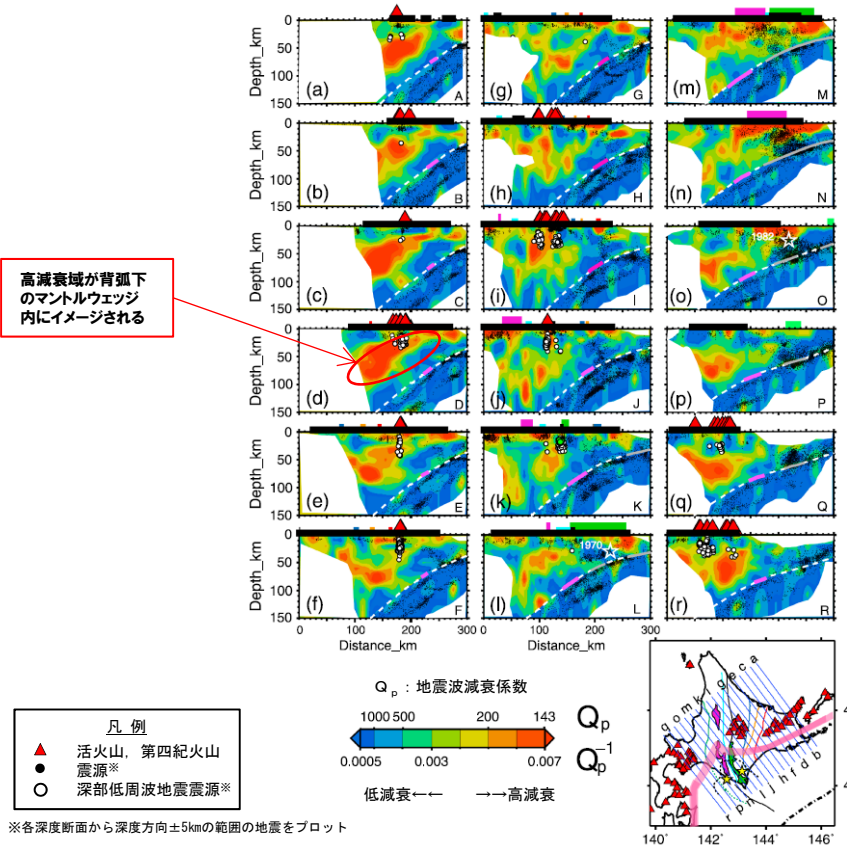


2.3.1 巨大噴火の可能性評価

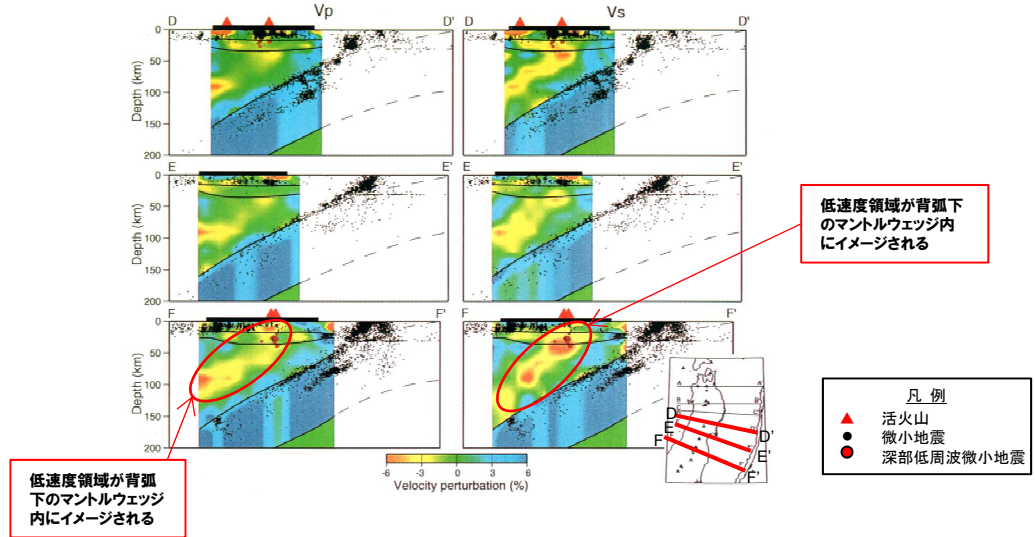
(参考) 北海道の地震学的構造 (2/2)

(前頁からの続き)

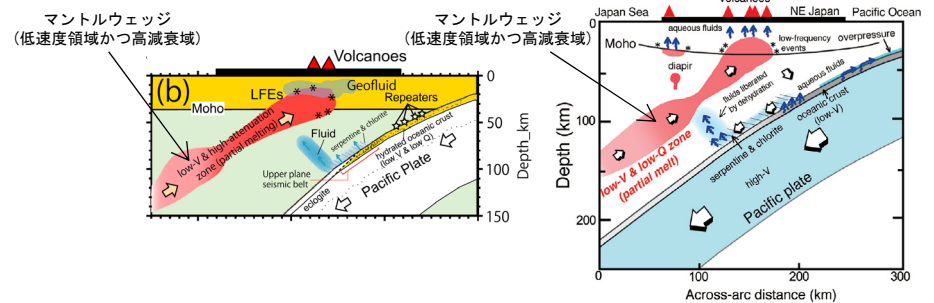
○Kita et al. (2014) では、北海道における流体移動経路が、中島 (2017) では、東北日本における流体移動経路が示されている (右下図参照)。これらから、北海道は東北日本と同様な流体移動システムであると考えられる。



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)



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)



左: 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)
 右: 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)

○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域を示すマントルウェッジが存在し、その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。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-3 地震波速度構造-低周波地震との関係について(1/3) -

【火山直下における低周波地震について】

○下鶴ほか編(2008)では、低周波地震、長周期地震及び超長周期地震について、「規模のわりに低周波が卓越する火山性地震。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。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。

【始良カルデラ直下における低速度領域と低周波地震との関係(Alanis et al., 2012)(次頁参照)】

○Alanis et al.(2012)では、始良カルデラを含む九州南部の地震波速度構造を求めている。
○始良カルデラ直下の深度20km付近には高ポアソン比(高 V_p/V_s)領域が認められ、これは、火山活動に関連した部分熔融域を示すものとしている。
○また、下部地殻内の深度20km~30kmにおいて、高ポアソン比(高 V_p/V_s)領域と重なる範囲に低周波地震群が認められるとしている。
○これらのことから、マグマは、深度30km付近で上部マントルから下部地殻へ貫入した後、上昇して、深度20km付近に蓄積されると推定している。

【阿蘇カルデラ直下における低速度領域と低周波地震との関係(Abe et al., 2010)(P74参照)】

○Abe et al.(2010)では、阿蘇カルデラ直下の地震波速度構造(V_s)を求めている。
○カルデラ西部直下のコンラッド面付近の深度10~24kmに低速度領域が認められ、これは、流体(多くとも15%のメルト若しくは30%の水を含む)を示すものと推定している。
○この低速度領域は、カルデラの中-東部直下に認められる流体の移動に関連すると考えられるシル状の膨張源(国土地理院, 2004)及び低周波地震群の発生深度と一致し、これらの傍に分布する。
○これらのことから、この低速度領域に含まれる流体は、阿蘇カルデラの巨大噴火に関連していた可能性があると推定している。



○カルデラ直下に認められる低周波地震は、マグマや熱水等の流体の移動に関連して発生するものと考えられる。
○カルデラ直下では、マグマ溜まりに関連すると考えられる低速度領域内若しくはその縁辺部において低周波地震群が認められる。



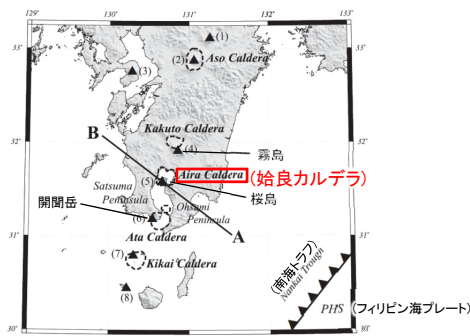
○地震波速度構造の観点から、洞爺カルデラ、支笏カルデラ及びニセコ・雷電火山群における上部地殻内のメルトの存在について考察を実施する際、マグマや熱水等の流体の移動に関連すると考えられる低周波地震の発生状況にも着目する。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

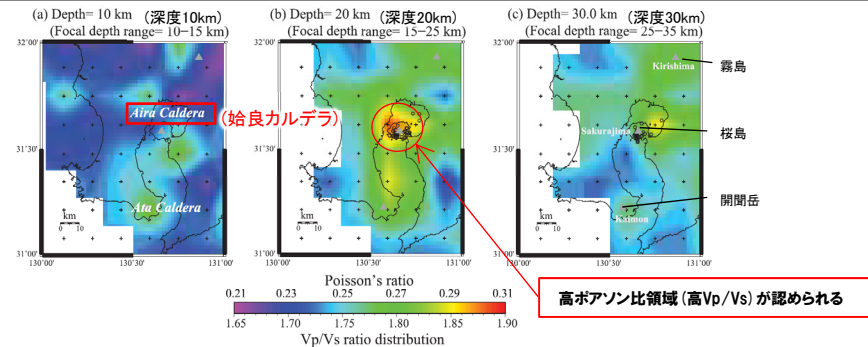
⑥-3 地震波速度構造-低周波地震との関係について(2/3) -

【始良カルデラ直下における低速度領域と低周波地震との関係 (Alanis et al., 2012)】

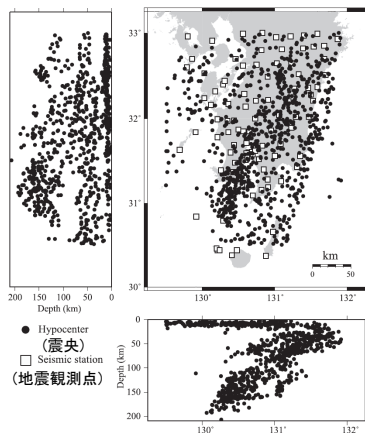
- Alanis et al. (2012) では、始良カルデラを含む九州南部の地震波速度構造を求めている。
- 始良カルデラ直下の深度20km付近に高ポアソン比(高Vp/Vs)領域が認められ、これは、火山活動に関連した部分熔融域を示すものとしている。
- また、下部地殻内の深度20km~30kmにおいて、高ポアソン比(高Vp/Vs)領域と重なる範囲に低周波地震群が認められるとしている。
- これらのことから、マグマは、深度30km付近で上部マントルから下部地殻へ貫入した後、上昇して、深度20km付近に蓄積されると推定している。



調査対象地域及びA-B断面位置 (Alanis et al. (2012) に加筆)

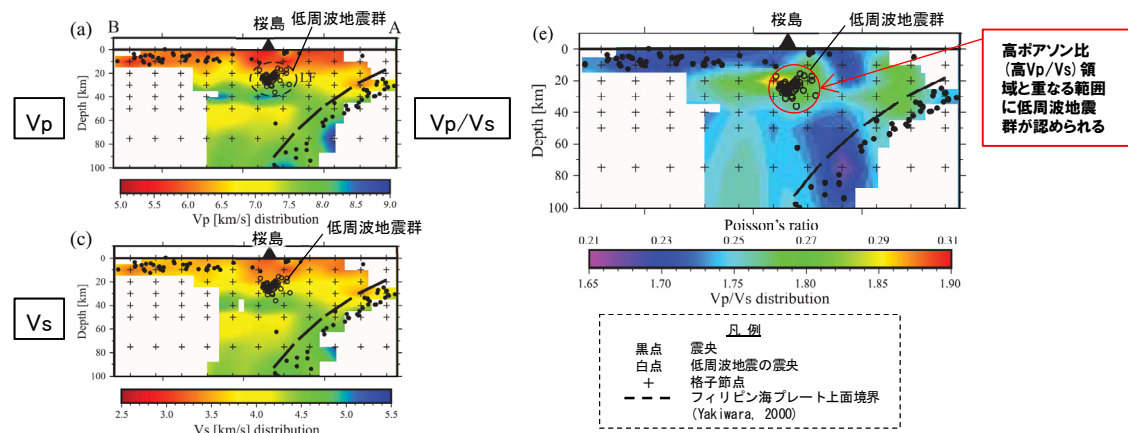


地震波速度構造 (Vp/Vs) (水平断面) (Alanis et al. (2012) に加筆)



地震観測点数: 101
震央データ数: 829

地震波トモグラフィーに用いた地震の震央 (Alanis et al. (2012) に加筆)



地震波速度構造 (Vp, Vs及びVp/Vs) (A-B断面) (Alanis et al. (2012) に加筆)

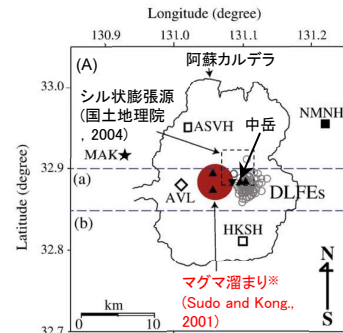
凡例
 ● 震央
 ○ 低周波地震の震央
 + 格子節点
 - - - フィリピン海プレート上面境界 (Yakiwara, 2000)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

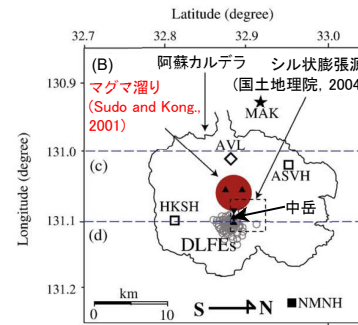
⑥-3 地震波速度構造-低周波地震との関係について(3/3) -

【阿蘇カルデラ直下における低速度領域と低周波地震との関係 (Abe et al., 2010)】

- Abe et al. (2010) では、阿蘇カルデラ直下の地震波速度構造 (Vs) を求めている。
- カルデラ西部直下のコンラッド面付近の深度10~24kmに低速度領域が認められ、これは、流体(多くとも15%のメルト若しくは30%の水を含む)を示すものと推定している。
- この低速度領域は、カルデラの中-東部直下に認められる流体の移動に関連すると考えられるシル状の膨張源(国土地理院, 2004)及び低周波地震群の発生深度と一致し、これらの傍に分布する。
- これらのことから、この低速度領域に含まれる流体は、阿蘇カルデラの巨大噴火に関連していた可能性があるかと推定している。



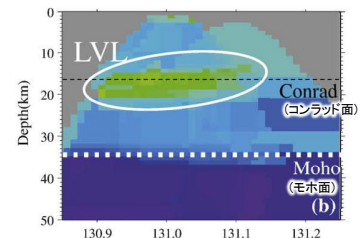
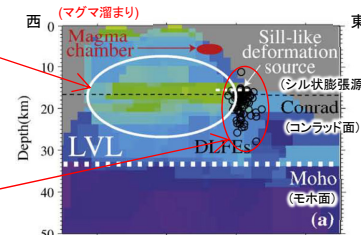
平面図 (A)



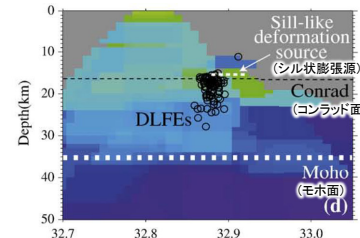
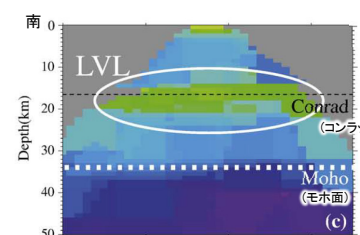
平面図 (B) (平面図 (A) を90° 時計回しさせた図)

コンラッド面付近に低速度領域が認められる

低速度領域の傍に低周波地震群が認められる



(a), (b) 断面図

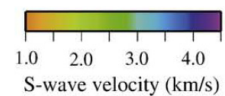


(c), (d) 断面図

地震波速度構造 (Vs) (Abe et al. (2010) に加筆)

※Abe et al. (2010) では、Sudo and Kong (2001) で推定された球状のマグマ溜まりについて、その半径が2-3km、体積は約100km³であり、阿蘇4噴火時の総噴出量が200km³以上 (DRE) であることを踏まえると、阿蘇カルデラの巨大噴火に関連していたマグマ溜まりは、少なくともこれだけではないことを指摘している。

LVL : 低速度領域
DLFES : 深部低周波地震群
灰色領域 : S波速度未決定

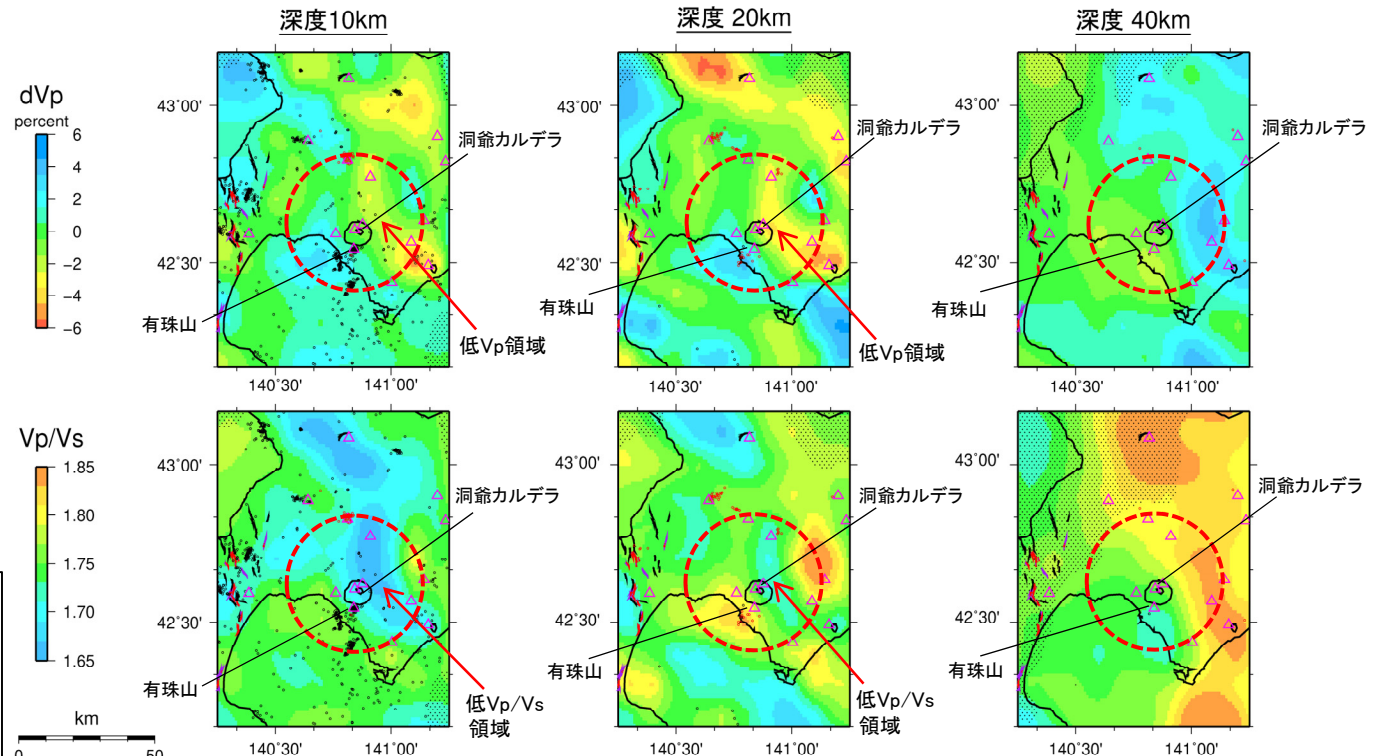


余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-4 地震波速度構造-洞爺カルデラにおける地震波速度構造(1/2)-

- 防災科学技術研究所HP上において、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」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。
- また、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。



- 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)
 - 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

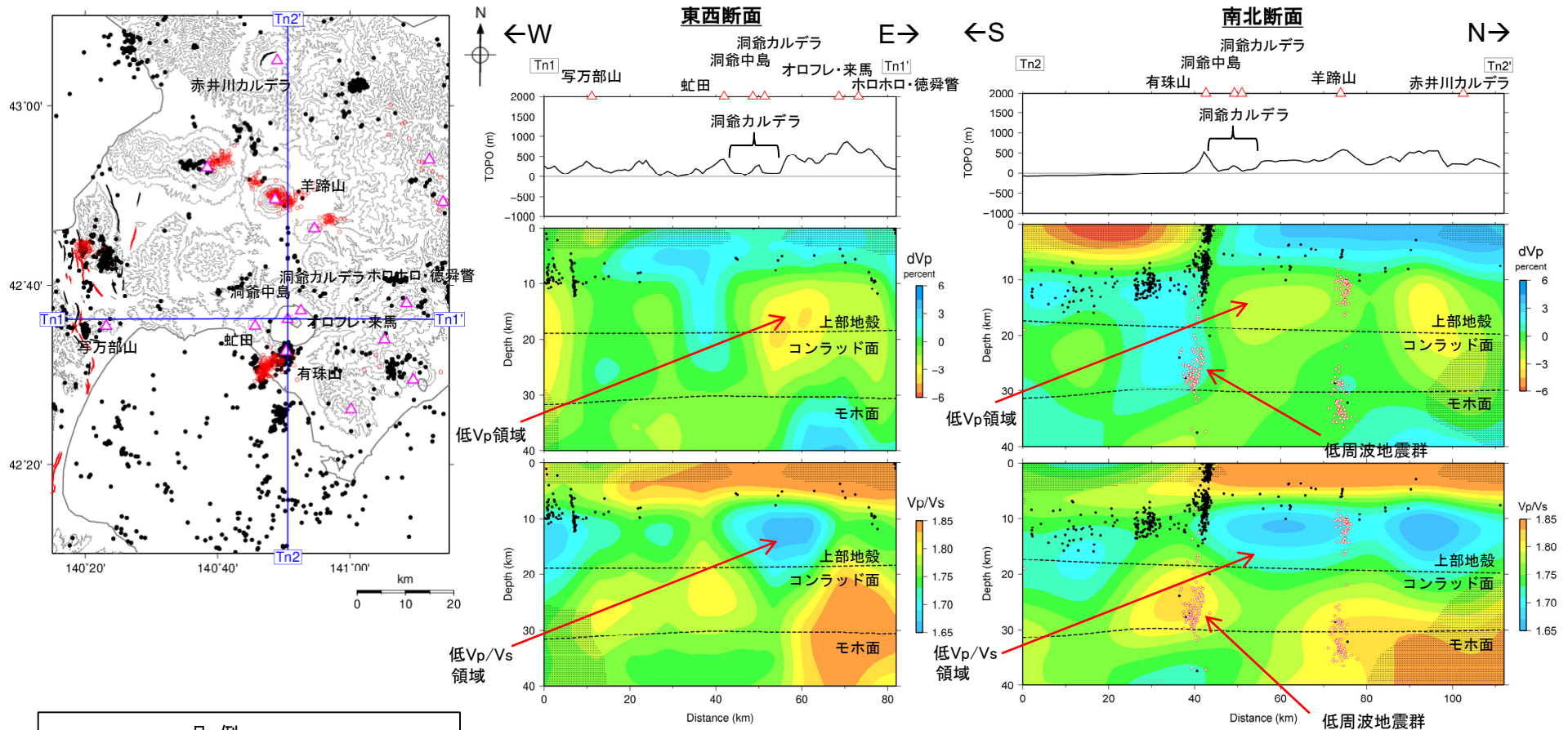
洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

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)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-4 地震波速度構造-洞爺カルデラにおける地震波速度構造(2/2) -



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)
- 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

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)

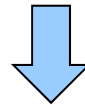
鉛直断面に記載している火山は、断面位置を中心に ± 5 km内の火山を投影した。なお、水平方向の分解能は約20km。鉛直方向の分解能は深さごとに異なるが、深さ0km~10kmでは分解能約5km、深さ10km~40kmでは分解能約10kmである。コンラッド面はZhao et al. (1992)、モホ面はMatsubara et al. (2017)をトレースした。また、断面から ± 5 kmの範囲の地震をプロットした。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-5 地震波速度構造-洞爺カルデラにおける地震波速度構造(まとめ)-

【洞爺カルデラ周辺における地震波速度分布確認結果】

- 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。
- また、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震波速度構造及び低周波地震群は認められない。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) - 火砕流シミュレーション(概要) -

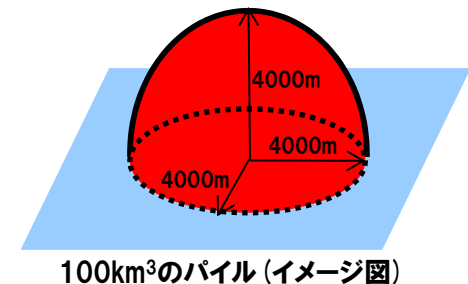
一部修正 (H26/3/12審査会合)

- 洞爺カルデラについて、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火が発生した場合の敷地への影響の有無を検討するため、火砕流シミュレーションを実施した。
- 火砕流シミュレーションは、TITAN2D*を使用し、下表に示すパラメータを入力し実施した。
- 約11万年前の巨大噴火時の地形を考慮した検証計算により火砕流現象の再現を確認した。
- 現在の地形における想定計算を実施した結果、火砕流は、敷地に到達しない結果となった。

*TITAN2D:アメリカのニューヨーク州立大学バッファロー校で開発された、重力を駆動力とし、流体の挙動を解析する粒子流モデル。想定火口位置から、紡錘状のバイルを崩して、火砕流を発生させる。

解析に使用したパラメータ

| パラメータ | 単位 | 値 | 設定根拠 |
|--------------|-----------------|-------|---|
| 噴出量 (火砕流) | km ³ | 100 | 洞爺カルデラ総噴出量150km ³ (第四紀火山カタログ委員会編(1999), 山元(2014)), 洞爺火山灰噴出量67.23km ³ (須藤ほか, 2007)より, $150 - 67.23 = 82.77 \approx 100 \text{ km}^3$ を設定 |
| 長軸半径 | m | 4,000 | バイルの体積100km ³ 及び地形図の洞爺湖直径読み取りより設定 |
| 短軸半径 | m | 4,000 | バイルの体積100km ³ 及び地形図の洞爺湖直径読み取りより設定 |
| 高さ | m | 4,000 | カルデラ噴火で火砕流を発生させるバイル高さ4km (Sheridan, 1979) より設定 |
| 内部摩擦角 | ° | 30 | 流体体積比60%の土石流の内部摩擦角25~45° (Iverson, 1997) |
| 底面摩擦係数 | - | 0.03 | 文献 (Sheridan, 1979) 等に基づき設定 |
| 初速度 | m/s | 0 | 大規模な噴火であることから全方向への流出を想定し, 特定の方向への初速度を与えない |
| 地形メッシュ | m | 50 | 富士山火山防災マップ(富士山ハザードマップ検討委員会, 2004)における, 火砕流シミュレーション計算実績を考慮し設定 |



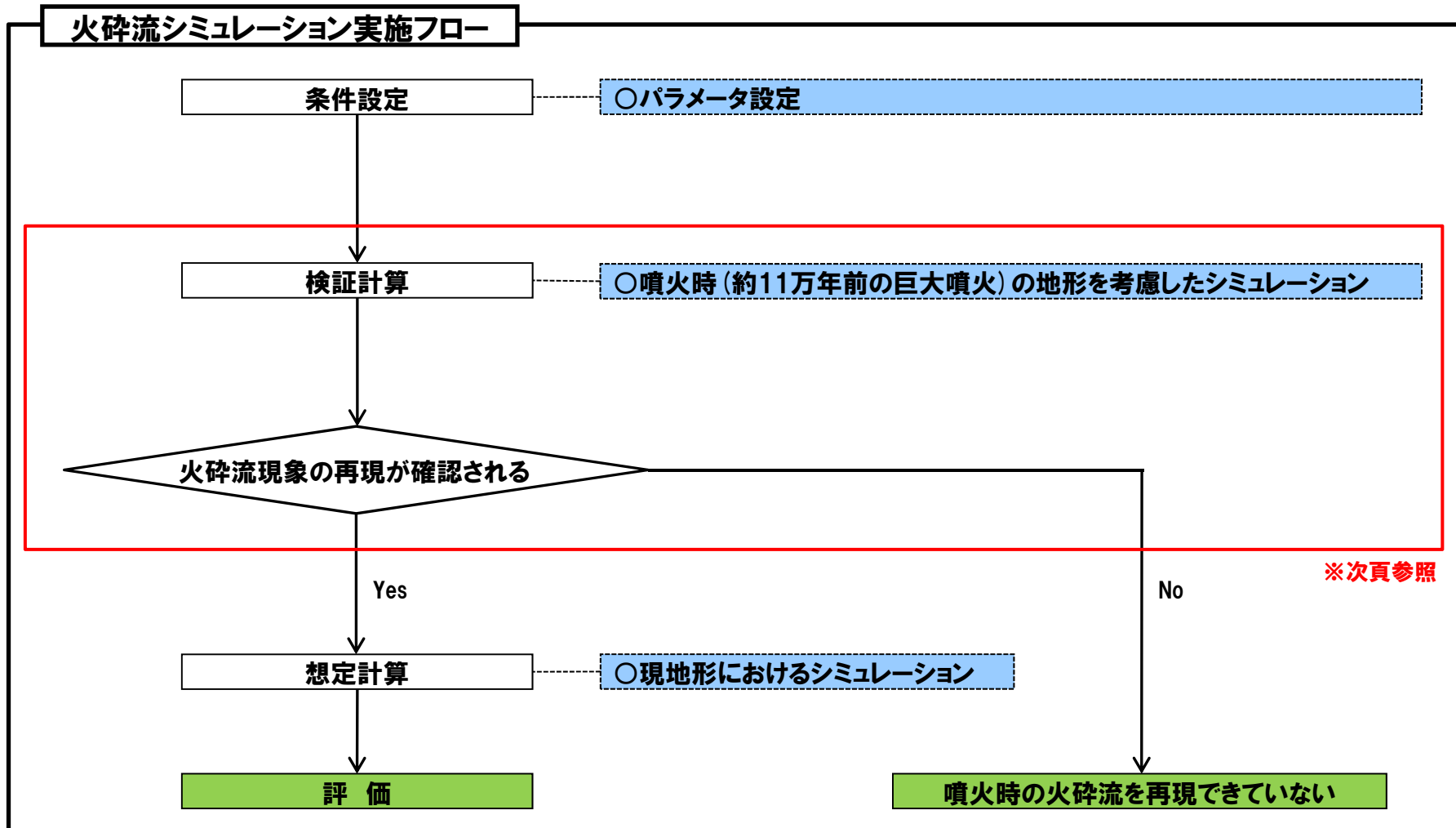
- 火砕流シミュレーションの結果、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火を考慮しても、火砕流が敷地に影響を及ぼす可能性は小さいものと考えられる。

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) -火砕流シミュレーション(実施フロー) (1/2) -

一部修正 (H26/3/12審査会合)

○火砕流シミュレーションは、下図フローに基づいて実施した。



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) - 火砕流シミュレーション(実施フロー) (2/2) -

一部修正 (H26/3/12審査会合)

○検証計算においては、約11万年前の巨大噴火時の地形を考慮したシミュレーションを実施し、火砕流現象の再現を確認した。

【約11万年前の地形】

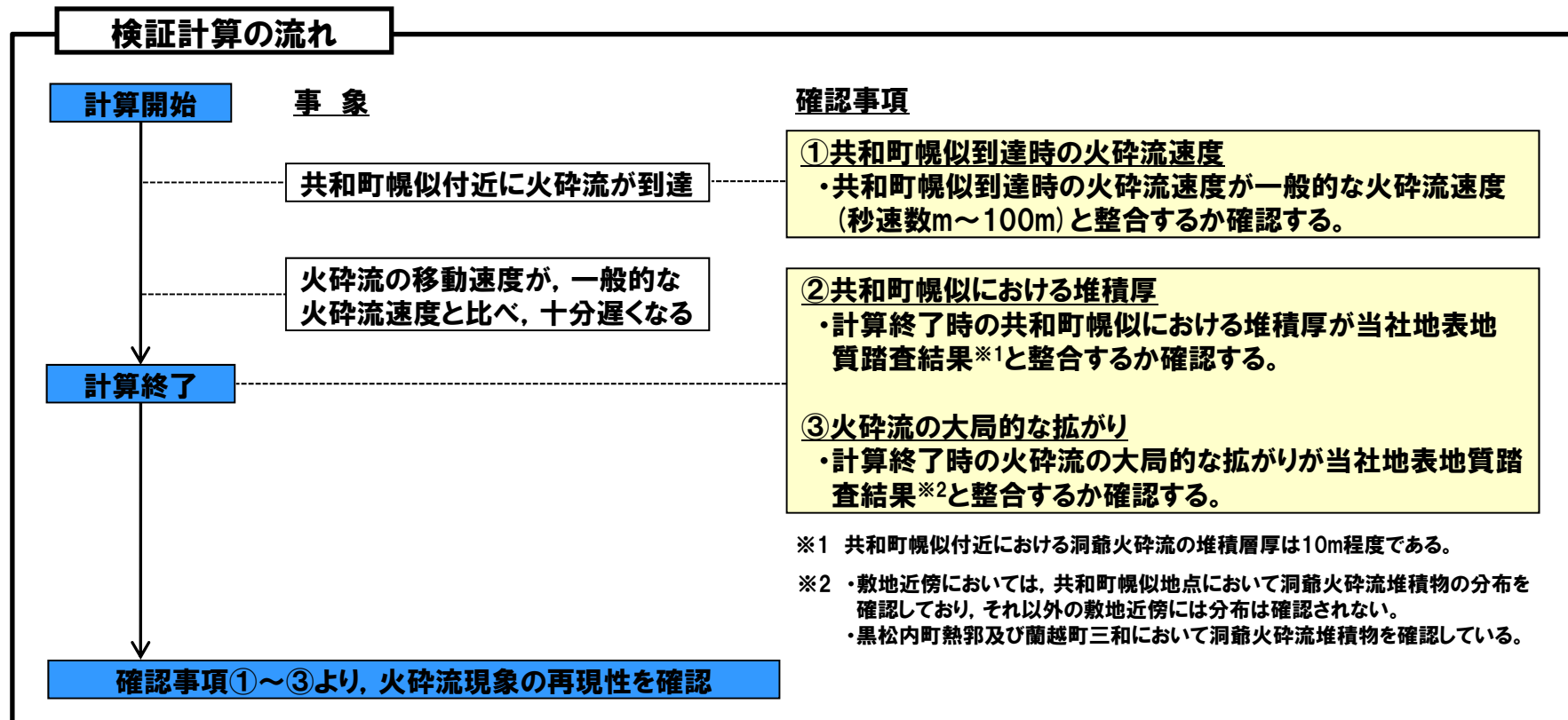
○約11万年前の巨大噴火時には、以下の理由から、羊蹄山及び尻別岳は山体が形成されていないものと推定されるため、山体が占める範囲は周辺の地形と同様な標高300mとしてシミュレーションを実施した。

・羊蹄山の活動履歴によれば、約10万年前以降に羊蹄山の山体が形成されたものと推定される。

・尻別岳の活動履歴によれば、最新の知見において、比較的大規模な噴火は約5万年前であるとされていることから、約5万年前以降に尻別岳の山体が形成されたものと推定される。

【再現性の確認】

○共和町幌似到達時の火砕流速度、共和町幌似における堆積厚及び火砕流の大局的な拡がりの確認により、火砕流現象の再現を確認した。



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) - 火砕流シミュレーション (一般的な火砕流速度) -

一部修正 (H26/3/12審査会合)

○一般的な火砕流速度は、秒速数m～100mとされている。

- ・火砕流の流下速度は時速数十km～百数十kmに達する(気象庁HP)。⇒ 秒速数m～数十m
- ・火砕流は、秒速100m近くの高速度で、周りに高温熱風を伴って突進してくる(防災科学研究所HP)。
- ・歴史時代の火砕流について、下鶴ほか編(2008)では、目撃証言、被害状況、動画等から算出した火砕流の速さをまとめており、その速さは10～40m/sである。

火砕流速度について(下鶴ほか編, 2008)及び各引用元文献

| 実測された火砕流の速さ(下鶴ほか編, 2008) | | | 引用元文献 | | |
|--------------------------|-----------|---------|---------------------------|------------|---------------------------------|
| 噴火(火山, 年) | 地域 | 速さ(m/s) | 文献 | 算出根拠 | 速さ(m/s) |
| スフリエール, 1902 | 西インド諸島 | 11～13 | Anderson and Flett (1903) | 目撃証言 | 11～13 |
| プレー山, 1902～1903 | 西インド諸島 | 10～40 | Lacroix (1904) | 目撃証言 | 10～26* |
| | | | Fisher et al., (1980) | 被害状況 | 40* |
| プレー山, 1929～1932 | 西インド諸島 | 10～35 | Perret (1937) | 目撃証言 | 10～33* |
| メラピ, 1930 | インドネシア | 16 | Taylor (1958) | 別文献からの引用 | 16.1 |
| ラミントン, 1951 | バブアニューギニア | 27～33 | Taylor (1958) | 目撃証言, 被害状況 | 目撃証言から26.8～93.9* 被害状況から33.5* |
| 浅間, 1958 | 日本 | 25～30 | Murai and Hosoya (1964) | 目撃証言 | 25～30 |
| マヨン, 1968.5.2 | フィリピン | 31 | Moore and Melson (1969) | 動画 | 31 |
| 浅間, 1973.2.6 | 日本 | 35 | 荒牧(1973) | 動画 | 35±5 |
| セントヘレンズ山, 1980.8.7 | 米国 | 30 | Hoblitt (1980) | 連続写真 | 30 |

※下鶴ほか編(2008)の引用元が一部の火砕流で不明であるが、目撃証言又は被害状況から算出している別の文献と同程度の速度であり、同様な手法で算出したものと考えられる。

余白

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

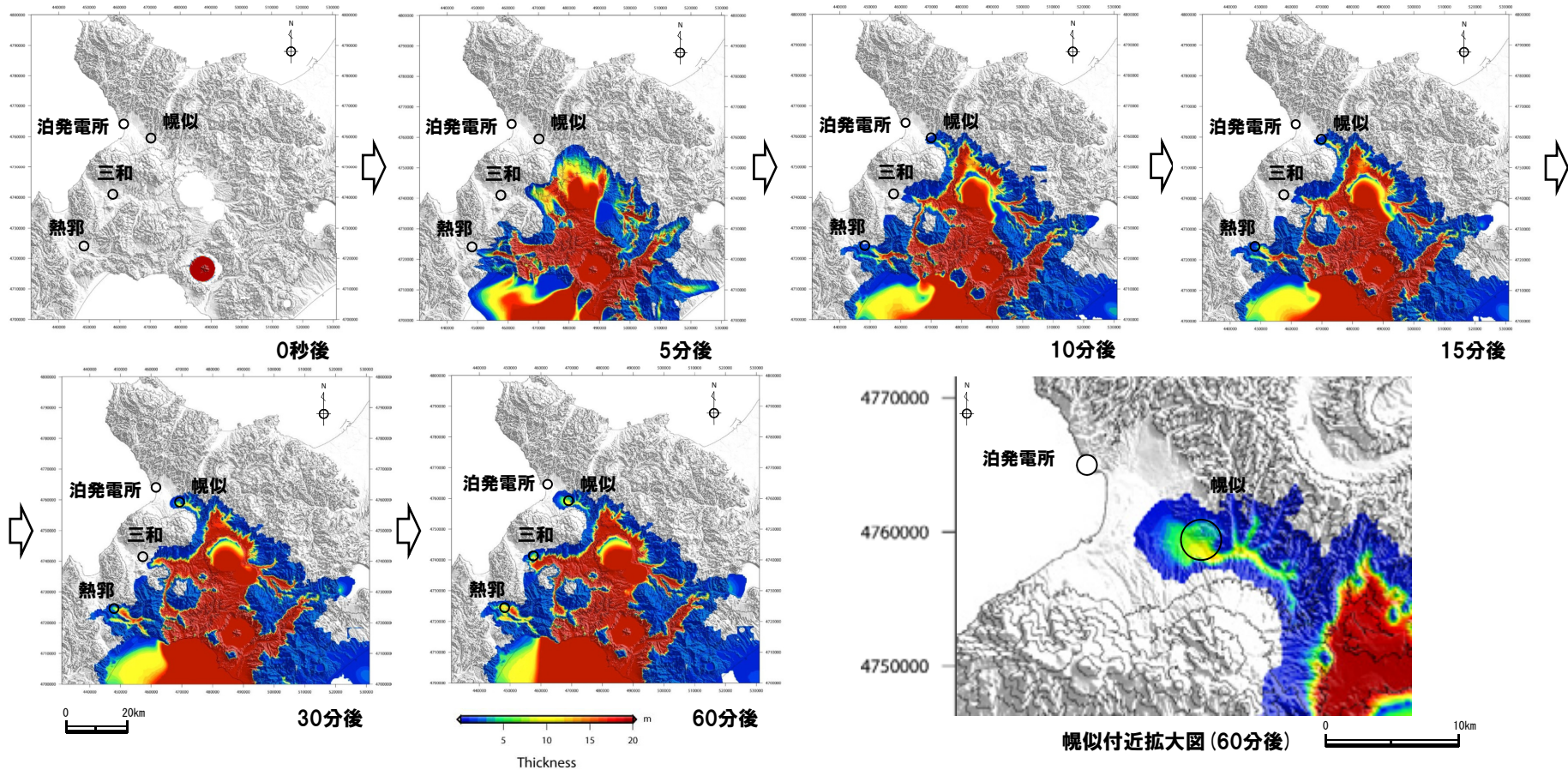
(参考) - 火砕流シミュレーション (検証計算結果) -

一部修正 (H26/3/12審査会合)

- 約11万年前の巨大噴火時においては、羊蹄山及び尻別岳がないことを考慮した地形で検証計算を行った。
- 火砕流は噴火から10分で共和町幌似に到達し(約33.0m/s)、15分後に層厚10m以上となった。
- 火砕流は共和町幌似、黒松内町熱郭及び蘭越町三和まで広がっている。



○約11万年前の巨大噴火時の現象を再現していることを確認した。

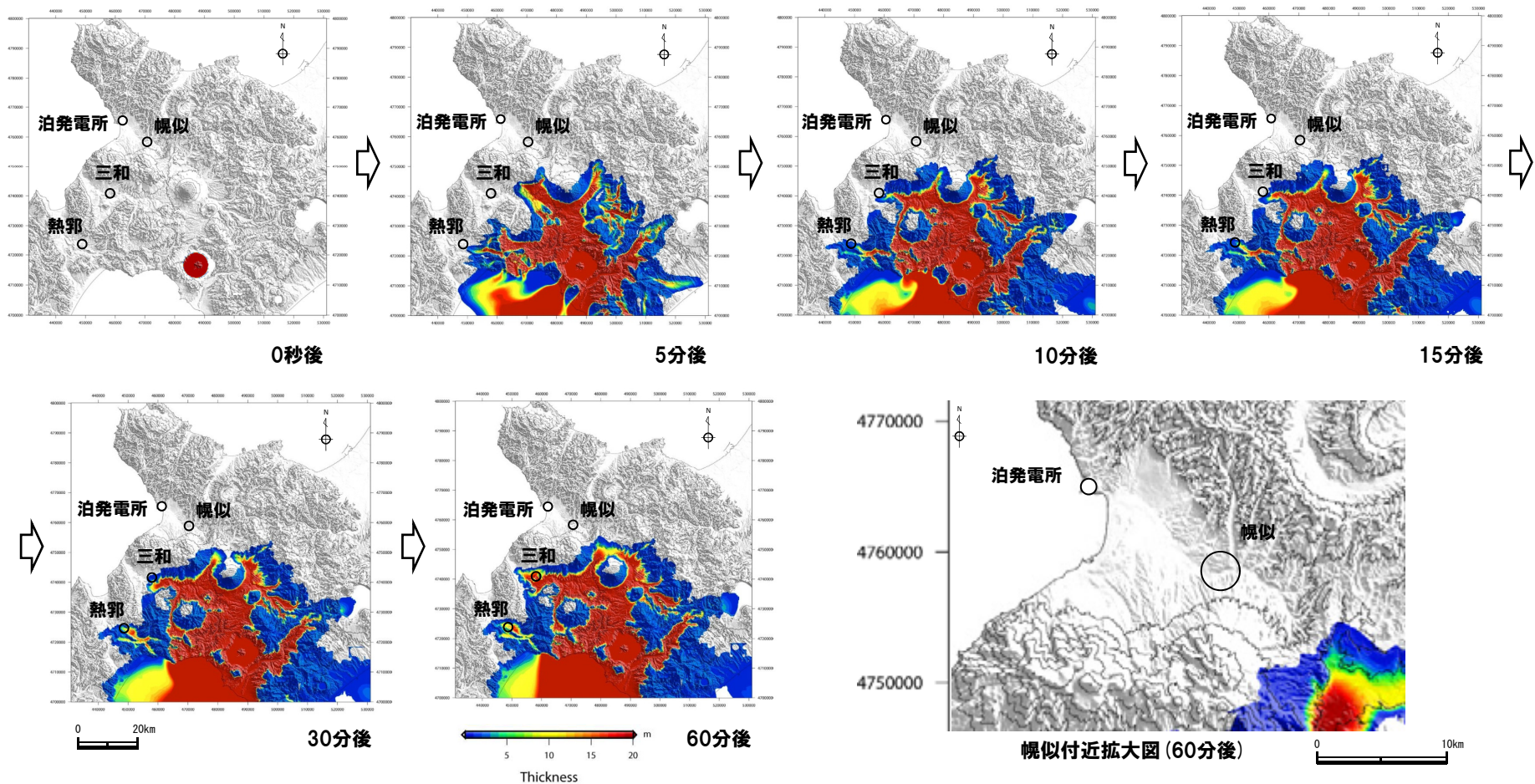


2.3.1 巨大噴火の可能性評価

(参考) -火砕流シミュレーション(想定計算結果) -

一部修正(H26/3/12審査会合)

- 現在の地形における火砕流シミュレーションを実施した。
- 洞爺カルデラにおける約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火による火砕流は、敷地に到達しない結果となった。



2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑦ 評価(洞爺カルデラ)(1/2)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 洞爺カルデラにおいて、巨大噴火に該当する噴火は、約11万年前に洞爺火砕流を噴出した噴火である。
- この噴火を対象に、巨大噴火の可能性評価を実施した。
- 巨大噴火の可能性評価に当たっては、火砕流堆積物の分布・地形状況について確認した上で、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ているかどうかについて検討した。
- なお、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火が発生した場合の敷地への影響を検討するため、火砕流シミュレーションを実施した。

【火砕流堆積物の分布・地形状況】

- 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、洞爺カルデラの火砕流堆積物が認められる。
- 地表地質踏査及びボーリング調査の結果、洞爺火砕流の末端は、共和町幌似付近であると考えられる。
- 共和町幌似付近と敷地との間には、標高差100m程度の丘陵地が存在し、当該丘陵地には、洞爺火砕流堆積物及び明瞭な火山灰を含む地層は確認されない。

【地球物理学的調査】

(火山性地震)

- 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。

(地殻変動)

- 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。
- 洞爺カルデラにおいては、現状、巨大噴火に伴う大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示唆するような広域的な地殻変動は認められない。

(地震波速度構造)

- 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を示唆する地震波速度構造及び低周波地震群は認められない。

【火砕流シミュレーション】

- 洞爺カルデラについて、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火を想定し、現在の地形を反映した火砕流シミュレーションにおいて、火砕流は敷地に到達しない結果となった。



(次頁へ続く)

2.3.1 巨大噴火の可能性評価

⑦ 評価(洞爺カルデラ)(2/2)

一部修正(H25/12/18審査会合)

(前頁からの続き)



- 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。
- 火砕流堆積物の分布・地形状況から、約11万年前の巨大噴火は、敷地まで到達していないものと考えられるが、敷地近くに設計対応不可能な火山事象が到達していることを考慮し、念のため、巨大噴火の可能性が十分に小さいと評価した根拠が維持されていることを確認することを目的として、原子力発電所の火山影響評価ガイドに基づき、運用期間中のモニタリングを行う。

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

① 噴火履歴(後カルデラ期)(1/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

○文献に基づくと、洞爺カルデラにおける後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の噴火履歴は以下のとおりとされている。

【文献調査】

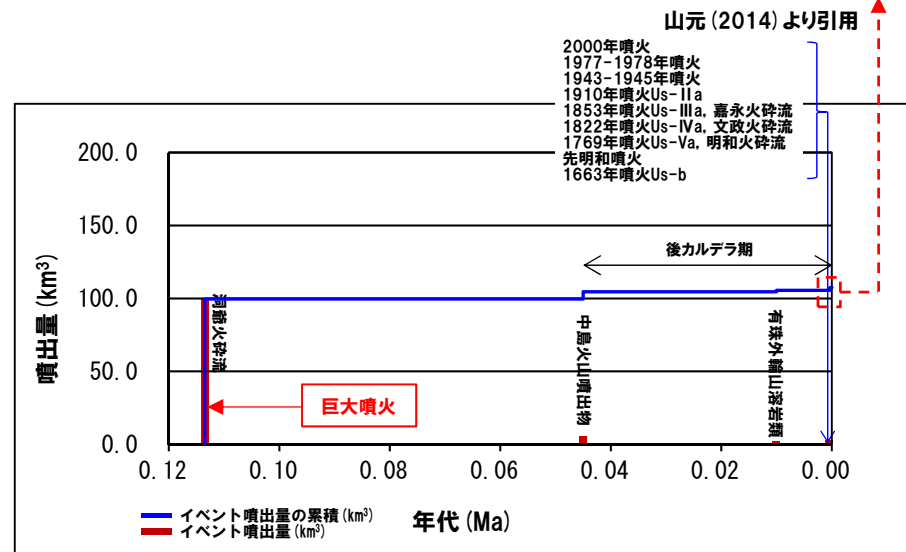
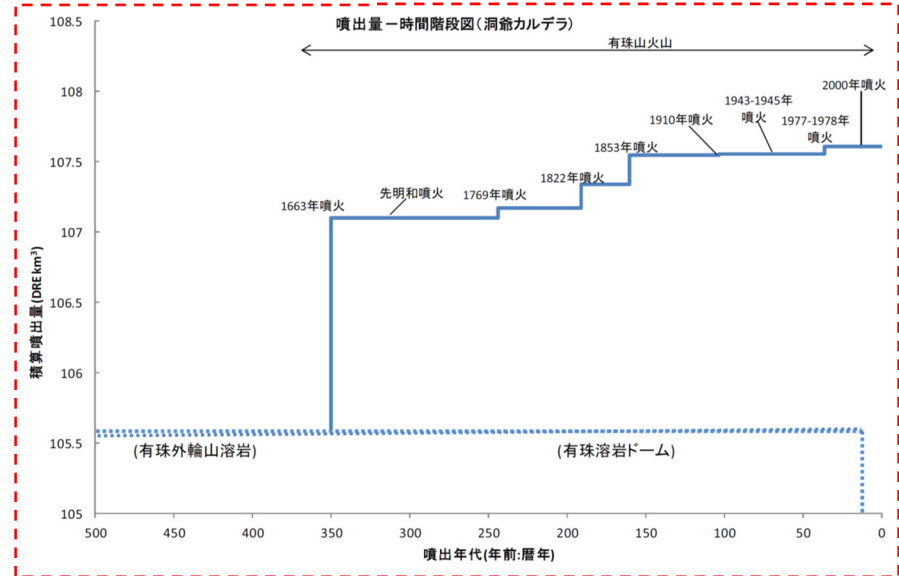
(洞爺中島)

- 約4~3万年前の噴火で現在の洞爺中島が形成された(産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 洞爺中島の噴出量は、約5.0km³*である(山元, 2014)。

(有珠山)

- 洞爺中島活動後は、約2~3万年の休止期間の後、洞爺カルデラ南壁における約2~1.5万年前の小規模な噴火により有珠山が形成された(山縣(1996)及び産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 有珠山は、西暦1663年の噴火以降、西暦2000年までに8回の噴火を起こしている(山元, 2014)。
- 有珠山の既往最大の噴火(西暦1663年)における噴出量は約1.5km³*である(山元, 2014)。

*マグマ噴出量DRE



噴出量-年代階段ダイアグラム 山元(2014)に基づき作成

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

① 噴火履歴(後カルデラ期)(2/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

洞爺中島活動履歴

| 年代 | | 噴出物名 | 体積 DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|----------------|---------|------------------------------|----------|
| 第四紀 | 完新世 | | | 山元(2014) |
| | 更新世 0.045Ma | 中島火山噴出物 | 5.0 | |

有珠山活動履歴

| 年代 | | 噴出物名 | 体積 DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|---------|-------------------------------|------------------------------|--------------|
| 第四紀 | 完新世 | | | 山元 (2014) |
| | 0.013ka | 有珠:2000年噴火 | 0.0006 | |
| | 0.036ka | 有珠:1977-1978年噴火 | 0.05 | |
| | 0.070ka | 有珠:1943-1945年噴火 | 0.006 | |
| | 0.103ka | 有珠:1910年噴火Us-IIa | 0.002 | |
| | 0.160ka | 有珠:1853年噴火Us-IIIa, 嘉永火砕流 | 0.21 | |
| | 0.191ka | 有珠:1822年噴火Us-IVa, 文政火砕流 | 0.17 | |
| | 0.244ka | 有珠:1769年噴火Us-Va, 明和火砕流 | 0.07 | |
| | 0.313ka | 有珠:先明和噴火 | 0.0006 | |
| | 0.350ka | 有珠:1663年噴火Us-b | 1.50 | |
| | 7.5ka | 外輪山:善光寺 岩屑なだれ | (岩屑なだれ) | |
| | 10ka | 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(有珠溶岩ドームも一括) | |



- 後カルデラ期の最大規模の噴火は、洞爺中島の噴火であり、その噴出量は約5.0km³*である。
- 後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の噴火規模は、いずれも洞爺カルデラ形成時の規模に比べて小規模である。

*マグマ噴出量DRE

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

② 設計対応不可能な火山事象の分布(後カルデラ期)

一部修正(H25/12/18審査会合)

○中野ほか編(2013)において、後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の火山地質分布を示している(下図参照)。



後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の火山地質分布
(火山地質については中野ほか編(2013)をトレース)



○後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の溶岩流等の分布は、いずれも山体付近に限られている。

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

③ 評価(後カルデラ期)

【噴火履歴(後カルデラ期)】

- 後カルデラ期の最大規模の噴火は、洞爺中島の噴火であり、その噴出量は約 5.0km^3 *である。
- 後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の噴火規模は、いずれも洞爺カルデラ形成時の規模に比べて小規模である。

【設計対応不可能な火山事象の分布(後カルデラ期)】

- 後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の溶岩流等の分布は、いずれも山体付近に限られている。

※マグマ噴出量DRE



- 洞爺カルデラの最後の巨大噴火以降の活動期は後カルデラ期であり、この期間における最大規模の設計対応不可能な火山事象は、敷地に到達していないことから、運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいものと評価される。

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

(参考) 有珠山の活動状況 (気象庁 火山活動解説資料)

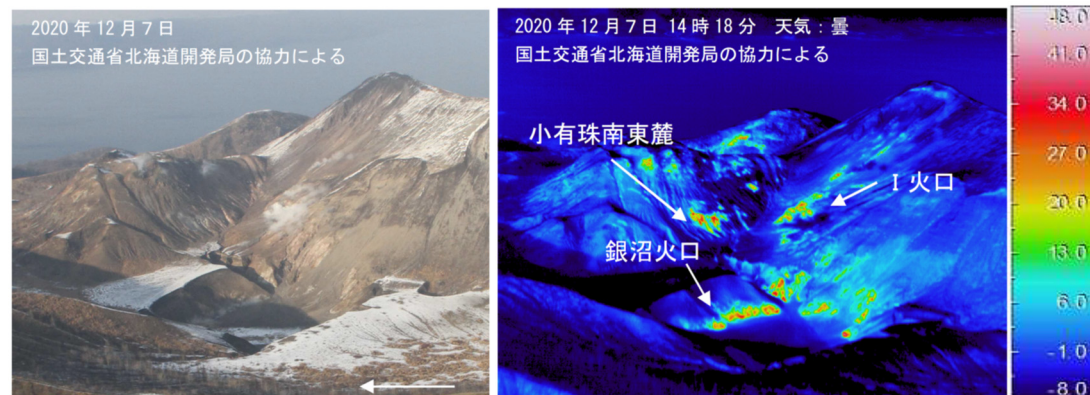
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 気象庁では、有珠山を監視対象の活火山とし、平成15年から月に1回、有珠山について火山活動解説資料を報告している。
- 火山活動解説資料では、噴気などの表面現象、地震・微動の発生及び地殻変動についての観測結果や不定期で実施している山体の上空からの観測結果及び赤外熱映像装置による観測結果について取りまとめている。
- 火山活動は静穏に経過しており、噴火の兆候は認められないとされている※。

※令和3年3月9日から10日にかけて山頂火口原のやや深い領域を震源とする火山性地震が増加したが、地震回数の加速度的な増加はなく、噴火の兆候は認められないとされている。

【火山活動解説資料 活動概況 令和3年6月】(抜粋, 気象庁HPより)

- ・噴気などの表面現象の状況
監視カメラによる観測では、山頂火口原からの噴気の高さは火口縁上概ね100m以下で、噴気活動は低調な状態です。
- ・地震及び微動の発生状況
火山性地震は山頂火口原の海拔下1km以浅で発生しました。
地震回数は少なく、地震活動は低調な状態です。
火山性微動は観測されていません。
- ・地殻変動の状況
GNSS連続観測では、火山活動の高まりを示すような変化は認められません。



・山頂火口原内の噴気や地表面温度分布に特段の変化は認められないとされている。
(左図: 噴気状況 右図: 地表面温度分布)

赤外熱映像装置による山頂火口原の地表面温度分布 (気象庁HPより)

2.3.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

(参考) 有珠山の活動状況 (気象庁 噴火警戒レベル)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 気象庁では有珠山について、噴火警戒レベルを設定し、レベル1~5において警戒が必要な範囲と取るべき防災対応を示している。
- 警戒レベル5においても、泊地域は警戒が必要な範囲には含まれていない。
- 気象庁は有珠山に対し、平成20年6月9日に噴火予報(噴火警戒レベル1、活火山であることに留意)を発表し、その後予報警報事項に変更はない。

●噴火警戒レベルとは、噴火時などに危険な範囲や必要となる防災対応を、レベル1から5の5段階に区分したものです。
 ●有珠山の噴火警戒レベルは、噴火警報等でお伝えします。

※有珠山は居住地域や観光施設が想定火口域に含まれる活火山で、顕著な火山性地震の増加や地面に亀裂が見られたりするなどの前兆現象が現れてから短時間で噴火に至る特徴があります。
 ※揺れを感じるなど、噴火に至る前兆現象を感じた場合には、避難するなど早めの行動が重要です。



有珠山は、噴火発生前に噴火地点が山頂か山麓であるか直ちに特定できないため、レベル5・4では主に山頂噴火を想定した(赤線内)全体で警戒が必要となります。

噴火地点が特定できない段階
 レベル5: 赤線内の危険な居住地域からの避難等
 レベル4: 赤線内の警戒が必要な居住地域での避難準備等
 レベル2: (山頂火口原及びその周辺)の避難に時間を要する地域への立入規制等

噴火地点が特定できた段階
 噴火地点や噴火様式が特定できた段階で、警戒が必要な範囲を限定して噴火警戒レベルを適用します。

※レベル3は噴火発生前の活動が高まっていく段階では適用しません。

平成20年6月9日運用開始
令和2年3月9日改定

有珠山の噴火警戒レベル

| 種別 | 名称 | 対象範囲 | レベル(キーワード) | 火山活動の状況 | 住民等の行動及び登山者・入山者等への対応 | 想定される現象等 |
|------|--------------------|-------------------|----------------|---|--|--|
| 特別警報 | 噴火警報(居住地域)又は噴火警報 | 居住地域及びそれより火口側 | 5(避難) | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。 | ●危険な居住地域からの避難等。 | ●噴火発生前に体に感じる地震が多発し、著しい地殻変動が目視でも確認される。 過去事例 2000年3月29日、1977年8月6日、1943年12月29日、1910年7月23日:体に感じる地震が多発 2000年3月31日、1977年8月7日:道路、山体等に亀裂・断層が発見 ●山頂から噴火が発生し、大きな噴石や火砕流・火砕サージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 過去事例 2000年3月29日、1977年8月6日、1943年12月29日、1910年7月23日:体に感じる地震が多発 2000年3月31日、1977年8月7日:道路、山体等に亀裂・断層が発見 ●山頂から噴火が発生し、大きな噴石や火砕流・火砕サージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 過去事例 1977年8月17日:山頂火口原からの噴火により、大きな噴石が火口から約2kmまで飛散。多量の軽石・火山灰が広範囲に堆積 1978年8月16日:山頂火口原からの噴火により火砕サージが洞爺湖湖岸まで流下 ●山麓から噴火が発生し、大きな噴石や火砕サージ、火山泥流が居住地域まで到達。顕著な地殻変動。 過去事例 2000年噴火、1943-45年噴火:火口から約1kmまで大きな噴石が飛散 1944年7月11日:火口から約2km先まで火砕サージが到達 2000年噴火、1943-45年噴火、1910年噴火:火口からの火山泥流が発生 |
| | | | 4(避難準備) | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される(可能性が高まっている)。 山体に近い地域で、何度も揺れを感じた場合には、避難するなど早めの行動を心がけてください。 | ●警戒が必要な居住地域での避難準備等、要配慮者等の避難。 | ●体に感じる地震の発生や、膨張性の地殻変動が検出される。 過去事例 2000年3月28日、1977年8月6日、1943年12月28日:体に感じる地震が発生 |
| 警報 | 噴火警報(火口周辺)又は火口周辺警報 | 火口から近づくまで 火口周辺 | 3(入山規制) | 居住地域近くまで重大な影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生することがある。 | ●入山規制等、危険な地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。 | ●大きな噴石、火砕流・火砕サージ及び火山泥流が居住地域の近傍に達する。 過去事例 2000年5月中旬頃~9月頃の活動:火口周辺から居住地域近くまで噴出物が到達 レベル3はレベル5から下がる段階で運用します。 |
| | | | 2(火口周辺規制) | <噴火発生前> 居住地域に重大な被害を及ぼすマグマ噴火に移行する可能性がある。 <噴火発生後> 噴出物の飛散が火口近傍に留まる程度のごく小規模な水蒸気噴火が発生することがある。 | ●山頂火口原及びその周辺、避難に時間を要する地域への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。 ●要配慮者等の避難準備等。 ●活動的な火口周辺への立入規制等。 ●住民は今後の火山活動の推移に注意。 | ●体に感じない微小な地震活動の高まりがみられる。 過去事例 2000年3月27日、1977年8月6日:体には感じない火山性地震が増加 ●噴火に至った後に火山活動が沈静化していく段階で、噴出物の飛散が火口周辺に留まる程度のごく小規模な水蒸気噴火が発生することがある。 過去事例 2000年9月頃~2001年10月頃の活動:噴出物の飛散が火口内に留まる水蒸気噴火が発生 |
| 予報 | 噴火予報 | 火口内等 | 1(活火山であることに留意) | 火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)。 | ●山頂火口原及びその近傍等への立入規制等。 | ●火山活動は静穏。状況により、山頂火口原内及び近傍に影響する程度の火山灰の噴出等の可能性がある。 |

※レベル5において噴火発生後、火山活動が低下した場合は居住地域への影響を勘案し、警戒が必要な範囲を活動している火口等の周辺に限定したレベル5への切り替え、またはレベル3への引き下げを行います。
 ※噴火活動の低下に伴ってレベルの引き下げを行う過程では、レベル4は運用しません。
 ※最新の噴火警戒レベルは、気象庁HPでご覧いただけます。 → QRコード



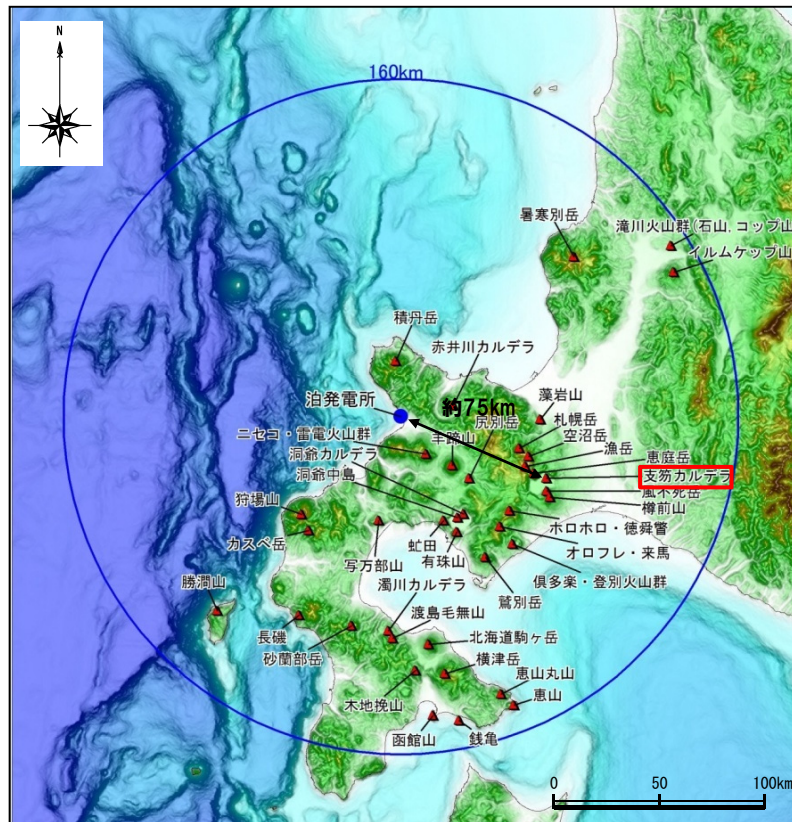
| | |
|--|--------------|
| H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点 | P. 4 |
| 1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要 | P. 8 |
| 2. 立地評価 | P. 10 |
| 2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 | P. 14 |
| 2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 | P. 18 |
| 2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価 | P. 27 |
| 2. 3 .1 巨大噴火の可能性評価 | P. 27 |
| 2. 3 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価 | P. 88 |
| 2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価 | P. 95 |
| 2. 4 .1 巨大噴火の可能性評価 | P. 95 |
| 2. 4 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価 | P.118 |
| 2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価 | P.126 |
| 2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価 | P.158 |
| 2. 7 モニタリング | P.175 |
| 2. 8 立地評価まとめ | P.200 |
| 3. 影響評価 | P.204 |
| 3. 1 敷地において想定される火山事象 | P.207 |
| 3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価 | P.220 |
| 3. 3 影響評価まとめ | P.281 |
| 参考文献 | P.282 |

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

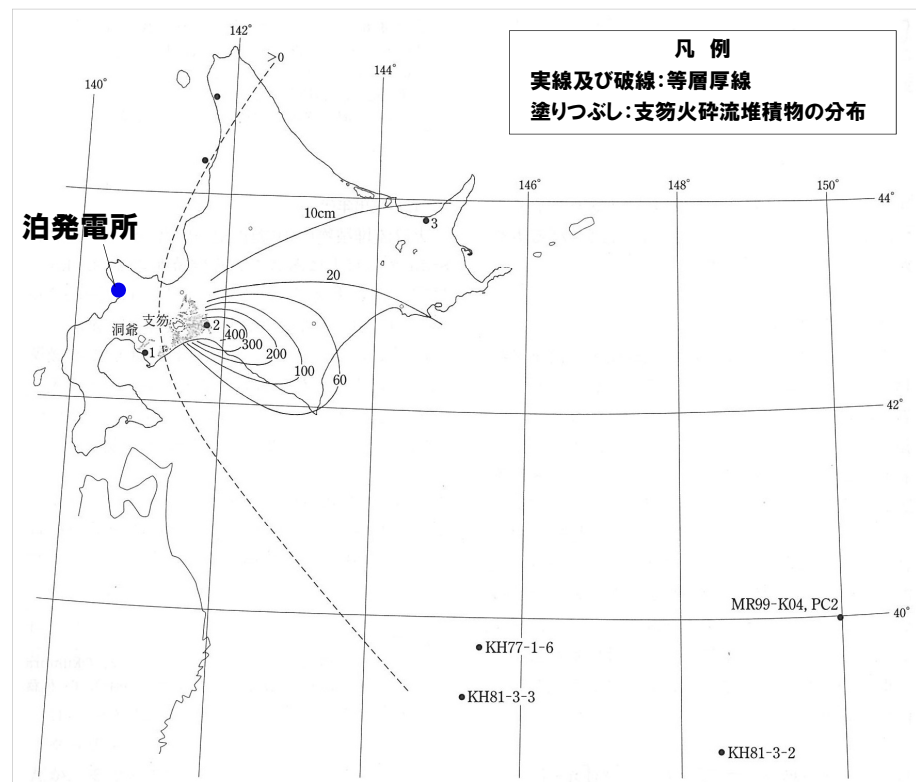
① 火山概要

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 位置：敷地の東南東方約75km
- 構成：支笏カルデラ内には、後カルデラ火山である風不死岳及び恵庭岳，カルデラ壁上には樽前山が位置する。
- 活動：5～4万年前にカルデラが形成された後，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。最新の噴火は西暦1981年の樽前山。
- 火山噴出物の分布：右下図(町田・新井，2011)に示すとおり。
 なお，敷地付近の丘陵地におけるB地点，C地点等においては，火山ガラス分析において，Spfa-1の降灰層準に相当する箇所は認められないものの，Spfa-1に対比される火山ガラスの混在が認められる(P33～P43参照)。



支笏カルデラの位置図



支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 及び支笏火砕流堆積物 (Spfl) の分布 (町田・新井(2011)に加筆)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

② 噴火履歴 (1/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○文献に基づくと、支笏カルデラの噴火履歴は以下のとおりとされている。

【文献調査】

- 支笏カルデラは約6万年前に活動を開始し、降下火砕物と火砕流を噴出している(山元, 2014)。
- 現在のカルデラは約5~4万年前に支笏火砕流を噴出した大規模な噴火により形成され、その噴出量は、約225km³(マグマ噴出量 DRE: 139.5km³)である(産業技術総合研究所 日本の火山(DB)及び山元(2014))。
- 支笏カルデラ形成後から現在までの活動期は、後カルデラ期であり、後カルデラ火山として、カルデラ内の風不死岳及び恵庭岳、カルデラ壁上の樽前山が活動し、最新の活動は、西暦1981年の樽前山の噴火である(産業技術総合研究所 日本の火山(DB)及び山元(2014))。
- 後カルデラ火山(風不死岳、恵庭岳及び樽前山)における噴火の最大噴出量は約11.1km³*である(山元, 2014)。

※恵庭岳における総噴出量(マグマ噴出量DRE)



- 支笏カルデラにおいて、巨大噴火に該当する噴火は、約5~4万年前に支笏火砕流を噴出した噴火である。
- この噴火を対象に巨大噴火の可能性評価を実施する。
- 巨大噴火の可能性評価に当たっては、火砕流堆積物の分布状況について確認した上で(P98参照)、以下の地球物理学的調査の結果から、支笏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にあるかどうか及び運用期間中に巨大噴火が発生するという科学的に合理性のある具体的な根拠があるかどうかを検討する。
(地球物理学的調査)
 - ・火山性地震(P100~P104参照)
 - ・地殻変動(P105~P113参照)
 - ・地震波速度構造(P114~P116参照)

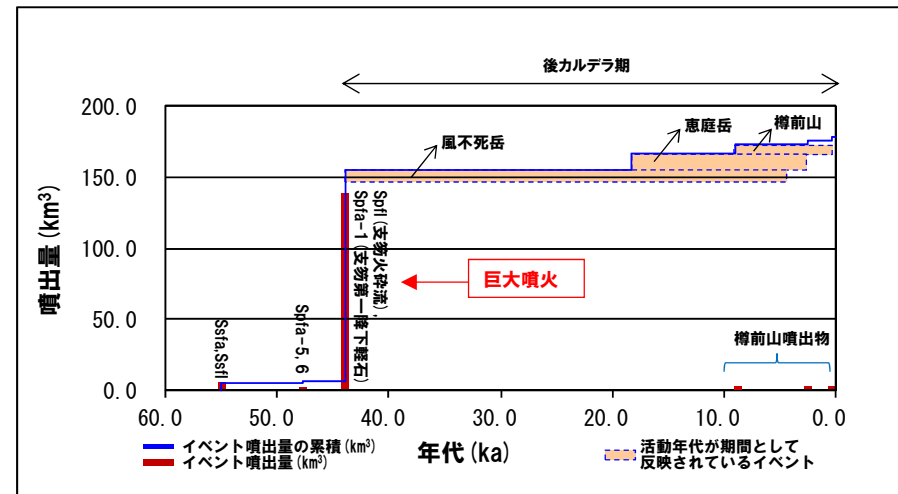
2.4.1 巨大噴火の可能性評価

② 噴火履歴 (2/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)



支笏カルデラ位置



噴出量-年代階段ダイアグラム

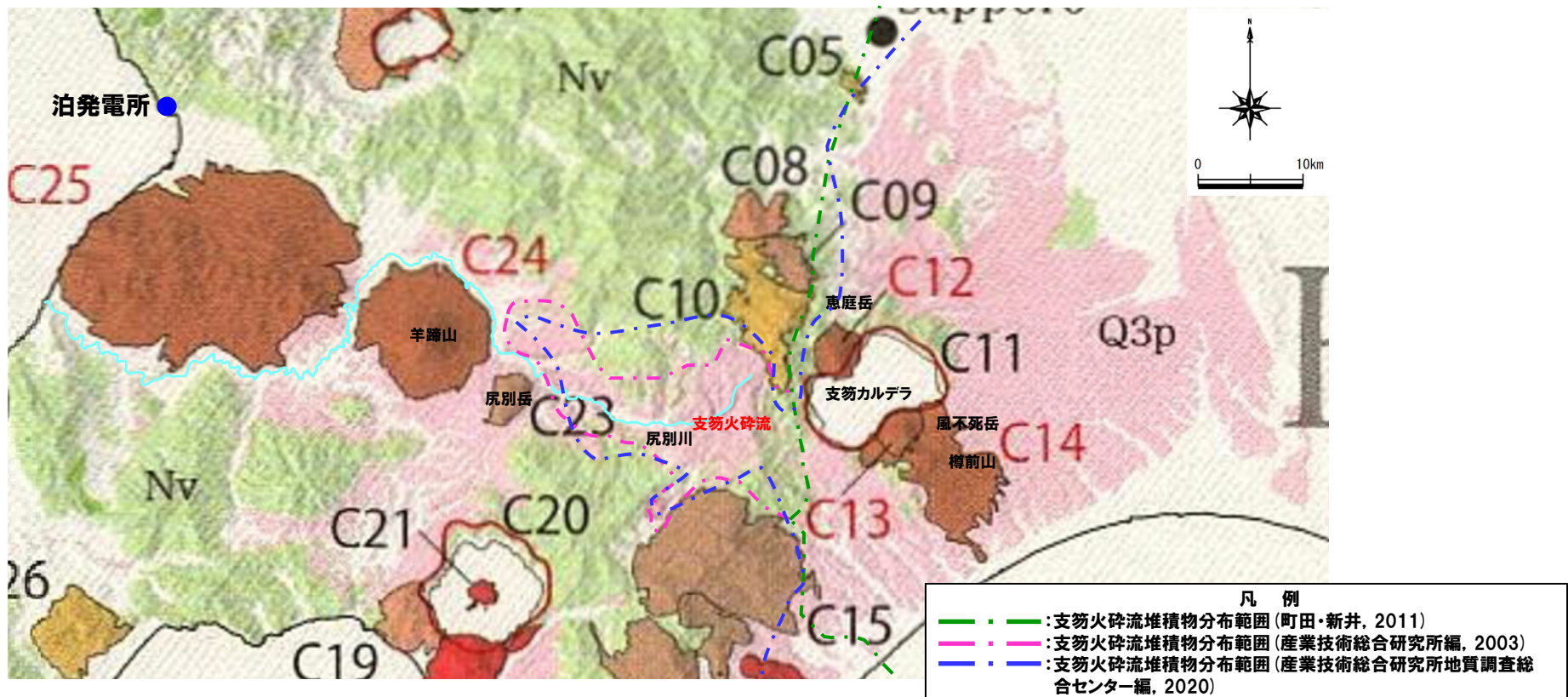
山元 (2014) に基づき作成

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

③ 火砕流堆積物の分布状況

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○町田・新井(2011), 産業技術総合研究所編(2003)等によれば, 支笏カルデラの火山噴出物(支笏火砕流堆積物)は, 羊蹄山付近まで認められるが, 敷地まで到達していない。



支笏カルデラ周辺の火山地質図(中野ほか編(2013)に加筆, P22再掲)

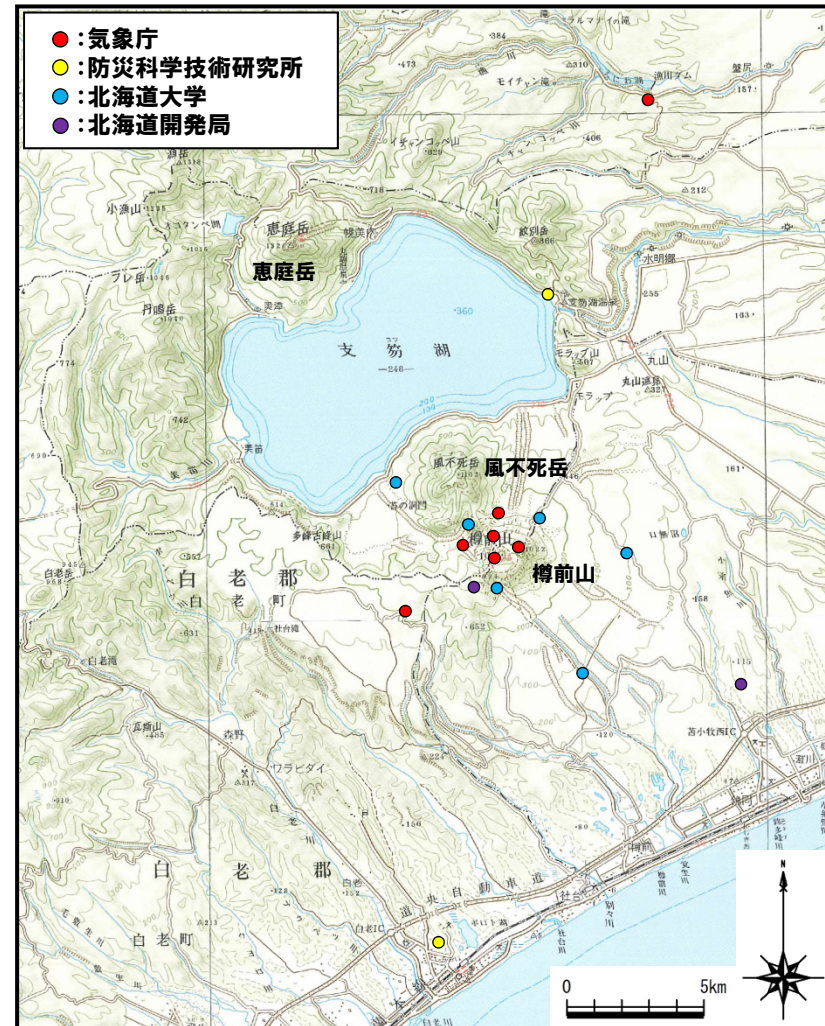
余白

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

④-1 火山性地震(気象庁編, 2013)(1/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

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



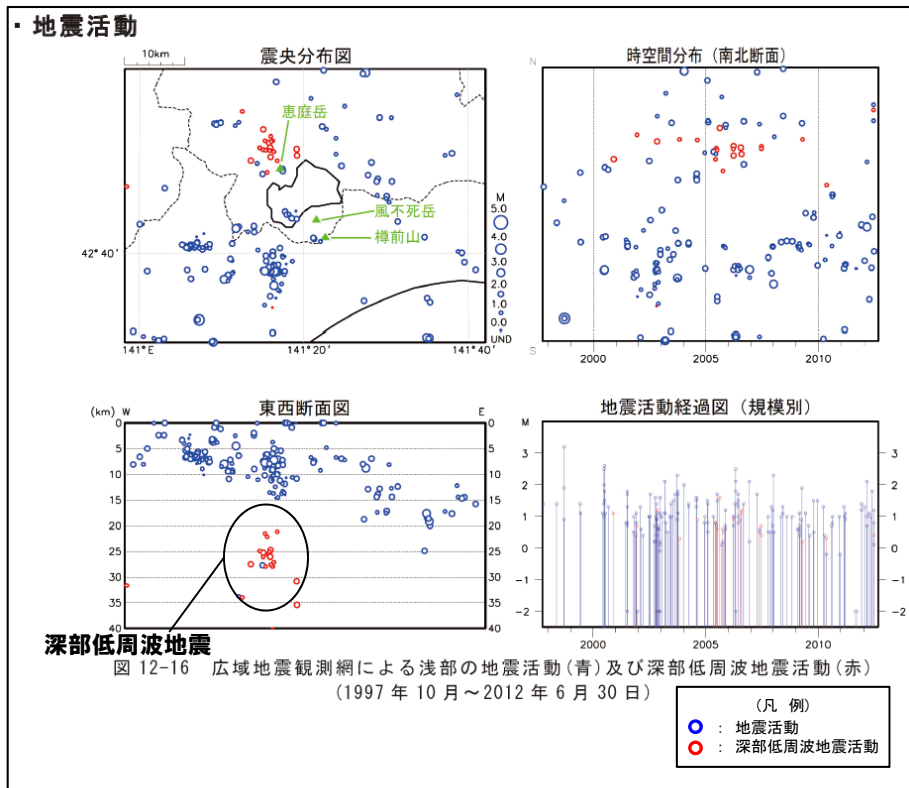
支笏カルデラ周辺の地震計位置図
 (「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

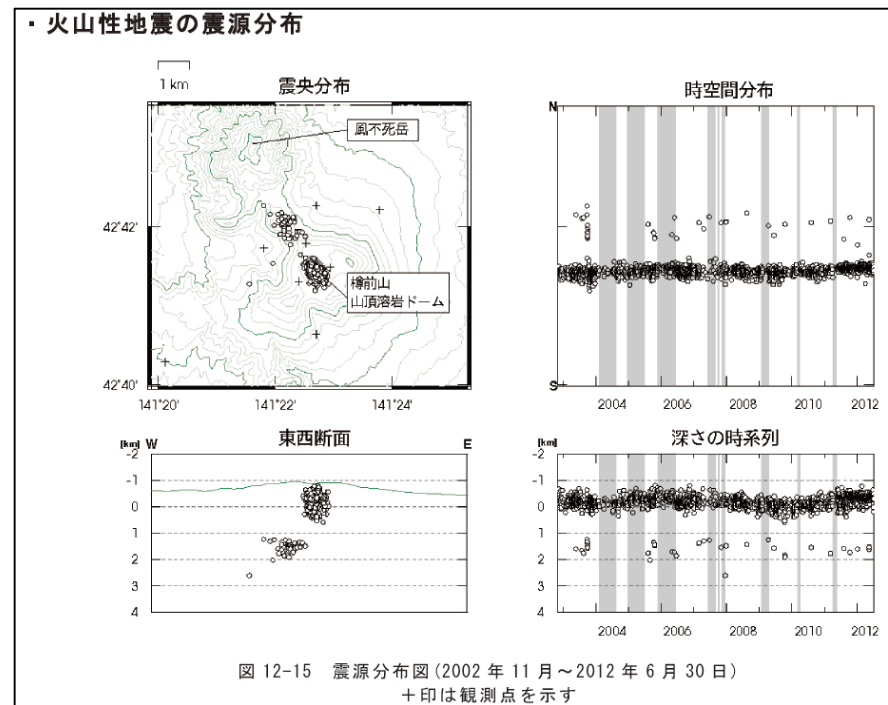
④-1 火山性地震(気象庁編, 2013)(2/2)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 支笏カルデラ周辺においては、樽前山及び恵庭岳周辺に震央の分布が認められる。
- 浅部の地震活動は、樽前山周辺に認められるが、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、恵庭岳周辺に認められるが、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



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

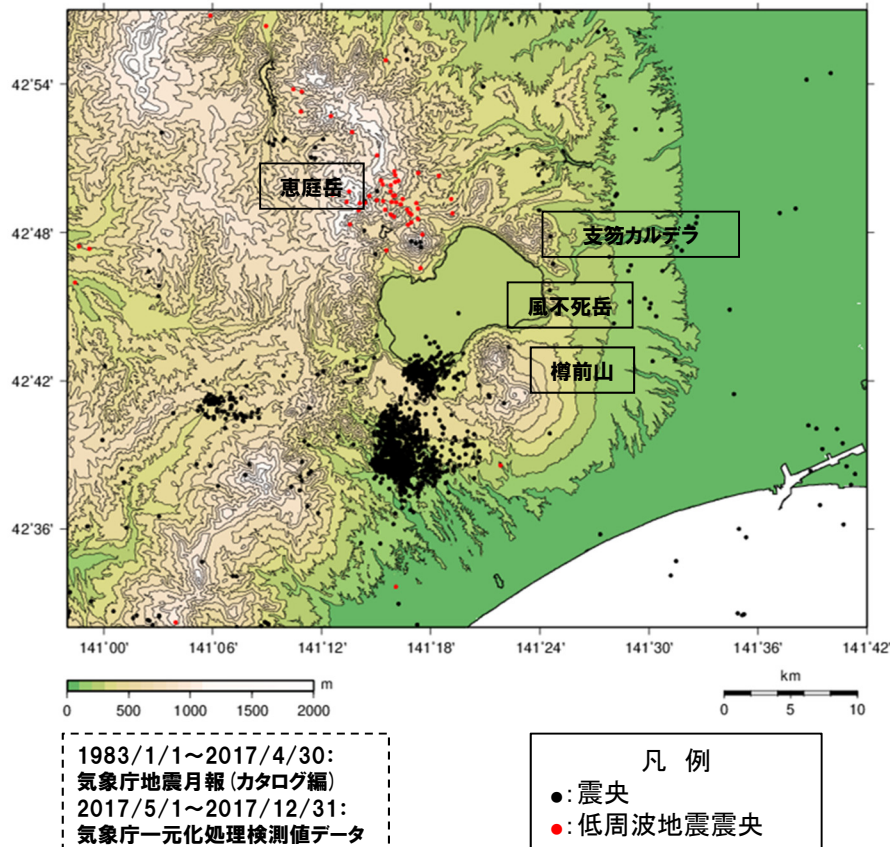


樽前山の火山性地震
(2002年11月~2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」)

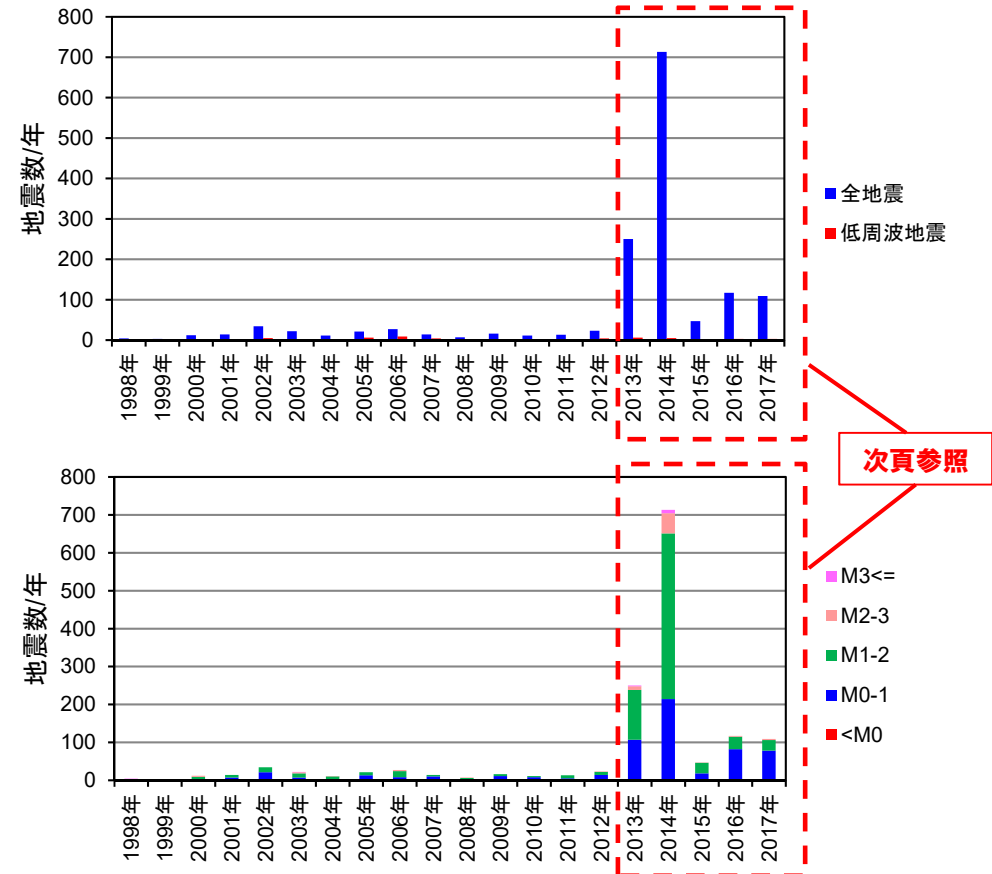
2.4.1 巨大噴火の可能性評価

④-2 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)

- 過去約30年間における支笏カルデラ周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データを使用した。
- 支笏カルデラ周辺においては、カルデラ南方の樽前山周辺に震央が集中しており、カルデラ北西方の恵庭岳周辺で散発的に低周波地震の分布が認められる。
- マグニチュード1以上の地震は2013年及び2014年に増加傾向が認められるが、その後減少し、地震活動は低調に経過している(下図及び次頁参照)。
- 低周波地震の発生は少なく、近年発生数が増加しているような傾向は認められない。



支笏カルデラ周辺の震央分布図
(1983年1月1日~2017年12月31日の記録, 深さ40km以浅)

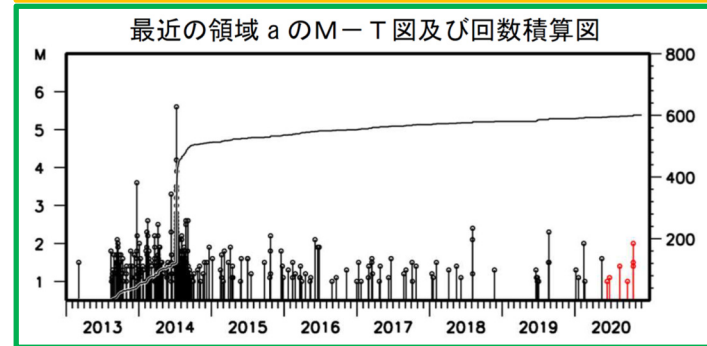
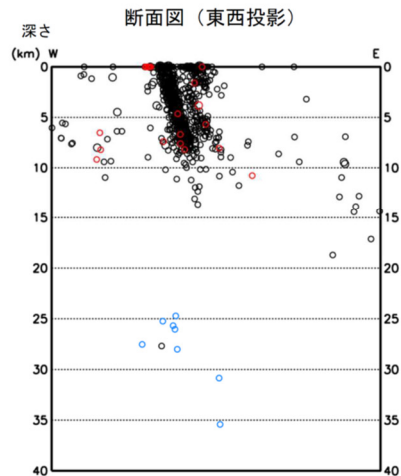
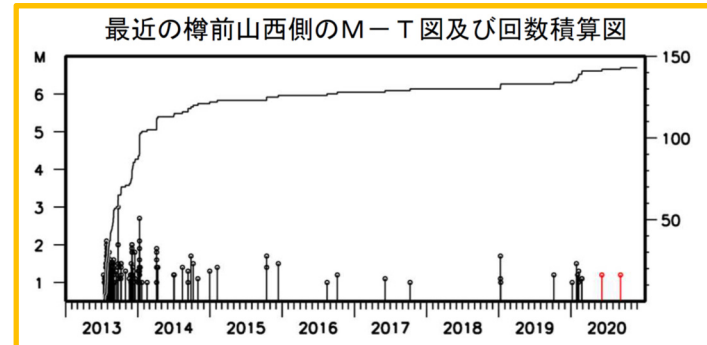
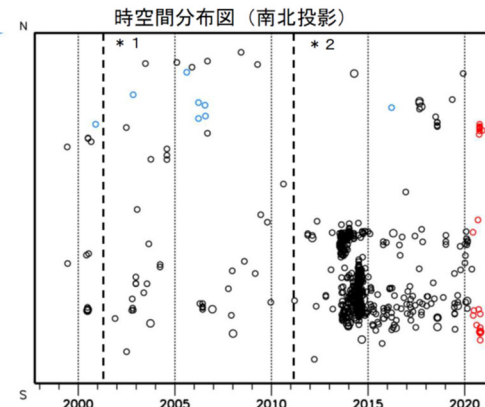
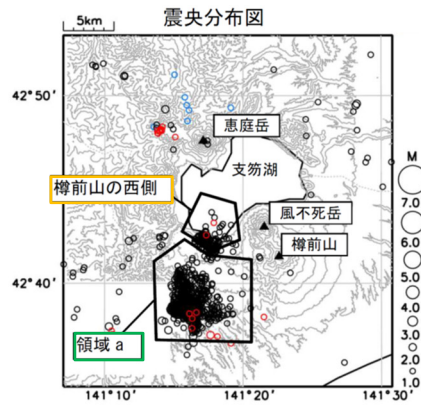


地震発生数の年別時間変化(1998~2017年, 深さ40km以浅)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

④-3 火山性地震(気象庁, 2020)

○「第147回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2020)では、樽前山について、一元化震源による周辺の地震及び深部低周波地震活動について示している。
 ○樽前山の南西側の領域(領域a)及び西側の領域を震源とする地震活動は、2013年及び2014年に増加傾向が認められるが、その後減少し、地震活動は低調に経過している。



凡例

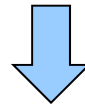
- : 1997年10月1日~2020年5月31日
 - : 2020年6月1日~2020年11月30日
 - : 深部低周波地震
 - * 1 : 2001年10月以降、Hi-netの追加に伴い検知能力が向上している。
 - * 2 : 2010年10月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
- 2020年4月18日から10月23日までの地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。2020年9月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められている。この地図の作成には国土地理院発行の「数値地図50mメッシュ(標高)」を使用した。

樽前山 一元化震源による周辺の地震及び深部低周波地震活動
 (1997年10月1日~2020年11月30日, M \geq 1.0, 深さ40km以浅) (気象庁(2020)に加筆)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

④-4 火山性地震(まとめ)

- 支笏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「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)及び気象庁一元化処理検測値のデータについて検討した。
- 調査・検討の結果は以下のとおり。
 - ・浅部の地震活動及び深部低周波地震活動は、規模・位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。
 - ・支笏カルデラ周辺の地震活動は、カルデラ南方の樽前山周辺に震央が集中しており、カルデラ北西方の恵庭岳周辺で散発的に低周波地震の分布が認められる。
 - ・マグニチュード1以上の地震は2013年及び2014年に増加傾向が認められるが、その後減少し、現在、地震活動は低調に経過している。



- 地震活動は、支笏カルデラ域での広域的なものではなく、樽前山及び恵庭岳周辺に認められ、支笏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。

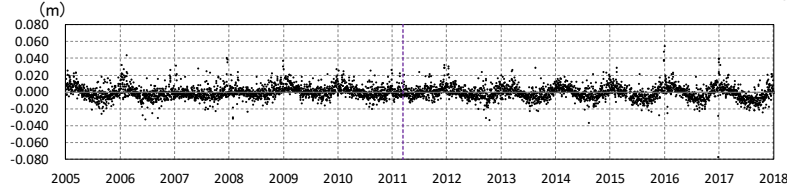
2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-1 地殻変動(上下変動)(1/3)

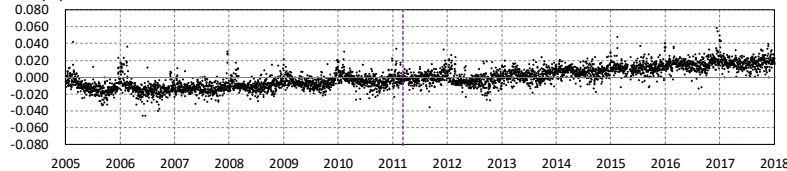
- 国土地理院の電子基準点データを用いて、支笏カルデラ周辺の地殻変動について解析を行った(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 支笏カルデラ域の6基準点※(札幌、大滝、恵庭、白老、苫小牧及び千歳)の年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁~P107に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

※支笏カルデラ域の6基準点(札幌、大滝、恵庭、白老、苫小牧及び千歳)の位置は次頁参照。

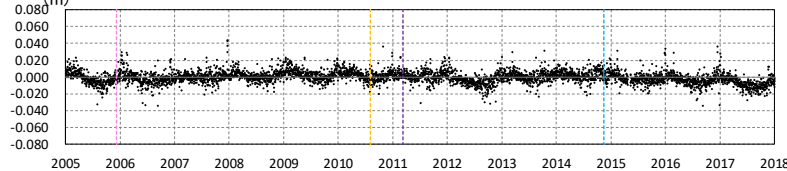
--- 東北地方太平洋沖地震 - - - 伐木 '05.12 (恵庭) - - - 伐木 '10.8 (恵庭) - - - 伐木 '14.11 (恵庭) - - - 伐木 '10.8 (千歳) - - - 伐木 '14.11 (白老) - - - 伐木 '15.6 (苫小牧)



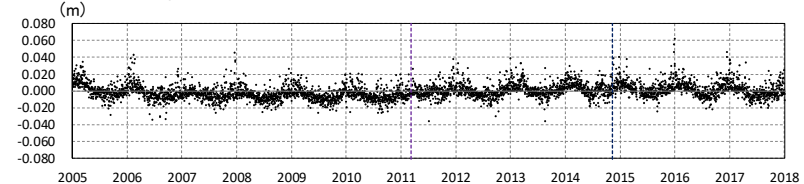
小樽1-札幌間の比高変化



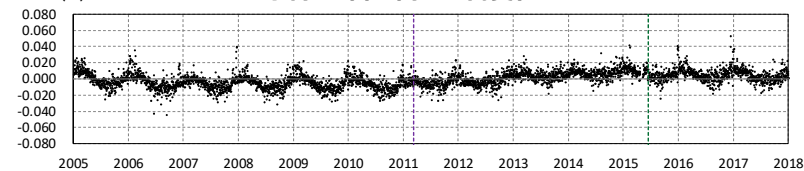
小樽1-大滝間の比高変化



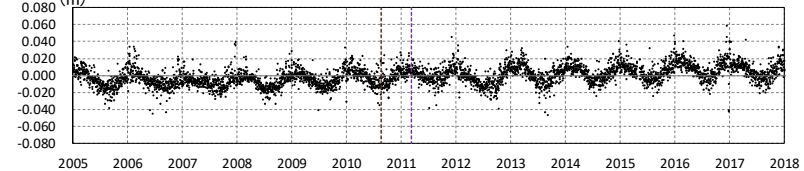
小樽1-恵庭間の比高変化



小樽1-白老間の比高変化



小樽1-苫小牧間の比高変化

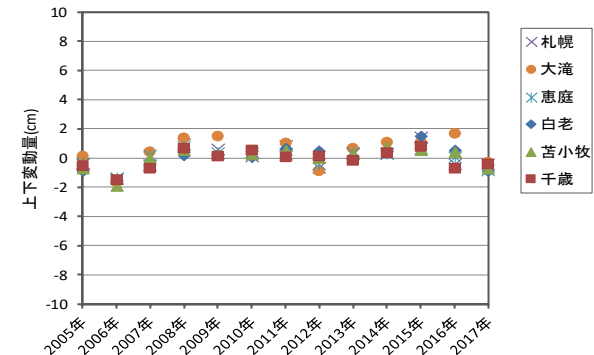


小樽1-千歳間の比高変化

年間上下変動量 (cm) (固定局:小樽1)

| | 2005年 | 2006年 | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 札幌 | -0.43 | -1.43 | -0.51 | +0.92 | +0.55 | +0.11 | +0.83 | -0.69 | +0.31 | +0.29 | +1.44 | -0.44 | -0.44 |
| 大滝 | +0.11 | -1.67 | +0.40 | +1.38 | +1.50 | +0.29 | +0.99 | -0.94 | +0.62 | +1.03 | +1.04 | +1.66 | -0.29 |
| 恵庭 | -0.40 | -1.38 | +0.18 | +0.75 | +0.33 | +0.32 | +0.20 | -0.45 | +0.35 | +0.26 | +0.65 | +0.06 | -0.85 |
| 白老 | -0.91 | -1.57 | -0.49 | +0.16 | +0.24 | +0.06 | +0.63 | +0.44 | +0.09 | +0.44 | +1.49 | +0.50 | -0.90 |
| 苫小牧 | -0.71 | -1.90 | 0.00 | +0.50 | +0.21 | +0.23 | +0.50 | -0.01 | +0.20 | +0.78 | +0.54 | +0.37 | -0.70 |
| 千歳 | -0.57 | -1.53 | -0.75 | +0.64 | +0.11 | +0.51 | +0.02 | +0.11 | -0.18 | +0.36 | +0.76 | -0.72 | -0.42 |

↑ 東北地方太平洋沖地震発生前



年間上下変動量のグラフ

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

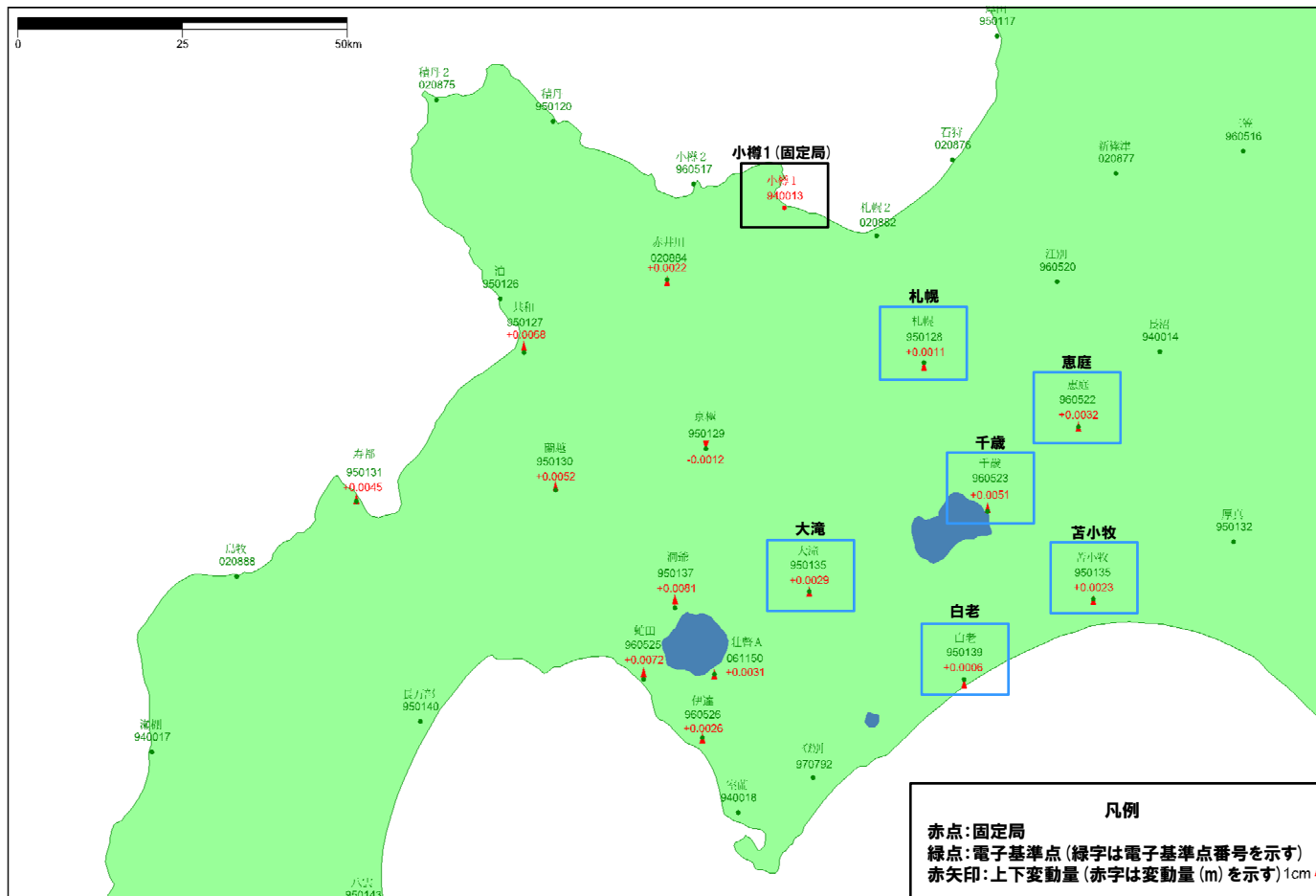
⑤-1 地殻変動(上下変動)(2/3)

- 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, 支笏カルデラ域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)

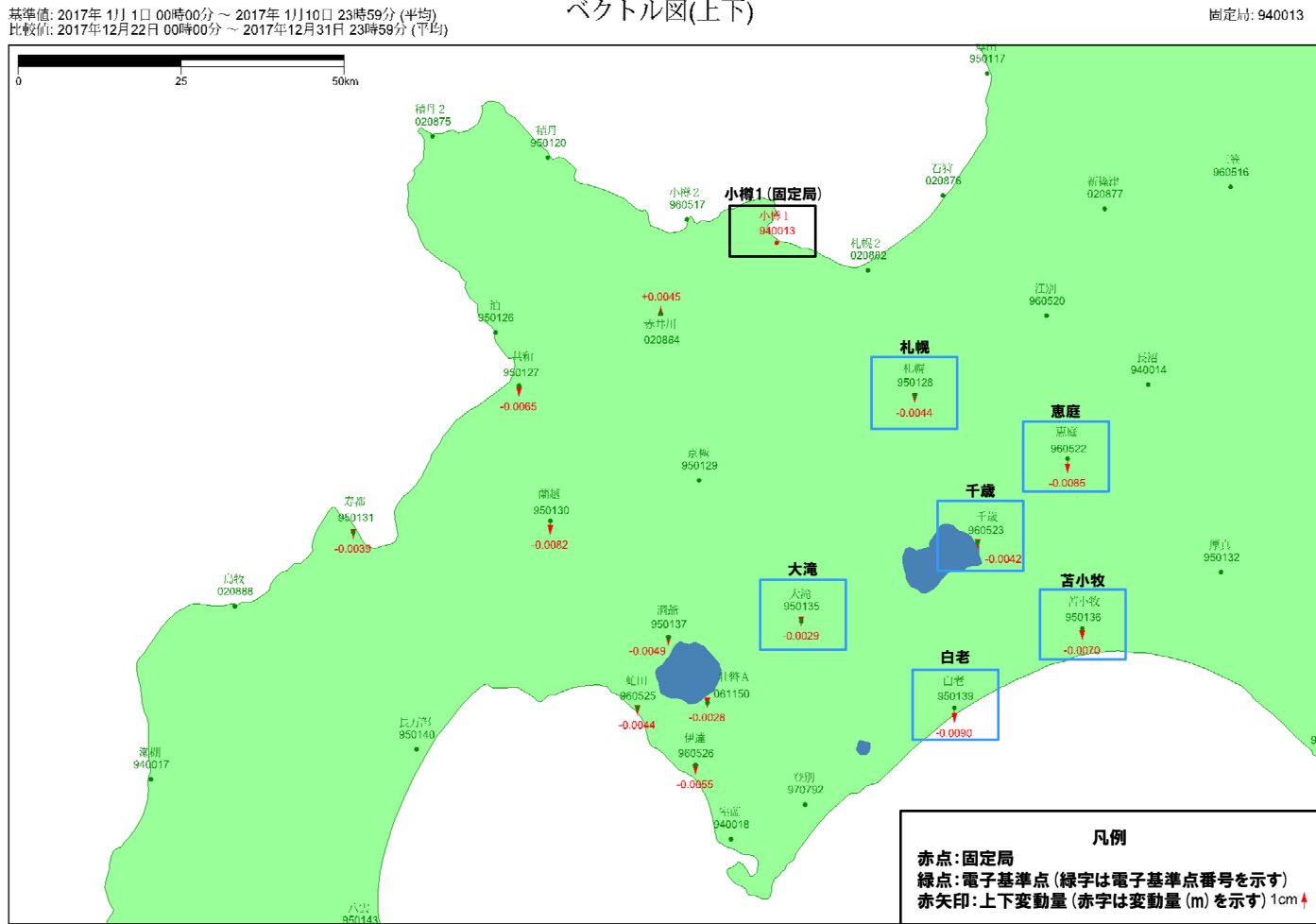
電子基準点の変動ベクトル図(上下)
 (対象期間: 2010年1月~2010年12月)

補正有り(F3180626.dat)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-1 地殻変動(上下変動) (3/3)

- 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、支笏カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。



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業促、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)

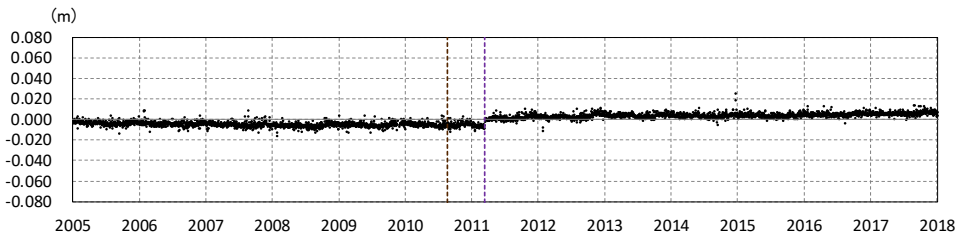
補正有り(F3180626.dat)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

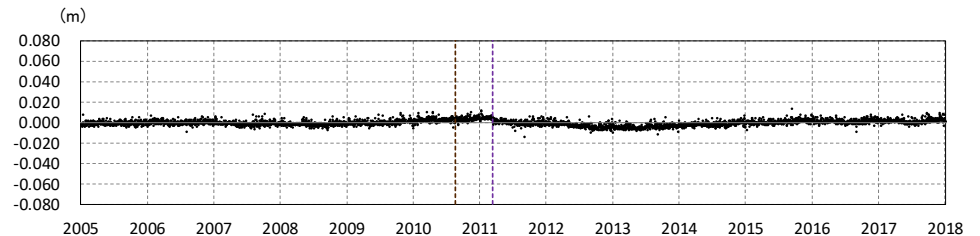
⑤-2 地殻変動(基線長変化)

- 支笏カルデラ域の6観測点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)を結んだ5基線の基線長変化を示す(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 各基線ともに, 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。

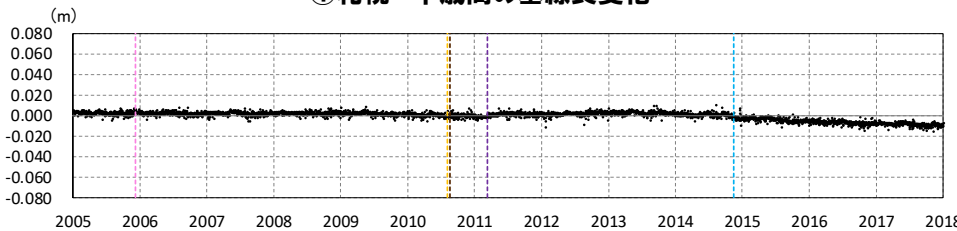
--- 東北地方太平洋沖地震 --- 伐木 '05.12 (恵庭) --- 伐木 '10.8 (千歳) --- 伐木 '14.11 (恵庭) --- 伐木 '10.8 (千歳) --- 伐木 '14.11 (白老) --- 伐木 '15.6 (苫小牧)



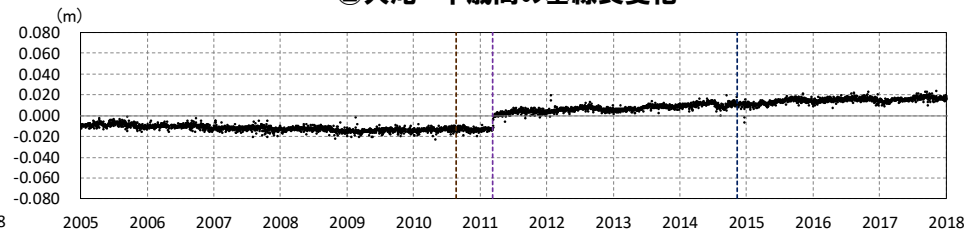
①札幌-千歳間の基線長変化



②大滝-千歳間の基線長変化



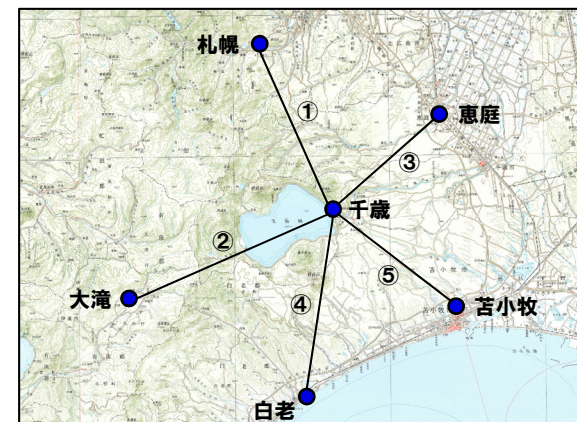
③恵庭-千歳間の基線長変化



④白老-千歳間の基線長変化



⑤苫小牧-千歳間の基線長変化



支笏カルデラ周辺観測点位置図

余白

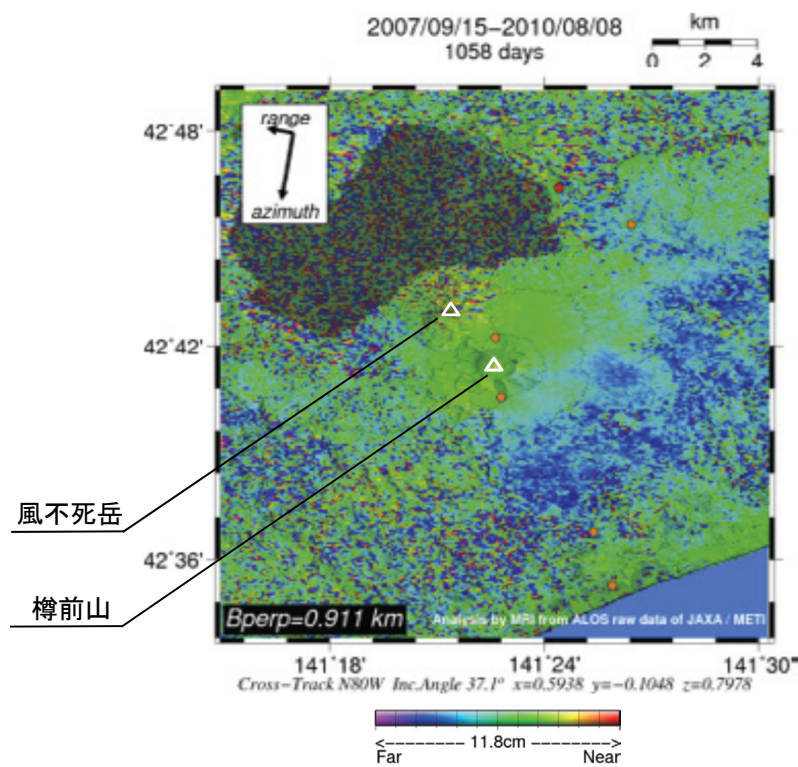
2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-3 地殻変動(干渉SAR) (1/2)

【気象研究所技術報告第69号(安藤, 2013)※】

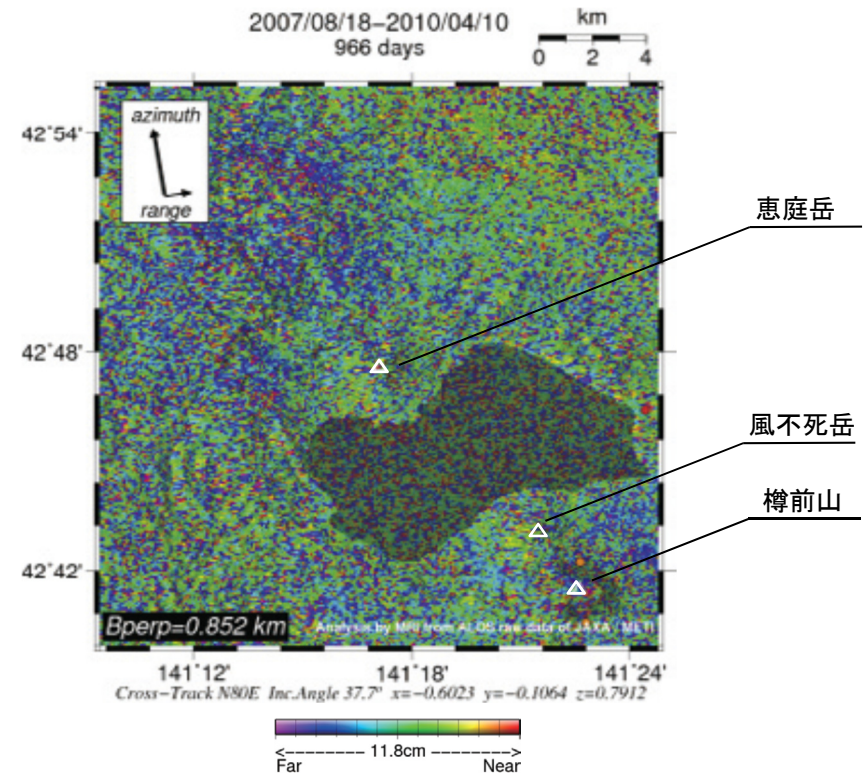
- 支笏カルデラ周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 樽前山について, 「山頂溶岩ドームにおいて, 局所的な衛星に近づく方向の位相差が認められた」とされている。
- 風不死岳及び恵庭岳については, その特徴についての記載はない。

※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。



対象期間：2007/9/15 - 2010/8/8

支笏カルデラ周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)



対象期間：2007/8/18 - 2010/4/10

支笏カルデラ周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

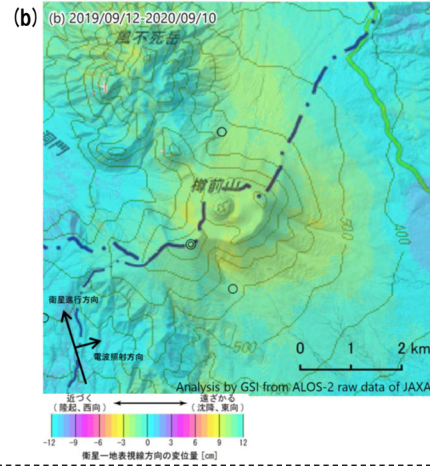
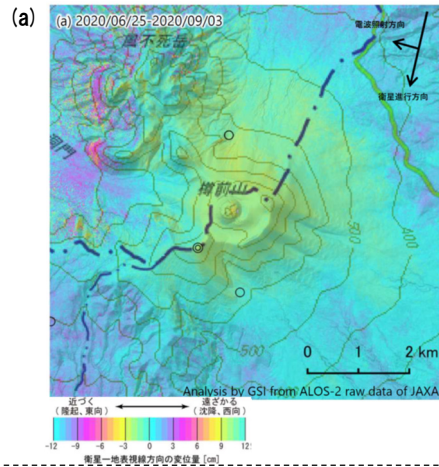
⑤-3 地殻変動(干渉SAR) (2/2)

【第147回火山噴火予知連絡会資料(樽前山)(気象庁, 2020)】

○樽前山周辺における干渉SAR解析結果について、「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。

【第147回火山噴火予知連絡会資料(恵庭岳)(気象庁, 2020)】

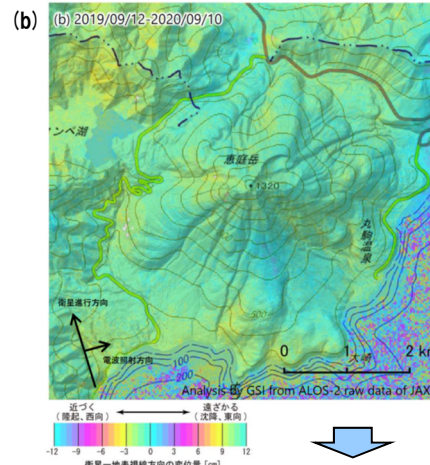
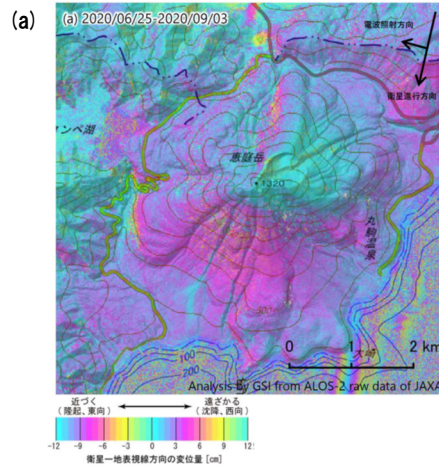
○恵庭岳周辺における干渉SAR解析結果について、「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。



| | (a) | (b) |
|--------|--|---|
| 衛星名 | ALOS-2 | ALOS-2 |
| 観測日時 | 2020/06/25 2020/09/03 11:41頃 (70日間) | 2019/09/12 2020/09/10 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 | 38.9° | 37.0° |
| 偏波 | HH | HH |
| 垂直基線長 | -229m | +116m |

* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

樽前山周辺における
干渉SAR解析結果(国土地理院
(気象庁(2020)に加筆)



| | (a) | (b) |
|--------|--|---|
| 衛星名 | ALOS-2 | ALOS-2 |
| 観測日時 | 2020/06/25 2020/09/03 11:41頃 (70日間) | 2019/09/12 2020/09/10 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 | 39.5° | 36.6° |
| 偏波 | HH | HH |
| 垂直基線長 | -229m | +116m |

* U: 高分解能(3m)モード
H: 高分解能(6m)モード

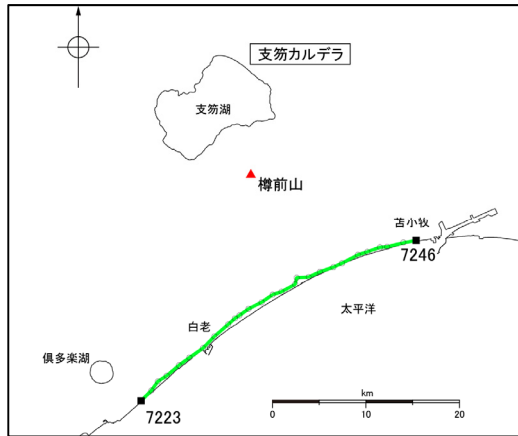
恵庭岳周辺における
干渉SAR解析結果(国土地理院
(気象庁(2020)に加筆)

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

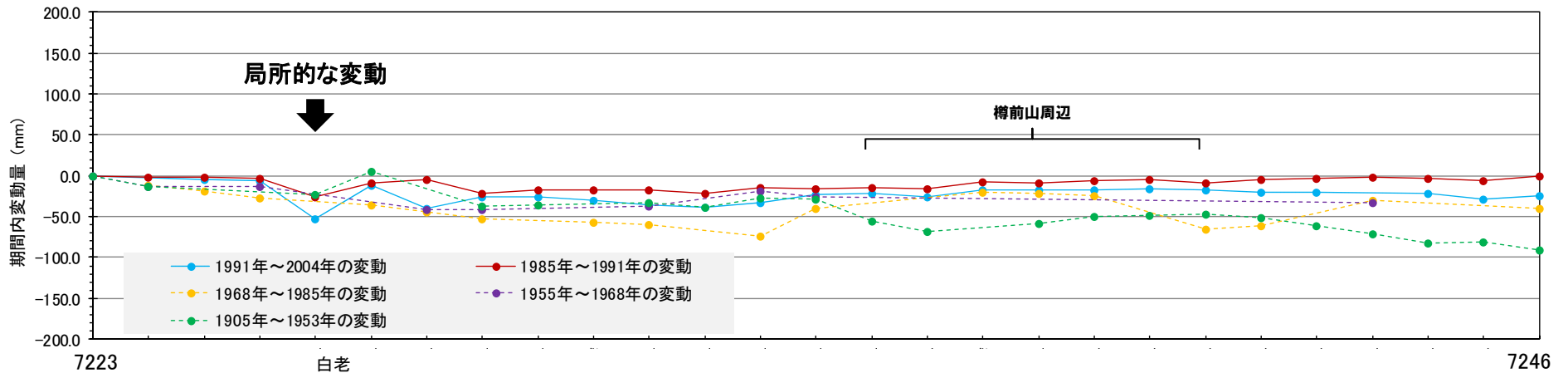
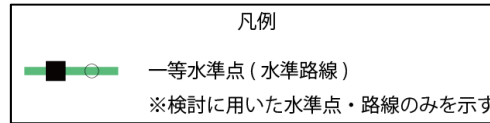
2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-4 地殻変動(水準測量)

- 過去約100年間における支笏カルデラ周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 白老町付近に局所的な変動が認められるものの、支笏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



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

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑤-5 地殻変動(まとめ)

【地殻変動(文献調査)】

○カルデラの巨大噴火に係るマグマ溜まり再蓄積は、数十年～数千年の時間スケールであると推定される(P56参照)。

【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

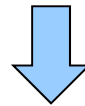
○支笏カルデラ域での顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

【地殻変動(干渉SAR)】

○樽前山周辺において局所的な地殻変動が認められるものの、支笏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)】

○白老町付近に局所的な変動が認められるものの、支笏カルデラ域での顕著な隆起や沈降は認められない。

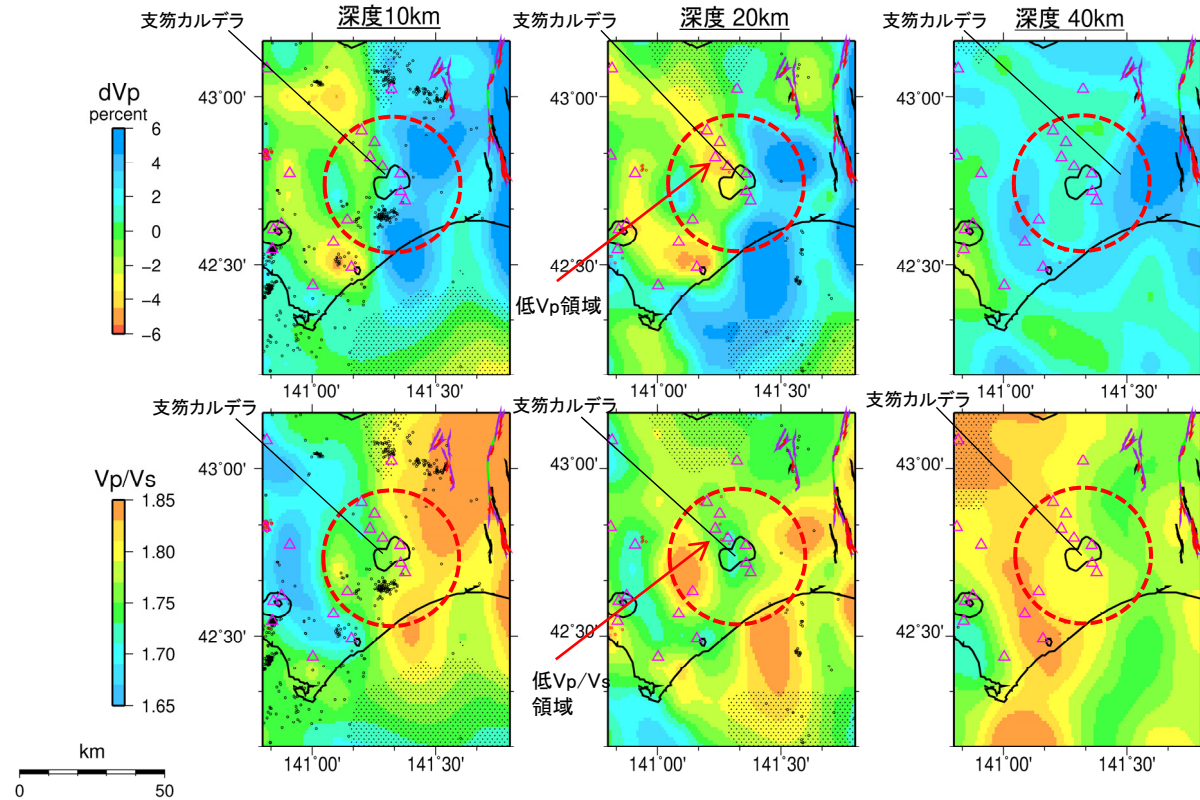


- 地殻変動は支笏カルデラ域での広域的なものではなく、樽前山周辺に限定的であり、支笏カルデラの現在の活動期が後カルデラ期であることと調和的である。
- 支笏カルデラにおいては、現状、巨大噴火に伴う大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示唆するような広域的な地殻変動は認められない。

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-1 地震波速度構造 (1/2)

- 防災科学技術研究所HP上において、「日本列島下の三次元地震波速度構造 (海域拡大2019年度版)」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。



- 凡例
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震央 (MJMA ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震央 (期間: 2000/10/1-2015/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - 活断層 } 今泉ほか編(2018)をトレース
 - 推定活断層
 - 支笏カルデラを中心とした、半径25kmの範囲

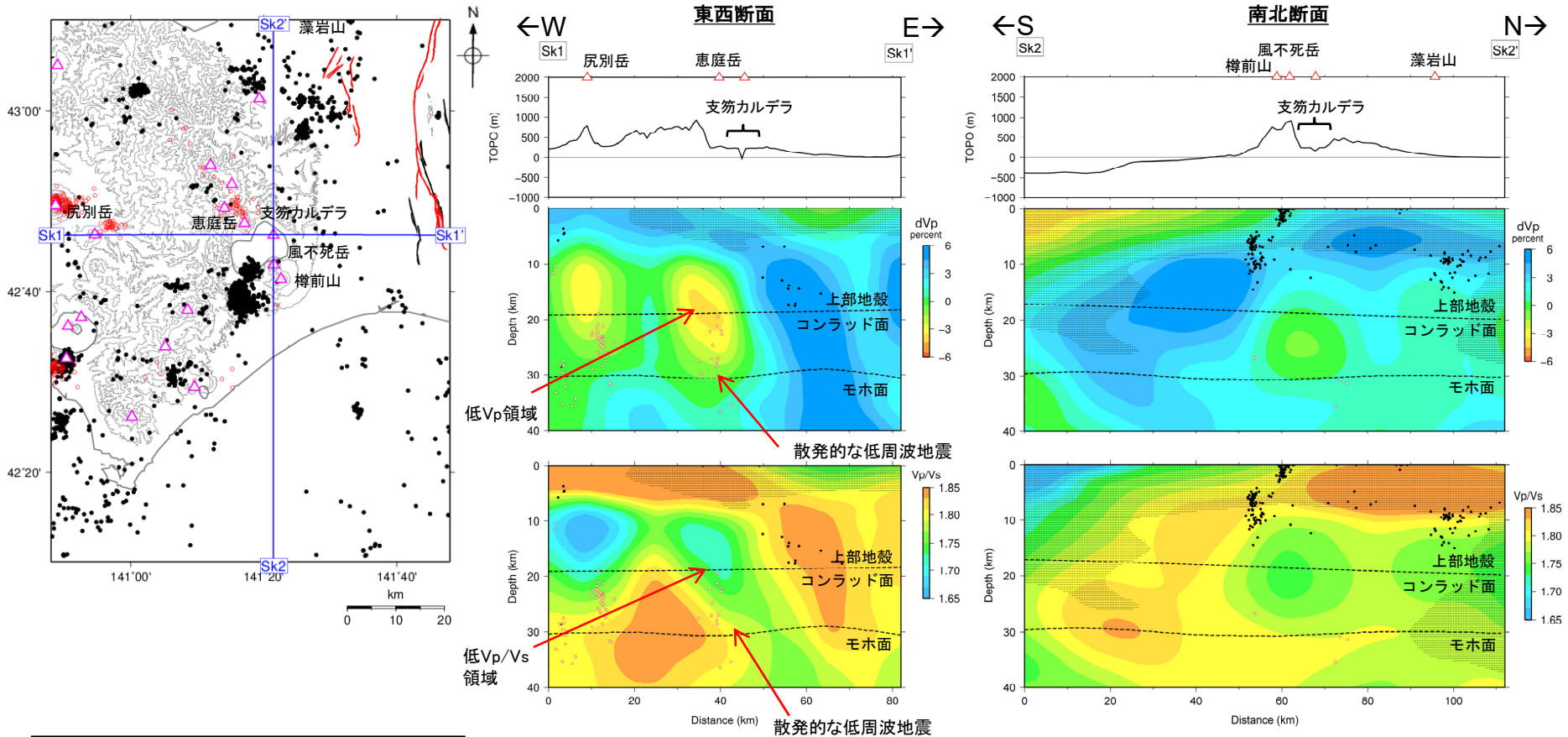
支笏カルデラ周辺では、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

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)

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-1 地震波速度構造 (2/2)



- 凡例**
- △ 第四紀火山
 - 黒点 震央 (MJMA ≥ 0)
 - 赤点 低周波地震の震央 (期間: 2000/10/1-2015/12/31)
 - 半透明黒色部 チェッカーボードテストの復元率が20%以下の範囲
 - 活断層
 - 推定活断層
- } 今泉ほか編 (2018) をトレース

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。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。

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑥-2 地震波速度構造(まとめ)

【支笏カルデラ周辺における地震波速度分布確認結果】

- 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 V_p かつ高 V_p/V_s 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。



- 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を示唆する地震波速度構造及び低周波地震群は認められない。

2.4.1 巨大噴火の可能性評価

⑦ 評価(支笏カルデラ)

一部修正(H25/12/18審査会合)

- 支笏カルデラにおいて、巨大噴火に該当する噴火は、約5～4万年前に支笏火砕流を噴出した噴火である。
- この噴火を対象に、巨大噴火の可能性評価を実施した。
- 巨大噴火の可能性評価に当たっては、火砕流堆積物の分布状況について確認した上で、地球物理学的調査の結果から、支笏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ているかどうかについて検討した。

【火砕流堆積物の分布状況】

- 町田・新井(2011)、産業技術総合研究所編(2003)等によれば、支笏カルデラの火山噴出物(支笏火砕流堆積物)は、羊蹄山付近まで認められるが、敷地まで到達していない。

【地球物理学的調査】

(火山性地震)

- 地震活動は、支笏カルデラ域での広域的なものではなく、樽前山及び恵庭岳周辺に認められ、支笏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)

- 地殻変動は支笏カルデラ域での広域的なものではなく、樽前山周辺に限定的であり、支笏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。
- 支笏カルデラにおいては、現状、巨大噴火に伴う大規模なマグマの移動・上昇等の活動を示唆するような広域的な地殻変動は認められない。

(地震波速度構造)

- 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を示唆する地震波速度構造及び低周波地震群は認められない。



- 地球物理学的調査の結果から、支笏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。
- 火砕流堆積物の分布状況から、支笏カルデラについては、約5～4万年前の巨大噴火は敷地まで到達していないと判断されることから、モニタリングの対象外とする。

2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

① 噴火履歴(後カルデラ期)(1/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

○文献に基づくと、支笏カルデラにおける後カルデラ火山(風不死岳、恵庭岳及び樽前山)の噴火履歴は以下のとおりとされている。

【文献調査】

(風不死岳)

- 風不死岳は、カルデラ南東部に位置し、カルデラ形成後の約4万年前以降に活動を開始した(産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 最新の活動はマグマ噴火が8500年前、水蒸気噴火は4500年前である(古川・中川, 2009)。
- 総噴出量は約8.4km³*である(山元, 2014)。

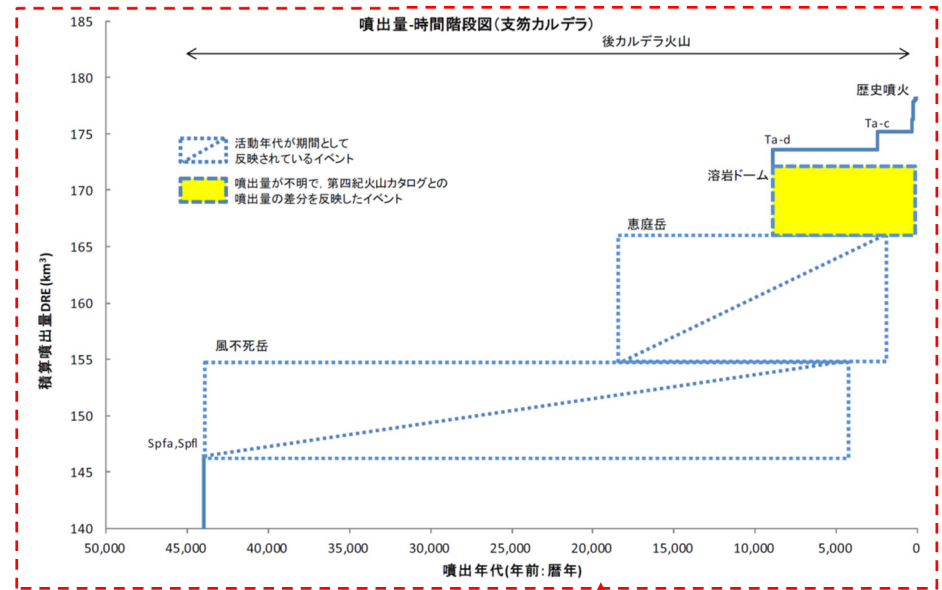
(恵庭岳)

- 恵庭岳はカルデラ北西部に位置し、約2万年前以前に活動を開始した(古川・中川, 2010)。
- 最新のマグマ噴火は約2000年前であり、17~18世紀に少なくとも3回の水蒸気噴火で山頂火口群を形成し、既存の山体の一部は岩屑なだれとして支笏湖に流入した(中村(1973)及び中川ほか(1994))。
- 総噴出量は約11.1km³*である(山元, 2014)。

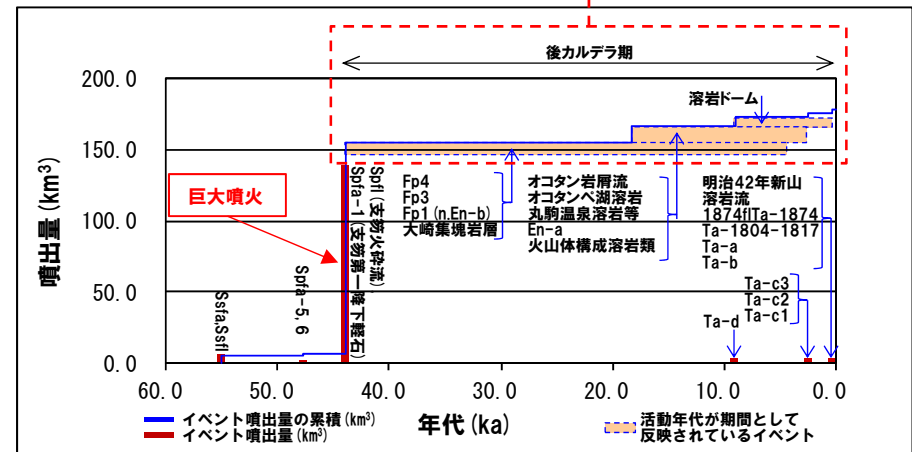
(樽前山)

- 樽前山は北側で風不死火山及び支笏湖と接し、約9000年前以降に活動を開始した(産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 最新の活動は、西暦1981年の噴火である(産業技術総合研究所 日本の火山(DB))。
- 既往最大の噴火(西暦1739年)における噴出量は約1.6km³*である(山元, 2014)。

*マグマ噴出量DRE



山元(2014)より引用



噴出量-年代階段ダイアグラム 山元(2014)に基づき作成

2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

① 噴火履歴(後カルデラ期)(2/2)

一部修正(H28/2/5審査会合)

恵庭岳活動履歴

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|--------------------------------------|------------|-------------------------------|----------|
| 第四紀 完新世 0.505-0.254ka | - 水蒸気爆発 | 11.1 (水蒸気爆発・ポロピナイ岩屑流は含まない) | 山元(2014) |
| | オコタン岩屑流 | | |
| | - ポロピナイ岩屑流 | | |
| | オコタンベ湖溶岩 | | |
| 2.04ka | 溶岩 | | |
| 9.52ka | | | |
| 更新世 15.62ka 18.21ka 18.21ka | 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 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|---|---------------|--------------------------|----------|
| 第四紀 完新世 A.D.1900以新 A.D.1909 A.D.1883 A.D.1874 A.D.1867 A.D.1817-1804 A.D.1739 A.D.1667 2.0ka 2.5ka 2.5ka 8.950ka 8.95-0.146ka | 19世紀以降噴火 | (水蒸気爆発) | 山元(2014) |
| | 明治42年新山 | 0.02 | |
| | 溶岩流 | 0.00001 | |
| | 1874fITa-1874 | 0.20 | |
| | 溶岩ドーム | (6.28 ^{*1} に包含) | |
| | Ta-1804-1817 | 0.03 | |
| | Ta-a | 1.60 | |
| | Ta-b | 1.10 | |
| | Ta-c3 | 0.03 | |
| | Ta-c2 | 1.40 | |
| | Ta-c1 | 0.14 | |
| | Ta-d | 1.40 | |
| | 溶岩ドーム | 不明(6.28 ^{*1}) | |

※1 (6.28)は第四紀火山カタログ委員会編(1999)の噴出量の差を計上。

風不死岳活動履歴

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|--|--------------|--------------------------|----------|
| 第四紀 完新世 4.475ka 8.465ka 不明 | Fp4 | 8.4 | 山元(2014) |
| | Fp3 | | |
| | Fp2 | | |
| 更新世 25.5ka 不明 不明 不明 不明 不明 43.96ka | 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 | | | |



- 後カルデラ期の最大規模の噴火は、恵庭岳の噴火であり、その総噴出量は約11.1km³^{*2}である。
- 後カルデラ火山(風不死岳、恵庭岳及び樽前山)の噴火規模は、いずれも支笏カルデラ形成時の規模に比べて小規模である。

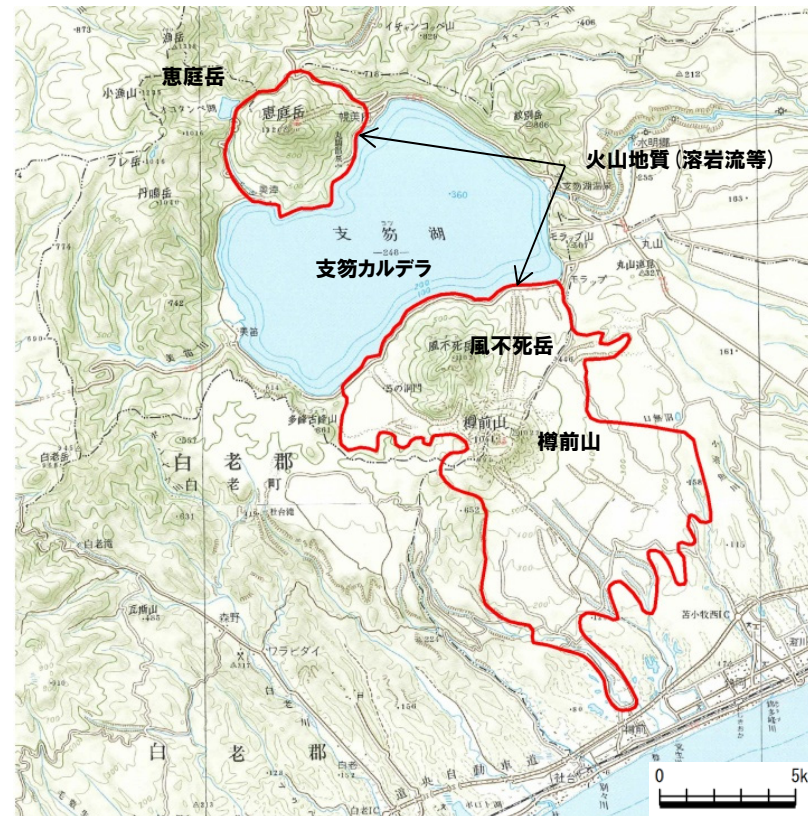
※2 マグマ噴出量DRE

2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

② 設計対応不可能な火山事象の分布(後カルデラ期)

一部修正(H25/12/18審査会合)

○中野ほか編(2013)において、後カルデラ火山(風不死岳, 恵庭岳及び樽前山)の火山地質分布を示している(下図参照)。



後カルデラ火山(風不死岳, 恵庭岳及び樽前山)の火山地質分布
(火山地質については中野ほか編(2013)をトレース)



○後カルデラ火山(風不死岳, 恵庭岳及び樽前山)の溶岩流等の分布は、いずれも山体付近に限られている。

2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

③ 評価(後カルデラ期)

【噴火履歴(後カルデラ期)】

- 後カルデラ期の最大規模の噴火は、恵庭岳の噴火であり、その総噴出量は約11.1km³※である。
- 後カルデラ火山(風不死岳、恵庭岳及び樽前山)の噴火規模は、いずれも支笏カルデラ形成時の規模に比べて小規模である。

【設計対応不可能な火山事象の分布(後カルデラ期)】

- 後カルデラ火山(風不死岳、恵庭岳及び樽前山)の溶岩流等の分布は、いずれも山体付近に限られている。

※マグマ噴出量DRE



- 支笏カルデラの最後の巨大噴火以降の活動期は後カルデラ期であり、この期間における最大規模の設計対応不可能な火山事象は、敷地に到達していないことから、運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分小さいものと評価される。

2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

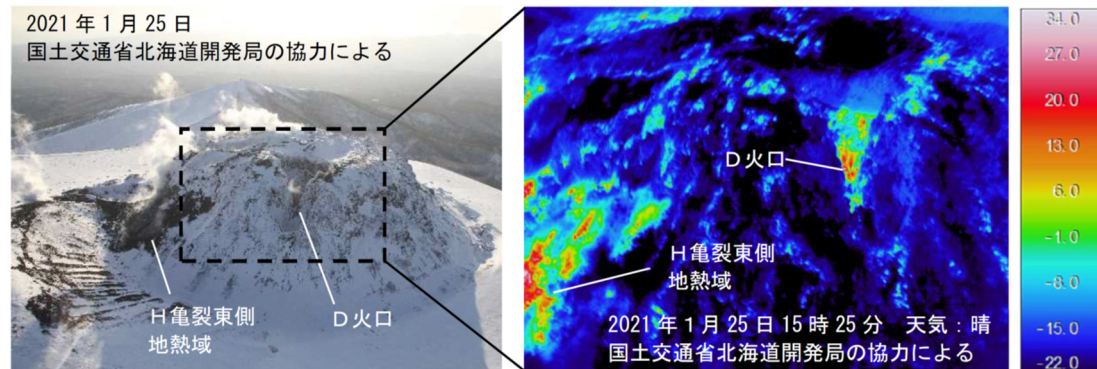
(参考) 樽前山の活動状況(気象庁 火山活動解説資料)

一部修正(H25/11/13審査会合)

- 気象庁では、樽前山を監視対象の活火山とし、平成15年から月に1回、樽前山について火山活動解説資料を報告している。
- 火山活動解説資料では、噴気などの表面現象、地震・微動の発生及び地殻変動についての観測結果や不定期で実施している山体の上空からの観測及び赤外熱映像装置による観測結果について、取りまとめている。
- 近年では、火山活動は概ね静穏に経過しており、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められないが、山頂溶岩ドーム周辺では高温の状態が続いているため、突発的な火山ガス等の噴出に注意が必要とされている。

【火山活動解説資料 活動概況 令和3年6月】(抜粋, 気象庁HPより)

- ・噴気などの表面現象の状況
監視カメラによる観測では、A火口、B噴気孔群、E火口及びH亀裂東壁の噴気の高さは概ね火口縁上100m以下で、噴気活動は低調な状態です。
- ・地震及び微動の発生状況
火山性地震は、主に山頂溶岩ドーム直下の標高0km付近及び山体西側の海面下2km付近で発生しました。
地震回数は少なく、地震活動は低調な状態です。
火山性微動は観測されていません。
- ・地殻変動の状況
GNSS連続観測では、火山活動によると考えられる変化は認められません。



・山頂溶岩ドームの噴気や地表面温度分布の状況に変化は認められないとされている。
(左図:噴気状況 右図:地表面温度分布)

赤外熱映像装置による山頂溶岩ドーム北東側の状況及び地表面温度分布(気象庁HPより)

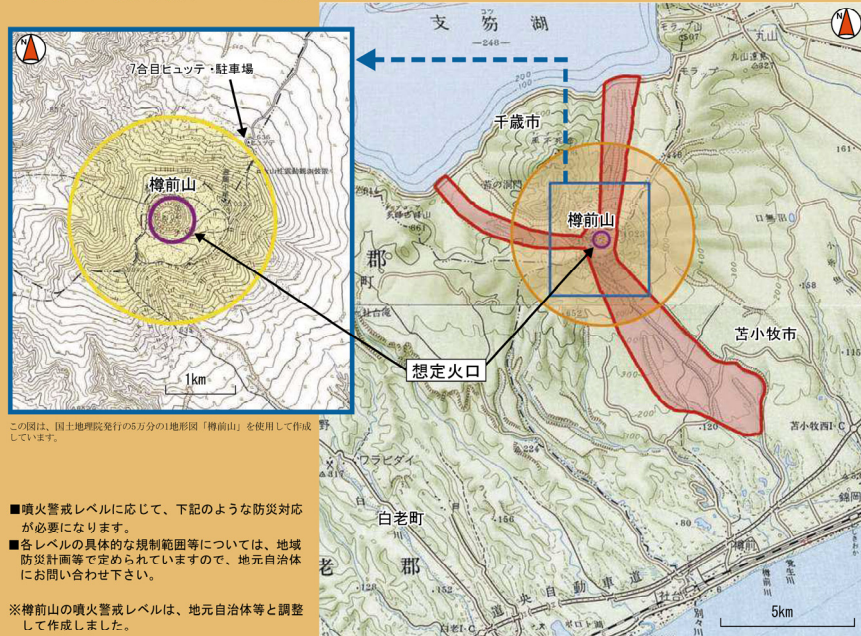
2.4.2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価

(参考) 樽前山の活動状況 (気象庁 噴火警戒レベル)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 気象庁では樽前山について、噴火警戒レベルを設定し、レベル1～5において警戒が必要な範囲と取るべき防災対応を示している。
- 警戒レベル5においても、泊地域は警戒が必要な範囲には含まれていない。
- 気象庁は樽前山に対し、平成19年12月1日に噴火予報(噴火警戒レベル1、活火山であることに留意)を発表し、その後予報警報事項に変更はない。

■樽前山 噴火警戒レベルと必要な防災対応



この図は、国土地理院発行の5万分の1地形図「樽前山」を使用して作成しています。

■噴火警戒レベルに応じて、下記のような防災対応が必要になります。

■各レベルの具体的な規制範囲等については、地域防災計画等で定められていますので、地元自治体にお問い合わせ下さい。

※樽前山の噴火警戒レベルは、地元自治体等と調整して作成しました。

| 警報・予報 | 噴火警戒レベル(キーワード) | 必要な防災対応 |
|--------|-----------------|----------------------|
| 噴火警報 | 5 (避難) | 居住地域で避難 |
| 噴火警報 | 4 (避難準備) | 居住地域で避難準備 |
| 火口周辺警報 | 3 (入山規制) | 状況に応じ、○内や○内の立入規制 |
| 火口周辺警報 | 2 (火口周辺規制) | 状況に応じ、○内の立入規制 |
| 噴火予報 | 1 (活火山であることに留意) | 状況に応じ、火口内や火口近傍への立入規制 |

この図は、国土地理院発行の20万分の1地形図「札幌」「苫小牧」を使用して作成しています。

平成19年12月1日運用開始

樽前山の噴火警戒レベル

| 種別 | 名称 | 対象範囲 | レベル(キーワード) | 火山活動の状況 | 住民等の行動及び登山者・入山者等への対応 | 想定される現象等 |
|------|--------------------|---------------|-----------------|---|--|--|
| 特別警報 | 噴火警報(居住地域)又は噴火警報 | 居住地域及びそれより火口側 | 5 (避難) | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。 | 危険な居住地域からの避難等が必要。 | <ul style="list-style-type: none"> ●大規模噴火が発生し、火砕流が居住地域まで到達、あるいはそのような噴火が切迫している。 過去事例 1667年及び1739年：大規模噴火、火砕流が広範囲に流下して火口から10km以上の海岸まで到達、多量の軽石や火山灰が広範囲に堆積 ●中～大規模噴火により融雪型火山泥流が発生して居住地域に到達、あるいはそのような噴火が切迫している。 過去事例 観測事例なし |
| | | | 4 (避難準備) | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される(可能性が高まっている)。 | 警戒が必要な居住地域での避難の準備、要配慮者の避難等が必要。 | <ul style="list-style-type: none"> ●中規模噴火の頻発等により、火砕流が居住地域に到達するような大規模噴火の発生が予想される。 過去事例 観測事例なし ●積雪期に小規模噴火が拡大し、融雪型火山泥流の発生が予想される。 過去事例 観測事例なし |
| 警報 | 噴火警報(火口周辺)又は火口周辺警報 | 火口から居住地域近くまで | 3 (入山規制) | 居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。 | 住民は通常の生活。状況に応じて要配慮者等の避難準備等。登山禁止や入山規制等危険な地域への立入規制等。 | <ul style="list-style-type: none"> ●中規模噴火が発生し、大きな噴石が概ね3km以内に飛散、あるいは火砕流が谷沿いに流下。 過去事例 1874年及び1909年：中規模噴火、大きな噴石が火口から2～3kmまで飛散、火砕流が谷沿いに流下して火口から最大3km程度まで到達(1874年)、火山灰等が山麓まで厚さ数cmに堆積 ●地震増加や地殻変動等により、中規模噴火の発生が予想される。 過去事例 観測事例なし |
| | | | 2 (火口周辺規制) | 火口周辺に影響を及ぼす(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)噴火が発生、あるいは発生すると予想される。 | 住民は通常の生活。火口周辺への立入規制等。 | <ul style="list-style-type: none"> ●小規模噴火が発生し、山頂火口内外に大きな噴石が飛散。 過去事例 1909年噴火以降繰り返し発生した小規模噴火、山頂部に大きな噴石が飛散 ●地震活動や熱活動の高まり等により、小規模噴火の発生が予想される。 過去事例 1999年：山頂A火口で急激な熱活動の高まり 1997年～2001年：掛湯活動の活性化 1981年1～2月：地震活動の活性化 |
| 予報 | 噴火予報 | 火口内等 | 1 (活火山であることに留意) | 火山活動は静穏。火山活動の状態によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる(この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ)。 | 状況に応じて火口内及び近傍への立入規制等。 | <ul style="list-style-type: none"> ●火山活動は静穏、状況により山頂火口内及び近傍に影響する程度の噴出の可能性あり。 |

注1) 「大きな噴石」とは、概ね20cm～30cm以上の、風の影響をほとんど受けずに弾道を描いて飛散するものをいう。

注2) 大規模噴火とは、噴煙が1万m以上上がり、火砕流が広範囲に流下し、それに伴う融雪型泥流が発生するような噴火である。

注3) 中規模噴火とは、噴煙が数千mまで上がり、大きな噴石が火口から2～3kmまで飛散し、小規模な火砕流やそれに伴う融雪型泥流が発生するような噴火である。

注4) 小規模噴火とは、噴煙が1,000m以下まで上がり、大きな噴石が山頂火口内外に飛散するような噴火である。

各レベルにおける具体的な規制範囲等については地域防災計画等で定められています。地元自治体にお問い合わせください。

余白

| | |
|---|--------------|
| H28.2.5審査会合以降の経緯及び主な変更点 | P. 4 |
| 1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドの概要 | P. 8 |
| 2. 立地評価 | P. 10 |
| 2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 | P. 14 |
| 2. 2 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 | P. 18 |
| 2. 3 過去に巨大噴火が発生した火山(洞爺カルデラ)の個別評価 | P. 27 |
| 2. 3 .1 巨大噴火の可能性評価 | P. 27 |
| 2. 3 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価 | P. 88 |
| 2. 4 過去に巨大噴火が発生した火山(支笏カルデラ)の個別評価 | P. 95 |
| 2. 4 .1 巨大噴火の可能性評価 | P. 95 |
| 2. 4 .2 最後の巨大噴火以降の火山活動の評価 | P.118 |
| 2. 5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価 | P.126 |
| 2. 6 過去に巨大噴火が発生していない火山(羊蹄山)の個別評価 | P.158 |
| 2. 7 モニタリング | P.175 |
| 2. 8 立地評価まとめ | P.200 |
| 3. 影響評価 | P.204 |
| 3. 1 敷地において想定される火山事象 | P.207 |
| 3. 2 降下火砕物(火山灰)の評価 | P.220 |
| 3. 3 影響評価まとめ | P.281 |
| 参考文献 | P.282 |

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

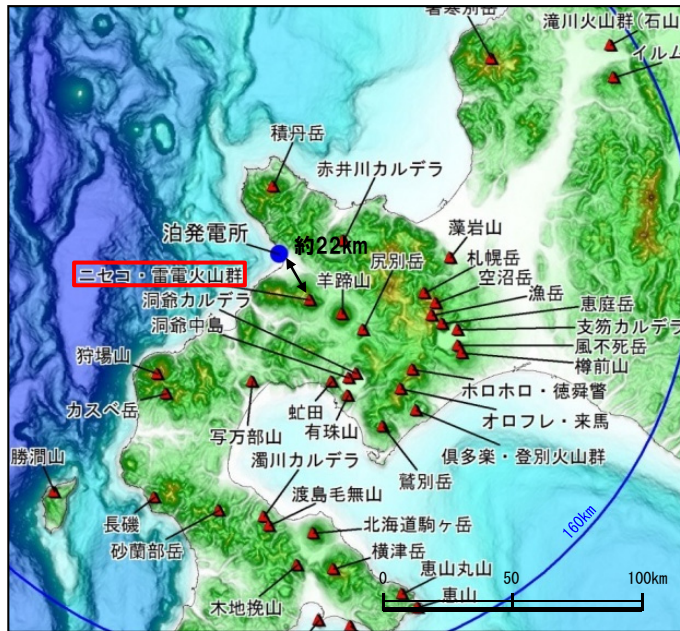
① 火山概要 (1/2)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 位置：敷地の南東方約22km
- 構成：3火山群(ワイスホルン, ニセコ火山群, 雷電火山群)(小嶋ほか編, 2003)
- 活動：約200万年前以降に雷電山が活動を開始した。最新の活動と考えられるイワオヌプリは、約9,500年前^{※1}に活動を開始した(松尾・中川, 2017)。
- 火山噴出物の分布：溶岩流等の分布は山体近傍に限定される。
- 噴出規模：既往最大の噴火は約140万年前の雷電山の噴火であり、その噴出量は約15.9km³^{※2}とされている(山元, 2014)。最新の活動と考えられるイワオヌプリの既往最大の噴火における噴出量は約0.4km³^{※2}とされている(山元, 2014)。

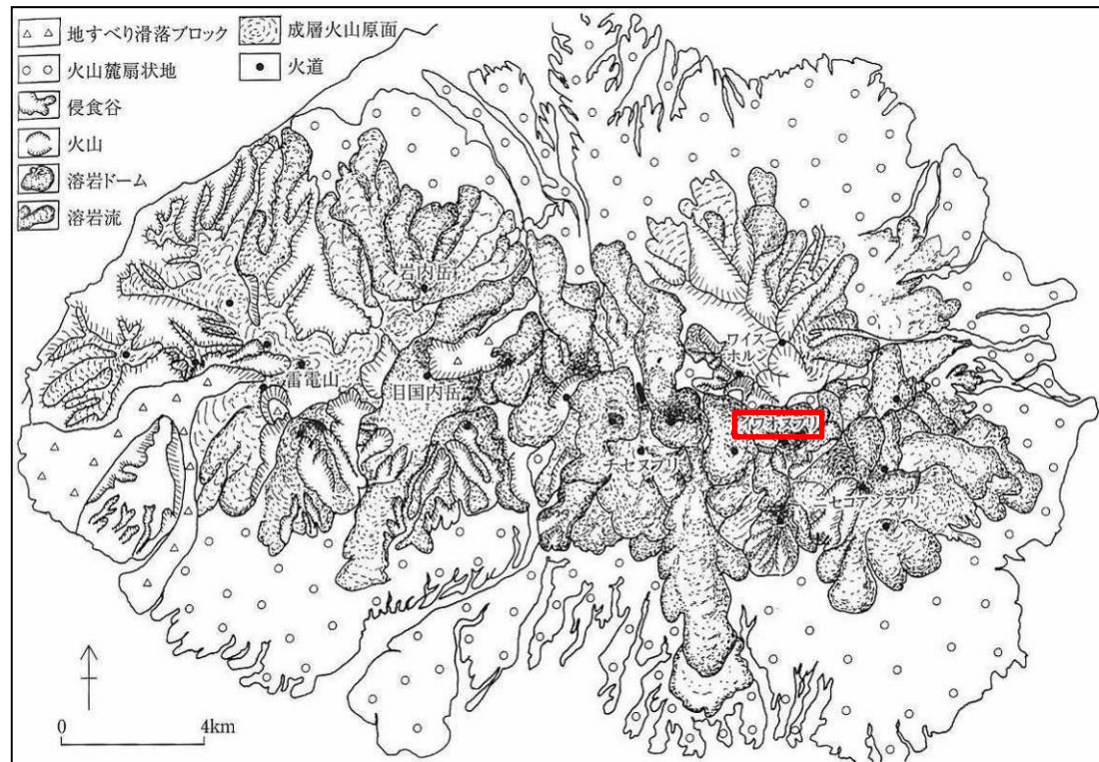
※1 イワオヌプリの活動開始年代について、H28.2.5審査会合資料においては、奥野(2003)に基づき、約6,000年前としていたが、その後のイワオヌプリに関する知見である松尾・中川(2017)を踏まえ、約9,500年前に変更した(P128参照)。

※2 マグマ噴出量DRE



ニセコ・雷電火山群の位置図

「日本の火山(第3版)」に基づき作成



ニセコ・雷電火山群の地形分類図(小嶋ほか編, 2003)

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

① 火山概要 (2/2)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

ニセコ・雷電火山群活動履歴 (イワオヌプリ)

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|----------------------------|--------------------------|-----------|
| 第四紀 | 完新世 6.88ka (完新世～更新世) 不明 | イワオヌプリ: 第6期噴出物 0.22 | 山元 (2014) |
| | (完新世～更新世) 不明 | イワオヌプリ: 第5期噴出物 0.02 | |
| | (完新世～更新世) 不明 | イワオヌプリ: 第4期噴出物 0.24 | |
| | (完新世～更新世) 不明 | イワオヌプリ: 第3期噴出物 0.40 | |
| | (完新世～更新世) 不明 | イワオヌプリ: 第2期噴出物 0.20 | |
| | 更新世 25ka | ニトヌプリ火山噴出物 0.68 | |
| | 30ka | イワオヌプリ: 第1期噴出物 0.40 | |

ニセコ・雷電火山群活動履歴 (岩内岳・目国内岳)

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|-----------|--------------------------|-----------|
| 第四紀 | 更新世 500ka | 岩内岳: 第2期噴出物 2.10 | 山元 (2014) |
| | 650ka | 目国内岳: 第3期噴出物 1.40 | |
| | 730ka | 岩内岳: 第1期噴出物 1.80 | |
| | 730ka | 目国内岳: 第2期噴出物 7.10 | |
| | 1,100ka | 目国内岳: 第1期噴出物 1.10 | |

ニセコ・雷電火山群活動履歴 (チセヌプリ・ニセコアンヌプリ)

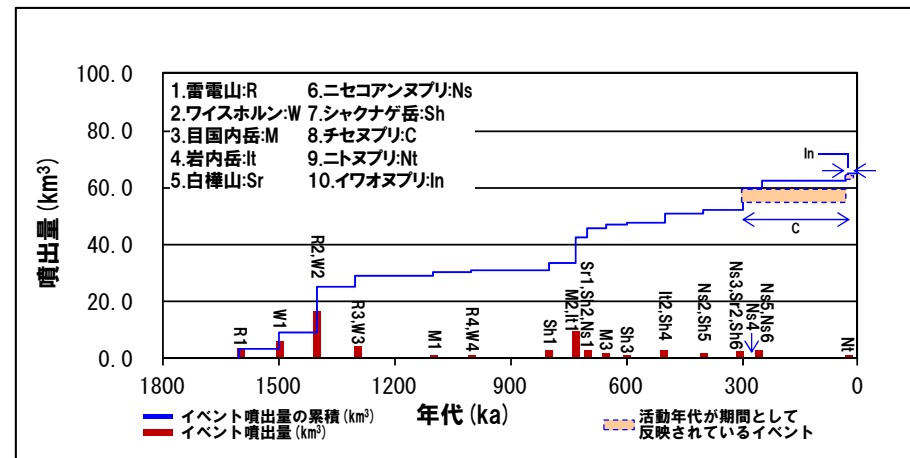
| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|--------|--------------------------|-----------|
| 第四紀 | 更新世 不明 | チセヌプリ: 第7期噴出物 (泥流) | 山元 (2014) |
| | 20ka | チセヌプリ: 第6期噴出物 0.24 | |
| | 不明 | チセヌプリ: 第5期噴出物 0.50 | |
| | 不明 | チセヌプリ: 第4期噴出物 0.90 | |
| | 不明 | チセヌプリ: 第3期噴出物 1.10 | |
| | 不明 | チセヌプリ: 第2期噴出物 0.90 | |
| | 300ka | チセヌプリ: 第1期噴出物 1.20 | |
| | 250ka | ニセコアンヌプリ: 第6期噴出物 1.50 | |
| | 250ka | ニセコアンヌプリ: 第5期噴出物 1.20 | |
| | 275ka | ニセコアンヌプリ: 第4期噴出物 0.40 | |
| | 300ka | ニセコアンヌプリ: 第3期噴出物 1.70 | |
| | 400ka | ニセコアンヌプリ: 第2期噴出物 0.70 | |
| | 700ka | ニセコアンヌプリ: 第1期噴出物 2.10 | |

ニセコ・雷電火山群活動履歴 (ワイスホルン・雷電山)

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|-------------|--------------------------|-----------|
| 第四紀 | 更新世 1,000ka | ワイスホルン: 第4期噴出物 0.20 | 山元 (2014) |
| | 1,000ka | 雷電山: 第4期噴出物 0.60 | |
| | 1,300ka | ワイスホルン: 第3期噴出物 1.10 | |
| | 1,300ka | 雷電山: 第3期噴出物 2.90 | |
| | 1,400ka | ワイスホルン: 第2期噴出物 0.40 | |
| | 1,400ka | 雷電山: 第2期噴出物 15.9 | |
| | 1,500ka | ワイスホルン: 第1期噴出物 5.70 | |
| | 1,600ka | 雷電山: 第1期噴出物 3.20 | |

ニセコ・雷電火山群活動履歴 (白樺山・シャクナゲ岳)

| 年代 | 噴出物名 | 体積DRE (km ³) | 参考文献 |
|-----|-----------|--------------------------|-----------|
| 第四紀 | 更新世 300ka | 白樺山: 第2期噴出物 0.80 | 山元 (2014) |
| | 300ka | シャクナゲ岳: 第6期噴出物 0.02 | |
| | 400ka | シャクナゲ岳: 第5期噴出物 0.70 | |
| | 500ka | シャクナゲ岳: 第4期噴出物 0.80 | |
| | 600ka | シャクナゲ岳: 第3期噴出物 1.00 | |
| | 700ka | 白樺山: 第1期噴出物 0.20 | |
| | 700ka | シャクナゲ岳: 第2期噴出物 0.60 | |
| | 800ka | シャクナゲ岳: 第1期噴出物 2.60 | |



噴出量-年代階段ダイアグラム 山元 (2014) に基づき作成

(参考) イワオヌプリの活動開始年代の変更について

- イワオヌプリの活動開始年代について、H28.2.5審査会合資料においては、奥野(2003)に基づき、約6,000年前としていたが、その後のイワオヌプリに関する知見である松尾・中川(2017)では、同年代について、約9,500年前とされていることから、約9,500年前に変更した。
- なお、イワオヌプリの活動履歴及び噴出量-年代階段ダイアグラム(前頁参照)の整理においては、噴出量が体系的に整理されている山元(2014)を用いている。

【松尾・中川(2017)】

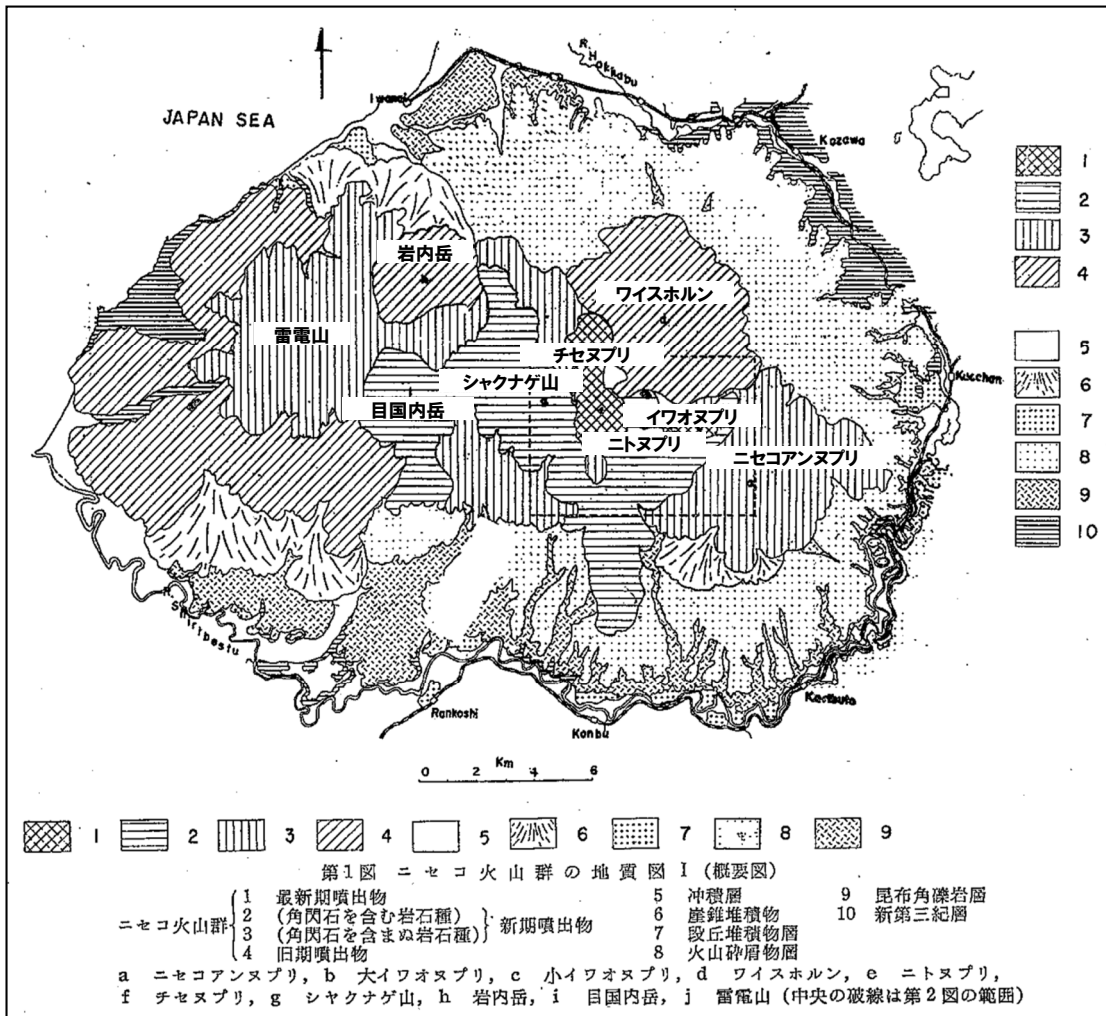
- 奥野(2003)によって報告されたイワオヌプリ起源のNslw-1テフラについて、以下のとおりであり、イワオヌプリの活動開始は約9,500年前としている。
 - ・奥野(2003)によって、イワオヌプリ起源と考えられるテフラ(Nslw-1テフラ)が見出され、その年代として約6,000年前の¹⁴C年代値が報告された。
 - ・しかしながら、奥野(2003)では測定された¹⁴C年代値についての信頼度は低いことを指摘しており、また、その噴火の様式や給源火口については明らかにされていない。
 - ・イワオヌプリの最初の活動である、イワオヌプリ大火口火砕岩類を形成した活動は、まず水蒸気噴火から始まり、その後はマグマ噴火に移行し爆発的噴火により噴煙柱を形成し、その過程で断続的に火砕流が発生した。
 - ・この噴火に伴うテフラが奥野(2003)で見出したNslw-1テフラである。
 - ・今回新たに試料を採取し、火砕流中の炭化木片からは9480cal.yBP、テフラ直下の土壌からは10910cal.yBPの¹⁴C年代が得られた。
 - ・よってイワオヌプリの活動開始は約9,500年前であることが明らかになった。

2.5 過去に巨大噴火が発生していない火山(ニセコ・雷電火山群)の個別評価

②-1 地質分布・地質層序 (大場, 1960)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

- ニセコ・雷電火山群による火砕流, 溶岩流等の設計対応不可能な火山事象は, 敷地まで到達していない。
- 活動時期から, 「旧期ニセコ火山群」, 「新期ニセコ火山群」及び「最新期ニセコ火山群」に分類している。



地質層序表 (大場 (1960) に加筆)

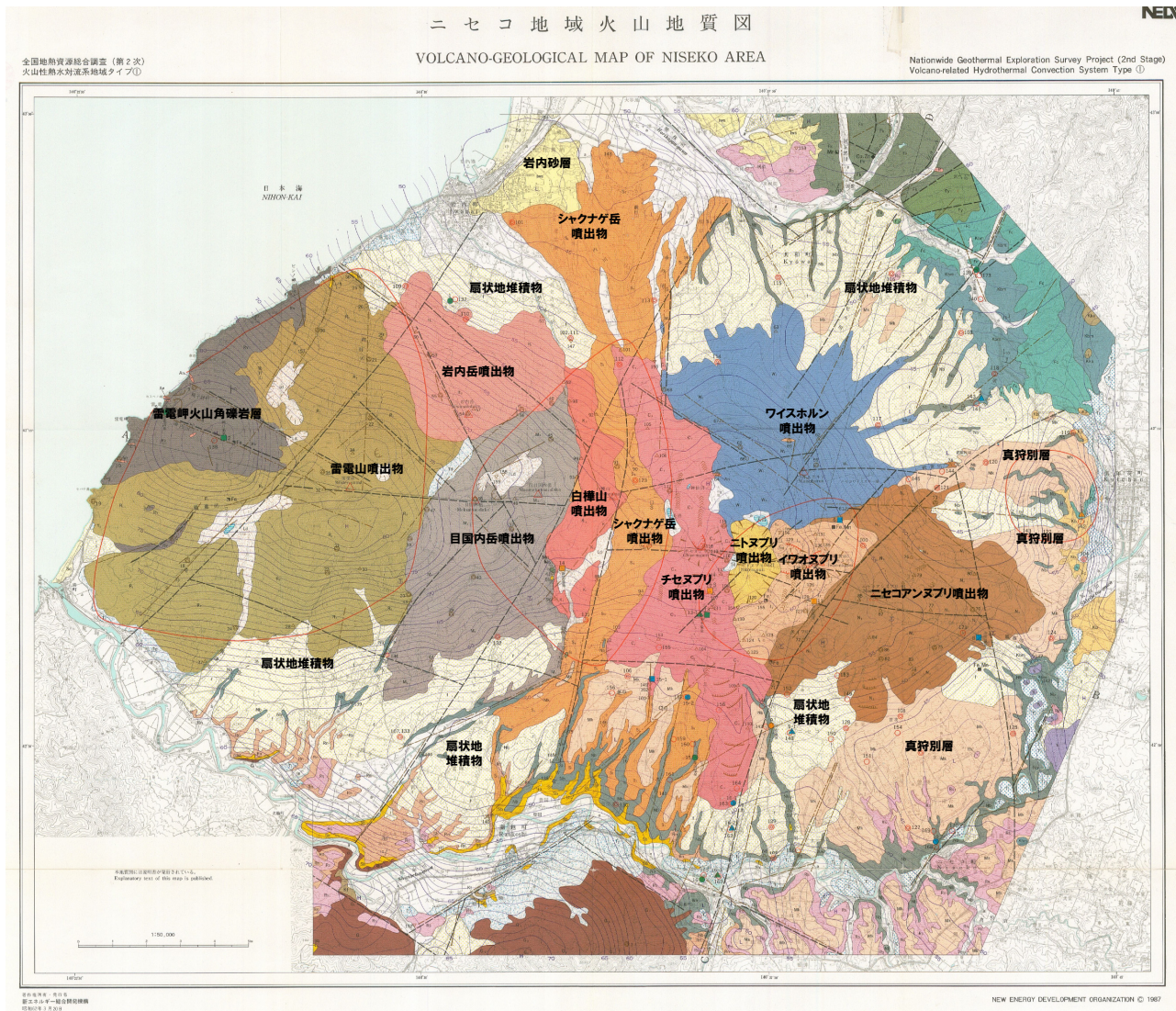
第1表 地質層序

| 時代 | 層序 | 火山活動 | |
|-----|--------------------|----------|-----------|
| 第四紀 | 沖積世 | 河床堆積物 | 最新期ニセコ火山群 |
| | | 湖水堆積物 | |
| | 扇状地堆積物 | 新期ニセコ火山群 | |
| | 火山砕屑物 | | |
| 洪積世 | 段丘堆積物 | 旧期ニセコ火山群 | |
| | 昆布角礫岩層 | | |
| 第三紀 | 鮮新世 中新世 新第三紀 | 新第三紀層 | |

火山地質図 (大場 (1960) に加筆)

②-2 地質分布・地質層序 (NEDO, 1986, 1987) (1/3)

一部修正 (H25/12/18審査会合)



【NEDO (1986, 1987) 調査概要】

- 目的:
「全国地熱資源総合調査」(旧 通商産業省からの補助金で実施)の一環として、1984年～1986年にニセコ地域(ニセコ・雷電火山群)における調査を実施。
- 調査範囲(図幅範囲):
火山地質図作成範囲は、ニセコ・雷電火山群の火山噴出物が分布する範囲。
- 調査内容:
基盤の地質構造、火山地質構造(雷電火山群・ニセコ火山群の地質構造)に関する
 ・空中写真判読
 ・地表地質踏査
 各火山噴出物のフローユニット単位での
 ・磁化方位測定
 ・年代測定
 ・化学組成分析
 等を実施。

ニセコ地域火山地質図 (NEDO (1987) に加筆)