^1$	$6.0 \times 10^0$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

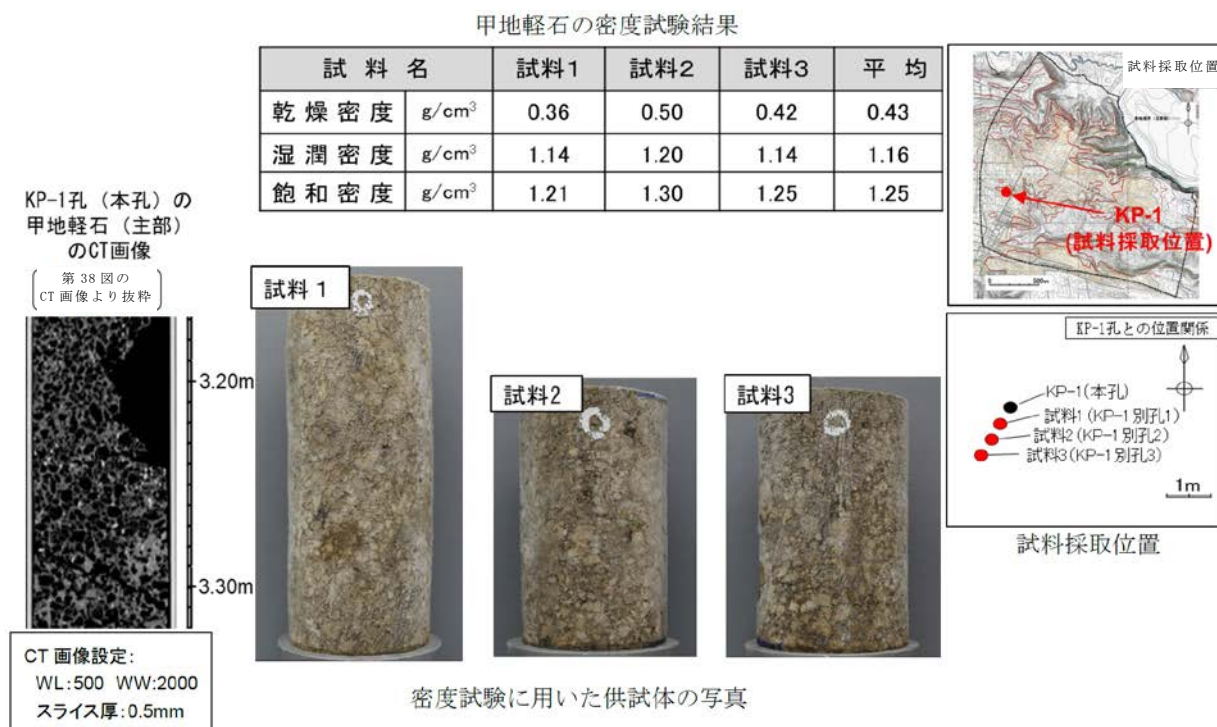
月別平年値(21時)の風の際の評価点での層厚(1981~2010年)



第 1640 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 1741 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)



第 1842 図 甲地軽石の密度試験結果\*1

\*1: 「再処理事業所再処理事業変更許可申請書—本文及び添付書類の一部補正について—」

(令和2年4月28日)を引用加筆

## (2) その他の火山事象

その他の火山事象として、土石流、火山泥流及び洪水、火山から発生する飛来物(噴石)、火山ガス、津波、静振、大気現象、火山性地震とこれに関連する事象、熱水系及び地下水の異常について、文献調査、地質調査等の結果より検討した。

### (iii-i) 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、先十和田及び八幡平火山群の 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、廃棄物埋設地に土石流、火山泥流及び洪水が到達する可能性は十分小さいと評価した。

### (iii-ii) 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、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小さいと評価した。

### (iii-iii) 火山ガス

火山ガスについては、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、敷地に到達することはなく、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。

### (iv-iv) 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、新しい火口が開く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、廃棄物埋設地に火山性の津波及び静振が到達する可能性は十分小さいと評価した。

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、廃棄物埋設地に到達する可能性は十分小さいと評価した。

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隔離があることから、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、 $1.3\text{g/cm}^3$ と設定する。~~

### 47. 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の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(V耐震設計編) 平成29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の開始まで

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に、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、覆土開始時点に、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。

なお、降下火砕物の荷重は、降下火砕物シミュレーション及び密度試験結果を考慮した結果、 $7.0\text{kN/m}^2$  ( $55\text{ cm} \times 1.3\text{g/cm}^3 = 7.0\text{kN/m}^2$ ) である。埋設設備の設計上考慮している積雪荷重は  $5.7\text{kN/m}^2$  ( $190\text{ cm} \times 30\text{N/m}^2/\text{cm}^3 = 5.7\text{kN/m}^2$ ) であり、降灰荷重及び積雪荷重は同程度となる。降灰荷重及び積雪荷重は、埋設設備の単位面積当たりの荷重 ( $0.24\text{MN/m}^2 = 240\text{kN/m}^2$ ) に対して、3%程度と十分に小さいことから、埋設設備の安全機能に影響はない。設計荷重に関する考え方は、「十条 廃棄物埋設地のうち第一号及び第三号 添付資料 2」に示す。

## 8. 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
- (42) 気象庁編(2013)：日本活火山総覧(第4版)
- (23) 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
- (34) 西来邦章、伊藤順一、上野龍之、内藤一樹、塚本 齊編(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
- (5) 第四紀火山カタログ委員会編(1999)：日本の第四紀火山カタログ
- (6) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2017)：1万年噴火イベントデータ集、Ver.2.3、産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- (7) 海上保安庁海洋情報部“海域火山データベース”  
<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm> (参照 2016-09-06)
- (8) 山元孝広(2015)：日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図、地質調査総合センター研究資料集、No.613、産総研地質調査総合センター
- (189) 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
- (2410) Hayakawa, Y. (1985) : Pyroclastic Geology of TowA.D. a Volcano, Bulletin of the Earthquake Research Institute University of Tokyo, Vol.60, pp.507-592
- (1311) 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
- (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
- (3913) 高橋正樹(2008)：破局噴火-秒読みに入った人類壊滅の日、祥伝社新書

- (2514) 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
- (15) 下司信夫(2016) : 大規模火砕噴火と陥没カルデラ : その噴火準備と噴火過程、火山、Vol. 61、No.1
- (1916) 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
- (2017) 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
- (2118) Matsubara, M., Sato H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K., Kamiya, S(2019) : Seismic Velocity Structure in and around the Japanese Island Arc Derived from Seismic Tomography Including NIED MOWLAS Hi-net and S-net Data, Seismic Waves - Probing Earth System, IntechOpen, 1-19
- (2219) 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
- (20) 気象庁(2019) : 地震月報(カタログ編). 気象庁ホームページ.  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html> (参照 2019-03-17)
- (21) 防災科学技術研究所(2019) : 気象庁一元化処理震源要素、防災科学技術研究所ホームページ. <https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/?LANG=ja> (参照 2019-03-17)
- (2322) 気象庁(2014) : 十和田の火山活動解説資料(平成 26 年 1 月)
- (23) 国土地理院(2018) : 平成 30 年 5 月の地殻変動、国土地理院ホームページ.  
<http://www.gsi.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2018-goudou0608.html> (参照 2018-06-08)

- (24) 気象庁(2015) : 第 131 回火山噴火予知連絡会資料、2015-02-24.
- (25) 気象庁(2019) : 第 143 回火山噴火予知連絡会資料、2019-02-27.
- (26) 広井良美、宮本毅、田中倫久(2015) : 十和田火山平安噴火(噴火エピソード A) の噴出物層序及び噴火推移の再検討、火山、Vol. 60、No. 2.
- (927) 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
- (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) 工藤崇、檀原徹、山下透、植木岳雪、佐藤大介(2011) : “八甲田カルデラ起源火砕流堆積物の層序の再検討”、日本第四紀学会講演要旨集、徳島、日本第四紀学会
- (2730) 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
- (4031) 八甲田山火山防災協議会(2014) : “火山災害予想区域図(数値シミュレーション計算結果)”. 第 5 回八甲田山火山防災協議会、平成 26 年 3 月 26 日、14p. 青森県防災ホームページ.  
<http://www.bousai.pref.aomori.jp/DisasterFireDivision/council/hakkodaAgreement/index.html>(参照 2018-3-27)
- (32) 工藤崇、植木岳雪、宝田晋治、佐々木寿、佐々木実(2006) : 八甲田カルデラ南東地域に分布する鮮新世末期～中期更新世火砕流堆積物の層序と給源カルデラ、地学雑誌、Vol. 115、No. 1
- (3633) 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
- (2934) 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
- (3035) 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
- (3136) 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
- (37) 気象庁(2019) : 八甲田山の火山活動解説資料(令和元年 10 月 7 日)



- (38) 気象庁(2019)：“火山の状況に関する解説情報（八甲田山第3号）令和元年10月8日16時00分発表”。気象庁ホームページ。  
[http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/VK201910081600\\_00\\_203.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/VK201910081600_00_203.html), (参照 2019-11-25)
- (39) 気象庁(2014)：八甲田山の火山活動解説資料（平成26年6月）
- (40) 地学団体研究会 新版地学事典編集委員会編(2007)：新版地学事典、平凡社
- (3841) 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
- (542) 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
- (643) 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
- (744) 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
- (845) 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
- (1046) 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
- (1147) 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
- (3448) 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
- (3549) 早川由紀夫(1983)：十和田火山中掇テフラ層の分布、粒度組成、年代、火山、第2集、Vol. 28、No. 3、pp. 263-273
- (3750) 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
- (51) 内閣府（防災担当）、消防庁、国土交通省水管理・国土保全局砂防部、気象庁(2013)：火山防災マップ作成指針

- (52) 気象庁(2018) 気象観測統計指針
- (53) 中川久夫、中馬教允、石田琢二、松山力、七崎修、生出慶司、大池昭二、高橋一  
(1972) : 十和田火山発達史概要、東北大學理學部地質學古生物學教室研究邦文報告、  
No. 73
- (14754) 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
- (14455) 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.
- (14556) 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
- (14657) 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
- (58) 長森英明、宝田晋治、吾妻崇(2013) : 青森西部地域の地質、地域地質研究報告 (5 万分の  
1 地質図幅)、産業技術総合研究所 地質調査総合センター
- (59) 青森県史編さん自然部会(2001) 青森県史 自然編 地学、青森県史友の会
- (60) Ogawa, Y. (1987): Preliminary interpretation on detailed magnetovariational  
profilings in the Northern Tohoku district, Journal of geomagnetism and  
geoelectricity, Vol. 39.
- (61) 上嶋誠(2009) : MT 法による電気伝導度構造研究の現状、地震第 2 輯、vol. 61
- (2662) 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
- (63) 近藤玲介、塚本すみ子、工藤崇、遠藤邦彦、小林淳、坂本竜彦(2012) : レス堆積物の  
pIRIR 年代測定による十和田火山周辺におけるテフラ降下年代の推定、日本第四紀学会講  
演要旨集、埼玉、2012-08-20/22, 日本第四紀学会
- (64) 工藤崇、小林淳(2013) : 十和田火山、先カルデラ期～カルデラ形成期テフラの放射年代  
測定、地質調査研究報告、Vol. 64、No. 9/10
- (65) 桑原拓一郎(2007) : 青森県上北平野に分布する白ベタテフラ (WP) のジルコン・フィッ  
ション・トラック年代、第四紀研究、Vol. 45、No. 5
- (3366) 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)

(67) 曾屋龍典、勝井義雄、新井田清信、堺幾久子、東宮昭彦(2007)：有珠火山地質図（第 2 版）、産業技術総合研究所 地質調査総合センター

(68) 中川光弘、松本亜希子、田近淳、広瀬亘、大津直(2005)：有珠火山の噴火史の再検討：寛文噴火（1663 年）と明和噴火（1769 年）に挟まれた 17 世紀末の先明和噴火の発見、火山、Vol. 50、No. 2