



リサイクル燃料備蓄センター
使用済燃料貯蔵事業変更許可申請
火山影響評価
(指摘回答)

令和2年7月2日
リサイクル燃料貯蔵株式会社

コメントリスト

番号	指摘日	コメント内容	ページ番号
1	令和2年2月14日 第336回審査会合	恐山の火山ガス分析について、ガス水比100%及びその注釈の記載を再検討すること。	P42
2	令和2年6月22日 ヒアリング	先行審査実績等を参考に、十和田・八甲田山の活動性に係る資料を追加すること。	P75～P79

火山の影響評価結果 (概要)

【原子力施設に影響を及ぼし得る火山の抽出の概要】

- 申請時 (H26.1.15) の評価
 - ・火山の活動年代が一覧で整理されている文献を整理した結果、地理的領域内の第四紀火山「51火山」 → 原子力施設に影響を及ぼし得る火山「20火山」
- 申請以降実施した検討
 - ・地理的領域内の第四紀火山「55火山」を対象に個別文献調査を行い、各火山の詳細な活動履歴を把握することを目的に階段ダイヤグラムを作製
- 最終評価
 - ・地理的領域内の第四紀火山「55火山」 → 原子力施設に影響を及ぼし得る火山「24火山」(オロフレ・来馬、尻別岳、横津岳、先十和田を追加)

【原子力施設に影響を及ぼし得る火山事象の概要】

- 申請時 (H26.1.15) の評価
 - ・降下火砕物について、文献調査の結果、洞爺火山灰が最大(20~30cm)で、敷地における降下火砕物の層厚を30cmとした。
- 申請以降実施した検討
 - ・現在の洞爺カルデラは、後カルデラの活動期にあることから、洞爺火山灰は評価対象外とした。
 - ・敷地付近で確認されている恐山の宮後テフラに加え、北海道駒ヶ岳dテフラ、十和田中楸テフラを対象に降下火砕物シミュレーションを実施。
- 最終評価
 - ・風向、風速の不確かさを考慮した降下火砕物シミュレーションの結果、恐山の宮後テフラの層厚が最大(30cm)となり、設計層厚を30cmとした。

【抽出された火山の個別評価の概要】

火砕流

- 申請時 (H26.1.15) の評価
 - ・敷地において恐山の火砕流堆積物が確認されていることから、文献調査と地質調査に加え、地震波トモグラフィー、電磁法探査、火山ガス分析、地震観測、地殻変動観測を行い、火砕流が施設供用期間中に発生する可能性は十分に小さいと評価。
- 申請以降実施した検討
 - ・火山ガス分析、地震観測、地殻変動観測については、継続実施していることから、申請後の観測データを追加した。
- 最終評価
 - ・申請時の評価と変更なし

火山モニタリング

- 申請時 (H26.1.15) の評価
 - ・恐山を対象に火山ガス分析、地震観測、地殻変動観測を実施。
 - ・火山の状態に変化がないことを継続的に確認。
- 申請以降実施した検討
 - ・地震観測および地殻変動観測に基づくモニタリングの判断基準とフロー(案)を策定。
- 最終評価
 - ・モニタリングの判断基準とフロー(案)は継続的に改善。
 - ・観測データに有意な変化があった場合の対処方針を例示。

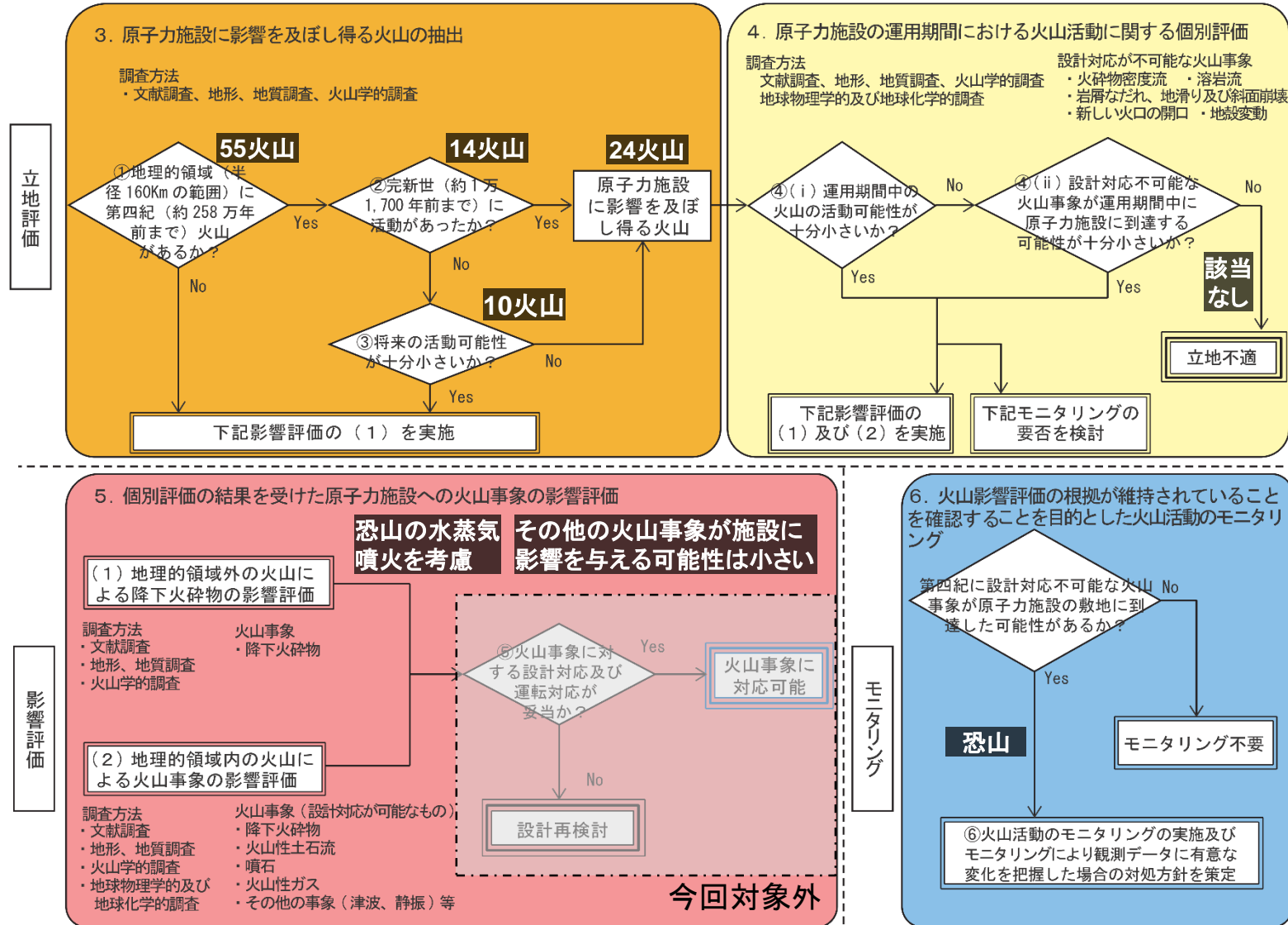
目次（1）

1. 火山影響評価の概要	5
2. 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出	6
2. 1 地理的領域内の第四紀火山	7
2. 2 完新世に活動を行った火山	8
2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山	9
2. 4 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出結果	11
3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	12
3. 1 設計対応不可能な火山事象と施設の位置関係	13
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価	15
3. 3 岩屑なだれの影響評価	45
3. 4 新しい火口の形成に対する検討	47
3. 5 地殻変動の評価	49
3. 6 設計対応不可能な火山事象の影響評価のまとめ	52
4. 抽出された火山の火山活動に関する影響評価	55
4. 1 降下火砕物の影響評価	56
4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物	57
4. 3 評価対象となる降下火砕物	70
4. 4 火山灰シミュレーション	82
4. 5 降下火砕物の影響評価	116
4. 6 降下火砕物の密度・粒度	117
4. 7 降下火砕物以外の火山事象の影響評価	118

目次（2）

5. 火山モニタリング	・ ・ ・	121
5. 1 地震および地殻変動観測の概要	・ ・ ・	122
5. 2 恐山付近の地震発生状況と監視基準	・ ・ ・	123
5. 3 GPS観測による地殻変動と監視基準	・ ・ ・	124
5. 4 モニタリングの監視基準案	・ ・ ・	128
5. 5 モニタリングの判断フロー案	・ ・ ・	129
5. 6 モニタリングの対処方針案	・ ・ ・	130
6. まとめ	・ ・ ・	131
参考1 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出	・ ・ ・	132
参考2 敷地に到達した恐山起源の火砕流堆積物のボーリング写真	・ ・ ・	191
参考3 恐山の熱水活動について	・ ・ ・	198
参考4 使用済燃料貯蔵建屋の供用期間について	・ ・ ・	212
参考5 十和田火山防災協議会による火山評価に対する検討	・ ・ ・	214
参考6 恐山の火山活動に関する公的機関による評価	・ ・ ・	225
参考7 GPS観測による下北半島の地殻変動	・ ・ ・	232
参考8 地殻変動の評価（水準測量最新データ）	・ ・ ・	233
参考9 水準測量 誤差の影響検討	・ ・ ・	234
参考10 火山灰シミュレーション（八甲田）	・ ・ ・	235
参考文献	・ ・ ・	241

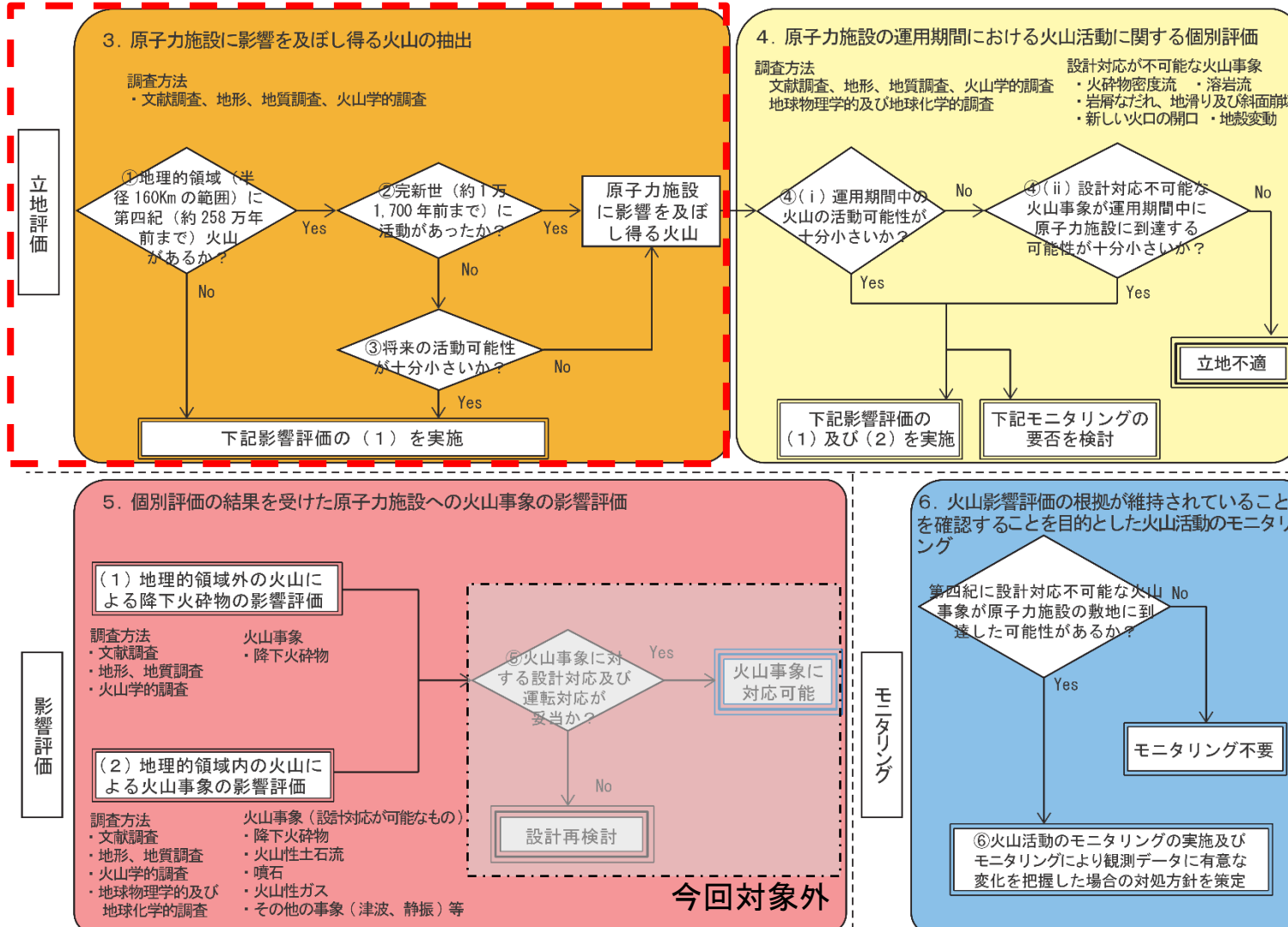
1. 火山影響評価の概要



火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイドの基本フローに加筆）

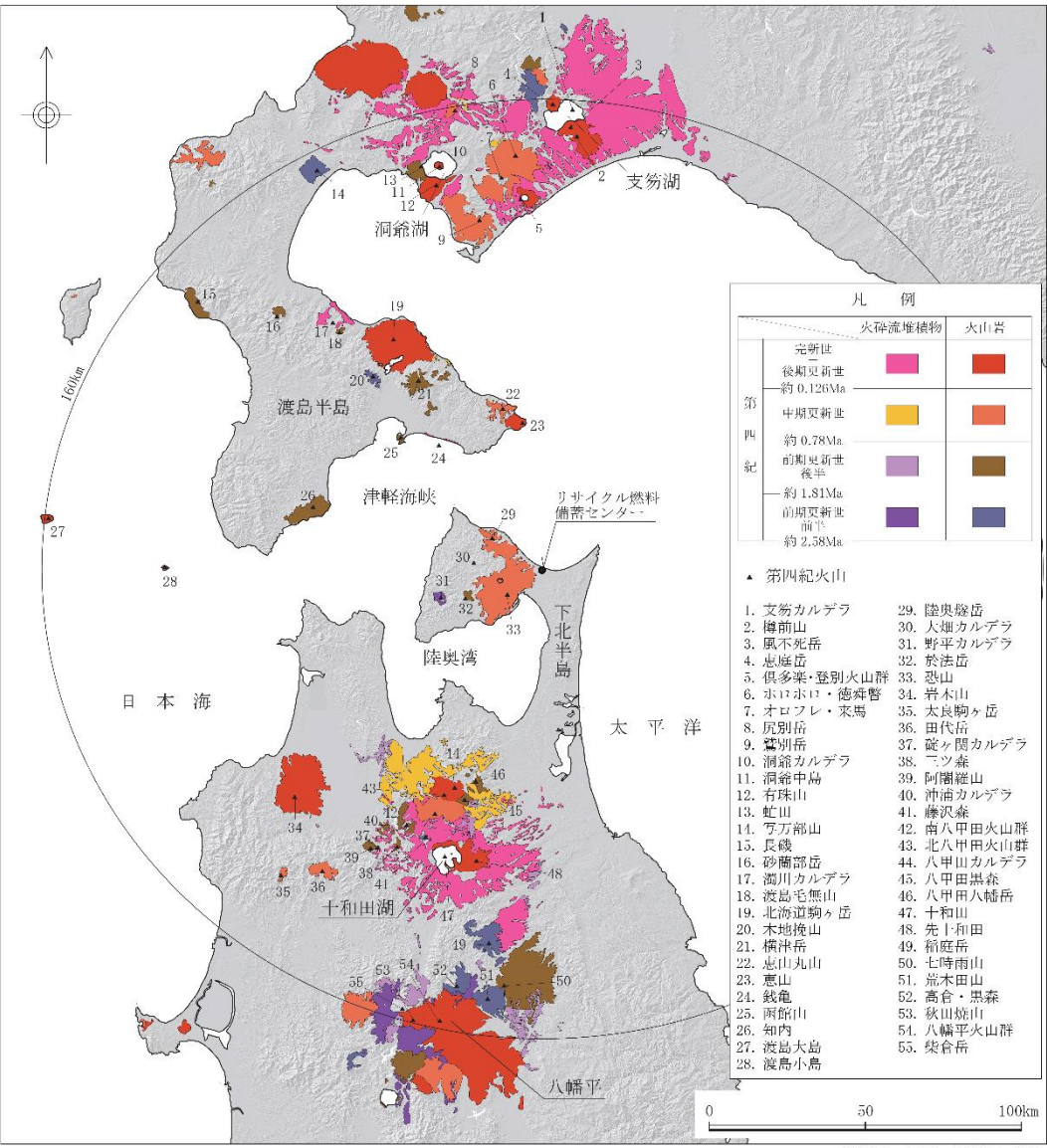
2. 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出

➤ 地理的領域内（施設から半径160kmの範囲）において、施設に影響を及ぼし得る火山を抽出した。



2. 1 地理的領域内の第四紀火山

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P7 修正



火山名 ^{※1}	離隔 (km) ^{※2}
1 支笏カルデラ(しこつ)	158
2 樽前山(たるまえ)	149
3 風不死岳(ふっぶしだけ)	152
4 恵庭岳(えにわだけ)	160
5 倶多楽・登別火山群(くつたら・のぼりべつ)	126
6 ホロホロ・徳舜管(とくしゅんべつ)	142
7 オロフレ・来馬(らいば)	135
8 尻別岳(しりべつだけ)	160
9 鷲別岳(わしべつだけ)	122
10 洞爺カルデラ(とうや)	144
11 洞爺中島(とうやなかじま)	143
12 有珠山(うすざん)	136
13 虻田(あぶた)	143
14 写万部山(しゃまんべやま)	155
15 長磯(ながいそ)	143
16 砂蘭部岳(さらんべだけ)	121
17 濁川カルデラ(にごりかわ)	108
18 渡島毛無山(おしまけなしやま)	104
19 北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	92
20 木地挽山(きじびきやま)	85
21 横津岳(よこつだけ)	76
22 恵山丸山(えさんまるやま)	57
23 恵山(えさん)	50
24 銭亀(ぜにかめ)	54
25 函館山(はこだてやま)	64
26 知内(しりうち)	76
27 渡島大島(おしまおおしま)	158
28 渡島小島(おしまこじま)	120
29 陸奥燧岳(むつひうちだけ)	19

火山名 ^{※1}	離隔 (km) ^{※2}
30 大畑カルデラ(おおはた)	22
31 野平カルデラ(のだい)	33
32 於法岳(おほうだけ)	26
33 恐山(おそれざん)	14
34 岩木山(いわきさん)	111
35 太良駒ヶ岳(だいらこまがたけ)	134
36 田代岳(たしろだけ)	125
37 碓ヶ関カルデラ(いかりがせき)	108
38 三ツ森(みつもり)	106
39 阿闍羅山(あじやらやま)	110
40 沖浦カルデラ(おきうら)	98
41 藤沢森(ふじさわもり)	99
42 南八甲田火山群(みなみはっこうだ)	90
43 北八甲田火山群(きたはっこうだ)	83
44 八甲田カルデラ(はっこうだ)	80
45 八甲田黒森(はっこうだくろもり)	82
46 八甲田八幡岳(はっこうだはちまんだけ)	75
47 十和田(とわだ)	103
48 先十和田(せんとわだ)	102
49 箱庭岳(いなにわだけ)	130
50 七時雨山(ななしぐれやま)	143
51 荒木田山(あらかたやま)	149
52 高倉・黒森(たかくら・くろもり)	146
53 秋山焼山(あきたやけやま)	160
54 八幡平火山群(はちまんたい)	159
55 柴倉岳(しばくらだけ)	158

※1: 「日本の火山(第3版)」(中野ほか(2013)*)による。※2: 敷地から各火山までの距離
*: 中野ほか(2013)については、WEB版が2019年3月19日に更新されたため反映した。以降の中野ほか(2013)についても、これを反映している。

➤ 地理的領域内(施設から半径160kmの範囲)における第四紀火山を文献調査等から55火山抽出した。

2. 2 完新世に活動を行った火山

- 地理的領域内（施設から半径160kmの範囲）における第四紀火山（55火山）について、完新世に活動を行った火山を抽出した。
- その結果、樽前山，風不死岳，恵庭岳，倶多楽・登別火山群，有珠山，北海道駒ヶ岳，恵山，渡島大島，恐山，岩木山，北八甲田火山群，十和田，秋田焼山及び八幡平火山群の14火山を抽出した。
- また、恐山は完新世に噴火した火山ではないが、「概ね過去1万年以内に活動した火山及び現在活発な噴気活動のある火山」が活火山と定義されていることから、検討対象として選定した。

（参考）

堀・長谷川（1999）によれば恐山直下の最上部マントルから下部地殻にかけて低速度領域があるとされ、この内部の最上部マントルには顕著なS波反射面が存在することから、現在の恐山直下には、深部マグマが存在する可能性もある。

	火山名	敷地からの 離隔 (km)	形式	最新活動
2	樽前山	149	火砕丘 溶岩ドーム	1981年
3	風不死岳	152	複成火山 溶岩ドーム	4,600-4,500年前
4	恵庭岳	160	複成火山 火砕丘，溶岩ドーム	200年前
5	倶多楽・登別火山群 [倶多楽]	126	複成火山ーカルデラ 溶岩ドーム	200年前
12	有珠山	136	複成火山 溶岩ドーム	2000年
19	北海道駒ヶ岳	92	複成火山	2000年
23	恵山	50	複成火山 溶岩ドーム	1874年
27	渡島大島	158	複成火山	1759年
33	恐山	14	火砕丘ーカルデラ 溶岩ドーム	2万年前 (噴気活動あり)
34	岩木山	111	複成火山 溶岩ドーム	1863年
43	北八甲田火山群 [八甲田山]	83	複成火山 溶岩ドーム	600-400年前
47	十和田	103	カルデラー火砕流 複成火山，溶岩ドーム	915年
53	秋田焼山	160	複成火山 溶岩ドーム	1997年
54	八幡平火山群 [八幡平]	159	複成火山	7,000年前

※記載は、「日本の火山（第3版）」（中野ほか(2013)）による。[]内は、「日本活火山総覧（第4版）」（気象庁(2013)）による活火山名称

2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山

- 地理的領域内（施設から半径160kmの範囲）における第四紀火山（55火山）のうち、完新世に活動を行っていない火山（41火山）について、将来の火山活動可能性が否定できない火山を抽出した。
- 抽出にあたっては、「日本の火山（第3版）」（中野ほか(2013)）による活動年代等を参考とした。
- その結果、ホロホロ・徳舜警，オロフレ・来馬，尻別岳，横津岳，陸奥燧岳，田代岳，藤沢森，南八甲田火山群，八甲田カルデラ及び先十和田の10火山を、完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山として抽出した。

完新世に活動を行っていない火山

番号	火山名※1	距離 (km)	活動期間				現在	活動期間と最後の噴火からの経過時間等の関係
			100万年前	10万年前	1万年前			
1	支笏カルデラ	158						活動期間1.5万年<経過時間4万年
6	ホロホロ・徳舜警	142	■					活動期間120万年>経過時間60万年
7	オロフレ・来馬※2	135	■					活動期間135万年>経過時間55万年
8	尻別岳※2	160		■				活動期間65-66万年>経過時間4-5万年
9	鷲別岳	122		■				活動期間1万年<経過時間50万年
10	洞爺カルデラ	144		■				活動期間0.3万年<経過時間11.2万年
11	洞爺中島	143				■		活動期間2万年<経過時間3万年
13	虻田	143		■				経過時間180万年※3
14	写万部山	155	■					活動期間13万年<経過時間250万年
15	長磯	143	■					活動期間83万年<経過時間137万年
16	砂蘭部岳	121	■					活動期間12万年<経過時間173万年
17	濁川カルデラ	108				■		活動期間0.35万年<経過時間1.1万年
18	渡島毛無山	104	■					活動期間77万年<経過時間181万年
20	木地挽山	85		■				経過時間193万年※3
21	横津岳※2	76	■					活動期間96万年>経過時間14万年
22	恵山丸山	57		■				経過時間21万年※3
24	銭亀	54				■		活動期間1.2万年<経過時間3.3万年

将来の火山活動可能性が否定できない火山

※1：「日本の火山（第3版）」（中野ほか(2013)）による。

※2：申請時は、中野ほか(2013)に基づく活動期間より将来の活動可能性がない火山と評価していたが、個別文献を再評価した結果、将来の活動可能性が否定できない火山として評価を見直した火山

※3：中野ほか(2013)では明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間を有さないと考えられ、最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い。

2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山

番号	火山名※1	距離 (km)	活動期間				活動期間と最後の噴火からの経過時間等の関係
			100万年前	10万年前	1万年前	現在	
25	函館山	64	■				活動期間30万年<経過時間90万年
26	知内	76	■				活動期間114万年<経過時間140万年
28	渡島小島	120		■			活動期間5万年<経過時間11万年
29	陸奥燧岳	19	■	■	■		活動期間92万年>経過時間28万年
30	大畑カルデラ	22	■				活動期間115万年<経過時間185万年
31	野平カルデラ	33	■				経過時間193万年※2
32	於法岳	26	■				活動期間70万年<経過時間130万年
35	太良駒ヶ岳	134		■			活動期間3万年<経過時間17万年
36	田代岳	125		■	■		活動期間58.4万年>経過時間1.5万年
37	碓ヶ関カルデラ	108	■				活動期間30万年<経過時間230万年
38	三ツ森	106	■				活動期間60万年<経過時間130万年
39	阿闍羅山	110		■			経過時間100万年※2
40	沖浦カルデラ	98	■	■			活動期間内の休止期間20万年<経過時間70万年
41	藤沢森	99	■	■			活動期間240万年>経過時間110万年
42	南八甲田火山群	90	■	■			活動期間80万年>経過時間30万年
44	八甲田カルデラ	80		■			活動期間60万年>経過時間40万年
45	八甲田黒森	82	■				活動期間58万年<経過時間117万年
46	八甲田八幡岳	75	■				活動期間65万年<経過時間117万年
48	先十和田	102	■	■			活動期間208万年>経過時間45万年
49	稲庭岳	130	■				活動期間131万年<経過時間260万年
50	七時雨山	143		■			活動期間20万年<経過時間90万年
51	荒木田山	149	■				活動期間100万年<経過時間190万年
52	高倉・黒森	146	■				活動期間70万年<経過時間250万年
55	柴倉岳	158	■	■			活動期間内の休止期間80万年<経過時間120万年

■ 将来の火山活動可能性が否定できない火山

※1: 「日本の火山 (第3版)」 (中野ほか (2013)) による。

※2: 中野ほか (2013) では明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間を有さないと考えられ、最後の噴火からの経過時間が全活動期間よりも長い。

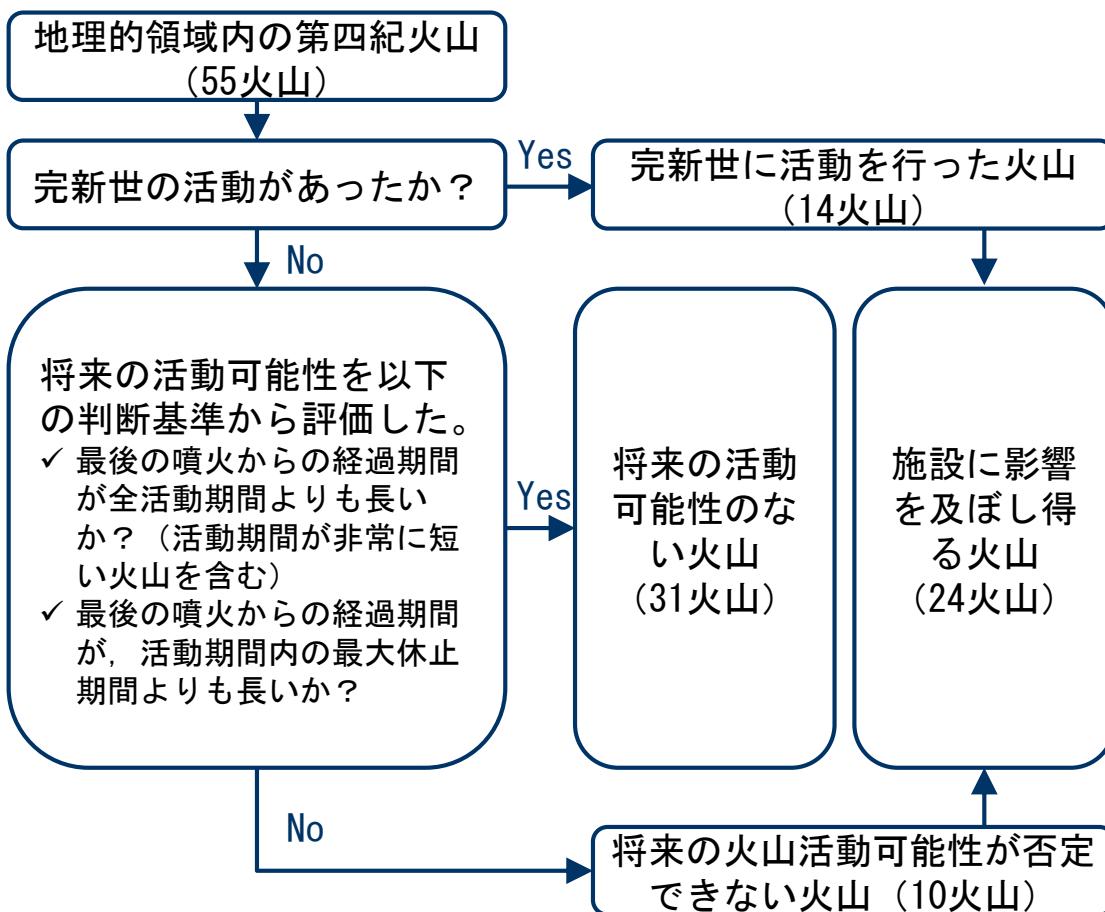
2. 4 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出結果

- 地理的領域内（施設から半径160kmの範囲）における第四紀火山を文献調査等から55火山抽出した。
- 完新世に活動を行った火山として、14火山抽出した。
- 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山として、10火山抽出した。
- 以上より、施設に影響を及ぼし得る火山として24火山抽出した。

施設に影響を及ぼし得る火山（24火山）

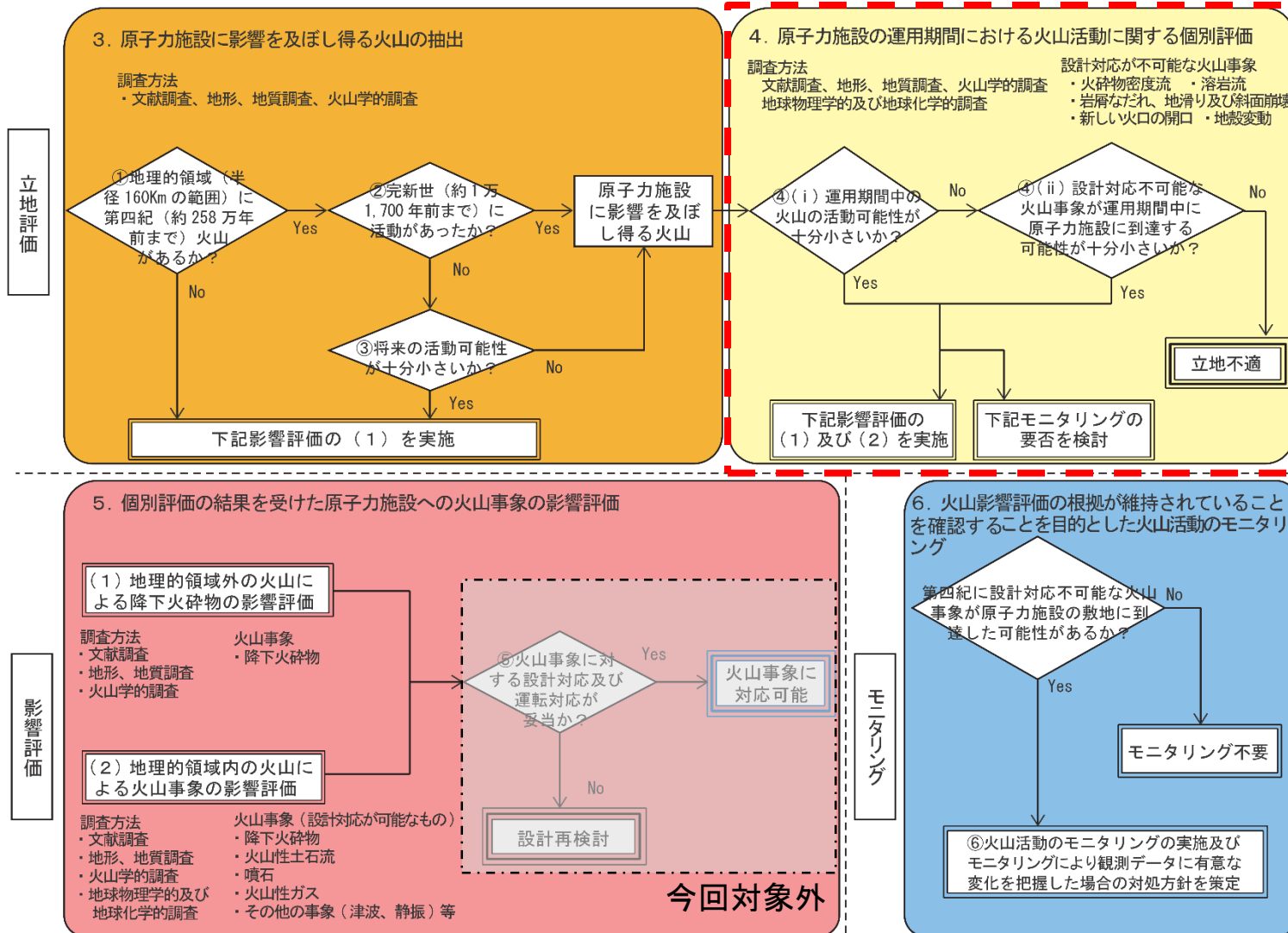
火山名	敷地からの離隔(km)	
2	樽前山	149
3	風不死岳	152
4	恵庭岳	160
5	倶多楽・登別火山群	126
6	ホロホロ・徳舜警	142
7	オロフレ・来馬	135
8	尻別岳	160
12	有珠山	136
19	北海道駒ヶ岳	92
21	横津岳	76
23	恵山	50
27	渡島大島	158
29	陸奥燧岳	19
33	恐山	14
34	岩木山	111
36	田代岳	125
41	藤沢森	99
42	南八甲田火山群	90
43	北八甲田火山群	83
44	八甲田カルデラ	80
47	十和田	103
48	先十和田	102
53	秋田焼山	160
54	八幡平火山群	159

は、完新世に活動を行った火山



3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

➤ 抽出された施設に影響を及ぼし得る火山（24火山）について、火山活動に関する個別評価を行った。



火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイドの基本フローに加筆）

3. 1 設計対応不可能な火山事象と施設の位置関係

- 施設に影響を及ぼし得る火山 (24火山) について、設計対応不可能な火山事象が施設に影響を及ぼす可能性について検討した。
- 検討は、設計対応不可能な火山事象の影響範囲と施設から各火山への距離等に注目して行った。

施設に影響を及ぼし得る火山 (24火山)

火山名	敷地からの離隔 (km)	
2	樽前山	149
3	風不死岳	152
4	恵庭岳	160
5	倶多楽・登別火山群	126
6	ホロホロ・徳舜誓	142
7	オロフレ・来馬	135
8	尻別岳	160
12	有珠山	136
19	北海道駒ヶ岳	92
21	横津岳	76
23	恵山	50
27	渡島大島	158
29	陸奥燧岳	19
33	恐山	14
34	岩木山	111
36	田代岳	125
41	藤沢森	99
42	南八甲田火山群	90
43	北八甲田火山群	83
44	八甲田カルデラ	80
47	十和田	103
48	先十和田	102
53	秋田焼山	160
54	八幡平火山群	159

施設に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係 (原子力発電所の火山影響評価ガイド, 一部加筆)

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注 2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物 (噴石)	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注 3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注 4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注 4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注 4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微小、多重衝撃	注 4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注 4

(参考資料：IAEA SSG-21 及び JEAG4625)

- 注 1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。
- 注 2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。
- 注 3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。
- 注 4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

は、完新世に活動を行った火山

3. 1 設計対応不可能な火山事象と施設の位置関係

- 溶岩流及び岩屑なだれ等については、敷地からの距離が50km以上である火山については、評価対象外とした。
- 新しい火口の開口および地殻変動について、敷地に近い陸奥燧岳および恐山を評価対象とした。

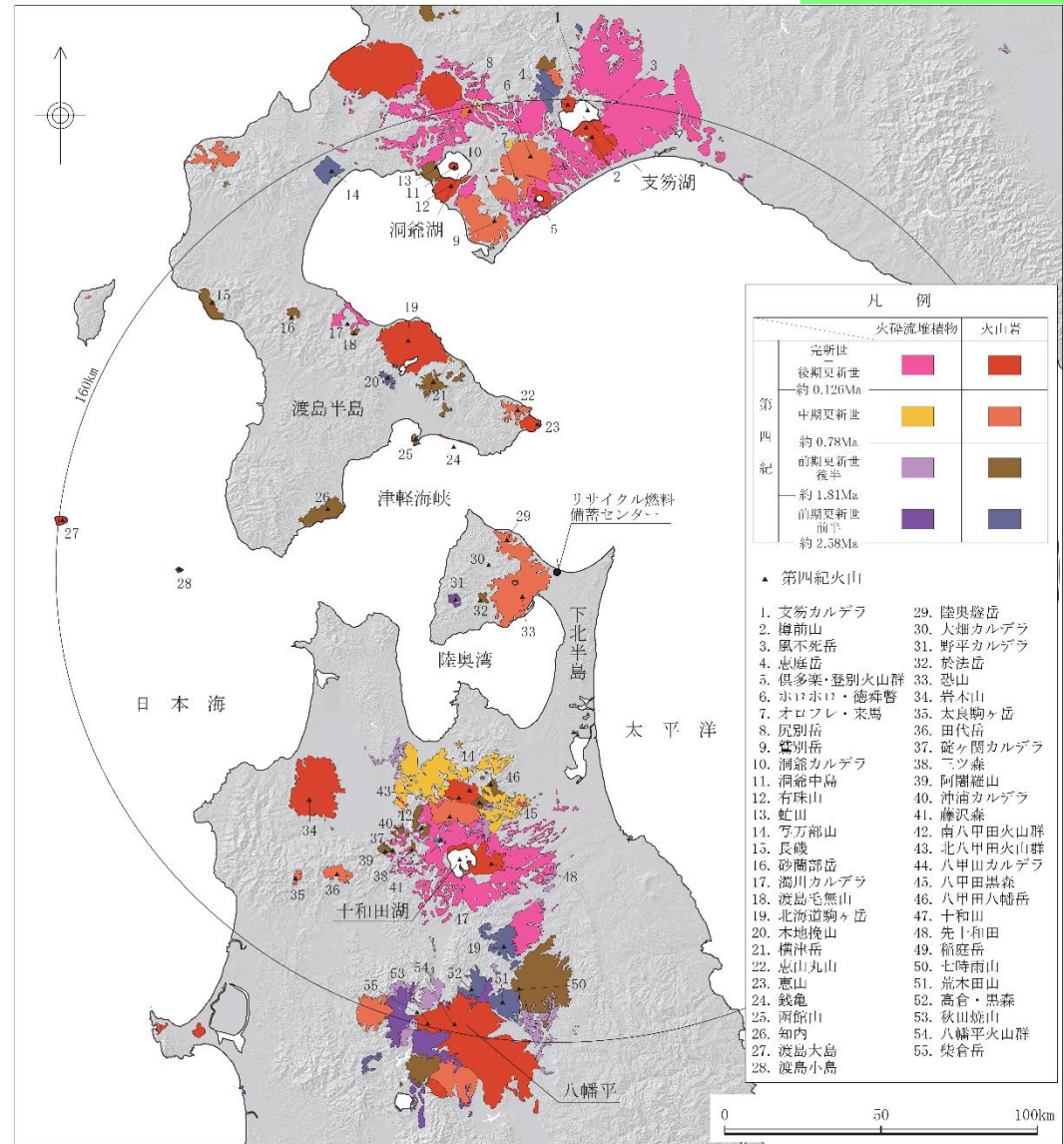
評価対象となる設計対応不可能な火山事象

火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流	溶岩流	岩屑なだれ等	新しい火口の開口	地殻変動
		160km	50km	50km		
樽前山	149	○	—	—	×	×
風不死岳	152	○	—	—	×	×
恵庭岳	160	○	—	—	×	×
倶多楽・登別火山群	126	○	—	—	×	×
ホロホロ・徳舜誓	142	○	—	—	×	×
オロフレ・来馬	135	○	—	—	×	×
尻別岳	160	○	—	—	×	×
有珠山	136	○	—	—	×	×
北海道駒ヶ岳	92	○	—	—	×	×
横津岳	76	○	—	—	×	×
恵山	50	○	—	—	×	×
渡島大島	158	○	—	—	×	×
陸奥燧岳	19	○	○	○	○	○
恐山	14	○	○	○	○	○
岩木山	111	○	—	—	×	×
田代岳	125	○	—	—	×	×
藤沢森	99	○	—	—	×	×
南八甲田火山群	90	○	—	—	×	×
北八甲田火山群	83	○	—	—	×	×
八甲田カルデラ	80	○	—	—	×	×
十和田	103	○	—	—	×	×
先十和田	102	○	—	—	×	×
秋田焼山	160	○	—	—	×	×
八幡平火山群	159	○	—	—	×	×

○：評価対象事象，—：評価対象外，×：個々の火山との位置関係から影響がないと判断

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (全対象火山)

- 第四紀火山の噴出物分布図によれば、仮にこれらの噴出物が火砕物密度流だと考えても、噴出物の分布が山体周辺に限られることから、火砕物密度流が敷地周辺に到達していないと考えられる。
- ただし、陸奥燧岳および恐山については下北半島西部に位置し、敷地からの距離が20km未満であることから、他の事象も含めてより詳細に検討を実施した。



地理的領域内の第四紀火山噴出物

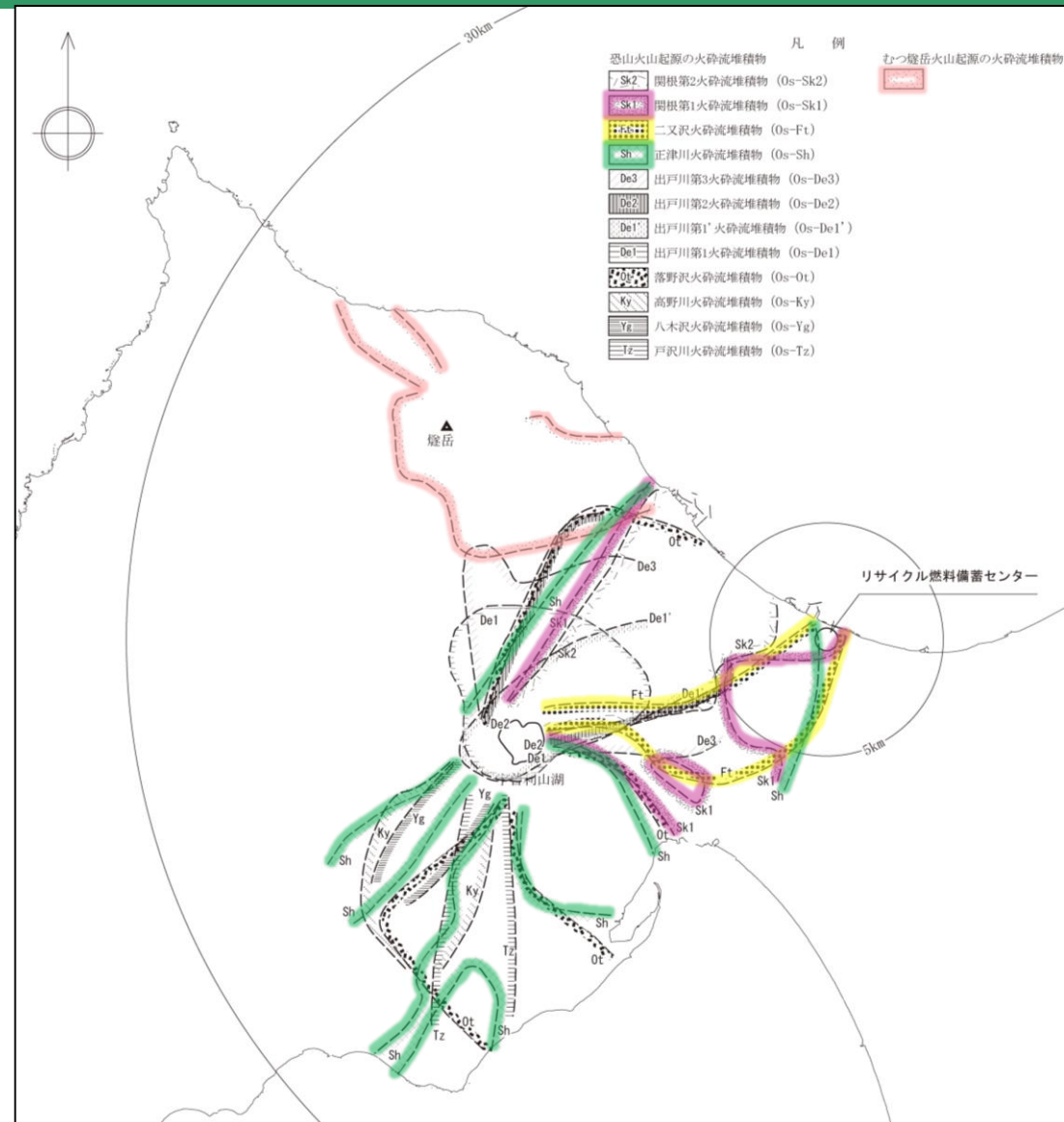
中野ほか (2013) より抜粋・加筆

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（陸奥燧岳・恐山）

- 陸奥燧岳および恐山を対象として、敷地周辺の地質調査を実施した。

【火砕物密度流・溶岩流】

- 陸奥燧岳の火砕物密度流堆積物および溶岩流は、山体周辺に限定され、敷地近傍では確認されていない。
- 恐山の火砕物密度流堆積物のうち3層（正津川火砕流、二又沢火砕流および関根第1火砕流）が敷地および敷地付近に到達している（次頁以降で詳述）。
- 一方、溶岩流については、山体周辺に限定され、敷地近傍では確認されていない。



陸奥燧岳および恐山起源の火砕物密度流堆積物分布

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物分布）

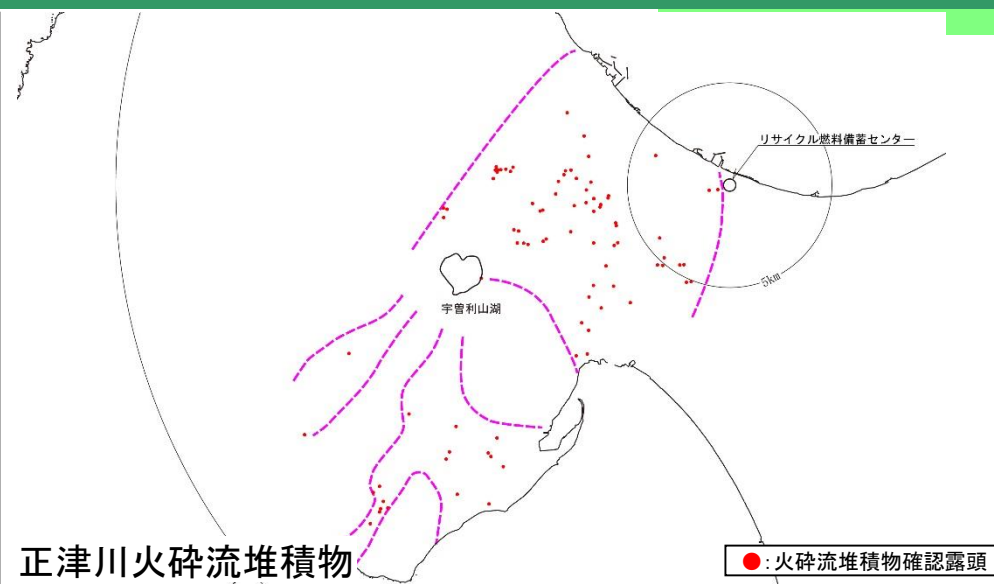
審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P17 再掲

敷地および敷地付近で確認される

- ・ 正津川火砕流堆積物（約27万年前：4.34km³）
- ・ 二又沢火砕流堆積物（約25万年前：0.08km³）
- ・ 関根第1火砕流堆積物（約21万年前：1.20km³）

の分布域と確認露頭の位置

※体積はいずれも見かけの値であり、VEIは3～5である。



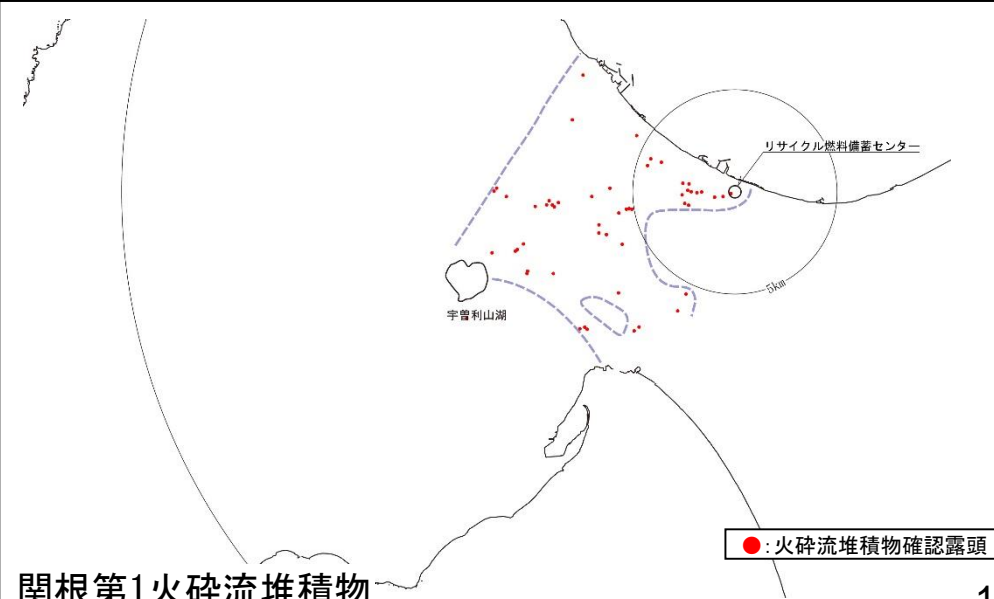
正津川火砕流堆積物

●: 火砕流堆積物確認露頭



二又沢火砕流堆積物

●: 火砕流堆積物確認露頭

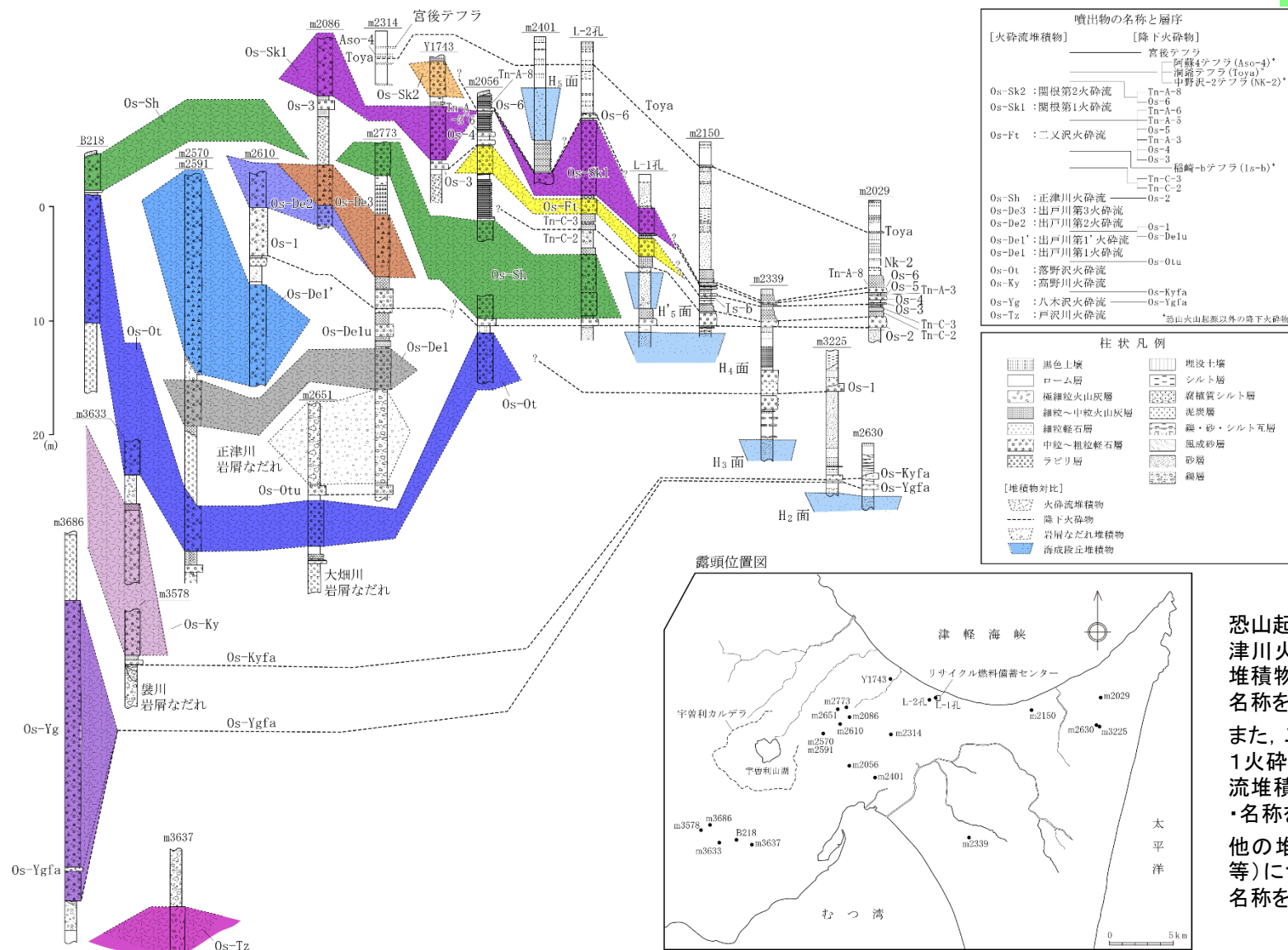


関根第1火砕流堆積物

●: 火砕流堆積物確認露頭

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物の連続性）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P18 再掲



恐山起源の火砕流堆積物のうち、正津川火砕流堆積物と落野沢火砕流堆積物は桑原・山崎(2001)の定義・名称を踏襲したものである。

また、二又沢火砕流堆積物、関根第1火砕流堆積物および関根第2火砕流堆積物は岡島ほか(2008)の定義・名称を踏襲したものである。

他の堆積物(戸沢川火砕流堆積物等)については山元(2014)の定義・名称を踏襲したものである。

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物の分析結果）

火砕流	(略称)	火山ガラス								石英	重鉱物																
		形態	屈折率 (n)								構成	opx 屈折率 (γ)				ho 屈折率 (n_2)											
			1.490	1.500	1.510	1.520	1.700	1.710	1.720			1.730	1.670	1.680	1.690												
関根第1火砕流	0s-Sk1	spg≫fib, sb								++	ho>opx>cpx																
二又沢火砕流	0s-Ft	spg≫fib								+ ~++	opx>ho, cpx																
正津川火砕流	0s-Sh	spg≫fib								+ ~++	opx>cpx>ho																

bw:バブルウォール型, sb:スモールバブル型,
spg:スポンジ型, str:平行型, fib:繊維型

++:非常に多い
+:多い

opx:斜方輝石, cpx:単斜輝石, ho:角閃石

- 敷地に到達している火砕流（関根第1火砕流，二又沢火砕流，正津川火砕流）については，層位関係および連続性から同定している。
- この結果は，火山ガラスや重鉱物の分析結果とも整合的である。

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物分布）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P20 再掲

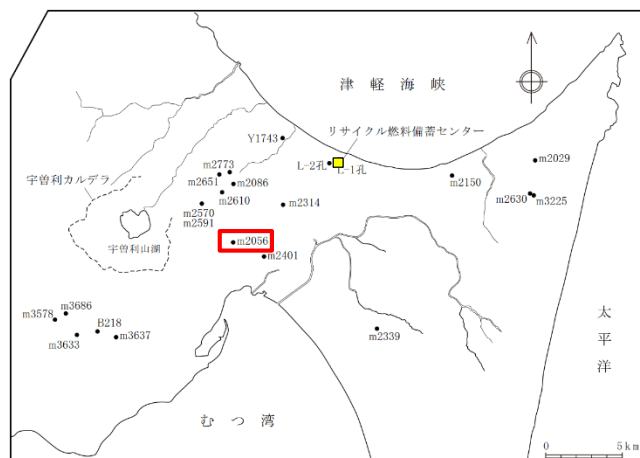
【露頭状況：m2056（越葉地点）露頭最下位】

➤ 正津川火砕流堆積物（Os-Sh）

褐色の粗粒火山灰を基質として、軽石及び安山岩質の火山礫を含む。全体に塊状だが、基底部に粗粒火山砂の密集部を伴う。

➤ 落野沢火砕流堆積物（Os-Ot）

淡褐～褐色を呈する細粒火山灰を基質として、くさり礫及び軽石を多く含む。全体に塊状である。

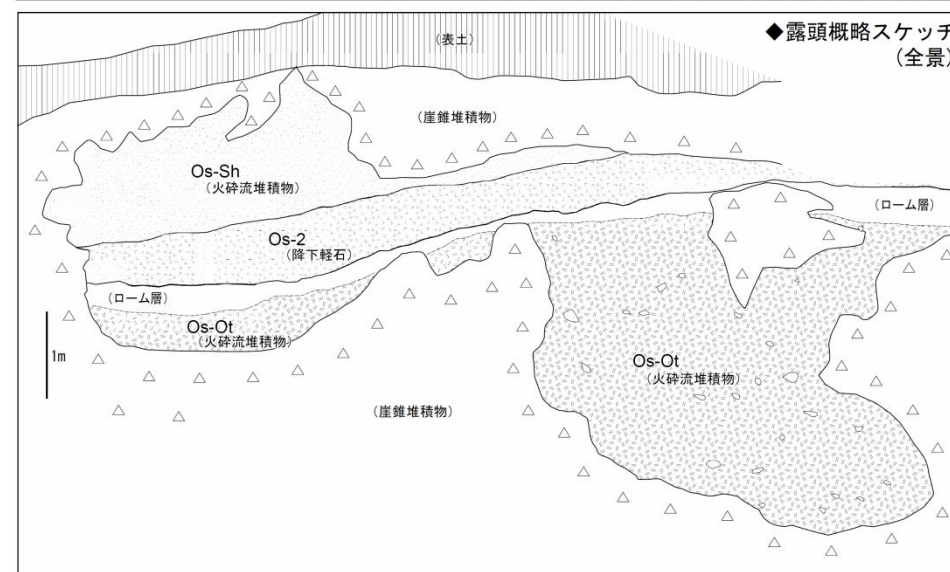


露頭位置図



◆露頭写真(全景)

※スケールは1m



◆露頭概略スケッチ(全景)

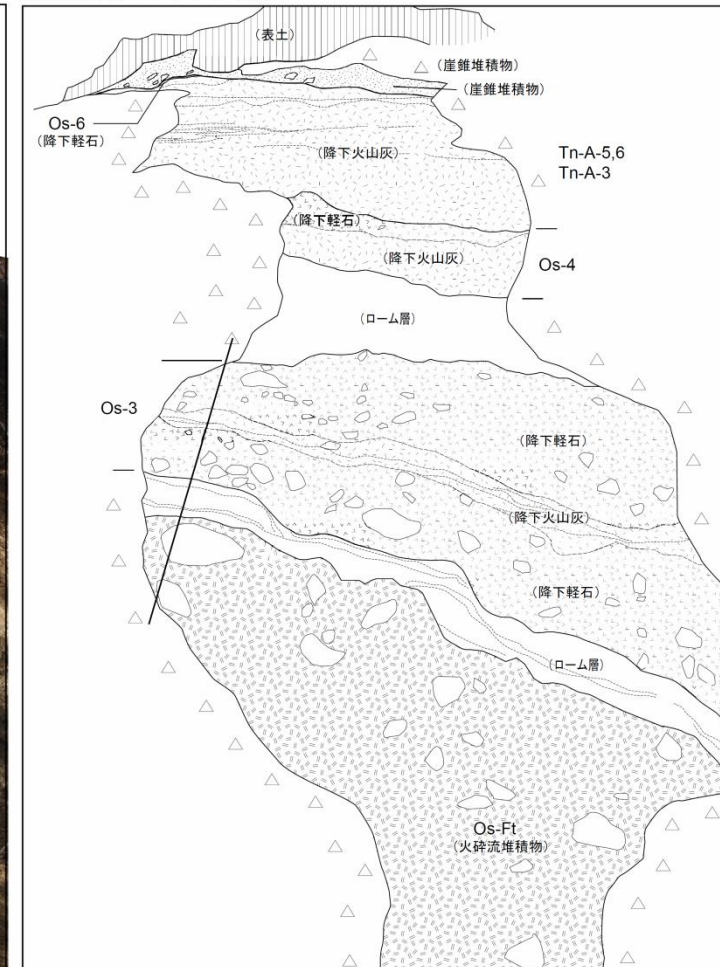
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の火砕流堆積物分布)

◆露頭写真(全景)



※スケールは1m

◆露頭概略スケッチ(全景)

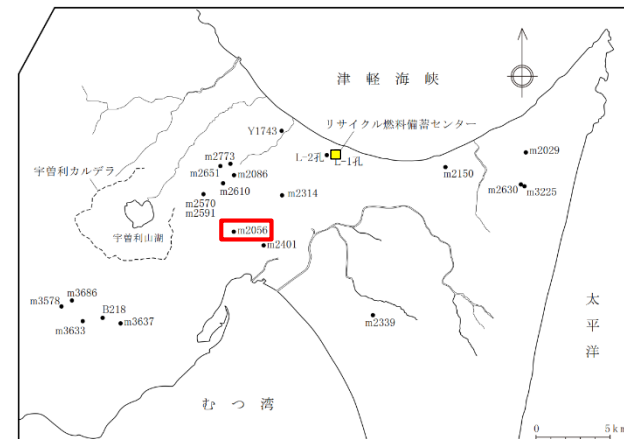


※スケールは1m

【露頭状況:m2056(越葉地点) 露頭最上位】

➤ 二又沢火砕流堆積物(Os-Ft)

白～淡褐色の細粒火山灰を基質として、軽石、安山岩質の岩塊(硬質礫・くさり礫)を多く含む。

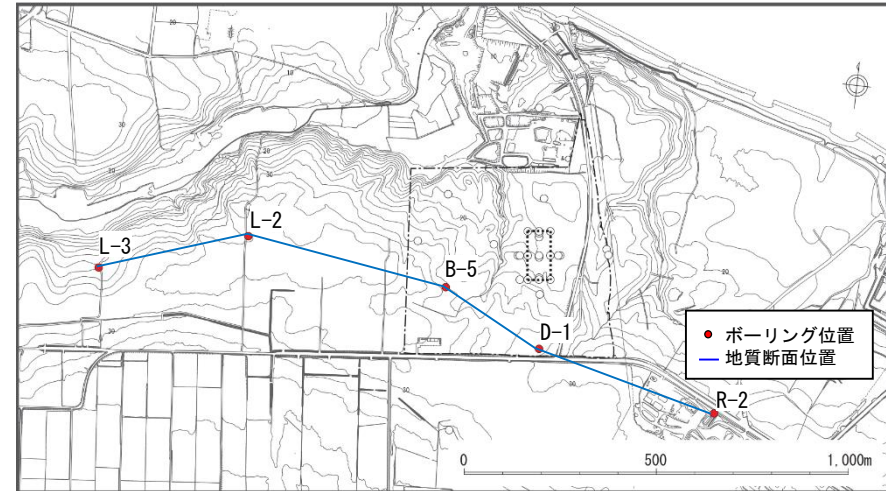


露頭位置図

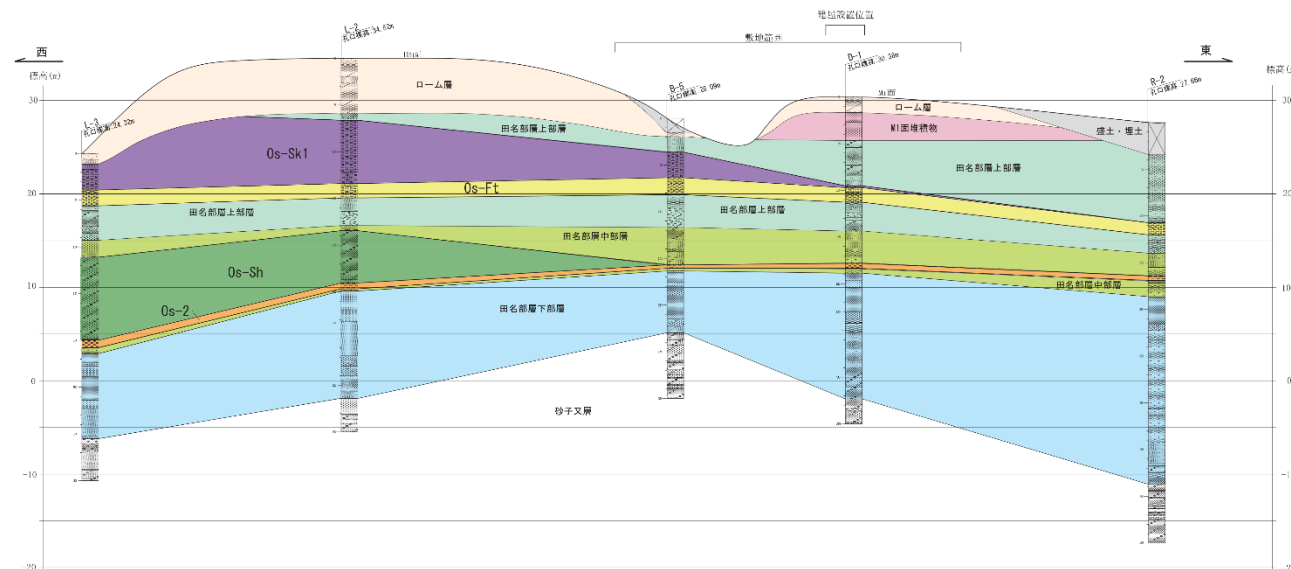
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物分布）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P22 再掲

- 正津川火砕流堆積物（Os-Sh）は、敷地西方では層厚約5.6m～約8.9mで、敷地内西縁では層厚約3mで確認され、敷地内で消滅することを確認した。
- 二又沢火砕流堆積物（Os-Ft）は敷地西方から、敷地内及び敷地東方まで層厚約1.3m～約2.3mで確認される。
- 関根第1火砕流堆積物（Os-Sk1）は、敷地東方では確認されないものの、敷地西方では層厚約6.8mで確認され、敷地内では約0.2m～約2.7mで東に向かって層厚が薄くなる。
- これらのいずれの火砕流堆積物も、敷地以東の海食崖や海成段丘で認められないことから、敷地付近が分布の末端となっているものと判断される。



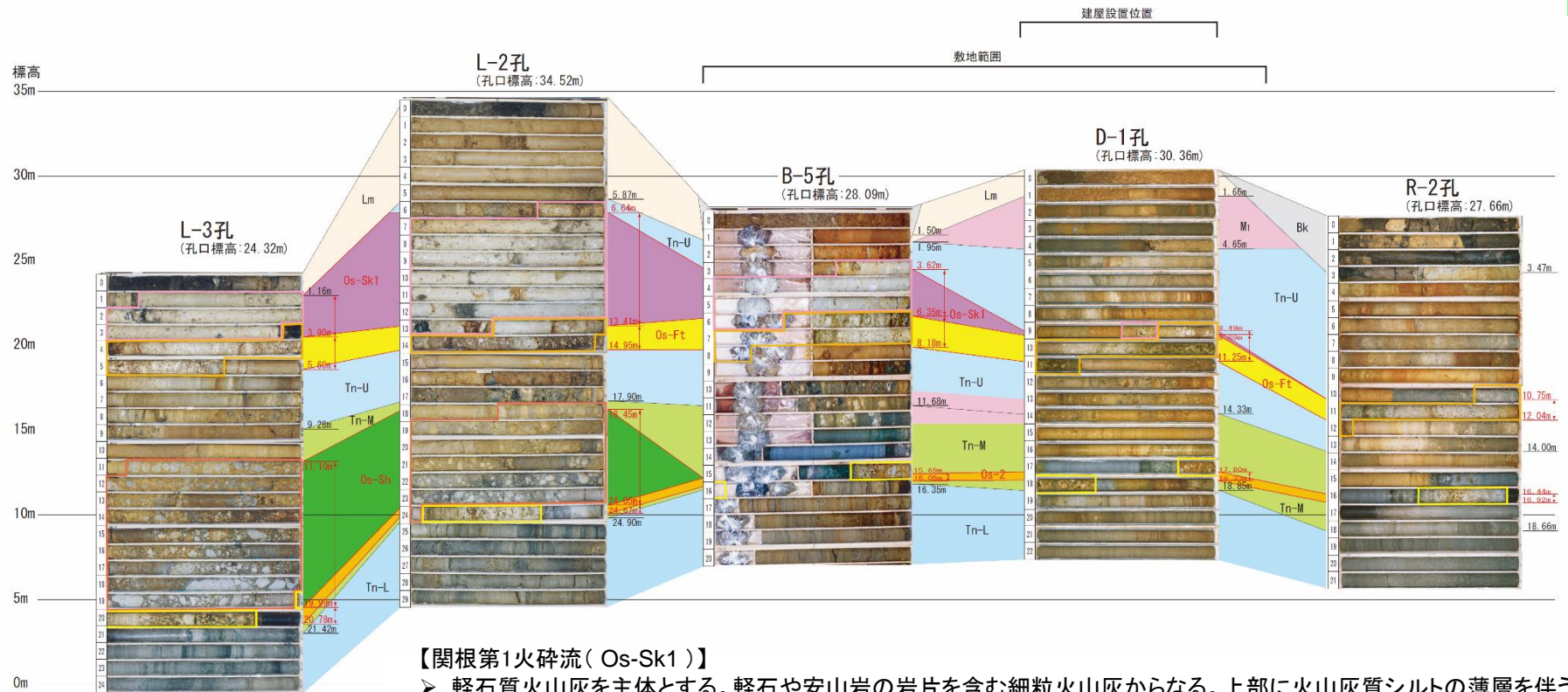
ボーリング位置図



地質断面図

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の火砕流堆積物分布）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P23 再掲



凡 例

Bk	: 盛土・埋土
Lm	: ローム層
Mi	: Mi面堆積物
Tn-U	: 田名部層上部層
Tn-M	: 田名部層中部層
Tn-L	: 田名部層下部層
Os-Sk1	: 関根第1火砕流堆積物
Os-Ft	: 二又沢火砕流堆積物
Os-Sh	: 正津川火砕流堆積物
Os-2	: 降下軽石層

【関根第1火砕流（Os-Sk1）】

➤ 軽石質火山灰を主体とする。軽石や安山岩の岩片を含む細粒火山灰からなる。上部に火山灰質シルトの薄層を伴う。全体に淘汰が悪く、灰白色を呈する。全体に塊状であり、上下方向の層相変化が少ない。一部に不明瞭な葉理を伴う。風化による粘土化が著しい。

【二又沢火砕流（Os-Ft）】

➤ 軽石質火山灰を主体とし、上部に火山灰質シルト、軽石混じり火山灰を伴う。Os-Sk1より軽石の含有量が多く、安山岩の岩片を含む。全体に褐色～橙色・灰白色を呈する。全体に塊状である。風化による粘土化が進んでいる。

【正津川火砕流（Os-Sh）】

➤ 軽石混じりの粗粒火山灰からなる。淘汰のわるい火山灰質の基質に軽石及びデイサイトや安山岩の岩片を含む。基底部に火山灰質シルトの薄層を伴う。全体に褐色～黄褐色を呈する。軽石の発泡は良好で若干角ばり比較的硬質である。また、軽石に比べると岩片の含有率は少ない。全体として塊状である。

【降下軽石（Os2）】

➤ 軽石を主体とする。軽石の淘汰は比較的良く、安山岩の岩片をわずかに含む。全体に灰黄色～灰白色を呈する。

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の活動履歴）

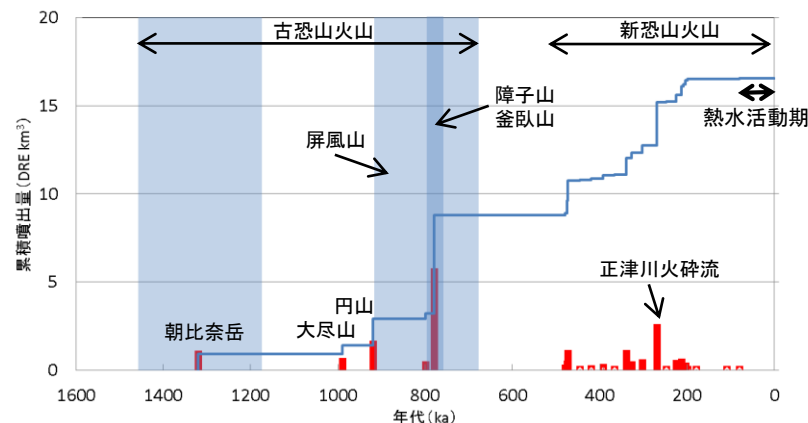
【恐山の活動履歴】

- 恐山は、古恐山火山の活動（約146万年前～約68万年前）と現在の宇曽利カルデラを中心とする新恐山火山の活動（約48万年前以降）に大別され、その間に20万年程度の休止期間が存在している。
- 新恐山では、約48万年前～約8万年前の期間はマグマ活動であり、8万年前～現在までの期間では熱水活動が継続している。

恐山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
20ka	熱水活動期	鬼石テフラ 宮後テフラ	-	小林・水上(2012) 西来ほか編(2014)
200～80ka	剣山活動期	剣山・地藏山溶岩ドーム 南鶏頭山溶岩ドーム 等	0.1	
200～248ka	後カルデラ-火砕流活動期	関根第1火砕流 二又沢火砕流 等	1.3	
270ka	カルデラ形成期	Os-2 正津川火砕流	6.4	
303～480ka	先カルデラ-火砕流活動期	出戸川第3火砕流 戸沢川火砕流 等		
760～800ka	古恐山火山 釜臥山活動期	障子山, 釜臥山	5.6	
680～920ka 朝比奈岳 1180～1460ka 1300ka	屏風山-朝比奈岳活動期	屏風山 朝比奈岳 等	3.2	

・青: 調査結果に基づく



恐山の噴出量一年代階段ダイアグラム

— : 噴出量の累積(km³)
■ : 噴出量(km³) ※ 網掛部は、調査結果に基づく年代幅を表す。

- 恐山の火砕物密度流の影響可能性について、地球物理学的及び地球化学的調査の観点から評価する。

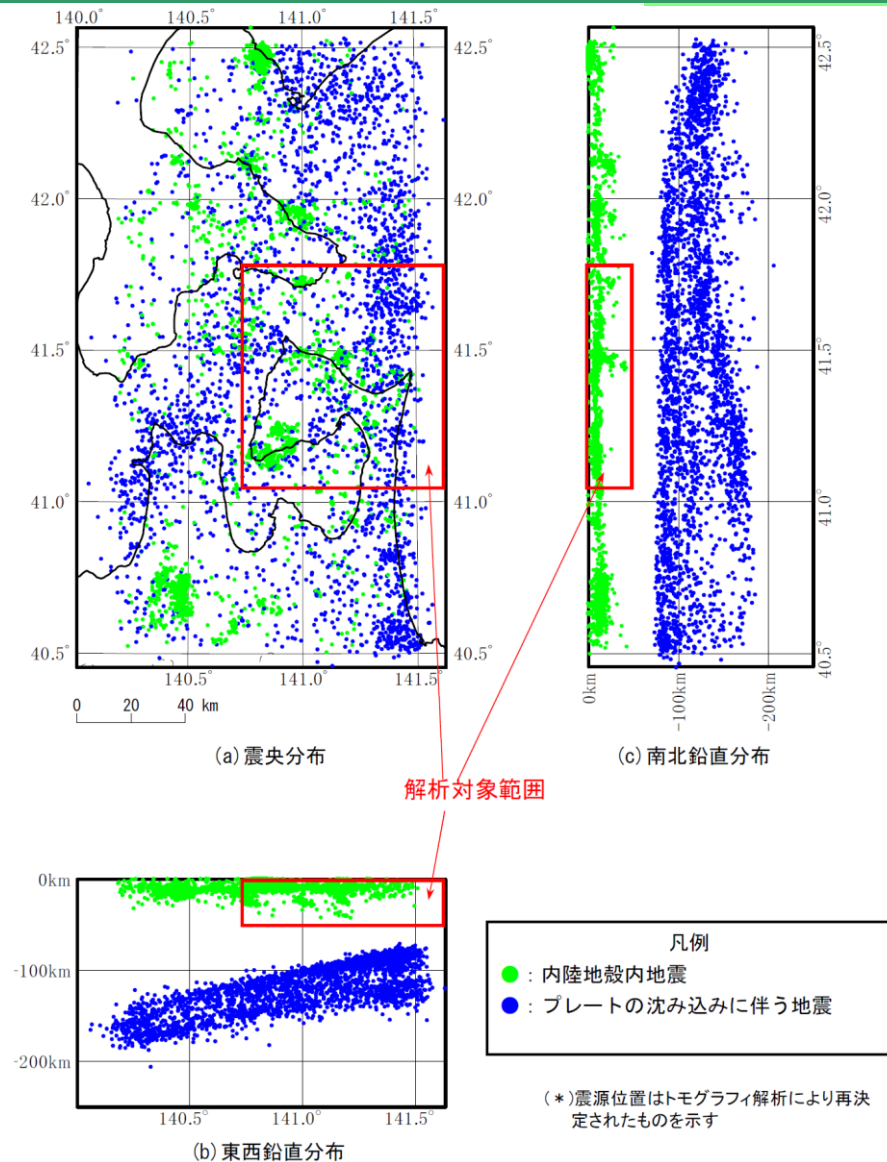
地球物理学的調査	地球化学的調査
地震波速度構造・比抵抗構造・ 地震活動・地殻変動	火山ガス(噴気)の化学組成分析・温度

余白

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の地震波速度構造：当社実施）

【地震波トモグラフィー解析に用いたデータ】

- 恐山直下におけるマグマの存在などを把握するため、地震波トモグラフィー解析を実施した。
- 解析に用いた地震の諸元は以下の通りである。
 - ・ 地震観測期間：1997年10月～2007年3月
 - ・ 観測地震数：7119波（深さ0km～約200km）
（P波読み取り個数：53683・S波読み取り個数：35927）
 - ・ 観測範囲：右図の通り
 - ・ 解析グリッド間隔
水平方向：10km
鉛直方向：10km（深度60kmまで）、
20km（深度60km～140km）
- 解析対象範囲は、下北半島を中心とした、南北90km、東西70km、深さ50kmの範囲であり（右図の赤枠）、解析グリッド間隔は10kmとした。

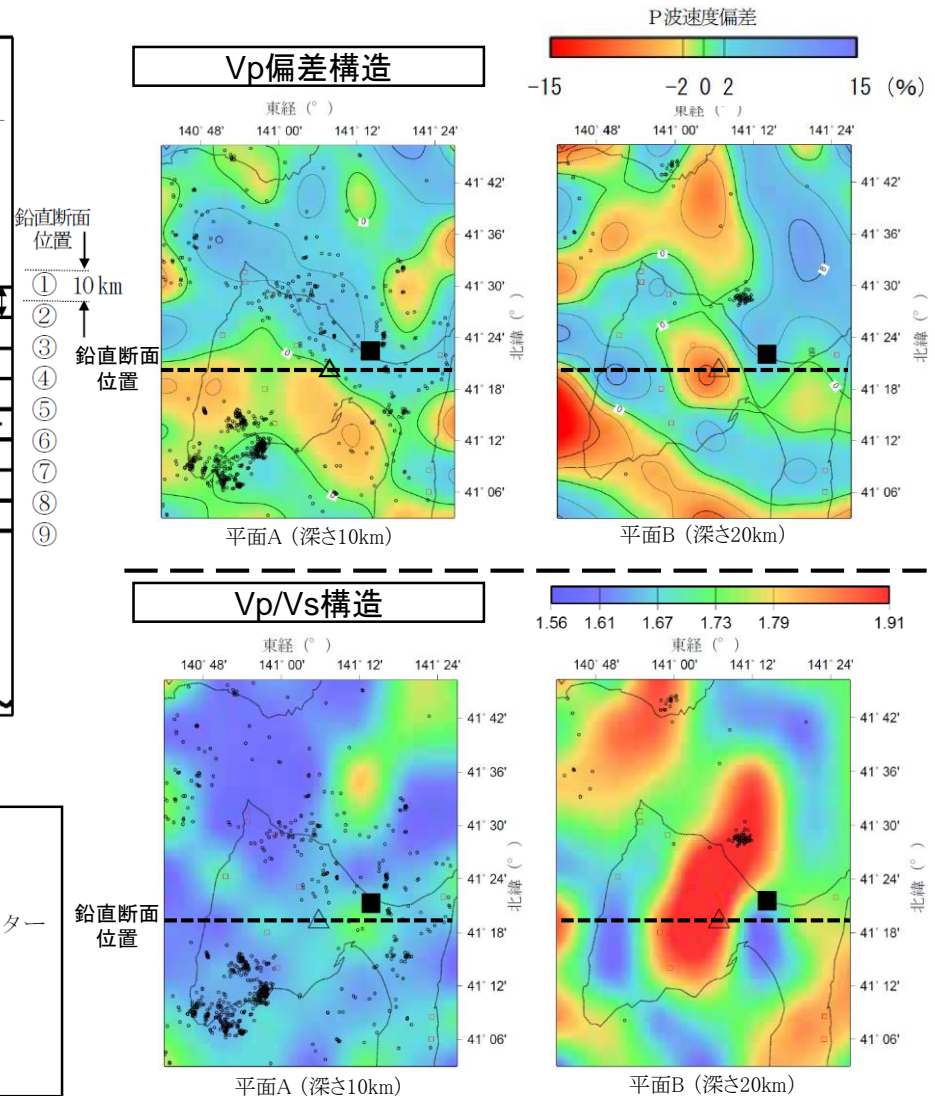
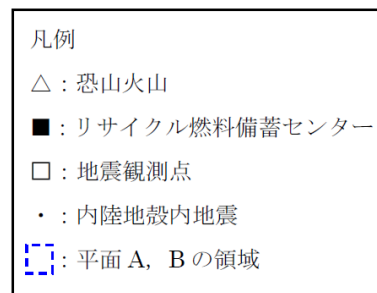
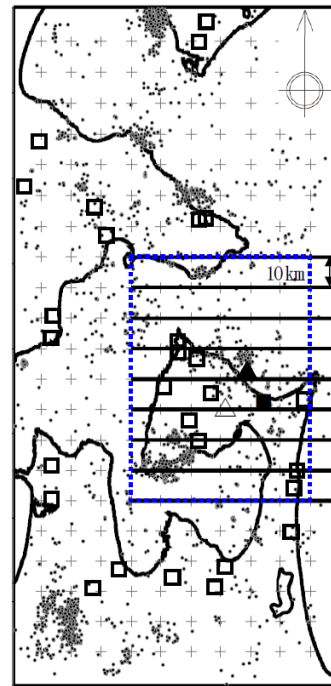


地震波トモグラフィーに用いた地震の震源分布

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の地震波速度構造 : 当社実施)

【地震波速度構造】

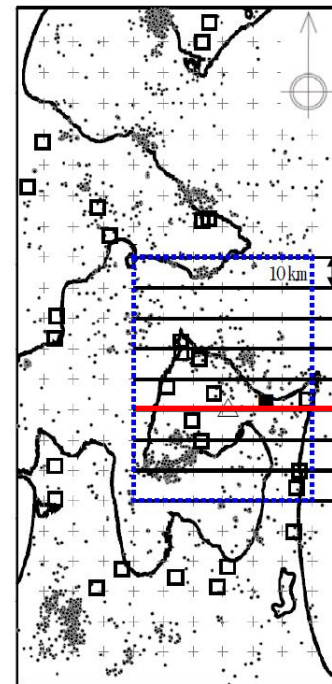
- 恐山直下におけるマグマの存在などを把握するため、地震波トモグラフィ解析を実施した。
- 地震波トモグラフィ解析から得られる地震波速度構造の低速度領域は流体や高温異常の存在を示唆している (浅森・梅田、2005)。また、低Vp、低Vs及び高Vp/Vs領域には、マグマ等の流体の存在を示唆し、低Vp、低Vs及び低Vp/Vs領域には水の存在を示唆している (Nakajima et al., 2001)。



下北半島西部の地震波速度構造 (平面図)

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の地震波速度構造：当社実施）

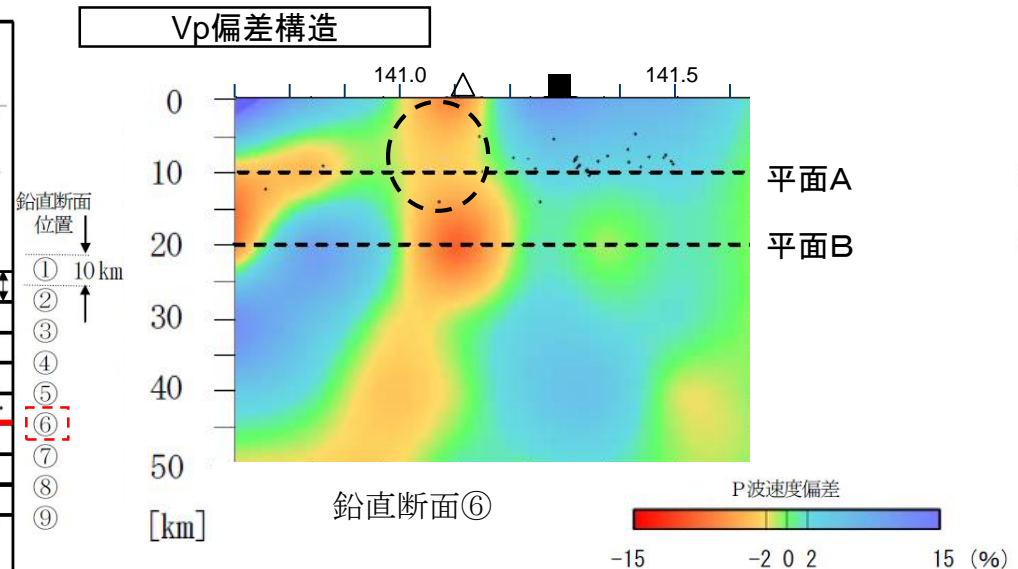
- 恐山を通る解析断面に着目すると、低 V_p 領域が深さ約50kmから地表付近まで認められる。また、深さ約15km以浅では低 V_p/V_s 領域が、深さ約15km以深では高 V_p/V_s 領域が認められる。
- 深さ約15km以浅では低 V_p かつ低 V_p/V_s 領域（右図の破線丸）であることから水の存在を示唆しているものと判断される。
- 深さ約15km以深では、低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域であることからマグマ等の存在を示唆しているものと判断される。



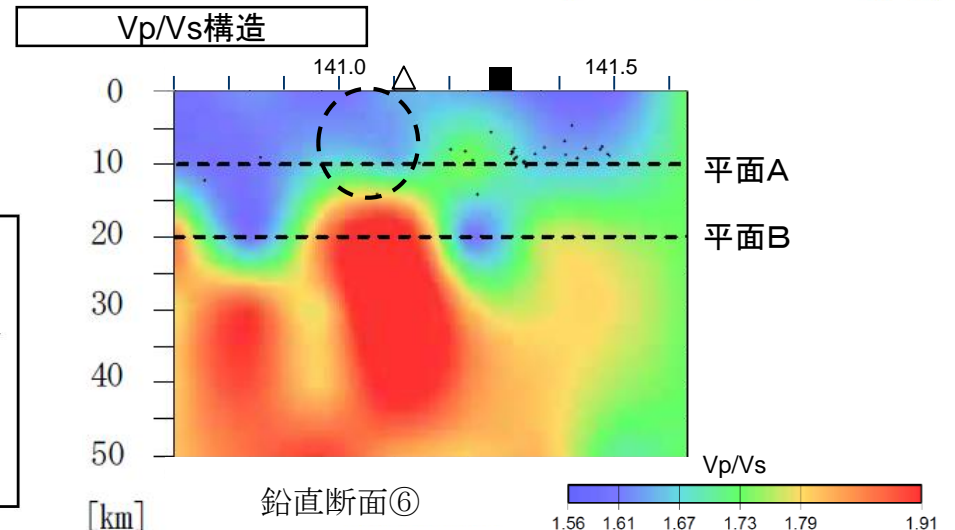
0 10 20 30 40 50 [km]

凡例

- △：恐山火山
- ：リサイクル燃料備蓄センター
- ：地震観測点
- ・：内陸地殻内地震
- ⋮：平面 A, B の領域



鉛直断面⑥

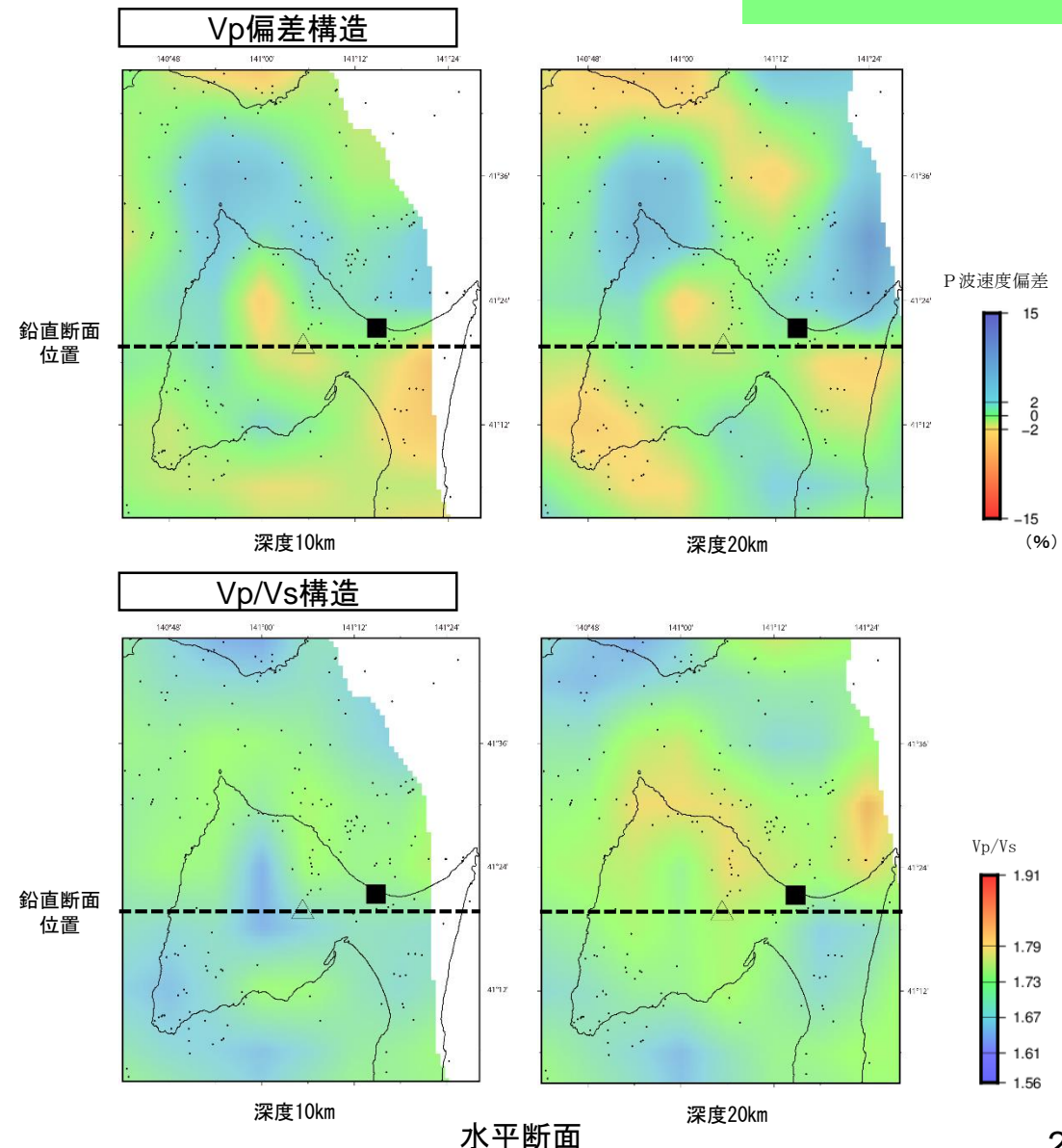


鉛直断面⑥

恐山直下の地震波速度構造（断面図）

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の地震波速度構造：防災科研実施)

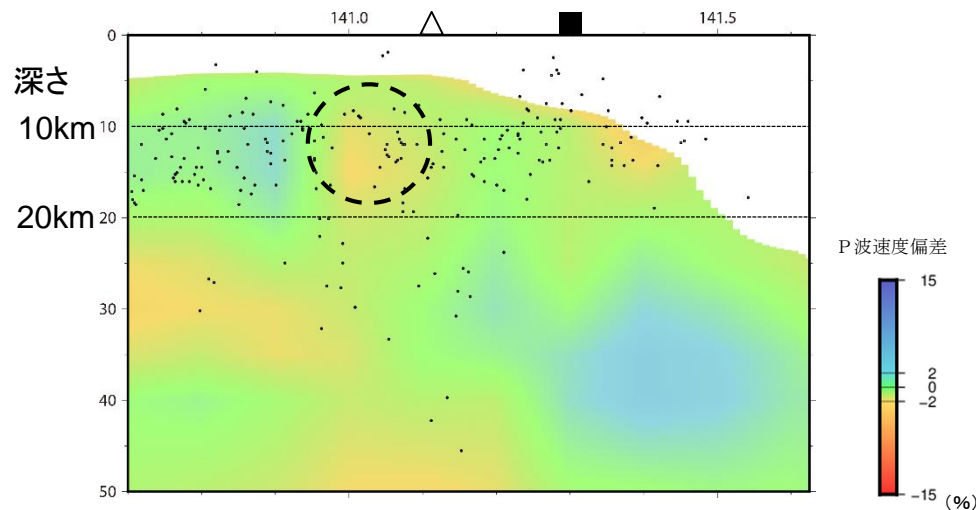
- 防災科学技術研究所Webサイトにおいて、「日本列島下の三次元地震波速度構造（海域拡大2019年度版）」として、Hi-net, F-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している。（解析手法等の詳細はMatsubara et al., 2019に記載）
- 解析に用いた地震の諸元は以下の通りである。
 - ・ 地震観測期間：2000年10月～2015年12月
2016年4月～2018年6月
 - ・ 観測地震数：112,631（全国）
（P波読み取り個数：7,853,757
S波読み取り個数：4,604,780）
 - ・ 解析グリッド間隔
水平方向：10km
鉛直方向：2.5km（深度0km～10km）
5km（深度10km～40km）
10km（深度40km～60km）
- 上記の防災科研公開データを用いて、当社が、恐山周辺地域における水平・鉛直断面図を作図した。



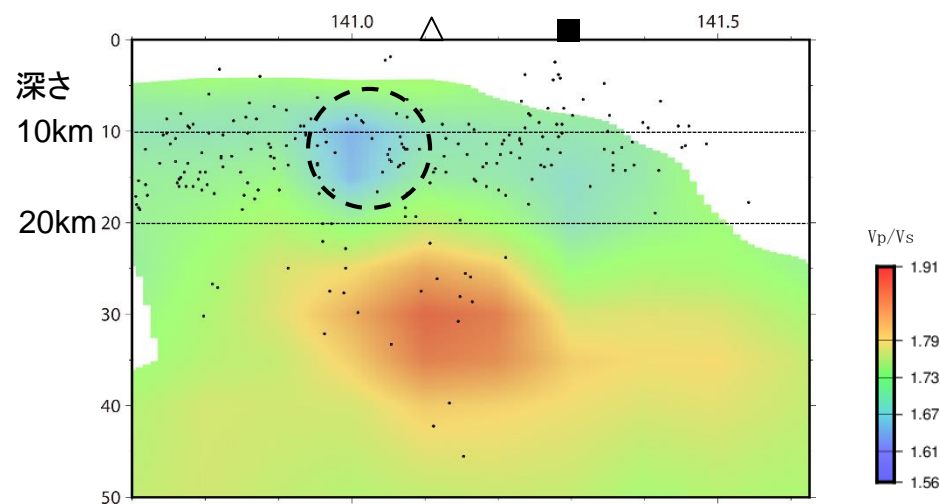
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（恐山の地震波速度構造：防災科研実施）

- 鉛直断面は、恐山の噴気地帯を横切る東西断面で作成している。
- 深さ約20km以浅では、低 V_p かつ低 V_p/V_s 領域（右図の破線丸）であることから、水の存在を示唆しているものと判断される。
- 深さ20km～40km付近には、低 V_p かつ高 V_p/V_s の領域が認められ、マグマ等の存在が示唆される。

V_p偏差構造



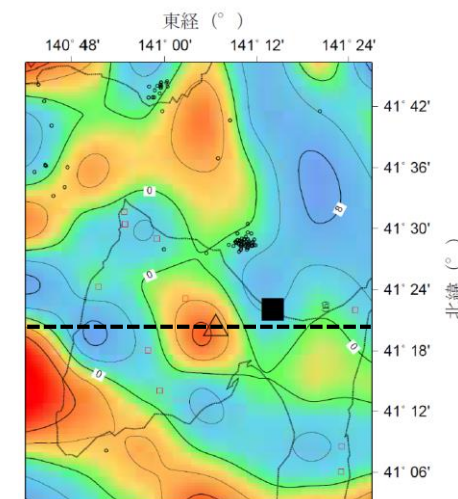
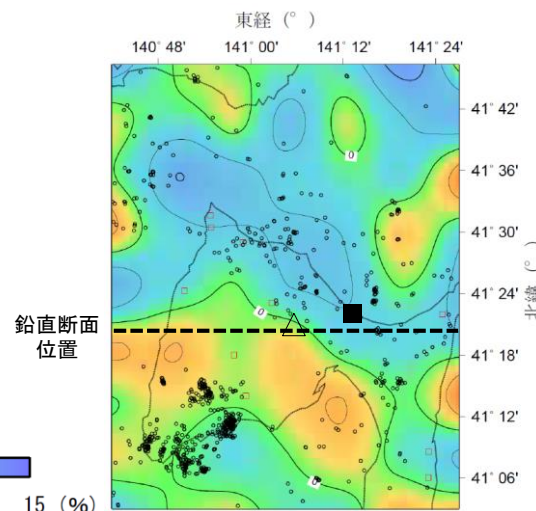
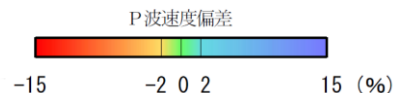
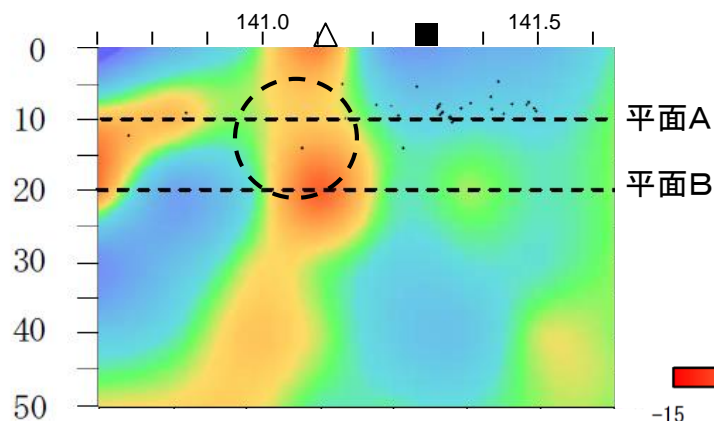
V_p/V_s構造



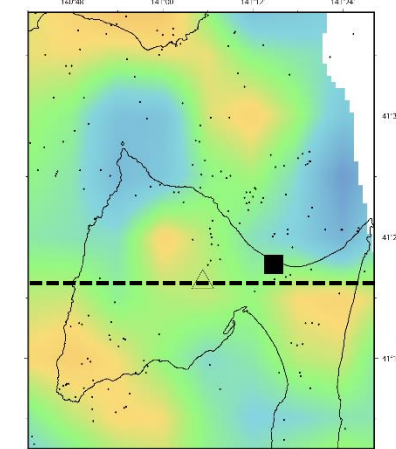
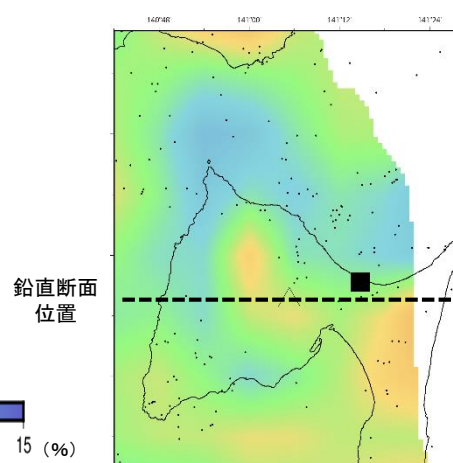
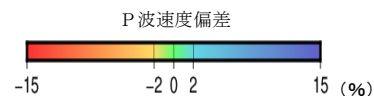
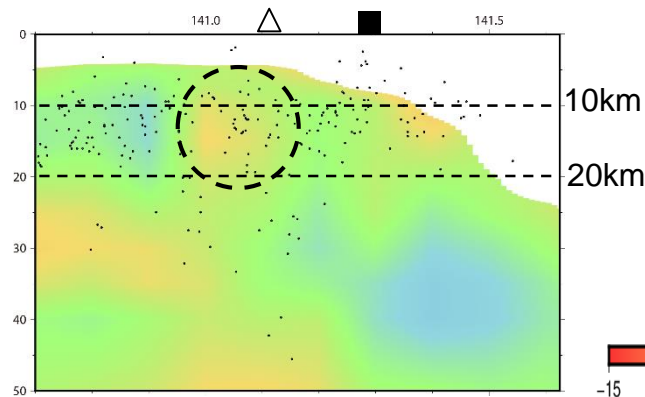
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の地震波速度構造 (Vp偏差) : 当社解析と防災科研解析の比較)

- 恐山付近直下の低Vp領域の分布 (特に20km以浅 : 下図の破線丸) など, 双方の解析結果には大きな相違は見られず, 当初の評価に変更はない。

当社解析



防災科研解析



鉛直断面

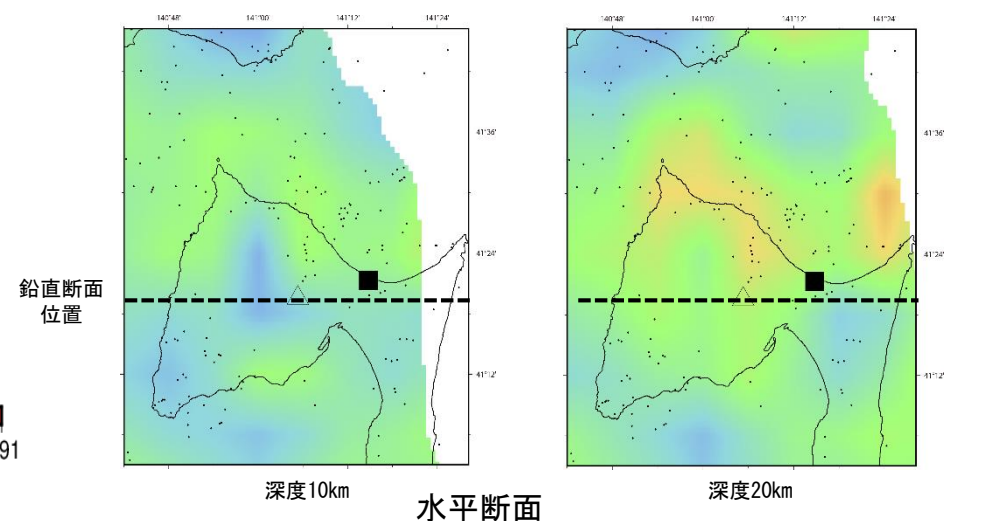
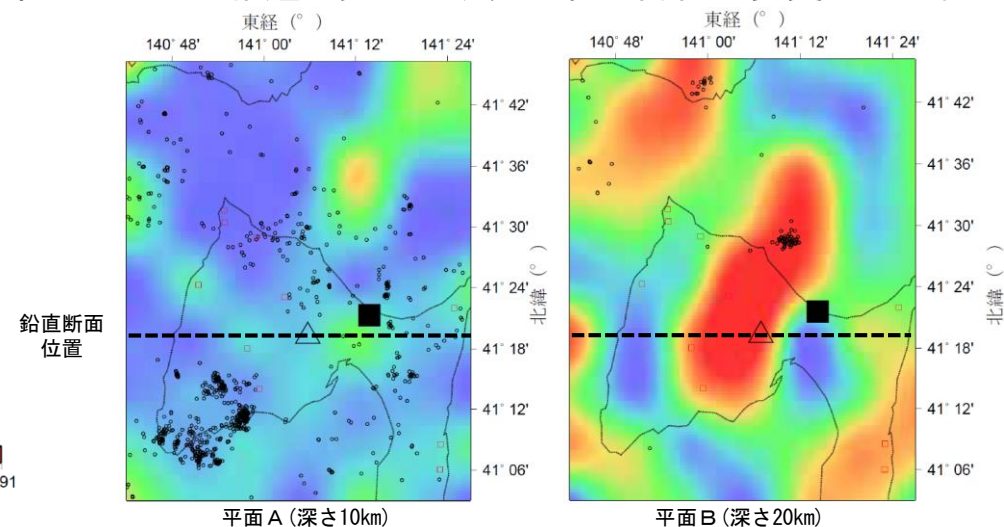
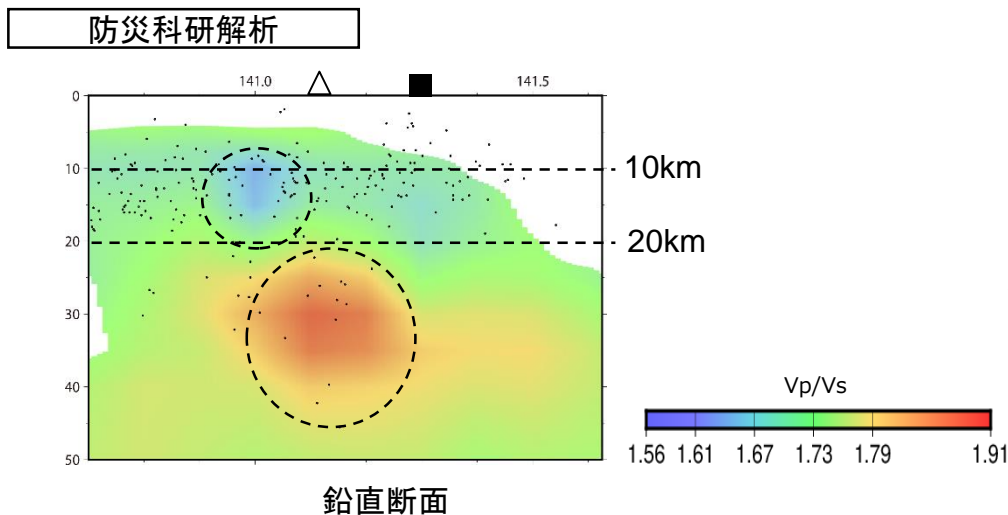
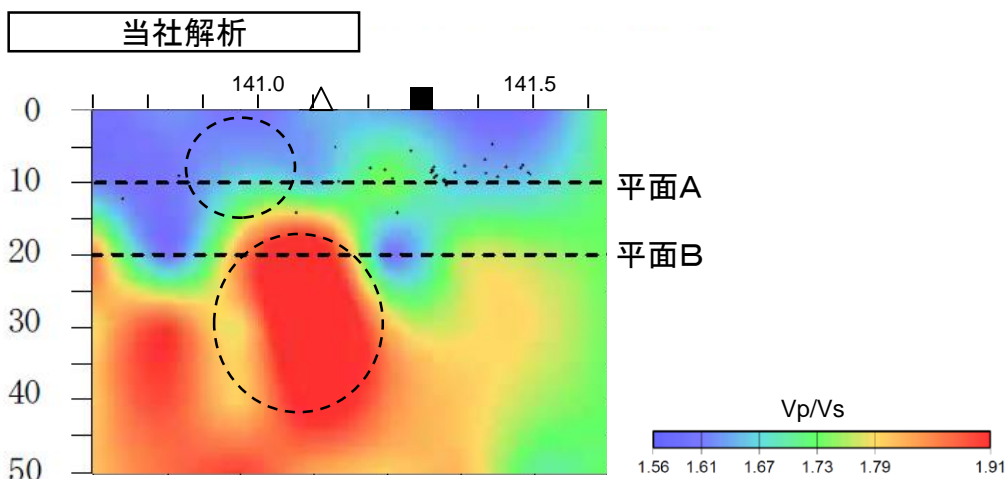
深度10km

水平断面

深度20km

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の地震波速度構造 (Vp/Vs) : 当社解析と防災科研解析の比較)

- 恐山やや西方直下の深さ15km以浅に見られる低Vp・低Vp/Vs領域や, 恐山直下の深さ15km以深に見られる低Vp・高Vp/Vs領域など(下図の破線丸), 双方の解析結果には大きな相違は見られず, 当初の評価に変更はない。



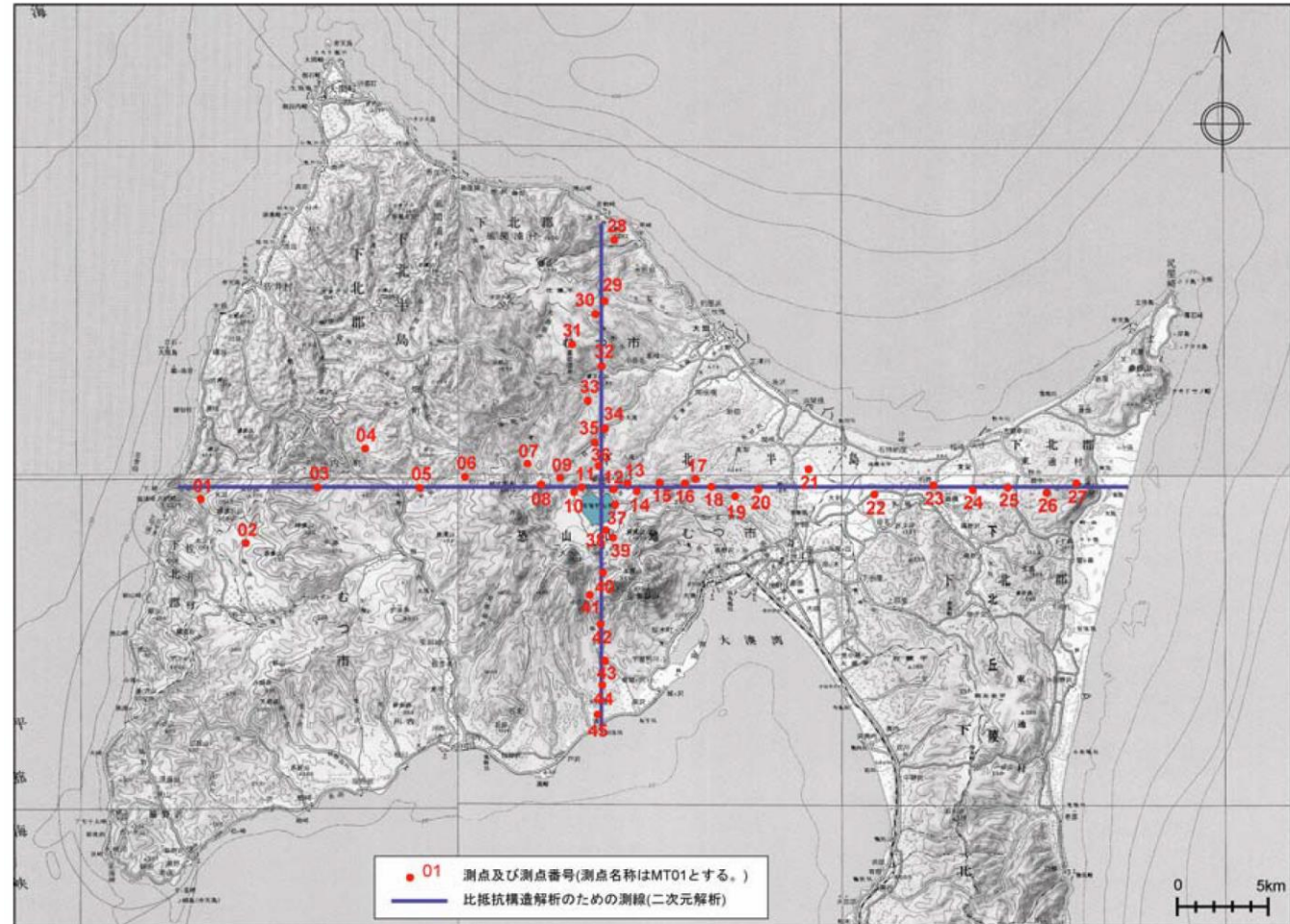
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：当社実施)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P33 再掲

【MT法による電磁法探査の概要】

➤ 恐山のマグマ活動に関連した深部地下構造について把握するため、MT法による電磁法探査を実施し、比抵抗構造を評価した。

- 観測期間：2009年10月～11月
- 観測点：恐山を中心とした南北2測線
東西：27測点，南北：19測点
(うち1測点共通)
- 測定データ：
 - ・測定成分：
 - 水平電場2成分，
 - 水平磁場2成分，垂直磁場1成分
 - ・測定周波数：125Hz～0.0005Hz以下
 - ・測定時間：24時間以上
- 2次元インバージョン解析：
 - ・解析モード：TMモード
 - ・解析範囲：
 - 恐山を中心とした約1500km範囲
 - ・解析メッシュ：
 - 東西方向：333m～500m
 - 南北方向：333m～500m
 - 深さ方向：30m～1,000m

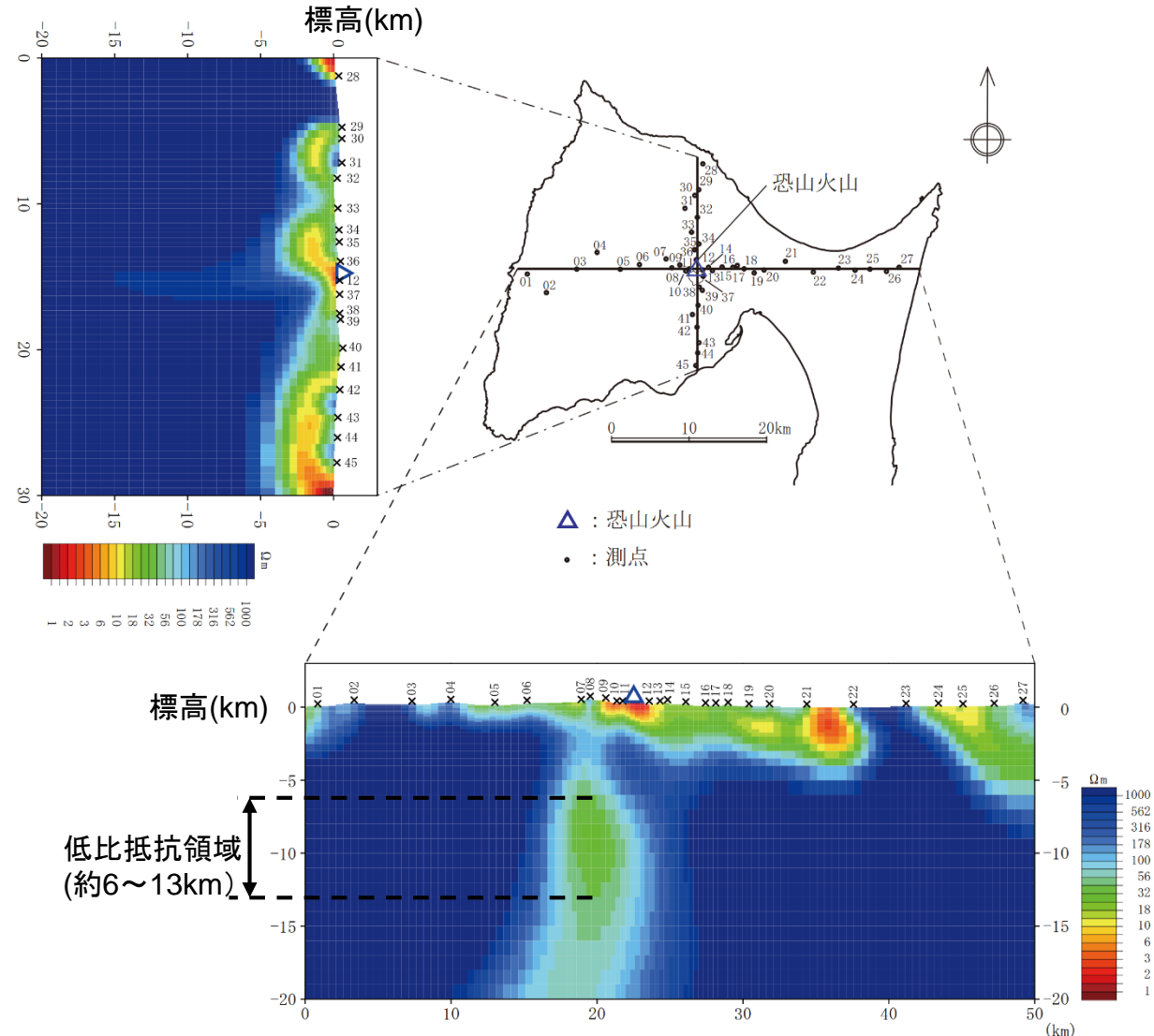


MT法による電磁法探査の観測箇所

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：当社実施)

【比抵抗構造】

- 恐山直下やや西側には周囲に比べてやや低比抵抗を示す領域が認められ、深さ約6km～約13kmを中心とし、その中心部から周辺に向かって比抵抗が高くなる傾向が認められるが、マグマの供給を示唆するような地下深部から連続する低比抵抗体が存在する可能性は低いと考えられる。
- この低比抵抗領域は、地震波速度構造における低 V_p かつ低 V_p/V_s 領域とよく一致しており、水の存在を示唆している。

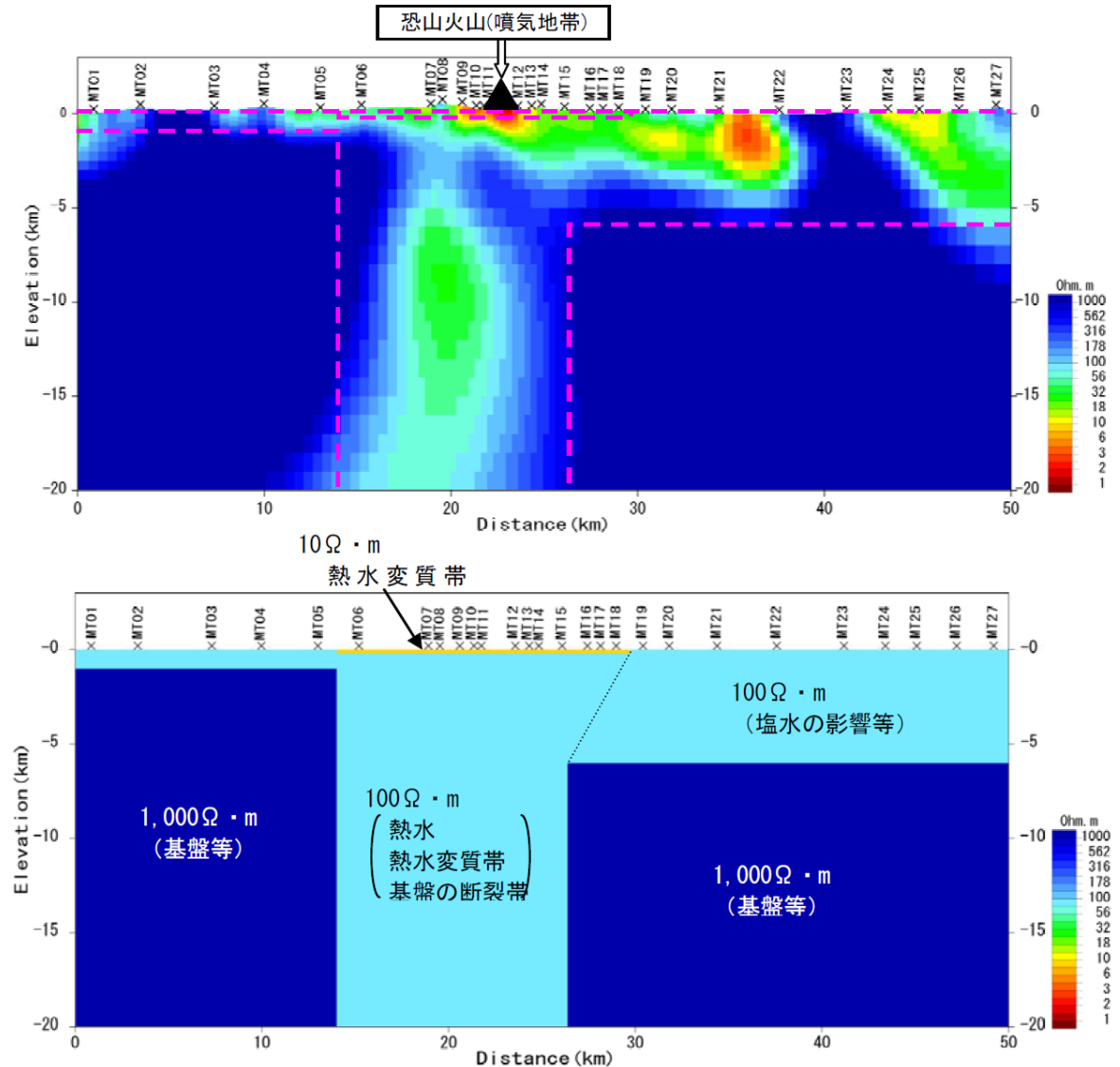


3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：当社実施)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P35 再掲

【比抵抗構造の感度解析】

- 比抵抗構造解析の信頼性を検討するために感度解析を実施した。感度解析では、低比抵抗体の位置・規模等を変化させた数値モデルを設定し、そのモデルから各測点において得られるであろう応答値と解析結果を比較することで行った。
- 感度解析の初期モデルは、比抵抗構造解析結果に基づいて、右図のように設定した。



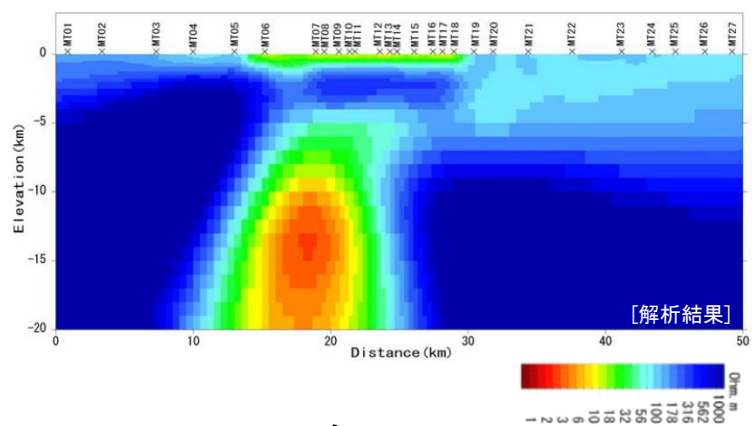
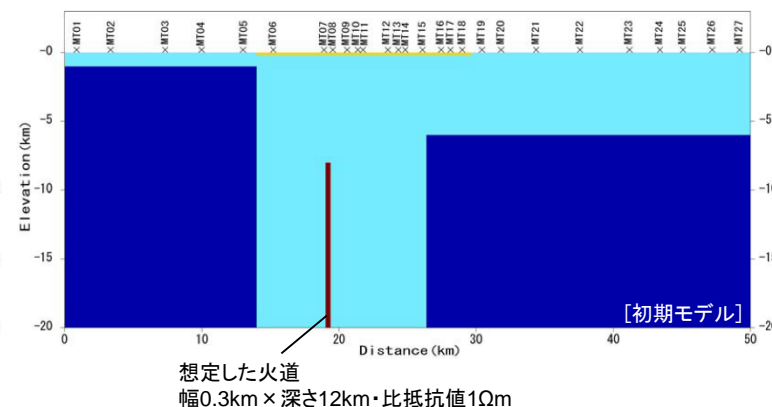
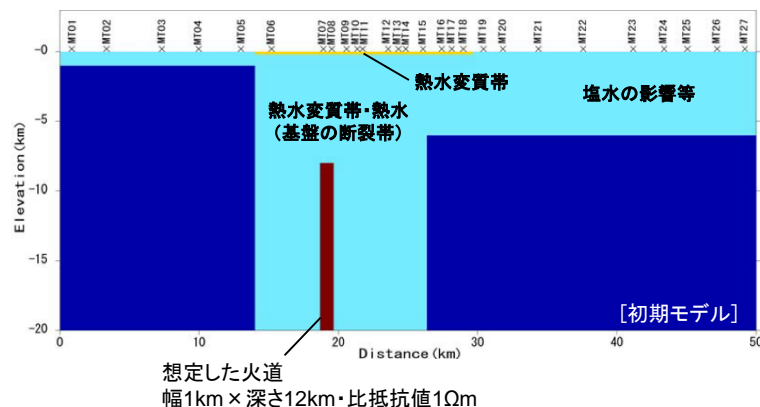
比抵抗構造の感度解析の初期モデル

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：当社実施)

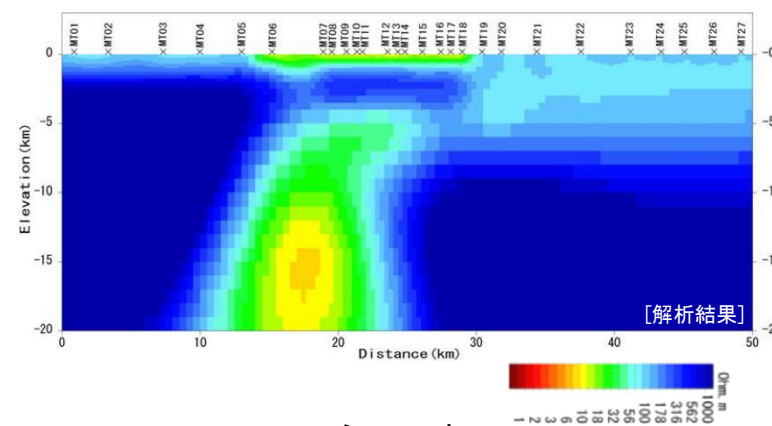
【比抵抗構造の感度解析：比抵抗体の連続性】

- 地下深部から連続する火道のような低比抵抗体を仮定した感度解析を実施した。
 - ケースa：幅1km×深さ12km（深度8km～20km），比抵抗値 1 Ωm
 - ケースb：幅0.3km×深さ12km（深度8km～20km），比抵抗値 1 Ωm

- 地下深部から連続する低比抵抗体を仮定した感度解析の結果を評価結果と比較すると，感度解析結果の方が，地下深部の比抵抗領域が大きくなっている。



ケースa



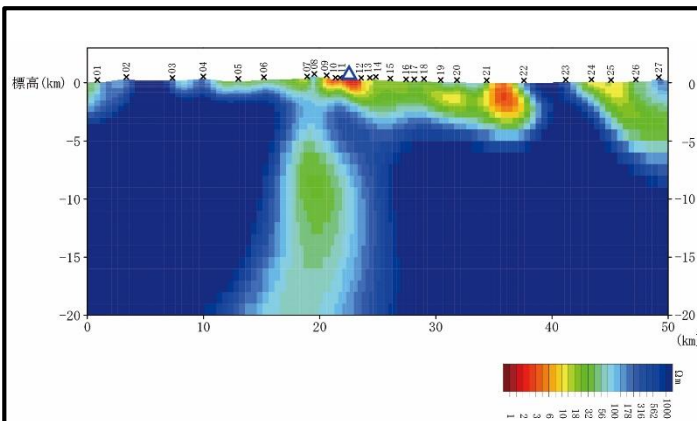
ケースb

比抵抗構造の感度解析

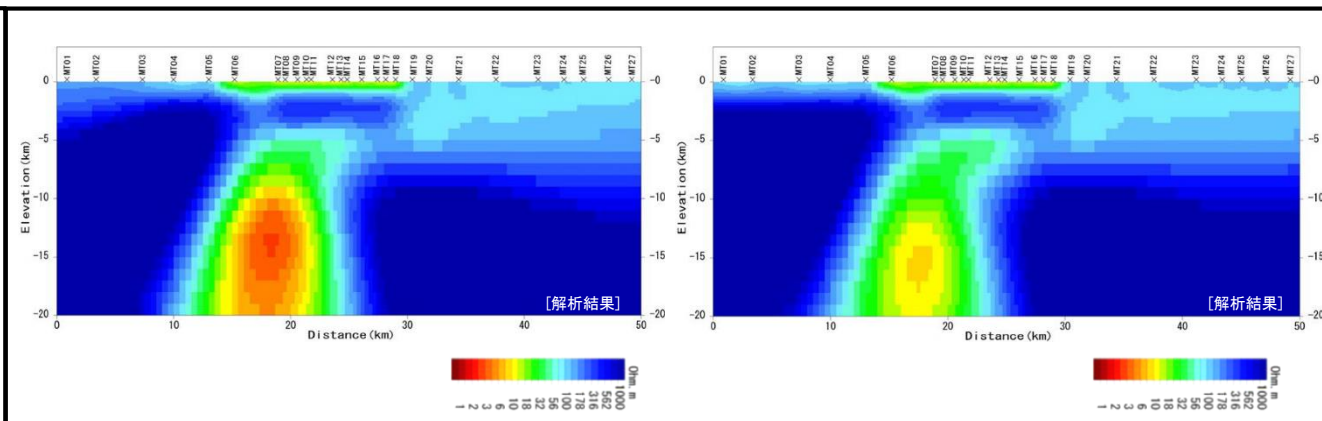
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：当社実施)

【感度解析結果の評価】

- 地震波速度構造および比抵抗構造から判断して、恐山直下の少なくとも深さ約20km以浅には、大規模なマグマ溜まりは存在しないと判断される。
- また、比抵抗探査結果と火道を想定した感度解析結果の比較から、深さ20km以深から浅部に連続する火道も存在していないと判断される。



比抵抗探査結果



ケースa (火道幅1km)

ケースb (火道幅0.3km)

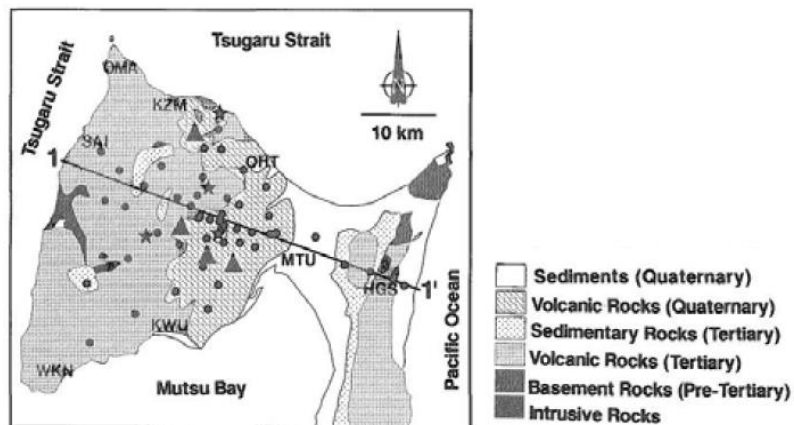
感度解析結果

比抵抗探査結果と感度解析結果の比較

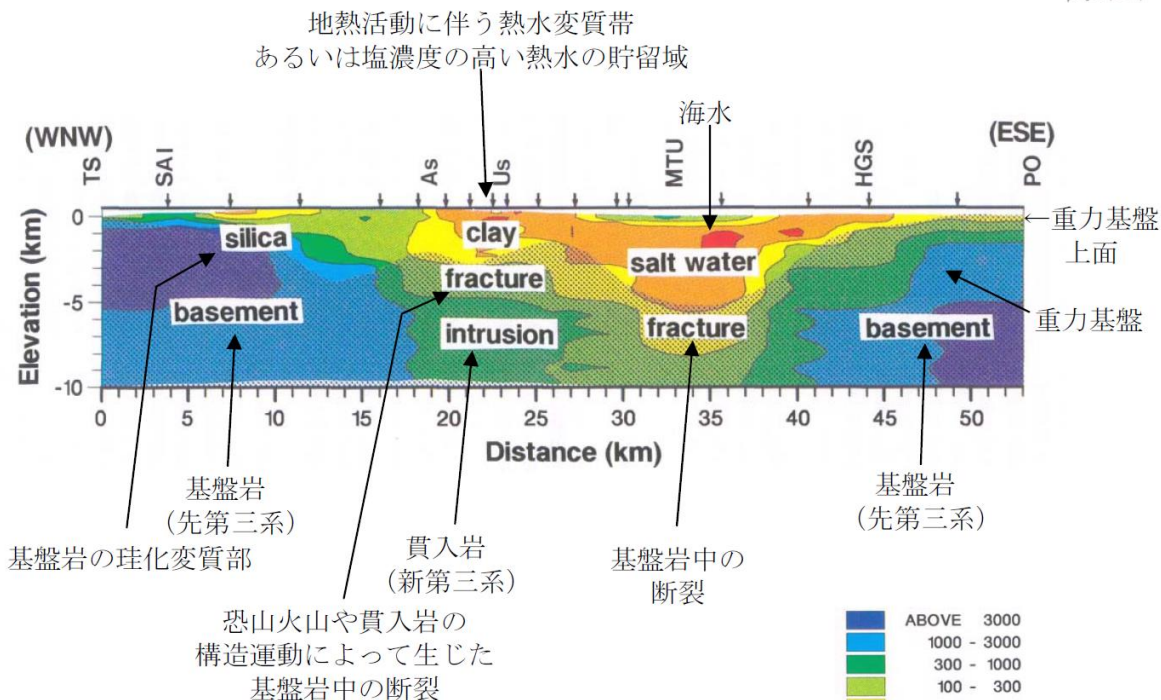
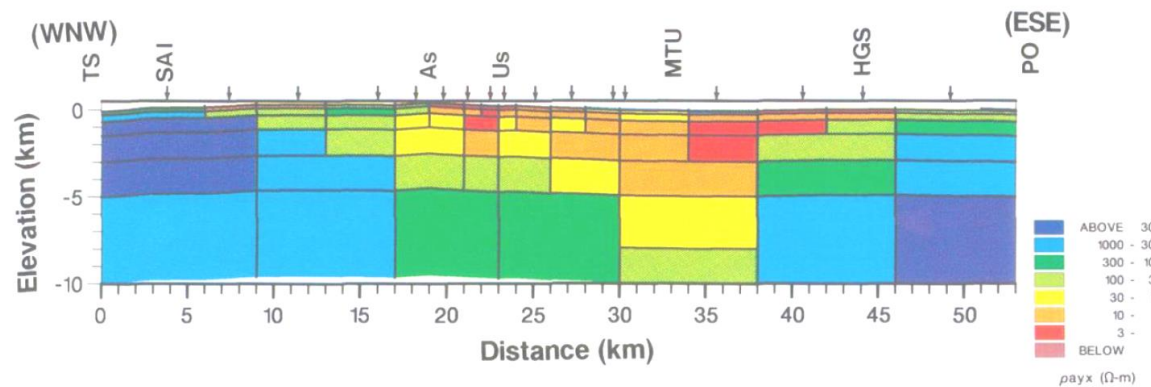
3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の比抵抗構造：高倉，1994)

【文献における比抵抗構造】

- 高倉 (1994) によれば，恐山火山直下の深さ10kmまでの比抵抗構造の特徴として，深さ約1kmに顕著な低比抵抗領域がみられ，その下位の重力基盤中にも弱い低比抵抗領域が認められるとされている。
- これらの比抵抗構造を形成する要因として，前者については，地熱活動に伴って生成された熱水変質帯あるいは塩濃度の高い熱水の貯留域の存在が，後者については，現在までの恐山火山の活動あるいは貫入岩の構造運動によって基盤中に生じた断裂が，熱水の上昇経路となっていることがあげられている。



高倉 (1994) の検討範囲



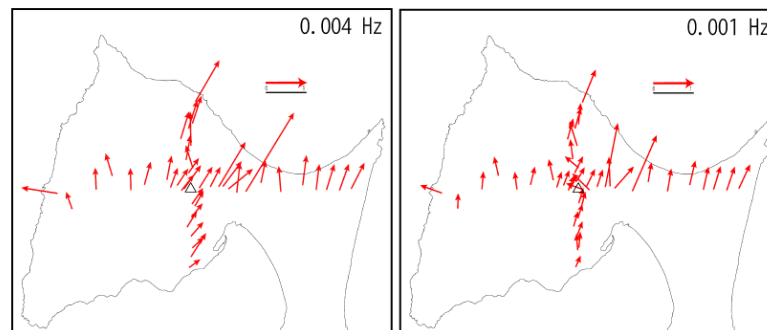
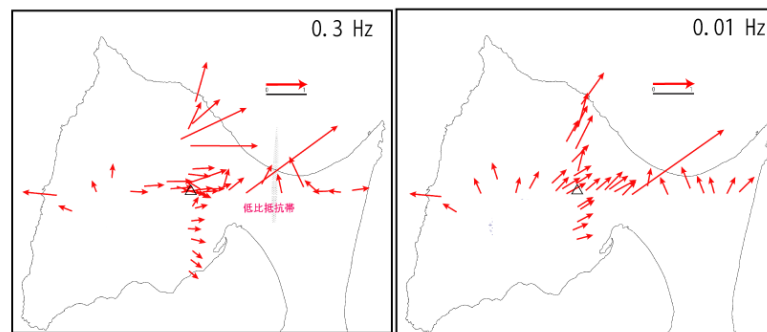
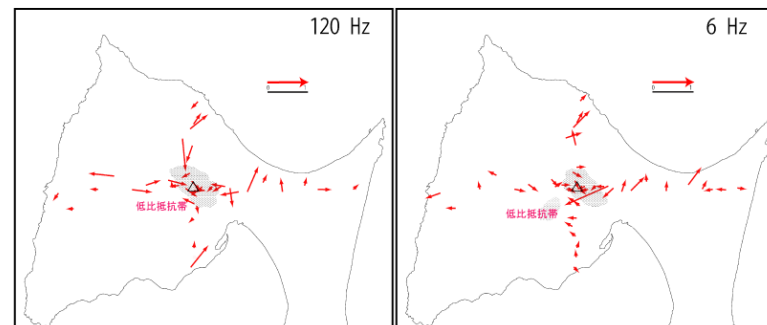
比抵抗構造モデル (高倉 (1994))

上：解析結果，下：比抵抗構造と重力基盤の総合解釈図
(図中の注釈は、論文記載事項を転記したもの)

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (インダクションベクトルによる比抵抗構造の考察：当社実施)

- 観測する周波数帯域は、高周波数でより浅部および近傍の情報を、低周波数でより深部および遠方の情報を持つ。
- 120Hzおよび6Hzのインダクションベクトルは、海岸の近傍では海側を向くが、半島中央部では恐山あるいはその南西側を向いている。
⇒この傾向は、比抵抗構造にみられる恐山直下浅部の低比抵抗領域の存在とも一致する。
- 0.3Hzおよび0.01Hzのインダクションベクトルは、恐山の南東方を中心に放射状に外側を向いている。
- 0.004Hzおよび0.001Hzのインダクションベクトルは、概ね北～北東方向を向いている。
⇒この傾向は、陸奥湾に比べて深度が大きい津軽海峡の影響をより強く受けるためと考えられる。
- これらの傾向は、後述する高倉（1994）でも同様である。

以上から、当社が観測したインダクションベクトルには、恐山直下にマグマに起因する低比抵抗領域を示唆する傾向は認められない。



インダクションベクトルの実数分布

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価

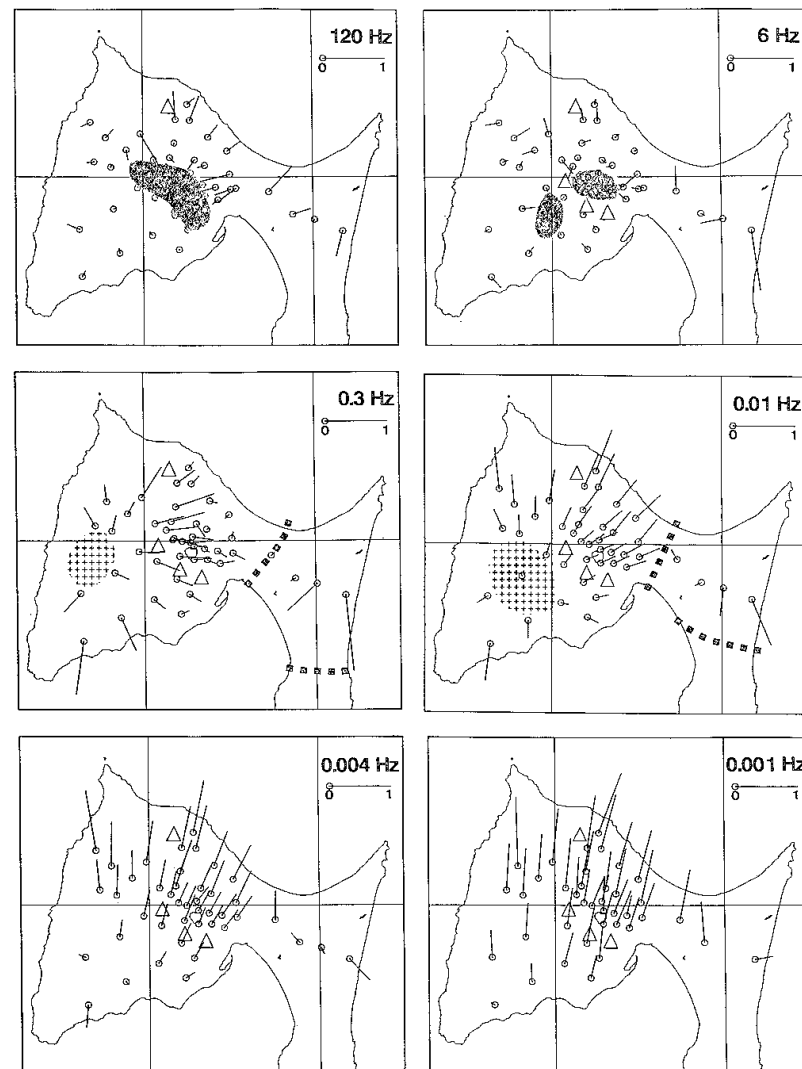
(インダクションベクトルによる比抵抗構造の考察：高倉，1994)

高倉（1994）は、以下の点を提示している。

高周波（120. 6Hz）のインダクションベクトルは、海岸の近傍では海側を向くが、半島中央部では恐山火山あるいはその南西側を向いている。これより、恐山火山周辺の比較的浅部に低比抵抗帯があると推定される。

低周波になるにしたがい反時計回りに回転し、0.3及び0.01Hzでは、陸奥湾の近傍の測点を除き、半島のくびれの部分と津軽海峡に向くものが多くなる。これは、地峡効果や海峡効果の現れと判断され、陸域では点線で示す方向に、海域では津軽海峡に沿って誘導電流が集中すると推定される。0.004及び0.001Hzのインダクションベクトルはほとんど北向きである。

- 上述の高倉（1994）による考察は、当社のインダクションベクトルによる考察とも一致する。
- 当社と高倉（1994）のインダクションベクトルは、浅部において低比抵抗が認められること、中深部においてマグマの存在が認められず、海峡効果が顕著になっていくことなど、多くの点で整合的である。



● インダクションベクトルから推定される低比抵抗帯

■ インダクションベクトルから推定される高比抵抗帯

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の火山ガス分析：当社実施)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P41 再掲

【火山ガス分析】

- 恐山の噴気地帯から噴気を採取し、その成分分析を実施した。
- 噴気の採取は、最も噴気活動が盛んな地獄谷周辺で実施した。



地獄谷北 (2012年)



地獄谷湯沼 (2011年)

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価 (恐山の火山ガス分析：当社実施)

コメント1

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P42 修正

- 12年の分析結果を通じて、噴気温度は100度以下であり、そのガス組成から沸騰泉・温泉ガスに分類される。
- この結果から、恐山においては、典型的な熱水活動が継続しており、マグマ由来の火山ガスの発生は認められない。

化学組成による火山ガスの分類 (鎌田ほか, 1985)

タイプ	火山ガス中の化学成分		出口温度
I	[H ₂ O]	HF, HCl, SO ₂ > H ₂ S, CO ₂ , H ₂ > N ₂	噴気孔ガス >800℃
II	[H ₂ O]	HF, HCl, SO ₂ ≧ H ₂ S, CO ₂ > H ₂ , N ₂	800~100℃
III	[H ₂ O]	(HF, HCl) < SO ₂ ≧ H ₂ S, CO ₂ > N ₂	~100℃
IV	[H ₂ O]	SO ₂ < H ₂ S, CO ₂ > N ₂	~100℃
V	[H ₂ O]	H ₂ S, CO ₂ > N ₂	(沸騰泉) 100℃
VI	[H ₂ O]	H ₂ S < CO ₂ > N ₂	温泉ガス <100℃

*1: 採取したガスの容積に対する水蒸気を除くガスの容積比 *2: 水蒸気を除いたガス組成比
*3: アルカリに吸着されないガス (Ar, N₂, He, H₂, CH₄等で構成される)
*4: 突沸の影響を受け高Cl濃度の温泉水を引き込んだことによる影響 []: 北川式ガス検知管による

噴気調査結果

調査年月	噴出箇所	温度	火山ガス組成					
			ガス水比*1 (vol%)	CO ₂ *2 (vol%)	H ₂ S*2 (vol%)	SO ₂ *2 (vol%)	HCl*2 (vol%)	Rガス*2*3 (vol%)
2007年	地獄谷噴気	99.3℃	0.13	65.33	28.77	<0.01[80ppm]	<0.01	5.88
2008年	地獄谷噴気	98.8℃	0.22	67.83	26.25	<0.01[80ppm]	<0.01	5.90
2009年	地獄谷湯沼	98.8℃	0.46	65.01	32.28	<0.01[50ppm]	0.98*4	1.73
2010年	地獄谷湯沼	97.9℃	0.30	67.88	30.06	<0.01[50ppm]	0.01*4[0ppm]	2.04
2011年	地獄谷湯沼	97.9℃	0.61	68.86	28.67	<0.01[15ppm]	0.01*4[0ppm]	2.46
2012年	地獄谷北	98.5℃	0.48	72.30	26.10	<0.01[0ppm]	<0.01[0ppm]	1.60
2013年	地獄谷北	91.6℃	—*	76.88	10.65	<0.01[0ppm]	<0.01[0ppm]	12.48
2014年	地獄谷北	98.0℃	0.25	64.85	26.16	<0.01[0ppm]	0.07*4[0ppm]	8.92
2015年	地獄谷北	99.2℃	0.21	63.12	33.64	<0.01[0ppm]	0.06*4[0ppm]	3.18
2016年	地獄谷北	93.4℃	0.30	59.16	34.43	<0.01[0ppm]	0.02*4[0ppm]	6.39
2017年	地獄谷北	98.5℃	0.27	63.24	25.01	<0.01[0ppm]	0.05*4[0ppm]	11.69
2018年	地獄谷北	94.0℃	—*	50.28	15.53	<0.001[0ppm]	<0.01[0ppm]	34.19

※温度条件や噴気の勢い等の影響により、噴気中の水蒸気が採取前に凝縮したものと推定され、採取容器内の水分量が少なく定量できなかった。なお、ガス水比は水蒸気を除いた火山ガス組成に影響を与えない。

3. 2 火砕物密度流・溶岩流の影響評価（まとめ）

【まとめ】

- 活動履歴，地質調査，火山学的調査などの結果，恐山の活動は，古恐山火山とカルデラが形成された新恐山火山の活動に大別される。現在は熱水活動がみられるものの，約8万年前以降，マグマの噴出を伴う火山活動は確認されていない。
- 地球物理学的調査，地球化学的調査などの結果から，深さ20km以浅には大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は小さく，深部から連続する火道も認められない。
- 以上から，恐山は現在も熱水活動が生じているものの，マグマ噴火に伴う火砕物密度流が施設に影響する可能性は十分に小さい。
- ただし，過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流（最大VEI5）が敷地に到達していることから，火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的として供用期間中のモニタリングを行う。

恐山の活動可能性

調査分野			評価
火山地質	地球物理学	地球化学	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 正津川・二又沢 ・ 関根第1の計3層の火砕流堆積物が敷地に到達している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地震波速度構造について，当社解析結果と防災科学技術研究所 (Matsubara et al., 2019) の解析結果は，整合的である。 ・ 比抵抗構造について，当社解析結果と高倉 (1994) の解析結果は，整合的である。 ・ 地震波速度構造と比抵抗構造ともに，恐山直下浅部の水の存在を示唆している点で一致している。 ・ 深さ20km以浅には大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は小さい。また，20km以深から連続する火道も見受けられない。 ・ 地震活動は非常に低調であり，低周波地震も認められない。（後述） ・ 継続的な変位の累積を示す地殻変動は認められない。（後述） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 噴気中にマグマ由来の火山ガス成分は検出されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 8万年前以降は熱水活動が継続している。 ・ 火砕物密度流が施設に影響を与える可能性は十分に小さい。

余白

3. 3 岩屑なだれの影響評価 (陸奥燧岳・恐山)

【岩屑なだれ】

- 陸奥燧岳起源の岩屑なだれ堆積物は確認できない。
- 恐山起源の岩屑なだれ堆積物は3層が確認されているが、敷地近傍では確認されていない。

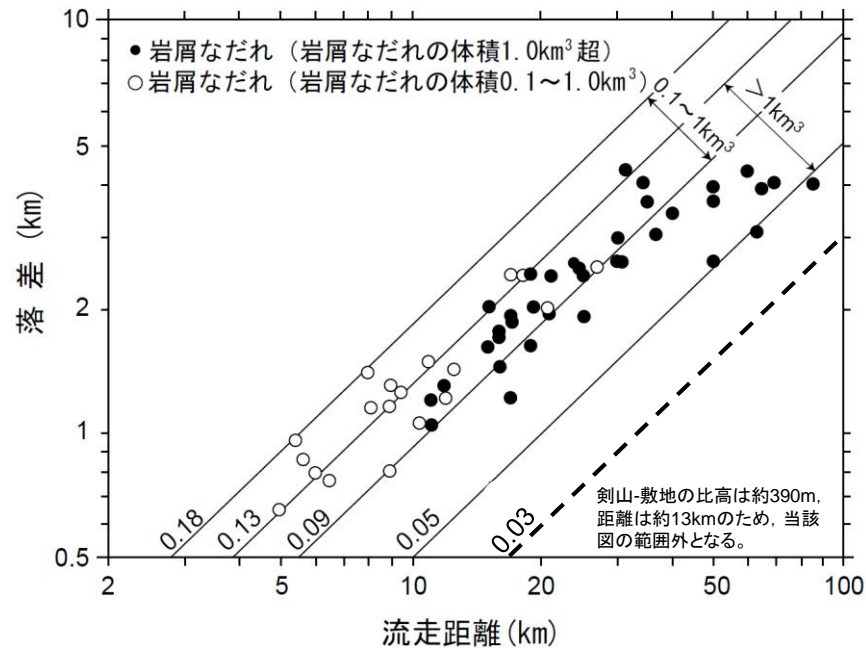


恐山起源の岩屑なだれ堆積物

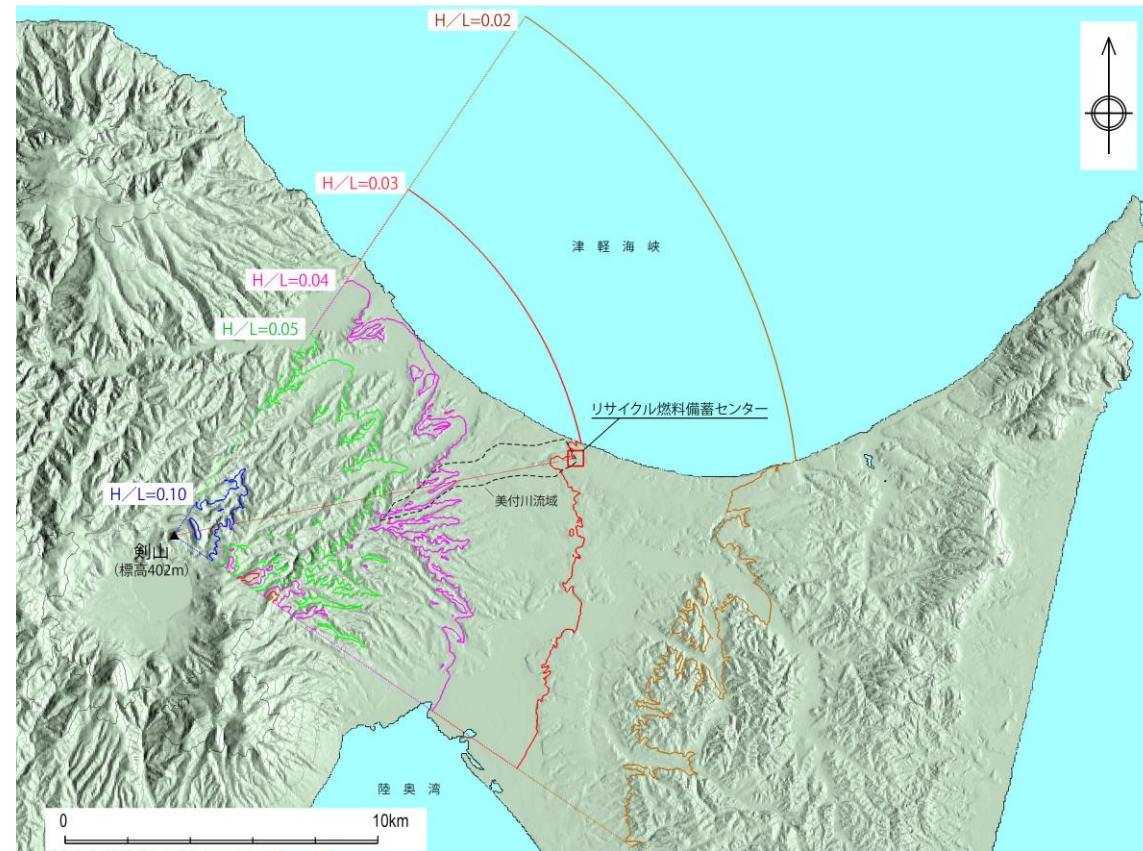
3. 3 岩屑なだれの影響評価 (恐山)

【現状の恐山における岩屑なだれの影響評価】

- 恐山における噴気中心近傍の剣山に対して、岩屑なだれの検討を実施した。
- 剣山と敷地との高さ (H) と距離 (L) との比は約0.03であり、岩屑なだれが到達し得る比高／到達距離の比 (宇井編 (1997)) よりも十分に小さいことから、剣山の山体崩壊に伴う岩屑なだれは敷地に到達しないと考えられる。



岩屑なだれの崩壊物の落差と流走距離との関係
(宇井編 (1997) 一部加筆)



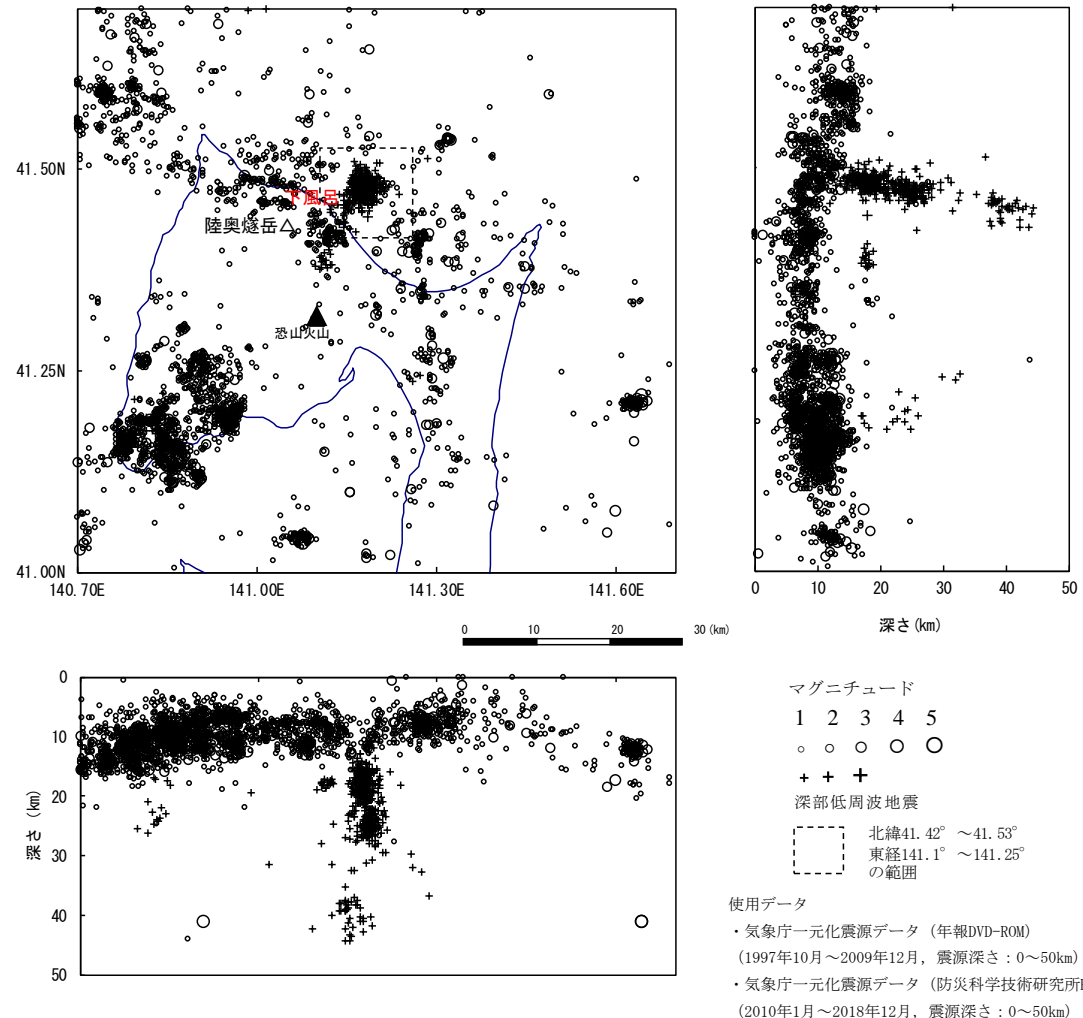
剣山を中心とした高さ (H) と距離 (L) との比の分布

3. 4 新しい火口の形成に対する検討（陸奥燧岳・恐山）

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P47 再掲

【新しい火口の開口】

- 陸奥燧岳および恐山の山体付近では地震活動は低調であり，マグマ活動に関連するような深部低周波地震は発生していない。
- なお，敷地近傍では深部低周波地震は発生しておらず，新しい火口の開口の可能性はない。
- 一方，下風呂沖には深部低周波地震が発生している領域が存在する（次頁以降で詳述）。
- また，下北半島南西部においては，深度10km程度に地震が集中し，深度20km付近に少数の深部低周波地震が発生しているが，周辺に活動的な火山が存在しておらず，非火山性の地震であると考えられる。

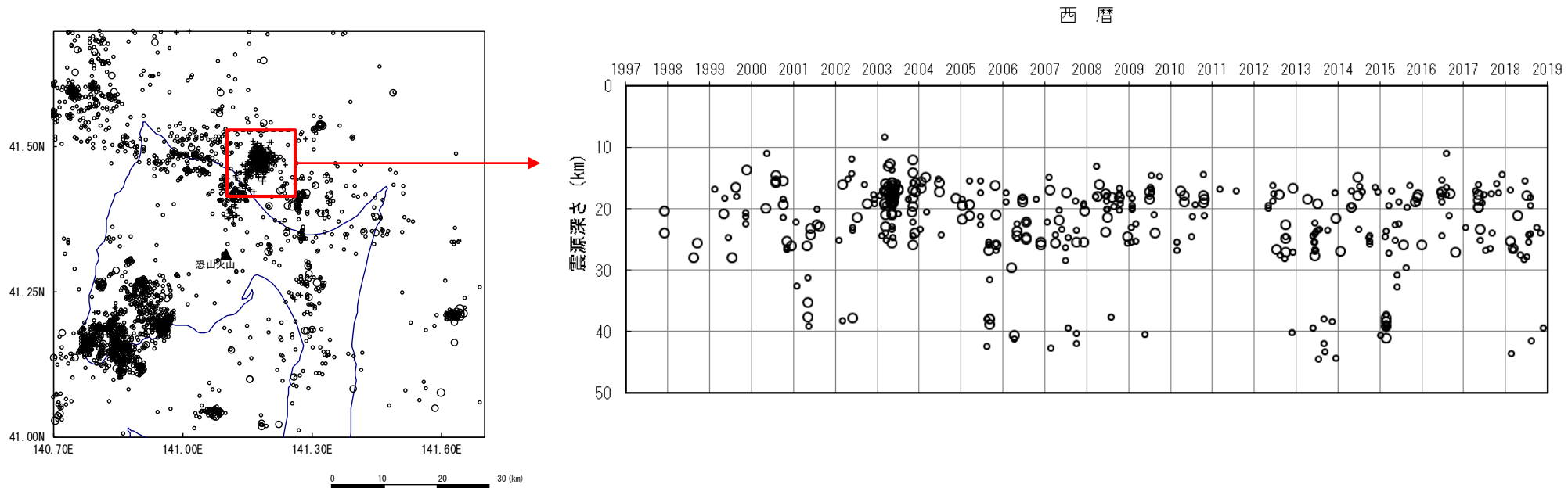


下北半島における地震活動

3. 4 新しい火口の形成に対する検討 (下風呂沖の深部低周波地震域)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P48 再掲

- 深部低周波地震は、深さ約15km～約45kmで認められる。この低周波地震の震源分布は、上限深さは深度約15kmでほぼ一定しており、時間とともに浅くなる傾向は認められない。

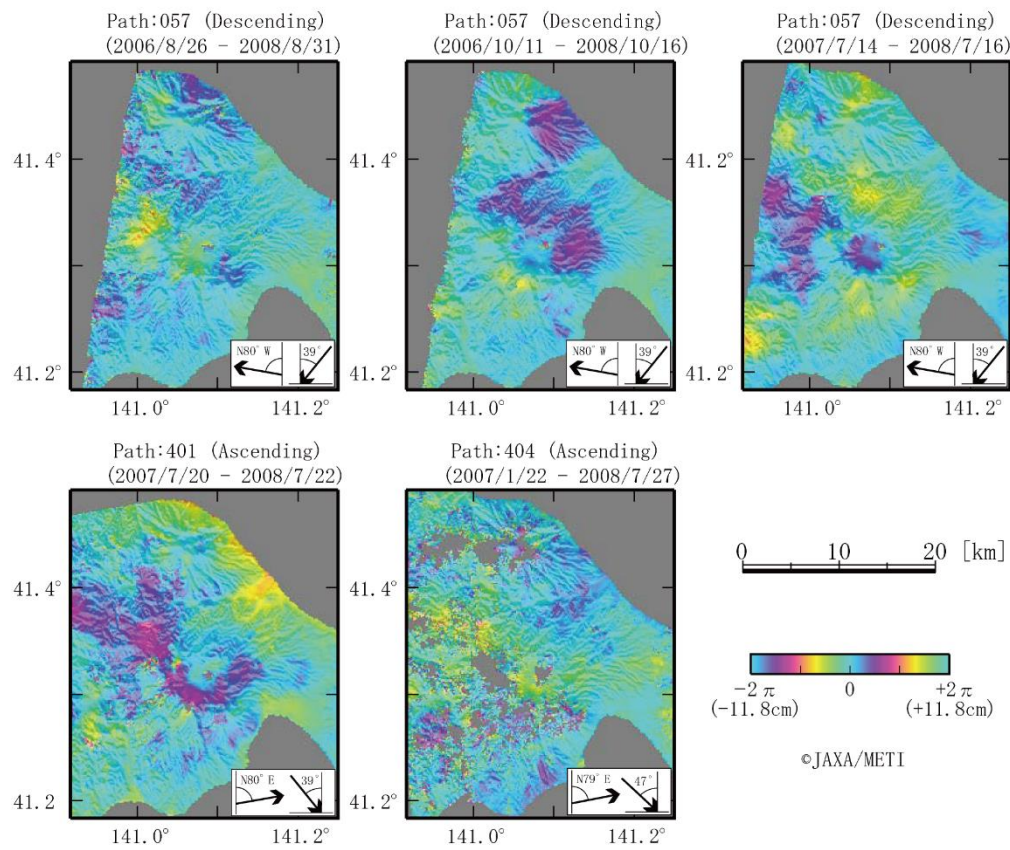


下風呂沖の深部低周波地震の発生時期と震源深さの推移

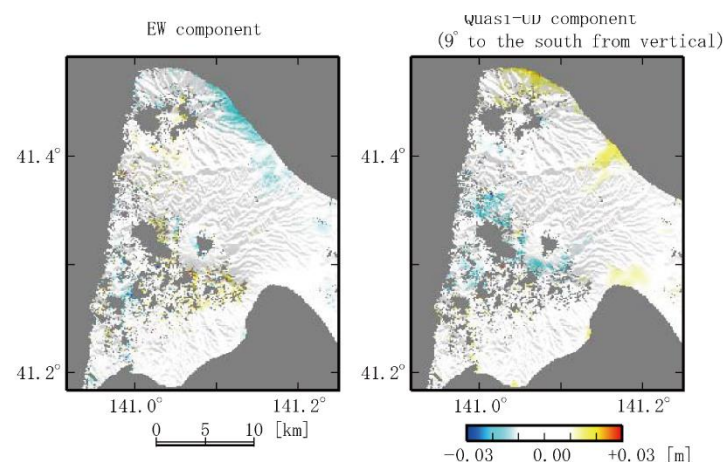
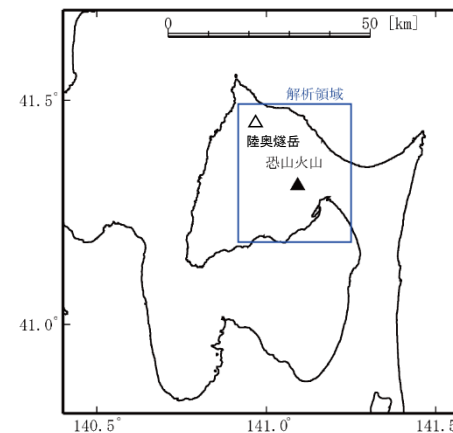
3. 5 地殻変動の評価 (干渉SAR)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P49 再掲

下北半島西部を対象とした干渉SAR解析の結果、陸奥燧岳および恐山の山体付近で、顕著な地殻変動は認められない。



SARデータから作成した差分干渉画像。用いたデータの観測日は図上に記述。挿入図はレーダ波の入射方向を示す。干渉解析から得られる地殻変動成分は、地殻変動ベクトルと入射方向の単位ベクトルとの内積値である。

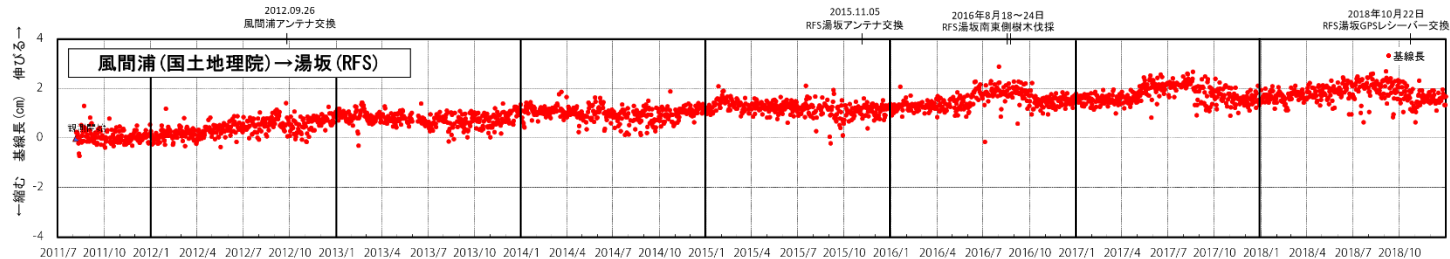
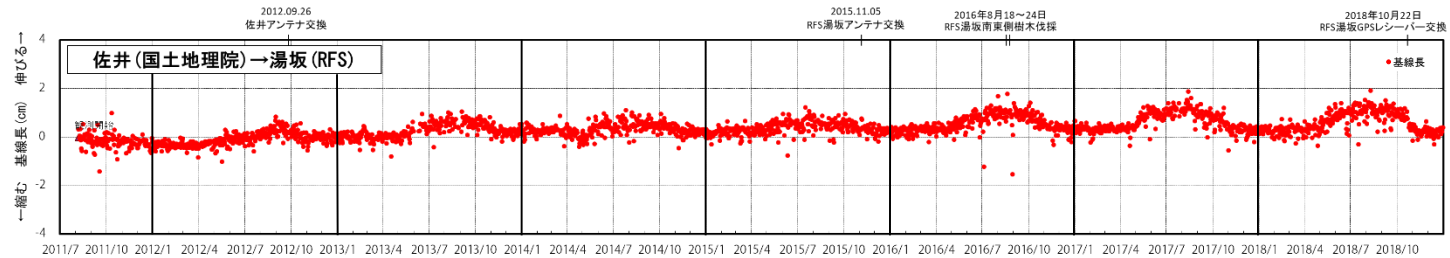
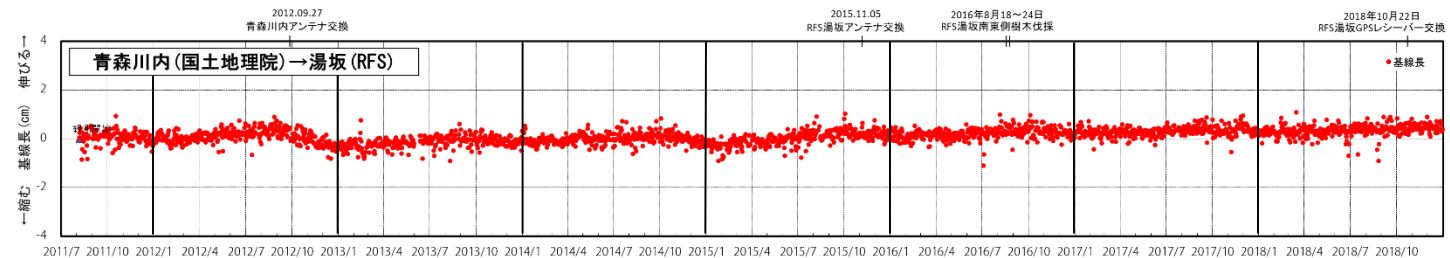
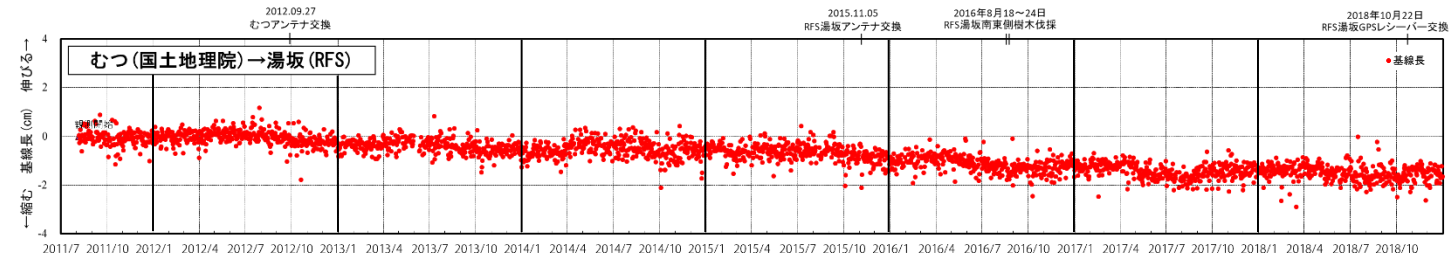
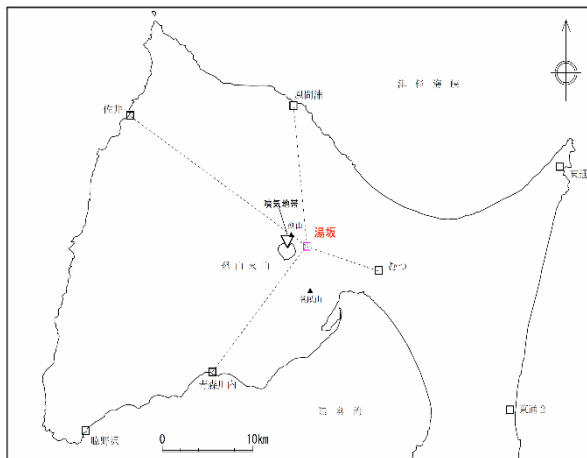


5つの干渉画像から最小二乗法で求めた年平均の地殻変動量。左図は地殻変動の東西成分を示し、右図は準上下成分を示す。準上下成分は垂直から南に9度傾く成分である。

下北半島西部の干渉SAR解析結果

3. 5 地殻変動の評価 (GPS観測)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P50 再掲

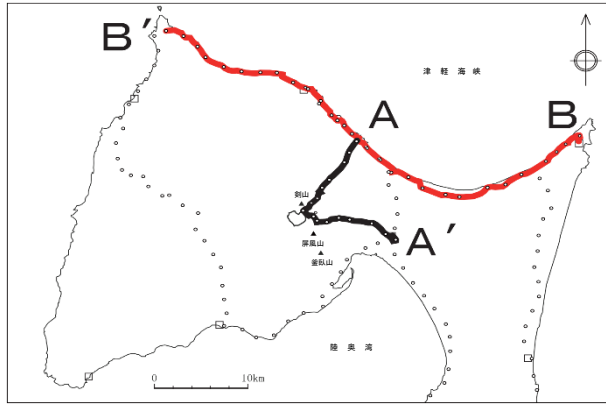


電子基準点湯坂の変動誤差: 水平±0.5cm, 上下1.0cm その他の電子基準点の変動誤差: ±0.5cm

恐山山頂部を中心とした下北半島北西部の電子基準点の観測結果によると、基線長の変化(地殻変動)は、ほとんど認められない。なお、若干の変化傾向が認められるが、これは東北地方太平洋沖地震の余効変動によるものと考えられる。

3. 5 地殻変動の評価 (水準測量)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P51 再掲

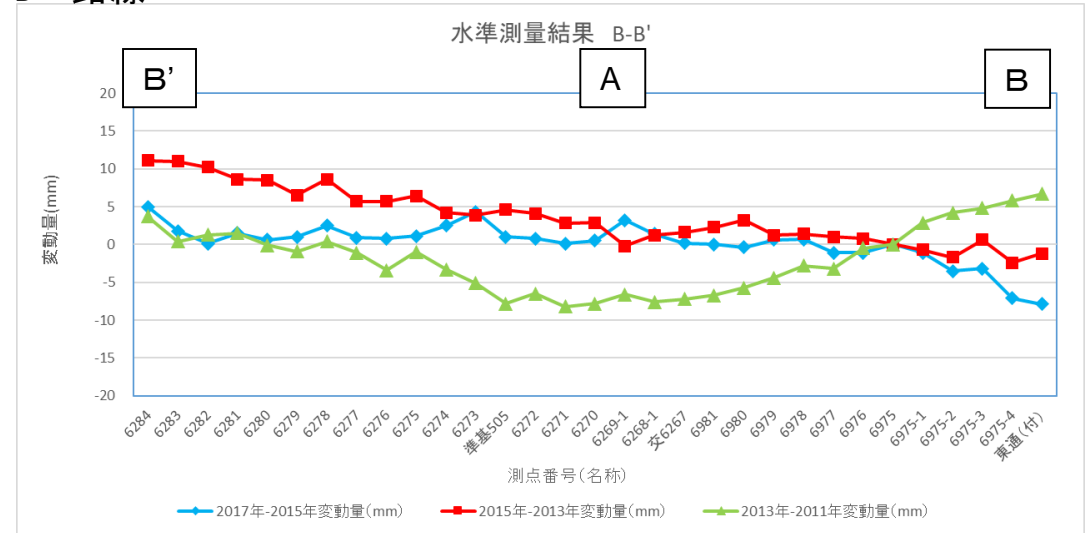


上段：B-A-B' (津軽海峡測線)

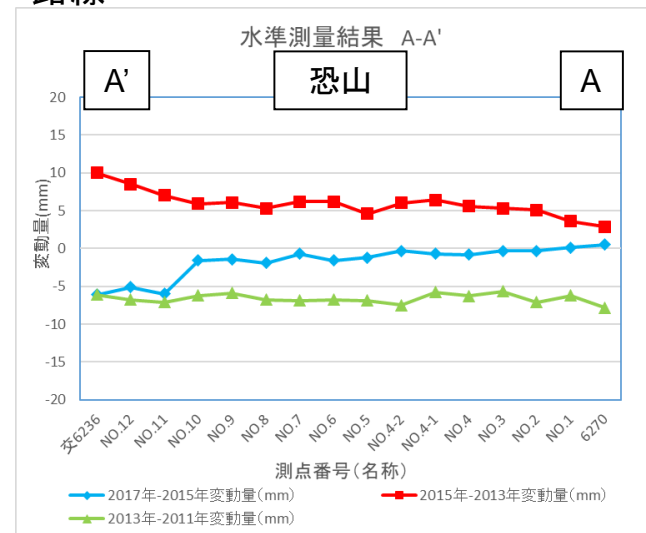
下段：A-A' (恐山測線)

津軽海峡側および恐山で実施した水準測量(2011年-2013年, 2013年-2015年, 2015年-2017年)の結果, 火山活動に伴う累積的・系統的な変動は認められない。

B-B' 路線



A-A' 路線



3. 6 設計対応不可能な火山事象の影響評価のまとめ

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P52 再掲

火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流		溶岩流		岩屑なだれ等		新しい火口の開口		地殻変動	
		160km		50km		50km					
樽前山	149	○ 過去最大規模の火砕物密度流を考慮しても、施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	○ 敷地と火山の距離から、溶岩流が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	○ 敷地と火山の距離から、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	○ 施設に影響を及ぼし得る火山が敷地から十分離れていることから、新しい火口の開口が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	○ 施設に影響を及ぼし得る火山が敷地から十分離れていることから、地殻変動が施設に影響を及ぼす可能性はない。	
風不死岳	152										
恵庭岳	160										
俱多楽・登別火山群	126										
ホロホロ・徳舜警	142										
オロフレ・来馬	135										
尻別岳	160										
有珠山	136										
北海道駒ヶ岳	92										
横津岳	76										
恵山	50										
渡島大島	158										

○：施設に影響を及ぼす可能性はない

3. 6 設計対応不可能な火山事象の影響評価のまとめ

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P53 再掲

火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流		溶岩流		岩屑なだれ等		新しい火口の開口		地殻変動	
		160km		50km		50km					
陸奥燧岳	19	○	過去最大規模の火砕物密度流を考慮しても、施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	過去最大規模の溶岩流を考慮しても、施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	過去最大規模の岩屑なだれ等を考慮しても、施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	山体周辺で深部低周波地震の発生が認められず、新しい火口の開口の可能性はない。	○	山体周辺で顕著な地殻変動は見られない。
恐山	14	●	過去最大規模のマグマ噴火に伴う火砕物密度流が敷地に到達しているが、マグマ噴火が発生する可能性は十分に小さい。	○		○		○		○	
岩木山	111	○	過去最大規模の火砕物密度流を考慮しても、施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	敷地と火山の距離から、溶岩流が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	敷地と火山の距離から、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	施設に影響を及ぼし得る火山が敷地から十分離れていることから、新しい火口の開口が施設に影響を及ぼす可能性はない。	○	施設に影響を及ぼし得る火山が敷地から十分離れていることから、地殻変動が施設に影響を及ぼす可能性はない。
田代岳	125										
藤沢森	99										
南八甲田火山群	90										
北八甲田火山群	83										
八甲田カルデラ	80										
十和田	103										
先十和田	102										
秋田焼山	160										
八幡平火山群	159										

○：施設に影響を及ぼす可能性はない。 ●：施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

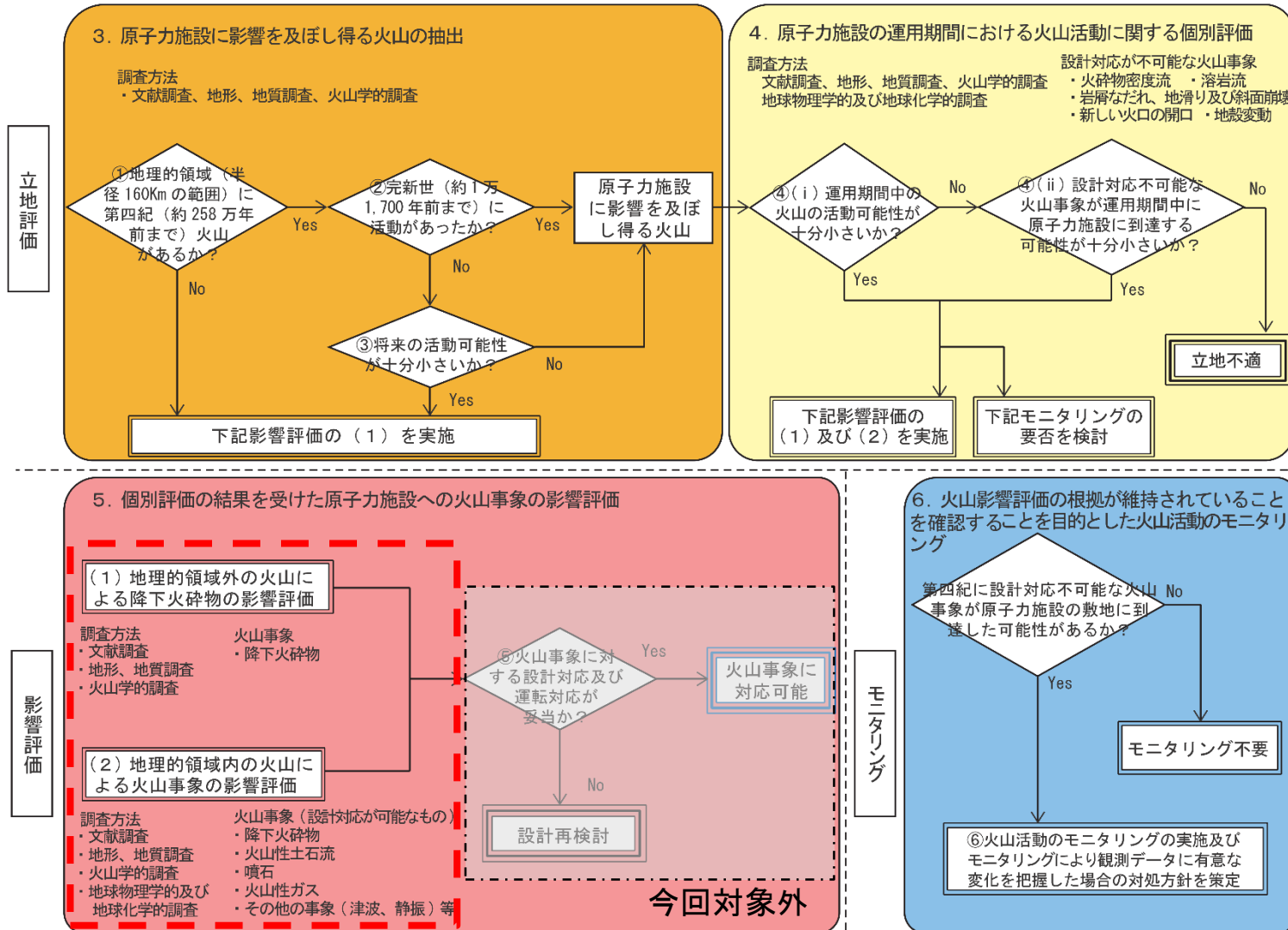
3. 6 設計対応不可能な火山事象の影響評価のまとめ

【まとめ】

- 設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれ他，新しい火口の開口及び地殻変動）のうち，恐山の火砕物密度流が敷地に到達している。
- 活動履歴，地質調査，火山学的調査などの結果，恐山の活動は，古恐山火山とカルデラが形成された新恐山火山の活動に大別される。現在は熱水活動がみられるものの，約8万年前以降，マグマの噴出を伴う火山活動は確認されていない。
- 地球物理学的調査，地球化学的調査などの結果から，深さ20km以浅には大規模なマグマ溜まりが存在する可能性は小さく，深部から連続する火道も認められない。
- 以上から，恐山は現在も熱水活動が生じているものの，マグマ噴火に伴う火砕物密度流が施設に影響する可能性は十分に小さい。
- ただし，過去のマグマ噴火に伴う火砕物密度流（最大VEI5）が敷地に到達していることから，火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的として供用期間中のモニタリングを行う。

4. 抽出された火山の火山活動に関する影響評価

➤ 施設の安全性に影響を及ぼす可能性のある火山事象について抽出を行った。



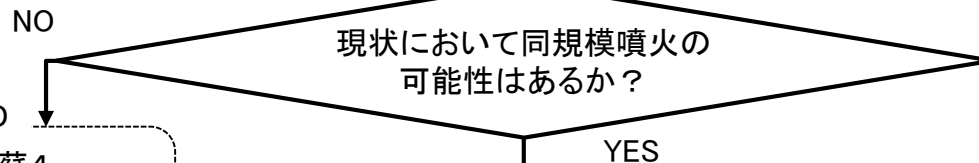
4. 1 降下火砕物の影響評価 (検討対象の選定フロー)

敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物(8テフラ)

白頭山苦小牧 阿蘇4 宮後(恐山) 洞爺
 中野沢第2(給源不明) 中野沢第1(給源不明)
 稲崎ガラス質2(給源不明) 支笏第1(文献)

将来の発生可能性を否定できない降下火砕物(12テフラ)

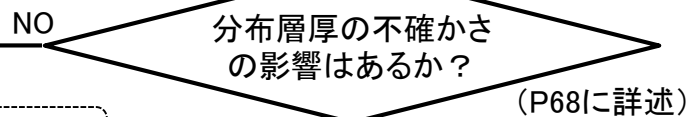
樽前a フップシ1 恵庭a Nb-a(倶多楽・登別) 有珠b
 駒ヶ岳d EsHD1(恵山) 渡島大島 宮後(恐山) 十和田中掬
 Hk-4a(北八甲田) Iw-OG3(岩木山)



END
 阿蘇4
 洞爺
 支笏第1

	実績層厚	文献
白頭山苦小牧	10cm	5~10cm
宮後(恐山)	10cm	
中野沢第2	7cm	
中野沢第1	5cm	
稲崎ガラス質2	5cm	

中野沢第1, 第2, 稲崎ガラス質2は除外



END
 白頭山苦小牧

宮後(恐山)

敷地からの距離と噴火規模および方位に基づく
 検討対象の絞り込み(噴火規模および方位が同一であれば、敷地に近い火山を代表として選定)

宮後(恐山)
 駒ヶ岳d
 十和田中掬

実績に基づくと、宮後テフラ(恐山)のみが検討対象となるが、十分な保守性を確保する観点から、駒ヶ岳dテフラと十和田中掬テフラも含めたシミュレーションによる評価を行う。

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (洞爺テフラ)

【洞爺テフラ (Toya) の分布】

- 洞爺テフラは、最終間氷期のすぐ後の11.2~11.5万年前に洞爺カルデラから噴出した。
- 分布は北海道から東北地方のほぼ全域に渡り、等層厚線は同心円状をなし、分布主軸は明確ではない。

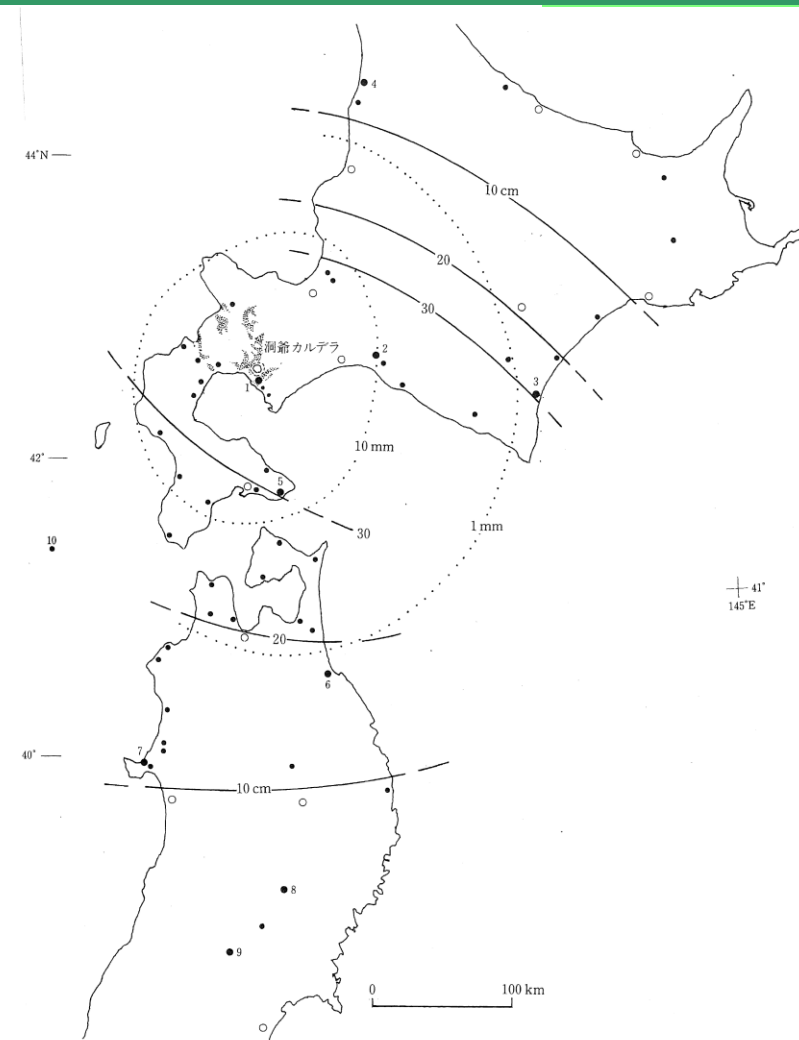


図 2.4-9 洞爺火山灰 (Toya) の等層厚線図と主な産出地点、および洞爺火山灰堆積物 [Toya (pf)] の分布。

点線は等粒度線。

模式地：1. 伊達市上長和, 2. 厚真町軽舞, 3. 広尾町ピラオトリ, 4. 羽幌町中ノ滝, 5. 尻岸内町女那川, 6. 八戸市見立山, 7. 男鹿市安田, 8. 胆沢町愛宕, 9. 鳴子町鬼首北流, 10. KH 84-3-10, 11. ODP 794. [町田ほか (1987a) に新地点を加筆]

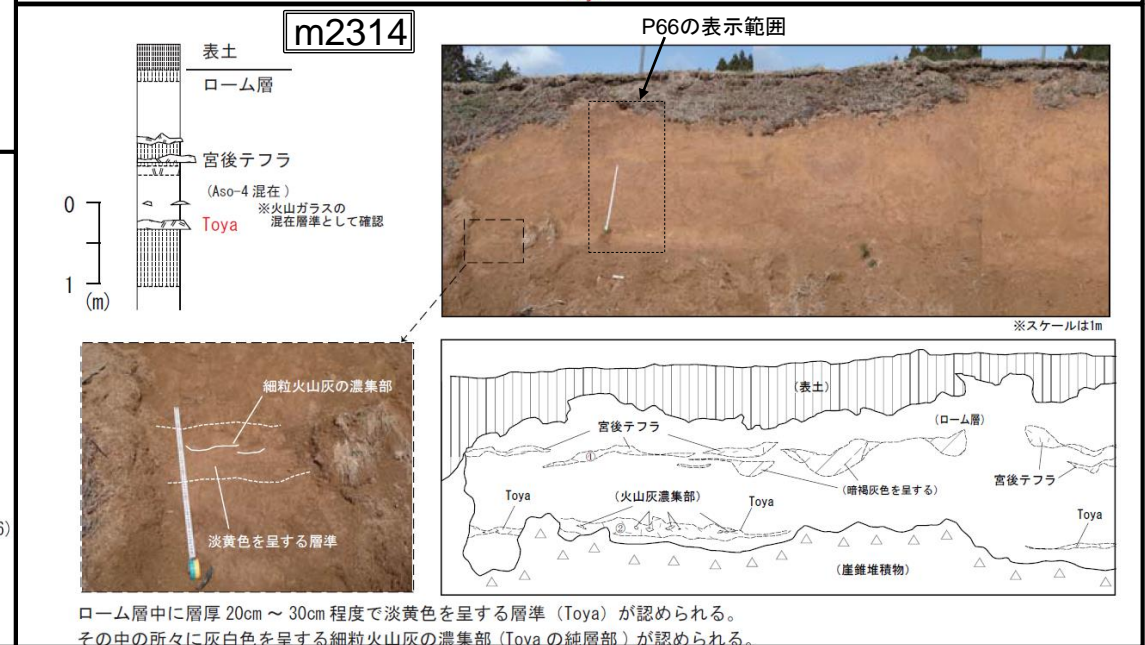
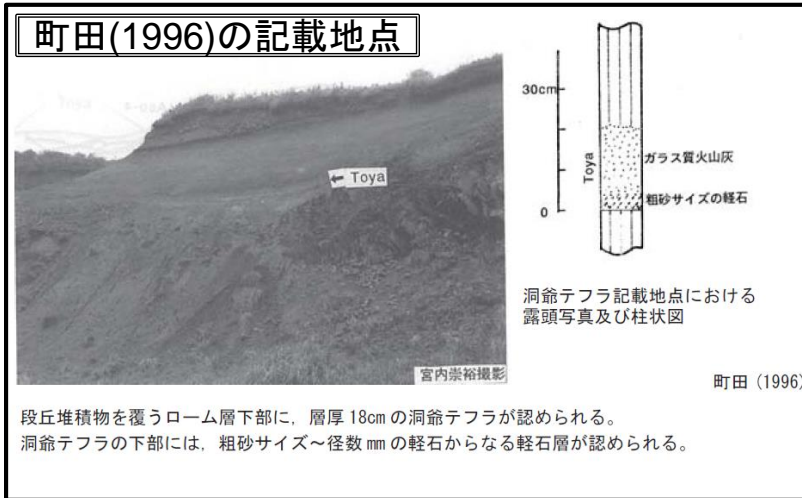
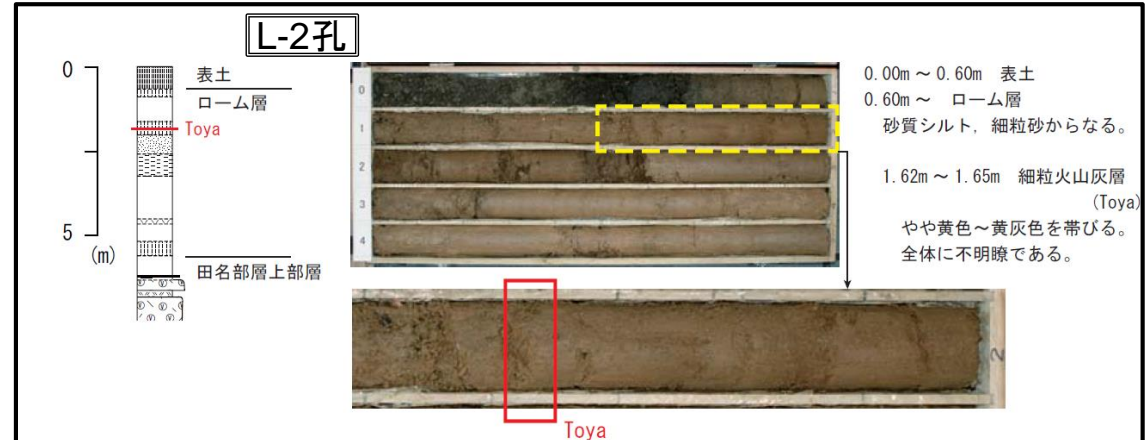
Toyaの分布 (町田・新井 (2003))

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (洞爺テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P58 再掲

【敷地付近の洞爺テフラ (Toya) の状況】

➤ 敷地付近の露頭等で洞爺テフラ (Toya) が確認されており、ローム層中に層厚20cm ~ 30cm 程度で淡黄色を呈する層準 (Toya) が認められる。



敷地付近でのToyaの状況

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (洞爺テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P59 再掲

【洞爺テフラ (Toya) と同規模噴火の発生可能性】

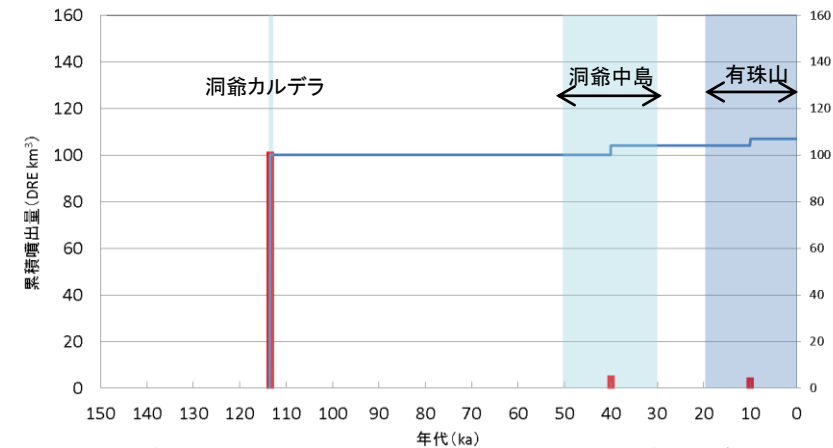
- 洞爺カルデラは、約14万年前に活動を始め、約11万年前に洞爺テフラを噴出した大規模な噴火を起こしている。
- その後、休止期間を経て、約4~3万年前の噴火で現在の洞爺中島が形成された。
- 洞爺中島活動後は、約2~3万年前の休止期間のうち、洞爺カルデラ南壁における約2万年前の小規模な噴火により有珠山が形成された。
- 有珠山は、西暦1663年の噴火以降、西暦2000年までに8回の噴火を起こしている。
- 後カルデラ火山の噴火規模は、洞爺カルデラ形成時の規模に比べて小規模な噴火であり、最新の活動である有珠山の噴出物は山体付近に限られている。
- 現在の洞爺カルデラは、後カルデラの活動期にある。

(※なお、申請時は、文献調査から、洞爺テフラを敷地に到達した最大層厚 (20~30cm) の降下火山灰と考え、敷地における層厚を30cmとしていたが、上記より評価対象外とした。)

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 ³)	参考文献
AD.2000	後カルデラ火山	有珠山	3.0	町田・新井(2003) 曾屋ほか(2007) 中川ほか(2005) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 中川(1998a)
20 ka		2000年噴火 1663年噴火(Us-b) 有珠外輪山溶岩 等		
30~40 ka 40~50 ka	洞爺中島	4		
112~115ka 140ka	カルデラ火山	洞爺カルデラ	100	
		洞爺火砕流 洞爺火山灰		

・青: 個別文献年代値



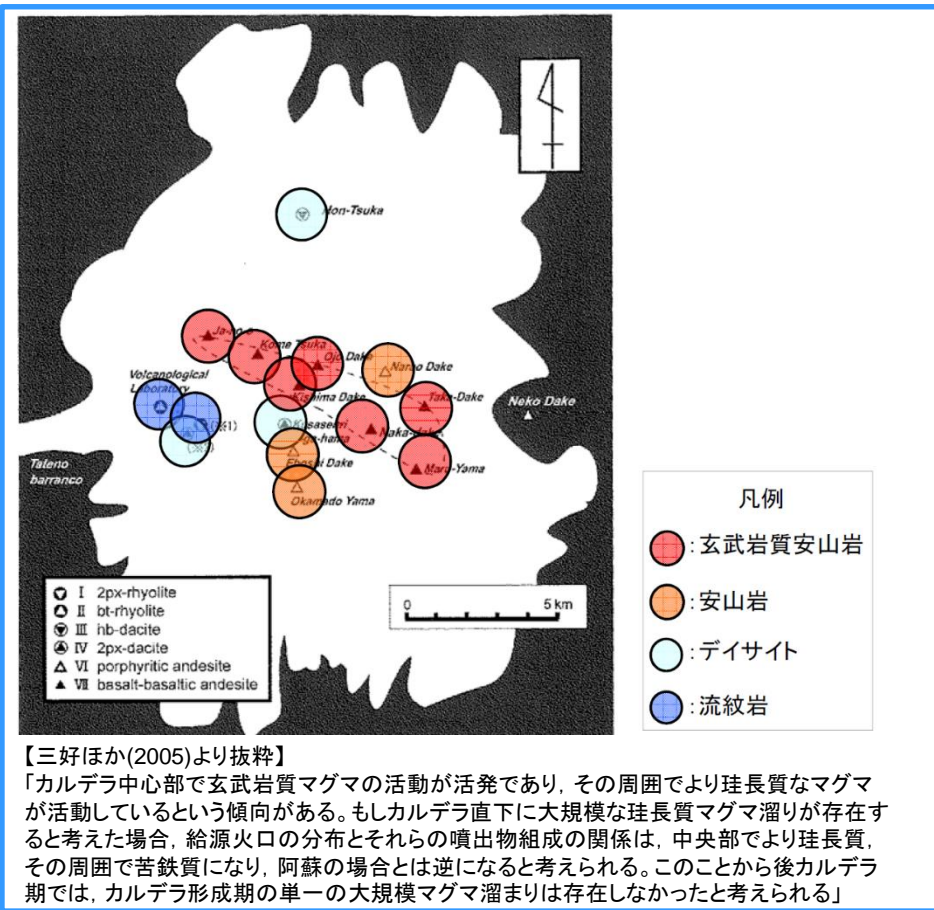
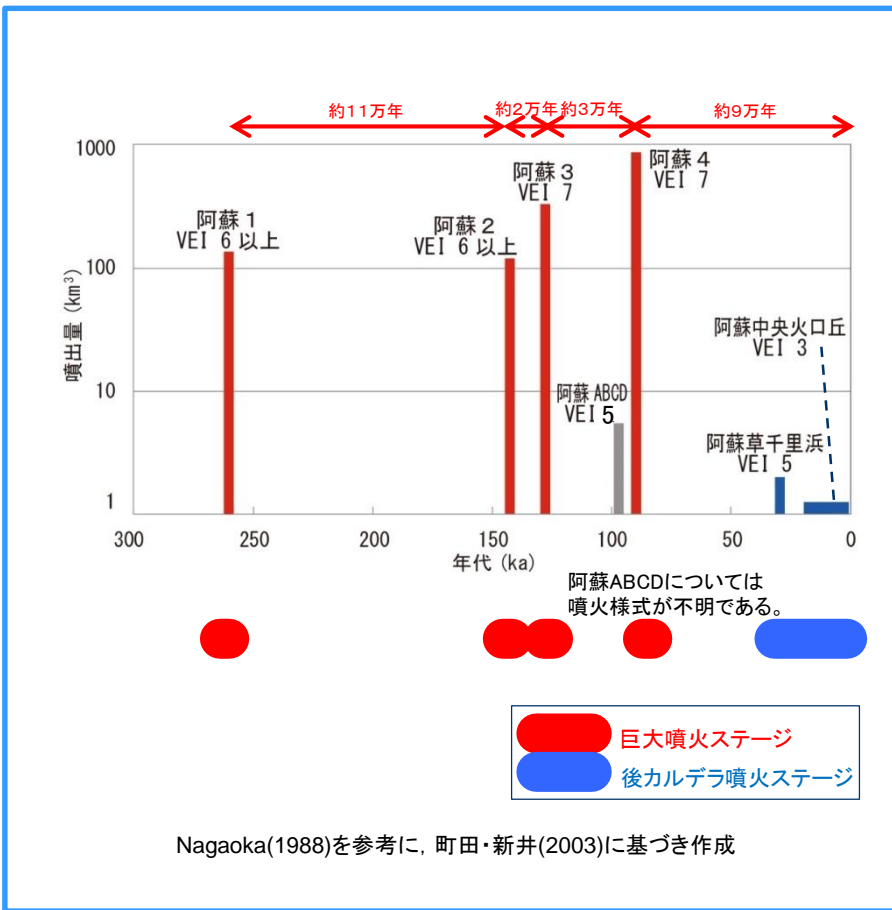
洞爺カルデラ・洞爺中島・有珠山の噴出量一年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³) ※網掛け部は中野ほか編(2013)による年代の幅を表す。
— : 噴出量(km³)

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (阿蘇4テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P60 再掲

- 巨大噴火の最短の活動間隔(約2万年)は、最新の巨大噴火からの経過時間(約9万年)に比べて短いため、巨大噴火のマグマ溜まりを形成している可能性、巨大噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性が考えられる。
- 阿蘇カルデラにおける現在の噴火活動は、最新の巨大噴火以降、阿蘇山において草千里ヶ浜軽石等の多様な噴火様式の小規模噴火が発生していることから、阿蘇山における後カルデラ期の活動と考えられる。
- 苦鉄質火山噴出物及び珪長質火山噴出物の給源火口の分布から、大規模な珪長質マグマ溜まりはないと考えられる。



4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (支笏第1テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P61 再掲

【支笏第1テフラ (Spfa-1) の分布】

- 支笏第1テフラ (Spfa-1) はおよそ4.2~4.4万年前に支笏カルデラより噴出した。
- 分布は支笏カルデラから東南東に分布主軸をもち、渡島半島を除く北海道全域、北西太平洋およびオホーツク海に分布する。
- また、敷地付近で支笏第1テフラは確認されていない。

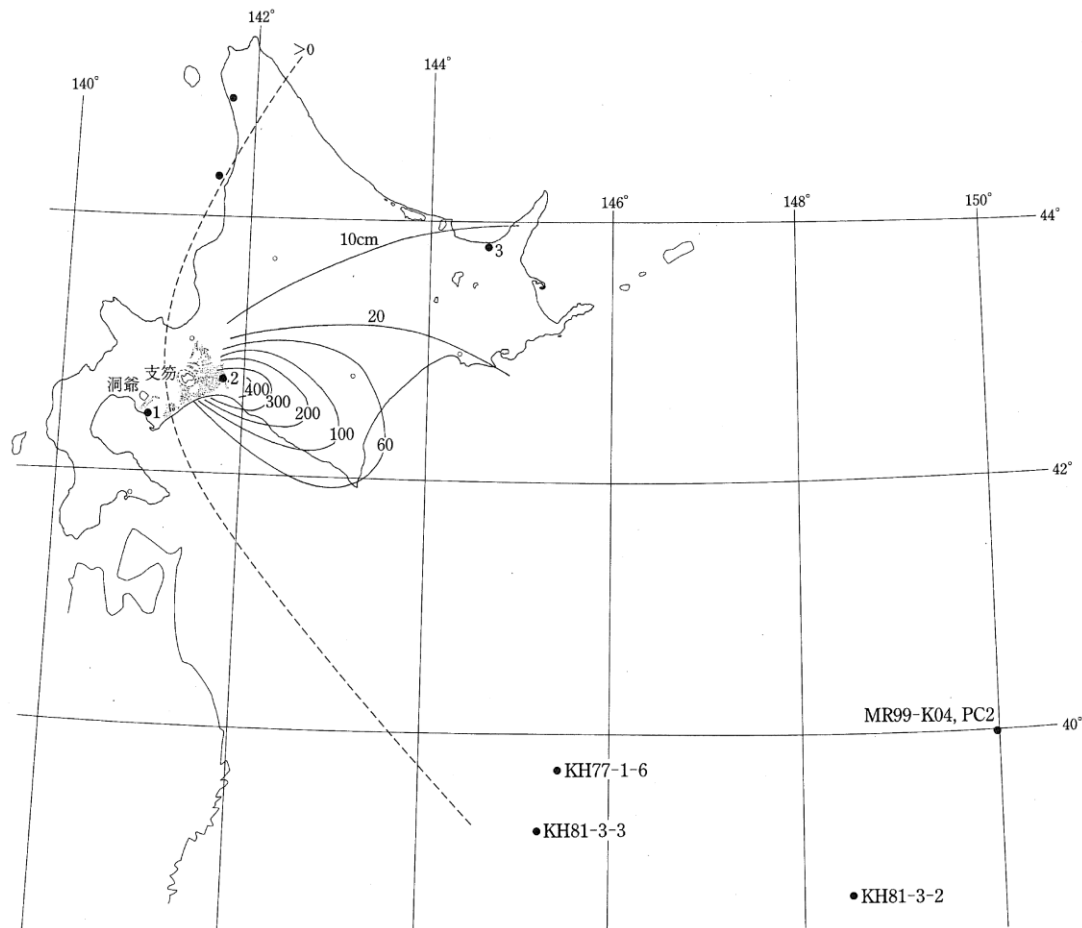
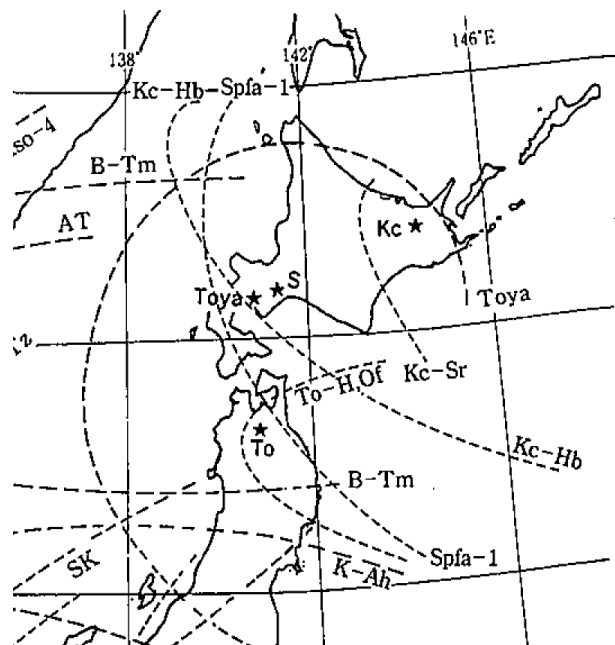


図 2.4-7 支笏第1降下軽石 (Spfa-1) の等層厚線と支笏火砕流堆積物 (Spfl), および北西太平洋における支笏第1火山灰の分布 (この図の点のほか、42°N 156°E, 37.5°N 152.7°E 付近のコアにも認められた¹¹⁾).

模式地: 1. 伊達市館山, 2. 千歳市美々, 3. 斜里町斜里, 海底コアの地点とコア番号も示す。
[勝井 (1958a), 勝井 (1959) を改訂]

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (支笏第1テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P62 再掲

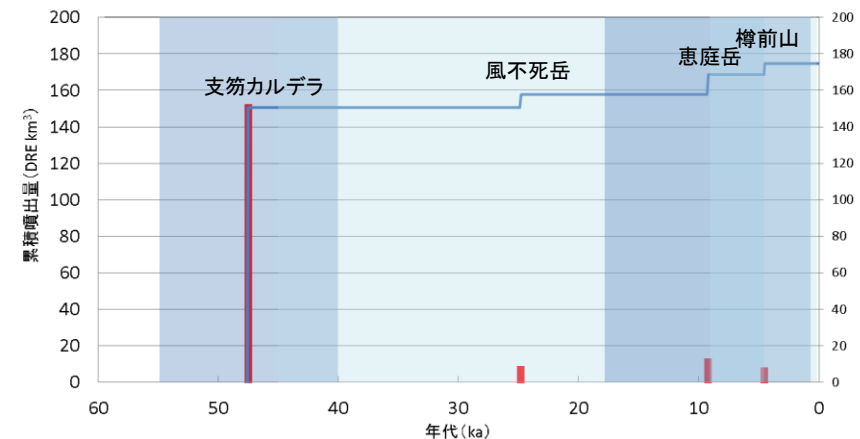
【支笏第1テフラ (Spfa-1) と同規模噴火の発生可能性】

- 支笏カルデラの活動開始は約6万年前とされ、降下火砕物と火砕流を噴出している。現在のカルデラは約5~4万年前に形成され、最大規模噴火の噴出量は約375km³に及ぶとされている。
- 支笏カルデラ形成後、後カルデラ火山群としてカルデラ内に風不死岳および恵庭岳、カルデラ壁上に樽前山が活動している。
- 後カルデラ火山群の噴火規模は、いずれも支笏カルデラ形成時の規模に比べて小規模な噴火であり、最新の活動である樽前山・恵庭岳の溶岩流等の分布は山体付近に限られている。
- 支笏カルデラは後カルデラ火山期にあるとされ、最近の活動は後カルデラ火山である樽前山で発生している。

支笏カルデラ・風不死岳・恵庭岳・樽前山の活動履歴

年代 (ka)	活動期, 火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.1981	後カルデラ火山	樽前山	1981年噴火 Ta-d 等	古川・中川(2010) 山縣(2000) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 古川・中川(2009) 古川ほか(2006) 中川(1998b) 土居(1957)
9 ka		恵庭岳	オコタンペ湖溶岩 En-a 等	
15ka		風不死岳	Fp4 大崎集塊岩 等	
45ka	カルデラ火山	支笏カルデラ	支笏火砕流 (Spfl) 支笏降下軽石 (Spfa) 等	
40ka				
50ka				
55ka				

・青: 個別文献年代値



支笏カルデラ・樽前山・風不死岳・恵庭岳の噴出量一年代階段ダイヤグラム

— : 噴出量の累積(km³)
— : 噴出量(km³)

※個別文献調査結果に基づく年代の幅を表す。

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (白頭山苦小牧テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P63 再掲

【白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) の分布】

- 白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) は、約1,000年前の白頭山の巨大噴火によって生じ、岩手・秋田県北部以北に分布し、北海道のほぼ全域に出現する。
- 分布状況から、給源から偏西風の影響を受けて東側に降灰したと考えられる。
- 敷地周辺は、層厚5~10cmの範囲と考えられる。

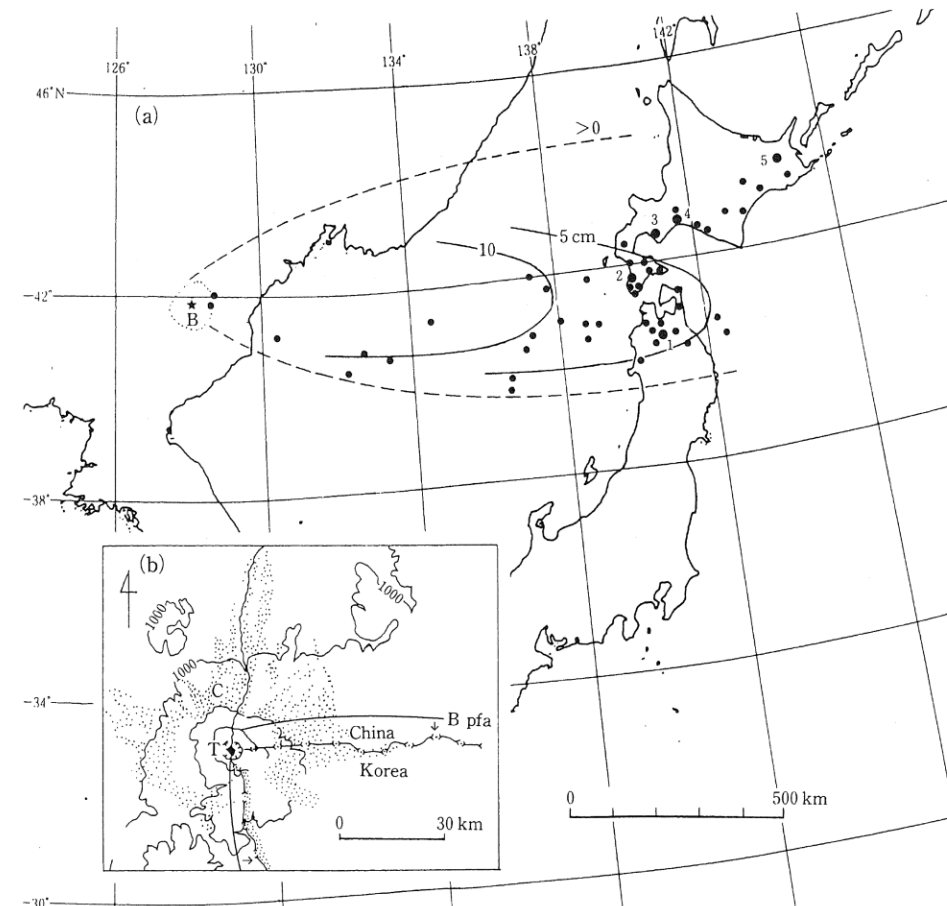


図 2.4-1 (a) 白頭山苦小牧火山灰 (B-Tm) の等層厚線図と主な産出地点。
B 白頭山 (長白山)。 模式地: 1. 青森市田代平, 2. 江差町柳崎, 3. 伊達市館山, 4. 苦小牧港, 5. クッチャロ・カルデラ内。 点線内は火砕流堆積物 (C) の分布範囲を示す。
(b) 白頭山付近の降下軽石 (B) と火砕流堆積物 (C) の分布。
T 白頭山天池カルデラ, 打点域は長白火砕流堆積物。
[町田ほか (1981a), Machida *et al.* (1990) を改訂]

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (白頭山苦小牧テフラ)

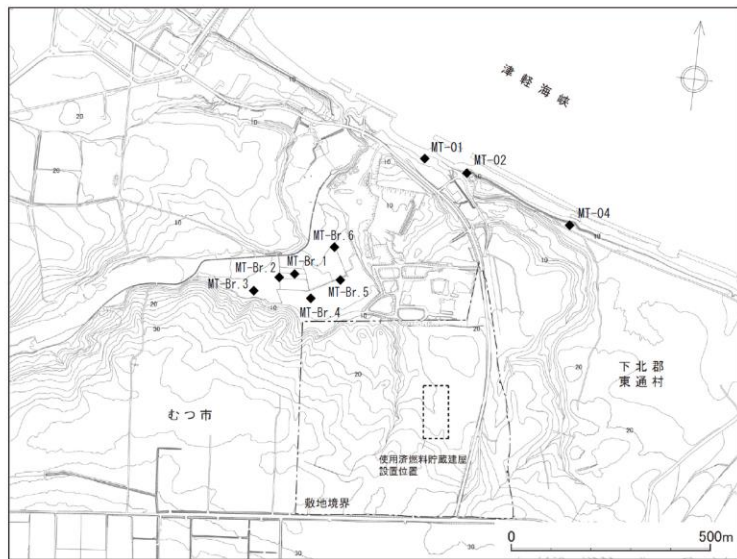
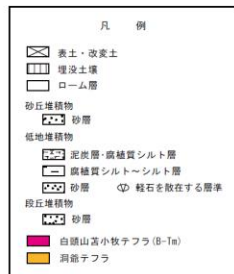
審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P64 再掲

【敷地付近の白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) の状況】

➤ 敷地付近の海食崖等で白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) が確認されており、分布層厚は主に1~5cm程度で分布しており、最大でも10cm程度である。

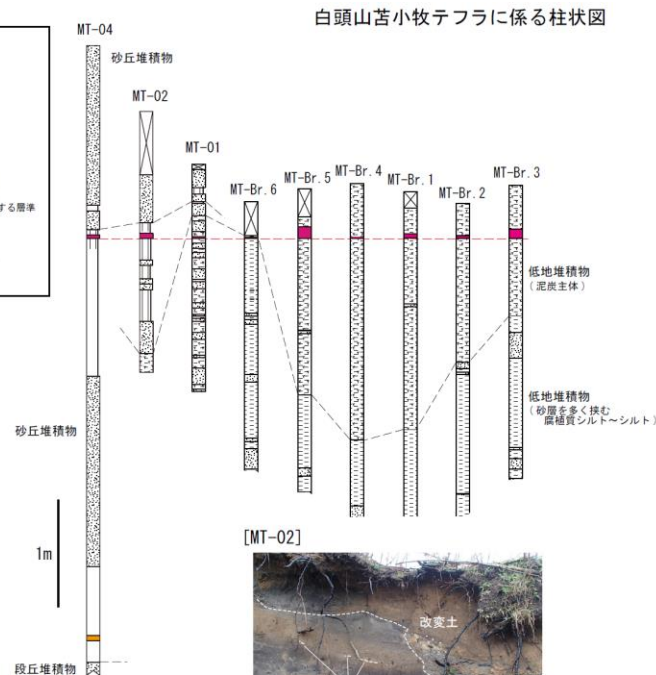


敷地位置図



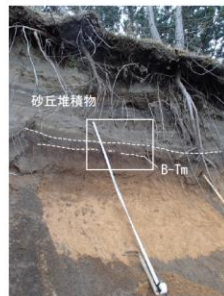
白頭山苦小牧テフラ確認位置

※MT-01 ~ MT-03 は露頭, MT-Br. 1 ~ MT-Br. 6 は打込式ボーリング試料による



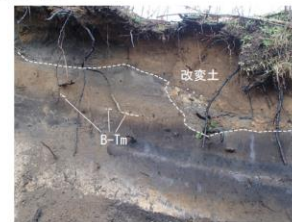
白頭山苦小牧テフラに係る柱状図

[MT-04]

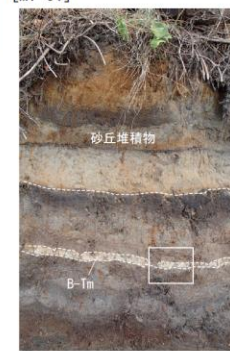


埋設土壌層中に挟む白頭山苦小牧テフラ 淡褐色を呈する細粒火山灰 (層厚約3cm)

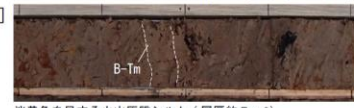
[MT-02]



[MT-01]



[MT-Br. 1]



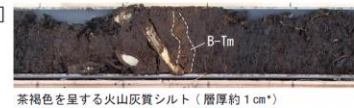
[MT-Br. 2]



[MT-Br. 3]



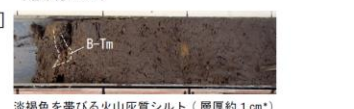
[MT-Br. 4]



[MT-Br. 5]



[MT-Br. 6]



*: 打込式ボーリングによる短縮量を考慮した層厚 (推定)

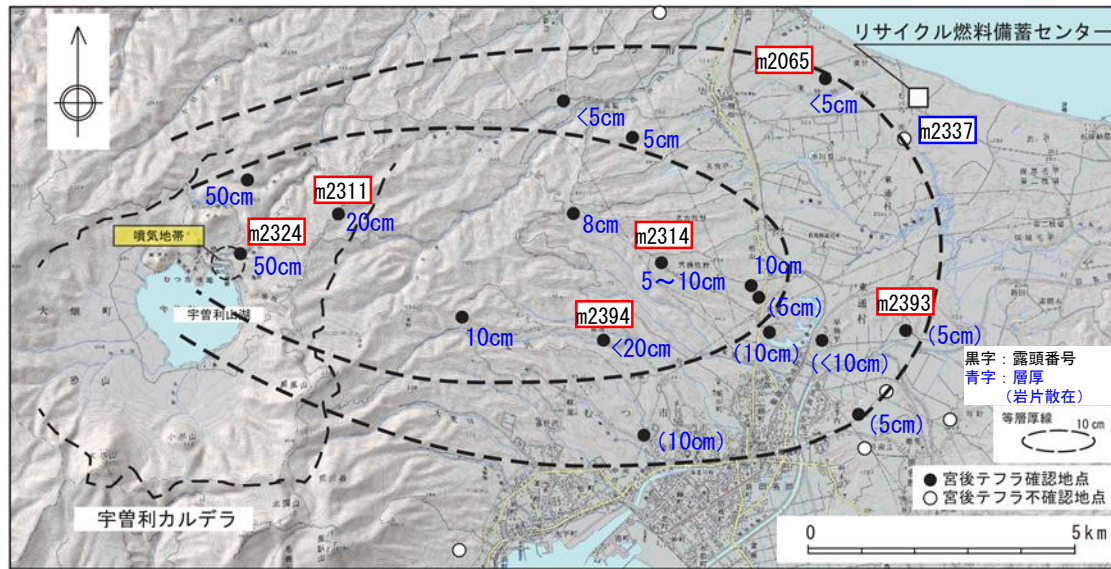


砂層を挟む腐植質シルト・泥炭層に挟む白頭山苦小牧テフラ 淡褐〜白色を呈する細粒火山灰 (層厚約2cm)

敷地付近でのB-Tmの状況

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (宮後テフラ)

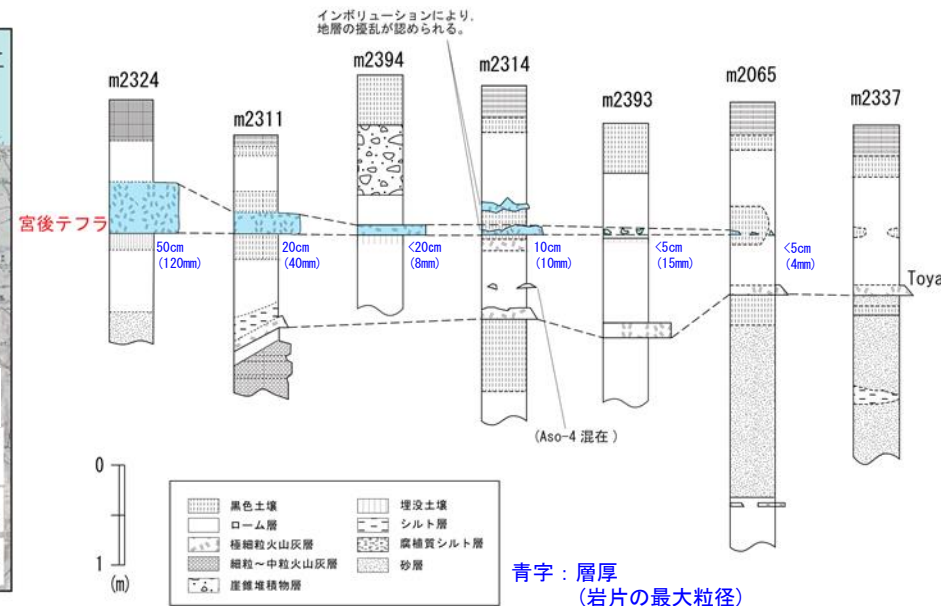
審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P65 再掲



宮後テフラの体積: $7.13 \times 10^{-2} (\text{km}^3)$

 : 柱状図・露頭写真 (次頁) 掲載地点
 : 柱状図のみ掲載地点

宮後テフラの分布図



宮後テフラの柱状図

➤ 恐山の過去最大の水蒸気噴火である宮後テフラは、噴気地帯近傍で約50cmの層厚を有するが、東に向かって層厚を減じ、恐山東麓で層厚約5cm~約10cmで認められ、敷地付近では明瞭な地層として認められない。

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (宮後テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P66 再掲

m2324

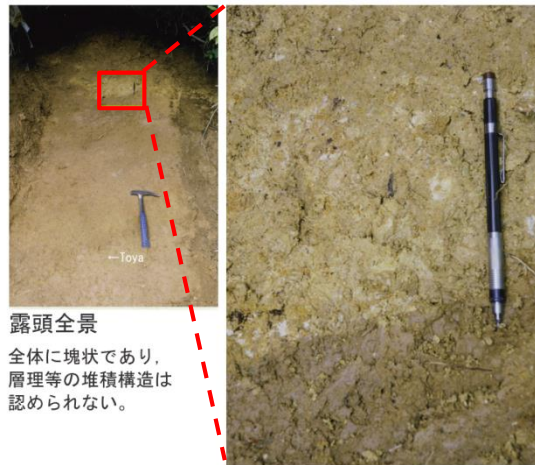


露頭全景

全体に塊状であり、
層理等の堆積構造は
認められない。

黄色を呈する細粒火山灰と変質した岩片からなる
全体に変質する。(最大粒径約 120mm)

m2311

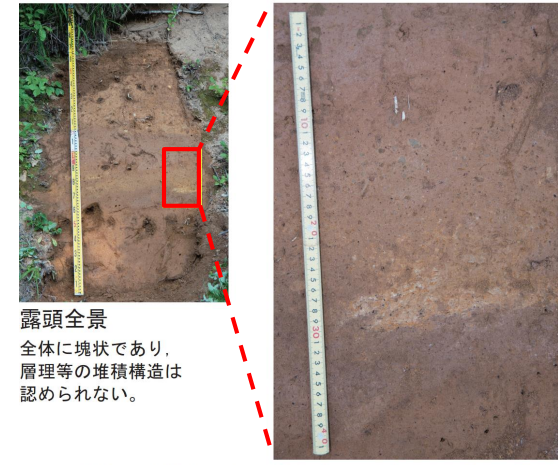


露頭全景

全体に塊状であり、
層理等の堆積構造は
認められない。

黄色を呈する細粒火山灰と変質した岩片からなる
全体に変質する。(最大粒径約 40mm)

m2394



露頭全景

全体に塊状であり、
層理等の堆積構造は
認められない。

淡褐～暗褐色を呈する細粒火山灰からなり、変質した岩片が
散在する。全体に変質する。(最大粒径約 8mm)

m2314



露頭全景

インボリューションにより、
地層の擾乱がみられる。

黄色を呈する細粒火山灰と変質した岩片からなる
全体に変質する。(最大粒径約 10mm)

m2393

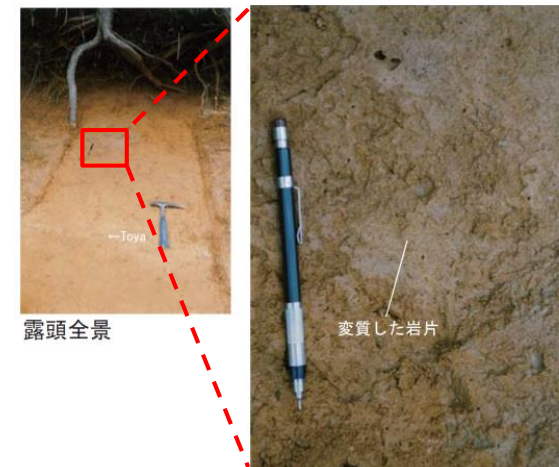


露頭全景

インボリューションにより、
地層の擾乱がみられる。

灰褐色を呈する細粒火山灰がパッチ状に堆積し、変質した岩片が
散在する。全体に変質する。(最大粒径約 15mm)

m2065

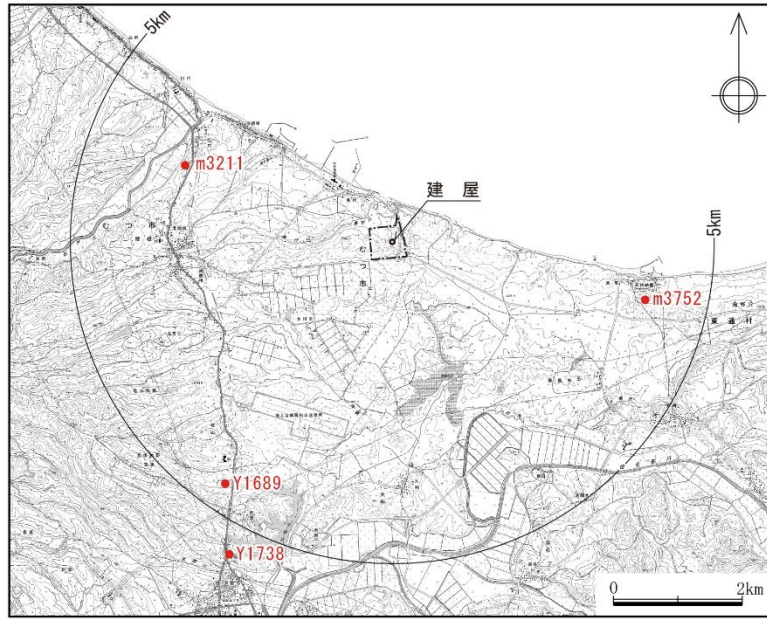


露頭全景

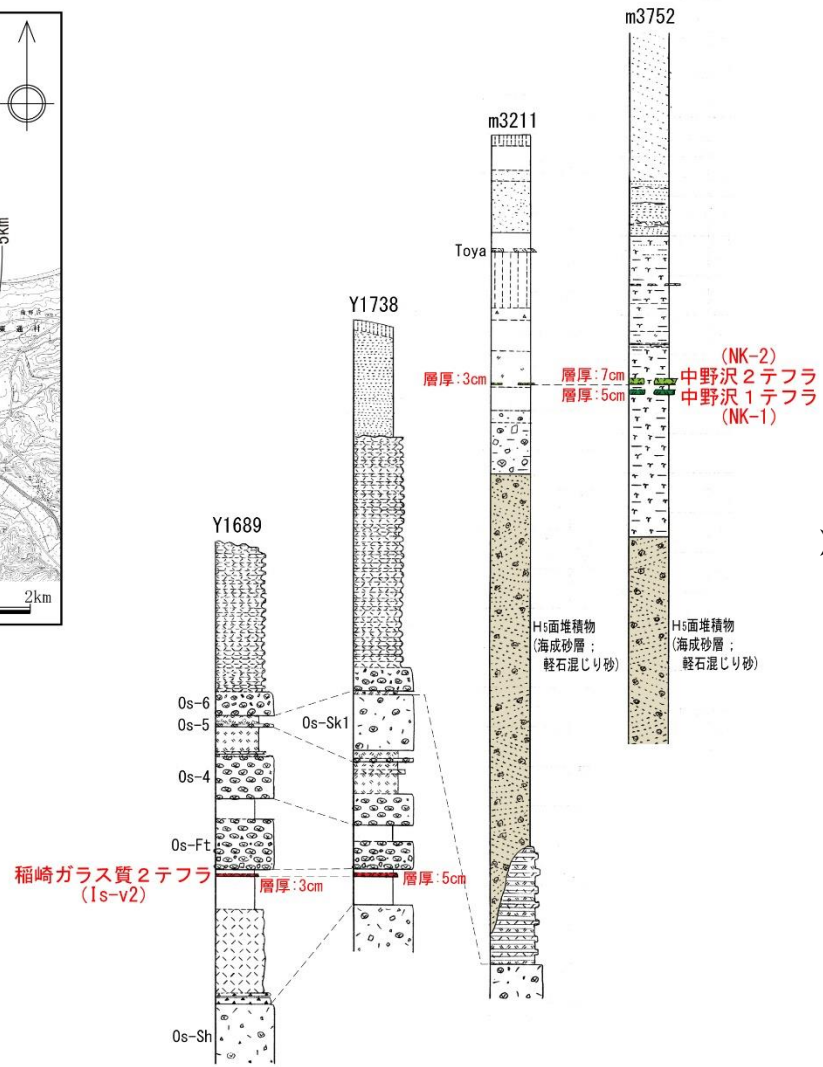
変質した岩片がパッチ状に密集する。
(最大粒径約 4mm)

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (中野沢, 稲崎テフラ)

審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P67 再掲



- 凡例
- 黒色土壌
 - 土壌化
 - ローム
 - 極細粒火山灰
 - 細～中粒火山灰
 - 粗粒火山灰
 - 軽石
 - ラビリ
 - シルト
 - 砂
 - 礫
 - 腐植

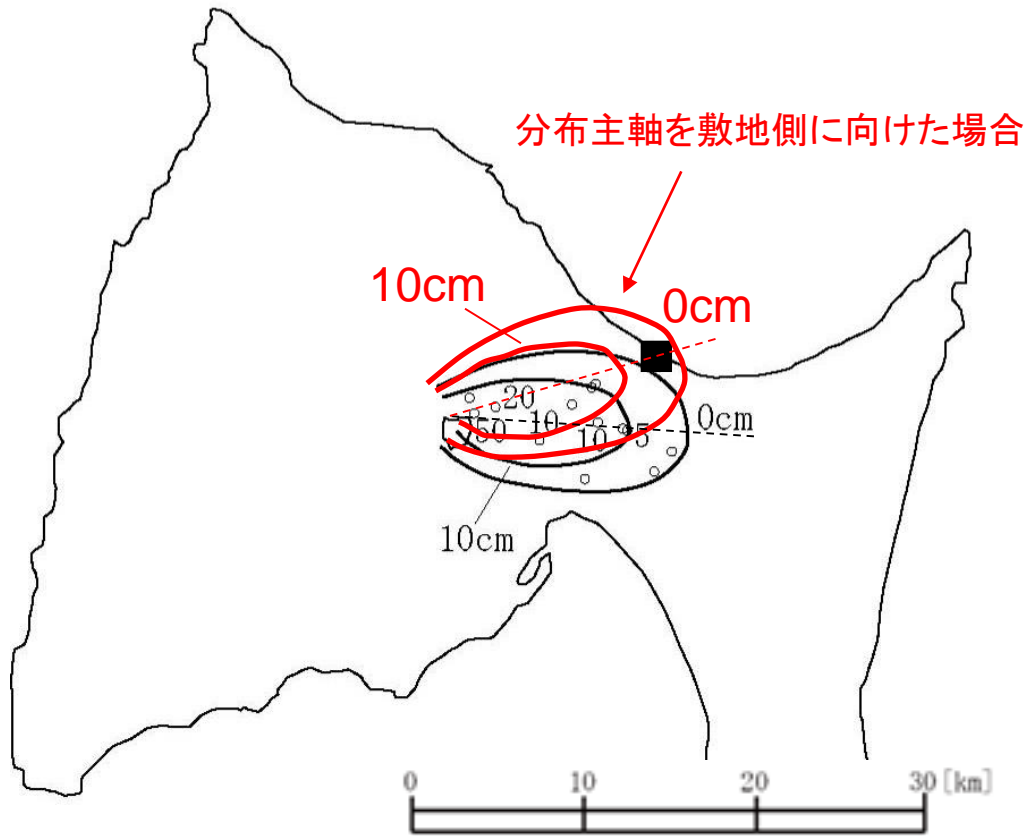


➤ 給原不明の中野沢第1テフラ, 第2テフラ, 稲崎ガラス質2テフラは敷地近傍では層厚3cm～7cmで認められるが, 敷地付近では認められない。

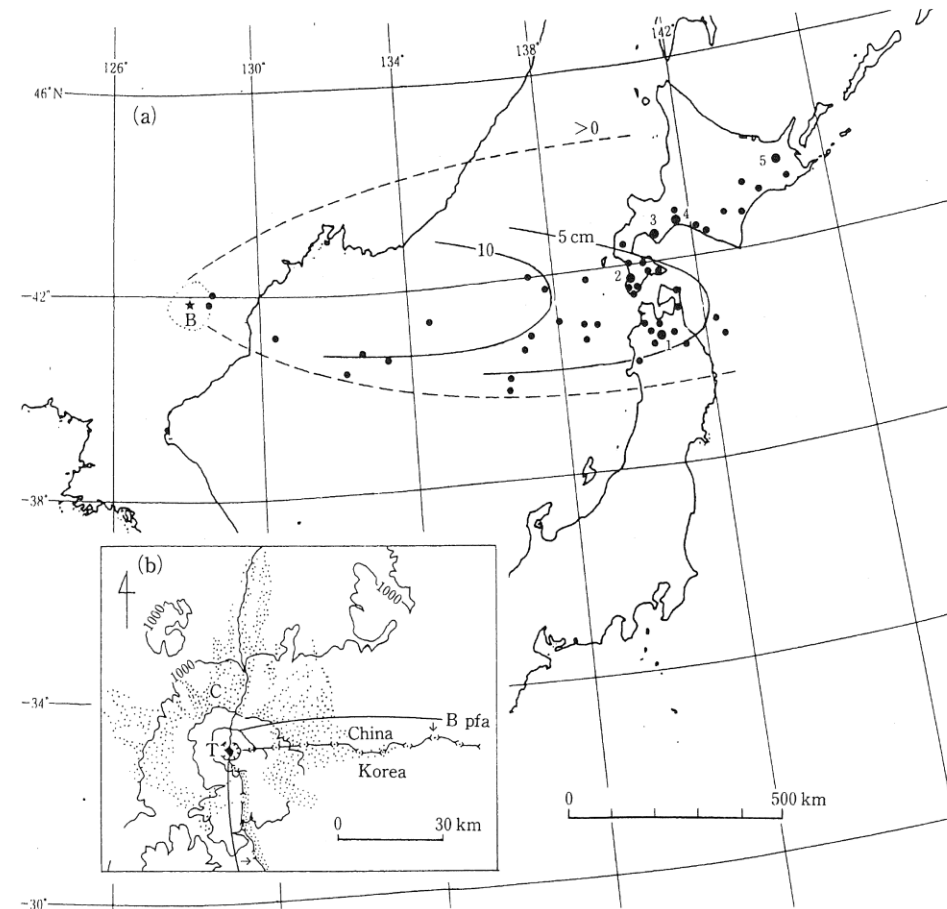
4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (宮後テフラと白頭山苦小牧テフラの影響比較)

【降下火山灰の評価対象】

- 恐山における過去最大規模の水蒸気噴火による降下火砕物（宮後テフラ：約8万年前～6万年前）は敷地内で確認されていないが、宮後テフラの分布主軸を敷地側に向けた場合、敷地は層厚が10～0cmの範囲に該当する。
- 敷地は、白頭山苦小牧テフラ (B-Tm) の層厚10～5cmの分布範囲であるが、当該テフラの分布主軸は敷地方向に向いており、風向などの噴出時の不確かさの影響が小さいと考えられるため、恐山の宮後テフラをもとに降灰シミュレーションを実施する。



宮後テフラの分布

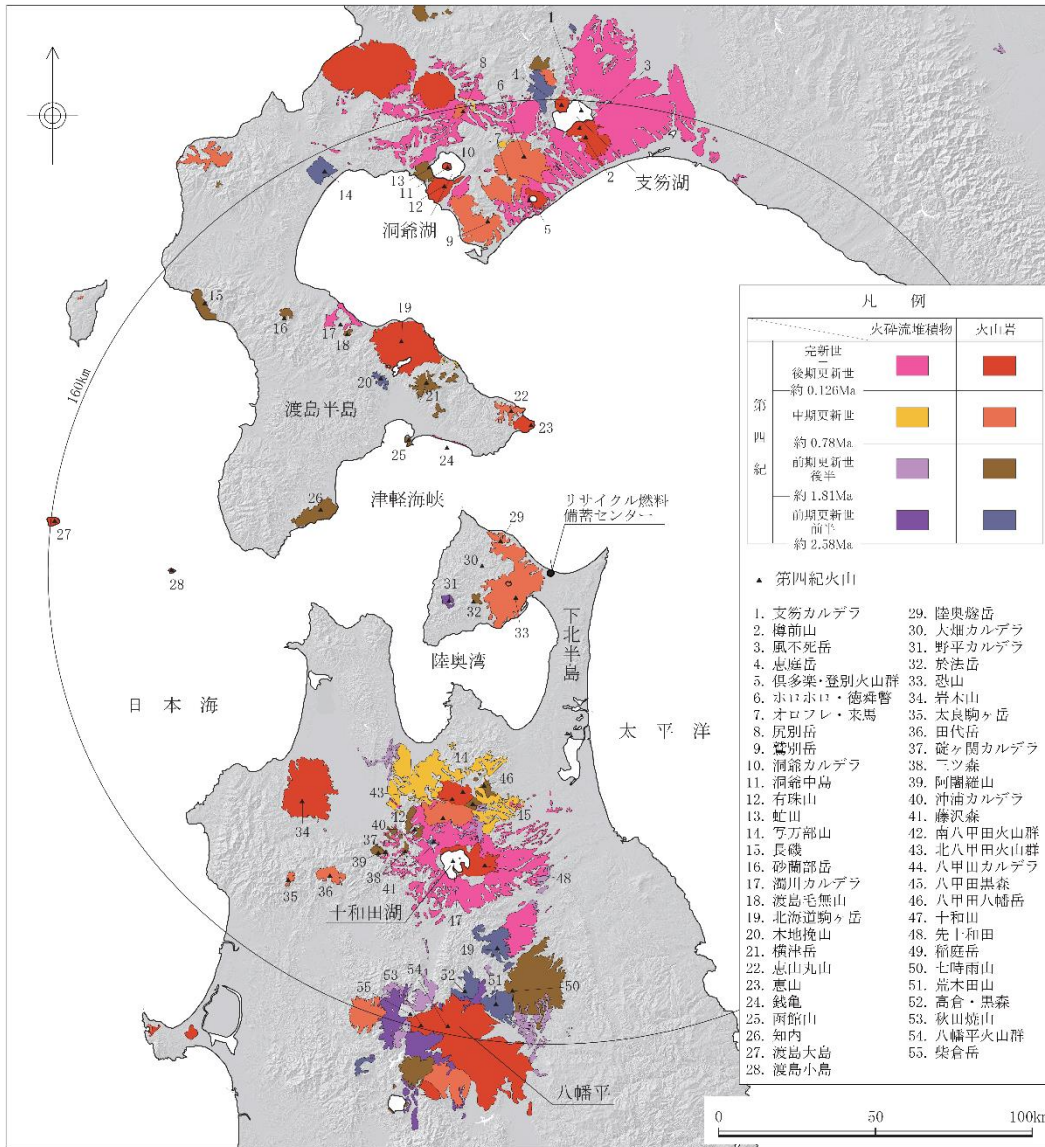


B-Tmの分布 (町田・新井, 2003)

4. 2 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物 (まとめ)

- 敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物は、白頭山苦小牧テフラ、宮後テフラ(恐山)、阿蘇4テフラ、洞爺テフラ、中野沢第2テフラ(給原不明)、中野沢第1テフラ(給原不明)、稲崎ガラス質2テフラ(給原不明)、支笏第1テフラ(文献のみ)の8テフラである。
- これらの火山灰のうち、洞爺テフラ、阿蘇4テフラおよび支笏第1テフラについては、巨大噴火に伴って噴出したものであるが、このような巨大噴火が差し迫った状況ではない。
- 一方、白頭山苦小牧テフラ(10cm)、宮後テフラ(10cm)、中野沢第2テフラ(7cm)、中野沢第1テフラ(5cm)、稲崎ガラス質2テフラ(5cm)については、層厚の比較から検討対象は白頭山苦小牧テフラと宮後テフラに絞り込まれる。
- また、白頭山苦小牧テフラと宮後テフラの分布から、白頭山苦小牧テフラについては風向などの噴出時の不確かさの影響は小さい。
- したがって、敷地および敷地近傍で確認されている降下火砕物としては、宮後テフラを検討対象とする。

4. 3 評価対象となる降下火砕物



施設に影響を及ぼし得る火山 (24火山)

火山名	敷地からの離隔 (km)
2 樽前山	149
3 風不死岳	152
4 恵庭岳	160
5 倶多楽・登別火山群	126
6 ホロホロ・徳舜瞥	142
7 オロフレ・来馬	135
8 尻別岳	160
12 有珠山	136
19 北海道駒ヶ岳	92
21 横津岳	76
23 恵山	50
27 渡島大島	158
29 陸奥燧岳	19
33 恐山	14
34 岩木山	111
36 田代岳	125
41 藤沢森	99
42 南八甲田火山群	90
43 北八甲田火山群	83
44 八甲田カルデラ	80
47 十和田	103
48 先十和田	102
53 秋田焼山	160
54 八幡平火山群	159

中野ほか (2013) より抜粋・加筆

4. 3 評価対象となる降下火砕物（イベントの選定）

審査会合（R2.2.14）
資料1-7 P71 再掲

施設に影響を及ぼし得る火山（24火山）における噴出イベントの抽出

火山名	敷地からの 離隔(km)	火山から敷地 への方位	選定した 噴火イベント	選定理由	規模 (VEI)	引用文献	
2	樽前山	149	南	樽前a(Ta-a)	既往最大	5	古川・中川(2010)
3	風不死岳	152	南	フップシ1(Fp1)	既往最大	5	中川(1993)
4	恵庭岳	160	南	恵庭a(En-a)	既往最大	5	中川(1993)
5	俱多楽・登別火山群	126	南	Nb-a	現在の活動期における既往最大	1	Goto et al.(2015)
6	ホロホロ・徳舜警	142	南	—	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと考えられる。	—	太田(1954)
7	オロフレ・来馬	135	南	—	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと考えられる。	—	太田(1954), 斎藤ほか(1953)
8	尻別岳	160	南	尻別岳テフラ(Srb)	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は認められるが、噴出量や等層厚線図の知見は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと判断される。	不明	斎藤ほか(1956), 中川ほか(2011)
12	有珠山	136	南南東	有珠b(Us-b)	既往最大	5	曾屋ほか(2007)
19	北海道駒ヶ岳	92	南南東	駒ヶ岳d(Ko-d)	既往最大	5	吉本・宇井(1998), 吉本ほか(2008)
21	横津岳	76	南南東	—	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと考えられる。	—	鈴木ほか(1969), 国府谷ほか(1967)
23	恵山	50	南	EsHD1	既往最大(溶岩ドーム除く)	3	Miura et al.(2013)
27	渡島大島	158	東	1741-42年噴火(Os-a)	既往最大	4	産業技術総合研究所 地質調査総合センター編(2014)
29	陸奥燧岳	19	東南東	MHi-1-p1 MHi-3-ol	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は認められるが、噴出量や等層厚線図の知見は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと判断される。	不明	梅田・古澤(2003)
33	恐山	14	北東	宮後テフラ	現在の活動期における既往最大	3	
34	岩木山	111	北東	Iw-OG3	既往最大	4	斎藤・鈴木(2004)
36	田代岳	125	北東	—	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと考えられる。	—	宝田(1991)
41	藤沢森	99	北北東	—	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと考えられる。	—	宝田・村岡(2004)
42	南八甲田火山群	90	北北東	—	活動可能性はない	—	
43	北八甲田火山群	83	北北東	Hk-4a	現在の活動期における既往最大	2	工藤ほか(2003)
44	八甲田カルデラ	80	北北東	—	活動可能性はない	—	
47	十和田	103	北北東	十和田中掬軽石 (To-Cu)	現在の活動期における既往最大	5	Hayakawa(1985)
48	先十和田	102	北北東	岩岳溶岩・火砕岩 高山溶岩・火山砕屑岩等	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は認められるが、噴出量や等層厚線図の知見は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと判断される。	不明	工藤(2018)
53	秋田焼山	160	北北東	鬼ヶ城火山灰、 中ノ沢溶岩類等	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は認められるが、噴出量や等層厚線図の知見は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと判断される。	不明	大場(1991)
54	八幡平火山群	159	北北東	前森山火山噴出物、 大深岳火山岩類等	文献調査の結果、降下火砕物の発生実績は認められるが、噴出量や等層厚線図の知見は確認できず、発生していたとしても小規模であり施設に影響しないと判断される。	不明	大場・梅田(1999)

4. 3 評価対象となる降下火砕物 (倶多楽・登別火山群)

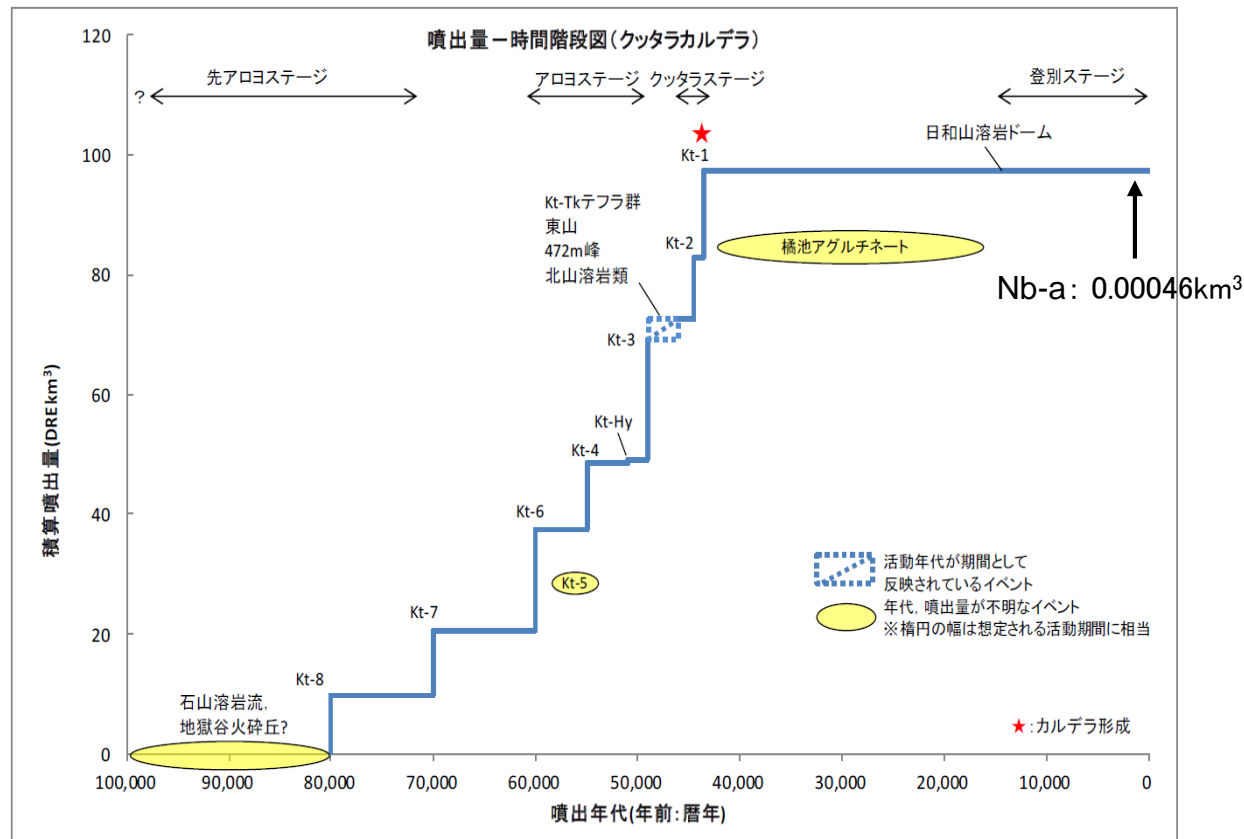
審査会合 (R2.2.14)
資料1-7 P72 修正

倶多楽・登別火山群の活動可能性について

倶多楽・登別火山群では、4万数千年前に発生したKt-1の噴出の後、現在は登別ステージの活動である。



登別ステージの最大規模であるNb-aテフラを選定



倶多楽・登別火山群の階段ダイアグラム(山元, 2014に加筆)

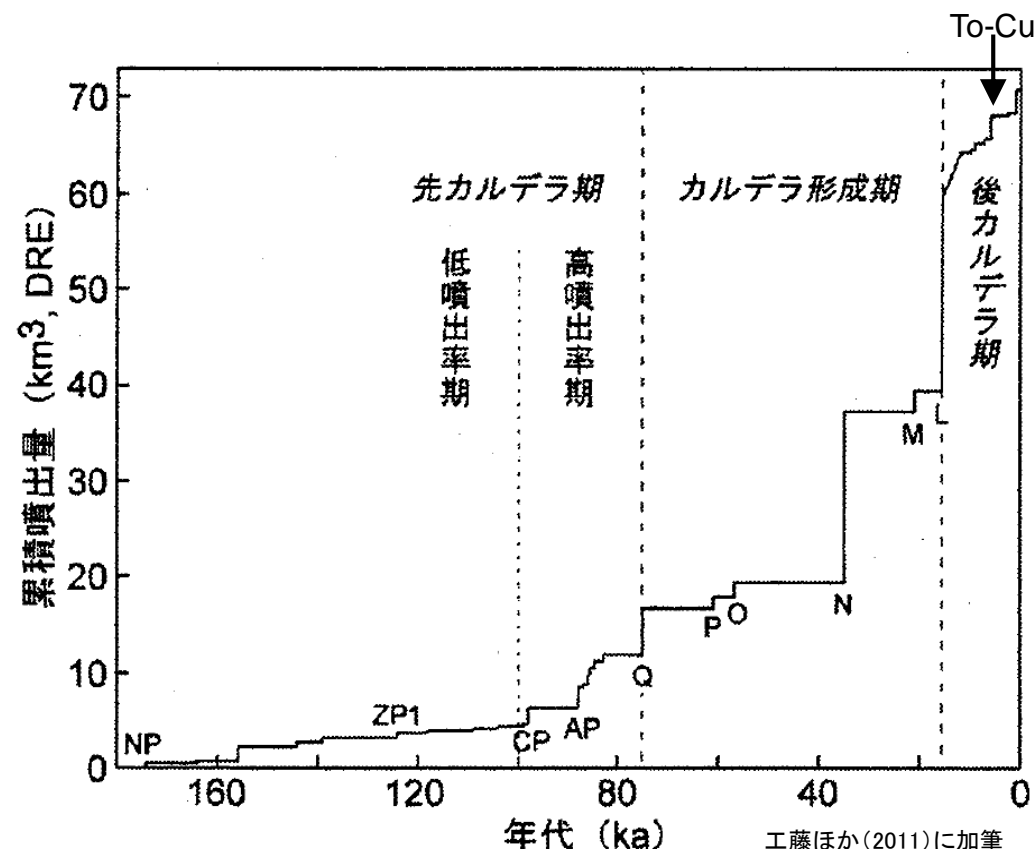
4. 3 評価対象となる降下火砕物 (十和田)

十和田の活動可能性について

- ・ 約 1 万 5 千年前に巨大噴火が発生している。
- ・ 現在は後カルデラ期の活動である。
- ・ カルデラ形成を伴う巨大噴火が差し迫っていることを示す知見は無い。



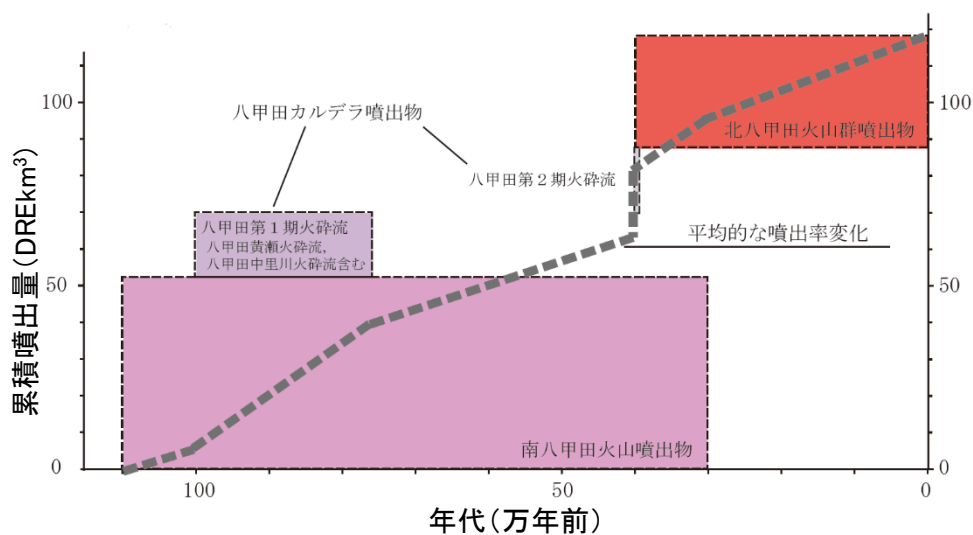
後カルデラ期の最大規模である中掬テフラ (To-Cu) を選定



十和田の階段ダイヤグラム

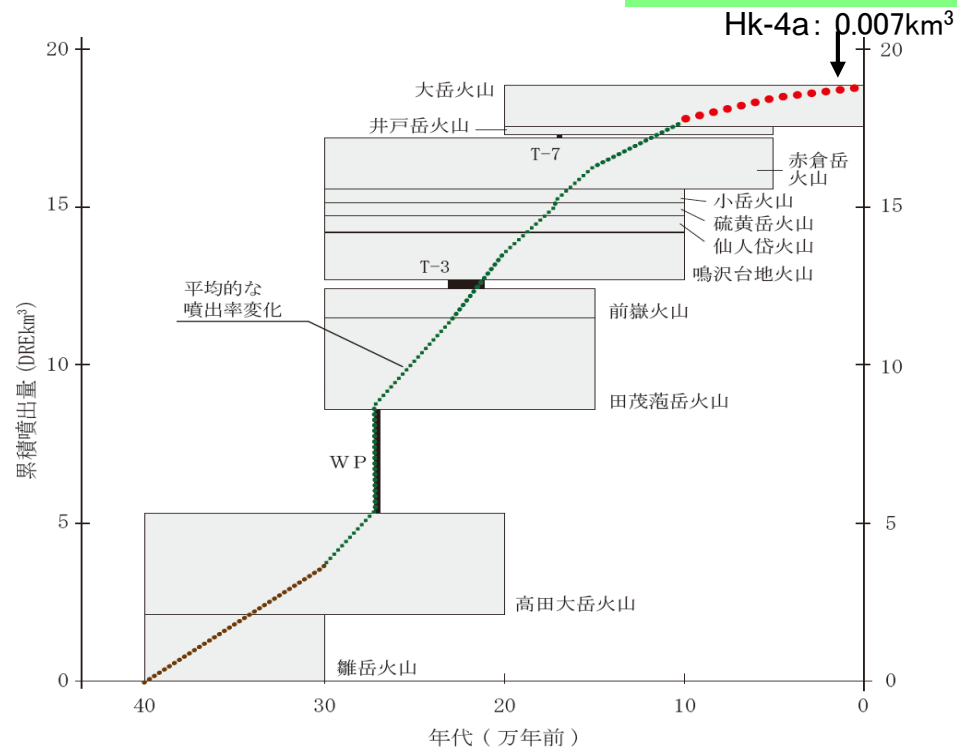
4. 3 評価対象となる降下火砕物 (八甲田)

八甲田の活動可能性について



八甲田の階段ダイヤグラム

(工藤ほか(2004), 中野ほか編(2013), Umeda et al. (2013)をもとに作成)



北八甲田火山群の階段ダイヤグラム
(工藤ほか(2004)をもとに作成)

八甲田は、110万年前から活動を開始し、南八甲田火山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の活動である。カルデラ形成を伴う巨大噴火が差し迫っていることを示す知見は無い。

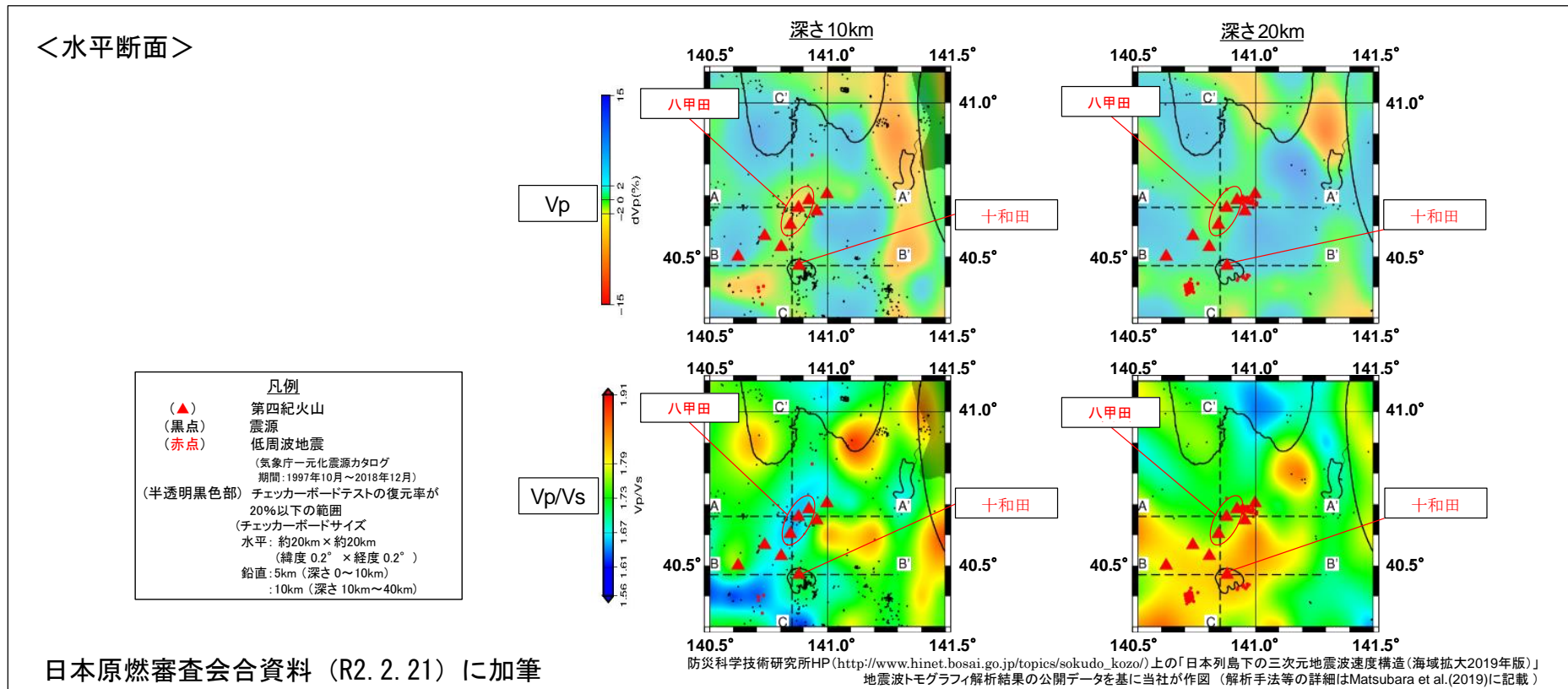


北八甲田火山群の10万年前以降の火山活動は比較的低調になっており、長期的にみると終息に向かっていることから、この期間の最大規模であるHk-4aテフラを選定した。

4. 3 評価対象となる降下火砕物（十和田・八甲田）

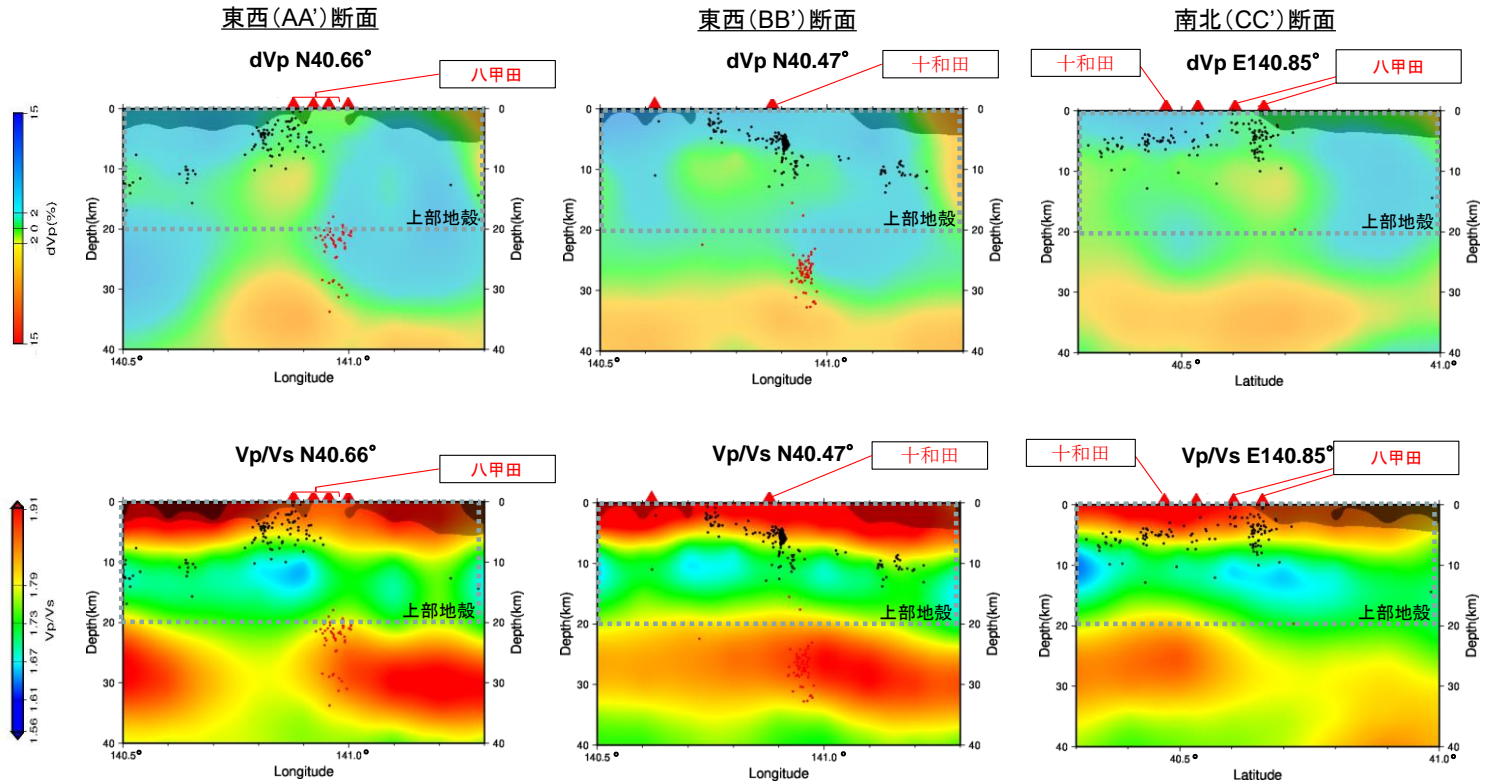
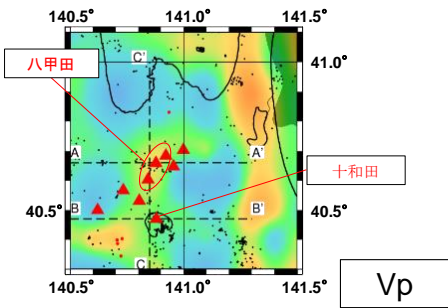
十和田・八甲田の活動可能性について(地震波速度構造)

- ▶ 防災科学技術研究所Webサイトにおいて、「日本列島下の三次元地震波速度構造（海域拡大2019年度版）」として、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）
- ▶ 十和田，八甲田直下の上部地殻内（約20km以浅）には，マグマ等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。



4. 3 評価対象となる降下火砕物（十和田・八甲田）

<鉛直断面>



- 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)

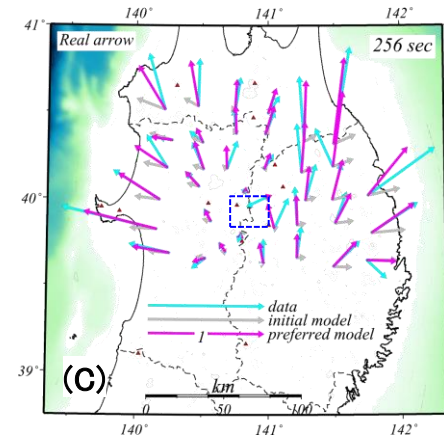
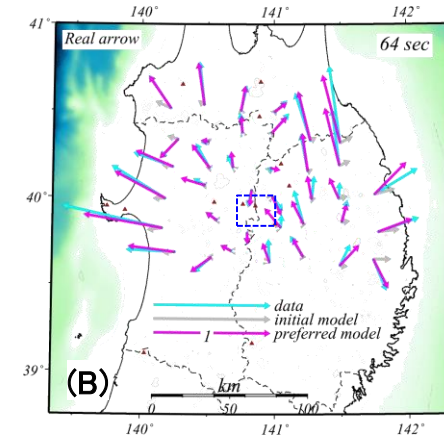
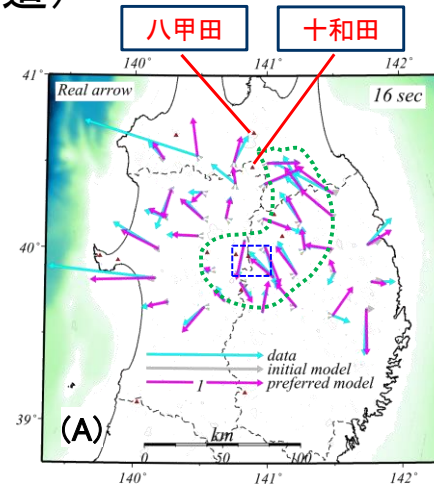
防災科学技術研究所HP上において、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年版)」として、同(海域拡大2017年版)の地震記録に加え、陸地のHi-net、海底のS-net及びDONETの観測網による2016年4月～2018年6月の地震記録から読み取られた到着時間データを用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している。その地震波トモグラフィ解析結果を用いて、水平方向及び鉛直方向の断面を図化した。鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に約10km内の火山を投影。なお、水平方向の分解能は約20km。鉛直方向の分解能は深さごとに異なるが、深さ0km～10kmでは分解能約5km、深さ10km～40kmでは分解能約10kmである。なお、Matsubara et al.(2019)によると、深さ0km～5kmの解像度はまだ良くないとしている。

日本原燃審査会合資料 (R2. 2. 21) に加筆

4. 3 評価対象となる降下火砕物（十和田・八甲田）

十和田の活動可能性について(比抵抗構造)

- Kanda and Ogawa(2014)によると、16秒周期(A)では、北東北低比抵抗帯の存在が示唆されるが古生代の堆積物であるとしている。
- Ogawa(1987)によると、64秒と256秒周期(B, C)では、仙岩地域の北側観測点のベクトルが南方を向き、低比抵抗異常の存在が示唆されるとしている。
- 16秒周期では、十和田を向くインダクションベクトルは認められない。



仙岩地域
北東北低比抵抗帯 (NTCB)

- Kanda and Ogawa(2014)の青矢印は、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。
- 上嶋(2009)によれば、比抵抗を100 Ωm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。

Kanda and Ogawa(2014)に加筆

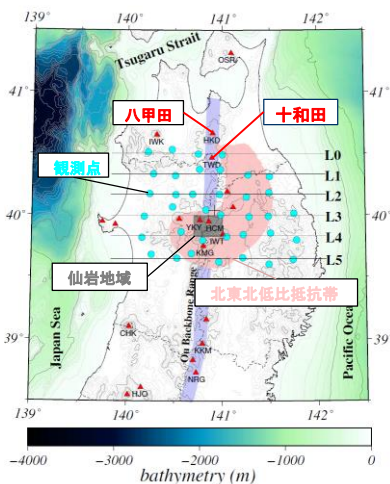
インダクションベクトルの実部の分布

4. 3 評価対象となる降下火砕物 (十和田・八甲田)

十和田の活動可能性について (比抵抗構造)

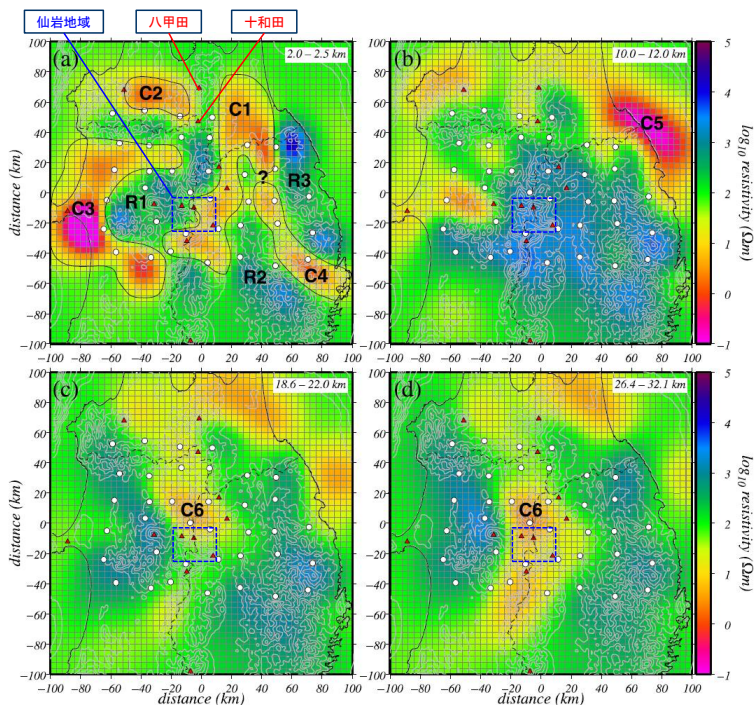
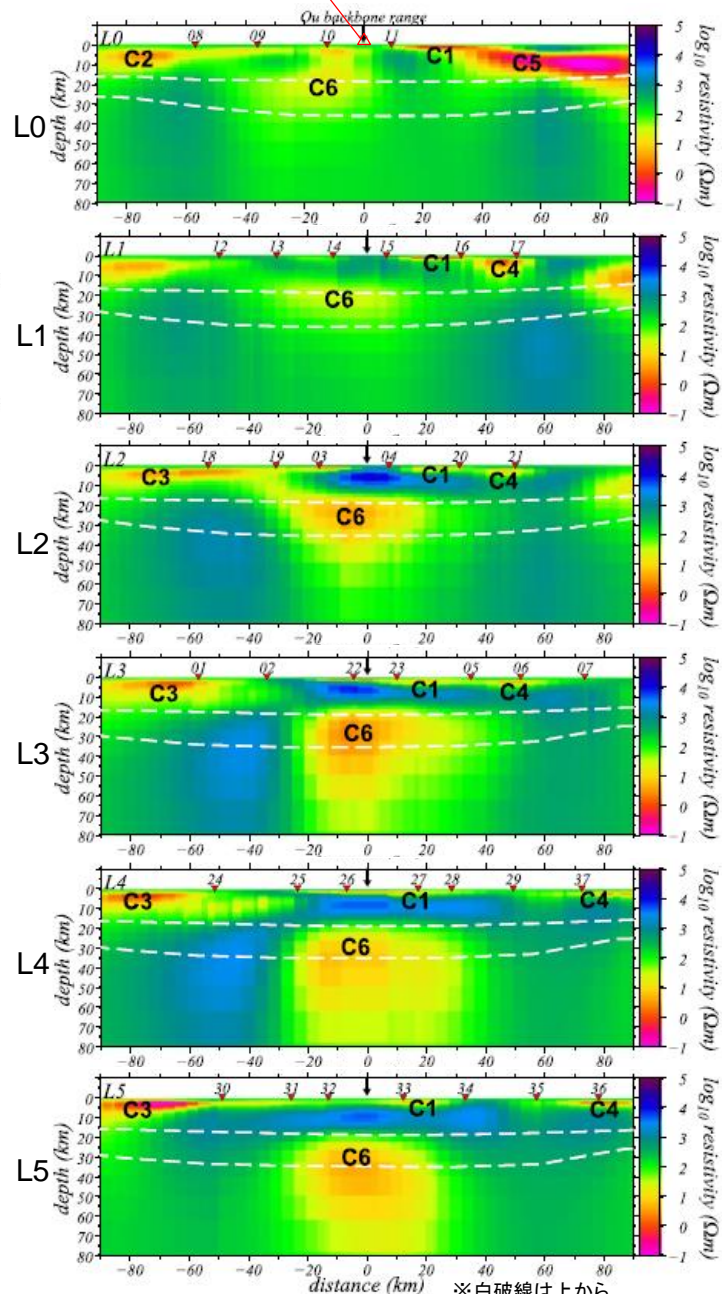
➤ 深さ10km~12kmにおける水平断面 (b) には高比抵抗領域が広く分布しており、顕著な低比抵抗領域は認められない。

➤ 水平・鉛直断面図より仙岩地域付近 (L2~L5) の下部地殻及び最上部マントルには、マグマも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とされている (Kanda and Ogawa, 2014) が、十和田直下 (L0) には同様な構造はみられず、顕著な低比抵抗領域は認められない。



コメント2

十和田



- C1, C4: 北上山地の古生代の堆積物
- C2, C3: 中新世の海成堆積層
- C5: 本研究の対象外の範囲のため不明
- C6: マグマもしくは高塩濃度流体またはその両方を示唆
- R2, R3: 白亜紀花崗岩

北東北の三次元比抵抗構造

Kanda and Ogawa(2014)に加筆

※白破線は上から、コンラッド面、モホ面を示す。

4. 3 評価対象となる降下火砕物（十和田・八甲田）

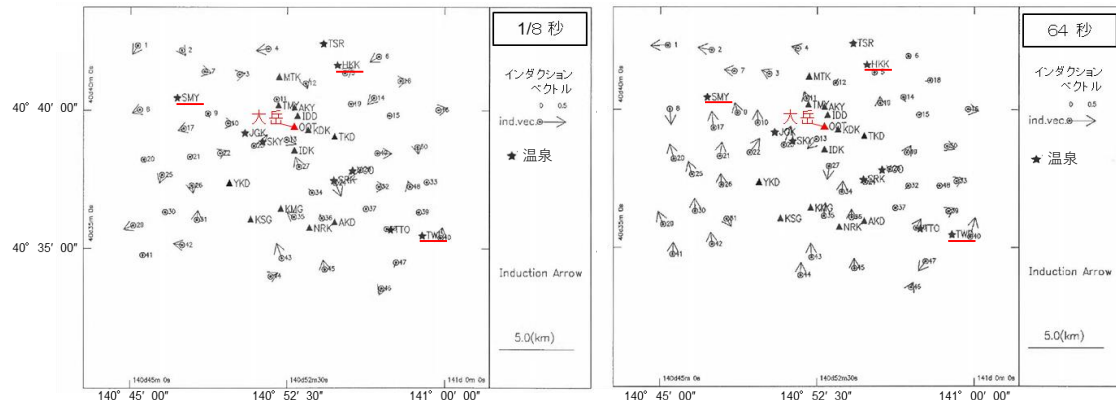
八甲田の活動可能性について(比抵抗構造)

インダクションベクトル

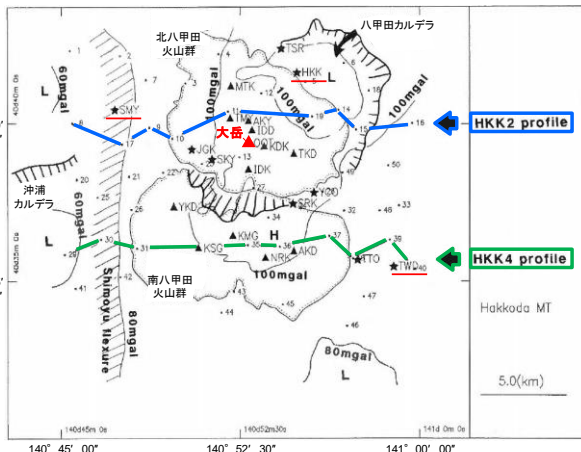
- 小川(1991)によれば、周期64秒では海峡効果を受けるが、調査域の東半分では北向き成分が小さく、深部に低比抵抗異常の存在が示唆される。
- また、周期1/8秒では、八甲田温泉(HKK)付近と下湯温泉(SMY)から十和田温泉(TWD)方向へ北西-南東方向の地熱兆候に沿って延びる低比抵抗帯が認められるが、インダクションベクトルでは北西-南東方向の低比抵抗帯を追跡できないことから、局所的な浅部の低比抵抗をたまたまサンプリングしていることによる可能性が高いとしている。

二次元比抵抗構造

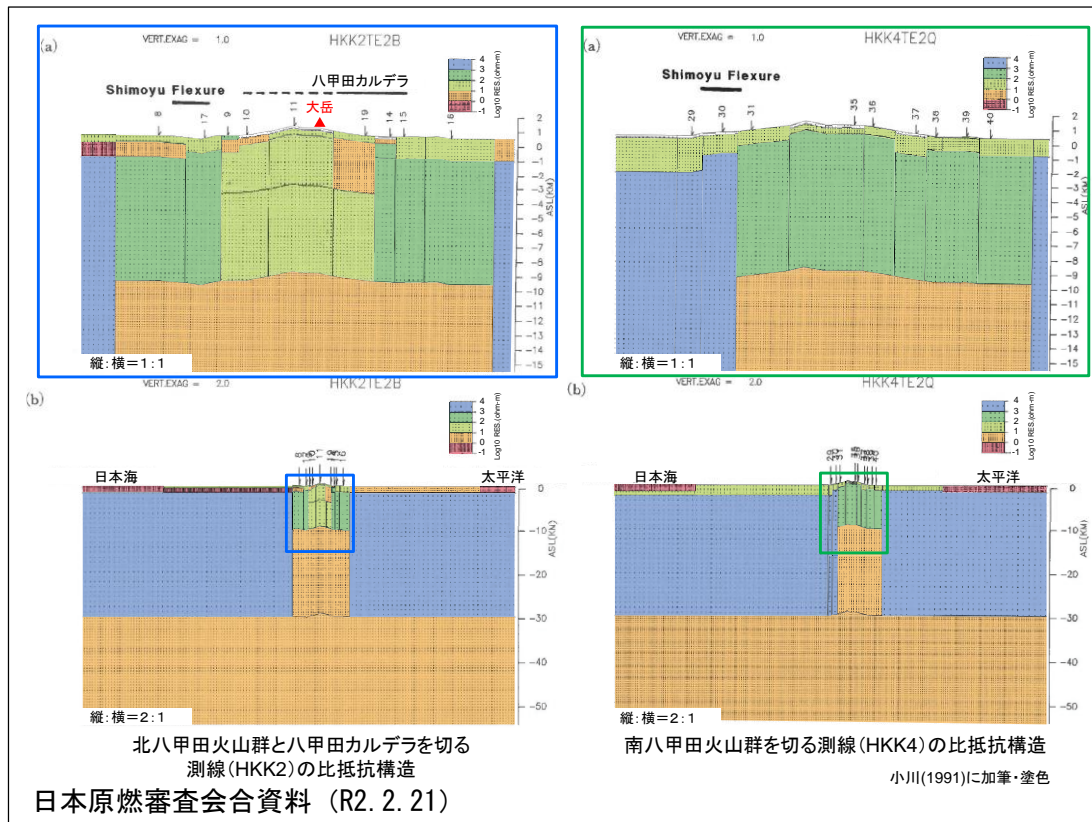
- 八甲田の深度10km以浅に顕著な低比抵抗領域は認められない。



インダクションベクトルの実部の分布 小川(1991)に加筆



八甲田のMT法測点の分布 小川(1991)に加筆

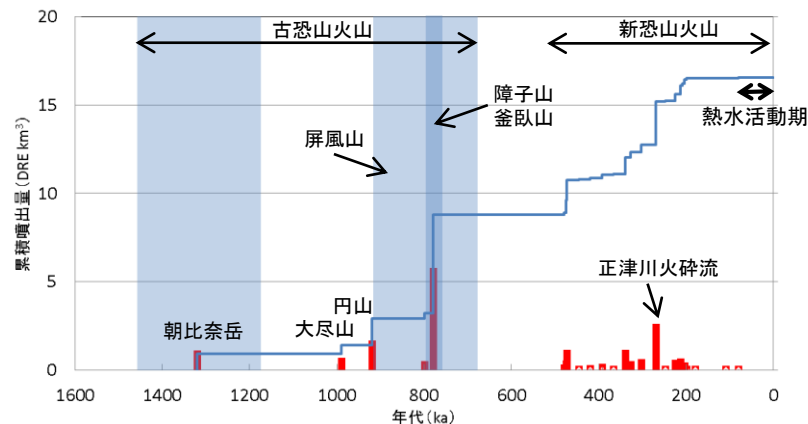


北八甲田火山群と八甲田カルデラを切る測線(HKK2)の比抵抗構造
南八甲田火山群を切る測線(HKK4)の比抵抗構造
日本原燃審査会合資料 (R2. 2. 21) 小川(1991)に加筆・塗色

4. 3 評価対象となる降下火砕物 (恐山)

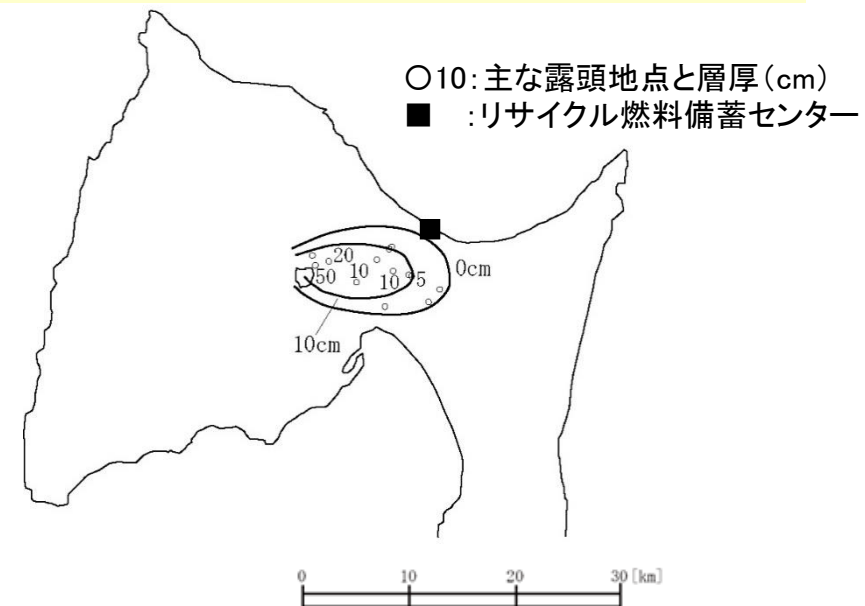
- 恐山は現在熱水活動期である
- 活動履歴, 地質調査, 火山学的調査から8万年前以降は熱水活動が継続しており, 地震波速度構造, 比抵抗構造, 地震・地殻変動データ, 火山ガス分析の結果によれば, マグマ噴火が発生する可能性は十分小さい。

- 恐山の熱水活動に伴う降下火砕物のうち, 過去最大のものは宮後テフラである。



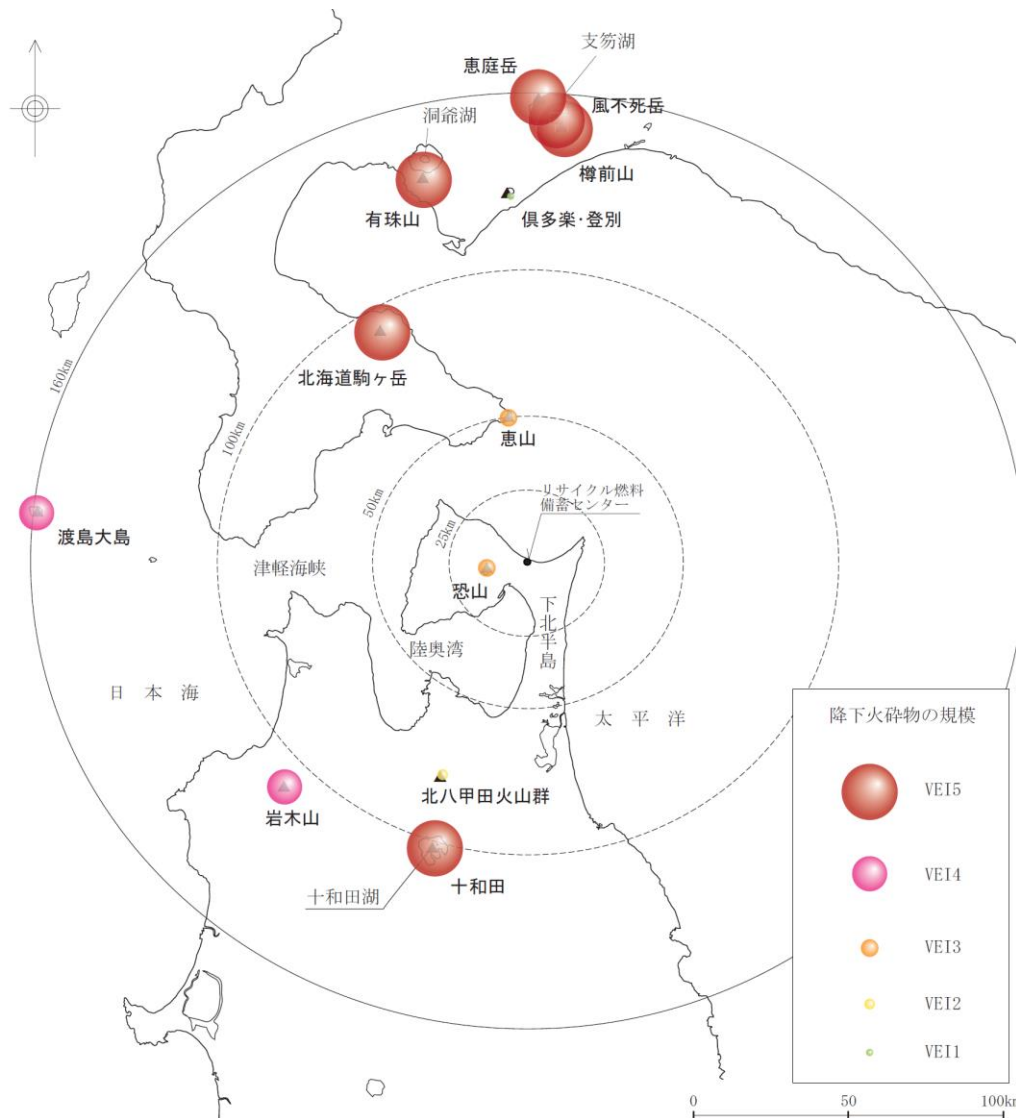
恐山の噴出量一年代階段ダイアグラム

— : 噴出量の累積(km³)
 ■ : 噴出量(km³) ※ 網掛部は, 調査結果に基づく年代幅を表す。



宮後テフラの分布状況

4. 3 評価対象となる降下火砕物 (噴火規模と距離による絞り込み)



対象火山の敷地からの距離とVEIの関係から、影響評価としては、VEI3の恐山宮後テフラ(西側)とVEI5の北海道駒ヶ岳dテフラ(北側)および十和田中掬テフラ(南側)を考慮することとした。