

7. 津波評価

7.5 津波評価結果(すべり量が既往知見を大きく上回る波源による検討の概要)



- 既往知見を踏まえた津波の評価の結果、津波の規模観は評価位置においてT.M.S.L.+4.00m程度であり、来襲する津波の規模観を把握できた。
- 仮に、異なるすべり量の調整方法、現状評価している不確かさ以外の不確かさ等を考慮したモデルを設定した場合には、上記の結果を多少上回ると考えられるが、ここではすべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる津波高を確認することで、耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に津波が到達しえないことを定量的に示すこととした。
- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルの設定にあたっては、国内外の巨大地震のすべり量に関する文献調査を実施し、それらの知見に対して過大な設定となるようモデルを検討した。
- なお、本検討については、既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースにおいて防波堤の有無による影響に係る検討を行った結果、防波堤を考慮しない場合の方が津波高が若干高くなる結果が得られたことを踏まえ、防波堤を考慮せずに検討を実施した。

検討モデルと文献調査結果との比較

	当社のモデル		巨大地震のすべり量に関する文献調査結果			
	既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースの波源モデル	すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデル	2011年東北地方太平洋沖型地震のモデル <杉野ほか(2014)>	南海トラフの巨大地震の津波断層モデル <内閣府(2012)>	世界のMw9.0クラスの巨大津波	
		検討モデルA (すべり量3倍)	検討モデルB (全域超大すべり域)			
平均すべり量	8.40m	25.20m	31.19m	10.4m	8.8-11.3m	大きいもので11m
最大すべり量	31.19m	93.56m	31.19m	31.2m	最大のモデルで「60-70m」	大きいもので「28-32m」

7. 津波評価

7.5 津波評価結果(既往知見を大きく上回る波源による検討: 検討モデルの諸元)



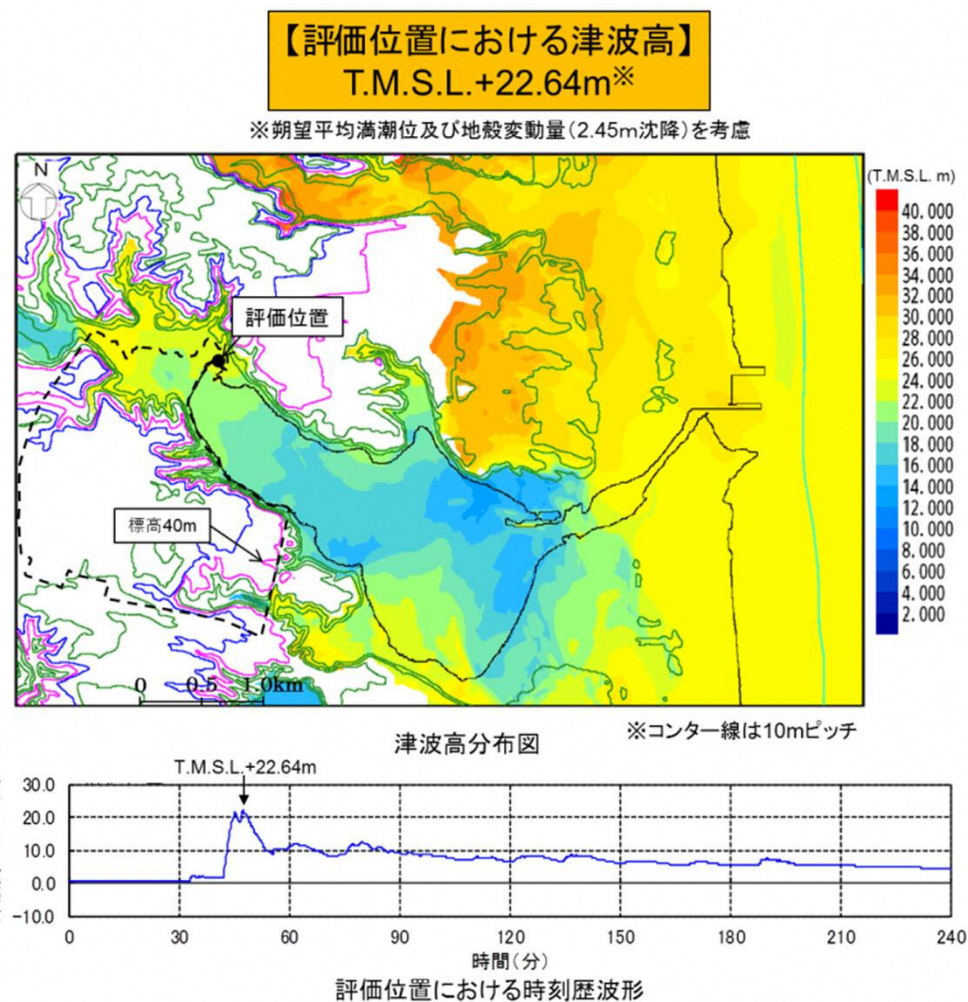
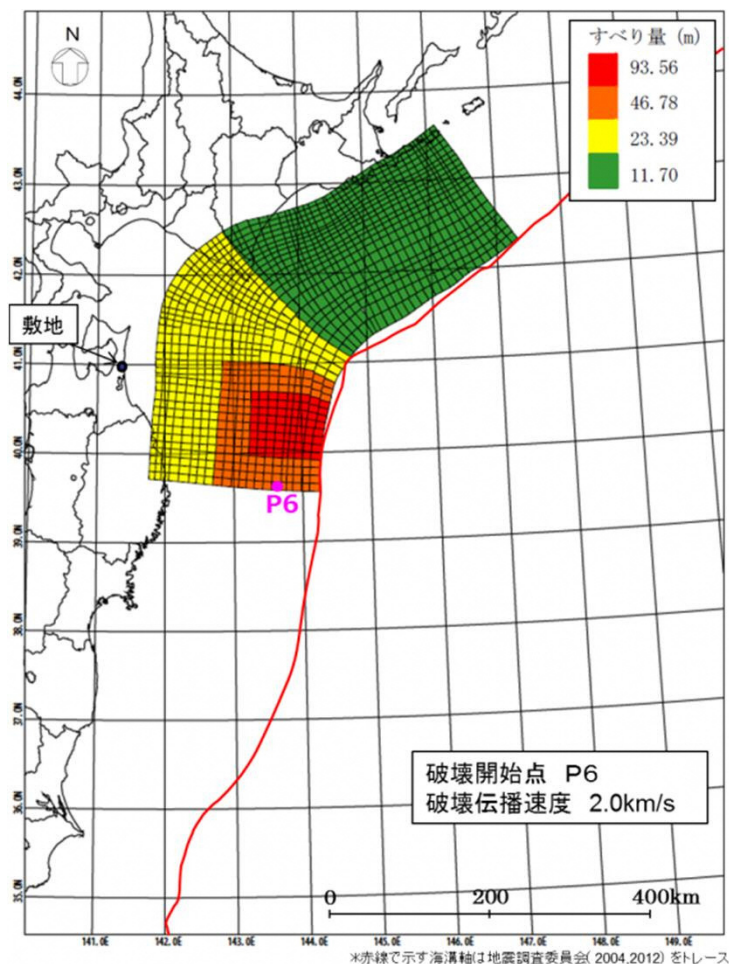
	既往知見を踏まえた津波の評価において津波高が最も高いケースの波源モデル		すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデル	
			検討モデルA(すべり量3倍)	検討モデルB(全域超大すべり域)
モデル図				
モーメントマグニチュード(Mw)	9.04		9.37	
断層面積(S)			112,309km ²	
剛性率(μ)			5.0 × 10 ¹⁰ N/m ²	
すべり量	超大すべり域(面積、面積比率)	31.19m(7,530km ² 、6.7%)	93.56m(7,530km ² 、6.7%)	31.19m(112,309km ² 、100%)
	大すべり域(面積、面積比率)	15.59m(13,438km ² 、12.0%)	46.78m(13,438km ² 、12.0%)	
	基本すべり域(面積、面積比率)	7.80m(36,623km ² 、32.6%)	23.39m(36,623km ² 、32.6%)	
	背景領域(面積、面積比率)	3.90m(54,718km ² 、48.7%)	11.70m(54,718km ² 、48.7%)	
地震モーメント(Mo)	4.72 × 10 ²² Nm		1.41 × 10 ²³ Nm	
断層全体の平均すべり量	8.40m		25.20m	
平均応力降下量	3.05MPa		9.16MPa	
ライズタイム			60s	

* 赤線で示す海溝軸は地震調査委員会(2004,2012)をトレース

7. 津波評価

7.5 津波評価結果(既往知見を大きく上回る波源による検討:解析結果)

●検討モデルAの解析結果



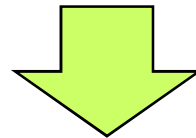
- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波は標高40mには到達していないことから、津波が各施設の設置される敷地に到達する可能性はない。

7. 津波評価

7.6 まとめ



- すべり量が既往知見を大きく上回る波源モデルによる検討の結果、津波は標高40mには到達していないことから、津波が耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に到達する可能性はない。
- 海洋放出管を経路とした津波の遡上可能性について検討した結果においても、津波が海洋放出管を経路として耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等の設置される敷地に到達する可能性はない。



再処理施設、廃棄物管理施設及びMOX燃料加工施設の耐震重要施設等、常設重大事故等対処施設及び安全上重要な施設等については、津波に対する設計は考慮しない。

8. 火山評価(事業規則第九条)

第九条:外部からの衝撃による損傷の防止(火山)

8. 火山評価

8.1 要求事項(設計基準)



事業規則

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第九条 安全機能を有する施設は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。次項において同じ。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全機能を有する施設は、工場等内又はその周辺において想定される再処理施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

: 外部からの衝撃による損傷の防止(火山の影響)の該当箇所

- 原子力規制委員会「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参考に審査される。

8. 火山評価

8.2 基本方針

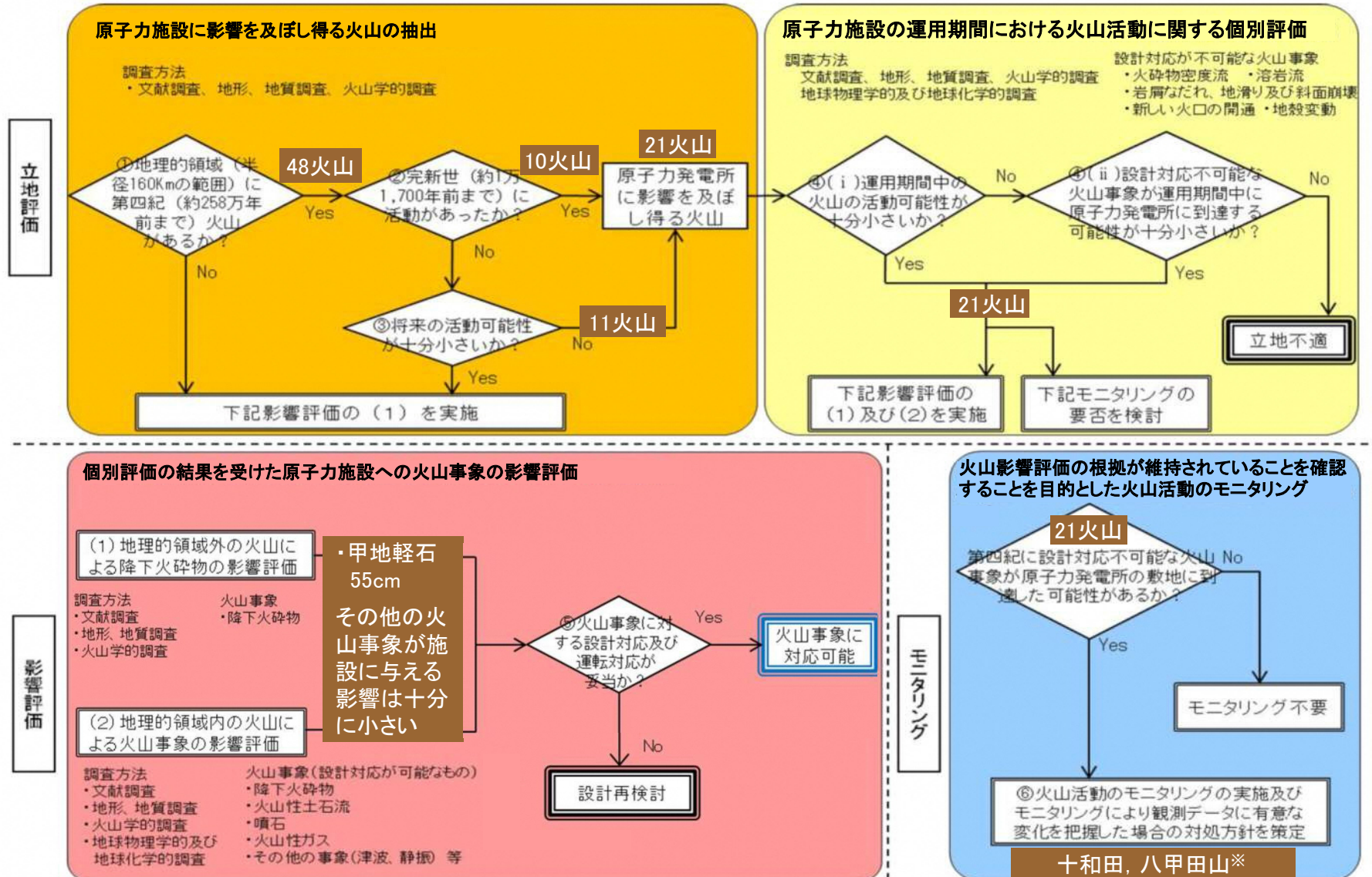


●基本方針

- 敷地から160km圏内に位置する、再処理施設に影響を及ぼし得る21火山について、設計対応不可能な火山事象(火砕流, 溶岩流等)影響を及ぼす可能性について評価を行う。また、将来の活動可能性を否定できない火山について、再処理施設の運用期間中の噴火規模を考慮し、降下火砕物等による再処理施設への影響評価を行う。

8. 火山評価

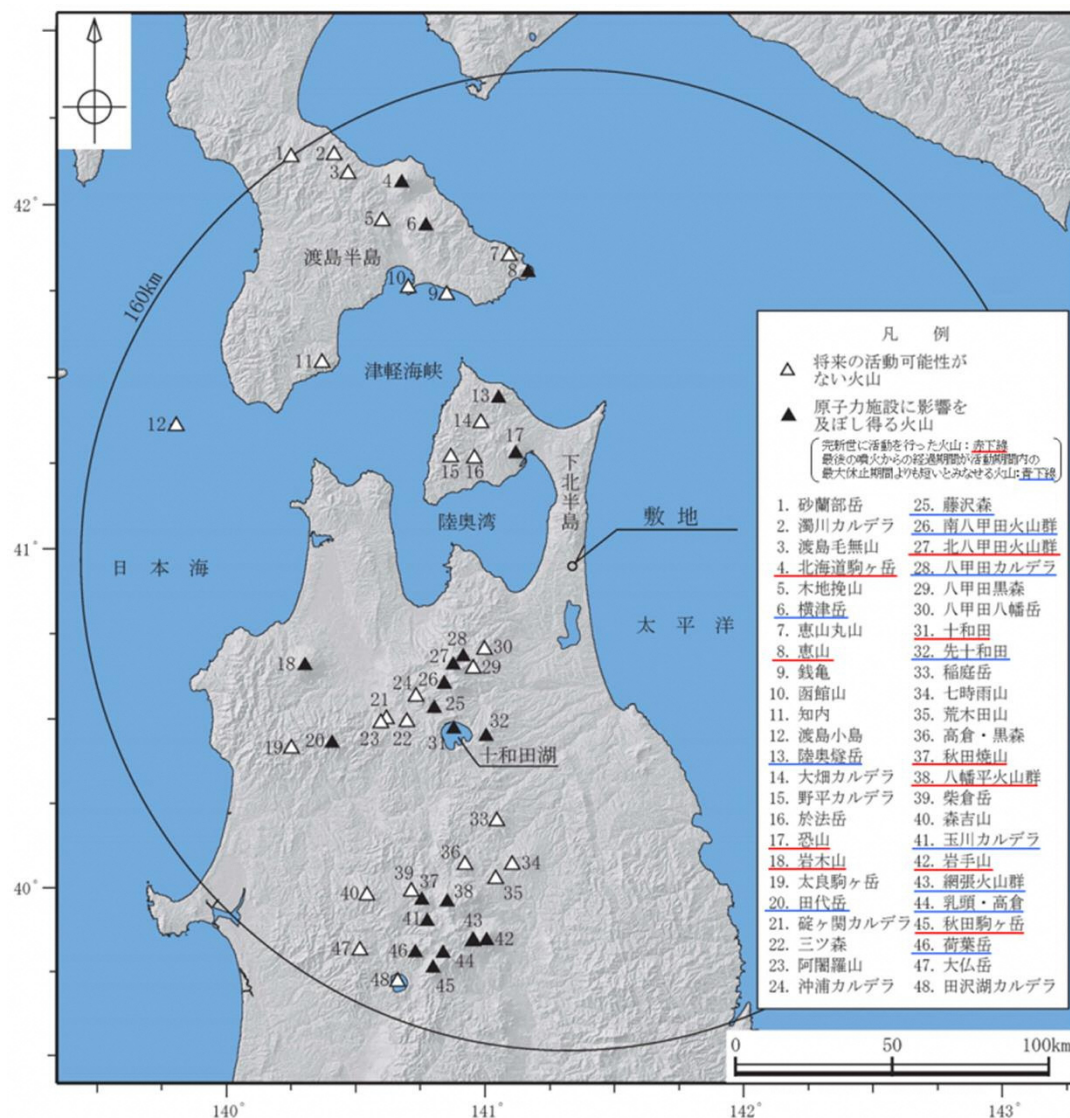
8.3 火山影響評価結果(概要の概要)



※八甲田カルデラに北八甲田火山群及び南八甲田火山群を合わせて「八甲田山」とする
原子力発電所の火山影響評価ガイドに一部加筆 146

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(原子力施設に影響を及ぼし得る火山の抽出結果)



- 敷地を中心とする半径160km範囲に分布する48の第四紀火山について、完新世の活動の有無、及び活動休止期間と最後の噴火からの経過期間から将来の活動可能性を検討し、原子力施設に影響を及ぼし得る火山を抽出した。
- その結果、原子力施設に影響を及ぼし得る火山として、21火山を抽出した(左図黒三角の火山)。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(設計対応不可能な火山事象の到達可能性)

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 陸奥雄岳 (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
 ○内の距離:敷地からの離隔による判断
 *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

【火砕物密度流】

＜対象となる火山:敷地から半径160km以内の21火山＞

- 文献調査で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。
一方、十和田及び八甲田カルデラ以外の原子力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】

＜対象となる火山:敷地から半径50km以内の恐山及び八甲田カルデラ＞

- 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。
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、敷地から半径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】

- 新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地が、原子力施設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。

十和田および八甲田山を対象に詳細評価

8. 火山評価

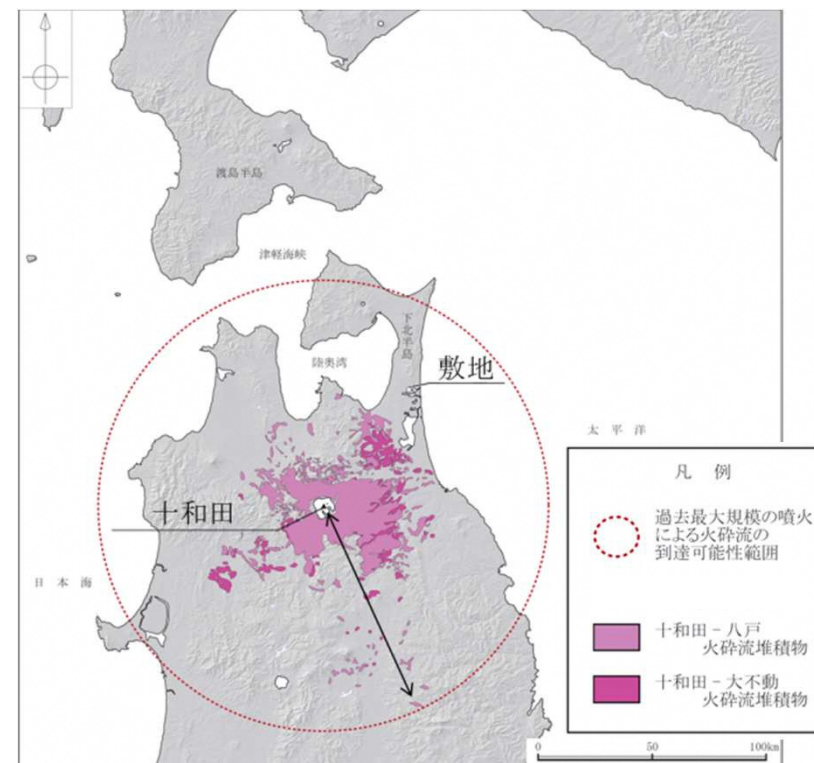
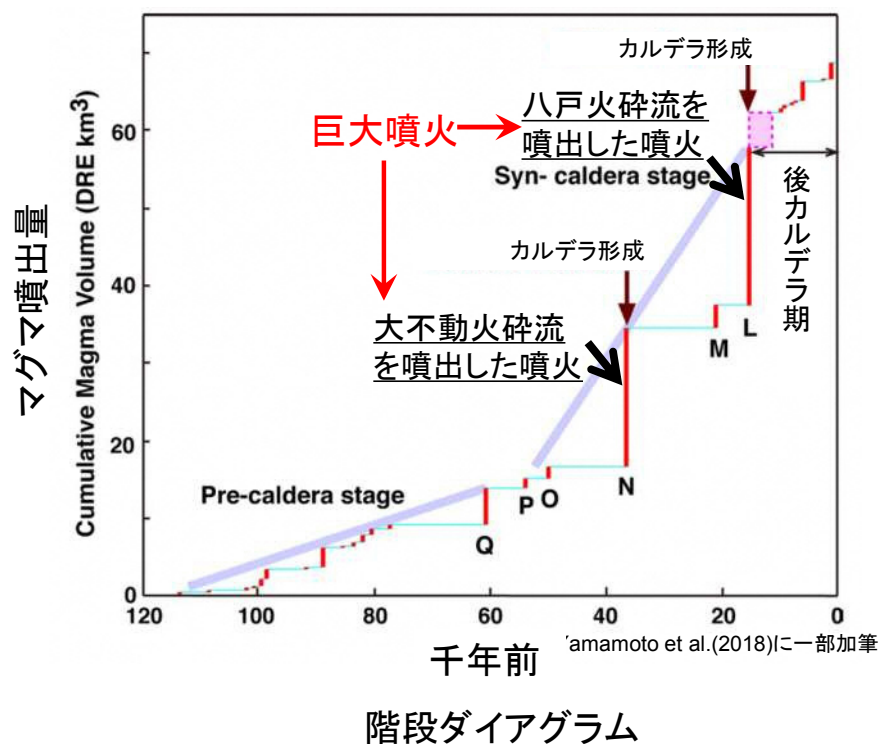
8.3 火山影響評価結果(十和田の活動履歴)

●活動履歴

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)。

●巨大噴火に伴う火砕流分布図

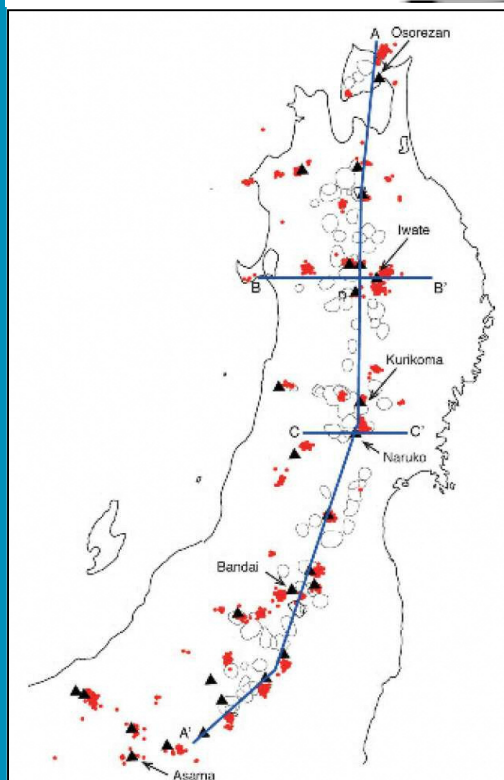
- 文献調査の結果、下図のとおり十和田の火砕流の到達可能性範囲に敷地若しくは敷地近傍が含まれる。
- 地質調査の結果、敷地は、巨大噴火に伴う2回の大規模火砕流であるカルデラ形成期の十和田八戸火砕流及び十和田大不動火砕流の到達末端に位置すると評価。



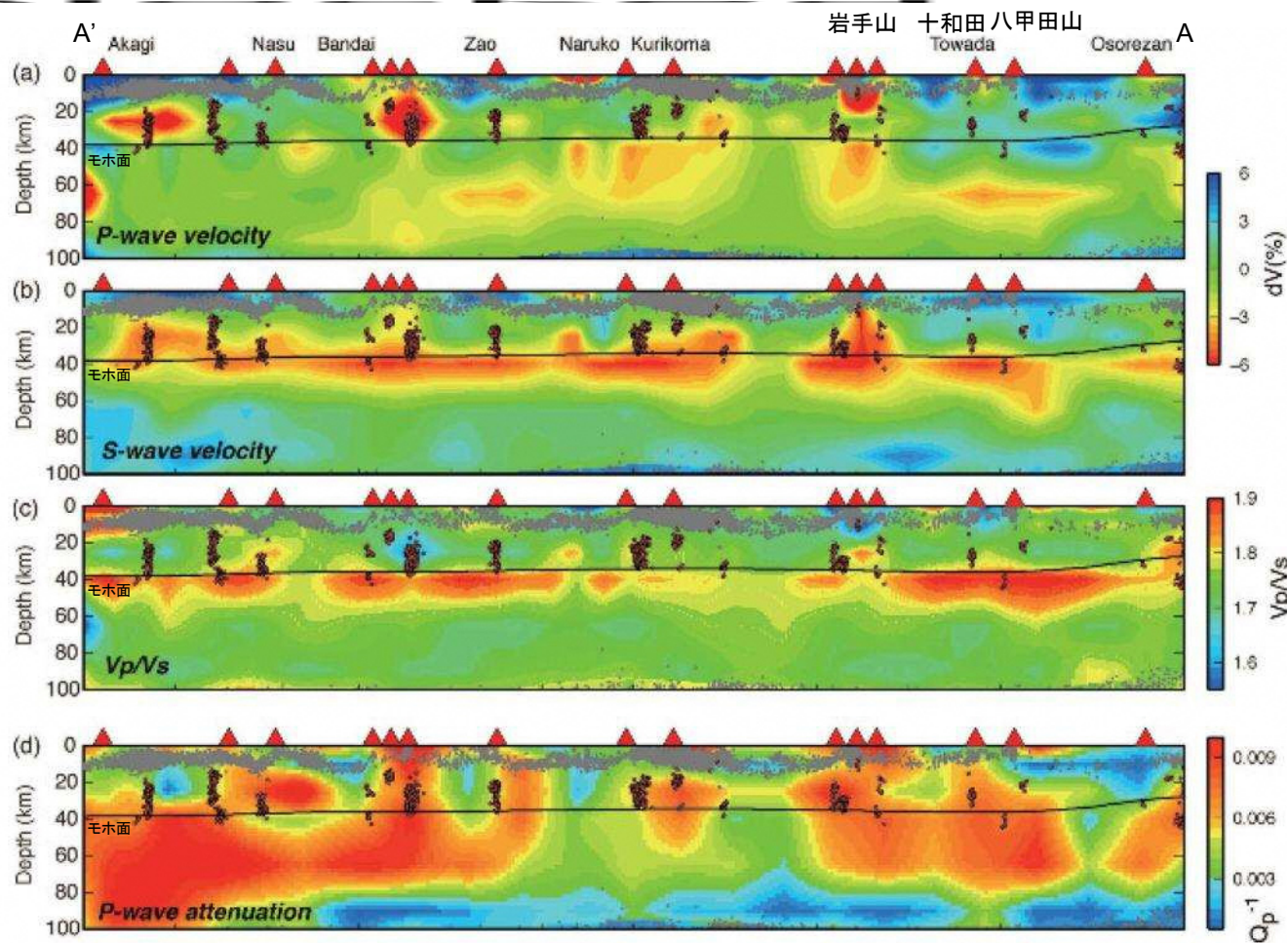
火砕流堆積物の分布は、中川ほか(1972), 土井(1993), 村岡ほか(1991), 大沢ほか(1993), 大沢・須田(1978), 町田・新井(2011), 長森ほか(2013)に基づき当社が作成

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地震波速度構造))



- 凡例
- (▲) 活火山
 - (○) 第四紀カルデラ
 - (●) 深部低周波微小地震



※(a)~(c)の解析結果はNakajima et al.(2001b)と同じ

中島(2017)に加筆

- 中島(2017)によると、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。

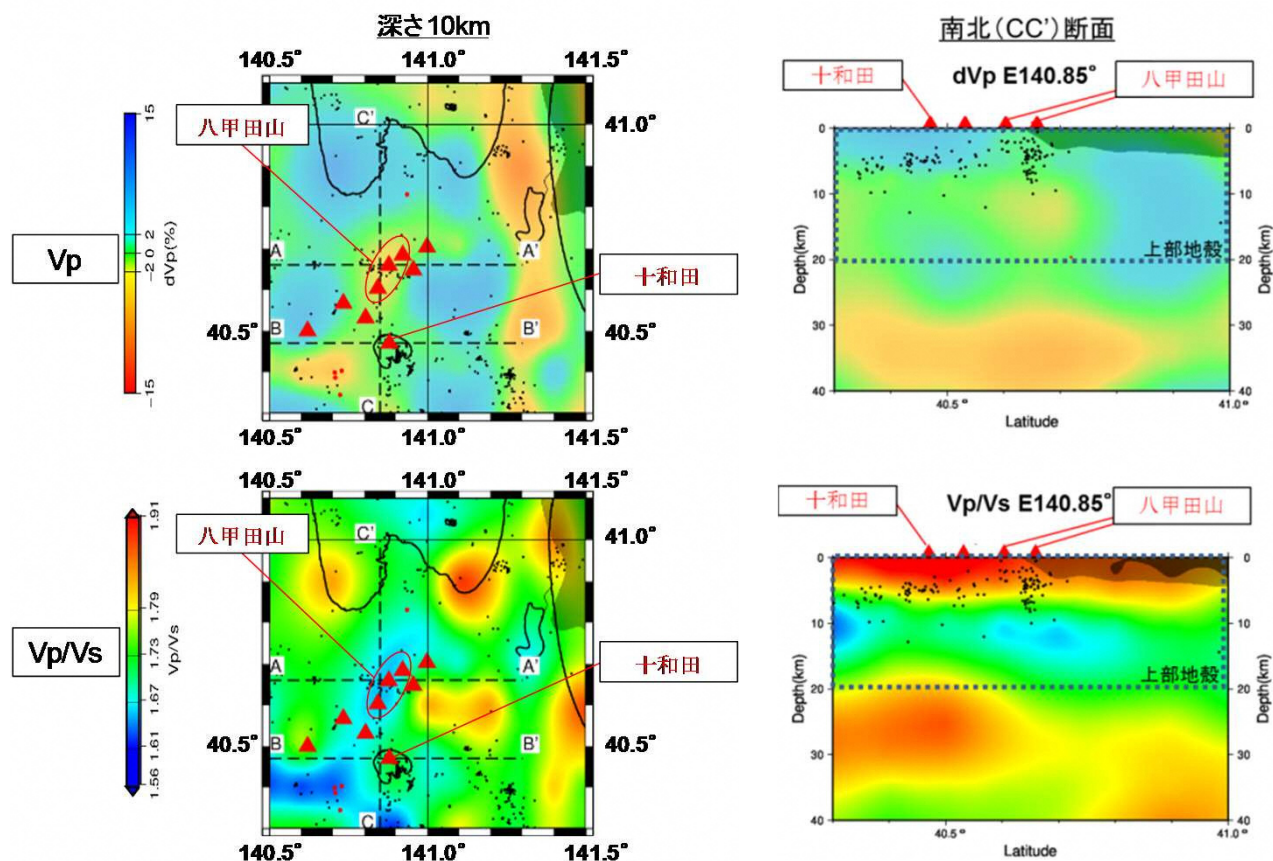
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地震波速度構造))

浅森・梅田(2005)によると、低速度領域には流体や高温異常の存在を示唆しているとされている。また、Nakajima et al.(2001b)によると、活火山直下の低Vp,低Vs及び高Vp/Vs領域には、メルトの存在を示唆し、低Vp,低Vs及び低Vp/Vs領域には、水の存在を示唆としている。

防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、十和田および八甲田山直下の上部地殻内(約20km以浅)には、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。

十和田と八甲田山間の深さ10km~15km付近で見られる低Vp領域は、低Vp/Vsであることから水が存在する可能性があるとして解釈できる。



凡例
 (▲) 第四紀火山
 (黒点) 震源
 (赤点) 低周波地震
 (気象庁一元化震源カタログ 期間:1997年10月~2018年12月)
 (半透明黒色部) チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 (チェッカーボードサイズ 水平:約20km×約20km (緯度0.2°×経度0.2°) 鉛直:5km(深さ0~10km):10km(深さ10km~40km))

防災科学技術研究所HP (http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/) 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を基に当社が作図(解析手法等の詳細はMatsubara et al.(2019)に記載)

8. 火山評価

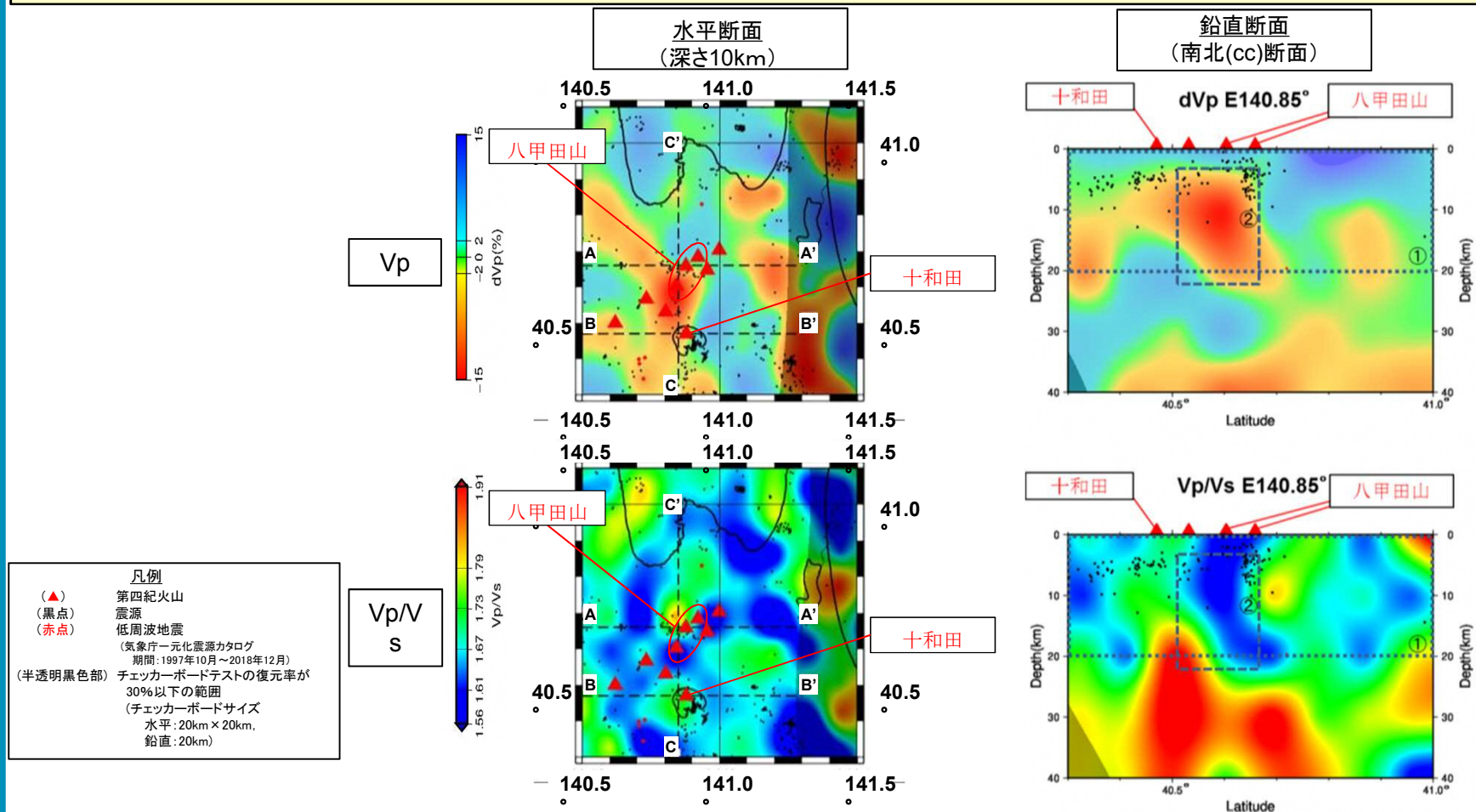
8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地震波速度構造))



地震波速度構造では、活火山直下の低速度かつ高Vp/Vsはメルトを含む領域を示唆するとしている。一方で、低速度かつ低Vp/Vsは、水の存在を示唆する。(Nakajima et al., 2001b)

Hi-netに加えて、東北大学等の独自の観測点を用いて当社が実施した、地震波トモグラフィ解析の結果、十和田および八甲田山直下の地震波速度構造について、次のように解釈できる。

- ・上部地殻内(約20km以浅)には、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。(図中の①)
- ・十和田と八甲田山間の深さ5km~20km付近で見られる低Vp領域は、低Vp/Vsであることから水が存在する可能性がある。(図中の②)

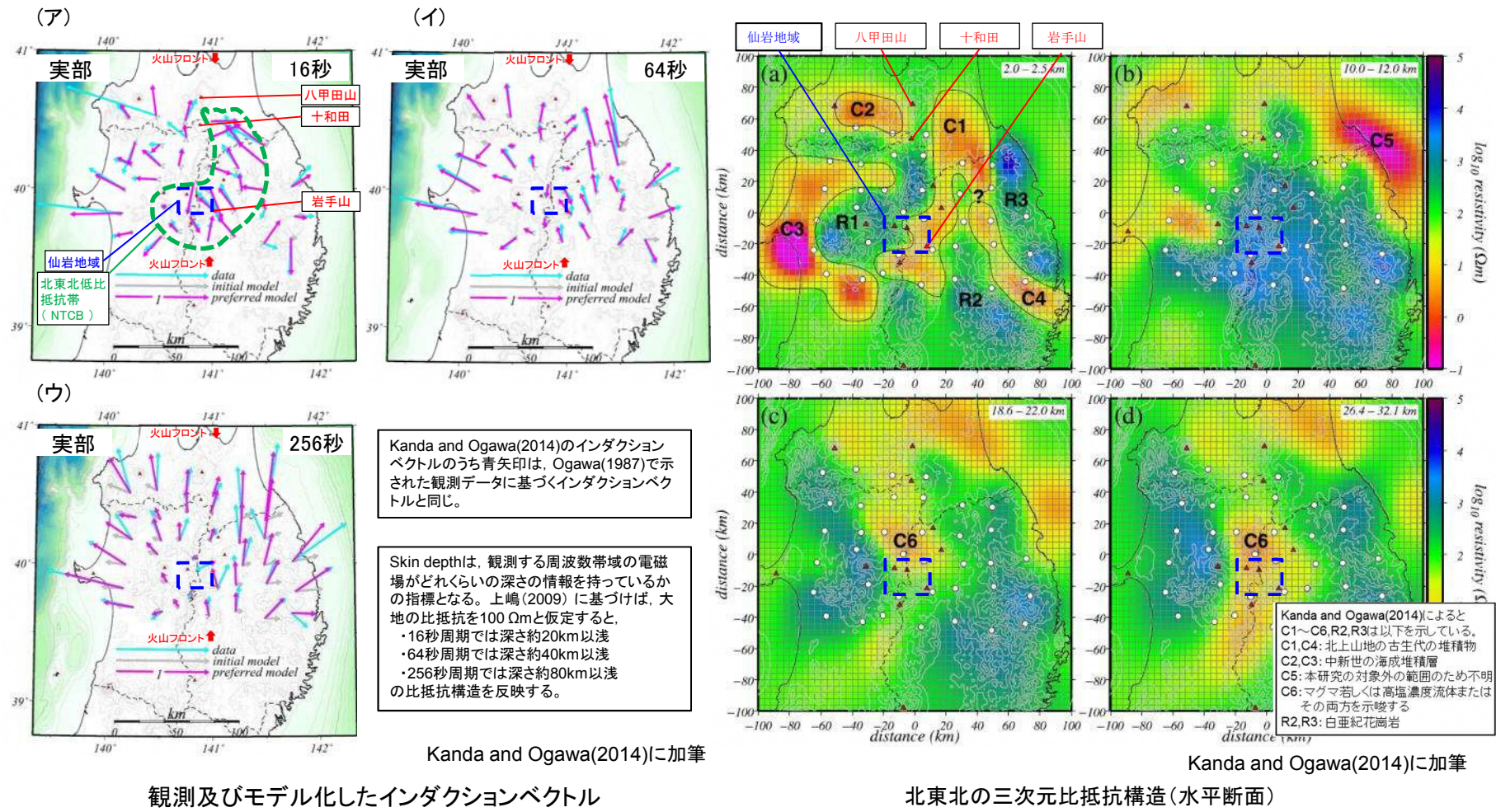


8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(比抵抗構造))



- ▶ 左図(ア)に示すインダクションベクトルの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。
- ▶ 右図(b)に示す10km~12km(上部地殻内)の水平断面では、高比抵抗領域が広く分布しており、顕著な低比抵抗領域は認められない。
- ▶ また、仙岩地域付近の下部地殻及び最上部マントルには、マグマ若しくは高塩濃度流体またはその両方を示唆する顕著な低比抵抗領域が認められるが、十和田および八甲田山直下には顕著な低比抵抗領域は認められない。

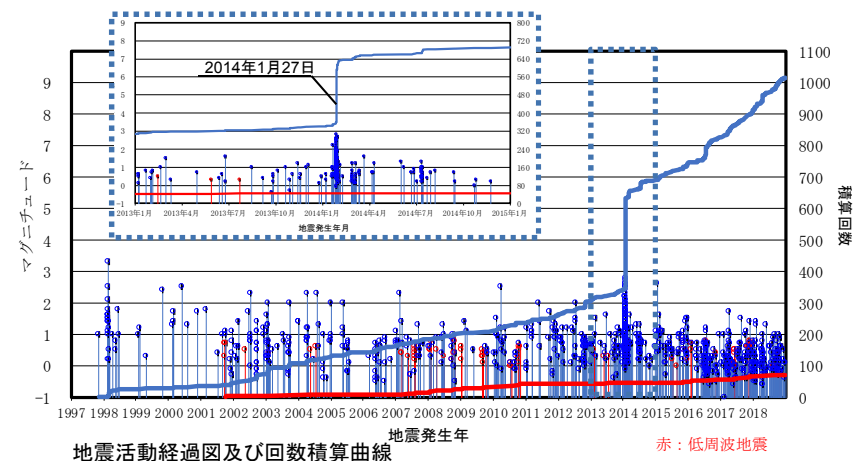
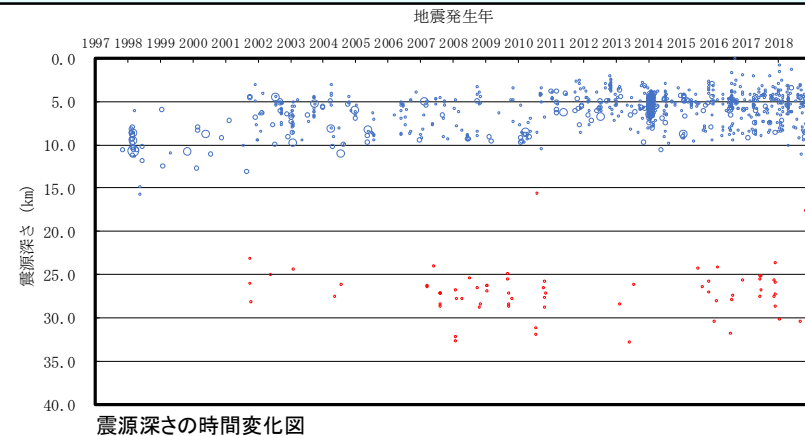
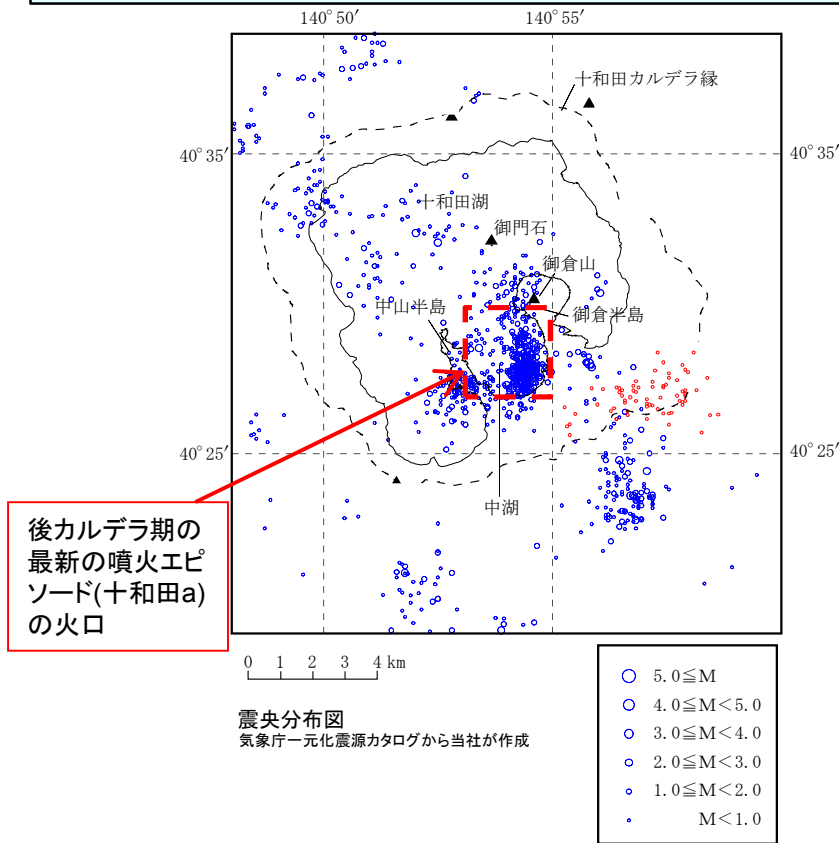


8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地震活動))



- 気象庁一元化震源カタログから作成した下図より、地震は、十和田の後カルデラ期の最新の噴火エピソード(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。
- 「十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)」(気象庁, 2014)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月に入ってからは概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。



※当社が整理した気象庁一元化震源の震源記録は、「K: 気象庁震源(精度良く震源決定されたとする地震)」と「S: 参考震源(精度は良くないが参考として登録する地震)」の双方の地震を合わせて、表示している。なお、マグニチュードが不定のものは除く。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地殻変動))

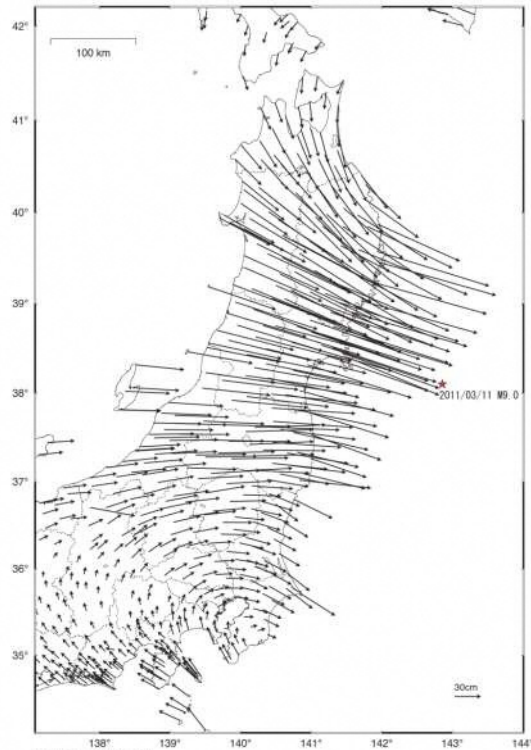


➤ 国土地理院(2018a)によると,平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の余効変動が,東日本の広い範囲で見られるとしている。

- 余効変動の影響がほとんど無い長崎県「福江」を基準とした場合,東北地方北部では北→南方向,南部では西北西→東南東方向の変位が見られ,漸移的に変化しており,最近1年間もその傾向が継続している。
- 十和田付近では北西→南東方向の変位がみられ,その方向は周辺と調和的であり,余効変動が継続している。

東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の地殻変動(水平)一本震翌日から7年間の累積

基準期間:2011/03/12-2011/03/12 [F3:最終解]
比較期間:2018/02/01-2018/02/10 [F3:最終解]



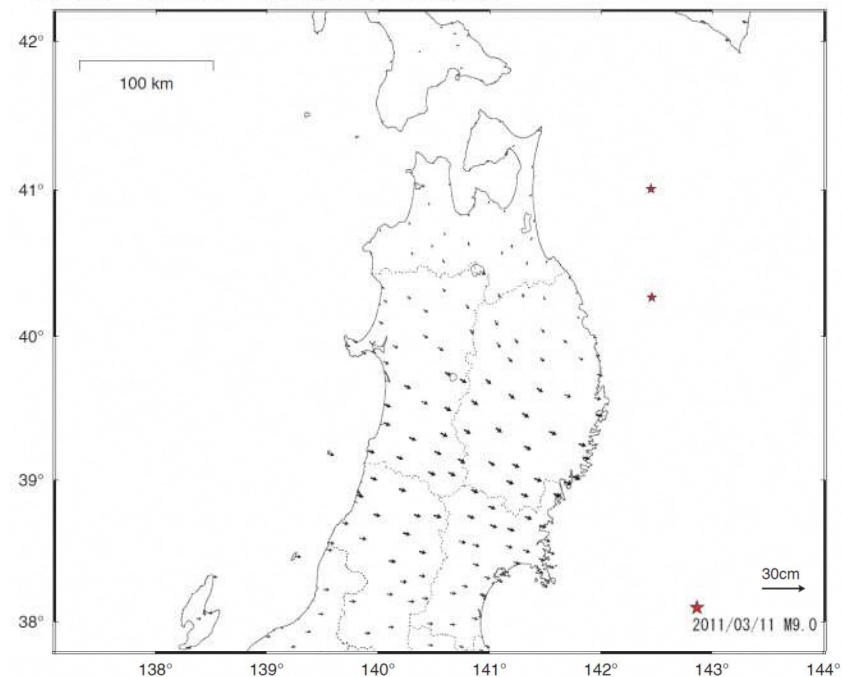
☆ 固定局:福江(長崎県)

国土地理院

国土地理院(2018b)

本震翌日から7年間の累積変位

基準期間:2017/02/01-2017/02/15 [F3:最終解]
比較期間:2018/02/01-2018/02/10 [F3:最終解]



☆ 固定局:福江(長崎県)

国土地理院

★:本震6年後から7年後までの期間に発生したM6.0以上の地震

国土地理院(2018b)より抜粋

平成29年2月~平成30年2月の1年間における地殻変動

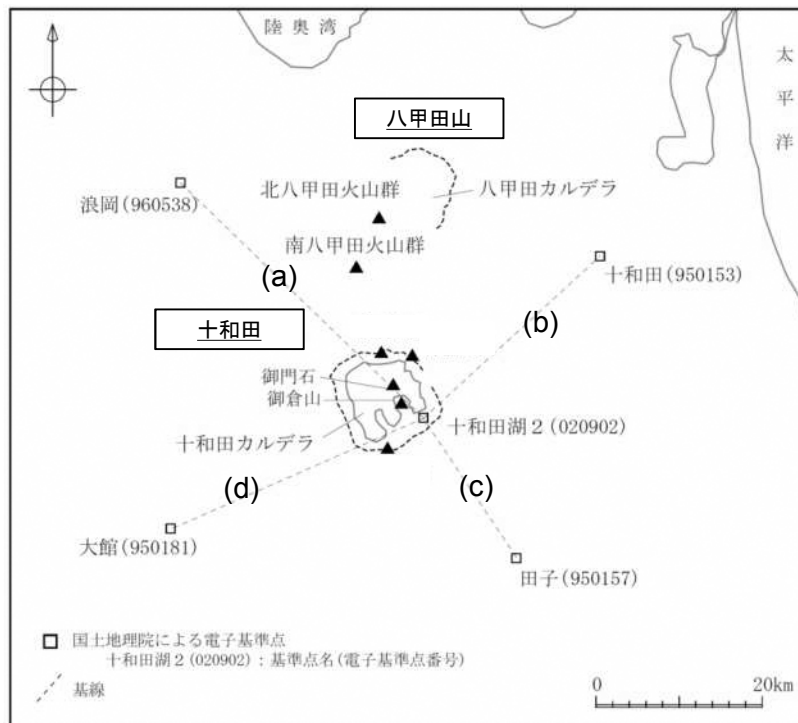
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田:地球物理学的調査(地殻変動))



➤ 国土地理院の電子基準点データから作成した、2003年1月～2018年12月までの十和田付近の地殻変動観測結果(基線長の時間変化)によると、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。

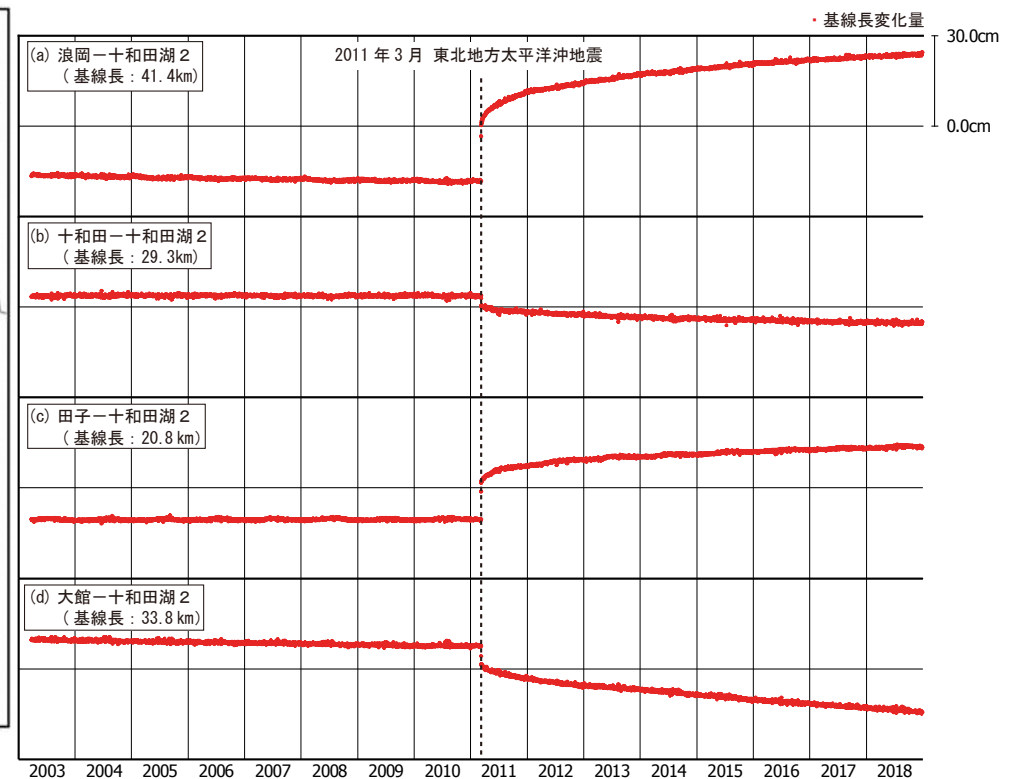
➤ 「十和田の火山活動解説資料(平成26年1月)」(気象庁, 2014)において、2014年1月に地震活動の活発化した際の、地殻変動観測結果によると、地震増加時及びその前後で十和田付近の地殻変動に変化は認められないとしている。



電子基準点及び基線位置図

※余効変動

大きな地震の後に、長期間にわたってゆっくりと進行する地殻の変動。
地震で生じた断層の周囲で広範囲にわたってプレートがゆっくりと滑り続けることなどによって発生する。



基線長の時間変化

※各観測点の保守(アンテナ交換等)によって生じたオフセットは補正済
国土地理院の電子基準点データから当社が作成

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田の地球物理学的調査(まとめ))



現在のマグマ溜まりの状況(十和田)

	地震波速度構造			比抵抗構造	地震 (低周波 地震)	地殻変動	評価
	Nakajima et al.(2001) 中島(2017)	防災科研 HP*	当社	Kanda and Ogawa(2014)			
上部地殻	東北地方の火山地域 の上部地殻内には大規模な (>10km)マグマ溜まりは存在しない 〔中島(2017)〕	低速度, 低Vp/Vs	低速度, 低Vp/Vs	顕著な低比抵抗領域は認められない	低周波地震はほとんど認められない	余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。	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。
下部地殻	中～高速度, 高Vp/Vs	中～高速度, 高Vp/Vs	高速度, 高Vp/Vs	顕著な低比抵抗領域は認められない	低周波地震が群発的に認められる	—	—
最上部マントル	大量のメルトを示唆する	低速度・ 中Vp/Vs	低速度・ 高Vp/Vs	不明	不明	—	—

※: 防災科学技術研究所HP上において、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」として、陸地のHi-net、海底のS-net及びDONETの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al.(2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が十和田・八甲田山地域における水平・鉛直断面図を作図したもの。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田の巨大噴火のまとめ)



巨大噴火に該当する噴火は、カルデラ形成期の大不働火砕流(見かけの噴出量:約40km³)及び八戸火砕流(見かけの噴出量:約40km³)を噴出した噴火である。したがって、この2回の巨大噴火を対象に巨大噴火の可能性評価を実施。

- 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)。
- 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働火砕流の到達末端に位置すると評価。
- 地球物理学的調査(地震波速度構造, 比抵抗構造, 地震・地殻変動データ)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。
- 文献調査結果から, 十和田について, 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。



- 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、巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的根拠があるとはいえないことから、少なくとも施設運用期間中は、巨大噴火の可能性は十分小さいと評価した。
- 十和田を対象として、科学的知見を収集し、更なる安全性の向上に資するため、施設の運用期間中火山活動のモニタリングを行い、巨大噴火の可能性が十分小さいと評価した根拠が継続していることを確認する。

余 白

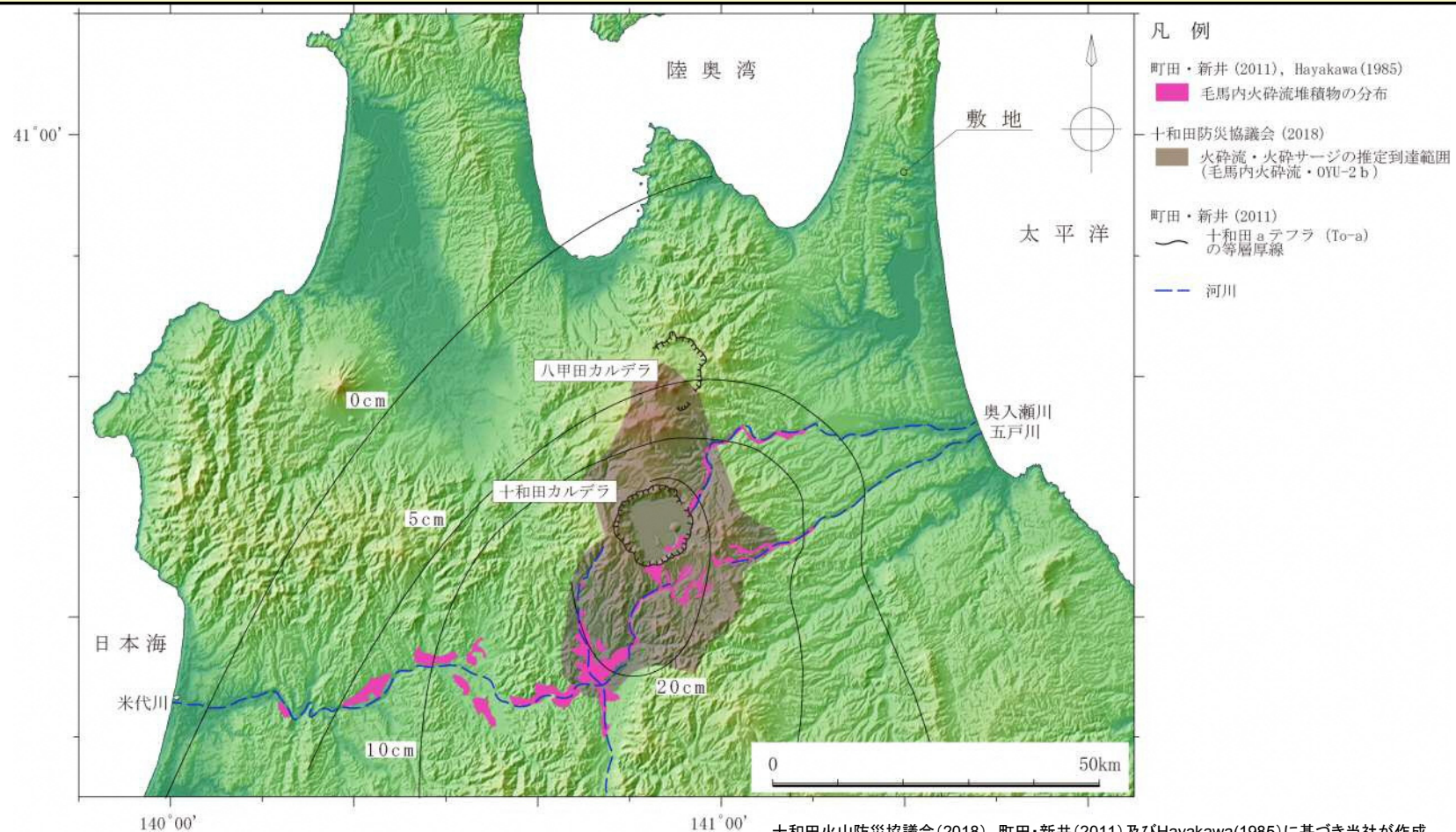
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田の巨大噴火以降の火砕流分布図)



- 山元(2015)に基づく、最後の巨大噴火以降の最大規模の火砕流は毛馬内火砕流である。
- 町田・新井(2011)及びHayakawa(1985)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。
- 十和田火山防災協議会(2018)は、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。

いずれの場合においても、毛馬内火砕流は、敷地には到達していない。



8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(十和田の巨大噴火以降のまとめ)



- 最後の巨大噴火以降の活動期である後カルデラ期は、1000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出来ない。
- 後カルデラ期の最大規模の火砕流である毛馬内火砕流は敷地には到達していない。
- 溶岩流、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊については、敷地が十和田から半径50km以内に位置しないことから、また、新しい火口の開口及び地殻変動については、敷地が十和田の火口及びその近傍に位置せず、火山フロントより前弧側に位置することから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価。



- 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、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価。
- 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、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価。

8. 火山評価

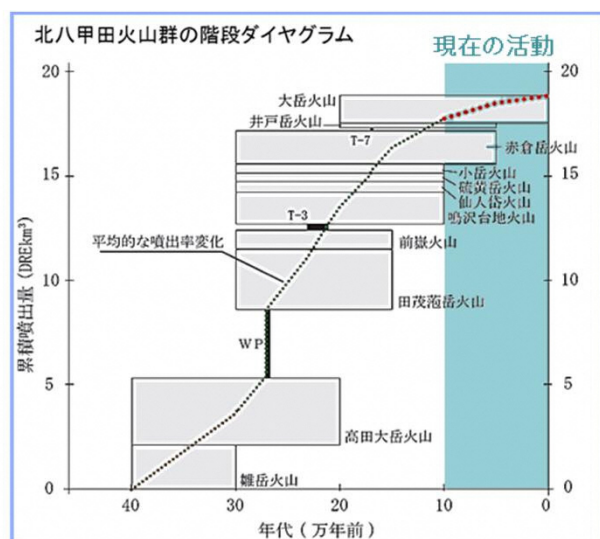
8.3 火山影響評価結果(八甲田山の活動履歴)



- 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。(気象庁編, 2013)。
 - 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1.1～0.3 Maに活動したとされる。(中野ほか編, 2013; 宝田・村岡, 2004)
 - 八甲田カルデラの噴出物として、八甲田第1期火砕流(見かけの噴出量: 37km³)及び八甲田第2期火砕流(見かけの噴出量: 36km³)による堆積物が示されている(村岡・高倉, 1988; 第四紀火山カタログ委員会, 1999)。
 - 八甲田山の活動は、南八甲田火山群、八甲田カルデラ、北八甲田火山群の活動に区分され、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), 0.4Ma(八甲田第2期)に大規模火砕流を噴出したとされている(中野ほか編, 2013; 工藤ほか, 2011)。
 - 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されている(工藤ほか, 2004)。
-
- 次頁の図のとおり、八甲田山は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、後カルデラ火山群である北八甲田火山群のみ活動が継続している。
 - 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: 37km³)及び八甲田第2期火砕流(見かけの噴出量: 36km³)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以降の噴火を対象に評価を実施した。

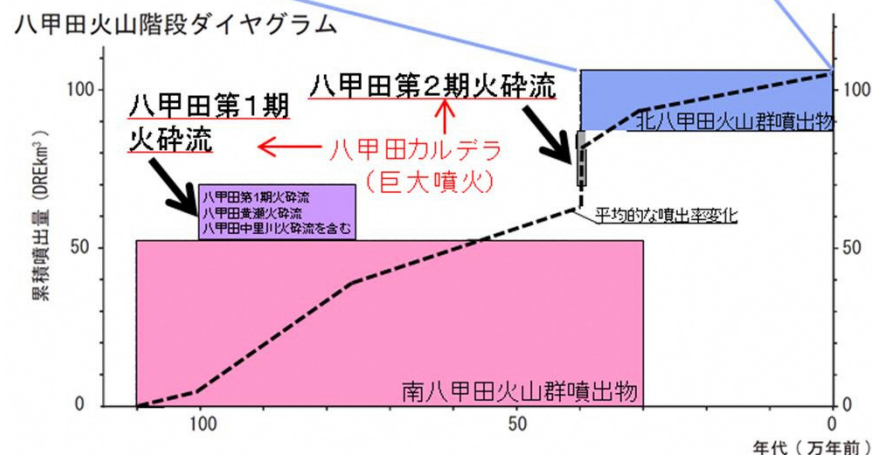
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の活動履歴)



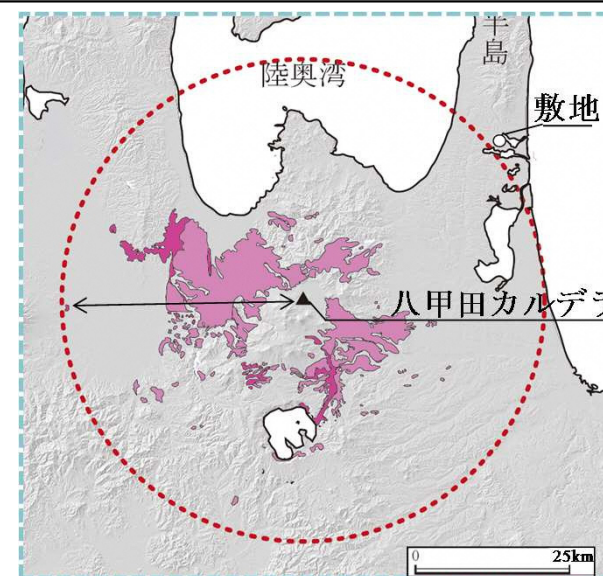
●活動履歴および巨大噴火に伴う火砕流分布図

- 工藤ほか(2004)によると、八甲田カルデラの形成(巨大噴火)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。
- なお、下図に示す、文献調査の結果に基づく巨大噴火に伴う火砕流分布図および地質調査の結果、火砕流は敷地には到達していないと評価。



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

階段ダイアグラム



火砕流堆積物の分布は、村岡・高倉(1988), 村岡ほか(1991), 大沢ほか(1993), 青森県史編さん自然部会(2001), 長森ほか(2013), 工藤ほか(2019)に基づき当社が作成
巨大噴火に伴う火砕流分布図

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の地球物理学的調査(まとめ))



現在のマグマ溜まりの状況(八甲田)

	地震波速度構造			比抵抗構造	地震 (低周波地震)	地殻変動	評価
	Nakajima et al.(2001b) 中島(2017)	防災科研 HP※	当社	小川(1991)			
上部地殻	東北地方の火山地域 の上部地殻内には大規模な (>10km)マグマ溜まりは存在しない 〔中島(2017)〕	低速度, 低Vp/Vs	低速度, 低Vp/Vs	顕著な低比抵抗領域は認められない (10km以浅) 低比抵抗 (10km以深)	低周波地震はほとんど認められない	余効変動を超える継続的な変位の累積は認められない。	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。
下部地殻	中～高速度, 高Vp/Vs	中～高速度, 高Vp/Vs	中～高速度, 高Vp/Vs	低比抵抗	低周波地震が群発的に認められる	—	—
最上部マントル	大量のメルトを示唆する	低速度・ 中Vp/Vs	低速度・ 高Vp/Vs	低比抵抗	不明	—	—

※: 防災科学技術研究所HP上において、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」として、陸地のHi-net、海底のS-net及びDONETの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al.(2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が十和田・八甲田山地域における水平・鉛直断面図を作図したものの。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の巨大噴火のまとめ)



巨大噴火に該当する噴火は、八甲田第1期火砕流(見かけの噴出量:37km³)及び八甲田第2期火砕流(見かけの噴出量:36km³)を噴出した噴火である。したがって、この2回の巨大噴火を対象に評価を実施。

- 活動履歴については、工藤ほか(2004)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期火砕流は敷地には到達していないと評価。
- 地球物理学的調査(地震波速度構造, 比抵抗構造, 地震・地殻変動データ)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。



- 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、巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的根拠があるとはいえないことから、少なくとも施設運用期間中は、巨大噴火の可能性は十分小さいと評価した。なお、過去最大規模の火砕流も敷地には到達していないと評価。
- 八甲田山の最近の火山活動の推移を確認することの重要性も考慮し、八甲田山を対象に、科学的知見を収集し、更なる安全性の向上に資するため、施設の運用期間中火山活動のモニタリングを行い、巨大噴火の可能性が十分小さいと評価した根拠が継続していることを確認する。

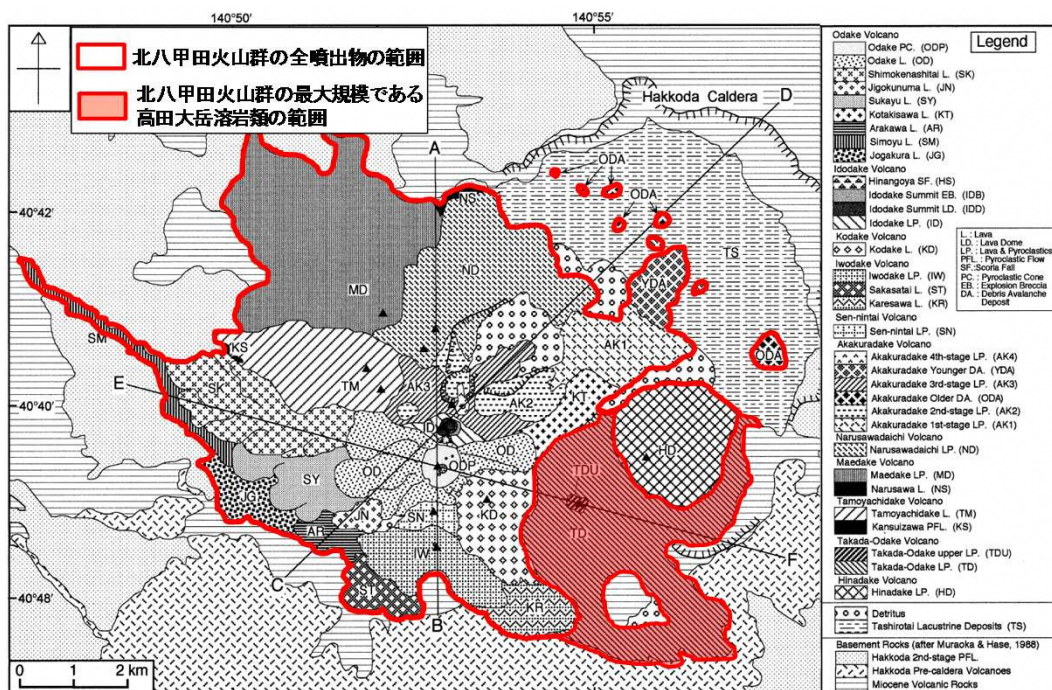
8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の巨大噴火以降の火砕流分布図)

工藤ほか(2004)に基づく、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(右表参照:3.2DREkm³)である。

最大規模の噴火に伴う噴出物である高田大岳溶岩類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た位置の分布は認められていない(下図赤塗色)。

なお、北八甲田火山群の全噴出物や岩層なだれを含めた分布も、八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められていない(下図赤枠線内)。



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
Total		0.43
	Sen-nintai	SN Sen-nintai LP.
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 L.P.	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

工藤ほか(2004)に一部加算

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の巨大噴火以降の火砕流分布図)



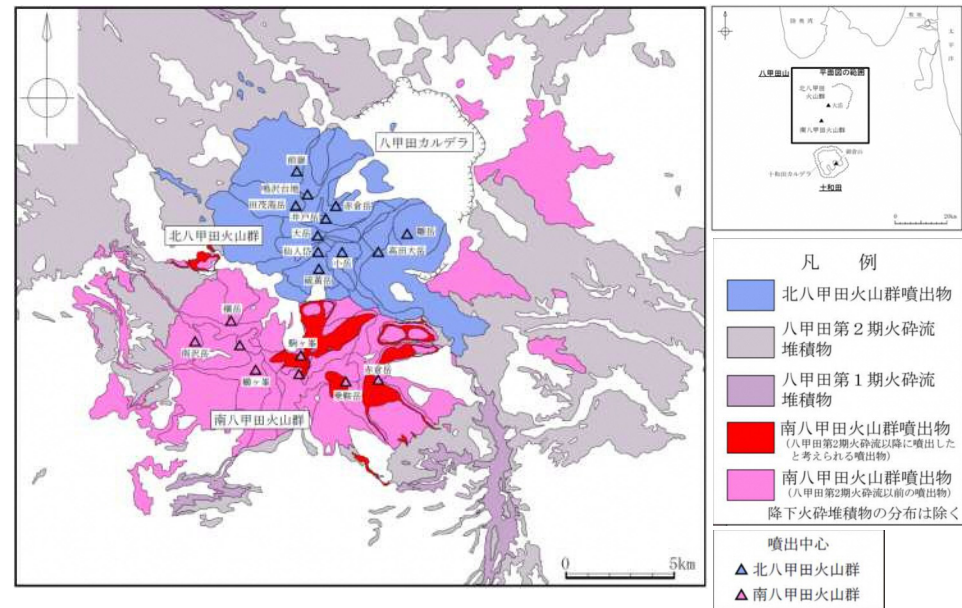
宝田・村岡(2004)を要約

- 南八甲田火山群の噴出物は、約1.1Ma~0.8Maの南八甲田第1ステージ溶岩・火砕岩、約0.8Ma~0.5Maの南八甲田第2ステージ溶岩・火砕岩、約0.5Ma~0.3Maの南八甲田第3ステージ溶岩・火砕岩等に区分され、約0.3Maに黄金平溶岩、駒ヶ峯溶岩・火砕岩が噴出したとされる。
- 最後の巨大噴火である約0.4Maの八甲田第2期火砕流以降の南八甲田火山群の噴出物は、南八甲田第3ステージ溶岩・火砕岩、黄金平溶岩、駒ヶ峯溶岩・火砕岩であり、一部火砕流(火砕岩)の発生が認められる。
- 南八甲田火山群は最後の巨大噴火(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た位置の分布は認められていない。

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	最後の 巨大噴火以降 の活動
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	52.4 km ³ (DRE)
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	

宝田・村岡(2004), Umeda et al.(2013)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。



八甲田山起源の火山噴出物の分布

村岡・高倉(1988), 宝田・村岡(2004)より当社が作成

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(八甲田山の巨大噴火以降のまとめ)



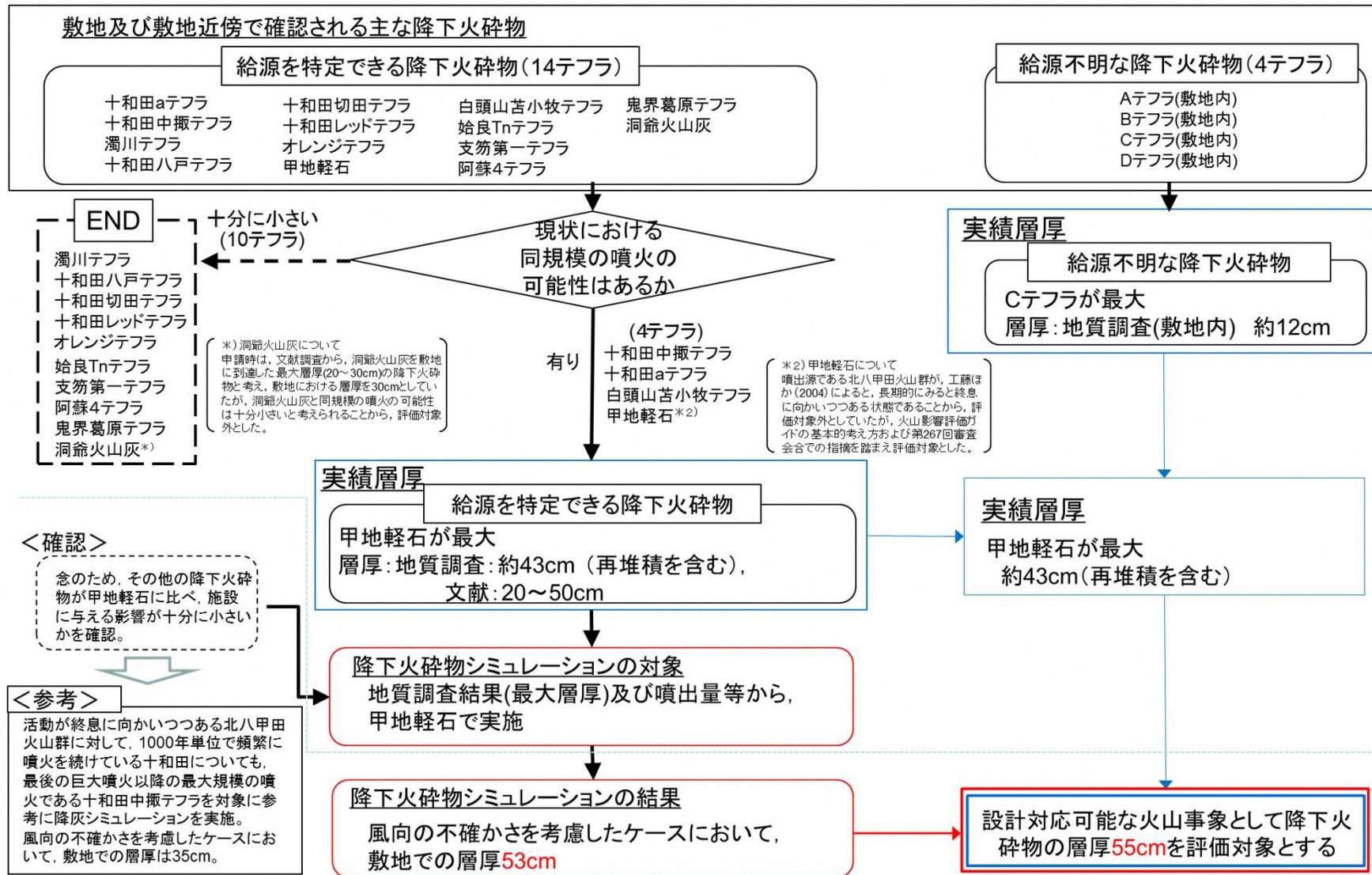
- 約40万年前の最後の巨大噴火以降, 後カルデラ火山群である北八甲田火山群の活動は継続しており, 一方, 先カルデラ火山である南八甲田火山群は約30万年前まで活動した。
- 北八甲田火山群の最大規模の噴火に伴う噴出物である高田大岳溶岩類の分布は噴出中心付近に限られ, 敷地が位置する北東方向では, 八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められていない。
- 南八甲田火山群は最後の巨大噴火以降, 約30万年前まで活動したとされるが, それらの噴出物の分布は南八甲田火山群の山体周辺に限られ, 敷地が位置する北東方向では, 八甲田カルデラを越えた位置の分布は認められていない。
- 新しい火口の開口及び地殻変動については, 敷地が北八甲田火山群の火口及びその近傍に位置せず, 火山フロントより前弧側に位置することから, 施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価。



- 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の離隔等から, 施設に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要①)



<確認>
念のため、その他の降下火砕物が甲地軽石に比べ、施設に与える影響が十分小さいかを確認。

<参考>
活動が終息に向かいつつある北八甲田火山群に対して、1000年単位で頻繁に噴火を続けている十和田についても、最後の巨大噴火以降の最大規模の噴火である十和田中楸テフラを対象に参考に降灰シミュレーションを実施。風向の不確かさを考慮したケースにおいて、敷地での層厚は35cm。

8. 火山評価

8.3 火山影響評価結果(降下火砕物の評価概要②)

●降下火砕物シミュレーションに用いる気象データ

- 気象庁では、1日2回(9時, 21時)ラジオゾンデを用いて、地上から高度約30kmまでの大気の状態を観測している。
- 敷地に最も近い秋田地方気象台の観測記録をシミュレーション解析に用いた。

使用する気象データ

- 月別平年値による解析には、気象庁による1981~2010年の平年値を用いた。
 - これに対し、風向の不確かさの検討(敷地方向の風)においては、より長い期間のデータ※(1973~2018年)により検討を行った。
- ※ワイオミング大学のDepartment of Atmospheric ScienceのHPより秋田地方気象台の高層気象観測データをダウンロード(2019年3月30日)。その際、1973年~2018年までの観測記録を月ごとにダウンロードし、記録されている9時・21時の全日時の風データを用いた。

ワイオミング大学HP(<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>)



ラジオゾンデによる高層気象観測実施官署(気象庁HPより当社が作成)