

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 44
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 68
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 72
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 78
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 86
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 90
4.2 巨大噴火の可能性評価	P. 132
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	P. 134
4.2.2 支笏カルデラの評価	P. 140
4.2.3 洞爺カルデラの評価	P. 182
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	P. 223
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	P. 228
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 236
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 239
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P. 239
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P. 252
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P.
6. 火山活動のモニタリング	P.
7. 火山影響評価のまとめ	P. 266
参考文献	P. 271

以下項目については、今後説明予定

- ・「5.1.2 降下火砕物シミュレーション」のうち解析結果
- ・「5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚」
- ・「5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価」
- ・「6. 火山活動のモニタリング」

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 44
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 68
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 72
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 78
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 86
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 90
4.2 巨大噴火の可能性評価	P. 132
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	P. 134
4.2.2 支笏カルデラの評価	P. 140
4.2.3 洞爺カルデラの評価	P. 182
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	P. 223
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	P. 228
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 236
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 239
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P. 239
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P. 252
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P.
6. 火山活動のモニタリング	P.
7. 火山影響評価のまとめ	P. 266
参考文献	P. 271

以下項目については、今後説明予定

- ・「5.1.2 降下火砕物シミュレーション」のうち解析結果
- ・「5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚」
- ・「5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価」
- ・「6. 火山活動のモニタリング」

余白

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ(1/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

立地評価

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3.1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及び2章参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山
6火山

ホロホロ・徳舜管、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山
19火山

13火山

(次頁へ続く)

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ (2/2)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山 ←

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及び2章参照)。

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

【溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動】

○13火山について、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価。

【火砕物密度流】

○洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を否定できない。

・詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で、敷地への到達可能性を評価する。

○支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流が敷地には到達しないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

・洞爺カルデラと同様に、火砕流堆積物が広範囲に分布すること等から、詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。

○他の10火山については、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離、敷地から各火山までの距離について検討した結果、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○ニセコ・雷電火山群については、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地近傍に認められるが、敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

・火砕流堆積物が敷地近傍に認められることから、念のため、4.4章で地下構造についても確認する。

支笏カルデラ

洞爺カルデラ

ニセコ・雷電火山群

4. 2 巨大噴火の可能性評価

4. 2. 1 巨大噴火の可能性評価方法

○過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ及び洞爺カルデラについては、活動履歴及び地球物理学的調査(地下構造(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)、火山性地震及び地殻変動)により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

○支笏カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

4. 2. 3 洞爺カルデラの評価

○洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

支笏カルデラ

洞爺カルデラ

4. 3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価

○洞爺カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○支笏カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、巨大噴火の可能性評価の結果を踏まえても、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

4. 4 ニセコ・雷電火山群の評価

○地下構造について確認した結果、複数の文献において現在の活動中心はイフオヌプリであるとされていることと調和的な状況にあると判断。

立地評価

【評価】(1/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山(13火山)について、文献調査、地質調査及び地球物理学的調査の結果から、設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性を評価する。
- 評価においては、過去最大の噴火規模を対象とするものの、文献において過去最大の噴火規模が明確にされていないものや、過去最大の規模の噴火による分布範囲が明確に区分されていないものもある。
- そのため、本評価においては、すべての火山噴出物(降下火砕物を除く)を対象に火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について確認する。



- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山(13火山)についての評価結果を以下及び次頁に示す。
- 【溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動】
 - 各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、13火山については、設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動)が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価される。
- 【火砕物密度流】
 - 洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十キロにわたって分布する。
 - 当該火砕流が敷地に到達した可能性を否定できない。
 - 詳細な調査・検討として、後述する4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で、敷地への到達可能性を評価する。
 - 支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布する。
 - 当該火砕流は敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。
 - 詳細な調査・検討として、後述する4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。
 - ニセコ・雷電火山群については、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地近傍に認められるが、敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。
 - ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の敷地への到達可能性評価の詳細は補足説明資料4章参照。
 - また、火砕流堆積物が敷地近傍に認められることから、念のため、後述する4.4章で地下構造(地震波速度構造及び比抵抗構造)についても確認する。
- 他の10火山については、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離、敷地から各火山までの距離について検討した結果、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

【評価】(2/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

評価対象となる設計対応不可能な火山事象及び評価結果

火山	敷地からの距離 (km)	溶岩流 (P229~P234参照)		岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊 (P236~P237参照)		火砕物密度流 (P238~P247参照)		新しい火口の開口 (P248~P260参照)	地殻変動 (P248及びP254~P258参照)
		敷地からの距離が50km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)	敷地からの距離が50km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)	敷地からの距離が160km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)		
C11 支笏カルデラ	74.8	(対象外)*1	(対象外)*1	過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流は広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布する。 当該火砕流は敷地には到達していないと判断されることから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 (洞爺カルデラと同様、巨大噴火に伴う最大規模の火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することから、詳細な調査・検討として、運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。)	52	以下のことから、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・敷地から十分な距離がある			
	C12 恵庭岳				68.6		4		
	C13 風不死岳				77.7		3		
	C14 樽前山				80.2		11		
C15 ホロホロ・徳舜暫	68.0				12				
C16 オロフレ・来馬	70.2				9				
C17 倶多楽・登別火山群	80.5				63				
C20 洞爺カルデラ	54.8				85				
	C21 洞爺中島				55.1		3		
	C22 有珠山				60.7		9		

※1 原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいて、設計対応不可能な火山事象については、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の噴出中心と原子力発電所間の距離が火山影響評価ガイドに記載されている距離より大きい場合、その火山事象を評価の対象外とすることができるとされている。

(次頁へ続く)

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

【評価】(3/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

(前頁からの続き)

評価対象となる設計対応不可能な火山事象及び評価結果

火山	敷地からの距離 (km)	溶岩流 (P95~P100参照)		岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊 (P101参照)		火砕物密度流 (P102~P115参照)		新しい火口の開口 (P117~P128参照)	地殻変動 (P117及びP122~P126参照)
		敷地からの距離が50km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)	敷地からの距離が50km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)	敷地からの距離が160km以内の火山を対象	最大到達距離 (km)		
C23 尻別岳	43.6	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	4	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない ・敷地との間に地形的障害物が存在する	9	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない	20	以下のことから、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・敷地から十分な距離がある	
C24 羊蹄山	33.8		7		12		12		
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7 ^{※2} (17.2 ^{※4})	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない	— ^{※3}	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない	— ^{※3}	ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地近傍に認められるが、以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・給源から敷地方向においては、文献に示される火砕流堆積物の分布範囲でニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)を確認しており、分布範囲を越えた地点では、当該堆積物が到達していた場合に想定される層位に当該堆積物は認められない。 ・敷地方向以外も含め、文献調査及び地質調査に基づく当該堆積物の最大到達距離は約11kmであり、推定される給源 ^{※5} から敷地までの距離(約17.2km)と比較して小さい。	(11 ^{※4})	以下のことから、運用期間中に発生し、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・火山活動状況に変化が認められない ・敷地付近には低周波地震が認められない	
C27 狩場山	66.1	(対象外) ^{※1}	(対象外) ^{※1}	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない	以下のことから、運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。 ・敷地まで到達していない	10	以下のことから、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。 ・敷地から十分な距離がある		
C29 勝淵山	126.4					2			
C34 北海道駒ヶ岳	109.0					15			
C35 横津岳	123.7					12			
C38 恵山	146.9					5			

※2 「敷地からの距離」には、最新の活動中心であるイワオヌプリ (P98参照) からの距離を示している。

※3 ニセコ・雷電火山群は、噴出物ごとに火口が異なることから、各噴出物の「最大到達距離」と「敷地からの距離」に示すイワオヌプリからの距離は比較することができない。このため、「最大到達距離」には「-」と記載しているが、ニセコ・雷電火山群の設計対応不可能な火山事象を含む火山噴出物が敷地に到達していないことを確認している。

※4 () 内の数字は敷地近傍に認められるニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)の想定される給源であるシャクナゲ岳までの距離及び最大到達距離を示している。

※5 ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)は、普通角閃石を含有することから、ニセコ・雷電火山群のうち、新エネルギー総合開発機構(1986,1987a)の第2~3期の活動による噴出物と推定され、当該堆積物確認地点と各山体との位置関係、地形状況等より、白樺山、シャクナゲ岳及びチセヌプリのいずれかが給源と推定される。この給源と推定される3火山(白樺山、シャクナゲ岳及びチセヌプリ)はいずれも近接していることを踏まえ、給源は、3火山の中央に位置するシャクナゲ岳と仮定した。

①-1 溶岩流に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径50kmの範囲に位置するニセコ・雷電火山群、羊蹄山及び尻別岳について、溶岩流が敷地に到達する可能性を評価する。
- 評価においては、各火山について、地質分布、地形状況等を確認する。



【ニセコ・雷電火山群】(次頁～P98参照)

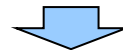
- ・ニセコ・雷電火山群の火砕流を除く溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は、敷地近傍に認められないことから、敷地まで到達していない
- ・なお、現在の活動中心であるイワオヌプリ (P98参照) の溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい。

【羊蹄山】(P99参照)

- ・羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。

【尻別岳】(P100参照)

- ・尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約4kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。



- 溶岩流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

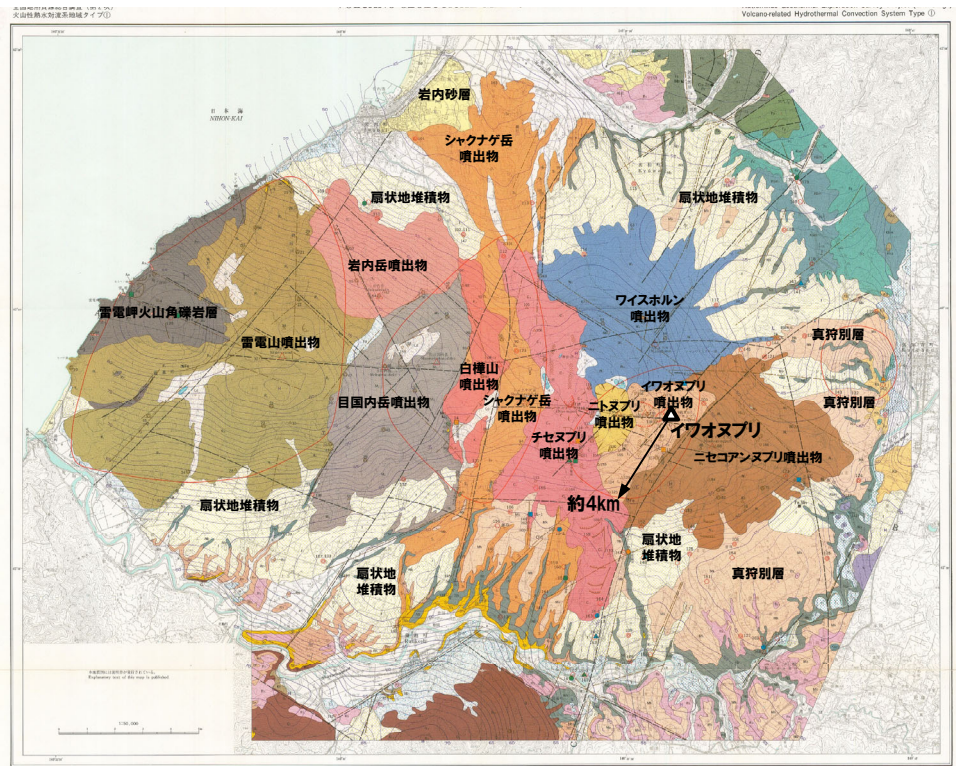
①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (1/3)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

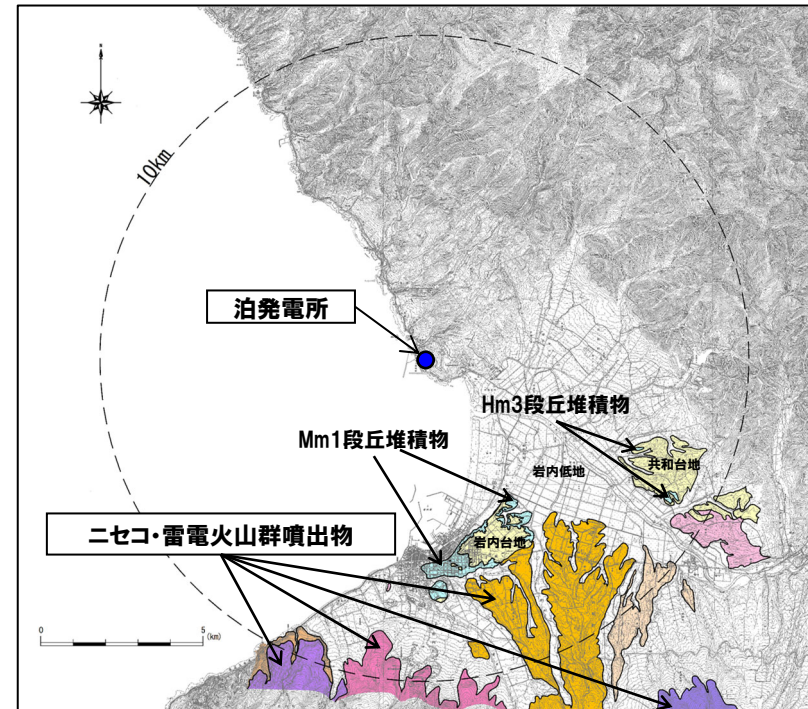
【文献調査及び当社地質調査結果】

- 新エネルギー総合開発機構(1987a)等※に基づくと、ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、左図のとおり分布するとされており、そのうち、敷地近傍に認められるものは、新エネルギー総合開発機構(1987a)において「シャクナゲ岳噴出物」とされているものである。
- 当該堆積物は、石田ほか(1991)で火砕流堆積物とされており、当社地質調査の結果においても、火砕流堆積物及び火山麓扇状地堆積物が認められていることから、火砕流を除く溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は、敷地近傍に認められないことから、敷地まで到達していない。

※溶岩流を含む火山噴出物について、最も広範囲に分布を示している新エネルギー総合開発機構(1987a)を示しており、このほかの文献が示すニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物の分布範囲については、補足説明資料6章参照。



ニセコ地域火山地質図(新エネルギー総合開発機構(1987a)に加筆)
凡例は次頁参照



凡例

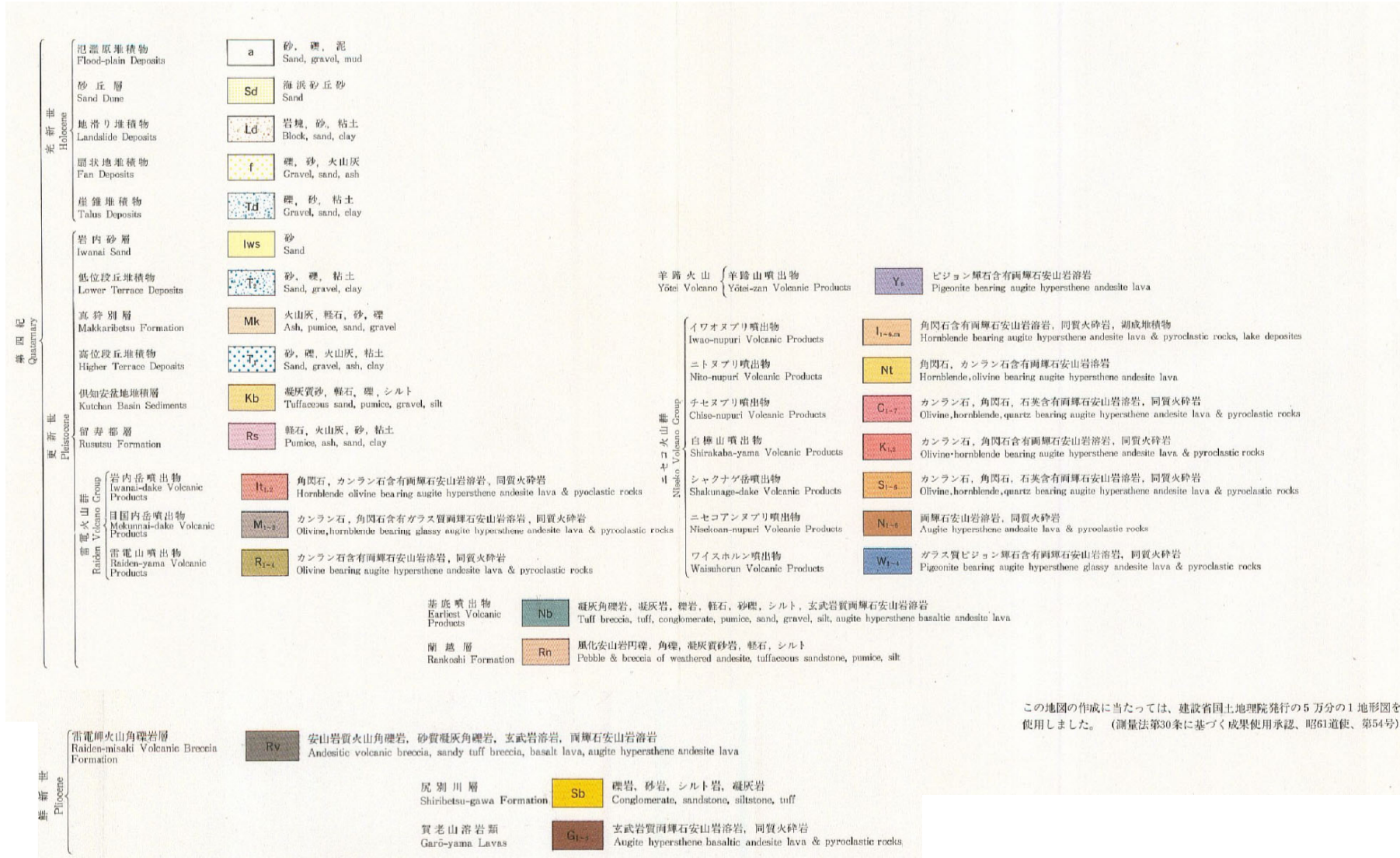
T	洞爺火砕流堆積物	火砕流堆積物	段丘堆積物	礫及び砂
N	ニセコ火山噴出物	火砕流堆積物及び火山麓扇状地堆積物	岩内層	礫及び砂
W	ワイスホルン火山	火山麓扇状地堆積物		
I	岩内岳火山	溶岩及び火砕岩		
R	雷電山火山	溶岩及び火砕岩		
	雷電山火山角礫岩層			

敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (2/3)

再掲(H25/12/18審査会合)



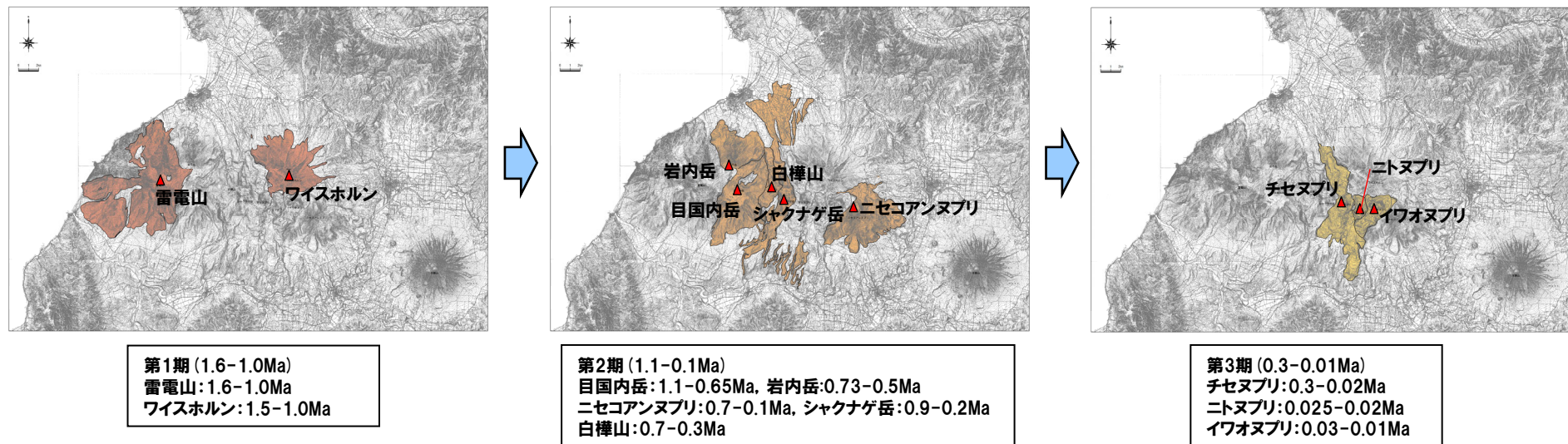
ニセコ地域火山地質図(凡例)(新エネルギー総合開発機構(1987a)より抜粋)

①-2 溶岩流に関する個別評価結果(ニセコ・雷電火山群-地質分布・地質層序-) (3/3)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 新エネルギー総合開発機構(1986)によれば、ニセコ・雷電火山群の活動時期については、下図のとおり「第1期」、「第2期」及び「第3期」に分類されている*。
- 児玉ほか(1998)によれば、ニセコ・雷電火山群の活動は全体として東部に移動しているとされている。
- 勝井ほか(2007)によれば、ニセコ火山の山体形成は、西側からしだいに東側へと波及してゆき、イワオヌプリの活動が最も新しいとされている。
- 松尾・中川(2017)によれば、イワオヌプリは約9,500年前に活動を開始したとされている。
- 気象庁編(2013)によれば、江戸時代後半や20世紀初頭にはイワオヌプリ山頂部で噴気活動があったとされている。
- 気象庁「火山活動解説資料」では、ニセコ・雷電火山群のうち最新の火山活動が起こっているイワオヌプリについて、平成16年から不定期に、火山活動解説資料を報告している。

*ニセコ・雷電火山群の活動時期については、複数の文献によってその分類が報告されているが、いずれの文献においても、おおむね整合的な分類が示されている。下図には、新エネルギー総合開発機構(1986)による活動時期の分類及び新エネルギー総合開発機構(1987a)による火山噴出物の分布を示しており、このほかの文献が示すニセコ・雷電火山群の活動時期については、補足説明資料6章参照。



ニセコ・雷電火山群の活動の変遷

(地質分布は新エネルギー総合開発機構(1987a)を複写, 年代値は新エネルギー総合開発機構(1986)による)

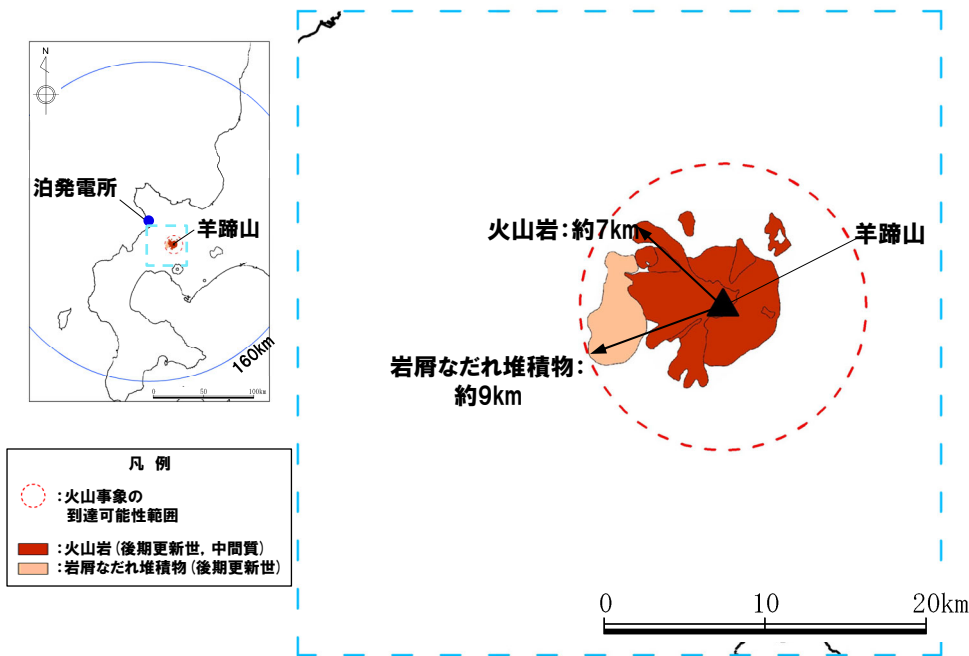
- ニセコ・雷電火山群の活動は、大局的に西から内陸部へ移動し、現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる。

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

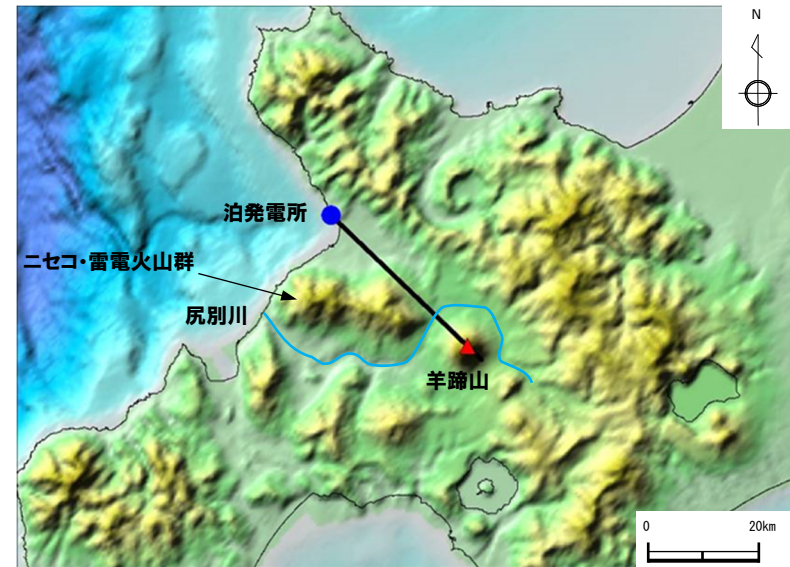
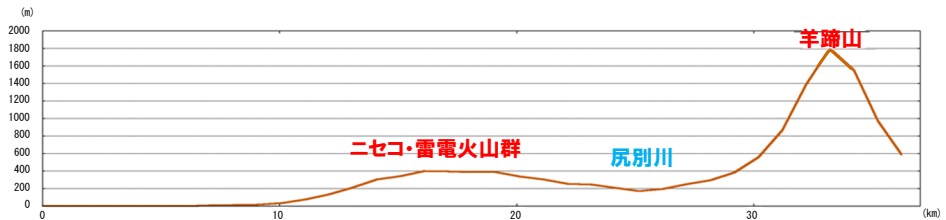
①-3 溶岩流に関する個別評価 (羊蹄山-地質分布-)

再掲 (R5/1/20審査会合)

- 羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流 (火山岩) の最大到達距離は約7kmであり、敷地まで到達していない (左図)。
- 羊蹄山と敷地の間には、尻別川及びニセコ・雷電火山群が位置していることから、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (右図)。



羊蹄山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)



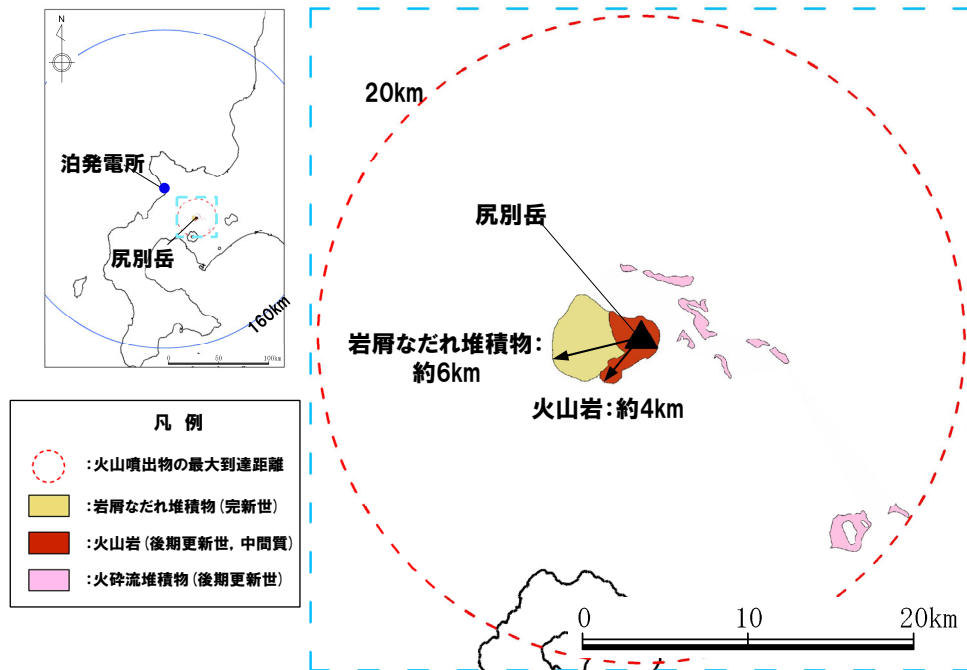
羊蹄山と敷地間の地形状況

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

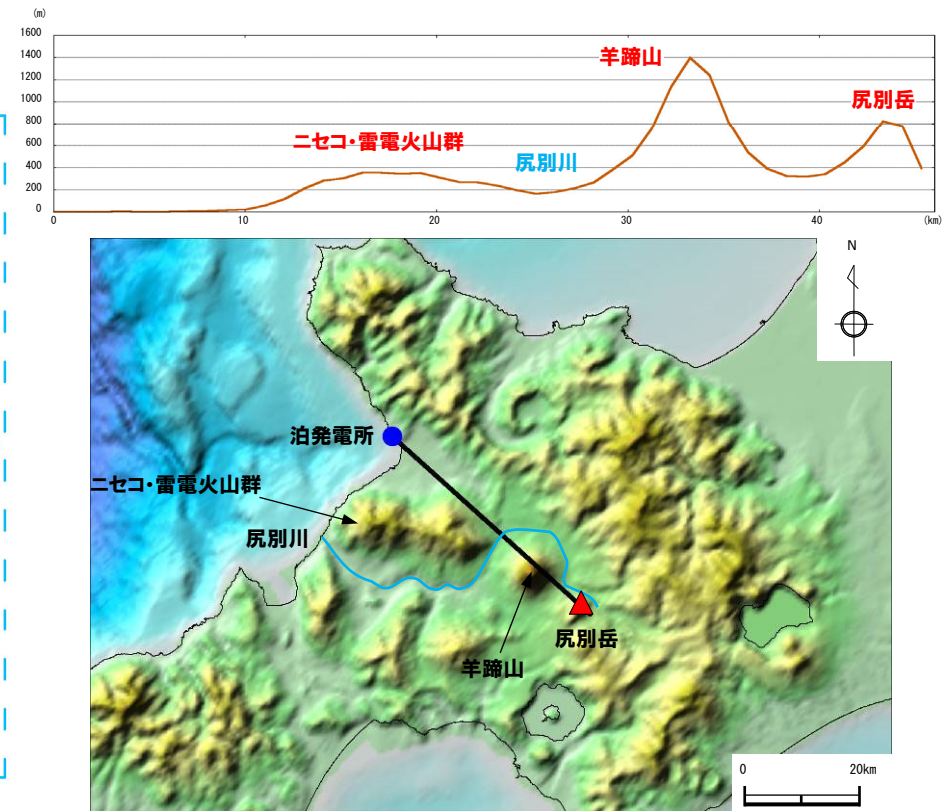
①-4 溶岩流に関する個別評価(尻別岳-地質分布-)

再掲(R5/1/20審査会合)

- 尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流(火山岩)の最大到達距離は約4kmであり、敷地まで到達していない(左図)。
- 尻別岳と敷地の間には、尻別川、羊蹄山及びニセコ・雷電火山群が位置していることから、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される(右図)。



尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)



尻別岳と敷地間の地形状況

② 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径50kmの範囲に位置するニセコ・雷電火山群、羊蹄山及び尻別岳について、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が敷地に到達する可能性を評価する。
- 評価においては、各火山について、地質分布、地形状況等を確認する。

【ニセコ・雷電火山群】

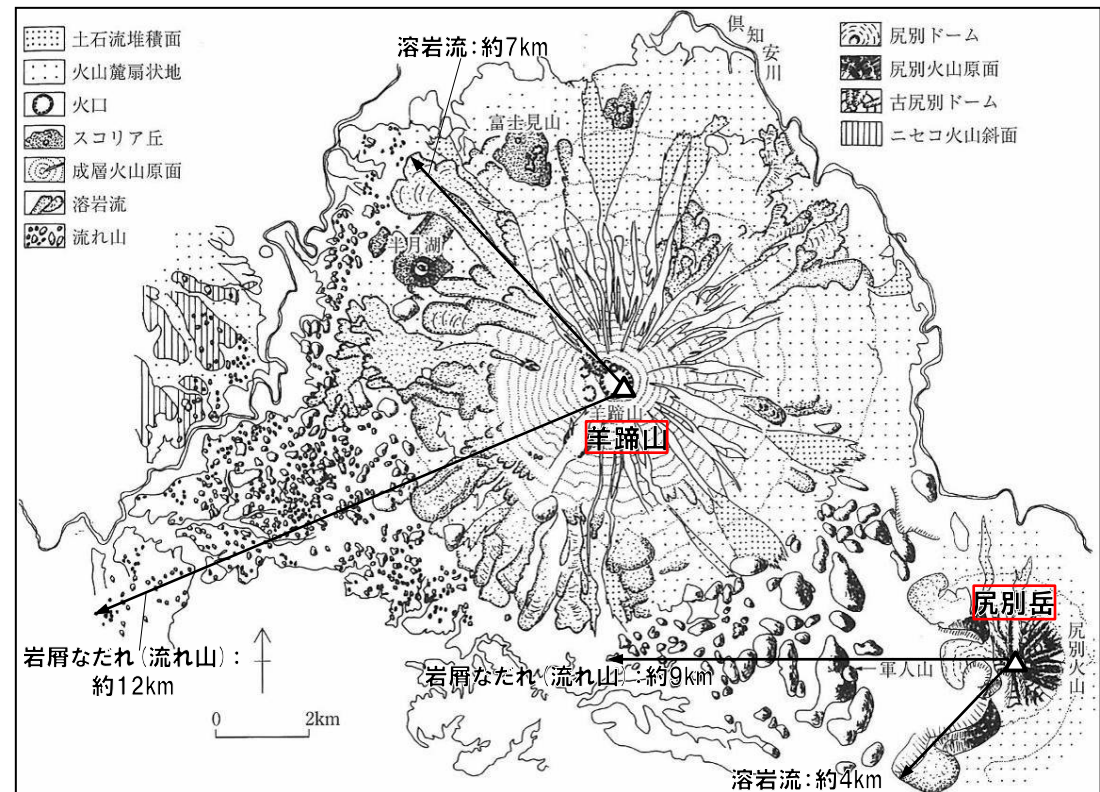
- ・ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、火砕流を除く岩屑なだれ等の設計対応不可能な火山事象は、敷地近傍に認められないことから、敷地まで到達していない (P96参照)。
- ・なお、現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20kmよりも小さい (P96参照)。

【羊蹄山】

- ・小嶋ほか (2003) によると、羊蹄山の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約12kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない (右図参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P99参照)。

【尻別岳】

- ・小嶋ほか (2003) によると、尻別岳の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約9kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない (右図参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P100参照)。



尻別岳及び羊蹄山の地形分類図
(小嶋ほか編 (2003) に加筆)

- 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

③-1 火砕物密度流に関する個別評価 (1/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径160kmの範囲に位置する13火山について、火砕物密度流が敷地に到達する可能性を評価するため、各火山の火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
- 火山噴出物の分布については、複数の地質図幅等がコンパイルされ、火山岩(主に溶岩)、火砕流堆積物等と岩相が区分されている産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)を確認することを基本とし、より遠方に到達しているとされる文献がある場合はそちらも確認した。



【洞爺カルデラ】

- 過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流堆積物は、洞爺カルデラ周辺の広範囲に認められ、敷地方向の最遠方分布地点としては、敷地近傍に位置する共和町幌似付近(洞爺カルデラから約48km)まで認められる。
- 洞爺火砕流の最大到達距離は、Ama-Miyasaka et al.(2020)に示される洞爺カルデラから東方向に位置する安平町追分春日までの約85km(火砕サージ堆積物を確認)であり、給源から敷地までの距離(54.8km)と比較して大きい。
- また、洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を検討した結果、洞爺火砕流は、敷地方向に向かって堀株川沿いを流下し敷地のうちMm1段丘より低標高側に洞爺火砕流本体が、Mm1段丘より高標高側については火砕サージが到達した可能性を否定できないものと評価される。

【支笏カルデラ】

- 過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流堆積物(Spfl)は支笏カルデラ周辺に広範囲に認められ、rework(再堆積層)も含めた、火砕流堆積物確認地点に基づく敷地方向の最大到達地点は、宝田ほか(2022)に示される羊蹄山北側地点(約48km)である。
- 支笏カルデラから全方向を考慮した場合、火砕流堆積物確認地点に基づく支笏火砕流堆積物(Spfl)の最大到達距離は、宝田ほか(2022)に示される支笏カルデラから南西方向に位置する伊達市館山町までの約52kmである。
- また、支笏火砕流が敷地に到達した可能性を検討した結果、以下の状況が認められることから、支笏火砕流は敷地には到達していないと判断される。
 - ・支笏火砕流の再堆積層が認められる羊蹄山周辺の各地点の地質状況、標高及び地形状況を踏まえると、倶知安盆地全体が古倶知安湖に直接または間接的に流入した支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できず、この場合、敷地方向における支笏火砕流の最大到達距離は約54km(敷地からの距離約22km)となる。
 - ・倶知安盆地北西端地点よりもさらに敷地方向に位置する倶知安峠(現河床との比高約80m)を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物(Spfl)又はその二次堆積物の分布を示した文献等も認められない。

(次頁へ続く)

③-1 火砕物密度流に関する個別評価 (2/3)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

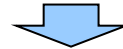
(前頁からの続き)

【ニセコ・雷電火山群】

- 敷地近傍に認められるニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性を検討した結果、以下の状況が認められることから、当該堆積物は敷地には到達していないと判断される。
 - ・給源から敷地方向においては、文献に示される火砕流堆積物の分布範囲でニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)を確認しており、分布範囲を越えた地点では、当該堆積物が到達していた場合に想定される層位に当該堆積物は認められない。
 - ・敷地方向以外も含め、文献調査及び地質調査に基づく当該堆積物の最大到達距離は約11kmであり、推定される給源から敷地までの距離(約17.2km)と比較して小さい。

【他の10火山】

- いずれの火山においても、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない。



- 洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を否定できない。
- そのため、詳細な調査・検討として、運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、敷地への到達可能性を評価する。
- 支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流が敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。
- 一方、洞爺カルデラと同様、巨大噴火に伴う最大規模の火砕流堆積物が広範囲に分布し、給源から敷地方向に数十kmにわたって分布することから、詳細な調査・検討として、運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。
- ニセコ・雷電火山群については、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。
- 他の10火山については、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

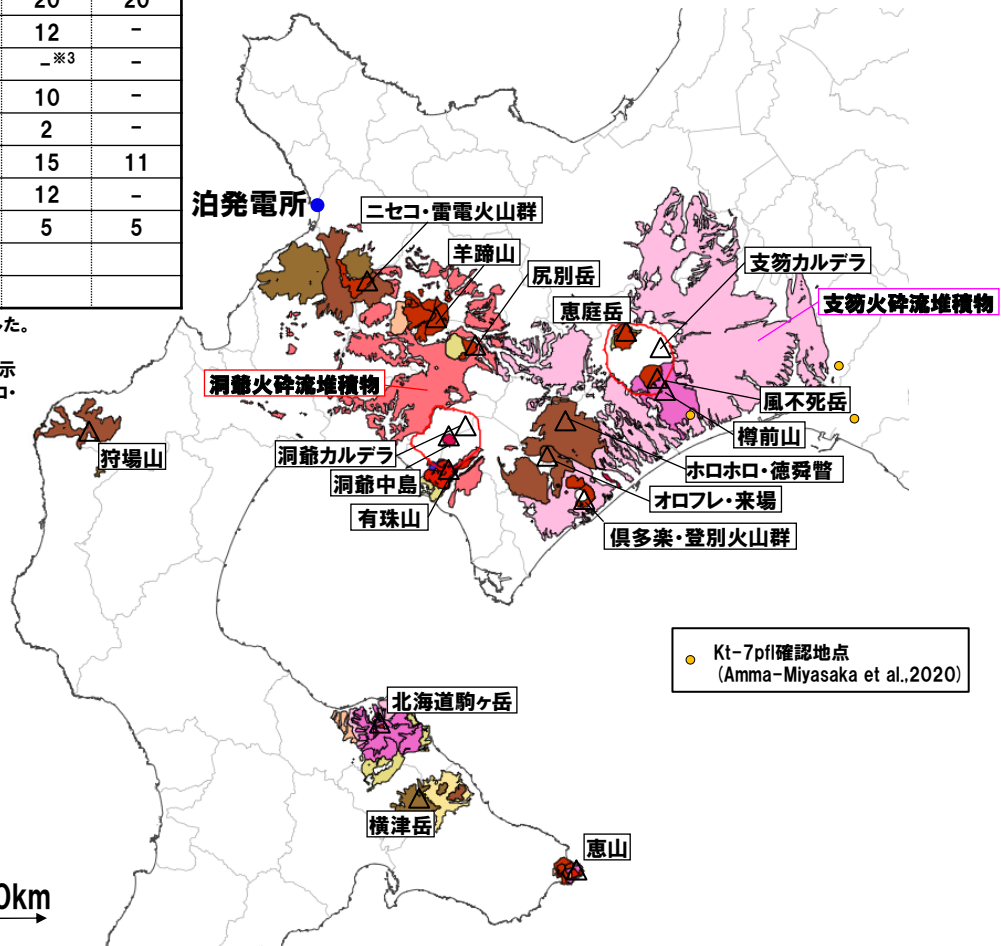
③-1 火砕物密度流に関する個別評価 (3/3)

一部修正 (H25/9/25審査会合)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山の火山噴出物の到達距離

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	火山噴出物の最大到達距離 (km)		番号	火山名	敷地からの距離 (km)	火山噴出物の最大到達距離 (km)	
			火砕流※1	火砕流※1				火砕流※1	火砕流※1
C11	支笏カルデラ	74.8	52	52	C23	尻別岳	43.6	20	20
	C12 恵庭岳	68.6	4	-	C24	羊蹄山	33.8	12	-
	C13 風不死岳	77.7	3	-	C25	ニセコ・雷電火山群	19.7※2	-※3	-
	C14 樽前山	80.2	11	11	C27	狩場山	66.1	10	-
C15	ホロホロ・徳舜誓	68.0	12	-	C29	勝洞山	126.4	2	-
C16	オロフレ・来馬	70.2	9	-	C34	北海道駒ヶ岳	109.0	15	11
C17	倶多楽・登別火山群	80.5	63	63	C35	横津岳	123.7	12	-
C20	洞爺カルデラ	54.8	85	85	C38	恵山	146.9	5	5
	C21 洞爺中島	55.1	3	-					
	C22 有珠山	60.7	9	9					

- ※1 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)において、火砕流堆積物が示されていない火山は「-」とした。
- ※2 「敷地からの距離」には、最新の活動中心であるイフオヌプリ (P98参照) からの距離を示している。
- ※3 ニセコ・雷電火山群は、噴出物ごとに火口が異なることから、各噴出物の「最大到達距離」と「敷地からの距離」に示すイフオヌプリからの距離は比較することができない。このため、「最大到達距離」には「-」と記載しているが、ニセコ・雷電火山群の設計対応不可能な火山事象を含む火山噴出物が敷地に到達していないことを確認している。



20万分の1日本火山図凡例

時代区分	記号	噴出物										
		火山岩 (主) 溶岩			火砕流堆積物		真入岩		岩屑なだらけ堆積物*		降下火砕物	
		溶岩質	中間質	珪長質	溶岩は開かない	溶岩は開かない	溶岩は開かない	溶岩は開かない	溶岩は開かない	溶岩は開かない	溶岩は開かない	
完新世	H	H.B	H.M	H.A	H.P				H.D	H.F		
		R100G4B180	R200G8ZB0	R280G2ZB0	R238G105B202				R230G220B130	R250G229B225		
後期更新世	Q3	Q3.B	Q3.M	Q3.A	Q3.P				Q3.D	Q3.F		
		R170G4B200	R200G4B80	R200G10B80	R255G190B225				R255G190B150	R240G230B225		
中期更新世 (ヤムニアン期)	Q2	Q2.B	Q2.M	Q2.A	Q2.P		Q2.J		Q2.D			
		R129G3B227	R180G0B850	R240G140B0	R255G112B123		R180G250B100		R230G210B95			S
前期更新世後半 (カフツリアン期)	Q1	Q1.B	Q1.M	Q1.A	Q1.P		Q1.J		Q1.D			
		R80G10B200	R150G110B80	R230G190B0	R220G120B150		R180G250B0		R285G200B150			
前期更新世前半 (ジュンシアン期)	G	G.B	G.M	G.A	G.P		G.J		G.D			
		R0G100B100	R200G150B130	R250G230B150	R170G100B120		R170G190B50		R255G240B130			R220G220B220

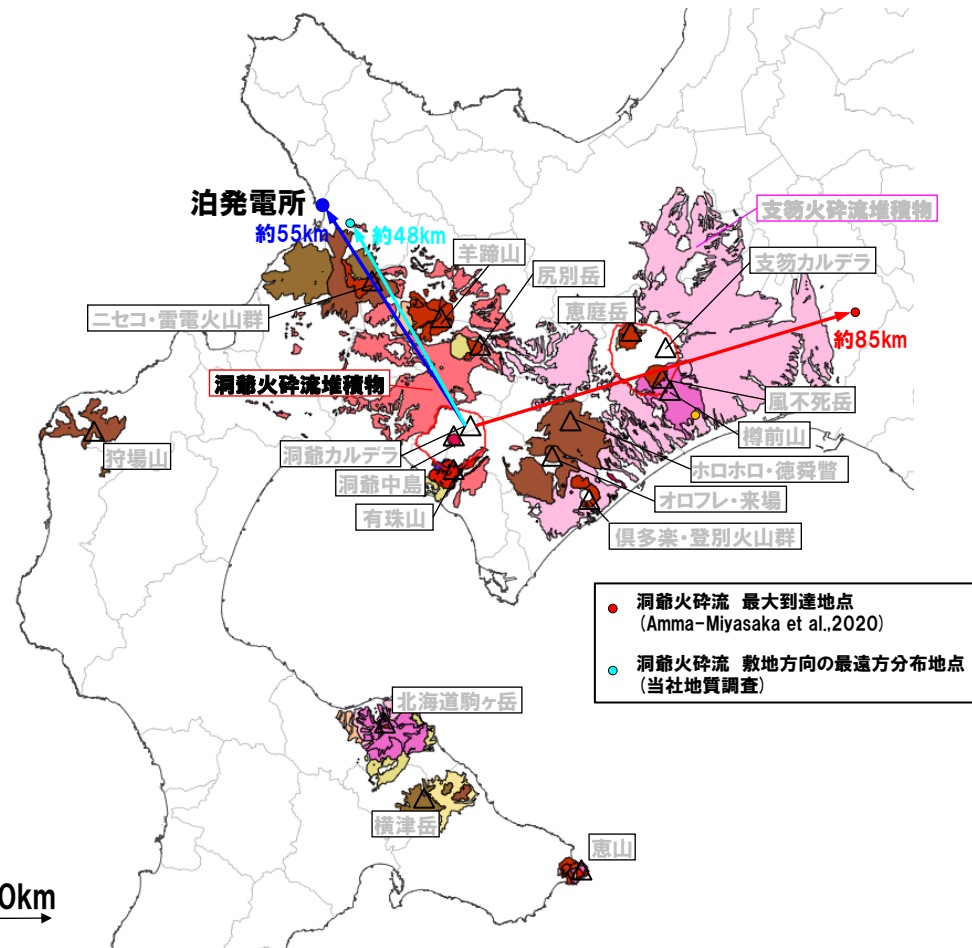
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した13火山の火山噴出物の分布 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (洞爺カルデラ)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 洞爺火砕流堆積物は、洞爺カルデラ周辺の広範囲に認められ、敷地方向の最遠方分布地点としては、敷地近傍に位置する共和町幌似付近 (洞爺カルデラから約48km) まで認められる。
- 洞爺火砕流の最大到達距離は、Amma-Miyasaka et al. (2020) に示される洞爺カルデラから東方向に位置する安平町追分春日までの約85km (火砕サージ堆積物を確認) であり、給源から敷地までの距離 (約55km) と比較して大きい。
- また、洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を検討した結果、洞爺火砕流は、敷地方向に向かって堀株川沿いを流下し敷地のうちMm1段丘より低標高側に洞爺火砕流本体が、Mm1段丘より高標高側については火砕サージが到達した可能性を否定できないものと評価した (洞爺火砕流が敷地に到達した可能性評価の詳細については補足説明資料3.2章に示す。)
- なお、洞爺火砕流を噴出した噴火は、洞爺カルデラにおける過去最大規模の噴火であり、巨大噴火に該当する (P107参照)。



● 洞爺火砕流 最大到達地点 (Amma-Miyasaka et al.,2020)
 ● 洞爺火砕流 敷地方向の最遠方分布地点 (当社地質調査)

10km

洞爺火砕流堆積物の分布

(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

20万分の1日本火山図凡例

時代区分	記号	群 集 区 分											
		火山岩(主に溶岩)			火砕流堆積物		貫入岩		岩屑なだれ堆積物*		降下火砕物		山麓扇状地・遺跡・埋没地・河川改修堆積物など
		B	M	A	P	I	D	F	S				
更新世	H	H.B	H.M	H.A	H.P			H.D	H.F				
0.0117		R100G45B190	R200G82B0	R228G23B0	R238G105B202			R230G220B130	R255G225B225				
後期更新世	Q3	Q3.B	Q3.M	Q3.A	Q3.P			Q3.D	Q3.F				
0.129		R70G40B200	R200G45B0	R220G10B80	R255G190B225			R255G190B150	R245G230B225				
中期更新世 (チャヒン期)	Q2	Q2.B	Q2.M	Q2.A	Q2.P	Q2.I		Q2.D				S	
0.774		R128G23B227	R160G80B50	R240G14B0	R255G112B125	R160G250B100		R220G210B95					
前期更新世 (カマリアン期)	Q1	Q1.B	Q1.M	Q1.A	Q1.P	Q1.I		Q1.D					
1.80		R50G70B200	R150G10B50	R236G190B0	R220G130B150	R160G250B0		R255G200B150					
前期更新世 (ジュラシアン期)	Q	Q.B	G.M	G.A	G.P	G.I		G.D					
2.58		RDG100B100	R200G150B130	R250G230B150	R170G100B120	R170G190B50		R255G240B130				R220G220B220	



*-最上段火砕流堆積物

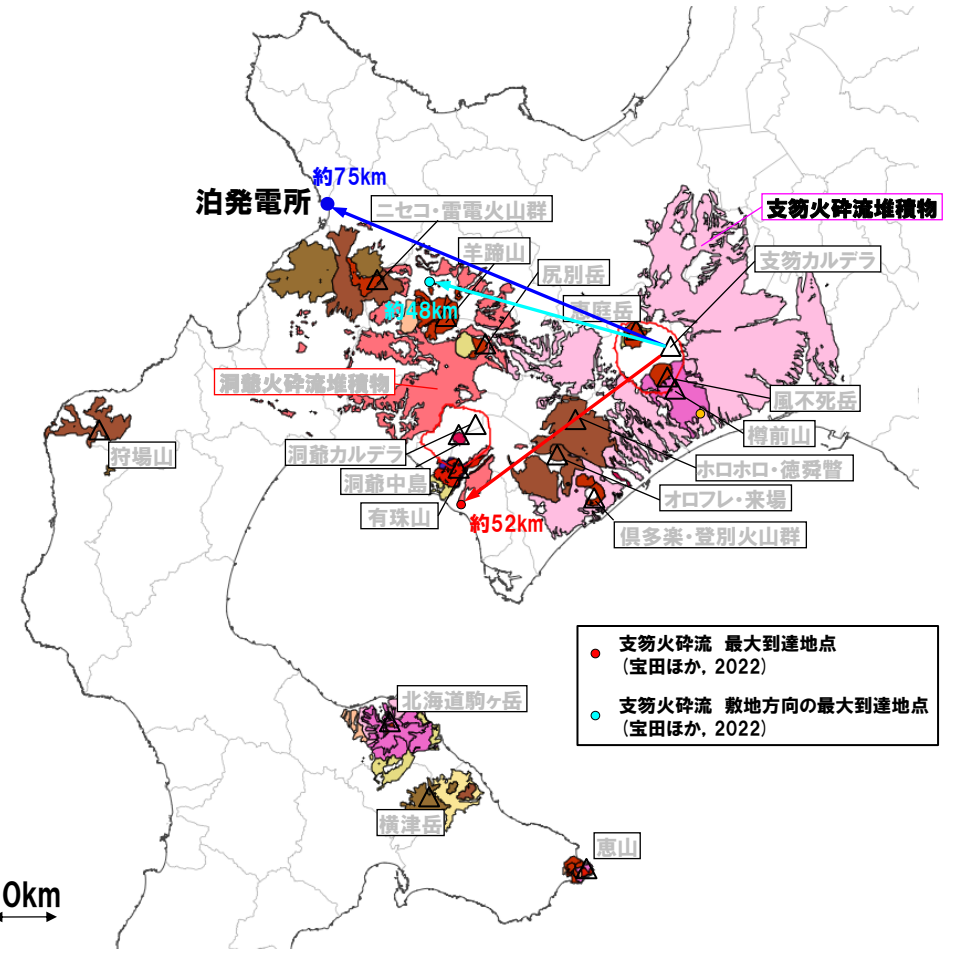
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (支笏カルデラ)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 支笏火砕流堆積物 (Spfl) は支笏カルデラ周辺に広範囲に認められ、rework (再堆積層) も含めた、火砕流堆積物確認地点に基づく敷地方向の最大到達地点は、宝田ほか (2022) に示される羊蹄山北側地点※ (約48km) である。
- 支笏カルデラから全方向を考慮した場合、火砕流堆積物確認地点に基づく支笏火砕流堆積物 (Spfl) の最大到達距離は、宝田ほか (2022) に示される支笏カルデラから南西方向に位置する伊達市館山町までの約52kmである。
- また、支笏火砕流が敷地に到達した可能性を検討した結果、以下の状況が認められることから、支笏火砕流は敷地には到達していないと判断される (支笏火砕流が敷地に到達した可能性評価の詳細については補足説明資料3.1章に示す)。
 - ・支笏火砕流の再堆積層が認められる羊蹄山周辺の各地点の地質状況、標高及び地形形状を踏まえると、倶知安盆地全体が古倶知安湖に直接または間接的に流入した支笏火砕流堆積物に覆われ、敷地に最も近い倶知安盆地北西端地点まで火砕流が到達していた可能性は否定できず、この場合、敷地方向における支笏火砕流の最大到達距離は約54km (敷地からの距離約22km) となる。
 - ・倶知安盆地北西端地点よりもさらに敷地方向に位置する倶知安峠 (現河床との比高約80m) を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物 (Spfl) 又はその二次堆積物の分布を示した文献等も認められない。
- なお、支笏火砕流を噴出した噴火は、支笏カルデラにおける過去最大規模の噴火であり、巨大噴火に該当する (次頁参照)。

※これらの地点の支笏火砕流堆積物は、rework 或いは再堆積層とされているが、Nakagawa et al. (2016) による記載も踏まえると、古倶知安湖に直接又は間接的に流入した支笏火砕流が、湖底に厚く堆積した堆積物と考えられることから、敷地方向の最大到達地点と評価した (補足説明資料3.1章参照)。



● 支笏火砕流 最大到達地点 (宝田ほか, 2022)
● 支笏火砕流 敷地方向の最大到達地点 (宝田ほか, 2022)

20万分の1日本火山図凡例

時代区分	記号	噴 出 区 分											
		火山岩 (主に溶岩)			火砕流堆積物		貫入岩		岩屑なだれ堆積物*		降下火砕物		山麓扇状地・流線・塔すべり・湖底堆積物など
		B	M	A	P	I	D	F	S				
更新世	H	H.B	H.M	H.A	H.P		H.D	H.F					
0.0117		R100G45B190	R200G82B0	R220G23B0	R238G105B202		R230G220B130	R255G225B225					
後期更新世	Q3	Q3.B	Q3.M	Q3.A	Q3.P		Q3.D	Q3.F					
0.129		R70G40B200	R200G45B0	R220G10B80	R255G190B225		R255G190B150	R245G230B225					
中期更新世 (チャヒアン期)	Q2	Q2.B	Q2.M	Q2.A	Q2.P	Q2.I	Q2.D						
0.774		R128G23B227	R160G80B50	R240G14B0	R255G112B123	R160G250B100	R220G210B95						
前期更新世後半 (カフアン期)	Q1	Q1.B	Q1.M	Q1.A	Q1.P	Q1.I	Q1.D						
1.80		R50G70B200	R150G10B50	R236G190B0	R220G130B150	R160G230B0	R255G200B150						
前期更新世前半 (ジュラシアン期)	Q	Q.B	Q.M	Q.A	Q.P	Q.I	Q.D						
2.58		R0G100B100	R200G150B130	R250G230B150	R170G100B120	R170G190B50	R255G240B130						
(Ma)												R220G20B220	

10km

支笏火砕流堆積物の分布 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)「20万分の1日本火山図」を基に作成)

③-2 火砕物密度流に関する個別評価（支笏カルデラ及び洞爺カルデラにおける過去の巨大噴火）

一部修正（R3/10/14審査会合）

- 原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされている。
- このため、火山影響評価ガイドを踏まえ支笏カルデラ及び洞爺カルデラについて、以下の(1)及び(2)の条件に合致するか否かを確認する。
- (1) 火砕流を含む火山噴出物の分布が広範囲
 (2) 噴出物体積が20km³以上
- (1) 火砕流を含む火山噴出物の分布（P105～P106参照）
 ○支笏カルデラ及び洞爺カルデラは、火砕流堆積物が広範囲に分布する。
- (2) 噴出物体積（下表参照）
 ○支笏カルデラのSp-1及び洞爺カルデラのTpを噴出した噴火は、噴出物体積が20km³以上とされる。
- したがって、支笏カルデラのSp-1及び洞爺カルデラのTpを噴出した噴火は、巨大噴火に該当する。

確認結果

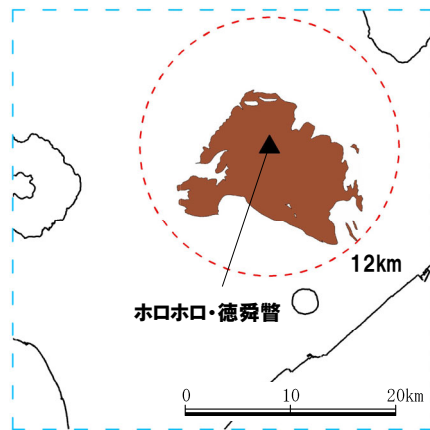
火山	(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布	(2) 噴出物体積 (km ³)	確認結果
支笏カルデラ	火砕流を含む火山噴出物 (Sp-1等) が広範囲に認められる	150 (火砕流) 200～240 (降下軽石)	火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が20km ³ 以上とされることから、巨大噴火に該当する
洞爺カルデラ	火砕流を含む火山噴出物 (Tp) が広範囲に認められる	354※	火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が20km ³ 以上とされることから、巨大噴火に該当する

※産業技術総合研究所(2021)においては、Tp噴火のマグマ体積(DRE)は170km³とされているが、洞爺火山灰(Toya)と洞爺火砕流の割合は示されていないことから、すべて洞爺火砕流として、噴出物体積(見かけ体積)へ当社で換算した値。換算においては、山元(2014)に基づき、火砕流:1.2g/cm³、溶岩:2.5g/cm³とした。

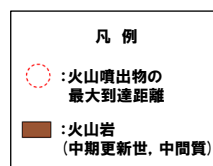
③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

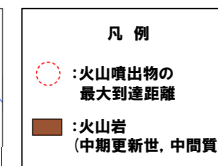
- ホロホロ・徳舜瞥の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約68kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- オロフレ・来馬の火山噴出物の最大到達距離は約9kmであり、敷地からの距離約70kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



ホロホロ・徳舜瞥



オロフレ・来馬



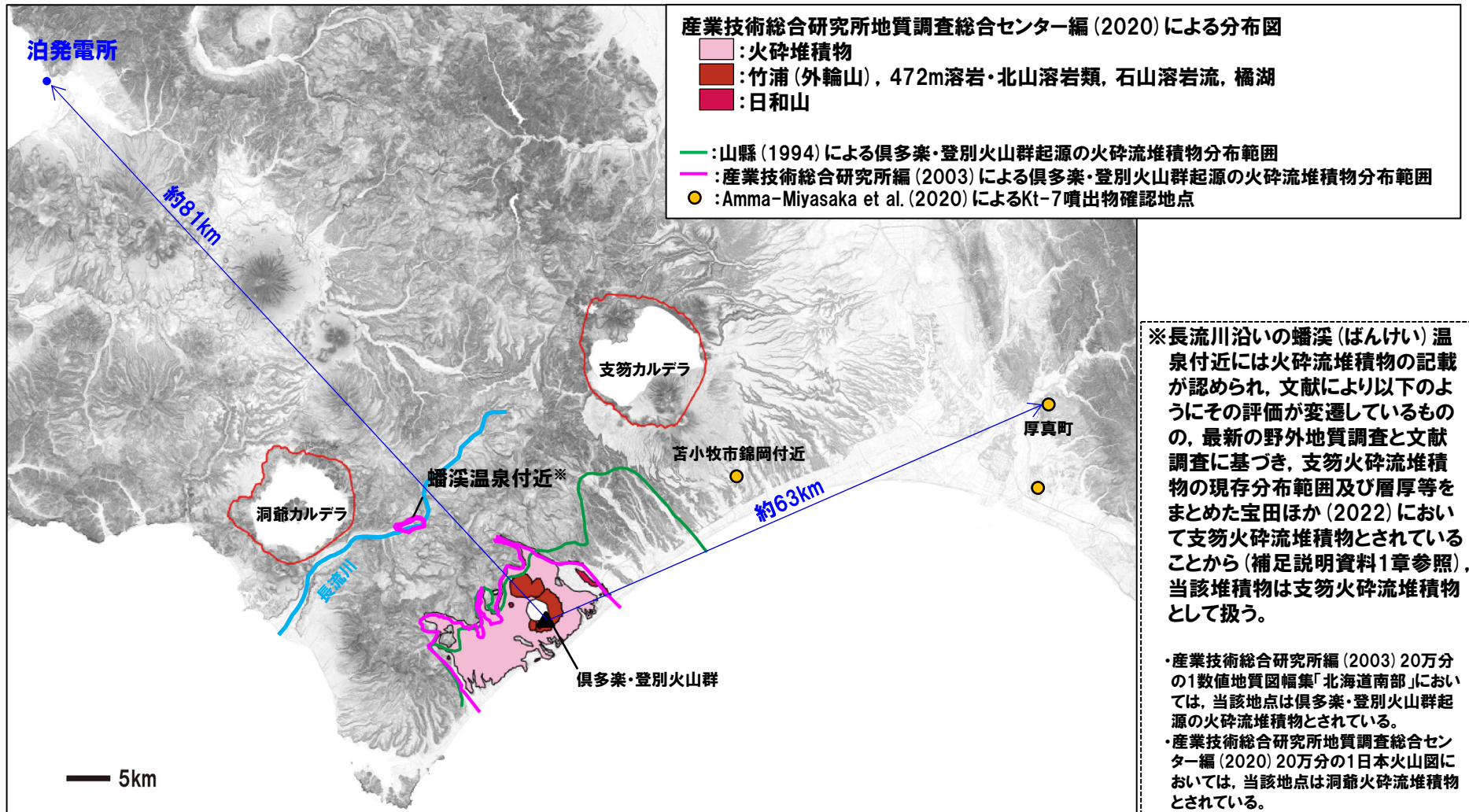
ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (倶多楽・登別火山群)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○倶多楽・登別火山群の火山噴出物の最大到達距離は、約63kmであり、敷地からの距離約81kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



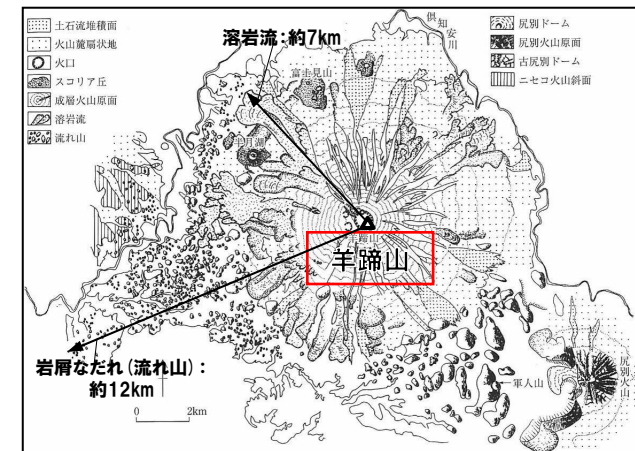
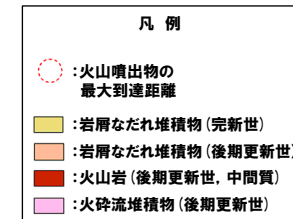
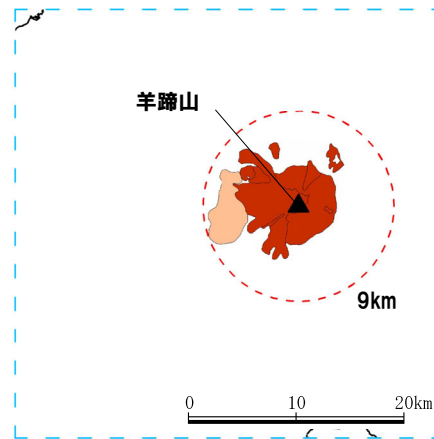
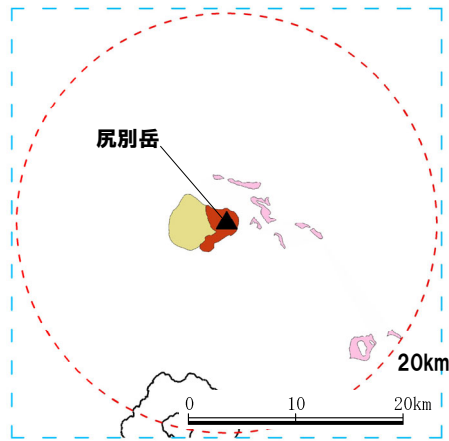
倶多楽・登別火山群の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) を基に作成)

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (尻別岳及び羊蹄山)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 尻別岳の火山噴出物の最大到達距離は約20kmであり、敷地から尻別岳の距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- 羊蹄山の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



羊蹄山の地形分類図
(小嶋ほか編 (2003) に加筆)

尻別岳及び羊蹄山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

③-2 火砕物密度流に関する個別評価(ニセコ・雷電火山群)(1/3)

一部修正(R5/1/20審査会合)

- ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物は、次頁図及びP113左図のとおり分布するとされており、そのうち、敷地近傍に認められるものは、新エネルギー総合開発機構(1987a)において「シャクナゲ岳噴出物」とされているものである。
- 当該堆積物は、石田ほか(1991)で火砕流堆積物とされており、当社地質調査の結果においても、火砕流堆積物及び火山麓扇状地堆積物が認められている。
- なお、当社は当該堆積物を「ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)」と呼称している。
- 敷地近傍に火砕流堆積物が認められることから、当該堆積物の分布状況の確認、最大到達距離等から敷地への到達可能性を評価した(詳細は補足説明資料4章参照)。



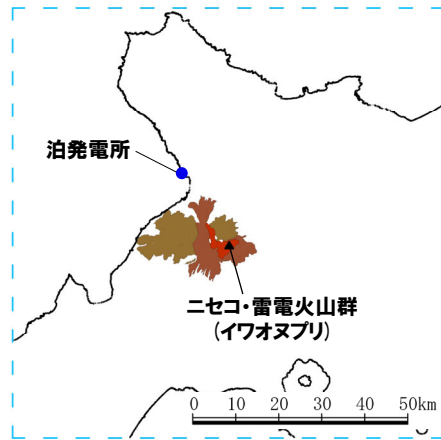
- 敷地近傍に認められるニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地に到達した可能性を検討した結果、以下の状況が認められることから、当該堆積物は敷地には到達していないと判断される。
 - ・給源から敷地方向においては、文献に示される火砕流堆積物の分布範囲でニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)を確認しており、分布範囲を越えた地点では、当該堆積物が到達していた場合に想定される層位に当該堆積物は認められない。
 - ・敷地方向以外も含め、文献調査及び地質調査に基づく当該堆積物の最大到達距離は約11kmであり、推定される給源※から敷地までの距離(約17.2km)と比較して小さい。

※ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)は、普通角閃石を含有することから、ニセコ・雷電火山群のうち、新エネルギー総合開発機構(1986,1987a)の第2~3期の活動による噴出物と推定され、当該堆積物確認地点と各山体との位置関係、地形状況等より、白樺山、シャクナゲ岳及びチセヌプリのいずれかが給源と推定される。この給源と推定される3火山(白樺山、シャクナゲ岳及びチセヌプリ)はいずれも近接していることを踏まえ、給源は、3火山の中央に位置するシャクナゲ岳と仮定した。

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

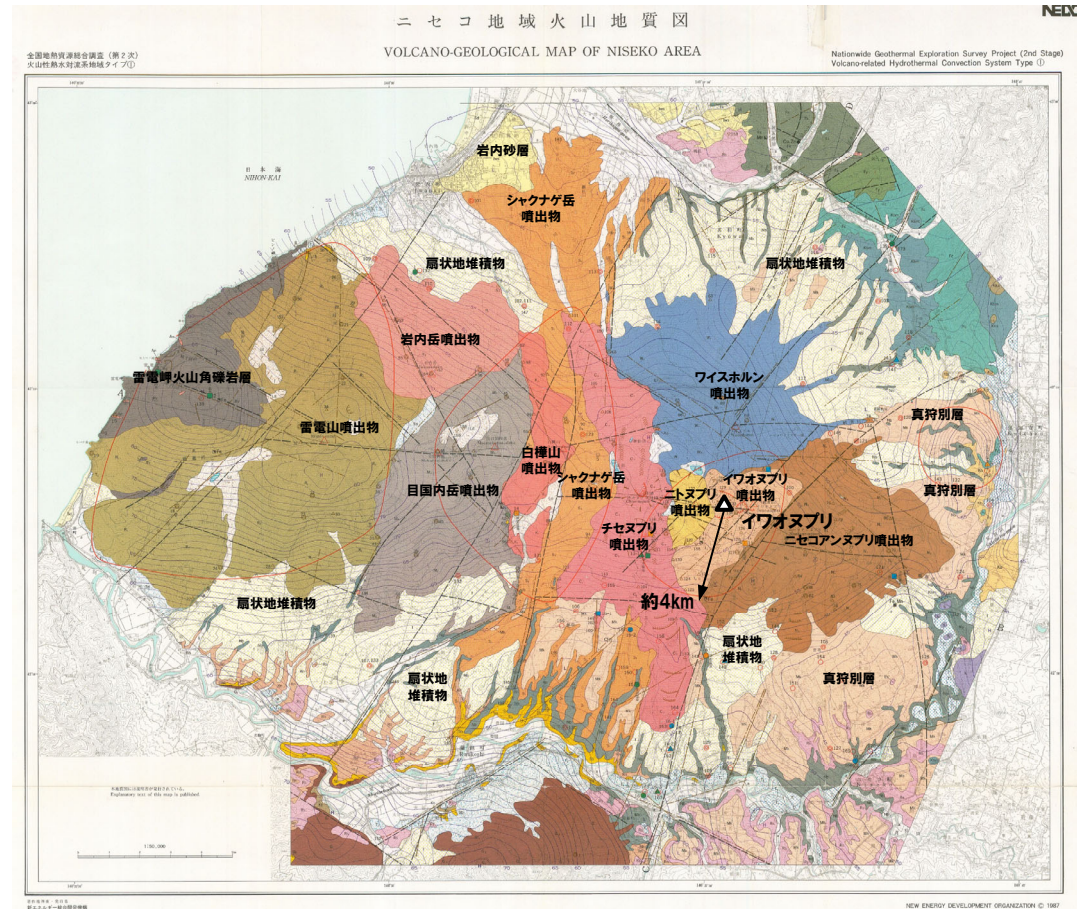
③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (ニセコ・雷電火山群) (2/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



- 凡例
- : 火山岩 (後期更新世, 中間質)
 - : 火山岩 (中期更新世, 中間質)
 - : 火山岩 (前期更新世後半, 中間質)

ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

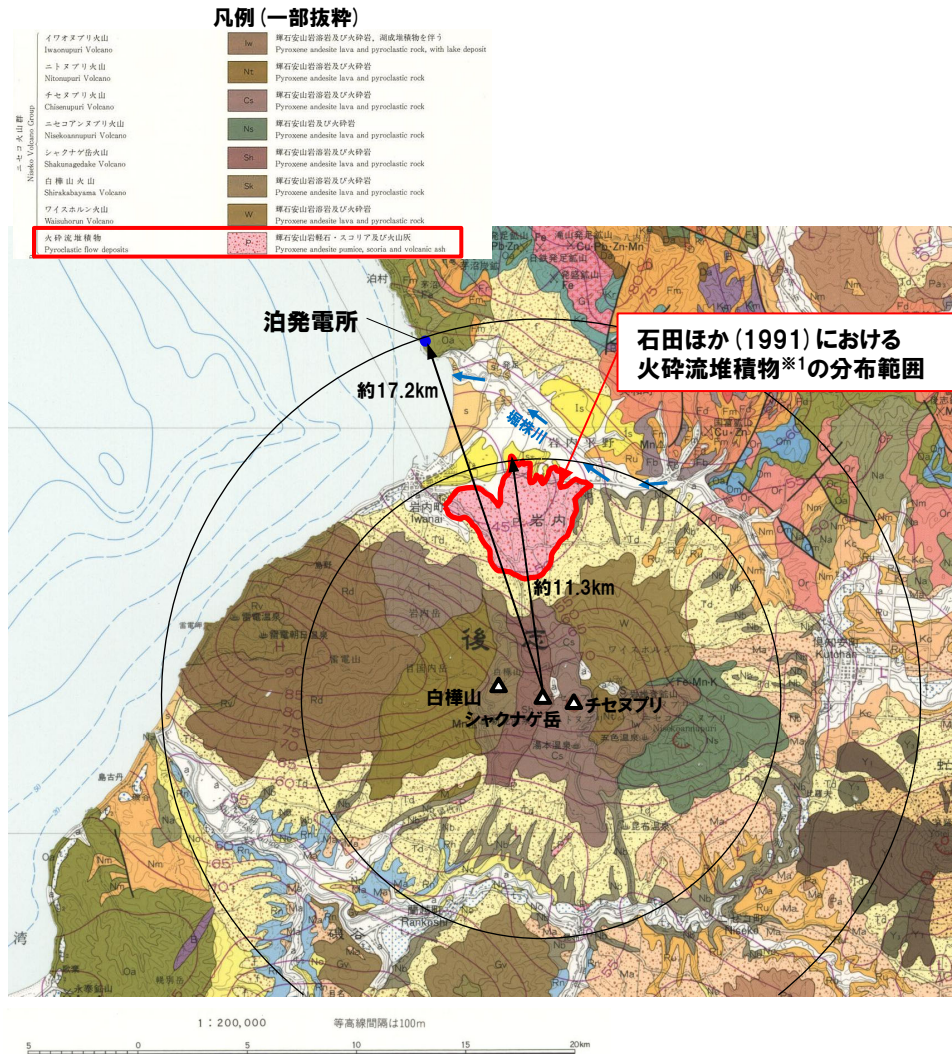


ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲
(新エネルギー総合開発機構 (1987a) に加筆, 凡例はP97参照)

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

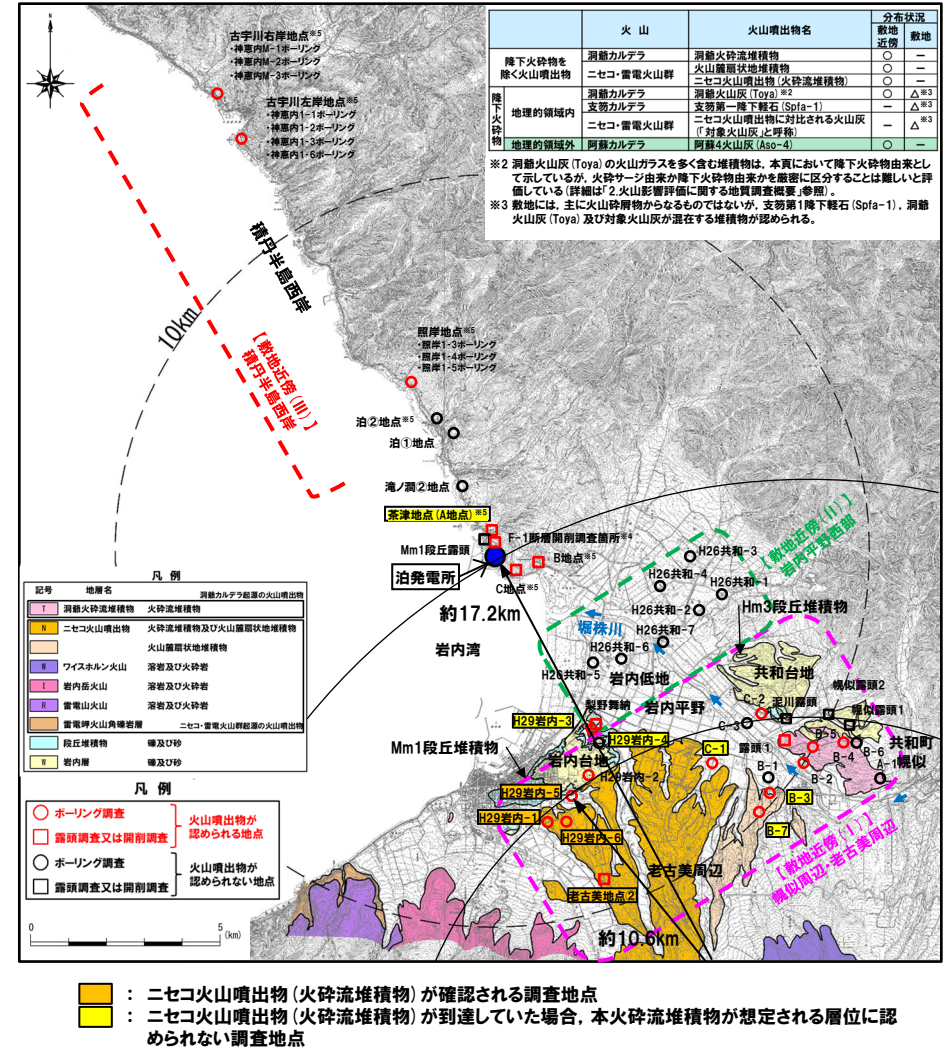
③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (ニセコ・雷電火山群) (3/3)

一部修正 (H25/11/13審査会合)



※1 当社が老古美周辺において確認した「ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物)」と呼称しているものに該当する。

ニセコ・雷電火山群周辺の地質図 (石田ほか (1991) に加筆)



※2 洞爺火山灰 (Toya) の火山ガラスを多く含む堆積物は、本頁において降下火砕物由来として示しているが、火砕サンゴ由来か降下火砕物由来かを厳密に区分することは難しいと評価している (詳細は「2. 火山影響評価に関する地質調査概要」参照)。
 ※3 敷地には、主に火山噴出物からなるものではないが、支笏第一降下軽石 (Spfa-1)、洞爺火山灰 (Toya) 及び対象火山灰が混在する堆積物が認められる。

○ : ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が確認される調査地点
 □ : ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) が到達していた場合、本火砕流堆積物が想定される層位に認められない調査地点

※4 当該地点は、敷地造成に伴う改変により消失していることから、当該地点の陸成層中の火山灰等と記載されている堆積物については、敷地及び敷地近傍の地質調査結果を踏まえた解釈を行っている。
 ※5 複数のボーリング又は開削調査を実施している地点。

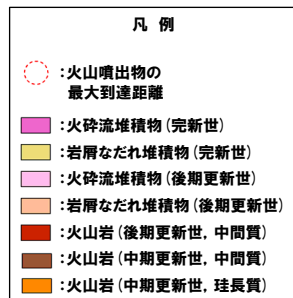
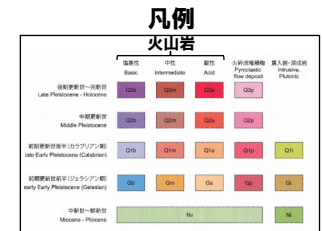
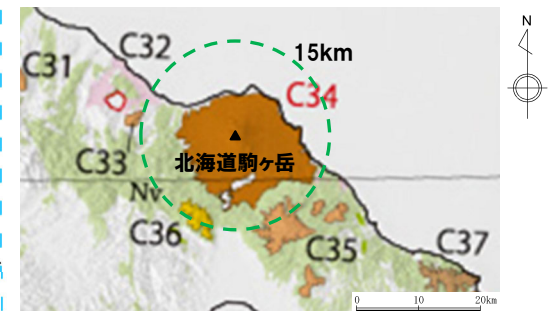
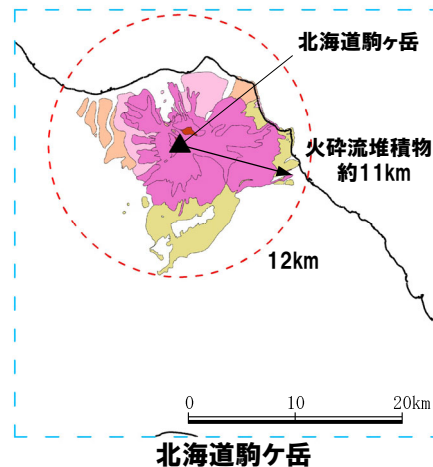
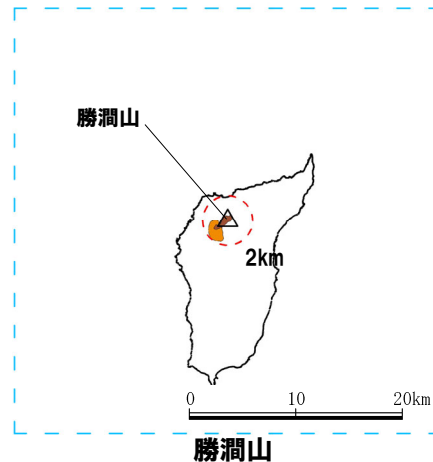
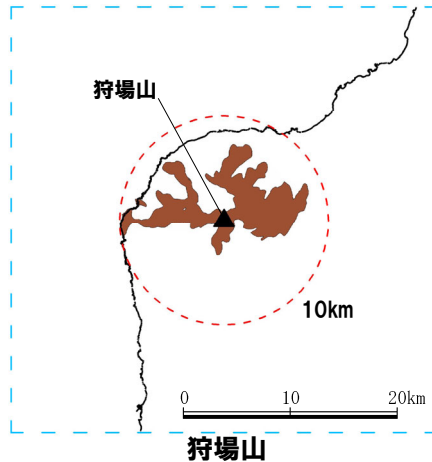
敷地及び敷地近傍において火山噴出物が認められる地点

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (狩場山, 勝澗山及び北海道駒ヶ岳)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 狩場山の火山噴出物の最大到達距離は約10kmであり, 敷地からの距離約66kmよりも小さく, 敷地まで到達していない。
- 勝澗山の火山噴出物の最大到達距離は約2kmであり, 敷地からの距離約126kmよりも小さく, 敷地まで到達していない。
- 北海道駒ヶ岳の火山噴出物のうち, 火砕流の最大到達距離は約11km, 火砕流以外の火山噴出物の最大到達距離は約15kmであり, 敷地からの距離約109kmよりも小さく, 敷地まで到達していない。



北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲 (中野ほか編 (2013) に加筆)

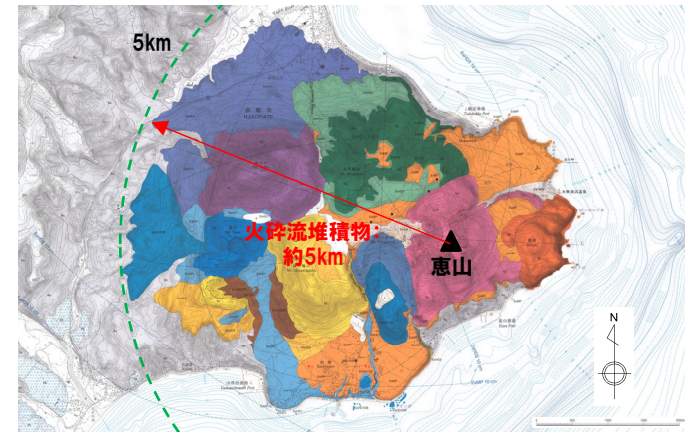
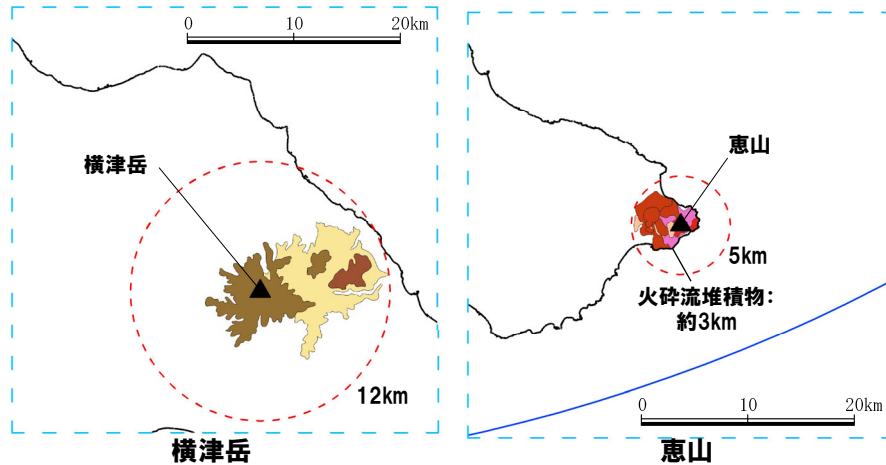
狩場山, 勝澗山及び北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

③-2 火砕物密度流に関する個別評価 (横津岳及び恵山)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 横津岳の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約124kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- 恵山の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約5km、火砕流以外の火山噴出物の最大到達距離は約5kmであり、敷地からの距離約147kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



凡例

- : 火山噴出物の最大到達距離
- : 火山岩 (完新世, 珪長質)
- : 火砕流堆積物 (完新世)
- : 火山岩 (後期更新世, 中間質)
- : 岩層なだれ堆積物 (後期更新世)
- : 火山岩 (中期更新世, 中間質)
- : 火山岩 (前期更新世後半, 中間質)
- : 火山岩 (前期更新世前半, 珪長質)

凡例

Es-1846	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 Volcanic blocks, lapilli and ash	EsHD2	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)
Es-06	安山岩~デイサイト溶岩塊, 火山礫及び火山灰 Andesite to dacite blocks, lapilli and ash	EsHD2DB	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)
EsMP	安山岩~デイサイト火山岩塊 (軽石質のものを含む), 火山礫及び火山灰 (石英含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks including pumiceous one, lapilli and ash (quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene-andesite to dacite)	Sa	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite lava
Mi	石英含有単斜輝石直方輝石デイサイト溶岩 Quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene dacite lava	EsHD3	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)
Ed	石英含有単斜輝石直方輝石デイサイト溶岩 Quartz-bearing clinopyroxene-orthopyroxene dacite lava	Na	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite lava
EsHD1	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩~デイサイト) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite to dacite)	EsHD4	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)
EsHD1DB	火山岩塊, 火山礫及び火山灰 (石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩) Volcanic blocks, lapilli and ash (quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite)	Ka	角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava
Sk	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava		
Td	石英角閃石含有単斜輝石直方輝石安山岩溶岩 Quartz-hornblende-bearing clinopyroxene-orthopyroxene andesite lava		

※三浦ほか(2022)によれば、当該堆積物については、火砕流堆積物を含むとされている。

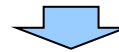
横津岳及び恵山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

恵山の火山噴出物の分布範囲
(三浦ほか(2022) に加筆)

④-1 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない13火山について、新しい火口の開口及び地殻変動が敷地に影響を与える可能性を評価する。
- 原子力発電所の火山影響評価ガイドによれば、新たな火口が開口した過去の事例では、ほとんどの火山では新たな火口の開口は火山の噴出中心から半径20kmの範囲にとどまっているとされていることから、敷地から最も近いニセコ・雷電火山群（敷地からの距離約20km）及び隣接する羊蹄山（敷地からの距離約34km）について、新しい火口の開口が敷地に影響を与える可能性を評価する。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山以外の11火山については、敷地からの距離が最も近いものでも尻別岳の約44kmであり、敷地から十分な距離があることから、新しい火口の開口が敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価される。
- また、同ガイドによれば、設計基準を超える可能性のある地殻変動は、新しい火口の開口に伴って引き起こされるとされていることから、地殻変動も新しい火口の開口に伴うものとして、併せて評価する。
- 下鶴ほか編（2008）によれば、低周波地震はマグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多いとされており、青木（2016）によれば、マグマだまりにマグマが注入されると、マグマだまりが増圧し山体は膨張（地殻変動）するとされている。
- このため、これら二つの火山事象の評価に当たっては、以下の状況を確認する。
 - ・ニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山における火山活動状況（地震活動、地殻変動及び気象庁「火山活動解説資料」）
 - ・敷地付近における地震活動の状況



【地震活動】

- ニセコ・雷電火山群のうちイワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に認められる低周波地震を含む地震活動が、敷地方向に移動する状況は認められない。
- 敷地付近には低周波地震が認められない。

【地殻変動】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地殻変動は、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動及び周辺の地震による余効変動等は認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。

【気象庁「火山活動解説資料」】

- 近年では、イワオヌプリ及び羊蹄山には「噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められない」とされている。



- 以下の状況から、新しい火口の開口及びそれに伴う地殻変動が運用期間中に発生し、敷地に影響を与える可能性は、十分小さいと評価される。
 - ・敷地に最も近いニセコ・雷電火山群及び羊蹄山における火山活動状況に変化が認められない
 - ・敷地付近には低周波地震が認められない
 - ・ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山以外の11火山は、敷地から十分な距離がある

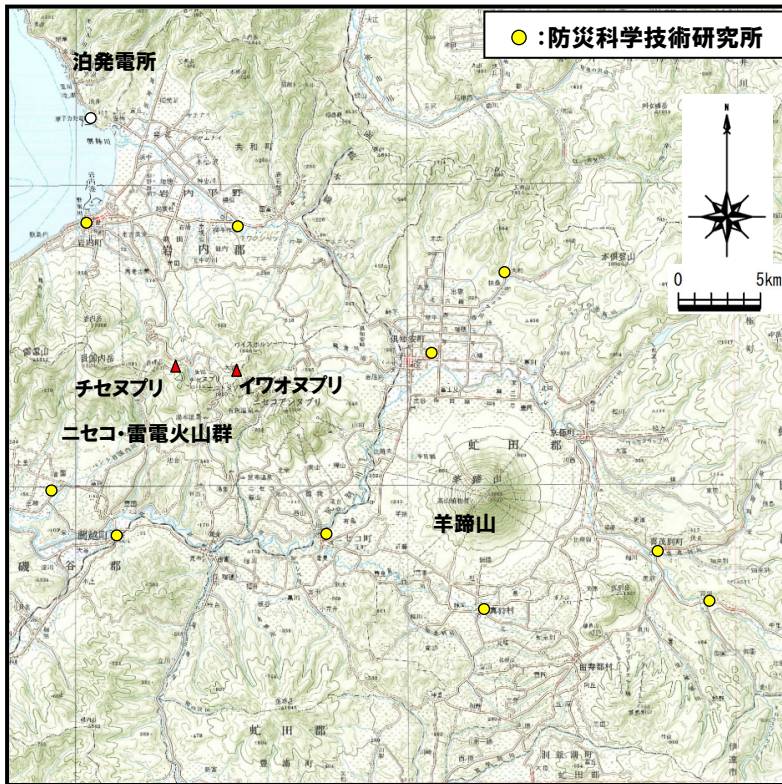
④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地震活動) (1/5)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【気象庁編 (2013)】

○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺には、公的機関の地震計が設置されている。

- 「日本活火山総覧 (第4版)」(気象庁編, 2013)に地震活動及び深部低周波地震活動の時空間分布が取りまとめられている。
- 地震活動は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺の浅部に散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 低周波地震活動は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
- 地震活動及び低周波地震活動は、規模及び位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震計位置図
(「日本活火山総覧 (第4版)」に基づき作成)

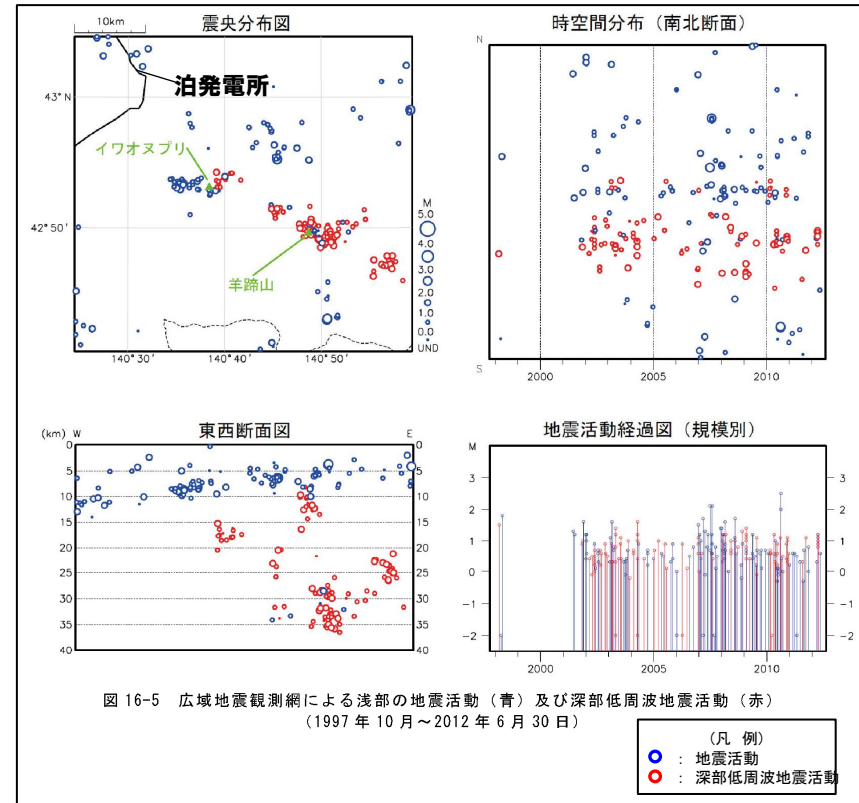


図 16-5 広域地震観測網による浅部の地震活動 (青) 及び深部低周波地震活動 (赤)
(1997年10月～2012年6月30日)

ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動
(1997年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧 (第4版)」に加筆)

④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地震活動)(2/5)

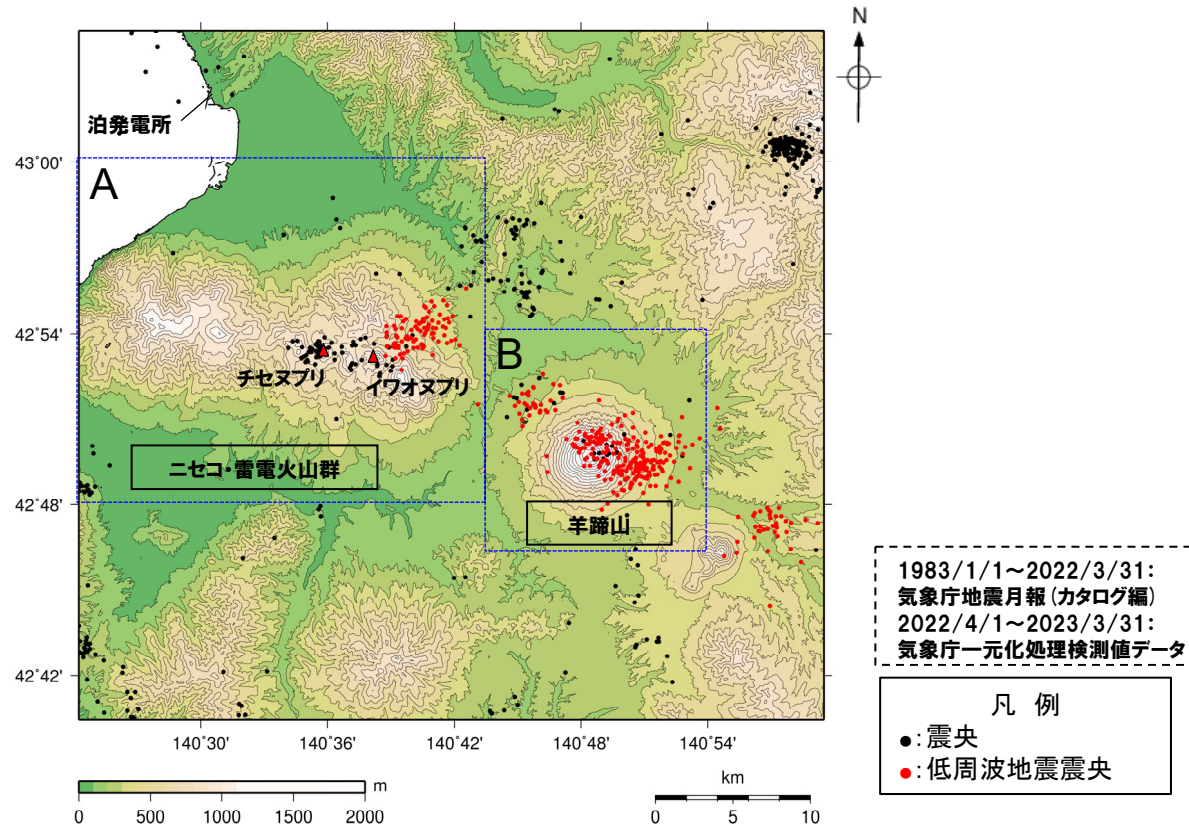
一部修正(H25/11/13審査会合)

【気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ】

○過去約40年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月~2022年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2022年4月~2023年3月)を使用した。



- 震央の分布は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 低周波地震震央の分布は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。



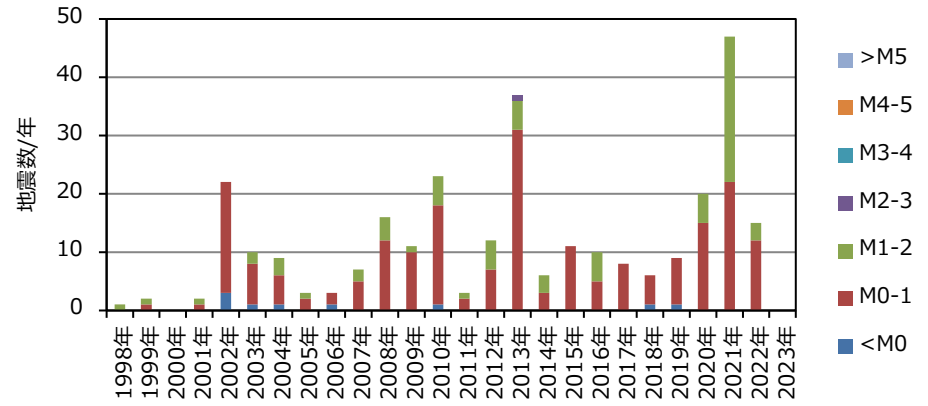
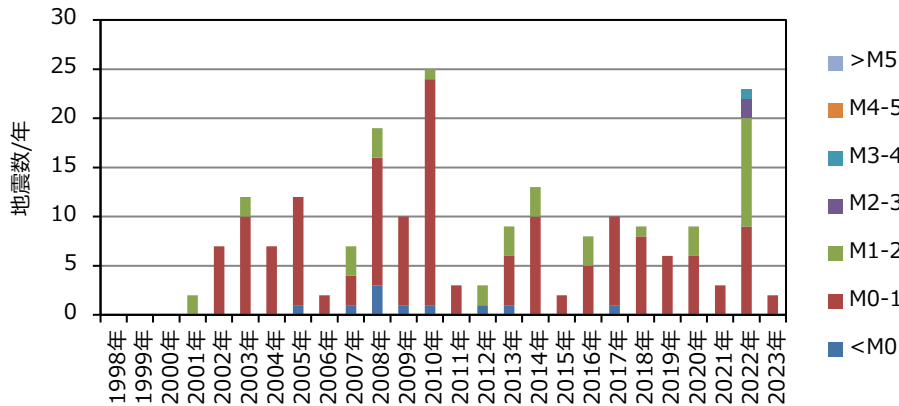
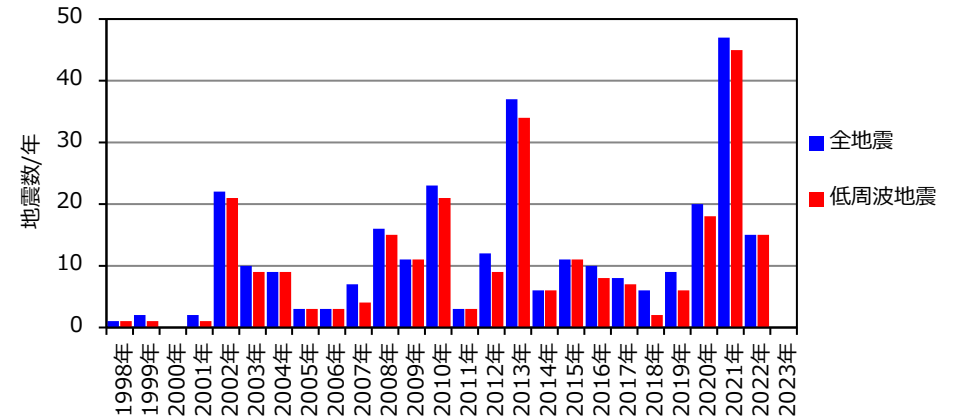
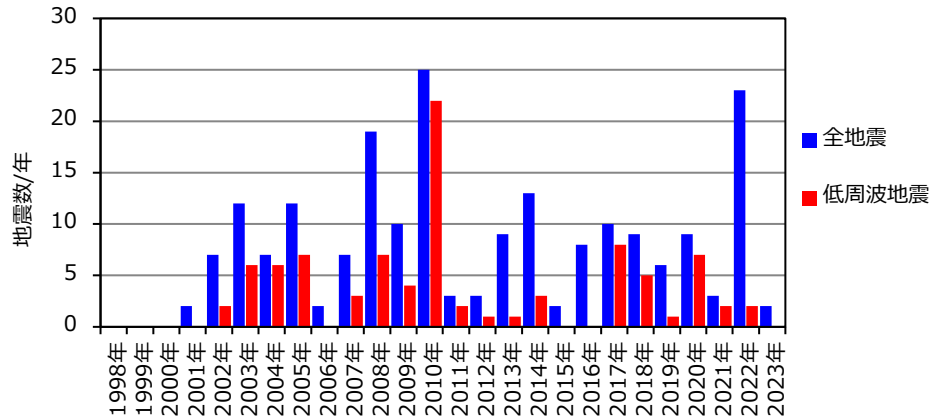
ニセコ・雷電火山群, 羊蹄山周辺の震央分布図*

(1983年1月1日~2023年3月31日の記録, 深さ40km以浅)

※北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから, 2001年10月前後でデータ精度が異なる。

④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地震活動) (3/5)

一部修正 (H25/11/13審査会合)



領域A (ニセコ・雷電火山群周辺)における地震発生数の年別時間変化^{※1, 2}
(1998年～2023年, 深さ40km以浅)

領域B (羊蹄山周辺)における地震発生数の年別時間変化^{※1, 2}
(1998年～2023年, 深さ40km以浅)

※1 北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから、2001年10月前後でデータ精度が異なる。
 ※2 2023年は1月1日～3月31日のデータを掲載。

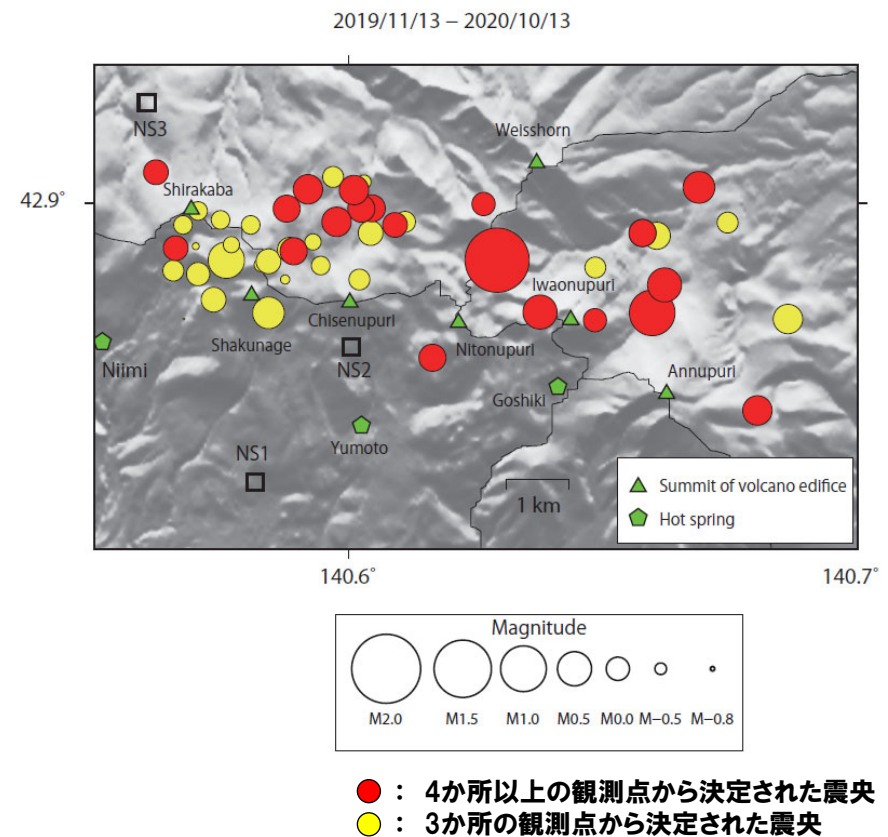
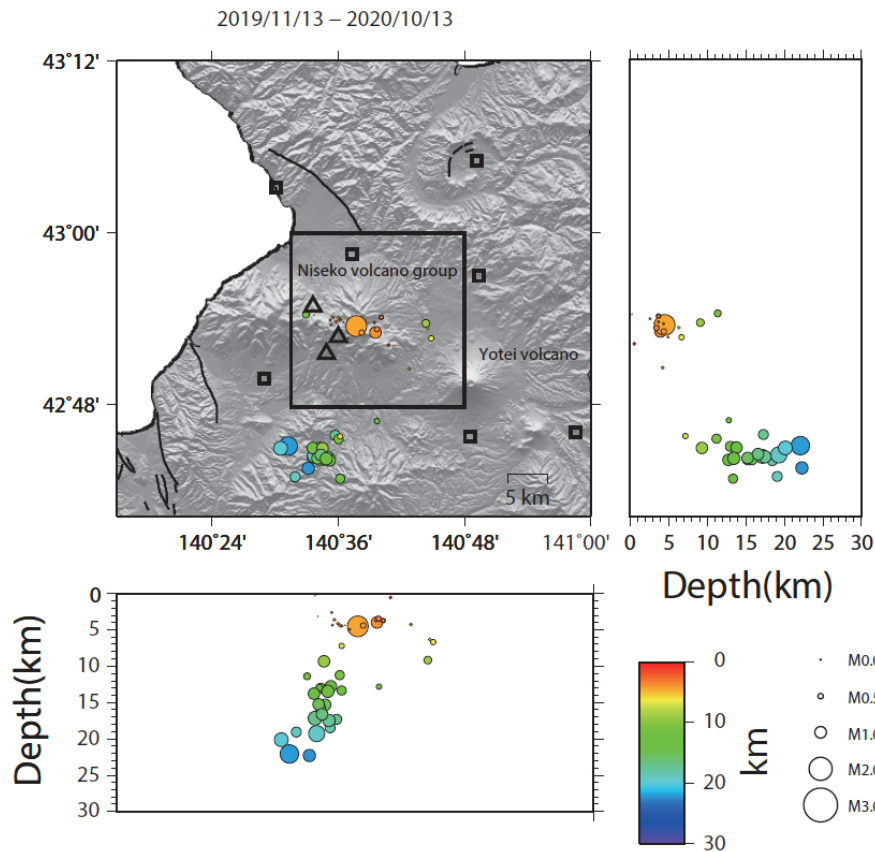
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地震活動) (4/5)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【一柳ほか(2021)】

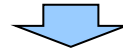
○一柳ほか(2021)によれば、2019年11月～2020年10月間の臨時地震観測を基に、ニセコ火山群の山体と平行な東西方向に震源が分布するとされている。また、マグニチュード1以上の相対的に大きな地震はニトヌプリ・イワオヌプリ周辺で発生し、相対的にマグニチュードの小さい地震は白樺岳・シャクナゲ岳・チセヌプリ付近で発生しているとされている。



④-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地震活動)(5/5)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 火山性地震のうち低周波地震については、下鶴ほか編(2008)によれば、マグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多いとされている。このため、低周波地震がマグマの移動・上昇等の活動を示す場合があると考えられることから、敷地を含むニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の低周波地震の時空間分布を確認した。
- ・確認に当たっては、公的機関の観測結果を取りまとめた気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」, 気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月~2020年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2020年4月~2021年9月)並びに一柳ほか(2021)による臨時地震観測データを用いた。
- 確認結果は以下のとおり(下線部は低周波地震に関する事項)。
- (気象庁, 2013)(P117参照)
- ・地震活動は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺の浅部に散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
 - ・低周波地震活動は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
 - ・地震活動及び低周波地震活動は、規模及び位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- (気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)(P118~P119参照)
- ・震央の分布は、チセヌプリからイワオヌプリにかけて及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
 - ・低周波地震震央の分布は、イワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
- (一柳ほか, 2021)(P120参照)
- ・一柳ほか(2021)によれば、2019年11月~2020年10月間の臨時地震観測を基に、ニセコ火山群の山体と平行な東西方向に震源が分布するとされている。また、マグニチュード1以上の相対的に大きな地震はニトヌプリ・イワオヌプリ周辺で発生し、相対的にマグニチュードの小さい地震は白樺岳・シャクナゲ岳・チセヌプリ付近で発生しているとされている。



- ニセコ・雷電火山群のうちイワオヌプリ北東部及び羊蹄山周辺に認められる低周波地震を含む地震活動が、敷地方向に移動する状況は認められない。
- 敷地付近には低周波地震が認められない。

4. 1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

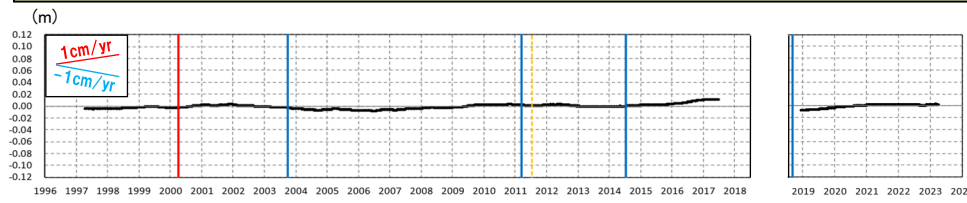
④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地殻変動) (1/5)

【上下変動】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の4基準点 (京極※1, 共和, 寿都及び蘭越) について, F5解を使用し, 各電子基準点設置以降から2023年3月までの上下変動を示す。
- 固定局は, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山と同様に東北日本弧延長部に位置し, 第四紀火山から距離があること等を踏まえ, 小樽1地点とした。
- 季節変化に伴う影響 (気象条件に関するノイズ, 電子基準点周辺の樹木の生長等) を除去するために, 各基準点の上下変動について1年間の移動平均グラフを作成した。

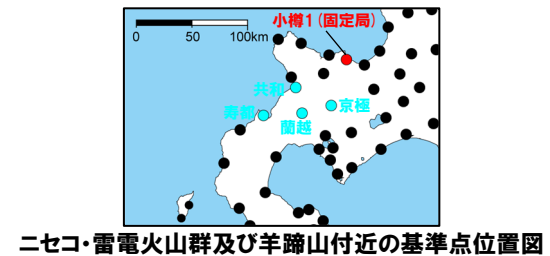


○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の上下変動は, 一部基線において, プレート間固着効果等による定常的な隆起及び1993年北海道南西沖地震の余効変動 (補足説明資料6章参照) に伴うと考えられる隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ, これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。

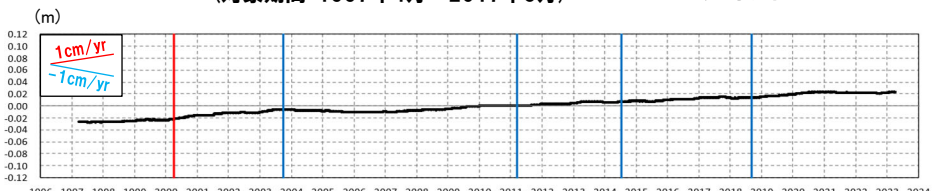


小樽1-京極※1間の比高変化 (対象期間:1997年4月~2017年6月)

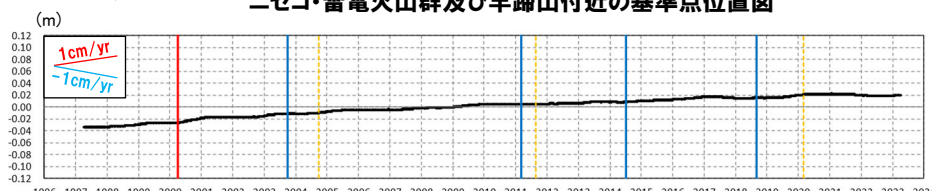
小樽1-京極A※1間の比高変化 (対象期間:2018年12月~2023年3月)



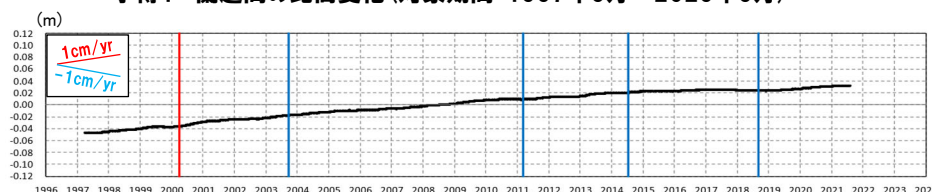
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の基準点位置図



小樽1-蘭越間の比高変化 (対象期間:1997年3月~2023年3月)



小樽1-共和間の比高変化 (対象期間:1997年4月~2023年3月)



小樽1-寿都間の比高変化 (対象期間:1997年3月~2021年7月※2)

- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部地震
- - - 伐木

※1 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し, 同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから, 2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。

※2 電子基準点「寿都」の運用期間は2021年7月に終了している。

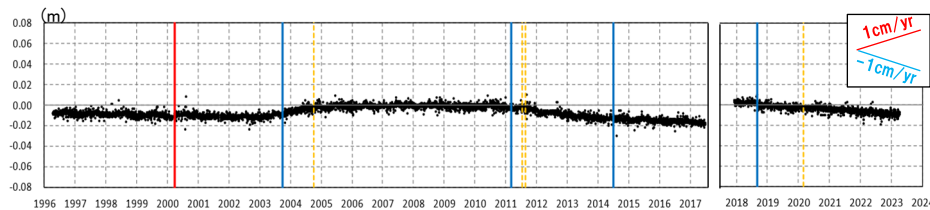
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (地殻変動) (2/5)

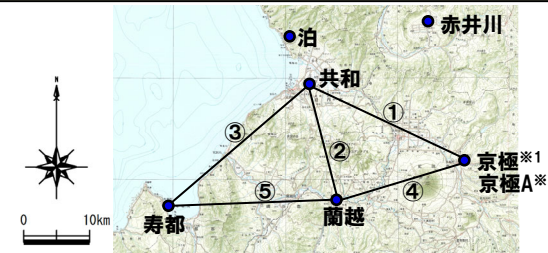
【基線長変化】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の4基準点(京極※1, 共和, 寿都及び蘭越)を結んだ5基線について, F5解を使用し, 各電子基準点設置以降から2023年3月までとしたの基線長変化を示す。
- 噴火, 地震, 伐木イベント等による不連続を除去するため, 右下黒枠内に示すイベントについて, イベント前後7日間の平均値を基に不連続を除去する補正を実施した。

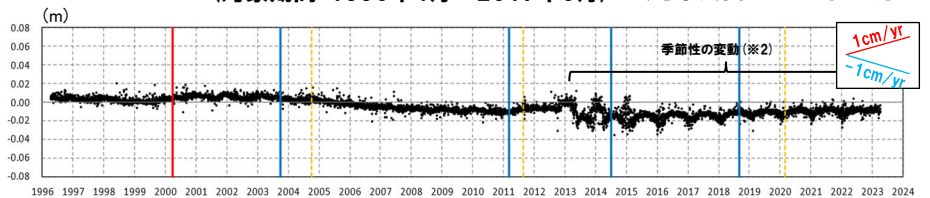
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の基線長変化は, 一部基線において, プレート間固着効果等による定常的な基線の伸びに加え, 1993年北海道南西沖地震及び2003年十勝沖地震の余効変動(補足説明資料6章参照)に伴う基線の伸びが認められるが, これ以外に継続的かつ顕著な膨脹又は収縮傾向は認められない。



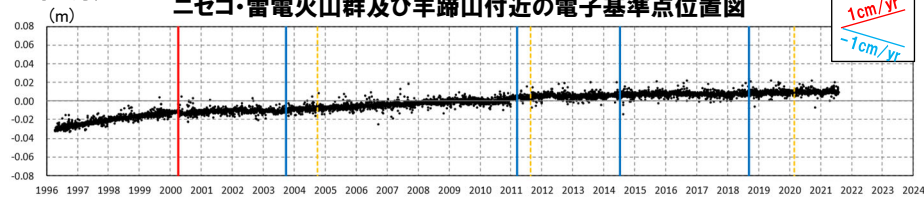
① 共和-京極間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2017年6月) ①' 共和-京極A間の基線長変化 (対象期間: 2017年12月~2023年3月)



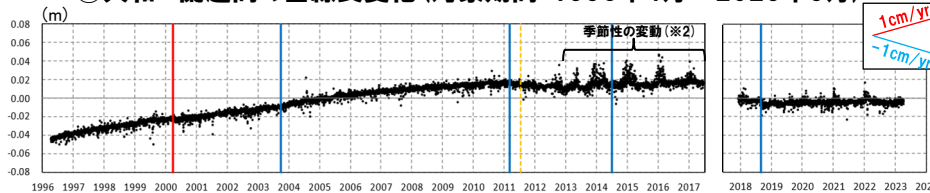
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山付近の電子基準点位置図



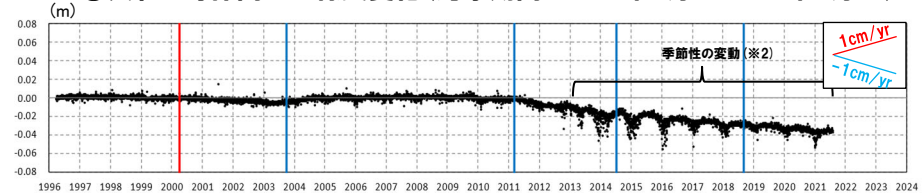
② 共和-蘭越間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2023年3月)



③ 共和-寿都間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2021年7月※3)



④ 京極-蘭越間の基線長変化 (対象期間: 1996年4月~2017年6月) ④' 京極A-蘭越間の基線長変化 (対象期間: 2017年12月~2023年3月)



⑤ 蘭越-寿都間の基線長変化 (対象期間: 1996年3月~2021年7月※3)

※1 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し, 同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから, 2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。
 ※2 2013年頃から季節性的変動(1年周期で膨脹又は収縮を繰り返す変動)と考えられるノイズが生じており, ⑤蘭越-寿都間では, 同じく2013年頃から基線の縮みが認められる。詳しい原因は不明であるが, 電子基準点「蘭越」の周辺において, 樹木の影や人口構造物の影響が生じている可能性がある。
 ※3 電子基準点「寿都」の運用期間は2021年7月に終了している。

補正対象イベント

- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部地震
- 伐木

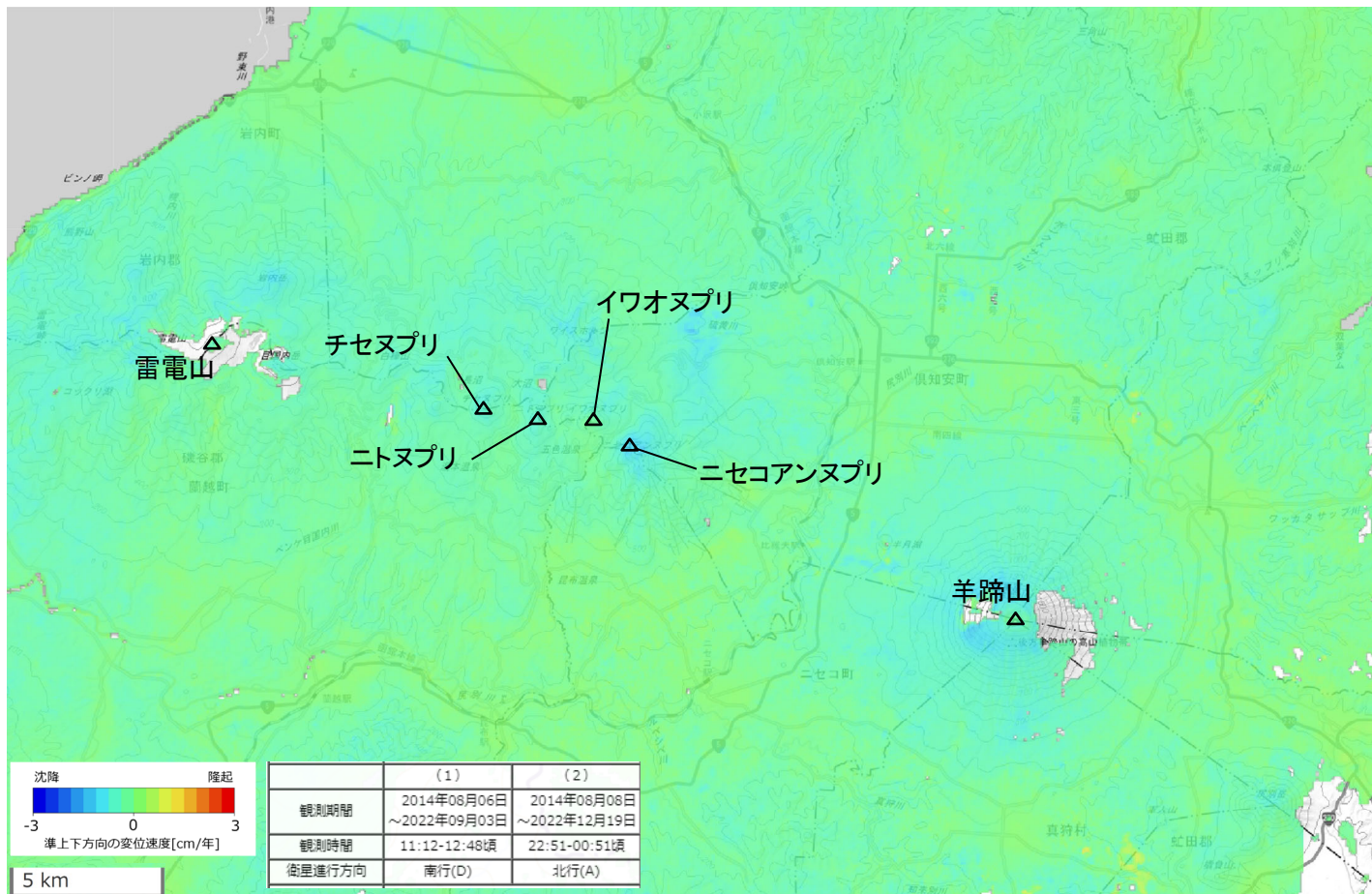
④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動)(3/5)

再掲(R5/1/20審査会合)

【干渉SAR時系列解析(最新版)】

○2014年8月から2022年12月を対象とした干渉SAR時系列解析(国土地理院, 2023)※によれば, ニセコ・雷電火山群規模及び羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。

※国土地理院では, 宇宙航空研究開発機構(JAXA)が運用する衛星「だいち2号(ALOS-2)」のSARデータを使用し, 地表変動の監視を行っている。2023年3月に日本全域の干渉SAR時系列解析結果をHP上で公表した。ここで示す干渉SAR時系列解析結果は大規模な地震に伴う地殻・地盤変動及びプレート運動等に伴う広い範囲に生じる地殻変動は除去されている。



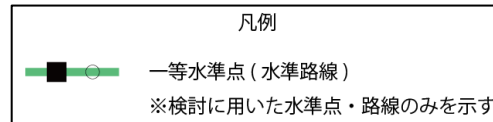
ニセコ・雷電火山群周辺及び羊蹄山周辺における2014-2022年間の干渉SAR時系列解析結果
(準上下成分の変位速度)(国土地理院(2023)に加筆)

④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動) (4/5)

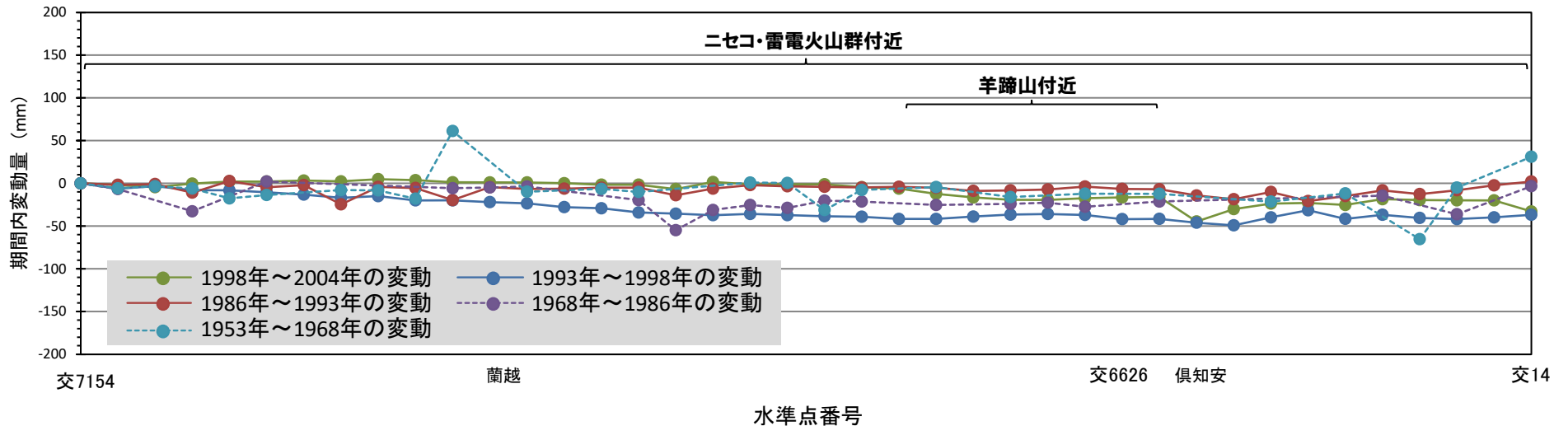
再掲 (R3/10/14審査会合)

【水準測量】

- 過去約50年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 当該検測成果集録においては、ニセコ・雷電火山群規模及び羊蹄山規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。



水準路線



水準路線(水準点番号:交7154-交14)沿いの期間内変動量(固定点:交7154)

④-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価(地殻変動)(5/5)

一部修正(H25/12/18審査会合)

○地殻変動については、青木(2016)によれば、マグマだまりにマグマが注入されると、マグマだまりが増圧し山体は膨張するとされている。このため、地殻変動がマグマの移動・上昇等の活動を示す場合があると考えられることから、ニセコ・雷電火山群規模又は羊蹄山規模の地殻変動の状況を確認するため、電子基準点等のデータを整理した。

【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】(P122~P123参照)

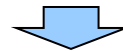
- ニセコ・雷電火山群又は羊蹄山付近の上下変動は、一部基線において、プレート間固着効果等による定常的な隆起及び1993年北海道南西沖地震の余効変動に伴うと考えられる隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ、これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。
- ニセコ・雷電火山群又は羊蹄山付近の基線長変化は、一部基線において、プレート間固着効果等による定常的な基線の伸びに加え、1993年北海道南西沖地震及び2003年十勝沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。

【地殻変動(干渉SAR)】(P124参照)

- ニセコ・雷電火山群規模又は羊蹄山規模の顕著な地殻変動は認められない。

【地殻変動(水準測量)】(P125参照)

- 国土地理院一等水準点検測成果集録においては、ニセコ・雷電火山群規模及び羊蹄山規模の顕著な隆起又は沈降は認められない。



○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地殻変動は、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動及び周辺の地震による余効変動等は認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。

④-4 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (気象庁「火山活動解説資料」) (1/2)

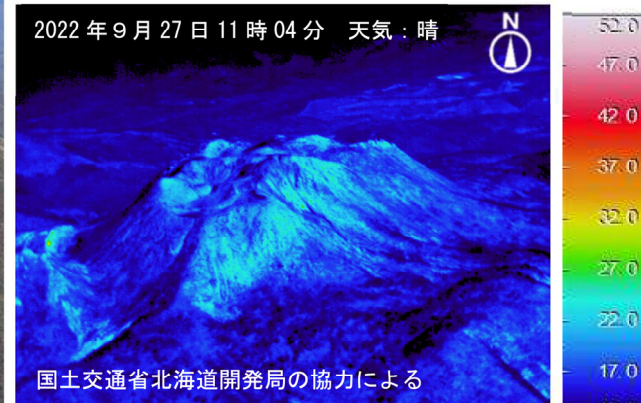
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【ニセコ・雷電火山群】

- 気象庁では、ニセコ・雷電火山群のうち最新の火山活動が起こっているイワオヌプリについて、平成16年から不定期に、火山活動解説資料を報告している。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、イワオヌプリには「噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められない」とされている。



2022年9月27日
国土交通省北海道開発局の協力による
イワオヌプリに噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)



2022年9月27日 11時04分 天気:晴
国土交通省北海道開発局の協力による
イワオヌプリに地熱域は認められない
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

イワオヌプリに関する火山活動解説資料 (気象庁HP) を整理した表

年	月	気象庁の見解 (火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H19	5	噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19. 12. 11に噴火予報 (正常) を発表
	6	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H26	9	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測	
H27	7	噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測	
H28	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H29	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R1	8	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R4	9	噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	

④-4 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価 (気象庁「火山活動解説資料」) (2/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【羊蹄山】

- 気象庁では、羊蹄山について、平成16年から不定期に、火山活動解説資料を報告している。
- 調査項目は、山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測である。
- 近年では、羊蹄山には「噴気や地熱域は認められず、噴火の兆候は認められない」とされている。



羊蹄山に噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)

羊蹄山に地熱域は認められない
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

羊蹄山に関する火山活動解説資料 (気象庁HP) を整理した表

年	月	気象庁の見解 (火山活動)	調査項目	備考
H16	5	噴気は認められない。	上空からの観測	
H18	7	噴気は認められず、火山活動は静穏な状況。前回観測時と比べて、火口の地形等の状況に変化はなし。	上空からの観測	
H19	5	噴気や地熱域は認められず、火山活動は静穏な状況。前回観測時と比べて、火口の地形等の状況に変化はなし。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H20	6	噴気, 地熱域, 地形変化は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	H19. 12. 1に噴火予報 (正常) を発表
H23	7	噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H24	3	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	
H27	7	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測	
H28	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
H29	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R1	8	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	
R4	9	噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。	上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測	

余白

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 44
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 68
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 72
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 78
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 86
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 90
4.2 巨大噴火の可能性評価	P. 132
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	P. 134
4.2.2 支笏カルデラの評価	P. 140
4.2.3 洞爺カルデラの評価	P. 182
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	P. 223
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	P. 228
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象の影響評価	P. 236
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 239
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P. 239
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P. 252
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P.
6. 火山活動のモニタリング	P.
7. 火山影響評価のまとめ	P. 266
参考文献	P. 271

以下項目については、今後説明予定

- ・「5.1.2 降下火砕物シミュレーション」のうち解析結果
- ・「5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚」
- ・「5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価」
- ・「6. 火山活動のモニタリング」

余白

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ(1/2)

一部修正(R5/1/20審査会合)

立地評価

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

3.1 地理的領域にある第四紀火山

○地理的領域にある第四紀火山については、文献調査に基づき32火山を抽出。

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及び2章参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山、ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山

○将来の活動可能性が否定できない火山
6火山

ホロホロ・徳舜誓、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳

○将来の活動可能性が十分に小さい火山
19火山

13火山

(次頁へ続く)

4.2 巨大噴火の可能性評価

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ(2/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

立地評価

4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価

13火山 ←

活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施(補足説明資料1章及び2章参照)。

4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

【溶岩流、岩屑なだれ・地滑り及び斜面崩壊、新しい火口の開口及び地殻変動】

○13火山について、各火山事象の影響範囲と敷地から各火山までの距離等について検討した結果、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性は十分小さいと評価。

【火砕物密度流】

○洞爺カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う洞爺火砕流が敷地に到達した可能性を否定できない。

・詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で、敷地への到達可能性を評価する。

○支笏カルデラについては、過去最大規模の噴火(巨大噴火)に伴う支笏火砕流が敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

・洞爺カルデラと同様に、火砕流堆積物が広範囲に分布すること等から、詳細な調査・検討として、4.2章で運用期間中における巨大噴火の可能性評価を実施した上で、4.3章で当該結果を踏まえた、敷地への到達可能性評価も実施する。

○他の10火山については、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離、敷地から各火山までの距離について検討した結果、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○ニセコ・雷電火山群については、ニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)が敷地近傍に認められるが、敷地には到達していないと判断されることから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

・火砕流堆積物が敷地近傍に認められることから、念のため、4.4章で地下構造についても確認する。

支笏カルデラ

洞爺カルデラ

ニセコ・雷電火山群

4.2 巨大噴火の可能性評価

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

○過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ及び洞爺カルデラについては、活動履歴及び地球物理学的調査(地下構造(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)、火山性地震及び地殻変動)により、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

4.2.2 支笏カルデラの評価

○支笏カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

4.2.3 洞爺カルデラの評価

○洞爺カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価。

支笏カルデラ

洞爺カルデラ

4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価

○洞爺カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

○支笏カルデラについては、最後の巨大噴火以降の噴火に伴う火砕流を含む火山噴出物が敷地に到達していないことから、巨大噴火の可能性評価の結果を踏まえても、火砕流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価。

4.4 ニセコ・雷電火山群の評価

○地下構造について確認した結果、複数の文献において現在の活動中心はイフオヌプリであるとされていることと調和的な状況にあると判断。

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

【評価方法】(1/2)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

- 支笏カルデラ及び洞爺カルデラについて、運用期間中における巨大噴火*の可能性が十分小さいことを評価するため、以下を実施する。
 - ・巨大噴火が差し迫った状態ではないことを総合的に評価するための活動履歴及び地球物理学的調査に関する検討
 - ・運用期間中における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を確認するための網羅的な文献調査
- このうち、巨大噴火が差し迫った状態ではないことの評価に用いる活動履歴及び地球物理学的調査については、下記に示す観点から検討を実施する。

【活動履歴】

- 現在の活動状況を把握するため、巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討を実施する。

【地球物理学的調査】

- マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施する。
- マグマの移動・上昇、集積等の活動の有無を把握するため、火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施する。

- これらの検討を実施するに当たり、まず、下司(2016)及び東宮(2016)をレビューすることで、以下の通り対象とするマグマ溜まりの規模、深度等を明確にした(P136～P138参照)。
- 巨大噴火を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、上部地殻内(約20km以浅)のうち、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、部分熔融によるメルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、集積等といった地殻全体に広がる巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。
- このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目する。

(次頁へ続く)

※原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされており、当社は巨大噴火における噴出物体積を20km³以上としている。

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

【評価方法】(2/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)

- 地球物理学的調査のうち、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)については、下司(2016)及び東宮(2016)のレビュー結果を踏まえ、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無に着目し、以下を確認する。
 - ・地震波速度構造については、Nakajima et al.(2001)及び中道(2022)を踏まえると(詳細は補足説明資料6章参照)、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ高Vp/Vs領域は、メルトによるものとする方が適当であることから、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認する。
また、あわせて低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。
 - ・比抵抗構造については、後藤・三ヶ田(2008)によれば、比抵抗は岩石中の伝導性物質の量に依存し、間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物は高い導電性(低比抵抗)を示すとされている。このため、低比抵抗領域の有無を確認する。
 - ・重力異常については、下鶴ほか編(2008)によれば、重力異常から地下密度構造を求めることができ、周辺の地殻に比べて火山の下に何らかの質量欠損があるか、過剰があるかは火山の地下構造を論ずるうえで重要であるとされていることから、重力異常を踏まえた地下構造に関して考察している文献について確認する。

- 地球物理学的調査のうち、火山性地震(低周波地震)及び地殻変動については、下司(2016)及び東宮(2016)のレビュー結果を踏まえ、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目し、以下を確認する。
 - ・火山性地震のうち低周波地震については、下鶴ほか編(2008)によれば、マグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多いとされている。このため、低周波地震の時空間分布を確認した上で、低周波地震群の有無を確認する。
 - ・地殻変動については、青木(2016)によれば、マグマ溜まりにマグマが注入されると、マグマ溜まりが増圧し山体は膨張するとされている。このことから、電子基準点等のデータを整理した上で、継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認する。

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

文献(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ:下司(2016)及び東宮(2016)(1/3))

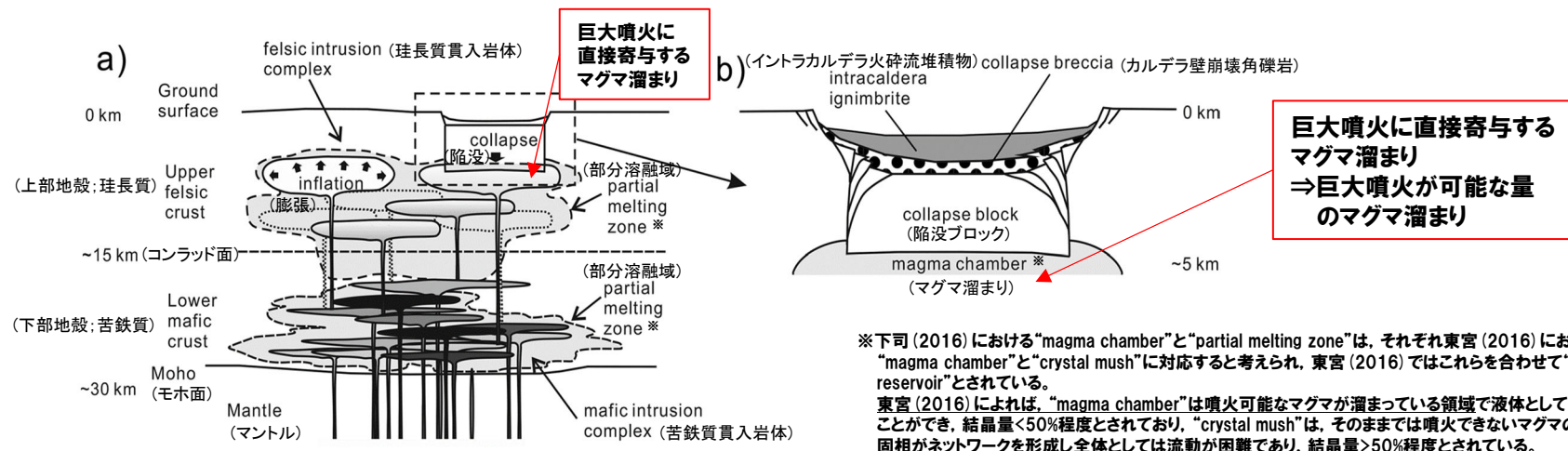
一部修正(R3/10/14審査会合)

【下司(2016)】

○巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージについて整理されている下司(2016)をレビューした。

- ・下司(2016)によれば、大規模噴火を発生させるためには地殻内部に多量のマグマを溶融状態で貯留する、すなわち地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要があるとされている。
- ・珪長質マグマの移動・集積に要するタイムスケールを考えると、数10~100km³の珪長質マグマを噴火期間中に生成・集積させながら噴出させることは不可能である。したがって、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されている。
- ・大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像は、マンツルの部分溶融による苦鉄質マグマの生成、下部地殻に貫入した苦鉄質マグマの結晶分化作用や周辺の下部地殻物質の部分溶融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、あるいは異なる組成のマグマの混合といった現象が起こる、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されている。
- ・物理探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、このような部分溶融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられるとされている。
- ・大規模噴火の多くは流紋岩組成のマグマが噴出していることから、そのマグマ溜まりは深さ数km程度の浅所に貫入しているものと考えられるとされている。
- ・陥没カルデラの構造は陥没ブロックがその中に沈降し得る広がりを持つだけの大きさを持つ単一のマグマ溜まりの存在を示唆するとされている。

(次頁へ続く)



大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像 (a) 珪長質マグマ供給系 (b) 陥没カルデラの浅部構造 (下司(2016)に加筆)

4. 2. 1 巨大噴火の可能性評価方法

文献(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司(2016) 及び東宮(2016) (2/3))

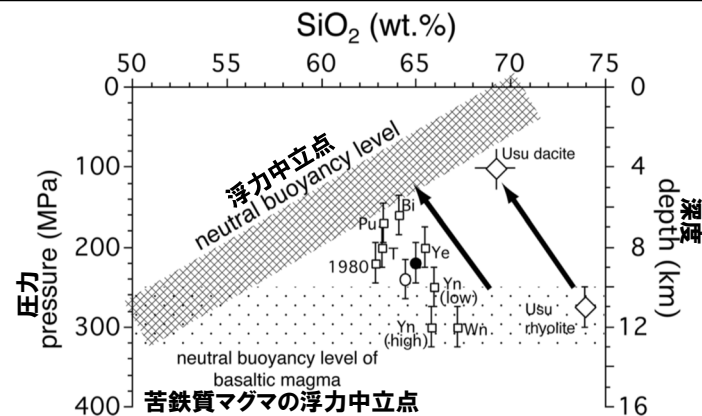
再掲(R5/10/6審査会合)

(前頁からの続き)

【東宮(2016)】

○マグマ溜まりの定置条件について記載された文献を整理している東宮(2016)をレビューした。

- ・マグマ溜まりがどのくらいの温度・圧力(深さ)であるかについては、多くの実験岩石学的研究があるとされている。
- ・また、メルト包有物の揮発性成分濃度と溶解度から飽和圧力を求めて推定した例も多い。鉱物組成の圧力依存性を利用した地質圧力計もあり、角閃石中のAlを使ったものが有名であるとされている。
- ・上記のような岩石学的手法で求まるのは、基本的に噴火直前にマグマが溜まっていた条件(pre-eruptive conditions)であるとされている。
- ・島弧火山の場合、100~300MPa前後、深さにして4~12km程度に求まっていることが多い。ただし、300MPa以上のデータがあまりないのは、300~1,000MPa(中部~下部地殻条件)の実験ができるガス圧装置が少ないことによるバイアスである可能性もあるとされている。
- ・マグマ溜まりがなぜその深さに存在するかについては、浮力中立で説明されることが従来多かった。つまり、マグマの密度と周辺地殻の密度が釣り合うような深さでマグマが定置する、というものである。しかし、実際にはそう単純でないとされている。
- ・たとえば有珠火山の場合、1663年流紋岩の高温高压融解相平衡実験に基づき、主マグマ溜まりの圧力は250MPa、深さにして約10kmと求められた。この深さは、流紋岩マグマの浮力中立点としては深過ぎるもので、むしろ1663年噴火直前に流紋岩マグマ溜まりへと注入した苦鉄質マグマの浮力中立点に相当するものであるとされている。
- ・このことから、深さ10kmは苦鉄質マグマ溜まりの浮力中立点であり、流紋岩マグマはこの場で生成し、ある期間そこに留まっていたのだと考えられたとされている。
- ・一方、有珠火山で1663年より後に噴出したデイサイトマグマの圧力は100MPa、深さにして4-5kmと求まり、浮力中立点として矛盾しない。つまり、密度の小さい珪長質マグマが、深部で生成したあと、(苦鉄質マグマの注入などにより組成をやや苦鉄質に変化させながら)浮力中立となる浅部に移動したことになるかとされている。



揮発性成分濃度から推定した珪長質マグマ溜まりの深度(東宮(2016)に追記)

↓ (次頁へ続く)

4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法

文献(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ:下司(2016)及び東宮(2016)(3/3))

一部修正(R3/10/14審査会合)

(前頁からの続き)



- 巨大噴火※を発生させるためには、巨大噴火が可能な量の珪長質なマグマ溜まりが、上部地殻内(約20km以浅)のうち、深度約10km程度以浅に形成されることが必要であり、また、そのマグマ溜まりの周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- さらにマグマ溜まり及びその周囲に分布する部分熔融域は、部分熔融によるメルトの生成、発生したメルトの分離・上昇、集積等といった地殻全体に広がる巨大なマグマシステムを構成する一部であり、巨大なマグマシステムはカルデラを超える範囲に広がっているものと考えられる。
- このため、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの有無及び大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動の有無に着目する。
- なお、上部地殻と下部地殻の境界面(コンラッド面)の深度は、下司(2016)において、15km以浅として示されているが、Zhao(1992)においては、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ周辺におけるコンラッド面は、深度約20kmとして示されていることから、上部地殻を約20km以浅として取り扱う。

※原子力発電所の火山影響評価ガイドにおいては、巨大噴火について、「地下のマグマが一気に地上に噴出し、大量の火砕流となるような噴火であり、その規模として噴出物の量が数10km³程度を超えるようなもの」とされており、当社は巨大噴火における噴出物体積を20km³以上としている。

余白

1. 指摘事項及び回答概要	P. 4
2. 火山影響評価の概要	P. 44
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 68
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 72
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 78
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 86
4.1 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 90
4.2 巨大噴火の可能性評価	P. 132
4.2.1 巨大噴火の可能性評価方法	P. 134
4.2.2 支笏カルデラの評価	P. 140
4.2.3 洞爺カルデラの評価	P. 182
4.3 最後の巨大噴火以降の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象の到達可能性評価	P. 223
4.4 ニセコ・雷電火山群の評価	P. 228
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への影響評価	P. 236
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 239
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認された降下火砕物の調査	P. 239
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P. 252
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	P. 266
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P. 271
6. 火山活動のモニタリング	
7. 火山影響評価のまとめ	
参考文献	

・本章の説明内容

【評価結果】支笏カルデラの巨大噴火の可能性評価

① 活動履歴

②-1 地球物理学的調査 (地下構造:まとめ)

②-2 地球物理学的調査 (地下構造:地震波速度構造)

②-3 地球物理学的調査 (地下構造:比抵抗構造)

②-4 地球物理学的調査 (地下構造:重力異常)

②-5 地球物理学的調査 (火山性地震及び地殻変動:まとめ)

②-6 地球物理学的調査 (火山性地震)

②-7 地球物理学的調査 (地殻変動)

(参考) 樽前山火山防災協議会 (2022)

以下項目については、今後説明予定

・「5.1.2 降下火砕物シミュレーション」のうち解析結果

・「5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚」

・「5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価」

・「6. 火山活動のモニタリング」

余白

4.2.2 支笏カルデラの評価

【評価結果】支笏カルデラの巨大噴火の可能性評価(1/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 支笏カルデラの現在の活動状況は、以下の検討結果(詳細は次頁表参照)を総合的に踏まえると、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価される。
 - ・活動履歴を踏まえると、現在の支笏カルデラは、珪長質な組成ではなく、地温も低いことに加え、噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえると、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。
 - ・地球物理学的調査のうち、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を踏まえると、上部地殻内において、現状、深度約10km程度以浅には、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いと判断される。
 - ・地球物理学的調査のうち、火山性地震(低周波地震)及び地殻変動を踏まえると、現状、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。
- また、網羅的な文献調査の結果、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※ことから、運用期間中における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は得られていない。
- これらのことから、支笏カルデラの運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価される。

※現状想定されている噴火規模について、参考としてP181に示す。

4.2.2 支笏カルデラの評価

【評価結果】支笏カルデラの巨大噴火の可能性評価(2/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

検討項目	検討結果	該当頁
①活動履歴	<p>○支笏カルデラでは、約4万年前に、噴出物体積にして350~390km³の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。</p> <p>○このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、現在の活動状況を判断することは難しい。</p> <p>○巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山は、複数回の活動が認められ、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であり、巨大噴火による噴出物(Sp-1)の噴出物体積に比べ、十分小さいことから、現在の支笏カルデラは、比較的静穏な活動下にあるものと推定される。</p> <p>○Sp-1に比べ、後カルデラ火山の噴出物のSiO₂重量比は低く、珪長質ではない。</p> <p>○Sp-1噴出時にマグマが存在していた深度約4~10kmの地温に比べ、現在の支笏カルデラ付近の同深度の地温は低い。</p> <p>○現在の支笏カルデラは、珪長質な組成ではなく、地温も低いことに加え、噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえると、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。</p>	<p>次頁~ P151</p>
②地下構造	<p>【地震波速度構造】</p> <p>○支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。 ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。 ・通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。 <p>【比抵抗構造】</p> <p>○文献(Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019)を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」及び上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」並びにこれらと同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。</p> <p>(地震波速度構造と比抵抗構造との比較(P162~P167参照))</p> <p>○比抵抗構造だけでは、これらの領域がメルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。 ・低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。 <p>○低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。</p> <p>○また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。</p> <p>○低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常の地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。 ・大久保ほか(1998)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600~700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。 <p>○低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。</p> <p>○このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。</p> <p>【重力異常】</p> <p>○重力異常を踏まえマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。</p> <p>○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、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いと判断される。</p>	<p>P153~ P155</p> <p>P156~ P167</p> <p>P168</p>
③火山性地震	<p>○火山性地震のうち、低周波地震活動は、恵庭岳周辺の下部地殻(約20km以深)において、低周波地震が散発的に認められるが、上部地殻には低周波地震群は認められない。</p>	<p>P170~ P174</p>
④地殻変動	<p>○地殻変動は、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動、周辺の地震による余効変動、白老町の局所的な変動等が認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。</p> <p>○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、大規模なマグマの移動・上昇、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。</p>	<p>P176~ P180</p>
<p>○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、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、集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。</p>		

地球物理学的調査

4.2.2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (1/7)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

【目的】

○現在の支笏カルデラの活動状況を把握するため、巨大噴火時の状況と現在の状況との差異について、支笏カルデラにおける巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積、噴出物の組成等の観点から検討を実施する。



【検討結果】

(巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間、噴出物の分布・体積) (P146～P149参照)

- 約4万年前にSp-1を噴出した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が $350\sim 390\text{km}^3$ (火砕流 150km^3 (マグマ体積: 80km^3 (DRE)), 降下軽石 $200\sim 240\text{km}^3$ (マグマ体積: $40\sim 48\text{km}^3$ (DRE)))とされることから (P147～P149参照)、巨大噴火に該当する。
- 約4万年前にSp-1を噴出した噴火による現在の支笏カルデラの形成以降は、いずれの後カルデラ火山に関しても、火砕流を含む火山噴出物の分布は山体近傍に限定されることから (補足説明資料P19参照)、いずれの噴火も巨大噴火に該当しない。
- 各後カルデラ火山の噴出物体積は、風不死岳の総和が 10.2km^3 * (マグマ体積: 8.4km^3 (DRE)), 恵庭岳の総和が 14.6km^3 * (マグマ体積: 11.1km^3 (DRE)), 樽前山の最大のもので 6.28km^3 (溶岩ドーム)である。
- なお、約6万年前の噴火により噴出したSp-4 (Ssfa及びSsfl)は、現況の知見において広範囲に分布する状況は認められないことから、巨大噴火に該当しない。

(噴出物の組成) (P150参照)

- 巨大噴火による噴出物 (Sp-1)は珪長質であり、Sp-1に比べ、現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した各後カルデラ火山の噴出物の SiO_2 重量比は低い。

(地温) (P151参照)

- Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち、斑晶に乏しい珪長質マグマが存在していたとされる深度約4～10kmの地温に比べ、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される同深度の地温は低い。

*マグマ体積を山元 (2014) に基づき、当社が噴出物体積へ換算した値。



(次頁へ続く)

4.2.2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (2/7)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

(前頁からの続き)



- 支笏カルデラでは、約4万年前に、噴出物体積にして350~390km³の噴出物を噴出した巨大噴火が1回発生しているとされている。
- このため、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間の観点において、現在の活動状況を判断することは難しい。
- 巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山は、複数回の活動が認められ、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であり、巨大噴火による噴出物 (Sp-1) の噴出物体積に比べ、十分小さいことから、現在の支笏カルデラは、比較的静穏な活動下にあるものと推定される。
- Sp-1に比べ、後カルデラ火山の噴出物のSiO₂重量比は低く、珪長質ではない。
- Sp-1噴出時にマグマが存在していた深度約4~10kmの地温に比べ、現在の支笏カルデラ付近の同深度の地温は低い。
- したがって、現在の支笏カルデラは、珪長質な組成ではなく、地温も低いことに加え、噴出物体積から、比較的静穏な活動下にあるものと推定されることを踏まえると、Sp-1を噴出したような噴火を起こす状態ではないと判断される。

4.2.2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (3/7)

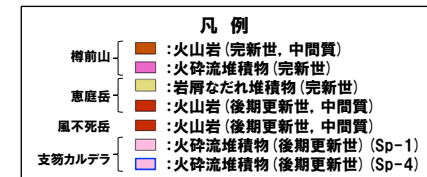
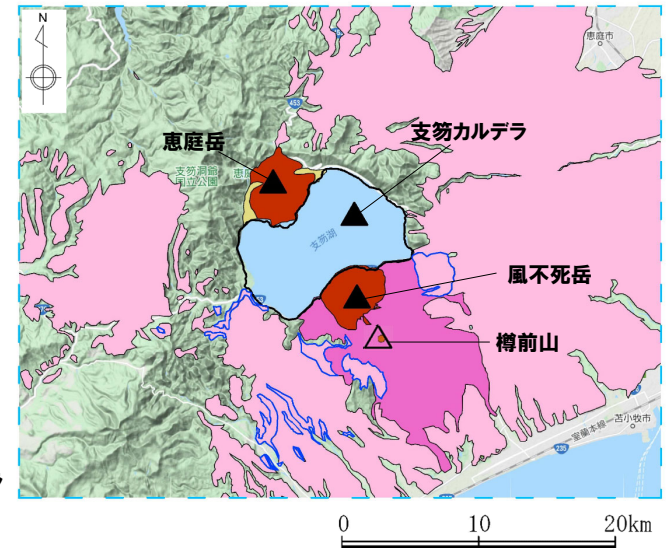
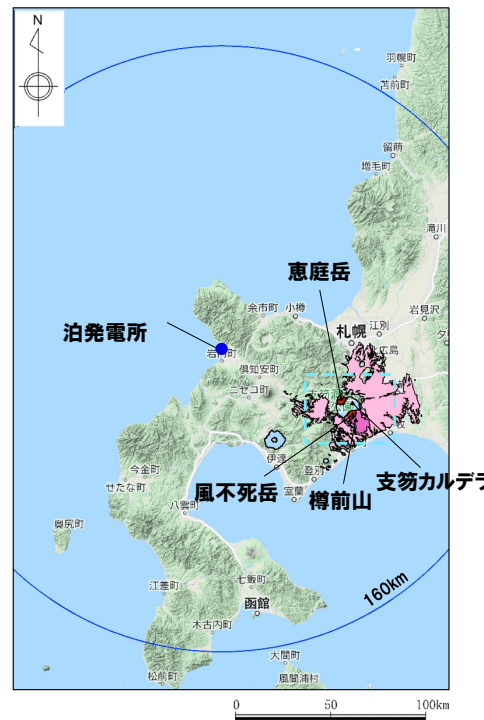
一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 支笏カルデラ並びに後カルデラ火山である恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の活動履歴, 噴出量-年代階段ダイアグラム等を以下からP149に示す。
- 支笏カルデラの活動の概要は以下のとおり。
 - ・長期的前駆活動として, 約9万年前にSp-5を噴出した噴火, 約6万年前にSp-4 (Ssfa及びSsfl) を噴出した噴火等が発生した。
 - ・約4万年前にSp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1)) を噴出した噴火により, 現在の支笏カルデラが形成され, その後, 後カルデラ火山である風不死岳, 恵庭岳及び樽前山が形成された。
 - ・約4万年前にSp-1を噴出した噴火以降から現在までの活動期は後カルデラ期である。

支笏カルデラの概要

火山名※1	C11 支笏カルデラ (後カルデラ火山含む) C12 恵庭岳 C13 風不死岳 C14 樽前山
敷地からの距離	74.8km (恵庭岳:68.6km, 風不死岳:77.7km, 樽前山:80.2km)
火山の形式※2	支笏カルデラ: 火砕流台地-カルデラ 恵庭岳: 成層火山, 火砕丘, 溶岩ドーム 風不死岳: 成層火山, 溶岩ドーム 樽前山: 火砕丘, 溶岩ドーム
活動年代※3	支笏カルデラ: 約4万年前にカルデラ形成 恵庭岳: 約1万8000年前以前に活動開始 風不死岳: 約4万年前以降 樽前山: 約9000年前に活動開始
評価	約1万年前以降に活動しており, 完新世に活動した火山として抽出する。

※1 産業技術総合研究所「日本の火山 (DB)」2023年11月確認。
 ※2 西来ほか編 (2012)「第四紀火山岩体・貫入岩体データベース」2023年11月確認。
 ※3 P149に示す支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の活動履歴に基づく。

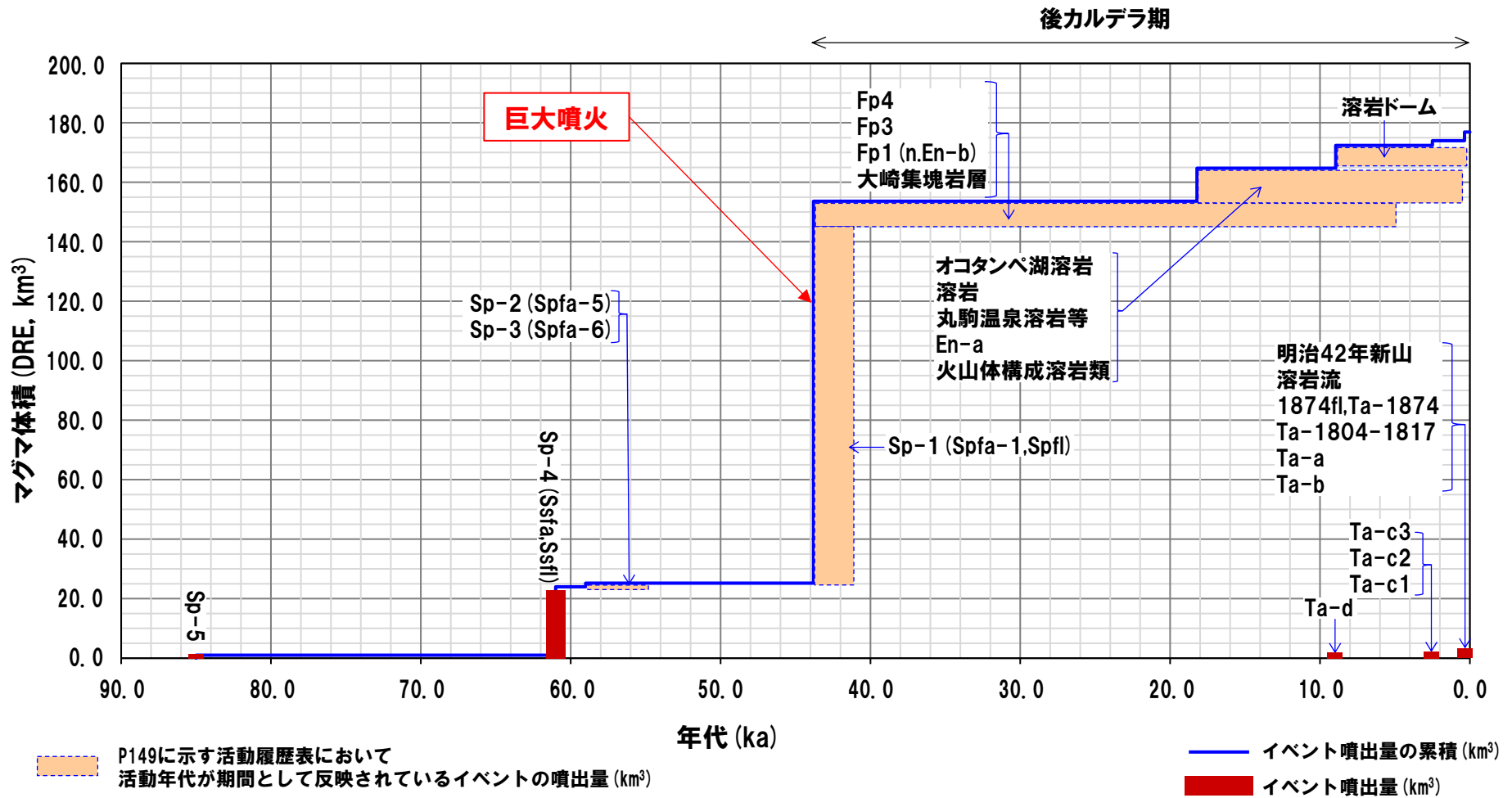


支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の噴出物分布図
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (4/7)

一部修正 (H28/2/5審査会合)



噴出量-年代階段ダイアグラム

余白

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (5/7)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

支笏カルデラ活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
更新世 カルデラ形成噴火 43.8-41.4ka	Sp-1 (Spfa-1, Spfl) : ps, pfa, pfl	40~48 (降下軽石) 80 (火砕流)	-	山元 (2014) 金田ほか (2020) Amma-Miyasaka et al. (2020)
第四紀 長期的 前期活動	ca.55ka	Sp-2 (Spfa-5) : pfa	1.2	産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2022) 宝田ほか (2022)
	ca.59ka	Sp-3 (Spfa-6) : pfa		
	ca.61ka	Sp-4 (Ssfa, Ssfl) : pfa, afa, sfa, sfl	16~23*1	
	ca.85ka	Sp-5 : pfa, afa	[smaller than VEI5 class*2]	

風不死岳活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世 4.475ka 8.465ka 不明	Fp4 Fp3 Fp2			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014) Amma-Miyasaka et al. (2020)
更新世 25.5ka 不明 不明 不明 不明 不明	Fp1 (n.En-b) 第3期溶岩 霧畑の沢溶結凝灰岩 第2期溶岩 第1期溶岩 金次郎沢集塊岩層 大崎集塊岩層	8.4	5.7	
43.8-41.4ka以降				

*1 宝田ほか (2022) によれば、Sp-4のマグマ体積は、16~23km³ (DRE) とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、23km³として図示している。
*2 Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、Sp-5の噴出規模は、概算として「smaller than VEI5 class」とされていることから、噴出量-年代階段ダイアグラムにおいては、マグマ体積 (DRE) を1km³として図示している。

恵庭岳活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世 0.254-0.505ka	水蒸気爆発 オコタン岩屑流 ポロピナイ岩屑流	11.1	5.7	第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014)
2.04ka 9.52ka	オコタンへ湖溶岩 溶岩			
更新世 15.62ka 18.21ka 18.21ka以前	丸駒温泉溶岩等 En-a 火山体構成溶岩類			

樽前山活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
完新世 19世紀以降 A.D.1909 A.D.1883 A.D.1874 A.D.1867 A.D.1804-1817 A.D.1739 A.D.1667 2.0ka 2.5ka 2.5ka 8.950ka 8.95-0.146ka	19世紀以降噴火 明治42年新山 溶岩流 1874fl, Ta-1874 溶岩ドーム Ta-1804-1817 Ta-a Ta-b Ta-c3 Ta-c2 Ta-c1 Ta-d (d1,d2) 溶岩ドーム	(水蒸気爆発) 0.02 0.00001 0.20 (6.28に包含) 0.03 1.60 1.10 0.03 1.40 0.14 1.40 6.28	4 (火砕丘) 1.8 (火砕流噴出物)	第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014)

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (6/7)

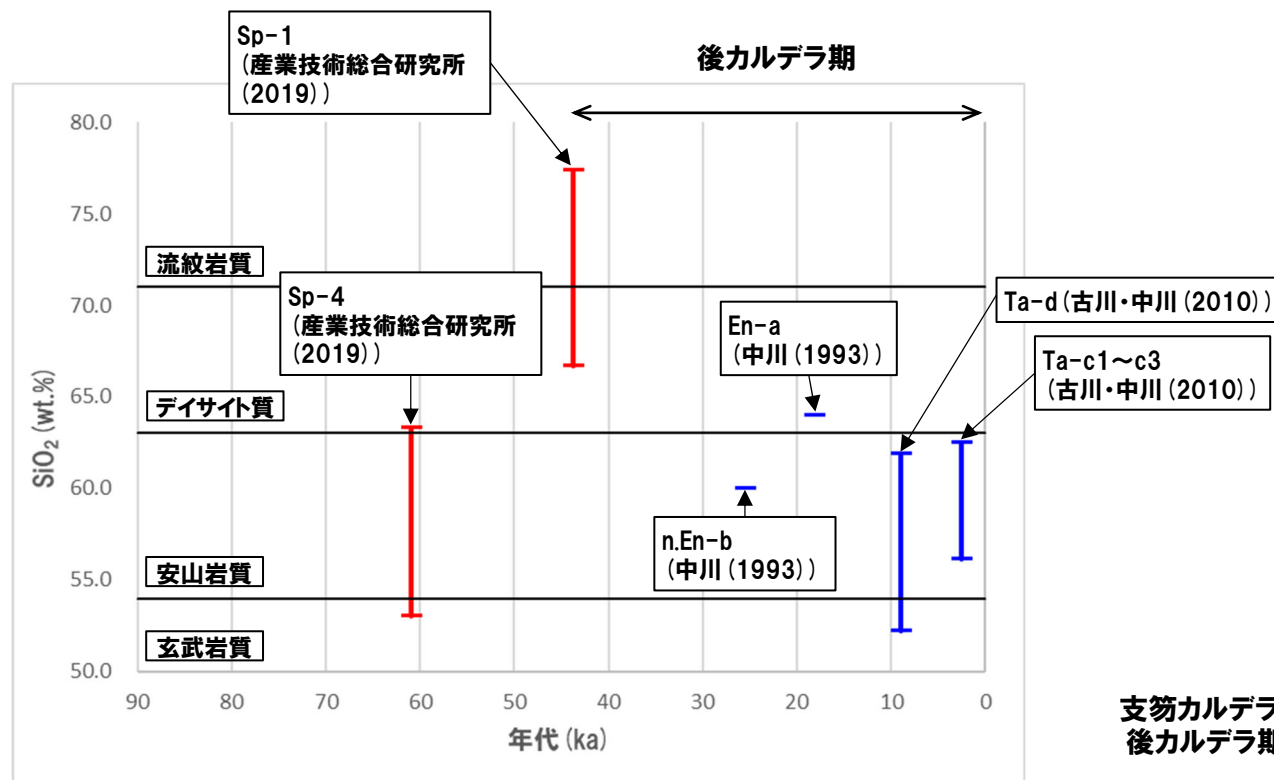
一部修正 (R5/10/6審査会合)

【噴出物の組成】

- 産業技術総合研究所 (2019) に基づくと, Sp-1の大半を占める斑晶に乏しい (CPタイプ) 軽石のSiO₂の重量比は, 66.7~77.4wt.%であり, デイサイト~流紋岩組成である。
- 中川 (1993) 及び古川・中川 (2010) に基づくと, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の噴出物におけるSiO₂の重量比は, 50~65wt.%であり, デイサイト~玄武岩組成である。



- 巨大噴火による噴出物 (Sp-1) は珪長質であり, Sp-1に比べ, 現在の支笏カルデラを形成した噴火以降に噴出した各後カルデラ火山の噴出物のSiO₂重量比は低い。



支笏カルデラのカルデラ形成期及び後カルデラ期噴出物のSiO₂重量比

4.2.2 支笏カルデラの評価

① 活動履歴 (7/7)

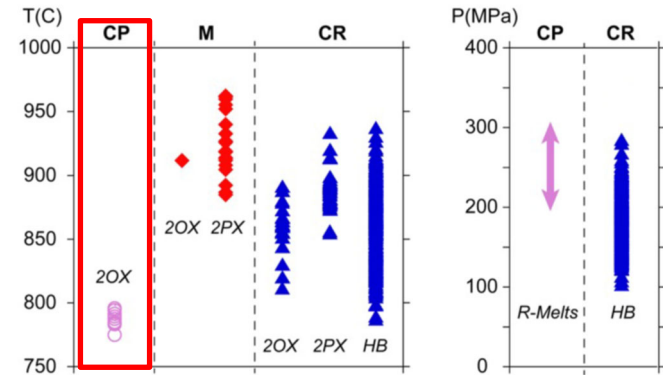
一部修正 (R5/10/6審査会合)

【地温】

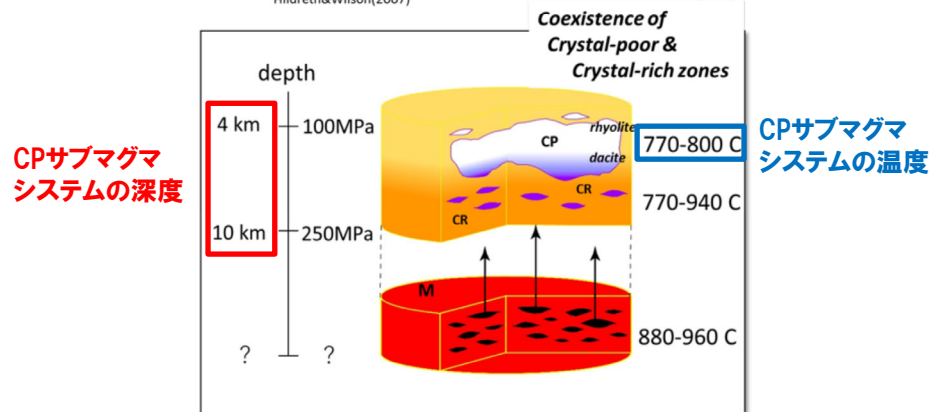
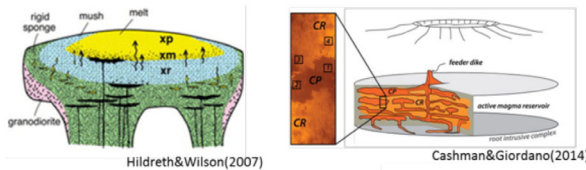
- 産業技術総合研究所 (2019) によれば, Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち, 斑晶に乏しい珩長質マグマ (CPサブマグマシステム) は, 深度約4~10km, 温度770~800°Cの環境で存在していたとされている。
- Tanaka et al. (2004) 及び西田・橋本 (2007) に示される現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度4~10kmの地温は, 約180~500°Cである。



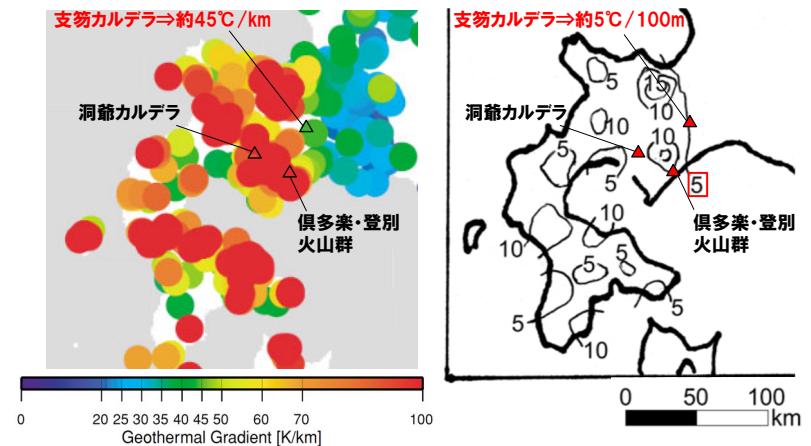
- Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち, 斑晶に乏しい珩長質マグマが存在していたとされる深度約4~10kmの地温に比べ, 現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される同深度の地温は低い。



地質温度圧力計および熱力学モデルより推定された各サブマグマシステムの温度圧力条件 (産業技術総合研究所 (2019) に加筆)



従来の研究によるカルデラ形成噴火のマグマ供給系モデル (上) と支笏カルデラ形成期のマグマ供給系モデルの概要 (産業技術総合研究所 (2019) に加筆)



北海道南西部の地温勾配 (右:西田・橋本 (2007) に加筆。単位は°C/100m) (左: Tanaka et al. (2004) に加筆。単位はK/km)

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-1 地球物理学的調査(地下構造:まとめ)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【目的】

○マグマ溜まりの位置、規模等を把握するため、地下構造調査(地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常)を実施する。

【各項目における検討結果】

(地震波速度構造)(次頁～P155参照)

- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20～30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

(比抵抗構造)(P156～P167参照)

- 比抵抗構造だけでは、これらの領域がメルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施した。
 - ・下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
 - ・低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。
- 低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- 低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。
 - ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常の地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。
 - ・大久保ほか(1998)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600-700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。
- 低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。
- このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。

(重力異常)(P168参照)

- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。

○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、現状、深度約10km程度以浅には、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いと判断される。

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造-まとめ-) (1/3)

一部修正 (R5/10/6審査会合)

【目的】

- Nakajima et al. (2001) 及び中道 (2022) によると、活火山直下の上部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ低Vp/Vs領域は水の存在でしか説明できないとされていることから、同領域は水の存在を示唆するものと判断される。
- また、最上部マントルから下部地殻で観測される低Vp、低Vsかつ高Vp/Vs領域は、メルトによるものとする方が適当であるとしてされていることから、本検討(地震波速度構造の観点からの地下構造の確認)においては、同領域はメルトの存在を示唆するものとして取り扱う。
- このことから、地震波速度構造においては、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)を広く確認した上で、さらに約10km程度以浅において、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の有無を確認する。
- また、あわせて低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。



- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-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。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する場合、その周囲には部分熔融域が広がっているものと考えられ、これらは、カルデラを越える範囲に広がっている巨大なマグマシステムを構成する一部であることを踏まえると、水平分解能が20km、鉛直分解能が5km~10kmである地震波トモグラフィ解析において、十分に捉えられる規模と考えられる。
- また、仮にこの分解能を下回る規模であったとしても、マグマ溜まり及び部分熔融域が存在する範囲を地震波が通過する場合、不明瞭ながらも速度異常域として捉えられるものと考えられる。

【検討結果(次頁~P155参照)】

- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない。
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (2/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(2022年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-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.(2022)に記載)。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。

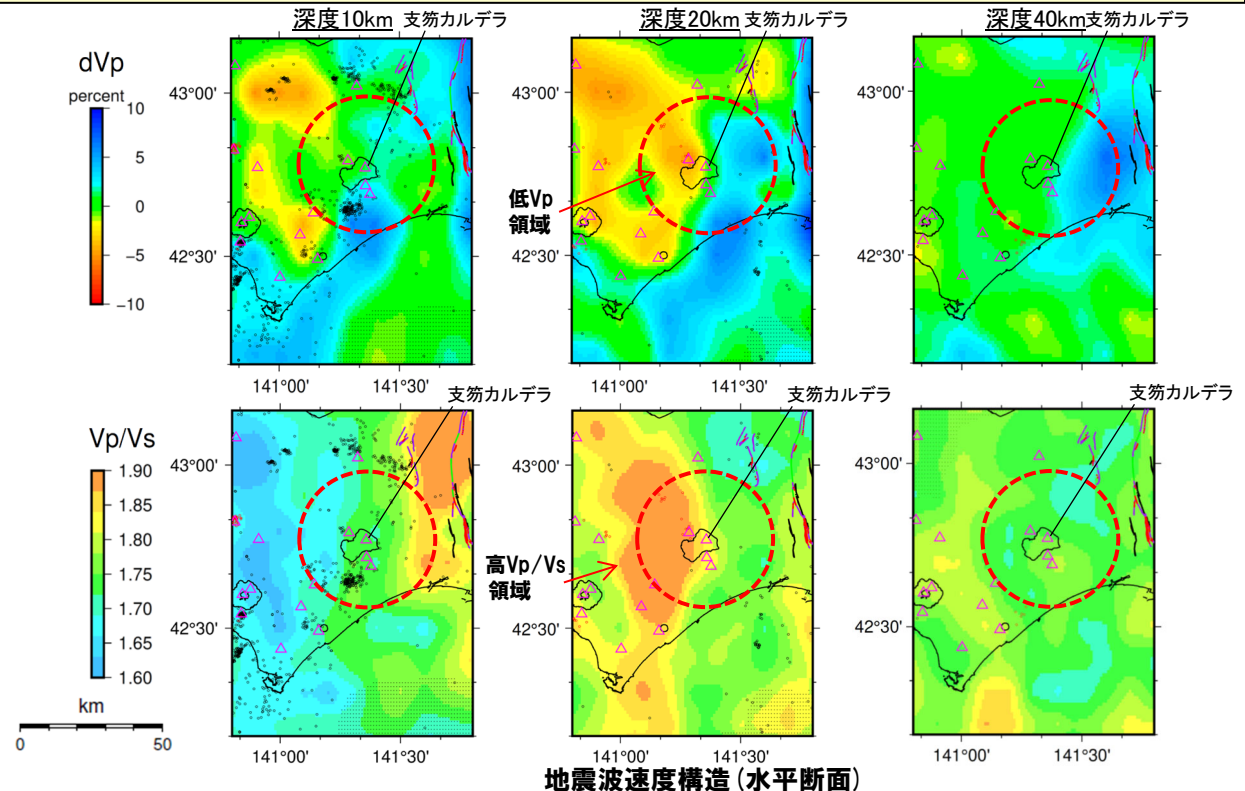
- 支笏カルデラ直下の上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認した結果、以下の状況が認められる。
 - ・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない
 - ・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない
- 支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。
- 通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P134~P138参照)】

- 地球物理学的調査のうち、地下構造については、上部地殻(約20km以浅)を広く確認の上、さらに火山直下の約10km程度以浅の状況を確認することとする。
- 地震波速度構造については、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が存在するか否かを確認する。
- 地震波速度構造について確認する際は、低周波地震及び通常の地震の分布状況についても考慮する。

凡例

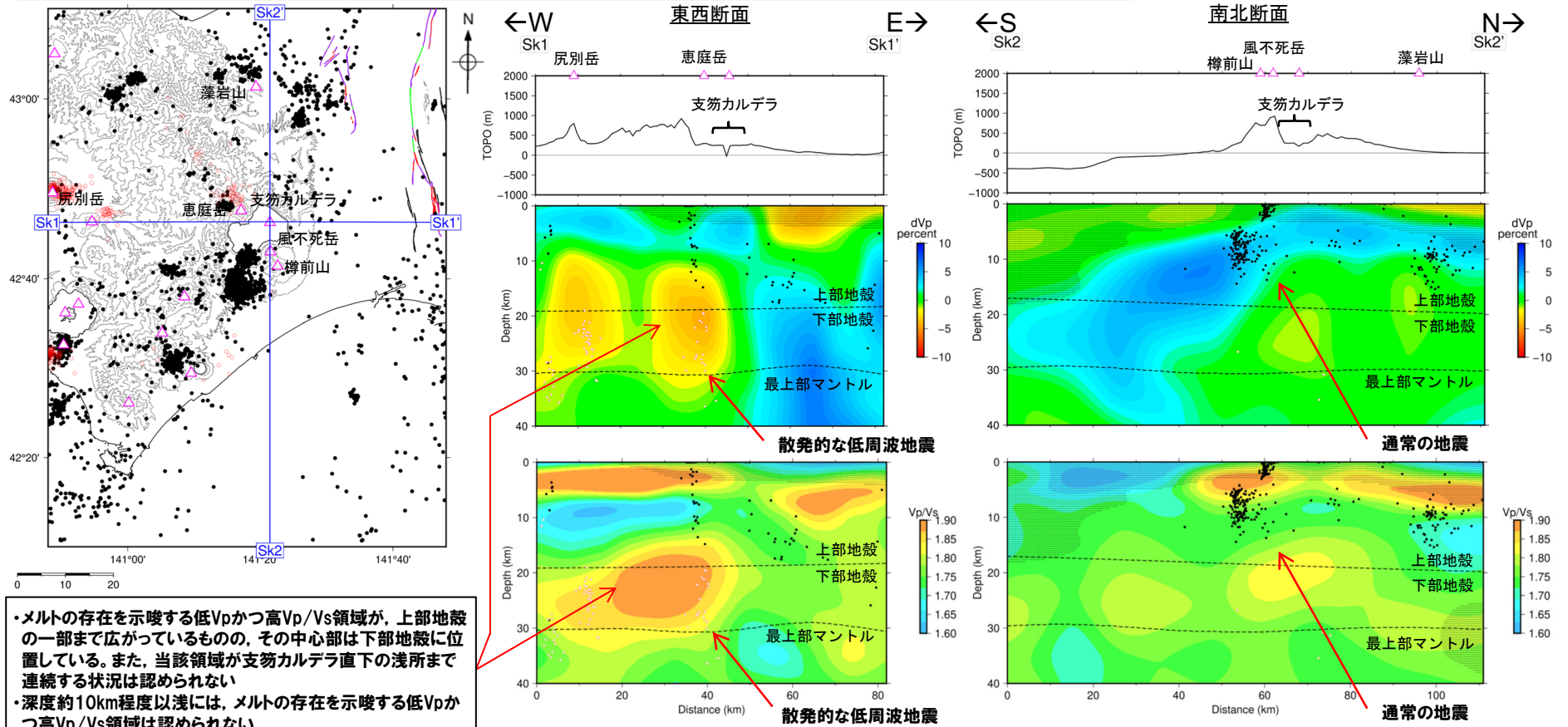
- △ 第四紀火山
- 震源(MJMA \geq 0)
- 低周波地震の震源(期間:2000/10/1-2020/12/31)
- 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
- 活断層 } 今泉ほか編(2018)をトレース
- 推定活断層
- 支笏カルデラを中心とした、半径25kmの範囲



4.2.2 支笏カルデラの評価

②-2 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (3/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



・メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域が、上部地殻の一部まで広がっているものの、その中心部は下部地殻に位置している。また、当該領域が支笏カルデラ直下の浅所まで連続する状況は認められない

・深度約10km程度以浅には、メルトの存在を示唆する低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない

・支笏カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、散発的な低周波地震が認められるものの、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない

・通常の地震が深度15km程度から地表付近まで分布していることから、この深度では脆性的な破壊が生じていると考えられる

- 凡例
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震源 (M_{JMA} ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
 - 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
 - 活断層
 - 推定活断層
- 今泉ほか編(2018)をトレース

鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に±5km内の火山を投影した。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。上部地殻と下部地殻の境界(コンラッド面)はZhao et al. (1992)、下部地殻と最上部マントルの境界(モホ面)はMatsubara et al. (2017)をトレースした。また、断面から±5kmの範囲の震源をプロットした。

地震波速度構造(鉛直断面)

4. 2. 2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(1/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【目的】

- 後藤・三ヶ田(2008)によれば、比抵抗は岩石中の伝導性物質の量に依存し、間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物は高い導電性(低比抵抗)を示すとされている。
- このことから、比抵抗構造においては、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)における低比抵抗領域の有無を確認する。



【検討結果(P158~P167参照)】

- 文献(Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019)を踏まえると、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、低比抵抗領域が認められるが、メルトを含む部分熔融域かマグマ由来の水に富む領域か比抵抗構造だけでは判断できないことから、当該領域における比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施する。

(Yamaya et al. (2017) 及び Ichihara et al. (2019) に認められる比抵抗構造に対応する地震波速度構造 (P162~P167参照))

- Yamaya et al. (2017) に示される (d) 断面及び (e) 断面に合わせて作成した地震波速度構造断面において、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
- このため、Yamaya et al. (2017) を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- Ichihara et al. (2019) においては、Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。
- Ichihara et al. (2019) に示される断面に合わせて作成した地震波速度構造断面においては、低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められるものの、上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す。
- 低比抵抗領域「C-3」は、以下の状況から、下部はメルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部はマグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
 - ・低比抵抗領域「C-3」は、Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に認められる。
 - ・低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C2'」については、震源分布及び地温の観点から、以下の状況を確認した。
 - ・低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、通常地震が認められることから、当該範囲では、脆性的な破壊が生じており、当該範囲が硬質な領域であることを示唆している。
 - ・大久保ほか(1998)において、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度は、深度10km深では600-700℃程度であるとされており、現在の支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度10kmの地温は約500℃であり、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、上部地殻物質である花崗岩のソリダス温度に達していない。



(次頁へ続く)

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(2/10)

一部修正(R5/1/20審査会合)

(前頁からの続き)



- 支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」及び上部地殻内(約20km以浅)に位置する「C2'」並びにこれらと同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。
- 地震波速度構造と比抵抗構造との比較の結果、低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- また、低比抵抗領域「C-3」の下部は、低比抵抗領域「C2」と同様に、メルトを含む部分熔融域であることが示唆されるものの、上部は、低比抵抗領域「C2'」と同様、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
- 更に、低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲は、震源分布の観点及び地温の観点から、それぞれにおいてメルトの存在を示唆する状況ではない。
- このため、支笏カルデラ直下の深度約10km程度以浅には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの存在を示唆する状況は認められないと判断される。

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (3/10)

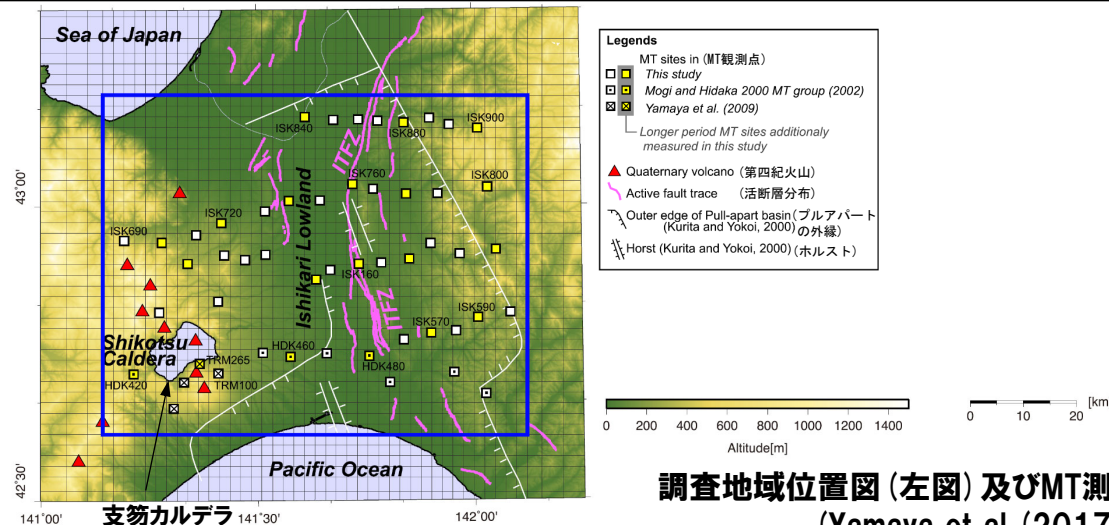
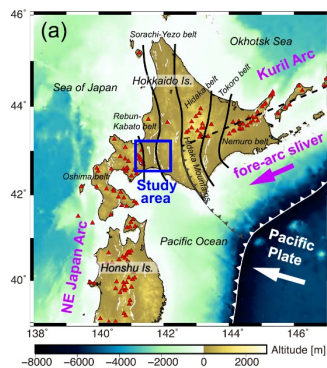
一部修正 (R5/1/20審査会合)

【Yamaya et al. (2017)】

- 支笏カルデラを含む石狩低地帯周辺において、MT法による電磁気探査を実施しているYamaya et al. (2017) をレビューした。
- ・Yamaya et al. (2017) によれば、支笏カルデラ直下においては、比抵抗値が $30 \Omega\text{m}$ 以下及び $10 \Omega\text{m}$ 以下の低比抵抗領域が深度5~40km以内に認められるとされている(次頁図中の「C2」及び「C2'」)。
- ・火山地域の深部低周波地震は、マグマの移動に関連している可能性があり、C2が部分熔融域を示していると仮定すると、C2の上端に認められる深部低周波地震(次頁参照)は、地殻内へのマグマの移動に伴うものである可能性があるとされている。
- ・また、深部低周波地震は、メルトから脱水された水の移動に伴うものである可能性もあるとされている。
- ・比抵抗構造だけでは、判断できないが、支笏カルデラ直下において5kmから40km以深へ続く低比抵抗領域は、メルト (partial melts) 又はマグマ由来の水 (aqueous fluids) を示しており、C2及びC2' はそれぞれこれらの上昇経路、貯留域と解釈されるとされている。
- ・地表付近に認められる低比抵抗領域は、その底部が上部白亜系の上面に対比されることから、古第三紀より新しい堆積岩であるとされている。
- ・白亜系の基盤岩中においても低比抵抗領域「C1」が認められるものの、低い地温勾配を示す非火山地帯における上部から中部地殻に部分熔融域が存在することは考えにくいことから、水に富む領域であるとされている。



- Yamaya et al. (2017) に基づくと、支笏カルデラ直下には、メルト又はマグマ由来の水が深部から上部地殻(約20km以浅)へ上昇する経路及び貯留域の存在を示唆する低比抵抗領域「C2」及び「C2'」が認められる。
- 上記に加え、地表付近に認められる低比抵抗領域は、古第三紀より新しい堆積岩であり、白亜系の基盤岩中に認められる比抵抗領域「C1」は、水に富む領域であるとされている。

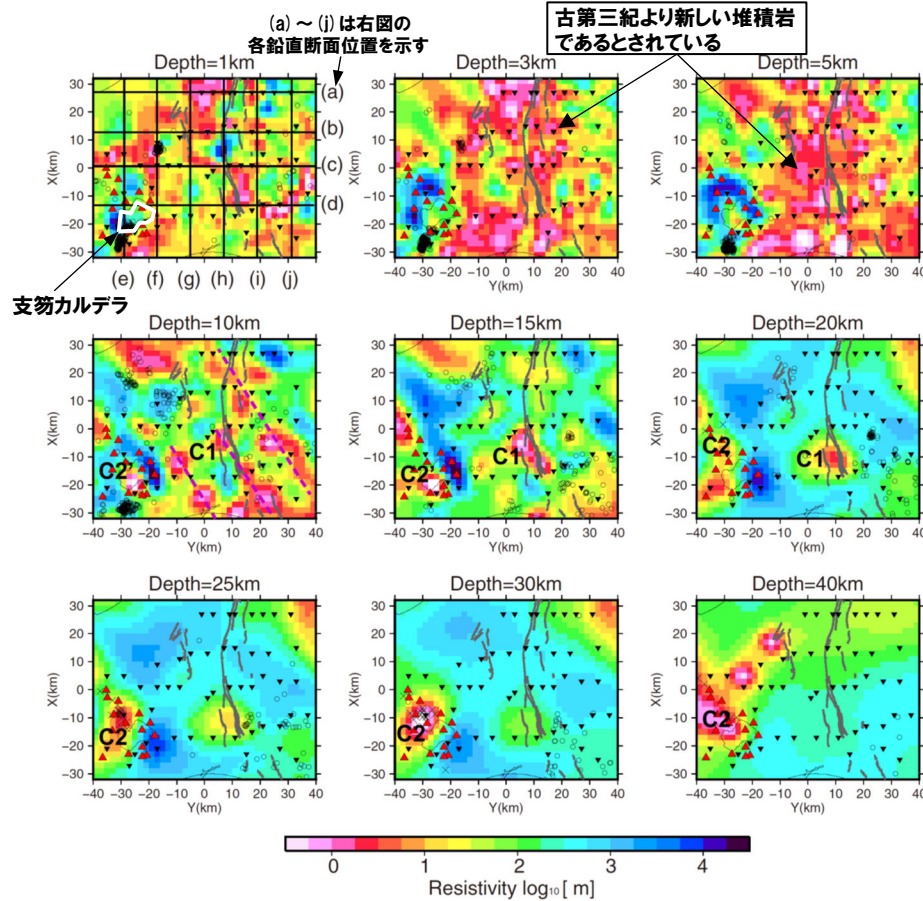


調査地域位置図(左図)及びMT測定地点位置図(右図)
(Yamaya et al. (2017) に加筆)

4.2.2 支笏カルデラの評価

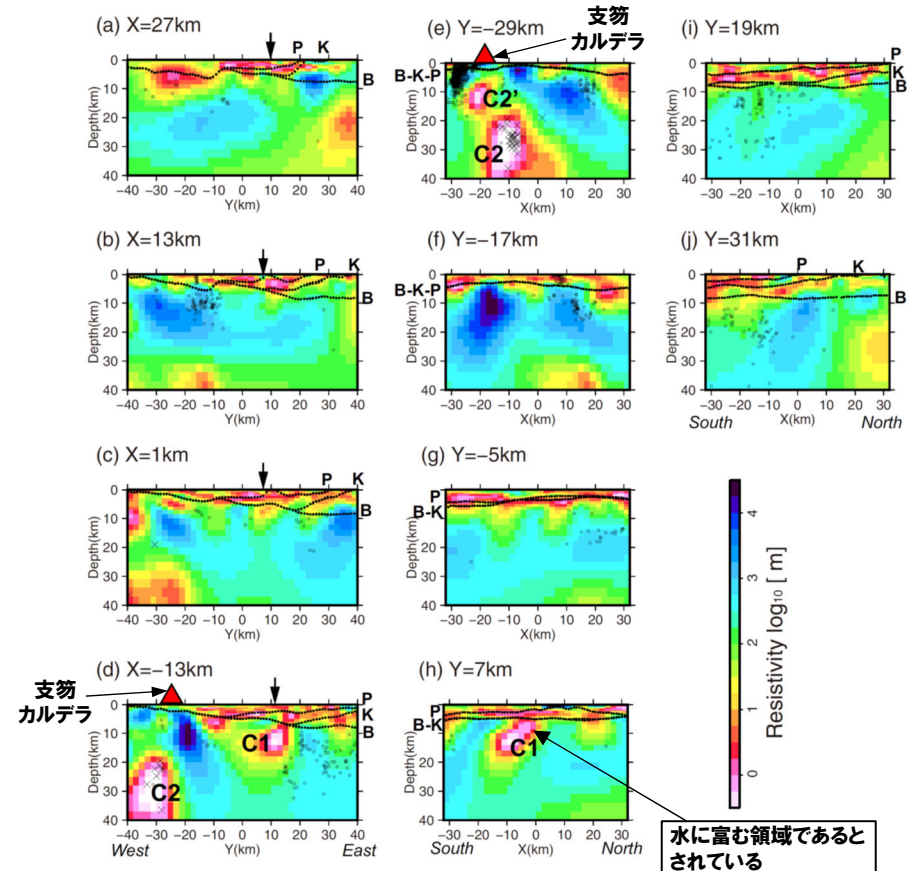
②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (4/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



- 凡例**
- C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域
 - C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
 - C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
 - ▲ 第四紀火山
 - ▼ MT観測点
 - 普通地震の震源 (1997~2014年)
 - × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年)
 - 活断層

石狩低地における比抵抗構造(水平断面) (Yamaya et al. (2017) に加筆)



- 凡例**
- C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域
 - C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
 - C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域
 - 普通地震の震源 (1997~2014年)
 - × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年)
 - ▲ 支笏カルデラ
 - P 古第三紀層の上面
 - K 上部白亜紀層の上面
 - B 基底層の上面
 - ↓ 活断層の位置

石狩低地における比抵抗構造(鉛直断面) (Yamaya et al. (2017) に加筆)

余白

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (5/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

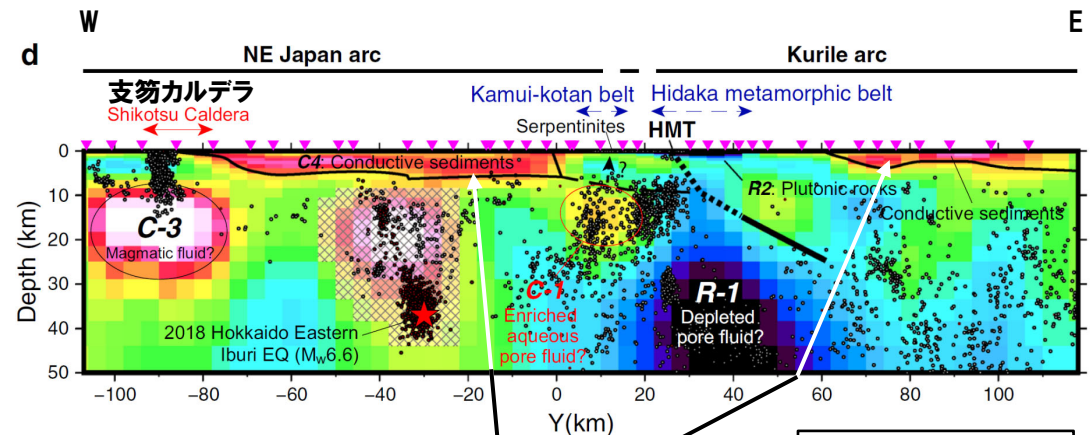
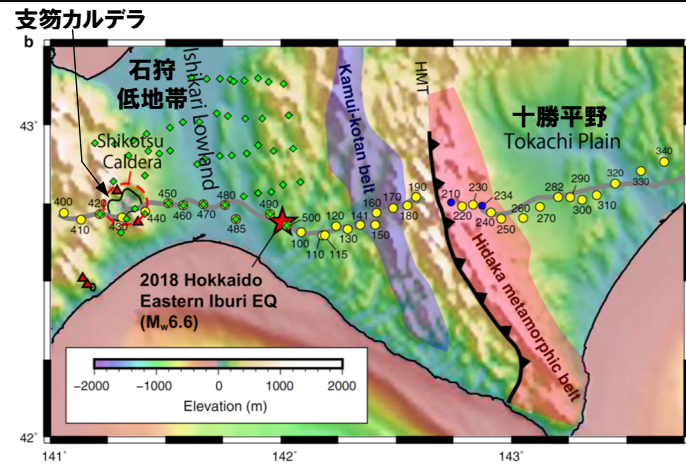
【Ichihara et al. (2019)】

○支笏カルデラを含む石狩低地帯周辺から十勝平野にかけて、MT法による電磁気探査を実施しているIchihara et al. (2019) をレビューした。

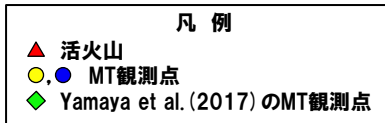
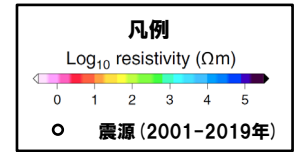
- ・Ichihara et al. (2019) によれば、支笏カルデラ直下の(右下図中の「C-3」)において、低比抵抗構造が認められるとされている。
- ・本研究においては、Yamaya et al. (2017) (P158~P159参照) と異なるデータセットを使用しており、当該低比抵抗領域が認められたことは、Yamaya et al. (2017) において支笏カルデラ直下に低比抵抗領域が認められたことを支持するとされている。
- ・当該低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) において考察されているように、支笏カルデラ直下のメルト又はマグマ由来の水を表している可能性があると考えられている。
- ・また、深度0-6kmに認められる厚く地表に近い低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) などに認められる堆積岩であるとされている。



- Ichihara et al. (2019) に基づくと、支笏カルデラ直下には、Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に、メルト又はマグマ由来の水の存在を示唆する低比抵抗領域が認められる。
- 上記に加え、深度0-6kmに認められる厚く地表に近い低比抵抗領域は、Yamaya et al. (2017) などに認められる堆積岩であるとされている。



堆積岩であるとされている



比抵抗構造(鉛直断面) (Ichihara et al. (2019) に加筆)

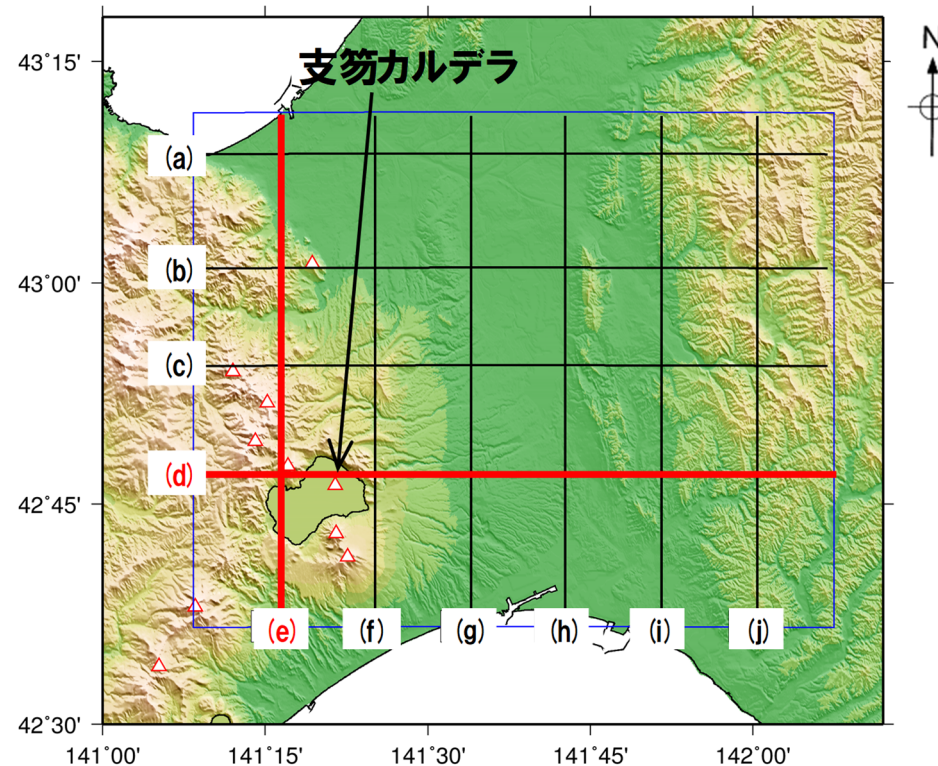
4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査 (地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (6/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【Yamaya et al. (2017) に認められる比抵抗構造に対応する地震波速度構造】

- Yamaya et al. (2017) に示される (d) 断面及び (e) 断面に合わせて作成した地震波速度構造断面において、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。また、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」の推定分布範囲には、低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められず、低比抵抗領域「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。
- このため、Yamaya et al. (2017) を踏まえると、下部地殻に中心部が位置する低比抵抗領域「C2」は、メルトを含む部分熔融域であることが示唆され、上部地殻内(約20km以浅)に位置する低比抵抗領域「C2'」は、マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。



鉛直断面位置図

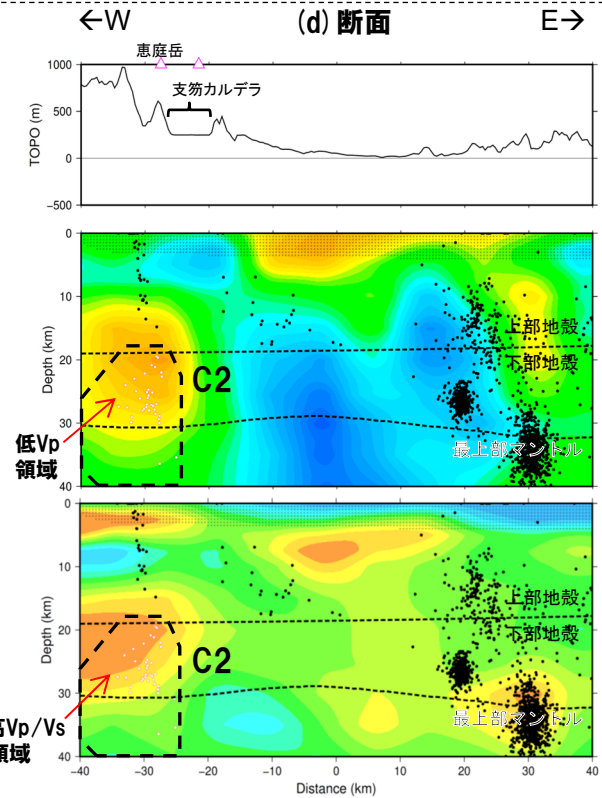
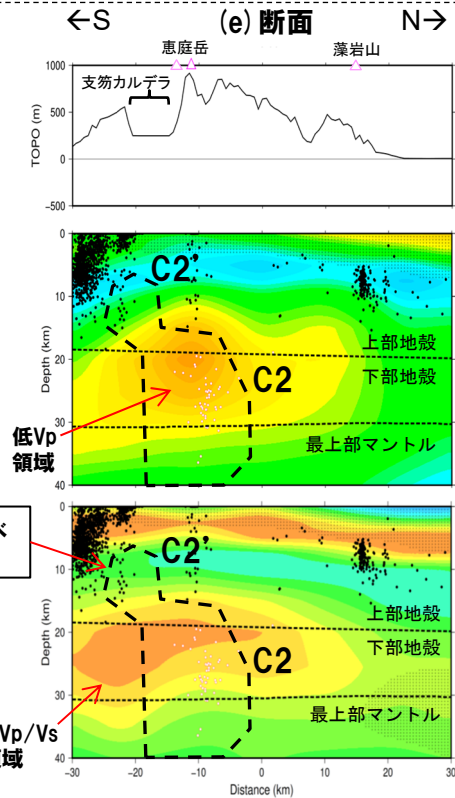
(Yamaya et al. (2017) に示される断面のうち、
支笏カルデラ付近で直交する (d) 断面及び (e) 断面を次頁に示す)

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査 (地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (7/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

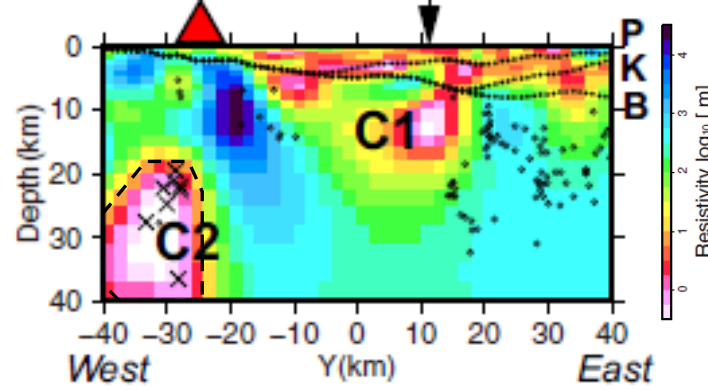
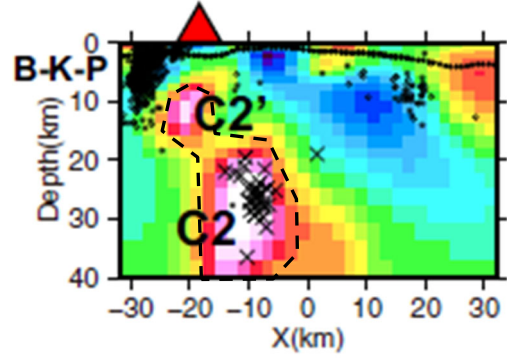
- 凡例 (地震波速度構造)
- ▲ 第四紀火山
 - 震源 (MJMA ≥ 0)
 - 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域 「C2」 及び 「C2'



「C2」の推定分布範囲に比べ低いVp/Vsを示す。

地震波速度構造 (鉛直断面)

- 凡例 (比抵抗構造)
- C1 石狩低地東縁断層帯直下の低比抵抗領域 ▲ 支笏カルデラ
 - C2 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 P 古第三紀層の上面
 - C2' 支笏カルデラ直下の低比抵抗領域 K 上部白亜紀層の上面
 - 普通地震の震源 (1997~2014年) B 基底層の上面
 - × 深部低周波地震の震源 (1997~2014年) ↓ 活断層の位置



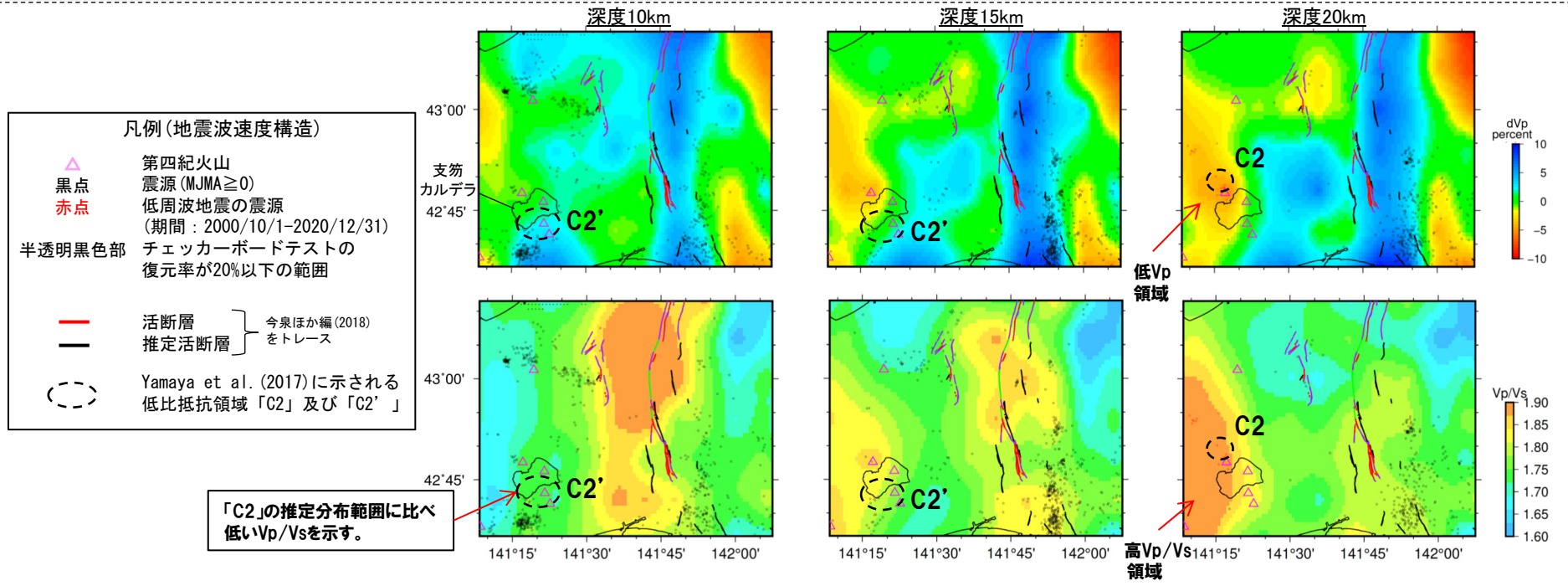
比抵抗構造 (鉛直断面)
(Yamaya et al. (2017) に加筆)

余白

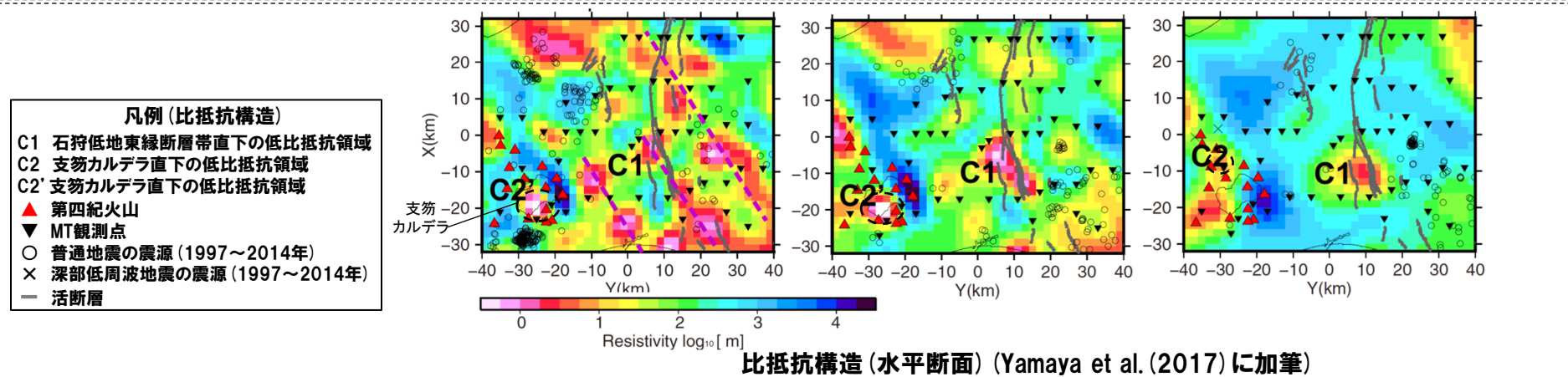
4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査 (地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (8/10)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



地震波速度構造 (水平断面)



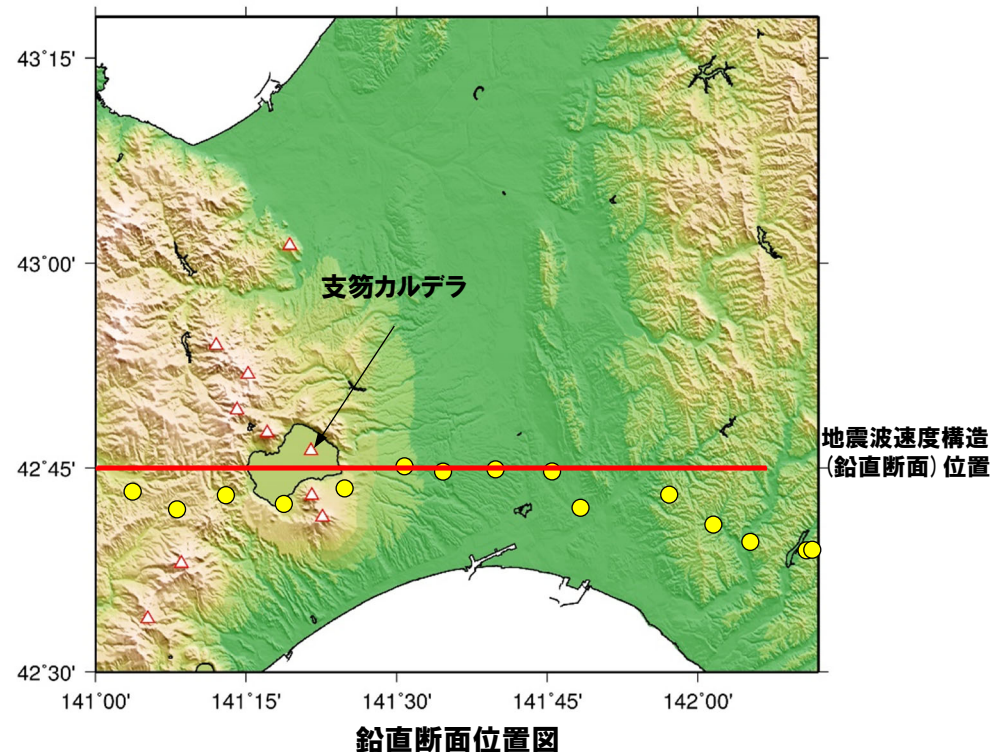
4. 2. 2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (9/10)

再掲 (R5/10/6審査会合)

【Ichihara et al. (2019) の比抵抗構造に対応する地震波速度構造】

- Ichihara et al. (2019) においては, Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に低比抵抗領域「C-3」が認められる。
- Ichihara et al. (2019) に示される断面に合わせて作成した地震波速度構造断面においては, 低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では, 下部地殻に中心部が位置する低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域が認められるものの, 上部では, 下部に比べ低い V_p/V_s を示す。
- 低比抵抗領域「C-3」は, 以下の状況から, 下部はメルトを含む部分熔融域であることが示唆され, 上部はマグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。
 - ・低比抵抗領域「C-3」は, Yamaya et al. (2017) に示される低比抵抗領域「C2」及び「C2'」と同様な位置及び深度に認められる。
 - ・低比抵抗領域「C2」は, メルトを含む部分熔融域であることが示唆され, 低比抵抗領域「C2'」は, マグマ由来の水に富む領域であることが示唆される。



- 凡例
- Ichihara et al. (2019) に示される MT観測点位置
 - Ichihara et al. (2019) に示される比抵抗構造 (鉛直断面) 作成方向

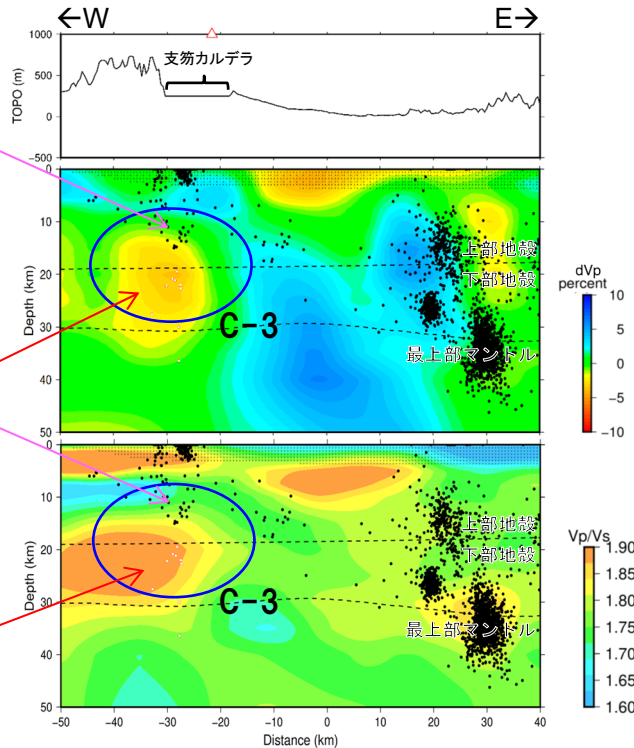
4.2.2 支笏カルデラの評価

②-3 地球物理学的調査 (地下構造:比抵抗構造-地震波速度構造と比抵抗構造との比較-) (10/10)

再掲 (R5/10/6審査会合)

低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の上部では、下部に比べ低いVp/Vsを示す状況が認められる。

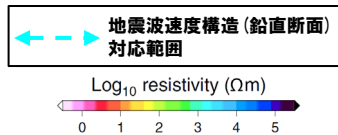
低比抵抗領域「C-3」の推定分布範囲の下部では、下部地殻に中心部が位置する低Vpかつ高Vp/Vs領域が認められる。



凡例 (地震波速度構造)

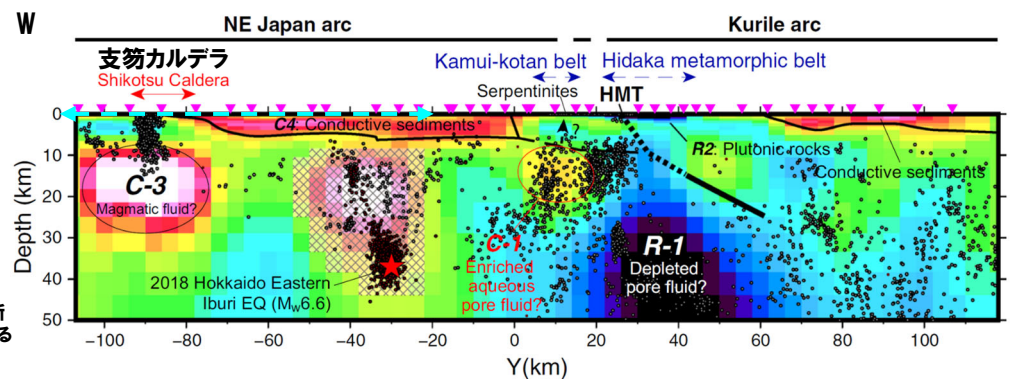
- △ 第四紀火山
- 黒点 震源 (MJMA ≥ 0)
- 赤点 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2020/12/31)
- 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
- Ichihara et al. (2019) に示される低比抵抗領域「C-3」

地震波速度構造 (鉛直断面)



比抵抗構造 (鉛直断面*) (Ichihara et al. (2019) に加筆)

※当該断面は、各MT観測点の位置付近において、比抵抗構造 (鉛直断面) 作成方向でいくつかの断面を作成した上で、それらの断面を並べることで作成されている。



4.2.2 支笏カルデラの評価

②-4 地球物理学的調査(地下構造:重力異常)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【目的】

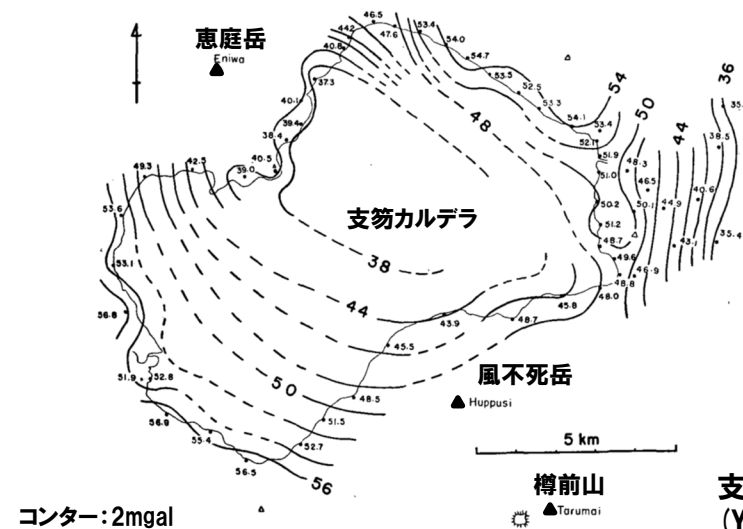
- 下鶴ほか編(2008)によれば、重力異常から地下密度構造を求めることができ、周辺の地殻に比べて火山の下に何らかの質量欠損があるか、過剰があるかは火山の地下構造を論ずるうえで重要であるとされている。
- このことから、重力異常を踏まえた支笏カルデラ周辺の地下構造に関して考察している文献について確認する。

【Yokoyama and Aota (1965)】

- 支笏カルデラ周辺において、重力測定を行っているYokoyama and Aota (1965)をレビューした。
 - ・Yokoyama and Aota (1965)によれば、重力測定の結果、カルデラ中心部において、低重力異常が認められるとされている。
 - ・重力異常から、最大層厚2km程度の逆円錐状に堆積した密度の低い堆積物が推定されるとされている。

【検討結果】

- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関して考察されている文献は認められない。



支笏カルデラ周辺における重力異常図
(Yokoyama and Aota (1965)に加筆)

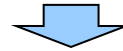
4.2.2 支笏カルデラの評価

②-5 地球物理学的調査(火山性地震及び地殻変動:まとめ)

一部修正(R5/10/6審査会合)

【目的】

○マグマの移動・上昇, 集積等の活動の有無を把握するため, 火山性地震及び地殻変動の観点から検討を実施する。



【各項目における検討結果】

(火山性地震(低周波地震))(次頁~P174参照)

○恵庭岳周辺の下部地殻(約20km以深)において, 低周波地震が散発的に認められるが, 上部地殻には低周波地震群は認められない。

(地殻変動)(P176~P180参照)

○プレート間固着効果等に伴う定常的な変動, 周辺の地震による余効変動, 白老町の局所的な変動等が認められるが, これ以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。



○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には, 現状, 大規模なマグマの移動・上昇, 集積等の活動を示す兆候は認められないと判断される。

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-6 地球物理学的調査(火山性地震-まとめ-) (1/5)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【目的】

- 下鶴ほか編(2008)によれば、火山性地震のうち低周波地震は、マグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多いとされている。
- このことから、支笏カルデラ周辺の低周波地震の時空間分布を確認した上で、上部地殻における低周波地震群の有無を確認する。



【検討結果】

- 確認に当たっては、公的機関の観測結果を取りまとめた気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」,「第147回火山噴火予知連絡会資料」気象庁(2020)並びに気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月~2020年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2020年4月~2021年9月)を用いた。
- 確認結果は以下のとおり(下線部は低周波地震に関する事項)。
(気象庁, 2013)(次頁~P172参照)
 - 地震活動は、樽前山周辺の浅部に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - 低周波地震活動は、恵庭岳周辺の深部(深さ20~35km程度)に散発的に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- (気象庁, 2020)(P173参照)
 - 地震活動は、樽前山周辺の浅部に認められ、樽前山の南西側の領域及び西側の領域については、2013年及び2014年に地震回数の増加が認められるが、本文献では2014年以降は低下傾向にあるとされている。
 - 低周波地震活動は、恵庭岳周辺の深部(深さ25~35km程度)に散発的に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- (気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ)(P174参照)
 - 支笏カルデラ周辺においては、カルデラ南方の樽前山周辺に普通地震の震央が集中しており、カルデラ北西方の恵庭岳周辺で散発的に低周波地震の分布が認められる。
 - マグニチュード1以上の地震は、樽前山の南西側及び西側において2013年及び2014年に一時的に増加傾向が認められるが、深部の低周波地震については、発生数は少なく増加傾向も認められない。



- 支笏カルデラ周辺の火山性地震のうち、低周波地震活動は、恵庭岳周辺の下部地殻(約20km以深)に散発的に認められるが、上部地殻には認められない。

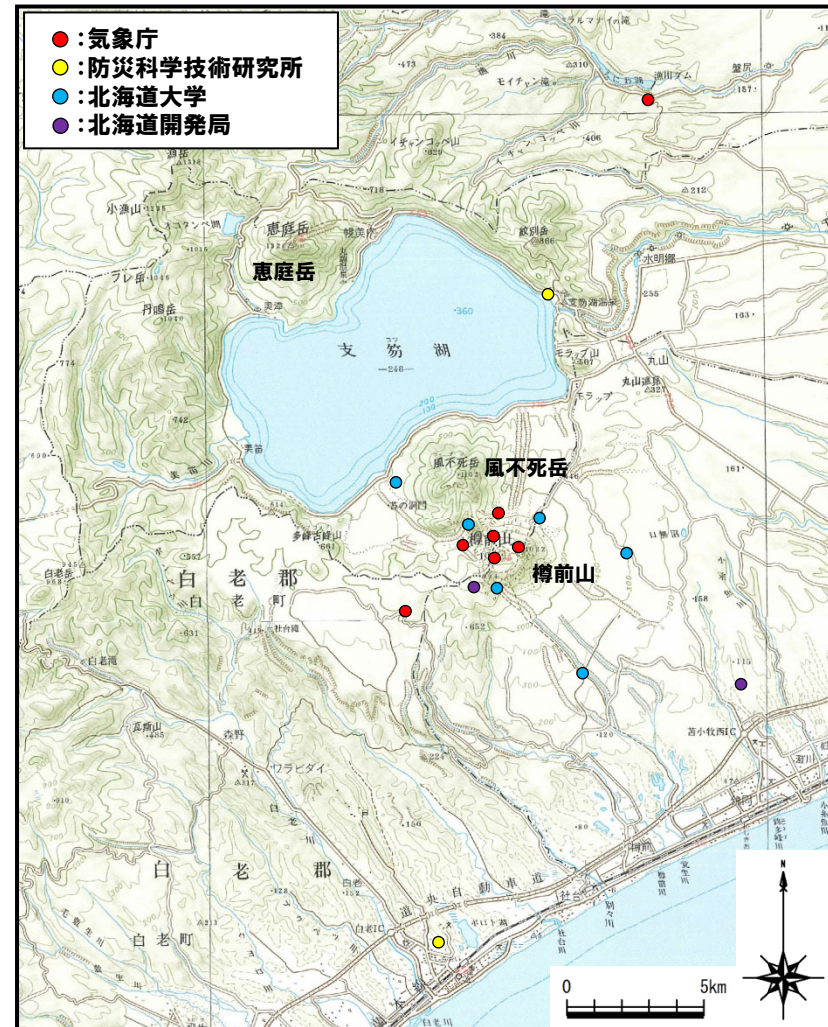
4. 2. 2 支笏カルデラの評価

②-6 地球物理学的調査(火山性地震)(2/5)

一部修正(H25/11/13審査会合)

【気象庁編(2013)】

- 支笏カルデラ周辺には、公的機関の地震計が設置されている。
- 気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」に地震活動及び深部低周波地震活動の時空間分布が取りまとめられている。



支笏カルデラ周辺の地震計位置図
(気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

4.2.2 支笏カルデラの評価

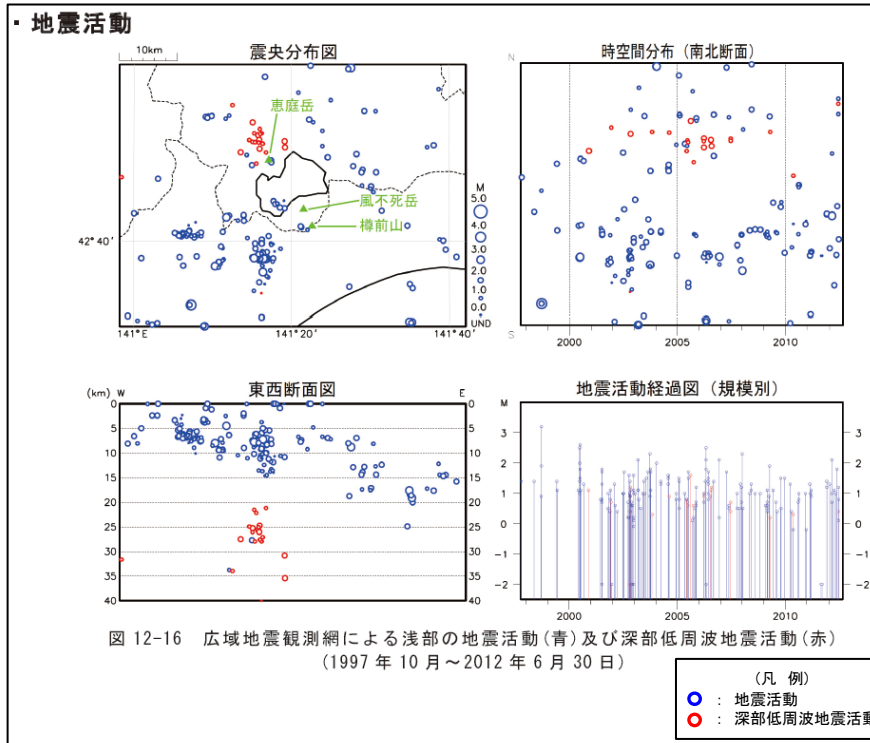
②-6 地球物理学的調査(火山性地震)(3/5)

一部修正(H25/11/13審査会合)

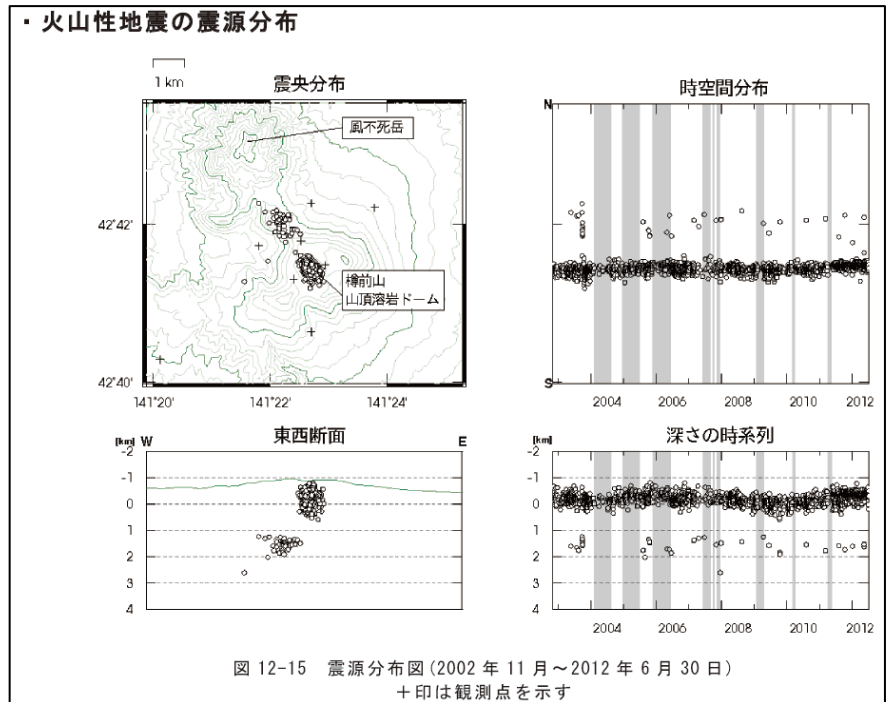
【気象庁編(2013)】

○支笏カルデラ周辺の地震活動(1997年10月～2012年6月)及び樽前山の火山性地震の震源分布(2002年11月～2012年6月)を下図に示す。

- 支笏カルデラ周辺においては、樽前山及び恵庭岳周辺に震央の分布が認められる。
- 地震活動は、樽前山周辺の浅部に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- 低周波地震活動は、恵庭岳周辺の深部(深さ20～35km程度)に散発的に認められ、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



支笏カルデラ周辺の地震活動
(1997年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」に加筆)



樽前山の火山性地震の震源分布
(2002年11月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」)

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-6 地球物理学的調査(火山性地震)(4/5)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

【気象庁(2020)】
 ○「第147回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2020)では, 支笏カルデラ周辺の地震活動(1997年10月~2020年11月)について, 右図の通り示されている。



- 支笏カルデラ周辺においては, 樽前山及び恵庭岳周辺に震央の分布が認められる。
- 樽前山の南西側の領域(領域a)及び西側の領域においては, 2013年及び2014年に地震回数の増加が認められるが, 本文献では2014年以降は低下傾向にあるとされている。
- 低周波地震活動は, 恵庭岳周辺の深部(深さ25~35km程度)に散発的に認められ, 規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- また, 2013年及び2014年の地震の増加に伴う低周波地震の増加は認められない。

低周波地震活動は, 恵庭岳周辺の深部(深さ25~35km程度)に散発的に認められる。

樽前山の南西側の領域(領域a)及び西側の領域については, 2013年及び2014年に地震回数の増加が認められる。

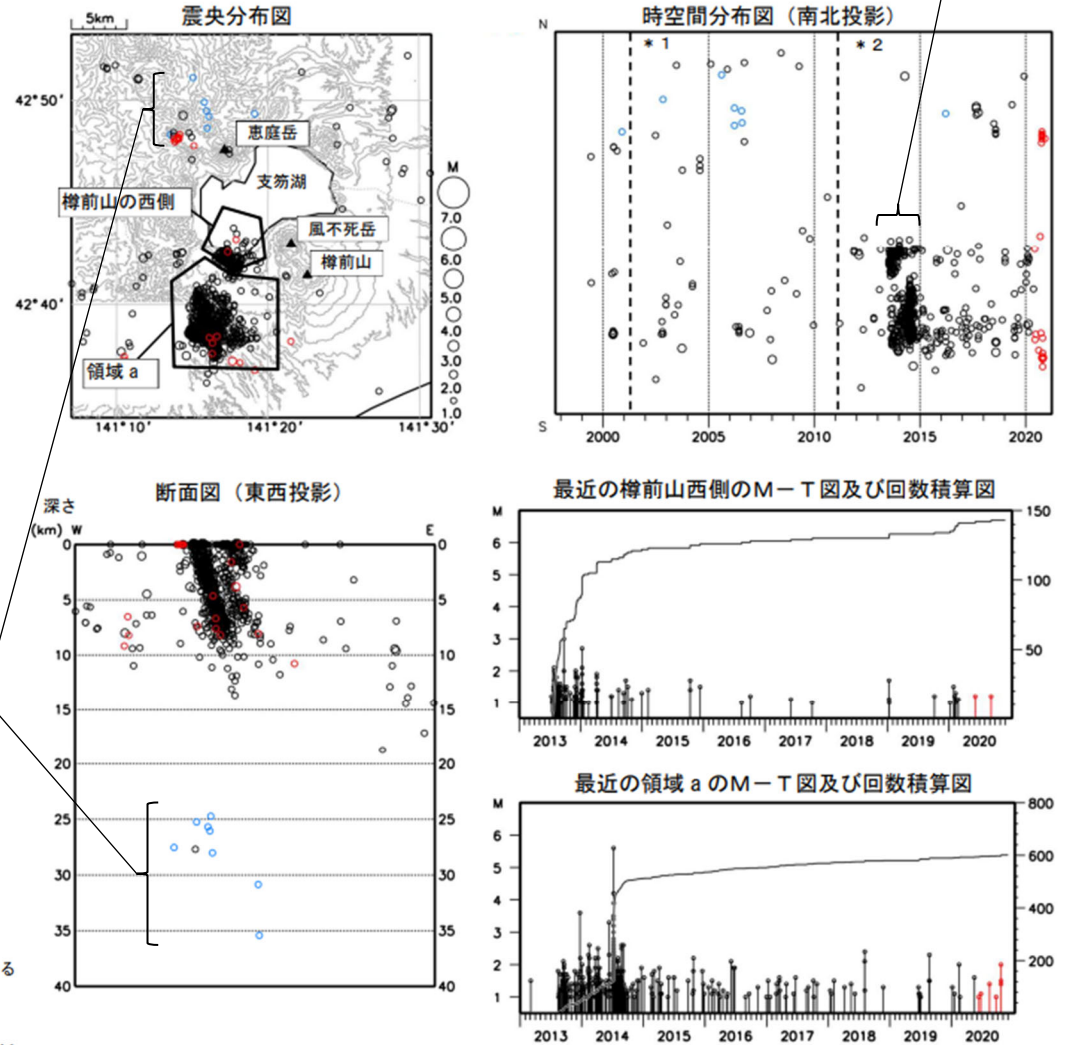


図8 樽前山 一元化震源による周辺の地震及び深部低周波地震活動 (1997年10月~2020年11月30日, M \geq 1.0、深さ40km以浅)
 ○: 1997年10月1日~2020年5月31日
 ●: 2020年6月1日~2020年11月30日
 ○: 深部低周波地震
 *1: 2001年10月以降、Hi-netの追加に伴い検知能力が向上している。
 *2: 2010年10月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
 2020年4月18日から10月23日までの地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。
 2020年9月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められている。
 この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」を使用した。
 ・樽前山の南西側の領域(領域a)及び西側の領域を震源とする地震活動は、2014年以降は低下傾向にある。

樽前山 一元化震源による周辺の地震及び深部低周波地震活動 (気象庁(2020)に加筆)

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-6 地球物理学的調査(火山性地震)(5/5)

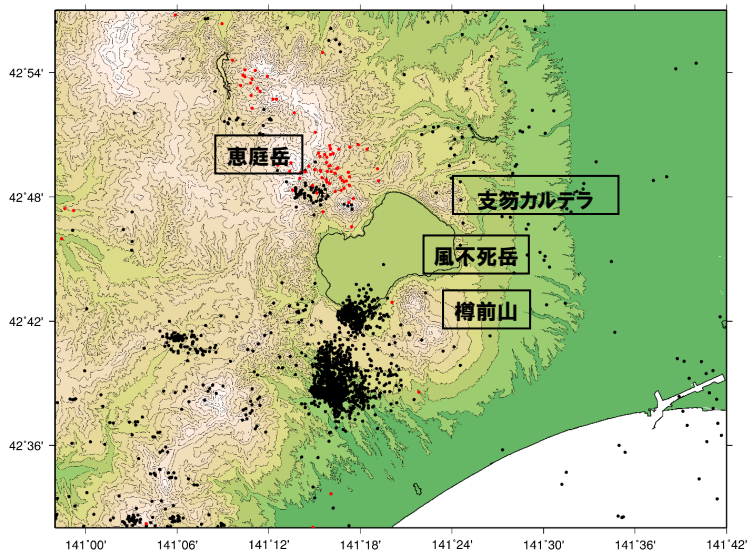
一部修正(R3/10/14審査会合)

【気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ】

○過去約40年間(1983年1月～2023年3月)における支笏カルデラ周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月～2022年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2022年4月～2023年3月)を使用した。



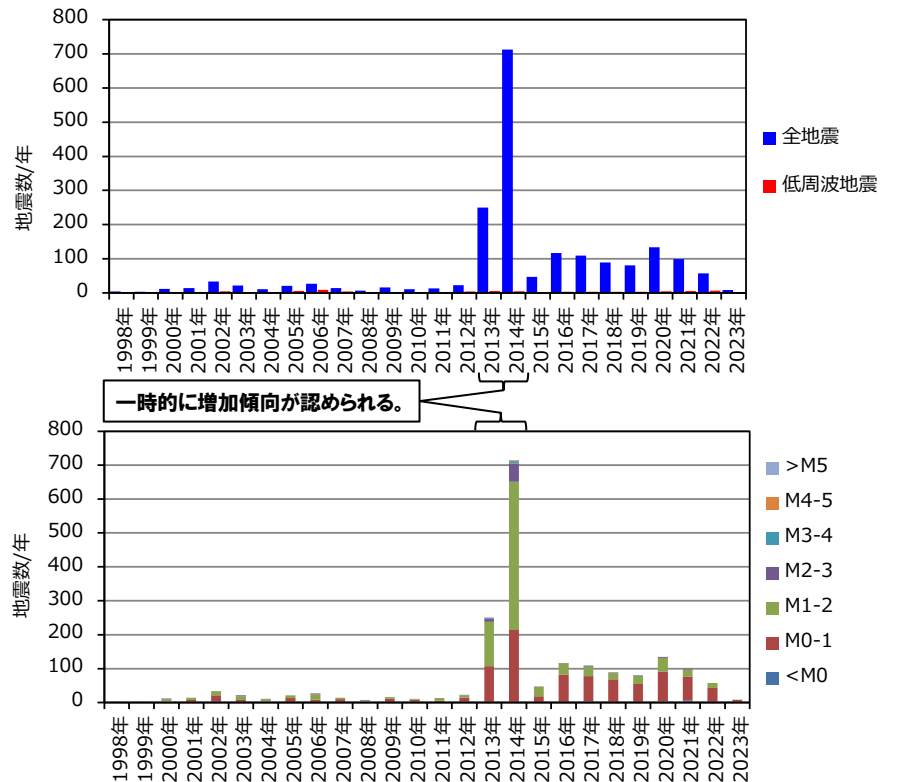
- 支笏カルデラ周辺においては、カルデラ南方の樽前山周辺に普通地震の震央が集中しており、カルデラ北西方の恵庭岳周辺で散発的に低周波地震の分布が認められる。
- マグニチュード1以上の地震は、樽前山の南西側及び西側において2013年及び2014年に一時的に増加傾向が認められるが、深部の低周波地震については、発生数は少なく増加傾向も認められない。



1983/1/1～2022/3/31:
気象庁地震月報(カタログ編)
2022/4/1～2023/3/31:
気象庁一元化処理検測値データ

凡例
●: 震央
●: 低周波地震震央

支笏カルデラ周辺の震央分布図※1
(1983年1月1日～2023年3月31日の記録、深さ40km以浅)



地震発生数の年別時間変化※1,2(1998年～2023年、深さ40km以浅)

※1 北海道ではHi-netの観測データ使用開始が2001年10月であることから、2001年10月前後でデータ精度が異なる。
※2 2023年は1月1日～3月31日のデータを掲載。

余白

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-7 地球物理学的調査(地殻変動-まとめ-) (1/5)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【目的】

- 青木(2016)によれば、マグマ溜まりにマグマが注入されると、マグマ溜まりが増圧し山体は膨張するとされている。
- このことから、電子基準点等のデータを整理した上で、継続的かつ顕著な変位の累積等の地殻変動の有無を確認する。



【検討結果】

(地殻変動(上下変動及び基線長変化))(次頁～P178参照)

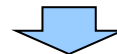
- 支笏カルデラ付近の上下変動は、一部基線において、プレート間固着効果等に伴う定常的な沈降及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ、これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。
- 支笏カルデラ付近の基線長変化は、一部基線において、2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。

(地殻変動(干渉SAR時系列解析))(P179参照)

- 支笏カルデラ周辺においては、顕著な地殻変動は認められない。

(地殻変動(水準測量))(P180参照)

- 白老町に局所的な変動が認められるものの、顕著な隆起又は沈降は認められない。



- 支笏カルデラ周辺の地殻変動は、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動、周辺の地震による余効変動、白老町の局所的な変動等が認められるが、これ以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-7 地球物理学的調査(地殻変動)(2/5)

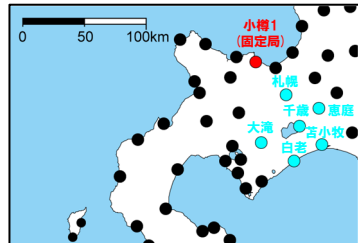
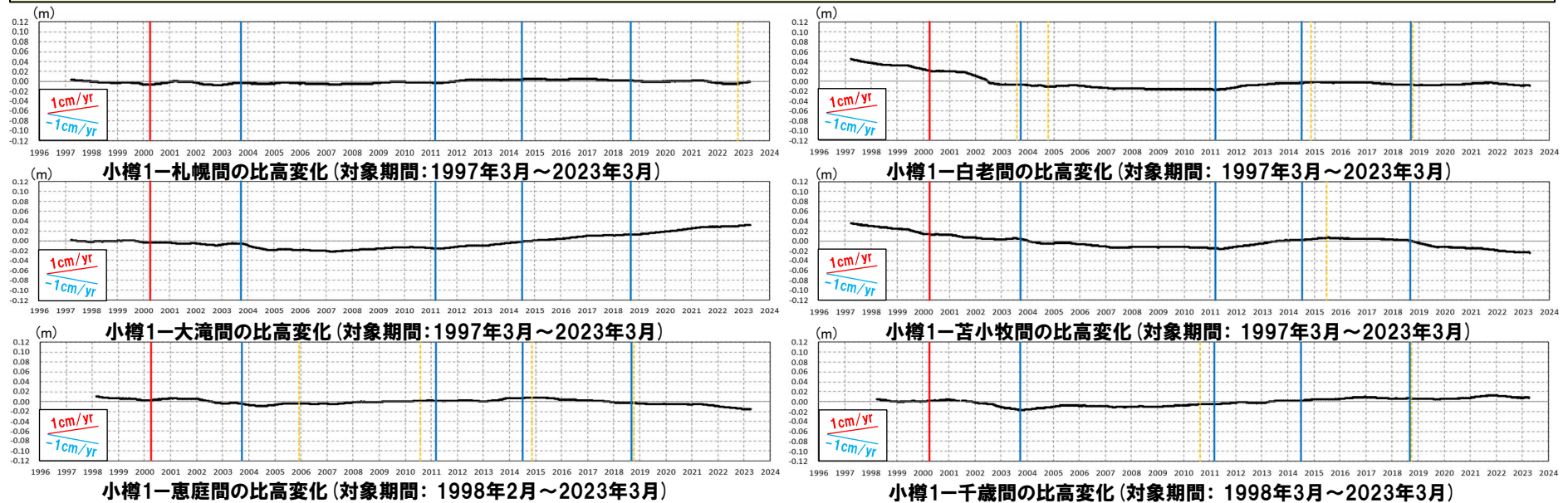
再掲(R5/10/6審査会合)

【上下変動】

- 支笏カルデラ付近の6基準点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)について, F5解を使用し, 各電子基準点設置以降から2023年3月までの上下変動を示す。
- 固定局は, 支笏カルデラと同様に東北日本弧延長部に位置し, 第四紀火山から離隔があること等を踏まえ, 小樽1地点とした。
- 季節変化に伴う影響(気象条件に関するノイズ, 電子基準点周辺の樹木の生長等)を除去するために, 各基準点の上下変動について1年間の移動平均グラフを作成した。



○支笏カルデラ付近の上下変動は, 一部基線において, プレート間固着効果等に伴う定常的な沈降及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う隆起に由来する小樽1地点との相対的な差異を捉えているものと考えられ, これ以外に継続的かつ顕著な比高変化は認められない。



支笏カルデラ付近
電子基準点位置図

- 2000年3月有珠山噴火
- 2003年9月十勝沖地震
- 2011年3月東北地方太平洋沖地震
- 2014年7月胆振地方中東部の地震
- 2018年9月北海道胆振東部地震
- 伐木

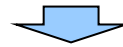
4.2.2 支笏カルデラの評価

②-7 地球物理学的調査(地殻変動) (3/5)

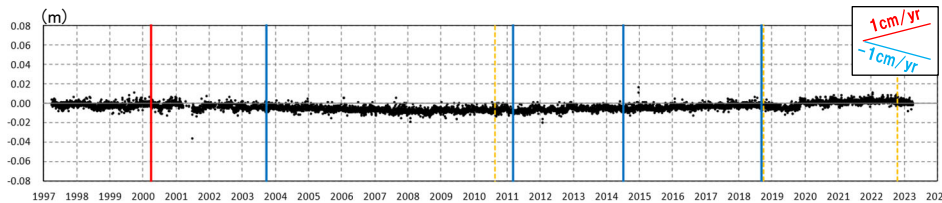
再掲 (R5/10/6審査会合)

【基線長変化】

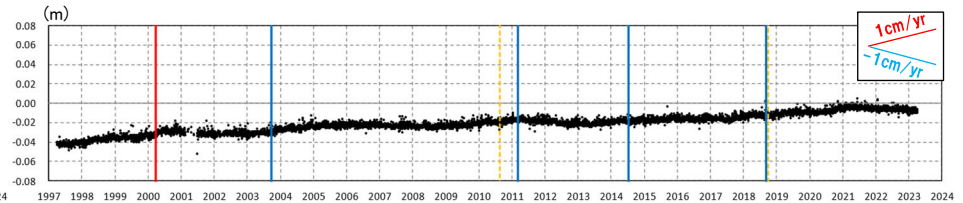
- 支笏カルデラ付近の6基準点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)を結んだ5基線について, F5解を使用し, 各電子基準点設置以降から2023年3月までの基線長変化を示す。
- 噴火, 地震, 伐木イベント等による不連続を除去するため, 左下黒枠内に示すイベントについて, イベント前後7日間の平均値を基に不連続を除去する補正を実施した。



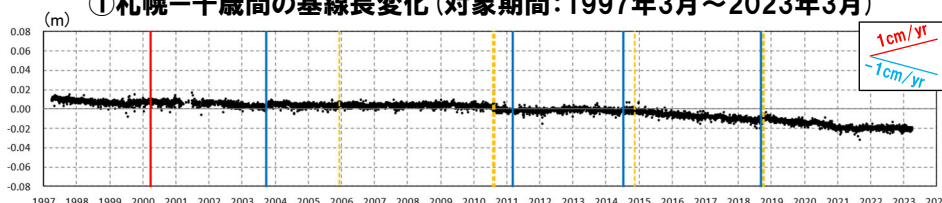
○支笏カルデラ付近の基線長変化は, 一部基線において, 2003年十勝沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動に伴う基線の伸びが認められるが, これ以外に継続的かつ顕著な膨張又は収縮傾向は認められない。



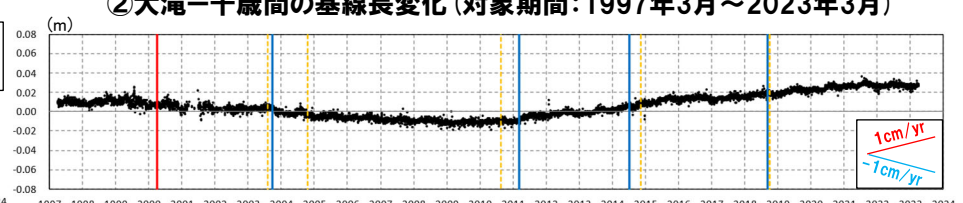
①札幌-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



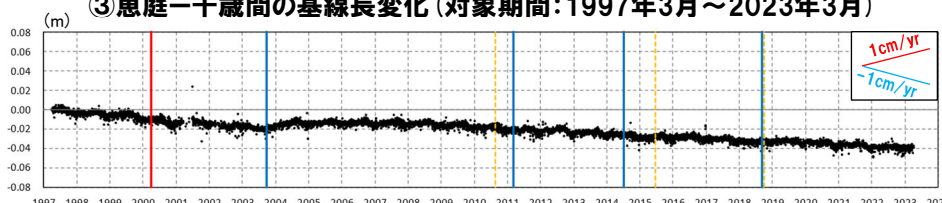
②大滝-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



③恵庭-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



④白老-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)



⑤苫小牧-千歳間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2023年3月)

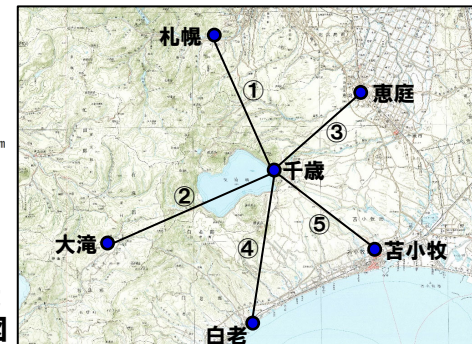
補正対象イベント

— 2000年3月有珠山噴火

— 2003年9月十勝沖地震
— 2011年3月東北地方太平洋沖地震
— 2014年7月胆振地方中東部の地震
— 2018年9月北海道胆振東部地震

— 伐木

支笏カルデラ付近
電子基準点位置図



4.2.2 支笏カルデラの評価

②-7 地球物理学的調査(地殻変動)(4/5)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【干渉SAR時系列解析】

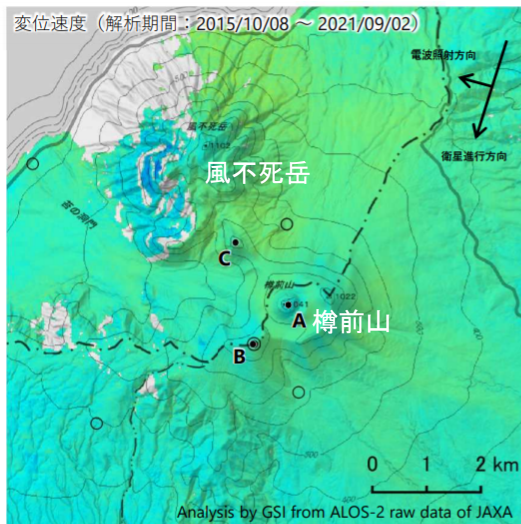
○第149回火山噴火予知連絡会資料(樽前山)(気象庁, 2021)によると, 樽前山周辺における干渉SAR時系列解析において, 「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている(本頁左図)。

【干渉SAR時系列解析(最新版)】

○2014年8月から2022年12月を対象とした干渉SAR時系列解析(国土地理院, 2023)*によれば, 支笏カルデラ周辺においては顕著な地殻変動は認められない(本頁右図)。

※国土地理院では, 宇宙航空研究開発機構(JAXA)が運用する衛星「だいち2号(ALOS-2)」のSARデータを使用し, 地表変動の監視を行っている。2023年3月に日本全域の干渉SAR時系列解析結果をHP上で公表した。ここで示す干渉SAR時系列解析結果は大規模な地震に伴う地殻・地盤変動及びプレート運動に伴う広い範囲に生じる地殻変動は除去されている。

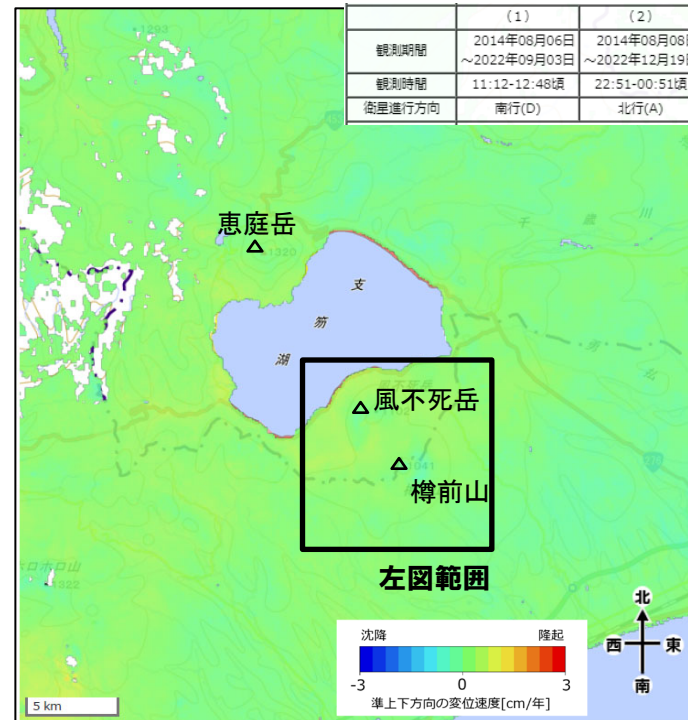
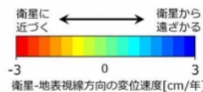
ノイズレベルを超える変動は見られません。



樽前山の干渉SAR時系列解析結果(衛星方向の変位速度, 南行)
(気象庁(2021)に加筆)

衛星名	ALOS-2
観測期間	2015/10/08 ~ 2021/09/02 (2156日間)
衛星進行方向	南行
電波照射方向	右(西)
観測モード*	U
入射角	38.9°
偏波	HH
データ数	12
干渉ペア数	14

* U: 高分解能(3m)モード
◎ 国土地理院GNSS観測点
○ 国土地理院以外のGNSS観測点



支笏カルデラ周辺における2014-2022年間の
干渉SAR時系列解析結果(準上下成分の変位速度)(国土地理院(2023)に加筆)

○支笏カルデラ周辺においては, 顕著な地殻変動は認められない。

4.2.2 支笏カルデラの評価

②-7 地球物理学的調査(地殻変動)(5/5)

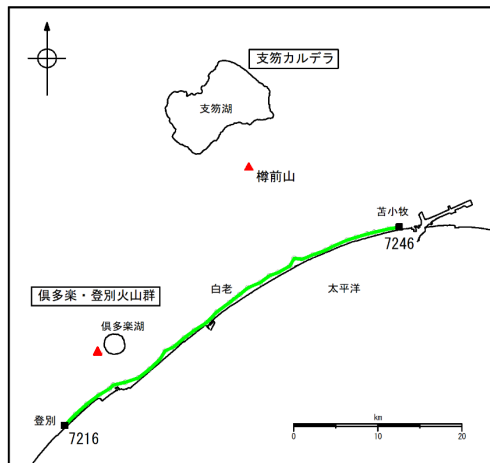
一部修正(R3/10/14審査会合)

【水準測量】

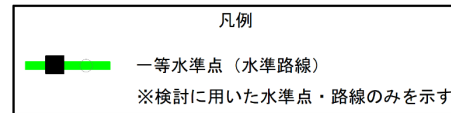
○過去約100年間における支笏カルデラ周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した*。



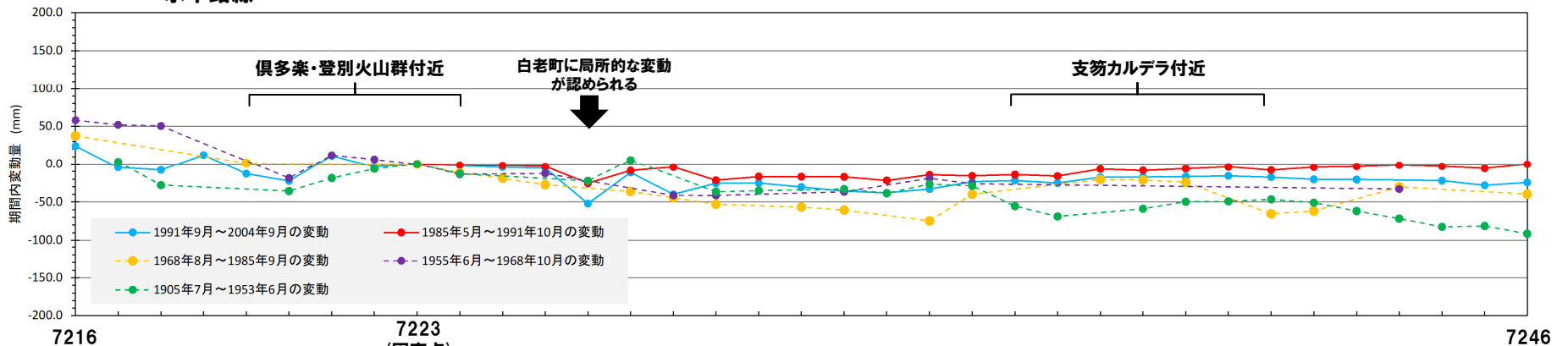
○白老町に局所的な変動が認められるものの、顕著な隆起又は沈降は認められない。



※当該検測成果集録においては、支笏カルデラ周辺の水準路線として、左図に示す一等水準点を用いた路線の他に、苫小牧付近から支笏カルデラ付近まで及び苫小牧付近から樽前山付近までの二等水準点を用いた2路線のデータもまとめられている。しかし、支笏カルデラ付近へ向かう路線は2001年及び2018年に、樽前山付近へ向かう路線は2001年及び2007年に測量が実施されており、下図のような変動量はそれぞれ1期間示されているのみである。このため、支笏カルデラ周辺の水準測量の結果として、より長期間のデータがある一等水準点を用いた路線の変動量を示している。



水準路線



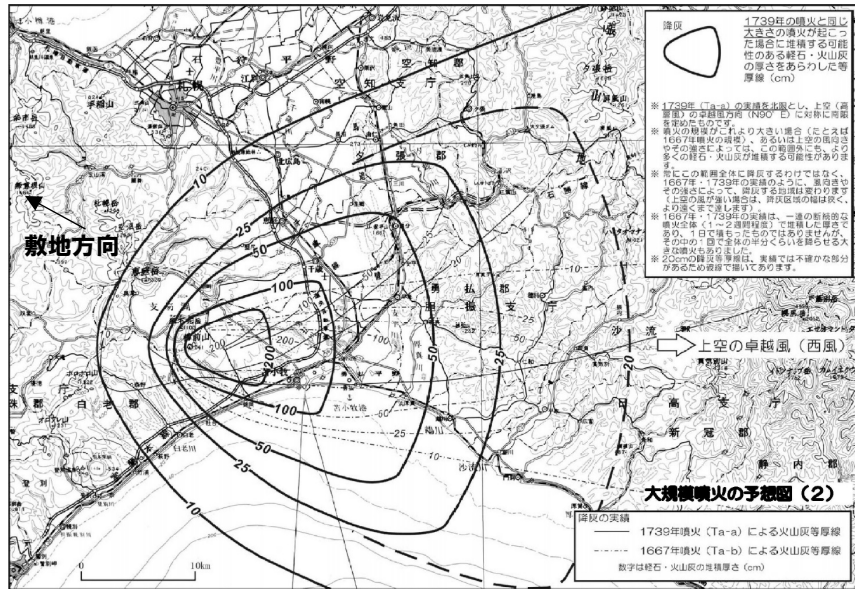
水準路線(水準点番号:7216-7246)沿いの期間内変動量(固定点:7223)

4.2.2 支笏カルデラの評価

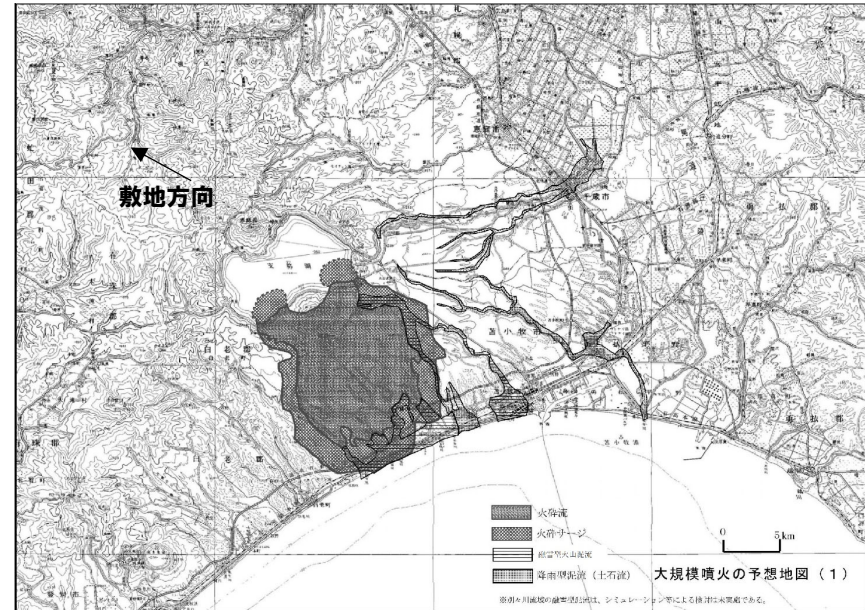
(参考) 樽前山火山防災協議会 (2022)

再掲 (R5/10/6審査会合)

○支笏カルデラの後カルデラ火山のうち樽前山について避難計画を定めた樽前山火山防災協議会 (2022) によれば、最も大きな規模の噴火として、下図の通り、Ta-a及びTa-b相当の降灰及び火砕流による影響範囲が想定されており、巨大噴火規模の影響は想定されていない。



Ta-a及びTa-bによる降灰の想定影響範囲



Ta-a及びTa-bによる火砕流、火砕サージ、融雪型火山泥流及び降雨型泥流の想定影響範囲

最も大きな規模の噴火として想定された影響範囲 (樽前山火山防災協議会 (2022) に加筆)