

# 泊発電所

## 火山影響評価について

令和4年2月25日  
北海道電力株式会社

○令和3年10月14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	説明時期
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。	今回説明 (立地評価関連)
	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。	

指摘時期	No	指摘事項	説明時期
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。	ニセコ・雷電火山群： 今回説明 (立地評価関連) 支笏及び洞爺カルデラ： 今後説明予定 (モニタリング関連)
	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。	今後説明予定 (影響評価関連)
	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。	今後説明予定 (モニタリング関連)

# 指摘事項に関する回答方針

○指摘事項に対する回答方針を本頁～P6示す。

No	指摘事項	回答方針
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>web上で更新がなされているカタログについては、改めてその内容及び引用文献を確認するとともに、網羅性向上のため、論文データベース等を用いた知見の収集も実施した。</li> <li>回答内容は、「本編資料」2.1章に掲載。</li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フローを適正化した上で、抽出フローにおいて抽出される火山及び抽出されない火山の判断根拠が明確となる様、各火山の活動時期を図示する等した整理表を作成した。</li> <li>回答内容は、「本編資料」2.2章に掲載。</li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地からニセコ・雷電火山群までの距離について、中野ほか編(2013)において代表点として示されているニセコアンヌプリまでの距離21.5km(約22km)を記載していたが、現在の活動中心であるイワオヌプリまでの距離19.7km(約20km)とすることが適切であることから、その旨を注釈に付した上で、修正した。</li> <li>回答内容は、「本編資料」P23等、「補足説明資料」P5等に掲載。</li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul> </li> <li>回答内容は、「本編資料」P60～P61、P65、P71等に掲載。</li> </ul>
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"> <li>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。</li> <li>回答内容は、「本編資料」2.3章に掲載。</li> </ul>



No	指摘事項	回答方針
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>回答内容は、「本編資料」P166, P177, P183, P190～P201に掲載。</li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>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、「2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価」の評価概要の頁に注釈を付した。</li> <li>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。</li> <li>回答内容は、「本編資料」P162及びP229～P234に掲載。</li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>当該評価ガイドに掲載の基本フローにおいては、立地評価、影響評価及びモニタリングは、個別のフローとなっていることに鑑み、R3.10.14審査会合資料においては、モニタリングを立地評価の章中に組み込んでいたものを、以下のとおり、個別の章立てとした。 <ol style="list-style-type: none"> <li>立地評価</li> <li>影響評価</li> <li>モニタリング</li> </ol> </li> </ul>
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。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ニセコ・雷電火山群については、当社地質調査で確認しているニセコ火山噴出物(火砕流堆積物)を対象に整理を行った。</li> <li>回答内容は、「本編資料」P197及び「補足説明資料」2章に掲載。</li> <li>支笏カルデラ及び洞爺カルデラについては、「4. モニタリング」のうち、「4.1 監視対象火山の抽出」に関連する指摘事項であるため、今後説明予定。</li> </ul>

No	指摘事項	回答方針
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。	・「3. 影響評価」のうち、「3. 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。
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。	・「4. モニタリング」のうち、「4. 1 監視対象火山の抽出」に関連する指摘事項であるため、今後説明予定。

1. 火山影響評価の概要 .....	P. 9
2. 立地評価 .....	P. 12
2.1 文献調査 .....	P. 15
2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 .....	P. 21
2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価 .....	P. 29
2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山 .....	P. 32
2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) .....	P. 56
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) .....	P. 98
2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) .....	P.130
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価 .....	P.161
2.5 立地評価まとめ .....	P.222
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 .....	P.229
参考文献 .....	P.235

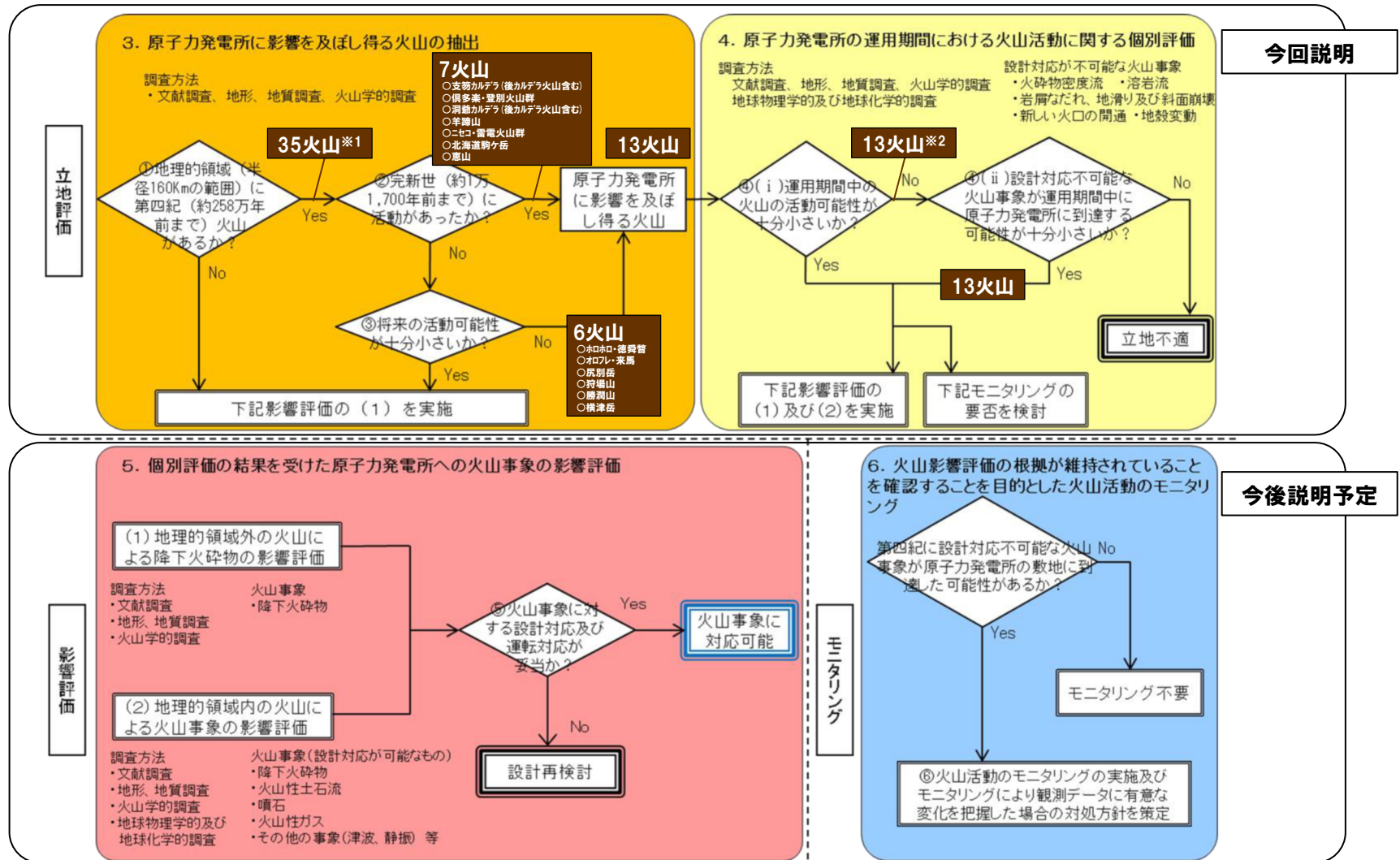
余白

# 1. 火山影響評価の概要

1. 火山影響評価の概要 .....	P. 9
2. 立地評価 .....	P. 12
2.1 文献調査 .....	P. 15
2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 .....	P. 21
2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価 .....	P. 29
2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山 .....	P. 32
2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) .....	P. 56
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) .....	P. 98
2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) .....	P.130
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価 .....	P.161
2.5 立地評価まとめ .....	P.222
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 .....	P.229
参考文献 .....	P.235

# 1. 火山影響評価の概要

## 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー



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)

※1 これまで、敷地から半径160km以内の範囲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)」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)に基づき、34火山としていた。しかし、日本の火山(DB)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、敷地から半径160km内の範囲では、「後志海山」がこれに該当すると考えられる。後志海山は活動的ではないものの、第四紀火山であることから、今回、敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山については、後志海山を含めた35火山とすることとした。

※2 過去に巨大噴火が発生した洞爺カルデラ及び支笏カルデラ並びに過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない俱多楽・登別火山群については、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。

## 2. 立地評価



1. 火山影響評価の概要	P. 9
2. 立地評価	P. 12
2.1 文献調査	P. 15
2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 21
2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 29
2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 32
2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 56
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 98
2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)	P.130
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価	P.161
2.5 立地評価まとめ	P.222
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	P.229
参考文献	P.235

1. 火山影響評価の概要 .....	P. 9
<b>2. 立地評価</b> .....	<b>P. 12</b>
<b>2.1 文献調査</b> .....	<b>P. 15</b>
2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 .....	P. 21
2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価 .....	P. 29
2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山 .....	P. 32
2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) .....	P. 56
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) .....	P. 98
2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) .....	P.130
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価 .....	P.161
2.5 立地評価まとめ .....	P.222
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 .....	P.229
参考文献 .....	P.235

## 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

- 敷地から半径160km以内の範囲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、2021年12月時点のものを改めて確認するとともに、引用文献も確認した。
  - ・論文データベース等を用いて、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等を検索した(次頁～P18参照)。

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、2022.1.7	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

## 文献収集1

- 国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、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15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	12
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			31	3

※1 重複を含む。

※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。

## 文献収集2

- 敷地から半径160km以内の範囲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、洞爺カルデラ及び支笏カルデラであり、巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山は、倶多楽・登別火山群である（後述する2.3.1章参照）。
- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群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。

※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。

## 文献収集3

- 国内外の主な科学技術系論文データベースを用いて、洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群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14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		9	6	

※1 重複を含む。

※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

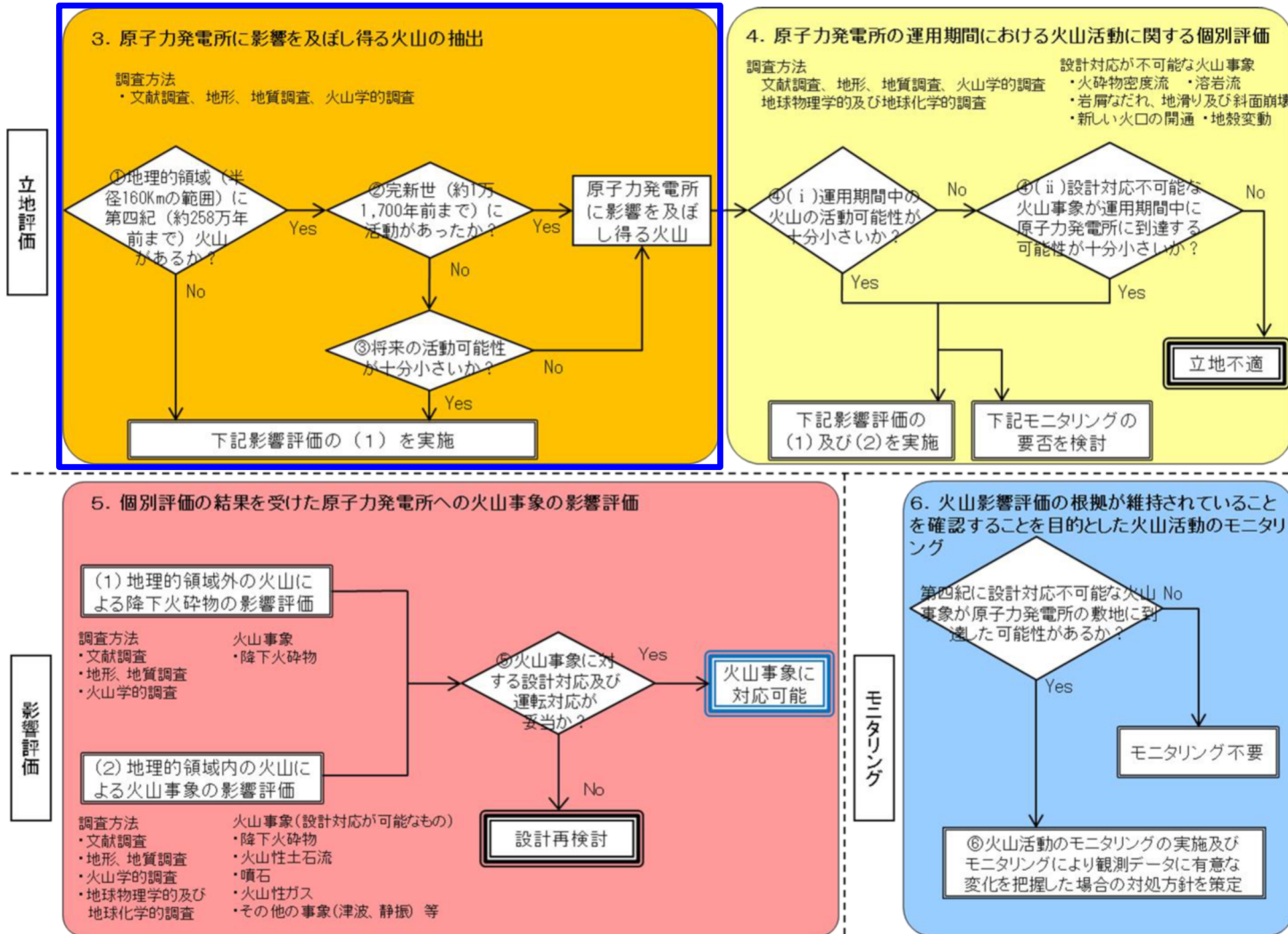
1. 火山影響評価の概要 .....	P. 9
<b>2. 立地評価 .....</b>	<b>P. 12</b>
2.1 文献調査 .....	P. 15
<b>2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 .....</b>	<b>P. 21</b>
2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価 .....	P. 29
2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山 .....	P. 32
2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) .....	P. 56
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) .....	P. 98
2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) .....	P.130
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価 .....	P.161
2.5 立地評価まとめ .....	P.222
<b>3. 影響評価 .....</b>	
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 .....	
<b>4. モニタリング .....</b>	
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 .....	P.229
参考文献 .....	P.235



# 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

一部修正 (R3/10/14審査会合)



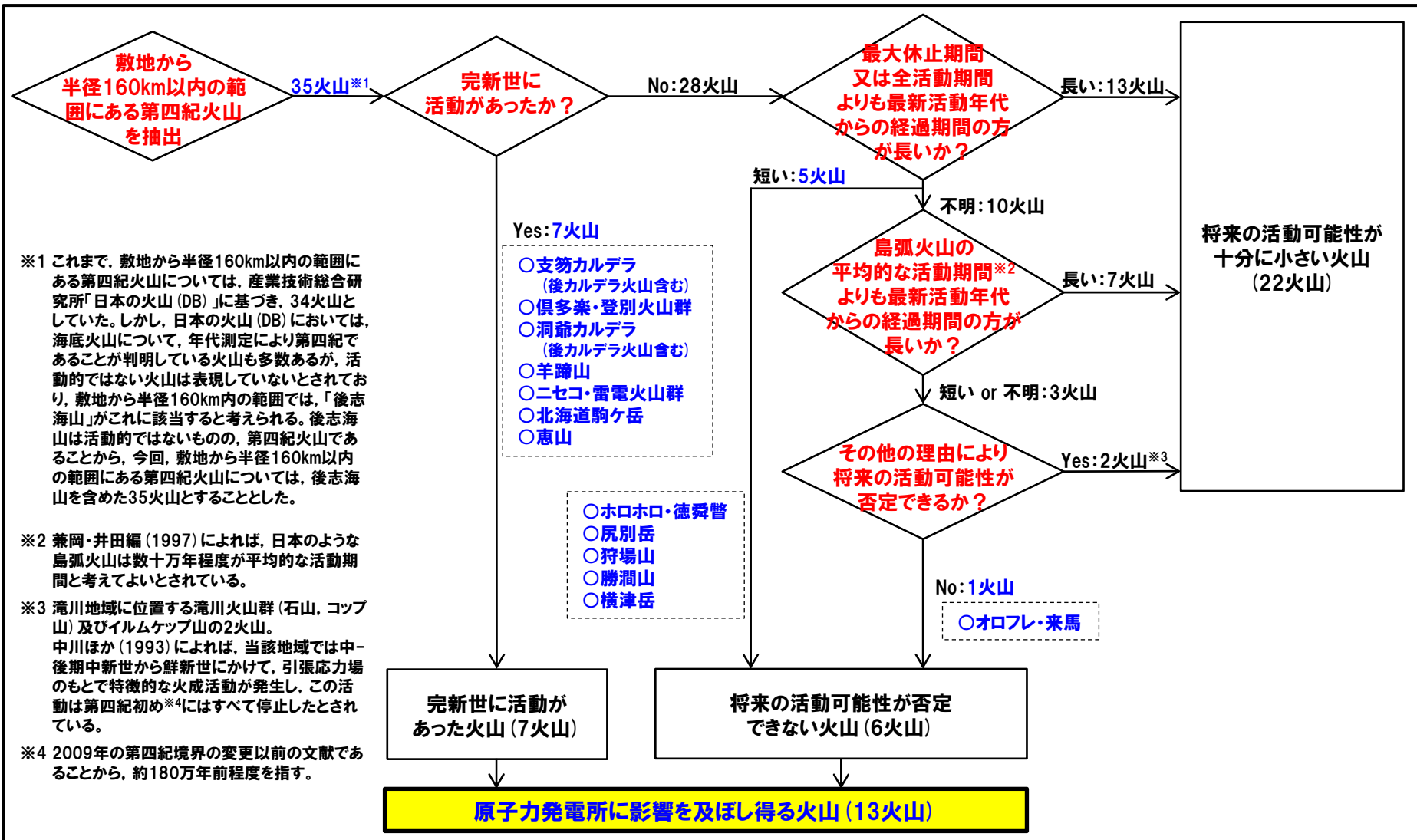
火山影響評価フロー（「原子力発電所の火山影響評価ガイド」の基本フローに加筆）

# 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## ① 抽出フロー

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山について、以下のフローに従い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した。



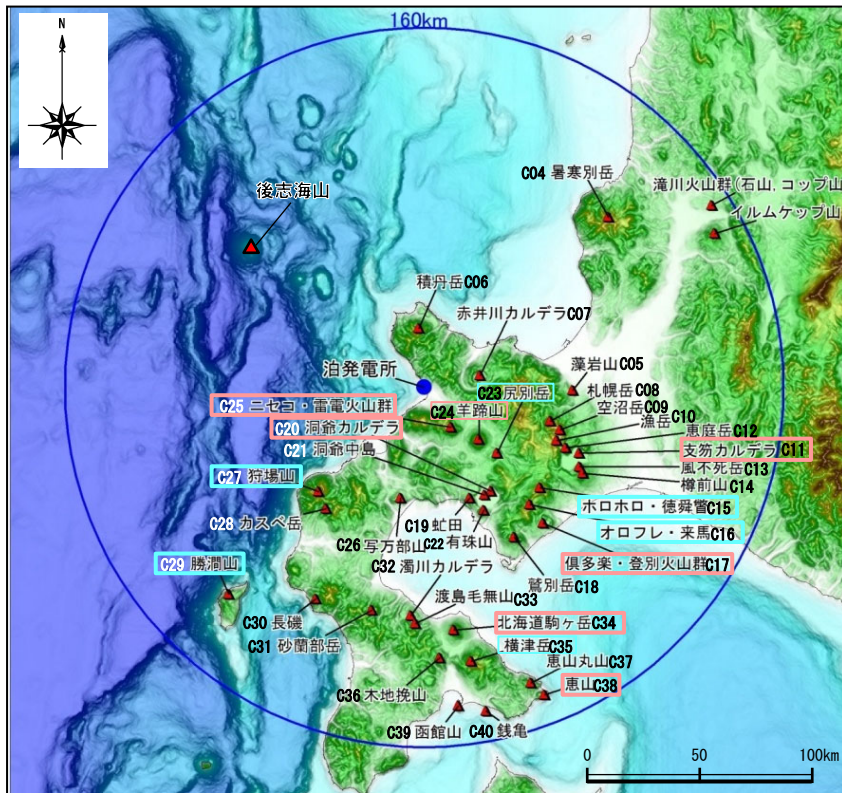
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー

# 2. 2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## ② 抽出結果 (1/4)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山として、35火山※1がある(右表参照)。  
 ○このうち、**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 中野ほか編(2013)に基づき作成

※1 これまで、敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山については、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」に基づき、34火山としていた。しかし、日本の火山(DB)においては、海底火山については、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、敷地から半径160km内の範囲では、「後志海山」がこれに該当すると考えられる。後志海山は活動的ではないものの、第四紀火山であることから、今回、敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山については、後志海山を含めた35火山とすることとした。

※2 札幌岳及び空沼岳は、H25.7泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請においては、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」に基づき、それぞれの活動時期を前期更新世後半、中期更新世としていた。申請以降に発表された中川ほか(2013)により、札幌岳の活動は鮮新世とされ、空沼岳は札幌岳と同時期である可能性が高いとされたことから、日本の火山(DB)において、第四紀火山から除外されたが、当社は、変わらず第四紀火山に含むものとしている。

※3 漁岳は、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」において、中川ほか(2013)により、狭薄山の年代が3.26±0.31Maと示されたことから、第四紀火山から除外されたが、当社は、変わらず第四紀火山に含むものとしている。

※4 R3.10.14審査会合資料においては、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離について、中野ほか編(2013)において代表点として示されているニセコアンヌプリまでの距離21.5km(約22km)を記載していたが、現在の活動中心であるイワオヌプリまでの距離19.7km(約20km)とすることが適切であることから、今回修正した。

■ : 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

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))	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)※2	58.1	約310-280万年前
C09	空沼岳(そらぬまだけ)※2	63.2	約300万年前程度
C10	漁岳(いざりだけ)※3	63.6	約330-250万年前
C11	支笏(しこつ)カルデラ(後カルデラ火山含む)	74.8	5-4万年前にカルデラ形成
	○C12 恵庭岳(えにわだけ)	68.6	約1万5000年前にはある程度の山体が形成されていた
	○C13 風不死岳(ふうふしだけ)	77.7	支笏カルデラ形成後に活動(4万年前以降) 大部分は恵庭火山より古い 最新のマグマ噴火は8500年前、水蒸気噴火は4500年前
	○C14 樽前山(たるまいさん)	80.2	約9000年前以降
C15	ホロホロ・徳舜管(とくしゆんべつ)	68.0	ホロホロ山:約160万年前 徳舜管山:約170万、60万年前
C16	オロフレ・来馬(らいば)	70.2	来馬岳:約60万年前 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80万年前以降、カルデラ形成は約4万年前
C18	鷹別岳(たかべつだけ)	77.8	約50万年前
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14万年前にカルデラ形成
	○C21 洞爺中島(とうやなかじま)	55.1	4-3万年前
	○C22 有珠山(うずさん)	60.7	2万ないし1.5万年前に活動開始
C23	尻別岳(しりべつだけ)	43.6	数十万-5万年前
C24	羊蹄山(ようていざん)	33.8	10万ないし数万年前以降 最新の噴火は2500年前
C25	ニセコ・雷電(らいでん)火山群	19.7※4	雷電山、岩内岳及び目国内岳:約140-80万年前 ニセコアンヌプリ、イワオヌプリ、ニトヌプリ、チセヌプリ等:約40万年前以降 最新の活動と考えられるイワオヌプリは、約9,500年前に活動を開始
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	第四紀前期?
C29	勝淵山(かつまやま)	126.4	約70-20万年前
C30	長嶺(ながいそ)	105.7	約220-140万年前
C31	砂間部岳(さらんべだけ)	102.2	約180万年前
C32	滝川(たきかわ)カルデラ	101.9	約1万5000年前にカルデラ形成
C33	渡島毛無山(おしまけなしやま)	105.3	鮮新世後期-第四紀前期?
C34	北海道駒ヶ岳(ほっかいどうこまがたけ)	109.0	3万年前以前(数万年前?)に活動開始
C35	横津岳(よこつだけ)	123.7	約110万年前以降
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)※1	101.2	約90万年前後(古くても130万年)



# 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## ② 抽出結果 (2/4)

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に関する検討結果を本頁～P26に示す。  
 ○各火山の活動履歴の詳細については、補足説明資料1章「地理的領域内に分布する第四紀火山の活動可能性評価(噴出量-年代階段ダイアグラム)」に示す。

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

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に関する検討結果

番号	火山名	敷地からの距離(km)	活動時期					判断根拠
			2.58Ma	100万年前	10万年前	1万年前	1,000年前	
C02	滝川火山群(石山, コップ山)	151.3	石山 コップ山 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						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					最大休止期間約44万年<経過期間約130万年
C08	札幌岳※3	58.1	最大休止期間:約23万年					最大休止期間約23万年<経過期間約280万年
C09	空沼岳※3	63.2	全活動期間:約30万年(札幌岳と同程度)					全活動期間約30万年<経過期間約280万年
C10	漁岳※4	63.6	最大休止期間:約73万年					最大休止期間約73万年<経過期間約250万年
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 札幌岳及び空沼岳は、H25.7泊発電所発電用原子炉設置変更許可申請においては、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」に基づき、それぞれの活動時期を前期更新世後半、中期更新世としていた。申請以降に発表された中川ほか(2013)により、札幌岳の活動は鮮新世とされ、空沼岳は札幌岳と同時期である可能性が高いとされたことから、日本の火山(DB)において、第四紀火山から除外されたが、当社は、変わらず第四紀火山に含むものとしている。

※4 漁岳は、産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」において、中川ほか(2013)により、狭葉山の年代が3.26±0.31Maと示されたことから、第四紀火山から除外されたが、当社は、変わらず第四紀火山に含むものとしている。

# 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## ② 抽出結果 (3/4)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に関する検討結果

■ : 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
			2.58Ma └─┬─┘ 100万年前	10万年前	1万年前	1,000年前	
C15	ホロホロ・徳舜誓	68.0					最大休止期間約98万年 > 経過期間約60万年
C16	オロフレ・来馬	70.2					オロフレ山の活動年代は不明 <sup>※1</sup>
C17	倶多楽・登別火山群	80.5					完新世に活動
C18	鷲別岳	77.8					島弧火山の平均活動期間 <sup>※2</sup> < 経過期間約50万年
C19	虻田	53.4					島弧火山の平均活動期間 <sup>※2</sup> < 経過期間約180万年
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 > 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 <sup>※3</sup>					完新世に活動
C26	写万部山	50.5					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 > 経過期間約25万年
C28	カस्प岳	69.4					島弧火山の平均活動期間 <sup>※2</sup> < 経過期間約180万年

※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 兼岡・井田編(1997)によれば、日本のような島弧火山は数十万年程度が平均的な活動期間と考えるとよいとされている。

※3 R3.10.14審査会合資料においては、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離については、中野ほか編(2013)において代表点として示されているニセコアンヌプリまでの距離21.5km(約22km)を記載していたが、現在の活動中心であるイワオヌプリまでの距離19.7km(約20km)とすることが適切であることから、今回修正した。

# 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

## ② 抽出結果 (4/4)

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出に関する検討結果

■ : 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
			2.58Ma └─┬─┘ 100万年前	10万年前	1万年前	1,000年前	
C29	勝洞山	126.4		最大休止期間: 約40万年			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				最大休止期間約35万年 < 経過期間約140万年
C31	砂蘭部岳	102.2					島弧火山の平均活動期間 <sup>※1</sup> < 経過期間約180万年
C32	濁川カルデラ	101.9			全活動期間: 数千年		全活動期間数千年 < 経過期間約1万年
C33	渡島毛無山	105.3	鮮新世後期-第四紀前期?				島弧火山の平均活動期間 <sup>※1</sup> < 経過期間約180万年
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				最大休止期間約93万年 > 経過期間約14万年
C36	木地挽山	120.6					島弧火山の平均活動期間 <sup>※1</sup> < 経過期間約190万年
C37	恵山丸山	139.9		全活動期間			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		全活動期間約1.2万年 < 経過期間約3.3万年
—	後志海山 <sup>※2</sup>	101.2					島弧火山の平均活動期間 <sup>※1</sup> < 経過期間約90万年

※1 兼岡・井田編 (1997) によれば、日本のような島弧火山は数十万年程度が平均的な活動期間と考えるとよいとされている。

※2 日本の火山 (DB) 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、敷地から半径160km内の範囲では、「後志海山」がこれに該当すると考えられる。後志海山は活動的ではないものの、第四紀火山であることから、今回、敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山については、後志海山を含めることとした。

余白

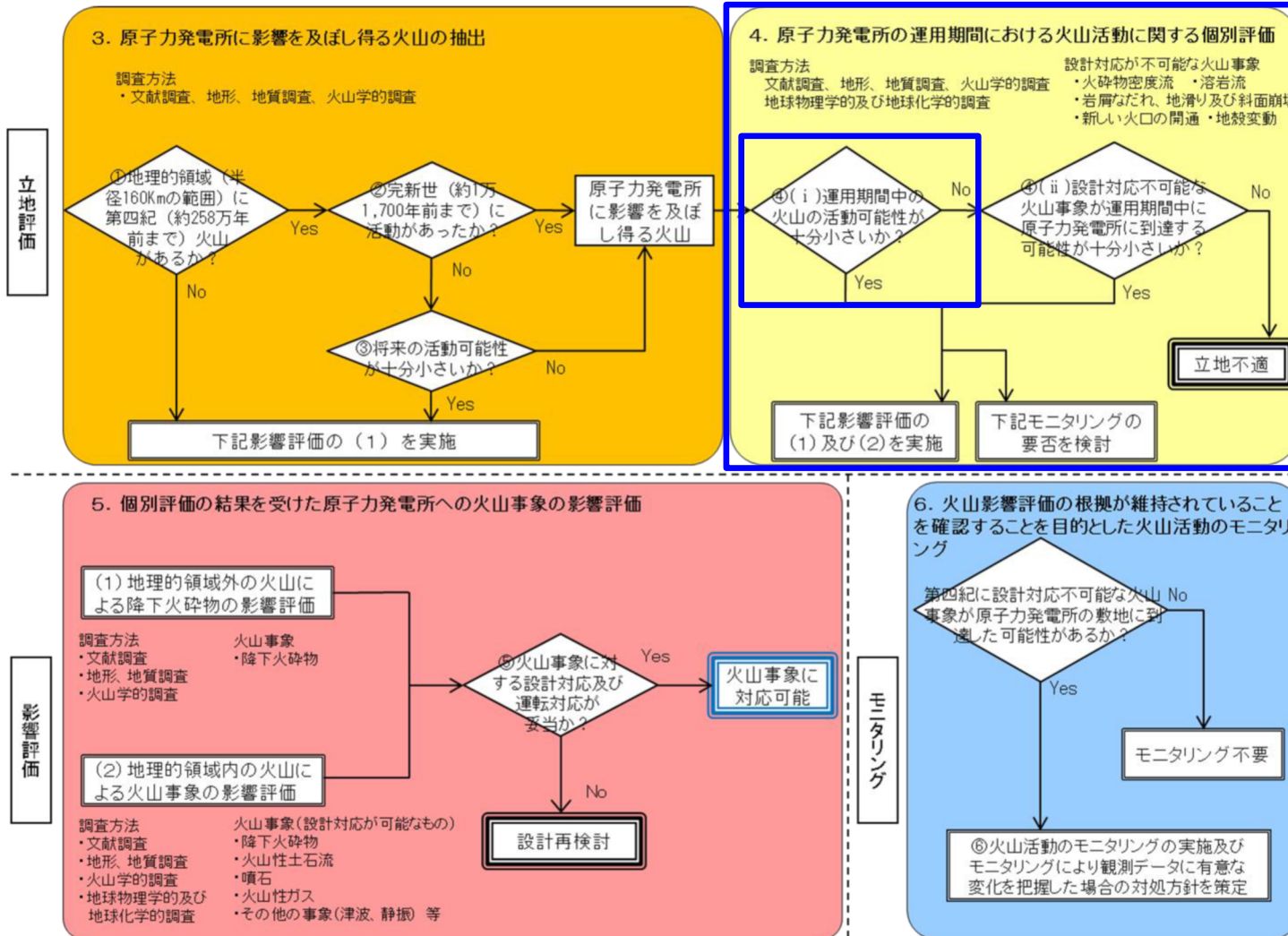
1. 火山影響評価の概要 .....	P. 9
<b>2. 立地評価 .....</b>	<b>P. 12</b>
2. 1 文献調査 .....	P. 15
2. 2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 .....	P. 21
<b>2. 3 運用期間中の火山の活動可能性評価 .....</b>	<b>P. 29</b>
2. 3. 1 過去に巨大噴火が発生した火山 .....	P. 32
2. 3. 2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) .....	P. 56
2. 3. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) .....	P. 98
2. 3. 4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群) .....	P.130
2. 4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価 .....	P.161
2. 5 立地評価まとめ .....	P.222
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 .....	P.229
参考文献 .....	P.235



# 2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価

## 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

一部修正 (R3/10/14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）

余白

## 評価概要

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可能性を評価する。
- また、13火山について過去に巨大噴火が発生したか否かを整理し、過去に巨大噴火が発生した火山については、運用期間中における巨大噴火の可能性を評価する。

## 【原子力発電所の運用期間中における活動可能性評価】

- 13火山は、いずれの火山においてもその活動履歴から、原子力発電所の運用期間中における活動の可能性が十分小さいと判断できない(2.2章参照)。

## 【巨大噴火の可能性評価】

- 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、洞爺カルデラ及び支笏カルデラであり、過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山は倶多楽・登別火山群である(2.3.1章参照)。
- 地球物理学的調査の結果から、洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群の現在の活動状況は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(2.3.2章、2.3.3章及び2.3.4章参照)。

## 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

### ① 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10km<sup>3</sup>程度を超えるようなもの」とされている。
- このため、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、火山ごとに最大規模の噴出物を抽出し、噴出物体積が20km<sup>3</sup>以上の火山から、火山噴出物の分布範囲等を踏まえ、過去に巨大噴火が発生した火山を抽出した。
- 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章「地理的領域内に分布する第四紀火山の活動可能性評価(噴出量-年代階段ダイアグラム)」に示す。

#### 過去に巨大噴火が発生した火山の抽出結果

火山	最大規模の噴出物	噴出物体積 (DRE, km <sup>3</sup> )	火山噴出物の分布範囲	抽出結果
C11 支笏カルデラ	Sp-1 (支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び支笏火砕流 (Spfl))	80 (火砕流) 40~48 (降下軽石)	広範囲	噴出物体積が20km <sup>3</sup> 以上とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する (P36~P37参照)
C12 恵庭岳	山体構成溶岩流~水蒸気爆発 <sup>*1</sup>	11.1 <sup>*1</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C13 風不死岳	大崎集塊岩層~Fp4 <sup>*1</sup>	8.4 <sup>*1</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C14 樽前山	溶岩ドーム	6.28	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C15 ホロホロ・徳舜瞥	ホロホロ溶岩及び徳舜瞥溶岩 <sup>*1</sup>	11.4 <sup>*1</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C16 オロフレ・来馬	来馬山溶岩 <sup>*1</sup>	4.2	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C17 倶多楽・登別火山群	Kt-7:pfa,pfl	VEI7 class	北東方向に60km程度の地点に分布	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「VEI7 class」とされていることから、巨大噴火であった可能性が否定できない (P38~P39参照)
C20 洞爺カルデラ	Tp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流)	170	広範囲	噴出物体積が20km <sup>3</sup> 以上とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する (P40~P55参照)
C21 洞爺中島	中島火山噴出物	5.0	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C22 有珠山	有珠:1663年噴火Us-b	1.50	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C23 尻別岳	Km-2 deposit	4.5 <sup>*2</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C24 羊蹄山	古羊蹄山噴出物	5	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C25 ニセコ・雷電火山群	雷電山:第2期噴出物	15.9	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C27 狩場山	山頂溶岩~狩場山溶岩 <sup>*1</sup>	21.4 <sup>*1</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C29 勝淵山	流紋岩火山砕屑物	0.3 <sup>*2</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C34 北海道駒ヶ岳	「クルマ坂岩屑なだれ, Ko-d」 「Ko-g」	1	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C35 横津岳	七飯岳, 鳴川岳, 袴腰岳など <sup>*1</sup>	10 <sup>*1</sup>	山体近傍	巨大噴火に該当しない
C38 恵山	元村噴火堆積物 恵山溶岩ドーム	0.41	山体近傍	巨大噴火に該当しない

<sup>\*1</sup> 噴出物ごとの体積が文献に示されていないことから、各噴出物の総和を記載している。

<sup>\*2</sup> 文献に示された噴出物量について、山元 (2014) に基づき、DRE換算した値。

- 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山は、洞爺カルデラ及び支笏カルデラであり、過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山は倶多楽・登別火山群である。
- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群について、運用期間中における巨大噴火の可能性評価を行う。

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

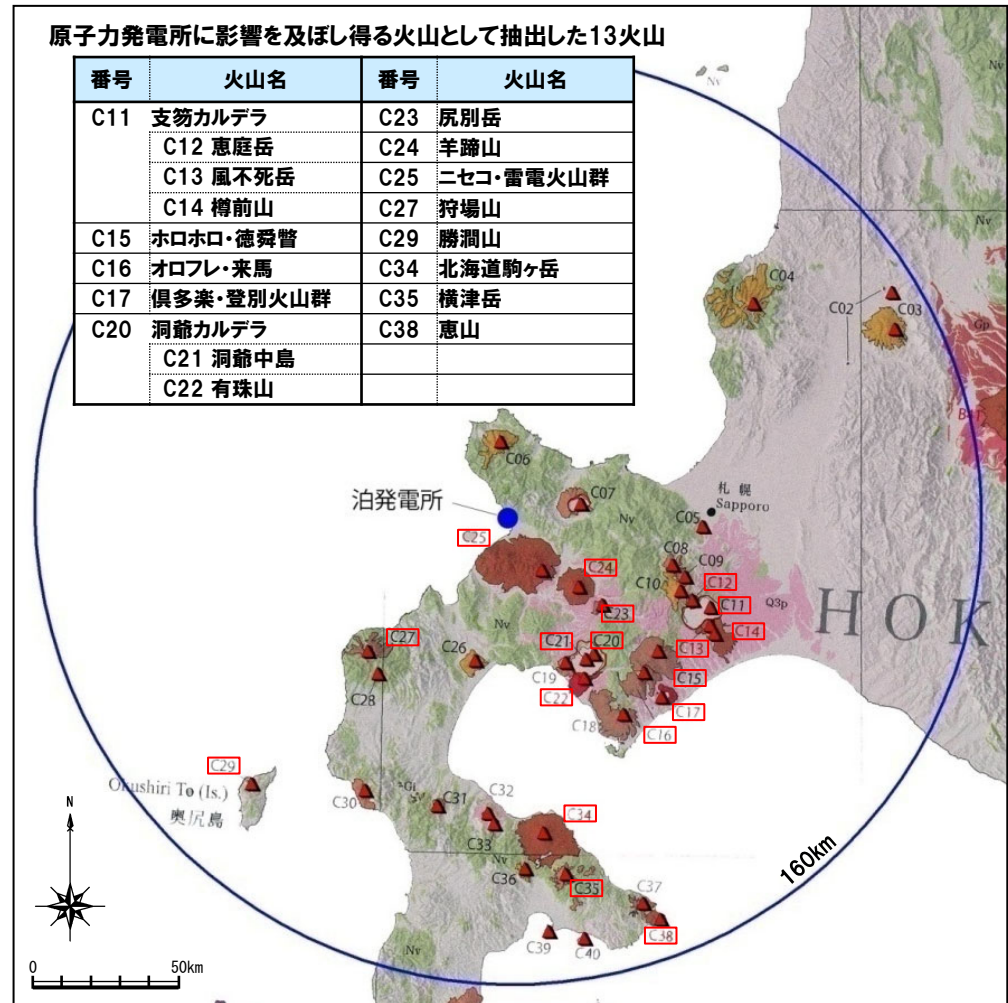
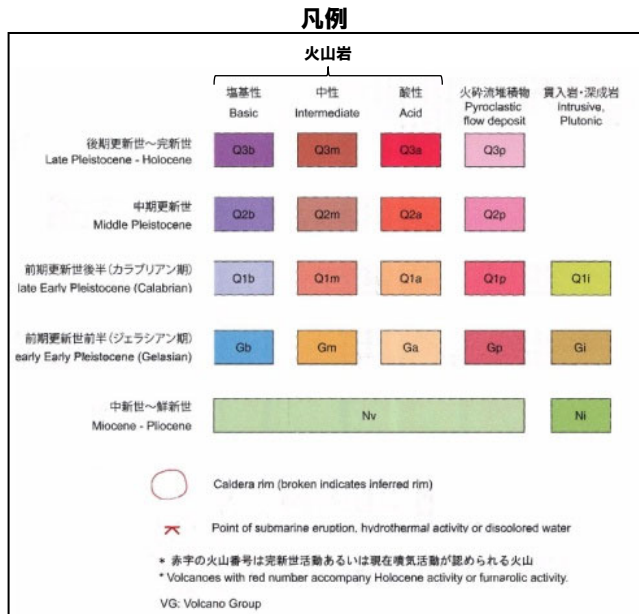
## ① 過去に巨大噴火が発生した火山の抽出 (2/3)

一部修正 (H25/9/25審査会合)

- 中野ほか編 (2013) によれば、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火山のうち、広範囲に火山噴出物の分布が確認される火山は、洞爺カルデラ及び支笏カルデラである (P37及びP41参照)。
- 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 (P39参照)。
- その他の10火山については、その火山噴出物の分布は山体近傍に限定される。
- なお、火山噴出物の分布については、産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) においても概ね同様な状況である (P35参照)。

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

番号	火山名	番号	火山名
C11	支笏カルデラ	C23	尻別岳
	C12 恵庭岳	C24	羊蹄山
	C13 風不死岳	C25	ニセコ・雷電火山群
	C14 樽前山	C27	狩場山
C15	ホロホロ・徳舜誓	C29	勝淵山
C16	オロフレ・来馬	C34	北海道駒ヶ岳
C17	倶多楽・登別火山群	C35	横津岳
C20	洞爺カルデラ	C38	恵山
	C21 洞爺中島		
	C22 有珠山		



火山地質図  
(中野ほか編 (2013) に加筆)

余白



# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ① 過去に巨大噴火が発生した火山の抽出 (3/3)

再掲 (R3/10/14審査会合)

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

- 当該文献は、火山噴出物について既往の文献をコンパイルし、20万分の1の分解能でインターネット上の地図に表示できるようにしたものである。
- 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火山の噴出物分布範囲は、中野ほか編 (2013) に示されるものと、概ね同様である。

凡例 (敷地近傍拡大図)

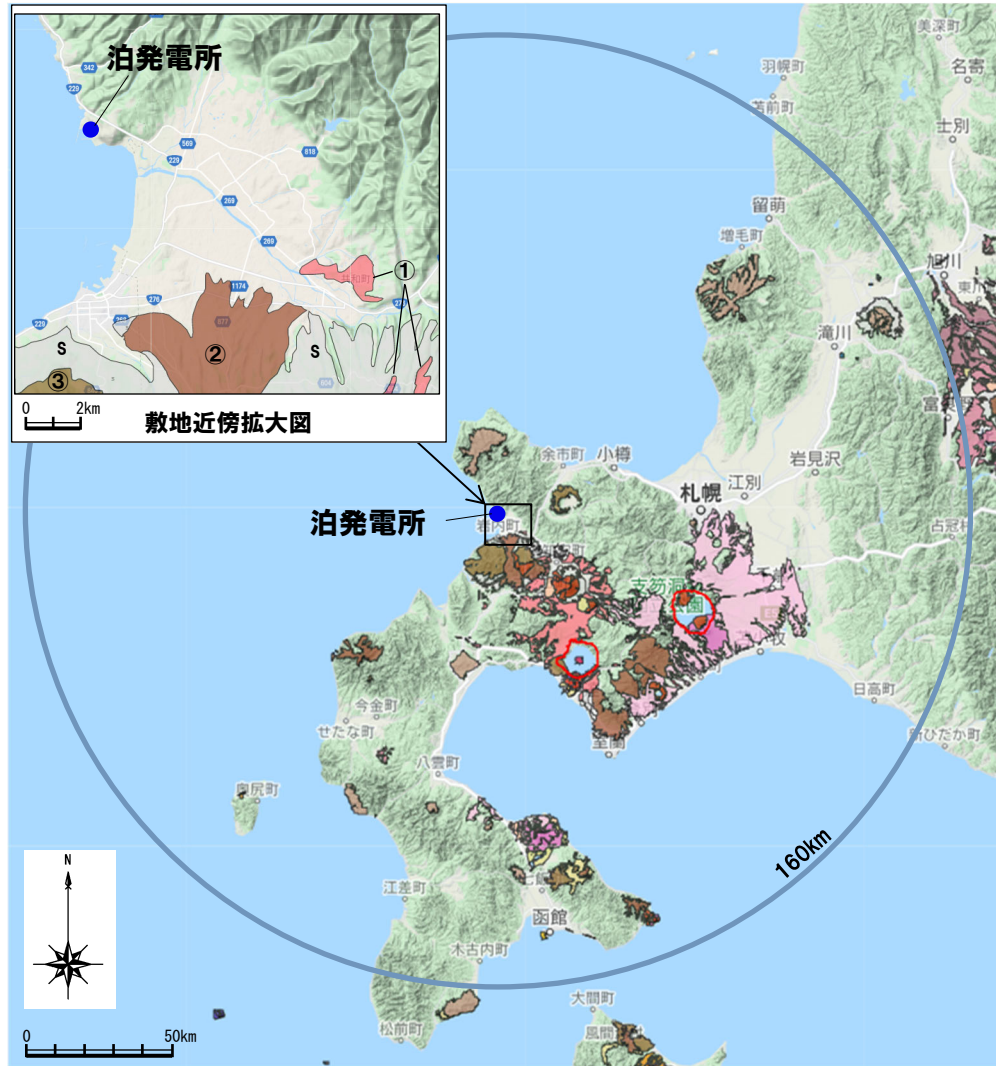
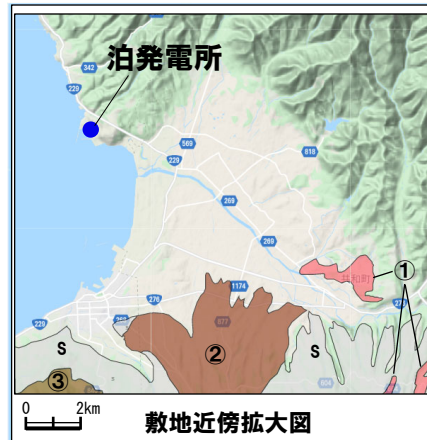
- ①: 洞爺カルデラ
- ②: ニセコ・雷電火山群 (ニセコ中期)
- ③: ニセコ・雷電火山群 (ニセコ古期)
- s: 山麓扇状地・崖錐・地すべり・沖積堆積物など

20万分の1日本火山図凡例

時代区分	記号	噴出物区分											
		B			M		A		P	I	D	F	s
		火山岩 (主に溶岩)			火砕流堆積物		貫入岩	地層なだれ堆積物*	降下火砕物	山麓扇状地・崖錐・地すべり・沖積堆積物など			
完新世	H	HB	HM	HA	HLP			HD	HF				
0.0117		R100G45B190	R200G82B0	R228G23B0	R238G105B202			R230G220B130	R255G225B225				
後期更新世	Q3	Q3B	Q3M	Q3A	Q3P			Q3D	Q3F				
0.129		R70G40B200	R200G45B0	R220G108B0	R255G190B225			R255G190B150	R245G230B225				
中期更新世 (チャニアン期)	Q2	Q2B	Q2M	Q2A	Q2P	Q2J		Q2D				s	
0.774		R129G33B227	R160G80B50	R240G140B0	R255G112B123	R160G250B100		R230G210B95					
前期更新世後半 (カッパリアン期)	Q1	Q1B	Q1M	Q1A	Q1P	Q1J		Q1D					
1.80		R50G70B200	R150G110B50	R236G190B0	R220G120B150	R160G250B0		R255G200B150					
前期更新世前半 (ジェランアン期)	G	GB	GM	GA	GP	GJ		GD					
2.58		R0G100B150	R200G150B130	R250G230B150	R170G100B120	R170G190B50		R255G240B130				R220G220B220	

(Ma)

\*一類土石流堆積物を示す



20万分の1日本火山図

(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) に加筆)

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ② 支笏カルデラにおける最大規模の噴火(1/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

○最大規模の噴出物及びその噴出物体積は、43.8-41.4kaにSp-1(支笏第1降下軽石(Spfa-1)及び支笏火砕流(Spfl))を噴出した噴火である。  
 ○また、金田ほか(2020)によれば、Sp-1のうち支笏第1降下軽石(Spfa-1)は40~48km<sup>3</sup>(DRE)、支笏火砕流(Spfl)は80km<sup>3</sup>(DRE)とされている。

支笏カルデラ活動履歴※1

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
完新世				山元 (2014) 金田ほか (2020) Amma-Miyasaka et al. (2020)
更新世		40~48 (降下軽石)	-	
43.8-41.4ka	Sp-1 (Spfa-1, Spfl) : ps, pfa, pfl	80 (火砕流)		
ca.55ka	Sp-2 (Spfa-5) : pfa	1.2		
ca.59ka	Sp-3 (Spfa-6) : pfa			
ca.61ka	Sp-4 (Ssfa, Ssfl) : pfa, afa, sfa, sfl	VEI6※2		
ca.85ka	Sp-5 : pfa, afa	smaller than VEI5 class※2		

樽前山活動履歴

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
完新世				第四紀火山カ タログ委員会 編(2000) 山元(2014)
A.D.1900以降	19世紀以降噴火	(水蒸気爆発)	4 (火砕丘) 1.8 (火砕流噴出物)	
A.D.1909	明治42年新山	0.02		
A.D.1883	溶岩流	0.00001		
A.D.1874	1874fl, Ta-1874	0.20		
A.D.1867	溶岩ドーム	(6.28に包含)		
A.D.1804-1817	Ta-1804-1817	0.03		
A.D.1739	Ta-a	1.60		
A.D.1667	Ta-b	1.10		
2.0ka	Ta-c3	0.03		
2.5ka	Ta-c2	1.40		
2.5ka	Ta-c1	0.14		
8.950ka	Ta-d	1.40		
8.95-0.146ka	溶岩ドーム	6.28		

恵庭岳活動履歴

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

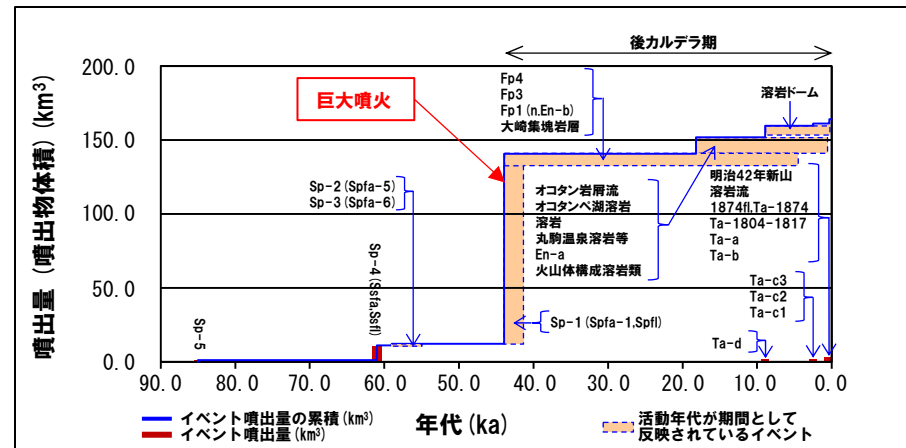
風不死岳活動履歴

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献		
完新世		8.4	5.7	第四紀火山 カタログ委員 会編(2000) 山元(2014)		
4.475ka	Fp4					
8.465ka	Fp3					
不明	Fp2					
更新世						
25.5ka	Fp1 (n.En-b)					
不明	第3期溶岩					
不明	踏畑の沢溶結凝灰岩					
不明	第2期溶岩					
不明	第1期溶岩					
不明	金次郎沢集塊岩層					
43.96ka	大崎集塊岩層					

※1 R3.10.14審査会合資料では、山元(2014)に基づき作成した活動履歴を示していたが、今回、より新しい知見である金田ほか(2020)及びAmma-Miyasaka et al.(2020)に基づき見直した。

※2 Amma-Miyasaka et al.(2020)によれば、Sp-4及びSp-5の噴出規模は、それぞれ概算として「VEI6」及び「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、噴出物体積(DRE)を以下のとおり図示している。

- Sp-4: 10km<sup>3</sup>
- Sp-5: 1km<sup>3</sup>



噴出量-年代階段ダイアグラム

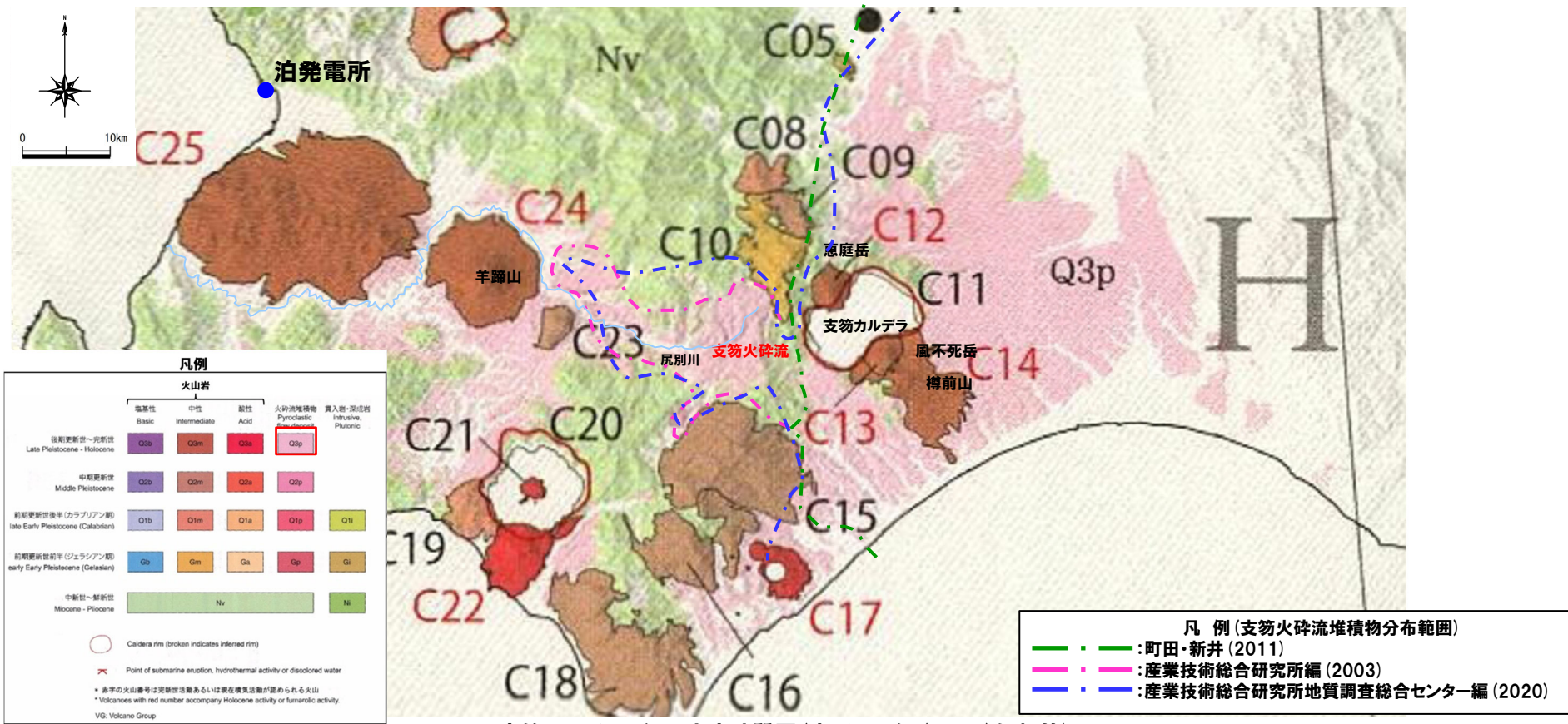


# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ② 支笏カルデラにおける最大規模の噴火 (2/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○支笏火砕流堆積物 (Spfl) は、町田・新井 (2011)、産業技術総合研究所編 (2003) 等によれば、支笏カルデラ周辺に広範囲に認められ、敷地方向では羊蹄山付近まで認められる。



支笏カルデラ周辺の火山地質図 (中野ほか編 (2013)) に加筆

○支笏カルデラのSp-1 (支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び支笏火砕流 (Spfl) ) を噴出した噴火は、噴出物体積が20km<sup>3</sup>以上とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する。

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

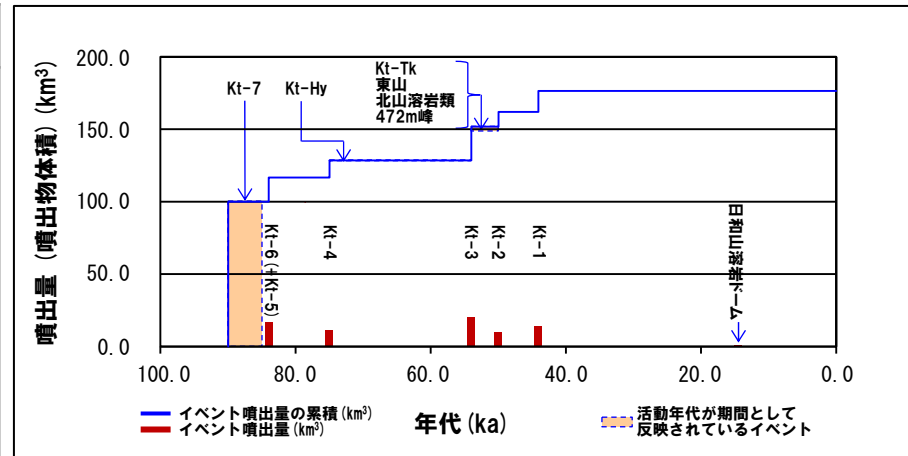
## ③ 倶多楽・登別火山群における最大規模の噴火 (1/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 倶多楽・登別火山群における最大規模の噴火は、90～85kaにKt-7を噴出した噴火である。
- Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、Kt-7の噴出規模について、確認された地点は少ないものの、概算として「VEI7 class」とされている。

倶多楽・登別火山群活動履歴※1

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
完新世	A.D.1800頃 (裏地獄)	(水蒸気爆発)		
	A.D.1800頃 (大湯沼)	(水蒸気爆発)		
8.5ka-A.D.1663	Nb-a~ ※2	(水蒸気爆発)		
更新世	14.5ka 日和山溶岩ドーム	0.04	76.5	山縣 (1994) 森泉 (1998) 第四紀火山 カタログ委員 会編 (2000) 山元 (2014) Amma- Miyasaka et al. (2020)
	不明 樺湖アグルチネート	不明		
	44.1ka Kt-1: pfa,pfl,ps,sfa	14.4		
	ca.50ka Kt-2: pfa	10.2		
	不明 Kt-Tk: sfa	2.5		
	不明 東山	0.2		
	不明 北山溶岩類	0.5		
	不明 472m峰	0.2		
	ca.54ka Kt-3※3: pfa,afa,ps,pfl	20.1		
	不明 Kt-Hy: pfa,ps,afa,pfl	0.6		
第四紀	ca.75ka Kt-4: pfa,ps,pfl	11		
	ca.84ka Kt-6 (+Kt-5): pfa,ps,pfl	Kt-5: 不明 Kt-6: 16.8		
	90-85ka Kt-7: pfa,pfl	VEI7 class※4		
	不明 Kt-8?: pfl	不明		
	不明 石山溶岩流	不明		
先アヨロ ステージ	不明 地獄谷火砕丘	不明		



噴出量-年代階段ダイアグラム

- ※1 R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき作成した活動履歴を示していたが、今回、より新しい知見であるAmma-Miyasaka et al. (2020) に基づき見直した。
- ※2 後藤ほか (2013) によれば、12層の水蒸気噴火堆積物の各々の噴火堆積物の体積は 10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>オーダー、また、Goto et al. (2015) によれば、Nb-aの噴出物体積は、4.6×10<sup>5</sup>m<sup>3</sup>とされている。
- ※3 森泉 (1998) によれば、Kt-3に含まれる各ユニットの噴出物体積 (DRE) は以下のとおり。  
 ・火砕流: 2.2km<sup>3</sup>  
 ・火砕サージ: 0.05km<sup>3</sup>  
 ・降下軽石: 17.8km<sup>3</sup>
- ※4 Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば、Kt-7の噴出規模は、概算として「VEI7 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、噴出物体積 (DRE) を 100km<sup>3</sup>として図示している。

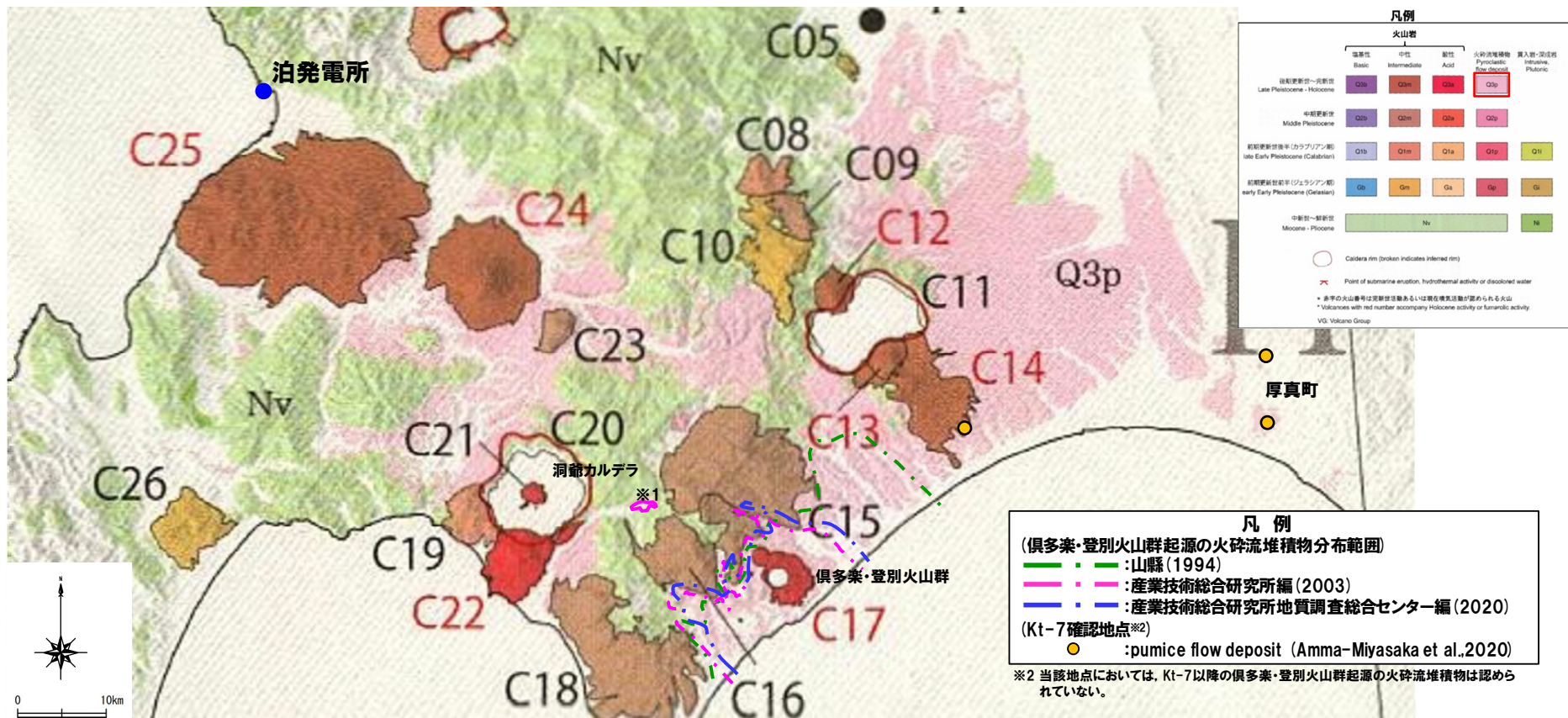


# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ③ 倶多楽・登別火山群における最大規模の噴火 (2/2)

一部修正 (R3/10/14 審査会合)

○ 倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物について、山縣 (1994) 等により分布範囲として示される範囲は、山体近傍に限定されるものの、Amma-Miyasaka et al. (2020) によれば倶多楽・登別火山群から北東方向に60km程度離れた厚真町付近においてKt-7 (pumice flow deposit) が認められるとされている。



※1 産業技術総合研究所編 (2003) においては、倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物が洞爺カルデラ付近に分布するとされているものの、産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) においては当該箇所の堆積物は、洞爺カルデラ起源の洞爺火砕流堆積物とされている。

倶多楽・登別火山群周辺の火山地質図 (中野ほか編 (2013) に加筆)

○ 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、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、巨大噴火であった可能性が否定できない。

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(1/13)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 最大規模の噴出物及びその噴出物体積は、106kaにTp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流) を噴出した噴火である。
- また、産業技術総合研究所 (2021) によれば、当該噴火の噴出物体積は170km<sup>3</sup> (DRE) とされている。

洞爺カルデラ活動履歴※1

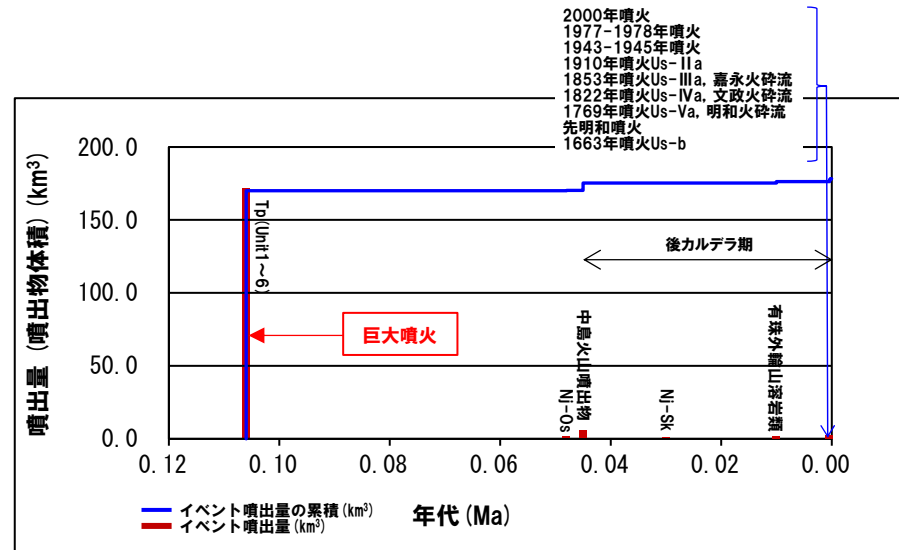
年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) Goto et al. (2018) Amma-Miyasaka et al. (2020) 産業技術総合研究所 (2021)
更新世				
106ka※2	Tp (Unit1~6) :afa,pfl	170	-	
	122.5ka	Os:r:pfa,afa,pfl※3	不明	産業技術総合研究所 (2021)

洞爺中島活動履歴※4

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014) Miyabuchi et al. (2014)
更新世				
ca.30ka	Nj-Sk :pumice-fall deposit	0.02	5.0	
0.045Ma	中島火山噴出物	5.0	5.0	
	ca.48ka	Nj-Os :pumice-fall deposit	0.26	

有珠山活動履歴

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 曾屋ほか (2007) 山元 (2014)
A.D.2000	有珠:2000年噴火	0.0006		
A.D.1977	有珠:1977-1978年噴火	0.05		
A.D.1943	有珠:1943-1945年噴火	0.006		
A.D.1910	有珠:1910年噴火Us-IIa	0.002		
A.D.1853	有珠:1853年噴火Us-IIIa, 嘉永火砕流	0.21	有珠山: 2.5	
A.D.1822	有珠:1822年噴火Us-IVa, 文政火砕流	0.17	昭和新山: 0.5未満	
A.D.1769	有珠:1769年噴火Us-Va, 明和火砕流	0.07		
17世紀末	有珠:先明和噴火	0.0006		
A.D.1663	有珠:1663年噴火Us-b	1.50		
7.5ka※5	外輪山:善光寺岩層なだれ	不明		
10ka※5	外輪山:ドンコロ山スコリア 外輪山:有珠外輪山溶岩類	不明 1 (有珠溶岩ドーム一括)※6		



噴出量-年代階段ダイアグラム

- ※1 R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき作成した活動履歴を示していたが、今回、より新しい知見であるGoto et al. (2018), Amma-Miyasaka et al. (2020) 及び産業技術総合研究所 (2021) に基づき見直した。
- ※2 Marsden et al. (2021) において、(U-Th) /He法を用いた新しい年代測定の結果、洞爺火砕流堆積物下位のKm-2 (原別岳起源) の噴出年代を96±5kaとし、洞爺火砕流の噴出年代は96±5kaより新しい可能性があることを示唆するとされているが、Marsden et al. (2021), Amma-Miyasaka et al. (2020) のいずれの年代値を用いても、洞爺カルデラ (後カルデラ火山含む) の評価結果は変わらないため、当該表には、Amma-Miyasaka et al. (2020) の年代値を示すこととした。
- ※3 Osrは、金田ほか (2020) において、前駆活動として示される長流川火砕流堆積物に対応する。同文献には、前駆活動として、長流川火砕流堆積物 (Osr)、滝ノ上火砕流堆積物及び壮瞥火砕流堆積物が示されているが、滝ノ上火砕流堆積物及び壮瞥火砕流堆積物は、給源不明とされていることから、洞爺カルデラの活動履歴には、Osrを反映している。
- ※4 産業技術総合研究所 (2021) によれば、北東岬ドームの岩石を対象に実施したK-Ar年代分析の結果、0.10±0.03Maが得られており、この結果から、中島火山は洞爺カルデラ形成噴火の直後から活動を始めていた可能性があると考えられている。
- ※5 善光寺岩層なだれの流下が20ka以前であり、有珠外輪山溶岩がそれまでに形成されていたとする文献 (藤根ほか, 2016) や、善光寺岩層なだれの流下が16kaであるとされる文献もある (Goto et al., 2019)。
- ※6 Miyabuchi et al. (2014) によれば、有珠外輪山溶岩の噴出物体積は、0.5km<sup>3</sup>とされている。

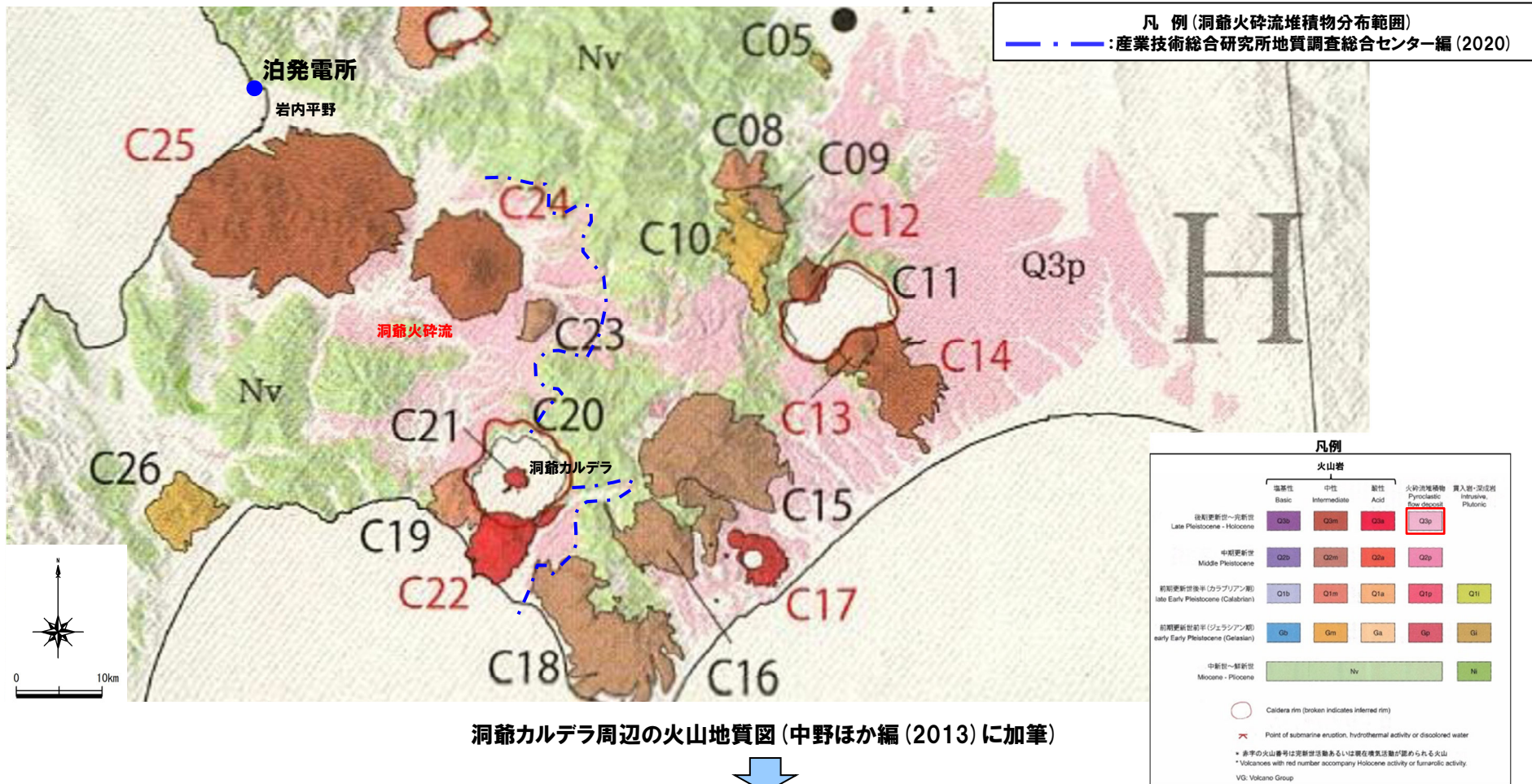


# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火 (2/13)

一部修正 (R3/10/14 審査会合)

○洞爺火砕流堆積物は、産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) によれば、洞爺カルデラ周辺に広範囲に認められ、敷地方向では岩内平野まで認められる (岩内平野及び敷地における当社地質調査の結果は次頁～P55参照)。



洞爺カルデラ周辺の火山地質図 (中野ほか編 (2013) に加筆)

○洞爺カルデラのTp (洞爺火山灰 (Toya) 及び洞爺火砕流) を噴出した噴火は、噴出物体積が20km<sup>3</sup>以上とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから、巨大噴火に該当する。

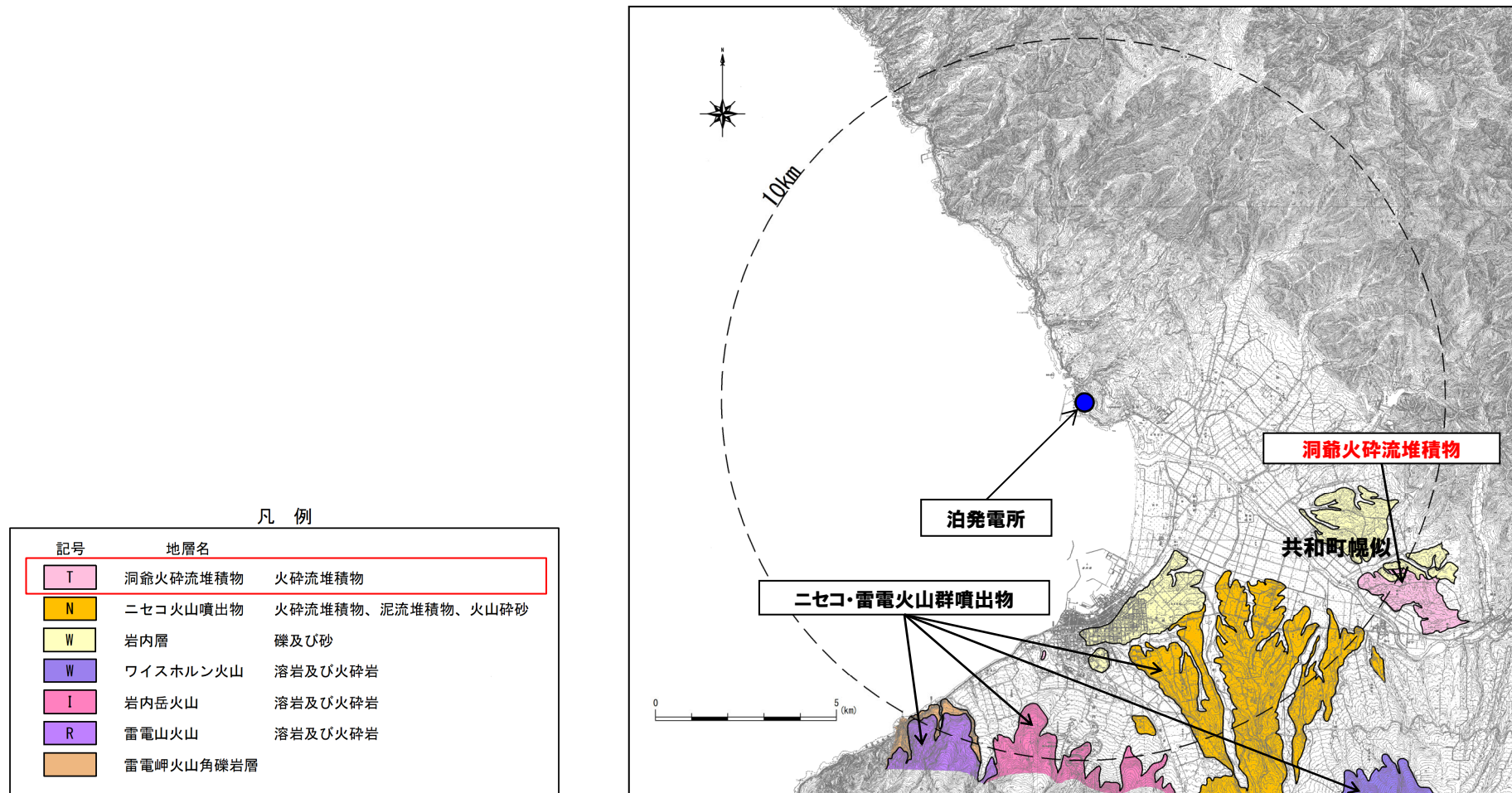
## 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

### ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火 (3/13)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

#### 【岩内平野における当社調査結果】

○敷地周辺及び敷地近傍における地形調査、地表地質踏査等の結果、敷地から南東側に10km程度離れた共和町幌似付近において、洞爺火砕流堆積物が認められる。



敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図



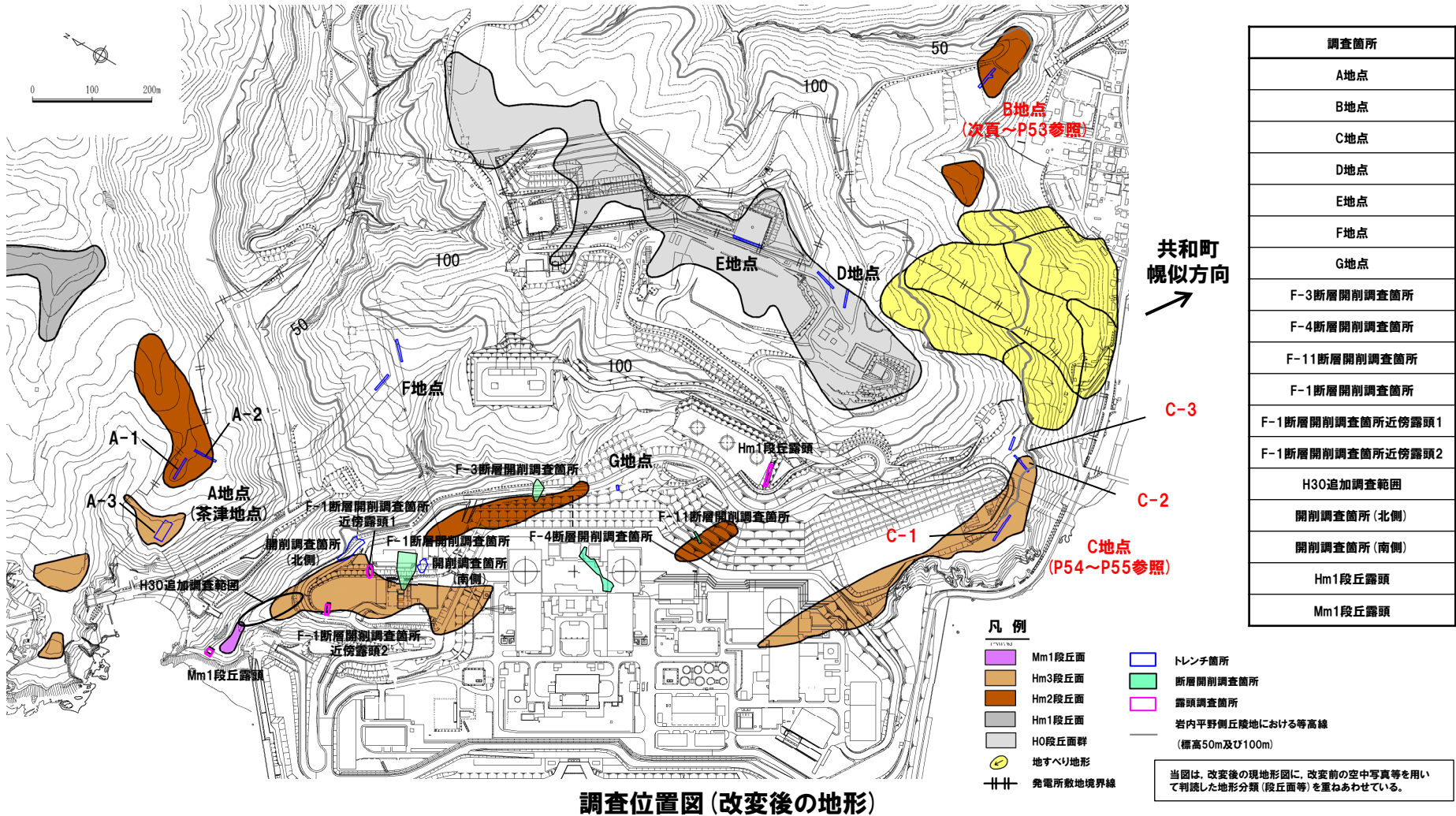
# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(4/13)

一部修正 (H30/5/11審査会合)

**【敷地における当社調査結果】**

- 敷地の南東側(共和町幌似方向)に存在する丘陵地におけるB地点及びC地点の地質調査の結果、洞爺火砕流堆積物は確認されない(次頁～P55参照)。
- また、敷地の各地点における地質調査においても、洞爺火砕流堆積物は確認されない。



当図は、改変後の現地形図に、改変前の空中写真等を用いて判読した地形分類(段丘面等)を重ねあわせている。



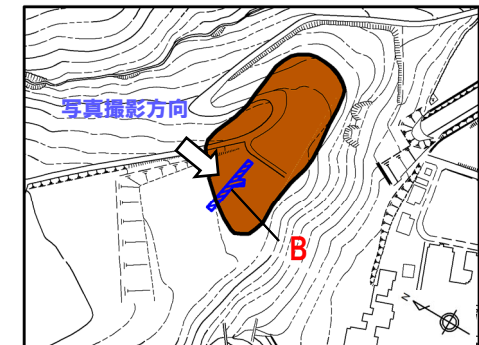
## 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

### ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火 (5/13)

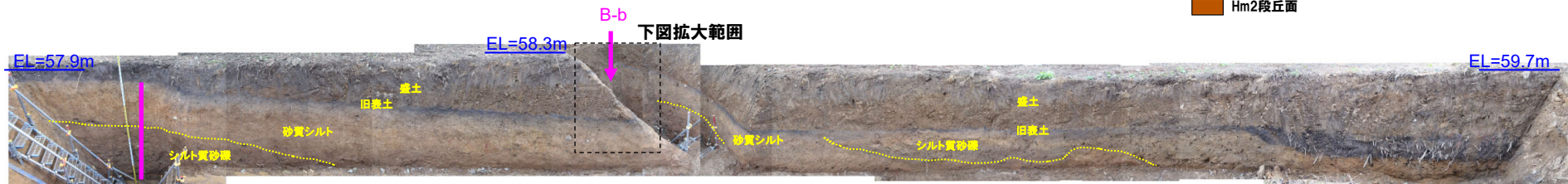
一部修正 (H29/12/8審査会合)

#### 【B地点】

- 下位から、シルト質砂礫層、砂質シルト層及びシルト質砂礫層が認められる。
- 洞爺火砕流堆積物は認められない。

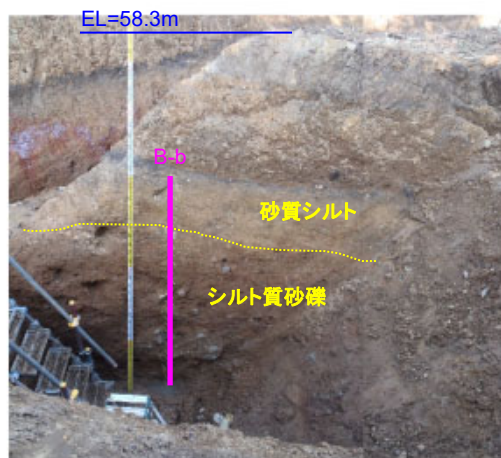


凡例  
Hm2段丘面



B-a

トレンチ壁面写真 (B地点)



測線B-b付近拡大図

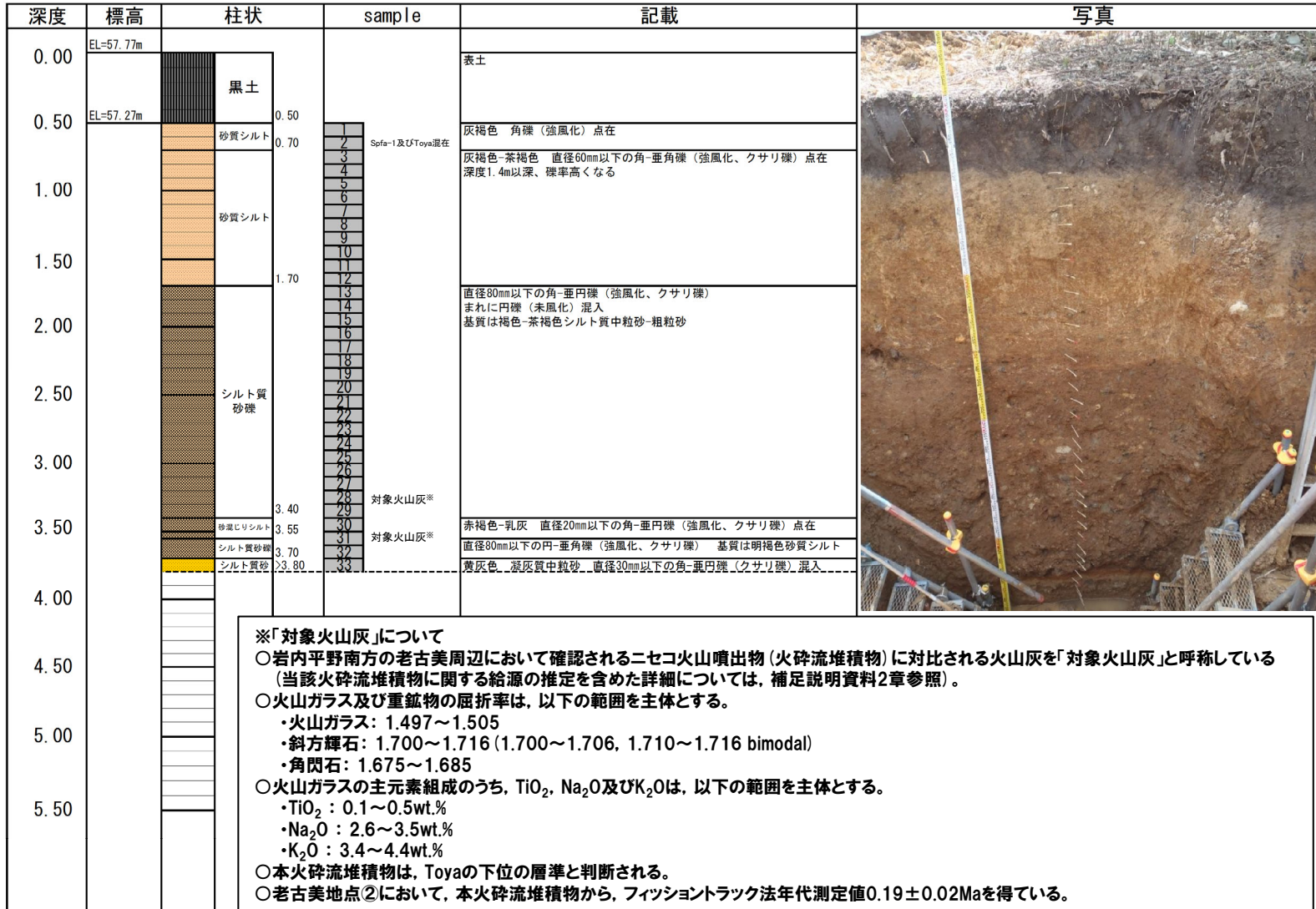
余白

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(6/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)

【露頭柱状図(B-a)】

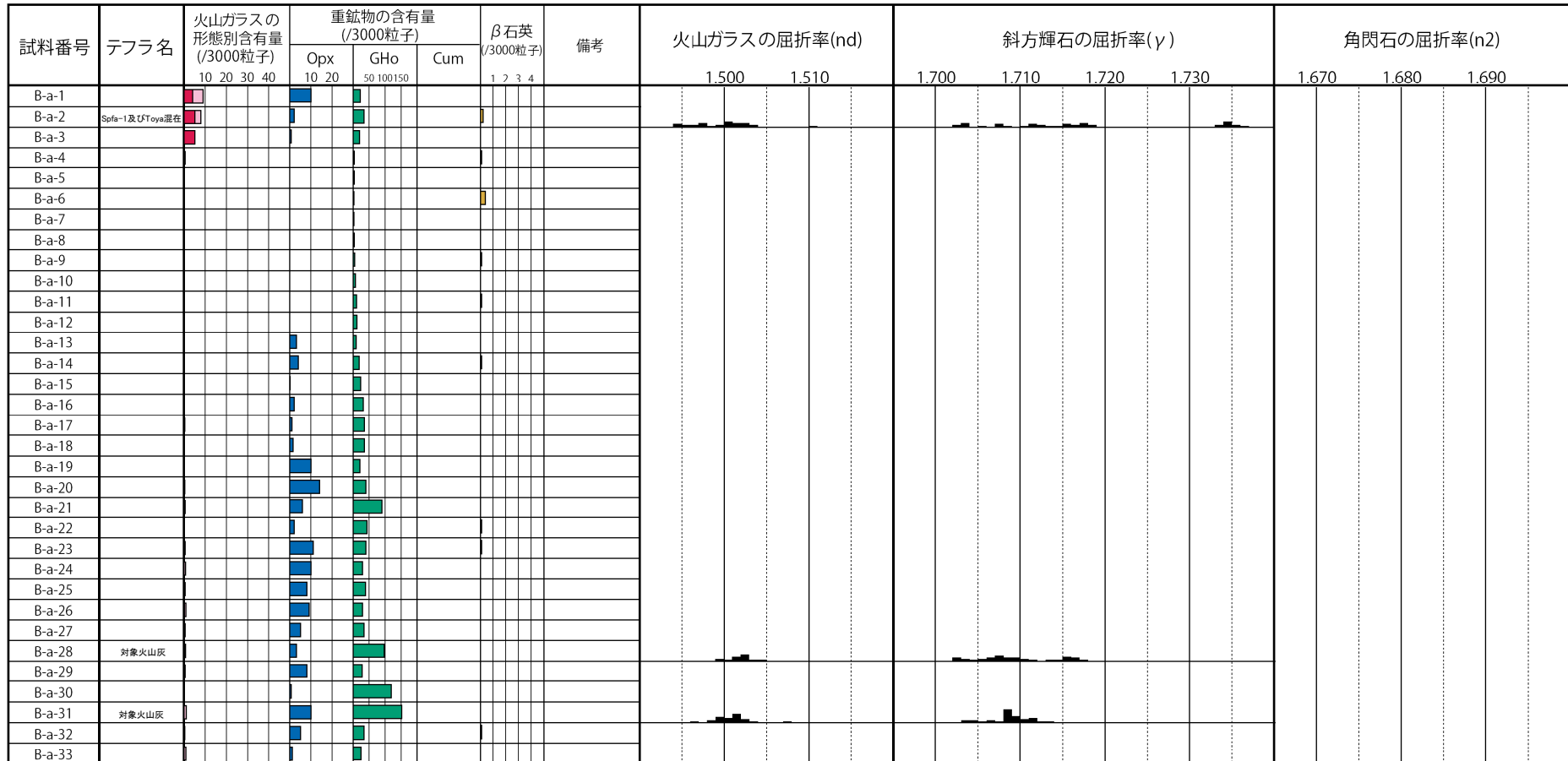


敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰(Toya)、支笏第1降下軽石(Spfa-1)及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(7/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)



■ パブルウォール(Bw)タイプ  
■ バミス(Pm)タイプ  
■ 低発泡(O)タイプ  
■ Opx:斜方輝石  
■ GHo:緑色普通角閃石  
■ Cum:カミングトン閃石

「火山灰年代値の精度向上」を目的に、H29年に調査を実施したものであり、主に陸上堆積物を対象に、各単層中で火山ガラスが相対的に多く含まれる箇所又は単層の境界部において、屈折率測定及び主成分分析を実施している。

Count個数  
20

### B-a 火山ガラス及び重鉱物分析結果

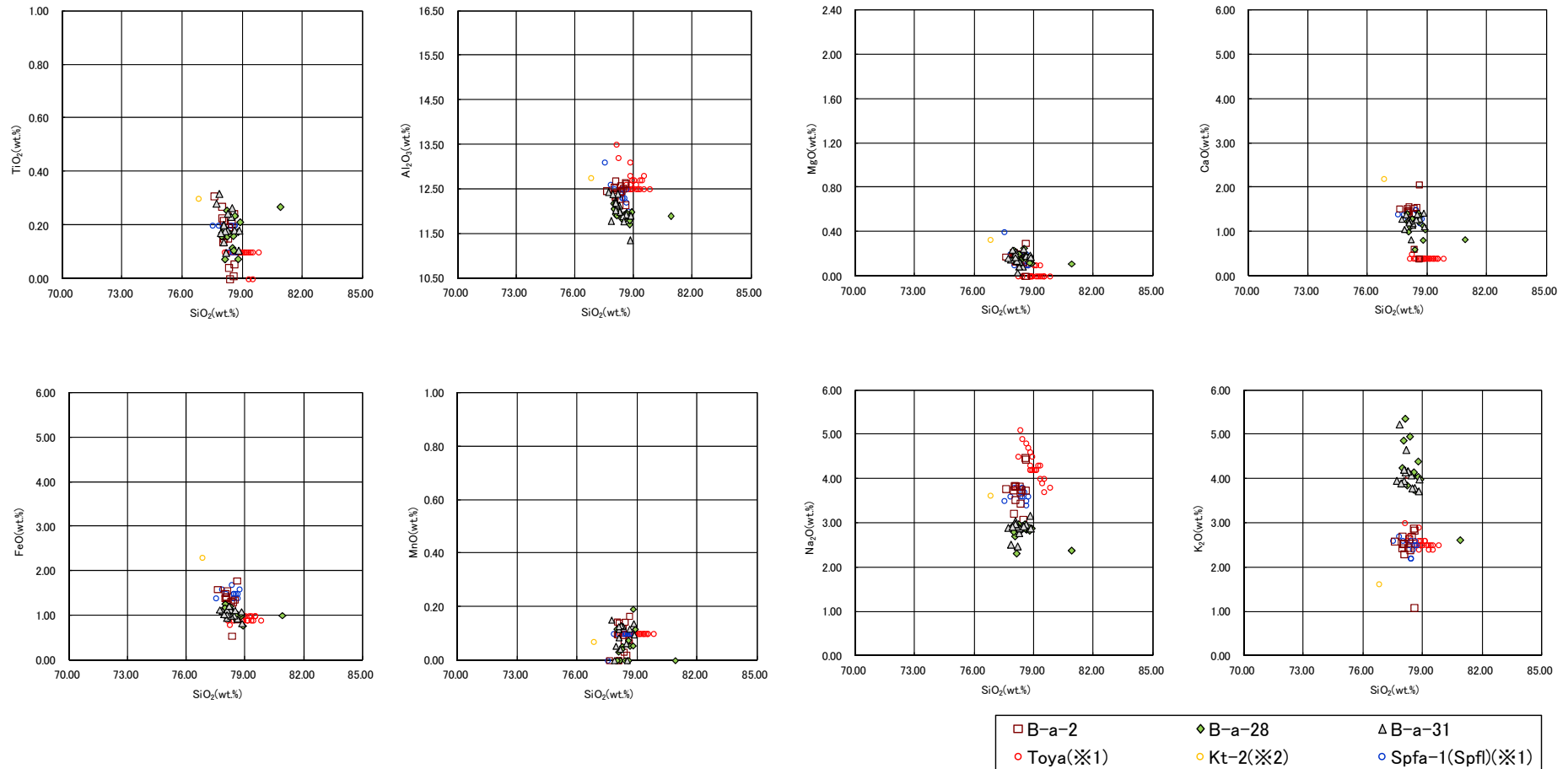
敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰 (Toya)、支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。

余白

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火 (8/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

B-a 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)

敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰 (Toya)、支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。



# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(9/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)

【露頭柱状図(B-b)】



敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰(Toya)、支笏第1降下軽石(Spfa-1)及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。



# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(10/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)

試料番号	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量 (/3000粒子)	重鉱物の含有量 (/3000粒子)			β石英 (/3000粒子)	備考	火山ガラスの屈折率(nd)			斜方輝石の屈折率(γ)				角閃石の屈折率(n2)			
			Opx	GHo	Cum			1.500	1.510	1.520	1.700	1.710	1.720	1.730	1.670	1.680	1.690	
B-b-1	Spfa-1混在																	
B-b-2																		
B-b-3	Spfa-1及びToya混在																	
B-b-4																		
B-b-5																		
B-b-6	Spfa-1及びToya混在																	
B-b-7																		
B-b-8																		
B-b-9																		
B-b-10																		
B-b-11																		
B-b-12																		
B-b-13																		
B-b-14																		
B-b-15																		
B-b-16																		
B-b-17																		
B-b-18																		
B-b-19																		
B-b-20																		
B-b-21																		
B-b-22	対象火山灰																	
B-b-23																		
B-b-24																		
B-b-25																		
B-b-26	対象火山灰																	
B-b-27																		
B-b-28																		

■ パブルウォール(Bw)タイプ  
■ パミス(Pm)タイプ  
■ 低発泡(O)タイプ  
■ Opx:斜方輝石  
■ GHo: 緑色普通角閃石  
■ Cum: カミングトン閃石

「火山灰年代値の精度向上」を目的に、H29年に調査を実施したものであり、主に陸上堆積物を対象に、各単層中で火山ガラスが相対的に多く含まれる箇所又は単層の境界部において、屈折率測定及び主成分分析を実施している。

Count個数  
20

### B-b 火山ガラス及び重鉱物分析結果

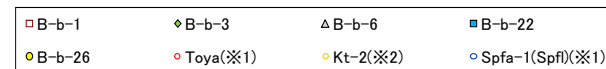
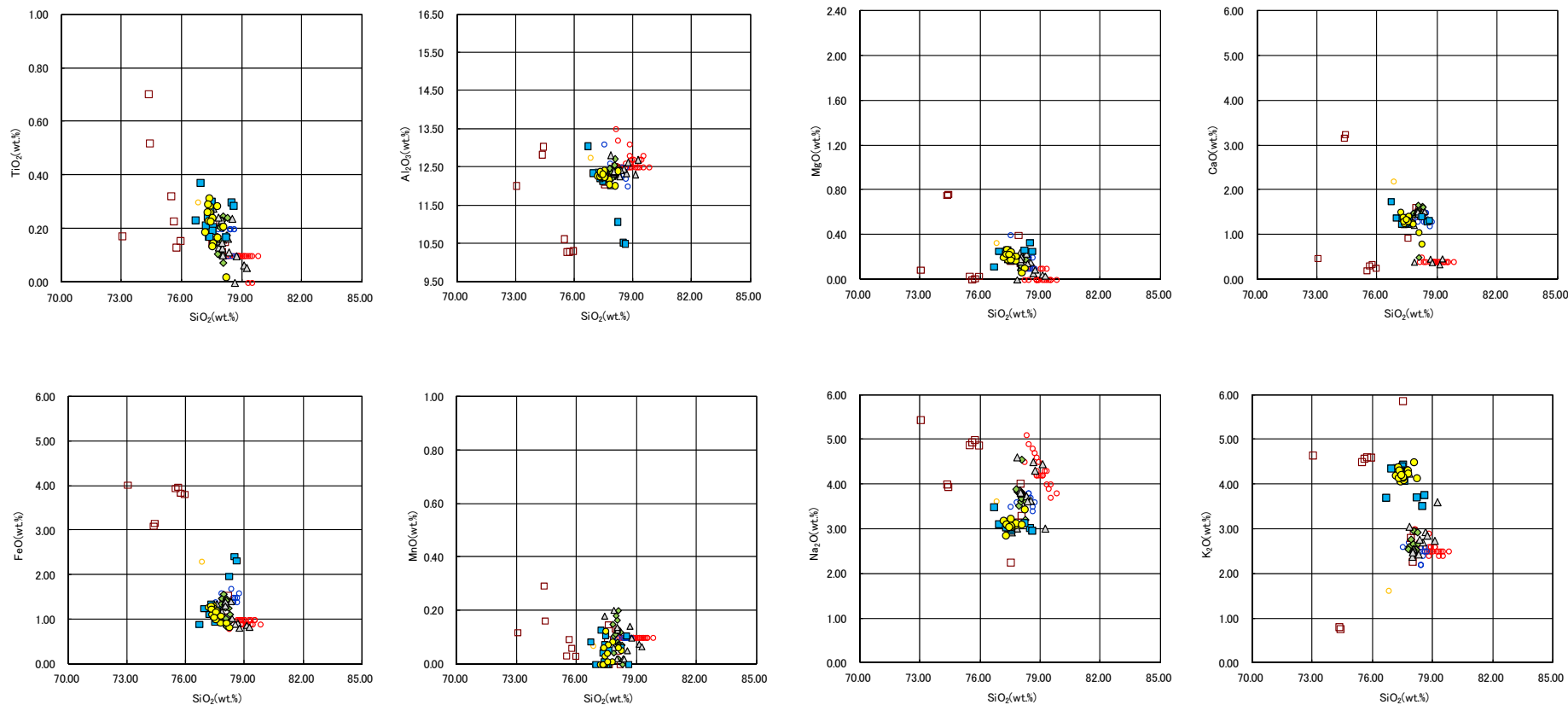
敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰 (Toya)、支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。

余白

## 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(11/13)

一部修正 (H29/12/8審査会合)



※1 町田・新井(2011), ※2 青木・町田(2006)

B-b 火山ガラスの主元素組成 (ハーカー図)

敷地における地質調査の結果、堆積物中に洞爺火山灰 (Toya)、支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び対象火山灰に対比される火山ガラスが認められるものの、組成分析の結果、これらの火山ガラスの粒子数は少ない。

## 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

### ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(12/13)

一部修正 (H30/5/11審査会合)

#### 【C-1トレンチ】

- 本調査箇所では、基盤岩の上位に、海成堆積物(円～亜角礫のクサリ礫が混じる砂礫層、淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(シルト混じり砂礫層、礫混じり砂質シルト層、シルト質砂層)が認められる。
- 本調査箇所はHm3段丘面が判読されることから、海成堆積物はHm3段丘堆積物に区分される。
- Hm3段丘堆積物の上位のシルト混じり砂礫層及び礫混じり砂質シルト層は、角礫が混じり、下位のHm3段丘堆積物を削り込んで堆積していることから、斜面II堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物は認められない。

#### 【C-2トレンチ】

- 本調査箇所では、基盤岩の上位に海成堆積物(亜円礫主体で風化した礫がわずかに混じる砂礫層及び淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(角礫が混じるシルト質砂礫層、シルト質砂層)が認められる。
- 海成堆積物は、以下の理由から、Hm2段丘堆積物相当層に区分される。
  - ・海成堆積物及び本堆積物に覆われる範囲の基盤岩の上面標高は、積丹半島西岸における他地点のHm2段丘の上面標高と同程度である。
  - ・海成堆積物上部の砂層には水平な葉理が認められ、他地点における段丘堆積物と同様、水平に堆積している状況が確認される。
  - ・基盤岩は傾斜しており、段丘基盤(緩やかな平坦面)を有していない。
- Hm2段丘堆積物相当層を不整合で覆うシルト質砂礫層及びシルト質砂層は、角礫が混じる状況であることから、斜面II堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物は認められない。

#### 【C-3トレンチ】

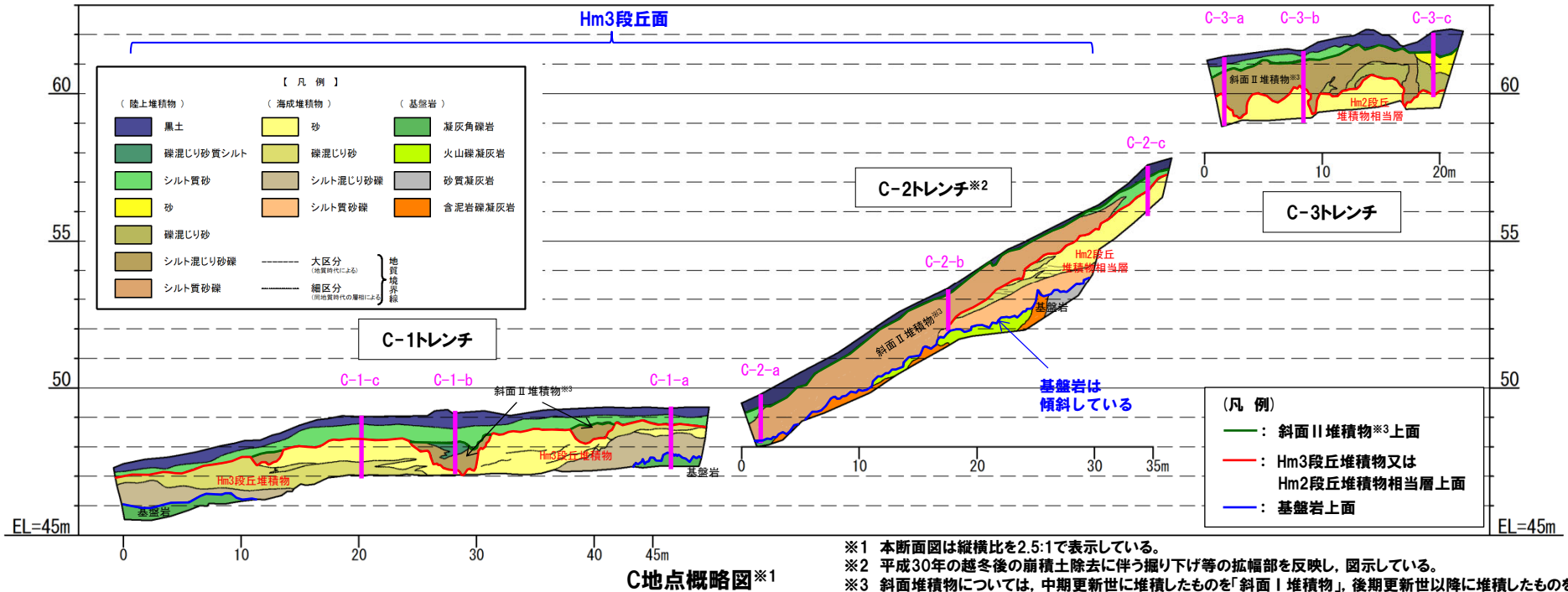
- 本調査箇所では、基盤岩は確認されないものの、下位から、海成堆積物(淘汰の良い砂層)及び陸上堆積物(角礫が混じるシルト混じり砂礫層、礫混じり砂層、シルト質砂層)が認められる。
- 海成堆積物は、C-2トレンチにおけるHm2段丘堆積物相当層と層相が調和的である。
- 本調査箇所はC-2トレンチ背後の段丘面が判読されない緩斜面に位置し、海成堆積物はC-2トレンチに連続しているものと判断されることから、Hm2段丘堆積物相当層に区分される。
- Hm2段丘堆積物相当層を不整合で覆うシルト混じり砂礫層及び礫混じり砂は、角礫が混じる状況であることから、斜面II堆積物に区分される。
- 本露頭では、洞爺火砕流堆積物は認められない。

C-1トレンチ、C-2トレンチ及びC-3トレンチにおける地質調査結果の詳細は、R3.7.2審査会合資料「泊発電所3号炉 地盤(敷地の地質・地質構造)に関するコメント回答」及び同補足説明資料に記載。

# 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

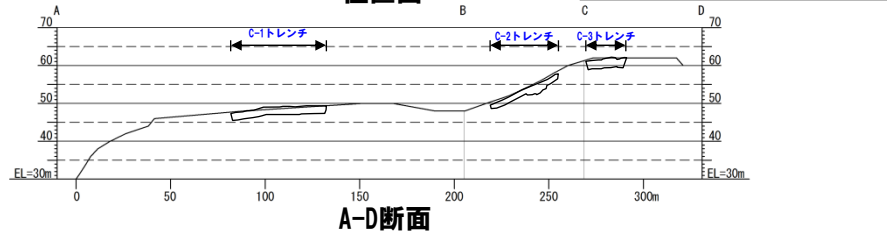
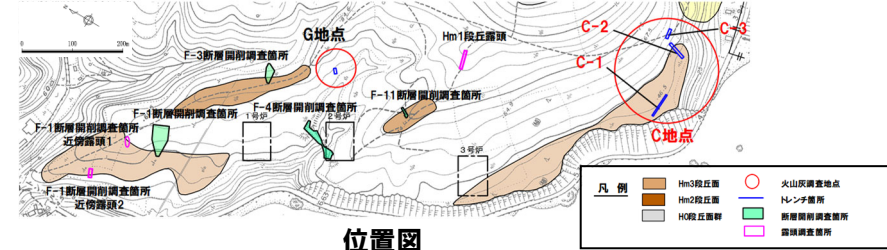
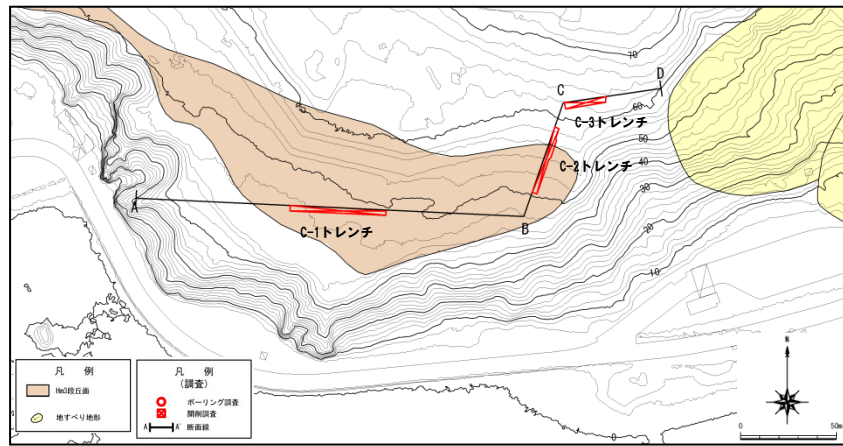
## ④ 洞爺カルデラにおける最大規模の噴火(13/13)

一部修正 (H30/5/11審査会合)



- ※1 本断面図は縦横比を2.5:1で表示している。
- ※2 平成30年の越冬後の崩積土除去に伴う掘り下げ等の拡幅部を反映し、図示している。
- ※3 斜面堆積物については、中期更新世に堆積したものを「斜面I堆積物」、後期更新世以降に堆積したものを「斜面II堆積物」と呼称している。

C地点概略図※1



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ① 巨大噴火の可能性評価方法(1/2)

- 過去に巨大噴火が発生した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。
- 評価に当たっては、洞爺カルデラの噴火履歴、噴出物体積等を整理し、評価方法について検討する。
- 洞爺カルデラ、洞爺中島及び有珠山の噴火履歴、噴出物体積等を次頁に示す。
- 噴火履歴、噴出物体積等については、P15に示すカタログ等に加え、洞爺カルデラを含む支笏-洞爺火山地域の噴火履歴をまとめているAmma-Miyasaka et al. (2020) 及び関連する文献を参照し、またそれと異なる報告がある場合は注釈にその旨を付した。
- 次頁に示す噴火履歴に記載はないが、西来ほか編(2012)「第四紀火山岩体・噴火岩体データベース」及び産業技術総合研究所「日本の火山(DB)」によれば、洞爺カルデラは約14万年前にカルデラが形成されたとされている。
- また、町田・新井(2011)によれば、Tp(洞爺火山灰(Toya)及び洞爺火砕流)を噴出した噴火によって現在の姿が形成されたといえるが、この噴火が優れて水蒸気マグマ噴火の性質をもっていること及びこのテフラより古い火砕流堆積物が数枚カルデラの周りに存在することなどから、この噴火以前にもカルデラ様の低地ないし水域の存在が推定されるとされている。



- 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、噴出物体積が約170km<sup>3</sup>(DRE)とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから(P40~P55参照)、巨大噴火に該当する。
- 約11万年前にTpを噴出した噴火以降の後カルデラ期においては、いずれの噴火も噴出物体積が5km<sup>3</sup>(DRE)以下であることから、いずれの噴火も巨大噴火に該当しない。
- 約11万年前の噴火以前に存在していたことが推定されるカルデラ様の低地ないし水域は、噴火によって形成された可能性が考えられるものの、その噴火規模は不明である。
- このため、洞爺カルデラにおいて巨大噴火に該当する噴火は、約11万年前にTpを噴出した噴火のみと解釈し、巨大噴火の可能性評価を実施することとした。
- この場合、洞爺カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間等の活動履歴の観点から巨大噴火の可能性を評価することはできない。
- したがって、巨大噴火の可能性については、以下の地球物理学的調査の結果から、現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか及び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るかどうかにより評価する。

#### 【地球物理学的調査】

- ・火山性地震(P58~P63参照)
- ・地殻変動(P64~P75参照)
- ・地下構造(地震波速度構造(P86~P87参照)、比抵抗構造(P88~P93参照)及び重力異常(P94参照))

#### 洞爺カルデラの概要

火山名*1	C20 洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)
	C21 洞爺中島
	C22 有珠山
敷地からの距離	54.8km (洞爺中島:55.1km, 有珠山:60.7km)
火山の形式*2	洞爺カルデラ:火砕流台地-カルデラ 洞爺中島:溶岩ドーム 有珠山:成層火山, 溶岩ドーム
活動年代	洞爺カルデラ:約14万年前にカルデラ形成*2 洞爺中島:4万-3万年前*2 (4万5千年前)*3 有珠山:2万ないし1.5万年前に活動開始*2
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)」2021年12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」2021年12月確認。

\*3 山元(2014), 噴出量-年代階段ダイアグラムの作成において採用。



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ① 巨大噴火の可能性評価方法(2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

洞爺カルデラ活動履歴※4

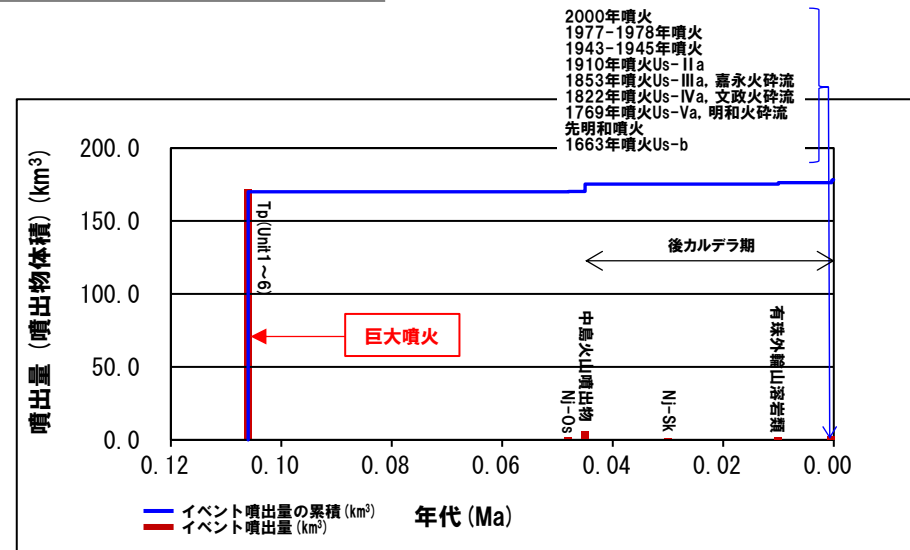
年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) Goto et al. (2018) Amma-Miyasaka et al. (2020) 産業技術総合研究所 (2021)
	更新世			
	106ka <sup>※5</sup>	Tp (Unit 1~6) :afa,pfl	170	
	122.5ka	Osr:pfa,afa,pfl <sup>※6</sup>	不明	

洞爺中島活動履歴※7

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献	
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 山元 (2014) Miyabuchi et al. (2014)	
	更新世				
	ca.30ka	Nj-Sk :pumice-fall deposit	0.02		5.0
	0.045Ma	中島火山噴出物	5.0		
	ca.48ka	Nj-Os :pumice-fall deposit	0.26		

有珠山活動履歴

年代	噴出物名	噴出物体積 DRE (km <sup>3</sup> )	火山体積 (km <sup>3</sup> )	参考文献	
第四紀	完新世			第四紀火山カタログ委員会編 (2000) 曾屋ほか (2007) 山元 (2014)	
	A.D.2000	有珠:2000年噴火	0.0006		
	A.D.1977	有珠:1977-1978年噴火	0.05		
	A.D.1943	有珠:1943-1945年噴火	0.006		
	A.D.1910	有珠:1910年噴火Us-IIa	0.002		
	A.D.1853	有珠:1853年噴火Us-IIIa, 嘉永火砕流	0.21		有珠山: 2.5
	A.D.1822	有珠:1822年噴火Us-IVa, 文政火砕流	0.17		昭和新山: 0.5未満
	A.D.1769	有珠:1769年噴火Us-Va, 明和火砕流	0.07		
	17世紀末	有珠:先明和噴火	0.0006		
	A.D.1663	有珠:1663年噴火Us-b	1.50		
	7.5ka <sup>※8</sup>	外輪山:善光寺岩なだれ	不明		
10ka <sup>※8</sup>	外輪山:ドンコロ山スコリア	不明			
	外輪山:有珠外輪山溶岩類	1 (有珠溶岩ドームも一括) <sup>※9</sup>			



噴出量-年代階段ダイアグラム

※4 R3.10.14審査会合資料では、山元 (2014) に基づき作成した活動履歴を示していたが、今回、より新しい知見であるGoto et al. (2018), Amma-Miyasaka et al. (2020) 及び産業技術総合研究所 (2021) に基づき見直した。

※5 Marsden et al. (2021) において、(U-Th)/He法を用いた新しい年代測定の結果、洞爺火砕流堆積物下位のKm-2 (原別岳起源) の噴出年代を96±5kaとし、洞爺火砕流の噴出年代は96±5kaより新しい可能性があることを示唆するとされているが、Marsden et al. (2021), Amma-Miyasaka et al. (2020) のいずれの年代値を用いても、洞爺カルデラ (後カルデラ火山含む) の評価結果は変わらないため、当該表には、Amma-Miyasaka et al. (2020) の年代値を示すこととした。

※6 Osrは、金田ほか (2020) において、前駆活動として示される長流川火砕流堆積物に対応する。同文献には、前駆活動として、長流川火砕流堆積物 (Osr)、滝ノ上火砕流堆積物及び壮瞥火砕流堆積物が示されているが、滝ノ上火砕流堆積物及び壮瞥火砕流堆積物は、給源不明とされていることから、洞爺カルデラの活動履歴には、Osrを反映している。

※7 産業技術総合研究所 (2021) によれば、北東岬ドームの岩石を対象に実施したK-Ar年代分析の結果、0.10±0.03Maが得られており、この結果から、中島火山は洞爺カルデラ形成噴火の直後から活動を始めていた可能性があると考えられている。

※8 善光寺岩なだれの流下は20ka以前であり、有珠外輪山溶岩がそれまでに形成されていたとする文献 (藤根ほか, 2016) や、善光寺岩なだれの流下が16kaであるとされる文献もある (Goto et al., 2019)。

※9 Miyabuchi et al. (2014) によれば、有珠外輪山溶岩の噴出物体積は、0.5km<sup>3</sup>とされている。

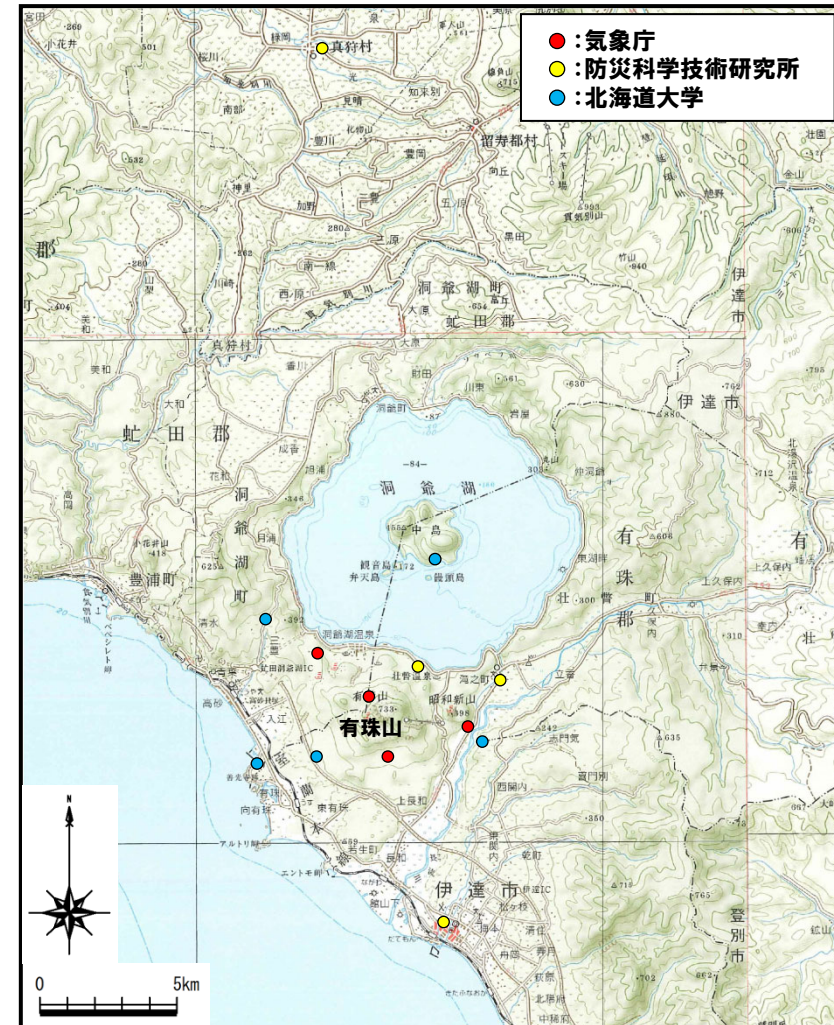


## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ②-1 火山性地震(気象庁編, 2013) (1/2)

再掲(H25/11/13審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺には、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。



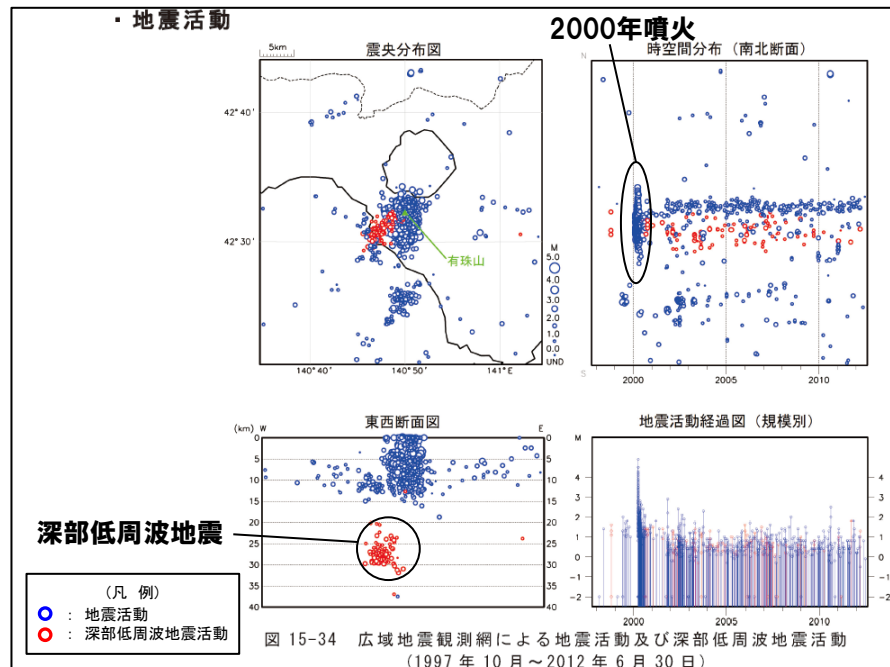
洞爺カルデラ周辺の地震計位置図  
(気象庁編(2013)「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

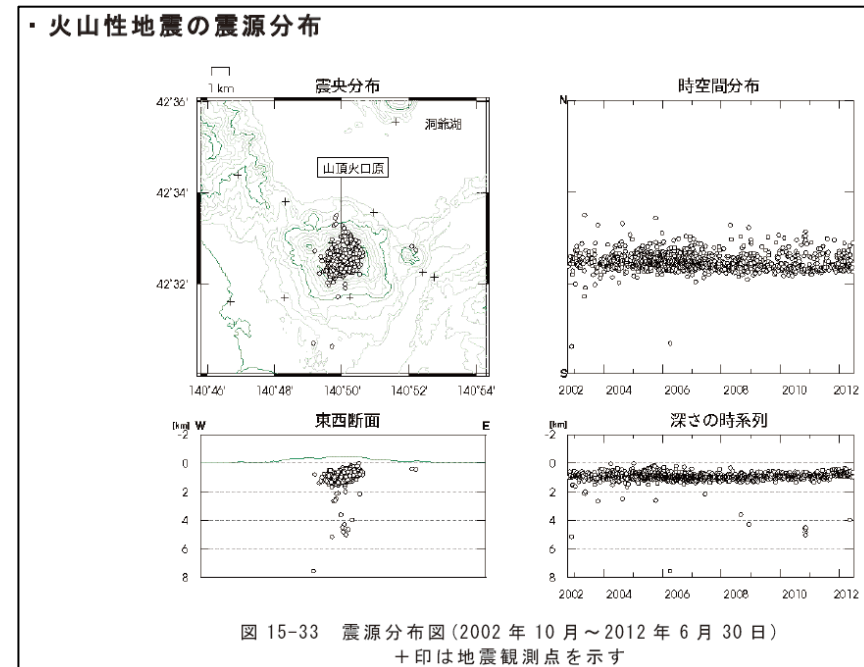
### ②-1 火山性地震(気象庁編, 2013)(2/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺の地震活動(1997年10月～2012年6月)及び有珠山の火山性地震の震源分布(2002年10月～2012年6月)を下図に示す。
- 洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に震央が集中している。
- 浅部の地震活動は、2000年の噴火時に最大となり、噴火後は横ばいで変化の兆候は認められない。
- 噴火後の火山性地震は、山頂火口原(深さ2km以浅)付近に集中しており、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
- 深部低周波地震活動は、有珠山の南西付近に認められるが、噴火を挟んで規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



洞爺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)



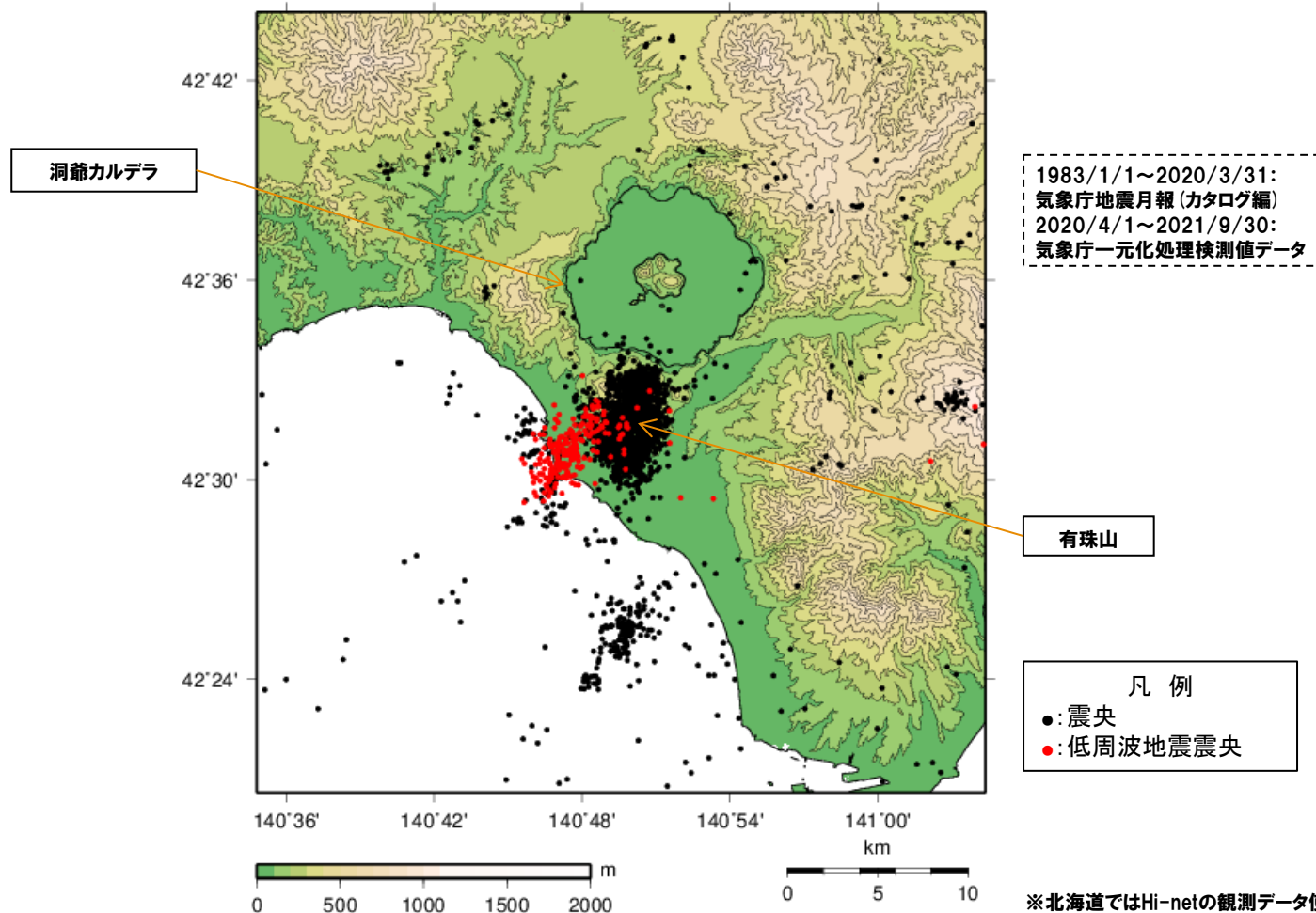
有珠山の火山性地震の震源分布  
(2002年10月～2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

②-2 火山性地震(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)(1/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 過去約40年間における洞爺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~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)を使用した。
- 洞爺カルデラ周辺においては、有珠山周辺に震央が集中している。



洞爺カルデラ周辺の震央分布図※  
(1983年1月1日~2021年9月30日の記録(深さ40km以浅))

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

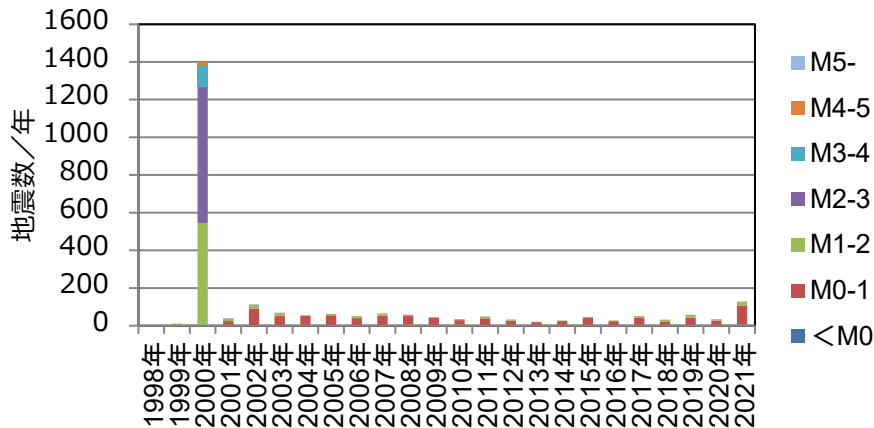
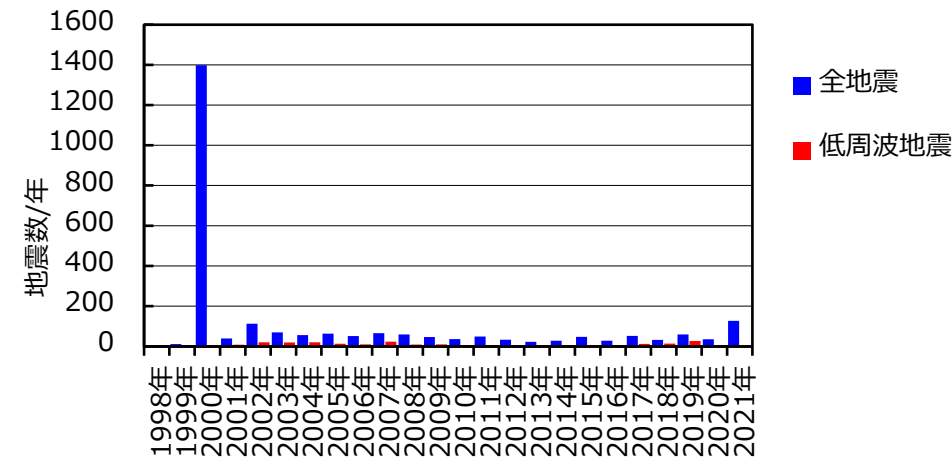
## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ②-2 火山性地震(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)(2/2)

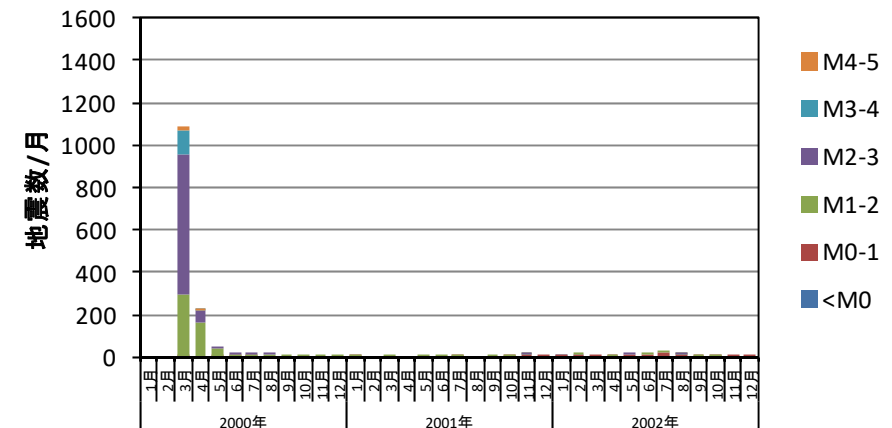
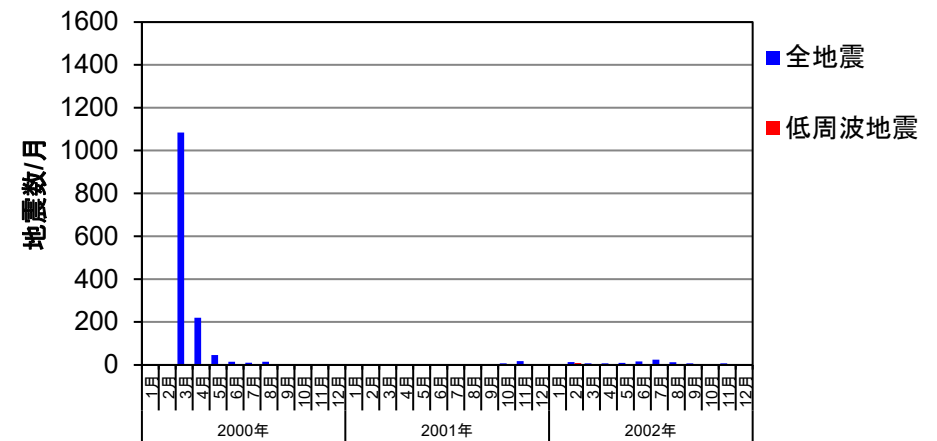
一部修正(H25/11/13審査会合)

○2000年噴火前後の有珠山周辺における年別及び月別の地震発生数を整理した結果、以下の特徴が認められる。

- ・2000年の噴火時に火山性地震と考えられる、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
- ・地震発生数は、有珠山噴火時の2000年3月に最も多く、噴火後には発生頻度が低くなっている。
- ・2001年以降、マグニチュード1以上の地震の発生はほとんど認められず、現在、地震活動は低調に経過している。



地震発生数の年別時間変化※1, 2  
(1998～2021年 深さ40km以浅)



地震発生数の月別時間変化※1  
(2000～2002年 深さ40km以浅)

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

※2 2021年は1月1日～9月30日のデータを掲載。

余白

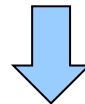


## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ②-3 火山性地震(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 洞爺カルデラ周辺の地震活動について文献調査を行った。
- 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)」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)について検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
  - ・洞爺カルデラ周辺の地震活動は、有珠山周辺に集中している。
  - ・有珠山周辺の浅部の地震活動は、2000年の噴火時に頻度が最大となり、マグニチュード1～4の地震が多く認められる。
  - ・噴火後はマグニチュード1以上の地震の発生はほとんど認められず、マグニチュード0～1の地震が横ばいに続いており、変化の兆候は認められない。
  - ・噴火後の火山性地震は、山頂火口原付近に集中しており、時空間分布に変化の兆候は認められない。
  - ・深部低周波地震活動は、噴火を挟んで時空間分布に変化の兆候は認められない。



- 地震活動は、洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、活動中心は有珠山周辺に限定的であり、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

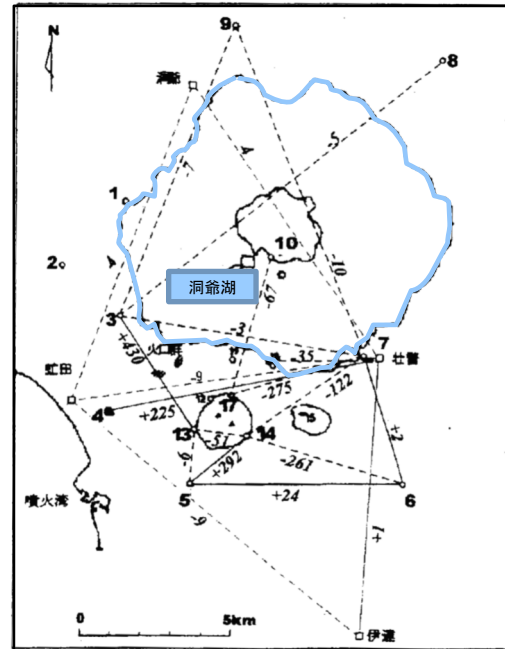
### ③-1 地殻変動(文献調査)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

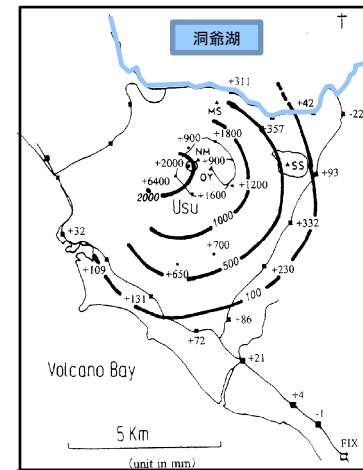
○洞爺カルデラ周辺の地殻変動に関する文献調査を実施した。

【森ほか(2000)】

○洞爺カルデラ域を含めて広域での収縮が認められるのに対し、有珠山西部を中心とした、山体の著しい膨張が明らかである。



斜距離の変化  
暫定値(単位:cm)



森ほか(2000)による測角・辺長測量結果(左図)・  
水準測量結果(右図)(加筆)



○洞爺カルデラ周辺において、広域的な地殻変動は認められない。

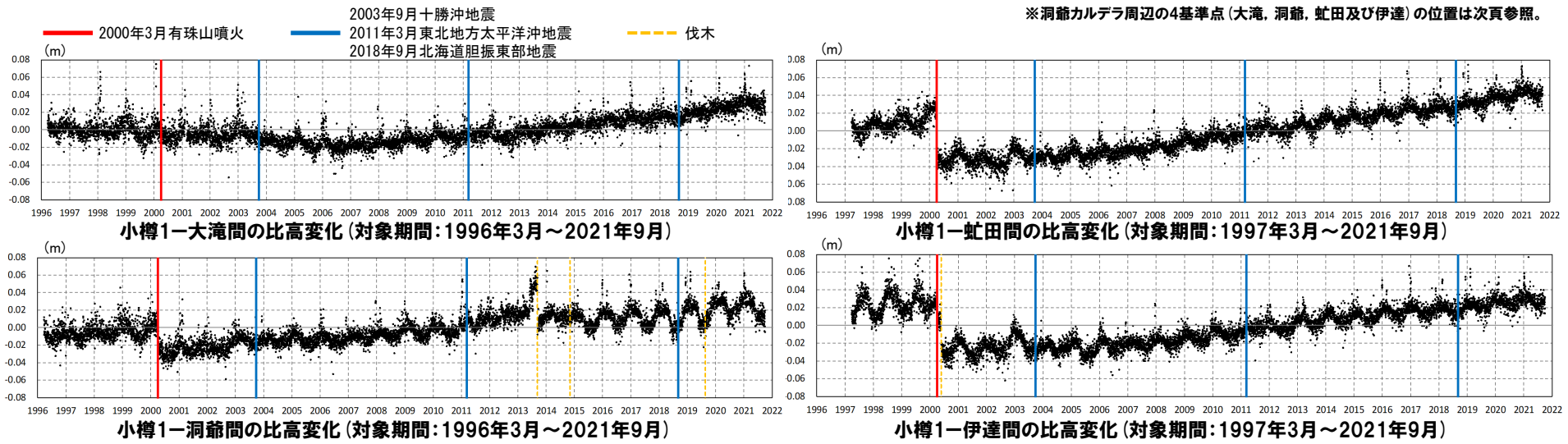


# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ③-2 地殻変動(上下変動)(1/5)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 国土地理院の電子基準点データを用いて、洞爺カルデラ周辺の地殻変動について解析を行った。
- 洞爺カルデラ周辺の4基準点※(大滝、洞爺、虻田及び伊達)について、各電子基準点設置以降から2020年までの年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁～P69に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)及び北海道胆振東部地震発生前後(下表青枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

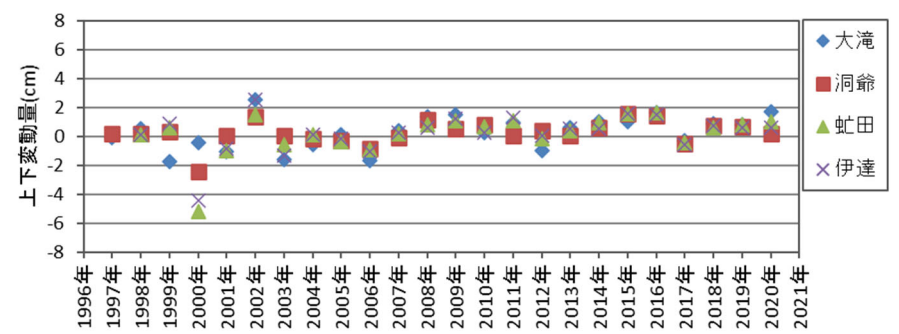


年間上下変動量 (cm) (固定局:小樽1)

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年	2008年
大滝	-0.08	+0.53	-1.74	-0.40	-1.05	+2.53	-1.56	-0.52	+0.11	-1.67	+0.40	+1.38
洞爺	+0.20	+0.23	+0.34	-2.45	+0.04	+1.38	+0.06	-0.13	-0.30	-0.85	-0.08	+1.15
虻田	-	+0.11	+0.62	-5.21	-0.96	+1.53	-0.53	+0.13	-0.35	-0.87	+0.22	+0.81
伊達	-	+0.15	+0.88	-4.45	-0.86	+2.55	-1.32	+0.11	-0.15	-1.06	+0.24	+0.64
	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
大滝	+1.50	+0.29	+0.99	-0.94	+0.62	+1.03	+1.04	+1.66	-0.29	+0.88	+0.82	+1.74
洞爺	+0.53	+0.81	+0.04	+0.44	+0.09	+0.60	+1.57	+1.45	-0.49	+0.77	+0.68	+0.20
虻田	+1.08	+0.72	+1.10	-0.12	+0.44	+0.99	+1.56	+1.66	-0.44	+0.65	+0.83	+1.07
伊達	+1.27	+0.26	+1.30	+0.04	+0.54	+0.57	+1.58	+1.54	-0.55	+0.75	+0.61	+0.63

↑ 東北地方太平洋沖地震発生

↑ 北海道胆振東部地震発生



年間上下変動量のグラフ

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ③-2 地殻変動(上下変動) (2/5)

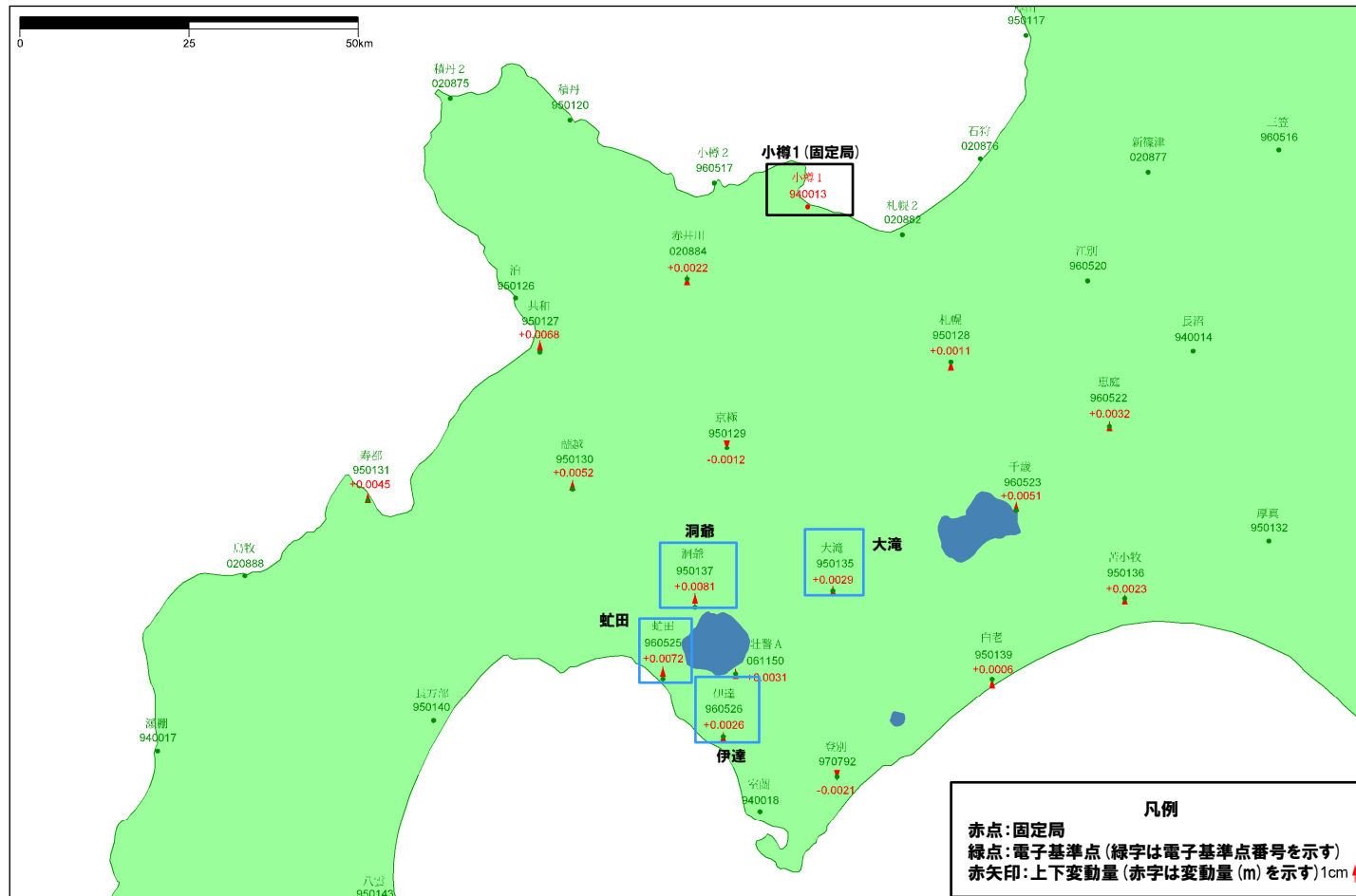
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生前, 2010年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても, 洞爺カルデラ周辺での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2010年1月1日00時00分～2010年1月10日23時59分(平均)  
 比較値: 2010年12月22日00時00分～2010年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号: 平20業使、第226号)」

電子基準点の変動ベクトル図(上下)  
 (対象期間: 2010年1月～2010年12月)

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ③-2 地殻変動(上下変動) (3/5)

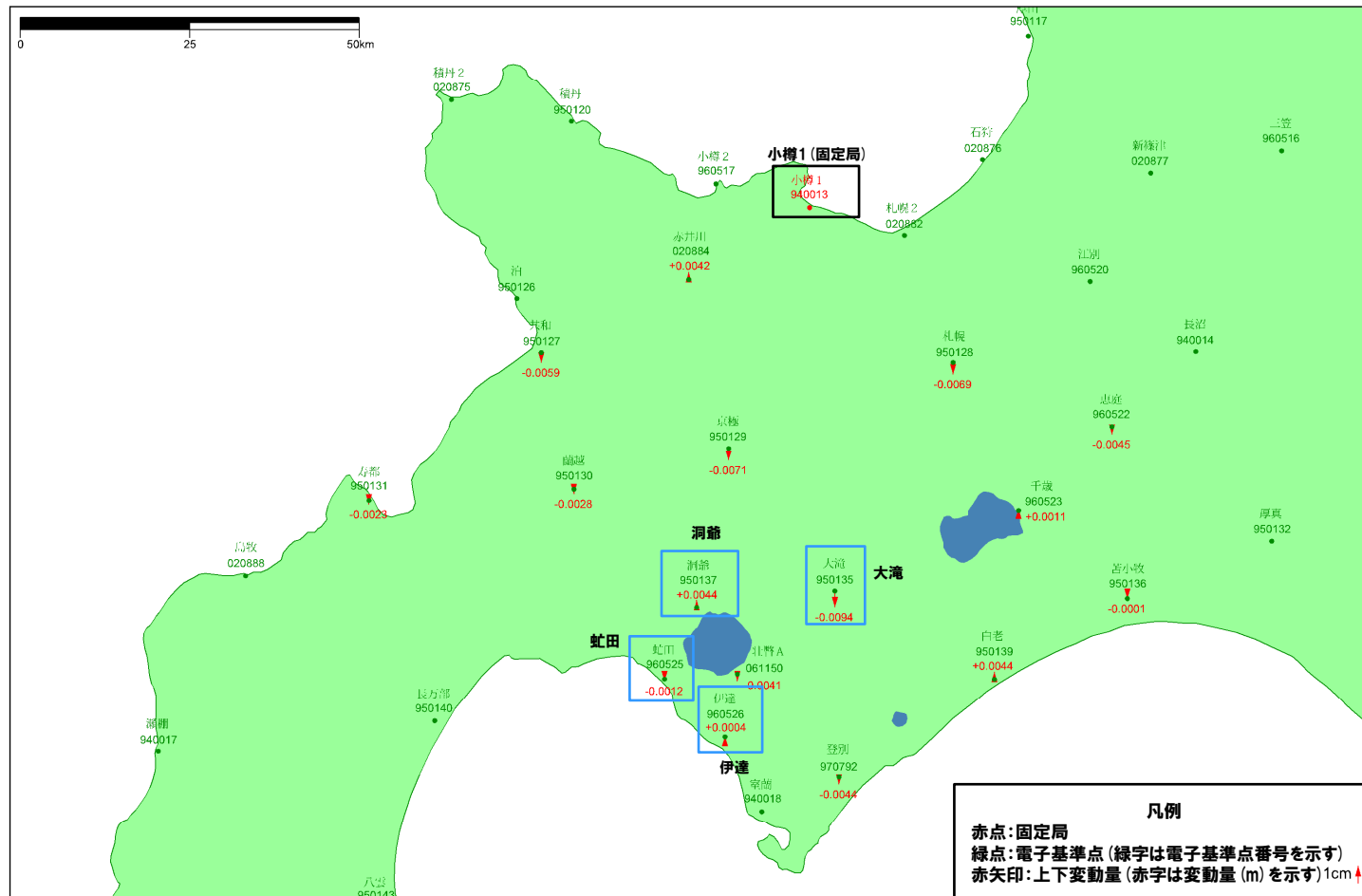
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生後, 2012年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても, 洞爺カルデラ周辺での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2012年1月1日00時00分 ~ 2012年1月10日23時59分 (平均)  
 比較値: 2012年12月22日00時00分 ~ 2012年12月31日23時59分 (平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号: 平20業使、第226号)」

電子基準点の変動ベクトル図(上下)  
(対象期間: 2012年1月~2012年12月)

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ③-2 地殻変動(上下変動)(4/5)

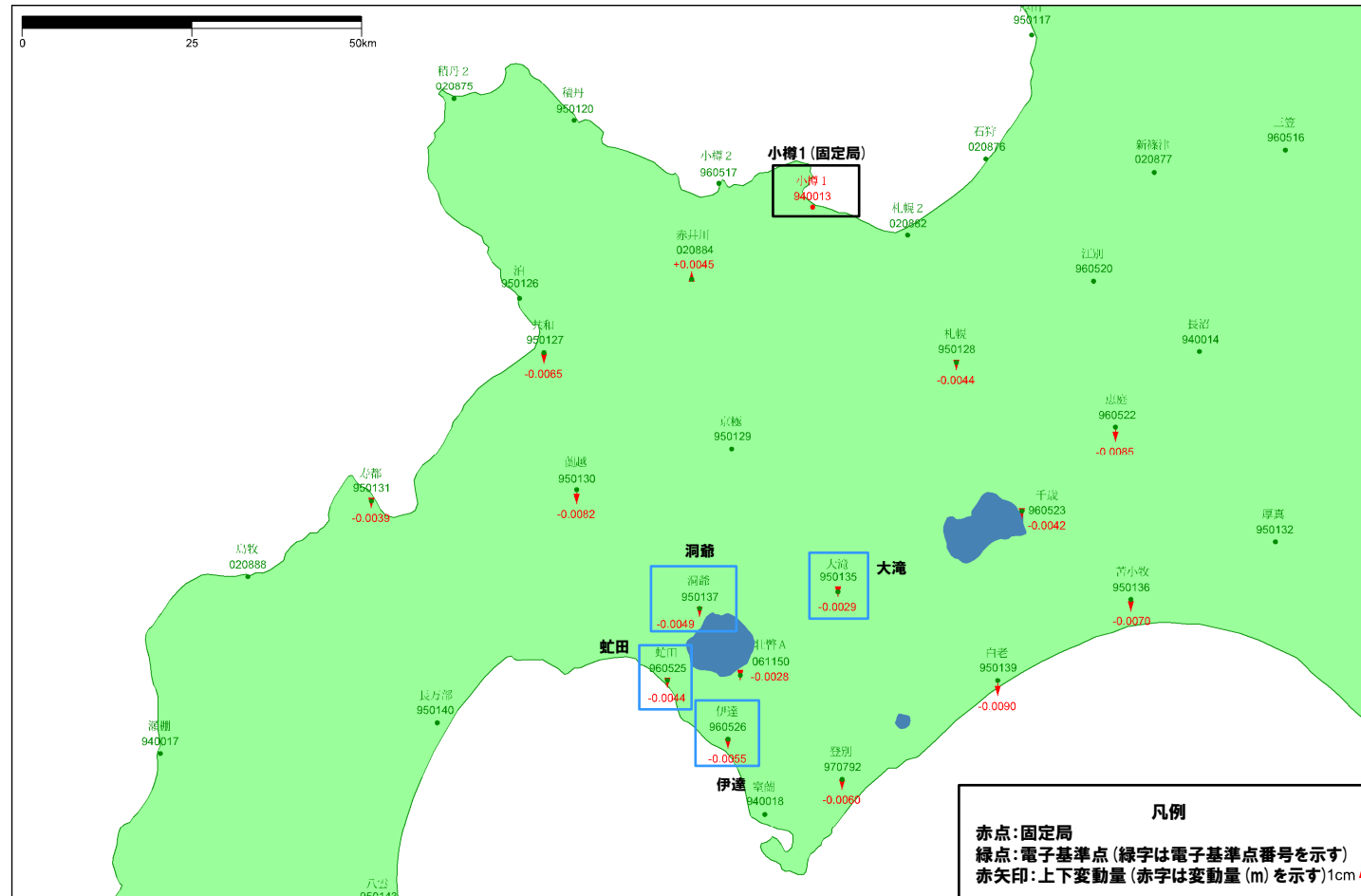
一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 東北地方太平洋沖地震発生後, 2017年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても, 洞爺カルデラ周辺での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2017年1月1日00時00分 ~ 2017年1月10日23時59分(平均)  
 比較値: 2017年12月22日00時00分 ~ 2017年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号: 平20業使、第226号)」

電子基準点の変動ベクトル図(上下)  
(対象期間: 2017年1月~2017年12月)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

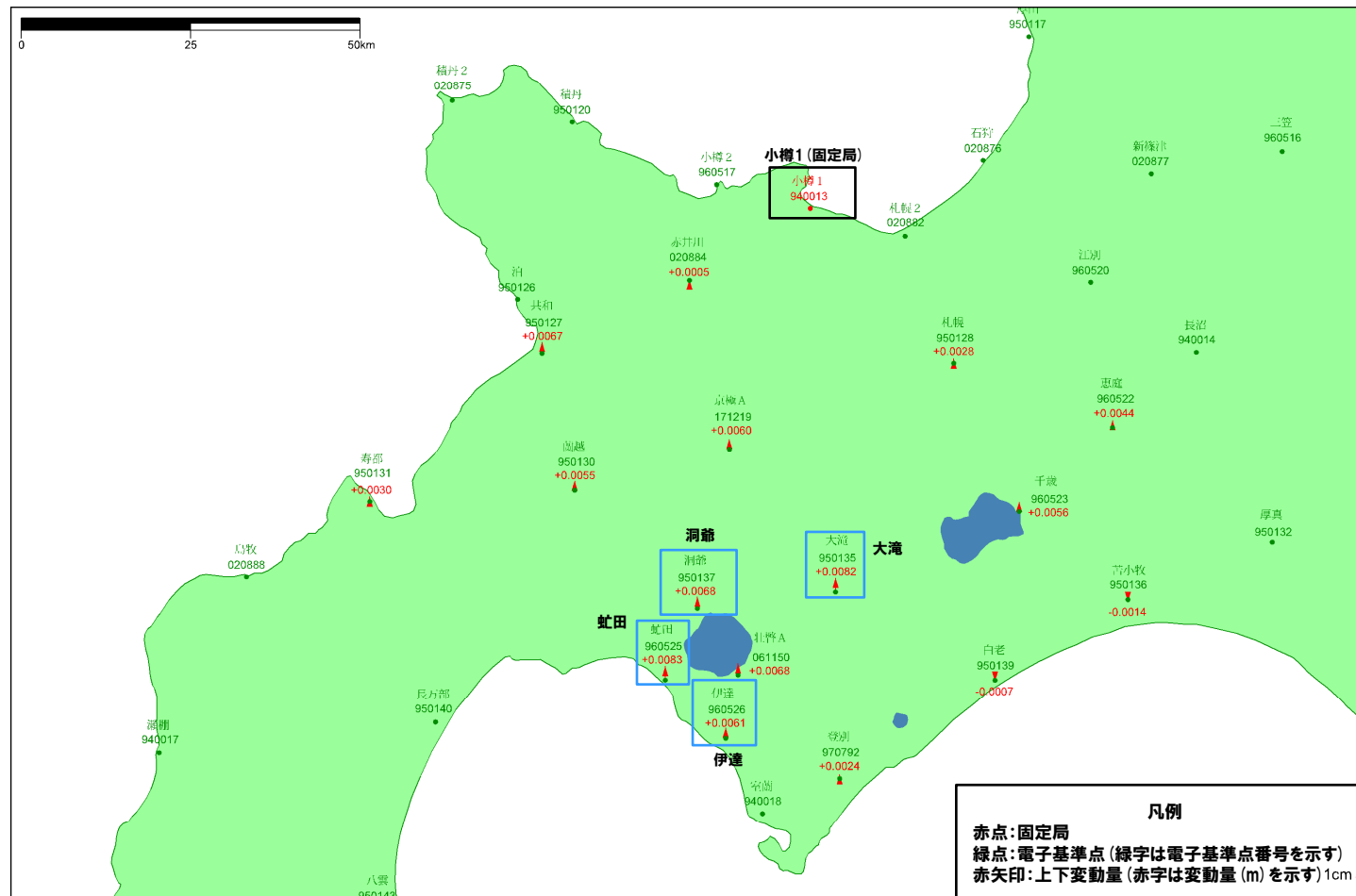
## ③-2 地殻変動(上下変動)(5/5)

- 東北地方太平洋沖地震発生後、2019年の変動ベクトル図(上下)を示す。
- 周囲の基準点と比較しても、洞爺カルデラ周辺での顕著な隆起や沈降は認められない。

基準値: 2019年1月1日00時00分～2019年1月10日23時59分(平均)  
比較値: 2019年12月22日00時00分～2019年12月31日23時59分(平均)

ベクトル図(上下)

固定局: 940013



赤: Bernese F3 [IGS]

「この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の300万分の1日本とその周辺及び100万分の1日本を使用したものである。(承認番号: 平20業使、第226号)」

電子基準点の変動ベクトル図(上下)  
(対象期間: 2019年1月～2019年12月)



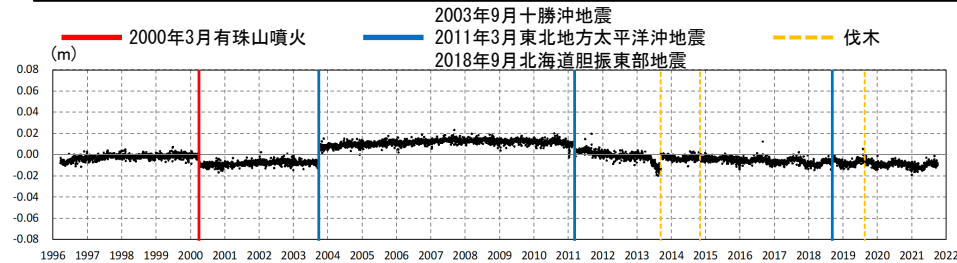
余白

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

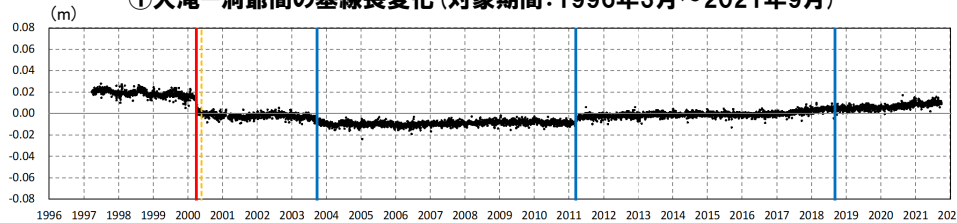
### ③-3 地殻変動(基線長変化)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

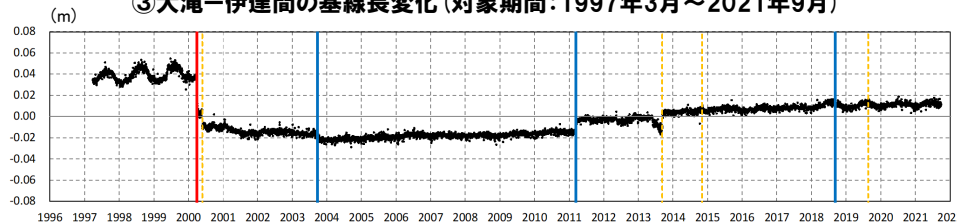
- 洞爺カルデラ周辺の4基準点(大滝, 洞爺, 虻田及び伊達)を結んだ6基線について, 各電子基準点設置以降から2021年9月までの基線長変化を示す。
- 東北地方太平洋沖地震発生前後等で一部不連続が認められるものの, 対象期間において変化は緩やかであり, 顕著な膨張や収縮は認められない。



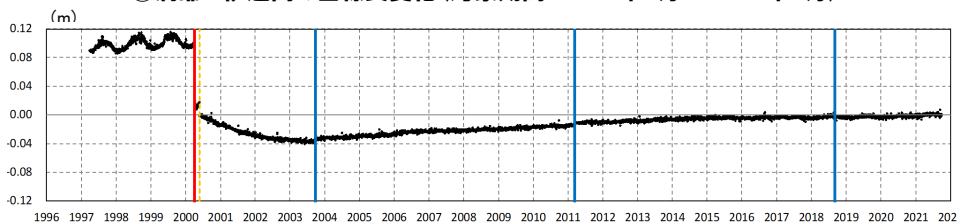
①大滝-洞爺間の基線長変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)



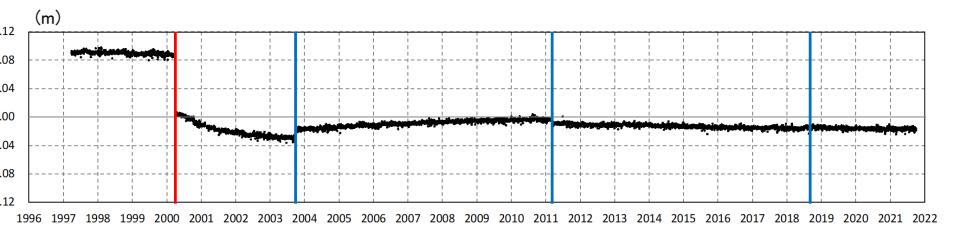
③大滝-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



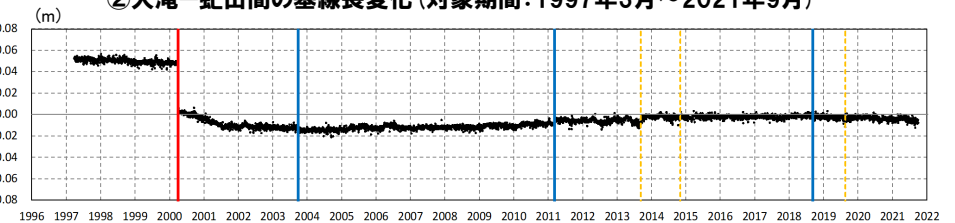
⑤洞爺-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



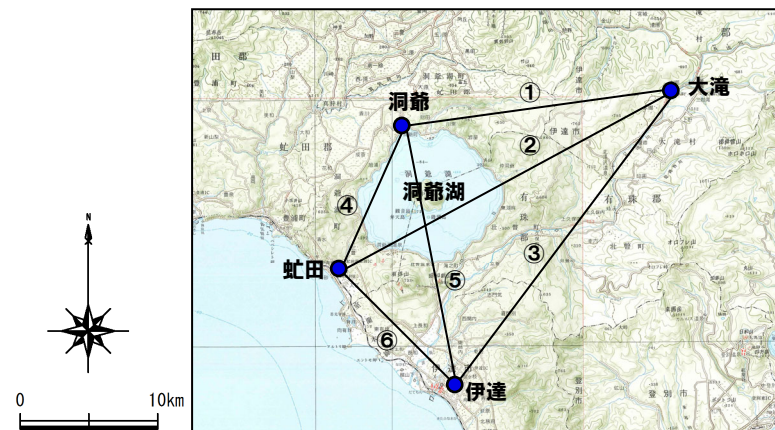
⑥虻田-伊達間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



②大滝-虻田間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



④洞爺-虻田間の基線長変化(対象期間:1997年3月~2021年9月)



洞爺カルデラ周辺観測点位置図

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ③-4 地殻変動(干渉SAR) (1/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

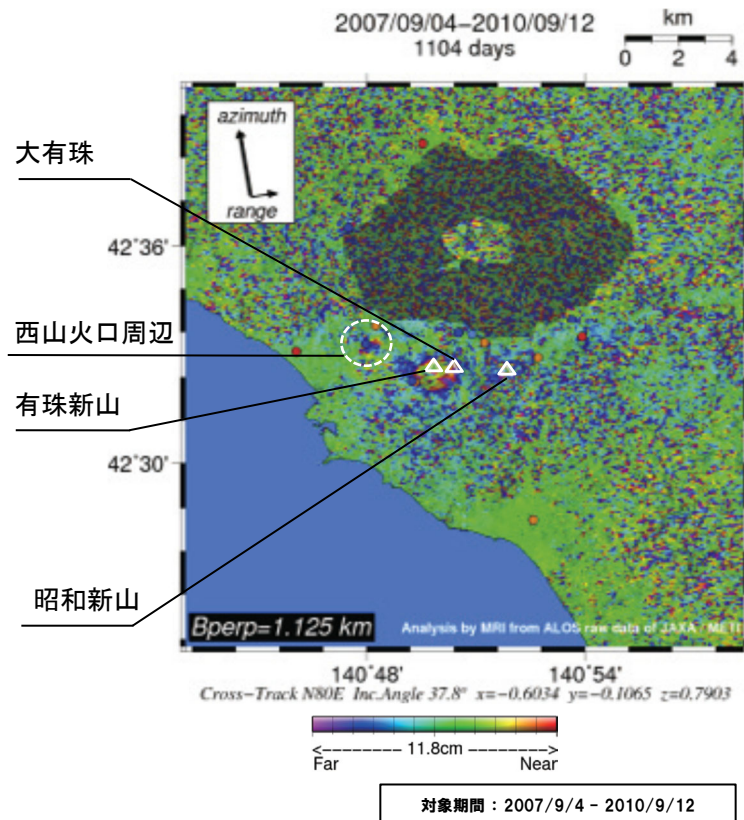
【気象研究所技術報告第69号(安藤, 2013)※】

○洞爺カルデラ周辺の2007年9月から2010年9月を対象とした干渉SAR解析結果が示されており, 有珠山について, 「大有珠や西山火口周辺において, 衛星から遠ざかる方向の位相差が認められた」とされている。

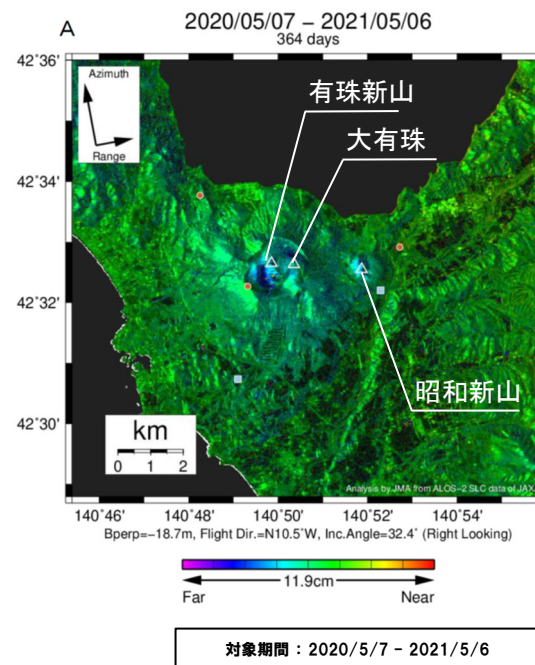
【第148回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2021)】

○有珠山周辺の(A) 2020年5月から2021年5月及び(B) 2020年3月から2021年3月を対象とした干渉SAR解析結果について, 「ノイズレベルを超えるような位相変化は認められない」とされている。

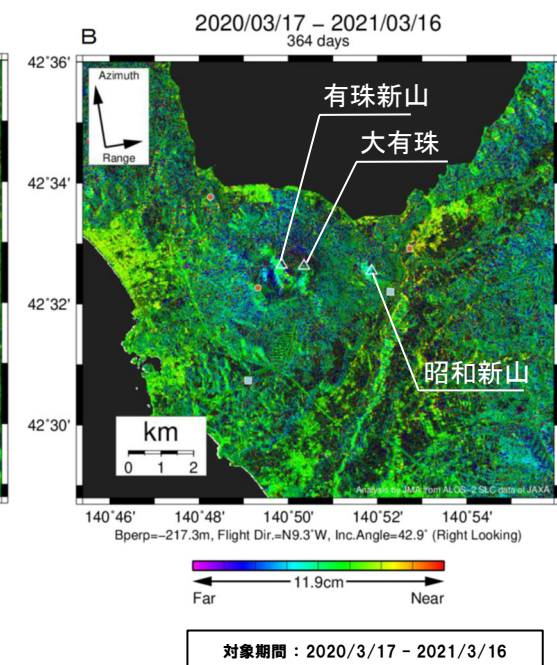
※安藤(2013)では, 国内の活火山周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 火山活動に伴う位相変化が認められる火山について, その特徴を記載している。



洞爺カルデラ周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)



有珠山周辺における干渉SAR解析結果(気象庁)(気象庁(2021)に加筆)





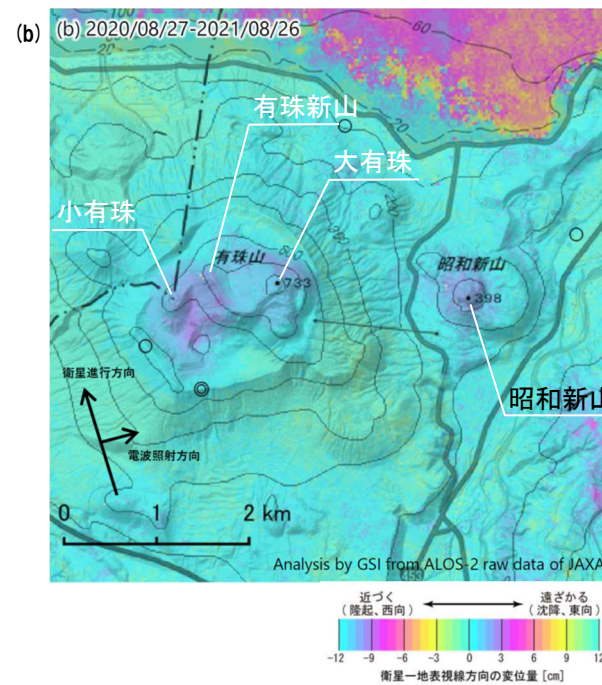
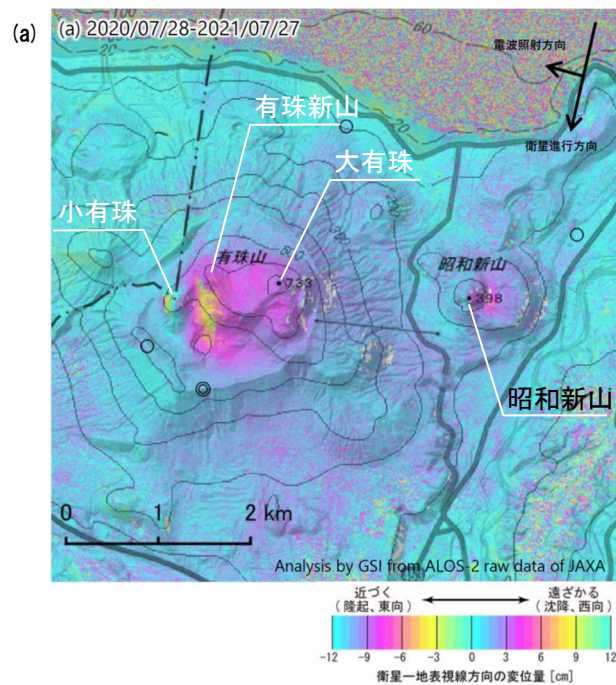
## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ③-4 地殻変動(干渉SAR) (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【第149回火山噴火予知連絡会資料(気象庁, 2021)】

○有珠山周辺の(a) 2020年7月から2021年7月及び(b) 2020年8月から2021年8月を対象とした干渉SAR解析結果について、「有珠山の小有珠付近及び昭和新山の山頂付近に収縮とみられる衛星から遠ざかる変動が見られます」とされている。



	(a)	(b)
衛星名	ALOS-2	ALOS-2
観測日時	2020/07/28 2021/07/27 11:48頃 (364日間)	2020/08/27 2021/08/26 23:26頃 (364日間)
衛星進行方向	南行	北行
電波照射方向	右(西)	右(東)
観測モード*	U-U	H-H
入射角	31.8°	33.7°
偏波	HH	HH
垂直基線長	-137 m	-28 m

\* U: 高分解能(3m)モード  
H: 高分解能(6m)モード

### 有珠山周辺における干渉SAR解析結果(国土地理院) (気象庁(2021)に加筆)



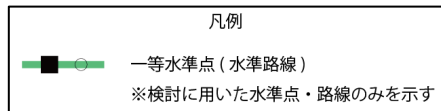
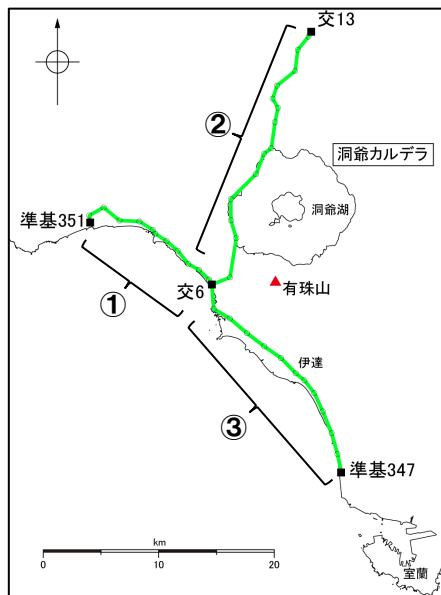
○洞爺カルデラ周辺では、有珠山周辺において局所的な地殻変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な膨張や収縮は認められない。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

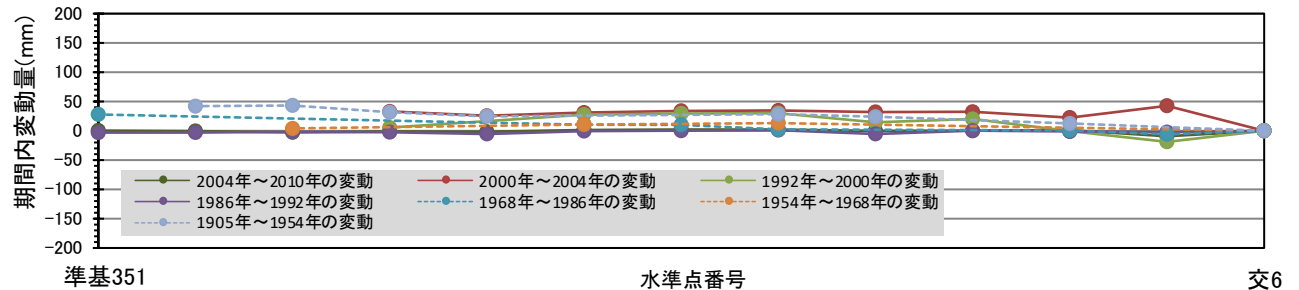
### ③-5 地殻変動(水準測量)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

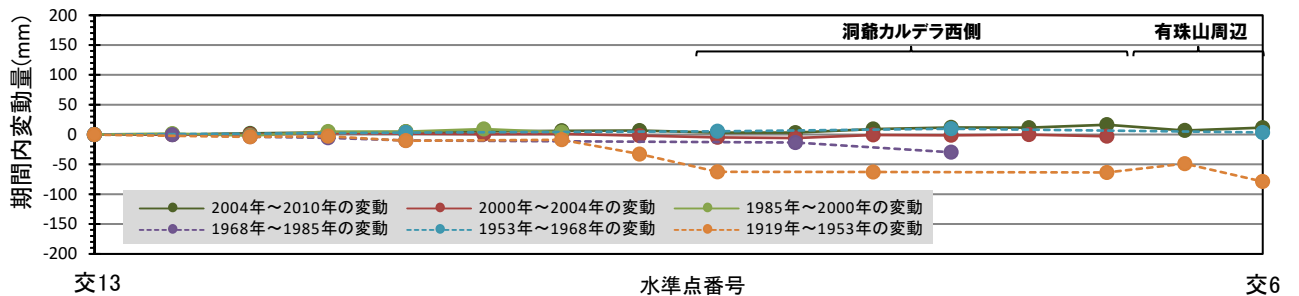
- 過去約100年間における洞爺カルデラ周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 当該検測成果集録においては、2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。



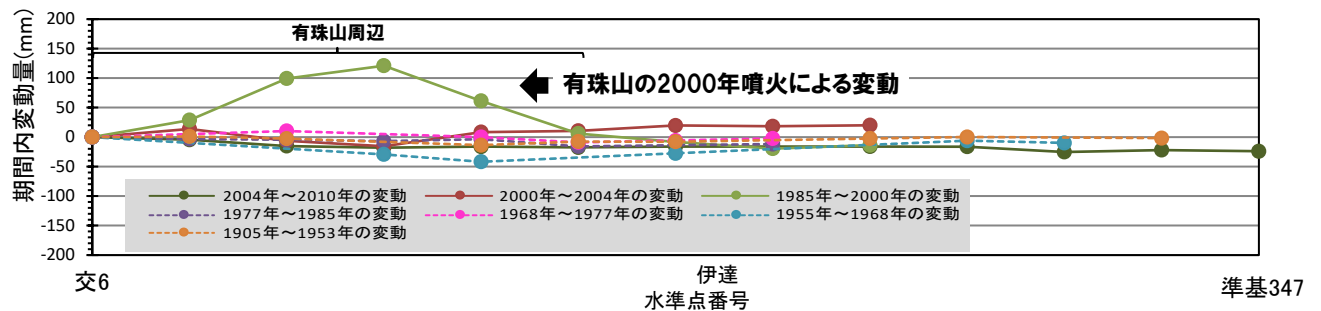
水準路線



① 水準路線(水準点番号:準基351-交6)沿いの期間内変動量(固定点:交6)



② 水準路線(水準点番号:交13-交6)沿いの期間内変動量(固定点:交13)



③ 水準路線(水準点番号:交6-準基347)沿いの期間内変動量(固定点:交6)



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ③-6 地殻変動(まとめ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

#### 【地殻変動(文献調査)】

○洞爺カルデラ周辺において、広域的な地殻変動は認められない。

#### 【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

○洞爺カルデラ周辺での顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

#### 【地殻変動(干渉SAR)】

○洞爺カルデラ周辺では、有珠山周辺において局所的な地殻変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な膨張や収縮は認められない。

#### 【地殻変動(水準測量)】

○国土地理院一等水準点検測成果集録においては、2000年の有珠山噴火による有珠山周辺の局所的な変動が認められるものの、洞爺カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。



○地殻変動は、洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、有珠山周辺に限定的であり、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。

余白

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

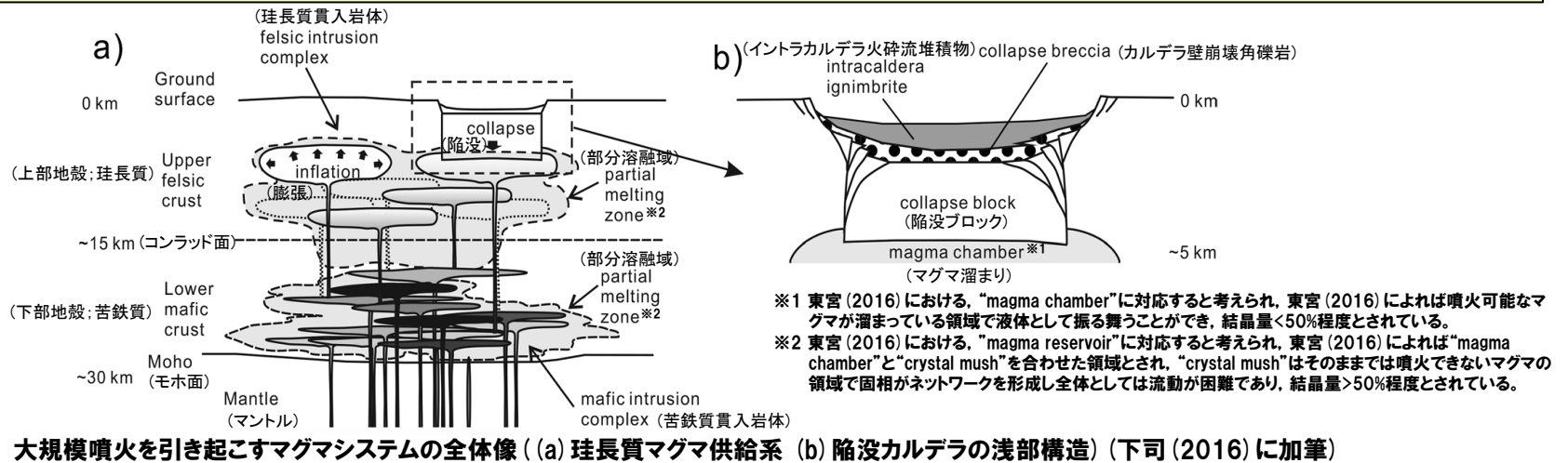
### ④-1 地下構造(巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○地下構造に関する検討を実施するに当たり、巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージを把握するため、文献レビューを実施した。

○下司(2016)では、大規模噴火のマグマ溜まりについて、以下のとおり整理されている。

- ・大規模噴火を発生させるためには地殻内部に多量のマグマを溶融状態で貯留する、すなわち地殻内部に巨大なマグマ溜まりを形成する必要がある。珩長質マグマの移動・集積に要するタイムスケールを考えると、数 $10\sim 100\text{km}^3$ の珩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。
- ・大規模噴火を引き起こすマグマシステムの全体像は、マンツルの部分溶融による苦鉄質マグマの生成、下部地殻に貫入した苦鉄質マグマの結晶分画作用や周辺の下部地殻物質の部分溶融による珩長質メルトの生成、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。
- ・物理探査によってカルデラ火山の地下に検出されつつある低速度領域や低比抵抗領域は、このような部分溶融した貫入岩体の複合体を見ていると考えられる。
- ・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。
- ・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。



○巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりは、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考えられる。

○洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群の地下構造について検討するため、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が存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して、地震波速度構造及び比抵抗構造から、現在のマグマ溜まりの状況を評価する。

○また、洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群の地下構造について、重力異常に関する文献レビューも実施する。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-2 地下構造(マグマ溜まりの状況の評価方法)(1/6)

一部修正(R3/10/14審査会合)

○地震波速度構造及び比抵抗構造からマグマ溜まりの状況の評価する方法について、文献レビューを実施した。

#### <地震波速度構造>

【Nakajima et al. (2001) (P81参照)】

○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、地震波速度構造では、活火山直下の低Vp, 低Vs, 高Vp/Vsはメルトの存在を示唆し、低Vp, 低Vs, 低Vp/Vsは、水の存在を示唆するとされている。
- ・また、低速度領域が背弧下のマントルウェッジ内において、広範囲に分布しているとされている。

【Kita et al. (2014) (P82~P83参照)】

○北海道における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。
- ・また、Kita et al. (2014) には、北海道における流体移動経路の模式図が示されているが、これは、中島(2017)において示されている東北日本における流体移動経路の模式図と同様である。

○Kita et al. (2014) のレビュー結果を踏まえると、北海道は、東北日本と同様、背弧下に低速度領域かつ高減衰領域を示すマントルウェッジが存在し、流体移動経路も同様であると考えられる。

○このため、北海道と東北日本のマグマ供給システムは同様であり、Nakajima et al. (2001) が、東北日本においてメルトの存在等を示唆している地震波速度構造は、北海道においても同様であると考えられる。

【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)について記載されている下鶴ほか編(2008)をレビューした。

- ・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。

(次頁へ続く)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-2 地下構造(マグマ溜まりの状況の評価方法)(2/6)

一部修正(R3/10/14審査会合)

(前頁からの続き)

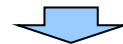
#### <比抵抗構造>

##### 【後藤・三ヶ田(2008)】

- 電磁気探査の概要について述べられている、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。

##### 【Hata et al.(2018)(P84参照)】

- 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(P84図中のLA及びLB)及びP波低速度領域(P84図中のLS)と調和的であるとされている。
  - ・最も比抵抗の低い(0.3~40Ωm)領域が中岳第一火口直下の深度2~20kmに広がっている(P84図中の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。



- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群に関する地震波速度構造及び比抵抗構造からの現在のマグマ溜まりの状況評価は、カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)において、以下を確認することにより実施する。
  - ・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領域が存在するか否か
  - ・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が存在するか否か
- なお、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。



余白

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

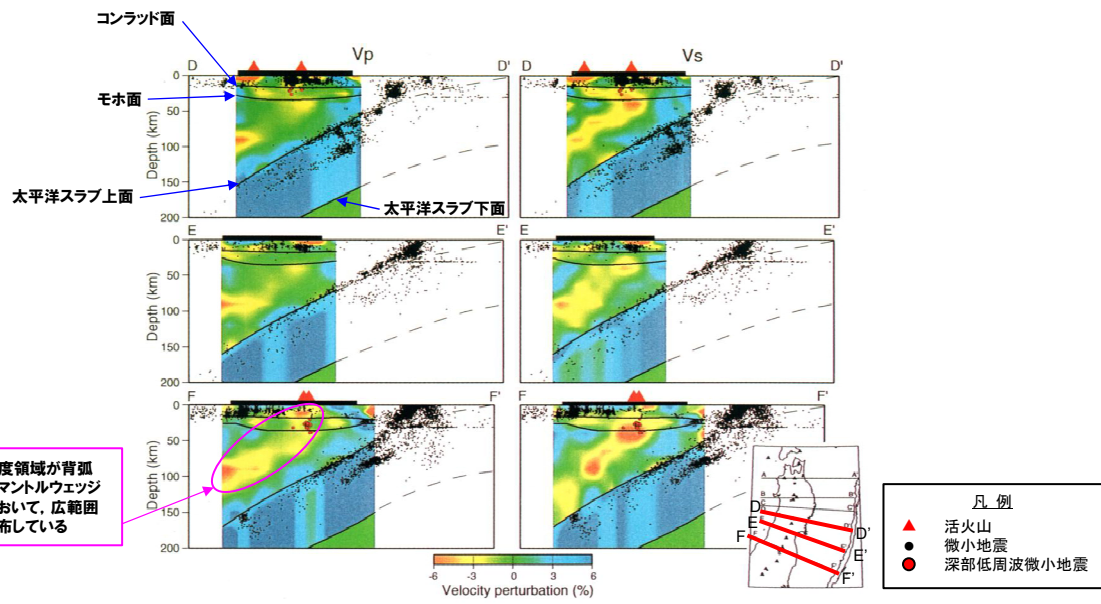
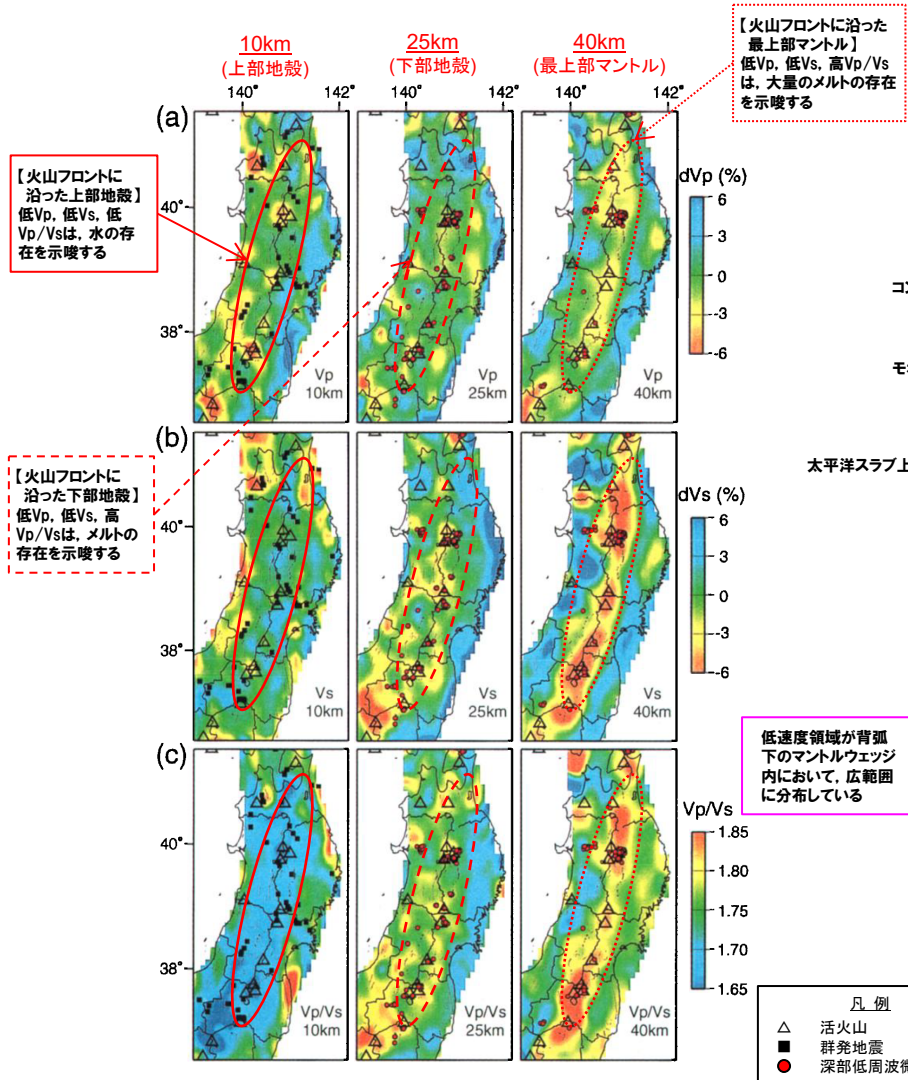
## ④-2 地下構造 (マグマ溜まりの状況の評価方法) (3/6)

再掲 (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, 地震波速度構造では, 活火山直下の低Vp, 低Vs, 高Vp/Vsはメルトの存在を示唆し, 低Vp, 低Vs, 低Vp/Vsは, 水の存在を示唆するとされている。
- また, 低速度領域が背弧下のマンテルウェッジ内において, 広範囲に分布しているとされている。



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)

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

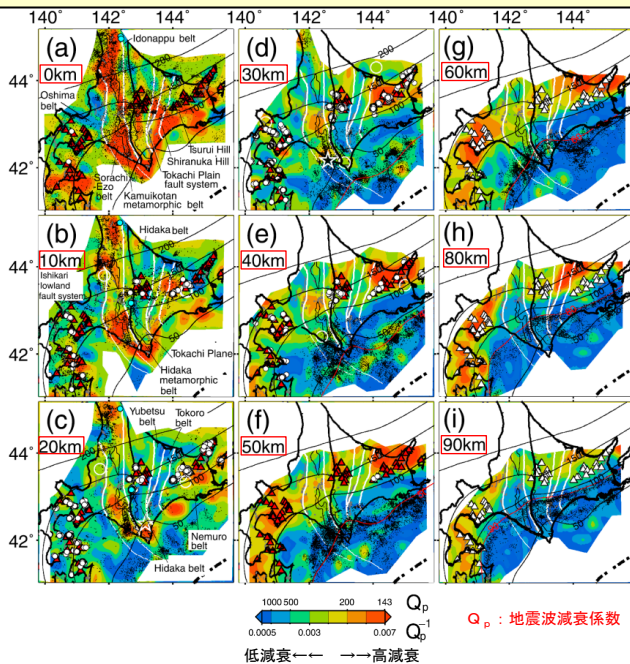
## ④-2 地下構造 (マグマ溜まりの状況の評価方法) (4/6)

再掲 (R3/10/14審査会合)

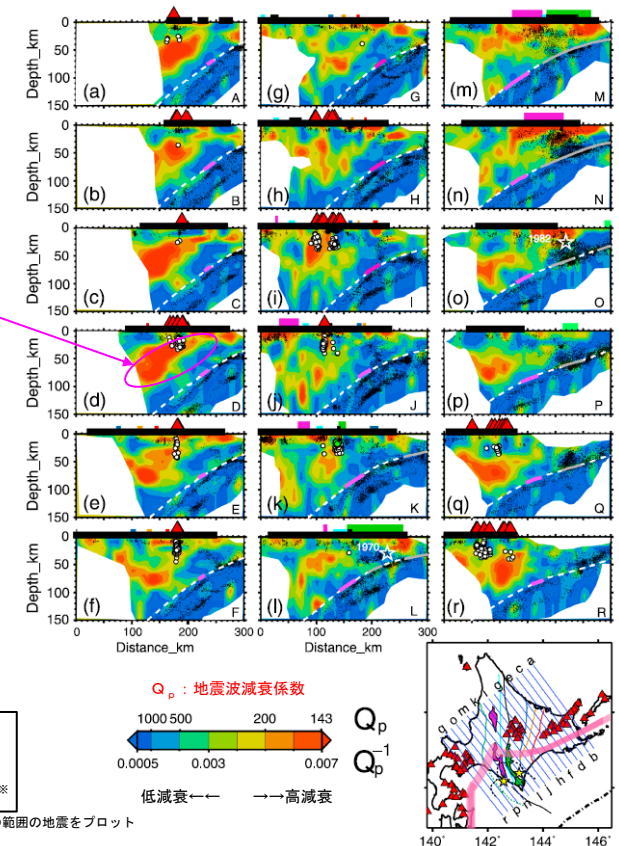
【Kita et al. (2014)】

- 北海道における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。
  - ・また, Kita et al. (2014) には, 北海道における流体移動経路の模式図が示されているが, これは, 中島 (2017) において示されている東北日本における流体移動経路の模式図と同様である (次頁参照)。

- Kita et al. (2014) のレビュー結果を踏まえると, 北海道は, 東北日本と同様, 背弧下に低速度領域かつ高減衰領域を示すマントルウェッジが存在し, 流体移動経路も同様であることから, 北海道と東北日本のマグマ供給システムは同様であると考えられる。
- このため, Nakajima et al. (2001) が, 東北日本においてメルトの存在等を示唆している地震波速度構造 (前頁参照) は, 北海道においても同様であると考えられる。



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)



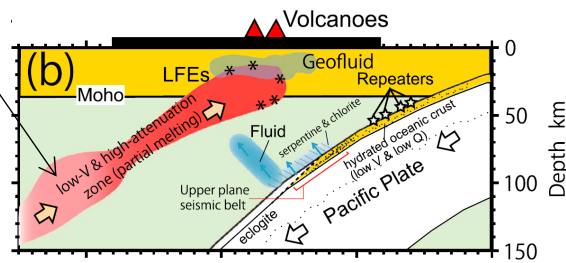
北海道における地震波減衰構造 (鉛直断面) (Kita et al. (2014) に加筆)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-2 地下構造 (マグマ溜まりの状況の評価方法) (5/6)

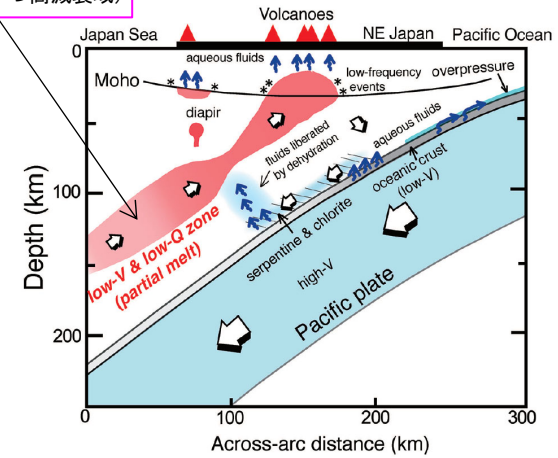
再掲 (R3/10/14審査会合)

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)



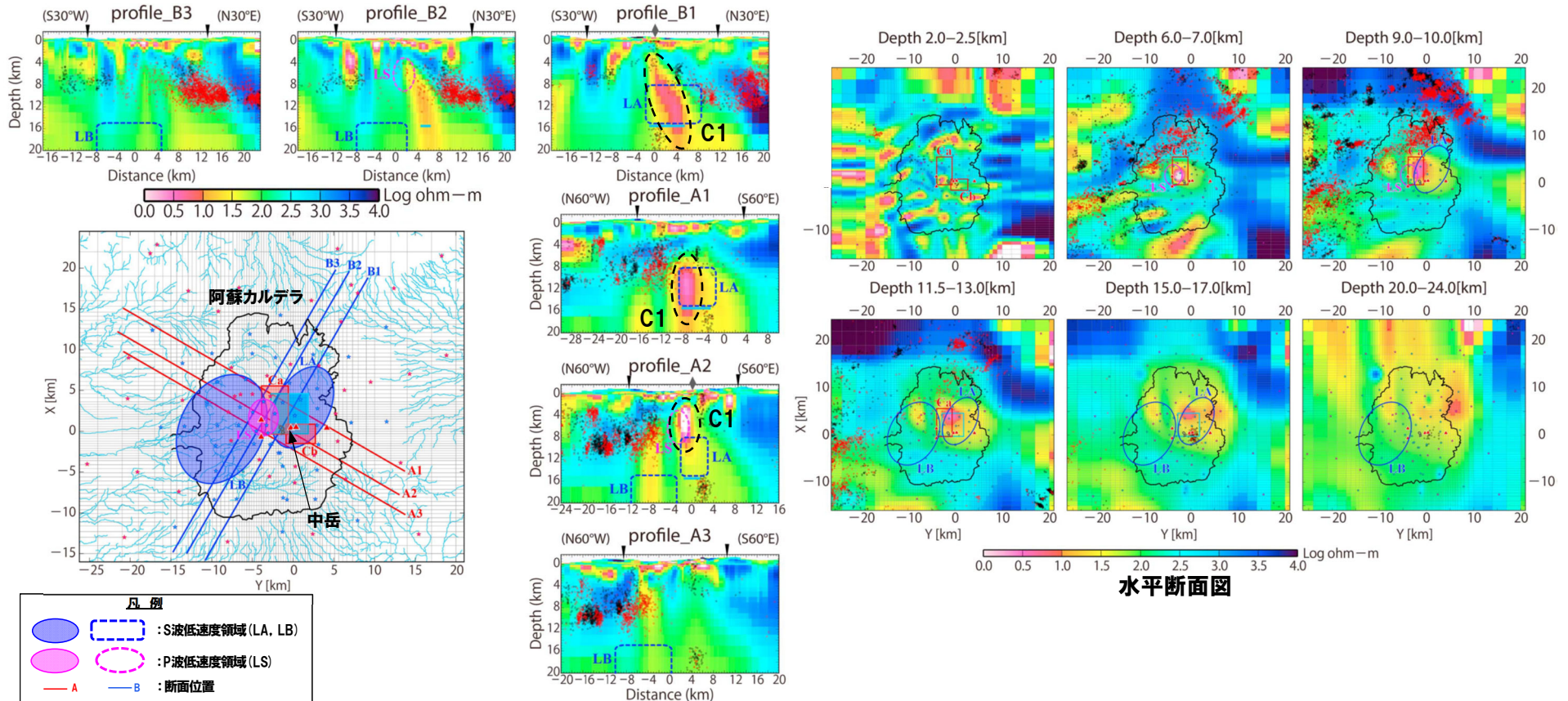
## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-2 地下構造 (マグマ溜まりの状況の評価方法) (6/6)

【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。



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)



余白

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ④-3 地下構造(洞爺カルデラにおける地震波速度構造)(1/2)

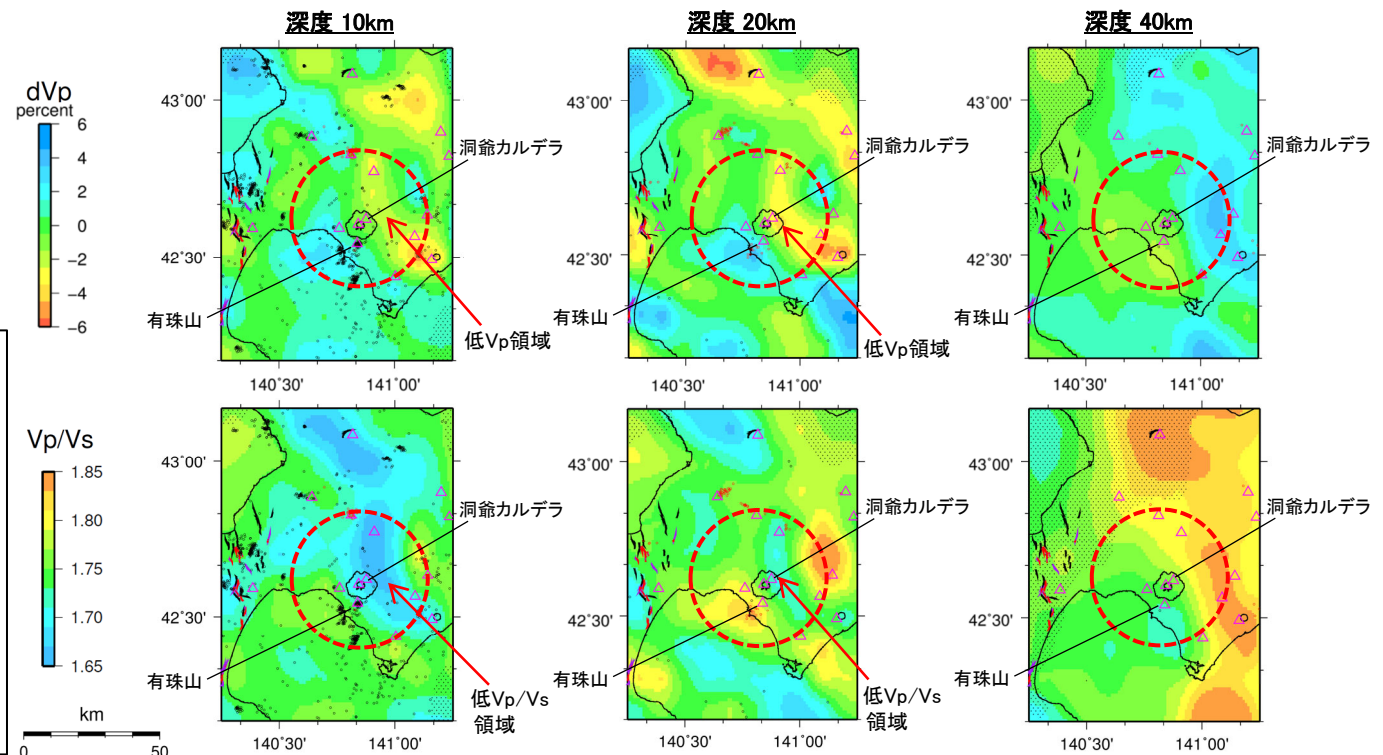
一部修正(R3/10/14審査会合)

- 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、当社が洞爺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、洞爺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。
- 洞爺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評価方法(P78~P84参照)】

- 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
  - 黒点 震央(MJMA $\geq$ 0)
  - 赤点 低周波地震の震央(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 $\leq$ 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 }
  - 洞爺カルデラを中心とした、半径25kmの範囲



※R3.10.14審査会合資料では、地震の震央について2000年10月1日~2015年12月31日のものを図示していた。一方、防災科学技術研究所「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」は、上記期間に加えて2016年4月1日~2018年6月30日のデータも解析に使用されていることから、震央についても同期間のデータを図示することが適切であり、今回不足期間のデータを追加した。

洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、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。

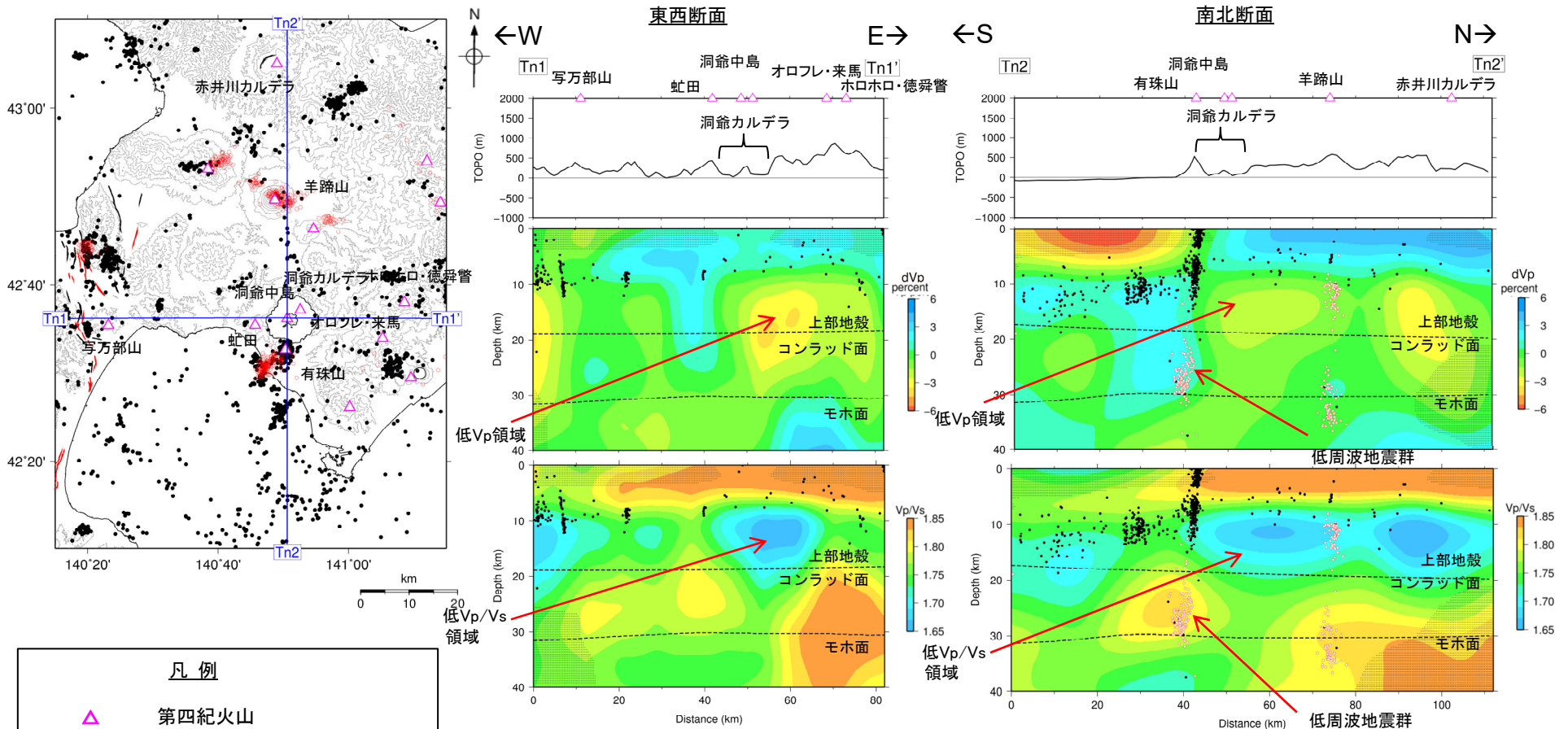
洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

地震波速度構造(水平断面)

# 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ④-3 地下構造(洞爺カルデラにおける地震波速度構造)(2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、カルデラの北方~東方の深度10km~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。  
 洞爺カルデラ直下の下部地殻内(約20~30km)には、低周波地震群が認められるが、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。  
 コンラッド面はZhao et al. (1992)、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。

※R3.10.14審査会合資料では、地震の震央について2000年10月1日~2015年12月31日のものを図示していた。一方、防災科学技術研究所「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」は、上記期間に加えて2016年4月1日~2018年6月30日のデータも解析に使用されていることから、震央についても同期間のデータを図示することが適切であり、今回不足期間のデータを追加した。

- 凡例**
- ▲ 第四紀火山
  - 震央 (MJMA ≥ 0)
  - 低周波地震の震央 (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
  - 推定活断層
- 今泉ほか編(2018)をトレース

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造)

○洞爺カルデラの比抵抗構造について検討するため、電磁気探査(MT法)を実施した。また、探査結果に関連する文献レビューを実施した。

#### 【当社電磁気探査(P89~P91参照)】

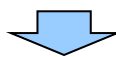
- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、巨大なマグマ溜まりの可能性を示唆する大きさの低比抵抗領域(数 $\Omega$ m程度の領域)は認められない。
- 洞爺中島直下の表層から深度2km程度及び有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲には、低比抵抗領域(数 $\Omega$ m程度の領域)が認められる(P91参照)。

#### 【Goto and Danhara (2018) (P92参照)】

- 洞爺カルデラにおいて、CSAMT法による電磁気探査を行っているGoto and Danhara (2018)をレビューした。
  - ・Goto and Danhara (2018)によれば、洞爺中島とその周囲の隆起域の地下には低比抵抗領域(幅4500m, 厚さ1000m)が存在するとされている。
  - ・この低比抵抗領域は、熱水鉱物に富む熱水変質帯である可能性があり、また洞爺中島の地表面において温泉等の地熱域を示すものが認められないことから、高温帯である可能性は低いとされている。
  - ・この低比抵抗領域は、洞爺中島とその周囲の隆起域の形成時に上昇した地下のマグマにより、カルデラフィル堆積物が加熱されて形成された熱水変質帯と考えられるとされている。
- Goto and Danhara (2018)において洞爺中島直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において洞爺中島直下の表層から深度2km程度の範囲に認められる低比抵抗領域に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。

#### 【Matsushima et al. (2001) (P93参照)】

- 洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山において、MT法による電磁気探査を行っているMatsushima et al. (2001)をレビューした。
  - ・Matsushima et al. (2001)によれば、有珠山の地下(標高:約-1km)には、数 $\Omega$ m程度の領域が存在するとされている。
  - ・当該領域の大部分は、繰り返されるマグマの貫入による熱水変質により生成された粘土鉱物(スメクタイト)を大量に含む低比抵抗岩であるとされている。
  - ・また、3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられるものの、小さなものについては検出が困難であるとされている。
- Matsushima et al. (2001)において有珠山直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲に認められる低比抵抗領域に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。
- 有珠山直下の浅部には3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられる。



○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造) -当社電磁気探査(1/3) -

- 洞爺カルデラの地下構造を把握するため、電磁気探査(MT法)を行い、洞爺カルデラ周辺の比抵抗構造解析を実施した。
- 観測点は、洞爺湖、洞爺湖周辺の陸域及び内浦湾に配置した。
- 洞爺カルデラを中心とした東西20km程度及び南北20km程度の範囲に観測点を数多く配置することにより、洞爺カルデラ付近の比抵抗構造の信頼性を高めた。

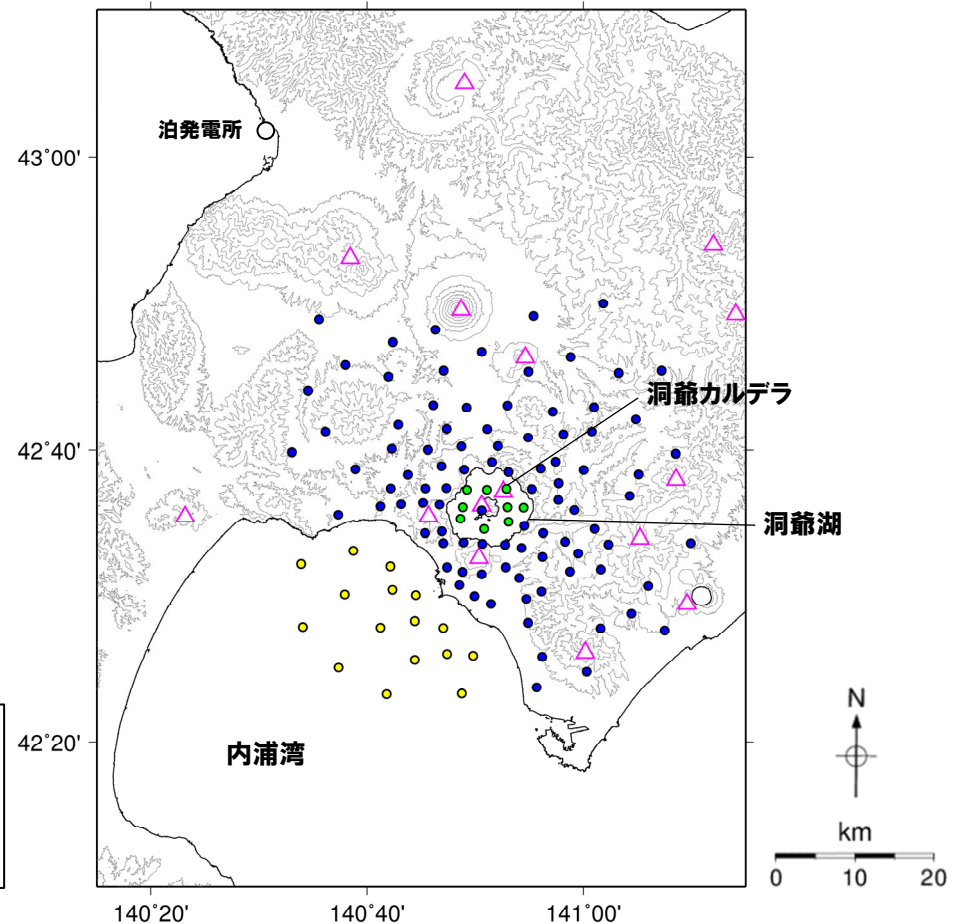
#### 【当社電磁気探査(MT法)の概要】

- ・調査期間:2018年11月~2019年7月
- ・観測点:洞爺湖を中心として陸域92点、湖域9点、海域16点 計117点
- ・測定データ  
測定成分:12成分  
測定周波数:10Hz~0.0003Hz\*  
測定時間:陸域40時間以上、湖域及び海域60時間以上

\*Hata et al. (2016)を参考に設定。

#### 【当社におけるマグマ溜まりの状況の評価方法(P78~P84)】

- 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。



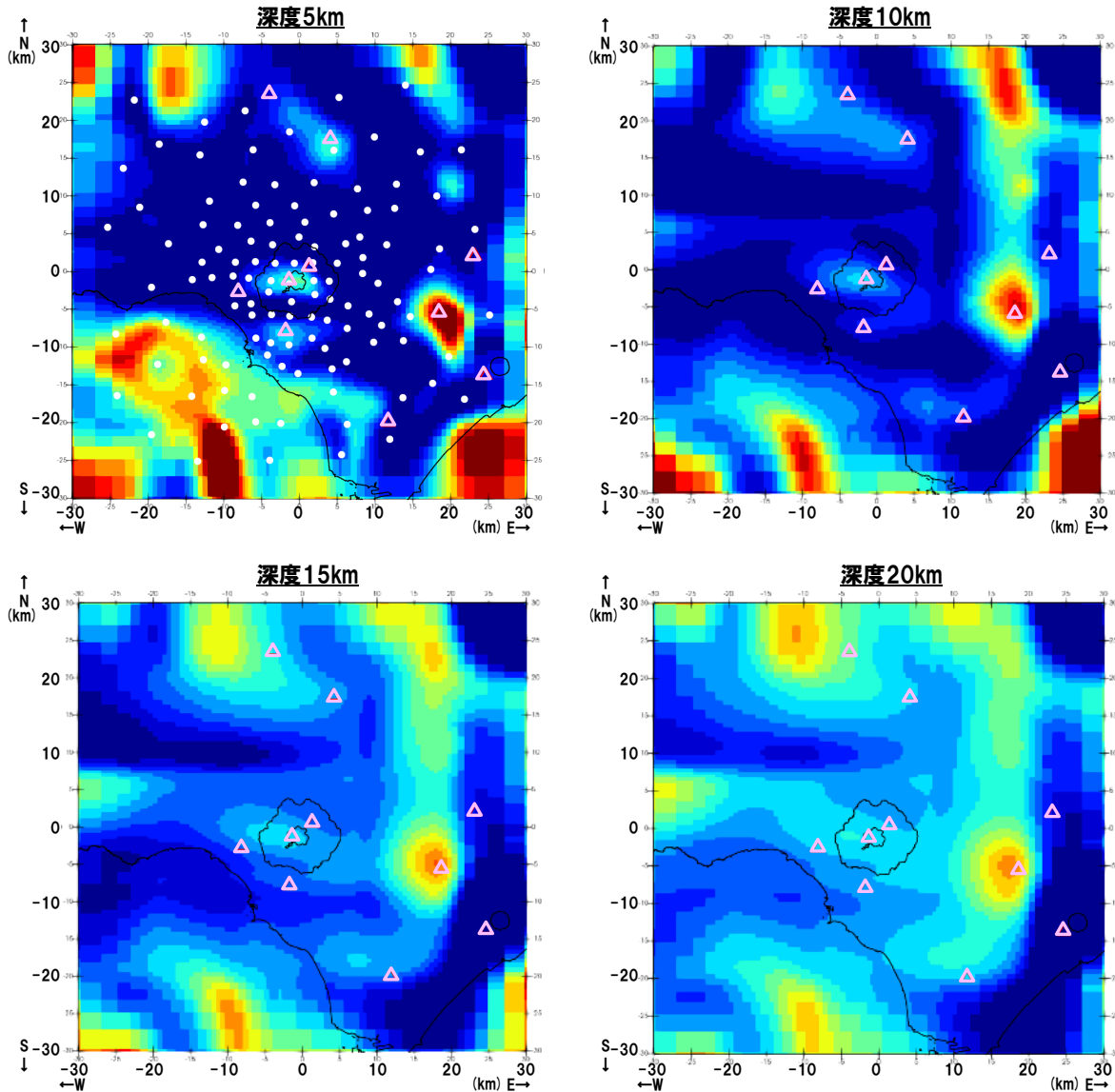
比抵抗構造解析に用いたMT法観測点位置図



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造) -当社電磁気探査(2/3) -

- 観測データを用いて比抵抗構造解析を実施し、洞爺カルデラ周辺における比抵抗構造の水平・鉛直断面図を作成した。
- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、巨大なマグマ溜まりの可能性を示唆する大きさの低比抵抗領域(数Ωm程度の領域)は認められない。
- 洞爺中島直下の表層から深度2km程度及び有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲には、低比抵抗領域(数Ωm程度の領域)が認められる(次頁参照)。

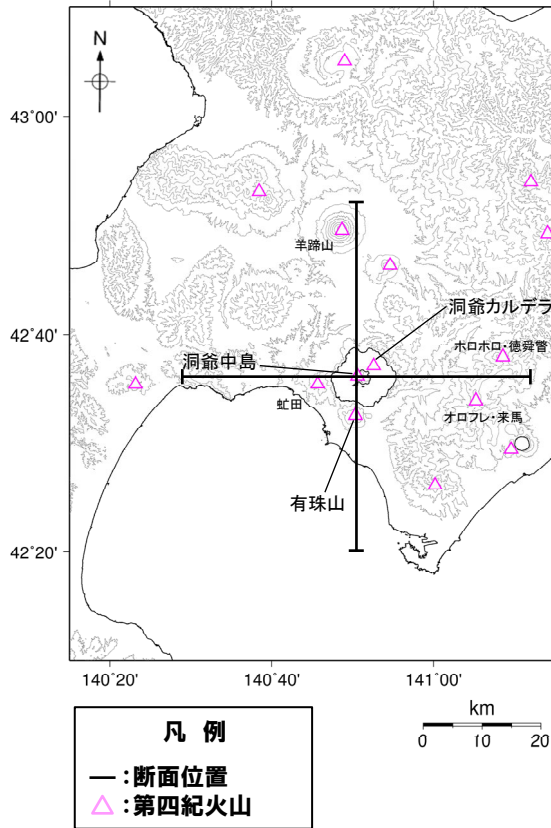


- 凡例
- △ 第四紀火山
  - MT観測点  
(深度5km断面のみ記載)

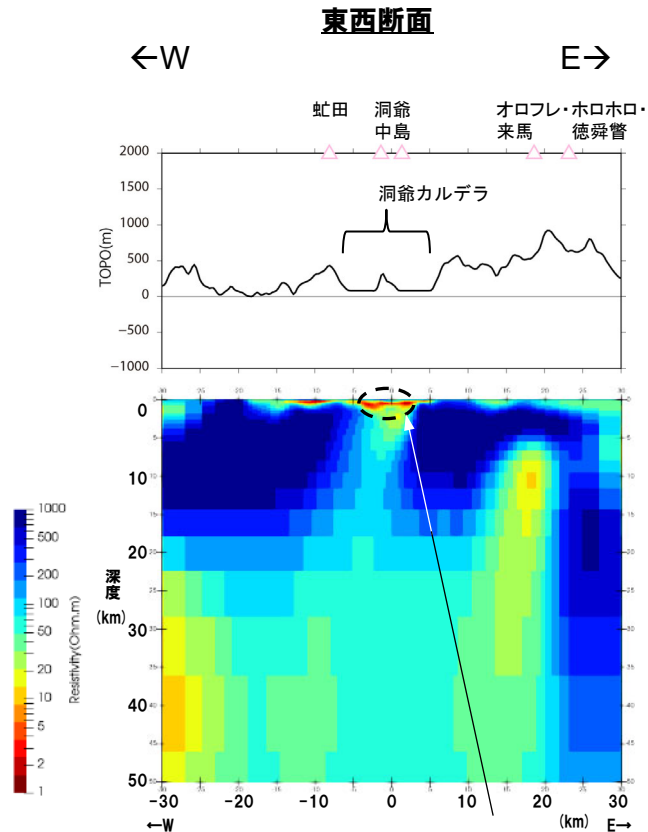
比抵抗構造(水平断面)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

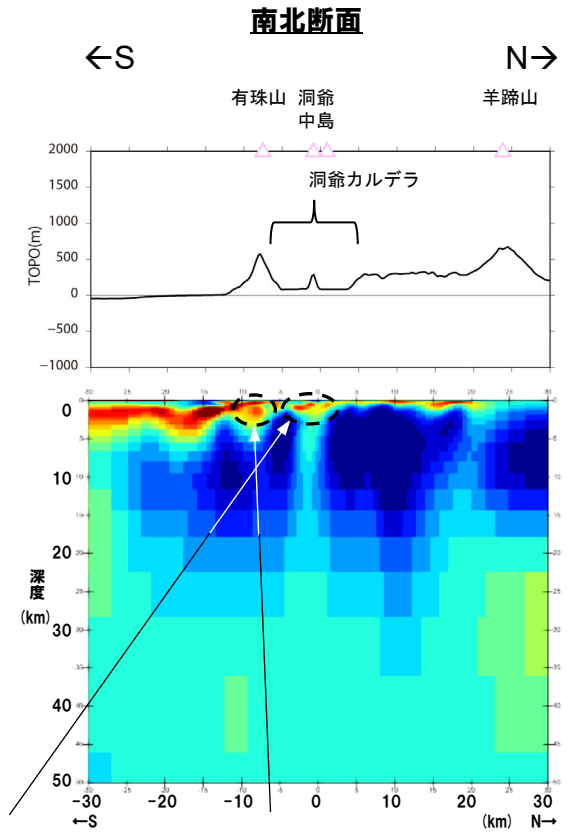
### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造) -当社電磁気探査(3/3) -



比抵抗構造断面位置図



洞爺中島直下の表層から深度2km程度には低比抵抗領域が認められる。



有珠山直下の表層から深度3km程度には低比抵抗領域が認められる。

#### 比抵抗構造(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、感度テストの結果から、洞爺カルデラ直下の深度10~14km程度においては、水平及び鉛直方向に約4.8km程度、また深度18~28km程度においては水平及び鉛直方向に10km程度の空間分解能を持つと考えられる。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造) -Goto and Danhara (2018) -

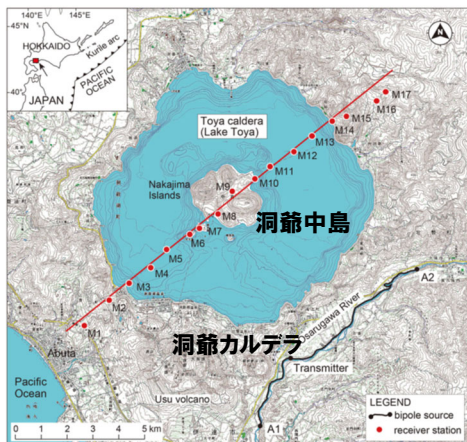
【Goto and Danhara (2018)】

○洞爺カルデラにおいて、CSAMT法による電磁気探査を行っているGoto and Danhara (2018) をレビューした。

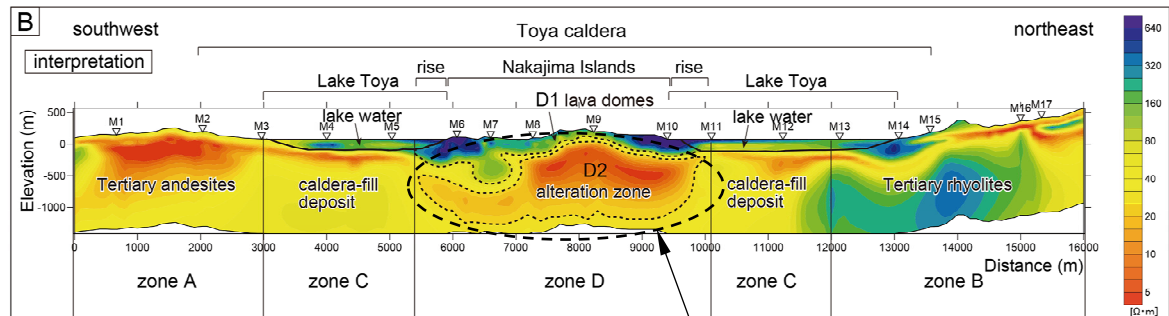
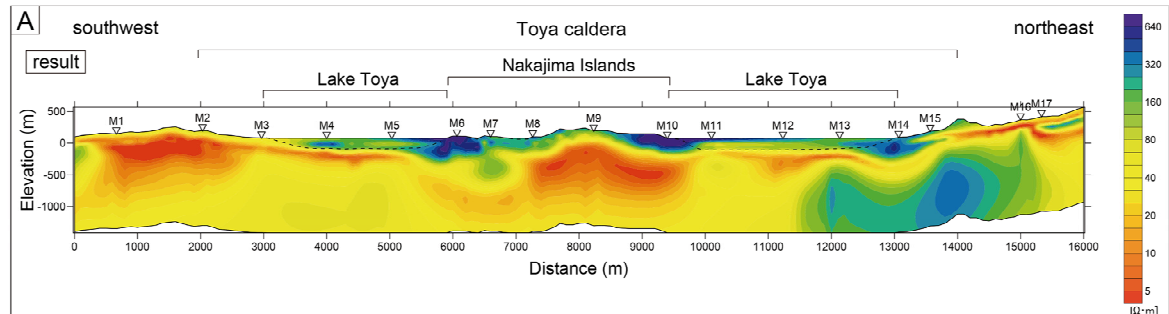
- Goto and Danhara (2018) によれば、洞爺中島とその周囲の隆起域の地下には低比抵抗領域(幅4500m, 厚さ1000m, 下図D2)が存在するとされている。
- この低比抵抗領域は、熱水鉱物に富む熱水変質帯である可能性があり、また洞爺中島の地表面において温泉等の地熱域を示すものが認められないことから、高温帯である可能性は低いとされている。
- この低比抵抗領域は、洞爺中島とその周囲の隆起域の形成時に上昇した地下のマグマにより、カルデラフィル堆積物が加熱されて形成された熱水変質帯と考えられるとされている。



○Goto and Danhara (2018) において洞爺中島直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において洞爺中島直下の表層から深度2km程度の範囲に認められる低比抵抗領域(前頁参照)に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。



探査測線位置図  
(Goto and Danhara (2018) に加筆)



D2:洞爺中島とその周囲の隆起域の地下の低比抵抗領域

比抵抗構造 (Goto and Danhara (2018) に加筆)



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-4 地下構造(洞爺カルデラにおける比抵抗構造) -Matsushima et al. (2001) -

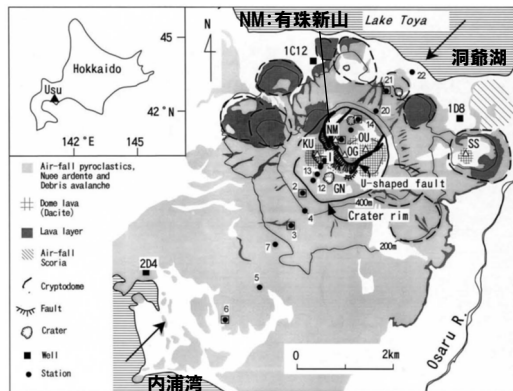
【Matsushima et al. (2001)】

○洞爺カルデラの後カルデラ火山である有珠山において、MT法による電磁気探査を行っているMatsushima et al. (2001) をレビューした。

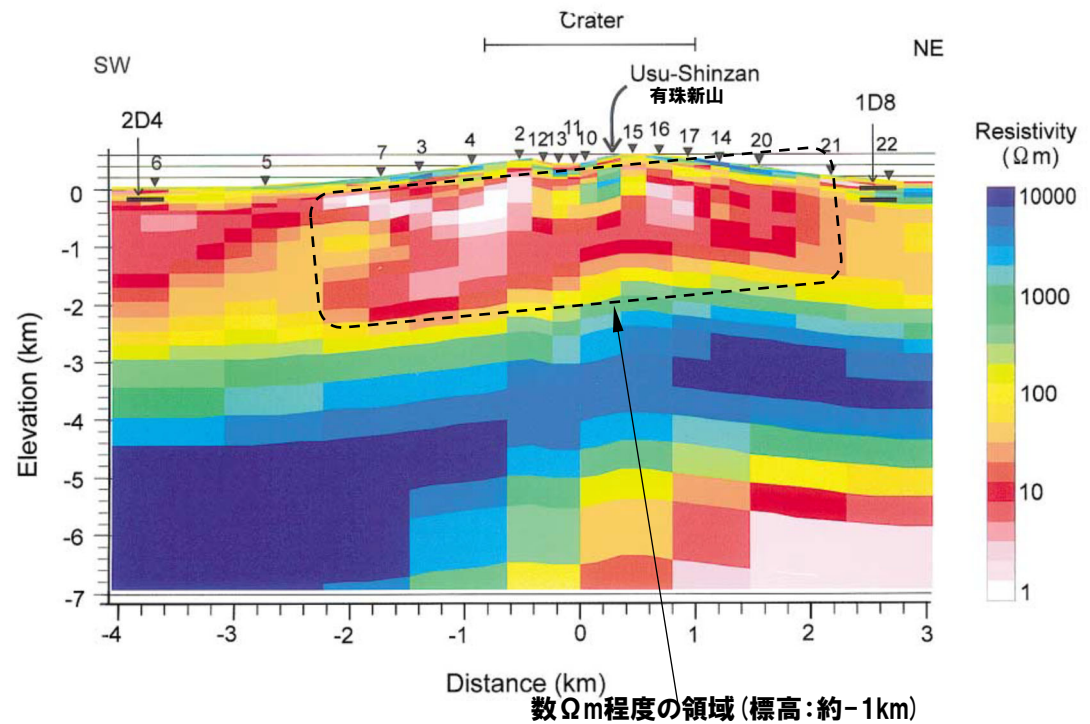
- Matsushima et al. (2001) によれば、有珠山の地下(標高:約-1km)には、数Ωm程度の領域が存在するとされている。
- 当該領域の大部分は、繰り返されるマグマの貫入の熱水変質により生成された粘土鉱物(スメクタイト)を大量に含む低比抵抗岩であるとされている。
- また、3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられるものの、小さなものについては検出が困難であるとされている。



- Matsushima et al. (2001) において有珠山直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲に認められる低比抵抗領域(P91参照)に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。
- 有珠山直下の浅部には3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられる。



探査測線位置図  
(Matsushima et al. (2001) に加筆)



比抵抗構造 (Matsushima et al. (2001) に加筆)

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

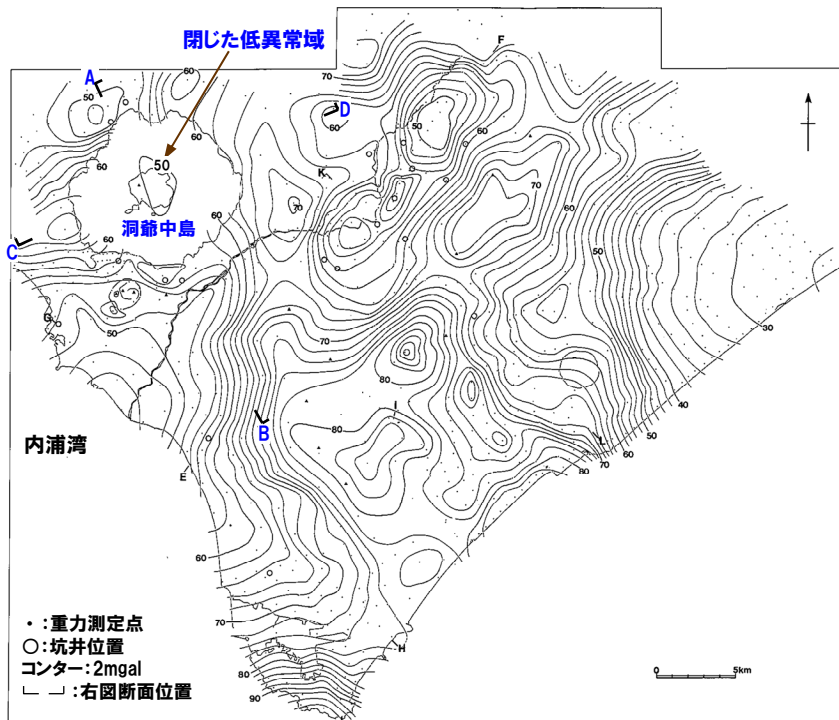
### ④-5 地下構造(洞爺カルデラにおける重力異常)

【和田ほか(1988)】

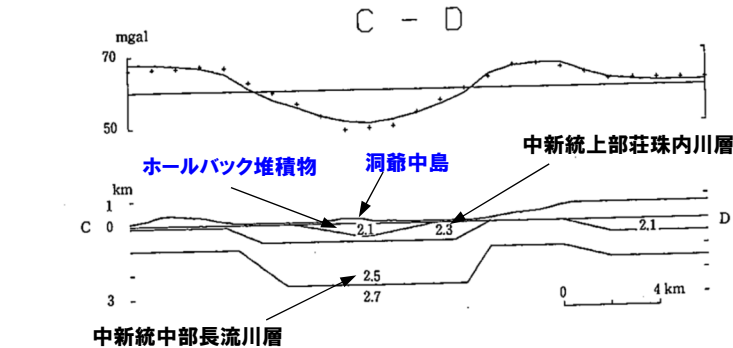
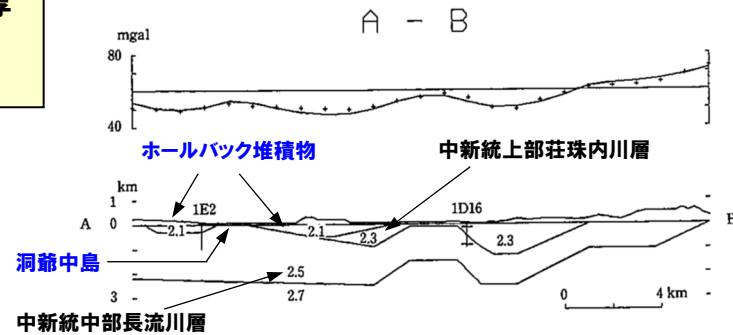
- 洞爺カルデラを含む北海道西胆振地域において、重力測定を行っている和田ほか(1988)をレビューした。
  - ・和田ほか(1988)によれば、低異常型カルデラを特徴づける閉じた低異常域が洞爺カルデラ中央部の中島を中心に分布しているとされている。
  - ・ボーリング調査結果による地質構造の推定に基づくと、上記の低重力異常は、新第三系の地質構造に逆円錐型のホールバック堆積物(最大層厚0.5km)が重畳した構造で説明できるとされている。



- 洞爺中島を中心に低異常域が認められるが、カルデラ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。
- 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。



西胆振地域における重力異常図(和田ほか(1988)に加筆)



重力解析断面図(A-B断面及びC-D断面)  
各断面における上図は観測値及び計算値(+印は観測値を、実線は計算値を示す)  
下図は地形と構造モデル(記載されている数値は各地層の密度(g/cm<sup>3</sup>)を示す)  
(和田ほか(1988)に加筆)



## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ④-6 地下構造(まとめ)

#### 【地震波速度構造(P86~P87参照)】

- 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、洞爺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 $V_p$ かつ高 $V_p/V_s$ 領域は認められない。
- 洞爺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(P88~P93参照)】

- 洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。

#### 【重力異常(P94参照)】

- 洞爺中島を中心に低異常域が認められるが、カルデラ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。
- 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。



- 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地下構造は認められない。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ⑤ 評価(洞爺カルデラ)(1/2)

- 過去に巨大噴火が発生した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った。
- 評価に当たっては、洞爺カルデラの噴火履歴、噴出物体積等を整理し、評価方法について検討した。
- 噴火履歴、噴出物体積等については、P15に示すカタログ等に加え、洞爺カルデラを含む支笏-洞爺火山地域の噴火履歴をまとめているAmma-Miyasaka et al. (2020) 及び関連する文献を参照し、またそれらと異なる報告がある場合は注釈にその旨を付した。
  
- 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、噴出物体積が約170km<sup>3</sup>(DRE)とされ、火砕流堆積物が広範囲に分布することから(P40~P55参照)、巨大噴火に該当する。
- 約11万年前にTpを噴出した噴火以降の後カルデラ期においては、いずれの噴火も噴出物体積が5km<sup>3</sup>(DRE)以下であることから、いずれの噴火も巨大噴火に該当しない。
- 約11万年前の噴火以前に存在していたことが推定されるカルデラ様の低地ないし水域は、噴火によって形成された可能性が考えられるものの、その噴火規模は不明である。
- このため、洞爺カルデラにおいて巨大噴火に該当する噴火は、約11万年前にTpを噴出した噴火のみと解釈し、巨大噴火の可能性評価を実施することとした。
- この場合、洞爺カルデラの巨大噴火は1回であり、巨大噴火の活動間隔、最後の巨大噴火からの経過時間等の活動履歴の観点から巨大噴火の可能性を評価することはできない。
- したがって、巨大噴火の可能性については、以下の地球物理学的調査の結果から、現在の活動状況は巨大噴火が差し迫った状態にあるかどうか及び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るかどうかにより評価した。  
【地球物理学的調査】
  - ・火山性地震(P58~P63参照)
  - ・地殻変動(P64~P75参照)
  - ・地下構造(地震波速度構造(P86~P87参照)、比抵抗構造(P88~P93参照)及び重力異常(P94参照))
- 洞爺カルデラにおける地球物理学的調査結果を次頁に示す。

## 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ⑤ 評価(洞爺カルデラ)(2/2)

#### 洞爺カルデラにおける地球物理学的調査結果

【火山性地震(P58~P63参照)】		【地殻変動(P64~P75参照)】			
○地震活動は、洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、活動中心は有珠山周辺に限定されており、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。		○地殻変動は、洞爺カルデラ域での広域的なものではなく、有珠山周辺に限定されており、洞爺カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。			
【地下構造(P77~P95参照)】					
地震波速度構造	比抵抗構造			重力異常	地下構造の評価
防災科学技術研究所HP「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」(P86~P87参照)	当社電磁気探査(P89~P91参照)	Goto and Danhara (2018) (P92参照)	Matsushima et al. (2001) (P93参照)	和田ほか(1988) (P94参照)	
○洞爺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。 ○洞爺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。	○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)に、巨大なマグマ溜まりの可能性を示唆する大きさの低比抵抗領域(数Ωm程度の領域)は認められない。 ○洞爺中島直下の表層から深度2km程度及び有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲には、低比抵抗領域(数Ωm程度の領域)が認められる。	○洞爺中島直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において洞爺中島直下の表層から深度2km程度の範囲に認められる低比抵抗領域(P91参照)に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。	○有珠山直下に示される低比抵抗領域は、当社電磁気探査において有珠山直下の表層から深度3km程度の範囲に認められる低比抵抗領域に相当し、当該低比抵抗領域はマグマではなく、熱水変質帯と考えられる。 ○有珠山直下の浅部には3kmを超えるような大きさのマグマ溜まりは存在しないと考えられる。	○洞爺中島を中心に低異常域が認められるが、カルデラ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。 ○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。	○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地下構造は認められない。
	○洞爺カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりを示唆する低比抵抗領域は認められない。				



○地球物理学的調査の結果から、洞爺カルデラの現在の活動状況は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。