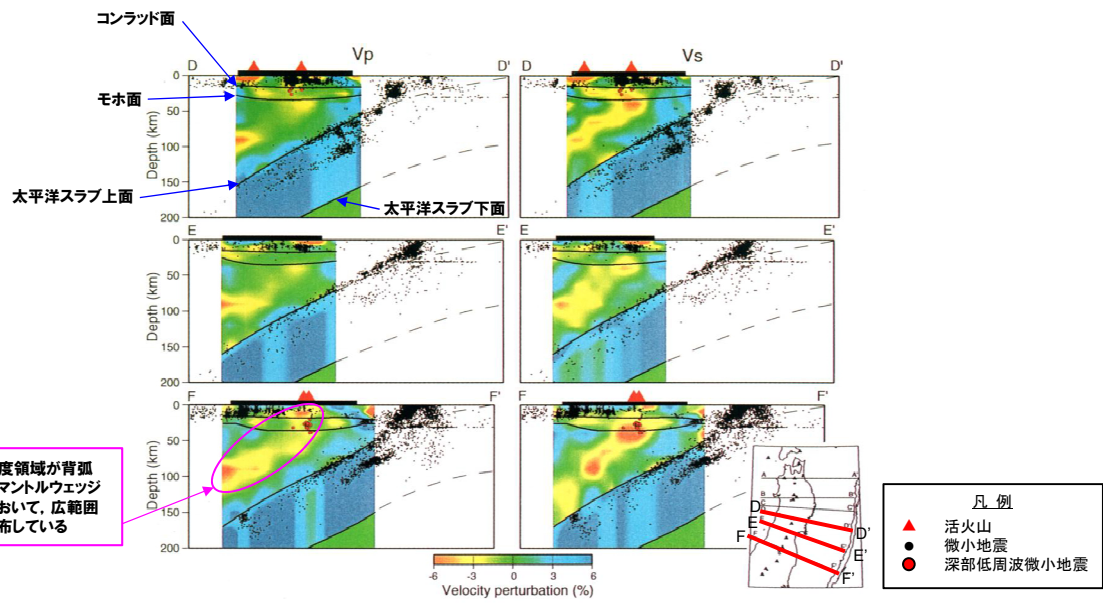
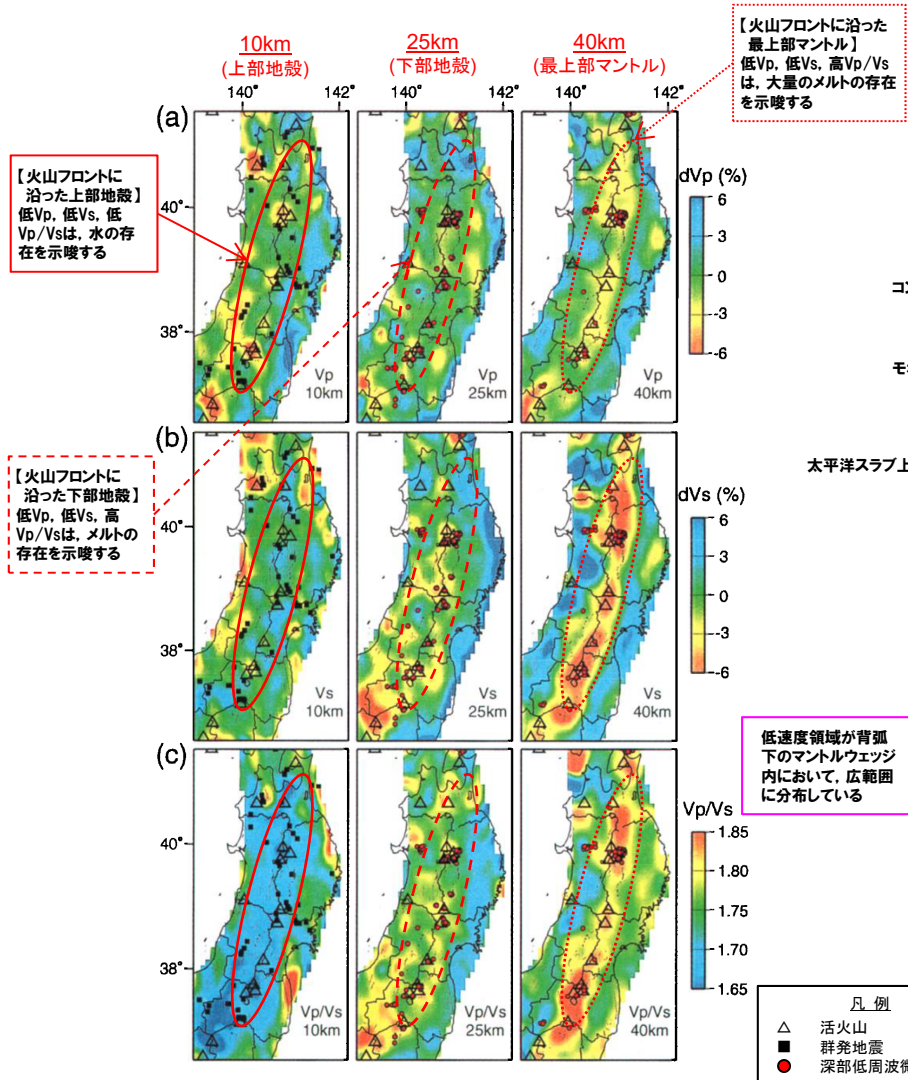


# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ⑥-2 地震波速度構造 (地震波速度構造によるマグマ溜まりの状況の評価方法) (2/4)

【Nakajima et al. (2001)】  
 ○地震波速度構造から東北日本におけるメルトの存在を推定している、Nakajima et al. (2001) をレビューした。  
 ・Nakajima et al. (2001) によれば、地震波速度構造では、活火山直下の低Vp、低Vs、高Vp/Vsはメルトの存在を示唆し、低Vp、低Vs、低Vp/Vsは、水の存在を示唆するとされている。  
 ・また、低速度領域が背弧下のマンテルウェッジ内において、広範囲に分布しているとされている。



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

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

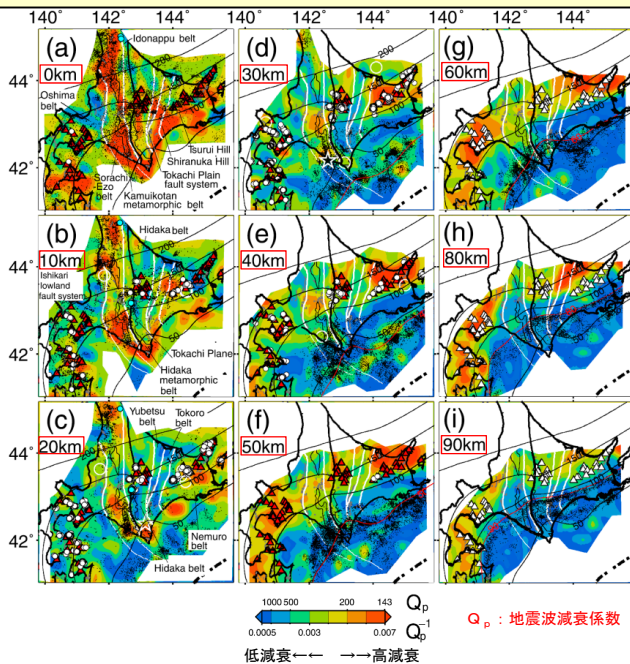
# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ⑥-2 地震波速度構造 (地震波速度構造によるマグマ溜まりの状況の評価方法) (3/4)

【Kita et al. (2014)】

- 北海道における地震波減衰構造を示している, Kita et al. (2014) をレビューした。
  - ・Kita et al. (2014) によれば, 高減衰域が北海道東部および南部の背弧下のマントルウェッジ内に明瞭に示されるとされている。
  - ・マントルウェッジ内における高減衰域は, Zhao et al. (2012) で示された低速度領域と一致するとされている。
  - ・マントルウェッジ内は, 低速度領域かつ高減衰域であるとされている。
  - ・また, Kita et al. (2014) には, 北海道における流体移動経路の模式図が示されているが, これは, 中島 (2017) において示されている東北日本における流体移動経路の模式図と同様である (次頁参照)。

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



凡例

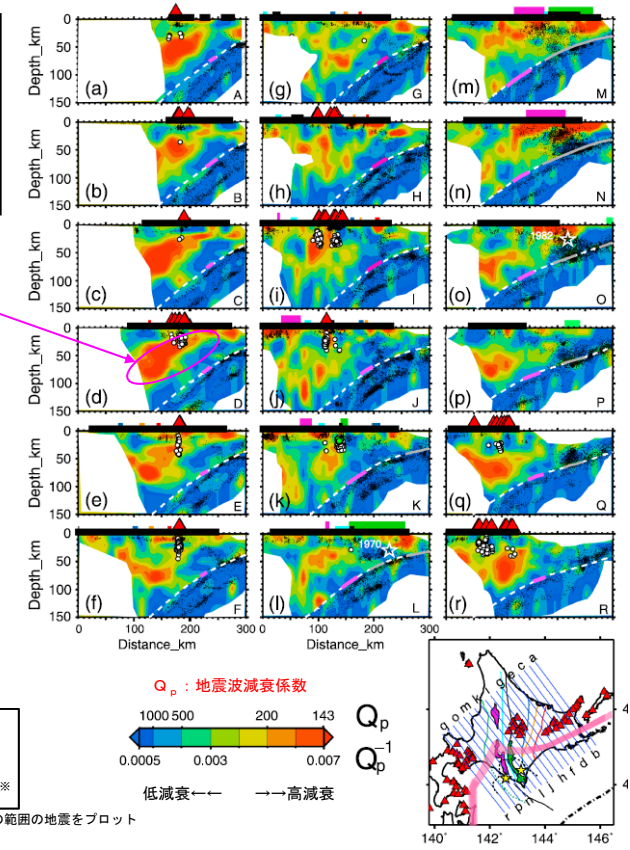
- ▲ 活火山, 第四紀火山
- 震源\*
- 深部低周波地震震源\*
- - 太平洋プレート表面の等深線

※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット

凡例

- ▲ 活火山, 第四紀火山
- 震源\*
- 深部低周波地震震源\*

※各深度断面から深度方向±5kmの範囲の地震をプロット



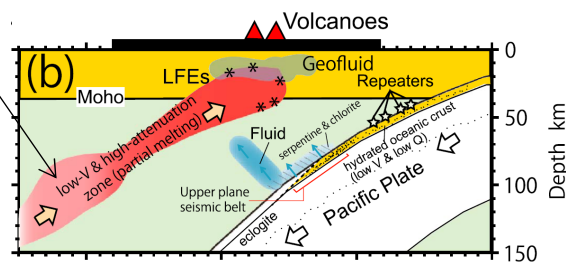
北海道における地震波減衰構造 (水平断面) (Kita et al. (2014) に加筆)

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

## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

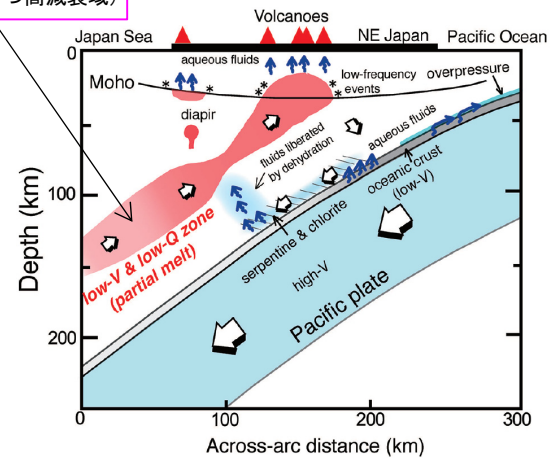
### ⑥-2 地震波速度構造 (地震波速度構造によるマグマ溜まりの状況の評価方法) (4/4)

マントルウェッジ  
(低速度領域かつ高減衰域)



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

マントルウェッジ  
(低速度領域かつ高減衰域)



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



## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### ⑥-3 地震波速度構造(地震波速度構造と低周波地震との関係)(1/3)

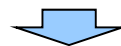
- 下鶴ほか編(2008)によれば、火山性地震のうち低周波が卓越する地震(低周波地震)について、以下のとおりとされている。
  - ・表面現象を伴わないで発生する地震を、卓越する地震波の周期(周波数)によって、低周波、長周期、超長周期地震と呼び分ける。
  - ・マグマや熱水などの流体が関与して発生していると考えられているものが多い。
- このため、カルデラ直下における地震波速度構造と低周波地震との関係について、文献レビューを実施した。

#### 【Alanis et al.(2012)(次頁参照)】

- 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、Alanis et al.(2012)をレビューした。
  - ・Alanis et al.(2012)によれば、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されている。
  - ・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されている。
  - ・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付近に蓄積されるものと推定されている。

#### 【Abe et al.(2010)(P76参照)】

- 阿蘇カルデラ直下の地震波速度構造( $V_s$ )を求めている、Abe et al.(2010)をレビューした。
  - ・Abe et al.(2010)によれば、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)を示すものと推定されている。
  - ・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とされている。
  - ・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して推定されている。



- 始良カルデラ直下及び阿蘇カルデラ直下では、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。
- 始良カルデラ及び阿蘇カルデラの状況を踏まえ、洞爺カルデラ及び支笏カルデラについて地震波速度構造からマグマ溜まりの状況を評価する際には、カルデラ直下の上部地殻内における低周波地震の分布状況についても考慮する。



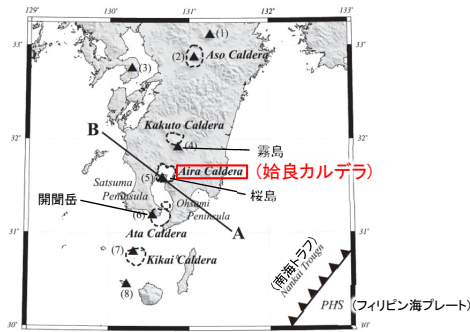
# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ⑥-3 地震波速度構造 (地震波速度構造と低周波地震との関係) (2/3)

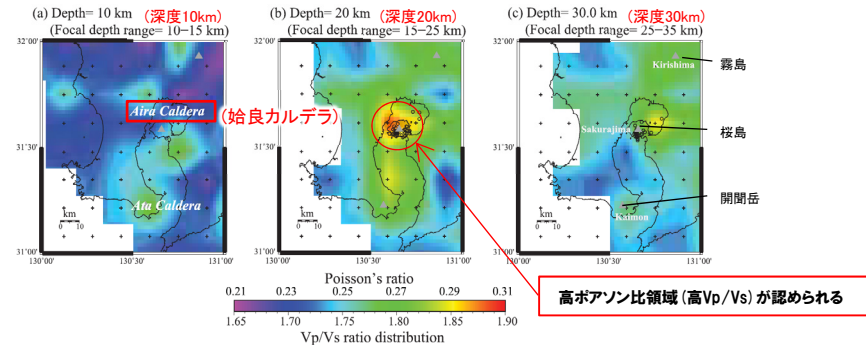
【Alanis et al. (2012)】

○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, Alanis et al. (2012) をレビューした。

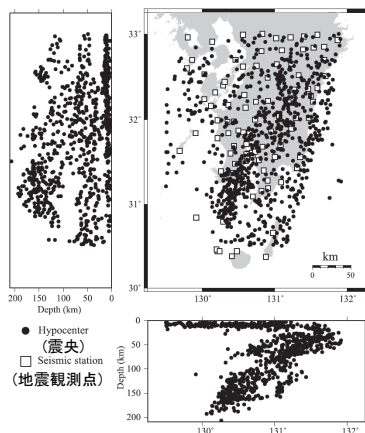
- Alanis et al. (2012) によれば, 始良カルデラ直下の深度20km付近には高ポアソン比 (高Vp/Vs) 領域が認められ, これは, 火山活動に関連した部分熔融域を示すものとされている。
- また, 下部地殻内の深度20km~30kmにおいて, 高ポアソン比 (高Vp/Vs) 領域と重なる範囲に低周波地震群が認められるとされている。
- これらのことから, マグマは深度30km付近で上部マントルから下部地殻へ貫入した後, 上昇して, 深度20km付近に蓄積されるものと推定されている。



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

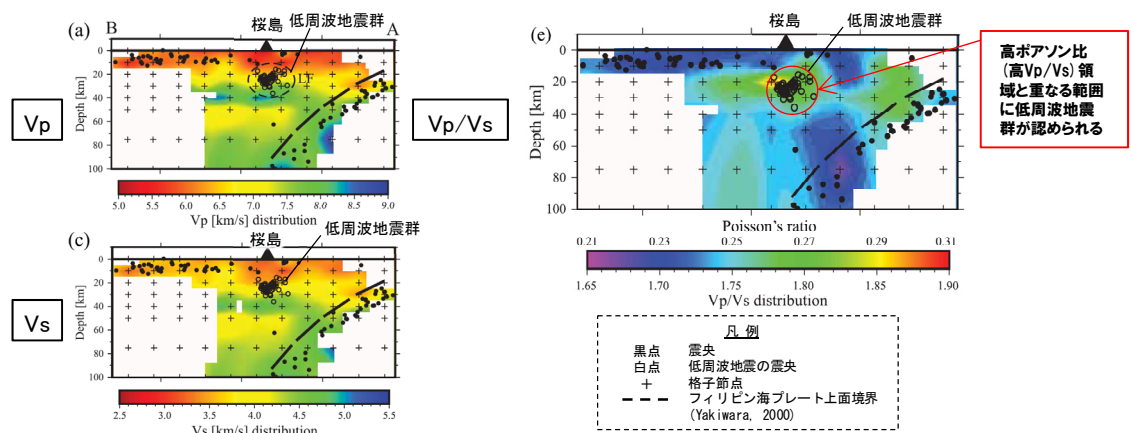


地震波速度構造 (Vp/Vs) (水平断面) (Alanis et al. (2012) に加筆)



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)

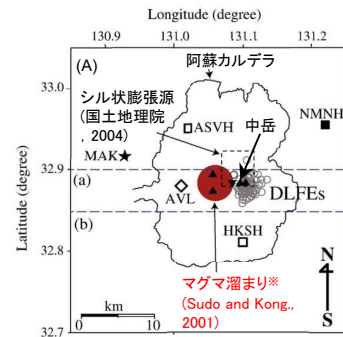
# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## ⑥-3 地震波速度構造(地震波速度構造と低周波地震との関係)(3/3)

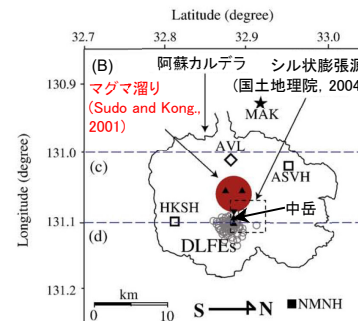
【Abe et al. (2010)】

○阿蘇カルデラ直下の地震波速度構造(Vs)を求めている, Abe et al. (2010)をレビューした。

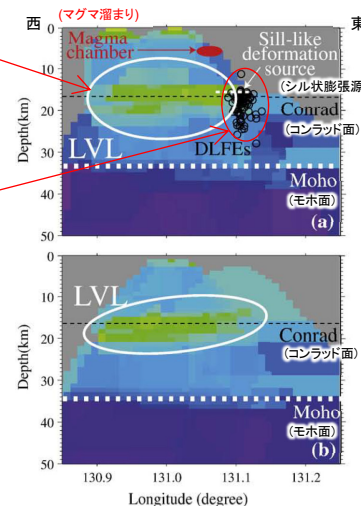
- Abe et al. (2010)によれば, カルデラ西部直下のコンラッド面付近の深度10~24kmに低速度領域が認められ, これは, 流体(多くとも15%のメルト若しくは30%の水を含む)を示すものと推定されている。
- この低速度領域は, カルデラの中一東部直下に認められる流体の移動に関連すると考えられるシル状の膨張源(国土地理院, 2004)及び低周波地震群の発生深度と一致し, これらの傍に分布するとされている。
- これらのことから, この低速度領域に含まれる流体は, 阿蘇カルデラの巨大噴火に関連していた可能性があると推定されている。



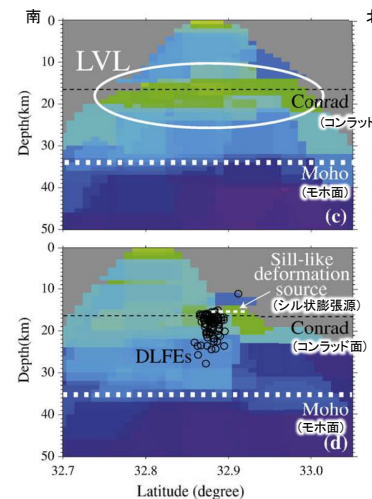
平面図 (A)



平面図 (B) (平面図 (A) を90° 時計回しさせた図)



(a), (b) 断面図



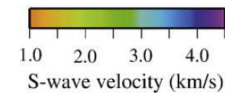
(c), (d) 断面図

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

※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100km<sup>3</sup>であり, 阿蘇4噴火時の総噴出量が200km<sup>3</sup>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



地震波速度構造 (Vs) (Abe et al. (2010) に加筆)

余白



# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## 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)

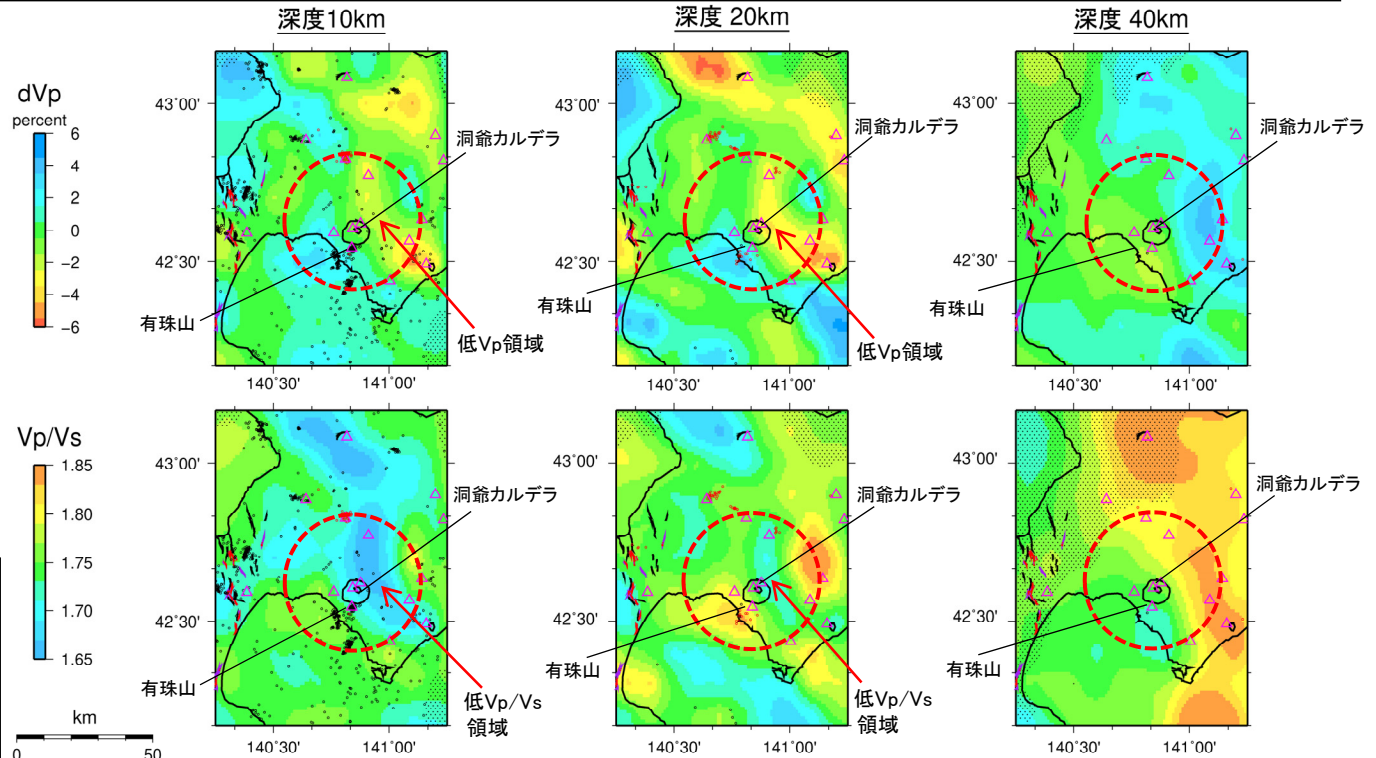
○防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が洞爺カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。

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

○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。

**【当社におけるマグマ溜まりの状況の評価方法】**

- 現在のマグマ溜まりの状況については、「カルデラ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」を以って評価を行う(P70~P73参照)。
- 地震波速度構造からマグマ溜まりの状況の評価する際には、カルデラ直下の上部地殻内における低周波地震の分布状況についても考慮する(P74~P76参照)。



**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
- 洞爺カルデラを中心とした、半径25kmの範囲

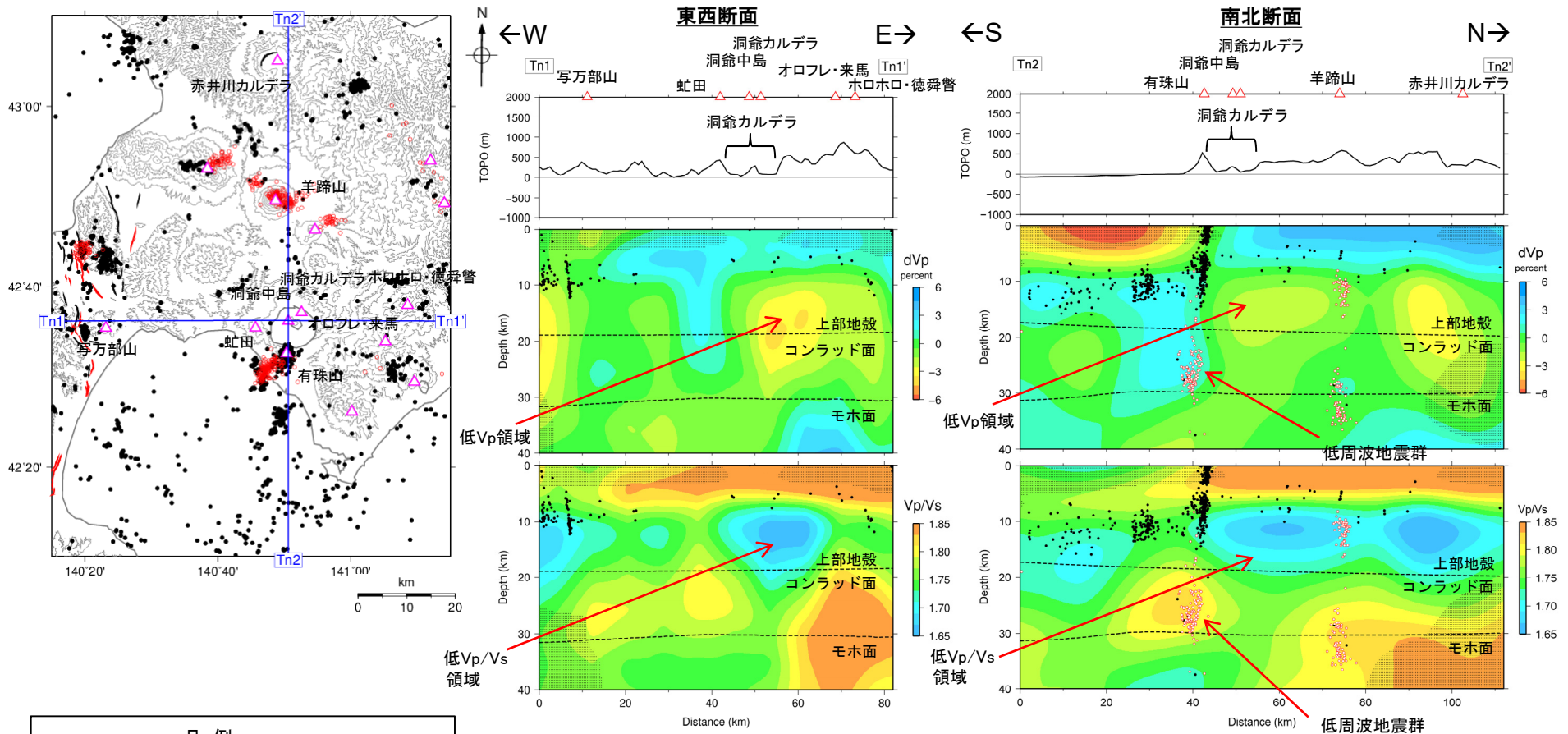
洞爺カルデラ周辺では、カルデラの北方-東方に、低Vpかつ低Vp/Vs領域が認められるが、顕著な低Vpかつ高Vp/Vs領域は認められない。

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)

# 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

## 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 ≥ 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±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。

## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### 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のまとめ)

#### 【巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ(P69参照)】

- 地震波速度構造に関する検討を実施するに当たり、巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージを把握するため、文献レビューを実施した。
- 巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりは、カルデラを超える範囲で部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、火山直下の上部地殻における巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して、地震波速度構造に関する検討により、現在のマグマ溜まりの状況を評価する。

#### 【地震波速度構造によるマグマ溜まりの状況の評価方法(P70~P73参照)】

- 地震波速度構造からマグマ溜まりの状況の評価する方法について、文献レビューを実施した。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラに関する、現在のマグマ溜まりの状況については、「カルデラ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」を以って評価を行う。

#### 【地震波速度構造と低周波地震との関係(P74~P76参照)】

- 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。
- このため、カルデラ直下における地震波速度構造と低周波地震との関係について、文献レビューを実施した。
- 始良カルデラ直下及び阿蘇カルデラ直下では、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。
- 始良カルデラ及び阿蘇カルデラの状況を踏まえ、洞爺カルデラ及び支笏カルデラについて地震波速度構造からマグマ溜まりの状況を評価する際には、カルデラ直下の上部地殻内における低周波地震の分布状況についても考慮する。



#### 【洞爺カルデラにおける地震波速度構造(P78~P79参照)】

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



- 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。



## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### (参考) - 火砕流シミュレーション(概要) -

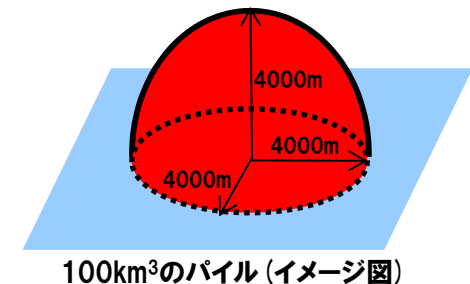
一部修正 (H26/3/12審査会合)

- 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 <sup>3</sup>	100	洞爺カルデラ総噴出量150km <sup>3</sup> (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 <sup>3</sup> (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 <sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> 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



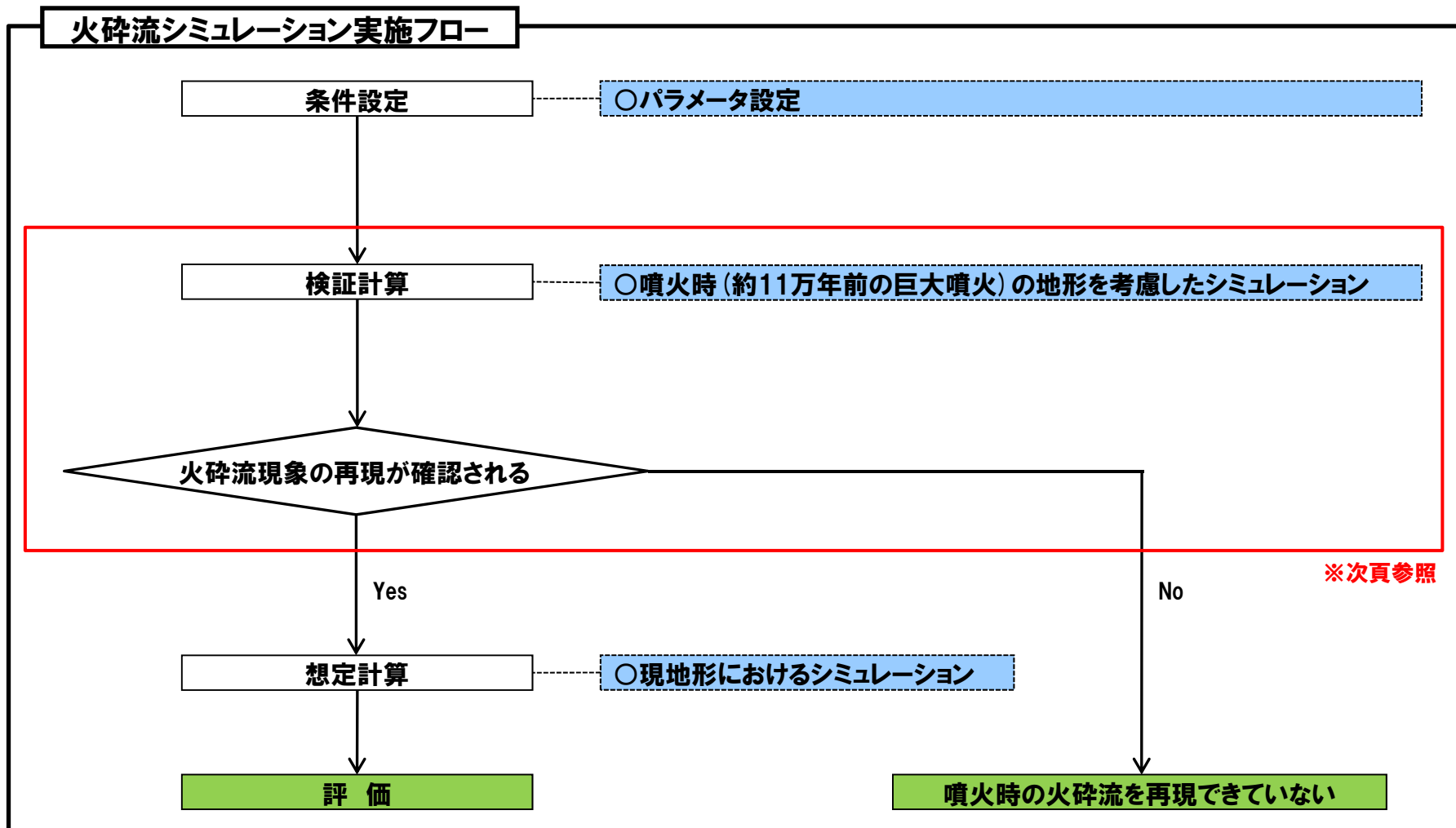
- 火砕流シミュレーションの結果、約11万年前の巨大噴火と同規模の噴火を考慮しても、火砕流が敷地に影響を及ぼす可能性は小さいものと考えられる。

## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

(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。



## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### (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】

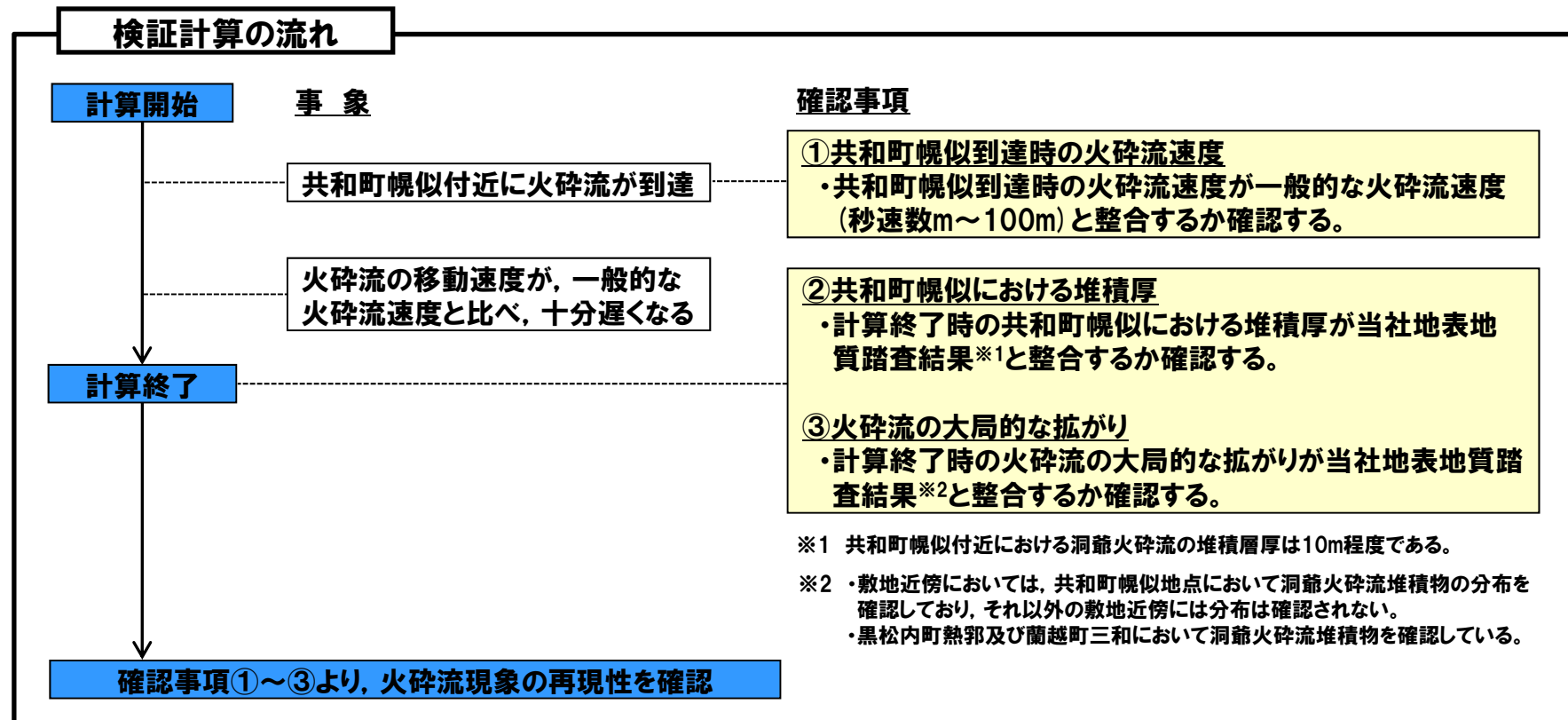
○約11万年前の巨大噴火時には、以下の理由から、羊蹄山及び尻別岳は山体が形成されていないものと推定されるため、山体が占める範囲は周辺の地形と同様な標高300mとしてシミュレーションを実施した。

・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。





## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

(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

## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

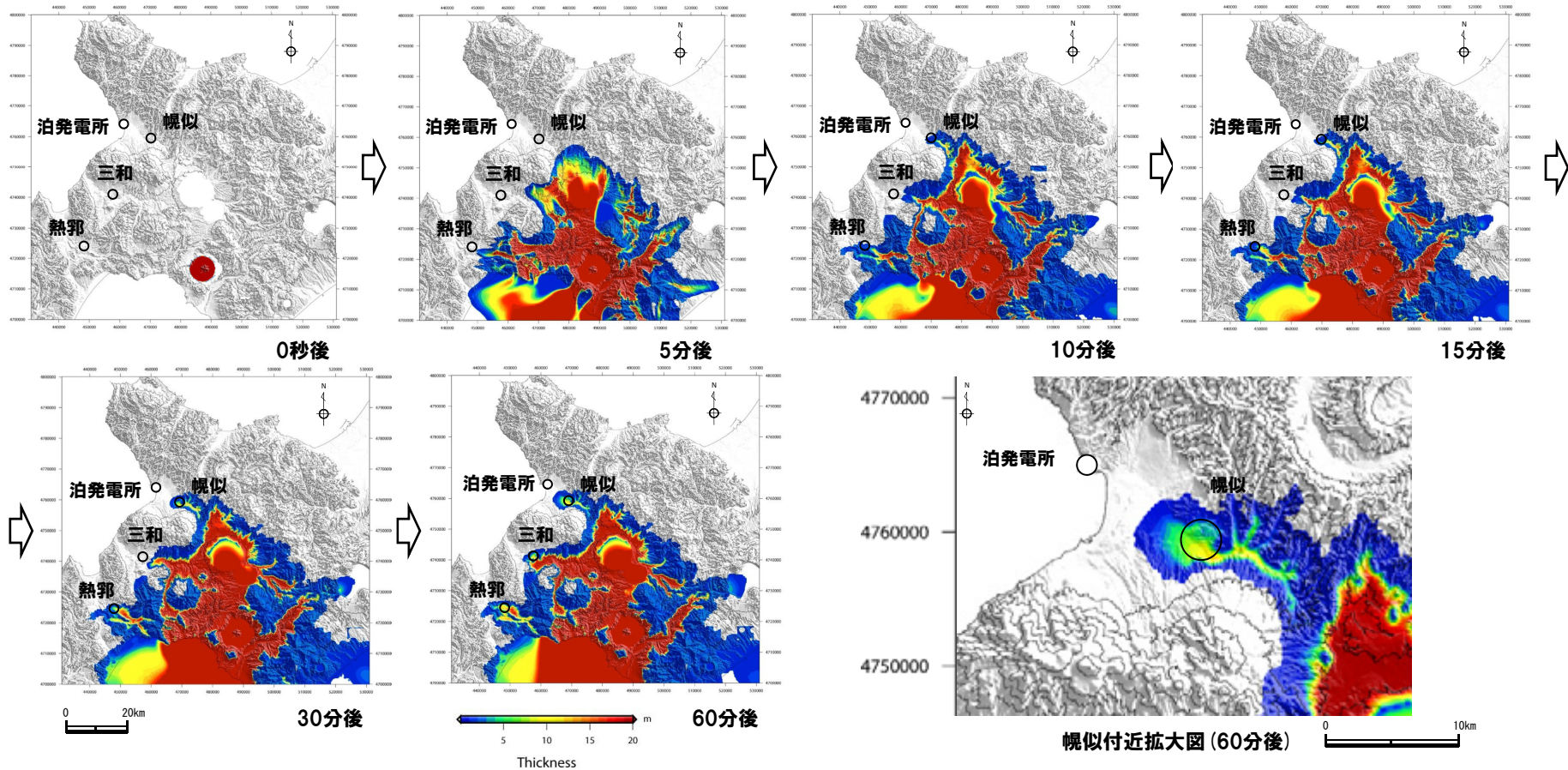
(参考) - 火砕流シミュレーション (検証計算結果) -

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。



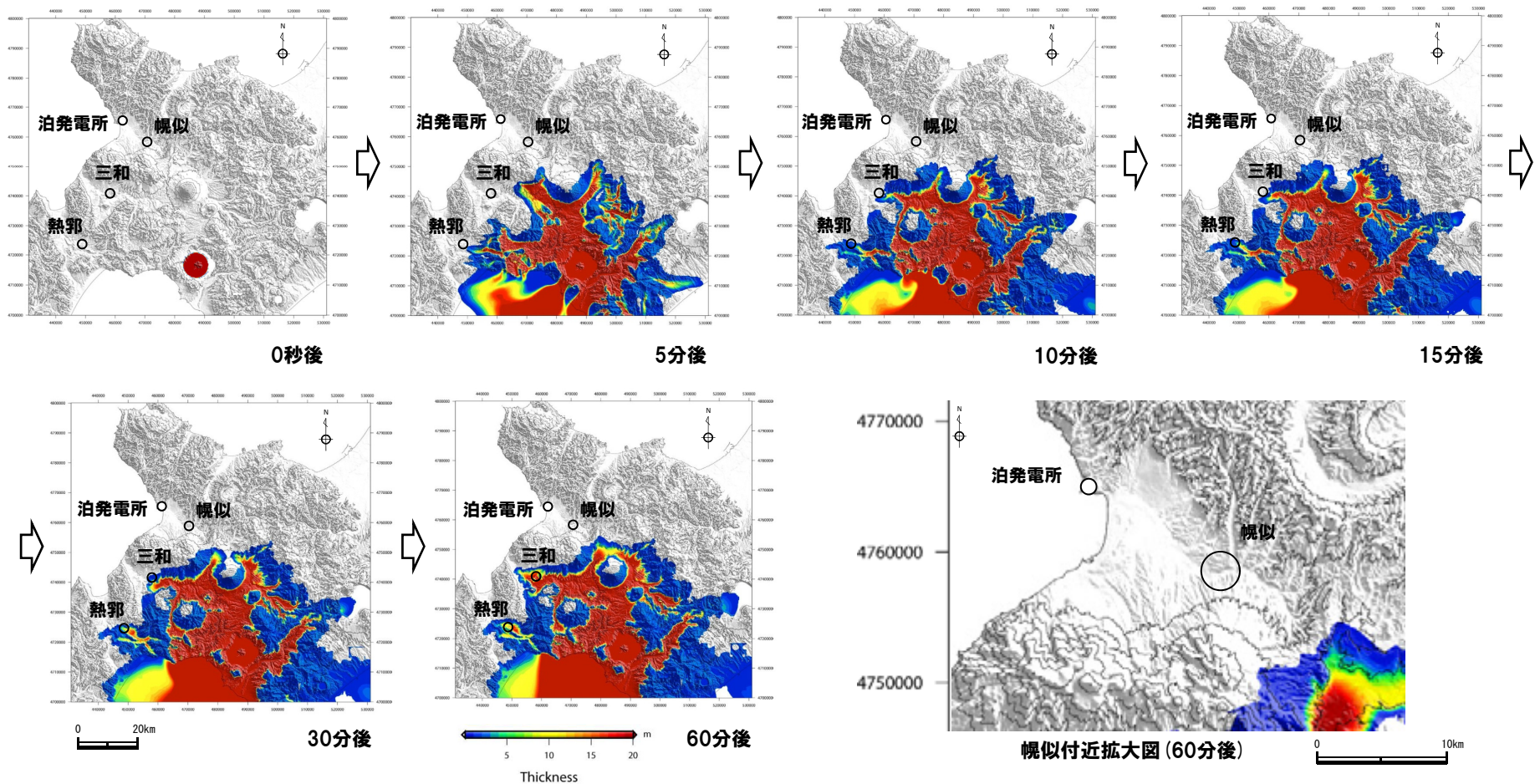


## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

(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。



## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### 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及び洞爺火山灰(Toya)を噴出した噴火であり、以降は洞爺中島及び有珠山が活動する後カルデラ期である。
- 約11万年前に洞爺火砕流及び洞爺火山灰(Toya)を噴出した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、参考として約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)

## 2.2.2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)

### 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。

余白





## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1) 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225km<sup>3</sup> (マグマ噴出量DRE: 139.5km<sup>3</sup>) 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、樽前山の約1.6km<sup>3</sup> ※1である(山元, 2014)。

※1 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 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1) を噴出した噴火であり、以降は風不死岳、恵庭岳及び樽前山が活動する後カルデラ期である。
- 約5~4万年前に支笏火砕流 (Spfl) 及び支笏第1降下軽石 (Spfa-1) を噴出した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 (P94参照)、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検討する※2、※3。

#### (地球物理学的調査)

- ・火山性地震 (P96~P100参照)
- ・地殻変動 (P101~P109参照)
- ・地震波速度構造 (P110~P112参照)

※2 支笏カルデラにおける巨大噴火は、約5~4万年前の噴火のみであり、巨大噴火の活動間隔及び最後の巨大噴火からの経過時間についての整理はできないため、地球物理学的調査の結果から検討を実施する。

※3 地球物理学的調査のうち、地下の流体に関する評価手法として、地震波速度構造に関する検討及び比抵抗構造に関する検討がある。地震波速度構造は、Vp/Vsの高低によりメルトを示唆するのか、水を示唆するのかを区別できるとされている一方、比抵抗構造は、メルトや水などの流体に敏感であるとされている。このことを踏まえ、現在のマグマ溜まりの状況の評価においては、地震波速度構造を用いて評価を行う。

なお、重力構造については、横山・青田 (1963) によれば、支笏カルデラにおいて低重力異常が観測されるとされているものの、重力構造とマグマ溜まりの関係についての記載は特段なされていない。

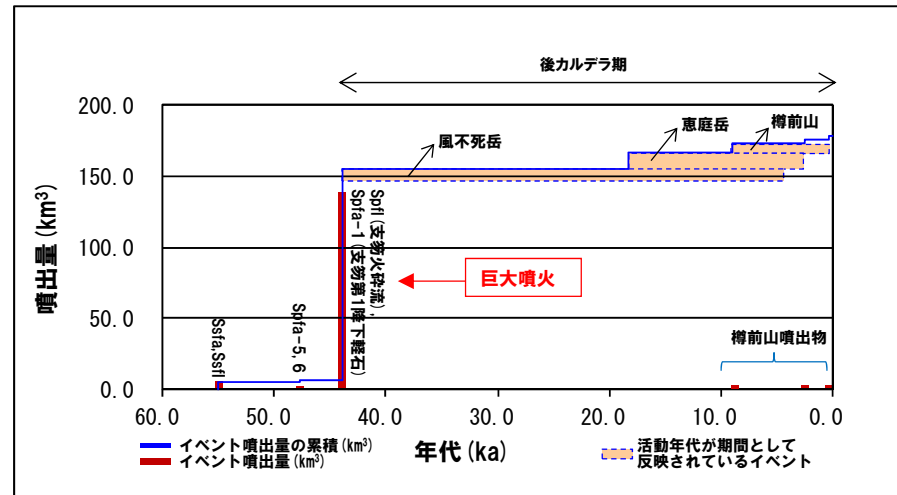
# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## 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

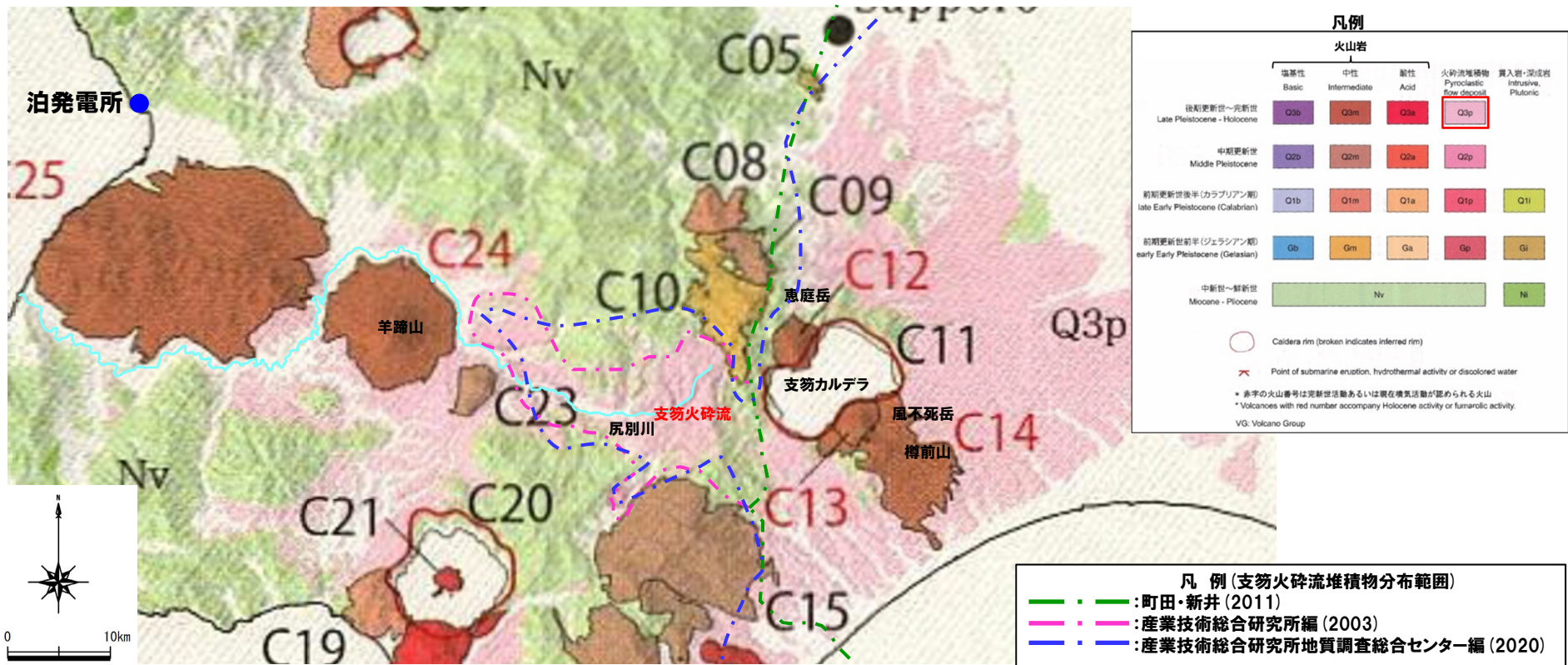


## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### ③ 火砕流堆積物の分布状況

一部修正 (H25/12/18審査会合)

- 支笏火砕流堆積物 (Spfl) は、町田・新井 (2011), 産業技術総合研究所編 (2003) 等によれば、支笏カルデラ周辺に広範囲に認められ、敷地方向では羊蹄山付近まで認められる。
- なお、当該火砕流堆積物は、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, P25再掲)



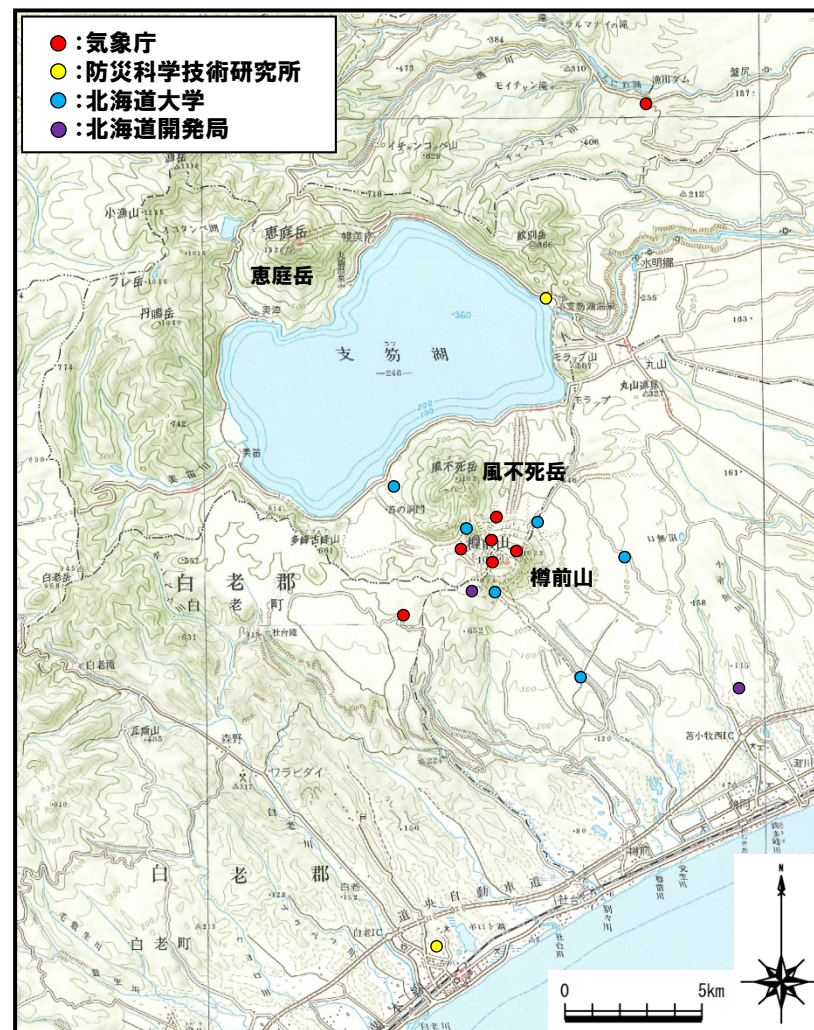
余白

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## 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。



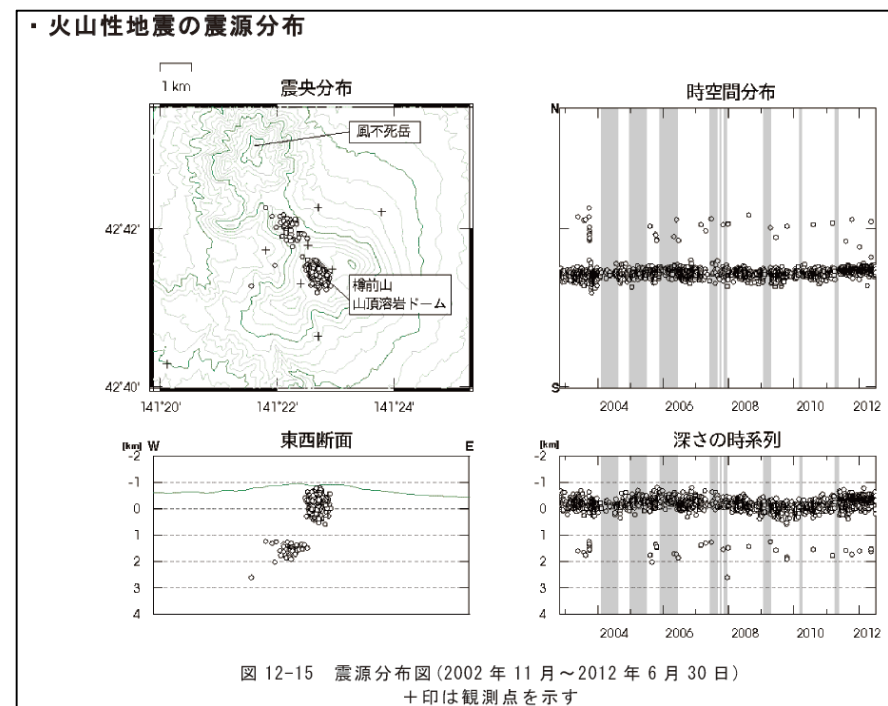
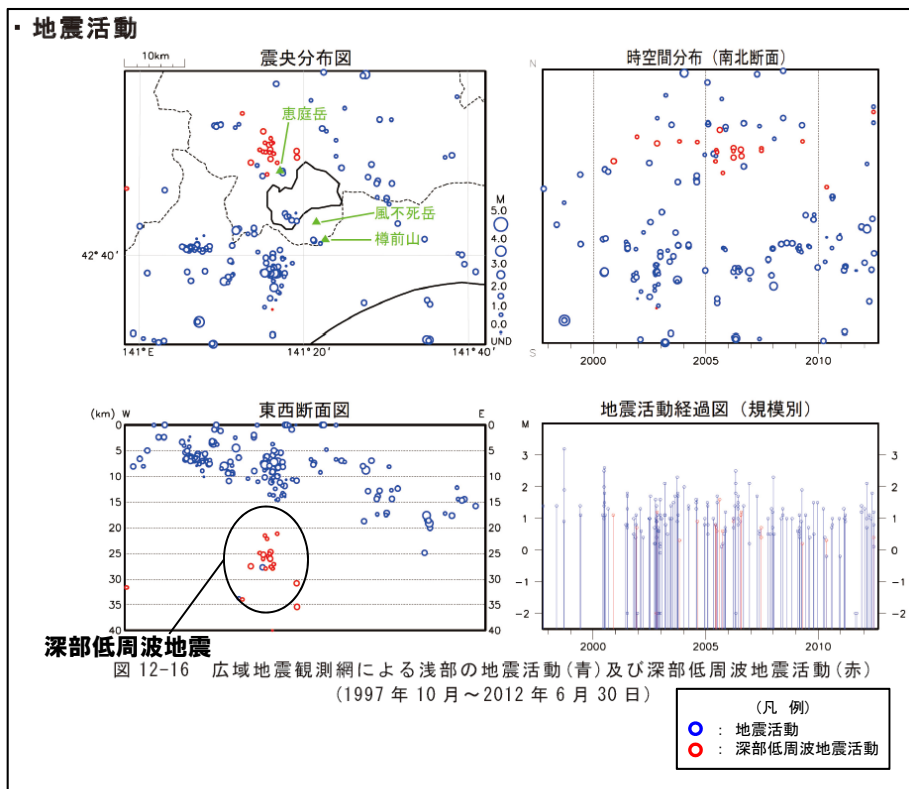
支笏カルデラ周辺の地震計位置図  
 (「日本活火山総覧(第4版)」に基づき作成)

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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。



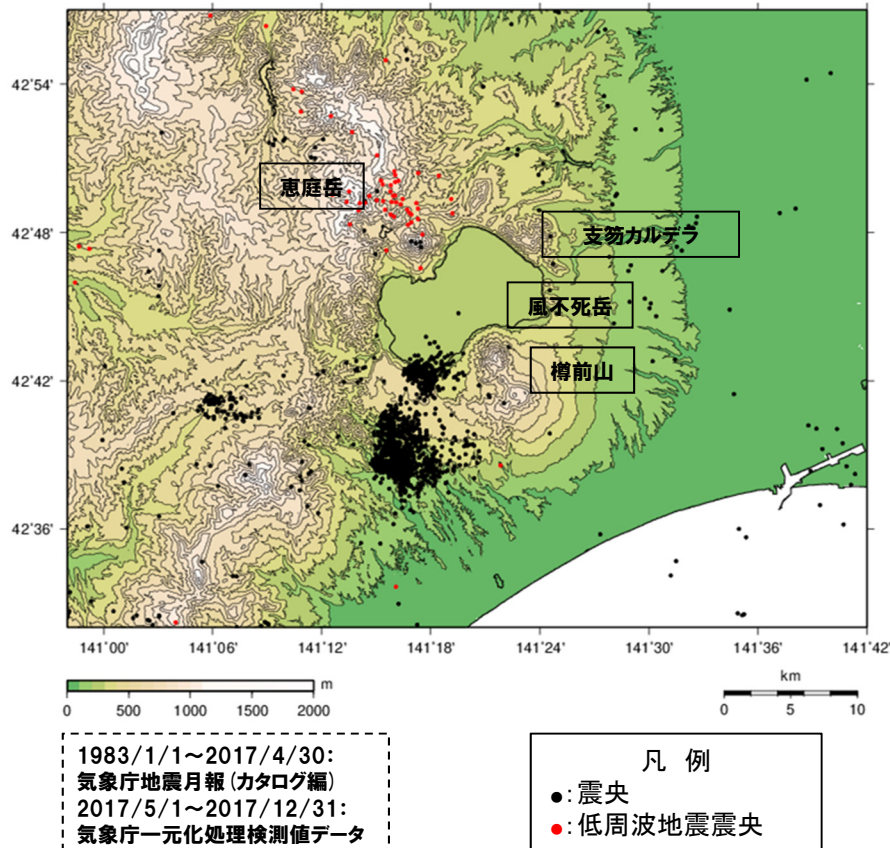
樽前山の火山性地震  
(2002年11月~2012年6月30日, 「日本活火山総覧(第4版)」)

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

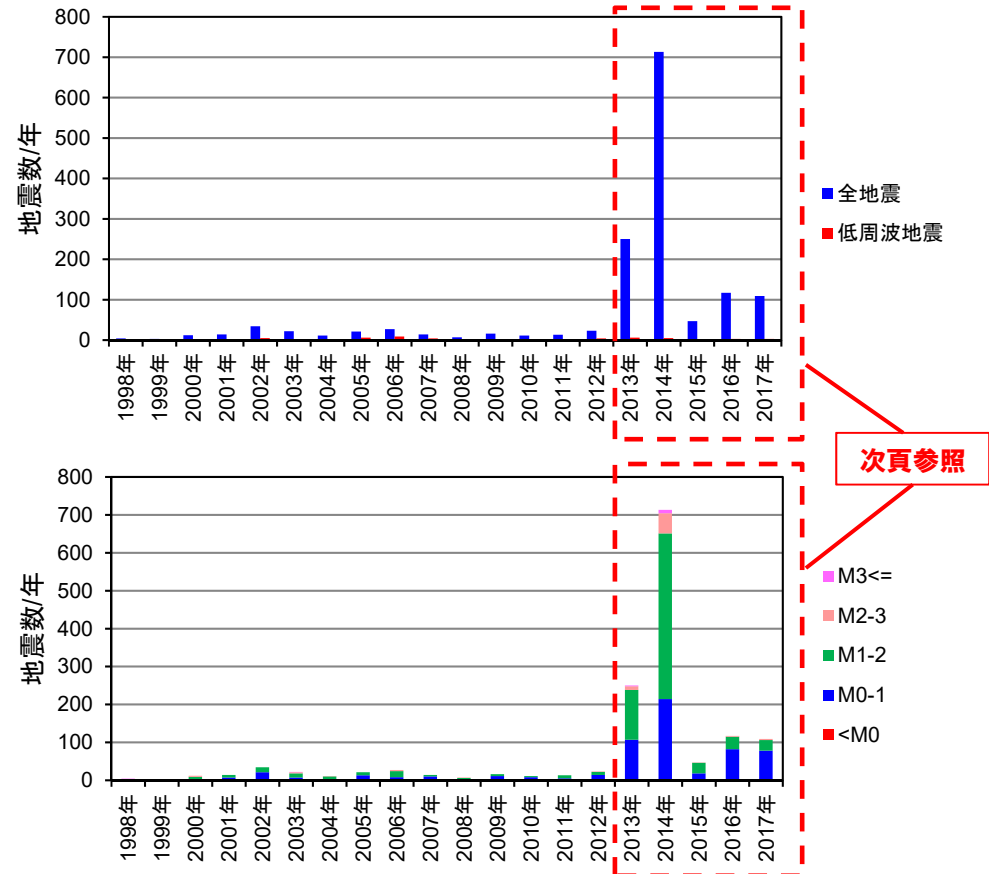
# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## 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)



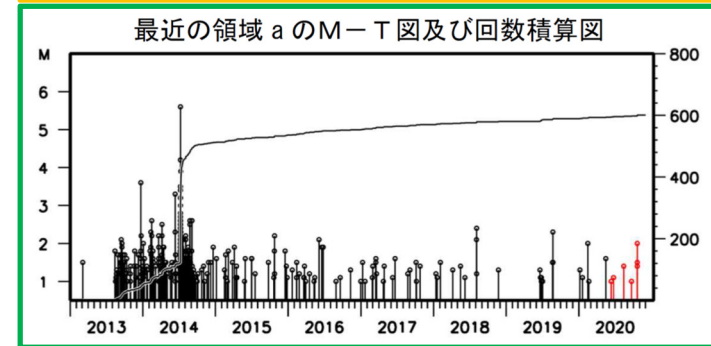
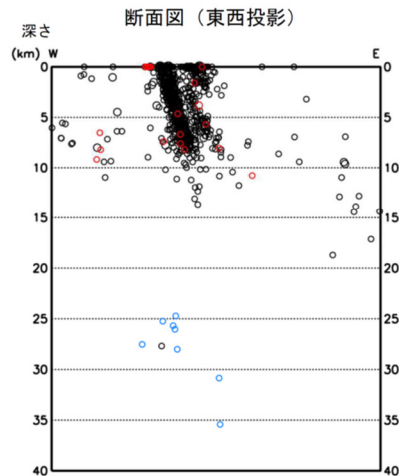
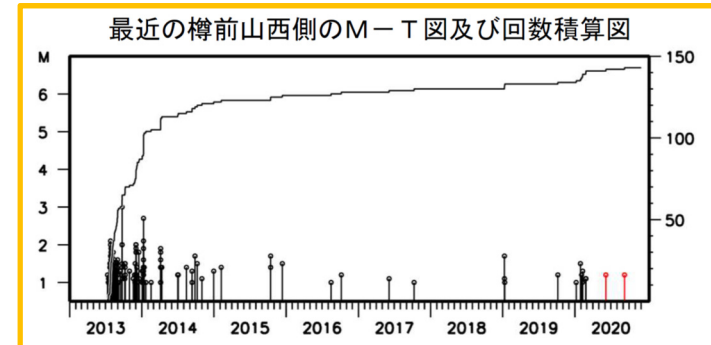
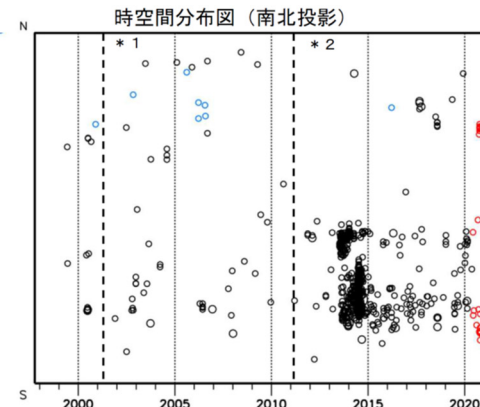
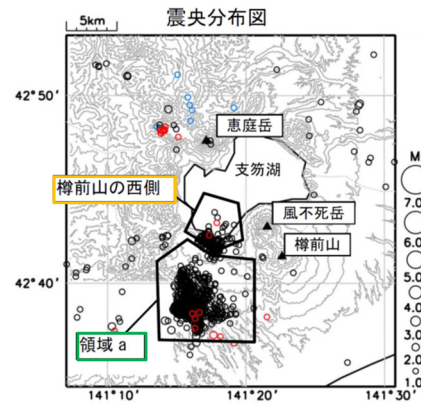
地震発生数の年別時間変化(1998～2017年、深さ40km以浅)



## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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

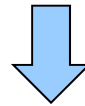
- : 1997年10月1日～2020年5月31日
  - : 2020年6月1日～2020年11月30日
  - : 深部低周波地震
  - \* 1 : 2001年10月以降、Hi-netの追加に伴い検知能力が向上している。
  - \* 2 : 2010年10月以降、火山観測点の追加に伴い検知能力が向上している。
- 2020年4月18日から10月23日までの地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、その前後の期間と比較して微小な地震での震源決定数の変化(増減)が見られる。2020年9月以降の震源は、地震観測点の標高を考慮する等した新手法で求められている。この地図の作成には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

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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。

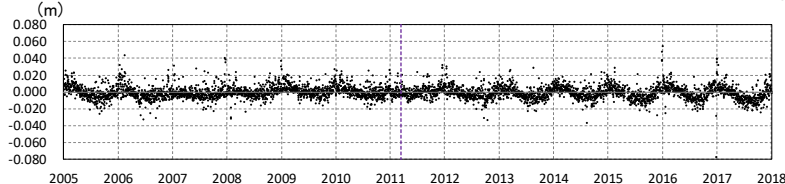
# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## ⑤-1 地殻変動(上下変動)(1/3)

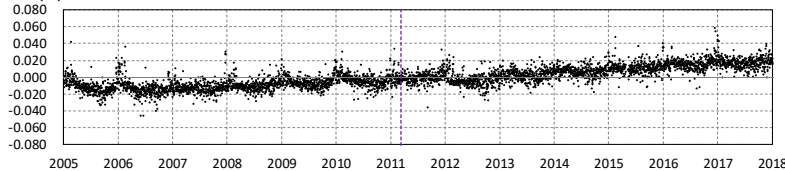
- 国土地理院の電子基準点データを用いて、支笏カルデラ周辺の地殻変動について解析を行った(対象期間:2005年1月~2017年12月)。
- 支笏カルデラ域の6基準点※(札幌、大滝、恵庭、白老、苫小牧及び千歳)の年間上下変動量を示す。
- 各基準点とも、年間上下変動量に大きな変動はなく、顕著な隆起や沈降の傾向は認められない。
- 次頁~P109に、東北地方太平洋沖地震発生前後(下表赤枠部)の年間変動ベクトル図(上下)を示す。

※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。

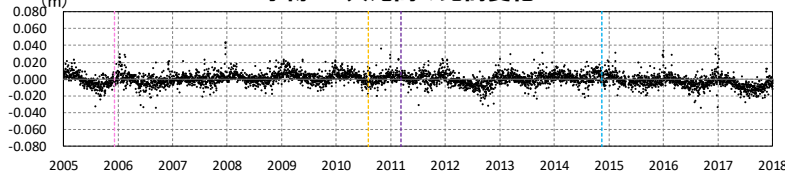
--- 東北地方太平洋沖地震    - - - 伐木 '05.12 (恵庭)    - - - 伐木 '10.8 (恵庭)    - - - 伐木 '14.11 (恵庭)    - - - 伐木 '10.8 (千歳)    - - - 伐木 '14.11 (白老)    - - - 伐木 '15.6 (苫小牧)



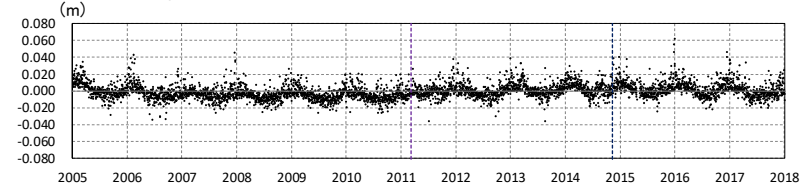
小樽1-札幌間の比高変化



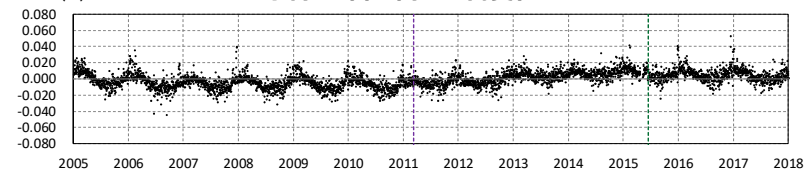
小樽1-大滝間の比高変化



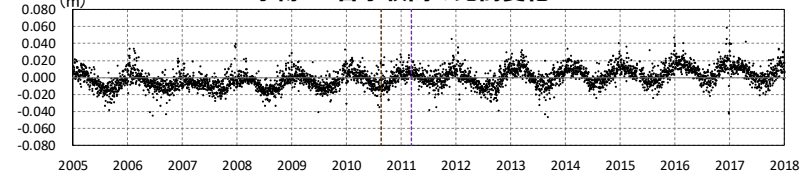
小樽1-恵庭間の比高変化



小樽1-白老間の比高変化



小樽1-苫小牧間の比高変化

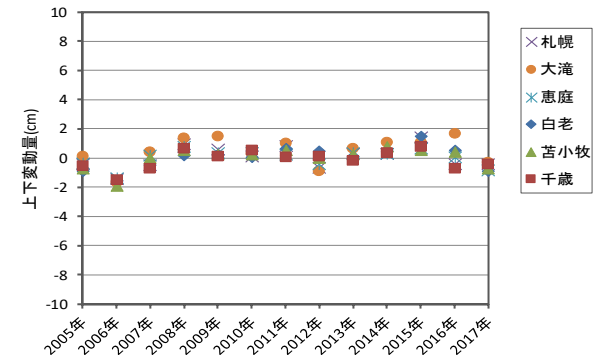


小樽1-千歳間の比高変化

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年



年間上下変動量のグラフ

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

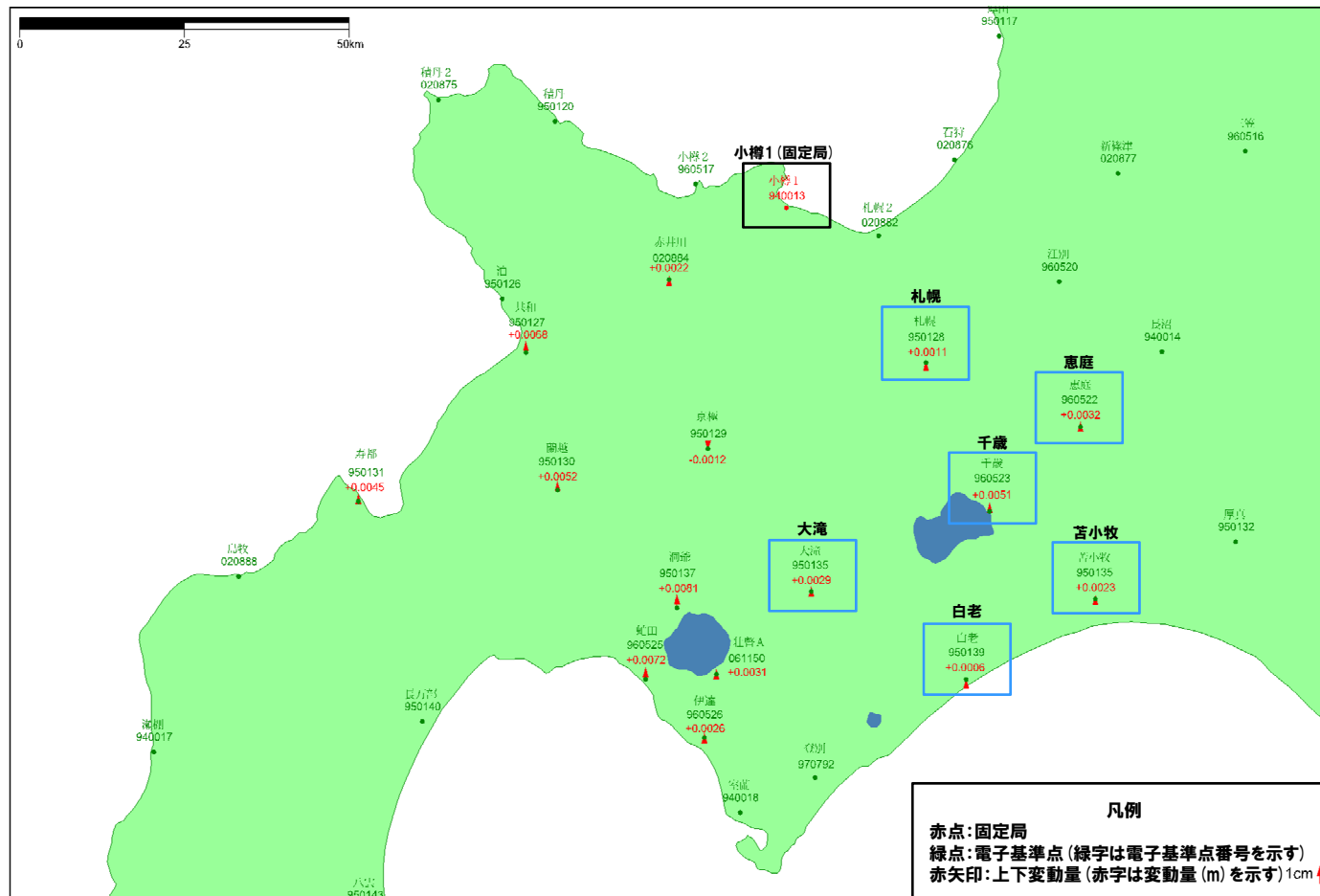
### ⑤-1 地殻変動(上下変動)(2/3)

- 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)

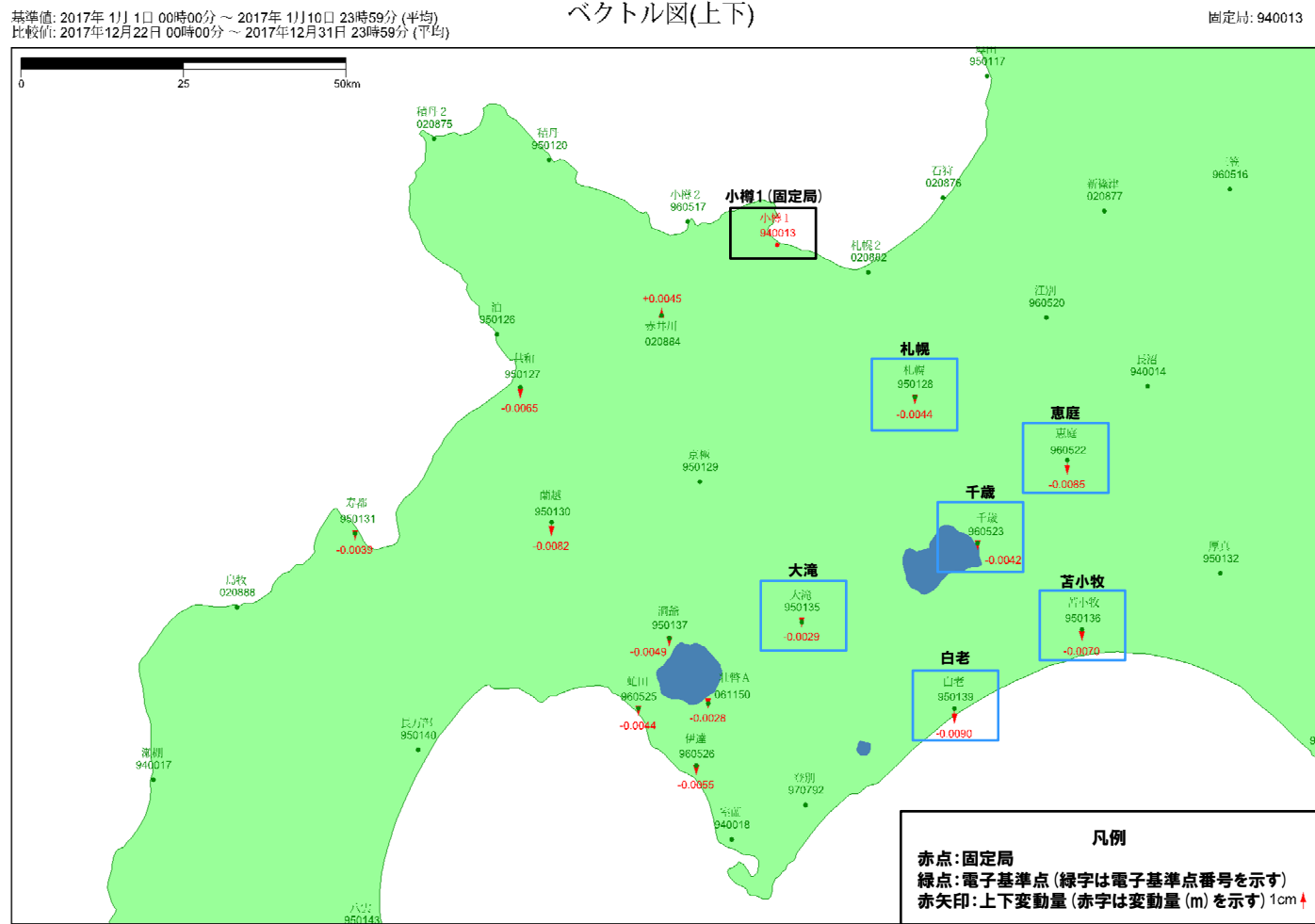
補正有り(F3180626.dat)



# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## 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)

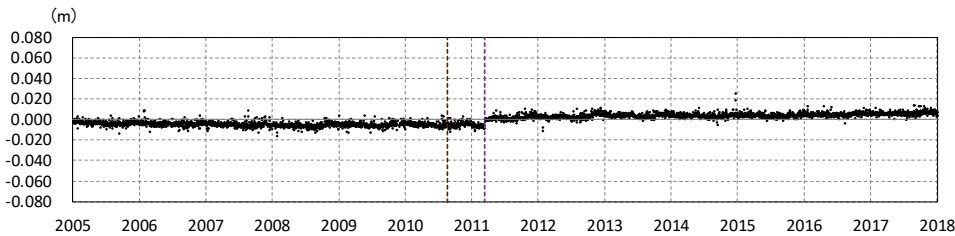
## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### ⑤-2 地殻変動(基線長変化)

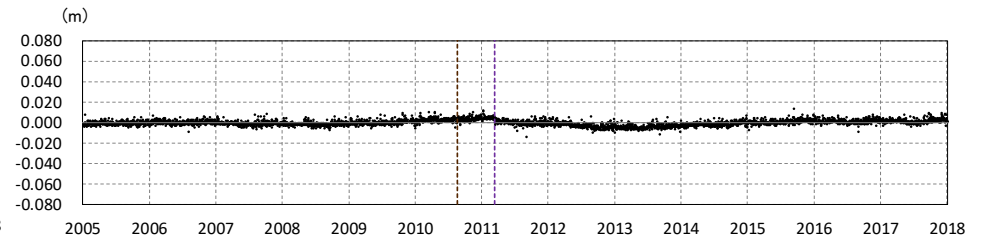
○支笏カルデラ域の6観測点(札幌, 大滝, 恵庭, 白老, 苫小牧及び千歳)を結んだ5基線の基線長変化を示す(対象期間:2005年1月~2017年12月)。

○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。

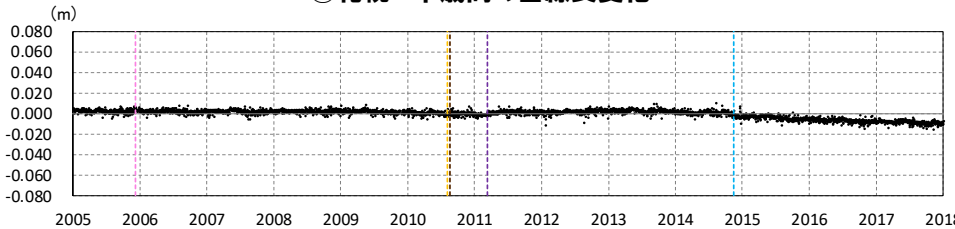
--- 東北地方太平洋沖地震 --- 伐木 '05.12 (恵庭) --- 伐木 '10.8 (千歳) --- 伐木 '14.11 (恵庭) --- 伐木 '10.8 (千歳) --- 伐木 '14.11 (白老) --- 伐木 '15.6 (苫小牧)



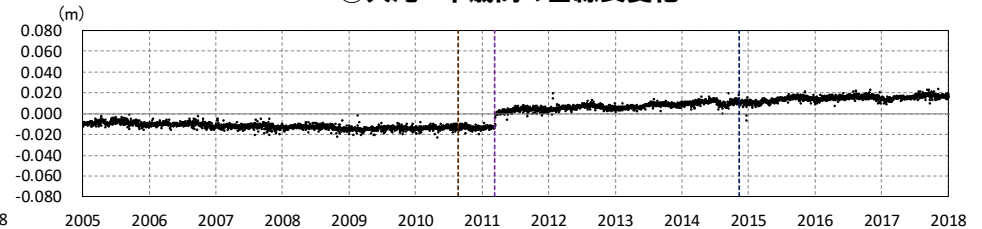
①札幌-千歳間の基線長変化



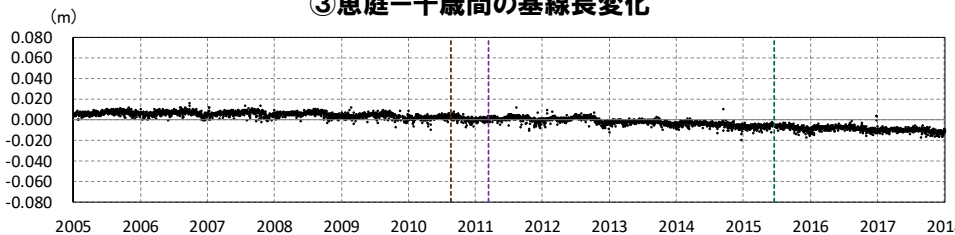
②大滝-千歳間の基線長変化



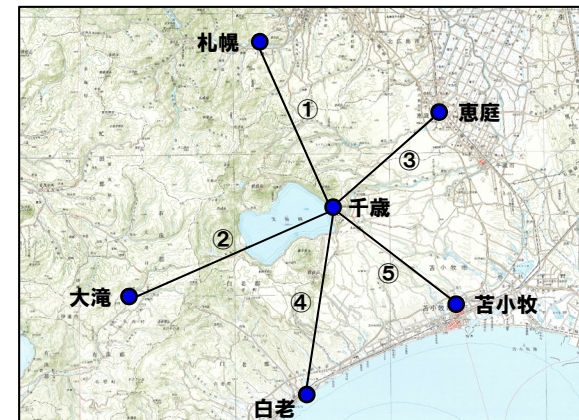
③恵庭-千歳間の基線長変化



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

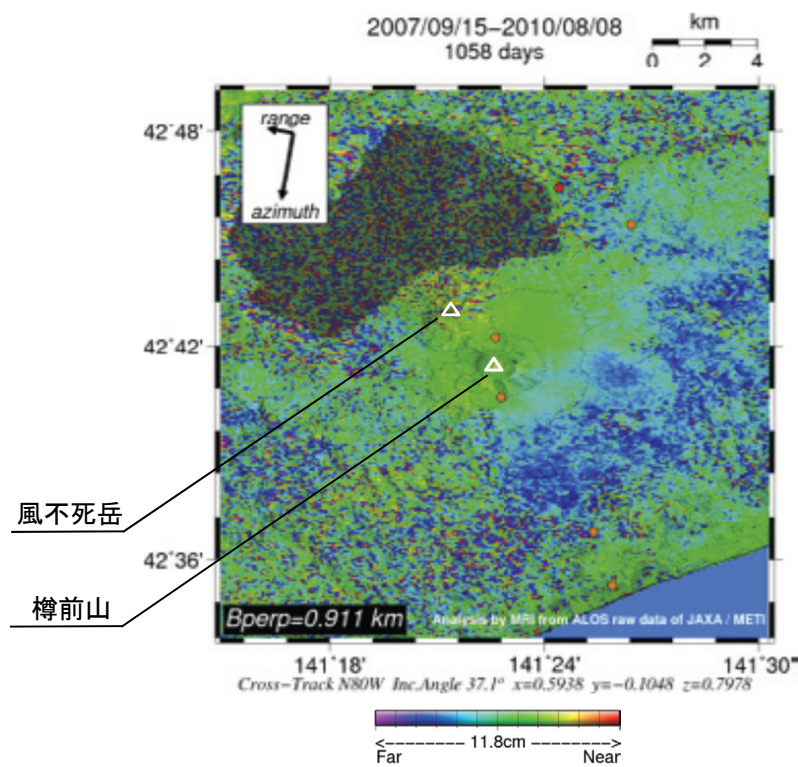
## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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)※】

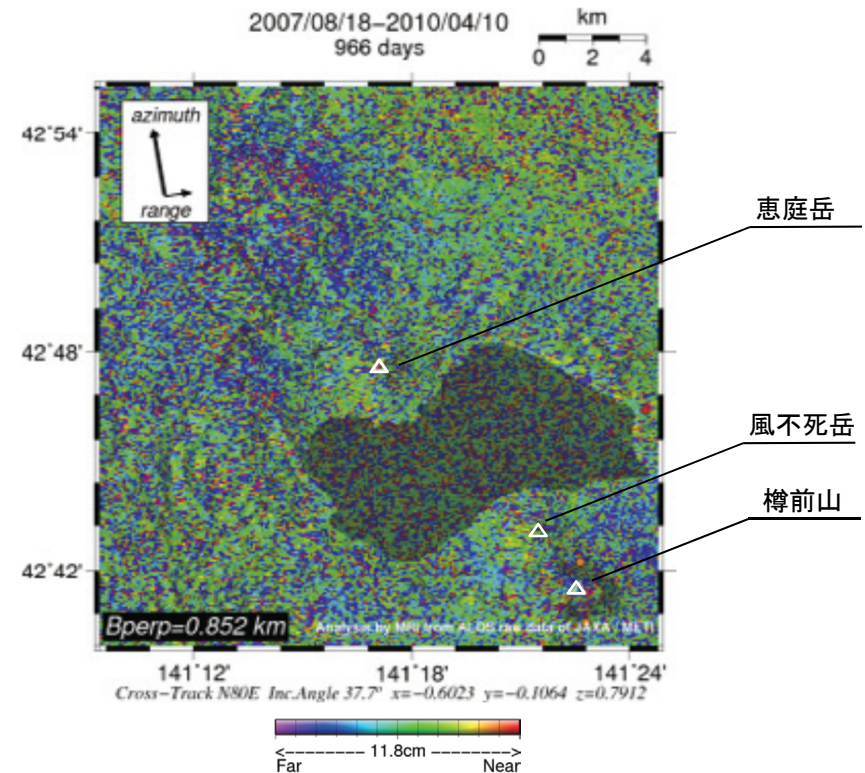
- 支笏カルデラ周辺における干渉SAR解析結果が示されており, 樽前山について, 「山頂溶岩ドームにおいて, 局所的な衛星に近づく方向の位相差が認められた」とされている。
- 風不死岳及び恵庭岳については, その特徴についての記載はない。

※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)



# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

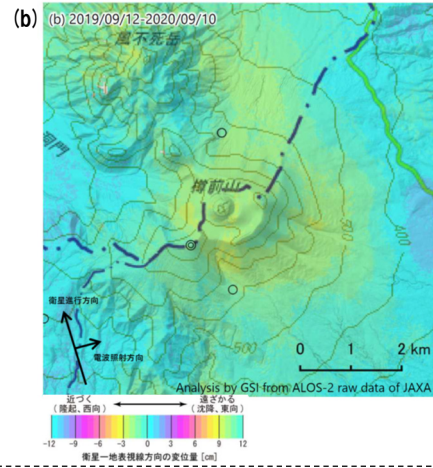
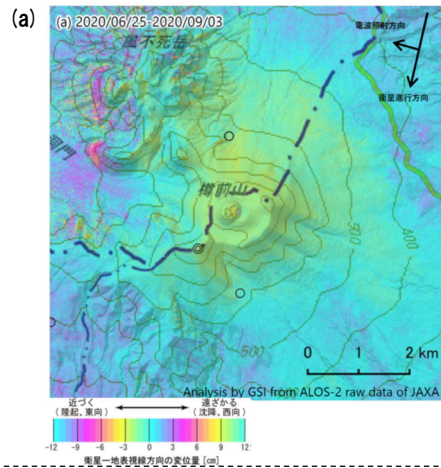
## ⑤-3 地殻変動(干渉SAR) (2/2)

【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)】

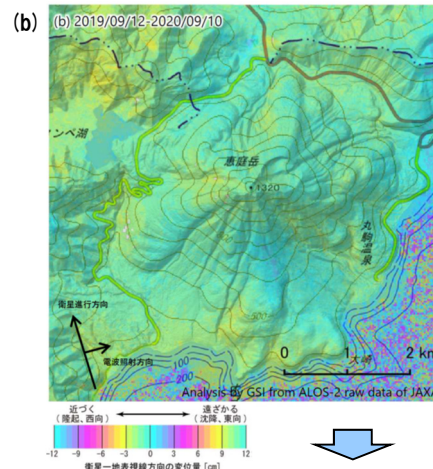
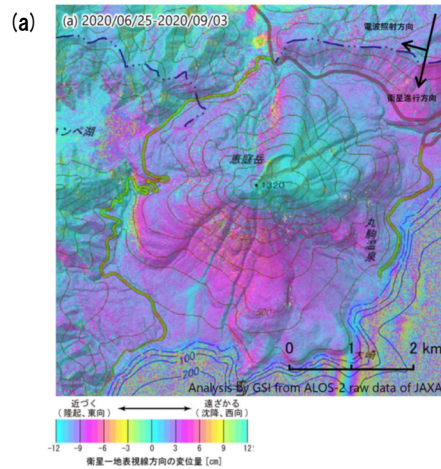
○恵庭岳周辺における干渉SAR解析結果について、「ノイズレベルを超える変動は見られません」とされている。



	(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

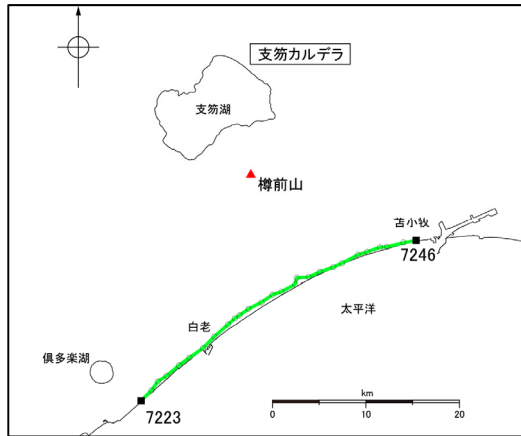
恵庭岳周辺における  
干渉SAR解析結果(国土地理院  
(気象庁(2020)に加筆)

○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。

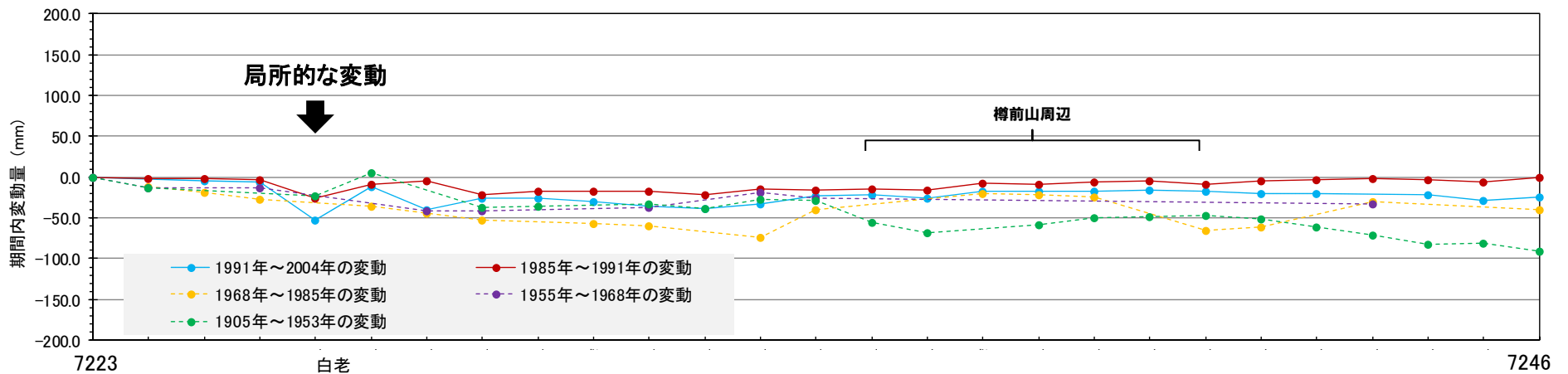
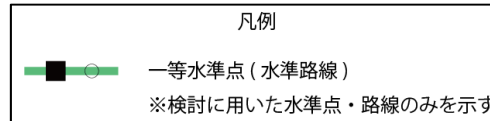
## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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)

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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(P58参照)。

#### 【地殻変動(上下変動及び基線長変化)】

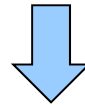
○支笏カルデラ域での顕著な隆起や沈降、膨張や収縮は認められない。

#### 【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。

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### ⑥-1 地震波速度構造(支笏カルデラにおける地震波速度構造)(1/2)

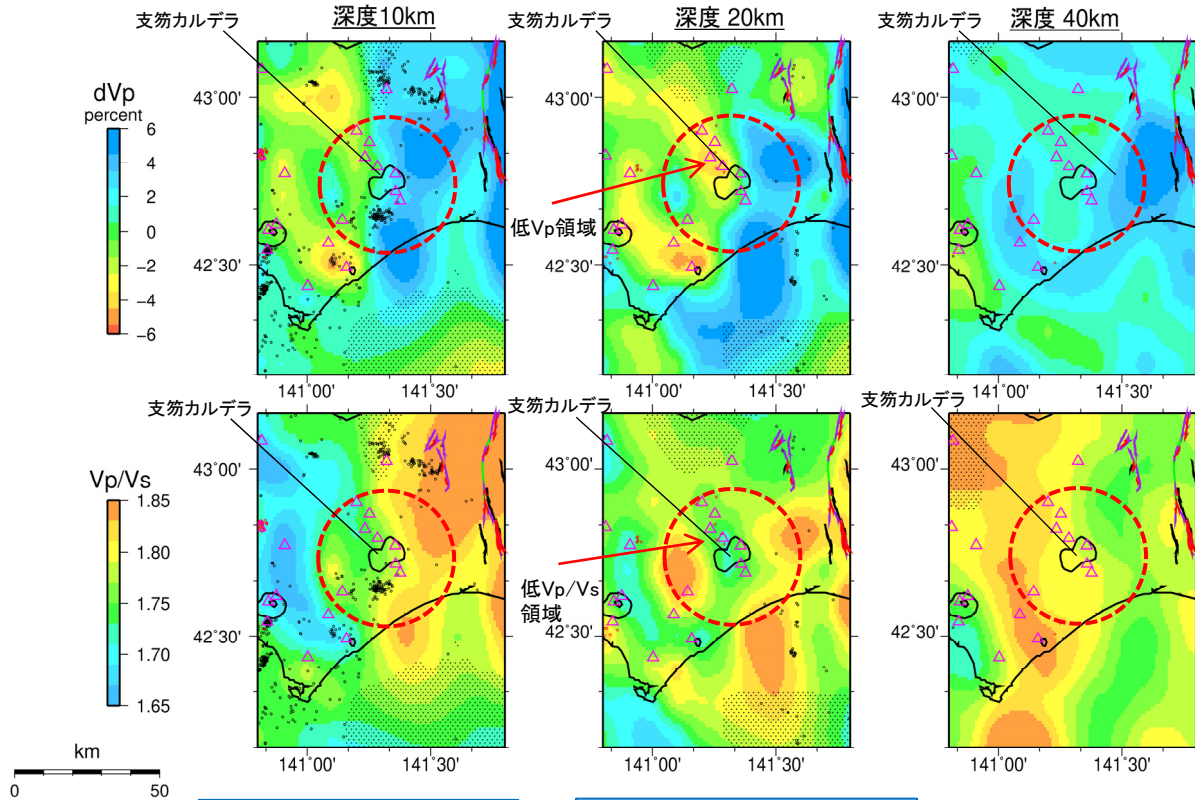
○防災科学技術研究所HP上では、「日本列島下の三次元地震波速度構造(海域拡大2019年度版)」として、Hi-net、F-net及びS-netの観測網による地震記録を用いた、海域を含む日本全国を対象とした地震波トモグラフィ解析結果を公開している(解析手法等の詳細はMatsubara et al. (2019)に記載)。その公開データを用いて、当社が支笏カルデラ周辺における水平・鉛直断面図を作成した。

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

○また、支笏カルデラ直下の上部地殻内(約20km以浅)には、マグマや熱水等の流体の移動を示唆する低周波地震群は認められない。

**【当社におけるマグマ溜まりの状況の評価方法】**

- 現在のマグマ溜まりの状況については、「カルデラ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」を以って評価を行う(P70~P73参照)。
- 地震波速度構造からマグマ溜まりの状況の評価する際には、カルデラ直下の上部地殻内における低周波地震の分布状況についても考慮する(P74~P76参照)。



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)

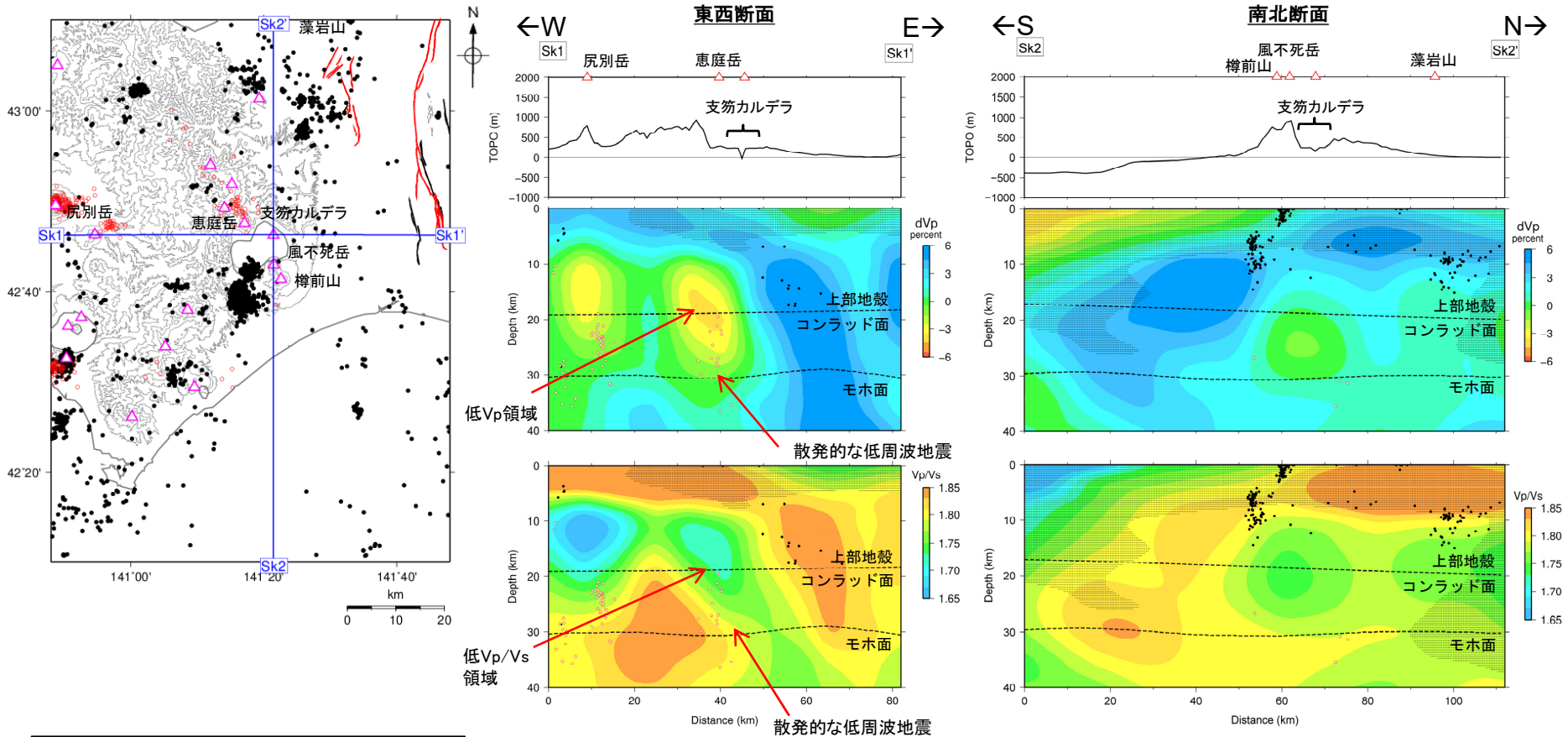
**凡例**

- △ 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 } 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



# 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

## ⑥-1 地震波速度構造(支笏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 ≥ 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。

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### ⑥-2 地震波速度構造(支笏カルデラにおける地震波速度構造のまとめ)

#### 【巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージ(P69参照)】

- 地震波速度構造に関する検討を実施するに当たり、巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりのイメージを把握するため、文献レビューを実施した。
- 巨大噴火に直接寄与するマグマ溜まりは、カルデラを超える範囲で部分熔融域が広がっているものと考えられる。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラについては、火山直下の上部地殻における巨大噴火が可能な量のマグマ溜まりが存在する可能性及び大規模なマグマの移動・上昇等の活動に着目して、地震波速度構造に関する検討により、現在のマグマ溜まりの状況を評価する。

#### 【地震波速度構造によるマグマ溜まりの状況の評価方法(P70~P73参照)】

- 地震波速度構造からマグマ溜まりの状況の評価する方法について、文献レビューを実施した。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラに関する、現在のマグマ溜まりの状況については、「カルデラ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」を以って評価を行う。

#### 【地震波速度構造と低周波地震との関係(P74~P76参照)】

- 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。
- このため、カルデラ直下における地震波速度構造と低周波地震との関係について、文献レビューを実施した。
- 始良カルデラ直下及び阿蘇カルデラ直下では、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。
- 始良カルデラ及び阿蘇カルデラの状況を踏まえ、洞爺カルデラ及び支笏カルデラについて地震波速度構造からマグマ溜まりの状況を評価する際には、カルデラ直下の上部地殻内における低周波地震の分布状況についても考慮する。



#### 【支笏カルデラにおける地震波速度構造(P110~P111参照)】

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



- 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。

## 2.2.3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)

### 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(Spfl)及び支笏第1降下軽石(Spfa-1)を噴出した噴火であり、以降は風不死岳、恵庭岳及び樽前山が活動する後カルデラ期である。
- 約5～4万年前に支笏火砕流(Spfl)及び支笏第1降下軽石(Spfa-1)を噴出した噴火を対象に、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。

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
<b>2. 立地評価</b>	<b>P. 10</b>
2. 1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	P. 13
2. 2 運用期間中の火山の活動可能性評価	P. 17
2. 2. 1 過去に巨大噴火が発生した火山	P. 20
2. 2. 2 巨大噴火の可能性評価(洞爺カルデラ)	P. 31
2. 2. 3 巨大噴火の可能性評価(支笏カルデラ)	P. 91
<b>2. 3 設計対応不可能な火山事象に関する個別評価</b>	<b>P.115</b>
2. 4 モニタリング	P.171
2. 5 立地評価まとめ	P.198
3. 影響評価	P.201
3. 1 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価	P.205
3. 2 降下火砕物の影響評価	P.217
3. 2. 1 降下火砕物の層厚評価の概要	P.218
3. 2. 2 敷地周辺で確認される降下火砕物	P.221
3. 2. 3 降下火砕物シミュレーション	P.256
3. 2. 4 設計に用いる降下火砕物の層厚	P.298
3. 2. 5 降下火砕物の密度・粒径	P.299
3. 3 影響評価まとめ	P.301
参考文献	P.302



# 2.3 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

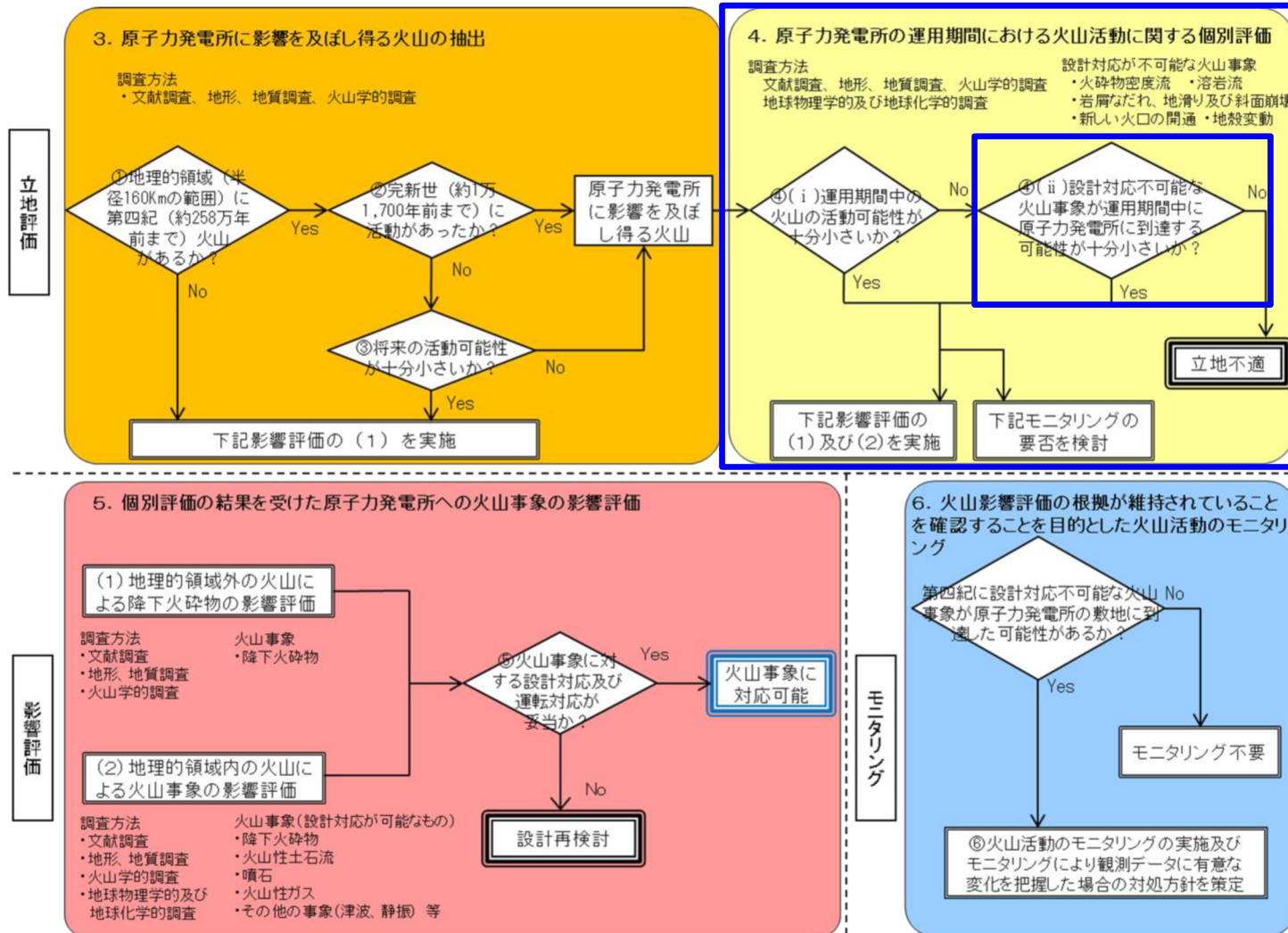


図1 本評価ガイドの基本フロー

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」原子力規制委員会 (2019)

## ① 評価概要

- 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(2.2章参照)、最後の巨大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。
- 洞爺カルデラ及び支笏カルデラ以外の11火山は、過去の最大規模の噴火について評価する。
- 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。

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 (P118~P146参照)	岩屑なだれ、 地滑り 及び斜面崩壊 (P147参照)	火砕物 密度流 (P148~P152参照)	新しい火口 の開口 (P154~P169参照)	地殻変動 (P154~P169参照)
		0~50km	0~50km	0~160km		
C11 支笏カルデラ	74.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C12 恵庭岳	68.6					
C13 風不死岳	77.7					
C14 樽前山	80.2					
C15 ホロホロ・徳舜誓	68.0	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C16 オロフレ・来馬	70.2	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C17 倶多楽・登別火山群	80.5	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C20 洞爺カルデラ	54.8	-	-	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C21 洞爺中島	55.1					
C22 有珠山	60.7					
C23 尻別岳	43.6	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C24 羊蹄山	33.8	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい	十分小さい
C25 ニセコ・雷電火山群	21.5	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 勝潤山	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



- 設計対応不可能な火山事象が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・地質層序、地形状況等から、火山噴出物の到達範囲を確認する。
- また、敷地から最も近い(約22km)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。
- さらに、ニセコ・雷電火山群については、過去に巨大噴火は発生していないものの、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(P125参照)、念のため、地震波速度構造に関する検討を実施し、既往最大の噴火規模以上の噴火が発生する可能性について評価する。

## 【ニセコ・雷電火山群】

- ・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、敷地を中心とする半径10kmの範囲において、ニセコ・雷電火山群の火山噴出物が認められるものの、敷地まで到達していない(P125参照)。
- ・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(P127参照)。
- ・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(P129～P131参照)。
- ・ニセコ・雷電火山群直下の上部地殻内には、現状、既往最大の噴火規模以上の巨大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(P133～P136参照)。

## 【羊蹄山】

- ・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(P138～P139参照)。
- ・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(P140参照)。
- ・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(P141～P143参照)。

## 【尻別岳】

- ・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(P144～145参照)。
- ・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(P146参照)。



- 溶岩流が敷地に到達する可能性は十分小さいと評価される。