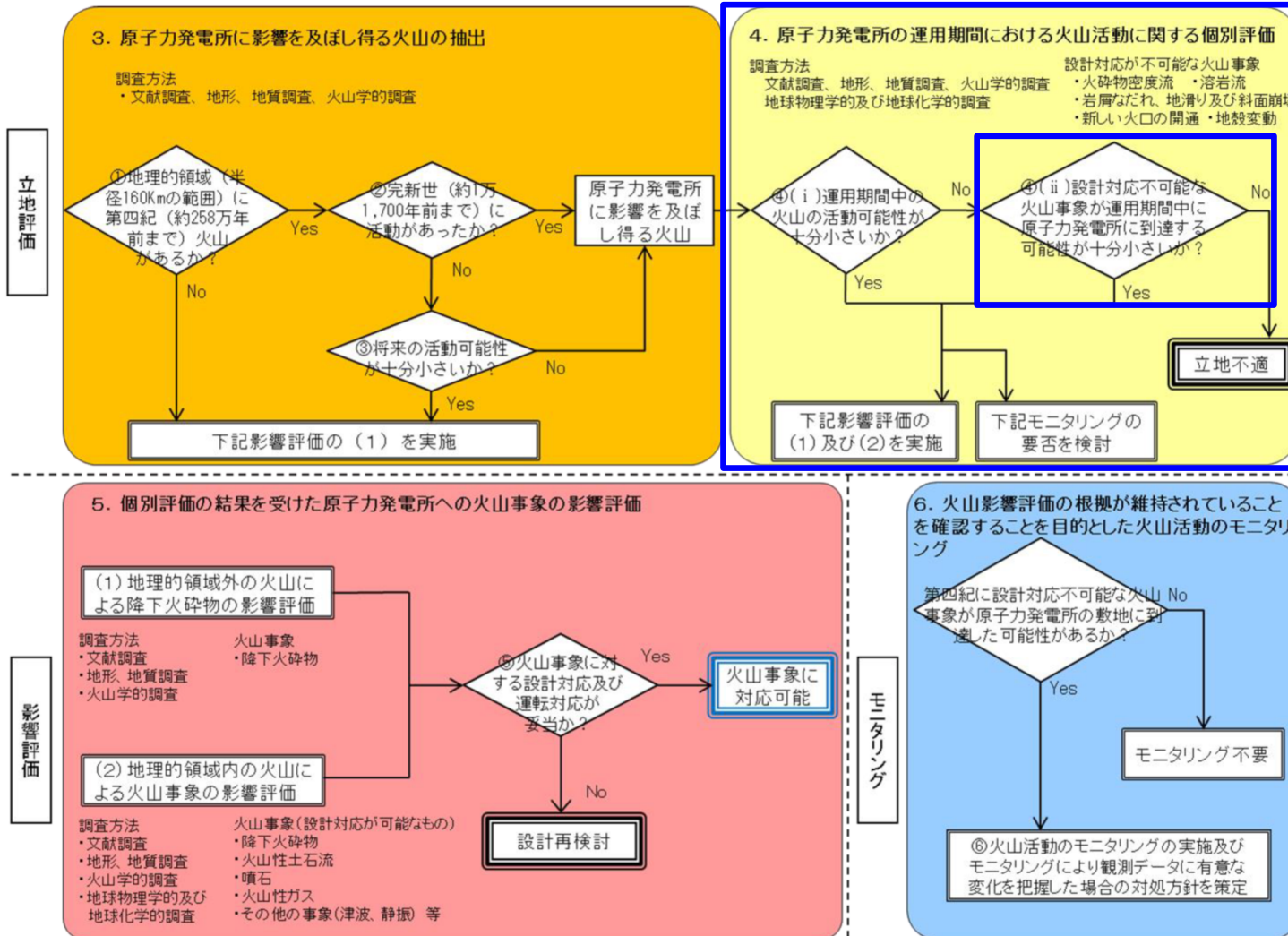


| | |
|---------------------------------------|--------------|
| 1. 火山影響評価の概要 | P. 9 |
| 2. 立地評価 | P. 12 |
| 2.1 文献調査 | P. 15 |
| 2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 | P. 21 |
| 2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価 | P. 29 |
| 2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山 | P. 32 |
| 2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ) | P. 56 |
| 2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ) | P. 98 |
| 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 |

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

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）

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

① 評価概要

一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない13火山について、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性を評価する。
- 13火山のうち、洞爺カルデラ及び支笏カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されることから(2.3章参照)、Tp及びSp-1を噴出した噴火以降の後カルデラ期における最大の噴火規模の噴火について評価する。
- また、倶多楽・登別火山群は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されることから(2.3章参照)、Kt-7を噴出した噴火以降の最大の噴火規模の噴火について評価する。
- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群以外の10火山は、過去の最大規模の噴火について評価する※1。
- 各火山事象の検討対象範囲は、原子力発電所の火山影響評価ガイドに従い設定した。

※1 ニセコ・雷電火山群については、敷地近く(半径10kmの範囲)に設計対応不可能な火山事象が到達していることから(P198参照)、参考として、過去の最大規模以上の噴火が運用期間中に発生する可能性について、地震波速度構造による検討を実施している。検討結果についてはP229～P234参照。

評価対象となる設計対応不可能な火山事象及び評価結果

| 火山 | 敷地からの距離(km) | 設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性 | | | | |
|---------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| | | 溶岩流 (P164～P185参照) | 岩屑なだれ、 地滑り 及び斜面崩壊 (P187参照) | 火砕物 密度流 (P188～P201参照) | 新しい火口 の開口 (P202～P219参照) | 地殻変動 (P207～P217参照) |
| C11 支笏カルデラ | 74.8 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C12 恵庭岳 | 68.6 | | | | | |
| C13 風不死岳 | 77.7 | | | | | |
| C14 樽前山 | 80.2 | | | | | |
| C15 ホロホロ・徳舜堂 | 68.0 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C16 オロフレ・来馬 | 70.2 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C17 倶多楽・登別火山群 | 80.5 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C20 洞爺カルデラ | 54.8 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C21 洞爺中島 | 55.1 | | | | | |
| C22 有珠山 | 60.7 | | | | | |
| C23 尻別岳 | 43.6 | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C24 羊蹄山 | 33.8 | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C25 ニセコ・雷電火山群 | 19.7※2 | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C27 狩場山 | 66.1 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C29 勝淵山 | 126.4 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C34 北海道駒ヶ岳 | 109.0 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C35 横津岳 | 123.7 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |
| C38 恵山 | 146.9 | - | - | 十分小さい | 十分小さい | 十分小さい |

※2 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。

- 設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

余白

②-1 溶岩流に関する個別評価結果

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径50kmの範囲に位置するニセコ・雷電火山群、羊蹄山及び尻別岳について、溶岩流が敷地に到達する可能性を評価する。
- 評価においては、各火山について、地質分布、地形状況等を確認する。
- また、敷地から最も近い(約20km^{*})ニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山については、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、溶岩流シミュレーションを実施する。

【ニセコ・雷電火山群】

- ・ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない(P166～P169及びP172参照)。
- ・ニセコ・雷電火山群の現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる(P173参照)。
- ・また、現在の活動中心であるイワオヌプリの溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20km^{*}よりも小さい(P167～P169参照)。
- ・溶岩流シミュレーションにおいて、イワオヌプリ山頂から噴出した溶岩は、ワイスホルン、ニトヌプリ及びニセコアンヌプリに規制され、主に北東及び南西方向に流下し、敷地方向には流下しない結果となった(P174～P176参照)。

【羊蹄山】

- ・羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P177～P178参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される(P179参照)。
- ・溶岩流シミュレーションにおいて、羊蹄山山頂から噴出した溶岩は、主に西～南方向に流下し、敷地方向には流下せず、その分布範囲は山体付近に限定される結果となった(P180～P182参照)。

【尻別岳】

- ・尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約4kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P183～P184参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される(P185参照)。

※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)へ修正した。



- 溶岩流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(1/9) -

一部修正(H25/11/13審査会合)

【まとめ】

- 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020),大場(1960)及びNEDO(1986,1987)によれば,ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は,いずれも敷地まで到達していない(次頁~P169参照)。
- 敷地周辺及び敷地における地形調査,地表地質踏査等の結果,ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は,敷地まで到達していない(P172参照)。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ(P173参照)の溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は,約4kmであり,敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20km*よりも小さい(P167~P169参照)。
- 大場(1960),NEDO(1986,1987)及び日本地質学会編(2010)に示されているニセコ・雷電火山群の活動時期は,概ね整合的である(下表及びP167~P171参照)。

*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)へ修正した。

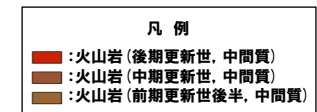
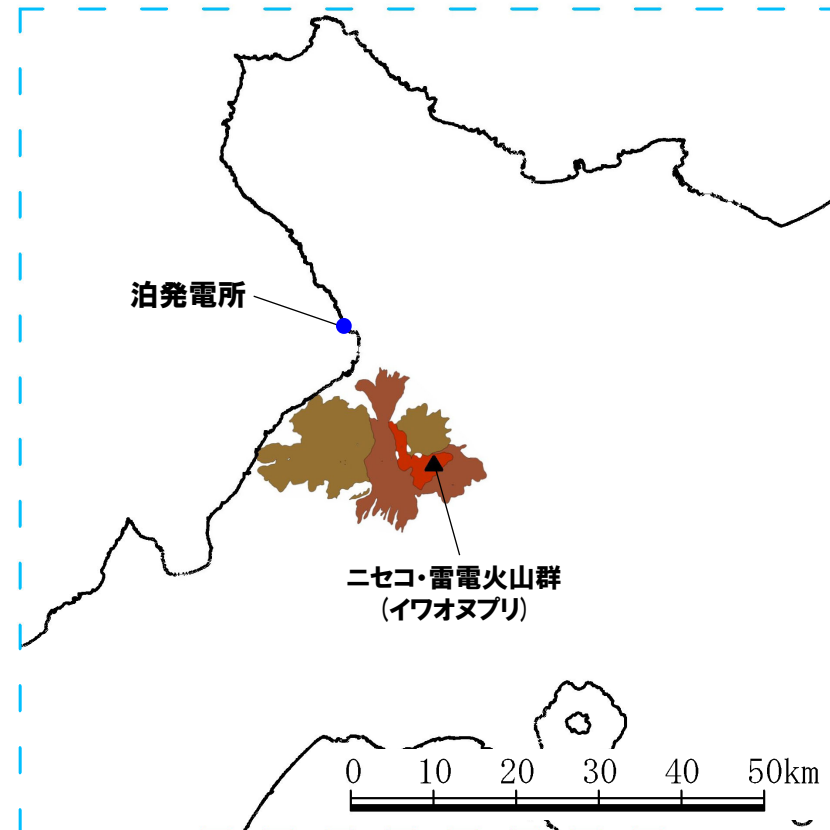
文献記載のニセコ・雷電火山群の活動時期まとめ

| | 大場(1960) | NEDO(1986,1987) | 日本地質学会編(2010) |
|----------|-----------|---------------------|-----------------------|
| イワオヌプリ | 最新期ニセコ火山群 | 第3期 (0.3-0.01Ma) | 新期火山群 (0.3-<0.2Ma) |
| チセヌプリ | | | |
| ニトヌプリ | 新期ニセコ火山群 | 第2期 (1.1-0.1Ma) | 中期火山群 (0.8-0.25Ma) |
| 白樺山 | | | |
| シャクナゲ岳 | | | |
| ニセコアンヌプリ | | | |
| 目国内岳 | | | |
| 岩内岳 | 旧期ニセコ火山群 | 第1期 (1.6-1.0Ma) | 古期火山群 (2.03-0.5Ma) |
| ワイスホルン | | | |
| 雷電山 | | | |

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-【ニセコ・雷電火山群】地質分布・地質層序 (2/9) -

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)】

○ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない。



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

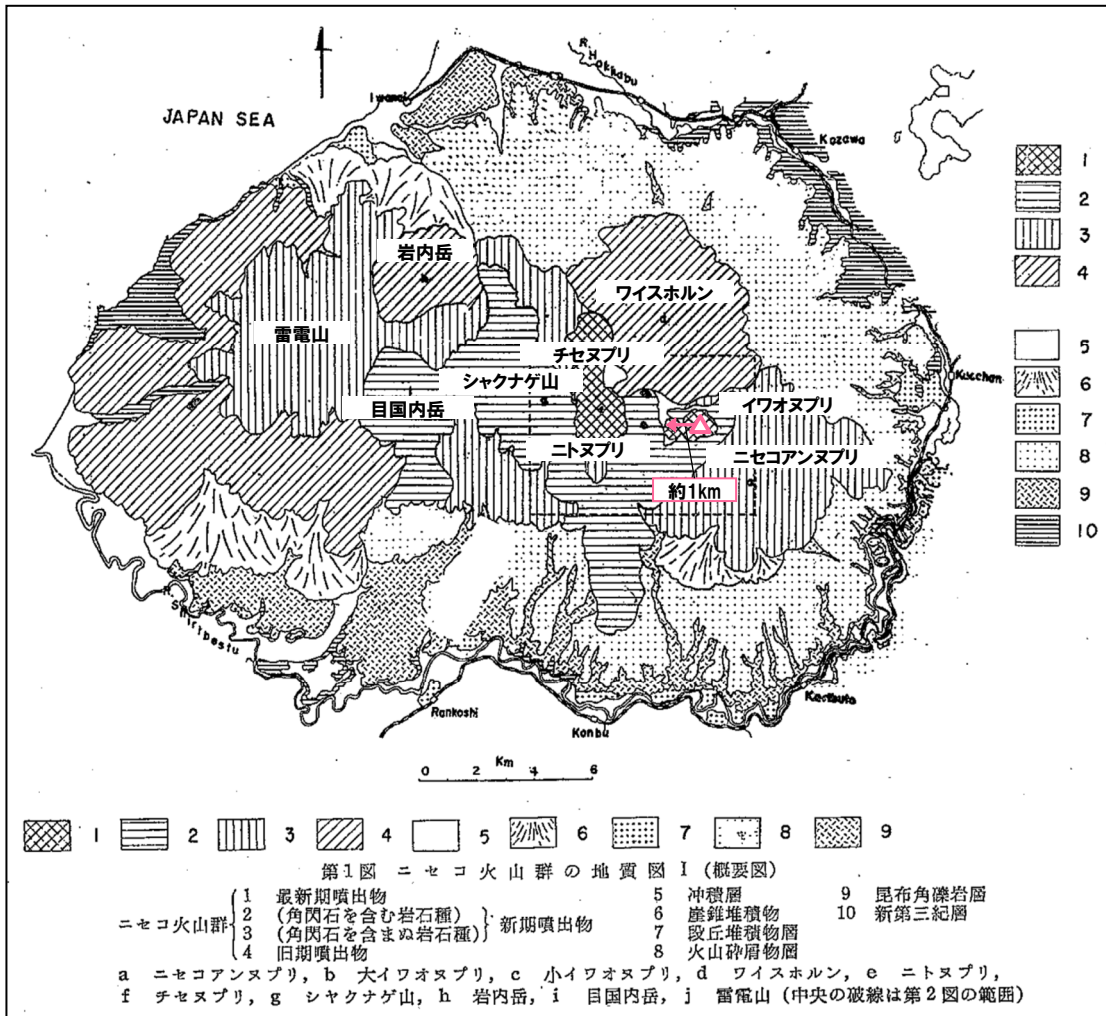
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(3/9) -

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【大場(1960)】

- ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない。
- ニセコ・雷電火山群は、その活動時期から、「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」に分類されている。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ(P173参照)の火山噴出物の最大到達距離は約1kmである。



地質層序表 (大場(1960)に加筆)

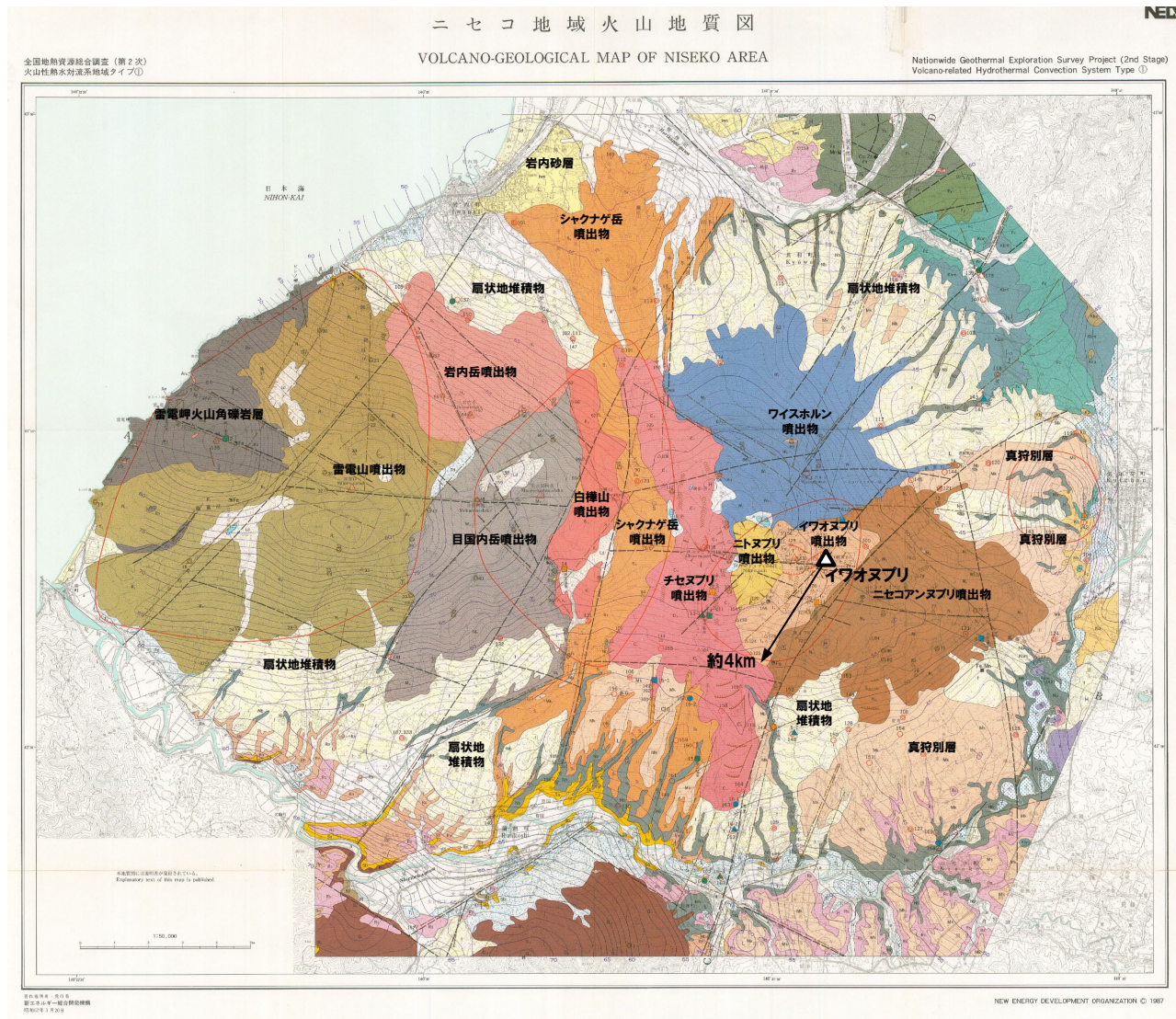
第1表 地質層序

| 時代 | 層序 | 火山活動 |
|-------|-----|---|
| 第四紀 | 沖積世 | 河床堆積物 湖水堆積物 扇状地堆積物 |
| | 洪積世 | 火山砕屑物 段丘堆積物 |
| | | 新第三紀層 |
| 第三紀 | 鮮新世 | 大イワオヌプリ 小イワオヌプリ チセヌプリ ニトヌプリ シャクナゲヌプリ ニセコアンヌプリ 雷電岳(上部) 目国内岳 |
| | 中新世 | 雷電岳(下部) 岩内岳 ワイスホルン |
| 新第三紀層 | | 最新期ニセコ火山群 新期ニセコ火山群 旧期ニセコ火山群 |

火山地質図 (大場(1960)に加筆)

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群] 地質分布・地質層序 (4/9) -

一部修正 (H25/12/18審査会合)



【NEDO (1986, 1987)】

(調査目的)

「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している。(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(ニセコ・雷電火山群の地質構造)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

等を実施している。

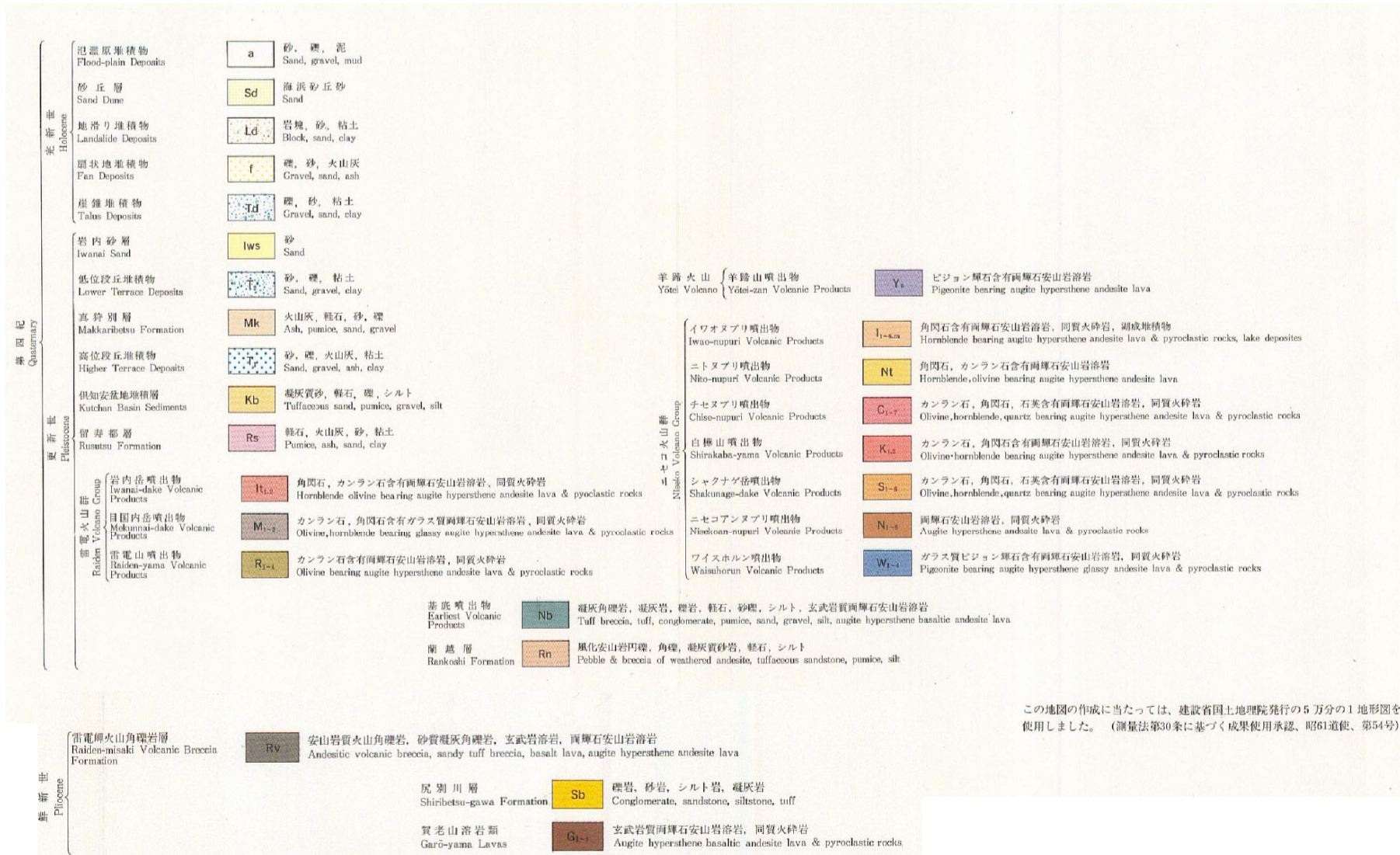
- ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は、敷地まで到達していない。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリ(P173参照)の溶岩流を含む火山噴出物の最大到達距離は約4kmである。

ニセコ地域火山地質図 (NEDO (1987) に加筆)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(5/9)-

再掲(H25/12/18審査会合)



この地図の作成に当たっては、建設省国土地理院発行の5万分の1地形図を使用しました。(測量法第30条に基づく成果使用承認、昭61道使、第54号)

ニセコ地域火山地質図(凡例)(NEDO(1987)より抜粋)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(6/9) -

一部修正(H25/12/18審査会合)

【NEDO(1986)】

(活動年代)

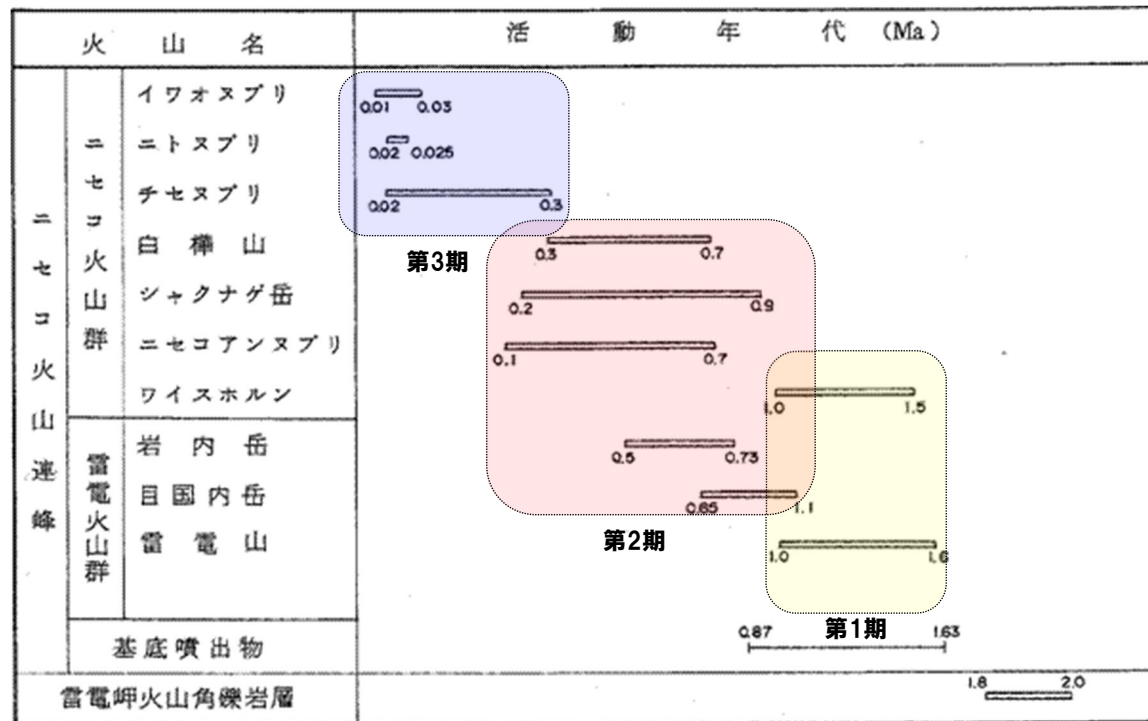
○ニセコ・雷電火山群の活動時期については、「第1期」、「第2期」及び「第3期」に分類されている。

第1期:雷電山・ワイスホルン

第2期:目国内岳・岩内岳・ニセコアンヌプリ・シャクナゲ岳・白樺山

第3期:チセヌプリ・ニトヌプリ・イワオヌプリ

ニセコ・雷電火山群の各火山の活動年代(NEDO(1986)に加筆)



2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(7/9) -

一部修正(H25/11/13審査会合)

【日本地質学会編(2010)】

- ニセコ・雷電火山群の活動時期については、「古期火山群」、「中期火山群」及び「新期火山群」に分類されている。
- 各火山群を構成する火山体の活動時期は下表のように示されている。

各火山群を構成する火山体の活動時期

| 火山群 | 火山体 | 活動時期 |
|-------|------------|-------------------------|
| 古期火山群 | 雷電火山 | 2.03±0.28Ma-0.99±0.12Ma |
| | 目国内岳火山 | 1.2±0.2Ma-0.62±0.06Ma |
| | 岩内岳火山 | 0.64±0.13Ma-0.5±0.2Ma |
| | ワイスホルン火山 | 1.3±0.4Ma-0.9±0.3Ma |
| 中期火山群 | 白樺岳火山 | 0.68±0.04Ma-0.3±0.2Ma |
| | シャクナゲ岳火山 | 0.8±0.05Ma-0.30±0.03Ma |
| | ニセコアンヌプリ火山 | 0.69±0.35Ma-0.25±0.13Ma |
| 新期火山群 | チセヌプリ火山 | 0.3±0.2Ma-<0.2Ma |
| | ニトヌプリ火山 | <0.2Ma |
| | イワオヌプリ火山 | <0.2Ma |

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(8/9)-

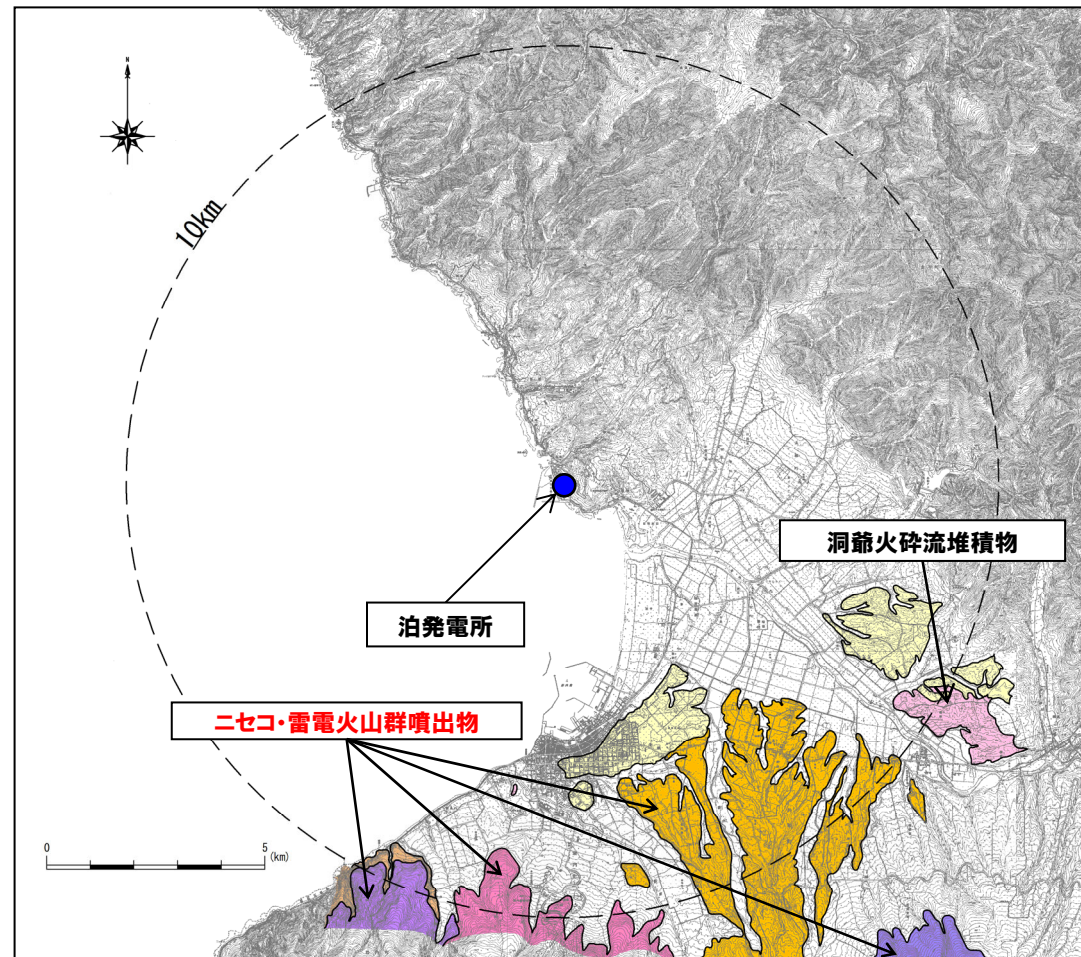
一部修正(H25/11/13審査会合)

【地形調査, 地表地質踏査等】

○敷地周辺及び敷地における地形調査, 地表地質踏査等の結果, ニセコ・雷電火山群の溶岩流を含む火山噴出物は, 下図の範囲に認められ, 敷地まで到達していない。

凡 例

| 記号 | 地層名 | |
|----|-----------|-------------------|
| T | 洞爺火砕流堆積物 | 火砕流堆積物 |
| N | ニセコ火山噴出物 | 火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂 |
| W | 岩内層 | 礫及び砂 |
| W | ワイスホルン火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| I | 岩内岳火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| R | 雷電山火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| | 雷電岬火山角礫岩層 | |



敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群]地質分布・地質層序(9/9) -

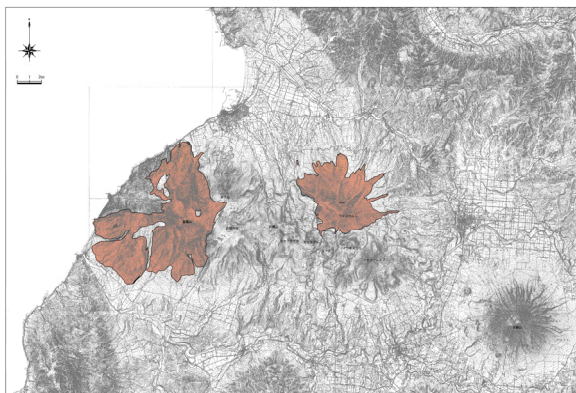
一部修正(H25/12/18審査会合)

【活動の変遷】

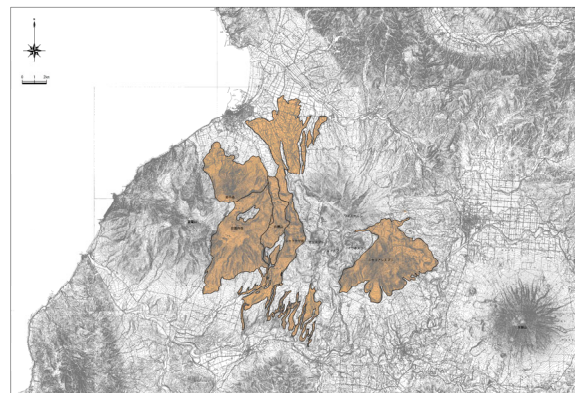
- 児玉ほか(1998)によれば、ニセコ・雷電火山群の活動は全体として東部に移動しているとされている。
- 勝井ほか(2007)によれば、ニセコ火山の山体形成は、西側からしだいに東側へと波及してゆき、イワオヌプリの活動が最も新しいとされている。
- 松尾・中川(2017)によれば、イワオヌプリは約9,500年前に活動を開始したとされている。
- 気象庁編(2013)によれば、江戸時代後半や20世紀初頭にはイワオヌプリ山頂部で噴気活動があったとされている。



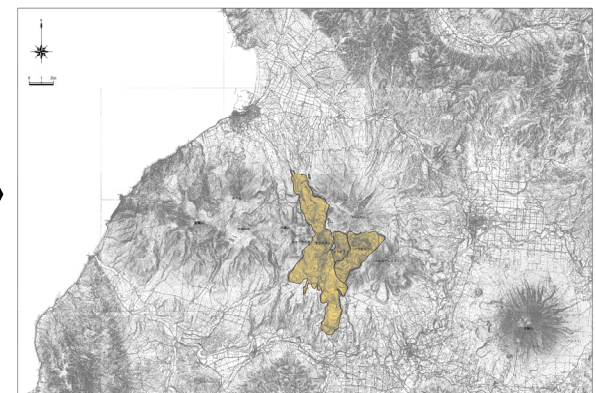
○ニセコ・雷電火山群の活動は、大局的に西から内陸部へ移動し、現在の活動中心はイワオヌプリであると考えられる。



第1期(1.6-1.0Ma)
雷電山:1.6-1.0Ma
ワイスホルン:1.5-1.0Ma



第2期(1.1-0.1Ma)
目国内岳:1.1-0.65Ma, 岩内岳:0.73-0.5Ma
ニセコアンヌプリ:0.7-0.1Ma, シャクナゲ岳:0.9-0.2Ma
白樺山:0.7-0.3Ma



第3期(0.3-0.01Ma)
チセヌプリ:0.3-0.02Ma
ニトヌプリ:0.025-0.02Ma
イワオヌプリ:0.03-0.01Ma

ニセコ・雷電火山群の活動の変遷(地質分布はNEDO(1987)を複写,年代値はNEDO(1986)による)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群] 溶岩流シミュレーション(1/3) -

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション概要】

- ニセコ・雷電火山群は、安山岩の溶岩流を主体とする活動であり、その分布は山体近傍に限定される(小疇ほか編(2003)等)。
- ニセコ・雷電火山群について、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、現在の地形を反映した溶岩流シミュレーションを実施した。
- 解析ソフトはJ-SAS※1を使用した。
- シミュレーションに当たっては、以下の事項を考慮した。
 - ・溶岩流噴出量については、地形図よりイワオヌプリ噴出物の分布を読み取り、保守的に0.72km³と設定した。
 - ・パラメータについては、当該火山は安山岩質であることから、比較的岩質が類似する火山である桜島の溶岩流シミュレーション実績(大原ほか(1990)、家田ほか(2009)等)を参考として設定した。

※1 J-SAS: (財) 砂防・地すべり技術センターによって開発された土石流・泥流の2次元汎用解析モデル

| | 玄武岩 | | | | | 安山岩 | | | | | | | | | | デイサイト | | | | | | | | | | 流紋岩 | | | | |
|---------------------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|--|--|
| SiO ₂ (wt.%)※2 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | | |
| ニセコ・雷電火山群 (53.0-62.2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 浅間山 (53.5-74.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 富士山 (49.0-52.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 伊豆大島 (49.5-58.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桜島 (56.5-67.2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

※2 SiO₂の数値は日本活火山総覧(第4版)(気象庁編, 2013)より

解析に使用したパラメータ

| パラメータ | 単位 | 値 | 設定根拠 |
|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 溶岩流噴出量 | km ³ | 0.72 | NEDO(1987)に基づき設定 |
| 溶岩流ハイドログラフ | m ³ /s | 500 | 内閣府(防災担当)ほか(2013) |
| 溶岩流温度 | ℃ | 1,000 | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |
| 溶岩密度 | g/cm ³ | 2.5 | 他火山実績 |
| 重力加速度 | m/s ² | 9.8 | 一般値 |
| 温度-粘性関数 | poise (=0.1Pa・S) | 3.0×10 ⁹ | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |
| 温度-降伏応力関数 | dyn/cm ² | 9.6×10 ⁶ | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群] 溶岩流シミュレーション(2/3) -

一部修正(H25/12/18審査会合)

【噴出量の設定】

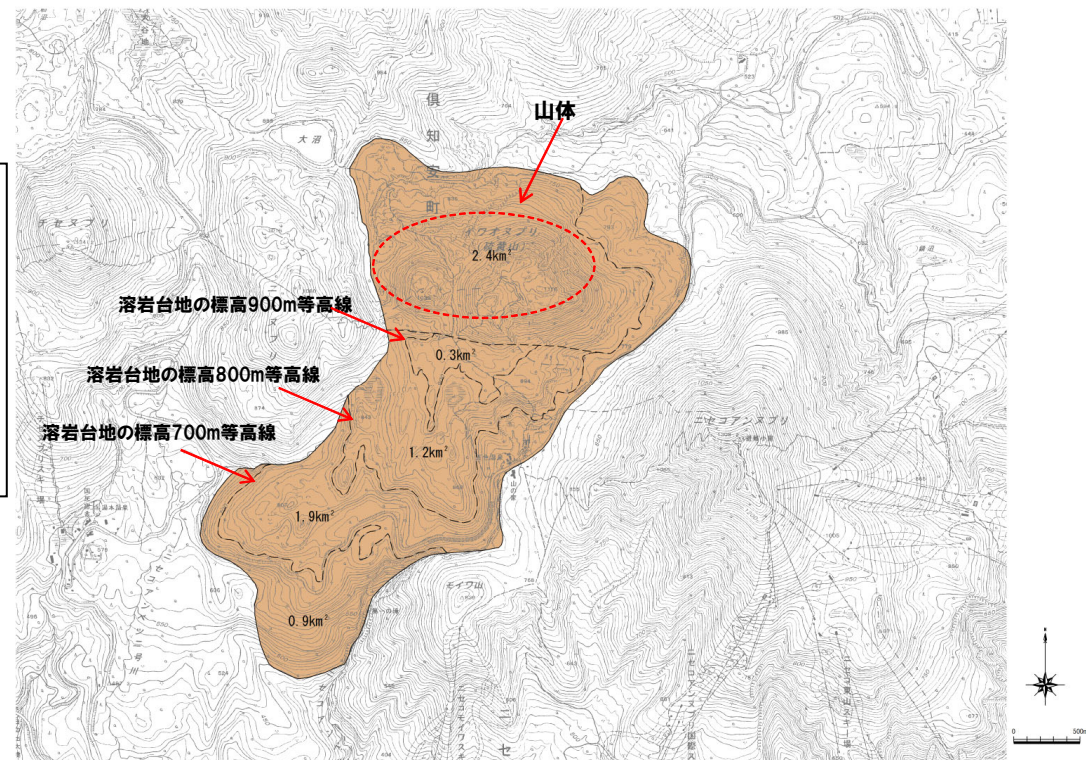
○溶岩流噴出量は、現在の活動中心であるイワオヌプリを対象として、NEDO(1987)の噴出物の分布範囲及び当該範囲の高度差から溶岩台地の体積を算出し、 0.72km^3 と設定した。

NEDO(1987)に基づく溶岩流噴出量

- ① 標高900~800m : $(0.3+1.5)/2 \times 0.1 = 0.090\text{km}^3$
 ② 標高800~700m : $(1.5+3.4)/2 \times 0.1 = 0.245\text{km}^3$
 ③ 標高700m~境界 : $(3.4+4.3)/2 \times 0.1 = 0.385\text{km}^3$

合計 0.72km^3

※台地の体積 = (頂面の面積 + 底面の面積) / 2 × 高さより算出



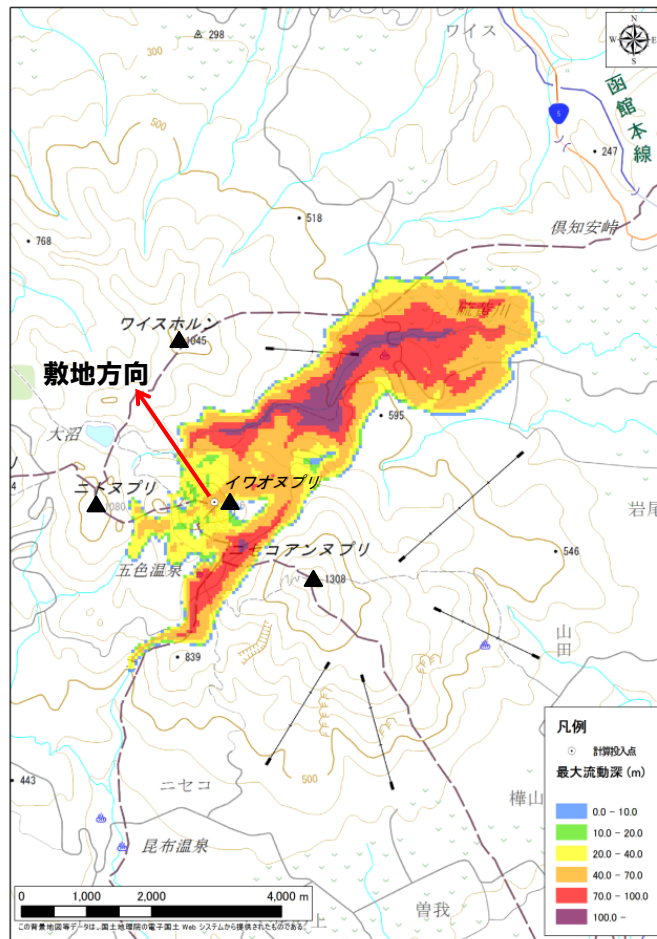
イワオヌプリ噴出物の分布

②-2 溶岩流に関する個別評価結果-[ニセコ・雷電火山群] 溶岩流シミュレーション (3/3) -

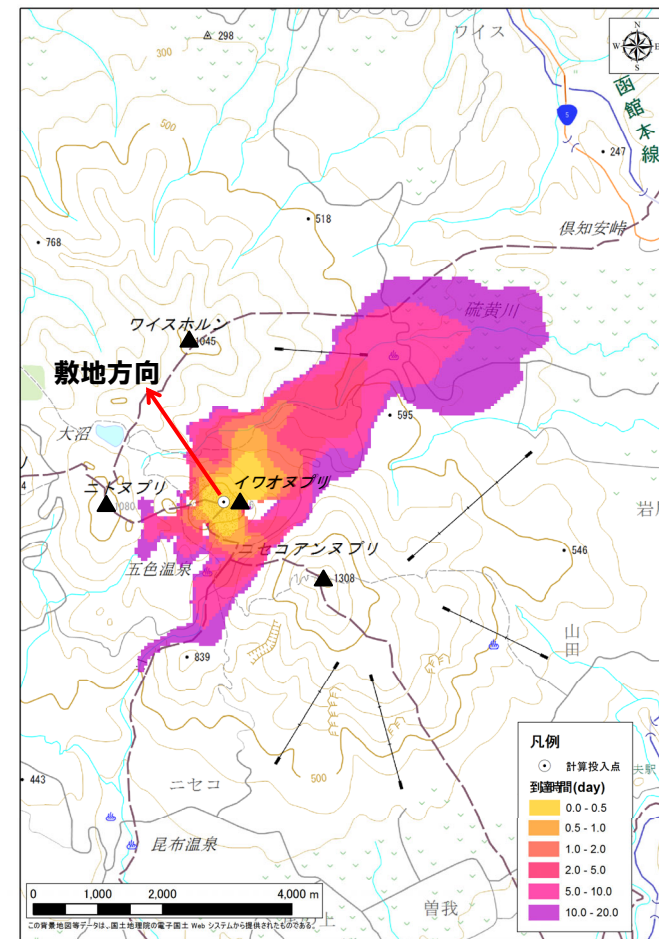
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション結果】

○イワオヌプリ山頂から噴出した溶岩は、ワイスホルン、ニトヌプリ及びニセコアンヌプリに規制され、主に北東及び南西方向に流下し、敷地方向には流下しない結果となった。



溶岩流最大流動深



溶岩流到達時間

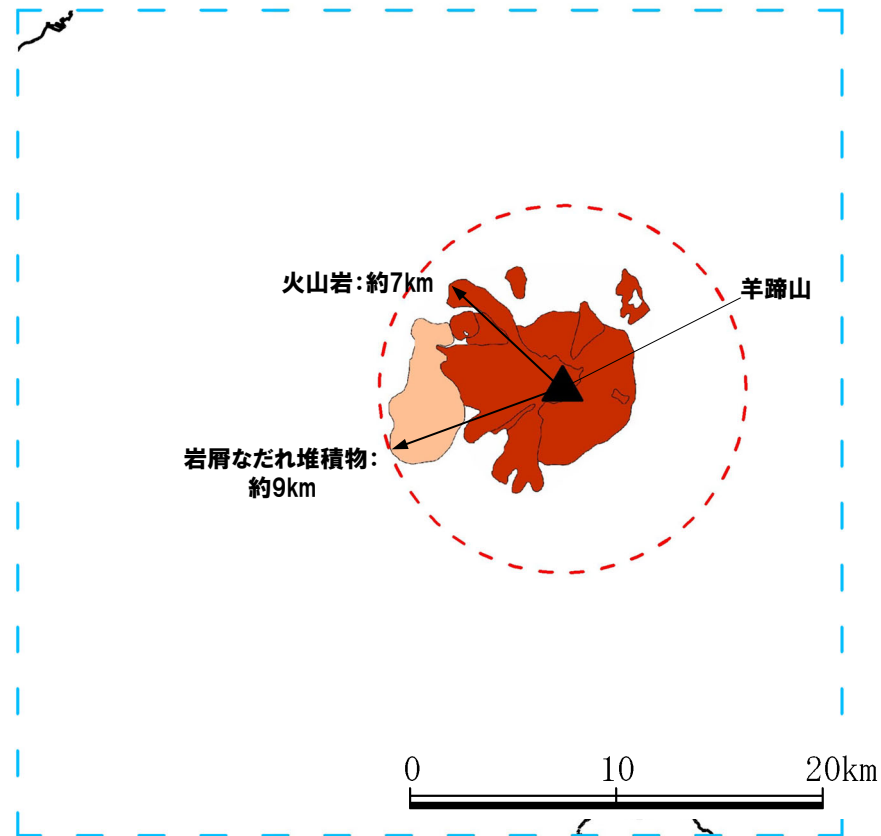
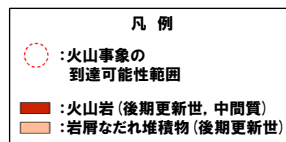
②-3 溶岩流に関する個別評価結果-[羊蹄山]地質分布・地質層序(1/2)-

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)】

○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流(火山岩)の最大到達距離は約7km, 岩屑なだれ堆積物の最大到達距離は約9kmであり, 敷地まで到達していない。



羊蹄山



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

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-3 溶岩流に関する個別評価結果-[羊蹄山]地質分布・地質層序(2/2) -

一部修正 (H25/11/13審査会合)

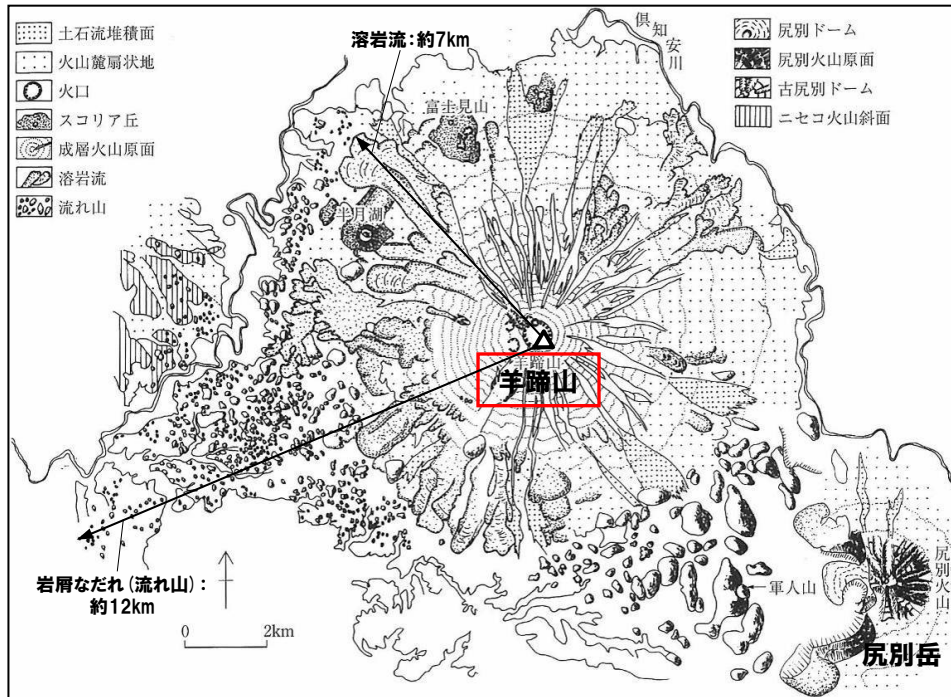
【小嶋ほか編(2003)】

○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約7km, 岩屑なだれ(流れ山)の最大到達距離は約12kmであり, 敷地まで到達していない。

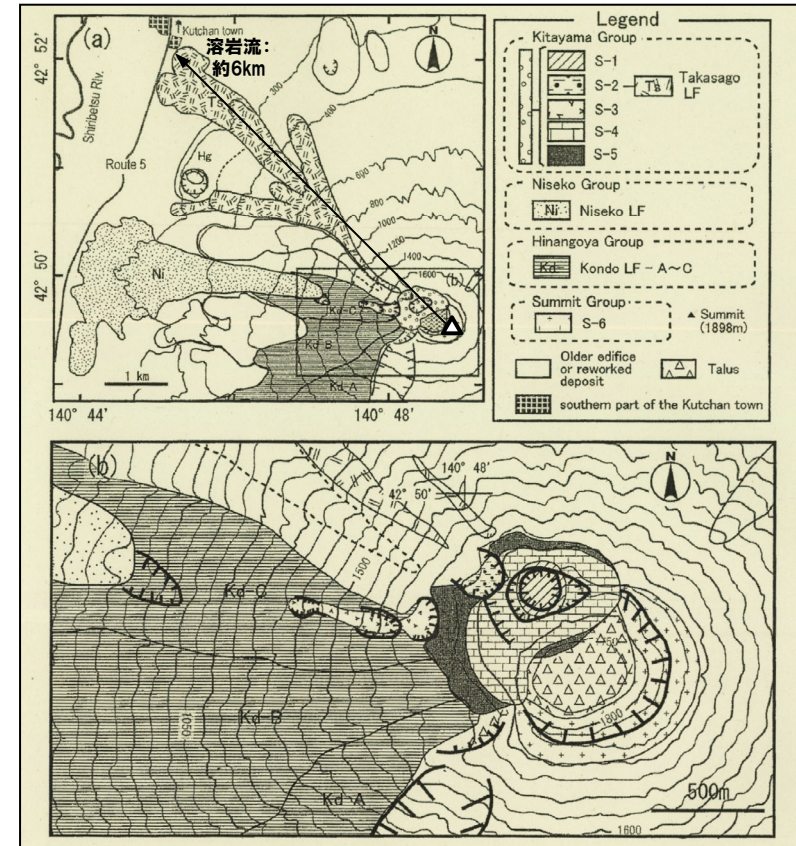
【上澤ほか(2011)】

○羊蹄山の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約6kmであり, 敷地まで到達していない。

○最新の活動は, 山頂近傍の「北山火口群」における約2,500年前の小規模なものとされている。



羊蹄山の地形分類図(小嶋ほか編(2003)に加筆)



完新世における羊蹄山山頂周辺の火口からの噴出物の分布(上澤ほか(2011)に加筆)

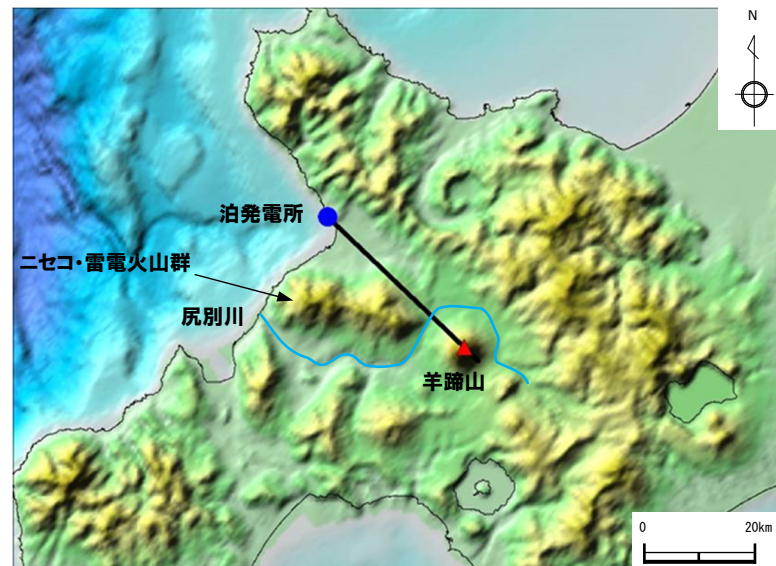
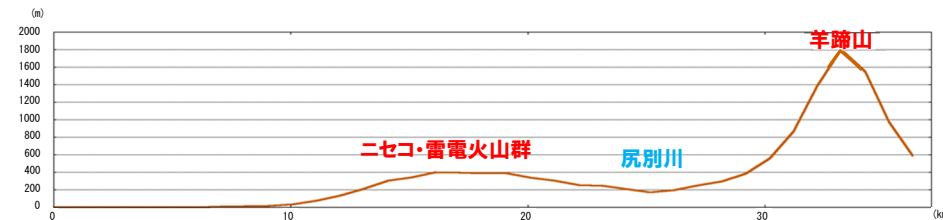
②-3 溶岩流に関する個別評価結果-【羊蹄山】地形状況-

一部修正 (H25/12/18審査会合)

○羊蹄山と敷地の間には、尻別川及びニセコ・雷電火山群が位置している。



○地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。



羊蹄山と敷地間の地形状況

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-3 溶岩流に関する個別評価結果-【羊蹄山】溶岩流シミュレーション(1/3)-

一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション概要】

- 羊蹄山は、安山岩の溶岩流を主体とする活動であり、その分布は山体近傍に限定される(小疇ほか編(2003)等)。
- 羊蹄山について、溶岩流の流下方向の傾向を把握するため、北山期(約1万年前以降)の総噴出物を対象とし、現在の地形を反映した溶岩流シミュレーションを実施した。
- 解析ソフトはJ-SAS※1を使用した。
- シミュレーションに当たっては、以下の事項を考慮した。
 - ・溶岩流噴出量については、文献に基づき、0.18km³と設定した。
 - ・パラメータについては、当該火山は安山岩質及びデイサイト質であることから、比較的岩質が類似する火山である桜島の溶岩流シミュレーション実績(大原ほか(1990)、家田ほか(2009)等)を参考として設定した。

※1 J-SAS: (財) 砂防・地すべり技術センターによって開発された土石流・泥流の2次元汎用解析モデル

| SiO ₂ (wt.%) ^{※2} | 玄武岩 | | | | | 安山岩 | | | | | | | | | | デイサイト | | | | | | | | | | 流紋岩 | | | | |
|---------------------------------------|-----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|--|--|
| | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | | |
| 羊蹄山 (54.2-65.9) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 浅間山 (53.5-74.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 富士山 (49.0-52.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 伊豆大島 (49.5-58.0) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 桜島 (56.5-67.2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

※2 SiO₂の数値は日本活火山総覧(第4版)(気象庁編, 2013)より

解析に使用したパラメータ

| パラメータ | 単位 | 値 | 設定根拠 |
|------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| 溶岩流噴出量 | km ³ | 0.18 | 上澤ほか(2011)に基づき設定 |
| 溶岩流ハイドログラフ | m ³ /s | 500 | 内閣府(防災担当)ほか(2013) |
| 溶岩流温度 | ℃ | 1,000 | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |
| 溶岩密度 | g/cm ³ | 2.5 | 他火山実績 |
| 重力加速度 | m/s ² | 9.8 | 一般値 |
| 温度一粘性関数 | poise (=0.1Pa・S) | 3.0×10 ⁹ | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |
| 温度一降伏応力関数 | dyn/cm ² | 9.6×10 ⁶ | 大原ほか(1990)、家田ほか(2009) |

②-3 溶岩流に関する個別評価結果-【羊蹄山】溶岩流シミュレーション(2/3)-

再掲(H25/12/18審査会合)

【噴出量の設定】

○溶岩流噴出量は、勝井ほか(2007)及び上澤ほか(2011)に基づき、以下の理由から、保守的に北山期(約1万年前以降)の総噴出物を対象とし、 0.18km^3 と設定した。

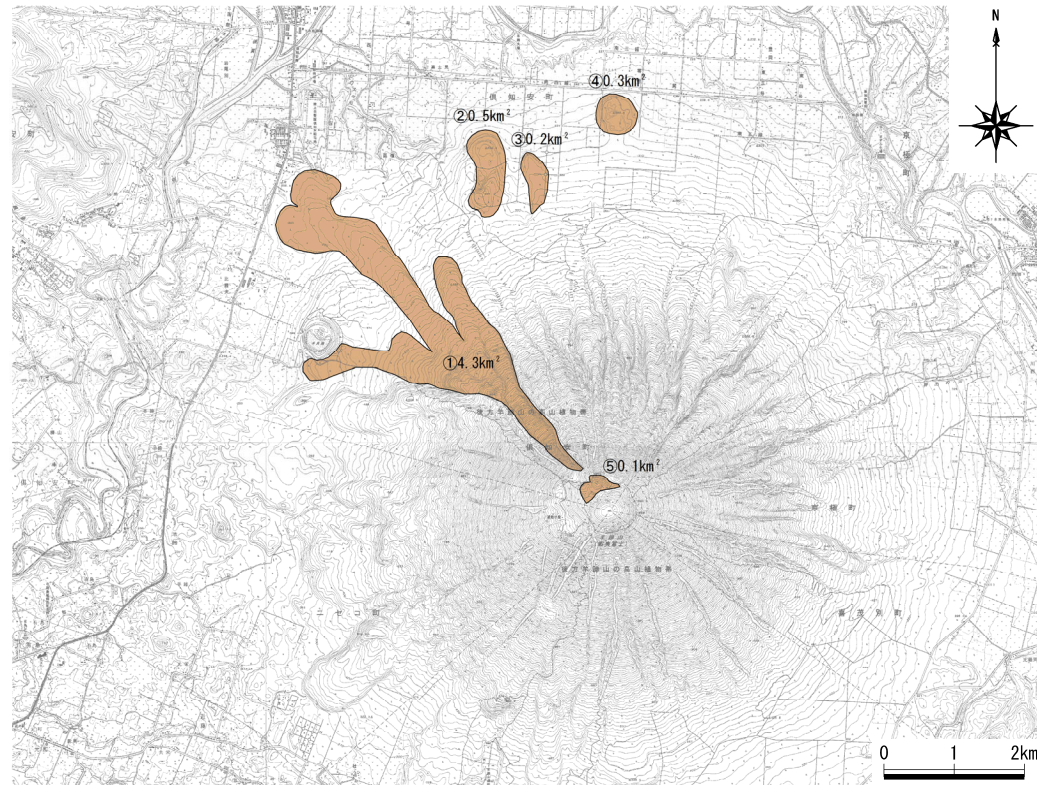
- ・勝井ほか(2007)では、新羊蹄火山の活動は旧期(約4.5~1.5万年前)、新期(約1.5~1万年前)及び北山期(約1万年前以降)の3期に分けられ、北山期では①~⑤の火山噴出物を噴出し、現在は活動休止期にあるとされている。
- ・江草ほか(2003)では、最近の約1万年間で、噴出率が低下しているとされている。
- ・上澤ほか(2011)では、最新の活動は、山頂近傍の北山火口群(⑤)における約2,500年前の小規模な噴火(約 0.0003km^3)とされている。

勝井ほか(2007)及び上澤ほか(2011)に基づく溶岩流噴出量(北山期)

| | 面積(km ²) | 層厚(km) | |
|----------|----------------------|--------|-----------------------|
| ①高砂溶岩流 | 4.3 | 0.03 | =0.129km ³ |
| ②火山碎屑丘 | 0.5 | 0.05 | =0.025km ³ |
| ③火山碎屑丘 | 0.2 | 0.02 | =0.004km ³ |
| ④火山碎屑丘 | 0.3 | 0.04 | =0.012km ³ |
| ⑤北山火口噴出物 | 0.1 | 0.10 | =0.010km ³ |

合計 **0.18km^3**

※最新の活動とされる約2,500年前の噴火は⑤に含まれる。



勝井ほか(2007)に基づく羊蹄山噴出物(北山期)の分布

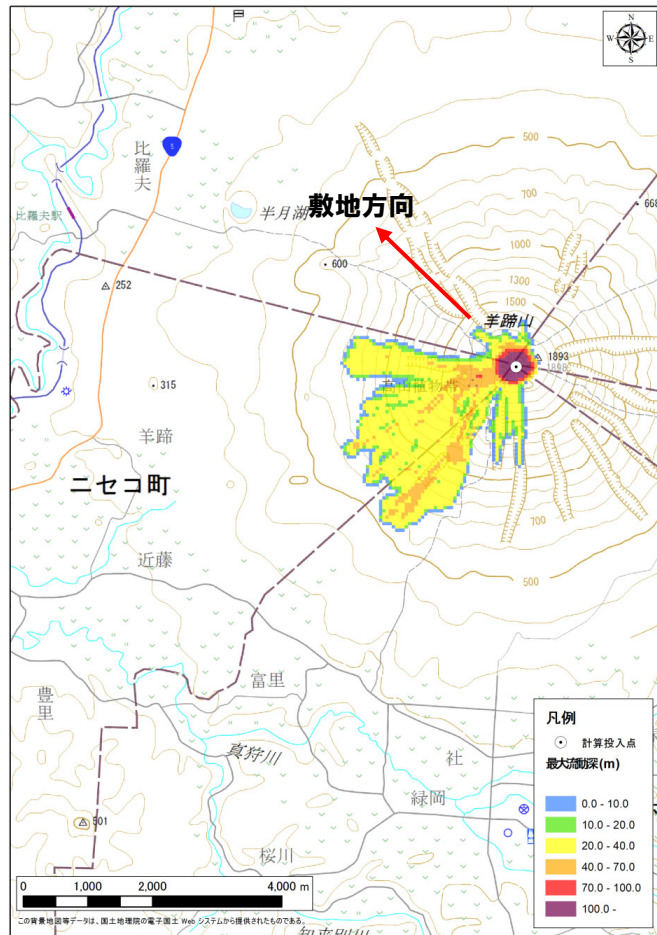
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

②-3 溶岩流に関する個別評価結果-【羊蹄山】溶岩流シミュレーション(3/3)-

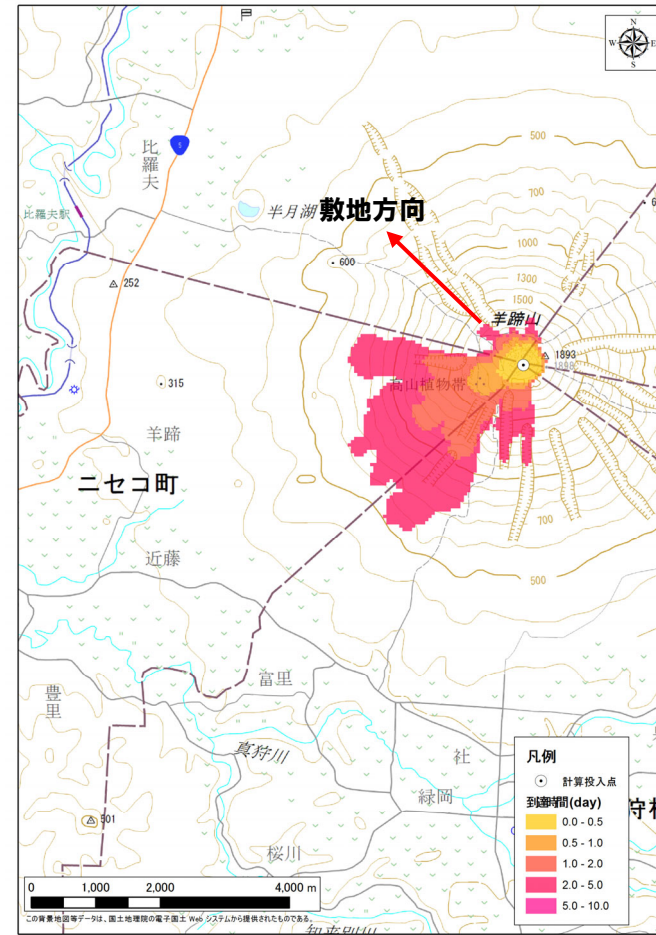
一部修正 (H25/12/18審査会合)

【溶岩流シミュレーション結果】

○羊蹄山山頂から噴出した溶岩は、主に西～南方向に流下し、敷地方向には流下せず、その分布範囲は山体付近に限定される結果となった。



溶岩流最大流動深

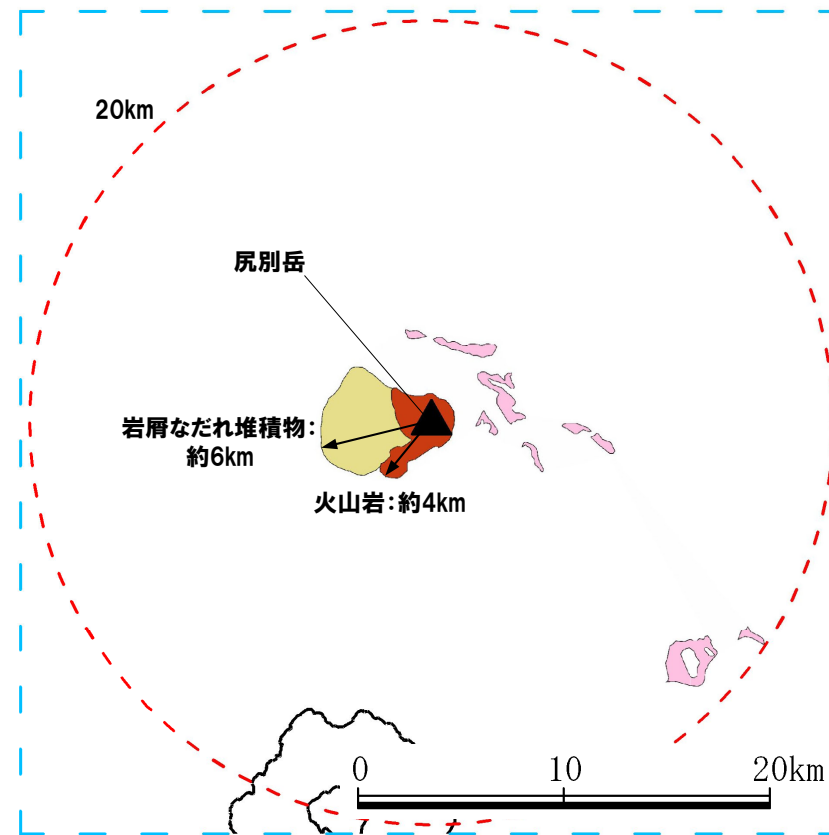
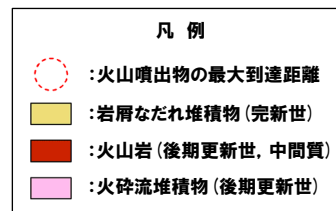


溶岩流到達時間

②-4 溶岩流に関する個別評価結果-[尻別岳]地質分布・地質層序(1/2)-

【産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)】

○尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流(火山岩)の最大到達距離は約4km, 岩屑なだれ堆積物の最大到達距離は約6kmであり, 敷地まで到達していない。



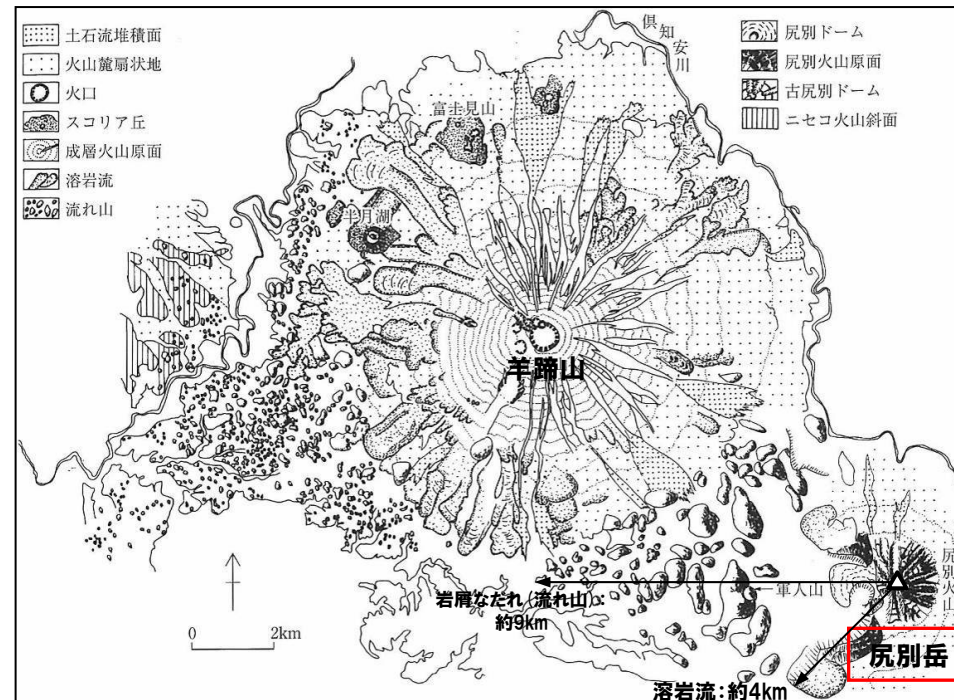
尻別岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

②-4 溶岩流に関する個別評価結果-【尻別岳】地質分布・地質層序 (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【小疇ほか編 (2003)】

○尻別岳の火山噴出物のうち溶岩流の最大到達距離は約4km, 岩屑なだれ (流れ山) の最大到達距離は約9kmであり, 敷地まで到達していない。



尻別岳の地形分類図 (小疇ほか編 (2003) に加筆)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

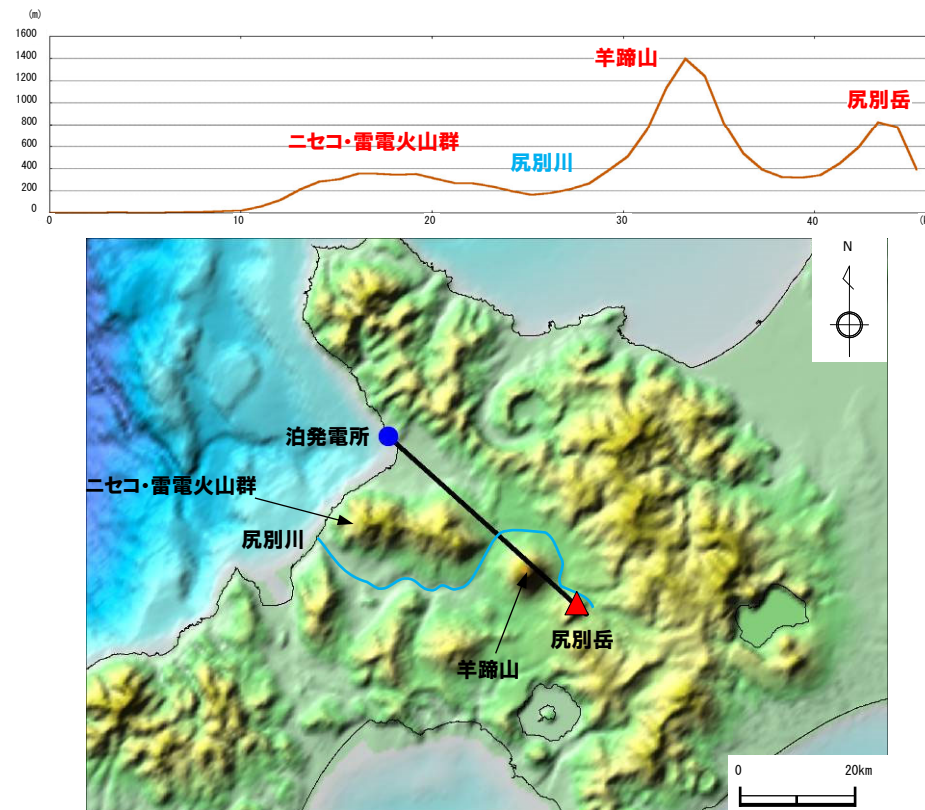
②-4 溶岩流に関する個別評価結果-【尻別岳】地形状況-

再掲 (R3/10/14審査会合)

○尻別岳と敷地の間には、尻別川、羊蹄山及びニセコ・雷電火山群が位置している。



○地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される。



尻別岳と敷地間の地形状況

余白

③ 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊に関する個別評価結果

一部修正 (H28/2/5審査会合)

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

【ニセコ・雷電火山群】

- ・ニセコ・雷電火山群の火山噴出物は、敷地まで到達していない (P164参照)。
- ・現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は、約4kmであり、敷地からニセコ・雷電火山群までの距離約20km*よりも小さい (P167～P169参照)。

【羊蹄山】

- ・羊蹄山の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約12kmであり、敷地から羊蹄山までの距離約34kmよりも小さく、敷地まで到達していない (P177～P178参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P179参照)。

【尻別岳】

- ・尻別岳の火山噴出物のうち岩屑なだれの最大到達距離は約9kmであり、敷地から尻別岳までの距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない (P183～P184参照)。
- ・地形状況を踏まえると、敷地との間に地形的障害物が存在するものと判断される (P185参照)。

*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) へ修正した。



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

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (1/14)

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地から半径160kmの範囲に位置する13火山について、火砕物密度流が敷地に到達する可能性を評価する。
- 13火山のうち、過去に巨大噴火が発生した火山である洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分に小さいと評価されることから(2.3章参照)、評価においては、Tp及びSp-1以降の後カルデラ期における火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
- また、過去に巨大噴火が発生した可能性が否定できない火山である倶多楽・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に小さいと評価されることから(2.3章参照)、Kt-7以降の火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群以外の10火山については、当該火山の火砕流を含む火山噴出物の分布を確認する。
- なお、火山噴出物の分布は、複数の文献がコンパイルされ火砕流と他の火山噴出物の分布範囲が区別されている産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)によることを基本とし、より遠方に到達しているとされる文献がある場合はそちらも参照することとした。

【洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群】

- 洞爺カルデラの後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は有珠山の約9kmであり、敷地から有珠山までの距離約61kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P193参照)。
- 支笏カルデラの後カルデラ火山(恵庭岳、風不死岳及び樽前山)の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は樽前山の約11kmであり、敷地から樽前山までの距離約80kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P190参照)。
- 倶多楽・登別火山群の火山噴出物のうち、Kt-7以降の火砕流の最大到達距離は約23kmであり、敷地からの距離約81kmよりも小さく、敷地まで到達していない(P192参照)。

【洞爺カルデラ及び支笏カルデラ以外の10火山】

- いずれの火山においても、火砕流を含む火山噴出物の最大到達距離は、敷地からの距離よりも小さく、敷地まで到達していない(P191～P192及びP194～P201参照)。



- 火砕物密度流が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (2/14)

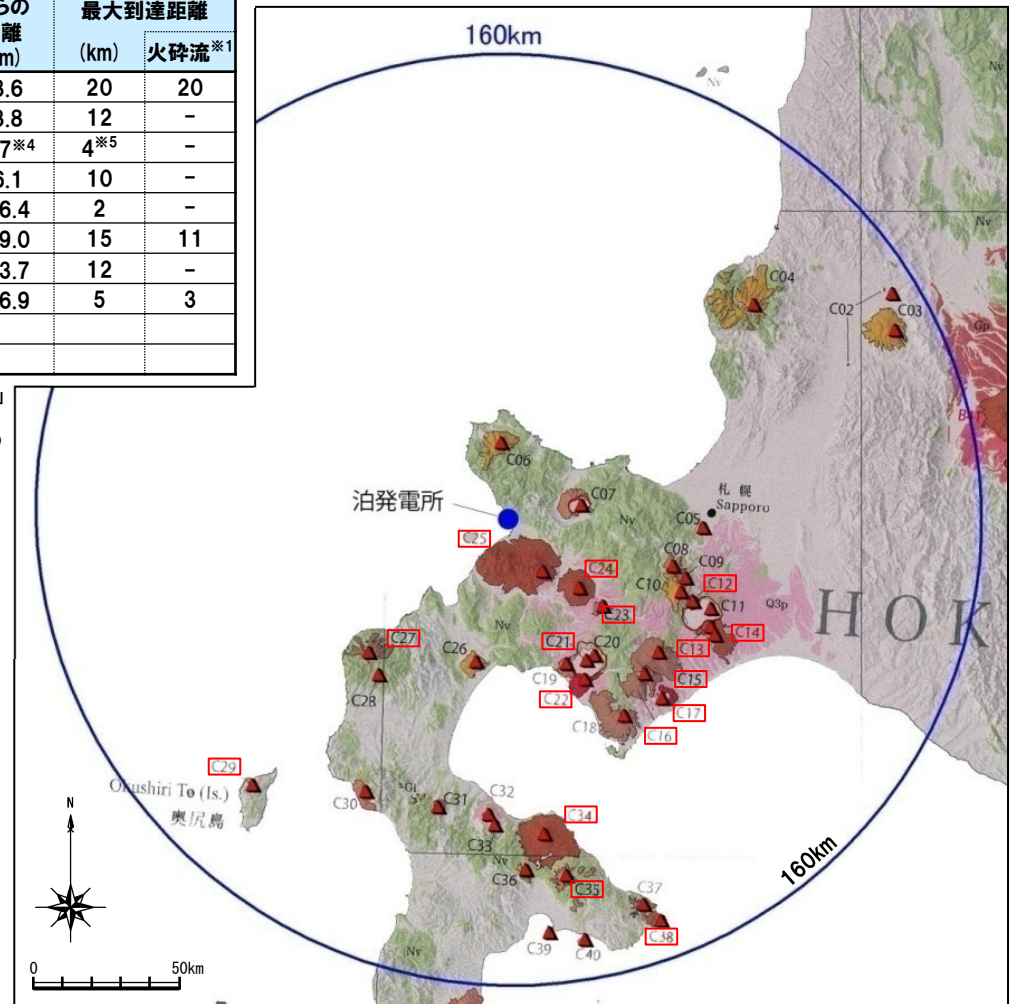
一部修正 (H25/9/25審査会合)

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

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火山噴出物の最大到達距離 (km) | | 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火山噴出物の最大到達距離 (km) | |
|-----|-------------|--------------|-------------------|-------|-----|-----------|--------------|-------------------|-------|
| | | | 火砕流※1 | 火砕流※1 | | | | 火砕流※1 | 火砕流※1 |
| C11 | 支笏カルデラ※2 | 74.8 | | | C23 | 尻別岳 | 43.6 | 20 | 20 |
| | C12 恵庭岳 | 68.6 | 4 | - | C24 | 羊蹄山 | 33.8 | 12 | - |
| | C13 風不死岳 | 77.7 | 3 | - | C25 | ニセコ・雷電火山群 | 19.7※4 | 4※5 | - |
| | C14 樽前山 | 80.2 | 11 | 11 | C27 | 狩場山 | 66.1 | 10 | - |
| C15 | ホロホロ・徳舜誓 | 68.0 | 12 | - | C29 | 勝淵山 | 126.4 | 2 | - |
| C16 | オロフレ・来馬 | 70.2 | 9 | - | C34 | 北海道駒ヶ岳 | 109.0 | 15 | 11 |
| C17 | 倶多楽・登別火山群※3 | 80.5 | 23 | 23 | C35 | 横津岳 | 123.7 | 12 | - |
| C20 | 洞爺カルデラ※2 | 54.8 | | | C38 | 恵山 | 146.9 | 5 | 3 |
| | C21 洞爺中島 | 55.1 | 3 | - | | | | | |
| | C22 有珠山 | 60.7 | 9 | 9 | | | | | |

- ※1 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020)において、火砕流堆積物が示されていない火山は「-」とした。
- ※2 洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、Tp及びSp-1を噴出した噴火以降の後カルデラ期における最大の噴火規模の噴火による到達範囲を確認した。
- ※3 倶多楽・登別火山群については、Kt-7を噴出した噴火以降の最大の噴火規模の噴火による到達範囲を確認した。
- ※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。
- ※5 現在の活動中心であるイワオヌプリにおける最大到達距離を示す。なお、ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物はいずれも敷地まで到達していない (P196~P198参照)。

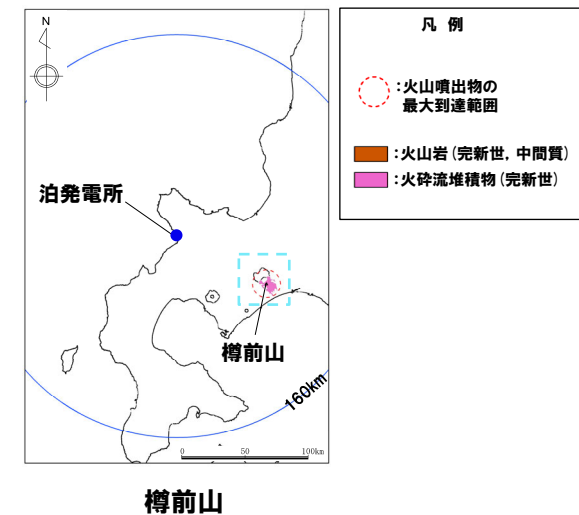
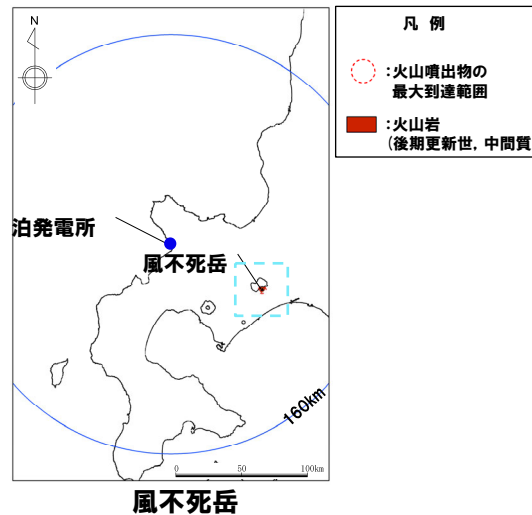
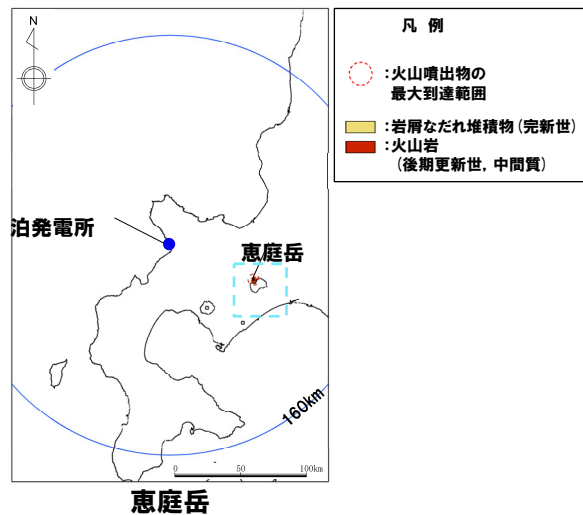
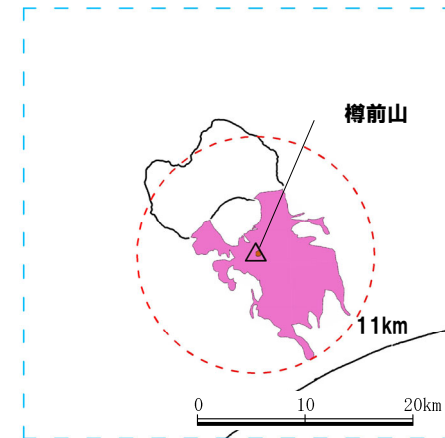
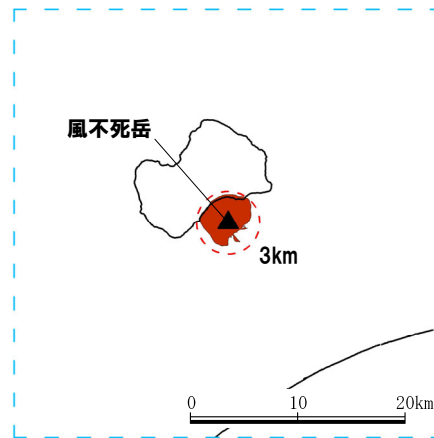
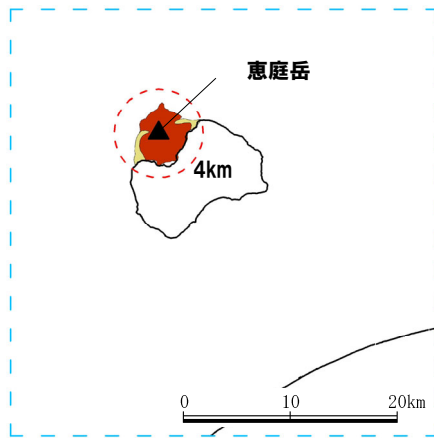
凡例



火山地質図
(中野ほか編 (2013) に加筆)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (3/14)

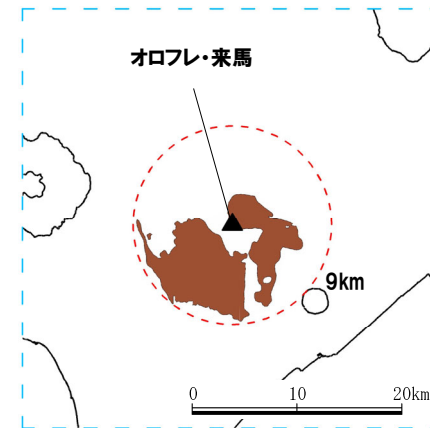
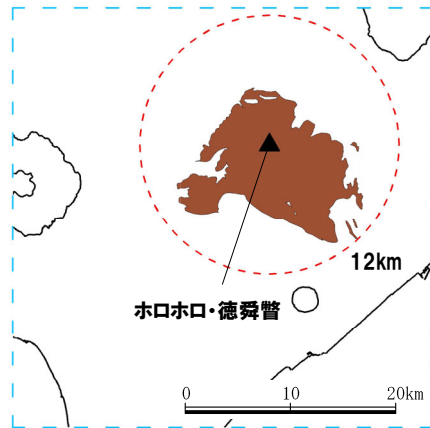
○支笏カルデラの後カルデラ火山(恵庭岳, 風不死岳及び樽前山)の火山噴出物のうち, 火砕流の最大到達距離は樽前山の約11kmであり, 敷地から樽前山までの距離約80kmよりも小さく, 敷地まで到達していない。



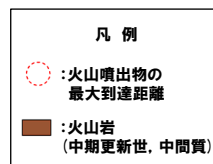
恵庭岳, 風不死岳及び樽前山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (4/14)

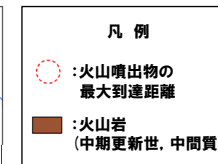
- ホロホロ・徳舜瞥の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約68kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- オロフレ・来馬の火山噴出物の最大到達距離は約9kmであり、敷地からの距離約70kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



ホロホロ・徳舜瞥



オロフレ・来馬



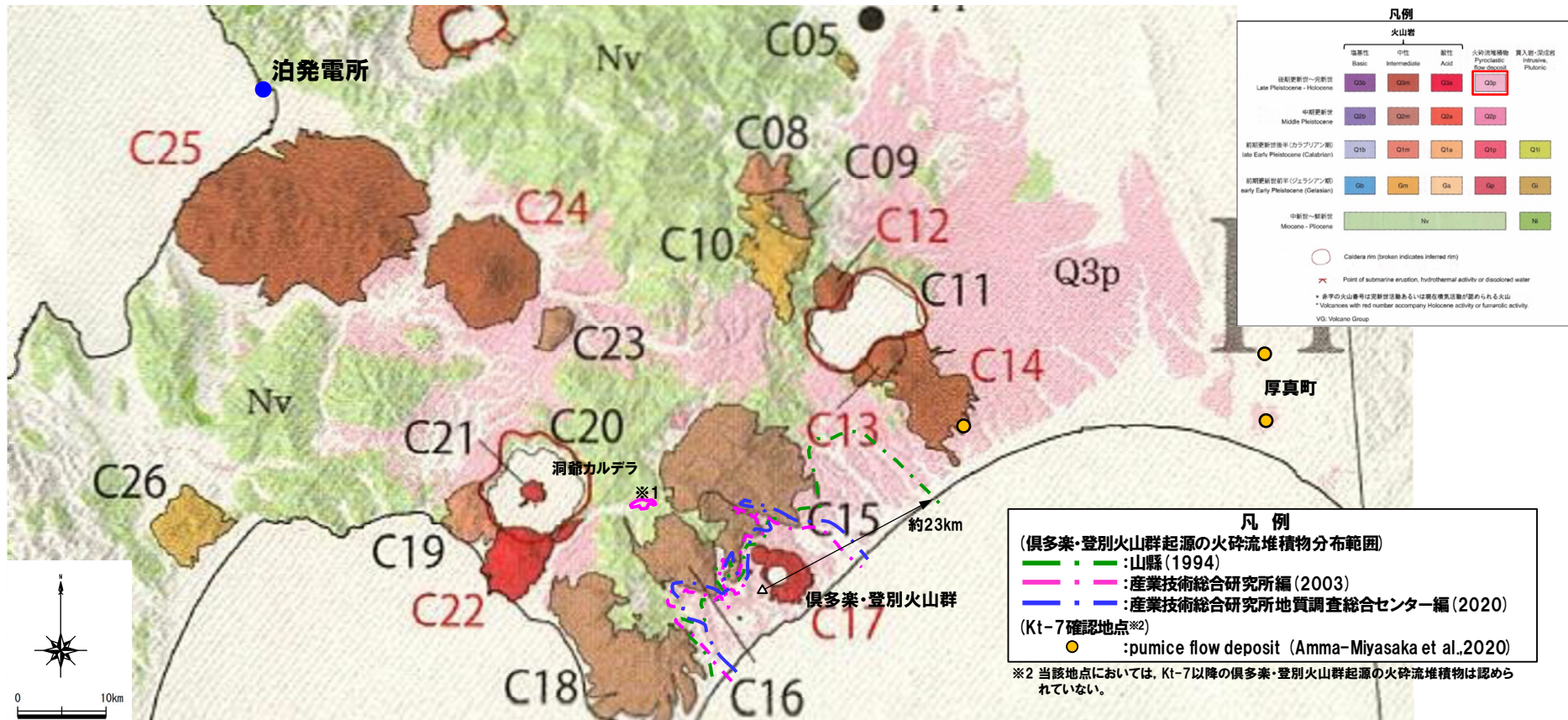
ホロホロ・徳舜瞥及びオロフレ・来馬の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (5/14)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

○ 倶多楽・登別火山群の火山噴出物のうち、Kt-7以降の火砕流の最大到達距離は約23kmであり、敷地からの距離約81kmよりも小さく、敷地まで到達していない。

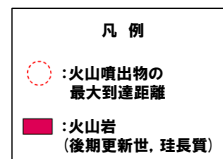
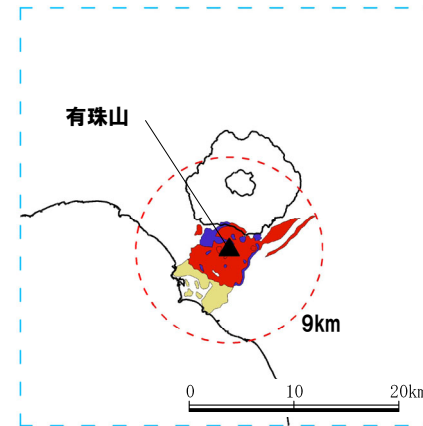
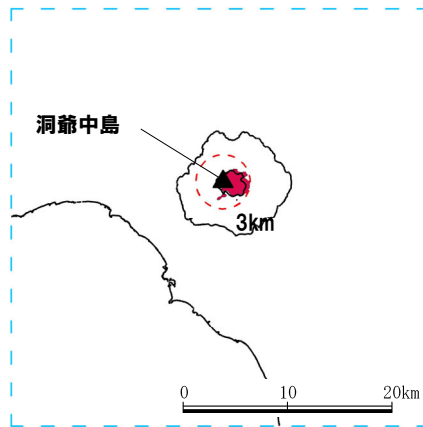


※1 産業技術総合研究所編 (2003) においては、倶多楽・登別火山群起源の火砕流堆積物が洞爺カルデラ付近に分布するとされているものの、産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) においては当該箇所の堆積物は、洞爺カルデラ起源の洞爺火砕流堆積物とされている。

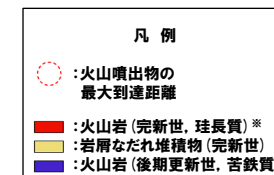
倶多楽・登別火山群周辺の火山地質図 (中野ほか編 (2013) に加筆)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (6/14)

○洞爺カルデラの後カルデラ火山(洞爺中島及び有珠山)の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は有珠山の約9kmであり、敷地から有珠山までの距離約61kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



洞爺中島



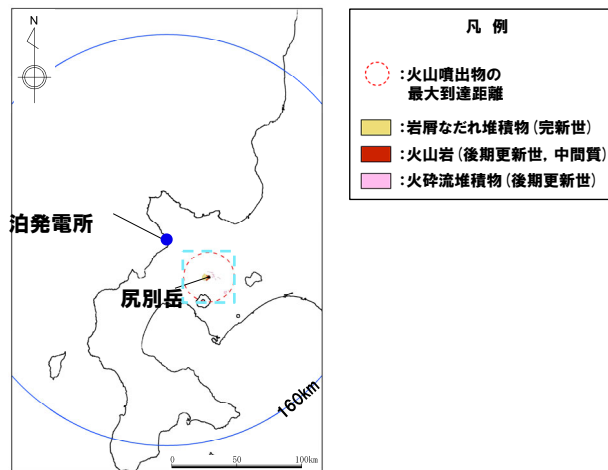
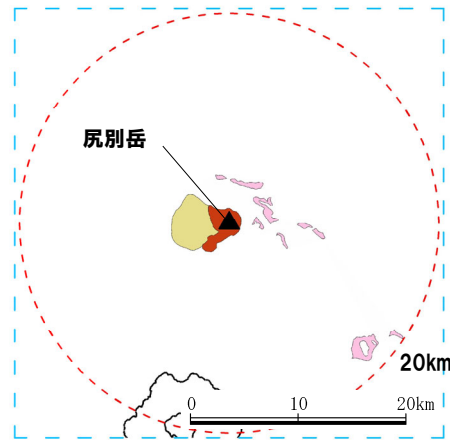
※「1663年-1978年火砕流堆積物及び降下堆積物」を含む

有珠山

洞爺中島及び有珠山の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2020)より作成)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (7/14)

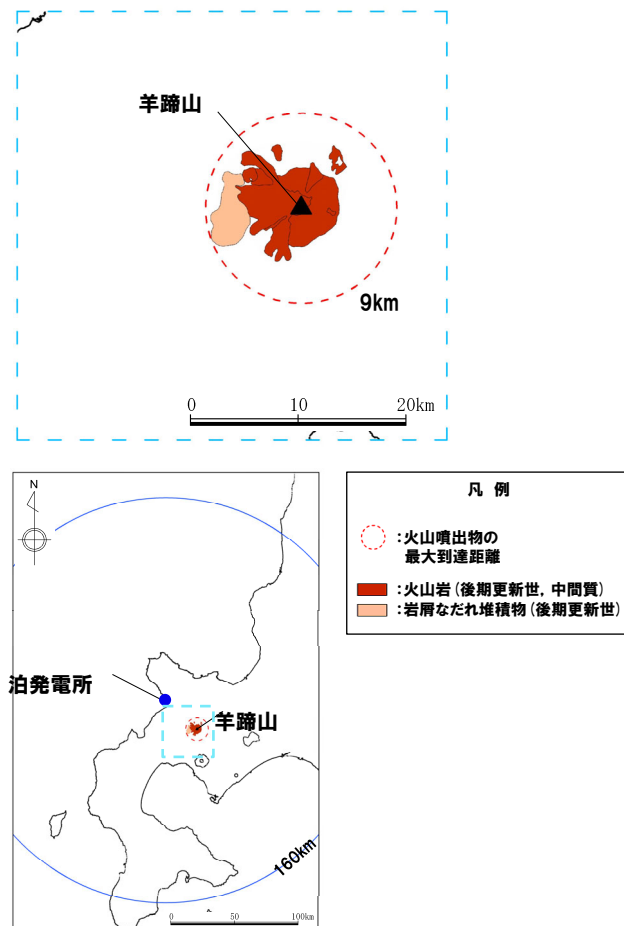
○ 尻別岳の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約20kmであり、敷地から尻別岳の距離約44kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



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

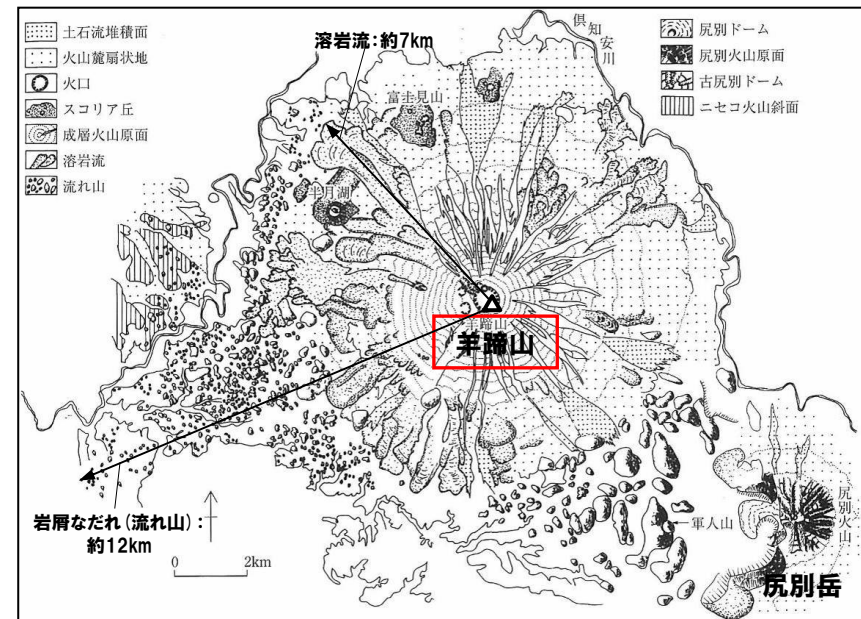
④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (8/14)

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



羊蹄山の火山噴出物の分布範囲

(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

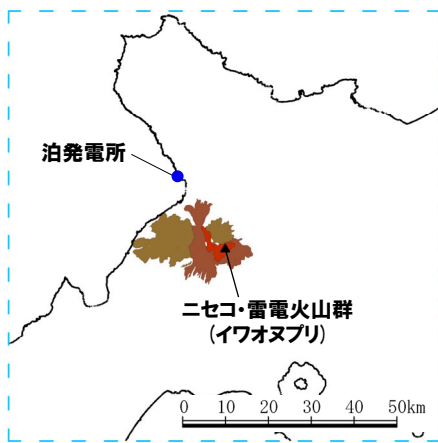


羊蹄山の地形分類図

(小嶋ほか編 (2003) に加筆)

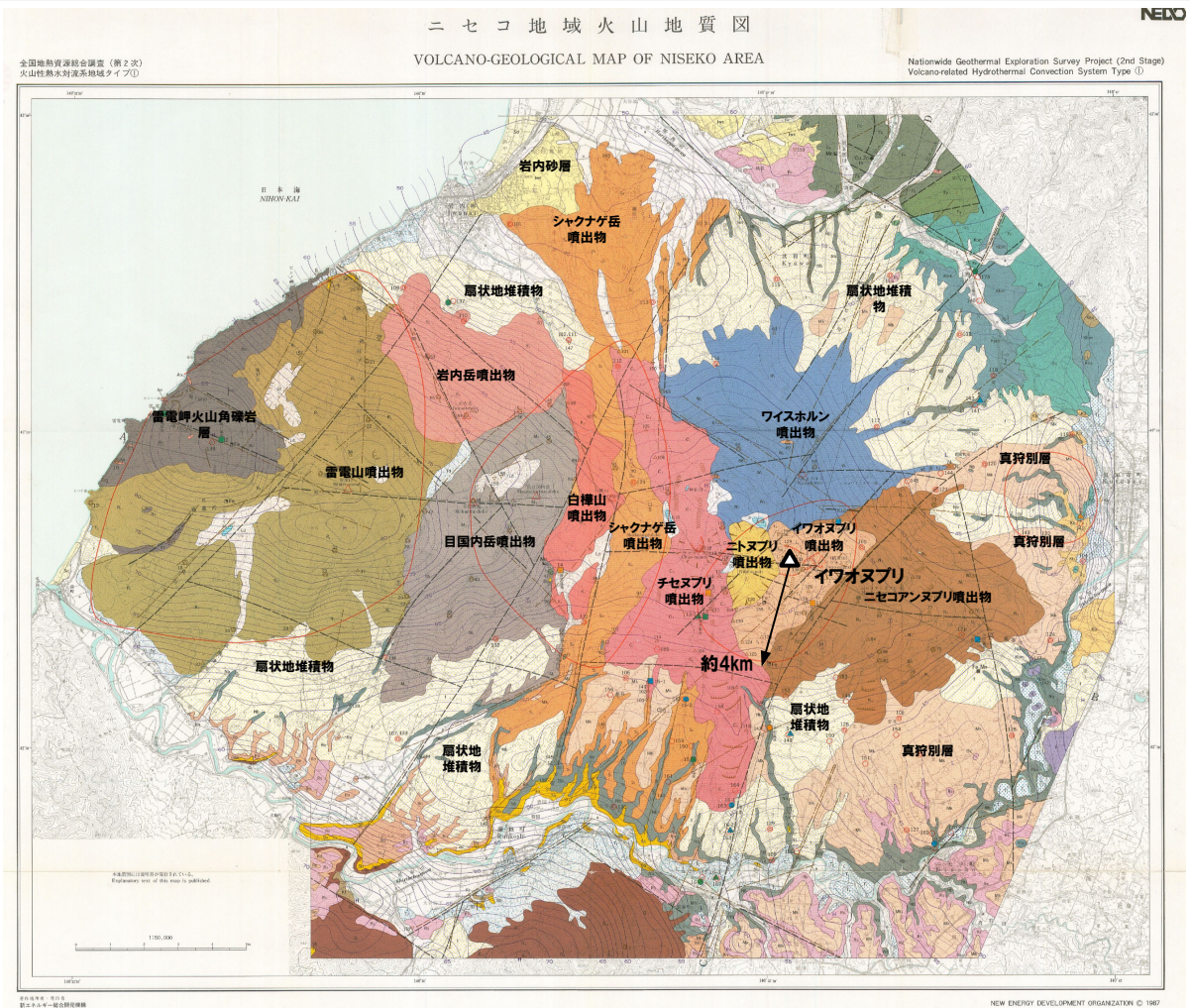
④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (9/14)

- ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物は、いずれも敷地まで到達していない。
- 現在の活動中心であるイワオヌプリの火山噴出物の最大到達距離は約4kmであり、敷地からの距離約20kmより小さく、敷地まで到達していない。



凡例

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



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

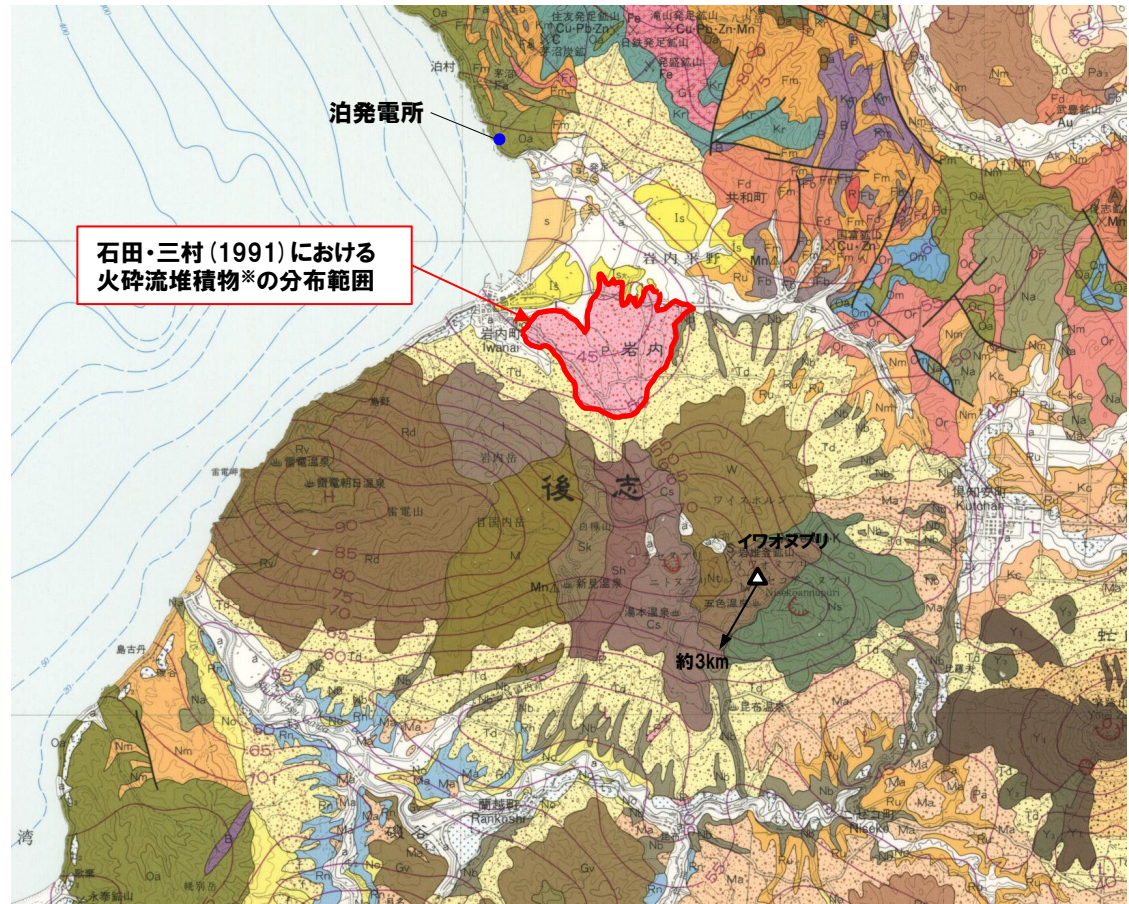
ニセコ・雷電火山群の火山噴出物の分布範囲 (NEDO (1987) に加筆, 凡例はP169参照)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (10/14)



凡例 (地質図) (ニセコ火山群抜粋)

| | | |
|-------------------------------------|----|---|
| イワオヌプリ火山 Iwaonupuri Volcano | lw | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩、湖成堆積物を伴う Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock, with lake deposit |
| ニトヌプリ火山 Nitonupuri Volcano | Nt | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| チセヌプリ火山 Chisenupuri Volcano | Cs | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| ニセコアヌプリ火山 Nisekoanupuri Volcano | Ns | 輝石安山岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| シャクナゲ岳火山 Shakunagedake Volcano | Sh | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| 白樺山火山 Shirakabayama Volcano | Sk | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| ワイスホルン火山 Waisschorun Volcano | W | 輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rock |
| 火砕流堆積物 Pyroclastic flow deposits | p | 輝石安山岩軽石・スコリア及び火山灰 Pyroxene andesite pumice, scoria and volcanic ash |



1 : 200,000 等高線間隔は100m
0 5 10 15 20km

※当社が「ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物)」と呼称しているものに該当する。当社地質調査の結果、ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) は、石田・三村 (1991)「20万分の1地質図幅『岩内』」における火砕流堆積物の分布範囲の末端部付近では層厚が約20cmであり、それよりも北側の調査地点においては確認されない。ニセコ火山噴出物 (火砕流堆積物) の詳細については、補足説明資料2章参照。

ニセコ・雷電火山群周辺の地質図 (石田・三村 (1991) に加筆)

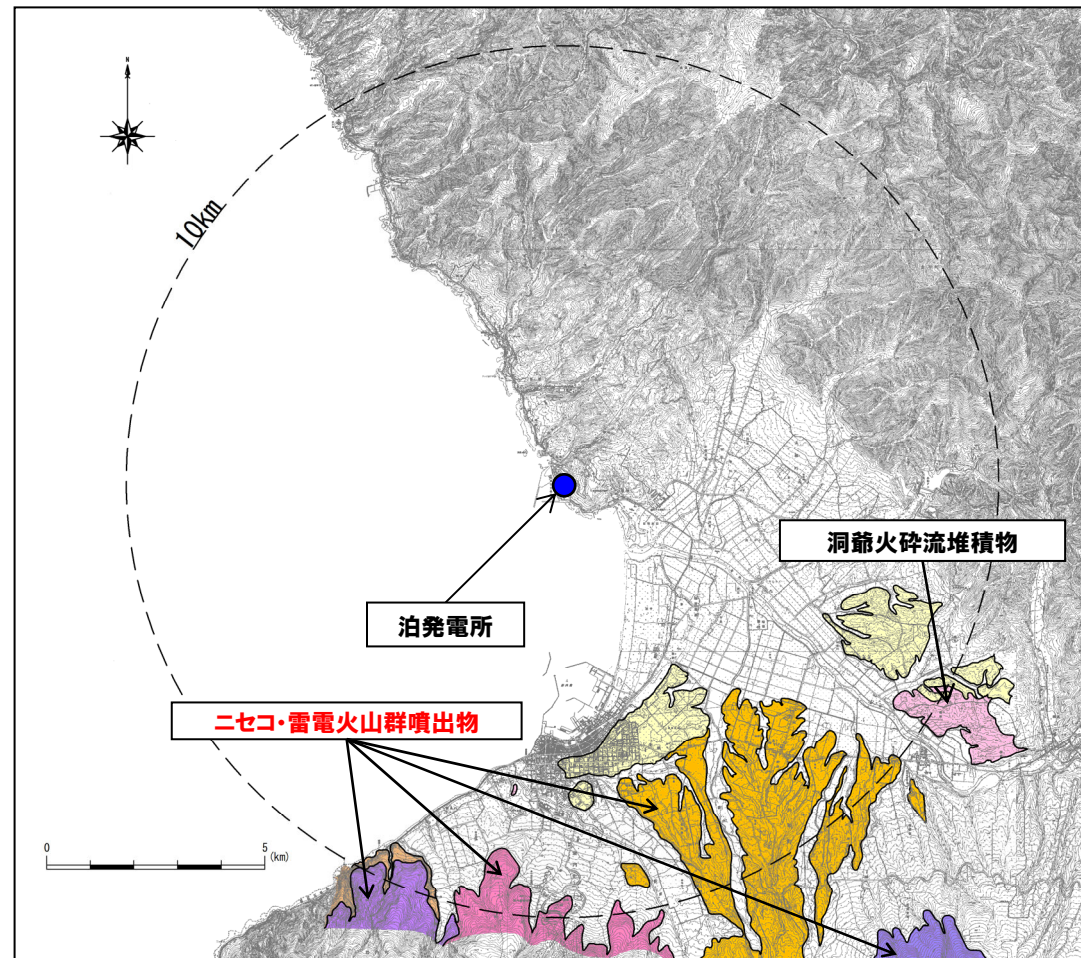
④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (11/14)

一部修正 (H25/11/13審査会合)

○敷地周辺及び敷地における地形調査, 地表地質踏査等の結果, ニセコ・雷電火山群の火砕流を含む火山噴出物は, 下図の範囲に認められ, 敷地まで到達していない。

凡 例

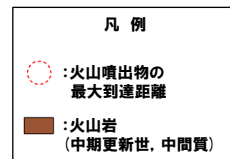
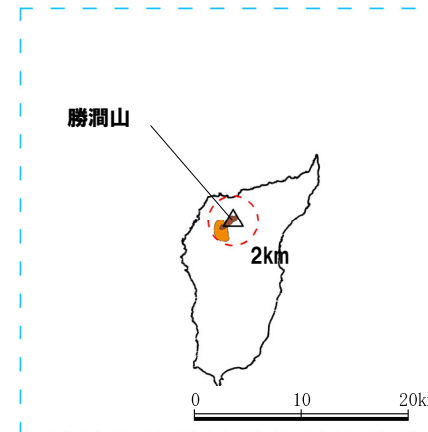
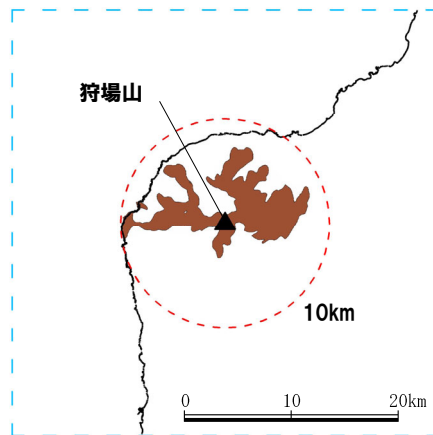
| 記号 | 地層名 | |
|----|-----------|-------------------|
| T | 洞爺火砕流堆積物 | 火砕流堆積物 |
| N | ニセコ火山噴出物 | 火砕流堆積物、泥流堆積物、火山砕砂 |
| W | 岩内層 | 礫及び砂 |
| W | ワイスホルン火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| I | 岩内岳火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| R | 雷電山火山 | 溶岩及び火砕岩 |
| | 雷電岬火山角礫岩層 | |



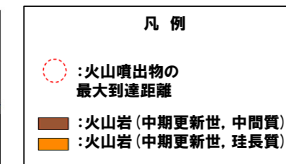
敷地から半径10km以内の第四紀火山地質図

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (12/14)

- 狩場山の火山噴出物の最大到達距離は約10kmであり、敷地からの距離約66kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- 勝澗山の火山噴出物の最大到達距離は約2kmであり、敷地からの距離約126kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



狩場山



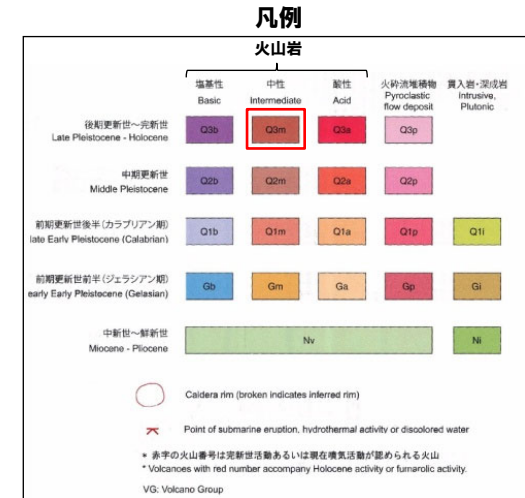
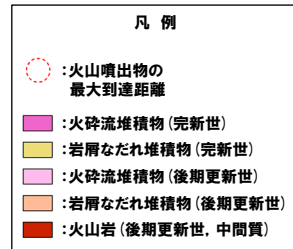
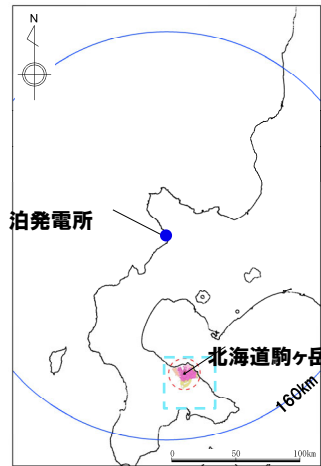
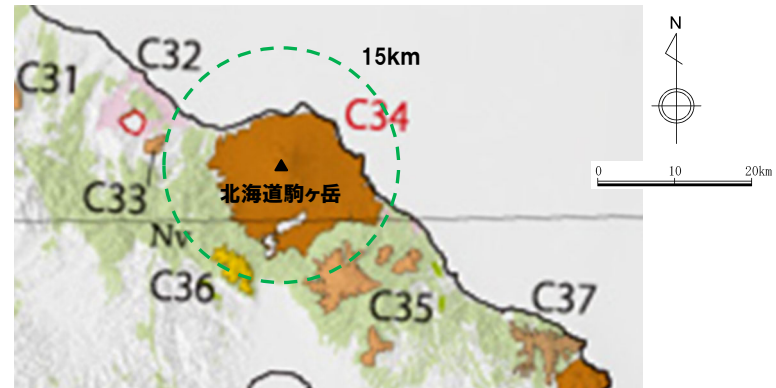
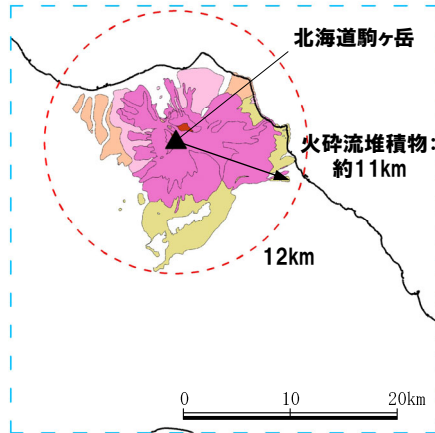
勝澗山

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

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (13/14)

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

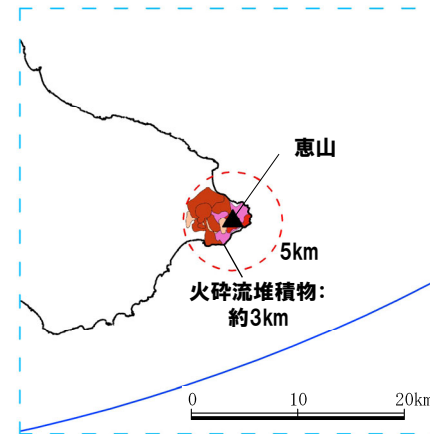
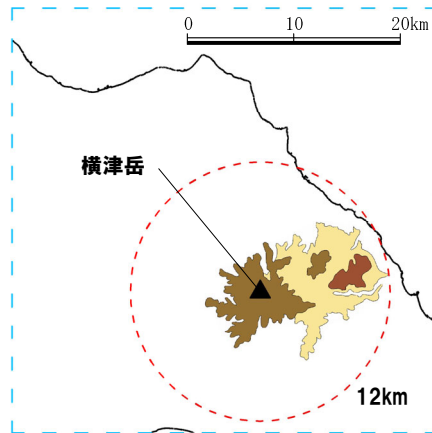


北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲
(産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) より作成)

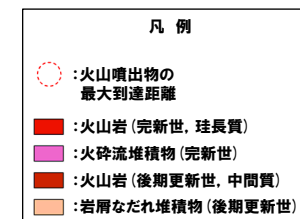
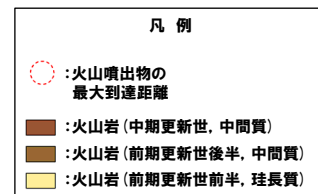
北海道駒ヶ岳の火山噴出物の分布範囲
(中野ほか編 (2013) に加筆)

④ 火砕物密度流に関する個別評価結果 (14/14)

- 横津岳の火山噴出物の最大到達距離は約12kmであり、敷地からの距離約124kmよりも小さく、敷地まで到達していない。
- 恵山の火山噴出物のうち、火砕流の最大到達距離は約3km、火砕流以外の火山噴出物の最大到達距離は約5kmであり、敷地からの距離約147kmよりも小さく、敷地まで到達していない。



横津岳



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

⑤-1 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価

一部修正 (H28/2/5審査会合)

- 敷地において新しい火口の開口及びそれに伴う地殻変動が発生する可能性を評価する。
- 原子力発電所の火山影響評価ガイドによれば、新たな火口が開口した過去の事例ではほとんどの火山では新たな火口の開口は火山の噴出中心から半径20kmの範囲にとどまっているとされている。
- 下鶴ほか編(2008)によれば、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、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。
- したがって、評価に当たっては、以下の状況を確認する。
 - ・敷地付近における地震活動の状況
 - ・敷地から最も近い(約20km^{*})ニセコ・雷電火山群及び隣接する羊蹄山における火山活動状況(地震活動, 地殻変動及び気象庁「火山活動解説資料」)

【地震活動】

- 敷地付近には低周波地震が認められない。
- イワオヌプリを中心とするニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺に認められる低周波地震を含む地震活動が敷地方向に移動する状況は認められない。

【地殻変動】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、地殻変動はほとんど認められない。

【気象庁「火山活動解説資料」】

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

※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)へ修正した。



- 以下の状況から、敷地において新しい火口の開口及びそれに伴う地殻変動が運用期間中に発生する可能性は、十分小さいと評価される。
 - ・敷地付近にマグマや熱水活動を示唆する低周波地震が認められない
 - ・敷地に最も近いニセコ・雷電火山群及び羊蹄山における火山活動状況の変化が認められない

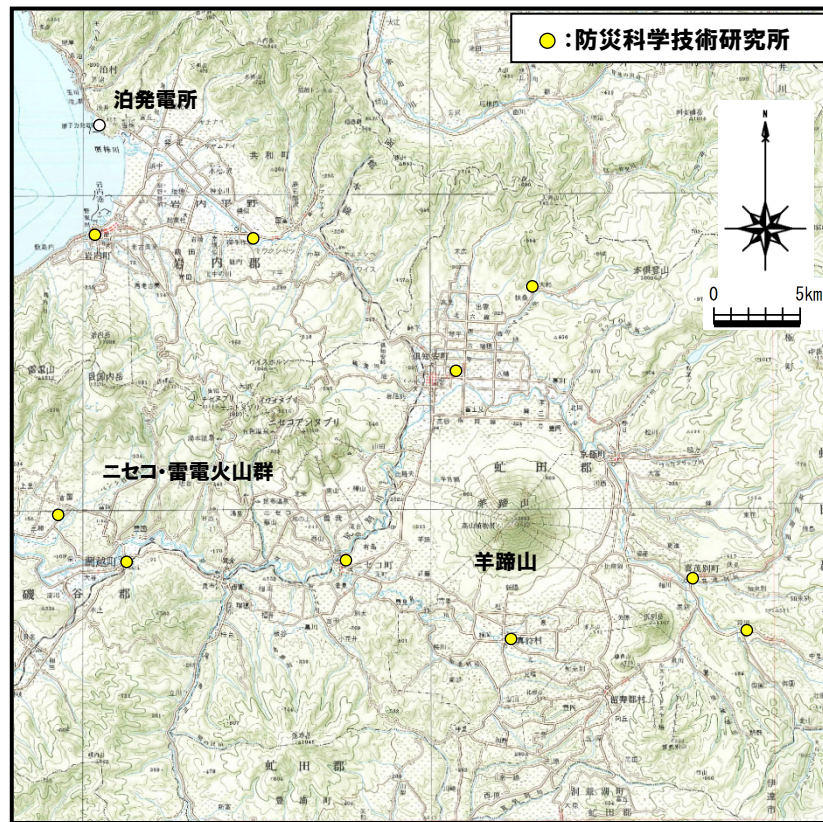
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地震活動(1/4)-

一部修正 (H25/11/13審査会合)

【気象庁編(2013)】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺には、公的機関の地震計が設置されている。
- 「日本活火山総覧(第4版)」(気象庁編, 2013)に地震活動及び深部低周波地震活動の時空間分布が取りまとめられている。
- 浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺に散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
- 浅部の地震活動及び深部低周波地震活動は、規模及び位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



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

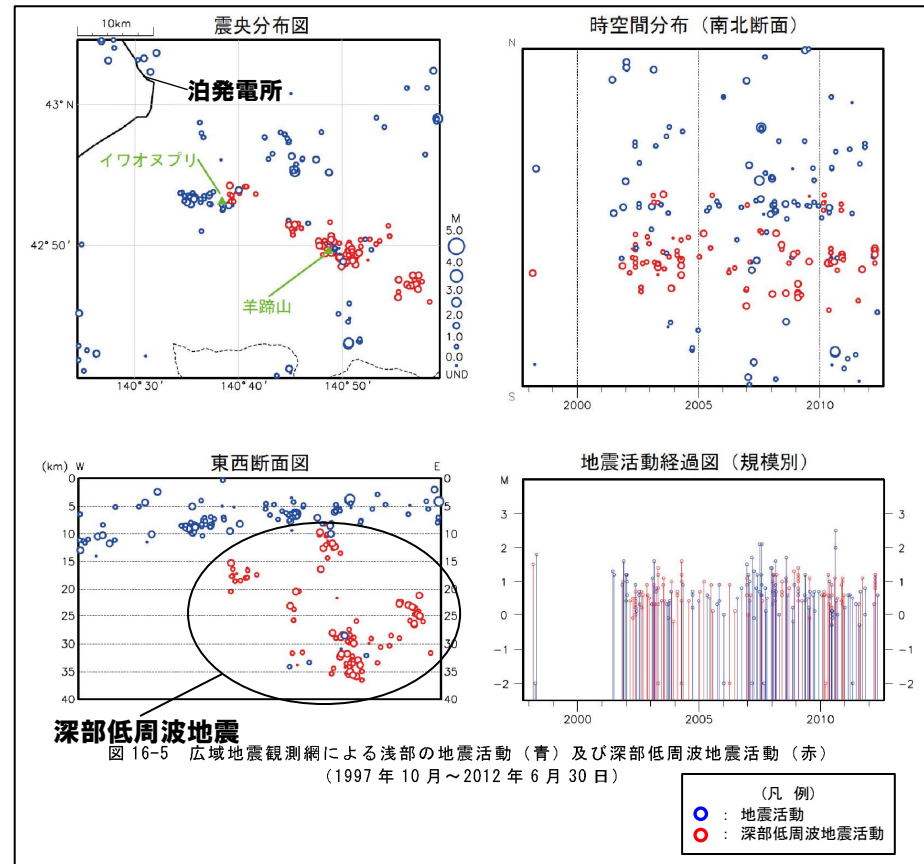


図 16-5 広域地震観測網による浅部の地震活動(青)及び深部低周波地震活動(赤)
(1997年10月~2012年6月30日)

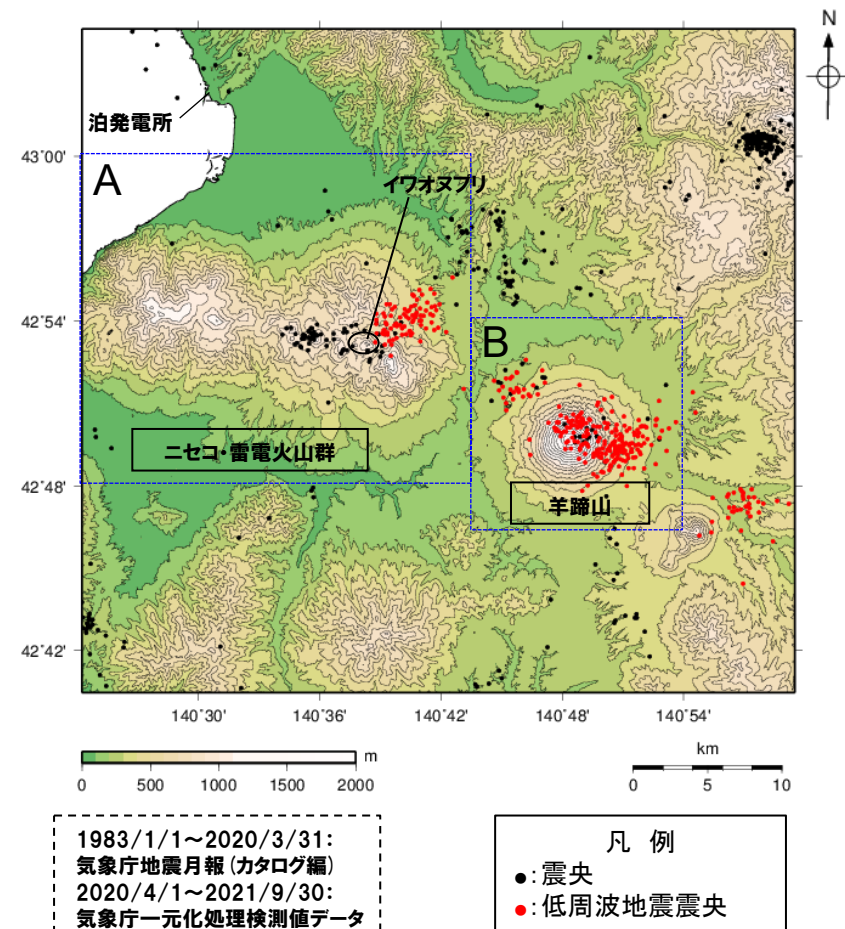
ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地震活動
(1997年10月~2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」に加筆)

⑤-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地震活動(2/4)-

一部修正(H25/11/13審査会合)

【気象庁地震月報(カタログ編)及び気象庁一元化処理検測値データ】

- 過去約40年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の深さ40km以浅の地震活動の震央分布を示す。震央のデータは気象庁地震月報(カタログ編)(1983年1月~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。
- 震央の分布は、イワオヌプリ周辺及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
- 低周波地震震央の分布は、イワオヌプリ周辺及び羊蹄山周辺に、散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。



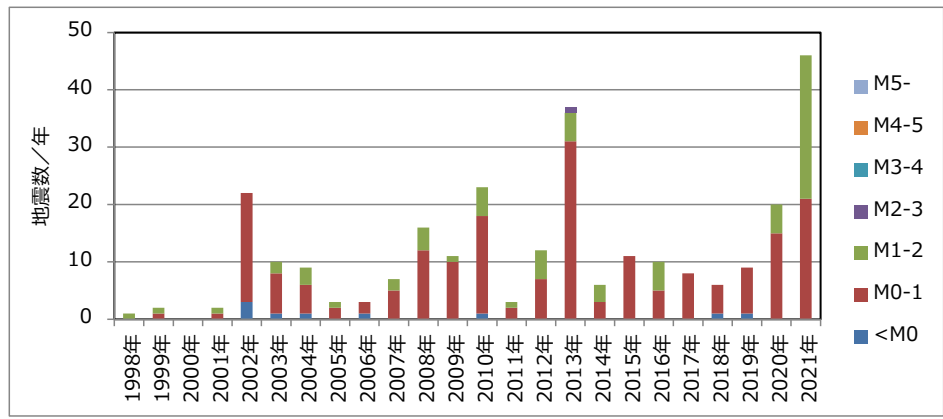
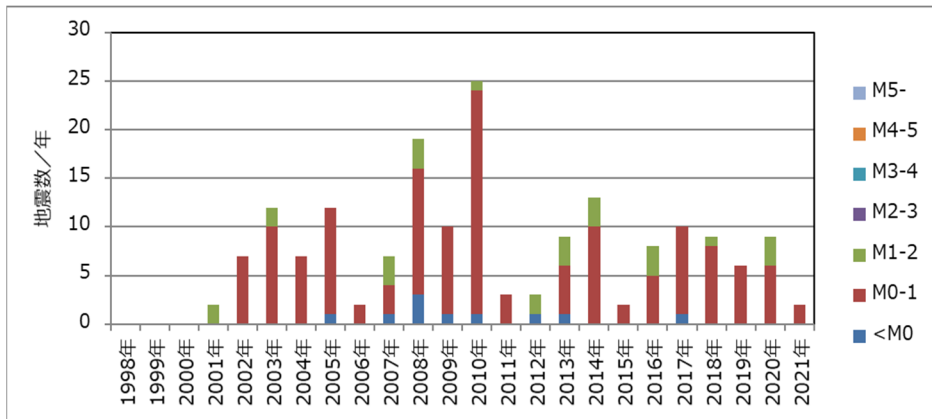
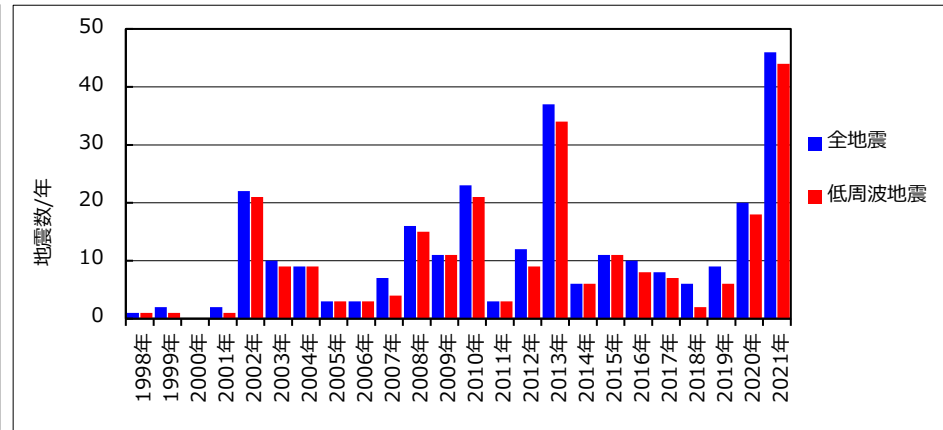
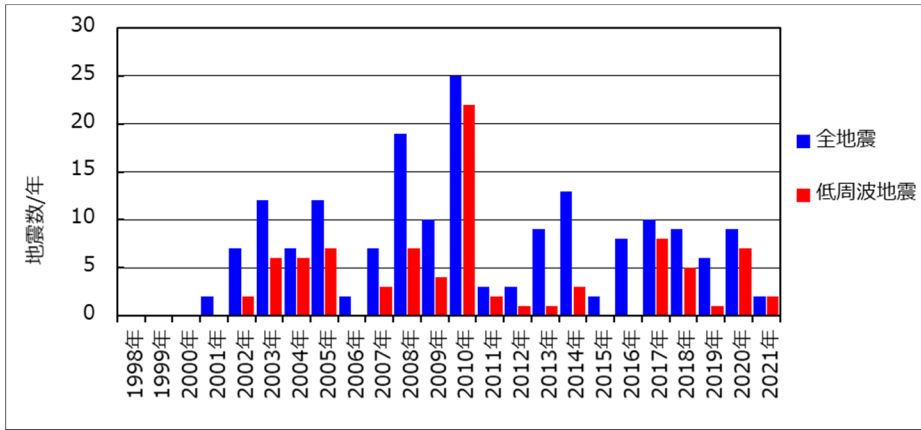
ニセコ・雷電火山群, 羊蹄山周辺の震央分布図※
(1983年1月1日~2021年9月30日の記録, 深さ40km以浅)

※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。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地震活動(3/4)-

一部修正(H25/11/13審査会合)



領域A(ニセコ・雷電火山群周辺)における地震発生数の年別時間変化※1,2
(1998~2021年, 深さ40km以浅)

領域B(羊蹄山周辺)における地震発生数の年別時間変化※1,2
(1998~2021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。

⑤-2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地震活動(4/4)-

一部修正(H25/12/18審査会合)

【地震活動まとめ】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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)(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。
 - ・浅部の地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺において散発的に認められるものの、敷地付近にはほとんど認められない。
 - ・深部低周波地震活動は、イワオヌプリ及び羊蹄山周辺において散発的に認められるものの、敷地付近には認められない。
 - ・浅部の地震活動及び深部低周波地震活動は、規模及び位置の時空間分布に変化の兆候は認められない。



- 敷地付近には低周波地震が認められない。
- イワオヌプリを中心とするニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺に認められる低周波地震を含む地震活動が敷地方向に移動する状況は認められない。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(1/10) -

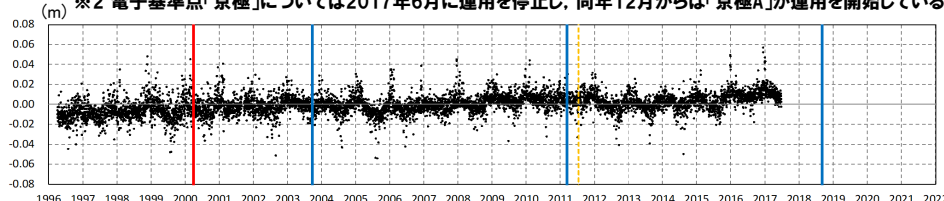
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【上下変動(比高変化)】

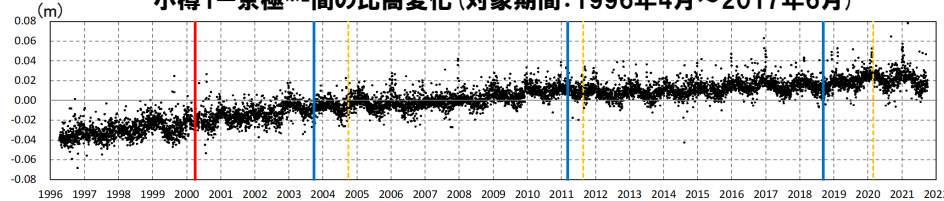
- 国土地理院の電子基準点データを用いて、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の地殻変動について解析を行った。
- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点※1(京極※2, 共和, 寿都及び蘭越)について、各電子基準点設置以降から2020年までの年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁～P211に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)及び北海道胆振東部地震前後(下表青枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

※1 ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4基準点(京極※2, 共和, 寿都及び蘭越)の位置は次頁参照。

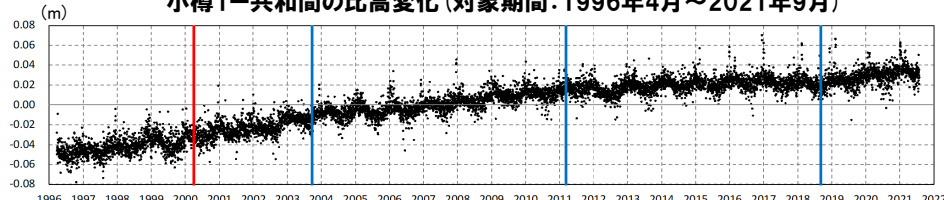
※2 電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止し、同年12月からは「京極A」が運用を開始していることから、2017年12月以降は「京極A」のデータを用いる。



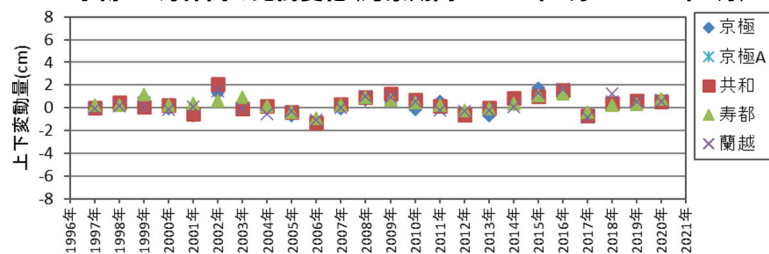
小樽1-京極※2間の比高変化(対象期間:1996年4月~2017年6月)



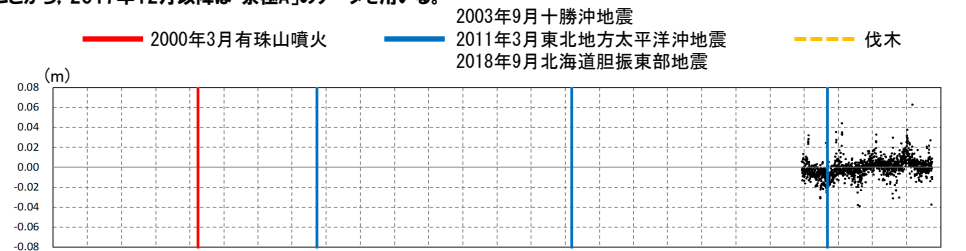
小樽1-共和間の比高変化(対象期間:1996年4月~2021年9月)



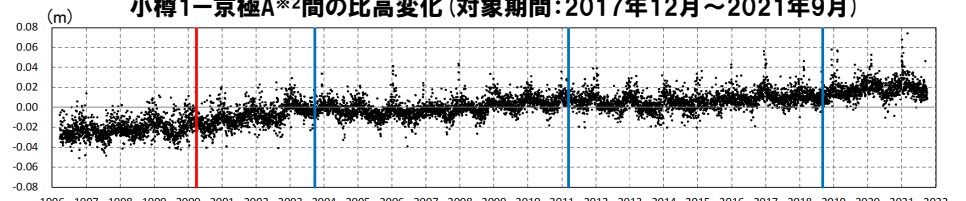
小樽1-寿都間の比高変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)



年間上下変動量のグラフ



小樽1-京極A※2間の比高変化(対象期間:2017年12月~2021年9月)



小樽1-蘭越間の比高変化(対象期間:1996年3月~2021年9月)

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 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 京極※2 | -0.09 | +0.30 | +0.87 | -0.10 | -0.71 | +1.30 | +0.15 | -0.04 | -0.70 | -1.15 | -0.09 | +0.73 |
| 京極A※2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 共和 | +0.04 | +0.44 | +0.11 | +0.23 | -0.56 | +2.07 | -0.08 | +0.18 | -0.38 | -1.29 | +0.32 | +0.90 |
| 寿都 | +0.20 | +0.24 | +1.16 | +0.22 | +0.37 | +0.64 | +0.97 | +0.13 | -0.40 | -0.88 | +0.22 | +0.93 |
| 蘭越 | -0.03 | +0.17 | +0.11 | -0.11 | +0.12 | +1.45 | -0.04 | -0.54 | -0.26 | -1.11 | -0.00 | +1.02 |
| 2009年 | 2010年 | 2011年 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | |
| 京極※2 | +0.76 | -0.12 | +0.54 | -0.71 | -0.67 | +0.34 | +1.72 | +1.32 | - | - | - | - |
| 京極A※2 | - | - | - | - | - | - | - | - | +0.55 | +0.60 | +0.71 | |
| 共和 | +1.26 | +0.68 | +0.16 | -0.59 | -0.02 | +0.86 | +1.05 | +1.53 | -0.65 | +0.39 | +0.67 | +0.59 |
| 寿都 | +0.67 | +0.45 | +0.21 | -0.23 | -0.05 | +0.37 | +1.12 | +1.23 | -0.39 | +0.24 | +0.30 | +0.79 |
| 蘭越 | +0.98 | +0.52 | -0.22 | -0.28 | -0.22 | +0.10 | +1.32 | +1.66 | -0.82 | +1.25 | +0.55 | +0.54 |

↑東北地方太平洋沖地震発生前

↑北海道胆振東部地震発生前

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(2/10) -

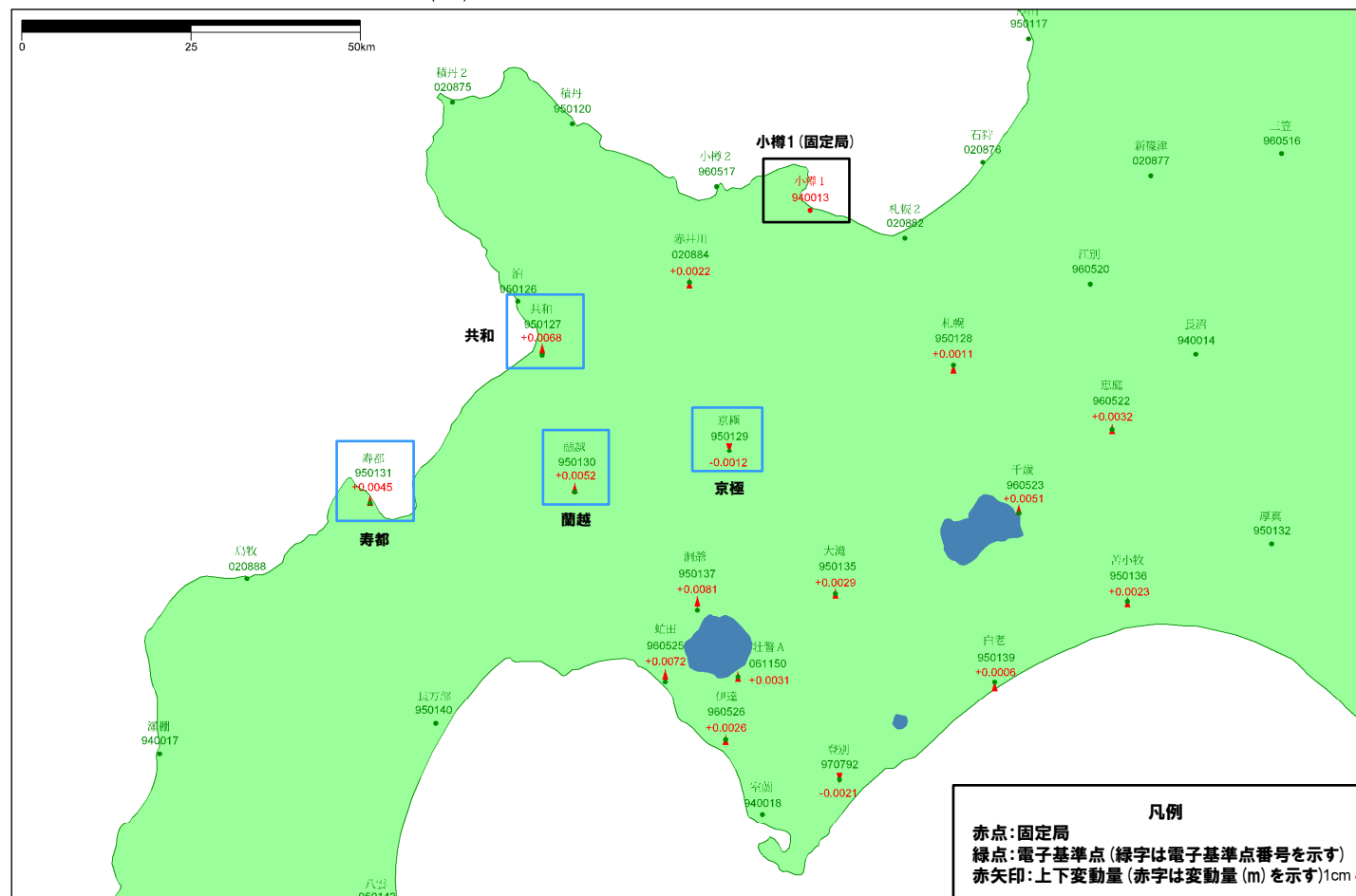
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 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, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(3/10)-

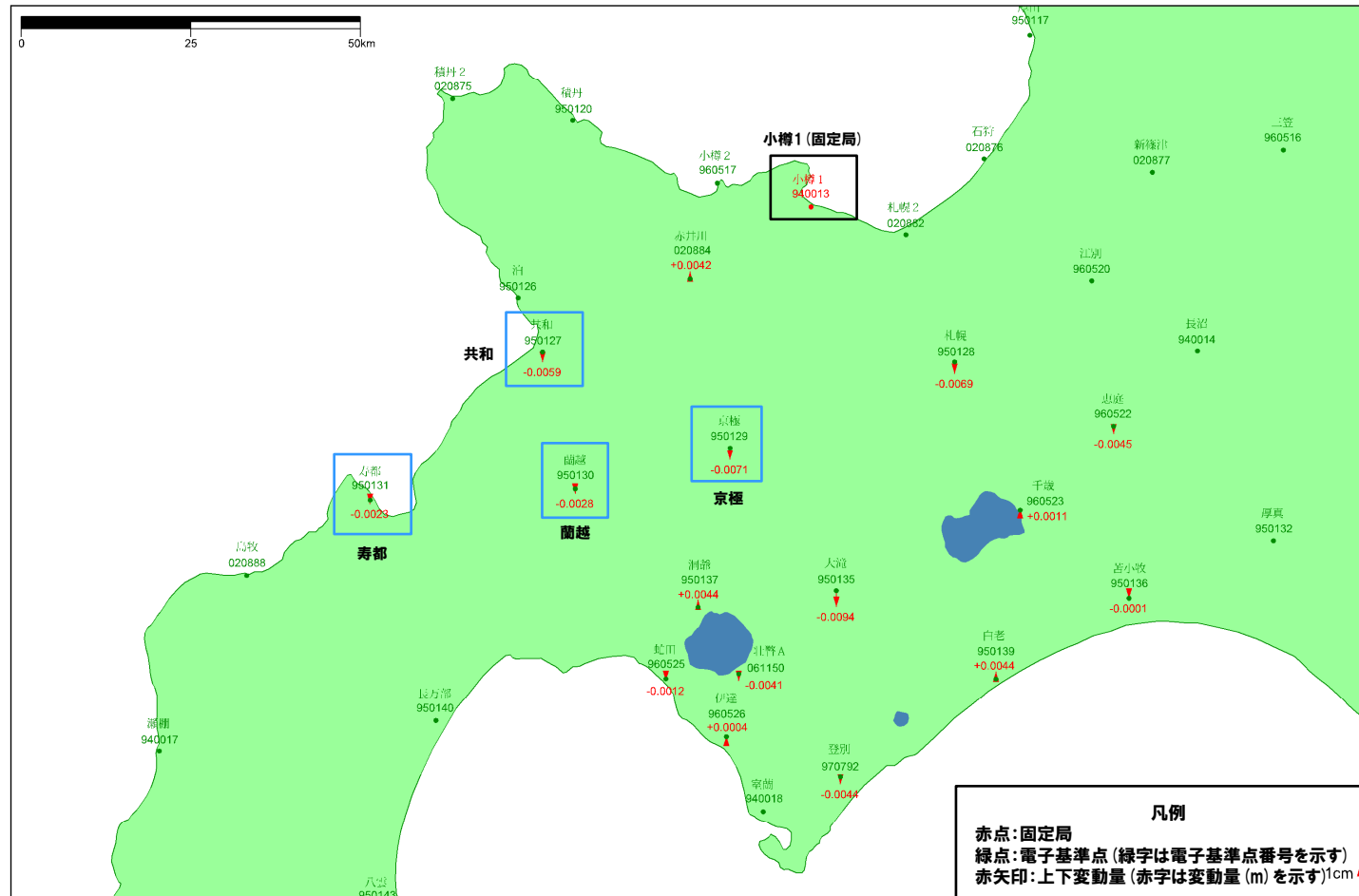
一部修正(H25/11/13審査会合)

- 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、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(4/10) -

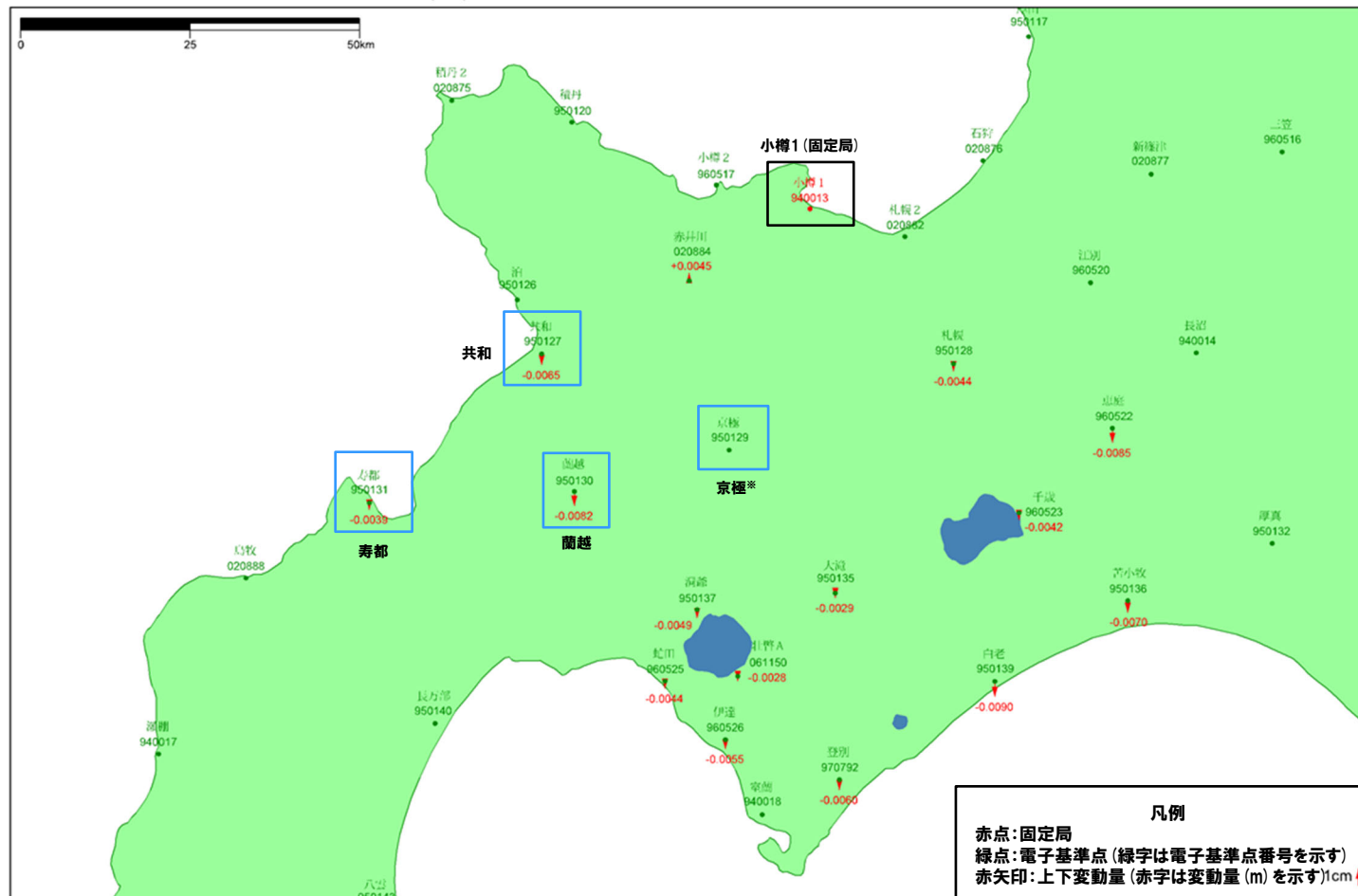
一部修正 (H25/11/13審査会合)

- 北海道胆振東部地震発生前, 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, ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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



※電子基準点「京極」については2017年6月に運用を停止している。

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案従、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)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

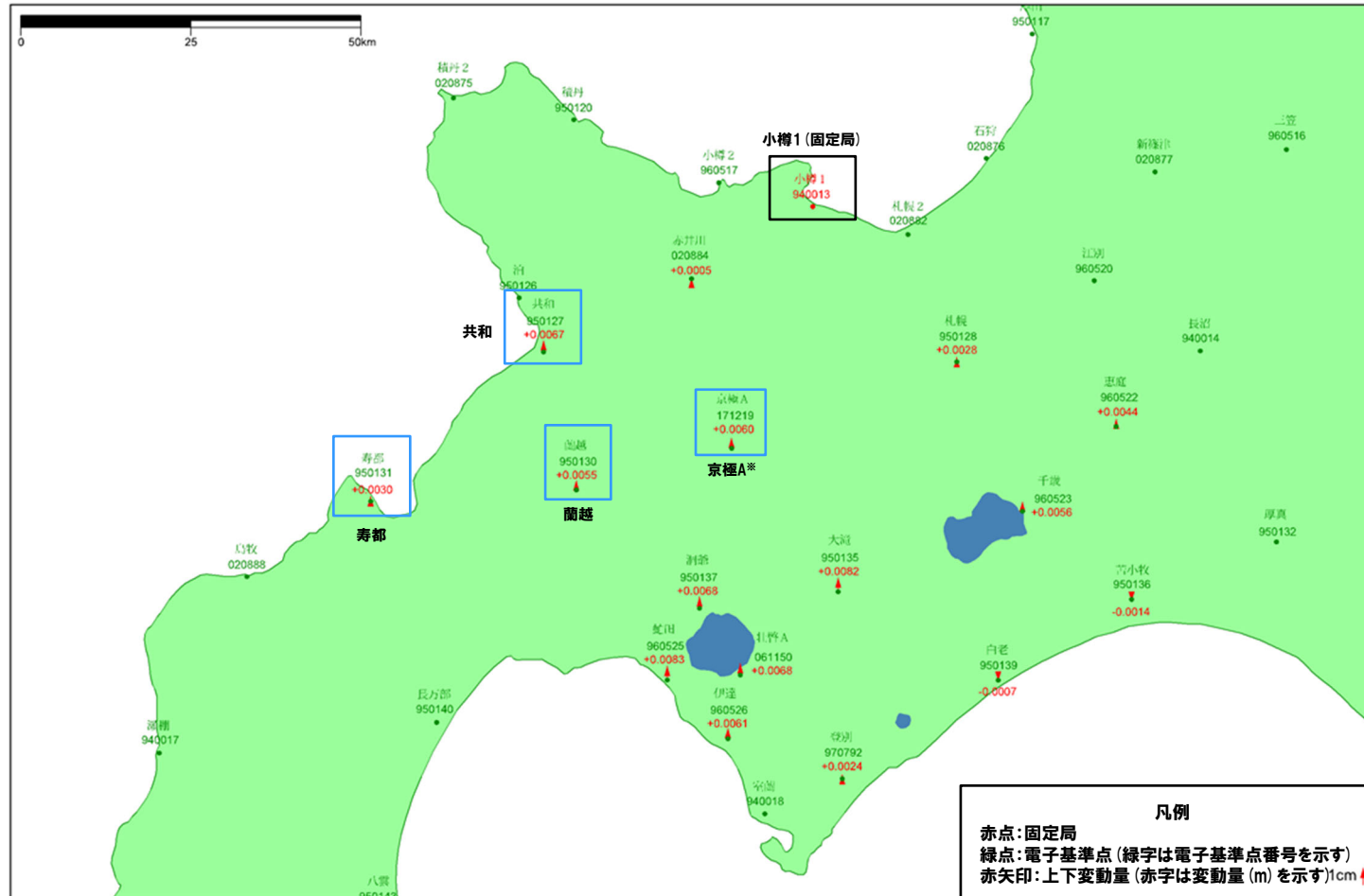
⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(5/10)-

- 北海道胆振東部地震発生後、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、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山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



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

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)

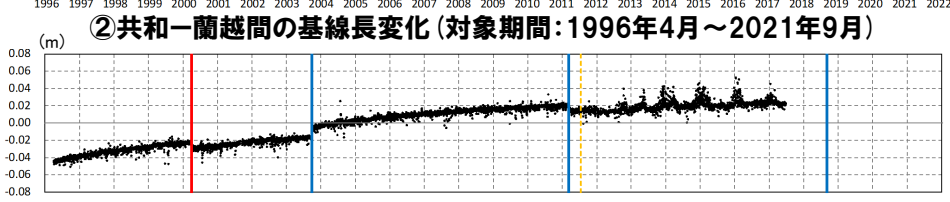
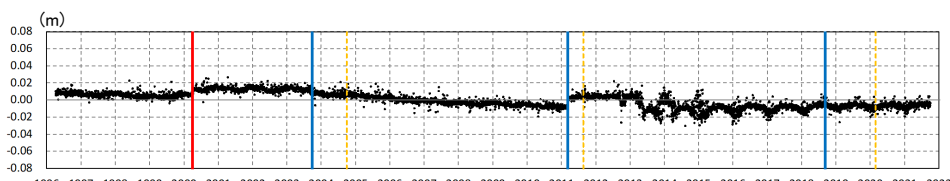
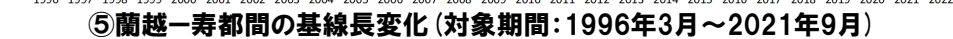
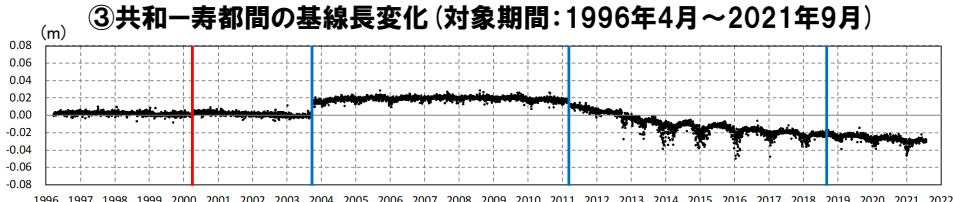
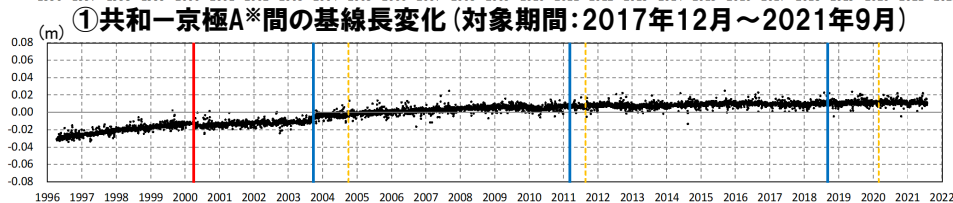
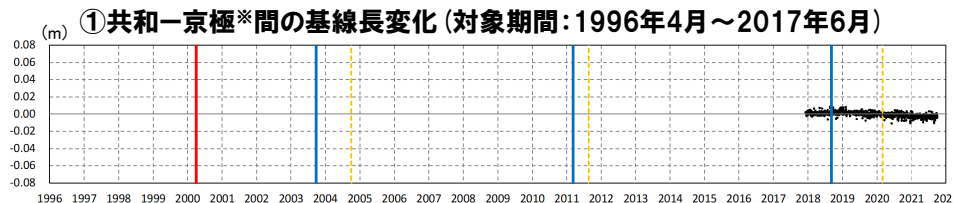
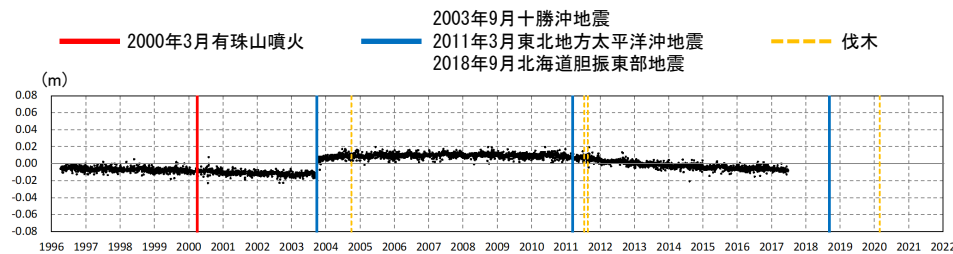
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(6/10) -

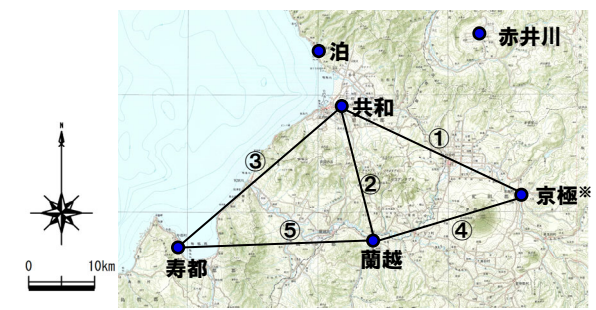
一部修正 (H25/11/13審査会合)

【基線長変化】

- ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の4観測点(京極※, 共和, 寿都及び蘭越)を結んだ5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。



④京極A※-蘭越間の基線長変化(対象期間:2017年12月～2021年9月)



ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺観測点位置図

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

余白

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(7/10) -

一部修正 (R3/10/14審査会合)

【ニセコ・雷電火山群周辺の干渉SAR】

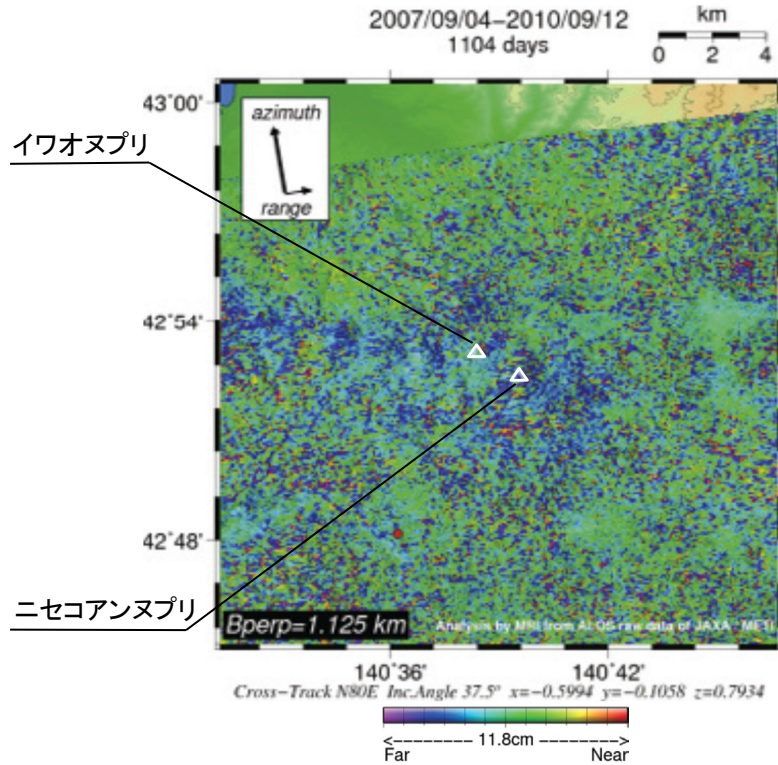
「気象研究所技術報告第69号」(安藤, 2013) ※

・ニセコ・雷電火山群周辺の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いるものの、その特徴についての記載はない。

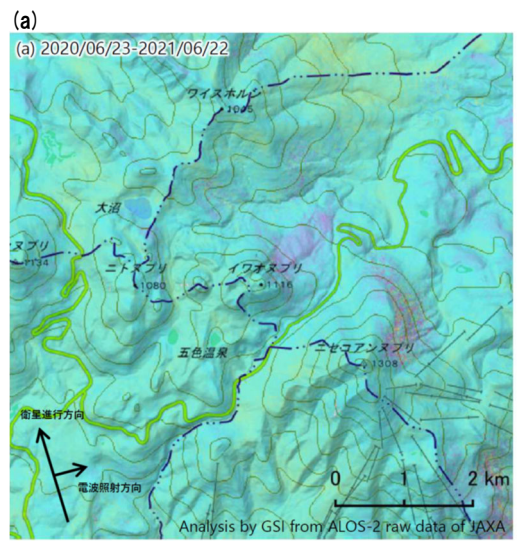
「第149回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2021)

・ニセコ・雷電火山群周辺の (a) 2020年6月から2021年6月及び (b) 2020年9月から2021年9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変動は見られません」とされている。

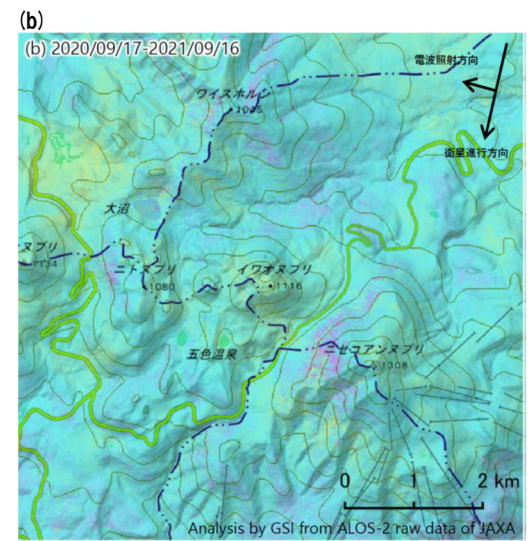
※安藤(2013)では、国内の活火山周辺における干渉SAR解析結果が示されており、火山活動に伴う位相変化が認められる火山について、その特徴を記載している。



対象期間：2007/9/4 - 2010/9/12
ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果 (安藤(2013)に加筆)



ニセコ・雷電火山群周辺における干渉SAR解析結果 (国土院 (気象庁(2021)に加筆)



| | (a) | (b) |
|--------|---|---|
| 衛星名 | ALOS-2 | ALOS-2 |
| 観測日時 | 2020/06/23 2021/06/22 23:33頃 (364日間) | 2020/09/16 2021/09/16 11:41頃 (364日間) |
| 衛星進行方向 | 北行 | 南行 |
| 電波照射方向 | 右(東) | 右(西) |
| 観測モード* | U-U | U-U |
| 入射角 | 42.4° | 42.8° |
| 偏波 | HH | HH |
| 垂直基線長 | -83m | -17m |

* U: 高分解能(3m)モード

○ニセコ・雷電火山群周辺では、顕著な膨張や収縮は認められない。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(8/10)-

一部修正(R3/10/14審査会合)

【羊蹄山周辺の干渉SAR】

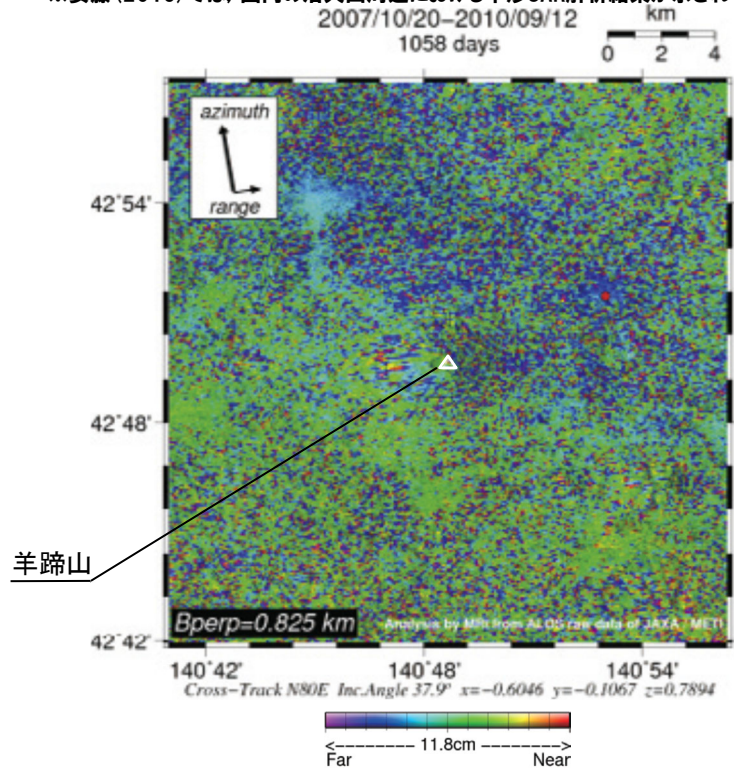
「気象研究所技術報告第69号」(安藤, 2013) ※

・羊蹄山周辺の2007年10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いるものの, その特徴についての記載はない。

「第149回火山噴火予知連絡会資料」(気象庁, 2021)

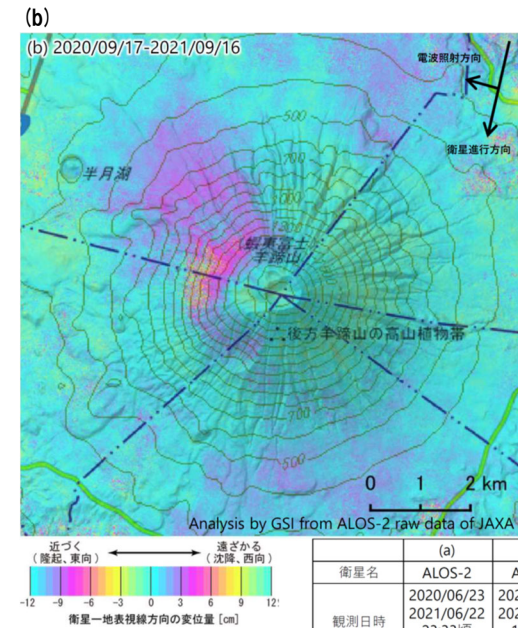
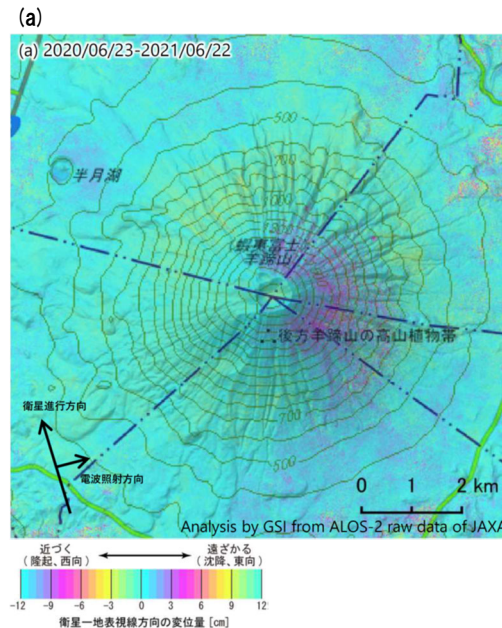
・羊蹄山周辺の (a) 2020年6月から2021年6月及び (b) 2020年9月から2021年9月を対象とした干渉SAR解析結果について, 「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。

※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。



対象期間: 2007/10/20 - 2010/9/12

羊蹄山周辺における干渉SAR解析結果(安藤(2013)に加筆)



羊蹄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)

| | (a) | (b) |
|--------|---|---|
| 衛星名 | ALOS-2 | ALOS-2 |
| 観測日時 | 2020/06/23 2021/06/22 23:33頃 (364日間) | 2020/09/17 2021/09/16 11:41頃 (364日間) |
| 衛星進行方向 | 北行 | 南行 |
| 電波照射方向 | 右(東) | 右(西) |
| 観測モード* | U-U | U-U |
| 入射角 | 43.2° | 41.9° |
| 偏波 | HH | HH |
| 垂直基線長 | -83m | -17m |

* U: 高分解能(3m)モード

○羊蹄山周辺では, 顕著な膨張や収縮は認められない。

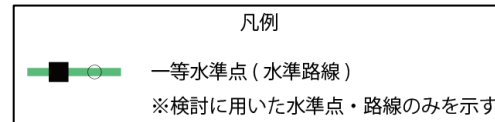
2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(9/10) -

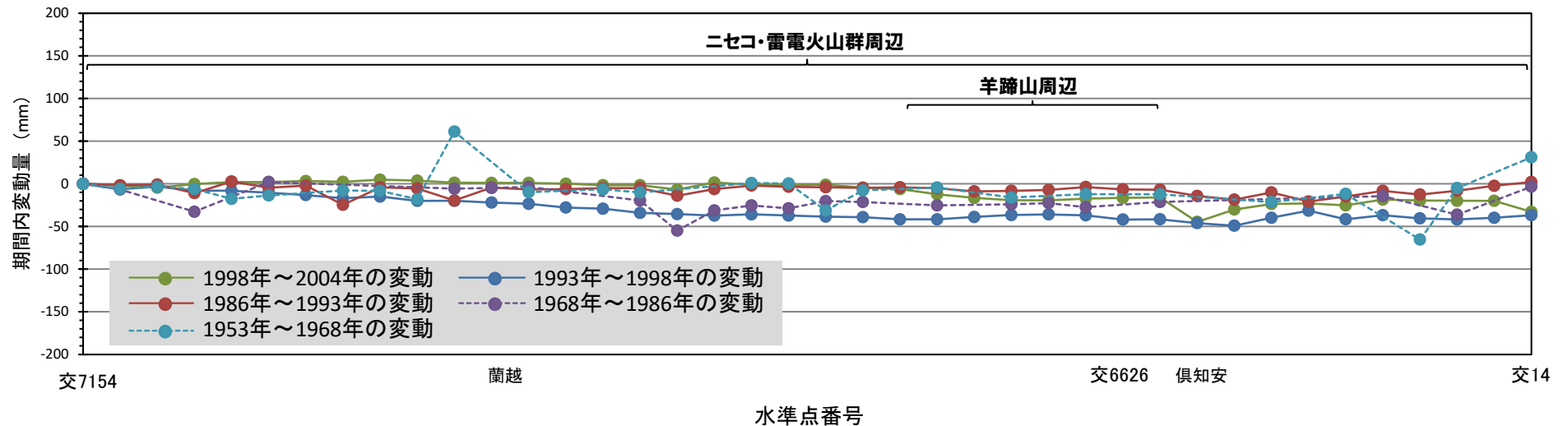
再掲(R3/10/14審査会合)

【水準測量】

- 過去約50年間におけるニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺の水準点の上下変動を示す。水準測量のデータは国土地理院一等水準点検測成果集録を使用した。
- 当該検測成果集録においては、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、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:交7154-交14)沿いの期間内変動量(固定点:交7154)

⑤-3 新しい火口の開口及び地殻変動に関する個別評価-地殻変動(10/10)-

一部修正(H25/12/18審査会合)

【地殻変動まとめ】

(上下変動及び基線長変化)

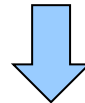
○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

(干渉SAR)

○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な膨張や収縮は認められない。

(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、ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、顕著な隆起や沈降は認められない。



○ニセコ・雷電火山群及び羊蹄山周辺では、地殻変動はほとんど認められない。

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

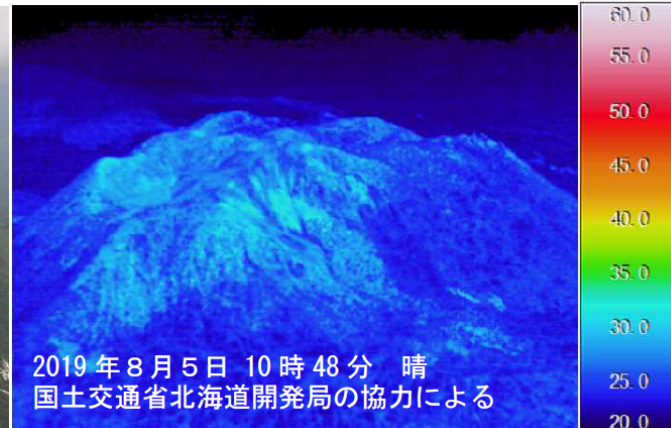
⑤-4 気象庁「火山活動解説資料」(ニセコ・雷電火山群)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

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



イワオヌプリに噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)



イワオヌプリに地熱域は認められない
(赤外熱映像装置による地表面温度分布, 気象庁HPより)

イワオヌプリに関する火山活動解説資料(気象庁HP)を整理した表

| 年 | 月 | 気象庁の見解(火山活動) | 調査項目 | 備考 |
|-----|---|--|-----------------------|------------------------|
| H16 | 5 | 噴気は認められない。 | 上空からの観測 | |
| H18 | 7 | 噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H19 | 5 | 噴気や高温域は認められない。火山活動は静穏な状況。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H20 | 3 | 噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | H19. 12. 1に噴火予報(正常)を発表 |
| | 6 | 噴気や地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は認められない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H23 | 7 | 噴気や日射の影響を上回る地熱域は認められない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H24 | 3 | 噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、火口周辺に影響を及ぼす噴火の兆候は見られない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H26 | 9 | 噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。 | 上空からの観測 | |
| H27 | 7 | 噴気は認められない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。 | 上空からの観測 | |
| H28 | 8 | 噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火の兆候は認められない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| H29 | 8 | 噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火に兆候は認められない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |
| R1 | 8 | 噴気は認められず、地熱域の状況に特段の変化はない。火山活動に特段の変化はなく、静穏に経過しており、噴火に兆候は認められない。 | 上空からの観測, 赤外熱映像装置による観測 | |

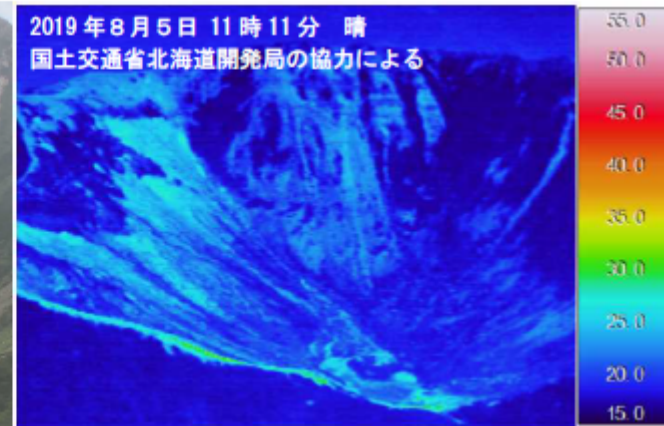
⑤-4 気象庁「火山活動解説資料」(羊蹄山)

一部修正 (H25/12/18審査会合)

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



羊蹄山に噴気は認められない
(上空から撮影, 気象庁HPより)



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

羊蹄山に関する火山活動解説資料(気象庁HP)を整理した表

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

余白

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| 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 |

2.5 立地評価まとめ

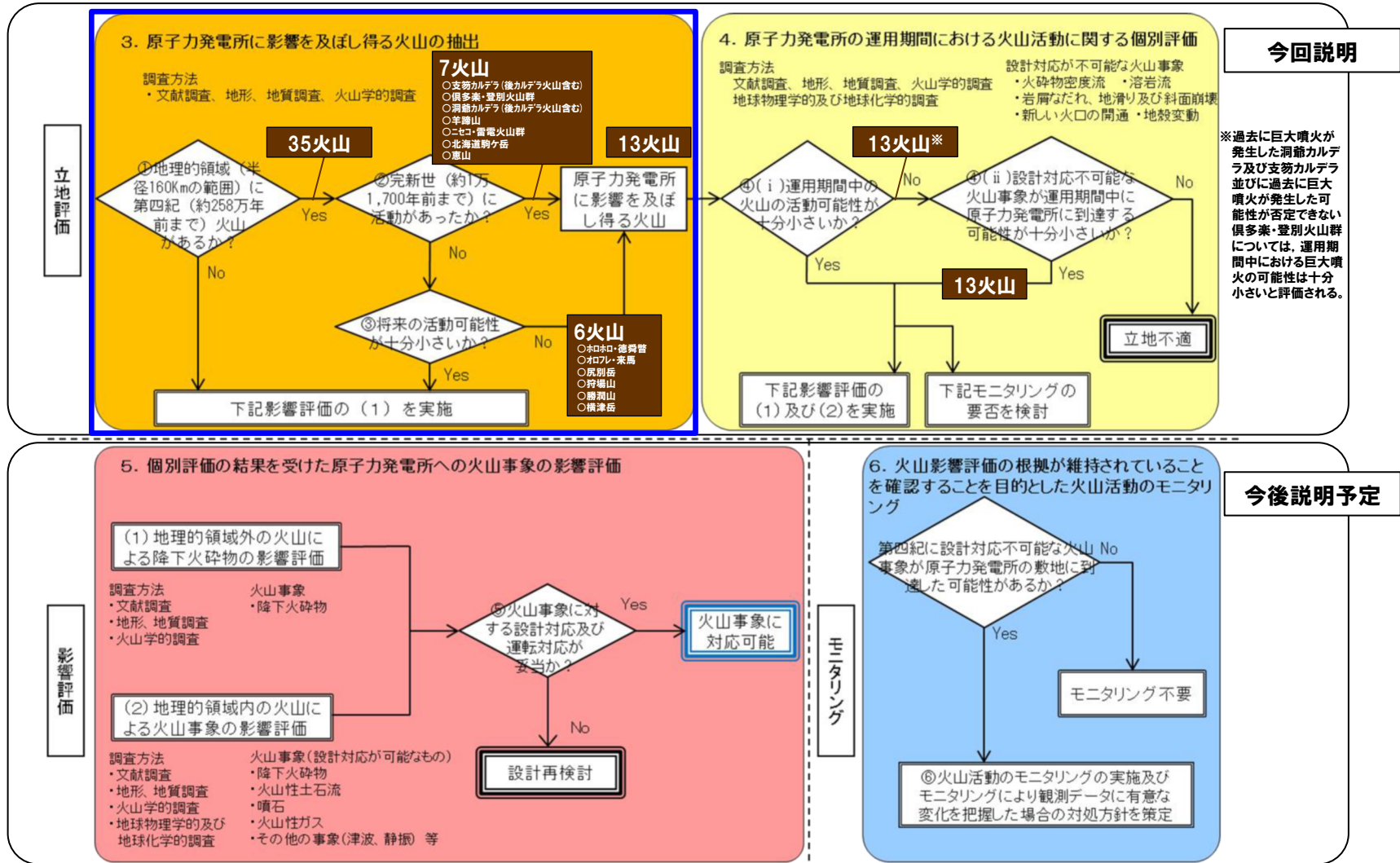
2.1 文献調査

- 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。
 - ・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。
- 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29の文献を抽出し、「立地評価」への反映を実施した。

2.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

- 敷地から半径160km以内の範囲にある第四紀火山として、35火山がある。
- 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。
 - 【完新世に活動があった火山】
支笏カルデラ(後カルデラ火山含む)、倶多楽・登別火山群、洞爺カルデラ(後カルデラ火山含む)、羊蹄山
ニセコ・雷電火山群、北海道駒ヶ岳、恵山
 - 【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】
ホロホロ・徳舜瞥、オロフレ・来馬、尻別岳、狩場山、勝潤山、横津岳

2.5 立地評価まとめ



今回説明

※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倶多楽・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。

今後説明予定

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)

2.3 運用期間中の火山の活動可能性評価

2.3.1 過去に巨大噴火が発生した火山

- 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^3 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。
- 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。

2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

- 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^3 (DRE)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。
- 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。

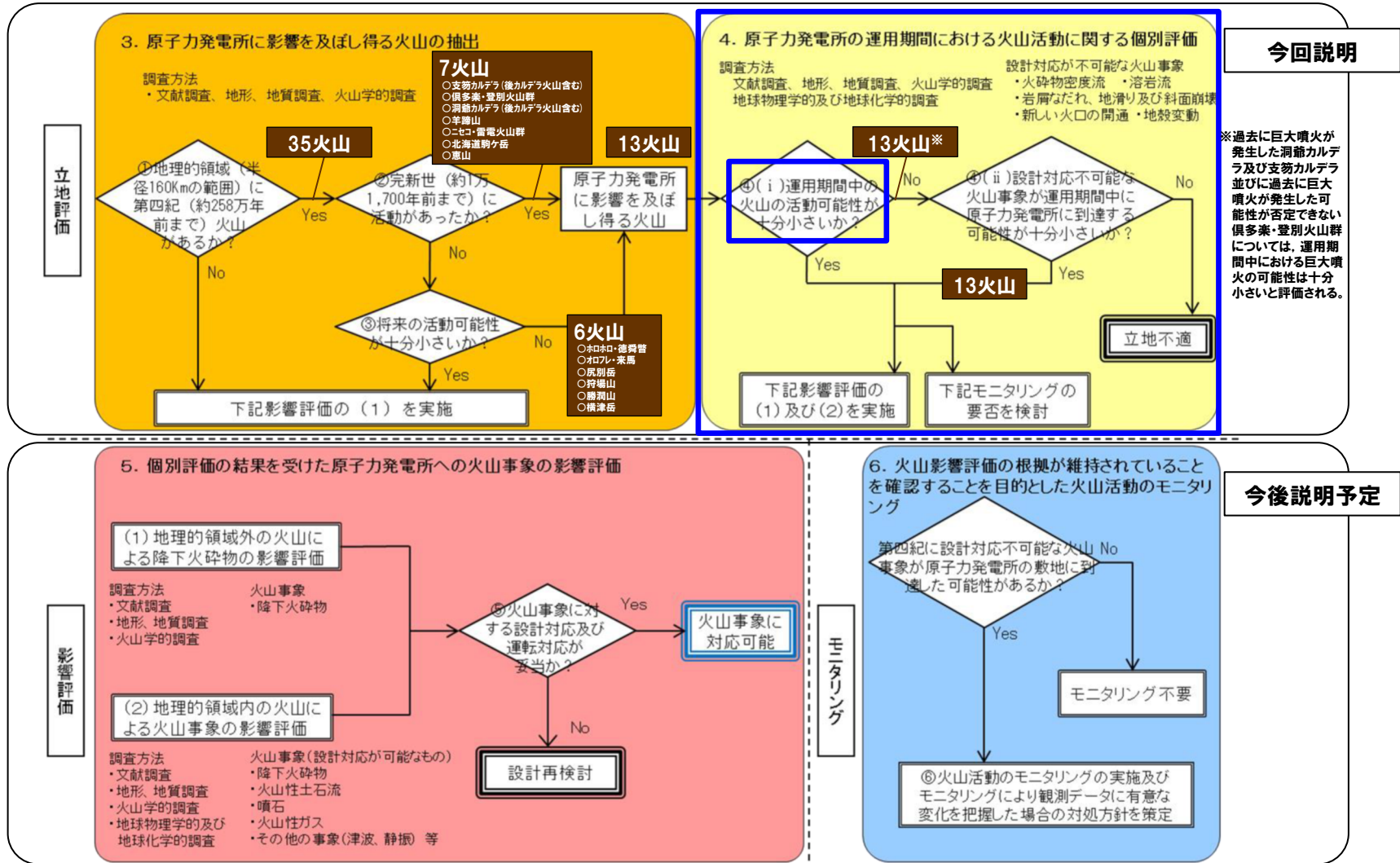
2.3.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

- 支笏カルデラにおいて約4万年前にSp-1(支笏第1降下軽石(Spfa-1)及び支笏火砕流(Spfl))を噴出した噴火は、噴出物体積が 80km^3 (火砕流, DRE)及び $40\sim 48\text{km}^3$ (降下軽石, DRE)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。
- 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。

2.3.4 巨大噴火の可能性評価(倶多楽・登別火山群)

- 倶多楽・登別火山群起源のKt-7は、確認地点は少ないものの北東方向に60km程度の地点で火砕流堆積物が認められ、約9万年前にKt-7を噴出した噴火は、噴出規模が「VEI7 class」とされていることから、巨大噴火であった可能性が否定できない。
- 地球物理学的調査の結果から、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。

2.5 立地評価まとめ



今回説明

※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倶多楽・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。

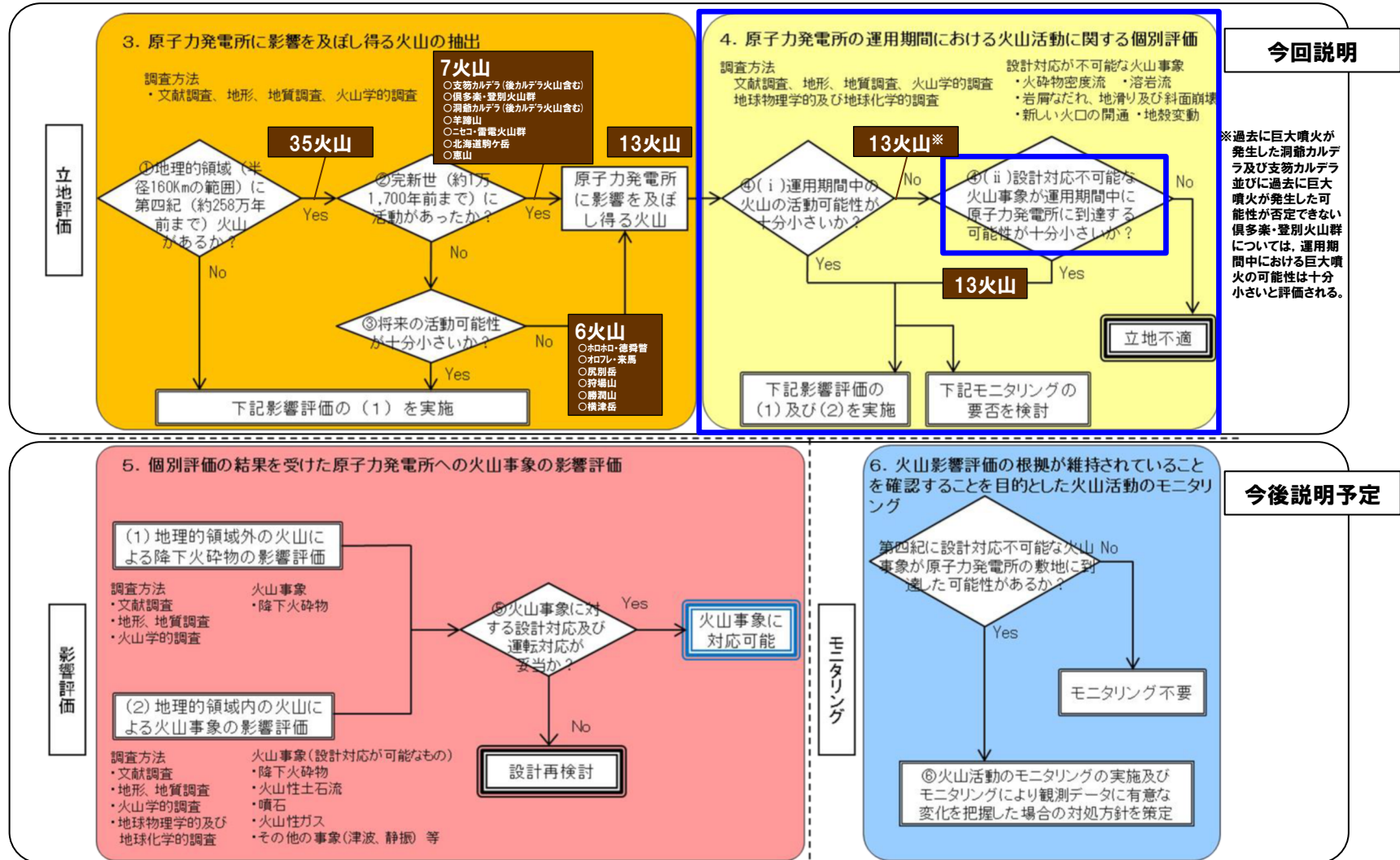
今後説明予定

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)

2.4 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価

- 原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいと判断できない13火山について、設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性を評価した。
- 13火山のうち、洞爺カルデラ及び支笏カルデラは、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されることから、Tp及びSp-1を噴出した噴火以降の後カルデラ期における最大の噴火規模の噴火について評価した。
- また、倶多楽・登別火山群は、運用期間中における巨大噴火の可能性は十分小さいと評価されることから、Kt-7を噴出した噴火以降の最大の噴火規模の噴火について評価した。
- 洞爺カルデラ、支笏カルデラ及び倶多楽・登別火山群以外の10火山は、過去の最大規模の噴火について評価した。
- 設計対応不可能な火山事象が運用期間中に敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。

2.5 立地評価まとめ



今回説明

※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倶多楽・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。

今後説明予定

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

參考資料

| | |
|--------------------------------|--------------|
| 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 |

「3. 影響評価」及び「4. モニタリング」については今後説明予定

① 検討目的及び方法

一部修正 (R3/10/14審査会合)

- 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(P172参照)、参考として、過去の最大規模以上の噴火が運用期間中に発生する可能性について、地震波速度構造による検討を実施することとした。
- 検討は、「2.3.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)」において整理した考え方(P78~P84参照)を踏襲し、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に、「メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域が存在するか否か」を以って行う。

(参考)ニセコ・雷電火山群の地震波速度構造に関する検討

② 検討結果 (1/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)

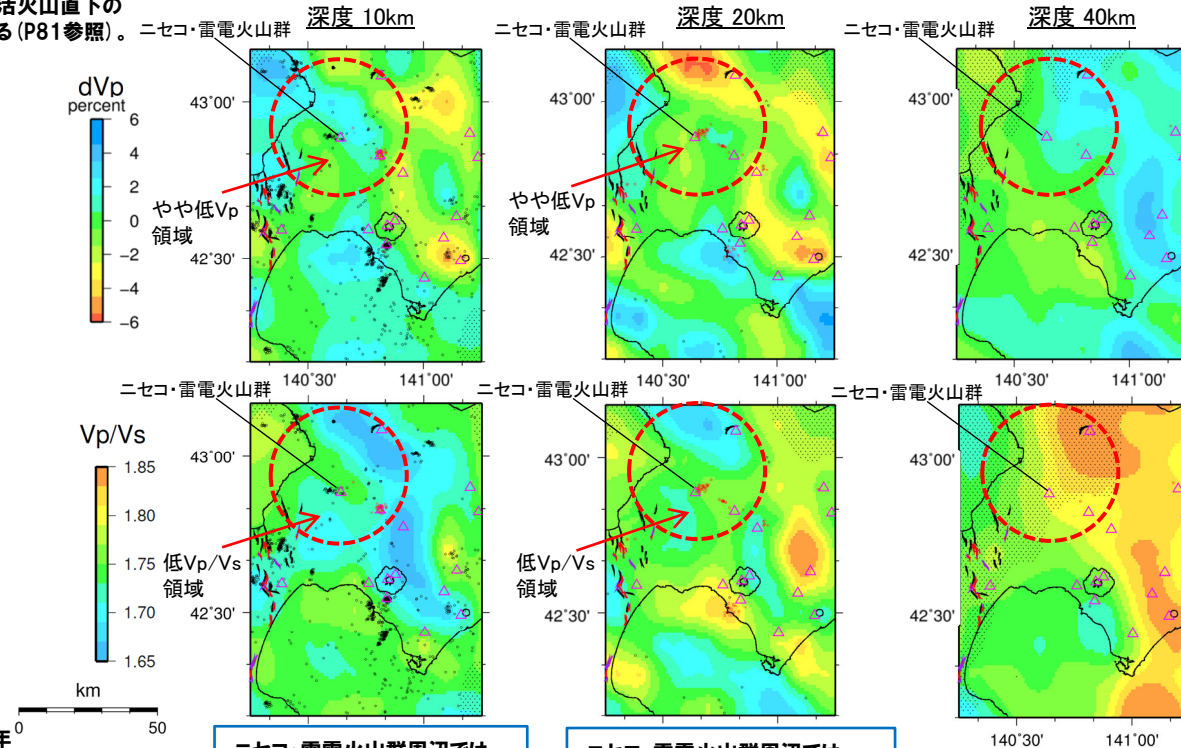
- 防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2019)に記載)。その公開データを用いて、当社がニセコ・雷電火山群周辺における水平・鉛直断面図を作成した。
- 防災科学技術研究所HP上の公開データを基に作図した地震波トモグラフィ解析結果からは、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、メルトの存在を示唆する顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。
- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に認められる低周波地震群は、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域の縁辺部に認められるため、水の移動に関連する可能性があると考えられる※1。

※1 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、低Vp/Vsは、水の存在を示唆するとされている(P81参照)。ニセコ・雷電火山群

- 【当社におけるマグマ溜まりの状況の検討方法(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 ≥ 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) ※2
- 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
- ニセコ・雷電火山群を中心とした、半径25kmの範囲



※2 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。

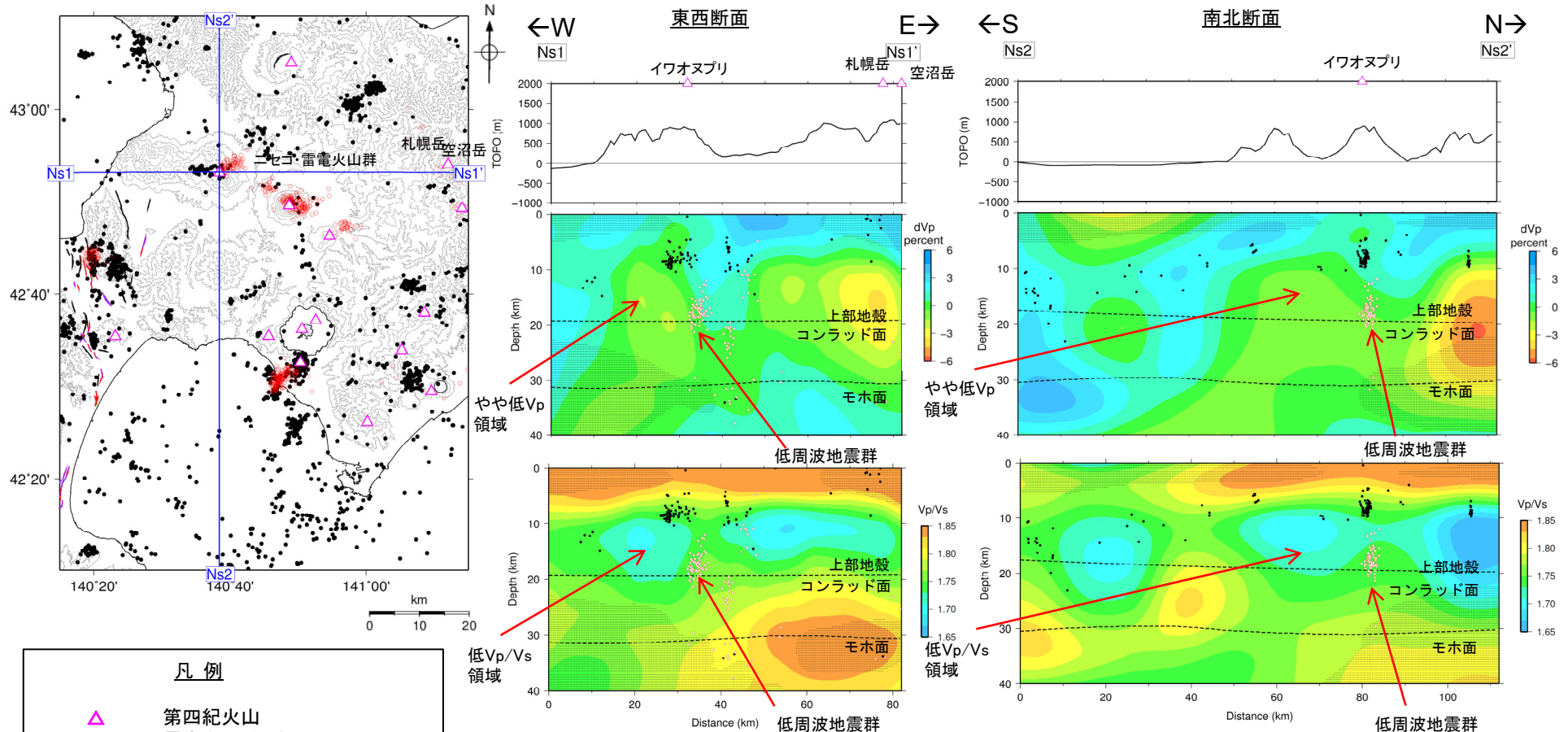
ニセコ・雷電火山群周辺では、南方~西方に、やや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

ニセコ・雷電火山群周辺では、南方~西方に、やや低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 検討結果 (2/2)

一部修正 (R3/10/14審査会合)



凡例

- △ 第四紀火山
- 震央 (M_{JMA} ≥ 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 } 今泉ほか編(2018)をトレース
- 推定活断層

ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(約20km以浅)には、イワオヌプリの南方~西方の深度10km~20km程度にやや低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められ、その北東縁付近に低周波地震群が認められるが、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(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。

③ まとめ

再掲 (R3/10/14審査会合)

【ニセコ・雷電火山群における地震波速度構造 (P231~P233参照)】

- 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、ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内(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。
- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内に認められる低周波地震群は、低 V_p かつ低 V_p/V_s 領域の縁辺部に認められるため、水の移動に関連する可能性があると考えられる。



- ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内には、現状、過去の最大規模以上の噴火に関わるような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。

- (1) 中野俊・西来邦章・宝田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行編 (2013) : 日本の火山 (第3版), 200 万の1地質編集図, No.11, 産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
- (2) 西来邦章・伊藤順一・上野龍之編 (2012, 2015) : 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース.
- (3) 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, 日本火山学会.
- (4) 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, 日本火山学会.
- (5) 山元孝広 (2014) : 日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図, 地質調査総合センター研究資料集, No.613, 産総研地質調査総合センター.
- (6) 町田洋・新井房夫 (2011) : 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会.
- (7) 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 (ver.2.5), 産総研地質調査総合センター.
- (8) 気象庁編 (2013) : 日本活火山総覧 (第4版).
- (9) 兼岡一郎・井田喜明編 (1997) : 火山とマグマ, 東京大学出版会.
- (10) 中川光弘・松本亜希子・島谷太郎・小杉安由美 (2013) : 東北日本弧北端の第四紀火山活動の時空変遷: 活動年代の再検討とマグマ組成, 日本地質学会第120年学術大会講演要旨, R3-0-3, p.44.
- (11) 金田泰明・後藤義瑛・西野佑紀・宝田晋治・下司信夫 (2020) : 支笏・洞爺・濁川・大山火山の大規模噴火の前駆活動と噴火推移, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 699, 産総研地質調査総合センター, 75p.
- (12) Amma-Miyasaka, M., Miura, D., Nakagawa, M., Uesawa, S., Furukawa, R (2020) : Stratigraphy and chronology of silicic tephra in the Shikotsu-Toya Volcanic Field, Japan: Evidence of a Late Pleistocene ignimbrite flare-up in SW Hokkaido. *Quaternary International*.
- (13) 産業技術総合研究所編 (2003) : 20万分の1数値地質図幅集「北海道南部」.
- (14) 森泉美穂子 (1998) : クッタラ火山群の火山発達史, 火山, 第43巻, 第3号, pp.95-111.
- (15) 後藤芳彦・佐々木央岳・鳥口能誠・畠山 信 (2013) : 北海道クッタラ (登別) 火山の噴火史, 日本火山学会講演予稿集, p.129.
- (16) Goto, Y., Toriguchi, Y., Sasaki, H. and Hatakeyama, A. (2015) : Multiple Vent-forming Phreatic Eruptions after AD 1663 in the Noboribetsu Geothermal Field, Kuttara Volcano, Hokkaido, Japan, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, Vol. 60, No. 2, pp. 241-249.
- (17) 山縣耕太郎 (1994) : 支笏およびクッタラ火山のテフロクロロジー, 地学雑誌, *Journal of Geography*, 103 (3), pp.268-285.
- (18) 産業技術総合研究所 (2021) : 令和2年度原子力規制庁委託成果報告書 巨大噴火プロセス等の知見整備に係る研究.
- (19) Goto, Y., Suzuki, K., Shinya, T., Yamauchi, A., Miyoshi, M., Danhara, T., Tomiya, A. (2018) : Stratigraphy and lithofacies of the Toya ignimbrite in southwestern Hokkaido, Japan: Insights into the caldera-forming eruption at Toya caldera., *地学雑誌*, 127 (2), 191-227.
- (20) Miyabuchi, Y., Okuno, M., Torii, M., Yoshimoto, M., Kobayashi, T. (2014) : Tephrostratigraphy and eruptive history of post-caldera stage of Toya Volcano, Hokkaido, northern Japan., *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 281, 34-52.
- (21) 曾屋龍典・勝井義雄・新井田清信・堺幾久子・東宮昭彦 (2007) : 有珠火山地質図 (第2版), 地質調査総合センター.

- (22) Marsden, R.C., Daniš í k, M., Ito, H., Kirkland, C.L., Evans, N.J., Miura, D., Friedrichs, B., Schmitt, A.K., Uesawa, S., Daggitt, M.L. (2021) : Considerations for double-dating zircon in secular disequilibrium with protracted crystallisation histories., *Chemical Geology*, 581, 120408.
- (23) 藤根 久・遠藤邦彦・鈴木正章・吉本充宏・鈴木 茂・中村賢太郎・伊藤 茂・山形秀樹・Lomtadze Zaur・横田彰宏・千葉達朗・小杉 康 (2016) : 有珠山善光寺岩屑なだれの発生年代の再検討-有珠南麓の過去2万年間の環境変遷との関連で-, *第四紀研究*, 55, pp.253-270.
- (24) Goto, Y., Danhara, T., Tomiya, A. (2019) : Catastrophic sector collapse at Usu volcano, Hokkaido, Japan: failure of a young edifice built on soft substratum., *Bull Volcanol*, 81: 37.
- (25) 青木かおり・町田洋 (2006) : 日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成-K₂O-TiO₂図によるテフラの識別, *地質調査研究報告*, 第57巻, 第7/8号, pp.239-258.
- (26) 森濟・井口正人・味喜大介・伊藤壮介・大島弘光・田村真・前川徳光 (2000) : 2000年有珠山噴火に伴う地殻変動--洞爺カルデラと有珠山周辺の地殻変動--, *日本火山学会講演予稿集*, 2, p.46.
- (27) 安藤忍 (2013) : 気象研究所技術報告 第69号, マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究, *地震火山研究部*, pp.65-88.
- (28) 気象庁 (2021) : 第149回 火山噴火予知連絡会資料.
- (29) 下司信夫 (2016) : 大規模火砕噴火と陥没カルデラ: その噴火準備と噴火過程, *火山*, 61, pp.101-118.
- (30) 東宮昭彦 (2016) : マグマ溜まり: 噴火準備過程と噴火開始条件, *火山*, 61, pp.281-294.
- (31) Nakajima, J., Matsuzawa, T. and Hasegawa, A. (2001) : Three-dimensional structure of Vp, Vs and Vp/Vs beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, *Journal of geophysical research*, Vol.106, No.B10, pp.21843-21857.
- (32) Kita, S., Nakajima, J., Hasegawa, A., Okada, T., Katsumata, K., Asano, Y. and Kimura, T. (2014) : Detailed seismic attenuation structure beneath Hokkaido, northeastern Japan: Arc-arc collision process, arc magmatism, and seismotectonics, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, pp.6486-6511.
- (33) Zhao, D., Yamada, T., Hasegawa, A., Umeno, N. and Wei, W. (2012) : Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands., *Geophysical Journal International*, *Geophys. J. Int.*, 190, pp.816-828.
- (34) 中島淳一 (2017) : 東北地方の火山周辺の地震波速度・減衰構造: 地殻構造と低周波地震・S波反射面との関係, *地震研究所彙報*, 92, pp.49-62.
- (35) 下鶴大輔・荒牧重雄・井田喜明・中田節也編 (2008) : 火山の辞典 (第2版), 朝倉書店.
- (36) 後藤忠徳・三ヶ田均 (2008) : 電磁気法探査 (EM 法探査) 技術の現状と展望-地震探査との統合型解析に向けて-, *地学雑誌*, 117, pp.997-1010.
- (37) Hata, M., Matsushima, N., Takakura, S., Utsugi, M., Hashimoto, T., & Uyeshima, M. (2018) : Three-dimensional electrical resistivity modeling to elucidate the crustal magma supply system beneath Aso caldera, Japan. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*.

- (38) Matsubara, M., Sato, H., Uehira, K., Mochizuki, M., Kanazawa, T., Takahashi, N., Suzuki, K. and Kamiya, S. (2019) : Seismic Velocity Structure in and around the Japanese Island Arc Derived from Seismic Tomography Including NIED MOWLAS Hi net and S net Data, *Seismic Waves Probing Earth System*, IntechOpen, pp.1-19.
- (39) 今泉俊文・宮内崇裕・堤浩之・中田高 (2018) : 活断層詳細デジタルマップ [新編], 東京大学出版会.
- (40) Zhao, D., Horiuchi, S., Hasegawa, A. (1992) : Seismic velocity structure of the crust beneath the Japan Islands., *Tectonophysics*, 212, pp.289-301.
- (41) Matsubara M., H. Sato, T. Ishiyama, and Horne, A.V. (2017) : Configuration of the Moho discontinuity beneath the Japanese Islands derived from three-dimensional seismic tomography, *Tectonophysics*, 710-711, pp.97-107.
- (42) Goto, Y., and Danhara, T. (2018) : Subsurface Structure of Toya Caldera, Hokkaido, Japan, as Inferred from CSAMT Resistivity Survey, *Journal of Geography*, 127(2), pp.139-156.
- (43) Matsushima, N., Oshima, H., Ogawa, Y., Takakura, S., Satoh, H., Utsugi, M., Nishid, Y. (2001) : Magma prospecting in Usu volcano, Hokkaido, Japan, using magnetotelluric soundings, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 109 (2001), 263-277.
- (44) Hata, M, Takakura, S., Matsushima, N., Hashimoto, T., and Utsugi, M. (2016) : Crustal magma pathway beneath Aso caldera inferred from three-dimensional electrical resistivity structure, *Geophysical Research Letters*.
- (45) 和田信彦・八幡正弘・大島弘光・横山英二・鈴木豊重 (1988) : 西胆振地域の地質と地質と地熱資源, 地下資源調査所調査研究報告第19号, 北海道立地下資源調査所.
- (46) 気象庁 (2020) : 第147回 火山噴火予知連絡会資料.
- (47) Yamaya, Y., Mogi, T., Honda, R., Hase, H., Hashimoto, T. and Uyeshima, M. (2017) : Three-dimensional resistivity structure in Ishikari Lowland, Hokkaido, northeastern Japan—Implications to strain concentration mechanism, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18 (2), pp.735-754.
- (48) Ichihara, H., Mogi, T., Satoh, H. and Yamaya, Y. (2019) : Electrical resistivity modeling around the Hidaka collision zone, northern Japan: regional structural background of the 2018 Hokkaido Eastern Iwate earthquake (Mw 6.6), *Earth, Planets and Space* (2019) pp.71-100.
- (49) Yokoyama, I. and Aota, M. (1965) : Geophysical Studies on Sikotu Caldera, Hokkaido, Japan, *Journal of Faculty of Science, Hokkaido University, Series 7, Geophysics*, 2 (2), 103-122.
- (50) Goto, Y. and Johmori, A. (2015) : Internal Structure of Kuttara Caldera, Hokkaido, Japan, *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, Vol.60, No.1, pp.35-46.
- (51) Hashimoto, T., Kanda, W., Morita, Y., Hayakawa, M., Tanaka, R., Aoyama, H. and Uyeshima, M. (2019) : Significance of Electromagnetic Surveys at Active Volcanoes : Toward Evaluating the Imminence of Wet Eruptions, *Journal of Disaster Research* Vol.14 No.4, 2019, pp.580-591.
- (52) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (1990) : 地熱開発促進調査報告書 No.22, 登別地域.

- (53) 畠山信・佐々木央岳・鳥口能誠・後藤芳彦 (2005) : 北海道南西部クッタラカルデラの周囲を取り巻く環状構造: 先クッタラカルデラ?, 日本火山学会講演予稿集, p.108.
- (54) 大場与志男 (1960) : ニセコ火山群の岩石について, 地質学雑誌, 第66巻, pp.788-799.
- (55) 新エネルギー総合開発機構 (1986) : 昭和60年度全国地熱資源総合調査 (第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ① (ニセコ地域) 調査 火山岩分布年代調査報告書 要旨.
- (56) 新エネルギー総合開発機構 (1987) (1) : 昭和61年度全国地熱資源総合調査 (第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ① (ニセコ地域) 地熱調査成果図集.
- (57) 新エネルギー総合開発機構 (1987) (2) : 全国地熱資源総合調査 (第2次) 火山性熱水対流系地域タイプ① ニセコ地域火山地質図1:50,000, ニセコ地域地熱地質編図1:100,000 説明書.
- (58) 日本地質学会編 (2010) : 日本地方地質誌1 北海道地方, 朝倉書店.
- (59) 児玉浩・宇井忠英・中川光弘 (1998) : ニセコ火山群の火山活動史, 日本岩石鉱物鉱床学会 平成9年度学術講演会予稿集, p.8.
- (60) 勝井義雄・岡田弘・中川光弘 (2007) : 北海道の活火山, 北海道新聞社.
- (61) 松尾良子・中川光弘 (2017) : 北海道南西部ニセコ火山群, イワオヌプリ火山の形成史と活動年代, 日本地球惑星科学連合 2017年大会講演要旨, SVC50-P13.
- (62) 小疇尚・野上道男・小野有五・平川一臣編 (2003) : 日本の地形2 北海道, 東京大学出版会.
- (63) 大原正則・宮本邦明・桑野修司・矢澤昭夫・山下伸太郎 (1990) : 桜島の溶岩流, 平成2年度砂防学会研究発表会概要集, pp.296-299.
- (64) 家田泰弘・大坪隆三・山下伸太郎・安養寺信夫・酒井敦章 (2009) : 桜島における昭和噴火時の溶岩流の数値シミュレーションによる再現, 平成21年度砂防学会研究発表会概要集, p.240.
- (65) 内閣府 (防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁 (2013) : 火山防災マップ作成指針, pp.59-62.
- (66) 上澤真平・中川光弘・江草匡倫 (2011) : 南西北海道, 羊蹄火山の完新世噴火史の再検討, 火山, 第56巻, 第2・3合併号, pp.51-63.
- (67) 江草匡倫・中川光弘・藤田豪平 (2003) : 西南北海道, 羊蹄火山の活動史: 埋積された古羊蹄火山の発見と噴出率の時間変化, 日本火山学会講演予稿集, p.57.
- (68) 石田正夫・三村弘二 (1991) : 20万分の1地質図幅「岩内」, 通商産業省工業技術院地質調査所.
- (WEB)
- (69) 産業技術総合研究所 日本の火山データベース: <https://gbank.gsj.jp/volcano/>
- (70) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編 (2020) 20万分の1日本火山図 (ver. 1.0d), 産総研地質調査総合センター: <https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/>
- (71) 防災科学技術研究所: https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/
- (72) 気象庁 火山活動解説資料: https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.php