

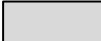
泊発電所

火山影響評価のうち立地評価について

令和5年6月26日
北海道電力株式会社

○令和3年10月14日審査会合及び令和5年1月20日審査会合の指摘事項を以下に示す。

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考え方を示すこと。

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審査会合で説明

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審査会合で説明したものを除く) を本頁～P6に示す。

指摘事項	回答方針	回答掲載箇所
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・至近のデータについては、2021年9月までのデータを整理した。 ・データ整理開始時期については、それぞれ以下の考えに基づき整理した。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 火山性地震については、地震動の検知能力に関連するHi-netの整備が、北海道では2000～2001年に行われており、気象庁の地震カタログで使用開始された時期が2001年10月である。このため、2001年10月をデータ整理開始時期の基本とするが、R3.10.14審査会合資料において、既に2001年10月以前のデータも掲載している箇所については、その前後でデータ精度が異なることを注釈に付した上で、2001年10月以前のデータについても掲載したままとした。 ✓ 地殻変動については、各基線長等を算出するために必要な2点の電子基準点がいずれも設置された時期をデータ整理開始時期とした。 	本編資料 P123, P166, P207等
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・地震波速度構造、比抵抗構造及び重力異常による地下構造評価に加え、火山性地震及び地殻変動も合わせた地球物理学的調査結果から、巨大噴火の可能性を総合的に評価した。 	本編資料 4.1.2 (2) 章及 び4.1.2 (4) 章
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・各設計対応不可能な火山事象の検討対象範囲に位置する火山について、到達距離及び分布範囲を明示した。 	本編資料 P234, P247, P253及びP260 ～P272
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。	<ul style="list-style-type: none"> ・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、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ものであることから、その旨が分かる様、「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」の評価概要の頁に注釈を付した。 ・その上で、地震波速度構造による検討結果については、参考であることを踏まえ、本編資料の巻末に移記した。 	本編資料 P230 本編資料 P311～P314
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"> ・「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」のうち、「5.2 降下火砕物の影響評価」に関連する指摘事項であるため、今後説明予定。 	—

指摘事項に関する回答方針

指摘事項	回答方針	回答掲載箇所
<p>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。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・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ついては、「補足説明資料1」において火山カタログとして活動履歴、火山噴出物の分布等を整理し、共通の整理方法を示した。 ・共通の整理方法の中で、R3.10.14審査会合以降に実施した網羅的な文献調査によって収集した知見の反映方法（活動履歴への追加、活動履歴の見直し等）についても明確にした。 ・なお、網羅的な文献調査によって収集した知見は、地球物理学的調査に関するもの等もあることから、それらも含めた知見の反映については、「本編資料」2章に示した。 ・また、同火山カタログを掲載している補足説明資料1においては、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの最大規模の噴出物のうち、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評価結果も示した。 	<p>補足説明資料1 P6～P8</p> <p>本編資料 P43～P52 補足説明資料1 P151～P168</p>
<p>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。</p> <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。 	<ul style="list-style-type: none"> ・火砕流堆積物及び降下火砕物の区分については、軽石の存否以外の観点として、淘汰度に関する文献レビューを追加で実施し、考え方を整理した。 ・整理の結果、洞爺火山灰（Toya）の火山ガラスを多く含む堆積物については、軽石が認められない場合、洞爺火砕流本体ではないとの判断は可能であるが、淘汰度の観点を踏まえると火砕サージ由来か降下火砕物由来かを厳密に区分することは難しいと評価し、その結果を「補足説明資料2」1章に示した。 ・なお、降下火砕物由来又は上記のように降下火砕物由来である可能性のある堆積物については、これまで通り、火山ガラスの粒子数等に着目し、純層、二次堆積物等への細区分を実施した。 ・敷地近傍のうち、共和台地に位置する露頭及び岩内平野西部に位置する地点で実施したボーリングにおいて認められる、“赤色の火砕流様の堆積物”と評価した堆積物及び“火山灰質”等の記載がなされている堆積物について、追加の地質調査・火山灰分析を実施し、その結果を「補足説明資料2」1章に示した。 ・加えて、産業技術総合研究所地質調査総合センター編（2020）においては、洞爺火砕流堆積物が、ニセコ・雷電火山群のうち、ワイスホルン北麓の標高約120m以上の範囲（高標高部）に示されていることから、当該範囲に洞爺火砕流堆積物が分布するとされた経緯について関連する文献レビューを実施し、その結果を「補足説明資料2」8章に示した。 	<p>補足説明資料2 1章</p> <p>補足説明資料1 P136～P137 補足説明資料2 1章</p> <p>補足説明資料2 1章</p> <p>補足説明資料2 8章</p>

指摘事項	回答方針	回答掲載箇所
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。	・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に当たり、地理的領域にある第四紀火山について、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施している旨を本編資料に記載した上で、それらの詳細を補足説明資料1の「地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査」に掲載している。	本編資料 P58 <u>補足説明資料1</u> P120～P149

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. 40
3. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 53
3.1 地理的領域にある第四紀火山	P. 56
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

余白

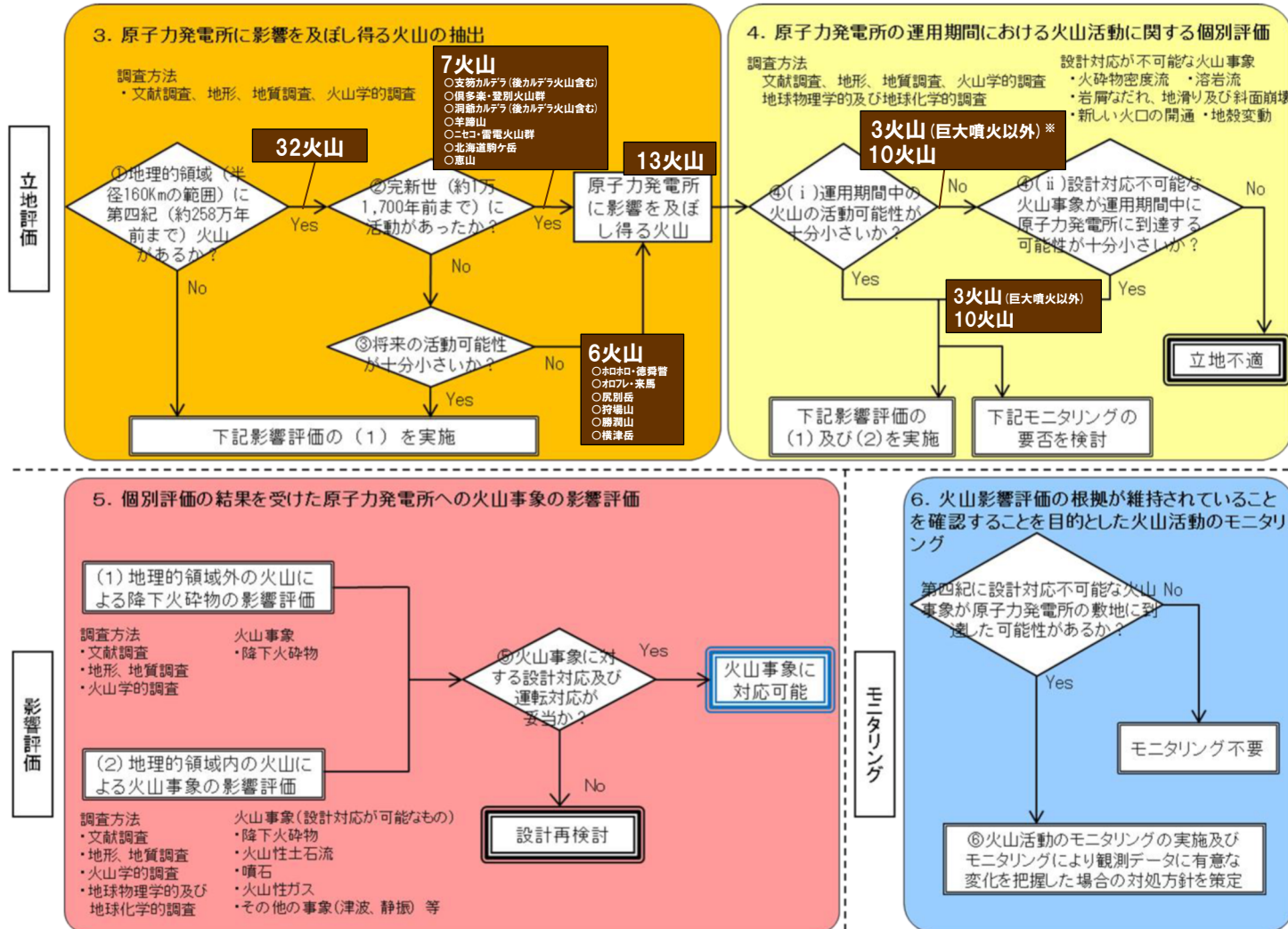
1. 火山影響評価の概要

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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

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、俱多楽・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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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。

1. 火山影響評価の概要

③ R5.1.20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のうち立地評価」の評価結果が変更となるものではないが、R5.1.20審査会合における指摘事項を踏まえた検討を実施した上で、今回、下表に示すとおり、火山噴出物に関する評価を一部変更している。

項目	R5.1.20審査会合	今回	頁
○洞爺火山灰(Toya)に 対比される火山ガラス を多く含む堆積物	○敷地近傍のうち、岩内平野及び積丹半島西岸においては、左記の堆積物について、目視可能な大きさの軽石が認められない場合、降下火砕物由来であると評価。	○敷地近傍のうち、岩内平野及び積丹半島西岸においては、左記の堆積物について、目視可能な大きさの軽石が認められない場合、洞爺火砕流本体ではないとの判断は可能であるが、新たに実施した淘汰度の検討も踏まえ、 <u>火砕サージ由来か降下火砕物由来かを厳密に区分することは難しいと評価。</u>	補足説明資料2 P28～P33
○洞爺火砕流の敷地への 到達可能性	○敷地のうち、Mm1段丘より低標高側(海側)に洞爺火砕流が到達した可能性を否定できないと評価。 ○一方、敷地のうち、Mm1段丘より高標高側(山側)には、洞爺火砕流は到達していないと評価。	○敷地のうち、Mm1段丘より低標高側(海側)に洞爺火砕流本体が到達した可能性を否定できないと評価。 ○また、 <u>Mm1段丘より高標高側(山側)については、火砕サージが到達した可能性を否定できないと評価。</u>	補足説明資料1 P160～P168
○敷地近傍に認められる 給源不明な火山噴出物	○取り扱いについて説明していない。	○敷地近傍のうち、共和台地に位置する以下の露頭及び岩内平野西部に位置する以下の地点で実施したボーリングにおいて、“赤色の火砕流様の堆積物”と評価した堆積物又は“火山灰質”等の記載がなされている堆積物が認められるが、追加地質調査・火山灰分析の結果、いずれも火山噴出物ではないと評価。 (共和台地) ・幌似露頭1 ・幌似露頭2 ・泥川露頭 (岩内平野西部) ・梨野舞納地点	補足説明資料2 P44～P61 補足説明資料2 P181

③ R5.1.20審査会合からの変更概要(2/7)

○R5.1.20審査会合以降、原子力発電所の火山影響評価ガイドと本編資料との対応をより明確にするため、以下のように章構成を変更している。

R5.1.20審査会合時の章構成

1. 火山影響評価の概要
2. 立地評価
 - 2.1 文献調査
 - 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
 - 2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価
 - 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山
 - 2.3.2 巨大噴火の可能性評価方法
 - 2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)
 - 2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)
 - 2.3.5 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)
 - 2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価
 - 2.5 立地評価まとめ
3. 影響評価
 - 3.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価
 - 3.2 降下火砕物の影響評価
 - 3.2.1 降下火砕物の層厚評価の概要
 - 3.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物
 - 3.2.3 降下火砕物シミュレーション
 - 3.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚
 - 3.2.5 降下火砕物の密度・粒径
 - 3.3 影響評価まとめ
4. モニタリング
 - 4.1 監視対象火山の抽出
 - 4.2 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

参考資料
参考文献



今回資料の章構成

1. 火山影響評価の概要
2. 網羅的な文献調査の概要
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
 - 3.2 将来の火山活動可能性の評価
4. 原子力発電所の運用期間における火山活動に関する個別評価
 - 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
 - 4.1.2 巨大噴火の可能性評価
 - 4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法
 - 4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)
 - 4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)
 - 4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)
 - 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
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
 - 5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価
 - 5.2 降下火砕物の影響評価
 - 5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要
 - 5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物
 - 5.2.3 降下火砕物シミュレーション
 - 5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚
 - 5.2.5 降下火砕物の密度・粒径
6. 火山活動のモニタリング
 - 6.1 監視対象火山
 - 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
7. 火山影響評価のまとめ

参考資料
参考文献

1. 火山影響評価の概要

③ R5.1.20審査会合からの変更概要 (3/7)

- R5.1.20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P14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～P20に示す。

【火山影響評価の概要】

R5.1.20審査会合	今回	頁
—	○立地評価結果の概要頁を追加した。	P22～P39

【網羅的な文献調査】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山に関する論文について、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして、新たに31の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した(2022年10月までに公表された文献を対象)。	○文献収集期間を2023年3月までに延長し、新たに10件(計41件)の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。 ○「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」についても併せて更新した。	P44 P47～51
○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について、R3.10.14審査会合以降、評価に関連するものとして、新たに20の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した(2022年10月までに公表された文献を対象)。	○文献収集期間を2023年3月までに延長し、新たに4件(計23件)の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。 ○「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」についても併せて更新した。	P46 P47～51

【地理的領域にある第四紀火山】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○地理的領域内の第四紀火山として、35火山を抽出していた。	○札幌岳、空沼岳及び漁岳については、第四紀火山の抽出において除外することとし、地理的領域にある第四紀火山は、32火山とした。	P58～P59

③ R5.1.20審査会合からの変更概要(4/7)

【巨大噴火の可能性評価】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○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、下司(2016)を踏まえ、マグマ溜まりの周囲には、カルデラを超える範囲で部分溶融域が広がっているものとしていた。	○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、左記の部分溶融域が地殻全体に広がる巨大なマグマシステムの一部である旨を追加した。	P82～P83
○現在のマグマ溜まりの状況を検討するための地震波速度構造における着目点について、Nakajima et al.(2001)を踏まえたものとしていた。	○Nakajima et al.(2001)に加え、地震波速度構造の解釈について至近の知見を解説している中道(2022)も併せて引用した上で、地震波速度構造に関する文献レビューの充実化を図った。	P84～P89
○支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラの巨大噴火の可能性評価結果を端的に記載していた。	○巨大噴火の可能性評価の根拠が、どの検討結果に基づくものであるかが明確となるよう、記載を適正化した。	P98～P99 P140～P141 P186～P187

【巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○支笏カルデラ直下の比抵抗構造に関して引用している文献(2件)において、上部地殻における低比抵抗領域の存在が報告されていることから、文献のうちYamaya et al.(2017)を代表に、比抵抗構造と地震波速度構造とを合わせた検討を実施していた。	○左記の検討においては、Yamaya et al.(2017)と同様な位置でより大きな範囲の低比抵抗領域が示されているIchihara et al.(2019)も含めた検討とした。	P112～P117

③ R5.1.20審査会合からの変更概要 (5/7)

【巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○倶多楽・登別火山群については、巨大噴火の可能性が否定できない火山として評価していた。	○倶多楽・登別火山群については、過去に巨大噴火が発生した火山として扱うこととした。	P74～P76
○長流川沿いの蟠溪温泉付近に認められる火砕流堆積物については、産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)で洞爺火砕流堆積物とされていることを記載していた。	○同堆積物については、宝田ほか(2022)により支笏火砕流堆積物とされていることから、支笏火砕流堆積物として扱うこととした。	P262 補足説明資料1 P40
—	○第151回火山噴火予知連絡会資料による、倶多楽湖北西側の隆起傾向に関する記載を追加した。 ○倶多楽湖の北西側(オロフレ山周辺)に認められる隆起及び基線の伸びについて、地下構造の観点から検討した結果を追加した。	P177～P180

【火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○ニセコ・雷電火山群の活動時期は、大場(1960)、NEDO(1986,1987)及び日本地質学会編(2010)を用いて示していた。	○ニセコ・雷電火山群の活動時期に関して、Oka et al.(2023)による知見を追加した。	P233
○ニセコ・雷電火山群の現在の地下構造を、Tamura et al.(2022)による地下比抵抗構造を引用して説明していた。	○Tamura et al.(2022)に加え、Oka et al.(2023)によるニセコ・雷電火山群の地質・熱構造の概念モデル図を追加した。	P243

1. 火山影響評価の概要

③ R5.1.20審査会合からの変更概要 (6/7)

【火山影響評価のまとめ】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○本編資料2.5章「立地評価のまとめ」において、各章の結論を整理していた。	<ul style="list-style-type: none"> ○火山影響評価の総括を記載する章を追加した。 ○今回資料は、立地評価に関するものであることから、まとめとして「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出」及び「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」のまとめを記載した。 ○立地評価結果を踏まえた上で実施している、「原子力発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象の影響評価」及び「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記載した。 	P296～P301

【敷地から半径160km 以内の範囲にある第四紀火山カタログ】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○補足説明資料において、地理的領域にある第四紀火山の活動可能性評価として、各火山の活動履歴及び噴出量-年代階段ダイアグラムを整理した上で、活動可能性評価を実施していた。	<ul style="list-style-type: none"> ○各火山の活動履歴、噴出量-年代階段ダイアグラム及び活動可能性評価の他、火山噴出物の分布を追加した。 ○第四紀火山カタログの整理方法として、文献の抽出方法を明確にした。 	補足説明資料1 P10～P118 補足説明資料1 P6～P8
○支笏火砕流堆積物の分布状況を、産業技術総合研究所編(2003)、町田・新井(2011)、中野ほか編(2013)、山元(2016)及びAma-Miyasaka et al.(2020)を引用し、説明していた。	<ul style="list-style-type: none"> ○支笏火砕流堆積物の分布状況については、宝田ほか(2022)を代表文献として扱うこととした。 ○また、宝田ほか(2022)に示される羊蹄山北側の支笏火砕流堆積物(rework)の性状を説明するために、Nakagawa et al.(2016)、嵯峨山ほか(2020, 2021)、井上ほか(2022)の文献を新たに引用した。 	補足説明資料1 P24～P28

【設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性評価】

R5.1.20審査会合	今回	頁
—	○補足説明資料1において、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラ起源の火砕流が敷地に到達した可能性の検討結果を追加した。	補足説明資料1 P151～P168

③ R5.1.20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】

R5.1.20審査会合	今回	頁
○降下火砕物の純層、二次堆積物等への細区分の考え方については、「純層」及び「二次堆積物」の定義を行った上で、堆積構造の有無、異質物質等の混在の有無、火山ガラスの粒子数等に注目していることを示していた。	○降下火砕物の純層、二次堆積物等への細区分の基準として設定している火山ガラスの粒子数を明確にした。	補足説明資料1 P136～P137
○火山噴出物の分布として、火砕流堆積物の分布を本編資料に示していた。	○火砕流堆積物の分布に加え、町田・新井(2011)、Uesawa et al.(2022)及び宝田ほか(2022)によって抽出される敷地及び敷地近傍に到達した可能性のある降下火砕物の説明を補足説明資料1に追加した。	補足説明資料1 P120～P126
○本編資料2.3.1章「過去に巨大噴火が発生した火山」において、敷地及び敷地近傍の火山噴出物の分布を説明していた。	○敷地及び敷地近傍における火山噴出物の分布状況については、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に先立って整理していることが分かる様、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施している旨を本編資料に記載した上で、それらの詳細を補足説明資料1の「地理的領域にある第四紀火山に関する各種調査」に掲載した。 ○また、敷地及び敷地近傍における分布状況を示すため、火山噴出物の推定分布図を補足説明資料1に掲載した。	P58 補足説明資料1 P132～P137 補足説明資料1 P138～P146

【ワイスホルン北麓の洞爺火砕流堆積物について】

R5.1.20審査会合	今回	頁
—	○産業技術総合研究所地質調査総合研究センター編(2020)において、ワイスホルン北麓の標高約120m以上の範囲に洞爺火砕流堆積物が示されていることから、関連する文献レビューを追加した。	補足説明資料2 P513～P521

余白

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)

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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)

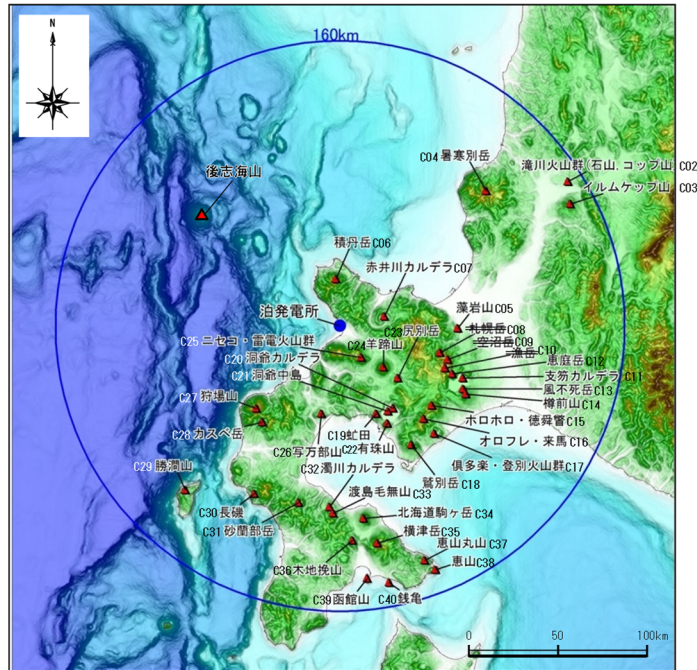
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○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。

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)

- 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※。
- 一方、中野ほか編(2013)においては、海底火山について、年代測定により第四紀であることが判明している火山も多数あるが、活動的ではない火山は表現していないとされており、地理的領域では後志海山がこれに該当すると考えられる。
- このため、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)。
- また、32火山の火山噴出物の分布については、各火山の活動履歴等と併せて、補足説明資料1において火山毎に整理しており、その噴火規模及び影響範囲等を把握するため実施した文献調査、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。

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	イルムケッパ山(いるむけつぱやま)	146.1	約250万年前
C04	番寒別岳(しよかんべつだけ)	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(しよこたんだだけ)	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
C08	札幌岳(さっぽろだけ)	58.4	約310-280万年前
C09	空沼岳(そらぬまだけ)	63.2	約300万年前程度
C10	漁岳(いさどりだけ)	63.6	約320-260万年前
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・徳舞(とくしゆんべつ)	68.0	約170-160万ないし約60万年前
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	虹田(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(うすざん)	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	長嶽(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂園部岳(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	ジェラシアン-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けたけ)	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130万年)

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)

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。

32火山

活動履歴、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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)

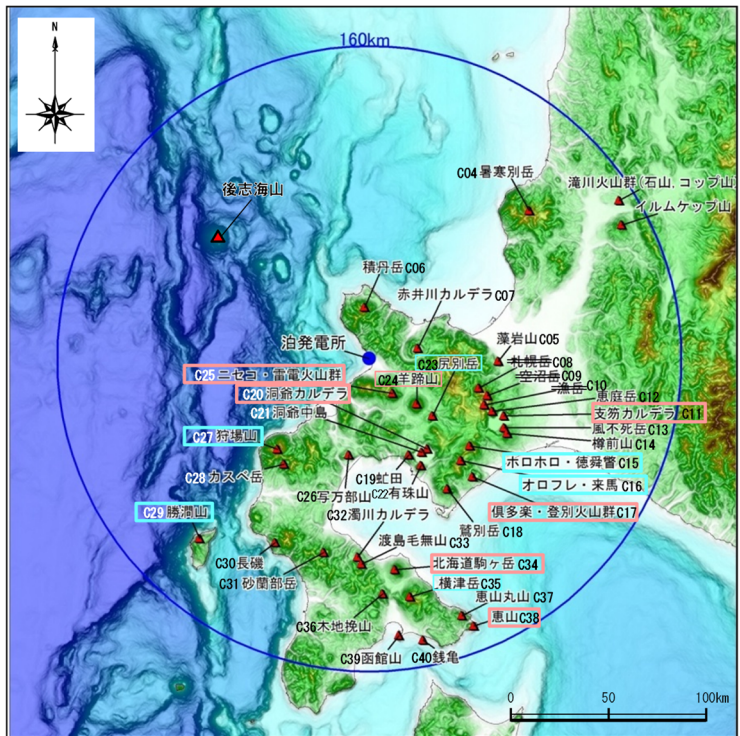
4.2 火山活動の規模と設計対応不可能な火山事象の評価

○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。

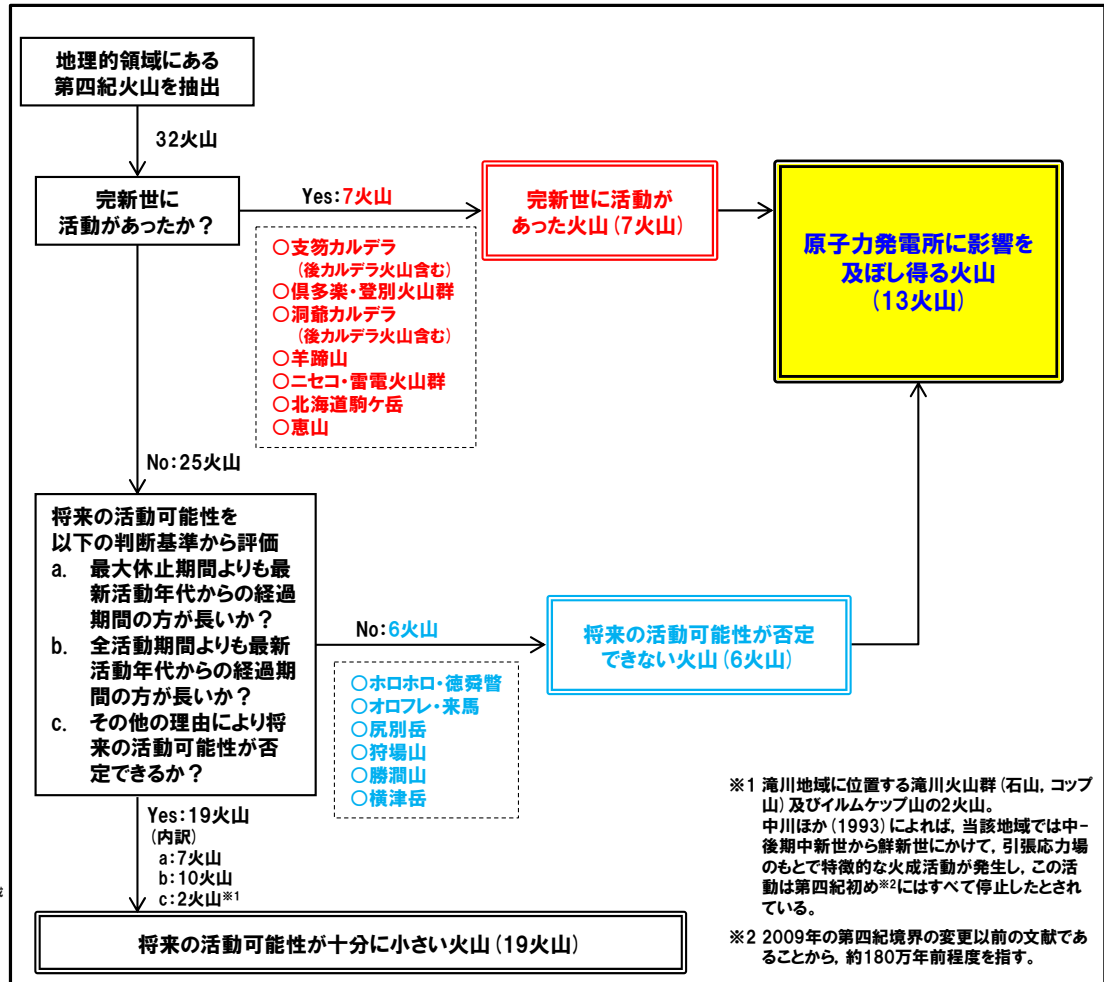
1. 火山影響評価の概要

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)

○地理的領域にある第四紀火山32火山 (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 滝川地域に位置する滝川火山群 (石山、コップ山) 及びイルムケップ山の2火山。中川ほか (1993) によれば、当該地域では中-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。

※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。

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)

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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

④-3 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）

- 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。

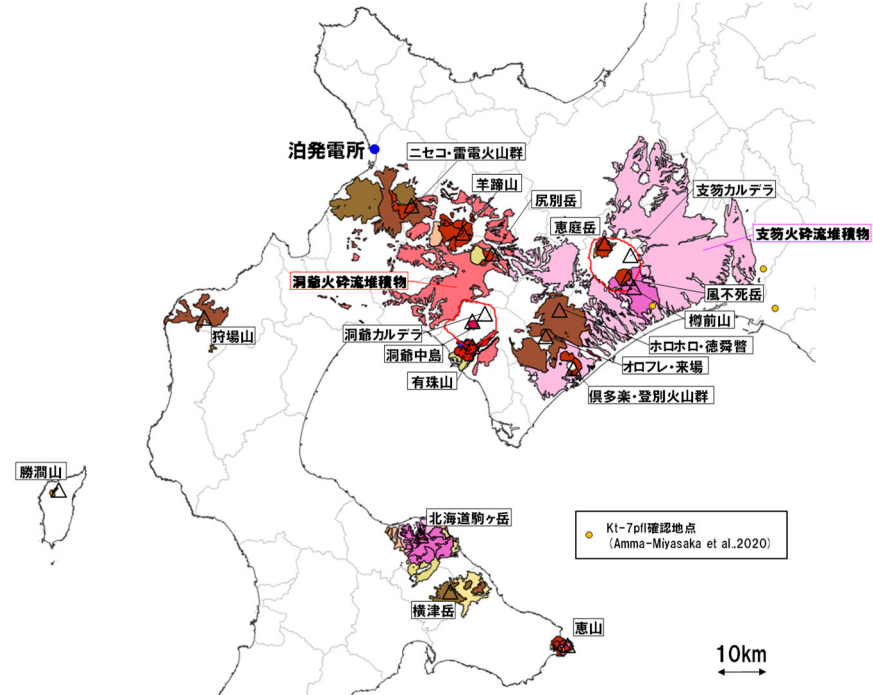
余白

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)

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・徳舜誓	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 (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	(概算) VEI7 class	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)

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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

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）

- 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 150km^3 （火砕流）及び $200\sim 240\text{km}^3$ （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。
 - ・支笏カルデラの巨大噴火は約4万年前の1回であり、現状では巨大噴火が発生したカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
 - ・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。

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）

検討項目	検討結果
①活動履歴	○支笏カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
地球物理学的調査 ②地下構造	○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】 ・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】 ・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) ・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】 ・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、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	○地殻変動は、白老町の局所的な変動及びより広域の北海道南部（東北日本弧延長部）規模の隆起傾向は認められるが、支笏カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。
	○支笏カルデラ直下の上部地殻内には、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）

- 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、噴出規模が「VEI7 class」とされていることから、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・登別火山群の巨大噴火は約9万年前の1回であり、現状では巨大噴火が発生した先アヨロステージのような状態には至っていないと考えられる。
 - ・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. 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）

検討項目		検討結果
	①活動履歴	○倶多楽・登別火山群の巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生した先アヨロステージ並びに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と、現在の活動期である登別ステージは、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状では先アヨロステージ、アヨロステージ及びクッタラステージのような状態には至っていないと考えられる。
地球物理学的調査	②地下構造	○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。 【地震波速度構造】 ・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。 【比抵抗構造】 ・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。 【重力異常】 ・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	○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。 ○この変動以外には、白老町の局所的な変動並びにより広域の北海道南部（東北日本弧延長部）規模の隆起傾向は認められるが、倶多楽・登別火山群規模の顕著な変位の累積は認められない。
		○倶多楽・登別火山群直下の上部地殻内には、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）

- 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。
 - ・洞爺カルデラの巨大噴火は約11万年前の1回であり、現状では巨大噴火が発生したカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
 - ・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。

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）

検討項目		検討結果
	①活動履歴	○洞爺カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
地球物理学的調査	②地下構造	○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】 ・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】 ・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】 ・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、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	○地殻変動は、有珠山周辺の局所的な沈降傾向及びより広域の北海道南部（東北日本弧延長部）規模の隆起傾向は認められるが、洞爺カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。
		○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）（1/2）

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。

32火山

活動履歴、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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。

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）（2/2）

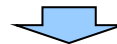
- 原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない13火山について、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性又は敷地に影響を与える可能性を評価する。
- 13火山のうち、支笏カルデラ、倶多楽・登別火山群及び洞爺カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されることから（4.1.2章参照）、以下に示すSp-1、Kt-7及びTpを噴出した噴火以降の最大規模の噴火^{※1}を含む火山噴出物の分布範囲について確認する。
 - ・支笏カルデラ：樽前山においてTa-aを噴出した噴火（P103参照）
 - ・倶多楽・登別火山群：Kt-3を噴出した噴火（P145参照）
 - ・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（P191参照）
- 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について確認する^{※2}。

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)	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				
		溶岩流	岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	火砕物密度流	新しい火口の開口	地殻変動
C11 支笏カルデラ	74.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
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	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C16 オロフレ・来馬	70.2	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C17 倶多楽・登別火山群	80.5	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C20 洞爺カルデラ	54.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C21 洞爺中島	55.1					
C22 有珠山	60.7					
C23 尻別岳	43.6	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C24 羊蹄山	33.8	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C25 ニセコ・雷電火山群	19.7	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C27 狩場山	66.1	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C29 勝淵山	126.4	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C34 北海道駒ヶ岳	109.0	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C35 横津岳	123.7	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C38 恵山	146.9	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい

※1 R3.10.14審査会合以降に実施した網羅的な文献調査も踏まえ整理した各火山の活動履歴に基づき抽出している。

※2 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（P75参照）、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P311～P314参照。



- 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. 40
3. 原子力発電	P. 54
3.1 地理	P. 57
3.2 将来	P. 61
4. 原子力発電	P. 68
4.1 設計	P. 71
4.1.1	P. 71
4.1.2	P. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

・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

余白

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5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～P52参照)。

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、2023.5.11	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41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	33

※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3月の間に公表された文献の中で、評価に関連するもの(11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3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23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	15

※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3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。

余白

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 (1/5)

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64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～P52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 (1/5)

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		-
		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)				
	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。	-	支笏カルデラ	-
		山元 (2016)		-		7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)		-		-
		嵯峨山ほか (2020)		-		-
		Goto et al. (2018)		-		-
	町田ほか (1987)	-	-			
	山縣・町田 (1996)	-	-			
	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の評価するためにレビューを実施した。 ・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。	4.1章		
		気象庁 (2021)				
		気象庁 (2022)				
国土地理院 (2023)						
地下構造	地震波速度構造	中道 (2022)	4.1章			
		後藤・三ヶ田 (2008)				
	比抵抗構造	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。 ・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。
		Yamaya et al. (2017)				
		Ichihara et al. (2019)				
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	-	-	
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 (2/5)

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 (2/5)

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、森森 (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. (2015) 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. (2015)				
	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		
		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。	-		
	火山性地震	気象庁 (2020)	・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	-	-
		気象庁 (2022)				
	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の評価するためにレビューを実施した。	4.1章	-	-
		気象庁 (2022)	・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。			
		国土地理院 (2023)				
	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)			・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。			
Hata et al. (2018)						
比抵抗構造		Goto and Johmori (2015)	・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。			
		Hashimoto et al. (2019)				
重力異常	新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1990)	・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。				
	島山ほか (2005)					
洞爺カルデラ	火山噴出物の特徴	早川 (1991)	・火砕流堆積物及び降下火砕物の特徴の整理のためにレビューを実施した。	-	-	1章
		吉田ほか (2017)				
		Amma-Miyasaka et al. (2020)	・洞爺火砕流堆積物及び洞爺火山灰 (Toya) の地域的な特徴の整理のためにレビューを実施した。			
		町田ほか (1987)				
		中村ほか (1963)	・火砕流堆積物及び降下火砕物の淘汰度・粒度組成に関する整理のためにレビューを実施した。			
		Walker (1971)				
	柴田・長谷川 (2022)					
	活動履歴	Goto et al. (2018)	・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、洞爺カルデラ形成噴火噴出物 (Tp) をユニット区分しているGoto et al. (2018)、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) 及び当該噴火のマグマ体積を示している産業技術総合研究所 (2021) に基づき見直した。	4.1章	洞爺カルデラ	-
Amma-Miyasaka et al. (2020)						
	産業技術総合研究所 (2021)					

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 (3/5)

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 (3/5)

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	活動履歴	金田ほか (2020)	・洞爺カルデラ形成噴火以前の噴火について、金田ほか (2022) 及び後藤ほか (2021) に示された滝ノ上火砕流堆積物、壮瞥火砕流堆積物及び立香火砕流堆積物の知見を追記した。	4.1章		-		
		後藤ほか (2021)						
		東宮・宮城 (2020)					・洞爺カルデラ形成噴火の年代値を、参考として活動履歴の注釈に付した。	
		李 (1993)						
		Lee (1996)					・洞爺カルデラ形成年代の検討のためにレビューを実施した。	
	雁澤ほか (2007)							
	火山噴出物の分布	三條・須貝 (2022)	・洞爺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。	-	洞爺カルデラ		-	
		Goto et al. (2018)					7章	
		産業技術総合研究所 (2022)					-	
		Amma-Miyasaka et al. (2020)					7章	
		産業技術総合研究所 (2021)					-	
		東宮・宮城 (2020)					・洞爺火山灰 (Toya) の成因等について確認するためにレビューを実施した。	-
		産業技術総合研究所 (2018)					・洞爺火砕流堆積物の火口からの距離と層厚の検討のためにレビューを実施した。	7章
	Uesawa et al. (2022)	・降下火砕物 (Toya) の層厚分布図の作成に使用した。	洞爺カルデラ	-				
	火山性地震	気象庁 (2020)	・洞爺カルデラ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の評価するためにレビューを実施した。	4.1章		-	-	
		Suito (2018)						
		Ueda et al. (2003)	・洞爺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。					
		気象庁 (2022)						
		国土地理院 (2023)						
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)	・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	Hata et al. (2018)	・洞爺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。					
		Matsushima et al. (2001)						
		Goto and Danhara (2018)						
		小森ほか (2022)					・当社で実施した電磁気探査 (MT法) の公表状況を注釈に付した。	
		Hata et al. (2016)					・当社電磁気探査 (MT法) の解析に用いたパラメータの参考として使用した。	
重力異常	和田ほか (1988)	・洞爺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。						

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 (4/5)

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 (4/5)

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	洞爺 中島	活動履歴	Miyabuchi et al. (2014) 産業技術総合研究所 (2022)	-	洞爺カルデラ	-
		火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)			
	有珠山	活動履歴	Nakagawa et al. (2022) Miyabuchi et al. (2014)	-		-
		火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	-		-
洞爺カルデラ	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	-	洞爺カルデラ	-	
ホロホロ・ 徳舜誓	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	-	ホロホロ・ 徳舜誓	-	
オロフレ・来馬	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	-	オロフレ・来馬	-	
鷺別岳	活動履歴	Amma-Miyasaka et al. (2020)	-	鷺別岳	-	
尻別岳	活動履歴	Goto et al. (2020)	-	尻別岳	-	
		Amma-Miyasaka et al. (2020)	-			
羊蹄山	活動履歴	Uesawa et al. (2016)	-	羊蹄山	-	
		Amma-Miyasaka et al. (2020)	-			
	火山噴出物の分布	Uesawa et al. (2022)	-	-		
	地殻変動	気象庁 (2022)	-	4.2章	-	
国土地理院 (2023)		-				
		青木 (2016)	-		-	

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 (5/5)

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 (5/5)

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	-
	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。			
	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	-	3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	-

余白

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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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。

3.1 地理的領域にある第四紀火山

【抽出結果】(1/2)

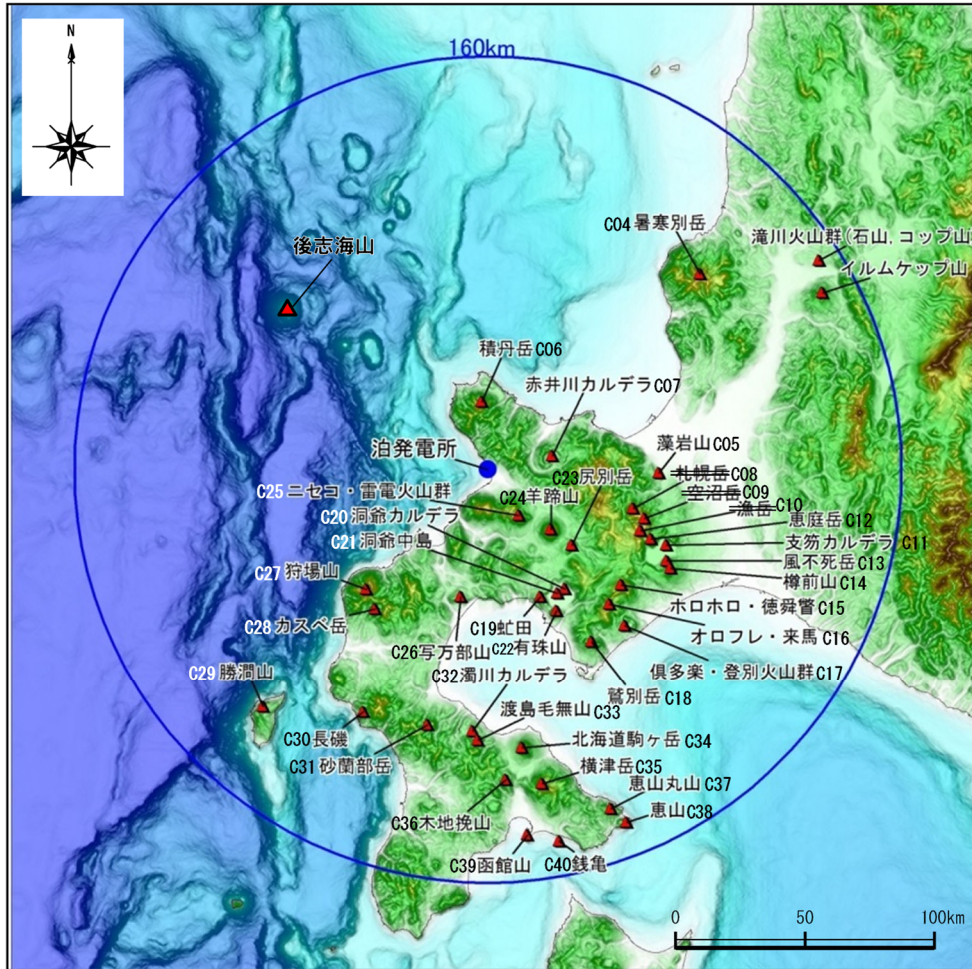
- 地理的領域にある第四紀火山については、中野ほか編(2013)「日本の火山(第3版)」及び中野ほか編(2013)に基づくweb版のデータベース(以降、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」と呼ぶ)に示された第四紀火山から31火山を抽出した*。
- 一方、中野ほか編(2013)においては、海底火山について、年代測定により第四紀であることが判明している火山も多数あるが、活動的ではない火山は表現していないとされており、地理的領域では後志海山がこれに該当すると考えられる。
- このため、地理的領域にある第四紀火山については、後志海山を加えた32火山とした(次頁左図及び次頁右表参照)。
- また、32火山の火山噴出物の分布については、各火山の活動履歴等と併せて、補足説明資料1において火山毎に整理しており、その噴火規模及び影響範囲等を把握するため実施した文献調査、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	滝川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま) コップ山(こつぷやま))	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	イルムケップ山(いるむけつぷやま)	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
C08	札幌岳(さっぽろだけ)	58.4	約310-280万年前
C09	空沼岳(そらぬまだけ)	63.2	約300万年前程度
C10	漁岳(いさごだけ)	63.6	約320-260万年前
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(ふっしぶしだけ)	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60万年前
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	鷲別岳(わしべつだけ)	77.8	約190万年前
C19	虹田(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(うすざん)	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	長嶽(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	ジェラシアン-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けたけ)	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。

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. 40
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と設計対応不可能な火山事象の評価	P. 68
4.1 設計対応不可能な火山事象の評価	P. 71
4.1.1 火山噴火の発生可能性評価	P. 71
4.1.2 巨大噴火の可能性評価	P. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価(御嶽山)	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(阿蘇山)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

・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

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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。

立地評価

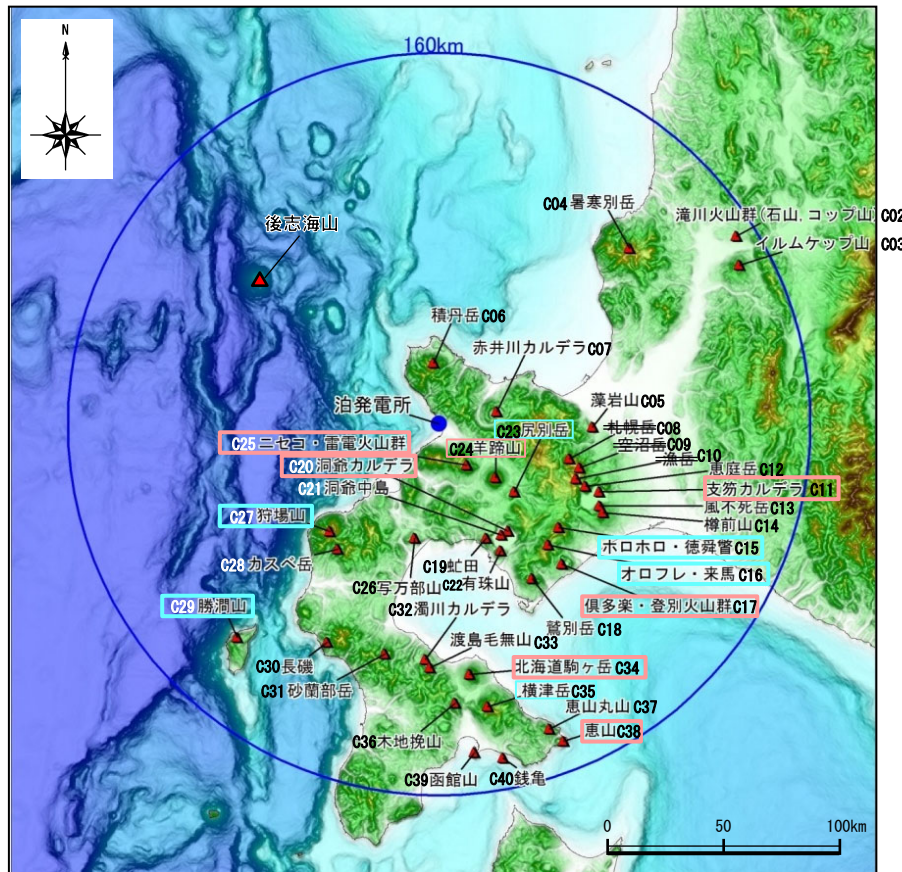
3. 2 将来の火山活動可能性の評価

【抽出結果】

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○地理的領域にある第四紀火山32火山(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(抽出フローは次頁参照、抽出における判断根拠は、P64~P66参照)。

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

- : 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

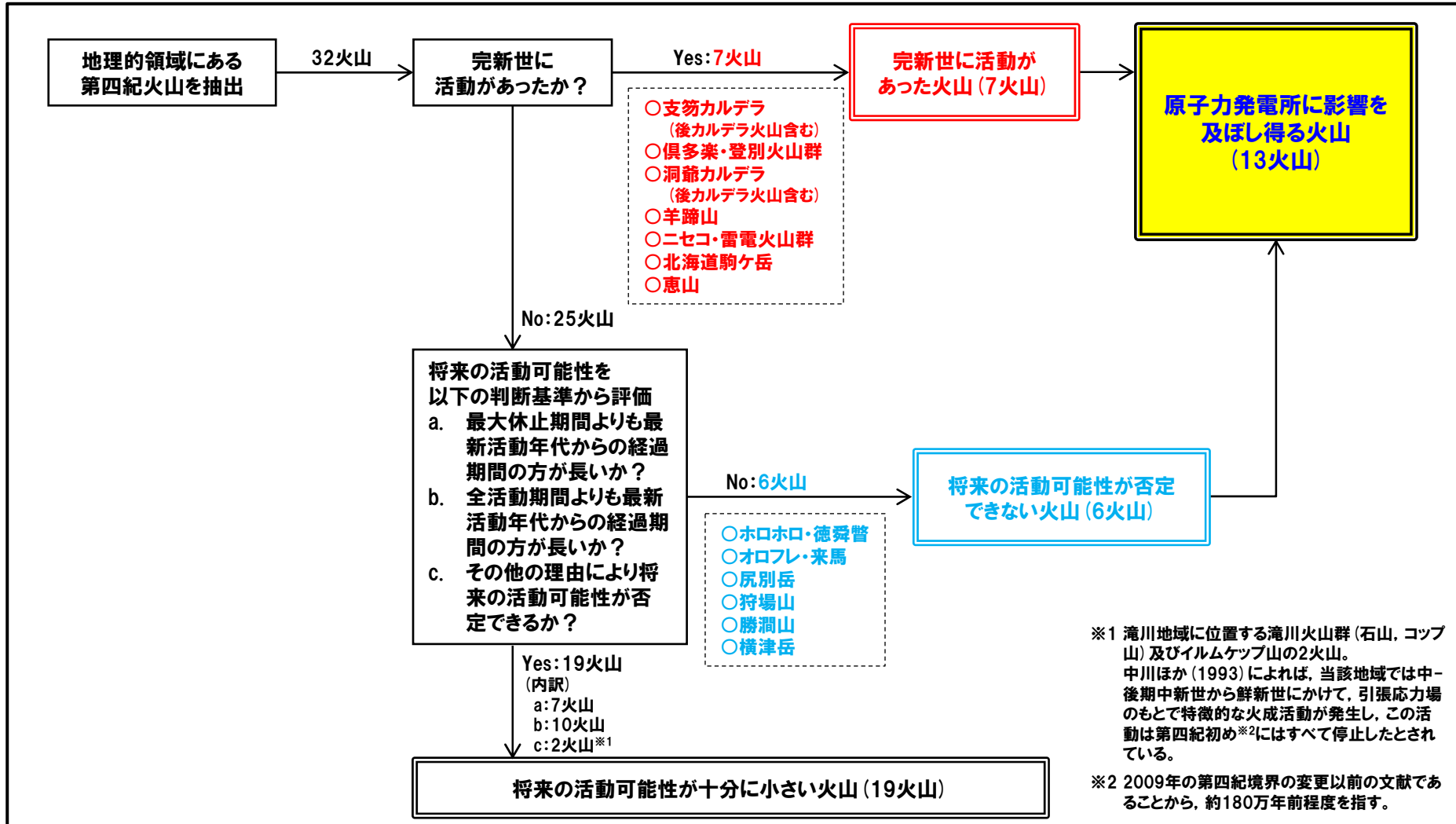
番号	火山名	敷地からの距離(km)	活動年代
C02	滝川(たきかわ)火山群 (石山(いしやま)、コップ山(こつぷやま))	石山: 128.2 コップ山: 151.3	約1000-170万年前 (石山: 約200万年前、コップ山: 約170万年前)
C03	イルムケッ山(いるむけつやま)	146.1	約250万年前
C04	暑寒別岳(しょかんべつだけ)	111.5	約400-200万年前
C05	藻岩山(もいわやま)	66.0	約260-240万年前
C06	積丹岳(しゃこたんだけ)	26.5	約250-200万年前
C07	赤井川(あかいがわ)カルデラ	25.3	約210-130万年前
C08	札幌岳(さっぽろだけ)	58.4	約310-280万年前
C09	空沼岳(そらぬまだけ)	63.2	約300万年前程度
C10	漁岳(いさどりだけ)	63.6	約320-260万年前
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(ふつぶしだけ)	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60万年前
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	虹田(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(うすざん)	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	長嶽(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	ジェラシアン-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)

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 (来馬岳) 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	勝瀨山	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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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。

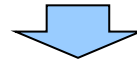
余白

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～P76参照)、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。

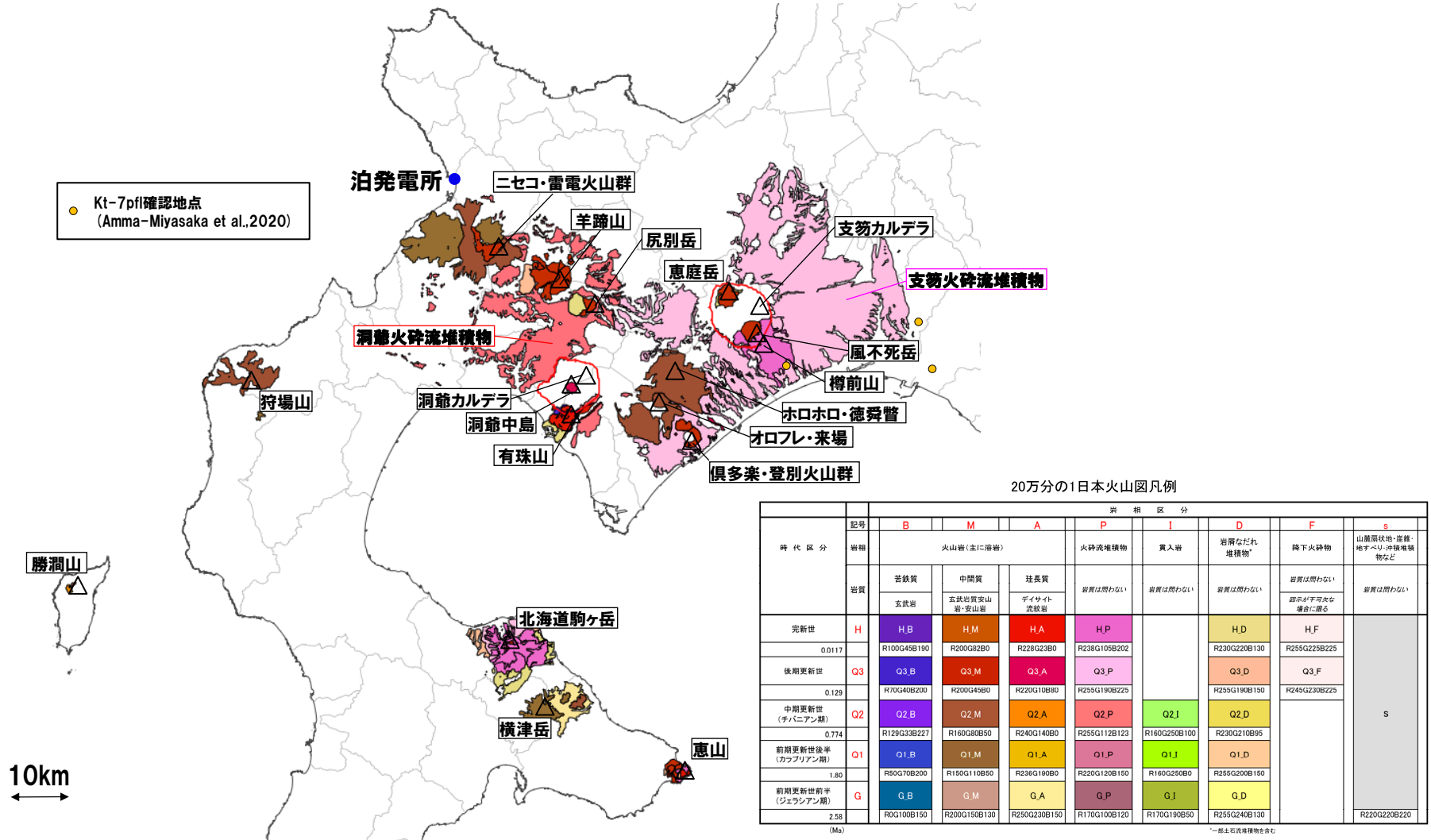
↓
(P76へ続く)

(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・徳舜瞥	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)



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について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。
- また、倶多楽・登別火山群のKt-7を噴出した噴火は、噴出規模が概算として「VEI7 class」とされていることから、巨大噴火に該当するものとして取り扱う。

(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	(概算) VEI7 class	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。

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. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価	P. 186
4.2 火山活動の規模と設計対応可能性	P. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価	
5.2.2 敷地周辺で確認された降下火砕物の影響評価	
5.2.3 降下火砕物の影響評価	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の影響評価	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

・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)

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、噴火規模及びその影響範囲等を把握するため、文献調査、地形調査、地質調査及び火山学的調査を実施。

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

(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、その周囲には部分溶融域が広がっているものと考えられる。
- さらにこれらは、部分溶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～P83参照)。
- 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)	P84～P89	Kita et al. (2014)	P90～P91	比抵抗構造	後藤・三ヶ田 (2008)	P93
	中道 (2022)	P84～P89	下鶴ほか編 (2008)	P92	重力異常	下鶴ほか編 (2008)	P92

- 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(P95参照)。
- 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、マグマだまりにマグマが注入されると、マグマだまりが増圧し山体は膨張するとされている。このため、地殻変動がマグマの移動・上昇等の活動を示す場合があると考えられることから、地殻変動の状況を確認する。

※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。



- 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

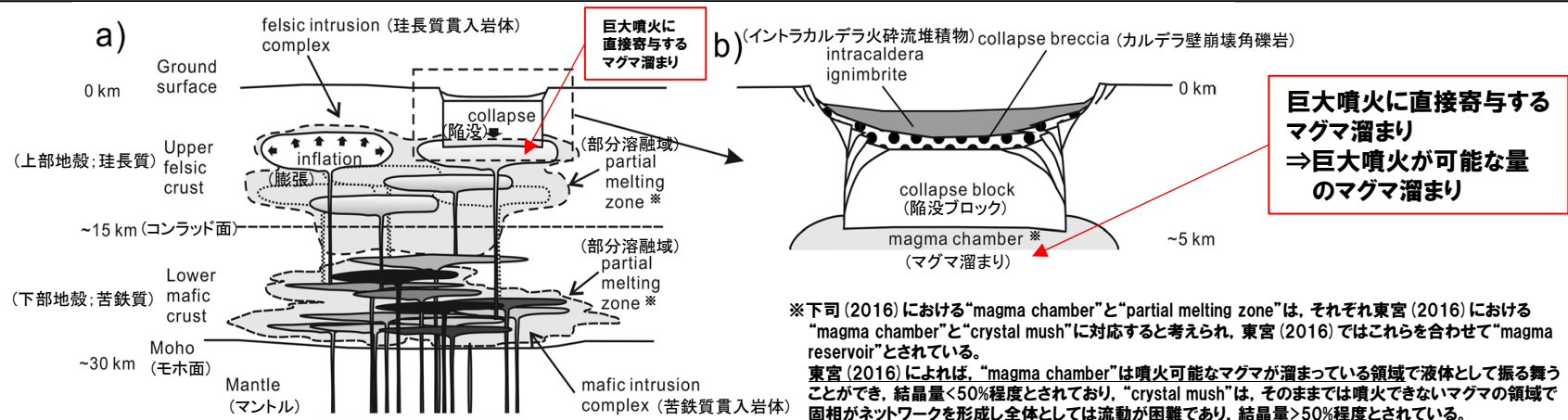
文献 (巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ: 下司 (2016) (1/2))

一部修正 (R3/10/14審査会合)

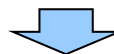
【下司 (2016)】

○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)



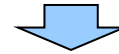
(次頁へ続く)

(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

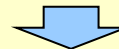
文献(地下構造:Nakajima et al. (2001) 及び中道(2022)) (1/4)

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 (P87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 (P87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 (P89参照)。
- 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

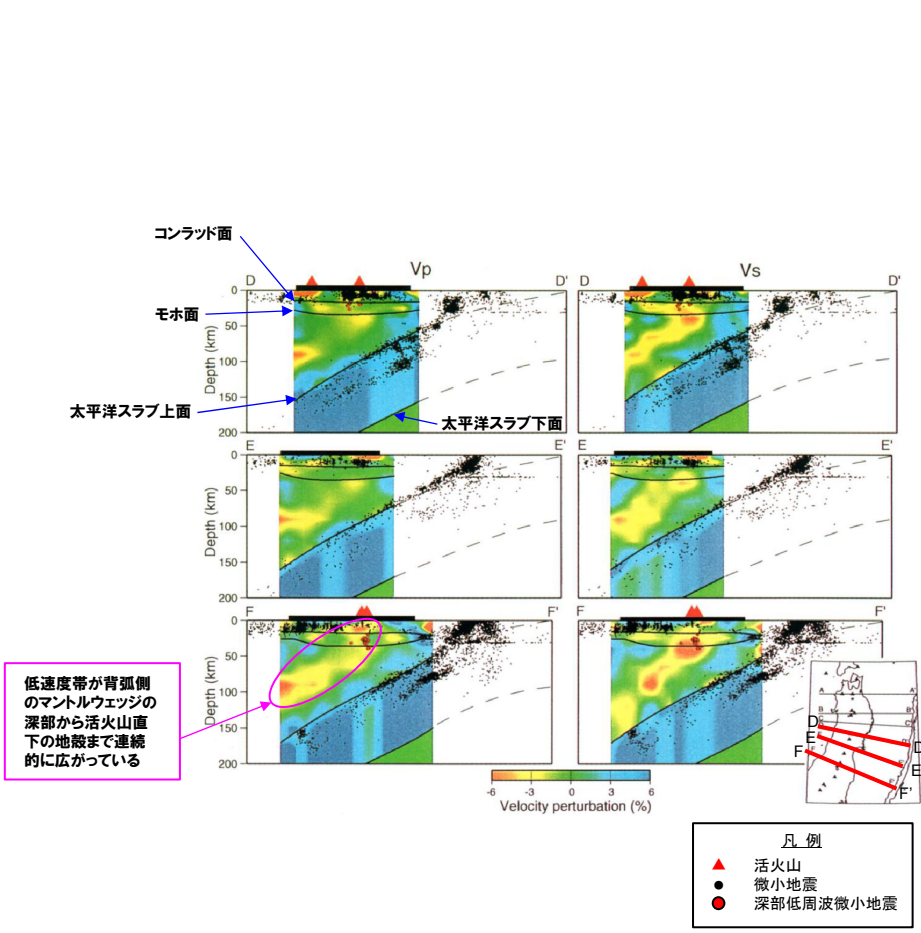
*中道(2022)によれば、「岩石が熔融した部分」はメルト、「超臨界流体」は水又は二酸化炭素とされている。

余白

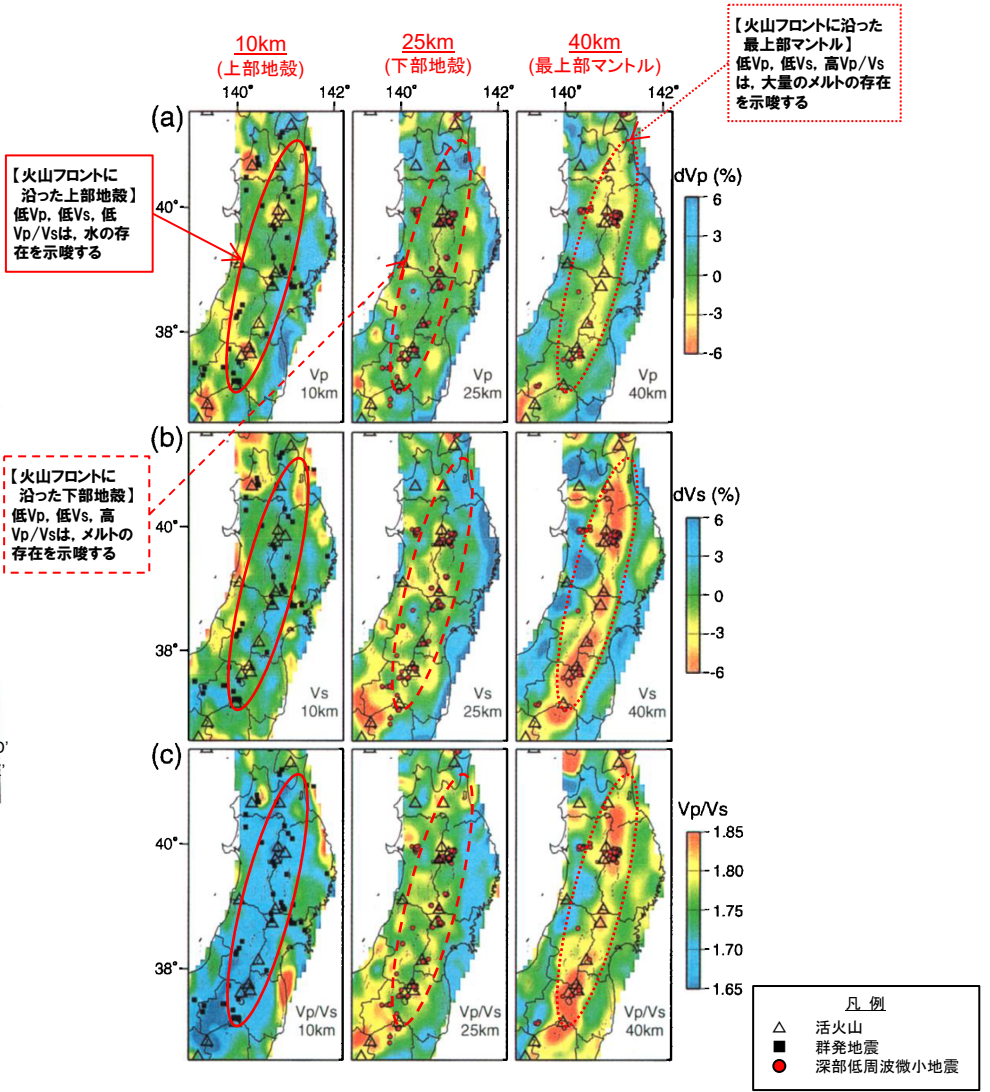
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

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)



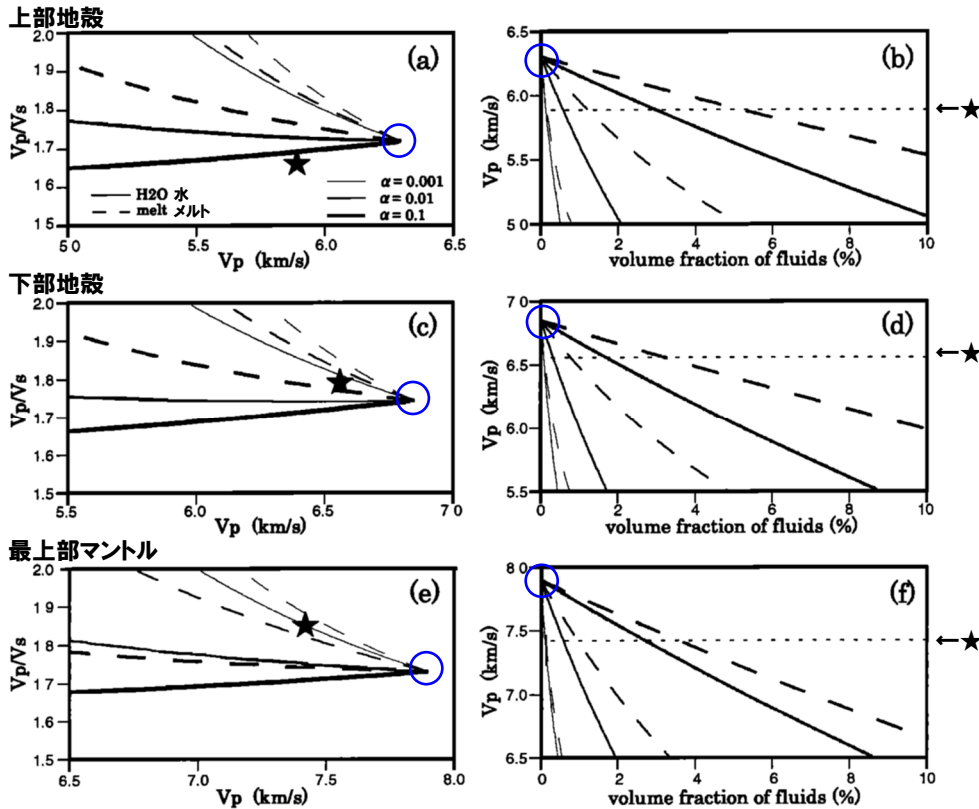
東北日本における地震波速度構造 (水平断面) (Nakajima et al. (2001) に加筆)

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當である。

※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)

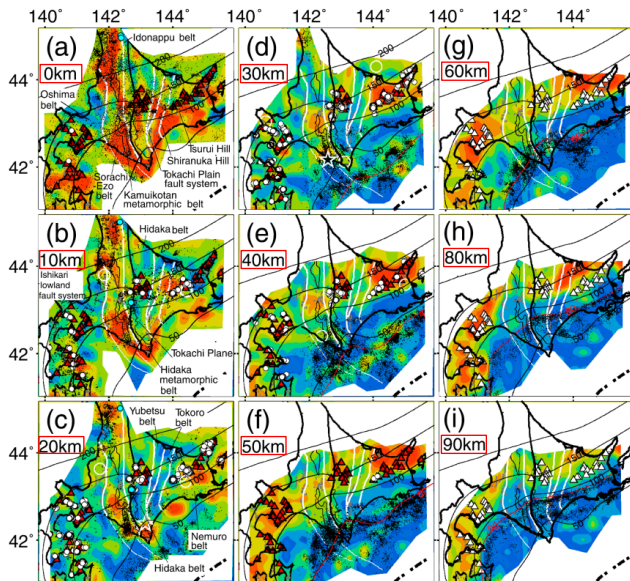
一部修正 (R3/10/14審査会合)

【Kita et al. (2014)】

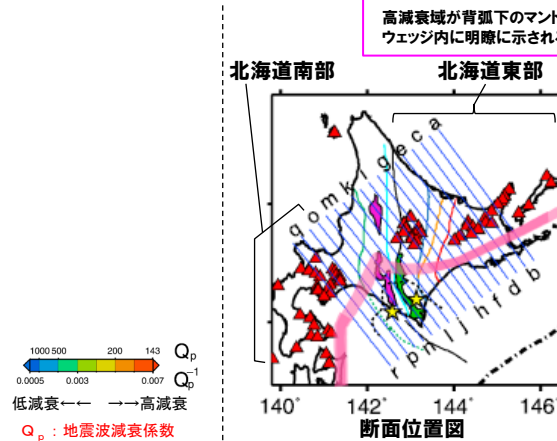
○Nakajima et al. (2001) は、東北日本における地下構造の特徴を示していることから、北海道における地下構造(地震波減衰構造)を示しているKita et al. (2014) をレビューした。

- ・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(P84~P89参照)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。

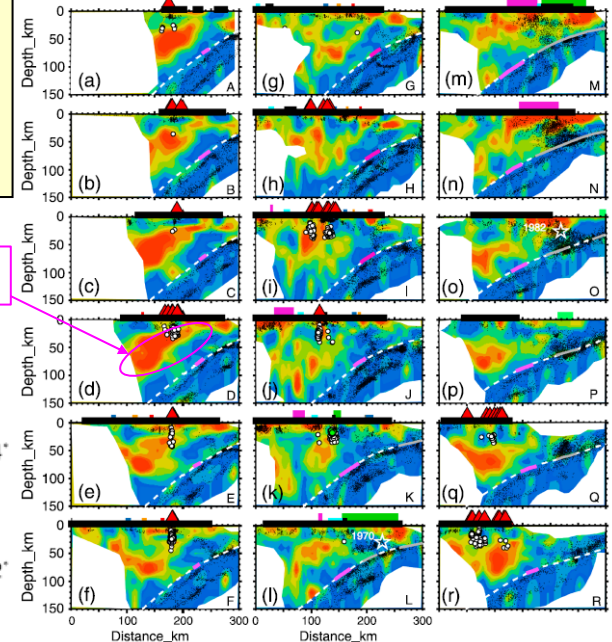


北海道における地震波減衰構造(水平断面)(Kita et al. (2014) に加筆)



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*

Qp : 地震波減衰係数
 1000 500 200 143 Qp
 0.0005 0.003 0.007 Qp⁻¹
 低減衰 ← → 高減衰

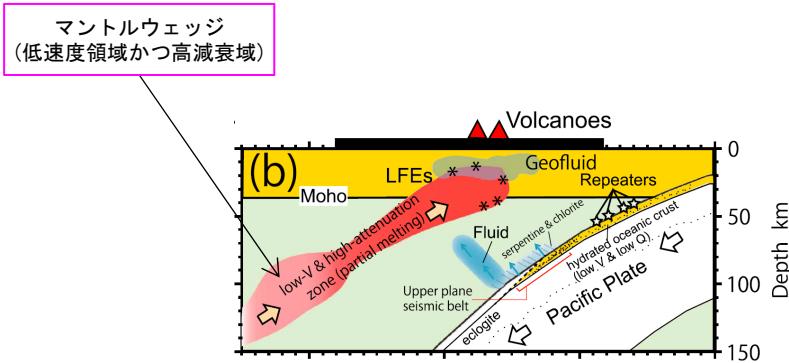
※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット

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)

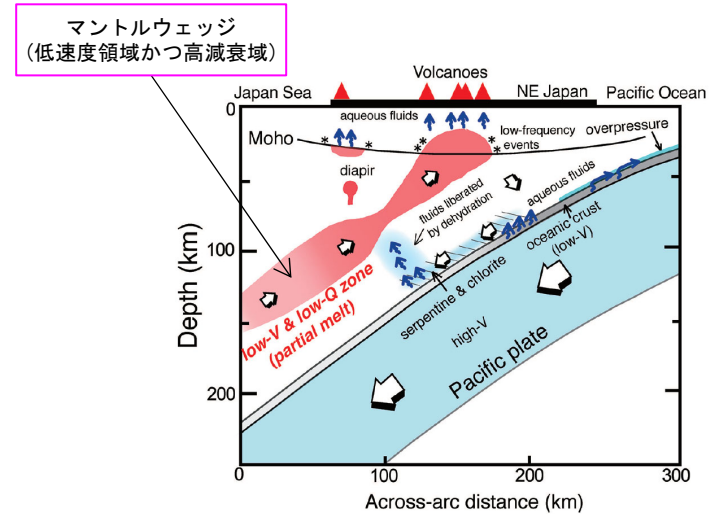
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

文献 (地下構造: Kita et al. (2014)) (2/2)

再掲 (R3/10/14審査会合)



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)



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)】

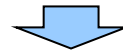
○火山性地震のうち低周波が卓越する地震(低周波地震)及び火山における重力異常について整理されている下鶴ほか編(2008)をレビューした。

(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。

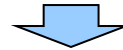
(1) 巨大噴火の可能性評価方法

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)

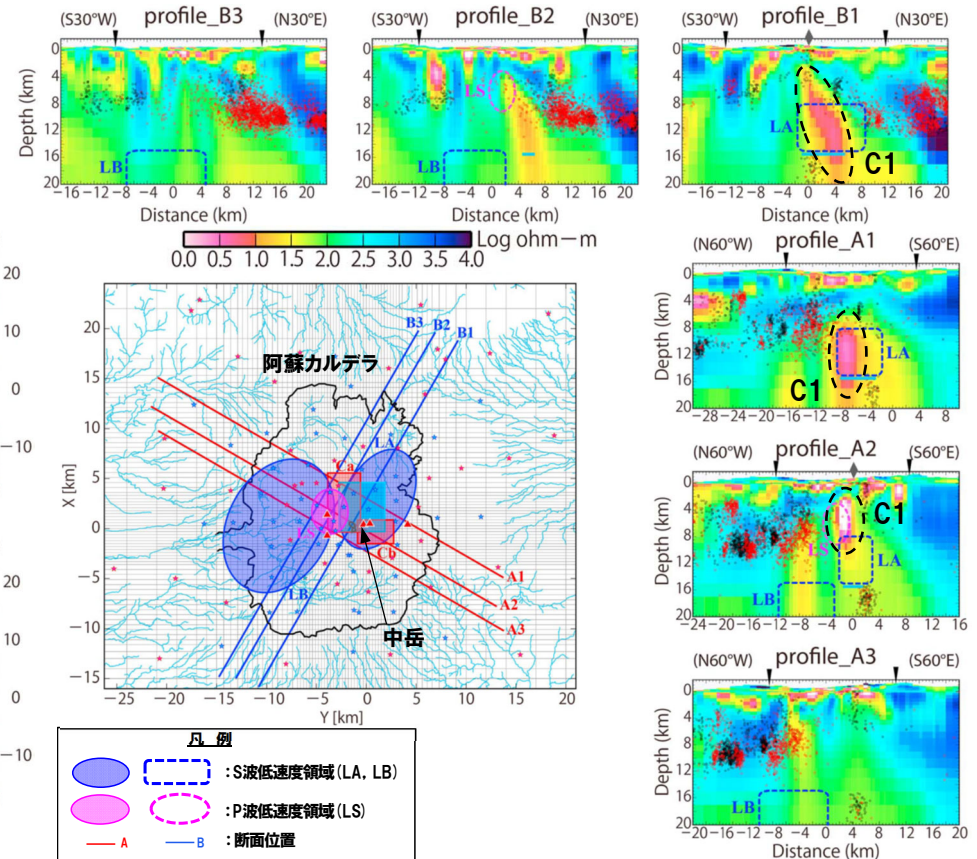
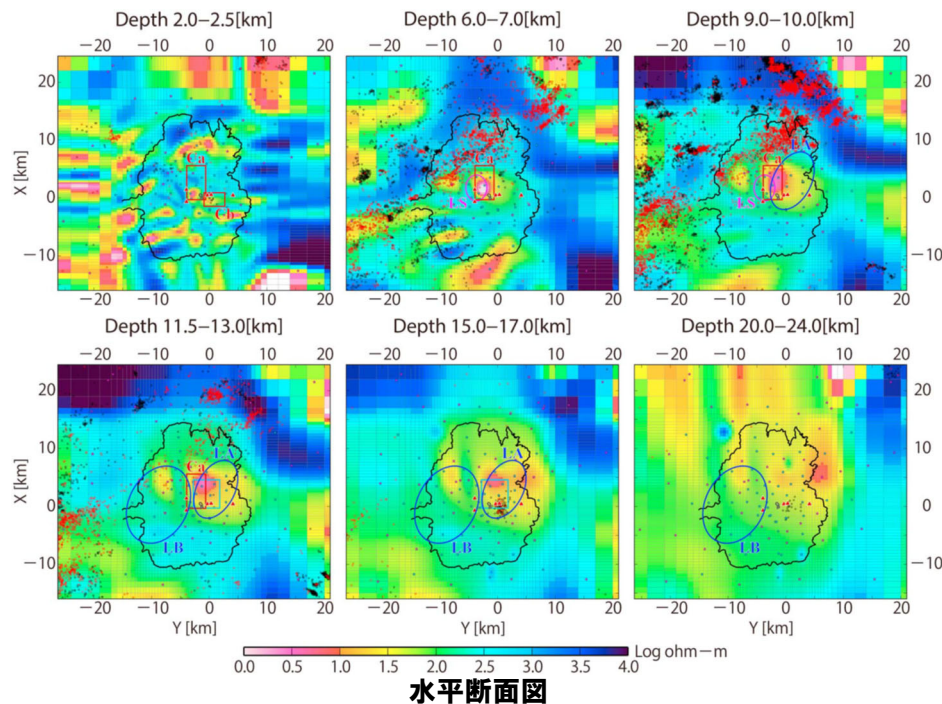
再掲 (R5/1/20審査会合)

【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、電磁気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。



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. 火山影響評価の概要	P. 10
2. 網羅的な文献調査の概要	P. 40
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. 79
4.1.2(1) 巨大噴火の可能性評価方法	P. 81
4.1.2(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
4.1.2(3) 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P. 140
4.1.2(4) 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 186
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. 229
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	
5.1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	
5.2 降下火砕物の影響評価	
5.2.1 降下火砕物の影響評価の概要	
5.2.2 敷地周辺で確認される降下火砕物	
5.2.3 降下火砕物シミュレーション	
5.2.4 設計に用いる降下火砕物の層厚	
5.2.5 降下火砕物の密度・粒径	
6. 火山活動のモニタリング	
6.1 監視対象火山	
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応	
7. 火山影響評価のまとめ	P. 296
参考資料	P. 302
参考文献	P. 315

・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)

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 150km^3 (火砕流)及び $200\sim 240\text{km}^3$ (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。
 - ・支笏カルデラの巨大噴火は約4万年前の1回であり、現状では巨大噴火が発生したカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。
 - ・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。

(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	○支笏カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。	次頁～ P103	
地球物理学 的調査	○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】 ・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】 ・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) ・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】 ・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。	P104～ P105 P107～ P117 P118	
	③火山性地震	○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。	P120～ P124
	④地殻変動	○地殻変動は、白老町の局所的な変動及びより広域の北海道南部(東北日本弧延長部)規模の隆起傾向は認められるが、支笏カルデラ規模の顕著な変位の累積は認められない。	P125～ P135
		○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。	

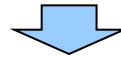
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴(1/4)

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を次頁～P103に示すとおり整理し、その概要を以下に示す。
- なお、活動履歴の整理は、R3.10.14審査会合以降に実施した網羅的な文献調査結果(2章参照)も踏まえ実施している。
 - ・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り、最新の活動は1981年の樽前山の噴火である。
 - ・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350～390km³(火砕流150km³(マグマ体積:80km³(DRE)),降下軽石200～240km³(マグマ体積:40～48km³(DRE)))とされることから(P102～P103参照)、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。
 - ・なお、各後カルデラ火山の噴出物体積は、風不死岳の総和が10.2km³(マグマ体積:8.4km³※(DRE)),恵庭岳の総和が14.6km³※(マグマ体積:11.1km³(DRE)),樽前山の最大のものが6.28km³(溶岩ドーム)である。
 - ・約6万年前の噴火により噴出された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。

※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。



- 支笏カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火が発生したカルデラ形成期と現在の活動期である後カルデラ期は、噴火の頻度及び噴出物体積が異なることから、現状ではカルデラ形成期のような状態には至っていないと考えられる。

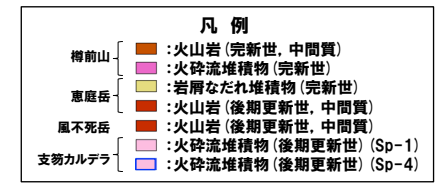
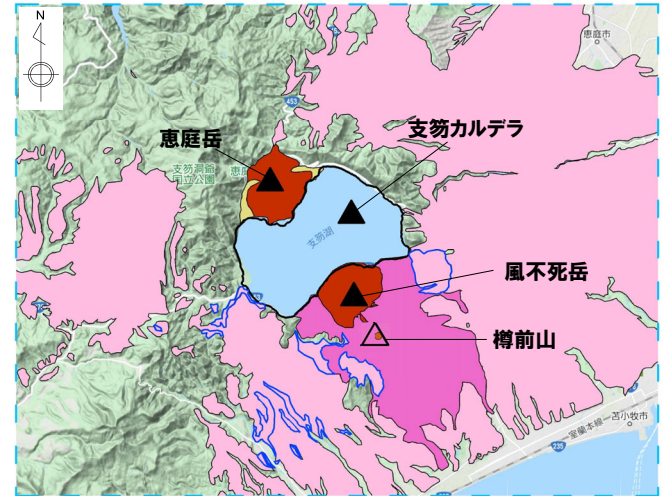
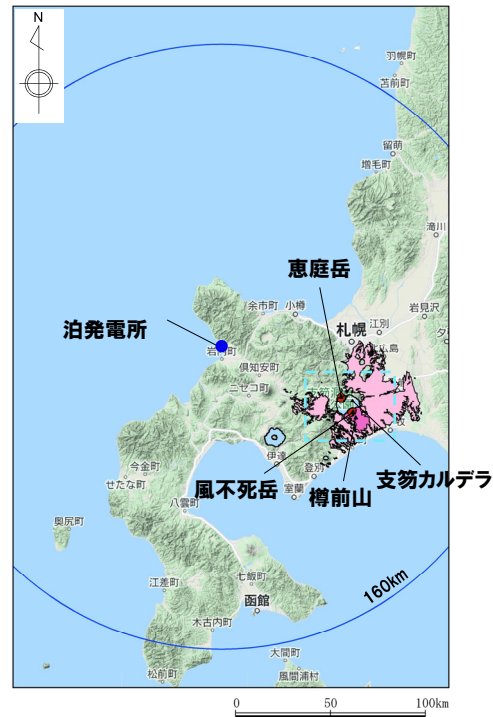
(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (2/4)

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3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3月確認。
 ※3 次頁～P103に示す支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の活動履歴に基づく。

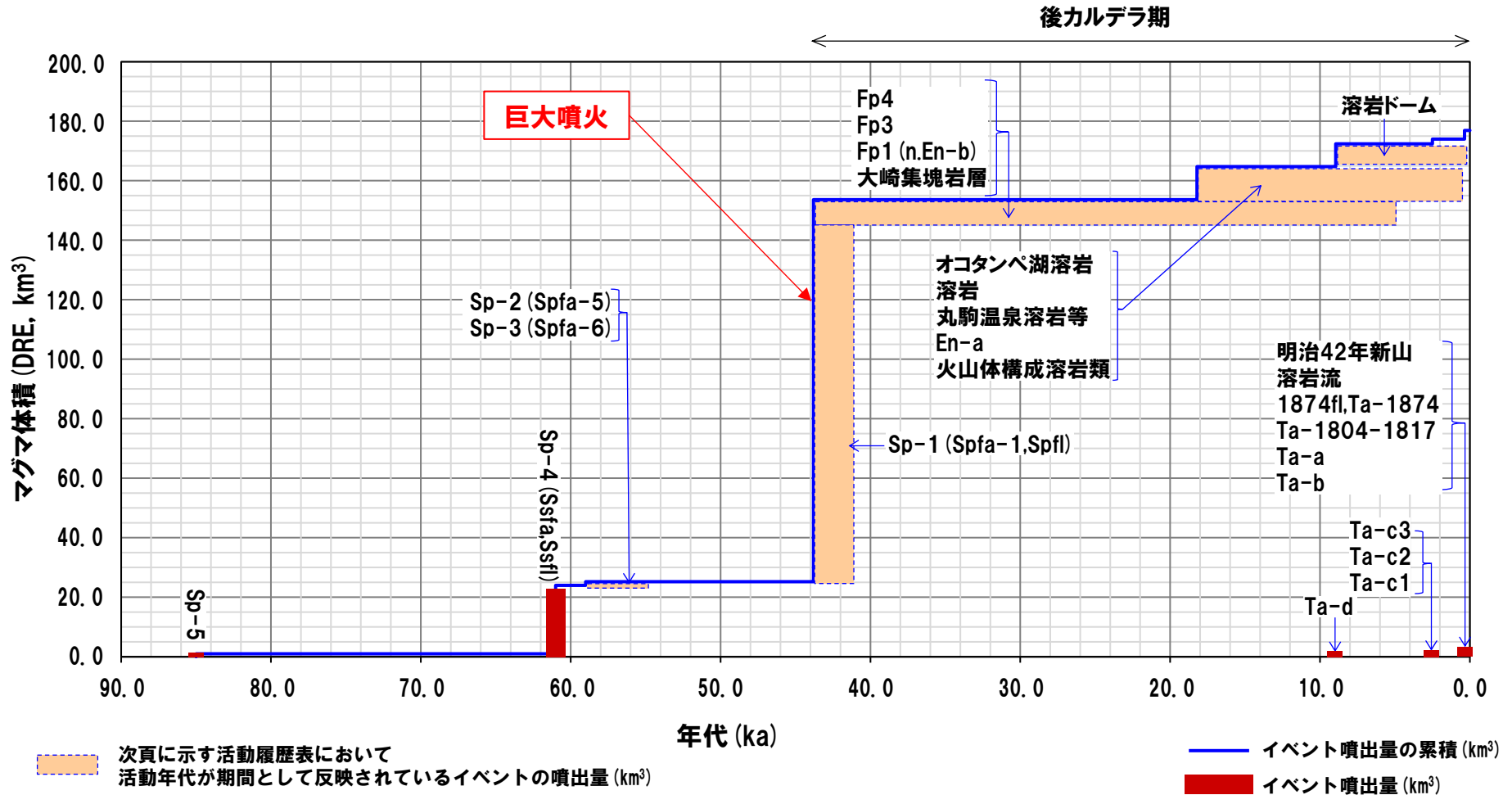


支笏カルデラ, 恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の噴出物分布図
 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

① 活動履歴 (3/4)

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(4/4)

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

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

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
第四紀 完新世	0.254-0.505ka 水蒸気爆発 オコタン岩屑流 ポロピナイ岩屑流	11.1	5.7	第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014)
	2.04ka 9.52ka オコタンへ湖溶岩溶岩			
第四紀 更新世	15.62ka 18.21ka 18.21ka以前			
	丸駒温泉溶岩等 En-a 火山体構成溶岩類			

樽前山活動履歴

年代	噴出物名	マグマ体積 (DRE, km ³)	火山体積 (km ³)	参考文献
第四紀 完新世	19世紀以降 A.D.1909 A.D.1883 A.D.1874 A.D.1867 A.D.1804-1817 A.D.1739 A.D.1667 2.0ka 2.5ka 2.5ka 8.950ka 8.95-0.146ka	(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)
	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			

(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)

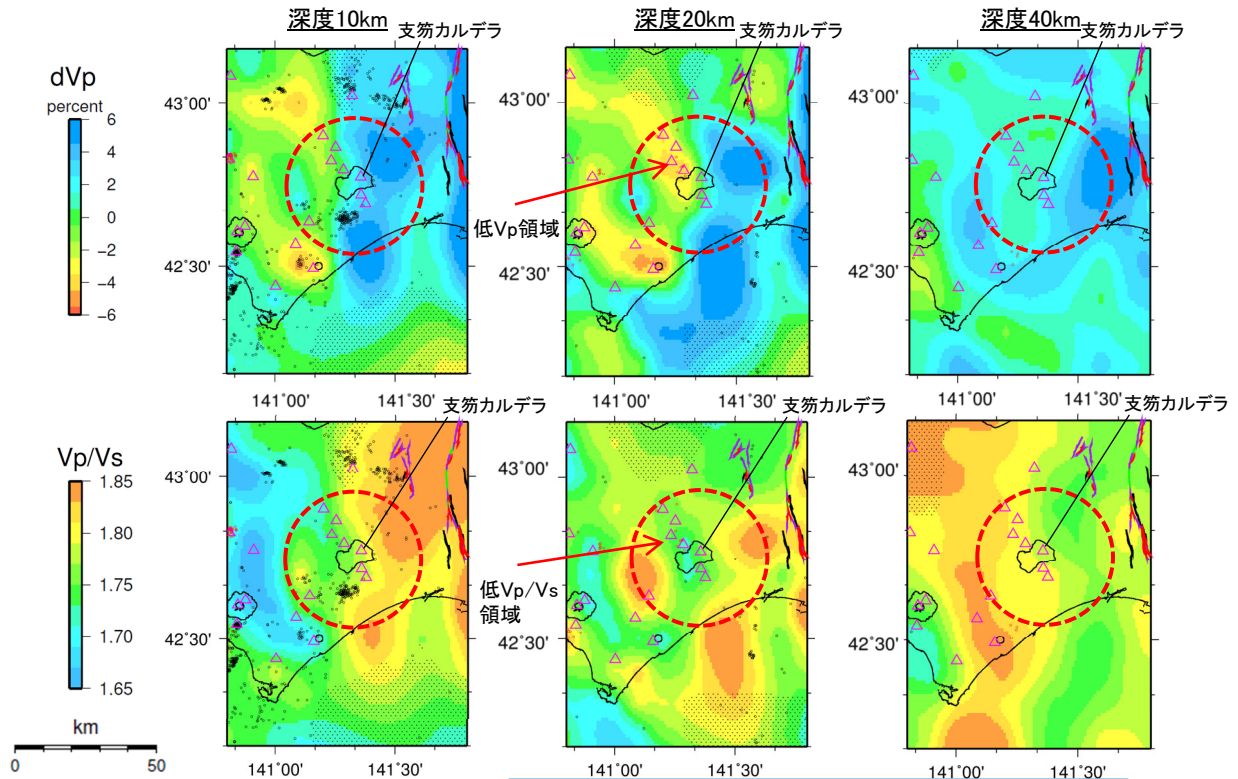
- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細は Matsubara et al. (2019) に記載)。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- 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 (P81~P93参照)】

- 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。

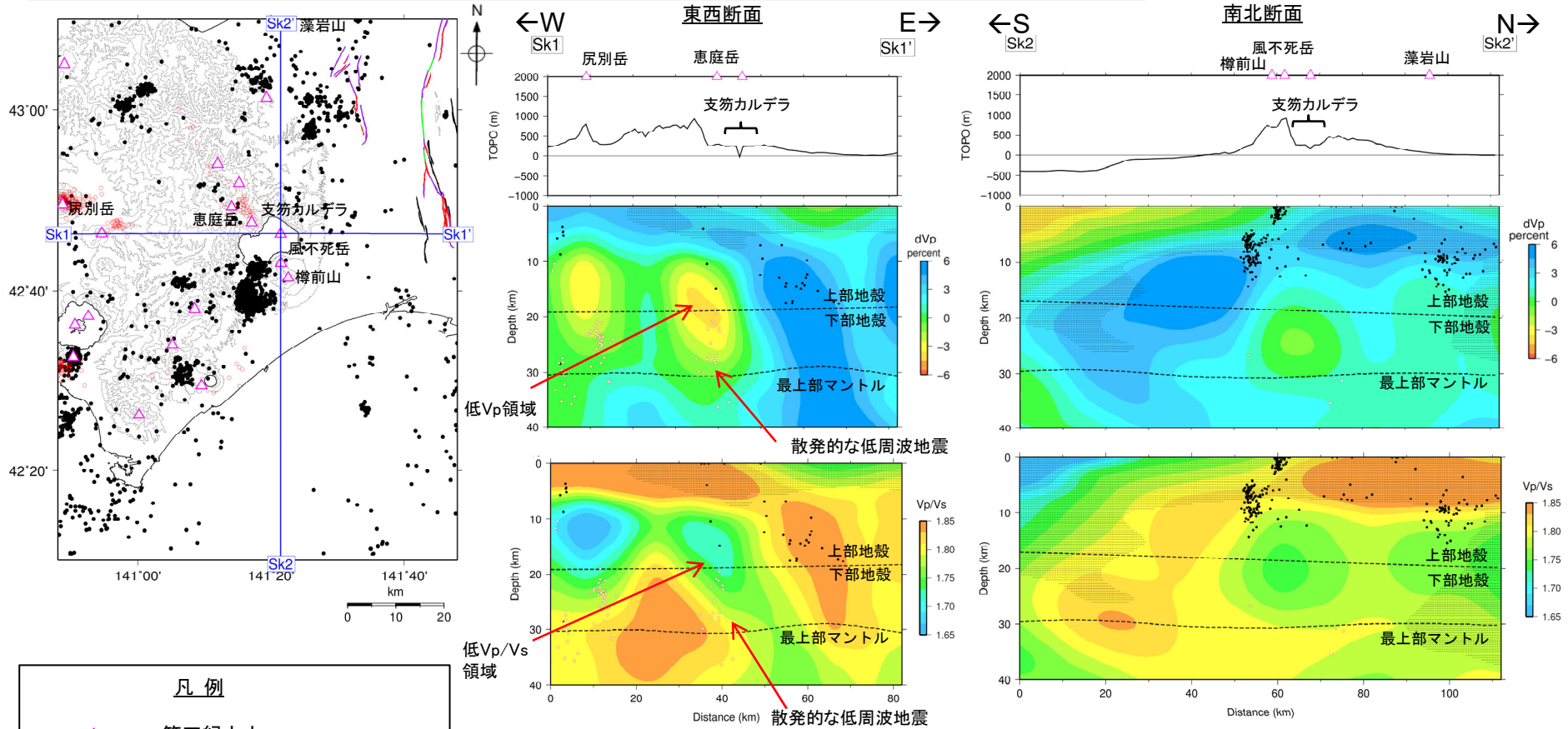
支笏カルデラ周辺では、北西方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

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)



- 凡例**
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震源 (M_{JMA} ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震源 (期間: 2000/10/1-2015/12/31, 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～P109参照)】

○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 (P109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 (P109参照) 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。

【Ichihara et al. (2019) (P111参照)】

○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 (P111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 (P112～P117参照)。

(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)

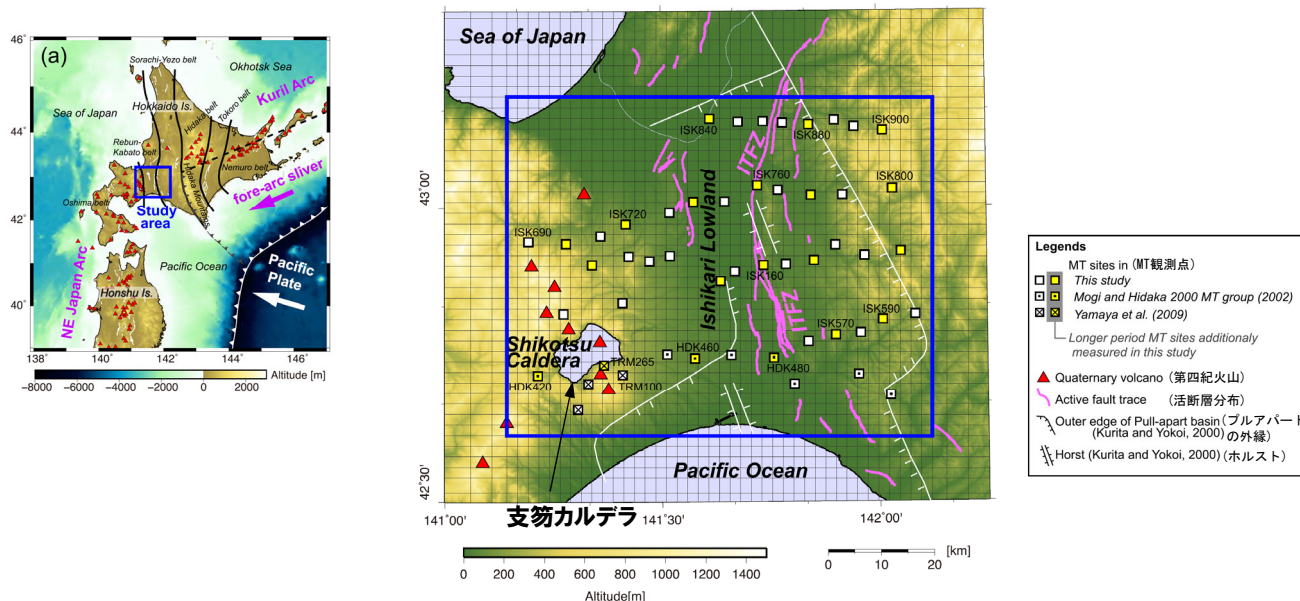
【Yamaya et al. (2017)】

○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。

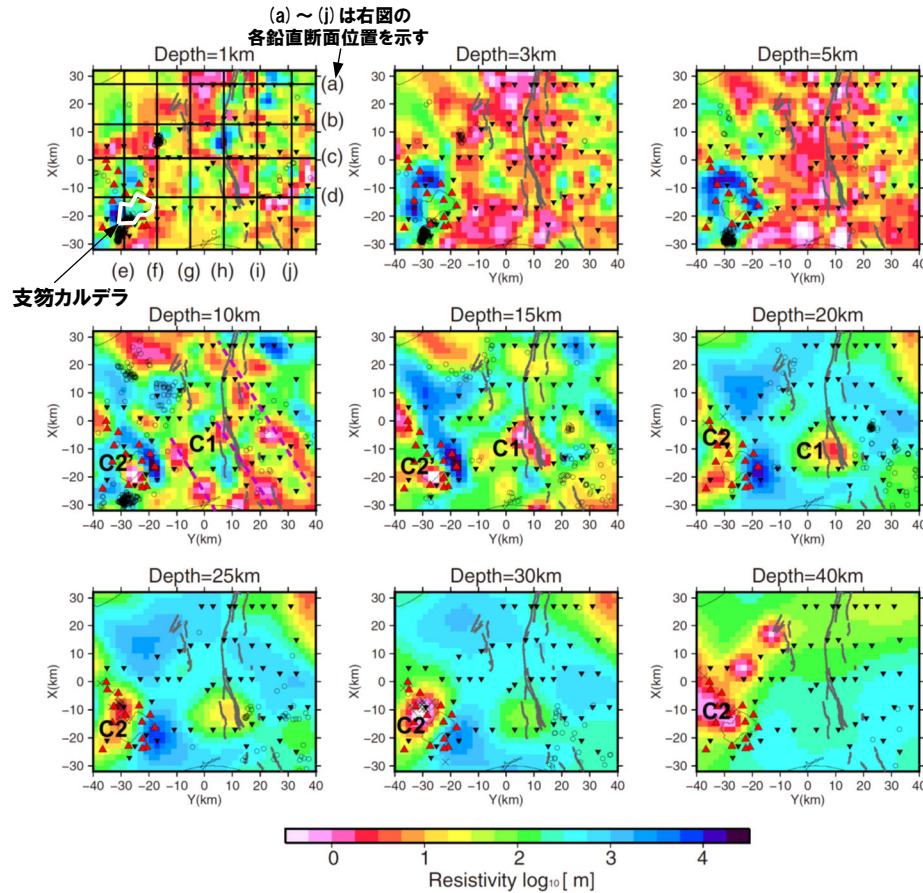


調査地域位置図(左図)及びMT測定地点位置図(右図)(Yamaya et al. (2017) に加筆)

(2) 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

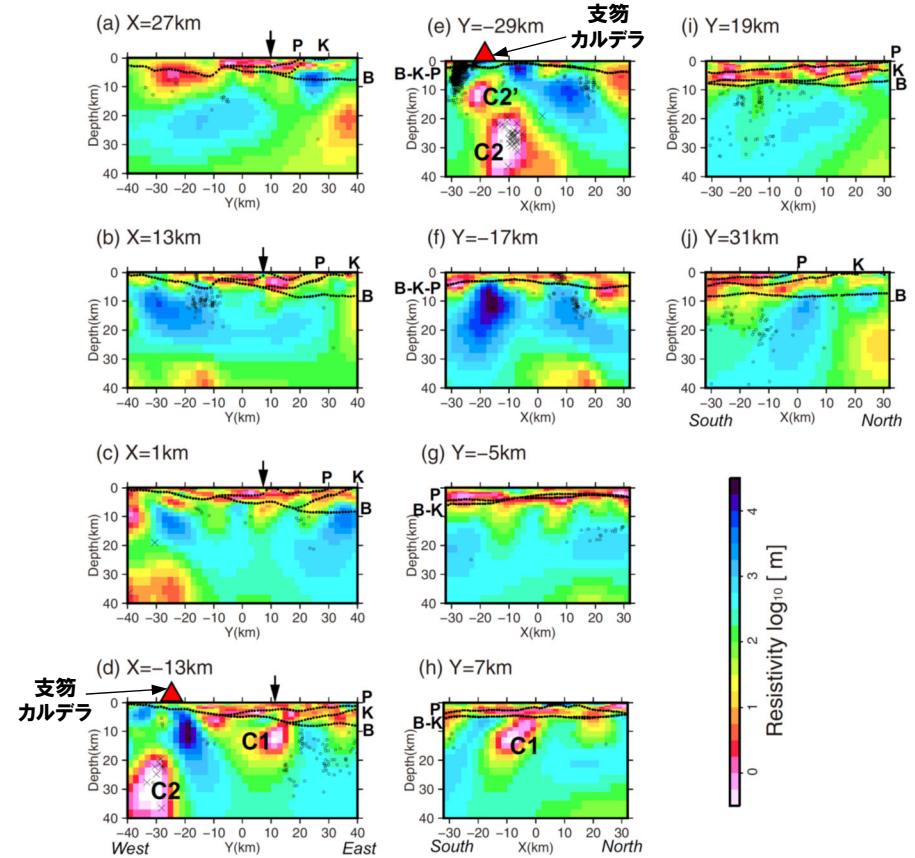
②-2 地球物理学的調査(地下構造:比抵抗構造) (3/8)

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
 - ▲ 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