資料1－1

志賀原子力発電所2号炉
火山影響評価について
（コメント回答）

2024年 12月 20日

北陸電力株式会社

Copyright　2024　Hokuriku Electric Power Co., Inc.　All Rights Reserved.

北陸電力株式会社

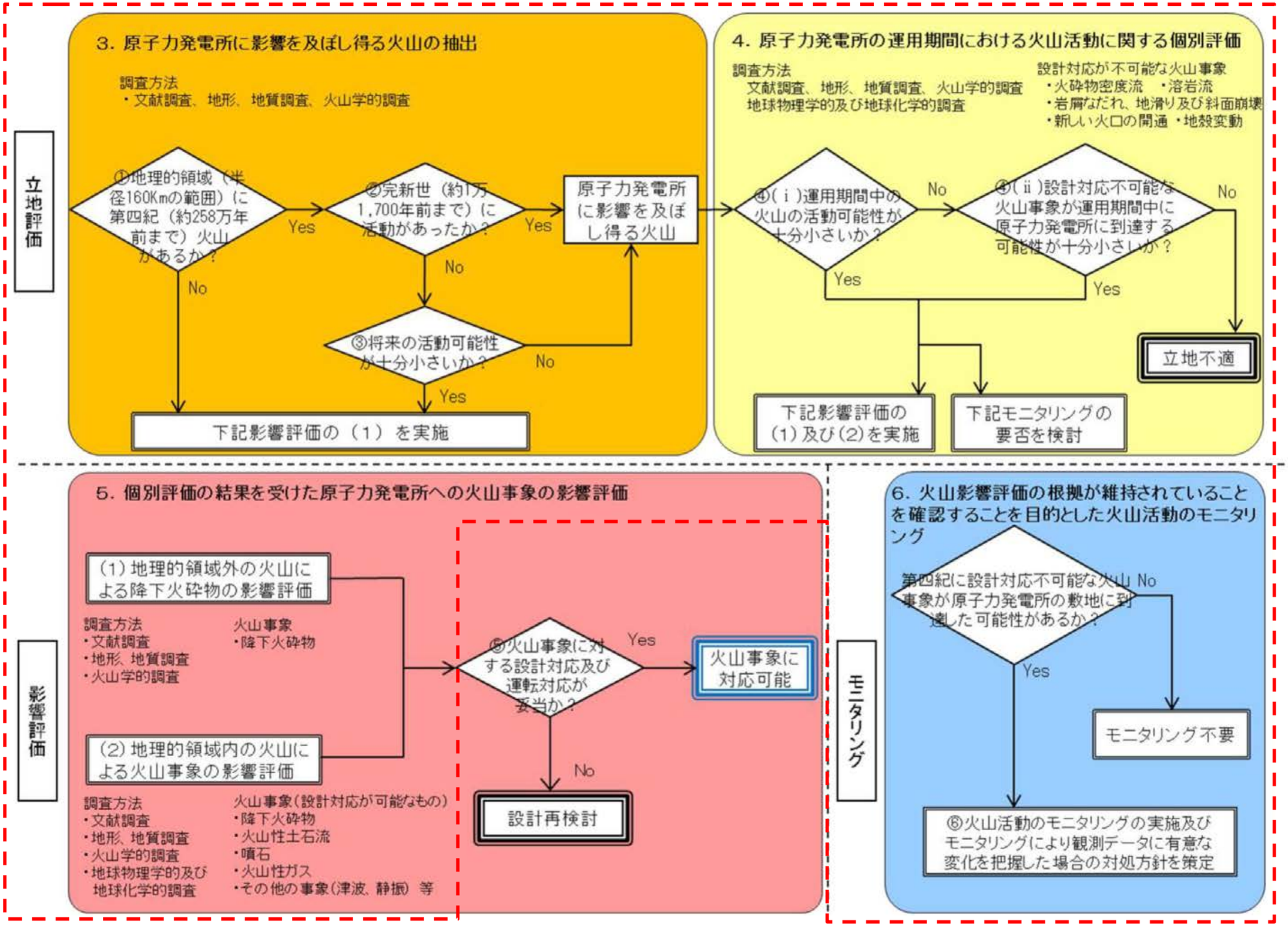
余白

目次

【概要】
Ⅰ. 原子力発電所の火山影響評価の基本フロー ・・・・・ 4
Ⅱ. 志賀原子力発電所2号炉の火山影響評価（全体） ・・・・・ 5
Ⅲ. 各章の評価結果 ・・・・・ 6
Ⅳ. コメント回答内容 ・・・・・ 11
Ⅴ. 設置変更許可申請時以降の追加検討内容 ・・・・・ 15
【本文】
1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 ・・・・・ 19
1.1 地理的領域内の第四紀火山 ・・・・・ 22
1.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 ・・・・・ 24
2. 火山活動に関する個別評価 ・・・・・ 29
2.1 火砕物密度流に関する評価 ・・・・・ 33
2.2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する評価 ・・・・・ 52
2.3 設計対応不可能な火山事象の個別評価まとめ ・・・・・ 57
3. 火山事象の影響評価 ・・・・・ 58
3.1 降下火砕物の影響評価 ・・・・・ 60
3.1.1 文献・地質調査に基づく評価 ・・・・・ 62
3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価 ・・・・・ 129
3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径 ・・・・・ 216
3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ ・・・・・ 219
3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価 ・・・・・ 222
4. まとめ ・・・・・ 226
参考文献 ・・・・・ 228

Ⅰ．原子力発電所の火山影響評価の基本フロー

○志賀原子力発電所の火山影響評価は，「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に沿って，下図のとおり行う。



本資料で説明する内容

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

Ⅱ．志賀原子力発電所2号炉の火山影響評価（全体）

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として，完新世に活動を行った火山と将来の活動可能性が否定できない火山を合わせて，17火山を抽出した。（1章）
○抽出した原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の火山活動に関する個別評価を実施した結果，火砕物密度流等の設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さく，モニタリングについては不要と評価した。（2章）
○降下火砕物の影響評価について，敷地において考慮する降下火砕物の層厚は，文献・地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果から10cmと評価した。また，降下火砕物以外の設計対応可能な火山事象について，原子力発電所への影響を考慮する必要がないと評価した。（3章）

立地評価

【１章：原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

地理的領域内（半径160km）の第四紀火山 → **49火山** → 完新世に活動があったか
- YES：**9火山** → 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 **17火山**
- NO：**40火山** → 将来の活動可能性が十分に小さいか
  - NO：**8火山** → 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 **17火山**
  - YES：**32火山** → 将来の活動可能性が十分小さい火山

【２章：火山活動に関する個別評価】

＜設計対応不可能な火山事象＞
・火砕物密度流　・溶岩流　・岩屑なだれ，地すべり，斜面崩壊　・新しい火口の開口　・地殻変動

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 **17火山** → 運用期間中の火山の活動可能性が十分小さいか
- NO：**17火山** → 設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に到達する可能性は十分小さいか
  - YES：**17火山** → 設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい
- 第四紀に，設計対応不可能な火山事象が原子力発電所に到達した可能性があるか
  - NO：**17火山** → モニタリング不要

影響評価

【３章：火山事象の影響評価】

【3.1：降下火砕物の影響評価】

地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物 ／ 地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物 ／ 給源が特定できない降下火砕物

【3.1.1：文献・地質調査に基づく評価】

文献調査（等層厚線図，地質調査結果）・当社地質調査により，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物を抽出

- 4降下火砕物（大峰テフラ等）
- 10降下火砕物（姶良Tnテフラ，鬱陵隠岐テフラ等）
- 給源不明テフラ

給源火山において同規模噴火の可能性が十分に小さいか
- YES：13 → 除外　13降下火砕物（大峰テフラ，姶良Tnテフラ等）
- NO：1 → 鬱陵隠岐テフラ

鬱陵隠岐テフラ　0～2cm（等層厚線図）
給源不明テフラ　**最大10cm**（地質調査）

【3.1.2：降下火砕物シミュレーションによる評価】

- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山からの選定
  - ・立山（立山DテフラA，Cユニット）
  - ・御嶽山（御嶽伊那テフラ）
  - ・白山（南竜火山灰）
- 地理的領域外火山からの選定
  - 大山（大山生竹テフラ）
- 文献・地質調査に基づく選定
  - 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

降下火砕物シミュレーションの結果，敷地における最大層厚は，**立山（立山DテフラA，Cユニット）の4.1cm**

＜給源不明テフラについて＞
・邑知潟平野以南の3地点のみで確認された，中部更新統の砂層中に挟在するFT年代が約0.4Maを示す風化火山灰層。
・邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において，目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる。

敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価する

【3.2：降下火砕物以外の設計対応可能な火山事象の影響評価】

地理的領域内の火山による火山事象

原子力発電所に影響を及ぼす17火山による火山事象について，敷地からの離隔及び敷地の地形条件等から検討

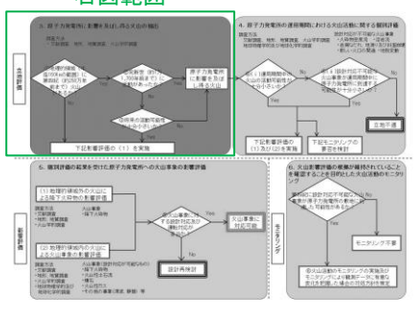
降下火砕物以外の火山事象（火山性土石流，噴石，火山ガス，その他の事象）について，原子力発電所への影響を考慮する必要がない

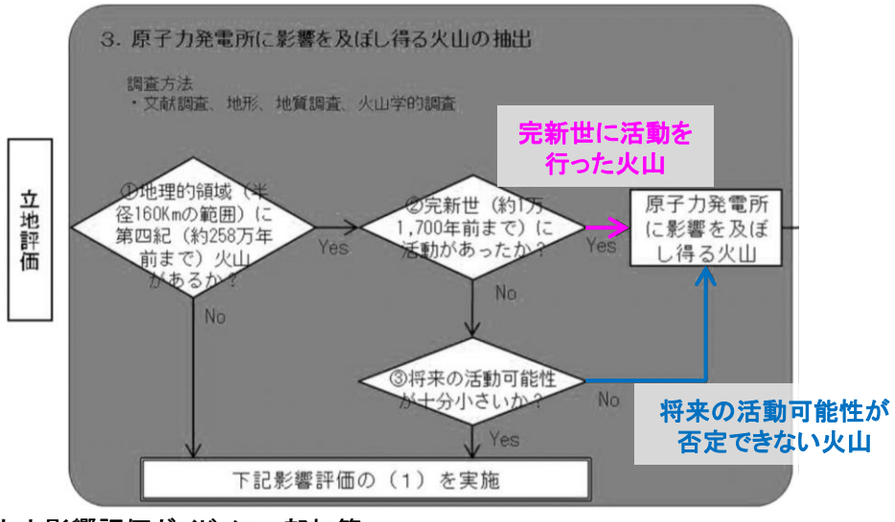
＜設計対応可能な火山事象＞
・降下火砕物　・火山性土石流
・噴石　・火山ガス　・その他の事象

Ⅲ. 各章の評価結果　－1章：原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出－

〇「日本の火山」Web版（地質調査総合センター編，2023）に基づき地理的領域内（半径160kmの範囲）の49の第四紀火山を抽出した。
〇さらに，「日本の火山」Web版等の文献を基に各火山の活動年代を評価し，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として，完新世に活動を行った9火山と将来の活動可能性が否定できない8火山を合わせて，17火山を抽出した。

右図範囲





「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

■原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果

地理的領域内（半径160kmの範囲）の第四紀（約258万年前まで）火山を抽出 → 49火山 → 完新世（約1万1,700年前まで）に活動があったか？

- YES：9火山 → 完新世に活動を行った火山（9火山）
- NO：40火山 → 将来の活動可能性が十分小さいか？（下記【A】または【B】を満たすか）
  - 【A】全活動期間＜最後の活動終了からの期間（活動期間が非常に短い火山を含む）
  - または
  - 【B】最大休止期間＜最後の活動終了からの期間
  - NO：8火山 → 将来の活動可能性が否定できない火山（8火山）
  - YES：32火山 → 将来の活動可能性が十分小さい火山（32火山）

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）

完新世に活動を行った火山（9火山）

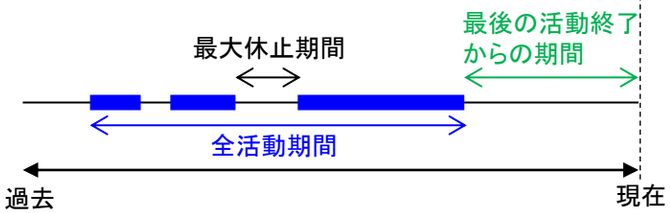
はくさん　たてやま（みだがはら）　わしば・くものたいら　やけだけ
白山，立山（弥陀ヶ原），鷲羽・雲ノ平，焼岳，
のりくらだけ　おんたけさん　にいがたやけやま　みょうこうさん　しろうまおおいけ
乗鞍岳，御嶽山，新潟焼山，妙高山，白馬大池

将来の活動可能性が否定できない火山（8火山）

きょうがたけ　うえのかざんぐん　かみのろうか　にいがたかなやま
経ヶ岳，上野火山群，上廊下，新潟金山，
くろひめやま　いいづなやま　くろいわやま　たかやしろやま
黒姫山，飯縄山，黒岩山，高社山

【A】最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山（活動期間が非常に短い火山を含む）

【B】全活動期間中に休止期間があり，最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山



将来の活動可能性が十分小さい火山のイメージ

活動年代

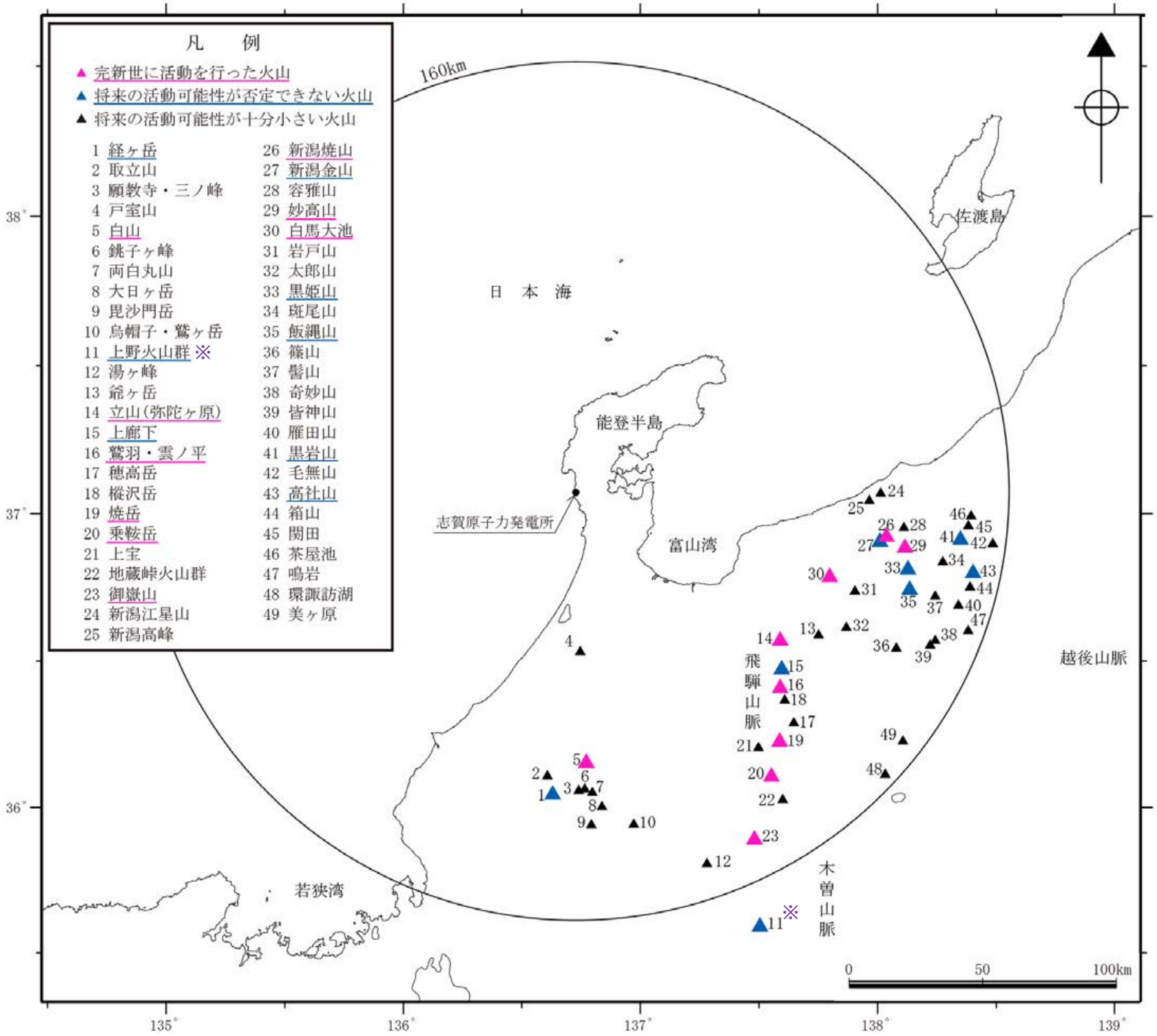
将来の活動可能性が十分小さい火山（32火山）

とりたてやま　がんきょうじ・さんのみね　とむろやま　ちょうしがみね　りょうはくまるやま　だいにちがたけ　びしゃもんだけ
取立山，願教寺・三ノ峰，戸室山，銚子ヶ峰，両白丸山，大日ヶ岳，毘沙門岳，
えぼし・わしがたけ　ゆがみね　じいがたけ　ほたかだけ　もみさわだけ　かみたから　じぞうとうげかざんぐん
烏帽子・鷲ヶ岳，湯ヶ峰，爺ヶ岳，穂高岳，樅沢岳，上宝，地蔵峠火山群，
にいがたえぼしやま　にいがたたかみね　ようがさん　いわとやま　たろうやま　まだらおやま　しのやま　もとどりやま　きみょうさん
新潟江星山，新潟高峰，容雅山，岩戸山，太郎山，斑尾山，篠山，髻山，　奇妙山，
みなかみやま　かりたさん　けなしやま　はこやま　せきた　ちゃやいけ　なるいわ　かんすわこ　うつくしがはら
皆神山，雁田山，毛無山，箱山，関田，茶屋池，鳴岩，環諏訪湖，美ヶ原

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置】

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

〇原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（完新世に活動を行った火山及び将来の活動可能性が否定できない火山）の位置は以下のとおり。

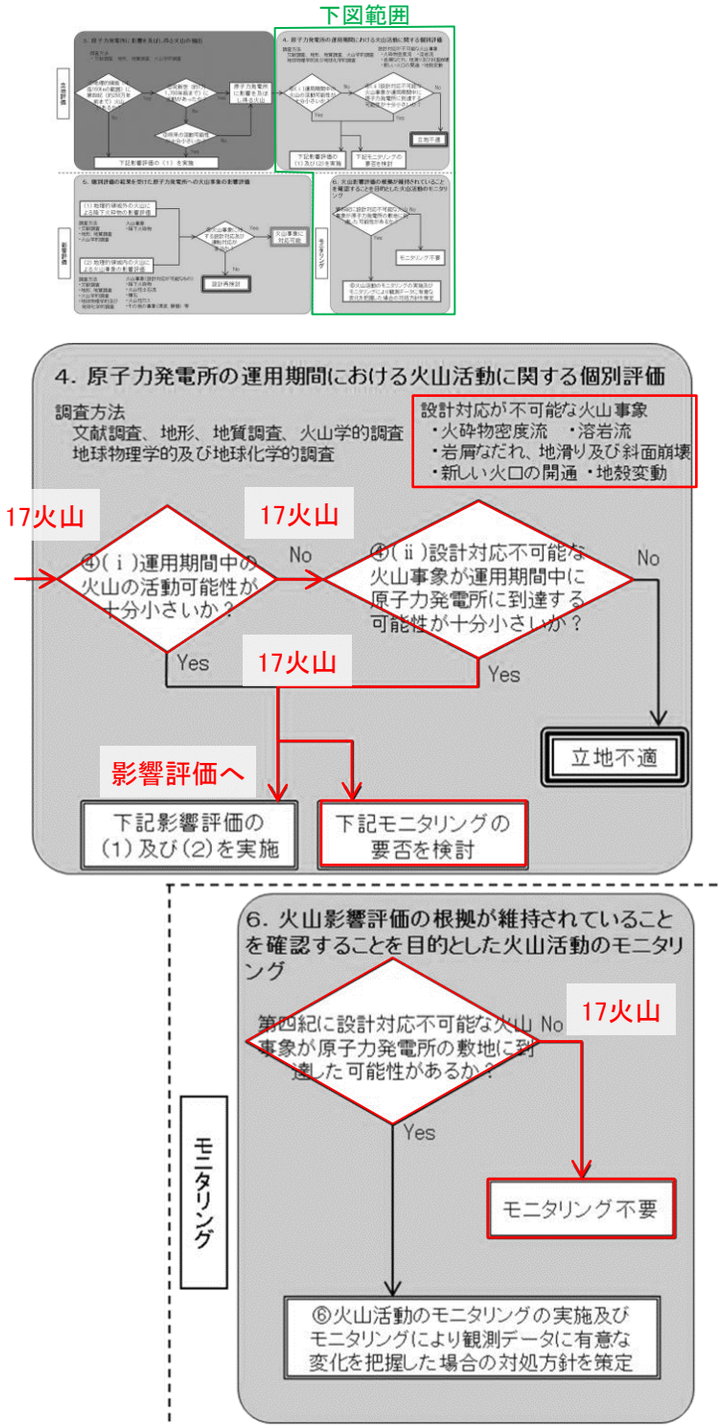


※単成火山群の分布域が160km圏内に位置することから，地理的領域内の第四紀火山に含めた。

地質調査総合センター編(2023)に基づき作成

Ⅲ. 各章の評価結果　－2章：火山活動に関する個別評価－

○原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山について，原子力発電所の運用期間中の火山の活動可能性が十分小さいとは評価できないことから，設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に到達する可能性が十分小さいかを検討した。
○検討の結果，いずれの火山も，設計対応不可能な火山事象が運用期間中に原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。
○また，過去最大規模の噴火を考慮しても，第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性は十分小さく，モニタリング不要と評価した。



「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

■原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の火山活動に関する個別評価結果

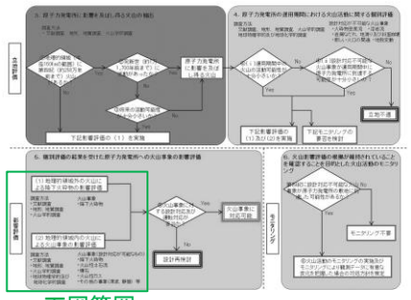
設計対応不可能な火山事象	評価結果
火砕物密度流	＜上野火山群＞ ・火山噴出物に関する文献調査結果から，噴出物は溶岩流が主体であり，火砕物密度流の発生実績が認められないことから，火砕物密度流が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。** ＜上野火山群以外の16火山＞ ・火砕物密度流の堆積物の分布に関する文献調査結果から，いずれの火山も，火砕物密度流の堆積物の分布は山体周辺に限られ，この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から各火山までの距離に比べて十分小さいことから，火砕物密度流が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。**
溶岩流	＜全17火山＞ ・いずれの火山も，敷地から50km以遠に位置することから（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），溶岩流が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。**
岩屑なだれ 地すべり 斜面崩壊	＜全17火山＞ ・いずれの火山も，敷地から50km以遠に位置することから（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），岩屑なだれ，地すべり及び斜面崩壊が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。**
新しい火口の開口	＜全17火山＞ ・いずれの火山も敷地から90km以遠に位置しており（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），敷地周辺の地震波速度構造について地下深部から鉛直方向に連続する低速度域は認められず，敷地周辺において第四紀火山に関連する地熱活動及び深部低周波地震が認められないことから，新しい火口の開口が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。**
地殻変動	＜全17火山＞ ・いずれの火山も敷地から90km以遠に位置しており（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），敷地周辺の地震波速度構造について地下深部から鉛直方向に連続する低速度域は認められず，敷地周辺において第四紀火山に関連する地熱活動及び深部低周波地震が認められないことから，地殻変動が運用期間中に**原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。**

■モニタリングの要否検討結果

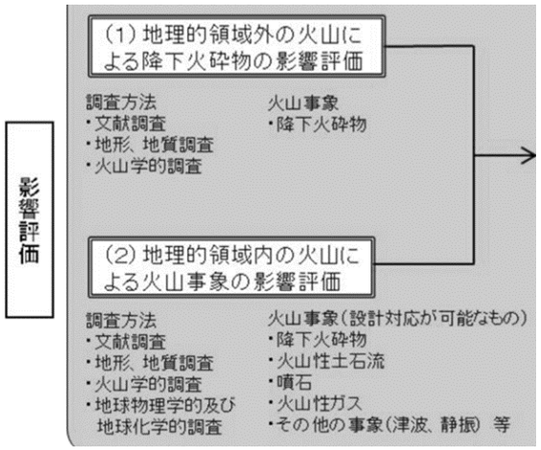
過去最大規模の噴火を考慮しても，第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性は十分小さく，モニタリング不要と評価した。

Ⅲ. 各章の評価結果　－3章：火山事象の影響評価－

〇設計対応可能な火山事象について，運用期間中の原子力発電所への影響を検討した。
〇地理的領域外及び領域内の火山による降下火砕物については，文献・地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ，敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価した。
〇地理的領域内の火山による降下火砕物以外の設計対応可能な火山事象について，敷地からの距離や敷地の地形条件等を踏まえ，地理的領域内の原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山の降下火砕物以外の設計対応可能な火山事象（火山性土石流，噴石，火山ガス，津波，静振，大気現象，火山性地震とこれに関連する事象，熱水系及び地下水の異常）による原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した。



下図範囲



「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

■設計対応可能な火山事象に関する影響評価結果

火山の位置		**設計対応可能**な火山事象	評価結果
地理的領域外の火山	地理的領域内の火山	降下火砕物	・文献・地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ，**敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価した**。また，文献調査結果に基づき，降下火砕物の密度（湿潤密度）1.5g/cm^3，粒径3mm以下と設定した。（詳細は次頁）
		火山性土石流	・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した17火山について，敷地周辺は各火山の山麓の河川流域には含まれないことから，火山性土石流による**原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した**。
		噴石	・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した17火山は，いずれの火山も敷地から10km以遠に位置することから（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），噴石による**原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した**。
		火山ガス	・敷地は，日本海に面する沿岸部に位置し，火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した17火山の火山ガスによる**原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した**。
		その他の事象 （津波，静振，大気現象，火山性地震とこれに関連する事象，熱水系及び地下水の異常）	・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出した17火山は，いずれの火山も敷地から十分離れており（最も近い立山（弥陀ヶ原）で94km），日本海沿岸に位置しないことから，その他の事象（津波，静振，大気現象，火山性地震とこれに関連する事象，熱水系及び地下水の異常）による**原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した**。

【降下火砕物に関する影響評価結果】

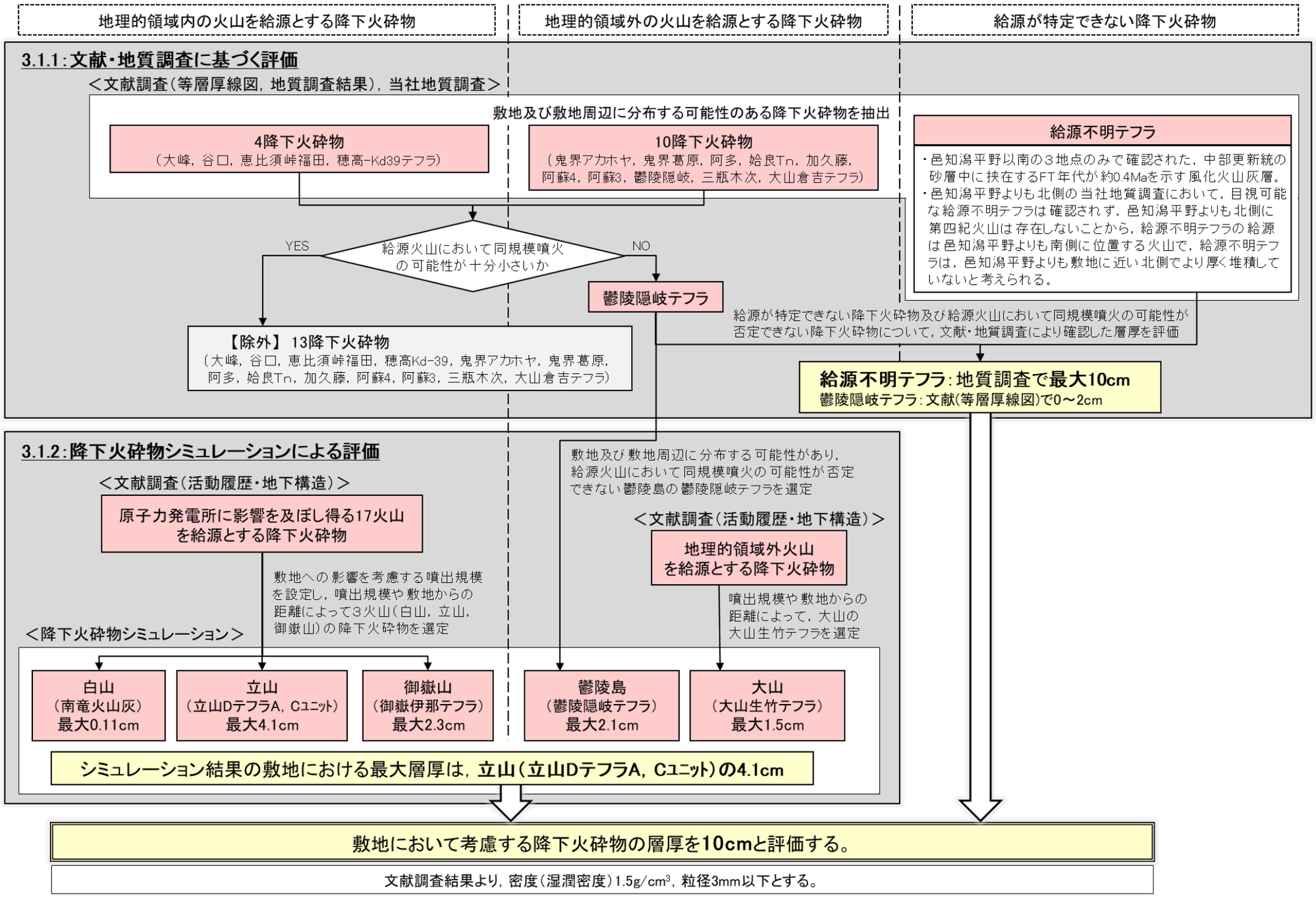
○敷地において考慮する降下火砕物の層厚について，文献・地質調査及び降下火砕物シミュレーション結果を踏まえ，10cmと評価した。

【文献・地質調査による評価】

・降下火砕物に関する文献調査及び地質調査結果から抽出した敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある15の降下火砕物のうち，給源が特定できない降下火砕物及び給源火山において同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物の敷地及び敷地周辺における最大層厚は，給源不明テフラの10cmである。

【降下火砕物シミュレーションによる評価】

・白山の南竜火山灰，立山の立山DテフラA，Cユニット，御嶽山の御嶽伊那テフラ，鬱陵島の鬱陵隠岐テフラ及び大山の大山生竹テフラを対象として，降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における層厚は，最大で立山（立山DテフラA，Cユニット）の4.1cmとなった。



＜各降下火砕物の年代＞

降下火砕物	（記号）	年代（万年前）
鬼界アカホヤテフラ（きかい）	K-Ah	0.73 *1
鬱陵隠岐テフラ（うつりょうおき）	U-Oki	1.02 *1
姶良Tnテフラ（あいら）	AT	3 *2
大山倉吉テフラ（だいせんくらよし）	DKP	5.5以前 *1
阿蘇4テフラ（あそ）	Aso-4	8.8 *3
鬼界葛原テフラ（きかいとづらはら）	K-Tz	9.5 *1
阿多テフラ（あた）	Ata	10.5 *1
三瓶木次テフラ（さんべきすき）	SK	10.5 *1
阿蘇3テフラ（あそ）	Aso-3	13.3 *4
加久藤テフラ（かくとう）	Kkt	32～33 *1
給源不明テフラ	－	約40 *5
大峰テフラ（おおみね）	Omn	160～165 *1
恵比須峠福田テフラ（えびすとうげふくだ）	Ebs-Fkd	170 *1
穂高-Kd39テフラ（ほたか）	Ht-Kd39	176 *6
谷口テフラ（たにぐち）	Tng	220～230 *1

*1：町田・新井（2011），*2：宝田ほか（2022），
*3：星住ほか（2023），*4：星住ほか（2024），
*5：ジルコンのFT年代値，*6：Tamura et al.(2008)

Ⅳ. コメント回答内容　ーコメント一覧及び回答概要ー

区分	No.	コメント		回答概要	記載頁	
		開催回 （日付）	内容		概要	詳細
降下火砕物の 当社地質調査	1	第1289回 (2024.10.18)	給源不明テフラを確認した余地地点の露頭について，火山灰層の上下の砂層の観察結果に基づき，堆積状況に関する考察をより詳細に記載すること。	・余地地点の露頭における火山灰層の上下の砂層の粒径及び構成粒子が概ね類似することについて，肉眼観察により確認していたが，上下の砂層の類似性に関する分析（粒度試験及び顕微鏡観察）により，定量的に確認した。 ・また，火山灰層の上下の砂層に関する露頭観察及び上記分析結果に基づく考察（評価）を追記した。 −火山灰層の上下の砂層は，粒径や構成粒子が概ね類似しており，上下の砂層で時代的な相違はなく，概ね整合的に堆積したと考えられる。これは，本地点の露頭範囲に広がりをもって確認した火山灰の層厚が概ね一定であることから火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているとした評価と整合する。 −なお，上下の砂層の色調の若干の相違については，堆積後の二次的な作用（酸化等）の違いによるものと考えられる。	次頁	P.91，92
	2	第1289回 (2024.10.18)	給源不明テフラの層厚について，ボーリング調査2地点と露頭調査1地点で個別に評価を行っているが，3地点の観察結果も踏まえ，共通の特徴を丁寧に記載すること。	・3地点で確認した給源不明テフラについて，①確認位置，②性状，③層厚及び④分析結果の観点で，再整理を行った。 ・その結果，①～④における共通の特徴として，①中部更新統の砂層中に挟在すること，②風化した細粒火山灰であり，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと評価できること，③8～10cmと概ね一定で広域に確認されること，④火山ガラスが風化消失しており，FT年代値が約0.4Maと同じ年代を示すこと，を確認した。 ・よって，3地点で確認した給源不明テフラは，共通の特徴を有していることから，同じ火山灰であると考えられる。	次々頁	P.94
降下火砕物 シミュレーション 対象の選定	3	第1289回 (2024.10.18)	御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価について，事業者は活動履歴及び地下構造の両者を根拠に用いているが，地下構造に関する以下の点を踏まえて検討を行った上で，両者の位置付けを再整理すること。 ・Ichihara et al.(2018)による三次元比抵抗構造等の最新知見を反映させること。 ・地震波速度構造の分解能も考慮した上で，想定する噴出規模に対応したマグマ溜まりの有無を評価できるかを再検討すること。	・第1289回審査会合時において，御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価について，御嶽山の活動履歴及び地下構造の両者を根拠に用いて評価を行っていたが，活動履歴により御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価できると判断したことから，御嶽山の活動履歴のみを根拠とする評価に変更した。 ・なお，参考に御嶽山の地下構造について再検討を行った結果，以下のとおり，現状で確認できる範囲において，御嶽第1テフラに相当する噴出規模のマグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められず，活動履歴による評価結果を支持する内容であった。 −Ichihara et al.(2018)等の最新知見も含めて文献の整理を行った結果，地下浅部について，深部から供給された流体の存在が示唆されている。 −防災科学技術研究所のデータを用いた地震波速度構造の検討について，御嶽山の検討に用いる地震計の配置密度や速度構造の分解能等の解析の精度に課題があると考えられるものの，マグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められない。	P.14	P.139， 141～146
	4	第1289回 (2024.10.18)	御嶽山で考慮する噴出規模のうち御嶽潟町テフラの噴出量については，0cm等層厚線のみが示されたMatsu’ura and Komatsubara (2024)を用いて設定しているが，噴出量が示された既存の文献等を踏まえて，噴出規模を再検討すること。	・御嶽潟町テフラの噴出規模に関連した文献としては，Matsu’ura and Komatsubara (2024)，及川（2003）及び須藤ほか(2007)がある。 ・御嶽潟町テフラの噴出量について，上記の文献に示された情報（具体的な噴出量の記載の有無やその妥当性）に関して再検討を行い，具体的な噴出量が示され，その規模が妥当と考えられる及川（2003）による噴出量に基づき，見かけ体積5km^{3}と評価した。 ・発電所運用期間中に御嶽山で考慮する噴出規模としては，御嶽第1テフラを除き最大規模の噴火である御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラの噴出規模（いずれも見かけ体積5km^3）を考慮する。 ・なお，御嶽山の降下火砕物シミュレーション結果（敷地における層厚が最大2.3cm）に変更はない。		P.139， 147～149
降下火砕物 シミュレーション	5	第1289回 (2024.10.18)	5つの降下火砕物を対象としたシミュレーションによる等層厚線と文献による等層厚線図等とを比較した結果について，比較図から読み取れる内容を，データに基づき適切に記載すること。	・シミュレーションによる等層厚線と文献による等層厚線図等とを比較した結果について，データに基づき，記載を適正化した。 ・なお，5つの降下火砕物を対象としたシミュレーションを妥当とした評価に変更はない。		P.179， 187，195， 203，211

Ⅳ. コメント回答内容　－降下火砕物の当社地質調査に関するコメント（コメントNo.1）－

＜コメントNo.1＞

給源不明テフラを確認した余地地点の露頭について，火山灰層の上下の砂層の観察結果に基づき，堆積状況に関する考察をより詳細に記載すること。

【回答概要】（記載頁：P.91，92）

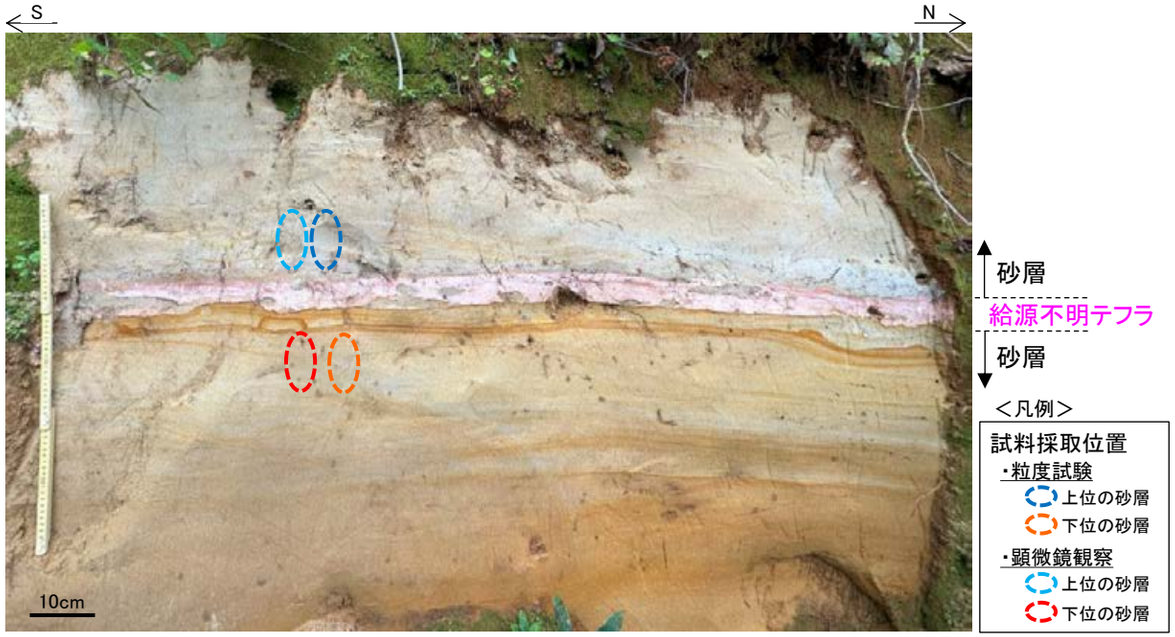
・余地地点の露頭における火山灰層の上下の砂層の粒径及び構成粒子が概ね類似することについて，肉眼観察により確認していたが，上下の砂層の類似性に関する分析（粒度試験及び顕微鏡観察）により，定量的に確認した。

・また，火山灰層の上下の砂層に関する露頭観察及び上記分析結果に基づく考察（評価）を追記した。

－火山灰層の上下の砂層は，粒径や構成粒子が概ね類似しており，上下の砂層で時代的な相違はなく，概ね整合的に堆積したと考えられる。これは，本地点の露頭範囲に広がりをもって確認した火山灰の層厚が概ね一定であることから火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているとした評価と整合する。

－なお，上下の砂層の色調の若干の相違については，堆積後の二次的な作用（酸化等）の違いによるものと考えられる。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



2024年10月撮影　試料採取：2024年10月

余地地点の露頭の拡大写真

＜給源不明テフラに関する露頭観察及び上下の砂層に関する分析結果＞

・白色～桃白色の風化した細粒火山灰層であり，上下の砂層とは明瞭に区分される。

・火山灰は著しく粘土化しており，1mm以下の粒子がわずかに確認できるものの，火山灰層を構成する粒子の粒径は計測できない。

・火山灰層中には，粗粒砂がレンズ状に含まれるが，火山灰層全体の層厚は概ね一定であり，最大8cmである。

・火山灰層の上下の砂層は，色調が若干異なるが，粒径や構成粒子は概ね類似している（粒径及び構成粒子の類似性は，粒度試験及び顕微鏡観察により，定量的に確認した）。

＜給源不明テフラの堆積状況に関する当社の評価＞

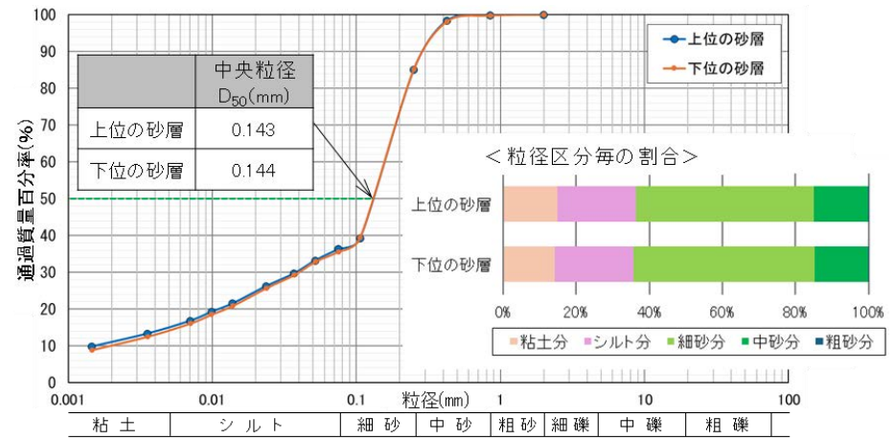
・露頭範囲に広がりをもって火山灰が確認され，その層厚が概ね一定であることから，火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと考えられる。

・また，火山灰層の上下の砂層は，粒径や構成粒子が概ね類似しており，上下の砂層で時代的な相違はなく，概ね整合的に堆積したと考えられることも，上記評価と整合する。上下の砂層の色調の若干の相違については，堆積後の二次的な作用（酸化等）の違いによるものと考えられる。

・細粒火山灰層に粗粒砂がレンズ状に挟在することから，テフラの降下と同時に砂の供給も受けつつ堆積したものと考えられ，火山灰層全体の層厚は見かけ厚く堆積している可能性がある。

火山灰層の上下の砂層の粒径及び構成粒子の類似性に関する分析結果

【粒径（粒度試験結果）】

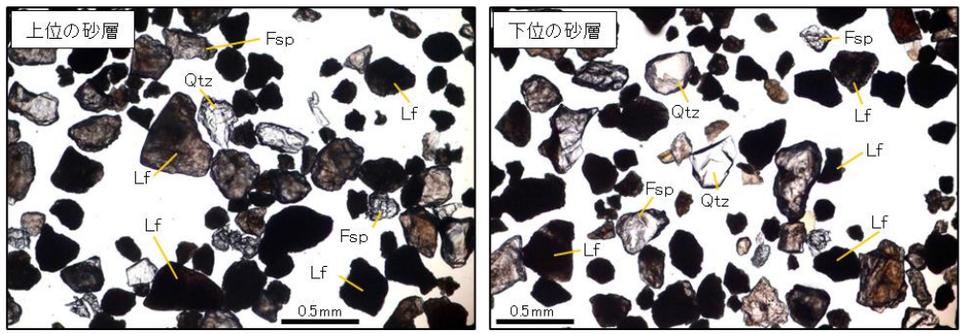


粒径加積曲線

＜確認結果＞

・粒度試験を実施した結果，上位の砂層と下位の砂層の粒径について，粒径加積曲線，中央粒径（D_{50}）及び粒径区分毎の割合が，ほぼ一致する。

【構成粒子（顕微鏡観察結果）】



顕微鏡写真　Qtz：石英，Fsp：長石，Lf：岩片

■構成粒子の特徴

	無色鉱物		有色鉱物				岩片
	石英	長石	角閃石	黒雲母	輝石類	不透明鉱物	
上位の砂層	○	○	×	×	×	△	◎
下位の砂層	○	○	×	×	×	△	◎

カウント数（n＝200）◎：101以上，○：6～100，△：1～5，×：0

＜確認結果＞

・顕微鏡観察を行った結果，上位の砂層と下位の砂層の構成粒子について，その特徴（石英及び長石を含み，有色鉱物に乏しく，岩片に富む傾向）が類似する。

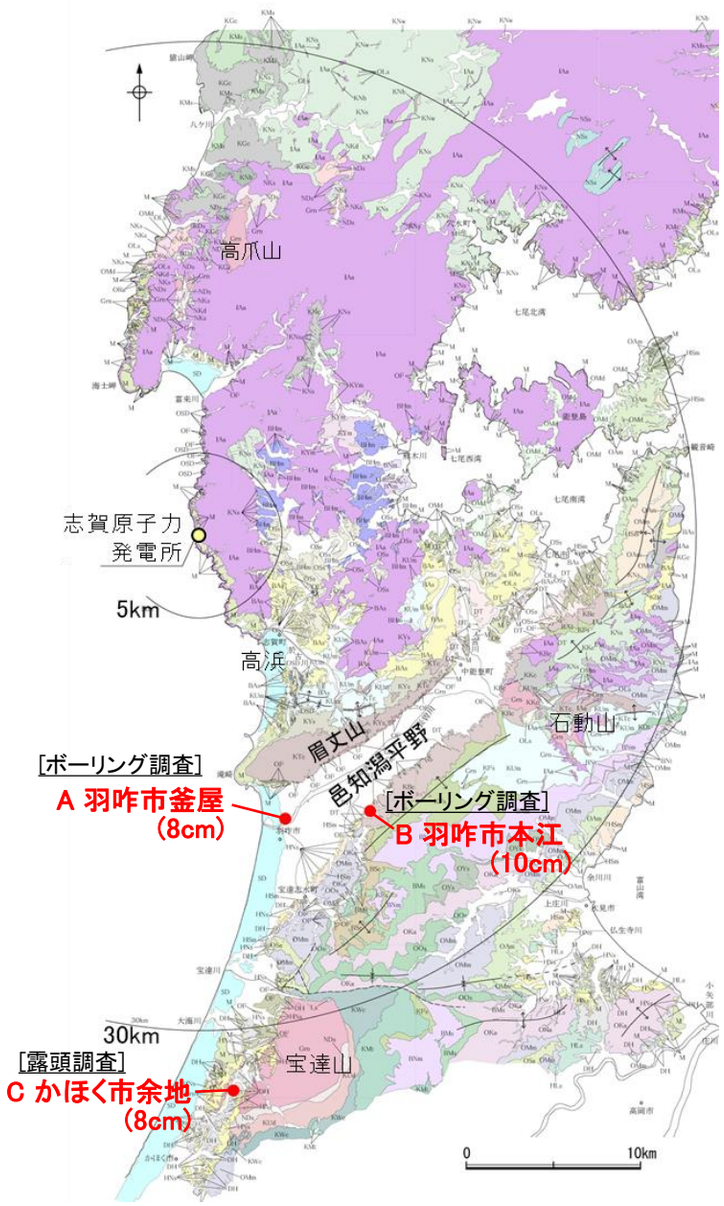
Ⅳ. コメント回答内容　－降下火砕物の当社地質調査に関するコメント（コメントNo.2）－

＜コメントNo.2＞

給源不明テフラの層厚について，ボーリング調査2地点と露頭調査1地点で個別に評価を行っているが，3地点の観察結果も踏まえ，共通の特徴を丁寧に記載すること。

【回答概要】（記載頁：P.94）

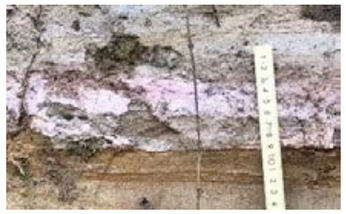
- 3地点で確認した給源不明テフラについて，①確認位置，②性状，③層厚及び④分析結果の観点で，再整理を行った。
- その結果，①～④における共通の特徴として，①中部更新統の砂層中に挟在すること，②風化した細粒火山灰であり，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと評価できること，③8～10cmと概ね一定で広域に確認されること，④火山ガラスが風化消失しており，FT年代値が約0.4Maと同じ年代を示すこと，を確認した。
- よって，3地点で確認した給源不明テフラは，共通の特徴を有していることから，同じ火山灰であると考えられる。



給源不明テフラの位置図

＜当社地質調査により確認した給源不明テフラの特徴＞

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

		A 羽咋市釜屋	B 羽咋市本江	C かほく市余地
調査方法		ボーリング調査	ボーリング調査	露頭調査（面的に確認）
① 火山灰層の確認位置		・深度105.09～105.17mにおいて，中部更新統の砂層中に挟在 ・約7m上位には，Kkt（32～33万年前）を分析検出	・深度66.60～66.70mにおいて，中部更新統の砂層中に挟在	・中部更新統の砂層中に挟在
② 火山灰層及び上下の砂層のの性状		上 下 ボーリングコア観察 ・火山灰層は，明緑灰色を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層の上下の砂層は，いずれも暗緑灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。 ・火山灰層と下位の砂層との境界はやや不明瞭であるが，上位の砂層とは明瞭に区分される。	上 下 ボーリングコア観察 ・火山灰層は，桃色がかった灰白色を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層の上下の砂層は，いずれも灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。 ・火山灰層と上下の砂層は明瞭に区分される。	 露頭観察（面的に確認） ・火山灰層は，白色～桃白色を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層全体の層厚は概ね一定である。 ・火山灰層と上下の砂層は明瞭に区分される。 露頭観察，粒度試験・顕微鏡観察 ・火山灰層の上下の砂層は，色調が若干異なるが，粒径や構成粒子は概ね類似している。
③ 火山灰層の層厚		8cm	10cm	8cm
④ 分析結果	火山灰分析	火山ガラスが風化消失	火山ガラスが風化消失	火山ガラスが風化消失
	FT年代測定	0.40±0.07Ma	0.41±0.11Ma	0.41±0.11Ma

【3地点における給源不明テフラの特徴】

- 3地点で確認した給源不明テフラについて，上表に示す性状の観察や分析結果等から，以下のとおり共通の特徴を有することを確認した。
  - ① 確認位置：中部更新統の砂層中に挟在する。
  - ② 性状：風化した細粒火山灰である。また，上下の砂層の性状を踏まえると，火山灰層は概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと評価できる。
  - ③ 層厚：一定層厚の火山灰層を面的に確認した余地地点の露頭を含む3地点の層厚が8～10cmと概ね一定であり，広域に確認される。
  - ④ 分析結果：火山ガラスが風化消失しており，FT年代値が約0.4Maと同じ年代を示す。

3地点で確認した給源不明テフラは，共通の特徴を有していることから，同じ火山灰であると考えられる。

Ⅳ. コメント回答内容　－降下火砕物シミュレーション対象の選定に関するコメント（コメントNo.3，4）－

＜コメントNo.3＞

御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価について，事業者は活動履歴及び地下構造の両者を根拠に用いているが，地下構造に関する以下の点を踏まえて検討を行った上で，両者の位置付けを再整理すること。

- Ichihara et al.(2018)による三次元比抵抗構造等の最新知見を反映させること。
- 地震波速度構造の分解能も考慮した上で，想定する噴出規模に対応したマグマ溜まりの有無を評価できるかを再検討すること。

【回答概要】（記載頁：P.139，141～146）

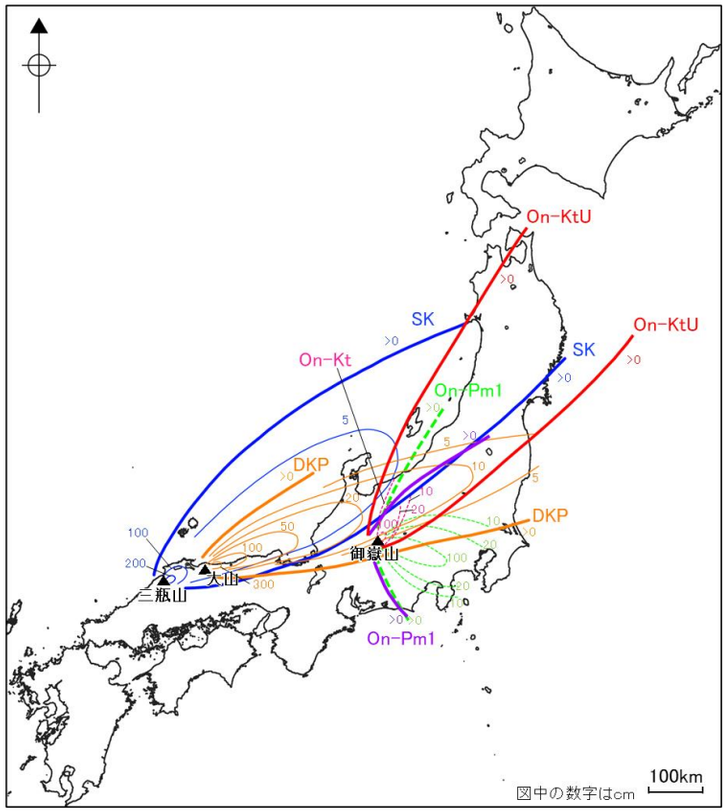
- 第1289回審査会合時において，御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価について，御嶽山の活動履歴及び地下構造の両者を根拠に用いて評価を行っていたが，活動履歴により御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価できると判断したことから，御嶽山の活動履歴のみを根拠とする評価に変更した。
- なお，参考に御嶽山の地下構造について再検討を行った結果，以下のとおり，現状で確認できる範囲において，御嶽第1テフラに相当する噴出規模のマグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められず，活動履歴による評価結果を支持する内容であった。
  - Ichihara et al.(2018)等の最新知見も含めて文献の整理を行った結果，地下浅部について，深部から供給された流体の存在が示唆されている。
  - 防災科学技術研究所のデータを用いた地震波速度構造の検討について，御嶽山の検討に用いる地震計の配置密度や速度構造の分解能等の解析の精度に課題があると考えられるものの，マグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められない。

＜コメントNo.4＞

御嶽山で考慮する噴出規模のうち御嶽潟町テフラの噴出量については，0cm等層厚線のみが示されたMatsu’ura and Komatsubara (2024)を用いて設定しているが，噴出量が示された既存の文献等を踏まえて，噴出規模を再検討すること。

【回答概要】（記載頁：P.139，147～149）

- 御嶽潟町テフラの噴出規模に関連した文献としては，Matsu’ura and Komatsubara (2024)，及川（2003）及び須藤ほか(2007)がある。
- 御嶽潟町テフラの噴出量について，上記の文献に示された情報（具体的な噴出量の記載の有無やその妥当性）に関して再検討を行い，具体的な噴出量が示され，その規模が妥当と考えられる及川（2003）による噴出量に基づき，見かけ体積5km^{3}と評価した。
- 発電所運用期間中に御嶽山で考慮する噴出規模としては，御嶽第1テフラを除き最大規模の噴火である御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラの噴出規模（いずれも見かけ体積5km^3）を考慮する。
- なお，御嶽山の降下火砕物シミュレーション結果（敷地における層厚が最大2.3cm）に変更はない。



御嶽潟町テフラ及び国内の主なVEI6クラスの広域テフラの分布
（Matsu’ura and Komatsubara(2024)，町田・新井（2011）に示された等層厚線に基づき作成）

＜御嶽潟町テフラの噴出規模に関連した文献＞

文献名	噴出量
Matsu’ura and Komatsubara(2024)	― （具体的な噴出量は示されていない）
及川（2003）	DRE体積：2km^3 （見かけ体積：**5km^3**※）
須藤ほか（2007）	見かけ体積：**2km^3**

※DRE体積を，地質調査総合センター編(2021b)に基づき，マグマ密度2.5g/cm^3，堆積物密度1.0g/cm^{3}として見かけ体積に換算した値

＜凡例＞

- On-KtU　御嶽潟町テフラ（上部ユニット）の等層厚線*1：0cm
- （参考）従来の御嶽潟町テフラ（On-Kt）の等層厚線*2：10，20，100cm
- On-Pm1　御嶽第1テフラの等層厚線*1：0cm
- （参考）従来の御嶽第1テフラ（On-Pm1）の等層厚線*2：0，10，20，100cm
- SK　三瓶木次テフラの等層厚線*1：0，5，100，200cm
- DKP　大山倉吉テフラの等層厚線*2：0，5，10，20，50，100，300cm

*1：Matsu’ura and Komatsubara(2024)
*2：町田・新井（2011）

Ⅴ. 設置変更許可申請時以降の追加検討内容

○設置変更許可申請時（H26.8.12）以降，追加検討を実施した。申請時の評価からの主な変更内容は以下のとおり。

【１章：原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

■設置変更許可申請時以降の主な追加検討内容

・評価に用いる「日本の火山」について，申請時は第3版（中野ほか編，2013）を参照していたが，申請時以降の知見を反映したWeb版（地質調査総合センター編，2023）を参照した。
・各火山の活動年代の評価について，申請時の評価に用いた文献（「日本の火山」及び西来ほか編（2012））に加え，申請時以降の各種データベースや各火山に関する個別文献情報も踏まえて評価を更新した。

■追加検討を踏まえた評価結果

・新たな知見や各火山に関する個別文献情報を踏まえて，各火山の活動年代の評価を更新した結果，一部の火山の評価が変更となった。

＜設置変更許可申請時の評価と今回の評価結果の比較＞

紫字：設置変更許可申請時（H26. 8. 12）からの変更点

評価項目			設置変更許可申請時の評価（H26.8.12）	今回の評価
地理的領域内の第四紀火山の抽出	評価に用いる文献		・「日本の火山」第3版（中野ほか編，2013）	・「日本の火山」Web版（地質調査総合センター編，2023）
	評価結果	**地理的領域内の第四紀火山**	**48火山**	**49火山** （三峰山を除外，新潟高峰及び鳴岩を追加）
各火山の活動年代評価	評価に用いる文献		・「日本の火山」第3版（中野ほか編，2013） ・西来ほか編（2012）等のデータベース	・「日本の火山」Web版（地質調査総合センター編，2023） ・西来ほか編（2012）等のデータベース ・各火山に関する個別文献　等
	評価結果	A.完新世に活動を行った火山	7火山 （白山，立山(弥陀ヶ原)，焼岳，乗鞍岳，御嶽山，新潟焼山，妙高山）	9火山 （白山，立山(弥陀ヶ原)，鷲羽・雲ノ平，焼岳，乗鞍岳，御嶽山，新潟焼山，妙高山，白馬大池）
		B.将来の活動可能性が否定できない火山	9火山 （経ヶ岳，上野火山群，上廊下，鷲羽・雲ノ平，地蔵峠火山群，白馬大池，黒姫山，飯縄山，環諏訪湖）	8火山 （経ヶ岳，上野火山群，上廊下，新潟金山，黒姫山，飯縄山，黒岩山，高社山）
		原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 （A+B）	**16火山**	**17火山** （3火山（新潟金山，黒岩山，高社山）を追加，2火山（地蔵峠火山群，環諏訪湖）を除外）

【２章：火山活動に関する個別評価】

＜設置変更許可申請時の評価と今回の評価結果の比較＞

評価項目	設置変更許可申請時の評価（H26.8.12）	今回の評価
設計対応不可能な火山事象 （火砕物密度流等）	発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい	発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい
モニタリング	モニタリング不要	モニタリング不要

【３章：火山事象の影響評価】

■設置変更許可申請時以降の主な追加検討内容（降下火砕物の層厚評価）

・申請時以降の文献及び地質調査結果も含めて，降下火砕物に関する文献・地質調査を網羅的に行い，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物を抽出した。
・敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物の全ての給源火山において，同規模噴火の可能性を検討した。
・敷地への影響が比較的大きいと考えられる5火山を対象に，降下火砕物シミュレーションによる評価を実施した。

■追加検討を踏まえた評価結果（降下火砕物の層厚評価）

・姶良Tnテフラの給源である姶良カルデラ等において，同規模噴火の可能性が十分小さいと評価した。
・さらに，降下火砕物シミュレーションの結果，敷地における層厚は，最大で立山（立山DテフラA,Cユニット）の4.1cmとなった。

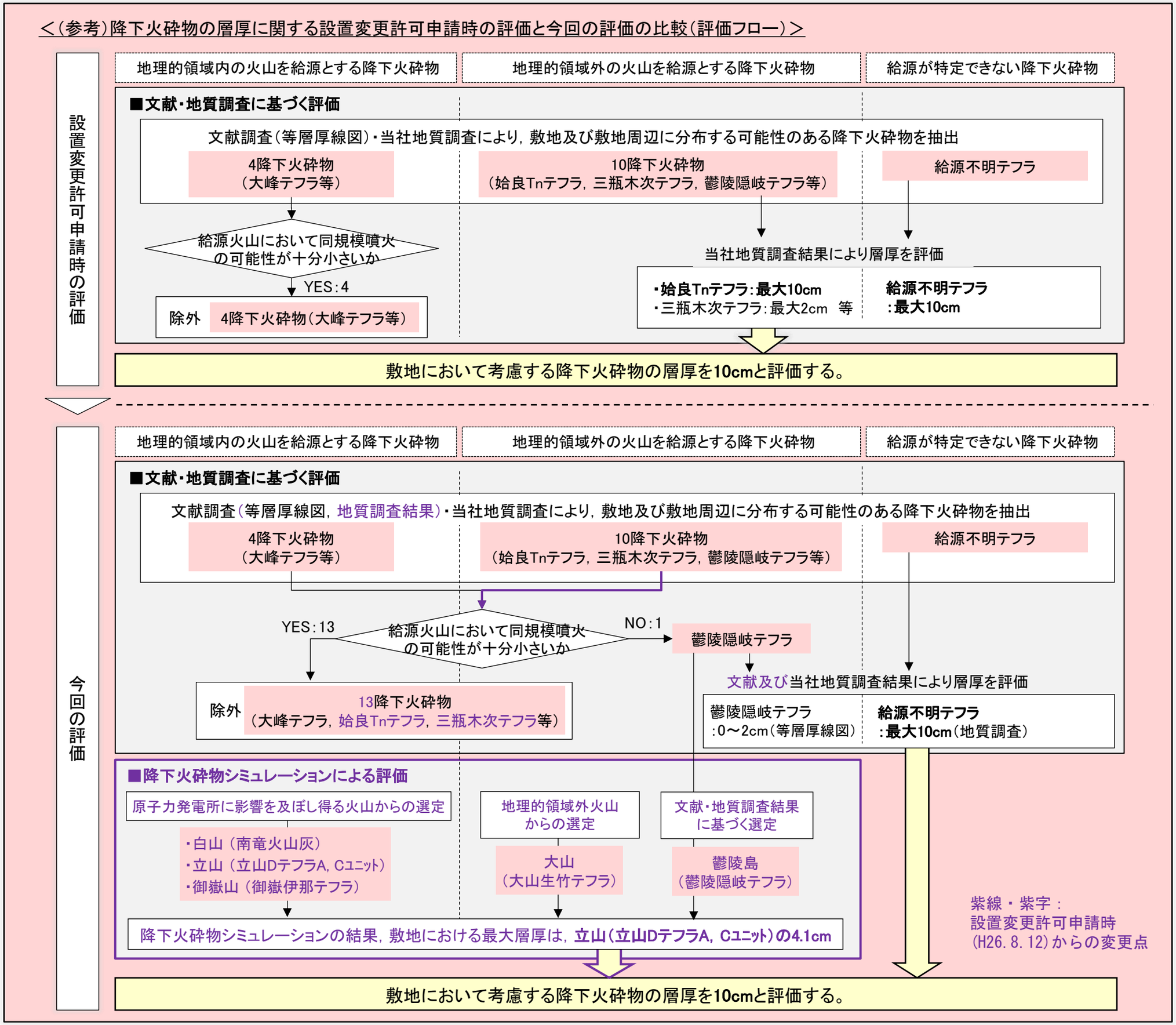
姶良Tnテフラは層厚の評価に用いず，地質調査で確認した給源不明テフラの最大層厚10cm及び降下火砕物シミュレーションによる敷地の最大層厚4.1cmを踏まえ，敷地における降下火砕物の層厚を10cmと評価する。（層厚評価は申請時の評価に変更はない）

＜設置変更許可申請時の評価と今回の評価結果の比較＞

紫字：設置変更許可申請時（H26.8.12）からの変更点

評価項目				設置変更許可申請時の評価（H26.8.12）	今回の評価
降下火砕物	文献・地質調査に基づく評価	文献・地質調査結果（概要）	文献調査（等層厚線図）	【等層厚線図で示された層厚は参考】 ・姶良Tnテフラ：10～20cm（町田・新井，2003） ・大峰テフラ：0cm以上（町田・新井，2003） ・鬱陵隠岐テフラ：0～2cm（町田・新井，2003）　等	【等層厚線図で示された層厚を層厚評価に用いる】 ・姶良Tnテフラ：16～32cm（宝田ほか，2022） ・大峰テフラ：0cm以上（町田・新井，2011） ・鬱陵隠岐テフラ：0～2cm（町田・新井，2011）　等
			文献調査（地質調査結果）	（実施せず）	・姶良Tnテフラ：最大15cm（産業技術総合研究所，2011） ・三瓶木次テフラ：最大3cm（杉戸ほか，2004）　等
			当社地質調査（共同研究含む）	・姶良Tnテフラ：最大10cm ・給源不明テフラ：最大10cm ・三瓶木次テフラ：最大2cm　等	・姶良Tnテフラ：最大10cm ・給源不明テフラ：最大10cm ・三瓶木次テフラ：最大4cm（申請時以降の調査）　等
		給源火山における同規模噴火可能性	地理的領域内の火山	大峰テフラの給源である爺ヶ岳等では，同規模噴火の可能性が十分小さい。	大峰テフラの給源である爺ヶ岳等では，同規模噴火の可能性が十分小さい。
			地理的領域外の火山	（実施せず）	姶良Tnテフラの給源である姶良カルデラ等では，同規模噴火の可能性が十分小さい。
		評価結果		最大で10cm　（姶良Tnテフラ※）	最大で10cm　（給源不明テフラ）
	降下火砕物シミュレーションによる評価			（実施せず）	5火山を対象に実施した結果，敷地の層厚は，最大で立山（立山DテフラA,Cユニット）の4.1cmとなった。
	敷地における降下火砕物の層厚評価			【根拠：当社地質調査結果】 10cm	【根拠：文献・地質調査及び降下火砕物シミュレーション】 10cm
降下火砕物以外の設計対応可能な火山事象				原子力発電所への影響を考慮する必要はない	原子力発電所への影響を考慮する必要はない

※給源不明テフラは，敷地周辺（半径約30kmの範囲）において3地点で確認し，敷地周辺の多くの地点で確認した姶良Tnテフラの最大層厚10cmを上回らないことから，設置変更許可申請書には層厚の根拠として姶良Tnテフラのみを記載。


＜(参考)降下火砕物の層厚に関する設置変更許可申請時の評価と今回の評価の比較(評価フロー)＞
設置変更許可申請時の評価
地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物
地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物
給源が特定できない降下火砕物
■文献・地質調査に基づく評価
文献調査(等層厚線図)・当社地質調査により，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物を抽出
4降下火砕物
(大峰テフラ等)
10降下火砕物
(姶良Tnテフラ，三瓶木次テフラ，鬱陵隠岐テフラ等)
給源不明テフラ
給源火山において同規模噴火の可能性が十分小さいか
YES：4
除外
4降下火砕物(大峰テフラ等)
当社地質調査結果により層厚を評価
・姶良Tnテフラ：最大10cm
・三瓶木次テフラ：最大2cm　等
給源不明テフラ
：最大10cm
敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価する。
今回の評価
地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物
地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物
給源が特定できない降下火砕物
■文献・地質調査に基づく評価
文献調査(等層厚線図，地質調査結果)・当社地質調査により，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物を抽出
4降下火砕物
(大峰テフラ等)
10降下火砕物
(姶良Tnテフラ，三瓶木次テフラ，鬱陵隠岐テフラ等)
給源不明テフラ
YES：13
給源火山において同規模噴火の可能性が十分小さいか
NO：1
鬱陵隠岐テフラ
除外
13降下火砕物
(大峰テフラ，姶良Tnテフラ，三瓶木次テフラ等)
文献及び当社地質調査結果により層厚を評価
鬱陵隠岐テフラ
：0～2cm(等層厚線図)
給源不明テフラ
：最大10cm(地質調査)
■降下火砕物シミュレーションによる評価
原子力発電所に影響を及ぼし得る火山からの選定
・白山（南竜火山灰）
・立山（立山DテフラA，Cユニット）
・御嶽山（御嶽伊那テフラ）
地理的領域外火山からの選定
大山
(大山生竹テフラ)
文献・地質調査結果に基づく選定
鬱陵島
(鬱陵隠岐テフラ)
降下火砕物シミュレーションの結果，敷地における最大層厚は，立山(立山DテフラA，Cユニット)の4.1cm
紫線・紫字：
設置変更許可申請時
(H26.8.12)からの変更点
敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価する。

余白

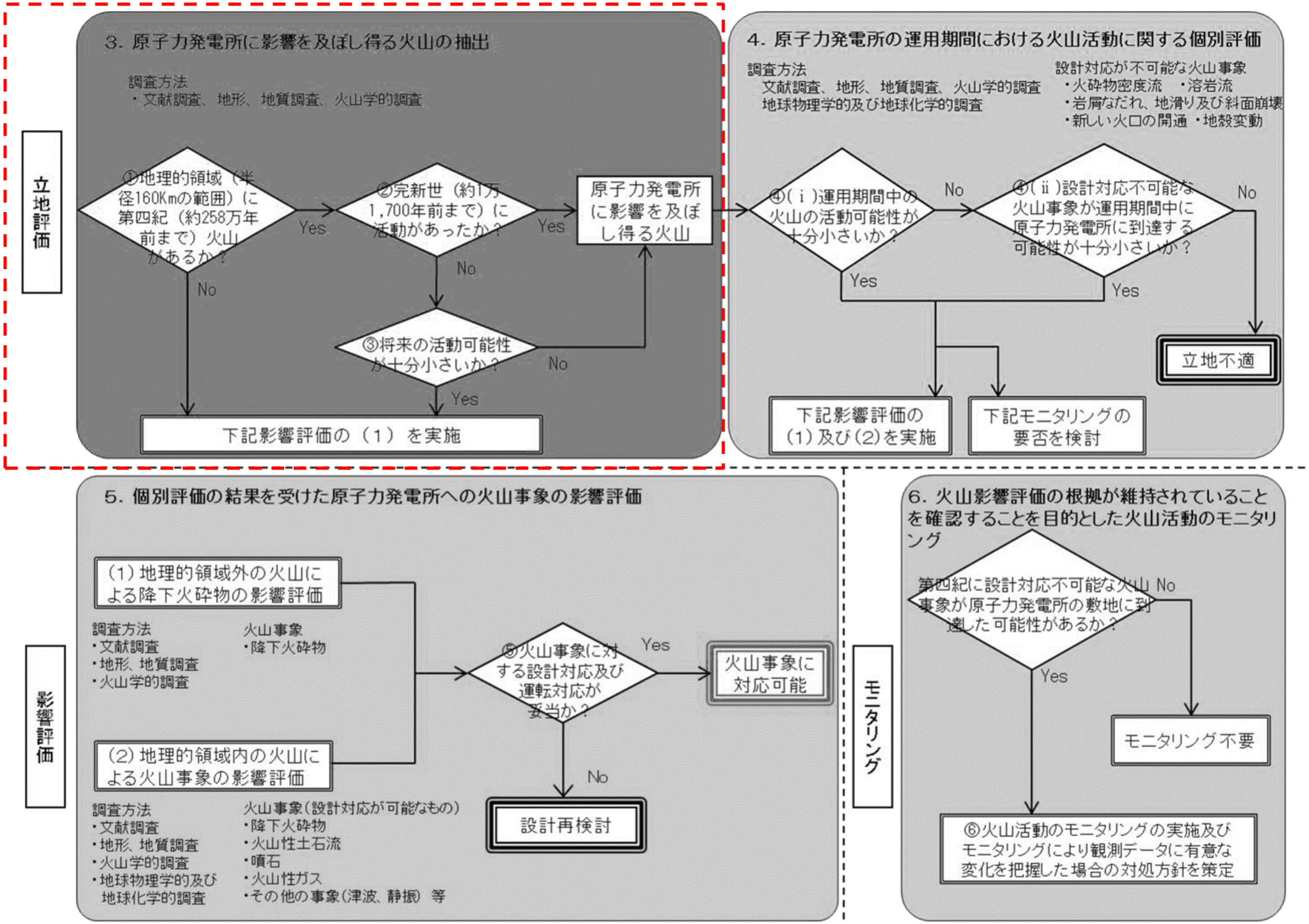
1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

1.1 地理的領域内の第四紀火山

1.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

○本章では，地理的領域内に分布する第四紀火山のうち，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行った。



「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出　－評価方法－

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出にあたっては，地理的領域内（半径160kmの範囲）の第四紀火山を抽出した上で，各火山の階段ダイヤグラムを作成して活動年代を評価し，完新世に活動を行った火山と将来の活動可能性が否定できない火山を合わせて原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する。
○地理的領域内の第四紀火山の抽出には，「日本の火山」のWeb版（地質調査総合センター編，2023）を用いる。各火山の活動年代の評価には，「日本の火山」等の火山の活動年代が体系的に一覧で整理されている文献に加え，各火山に関する個別文献の情報も用いて，評価を実施する（右下表）。

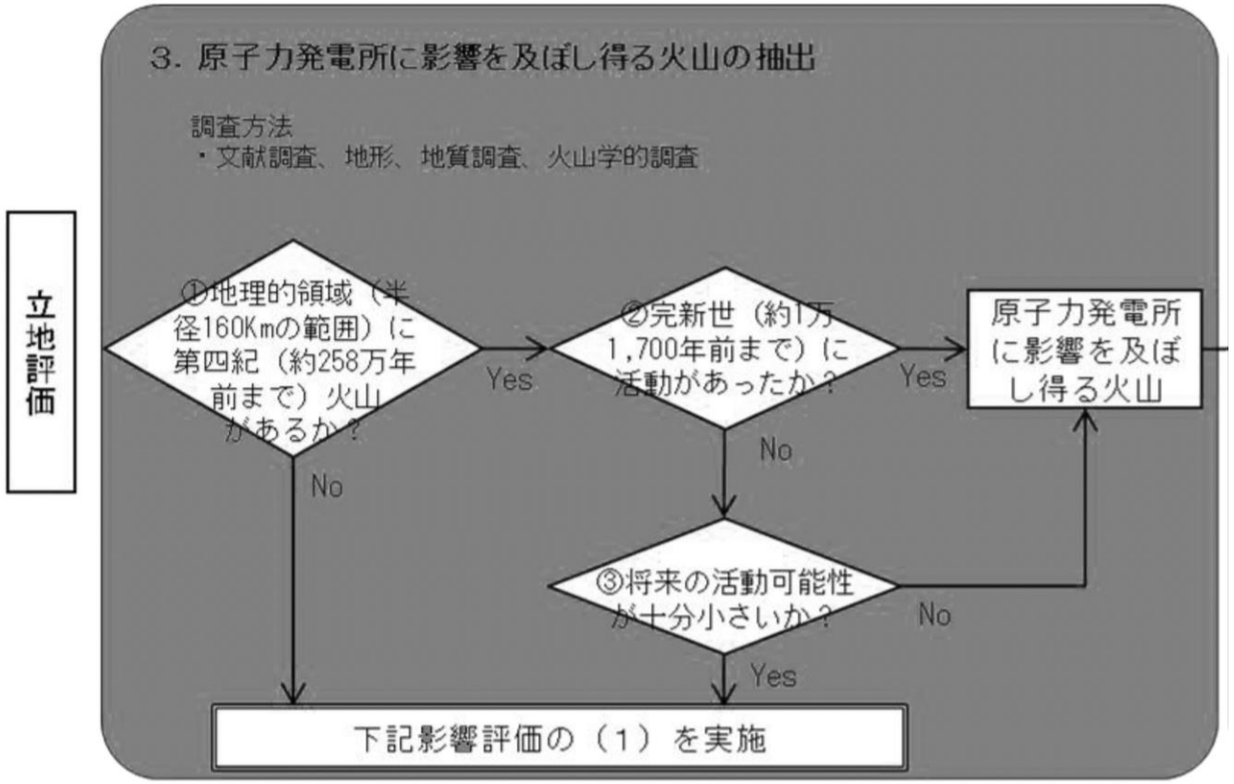


表２　火山影響評価に関する確認事項について

番号	確認事項
①	・原子力発電所の地理的領域内における第四紀火山の有無。
②	・完新世における活動の有無。
③	・検討対象火山の過去の活動を示す階段ダイヤグラムにおいて、火山活動が終息する傾向が顕著であり、最後の活動終了からの期間が、過去の最大休止期間より長い等、将来の活動可能性が十分に小さいと判断できる場合は、火山活動に関する個別評価の対象外とする。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

＜地理的領域内の第四紀火山の抽出に用いる文献＞

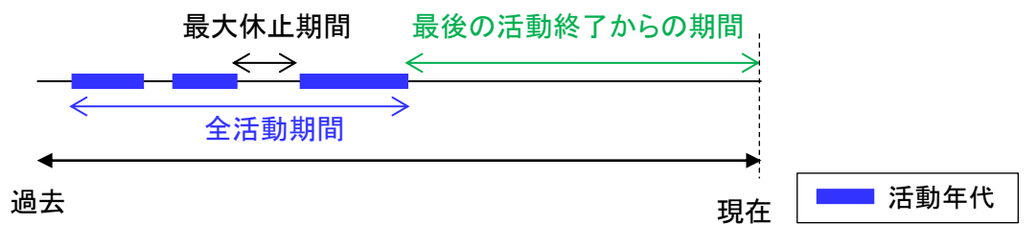
日本の火山に関する主要なデータベース	・日本の火山 Web版：地質調査総合センター編（2023）

＜各火山の活動年代の評価に用いる文献＞

火山の活動年代が体系的に一覧で整理されている文献	・日本の火山 Web版：地質調査総合センター編（2023） ・日本の第四紀火山カタログ：第四紀火山カタログ委員会編(1999) ・第四紀火山岩体・貫入岩体データベース：西来ほか編(2012) ・日本活火山総覧（第4版）：気象庁編(2013) ・第四紀噴火・貫入活動データベース：西来ほか編(2014) ・20万分の１日本火山図：地質調査総合センター編（2021a） ・1万年噴火イベントデータ集：地質調査総合センター編（2021b）
各火山に関する個別文献	・清水ほか（1988）：両白−飛騨地域に分布する鮮新−更新世火山岩のK−Ar年代 ・田中・田村（2001）：両白山地，経ヶ岳火山の岩石学 ・棚瀬ほか（2007）：K−Ar年代測定に基づく両白山地の鮮新－更新世火山活動の時空分布 等の各火山に関する文献

＜将来の活動可能性について＞

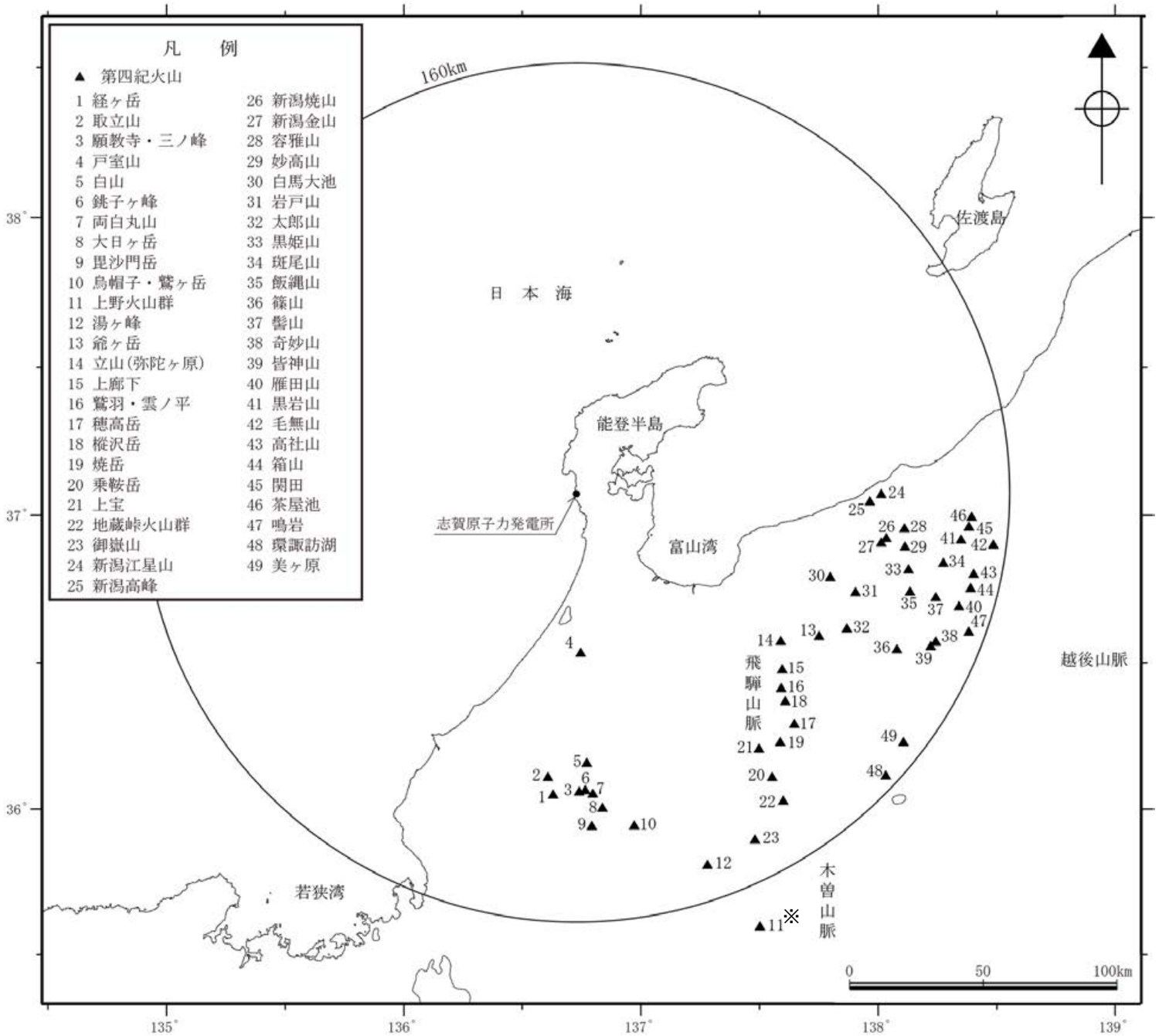
・最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山については，将来の活動可能性が十分に小さいと評価する。
・また，最大休止期間は全活動期間を超えることがないことから，最後の活動終了からの期間が，全活動期間より長い火山についても，将来の活動可能性が十分に小さいと評価する。



1.1 地理的領域内の第四紀火山 －第四紀火山の位置－

○「日本の火山」のWeb版（地質調査総合センター編，2023）に基づき，地理的領域内（敷地を中心とする半径160kmの範囲）に分布する49の第四紀火山を抽出した。

火山名		敷地からの距離(km)	火山名		敷地からの距離(km)
1	きょうがたけ 経ヶ岳	113	26	にいがたやけやま 新潟焼山	118
2	とりたてやま 取立山	106	27	にいがたかなやま 新潟金山	116
3	がんきょうじ・さんのみね 願教寺・三ノ峰	111	28	ようがさん 容雅山	124
4	とむろやま 戸室山	59	29	みょうこうさん 妙高山	125
5	はくさん 白山	101	30	しろうまおおいけ 白馬大池	100
6	ちょうしがみね 銚子ヶ峰	111	31	いわとやま 岩戸山	111
7	りょうはくまるやま 両白丸山	112	32	たろうやま 太郎山	113
8	だいにちがたけ 大日ヶ岳	118	33	くろひめやま 黒姫山	128
9	ぴしゃもんだけ 毘沙門岳	125	34	まだらおやま 斑尾山	140
10	えぼし・わしがたけ 烏帽子・鷲ヶ岳	126	35	いいづなやま 飯縄山	130
11	うえのかざんぐん 上野火山群	177※	36	しのやま 篠山	134
12	ゆがみね 湯ヶ峰	148	37	もとどりやま 髻山	140
13	じいがたけ 爺ヶ岳	105	38	きみょうさん 奇妙山	146
14	たてやま（みだがはら） 立山(弥陀ヶ原)	94	39	みなかみやま 皆神山	145
15	かみのろうか 上廊下	101	40	かりたさん 雁田山	150
16	わしば・くものたいら 鷲羽・雲ノ平	106	41	くろいわやま 黒岩山	145
17	ほたかだけ 穂高岳	119	42	けなしやま 毛無山	158
18	もみさわだけ 樅沢岳	110	43	たかやしろやま 高社山	152
19	やけだけ 焼岳	120	44	はこやま 箱山	152
20	のりくらだけ 乗鞍岳	129	45	せきた 関田	148
21	かみたから 上宝	118	46	ちゃやいけ 茶屋池	149
22	じぞうとうげかざんぐん 地蔵峠火山群	139	47	なるいわ 鳴岩	155
23	おんたけさん 御嶽山	146	48	かんすわこ 環諏訪湖	157
24	にいがたえぼしやま 新潟江星山	114	49	うつくしがはら 美ヶ原	154
25	にいがたたかみね 新潟高峰	111			



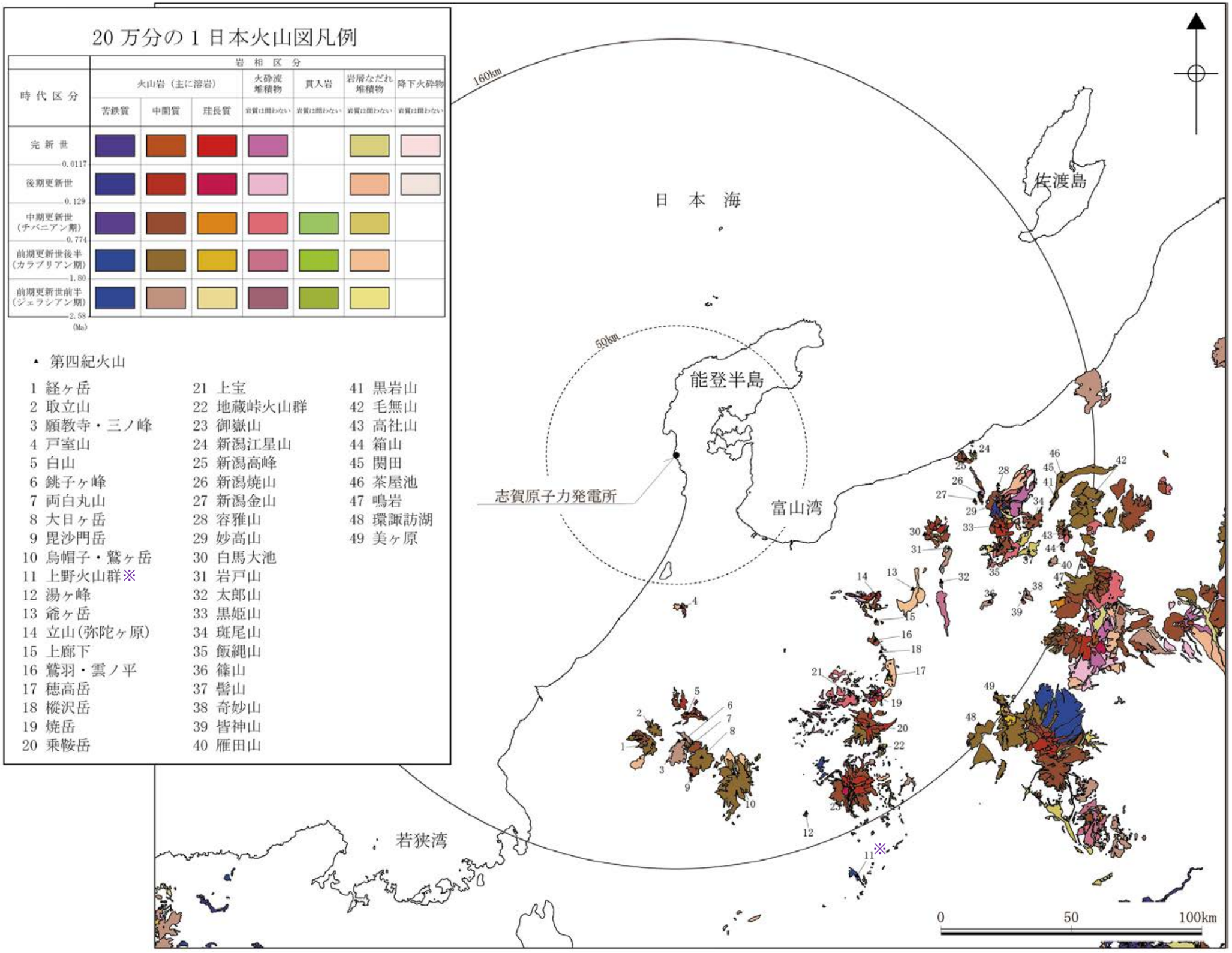
地理的領域内の第四紀火山の位置
（地質調査総合センター編（2023）に基づき作成）

※単成火山群の分布域が160km圏内に位置することから，
地理的領域内の第四紀火山に含めた。

1.1 地理的領域内の第四紀火山 －火山地質図－

○20万分の1日本火山図（地質調査総合センター編，2021a）によると，敷地を中心とする半径50kmの範囲に火山噴出物の分布は示されていない。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



火山地質図
（地質調査総合センター編（2021a，2023）に基づき作成）

※単成火山群の分布域が160km圏内に位置することから，地理的領域内の第四紀火山に含めた。

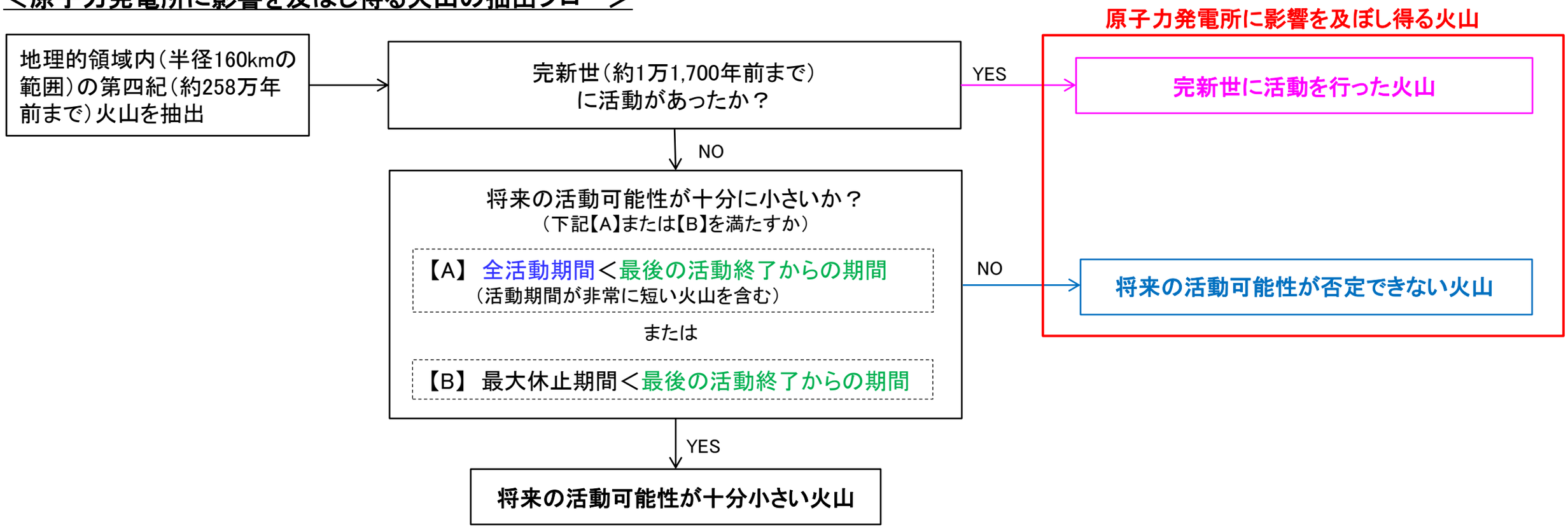
1.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出　－抽出フロー－

○地理的領域内の第四紀火山について，地質調査総合センター編（2023）等の文献情報により各火山の階段ダイヤグラムを作成し，活動年代を評価した。活動年代について，文献間で年代が異なる場合には，活動年代が長くなるように評価を行った。

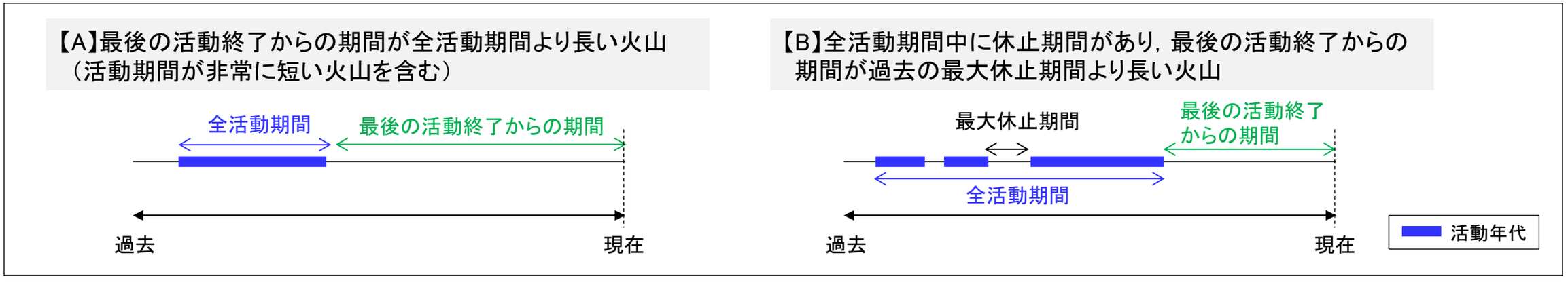
○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出にあたっては，以下のフローのとおり，「完新世に活動を行った火山」及び「将来の活動可能性が否定できない火山」を合わせて原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として抽出する。

○「A：最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山（活動期間が非常に短い火山を含む）」または「B：全活動期間中に休止期間があり，最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山」については，将来の活動可能性が十分小さい火山と評価する。

＜原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出フロー＞



＜将来の活動可能性が十分小さい火山のイメージ＞



1.2 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出　－抽出結果－

○地理的領域内の第四紀火山について，階段ダイヤグラムを作成し，完新世の活動の有無及び将来の活動可能性を検討した結果，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として17火山を抽出した。（抽出の根拠とした各火山の活動年代に基づく評価結果を次頁及び次々頁，位置図をP.28に示す。）

＜原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果＞

地理的領域内（半径160kmの範囲）の第四紀（約258万年前まで）火山を抽出

49火山 →

完新世（約1万1,700年前まで）に活動があったか？

YES：**9火山** →

完新世に活動を行った火山（9火山）

はくさん 白山，たてやま(みだがはら) 立山(弥陀ヶ原)，わしば・くものたいら 鷲羽・雲ノ平※，やけだけ 焼岳，のりくらだけ 乗鞍岳，おんたけさん 御嶽山，にいがたやけやま 新潟焼山，みょうこうさん 妙高山，しろうまおおいけ 白馬大池※

NO：**40火山** ↓

将来の活動可能性が十分に小さいか？
（下記【A】または【B】を満たすか）

【A】 全活動期間＜最後の活動終了からの期間
（活動期間が非常に短い火山を含む）

または

【B】 最大休止期間＜最後の活動終了からの期間

NO：**8火山** →

将来の活動可能性が否定できない火山（8火山）

きょうがたけ 経ヶ岳，うえのかざんぐん 上野火山群，かみのろうか 上廊下，にいがたかなやま 新潟金山，くろひめやま 黒姫山，いいづなやま 飯縄山，くろいわやま 黒岩山，たかやしろやま 高社山

YES：**32火山** ↓

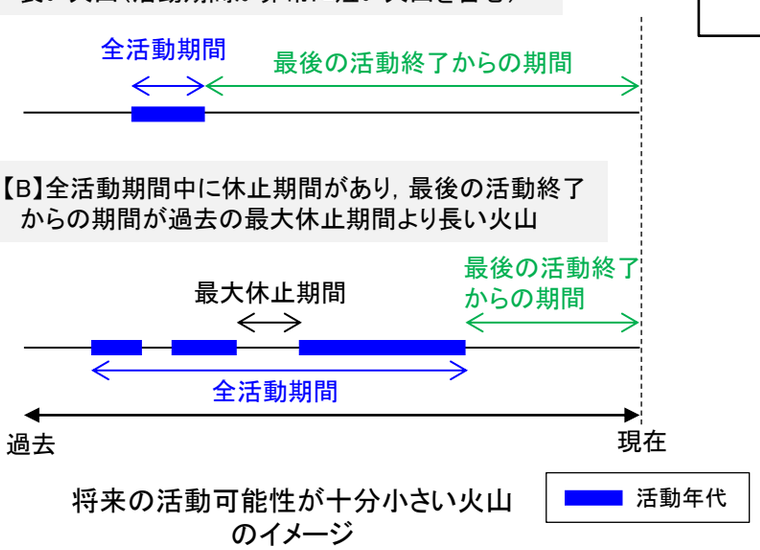
将来の活動可能性が十分小さい火山（32火山）

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）

※気象庁による活火山に指定されていないが，地質調査総合センター編(2023)に基づき完新世に活動を行った火山と評価

【A】最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山（活動期間が非常に短い火山を含む）

【B】全活動期間中に休止期間があり，最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山



将来の活動可能性が十分小さい火山のイメージ

【A】最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山（活動期間が非常に短い火山を含む）

とりたてやま 取立山，がんきょうじ・さんのみね 願教寺・三ノ峰，とむろやま 戸室山，ちょうしがみね 銚子ヶ峰，りょうはくまるやま 両白丸山，だいにちがたけ 大日ヶ岳，びしゃもんだけ 毘沙門岳，えぼし・わしがたけ 烏帽子・鷲ヶ岳，ゆがみね 湯ヶ峰，じいがたけ 爺ヶ岳，ほたかだけ 穂高岳，もみさわだけ 樅沢岳，かみたから 上宝，にいがたえぼしやま 新潟江星山，にいがたたかみね 新潟高峰，ようがさん 容雅山，いわとやま 岩戸山，たろうやま 太郎山，まだらおやま 斑尾山，しのやま 篠山，もとどりやま 髻山，きみょうさん 奇妙山，みなかみやま 皆神山，かりたさん 雁田山，けなしやま 毛無山，はこやま 箱山，せきた 関田，ちゃやいけ 茶屋池，なるいわ 鳴岩，うつくしがはら 美ヶ原

【B】全活動期間中に休止期間があり，最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山

じぞうどうげかざんぐん 地蔵峠火山群，かんすわこ 環諏訪湖

各火山の活動履歴の詳細(階段ダイヤグラム等)は，**補足資料1**

【活動年代に基づく評価結果(1/2)】

各火山の活動履歴の詳細(階段ダイヤグラム等)は，**補足資料1**
※鷲羽・雲ノ平を除き，気象庁編(2013)による活火山に相当。

火山名		敷地からの距離(km)	活動年代(千年前)	全活動期間(千年間)	最大休止期間(千年間)	最後の活動終了からの期間(千年間)	完新世に活動を行った火山※	完新世に活動を行っていない火山	
								将来の活動可能性が否定できない火山	将来の活動可能性が十分小さい火山
							原子力発電所に影響を及ぼし得る火山		
1 経ヶ岳	(きょうがたけ)	113	1400 ～ 700	700	―	700		○	
2 取立山	(とりたてやま)	106	1380 ～ 760	620	―	760			○【A】
3 願教寺・三ノ峰	(がんきょうじ・さんのみね)	111	3200 ～ 2430	770	―	2430			○【A】
4 戸室山	(とむろやま)	59	420 ～ 300	120	―	300			○【A】
5 白山	(はくさん)	101	430 ～ (最新噴火AD1659)	430	―	完新世活動	○		
6 銚子ヶ峰	(ちょうしがみね)	111	1500 ～ 1340	160	―	1340			○【A】
7 両白丸山	(りょうはくまるやま)	112	400 ～ 300	100	―	300			○【A】
8 大日ヶ岳	(だいにちがたけ)	118	1100 ～ 900	200	―	900			○【A】
9 毘沙門岳	(びしゃもんだけ)	125	400 ～ 250	150	―	250			○【A】
10 烏帽子・鷲ヶ岳	(えぼし・わしがたけ)	126	1600 ～ 1050	550	―	1050			○【A】
11 上野火山群	(うえのかざんぐん)	177	2800 ～ 900	1900	―	900		○	
12 湯ヶ峰	(ゆがみね)	148	120 ～ 100	20	―	100			○【A】
13 爺ヶ岳	(じいがたけ)	105	2300 ～ 1200	1100	―	1200			○【A】
14 立山(弥陀ヶ原)	(たてやま みだがはら)	94	220 ～ (最新噴火AD1949)	220	―	完新世活動	○		
15 上廊下	(かみのろうか)	101	400 ～ 190	210	―	190		○	
16 鷲羽・雲ノ平	(わしば・くものたいら)	106	1000～900，310～(最新噴火1950年前)	1000	590	完新世活動	○		
17 穂高岳	(ほたかだけ)	119	1760 ～ 1700	60	―	1700			○【A】
18 樅沢岳	(もみさわだけ)	110	450 ～ 290	160	―	290			○【A】
19 焼岳	(やけだけ)	120	122～69，27～(最新噴火AD1963)	122	42	完新世活動	○		
20 乗鞍岳	(のりくらだけ)	129	1300～860，320～(最新噴火500年前)	1300	540	完新世活動	○		
21 上宝	(かみたから)	118	750 ～ 550	200	―	550			○【A】
22 地蔵峠火山群	(じぞうとうげかざんぐん)	139	3500～3400，2600～2500，2000～1600	1900	800	1600			○【B】
23 御嶽山	(おんたけさん)	146	780～390，105～(最新噴火AD2014)	780	285	完新世活動	○		
24 新潟江星山	(にいがたえぼしやま)	114	1650 ～ 920	730	―	920			○【A】
25 新潟高峰	(にいがたたかみね)	111	1030 ～ 650	380	―	650			○【A】

「日本の火山」Web版(地質調査総合センター編，2023)等に基づき作成。

【A】:最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山
【B】:最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山

【活動年代に基づく評価結果(2/2)】

各火山の活動履歴の詳細(階段ダイヤグラム等)は，**補足資料1**
※白馬大池を除き，気象庁編(2013)による活火山に相当。

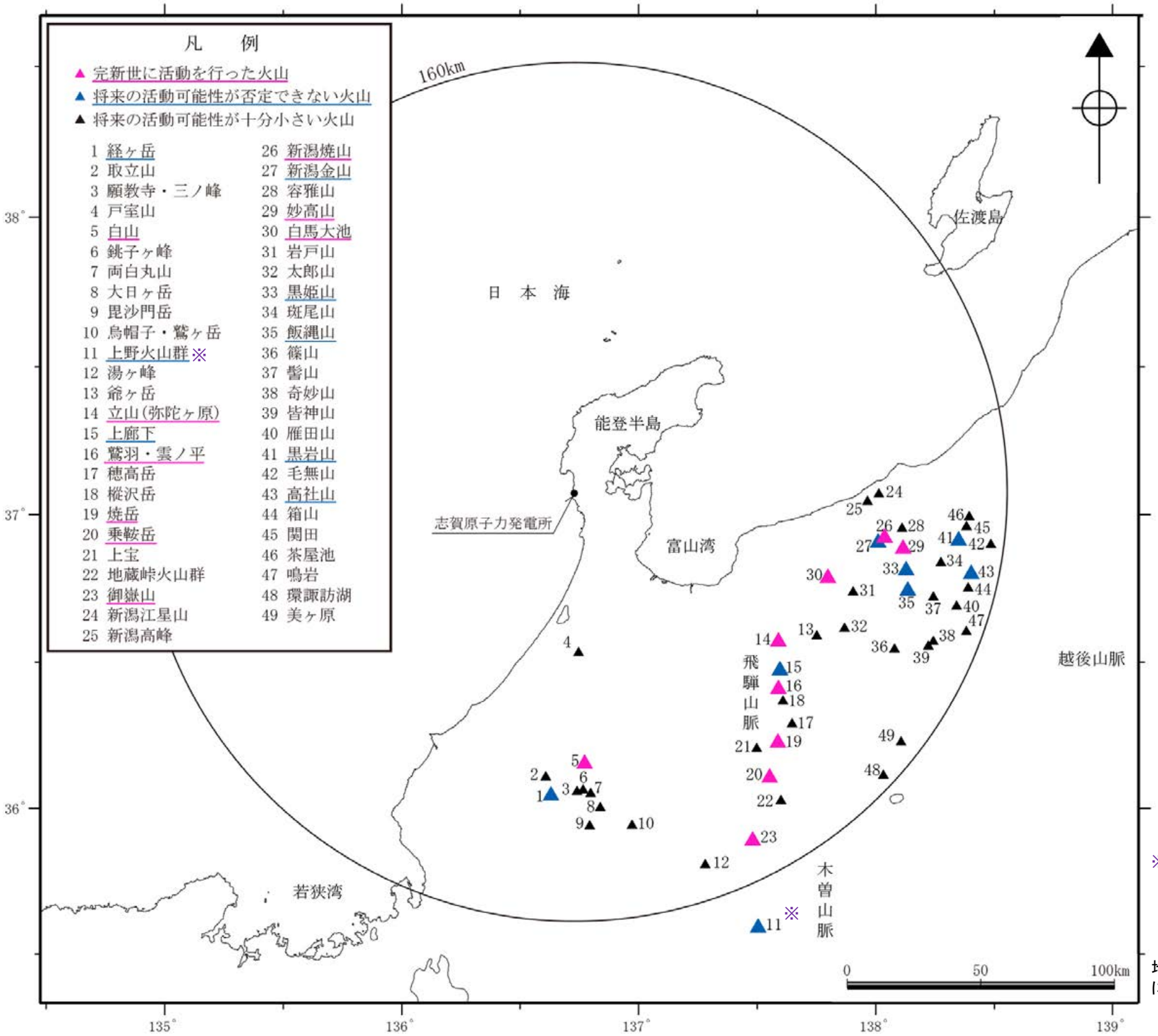
火山名	敷地からの距離(km)	活動年代(千年前)	全活動期間(千年間)	最大休止期間(千年間)	最後の活動終了からの期間(千年間)	完新世に活動を行った火山※	完新世に活動を行っていない火山	
							将来の活動可能性が否定できない火山	将来の活動可能性が十分小さい火山
						原子力発電所に影響を及ぼし得る火山		
26 新潟焼山 (にいがたやけやま)	118	5 ～ (最新噴火AD2016)	5	―	完新世活動	○		
27 新潟金山 (にいがたかなやま)	116	780 ～ 130	650	―	130		○	
28 容雅山 (ようがさん)	124	490 ～ 380	110	―	380			○【A】
29 妙高山 (みょうこうさん)	125	330～260，150～60，43～(最新噴火1300年前)	330	110	完新世活動	○		
30 白馬大池 (しろうまおおいけ)	100	800～500，　200～(最新噴火4000年前)	800	300	完新世活動	○		
31 岩戸山 (いわとやま)	111	2400 ～ 1700	700	―	1700			○【A】
32 太郎山 (たろうやま)	113	2200 ～ 2000	200	―	2000			○【A】
33 黒姫山 (くろひめやま)	128	260～250，150～70，55～43	217	100	43		○	
34 斑尾山 (まだらおやま)	140	700 ～ 490	210	―	490			○【A】
35 飯縄山 (いいづなやま)	130	340，260～140，60	280	80	60		○	
36 篠山 (しのやま)	134	2580 ～ 1810	770	―	1810			○【A】
37 髻山 (もとどりやま)	140	220 ～ 180	40	―	180			○【A】
38 奇妙山 (きみょうさん)	146	2900 ～ 2400	500	―	2400			○【A】
39 皆神山 (みなかみやま)	145	350 ～ 290	60	―	290			○【A】
40 雁田山 (かりたさん)	150	2800 ～ 2340	460	―	2340			○【A】
41 黒岩山 (くろいわやま)	145	1780 ～ 130	1650	―	130		○	
42 毛無山 (けなしやま)	158	1700 ～ 920	780	―	920			○【A】
43 高社山 (たかやしろやま)	152	780 ～ 190	590	―	190		○	
44 箱山 (はこやま)	152	2100	―	―	2100			○【A】
45 関田 (せきた)	148	1700 ～ 1100	600	―	1100			○【A】
46 茶屋池 (ちゃやいけ)	149	800	―	―	800			○【A】
47 鳴岩 (なるいわ)	155	300 ～ 280	20	―	280			○【A】
48 環諏訪湖 (かんすわこ)	157	2400～1800，1600～1000	1400	200	1000			○【B】
49 美ヶ原 (うつくしがはら)	154	2200 ～ 1200	1000	―	1200			○【A】

「日本の火山」Web版(地質調査総合センター編，2023)等に基づき作成。

【A】:最後の活動終了からの期間が全活動期間より長い火山
【B】:最後の活動終了からの期間が過去の最大休止期間より長い火山

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置】



※単成火山群の分布域が160km圏内に位置することから，地理的領域内の第四紀火山に含めた。

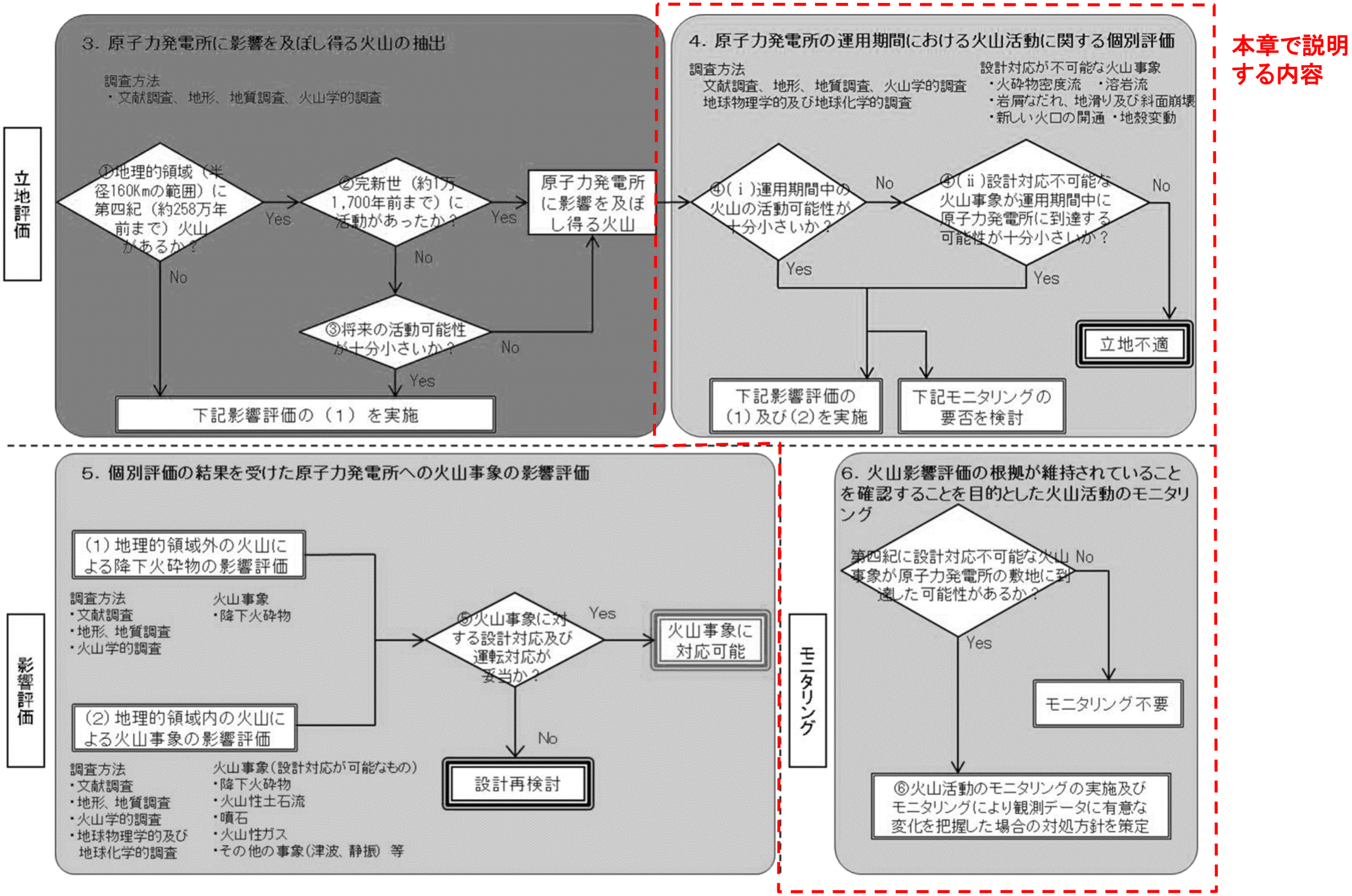
地質調査総合センター編(2023)に基づき作成

２．火山活動に関する個別評価

2.1 火砕物密度流に関する評価
2.2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する評価
2.3 設計対応不可能な火山事象の個別評価まとめ

2. 火山活動に関する個別評価

○本章では，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山について，火山活動に関する個別評価を行った。



「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

2. 火山活動に関する個別評価　－評価方法－

○1章で抽出された原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山について，原子力発電所の運用期間中における活動可能性が十分小さいとは評価できないことから，設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性を評価する。
○また，各火山の過去最大規模の噴火による設計対応不可能な火山事象が原子力発電所の敷地に到達した可能性を検討することにより，火山活動のモニタリングの要否についても評価する。

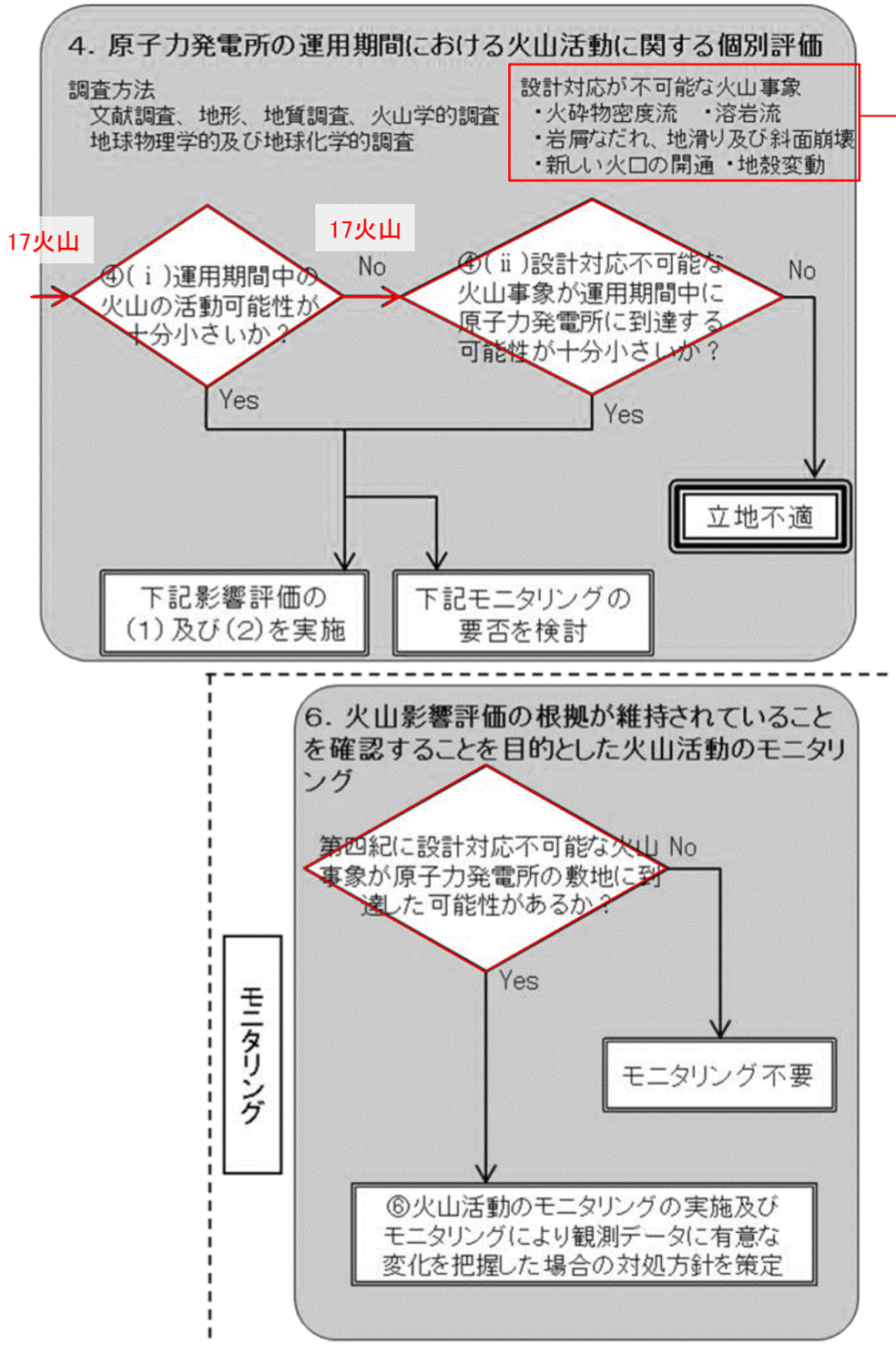


表1　原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係[注1]

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びブラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注3
9. 津波及び静振	水の氾濫	注4
10. 大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注4
11. 地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注4
12. 火山性地震とこれに関連する事象	継続的微動、多重衝撃	注4
13. 熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注4

（参考資料：IAEA　SSG-21及びJEAG4625）

注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。
注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。
注3：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。
注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

2. 火山活動に関する個別評価　－検討対象の火山事象－

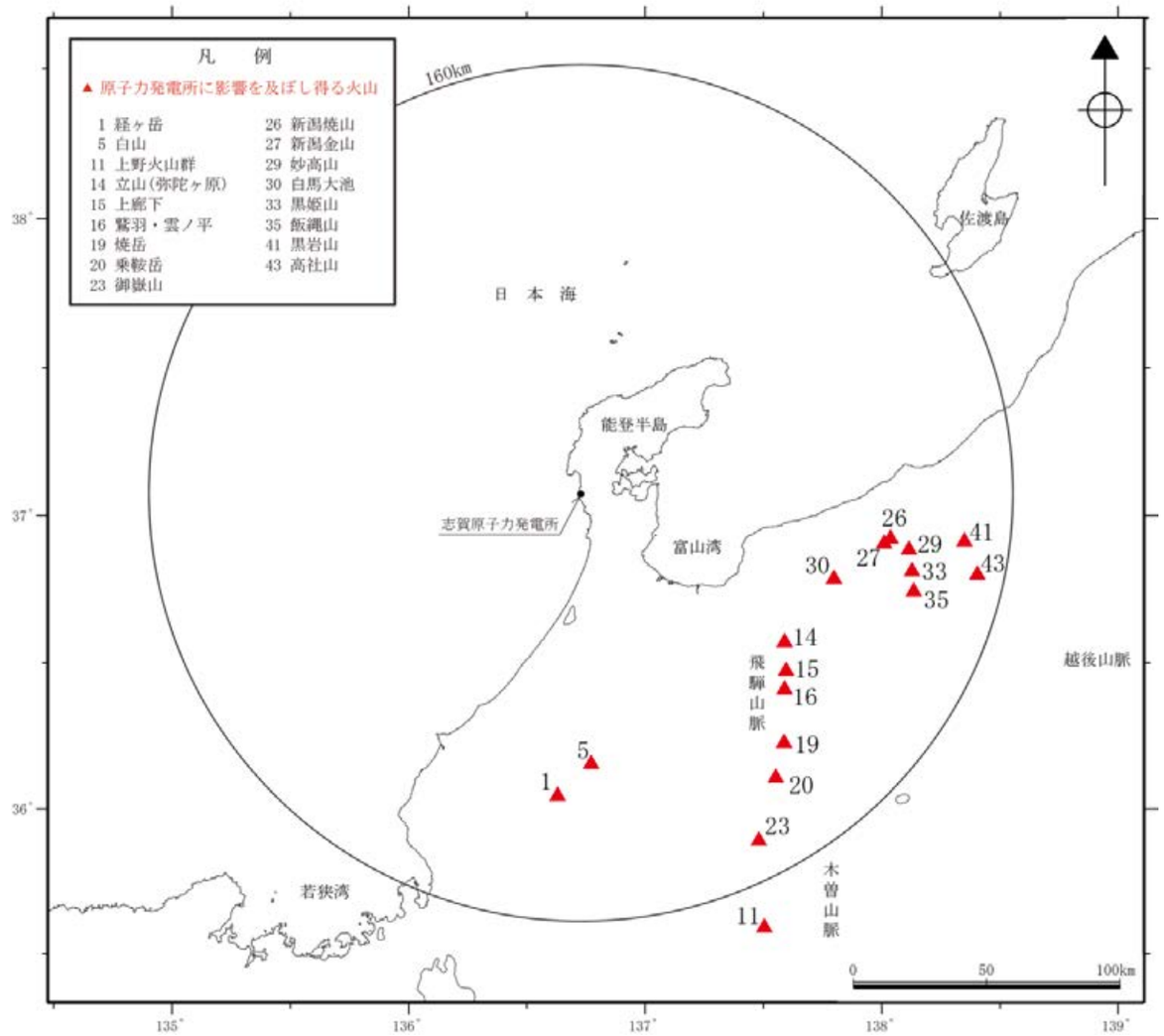
○原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山について，検討する必要がある設計対応不可能な火山事象は，左下表のとおり，「火砕物密度流」，「新しい火口の開口」及び「地殻変動」である。残りの「溶岩流」及び「岩屑なだれ，地すべり，斜面崩壊」については，いずれの火山も敷地から50km以遠に位置することから，これらの火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。
○火砕物密度流については，各火山における敷地からの距離と火砕物密度流の堆積物の分布から想定される最大到達距離に基づき個別に検討を行う。
○新しい火口の開口及び地殻変動については，敷地周辺における地下構造（地震波速度構造，地熱活動及び地震活動）の観点から検討を行う。

＜原子力発電所に影響を及ぼし得る火山と検討すべき設計対応不可能な火山事象＞

火山名		敷地からの距離（km）	設計対応不可能な火山事象				
			火砕物密度流	溶岩流	岩屑なだれ 地すべり 斜面崩壊	新しい火口の開口	地殻変動
			0～160km	0～50km	0～50km		
1	経ヶ岳	113	○	—	—	○	○
5	白山	101	○	—	—	○	○
11	上野火山群	177	○※	—	—	○	○
14	立山（弥陀ヶ原）	94	○	—	—	○	○
15	上廊下	101	○	—	—	○	○
16	鷲羽・雲ノ平	106	○	—	—	○	○
19	焼岳	120	○	—	—	○	○
20	乗鞍岳	129	○	—	—	○	○
23	御嶽山	146	○	—	—	○	○
26	新潟焼山	118	○	—	—	○	○
27	新潟金山	116	○	—	—	○	○
29	妙高山	125	○	—	—	○	○
30	白馬大池	100	○	—	—	○	○
33	黒姫山	128	○	—	—	○	○
35	飯縄山	130	○	—	—	○	○
41	黒岩山	145	○	—	—	○	○
43	高社山	152	○	—	—	○	○

各火山における敷地からの距離と火砕物密度流の堆積物の分布から想定される最大到達距離に基づき個別に検討（2.1節）

敷地周辺における地下構造（地震波速度構造，地熱活動，地震活動）の観点から検討（2.2節）



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置
（地質調査総合センター編（2023）に基づき作成）

○：要検討
－：検討対象外（敷地から50km以遠に位置することから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価）

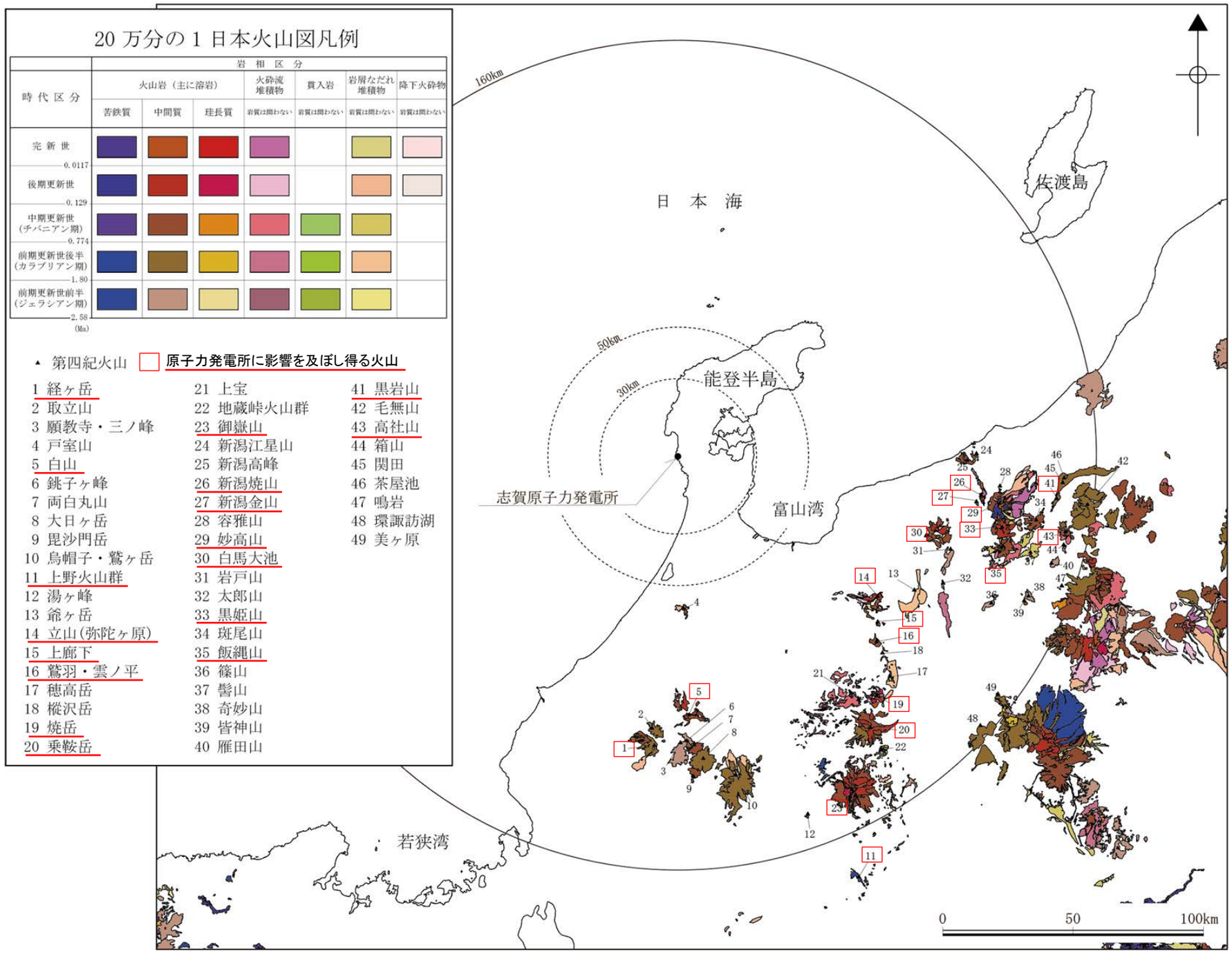
※単成火山群の分布域が160km圏内に位置することから，火砕物密度流に関する検討を実施。

2.1 火砕物密度流に関する評価　－敷地周辺の火山噴出物の分布－

〇地質調査総合センター編（2021a）によると，敷地を中心とする半径50kmの範囲に火砕物密度流の堆積物を含む火山噴出物の分布は示されていない（下図）。

〇また，敷地及び敷地周辺（半径約30kmの範囲）における当社地質調査の結果，降下火砕物を除く火山噴出物は確認されない。さらに，敷地及び敷地周辺において，降下火砕物を除く火山噴出物の分布は報告されていない。（敷地周辺の地質図は次頁，降下火砕物に関する当社地質調査及び文献調査結果は，3.1.1.1）

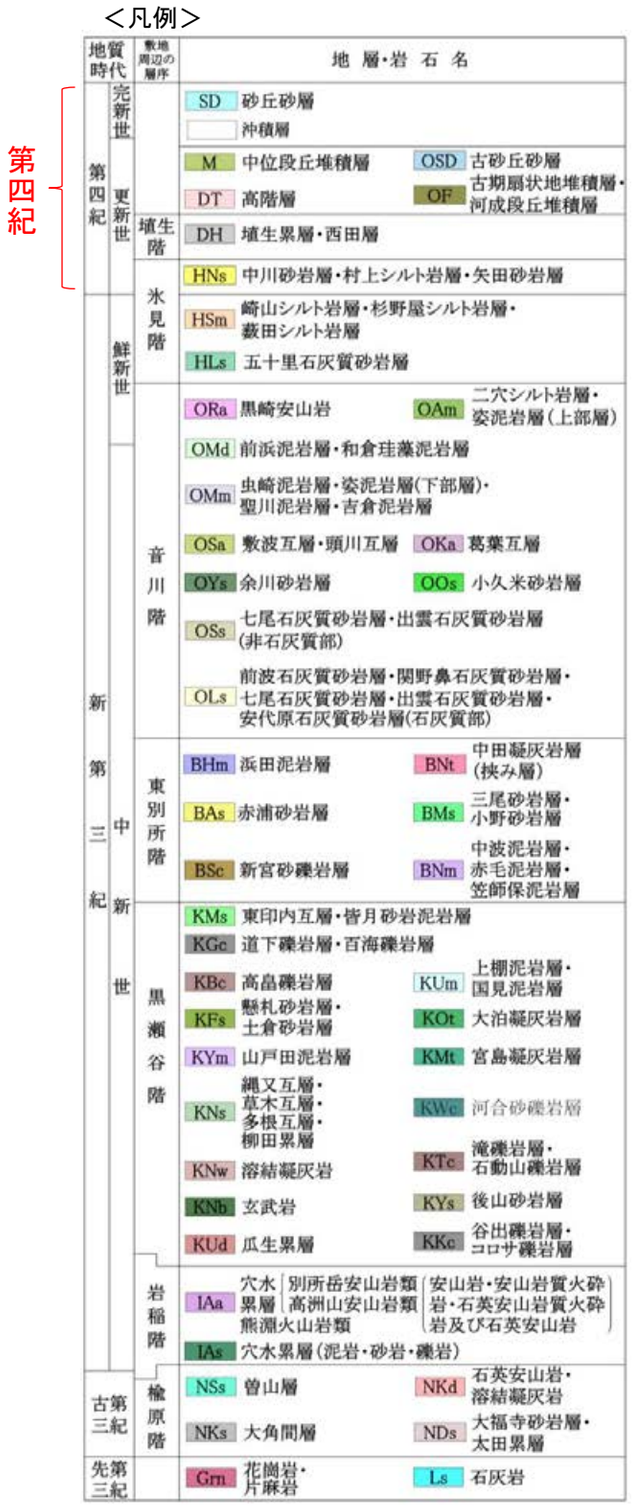
〇以上より，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の火砕物密度流の堆積物の分布は，敷地から十分に離れているが，火砕物密度流に関する評価にあたっては，各火山の火山噴出物の分布に関する個別文献を確認した上で，敷地からの距離と火砕物密度流の堆積物の分布から想定される最大到達距離に基づき個別に検討を行う（各火山の評価結果は，次々頁以降）。

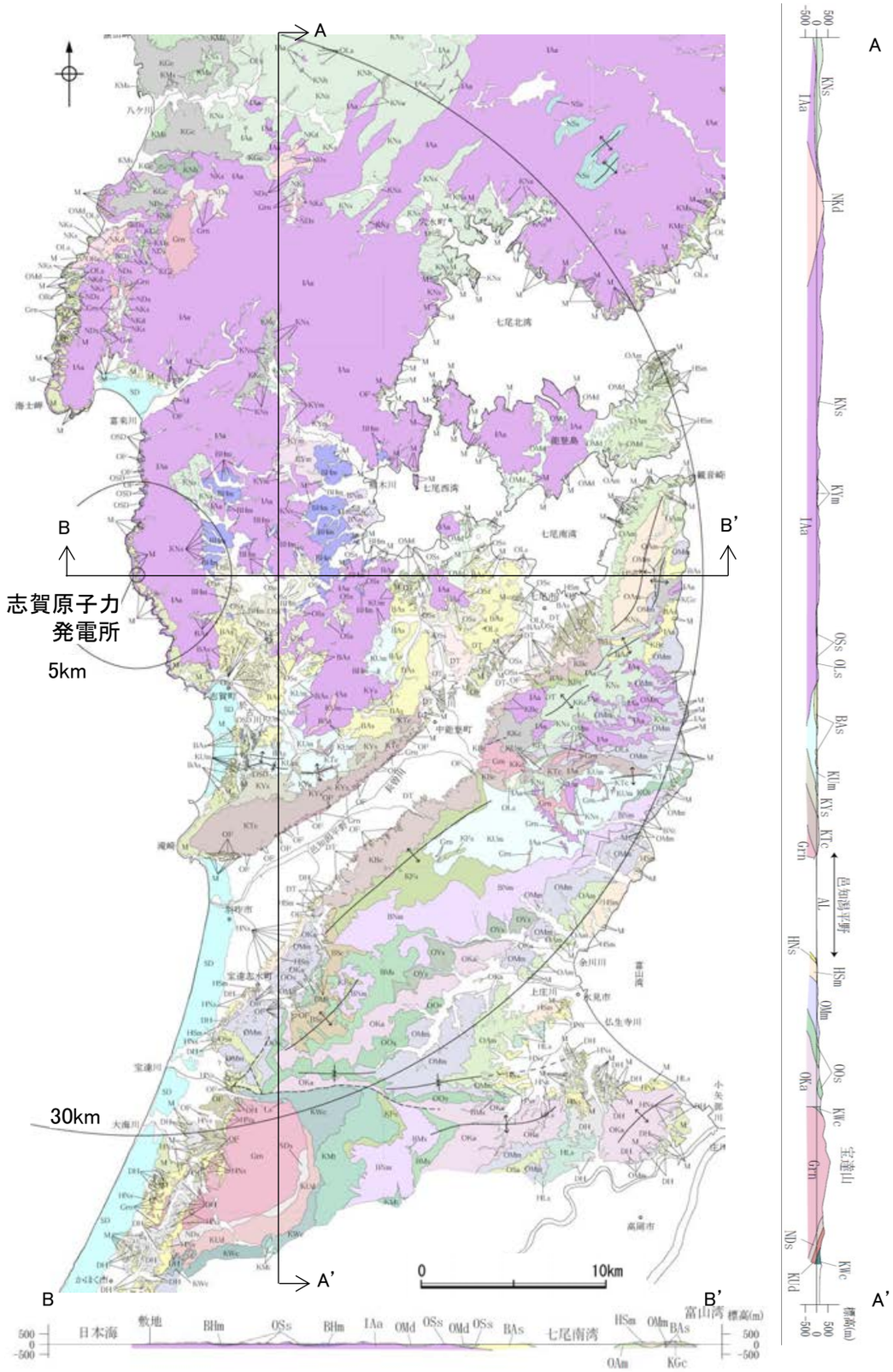


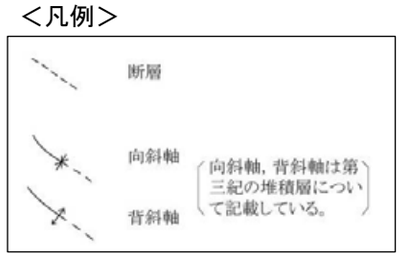
火山地質図
（地質調査総合センター編（2021a，2023）に基づき作成）

【敷地周辺の地質図】

〇紬野(1993)及び当社調査結果等からは，敷地周辺(半径約30kmの範囲)において，降下火砕物を除き，第四紀の火山噴出物は認められない(下図)。



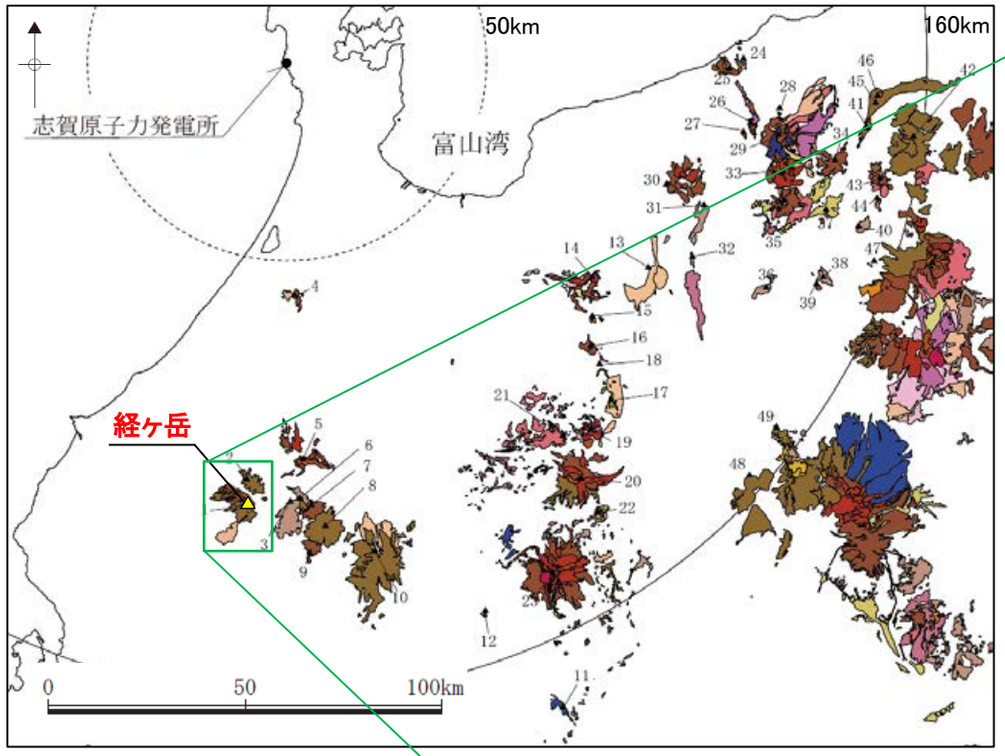




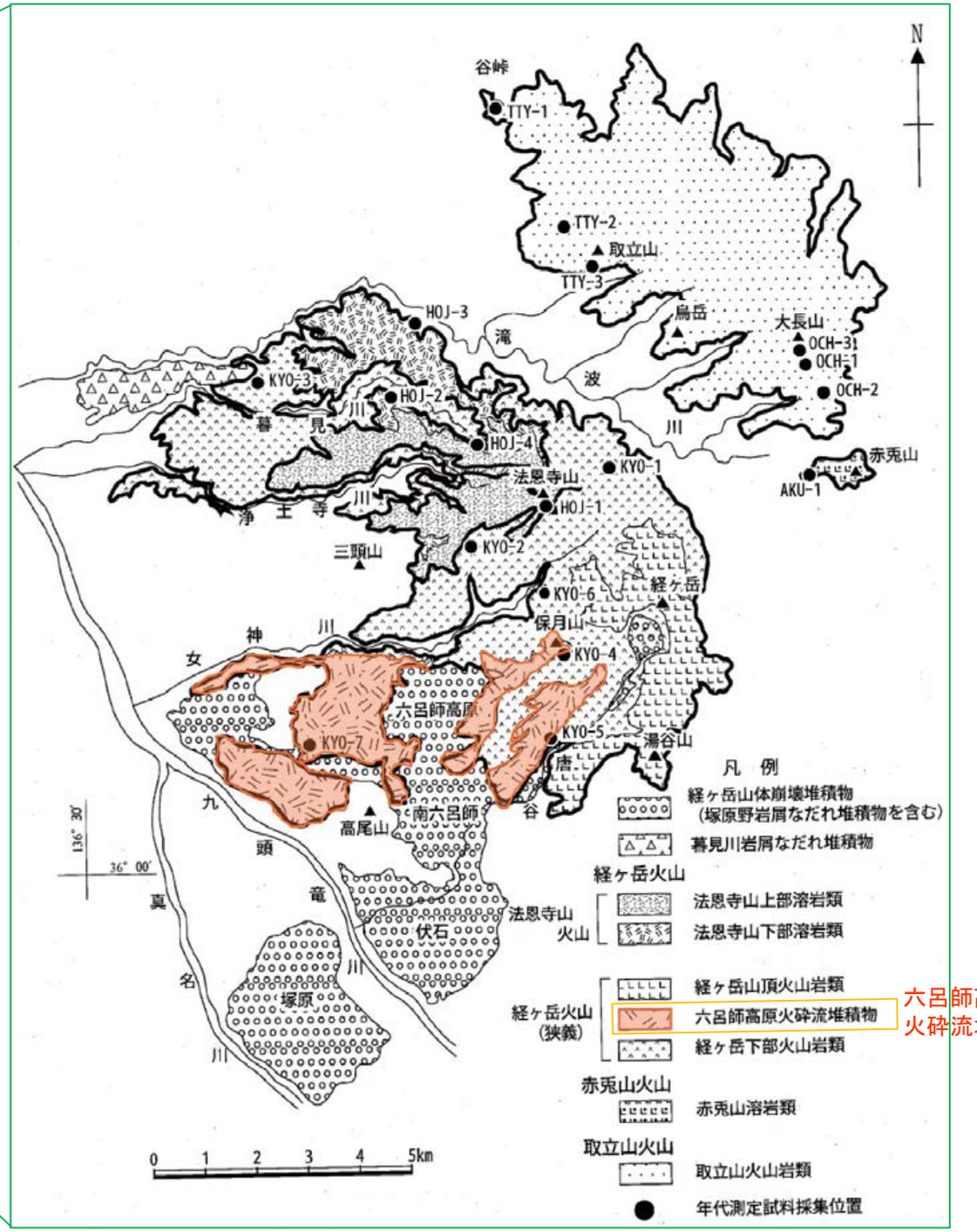
敷地周辺陸域の地質分布図及び地質断面図
(紬野(1993)等を踏まえ，地表地質調査結果及び各種分析結果を加味し，当社作成)

2.1 火砕物密度流に関する評価　－1.経ヶ岳－

〇棚瀬ほか（2007）によると，経ヶ岳における火砕流堆積物の分布は経ヶ岳周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から経ヶ岳までの距離（113km）に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



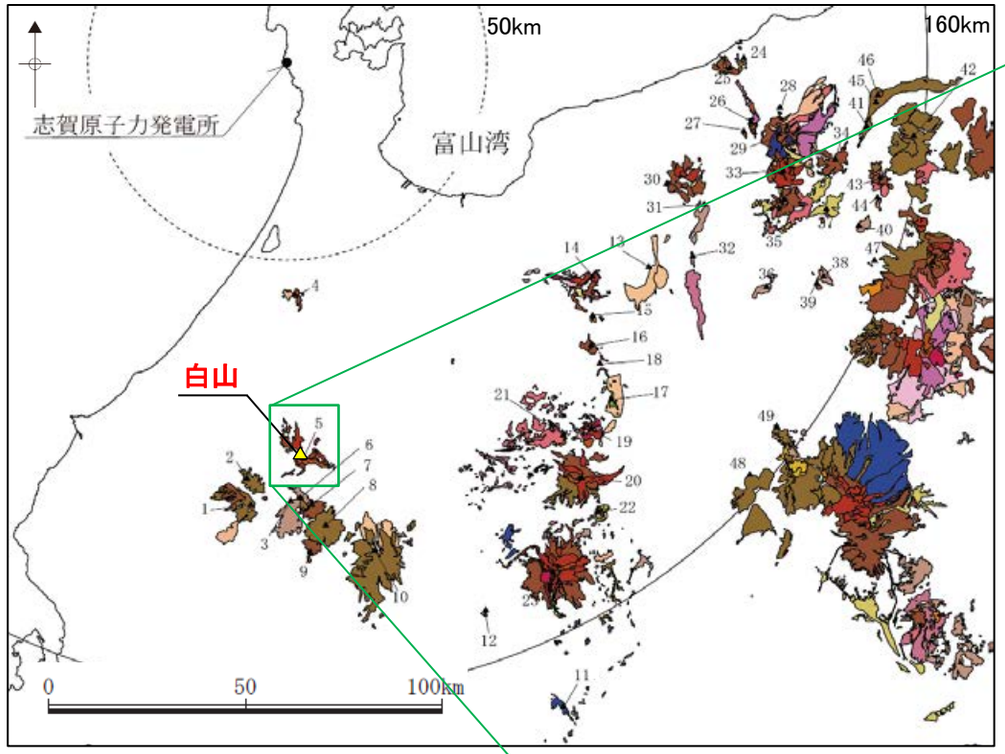
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)
に基づき作成）



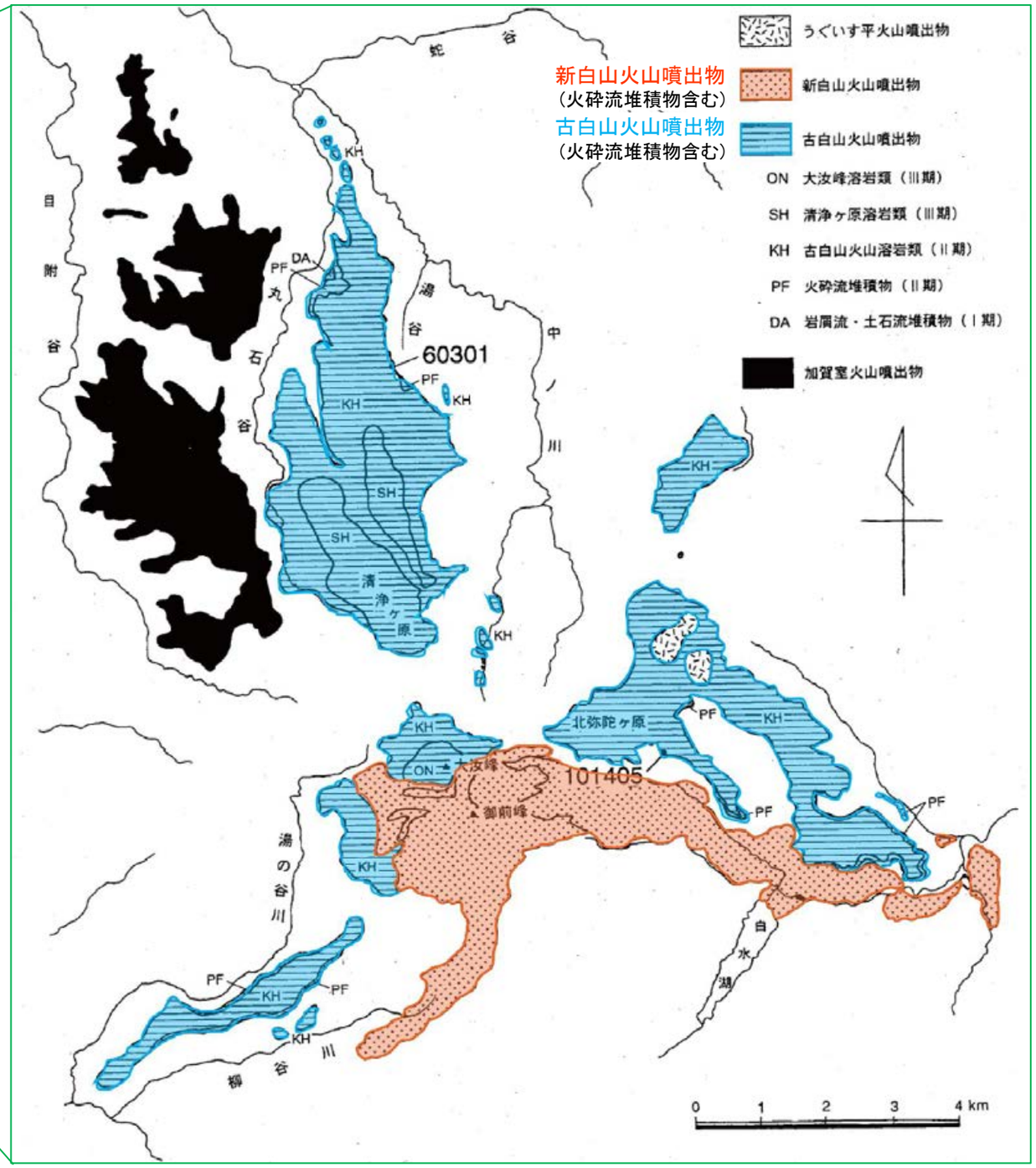
経ヶ岳の地質図
（棚瀬ほか（2007）に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－5.白山－

〇酒寄ほか(1999)及び東野(2014)によると，白山における火砕流堆積物を含む火山噴出物の分布は白山周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から白山までの距離(101km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



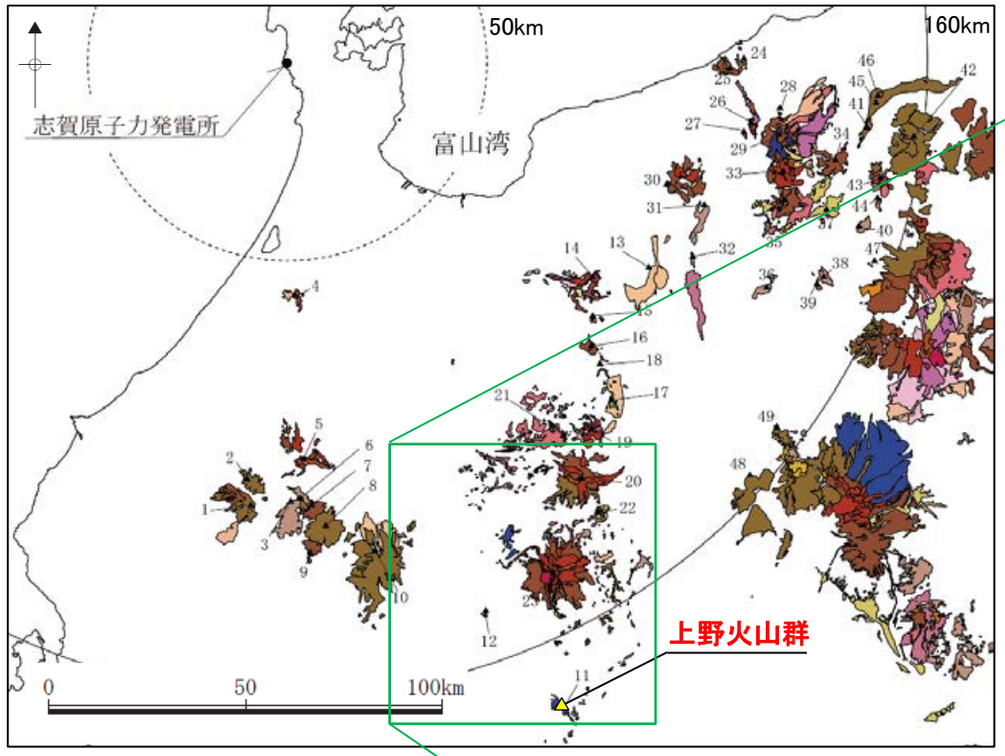
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)
に基づき作成）



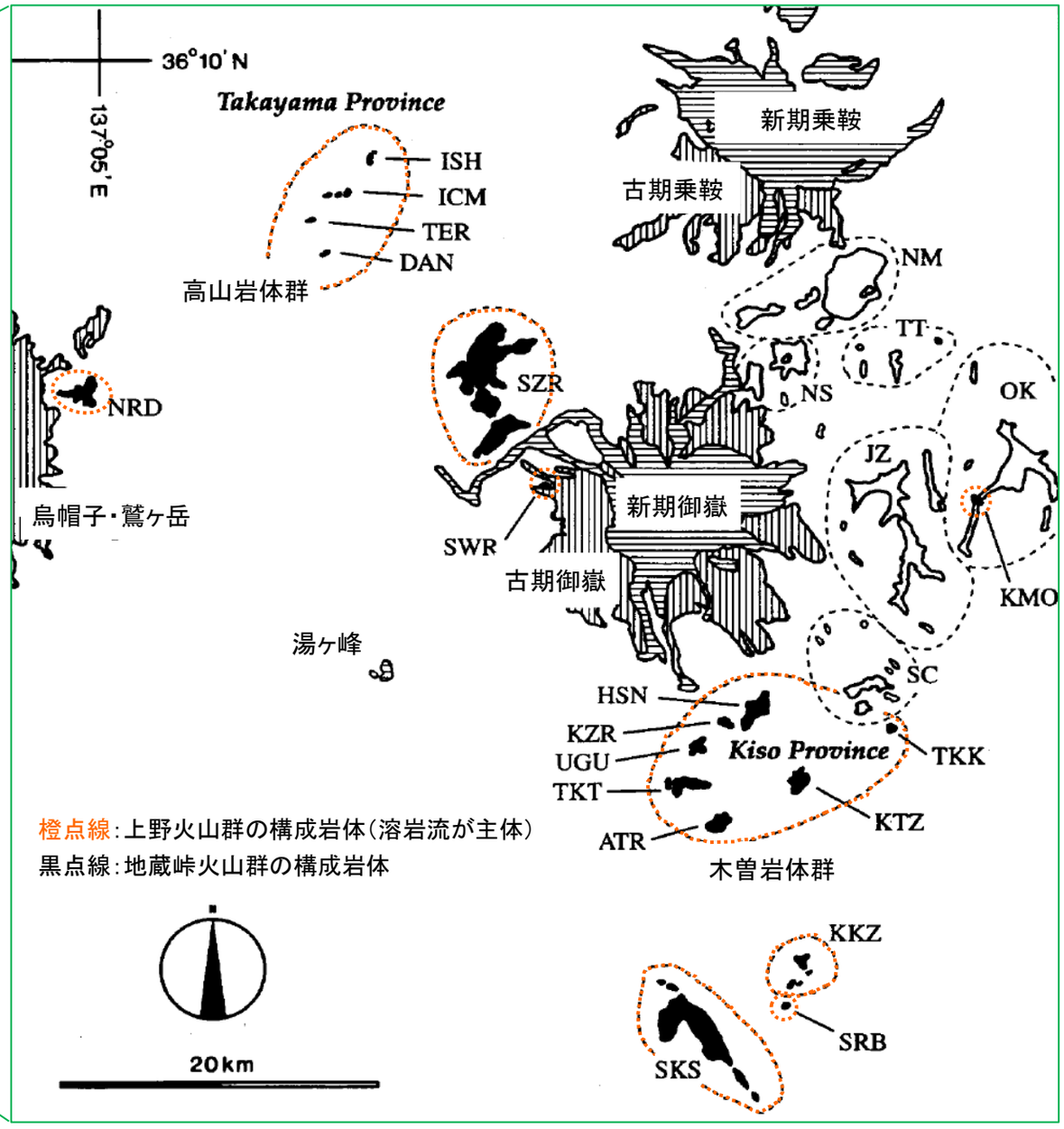
白山の地質図
（東野(2014)を参考に，酒寄ほか(1999)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－11.上野火山群－

○中野ほか(2000)によると，上野火山群の構成岩体は溶岩流が主体であり，火砕物密度流の発生実績は認められない。
○よって，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



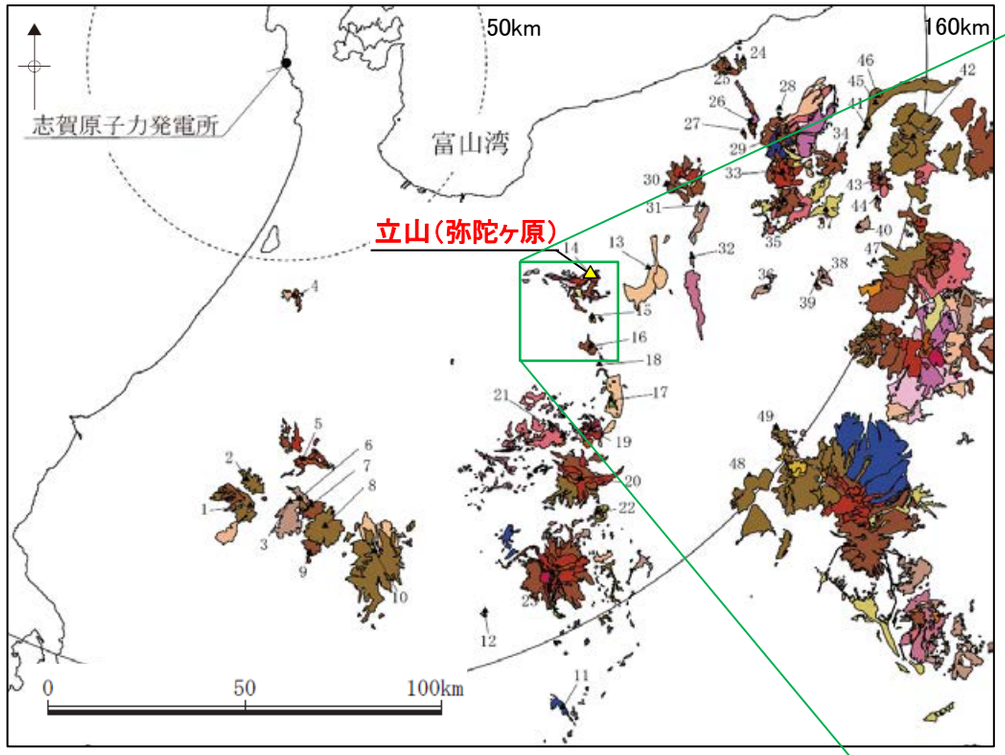
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)
に基づき作成）



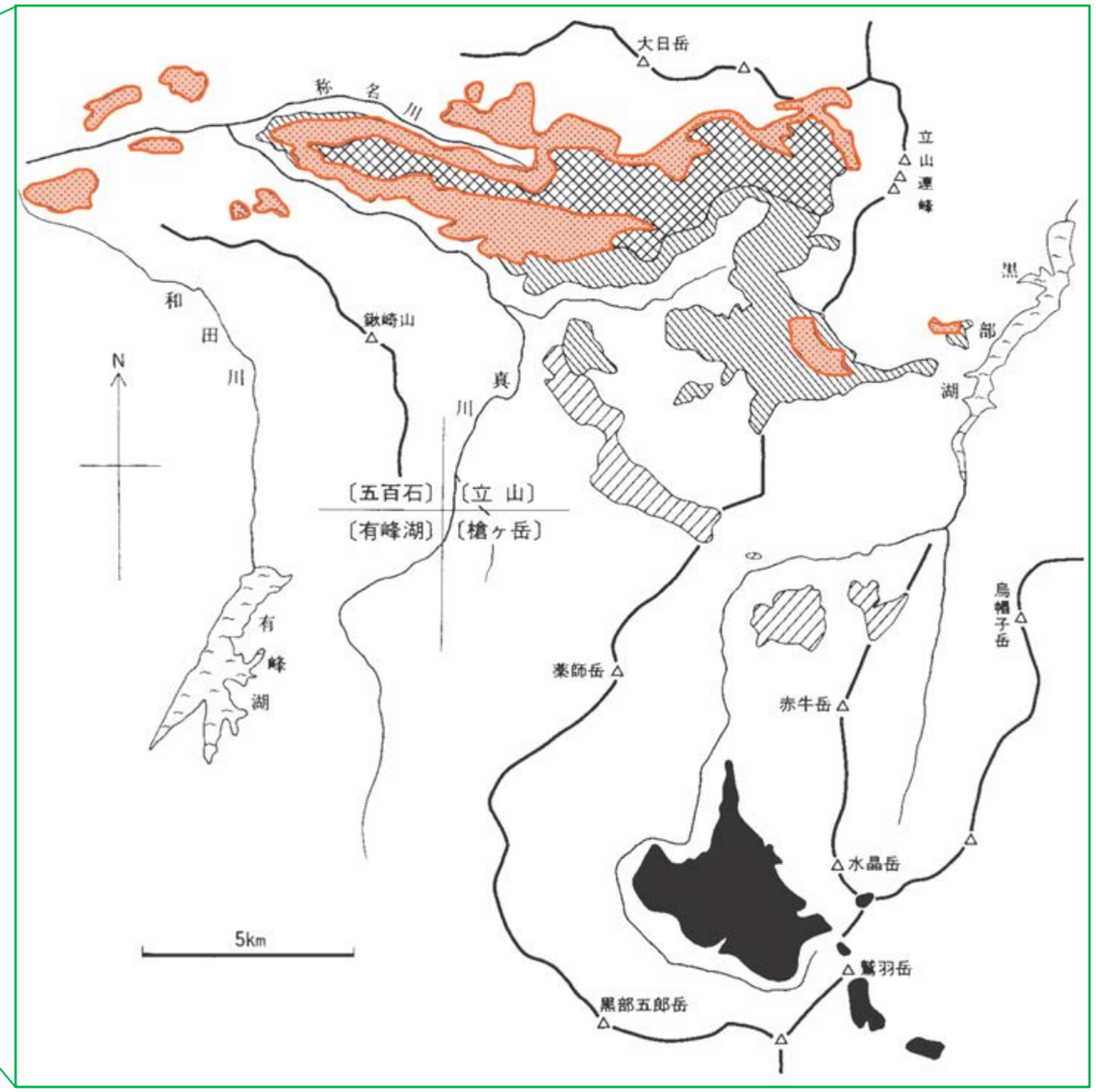
上野火山群の地質図
（中野ほか(2000)に一部加筆）

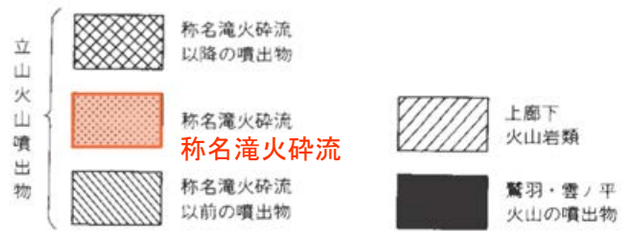
2.1 火砕物密度流に関する評価　－14.立山（弥陀ヶ原）－

○原山ほか（2000）によると，立山（弥陀ヶ原）における火砕流堆積物の分布は立山（弥陀ヶ原）周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から立山（弥陀ヶ原）までの距離（94km）に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）

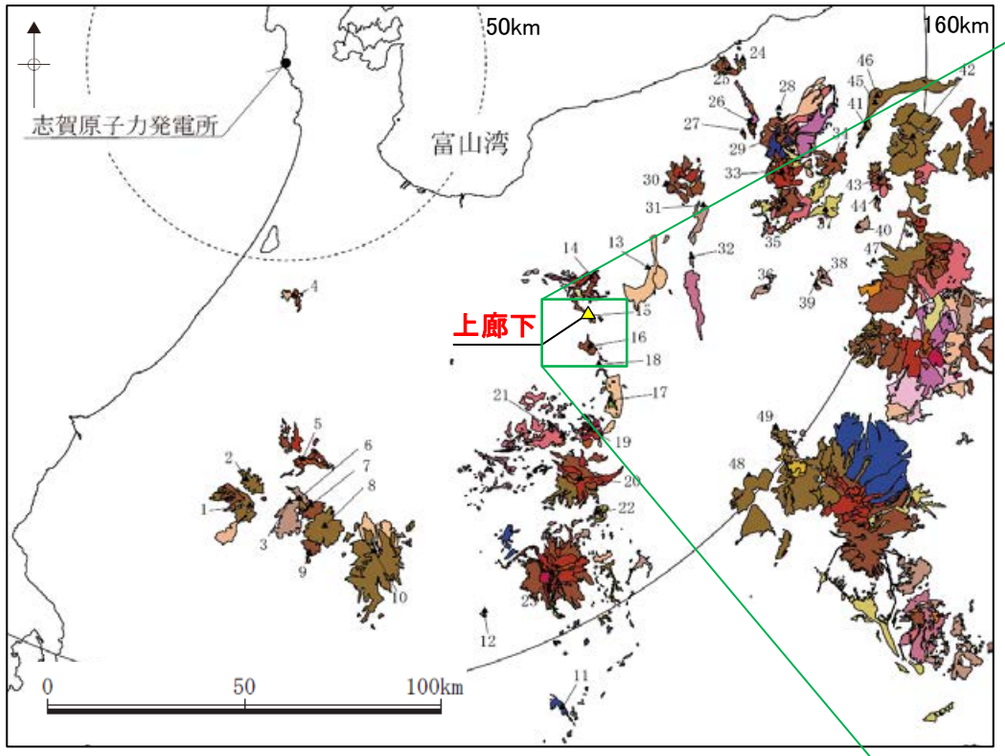




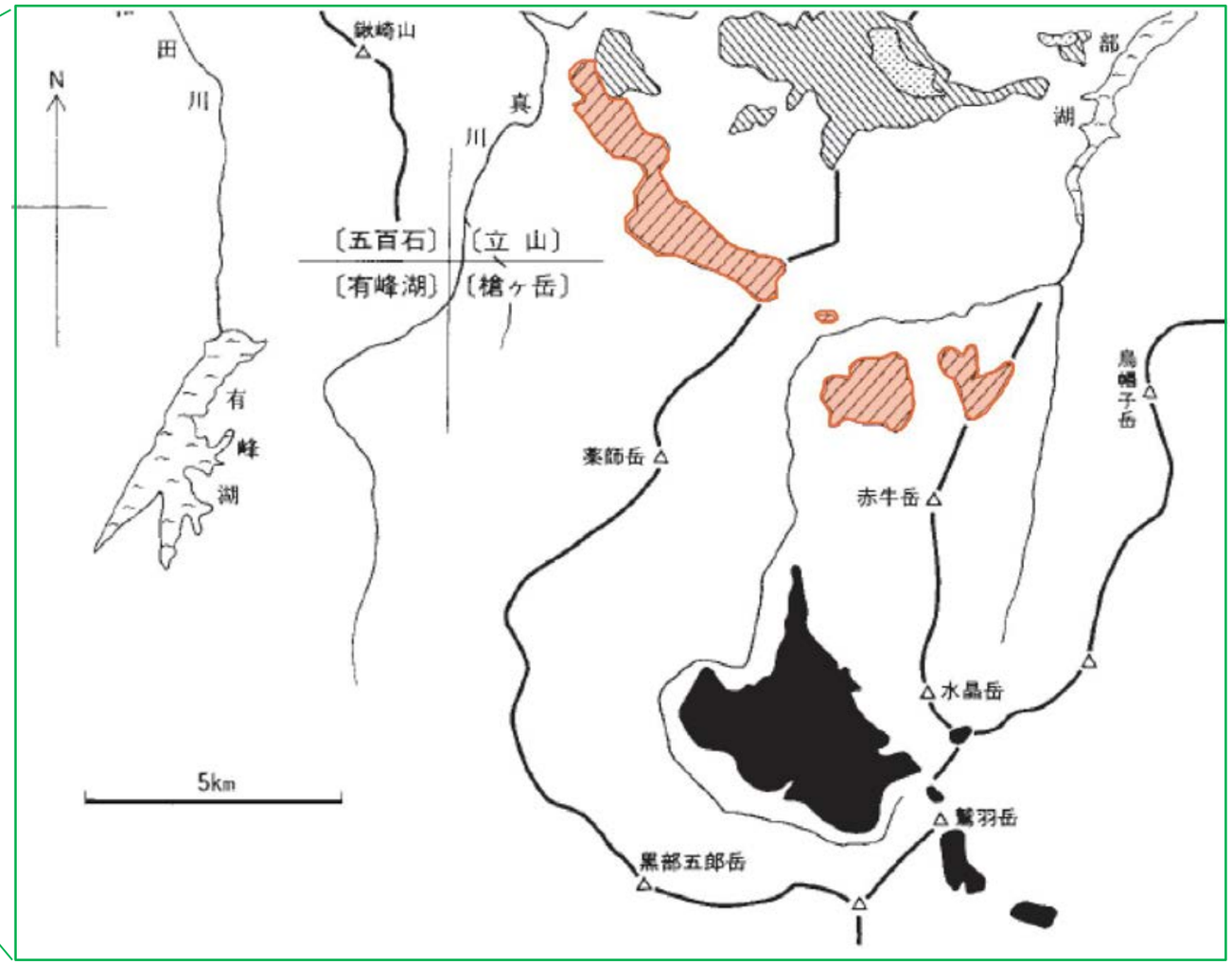
立山（弥陀ヶ原）の地質図
（原山ほか(2000)に一部加筆）

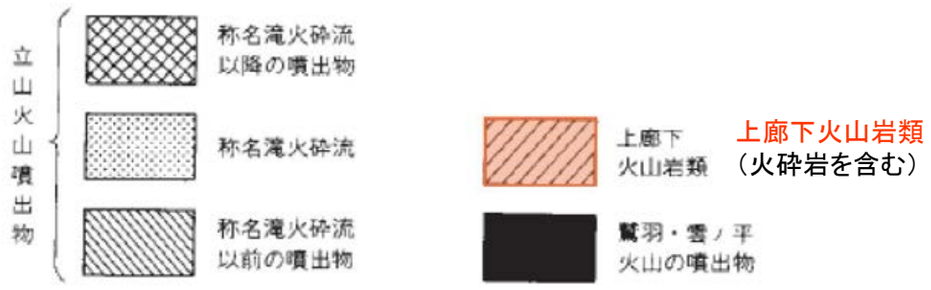
2.1 火砕物密度流に関する評価　－15.上廊下－

〇原山ほか（2000）及び及川ほか（2003）によると，上廊下における火砕岩を含む火山噴出物の分布は上廊下周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から上廊下までの距離（101km）に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）

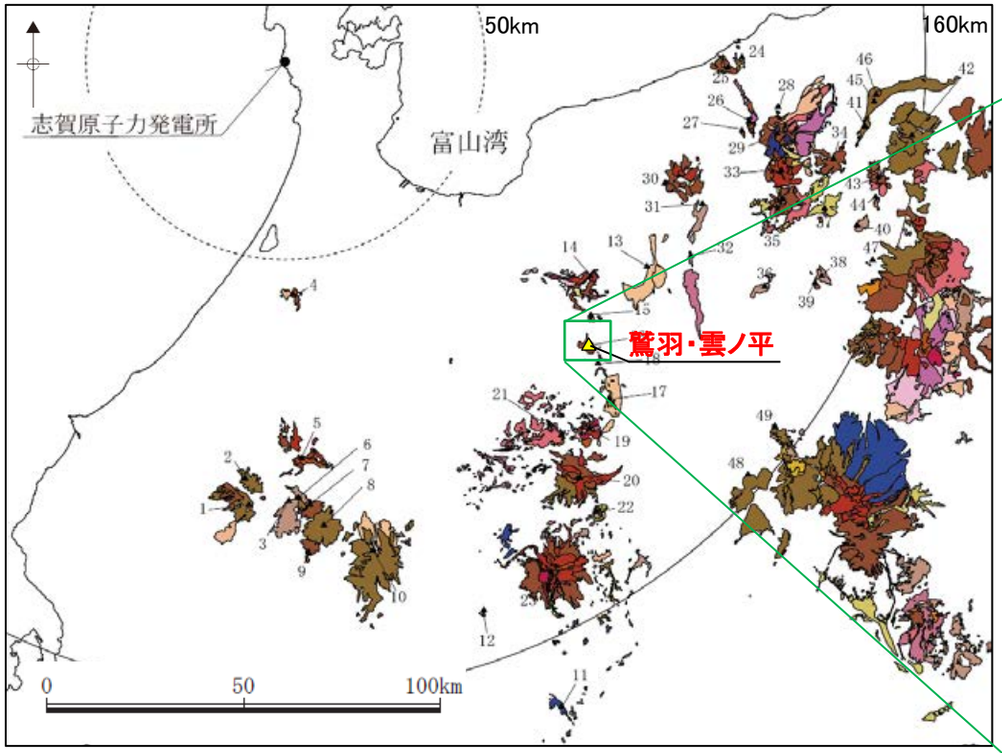




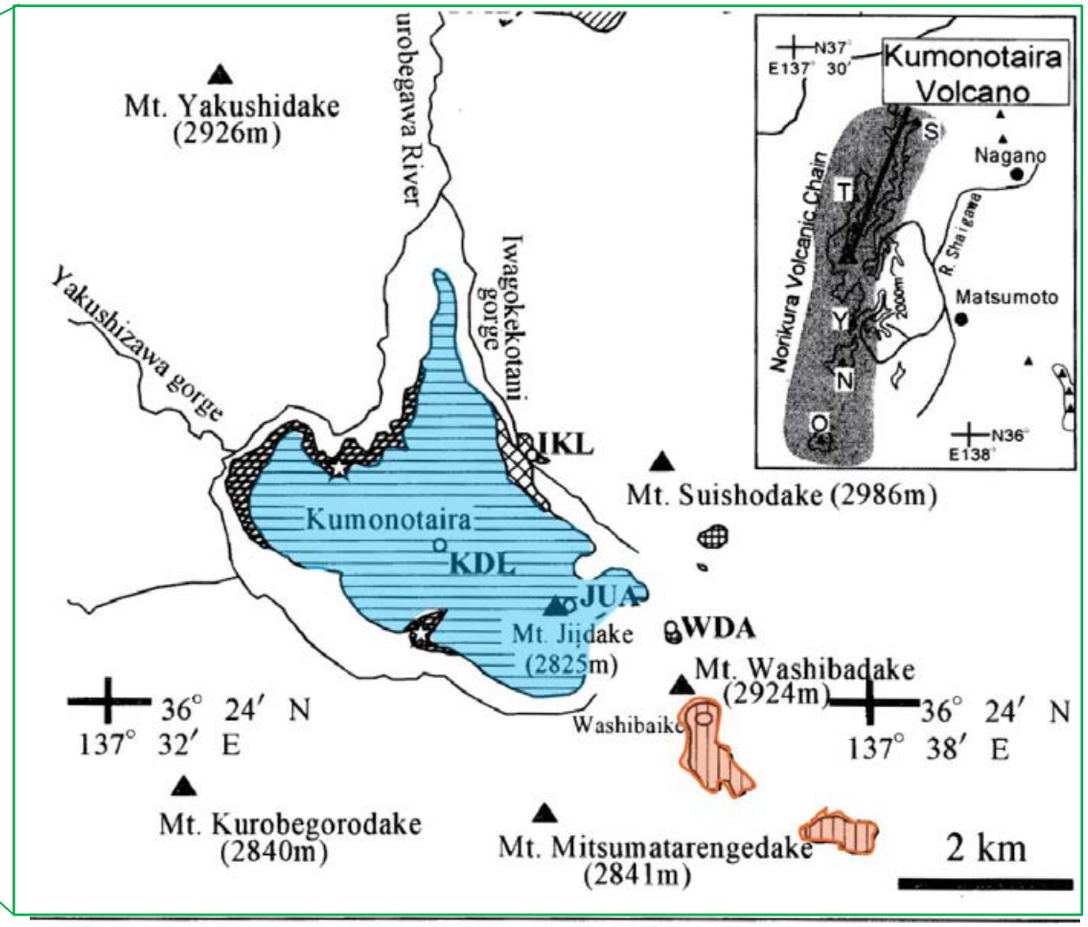
上廊下の地質図
（及川ほか（2003）を参考に，原山ほか(2000)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－16.鷲羽・雲ノ平－

〇及川ほか（2003），中野(1989)及び石﨑ほか（2021）によると，鷲羽・雲ノ平における火砕流堆積物を含む火山噴出物の分布は鷲羽・雲ノ平周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から鷲羽・雲ノ平までの距離（106km）に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）



鷲羽池火山
（火砕流堆積物含む）
Washibaike Volcano

雲ノ平火山
（火砕流堆積物含む）
Kumonotaira Volcano

Kaminorouka Volcanic Rocks
(yo : Yomiurishindou Andesite, ya : Yakushimidaira Dacite, ku : Kuchimotonotarusawa Dacite, sg : Sugonokkoshi Andesite, sz : Sugozawa Dike)

Kumonotaira Volcano (Warimodake Andesite)

Iwagokekotani Volcano

Kumonotaira Gravel Bed

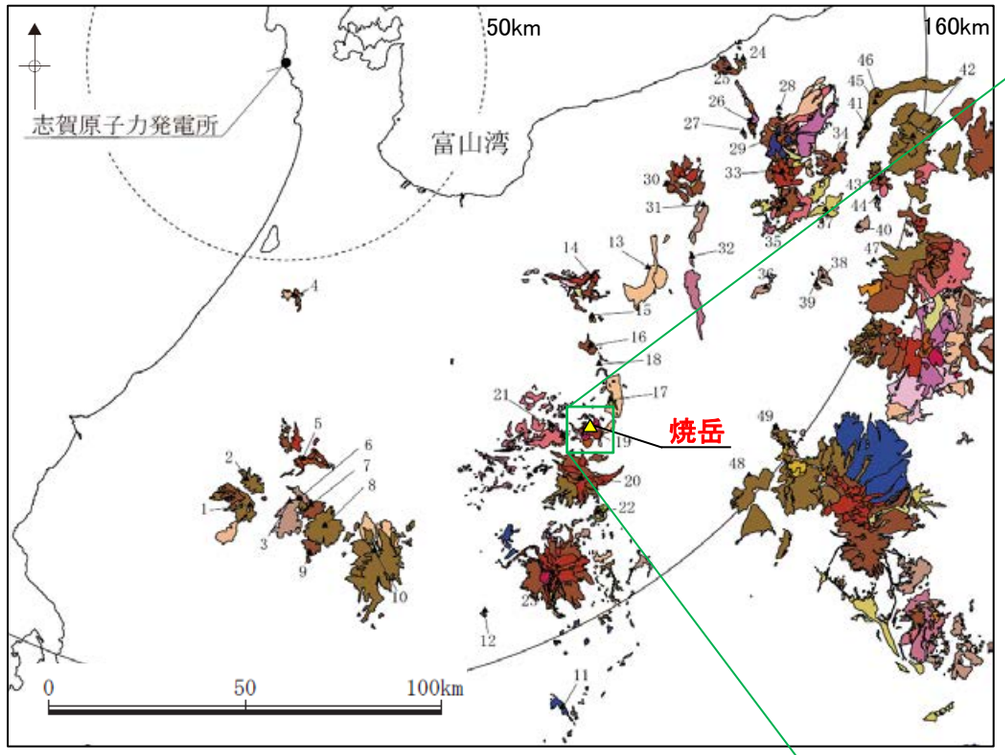
IKL sampling point and sample name

☆ Lava bed in Kumonotaira Gravel Bed

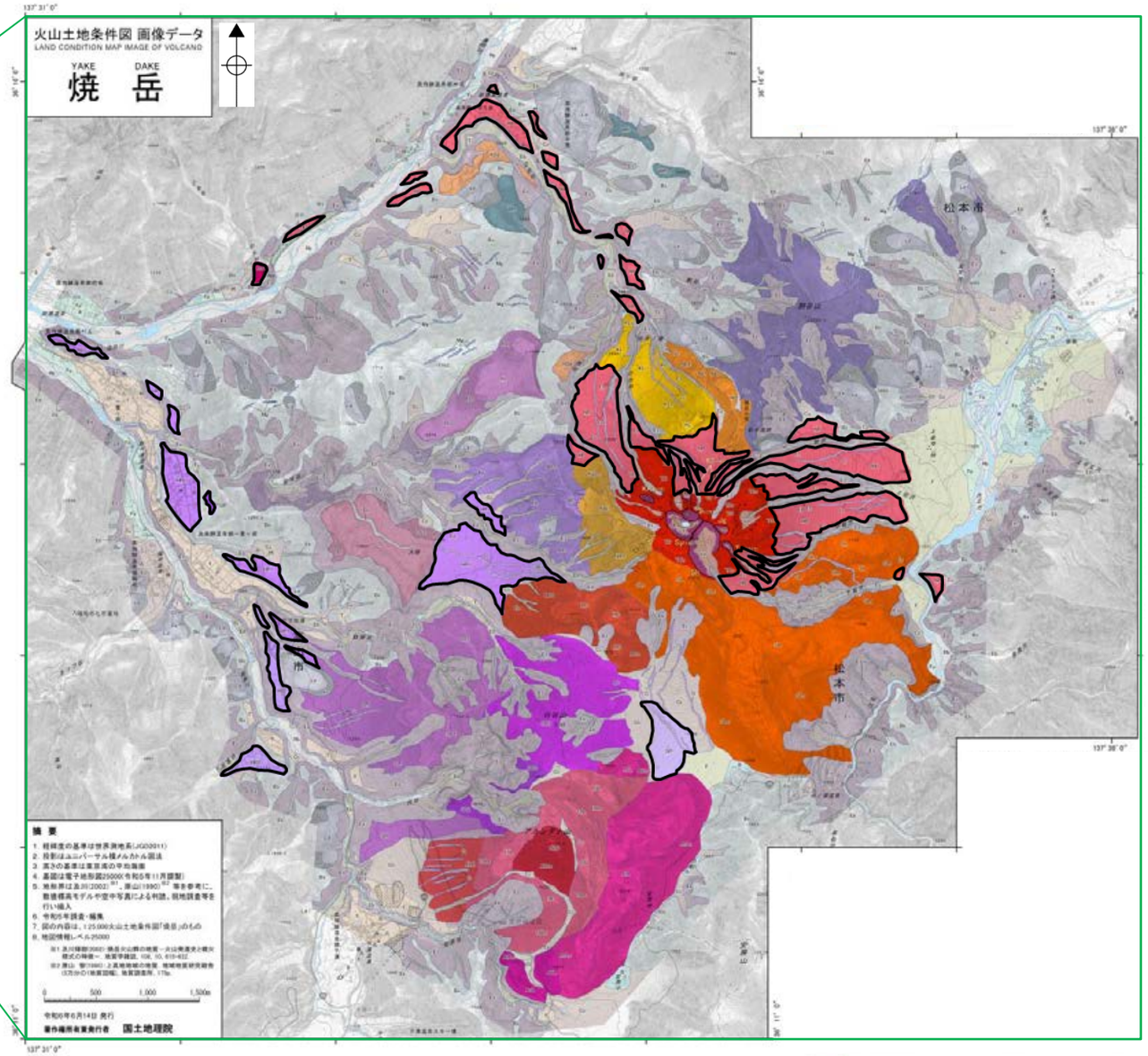
鷲羽・雲ノ平の地質図
（中野（1989）及び石﨑ほか（2021）を参考に，及川ほか（2003）に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－19.焼岳－

〇国土地理院(2024a)によると，焼岳における火砕流堆積物の分布は焼岳周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から焼岳までの距離(120km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）

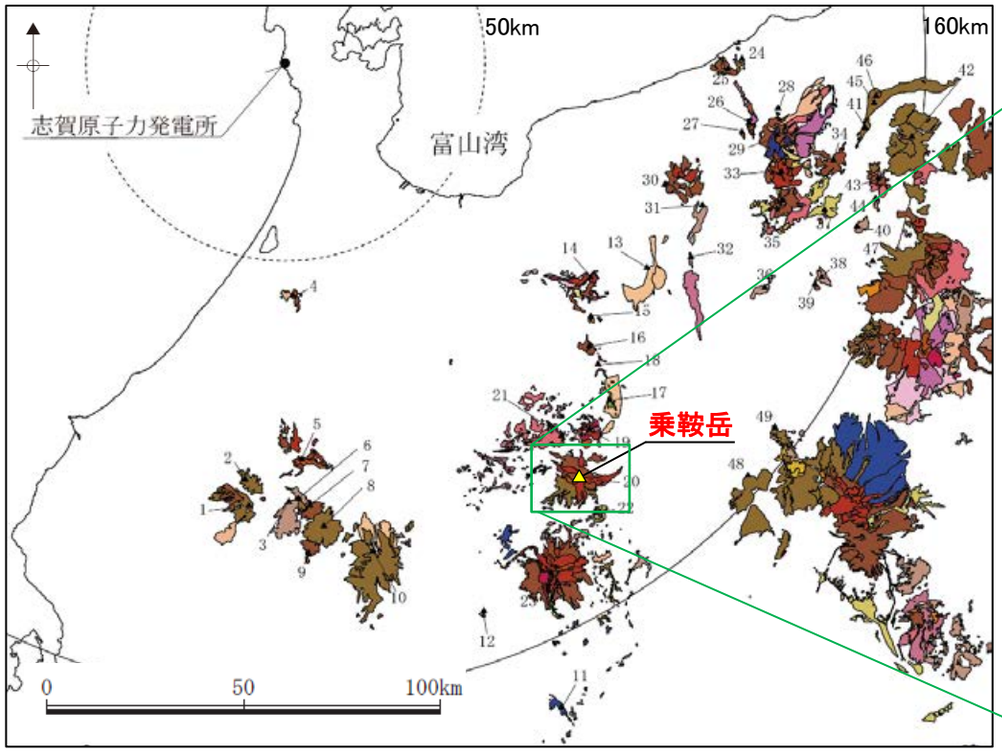


NP 中尾火砕流堆積面
KoP 小糸谷火砕流堆積面
HP2 平湯川火砕流堆積面Ⅱ
HP1 平湯川火砕流堆積面Ⅰ
UP 上地ヶ根火砕流堆積面
SP 白谷山火山起源の火砕流堆積面

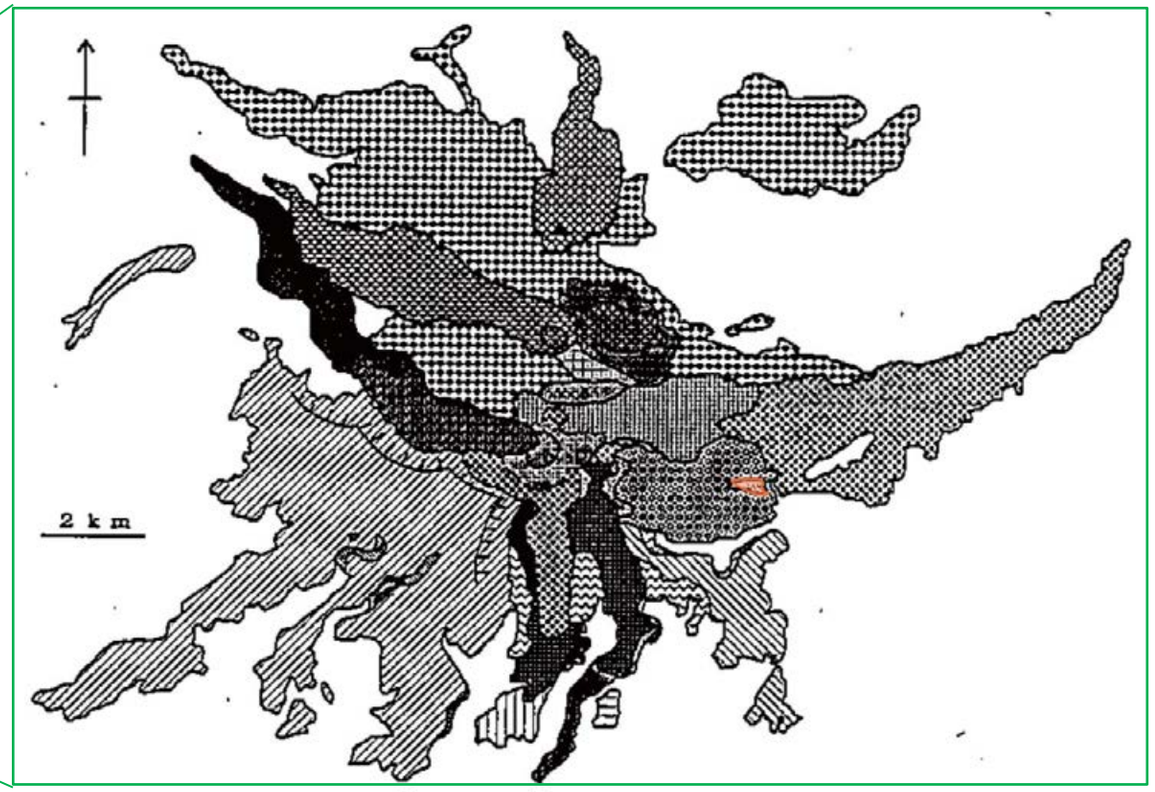
焼岳の地質図
（国土地理院(2024a)に一部加筆）

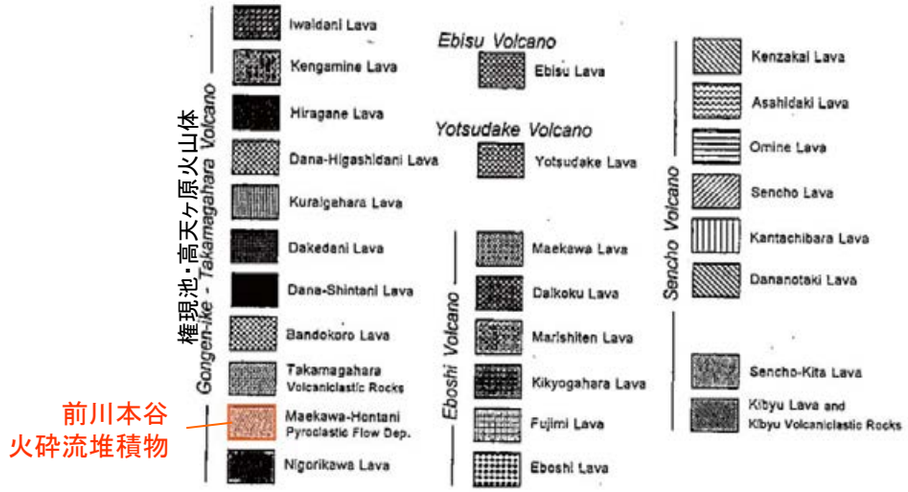
2.1 火砕物密度流に関する評価　－20.乗鞍岳－

〇中野(1998)によると，乗鞍岳における火砕流堆積物の分布は乗鞍岳周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から乗鞍岳までの距離(129km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
(地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成)

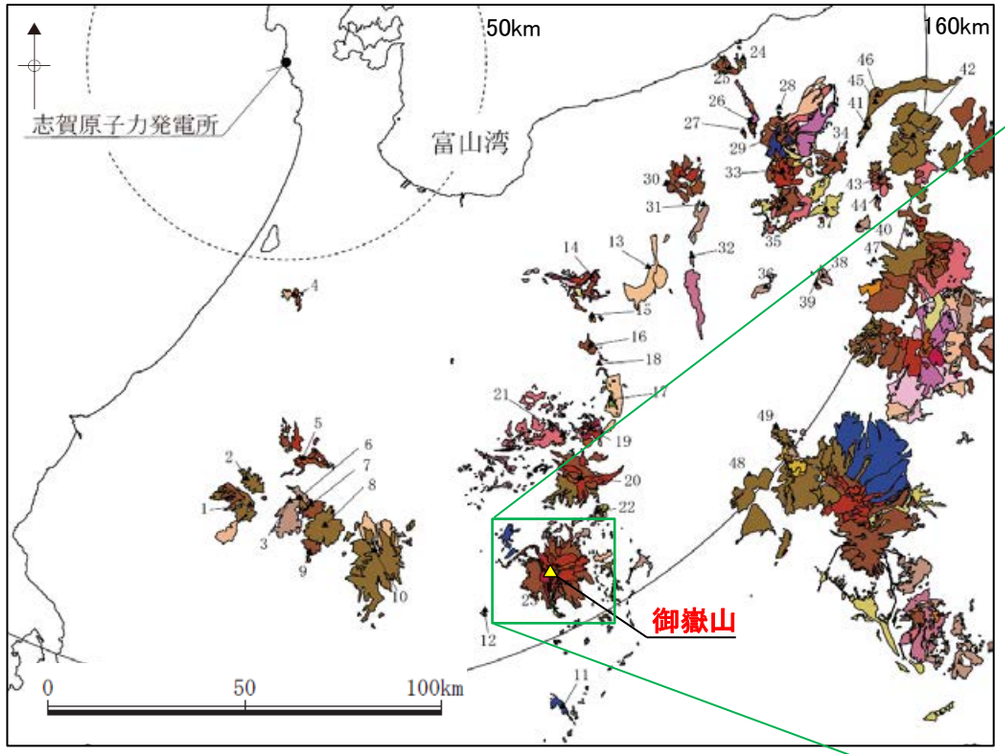




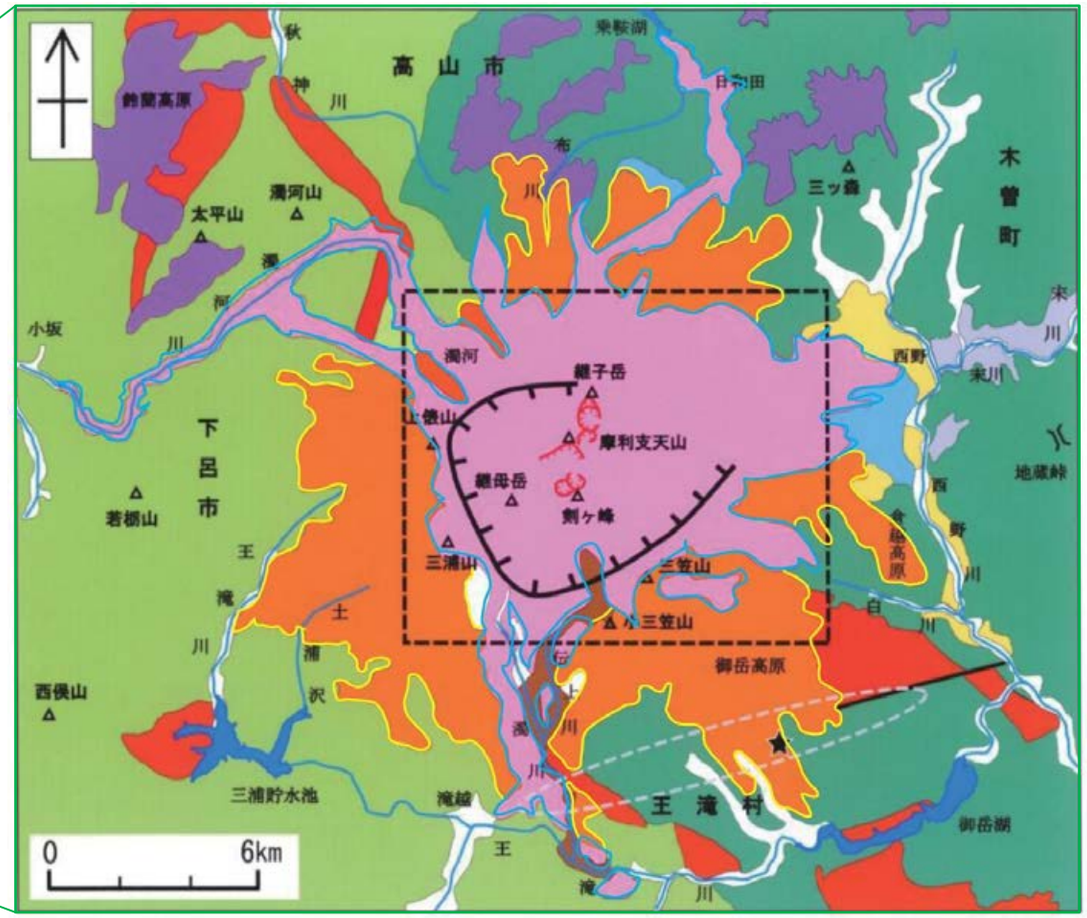
乗鞍岳の地質図
(中野(1998)に一部加筆)

2.1 火砕物密度流に関する評価　－23.御嶽山－

○国土地理院(2012)及び山田・小林(1988)によると，御嶽山における火砕流堆積物を含む火山噴出物の分布は御嶽山周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から御嶽山までの距離(146km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



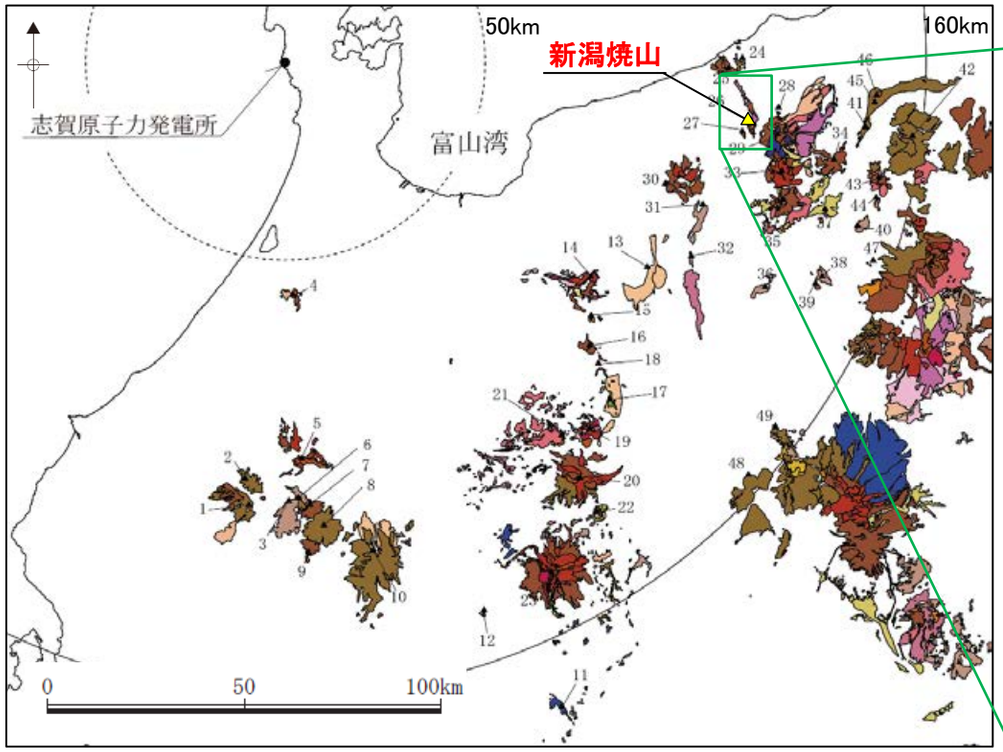
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）



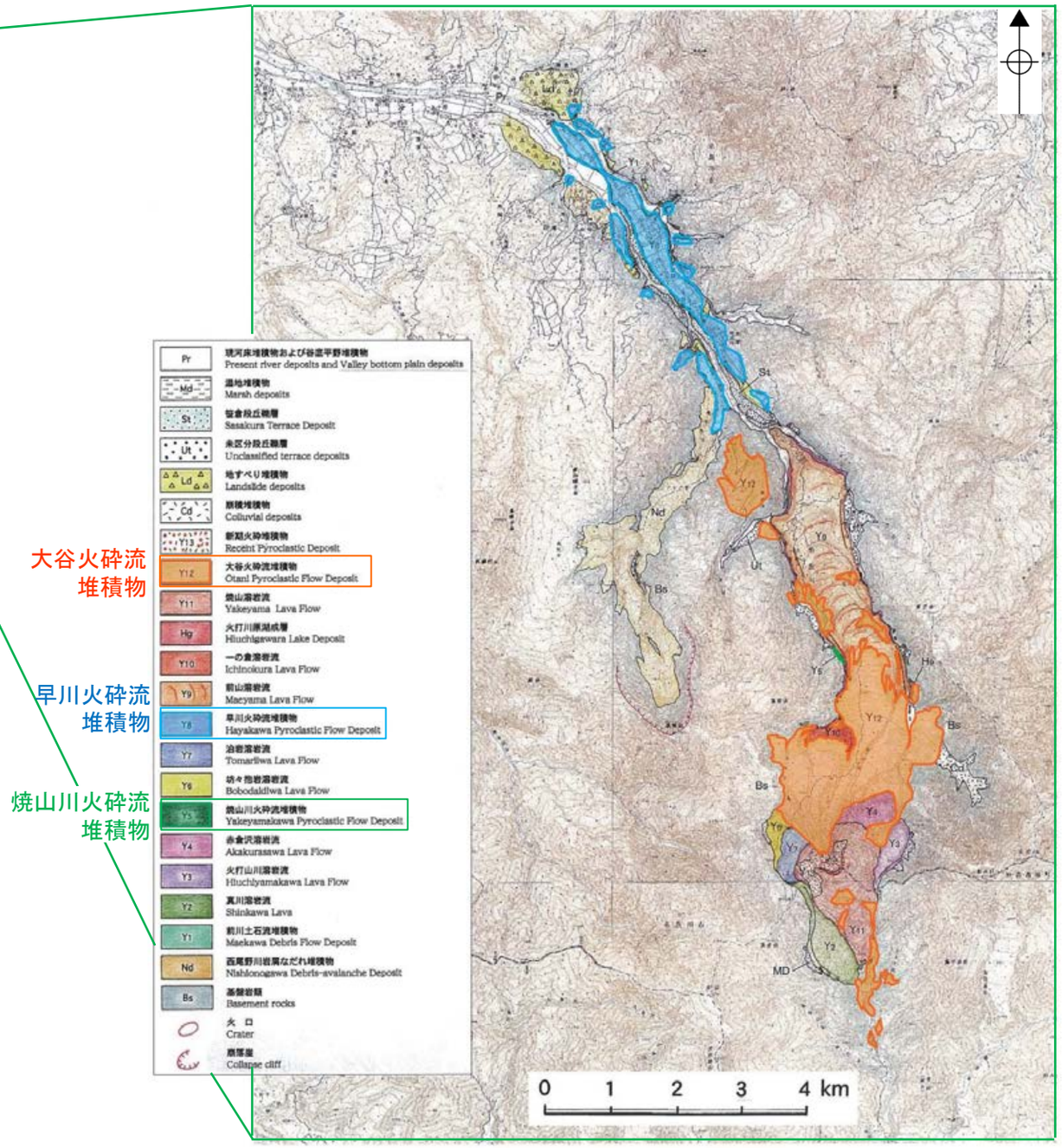
御嶽山の地質図
（山田・小林(1988)を参考に，国土地理院(2012)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－26. 新潟焼山－

○早津(2008)によると，新潟焼山における火砕流堆積物の分布は新潟焼山周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から新潟焼山までの距離(118km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



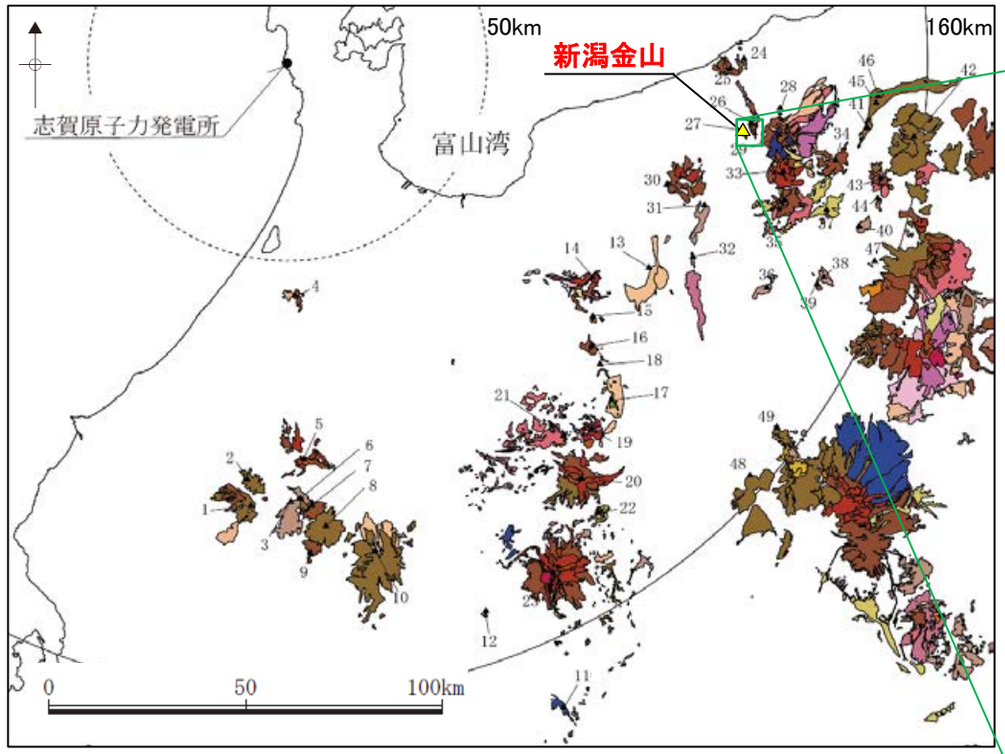
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）



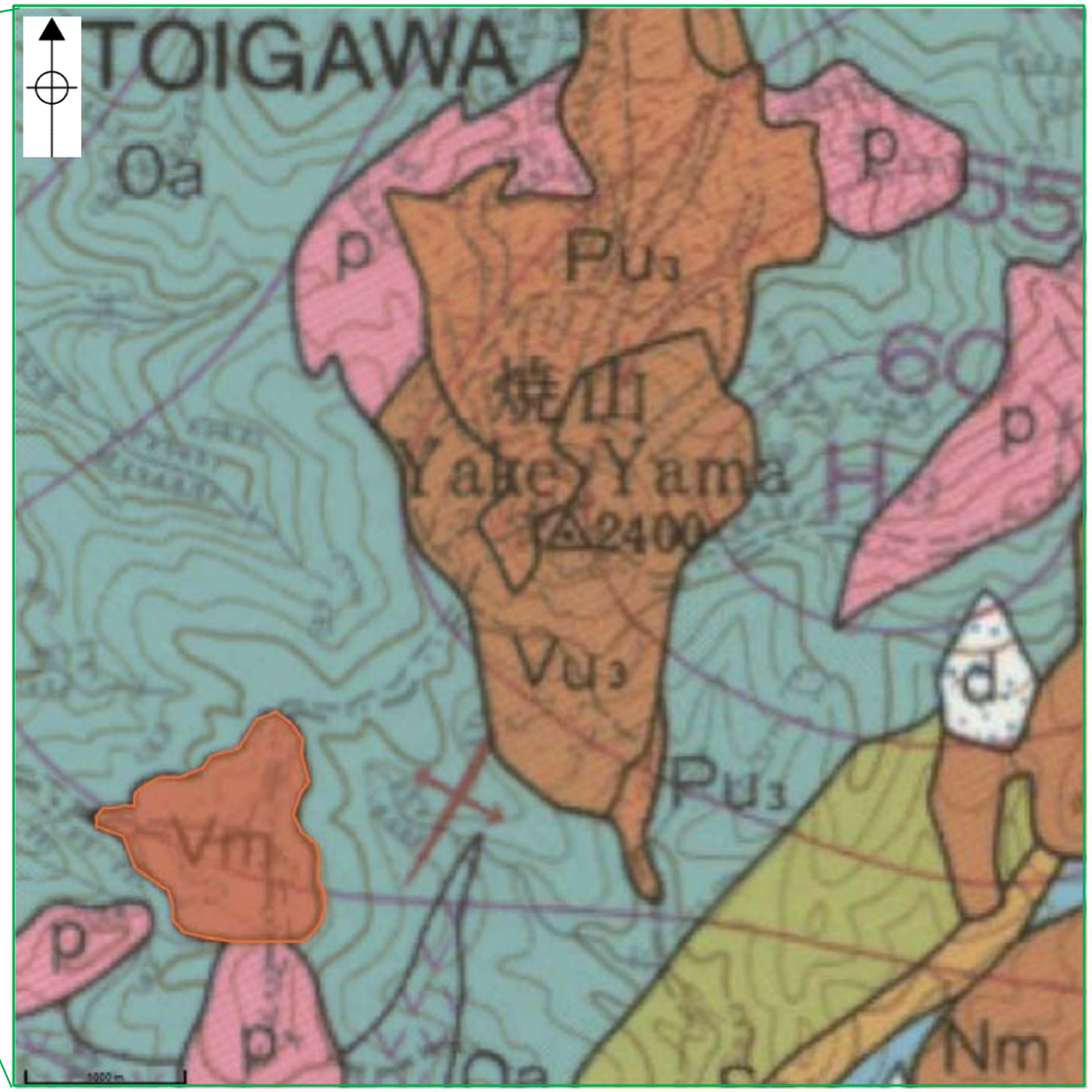
新潟焼山の地質図
（早津(2008)に一部加筆）

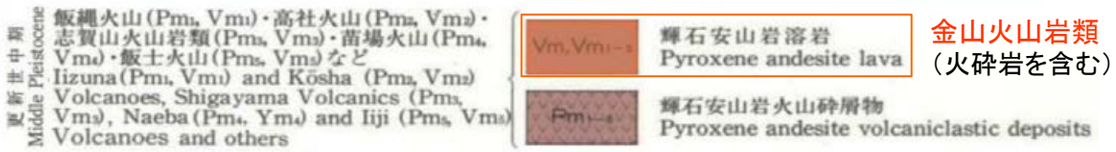
2.1 火砕物密度流に関する評価　－27. 新潟金山－

〇竹内ほか（1994）及び地質調査総合センター編（2023）によると，新潟金山における火砕岩を含む火山噴出物の分布は新潟金山周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から新潟金山までの距離（116km）に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）

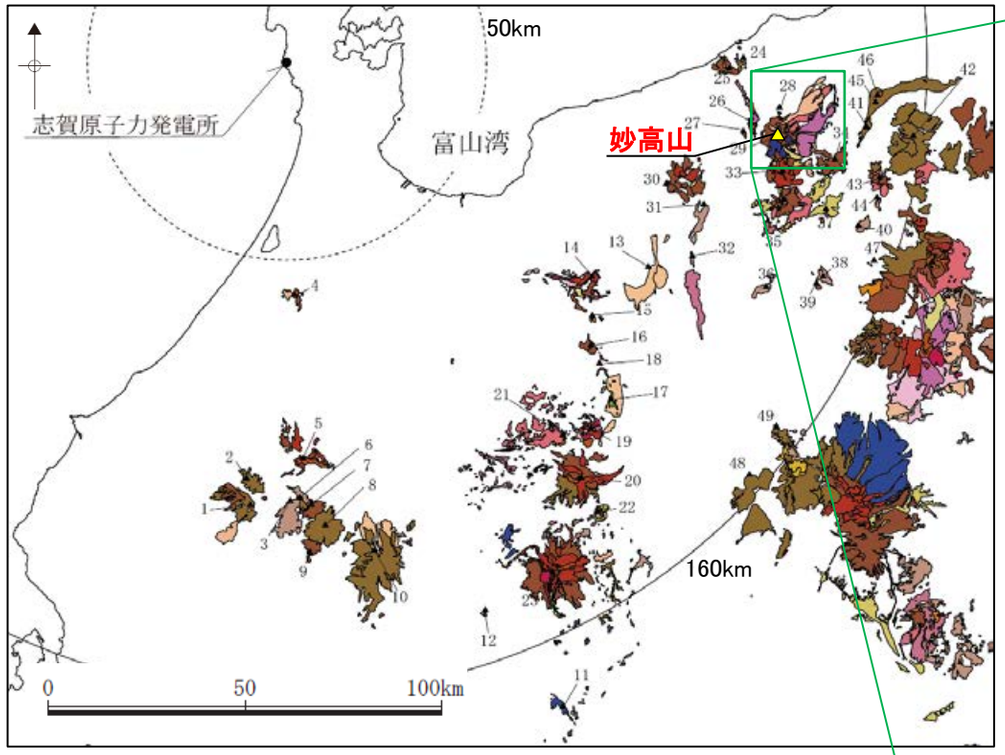




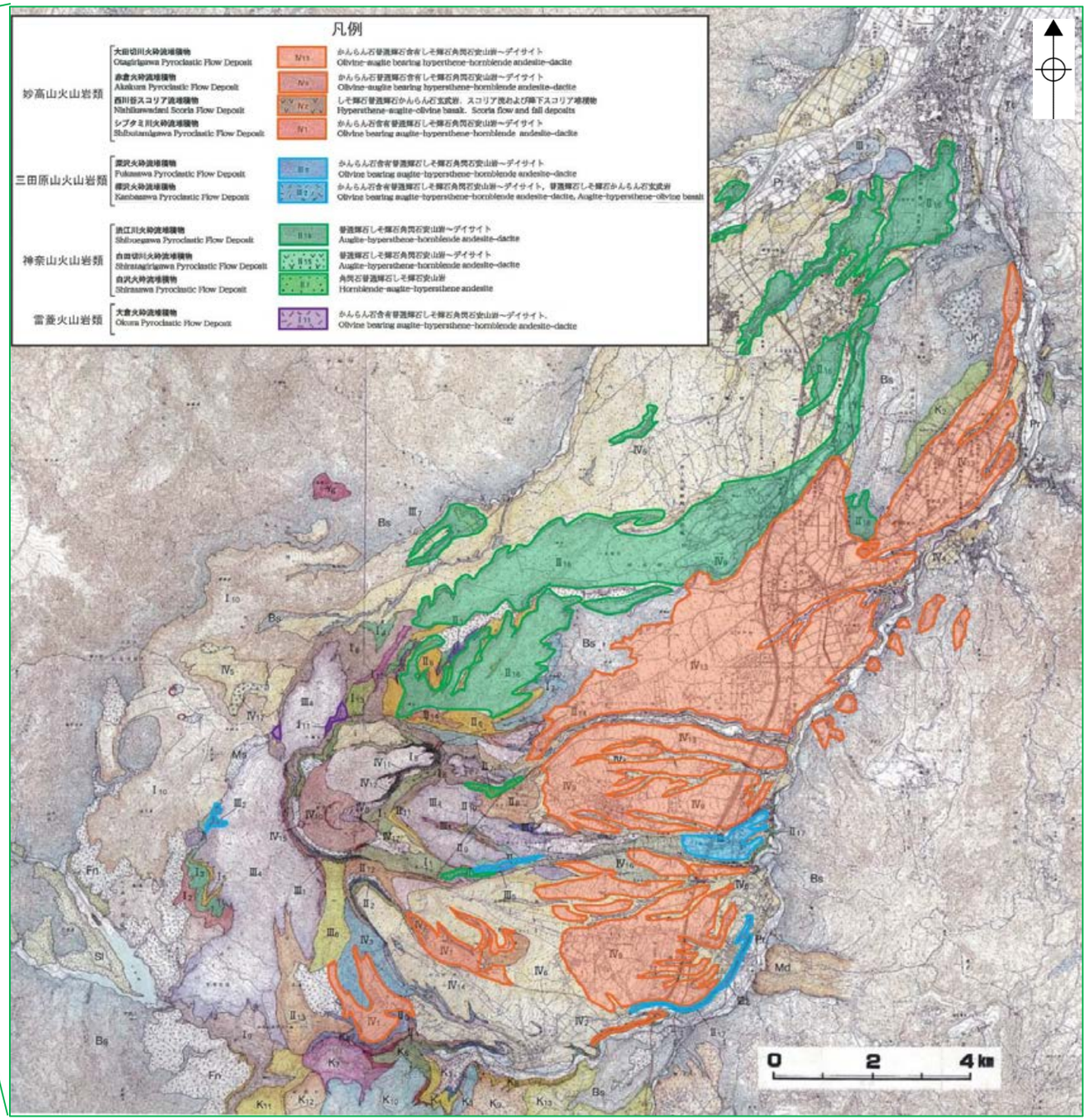
新潟金山の地質図
（地質調査総合センター編（2023）を参考に，竹内ほか(1994)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－29. 妙高山－

〇早津(2008)によると，妙高山における火砕流堆積物の分布は妙高山周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から妙高山までの距離(125km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



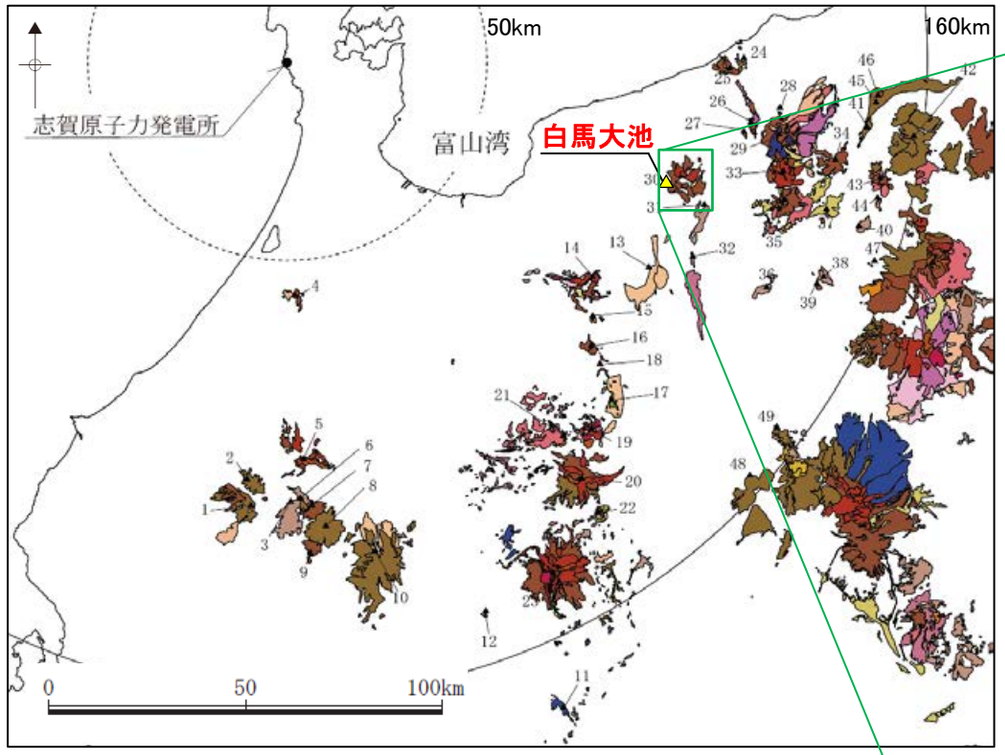
火山地質図
(地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成)



妙高山の地質図
(早津(2008)に一部加筆)

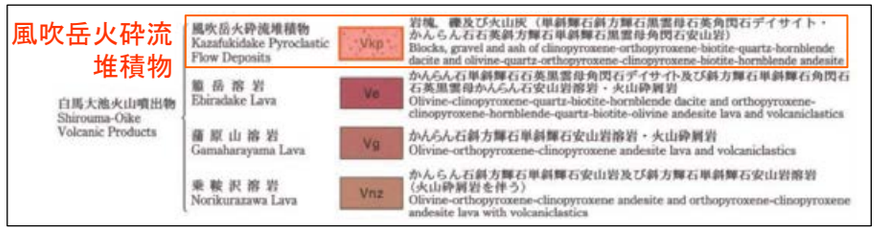
2.1 火砕物密度流に関する評価　－30. 白馬大池－

○中野ほか(2002)及び長森ほか(2010)によると，白馬大池における火砕流堆積物の分布は白馬大池周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から白馬大池までの距離(100km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



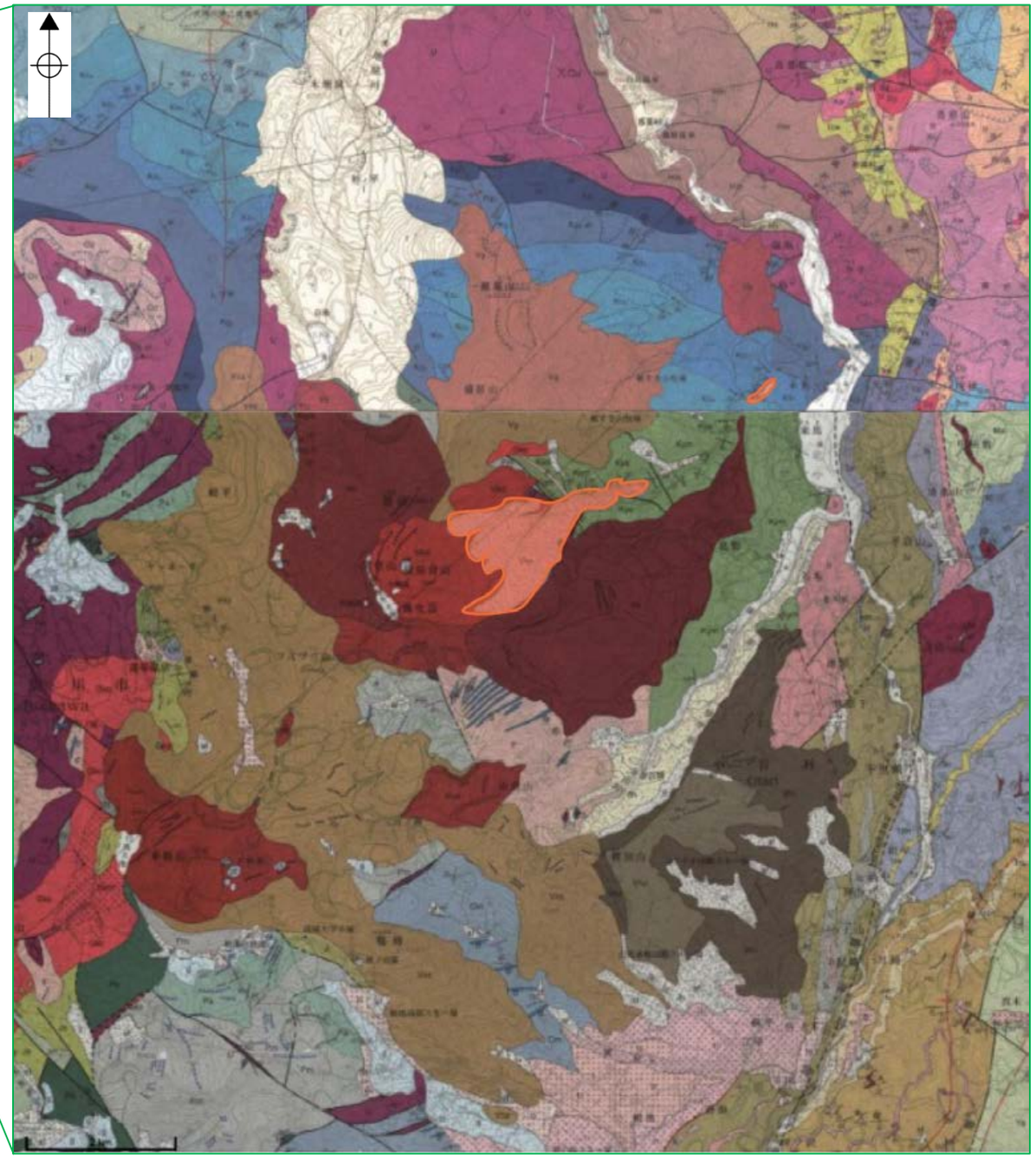
火山地質図
(地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成)

凡例



長森ほか(2010)

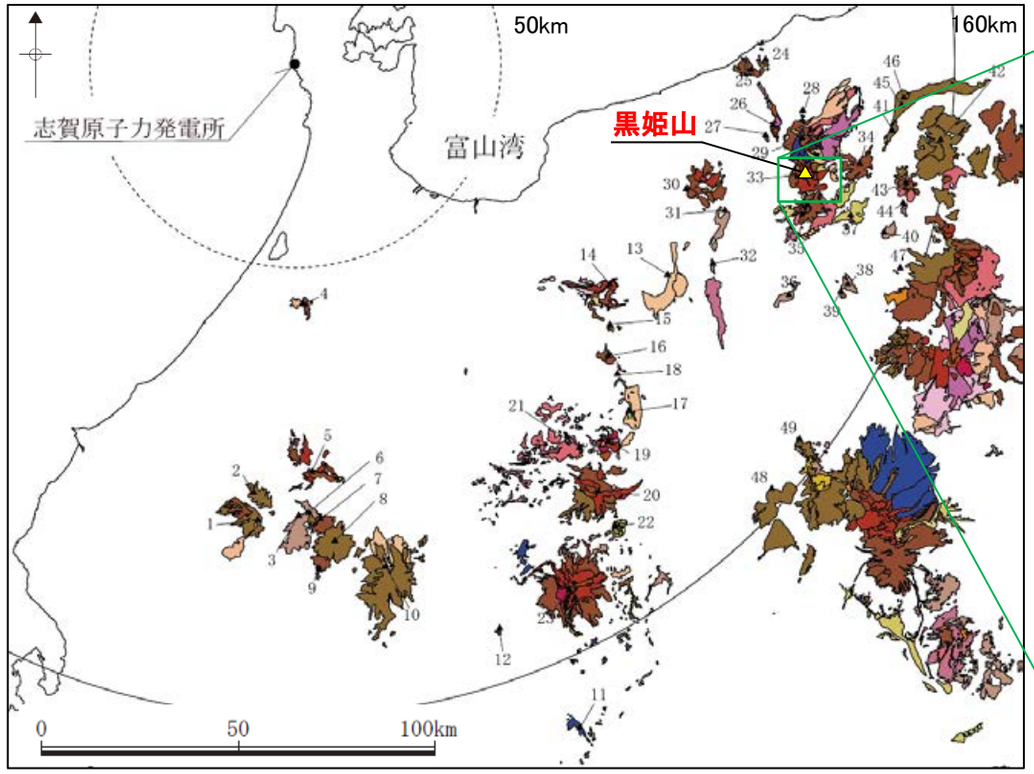
中野ほか(2002)



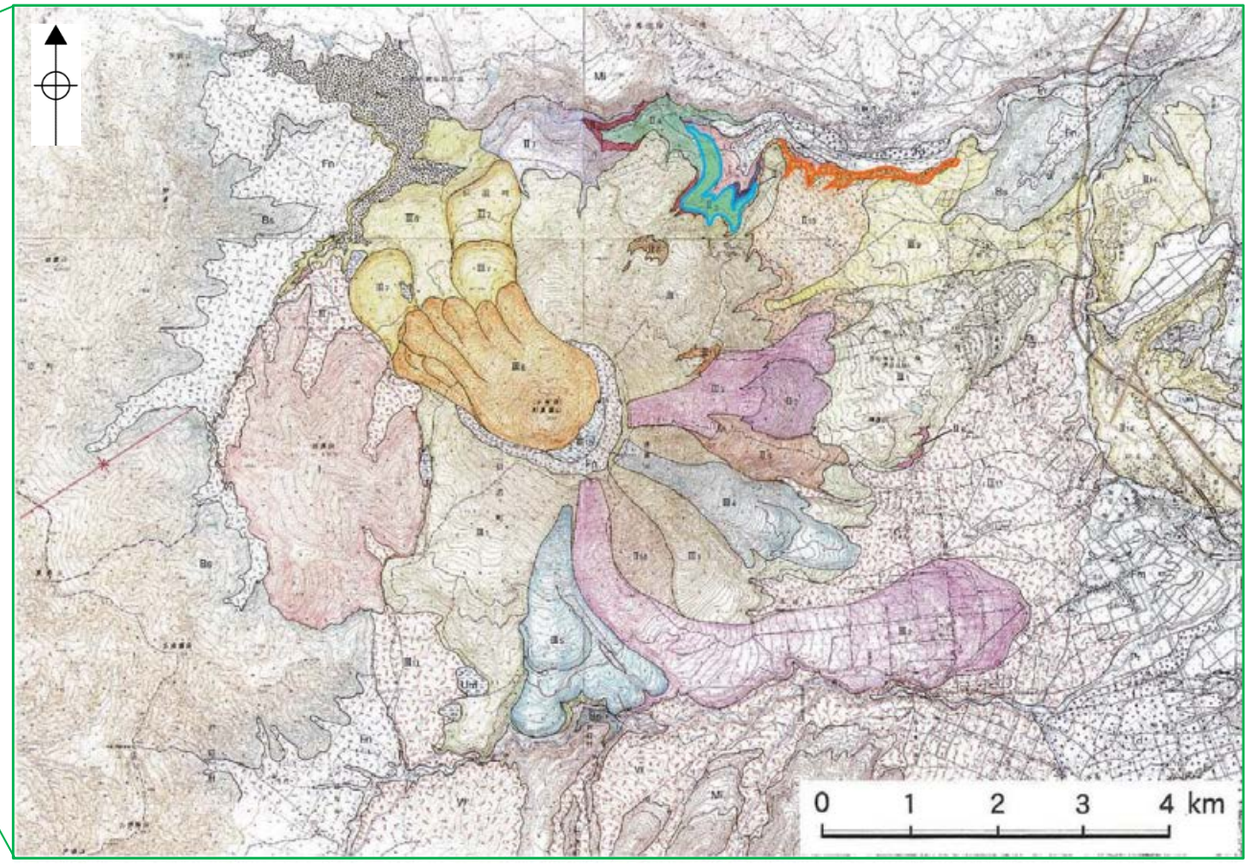
白馬大池の地質図
(上図：長森ほか(2010)，下図：中野ほか(2002)に一部加筆)

2.1 火砕物密度流に関する評価　－33. 黒姫山－

○早津(2008)によると，黒姫山における火砕流堆積物の分布は黒姫山周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から黒姫山までの距離(128km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



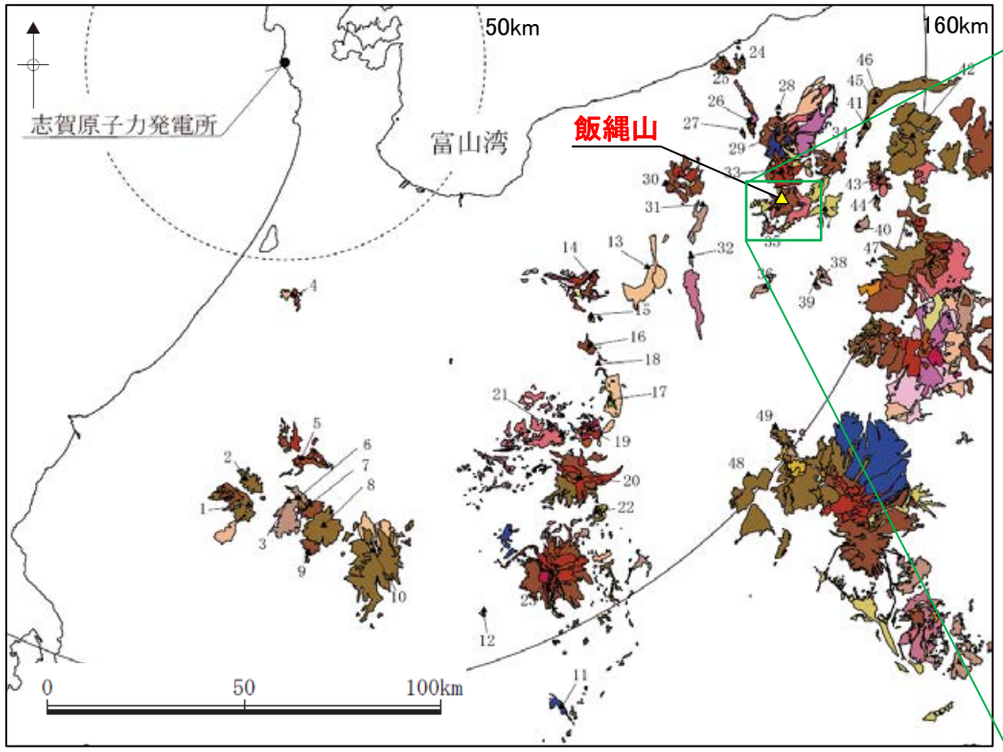
火山地質図
(地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成)



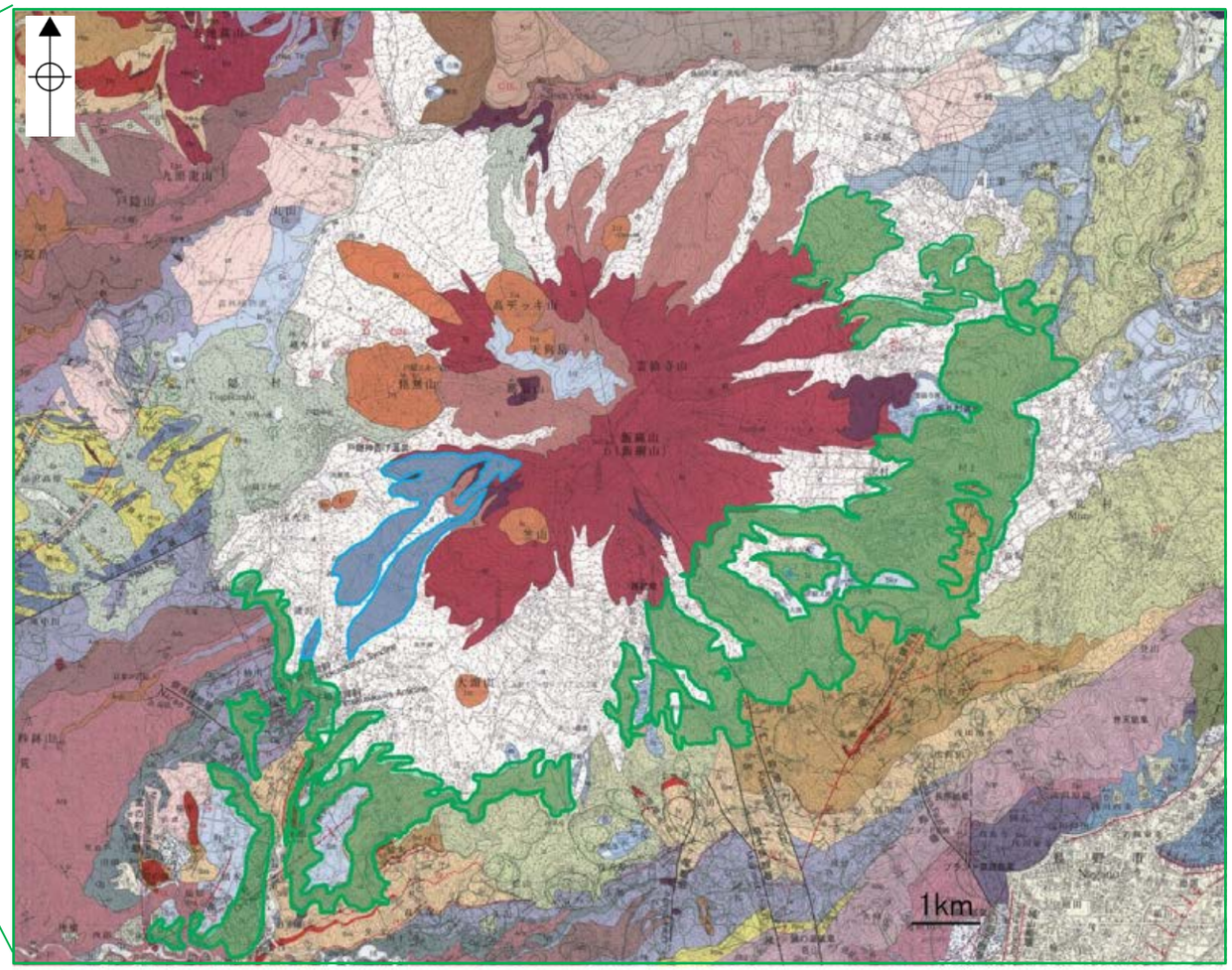
黒姫山の地質図
(早津(2008)に一部加筆)

2.1 火砕物密度流に関する評価　－35. 飯縄山－

○長森ほか(2003)によると，飯縄山における火砕流堆積物の分布は飯縄山周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から飯縄山までの距離(130km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



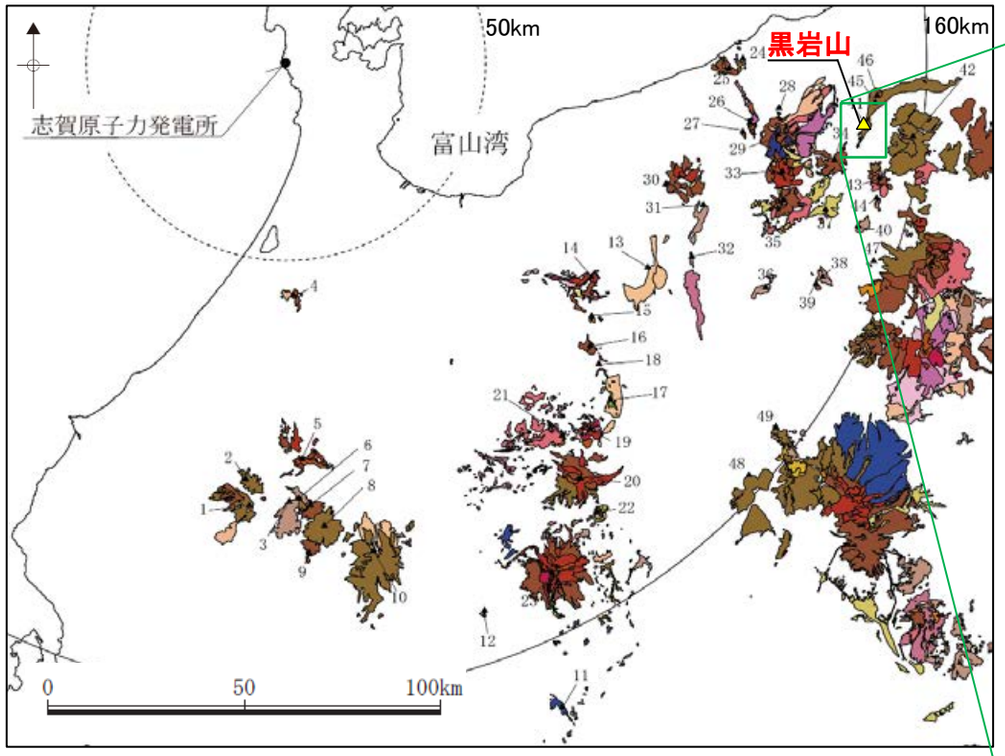
火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）



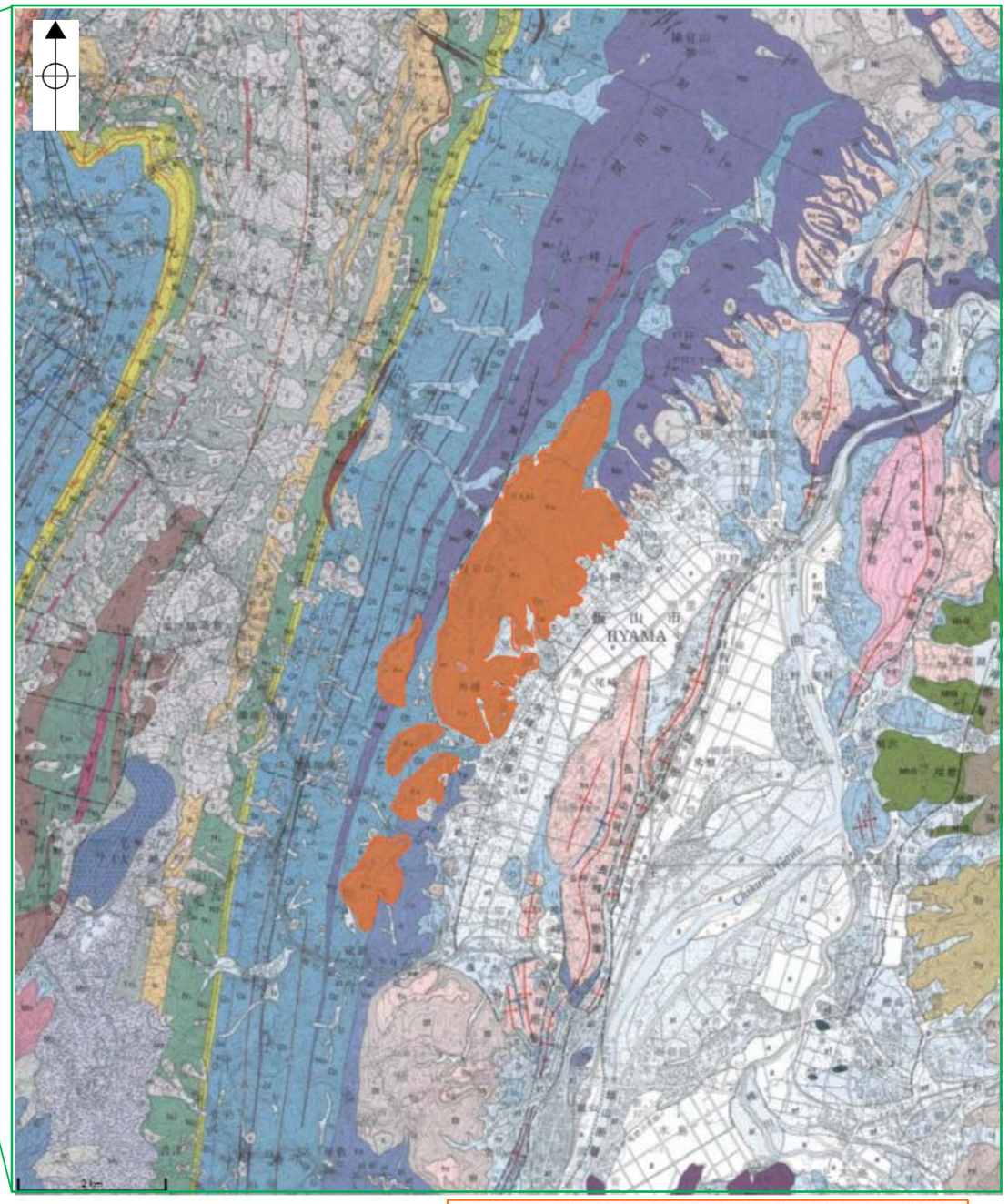
飯縄山の地質図
（長森ほか(2003)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－41. 黒岩山－

〇柳沢ほか(2001)によると，黒岩山における火砕岩を含む火山噴出物の分布は黒岩山周辺に限られている。
〇この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から黒岩山までの距離(145km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）



黒岩山火山岩類
Kuroiwayama Volcanic Rocks
黒岩山火山岩類（火砕岩を含む）

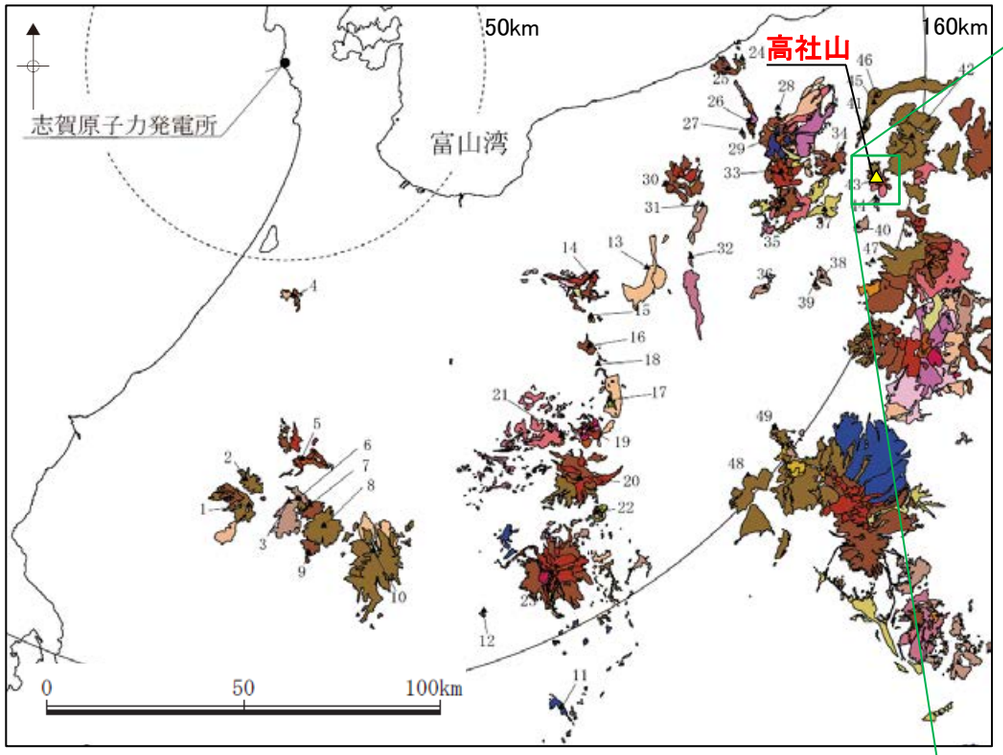
Kv　普通輝石紫蘇輝石安山岩溶岩，普通輝石安山岩溶岩及び火砕岩
Hypersthene-augite andesite lava, and augite andesite lava and pyroclastic rocks

黒岩山の地質図
（柳沢ほか(2001)に一部加筆）

2.1 火砕物密度流に関する評価　－43. 高社山－

○赤羽ほか(1992)及び柳沢ほか(2001)によると，高社山における火砕流堆積物の分布は高社山周辺に限られている。
○この分布から想定される火砕物密度流の最大到達距離が敷地から高社山までの距離(152km)に比べて十分小さいことから，過去最大規模の噴火においても敷地に到達せず，火砕物密度流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



火山地質図
（地質調査総合センター編(2021a，2023)に基づき作成）

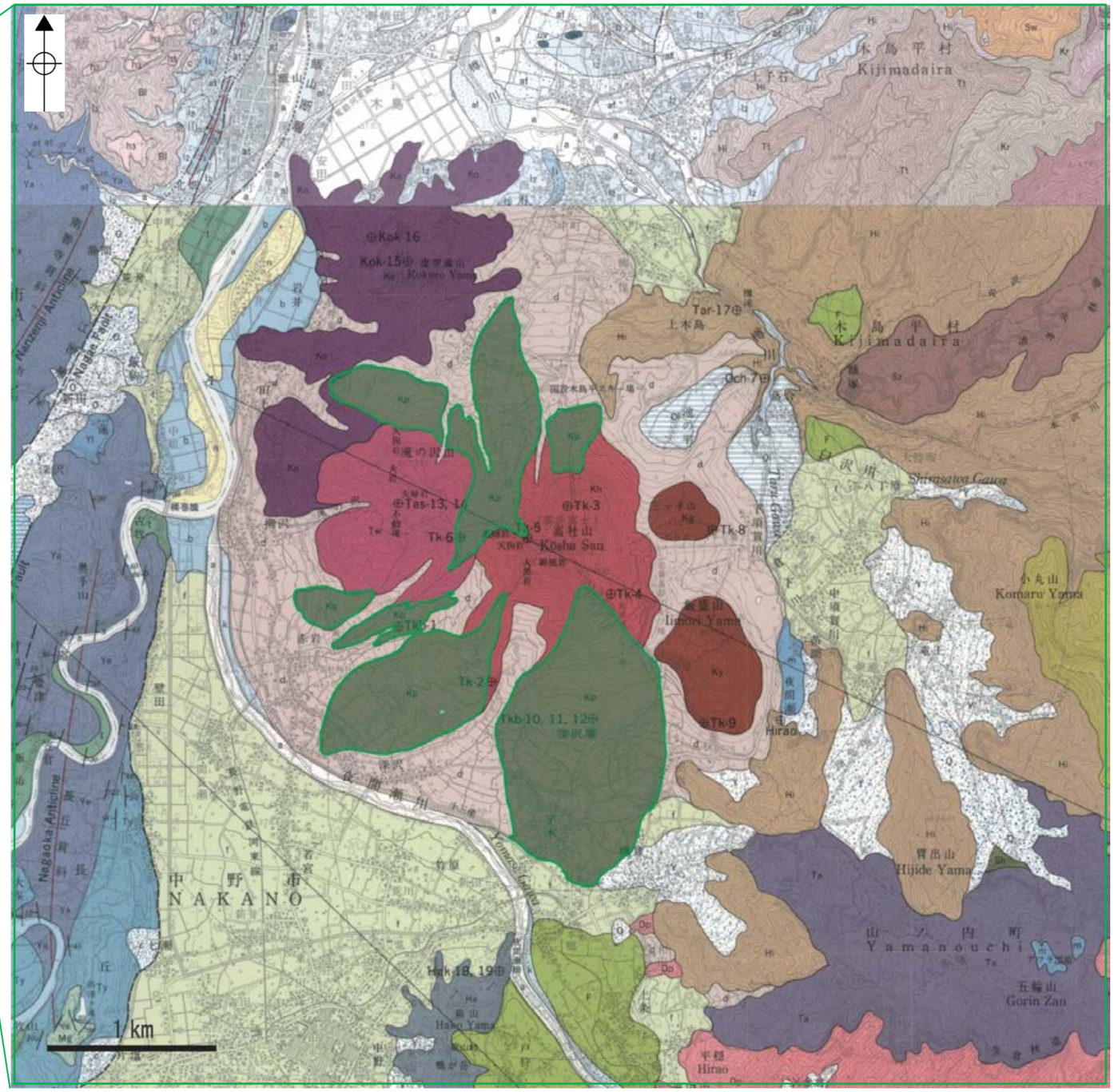
凡例

虚空蔵火山岩類 Kokuzo Volcanic Rocks	Ko	紫蘇輝石普通輝石安山岩火砕岩及び溶岩 Hypersthene-augite andesite pyroclastic rocks and lavas	

柳沢ほか(2001)

飯盛山溶岩 Iimoriyama Lava	Ky	輝石普通角閃石安山岩溶岩 Pyroxene-hornblende andesite lava	
高社軽石流堆積物 Kōsha Pumice Flow Deposits	凡	軽石流堆積物(地質図には省略) Pumice flow deposits (Not shown in this map)	
三ッ子山溶岩 Mitsugoyama Lava	Kg	輝石安山岩溶岩 Pyroxene andesite lava	
高社石質火砕流堆積物 Kōsha Pyroclastic Flow Deposits	Kp	火山岩片及び火山灰 Volcanic blocks and volcanic ash	高社石質火砕流堆積物
高社主火山体溶岩 Kōsha Main Body Lava	Kh	輝石安山岩溶岩 Pyroxene andesite lava	
滝の沢火山岩類 Takinosawa Volcanic Rocks	Tw	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rocks	
虚空蔵火山岩類 Kokuzō Volcanic Rocks	Ko	輝石安山岩溶岩及び火砕岩 Pyroxene andesite lava and pyroclastic rocks	

赤羽ほか(1992)



高社山の地質図
（上図：柳沢ほか(2001)，下図：赤羽ほか(1992)に一部加筆）

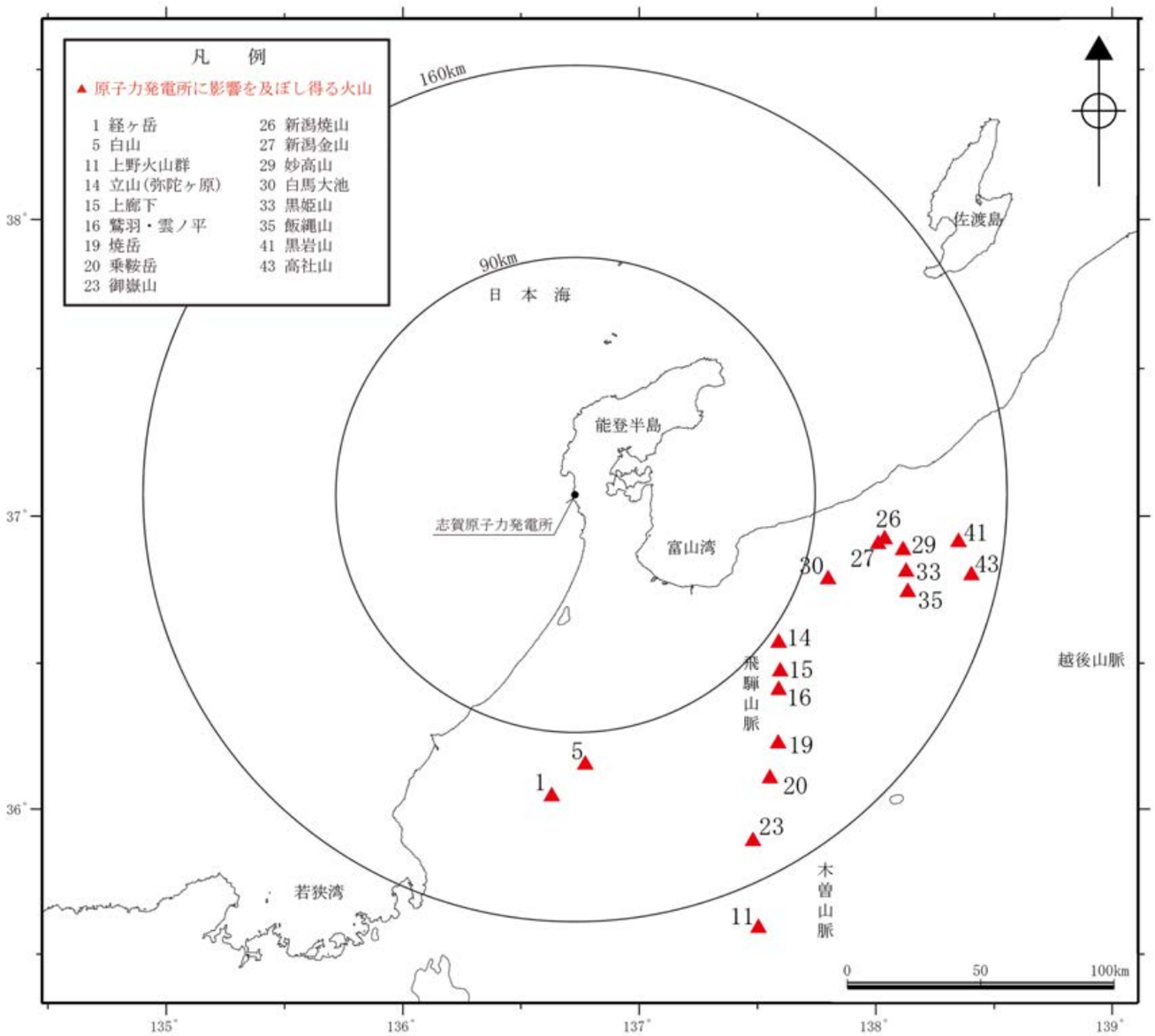
2.2 新しい火口の開口及び地殻変動に関する評価

〇新しい火口の開口及び地殻変動については，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の敷地からの距離※及び敷地周辺の地下構造（地震波速度構造，地熱活動及び深部低周波地震の震源分布）から，検討を行った。文献調査等による整理結果は，以下のとおり。

- 敷地からの距離：原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山は，いずれも敷地から90km以遠に位置する（下図）。
- 敷地周辺の地震波速度構造：敷地周辺（半径30kmの範囲）の地震波速度構造について，地下深部から鉛直方向に連続する低速度域は認められない（次頁）。
- 敷地周辺の地熱活動：敷地周辺（半径30kmの範囲）では，第四紀火山に関連した地熱活動は認められない（次々頁）。
- 敷地周辺の深部低周波地震：敷地周辺（半径30kmの範囲）では，深部低周波地震は認められない(P.55，56)

〇以上より，新しい火口の開口及び地殻変動が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

※原子力発電所の火山影響評価ガイドによると，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。



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置
（地質調査総合センター編（2023)に基づき作成）

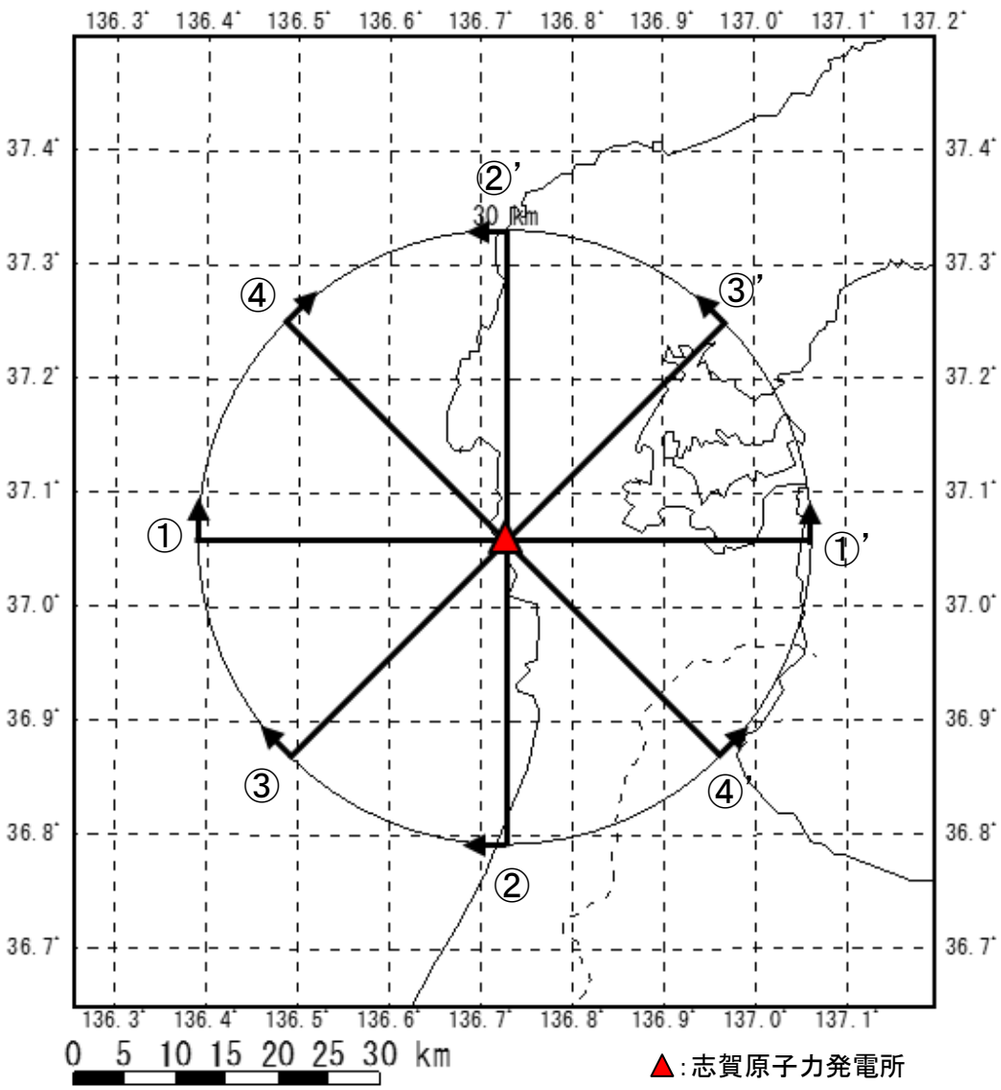
【敷地周辺の地震波速度構造】

〇Matsubara et al.(2022)は，防災科学技術研究所のHi-net（高感度地震観測網）やS-net（日本海溝海底地震津波観測網）のデータ等を含む地震波トモグラフィーにより，日本海と太平洋を含む日本列島周辺の三次元地震波速度構造を評価している。

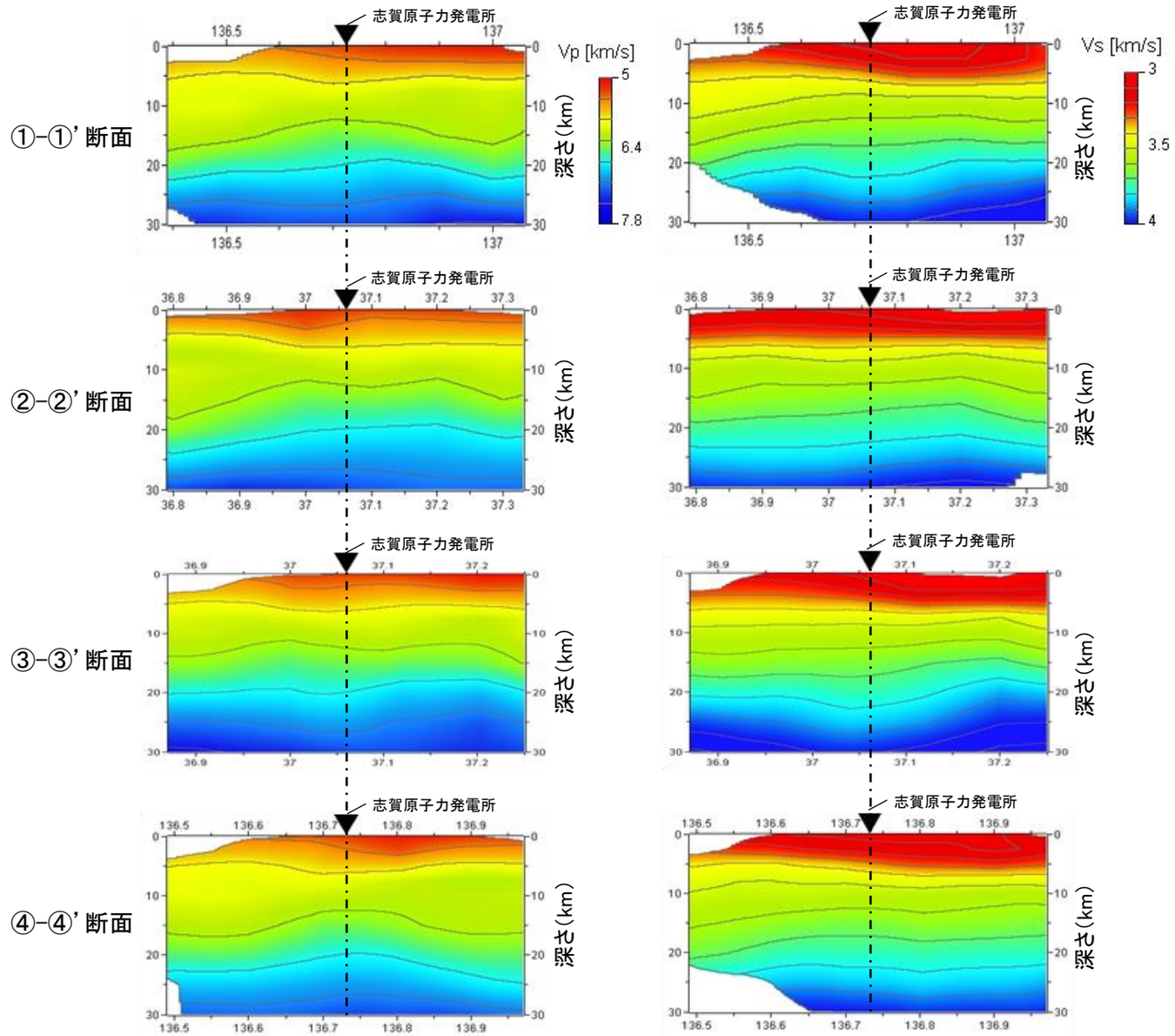
〇また，防災科学技術研究所は，Matsubara et al.(2022)による三次元速度構造から，地図上で深さや位置を任意に指定して，速度構造断面を表示することが可能なソフトウェア（日本列島三次元地震波速度構造表示ソフトウェア）を公開している。（https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/software.php）

〇上記ソフトウェアを用い，Matsubara et al.(2022)による敷地周辺（半径30kmの範囲）の4方向の地震波速度構造断面を確認した。

〇敷地周辺の地震波速度構造について，いずれの断面においても地下深部から敷地に向かって鉛直方向に連続する低速度域は認められない（右下図）。



地震波速度構造断面位置

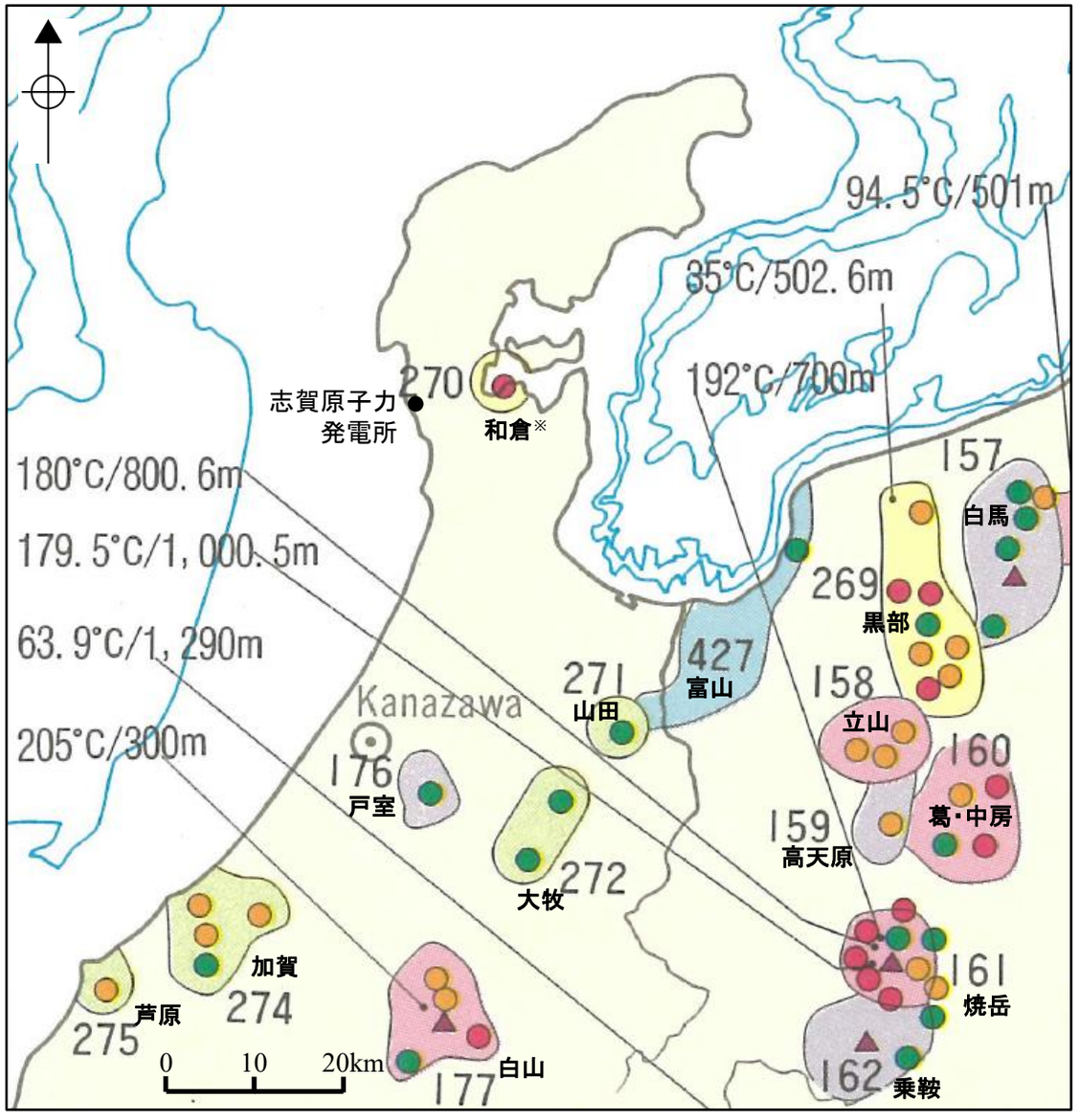


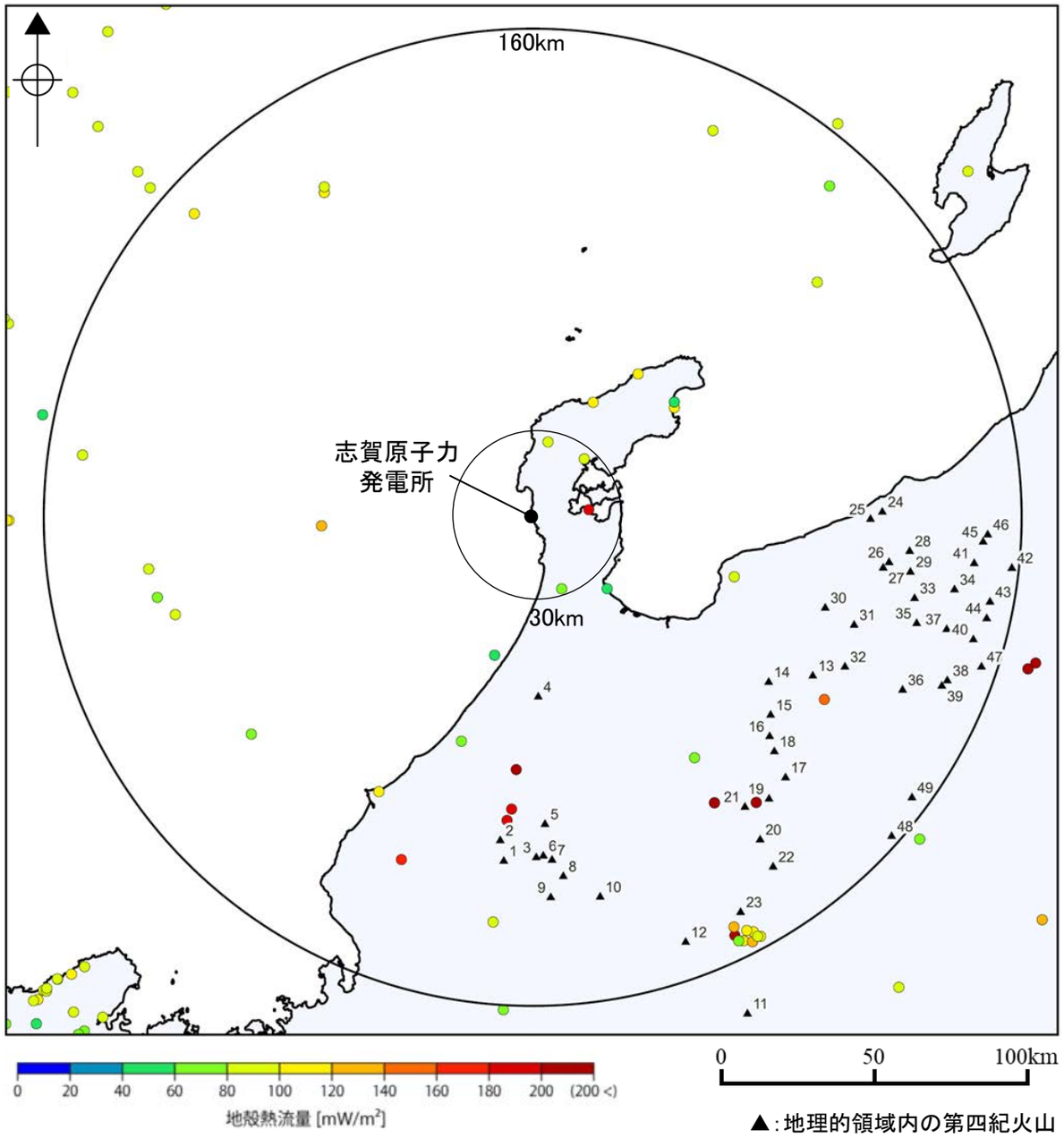
P波速度構造断面　　S波速度構造断面

敷地周辺の地震波速度構造断面
（Matsubara et al.(2022)に基づき作成）

【敷地周辺の地熱活動】

〇地質調査所編(1992)によると，能登半島では，第四紀火山に関連した地熱活動は認められない（左下図）。
〇地質調査総合センター(2019)によると，地質調査所編(1992)において第四紀火山に関連しない地熱域とされる和倉を除き，敷地周辺（半径30kmの範囲）には大きな地殻熱流量は認められない（右下図）。





▲：地理的領域内の第四紀火山
（対応する火山名はP.22）

地殻熱流量分布図
（地質調査総合センター(2019)に一部加筆）

＜凡例＞

・第四紀火山に関連した地熱資源賦存地域
- ランクA（90℃以上の温泉か，70℃以上の温泉及び1km²以上の変質帯を伴う地域）
- ランクB（42℃以上の温泉を伴う地域）

・第四紀火山に関連しない地熱資源賦存地域
- ランクA（90℃以上の温泉を伴う地域）
- ランクB（42℃以上の温泉を伴う地域）

・深層熱水資源賦存地域
- （新第三紀後期～第四紀堆積盆地のうち，42℃以上の温泉を伴う地域）

▲ 第四紀火山

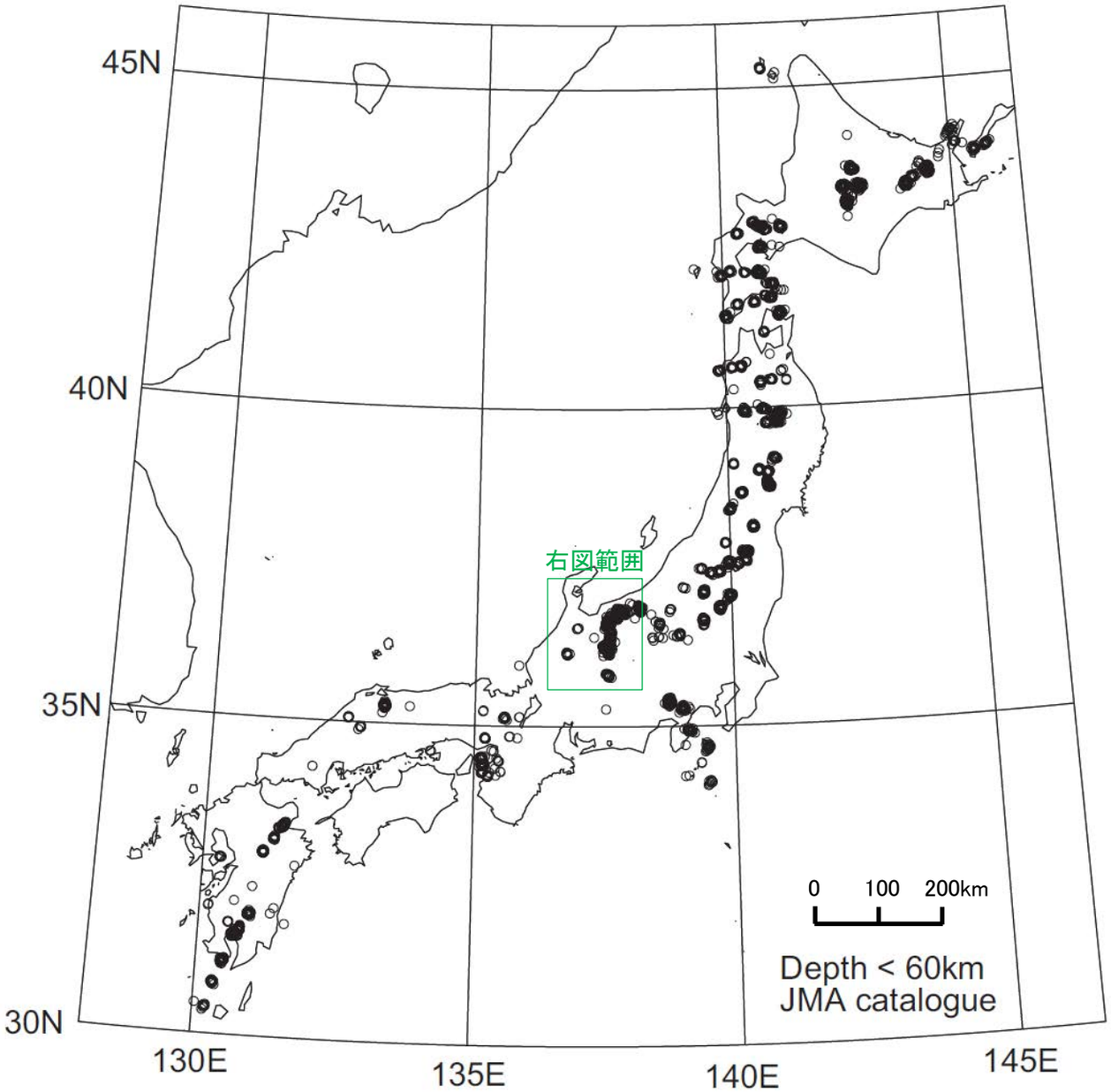
泉温　Temperature of Water　(℃)		
≧90	≧60～＜90	≧42～＜60
●	●	●

日本地熱資源図　（地質調査所編(1992)に一部加筆）

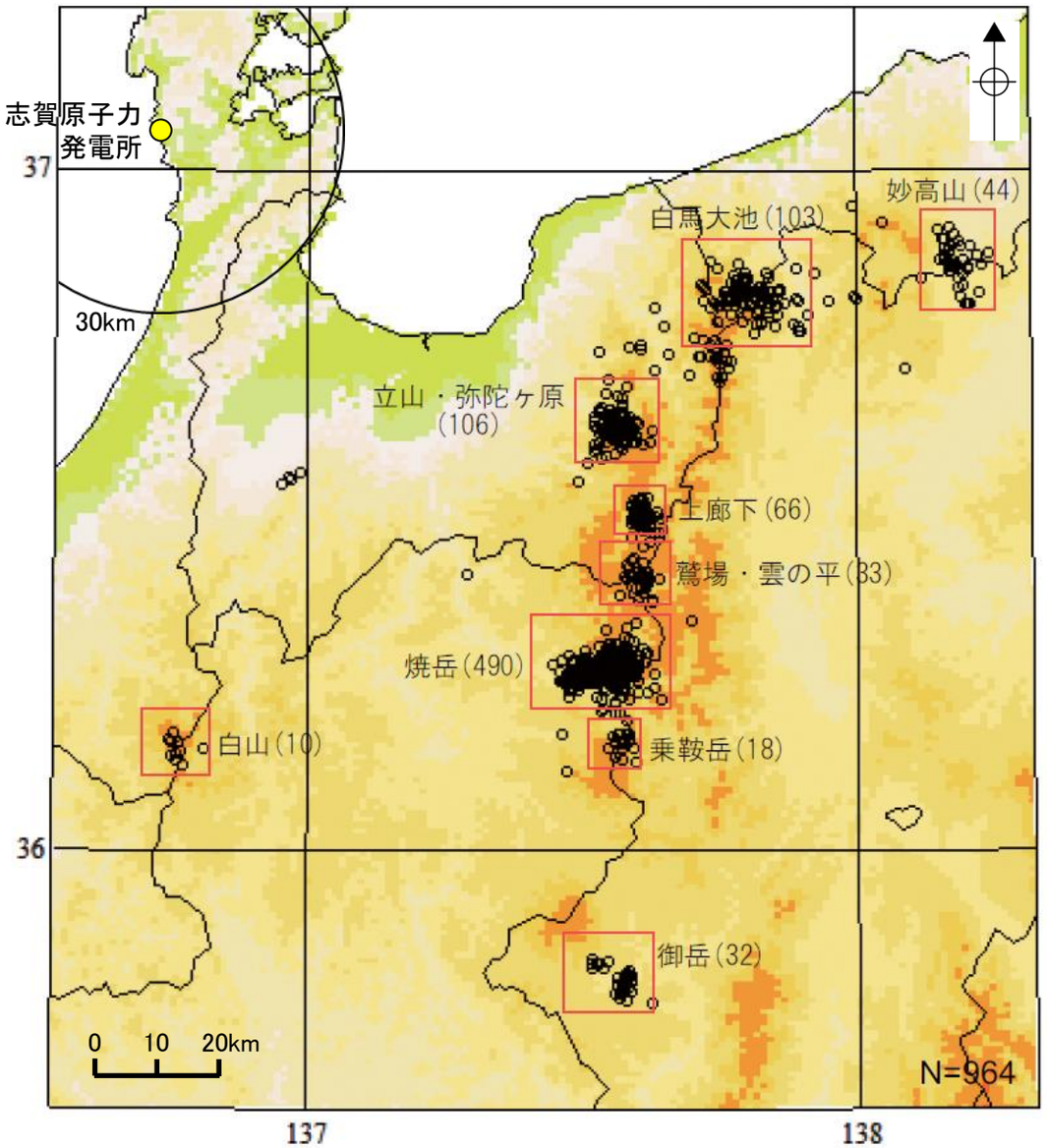
※敷地の約17km東方に位置する地熱域（和倉）について，地質調査所編(1992)では，第四紀火山に関連しない地熱とされている。Umeda et al.(2009)によると，和倉は，花崗岩中に含まれるU, Th, Kの放射壊変によって生じた熱によって温められた天水起源の地下水が，活構造帯等に規制され地表まで上昇したものとされている。

【敷地周辺の深部低周波地震①】

○高橋・宮村（2009）によると，1997年10月から2008年12月までの期間において，敷地周辺（半径30kmの範囲）では，マグマ等の上昇を示唆する深部低周波地震は認められない（右下図）。



日本列島における深部低周波地震の震源分布
（高橋・宮村（2009）に一部加筆）



深部低周波地震の震源分布（甲信越・中部・北陸地方）
（高橋・宮村（2009）に一部加筆）

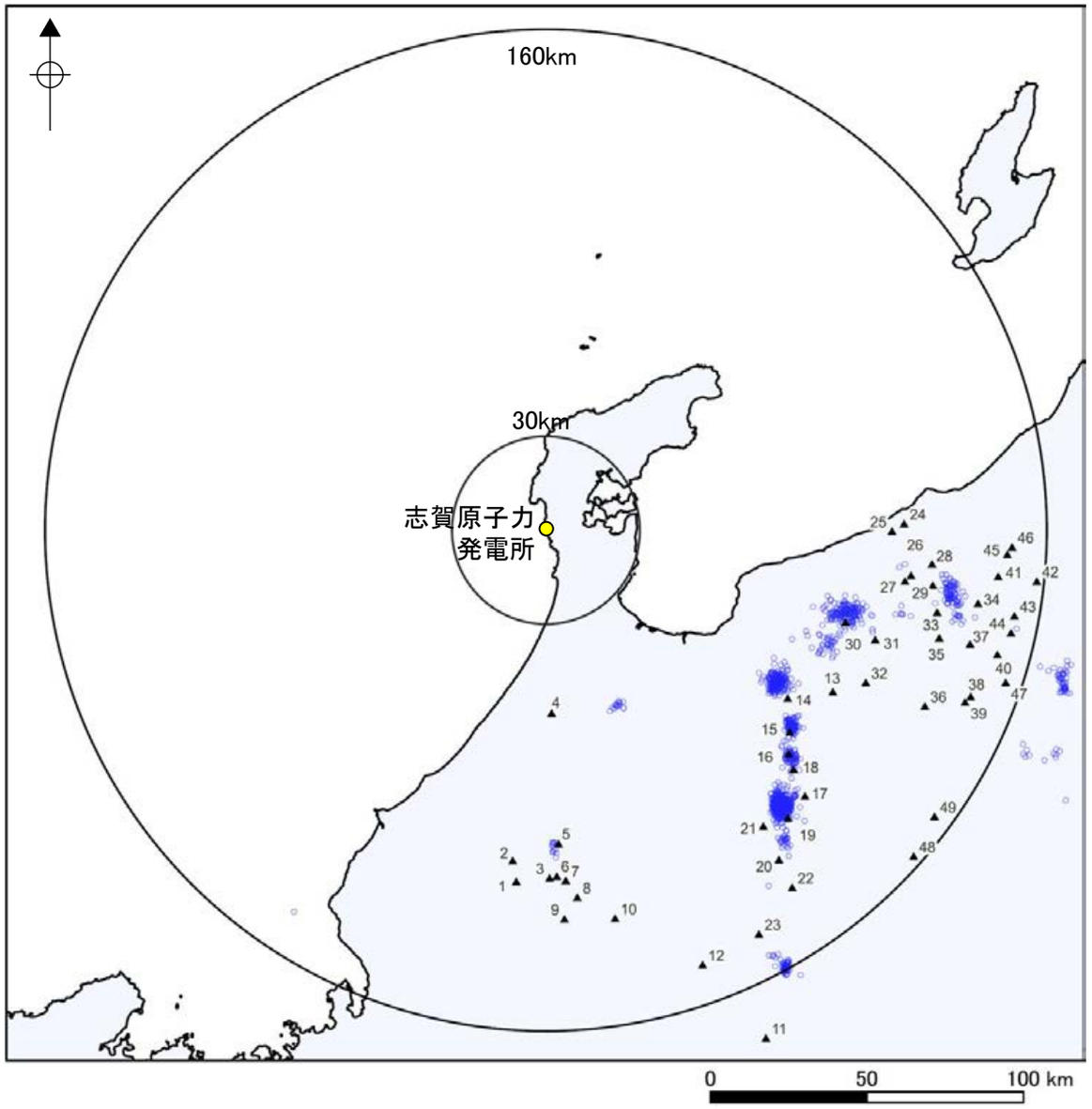
赤四角：第四紀火山内もしくは周辺で発生している地震群（震央分布の中心から概ね10km 以内に第四紀火山がある場合）
（気象庁一元化震源データ：1997年10月1日～2008年12月15日）

【敷地周辺の深部低周波地震②】

〇1997年10月から2022年9月までの気象庁による一元化震源データを用いて，深部低周波地震の震源分布図を作成した結果，敷地周辺（半径30kmの範囲）では，深部低周波地震は認められない（左下図）。

〇また，令和6年能登半島地震の発生前後を含む，2022年10月から2024年5月までの気象庁一元化震源要素を用いて，深部低周波地震の震源分布図を作成した結果，発生状況に大きな変化は認められず，敷地周辺（半径30kmの範囲）では，深部低周波地震は認められない（右下図）。

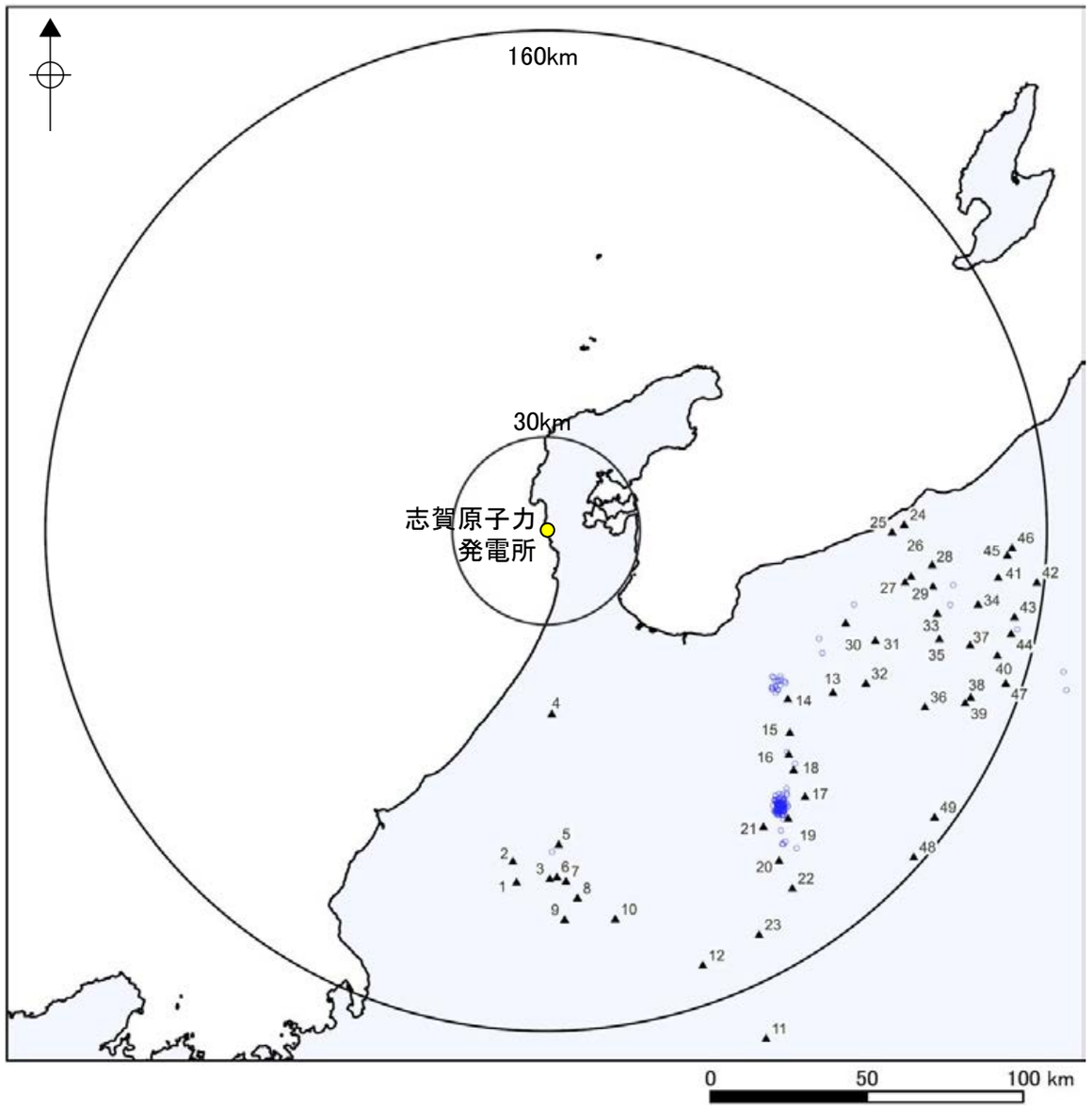
＜1997年10月～2022年9月＞



深部低周波地震の震源分布
（気象庁の一元化震源データを用いて当社作成）

・データ期間：1997年10月1日～2022年9月30日

＜2022年10月～2024年5月＞



深部低周波地震の震源分布
（防災科学技術研究所の気象庁一元化震源要素を用いて当社作成）

・データ期間：2022年10月1日～2024年5月31日

＜凡例＞
〇：深部低周波地震
▲：地理的領域内の第四紀火山
（対応する火山名の詳細はP.22）

2.3 設計対応不可能な火山事象の個別評価まとめ

○原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山について，敷地からの距離等から，設計対応不可能な火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。
○また，各火山の過去最大規模の噴火を考慮しても，第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性は十分小さく，モニタリング不要と評価した。

＜設計対応不可能な火山事象の個別評価結果＞

火山名		敷地からの距離（km）	設計対応不可能な火山事象									
			火砕物密度流		溶岩流		岩屑なだれ，地すべり及び斜面崩壊		新しい火口の開口		地殻変動	
			0～160km		0～50km		0～50km		個々に検討		個々に検討	
1	経ヶ岳	113	○	火砕流堆積物は，経ヶ岳周辺に限られる。	○	いずれの火山も敷地から50km以遠に位置することから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。	○	いずれの火山も敷地から50km以遠に位置することから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。	○	以下より，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。 ・いずれの火山も敷地から90km以遠に位置する。 ・敷地周辺の地震波速度構造について，地下深部から鉛直方向に連続する低速度域は認められない。 ・敷地周辺において第四紀火山に関連する地熱活動及び深部低周波地震が認められない。	○	以下より，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。 ・いずれの火山も敷地から90km以遠に位置する。 ・敷地周辺の地震波速度構造について，地下深部から鉛直方向に連続する低速度域は認められない。 ・敷地周辺において第四紀火山に関連する地熱活動及び深部低周波地震が認められない。
5	白山	101	○	火砕流堆積物を含む火山噴出物は，白山周辺に限られる。								
11	上野火山群	177	○	噴出物は溶岩流が主体であり，火砕物密度流の発生実績は認められない。								
14	立山(弥陀ヶ原)	94	○	火砕流堆積物は，立山(弥陀ヶ原)周辺に限られる。								
15	上廊下	101	○	火砕岩を含む火山噴出物は，上廊下周辺に限られる。								
16	鷲羽・雲ノ平	106	○	火砕流堆積物を含む火山噴出物は，鷲羽・雲ノ平周辺に限られる。								
19	焼岳	120	○	火砕流堆積物は，焼岳周辺に限られる。								
20	乗鞍岳	129	○	火砕流堆積物は，乗鞍岳周辺に限られる。								
23	御嶽山	146	○	火砕流堆積物を含む火山噴出物は，御嶽山周辺に限られる。								
26	新潟焼山	118	○	火砕流堆積物は，新潟焼山周辺に限られる。								
27	新潟金山	116	○	火砕岩を含む火山噴出物は，新潟金山周辺に限られる。								
29	妙高山	125	○	火砕流堆積物は，妙高山周辺に限られる。								
30	白馬大池	100	○	火砕流堆積物は，白馬大池周辺に限られる。								
33	黒姫山	128	○	火砕流堆積物は，黒姫山周辺に限られる。								
35	飯縄山	130	○	火砕流堆積物は，飯縄山周辺に限られる。								
41	黒岩山	145	○	火砕岩を含む火山噴出物は，黒岩山周辺に限られる。								
43	高社山	152	○	火砕流堆積物は，高社山周辺に限られる。								

○：発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

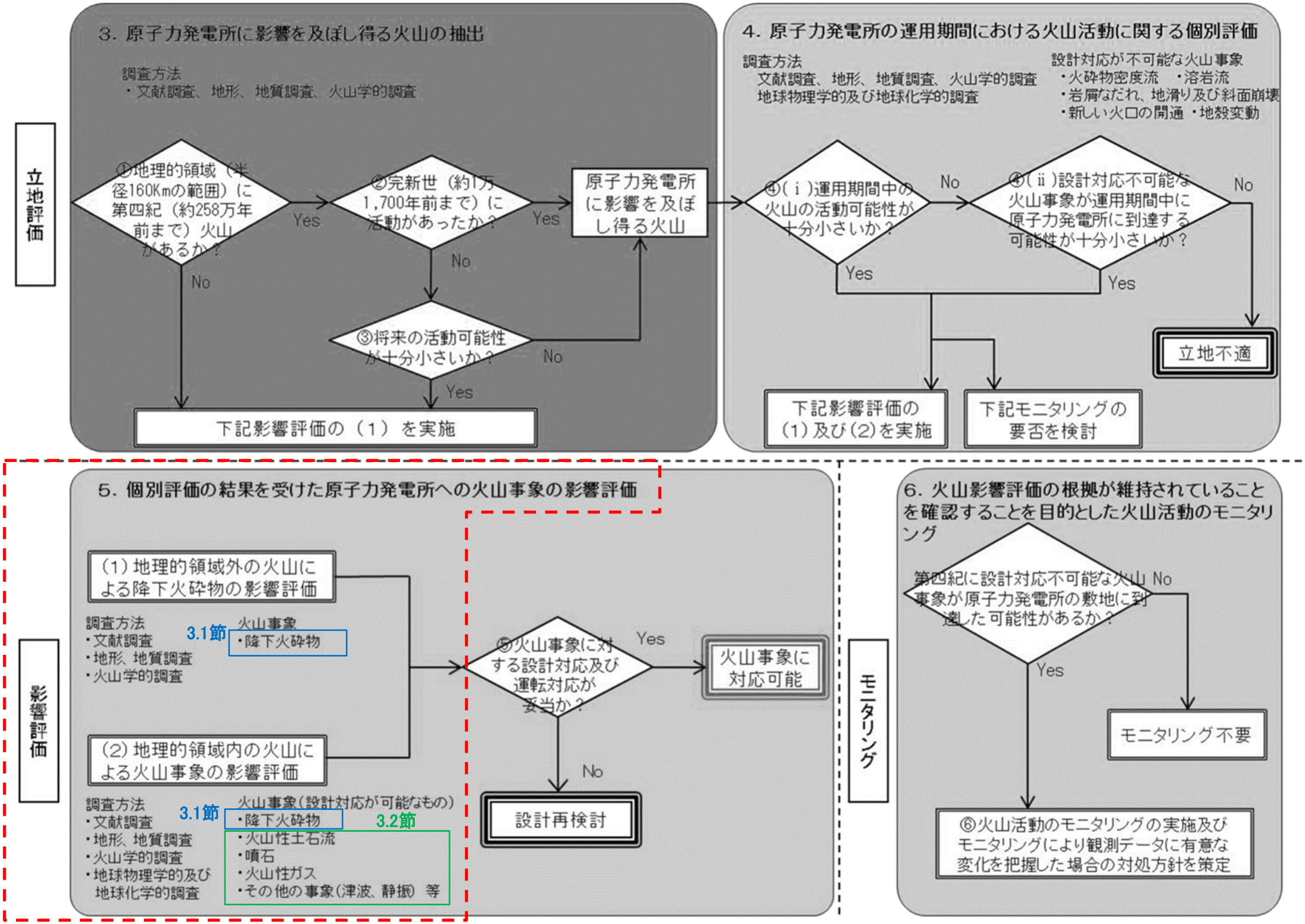
3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3. 火山事象の影響評価

○本章では，立地評価の結果を踏まえて，設計対応が可能な火山事象について原子力発電所への影響評価を行った（降下火砕物に関する影響評価結果は3.1節，降下火砕物以外の火山事象に関する影響評価結果は3.2節）。



本章で説明する内容

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）
(2) 文献調査（地質調査結果）
(3) 降下火砕物に関する当社地質調査
(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定
(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定
(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定
(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）
(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）
(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）
(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）
(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

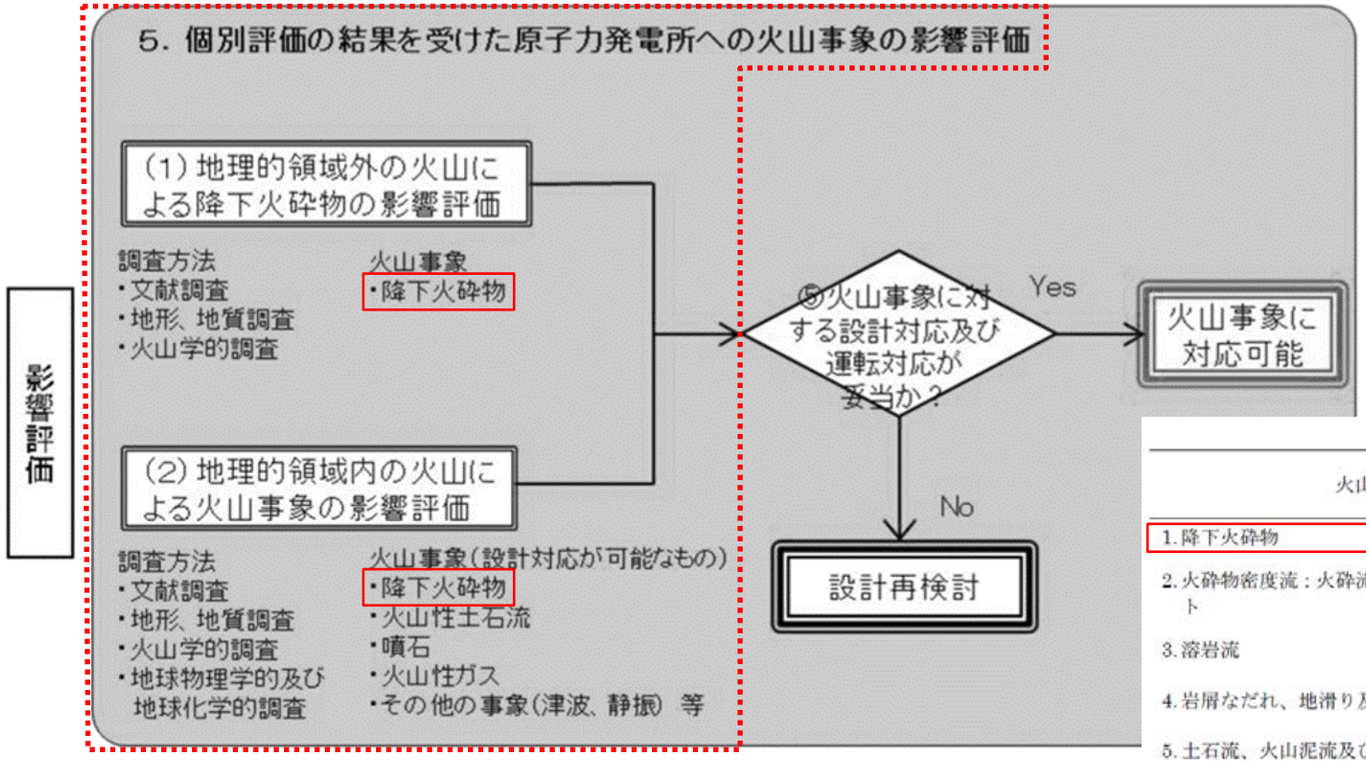
3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1　降下火砕物の影響評価　－評価方法－

○志賀原子力発電所に影響を及ぼす可能性のある火山事象のうち降下火砕物について，地理的領域内の火山及び地理的領域外の火山を対象として影響評価を行う。
○敷地において考慮する降下火砕物の層厚の評価にあたっては，文献・地質調査結果（3.1.1項）及び降下火砕物シミュレーション結果（3.1.2項）から総合的に評価を行う。



「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

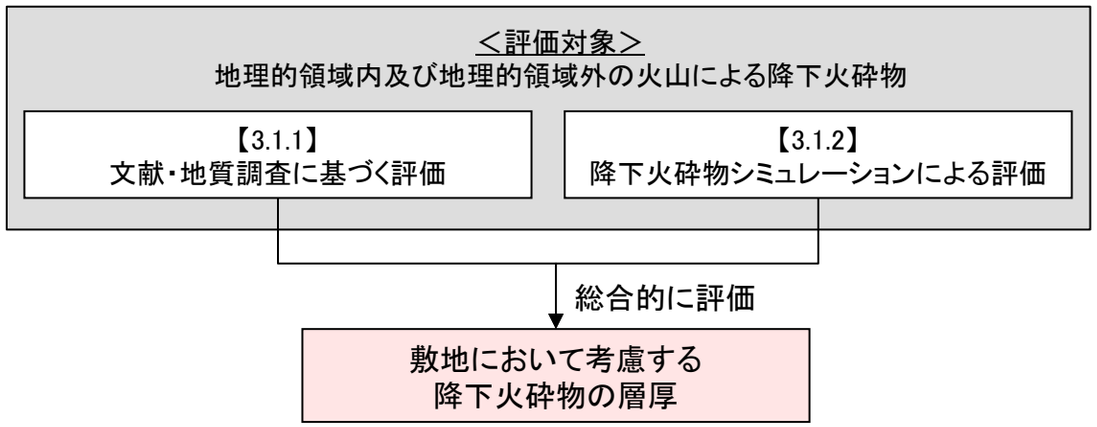
表１　原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係注1

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注２
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びブラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注３
9. 津波及び静振	水の氾濫	注４
10.　大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注４
11.　地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注４
12.　火山性地震とこれに関連する事象	継続的微動、多重衝撃	注４
13.　熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注４

（参考資料：IAEA　SSG-21 及び JEAG4625 ）

注１：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。
注２：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。
注３：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。
注４：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆



敷地において考慮する降下火砕物の層厚評価の方針

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

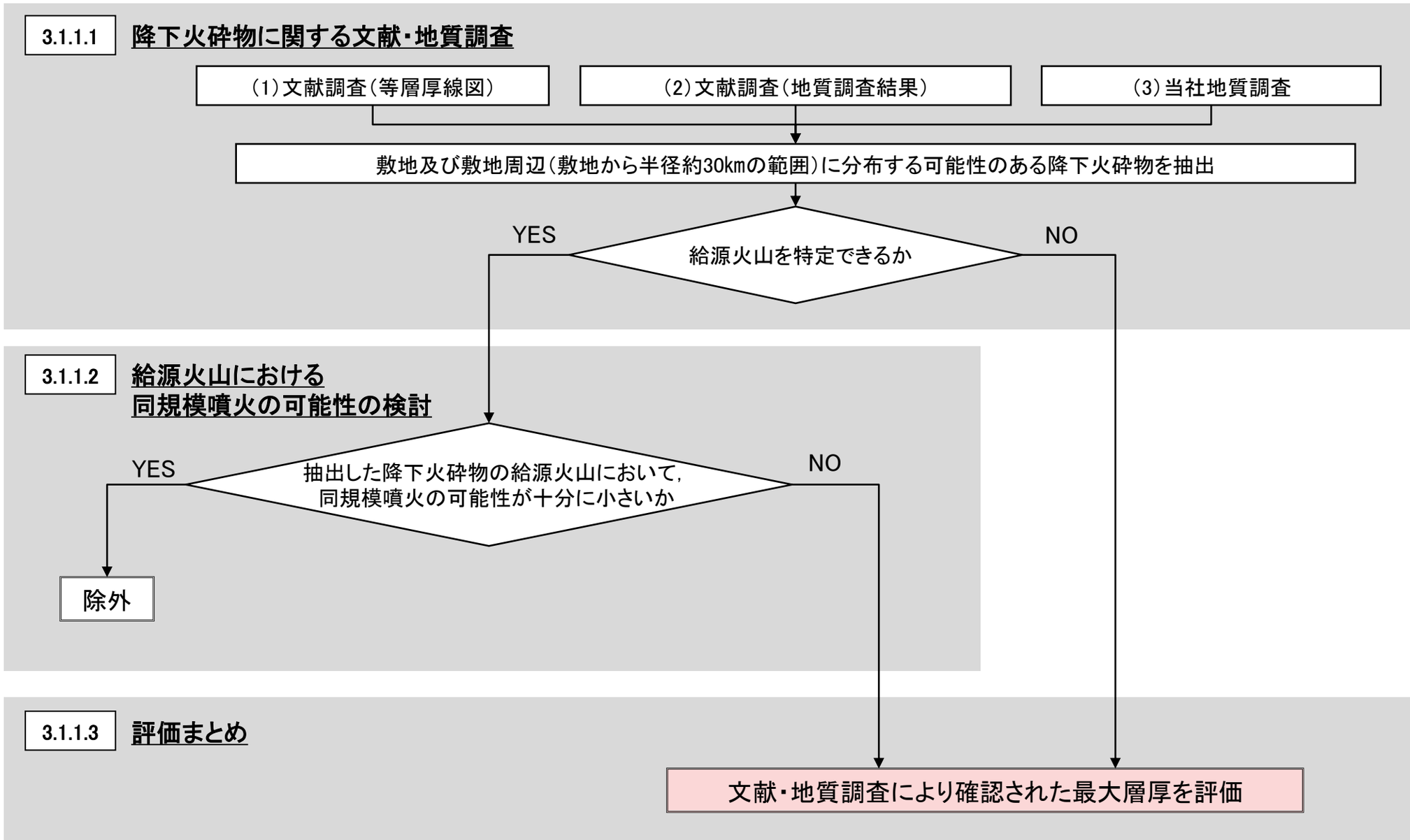
3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価　－評価方法－

○文献・地質調査に基づく評価は，以下のとおり実施する。
・まずは，文献調査（等層厚線図，地質調査結果）及び当社地質調査により，敷地及び敷地周辺（敷地から半径約30kmの範囲）に分布する可能性のある降下火砕物を抽出する。
・抽出した降下火砕物のうち，給源が特定できないものは，文献・地質調査により確認された最大層厚を評価する。
・給源が特定できる降下火砕物については，その給源火山において，原子力発電所の運用期間中に同規模の噴火が発生する可能性を，活動履歴及び地下構造の観点から検討する。給源火山における同規模噴火の可能性が否定できない場合には，文献・地質調査により確認された最大層厚を評価する。

＜降下火砕物に関する文献・地質調査に基づく評価の流れ＞



3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

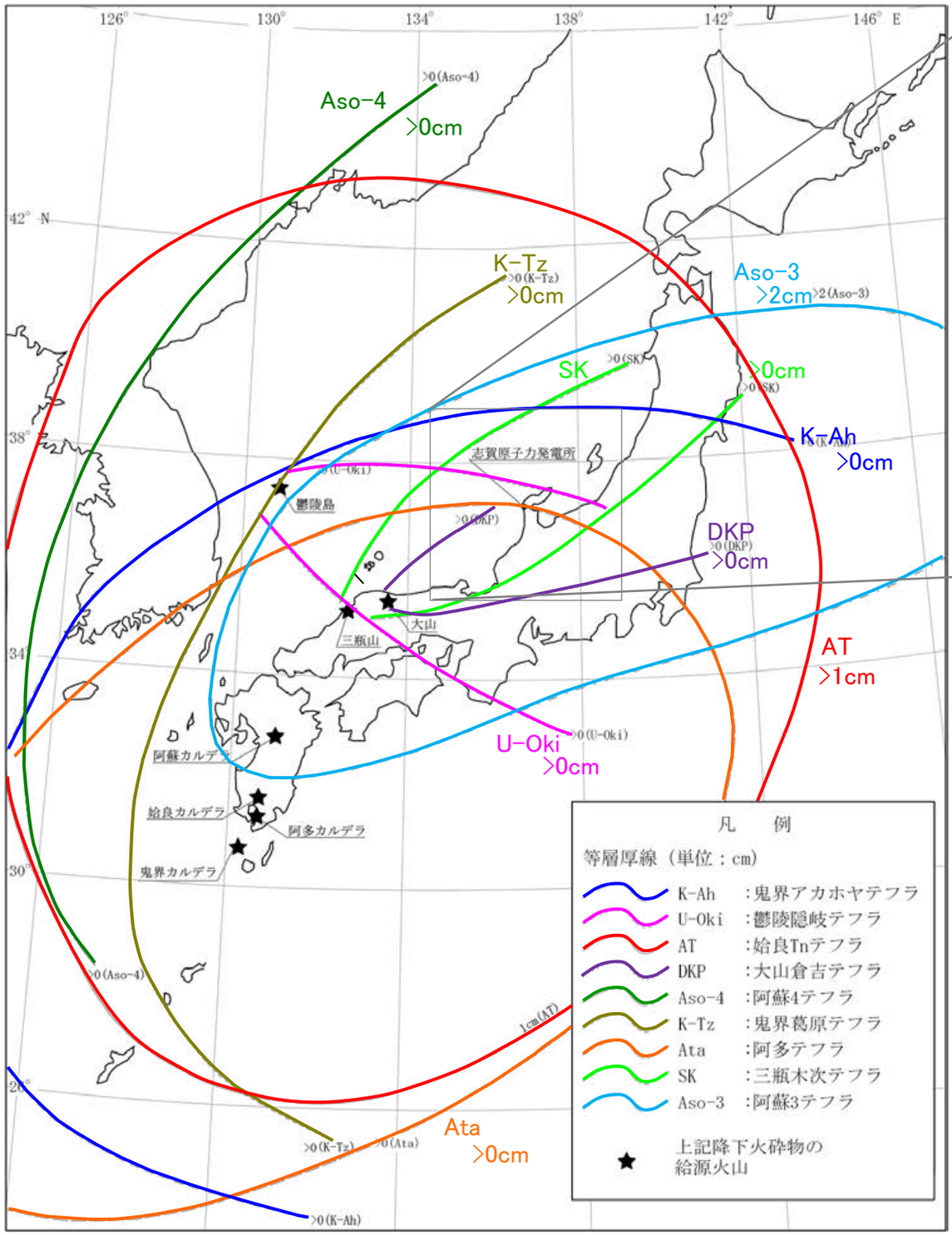
3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.1(1) 文献調査（等層厚線図）

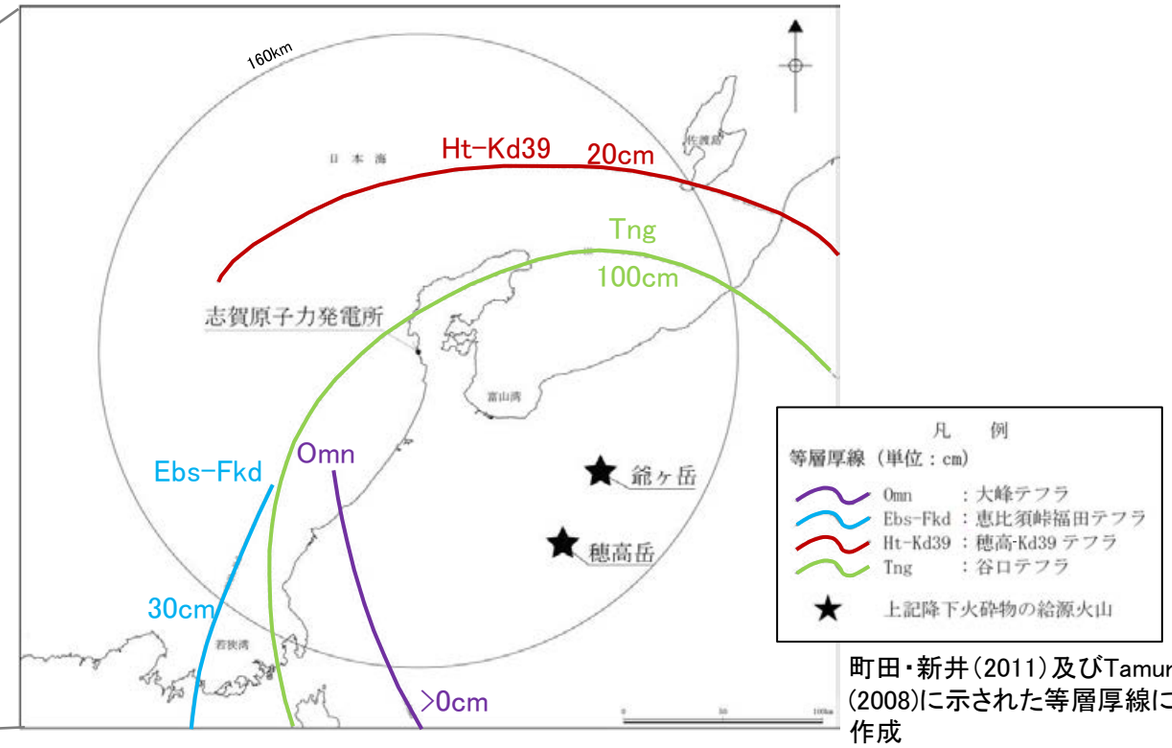
○日本列島における降下火砕物の分布に関する文献調査を実施した。
○町田・新井(2011)，宝田ほか(2022)，星住ほか(2024)及びTamura et al.(2008)に基づき，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある13の降下火砕物を抽出した。

地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物



町田・新井(2011)，宝田ほか(2022)及び星住ほか(2024)に示された等層厚線に基づき作成

地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物



町田・新井(2011)及びTamura et al.(2008)に示された等層厚線に基づき作成

＜敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物＞

※各降下火砕物の分布の詳細は**補足資料2**

降下火砕物	記号	年代（万年前）	給源火山		敷地周辺の層厚(cm)※	文献名
きかい 鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	0.73 *1	鬼界カルデラ	地理的領域外の火山	0～20	町田・新井(2011)
うつりょうおき 鬱陵隠岐テフラ	U-Oki	1.02 *1	鬱陵島		0～2	
あいら 姶良Tnテフラ	AT	3 *2	姶良カルデラ		16～32	宝田ほか(2022)
だいせんくらよし 大山倉吉テフラ	DKP	5.5以前 *1	大山		5～10	町田・新井(2011)
あそ 阿蘇4テフラ	Aso-4	8.8 *3	阿蘇カルデラ		15以上	
きかいとづらはら 鬼界葛原テフラ	K-Tz	9.5 *1	鬼界カルデラ		0～2	
あた 阿多テフラ	Ata	10.5 *1	阿多カルデラ		0以上	
さんべきすき 三瓶木次テフラ	SK	10.5 *1	三瓶山		5以上	
あそ 阿蘇3テフラ	Aso-3	13.3 *4	阿蘇カルデラ		2～5	星住ほか(2024)
おおみね 大峰テフラ	Omn	160～165 *1	爺ヶ岳	地理的領域内の火山	0以上	町田・新井(2011)
えびすとうげふくだ 恵比須峠福田テフラ	Ebs-Fkd	170 *1	穂高岳		30～40	
ほたか 穂高-Kd39テフラ	Ht-Kd39	176 *5	穂高岳		20以上	Tamura et al.(2008)
たにぐち 谷口テフラ	Tng	220～230 *1	爺ヶ岳		100以上	

*1：町田・新井(2011)，*2：宝田ほか(2022)，*3：星住ほか(2023)，*4：星住ほか(2024)，*5：Tamura et al.(2008)

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） －調査結果概要－

○敷地周辺で実施された地質調査に関する文献調査を実施した結果，敷地周辺において，鬼界アカホヤテフラ（K-Ah），姶良Tnテフラ（AT），阿蘇4テフラ（Aso-4），鬼界葛原テフラ（K-Tz）及び三瓶木次テフラ（SK）の5つの降下火砕物の確認が報告されている。

文献調査（地質調査結果）に基づく敷地周辺での降下火砕物の確認位置

〈文献調査（地質調査結果）により
敷地周辺で確認された降下火砕物の最大層厚〉

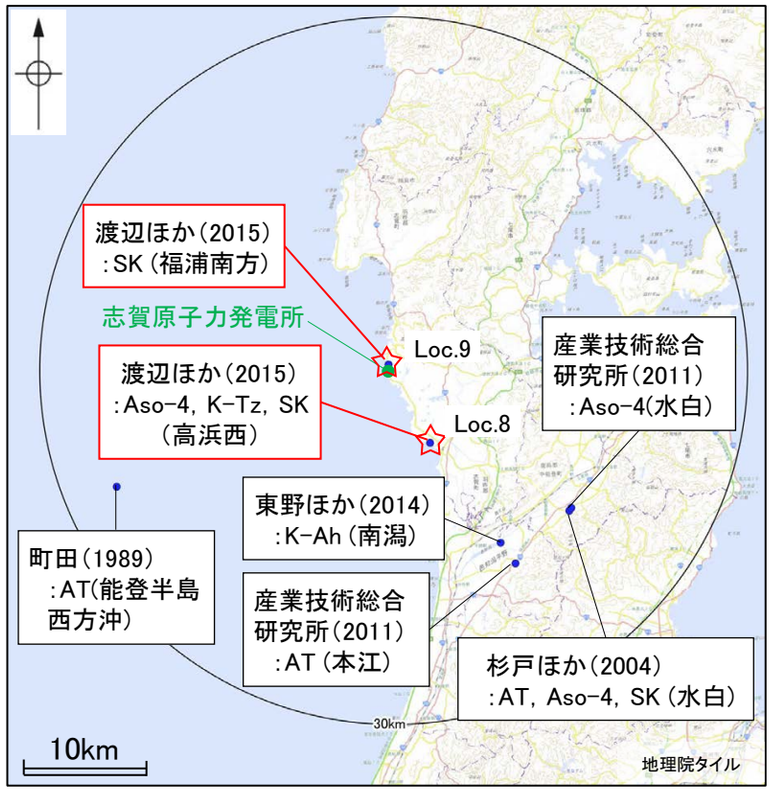
降下火砕物	記号	確認された最大層厚(cm)	文献［確認地点］
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	0.5	東野ほか（2014）［南潟］
姶良Tnテフラ	AT	15	産業技術総合研究所（2011）［本江］
阿蘇4テフラ	Aso-4	7	産業技術総合研究所（2011）［水白］
鬼界葛原テフラ	K-Tz	－（分析により検出）	渡辺ほか（2015）［高浜西］
三瓶木次テフラ	SK	3	杉戸ほか（2004）［水白］

＜凡例＞
●：確認地点

3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） ―渡辺ほか(2015)―

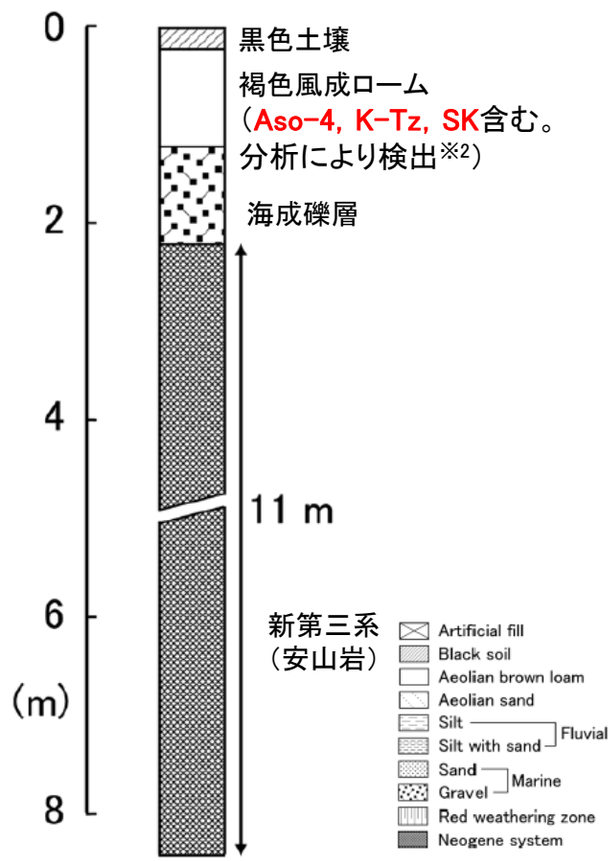
○渡辺ほか(2015)では，敷地北方の福浦南方地点（Loc.9）において露頭調査を実施しており，層厚約2cm（写真より読取※1）の三瓶木次テフラ（SK）を確認している（右下図）。また，敷地から南方に約7km離れた高浜西地点（Loc.8）において露頭調査を実施しており，火山ガラスの屈折率等から阿蘇4テフラ（Aso-4），鬼界葛原テフラ（K-Tz）及び三瓶木次テフラ（SK）を確認している（左下図）。

※1：文献中に堆積層厚の記載はないため，ねじり鎌の大きさを参考にSKの層厚を約2cmと読み取った。



位置図

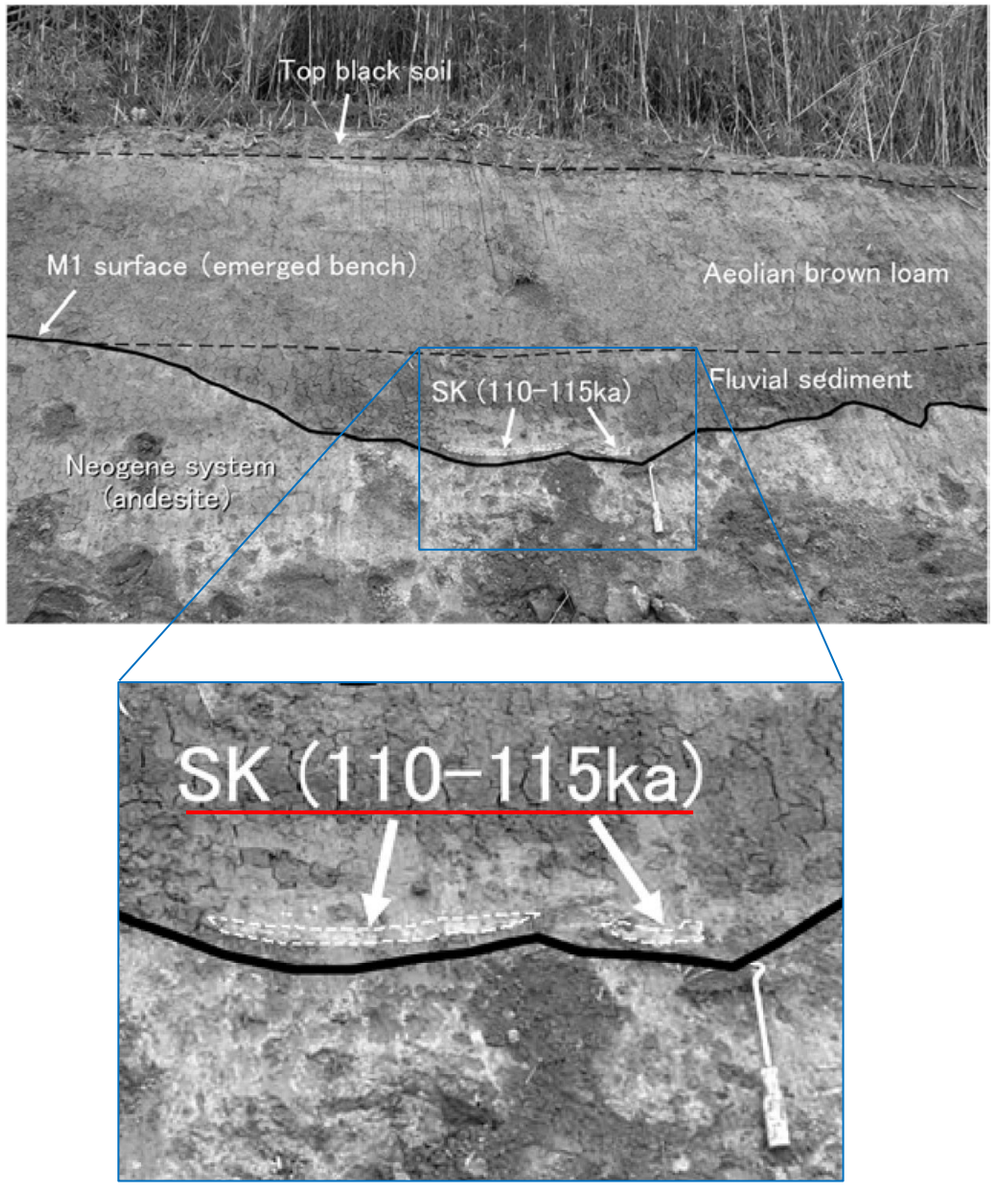
【高浜西地点（Loc.8）】



渡辺ほか（2015）に一部加筆

※2：渡辺ほか（2015）によると，褐色風成ローム層中には黒雲母が肉眼で確認でき，顕微鏡観察により，少量の火山ガラスやβ石英が含まれるとされ，火山ガラスの屈折率の結果を踏まえて，Aso-4，K-Tz，SKに対比している。

【福浦南方地点（Loc.9）】

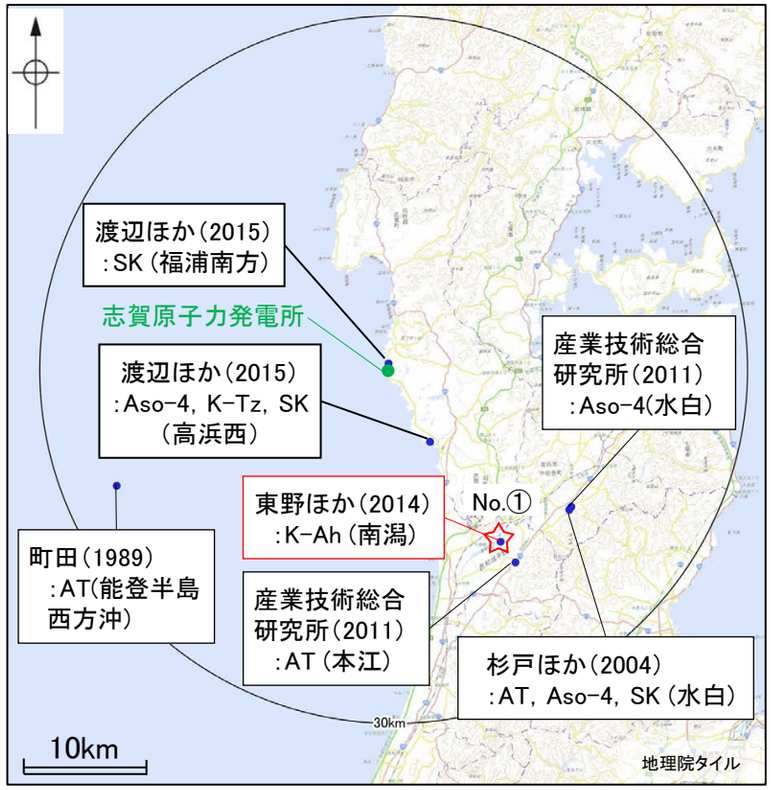


層厚約2cm（写真より読取）※1のSKが確認される。

渡辺ほか（2015）に一部加筆

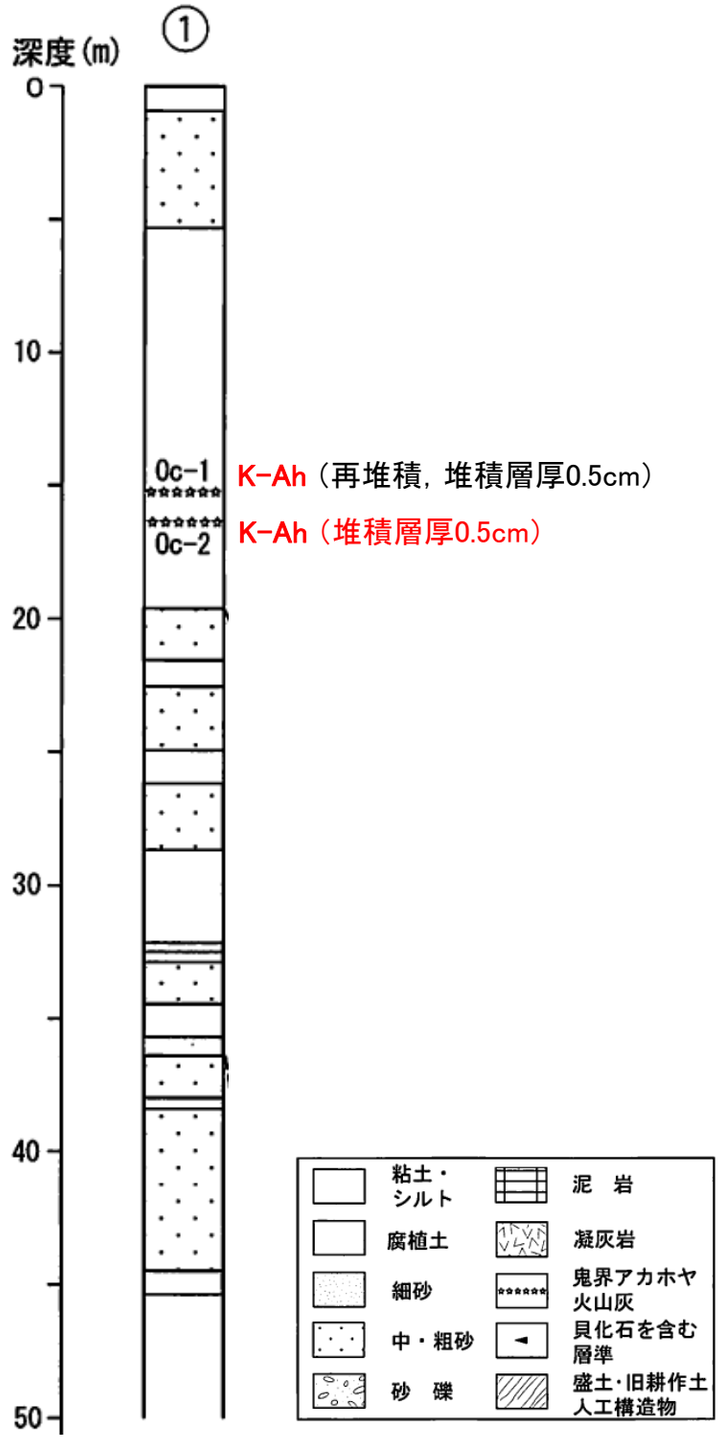
3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） －東野ほか(2014)－

○東野ほか(2014)では，敷地から南方に約17km離れた南潟地点においてボーリング調査を実施しており，No.①孔の深度15.2m及び16.3mにおいて鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)を確認している。
○東野ほか(2014)によると，これらの2層の堆積層厚は，いずれも0.5cmであり，上位のK-Ahは再堆積であると解釈している。



位置図

【南潟地点】

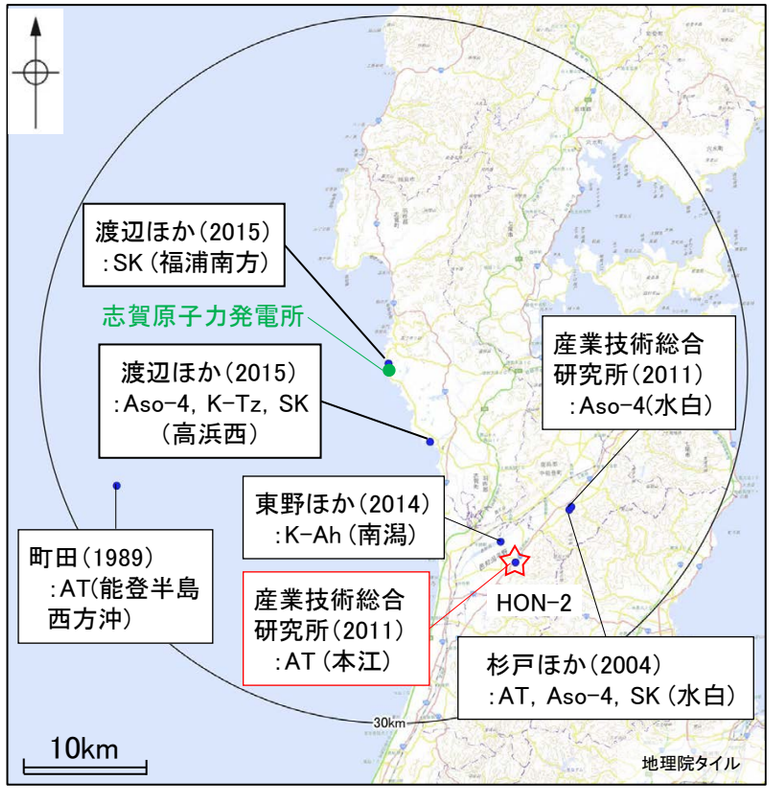


東野ほか(2014)に一部加筆

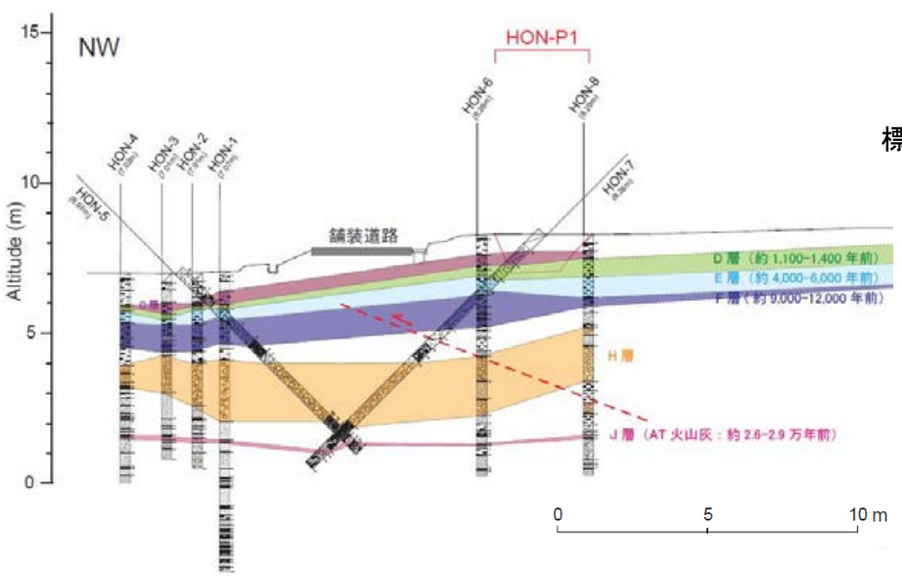
3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） －産業技術総合研究所(2011)①－

○産業技術総合研究所(2011)では，敷地から南方に約19km離れた本江地点において群列ボーリング調査を実施しており，複数孔で姶良Tnテフラ（AT）を確認している。このうち，ATの層厚が最大となるのはHON-2孔（深度5.50～5.65m区間）の15cmである。

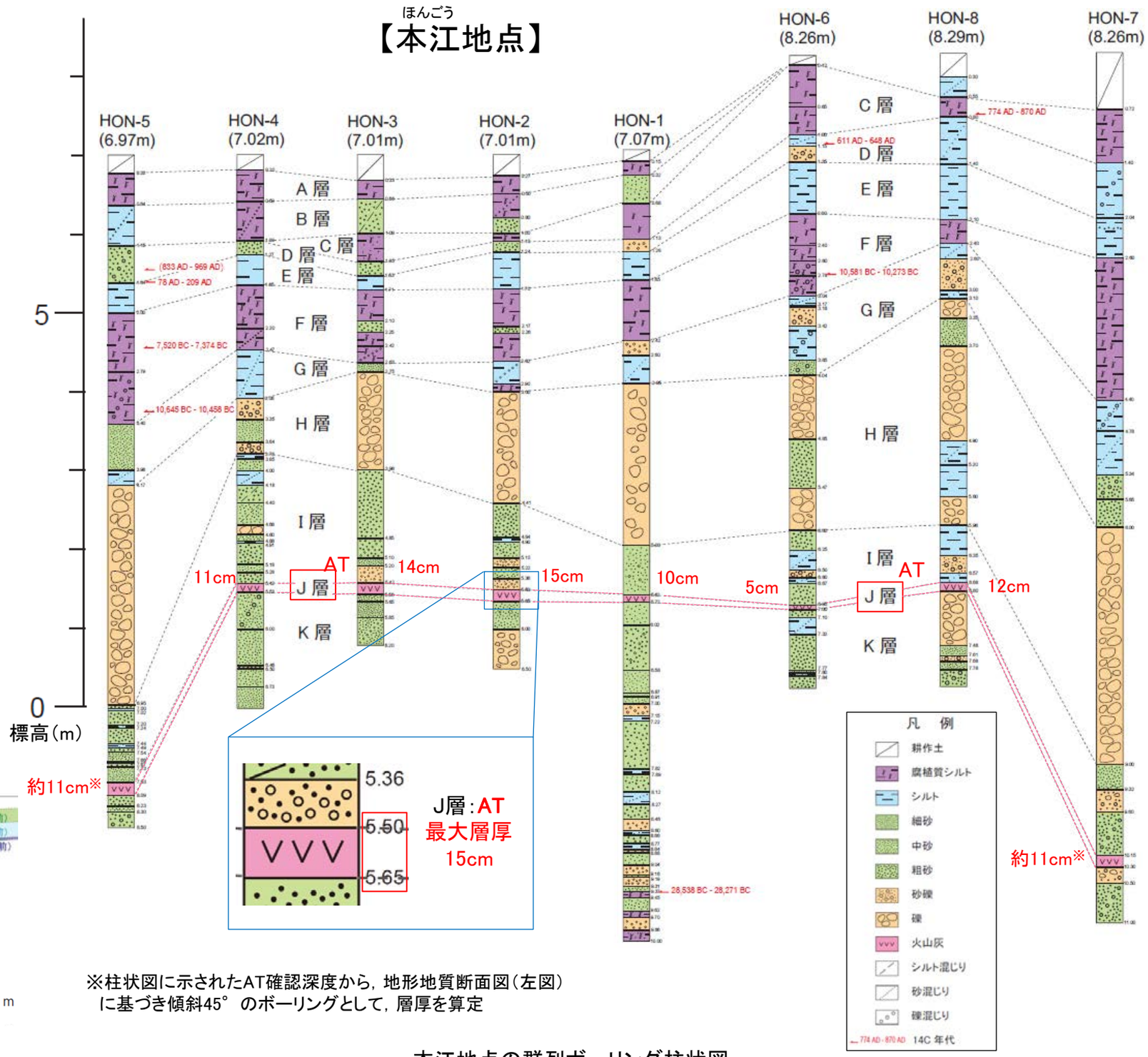
○なお，本江地点の群列ボーリングの計8孔で確認されているATの平均層厚は約11cmである。



位置図



本江地点の地形地質断面図
（産業技術総合研究所（2011）に一部加筆）



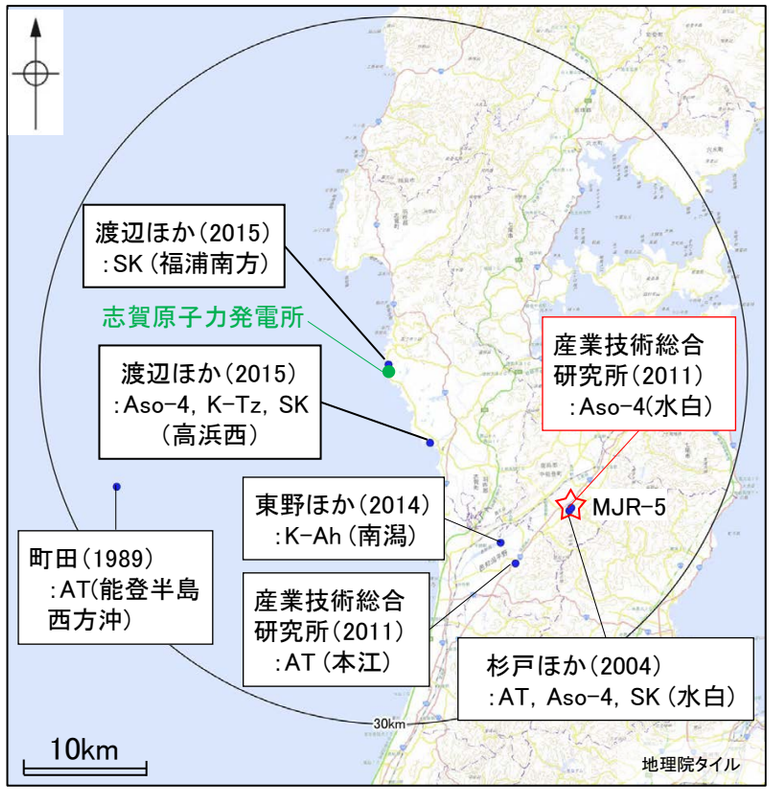
※柱状図に示されたAT確認深度から，地形地質断面図（左図）に基づき傾斜45°のボーリングとして，層厚を算定

本江地点の群列ボーリング柱状図
（産業技術総合研究所（2011）に一部加筆）

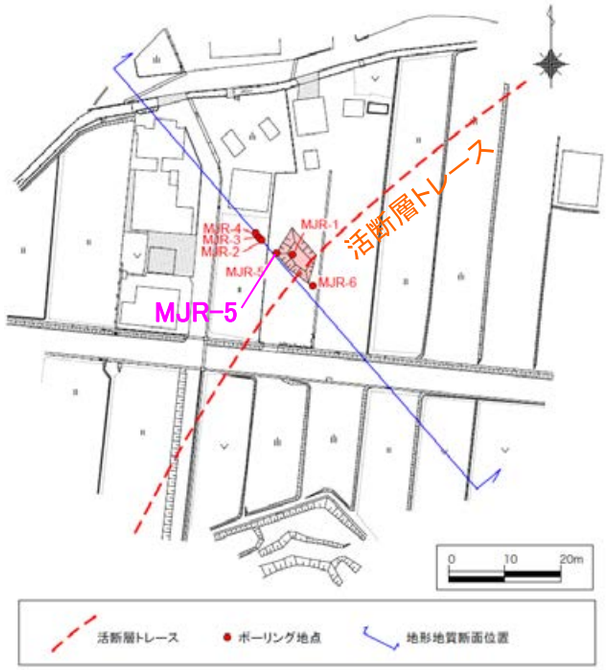
3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） －産業技術総合研究所(2011)②－

○産業技術総合研究所(2011)では，敷地から南東方に約19km離れた水白地点において群列ボーリング調査を実施しており，MJR-5孔の深度19.84～19.91m区間において層厚7cmの阿蘇4テフラ（Aso-4）を確認している。

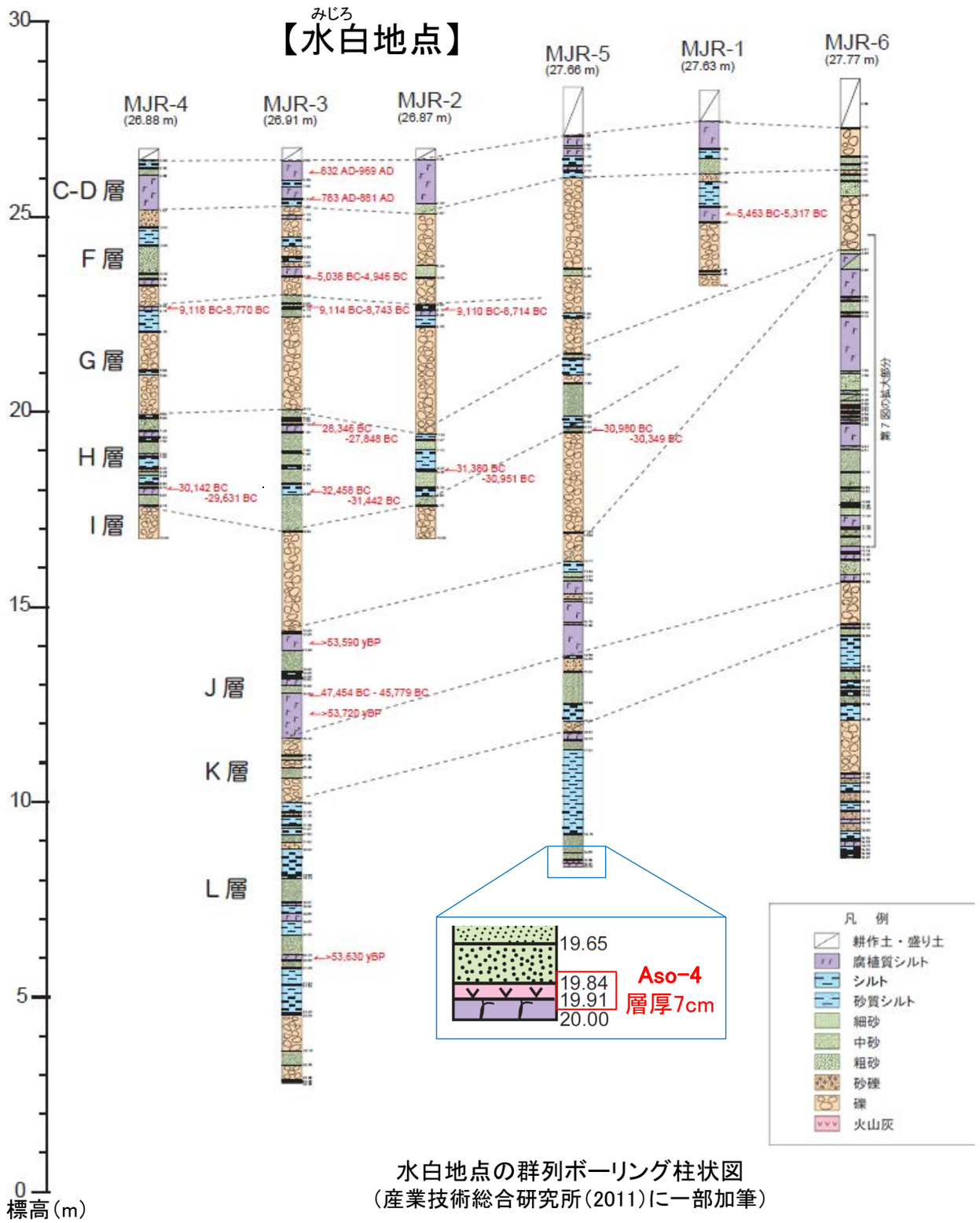
○なお，MJR-5孔は断層に近接しており（左下図），隣接孔（MJR-3孔及びMJR-6孔）においてMJR-5孔でAso-4を確認した深度付近も含めて火山灰層が確認されていないこと（右下図）から，MJR-5孔で確認したAso-4は断層の影響等で局所的に厚く堆積している可能性がある。



位置図



調査位置図 （産業技術総合研究所(2011)に一部加筆）



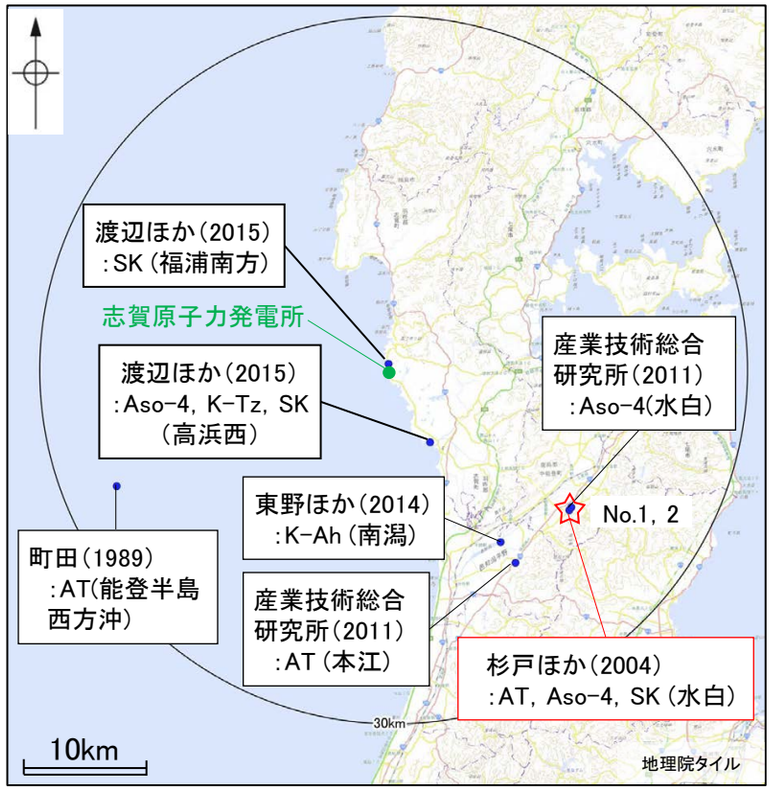
水白地点の群列ボーリング柱状図
（産業技術総合研究所(2011)に一部加筆）

3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） －杉戸ほか(2004)－

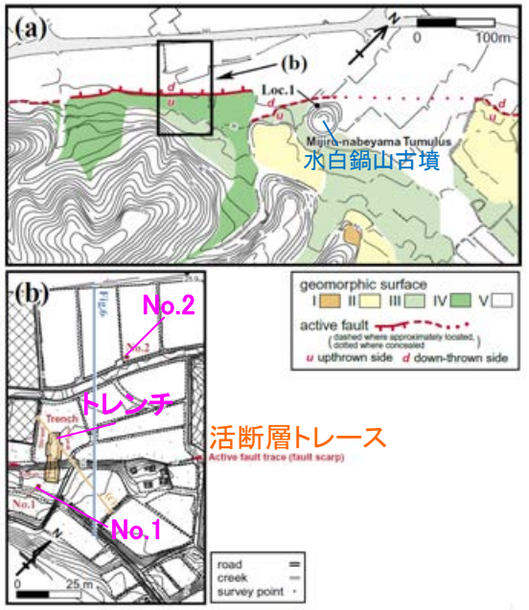
○杉戸ほか(2004)では，敷地から南東方に約19km離れた水白地点においてボーリング調査を実施しており，No.1孔の深度3.7mにおいて阿蘇4テフラ（Aso-4）と深度5.00～5.03m区間で層厚3cmの三瓶木次テフラ（SK）を確認している。また，No.2孔の深度6.1m及び7.05mにおいて姶良Tnテフラ（AT，上位は再堆積と解釈されている），深度18.6mにおいてSKを確認している。

○杉戸ほか(2004)のNo.1孔で確認したAso-4の層厚については，星住ほか（2023）で示された水白地点の5cm（左下図）に対応すると考えられる。

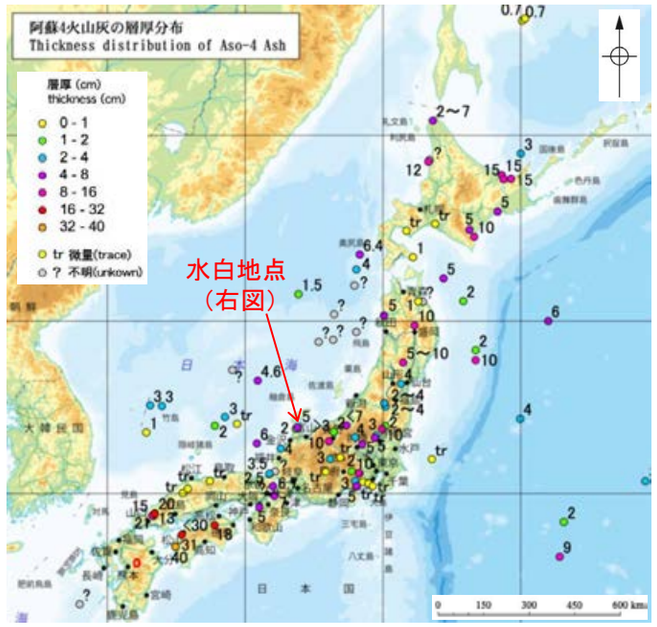
○なお，No.1孔は断層に近接しており，杉戸ほか（2004）ではNo.1孔に隣接したトレンチにおいてレンズ状に分布したAso-4の確認も報告されていることから，No.1孔では，断層の影響等により局所的に火山灰が厚く堆積している可能性がある。



位置図

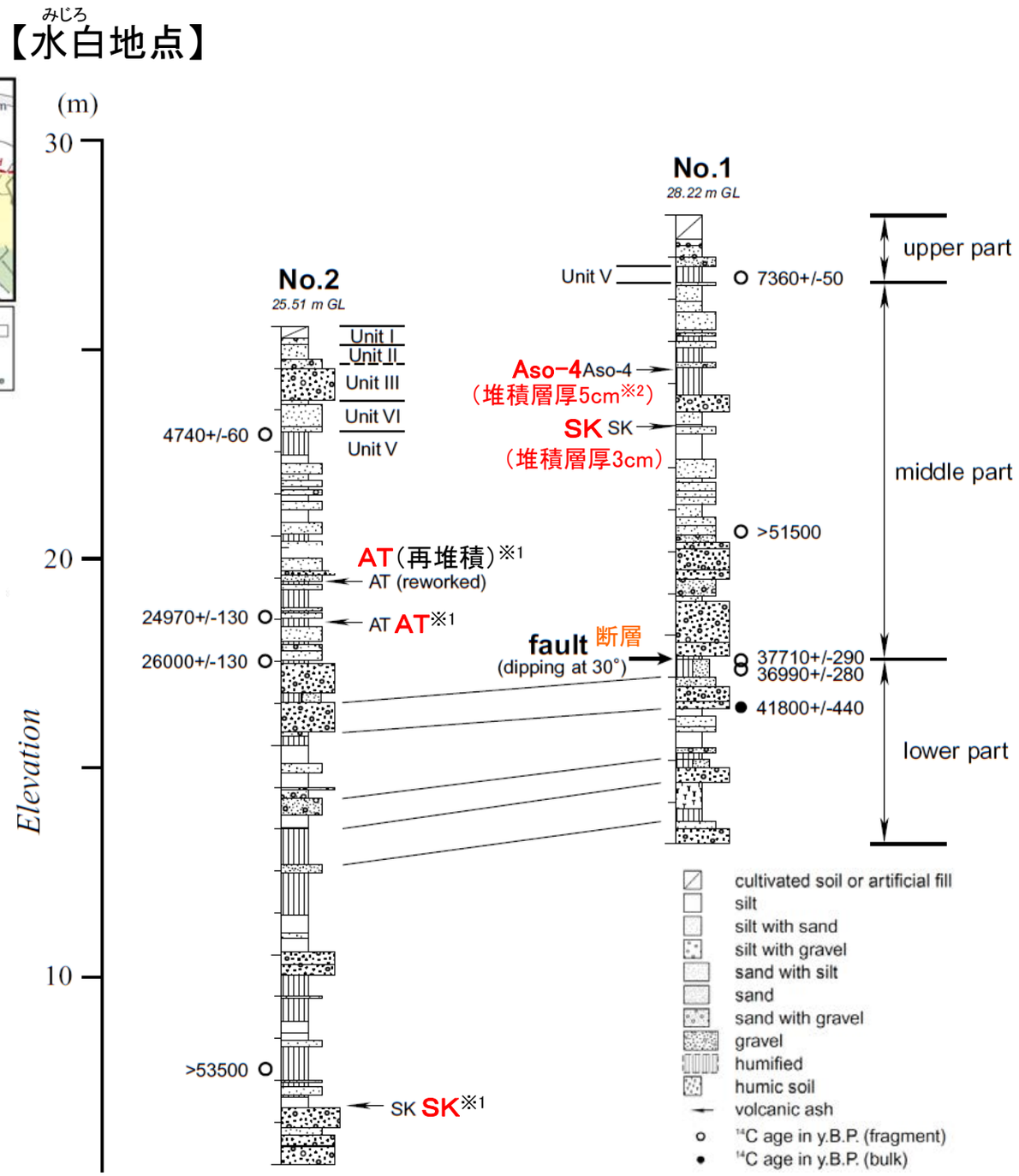


水白地点のボーリング調査位置
（杉戸ほか(2004)に一部加筆）



阿蘇4テフラの層厚分布
（星住ほか(2023)に一部加筆）

阿蘇4テフラ確認地点（水白）
（星住ほか(2023)に一部加筆）

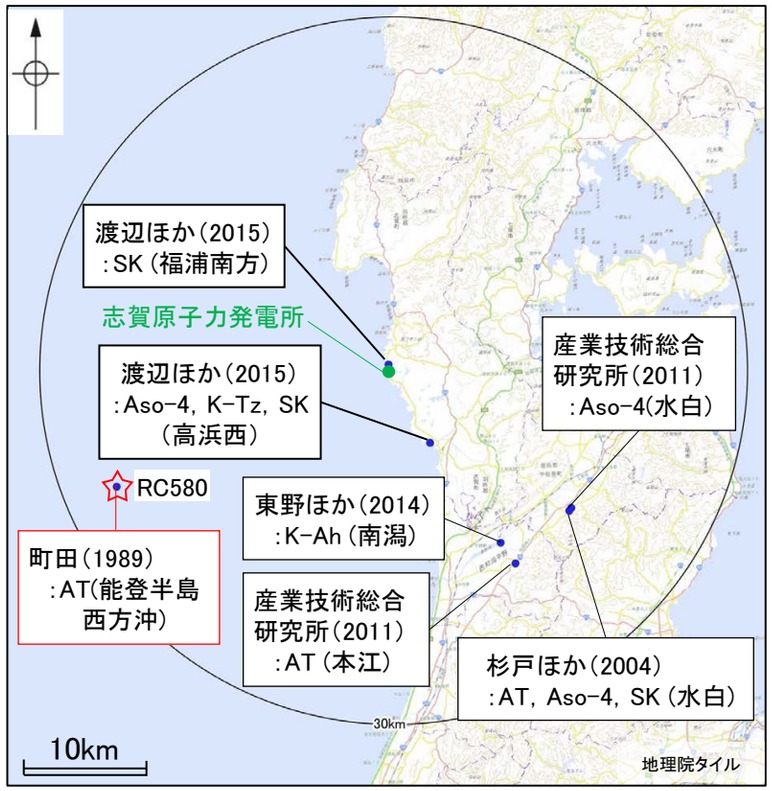


※1：火山灰層として記載されているが，堆積層厚は不明
※2：星住ほか（2023）を踏まえると，堆積層厚5cmと考えられる。

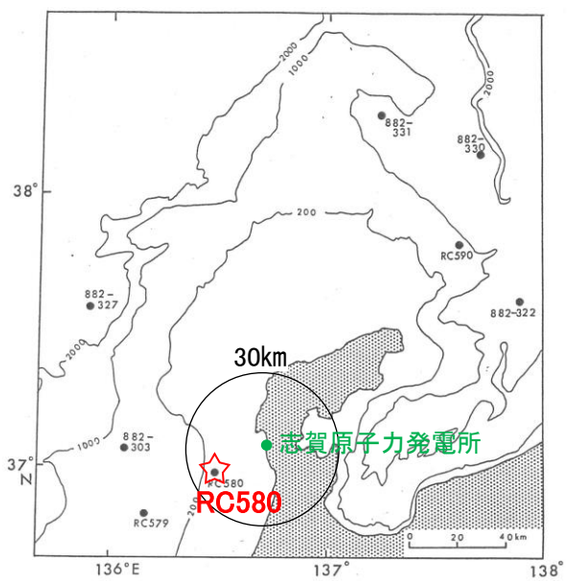
水白地点のボーリング断面図
（杉戸ほか(2004)に一部加筆）

3.1.1.1(2) 文献調査（地質調査結果） ―町田(1989)―

○町田(1989)では，敷地から西方に約25km離れた能登半島西方沖地点（RC580）においてボーリング調査を実施しており，層厚1cmの姶良Tnテフラ（AT）を確認している。

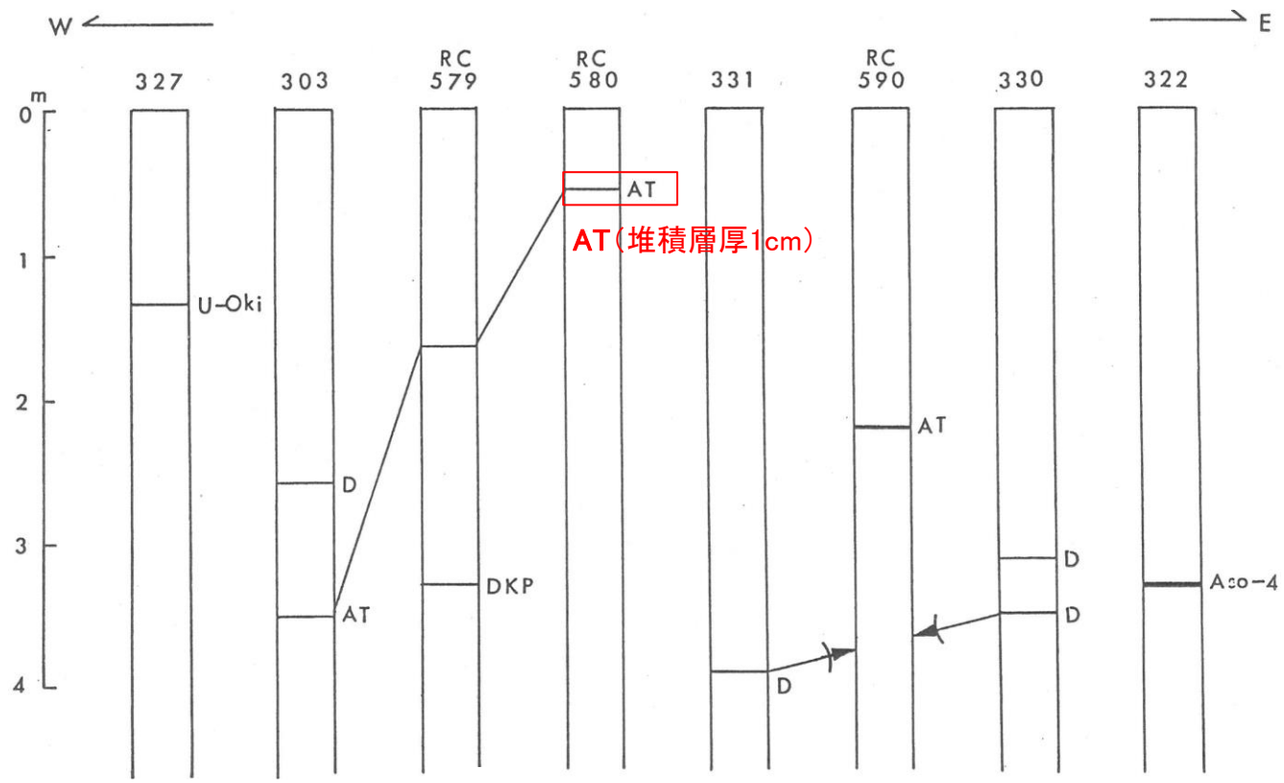


位置図



調査位置図
（町田(1989)に一部加筆）

【能登半島西方沖地点（RC580）】



能登半島周辺海域のピストンコア中のテフラの対比
（町田(1989)に一部加筆）

能登半島周辺海域のピストンコア中で確認されたテフラ一覧

コア番号	コアの位置 緯度(N)	経度(E)	水深(m)	テフラの深度（厚さ）cm	テフラの種類	平均最大粒径 mm	火山ガラス タイプ	屈折率 n	本質鉱物	同定
88-2-303 6/7	37° 04.47′	136° 03.93′	508	259-260 (1)	b-2	0.7	pm	1.504-1.512 (1.507-1.512)	ho, bi, (opx) ho n_2=1.675-1.683, opx γ=1.703	大山系
〃 303 7/7				350-355.5(5.5)	a	0.6	bw	1.498-1.501 (1.500)	rare	姶良Tn 火山灰(AT)
〃 322 5/5	37° 37.29′	137° 53.32′	1497	329-332 (3)	a	0.3	bw	1.506-1.510 (1.507-1.509)	rare(ho) ho n_2=1.688	阿蘇４火山灰(Aso-4)
〃 327 4/7	37° 35.76′	135° 54.33′	2665	135-136 (1)	b-1	0.6	pm	1.521-1.527 (1.523-1.525)	bi, (af), kaersutite af n_1=1.523	隠岐火山灰(U-Oki)?
〃 330 4/5	38° 09.35′	137° 43.27′	1849	311-311.5(0.5)	b-2	0.3	pm	1.506-1.515 (1.507-1.513)	rare(bi, opx, cpx)	大山系，再堆積の可能性あり
〃 330 5/5				351-353 (2)	b-2	0.3	pm	1.507-1.513	ho, bi, (opx) ho n_2=1.677-1.684	大山系
〃 331 5/5	38° 17.86′	137° 15.27′	1279	387-388 (1)	b-2	0.3	pm	1.506-1.515	ho, bi, (opx) ho n_2=1.678-1.683	大山系
RC579 2/3	36° 48.74′	136° 09.59′	335	162-162.5(0.5)	a	0.5	bw	1.500-1.502 (1.500-1.501)	rare	AT
〃 CC				327-328 (1)	b-2	0.3	pm	1.500-1.502 (1.501)	ho, bi, (opx) ho n_2=1.672-1.680 opx γ=1.74-1.705	大山倉吉軽石(DKP)
RC580 RC580 2/3	36° 58.58′	136° 27.72′	168	54-55 (1)	a	0.6	bw	1.499-1.501 (1.501)	rare	AT
RC590 2/3	37° 49.75′	137° 36.51′	470	220-221 (1)	a	0.6	bw	1.498-1.502 (1.500)	rare	AT
〃 3/3				221-222 (1)	a	0.6	bw	1.499-1.501 (1.500)	rare	AT

AT（堆積層厚1cm）

町田(1989)に一部加筆

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

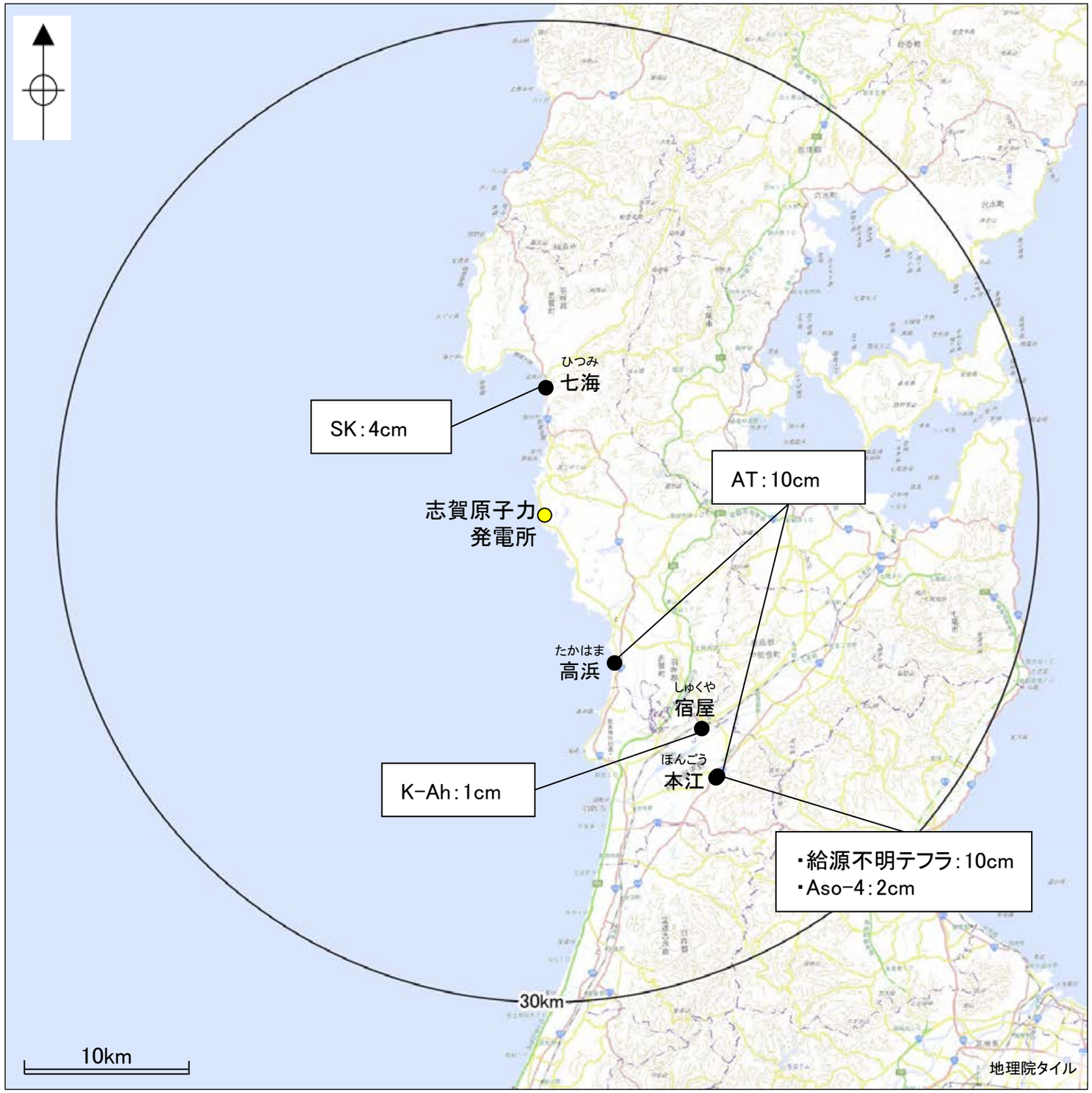
3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －調査結果概要－

○当社が実施した地質調査（他機関との共同研究を含む）により，敷地及び敷地周辺において分布することが確認された降下火砕物は，鬼界アカホヤテフラ（K-Ah），姶良Tnテフラ（AT），大山倉吉テフラ（DKP），阿蘇4テフラ（Aso-4），鬼界葛原テフラ（K-Tz），三瓶木次テフラ（SK），加久藤テフラ（Kkt）及び給源不明テフラである。



当社地質調査により確認した降下火砕物の最大層厚及び確認位置

＜当社地質調査により敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物＞

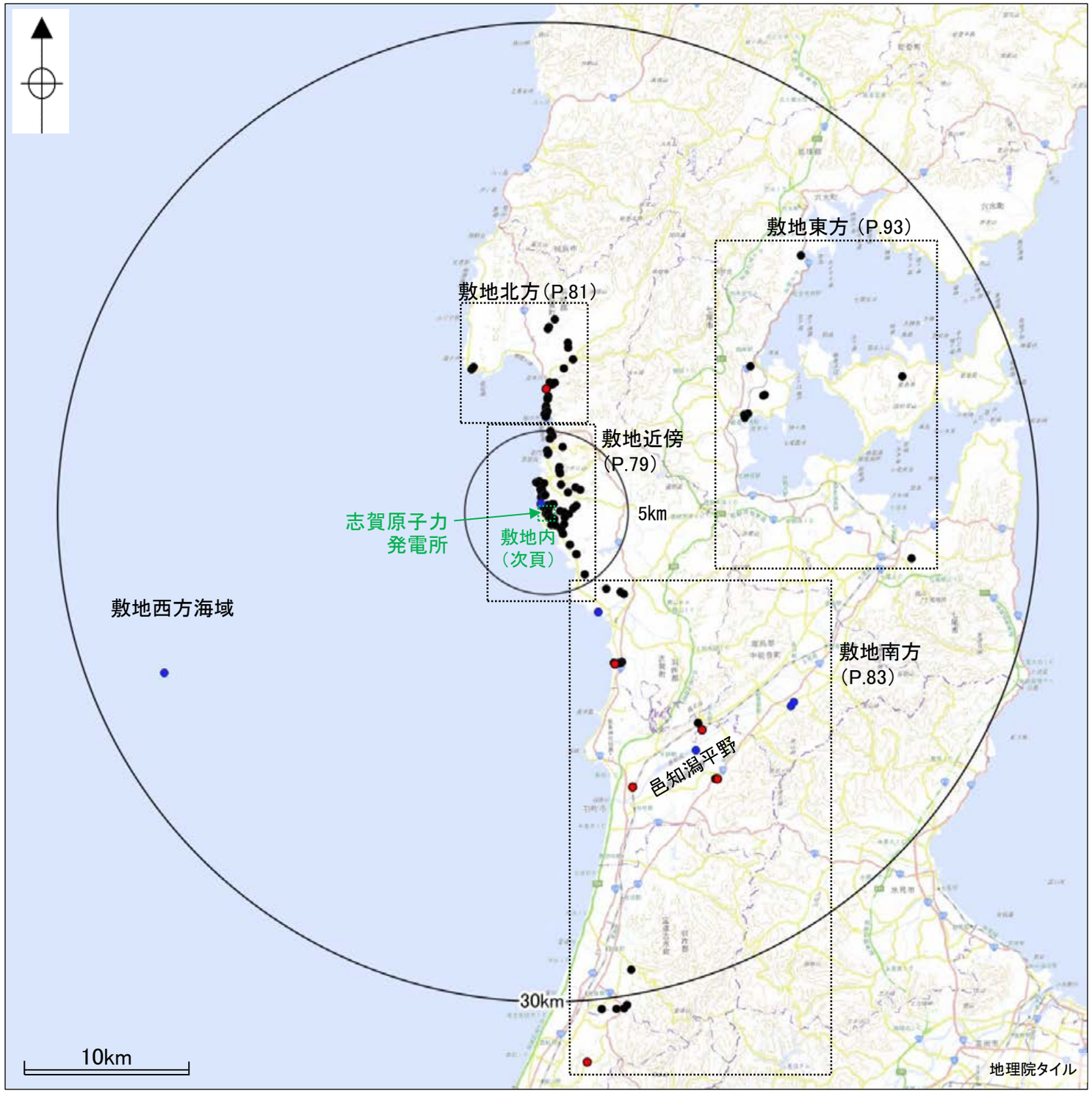
降下火砕物	記号	年代（万年前）	確認された最大層厚(cm)
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	0.73 *1	1［宿屋（しゅくや）］
姶良Tnテフラ	AT	3 *2	10［本江（ほんごう），高浜（たかはま）］
大山倉吉テフラ	DKP	5.5以前 *1	―※（分析により検出）
阿蘇4テフラ	Aso-4	8.8 *3	2［本江（ほんごう）］
鬼界葛原テフラ	K-Tz	9.5 *1	―※（分析により検出）
三瓶木次テフラ	SK	10.5 *1	4［七海（ひつみ）］
加久藤（かくとう）テフラ	Kkt	32～33 *1	―※（分析により検出）
給源不明テフラ	―	約40 *4	10［本江（ほんごう）］

*1：町田・新井（2011）
*2：宝田ほか（2022）
*3：星住ほか（2023）
*4：ジルコンのFT年代値

※左図には，層厚を確認した降下火砕物の最大層厚確認位置のみを記載。分析により検出した調査位置を含む調査結果の詳細については，次々頁以降。

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －降下火砕物の確認位置－

○敷地及び敷地周辺（半径約30kmの範囲）における降下火砕物の確認位置を以下に示す（各エリアの調査結果は，次頁以降）。
○計154地点において，降下火砕物を確認した。これらの多くは，肉眼では明瞭な降下火砕物の地層として確認されず，火山灰分析により検出されたものである。
○敷地及び敷地近傍（半径5kmの範囲）では目視可能な降下火砕物は確認されず，層厚の確認地点は，敷地南方の邑知潟平野等の一部の地点（計8地点）に限られる。



当社地質調査による降下火砕物の確認位置

＜敷地及び敷地周辺で確認された降下火砕物の地点数＞

エリア	当社地質調査		（参考）文献 ●
	層厚を確認 ●	分析で検出 ●	
敷地内	0	20	0
敷地近傍（5km）	0	61	1
敷地北方	1	35	0
敷地南方	7	21	5
敷地東方	0	9	0
敷地西方海域	0	0	1
計	8	146	7
	154		

＜凡例＞

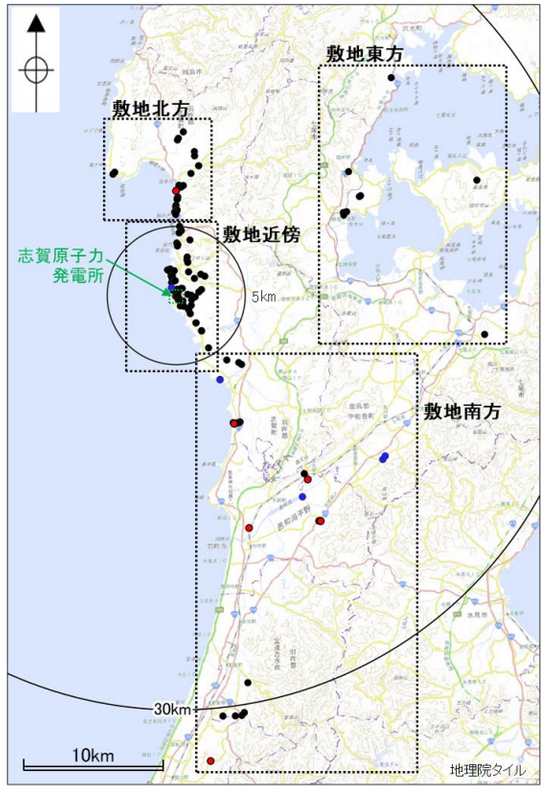
－降下火砕物の確認地点－
● ：当社調査（層厚を確認※）：8地点
● ：当社調査（分析で検出）：146地点
154地点
● ：文献調査（地質調査※）：7地点

※火山灰分析により検出した降下火砕物を含む

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －敷地内－

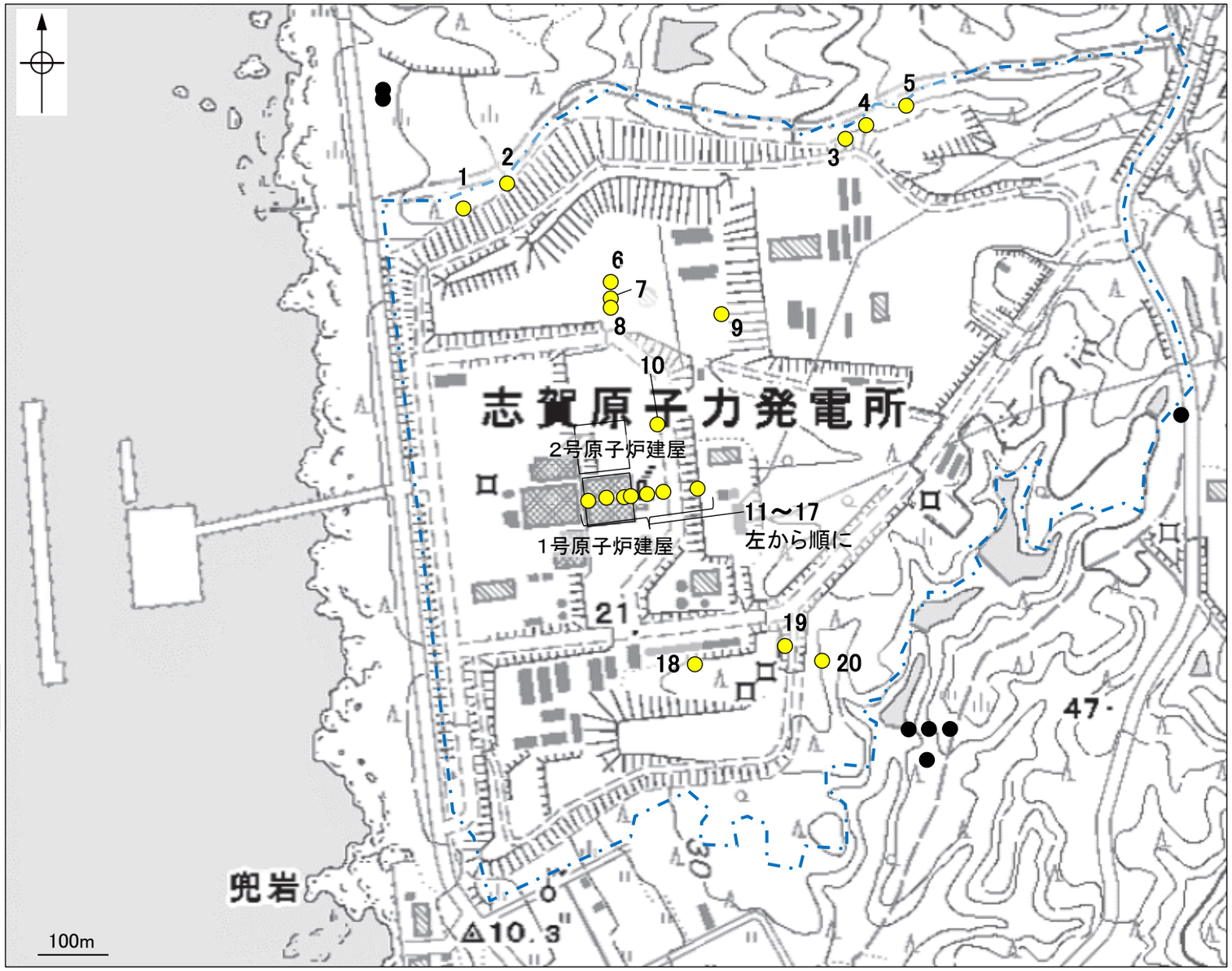
○敷地の地質は，中新世の別所岳安山岩類と，これを覆う第四紀の堆積物からなる。
○敷地内※において露頭調査やボーリング調査等を実施した結果，肉眼では明瞭な降下火砕物の地層として確認されないものの，連続サンプリング及び火山灰分析により，姶良Tnテフラ(AT)及び鬼界葛原テフラ(K-Tz)が検出された(調査結果の例として，No.2トレンチ(地点No.7)の結果を次頁に示す)。

※当資料で示す「敷地」は，原子炉建屋等を含む周辺監視区域に相当する範囲を示している。
（設置変更許可申請書における「敷地」は，大坪川ダム周辺を含む当社の所有地の範囲を示している。）



位置図

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
●:当社調査(層厚を確認)
●:当社調査(分析で検出)
●:文献調査(地質調査)



＜確認した降下火砕物＞

No.	降下火砕物
1	AT，K-Tz
2	AT，K-Tz
3	AT，K-Tz
4	AT
5	AT，K-Tz
6	AT，K-Tz
7	AT，K-Tz
8	AT，K-Tz
9	K-Tz
10	AT，K-Tz
11	AT，K-Tz
12	AT，K-Tz
13	AT，K-Tz
14	AT，K-Tz
15	AT
16	AT，K-Tz
17	K-Tz
18	AT，K-Tz
19	AT，K-Tz
20	K-Tz

次頁
（No.2トレンチ）

（いずれも分析で検出）

この図は，国土地理院発行の2万5千分の1版地形図を使用したものである。

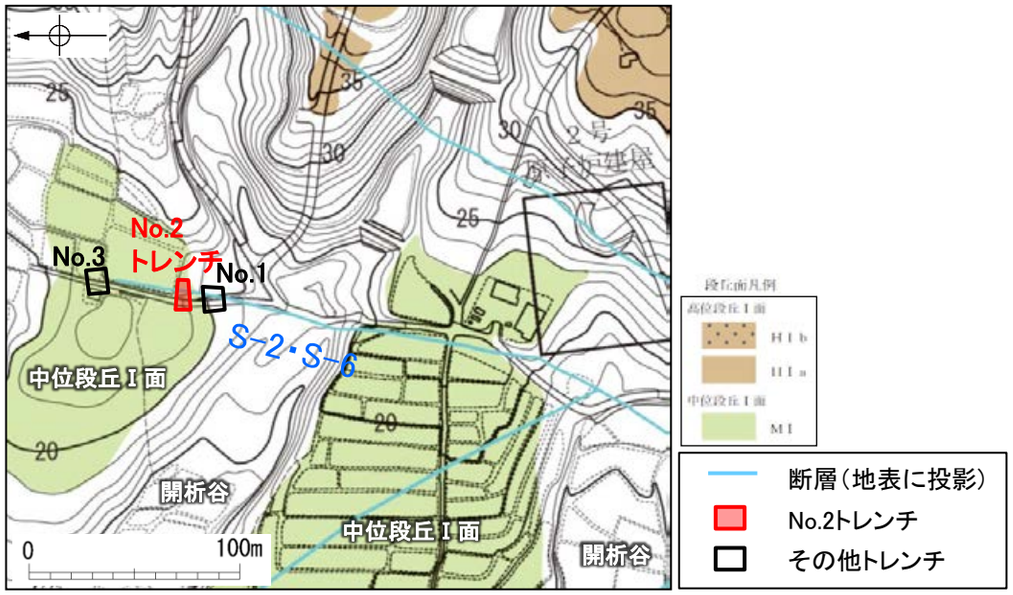
降下火砕物の確認位置(敷地内※)

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
●:当社調査(分析で検出，敷地内※)
●:当社調査(分析で検出，敷地外)

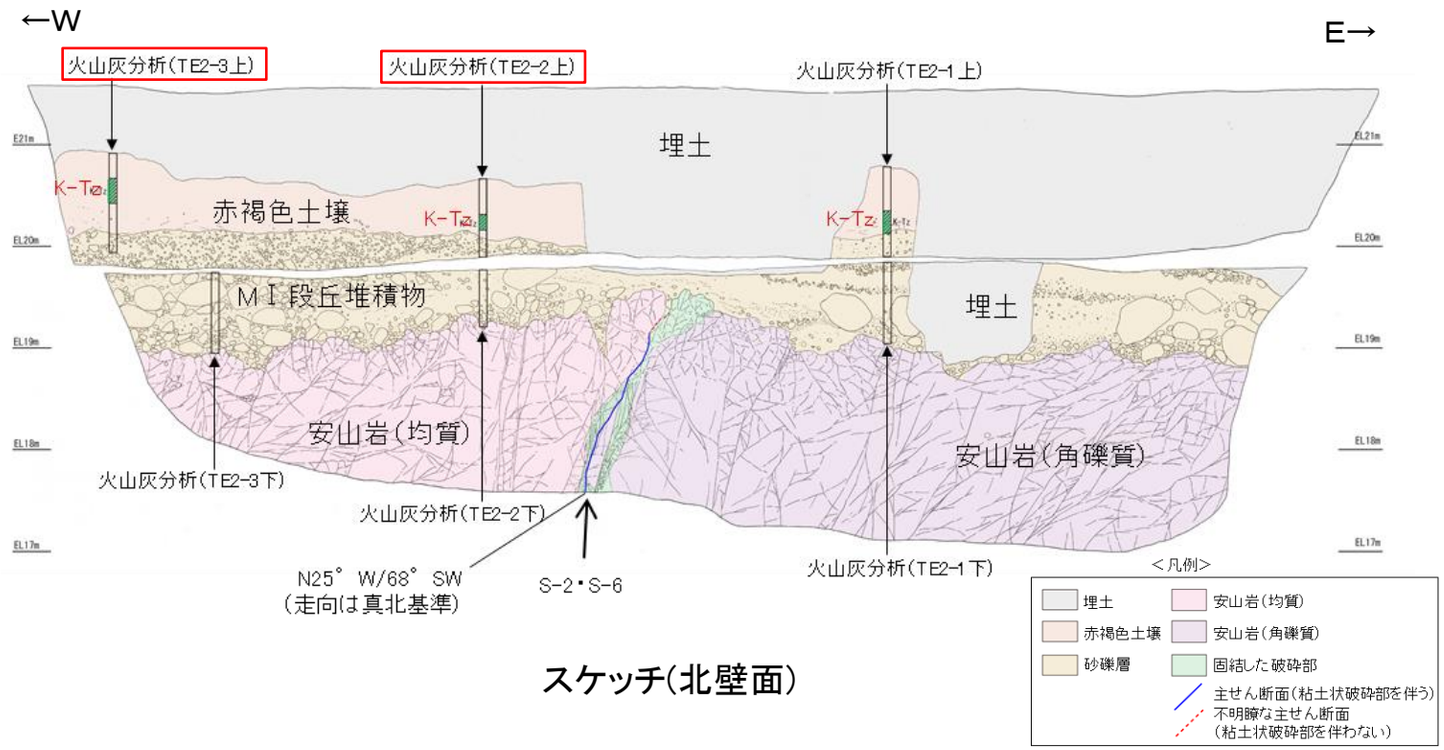
地点No.7

【No.2トレンチ】

○No.2トレンチでは，連続サンプリング及び火山灰分析により鬼界葛原テフラ(K-Tz)が検出された(AT混在含む)。

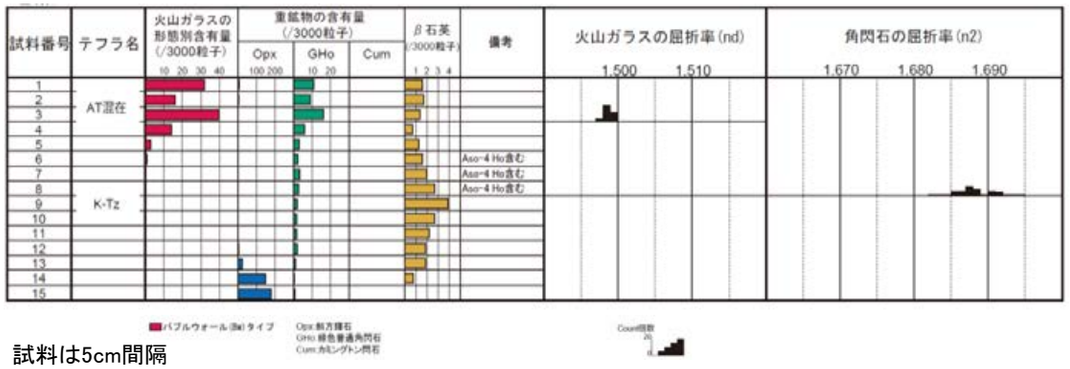


位置図



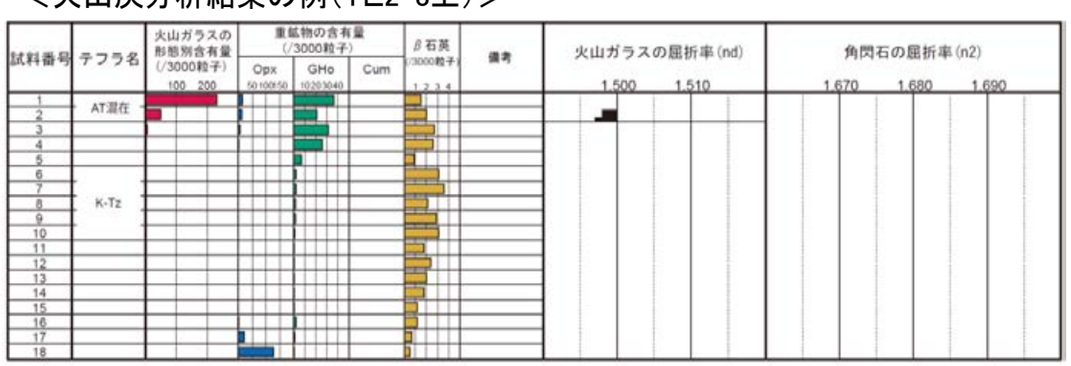
スケッチ(北壁面)

＜火山灰分析結果の例(TE2-2上)＞



試料は5cm間隔

＜火山灰分析結果の例(TE2-3上)＞



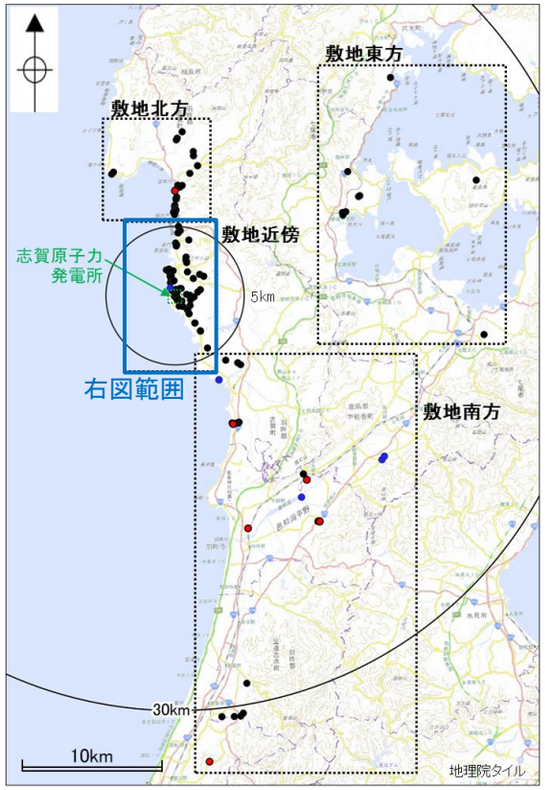
試料は5cm間隔

トレンチ写真(北壁面)

その他の火山灰分析結果は<u>補足資料3</u> P.3-3，4

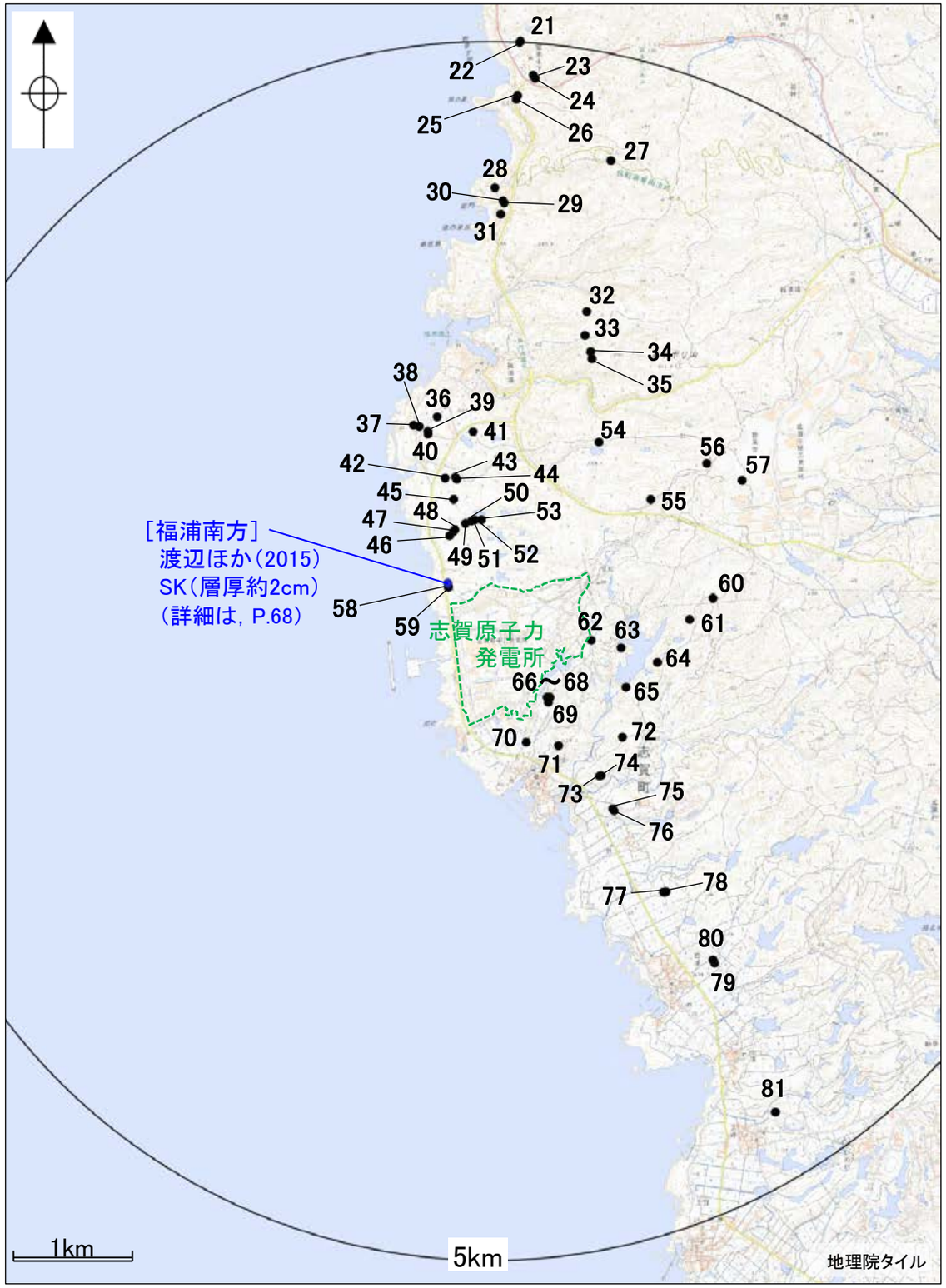
3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －敷地近傍－

○当社地質調査のうち，敷地近傍（半径5km）で降下火砕物を確認した調査結果を以下に示す。敷地内と同様に，肉眼では明瞭な降下火砕物の地層として確認されないものの，火山灰分析により検出された（調査結果の例として，敷地北方ピット・ボーリング（地点No.58）の結果を次頁に示す）。



位置図

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
● :当社調査（層厚を確認）
● :当社調査（分析で検出）
● :文献調査（地質調査）



敷地近傍での当社地質調査による降下火砕物の確認位置（敷地内を除く）

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
● :当社調査（分析で検出）
● :文献調査（地質調査）

＜確認した降下火砕物（いずれも分析で検出）＞

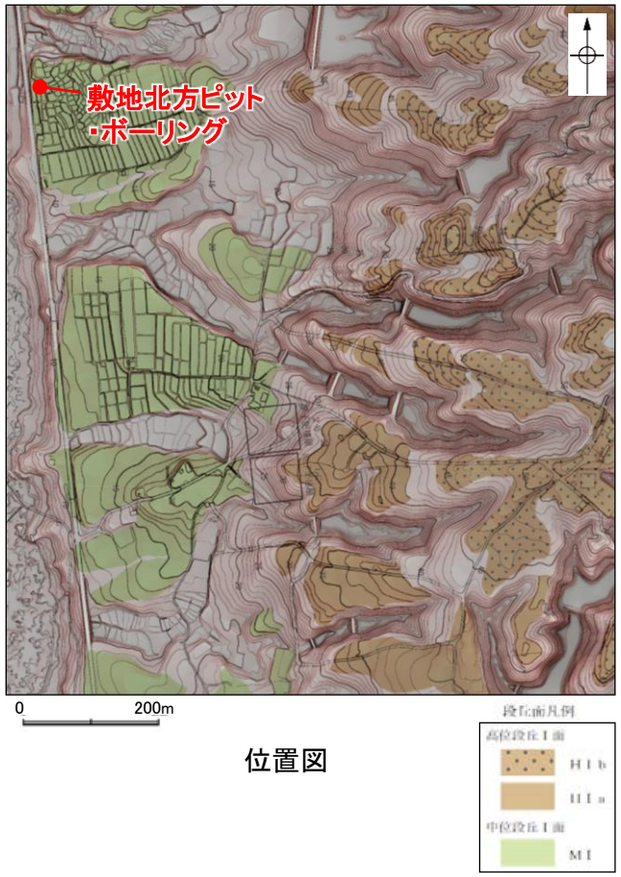
No.	降下火砕物	No.	降下火砕物
21	K-Tz	52	AT
22	AT, K-Tz, SK	53	AT
23	K-Ah, AT, K-Tz	54	AT, K-Tz
24	AT	55	AT, K-Tz
25	AT, SK	56	AT, K-Tz
26	AT, K-Tz	57	AT, K-Tz
27	K-Tz	58	DKP, Aso-4, K-Tz, SK
28	AT, K-Tz	59	K-Ah, AT, K-Tz
29	AT	60	AT
30	AT	61	AT, K-Tz
31	AT, K-Tz	62	AT, K-Tz
32	K-Ah, AT	63	AT, K-Tz
33	K-Ah, AT, K-Tz	64	AT, K-Tz
34	K-Ah, AT, K-Tz	65	AT, K-Tz
35	AT, K-Tz	66	AT, K-Tz
36	AT	67	AT, K-Tz
37	AT, K-Tz	68	AT, Aso-4, K-Tz
38	AT, K-Tz	69	AT, K-Tz
39	K-Tz	70	AT, K-Tz
40	AT	71	K-Tz
41	AT	72	K-Ah, AT
42	AT, K-Tz	73	K-Tz
43	AT, K-Tz	74	K-Tz
44	AT, K-Tz	75	K-Tz
45	AT, K-Tz	76	AT, K-Tz
46	AT, K-Tz	77	AT, K-Tz
47	AT, K-Tz	78	AT
48	AT	79	K-Tz
49	AT, K-Tz	80	K-Tz
50	AT, K-Tz	81	AT, K-Tz
51	AT		

次頁
（敷地北方ピット・ボーリング）

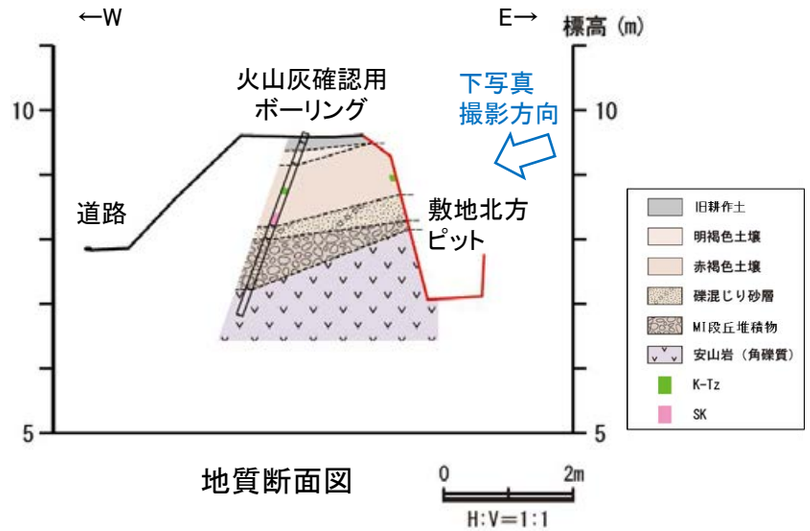
地点No.58

【敷地北方ピット・ボーリング】

○敷地近傍の敷地北方ピット・ボーリングでは，肉眼では明瞭な降下火砕物の地層として確認されないが，連続サンプリング・火山灰分析により，大山倉吉テフラ（DKP），阿蘇4テフラ（Aso-4），鬼界葛原テフラ（K-Tz）及び三瓶木次テフラ（SK）が検出された。

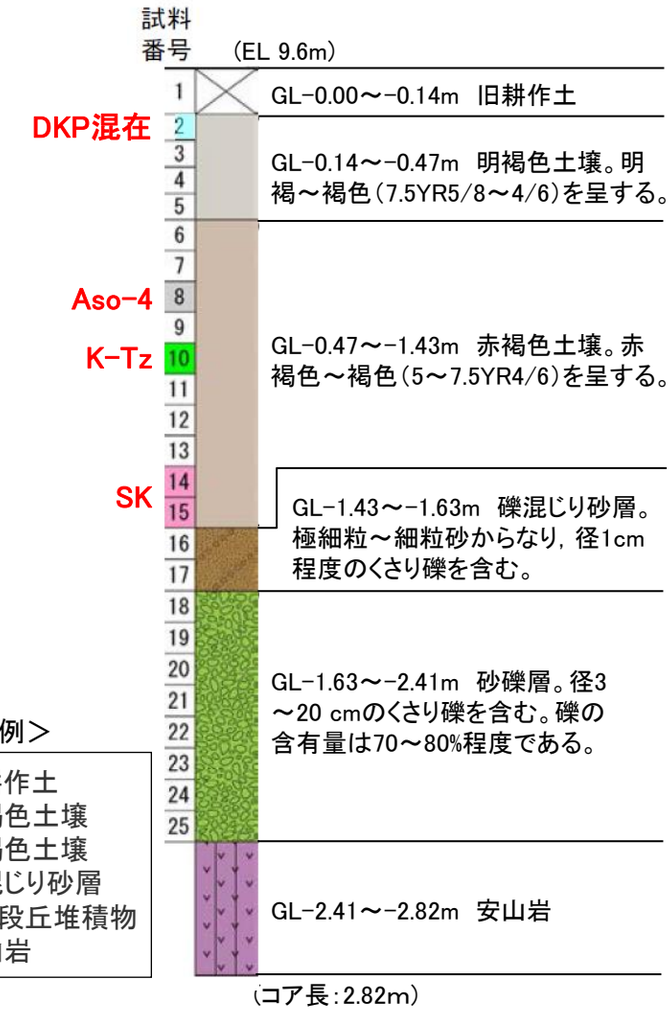


位置図



地質断面図

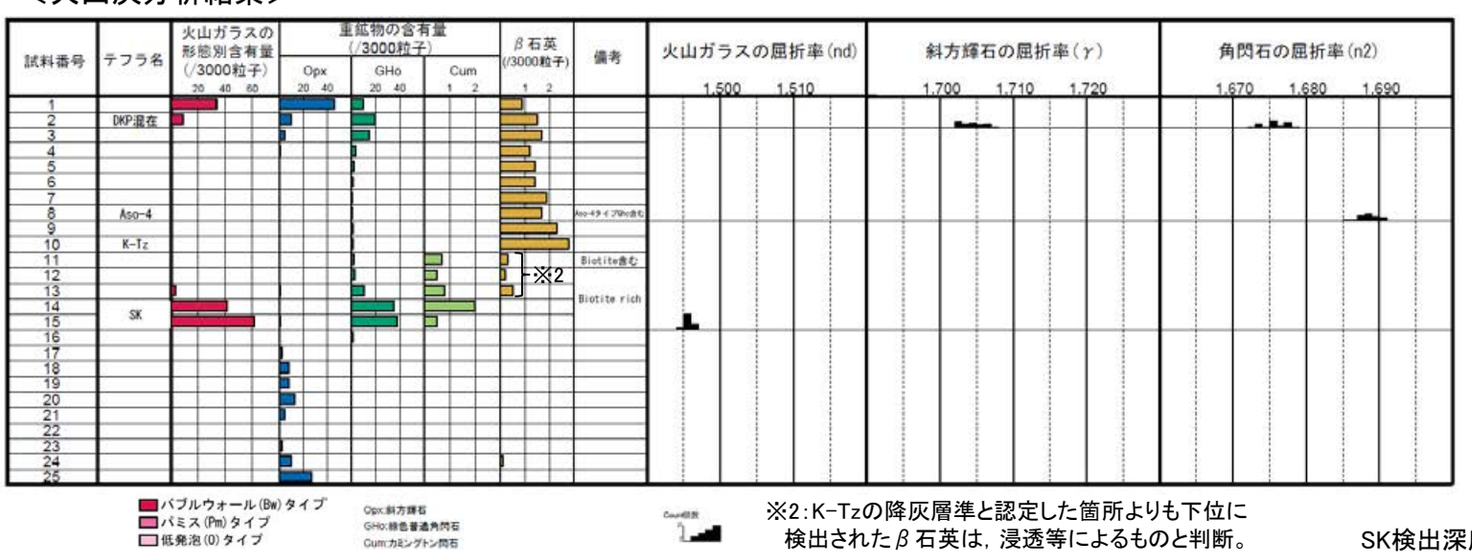
ピット写真



＜凡例＞
- 旧耕作土
- 明褐色土壌
- 赤褐色土壌
- 礫混じり砂層
- MⅠ段丘堆積物
- 安山岩

柱状図
（各テフラはいずれも，分析により検出）

＜火山灰分析結果＞



※2：K-Tzの降灰層準と認定した箇所よりも下位に検出されたβ石英は，浸透等によるものと判断。

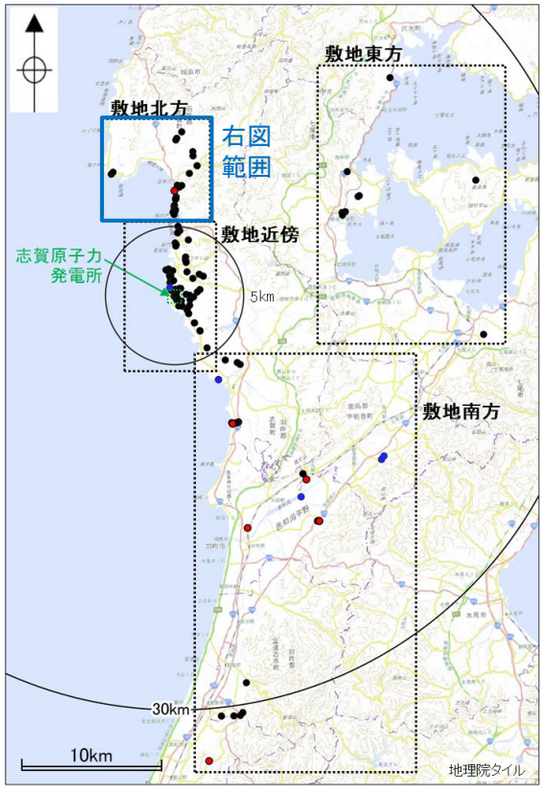
コア写真※1

※1：斜めボーリング（傾斜70°　西方向）で掘削

SK検出深度における火山ガラスの主成分分析結果は，**補足資料3** P.3-5

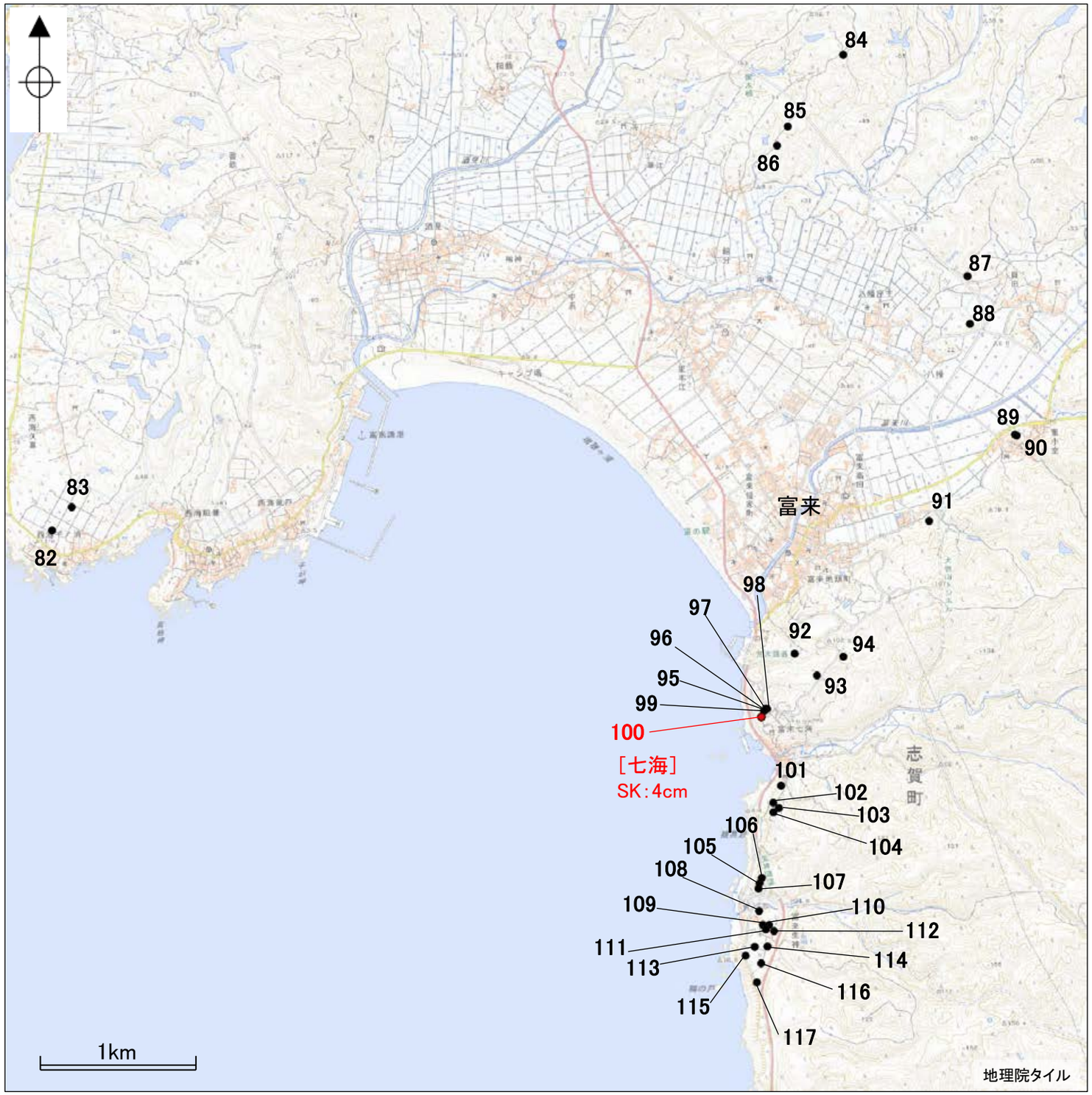
3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －敷地北方－

○当社地質調査のうち，敷地より北方の富来周辺で降下火砕物を確認した調査結果を以下に示す（層厚を確認した七海地点（地点No.100）の調査結果の詳細は次頁）。



位置図

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
●：当社調査（層厚を確認）
●：当社調査（分析で検出）
●：文献調査（地質調査）



＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
●：当社調査（層厚を確認）
●：当社調査（分析で検出）

敷地北方での当社地質調査による降下火砕物の確認位置

＜凡例＞
層厚を確認した調査地点
分析で検出した調査地点

＜確認した降下火砕物＞

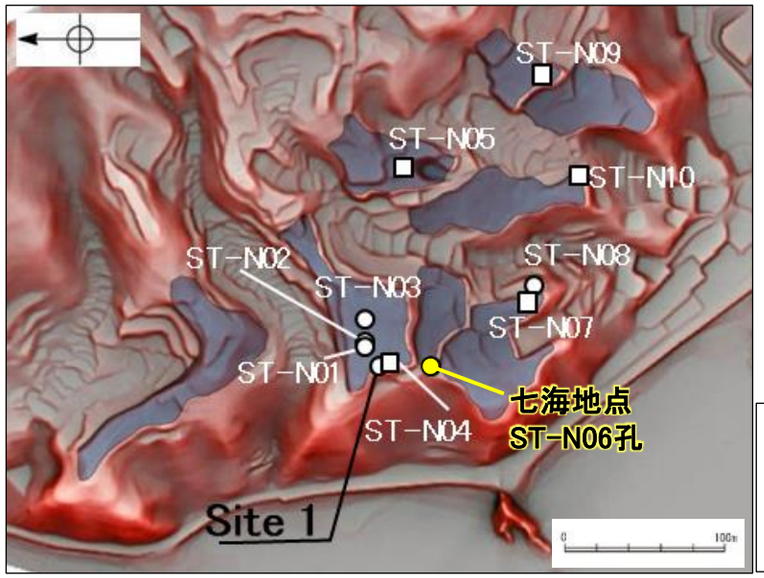
No.	降下火砕物
82	AT，DKP，K-Tz
83	AT，K-Tz
84	AT，K-Tz
85	AT，K-Tz
86	AT，K-Tz
87	K-Tz
88	AT，Aso-4，K-Tz，SK
89	AT，K-Tz
90	K-Tz，SK
91	AT，DKP，Aso-4，K-Tz
92	K-Tz
93	AT，K-Tz，SK
94	AT，Aso-4，K-Tz
95	AT，K-Tz，SK
96	K-Tz，SK
97	K-Tz，SK
98	SK
99	AT，K-Tz
100	SK（4cm）
101	K-Tz，SK
102	AT，K-Tz
103	AT
104	AT，SK
105	K-Tz，SK
106	AT，K-Tz，SK
107	K-Tz，SK
108	AT，K-Tz
109	AT，K-Tz
110	AT，K-Tz
111	AT，K-Tz，SK
112	K-Tz
113	AT，K-Tz
114	AT
115	AT，K-Tz
116	AT，K-Tz
117	AT，K-Tz

次頁
（七海地点
ST-N06孔）

地点No.100

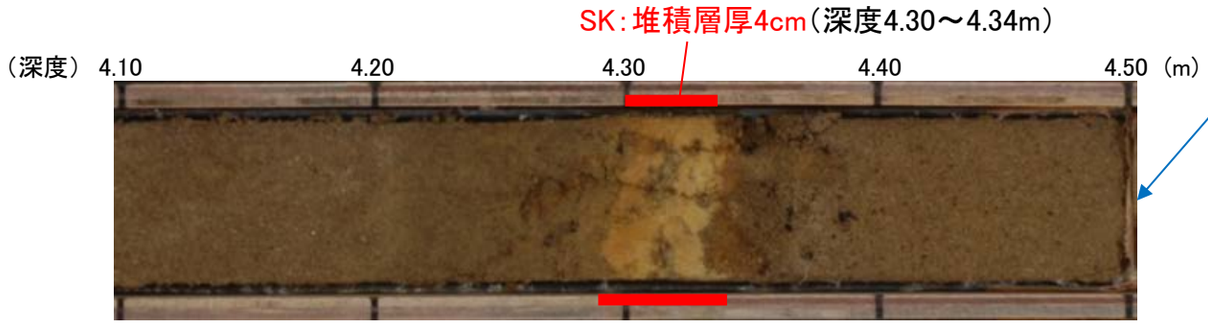
【七海地点】

○七海地点で実施したボーリング調査（ST-N06孔）により，層厚4cmの三瓶木次テフラ（SK）を確認した。



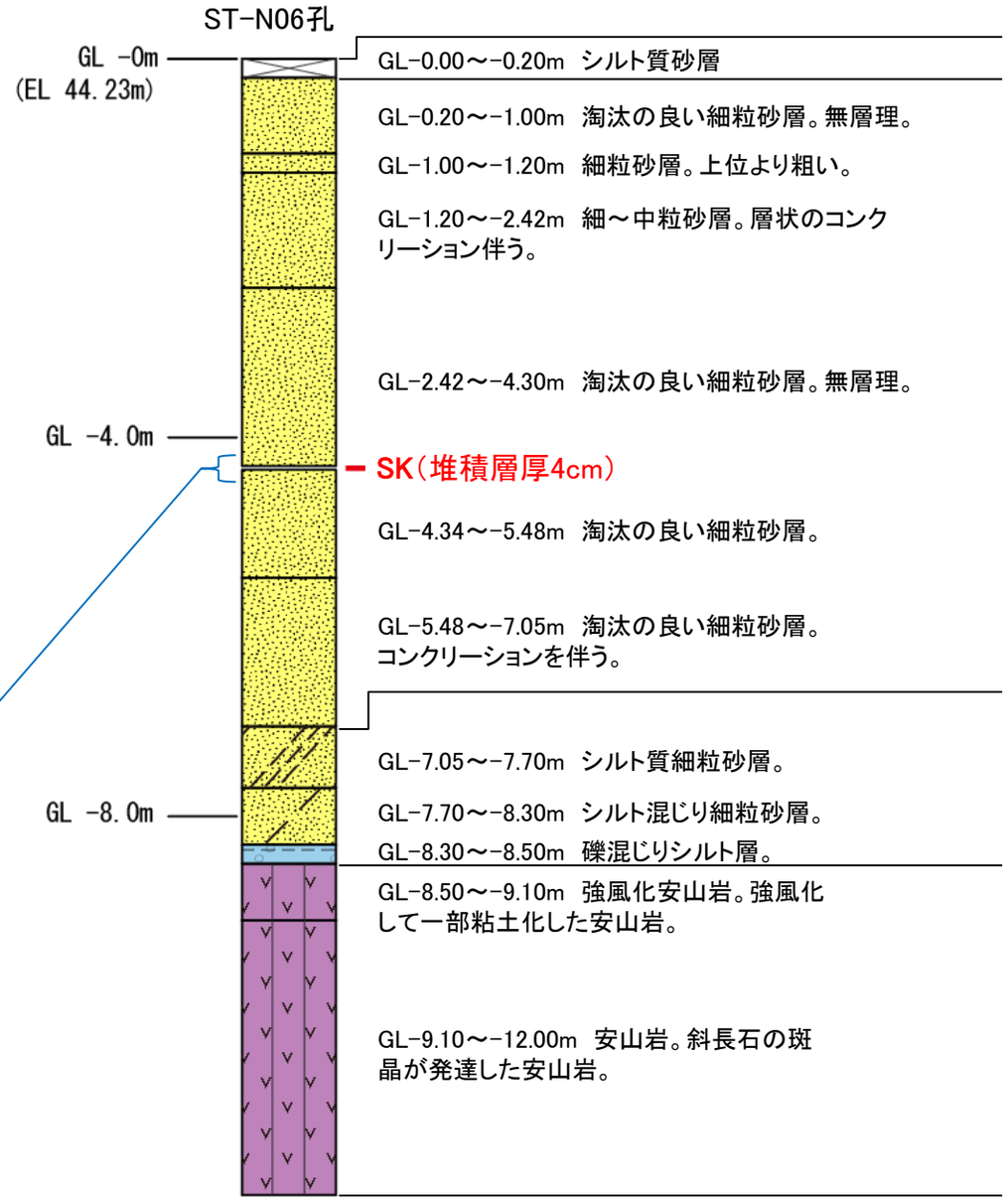
＜凡例＞
- 古砂丘
- ○ ボーリング位置
- □ 露頭，ピット位置

地形面区分図
（服部ほか（2014）を編集，基図は1961年の空中写真から作成）

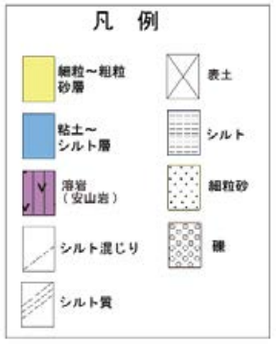


コア写真

全区間のボーリングコア写真は，
補足資料3 P.3-6



柱状図



＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）	重鉱物の含有量（/3000粒子） 斜方輝石	普通角閃石	黒雲母	長石・石英（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
		200 600 1000	10 20 30	10 20 30	10 20 30	50 100 150		1.500 1.510
火山灰層（深度4.30～4.35m）※	SK（対比結果）							
三瓶木次テフラ（SK）（町田・新井，2011）	SK	パミス					黒雲母，石英	

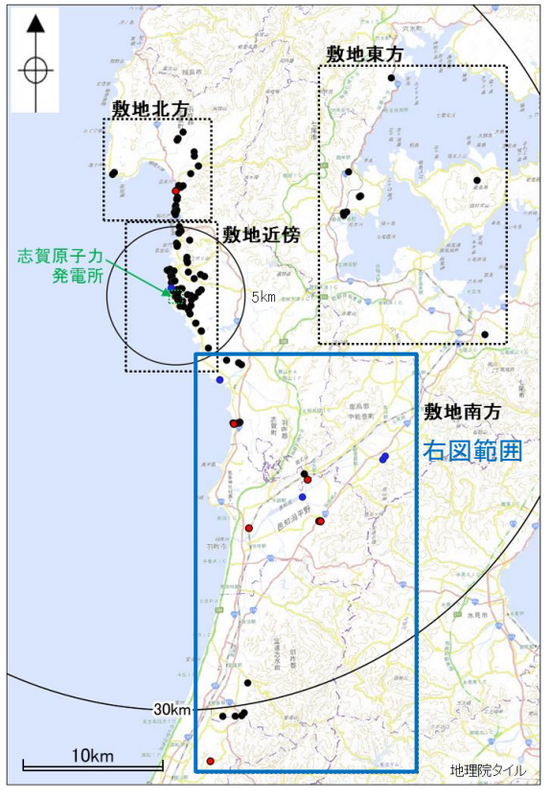
■ バブルウォール（Bw）タイプ
■ パミス（Pm）タイプ

※確認される火山灰層の層厚は4cmだが，採取区間は4.30～4.35m（5cm）とした

SK検出深度における火山ガラスの主成分分析結果は，**補足資料3** P.3-7

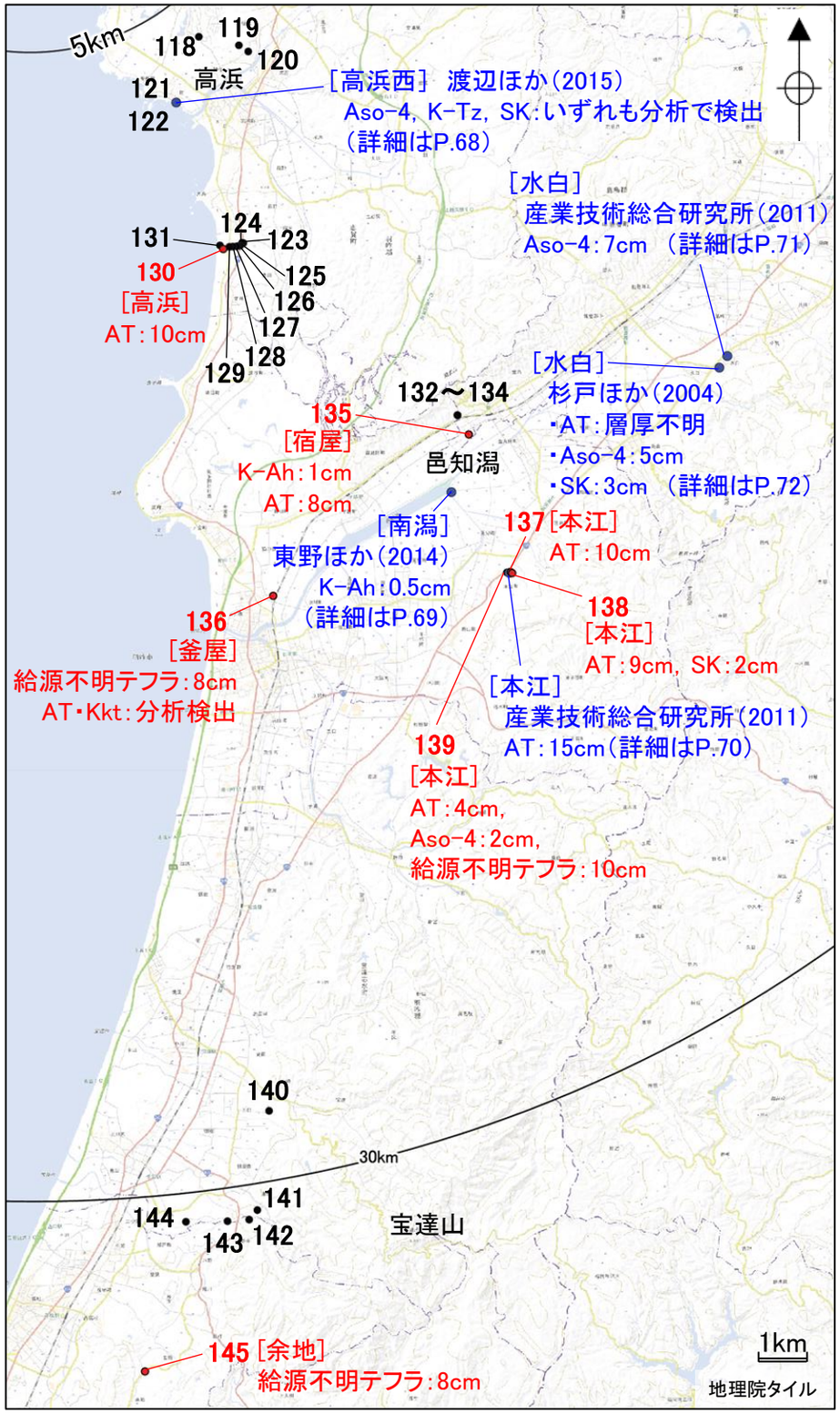
3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －敷地南方－

○当社地質調査のうち，敷地の南方の高浜～邑知潟～宝達山周辺で降下火砕物を確認した調査結果を以下に示す（代表的な地点の調査結果は次頁以降。給源不明テフラについては，詳細な観察結果及び堆積状況に関する当社の解釈を含む）。



位置図

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
● :当社調査（層厚を確認）
● :当社調査（分析で検出）
● :文献調査（地質調査）



敷地南方での当社地質調査による降下火砕物の確認位置

＜確認した降下火砕物＞

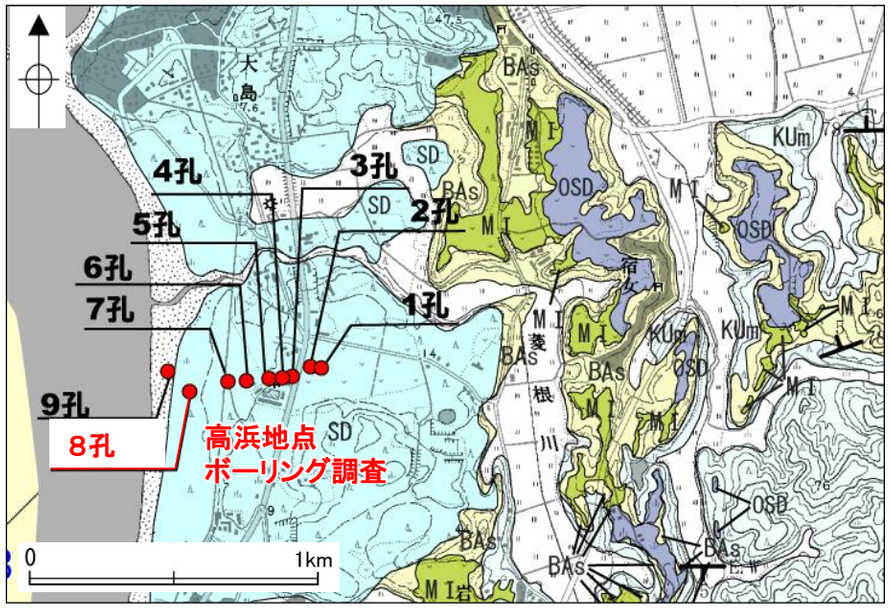
No.	降下火砕物	
118	AT	
119	K-Tz	
120	K-Tz	
121	AT，DKP，Aso-4，K-Tz，SK	
122	K-Tz，SK	
123	K-Tz	
124	Kkt	
125	Kkt	
126	Kkt	
127	Kkt	
128	Kkt	
129	Kkt	
130	AT（10cm）	次頁（高浜地点 8孔）
131	Kkt	次々頁（高浜地点 9孔）
132	AT	
133	AT	
134	AT	
135	K-Ah（1cm），AT（8cm）	
136	AT・Kkt（分析検出），給源不明テフラ（8cm）	P.86（釜屋地点 No.1孔）
137	AT（10cm）	P.87（本江地点 No.4孔）
138	AT（9cm），SK（2cm）	P.88（本江地点 No.1孔）
139	AT（4cm），Aso-4（2cm），給源不明テフラ（10cm）	P.89，90（本江地点 GS-OC-1孔）
140	AT，DKP	
141	DKP，Aso-4，K-Tz	
142	AT，DKP，K-Tz	
143	AT，DKP，K-Tz	
144	AT，DKP，Aso-4，K-Tz	
145	給源不明テフラ（8cm）	P.91，92（余地地点 露頭）

＜凡例＞
層厚を確認した調査地点
分析で検出した調査地点

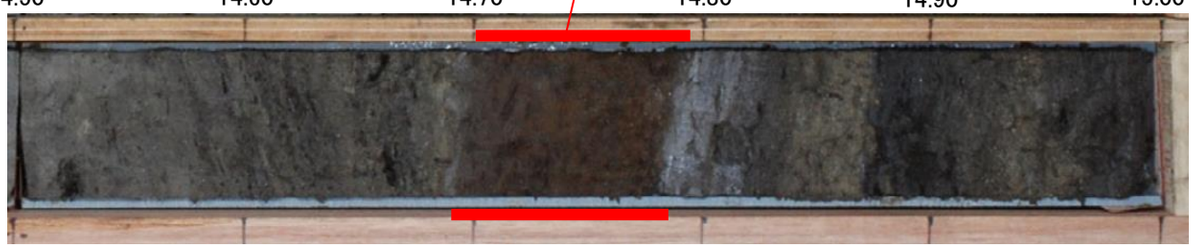
地点No.130

【高浜地点（AT）】

○高浜地点で実施したボーリング調査（8孔）により，層厚10cmの姶良Tnテフラ（AT）を確認した。

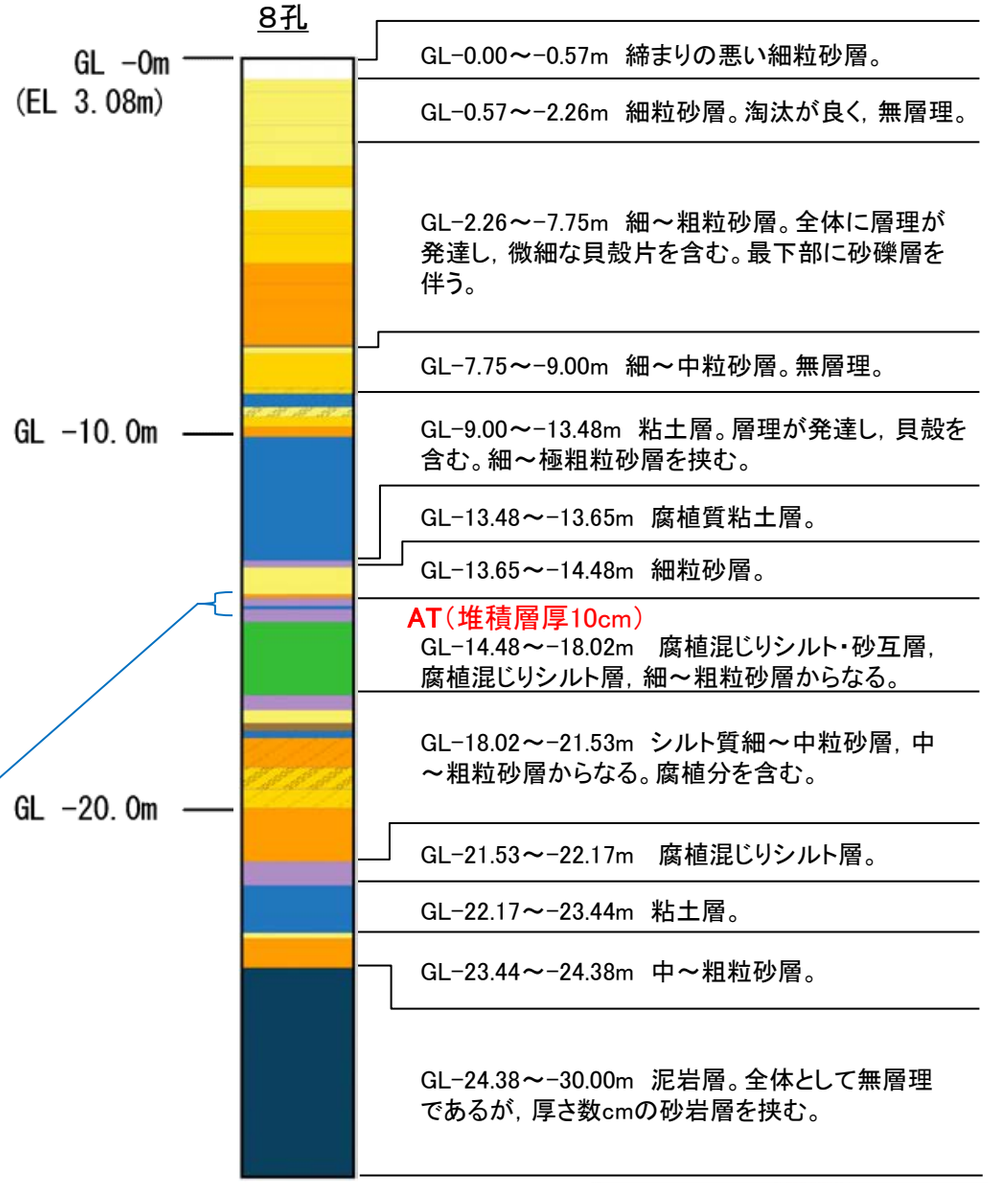


位置図

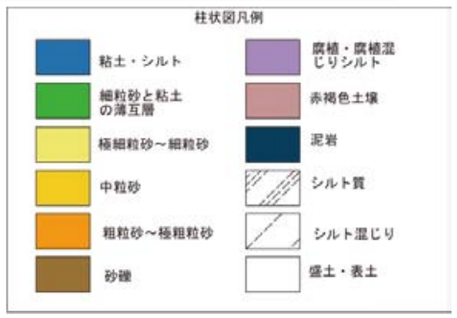


コア写真

全区間のボーリングコア写真は，
補足資料3 P.3-8



柱状図



＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）※	重鉱物の含有量（/3000粒子）※ 斜方輝石	普通角閃石	黒雲母	長石・石英※（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
ガラス質火山灰層（No.8孔深度14.69～14.79m）	AT（対比結果）	1000　2000	10 20 30	10 20 30	10 20 30	50 100 150	斜方輝石＞単斜輝石，普通角閃石	1.500　1.510
姶良Tnテフラ（AT）（町田・新井，2011）	AT	バブルウォール，パミス					斜方輝石，単斜輝石（普通角閃石，石英）	

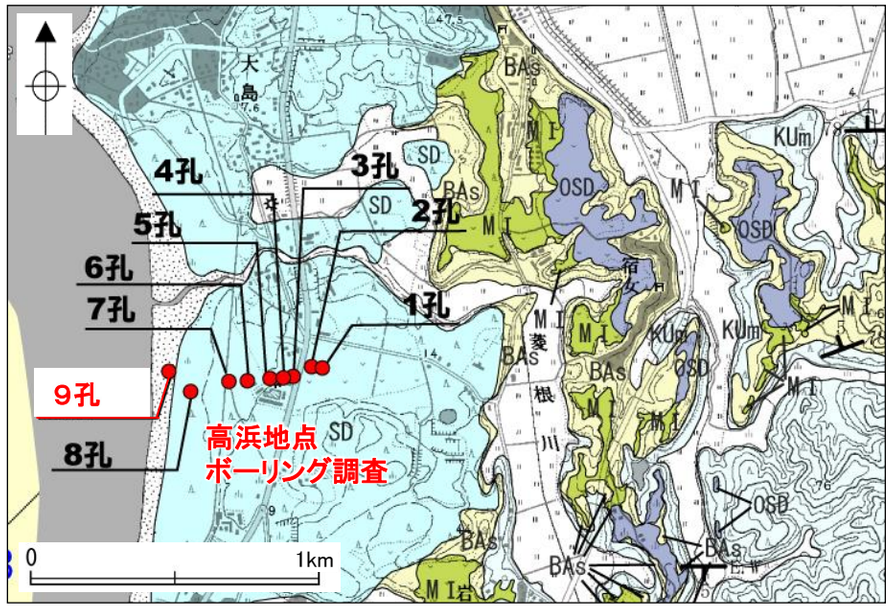
バブルウォール（Bw）タイプ
パミス（Pm）タイプ

※実際には合計300粒子のカウントを実施

地点No.131

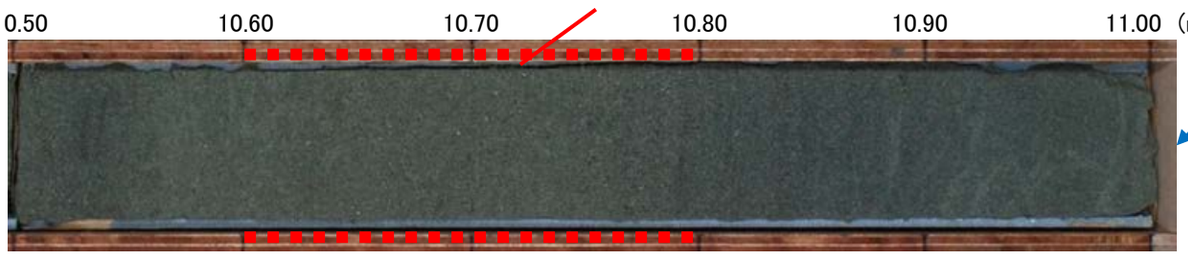
【高浜地点（Kkt）】

○高浜地点で実施したボーリングコア（9孔）の火山灰分析結果から，加久藤テフラ（Kkt）が検出された。



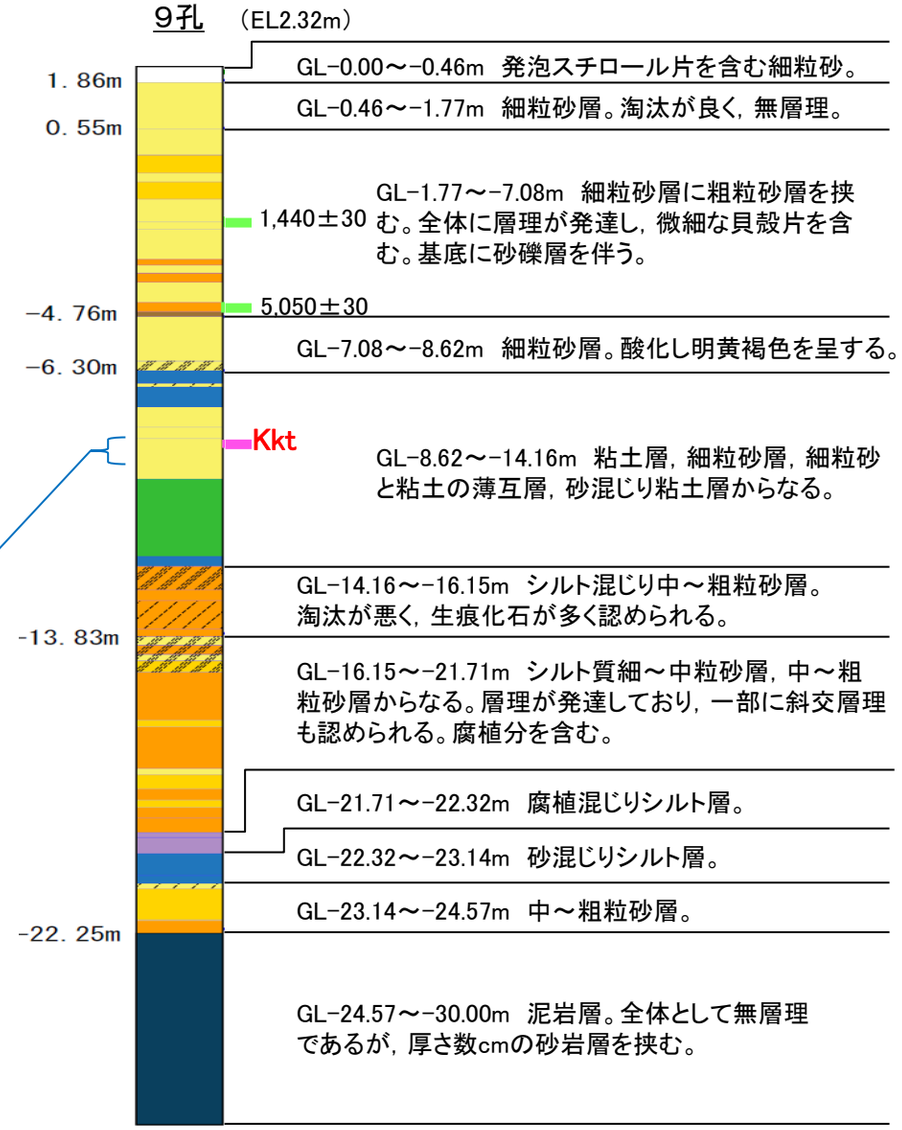
位置図

火山灰分析試料採取位置（深度10.60～10.80m，Kktを検出）



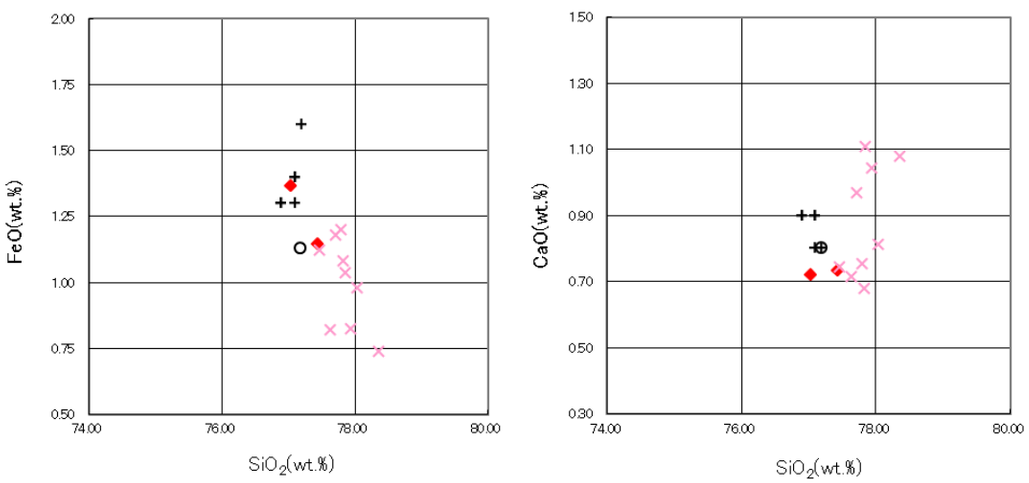
コア写真

全区間のボーリングコア写真及びKktに関する火山灰分析結果の詳細は，**補足資料3** P.3-9，10



柱状図

＜火山ガラスの主成分分析結果＞



＜凡例＞

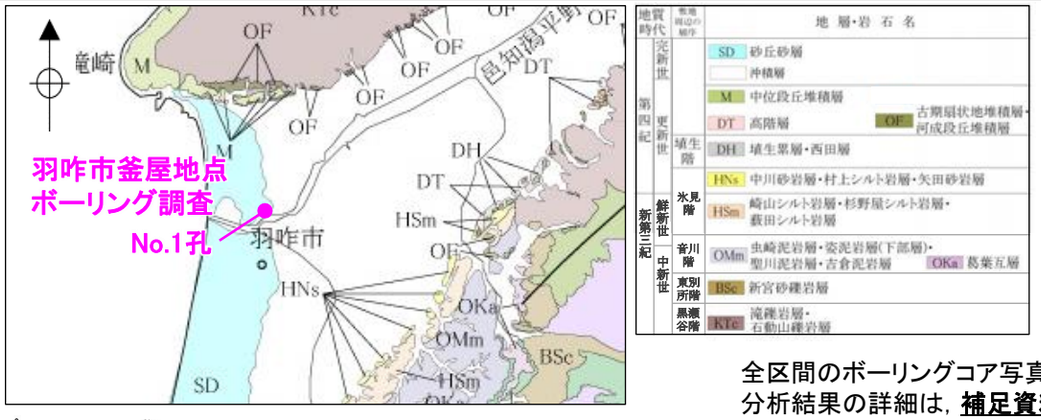
- ◆ 試料番号10.60-10.80におけるKktの火山ガラス主成分
- × 試料番号10.60-10.80における給源不明の火山ガラス主成分
- ＋ 町田・新井（2011）におけるKktに含まれる火山ガラスの主成分
- ○ 青木・町田（2006）におけるKktに含まれる火山ガラスの主成分

地点No.136

【釜屋地点（給源不明テフラ）】

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

○羽咋市釜屋地点で実施したボーリング調査（No.1孔）により，姶良Tnテフラ（AT），加久藤テフラ（Kkt）及び明緑灰色を呈する給源不明テフラ（層厚8cm）を確認している。
○給源不明テフラは，中部更新統の砂層中の105.09～105.17m区間に確認され，含まれるジルコンのFT年代は0.40±0.07Maであり，風化の影響で火山ガラスが消失している。
○コア観察結果を踏まえると，確認した給源不明テフラの層厚（堆積層厚8cm）は，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと解釈される。



位置図

全区間のボーリングコア写真及びKktに関する火山灰分析結果の詳細は，**補足資料3** P.3-11～14

給源不明テフラ：堆積層厚8cm（深度105.09～105.17m）

（深度）105.00　105.10　105.20　105.30　105.40　105.50（m）

コア写真

＜給源不明テフラに関するコア観察結果（コア写真の再観察結果）＞

- 明緑灰色の風化した細粒火山灰層であり，下方に向かってわずかに粗粒化している。
- 火山灰層と上位の砂層とは明瞭に区分されるものの，下位の砂層との境界は，やや不明瞭である。不明瞭な部分も含めると層厚は8cmである。
- 火山灰層の上下の砂層は，いずれも暗緑灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。
- 上位の砂層中には，火山灰が取り込まれている状況は確認されない。

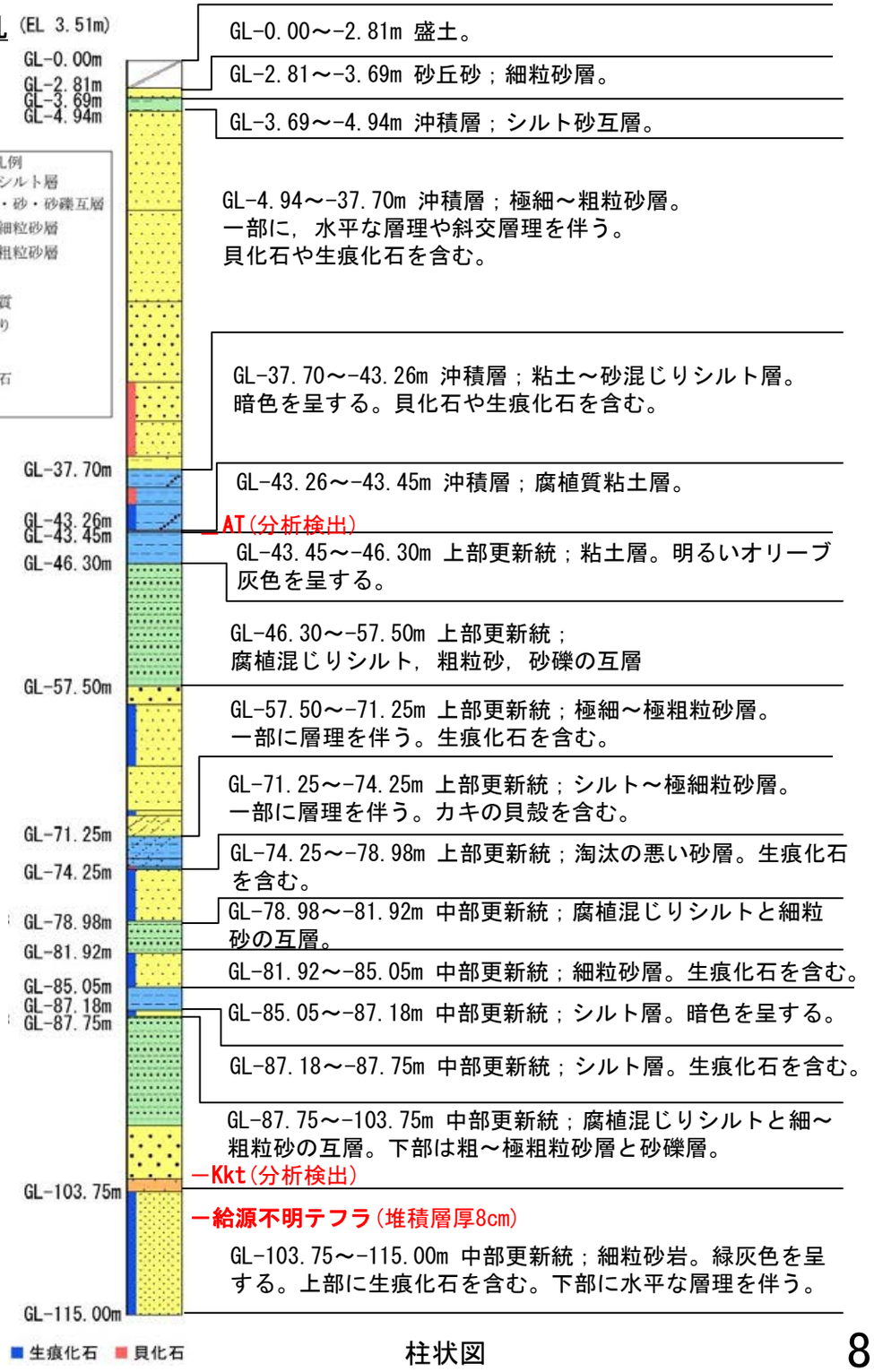
⇩

＜給源不明テフラの堆積状況に関する当社の解釈＞

- 火山灰層の上下の砂層は，色調や粒径等が類似することから，テフラの降下・堆積の前後で砂の供給・堆積が同様に継続していたことが示唆され，上下の砂層で時代的な相違はなく，整合的に堆積したと考えられる。
- 上位の砂層中に取り込まれた火山灰は確認されず，火山灰層と上位の砂層が明瞭に区分されることから，上位の砂層には再堆積したものは含まれないと考えられる。
- 整合的に堆積し，再堆積が生じていないと考えられることから，火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと解釈される。

＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）	重鉱物の含有量（/3000粒子）			長石・石英（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
		100　200	斜方輝石 10 20 30	普通角閃石 10 20 30	黒雲母 10 20 30	50 100 150		1.500　1.510
明緑灰色の風化した細粒火山灰層（深度105.16m）	風化火山灰（給源不明）	バブルウォール 1/3000粒子		■		β石英 微量含む	ジルコン多く含む	（火山ガラス残存せず）

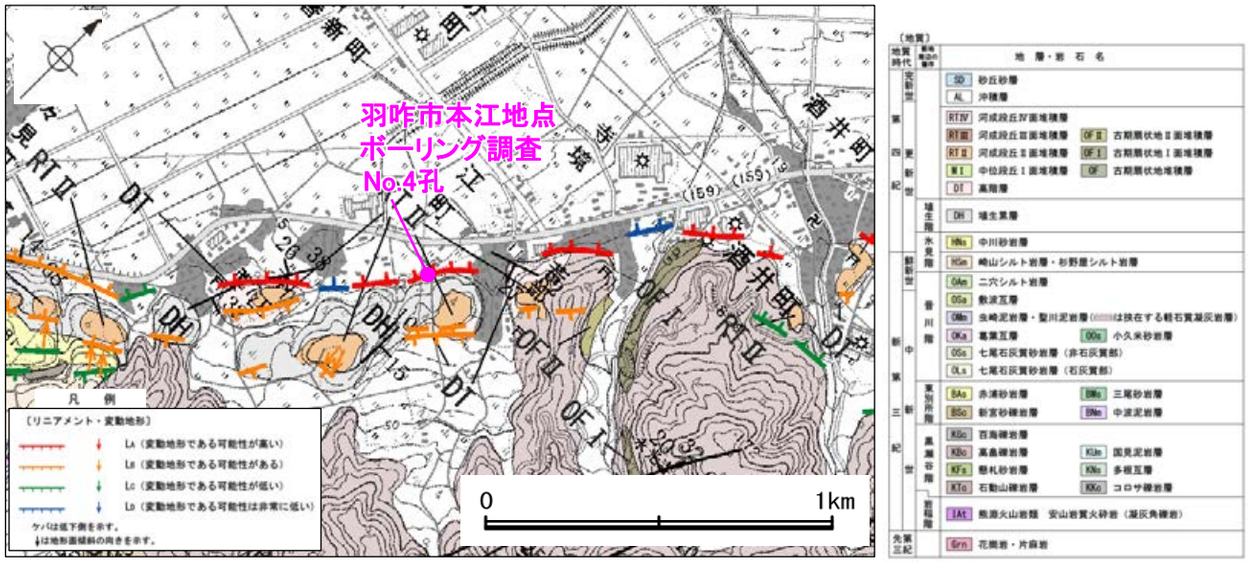


柱状図

地点No.137

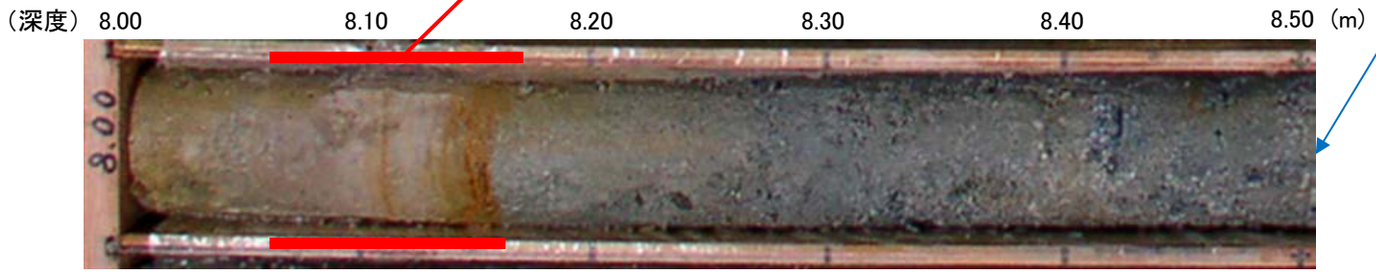
【本江地点（AT）】

○羽咋市本江地点で実施したボーリング調査（No.4孔）により，層厚10cmの姶良Tnテフラ（AT）を確認した。



位置図

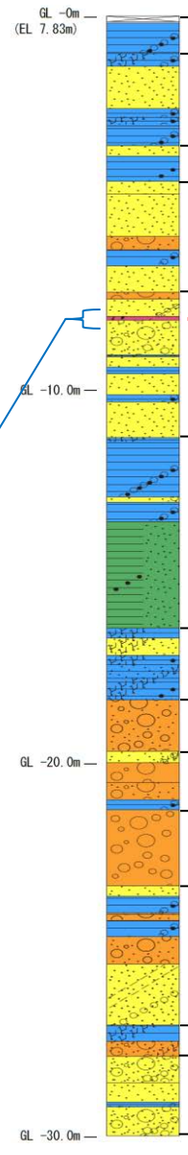
AT：堆積層厚10cm（深度8.05～8.15m）



コア写真

全区間のボーリングコア写真は，
補足資料3 P.3-15

No.4孔



GL-0.00m～-1.00m　砂・礫混じりシルト～粘土層。

GL-1.00m～-3.47m　砂混じりシルト～粘土層。一部腐植質。

GL-3.47m～-4.77m　粘土～シルトと砂層の互層。径数mmの礫混じる。

GL-4.77m～-7.40m　極細～極粗粒砂層。砂礫層，粘土～シルト層を挟む。

ーAT（堆積層厚10cm）

GL-7.40m～-11.29m　細～極粗粒砂層。砂・礫混じりシルト～粘土層，砂礫層を挟む。一部腐植質。

GL-11.29m～-16.40m　砂混じり粘土～シルト層。中～極粗粒砂層を挟む。一部腐植質。

GL-16.40m～-18.32m　腐植質シルト～粘土層。砂層を挟み，一部で互層。

GL-18.32m～-19.69 m　砂礫層。コア径を超える礫を含む。

GL-19.69m～-21.27 m　腐植質粘土～細粒砂層。砂礫層を挟み，一部で互層。コア径を超える礫を含む。

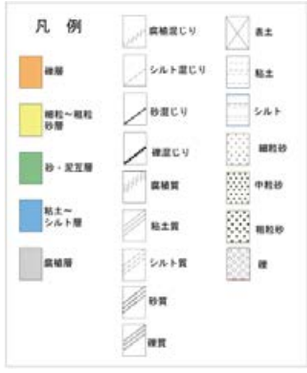
GL-21.27m～-23.30m　砂礫層。コア径を超える礫を含む。

GL-23.30m～-27.03m　砂・礫混じりシルト～粘土。砂層，砂礫層を挟む。

GL-27.03m～-27.87m　腐植質シルト～粘土層。砂層，砂礫層を挟む。

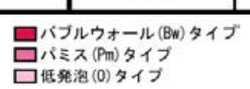
GL-27.87m～-30.00m　極細～極粗粒砂層。一部礫混じりで，砂礫層を挟む。コア径を超える礫を含む。

柱状図



＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）※1	重鉱物の含有量（/3000粒子）※1 斜方輝石	普通角閃石	黒雲母	長石・石英※1（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
		1000 2000	10 20 30	10 20 30	10 20 30	50 100 150		1.500 1.510
火山灰層（No.4孔 深度8.10～8.15m）※2	AT（対比結果）							
姶良Tnテフラ（AT）（町田・新井，2011）	AT	バブルウォール，パミス					斜方輝石，単斜輝石（普通角閃石，石英）	

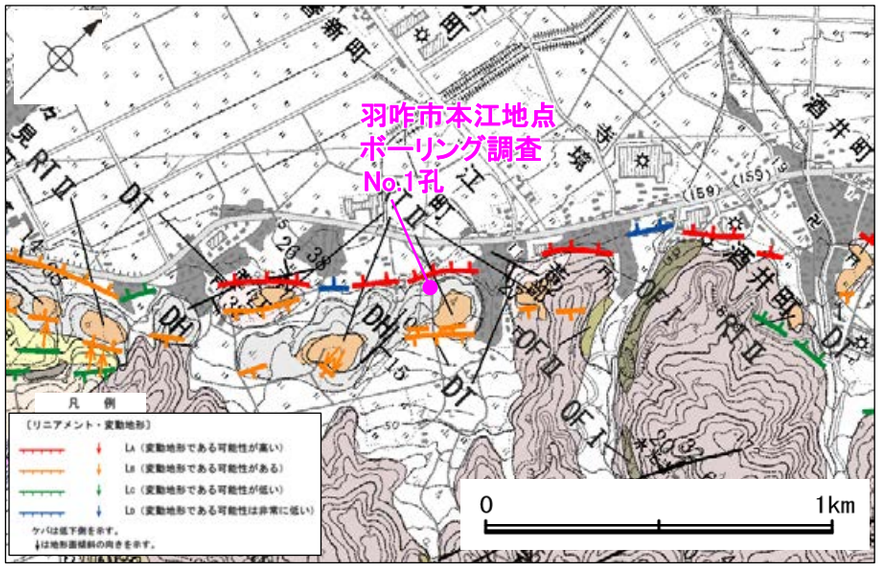


※1：実際には合計200粒子のカウントを実施
※2：局所的に試料を採取し分析

地点No.138

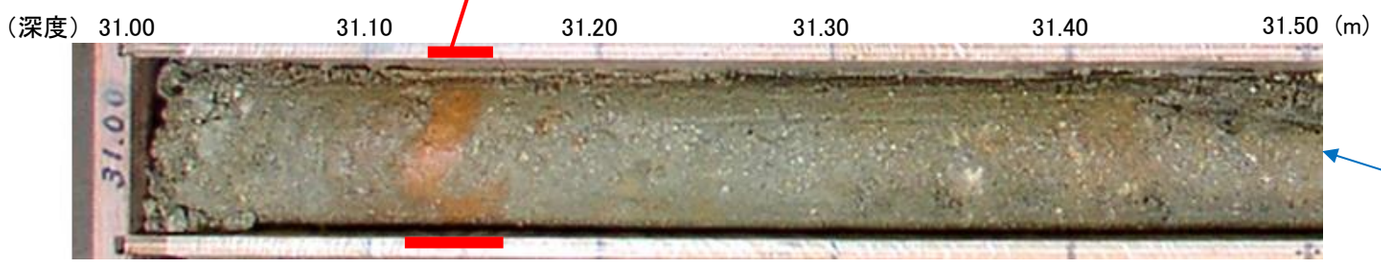
【本江地点（SK）】

○羽咋市本江地点で実施したボーリング調査（No.1孔）により，層厚9cmの姶良Tnテフラ（AT）及び層厚2cmの三瓶木次テフラ（SK）を確認した。このうち，確認したSKに関する調査結果を以下に示す。



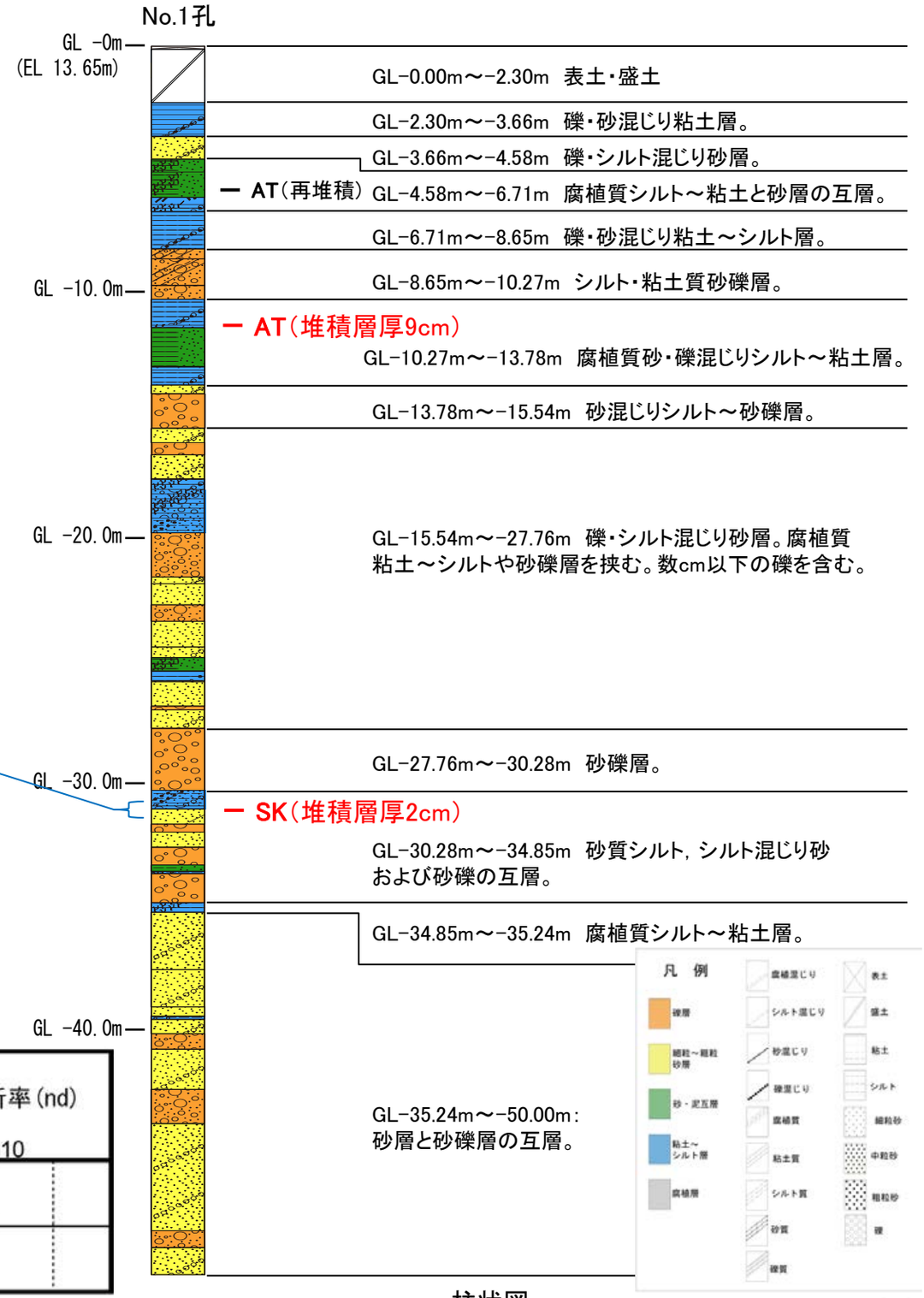
位置図

SK：堆積層厚2cm（深度31.13～31.15m）



コア写真

全区間のボーリングコア写真は，
<u>補足資料3</u> P.3-16



柱状図

＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）※	重鉱物の含有量（/3000粒子）※			長石・石英※（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
			斜方輝石	普通角閃石	黒雲母			
		1000　2000	10　20　30	20　40　60	20　40　60	500　1500		1.500　1.510
火山灰層（No.1孔 深度31.13～31.15m）	SK（対比結果）						黒雲母，普通角閃石 石英，不透明鉱物	
三瓶木次テフラ（SK）（町田・新井，2011）	SK	パミス					黒雲母，石英	

バブルウォール（Bw）タイプ

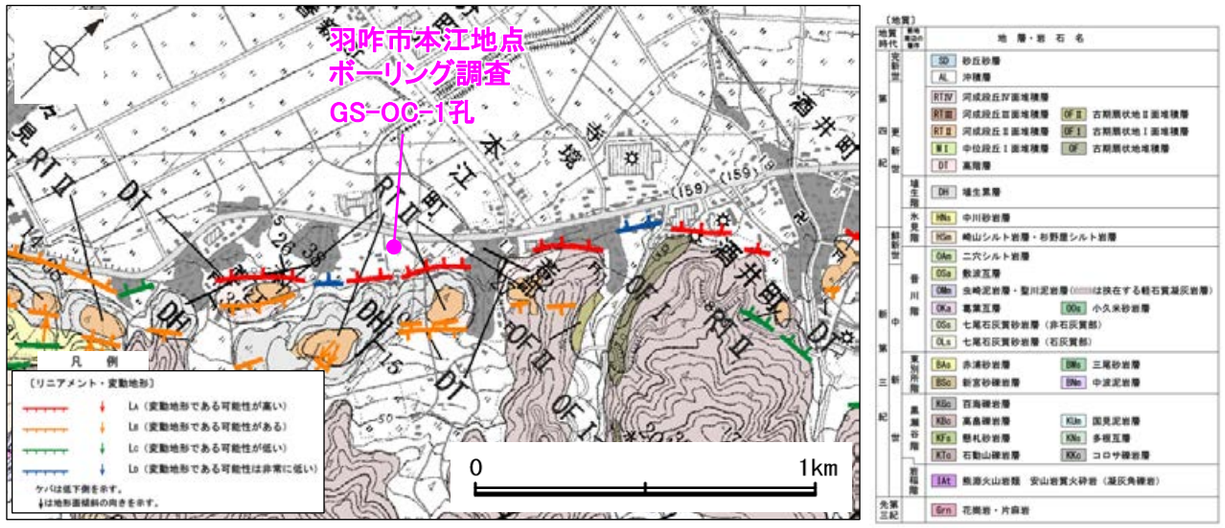
※実際には合計200粒子のカウントを実施

地点No.139

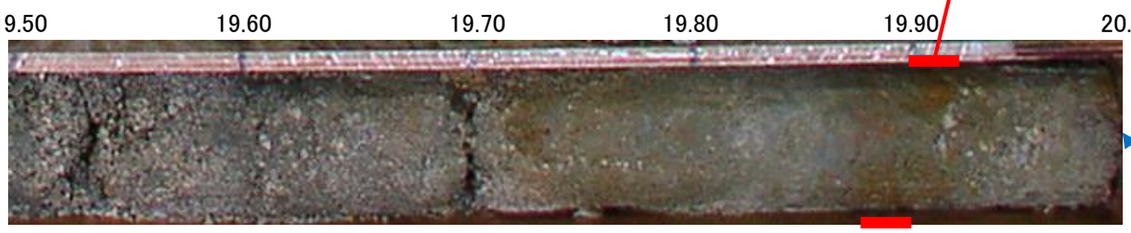
【本江地点（Aso-4）】

〇羽咋市本江地点で実施したボーリング調査（GS-OC-1孔）※により，姶良Tnテフラ（AT），阿蘇4テフラ（Aso-4）及び給源不明テフラを確認している。各テフラの層厚は，ATで4cm(深度5.19～5.23m区間)，Aso-4で2cm(深度19.88～19.90m区間)，桃色がかった灰白色の給源不明テフラで10cm（深度66.60～66.70m区間）である。
〇このうち，Aso-4に関するコア写真及び火山灰分析結果を以下に示す（給源不明テフラについては，次頁）。

※産業技術総合研究所と当社が共同で実施した調査結果（水野ほか，2003）



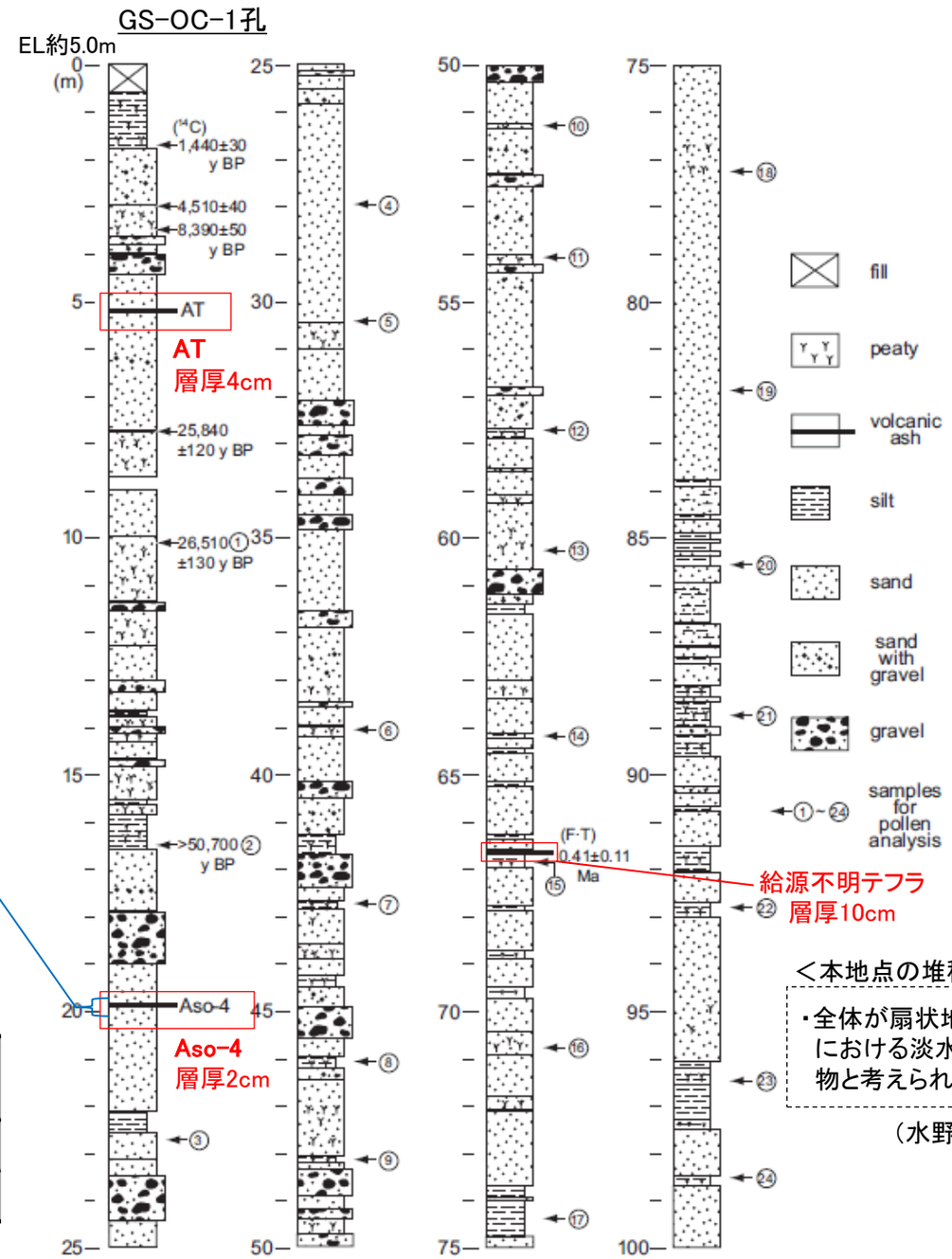
位置図



コア写真

＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/3000粒子）	重鉱物の含有量（/3000粒子） 斜方輝石	普通角閃石	黒雲母	長石・石英（/3000粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）	斜方輝石の屈折率（γ）
黄褐色火山灰層（深度19.88～19.90m）	Aso-4（対比結果）	バブルウォール					輝石，角閃石	1.500 1.510	1.700 1.710
阿蘇4テフラ（Aso-4）（町田・新井，2011）	Aso-4	バブルウォール，パミス					普通角閃石，斜方輝石，単斜輝石		



＜本地点の堆積環境＞

・全体が扇状地的な環境における淡水成の堆積物と考えられる。

（水野ほか，2003）

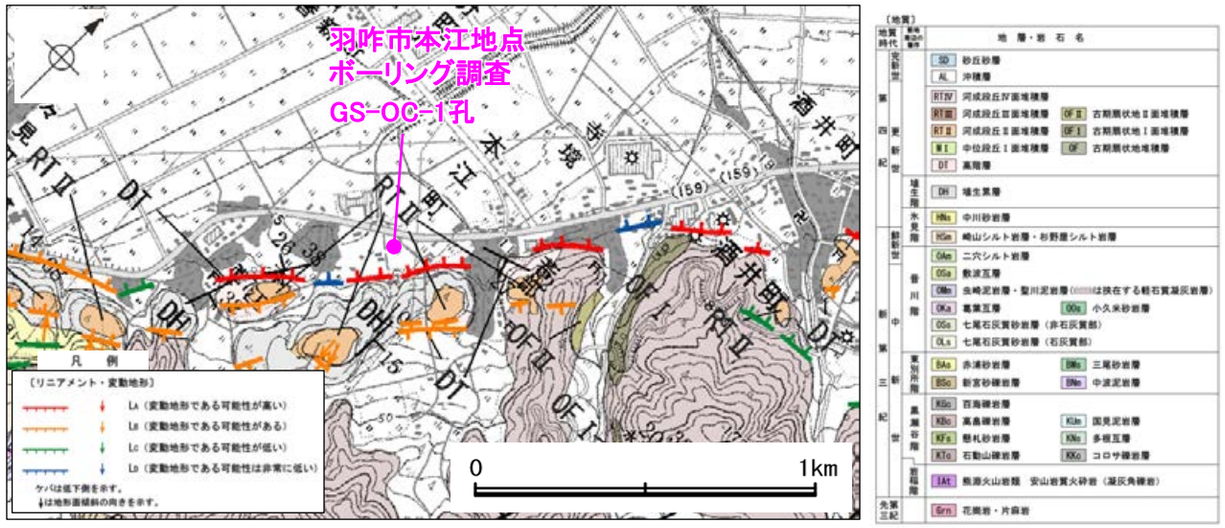
柱状図
（水野ほか(2003)に一部加筆）

全区間のボーリングコア写真は
補足資料3 P.3-17，18

地点No.139

【本江地点（給源不明テフラ）】

〇羽咋市本江地点のGS-OC-1孔※により確認した，姶良Tnテフラ(AT)，阿蘇4テフラ（Aso-4）及び給源不明テフラのうち，給源不明テフラについて詳細を以下に示す。
〇給源不明テフラは，中部更新統の砂層中に確認され，含まれるジルコンのFT年代は0.41±0.11Maであり，風化の影響で火山ガラスが消失している。
〇コア観察及び本地点の堆積環境を踏まえると，確認した給源不明テフラの層厚（堆積層厚10cm）は，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと解釈される。



位置図

給源不明テフラ：堆積層厚10cm（深度66.60～66.70m）

コア写真

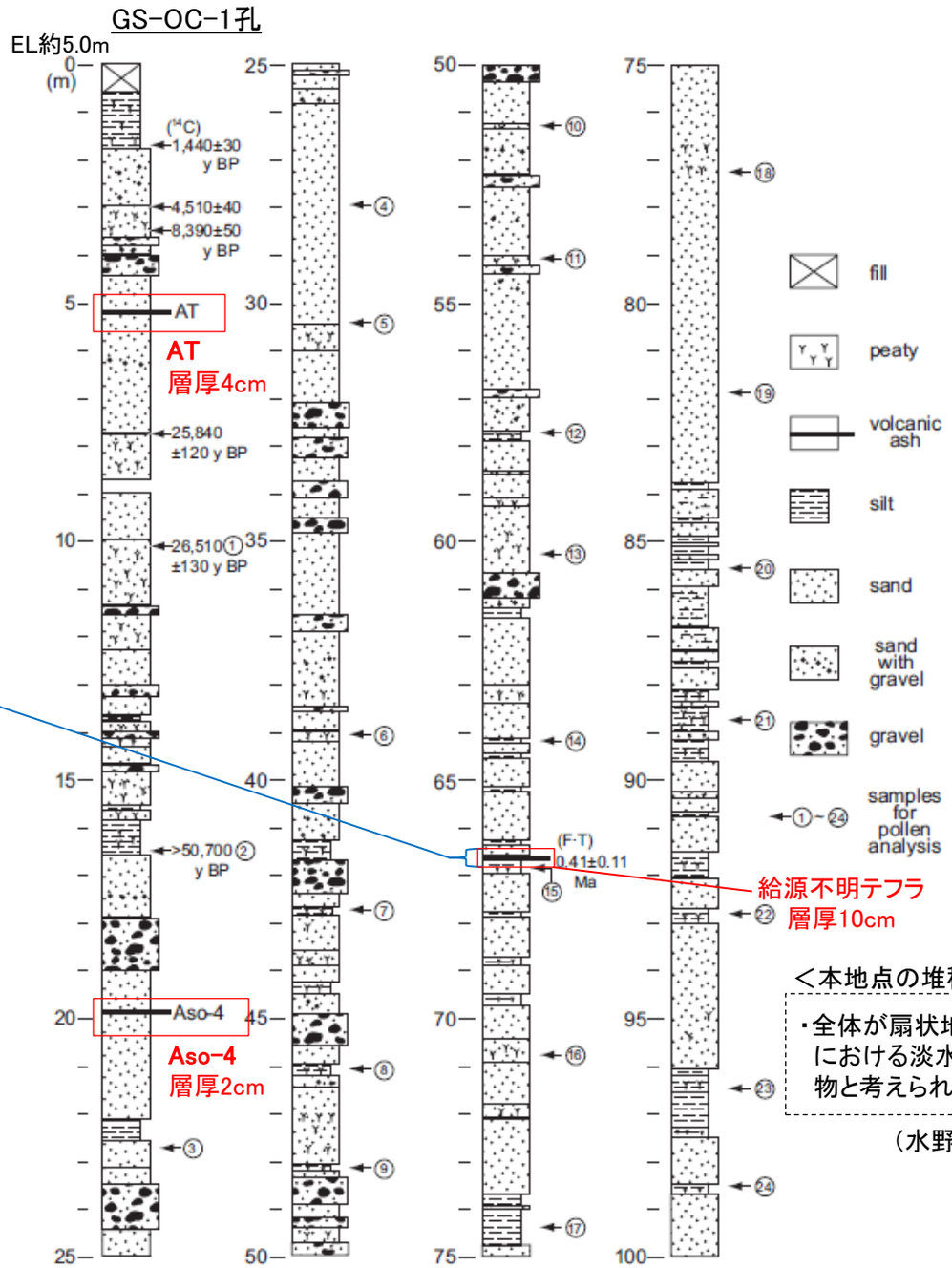
＜給源不明テフラに関するコア観察結果（コア写真の再観察結果）＞

・桃色がかった灰白色の風化した細粒火山灰層であり，上下の砂層とは明瞭に区分される。
・火山灰層の上下の砂層は，いずれも灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。
・上位の砂層中には，火山灰が取り込まれている状況は確認されない。

＜給源不明テフラの堆積状況に関する当社の解釈＞

・火山灰層の上下の砂層は，色調や粒径等が類似することから，テフラの降下・堆積の前後で砂の供給・堆積が同様に継続していたことが示唆され，上下の砂層で時代的な相違はなく，整合的に堆積したと考えられる。
・上位の砂層中に取り込まれた火山灰は確認されず，火山灰層と上位の砂層が明瞭に区分されることから，上位の砂層には再堆積したものは含まれないと考えられる。
・整合的に堆積し，再堆積が生じていないと考えられることから，火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと解釈される。

※産業技術総合研究所と当社が共同で実施した調査結果（水野ほか，2003）



＜本地点の堆積環境＞

・全体が扇状地的な環境における淡水成の堆積物と考えられる。

（水野ほか，2003）

全区間のボーリングコア写真は
補足資料3 P.3-17，18

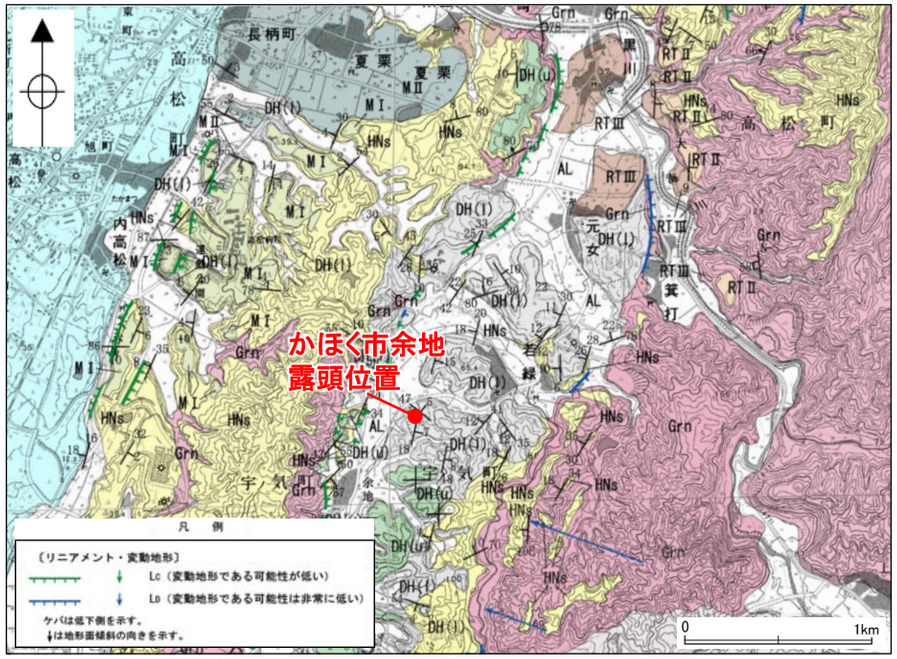
柱状図
（水野ほか(2003)に一部加筆）

地点No.145

【余地地点（給源不明テフラ）】

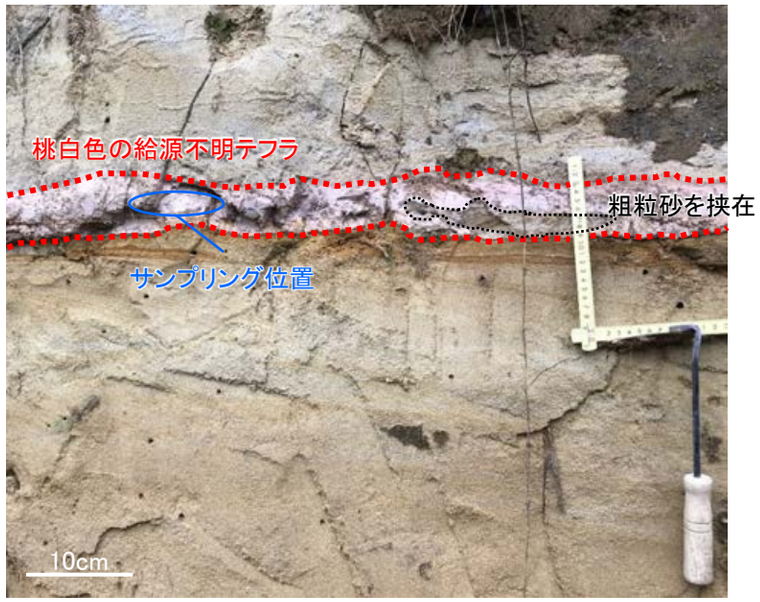
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

○邑知潟平野のボーリング調査（羽咋市釜屋地点(P.86)及び本江地点(P.90)）で確認した給源不明テフラを面的に確認する目的で，かほく市余地地点において露頭調査を実施した。
○露頭観察の結果，中部更新統の埴生累層の砂層中に挟在する層厚が概ね一定の風化した細粒火山灰層（給源不明テフラ）を確認した（上下の砂層の類似性に関する分析結果は次頁）。
○この火山灰層の層厚は最大で8cmであり，火山灰分析の結果，火山ガラスは風化消失しており，ジルコンのFT年代は0.41±0.11Maを示す。
○露頭観察結果及び分析結果を踏まえると，確認した給源不明テフラの層厚（堆積層厚8cm）は，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと考えられる。



位置図

露頭写真　2023年3月撮影



露頭拡大写真　2023年3月撮影
（上：加筆なし，下：加筆あり）

＜給源不明テフラに関する露頭観察及び上下の砂層に関する分析結果＞

・白色～桃白色の風化した細粒火山灰層であり，上下の砂層とは明瞭に区分される。
・火山灰は著しく粘土化しており，1mm以下の粒子がわずかに確認できるものの，火山灰層を構成する粒子の粒径は計測できない。
・火山灰層中には，粗粒砂がレンズ状に含まれるが，火山灰層全体の層厚は概ね一定であり，最大8cmである。
・火山灰層の上下の砂層は，色調が若干異なるが，粒径や構成粒子は概ね類似している（粒径及び構成粒子の類似性は，粒度試験及び顕微鏡観察により，定量的に確認した（次頁））。

＜給源不明テフラの堆積状況に関する当社の評価＞

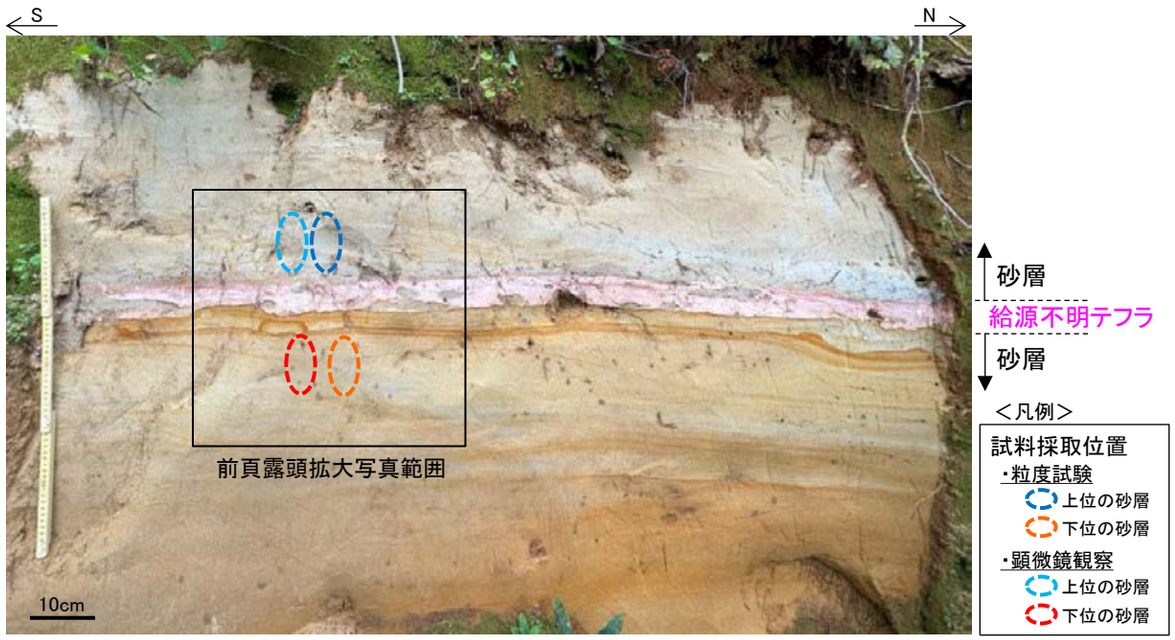
・露頭範囲に広がりをもって火山灰が確認され，その層厚が概ね一定であることから，火山灰が概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと考えられる。
・また，火山灰層の上下の砂層は，粒径や構成粒子が概ね類似しており，上下の砂層で時代的な相違はなく，概ね整合的に堆積したと考えられることも，上記解釈と整合する。上下の砂層の色調の若干の相違については，堆積後の二次的な作用（酸化等）の違いによるものと考えられる。
・細粒火山灰層に粗粒砂がレンズ状に挟在することから，テフラの降下と同時に砂の供給も受けつつ堆積したものと考えられ，火山灰層全体の層厚は見かけ厚く堆積している可能性がある。

＜火山灰分析結果＞

分析対象	テフラ名	火山ガラスの形態別含有量（/300粒子）	重鉱物の含有量（/300粒子）			長石・石英（/300粒子）	備考	火山ガラスの屈折率（nd）
			斜方輝石	普通角閃石	黒雲母			
		100　200	10 20 30	10 20 30	10 20 30	50 100 150		1.500　1.510
かほく市余地	風化火山灰							（火山ガラス残存せず）

【給源不明テフラの上下の砂層の類似性に関する分析結果】

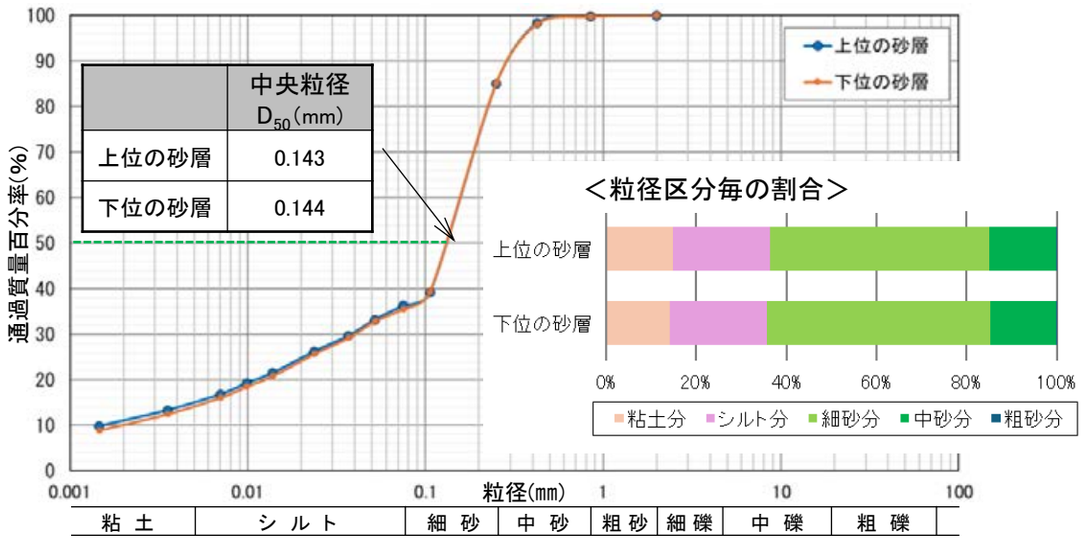
○かほく市余地地点で確認した給源不明テフラの上下の砂層について，肉眼観察により上下の砂層の粒径及び構成粒子が概ね類似することを確認していたが，粒度試験及び顕微鏡観察により，以下のとおり，粒径及び構成粒子が概ね類似することを定量的に確認した。
・粒径について，上位の砂層と下位の砂層を対象に粒度試験を実施した結果，粒径加積曲線，中央粒径（D_{50}）及び粒径区分毎の割合が，ほぼ一致する（左下図）。
・構成粒子について，上位の砂層と下位の砂層を対象に顕微鏡観察を行った結果，構成粒子の特徴（石英及び長石を含み，有色鉱物に乏しく，岩片に富む傾向）が類似する（右下図）。



試料採取位置

2024年10月撮影　試料採取2024年10月

【粒径（粒度試験結果）】



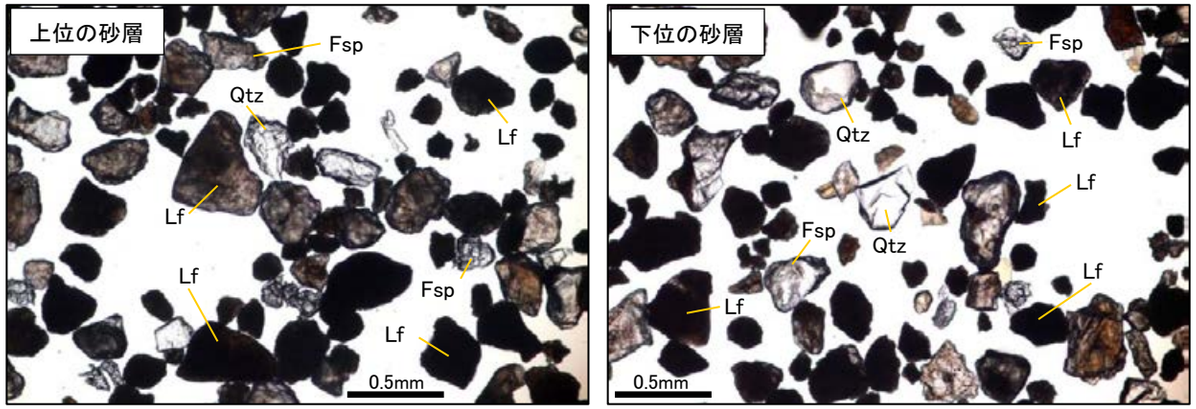
	中央粒径 D_{50}(mm)
上位の砂層	0.143
下位の砂層	0.144

粒径加積曲線

・上位の砂層と下位の砂層を対象に，粒度試験（JIS A 1204）を実施した結果，粒径加積曲線，中央粒径（D_{50}）及び粒径区分毎の割合が，ほぼ一致する。

【構成粒子（顕微鏡観察結果）】

＜顕微鏡写真＞



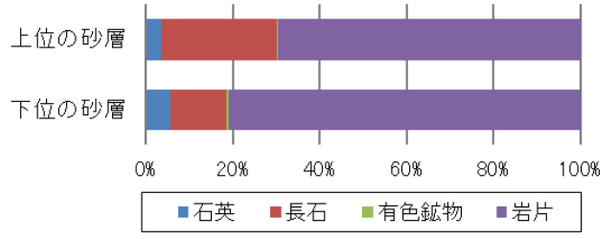
Qtz：石英，Fsp：長石，Lf：岩片

＜構成粒子の特徴＞

	無色鉱物		有色鉱物				岩片
	石英	長石	角閃石	黒雲母	輝石類	不透明鉱物	
上位の砂層	○	○	×	×	×	△	◎
下位の砂層	○	○	×	×	×	△	◎

カウント数（n＝200）◎：101以上，○：6～100，△：1～5，×：0

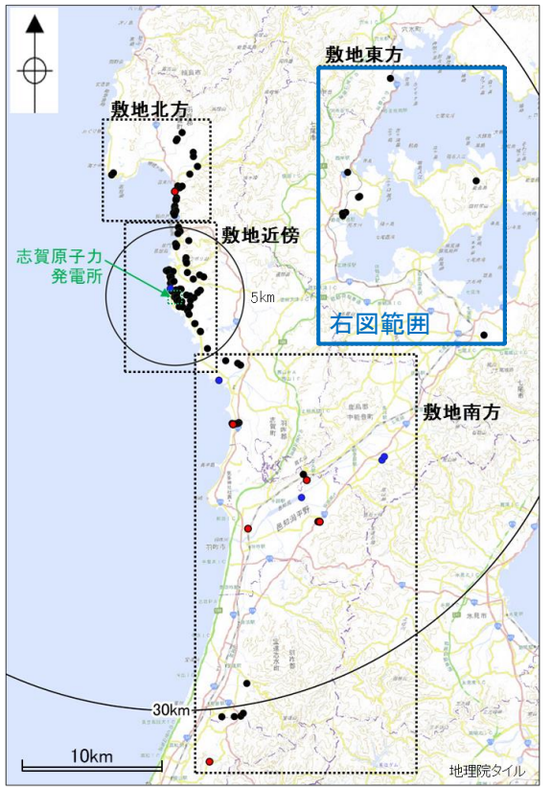
＜構成粒子の比率＞



・上位の砂層と下位の砂層を対象に，採取した砂を超音波洗浄した後，光学顕微鏡において，カウント数が200に到達するまで，無作為に構成粒子の鑑定を実施した。
・鑑定の結果，上下の砂層について，構成粒子の比率が若干異なるものの，その特徴（石英及び長石を含み，有色鉱物に乏しく，岩片に富む傾向）が類似する。

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －敷地東方－

○当社地質調査のうち，敷地の東方の七尾湾周辺で降下火砕物を確認した調査結果を以下に示す。肉眼では明瞭な降下火砕物の地層として確認されないものの，火山灰分析により検出された。



位置図

＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
● :当社調査（層厚を確認）
● :当社調査（分析で検出）
● :文献調査（地質調査）

当社地質調査による降下火砕物の確認位置

＜確認した降下火砕物＞

No.	降下火砕物
146	AT，Aso-4，K-Tz
147	AT
148	AT，K-Tz
149	AT，K-Tz
150	AT
151	AT
152	AT
153	AT
154	AT

（いずれも分析で検出）

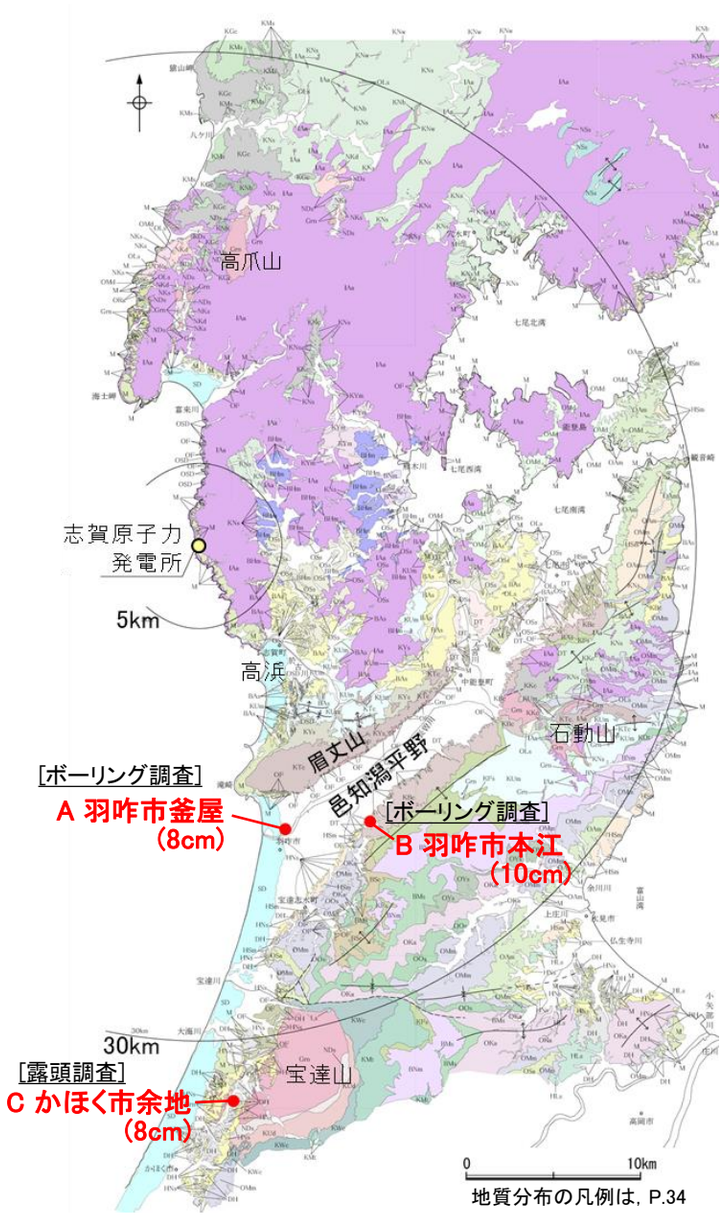
＜凡例＞
－降下火砕物の確認地点－
● :当社調査（分析で検出）

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －給源不明テフラの特徴－

○邑知潟平野以南の3地点において，目視可能な給源不明テフラを確認した。3地点で確認した給源不明テフラについて，①確認位置，②性状，③層厚及び④分析結果の観点で，整理を行った（右下表）。

○その結果，①～④における共通の特徴として，①中部更新統の砂層中に挟在すること，②風化した細粒火山灰であり，概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと評価できること，③8～10cmと概ね一定で広域に確認されること，④火山ガラスが風化消失しており，FT年代値が約0.4Maと同じ年代を示すこと，を確認した。

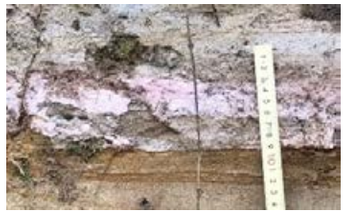
○よって，3地点で確認した給源不明テフラは，共通の特徴を有していることから，同じ火山灰であると考えられる。また，最大層厚は羽咋市本江地点で確認した10cmである。



給源不明テフラの位置図

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

＜当社地質調査により確認した給源不明テフラの特徴＞

		A 羽咋市釜屋 （詳細はP.86）	B 羽咋市本江 （詳細はP.90）	C かほく市余地 （詳細はP.91，92）
調査方法		ボーリング調査	ボーリング調査	露頭調査（面的に確認）
① 火山灰層の確認位置		・深度105.09～105.17mにおいて，中部更新統の砂層中に挟在 ・約7m上位には，Kkt（32～33万年前※1）を分析検出	・深度66.60～66.70mにおいて，中部更新統の砂層中に挟在	・中部更新統の砂層中に挟在
② 火山灰層及び上下の砂層ののの性状		上 下 ボーリングコア観察 ・火山灰層は，明緑灰色※2を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層の上下の砂層は，いずれも暗緑灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。 ・火山灰層と下位の砂層との境界はやや不明瞭であるが，上位の砂層とは明瞭に区分される。	上 下 ボーリングコア観察 ・火山灰層は，桃色がかった灰白色※2を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層の上下の砂層は，いずれも灰色を呈し，粒径や構成粒子も類似している。 ・火山灰層と上下の砂層は明瞭に区分される。	 露頭観察（面的に確認） ・火山灰層は，白色～桃白色※2を呈し，風化した細粒火山灰である。 ・火山灰層全体の層厚は概ね一定である。 ・火山灰層と上下の砂層は明瞭に区分される。 露頭観察，粒度試験・顕微鏡観察 ・火山灰層の上下の砂層は，色調が若干異なるが，粒径や構成粒子は概ね類似している。
③ 火山灰層の層厚		8cm	10cm	8cm
④ 分析結果	火山灰分析	火山ガラスが風化消失	火山ガラスが風化消失	火山ガラスが風化消失
	FT年代測定	0.40±0.07Ma	0.41±0.11Ma	0.41±0.11Ma

【3地点における給源不明テフラの特徴】

・3地点で確認した給源不明テフラについて，上表に示す性状の観察や分析結果等から，以下のとおり共通の特徴を有することを確認した。
① 確認位置：中部更新統の砂層中に挟在する。
② 性状：風化した細粒火山灰である。また，上下の砂層の性状を踏まえると，火山灰層は概ね初生的な堆積層厚を保持しているものと評価できる。
③ 層厚：一定層厚の火山灰層を面的に確認した余地地点の露頭を含む3地点の層厚が8～10cmと概ね一定であり，広域に確認される。
④ 分析結果：火山ガラスが風化消失しており，FT年代値が約0.4Maと同じ年代を示す。

3地点で確認した給源不明テフラは，共通の特徴を有していることから，同じ火山灰であると考えられる。

※1：町田・新井（2011）による。

※2：降下火砕物の色調は，堆積環境により二次的に変化する場合がある。例えば，降下火砕物の主成分化学組成として含まれる鉄成分は，酸化的な環境下においては三価の鉄として色調は赤色系統や黒色を呈するが，還元的な環境下では，二価の鉄の緑色系統の色調となりうる。（地学団体研究会編（1982）等を参考）

3.1.1.1(3) 降下火砕物に関する当社地質調査 －給源不明テフラの分布に関する検討－

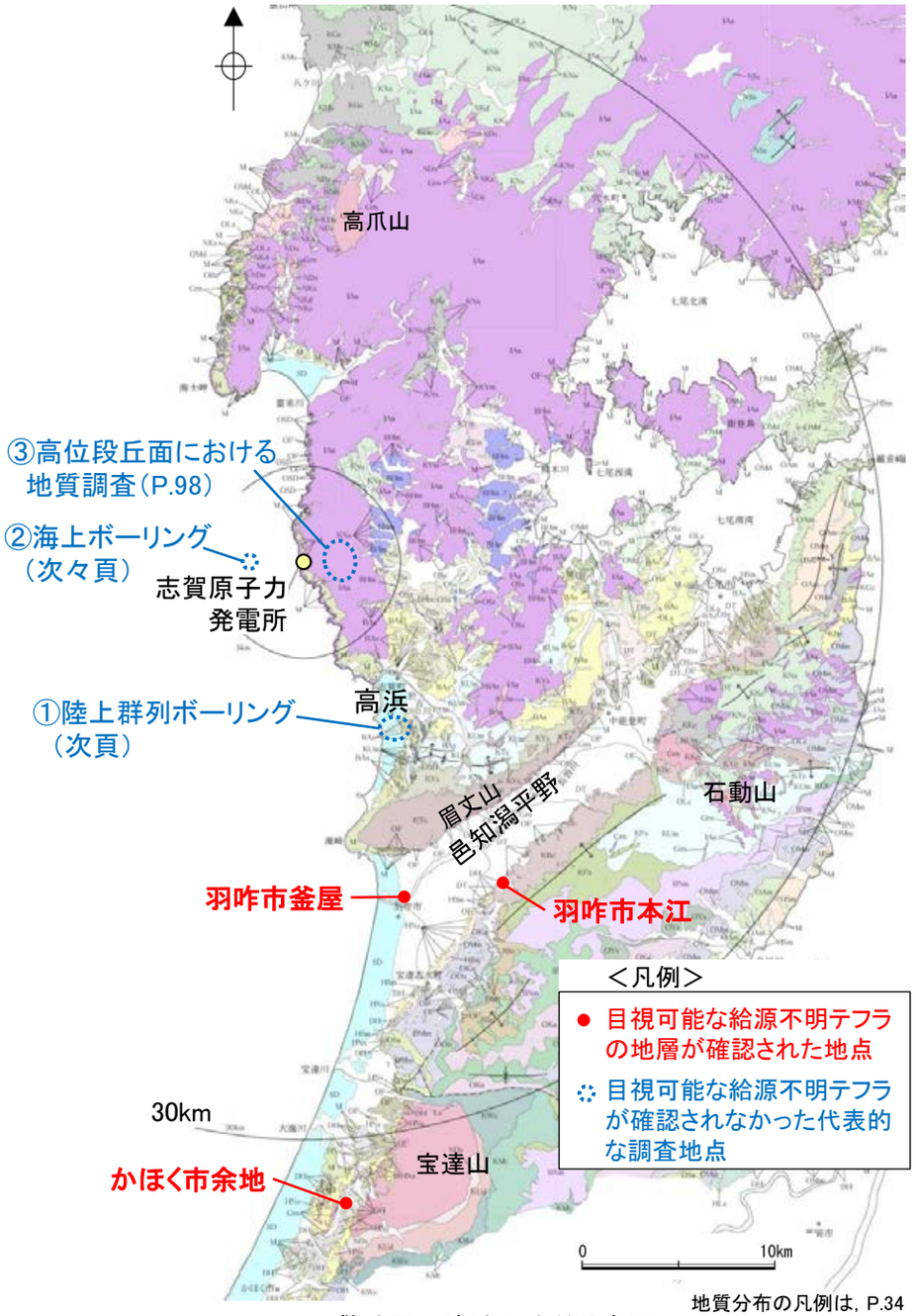
○敷地周辺（半径約30km）の地質調査において，給源不明テフラは，邑知潟平野以南の3地点（羽咋市釜屋，羽咋市本江，かほく市余地）のみで確認された（前頁）。

○給源不明テフラが，邑知潟平野よりも敷地に近い北側において，より厚く堆積している可能性について，【Ⅰ：邑知潟平野よりも北側の当社地質調査】及び【Ⅱ：第四紀火山の位置】から，検討を行った。

【Ⅰ】邑知潟平野よりも北側の当社地質調査を整理した結果，下記の①～③の調査地点において，給源不明テフラの降灰年代と同じ中期更新世の堆積物が分布し，目視可能な給源不明テフラが認められないことを確認した（詳細は，次頁以降）。

【Ⅱ】地理的領域内の第四紀火山について，邑知潟平野よりも南側には多くの火山が分布するが，邑知潟平野よりも北側には，第四紀火山は存在しない（P.22）。

○以上より，給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも北側でより厚く堆積していないと考えられる。



地質分布の凡例は，P.34

敷地周辺陸域の地質分布図
（紺野（1993）等を踏まえ，地表地質調査結果及び各種分析結果を加味し，当社作成）

【確認した目視可能な給源不明テフラ】（前頁）

・中部更新統の砂層中に挟在。
・ジルコンのFT年代は，約40万年前。

邑知潟平野以南の3地点で確認

＜検討目的＞

給源不明テフラが，邑知潟平野よりも敷地に近い北側において，より厚く堆積している可能性を検討

【Ⅰ：邑知潟平野より北側の当社地質調査】（次頁～P.98）

調査地点	① 陸上群列ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ （高浜地点）	② 海上ﾎﾞｰﾘﾝｸﾞ （敷地近傍海域）	③ 高位段丘面における 地質調査（敷地近傍）
調査内容	ボーリング調査 （9本，計250m）	ボーリング調査 （1本，44m）	ボーリング，ピット調査等 （計11地点）
調査地点の特徴	浅海成の堆積物	海成の堆積物	風成の堆積物
	中期更新世の加久藤テフラを複数孔（7本）で連続して確認。		給源不明テフラのFT年代（約40万年前）よりも古い時代に相当する中期更新世の海成段丘面に位置する。
	給源不明テフラの降灰年代と同じ中期更新世の堆積物が連続して分布する。（対比結果は，**補足資料3** P.3-31,32）		
調査結果	目視可能な給源不明テフラは確認されない。		
記載頁	次頁	次々頁	P.98

給源不明テフラの降灰年代と同じ中期更新世の堆積物が分布する調査地点において，目視可能な給源不明テフラが認められない。

【Ⅱ：第四紀火山の位置】（P.22）

地理的領域内の第四紀火山の位置を確認

邑知潟平野よりも南側には多くの火山が分布するが，邑知潟平野よりも北側には第四紀火山は存在しない。

邑知潟平野よりも北側には第四紀火山は存在しない。

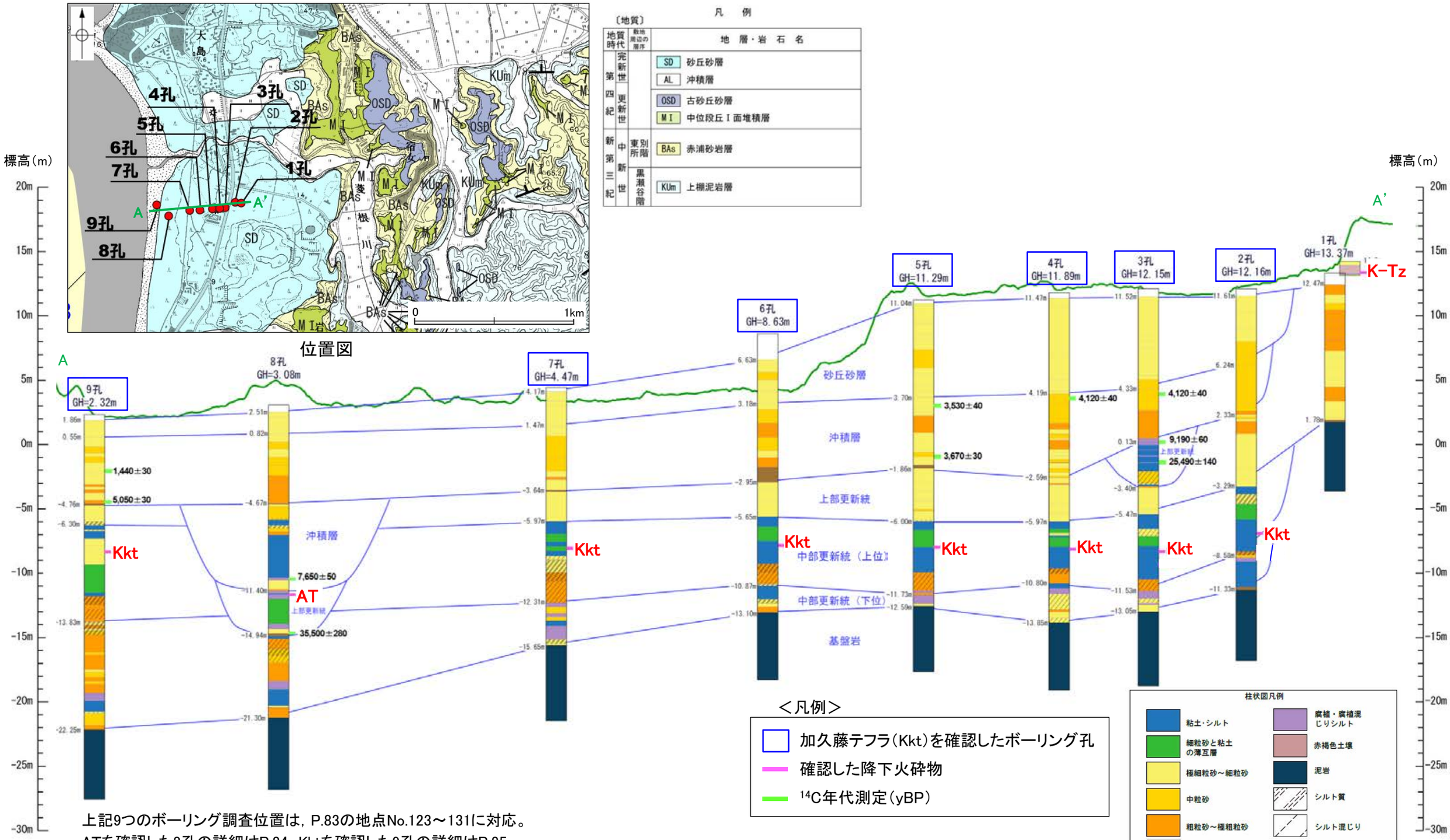
＜検討結果＞

給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも北側でより厚く堆積していないと考えられる。

【邑知潟平野より北側の当社地質調査結果①（高浜地点の陸上群列ボーリング）】

○羽咋市釜屋地点のボーリング調査では，給源不明テフラの上位に中期更新世の加久藤テフラ（Kkt，32～33万年前）が確認されている（P.86）。
○高浜地点の陸上群列ボーリング調査では，複数孔（7本）で連続的にKktが確認され，羽咋市釜屋地点と同じ中期更新世の浅海成の堆積物が分布しているが，Kktの下位も含めた周囲の深度に目視可能な給源不明テフラは確認されない（下図）。

位置図

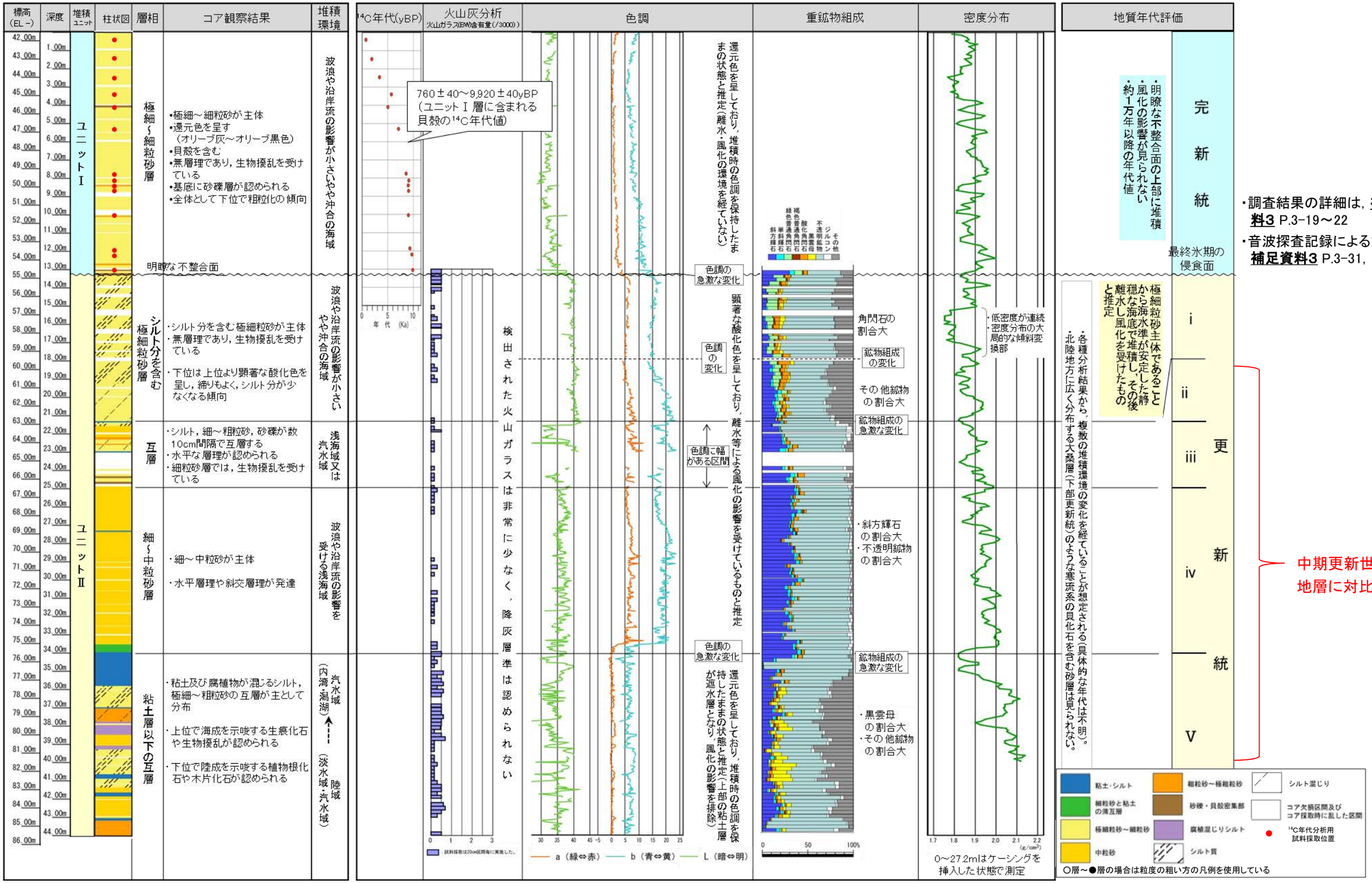


上記9つのボーリング調査位置は，P.83の地点No.123～131に対応。
ATを確認した8孔の詳細はP.84，Kktを確認した9孔の詳細はP.85。
コア写真は，**補足資料3** P.3-8,9,24～30

柱状図及び年代分析結果（H:V=1:5）

【邑知潟平野より北側の当社地質調査結果②（敷地近傍の海上ボーリング）】

○敷地近傍海域で実施した海上ボーリングにおいて，高浜地点から連続する中期更新世の地層を確認しているが，目視可能な給源不明テフラは確認されない。

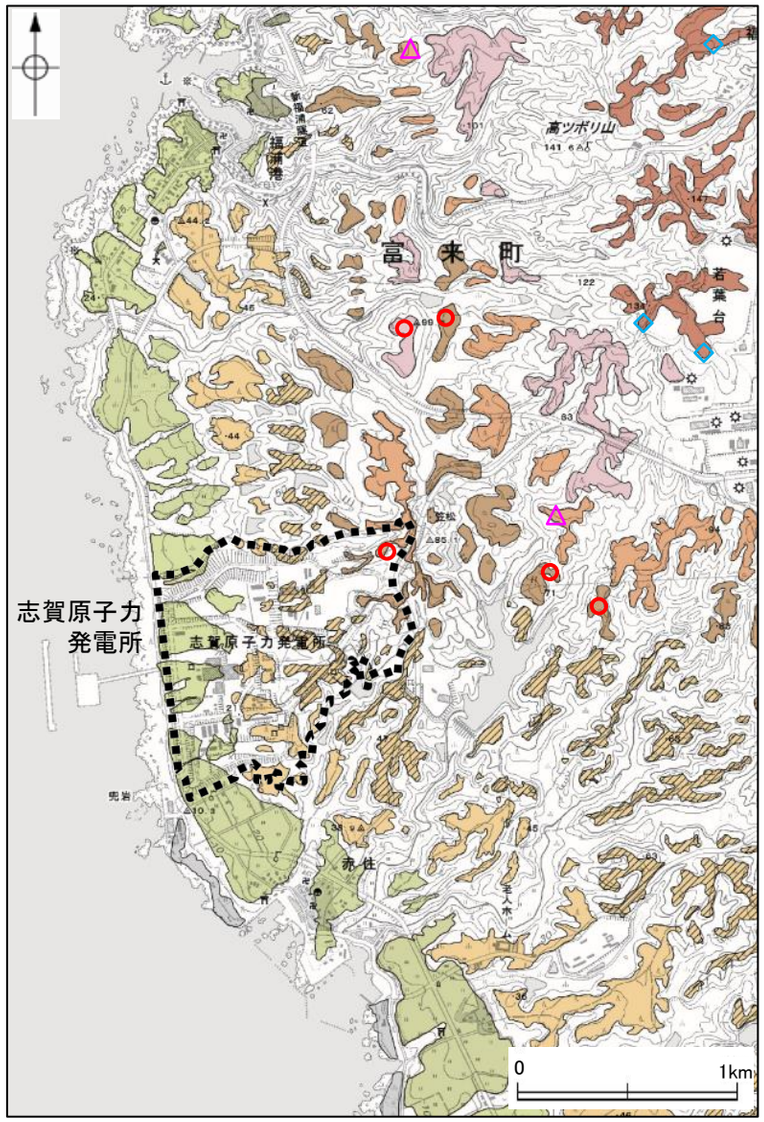


・調査結果の詳細は，**補足資料3** P.3-19～22

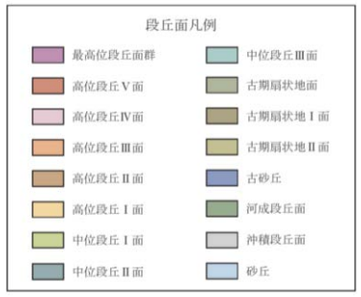
・音波探査記録による対比は，**補足資料3** P.3-31，32

【邑知潟平野より北側の当社地質調査結果③（敷地近傍の高位段丘面における地質調査）】

〇敷地近傍陸域から北方にかけては，新第三紀の別所岳安山岩類を基盤として中期更新世の段丘面が形成されており，多くの地点で地質調査を実施している。
〇このうち，当社段丘面区分における高位段丘面のいくつかの調査地点は，「日本の海成段丘アトラス」（小池・町田，2001）によるmT_{11}面・mT_{13}面・mT_{15}面（給源不明テフラのFT年代（約40万年前）よりも古い時代に相当）に位置する（左下図）。
〇これらの段丘面で実施した当社地質調査の結果，目視可能な給源不明テフラは確認されない（調査結果の詳細は，**補足資料3** P.3-33～43）。

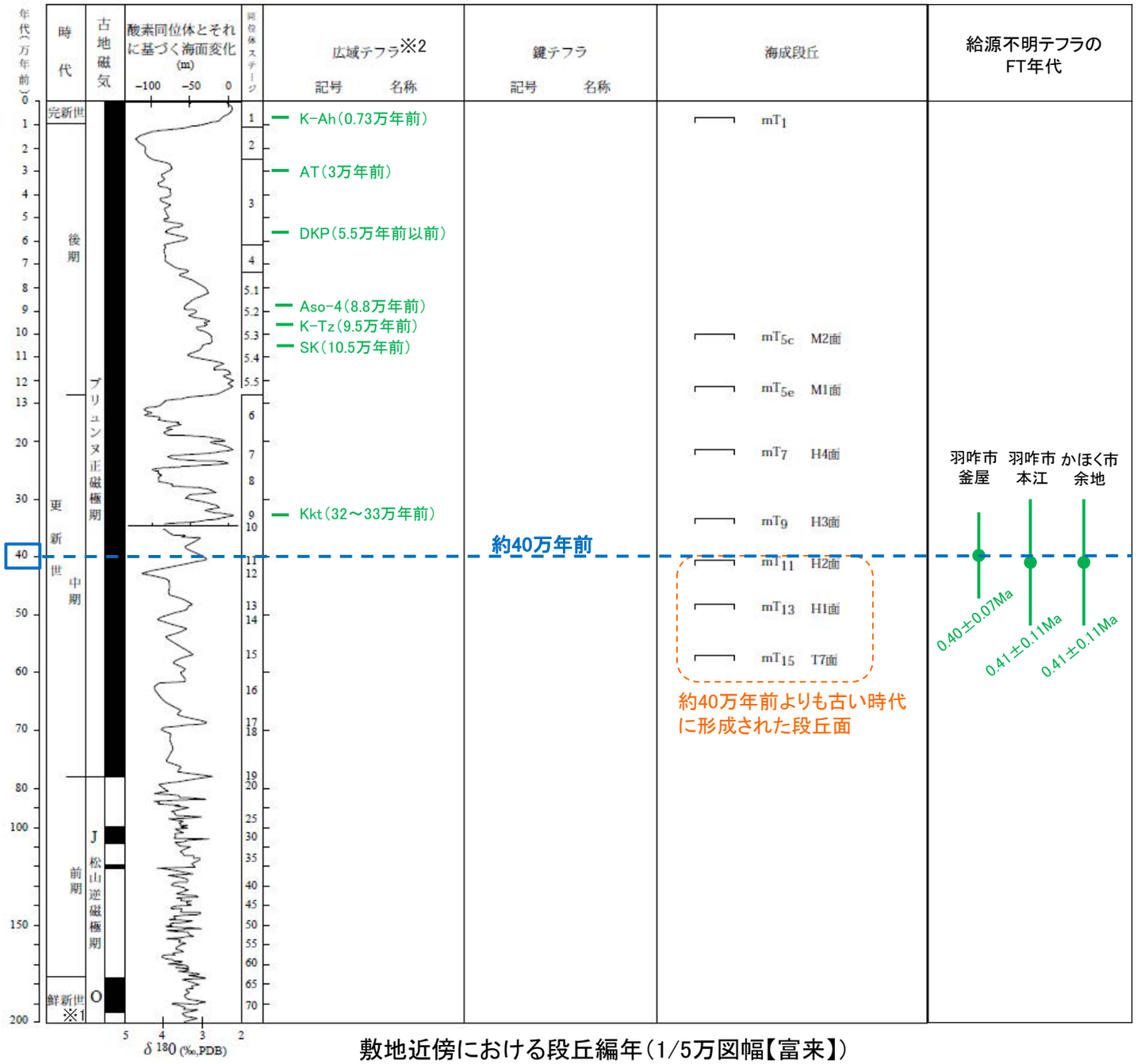


段丘面分布及び当社地質調査位置



＜凡例＞

小池・町田（2001）の段丘面に位置する調査位置
- ○ mT_{11}面上
- △ mT_{13}面上
- ◇ mT_{15}面上



敷地近傍における段丘編年（1/5万図幅【富来】）
（小池・町田(2001)に一部加筆）

※1：旧定義の鮮新世

※2：広域テフラには，敷地及び敷地周辺の当社地質調査で確認した広域テフラを加筆
（年代値は，町田・新井(2011)・宝田ほか（2022）・星住ほか（2023）による）

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.1(4) 調査結果まとめ

○文献調査（等層厚線図，地質調査結果）及び当社地質調査の結果，敷地及び敷地周辺に分布する可能性がある15の降下火砕物が抽出された。
○15の降下火砕物のうち，給源が特定できない降下火砕物は，給源不明テフラのみである。

○町田・新井（2011）及びTamura et al.(2008)によると，給源火山が特定できる14降下火砕物は，いずれも広域テフラである。
○敷地及び敷地周辺における当社地質調査結果（確認した降下火砕物及びその層厚）は，文献調査（地質調査結果）と概ね整合していることを確認した。なお，姶良Tnテフラ及び阿蘇4テフラについては，当社地質調査結果よりも大きな層厚が文献により報告されているが，これらの文献で示された確認地点は断層に近接しており，断層の影響等で局所的に厚く堆積している可能性がある（P.70～72）。
○給源不明テフラは，邑知潟平野以南の3地点のみで確認され，中部更新統の砂層中に挟在し，FT年代が約0.4Maを示す風化火山灰層であること等の共通の特徴を有することから，3地点で確認した給源不明テフラは同じ火山灰であると考えられ，最大層厚は羽咋市本江地点のボーリング調査で確認した10cmである（P.94）。また，邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において，目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる（P.95）。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

＜敷地及び敷地周辺（約30kmの範囲）に分布する可能性のある降下火砕物の文献及び当社地質調査結果＞

給源火山ごとに整理

降下火砕物		年代（万年前）	給源火山		敷地及び敷地周辺における層厚（cm）		
					文献調査		当社地質調査（最大層厚）
	記号				等層厚線図	地質調査結果（最大層厚）	
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	0.73*1	鬼界カルデラ	地理的領域外の火山	0～20*1	0.5*6	1
鬼界葛原テフラ	K-Tz	9.5*1			0～2*1	分析により検出*7	分析により検出
阿多テフラ	Ata	10.5*1	阿多カルデラ		0以上*1	―	―
姶良Tnテフラ	AT	3*2	姶良カルデラ		16～32*2	15*8	10
加久藤テフラ	Kkt	32～33*1	加久藤カルデラ		（等層厚線範囲外）	―	分析により検出
阿蘇4テフラ	Aso-4	8.8*3	阿蘇カルデラ		15以上*1	7*8	2*10
阿蘇3テフラ	Aso-3	13.3*4			2～5*4	―	―
鬱陵隠岐テフラ	U-Oki	1.02*1	鬱陵島		0～2*1	―	―
三瓶木次テフラ	SK	10.5*1	三瓶山		5以上*1	3*9	4
大山倉吉テフラ	DKP	5.5以前*1	大山		5～10*1	―	分析により検出
大峰テフラ	Omn	160～165*1	爺ヶ岳	地理的領域内の火山	0以上*1	―	―
谷口テフラ	Tng	220～230*1			100以上*5	―	―
恵比須峠福田テフラ	Ebs-Fkd	170*1	穂高岳		30～40*1	―	―
穂高-Kd39テフラ	Ht-Kd39	176*5			20以上*5	―	―
給源不明テフラ		約40（FT年代）	給源不明		（該当無し）	（該当無し）	10*10

*1：町田・新井(2011)，*2：宝田ほか(2022)，*3：星住ほか（2023），*4：星住ほか（2024），
*5：Tamura et al.(2008)，*6：東野ほか（2014），*7：渡辺ほか（2015），*8：産業技術総合研究所（2011），
*9：杉戸ほか（2004），*10：水野ほか(2003)（産業技術総合研究所と当社が共同で実施した調査結果）

―：未確認

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

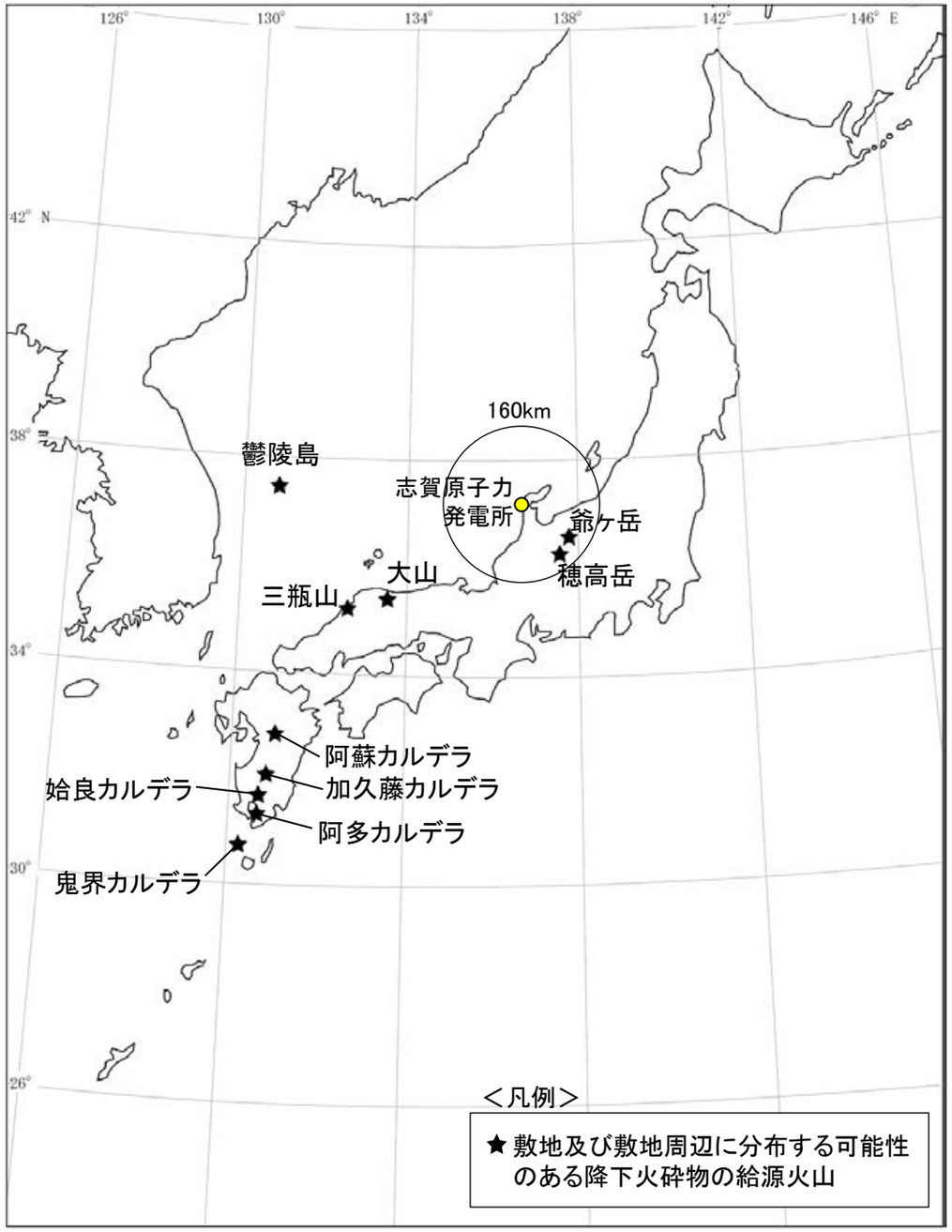
3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －検討対象とする火山－

○文献調査及び当社地質調査結果を踏まえ抽出した敷地及び敷地周辺に分布する可能性がある降下火砕物について，その給源火山において発電所運用期間中に同規模噴火が発生する可能性を検討する。

○検討対象は，抽出した15の降下火砕物のうち，給源不明テフラを除く14の降下火砕物であり，その給源火山は以下に示す10の火山である。



敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物の給源火山位置

＜同規模噴火の可能性の検討を行う降下火砕物及び給源火山＞

降下火砕物	記号	給源火山	
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	鬼界カルデラ	地理的領域外の火山
鬼界葛原テフラ	K-Tz		
阿多テフラ	Ata	阿多カルデラ	
姶良Tnテフラ	AT	姶良カルデラ	
加久藤テフラ	Kkt	加久藤カルデラ	
阿蘇4テフラ	Aso-4	阿蘇カルデラ	
阿蘇3テフラ	Aso-3		
鬱陵隠岐テフラ	U-Oki	鬱陵島	
三瓶木次テフラ	SK	三瓶山	
大山倉吉テフラ	DKP	大山	
大峰テフラ	Omn	爺ヶ岳	地理的領域内の火山
谷口テフラ	Tng		
恵比須峠福田テフラ	Ebs-Fkd	穂高岳	
穂高-Kd39テフラ	Ht-Kd39		

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －検討内容－

○検討対象となる14の降下火砕物は，いずれも広い範囲で分布が確認されている広域テフラであり，噴出規模が大きく分布範囲が広いこれらの降下火砕物噴出イベントの前には，地下に大量の珪長質マグマの蓄積が必要となると考えられる。

○よって，マグマの蓄積の観点から，各給源火山の活動履歴について文献調査を行う。また，必要に応じて各給源火山の地下構造について文献調査を行う。同規模噴火の可能性を検討する際の，文献調査の観点を以下に示す。

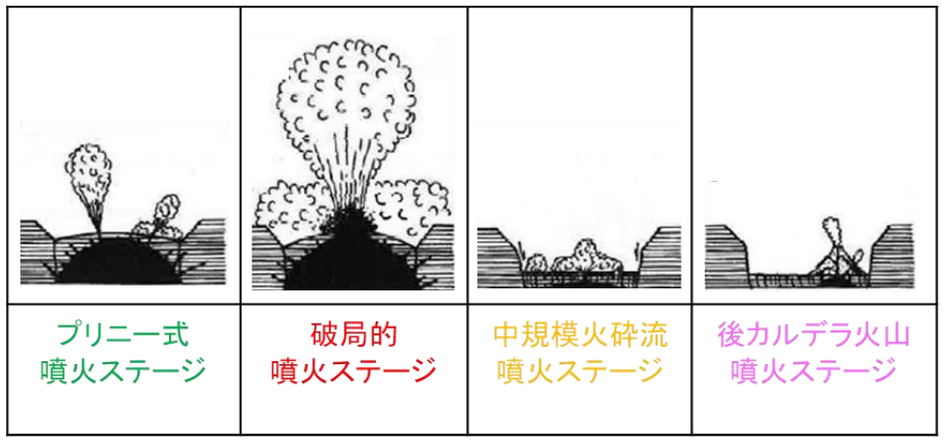
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

【活動履歴】

・最後の活動終了からの期間と全活動期間の比較，破局的噴火※の活動間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較等の活動履歴情報から，給源火山の同規模噴火の可能性を検討する。

・九州のカルデラ（鬼界，阿多，姶良，加久藤，阿蘇カルデラ）の活動履歴については，Nagaoka(1988)によるカルデラ火山の噴火ステージ区分を参考とする（下図）。

※町田・新井（2011）に従い，VEI（火山爆発度指数：Volcanic Explosivity Index）7以上の噴火を「破局的噴火」と定義する。



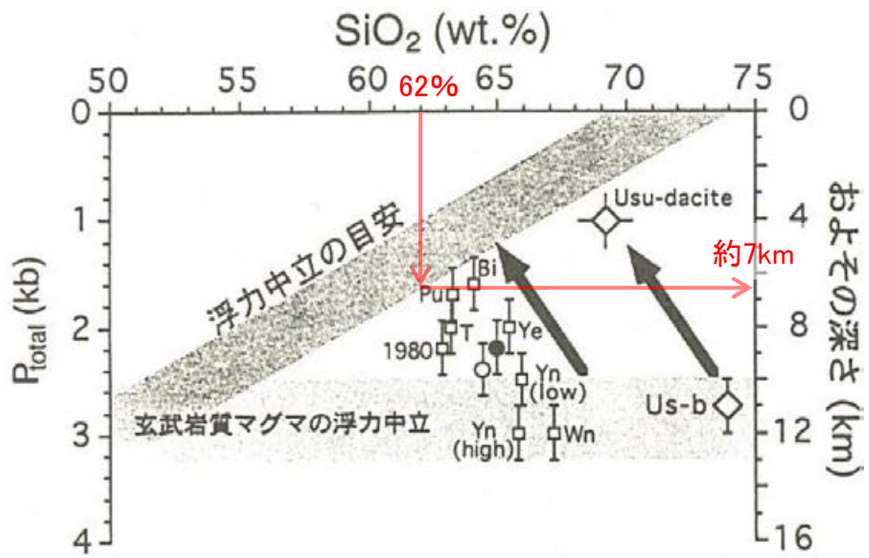
・プリニー式噴火ステージ：破局的噴火に先行してプリニー式噴火が間接的に発生
・破局的噴火ステージ：破局的噴火が発生
・中規模火砕流噴火ステージ：破局的噴火時の残存マグマによる火砕流噴火が発生
・後カルデラ火山噴火ステージ：多様な噴火様式の小規模噴火が発生

カルデラ火山の噴火ステージ区分
（Nagaoka（1988）に基づき作成）

【地下構造】

・地下構造に関連する地球物理学・化学的情報を整理し，低速度域等の大規模な珪長質マグマ溜まりの存在を示唆する構造の有無を検討する。

・評価の対象とする珪長質マグマ溜まりの深度については，東宮（1997）から想定される珪長質マグマの浮力中立点約7kmとする。



地殻の密度とマグマの密度が釣り合う深さ（浮力中立点）は，珪長質マグマ（デイサイト質～流紋岩質，SiO_2量62wt.%以上（兼岡・井田，1997））であれば，7km以浅である。

マグマの組成（SiO_2量）とマグマ溜まり深度の関係
（東宮（1997）に一部加筆）

マグマのSiO_2量と密度 （兼岡・井田（1997）に基づき作成）

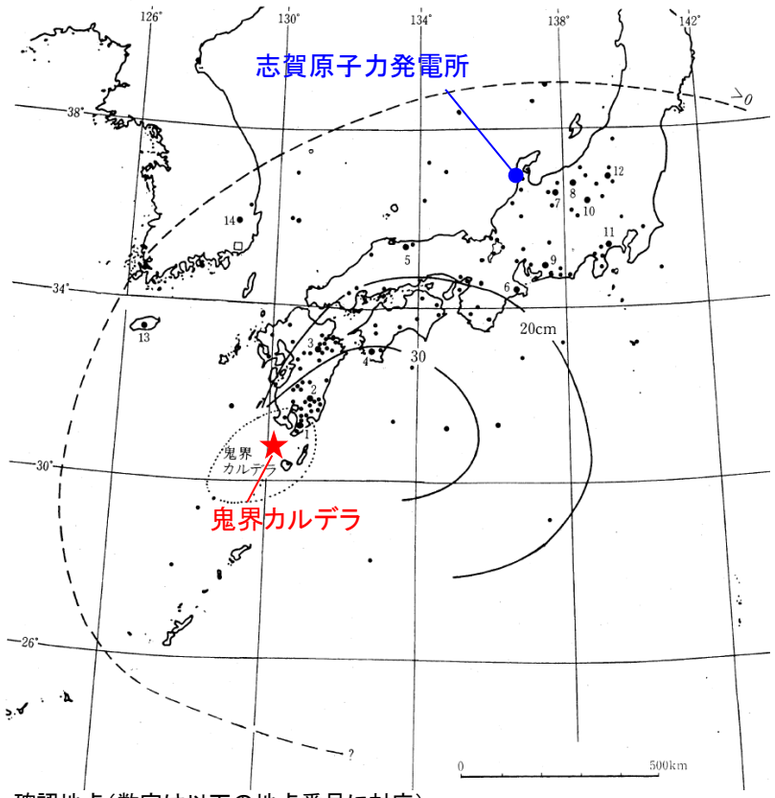
マグマの種類 ＼ マグマの性質	玄武岩質	安山岩質	デイサイト質	流紋岩質
	←苦鉄質		珪長質→	
SiO_2量（wt.%）	45～53.5	53.5～62	62～70	70以上
密度（kg/m^3）	2700	2400	2300	2200

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －鬼界カルデラ（活動履歴）－

【鬼界カルデラの活動履歴】

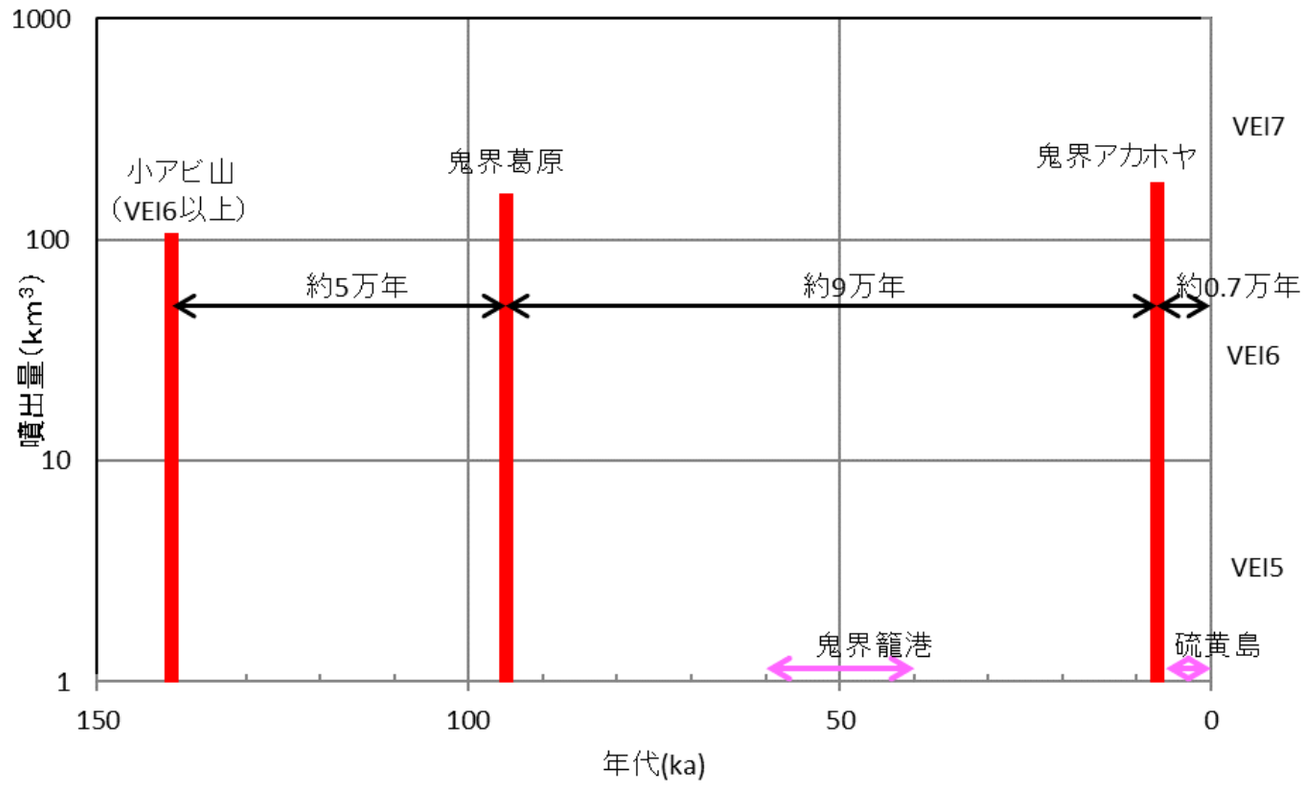
〇Nagaoka（1988）及び町田・新井（2011）に基づけば，鬼界アカホヤテフラ及び鬼界葛原テフラの給源である鬼界カルデラにおける噴出量100km³を超える破局的噴火の活動間隔は約5万年以上であり，最新の破局的噴火からの経過期間（約0.7万年）に比べて十分長い。よって，破局的噴火までには十分な時間的余裕があると考えられる。

〇Nagaoka（1988）によると，鬼界カルデラの現在の活動期は，薩摩硫黄島における後カルデラ火山噴火ステージとされている。

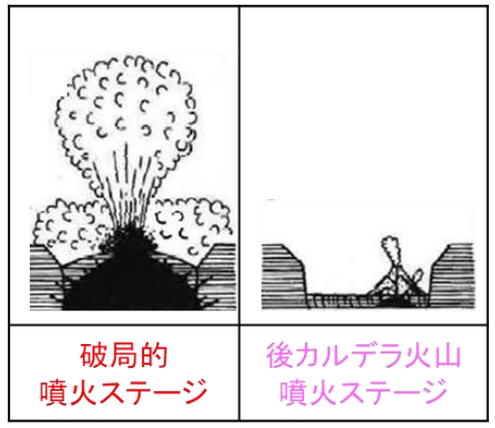


●：確認地点（数字は以下の地点番号に対応）
点線内は火砕流堆積物（K-Ky）の分布範囲を示す．
模式地（大きな黒丸）：1．垂水市堀切，2．霧島町永池，3．久住町一帯，4．宿毛市小川，5．関金町鴨ヶ丘，6．大台町栃原，7．立山町弥陀ケ原，8．妙高町大久保，9．作手村大野原，10．軽井沢町成沢，11．二宮町押切川新幹線下，12．尾瀬ケ原，13．西帰浦，14．古礼里．

鬼界アカホヤテフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）



鬼界カルデラの活動史
（Nagaoka（1988）を参考に町田・新井（2011）に基づき作成）



噴火ステージ区分
（Nagaoka（1988）に基づき作成）

鬼界アカホヤテフラ及び鬼界葛原テフラに関する詳細は，**補足資料2** P.2-2

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －鬼界カルデラ（地下構造）－

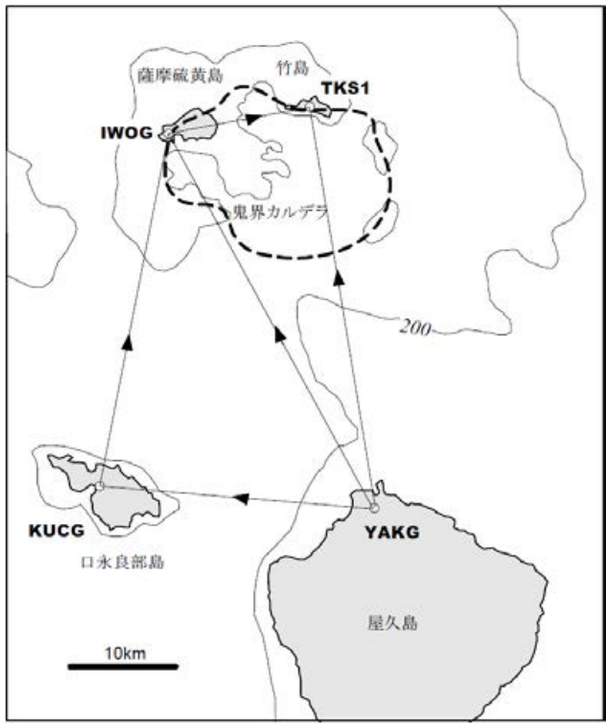
【鬼界カルデラの地下構造】

○文献調査の結果，鬼界カルデラ周辺では，マグマの供給に伴う膨張等の地殻変動は認められていない。また，鬼界カルデラ直下にはマグマ溜まりの形成が推定されているものの，そのマグマ溜まりのほとんどが玄武岩質マグマとされている。

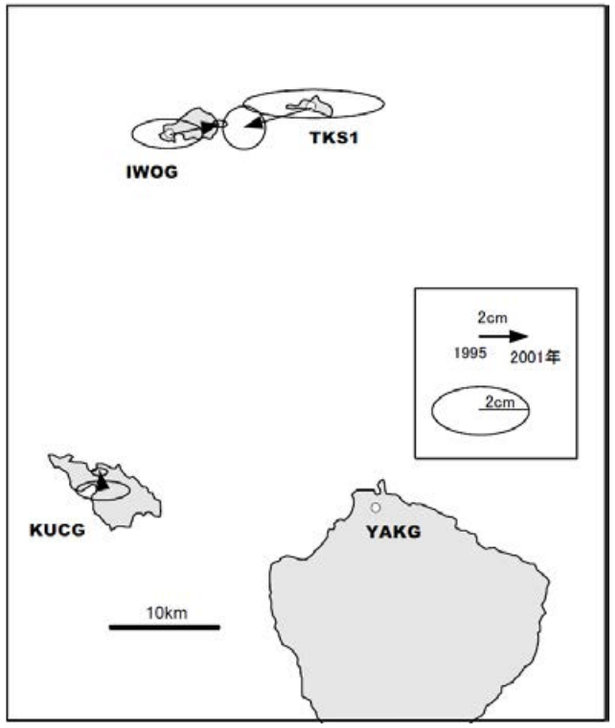
・井口ほか（2002）では，薩摩硫黄島，口永良部島，屋久島，竹島に設置されたGPSを用いて，1995年6月～2001年1月期間の変位量の解析を行っており，解析の結果から，顕著な膨張は鬼界カルデラ周辺では検出されておらず，少なくとも最近数年間には鬼界カルデラには深部からの新たなマグマの供給はないと判断できるとしている（左下図）。

・篠原ほか（2008）によると，メルト包有物に関する検討から，地下3kmにマグマ溜まりの上面を推定し，現在の火山ガスの放出量から，80km^{3}以上のマグマ溜まりが推定されるとし，火山ガスの起源のほとんどを地下深くに潜在している玄武岩マグマとしている（右下図）。

○鬼界カルデラの活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，鬼界アカホヤテフラ及び鬼界葛原テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。

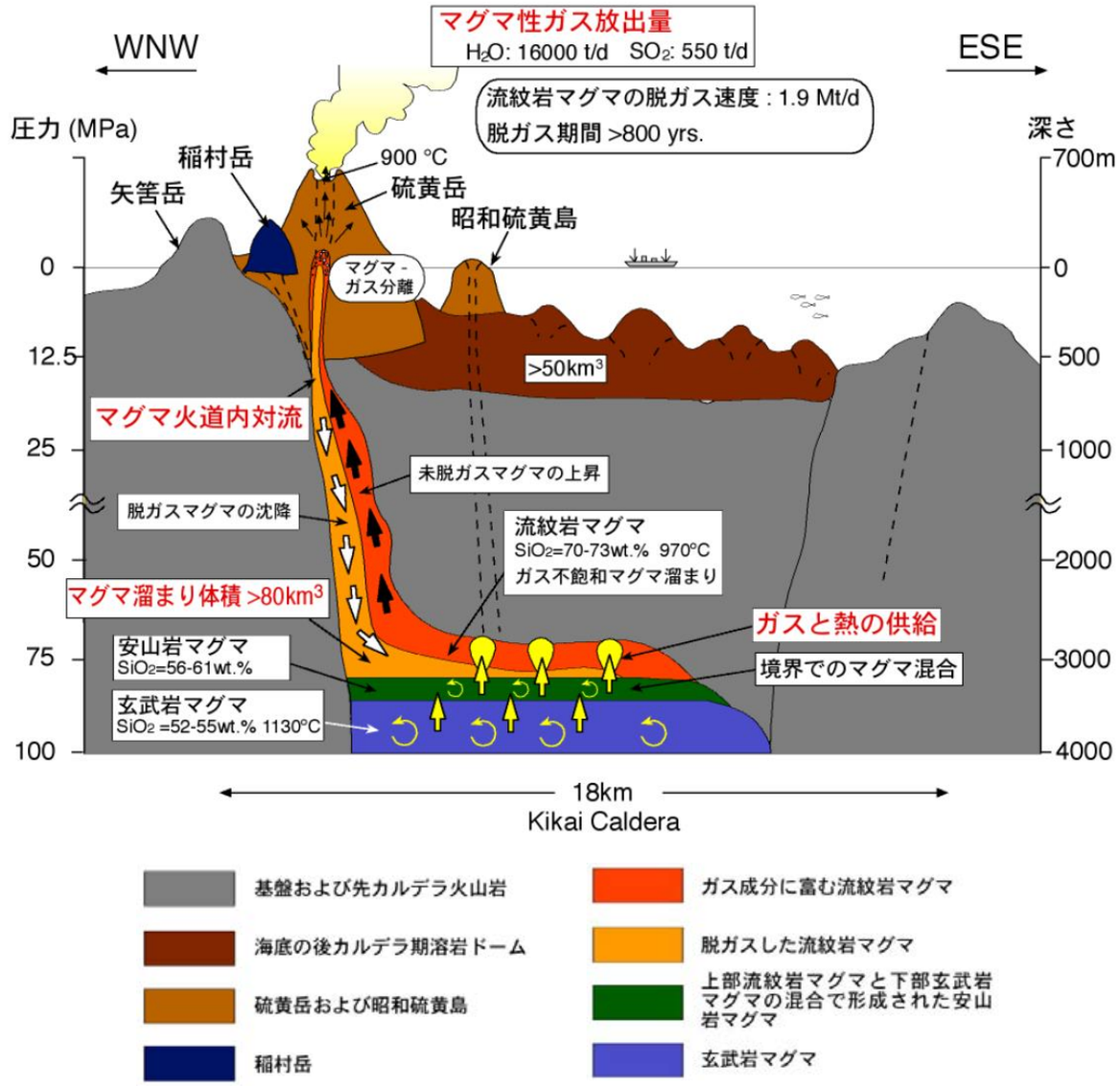


GPS観測点配置図



水平変位ベクトル
（期間：1995年6月～2001年1月）
楕円は誤差を示す

測地学的情報によるマグマ溜まりの供給
（井口ほか，2002）



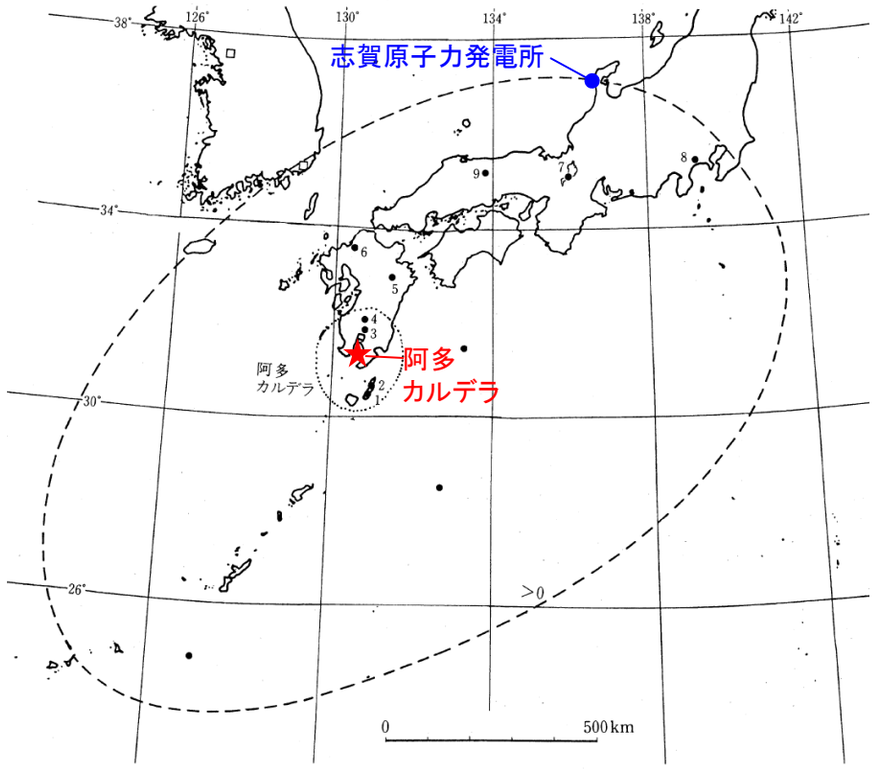
地球化学的情報によるマグマ溜まりモデル
（篠原ほか，2008）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ー阿多カルデラ(活動履歴)ー

【阿多カルデラの活動履歴】

〇Nagaoka(1988)及び町田・新井(2011)に基づけば，阿多テフラの給源である阿多カルデラにおける噴出量100km³を超える破局的噴火の最短間隔(約14万年)が，最新の破局的噴火からの経過時間(約11万年)に比べて長い(右下図)。よって，次の破局的噴火までには十分な時間的余裕があると考えられる。

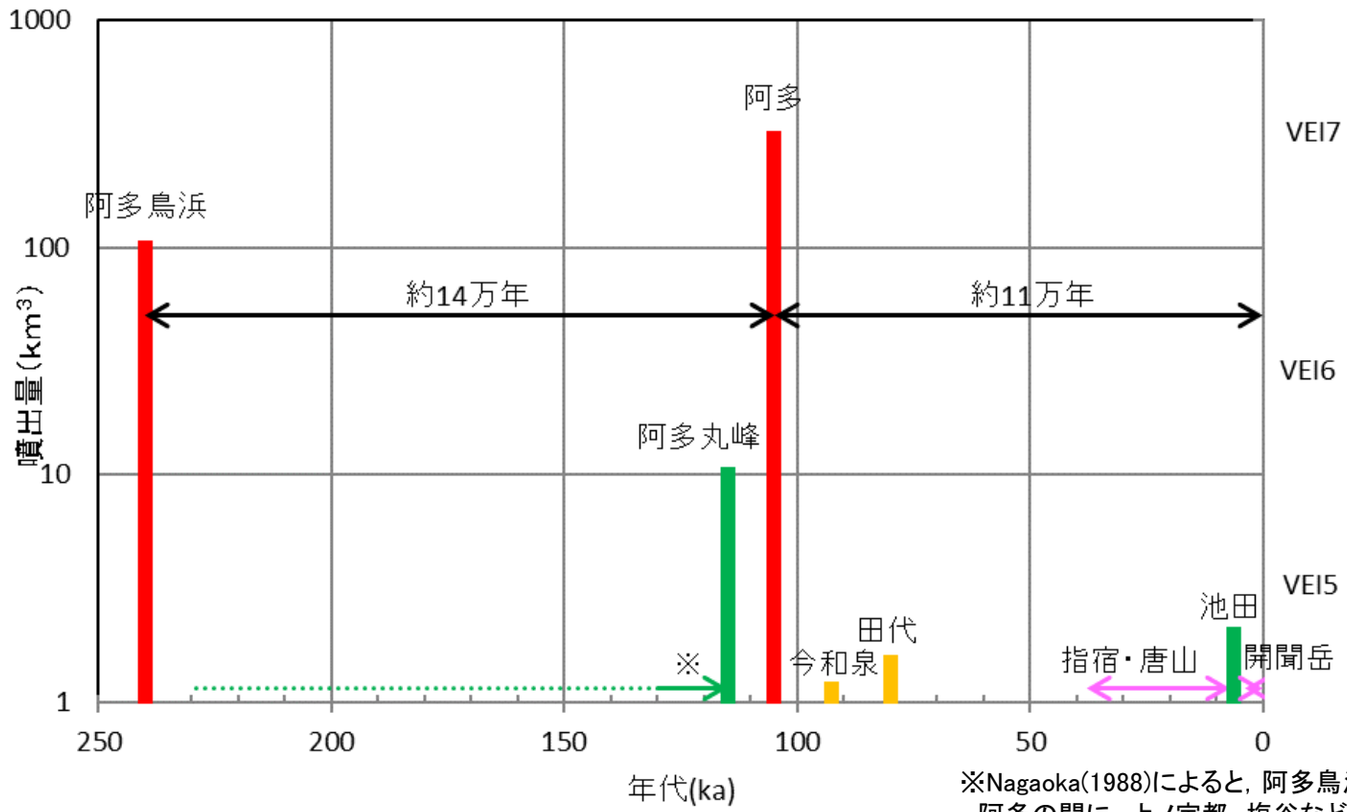
〇Nagaoka(1988)に基づけば，現在の阿多カルデラの活動は，開聞岳における後カルデラ火山噴火ステージもしくは池田におけるプリニー式噴火ステージの初期段階と考えられる。



●:確認地点(数値は以下の地点番号に対応)
点線内は阿多火砕流堆積物［Ata (pfl)］の分布範囲を示す．
模式地：1．南種子町上中，2．西之表市住吉，3．国分市重久，4．えびの市池牟礼，5．萩町野鹿，6．福岡市奈多，7．琵琶湖高島沖，8．平塚市人増，9．八束村．

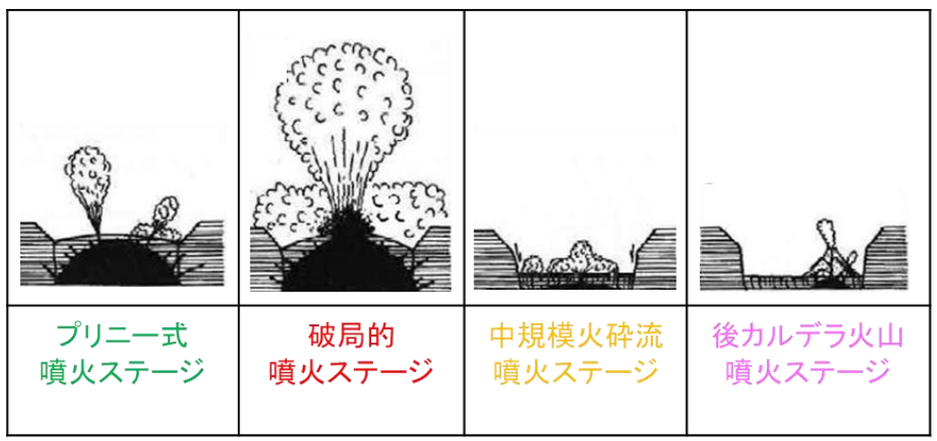
阿多テフラの分布
(町田・新井(2011)に一部加筆)

阿多テフラに関する詳細は，**補足資料2** P.2-3



※Nagaoka(1988)によると，阿多鳥浜から阿多の間に，上ノ宇都，塩谷など複数回のプリニー式噴火があったとされる。

阿多カルデラの噴火史
(Nagaoka(1988)を参考に町田・新井(2011)に基づき作成)



噴火ステージ区分
(Nagaoka(1988)に基づき作成)

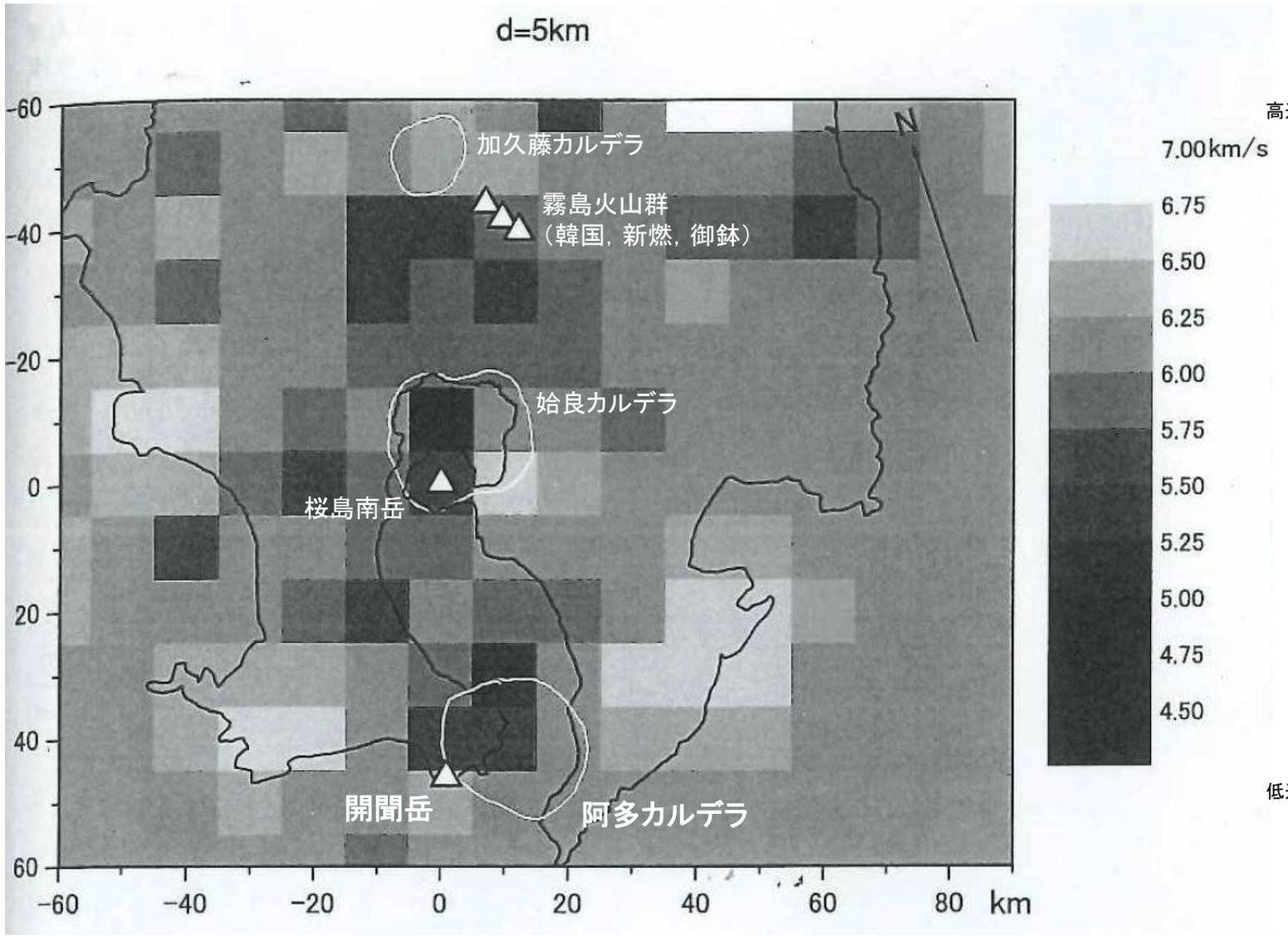
3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ー阿多カルデラ(地下構造)ー

【阿多カルデラの地下構造】

○西ほか(2001)によると，阿多カルデラ周辺の地震波(P波)速度構造において，深度5kmに低速度異常域が認められるが(下図)，この低速度異常域は熱水活動に関連するものとされている。

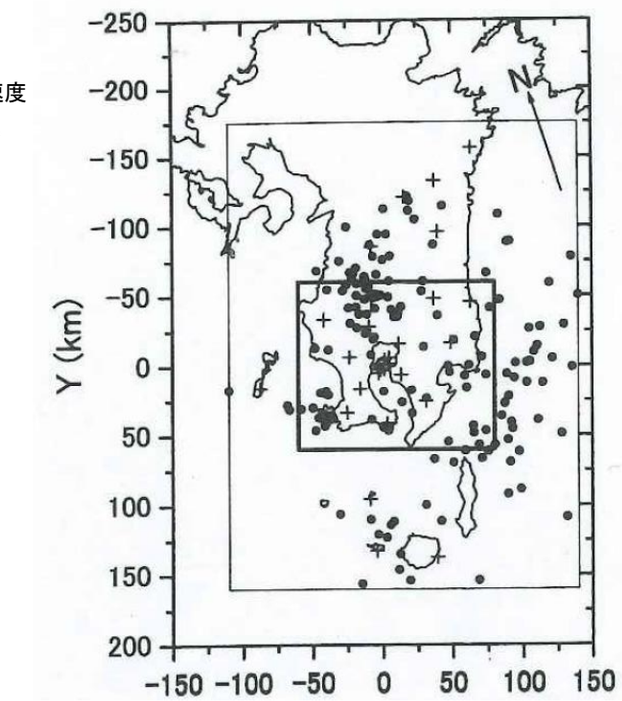
○よって，阿多カルデラの地下浅部に大規模なマグマ溜まりはないと考えられる。

○阿多カルデラの活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，阿多テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。



高速度

低速度



細線矩形は解析範囲
太線矩形は水平格子間隔が
3，10，20kmの範囲

解析に使用された震源と観測点

観測点数	：29 (図中＋)
地震数	：190 (図中●)
有効地震波線数	：2818
格子点間隔	：水平，3，10，20km
	深さ，5，10，20km

＜阿多カルデラ周辺の低速度異常域＞

・薩摩半島南東端には阿多カルデラ，指宿地域の熱水活動に関連した低速度異常域が認められる。

(西ほか，2001)

阿多カルデラ地下のP波速度構造
(西ほか(2001)に一部加筆)

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －姶良カルデラ（活動履歴）－

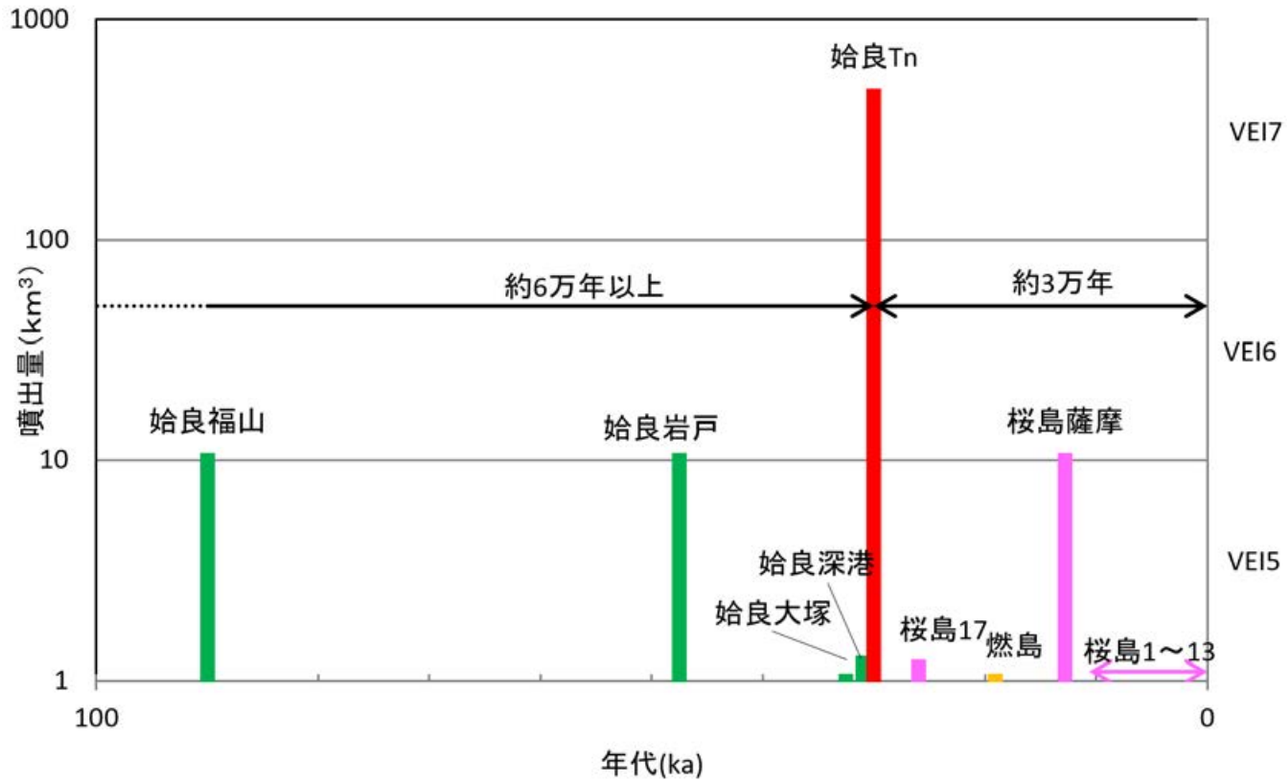
【姶良カルデラの活動履歴】

〇Nagaoka（1988），町田・新井（2011）及び宝田ほか（2022）に基づけば，姶良Tnテフラの給源である姶良カルデラにおける噴出量100km³を超える破局的噴火の活動間隔（約6万年以上）は，最新の破局的噴火（約3万年前の姶良Tnテフラの噴出）からの経過期間と比べ十分に長く，破局的噴火に先行して発生するプリニー式噴火ステージの兆候が認められない。よって，破局的噴火までには十分な時間的余裕があると考えられる。

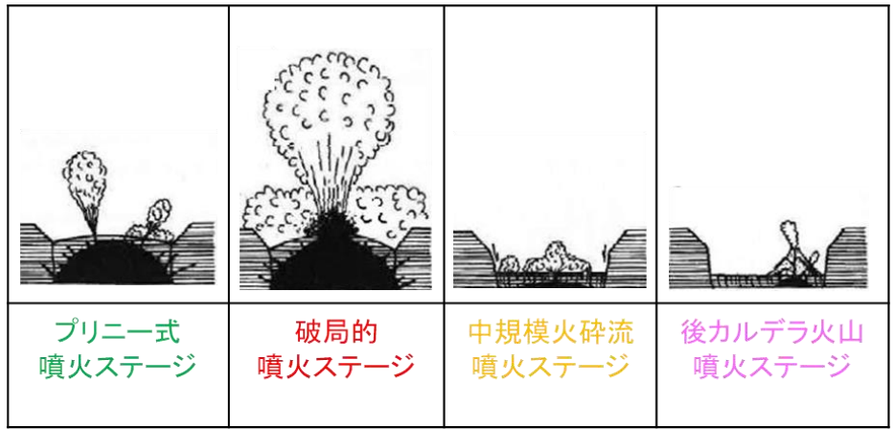
〇Nagaoka（1988）に基づけば，現在の姶良カルデラの活動期は，後カルデラ火山噴火ステージ（桜島の活動）と考えられる。

各地点の数値は層厚（cm），Obs: 火山灰の確認地点，Tr: 微量

姶良Tnテフラの分布
（宝田ほか（2022）に一部加筆）



姶良カルデラの活動史
（Nagaoka（1988）を参考に町田・新井（2011）及び宝田ほか（2022）に基づき作成）



噴火ステージ区分
（Nagaoka（1988）に基づき作成）

姶良Tnテフラに関する詳細は，**補足資料2** P.2-3

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －姶良カルデラ（地下構造）－

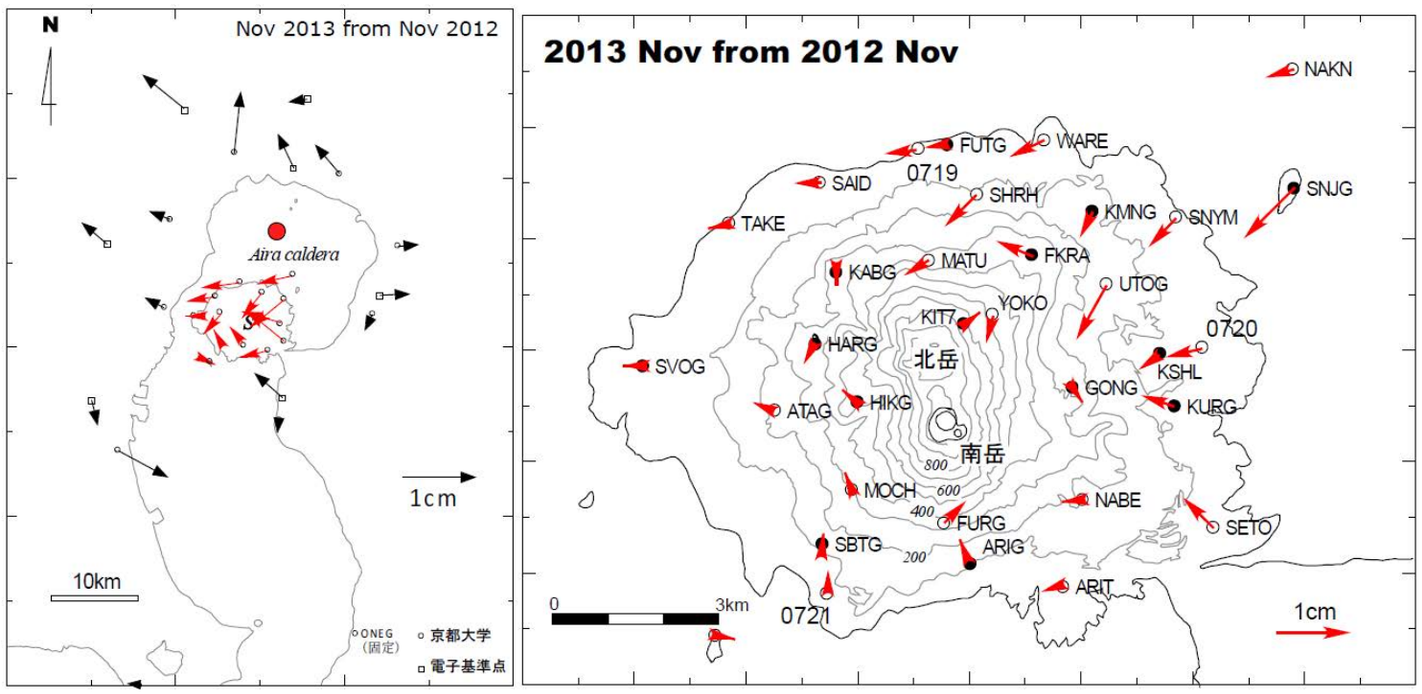
【姶良カルデラの地下構造】

○井口ほか（2014）によると，GPS連続観測及びGPS稠密繰り返し観測の結果から，姶良カルデラ中央部を中心とする外向きの放射状の水平変位が認められ（左下図），姶良カルデラ中央部下の深さ10kmの位置に圧力源が推定されている。

○気象庁（2013）によると，姶良カルデラの地下約10kmに主マグマ溜まりが存在し，副マグマ溜まりは桜島の直下約4kmに存在すると推定されている（右下図）。

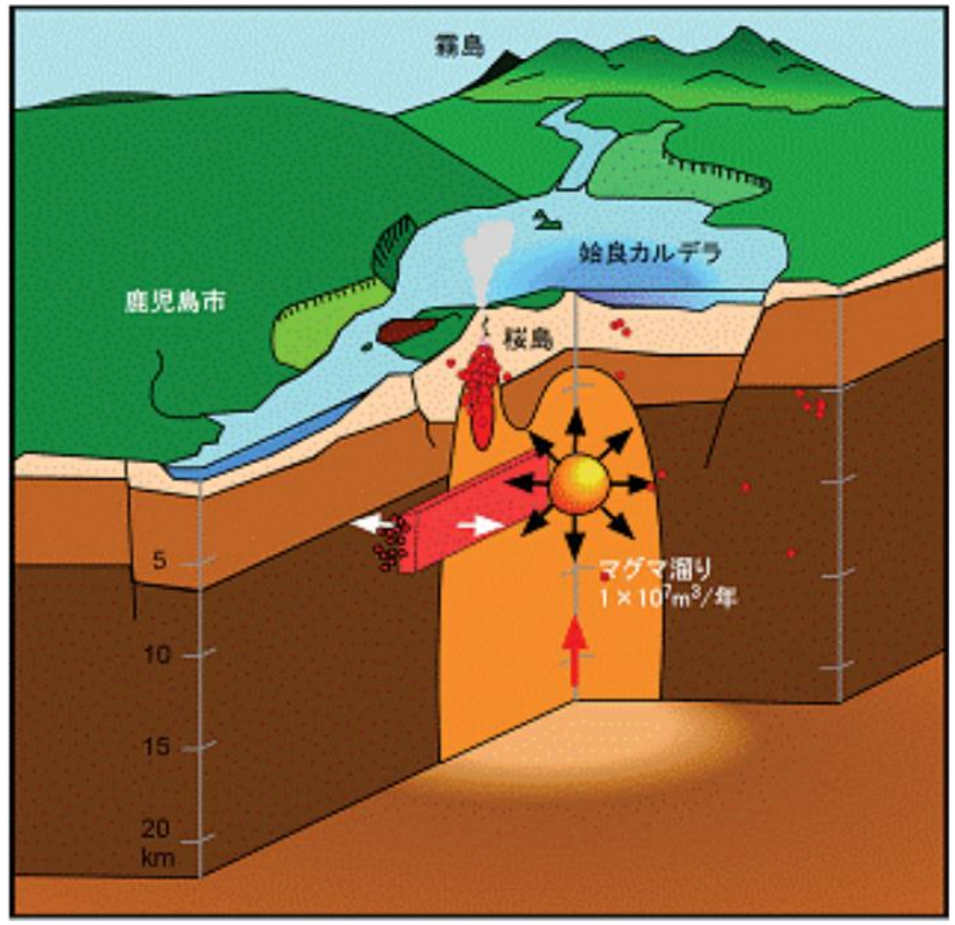
○上記の通り，姶良カルデラ中央部の地下約10kmにマグマ溜まりの存在が推定されているものの，このマグマ溜まりは，東宮(1997)による珪長質マグマの浮力中立点の深度約7kmより深い位置にあると推察される。

○姶良カルデラの活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，姶良Tnテフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。



・英字はGPSの連続観測点および繰り返し観測点の名称
・桜島山頂から39km離れた大隅半島のONEGを固定として示す。
・赤丸は求められた球状圧力源の位置を示す。

水平変位ベクトル（左図：姶良カルデラ，右図：桜島）
（井口ほか，2014）



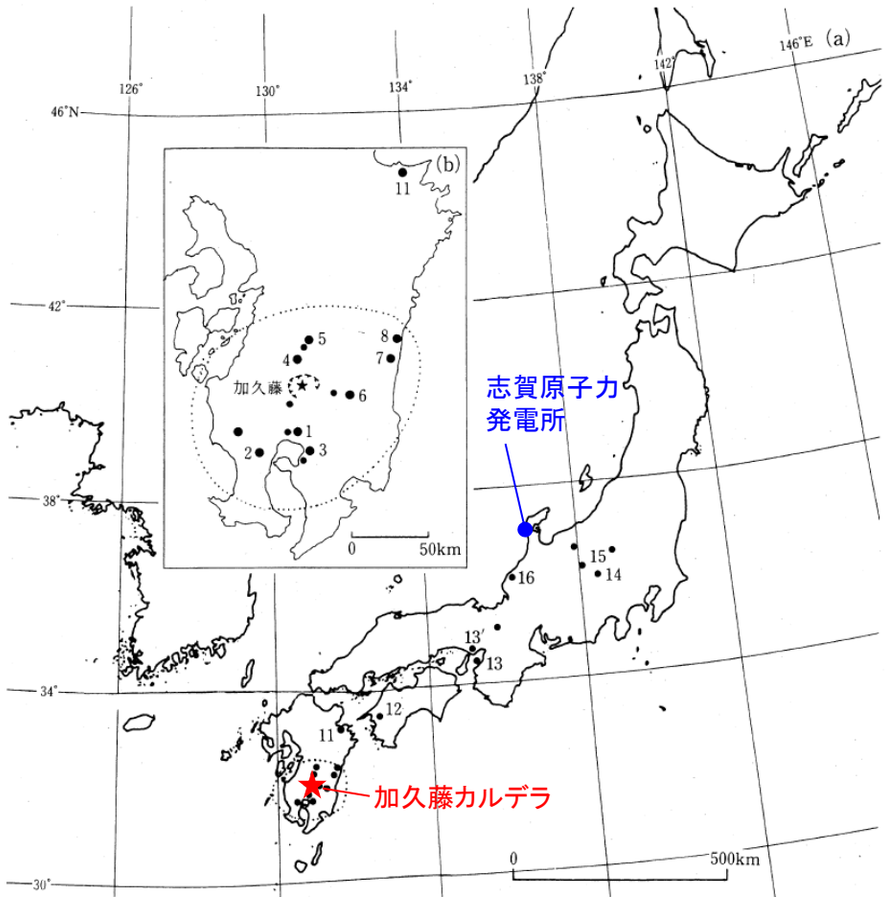
桜島地下のマグマ供給系イメージ
（気象庁，2013）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －加久藤カルデラ（活動履歴）－

【加久藤カルデラの活動履歴】

〇Nagaoka（1988）及び町田・新井（2011）に基づけば，加久藤テフラの給源である加久藤・小林カルデラにおける噴出量100km^{3}を超える破局的噴火の活動間隔（約20万年）は，最新の破局的噴火からの経過時間（約33万年）に比べて短い。よって，破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性，破局的噴火を発生させる供給系ではなくなっている可能性等が考えられる。

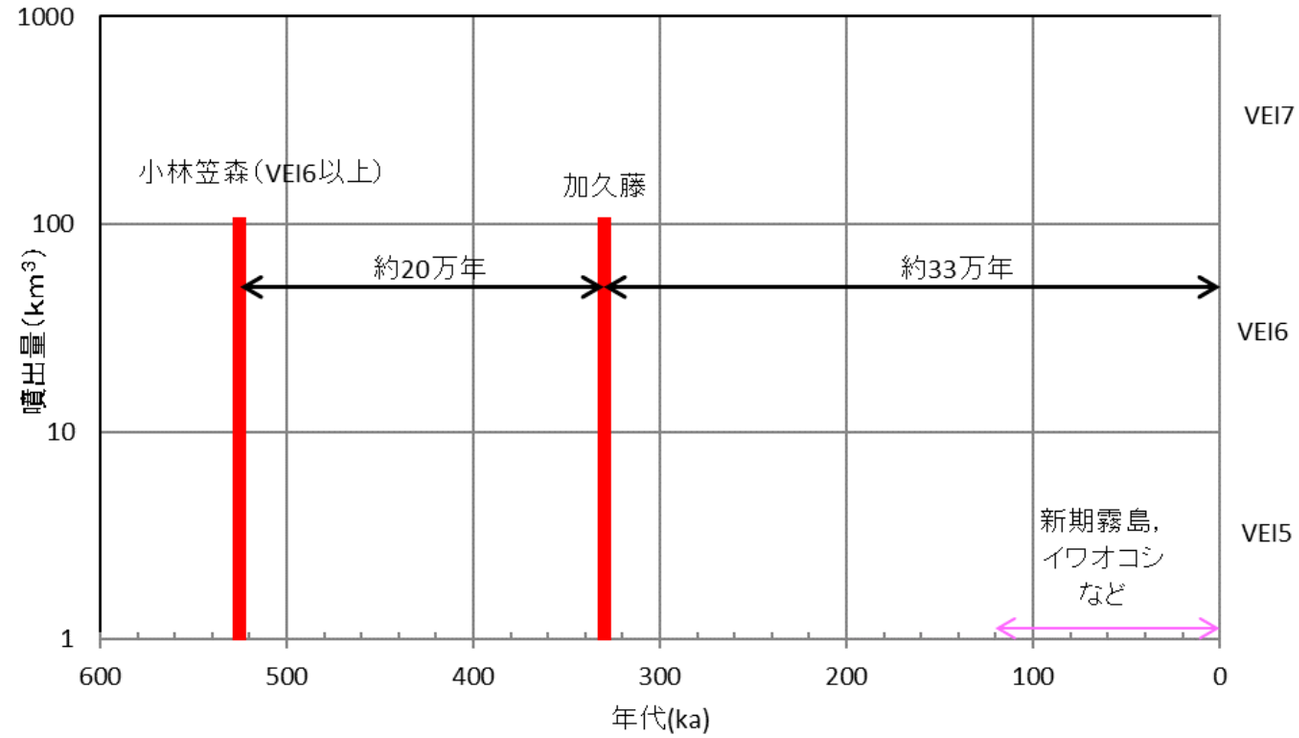
〇加久藤・小林カルデラにおける最新の破局的噴火以降は，霧島山においてイワオコシ軽石等の多様な噴火様式の小規模噴火が発生していることから，霧島山における後カルデラ火山噴火ステージが継続していると考えられる。



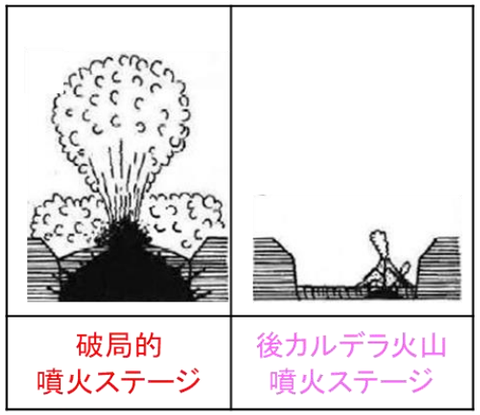
●：確認地点（数値は地点番号）
・・・：火砕流の分布範囲
★：噴出源の推定位置

加久藤テフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）

加久藤テフラに関する詳細は，<u>補足資料2</u> P.2-9



加久藤・小林カルデラの活動史
（Nagaoka（1988）を参考に町田・新井（2011）に基づき作成）



噴火ステージ区分
（Nagaoka（1988）に基づき作成）

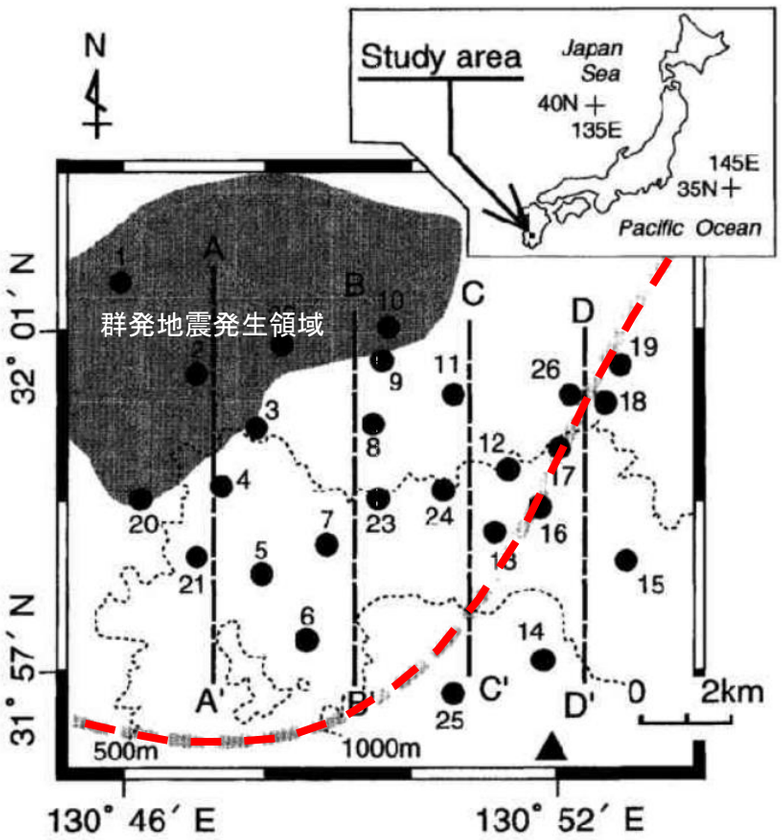
3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －加久藤カルデラ（地下構造）－

【加久藤カルデラの地下構造】

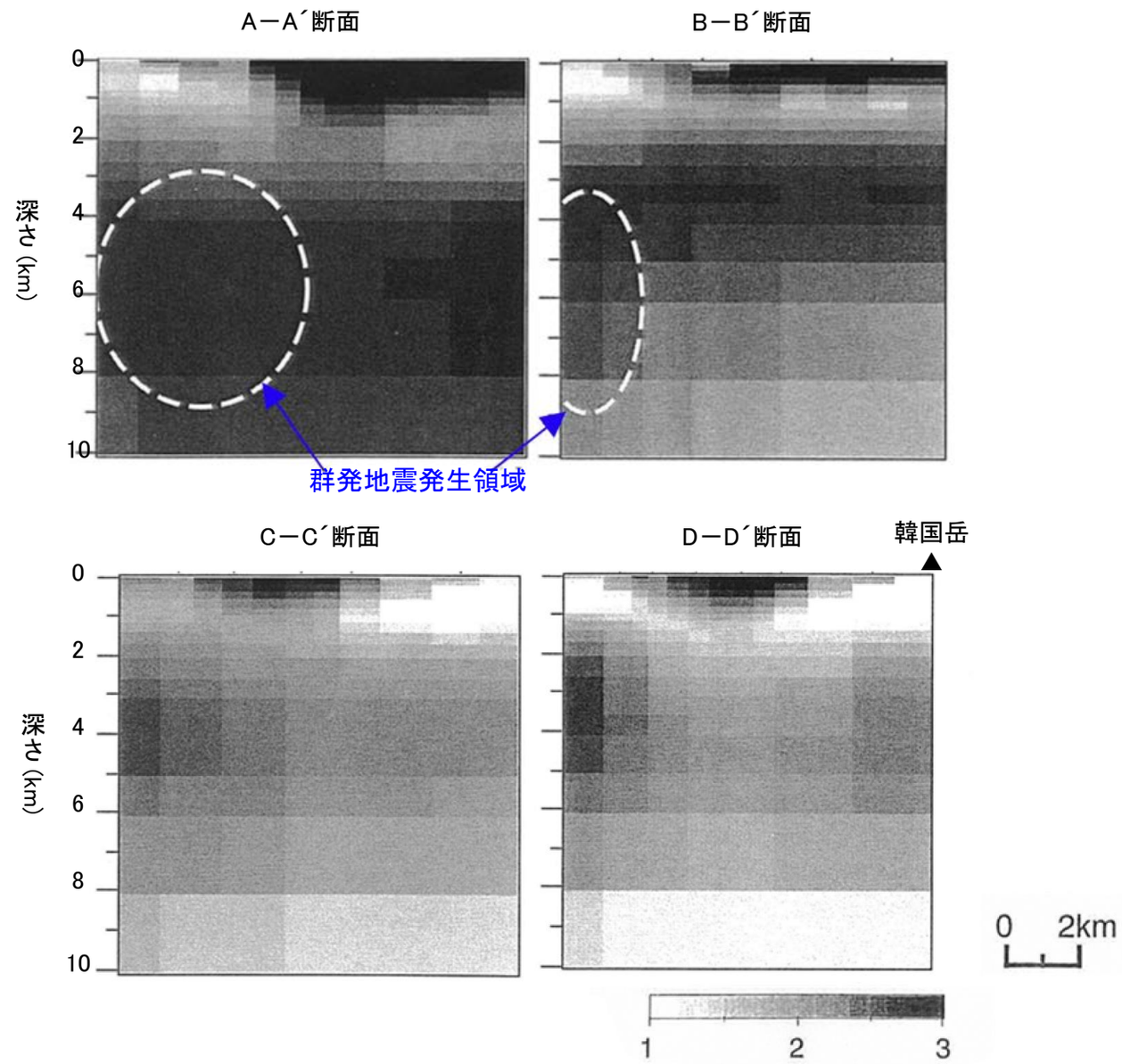
〇Goto et al.（1997）によると，加久藤カルデラでの群発地震発生領域（1968年のえびの群発地震（M6.1）等）を対象としたMT法（magnetotelluric法：自然電磁場変動を測定し，地下の電気伝導度を推定する方法）による調査を実施した結果，群発地震発生領域には，大規模な流体は存在しないとされている。また，当該調査による比抵抗構造によると，加久藤カルデラ周辺では深さ約10km以浅で低比抵抗領域は認められない。

〇よって，加久藤カルデラの地下浅部に大規模なマグマ溜まりはないと考えられる。

〇加久藤カルデラの活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，加久藤テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。



●：観測点　▲：韓国岳　点線：地形
太破線：加久藤カルデラ



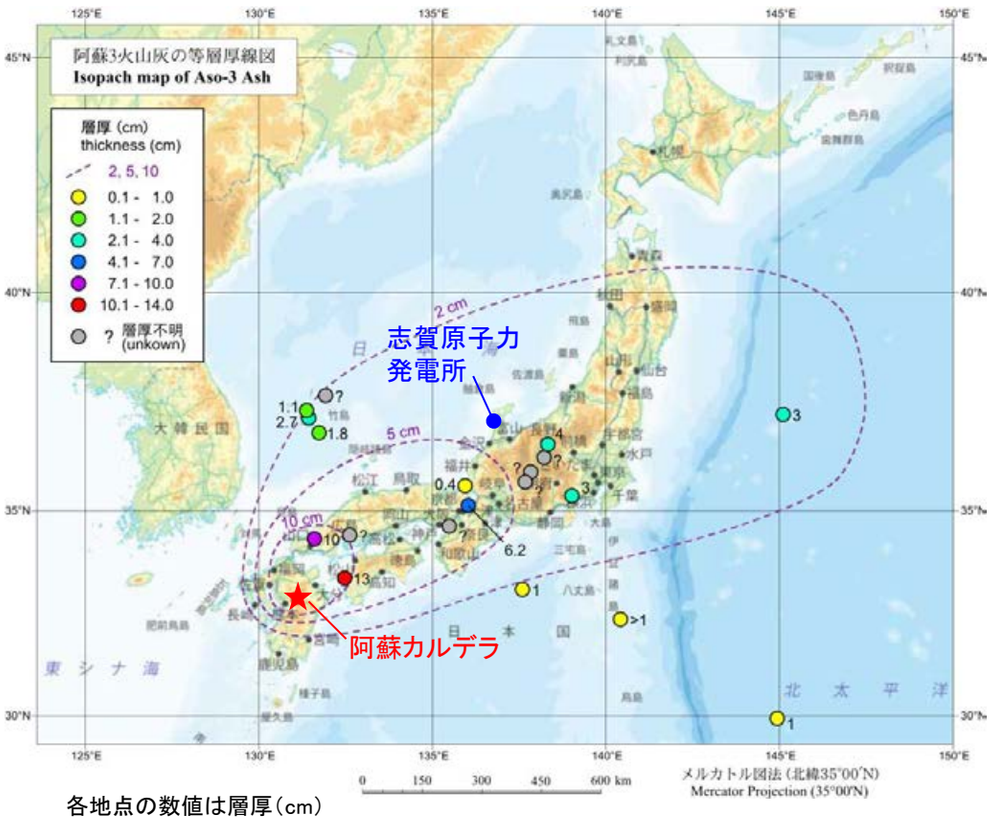
加久藤カルデラ周辺における比抵抗構造
（Goto et al.(1997)に一部加筆）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ー阿蘇カルデラ（活動履歴）ー

【阿蘇カルデラの活動履歴】

〇Nagaoka（1988），町田・新井（2011）及び星住ほか（2023，2024）に基づけば，阿蘇4テフラ及び阿蘇3テフラの給源である阿蘇カルデラの現在の活動は，最後の噴出量100km^{3}を超える破局的噴火（約8.8万年前の阿蘇4テフラの噴出）以降，阿蘇山において草千里ヶ浜軽石等の多様な噴火様式による小規模噴火が発生している。よって，現在の阿蘇カルデラの噴火活動は，阿蘇山における後カルデラ火山噴火ステージの活動と考えられる（右下図）。

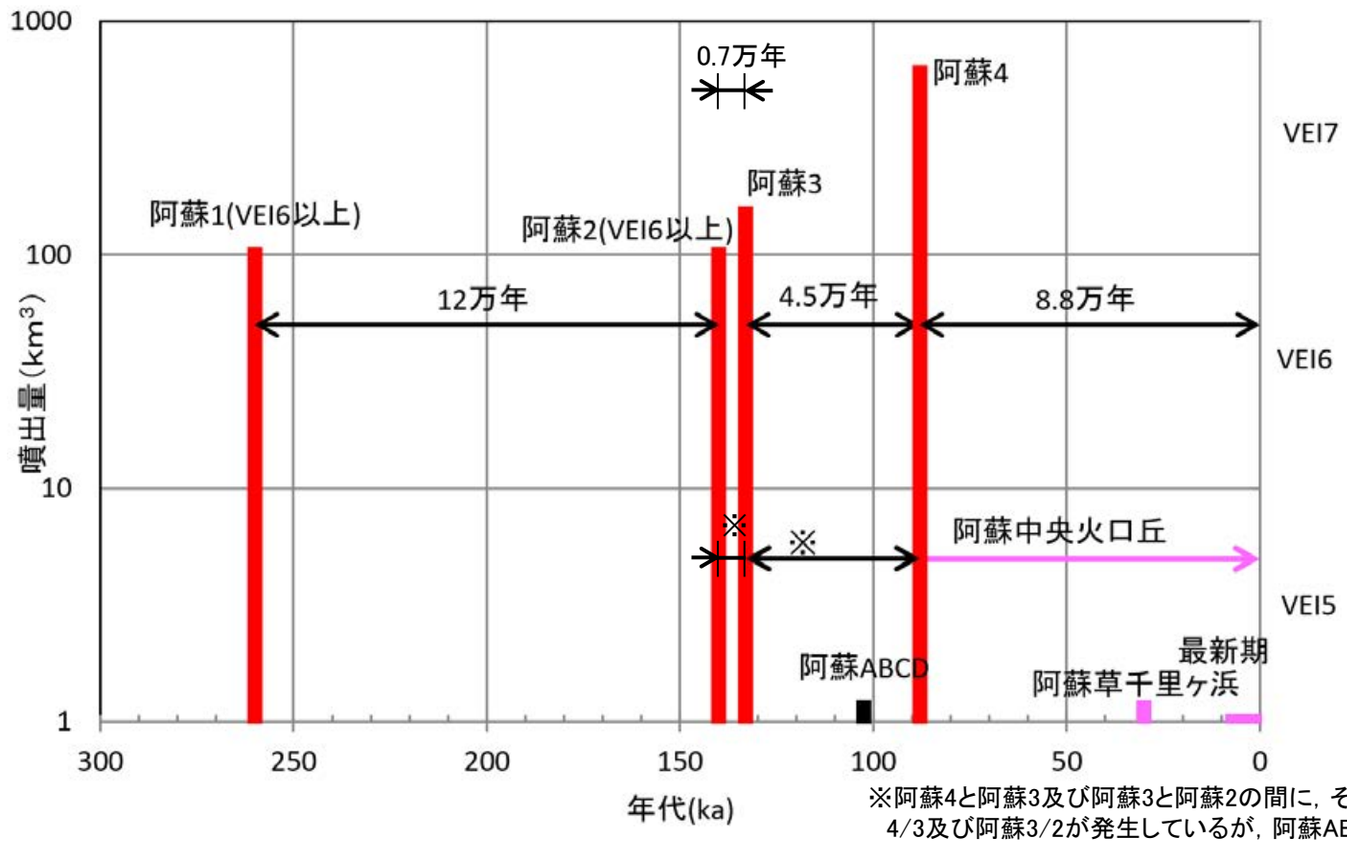
〇また，破局的噴火の最短の活動間隔（約0.7万年）は，最後の破局的噴火からの経過期間（約8.8万年）と比べて短いため，破局的噴火のマグマ溜まりを形成している可能性，もしくは破局的噴火を発生させるマグマ供給系はなくなっている可能性が考えられる（右下図）。



各地点の数値は層厚（cm）

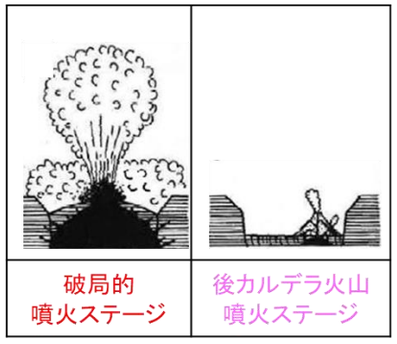
阿蘇3テフラの分布
（星住ほか（2024）に一部加筆）

阿蘇4テフラ及び阿蘇3テフラに関する詳細は，**補足資料2** P.2-4



※阿蘇4と阿蘇3及び阿蘇3と阿蘇2の間に，それぞれ阿蘇4/3及び阿蘇3/2が発生しているが，阿蘇ABCDを含め，対応する噴火ステージ区分は判断できない。

阿蘇カルデラの活動史
（Nagaoka（1988）を参考に町田・新井（2011）及び星住ほか（2023，2024）に基づき作成）



噴火ステージ区分
（Nagaoka（1988）に基づき作成）

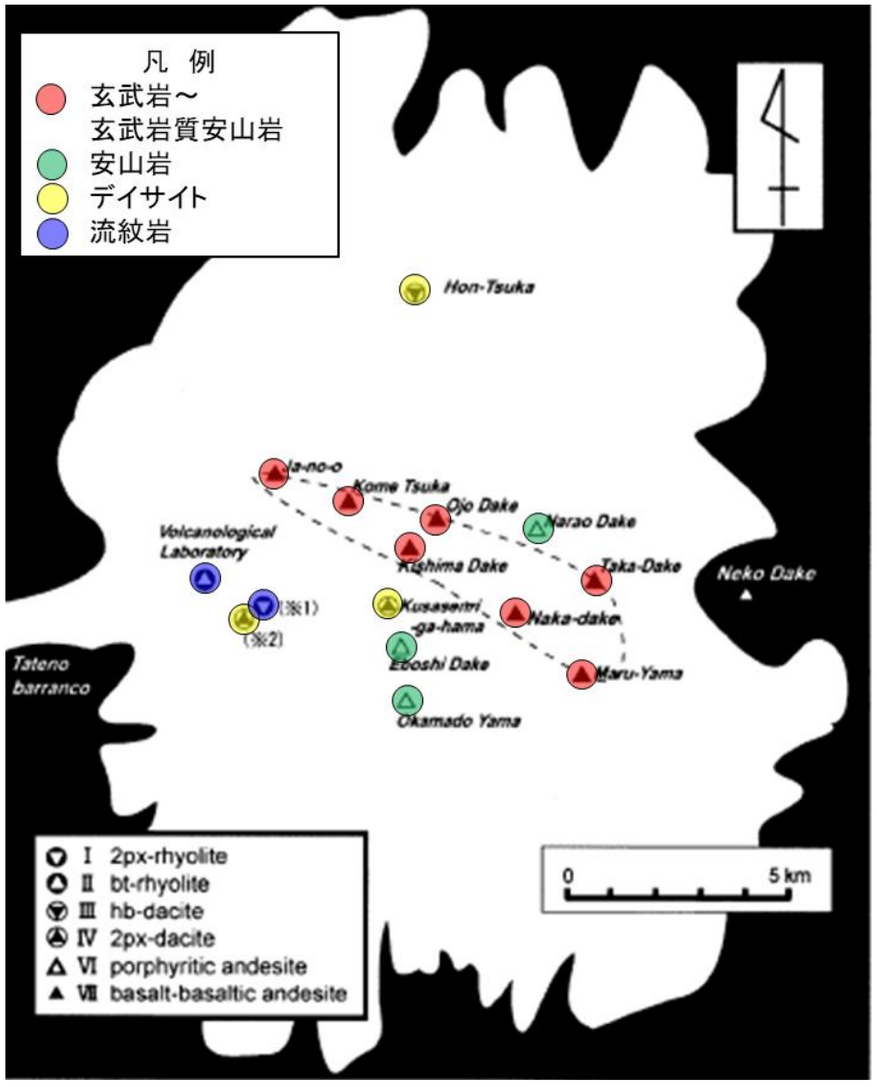
3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ー阿蘇カルデラ(地下構造)ー

【阿蘇カルデラの地下構造】

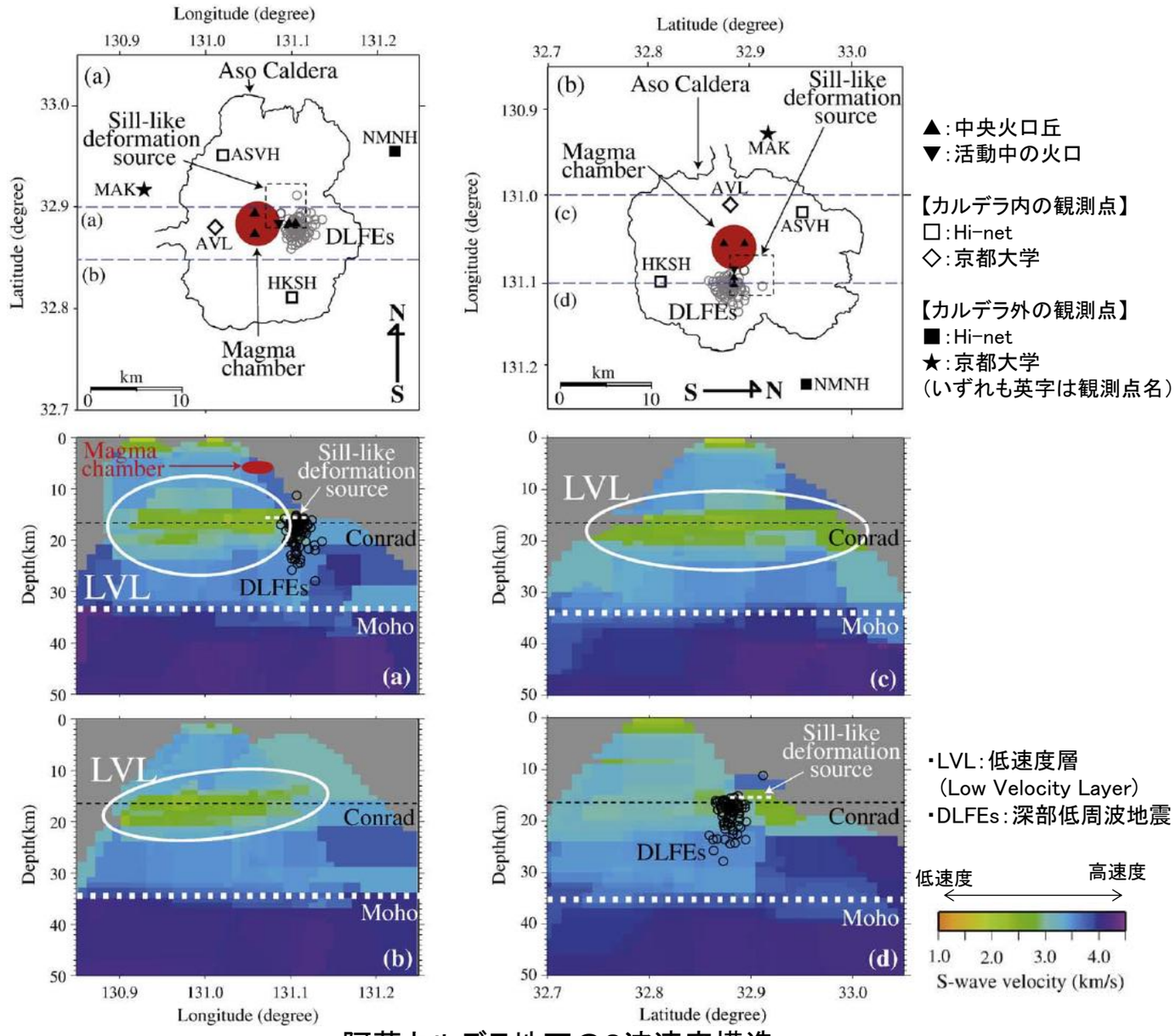
〇三好ほか(2005)によると，後カルデラ期では，苦鉄質火山噴出物(玄武岩～玄武岩質安山岩)の供給火口がカルデラ中央部に分布し，その周辺により珪長質な火山噴出物の給源火口が分布する傾向があるとされる。この火口分布は大規模な珪長質マグマ溜まりがカルデラ直下に存在する場合に想定される分布とは異なるため，カルデラ形成期に存在した大規模な単一のマグマ溜まりは後カルデラ期には存在しなくなったと考えられるとされる(左下図)。

〇Abe et al.(2010) によると，阿蘇カルデラ西部の深度約10～24kmには，S波速度の低速度層が確認され(右下図)，5～15%のメルトもしくは10～30%の水が含まれている可能性があるとされる。この低速度層が仮に大規模なマグマ溜まりであるとしても，その分布深度は，東宮(1997)による珪長質マグマの浮力中立点の深度約7kmより深い位置にあると推察される。

〇阿蘇カルデラの活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，阿蘇3及び阿蘇4テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。



各噴出物の給源火口位置
(三好ほか(2005)に一部加筆)



阿蘇カルデラ地下のS波速度構造
(Abe et al.(2010)に一部加筆)

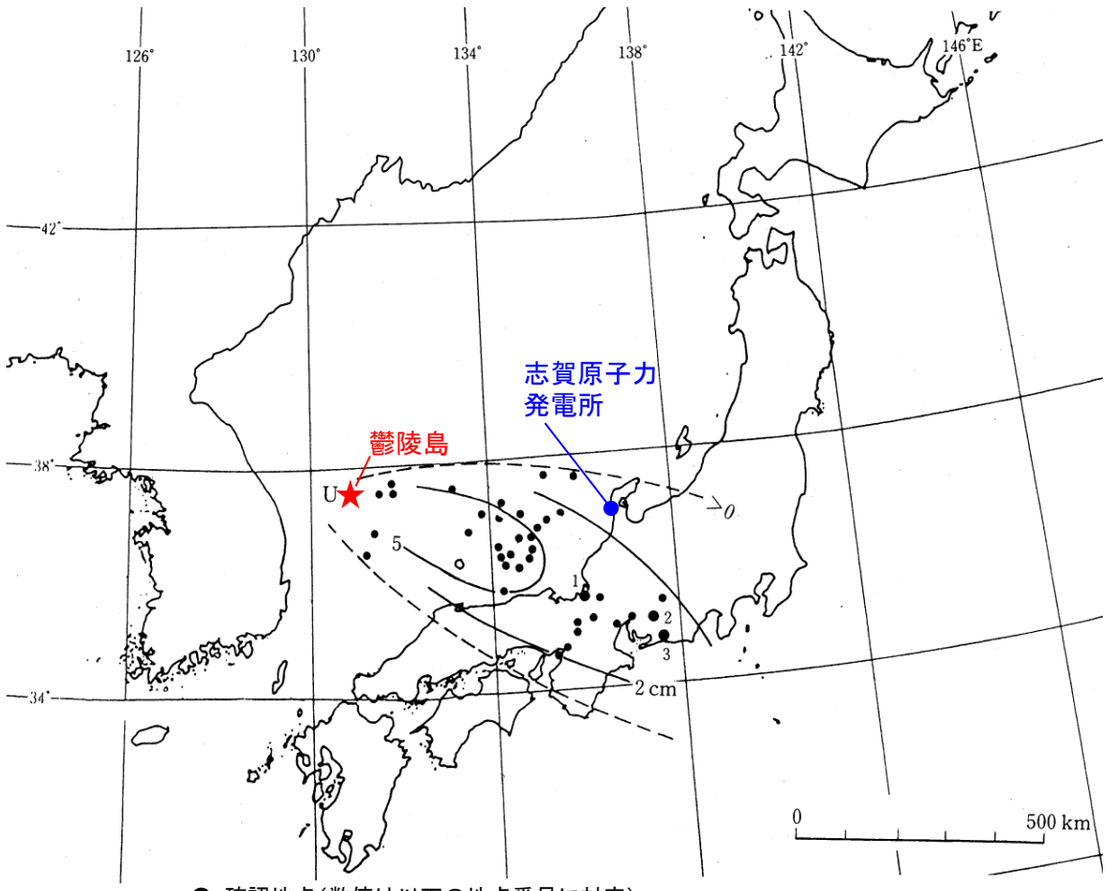
3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ―鬱陵島（活動履歴）―

【鬱陵島の活動履歴】

○町田・新井（2011）によると，鬱陵隠岐テフラの給源である鬱陵島では，完新世においてVEI 6規模の鬱陵隠岐テフラ（U-4）をもたらす噴火が発生し，それ以降，少なくとも3回（U-3，U-2，U-1）の噴火が発生しているが，それぞれの噴火規模は不明である。ただし，最新噴火であるU-1については，鬱陵島の中央火口丘（卵峰）形成に関わる水蒸気爆発のテフラとされる。

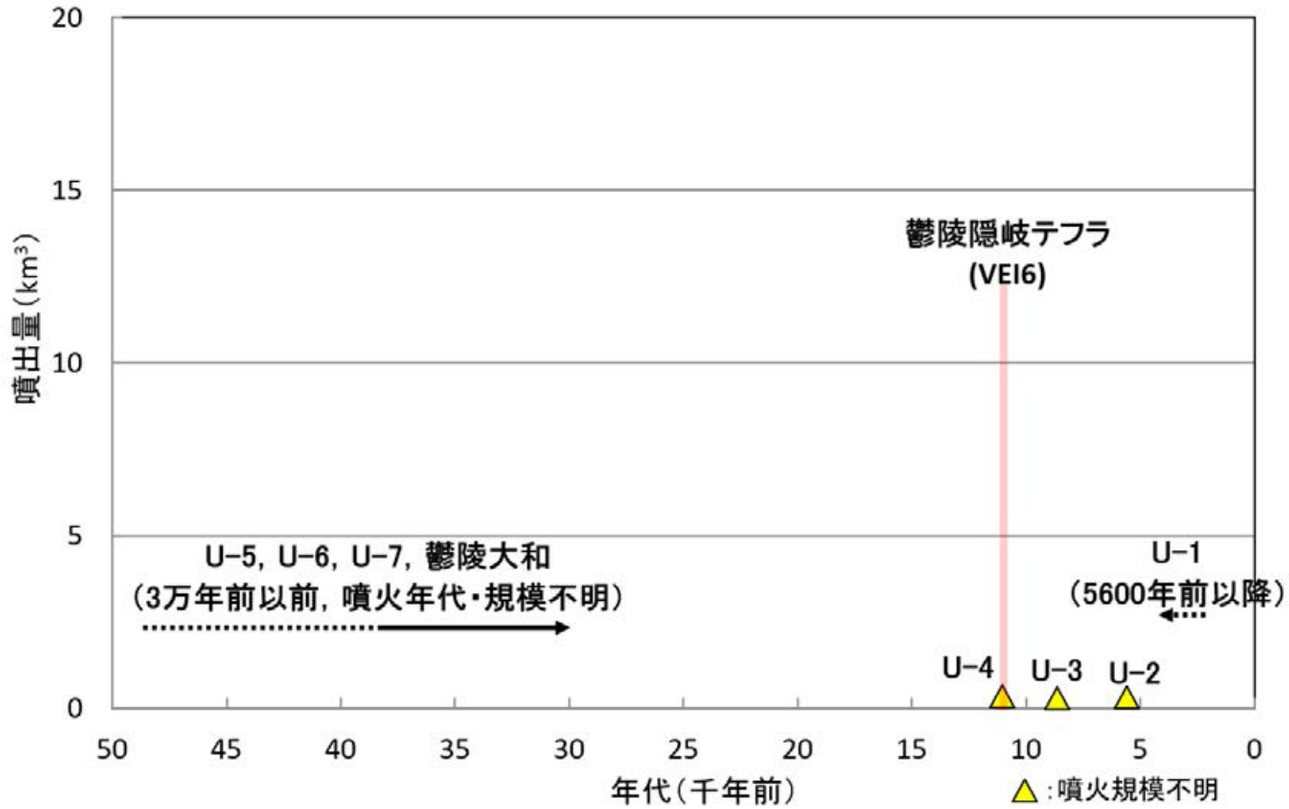
○また，鬱陵隠岐テフラの噴火以前の活動については，U-5，U-6などのテフラをもたらす噴火が発生したとされるが，その噴火年代や規模は不明である。

○なお，椎原ほか(2013)や東野ほか（2019）によると，日本列島に分布する鬱陵隠岐テフラには，U-4及びU-3が混在しているとされる。



●：確認地点（数値は以下の地点番号に対応）
U 鬱陵島，模式地：1．三方町鳥浜，2．作手村大野原，3．浜名湖．

鬱陵隠岐テフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）



鬱陵島の活動史
（須藤ほか(2007)，町田・新井(2011)，椎原ほか(2013)，東野ほか（2019）に基づき作成）

鬱陵隠岐テフラに関する詳細は，**補足資料2** P.2-5

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 ―鬱陵島（地下構造）―

【鬱陵島の地下構造】

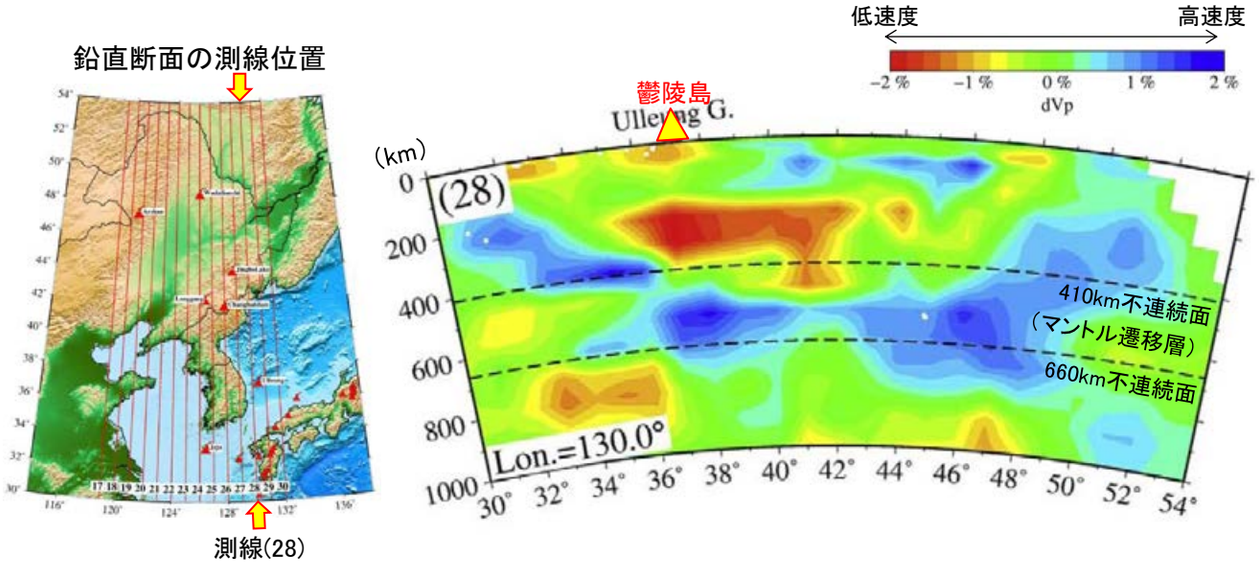
〇地震波速度構造に関する文献調査の結果，鬱陵島の地下深部には顕著な低速度層が認められる。鬱陵島直下の地下浅部におけるマグマ溜まりの状況に関する詳細な知見は得られておらず，地下浅部に大規模なマグマ溜まりが存在しているかは不明である。

・Ma et al.(2018)は，鬱陵島の地下深部に認められるVp低速度層（左下図）について，太平洋スラブやフィリピン海スラブの沈み込みに伴う，マントル内の高温で湿潤なアセノスフェア物質の上昇・活発な対流に成因があるとし，それが火山の形成に繋がっていると考察している。

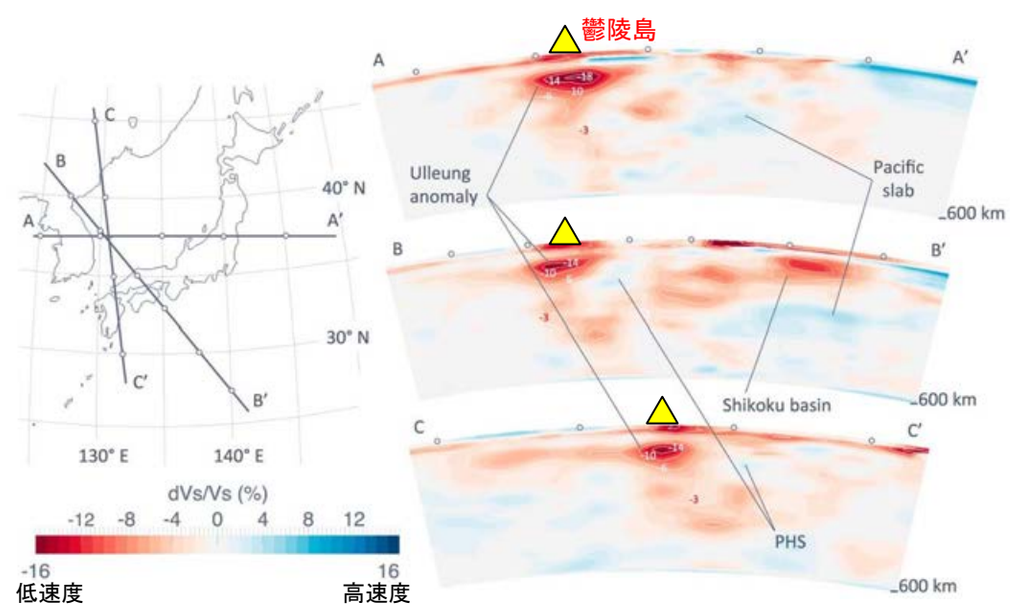
・Simuté et al.(2016)も，Vs偏差の鉛直断面図と水平断面図（深度20km）において鬱陵島地下に低速度異常が確認できるとし，マントル遷移層内またはその上部の流動に関連した不安定性の結果として生じているとの仮説を提示している（右下図）。

〇鬱陵島の活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，鬱陵隠岐テフラと同規模の噴火が発生する可能性は否定できないと評価した。

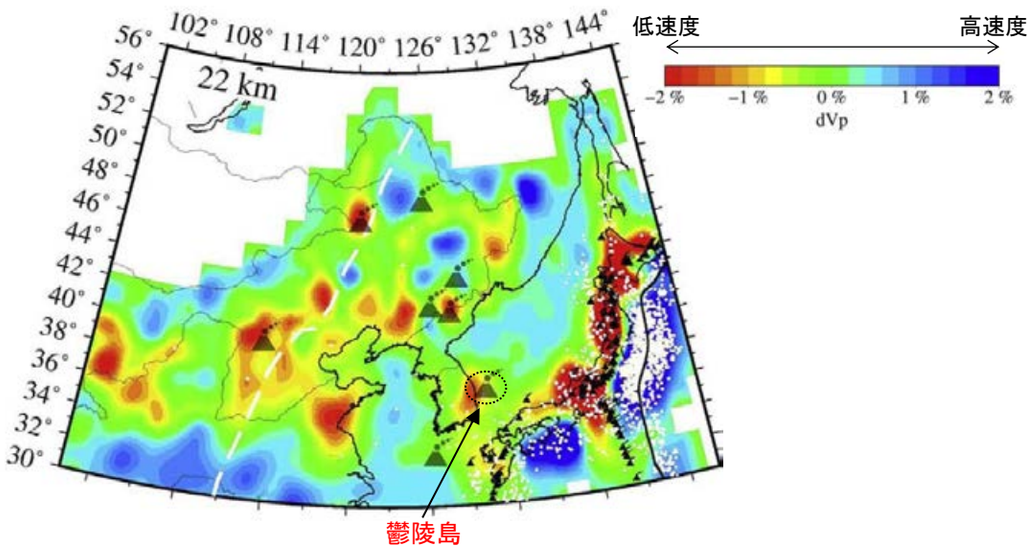
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



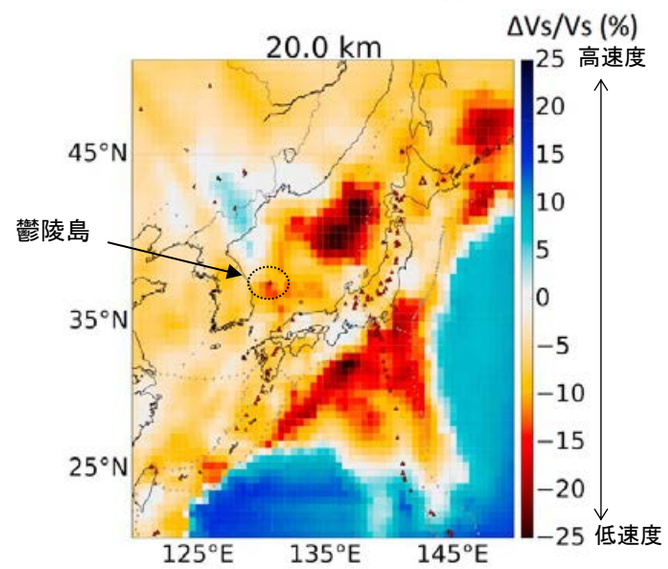
鬱陵島を通る南北測線におけるVp偏差鉛直断面
（Ma et al.(2018)に一部加筆）



鬱陵島を通る3測線におけるVs偏差鉛直断面
（Simuté et al.(2016)に一部加筆）



鬱陵島付近のVp偏差水平断面
（Ma et al.(2018)に一部加筆）



鬱陵島付近のVs偏差水平断面
（Simuté et al.(2016)に一部加筆）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －三瓶山（活動履歴）－

【三瓶山の活動履歴】

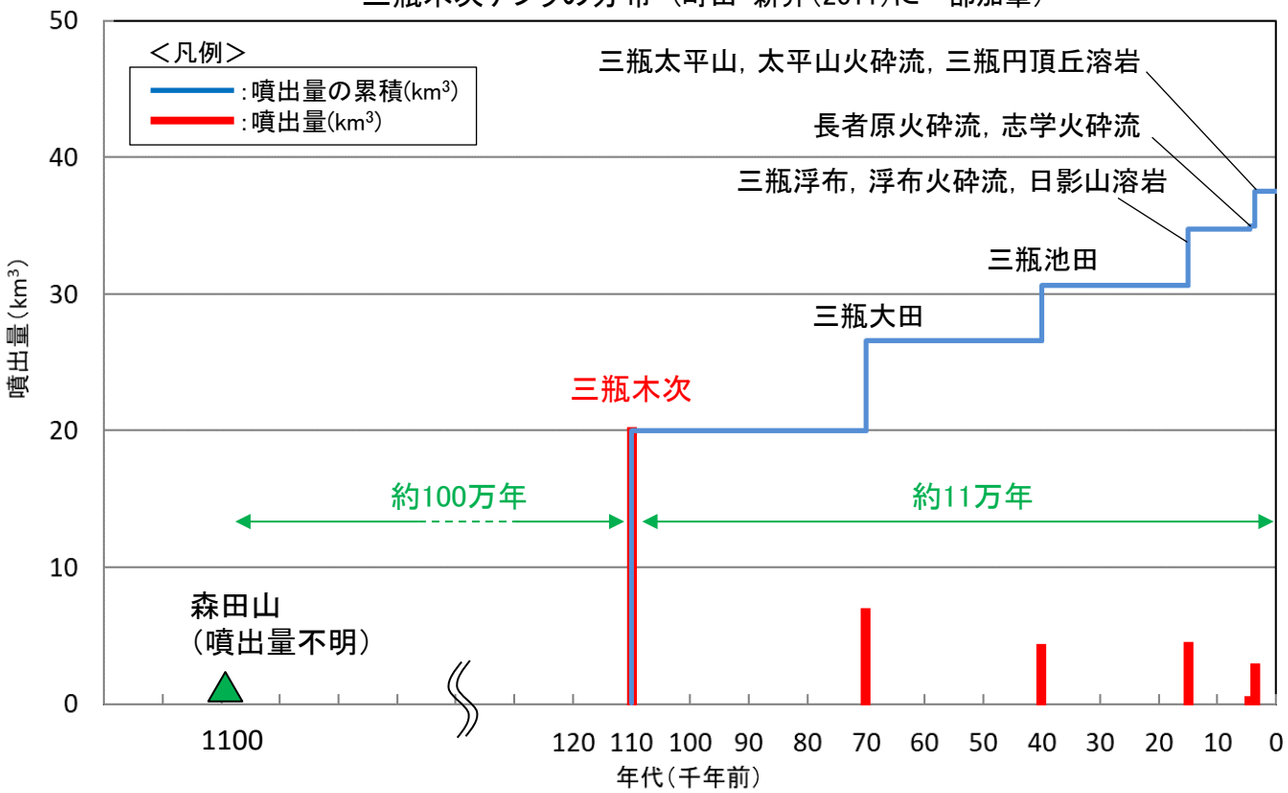
○三瓶木次テフラの給源である三瓶山の活動履歴について，地質調査総合センター編（2023）によると，森田山は，「三瓶カルデラ形成以前の山体で，古三瓶あるいは先三瓶といわれる，先カルデラ火山」とされることから，森田山の噴火も含めて評価する（詳細は次頁）。

○日本地質学会編（2009）によると，三瓶木次テフラは約11万年前の第1期に噴出し，約4,500年前の第5期以降の三瓶山の活動は，溶岩ドームを形成する活動へと変化し，爆発性が低下したとされている（右下図）。

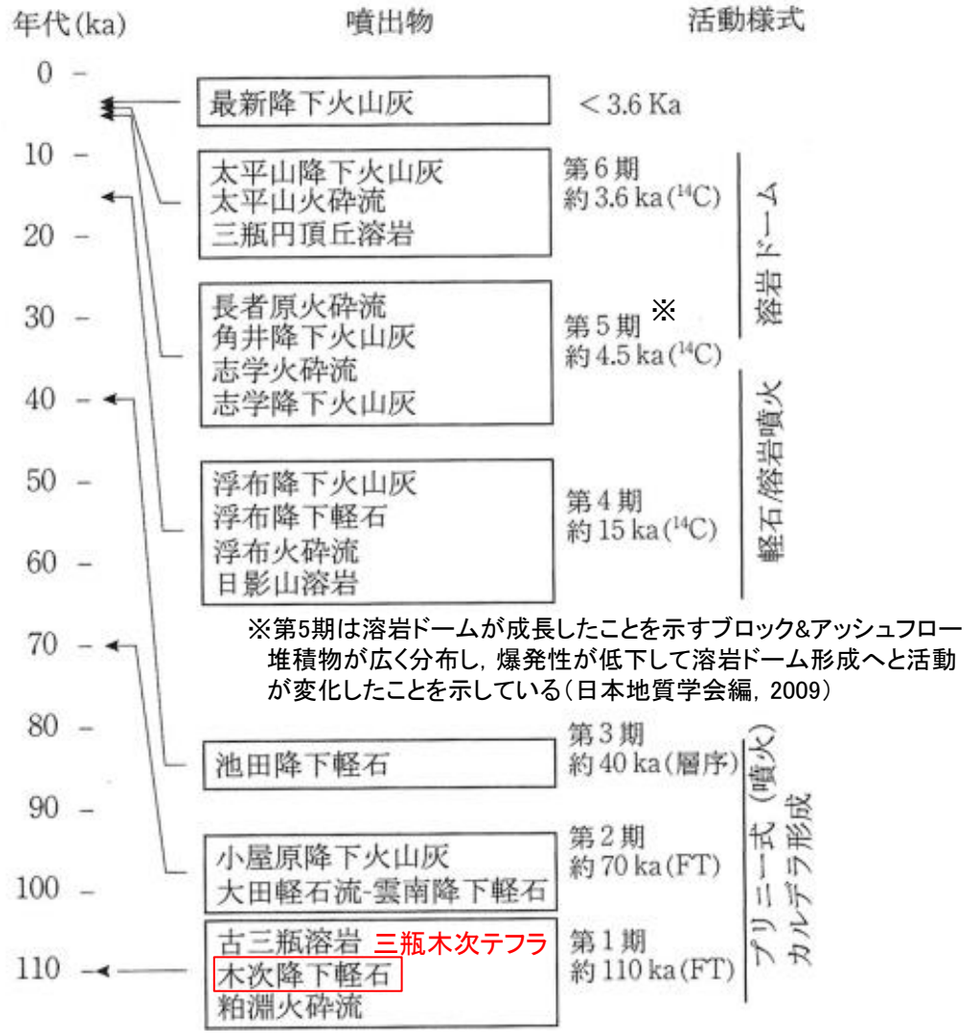
○森田山の噴火以降において，最も規模の大きな噴火は三瓶木次テフラ噴出時であり，約110万年前の森田山の噴火以降，噴火規模の最も大きな三瓶木次テフラの噴出までの期間（約100万年）は，三瓶木次テフラの噴出からの経過時間（約11万年）に比べ十分に長い（左下図）。

三瓶木次テフラに関する詳細は，
補足資料2 P.2-6

三瓶木次テフラの分布 （町田・新井（2011）に一部加筆）



三瓶山（森田山含む）の階段ダイヤグラム
（町田・新井（2011），第四紀火山カタログ委員会編（1999），日本地質学会編（2009），須藤ほか（2007）に基づき作成）



・約11万年前の噴火以降は，第1期から第6期に区分され，爆発的軽石噴火が優勢な第1－3期及び溶岩の噴出が優勢な第4－6期の2つに分けられる。
・第1期から第3期にかけては，3回のプリニー式の流紋岩質軽石噴火があり，これらの爆発的噴火により，現在のカルデラが形成された。
・第4期においてもサブ・プリニー式の噴火が発生しているが，噴出物はデイサイト質（日影山溶岩）に変わり，第5期以降は溶岩ドームを形成する活動へと変化し，爆発性が低下した。

（日本地質学会編，2009）

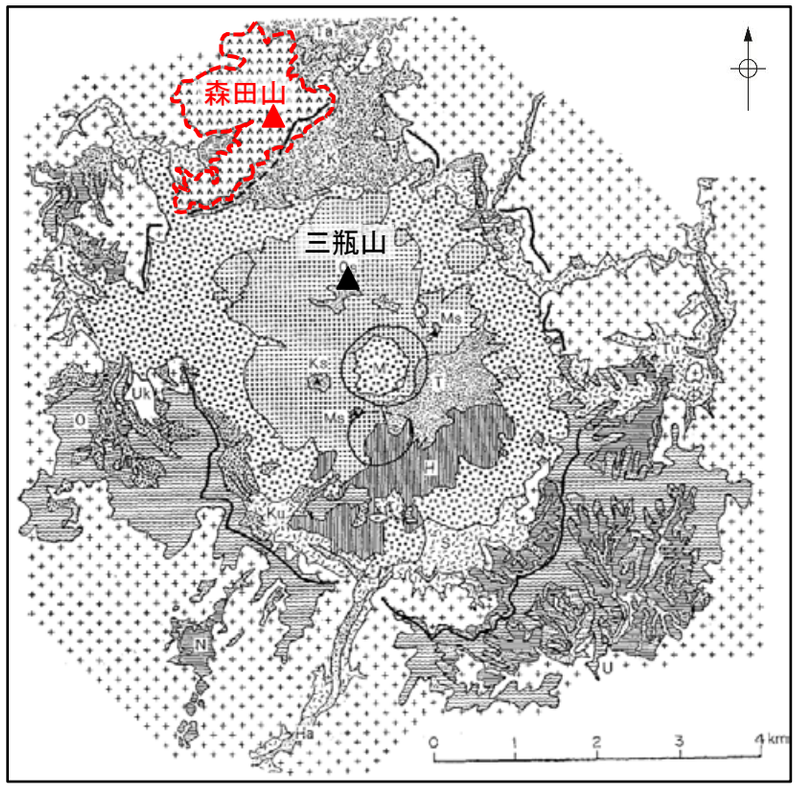
三瓶山の噴火史
（日本地質学会編(2009)に一部加筆）

【森田山を含めた三瓶山の活動履歴】

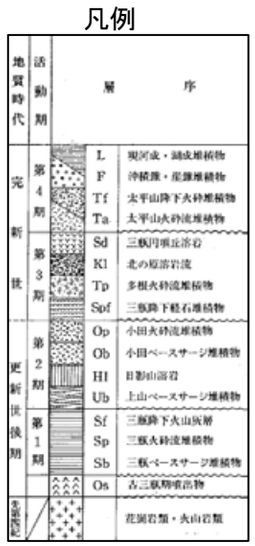
○地質調査総合センター編（2023）では，三瓶山と森田山を区別して整理しているが，その一方で，森田山は，「三瓶カルデラ形成以前の山体で，古三瓶あるいは先三瓶といわれる，先カルデラ火山」としていることから，三瓶山の噴火履歴の検討にあたっては，森田山の噴火も含めて評価する。

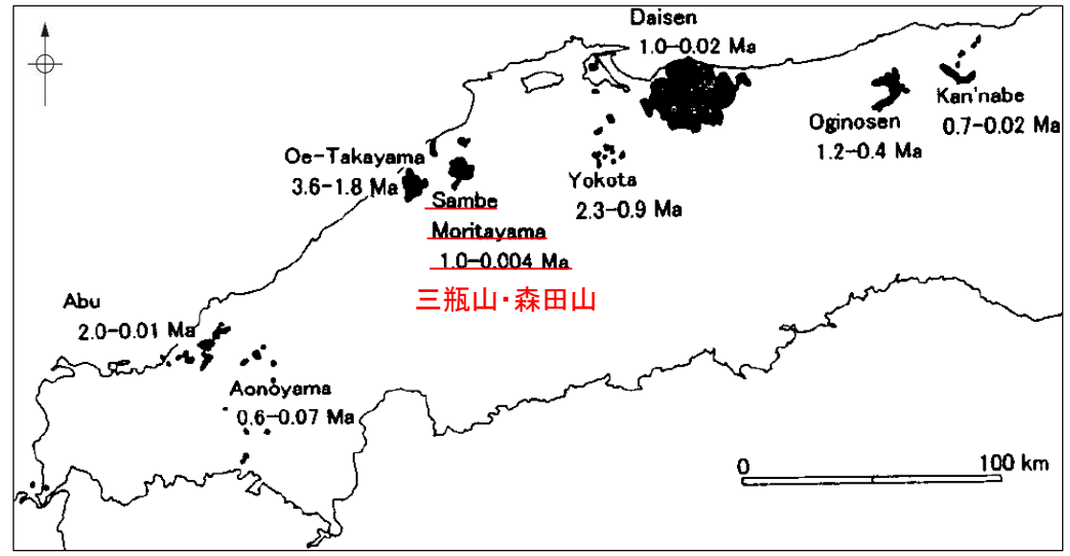
○松浦・土谷（2003）は，森田山溶岩は更新世前期の約110万年前に噴出した溶岩ドームであり，三瓶火山は山陰地域の鮮新世以降の一般的な火山活動継続期間と同程度の100万年に及ぶ長い活動レンジを持っているとしている。また，森田山溶岩は，時間的・空間的分布の上で三瓶火山噴出物に密接に伴っていると見られ，三瓶火山の最初の活動として生じた可能性が考えられるとしている。服部ほか（1983）も，カルデラ北部の森田山は古三瓶火山の一部としている。

○服部ほか（1983）によると，森田山の噴火（約110万年前）から三瓶木次テフラの噴出（約11万年前）までの期間は，三瓶カルデラより小型の成層火山あるいは単成火山群が存在していた可能性が高いとされている。また，この期間に広域火山灰を降下させる規模の噴火が起こったという知見は得られていない。

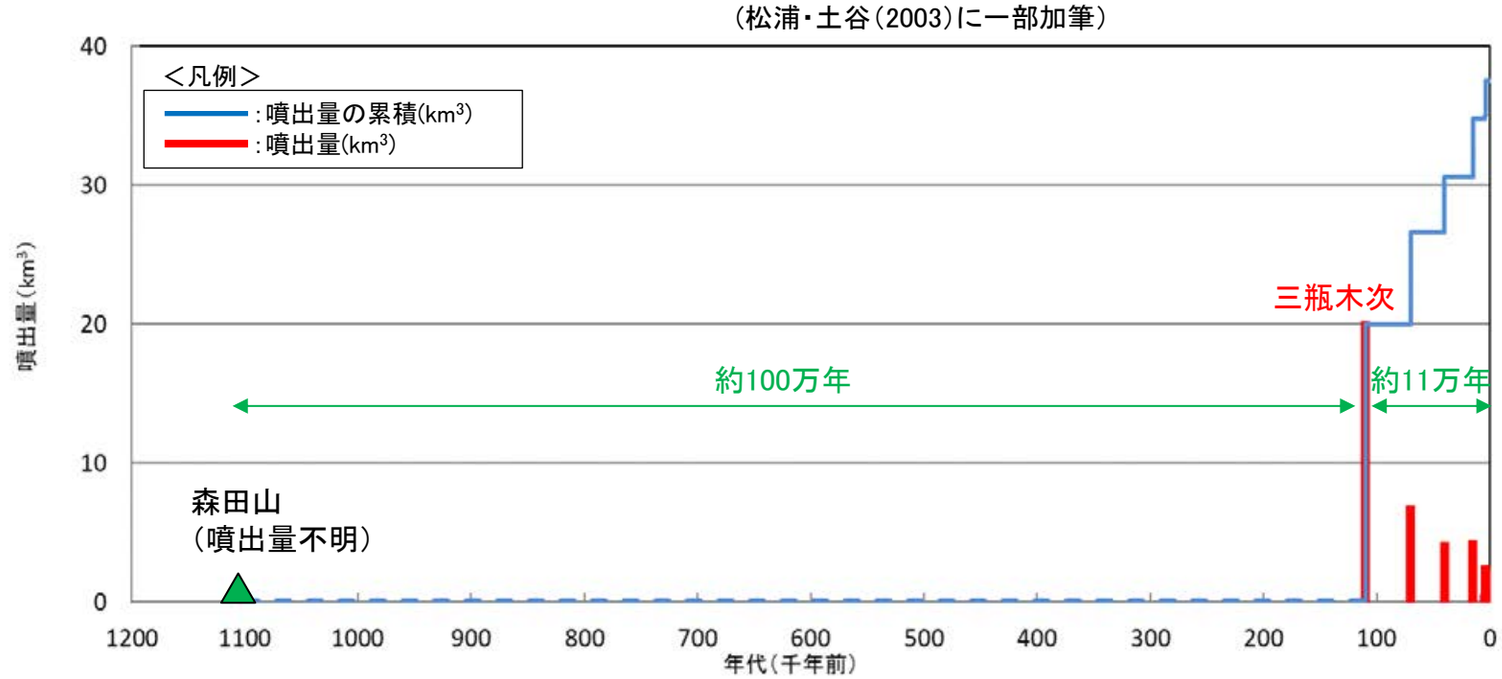


三瓶山と森田山の位置関係
（服部ほか（1983）に一部加筆）





山陰地域の鮮新世以降の一般的な火山活動継続期間
（松浦・土谷（2003）に一部加筆）



三瓶山（森田山含む）の階段ダイヤグラム
（町田・新井（2011），第四紀火山カタログ委員会編（1999），日本地質学会編（2009），須藤ほか（2007）に基づき作成）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －三瓶山（地下構造）－

【三瓶山の地下構造】

＜地震波速度構造＞

・Zhao et al.（2011）では，三瓶山の北東～南東側の地下深部に広がる低速度層と低周波微小地震の存在から，マグマ溜まりが存在する可能性を示唆しており，この低速度層は，三瓶山の地下20km以深に位置している（左下図）。

・防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造2022年度版（Matsubara et al., 2022）では，三瓶山周辺の地下約5km以浅及び20km以深に低速度領域が存在する（右下図）。このうち，約5km以浅の低速度領域については，水平方向に広く連続し下方には連続しないことから，マグマ溜まりではなく広域的な浅部地質構造を反映したものと判断した。

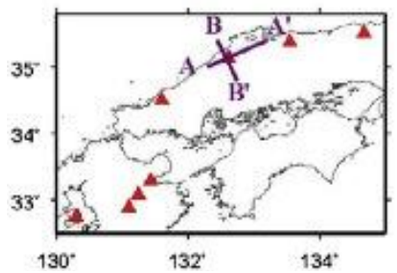
＜比抵抗構造＞

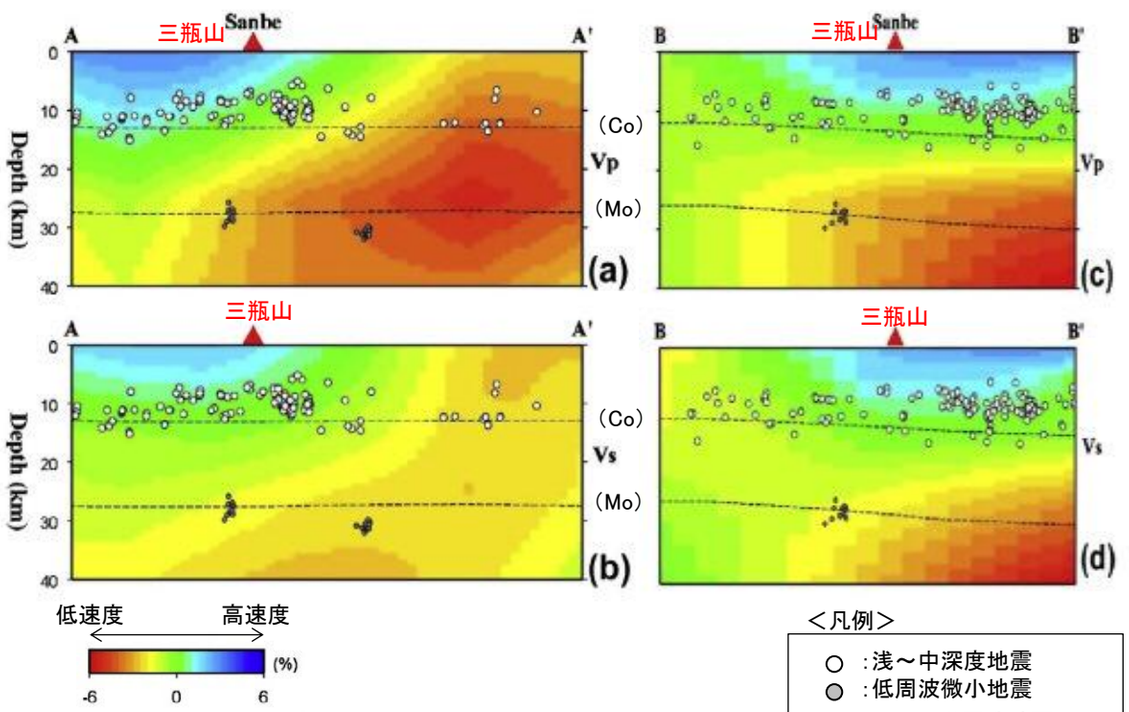
・比抵抗構造調査の結果，三瓶山南側の地下20km付近にZhao et al.（2011）に示される地震波速度構造の低速度層と調和的な低比抵抗体の存在が認められる（次頁）。

○三瓶山の地下構造（地震波速度構造及び比抵抗構造）に関する知見によると，三瓶山では地下20km以深において，マグマ溜まりの可能性が示唆される領域が示されている。仮に，この領域をマグマ溜まりと評価した場合でも，東宮（1997）による珪長質マグマの浮力中立点の深度7kmよりも深い位置にあると考えられる。

○三瓶山の活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，三瓶木次テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。

【地震波速度構造（Zhao et al.,2011）】





＜凡例＞

○ ：浅～中深度地震

● ：低周波微小地震

（Co）：コンラッド不連続面

（Mo）：モホロビチッチ不連続面

三瓶山周辺の地震波速度構造

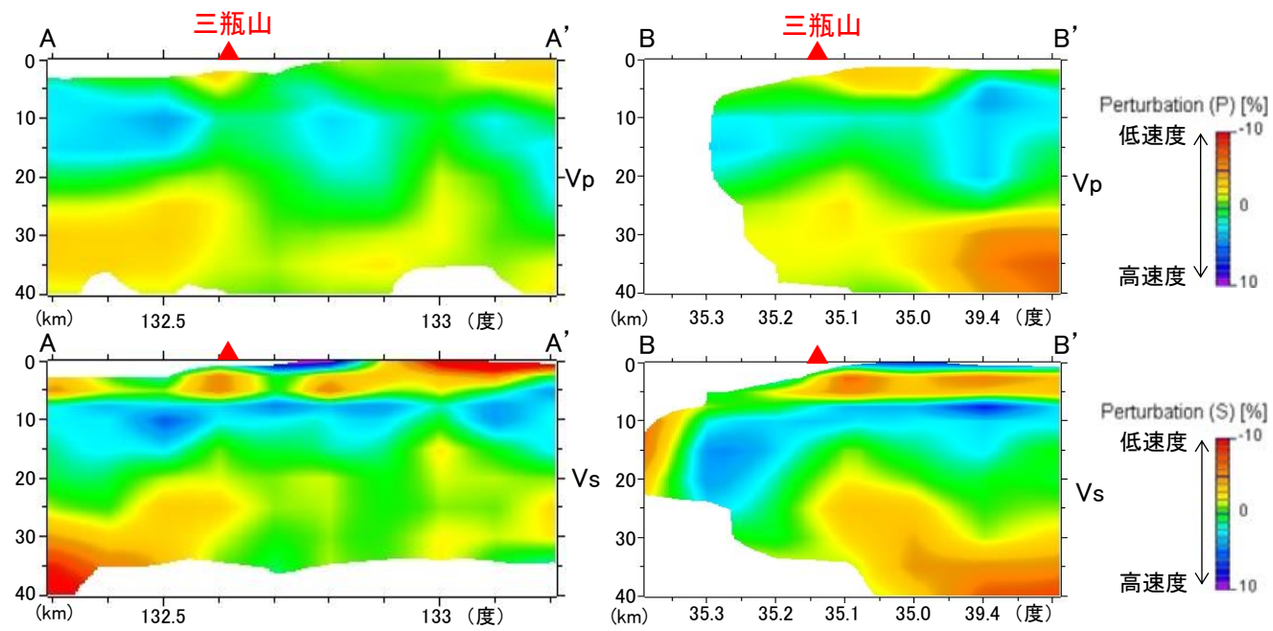
（Zhao et al.（2011）に一部加筆）

【地震波速度構造（防災科学技術研究所）】

＜分解能＞

・深さ0～10km：水平方向（約20km），深さ方向（5km）

・深さ10～40km：水平方向（約20km），深さ方向（10km）



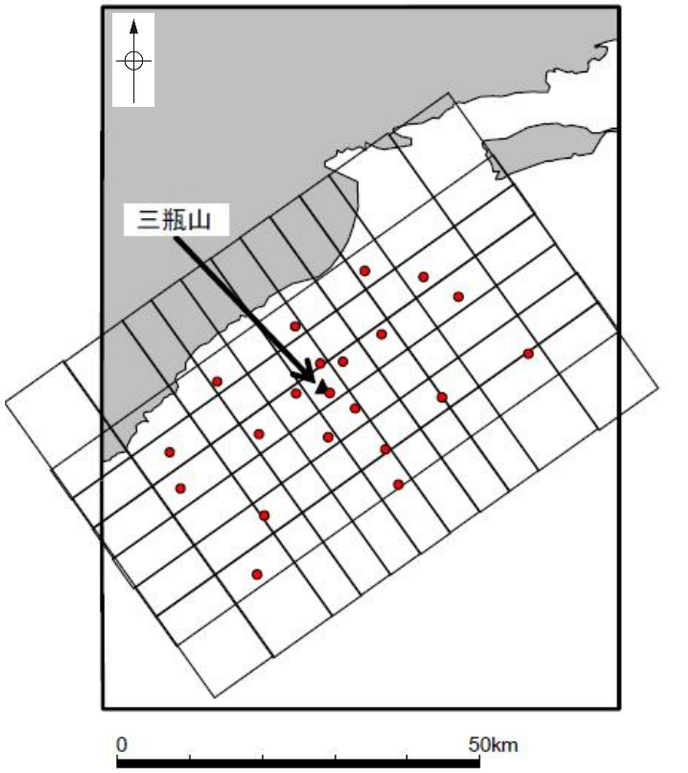
Zhao et al.（2011）と同じ断面。
白抜き表示は信頼度が低い深度

三瓶山周辺の地震波速度構造

（Matsubara et al.（2022）に基づき作成）

【三瓶山地下の比抵抗構造】

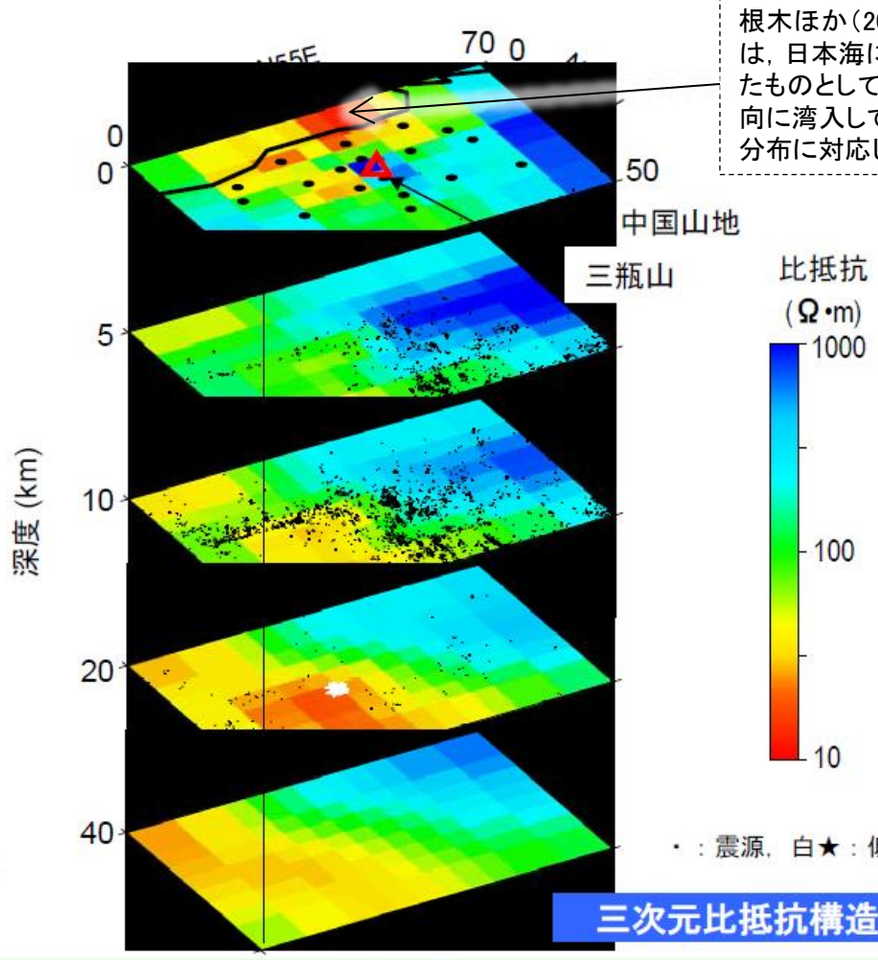
〇根木ほか(2009)は，三瓶山周辺において，MT法による地下深部の比抵抗構造調査を2008年11月に実施している。
〇また，日本原子力研究開発機構(2009)は，根木ほか(2009)に示される三次元比抵抗構造解析結果をカラー表示し，三瓶山南側の地下20km付近に低比抵抗体の存在が認められるとしている。
〇三瓶山の南側の地下深部に広がる低比抵抗体は，Zhao et al.(2011)に示される地震波速度構造の低速度層の存在と調和的である。



●：観測点，実線：三次元解析のブロック境界

観測点の配置図

根木ほか(2009)は，表層(深度0km断面)に見られる赤色域は，日本海に対応する低比抵抗体(領域)が明瞭に再現されたものとしている。また，表層において海岸線から三瓶山方向に湾入している低比抵抗体(領域)は，グリーンタフの地質分布に対応していると推定している。



・：震源，白★：低周波微動

三次元比抵抗構造解析結果

三瓶山周辺を対象とし，21点の観測点で調査を実施した。三次元比抵抗構造解析の結果から，三瓶山の南側の地下20km付近に低比抵抗体の存在が認められた。

三瓶山周辺の三次元MT比抵抗構造解析結果
(日本原子力研究開発機構，2009)

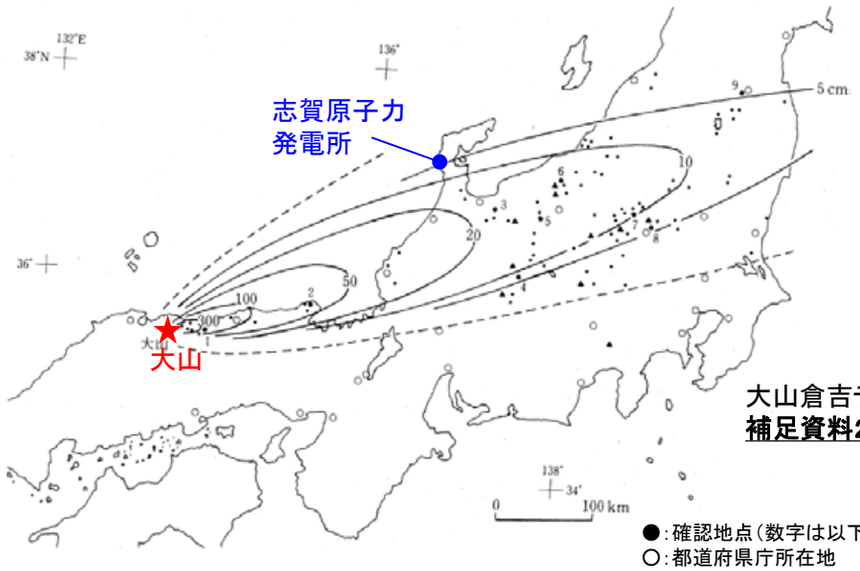
3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －大山（活動履歴）－

【大山の活動履歴】

○大山倉吉テフラの給源である大山の現在の活動期は，守屋（1983）の日本の第四紀火山の地形発達過程に基づく分類によると最終期である第4期とされ，米倉ほか（2001）によると，一般にこの第4期の噴出量は第1～3期と比べて少なく，数km³とされる。

○津久井（1984）等の知見に基づく活動履歴（下図）によると，大山は100万年前頃に火山活動を開始し（古期噴出物），60万年前～40万年前にかけて溝口凝灰角礫岩等が噴出・堆積し，約40万年前以降（新期噴出物）では爆発的噴火を繰り返したとされる。新期噴出物において，最も規模の大きな噴火は大山倉吉テフラであるが，これに至る期間（約34.5万年）は，大山倉吉テフラ噴出以降の経過期間（約5.5万年）に比べて十分に長い。

○また，マグマ供給系に関する知見によると，約2万年前の最終噴火では，低噴出期のトレンドに戻っているとされる（詳細は次頁）。

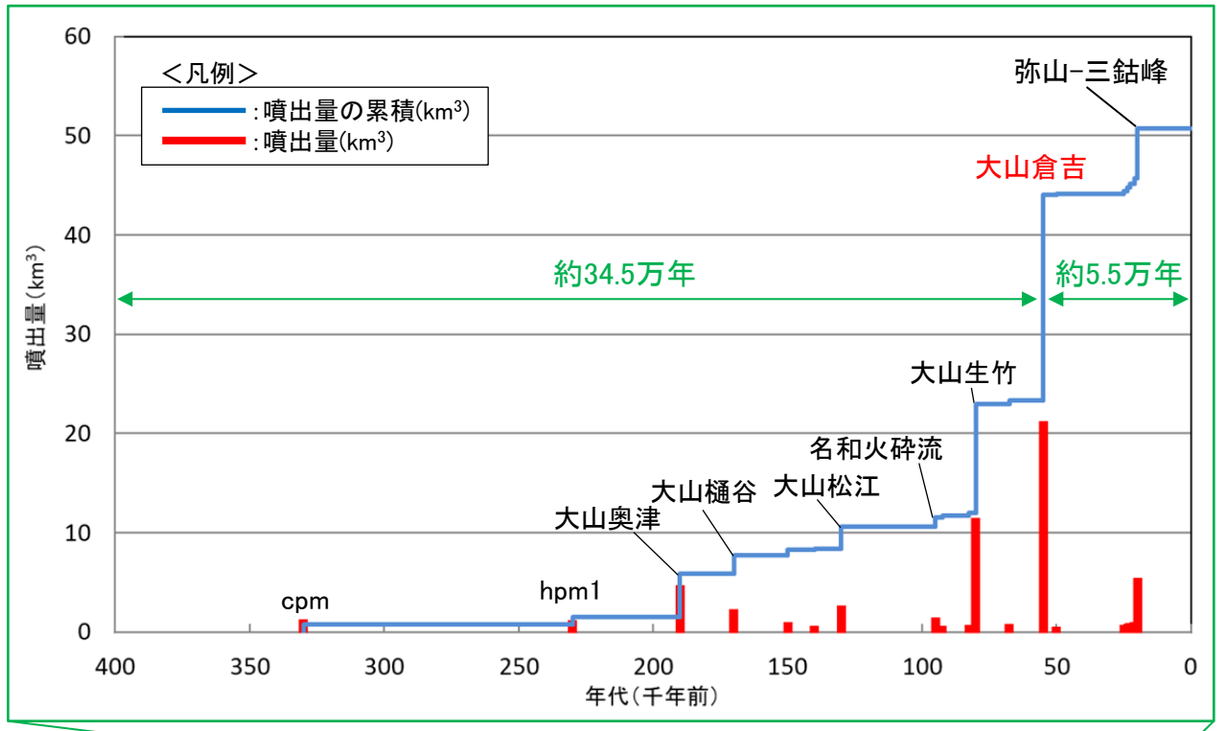


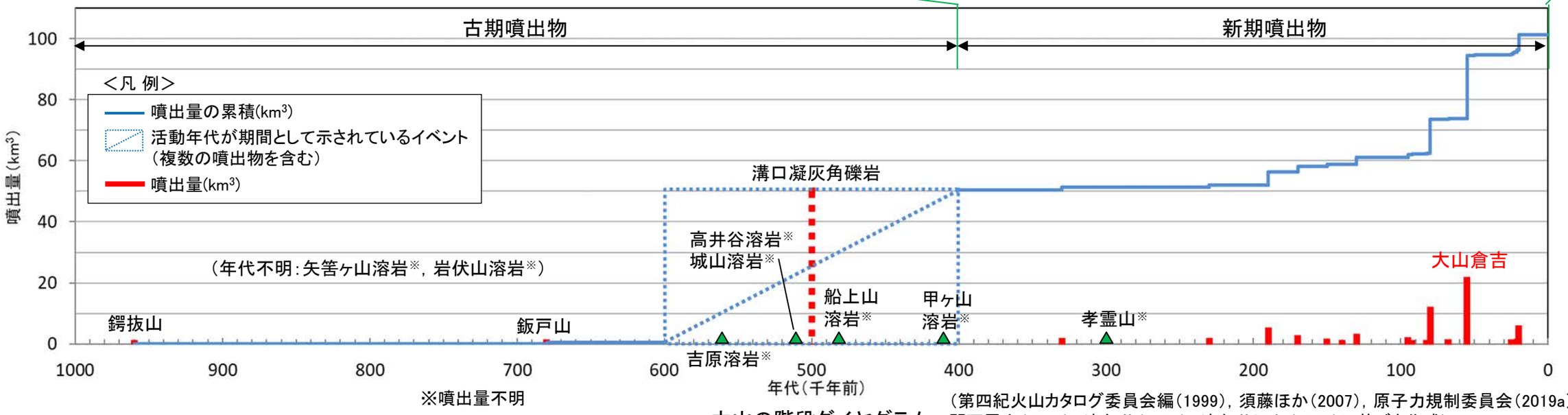
大山倉吉テフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）

大山倉吉テフラに関する詳細は，
補足資料2 P.2-6

●：確認地点（数字は以下の地点番号に対応）
○：都道府県庁所在地
▲：主な火山位置

模式地：1．関金町大山池，2．丹後町間人，3．立山町天林，4．奈川村黒川，5．大町市居谷里池，6．妙高町大鹿，7．高山村中山峠，8．新里村高泉，9．福島市佐原町．





大山の階段ダイヤグラム

（第四紀火山カタログ委員会編（1999），須藤ほか（2007），原子力規制委員会（2019a）関西電力（2019），津久井（1984），津久井ほか（1985）に基づき作成）

【大山のマグマ供給系に関する検討】

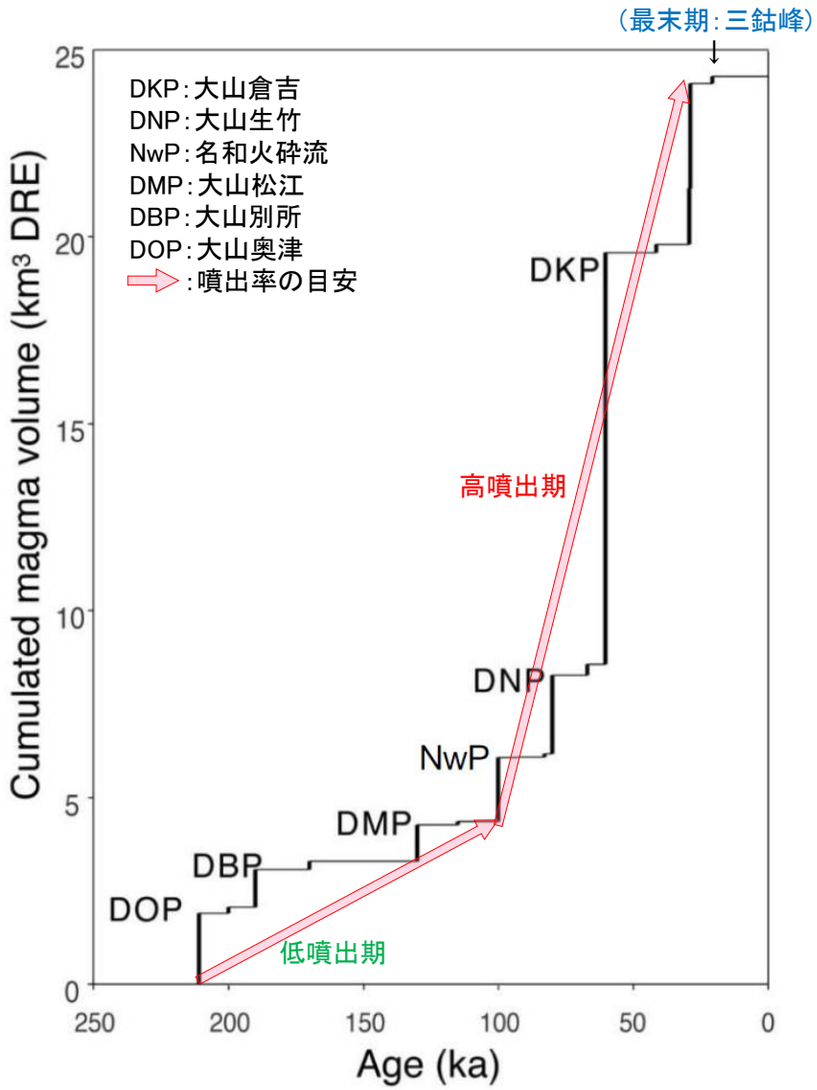
〇原子力規制庁(2019)では，大山の活動履歴及び岩石学的見地に基づくマグマ供給系について，以下の総括的な報告がなされ，高噴出期と低噴出期では化学組成のトレンドが明瞭に異なるとされる。

・大山火山の活動は，約10万年前の名和火砕流(NwP)噴火前後から階段の傾きが急になり，噴出率が大きくなる傾向が認められる(左下図)。

・微量成分元素の分析結果(右下図)から，高噴出期と低噴出期では，噴出物が異なる組成トレンドをもつことが明瞭に分かる。

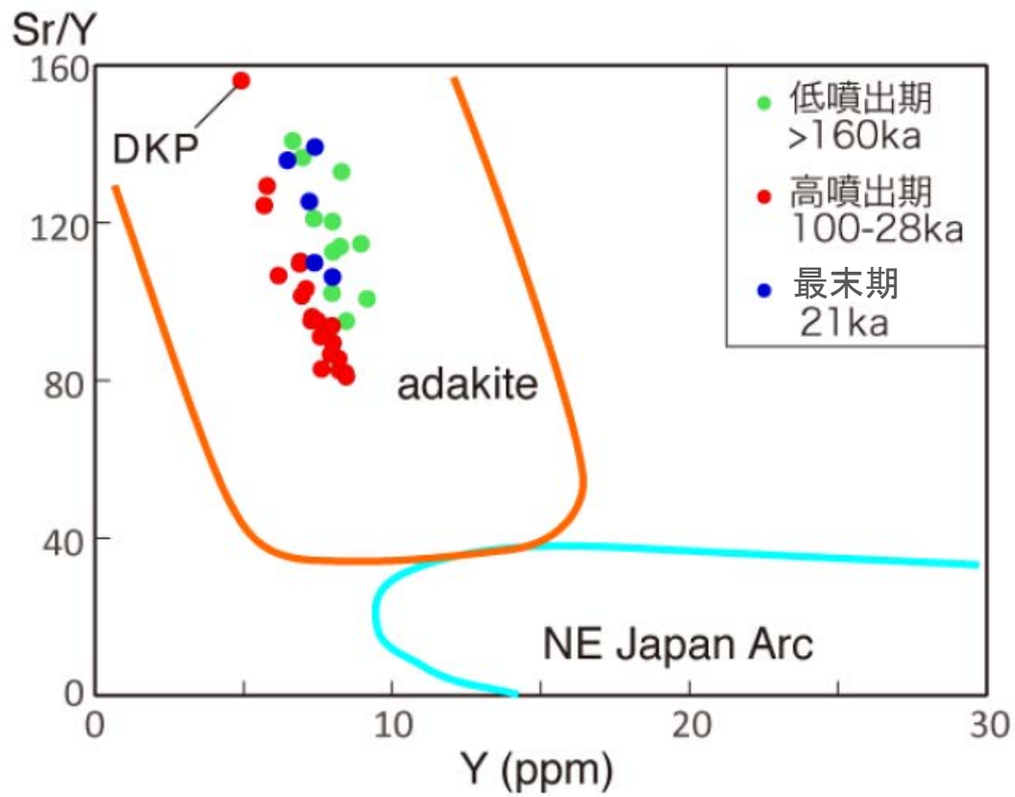
・最末期に噴出量が急減する(左下図)とともに，スラブが溶融したメルトの寄与を示す指標(Sr/Y比)が上昇(右下図)して噴火活動を停止していることは，約10万年前から始まった高温マントルの関与が約2万年前にはほとんどなくなり，噴火が継続できなくなったと解釈できる。

〇また，原子力規制委員会(2019b)によると，約2万年前の最終噴火では，低噴出期のトレンドに戻っているとされる。



大山の階段ダイヤグラム
(原子力規制庁(2019)※に一部加筆)

※最新知見であるYamamoto and Hoang(2019)においては，原子力規制庁(2019)で示された階段ダイヤグラムから年代・噴出量等が一部変更されているものの，噴出率の傾向に変化はない。



大山火山噴出物の微量成分元素比(Sr/Y-Y)
(原子力規制庁(2019)に一部加筆)

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －大山（地下構造）－

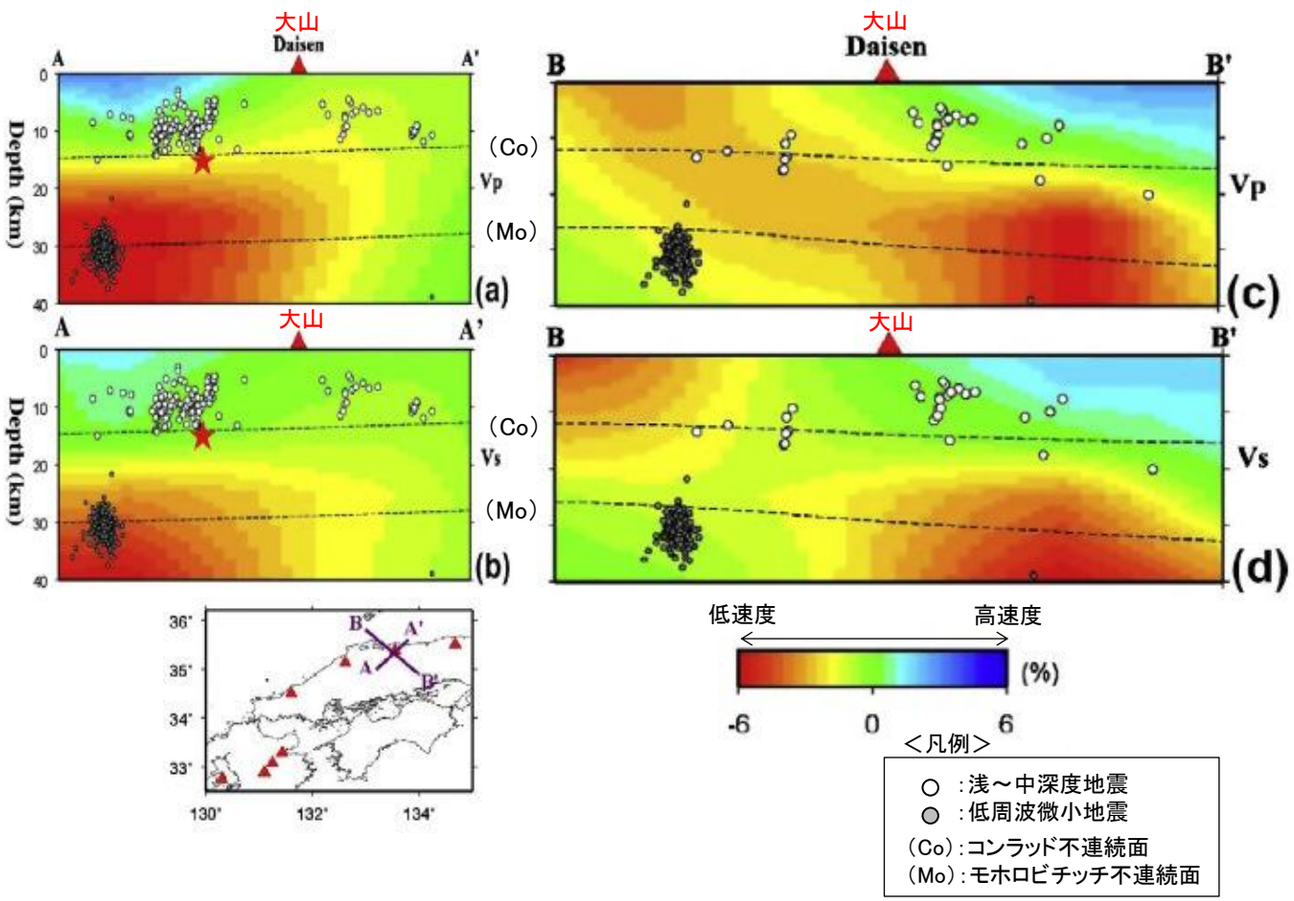
【大山の地下構造】

〇Zhao et al.（2011）では，大山の地下深部に広がる低速度層と，大山の西で生じている低周波地震の存在から，地下深部にマグマ溜まりが存在する可能性が示唆されている（左下図）。

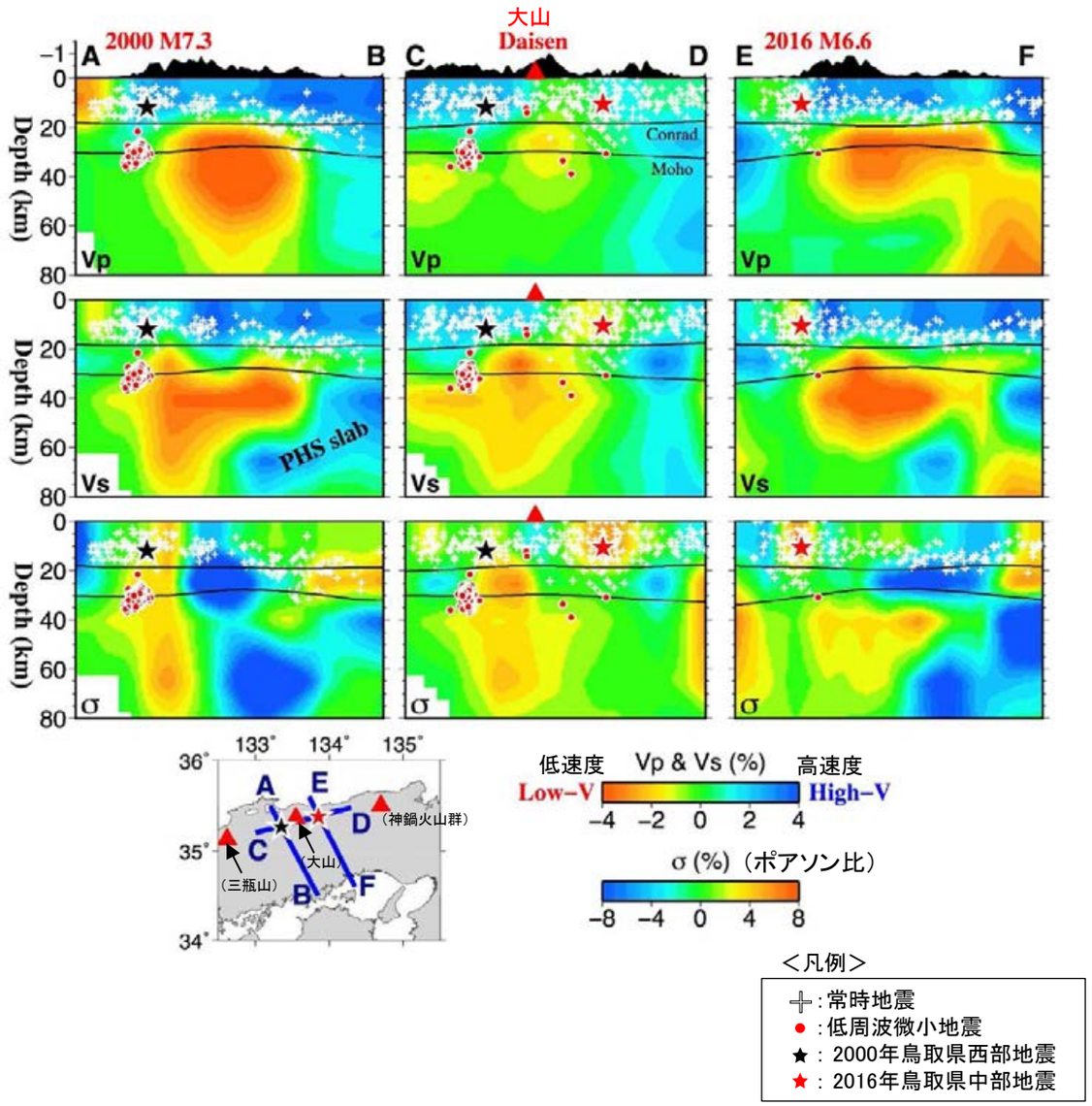
〇この低速度層を仮にマグマ溜まりとして評価した場合においても，深度20km以深に位置しており，東宮（1997）による珪長質マグマの浮力中立点の深度7kmよりも深い位置にあると推察される。

〇なお，後続研究であるZhao et al.(2018)における大山周辺地下の地震波速度構造解析結果においても，深度20km以深に低速度領域が広がっており（右下図），大局的には低速度領域の深度に変化は認められない。

〇大山の活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，大山倉吉テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。



大山周辺の地震波速度構造
（Zhao et al.(2011)に一部加筆）



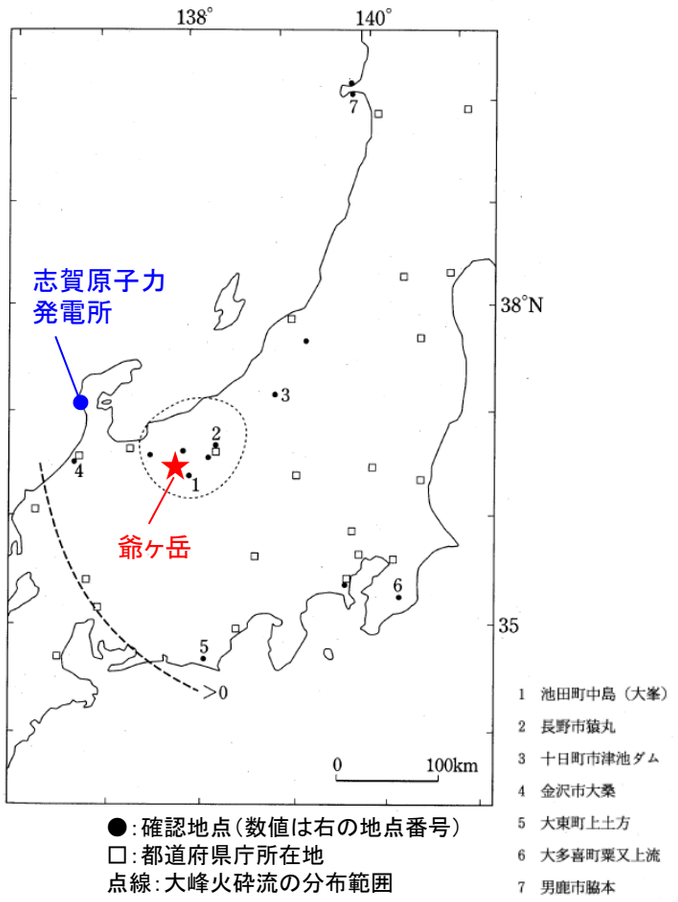
大山周辺の地震波速度構造
（Zhao et al.(2018)に一部加筆）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －爺ヶ岳－

○1章（原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出）において，大峰テフラ及び谷口テフラの給源である爺ヶ岳は，最後の活動終了からの期間（約120万年）が全活動期間（約110万年）よりも長い火山であり，将来の活動可能性が十分小さいと評価した（P.26）。

○なお，及川（2003）によると，爺ヶ岳を含む飛騨山脈の火成活動は3つの活動期（Stage Ⅰ ～Ⅲ）に区分され，大峰テフラ及び谷口テフラを発生させた時期はStage Ⅰで，現在の活動期(StageⅢ)では，東西圧縮の地殻応力場で成層火山の活動が主であり，噴出量10km^{3}程度以下の規模の活動が卓越するとされる（次々頁）。

○爺ヶ岳は，将来の活動可能性が十分小さい火山であることから，大峰テフラ及び谷口テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。

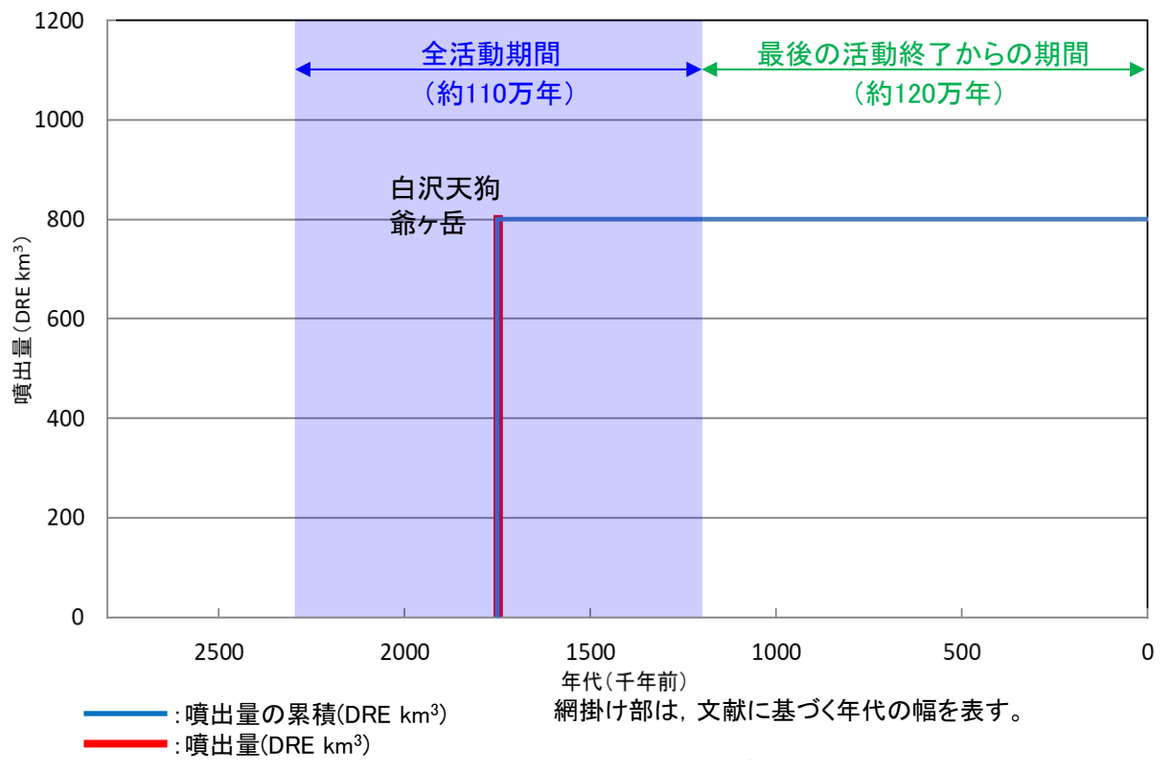


大峰テフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）

大峰テフラ及び谷口テフラに関する詳細は，<u>補足資料2</u> P.2-7

活動履歴

年代（千年前）	活動期，火山名	噴出物名	噴出量（DRE km^3）	参考文献
2300*1～1200*2	白沢天狗（2300*1～1600*1*3ka）	白沢天狗流紋岩 SK100 大峰テフラ，火砕流 谷口テフラ，火砕流	不明 100*3 100*3 300*3	*1 町田・新井（2011） *2 原山ほか（2000） *3 及川（2003）
	爺ヶ岳（2000*3～1200*2ka）	大峰帯 爺ヶ岳火山岩類	300*3 不明	



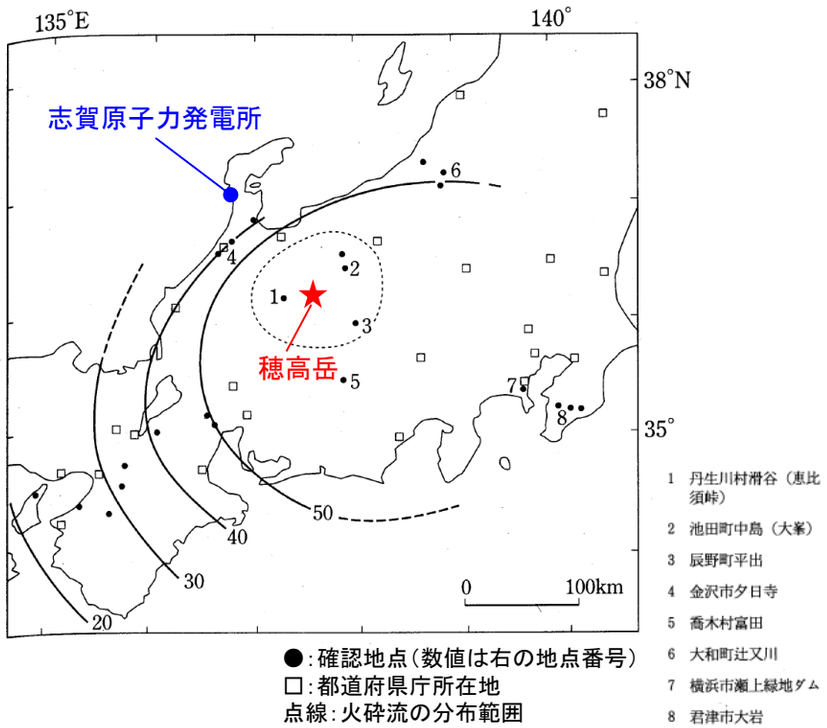
爺ヶ岳の階段ダイヤグラム

爺ヶ岳の活動履歴の詳細は，<u>補足資料1</u> P.1-18～23

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －穂高岳－

○1章（原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出）において，恵比須峠福田テフラ及び穂高-Kd39テフラの給源である穂高岳は，最後の活動終了からの期間（約170万年）が全活動期間（約6万年）よりも長い火山であり，将来の活動可能性が十分小さいと評価した（P.26）。
○なお，及川（2003）によると，穂高岳を含む飛騨山脈の火成活動は3つの活動期（Stage Ⅰ ～Ⅲ）に区分され，恵比須峠福田テフラ及び穂高-Kd39テフラを発生させた時期はStage Ⅰで，現在の活動期(StageⅢ)では，東西圧縮の地殻応力場で成層火山の活動が主であり，噴出量10km^{3}程度以下の規模の活動が卓越するとされる（次頁）。

○穂高岳は，将来の活動可能性が十分小さい火山であることから，恵比須峠福田テフラ及び穂高-Kd39テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。

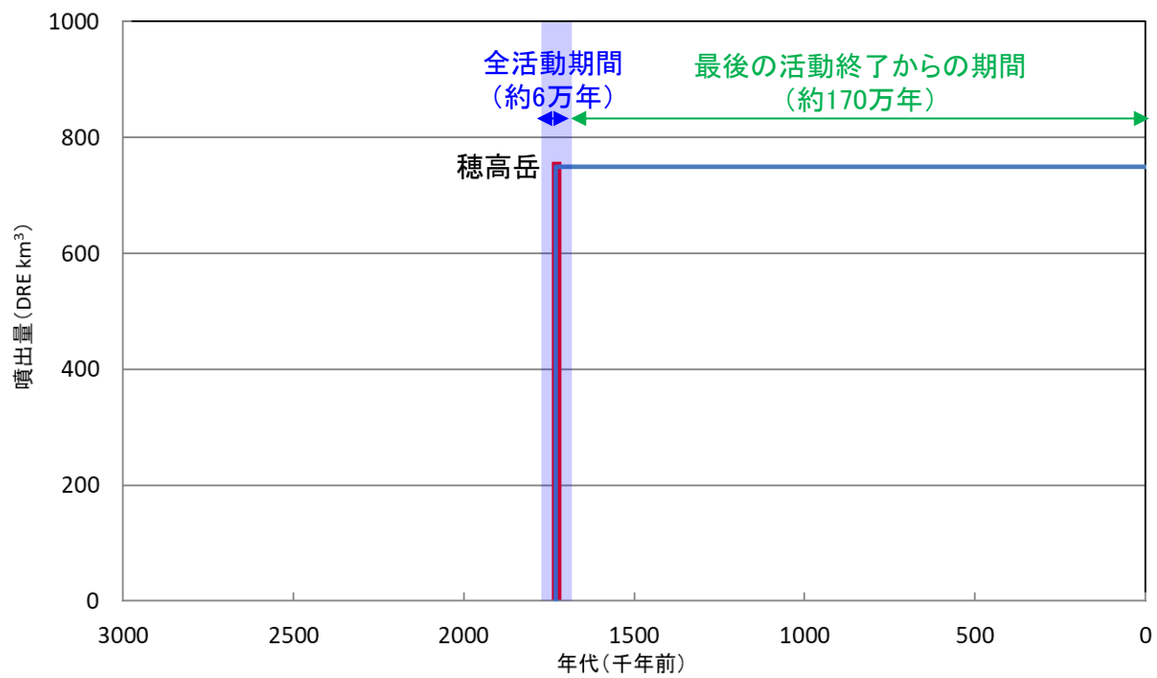


恵比須峠福田テフラの分布
（町田・新井（2011）に一部加筆）

恵比須峠福田テフラ及び穂高-Kd39テフラに関する詳細は，<u>補足資料2</u> P.2-8

活動履歴

年代（千年前）	活動期，火山名	噴出物名	噴出量（DRE km^3）	参考文献
1760*1～1700*2	穂高岳	恵比須峠福田テフラ 恵比須峠火砕堆積物 等	350*1	*1 及川（2003） *2 西来ほか編（2014）
		丹生川火砕流 穂高-Kd39テフラ 穂高安山岩 等	400*1	



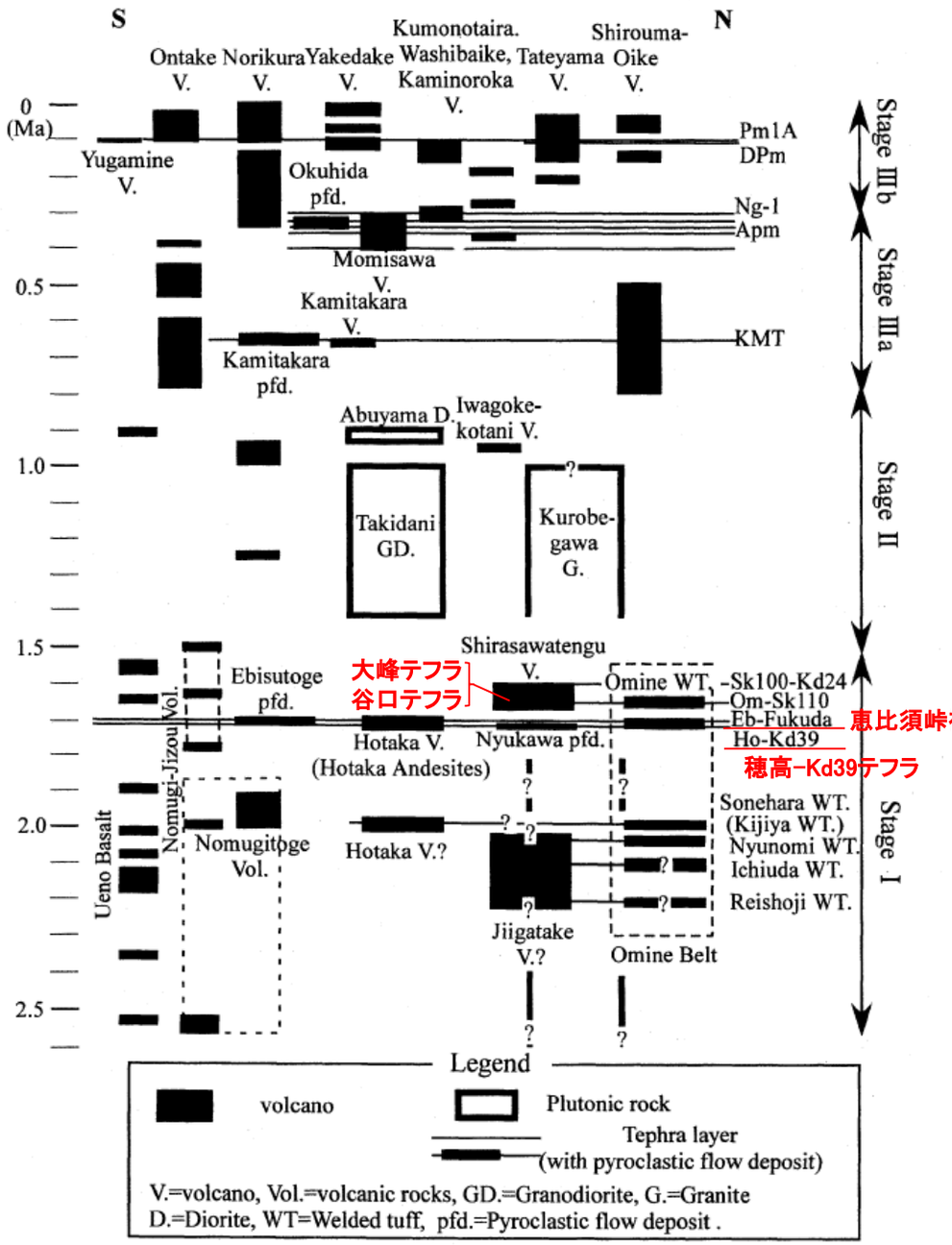
網掛け部は，文献に基づく年代の幅を表す。

穂高岳の階段ダイヤグラム

穂高岳の活動履歴の詳細は，<u>補足資料1</u> P.1-27

【飛騨山脈の活動期に関する知見（及川，2003）】

〇及川（2003）によると，飛騨山脈での火成活動は3つの活動期（Stage Ⅰ ～Ⅲ）に区分され，大峰テフラ，谷口テフラ，恵比須峠福田テフラ及び穂高-Kd39テフラを発生させた時期はいずれもStage Ⅰとされる。
〇飛騨山脈において，このStage Ⅰの活動は，伸張場ないし中間的な地殻応力場のもとでの，カルデラを形成するような大規模な火山活動であったと考えられる。現在の活動期であるStageⅢ（0.8Ma～0Ma）は，東西圧縮応力場のもとで，成層火山形成を主体とした活動が継続していると考えられる。

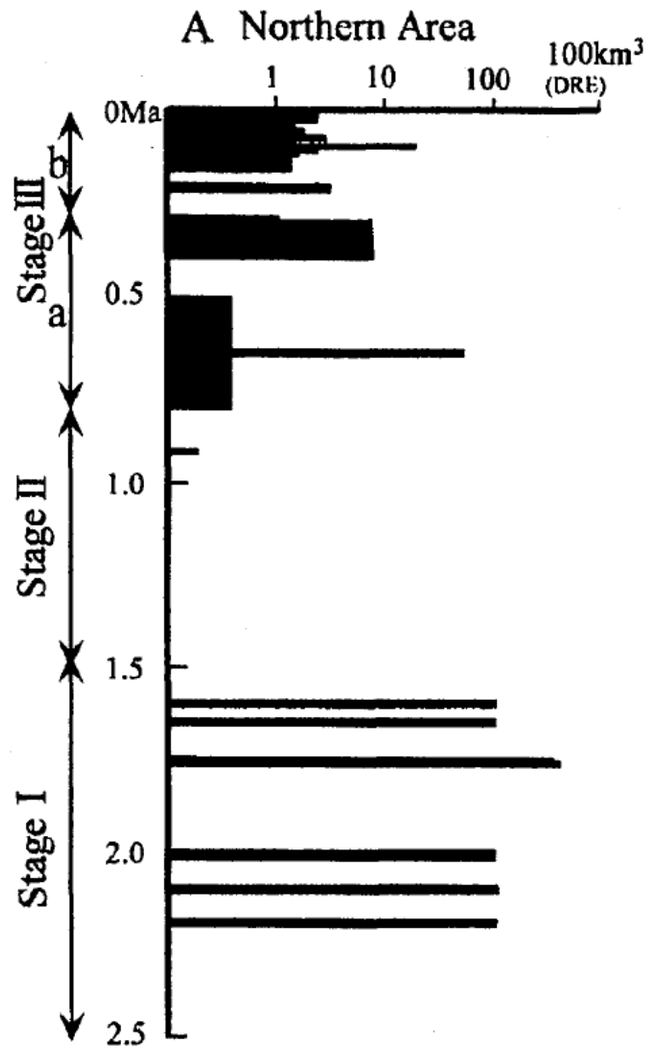


飛騨山脈における第四紀火山の火成活動
（及川（2003）に一部加筆）

StageⅢ（0.8Ma～0Ma）
・東西圧縮の地殻応力場での立山～御嶽山等の成層火山の形成で特徴付けられる。
・噴出量10km³程度かそれ以下の規模の活動が卓越
・Stage Ⅰに比べ噴出量は1桁以上小さい。

Stage Ⅱ（1.5Ma～0.8Ma）
・火山活動が低調な時期

Stage Ⅰ（2.5Ma～1.5Ma）
・伸張場ないし中間的な地殻応力場の火山活動
・カルデラ形成を伴う大規模火砕流が噴出



1万年あたりのマグマ噴出量の時間変化
（及川（2003）に一部加筆）

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討 －検討結果まとめ－

○敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物の給源火山における発電所運用期間中の同規模噴火の可能性を検討した結果，鬱陵島を除き，給源火山における同規模噴火の可能性は十分に小さいと評価した。

敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物の給源火山位置

＜給源火山における同規模噴火の可能性の検討結果＞

降下火砕物	記号	給源火山		給源火山における同規模噴火の可能性の検討結果（記載頁）
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	鬼界カルデラ	地理的領域外の火山	可能性は十分に小さい （P.104，105）
鬼界葛原テフラ	K-Tz			
阿多テフラ	Ata	阿多カルデラ		可能性は十分に小さい （P.106，107）
姶良Tnテフラ	AT	姶良カルデラ		可能性は十分に小さい （P.108，109）
加久藤テフラ	Kkt	加久藤カルデラ		可能性は十分に小さい （P.110，111）
阿蘇4テフラ	Aso-4	阿蘇カルデラ		可能性は十分に小さい （P.112，113）
阿蘇3テフラ	Aso-3			
鬱陵隠岐テフラ	U-Oki	鬱陵島		可能性は否定できない （P.114，115）
三瓶木次テフラ	SK	三瓶山		可能性は十分に小さい （P.116～119）
大山倉吉テフラ	DKP	大山		可能性は十分に小さい （P.120～122）
大峰テフラ	Omn	爺ヶ岳	地理的領域内の火山	可能性は十分に小さい （P.123，125）
谷口テフラ	Tng			
恵比須峠福田テフラ	Ebs-Fkd	穂高岳		可能性は十分に小さい （P.124，125）
穂高-Kd39テフラ	Ht-Kd39			

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

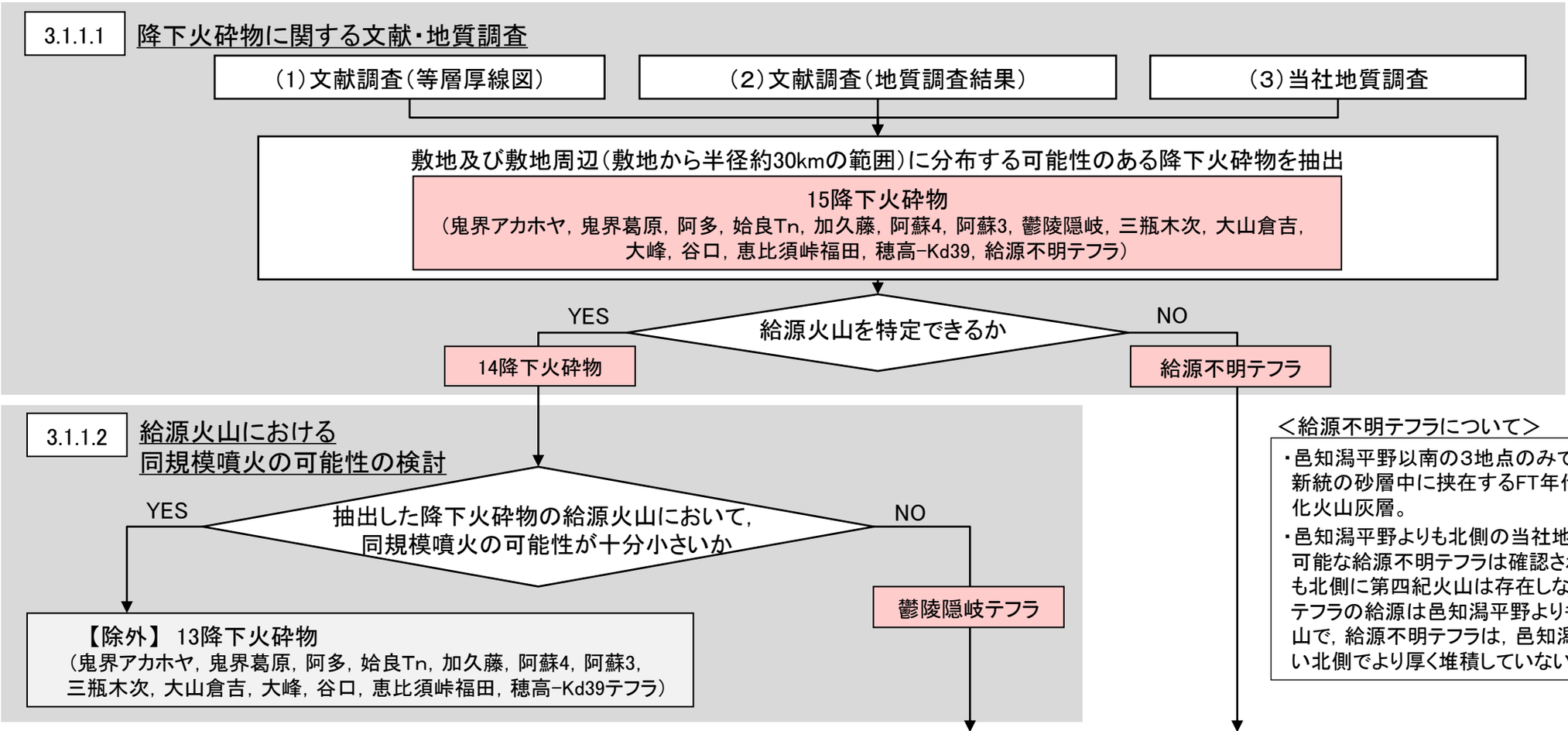
3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.1.3 評価まとめ

〇降下火砕物に関する文献調査及び地質調査の結果，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある15の降下火砕物が抽出された(P.100)。
〇このうち，給源火山が特定できない降下火砕物は，給源不明テフラのみであり，その層厚は最大10cmである(P.94，100)。
〇給源火山が特定できる降下火砕物について，給源火山における同規模噴火の可能性の検討の結果，鬱陵隠岐テフラを除く13の降下火砕物は，それらの給源火山において同規模噴火が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分小さい（P.126）。鬱陵隠岐テフラは，敷地周辺の地質調査では確認されていないものの，文献（町田・新井，2011）に示される等層厚線図によると，敷地周辺での層厚は0～2cmとされる（P.65，100）。
〇給源不明テフラについて，邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる（P.95）。

〇以上より，文献・地質調査により抽出した敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物のうち，給源火山が特定できない降下火砕物（給源不明テフラ）及び給源火山における同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物（鬱陵隠岐テフラ）の敷地及び敷地周辺の層厚を踏まえ，文献・地質調査に基づく降下火砕物の層厚は，10cmと評価する。

＜降下火砕物に関する文献・地質調査に基づく評価結果＞



＜給源不明テフラについて＞

・邑知潟平野以南の3地点のみで確認された，中部更新統の砂層中に挟在するFT年代が約0.4Maを示す風化火山灰層。
・邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる。

文献・地質調査により敷地及び敷地周辺で確認された最大層厚を評価

降下火砕物	文献調査（等層厚線図）	文献調査（地質調査結果）	当社地質調査
鬱陵隠岐テフラ	0～2cm	未確認	未確認
給源不明テフラ	（該当なし）	（該当なし）	10cm

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

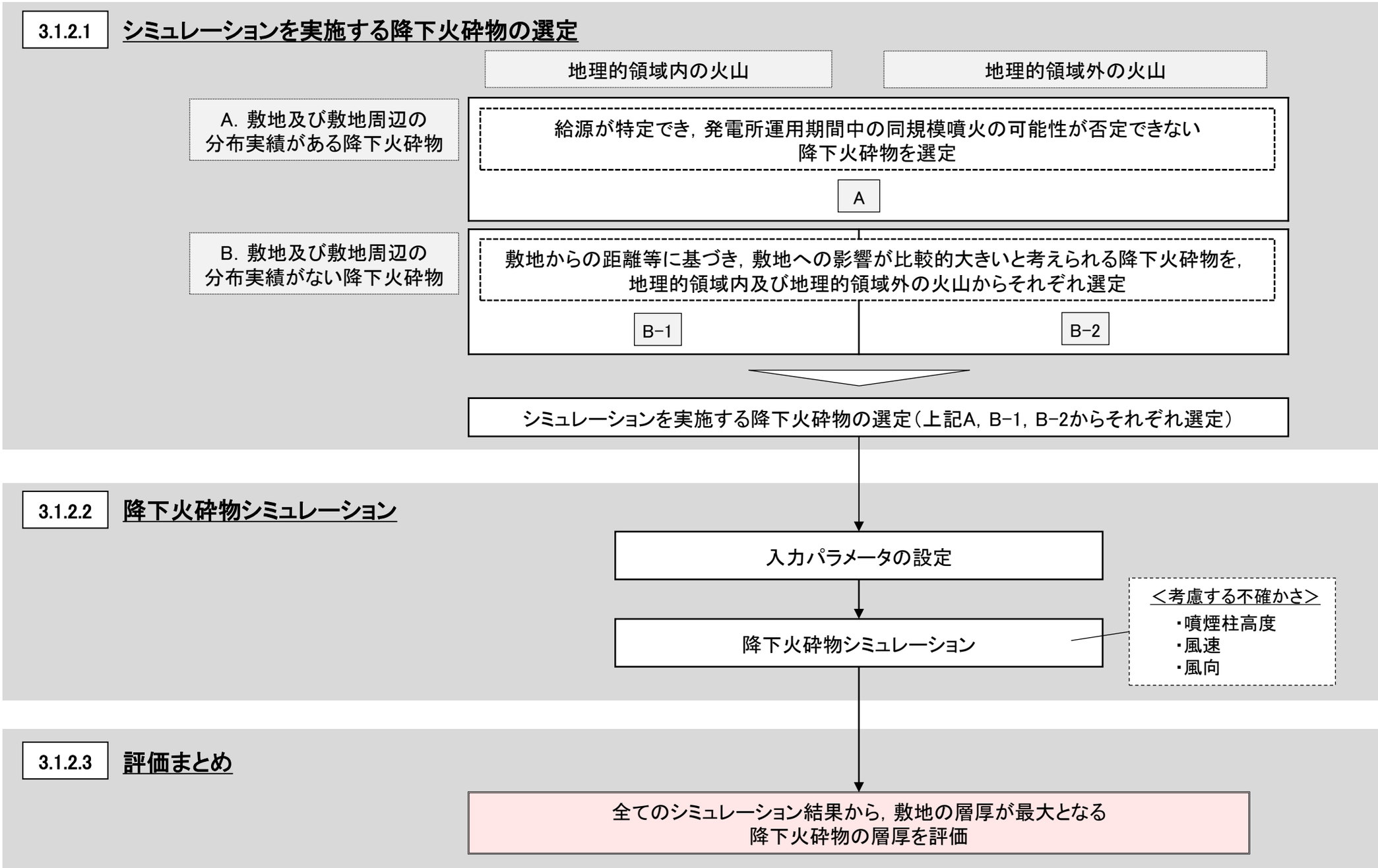
3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価 －評価方法－

○降下火砕物シミュレーションによる評価は，以下のとおり実施する。
- はじめに，シミュレーションを実施する降下火砕物を選定する。選定にあたっては，地理的領域内及び地理的領域外の火山から，敷地及び敷地周辺の分布実績や敷地からの距離等に基づき，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定する。
- 選定した降下火砕物を対象に，文献等に基づき入力パラメータを設定し，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
- 全てのシミュレーション結果から，敷地の層厚が最大となる降下火砕物の層厚を評価する。

＜降下火砕物シミュレーションによる評価の流れ＞



3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）
(2) 文献調査（地質調査結果）
(3) 降下火砕物に関する当社地質調査
(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定
(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定
(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定
(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）
(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）
(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）
(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）
(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定 －選定方法－

○シミュレーションを実施する降下火砕物について，「敷地及び敷地周辺の分布実績」及び「敷地からの距離及び噴出規模」に基づいて，敷地への影響が大きいと考えられる降下火砕物を選定する。

・【A】分布実績がある降下火砕物※（文献・地質調査結果により敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として抽出されたもの）のうち，給源が特定でき，給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物を対象に降下火砕物シミュレーションを実施する。

・【B】分布実績がない降下火砕物※（文献・地質調査結果により敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として抽出されなかったもの）についても，同程度の規模の噴火が今後発生した場合に敷地へ影響を及ぼす可能性もあることから，敷地からの距離及び噴出規模を踏まえ，地理的領域内及び地理的領域外の火山からそれぞれ，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を，以下のとおり追加で選定する。

－【B-1】地理的領域内の火山：「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」を対象に，活動履歴等を整理し，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定する。

－【B-2】地理的領域外の火山：「分布実績がある降下火砕物の給源火山」におけるその他の降下火砕物（噴出規模がより小さいもの）について，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定する。

※以下，文献・地質調査結果により，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として抽出された降下火砕物を「分布実績がある降下火砕物」，抽出されなかった降下火砕物を「分布実績がない降下火砕物」という。

＜シミュレーションを実施する降下火砕物の選定方法＞

文献・地質調査結果により敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として抽出されるか

YES → A：分布実績がある降下火砕物

NO → B：分布実績がない降下火砕物 ⇒敷地からの距離及び噴出規模に基づき選定

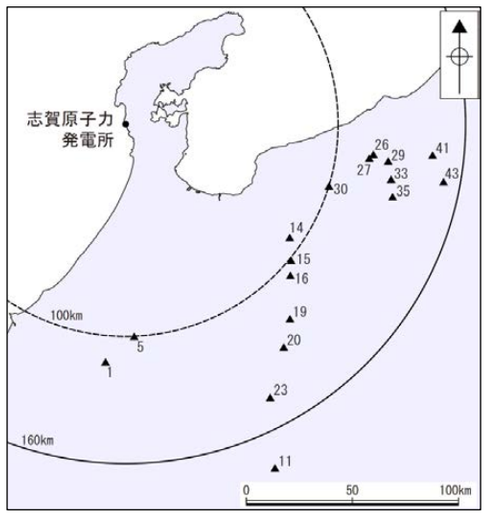
地理的領域内の火山	地理的領域外の火山

3.1.2.1(1)：分布実績に基づく降下火砕物の選定 A

⇒給源が特定でき，給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物を選定

3.1.2.1(2)：地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 B-1

⇒「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」における降下火砕物から選定



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山

3.1.2.1(3)：地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 B-2

⇒「分布実績がある降下火砕物の給源火山」における その他の降下火砕物（噴出規模がより小さいもの）から選定

地理的領域外火山を給源とする降下火砕物
（町田・新井(2011) に基づき作成）

シミュレーションを実施する降下火砕物の選定（上記 A B-1 B-2 からそれぞれ選定）

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

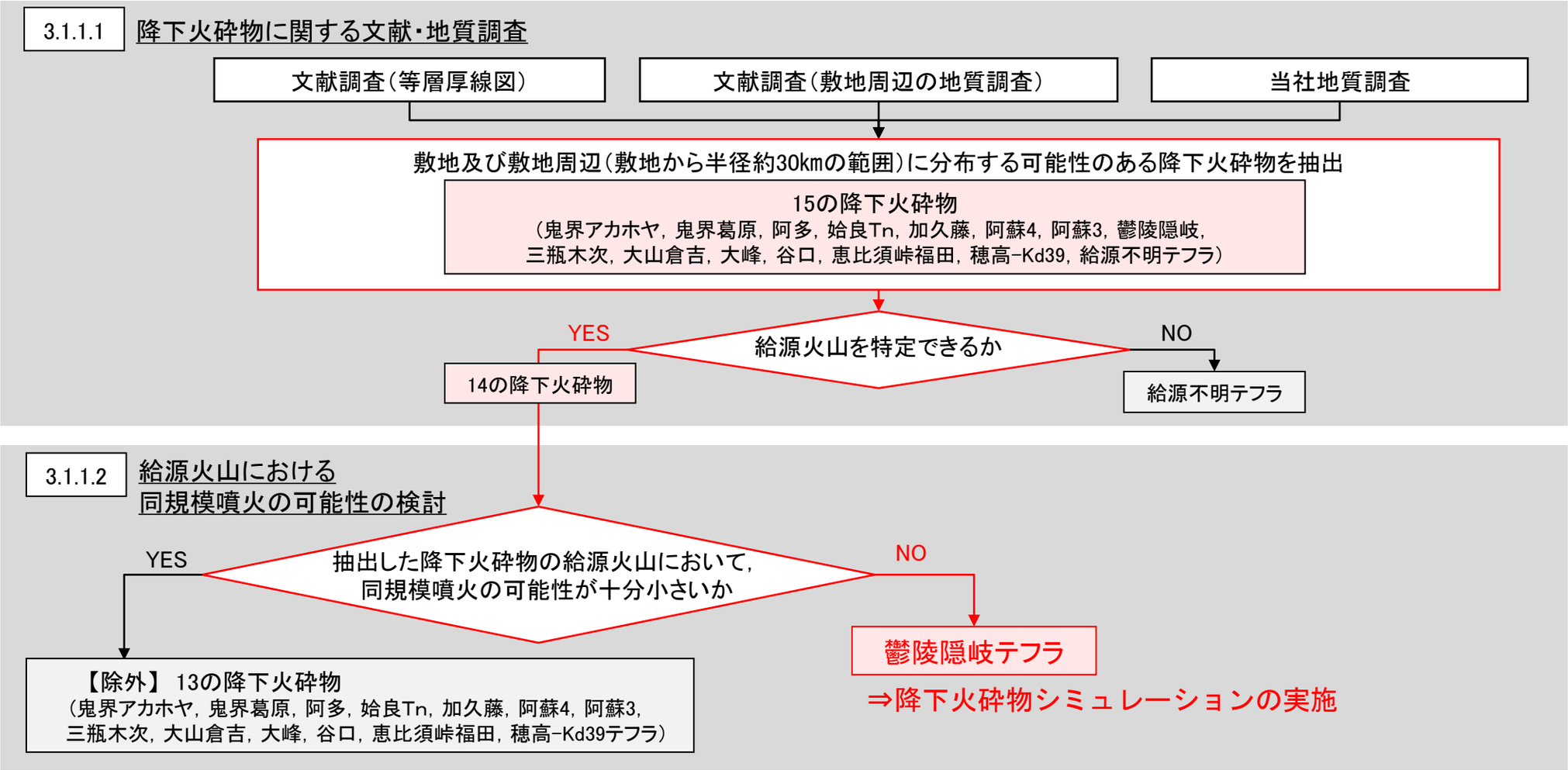
3.1.2.1(1)分布実績に基づく降下火砕物の選定 －選定結果－

【A】分布実績がある降下火砕物からの選定

○分布実績に基づく降下火砕物の選定として，分布実績がある降下火砕物のうち，給源が特定でき，給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物をシミュレーションの対象として選定する。
○「3.1.1 文献・地質調査に基づく評価」の結果を踏まえると，上記条件を満たす降下火砕物は，鬱陵島を給源とする鬱陵隠岐テフラのみである(下図)。
○須藤ほか(2007)によると，鬱陵隠岐テフラの見かけ体積は，12.22km^3(VEI6)とされている。

○よって，分布実績に基づく降下火砕物シミュレーションの対象として，鬱陵島(鬱陵隠岐テフラ，見かけ体積12.22km^3)を選定した。

＜分布実績に基づく降下火砕物の選定＞



3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 －過去最大の噴出規模－

【B-1】分布実績がない降下火砕物(地理的領域内の火山)からの選定

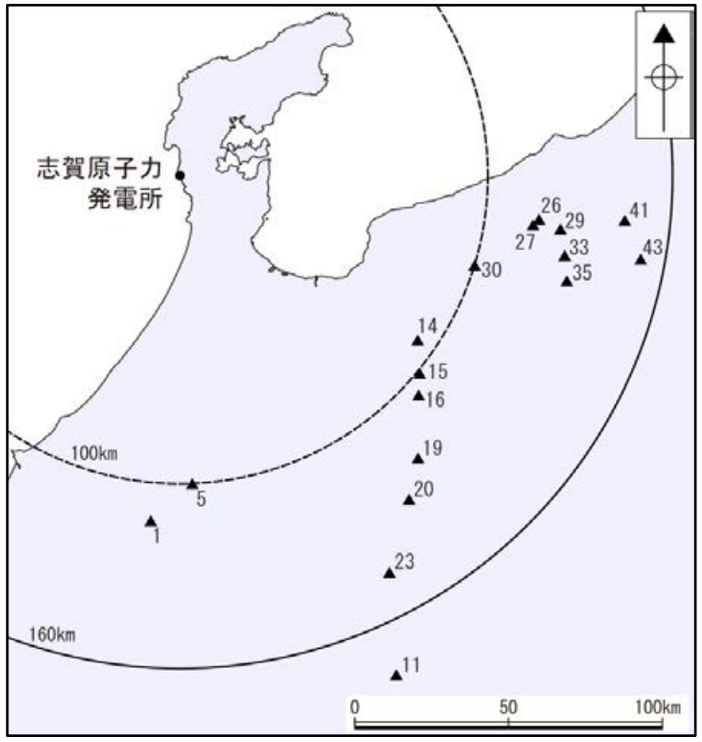
紫字:第1289回審査会合以降に変更した箇所

○地理的領域内の火山による分布実績がない降下火砕物からの選定として，原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山を対象として，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定する。

○17火山の活動履歴に関する文献調査により，各火山の噴出イベント一覧表を作成し※，降下火砕物を含む過去最大の噴出規模を抽出した(右下表)。

○降下火砕物の発生実績または降下火砕物の噴出量に関する知見が確認されなかった7火山については，降下火砕物を含むイベントが発生していたとしても小規模と考えられることから，降下火砕物が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分に小さいと評価した。

○降下火砕物を含む噴火イベントの噴出量に関連した知見が確認された残りの10火山のうち，過去最大の噴出規模がVEI4以下となる7火山については，発電所運用期間中において敷地への影響を考慮する噴出規模として，過去最大規模を考慮する。一方で，過去最大の噴出規模がVEI5以上となる3火山(立山(弥陀ヶ原)，御嶽山，飯縄山)については，活動履歴を整理した上で，発電所運用期間中において敷地への影響を考慮する噴出規模を設定する(次頁以降)。



位置図　▲原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（対応する火山名は右表）

＜原子力発電所に影響を及ぼし得る火山における降下火砕物の噴出規模＞

※各火山の噴出イベント一覧表については，**補足資料4**

火山名		敷地からの距離(km)	敷地への方位	降下火砕物を含む過去最大の噴出規模			発電所運用期間中において敷地への影響を考慮する噴出規模
				降下火砕物	規模(VEI)	噴出規模の根拠	
1	きょうがたけ 経ヶ岳	113	北	(降下火砕物の噴出量に関する知見は確認されない)			
5	はくさん 白山	101	北	南竜火山灰	4	田島ほか(2005)	同左(過去最大の噴出規模)
11	うえのかざんぐん 上野火山群	177	北北西	(降下火砕物の噴出量に関する知見は確認されない)			
14	たてやま みだがはら 立山(弥陀ヶ原)	94	北西	立山Dテフラ	6	及川(2003)	次頁，次々頁
15	かみのろうか 上廊下	101	北西	(降下火砕物の発生実績は確認されない)			
16	わしば･くものたいら 鷲羽・雲ノ平	106	北西	鷲羽Bテフラ	3	原田ほか(2023)	同左(過去最大の噴出規模)
19	やけだけ 焼岳	120	北西	焼岳-上部峠沢テフラ8	2	及川ほか(2002)	同左(過去最大の噴出規模)
20	のりくらだけ 乗鞍岳	129	北西	位ヶ原テフラ	3	奥野ほか(1994)	同左(過去最大の噴出規模)
23	おんたけさん 御嶽山	146	北北西	御嶽第1テフラ	6	町田・新井(2011)	P.139～149
26	にいがたやけやま 新潟焼山	118	西	焼山-高谷池火山灰a，b	3	地質調査総合センター編(2021b)	同左(過去最大の噴出規模)
27	にいがたかなやま 新潟金山	116	西	(降下火砕物の発生実績は確認されない)			
29	みょうこうさん 妙高山	125	西	妙高兼俣・関山テフラ	4	須藤ほか(2007)	同左(過去最大の噴出規模)
30	しろうまおおいけ 白馬大池	100	西北西	(降下火砕物の噴出量に関する知見は確認されない)			
33	くろひめやま 黒姫山	128	西北西	黒姫大平テフラ	4	須藤ほか(2007)	同左(過去最大の噴出規模)
35	いいづなやま 飯縄山	130	西北西	飯縄上樽aテフラ	5	鈴木(2001)	P.150
41	くろいわやま 黒岩山	145	西	(降下火砕物の発生実績は確認されない)			
43	たかやしろやま 高社山	152	西	(降下火砕物の噴出量に関する知見は確認されない)			

降下火砕物が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分に小さいと評価した火山
過去最大の噴出規模がVEI5以上となる火山

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ー立山で考慮する噴出規模ー

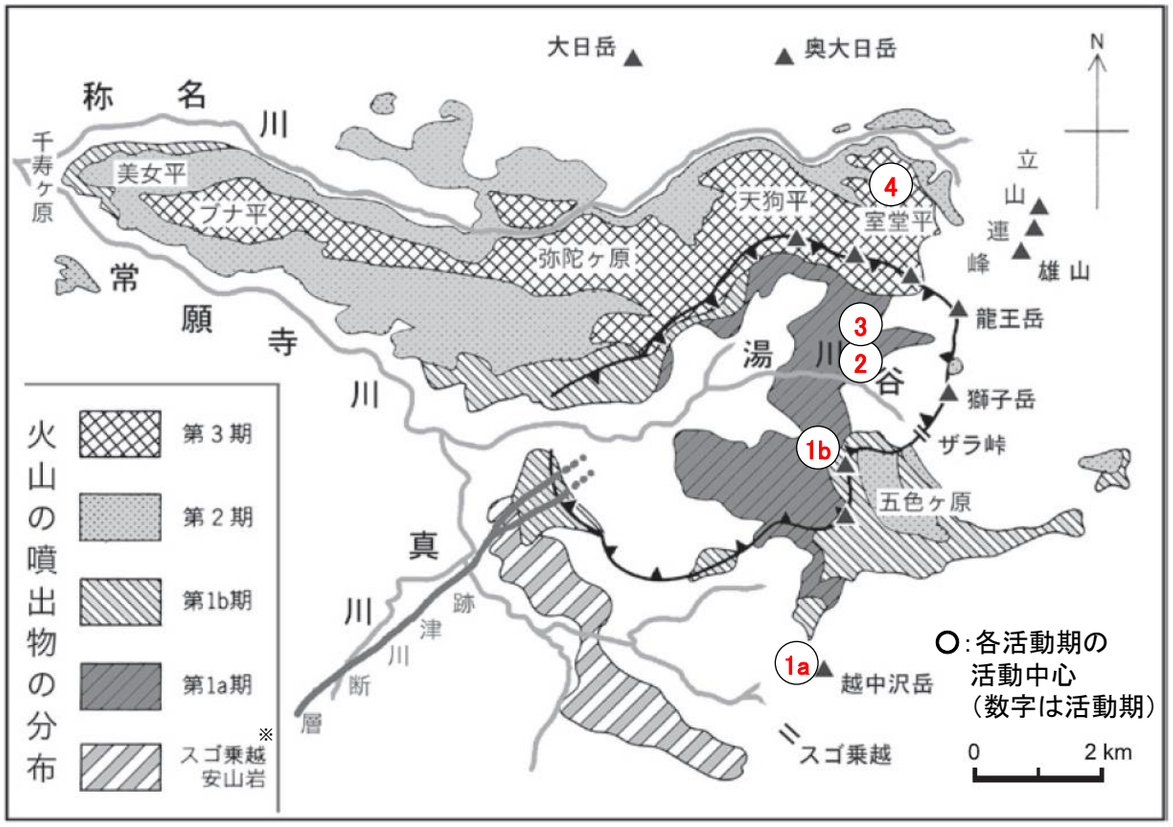
○立山(弥陀ヶ原)(以下,「立山」という)の活動は,中野ほか(2010)によると,4つの活動期に区分され,過去最大の降下火砕物イベントである立山Dテフラは第2期に室堂平と五色ヶ原の間で発生したとされる(左下図)。
○木村(1987)によると,立山Dテフラは5つのユニットに区分される。噴出量の比率はA及びCユニットが最大で,その噴出量は見かけ体積3.1km^{3}と考えられる。(次頁)
○立山DテフラAユニット及びCユニットの噴出量(3.1km^3)は,立山Dテフラを除く降下火砕物の噴出量を上回る(右下図)。

○立山の活動履歴を踏まえ,発電所運用期間中の敷地への影響を考慮する噴出規模として,立山DテフラのうちAユニットもしくはCユニット(以下,立山DテフラA,Cユニット)を考慮する。

＜立山の各活動期の概要＞

- 第1期:第1a期では湯川谷火山岩類を構成する溶岩・火砕岩が噴出し,第1b期では五色ヶ原をつくる溶岩(中ノ谷溶岩等)が流出した。
- 第2期:火山体から東方へ広く分布する立山Dテフラと,北～西山麓にかけて分布する称名滝火砕流等を噴出した。
- 第3期:二ノ谷溶岩や玉殿溶岩等の噴出物の活動期であり,この活動期の中で立山Eテフラが噴出した。
- 第4期:約4万年前以降の室堂平周辺における爆裂火口の形成期であり,マグマ本質物の噴出は認められていない。

(中野ほか(2010)に基づき作成)



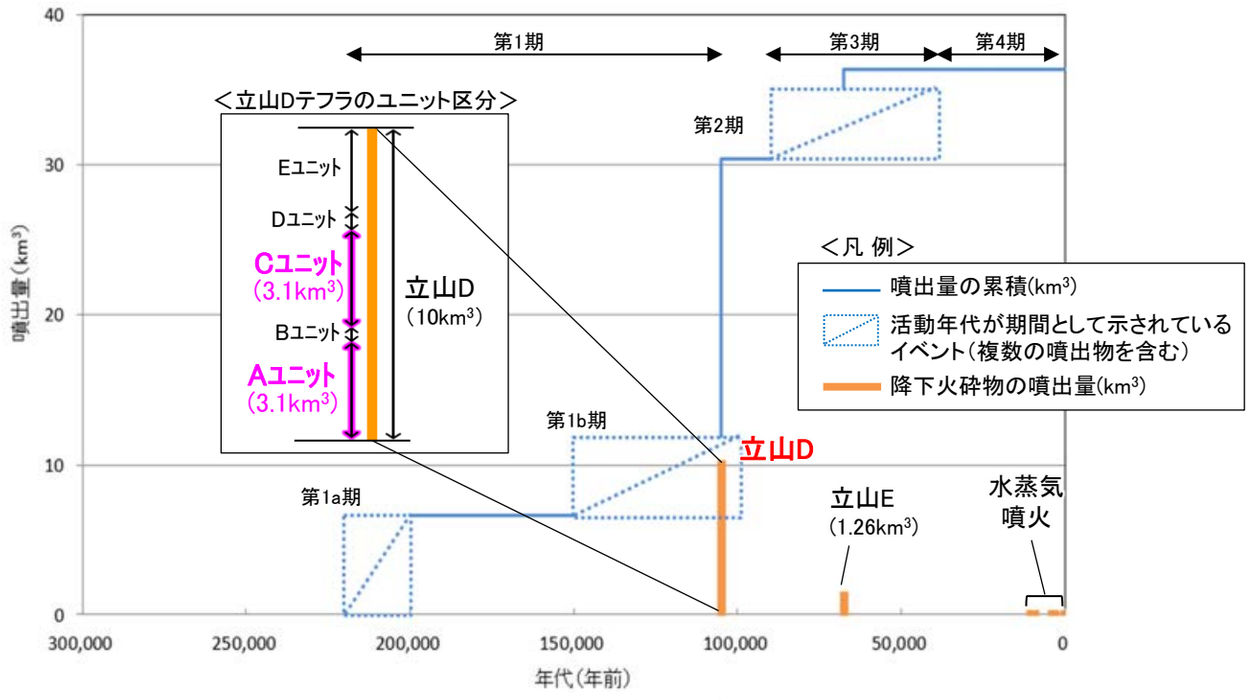
※スゴ乗越安山岩は上廊下起源

立山の地質図
(中野ほか(2010)に一部加筆)

＜立山の活動履歴＞

年代(千年前)	活動期	噴出物名	噴出量(km^3)	参考文献
40[*1]～AD1949[*2]	第4期	1949年噴火 地獄谷類質テフラ 等	0.011以上[*1*4] (水蒸気噴火)	*1 中野ほか(2010) *2 気象庁編(2013) *3 町田・新井(2011) *4 地質調査総合センター編(2021b) *5 須藤ほか(2007) *6 及川(2003) *7 Yamasaki et al.(1966)
90[*1]～40[*1]	第3期	玉殿溶岩 立山Eテフラ 二ノ谷溶岩 等	5.96[*5*6*8]	
105[*3]	第2期	ザラ峠溶結火砕岩 称名滝火砕流 立山Dテフラ 等	18.5[*6*7*8]	
150[*1]～100[*1]	第1b期	中ノ谷溶岩 有峰トンネル溶岩 等	5.3[*6*8]	
220[*1]～200[*1]	第1a期	湯川谷火山岩類	6.6[*6*8]	

*8 山元(2015)及び地質調査総合センター編(2021b)を参考にマグマ換算体積(DRE)から見かけ体積へ換算



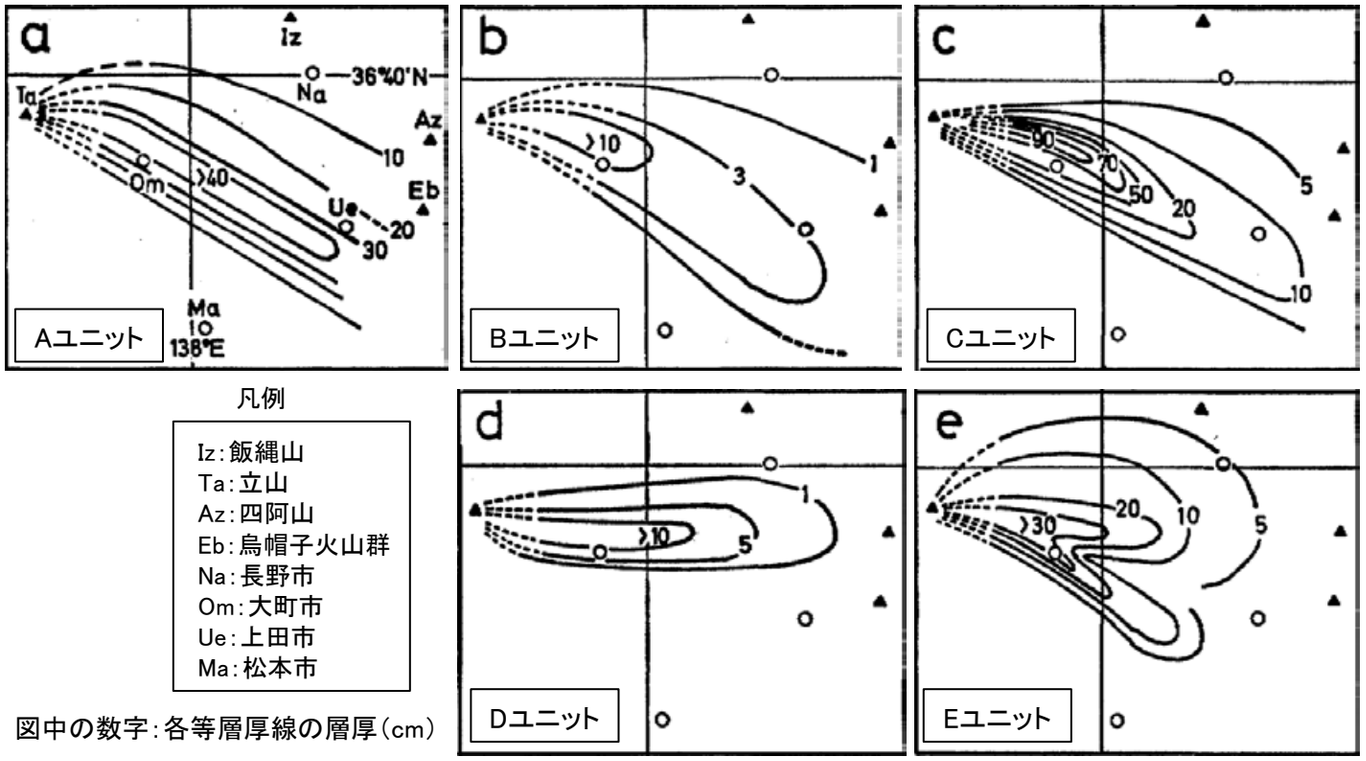
立山の階段ダイヤグラム

中野ほか(2010),気象庁編(2013),町田・新井(2011),地質調査総合センター編(2021b),須藤ほか(2007),及川(2003),木村(1987)及びYamasaki et al.(1966)より作成

【立山Dテフラの5つのユニット】

- 木村（1987）では，立山Dテフラ（Dpm）を，下位よりA～Eの5つの堆積ユニットに区分しており，特徴が異なる各ユニットは，広く追跡することができるとされている。また，各ユニットの内部も，層相の相違及び上方細粒化堆積構造等でさらに細分されると報告している。
- 立山Dテフラの各ユニットは明確に区分され，さらにユニット内部も細分化されることから，各ユニットは同一の噴煙柱から供給されたものではなく，異なる噴火フェーズによる堆積物であると考えられる。よって，立山Dテフラについては，5つのユニットのうち，噴出量が最大となるユニットの噴出規模を考慮する。
- 木村（1987）に示された各ユニットの等層厚線の面積から各ユニットの噴出量の比率を算出した結果，Aユニット及びCユニット比率が31%で最大となったことから，これらのユニットの噴出量が最大であったと考えられる。
- 以上より，敷地への影響を考慮する噴出規模として立山DテフラのAユニットもしくはCユニットを考慮する。
- 及川（2003）に示された噴出量（DRE4km^3）に基づくと，立山Dテフラ全量の噴出量は見かけ体積で10km^{3}となることから※1，立山DテフラAユニット及びCユニットの見かけ体積を3.1km^3（VEI5相当）と評価する。

※1：地質調査総合センター編(2021b)に示されたマグマ密度2.5g/cm^3，堆積物密度1.0g/cm^{3}により算出



凡例

Iz：飯縄山
Ta：立山
Az：四阿山
Eb：烏帽子火山群
Na：長野市
Om：大町市
Ue：上田市
Ma：松本市

図中の数字：各等層厚線の層厚（cm）

立山Dテフラの各ユニットの分布
（木村(1987)に一部加筆）

＜木村（1987）による立山Dテフラ各ユニットの特徴と噴出量比率＞

木村(1987)によるユニット区分		噴出量比率※2
ユニット名	特徴	
Aユニット	黄白色軽石	31%
Bユニット	黒色から暗灰色火山灰層の互層	5%
Cユニット	黄白色軽石	31%
Dユニット	暗褐色火山灰および暗褐色石質火山礫	6%
Eユニット	暗褐色から暗緑色石質火山礫	27%

敷地への影響を考慮する噴出規模

※2：噴出量比率の算定方法の詳細は，補足資料4 P.4-6

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ー御嶽山で考慮する噴出規模ー

【御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価(次頁～P.146)】

○御嶽山の活動履歴は，以下のとおり整理され(詳細は次頁)，発電所運用期間中に御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した。

・御嶽山の活動のうち，新期御嶽火山の活動は3つのステージに分けられ，御嶽第1テフラが発生したステージ(O1ステージ)はプリニー式噴火や溶岩ドームの活動を主体とした活動期であり，大量の軽石噴火によってカルデラが形成されたと考えられている。その後の成層火山体成長期(O2ステージ)を経て，現在は山頂付近の小円錐火山群を主な活動域とする最新静穏期(O3ステージ)である。

・また，ステージの活動様式の転換に伴い，そのマグマタイプも変化している。

○なお，活動履歴により御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価したが，参考に，御嶽山の地下構造について，文献調査及び地震波速度構造の検討により整理を行った。その結果，現状で確認できる範囲においては御嶽第1テフラに相当する噴出規模のマグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められず，活動履歴による評価結果を支持する内容であった。(次々頁～P.146)

【御嶽山の降下火砕物の噴出規模(P.147)】

○御嶽山の活動履歴のうち，降下火砕物の噴出規模については，以下のとおり整理される(詳細はP.147)。

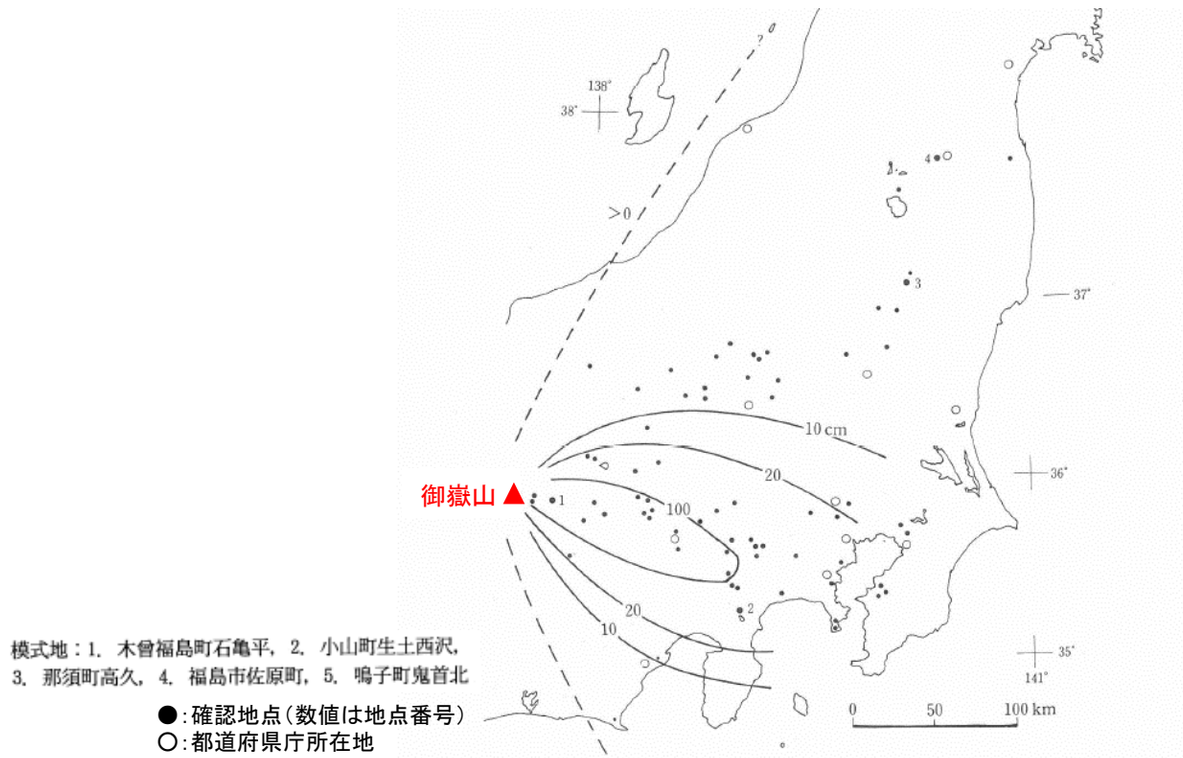
・新期御嶽火山の活動の中では，御嶽第1テフラ(見かけ体積50km^3)の噴出規模が突出して大きい。

・一方で，数km^{3}規模の噴火は，御嶽第1テフラの噴出以降においても複数発生しており，単独の降下火砕物としては御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラ(いずれも見かけ体積5km^3)が最大である。

【御嶽山で考慮する噴出規模】

○御嶽山の活動履歴を踏まえ，発電所運用期間中に御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価し，発電所運用期間中の敷地への影響を考慮する噴出規模として，御嶽第1テフラを除き最大規模の噴火である御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラの噴出規模(いずれも見かけ体積5.0km^3)を考慮する。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



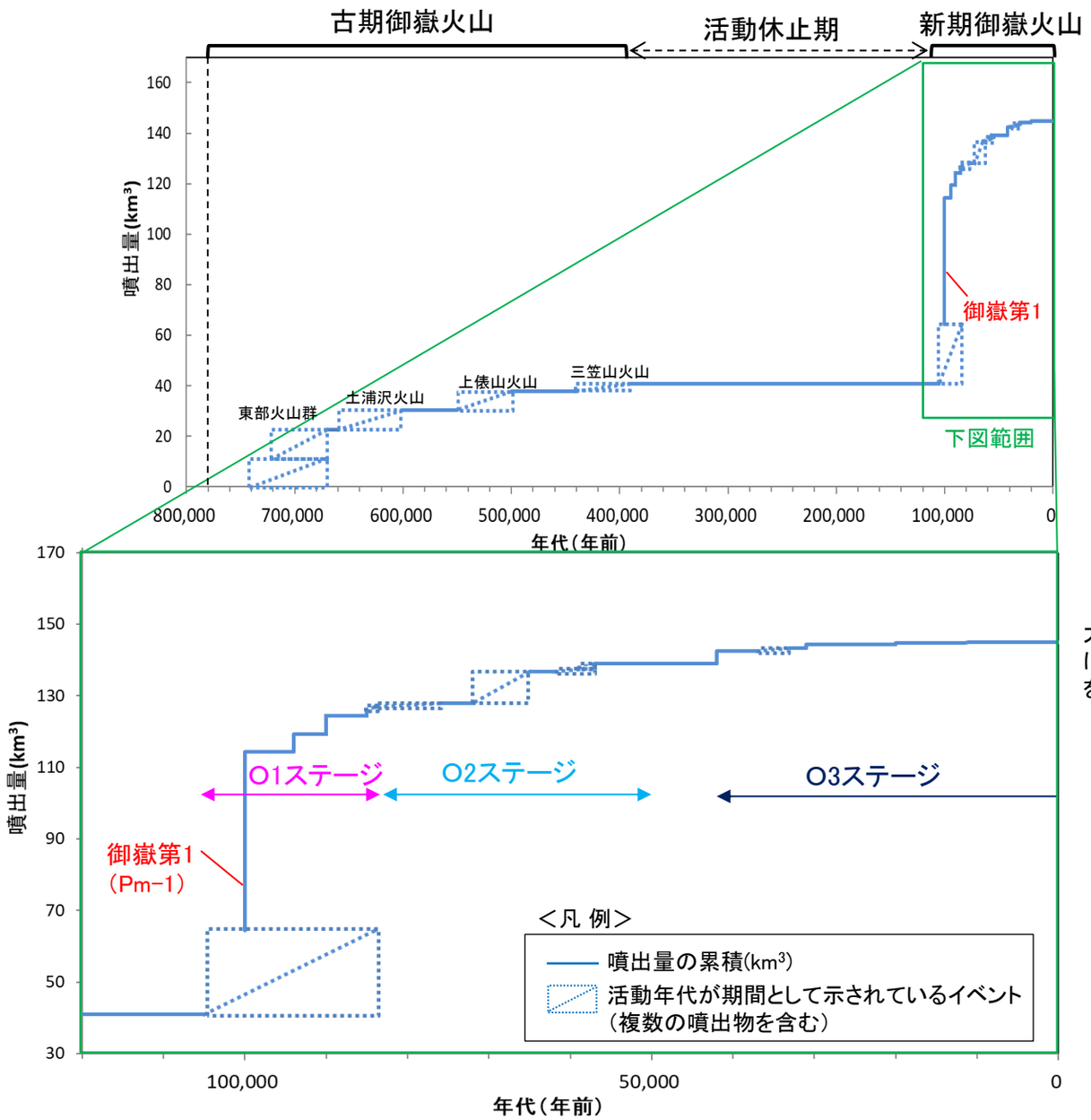
御嶽第1テフラの分布
(町田・新井(2011)に一部加筆)

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ー御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価(活動履歴)ー

○小林(1993)，木村(1993)及び山元(2015)によると，御嶽山の活動は，活動休止期を挟んで古期御嶽火山と新期御嶽火山に分けられ，さらに新期御嶽火山の活動は3つのステージに分けられ，各ステージの活動様式及びマグマタイプについて以下のように整理されている。

- 御嶽第1テフラ(Pm-1)が発生したステージ(O1ステージ)は，プリニー式噴火や溶岩ドームの活動を主体とした活動期であり，大量の軽石噴火によってカルデラが形成されたと考えられる。その後，成層火山体成長期(O2ステージ)を経て，現在は山頂付近の小円錐火山群を主な活動域とする最新静穏期(O3ステージ)であり，小規模なマグマ噴火や，ごく最近では水蒸気噴火が卓越する。
- O1ステージから活動休止期を挟んでO2ステージへの活動様式の転換に伴い，そのマグマタイプもMid-Kカルクアルカリデイサイトから，High-Kカルクアルカリ安山岩～デイサイト，High-Kソレアイト安山岩の活動に変化している。

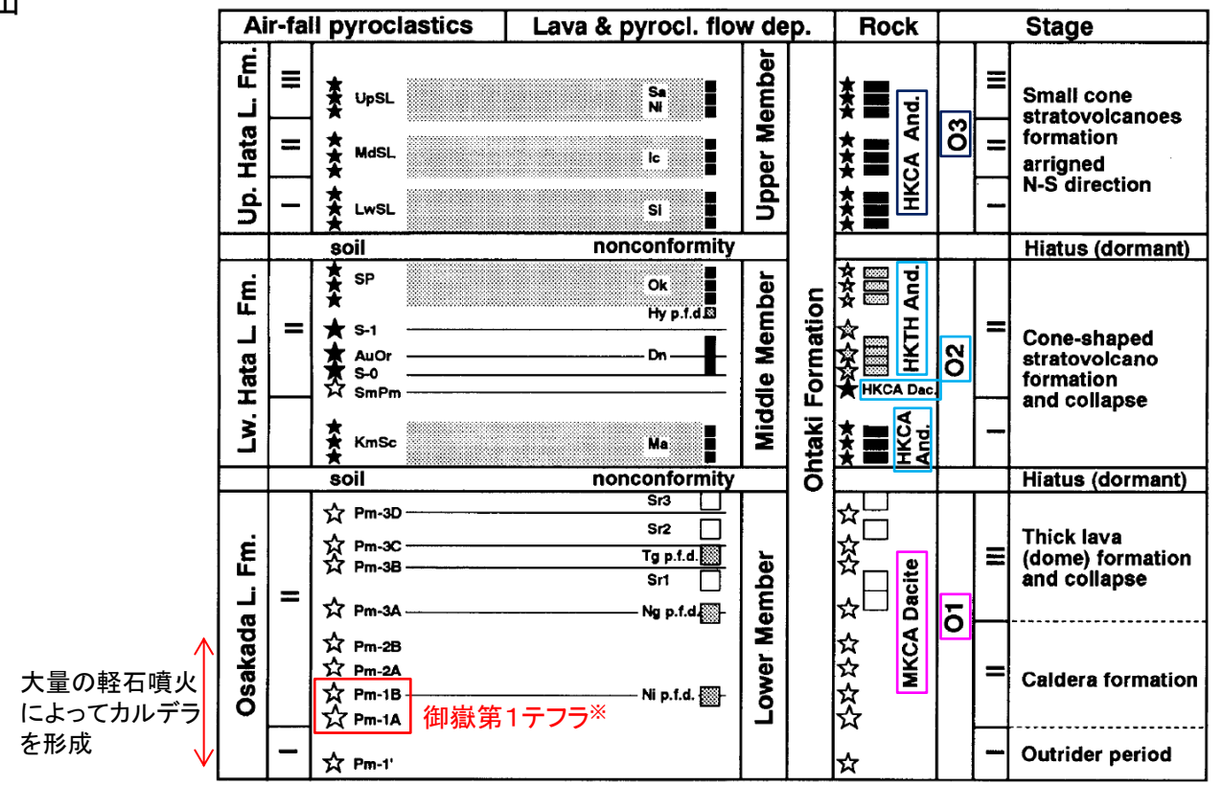
○また，山元(2015)等に基づき作成した階段ダイヤグラムでは，御嶽第1テフラの噴出があったO1ステージ以降，最新の活動期にかけて，活動が低調化してマグマの噴出量は縮小する傾向が認められる(左下図)。



御嶽山の階段ダイヤグラム

(山元(2015)，地質調査総合センター編(2023)，町田・新井(2011)，及川(2003)，須藤ほか(2007)，小林(1993)，木村(1993)より作成)

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



※テフラの対比は，町田・新井(2011)による

新期御嶽火山活動ステージ	活動様式	マグマタイプ
O3ステージ	山頂付近の小円錐火山群の形成	High-Kカルクアルカリ安山岩(HKCA And.)
O2ステージ	安山岩溶岩の大量噴出による成層火山の形成	High-Kカルクアルカリ安山岩(HKCA And.)～デイサイト(HKCA Dac.)，High-Kソレアイト安山岩(HKTH And.)
O1ステージ	デイサイト－流紋岩質のプリニー式噴火と，カルデラ陥没及び溶岩ドームの形成	Mid-Kカルクアルカリデイサイト(MKCA Dacite)

後期更新世以降の御嶽山の活動ステージ
(木村(1993)に基づき作成)

コメントNo.3の回答

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ー(参考)御嶽第1テフラの同規模噴火の可能性の評価(地下構造)ー

〇参考に，御嶽山の地下構造について，文献調査及び地震波速度構造の検討を行い，以下のとおり整理した。

【文献調査(次頁～P.144)】

・最新知見も含め，御嶽山の地下構造に関する文献調査を行った結果，御嶽山の地下浅部の地下構造については，以下のとおり，深部から供給された流体の存在が示唆されている。

－比抵抗構造①：Kasaya et al.(2002)では，御嶽山南東部において実施したMT探査により，地下の比抵抗構造が推定され，御嶽山の南東斜面地下数kmの浅部において，マグマから脱水した水が関与した低比抵抗領域が解釈されている(次頁)。

－比抵抗構造②：Ichihara et al.(2018)では，御嶽山南東斜面において観測したMT探査データ(広帯域MT，AMT)を用いた3次元インバージョンから得られた比抵抗構造と地下深部に起源を有する地表湧水の関係から，地下構造が推定・解釈され，御嶽山の南東斜面地下数kmの浅部において，流体の存在が示唆されている(次々頁)。

－地震学的検討：Maeda and Watanabe(2023)では，3つの地震学的解析結果から御嶽山の地下浅部の地下構造と熱水供給システムが検討され，御嶽山直下の海抜約 −0.3km付近の反射面は，冷えて固化しかけたマグマの天井である可能性があり，それより浅部には熱水供給システムが形成されていると解釈されている(P.144)。

【地震波速度構造の検討 (P.145，146)】

・防災科学技術研究所のデータ(Matsubara et al.，2022)を用いて御嶽山の地震波速度構造に関する検討を行った結果，解析の精度に課題があると考えられるものの(P.146)，以下の構造が認められ，マグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められない(P.145)。

－地下約10km以深の広い範囲に低速度かつ低Vp/Vs領域が，地下約10km以浅では地下数kmの浅部を除き広い範囲に高速度領域が認められる。地下数kmの浅部においては，低Vsかつ高Vp/Vs領域が水平方向に広く連続して分布している。

・上記構造について，浅森・梅田(2005)及びNakajima et al.(2001)を踏まえると，御嶽山周辺の地震波速度構造では，地下約10km以深において，マグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められず，水の存在が示唆される。

〇上記の整理結果を踏まえ，御嶽山の地下構造について，以下のとおり評価した。

・現状で確認できる範囲においては，御嶽第1テフラに相当する噴出規模のマグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められない。

・御嶽山の地下構造は，以下の点で，活動履歴により御嶽第1テフラと同規模の噴火が発生する可能性が十分小さいとした評価を支持する。

－御嶽山の地下構造に関する文献で示された内容(地下浅部に深部から供給された流体の存在が示唆されていること)は，御嶽山の活動履歴(最新の活動期に向かって活動が低調化し，小規模なマグマ噴火や，ごく最近では水蒸気噴火が卓越して発生していること(P.140))と整合する。

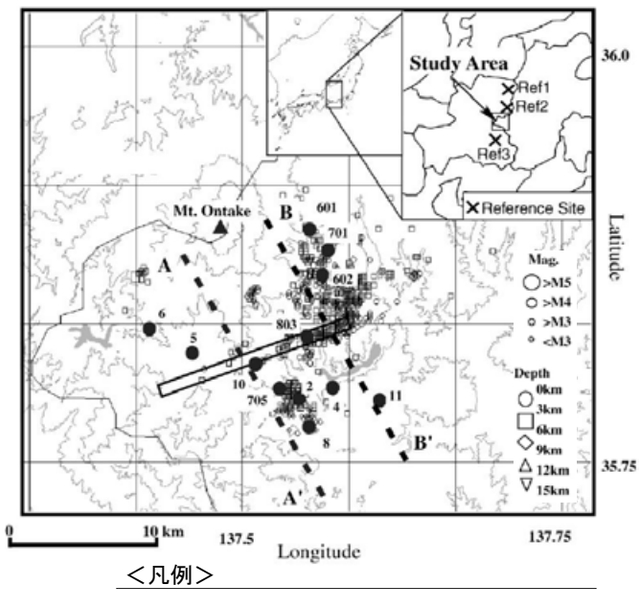
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

【御嶽山の地下構造に関する文献（比抵抗構造①，Kasaya et al.(2002)）】

○Kasaya et al.（2002）では，御嶽山南東部において実施したMT探査により，以下のような地下の比抵抗構造が推定され，御嶽山の南東斜面地下数kmの浅部において，マグマから脱水した水が関与した低比抵抗領域が解釈されている。

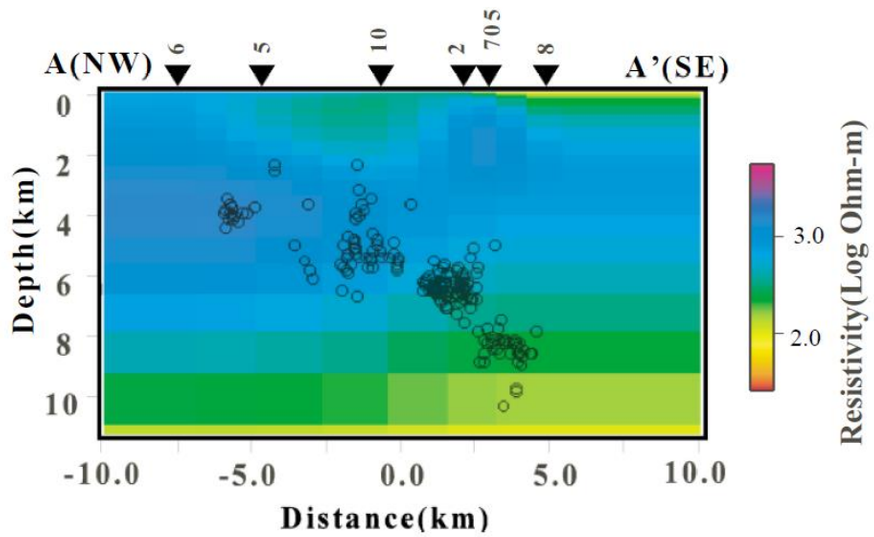
・地震活動（断層活動）が非活発的な御嶽山頂真南側のA-A´測線では，一様に高比抵抗である。

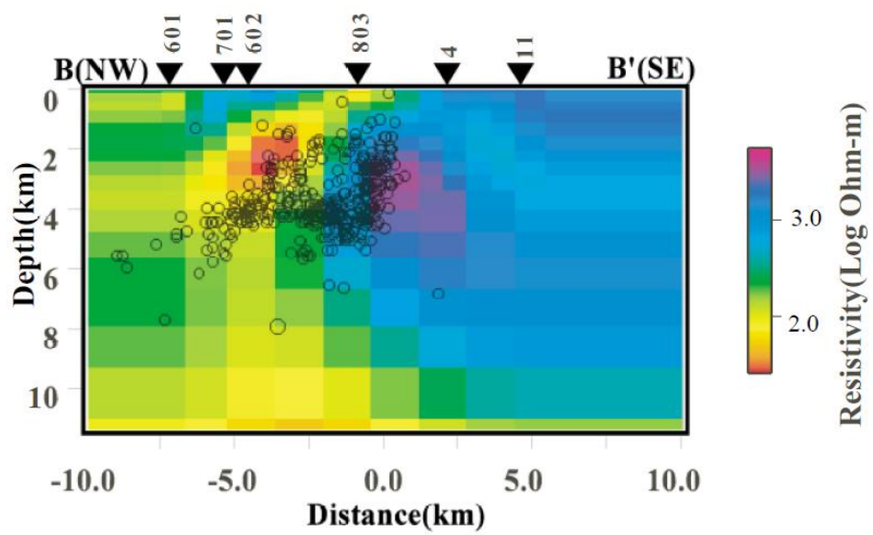
・地震活動が活発な御嶽山頂南東のB-B´測線には顕著な低比抵抗領域があり，高比抵抗との境界部は地震断層（1984年の長野県西部地震）の位置と一致した。深度8km以深の低比抵抗領域（C3）の上限は概ねS波反射面と一致しており，マグマから脱水した水と考えられる。



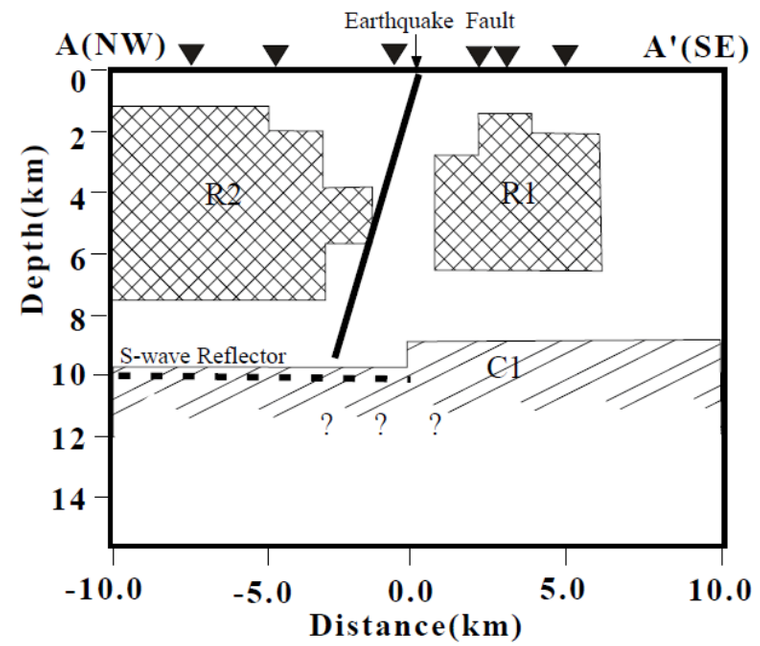
＜凡例＞
黒丸：MT観測点（数字は地点番号）
長方形：1984年長野県西部地震の地震断層
背景の矩形～円：1995年10～12月の震央分布

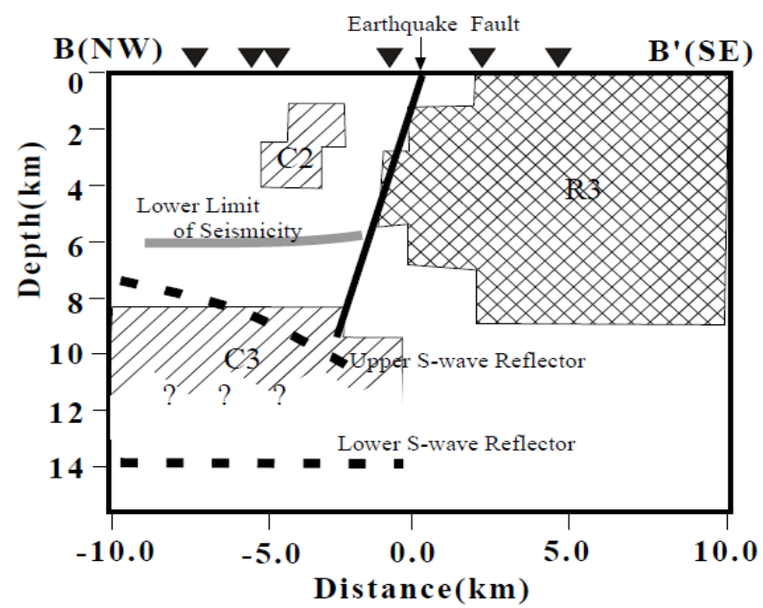
御嶽山の比抵抗探査断面位置
（Kasaya et al., 2002）





2測線の比抵抗構造二次元断面
（Kasaya et al., 2002）





単純化した二次元比抵抗構造
（Kasaya et al., 2002）

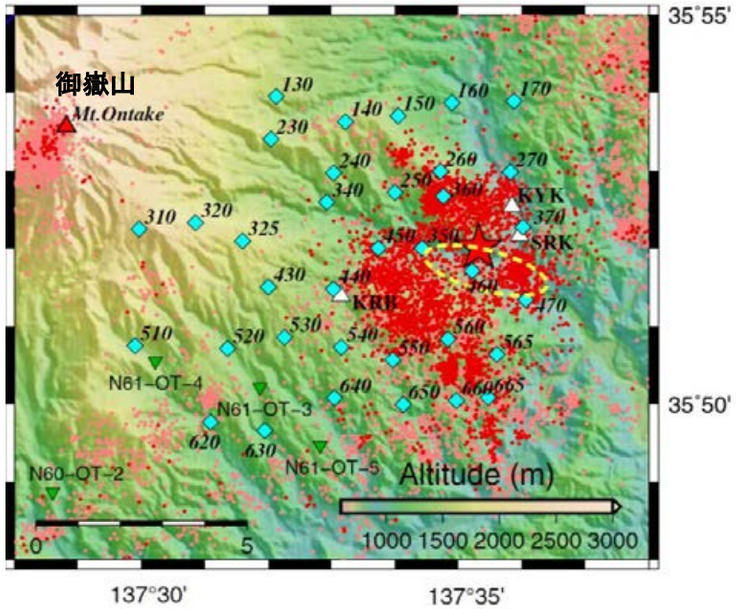
【御嶽山の地下構造に関する文献（比抵抗構造②，Ichihara et al.(2018)）】

○Ichihara et al.（2018）では，御嶽山南東斜面において2017年9月～12月にかけて観測したMT探査データ（広帯域MT，AMT）を用いた3次元インバージョンから得られた比抵抗構造と，地下深部に起源を有する地表湧水の関係から，以下のような地下構造が推定・解釈され，御嶽山の南東斜面地下数kmの浅部において，流体の存在が示唆されている。

・地表において，マントルまたは下部地殻起源の同位体組成を示す湧水地点の地下に，2つの低比抵抗領域（C-1，C-2）が存在する。

・この2つの低比抵抗領域では地震が発生しておらず，その間の高比抵抗領域において地震が発生している。

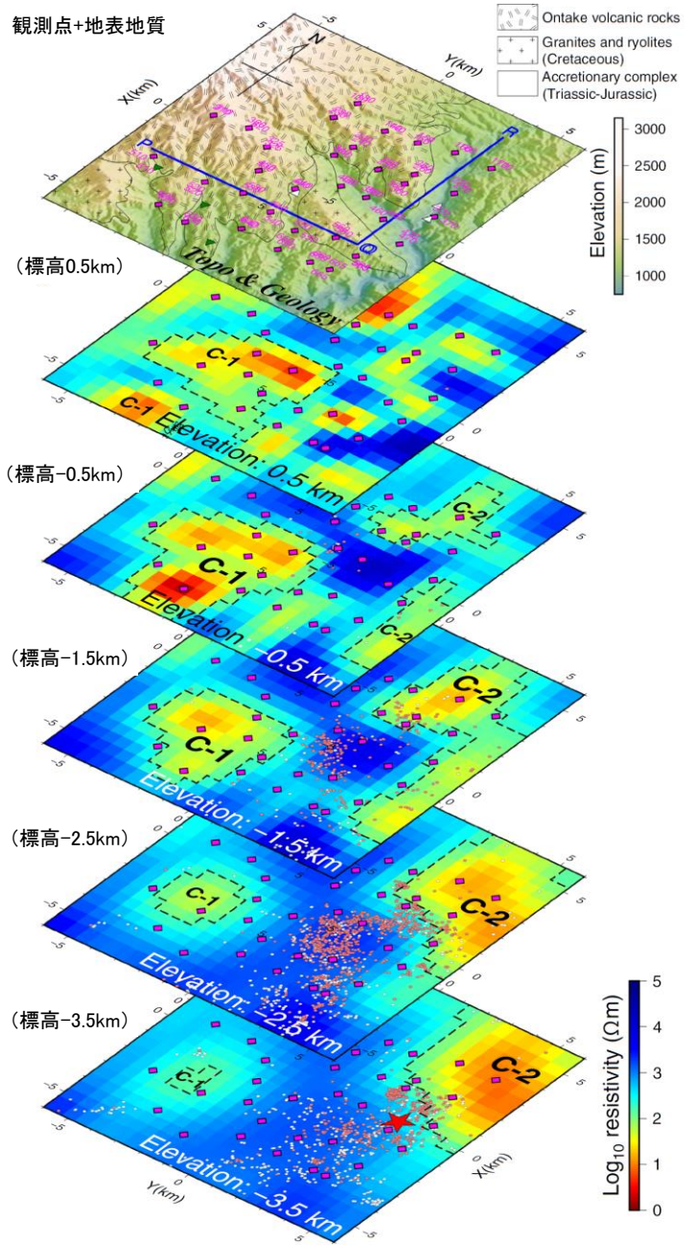
・C-1及びC-2は，非地震性弾性条件下（Aseismic elastic conditions）において，間隙流体に満たされた，もしくは高温となった堆積物（ないしその両方）として解釈できる。



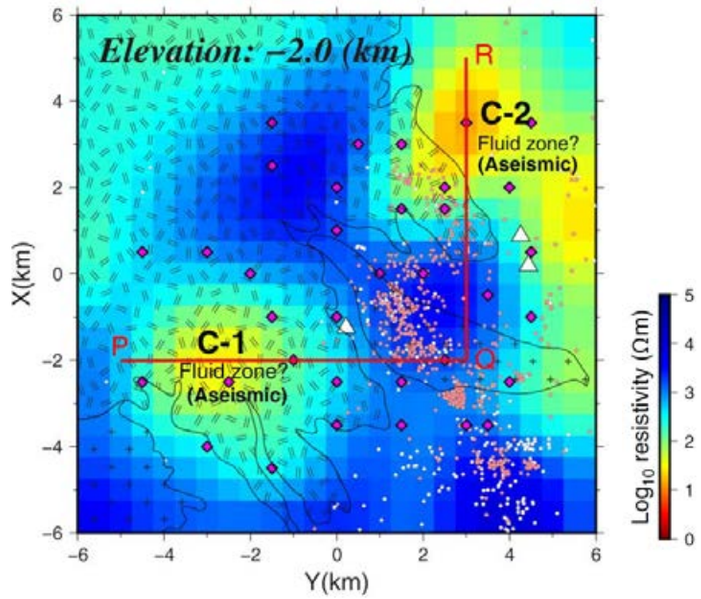
御嶽山南東斜面における比抵抗探査位置
（Ichihara et al.（2018）に一部加筆）

＜凡例＞

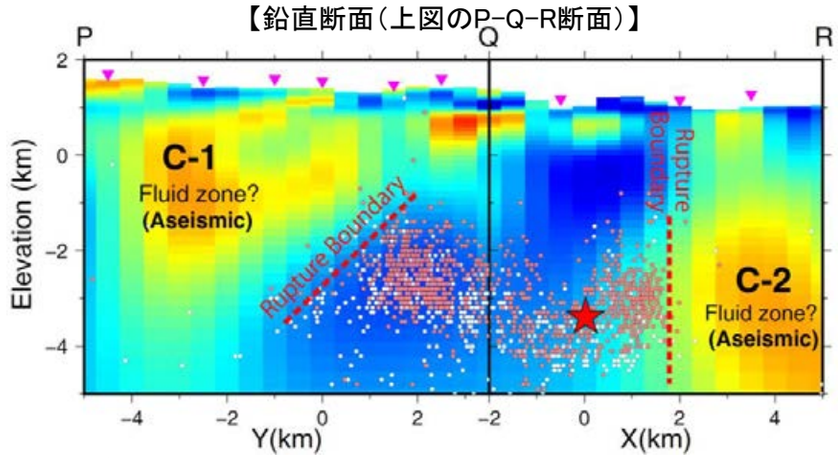
- ◇：MT観測地点
- ●：名古屋大学（2017）により手動で決定された震源（2017年6月24日以前）
- ●：名古屋大学（2017）により手動で決定された震源（2017年6月24日以降）
- ：2002年から2004年に地殻変動が生じた領域（Kimata et al., 2004）
- △：下部地殻またはマントル起源を示す湧水の採取地点（Nishio et al.,2010）
- ▼：NEDO（1988）により基盤岩である美濃帯の比抵抗値が得られた地点



【水平断面（標高-2.0km）及び地表地質】



【鉛直断面（上図のP-Q-R断面）】



＜凡例＞

- ◆▼：MT観測地点
- ●：名古屋大学（2017）により手動で決定された震源（2017年6月25日の地震以前）
- ○：名古屋大学（2017）により手動で決定された震源（2017年6月25日の地震以降）

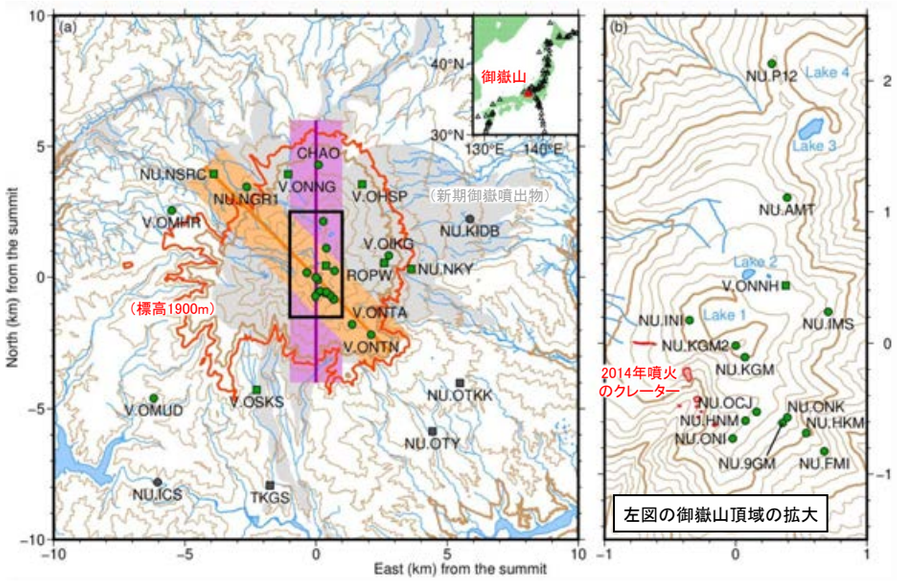
御嶽山南東斜面の3次元比抵抗構造　（Ichihara et al.（2018）に一部加筆）

【御嶽山の地下構造に関する文献（地震学的検討，Maeda and Watanabe(2023)）】

〇Maeda and Watanabe(2023)において，3つの地震学的解析結果から，御嶽山の地下浅部の地下構造と熱水供給システムが検討された。

〇これらの結果では，海抜1.9kmと0.9kmを境界とする3つの層を一貫して示し，それらは新期噴出物，古期噴出物，基盤岩と解釈された。また，御嶽山直下の海抜約−0.3 km付近の反射面は，冷えて固化しかけたマグマの天井である可能性があり，それより浅部には熱水供給システムが形成されていると解釈されている。

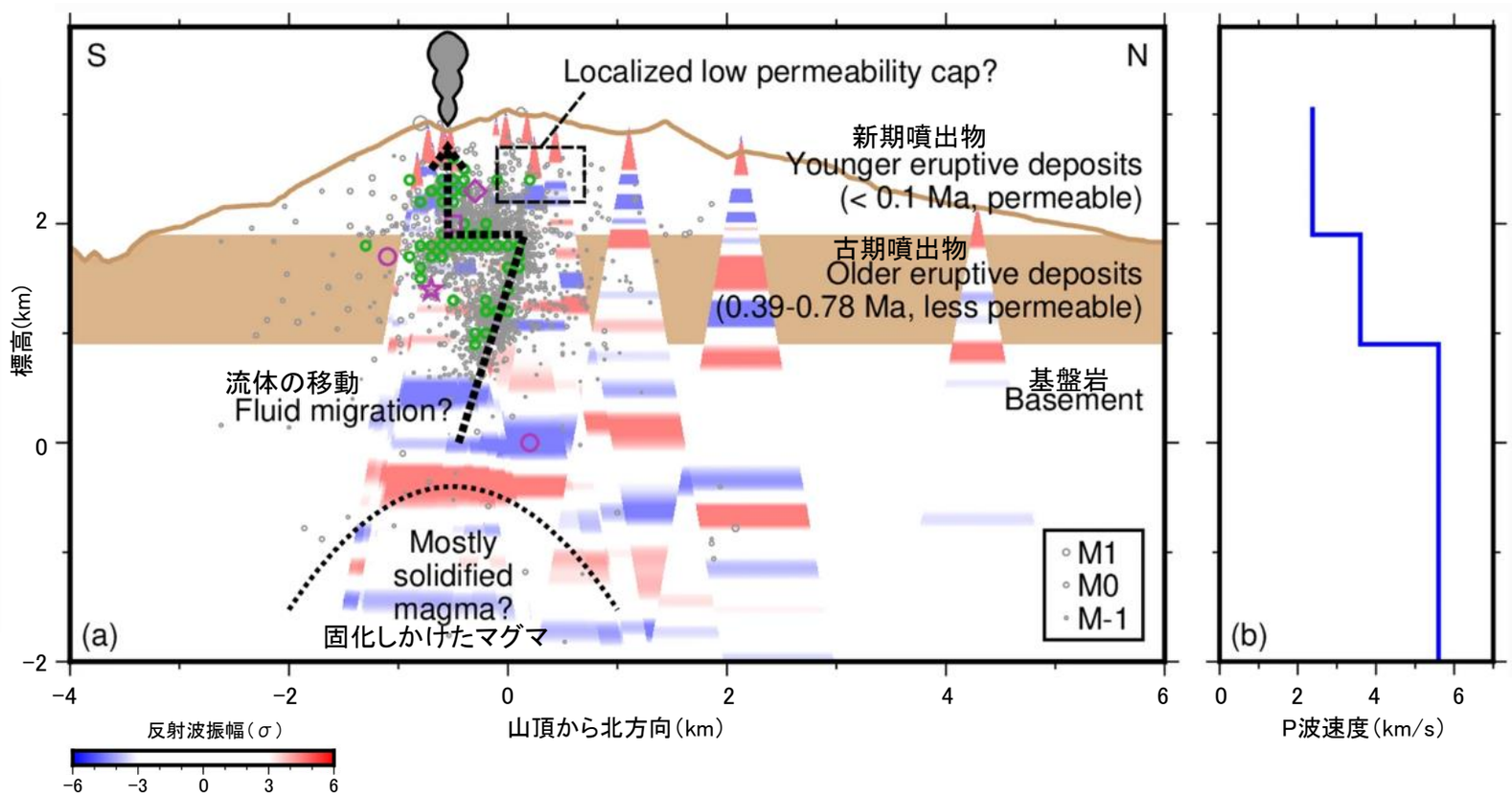
〇なお，Maeda and Watanabe(2023)によると，御嶽山の地下構造に関する研究は限られているとされる。また，固化しかけたマグマが存在するという仮説を検証するためには，P波速度とS波速度を直接的に調査・検討することが今後必要であるとされている。



御嶽山における地震観測点位置
（Maeda and Watanabe（2023）に一部加筆）

＜凡例＞

〇：短周期地震計
□：広帯域地震計
●■：P波速度の計算に使用した地震観測点
NU.　：名古屋大学管理，V.　：気象庁管理
（その他は長野県と岐阜県が管理）
■■：反射イメージングの対象範囲



御嶽山における南北方向の鉛直断面（反射応答）と速度モデル
（Maeda and Watanabe（2023）に一部加筆）

＜凡例＞

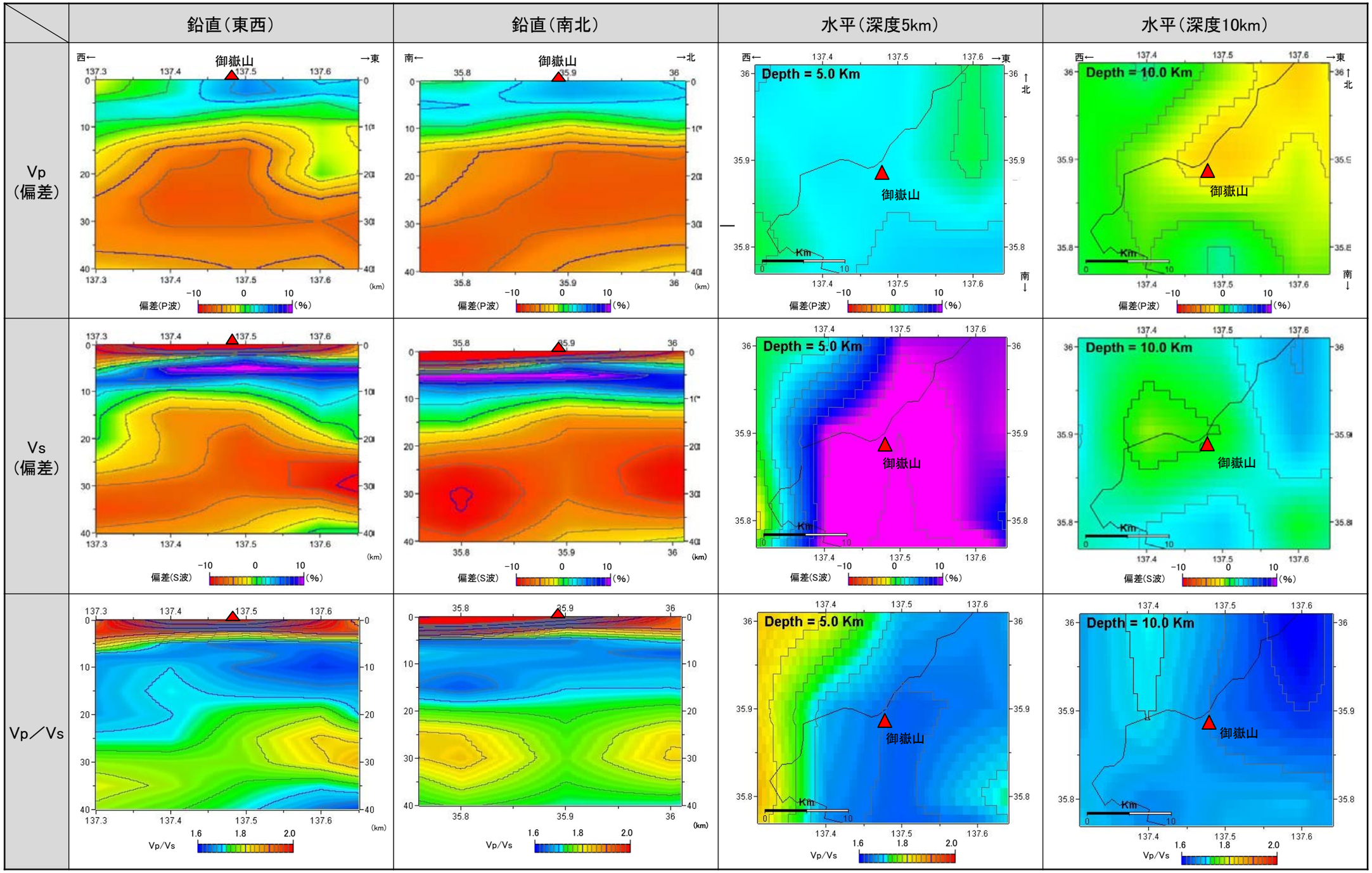
〇：最終速度モデルで再決定された全ての火山性地震の震源
〇：速度構造モデルの推定に用いた震源
〇：2007年噴火の2か月前に生じた膨張のソース
☆：2014年噴火の450秒前に開始した傾斜変動のソース
□：2014年噴火の25秒前に生じた超長周期地震
◇：2014年噴火後，数年に渡って継続した収縮のソース

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

【御嶽山の地震波速度構造】

〇御嶽山の地震波速度構造について，防災科学技術研究所の三次元地震波速度構造2022年度版（Matsubara et al., 2022）では，地下約10km以深の広い範囲に低速度かつ低Vp/Vs領域が，地下約10km以浅では地下数kmの浅部を除き広い範囲に高速度領域が認められる。地下数kmの浅部において低Vsかつ高Vp/Vs領域が水平方向に広く連続して分布している。（下図）

〇よって，御嶽山周辺の地震波速度構造では，地下約10km以深において，マグマ溜まりの存在が示唆される構造は認められず，水の存在が示唆される。



地震波速度構造と内部物質の状態との関係に関する文献の記載

■浅森・梅田(2005)
・低速度領域
⇒流体や高温異常の存在を示唆

■Nakajima et al.(2001)
・低速度かつ高Vp/Vs
⇒メルトの存在を示唆
・低速度かつ低Vp/Vs
⇒水の存在を示唆

Matsubara et al.(2022)の分解能

・深さ0～10km：
　－水平方向（約20km）
　－深さ方向（5km）
・深さ10～40km：
　－水平方向（約20km）
　－深さ方向（10km）

御嶽山周辺の地震波速度構造（Matsubara et al.(2022)に基づき作成）

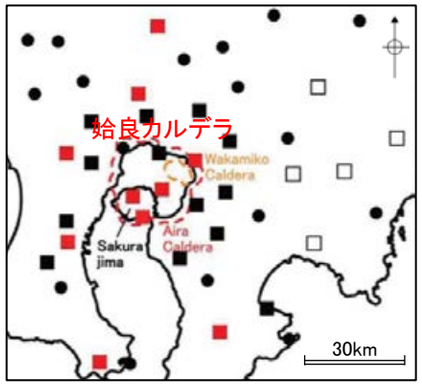
【地震波速度構造に関する解析の精度について】

〇防災科学技術研究所のデータ（Matsubara et al., 2022）を用いて御嶽山における地震波速度構造を検討することについて，地震波速度構造からマグマ溜まりを検討した事例（姶良カルデラを対象とした為栗ほか（2022））との比較から，解析の精度を検討した。

〇地震波速度構造からマグマ溜まりを検討した事例（姶良カルデラを対象とした為栗ほか（2022））と比較すると，検討に用いる観測データ（地震計の配置密度）や速度構造の分解能等の解析の精度に課題があると考えられる（下図）。

地震波速度構造からマグマ溜まりを検討した事例
（為栗ほか（2022）：姶良カルデラを対象）

【観測データ（地震計の配置密度）】

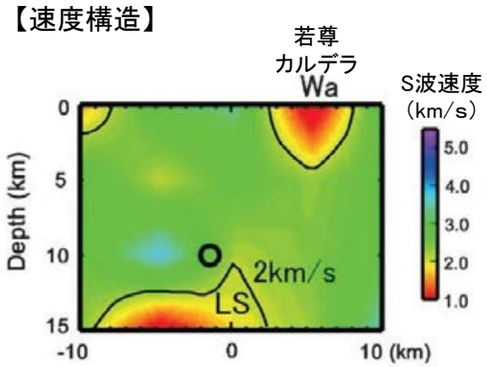


検討に用いる地震計の配置状況
（為栗ほか(2022)に一部加筆）

検討対象となる姶良カルデラ内（－－ ）において，地震計の配置が充実している。

＜凡例＞
- ■ ：京都大学（常時）
- ■ ：京都大学（臨時）
- □ ：京都大学（2018年以降）
- ● ：防災科学研究所
- －－：姶良カルデラ
- －－：若尊カルデラ

【速度構造】



姶良カルデラの中央部を通る東西方向のS波鉛直断面
（為栗ほか(2022)に一部加筆）

＜分解能＞
- ・水平方向：約5km
- ・深さ方向：5km

＜地震波速度構造に関する解析の精度の比較＞

【観測データ（地震計配置状況）】

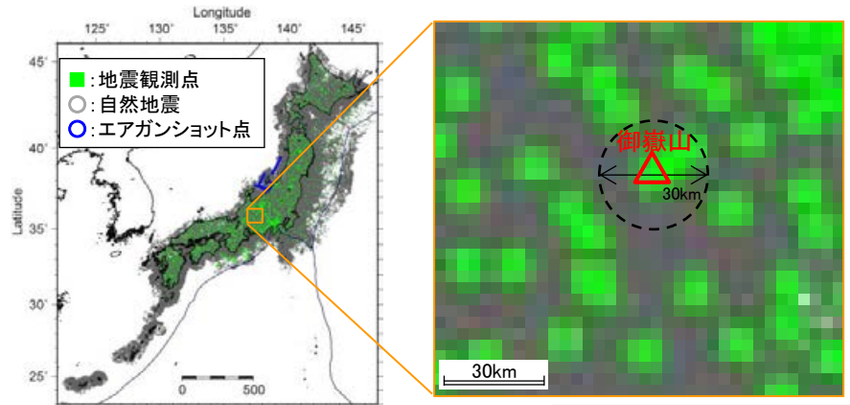
・評価対象となる火山周辺の地震計配置状況については，地震波速度構造からマグマ溜まりを検討した事例（為栗ほか，2022）で使用した観測データの観測密度と比較すると，御嶽山を対象とした防災科学技術研究所のデータ（Matsubara et al., 2022）の観測点はやや不足する。

【速度構造】

・地震波速度構造からマグマ溜まりを検討した事例（為栗ほか，2022）の分解能が，水平及び深さ方向に約5kmであることに対して，防災科学技術研究所のデータ（Matsubara et al., 2022）の分解能は水平方向に約20kmと精度が劣る。

御嶽山における地震波速度構造の検討
（防災科学技術研究所のデータを使用（Matsubara et al., 2022））

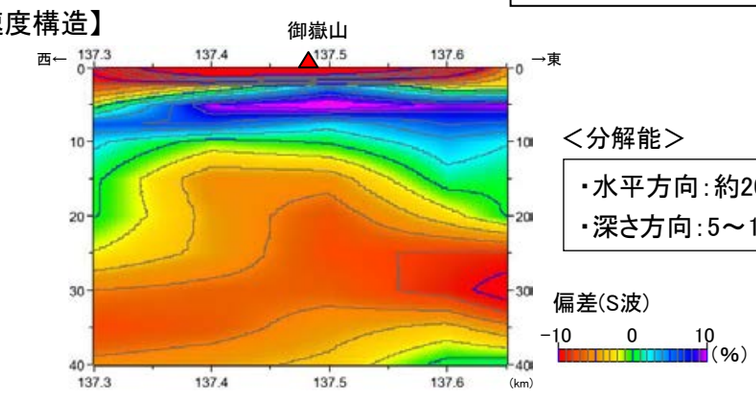
【観測データ（地震計の配置密度）】



検討に用いる地震計の配置状況
（Matsubara et al.(2022)に一部加筆）

検討対象となる御嶽山周辺（－－）において，地震計の配置がやや不足している。

【速度構造】



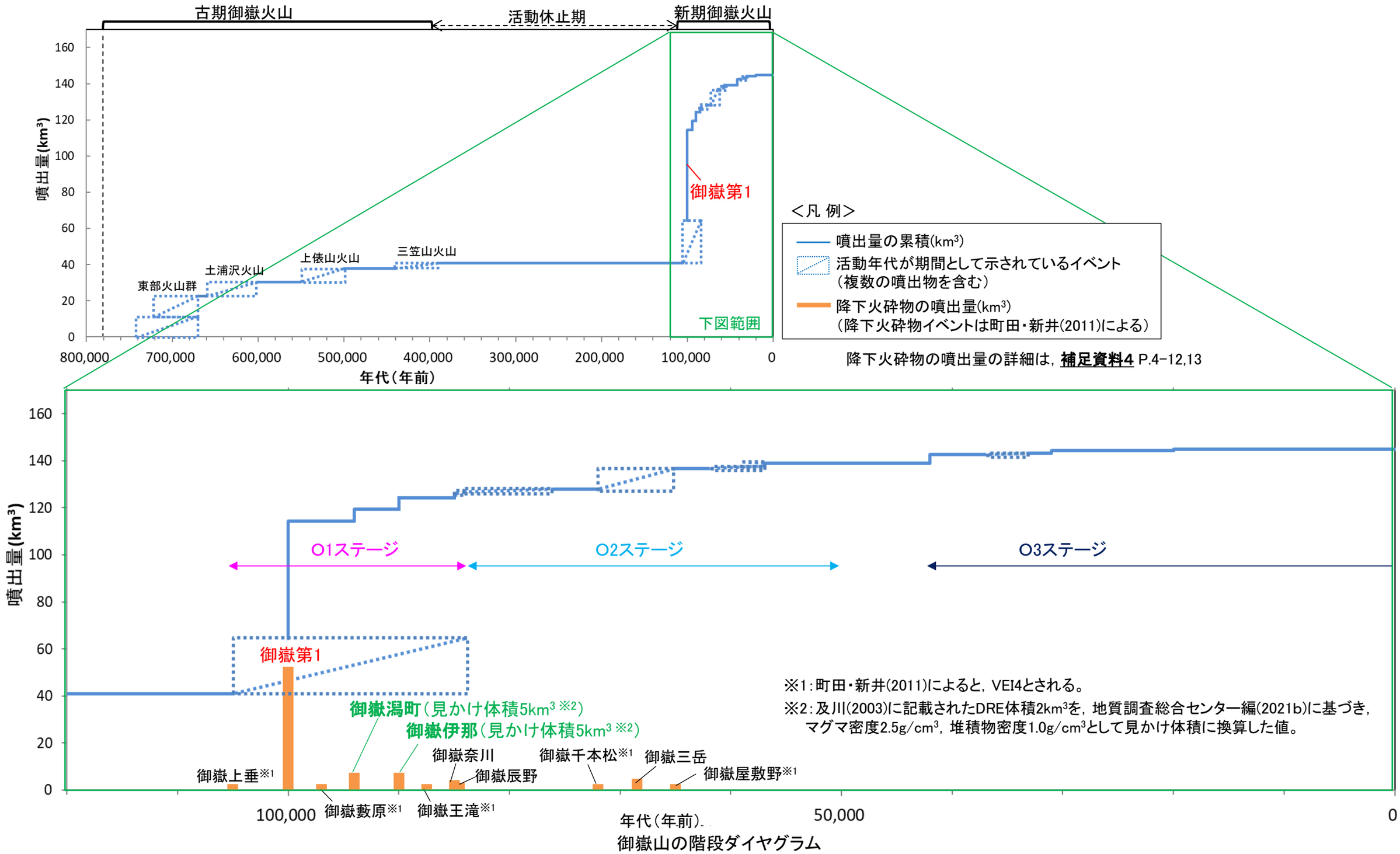
御嶽山の山頂を通る東西方向のS波鉛直断面
（Matsubara et al.(2022)に基づき作成）

＜分解能＞
- ・水平方向：約20km
- ・深さ方向：5～10km

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 －御嶽山の降下火砕物の噴出規模－

○御嶽山の降下火砕物の噴出規模について，新期御嶽火山の活動の中では，御嶽第1テフラ（見かけ体積50km³）の噴出規模が突出して大きい。
○一方で，数km³規模の噴火は，御嶽第1テフラの噴出以降においても複数発生しており，単独の降下火砕物の噴出量としては，御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラ（いずれも見かけ体積5km³）が最大である（御嶽潟町テフラの噴出規模の詳細は次頁）。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



御嶽山の階段ダイヤグラム

（山元（2015），中野ほか編（2013），町田・新井（2011），及川（2003），須藤ほか（2007），小林（1993），木村（1993）より作成）

【御嶽潟町テフラの噴出規模】

〇御嶽潟町テフラの噴出規模に関連した文献としては，Matsu'ura and Komatsubara (2024)，及川(2003)及び須藤ほか(2007)がある。
〇Matsu'ura and Komatsubara(2024)では，御嶽潟町テフラの分布範囲(0cm等層厚線)が示されたのみであり，噴出規模に関する具体的な記載は無い(詳細は，次頁)。
〇一方で，及川(2003)においてDRE体積2km^3(見かけ体積5km^3※)，須藤ほか(2007)において見かけ体積2km^{3}と，御嶽潟町テフラの具体的な噴出量が示されている。これらの噴出量について，左下図に示すとおり，及川(2003)に示された噴出量の規模感は妥当であり，須藤ほか(2007)の噴出量は，やや過小評価となっている可能性があると考えられる。
〇以上より，御嶽潟町テフラの噴出量については，具体的な噴出量が示され，その規模が妥当と考えられる及川(2003)に示された噴出量に基づき，見かけ体積5km^{3}と評価する。
〇なお，参考に町田・新井(2011)に示された御嶽潟町テフラの等層厚線図と御嶽山起源の他のテフラの等層厚線図との比較を行った結果，噴出量が5km^{3}とされる御嶽伊那テフラと10cm・20cm・100cmの等層厚線の分布範囲が同程度であることを確認した(右下図)。

※DRE体積を，地質調査総合センター編(2021b)に基づき，マグマ密度2.5g/cm^3，堆積物密度1.0g/cm^{3}として見かけ体積に換算した値

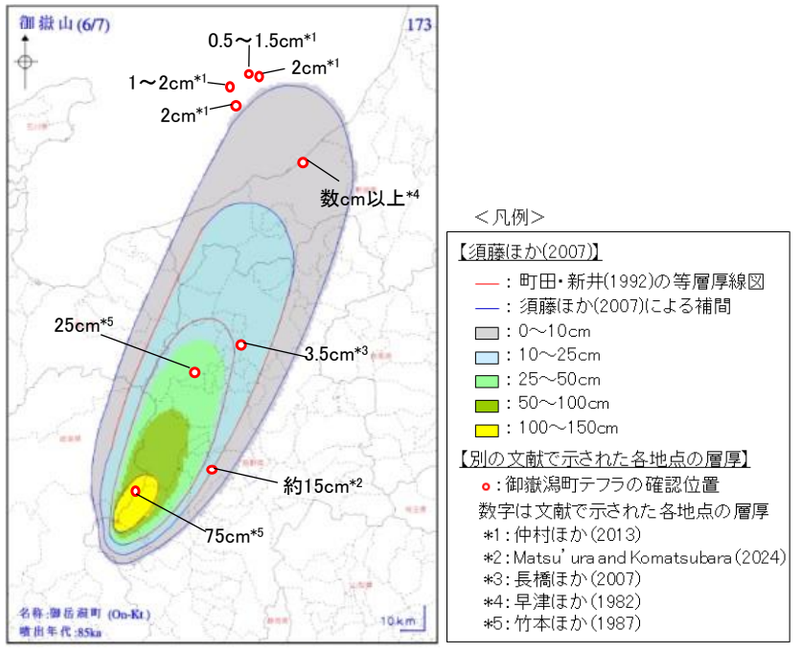
＜文献で示された噴出量＞

【及川(2003)】：DRE体積2km^3(**見かけ体積5km^3** ※)

(当社による，記載された噴出量の考察)
・噴出量の具体的な算出根拠は不明であるが，飛騨山脈の火山に精通した著者が，既往文献も踏まえて飛騨山脈の他の火山を起源とするテフラと噴出量を統一的な観点で，現地で確認される層厚分布状況も踏まえながら総合的に整理されたものであり，噴出量の規模感としては妥当と考えられる。

【須藤ほか(2007)】：**見かけ体積2km^3**

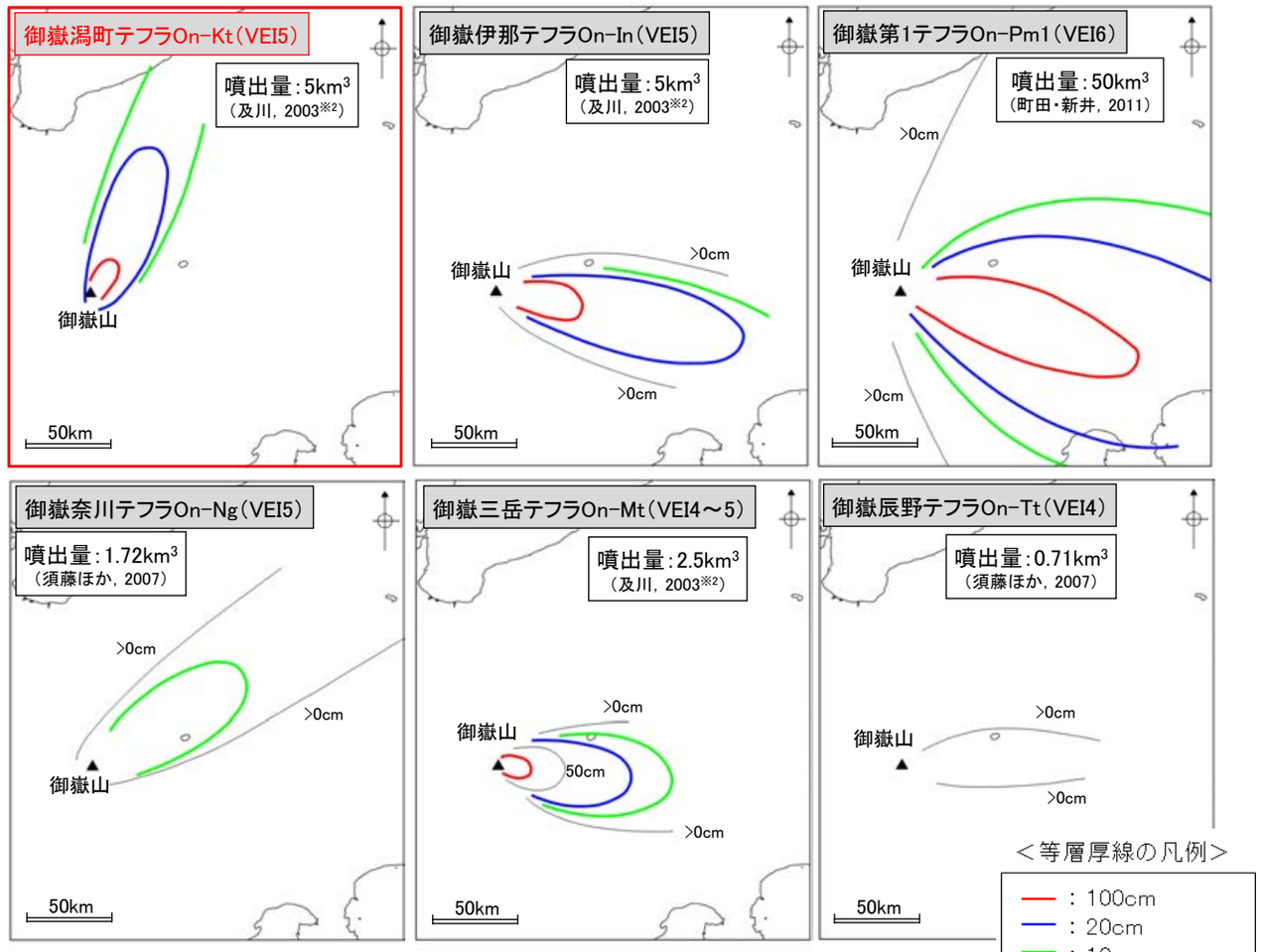
(当社による，記載された噴出量の考察)
・町田・新井(1992)に示された等層厚線図(町田・新井(2011)と同様)を基に，図学的な処理により等層厚線を補間し，噴出量を算出している。須藤ほか(2007)の等層厚線図(下図)は，別の文献で示された各地点の層厚と比べて，概ね整合的であるものの，日本海の確認地点等では，確認された層厚に対して過小となっており，示された噴出量が，やや過小評価となっている可能性がある。



御嶽潟町テフラの分布（須藤ほか(2007)に一部加筆）

＜(参考)他のテフラの等層厚線図との比較＞

・町田・新井(2011)では，御嶽潟町テフラを含む計6つの御嶽山起源のテフラに関する等層厚線図が示されている。御嶽潟町テフラと他のテフラの等層厚線が示す分布範囲について，比較を行った。
・御嶽潟町テフラの10cm・20cm・100cmの等層厚線について，各層厚の分布範囲は，御嶽伊那テフラ(噴出量5km^3)と同程度であり，御嶽第1テフラ(噴出量50km^3)よりも範囲が十分に狭く，御嶽奈川・三岳・辰野テフラ(噴出量0.71～2.5km^3)よりも範囲が広い(下図)。



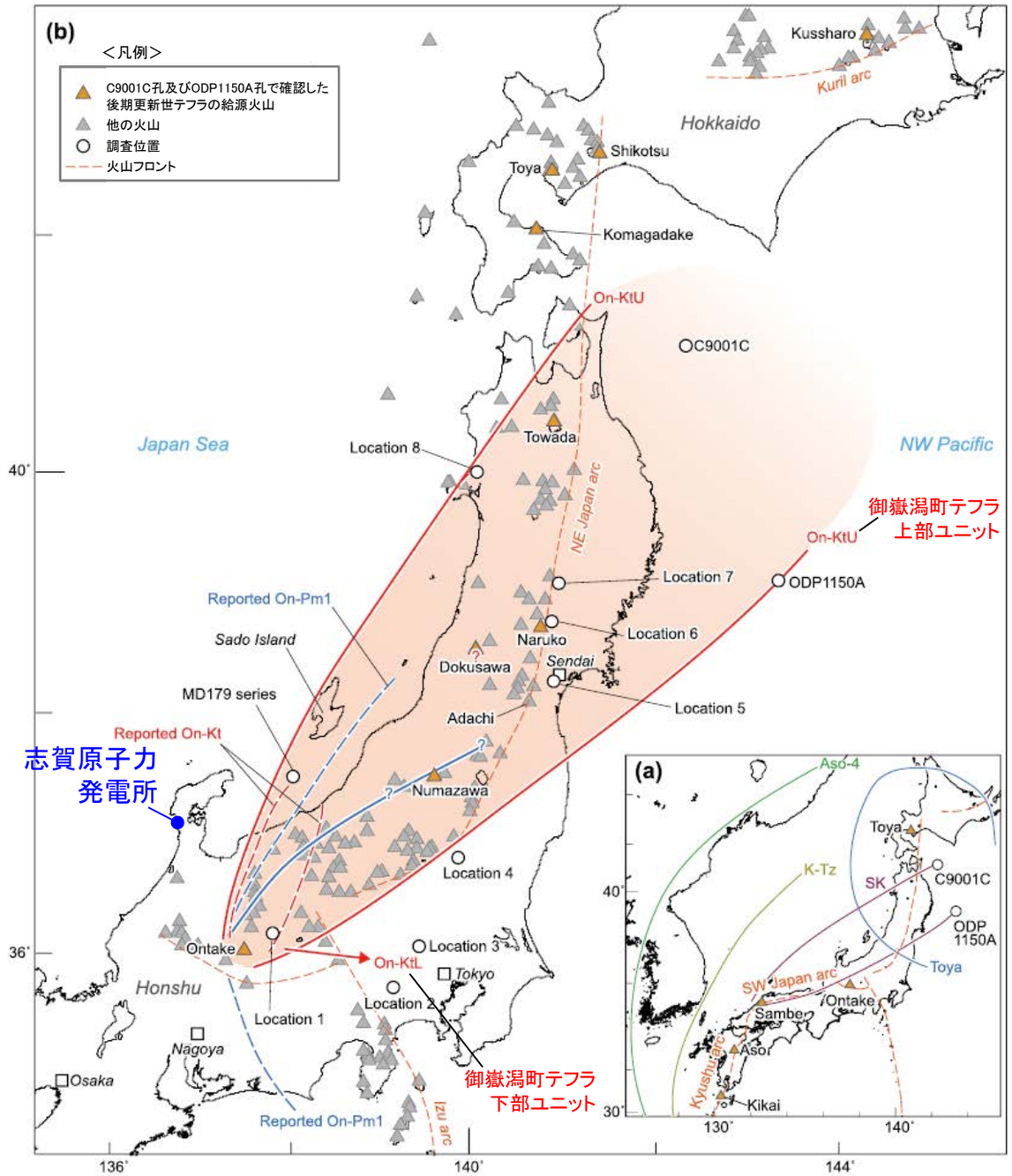
各テフラの噴出規模(VEI)は，町田・新井(2011)による

御嶽山起源のテフラの分布
(町田・新井(2011)に示された等層厚線に基づき作成)

【（参考）Matsu’ura and Komatsubara（2024）】

〇Matsu’ura and Komatsubara（2024）において，御嶽潟町テフラの分布範囲が従来考えられてきた範囲より広い可能性が指摘されたが，御嶽潟町テフラ（上部ユニット※，On-KtU）の分布範囲（0cm等層厚線）が示されたのみであり，噴出規模に関する具体的な記載は無い。

※Matsu’ura and Komatsubara（2024）では，御嶽潟町テフラの下部ユニット（On-KtL）についても御嶽山から東方の2地点で確認されたことが記載されているが，その分布域の詳細は示されていない。



＜凡例＞

■Matsu’ura and Komatsubara（2024）以前の報告
- 御嶽潟町テフラ（On-Kt）の0cm等層厚線（竹本ほか，1987）
- 御嶽第1テフラ（On-Pm1）の0cm等層厚線（町田・新井，2003）

■Matsu’ura and Komatsubara（2024）
- 御嶽潟町テフラ上部ユニット（On-KtU）の0cm等層厚線
- 御嶽第1テフラ（On-Pm1）の0cm等層厚線

御嶽潟町テフラの分布
（Matsu’ura and Komatsubara（2024）に一部加筆）

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 －飯縄山で考慮する噴出規模－

○早津(2008)によると，飯縄山の活動履歴は，以下のとおりとされ，発電所運用期間中に過去最大規模の降下火砕物噴出イベントである飯縄上樽aテフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと考えられる。

- 飯縄山は二つの活動期間(第Ⅰ活動期，第Ⅱ活動期)に大別され，第Ⅰ活動期は，約34万年前ごろ，第Ⅱ活動期は約23万年前に始まり，飯縄上樽aテフラは第Ⅱ活動期に発生した(左下図)。
- 飯縄山は妙高火山群を構成する火山(多世代火山)の1つであり，その活動は玄武岩のマグマによって開始され，デイサイト質マグマの活動によって終わる。第Ⅱ活動期においても，噴出するマグマの性質が玄武岩質⇒安山岩質⇒デイサイト質へと変化しており，約15万年前に主要な活動は終了し，現在は活動休止期間となっている。この特徴は妙高火山群を構成する各火山において共通して認められる(右下図)。
- 約6万年前に水蒸気爆発が発生しているが，それ以降の噴火の形跡はなく，噴気活動や高温の温泉の湧出等は全く認めることができず，現在，火山活動は完全に停止状態にあると考えられる。

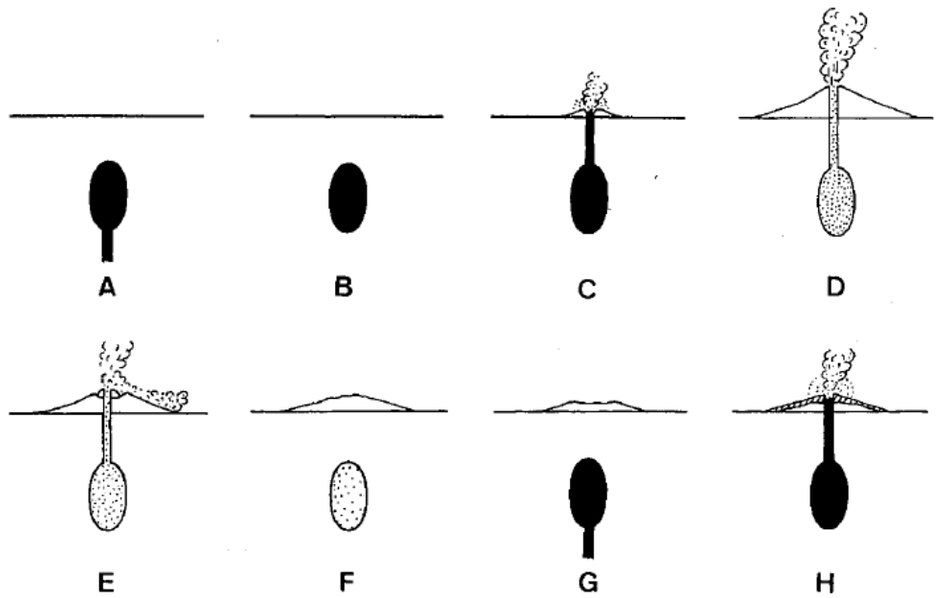
○また，飯縄山を給源とする降下火砕物のうち，飯縄上樽aテフラ以外の噴出イベントの噴出量に関する知見は確認されず，発生していたとしても小規模であると考えられる(**補足資料4** P.4-20)。

○飯縄山の活動履歴を踏まえると，飯縄上樽aテフラと同規模の噴火が発生する可能性は十分小さく，飯縄上樽aテフラ以外の噴出イベントは小規模であると考えられることから，発電所運用期間中に飯縄山の降下火砕物が原子力発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

年代 (ka)	形成史区分			地層名 火山体	地層名 指標テフラ層	地層名 崩壊堆積物	地層名 その他	岩質
	第Ⅱ休止期				高山火山灰層 (IZ-TY)		栃原湖成層 / カルデラ湖沼堆積物 / 火山麓扇状地堆積物 / 新期湖沼堆積物 / 赤塩層	
150	第Ⅱ活動期	溶岩ドーム期		怪無山溶岩流 高デッキ溶岩流 天狗岳溶岩流 1340m峰溶岩流 富士見山溶岩流 大頭山溶岩流 念仏池溶岩流	飯縄上樽aテフラ 上樽軽石層 (IZ-KT) 西山軽石層 (IZ-NY)			角閃石安山岩質 (H) ～ デイサイト質 (H) 輝石安山岩質 (H)
		カルデラ期				越水岩屑なだれ堆積物		
		成層火山期	第3期	諏沢火砕流堆積物				角閃石・輝石安山岩質 (H)
170-190			第2期	笠山溶岩流 飯縄山溶岩層 飯縄火砕流堆積物	古間スコリア層 (IZ-FM)			輝石安山岩質 (P)
220-230			第1期	麓原溶岩層 大沢溶岩層 鳥居川火砕堆積物 1017m峰スコリア層 瑪瑙山溶岩層 黒滝スコリア層 西沢溶岩層		牟礼岩屑なだれ堆積物		かんらん石・輝石安山岩質 (P) 玄武岩質 (P)
	第Ⅰ休止期							
340	第Ⅰ活動期			桂沢溶岩層 殿沢溶岩層 瑪瑙沢溶岩層				安山岩質 (H) ～ デイサイト質(H)

H：しそ輝石質岩系，P：ピジョン輝石質岩系.

飯縄山の噴火史
(早津(2008)に一部加筆)



A：玄武岩質マグマの上昇によるマグマだまりの形成
B：地下深部からのマグマの供給停止
C：玄武岩質マグマの噴出による噴火活動開始
D・E:マグマは玄武岩質⇒安山岩質⇒デイサイト質へと変化し山体が成長
F：マグマは自力噴火の能力を失い，噴火活動が終了
G：地下深部から新たな玄武岩質マグマが上昇し，前回とほぼ同じ地点にマグマ溜まりを形成
H：玄武岩質マグマによる新たな噴火活動開始

妙高火山群の形成とマグマだまりの関係
(早津(2008)に基づき作成)

3.1.2.1(2)地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ー選定結果ー

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山(17火山)のうち，降下火砕物の発生実績または降下火砕物の噴出量に関する知見が確認されなかった7火山を除く10火山において，発電所運用期間中において敷地への影響を考慮する噴出規模を下表のとおり設定した。

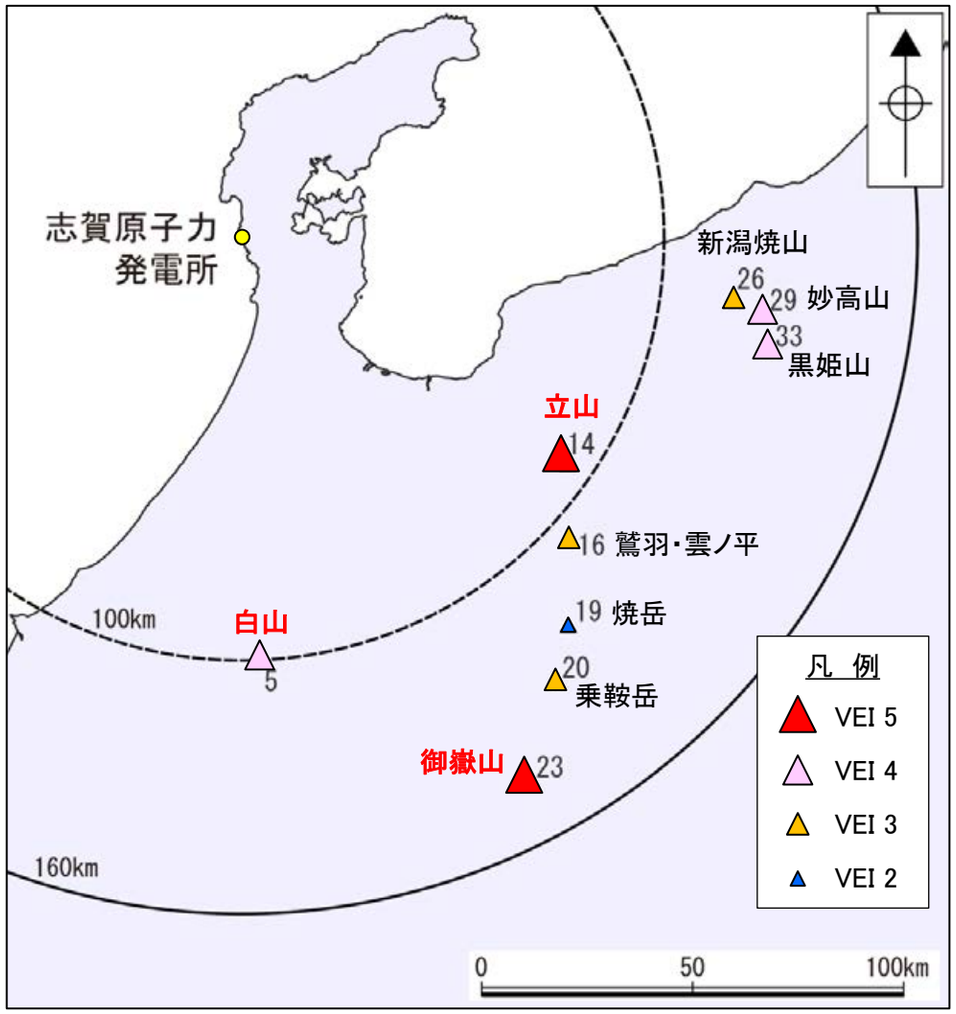
○このうち，噴出規模がVEI5以上(見かけ体積が1km^{3}以上)となるものは，立山(立山DテフラA,Cユニット)及び御嶽山(御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラ)である。

○また，噴出規模がVEI4以下の火山のうち，敷地からの距離が最も近い火山は白山である。白山の南竜火山灰の噴出規模は，田島ほか(2005)に基づくと見かけ体積0.1125 km^{3}である。

○以上より，地理的領域内の火山による降下火砕物シミュレーションの対象として，噴出規模がVEI5以上である立山(立山DテフラA,Cユニット)及び御嶽山(御嶽伊那テフラ※1)，噴出規模がVEI4以下の火山のうち敷地からの距離が最も近い白山(南竜火山灰)を選定した。

※1:御嶽山については，御嶽潟町テフラ及び御嶽伊那テフラの噴出量が同じ(見かけ体積5km^3)であることから，代表として御嶽伊那テフラを選定した。

紫字:第1289回審査会合以降に変更した箇所



位置図

＜発電所運用期間中において敷地への影響を考慮する噴出規模※2＞

※2:各火山の活動履歴(噴火イベント)の詳細については，補足資料4

火山名		敷地からの距離(km)	敷地への方位	敷地への影響を考慮する噴出規模		
				降下火砕物	規模(VEI)	噴出規模の根拠
5	はくさん 白山	101	北	南竜火山灰	4	田島ほか(2005)
14	たてやま 立山	94	北西	立山DテフラA,Cユニット	5	及川(2003) 木村(1987)
16	わしば・くものたいら 鷲羽・雲ノ平	106	北西	鷲羽Bテフラ	3	原田ほか(2023)
19	やけだけ 焼岳	120	北西	焼岳-上部峠沢テフラ8	2	及川ほか(2002)
20	のりくらだけ 乗鞍岳	129	北西	位ヶ原テフラ	3	奥野ほか(1994)
23	おんたけさん 御嶽山	146	北北西	御嶽潟町テフラ※1，御嶽伊那テフラ※1	5	及川(2003)
26	にいがたやけやま 新潟焼山	118	西	焼山-高谷池火山灰a，b	3	地質調査総合センター編(2021b)
29	みょうこうさん 妙高山	125	西	妙高兼俣・関山テフラ	4	須藤ほか(2007)
33	くろひめやま 黒姫山	128	西北西	黒姫大平テフラ	4	須藤ほか(2007)
35	いいづなやま 飯縄山	130	西北西	(活動履歴を踏まえると，降下火砕物が原子力発電所に影響を及ぼす可能性が十分に小さい)		早津(2008)

噴出規模がVEI5以上であることから，選定した降下火砕物

噴出規模がVEI4以下の火山のうち，敷地からの距離が最も近いことから，選定した降下火砕物

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.1(3)地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 ー選定方法ー

【B-2】分布実績がない降下火砕物(地理的領域外の火山)からの選定

○地理的領域外の火山による分布実績がない降下火砕物からの選定として,「分布実績がある降下火砕物の給源火山」におけるその他の降下火砕物(噴出規模がより小さい降下火砕物)を対象として,敷地からの距離や噴出規模の観点で,敷地への影響が比較的大きいと考えられる火山を選定する。

○「分布実績がある降下火砕物の給源火山」のうち,地理的領域外の火山は,九州地方の火山,中国地方の火山及び鬱陵島である。このうち,鬱陵島については,分布実績がある鬱陵隠岐テフラと同規模噴火の可能性が否定できないことから,シミュレーション対象として鬱陵隠岐テフラを選定した(P.134)。九州地方の火山及び中国地方の火山を給源とする分布実績がある降下火砕物については,給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が十分小さいと評価したものの(P.126),これらの給源火山におけるその他の降下火砕物(噴出規模がより小さい降下火砕物)の影響について検討する。

○検討の対象となるこれらの降下火砕物については,噴出規模が一定以下となると考えられることから,距離の観点で敷地への影響が比較的大きくなる火山を整理した上で,シミュレーション対象とする降下火砕物を選定する。

○中国地方の火山(大山・三瓶山)については,敷地からの距離が鬱陵島よりも近く,降下火砕物による敷地への影響が鬱陵島を上回る可能性があることから,大山及び三瓶山の活動履歴等を整理し,敷地からの距離や噴出規模により,シミュレーションを実施する降下火砕物を選定する(次頁以降)。残りの九州地方の火山については,中国地方の火山よりも敷地からの距離が遠いことから,中国地方の火山よりも降下火砕物による敷地への影響が小さいと評価した。

3.1.1
降下火砕物に関する文献・地質調査

＜分布実績がある降下火砕物の給源火山(地理的領域外)＞

エリア	九州地方	中国地方		韓国
給源火山	姶良カルデラ等	大山	三瓶山	鬱陵島
降下火砕物	姶良Tnテフラ(AT)等	大山倉吉テフラ(DKP)	三瓶木次テフラ(SK)	鬱陵隠岐テフラ(U-Oki)
給源火山における同規模噴火の可能性	可能性は十分小さい			可能性は否定できない

【B:分布実績がない降下火砕物】を対象として検討

・給源火山における同規模噴火の可能性が十分小さいことから,分布実績がある降下火砕物(AT等)は検討対象外とする。
・一方で,これらの給源火山におけるその他の降下火砕物(噴出規模がより小さい降下火砕物)の影響について検討する。

【A:分布実績がある降下火砕物】を対象として検討

・給源火山における同規模噴火の可能性が否定できないことから,分布実績がある降下火砕物である鬱陵隠岐テフラを検討対象とする。

鬱陵隠岐テフラをシミュレーション対象として選定(P.134)。

3.1.2.1
シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

本選定【B-2】内容

・噴出規模が一定以下となると考えられることから,距離の観点で敷地への影響が比較的大きくなる火山を整理した上で,シミュレーション対象とする降下火砕物を選定

＜九州地方の火山＞
中国地方の火山よりも敷地からの距離が遠いことから,中国地方の火山よりも敷地への影響が小さいと評価

＜中国地方の火山(大山・三瓶山)＞
敷地からの距離が鬱陵島よりも近く,降下火砕物による敷地への影響が鬱陵島を上回る可能性があることから,大山及び三瓶山の活動履歴等を整理し,敷地からの距離や噴出規模によりシミュレーションを実施する降下火砕物を選定(詳細は次頁以降)。

「分布実績がある降下火砕物の給源火山」の位置
(町田・新井(2011)に基づき作成)

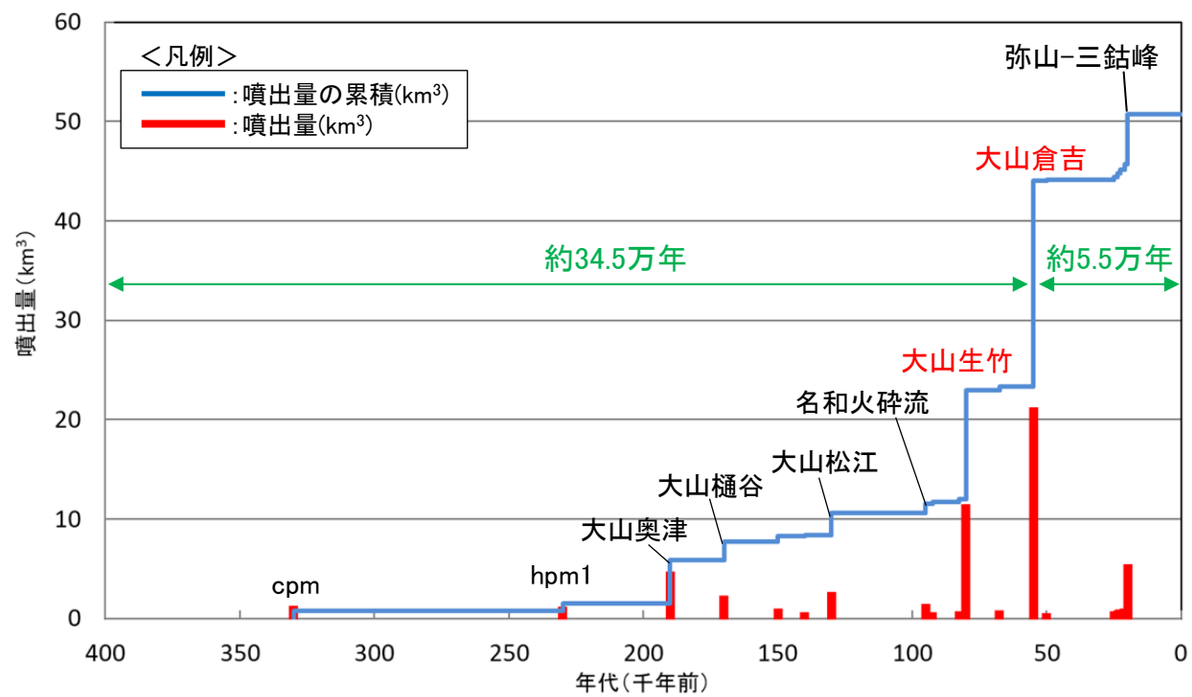
3.1.2.1(3)地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 －大山で考慮する噴出規模－

○大山の活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，発電所運用期間中に，新期噴出物のうち最も規模の大きな噴火である大山倉吉テフラ(DKP)と同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した(P.120～122)。

○一方で，それよりも噴出規模の小さい数km^3～10km^{3}程度以下の規模の噴火は，大山倉吉テフラの噴出以前若しくは以降においても繰り返し発生している。原子力規制委員会(2019a)等によると，新期噴出物のうち大山倉吉テフラを除き最も規模が大きな噴火は，大山生竹テフラである(左下図)。

○大山生竹テフラの噴出規模について，原子力規制委員会(2018)は，大山生竹テフラ(DNP)の噴出規模は10km^{3}以上と考えられるとしている。さらに，関西電力(2019, 2020)は，DNPについて，既往知見を総括した等層厚線図を作成し，噴出量を見かけ体積11.0km^{3}と算出している(右下図)。

○以上より，発電所運用期間中の敷地への影響を考慮する噴出規模として，新期噴出物のうち大山倉吉テフラを除き最大規模の噴火である大山生竹テフラの噴出規模(見かけ体積11.0km^3)を考慮する。



大山(新期噴出物)の階段ダイヤグラム

(原子力規制委員会(2019a)，関西電力(2019)，須藤ほか(2007)，第四紀火山カタログ委員会編(1999)，津久井ほか(1985)，津久井(1984)に基づき作成)

大山生竹テフラの分布
(関西電力，2020)

3.1.2.1(3)地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 －三瓶山で考慮する噴出規模－

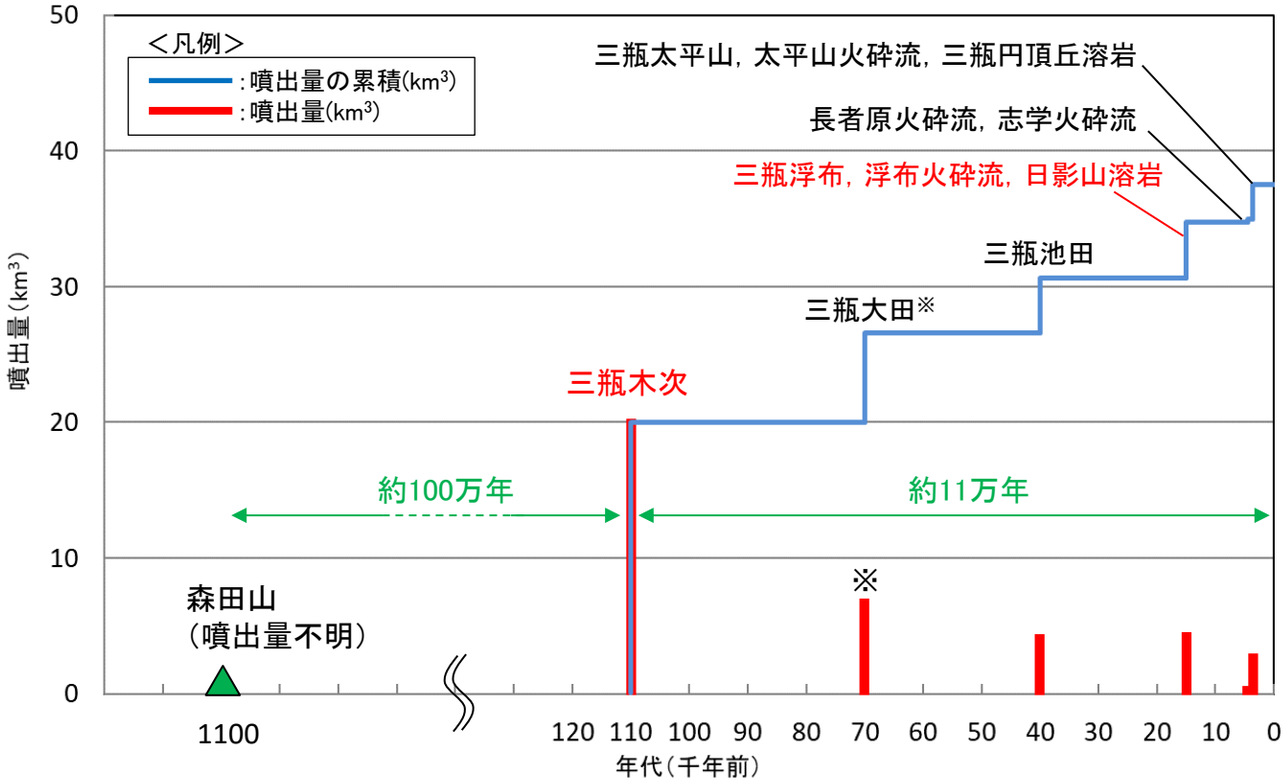
○三瓶山の活動履歴及び地下構造の状況を踏まえ，発電所運用期間中に，森田山の噴火以降において最も規模の大きな噴火である三瓶木次テフラ（SK）と同規模の噴火が発生する可能性は十分小さいと評価した（P.116～119）。

○一方で，それよりも噴出規模の小さい数km³以下の規模の噴火は，三瓶木次テフラの噴出以降においても繰り返し発生している（左下図）。第四紀火山カタログ委員会編（1999）等の以下の知見を踏まえると，三瓶木次テフラを除き降下火砕物の噴出量が最大の噴火は，三瓶浮布テフラである。

・三瓶木次テフラ以降の噴火で最大とされる三瓶大田（SOd；見かけ体積6.6km³）について，町田・新井（2011）は火砕流堆積物の分布域として記載している。また，服部ほか（1983）は，降下火砕物の分布面積・層厚は，火砕流堆積物と比較して著しく小さいとしている。

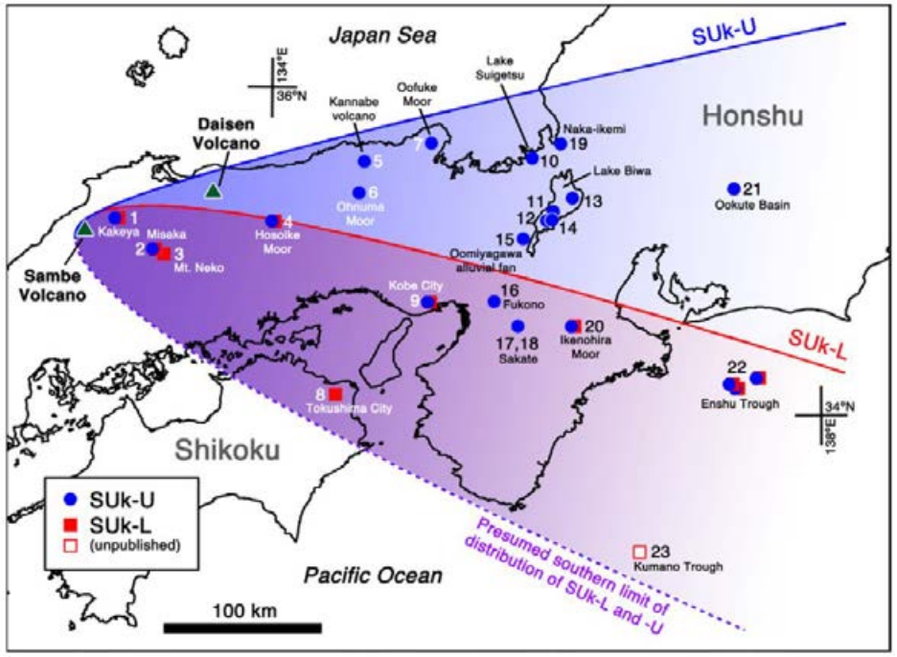
・第四紀火山カタログ委員会編（1999）によると，池田降下軽石の噴出量は見かけ体積4.0km³，浮布降下軽石（SUk）・浮布火砕流の噴出量は見かけ体積4.0km³で同時期の日影山溶岩を併せると4.15km³，太平山火砕流・降下火山灰・三瓶円頂丘溶岩は見かけ体積2.6km³とされる。

○以上より，発電所運用期間中の敷地への影響を考慮する噴出規模として，森田山の噴火以降において三瓶木次テフラを除き降下火砕物の噴出量が最大である三瓶浮布テフラ（見かけ4.15km³）の噴出規模を考慮する。



三瓶山の階段ダイヤグラム
（地質調査総合センター編（2023），町田・新井（2011），日本地質学会編（2009），須藤ほか（2007），第四紀火山カタログ委員会編（1999），服部ほか（1983）に基づき作成）

※三瓶大田は，火砕流堆積物が中心
（町田・新井(2011)及び服部ほか(1983)）



三瓶浮布テフラ（SUk）の分布
Maruyama et al.(2020)

上位のSuk-Uと下位のSUK-Lの2イベントに分かれ，SUk-Lは SUk-Uと比較し厚く堆積する。（図中の数値は地点番号）

3.1.2.1(3)地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 －選定結果－

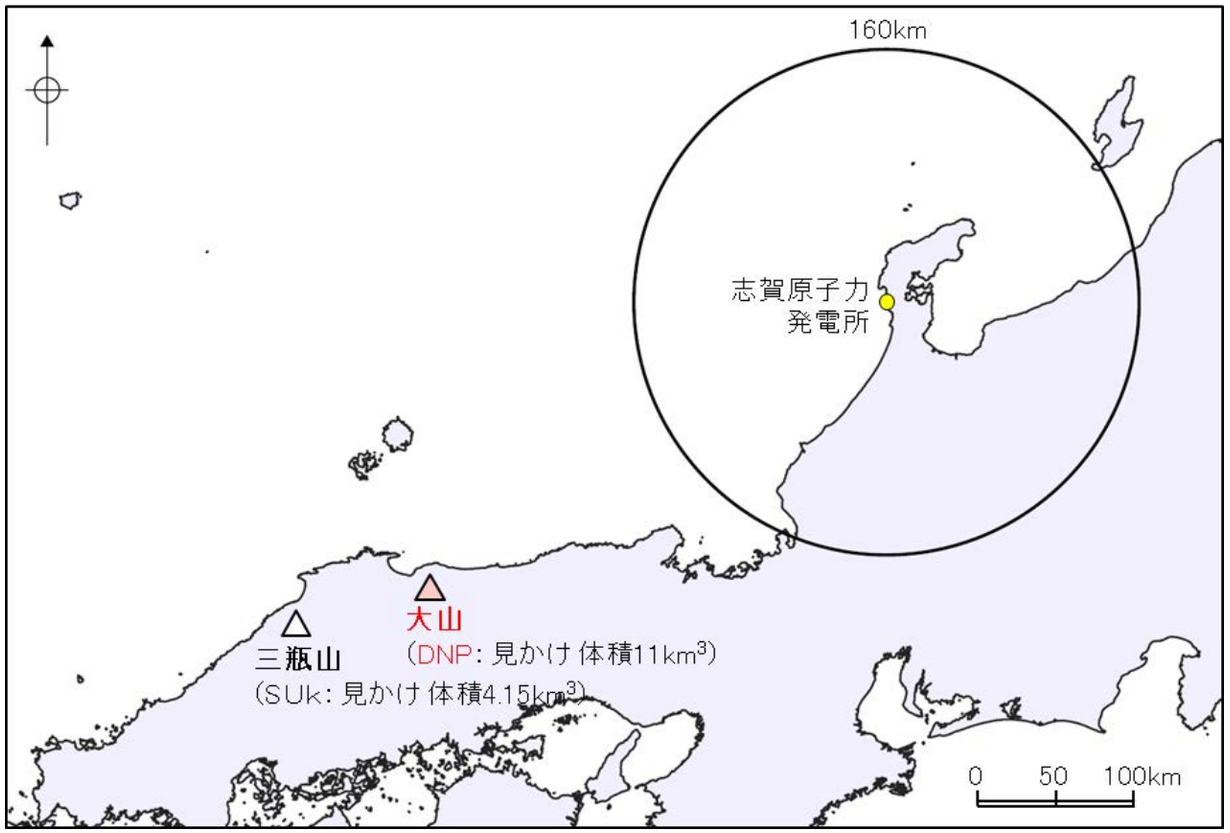
○地理的領域外の火山による降下火砕物の選定にあたり，大山及び三瓶山において，発電所運用期間中の敷地への影響を考慮する噴出規模として，それぞれ大山生竹テフラ及び三瓶浮布テフラを設定した。これらの火山の位置や噴出規模により，シミュレーションの対象とする降下火砕物を選定する。
○大山は，三瓶山よりも敷地からの距離が近く，敷地からの両火山への方位はほとんど変わらない。
○また，設定した敷地への影響を考慮する噴出規模について，大山生竹テフラ(DNP：見かけ体積11.0km^3)は，三瓶浮布テフラ(SUk：見かけ体積4.15km^3)よりも大きい。
○よって，敷地に対しては，三瓶山(三瓶浮布テフラ)と比較して，大山(大山生竹テフラ)の方が降下火砕物による影響が大きいと評価した。

○以上より，地理的領域外の火山による降下火砕物シミュレーションの対象として，大山(大山生竹テフラ，見かけ体積11.0km^3)を選定した。

＜大山・三瓶山において降下火砕物の敷地への影響を考慮する噴出規模＞

火山	敷地からの距離	敷地からの方位	敷地への影響を考慮する噴出規模	
大山	342km	西南西	大山生竹テフラ (DNP)	見かけ体積：11.0km^3 (噴出規模VEI6)
三瓶山	427km	西南西	三瓶浮布テフラ (SUk)	見かけ体積：4.15km^3 (噴出規模VEI5)

シミュレーションの対象として選定した降下火砕物



位置図

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.1(4) 選定結果まとめ

〇シミュレーションを実施する降下火砕物として，敷地への影響が比較的大きいと考えられる以下5つの降下火砕物を選定した。

・分布実績がある降下火砕物のうち，給源が特定でき，給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が否定できない鬱陵島の鬱陵隠岐テフラをシミュレーション対象として選定した。

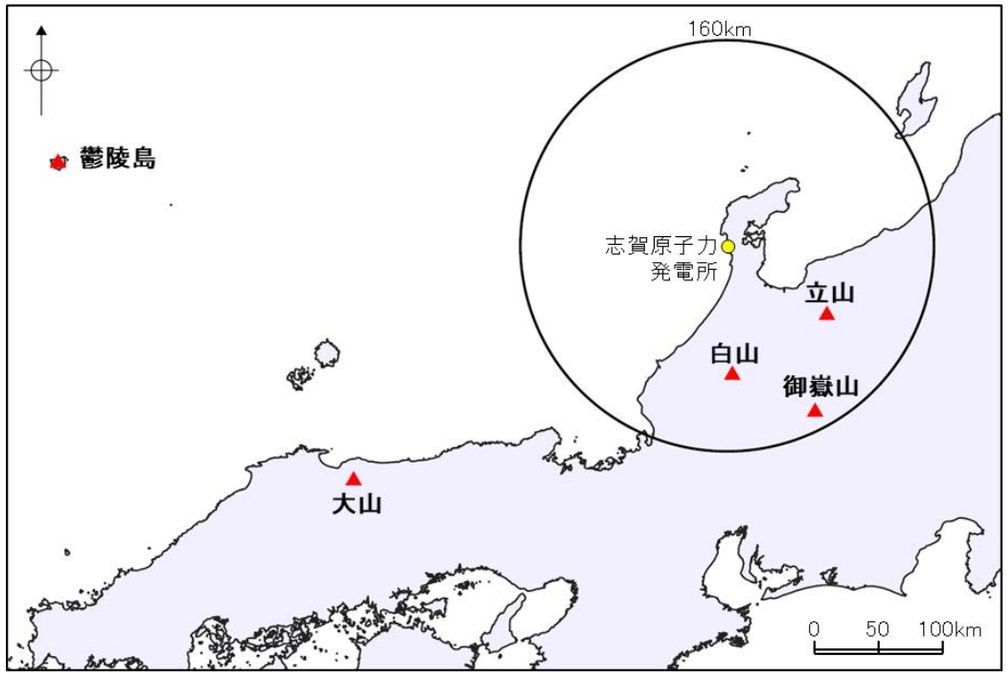
・分布実績がない降下火砕物について，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物として，白山の南竜火山灰，立山の立山DテフラA,Cユニット，御嶽山の御嶽伊那テフラ及び大山の大山生竹テフラをシミュレーション対象として選定した。

＜シミュレーションを実施する降下火砕物の選定結果＞

文献・地質調査により敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として抽出されるか

- 分布実績がある降下火砕物 → A → YES
- 分布実績がない降下火砕物 → B → NO

地理的領域内の火山を給源	地理的領域外の火山を給源
3.1.2.1(1)：分布実績に基づく降下火砕物の選定 ⇒給源が特定でき，給源火山において発電所運用期間中の同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物を選定 該当なし	鬱陵島 （鬱陵隠岐テフラ）
3.1.2.1(2)：地理的領域内の火山による降下火砕物の選定 ⇒「原子力発電所に影響を及ぼし得る火山」を対象に，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定 白山（南竜火山灰）／立山（立山DテフラA,Cユニット）／御嶽山（御嶽伊那テフラ）	3.1.2.1(3)：地理的領域外の火山による降下火砕物の選定 ⇒「分布実績がある降下火砕物の給源火山」におけるその他の降下火砕物を対象に，敷地からの距離及び噴出規模の観点で，敷地への影響が比較的大きいと考えられる降下火砕物を選定 大山（大山生竹テフラ）



位置図

＜選定した降下火砕物の噴出量＞

火山		敷地からの距離	降下火砕物	噴出量：見かけ体積（噴出規模）
地理的領域内の火山	白山	101km	南竜火山灰	0.1125km^3（VEI4）
	立山	94km	立山DテフラA,Cユニット	3.1km^3（VEI5）
	御嶽山	146km	御嶽伊那テフラ	5.0km^3（VEI5）
地理的領域外の火山	鬱陵島	522km	鬱陵隠岐テフラ	12.22km^3（VEI6）
	大山	342km	大山生竹テフラ	11.0km^3（VEI6）

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －「Tephra2」の概要－

○解析コード「Tephra2」を用いて，降下火砕物シミュレーションを実施する。
○Tephra2 (Bonadonna et al., 2014) は移流拡散モデルを用いたシミュレーションプログラムであり，国の火山防災マップ作成指針（内閣府ほか，2013）等で使用されている。
○移流拡散モデルとは粒子（降下火砕物）の挙動を，重力による落下，風による移動(移流)及び空中で広がり散らばる現象(拡散)で計算するものである。
○風は高度毎に水平な一方向に吹くものとされ，拡散も水平方向のみが考慮されており，粒子(降下火砕物)は火口上に仮定された均質な噴煙柱から放出される。

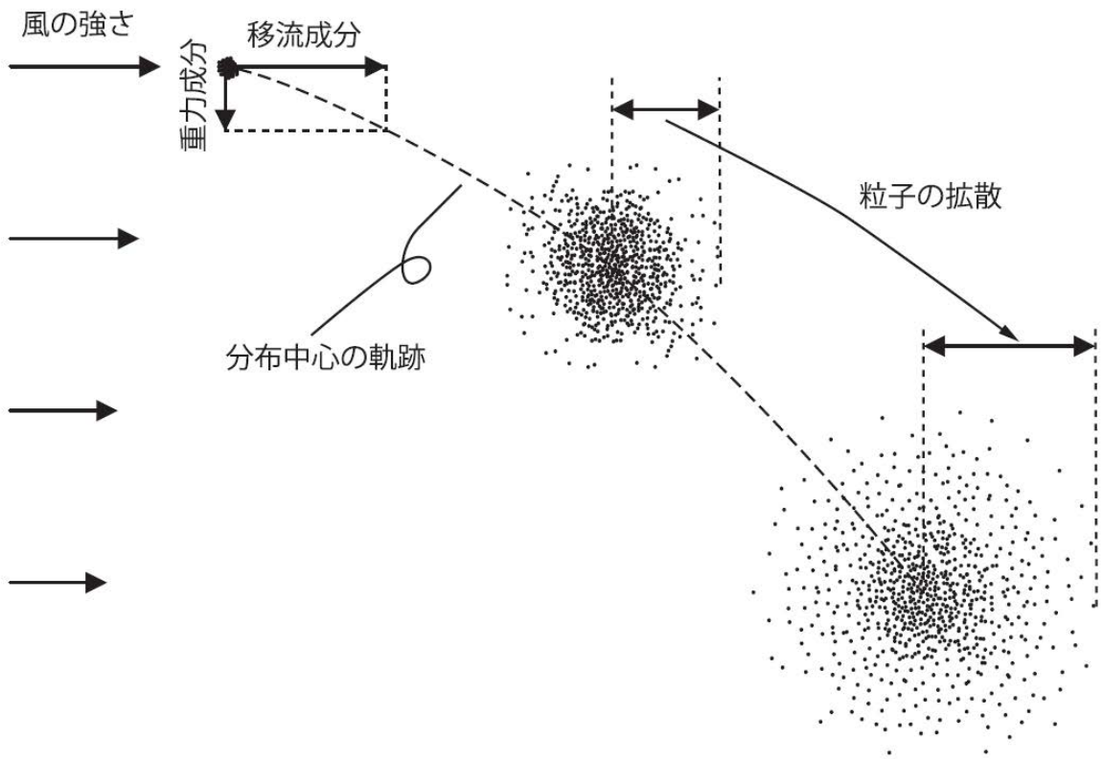


図 1　移流拡散モデルの概念図
粒子の分布中心の軌跡は，重力による落下と風による移流によって決まる．粒子の一団は時間 0 の時に点で表されるが，時間の経過とともに拡がっていく．

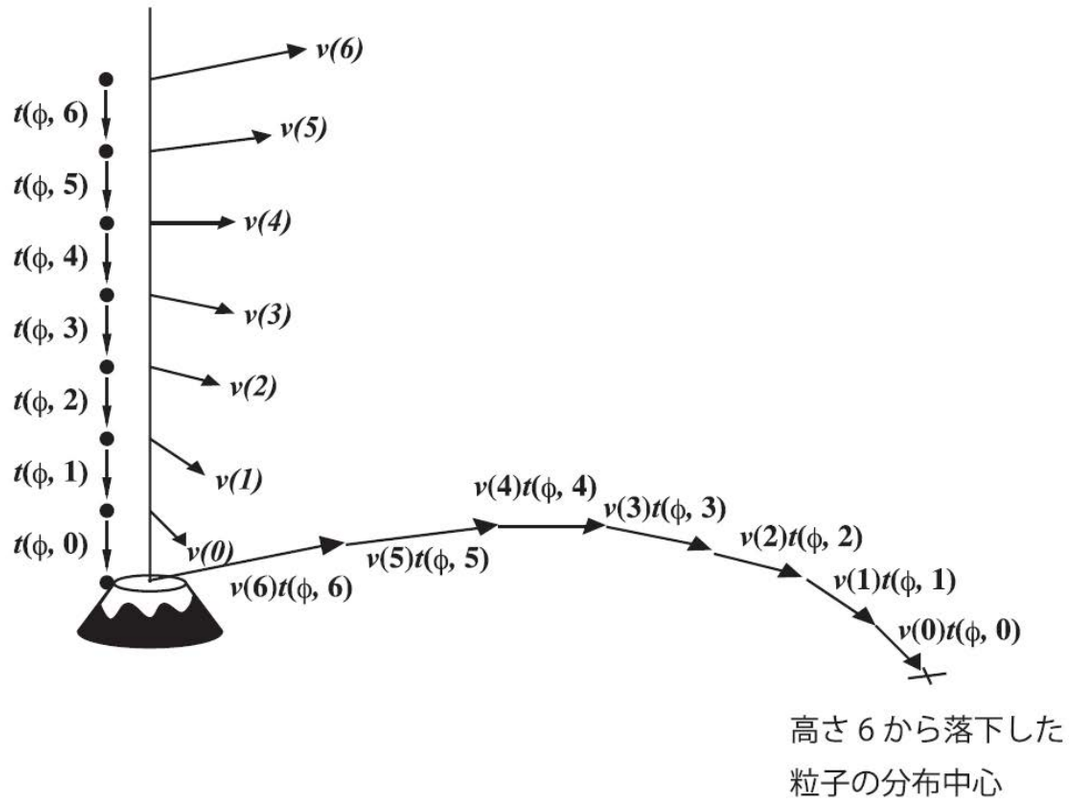


図 3　移 流 の 概 念 図
火口直上の風が，高さ 0 から 6 までそれぞれベクトル v (0)～v (6) で表されるとする．各高さ区間 n を落下する間に粒子が流されるベクトルは v (n) t (ϕ, n) で表されるので，高さ 6 から放出される粒子はこれら全ての積算が分布の中心のベクトルとなる．

降下火砕物シミュレーションプログラム「Tephra2」の概念図
（萬年，2013）

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －Tephra2のバグ修正－

○日本火山学会2016年秋季大会(2016年10月13日～15日)のポスターセッションにおいて，大阪大学の佐伯准教授がTephra2の解析コードの粒子の落下速度の式に一部バグがあることを発表した（佐伯，2016）。
○この指摘を受け，当社においてもTephra2の解析コードを確認したところ，同准教授が指摘したバグがあることが確認された。
○本解析では，このプログラムコードのバグを修正済みの解析コードを使用している。
○当社使用のTephra2の解析コードは，バグを当社独自に修正して用いていることから，産業技術総合研究所地質調査総合センターによりバグが修正されHP上（G-EVER）で公開・管理されているTephra2を用いて同様の条件で解析を行い，敷地における層厚を比較することにより，当社が使用するTephra2の妥当性を確認する※。

※妥当性の確認結果は，P.215

■バグの概要

給源直上から放出される火山灰粒子の落下速度は，落下する粒子が持つ慣性力と大気の粘性力の比から求まる粒子のレイノルズ数に応じて，以下に示す原理式を用いて算出しており，この原理式に基づく解析コードの一部にバグが確認された。

■粒子の落下速度(V_t)の原理式

粒子の落下速度（Vt）の計算式

$$V_t = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_a)}{18\mu} \qquad R_e < 6$$

$$V_t = \left[\frac{4g^2d^3(\rho_p - \rho_a)^2}{225\mu\boxed{\rho_a}}\right]^{1/3} \qquad 6 \leqq R_e < 500$$

$$V_t = \left[\frac{3.1gd(\rho_p - \rho_a)}{\rho_a}\right]^{1/2} \qquad 500 \leqq R_e$$

$R_e = \frac{d\rho_a V_t}{\mu}$:粒子レイノルズ数　g :重力加速度　d :粒径

ρ_p :粒子密度　$\boxed{\rho_a}$:大気密度　μ :大気の粘性

■当社使用の「Tephra2」の解析コードの入手先

アメリカ国立科学財団 (National Science Foundation)・VHubホームページ(https://vhub.org/resources/tephra2)
ダウンロード日： 2014年1月8日（Ver 1.91）

■原理式に基づく解析コードの修正箇所

・バグ修正前

```
temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 * rho;
vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

バグ

修正

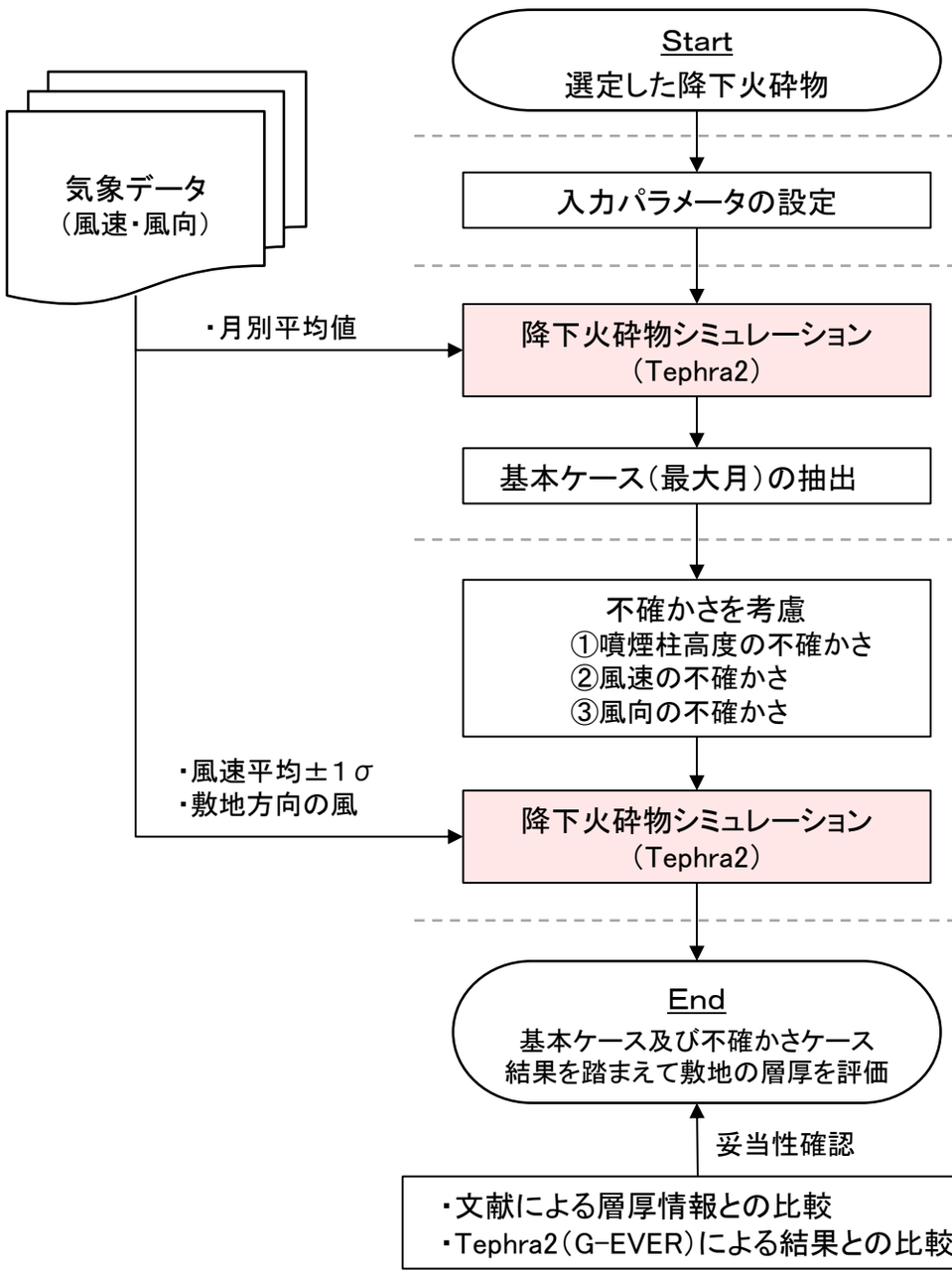
・バグ修正後

```
temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY_x_225 / rho;
vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －評価の流れ－

〇降下火砕物シミュレーションを用いた敷地における降下火砕物の層厚評価の流れを以下に示す。
〇文献等により設定したパラメータに基づき全12ヶ月分の解析（基本ケース）を行い，さらに降下火砕物の噴火事象の不確かさを踏まえ，基本ケースのうち敷地における層厚が最大となるケースに対して噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮した解析（不確かさケース）を実施した上で，敷地の層厚を評価する。
〇また，文献による層厚情報及び産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）による結果との比較により，シミュレーション結果及び当社使用のTephra2の妥当性を確認する。

■降下火砕物シミュレーションを用いた敷地の層厚評価の流れ



・文献等に基づき，評価の対象となる噴火ごとにパラメータ（噴出量等）を設定する。

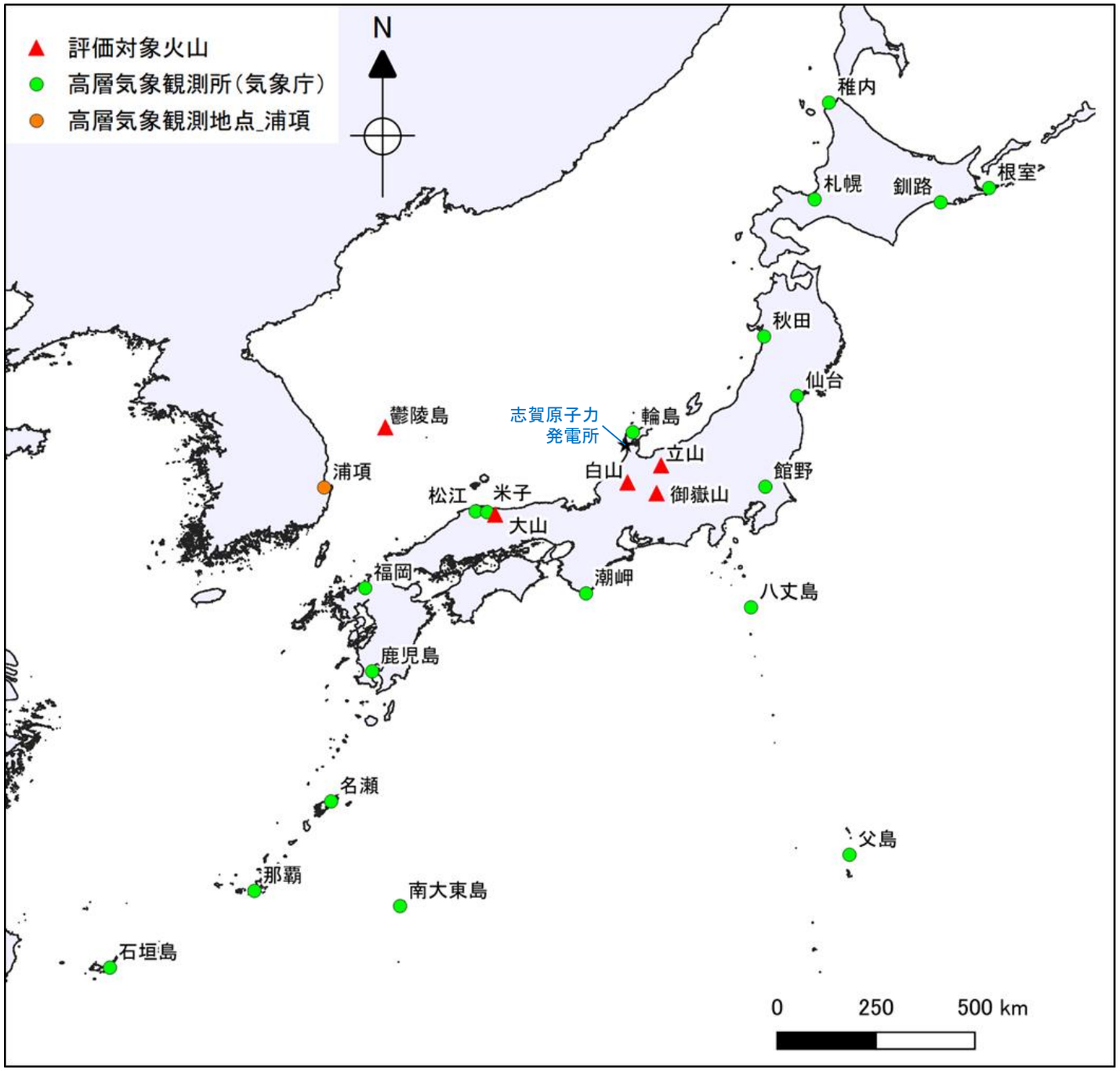
・設定したパラメータ及び風向・風速の月別平均値を用いた全12ヶ月分の解析を実施する（基本ケース）。
・基本ケースの解析結果のうち，敷地における層厚が最大となる月を抽出する。

・「基本ケース」で敷地における層厚が最大となるケースを対象に，不確かさを考慮した解析を実施する（不確かさケース）。
①噴煙柱高度の不確かさ（±5km）
②風速の不確かさ（±1σ）
③風向の不確かさ（敷地方向の風）

＜妥当性確認＞
・層厚分布状況について，シミュレーション結果と文献で示される層厚情報（各地点の実績層厚及び等層厚線図）を比較し，シミュレーションの妥当性を確認する。
・当社使用のTephra2の解析コードは，バグを当社独自に修正して用いていることから，産業技術総合研究所地質調査総合センターによりバグが修正されHP上（G-EVER）で公開・管理されているTephra2を用いて同様の条件で解析を行い，敷地における層厚を比較することにより，当社が使用するTephra2の妥当性を確認する。

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －気象データ－

○降下火砕物シミュレーションに用いる風速及び風向の気象データは，各給源火山に最も近い観測所において，1988年～2020年の期間に1日2回の定時観測により取得されたデータを用いた。
○輪島，米子及び松江の定時観測データは気象庁より，浦項の定時観測データはワイオミング大学より取得し，風速・風向の月別平均値を算出した（用いた気象データについて，次頁以降に示す）。



高層気象観測所の分布（廃点含む）

気象庁高層気象台ホームページ及びワイオミング大学ホームページに基づき作成

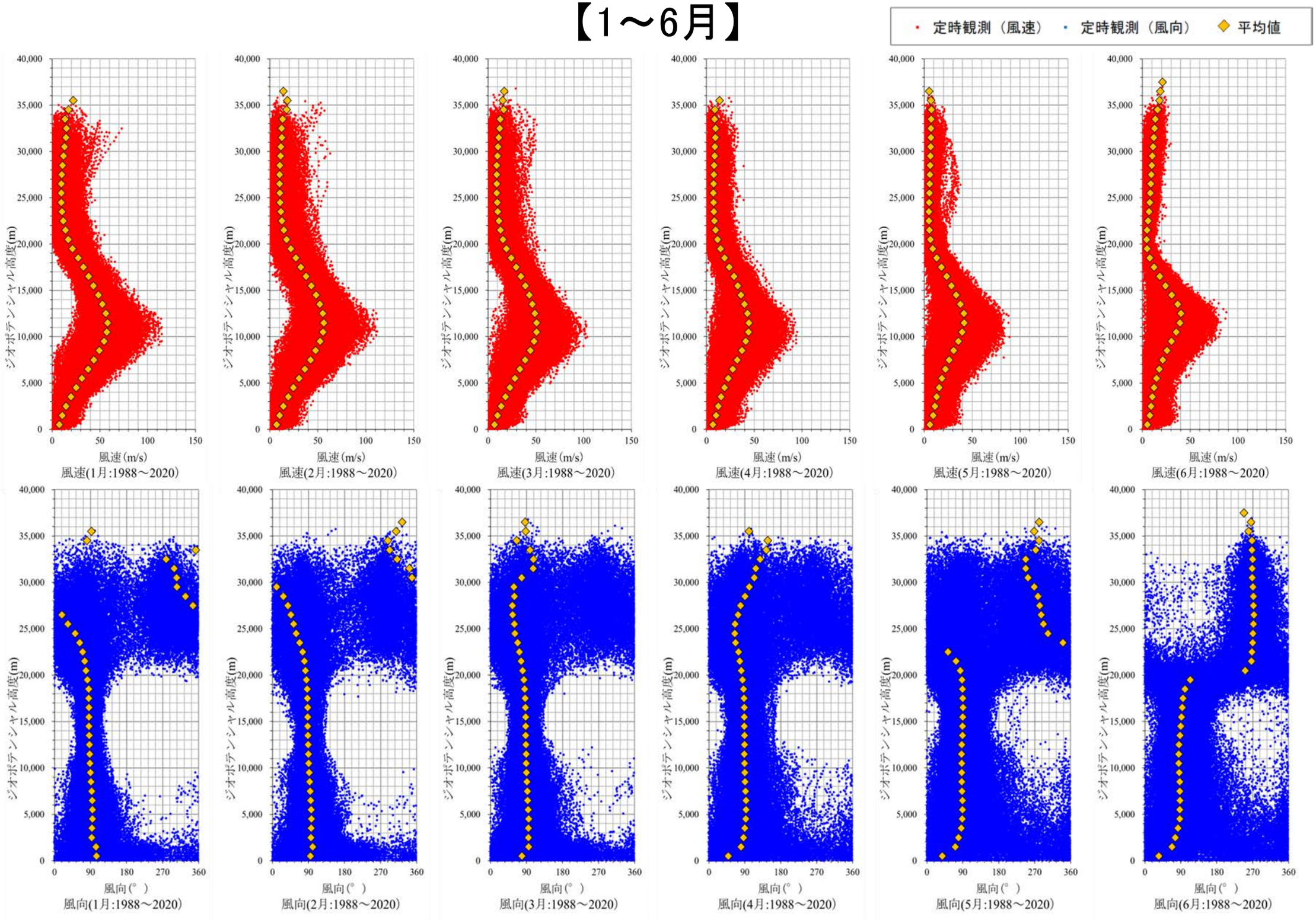
＜シミュレーションに用いる気象データ＞

火山	気象観測所 （データ期間）
白山	輪島（1988.1～2020.12）
立山	
御嶽山	
鬱陵島	浦項（1988.1～2020.12）
大山	米子（1988.1～2010.2） 松江（2010.3～2020.12）

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －気象データ(輪島)－

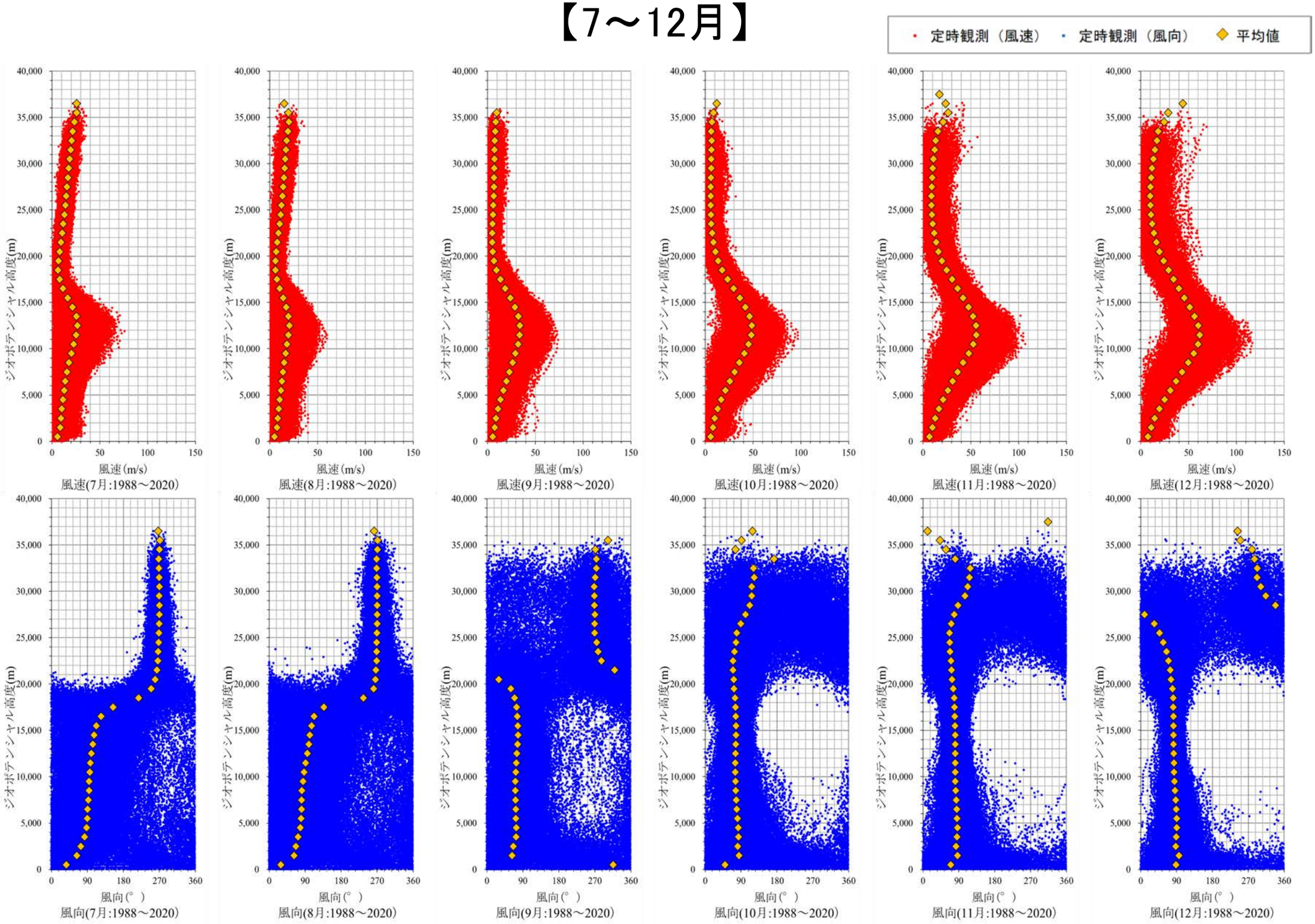
○気象庁のWEBより取得した輪島の気象データ(1988～2020年の期間における風速・風向の定時観測データ)を以下に示す。風速・風向の月別平均値の算出にあたっては，1日2回の定時観測データを全て用いた。
○風速は，各月とも高度約12kmで最大となり，夏季に小さくなる傾向がある。風向は，年間を通じて高度約20km以下では西風が卓越し，20km以上では月によってばらつきがあり，6月～9月では東風が卓越する。

【1～6月】



【風向】
0° ：南風
90° ：西風
180° ：北風
270° ：東風
(360° ：南風)

【7～12月】

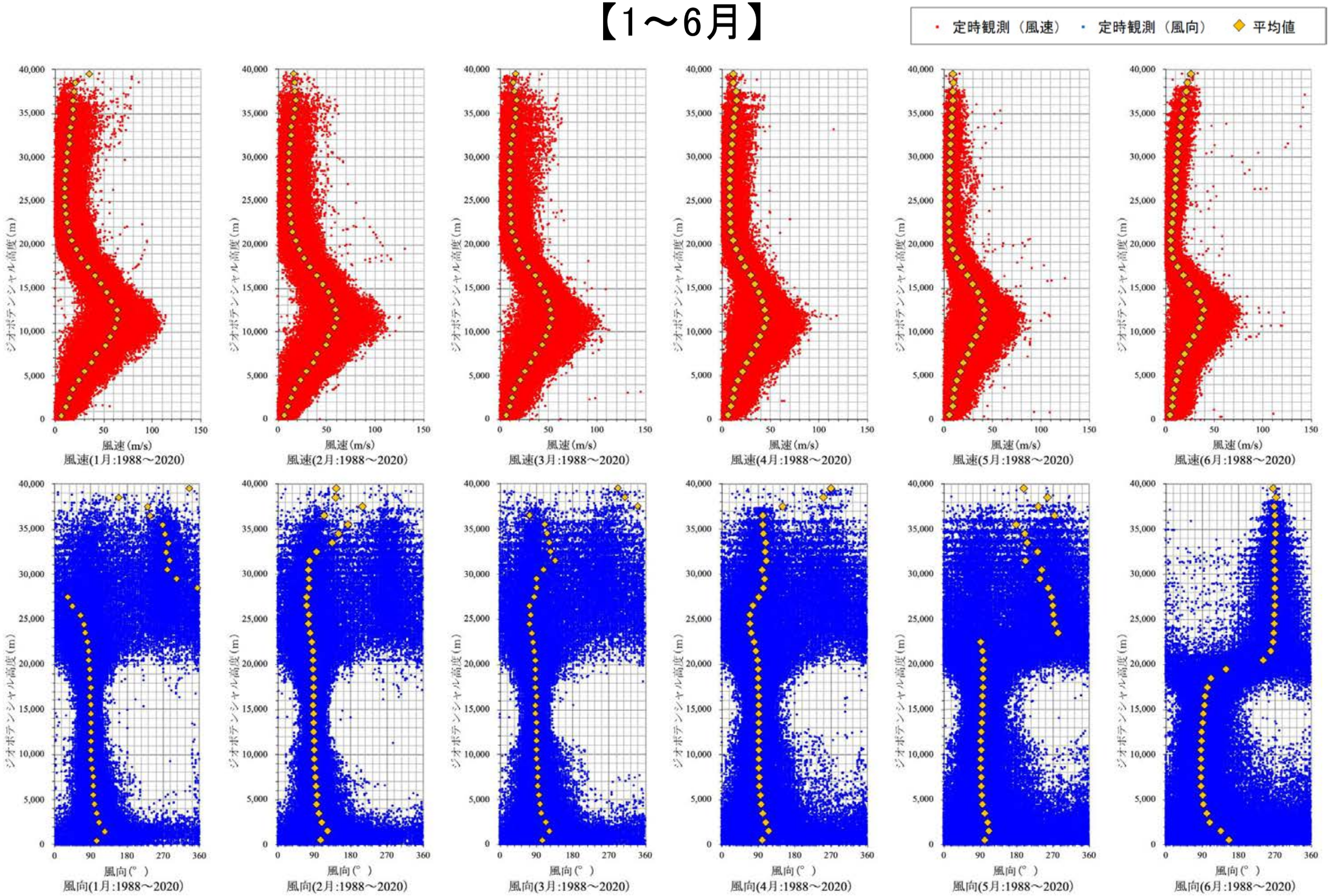


【風向】
0°　：南風
90°　：西風
180°　：北風
270°　：東風
（360°　：南風）

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －気象データ(浦項)－

○ワイオミング大学のWEBより取得した浦項の気象データ(1988～2020年の期間における風速・風向の定時観測データ)を以下に示す。風速・風向の月別平均値の算出にあたっては，1日2回の定時観測データを全て用いた。
○風速は，各月とも高度約12kmで最大となり，夏季に小さくなる傾向がある。風向は，年間を通じて高度約20km以下では西風が卓越し，20km以上では月によってばらつきがあり，6月～9月では東風が卓越する。

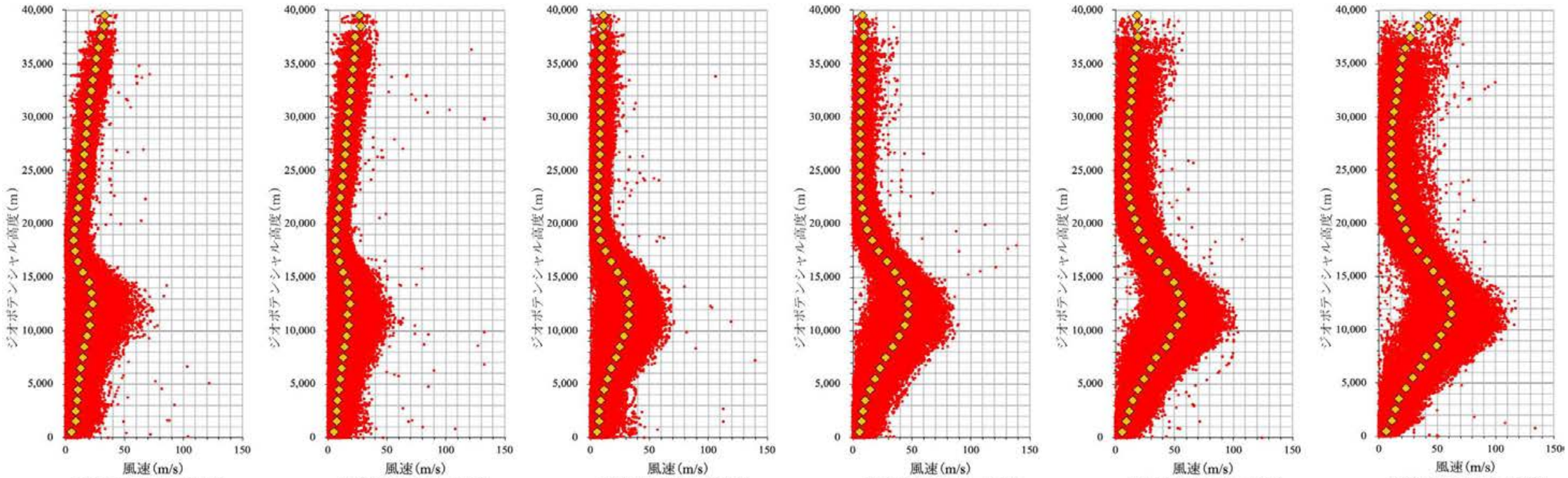
【1～6月】



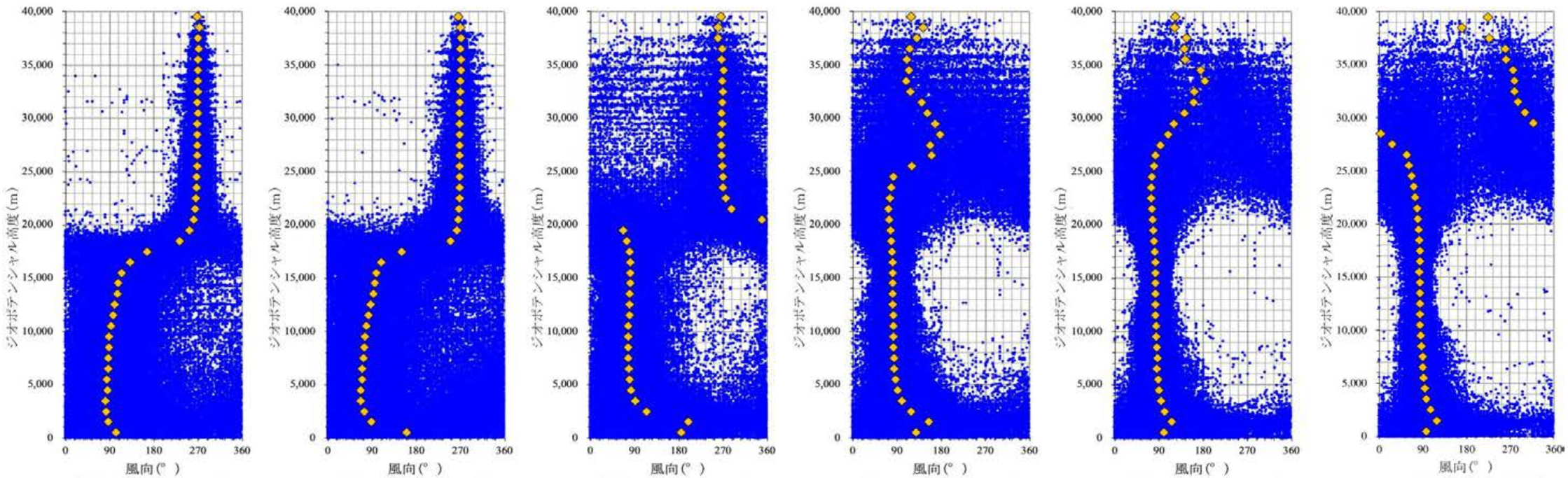
【風向】
0° ：南風
90° ：西風
180° ：北風
270° ：東風
(360° ：南風)

【7～12月】

・ 定時観測（風速）　・ 定時観測（風向）　◆ 平均値



風速(7月:1988～2020)　風速(8月:1988～2020)　風速(9月:1988～2020)　風速(10月:1988～2020)　風速(11月:1988～2020)　風速(12月:1988～2020)



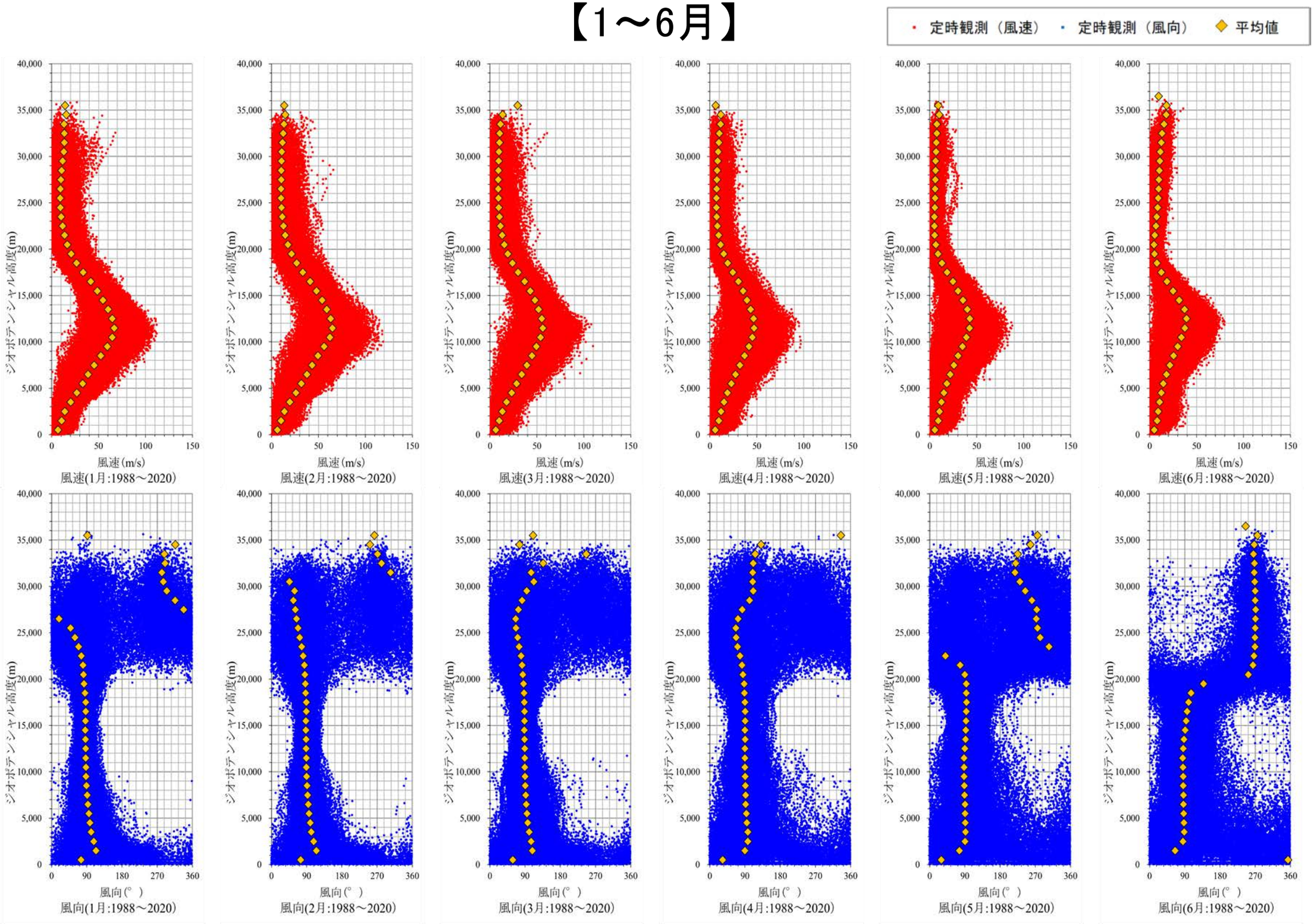
風向(7月:1988～2020)　風向(8月:1988～2020)　風向(9月:1988～2020)　風向(10月:1988～2020)　風向(11月:1988～2020)　風向(12月:1988～2020)

【風向】
0°　：南風
90°　：西風
180°　：北風
270°　：東風
(360°　：南風)

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －気象データ（米子・松江）－

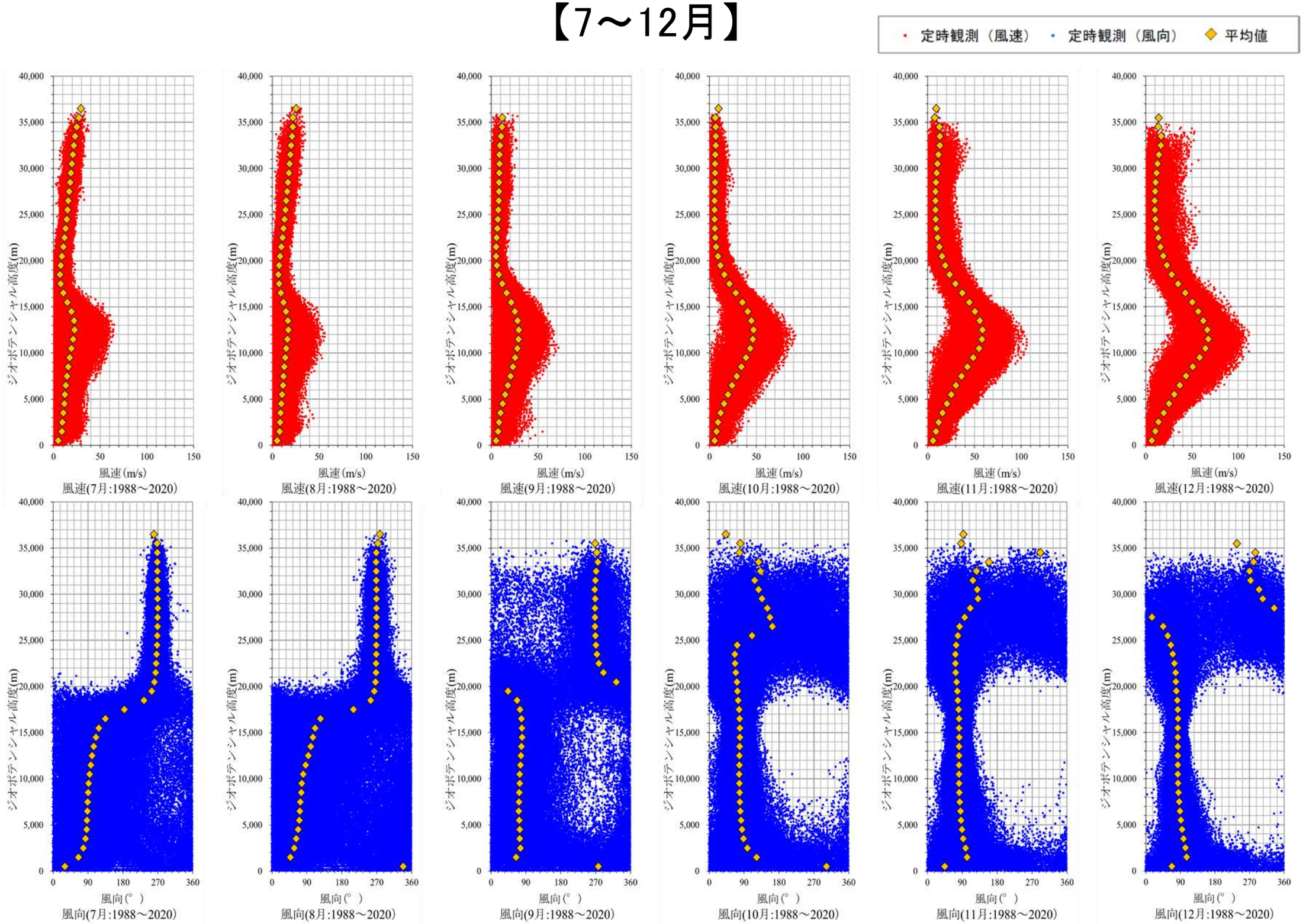
〇気象庁のWEBより取得した米子及び松江の気象データ（1988年～2020年の期間における風速・風向の定時観測データ）を以下に示す。米子は1988年から2010年2月，松江は2010年3月から2020年までのデータを用いている。風速・風向の月別平均値の算出にあたっては，1日2回の定時観測データを全て用いた。
〇風速は，各月とも高度約12kmで最大となり，夏季に小さくなる傾向がある。風向は，年間を通じて高度約20km以下では西風が卓越し，20km以上では月によってばらつきがあり，6月～9月では東風が卓越する。

【1～6月】



【風向】
0° ：南風
90° ：西風
180° ：北風
270° ：東風
（360° ：南風）

【7～12月】



【風向】
0°　：南風
90°　：西風
180°　：北風
270°　：東風
（360°　：南風）

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション －噴煙柱高度及び密度－

○降下火砕物シミュレーションに用いる噴煙柱高度は，町田・新井(2011)を参考に，噴出規模(火山爆発指数：VEI)に応じた噴煙柱高度を設定した。
○また，岩片密度及び軽石密度は，Tephra2のconfigfileに示された一般値を使用した。

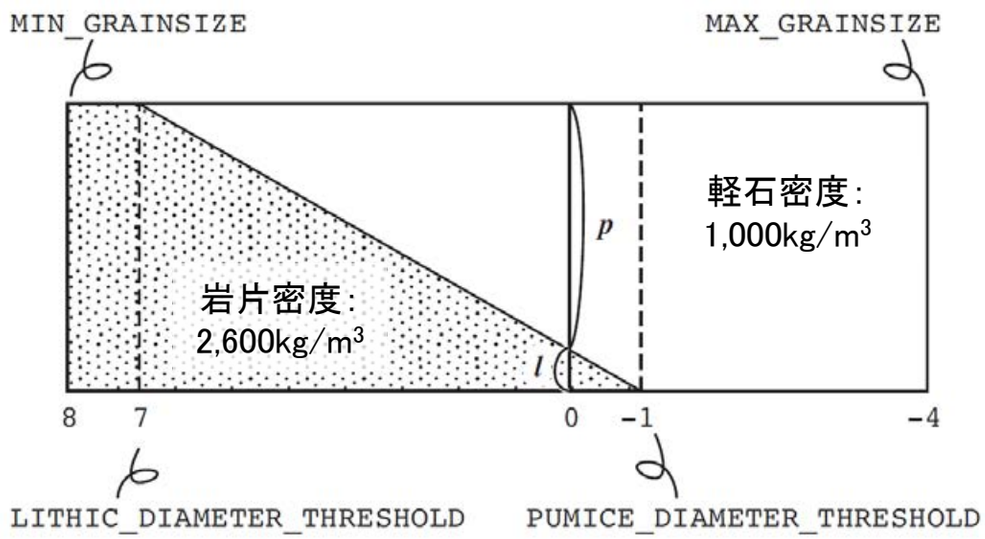
【噴煙柱高度】

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km^3)	0.0001～0.001	0.001～0.01	0.01～0.1	0.1～1	1～10	10～100	100～1000	＞1000
噴煙柱高度 (km)	0.1～1	1～5	3～15	10～25	＞25			

小噴火　中噴火　大噴火 ―― 巨大噴火 ―― 破局的噴火
爆発的噴火 →
← テフロクロノロジーに利用 →
← 高頻度　　低頻度 →

噴出規模（火山爆発指数：VEI）毎の噴煙柱高度
（町田・新井（2011）に基づき作成）

【密度】



Tephra2 では LITHIC_DIAMETER_THRESHOLD よりも小さい粒径では全てが岩片，PUMICE_DIAMETER_THRESHOLD より大きい粒径では全てが軽石とされ，それぞれ指定された密度が適用される．両 threshold の間では，岩片と軽石はそれぞれ図中 l と p のように比例配分され，平均の密度がその径の粒子の密度とされる．

Tephra2で用いられる粒子密度の概念図
（萬年（2013）に一部加筆）

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －入力パラメーター

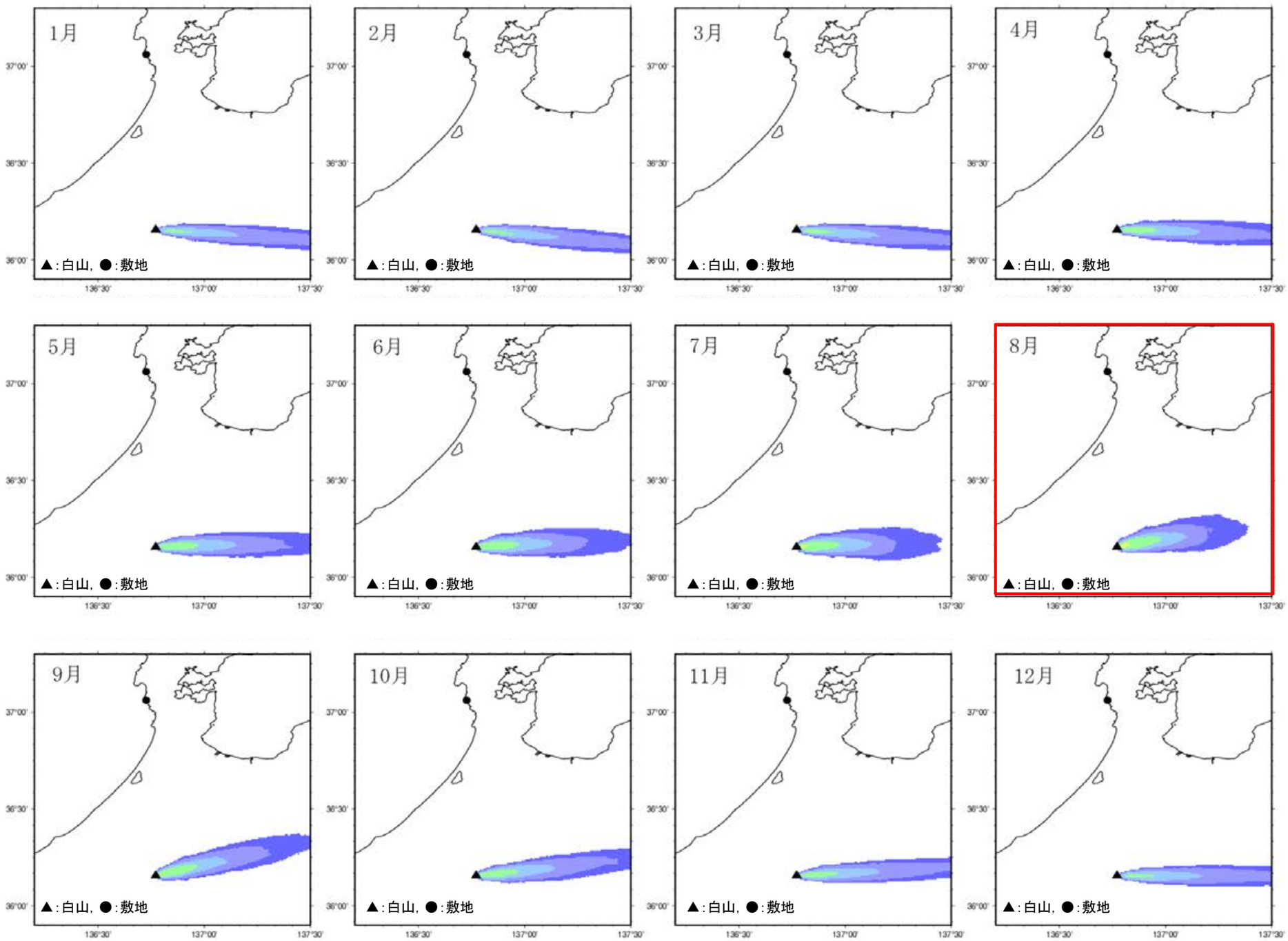
○白山（南竜火山灰）について，文献等の情報に基づき，以下のとおり入力パラメータ値を設定した。

降下火砕物	パラメータ		単位	設定値	設定根拠等
白山 （南竜火山灰）	給源	X（東距）	m	659,351	地質調査総合センター編（2023）を参考に，御前峰の最高点の位置及び標高を設定
		Y（北距）	m	4,002,600	
		標高	m	2,702	
	噴出量		kg	1.125×10^{11}	・見かけ体積（0.1125km^3：VEI4規模） × 堆積物密度（1.0g/cm^3） -見かけ体積：マグマ噴出量（DRE：0.045km^3） × マグマ密度（2.5g/cm^3） / 堆積物密度（1.0g/cm^3） -マグマ噴出量（DRE）：田島ほか（2005） -マグマの密度・堆積物密度：地質調査総合センター編（2021b）
	噴煙柱高度		m	10,000	町田・新井（2011）を参考に設定
	噴煙柱分割高さ		m	約100	萬年（2013）より設定
	粒径	最大	mm（Φ）	1,024（-10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm（Φ）	1/1,024（10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm（Φ）	1/16（4.0）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI3及びVEI5の事例を参考に設定
		標準偏差	mm（Φ）	1/6（2.5）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI3及びVEI5の事例を参考に設定
	岩片密度		kg/m^3	2,600	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	軽石密度		kg/m^3	1,000	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	見かけの渦拡散係数		m^2/s	0.04	萬年（2013）より設定
	拡散係数		m^2/s	2,500	萬年（2013）を参考に設定
	Fall Time Threshold		s	3,600	萬年（2013）より設定
	Plume Ratio		-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例を参考に設定
	気象データ （高度・風速・風向）		-	-	・輪島特別地域気象観測所（旧輪島測候所）における高層気象観測記録（9時，21時の風速・風向データ） ・データ取得期間：1988年1月1日～2020年12月31日（データ取得日：2021年1月5日）

3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －基本ケース－

○南竜火山灰を対象として，輪島での風速・風向データ（月別平均値）を用いて降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における降下火砕物の層厚はいずれも0.01cm未満となった。
○このうち，敷地における層厚（降灰量）が最大となるのは，8月である※。

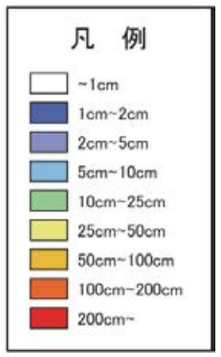
※敷地の層厚は，いずれの月も0.01cm未満であるが，堆積重量は8月が最大となる。



＜シミュレーション結果（基本ケース）＞

月	敷地の降灰量	
	層厚（cm）	堆積重量（kg/m²）
1月	0.01cm未満	1.7×10^{-3}
2月	0.01cm未満	1.8×10^{-3}
3月	0.01cm未満	2.3×10^{-3}
4月	0.01cm未満	4.7×10^{-3}
5月	0.01cm未満	9.1×10^{-3}
6月	0.01cm未満	1.8×10^{-2}
7月	0.01cm未満	2.0×10^{-2}
8月	0.01cm未満	3.5×10^{-2}
9月	0.01cm未満	2.3×10^{-2}
10月	0.01cm未満	9.7×10^{-3}
11月	0.01cm未満	4.3×10^{-3}
12月	0.01cm未満	2.1×10^{-3}

敷地における層厚（降灰量）が最大となる月



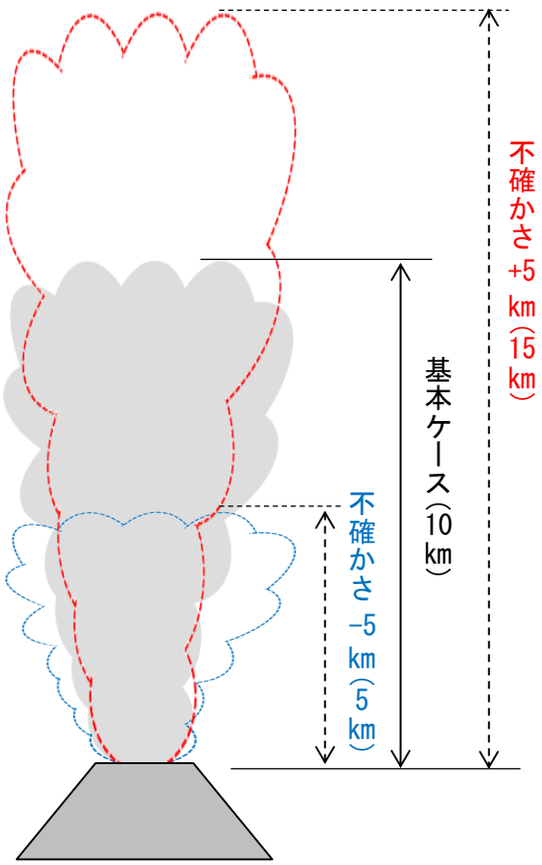
3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －考慮する不確かさ－

○「基本ケース」で敷地における層厚が最大となる月（8月）を対象に，不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
○8月の気象データを用いて，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮する。

＜基本ケース（最大月8月）＞
・噴煙柱高度10km
・8月の平均風速・風向

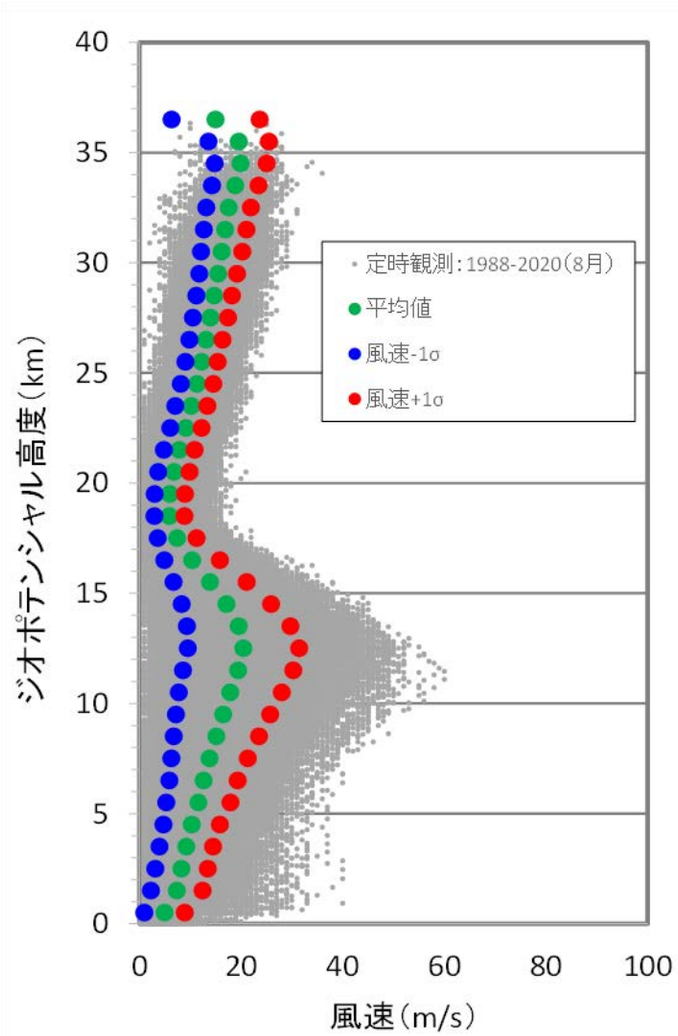
噴煙柱高度の不確かさ

基本ケース（10km）に対して
±5kmを考慮する。



風速の不確かさ

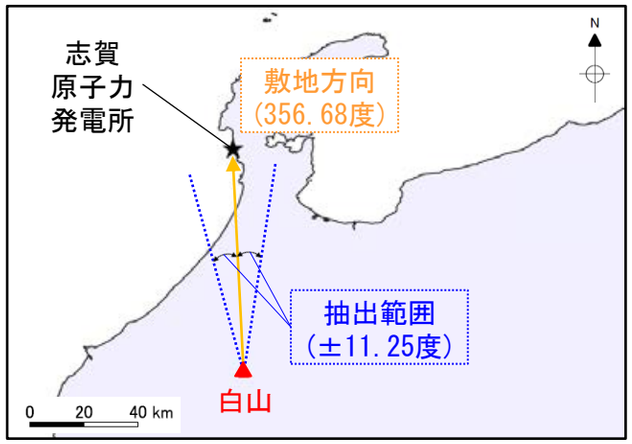
基本ケース（平均風速）に対して
±1σ（標準偏差）を考慮する。



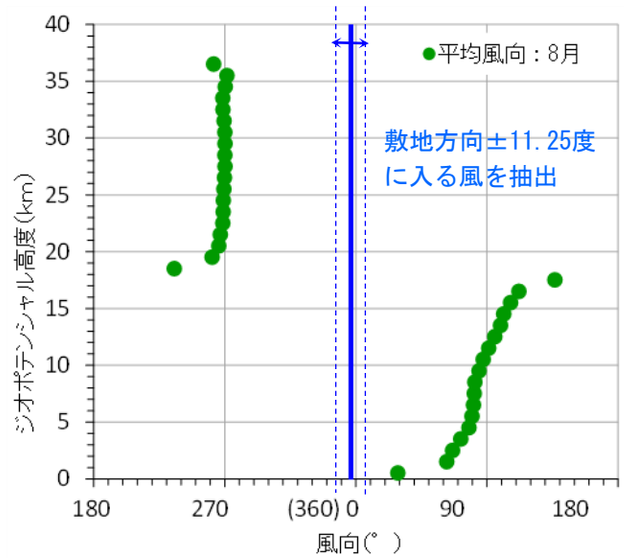
高度1km毎に風速データを整理し，
±1σの風速を設定

風向の不確かさ

基本ケース（平均風向）に対して
敷地方向の風を考慮する。



8月の観測記録のうち，風向の平均値が敷地方向（356.68度）から16方位の1方位分の角度（±11.25度）に入る風を抽出し，敷地方向の風を設定

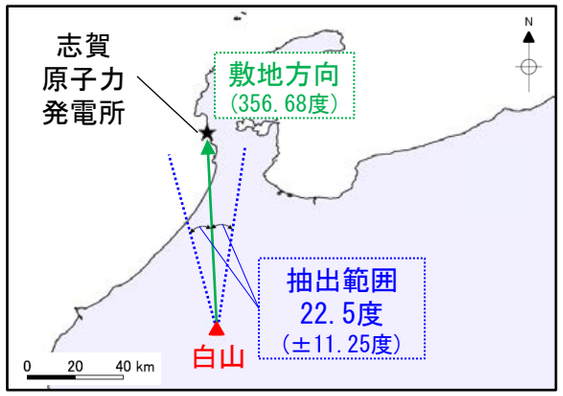


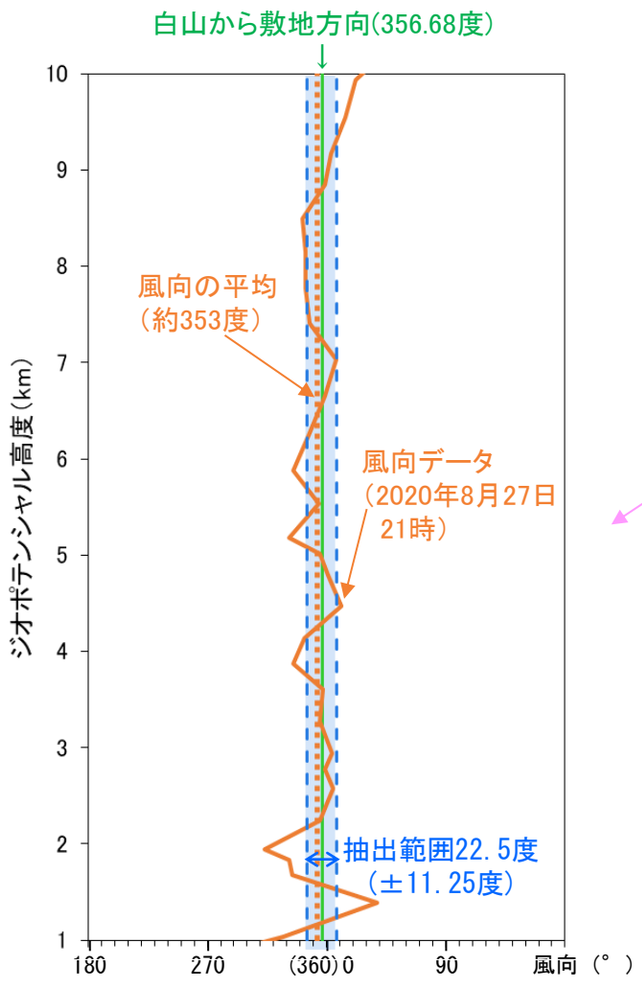
【敷地方向の風の作成方法】

○日々の観測データのうち，敷地方向に向かう風として，高度1000m～10000m※の風向の平均値が給源火山から敷地方向の方位角を中心に22.5度(±11.25度)の範囲に入るデータを抽出する。抽出した風を用いて，高度1000m毎に合成し，敷地方向の風を作成する。

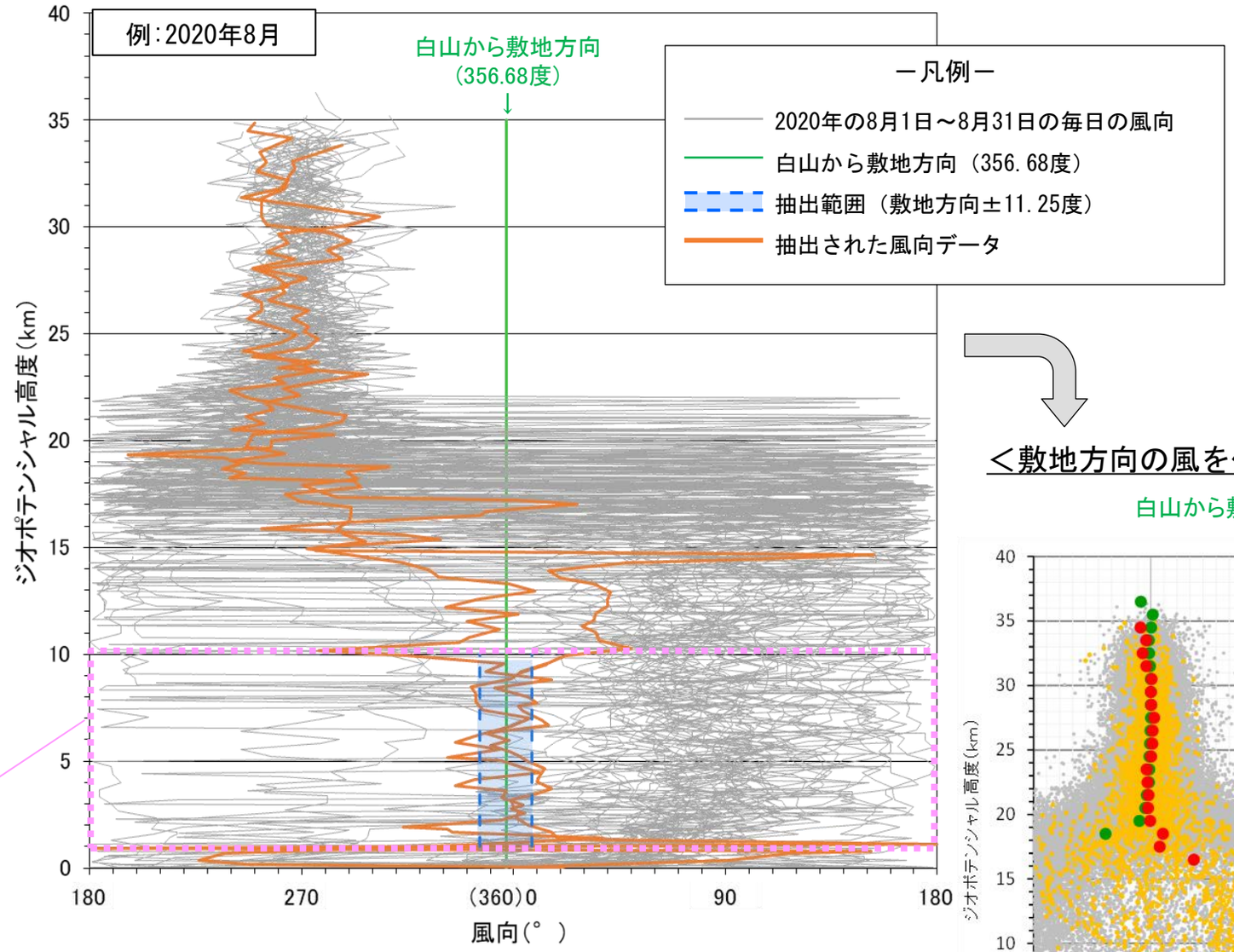
※対象とする高度は各シミュレーションでの噴煙柱高度を考慮して設定。

＜敷地方向に向かう風を抽出＞



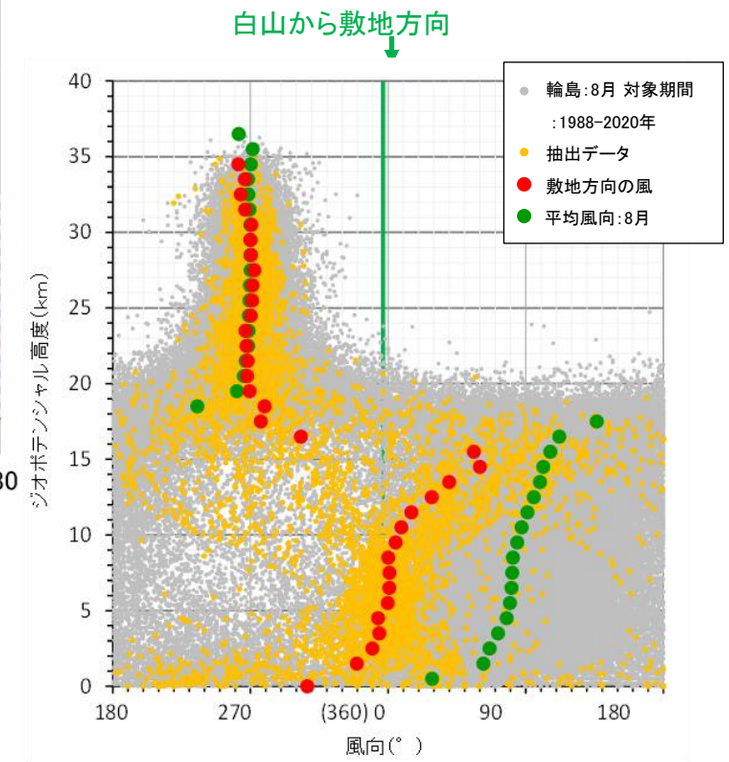


抽出した風データの例



高度1000m～10000mの風向の平均値が抽出範囲に入るデータを抽出

＜敷地方向の風を作成＞



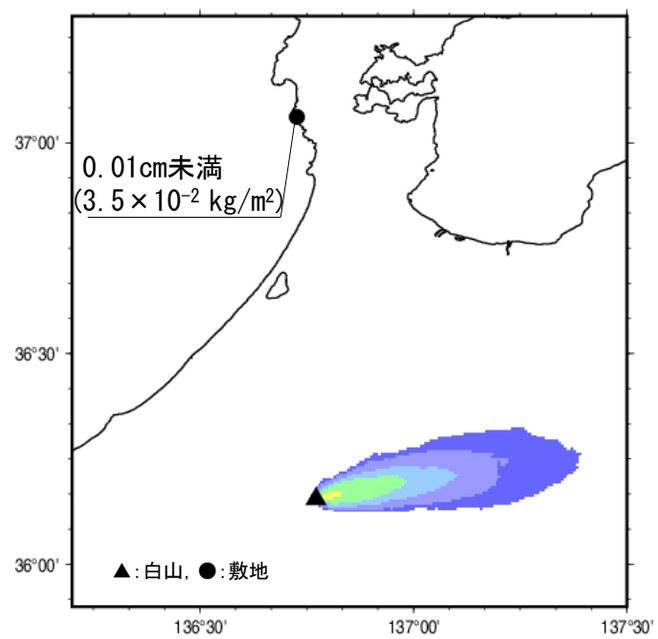
抽出した風データを合成し
敷地方向の風を作成

3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －不確かさケース（噴煙柱高度）－

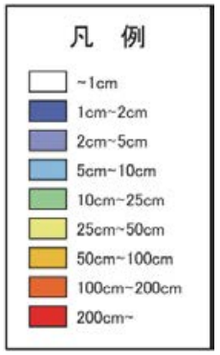
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，噴煙柱高度の不確かさとして，基本ケースの噴煙柱高度10kmに対して±5kmを考慮したシミュレーションを実施した結果，噴煙柱高度を5kmとしたケースで，敷地における層厚が0.02cmとなった。

基本ケース最大：8月

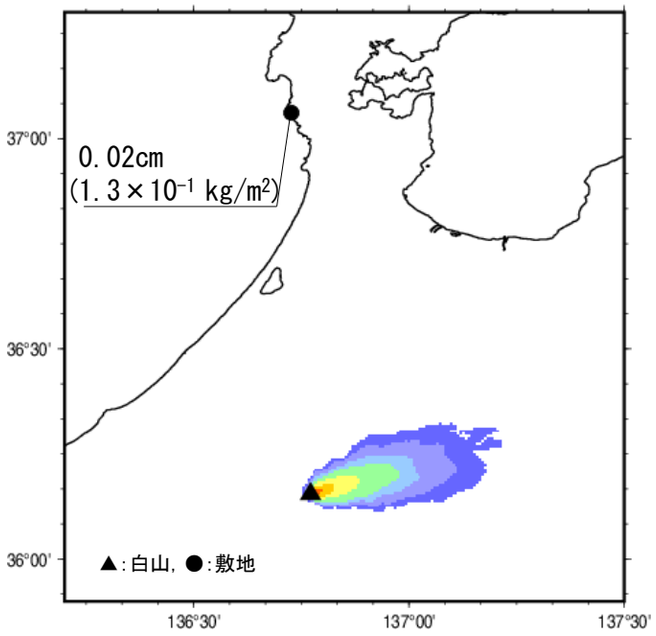
噴煙柱高度：10km



敷地における層厚
0.01cm未満



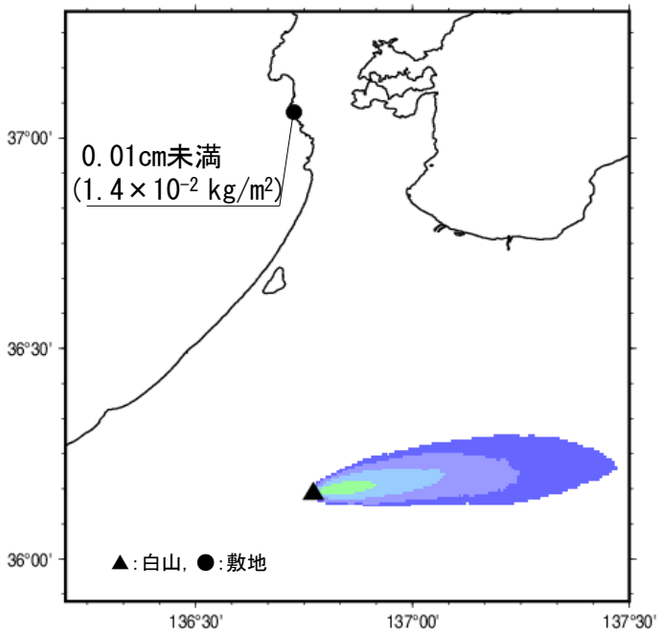
噴煙柱高度：5km



敷地における層厚
0.02cm

-5km　　+5km

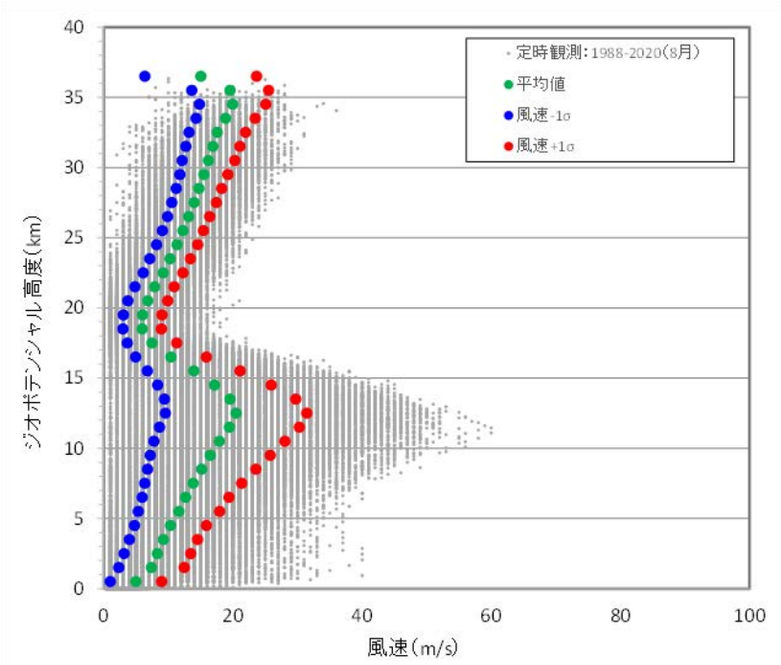
噴煙柱高度：15km



敷地における層厚
0.01cm未満

3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －不確かさケース（風速）－

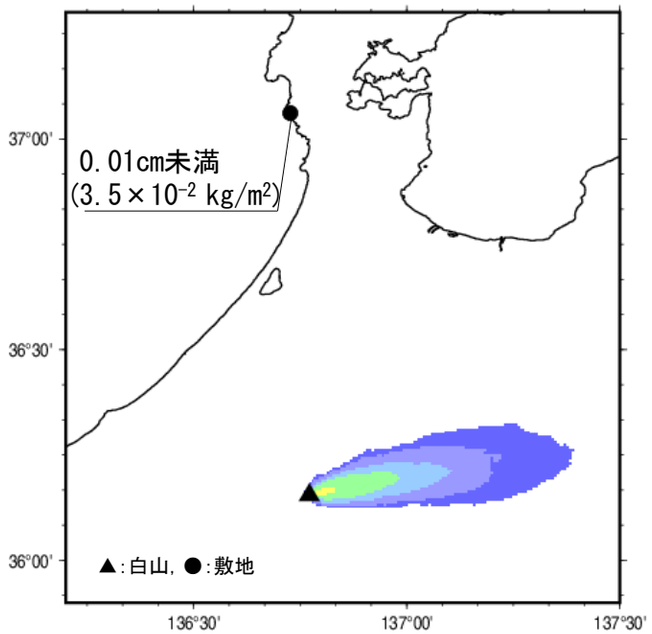
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風速の不確かさとして，8月の平均風速に対して±1σの風速を考慮したシミュレーションを実施した結果，平均風速－1σとしたケースで，敷地における層厚が0.02cmとなった。



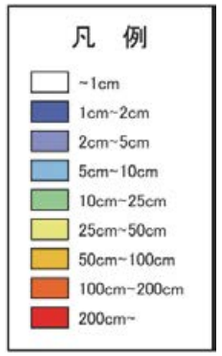
解析に用いる風データ

基本ケース最大：8月

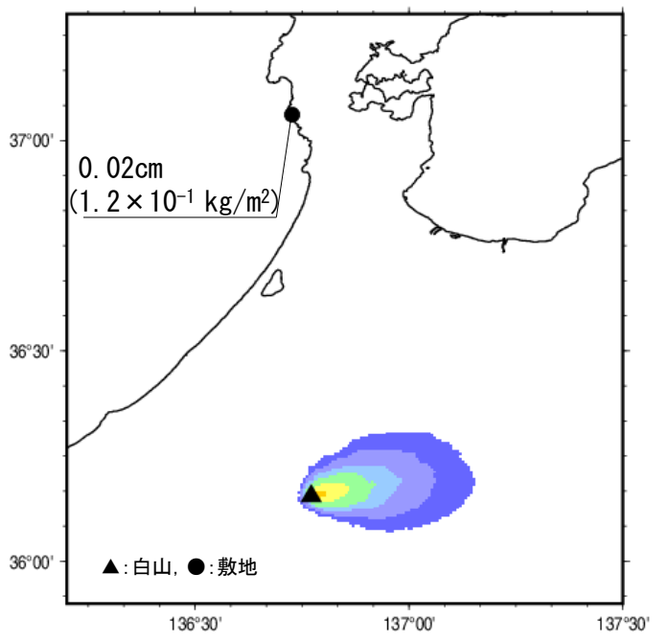
平均風速



敷地における層厚
0.01cm未満



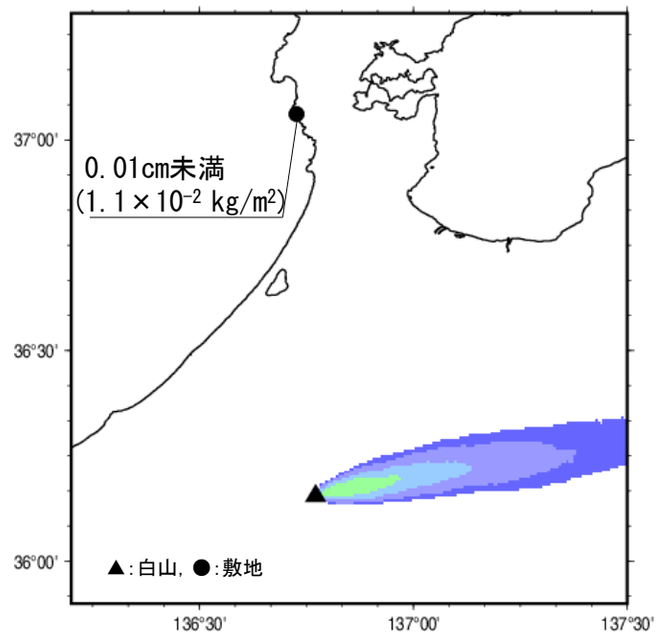
平均風速－1σ



敷地における層厚
0.02cm

風速[小] ← → 風速[大]

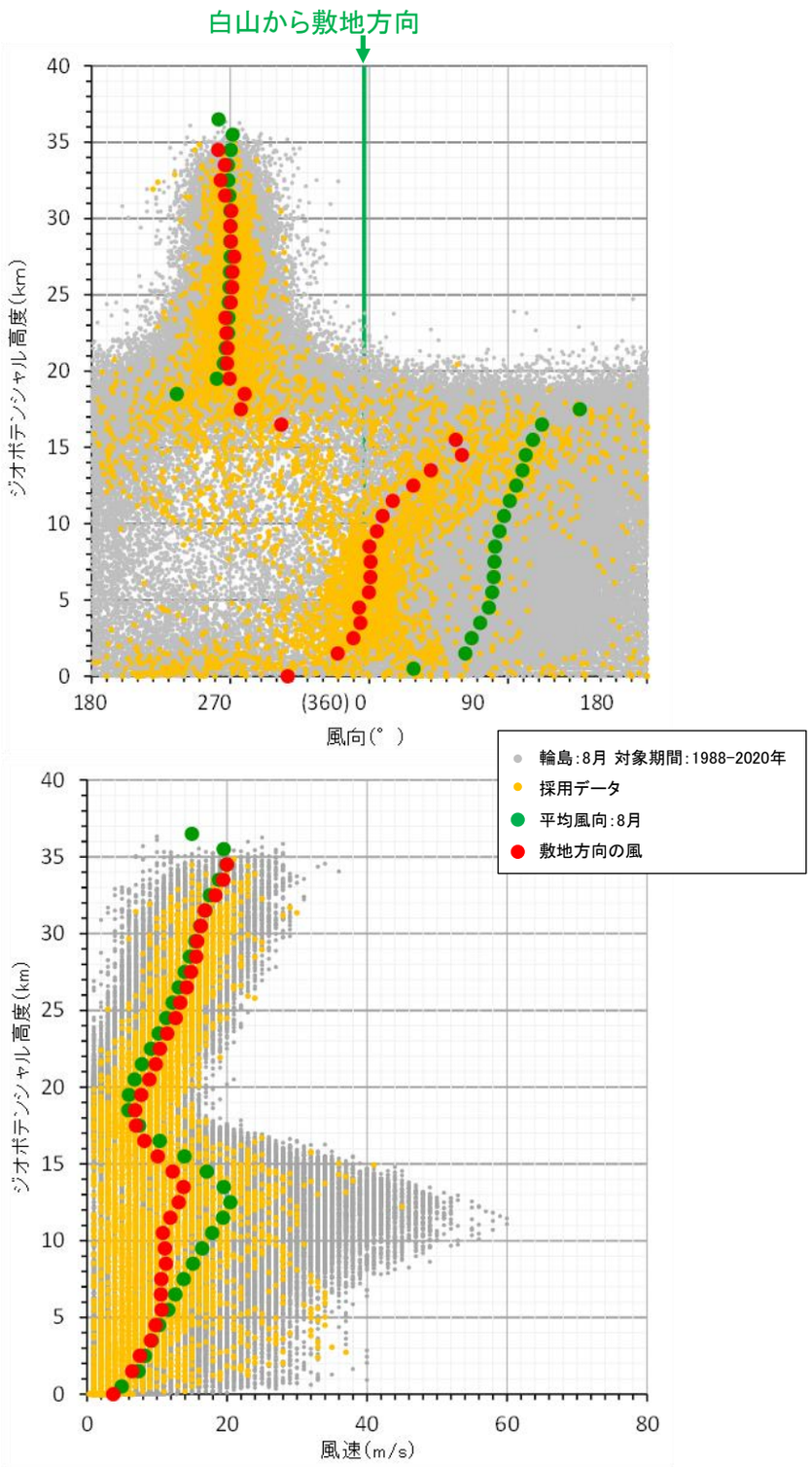
平均風速＋1σ



敷地における層厚
0.01cm未満

3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －不確かさケース（風向）－

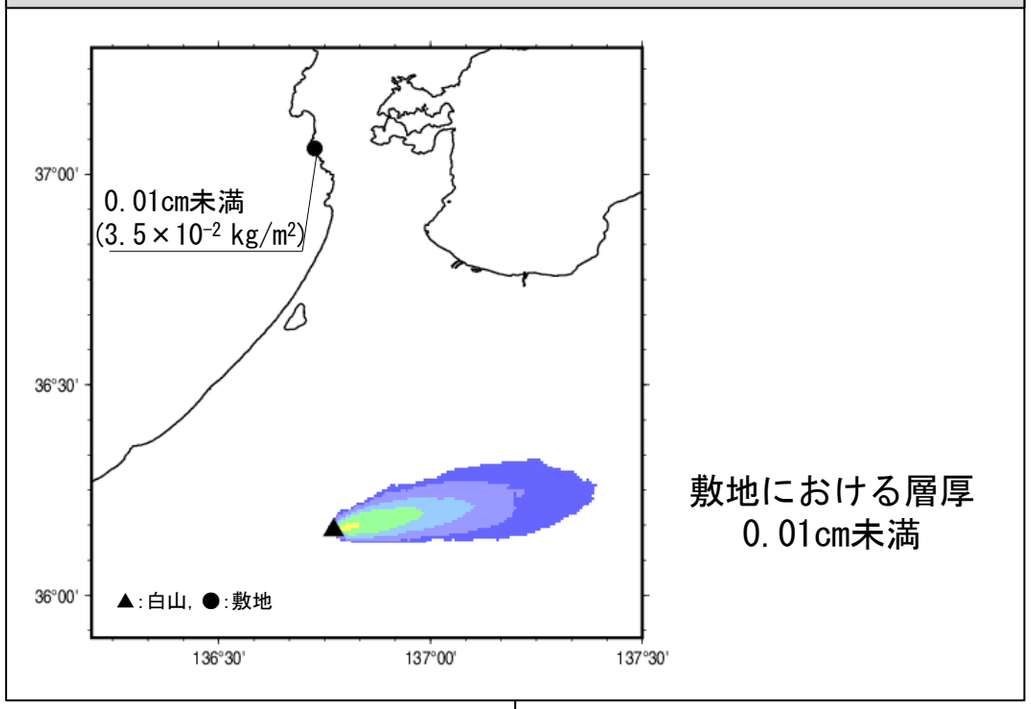
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風向の不確かさとして，8月の観測値を用いて敷地方向の風を作成し，シミュレーションを実施した結果，敷地における層厚が0.11cmとなった。



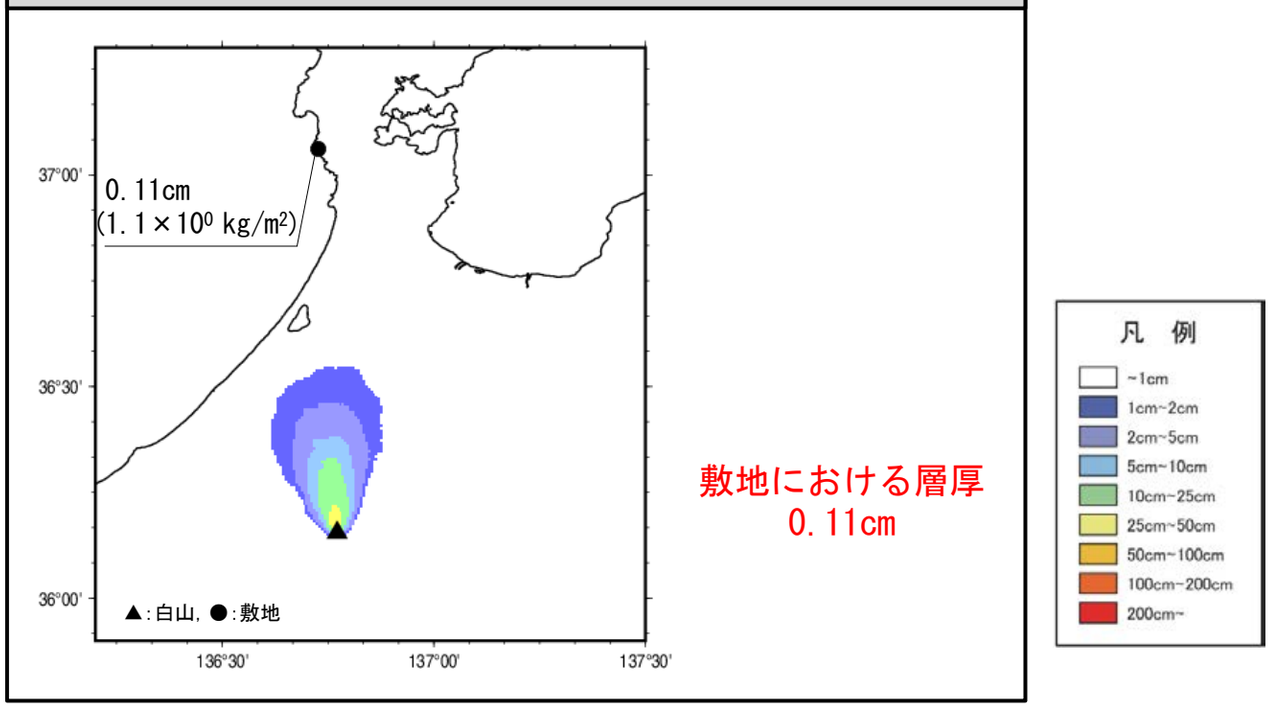
解析に用いる風データ

基本ケース最大：8月

平均風向



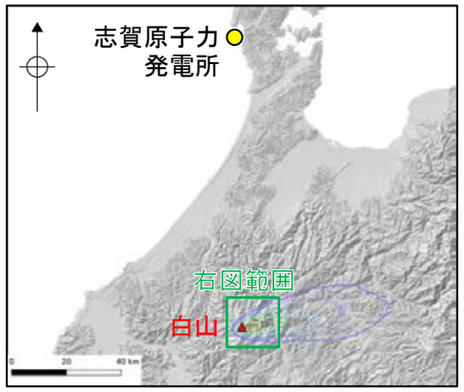
敷地方向の風



3.1.2.2(1) 白山（南竜火山灰） －シミュレーション結果と文献の比較－

○シミュレーション結果と文献で示される南竜火山灰の層厚を比較し，シミュレーションの妥当性を確認した。
○シミュレーション結果（基本ケース，8月）を山頂方向に平行移動で微調整した分布と，文献による層厚（各地点の実績層厚及び高柳・守屋（1991）による等層厚線図）を比較した結果，実績層厚が白山周辺に限られるものの，シミュレーション結果（5cm，10cm）と文献による層厚（5cm，10cmの等層厚線）が概ね整合的であった。
○よって，白山（南竜火山灰）を対象とした降下火砕物シミュレーションは妥当と評価した。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



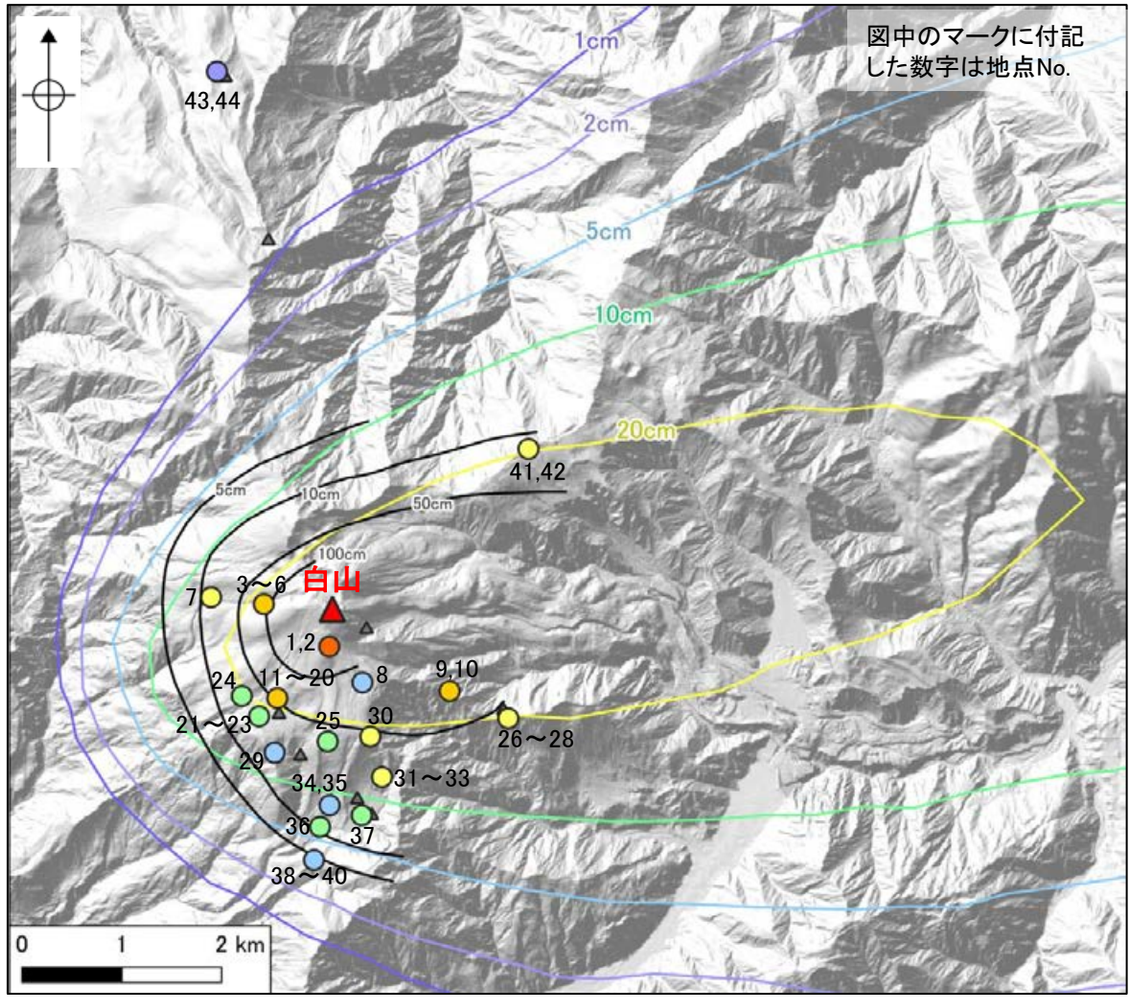
位置図

＜凡例＞

【文献による層厚】
・各地点の実績層厚T
（最大層厚，cm）
- 2＜T≦5
- 5＜T≦10
- 10＜T≦20
- 20＜T≦50
- 50＜T≦100
- 100＜T≦200
- ▲ 文献中に層厚が明記されていないものの，南竜火山灰層が確認された地点

・等層厚線図
- 高柳・守屋(1991)の南竜火山灰層（Hm-10）の等層厚線図

【シミュレーション結果】
基本ケース（8月）のシミュレーション結果を山頂方向に平行移動
- 1cm
- 2cm
- 5cm
- 10cm
- 20cm



南竜火山灰層のシミュレーション結果と
文献による層厚の比較

文献で示される南竜火山灰層の層厚の詳細については，**補足資料5(1)**

＜文献による各地点の実績層厚＞

地点No.	地点名	層厚	文献
1	室堂	>150cm	*1
2		>29cm	
3	千蛇ヶ池周辺	>20cm	
4		>20cm	
5		100cm	
6		>20cm	
7	千蛇ヶ池西方	27cm	
8	平瀬道（大倉尾根）	>7cm	
9	平瀬道上部	51cm	
10	ｶﾝｸﾗ展望台下	56cm	
11	弥陀ヶ原～五葉坂周辺	>5cm	
12		>7cm	
13		75cm	
14		40cm	
15		13cm	
16		40cm以上	*2
17		5～11cm	*3
18		5～11cm	
19		39cm	*1
20		29cm	
21		20cm前後	*2
22		7cm	*1
23		10cm	

地点No.	地点名	層厚	文献
24	水屋尻沢下流部	15cm	*1
25	トンビ岩コース北方	14cm	
26	大倉山避難小屋付近	44cm	
27		49cm	
28		14～20cm	*4
29	エコーライン	>5cm	*1
30	展望歩道周辺	32cm以上	*5
31		>10cm	*1
32		31cm	
33		10cm	*6
34	トンビ岩コース	3cm	*1
35		10cm	
36	南竜ケ馬場	15cm	
37		15～20cm	*3
38	南竜ケ馬場南方	6cm	*1
39		4cm	
40		4cm	
41	北弥陀ヶ原	>3cm	
42		23cm	
43	小桜平ヒュッテ北方	5cm	*3
44		5cm	

*1:高柳・守屋（1991），*2:高橋・小林（2000），*3:遠藤（1985），*4:酒寄ほか（2018），*5:酒寄ほか（2003），*6:東野・酒寄（2007）

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

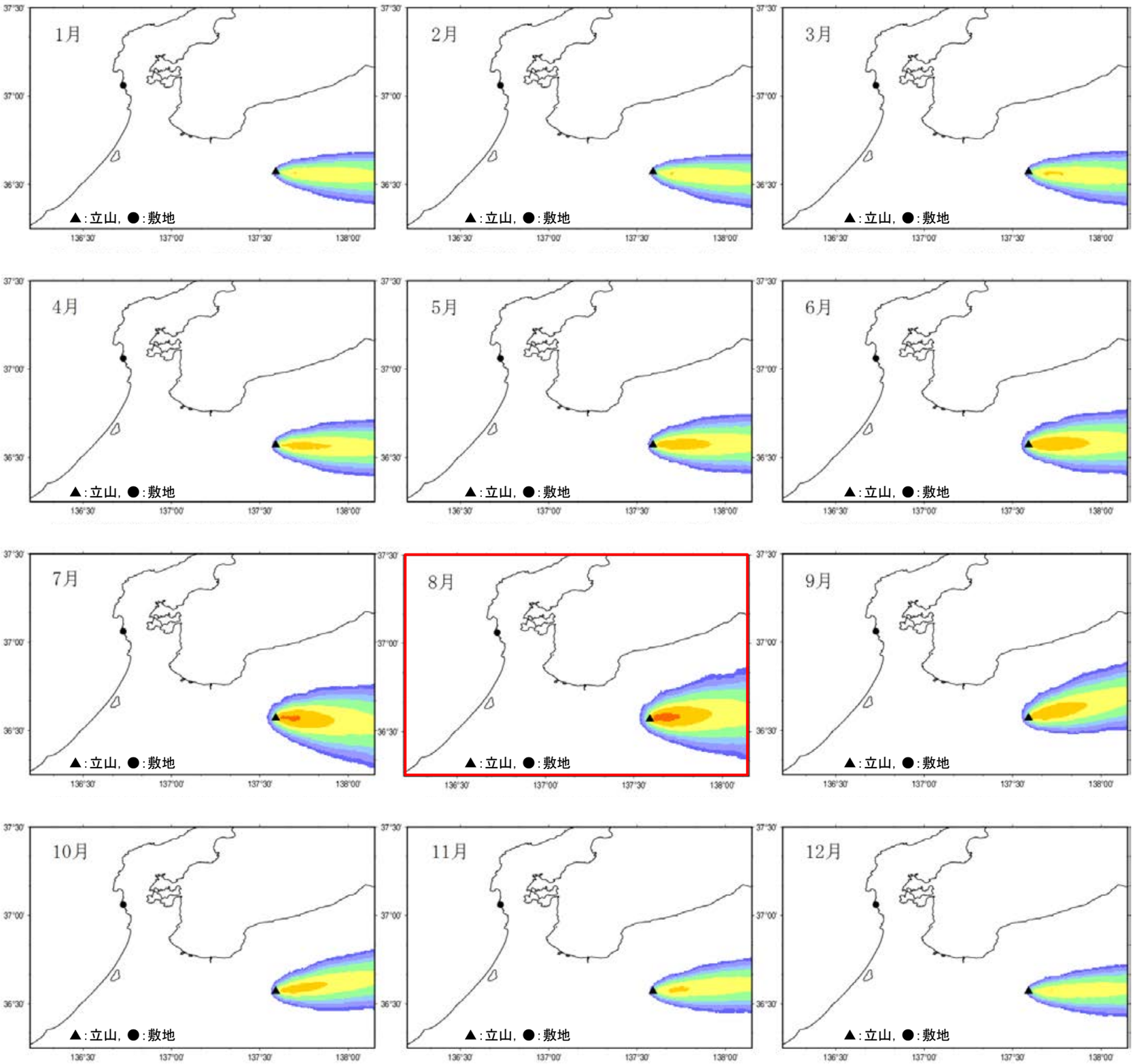
3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －入力パラメーター

○立山（立山DテフラA,Cユニット）について，文献等の情報に基づき，以下のとおり入力パラメータ値を設定した。

降下火砕物	パラメータ		単位	設定値	設定根拠等
立山 （立山Dテフラ A,Cﾕﾆｯﾄ）	給源	X(東距)	m	731,738	地質調査総合センター編(2023)を参考に，国見岳の最高点の位置及び標高を設定
		Y(北距)	m	4,050,431	
		標高	m	2,621	
	噴出量		kg	3.1×10^{12}	・見かけ体積（3.1km^3：VEI5規模）× 堆積物密度（1.0g/cm^3） -見かけ体積：及川(2003)の立山Dテフラ全量のマグマ噴出量(DRE：4km^3)に，木村(1987)で示された各ユニットの等層厚線図から求めたユニット別の噴出量比率を乗じて算定(P.138) -堆積物密度：地質調査総合センター編（2021b）
	噴煙柱高度		m	25,000	町田・新井(2011)を参考に設定
	噴煙柱分割高さ		m	約100	萬年(2013)より設定
	粒径	最大	mm（Φ）	1,024（-10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm（Φ）	1/1,024（10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm（Φ）	1/23（4.5）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
		標準偏差	mm（Φ）	1/8（3.0）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
	岩片密度		kg/m^3	2,600	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	軽石密度		kg/m^3	1,000	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	見かけの渦拡散係数		m^2/s	0.04	萬年(2013)より設定
	拡散係数		m^2/s	10,000	萬年(2013)を参考に設定
	Fall Time Threshold		s	3,600	萬年(2013)より設定
	Plume Ratio		-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例を参考に設定
	気象データ （高度・風速・風向）		-	-	・輪島特別地域気象観測所（旧輪島測候所）における高層気象観測記録（9時，21時の風速・風向データ） ・データ取得期間：1988年1月1日～2020年12月31日（データ取得日：2021年1月5日）

3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －基本ケース－

○立山DテフラA,Cユニットを対象として，輪島での風速・風向データ（月別平均値）を用いて降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における降下火砕物の層厚はいずれも0.01cm未満となった。
○このうち，敷地における層厚（降灰量）が最大となるのは，8月※である。



※敷地の層厚は，いずれの月も0.01cm未満であるが，堆積重量は8月が最大となる。

＜シミュレーション結果（基本ケース）＞

月	敷地の降灰量	
	層厚（cm）	堆積重量（kg/m^2）
1月	0.01cm未満	6.2×10^{-5}
2月	0.01cm未満	7.8×10^{-5}
3月	0.01cm未満	1.4×10^{-4}
4月	0.01cm未満	5.3×10^{-4}
5月	0.01cm未満	1.9×10^{-3}
6月	0.01cm未満	7.5×10^{-3}
7月	0.01cm未満	1.3×10^{-2}
8月	0.01cm未満	2.8×10^{-2}
9月	0.01cm未満	5.7×10^{-3}
10月	0.01cm未満	1.5×10^{-3}
11月	0.01cm未満	2.7×10^{-4}
12月	0.01cm未満	6.9×10^{-5}

□ 敷地における層厚（降灰量）が最大となる月

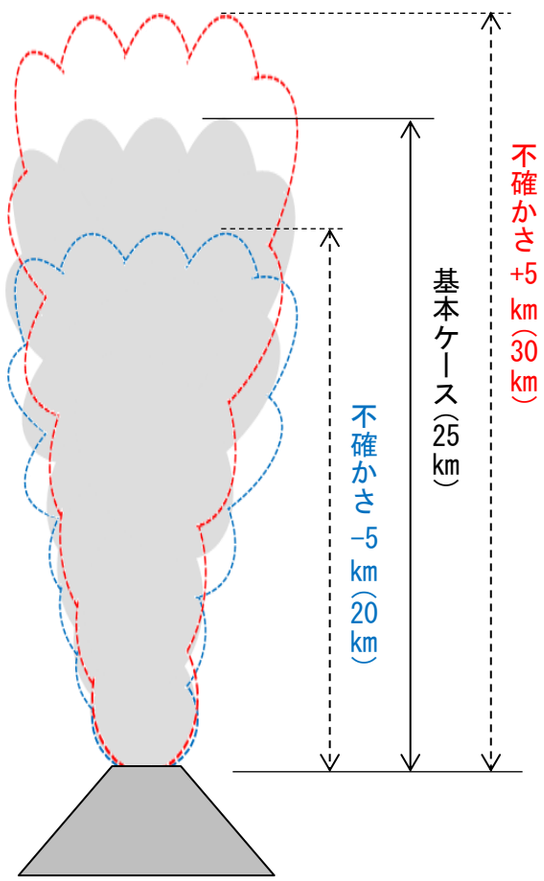
3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －考慮する不確かさ－

○「基本ケース」で敷地における層厚が最大となる月（8月）を対象に，不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
○8月の気象データを用いて，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮する。

＜基本ケース（最大月8月）＞
・噴煙柱高度25km
・8月の平均風速・風向

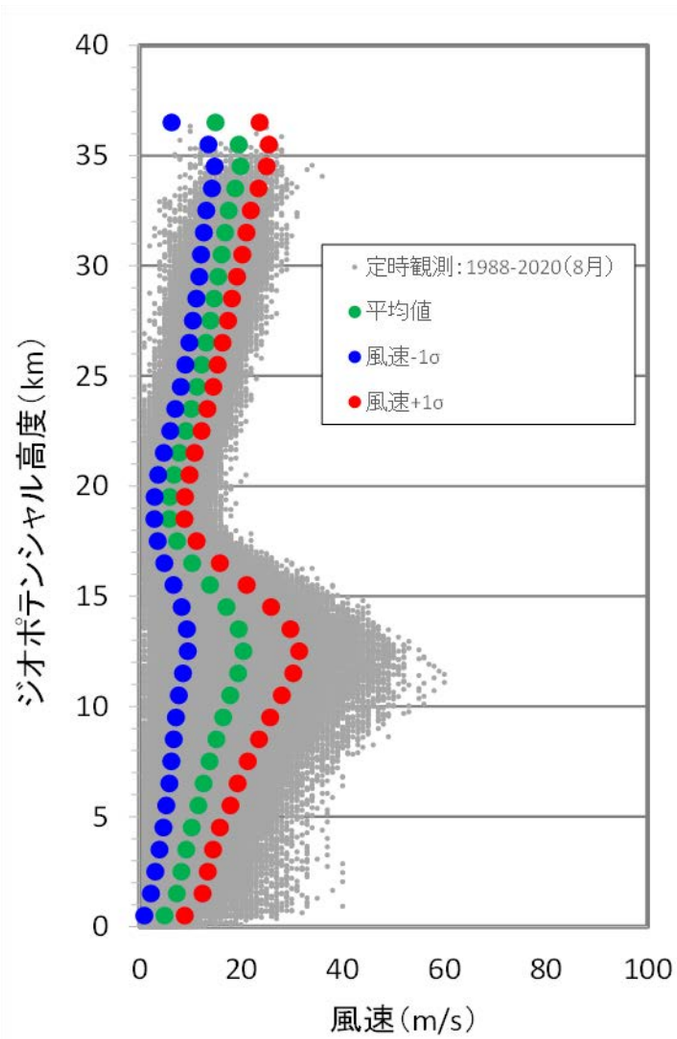
噴煙柱高度の不確かさ

基本ケース（25km）に対して
±5kmを考慮する。



風速の不確かさ

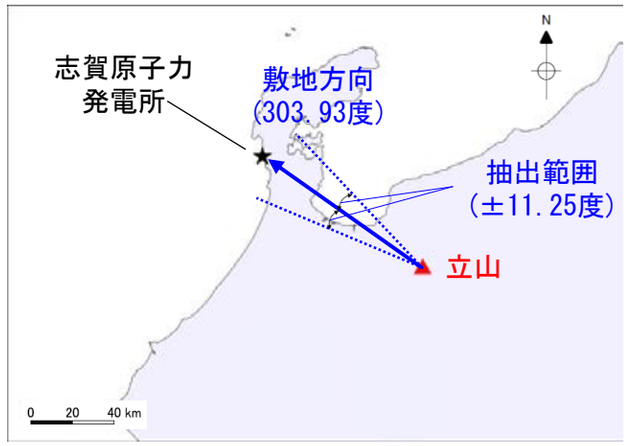
基本ケース（平均風速）に対して
±1σ（標準偏差）を考慮する。



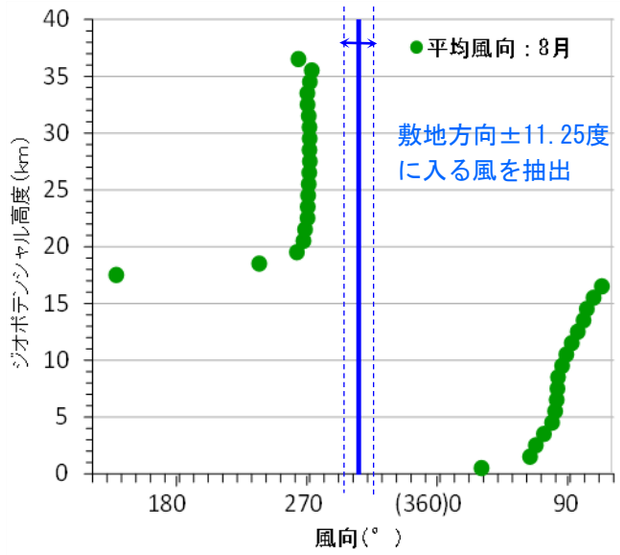
高度1km毎に風速データを整理し，
±1σの風速を設定

風向の不確かさ

基本ケース（平均風向）に対して
敷地方向の風を考慮する。



8月の観測記録のうち，風向の平均値が敷地方向（303.93度）から16方位の1方位分の角度（±11.25度）に入る風を抽出し，敷地方向の風を設定



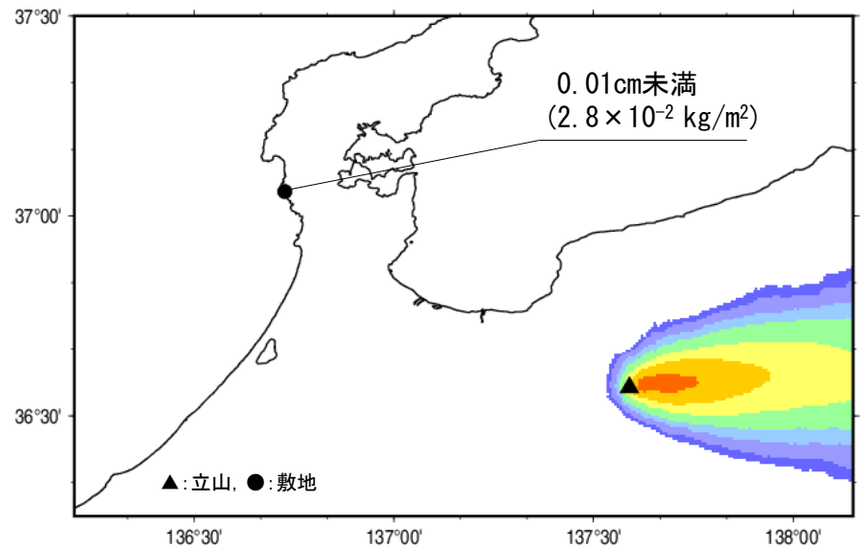
3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －不確かさケース（噴煙柱高度）－

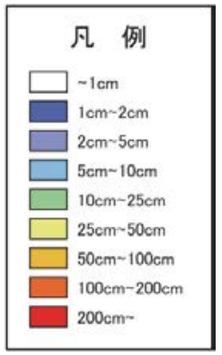
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，噴煙柱高度の不確かさとして，基本ケースの噴煙柱高度25kmに対して±5kmを考慮したシミュレーションを実施した結果，敷地における層厚はいずれも0.01cm未満※となった。

※敷地の層厚は，いずれも0.01cm未満であるが，堆積重量は噴煙柱高度30kmが最大となる。

基本ケース最大：8月

噴煙柱高度：25km

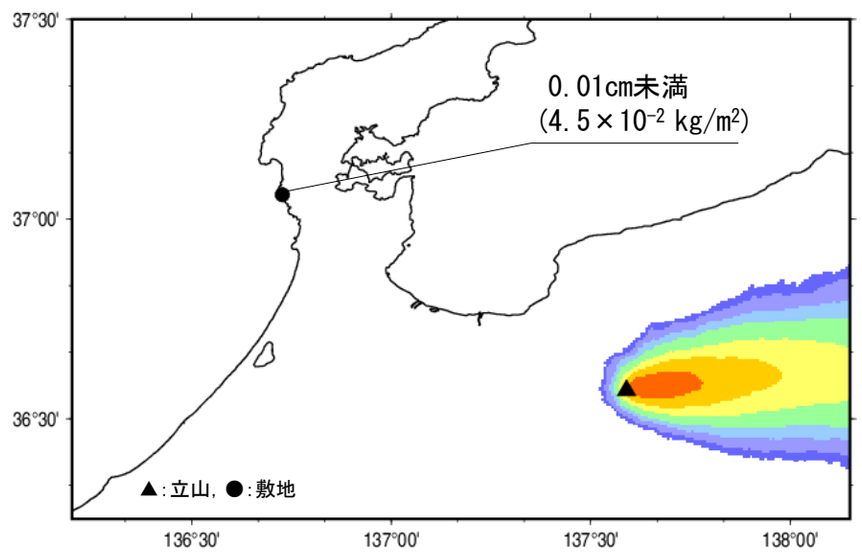




敷地における層厚　0.01cm未満

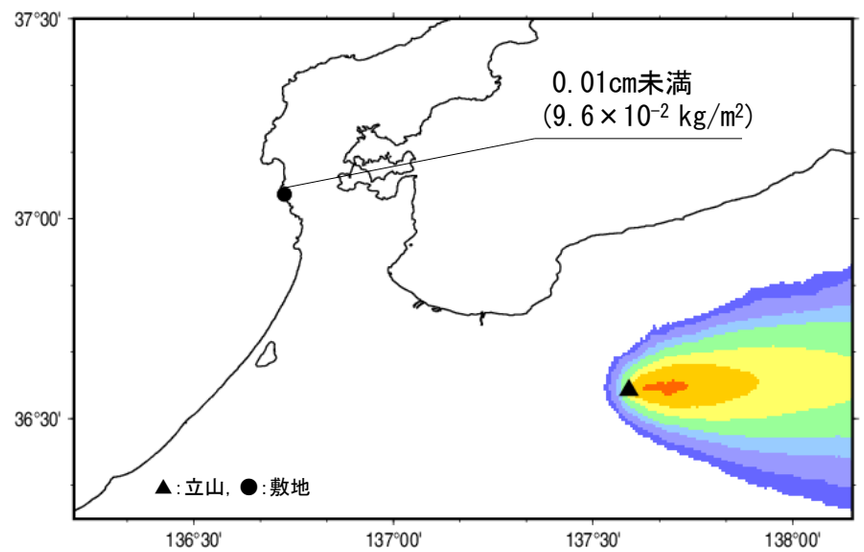
−5km　　+5km

噴煙柱高度：20km



敷地における層厚　0.01cm未満

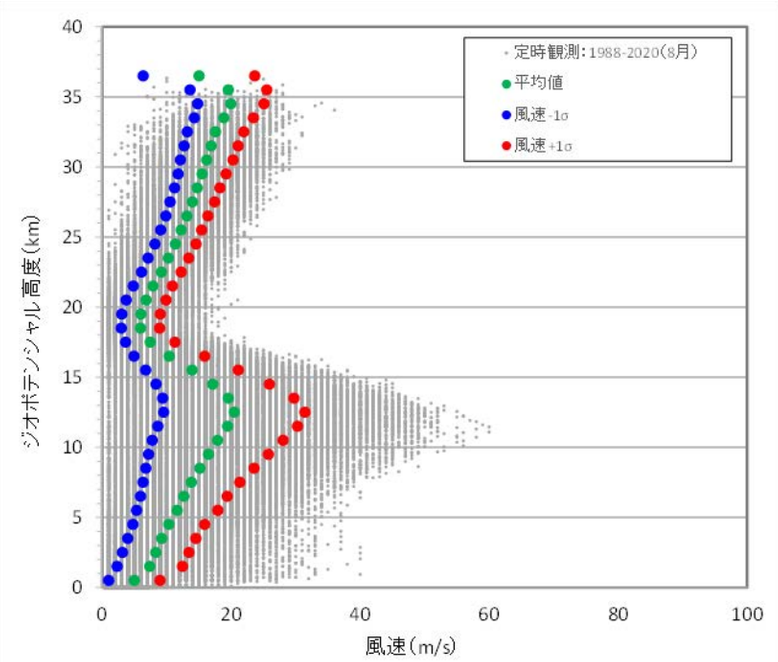
噴煙柱高度：30km



敷地における層厚　0.01cm未満

3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －不確かさケース（風速）－

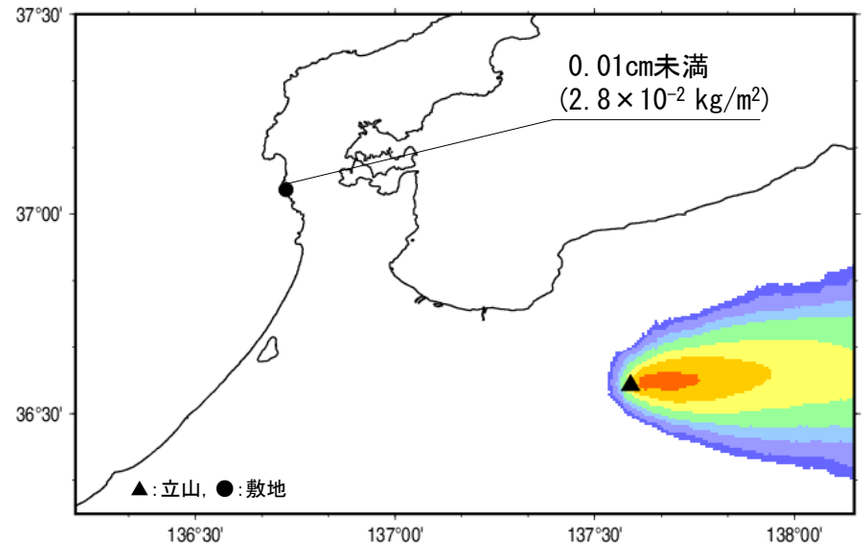
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風速の不確かさとして，8月の平均風速に対して±1σの風速を考慮したシミュレーションを実施した結果，平均風速－1σとしたケースで，敷地における層厚が0.06cmとなった。



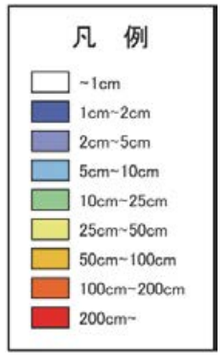
解析に用いる風データ

基本ケース最大：８月

平均風速

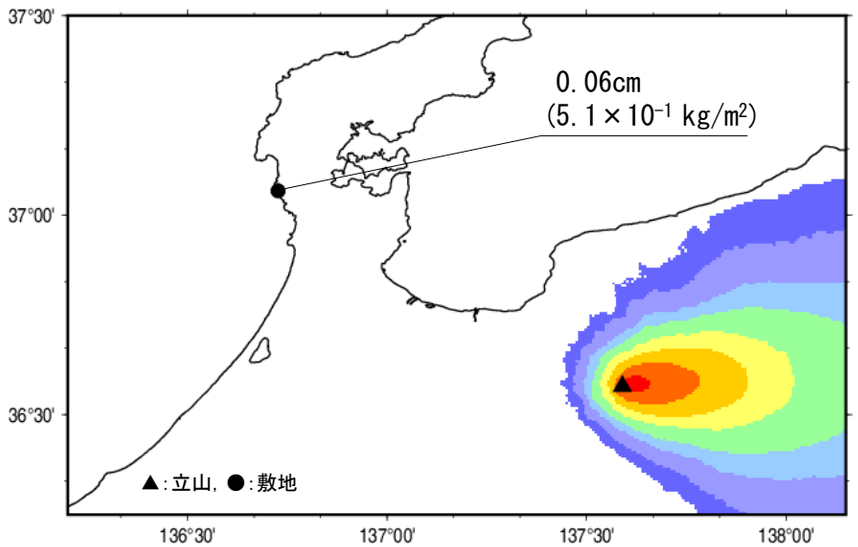


敷地における層厚　0.01cm未満



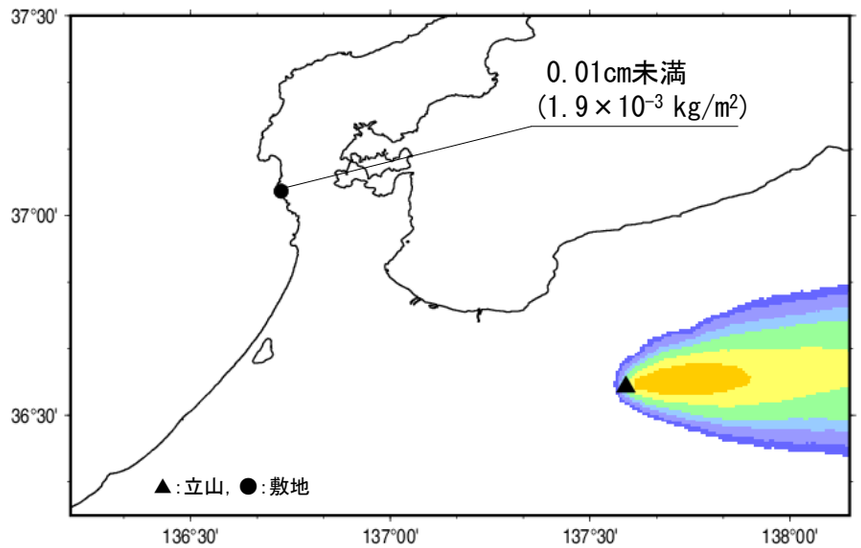
風速[小]　　風速[大]

平均風速－1σ



敷地における層厚　0.06cm

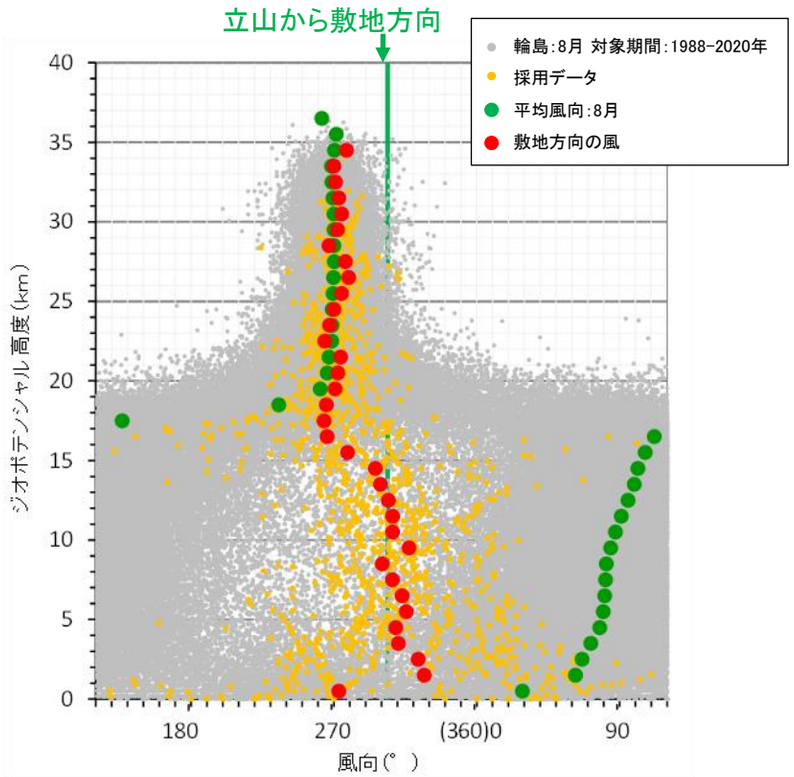
平均風速＋1σ

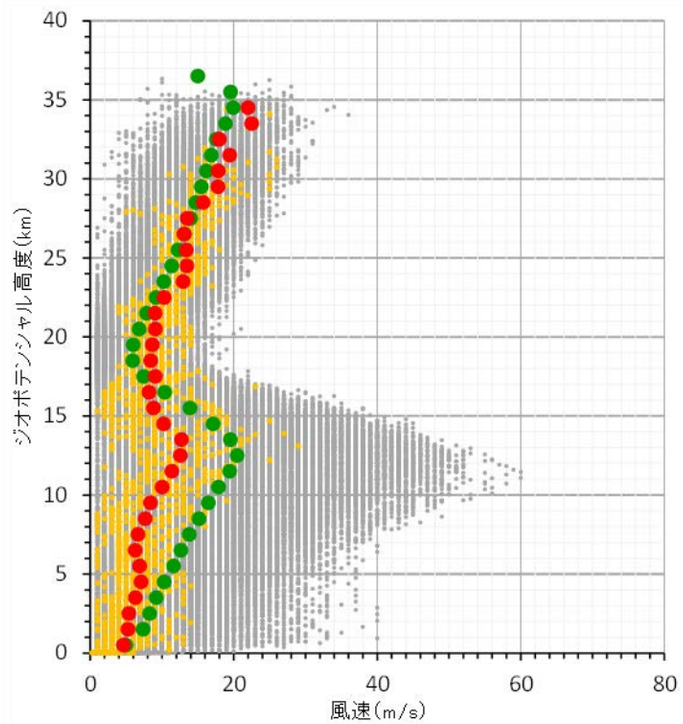


敷地における層厚　0.01cm未満

3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） －不確かさケース（風向）－

○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風向の不確かさとして，8月の観測値を用いて敷地方向の風を作成し，シミュレーションを実施した結果，敷地における層厚が4.1cmとなった。

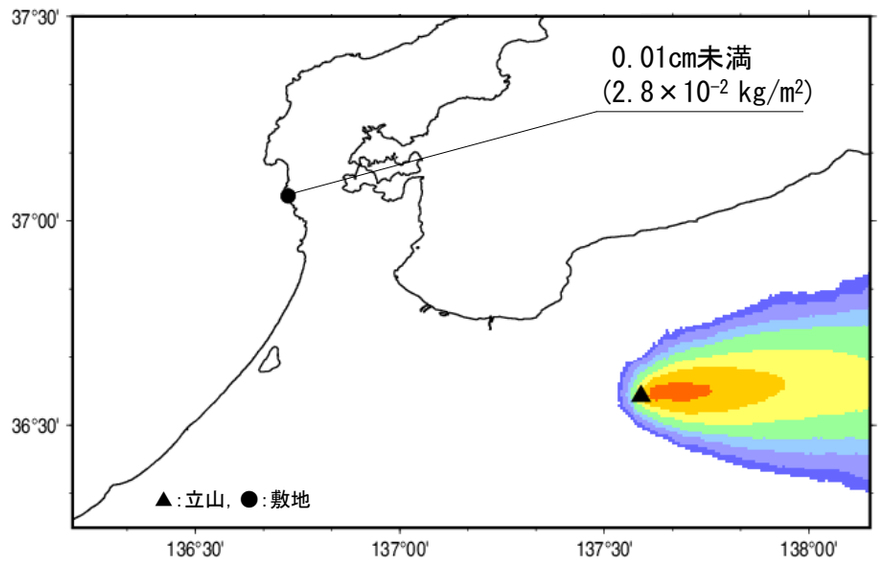




解析に用いる風データ

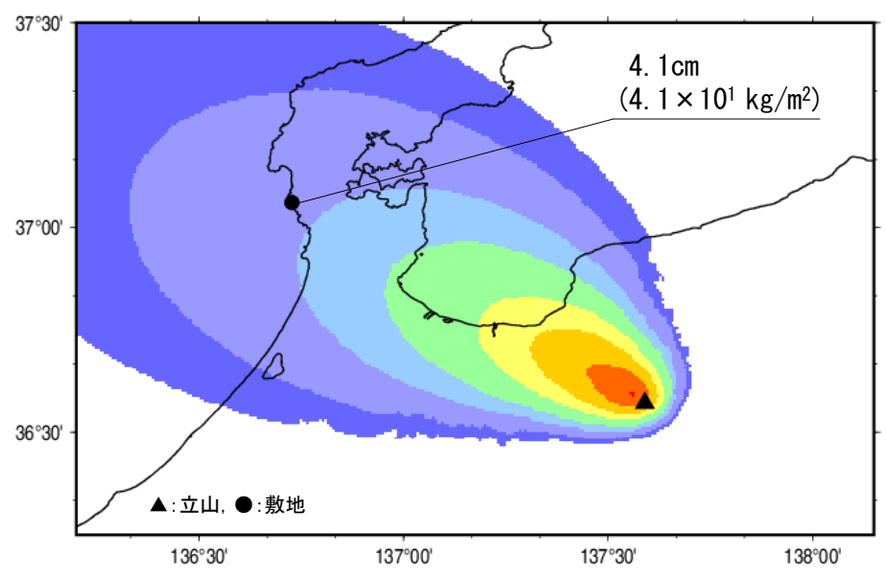
基本ケース最大：８月

平均風向

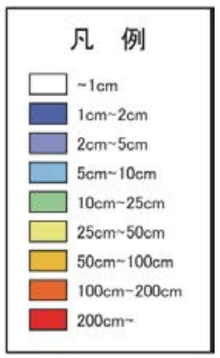


敷地における層厚　0.01cm未満

敷地方向の風



敷地における層厚　4.1cm



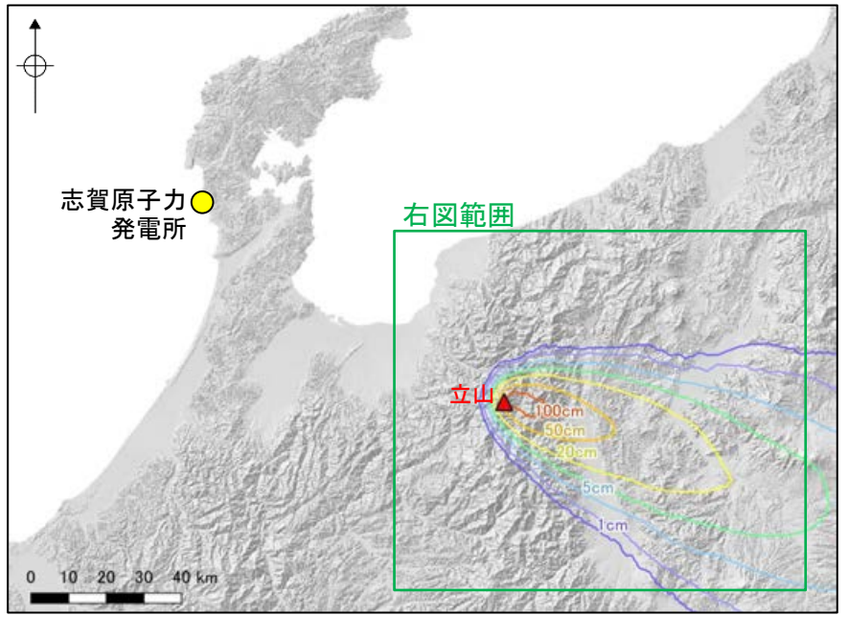
3.1.2.2(2) 立山（立山DテフラA,Cユニット） ーシミュレーション結果と文献の比較ー

○シミュレーション結果と文献で示される立山DテフラA，Cユニットの層厚を比較し，シミュレーションの妥当性を確認した。立山DテフラのAユニット及びCユニットについては，噴出量が同程度と考えられることから（P.138），代表してAユニットを対象として比較を行った。

○シミュレーション結果（基本ケース，8月）を実績分布主軸方向に回転させた分布と，文献による層厚（木村（1987）による立山DテフラAユニットの等層厚線図）を比較した結果，シミュレーション結果（10cm，20cm）と文献による層厚（10cm，20cmの等層厚線）が概ね整合的であった。

○よって，立山（立山DテフラA，Cユニット）を対象とした降下火砕物シミュレーションは妥当と評価した。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所



地理院タイル

位置図

＜凡例＞

【文献による層厚】

・（参考）立山Dテフラの確認地点

▲ 木村(1987)において，立山Dテフラ（Dpm）の確認が報告された地点

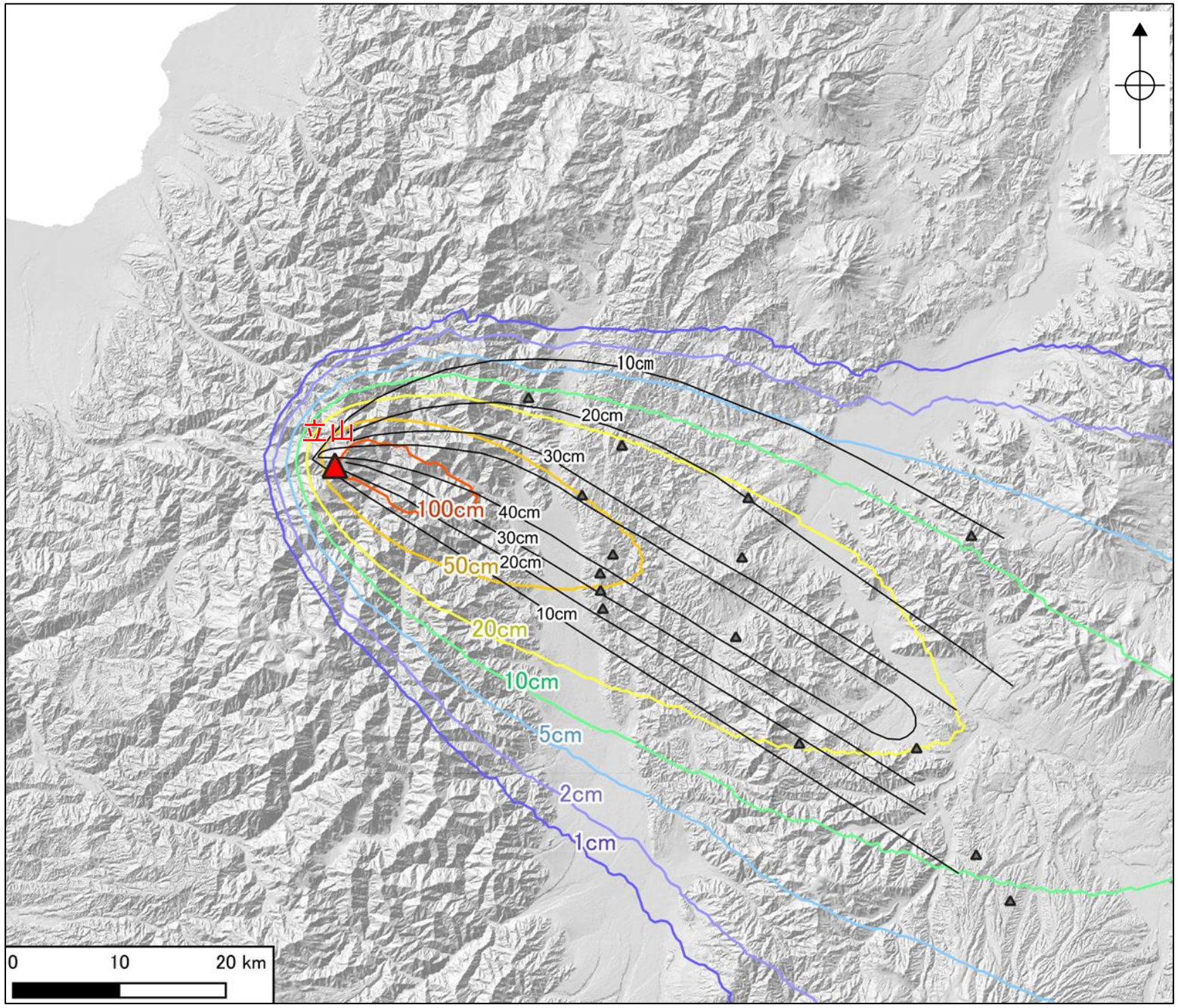
・等層厚線図

— 木村(1987)の立山DテフラAユニットの等層厚線図

【シミュレーション結果】

基本ケース（8月）のシミュレーション結果を右回り24.5° 回転

- 1cm
- 2cm
- 5cm
- 10cm
- 20 cm
- 50cm
- 100 cm



立山DテフラAユニットのシミュレーション結果と文献による層厚の比較

文献で示される立山Dテフラの詳細については，補足資料5(2)

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －入力パラメーター

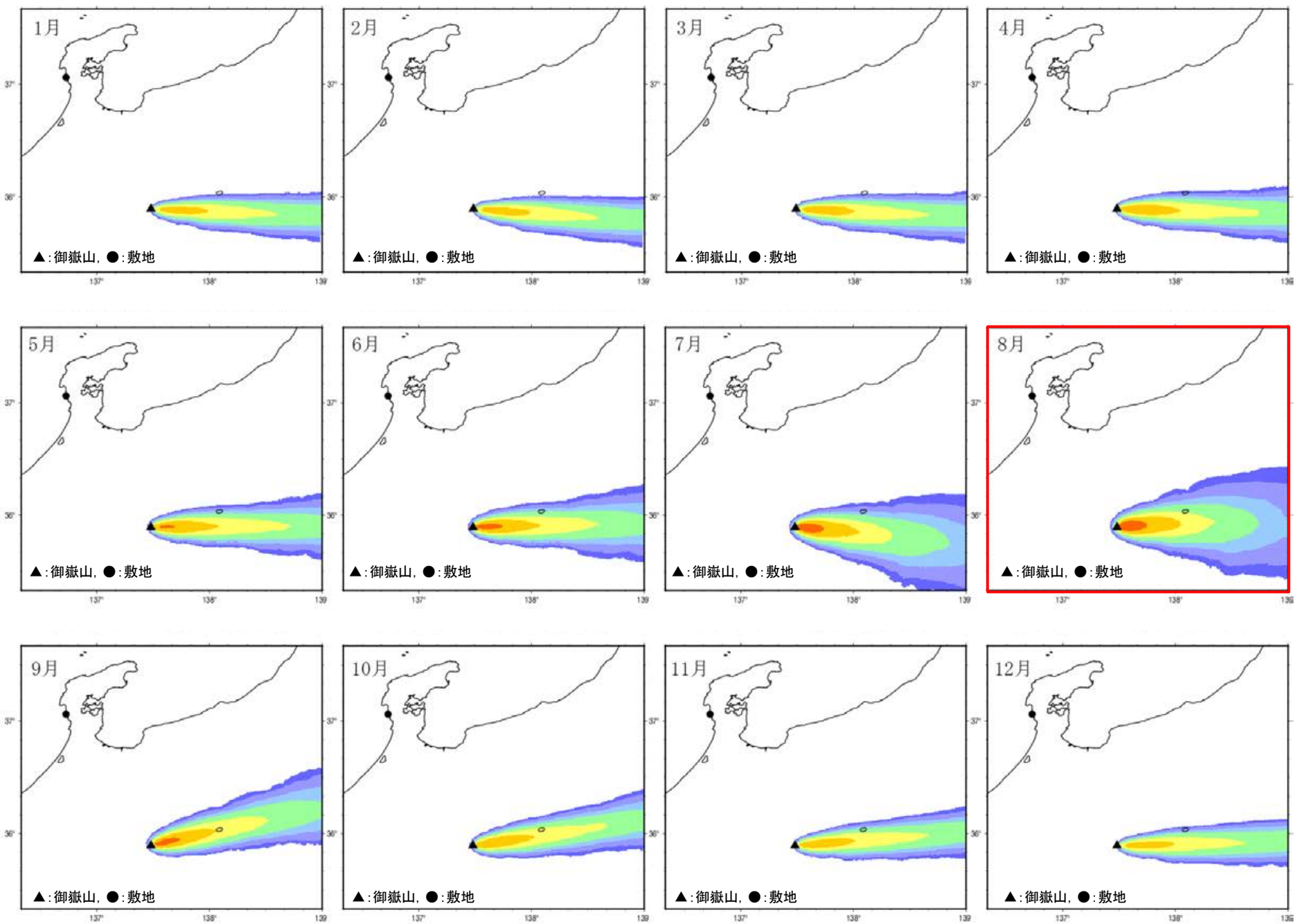
〇御嶽山(御嶽伊那テフラ)について，文献等の情報に基づき，以下のとおり入力パラメータ値を設定した。

降下火砕物	パラメータ		単位	設定値	設定根拠等
御嶽山 （御嶽伊那テフラ）	給源	X(東距)	m	723,898	地質調査総合センター編(2023)を参考に，剣ヶ峰の最高点の位置及び標高を設定
		Y(北距)	m	3,974,933	
		標高	m	3,067	
	噴出量		kg	5.0×10^{12}	・見かけ体積（5.0km³：VEI5規模） × 堆積物密度（1.0g/cm³） -見かけ体積：マグマ噴出量(DRE：2km³) × マグマ密度(2.5g/cm³) / 堆積物密度(1.0g/cm³) -マグマ噴出量(DRE)：及川(2003)で示されたPm3A(竹本ほか(1987)で御嶽伊那テフラに対比)の値 -マグマの密度・堆積物密度：地質調査総合センター編（2021b）
	噴煙柱高度		m	25,000	町田・新井(2011)を参考に設定
	噴煙柱分割高さ		m	約100	萬年(2013)より設定
	粒径	最大	mm（Φ）	1,024（-10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm（Φ）	1/1,024（10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm（Φ）	1/23（4.5）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
		標準偏差	mm（Φ）	1/8（3.0）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
	岩片密度		kg/m³	2,600	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	軽石密度		kg/m³	1,000	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	見かけの渦拡散係数		m²/s	0.04	萬年(2013)より設定
	拡散係数		m²/s	10,000	萬年(2013)を参考に設定
	Fall Time Threshold		s	3,600	萬年(2013)より設定
	Plume Ratio		-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例を参考に設定
	気象データ （高度・風速・風向）		-	-	・輪島特別地域気象観測所（旧輪島測候所）における高層気象観測記録（9時，21時の風速・風向データ） ・データ取得期間：1988年1月1日～2020年12月31日（データ取得日：2021年1月5日）

3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －基本ケース－

○御嶽伊那テフラを対象に，輪島での風速・風向データ（月別平均値）を用いて降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における降下火砕物の層厚はいずれも0.01cm未満となった。
○このうち，敷地における層厚（降灰量）が最大となるのは，8月である※。

※敷地の層厚は，いずれの月も0.01cm未満であるが，堆積重量は8月が最大となる。



＜シミュレーション結果（基本ケース）＞

月	敷地の降灰量	
	層厚（cm）	堆積重量（kg/m²）
1月	0.01cm未満	9.3×10^{-5}
2月	0.01cm未満	1.1×10^{-4}
3月	0.01cm未満	2.1×10^{-4}
4月	0.01cm未満	8.9×10^{-4}
5月	0.01cm未満	3.4×10^{-3}
6月	0.01cm未満	1.2×10^{-2}
7月	0.01cm未満	2.3×10^{-2}
8月	0.01cm未満	5.0×10^{-2}
9月	0.01cm未満	1.0×10^{-2}
10月	0.01cm未満	2.4×10^{-3}
11月	0.01cm未満	4.4×10^{-4}
12月	0.01cm未満	1.1×10^{-4}

敷地における層厚（降灰量）が最大となる月

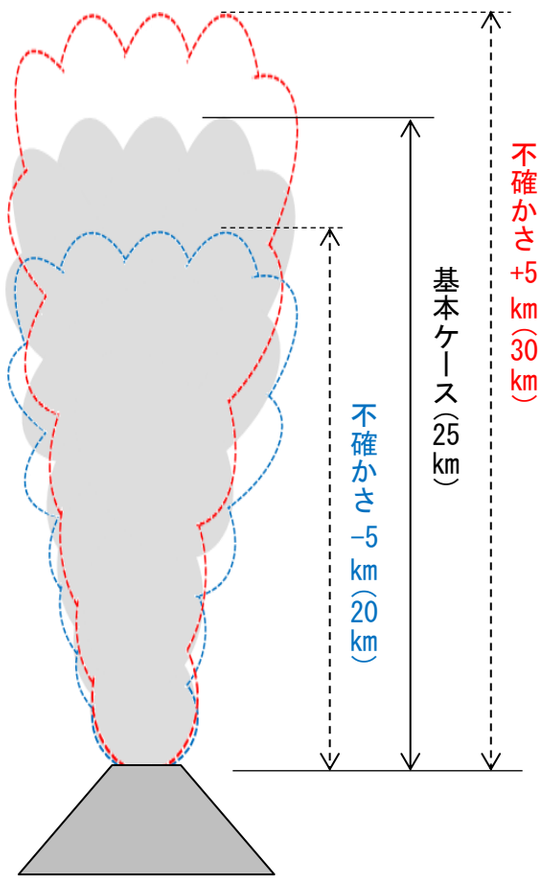
3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －考慮する不確かさ－

○「基本ケース」で敷地における層厚が最大となる月（8月）を対象に，不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
○8月の気象データを用いて，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮する。

＜基本ケース（最大月8月）＞
・噴煙柱高度25km
・8月の平均風速・風向

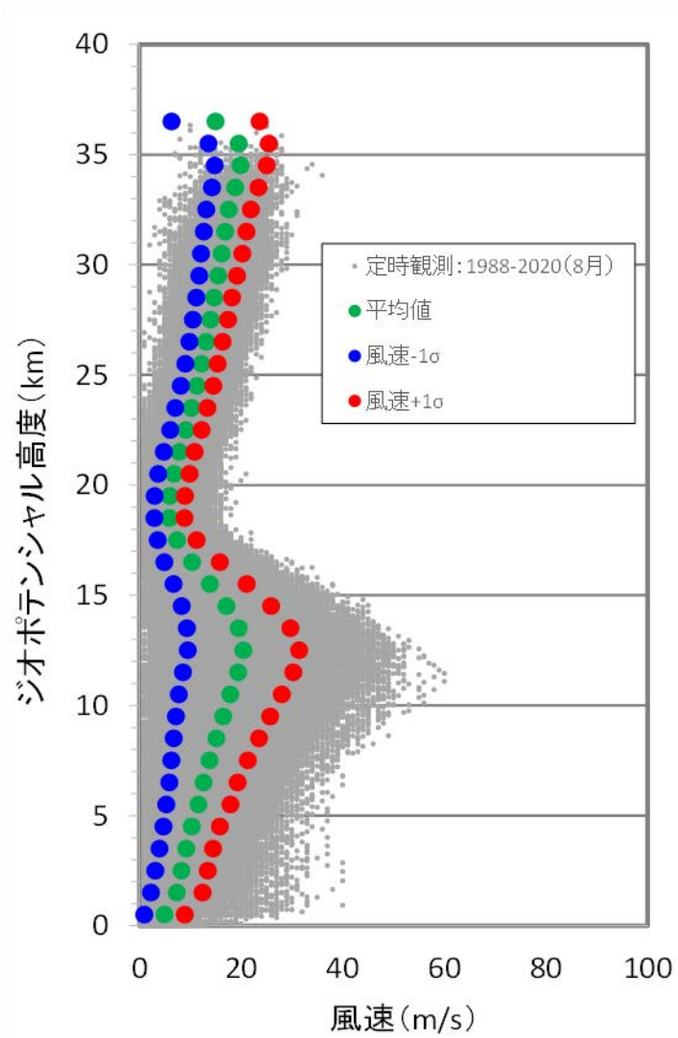
噴煙柱高度の不確かさ

基本ケース（25km）に対して
±5kmを考慮する。



風速の不確かさ

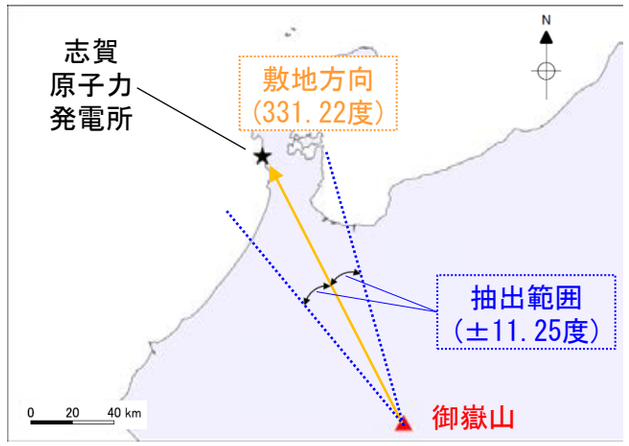
基本ケース（平均風速）に対して
±1σ（標準偏差）を考慮する。



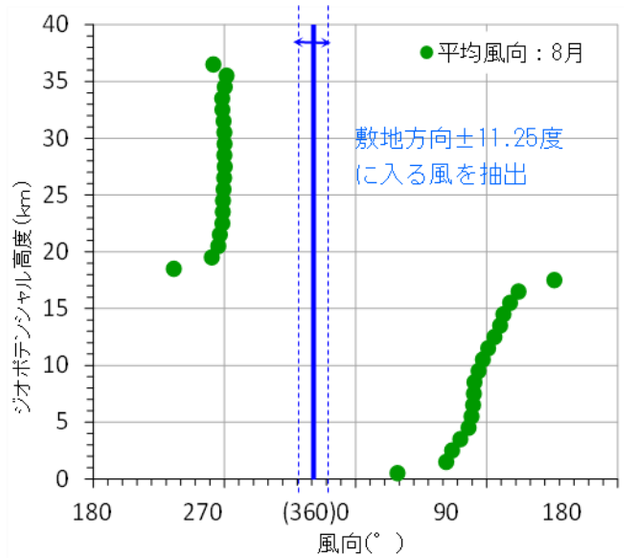
高度1km毎に風速データを整理し，
±1σの風速を設定

風向の不確かさ

基本ケース（平均風向）に対して
敷地方向の風を考慮する。



8月の観測記録のうち，風向の平均値が敷地方向（331.22度）から16方位の1方位分の角度（±11.25度）に入る風を抽出し，敷地方向の風を設定

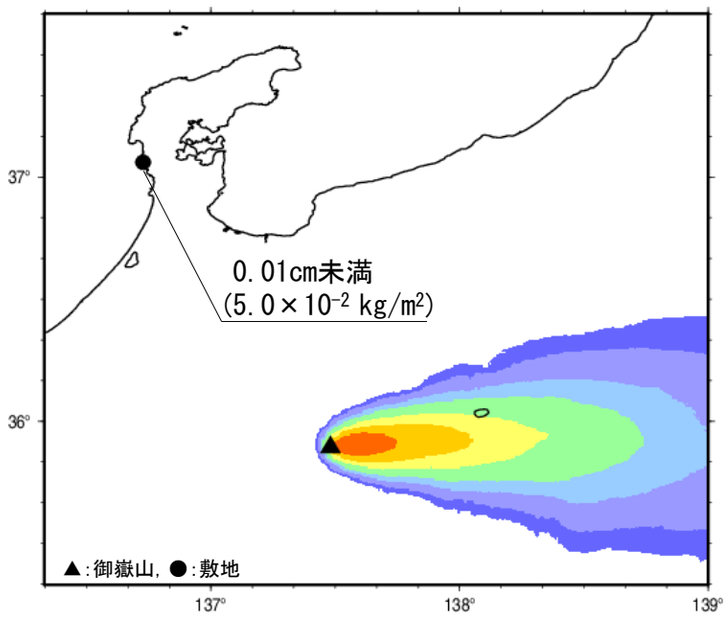


3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －不確かさケース（噴煙柱高度）－

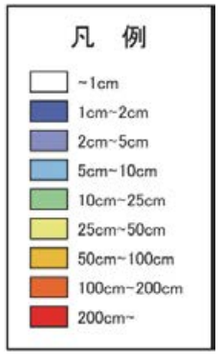
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，噴煙柱高度の不確かさとして，基本ケースの噴煙柱高度25kmに対して±5kmを考慮したシミュレーションを実施した結果，噴煙柱高度を30kmとしたケースで，敷地における層厚が0.02cmとなった。

基本ケース最大：８月

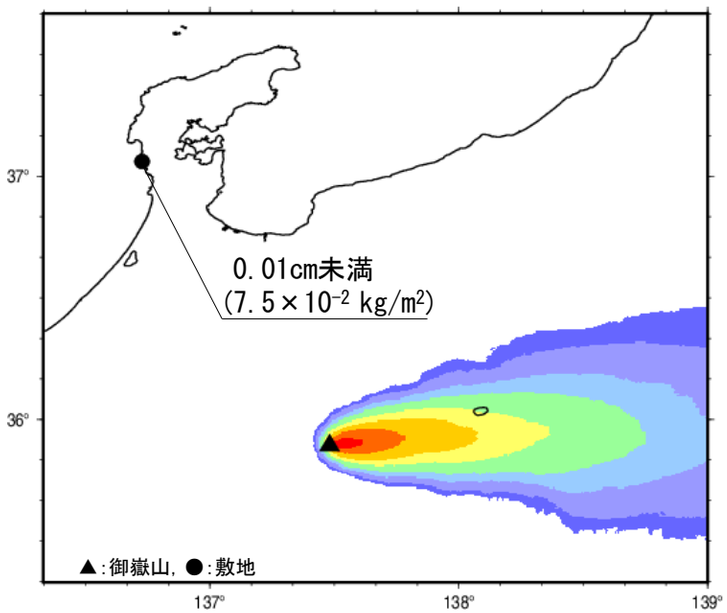
噴煙柱高度：25km



敷地における層厚
0.01cm未満



噴煙柱高度：20km

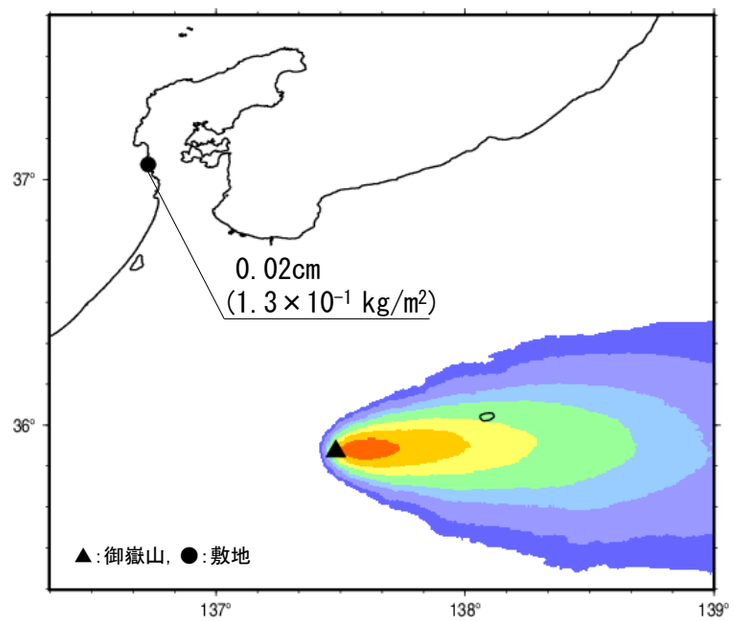


敷地における層厚
0.01cm未満

−5km

+5km

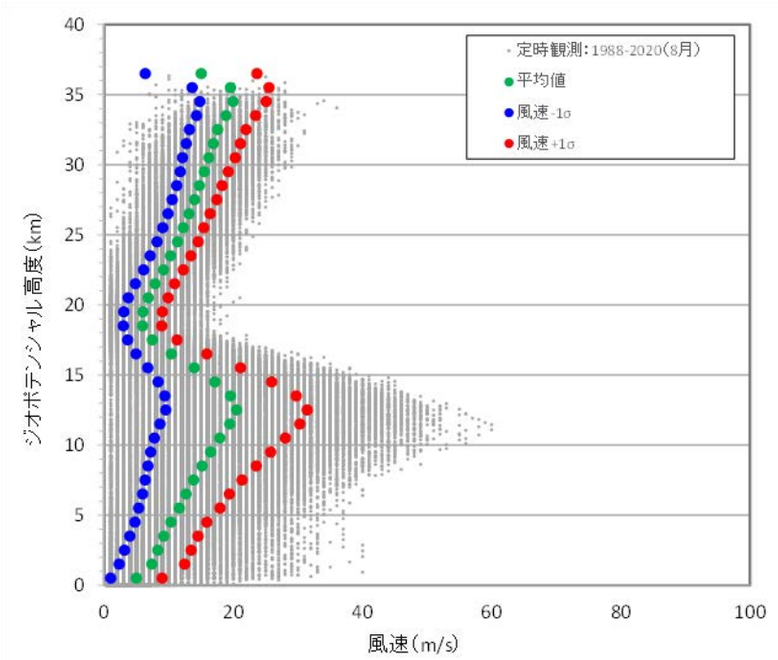
噴煙柱高度：30km



敷地における層厚
0.02cm

3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －不確かさケース（風速）－

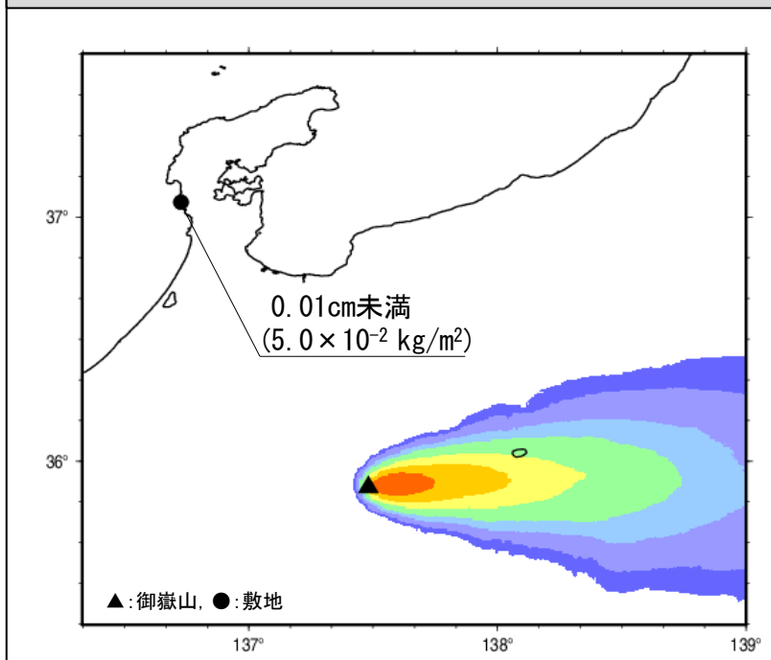
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風速の不確かさとして，8月の平均風速に対して±1σの風速を考慮したシミュレーションを実施した結果，平均風速－1σとしたケースで，敷地における層厚が0.07cmとなった。



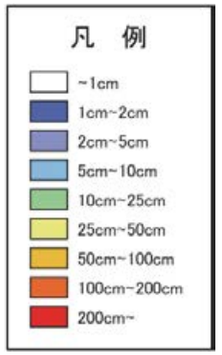
解析に用いる風データ

基本ケース最大：８月

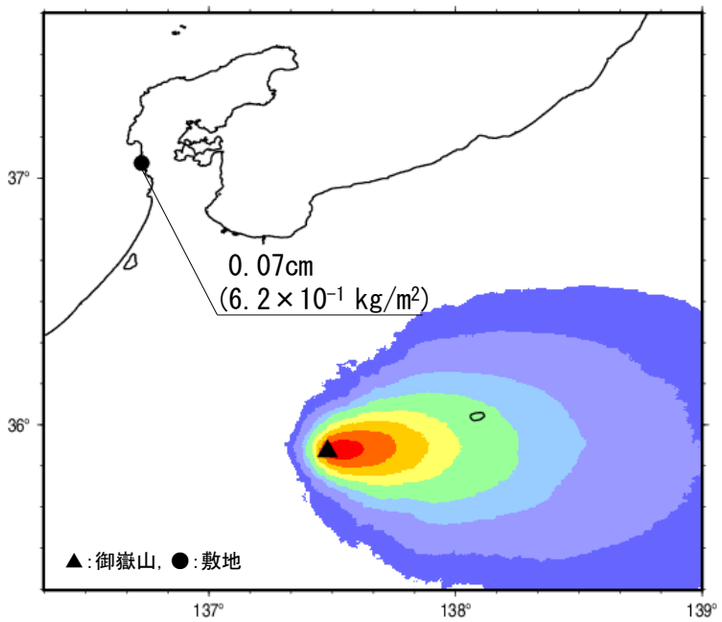
平均風速



敷地における層厚
0.01cm未満



平均風速－1σ

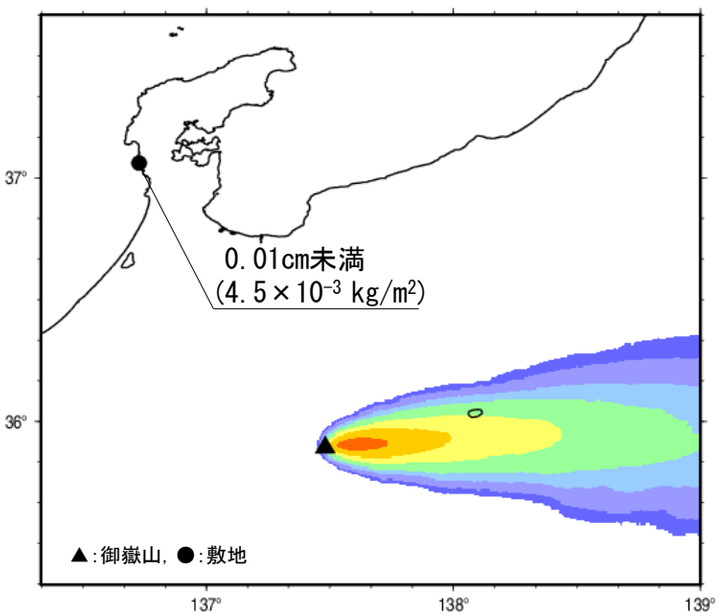


敷地における層厚
0.07cm

風速[小]

風速[大]

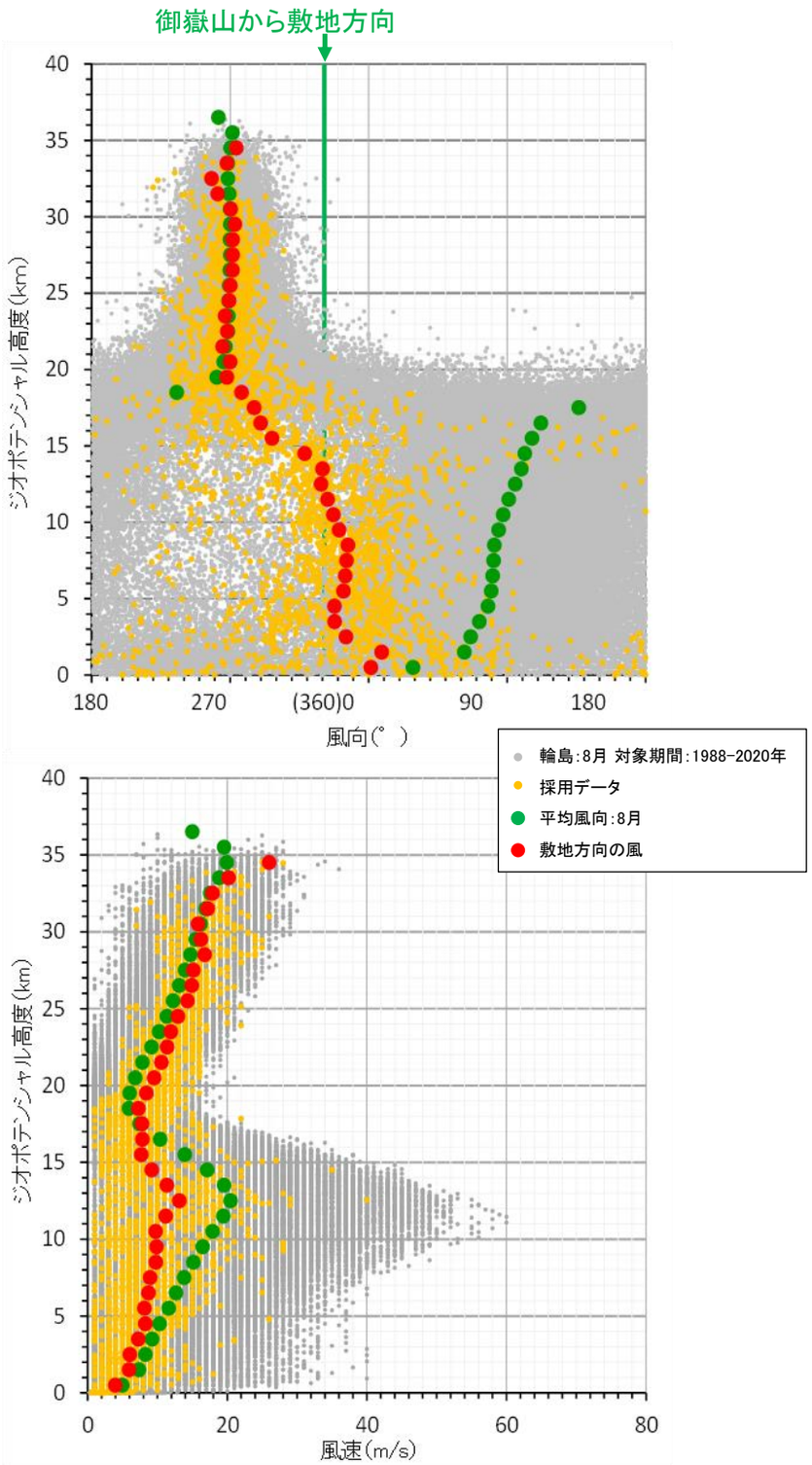
平均風速＋1σ



敷地における層厚
0.01cm未満

3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） －不確かさケース（風向）－

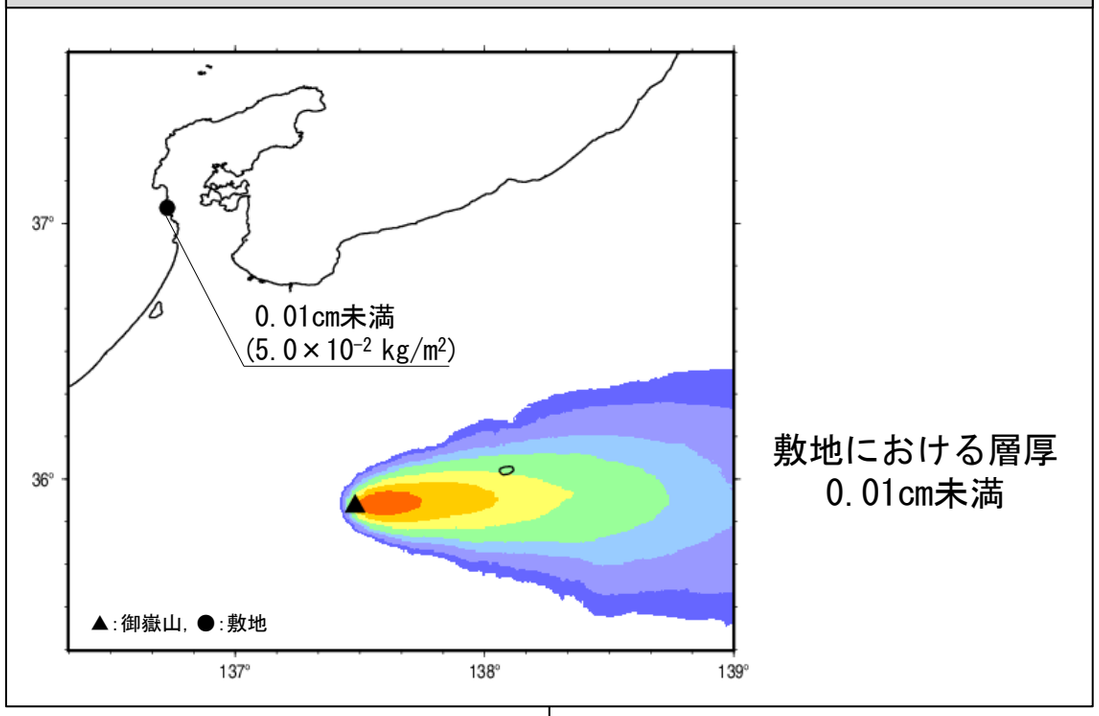
○基本ケースのうち敷地における層厚が最大となった8月のケースを対象に，風向の不確かさとして，8月の観測値を用いて敷地方向の風を作成し，シミュレーションを実施した結果，敷地における層厚が2.3cmとなった。



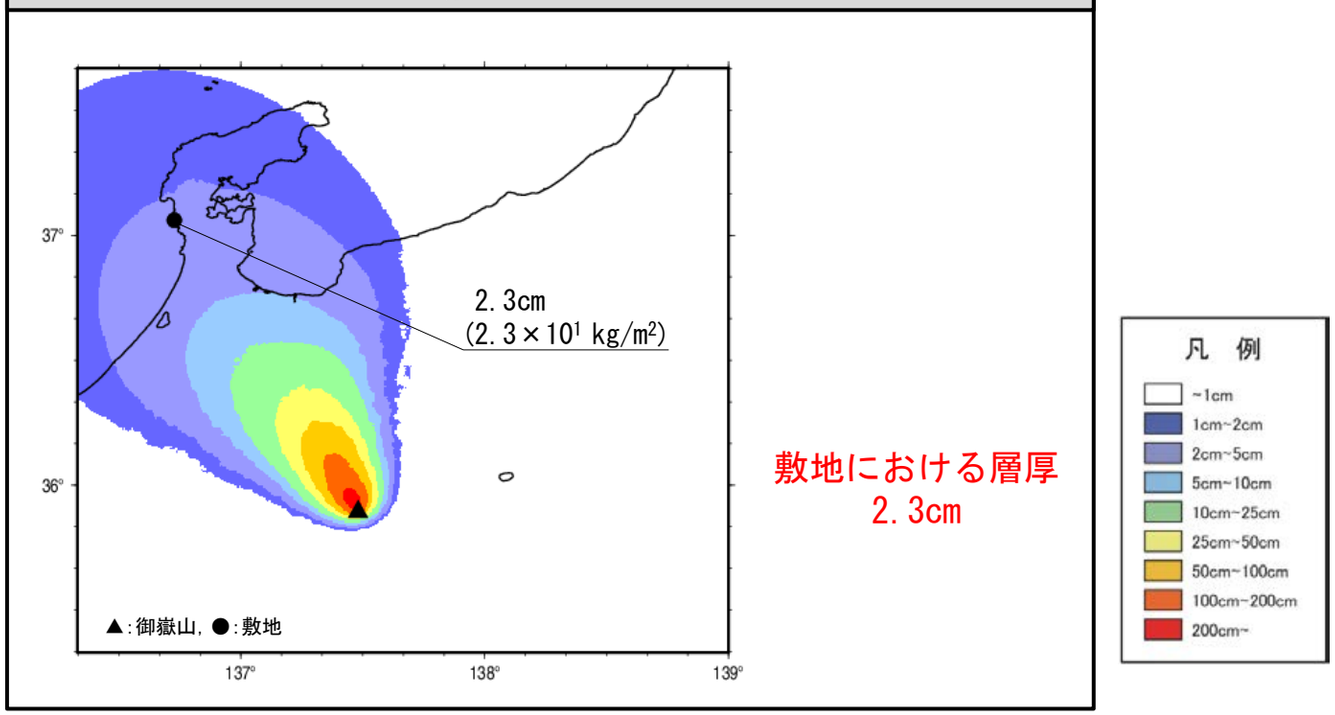
解析に用いる風データ

基本ケース最大：8月

平均風向



敷地方向の風



3.1.2.2(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ） ーシミュレーション結果と文献の比較ー

〇シミュレーション結果と文献で示される御嶽伊那テフラの層厚を比較し，シミュレーションの妥当性を確認した。
〇シミュレーション結果（基本ケース，3月）を実績分布主軸方向に回転させた分布と，文献による層厚（各地点の実績層厚及び町田・新井（2011）の等層厚線図）を比較した結果，シミュレーション結果（10cm）と文献による層厚（東京都あきる野市，神奈川県相模原市における実績層厚）が概ね整合的であった。
〇よって，御嶽山（御嶽伊那テフラ）を対象とした降下火砕物シミュレーションは妥当と評価した。

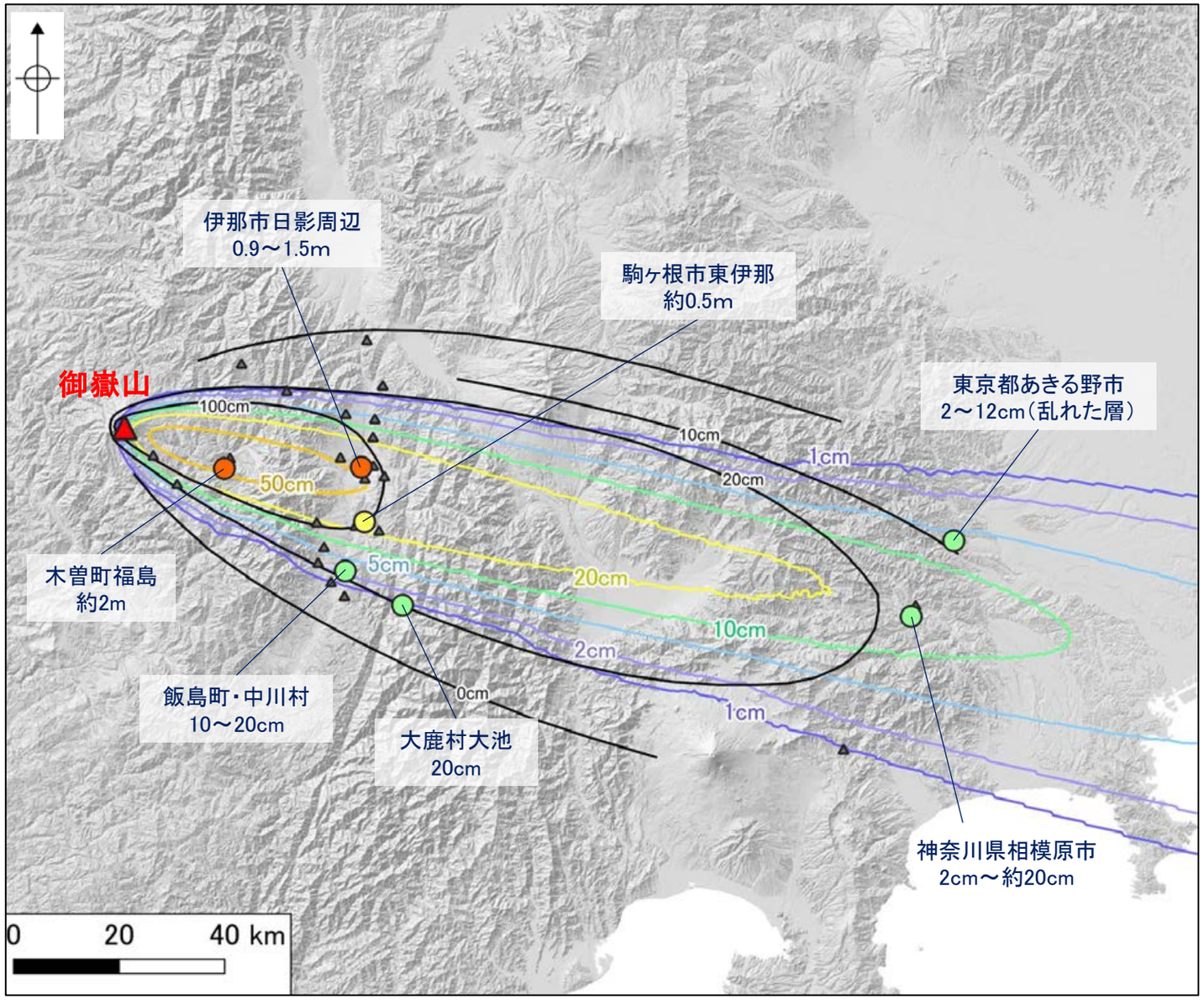
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

＜凡例＞

【文献による層厚】
・各地点の実績層厚T（最大層厚，cm）
- 10 ＜T≦20
- 20 ＜T≦50
- 50 ＜T≦100
- 100 ＜T≦200
- ▲ 文献中に層厚が明記されていないものの，御嶽伊那テフラが確認された地点

・等層厚線図
- 町田・新井(2011)の御嶽伊那テフラ（On-In）の等層厚線図

【シミュレーション結果】
基本ケース（3月）のシミュレーション結果を右回りに8.5°回転
- 1cm
- 2cm
- 5cm
- 10cm
- 20 cm
- 50cm



御嶽伊那テフラのシミュレーション結果と文献による層厚の比較

＜文献による各地点の実績層厚＞

地点名	層厚	文献
長野県木曽町福島	約2m	*1
長野県伊那市 日影周辺	0.9～1.5m	*1 *2 *3
長野県駒ヶ根市 東伊那	約0.5m	*4
長野県 飯島町・中川村	10～20cm	*5 *6
長野県大鹿村大池	20cm	*5
神奈川県相模原市	2cm～約20cm	*7 *8 *9
東京都あきる野市	2～12cm（乱れた層）	*10
鹿島沖	[参考※：遠方の海底コア] （3cm）	*11 *12

*1:Sakai(1981), *2:酒井・下野(1972), *3:礒野(2005),
*4:寺平(2006), *5:寺平(2002), *6:寺平(2000),
*7:南里・河尻(2013), *8:皆川(1969), *9:町田・新井(2011),
*10:あきる野市(2013), *11:青木ほか（2008）,
*12:笠原ほか（2010）

※鹿島沖海底コアの層厚は遠方かつ分布主軸方向から外れる地点であるため，参考扱いとした。

文献で示される御嶽伊那テフラの層厚の詳細については，**補足資料5(3)**

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

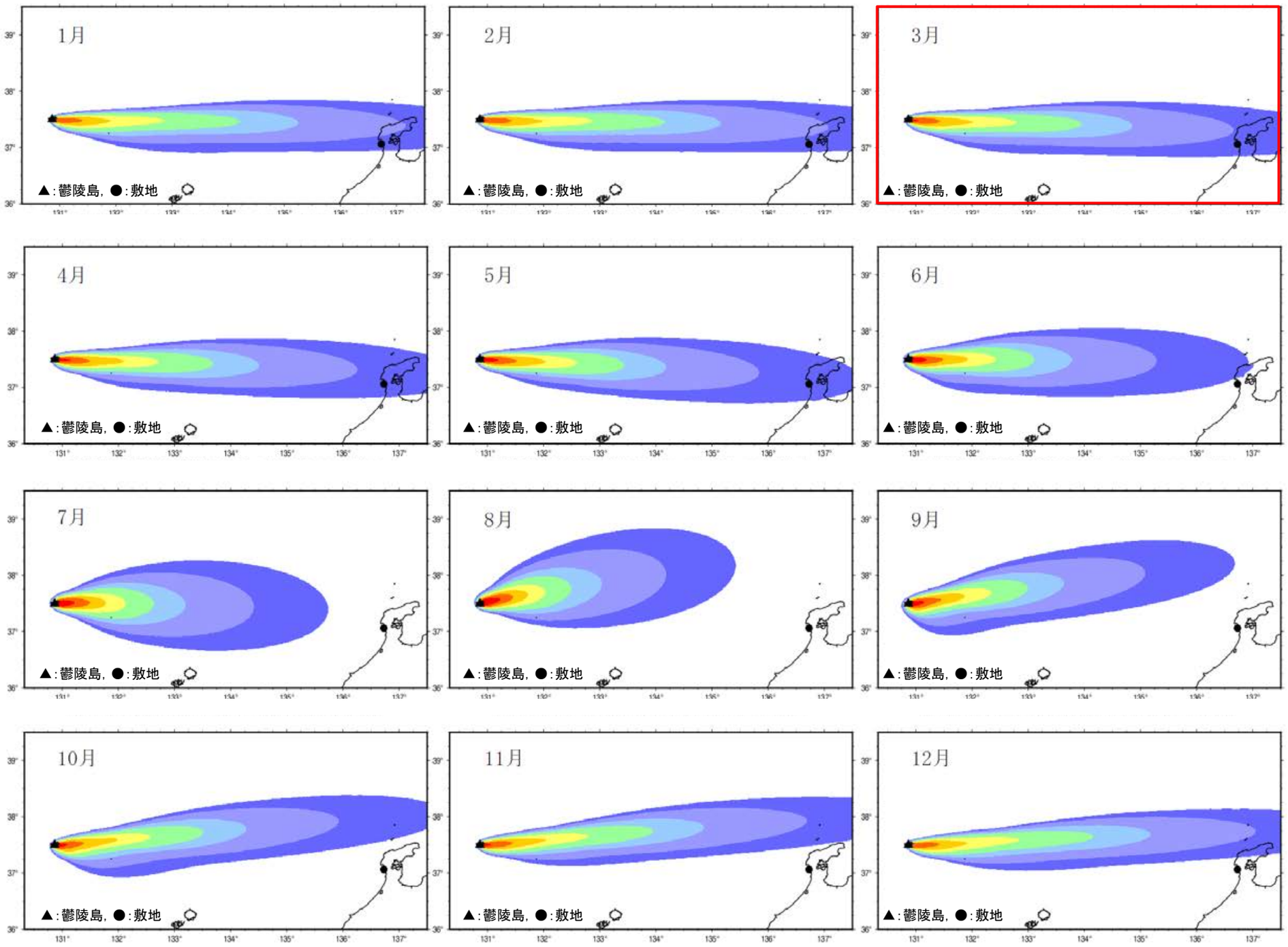
3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －入力パラメーター

〇鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）について，文献等の情報に基づき，以下のとおり入力パラメータ値を設定した。

降下火砕物	パラメータ		単位	設定値	設定根拠等
鬱陵島 （鬱陵隠岐テフラ）	給源	X（東距）	m	134,598	・スミソニアン自然史博物館データベースに示された鬱陵島の最高標高点の座標を参考に設定。 ・鬱陵島は52N帯に位置するが，Tephra2では，給源と評価地点を同じUTMゾーンで扱う必要があるため，志賀原子力発電所と同じ53N帯の値に変換した。
		Y（北距）	m	4,158,149	
		標高	m	984	
	噴出量		kg	1.222×10^{13}	・見かけ体積（12.22km^3：VEI6規模）×堆積物密度（1.0g/cm^3） －見かけ体積：須藤ほか（2007） －堆積物密度：地質調査総合センター編（2021b）
	噴煙柱高度		m	25,000	町田・新井（2011）を参考に設定
	噴煙柱分割高さ		m	約100	萬年（2013）より設定
	粒径	最大	mm（Φ）	1,024（-10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm（Φ）	1/1,024（10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm（Φ）	1/23（4.5）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
		標準偏差	mm（Φ）	1/8（3.0）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
	岩片密度		kg/m^3	2,600	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	軽石密度		kg/m^3	1,000	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	見かけの渦拡散係数		m^2/s	0.04	萬年（2013）より設定
	拡散係数		m^2/s	10,000	萬年（2013）を参考に設定
	Fall Time Threshold		s	3,600	萬年（2013）より設定
	Plume Ratio		－	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例を参考に設定
	気象データ （高度・風速・風向）		－	－	・韓国浦項における高層気象観測記録（9時，21時の風速・風向データ） ・データ取得期間：1988年1月1日～2020年12月31日（データ取得日：2021年1月7日）

3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －基本ケース－

○鬱陵隠岐テフラを対象として，浦項での風速・風向データ（月別平均値）を用いて降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における降下火砕物の層厚は，0.31～1.5cmとなった。
○このうち，敷地における層厚が最大となるのは，3月の場合の1.5cmである。



＜シミュレーション結果（基本ケース）＞

月	敷地の降灰量	
	層厚（cm）	堆積重量（kg/m²）
1月	1.4	1.4×10^{1}
2月	1.4	1.4×10^{1}
3月	1.5	1.5×10^{1}
4月	1.4	1.4×10^{1}
5月	1.3	1.3×10^{1}
6月	0.92	9.2×10^{0}
7月	0.65	6.5×10^{0}
8月	0.34	3.4×10^{0}
9月	0.31	3.1×10^{0}
10月	0.37	3.7×10^{0}
11月	0.36	3.6×10^{0}
12月	0.57	5.7×10^{0}

敷地における層厚が最大となる月

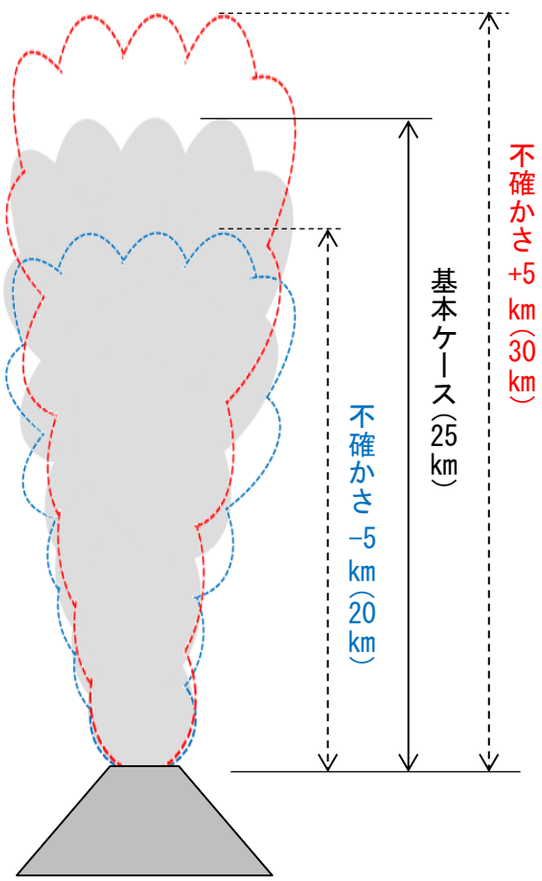
3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －考慮する不確かさ－

○「基本ケース」で敷地における層厚が最大となる月（3月）を対象に，不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
○3月の気象データを用いて，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮する。

＜基本ケース（最大月3月）＞
・噴煙柱高度25km
・3月の平均風速・風向

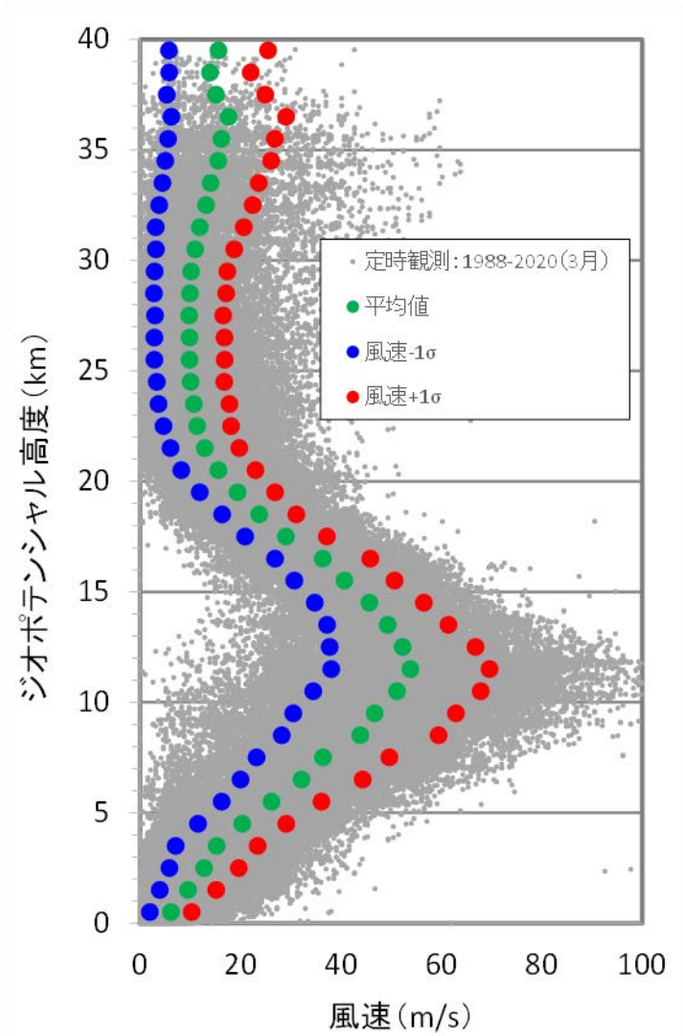
噴煙柱高度の不確かさ

基本ケース（25km）に対して
±5kmを考慮する。



風速の不確かさ

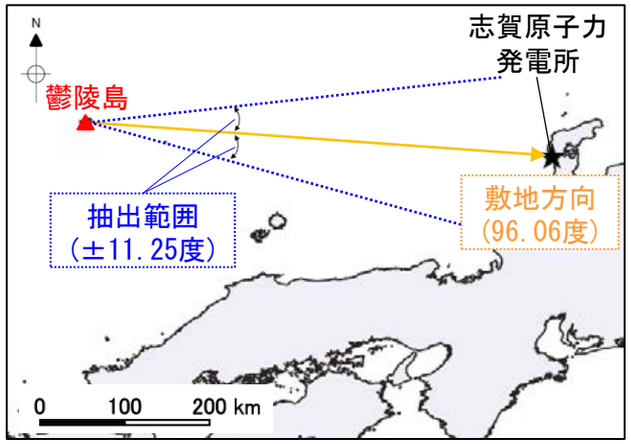
基本ケース（平均風速）に対して
±1σ（標準偏差）を考慮する。



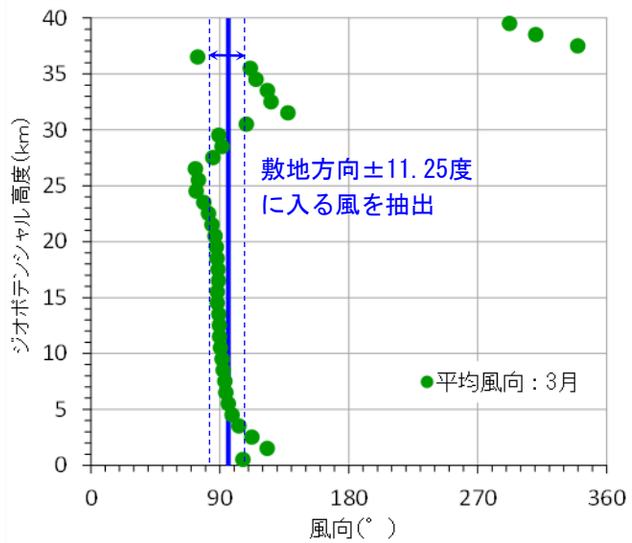
高度1km毎に風速データを整理し，
±1σの風速を設定

風向の不確かさ

基本ケース（平均風向）に対して
敷地方向の風を考慮する。



3月の観測記録のうち，風向の平均値が敷地方向（96.06度）から16方位の1方位分の角度（±11.25度）に入る風を抽出し，敷地方向の風を設定

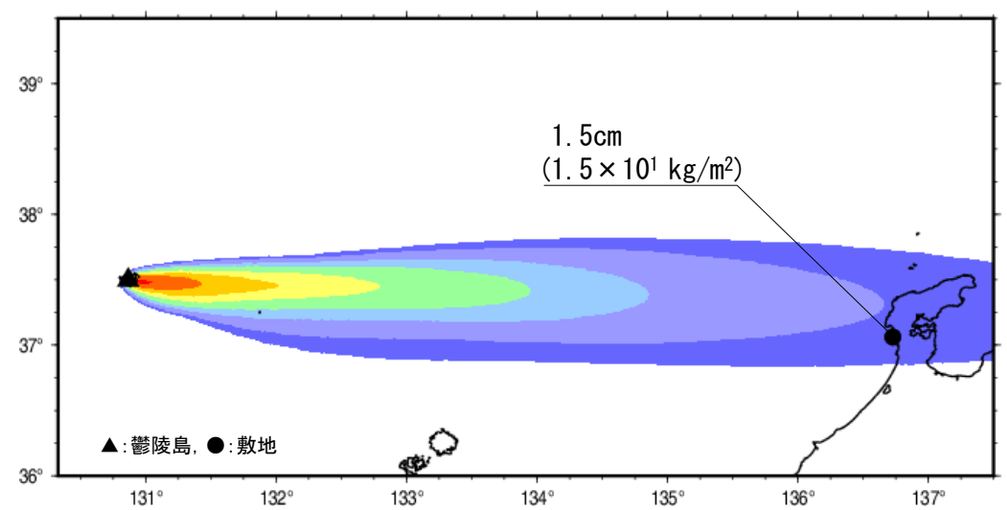


3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －不確かさケース（噴煙柱高度）－

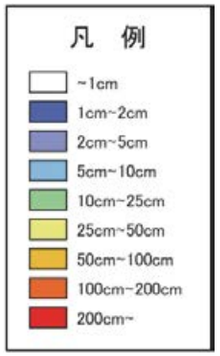
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった3月のケースを対象に，噴煙柱高度の不確かさとして，基本ケースの噴煙柱高度25kmに対して±5kmを考慮した解析を実施した結果，敷地における層厚はいずれも1.5cmとなった。

基本ケース最大：3月

噴煙柱高度：25km

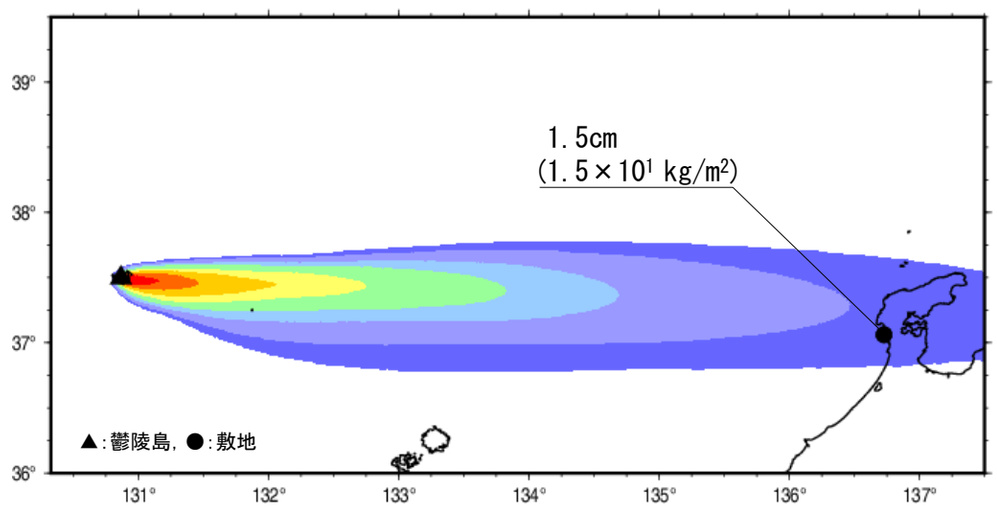


敷地における層厚:1.5cm



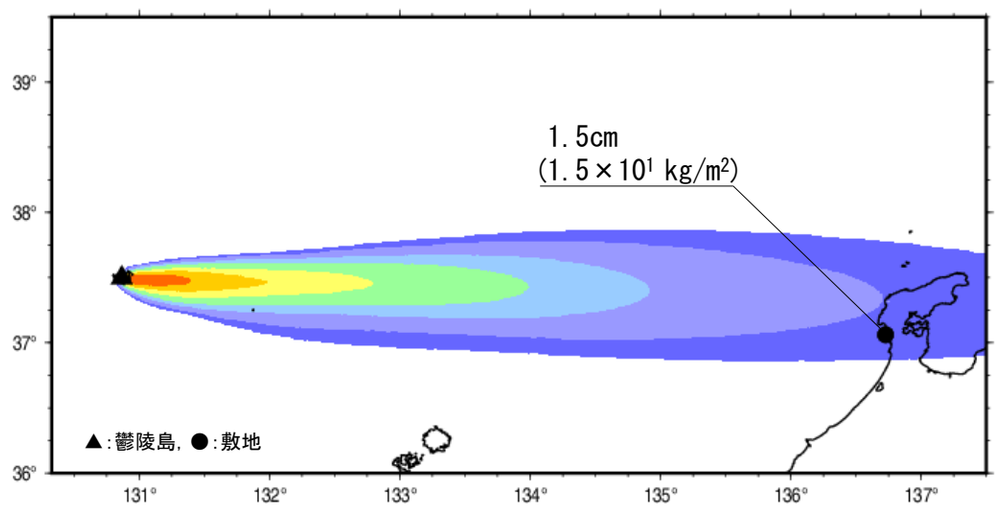
−5km　　+5km

噴煙柱高度：20km



敷地における層厚:1.5cm

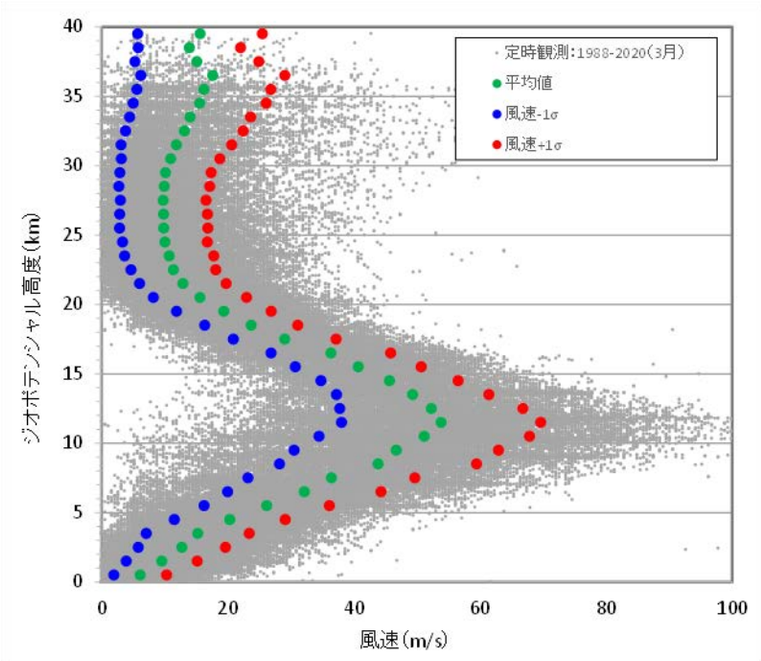
噴煙柱高度：30km



敷地における層厚:1.5cm

3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －不確かさケース（風速）－

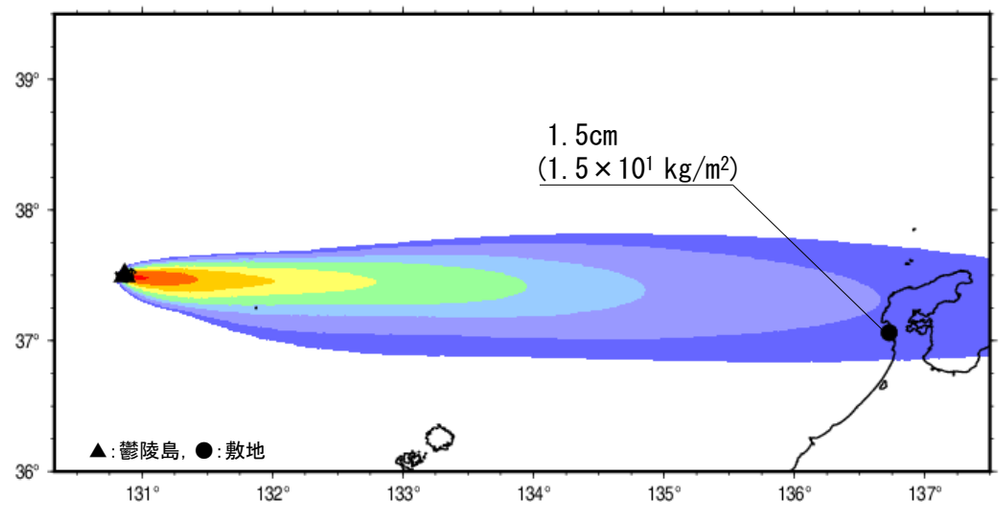
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった3月のケースを対象に，風速の不確かさとして，3月の平均風速に対して±1σの風速を考慮したシミュレーションを実施した結果，平均風速＋1σとしたケースで，敷地における層厚が2.1cmとなった。



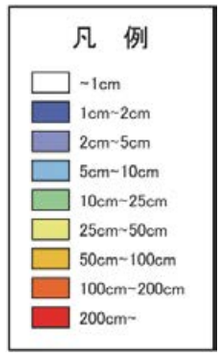
解析に用いる風データ

基本ケース最大：3月

平均風速

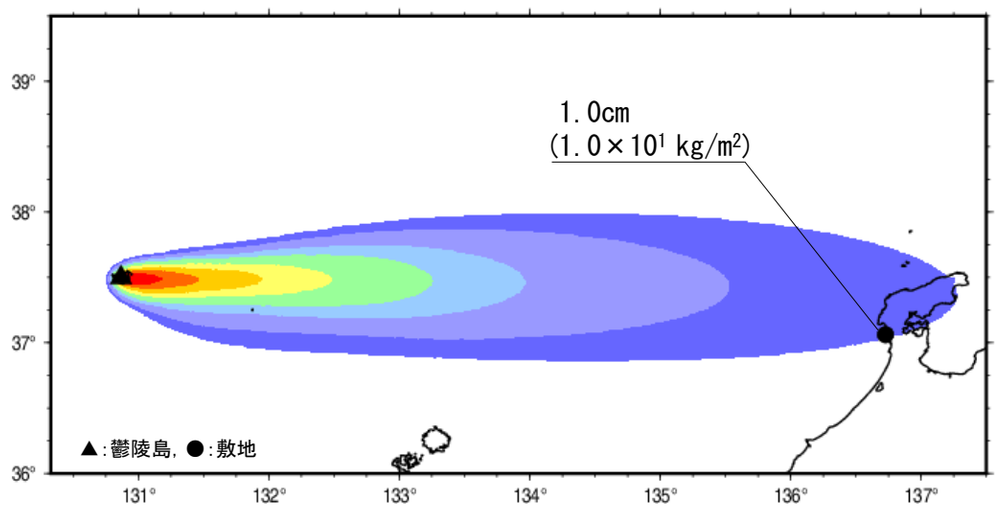


敷地における層厚:1.5cm



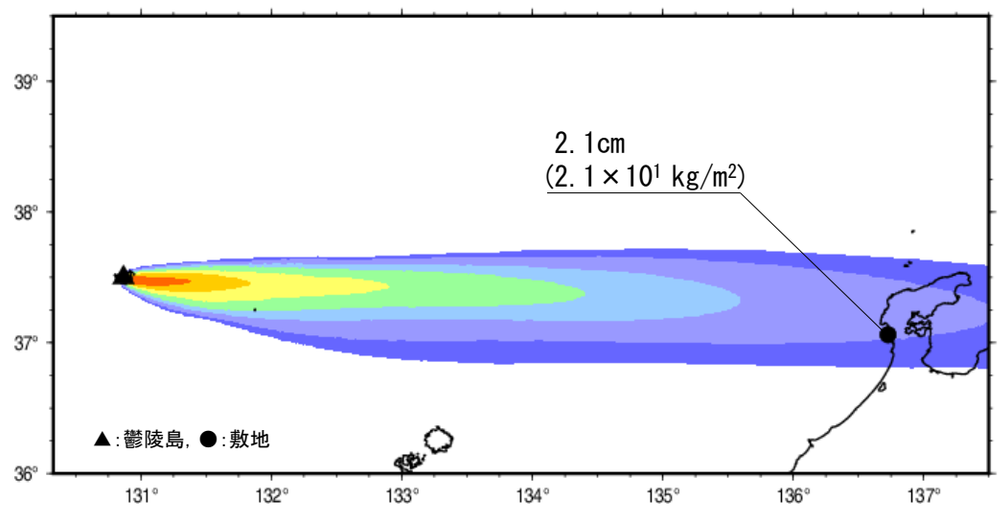
風速[小]　　風速[大]

平均風速－1σ



敷地における層厚:1.0cm

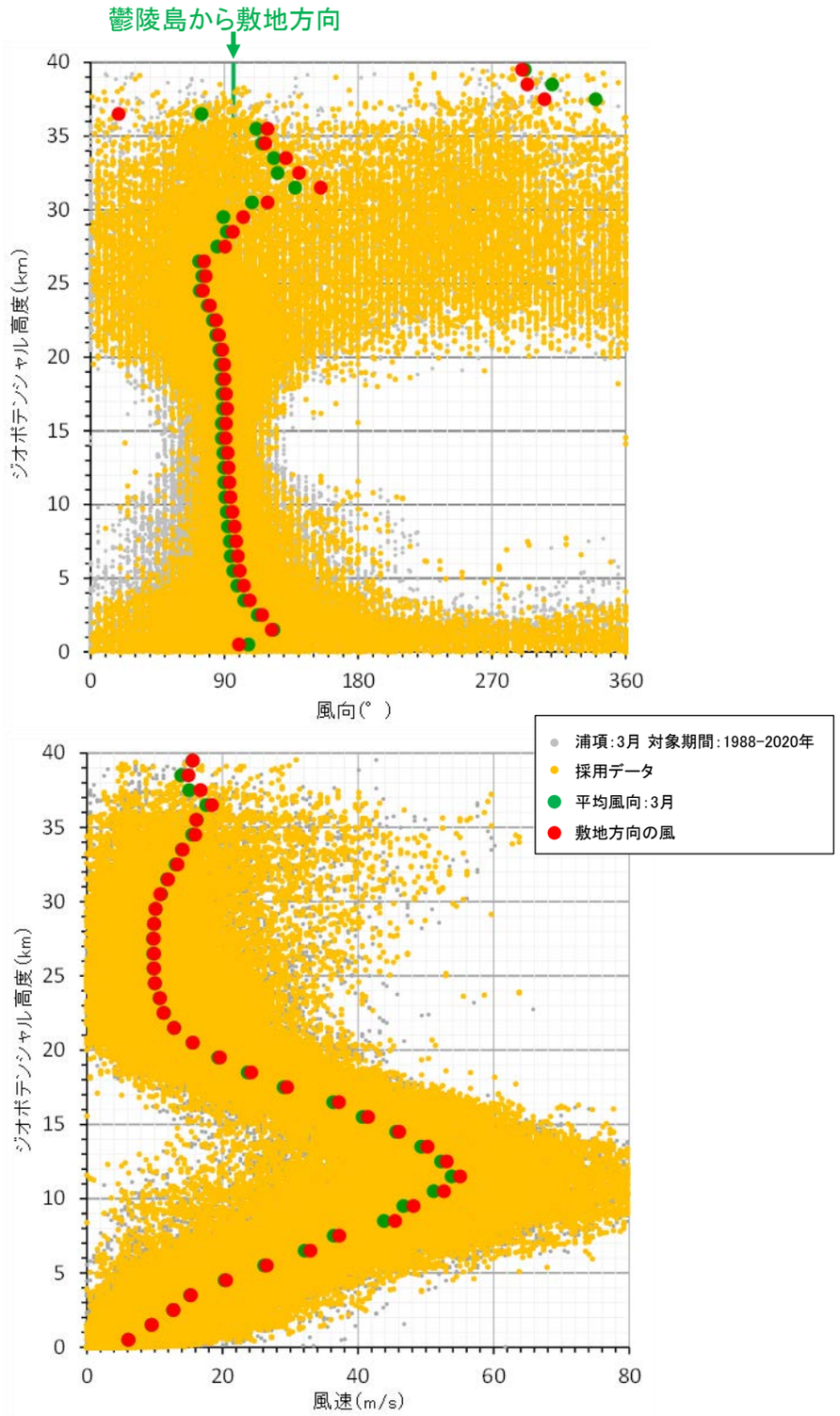
平均風速＋1σ



敷地における層厚:2.1cm

3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ） －不確かさケース（風向）－

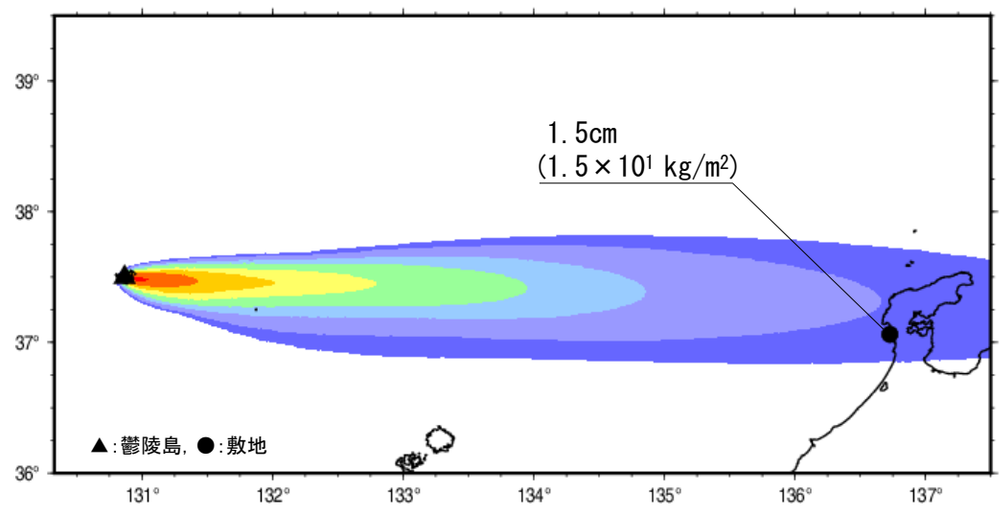
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった3月のケースを対象に，風向の不確かさとして，3月の観測値を用いて敷地方向の風を作成しシミュレーションを実施した結果，敷地における層厚が1.9cmとなった。



解析に用いる風データ

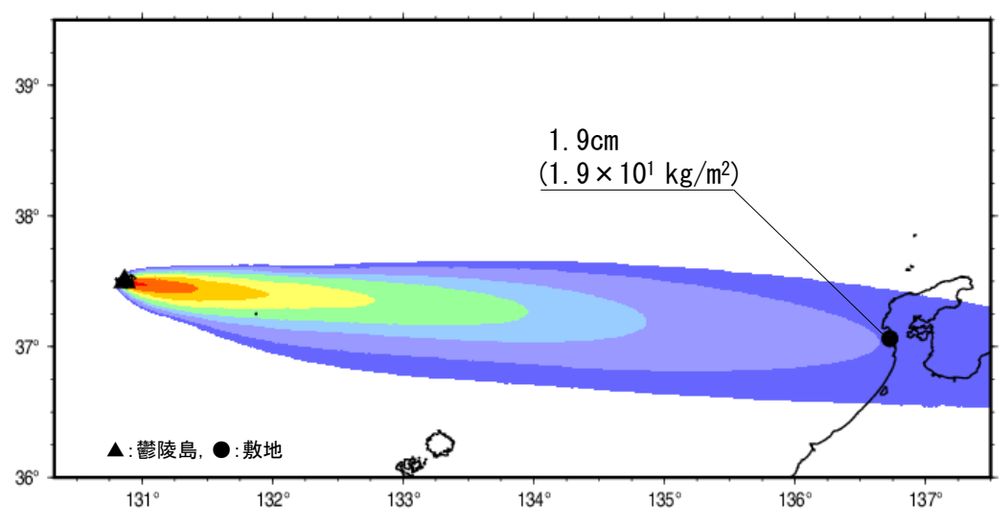
基本ケース最大：3月

平均風向

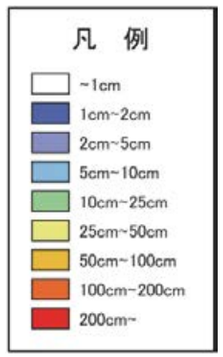


敷地における層厚:1.5cm

敷地方向の風



敷地における層厚:1.9cm



3.1.2.2(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）－シミュレーション結果と文献の比較－

○シミュレーション結果と文献で示される鬱陵隠岐テフラの層厚を比較し，シミュレーションの妥当性を確認した。

○鬱陵隠岐テフラについて，Shiihara et al.(2011)によると鬱陵島起源の完新世テフラのうちU-4テフラが鬱陵隠岐テフラ（U-Oki）に対比され，これまで鬱陵隠岐テフラに対比されたテフラにはU-2及びU-3テフラも含まれているとされていることから，鬱陵隠岐テフラ（U-Oki）に関する文献のうち，Shiihara et al.(2011)等によりU-4テフラに対比されている情報のみを比較の対象とした。

○シミュレーション結果（基本ケース，2月）を実績分布主軸方向に回転させた分布と，文献による層厚（各地点の鬱陵隠岐テフラ（U-4テフラ）の実績層厚）を比較した結果，シミュレーション結果（2cm）と文献による層厚（福井県若狭町，滋賀県琵琶湖高島沖における実績層厚）が概ね整合的であった。なお，文献による層厚情報として，町田・新井（2011）では鬱陵隠岐テフラ（U-Oki）の等層厚線図が示されているが，この等層厚線の根拠には近年の研究（Shiihara et al.(2011)等）によりU-2及びU-3に対比される情報も含まれていることから，参考扱いとする。

○よって，鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）を対象とした降下火砕物シミュレーションは妥当と評価した。

紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

＜凡例＞

【文献による層厚（U-4テフラ）】

・各地点の実績層厚T（最大層厚，cm）

- 0＜T≦1
- 1＜T≦2
- 2＜T≦5
- 200＜T
- ▲ 文献中に層厚が明記されていないものの，鬱陵隠岐テフラ（U-4テフラ）が確認された地点

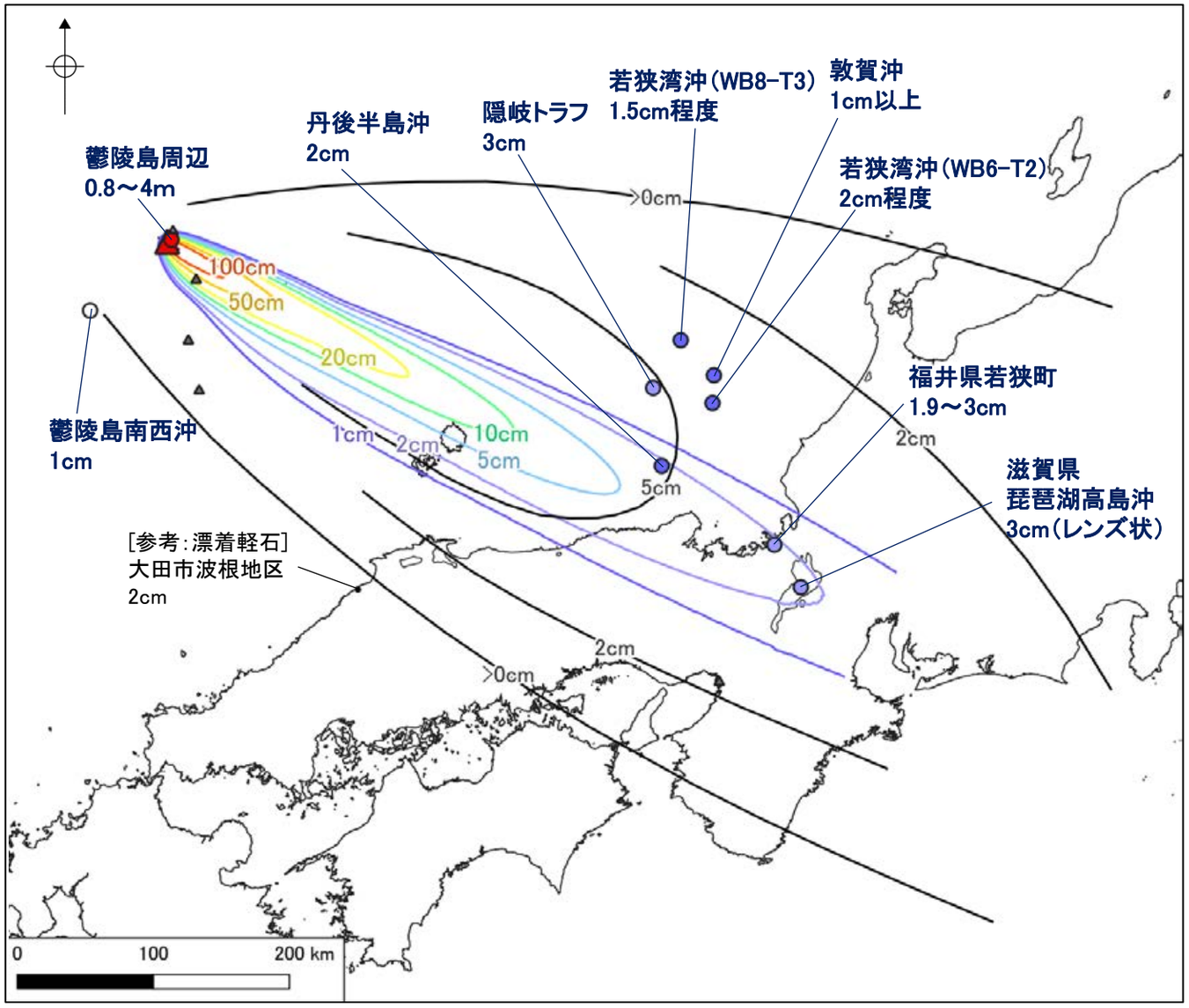
・（参考）等層厚線図

- 町田・新井(2011)の鬱陵隠岐テフラ（U-Oki）の等層厚線図

【シミュレーション結果】

基本ケース（2月）のシミュレーション結果を右回りに26.4° 回転

- 1cm
- 2cm
- 5cm
- 10cm
- 20 cm
- 50cm
- 100 cm
- 200cm



鬱陵隠岐テフラのシミュレーション結果と文献による層厚の比較

＜文献による各地点の実績層厚＞

地点名	層厚	文献
鬱陵島周辺	0.8～4m	*1 *2 *3
鬱陵島南西沖	1cm	*4
隠岐トラフ	3cm	*5, *6
丹後半島沖	2cm	*7
若狭湾沖（海底コア：WB8-T3）	1.5cm程度	*8
敦賀沖	1cm以上	*5, *9
若狭湾沖（海底コア：WB6-T2）	2cm程度	*8
島根県大田市波根地区	[参考：漂着軽石] （2cm）	*10
福井県三方町（現 若狭町）	1.9～3cm	*11, *12 *5
滋賀県　琵琶湖高島沖	3cm（レンズ状）	*13, *7

*1:Kim et al.(2014)，*2:町田ほか（1984），*3:Okuno et al.(2010)，*4:Chen et al.(2022)，*5:Shiihara et al. (2011)，*6:三浦ほか（1991），*7:椎原ほか（2013），*8:長橋ほか（2022），*9:堂満ほか（2002），*10：沢田ほか(1997)，*11:Smith et al.(2011)，*12:町田ほか（1981），*13:吉川・井内（1991）

鬱陵隠岐テフラの分布に関する文献調査結果の詳細は，**補足資料5（4）**

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

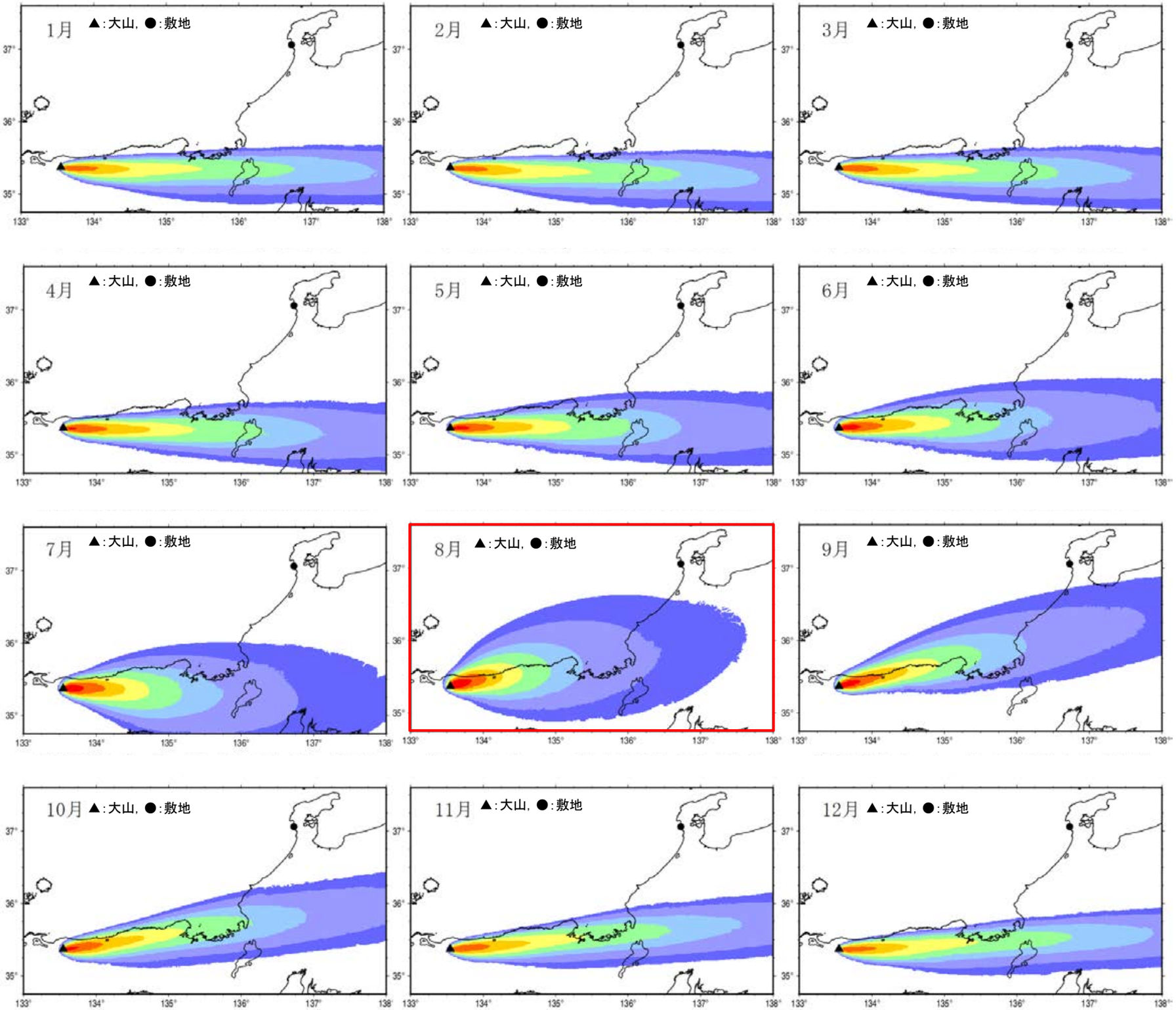
3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －入力パラメーター

〇大山（大山生竹テフラ）について，文献等の情報に基づき，以下のとおり入力パラメータ値を設定した。

降下火砕物	パラメータ		単位	設定値	設定根拠等
大山 （大山生竹テフラ）	給源	X（東距）	m	367,946	地質調査総合センター編（2023）を参考に，剣ヶ峰の最高点の位置及び標高を設定
		Y（北距）	m	3,915,180	
		標高	m	1,729	
	噴出量		kg	1.1×10^{13}	・見かけ体積（11.0km^3：VEI6規模）×堆積物密度（1.0g/cm3） -見かけ体積：関西電力（2019） -堆積物密度：地質調査総合センター編（2021b）
	噴煙柱高度		m	25,000	町田・新井（2011）を参考に設定
	噴煙柱分割高さ		m	約100	萬年（2013）より設定
	粒径	最大	mm（Φ）	1,024（-10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm（Φ）	1/1,024（10）	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm（Φ）	1/23（4.5）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
		標準偏差	mm（Φ）	1/8（3.0）	Tephra2のconfigfileに示されたVEI5の事例を参考に設定
	岩片密度		kg/m^3	2,600	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	軽石密度		kg/m^3	1,000	Tephra2のconfigfileに示された一般値
	見かけの渦拡散係数		m^2/s	0.04	萬年（2013）より設定
	拡散係数		m^2/s	10,000	萬年（2013）を参考に設定
	Fall Time Threshold		s	3,600	萬年（2013）より設定
	Plume Ratio		-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例を参考に設定
	気象データ （高度・風速・風向）		-	-	・米子・松江における高層気象観測記録（9時，21時の風速・風向データ） ・データ取得期間 米子：1988年1月1日～2010年2月28日（データ取得日：2021年1月5日） 松江：2010年3月1日～2020年12月31日（データ取得日：2021年1月5日）

3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －基本ケース－

○大山生竹テフラを対象として，米子・松江での風速・風向データ（月別平均値）を用いて降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における降下火砕物の層厚は，0.01cm未満～0.55cmとなった。
○このうち，敷地における層厚（降灰量）が最大となるのは，8月の場合の0.55cmである。



＜シミュレーション結果（基本ケース）＞

月	敷地の降灰量	
	層厚（cm）	堆積重量（kg/m²）
1月	0.01cm未満	4.4×10^{-3}
2月	0.01cm未満	5.5×10^{-3}
3月	0.01cm未満	1.4×10^{-2}
4月	0.01cm未満	6.9×10^{-2}
5月	0.03	2.7×10^{-1}
6月	0.07	6.4×10^{-1}
7月	0.12	1.2×10^{0}
8月	0.55	5.5×10^{0}
9月	0.41	4.1×10^{0}
10月	0.04	3.4×10^{-1}
11月	0.01cm未満	7.8×10^{-2}
12月	0.01cm未満	1.2×10^{-2}

敷地における層厚が最大となる月

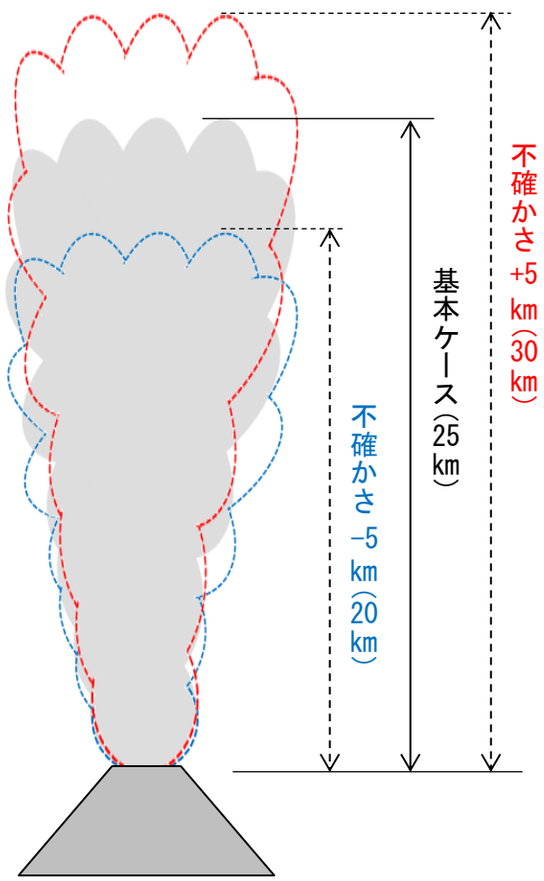
3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －考慮する不確かさ－

○「基本ケース」で敷地における層厚が最大となる月（8月）を対象に，不確かさを考慮したシミュレーションを実施する。
○8月の気象データを用いて，噴煙柱高度，風速及び風向の不確かさを考慮する。

＜基本ケース（最大月8月）＞
・噴煙柱高度25km
・8月の平均風速・風向

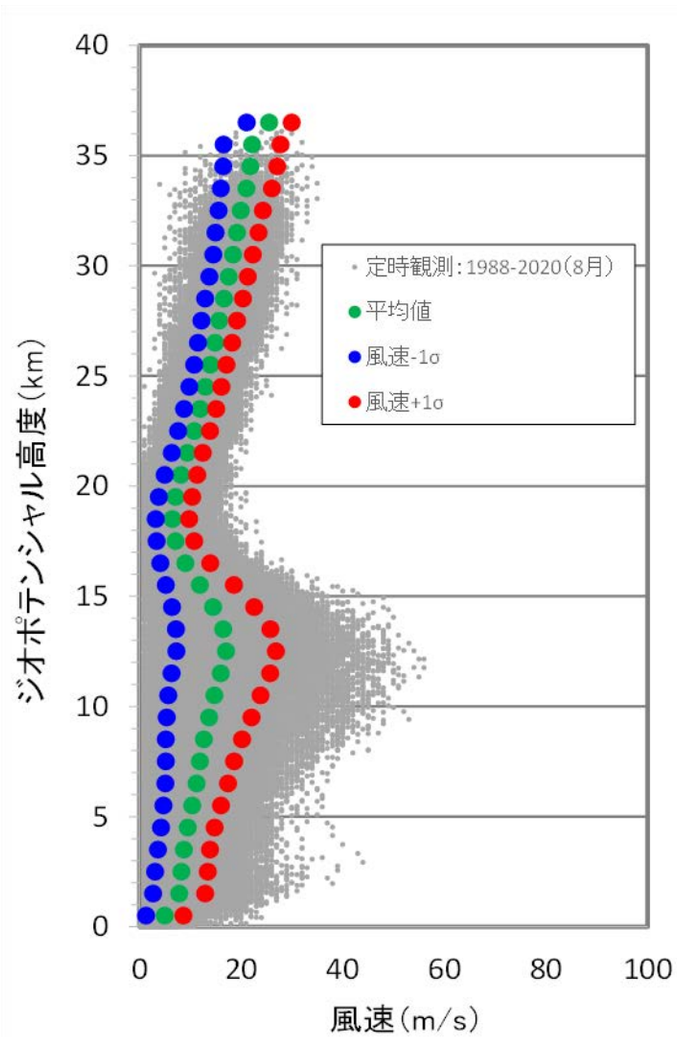
噴煙柱高度の不確かさ

基本ケース（25km）に対して
±5kmを考慮する。



風速の不確かさ

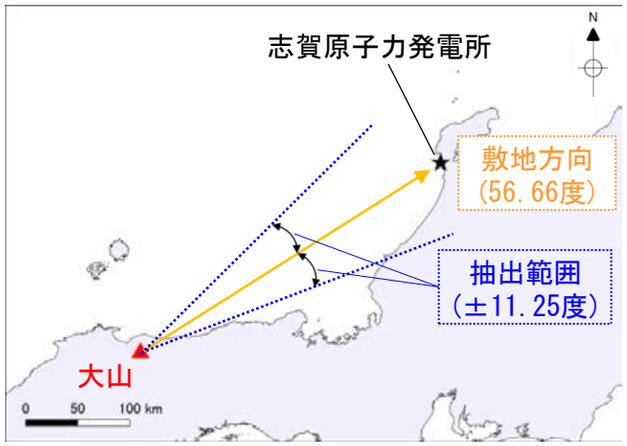
基本ケース（平均風速）に対して
±1σ（標準偏差）を考慮する。



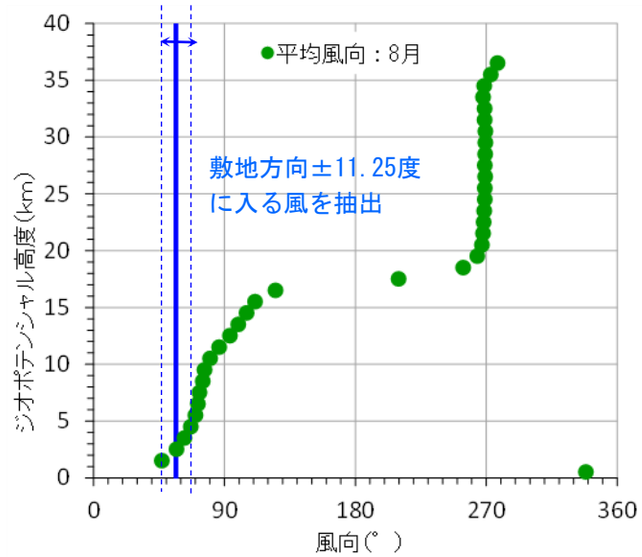
高度1km毎に風速データを整理し，
±1σの風速を設定

風向の不確かさ

基本ケース（平均風向）に対して
敷地方向の風を考慮する。



8月の観測記録のうち，風向の平均値が敷地方向（56.66度）から16方位の1方位分の角度（±11.25度）に入る風を抽出し，敷地方向の風を設定

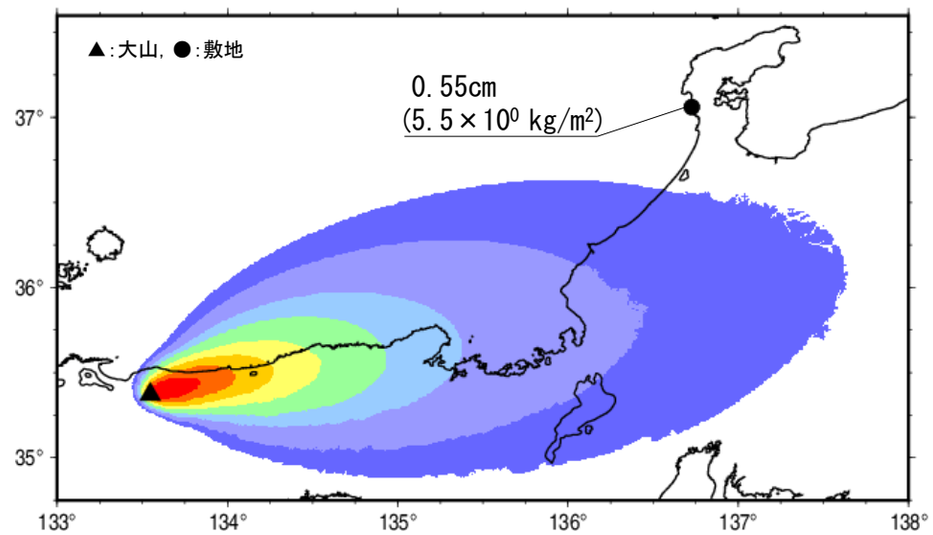


3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －不確かさケース（噴煙柱高度）－

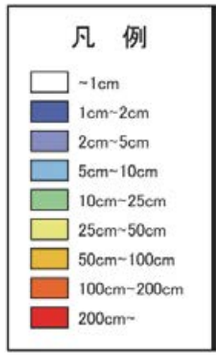
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった8月のケースを対象に，噴煙柱高度の不確かさとして，基本ケースの噴煙柱高度25kmに対して±5kmを考慮した解析を実施した結果，噴煙柱高度を20kmとしたケースで，敷地における層厚が0.62cmとなった。

基本ケース最大：8月

噴煙柱高度：25km

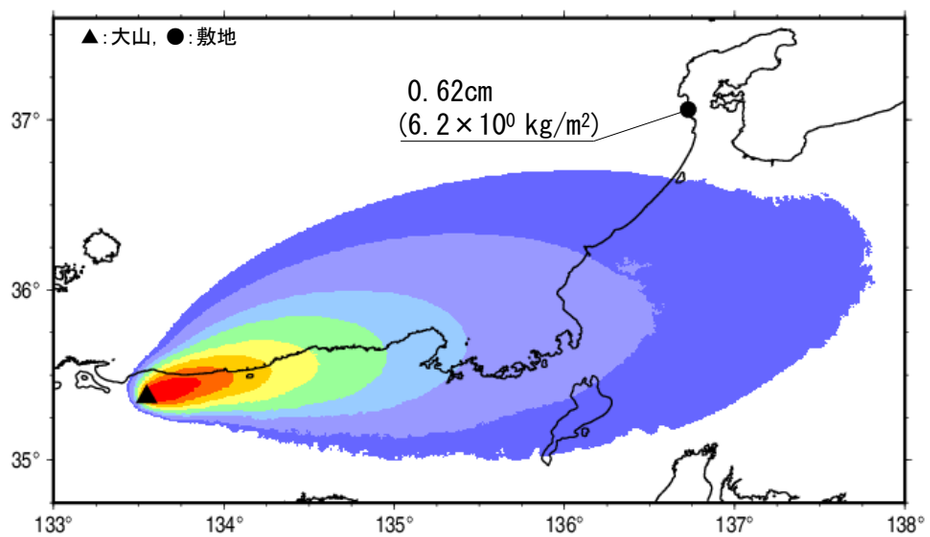


敷地における層厚:0.55cm



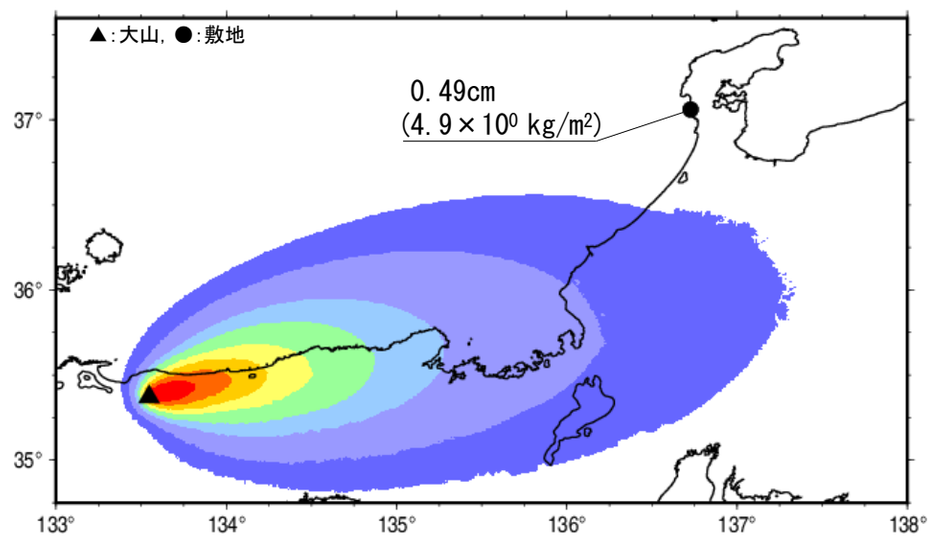
-5km　　+5km

噴煙柱高度：20km



敷地における層厚:0.62cm

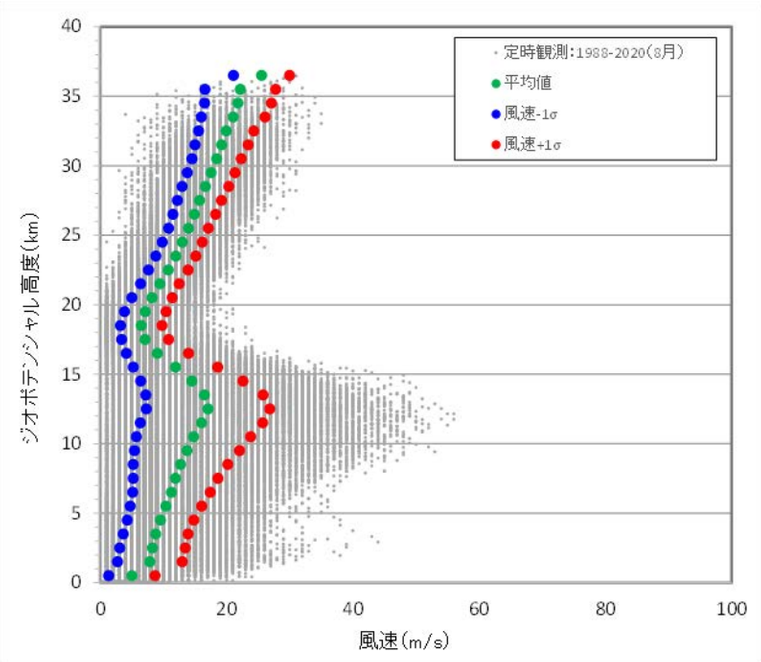
噴煙柱高度：30km



敷地における層厚:0.49cm

3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －不確かさケース（風速）－

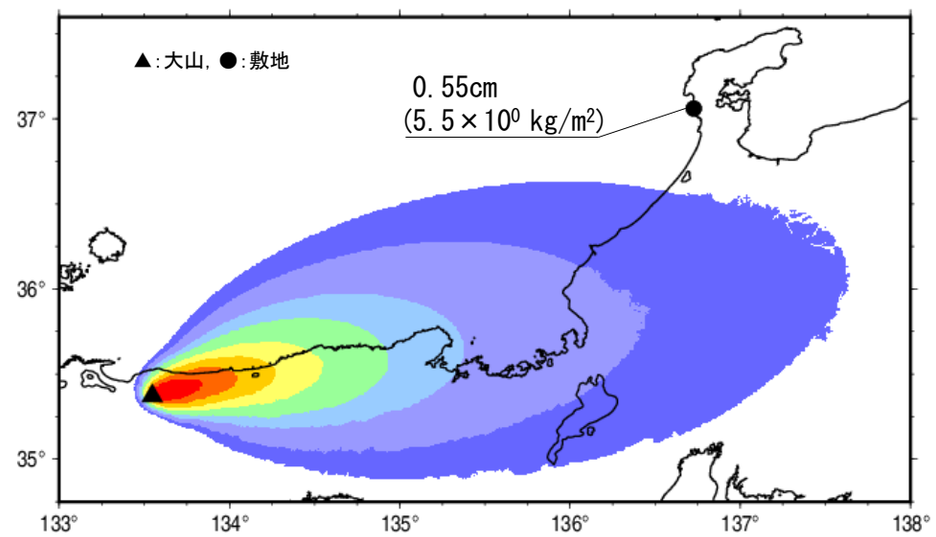
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった8月のケースを対象に，風速の不確かさとして，8月の平均風速に対して±1σの風速を考慮したシミュレーションを実施した結果，基本ケース（8月）における敷地での層厚を下回る結果となった。



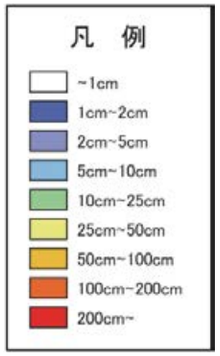
解析に用いる風データ

基本ケース最大：8月

平均風速

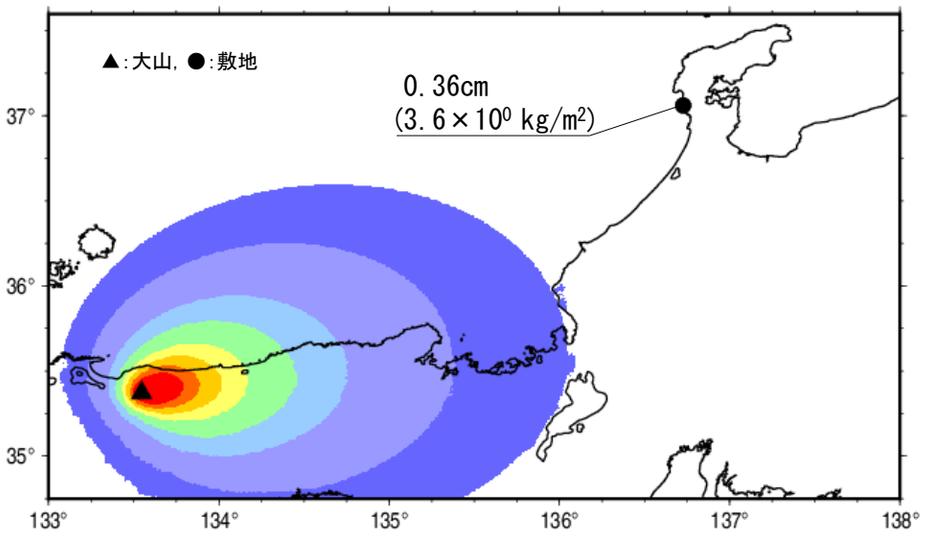


敷地における層厚:0.55cm



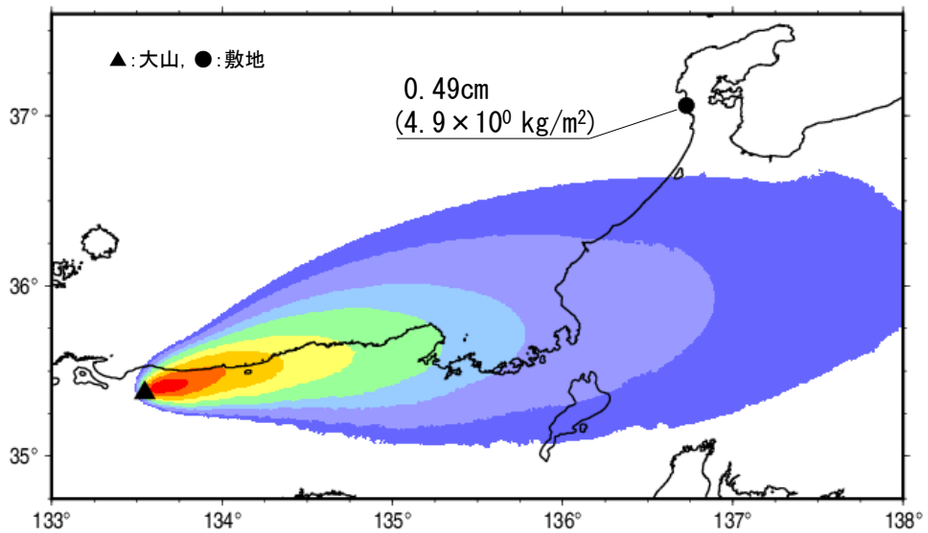
風速[小]　　風速[大]

平均風速－1σ



敷地における層厚:0.36cm

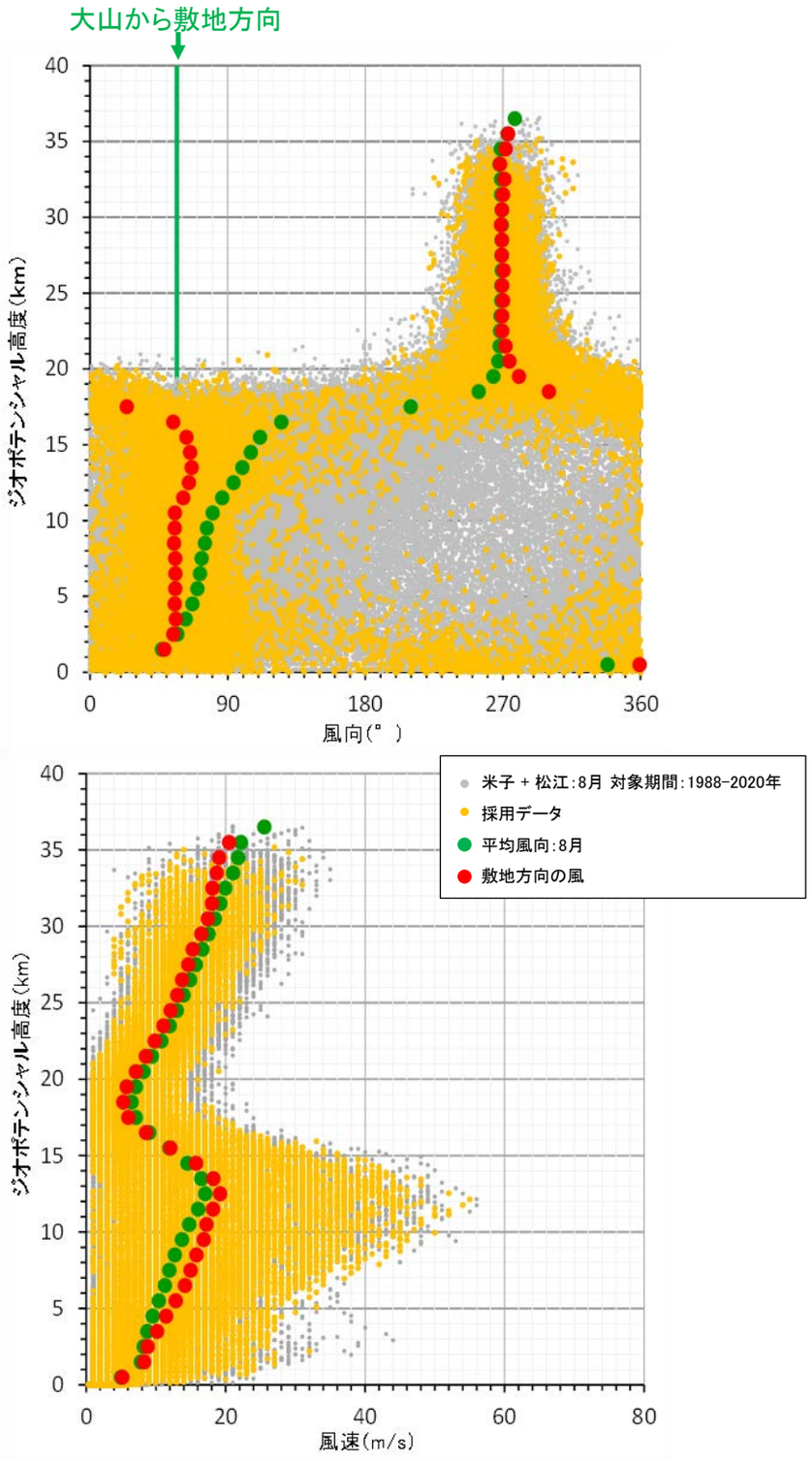
平均風速＋1σ



敷地における層厚:0.49cm

3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －不確かさケース（風向）－

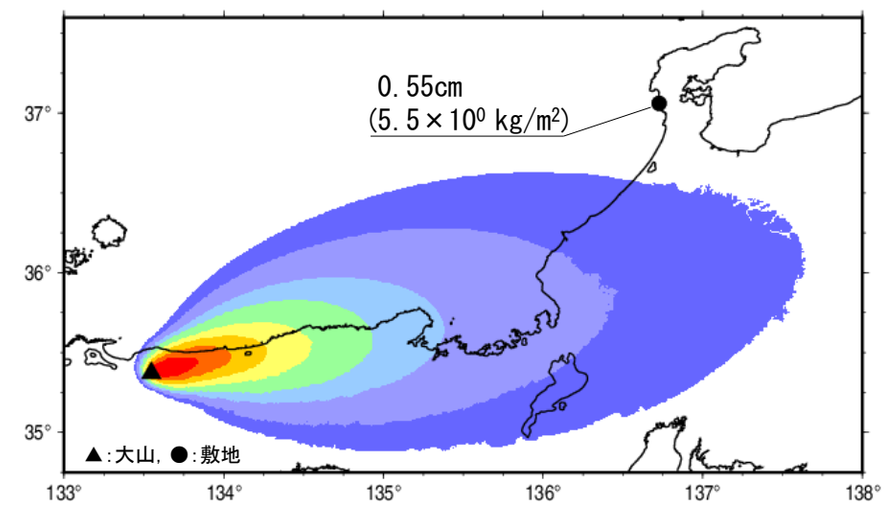
○基本ケースのうち敷地での層厚が最大となった8月のケースを対象に，風向の不確かさとして，8月の観測値を用いて敷地方向の風を作成しシミュレーションを実施した結果，敷地における層厚が1.5cmとなった。



解析に用いる風データ

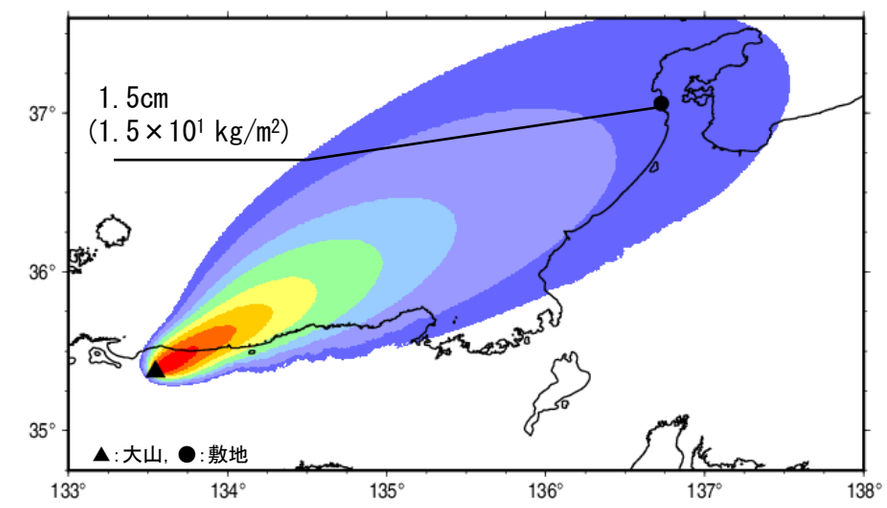
基本ケース最大：8月

平均風向

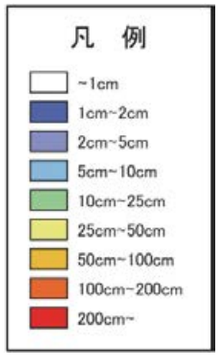


敷地における層厚:0.55cm

敷地方向の風



敷地における層厚:1.5cm



3.1.2.2(5) 大山（大山生竹テフラ） －シミュレーション結果と文献の比較－

○当社によるシミュレーション結果と文献（関西電力(2020)）で示される大山生竹テフラの層厚を比較し，シミュレーションの妥当性を確認した。
○関西電力（2020）は，大山生竹テフラに関する文献調査及び地質調査結果を整理し，大山生竹テフラの等層厚線図を示している。
○当社によるシミュレーション結果（基本ケース（2月）を文献の分布主軸方向に回転させた分布）と，文献による層厚（各地点の実績層厚及び等層厚線図）を比較した結果，当社によるシミュレーション結果と文献による層厚が概ね整合的であった。
○よって，シミュレーション結果と文献の比較により，大山（大山生竹テフラ）を対象とした当社の降下火砕物シミュレーションは妥当と評価した。

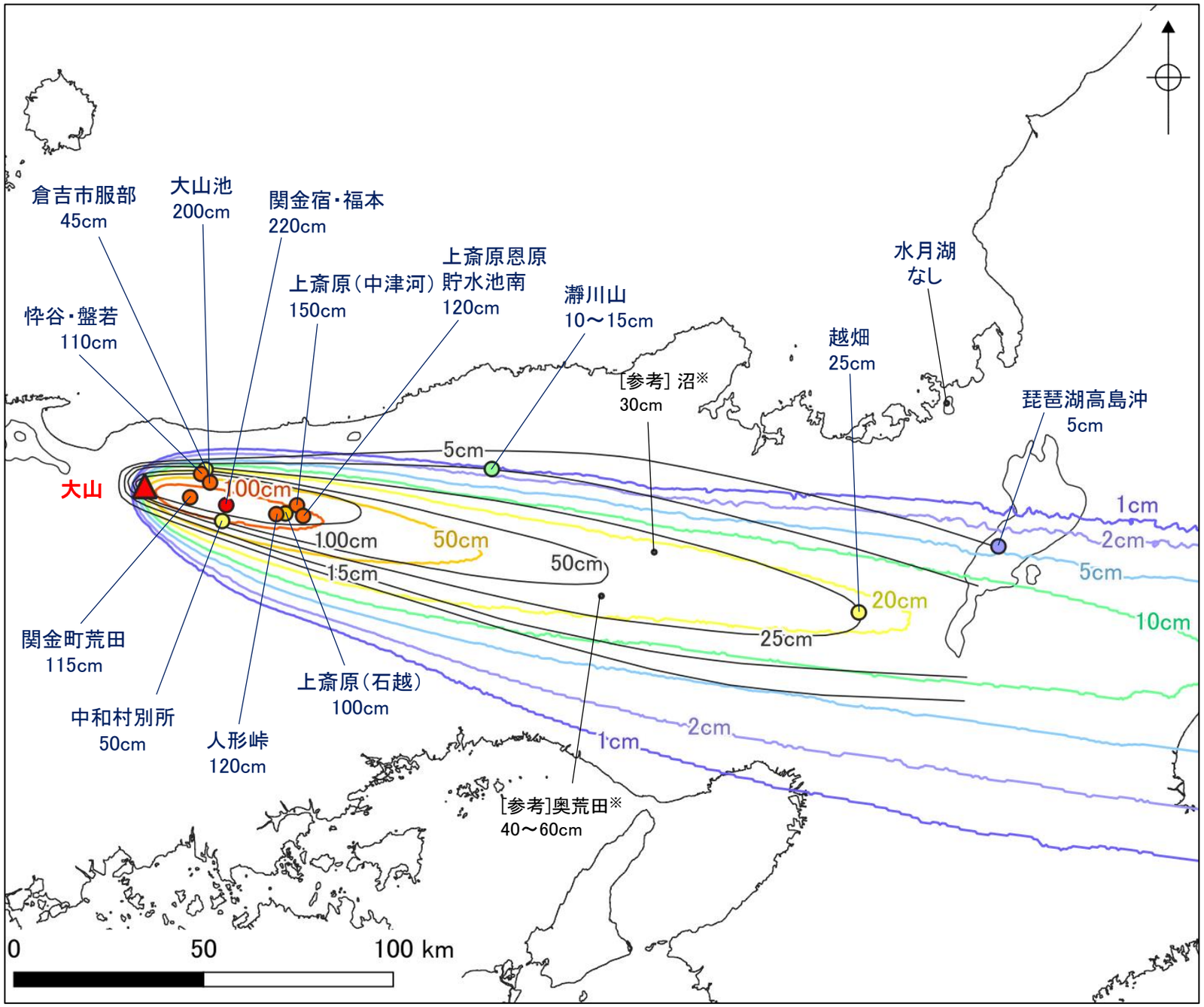
紫字：第1289回審査会合以降に変更した箇所

＜凡例＞

【文献による層厚】
・各地点の実績層厚T（最大層厚，cm）
- 2 ＜T ≦ 5
- 10 ＜T ≦ 20
- 20 ＜T ≦ 50
- 50 ＜T ≦ 100
- 100 ＜T ≦ 200
- 200 ＜T

・等層厚線図
- 関西電力(2020)の大山生竹テフラ（DNP）の等層厚線図

【当社によるシミュレーション結果】
基本ケース（2月）のシミュレーション結果を右回りに7.5° 回転
- 1cm
- 2cm
- 5cm
- 10cm
- 20 cm
- 50cm
- 100 cm



大山生竹テフラの当社シミュレーション結果と文献（関西電力(2020)）による層厚の比較

＜文献による各地点の実績層厚＞

地点名	層厚
関金町荒田	115cm
悴谷・盤若	110cm
倉吉市服部	45cm
大山池	200cm
関金宿・福本	220cm
中和村別所	50cm
人形峠	120cm
上斎原（石越）	100cm
上斎原（中津河）	150cm
上斎原恩原貯水池南	120cm
瀞川山	10～15cm
奥荒田※	[参考]（40～60cm）
沼※	[参考]（30cm）
越畑	25cm
琵琶湖高島沖	5cm
水月湖	なし

関西電力（2020）に基づき作成

※関西電力（2020）では，これら2地点が，火山灰アトラス（町田・新井,2011）が引用している文献中において，これらの地点と近い地点の情報がなく，その層厚の確からしさを確認できないことから，参考扱いとしている。

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.2.3 評価まとめ

○白山（南竜火山灰），立山（立山DテフラA,Cユニット），御嶽山（御嶽伊那テフラ），鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）及び大山（大山生竹テフラ）を対象にTephra2を用いた降下火砕物シミュレーションを実施し，降下火砕物の敷地における層厚を評価した。

○不確かさを考慮した降下火砕物シミュレーションを実施した結果，下表のとおり，立山（立山DテフラA,Cユニット）の4.1cmが敷地において最大となった。

○なお，当社使用のTephra2の解析コードについては，産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）による結果との比較により，妥当性を確認している（次々頁）。

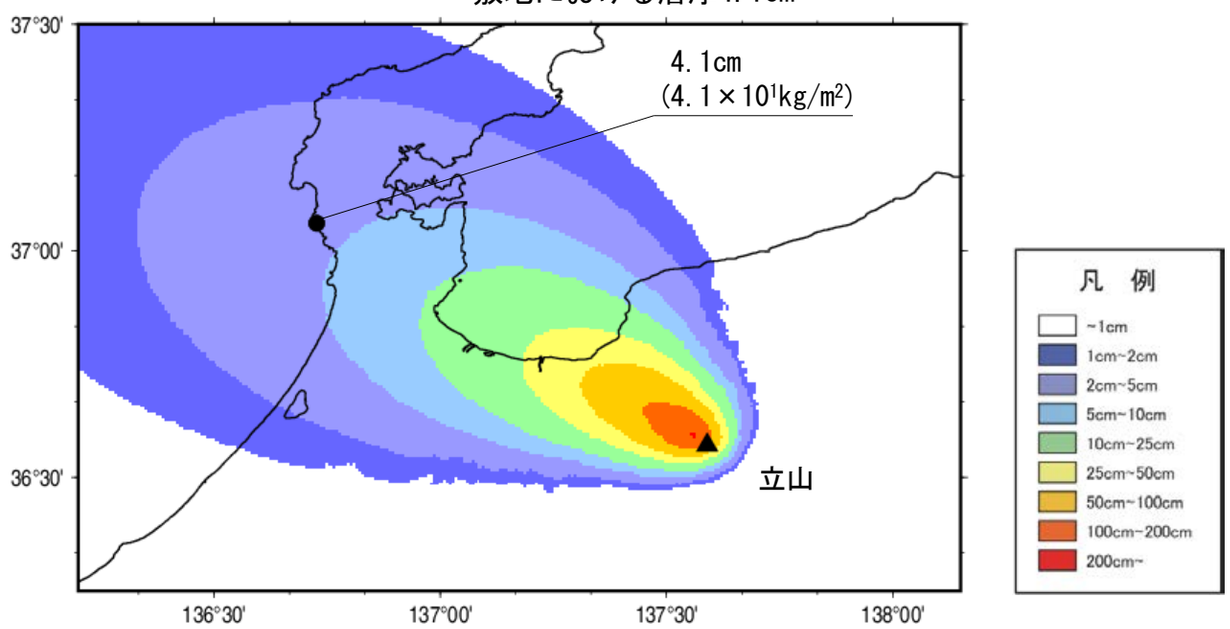
＜降下火砕物シミュレーション結果一覧（敷地における層厚）＞

検討項目			白山（南竜火山灰）	立山（立山DテフラA, Cﾕﾆｯﾄ）	御嶽山（御嶽伊那テフラ）	鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）	大山（大山生竹テフラ）
基本ケース（敷地における層厚の最大月）			0.01cm未満（8月）	0.01cm未満（8月）	0.01cm未満（8月）	1.5cm（3月）	0.55cm（8月）
不確かさケース	噴煙柱高度	－5km	0.02cm	0.01cm未満	0.01cm未満	1.5cm	0.62cm
		＋5km	0.01cm未満	0.01cm未満	0.02cm	1.5cm	0.49cm
	風速	－1σ	0.02cm	0.06cm	0.07cm	1.0cm	0.36cm
		＋1σ	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	2.1cm	0.49cm
	風向（敷地方向の風）		0.11cm	4.1cm	2.3cm	1.9cm	1.5cm

各火山で，敷地における層厚が最大となるケース

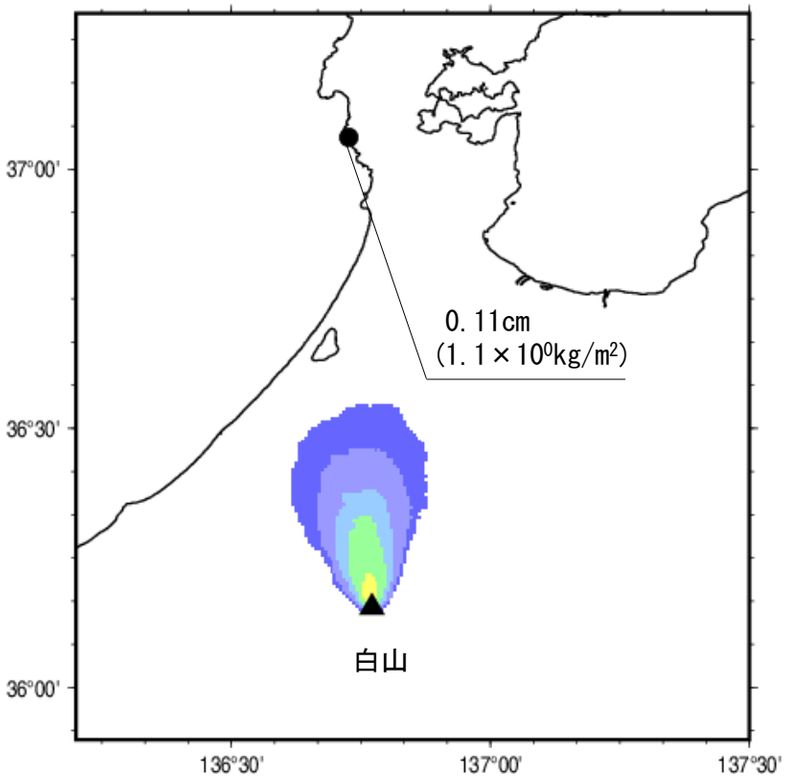
立山の最大ケース

・風向の不確かさ（敷地方向の風）
・敷地における層厚4.1cm



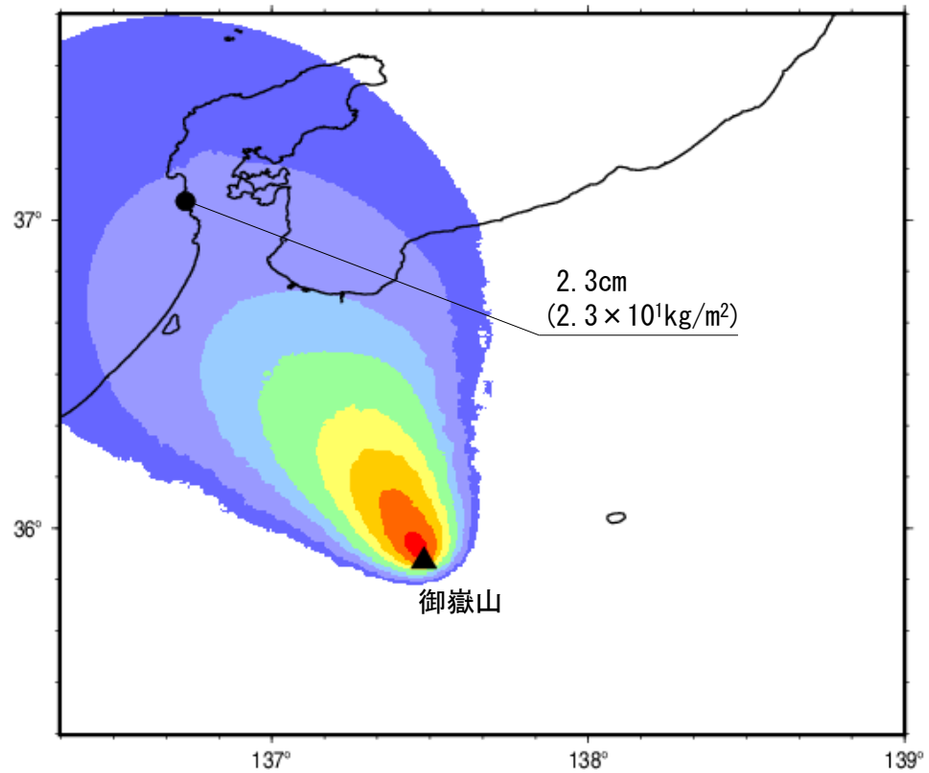
白山の最大ケース

・風向の不確かさ(敷地方向の風)
・敷地における層厚0.11cm



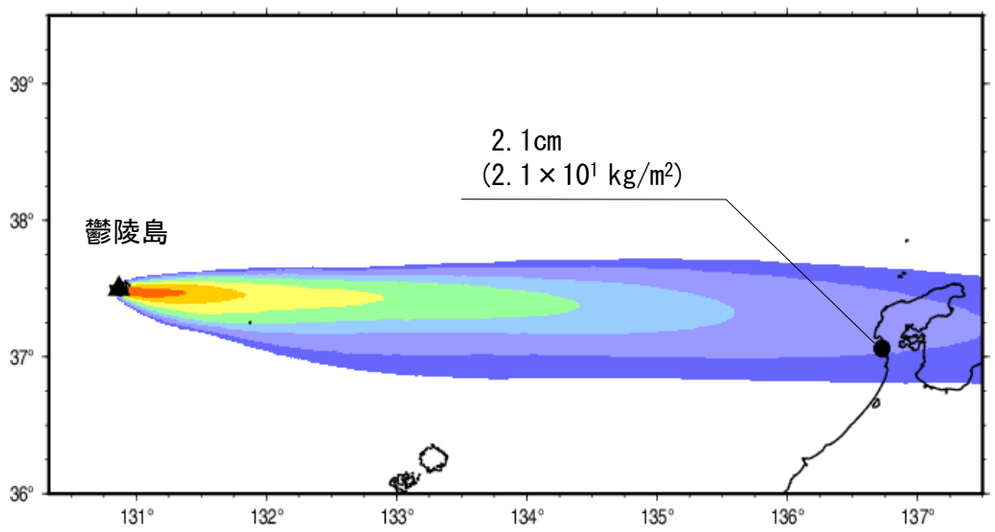
御嶽山の最大ケース

・風向の不確かさ(敷地方向の風)
・敷地における層厚2.3cm



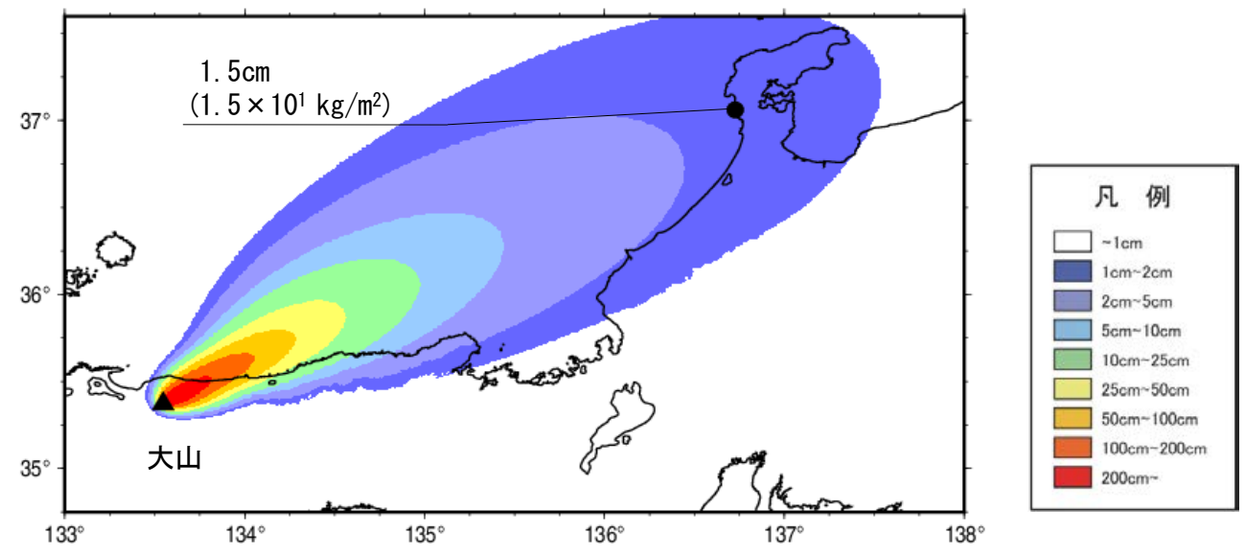
鬱陵島の最大ケース

・風速の不確かさ＋1σ
・敷地における層厚2.1cm



大山の最大ケース

・風向の不確かさ(敷地方向の風)
・敷地における層厚1.5cm



【産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）による結果との比較】

〇当社使用のTephra2の解析コードは，バグを当社独自に修正して用いていることから，産業技術総合研究所地質調査総合センターによりバグが修正されHP上（G-EVER）で公開・管理されているTephra2を用いて同様の条件で解析を行い，敷地における層厚を比較することにより，当社が使用するTephra2の妥当性を確認した。

〇当社使用のTephra2とG-EVERでは，下表のとおり，ほぼ同様の結果が得られることから，当社使用のTephra2は妥当と評価した。

■降下火砕物シミュレーション結果一覧（敷地における層厚）

ケース			白山（南竜火山灰）		立山（立山DテフラA,Cユニット）		御嶽山（御嶽伊那テフラ）		鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）		大山（大山生竹テフラ）	
			当社使用のTephra2	産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）	当社使用のTephra2	産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）	当社使用のTephra2	産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）	当社使用のTephra2	産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）	当社使用のTephra2	産業技術総合研究所HP上のTephra2（G-EVER）
基本ケース	1月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.4cm	1.4cm	0.01cm未満	0.01cm未満
	2月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.4cm	1.5cm	0.01cm未満	0.01cm未満
	3月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.5cm	1.6cm	0.01cm未満	0.01cm未満
	4月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.4cm	1.5cm	0.01cm未満	0.01cm未満
	5月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.3cm	1.4cm	0.03cm	0.04cm
	6月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.92cm	0.96cm	0.07cm	0.06cm
	7月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.65cm	0.67cm	0.12cm	0.17cm
	8月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.34cm	0.37cm	0.55cm	0.55cm
	9月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.31cm	0.35cm	0.41cm	0.33cm
	10月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.37cm	0.40cm	0.04cm	0.02cm
	11月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.36cm	0.38cm	0.01cm未満	0.01cm未満
	12月		0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.57cm	0.59cm	0.01cm未満	0.01cm未満
不確かさケース	噴煙柱高度	－5km	0.02cm	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	1.5cm	1.6cm	0.62cm	0.61cm
		＋5km	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.02cm	0.01cm未満	1.5cm	1.6cm	0.49cm	0.49cm
	風速	－1σ	0.02cm	0.02cm	0.06cm	0.04cm	0.07cm	0.05cm	1.0cm	1.1cm	0.36cm	0.36cm
		＋1σ	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	0.01cm未満	2.1cm	2.2cm	0.49cm	0.47cm
	風向(敷地方向の風)		0.11cm	0.17cm	4.1cm	5.0cm	2.3cm	2.6cm	1.9cm	1.9cm	1.5cm	1.6cm

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径　－密度－

〇敷地に降下する火砕物の密度に関して文献調査を実施した。
〇下記の文献において示された密度は，いずれも1.5g/cm^{3}以下である。

〇よって，降下火砕物の密度（湿潤密度）を1.5g/cm^{3}と設定した。

＜降下火砕物の密度に関する文献調査結果＞

・宇井編(1997)によると，「乾燥した火山灰は密度が0.4～0.7であるが，湿ると1.2を超えることがある。」とされる。

・1万年噴火イベントデータ集（地質調査総合センター編，2021b）によると，降下火砕物の見かけ堆積物密度は1.0 g/cm^{3}程度とされる。

・Umeda et al.(2013)及び梅田ほか（1999）によると，降下火砕物の堆積物密度は1.5 g/cm^{3}とされる。

・土志田（2011）によると，湿潤状態の場合は1.2～1.5 g/cm^3 以上に達することがあるとされる。

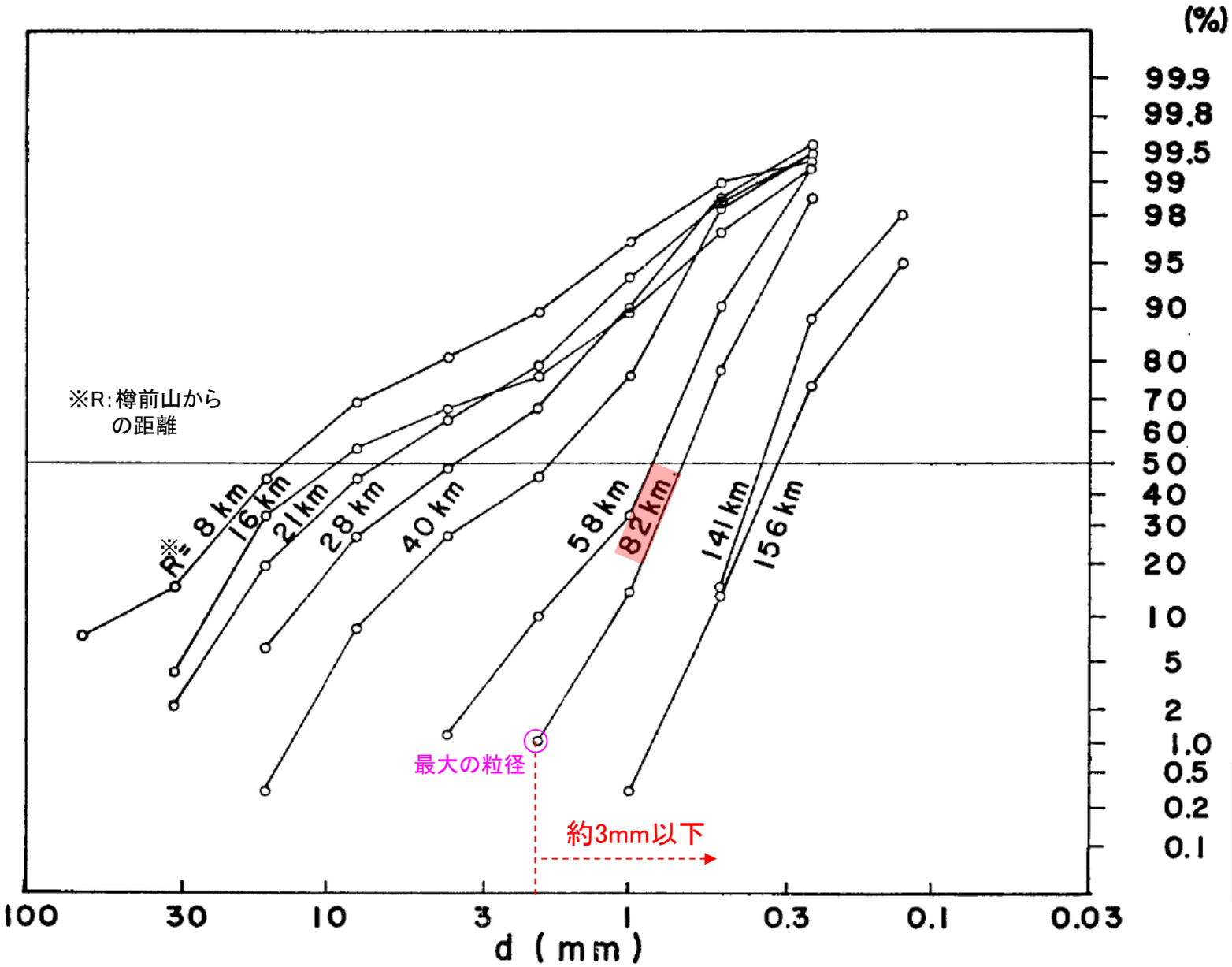
・須藤（2004）によると，堆積直後の乾燥した細粒の火山灰は，1cm^{3}当たり1g程度とされる。

・木佐ほか（2013）では，火山灰の飽和透水試験を行う上で，透水円筒への試料充填密度を1.5g/cm^{3}と設定している。

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径　－粒径－

○敷地に降下する火砕物の粒径に関して文献調査を実施した。
○樽前山の降下火砕物における距離-粒度分布（鈴木ほか，1973）を参照すると，敷地と原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の距離が94km以上であることから，敷地へ降下する火砕物の最大粒径は約3mm以下と想定される。

○よって，降下火砕物の粒径を3mm以下と設定した。



樽前山の降下火砕物の距離別の積算粒度分布
（鈴木ほか（1973）に一部加筆）

敷地と原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の距離が94km以上であることから，鈴木ほか（1973）に示される距離別の積算粒度分布のうち82kmの粒径分布曲線を参照し，3mm以下と設定した。

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

■文献・地質調査に基づく評価

〇降下火砕物に関する文献・地質調査の結果，敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物として，15の降下火砕物を抽出した。

〇このうち，給源火山が特定できない降下火砕物は，給源不明テフラのみであり，その層厚は最大10cmである。

〇給源火山が特定できる降下火砕物について，鬱陵隠岐テフラを除く13の降下火砕物は，それらの給源火山において同規模噴火が原子力発電所の運用期間中に発生する可能性が十分小さいと評価した。鬱陵隠岐テフラは，文献（町田・新井，2011）に示される等層厚線図によると，敷地周辺での層厚は0～2cmとされる。

〇給源不明テフラについて，邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる。

〇以上より，文献・地質調査に基づく降下火砕物の層厚は，10cmと評価する。

■降下火砕物シミュレーションによる評価

〇降下火砕物シミュレーションは，敷地及び敷地周辺に分布する降下火砕物のうち給源火山において同規模噴火の可能性が否定できない鬱陵隠岐テフラを対象に実施した。さらに，地理的領域内の火山のうち原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山及び地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物から，噴出規模や敷地からの距離によって，白山の南竜火山灰，立山の立山DテフラA,Cユニット，御嶽山の御嶽伊那テフラ及び大山の大山生竹テフラをシミュレーション対象として選定した。

〇不確かさを考慮した降下火砕物シミュレーションを実施し，以下の結果が得られた。

・白山（南竜火山灰）では，風向の不確かさを考慮したケースで，敷地における層厚は最大0.11cm。
・立山（立山DテフラA,Cユニット）では，風向の不確かさを考慮したケースで，敷地における層厚は最大4.1cm。
・御嶽山（御嶽伊那テフラ）では，風向の不確かさを考慮したケースで，敷地における層厚は最大2.3cm。
・鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）では，風速の不確かさ（+1σ）を考慮したケースで，敷地における層厚は最大2.1cm。
・大山（大山生竹テフラ）では，風向の不確かさを考慮したケースで，敷地における層厚は最大1.5cm。

〇降下火砕物に関する文献・地質調査結果及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ，敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価した。

〇降下火砕物の密度及び粒径は，文献調査結果から，密度（湿潤密度）1.5g/cm^3，粒径3mm以下と設定した。

■降下火砕物の影響評価結果

地理的領域内の火山を給源とする降下火砕物 | 地理的領域外の火山を給源とする降下火砕物 | 給源が特定できない降下火砕物

3.1.1：文献・地質調査に基づく評価

＜文献調査（等層厚線図，地質調査結果），当社地質調査＞

敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある降下火砕物を抽出

4降下火砕物
（大峰，谷口，恵比須峠福田，穂高-Kd39テフラ）

10降下火砕物
（鬼界アカホヤ，鬼界葛原，阿多，姶良Tn，加久藤，阿蘇4，阿蘇3，鬱陵隠岐，三瓶木次，大山倉吉テフラ）

給源不明テフラ

・邑知潟平野以南の3地点のみで確認された，中部更新統の砂層中に挟在するFT年代が約0.4Maを示す風化火山灰層。
・邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において，目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラの給源は邑知潟平野よりも南側に位置する火山で，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる。

給源火山において同規模噴火の可能性が十分小さいか

YES → 【除外】 13降下火砕物
（大峰，谷口，恵比須峠福田，穂高Kd-39，鬼界アカホヤ，鬼界葛原，阿多，姶良Tn，加久藤，阿蘇4，阿蘇3，三瓶木次，大山倉吉テフラ）

NO → 鬱陵隠岐テフラ

給源が特定できない降下火砕物及び給源火山において同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物について，文献・地質調査により確認した層厚を評価

給源不明テフラ：地質調査で**最大10cm**
鬱陵隠岐テフラ：文献（等層厚線図）で0～2cm

3.1.2：降下火砕物シミュレーションによる評価

＜文献調査（活動履歴・地下構造）＞

原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山を給源とする降下火砕物

敷地への影響を考慮する噴出規模を設定し，噴出規模や敷地からの距離によって3火山（白山，立山，御嶽山）の降下火砕物を選定

敷地及び敷地周辺に分布する可能性があり，給源火山において同規模噴火の可能性が否定できない鬱陵島の鬱陵隠岐テフラを選定

＜文献調査（活動履歴・地下構造）＞

地理的領域外火山を給源とする降下火砕物

噴出規模や敷地からの距離によって，大山の大山生竹テフラを選定

＜降下火砕物シミュレーション＞

白山	立山	御嶽山	鬱陵島	大山
（南竜火山灰）	（立山Dテフラ A，Cユニット）	（御嶽伊那テフラ）	（鬱陵隠岐テフラ）	（大山生竹テフラ）
最大0.11cm	最大4.1cm	最大2.3cm	最大2.1cm	最大1.5cm

シミュレーション結果の敷地における最大層厚は，**立山（立山Dテフラ A，Cユニット）の4.1cm**

敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価する。

文献調査結果より，密度（湿潤密度）1.5g/cm^3，粒径3mm以下とする。

3. 火山事象の影響評価

3.1 降下火砕物の影響評価

3.1.1 文献・地質調査に基づく評価

3.1.1.1 降下火砕物に関する文献・地質調査

(1) 文献調査（等層厚線図）

(2) 文献調査（地質調査結果）

(3) 降下火砕物に関する当社地質調査

(4) 調査結果まとめ

3.1.1.2 給源火山における同規模噴火の可能性の検討

3.1.1.3 評価まとめ

3.1.2 降下火砕物シミュレーションによる評価

3.1.2.1 シミュレーションを実施する降下火砕物の選定

(1) 分布実績に基づく降下火砕物の選定

(2) 地理的領域内の火山による降下火砕物の選定

(3) 地理的領域外の火山による降下火砕物の選定

(4) 選定結果まとめ

3.1.2.2 降下火砕物シミュレーション

(1) 白山（南竜火山灰）

(2) 立山（立山DテフラA，Cユニット）

(3) 御嶽山（御嶽伊那テフラ）

(4) 鬱陵島（鬱陵隠岐テフラ）

(5) 大山（大山生竹テフラ）

3.1.2.3 評価まとめ

3.1.3 降下火砕物の密度及び粒径

3.1.4 降下火砕物の影響評価まとめ

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価　－評価方法－

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）による降下火砕物以外の設計対応が可能な火山事象の影響について，敷地からの距離及び敷地の地形条件等から検討を行う。

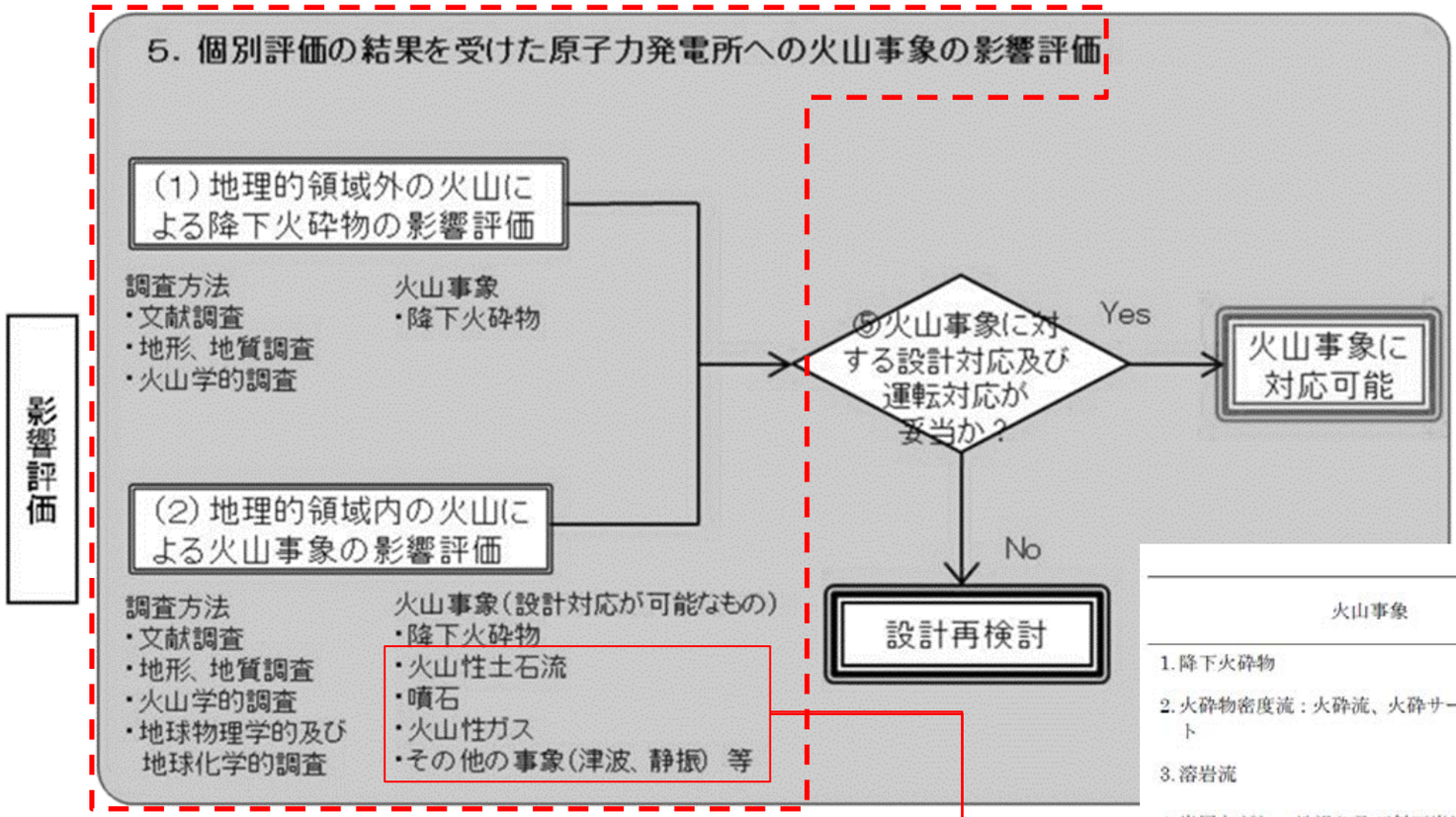


表１　原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係[注1]

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注２
2. 火砕物密度流：火砕流、火砕サージ及びブラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（噴石）	粒子の衝突、静的な物理的負荷、水中の研磨性粒子	10km
7. 火山ガス	毒性及び腐食性ガス、酸性雨、ガスの充満した湖、水の汚染	160km
8. 新しい火口の開口	動的な物理的負荷、地盤変動、火山性地震	注３
9. 津波及び静振	水の氾濫	注４
10.　大気現象	動的過圧、落雷、ダウンバースト風	注４
11.　地殻変動	地盤変位、沈下又は隆起、傾斜、地滑り	注４
12.　火山性地震とこれに関連する事象	継続的微動、多重衝撃	注４
13.　熱水系及び地下水の異常	熱水、腐食性の水、水の汚染、氾濫又は湧昇、熱水変質、地滑り、カルスト及びサーモカルストの変異、水圧の急変	注４

（参考資料：IAEA　SSG-21 及び JEAG4625）

注１：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。

注２：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。

注３：新しい火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新しい火口の開口の可能性を検討する。

注４：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に一部加筆

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価　－敷地の地形条件等の整理－

○降下火砕物以外の設計対応が可能な火山事象の影響評価にあたり，以下のとおり，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置及び敷地の地形条件を整理した。

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置】

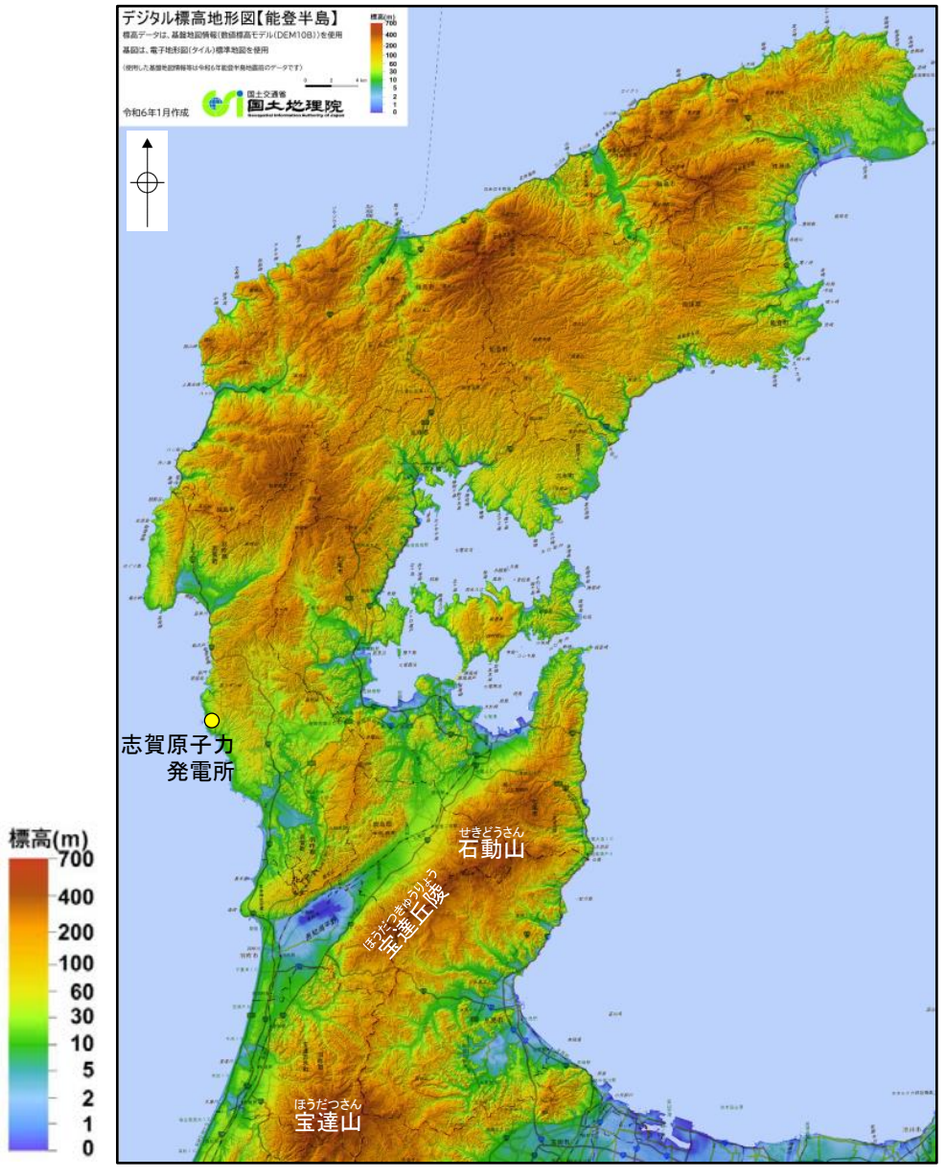
・原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）は，敷地から十分離れており（右下図），敷地からの距離は，最も近い「立山（弥陀ヶ原）」で94kmである。

・また，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山は，日本海沿岸に位置しない（右下図）。

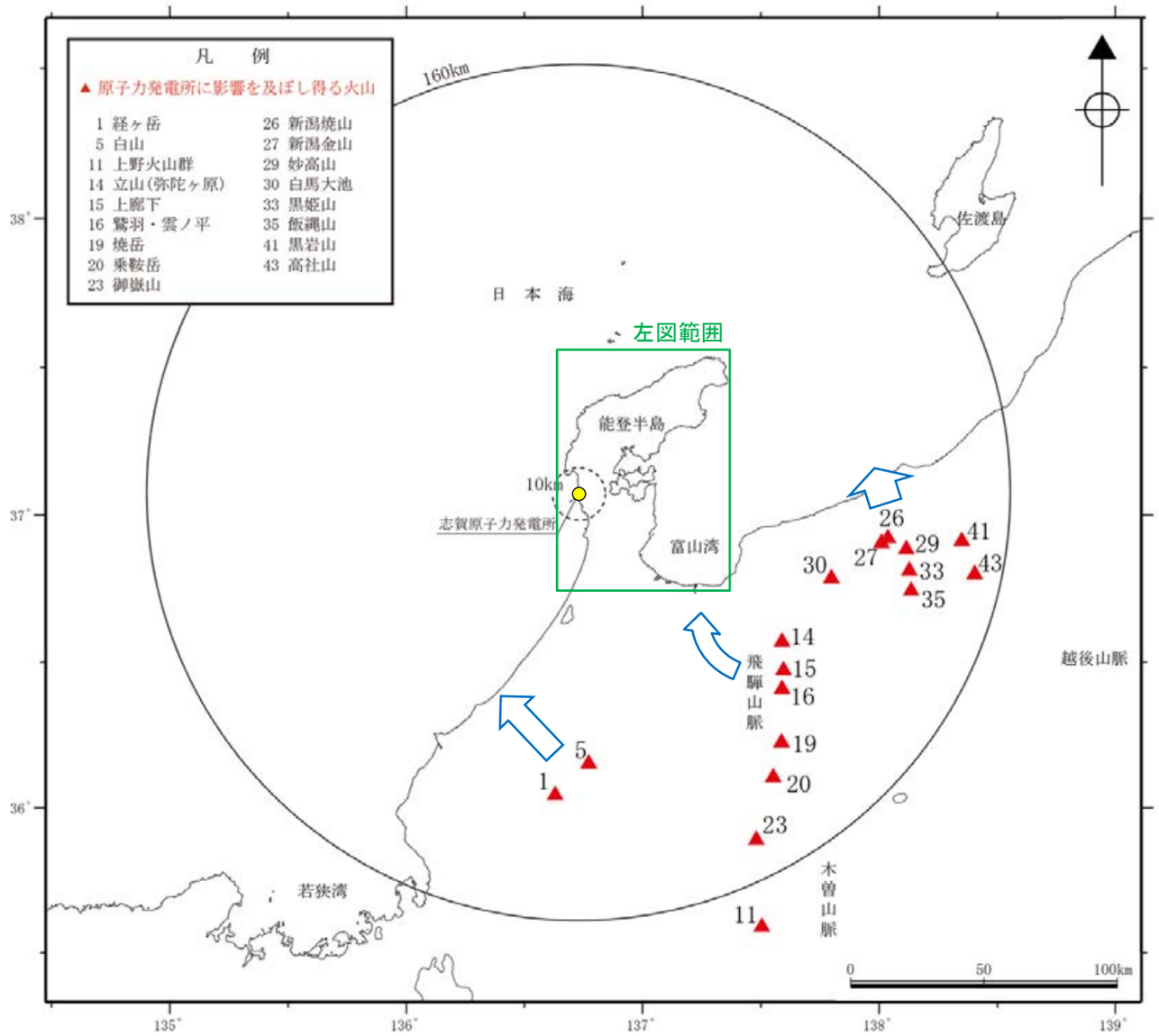
【敷地の地形条件】

・敷地周辺は，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の山麓の河川流域には含まれない（右下図）。また，各河川流域と敷地との間には，能登半島南部の宝達丘陵等の地形的な高まりが認められる（左下図）。

・敷地は，日本海に面する沿岸部に位置し，火山ガスが敷地に滞留する地形ではない（左下図）。



能登半島の標高地形図
（国土地理院(2024b)に一部加筆）



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の山麓の河川の主な流下方向

原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の位置
（地質調査総合センター編（2023）に基づき作成）

3.2 降下火砕物以外の火山事象の影響評価　－評価結果－

○原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）による設計対応が可能な火山事象の影響について，敷地からの距離及び敷地の地形条件等を踏まえ，降下火砕物以外の火山事象による原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した。

＜降下火砕物以外の火山事象の影響評価結果＞

火山名		敷地からの距離（km）	設計対応が可能な火山事象							
			火山性土石流		噴石		火山ガス		その他の事象（津波，静振，大気現象，火山性地震とこれに関連する事象，熱水系及び地下水の異常）	
			0～120km		0～10km		0～160km		個々に検討	
1	経ヶ岳	113	○	敷地周辺は各火山の山麓の河川流域には含まれないことから，原子力発電所への影響を考慮する必要はない。	○	いずれの火山も敷地から10km以遠に位置することから，原子力発電所への影響を考慮する必要はない。	○	敷地は，日本海に面する沿岸部に位置し，火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから，原子力発電所への影響を考慮する必要はない。	○	各火山は敷地から十分離れており，日本海沿岸に位置しないことから，原子力発電所への影響を考慮する必要はない。
5	白山	101								
11	上野火山群	177								
14	立山(弥陀ヶ原)	94								
15	上廊下	101								
16	鷲羽・雲ノ平	106								
19	焼岳	120								
20	乗鞍岳	129								
23	御嶽山	146								
26	新潟焼山	118								
27	新潟金山	116								
29	妙高山	125								
30	白馬大池	100								
33	黒姫山	128								
35	飯縄山	130								
41	黒岩山	145								
43	高社山	152								

○：原子力発電所への影響を考慮する必要はない。

4. まとめ

4. まとめ

■原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

〇地理的領域内には，49の第四紀火山が分布する。

〇これらの火山について，完新世の活動の有無及び将来の活動可能性を検討し，原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として17火山（経ヶ岳，白山，上野火山群，立山（弥陀ヶ原），上廊下，鷲羽・雲ノ平，焼岳，乗鞍岳，御嶽山，新潟焼山，新潟金山，妙高山，白馬大池，黒姫山，飯縄山，黒岩山，高社山）を抽出した。

■火山活動に関する個別評価

〇原子力発電所に影響を及ぼし得る17火山の敷地からの距離等から，火砕物密度流及び溶岩流等の設計対応不可能な火山事象が，発電所に影響を及ぼす可能性は十分小さいと評価した。

〇また，各火山の過去最大規模の噴火を考慮しても，第四紀に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達した可能性は十分小さく，モニタリング不要と評価した。

■火山事象の影響評価

〇降下火砕物に関する文献調査及び地質調査結果から抽出した敷地及び敷地周辺に分布する可能性のある15の降下火砕物のうち，給源が特定できない降下火砕物及び給源火山において発電所運用中の同規模噴火の可能性が否定できない降下火砕物の，敷地及び敷地周辺における最大層厚は，給源不明テフラの10cmである。

〇給源不明テフラについて，邑知潟平野よりも北側の当社地質調査において目視可能な給源不明テフラは確認されず，邑知潟平野よりも北側に第四紀火山は存在しないことから，給源不明テフラは，邑知潟平野よりも敷地に近い北側でより厚く堆積していないと考えられる。

〇白山の南竜火山灰，立山の立山DテフラA，Cユニット，御嶽山の御嶽伊那テフラ，鬱陵島の鬱陵隠岐テフラ及び大山の大山生竹テフラを対象として，降下火砕物シミュレーションを実施した結果，敷地における層厚は，最大で立山（立山DテフラA，Cユニット）の4.1cmとなった。

〇降下火砕物に関する文献・地質調査結果及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ，敷地において考慮する降下火砕物の層厚を10cmと評価した。

〇降下火砕物の密度及び粒径は，文献調査結果から，密度（湿潤密度）1.5g/cm^3，粒径3mm以下と設定した。

〇原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（17火山）による設計対応が可能な火山事象の影響について，敷地からの距離及び敷地の地形条件等を踏まえ，降下火砕物以外の火山事象による原子力発電所への影響を考慮する必要はないと評価した。

⇩

〇志賀原子力発電所において考慮すべき火山事象は，降下火砕物のみである。

〇敷地において考慮する降下火砕物の層厚は10cm，密度（湿潤密度）は1.5g/cm^3，粒径3mm以下とする。

参考文献

■ Abe, Y., Ohkura, T., Shibutani, T., Hirahara, K., Kato, M. (2010) : Crustal structure beneath Aso Caldera, Southwest Japan, as derived from receiver function analysis, Journal of Volcanology and Geothermal Research 195, pp.1-12.

■ 赤羽貞幸・加藤碩一・富樫茂子・金原啓司(1992) : 中野地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 106p.

■ あきる野市環境委員会自然環境調査部会(2013) : Ⅲあきる野市の地質・地形, pp3-35.

■ 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.

■ 青木かおり・入野智久・大場忠道(2008) : 鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序, 第四紀研究, 47巻, 6号, pp.391-407.

■ Bonadonna, C., Connor, L. J., Connor, C. B. and Courtland, L. M. (2014) : "Tephra2" (Version 1.91 - published on 19 Sep 2014).

■ 浅森浩一・梅田浩司(2005) : 地下深部のマグマ・高温流体等の地球物理学的調査技術－鬼首・鳴子火山地域および紀伊半島南部地域への適用－, 原子力バックエンド研究, 11, pp.147-156.

■ 防災科学技術研究所 : "気象庁一元化処理 震源要素", https://hinetwww11.bosai.go.jp/auth/?LANG=ja (ダウンロード日 : 2024年6月14日)

■ Chen, X. Y., Blockley, S. P. E., Fletcher, R., Zhang, S., Kim, J. H., Park, M.H., Chen, C., Yin, J. and Xu, Y. G.(2022) : Holocene Tephrostratigraphy in the East Sea/Japan Sea:Implications for Eruptive History of Ulleungdo Volcano and Potential for Hemispheric Synchronization of Sedimentary Archives, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 127, e2021JB023243.

■ 地学団体研究会編(1982) : 自然をしらべる地学シリーズ, 3, 土と岩石, 東海大学出版会, 200p.

■ 地質調査所編(1992) : 日本地質アトラス(第2版), 朝倉書店.

■ 地質調査総合センター(2019) : 日本列島及びその周辺域の熱データベース, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

■ 地質調査総合センター編(2021a) : 20万分の1日本火山図(ver.1.0d), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/vmap/.

■ 地質調査総合センター編(2021b) : 1万年噴火イベントデータ集(ver.2.5), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/index.html.

■ 地質調査総合センター編(2023) : 日本の火山, 第四紀火山(ver.2.49), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/Quat_Vol/index.html.

■ 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.

■ 堂満華子・椎原美紀・鳥井真之・塚脇真二・尾田太良(2002) : 日本海南部KT96-17 P-2 コアの火山灰層序―大山草谷原軽石層(KsP)の噴出年代―.地質学雑誌, 第108巻, 第9号, pp.545-556.

■ 遠藤邦彦(1985) : 白山の第四紀の地史, 2. 白山火山地域の火山灰と泥炭層の形成過程. 白山高山帯自然史調査報告書, pp.11-30.

■ 原子力規制庁(2019) : 火山影響評価に係る科学的知見の整備, 安全研究成果報告, RREP-2019-4001.

■ 原子力規制委員会(2013) : 原子力発電所の火山影響評価ガイド, 平成25年6月19日.

■ 原子力規制委員会(2018) : 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模見直しに伴う報告徴取命令の発出について(案), 平成30年12月12日.

■ 原子力規制委員会(2019a) : 大山火山の大山生竹テフラの噴出規模の見直しに係る今後の規制上のアプローチについて, 第10回原子力規制委員会, 資料2.

■ 原子力規制委員会(2019b) : 第8回地震・津波技術評価検討会, 参考資料1, 平成31年4月22日.

■ Goto, T., Oshiman, N., Sumitomo, N.(1997) : The Resistivity Structure around the Hypocentral Area of the Ebino Earthquake Swarm in Kyushu District, Japan, Journal of geomagnetism and geoelectricity, 49, pp.1279-1291.

■ 原田 真尋・石﨑 泰男・沼田 和佳子・増渕 佳子(2023) : 見逃されていた活火山の発掘II : 鷲羽池と硫黄沢で完新世に発生した大規模水蒸気噴火, 日本地球惑星科学連合2023年大会予稿集, SVC36-05.

■ 原山 智・高橋 浩・中野 俊・苅谷愛彦・駒澤正夫(2000) : 立山地域の地質, 地域地質調査報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 218p.

■ 服部貴志・浜田昌明・高山陶子・小野田敏・坂下学・山口弘幸・平松良浩(2014) : 古砂丘・古期扇状地に関する空中写真を活用したDEM解析による地形特性の検討, 地形, 第35巻, 第4号, pp.331-350.

■ 服部 仁・鹿野和彦・鈴木隆介・横山勝三・松浦浩久・佐藤博之(1983) : 三瓶山地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 168p.

■ 早津賢二(2008) : 妙高火山群－多世代火山のライフヒストリー－, 実業公報社, 424p.

参考文献

■ 早津賢二・新井房夫・白井 亨(1982):新潟県高田平野の中位段丘と古砂丘ー形成時代についての火山灰編年学的考察ー, 地学雑誌, 91, pp.1-16.

■ 東野外志男(2014):新編 白山火山, 石川県自然保護センター編, 21p.

■ 東野外志男・酒寄淳史(2007):南龍ヶ馬場のカンラン石に富むスコリアを含む新白山火山の火山灰, 石川県白山自然保護センター研究報告, 第34集, pp.1-9.

■ 東野外志男・中川重紀・小川義厚・田村糸子(2014):石川県ー福井県北部海岸平野のボーリングコア中の鬼界アカホヤ火山灰, 日本海域研究, 第45号, pp.63-74.

■ 東野外志男・曽田祐介・奥野 充(2019):主成分化学組成と14C年代による白山火山に産出するアルカリ岩質テフラ(Hm-2テフラ)と鬱陵島テフラとの対比, 地学雑誌, 128/3, pp.439-452.

■ 星住英夫・宝田晋治・宮縁育夫・宮城磯治・山﨑雅・金田泰明・下司信夫(2023):阿蘇カルデラ阿蘇4火砕流堆積物分布図., 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 大規模火砕流分布図, no.3.

■ 星住英夫・宝田晋治・宮縁育夫・宮城磯治・山﨑雅・金田泰明・下司信夫(2024):阿蘇カルデラ阿蘇3火砕流堆積物分布図., 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 大規模火砕流分布図, no.4.

■ Ichihara, H., Kanehiro, J., Mogi, T., Yamaoka, K., Tada, N., Bertrand, E. A., Adachi, M.(2018):A 3D electrical resistivity model around the focal zone of the 2017 southern Nagano Prefecture earthquake (MJMA 5.6): implications for relationship between seismicity and crustal heterogeneity, Earth, Planets and Space,70 , 182 , pp.1-10.

■ 井口正人・高山鉄朗・味喜大介・西 祐司・斉藤英二(2002):鬼界カルデラの地盤変動, 薩摩硫黄島火山・口永良部火山の集中総合観測(平成12年8月～平成13年3月), pp.29-32.

■ 井口正人・太田雄策・中尾茂・園田忠臣・関健次郎・堀田耕平(2014):桜島昭和火口噴火開始以降のGPS観測ー2013年～2014年ー, 桜島火山における多項目観測に基づく火山噴火準備過程解明のための研究報告書.

■ 石﨑泰男・沼田和佳子・遠藤公喜・増渕佳子(2021):鷲羽池火山周辺に分布する橙白色テフラの産状と14C年代(序報), 日本火山学会2021年秋季大会, B1-02.

■ 礒野朝雄(2005):長野県南部, 伊那谷の河岸段丘地形, 地理学報告, 100, pp.1-18.

■ 兼岡一郎・井田義明(1997):火山とマグマ, 東京大学出版会.

■ 関西電力(2019):大山火山灰に係る新知見を踏まえた噴出規模と原子力発電所ごとの敷地における降下火砕物の最大層厚に関する評価結果について, 平成31年3月.

■ 関西電力(2020):美浜発電所, 高浜発電所及び大飯発電所原子炉設置変更許可申請【大山生竹テフラの噴出規模見直しに係る指摘事項への回答について】, 第868回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合, 令和2年6月19日.

■ 笠原天生・鈴木毅彦・青木かおり(2010):相模川支流沢井川にみられる二つの埋没谷と葛原層相当層, 日本地理学会発表要旨集, 2010f巻, 2010年度日本地理学会秋季学術大会.

■ Kasaya, T., Oshiman, N., Sumitomo, N., Uyeshima, M., Iio, Y., Uehara, D. (2002):Resistivity structure around the hypocentral area of the 1984 Western Nagano Prefecture earthquake in central Japan, Earth, Planets and Space, 54, pp.107-118.

■ 紺野義夫(1993):石川県地質誌新版・石川県地質図(10万分の1)説明書, 石川県・北陸地質研究所.

■ Kim, G. B., Cronin, S. J., Yoon, W. S. and Sohn, Y. K.(2014):Post 19 ka B.P. eruptive history of Ulleung Island, Korea, inferred from an intra-caldera pyroclastic sequence, Bulletin of Volcanology 76 (4), 802, pp.1-26.

■ Kimata, F., Miyajima, R., Murase, M., Darwaman, D., Ito, T., Ohata, Y., Irwan, M., Takano, K., Ibrahim, F., Koyama, E., Tsuji, H., Takayama, T., Uchida K., Okada, J., Solim, D. and Anderson, H. (2004): Ground uplift detected by precise leveling in the Ontake earthquake swarm area, central Japan in 2002-2004, Earth Planets Space, 56, E45-E48.

■ 木村純一(1987):長野県における後期更新世の降下火山砕屑物層序, 第四紀研究, 25, pp.247-263.

■ 木村純一(1993):後期更新世の御岳火山:火山灰層序学と火山層序学を用いた火山活動史の再検討, 地球科学, 47, pp.301-321.

■ 木佐洋志・山越隆雄・石塚忠範・杉山光徳・瀧口茂隆(2013):2011年霧島山(新燃岳)噴火による火砕物堆積斜面の降雨表面流出特性, 砂防学会誌, Vol.65, No.6, pp.12-21.

■ 気象庁 編(2013):日本活火山総覧(第4版).

■ 気象庁:" 過去の気象データ検索(高層) ", 国土交通省気象庁, http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php (ダウンロード日:2021年1月5日).

■ 気象庁:"震源データ", 国土交通省気象庁, https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/hypo.html (ダウンロード日:2024年3月6日)

■ 気象庁高層気象台:"気象庁の高層気象観測網", 国土交通省気象庁, https://www.jma-net.go.jp/kousou/obs_second_div/sonde/sonde01.html (ダウンロード日:2021年1月5日).

■ 小林武彦(1993):御嶽火山の活動史と噴出物の体積計測, 文部省科学研究費自然災害特別研究, 計画研究「火山災害の規模と特性」報告書, pp.87-96.

参考文献

■ 小池一之・町田洋(2001)：日本の海成段丘アトラス，東京大学出版会.

■ 国土地理院(2012)：1:25,000火山土地条件図解説書(御嶽山地区)，国土地理院技術資料，D2-No.57，平成24年3月.

■ 国土地理院(2024a)：1:25,000火山土地条件図「焼岳」，刊行図，令和6年6月.

■ 国土地理院(2024b)：デジタル標高地形図【能登半島】，https://www1.gsi.go.jp/geowww/saigai/20240102noto/earthquake/Laser-map_Noto-peninsula_vertical_A0.pdf

■ Ma, J., Tian Y., Liu, C., Zhao, D., Feng, X., Zhu, H.(2018)：P-wave tomography of Northeast Asia: Constraints on the western Pacific plate subduction and mantle dynamics, Physics of the Earth and Planetary Interiors., 274, pp.105-126.

■ Maeda, Y., Watanabe, T. (2023)：Seismic structure and its implication on the hydrothermal system beneath Mt. Ontake, central Japan. Earth Planets Space 75, 115, pp.1-15.

■ 町田洋(1989)：能登半島沖の海底コアに介在するテフラ，西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究研究概要報告書(昭和63年度)--能登半島周辺海域--，地質調査所，pp.115-121.

■ 町田 洋・新井房夫(1992)：火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕，東京大学出版会，東京，276p.

■ 町田 洋・新井房夫(2003)：新編 火山灰アトラス〔日本列島とその周辺〕(第1刷)，東京大学出版会，360p.

■ 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〕(第2刷)，東京大学出版会，336p.

■ 町田 洋・新井房夫・森脇 広(1981)：日本海を渡ってきたテフラ. 科学，51，pp.562-569.

■ 町田 洋・新井房夫・李柄高・森脇広・古田俊夫(1984)：韓国鬱陵島のテフラ，地学雑誌，93-1，pp.1-14.

■ 萬年一剛(2013)：降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状—第四紀学での利用を視野に，第四紀研究，52，pp.173-187.

■ Maruyama, S., Yamashita, T., Hayashida, A., Hirata, T., Danhara, T., (2020)：Examination of the Relationship between the Ukinuno and Sakate Tephras from Sambe Volcano, Southwest Japan，地学雑誌，129，pp.375-396.

■ Matsubara, M., T. Ishiyama, T. No, K. Uehira, M. Mochizuki, T. Kanazawa, N. Takahashi, S. Kamiya.(2022)：Seismic velocity structure along the Sea of Japan with large events derived from seismic tomography for whole Japanese Islands including reflection survey data and NIED MOWLAS Hi-net and S-net data, Earth, Planets and Space, 74, 171.

■ 松浦浩久・土谷信之(2003)：前期更新世森田山溶岩ー古三瓶期火山ー，火山，48，pp.69-73.

■ Matsu'ura, T. and Komatsubara, J.(2024)：Ontake-Katamachi tephra: Marine-terrestrial correlation of a time marker of marine isotopic stage 5b in NE Japan, the Japan Sea, and the NW Pacific., Journal of Asian Earth Sciences, 259, 105876.

■ 皆川紘一(1969)：相模川山間部のローム層と第四紀地史II，第四紀研究，8巻，pp.1-9.

■ 三浦 清・池原 研・吉川清志(1991)：北陸沖の日本海海底堆積物中に見られる大山火山起源のテフラ，山陰地域研究7，7-22，1991-03，島根大学山陰地域研究総合センター.

■ 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司(2005)：阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの成因関係について，火山，50，pp.269-283.

■ 水野清秀・下川浩一・吾妻 崇・杉山雄一・片川秀基・柴田俊治・吉田 進・浜田昌明(2003)：浅層反射法地震探査とボーリングによる邑知潟断層帯南縁部の地下地質構造調査，活断層・古地震研究報告，3，pp.33-46.

■ 守屋以智雄(1983)：日本の火山地形，東京大学出版会，135p.

■ 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫(2007)：長野県，高野層ボーリングコア(TKN-2004)に挟在する広域テフラ層の層序と編年，第四紀研究，46，pp.305-325.

■ 長橋良隆・深谷桃子・池原 研・佐川拓也(2022)：若狭湾沖海底堆積物コアに挟まる後期更新世から完新世テフラの層序と広域テフラとの対比，第四紀研究，61巻4号，pp.123-141.

■ 長森英明・古川竜太・早津賢二(2003)：戸隠地域の地質，地域地質研究報告，5万分の1地質図幅，産業技術総合研究所地質調査総合センター，109p.

■ 長森英明・竹内 誠・古川竜太・中澤 努・中野 俊(2010)：小滝地域の地質，地域地質研究報告，5万分の1地質図幅，独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター，130p.

■ Nagaoka, S.(1988):The Late Quaternary Tephra Layers from the Caldera Volcanoes in and around Kagoshima Bay, Southern Kyushu, Japan, Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University, 23, pp.49-122.

■ 名古屋大学(2017)：2017年6月長野県南部の地震，名古屋大学 地震火山研究センター，http://wwwevrc.seis.nagoya-u.ac.jp/ontake/201706EV/

■ 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，平成25年3月.

参考文献

■ Nakajima, J., Matsuzawa, T., Hasegawa, A., and Zhao, D. (2001): Three-dimensional structure of Vp, Vs, and Vp/Vs beneath northeastern Japan: Implications for arc magmatism and fluids, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 106, pp.21843-21857.

■ 仲村祐哉・須貝俊彦・石原武志・フレイレ アントニオ フェルナンド・松本 良(2013):MD179日本海ガスハイドレート調査で得られた上越沖海底堆積物の後期更新世テフラ層序, 石油技術協会誌, 78, pp.79-91.

■ 中野 俊(1989):北アルプス, 鷲羽・雲ノ平火山の地質, 火山, 34, pp.197-212.

■ 中野 俊(1998):乗鞍火山, 日本地質学会第105年学術大会見学旅行案内書, pp.89-103.

■ 中野 俊・奥野 充・菊川 茂(2010) :立山火山, 地質学雑誌, 116, pp.37-48.

■ 中野 俊・宇都浩三・内海 茂(2000):上野玄武岩類および地蔵峠火山岩類のK-Ar年代と化学組成の時間変化, 火山, 45, pp.87-105.

■ 中野 俊・竹内 誠・吉川敏之・長森英明・苅谷愛彦・奥村晃史・田口雄作(2002):白馬岳地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 105p.

■ 中野 俊・西来邦章・室田晋治・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), 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター.

■ 南里翔平・河尻清和(2013):神奈川県相模原市北西部, 芝田川流域に見られる葛原層の露頭, 相模原市立博物館研究報告, 21, pp.101-104.

■ 新エネルギー総合開発機構(NEDO)(1988):地熱開発促進調査報告書, No.17 王滝地域, 昭和63年3月.

■ 根木健之・二ノ宮淳・花室孝広・梅田浩司(2009):沿岸域における三次元比抵抗構造解析, 物理探査学会第120回学術講演会論文集.

■ 日本地質学会編(2009):日本地方地質誌 中国地方, 朝倉書店, 576p.

■ 日本原子力研究開発機構(2009):火山・地熱活動に関する研究ーH20年度の成果およびH21年度の計画についてー, 地質環境の長期安定性研究検討委員会, 第6回(2009年3月9日).

■ 西 潔・山本圭吾・井口正人・石原和弘・古澤 保(2001):南九州の3次元地震波速度構造, 月刊地球, 23, 8, pp.573-577.

■ 西来邦章・伊藤順一・上野龍之 編(2012):第四紀火山岩体・貫入岩体データベース, 産業技術総合研究所, 地質調査総合センター速報, no.60.

■ 西来邦章・伊藤順一・上野龍之・内藤一樹・塚本 斉 編(2014):第四紀噴火・貫入活動データベース, 産業技術総合研究所.

■ Nishiki, K., Takahashi, K., Matsumoto, A. and Miyake, Y.(2011):Quaternary volcanism and tectonic history of the Suwa-Yatsugatake Volcanic Province, Central Japn, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 203, pp.158-167.

■ Nishio, Y., Okamura, K., Tanimizu, M., Ishikawa, T. and Sano, Y. (2010): Lithium and strontium isotopic systematics of waters around Ontake volcano, Japan: implications for deep-seated fluids and earthquake swarms, Earth and Planetary Science Letters, 297, pp.567-576.

■ 及川輝樹(2003):飛騨山脈の隆起と火成活動の時空的関連, 第四紀研究, 42, pp.141ー156.

■ 及川輝樹・奥野 充・中村俊夫(2002):北アルプス南部, 焼岳火山の最近約3000年間の噴火史, 地質学雑誌, 108, 2, pp.88-102.

■ 及川輝樹・原山 智・梅田浩司(2003):飛騨山脈中央部, 上廊下～雲ノ平周辺の第四紀火山岩類のK-Ar年代, 火山, 48, pp.337-344.

■ 奥野 充・中村俊夫・守屋以智雄・早川由紀夫(1994):乗鞍岳火山, 位ヶ原テフラ層直下の炭化木片の加速器14C年代, 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 10, pp.71-77.

■ Okuno, M., Shiihara, M., Torii, M., Nakamura, T., Kim, K. H., Domitsu, H., Moriwaki, H and Oda, M.(2010):AMS Radiocarbon Dating of Holocene Tephra Layers on Ulleung Island, South Korea, Radiocarbon, Vol. 52, Issue 3 20th Int. Radiocarbon Conference Proceedings, pp.1465-1470.

■ 佐伯和人(2016): 55Tephraの作製と配布, 日本火山学会2016年秋季大会, P70.

■ Sakai, J.(1981):Late Pleistocene Climatic Changes in Central Japan, 信州大学理学部紀要 16(1), pp.1-64.

■ 酒井潤一・下野正博(1972):松本盆地南部と伊那谷における小坂田ローム層の浮石層, 信州大学理学部紀要, 7, pp.123-143.

■ 酒寄淳史・東野外志男・梅田浩司・棚瀬充史・林 信太郎(1999):古白山火山の溶岩のK-Ar年代, 石川県白山自然保護センター研究報告, 26, pp.7-11.

■ 酒寄淳史・中塚妙子・東野外志男(2003):新白山火山南竜火山灰中のスコリアを含む火山灰層の岩石学的特徴, 石川県白山自然保護センター研究報告 第30集, pp.1-6.

参考文献

■ 酒寄淳史・奥野 充・田島靖久・守屋以智雄(2018):白山火山における1.9 ～2.4 cal kBPのマグマ噴火 ― 岐阜県大倉山周辺にみられるテフラ層からの知見 ―, 石川県白山自然保護センター研究報告, 第44集, pp.1-10.

■ 産業技術総合研究所(2011):邑知潟断層帯の活動性および活動履歴調査,「活断層の追加・補完調査」成果報告書, No.H22-2, pp.1-19.

■ 沢田順弘・中村唯史・楳田禎久・Sun Yoon・徳岡隆夫(1997):島根県大田市の掘削コアから発見された鬱陵島の完新世初期火山活動由来の漂着軽石. 第四紀研究, 36巻, pp.1-16.

■ 椎原美紀・堂満華子・鳥井真之・長橋良隆・奥野 充(2013):日本海とその周辺に分布する鬱陵島起源の完新世テフラ, 第四紀研究, 52, 5, pp. 225-236.

■ Shiihara, M., Torii, M., Okuno, M., Domitsu, H., Nakamura, T., Kim, K.H., Moriwaki, H. and Oda,M. (2011) :Revised stratigraphy of the Holocene tephras on Ulleung Island, South Korea, and possible correlatives for the U-Oki tephra. Quaternary International, 246, 222-232.

■ 清水 智, 山崎正男, 板谷徹丸(1988):両白-飛騨地域に分布する鮮新-更新世火山岩のK-Ar年代, 岡山理科大学蒜山研究所研究報告, 14, pp.1-36.

■ 篠原宏志・斎藤元治・松島喜雄・川辺禎久・風早康平・浦井 稔・西 祐司・斎藤英二・濱崎聡志・東宮昭彦・森川徳敏・駒澤正夫・安原正也・宮城磯治(2008):火山研究解説集, 薩摩硫黄島. 産業技術総合研究所地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/satsumaioujima/vr/index.html.

■ Simuté, S., Steptoe, H., Cobden, L. J., Gokhberg, A., Fichtner, A. (2016) :Full-waveform inversion of the Japanese Islands region. Journal of Geophysical Research: Solid Earth. 121, pp.3722-3741.

■ Smith, V. C., Mark, D.F, Staff, R. A., Blockley, P. E., Ramsey, C. B., Bryant, C. L., Nakagawa, T., Han, K. K., Weh, A., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members(2011) : Toward establishing precise 40Ar/39Ar chronologies for Late Pleistocene palaeoclimate archives: an example from the Lake Suigetsu (Japan) sedimentary record, Quaternary Science Reviews, 30, pp.2845-2850.

■ 須藤 茂(2004)降下火山灰災害-新聞報道資料から得られる情報, 地質ニュース604号, pp.41-65.

■ 須藤 茂・猪股隆行・佐々木 寿・向山 栄(2007):わが国の降下火山灰データベース作成, 地域地質研究報告, 58, 9/10, pp.261-321.

■ 杉戸信彦・水野清秀・堤 浩之・吾妻 崇・下川浩一・吉岡敏和(2004):邑知潟断層帯・石動山断層の活動履歴調査(その1／水白地区). 活断層・古地震研究報告, 産業技術総合研究所活断層研究センター, No.4, pp.85-101.

■ スミソニアン自然史博物館 Global Volcanism Program: https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=306030 (最終閲覧日:2024年2月8日).

■ 鈴木毅彦(2001):海洋酸素同位体ステージ5-6境界に降下した飯縄上樽テフラ群とその編年学的意義, 第四紀研究, 40, 1, pp.29－41.

■ 鈴木建夫・勝井義雄・中村忠寿(1973):樽前降下軽石堆積物Ta-b層の粒度組成,火山第2集,18,pp.47－63.

■ 田島靖久・井上公夫・守屋以智雄・長井大輔(2005):白山火山の最近1万年間の噴火活動史, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, G017-P002.

■ 高橋浩晃・宮村淳一(2009):日本列島における深部低周波地震の発生状況, 北海道大学地球物理学研究報告, 72, pp.177-190.

■ 高橋正樹・小林哲夫(2000):白山火山 過去の噴火を記録する湿原と火口群をめぐる, フィールドガイド 日本の火山-6 中部・近畿・中国の火山, 築地書館, pp.65-82.

■ 宝田晋治・西原 歩・星住英夫・山崎 雅・金田泰明・下司信夫(2022):姶良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 大規模火砕流分布図, no.1.

■ 高柳一男・守屋以智雄(1991):Ⅵ白山火山の火山灰層, 白山火山噴火活動調査報告書, 石川県白山自然保護センター, pp.75-92.

■ 竹本弘幸・百瀬 貢・平林 潔・小林武彦(1987):新期御岳テフラ層の層序と時代－中部日本における編年上の意義－, 第四紀研究, 25, pp.337-352.

■ 竹内圭史・加藤碩一・柳沢幸夫・広島俊男(1994):20万分の1地質図幅「高田」, 地質調査所.

■ 為栗 健, 八木原 寛, 筒井智樹, 井口正人(2022):高分解能な3次元地震波速度構造解析による姶良カルデラ下のイメージング, 火山, 67(1), pp.69-76.

■ Tamura, I.,Yamazaki, H., Mizuno, K. (2008) :Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene maker tephras in central Japan, Quaternary International,,178, pp.85-99.

■ 田中康博・田村芳彦(2001):両白山地 , 経ヶ岳火山の岩石学, 日本地質学会講演要旨, P201.

■ 棚瀬充史・及川輝樹・二ノ宮 淳・林 信太郎・梅田浩司(2007):K-Ar年代測定に基づく両白山地の鮮新－更新世火山活動の時空分布, 火山, 52, pp.39－61.

■ 寺平 宏(2000):伊那谷のテフラ ―露頭記録を中心に―, 伊那谷自然史論集1, pp.1-9.

■ 寺平 宏(2002):伊那谷のテフラⅡ ―露頭記録を中心に―, 伊那谷自然史論集3, pp.5-17.

■ 寺平 宏(2006):伊那谷のテフラⅢ ―露頭記録を中心に―, 伊那谷自然史論集7, pp.17-24.

参考文献

■ The Department of Atmospheric Science, The University of Wyoming: “Atmospheric Soundings“, The University of Wyoming, http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html（ダウンロード日：2021年1月7日）.

■ 東宮昭彦（1997）：実験岩石学的手法で求めるマグマ溜まりの深さ，月刊地球，19，pp.720-724.

■ 土志田 潔（2011）：火山の基礎知識（第2回）降下火山灰の影響，電力土木，352，pp.121-124.

■ 津久井雅志（1984）：大山火山の地質．地質雑誌，90，pp.643-658.

■ 津久井雅志・西戸裕嗣・長尾敬介（1985）：蒜山火山群・大山火山のK-Ar年代，地質学雑誌，91，pp.279-288.

■ 宇井忠英 編（1997）：火山噴火と災害，東京大学出版会，219p.

■ Umeda, K., A. Ninomiya, and T. Negi (2009): Heat source for an amagmatic hydrothermal system, Noto Peninsula, Central Japan, Journal of Geophysical Research, vol.114, B01202.

■ Umeda, K., Ban, M., Hayashi, S. and Kusano, T. (2013): Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary, Northeast Japan arc, Journal of Earth System Science., 122, pp.137-147.

■ 梅田浩司・林 信太郎・伴 雅雄・佐々木 実・大場 司・赤石和幸（1999）：東北日本，火山フロント付近の2.0Ma 以降の火山活動とテクトニクスの推移，火山，44，pp.233-249.

■ 渡辺満久・中村優太・鈴木康弘（2015）：能登半島南西岸変動地形と地震性隆起，地理学評論，88，pp.235-250.

■ 山田直利・小林武彦（1988）：御嶽山地域の地質，地域地質研究報告，5万分の1地質図幅，地質調査所，136p.

■ 山元孝広（2015）：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，産業技術総合研究所地質調査総合センター.

■ Yamamoto, T., Hoang, N. (2019): Geochemical variations of the Quaternary Daisen adakites, Southwest Japan, controlled by magma production rate, LITHOS, 350-351, Article 105214.

■ Yamasaki, M., Nakanishi, N. and Miyata, K.(1966): History of Tateyama Volcano., The science reports of the Kanazawa University., 11, pp.73-92.

■ 柳沢幸夫・金子隆之・赤羽貞幸・粟田泰夫・釜井俊孝・土谷信之（2001）：飯山地域の地質，地域地質研究報告，5万分の1地質図幅，地質調査所，144p.

■ 米倉伸之・貝塚爽平・野上道男・鎮西清高 編（2001）：総説，日本の地形1，東京大学出版会，349p.

■ 吉川周作・井内美郎（1991）：琵琶湖高島沖ボーリングコアの火山灰層序．地球科学，45，pp.81-100.

■ Zhao, D., Liu, X. Hua, Y. (2018) :Tottori earthquakes and Daisen volcano: Effects of fluids, slab melting and hot mantle upwelling. Earth and Planetary Science Letters., 485, pp.121-129.

■ Zhao, D., Wei, W., Nishizono, Y., Inakura, H. (2011): Low-frequency earthquakes and tomography in western Japan: Insight into fluid and magmatic activity, Journal of Asian Earth Sciences, 42, pp.1381-1393.