

泊発電所

火山影響評価のうち立地評価について

令和5年8月22日
北海道電力株式会社

○令和3年10月14日審査会合、令和5年1月20日審査会合及び令和5年7月7日の指摘事項を本頁～P4に示す。

指摘時期	No	指摘事項
令和3年10月14日 審査会合	1	地理的領域内にある第四紀火山(34火山)の活動履歴に関する最新の知見について、網羅的に反映させること。 また、巨大噴火に関連する知見についても、網羅的に反映させること。
	2	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出していない火山(21火山)の評価結果を本編資料に記載すること。
	3	敷地からニセコ・雷電火山群までの距離をニセコアンヌプリまでの距離としている考え方を示すこと。
	4	火山性地震及び地殻変動に関するデータについては、至近のデータを追加する等、適切な期間で整理すること。
	5	地下構造に関する調査は手法ごとに特長が異なることから、洞爺カルデラ及び支笏カルデラの地下構造については、地震波速度構造だけではなく、重力構造、比抵抗構造等の知見も踏まえて、総合的に評価すること。
	6	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火山(13火山)について、設計対応不可能な火山事象の到達距離及び分布範囲を個別に示すこと。
	7	ニセコ・雷電火山群の地震波速度構造に関する検討について、溶岩流に関する個別評価のみに用いているような記載となっているが、本検討を溶岩流に関する個別評価以外にも用いているのであれば、その位置付けが明確になるよう資料を適正化すること。
	8	「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に基づき、モニタリングの資料構成上の位置付けを適正化すること。

:R5.1.20審査会合又はR5.7.7審査会合で説明

指摘事項

指摘時期	No	指摘事項
令和3年10月14日 審査会合	9	支笏カルデラ及びニセコ・雷電火山群の火砕流堆積物について、火口からの距離と層厚の関係を整理すること。また、洞爺カルデラについては、既に同趣旨の整理を行っているが、他に関連する文献がないか確認すること。
	10	敷地及び敷地周辺の降下火砕物について、文献及び地質調査結果を踏まえ、分布及び層厚を網羅的に示すこと。
	11	洞爺火砕流の末端部が共和町幌似付近であるとしているが、幌似付近より西側に洞爺火砕流が到達しているとされている文献もあることから、洞爺火砕流堆積物が削剥されている可能性についても検討の上、幌似付近が末端部であると評価されることの方を示すこと。

指摘時期	No	指摘事項
令和5年1月20日 審査会合	1	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出において、網羅的な文献収集を追加で実施しているが、個別火山へのこれらの知見の反映にあたっての取捨選択の考え方が不明確であることから、個別火山の活動履歴等において収集した知見をどのように反映したか事業者の考え方を明確にし、説明すること。
	2	地質調査結果に基づく火山噴出物の分布(敷地及び敷地近傍)の評価について、以下の事項について再整理すること。 <ul style="list-style-type: none"> 火砕流堆積物の認定については、軽石の含有の有無のみでの判断は困難であると考えられるため再考すること。 火山噴出物の分布については、降下火砕物(純層・二次堆積物)、火砕物密度流(火砕流・火砕サージ)の区分結果を示す際には、判断根拠を明確にした上で説明すること。 敷地及び敷地近傍の地質調査結果をまとめるにあたって、給源が不明なものも含めて火山噴出物の分布状況を明確にすること。
	3	文献調査、敷地及び敷地周辺の地形・地質調査並びに火山学的調査の結果を整理し、その評価結果に基づき発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を実施するといった資料構成とした上で、説明すること。

□ :R5.1.20審査会合又はR5.7.7審査会合で説明

指摘時期	No.	指摘事項
令和5年7月7日 審査会合	立地評価	1 巨大噴火の評価対象のうち、倶多楽・登別火山群の評価に係る判断根拠が明確になっていない。 ・倶多楽・登別火山群のKt-7の噴出規模については、既往知見を精査した結果からの噴出規模をどのように解釈したか示した上で、巨大噴火として評価する判断に至る考え方を整理し説明すること。
		2 巨大噴火の可能性評価に係る各種データを用いた評価結果の説明が不十分。 ・活動履歴を含めて、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した論理を火山影響評価ガイドの記載を踏まえ明確に整理し説明すること。 ・噴出物の組成（噴火イベント間の特徴や変化）について、既往知見を整理し、巨大噴火の可能性を判断するデータのの一つとして整理し説明すること。 ・地殻変動データについては、テクトニックな広域応力場の影響を受けていることも考慮した上で、将来の巨大噴火の可能性を判断できるデータとして扱うことができるのか説明すること。
		3 支笏カルデラの地下構造に関して、既往知見に照らしてマグマ溜まりの存在の可能性を否定する根拠が十分に整理されていない。 ・低比抵抗領域におけるメルトの存在の有無の評価については、地震波速度構造の精度の観点等からの説明が足りないと考えられる。現在の火山学に照らした調査を尽くし、総合的に判断できる根拠を揃えて説明すること。
	影響評価及び モニタリングに 係る今後の 主要な論点	1 火山灰層厚の評価に当たって必要な整理 ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。 ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。 ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。
		2 火山活動のモニタリング実施方針の説明に当たって必要な整理 ・支笏火砕流が敷地に到達した可能性の有無について、これまでの地質調査に基づく評価や既往知見と整合する説明を行うことが必要。

余白

指摘事項に関する回答方針

○指摘事項に対する回答方針 (R5.1.20審査会合及びR5.7.7審査会合で説明したものを除く) を本頁～次頁に示す。

指摘事項	回答方針	回答掲載箇所
敷地及び敷地周辺の降下火砕物について、文献及び地質調査結果を踏まえ、分布及び層厚を網羅的に示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> 降下火砕物の影響評価について概要版として記載し、関連するエビデンスを地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査(文献調査, 地形調査, 地質調査及び火山学的調査)として補足説明資料1に記載した。 	本編資料 5.1章 補足説明資料1 P120～P157
巨大噴火の評価対象のうち、倶多楽・登別火山群の評価に係る判断根拠が明確になっていない。 <ul style="list-style-type: none"> 倶多楽・登別火山群のKt-7の噴出規模については、既往知見を精査した結果からの噴出規模をどのように解釈したか示した上で、巨大噴火として評価する判断に至る考え方を整理し説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 倶多楽・登別火山群のKt-7の噴出物体積について、Amma-Miyasaka et al. (2020) 等を踏まえ、当社においても噴出物体積を算出した。 倶多楽・登別火山群のKt-7を噴出した噴火については、当該文献で示された噴出規模及び当社算出結果を踏まえた上で、巨大噴火に該当するものとして取り扱うこととした。 	本編資料 P74～P78
巨大噴火の可能性評価に係る各種データを用いた評価結果の説明が不十分。 <ul style="list-style-type: none"> 活動履歴を含めて、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した論理を火山影響評価ガイドの記載を踏まえ明確に整理し説明すること。 噴出物の組成(噴火イベント間の特徴や変化)について、既往知見を整理し、巨大噴火の可能性を判断するデータの一つとして整理し説明すること。 地殻変動データについては、テクトニクな広域応力場の影響を受けていることも考慮した上で、将来の巨大噴火の可能性を判断できるデータとして扱うことができるのか説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 噴出物の組成も踏まえた活動履歴の検討を行った上で、この検討結果を含め、「巨大噴火が差し迫った状態ではないこと」を判断した根拠を整理した。 活動履歴から現在の活動状況を検討するに当たり、活動年代、噴出物体積等の他、噴出物の組成についても整理した。 地殻変動のうち、上下変動については季節変化に伴うノイズを除去する補正を行い、基線長変化については、北海道南部周辺の噴火、内陸地震、海溝型地震等に伴う不連続を除去する補正を行った上で、地殻変動の状況について検討した。 また、北海道南部の電子基準点データが、影響を受けていると考えられる噴火、内陸地震、海溝型地震の余効変動等に関する文献レビューを追加した。 	本編資料 P112～P113 P160～P161 P214～P215 本編資料 P114, P118 P162, P168 P216, P220～P221 本編資料 P98～P108 P143, P149 P195, P201 P241, P247

指摘事項	回答方針	回答掲載箇所
<p>支笏カルデラの地下構造に関して、既往知見に照らしてマグマ溜まりの存在の可能性を否定する根拠が十分に整理されていない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・低比抵抗領域におけるメルトの存在の有無の評価については、地震波速度構造の精度の観点等からの説明が足りないと考えられる。現在の火山学に照らした調査を尽くし、総合的に判断できる根拠を揃えて説明すること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・検討中。 	<p>本編資料 4.1.2章に掲載予定</p>
<p>火山灰層厚の評価に当たって必要な整理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地周辺の地質調査については、より広い範囲における文献調査結果等も併せて示し、調査範囲が十分であることを示すことが必要。 ・敷地内のF1断層開削調査箇所において認められた火山灰については、火山灰層厚の評価における考慮の要否とその判断の根拠を整理した上で説明することが必要。 ・降下火砕物シミュレーションによる火山灰層厚の評価対象とする噴火の選定については、選定のプロセスと根拠を十分に説明することが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・敷地及び敷地近傍における文献調査を踏まえた地質調査の結果から、文献調査及び地質調査の整合性について検討した結果を示した。 ・F-1断層開削調査箇所のスケッチに火山灰等と記載されている堆積物のうち、火山灰(黄灰色A)及び火山灰(黄灰色B)については、噴出年代及び給源が不明な降下火砕物である可能性を否定できないと評価し、層厚評価の検討対象とする考えを示した。 ・降下火砕物シミュレーションの対象となる降下火砕物を選定(噴火を選定)するプロセスを示した。 	<p>補足説明資料1 P132～P134</p> <p>本編資料 P326 補足説明資料2 1.5.2章</p> <p>本編資料 P328～P330</p>
<p>火山活動のモニタリング実施方針の説明に当たって必要な整理</p> <ul style="list-style-type: none"> ・支笏火砕流が敷地に到達した可能性の有無について、これまでの地質調査に基づく評価や既往知見と整合する説明を行うことが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・支笏火砕流について、文献調査及び地質調査の結果から、敷地には到達していないと評価する考えを示した。 ・その上で、支笏カルデラについては、自主的に火山活動のモニタリングの監視対象火山として抽出する考えを示した。 	<p>本編資料 6.1章</p>

余白

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

1. 火山影響評価の概要

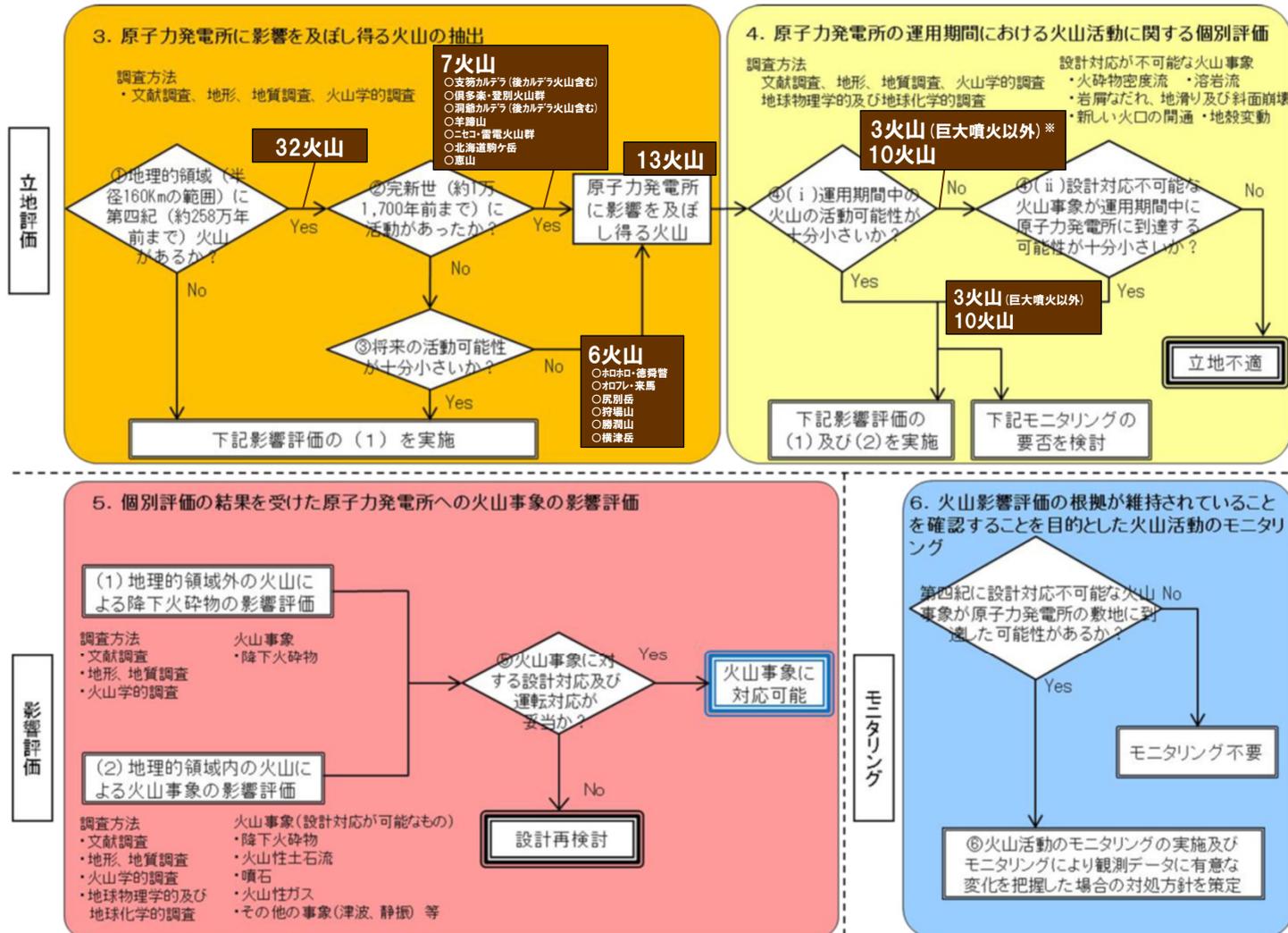
1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価	P. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	5.1章の概要版を掲載 P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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	5.2章の概要版を掲載 P. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	6.1章の概要版を掲載 P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	6.2章の概要版を掲載 P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

1. 火山影響評価の概要

① 火山影響評価の基本フロー

一部修正 (R5/1/20審査会合)



火山影響評価フロー (「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の基本フローに加筆)

※過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの3火山については、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される。このため、④(ii)においては、巨大噴火以降の最大規模の噴火に伴う火山事象を評価する。それ以外の10火山については、④(ii)において、過去の最大規模の噴火に伴う火山事象を評価する。

1. 火山影響評価の概要

② 泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

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1参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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・徳舜營、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

余白

1. 火山影響評価の概要

③ R5.7.7審査会合からの変更概要(1/7)

○「泊発電所における火山影響評価」について、R5.7.7審査会合における指摘事項を踏まえた検討等を実施した上で、今回、下表に示すとおり、評価を一部変更している。

項目	R5.7.7審査会合	今回	頁
○降下火砕物の影響評価	○敷地における降下火砕物の層厚は、En-a(恵庭岳)のシミュレーション結果を踏まえ、20cmと評価。	○敷地のF-1断層開削調査箇所のスケッチに火山灰等と記載されている堆積物のうち、火山灰(黄灰色A)及び火山灰(黄灰色B)については、噴出年代及び給源が不明な降下火砕物である可能性を否定できないと評価。 ○当該火山灰のうち、火山灰(黄灰色B)(最大層厚約23cm)は、敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物の中で最も層厚が大きく、また、左記の降下火砕物シミュレーションの結果よりも層厚が大きいことから、その層厚を踏まえ、設計に用いる降下火砕物の層厚は30cmと設定。	本編資料 P326 補足説明資料2 1.5.2章
○火山活動のモニタリングにおける監視対象火山	○第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できない洞爺カルデラを抽出。	○洞爺カルデラに加え、支笏カルデラについては、文献調査及び地質調査を踏まえた検討を追加で実施した上で、 <u>第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地には到達していないと評価しているが、洞爺カルデラと同様、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を踏まえ、自主的に監視対象火山として抽出。</u>	本編資料 P338 補足説明資料1 P159～P165
○ワイスホルン北麓の洞爺火砕流堆積物	○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、ワイスホルン北麓の標高約120m以上の範囲に示されている洞爺火砕流堆積物について関連する文献をレビューした結果、同堆積物については、洞爺火砕流堆積物である可能性が高いと考えられるが、倶多楽・登別火山群起源のKt-2を含む堆積物である可能性も考えられる。 今後地質調査を実施。	○左記の堆積物について、文献レビューを踏まえた地質調査の結果、洞爺火砕流堆積物及び倶多楽・登別火山群起源のKt-2(降下軽石)を含む堆積物ではなく、 <u>ニセコ・雷電火山群由来の火山麓扇状地堆積物と評価。</u>	補足説明資料2 2章

1. 火山影響評価の概要

③ R5.7.7審査会合からの変更概要 (2/7)

- R5.7.7審査会合からの変更点のうち、その評価を一部変更しているものについては前頁に示している。
- 評価変更を伴うもの以外の主な変更点については、下表～P21に示す。

【火山活動の可能性評価】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○倶多楽・登別火山群について、巨大噴火が発生した火山として取り扱う根拠として、文献に記載された火砕流堆積物の分布及び噴出規模を用いていた。	○左記の根拠に加え、当社で算出したKt-7の噴出物体積も根拠の一つとした。 ○併せて、倶多楽・登別火山群の活動履歴及び噴出量-年代階段ダイアグラムへ当該算出結果を反映した。	P76～P78 P166～P167 補足説明資料1 P38～P39

【巨大噴火の可能性評価】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○電子基準点データが影響を受けていると考えられる北海道南部周辺で発生した1993年北海道南西沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の余効変動等に関する文献レビューを実施していた。	○電子基準点データが影響を受けていると考えられる2000年有珠山噴火、2003年十勝沖地震及び2018年北海道胆振東部地震の余効変動等に関する文献レビューを追加で実施した。	P98～P108

1. 火山影響評価の概要

③ R5.7.7審査会合からの変更概要 (3/7)

【巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○活動履歴から現在の活動状況を検討するに当たり、活動年代、噴出物体積等を整理していた。	○噴出物の組成及び支笏カルデラ付近の地温勾配についても整理した。	P114, P118~P119
○地震データの整理期間は、1983年1月から2021年9月までとしていた。	○データ整理期間を2023年3月まで延長した。	P139
○地殻変動データのうち、電子基準点のデータについては各電子基準点設置以降から2021年9月までのF3解を使用していた。	○電子基準点データのうち、上下変動については季節変化に伴うノイズを除去する補正を行い、基線長変化については、北海道南部周辺の噴火、内陸地震、海溝型地震等に伴う不連続を除去する補正を行った上で、地殻変動の状況について検討した。 ○上記検討においては、各電子基準点設置以降から2023年3月までのF5解を使用した。	P143, P149
○網羅的な文献調査の結果から、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としていた。	○参考として、現状想定されている噴火規模に関する文献レビューを追加した。	P157

③ R5.7.7審査会合からの変更概要(4/7)

【巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○活動履歴から現在の活動状況を検討するに当たり、活動年代、噴出物体積等を整理していた。	○噴出物の組成についても整理した。	P162, P168
○地震データの整理期間は、2001年10月から2021年9月までとしていた。	○データ整理期間を2023年3月まで延長した。	P190
○地殻変動データのうち、電子基準点のデータについては各電子基準点設置以降から2021年9月までのF3解を使用していた。	○電子基準点データのうち、上下変動については季節変化に伴うノイズを除去する補正を行い、基線長変化については、北海道南部周辺の噴火、内陸地震、海溝型地震等に伴う不連続を除去する補正を行った上で、地殻変動の状況について検討した。 ○上記検討においては、各電子基準点設置以降から2023年3月までのF5解を使用した。	P195, P201
○網羅的な文献調査の結果から、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としていた。	○参考として、現状想定されている噴火規模に関する文献レビューを追加した。	P211

1. 火山影響評価の概要

③ R5.7.7審査会合からの変更概要 (5/7)

【巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○活動履歴から現在の活動状況を検討するに当たり、活動年代、噴出物体積等を整理していた。	○噴出物の組成についても整理した。	P216, P220～221
○地震データの整理期間は1983年1月から2021年9月までとしていた。	○データ整理期間を2023年3月まで延長した。	P236～P237
○地殻変動データのうち、電子基準点のデータについては各電子基準点設置以降から2021年9月までのF3解を使用していた。	○電子基準点データのうち、上下変動については季節変化に伴うノイズを除去する補正を行い、基線長変化については、北海道南部周辺の噴火、内陸地震、海溝型地震等に伴う不連続を除去する補正を行った上で、地殻変動の状況について検討した。 ○上記検討においては、各電子基準点設置以降から2023年3月までのF5解を使用した。	P241, P247
○網羅的な文献調査の結果から、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としていた。	○参考として、現状想定されている噴火規模に関する文献レビューを追加した。	P255

【火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震データの整理期間は1983年1月から2021年9月までとしていた。	○データ整理期間を2023年3月まで延長した。	P304～P305
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地殻変動データのうち、電子基準点のデータについては各電子基準点設置以降から2021年9月までのF3解を使用していた。	○電子基準点データのうち、上下変動については季節変化に伴うノイズを除去する補正を行い、基線長変化については、北海道南部周辺の噴火、内陸地震、海溝型地震等に伴う不連続を除去する補正を行った上で、地殻変動の状況について検討した。 ○上記検討においては、各電子基準点設置以降から2023年3月までのF5解を使用した。	P309, P315

③ R5.7.7 審査会合からの変更概要 (6/7)

【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】

R5.7.7 審査会合	今回	頁
○影響評価については、検討及び評価の見通しを参考として本編資料7章に記載していた。	○影響評価の論理構成が分かるよう記載を拡充し、概要版として本編資料5章に記載した。	P326～P335
○降下火砕物シミュレーション対象となる降下火砕物については、選定した結果のみを記載していた。	○降下火砕物シミュレーション対象となる降下火砕物について、選定結果のみではなく、対象となる降下火砕物を選定するためのプロセスを示した。	P328～P330

【火山活動のモニタリング】

R5.7.7 審査会合	今回	頁
○火山活動のモニタリングについては、検討及び評価の見通しを参考として本編資料7章に記載していた。	○監視対象火山抽出の論理構成が分かるよう記載を拡充し、概要版として本編資料6章に記載した。	P338～P339

1. 火山影響評価の概要

③ R5.7.7審査会合からの変更概要 (7/7)

【地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査】

R5.7.7審査会合	今回	頁
○補足説明資料1においては、敷地及び敷地近傍における文献調査を踏まえた地質調査の結果を整理していた。	○敷地及び敷地近傍における文献調査を踏まえた地質調査結果の整理に加え、文献調査及び地質調査の整合性についての検討及び敷地に認められる堆積物中に混在する火山ガラスの堆積様式に関する検討を記載した。	補足説明資料1 P132～P134
	○また、関連するエビデンスとして、過去の「敷地周辺の地質・地質構造」の審査の中で提示していた敷地前面海域における地質調査結果を記載した。	補足説明資料1 P136～P143

1. 火山影響評価の概要

④-1 立地評価結果の概要 (地理的領域にある第四紀火山) (1/2)

一部修正 (R5/7/7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、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

1. 火山影響評価の概要

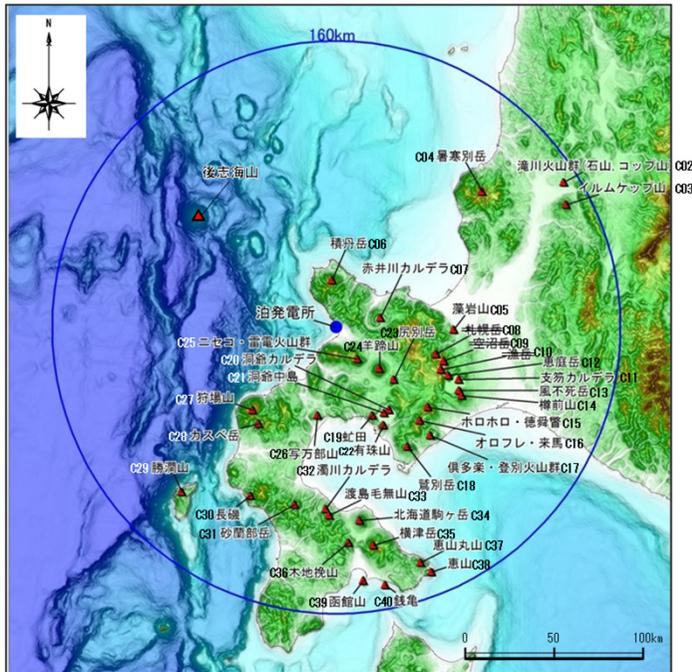
④-1 立地評価結果の概要 (地理的領域にある第四紀火山) (2/2)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 敷地から半径160km以内の範囲 (以降、「地理的領域」と呼ぶ) にある第四紀火山については、中野ほか編 (2013)「日本の火山 (第3版)」及び中野ほか編 (2013)に基づくweb版のデータベース (以降、産業技術総合研究所「日本の火山 (DB)」と呼ぶ) に示された第四紀火山から31火山を抽出した※。
- 中野ほか編 (2013) においては、年代測定により第四紀であることが判明している海底火山も多数あるが、活動的ではないものは表現していないとされている。
- このため、西来ほか編 (2012) に示された後志海山を抽出し、地理的領域にある第四紀火山については、後志海山を加えた32火山とした (下図及び右表参照)。
- 抽出した32火山の活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等については、文献調査結果に基づき、補足説明資料1において、「敷地から半径160km以内の範囲 (地理的領域) にある第四紀火山カタログ」として、火山毎に整理している。
- また、これを基礎資料とした上で実施している各種調査 (文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査) の結果についても、同じく補足説明資料1において、「地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査」として示している。

敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動年代
C02	滝川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま) コップ山(こっぷやま))	石山: 128.2 コップ山: 151.3	約1000-170万年前 (石山: 約200万年前、コップ山: 約170万年前)
C03	イルムケツ山(いるむけつがやま)	146.1	約250万年前
C04	暑寒別岳(しょかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前
C06	積丹岳(しゃこたんだけ)	26.5	約250-200万年前
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前
C11	支笏(しこつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	約4万年前にカルデラ形成
	○12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万8000年前以前に活動開始
	○13 風不死岳(ふうぶしだけ)	77.7	約4万年前以降
	○14 榑前山(たるまいさん)	80.2	約9000年前に活動開始
C15	ホロホロ・徳舜管(とくしゅんぱん)	68.0	約170-160万ないし約80万年前
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳: 約60-50万年前 オロフレ山: 活動年代は不明
C17	倶多楽(くつたら)・登別(のぼりべつ)火山群	80.5	約11万年前以降
C18	鷺別岳(わしべつだけ)	77.8	約190万年前
C19	虻田(あぶた)	53.4	約180万年前
C20	洞爺(とうや)カルデラ(後カルデラ火山含む)	54.8	約11万年前にカルデラ形成
	○21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	約5-3万年前
	○22 有珠山(うずさん)	60.7	約3万年前に活動開始
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	約70-5万年前
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	19.7	雷電火山群: 約160-50万年前 ニセコ火山群: 約150万年前以降
C26	写万部山(しゃまんべやま)	50.5	約260-250万年前
C27	狩場山(かりばやま)	66.1	約80-25万年前
C28	カスベ岳(かすべだけ)	69.4	前期更新世
C29	勝淵山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前
C30	長磯(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂蘭部岳(さらんべだけ)	102.2	約180万年前
C32	濁川(にごりがわ)カルデラ	101.9	約2万-1万3000年前
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	ジュラシアン-カラブリアン(前期更新世前半-前期更新世後半)
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	約4万年前以前に活動開始
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	約170-14万年前
C36	木地挽山(きじびきやま)	120.6	約190万年前以降
C37	恵山丸山(えさんまるやま)	139.9	約20万年前
C38	恵山(えさん)	146.9	約5万年前以降
C39	函館山(はこだてやま)	142.7	約120-90万年前
C40	銭亀(ぜにかめ)	146.7	4万5000-3万3000年前の間
—	後志海山(しりべしかいざん)	101.2	約90万年前前後(古くても130万年)



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図 中野ほか編 (2013) に基づき作成

※「2013.7 泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請」時点では、地理的領域にある第四紀火山は、札幌岳、空沼岳及び漁岳を含めた34火山としていた。この3火山については、中野ほか (2013) により、いずれもその活動は鮮新世とされたことを踏まえ、「日本の火山 (DB)」においても第四紀火山から除外されていることから、当社も第四紀火山の抽出において除外することとした。

1. 火山影響評価の概要

④-2 立地評価結果の概要 (将来の火山活動可能性の評価) (1/2)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

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1参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

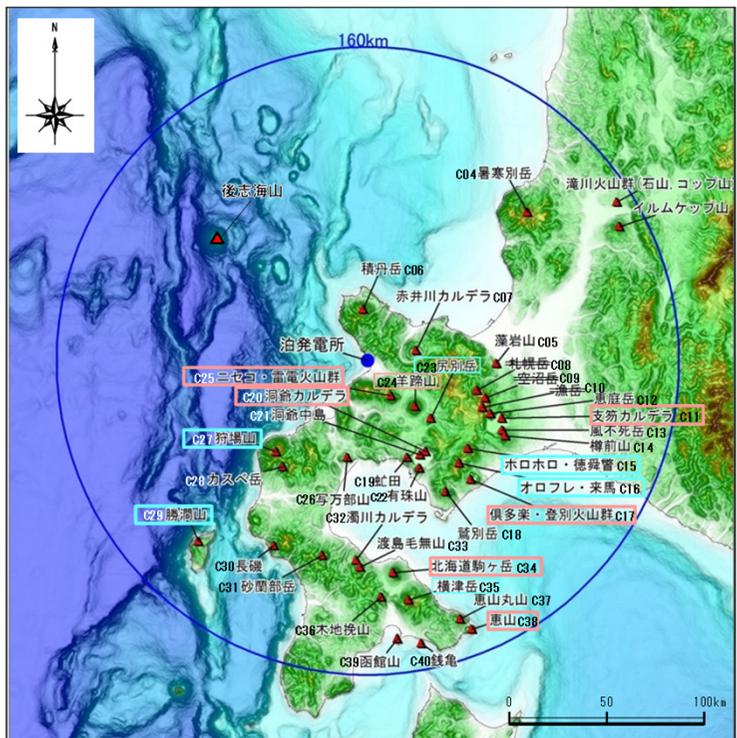
立地評価

1. 火山影響評価の概要

④-2 立地評価結果の概要 (将来の火山活動可能性の評価) (2/2)

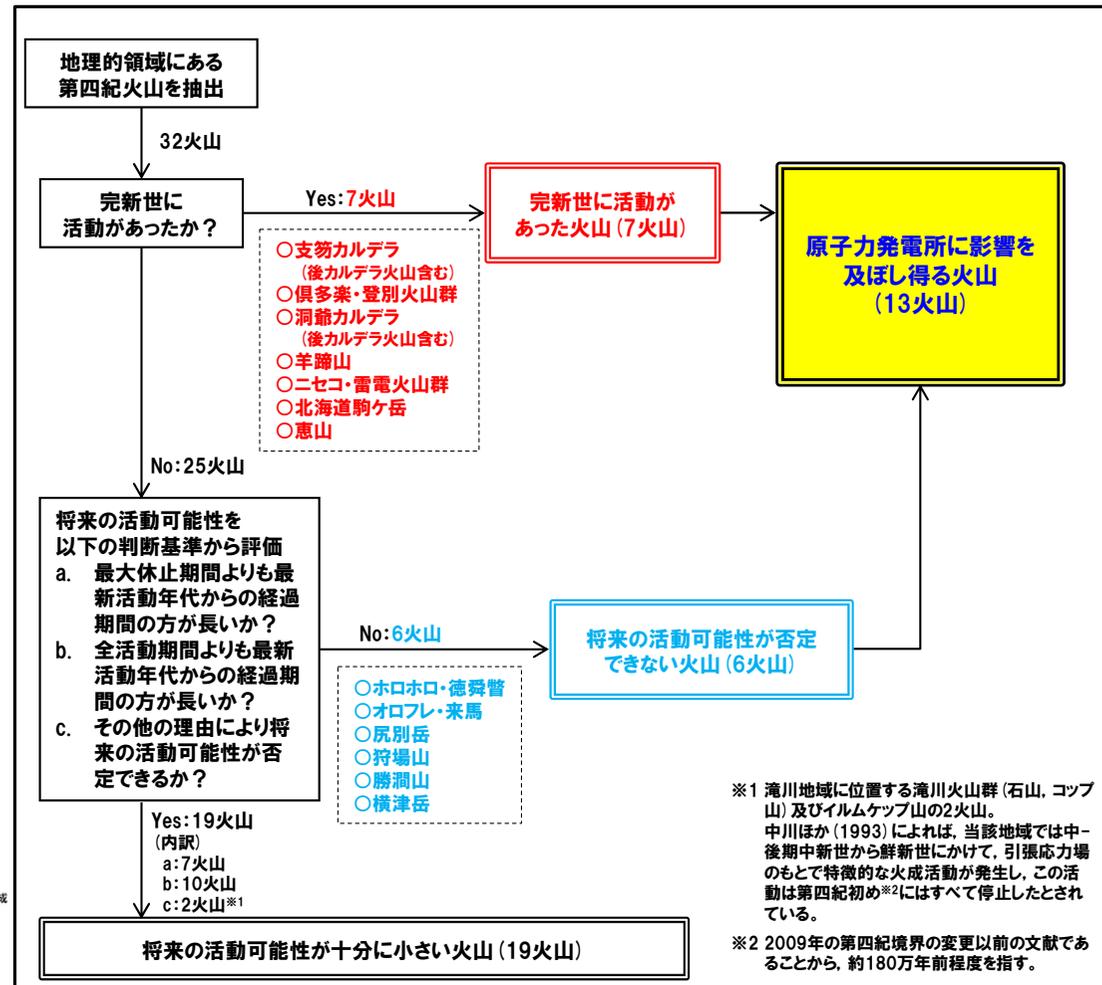
再掲 (R5/7/7審査会合)

○地理的領域にある第四紀火山32火山 (P23右表参照)のうち、**完新世に活動があった火山 (7火山)** 及び**完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山 (6火山)** の計13火山を、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図

- : 完新世に活動があった火山
- : 完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー

1. 火山影響評価の概要

④-3 立地評価結果の概要 (設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性評価) (1/3)

一部修正 (R5/7/7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、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

④-3 立地評価結果の概要 (設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性評価) (2/3)

再掲 (R5/7/7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火山について、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性を評価する。
- 火山活動の可能性については、3章で整理した各火山の活動履歴から評価する。
- なお、活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し (P29参照)、過去に巨大噴火が発生した火山については、地球物理学的調査を行った上で、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価する。

- 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火山は、3章で整理した各火山の活動履歴を踏まえると、完新世に活動があった火山 (7火山) 及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山 (6火山) であることから、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの現在の活動状況は、後述する4.1.2章に示すとおり、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、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から、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。

余白

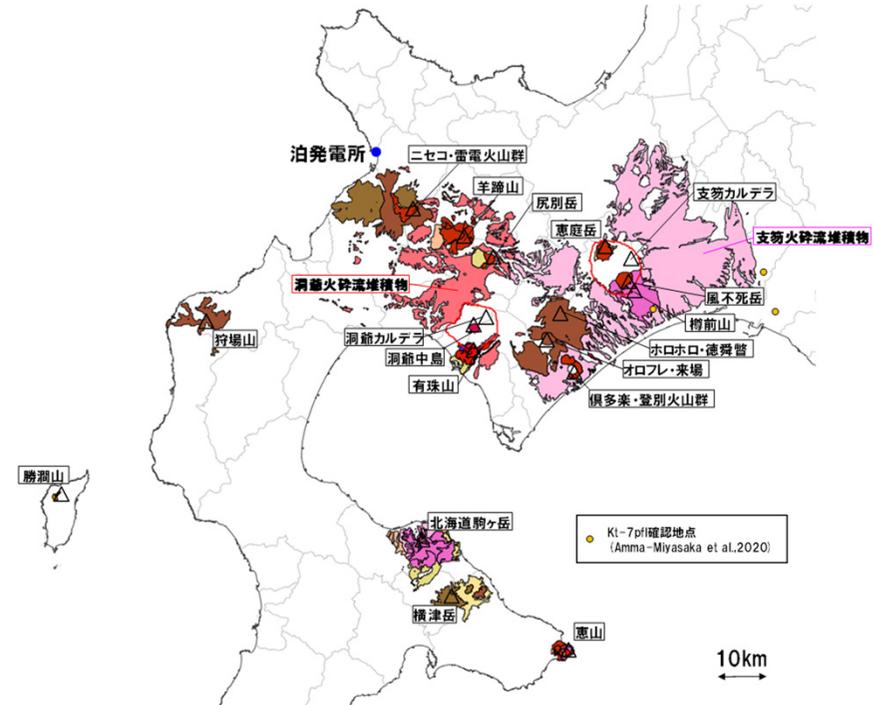
1. 火山影響評価の概要

④-3 立地評価結果の概要 (設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の可能性評価) (3/3)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

火砕流を含む火山噴出物の分布 確認結果

火山	火砕流を含む火山噴出物の分布	確認結果
C11 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	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C12 恵庭岳	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C13 風不死岳	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C14 樽前山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C15 ホロホロ・徳舞誓	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C16 オロフレ・来馬	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C17 倶多楽・登別火山群	火砕流を含む火山噴出物 (Kt-7) が北東方向に60km程度の地点に認められる	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる
C20 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	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C21 洞爺中島	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C22 有珠山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C23 尻別岳	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C24 羊蹄山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C25 ニセコ・雷電火山群	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C27 狩場山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C29 勝洞山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C34 北海道駒ヶ岳	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C35 横津岳	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C38 恵山	山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない



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。)

噴出物体積 確認結果

火山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (km ³)	確認結果
C11 支笏カルデラ	Sp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び 支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	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
C17 倶多楽・登別火山群	Kt-7:pfa,pfl	10~40 (pfa) 50 (pfl)	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km ³ 以上となったことから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う
C20 洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流)	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

○13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群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評価を行う。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価) (1/7)

一部修正 (R5/7/7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1参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

余白

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (支笏カルデラ)) (2/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 支笏カルデラにおいて約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)) を噴出した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が150km³ (火砕流) 及び200~240km³ (降下軽石) とされることから、巨大噴火に該当する。
- 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。
 - ・支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回発生しており、その噴出物体積は350~390km³である。
 - ・巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
 - ・巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。
 - ・カルデラ直下の上部地殻には、低比抵抗領域が認められるが、地震波速度構造も踏まえると、現状、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。
 - ・火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。
- また、支笏カルデラについては、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。

*網羅的な文献調査の結果については、「2.網羅的な文献調査の概要」に示す。また、現状想定されている噴火規模について、参考としてP157に示す。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (支笏カルデラ)) (3/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

検討項目		検討結果
	①活動履歴	<ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回発生しており、その噴出物体積は350～390km³である。 ○巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。 ○巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。
地球物理学的調査	②地下構造	<ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラ直下の上部地殻内 (約20km以浅) には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。 【地震波速度構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・地震波トモグラフィ解析結果からは、支笏カルデラ直下の上部地殻内には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・支笏カルデラ直下の上部地殻内には、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。 【比抵抗構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・文献に基づく支笏カルデラ直下の上部地殻内には、低比抵抗領域が認められる。 (地震波速度構造と比抵抗構造との比較) <ul style="list-style-type: none"> ・支笏カルデラ直下の上部地殻内における低比抵抗領域を報告している文献においては、当該領域がメルトかマグマ由来の水か比抵抗構造だけでは判断できないとされていることから、地震波速度構造と比抵抗構造とを合わせた検討を実施した結果、当該領域は水に富む領域であり、部分熔融域ではないと考えられる。 【重力異常】 <ul style="list-style-type: none"> ・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。
	③火山性地震	<ul style="list-style-type: none"> ○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に散発的に認められるが、上部地殻には認められない。
	④地殻変動	<ul style="list-style-type: none"> ○地殻変動は、白老町の局所的な変動、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。
		<ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラ直下の上部地殻内には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (倶多楽・登別火山群)) (4/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 倶多楽・登別火山群起源のKt-7は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、約9万年前にKt-7を噴出した噴火は、その噴出規模がAmma-Miyasaka et al. (2020)において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が20km³以上となった^{※1}ことから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う。
- 倶多楽・登別火山群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。
 - ・倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回発生しており、その噴出規模がAmma-Miyasaka et al. (2020)において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が20km³以上となった^{※1}。
 - ・倶多楽・登別火山群において巨大噴火が発生した先アヨロステージ並びに巨大噴火に該当する噴火は発生しないものの珪長質火砕噴火が発生したアヨロステージ及びクッタラステージ以降は登別ステージとされており、登別ステージにおいては複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも0.04km³であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
 - ・地下構造の状況から、倶多楽・登別火山群直下の上部地殻には、現状、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。
 - ・火山性地震及び地殻変動の状況からは、倶多楽湖の北西側において、熱水の上昇・貯留に伴うものと推定される隆起は認められるが、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。
- また、倶多楽・登別火山群については、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^{※2}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、倶多楽・登別火山群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。

※1 Kt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al. (2020)によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al. (2020)を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した。その結果、Kt-7の噴出物体積は60～90km³となり、最大値である90km³は、Amma-Miyasaka et al. (2020)における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。

※2 網羅的な文献調査の結果については、「2.網羅的な文献調査の概要」に示す。また、現状想定されている噴火規模について、参考としてP211に示す。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (倶多楽・登別火山群)) (5/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

検討項目		検討結果
	①活動履歴	<p>○倶多楽・登別火山群においては、巨大噴火が約9万年前に1回発生しており、その噴出規模がAmma-Miyasaka et al. (2020) において「VEI7 class」とされており、また、当社算出の噴出物体積が20km³以上となった*1。</p> <p>○倶多楽・登別火山群において巨大噴火が発生した先アヨロステージ並びに巨大噴火に該当する噴火は発生しないものの珪長質火砕噴火が発生したアヨロステージ及びクッタラステージ以降は登別ステージとされており、登別ステージにおいては複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも0.04km³であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。</p>
地球物理学的調査	②地下構造	<p>○倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内 (約20km以浅) には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。</p> <p>【地震波速度構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地震波トモグラフィ解析結果からは、倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、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。 <p>【比抵抗構造】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・倶多楽・登別火山群直下の浅部 (4km以浅) には熱水、高温及び熱水変質帯によると考えられる低比抵抗領域が部分的に認められるが、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。 <p>【重力異常】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。
	③火山性地震	○火山性地震のうち、低周波地震活動は、ほとんど認められない。
	④地殻変動	<p>○地殻変動は、白老町の局所的な変動、プレート間固着効果等に伴う定常的な変動、周辺の地震及び2000年有珠山噴火による余効変動等が認められる。</p> <p>○また、倶多楽湖の北西側 (オロフレ山周辺) において、2016年以降に確認される隆起及び当該領域を含む基線の伸びは認められるが、熱水の上昇・貯留に伴うものと推定される。</p> <p>○これらの変動以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。</p>
		○倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (洞爺カルデラ)) (6/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 洞爺カルデラにおいて約11万年前にTp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流) を噴出し、現在の洞爺カルデラを形成した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が354km³となることから、巨大噴火に該当する。
- 洞爺カルデラの活動状況は、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。
 - ・洞爺カルデラにおいては、巨大噴火が約11万年前に1回発生しており、その噴出物体積が354km³である。
 - ・巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも14km³であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
 - ・巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。
 - ・地下構造の状況から、カルデラ直下の上部地殻には、現状、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。
 - ・火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。
- また、洞爺カルデラについては、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、洞爺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。

※網羅的な文献調査の結果については、「2.網羅的な文献調査の概要」に示す。また、現状想定されている噴火規模について、参考としてP255に示す。

1. 火山影響評価の概要

④-4 立地評価結果の概要 (巨大噴火の可能性評価 (洞爺カルデラ)) (7/7)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

検討項目	検討結果
①活動履歴	<ul style="list-style-type: none"> ○洞爺カルデラにおいては、巨大噴火が約11万年前に1回発生しており、その噴出物体積が354km³である。 ○巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積は最大でも14km³であり、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。 ○巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。
地球物理学的調査	②地下構造 <ul style="list-style-type: none"> ○洞爺カルデラ直下の上部地殻内 (約20km以浅) には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。 【地震波速度構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・地震波トモグラフィ解析結果からは、洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。 ・洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、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。 【比抵抗構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。 【重力異常】 <ul style="list-style-type: none"> ・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。
	③火山性地震 <ul style="list-style-type: none"> ○火山性地震のうち、低周波地震活動は、有珠山周辺の下部地殻に認められるが、上部地殻にはほとんど認められない。
	④地殻変動 <ul style="list-style-type: none"> ○地殻変動は、周辺の地震及び2000年有珠山噴火による余効変動等が認められる。 ○また、昭和新山を含む有珠山周辺の局所的な沈降傾向が認められる。 ○これらの変動以外に継続的かつ顕著な変位の累積は認められない。
	<ul style="list-style-type: none"> ○洞爺カルデラ直下の上部地殻内には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。

1. 火山影響評価の概要

④-5 立地評価結果の概要（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）

一部修正 (R5/7/7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1参照）。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山（巨大噴火以外）

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象（溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動）については、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。

余白

1. 火山影響評価の概要

④-5 立地評価結果の概要（火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価）（2/3）

一部修正（R3/10/14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、設計対応不可能な火山事象が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。
- 13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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されることから（4.1.2章参照）、以下に示す過去に発生した巨大噴火以降の最大規模の噴火を含む火山事象について確認する。
 - ・支笏カルデラ：樽前山においてTa-aを噴出した噴火（P117参照）
 - ・倶多楽・登別火山群：Kt-3を噴出した噴火（P167参照）
 - ・洞爺カルデラ：洞爺中島において中島火山噴出物を噴出した噴火（P219参照）
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ以外の10火山は、過去の最大規模の噴火を含む火山事象について確認する※1。

※1 ニセコ・雷電火山群については、敷地近く（半径10kmの範囲）に設計対応不可能な火山事象が到達していることから（P269参照）、参考として、過去の最大規模以上の噴火が運用期間中に発生する可能性について、地震波速度構造による検討を実施している。検討結果についてはP355～P358参照。

1. 火山影響評価の概要

④-5 立地評価結果の概要（火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価）（3/3）

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 (P260～P283参照)	岩屑なだれ、 地滑り及び斜面崩壊 (P285参照)	火砕物密度流 (P286～P300参照)	新しい火口の開口 (P301～P323参照)	地殻変動 (P301及び P308～P321参照)
		0～50km	0～50km	0～160km		
C11 支笏カルデラ	74.8	(対象外) ^{*2}	(対象外) ^{*2}		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					
C13 風不死岳	77.7					
C14 樽前山	80.2					
C15 ホロホロ・徳舜誓	68.0					
C16 オロフレ・来馬	70.2					
C17 倶多楽・登別火山群	80.5					
C20 洞爺カルデラ	54.8					
C21 洞爺中島	55.1					
C22 有珠山	60.7					
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	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	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	
C24 羊蹄山	33.8	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 ・溶岩流シミュレーションにおいて敷地方向には流下しない	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 ・敷地との間に地形的障害物が存在する	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		
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7	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 ・溶岩流シミュレーションにおいて敷地方向には流下しない	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	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		
C27 狩場山	66.1	(対象外) ^{*2}	(対象外) ^{*2}		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 勝瀨山	126.4					
C34 北海道駒ヶ岳	109.0					
C35 横津岳	123.7					
C38 恵山	146.9					

※2 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。

○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される。

2. 網羅的な文献調査の概要

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所の影響評価の概要	P. 54
3.1 地理的影響	P. 57
3.2 将来的影響	P. 61
4. 原子力発電所の設計・建設・運転・廃止の各段階における影響評価の概要	P. 68
4.1 設計・建設段階	P. 71
4.1.1 設計・建設段階の概要	P. 71
4.1.2 設計・建設段階の具体的な影響評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

・本章の説明内容

① R3.10.14審査会合以前の文献調査及び追加文献調査の概要

②-1 文献収集1

②-2 文献収集2

②-3 文献収集3

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧

5.1章の概要版を掲載

5.2章の概要版を掲載

6.1章の概要版を掲載

6.2章の概要版を掲載

2. 網羅的な文献調査の概要

① R3.10.14審査会合以前の文献調査及び追加文献調査の概要

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山に関する文献調査については、これまで、活動年代、火山の型式・構造、主な岩石、噴出物体積等が網羅的に整理されている、下表のカタログ等及びその引用文献を用いていた。
- また、これらに加え、評価に関連すると思われる文献を個別に収集していた。
- R3.10.14審査会合以降、以下のとおり、網羅的な文献調査を追加で実施した。
 - ・下表のカタログ等のうち、中野ほか編(2013)に基づくweb版のデータベース(以降、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」と呼ぶ)及び西来ほか編(2012)については、web上で更新がなされていることから、2023年8月時点のものを改めて確認するとともに、2022年7月15日に公開された産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2022)「大規模噴火データベース」についても、引用文献を含め確認した。
 - ・論文データベース等を用いて、地理的領域にある第四紀火山に関する論文等を検索した(次頁～P53参照)。

カタログ等	タイトル	発行	内容	引用文献が示されているか
中野ほか編(2013)	日本の火山(第3版)	産業技術総合研究所	約260万年前以降に噴火して形成された火山に関する情報	なし
中野ほか編(2013)に基づくWeb版	日本の火山データベース	産業技術総合研究所	約260万年前以降に噴火して形成された火山に関する情報 最新更新日は、2023.7.14	あり
西来ほか編(2012)	第四紀火山岩体・貫入岩体データベース	産業技術総合研究所	第四紀に活動したことが新たに明らかになった、或いは、その可能性がある火山岩体・貫入岩体をデータベース化 最新更新日は、2021.10.7	あり
第四紀火山カタログ委員会編(1999)	日本の第四紀火山カタログ	第四紀火山カタログ委員会	第四紀(第四紀の範囲として、約2Maまでと定義)の火山に関する年代、火山体体積等の基礎データを整理	あり
第四紀火山カタログ委員会編(2000)	日本の第四紀火山カタログ	第四紀火山カタログ委員会	第四紀(第四紀の範囲として、約2Maまでと定義)の火山に関する年代、火山体体積等の基礎データを整理 第四紀火山カタログ委員会編(1999)のweb版	あり
山元(2014)	日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図	産業技術総合研究所	日本の主要56火山について、積算マグマ噴出量階段図が作成できるデータセットを整備の上、その結果を図示	あり
町田・新井(2011)	新編火山灰アトラス	東京大学出版会	日本列島とその周辺に広く分布する第四紀後期の火山灰を中心に、それぞれの岩石記載的特性、給源火山、噴出年代等について網羅的に整理	あり
地質図幅	5万分の1地質図幅 20万分の1地質図幅等	産業技術総合研究所 他	対象となる地域の地質情報を網羅し、地質図幅及び説明書として整備	あり
産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2021)	1万年噴火イベントデータ集	産業技術総合研究所	日本全国の活火山における過去1万年間の噴火履歴及び個別の噴火イベントに関する情報をデータベース化 2021年5月に最新版(ver.2.5)が公開されているが、北海道の火山については、2010年3月以降、更新されていない	あり
気象庁編(2013)	活火山総覧(第4版)	気象庁	活火山の概要、噴火活動史、有史時代の火山活動等を整理	あり

2. 網羅的な文献調査の概要

②-1 文献収集1

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、地理的領域にある第四紀火山に関する論文を検索した。
- 検索の結果等を踏まえ、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして新たに52の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。

データベース名	運営主体	データベース概要	検索キーワード	ヒット件数※1 2021年12月確認	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以前に収集済みであり、 評価に関連するもの	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以降に新たに収集 したものであり、 評価に関連するもの※2
JDreamIII	株式会社 ジー・サーチ	日本最大級の科学技術文献情報データベース	日本語検索： (火山名 and 火山) or (火山名 and カルデラ) 英語検索： “火山名 volcano” or “火山名 caldera”	3,245	21	8
J-STAGE	国立研究開発法人 科学技術振興機構	国内の1,500を超える発行機関のジャーナル等を公開		14,766		
GEOLIS	産業技術総合研究所 地質調査総合センター	地質関連の文献資料、地図類のデータベース		6,615		
ScienceDirect	Elsevier	世界最大のフルテキストデータベース。科学、技術等の分野の2,500タイトル以上の電子ジャーナル等を収録		2,183		
SpringerLink	Springer Science + Business Media	Springerが出版する科学、技術等の分野のジャーナル等を収録		952		
AGU Publications	John Wiley & Sons, Inc.	Journal of Geophysical Research等、AGU (アメリカ地球物理学連合) の出版物を収録		571		
個別に収集した文献		・地質学、火山学等に係る研究機関の報告 等			32	44

※1 重複を含む。

なお、ヒット件数は2021年12月時点のものを記載しているが、文献収集は継続的に実施しており、2021年12月～2023年8月の間に公表された文献の中で、評価に関連するもの(13件)については、「個別に収集した文献」の項目に計上している。

※2 タイトルや要旨に基づき記載内容を詳細に確認する文献を選択し、これらについて内容確認の上で判断。

2. 網羅的な文献調査の概要

②-2 文献収集2

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 地理的領域にある第四紀火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラである（後述する4.1.2章参照）。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの近い将来における巨大噴火の発生可能性について言及している論文を「文献収集1」から抽出するとともに、学術論文以外の雑誌、公的機関の発表・報告等について、国立国会図書館デジタルコレクションを用いて検索を実施した。
- 検索の結果、近い将来の巨大噴火の発生可能性について言及した論文等は確認されない。

データベース名	運営主体	データベース概要	検索キーワード	ヒット件数※1 2021年12月確認	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以前に収集済みであり、 評価に関連するもの	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以降に新たに収集 したものであり、 評価に関連するもの※2
国立国会図書館 デジタル コレクション	国立国会図書館	国立国会図書館で 収集・保存している デジタル資料の検索・閲覧	日本語検索： ・(カルデラ or 噴火 or 破局的噴火 or 噴火予知) and (洞爺 or 支笏 or 倶多楽・登別火山群 or クツタラ or 倶多楽) ・カルデラ噴火 ・破局的噴火 ・巨大噴火	1,858	0	0

※1 重複を含む。

なお、ヒット件数は2021年12月時点のものを記載しているが、文献収集は継続的に実施しており、2021年12月～2023年8月の間に公表された文献の中で、評価に関連するものは認められない。

※2 タイトルや要旨に基づき記載内容を詳細に確認する文献を選択し、これらについて内容確認の上で判断。

2. 網羅的な文献調査の概要

②-3 文献収集3

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの地球物理学的調査に関する論文等を検索した。
- 検索の結果等を踏まえ、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして新たに26の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。

データベース名	運営主体	データベース概要	検索キーワード	ヒット件数※1 2021年12月確認	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以前に収集済みであり、 評価に関連するもの	ヒット件数のうち、 R3.10.14審査会合 以降に新たに収集 したものであり、 評価に関連するもの※2
JDreamIII	株式会社 ジー・サーチ	日本最大級の科学技術文献情報データベース	日本語検索： (Vp and Vs) or 電磁 or 重力) and マグマ and 北海道	364	4	8
J-STAGE	国立研究開発法人 科学技術振興機構	国内の1,500を超える発行機関のジャーナル等を公開		2,570		
GEOLIS	産業技術総合研究所 地質調査総合センター	地質関連の文献資料、地図類のデータベース		44		
ScienceDirect	Elsevier	世界最大のフルテキストデータベース。科学、技術等の分野の2,500タイトル以上の電子ジャーナル等を収録	6,571			
SpringerLink	Springer Science + Business Media	Springerが出版する科学、技術等の分野のジャーナル等を収録	5,815			
AGU Publications	John Wiley & Sons, Inc.	Journal of Geophysical Research等、AGU(アメリカ地球物理学連合)の出版物を収録	3,707			
個別に収集した文献		・地球物理学に関する知見、公的機関の発表情報 等			8	18

※1 重複を含む。

なお、ヒット件数は2021年12月時点のものを記載しているが、文献収集は継続的に実施しており、2021年12月～2023年8月の間に公表された文献の中で、評価に関連するもの(5件)については、「個別に収集した文献」の項目に計上している。

※2 タイトルや要旨に基づき記載内容を詳細に確認する文献を選択し、これらについて内容確認の上で判断。

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (1/6)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

- 検索の結果等を踏まえ、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして新たに78の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。
○各文献の反映先を下表及び次頁～P53に示す。

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (1/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして新たに収集した文献	反映内容・用途	掲載箇所		
				本資料	補足説明資料1	補足説明資料2
支笏カルデラ	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき活動履歴を整理していたが、Sp-1のマグマ体積を降下軽石と火砕流とで分けて示している金田ほか (2020)、支笏洞爺火山地域におけるテフラ層序と年代を体系的にとりまとめているAmma-Miyasaka et al. (2020) 及びSp-4のマグマ体積を示している宝田ほか (2022) に基づき見直した。 ・各噴火ステージを追記した。	4.1章	支笏カルデラ	-
		金田ほか (2020)				
		宝田ほか (2022)				
		産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2022)				
		産業技術総合研究所 (2019)				
		中川 (1993)				
		古川・中川 (2010)				
	西田・橋本 (2007)	・支笏カルデラにおける火山噴出物の組成変化に関する検討のためにレビューを実施した。	-	-		
	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Spfa-1, Spfa-5, Spfa-6, Spfa-7及びSpfa-10) の層厚分布図の作成に使用した。	-	支笏カルデラ	-
		山元 (2016)	・支笏火砕流堆積物の分布範囲の確認のためにレビューを実施した。	-		3章
		Amma-Miyasaka et al. (2020)		-		-
		宝田ほか (2022)		-		-
		Uesawa et al. (2016)		-		-
		井上ほか (2022)		-		-
		嵯峨山ほか (2021)		-		-
		Nakagawa et al. (2016)		-		3章
		嵯峨山ほか (2020)		-		-
		Goto et al. (2018)		-		-
		町田ほか (1987)		-		-
		山縣・町田 (1996)		-		-
		早川 (1991)		・支笏火砕流堆積物の分布範囲の確認のために使用した。		-	地質調査	-
	地殻変動	青木 (2016)		・地殻変動の観点からマグマ溜まりの状況を評価するためにレビューを実施した。	4.1章	-
		気象庁 (2021)				
		気象庁 (2022)				
		国土地理院 (2023)				
		Ueda et al. (2003)	・支笏カルデラ周辺の地殻変動検討のためにレビューを実施した。			
		村上ほか (2001)				
Itoh et al. (2019)						
Suito (2018)						
Kobayashi et al. (2018)						

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (2/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (2/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして 新たに収集した文献	反映内容・用途	掲載箇所				
				本資料	補足説明 資料1	補足説明 資料2		
支笏 カルデラ	地下構造	地震波 速度構造	中道 (2022)	4.1章	-	-		
		比抵抗構造	後藤・三ヶ田 (2008)				・地震波速度構造の観点から巨大噴火の可能性を評価するためにレビューを実施した。	
			Hata et al. (2018)					・比抵抗構造の観点から巨大噴火の可能性を評価するためにレビューを実施した。
			Yamaya et al. (2017)					
	Ichiyama et al. (2019)	・支笏カルデラに関する比抵抗構造検討のためにレビューを実施した。						
Asamori et al. (2010)								
重力異常	Yokoyama and Aota (1965)	・支笏カルデラに関する重力異常検討のためにレビューを実施した。	4.1章	-	-			
	想定される噴火規模	樽前山火山防災協議会 (2022)	・現状想定されている噴火規模の確認のために、参考として使用した。	4.1章	-	-		
恵庭岳	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (En-a) の層厚分布図の作成に使用した。	-	支笏カルデラ	-		
風不死岳	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (n.En-b) の層厚分布図の作成に使用した。	-		-		
樽前山	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Ta-a, Ta-b, Ta-c, Ta-d) の層厚分布図の作成に使用した。	-		-		
		古川・中川 (2010)	・降下火砕物 (Ta-1874, Ta-1804-1811) の層厚分布図の作成に使用した。	-	-			

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (3/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (3/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして新たに収集した文献	反映内容・用途	掲載箇所			
				本資料	補足説明資料1	補足説明資料2	
倶多楽・登別火山群	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき活動履歴を整理していたが、倶多楽・登別火山群を含めた支笏洞爺火山地域におけるテフラ層序と年代を体系的にとりまとめているAmma-Miyasaka et al. (2020) 及びKt-Hyテフラを対象に調査を実施し、倶多楽・登別火山群のテフラ層序を再検討しているMiura et al. (2022) に基づき見直した。	4.1章	倶多楽・登別火山群	-	
		Miura et al. (2022)	・各噴火ステージを追記した。 ・Miura et al. (2022) によれば、Kt-Hyに含まれる火砕物密度流を遠方に堆積させるためには、高い位置エネルギーを有する山頂や噴煙柱が必要であると推定し、Kt-Hy噴出時に成層火山が存在していたとされている。一方、森泉 (1998) は、Kt-Tkテフラ群噴出時に成層火山 (竹浦火山) が形成されたと推定しているが、Miura et al. (2022) では、成層火山形成時期について具体的考察がなされている。このため、成層火山の火山体体積については、Miura et al. (2022) に示すとおり、Kt-Hyテフラの噴出物体積と足し合わせた値 (7~8km ³ (DRE)) を採用することとした。				
		後藤ほか (2013)	・後藤ほか (2013) 及びGoto et al. (2015a) に示された水蒸気噴火堆積物の噴出物体積に関する知見を、参考として活動履歴の注釈に付した。				
		Goto et al. (2015a)					
		勝井ほか (1988)	・倶多楽・登別火山群における火山噴出物の組成変化に関する検討のためにレビューを実施した。				
	火山噴出物の分布	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・Kt-7 (pfl) の分布範囲の確認のためにレビューを実施した。	4章	倶多楽・登別火山群		
		胆振団体研究会 (1990)		4.1章	-	-	
		Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Kt-1, Kt-2, Kt-3, Kt-6, Kt-Hy) の層厚分布図の作成に使用した。	-	倶多楽・登別火山群		
	噴出物体積の算出	Hayakawa (1985) Legros (2000)	・Kt-7 (pfa) の噴出物体積の算出のために使用した。	4.1章	-	-	
	火山性地震	気象庁 (2020) 気象庁 (2022)	・倶多楽・登別火山群周辺の火山性地震検討のためにレビューを実施した。	4.1章	-	-	
		地殻変動	青木 (2016)	・地殻変動の観点からマグマ溜まりの状況を評価するためにレビューを実施した。	4.1章	-	-
	気象庁 (2022)						
	国土地理院 (2023)						
	Ueda et al. (2003)						
	村上ほか (2001)		・倶多楽・登別火山群周辺の地殻変動検討のためにレビューを実施した。				
	Itoh et al. (2019)						
	Suito (2018) Kobayashi et al. (2018)						
	地下構造	地震波速度構造	中道 (2022)	・地震波速度構造の観点から巨大噴火の可能性を評価するためにレビューを実施した。	4.1章	-	-
			後藤・三ヶ田 (2008) Hata et al. (2018)	・比抵抗構造の観点から巨大噴火の可能性を評価するためにレビューを実施した。			
		比抵抗構造	Goto and Johmori (2015) Hashimoto et al. (2019)	・倶多楽・登別火山群に関する比抵抗構造検討のためにレビューを実施した。			
			重力異常	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1990) 畠山ほか (2005)				・倶多楽・登別火山群に関する重力異常検討のためにレビューを実施した。
		想定される噴火規模		倶多楽火山防災協議会 (2022)				・現状想定されている噴火規模の確認のために、参考としてレビューを実施した。	4.1章	-	-

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (4/6)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (4/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして 新たに収集した文献	掲載箇所		
			本資料	補足説明 資料1	補足説明 資料2
洞爺 カルデラ	火山噴出物の特徴	早川 (1991)	-	-	1章
		吉田ほか (2017)			
		Amma-Miyasaka et al. (2020)			
		町田ほか (1987)			
		中村ほか (1963)			
		Walker (1971)			
	柴田・長谷川 (2022)	-	-	-	
	Goto et al. (2018)				
	Amma-Miyasaka et al. (2020)				
	産業技術総合研究所 (2021)				
	活動履歴	産業技術総合研究所 (2022)	4.1章	洞爺カルデラ	-
		Goto et al. (2015b)			
		Goto et al. (2015b)			
	活動履歴	金田ほか (2020)	4.1章	洞爺カルデラ	-
		後藤ほか (2021)			
		東宮・宮城 (2020)			
		李 (1993)			
		Lee (1996)			
		雁澤ほか (2007)			
	火山噴出物の分布	三條・須貝 (2022)	-	洞爺カルデラ	-
		Goto et al. (2018)			
		産業技術総合研究所 (2022)			
		Amma-Miyasaka et al. (2020)			
産業技術総合研究所 (2021)					
東宮・宮城 (2020)					
産業技術総合研究所 (2018)					
Uesawa et al. (2022)					
火山性地震	気象庁 (2020)	4.1章	-	-	
	青木 (2016)				
地殻変動	気象庁 (2022)	4.1章	-	-	
	国土地理院 (2023)				
	中道 (2022)				4.1章
地下構造	地震波速度構造				
	比抵抗構造	後藤・三ヶ田 (2008)			
		Hata et al. (2018)			
		Matsushima et al. (2001)			
		Goto and Danhara (2018)			
		小森ほか (2022)			
Hata et al. (2016)					
重力異常	和田ほか (1988)	-	-	-	

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (5/6)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (5/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして新たに収集した文献	反映内容・用途	掲載箇所		
				本資料	補足説明資料1	補足説明資料2
洞爺 カルデラ	想定される噴火規模	有珠山火山防災協議会 (2021)	・現状想定されている噴火規模の確認のために、参考としてレビューを実施した。	4.1章	-	-
	活動履歴	Miyabuchi et al. (2014)	・R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき活動履歴を整理していたが、後カルデラ期のテフラ層序と噴火史をとりまとめているMiyabuchi et al. (2014) 及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2022) 「大規模噴火データベース」に基づき見直した。	-	洞爺カルデラ	-
		産業技術総合研究所 (2022)		-		-
	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Nj-Os) の層厚分布図の作成に使用した。	-		-
	活動履歴	Nakagawa et al. (2022)	・R3.10.14審査会合資料において示していた、山元 (2014) に基づく喜光寺岩層なだれの年代 (7.5ka) について、火山ガスの定量分析と崩壊堆積物の輸送・堆積メカニズムを見直すことによって、当該岩層なだれの年代を求めている Nakagawa et al. (2022) の知見 (ca.8ka) に見直した。	-		-
Miyabuchi et al. (2014)		・Usu prehistoric tephraの知見を追記した。 ・有珠外輪山溶岩のみ (有珠溶岩ドームを含まない) のマグマ体積を、参考として活動履歴の注釈に付した。	-	-		
火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (2000.4.4噴火, 2000.4.2噴火, 2000.4.1噴火, 2000.3.31噴火, 1977年噴火) の層厚分布図の作成に使用した。	-	-		
ホロホロ・徳舜磐	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・徳舜磐溶岩の噴出年代 (0.62±0.03Ma) を追記した。	-	ホロホロ・徳舜磐	-
オロフレ・来馬	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・来馬岳を給源とする噴出物の年代 (0.51±0.03Ma) を追記した。	-	オロフレ・来馬	-
鷺別岳	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	・R3.10.14審査会合資料においては、Nakagawa (1992) に示された鷺別岳溶岩の噴出年代0.5Maを記載していたが、Amma-Miyasaka et al. (2020) に示された年代 (1.87±0.08Ma) とは大きな差異がある。このため、Nakagawa (1992) よりも新しくかつ査読論文であるAmma-Miyasaka et al. (2020) に示された年代に見直した。	-	鷺別岳	-
尻別岳	活動履歴	Goto et al. (2020)	・溶岩流 (989-m peak, West Shiribetsu及びEast Shiribetsu) の知見を追記した。 ・R3.10.14審査会合資料において示していた、中川ほか (2011) に基づく喜茂別火砕流の知見 (FT法年代値 0.052±0.014Ma (Km-pfl1) 及び0.053±0.014Ma (Km-pfl2)) を、以下の理由から、Goto et al. (2020) に示された知見に見直した。 ✓上記の喜茂別火砕流両ユニットは、Goto et al. (2020) におけるKm-1及びKm-2にそれぞれ対比されるものである。 ✓Goto et al. (2020) においては、洞爺火砕流堆積物との層位関係 (Km-1が洞爺火砕流堆積物の上位, Km-2が下位) を露頭で確認している。	-	尻別岳	-
		Amma-Miyasaka et al. (2020)	・尻別岳からの噴出物であることが推定される又は再堆積したテフラに関する知見を、参考として活動履歴の注釈に付した。	-	-	
羊蹄山	活動履歴	Uesawa et al. (2016)	・R3.10.14審査会合資料においては、佐藤 (1969)、柏原 (1970)、佐々木ほか (1971)、大貫ほか (1977)、江草ほか (2003)、上澤ほか (2011) 等に基づき活動履歴を整理していたが、完新世の活動については、層序を基に噴火史の再検討を実施している上澤ほか (2011) に、更新世の活動については、43のテフラユニットを層序に基づき検討しているUesawa et al. (2016) にそれぞれ見直した。	-	羊蹄山	-
		Amma-Miyasaka et al. (2020)	・Y-1~Y43よりも古い羊蹄山由来のテフラ (Y>43a及びY>43b) に関する知見を追記した。	-		-
	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Yo-1 (Yo.Ps-1), Yo-2 (Yo.Ps-2), Yo-3 (Yo.Ps-3)) の層厚分布図の作成に使用した。	-	-	
	地殻変動	気象庁 (2022)	・羊蹄山周辺の地殻変動検討のためにレビューを実施した。	4.2章	-	-
国土地理院 (2023)						
		青木 (2016)	・地殻変動の観点からマグマ溜まりの状況を評価するためにレビューを実施した。			

2. 網羅的な文献調査の概要

③ 評価に関連するものとして新たに収集した文献一覧 (6/6)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

評価に関連するものとして新たに収集した文献の反映先一覧 (6/6)

火山名	反映項目	評価に関連するものとして新たに収集した文献	反映内容・用途	掲載箇所		
				本資料	補足説明資料1	補足説明資料2
ニセコ・雷電火山群	火山噴出物の分布	佐々木 (1975)	・降下火砕物 (イワオヌプリ火山灰) の分布を確認するためにレビューを実施した。	-	ニセコ・雷電火山群	-
		早川 (1991)	・ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) の分布範囲の確認のために使用した。	-	地質調査	-
	地殻変動	気象庁 (2022)	・ニセコ・雷電火山群周辺の地殻変動検討のためにレビューを実施した。	4.2章	-	-
		国土地理院 (2023)				
		一柳ほか (2021)				
	青木 (2016)	・地殻変動の観点からマグマ溜まりの状況の評価するためにレビューを実施した。				
	地下構造 比抵抗構造	Tamura et al. (2022)	・ニセコ・雷電火山群に関する比抵抗構造検討のためにレビューを実施した。	4.2章	-	-
Oka et al. (2023)		・ニセコ・雷電火山群に関する地下構造検討のためにレビューを実施した。	4.2章	-	1.2章	
活動の変遷	Oka et al. (2023)	・ニセコ・雷電火山群の活動の変遷検討のためにレビューを実施した。	4.2章	-	-	
長磯	活動履歴	能條ほか (1997)	・長磯火山岩類の知見を追記した。	-	長磯	-
濁川カルデラ	活動履歴	金田・長谷川 (2022)	・R3.10.14 審査会合資料においては、佐藤 (1969)、五十嵐ほか (1978)、柳井ほか (1992) 及び黒墨・土井 (2003) に基づき活動履歴を整理していたが、層序を基にカルデラ形成期の前後を含む濁川火山全体の噴火活動の変遷を明らかにした金田・長谷川 (2022) に基づき見直した。	-	濁川カルデラ	-
	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Ng) の層厚分布図の作成に使用した。	-	-	-
北海道駒ヶ岳	火山噴出物の分布	中川ほか (2001)	・降下火砕物 (1998.10.25 噴火, 2000.9.4 噴火, 2000.9.28 噴火, 2000.10.28 噴火及び2000.11.8 噴火) の分布を確認するためにレビューを実施した。	-	北海道駒ヶ岳	-
		Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (1998年噴火, 1996年噴火, 1940年噴火, Ko-a, Ko-c1) の層厚分布図の作成に使用した。	-	-	-
横津岳	活動履歴	高田・中川 (2016)	・R3.10.14 審査会合資料においては、新エネルギー総合開発機構 (1988)、中川ほか (未発表)、鷹澤 (1992) 等に基づき活動履歴を整理していたが、地表踏査等を行った上で、横津火山群における活動様式とマグマ化学組成の時間変遷についてとりまとめた高田・中川 (2016) に基づき見直した。	-	横津岳	-
恵山	活動履歴	三浦ほか (2022)	・R3.10.14 審査会合資料においては、山元 (2014) に基づき活動履歴を整理していたが、層序を基に恵山の噴火活動史を体系的にとりまとめている三浦ほか (2022) 「恵山火山地質図」に基づき見直した。	-	恵山	-
	火山噴出物分布	三浦ほか (2022)	・恵山の火山噴出物の分布範囲確認のためにレビューを実施した。	4.2章	-	-
銭亀	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Z-M) の層厚分布図の作成に使用した。	-	銭亀	-

3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

1. 火山影響評価の概要	.....	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	.....	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	.....	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	.....	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	.....	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	.....	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	.....	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	.....	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	.....	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	.....	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	.....	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	.....	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	.....	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	.....	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	.....	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	.....	P.
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. 335
6. 火山活動のモニタリング	.....	P. 336
6.1 監視対象火山	.....	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	.....	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	.....	P. 340
参考資料	.....	P. 348
参考文献	.....	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

3.1 地理的領域にある第四紀火山

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

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、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。

○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

3.1 地理的領域にある第四紀火山

【抽出結果】(1/2)

一部修正 (R5/7/7審査会合)

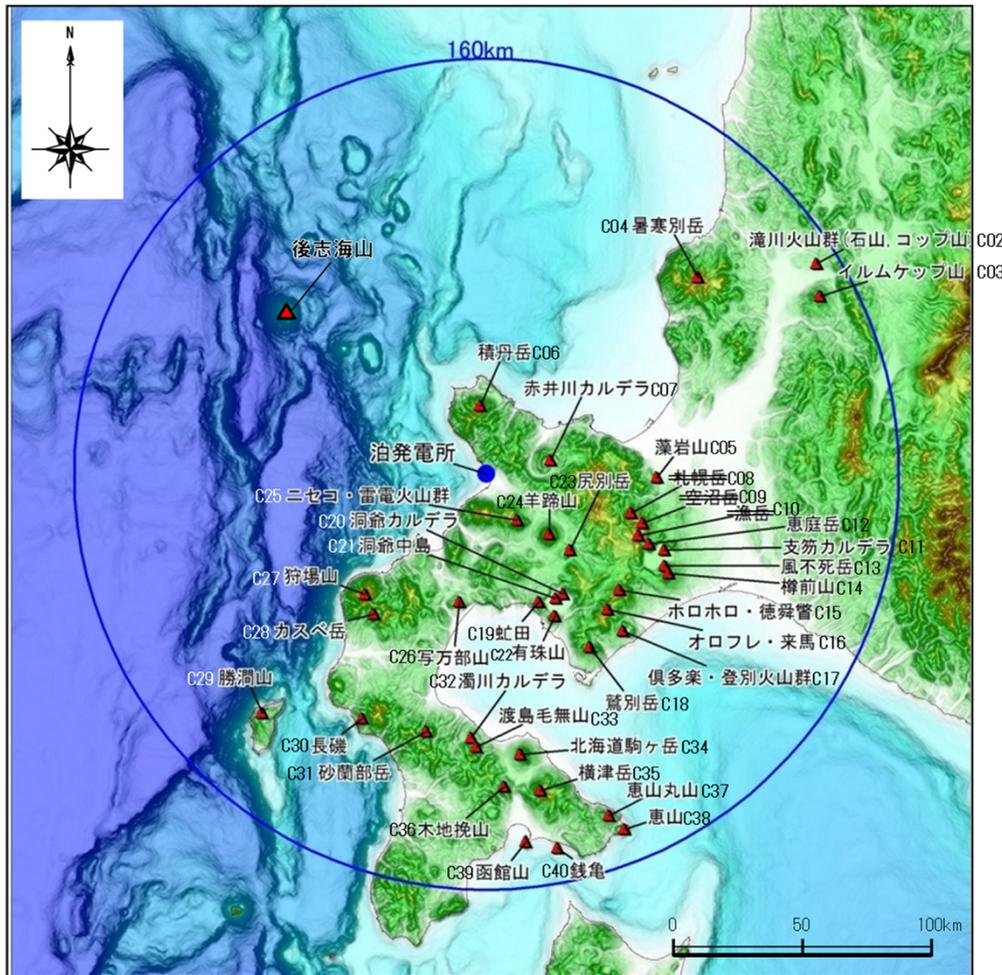
- 地理的領域にある第四紀火山については、中野ほか編(2013)「日本の火山(第3版)」及び中野ほか編(2013)に基づくweb版のデータベース(以降、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」と呼ぶ)に示された第四紀火山から31火山を抽出した*。
- 中野ほか編(2013)においては、年代測定により第四紀であることが判明している海底火山も多数あるが、活動的ではないものは表現していないとされている。
- このため、西来ほか編(2012)に示された後志海山を抽出し、地理的領域にある第四紀火山については、後志海山を加えた32火山とした(次頁左図及び次頁右表参照)。
- 抽出した32火山の活動履歴、噴火規模、火山噴出物の分布等については、文献調査結果に基づき、補足説明資料1において、「敷地から半径160km以内の範囲(地理的領域)にある第四紀火山カタログ」として、火山毎に整理している。
- また、これを基礎資料とした上で実施している各種調査(文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査)の結果についても、同じく補足説明資料1において、「地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査」として示している。

3.1 地理的領域にある第四紀火山

【抽出結果】(2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山



敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山の位置図 中野ほか編 (2013)に基づき作成

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動年代
C02	濁川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま) コップ山(こっぷやま))	石山: 128.2 コップ山: 151.3	約1000-170万年前 (石山: 約200万年前, コップ山: 約170万年前)
C03	イルムケツ山(いるむけつやま)	146.1	約250万年前
C04	暑寒別岳(しょかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前
C06	積丹岳(しゃこたんだけ)	26.5	約250-200万年前
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前
C11	支笏(しこつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	約4万年前にカルデラ形成
	C12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万8000年前以前に活動開始
	C13 風不死岳(ふっぶしだけ)	77.7	約4万年前以降
	C14 樽前山(たるまいさん)	80.2	約9000年前に活動開始
C15	ホロホロ・徳舜管(とくしゅんべつ)	68.0	約170-160万ないし約80万年前
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳: 約60-50万年前 オロフレ山: 活動年代は不明
C17	倶多楽(くつたら)・登別(のぼりべつ)火山群	80.5	約11万年前以降
C18	鷺別岳(わしべつだけ)	77.8	約190万年前
C19	虻田(あぶた)	53.4	約180万年前
C20	洞爺(とうや)カルデラ(後カルデラ火山含む)	54.8	約11万年前にカルデラ形成
	C21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	約5-3万年前
	C22 有珠山(うずさん)	60.7	約3万年前に活動開始
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	約70-5万年前
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	19.7	雷電火山群: 約160-50万年前 ニセコ火山群: 約150万年前以降
C26	写万部山(しゃまんべやま)	50.5	約260-250万年前
C27	狩場山(かりばやま)	66.1	約80-25万年前
C28	カスベ岳(かすべだけ)	69.4	前期更新世
C29	勝淵山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前
C30	長磯(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂蘭部岳(さらんべだけ)	102.2	約180万年前
C32	濁川(にごりがわ)カルデラ	101.9	約2万-1万3000年前
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	ジュラシアン-カラブリアン(前期更新世前半-前期更新世後半)
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	約4万年前以前に活動開始
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	約170-14万年前
C36	木地挽山(きじびきやま)	120.6	約190万年前以降
C37	恵山丸山(えさんまるやま)	139.9	約20万年前
C38	恵山(えさん)	146.9	約5万年前以降
C39	函館山(はこだてやま)	142.7	約120-90万年前
C40	銭亀(ぜにかめ)	146.7	4万5000-3万3000年前の間
—	後志海山(しりべしかいざん)	101.2	約90万年前前後(古くても130万年)

※「2013.7泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請」時点では、地理的領域にある第四紀火山は、札幌岳、空沼岳及び漁岳を含めた34火山としていた。この3火山については、中野ほか(2013)により、いずれもその活動は鮮新世とされたことを踏まえ、「日本の火山(DB)」においても第四紀火山から除外されていることから、当社も第四紀火山の抽出において除外することとした。

1. 火山影響評価の概要	.....	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	.....	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	.....	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	.....	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	.....	P. 61
4. 原子力発電所の運用	.....	P. 68
4.1 設計対応不可能な火山	.....	P. 71
4.1.1 火山活動	.....	P. 71
4.1.2 巨大噴火	.....	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	.....	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	.....	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	.....	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	.....	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	.....	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	.....	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	.....	P. 326
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	.....	P. 326
5.1.3 設計に用いる降下火砕物の層厚	.....	P. 326
5.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	.....	P. 335
6. 火山活動のモニタリング	.....	P. 336
6.1 監視対象火山	.....	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	.....	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	.....	P. 340
参考資料	.....	P. 348
参考文献	.....	P. 359

・本章の説明内容

【抽出結果】

① 抽出フロー

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠

5.1章の概要版を掲載

5.2章の概要版を掲載

6.1章の概要版を掲載

6.2章の概要版を掲載

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

一部修正 (R5/1/20審査会合)

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1参照)。

32火山

3.2 将来の火山活動可能性の評価

32火山

○完新世に活動があった火山
7火山

支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

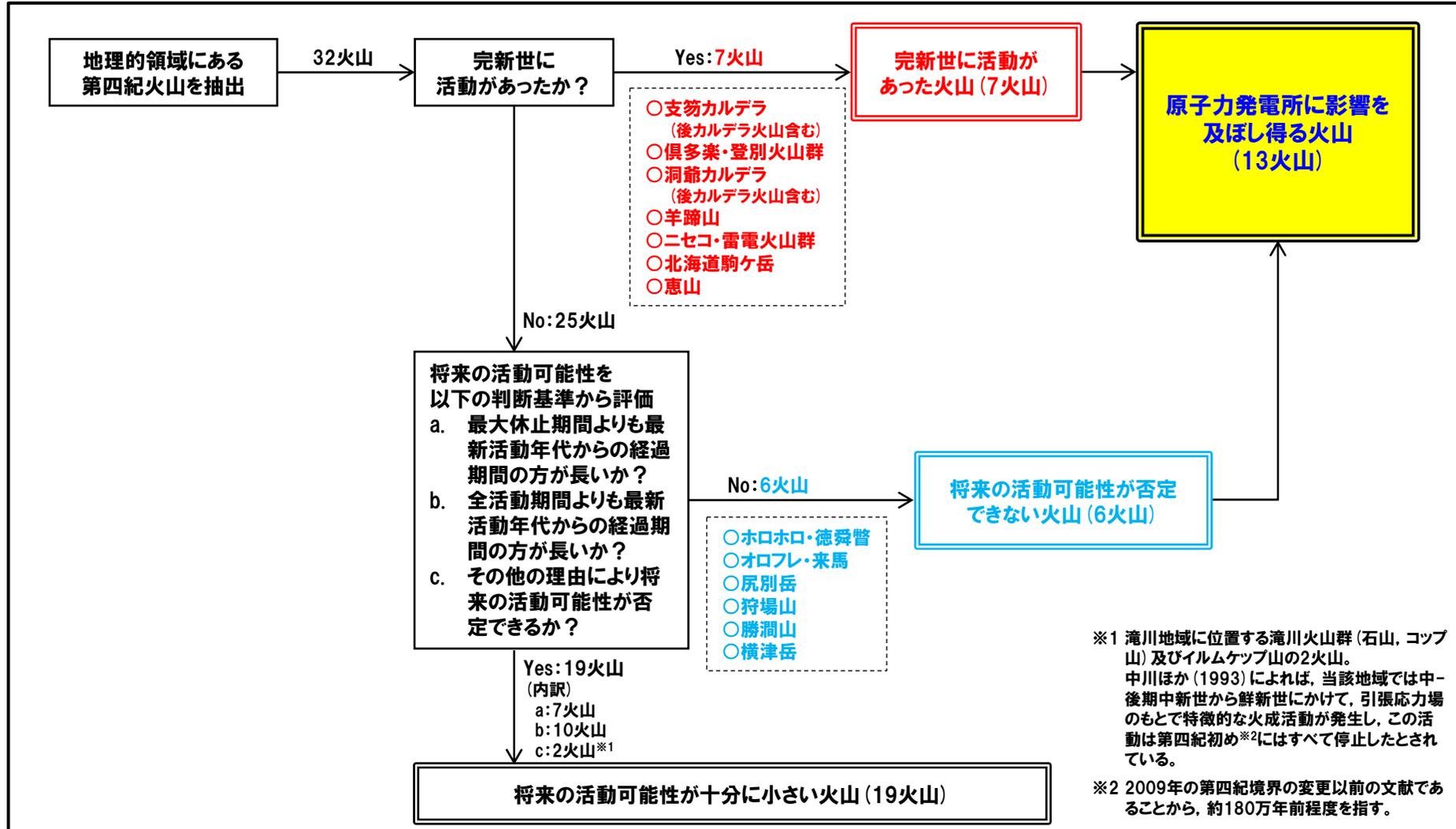
立地評価

3.2 将来の火山活動可能性の評価

① 抽出フロー

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○原子力発電所の火山影響評価ガイドを踏まえ、地理的領域にある第四紀火山について、以下の抽出フローに従い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した(抽出における判断根拠は、次頁～P66参照)。



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー

3. 2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (1/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 地理的領域にある第四紀火山について、**完新世に活動があったかどうか**及び**完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できないかどうか**を判断した根拠を本頁～P66に示す。
- なお、各火山の活動履歴の詳細については、補足説明資料1のP10～P118において、火山毎に整理し示している。

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山
 : 活動期間
 : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期					判断根拠
			約258万年前	【更新世】	約1万1,700年前	【完新世】	1,000年前	
C02	滝川火山群 (石山, コップ山)	石山: 128.2 コップ山: 151.3	最新活動 (石山): 約200万年前 最新活動 (コップ山): 約170万年前 滝川火山群の活動期間					その他の理由による*1
C03	イルムケップ山	146.1	最新活動: 約250万年前					その他の理由による*1
C04	暑寒別岳	111.5	最大休止期間: 約105万年 最新活動: 約200万年前					最大休止期間約105万年 < 経過期間約200万年
C05	藻岩山	66.0	最大休止期間: 約26万年 最新活動: 約240万年前					最大休止期間約26万年 < 経過期間約240万年
C06	積丹岳	26.5	最大休止期間: 約51万年 最新活動: 約200万年前					最大休止期間約51万年 < 経過期間約200万年
C07	赤井川カルデラ	25.3	最大休止期間: 約44万年 最新活動: 約130万年前					最大休止期間約44万年 < 経過期間約130万年
C11	支笏カルデラ (後カルデラ火山含む)	74.8						完新世に活動 (恵庭岳, 風不死岳, 樽前山)
	C12 恵庭岳	68.6						
	C13 風不死岳	77.7						
	C14 樽前山	80.2						

※1 中川ほか (1993) によれば、滝川地域では中-後期中新世から鮮新世にかけて、引張応力場のもとで特徴的な火成活動が発生し、この活動は第四紀初め*2にはすべて停止したとされていることから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

※2 2009年の第四紀境界の変更以前の文献であることから、約180万年前程度を指す。

3.2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (2/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山
■ : 活動期間
| : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期					判断根拠
			約258万年前	100万年前	10万年前	約1万1,700年前	1,000年前	
C15	ホロホロ・徳舜誓	68.0		最大休止期間: 約98万年 最新活動: 約60万年前				最大休止期間約98万年 > 経過期間約60万年
C16	オロフレ・来馬	70.2		(来馬岳) 最大休止期間: 約9万年 最新活動: 約50万年前				オロフレ山の活動年代は不明※1
C17	倶多楽・登別火山群	80.5						完新世に活動
C18	鷺別岳	77.8		最新活動: 約190万年前				全活動期間 < 経過期間約190万年※2
C19	虻田	53.4		最新活動: 180万年前				全活動期間 < 経過期間約180万年※2
C20	洞爺カルデラ (後カルデラ火山含む)	54.8						完新世に活動 (有珠山)
	C21 洞爺中島	55.1						
	C22 有珠山	60.7						
C23	尻別岳	43.6		最大休止期間: 約57万年 最新活動: 約5万年前				最大休止期間約57万年 > 経過期間約5万年
C24	羊蹄山	33.8						完新世に活動
C25	ニセコ・雷電火山群	19.7						完新世に活動
C26	写万部山	50.5		全活動期間: 約10万年 最新活動: 約250万年前				全活動期間約10万年 < 経過期間約250万年
C27	狩場山	66.1		最大休止期間: 約28万年 最新活動: 約25万年前				最大休止期間約28万年 > 経過期間約25万年
C28	カスベ岳	69.4		最新活動: 約80万年前				全活動期間 < 経過期間約80万年※2

※1 オロフレ山については活動年代が不明であることから、保守的に、将来の活動の可能性が否定できない火山として抽出する。

※2 文献を踏まえると、十分に長い活動期間は有さないものと考えられ、全活動期間よりも最新活動年代からの経過期間が長いことから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

3.2 将来の火山活動可能性の評価

② 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出における判断根拠 (3/3)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

■ : 完新世に活動があった火山
■ : 完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山
 : 活動期間
 : イベント時期 (完新世に活動があった火山は省略)

番号	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期				判断根拠
			約258万年前	100万年前	10万年前	約1万1,700年前	
C29	勝瀧山	126.4			最大休止期間: 約40万年 最新活動: 約20万年前		最大休止期間約40万年 > 経過期間約20万年
C30	長磯	105.7		最大休止期間: 約35万年 最新活動: 約140万年前			最大休止期間約35万年 < 経過期間約140万年
C31	砂蘭部岳	102.2		最新活動: 約180万年前			全活動期間 < 経過期間約180万年*
C32	濁川カルデラ	101.9			最大休止期間: 約0.6万年 最新活動: 約1.3万年前		最大休止期間約0.6万年 < 経過期間約1.3万年
C33	渡島毛無山	105.3		最新活動: 約80万年前			全活動期間 < 経過期間約80万年*
C34	北海道駒ヶ岳	109.0					完新世に活動
C35	横津岳	123.7		最大休止期間: 約93万年 最新活動: 約14万年前			最大休止期間約93万年 > 経過期間約14万年
C36	木地挽山	120.6		最新活動: 約190万年前			全活動期間 < 経過期間約190万年*
C37	恵山丸山	139.9		最新活動: 約20万年前			全活動期間 < 経過期間約20万年*
C38	恵山	146.9					完新世に活動
C39	函館山	142.7		最大休止期間: 約20万年 最新活動: 約90万年前			最大休止期間約20万年 < 経過期間約90万年
C40	銭亀	146.7			全活動期間: 約1.2万年 最新活動: 約3.3万年前		全活動期間約1.2万年 < 経過期間約3.3万年
—	後志海山	101.2		最新活動: 約90万年前			全活動期間 < 経過期間約90万年*

*文献を踏まえると、十分に長い活動期間は有さないものと考えられ、全活動期間よりも最新活動年代からの経過期間が長いことから、将来の活動可能性が十分小さいと評価される。

余白

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. 火山影響評価の概要	.....	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	.....	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	.....	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	.....	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	.....	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	.....	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	.....	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	.....	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	.....	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	.....	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	.....	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	.....	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	.....	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	.....	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	.....	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	.....	P.
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. 335
6. 火山活動のモニタリング	.....	P. 336
6.1 監視対象火山	.....	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	.....	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	.....	P. 340
参考資料	.....	P. 348
参考文献	.....	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
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. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	5.1章の概要版を掲載 P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火砕物	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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	5.2章の概要版を掲載 P. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	6.1章の概要版を掲載 P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じた対処方針	6.2章の概要版を掲載 P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

泊発電所における火山影響評価のうち立地評価の流れ

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、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4.1.1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4.1.2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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に小さいと評価。

支笏カルデラ
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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に小さいと評価。

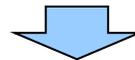
余白

4.1.1 火山活動の可能性評価

【評価結果】

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として抽出した13火山について、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性を評価する。
- 火山活動の可能性については、3章で整理した各火山の活動履歴から評価する。
- なお、活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し(次頁～P79参照)、過去に巨大噴火が発生した火山については、地球物理学的調査を行った上で、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価する。



- 13火山は、3章で整理した各火山の活動履歴を踏まえると、完新世に活動があった火山(7火山)及び完新世に活動を行っていないものの将来の活動可能性が否定できない火山(6火山)であることから、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
- なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの現在の活動状況は、後述する4.1.2章に示すとおり、巨大噴火が差し迫った状態ではないと評価でき、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から、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。

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

【過去に巨大噴火が発生した火山の抽出】(1/3)

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、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火山について、以下の(1)の条件に該当する火山を抽出した上で、(2)の条件に合致する火山を過去に巨大噴火が発生した火山として抽出する。

(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

○なお、条件(1)の「火山噴出物の分布」は、降下火砕物を除いたものを指す。

(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布

○火砕流を含む火山噴出物の分布範囲についての確認結果を右表に示す。

○また、13火山全体の火山噴出物の分布範囲を次頁に示す。

○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し、倶多楽・登別火山群の火山噴出物は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる。

○その他の10火山については、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。

○したがって、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、噴出物体積を確認する。

(P76へ続く)

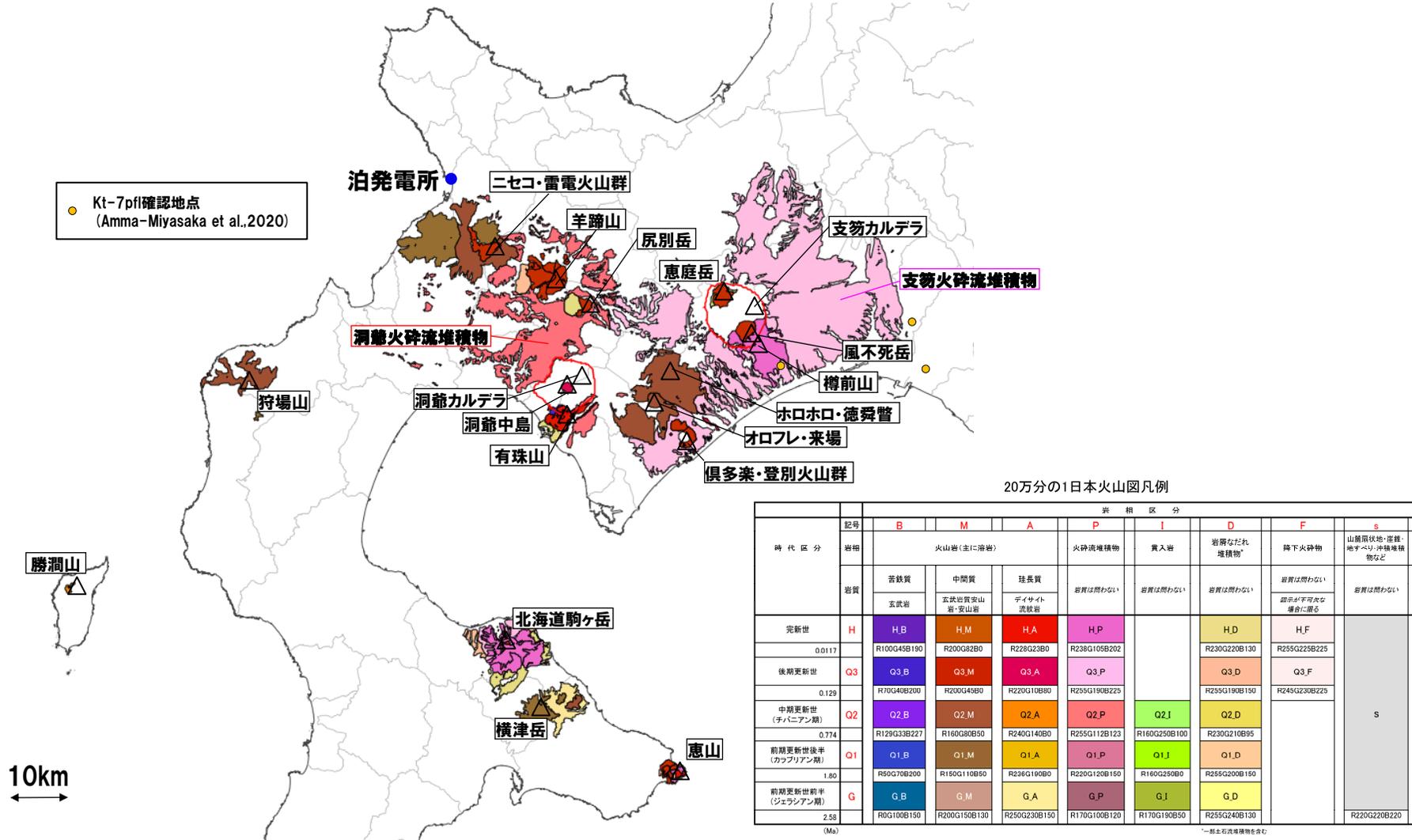
(1) 火砕流を含む火山噴出物の分布 確認結果

火山	火砕流を含む火山噴出物の分布	確認結果
C11 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	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C12 恵庭岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C13 風不死岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C14 樽前山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C15 ホロホロ・徳舜誓	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C16 オロフレ・来馬	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C17 倶多楽・登別火山群	火砕流を含む火山噴出物 (Kt-7) が北東方向に60km程度の地点に認められる	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる
C20 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	火砕流堆積物が広範囲に分布する
C21 洞爺中島	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C22 有珠山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C23 尻別岳	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C24 羊蹄山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C25 ニセコ・雷電火山群	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C27 狩場山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C29 勝淵山	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C34 北海道駒ヶ岳	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C35 横津岳	火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない
C38 恵山	火砕流を含む火山噴出物が山体近傍に認められる	巨大噴火に該当しない

4.1.1 火山活動の可能性評価

【過去に巨大噴火が発生した火山の抽出】(2/3)

再掲 (R5/7/7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. 1 火山活動の可能性評価

【過去に巨大噴火が発生した火山の抽出】(3/3)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



(P74からの続き)

(2) 噴出物体積

- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの広範囲に分布する火山噴出物のうち、最大規模のものについて、噴出物体積の確認結果を下表に示す。
- 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以上とされることから、巨大噴火に該当する。
- 倶多楽・登別火山群のKt-7を噴出した噴火は、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされているが、具体的な数値が示されていないことから、Amma-Miyasaka et al. (2020) を含む複数の文献を参考に、当社で噴出物体積を算出した(次頁～P78参照)。
- その結果、Kt-7の噴出物体積は60～90km³(降下火砕物:10～40km³及び火砕流堆積物:50km³の合計値)となり、最大値である90km³は、Amma-Miyasaka et al. (2020) における「VEI7 class」と大きな矛盾はないものと考えられる。
- Amma-Miyasaka et al. (2020) において、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km³以上となったことから、当該噴火を巨大噴火に該当するものとして取り扱う。
- なお、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの最大規模の噴出物であるSp-1、Kt-7及びTpのうち、設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性に関する評価結果をP79に示す。

(2) 噴出物体積 確認結果

火山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (km ³)	確認結果
C11 支笏カルデラ	Sp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び 支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	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
C17 倶多楽・登別火山群	Kt-7:pfa,pfl	10～40 (pfa) 50 (pfl)	確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていること及び当社で算出した噴出物体積が20km ³ 以上となったことから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う
C20 洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流)	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。



○13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群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評価を行う。

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

Kt-7の噴出物体積の算出 (1/2)

【降下火砕物】

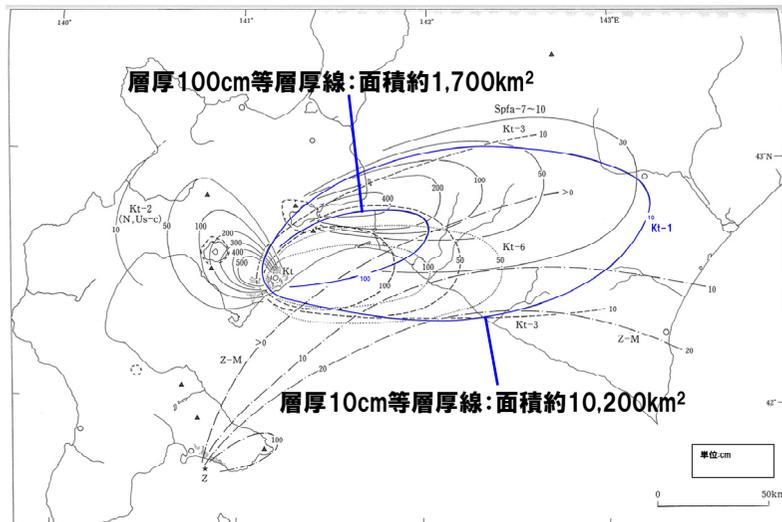
- Ama-Miyasaka et al. (2020) によれば, Kt-7 (pfa) の噴出物体積を算出する際には, 同じく倶多楽・登別火山群を給源とし, 広範囲に確認されているKt-1 (pfa) の分布面積, 層厚及びHayakawa (1985) とLegros (2000) によってそれぞれ提案された計算式を用いたとされている。
- そこで, 当社算出においては, 町田・新井 (2011) において示されているKt-1 (pfa) の等層厚線から面積を測定し, 層厚は山縣 (1994) に示されている模式露頭にて計測された層厚 (Kt-1:15cm, Kt-7:26cm) の比から求めた。
- Hayakawa (1985) は, 1本の等層厚線が得られれば総体積を計算することができる以下の経験式を提案していることから, 噴出物体積の算出に用いた。

$$V = 12.2ST \quad (V: \text{体積}, S: \text{面積}, T: \text{層厚})$$

- また, Legros (2000) は, 複数の降下火砕物の等層厚線から得た噴出物体積をもとに, 1本の等層厚線から降下火砕物の最小噴出物体積を求める以下の式を提案していることから, 最小噴出物体積の算出に用いた。

$$V = 3.69ST \quad (V: \text{体積}, S: \text{面積}, T: \text{層厚})$$

- なお, 町田・新井 (2011) において, Kt-1の等層厚線が2本 (層厚10cm及び100cm) 示されていることから, それぞれの等層厚線に対して上記計算式を用いて, 噴出物体積の最小値及び最大値を算出した。
- 算出の結果, Kt-7 (pfa) の噴出物体積は10~40km³となった。



Kt-1 (pfa) の分布範囲 (町田・新井 (2011) に加筆)

Hayakawa (1985) 及びLegros (2000) における手法 によって算出されたKt-1 (pfa) の噴出物体積

	10cm等層厚線	100cm等層厚線
Kt-1分布面積 (km ²)	10,200	1,700
Kt-1体積 (Hayakawa式) (km ³)	12	21
Kt-1体積 (Legros式) (km ³)	4	6

山縣 (1994) に示されている層厚の比を用いて算出された Kt-7 (pfa) 噴出物体積

	10cm等層厚線	100cm等層厚線
Kt-7体積 (Hayakawa式) (km ³)	21	36
Kt-7体積 (Legros式) (km ³)	7	10

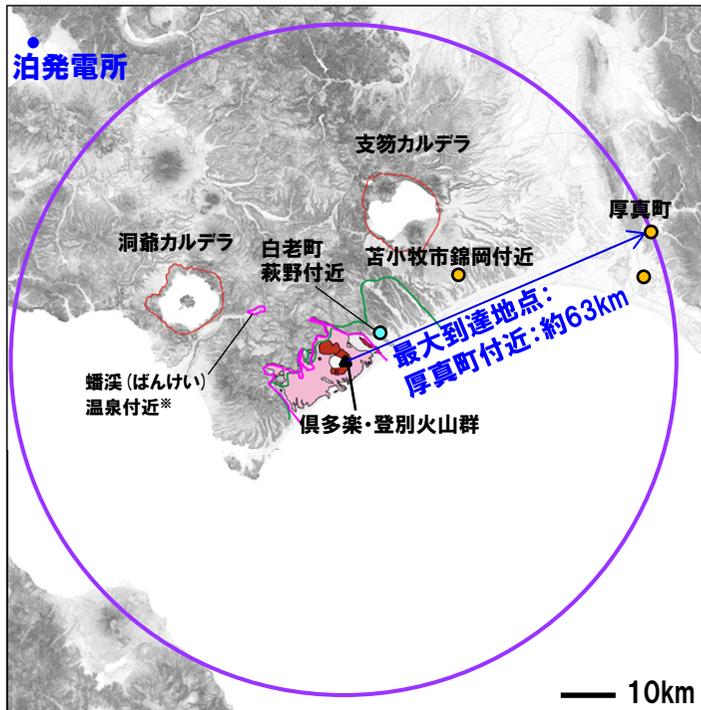
最大値: 36 ≒ 40km³
最小値: 7 ≒ 10km³

4.1.1 火山活動の可能性評価

Kt-7の噴出物体積の算出 (2/2)

【火砕流堆積物】

- Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば, Kt-7 (pfl) の噴出物体積を算出する際は, Kt-7 (pfl) の分布を同心円で近似したとされている。
- 文献調査及び当社地質調査の結果, Kt-7 (pfl) は以下のような分布状況であり, 給源から敷地方向 (北西方向) にはKt-7 (pfl) の分布は認められていない (補足説明資料1のP166~P169参照) が, Amma-Miyasaka et al. (2020) に示される手法に基づき, 当社もKt-7 (pfl) の噴出物体積算出に当たっての分布範囲を半径63kmの円と仮定した。
 - ・Kt-7 (pfl) の最大到達距離は, 倶多楽・登別火山群から北東方向に位置する厚真町付近までの約63kmである。
 - ・倶多楽・登別火山群から敷地方向に向かって, Kt-7 (pfl) の分布を示した文献は認められない。
 - ・当社地質調査の結果, 敷地及び敷地近傍にKt-7 (pfl) は認められない。
- Kt-7 (pfl) の給源からの距離と層厚の関係については, 右下図に示す通り, 文献に示されているKt-7 (pfl) の層厚に基づき指数近似曲線を作成し, 噴出物体積を算出した。
- この結果, Kt-7 (pfl) の噴出物体積は50km³となった。

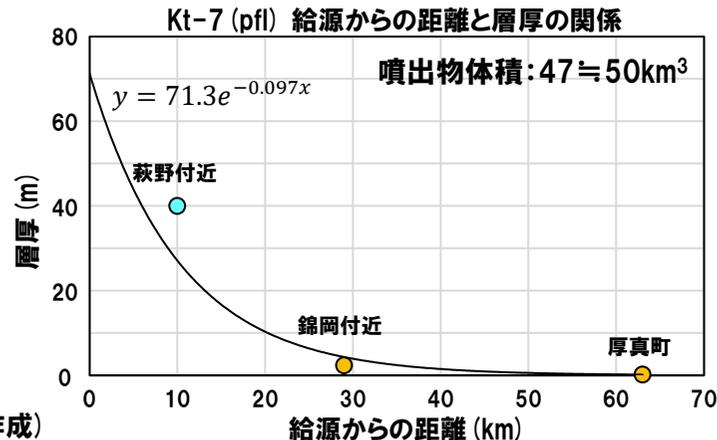


算出時に仮定したKt-7 (pfl) の分布範囲 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) を基に作成)

産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) による分布図

- : 火砕堆積物
- : 竹浦 (外輪山), 472m溶岩・北山溶岩類, 石山溶岩流, 橋湖
- : 日和山

- : 山縣 (1994) による倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物分布範囲
- : 産業技術総合研究所編 (2003) による倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物分布範囲
- : 胆振団体研究会 (1990) によるKt-7噴出物確認地点 (萩野付近において最大層厚40mに達すると報告されている)
- : Amma-Miyasaka et al. (2020) によるKt-7噴出物確認地点
- : 算出時に仮定したKt-7 (pfl) の分布範囲



※長流川沿いの蟠深 (ばんけい) 温泉付近には火砕流堆積物の記載が認められ, 文献により以下のようにその評価が変遷しているもの。最新の野外地質調査と文献調査に基づき, 支笏火砕流堆積物の現存分布範囲及び層厚等をまとめた宝田ほか (2022) において支笏火砕流堆積物とされていることから (補足説明資料1のP28参照), 当該堆積物は支笏火砕流堆積物として扱う。

- ・産業技術総合研究所編 (2003) 20万分の1数値地質図幅集「北海道南部」においては, 当該地点は倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物とされている
- ・産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 20万分の1日本火山図においては, 当該地点は洞爺火砕流堆積物とされている

4.1.1 火山活動の可能性評価

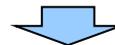
設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性評価

一部修正 (R5/7/7審査会合)

- 地理的領域にある32火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラである。
- 上記3火山の最大規模の噴出物は、それぞれSp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1))、Kt-7 (pfa及びpfl) 及びTp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流) である。
- Sp-1及びTpのうち、設計対応不可能な火山事象である火砕流堆積物は広範囲に分布する (P75参照)。
- また、Kt-7のうち、設計対応不可能な火山事象である火砕流堆積物については、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められる (P75参照)。
- これらの火砕流堆積物については、敷地に到達した可能性について評価を行った。
- Sp-1、Kt-7及びTpのうち、設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性について、下表のとおり評価を行った。
- また、本検討の詳細については補足説明資料1に示す。

設計対応不可能な火山事象である火砕流が敷地に到達した可能性に関する評価結果

火山	敷地からの距離 (km)	最大規模の噴出物	文献に基づく最大到達距離	敷地方向の最大到達距離 (敷地からの距離)	文献に基づく分布		当社調査に基づく分布		評価結果
					敷地近傍	敷地	敷地近傍	敷地	
支笏カルデラ	74.8	Sp-1 (支笏火砕流堆積物 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1))	伊達市館山町約52km	羊蹄山北側地点約48km (約28km)	なし	なし	なし	なし	支笏火砕流堆積物 (Spfl) は、給源から敷地方向に層厚を減じながら尻別川沿いを流下したものと考えられ、羊蹄山北側地点 (給源から約48km、敷地から約28km) においては、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再堆積層が認められる。羊蹄山北側地点を含む倶知安盆地については、検討の結果、盆地全体が支笏火砕流堆積物に覆われた可能性は否定できず、敷地に最も近い当該盆地北西端地点まで火砕流が到達したと仮定した場合、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。この仮定に基づく距離は、支笏火砕流堆積物の最大到達距離である約52km (伊達市館山町) と同等の距離であるが、当該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を越えてから、敷地までの間には支笏火砕流堆積物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ことから、敷地には到達していないと判断される。
倶多楽・登別火山群	80.5	Kt-7: pfa, pfl	厚真町約63km	—*	なし	なし	なし	なし	Kt-7 (pfl) は、給源と敷地の間にはオロフレ山-ホロホロ山が認められ、敷地までの間にはKt-7 (pfl) の分布を示した文献等も認められないことから、敷地には到達していないと判断される。
洞爺カルデラ	54.8	Tp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流)	安平町追分春日約85km	C-2ボーリング地点約48km (約8km)	あり	なし	あり	なし	洞爺火砕流堆積物は、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流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。



- 支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群は、最大規模の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性はないものと判断される。
- 洞爺カルデラは、最大規模の噴火に伴う設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性を否定できない。

*倶多楽・登別火山群と敷地との間にKt-7 (pfl) の分布を示した文献が認められず、当社地質調査の結果、敷地及び敷地近傍にKt-7 (pfl) は認められないことから、敷地方向の最大到達距離は示していない。

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(古碓カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴	P. 214
4.2 火山活動の規模と設	P. 257
5. 個別評価の結果を受けた原	P. 324
5.1 降下火砕物の影響評	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地	P.
5.1.2 降下火砕物シ	P.
5.1.3 設計に用いる	P.
5.2 地理的領域内の火山	P. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	P. 338
6.2 モニタリングの実施方	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

・本章の説明内容

【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))

文献(地下構造:Nakajima et al.(2001)及び中道(2022))

文献(地下構造:Kita et al.(2014))

文献(地下構造:下鶴ほか編(2008))

文献(地下構造:後藤・三ヶ田(2008))

(参考)Hata et al.(2018)

文献(地殻変動:1993年北海道南西沖地震;Ueda et al.(2003))

文献(地殻変動:2000年有珠山噴火;村上ほか(2001))

文献(地殻変動:2003年十勝沖地震;Itoh et al.(2019))

文献(地殻変動:2011年東北地方太平洋沖地震;Suito(2018))

文献(地殻変動:2018年北海道胆振東部地震;Kobayashi et al.(2019))

4. 1. 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

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、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ、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、勝洞山、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

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

4. 1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価

4. 1. 1 火山活動の可能性評価

○13火山について、その活動履歴から原子力発電所の運用期間中における活動可能性を評価。
○活動可能性の評価に当たっては、過去に巨大噴火が発生したか否かの整理も実施し、過去に巨大噴火が発生した火山について、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価。

○13火山は、いずれの火山においても、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない。
○なお、過去に巨大噴火が発生した支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、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。

4. 1. 2 巨大噴火の可能性評価

○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。
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び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
倶多楽・登別火山群
洞爺カルデラ

13火山(巨大噴火以外)

4. 2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○設計対応不可能な火山事象(溶岩流、岩屑なだれ等、火砕物密度流、新しい火口の開口及び地殻変動)については、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。

余白

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

【評価方法】

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

○運用期間中における巨大噴火の可能性を評価するに当たり、評価方法について整理した。

【活動履歴】

○網羅的な文献調査を踏まえた活動履歴から、現在の活動状況を検討する。

【地球物理学的調査】

○下司 (2016) によれば、巨大噴火^{*}を発生させるためには、上部地殻に巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの形成が必要であり、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る。

○さらにこれらは、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 (次頁～P85参照)。

○このため、火山直下の上部地殻における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・上昇等の活動の有無に着目して、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) を実施する。

○このうち、地下構造については、下表に示す文献を踏まえ、以下を確認する。

・地震波速度構造: メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域の存否

あわせて火山直下の上部地殻内 (約20km以浅) における低周波地震の分布状況についても考慮

・比抵抗構造: 間隙水、マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物を示唆する低比抵抗領域の存否

・重力異常: 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

地下構造に関する文献

検討項目	文献	掲載頁	文献	掲載頁	検討項目	文献	掲載頁
地震波速度構造	Nakajima et al. (2001)	P86～P91	Kita et al. (2014)	P92～P93	比抵抗構造	後藤・三ヶ田 (2008)	P95
	中道 (2022)	P86～P91	下鶴ほか編 (2008)	P94	重力異常	下鶴ほか編 (2008)	P94

○なお、火山直下においてマグマ供給システムとされている低比抵抗領域が、地震波低速度領域の分布と調和的であるとされている事例も報告されている (P97参照)。

○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、低周波地震の時空間分布を確認する。

○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、地殻変動の状況を確認する。

○なお、地殻変動の状況確認に当たっては、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラが位置する北海道南部 (東北日本弧延長部) の地殻変動は、周辺で発生した噴火、内陸地震、海溝型地震の余効変動等の影響を受けていると考えられることから、これらのイベントに関するレビューを行う (P98～P108参照)。

※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。



○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラについて、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する。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

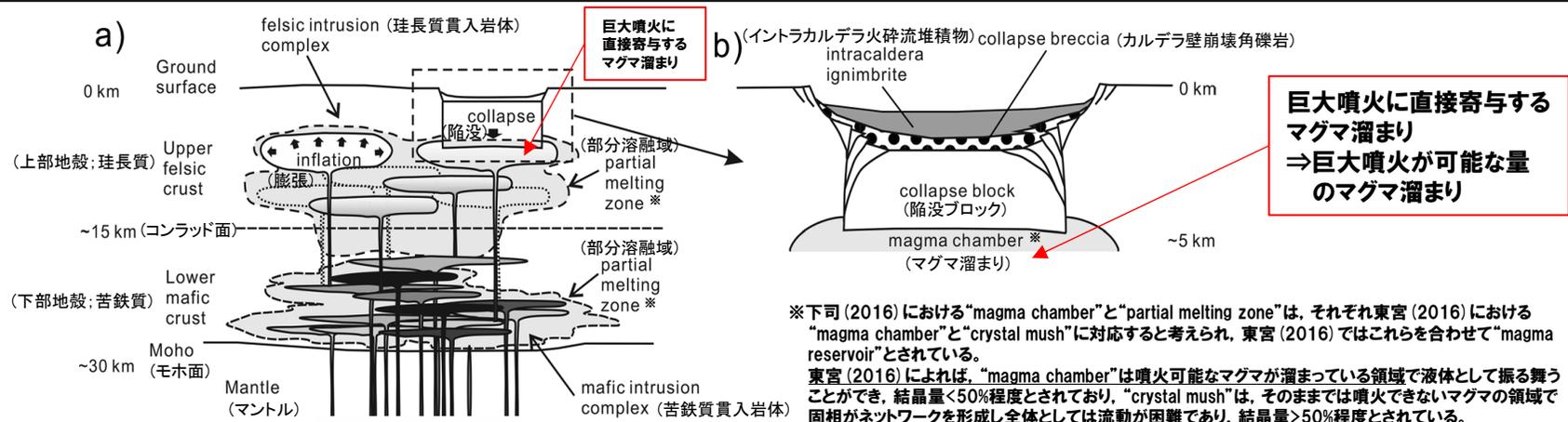
文献 (巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司 (2016) (1/2))

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熔融状態で貯留する、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 $10\sim 100\text{km}^3$ 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、マンツルの部分熔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熔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、このような部分熔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。



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)



(次頁へ続く)

(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)(2/2))

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、上部地殻に巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりの形成が必要であり、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る。
- さらにこれらは、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における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・上昇等の活動の有無に着目して、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)を実施する。

※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。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:Nakajima et al. (2001) 及び中道(2022)) (1/4)

一部修正(R3/10/14審査会合)

【Nakajima et al. (2001)】

○地震波速度構造から東北日本におけるメルトの存在を推定している, Nakajima et al. (2001) をレビューした。

- Nakajima et al. (2001) によれば, 東北日本では低速度帯が沈み込む太平洋スラブの下降方向とほぼ平行に分布し, 背弧側のマントルウェッジの深部から活火山直下の地殻まで連続的に広がっているとされている (P89左図)。
- この活火山直下の低速度領域において, V_p/V_s 比は上部地殻では低く(平均1.66), 下部地殻(同1.79)と最上部マントル(同1.85)では高くなっており, 特に最上部マントルでは, 火山フロントに沿って高 V_p/V_s 領域が連続的に分布しているとされている (P89右図)。
- 活火山直下の速度異常の原因について考察するため, 岩石中の亀裂に存在する水又はメルトの割合に応じて, 上部地殻, 下部地殻, 最上部マントル各層の地震波速度がどのように変化するかを計算したとされている (P91参照)。
- その結果, 上部地殻で観測された速度異常(低 V_p , 低 V_s かつ低 V_p/V_s)は数%の水の存在でしか説明できないため, 上部地殻内には少なくともトモグラフィの空間分解能を超える規模の部分熔融域は存在しないと推定されている。
- 下部地殻及び最上部マントルで観測された速度異常(低 V_p , 低 V_s かつ高 V_p/V_s)は, 数%のメルトの存在で説明できるとされている。
- この速度異常(低 V_p , 低 V_s かつ高 V_p/V_s)は, 数%の水の存在でも説明できるように見えるが, 数%の水を含む亀裂のアスペクト比は非常に小さいとされ, この地域には数百年前に噴火したものも含め多くの第四紀火山があり, 活火山直下のマントルウェッジにメルトが分布していると推定している文献があることも踏まえると, 下部地殻や最上部マントルの速度異常(低 V_p , 低 V_s かつ高 V_p/V_s)はメルトによるものとする方が適当であるとされている。
- 速度異常域の分布の特徴から, 最上部マントルでは火山フロントに沿って連続的に部分熔融域が拡がっており, 下部地殻では活火山直下に部分熔融域が点在すると推定されている。



(次頁へ続く)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:Nakajima et al. (2001) 及び中道(2022)) (2/4)

一部修正(R3/10/14審査会合)

↓ (前頁からの続き)

【中道(2022)】

- 火山における地震波速度構造の解釈等について至近の知見を解説している中道(2022)をレビューした。
 - ・中道(2022)によれば、火山直下の低 V_p 、低 V_s かつ高 V_p/V_s 領域は、岩石が熔融した部分*の存在として火山学的に解釈されることが多いとされている(下表参照)。
 - ・一方、低 V_p 、低 V_s かつ低 V_p/V_s 領域については、水の存在や岩石内のクラック内へのガス充填がある領域として解釈されているとされている(下表参照)。

↓

- Nakajima et al. (2001)に基づくと、東北日本においては、活火山直下において、低速度領域が背弧下のマントルウェッジ内の広範囲に分布している。
- Nakajima et al. (2001)に基づくと、活火山直下の上部地殻で観測される低 V_p 、低 V_s かつ低 V_p/V_s 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 V_p 、低 V_s かつ高 V_p/V_s 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。
- これらの低 V_p 、低 V_s かつ低 V_p/V_s 領域が水の存在を示唆し、低 V_p 、低 V_s かつ高 V_p/V_s 領域がメルトの存在を示唆するものであることは、中道(2022)の記載と調和的である。
- このため、地震波速度構造については、メルトの存在を示唆する顕著な低 V_p かつ高 V_p/V_s 領域が存在するか否かを確認する。

V_p, V_s, V_p/V_s異常域の解釈(中道(2022)に加筆)

Table. 2. P- and S-wave velocity and V_p/V_s anomalies and their interpretation

V_p	V_s	V_p/V_s	Depth 深度	Interpretation 解釈
High	High	Normal	Ground surface ~ 3 km	Solidified magma or old edifice
Low	Low	Low	7 ~ 17 km	Supercritical fluid (H ₂ O etc.) 超臨界流体*
Low	Low	High	20 ~ 40 km	Partial melt of rock メルト

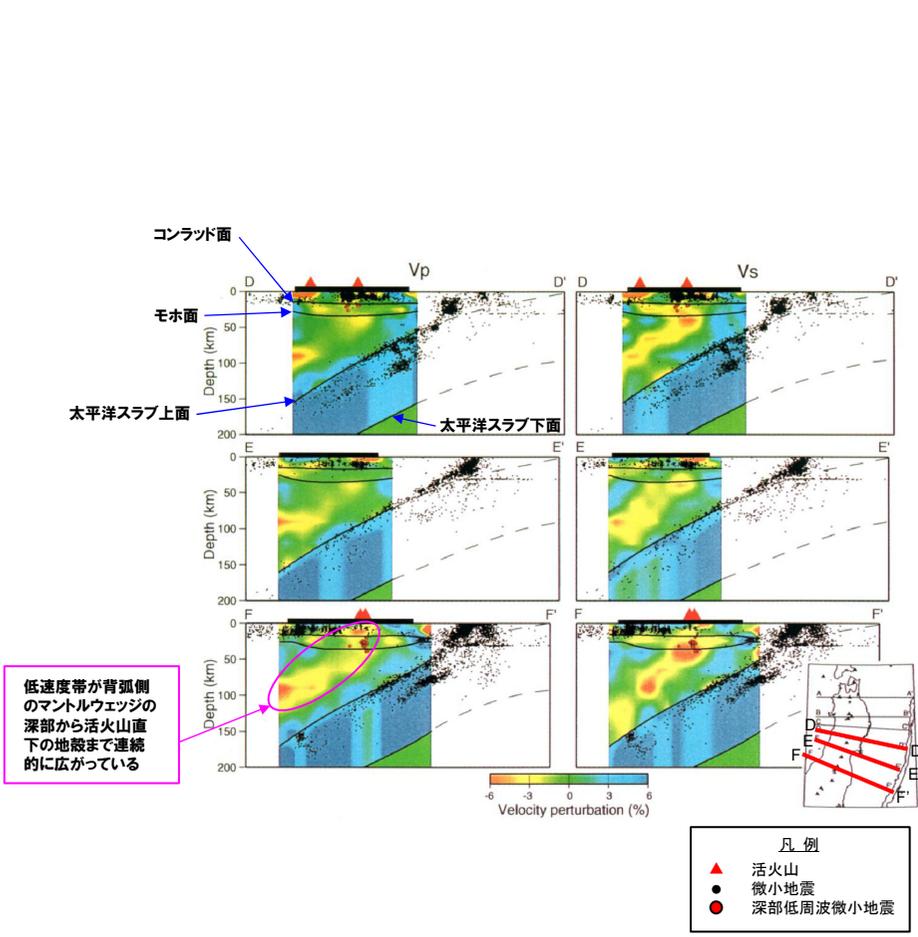
*中道(2022)によれば、「岩石が熔融した部分」はメルト、「超臨界流体」は水又は二酸化炭素とされている。

余白

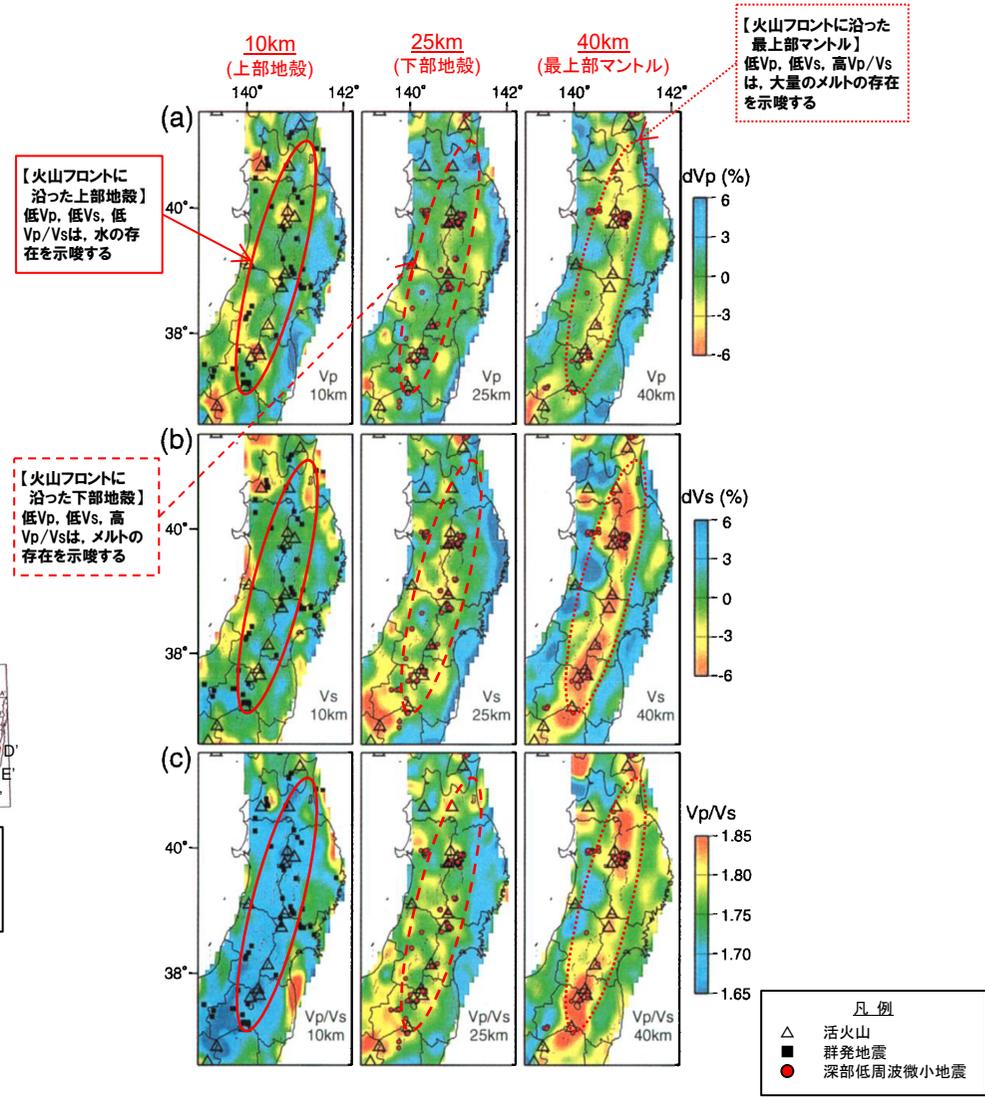
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地下構造: Nakajima et al. (2001) 及び中道 (2022)) (3/4)

一部修正 (R3/10/14 審査会合)



東北日本における地震波速度構造 (鉛直断面)
(Nakajima et al. (2001) に加筆)



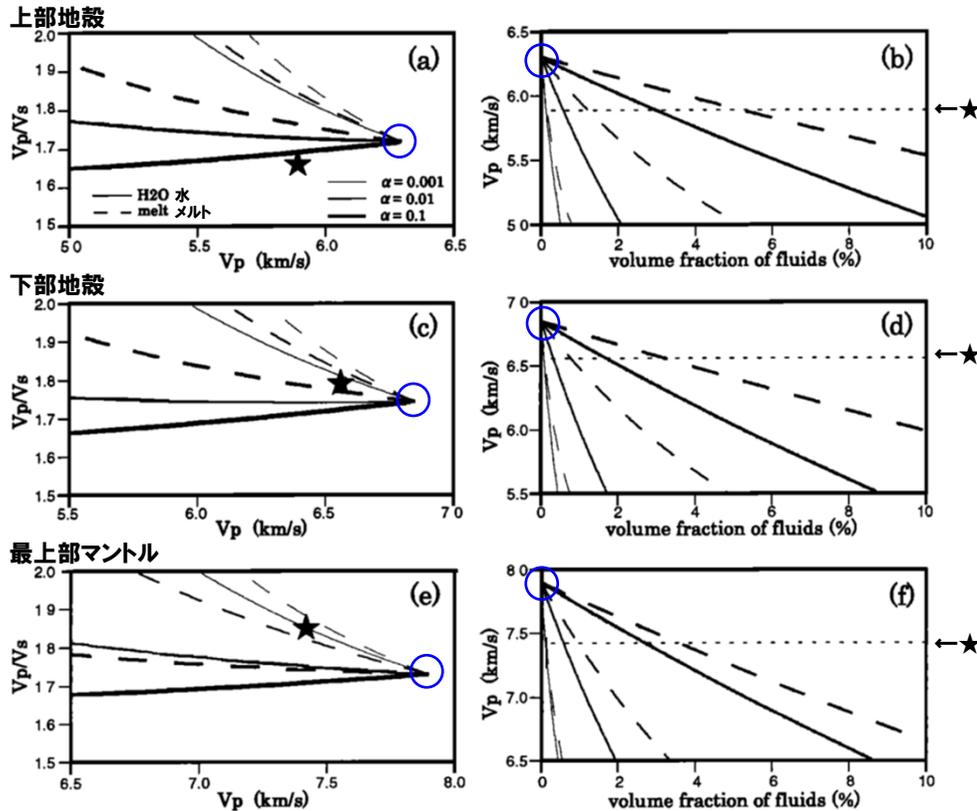
東北日本における地震波速度構造 (水平断面) (Nakajima et al. (2001) に加筆)

余白

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:Nakajima et al. (2001) 及び中道(2022)) (4/4)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)



α: 岩石中の亀裂のアスペクト比
 ○: 各層の上限地震波速度
 ★: 活火山直下の低速度領域における平均地震波速度

岩石中の流体で満たされた亀裂による地震波速度の変化

(a), (c), (e): V_p/V_s と V_p の関係

(b), (d), (f): V_p と流体の体積分率の関係

(Nakajima et al. (2001) に加筆)

【Nakajima et al. (2001) における活火山直下の速度異常の原因についての考察手順※】

① 上限地震波速度の設定

東北地方における地震波トモグラフィ解析結果に基づき、上部地殻、下部地殻及び最上部マントルの速度分布を求め、各層の上限地震波速度(岩石中に亀裂を含まない場合の速度, 左図青○)を設定する。

② 水又はメルトの存在による速度変化の計算

岩石中の亀裂に水又はメルトが存在することによる上記①上限地震波速度からの速度変化 (V_p 及び V_p/V_s) を亀裂のアスペクト比 α ごとに計算する。

- (左図中の実線は水, 破線はメルトが存在した場合の速度変化を示す)
- ・水又はメルトの体積分率に応じて V_p が低下する(左図 (b), (d), (f))。
- ・ V_p の低下に応じて V_p/V_s が変化する(左図 (a), (c), (e))。

③ 活火山直下の平均地震波速度との比較

- ・上部地殻では低 V_p かつ低 V_p/V_s (左図 (a) の★) であり, 水の存在でしか説明できない(メルトであれば高 V_p/V_s となる)。
- ・下部地殻, 最上部マントルでは, 低 V_p かつ高 V_p/V_s (左図 (c) 及び (e) の★) であり, メルトによるものとする方が適当である。

※Nakajima et al. (2001) の記載を踏まえ当社で整理したもの。

(1)巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:Kita et al.(2014))(1/2)

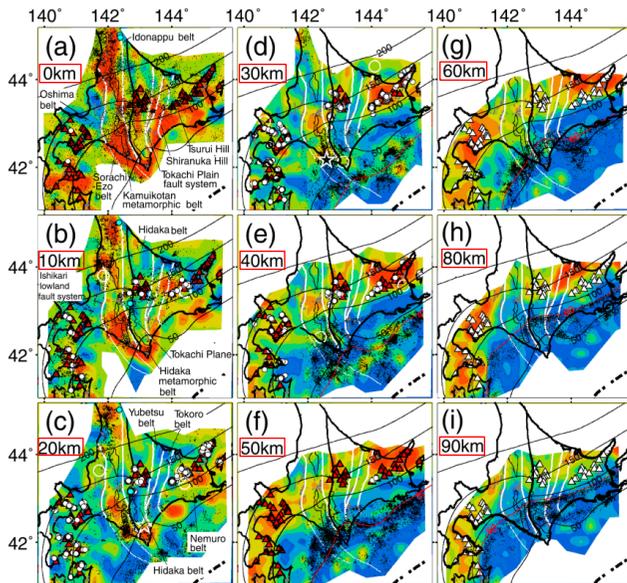
一部修正(R3/10/14審査会合)

【Kita et al.(2014)】

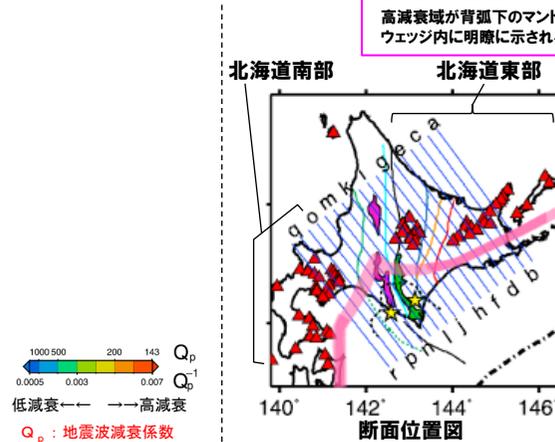
○Nakajima et al.(2001)は、東北日本における地下構造の特徴を示していることから、北海道における地下構造(地震波減衰構造)を示しているKita et al.(2014)をレビューした。

- ・Kita et al.(2014)によれば、高減衰域が北海道東部および南部の背弧下のマントルウェッジ内に明瞭に示されるとされている。
- ・マントルウェッジ内における高減衰域は、Zhao et al.(2012)で示された低速度領域と一致するとされている。
- ・マントルウェッジ内は、低速度領域かつ高減衰域であるとされている。

- Kita et al.(2014)においては、北海道の背弧側に低速度かつ高減衰域を示すマントルウェッジが存在するとされ、東北日本弧の延長部である北海道南部(本頁右図q, r断面付近)及び千島弧に属する北海道東部(本頁右図d断面付近及び次頁左図)においては、何れも同様の傾向が認められる。
- これは中島(2017)に示される東北日本の流体移動経路の模式図(次頁右図)とも同様であることから、北海道南部及び東部は東北日本と共通したマグマ供給システムを有すると判断される。
- このため、Nakajima et al.(2001)が、東北日本において水又はメルトの存在を示唆するとしている地震波速度構造(P86~P91参照)の特徴が北海道南部及び東部においても同様であると判断される。

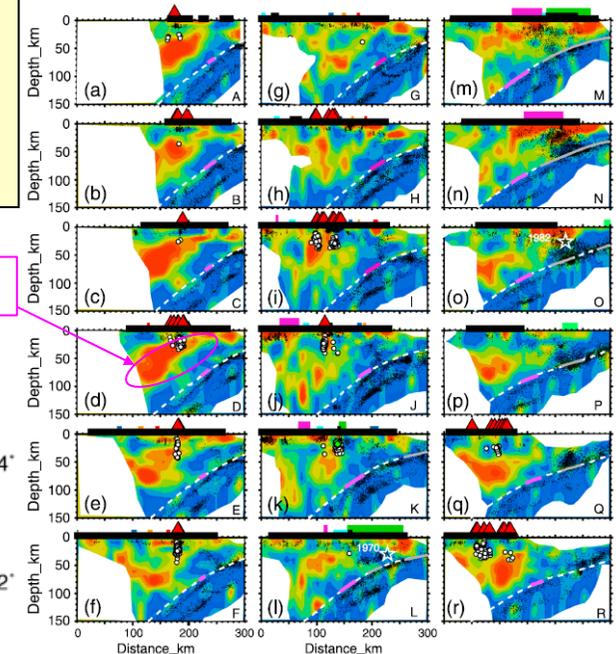


北海道における地震波減衰構造(水平断面)(Kita et al.(2014)に加筆)



凡例
 ▲ 活火山、第四紀火山
 ● 震源*
 ○ 深部低周波地震震源*
 - - 太平洋プレート表面の等深線

※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット



凡例
 ▲ 活火山、第四紀火山
 ● 震源*
 ○ 深部低周波地震震源*

Q_p : 地震波減衰係数
 1000 500 200 143
 0.0005 0.003 0.007 Q_p^{-1}
 低減衰 ← → 高減衰

※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット

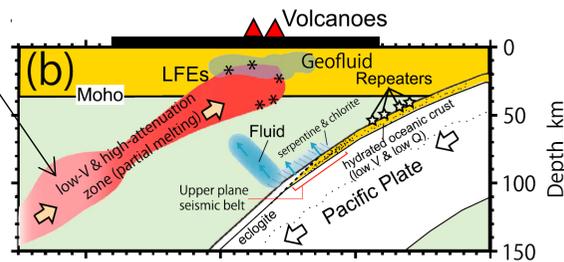
北海道における地震波減衰構造(鉛直断面)(Kita et al.(2014)に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地下構造: Kita et al. (2014)) (2/2)

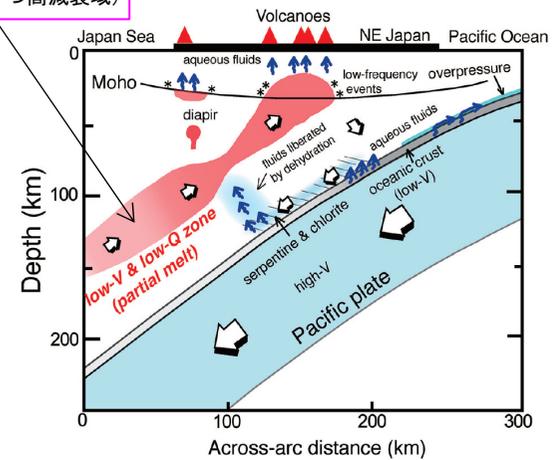
再掲 (R3/10/14審査会合)

マントルウェッジ
 (低速度領域かつ高減衰域)



北海道における流体移動経路の鉛直断面模式図 (Kita et al. (2014) に加筆)

マントルウェッジ
 (低速度領域かつ高減衰域)



東北日本における流体移動経路の鉛直断面模式図 (中島 (2017) に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:下鶴ほか編(2008))

再掲(R5/1/20審査会合)

【下鶴ほか編(2008)】

○火山性地震のうち低周波が卓越する地震(低周波地震)及び火山における重力異常について整理されている下鶴ほか編(2008)をレビューした。

(低周波地震)

- ・下鶴ほか編(2008)によれば、表面現象を伴わないで発生する地震を、卓越する地震波の周期(周波数)によって、低周波、長周期、超長周期地震と呼び分けるとされている。
- ・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。

(重力異常)

- ・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るとされている。
- ・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。



- 下鶴ほか編(2008)を踏まえ、地震波速度構造の確認においては、火山直下の上部地殻内(約20km以浅)における低周波地震の分布状況についても考慮する。
- 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について確認する。

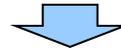
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地下構造:後藤・三ヶ田(2008))

再掲(R5/1/20審査会合)

【後藤・三ヶ田(2008)】

- 電磁気探査の概要について整理されている, 後藤・三ヶ田(2008)をレビューした。
 - ・後藤・三ヶ田(2008)によれば, 地震波トモグラフィーでは流体により数%変化する地震波速度を議論するのに対し, 比抵抗では数倍以上の変化でとらえることが可能な場合があるとされている。
 - ・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。



- 後藤・三ヶ田(2008)を踏まえ, 比抵抗構造については, 間隙水, マグマ及び湿潤状態の粘土鉱物を示唆する低比抵抗領域が存在するか否かを確認する。

余白

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

(参考) Hata et al. (2018)

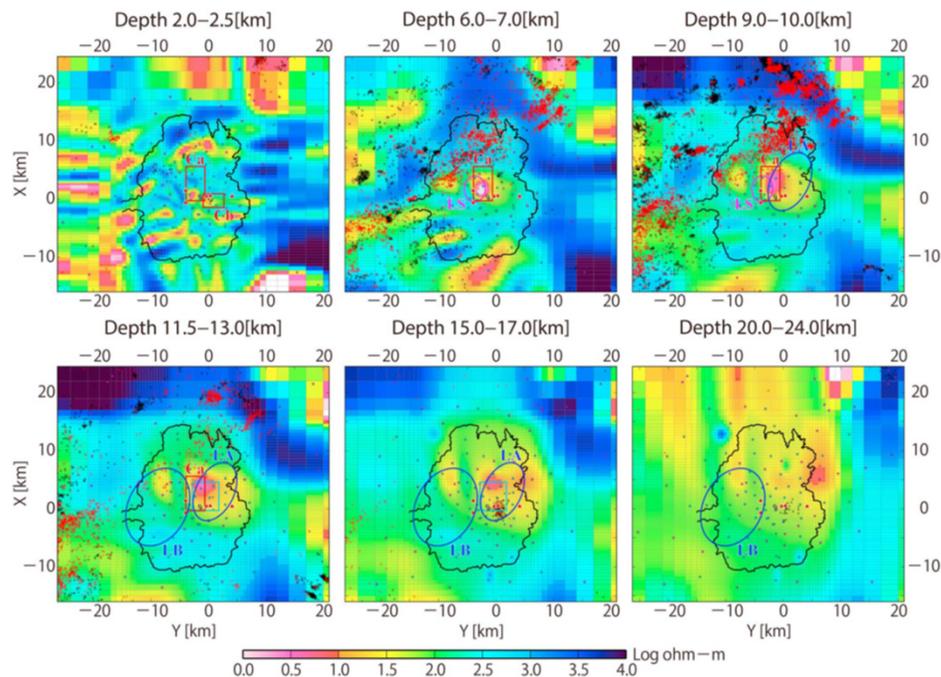
再掲 (R5/1/20 審査会合)

【Hata et al. (2018)】

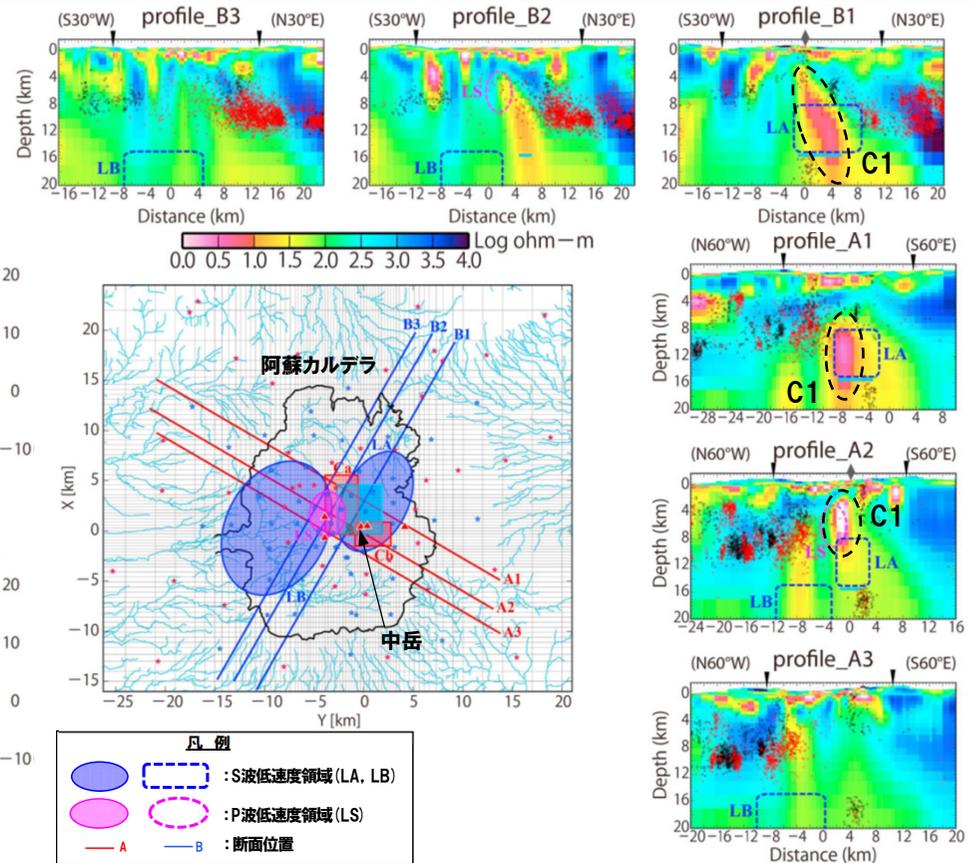
- 阿蘇カルデラにおいて、MT法による電磁気探査を行っているHata et al. (2018) をレビューした。
- ・Hata et al. (2018) によれば、電磁法解析によって得られる比抵抗構造では、母岩に含まれる数%の流体（水またはメルト等）にも敏感で、特に相互につながった流体の場合には、マグマ溜まりを明確に検出するのに最適な方法であるとされている。
- ・阿蘇カルデラ直下に認められる低比抵抗領域は、S波低速度領域（下図LA及びLB）及びP波低速度領域（下図LS）と調和的であるとされている。
- ・最も比抵抗の低い（0.3~40 Ωm）領域が中岳第一火口直下の深度2~20kmに広がっている（下図C1）とされ、深部から深度6km程度のマグマ溜まりへマグマを供給する一連のマグマ供給システムであるとされている。



○Hata et al. (2018) に基づくと、阿蘇カルデラ直下においては、マグマ供給システムとされている低比抵抗領域は、地震波低速度領域の分布と調和的であるとされている。



水平断面図



断面位置図及び鉛直断面図

阿蘇カルデラにおける比抵抗構造 (Hata et al. (2018) に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地殻変動: 1993年北海道南西沖地震; Ueda et al. (2003)) (1/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

【Ueda et al. (2003)】

- 1993年北海道南西沖地震の余効変動について整理されているUeda et al. (2003) をレビューした。
 - ・Ueda et al. (2003) によれば、1993年北海道南西沖地震後の地殻変動は、北海道南西部の西進、奥尻島の沈下、渡島半島の隆起によって特徴づけられるとされている (鉛直変位については、次頁図中の黒矢印参照)。
 - ・一般に大地震後の地殻変動は、余効すべり (afterslip) と粘弾性緩和 (viscoelastic relaxation) のどちらかが支配的と想定されるとされている。
 - ・北海道南西沖地震後の地殻変動は、単純な3層構造における地震時応力変化による粘弾性緩和で説明できることがわかったが、余効すべりでは、非現実的な仮定を採用しないと変形を説明することができないとされている。
 - ・この結果は、地震後の変形のメカニズムとして、明らかに粘弾性緩和が支配的であったことを示しているとされている。
 - ・図中に見られるいくつかの差異 (次頁図中の観測値 (黒矢印) と計算値 (白矢印) との差異) は、粘性の横方向の変化や太平洋プレートの沈み込み等、他の効果に起因している可能性があると考えられている。

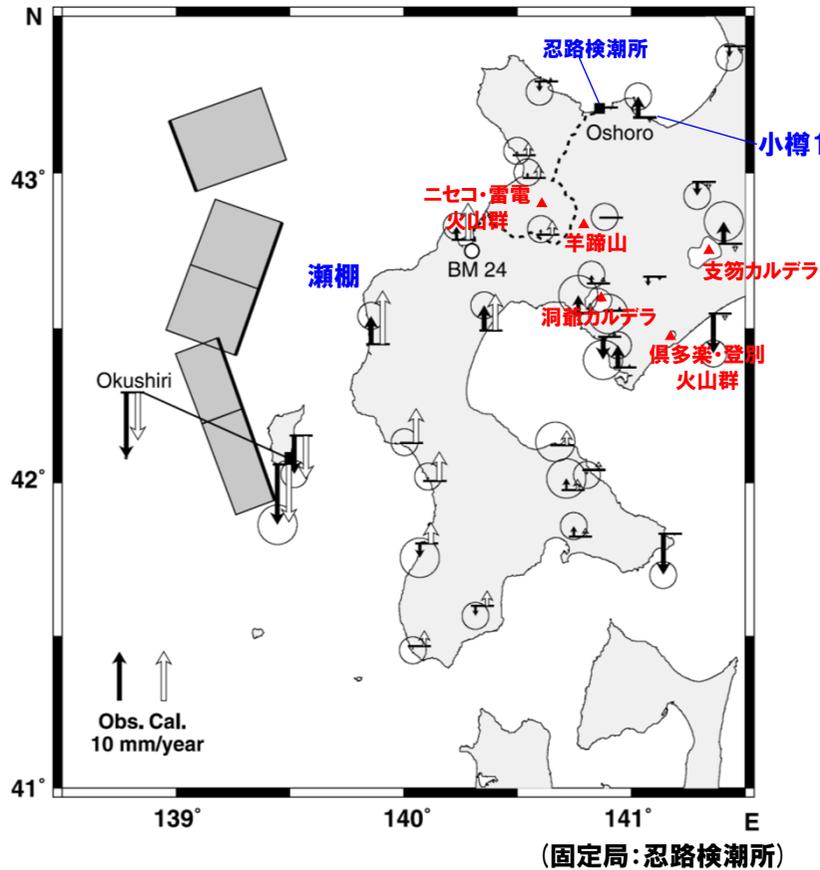


- Ueda et al. (2003) に基づくと、1993年北海道南西沖地震後の地殻変動は、北海道南西部の西進、奥尻島の沈下、渡島半島の隆起によって特徴づけられるとされている。
- 支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラが位置する北海道南部 (東北日本弧延長部) は、太平洋プレートの沈み込み、余効変動等様々な効果を受けていると考えられる。

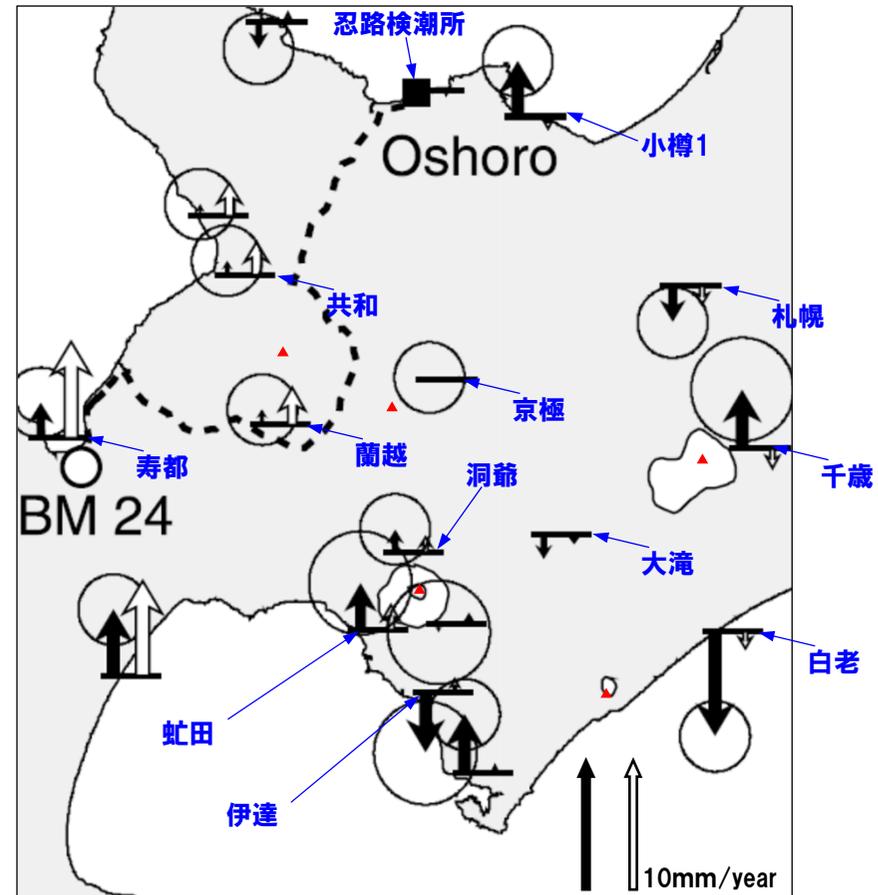
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地殻変動: 1993年北海道南西沖地震; Ueda et al. (2003)) (2/2)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



➡ : 観測値 (1995年1月から2000年9月)
 ⇨ : 粘弾性緩和モデルによる計算値



支笏カルデラ, 倶多楽・登別火山群, 洞爺カルデラ, 二セコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺拡大図

電子基準点及び奥尻検潮所の鉛直変位速度 (Ueda et al. (2003) に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2000年有珠山噴火;村上ほか(2001))(1/2)

【村上ほか(2001)】

- 有珠山を取り囲む基線のGPS連続観測結果及び写真測量, 測距・測角観測, 水準測量, 人工衛星合成開口レーダー画像マッチングによる観測等に基づき, 2000年有珠山噴火の地殻変動とマグマモデルを整理した村上ほか(2001)をレビューした。
 - ・地震活動が増加した3/27ごろから, 「虻田」, 「伊達」及び「壮瞥」を含む基線にわずかな伸びが生じ, ほぼ垂直なダイクの貫入が生じたと推定されている(Phase I)。
 - ・3/29から4/3にかけて, 「虻田」, 「伊達」及び「壮瞥」の基線がそれまでの伸びから縮みに反転し, 有珠山西側を中心とした地域では隆起が生じたとされている。これは, 有珠山山頂直下の地下約2-3kmにおいて, 水平のマグマの板(シル)が及び有珠山北麓地下にダイクが形成され, 逆にマグマを放出したため深さ10kmのマグマ溜まりにおいてデフレーション(収縮)が発生したことで説明できるとされている(Phase II)。
 - ・4/3から5月下旬にかけては, 周囲では変動が減速したが, 噴火が発生した有珠山西側では局所的に顕著な隆起が生じたとされている。これは, 有珠山西山西麓地下のドーム形成に, マグマが供給され, 一方, 地下10kmのマグマ溜まりでは, 収縮がさらに進行したことが推定されるとされている(Phase III)。
 - ・5月下旬以降については, 有珠山西側では隆起が継続したが, 9月ごろには終息したとされている。一方, 有珠山を中心とする収縮が進行し, 有珠山地下2-3kmシルの収縮が進んでいることが示唆されるとされている(Phase IV)。

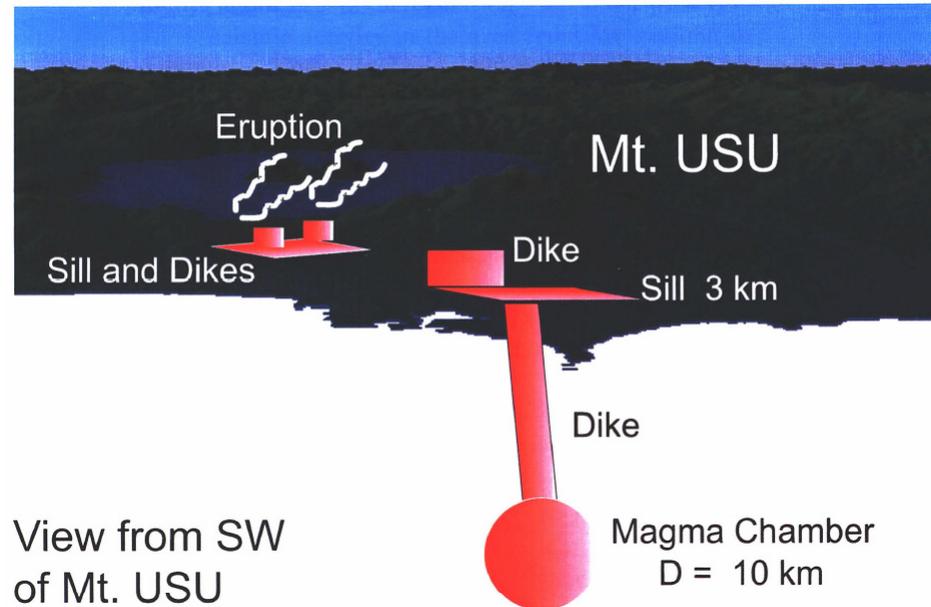


- 村上ほか(2001)に基づくと, 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山西側を中心とした地域と, 「虻田」, 「伊達」及び「壮瞥」の基準点を含む有珠山を取り囲む地域では, 2000年噴火時に異なる地殻変動が観測されており, 当該噴火に伴う, 有珠山西側の局所的なシル及びダイクの形成と, その供給源となる深さ約10kmのマグマ溜まりとの, 少なくとも2段階のマグマプロセスを経ていることが推定されている。
- 有珠山を取り囲む「虻田」, 「伊達」及び「壮瞥」を含む基線については, 深さ約10kmのマグマ溜まりの挙動から大きな影響を受けており, 噴火直前まではわずかに基線の伸びが生じていたが, 噴火発生以降はマグマ溜まりの収縮に伴う沈降及び基線の縮みが生じているものと考えられる。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2000年有珠山噴火;村上ほか(2001))(2/2)

phase	期間	地震	地殻変動	model
Phase I	3/27から3/29午後まで	地震回数の顕著な増加 南東に傾き下がる, ほぼ垂直に立った地震分布 深さは8 km から 3 km 程度に時間とともに浅くなる傾向	虻田, 伊達, 社警のGPS基線にわずかな伸び	ほぼ垂直なダイクの貫入 $8 \cdot 10^6 \text{m}^3$
Phase II	3/29から4/3頃まで	地震回数の顕著な増加(3/31まで) 南に傾き下がる面状の地震分布 リング状(ドーナツ状)の地震分布 ドーナツの空白部は時間とともに拡大	虻田, 伊達, 社警のGPS基線が縮みに反転 有珠山から周囲30kmのやや遠いGPS点の有珠山に向かう変動 3/31頃まで有珠山山頂を中心とする変動(大学, 道立地質GPS, 水準測量) 西山西麓を中心とする隆起, 周囲への押し出し(角観測, 写真, レーザ, 衛星等)	有珠山地下約2-3 kmのシル $5 \cdot 10^6 \text{m}^3$ 有珠山北麓地下のダイク $1 \cdot 10^6 \text{m}^3$ 深さ10kmのマグマ溜まりのデフレーション $2 \cdot 10^6 \text{m}^3$
Phase III	4/3日頃から5月下旬	回数の顕著な減少	GPSはほぼ停滞 西山西麓を中心として顕著な隆起 周囲への押し出し(角, 気象庁他GPS, 衛星, 写真等)	西山西麓地下の浅いダイクおよびシル $3 \cdot 10^6 \text{m}^3$ 深さ10kmのマグマ溜まりのデフレーション $5 \cdot 10^6 \text{m}^3$
Phase IV	5月下旬から現在	回数の顕著な減少	西側では隆起が継続 変動域の集中化 有珠山を中心とするデフレーション(GPS, 水準)	有珠山地下2-3 kmシルのデフレーション



2000年有珠山噴火のマグマ活動の模式図(村上ほか, 2001)

2000年有珠山噴火に伴う地震・地殻変動・マグマモデルの時系列表(村上ほか, 2001)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2003年十勝沖地震:Itoh et al.(2019))(1/2)

【Itoh et al.(2019)】

- 2003年十勝沖地震(Mw8.0)の地震前、地震時及び地震後7.5年間の地殻変動を、陸上GNSSデータと2つの海底圧力計(OBP)を用いて、粘弾性グリーン関数によるモデル化を行ったItoh et al.(2019)をレビューした。同文献によれば、地震前、地震時及び地震後の北海道の地殻変動の特徴が以下のように要約されている。
 - ・解析には、2000年有珠山噴火の影響を受けている観測点を用いていないとされている。また、1993年北海道南西沖地震の地殻変動の影響を取り除いたとされている。
 - ・2003年十勝沖地震以前は概ね内陸方向(北西方向)に移動する水平変位が観測されていたが、地震時に、海溝方向(南東方向)に反転し、地震後も海溝方向の水平変位が継続しているとされている。
 - ・鉛直変位については、2003年十勝沖地震前は沈降を示し、特に道東地域の太平洋沿岸でその傾向が大きかったとされ、地震時には震源域(十勝・日高地域)において大きな沈降を示したとされている。地震後は、主に海岸沿いで隆起に転じたとされている。
 - ・北海道のほとんどの観測点で2003年十勝沖地震に伴う余効変動が観測され、地震後7.5年目においてもプレート間固着が2003年以前の状態には完全には回復していないとされている。

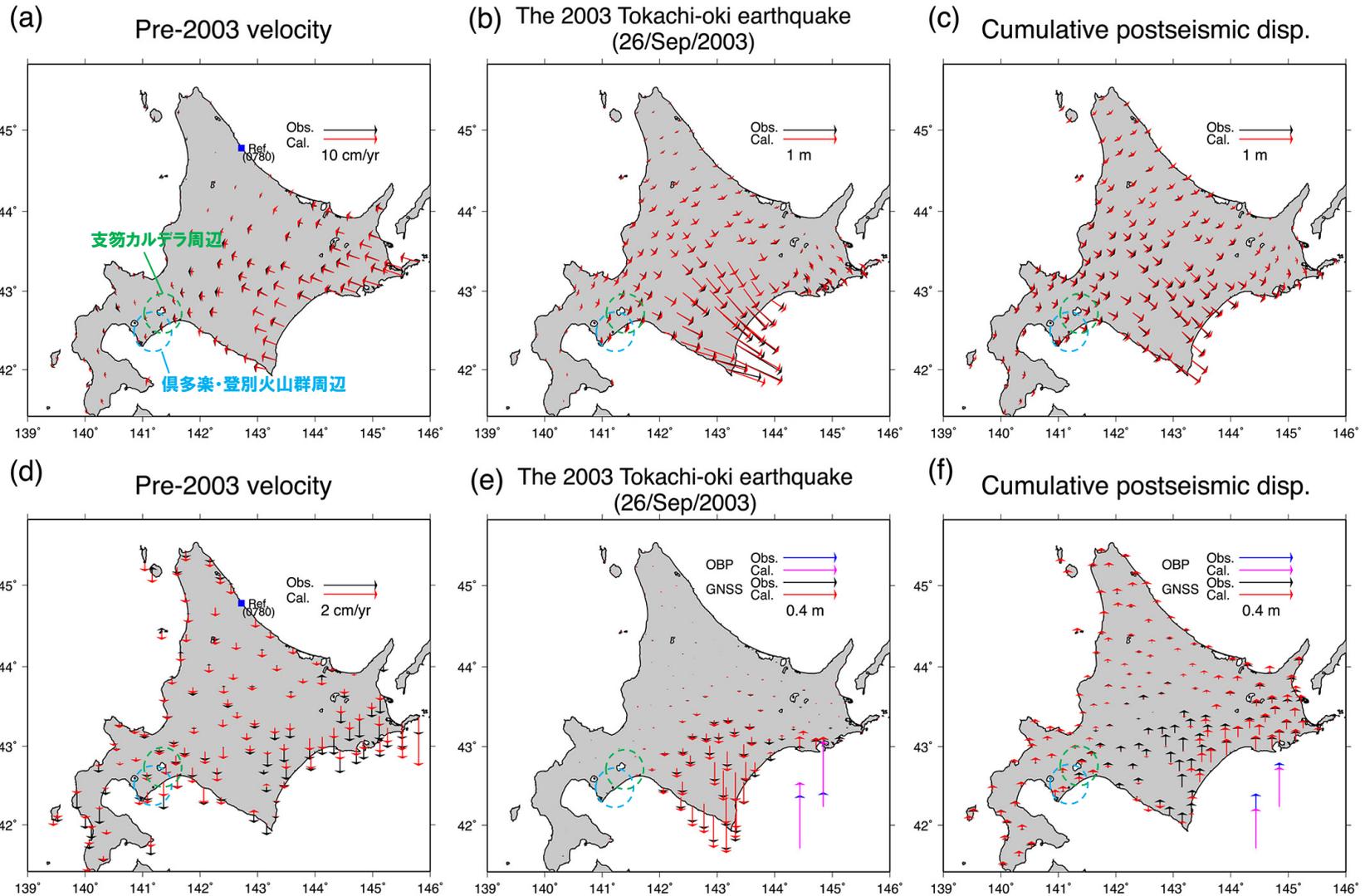


- Itoh et al.(2019)に基づく、北海道のほぼ全域において2003年十勝沖地震に伴う余効変動が認められ、少なくともその影響が地震後7.5年間続いているものと考えられる。
- 支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群周辺に着目[※]すると、当該地震によって海溝方向(南東方向)に引き伸ばされる水平変位が生じ、地震以降も少なくとも7.5年間は同様の傾向が続いているものと推定される。
- 鉛直変位については、当該地震以前は沈降傾向を示していたものの、地震後は隆起傾向を示しているものと推定される。

※洞爺カルデラ周辺は、2000年有珠山噴火の影響を考慮して解析から除外されているため、傾向を判断することはできない。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地殻変動: 2003年十勝沖地震; Itoh et al. (2019)) (2/2)



GNSS及びOBPによる2003年十勝沖地震前, 地震時及び地震後の地殻変動
 (a~c: 水平変位, d~f: 鉛直変位, 黒矢印が観測値, 赤矢印が計算値) (Itoh et al. (2019)) に加筆

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2011年東北地方太平洋沖地震;Suito(2018))(1/4)

一部修正(R5/1/20審査会合)

【Suito(2018)】

- GNSS連続観測システム(GEONET)及び海底地殻変動観測(SGO)を用いて2011年東北地方太平洋沖地震以降の東日本地域の地殻変動について整理しているSuito(2018)をレビューした。
- ・Suito(2018)によれば、2011年東北地方太平洋沖地震以前の1997~2000年については、東北地方全域で西方への水平変位、太平洋沿岸での沈降、日本海側でのわずかな隆起が認められるとされている。
- ・地震後の6.5年間においては、東北地方から中部地方の広い範囲において、東方向の水平変位が生じ、東北地方の変形は地震発生直後が最も大きく、その後、時間の経過とともに徐々に減衰しているとされている。
- ・地震後の鉛直変位については、内陸部と日本海沿岸部では10cm程度の累積沈下が、奥羽脊梁部ではかなり大きな沈下が、関東・中部・北海道南部では10cm程度の累積隆起が観測されたとされている(P106参照)。
- ・地震後の地殻変動を解釈する際には、一般に余効すべり(afterslip)、粘弾性緩和(viscoelastic relaxation, P107参照)、間隙弾性反発(poroelastic rebound)の3つのメカニズムを考慮する必要があるとされている。
- ・観測された地殻変動には、余効すべり効果やプレート間の固着効果等、様々な効果が含まれているとされている。
- ・プレート間の固着効果は、東北地方全域で西方への変位、太平洋岸での沈下及び日本海側でのわずかな隆起をもたらすとされている(次頁参照)。



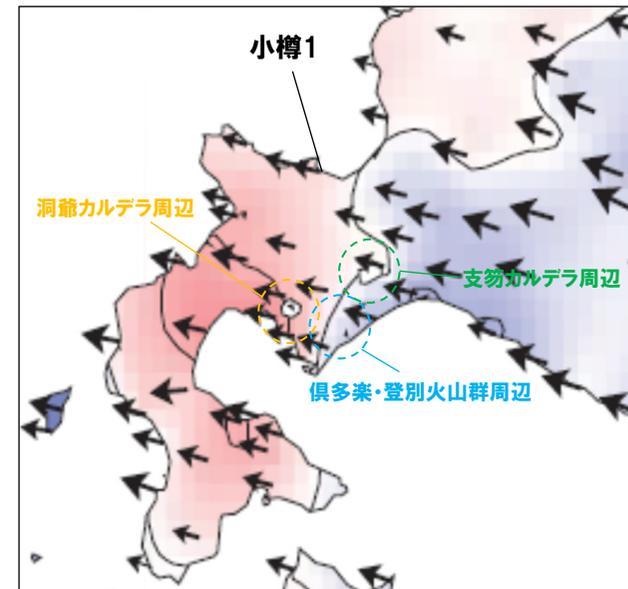
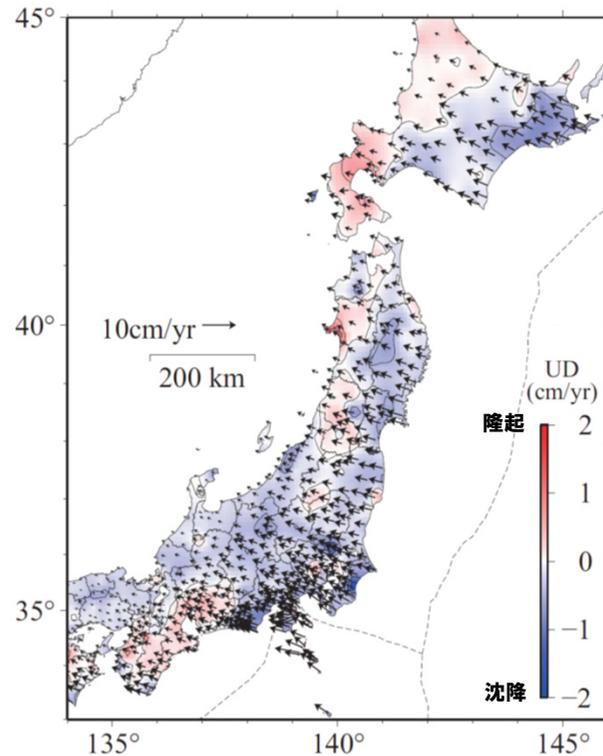
- Suito(2018)による2011年東北地方太平洋沖地震以前の1997~2000年の北海道を含む東日本全体の平均変位速度によれば、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラが位置する北海道南部(東北日本弧延長部)は、全体的に西方向に向かう水平変位が認められる。
- 同地域における1997~2000年の鉛直変位については、洞爺カルデラ周辺は隆起傾向、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群周辺の太平洋側若しくは石狩低地側(東方向)は沈降傾向が認められる*。
- 一方で、Suito(2018)による当該地震以降6.5年間の累積変位分布によれば、東北地方においては顕著な東方向の水平変位が生じたものの、北海道南部(東北日本弧延長部)は地震に由来すると考えられる顕著な水平変位は観測されていない。
- 当該地震以降の鉛直変位については、プレート間の固着効果、余効変動等様々な効果により、総じて隆起傾向である。

*Suito(2018)による1997年~2000年間の洞爺カルデラ周辺の隆起傾向に関しては、1993年北海道南西沖地震の余効変動に伴う隆起成分(P98~P99参照)が含まれている可能性があるため、1993年北海道南西沖地震の影響を取り除いた鉛直変位の傾向を示しているItoh et al.(2019)(P102~P103参照)とは結果が若干異なっているものと考えられる。

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2011年東北地方太平洋沖地震;Suito (2018)) (2/4)

一部修正 (R5/1/20審査会合)



北海道南部拡大図

固定局: 福江地点 (長崎県)

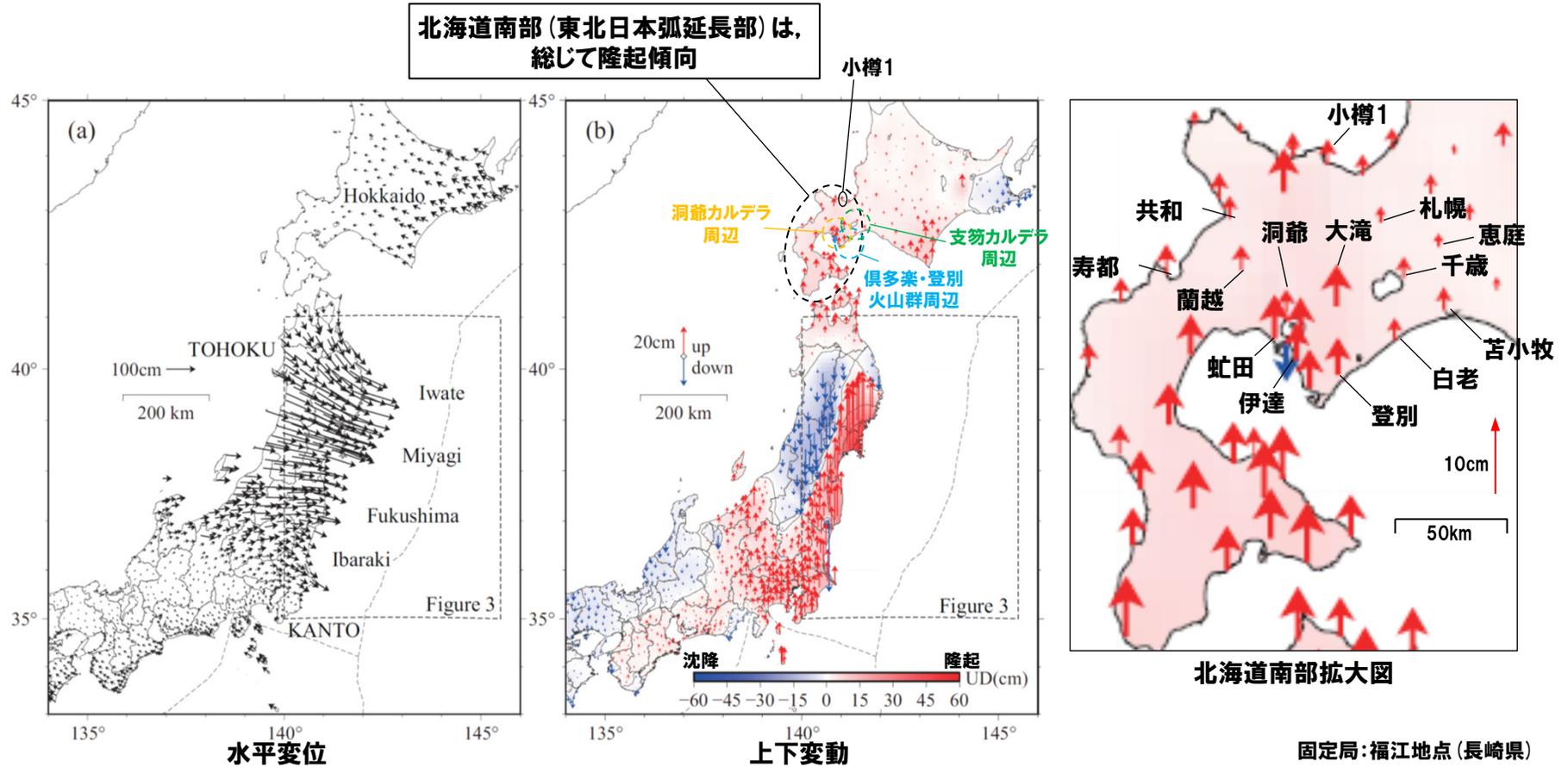
- Suito (2018) によれば、プレート間の固着効果は、東北地方全域で西方への変位、太平洋岸での沈下及び日本海側でのわずかな隆起をもたらすとされている。
- 北海道南部 (東北日本弧延長部) においては、全体的に西方向に向かう水平変位が認められ、洞爺カルデラ周辺は隆起傾向、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群周辺の太平洋側若しくは石狩低地側 (東側) は沈降傾向が認められる。

GEONETによる1997年1月から2000年1月までの平均変位速度
(Suito (2018) に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2011年東北地方太平洋沖地震;Suito (2018)) (3/4)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

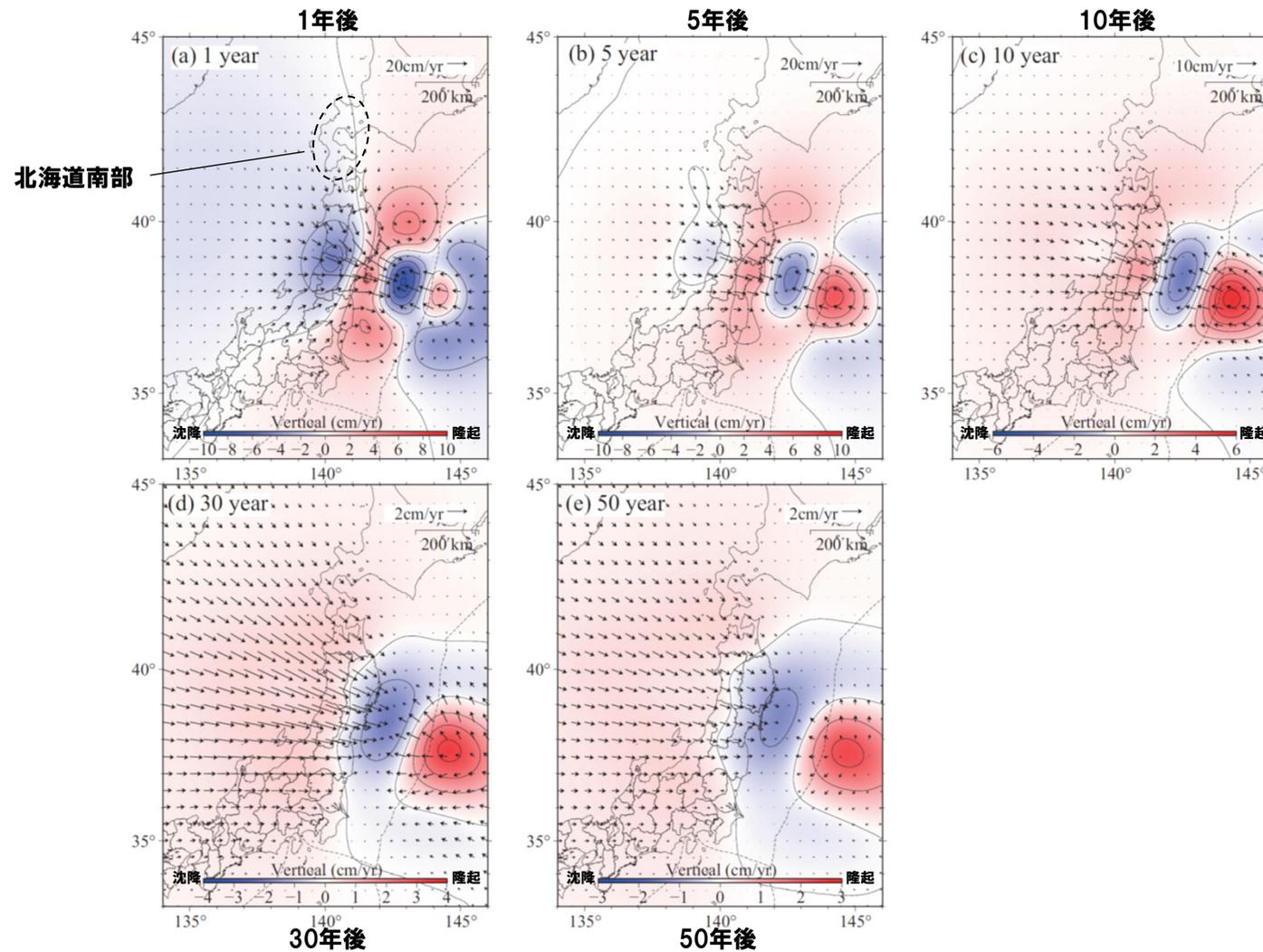


GEONETによる2011年3月東北地方太平洋沖地震以降6.5年間分の地殻変動 (Suito (2018)) に加筆

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献(地殻変動:2011年東北地方太平洋沖地震;Suito (2018)) (4/4)

再掲(R5/1/20審査会合)

粘弾性緩和による推定変位速度
(Suito (2018) に加筆)

(1) 巨大噴火の可能性評価方法

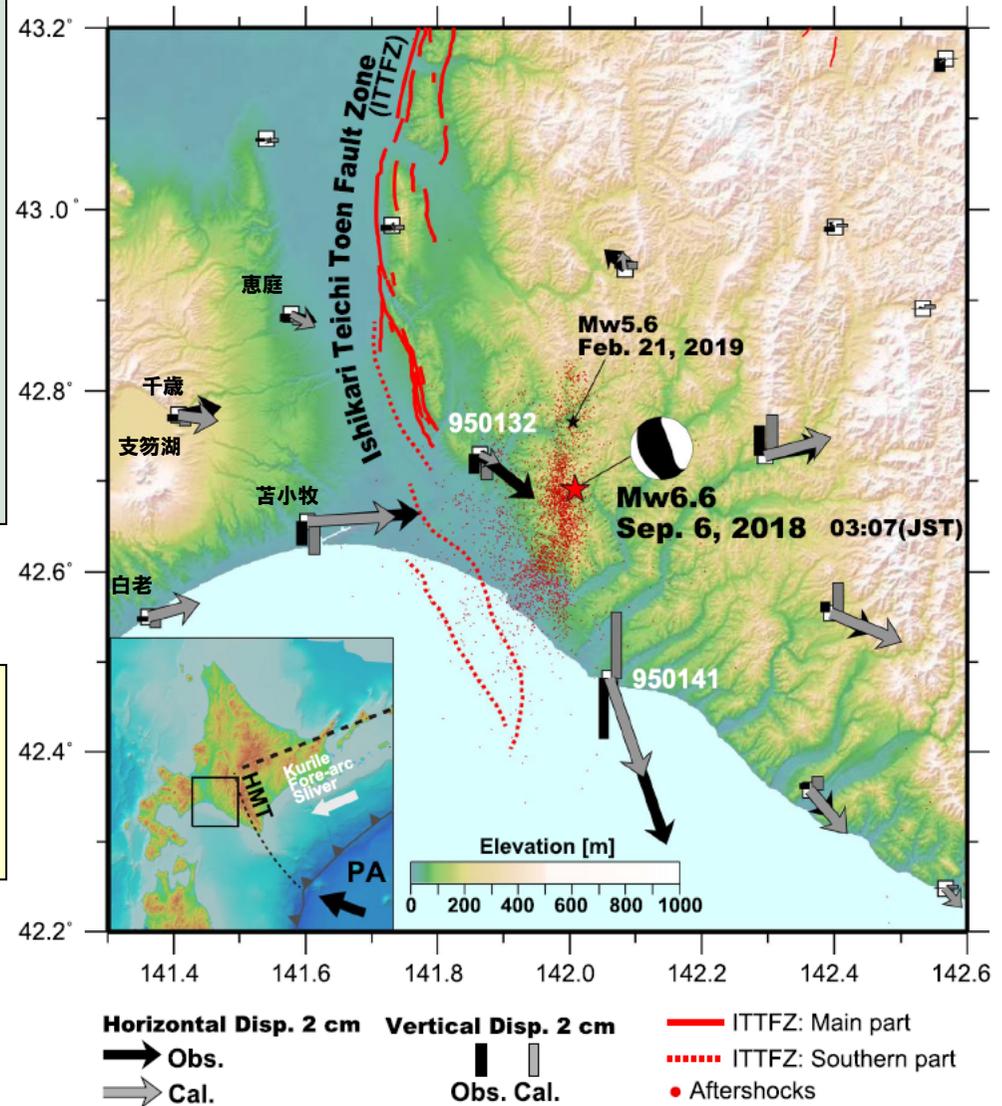
文献(地殻変動:2018年北海道胆振東部地震; Kobayashi et al. (2019))

【Kobayashi et al. (2019)】

- 干渉SAR解析とGNSS解析を基に2018年北海道胆振東部地震時の地殻変動と断層モデルを推定したKobayashi et al. (2019) をレビューした。
- ・Kobayashi et al. (2019) によれば、最大約7cmの隆起及び最大約4cmの東向きの変動が震源域(石狩東部断層帯)の東側で広く観測されたとされている。
- ・支笏カルデラ周りでは、電子基準点「千歳」、「恵庭」、「苫小牧」及び「白老」において、東向きの水平変位が観測され、「苫小牧」においては、顕著な沈降も観測されたとされている。
- ・InSARとGNSSの観測値を基に、深さ15kmに頂部を持つ東に74°傾斜した逆断層の断層モデルが推定されたとされている。



- Kobayashi et al. (2019) に基づくと、2018年北海道胆振東部地震に伴い、支笏カルデラ周りの電子基準点「千歳」、「恵庭」、「苫小牧」及び「白老」においては東向きの水平変位が、「苫小牧」においては沈降の変位が生じたと考えられる。



2018年北海道胆振東部地震震源域におけるGNSS変位量とモデル計算変位量 (Kobayashi et al. (2019) に加筆)

余白

1. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 42
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 54
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 57
3.2 将来の火山活動可能性の評価	P. 61
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. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象を伴う火山活動の評価	P. 71
4.1.1 火山活動の可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 81
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 83
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 112
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 160
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 214
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 257
5. 個別評価の結果を受けた原子力発電所への火山事象	P. 324
5.1 降下火砕物の影響評価	P. 326
5.1.1 敷地及び敷地近傍で確認される降下火	P.
5.1.2 降下火砕物シミュレーション	P.
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	P. 335
6. 火山活動のモニタリング	P. 336
6.1 監視対象火山	P. 338
6.2 モニタリングの実施方法及び火山の状態に応じ	P. 339
7. 火山影響評価のまとめ	P. 340
参考資料	P. 348
参考文献	P. 359

・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:地震波速度構造)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:重力異常)

②-4 地球物理学的調査(地下構造:まとめ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震)

②-6 地球物理学的調査(地殻変動)

②-7 地球物理学的調査(まとめ)

(参考) 樽前山火山防災協議会(2022)

「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」及び「6. 火山活動のモニタリング」の詳細については今後説明予定

余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

【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)

- 支笏カルデラにおいて約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))を噴出した噴火は、火砕流堆積物が広範囲に分布し、噴出物体積が150km³(火砕流)及び200~240km³(降下軽石)とされることから、巨大噴火に該当する。
- 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。
 - ・支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回発生しており、その噴出物体積は350~390km³である。
 - ・巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
 - ・巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。
 - ・カルデラ直下の上部地殻には、低比抵抗領域が認められるが、地震波速度構造も踏まえると、現状、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。
 - ・火山性地震及び地殻変動の状況からは、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候は認められない。
- また、支笏カルデラについては、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。

※網羅的な文献調査の結果については、「2.網羅的な文献調査の概要」に示す。また、現状想定されている噴火規模について、参考としてP157に示す。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

【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	<ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回発生しており、その噴出物体積は350～390km³である。 ○巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積の総和は最大でも15km³程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。 ○巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。 	次頁～ P119	
地球物理学的調査	②地下構造 <ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。 【地震波速度構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・地震波トモグラフィ解析結果からは、支笏カルデラ直下の上部地殻内には、メルトの存在を示唆する顕著な低V_pかつ高V_p/V_s領域は認められない。 ・支笏カルデラ直下の上部地殻内には、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。 【比抵抗構造】 <ul style="list-style-type: none"> ・文献に基づくと支笏カルデラ直下の上部地殻内には、低比抵抗領域が認められる。 (地震波速度構造と比抵抗構造との比較) <ul style="list-style-type: none"> ・支笏カルデラ直下の上部地殻内における低比抵抗領域を報告している文献においては、当該領域がメルトかマグマ由来の水か比抵抗構造だけでは判断できないとされていることから、地震波速度構造と比抵抗構造とを合わせた検討を実施した結果、当該領域は水に富む領域であり、部分熔融域ではないと考えられる。 【重力異常】 <ul style="list-style-type: none"> ・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。 	P120～ P121 P123～ P133 P134	
	③火山性地震	<ul style="list-style-type: none"> ○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に散発的に認められるが、上部地殻には認められない。 	P136～ P140
	④地殻変動	<ul style="list-style-type: none"> ○地殻変動は、白老町の局所的な変動、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。 	P142～ P153
		<ul style="list-style-type: none"> ○支笏カルデラ直下の上部地殻内には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性は十分小さく、大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示す兆候も認められない。 	

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(1/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 活動履歴から、支笏カルデラの現在の活動状況について検討を実施した。
- 支笏カルデラ、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次頁～P119に示す。

【活動の概要】

- ・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。

【噴出物の分布・体積】

- ・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 (P116～P117参照), 巨大噴火に該当する。
- ・約4万年前にSp-1を噴出した噴火以降の後カルデラ期においては、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1の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)), 樽前山の最大のが 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】

- ・産業技術総合研究所 (2019) に基づくと、斑晶に乏しい (CPタイプ) 軽石は、Sp-1の噴出物の大半を占めており、全岩化学組成分析の結果、 SiO_2 の重量比は、 $66.7\sim 77.4\text{wt.}\%$ である (P118参照)。
- ・中川 (1993) 及び古川・中川 (2010) に基づくと、後カルデラ火山 (恵庭岳、風不死岳及び樽前山) の噴出物における SiO_2 の重量比は、 $50\sim 65\text{wt.}\%$ である (P118参照)。
- ・このため、巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される

【その他】

- ・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、斑晶に乏しい珪長質マグマ (CPサブマグマシステム) は、深度約 $4\sim 10\text{km}$ 、温度 $770\sim 800^\circ\text{C}$ の環境で存在していたとされており (P119参照), 西田・橋本 (2007) に示される支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度 $4\sim 10\text{km}$ の地温 ($200\sim 500^\circ\text{C}$) (P119参照) と比較して高い状況が認められる。

※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。



- 支笏カルデラにおいては、巨大噴火が約4万年前に1回発生しており、その噴出物体積は $350\sim 390\text{km}^3$ である。
- 巨大噴火以降に活動を開始した後カルデラ火山においては複数回の活動が認められるが、噴出物体積の総和は最大でも 15km^3 程度であることから、巨大噴火の噴出物体積と異なっている。
- 巨大噴火による噴出物と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (2/6)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

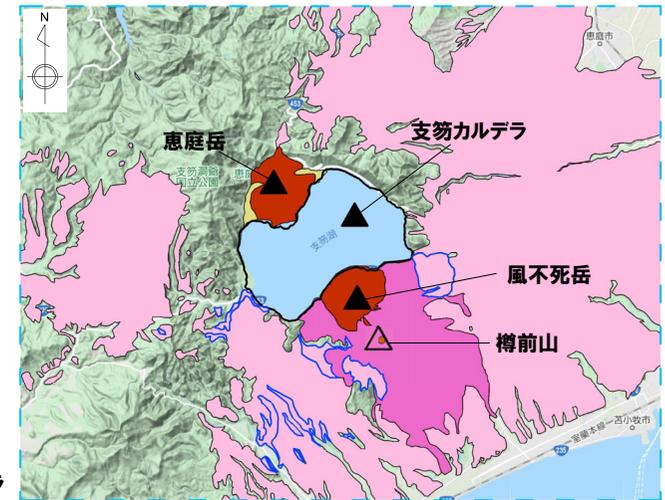
支笏カルデラの概要

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8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8月確認。

※3 次頁～P117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。



0 10 20km

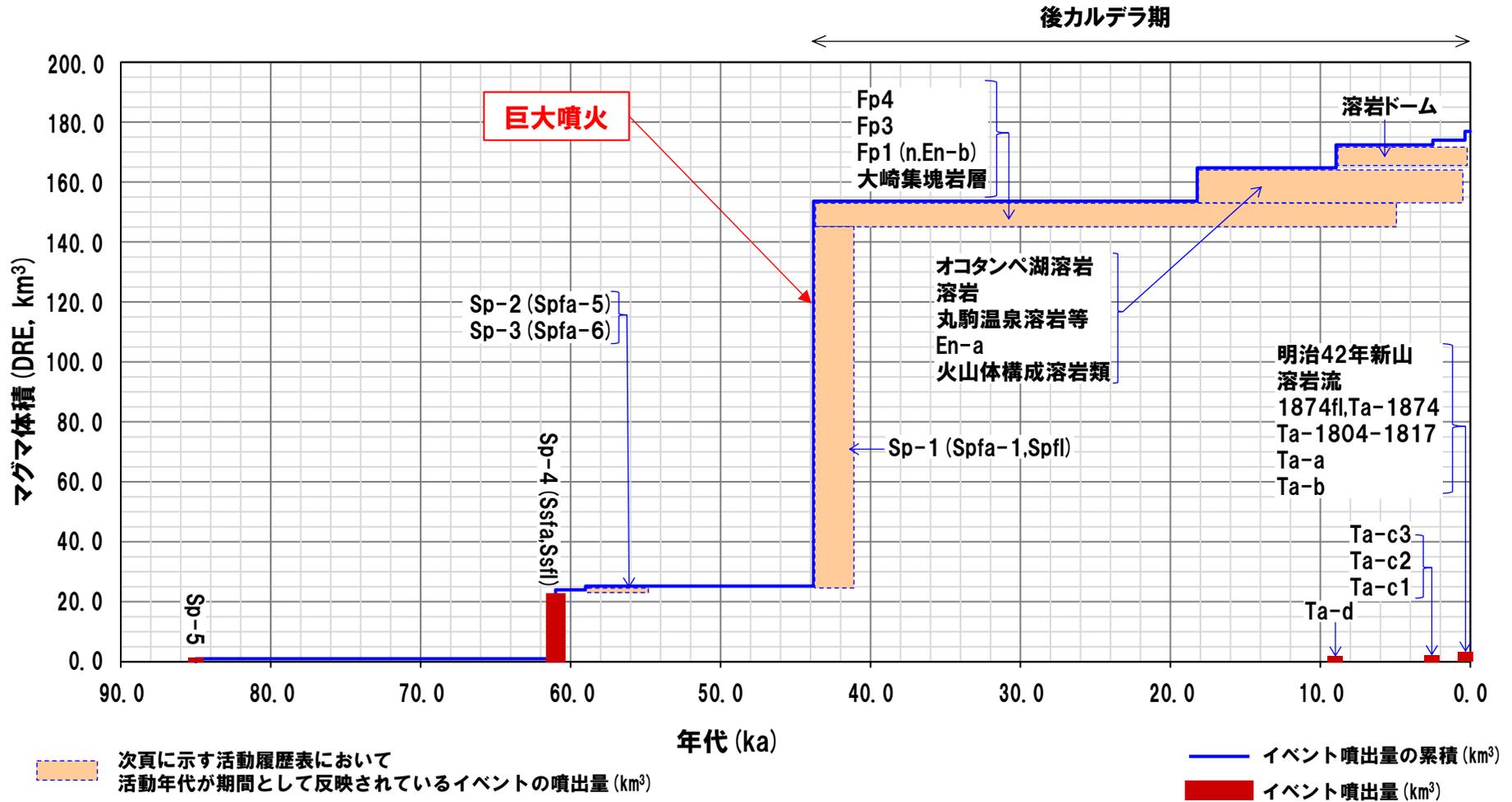


支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の噴出物分布図
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (3/6)

一部修正 (H28/2/5審査会合)



噴出量-年代階段ダイアグラム

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(4/6)

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				山元(2014)
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)		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)
	ca.59ka Sp-3 (Spfa-6) : pfa			
	ca.61ka Sp-4 (Ssfa, Ssfl) : pfa, afa, sfa, sfl	16~23*1		宝田ほか(2022)
	ca.85ka Sp-5 : pfa, afa	[smaller than VEI5 class**2]		

※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。

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
更新世				
更新世	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	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	8.4		5.7
第四紀	43.8-41.4ka以降	金次郎沢集塊岩層 大崎集塊岩層		

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
更新世				
更新世	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)
更新世	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			
更新世	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	
更新世					
更新世	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)

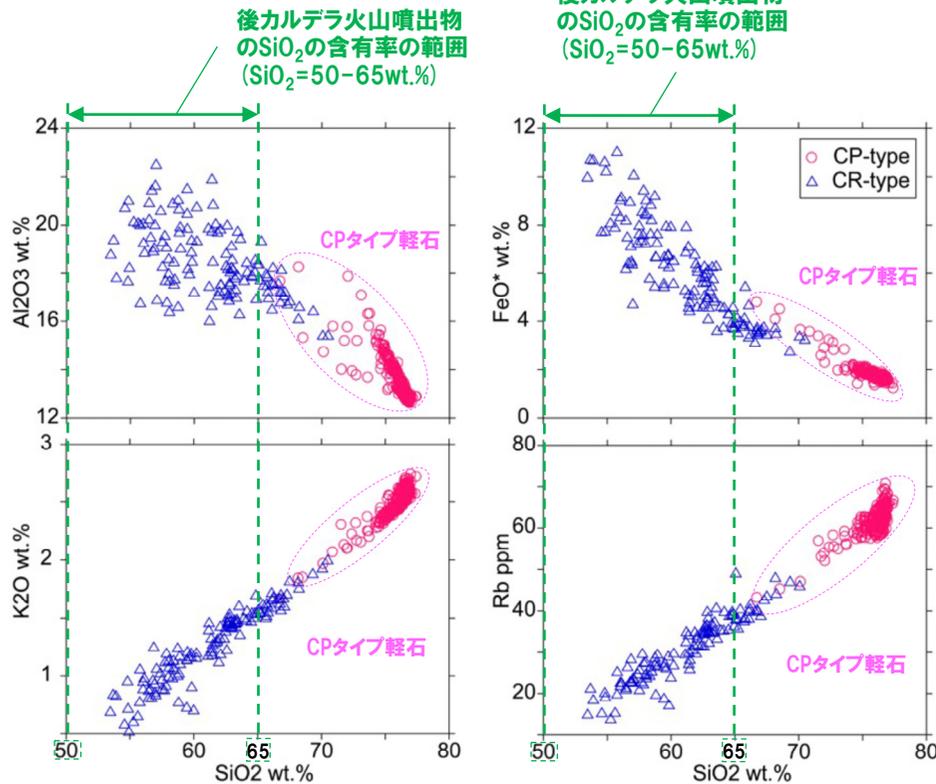
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (5/6)

【噴出物の組成】

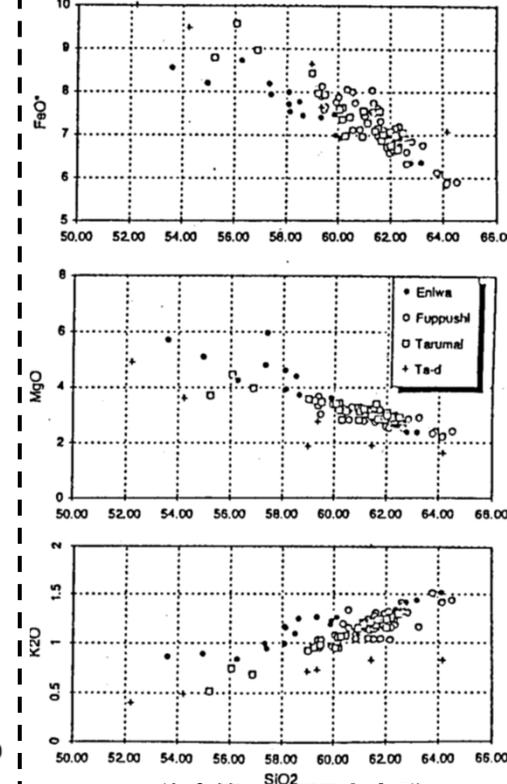
- 産業技術総合研究所(2019)に基づく、斑晶に乏しい(CPタイプ)軽石は、Sp-1の噴出物の大半を占めており、全岩化学組成分析の結果、SiO₂の重量比は、66.7~77.4wt.%である(左下図参照)。
- 中川(1993)及び古川・中川(2010)に基づく、後カルデラ火山(恵庭岳、風不死岳及び樽前山)の噴出物におけるSiO₂の重量比は、50~65wt.%である(右下図参照)。
- このため、巨大噴火による噴出物(Sp-1の噴出物)と後カルデラ火山による噴出物の組成が異なることから、巨大噴火時のマグマ供給系と現在のマグマ供給系は異なっているものと判断される。

Sp-1噴出物

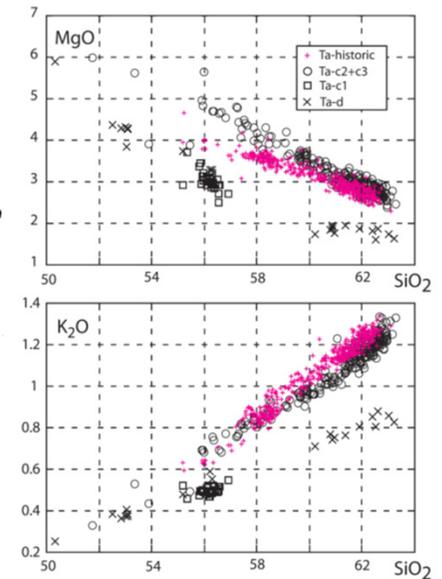


支笏カルデラ形成期(Sp-1)噴出物の全岩化学組成ハーカークラフ (産業技術総合研究所(2019)に加筆)

後カルデラ火山噴出物



後支笏カルデラ火山群 (恵庭岳、風不死岳及び樽前山)の代表的なハーカークラフ (中川, 1993)

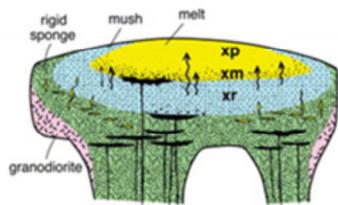


樽前山噴出物の主成分化学組成ハーカークラフ (古川・中川, 2010)

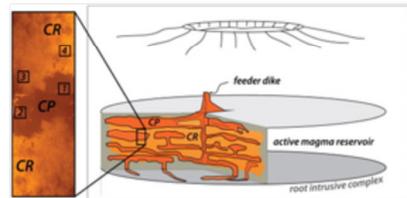
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (6/6)

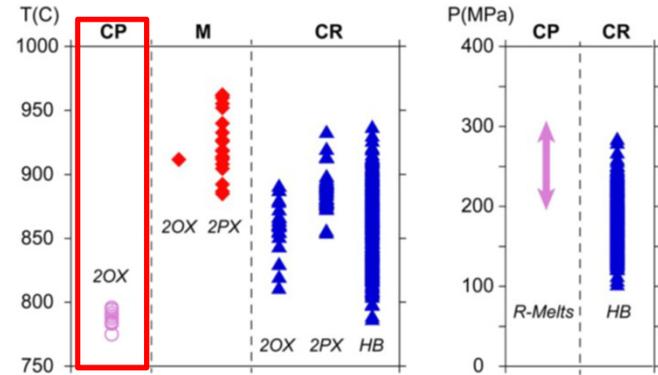
○産業技術総合研究所(2019)によれば, Sp-1噴出時のマグマ供給系のうち, 斑晶に乏しい珪長質マグマ(CPサブマグマシステム)は, 深度約4~10km, 温度770~800℃の環境で存在していたとされており, 西田・橋本(2007)に示される支笏カルデラ付近の地温勾配から推定される深度4~10kmの地温(200~500℃)と比較して高い状況が認められる。



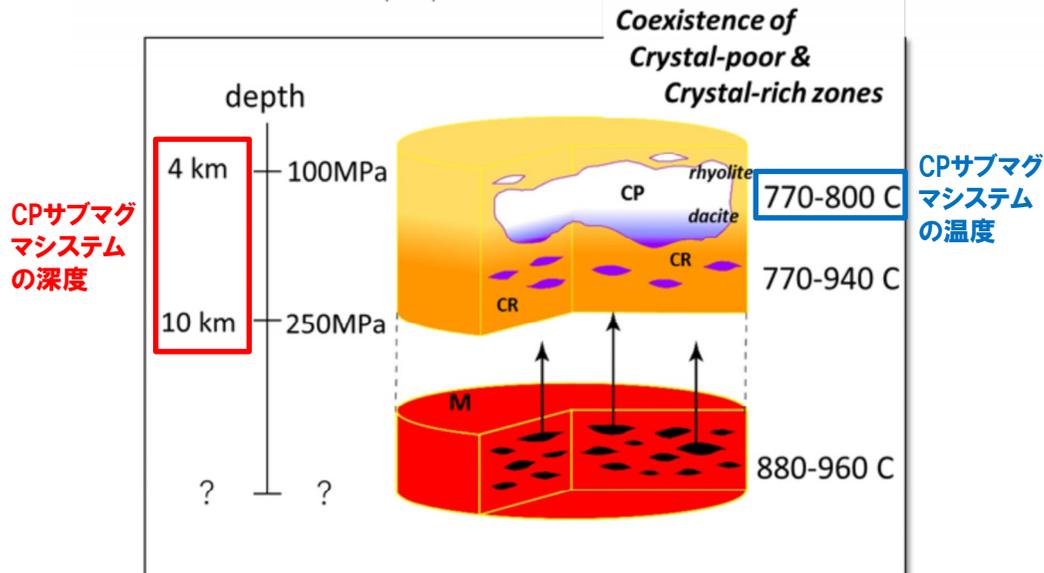
Hildreth&Wilson(2007)



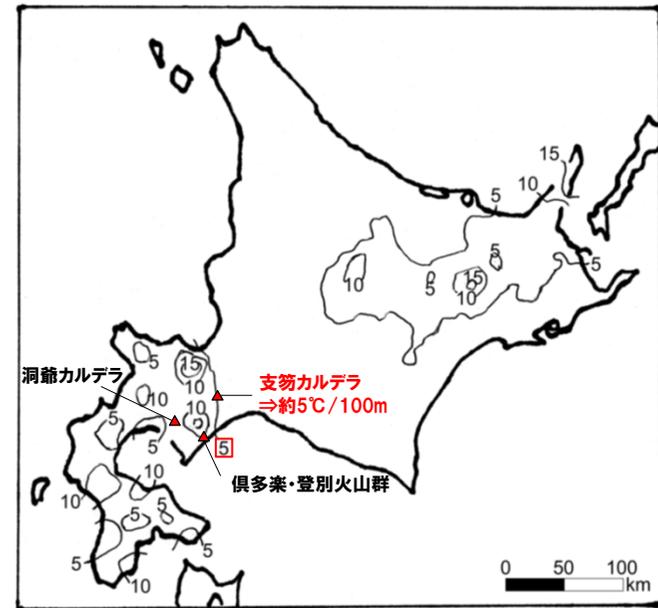
Cashman&Giordano(2014)



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)



北海道の地温勾配(単位:℃/100m) (西田・橋本(2007)に加筆)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-1 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造)(1/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

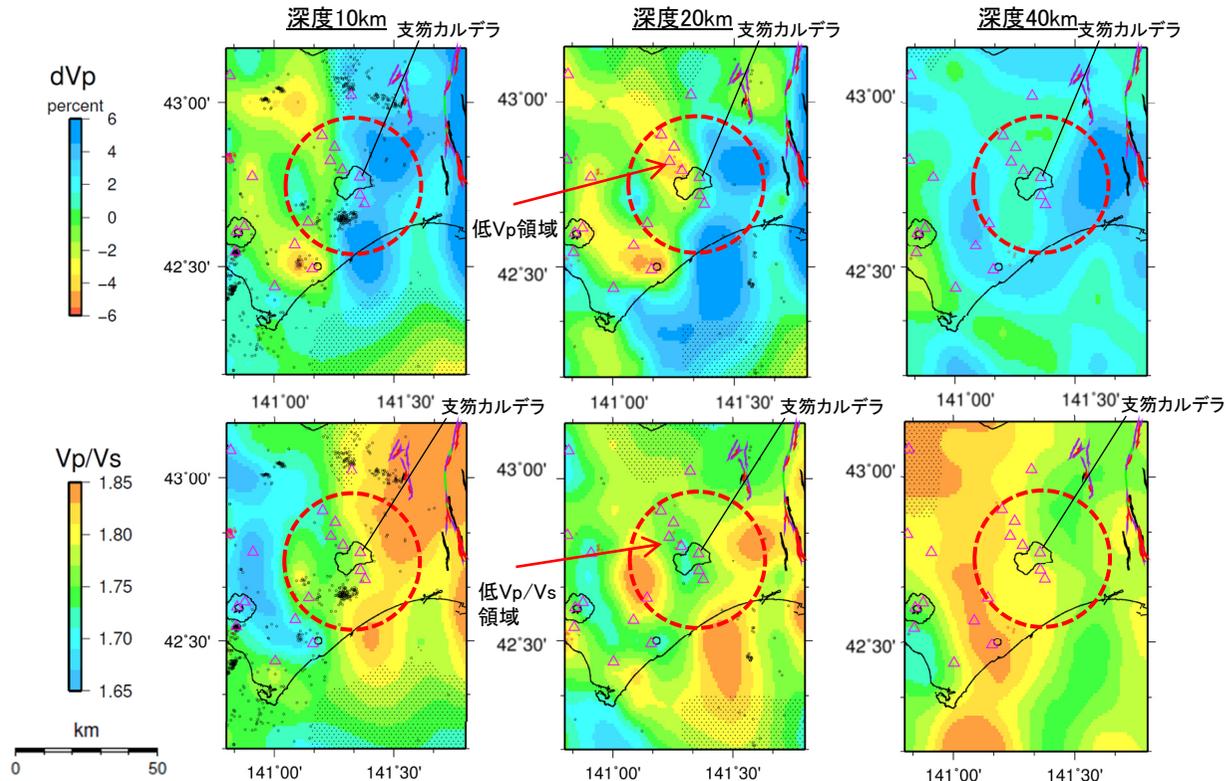
- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al.(2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- また、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、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。

【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(P83~P95参照)】

- 地震波速度構造については、「メルトの存在を示唆する顕著な低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、カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)における低周波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 ≥ 0)
- 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2015/12/31, 2016/4/1-2018/6/30)
- 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



支笏カルデラ周辺では、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

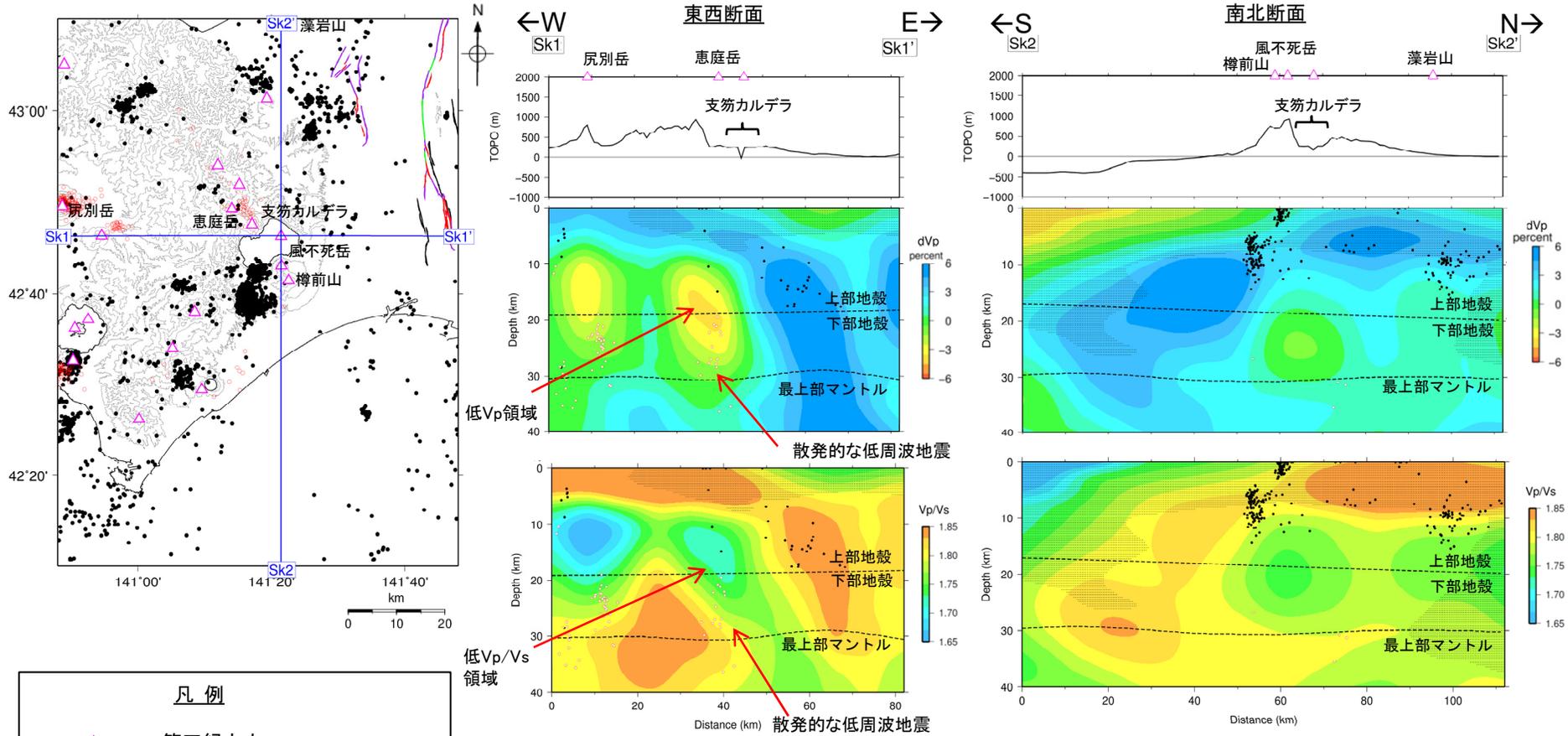
支笏カルデラ周辺では、北西方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

地震波速度構造(水平断面)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-1 地球物理学的調査(地下構造:地震波速度構造) (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、カルデラの西方の深度10~20km程度に低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低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が、上部地殻内には認められない。

地震波速度構造(鉛直断面)

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の範囲の地震をプロットした。

余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(1/8)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

○支笏カルデラの比抵抗構造について検討するため、文献レビューを実施した。

【Yamaya et al. (2017) (次頁～P125参照)】

○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 Ωm以下及び10 Ωm以下の低比抵抗領域が深度5～40km以深に認められるとされている (P125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 (P125参照) 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してされている。
- ・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、部分熔融域 (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。

○Yamaya et al. (2017) に基づくと、支笏カルデラ直下には、部分熔融域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が認められる。

【Ichihara et al. (2019) (P127参照)】

○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 (P127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) 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してされている。

○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'」と同様な位置に、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。



○文献 (Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019) に基づくと、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、メルトかマグマ由来の水か比抵抗構造だけでは判断できないとされていることから、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 (P128～P133参照)。

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (2/8)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

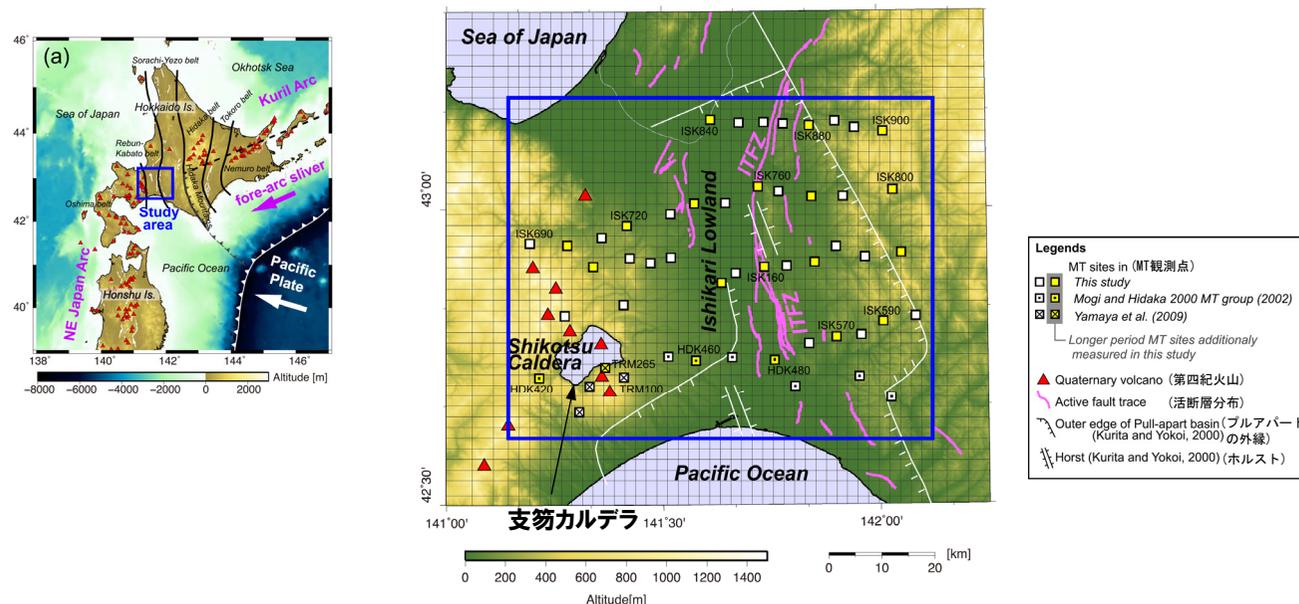
【Yamaya et al. (2017)】

○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以深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、部分熔融域(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。



○Yamaya et al. (2017) に基づくと、支笏カルデラ直下には、部分熔融域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が認められる。

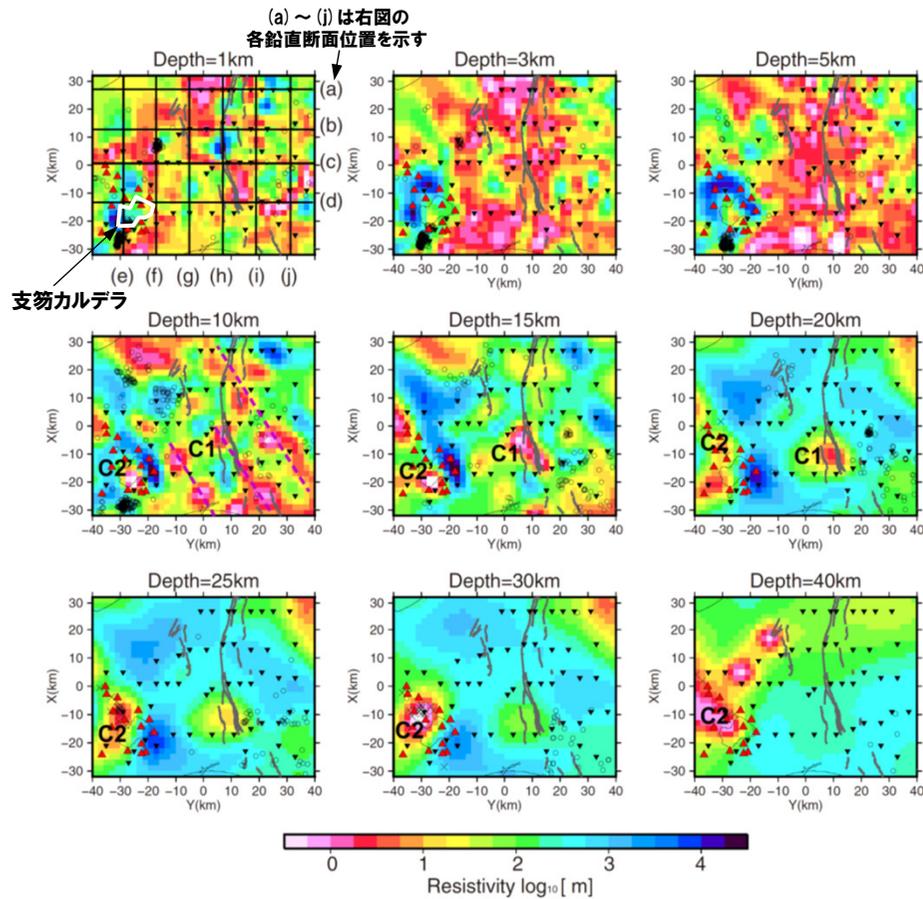


調査地域位置図(左図)及びMT測定地点位置図(右図)(Yamaya et al. (2017) に加筆)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

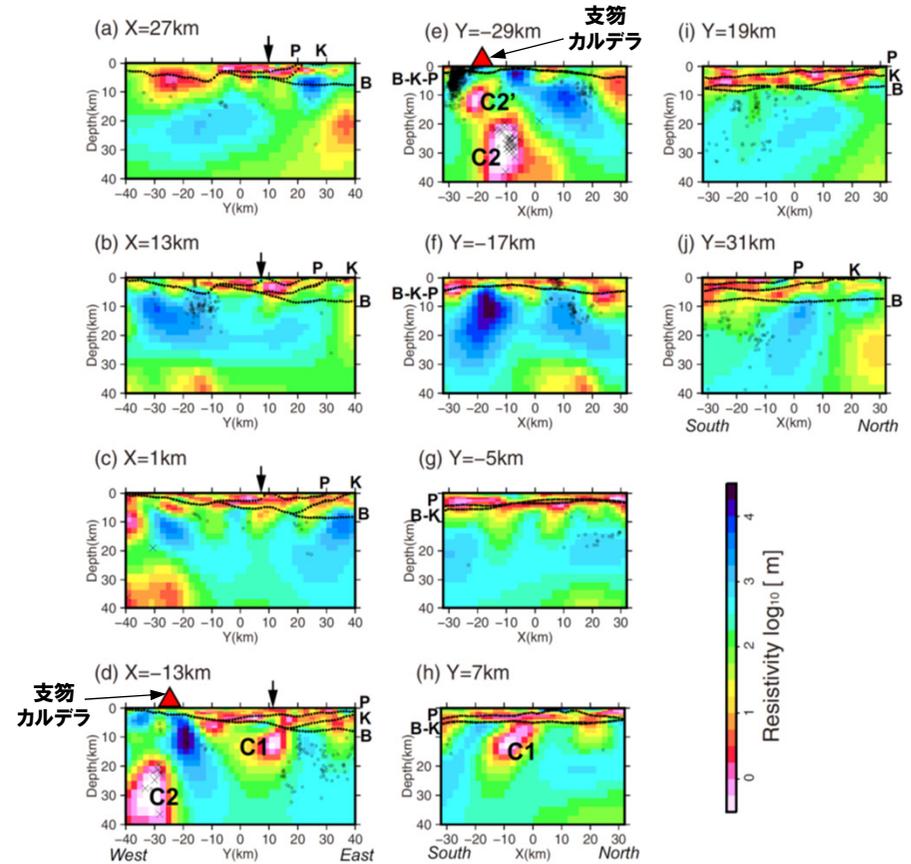
②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (3/8)

再掲 (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

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造)(4/8)

一部修正 (R5/1/20 審査会合)

【Ichihara et al. (2019)】

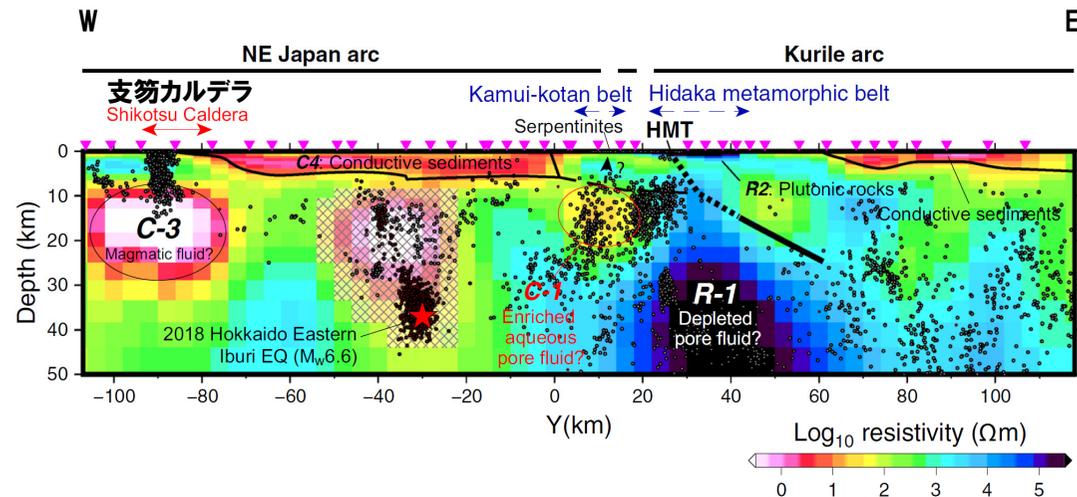
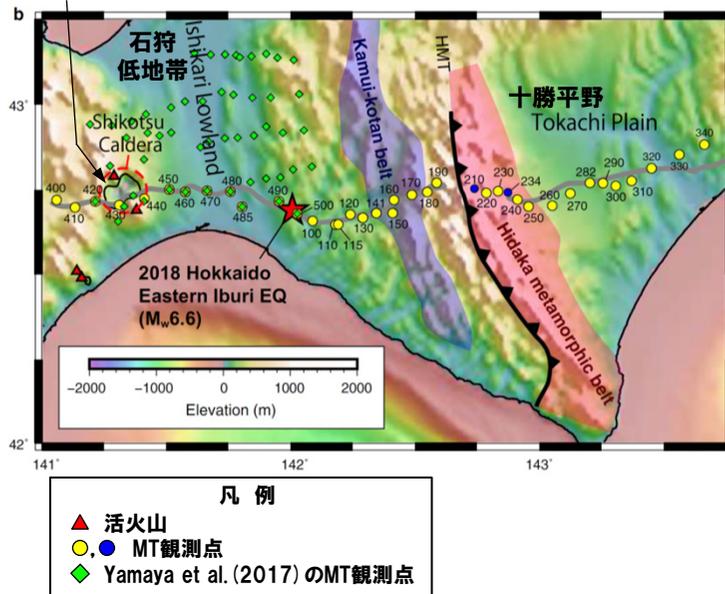
○支笏カルデラを含む石狩低地帯周辺から十勝平野にかけて、MT法による電磁気探査を実施しているIchihara et al. (2019) をレビューした。

- ・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) (P124~P125参照) 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。



○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'」と同様な位置に、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。

支笏カルデラ



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

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 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-) (5/8)

一部修正 (R5/1/20審査会合)

- 文献(Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019)に基づくと、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、部分熔融域(partial melts)又はマグマ由来の水(aqueous fluids)が比抵抗構造だけでは判断できないとされている。
- このため、当該領域について、当社が作成した地震波速度構造断面^{※1}を用いて、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域が存在するか否かを確認した。

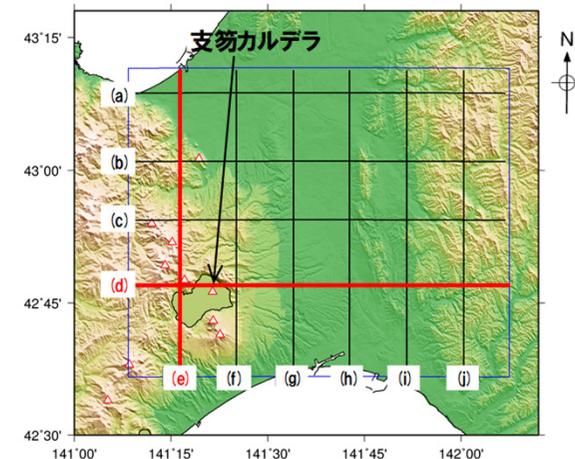
【Yamaya et al. (2017) の(d) 断面及び(e) 断面並びにIchihara et al. (2019) の比抵抗構造に対応する地震波速度構造】

- Yamaya et al. (2017) に示される支笏カルデラ直下の低比抵抗領域「C2'」付近における地震波速度構造^{※1}(次頁「(e) 断面」)は、低Vpかつ低Vp/Vs領域であることから、水に富む領域と考えられる。
- 当該領域が水に富む領域となる要因としては、北海道南部とマグマ供給システムが同様である東北日本(P86~P93参照)に位置する鳴子カルデラの事例を踏まえると、下部地殻中のメルトが固化し、低周波地震を伴いながら水が浅部へ放出されることにより、水が供給されている可能性が考えられる(P348~P353参照)。
- また、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'」と同様な位置でより大きな範囲の低比抵抗領域「C-3」が示されているが、「C-3」付近における地震波速度構造^{※1}(P133参照)も、低Vpかつ低Vp/Vs領域となっている。



- 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、地震波速度構造から当該領域は水に富む領域であり、部分熔融域ではないと考えられる。

※1 P121に示す当社作成の地震波速度構造断面は、中野ほか編(2013)に示される支笏カルデラの代表点を通るように断面を作成していた。ここでは、改めてYamaya et al. (2017) 及びIchihara et al. (2019) に示される断面に合わせた位置で作成した。



次頁鉛直断面位置図

(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) 断面を掲載)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 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-) (6/8)

再掲(R5/1/20審査会合)

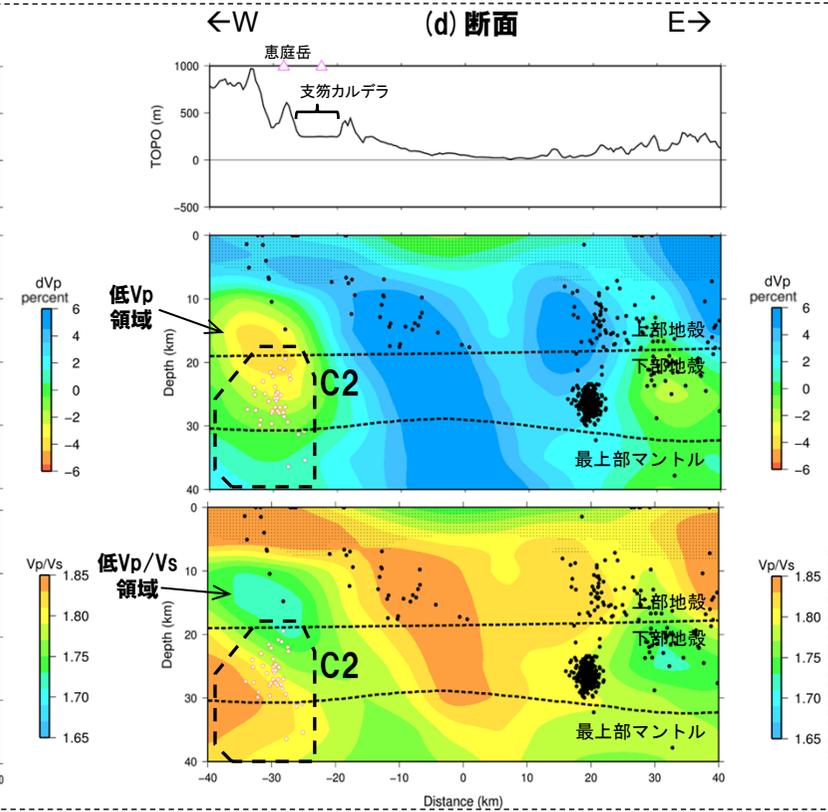
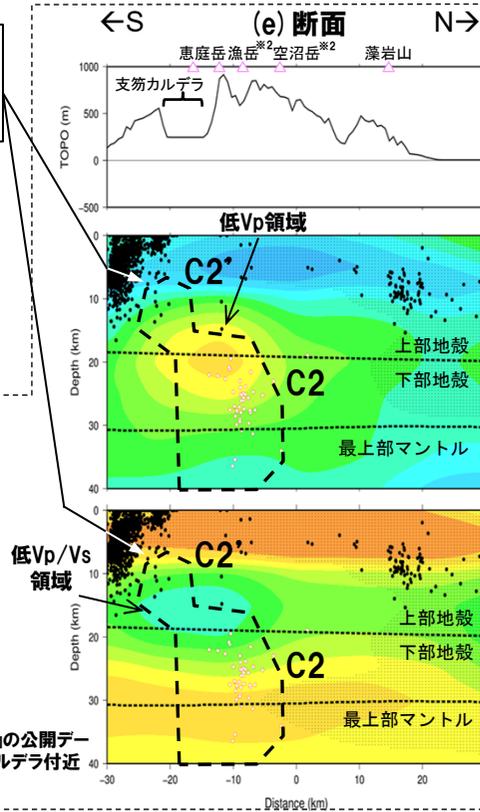
○「C2'」付近における地震波速度構造は、低Vpかつ低Vp/Vs領域であることから、水に富む領域と考えられる。

※2「2013.7泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請」時点では、地理的領域にある第四紀火山は、札幌岳、空沼岳及び漁岳を含めた34火山としていた。この3火山については、中川ほか(2013)により、いずれもその活動は鮮新世とされたことを踏まえ、「日本の火山(DB)」においても第四紀火山から除外されていることから、当社も第四紀火山の抽出において除外することとした。

- 凡例(地震波速度構造)
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震源(MJMA \geq 0)
 - 赤点 低周波地震の震源(期間:2000/10/1-2015/12/31, 2016/4/1-2018/6/30)
 - 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'」

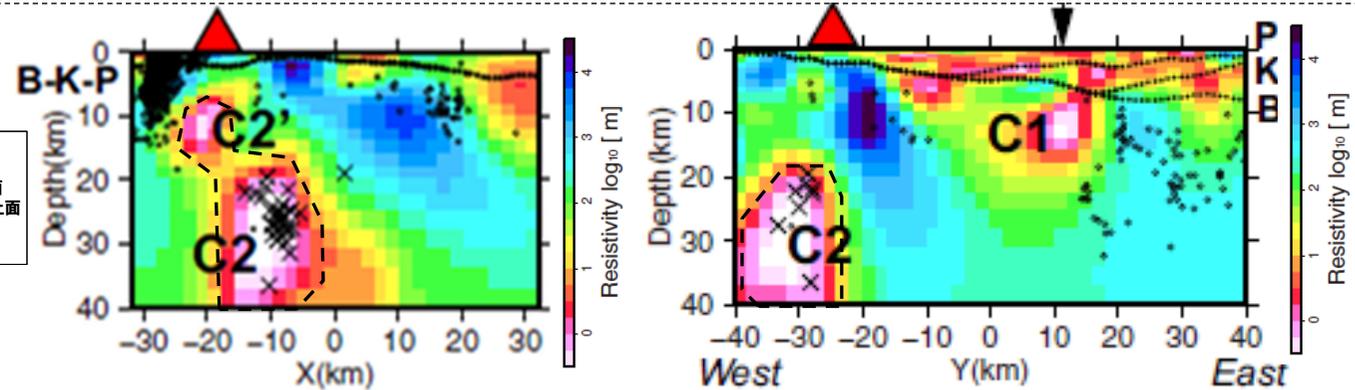
地震波速度構造(鉛直断面)※3

※3「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」の公開データを用いて、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)断面に合わせて当社が作成した断面。



- 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
 - 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

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

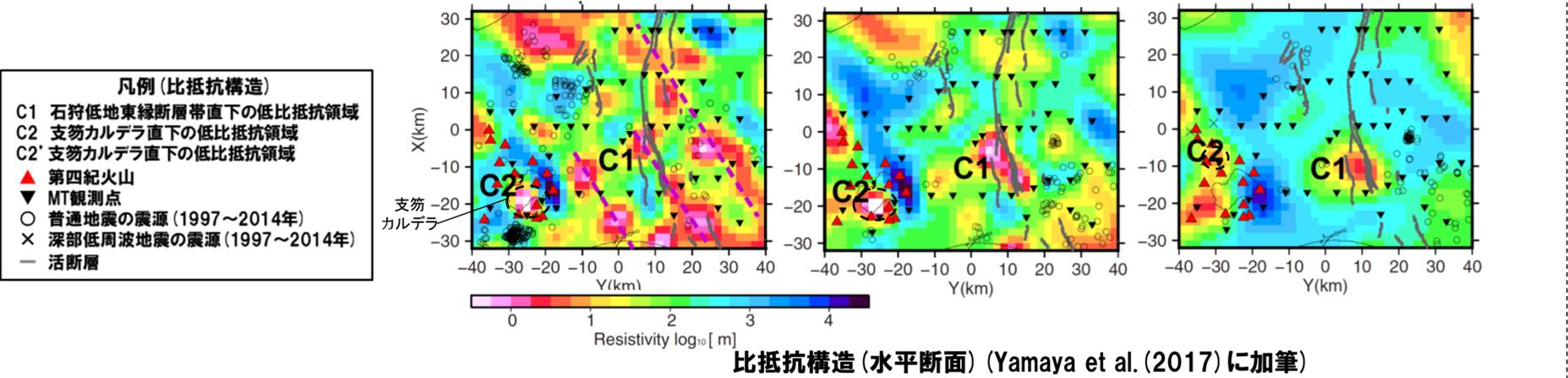
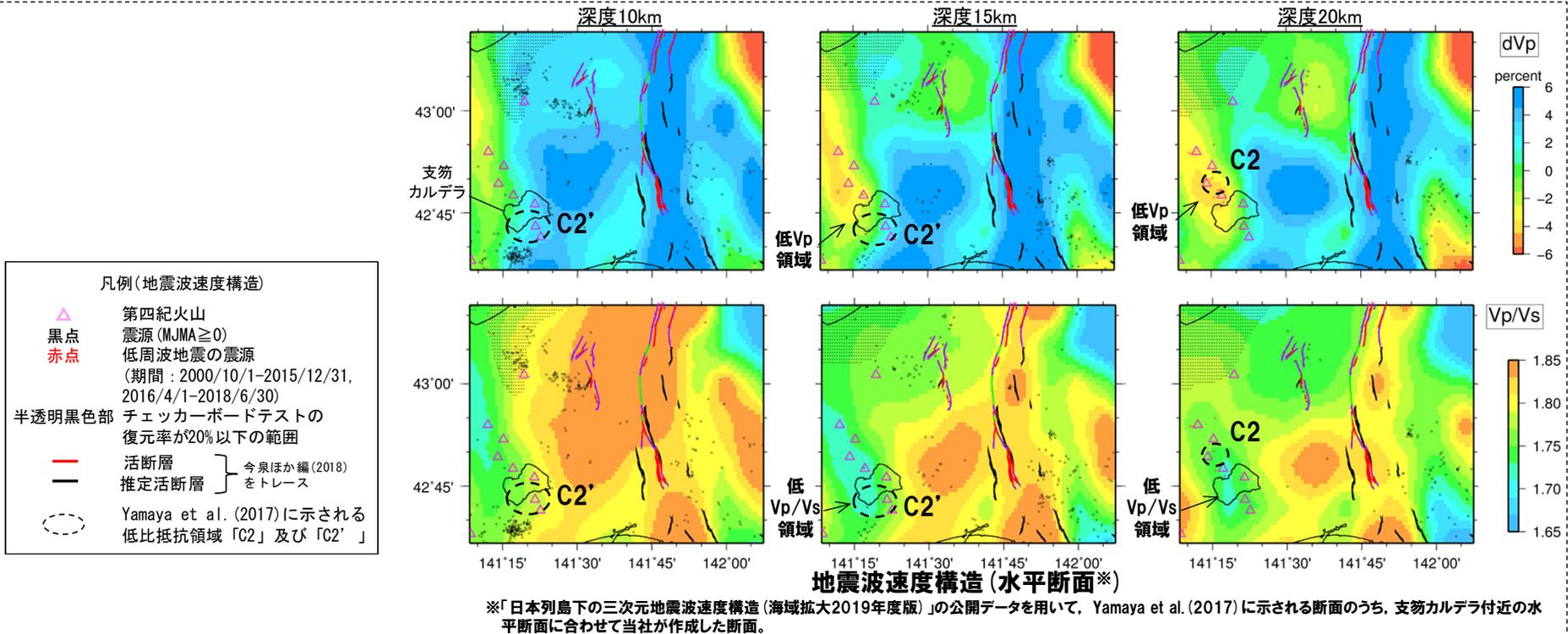


余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 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-) (7/8)

再掲 (R5/1/20審査会合)

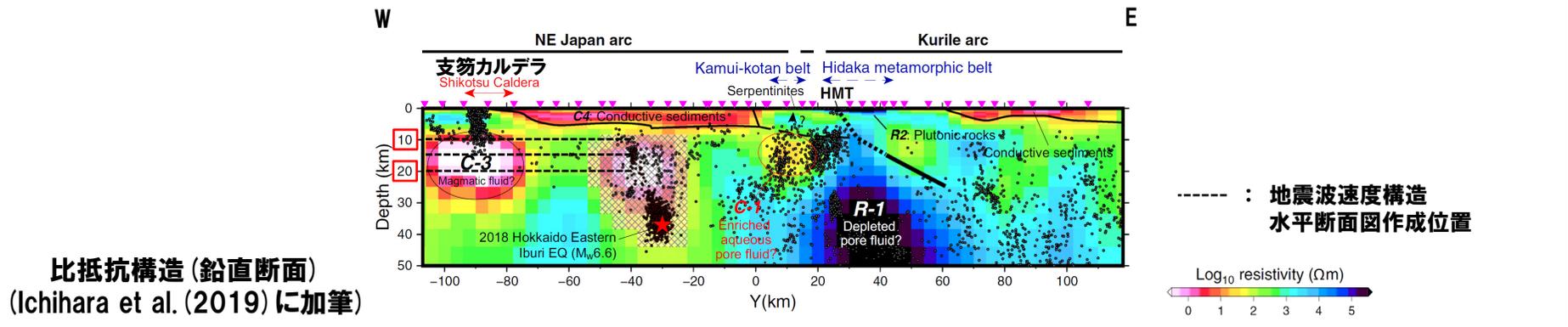
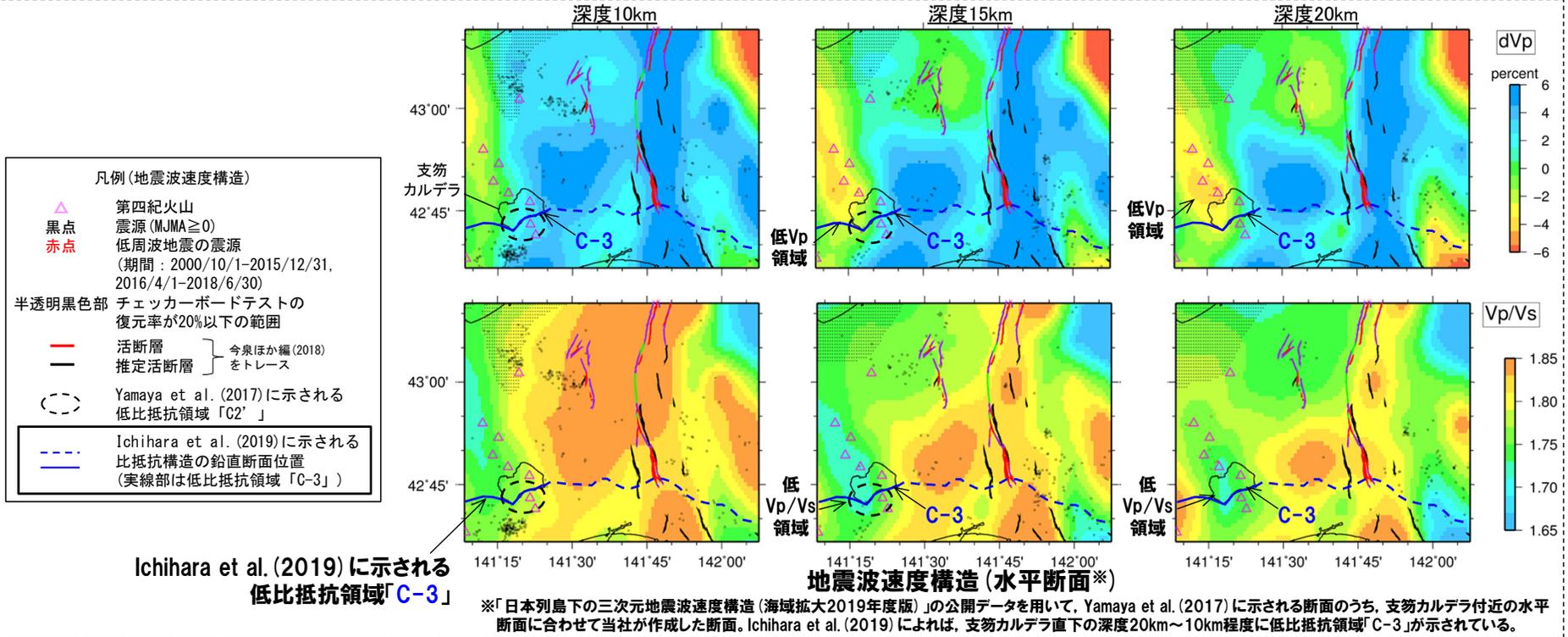


余白

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-2 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-) (8/8)

再掲(R5/7/7審査会合)



(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-3 地球物理学的調査(地下構造:重力異常)

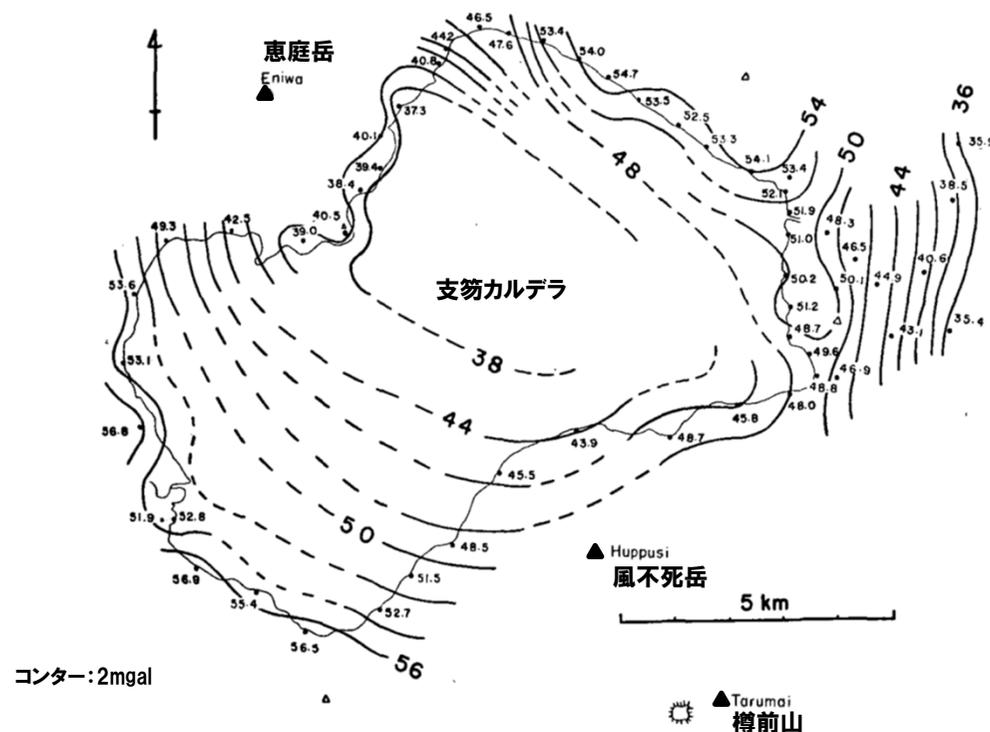
再掲 (R5/1/20審査会合)

【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。



- 文献 (Yokoyama and Aota, 1965) に基づくと、支笏カルデラにおいては、中心部が最も厚い逆円錐型に堆積した密度の低い堆積物によるものと考えられる低重力異常が中心部に認められる。
- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関する考察はされていない。



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

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-4 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)

【地震波速度構造 (P120~P121参照)】

- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- また、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、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。

【比抵抗構造 (P123~P127参照)】

- 文献(Yamaya et al., 2017; Ichihara et al., 2019)に基づくと、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。

(地震波速度構造と比抵抗構造との比較 (P128~P133参照))

- 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を報告している文献においては、当該領域がメルトかマグマ由来の水か比抵抗構造だけでは判断できないとされていることから、当該領域における地震波速度構造と比抵抗構造とを合わせた検討を実施した。
- 検討の結果、支笏カルデラ直下の上部地殻内には、低比抵抗領域が認められるが、地震波速度構造から当該領域は水に富む領域であり、部分熔融域ではないと考えられる。

【重力異常 (P134参照)】

- 文献(Yokoyama and Aota, 1965)に基づくと、支笏カルデラにおいては、中心部が最も厚い逆円錐型に堆積した密度の低い堆積物によるものと考えられる低重力異常が中心部に認められる。
- 重力異常を踏まえたマグマ溜まりに関する考察はされていない。



- 地下構造に関する調査の結果、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、現状、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する構造は認められない。

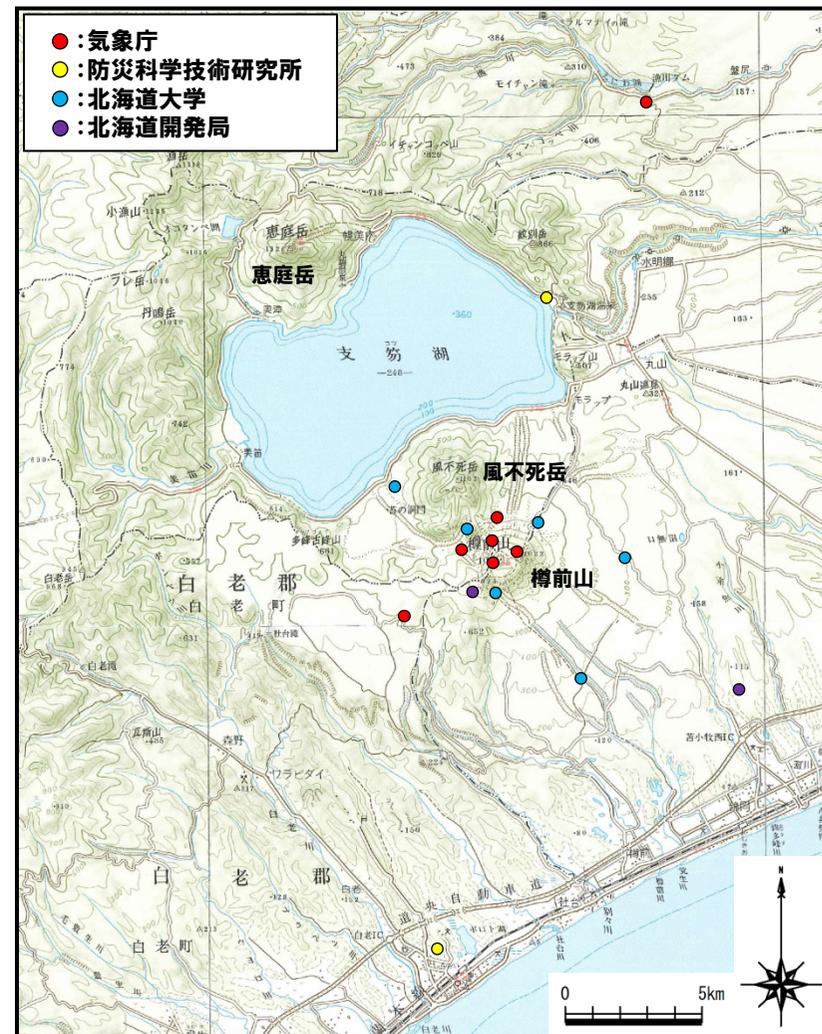
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(1/5)

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)

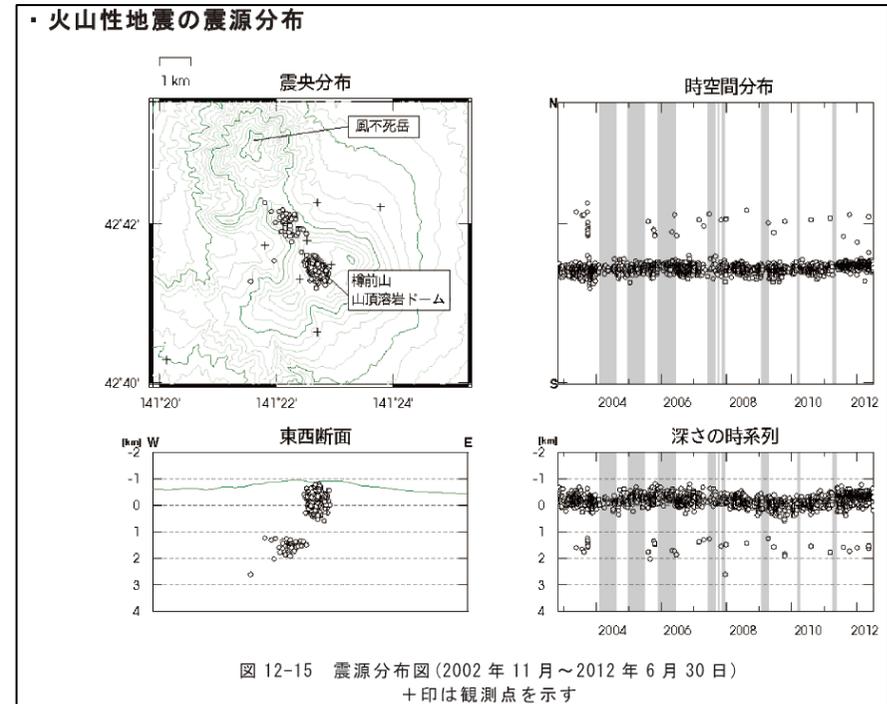
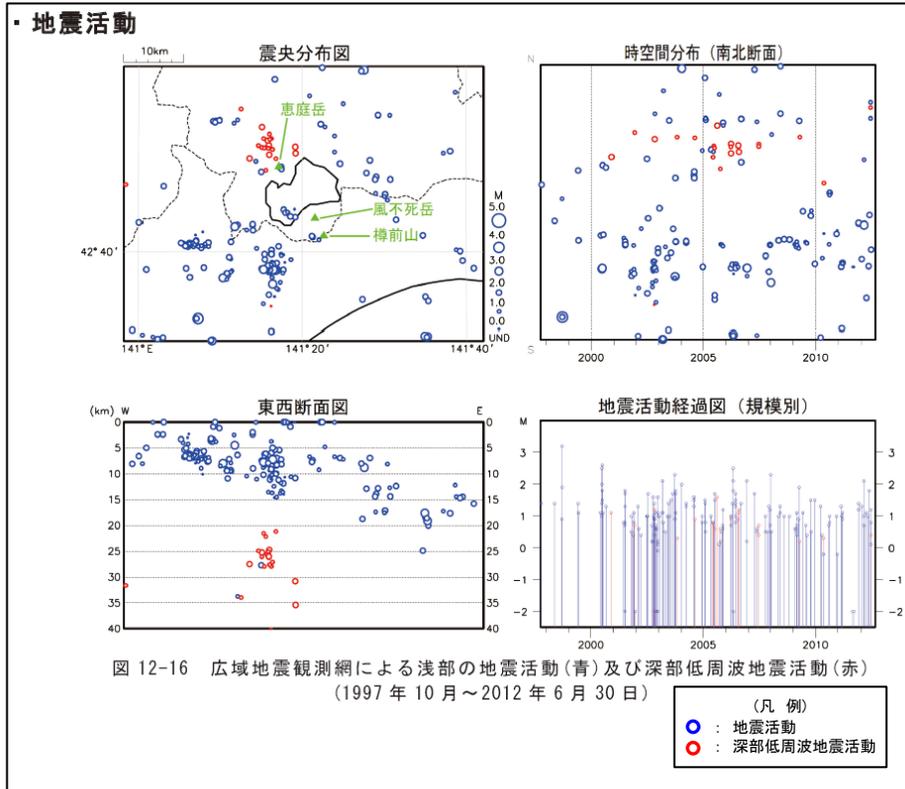
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-5 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。



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)」)

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)

(2)巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

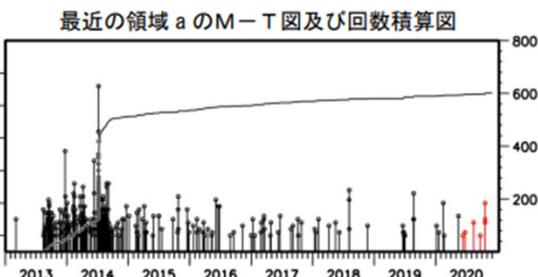
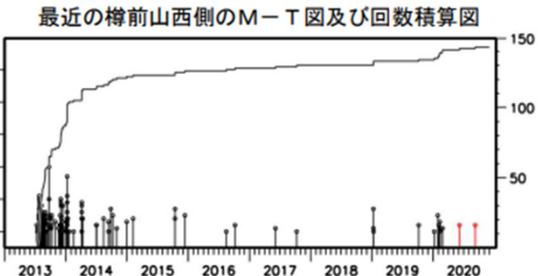
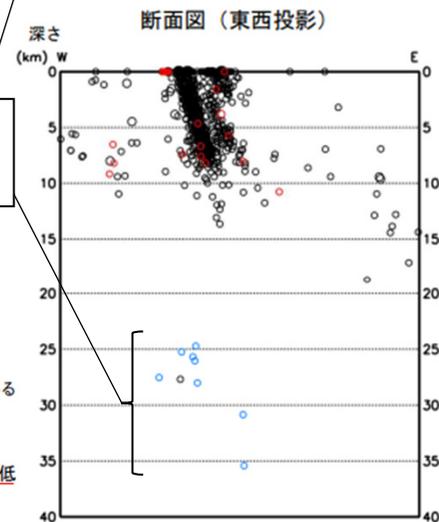
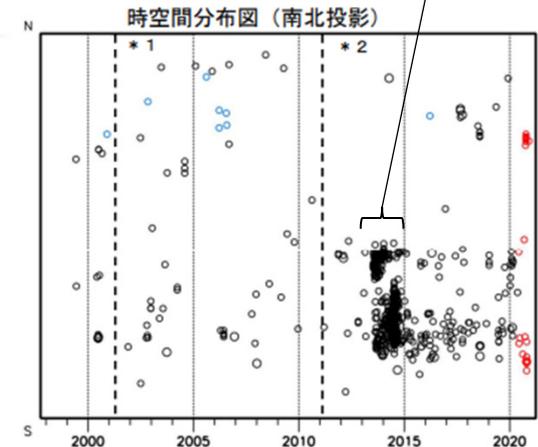
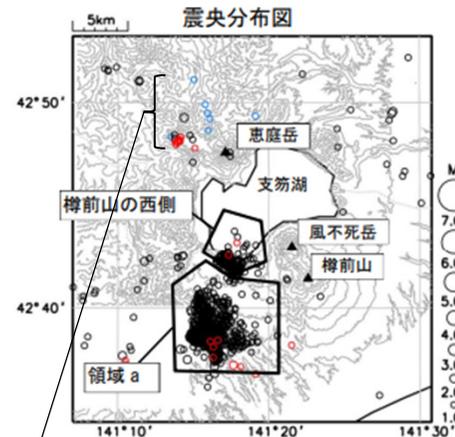
②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(3/5)

再掲(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。

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。



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。

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)

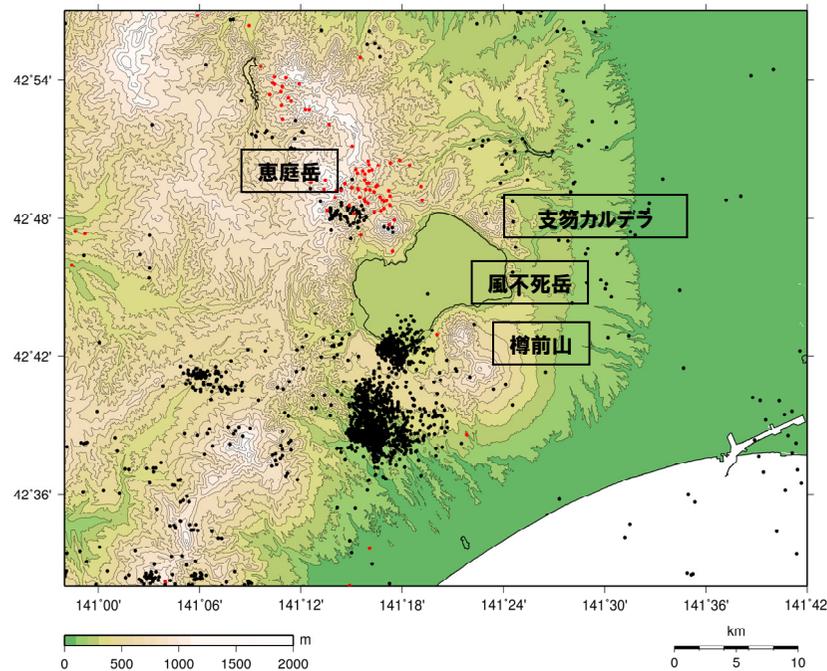
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震)(4/5)

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】

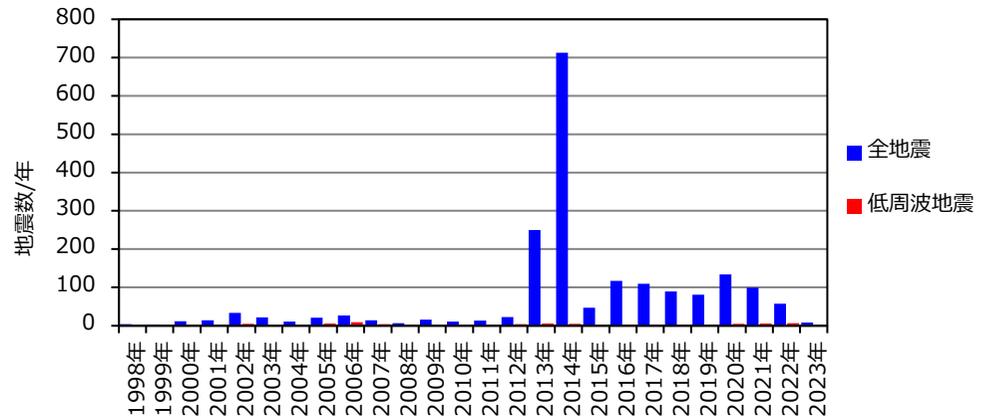
- 過去約40年間(1983年1月～2023年3月)における支笏カルデラ周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月～2022年3月)及び気象庁一元化処理検測値データ(2022年4月～2023年3月)を使用した。
- 支笏カルデラ周辺においては、カルデラ南方の樽前山周辺に普通地震の震央が集中しており、カルデラ北西方の恵庭岳周辺で散発的に低周波地震の分布が認められる。
- マグニチュード1以上の地震は、樽前山の南西側及び西側において2013年及び2014年に一時的に増加傾向が認められるが、深部の低周波地震については、発生数は少なく増加傾向も認められない(下図参照)。



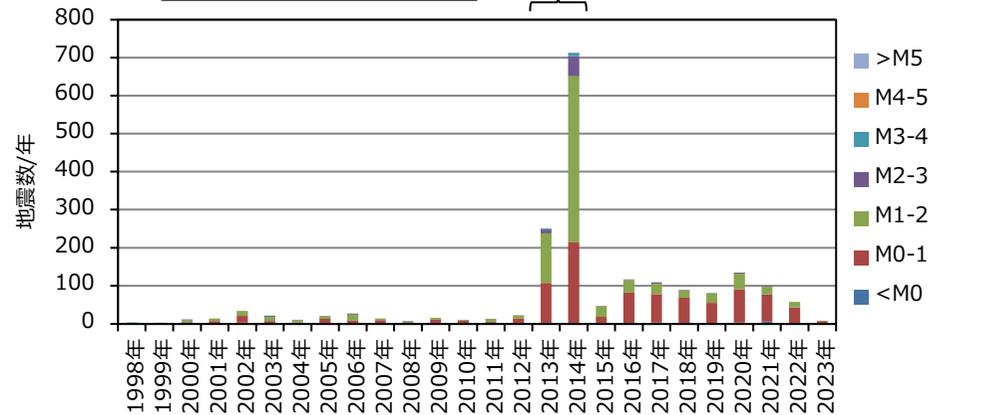
1983/1/1～2022/3/31:
気象庁地震月報(カタログ編)
2022/4/1～2023/3/31:
気象庁一元化処理検測値データ

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)



一時的に増加傾向が認められる。



※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、※2 2023年は1月1日～3月31日のデータを掲載。地震発生数の年別時間変化※1, 2 (1998年～2023年、深さ40km以浅)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

②-5 地球物理学的調査(火山性地震-まとめ-) (5/5)

一部修正 (R3/10/14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、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。
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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。