

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火山影響評価について

平成29年6月

東京電力ホールディングス株式会社

TEPCO

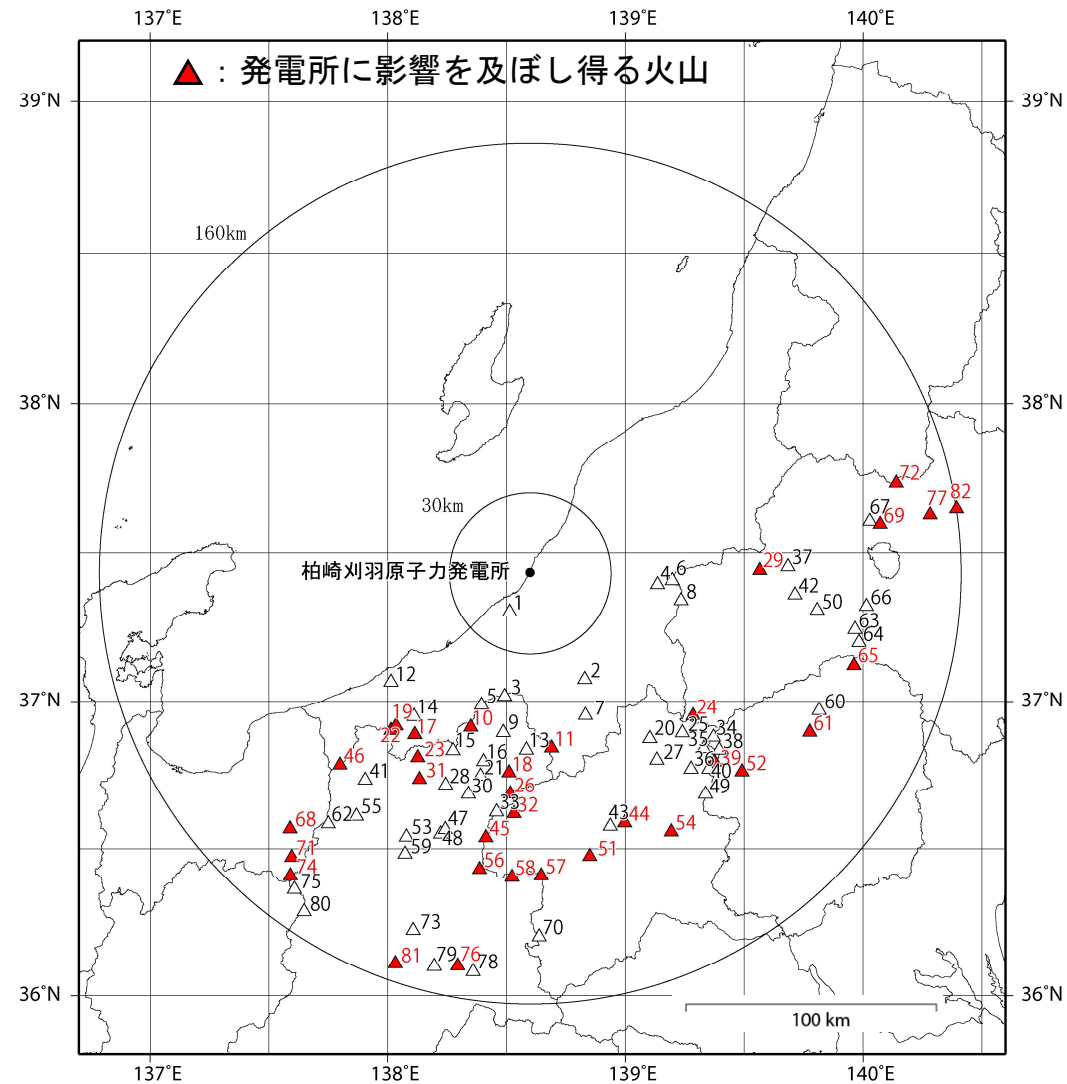
概要（柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出）

- 地理的領域内（柏崎刈羽原子力発電所（以下「発電所」という。）から半径160kmの範囲）における第四紀火山を文献調査から82火山を抽出し，その中から発電所に影響を及ぼし得る火山として33火山（完新世に活動を行った火山として16火山，完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山として17火山）を評価した。

発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) |
|----|----------|--------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

■ は、完新世に活動を行った火山



発電所に影響を及ぼし得る火山

概要（設計対応不可能な火山事象の影響可能性）

- 発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）について、設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれほか、新しい火口の開口及び地殻変動）が運用期間中に影響を及ぼす可能性について、噴出物分布、深部低周波地震、地温勾配、地殻熱流量及び火山までの距離に着目して検討した。
- その結果、設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれほか、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に低いと評価した。
- また、既往最大の噴火を考慮しても発電所に影響を及ぼさないと判断できることから、火山活動のモニタリングは不要と判断した。

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
（原子力発電所の火山影響評価ガイド，一部加筆）

| 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、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. 火山性土石流、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：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新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。

概要（降下火砕物の影響可能性）

（降下火砕物堆積量）

- 文献を用いた評価（等層厚線図を用いた評価，堆積速度からの試算，堆積量からの試算），既往解析結果の知見及び解析コードによるシミュレーションから，敷地で確認された程度の降下火砕物が堆積するという結果は得られず，その最大値は約23.1cmという結果となった。
- 給源不明なテフラについては，噴出時期が前期更新世と古く，分布層厚は敷地周辺で大きくばらつきがあるものの，敷地内で最大層厚35cmを確認した。
- 以上のことから，発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は，堆積量評価結果の最大値である約23.1cmに対し，敷地内で確認されている給源不明なテフラの最大層厚を踏まえ，保守的に35cmと設定する。

堆積量の評価結果一覧

| | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢 | 赤城山 |
|--------------------------------|---------|-------|--------|-------|--------|--------|
| （1-0）文献を用いた評価 （等層厚線図を用いた評価） | — | 影響なし | 影響なし | 影響なし | 影響なし | 影響なし |
| （1-1）文献を用いた評価 （堆積速度からの試算） | 約23.1cm | — | — | — | — | — |
| （1-2）文献を用いた評価 （堆積量からの試算） | 約23cm | — | — | — | — | — |
| （2）既往解析結果の知見 | 約15cm | — | — | — | — | — |
| （3）解析コードによるシミュレーション | 7.2cm | 8.8cm | 18.1cm | 8.3cm | 16.1cm | 22.0cm |

（降下火砕物粒径・密度）

- 降下火砕物の粒径は，評価対象火山の噴火規模と同等の噴火実績を持つ富士山及び樽前火山について，火口からの距離と粒径分布が記載された文献（宮地(1984)，鈴木ほか(1973)）から評価し，8.0mm以下と設定する。
- 降下火砕物の湿潤密度は，アメリカ地質調査所（USGS）の文献及び東京大学出版会の文献（宇井[編]（1997））を踏まえ， $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ と設定する。

概要（降下火砕物以外の火山事象の影響可能性）

- 発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）を対象に、降下火砕物以外の火山事象（火山性土石流等、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス及びその他の火山事象）の影響可能性を検討した。
- その結果、降下火砕物以外の火山事象のうち影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

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 （原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆）

| 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、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. 火山性土石流、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 | 継続的微小動、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：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。

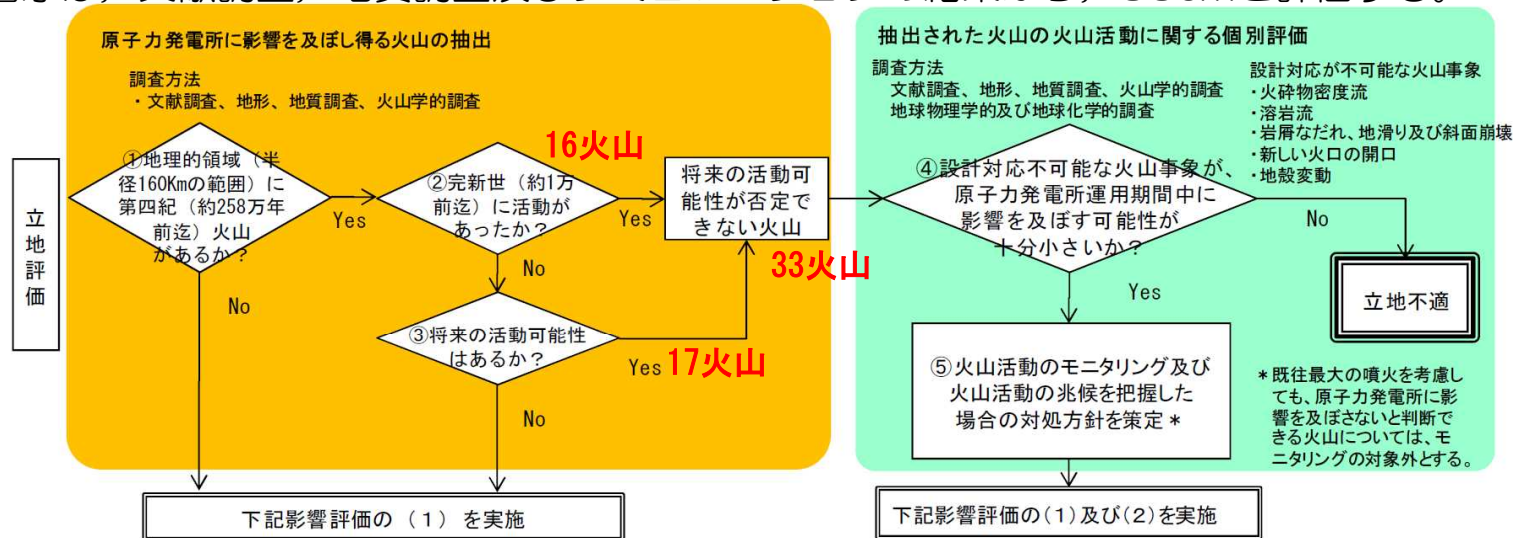
注 4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

目次

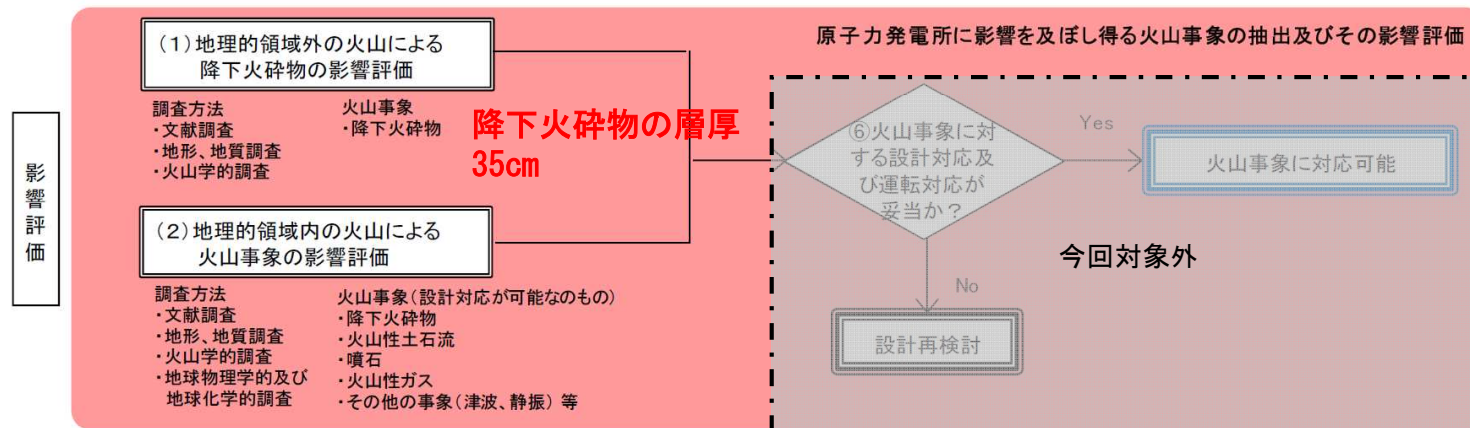
| | | |
|--|-----|----|
| 1. 火山影響評価の概要 | ・・・ | 6 |
| 2. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 | ・・・ | 7 |
| 2. 1 地理的領域内の第四紀火山 | ・・・ | 8 |
| 2. 2 完新世に活動を行った火山 | ・・・ | 10 |
| 2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山 | ・・・ | 11 |
| 2. 4 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果 | ・・・ | 14 |
| 3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価 | ・・・ | 16 |
| 3. 1 設計対応不可能な火山事象と発電所の位置関係 | ・・・ | 17 |
| 3. 2 火砕物密度流の影響可能性 | ・・・ | 19 |
| 3. 3 新しい火口の開口の影響可能性 | ・・・ | 20 |
| 3. 4 設計対応不可能な火山事象の影響可能性のまとめ | ・・・ | 23 |
| 4. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価 | ・・・ | 25 |
| 4. 1 降下火砕物の影響可能性 | ・・・ | 26 |
| 4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価） | ・・・ | 42 |
| 4. 1. 2 降下火砕物の影響可能性（粒径・密度） | ・・・ | 86 |
| 4. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性 | ・・・ | 88 |
| 4. 2. 1 火山性土石流，火山泥流及び洪水の影響可能性 | ・・・ | 89 |
| 4. 2. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性のまとめ | ・・・ | 91 |
| 5. まとめ | ・・・ | 93 |

1. 火山影響評価の概要

- 「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、柏崎刈羽原子力発電所の火山影響評価を実施した。
- 発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出して、33火山を抽出した。
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価を実施した結果、設計対応不可能な事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。
- 発電所に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物以外に影響評価すべき火山事象はない。考慮すべき降下火砕物の層厚は、文献調査、地質調査及びシミュレーションの結果から、35cmと評価する。



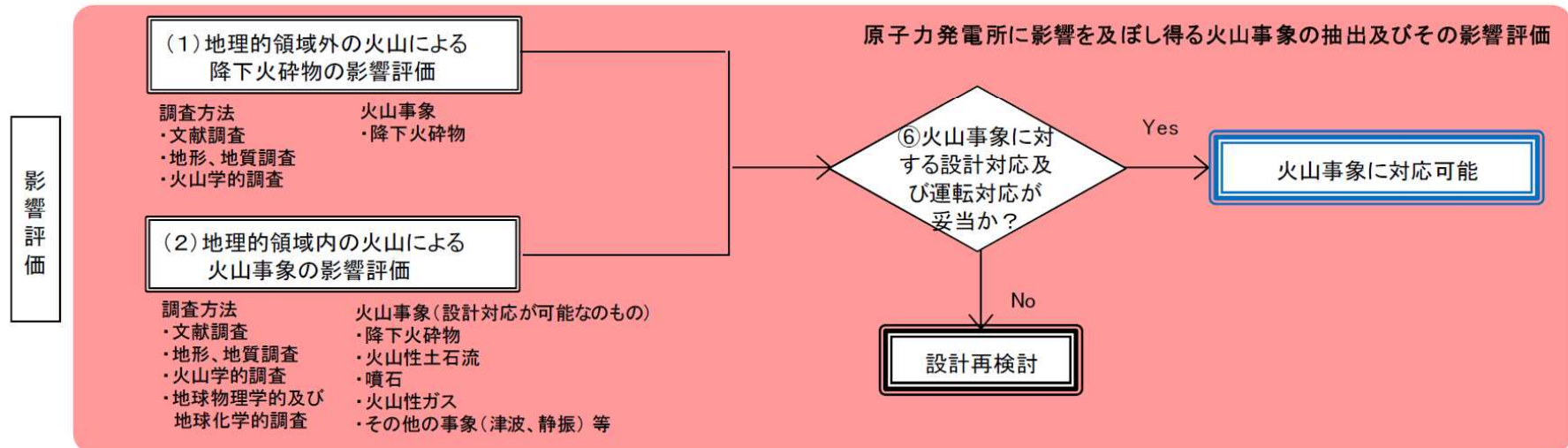
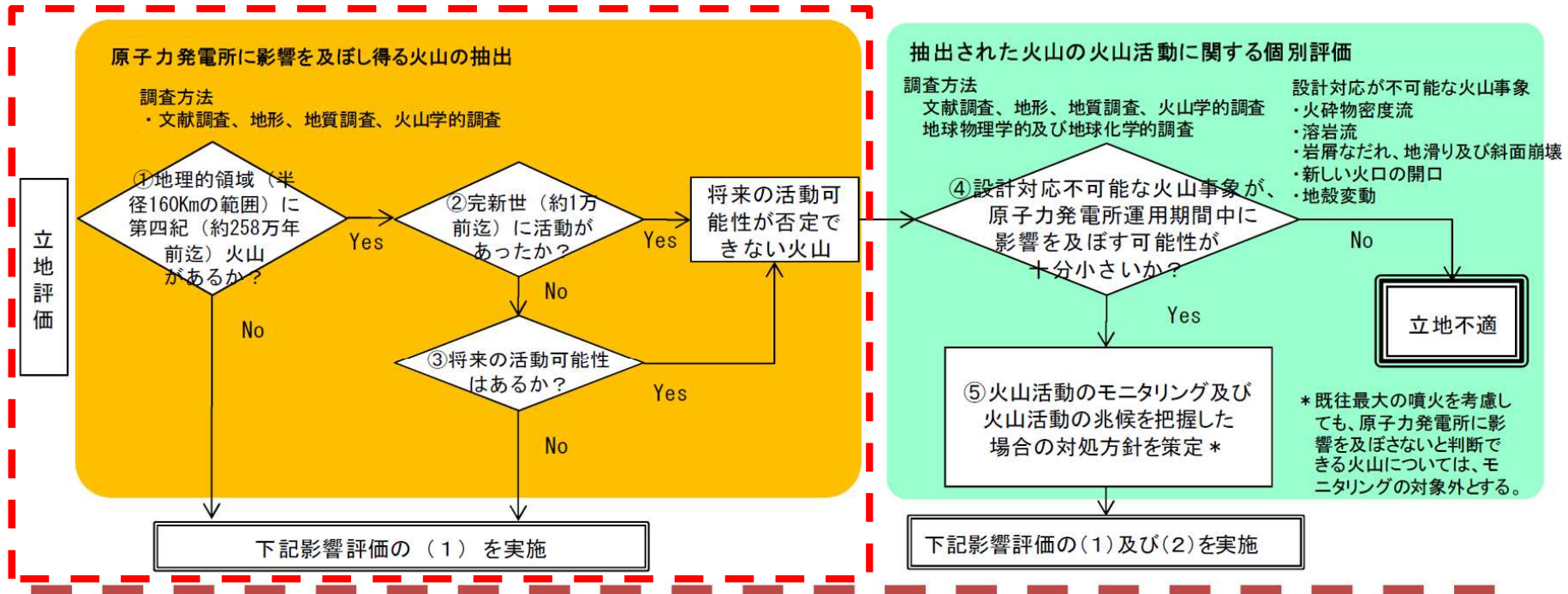
設計対応不可能な事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。



火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド，一部加筆）

2. 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（発電所から半径160kmの範囲）において、発電所に影響を及ぼし得る火山を抽出した。



火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド，一部加筆）

2. 1 地理的領域内の第四紀火山

地理的領域内（発電所から半径160kmの範囲）における第四紀火山を文献調査から82火山抽出した。

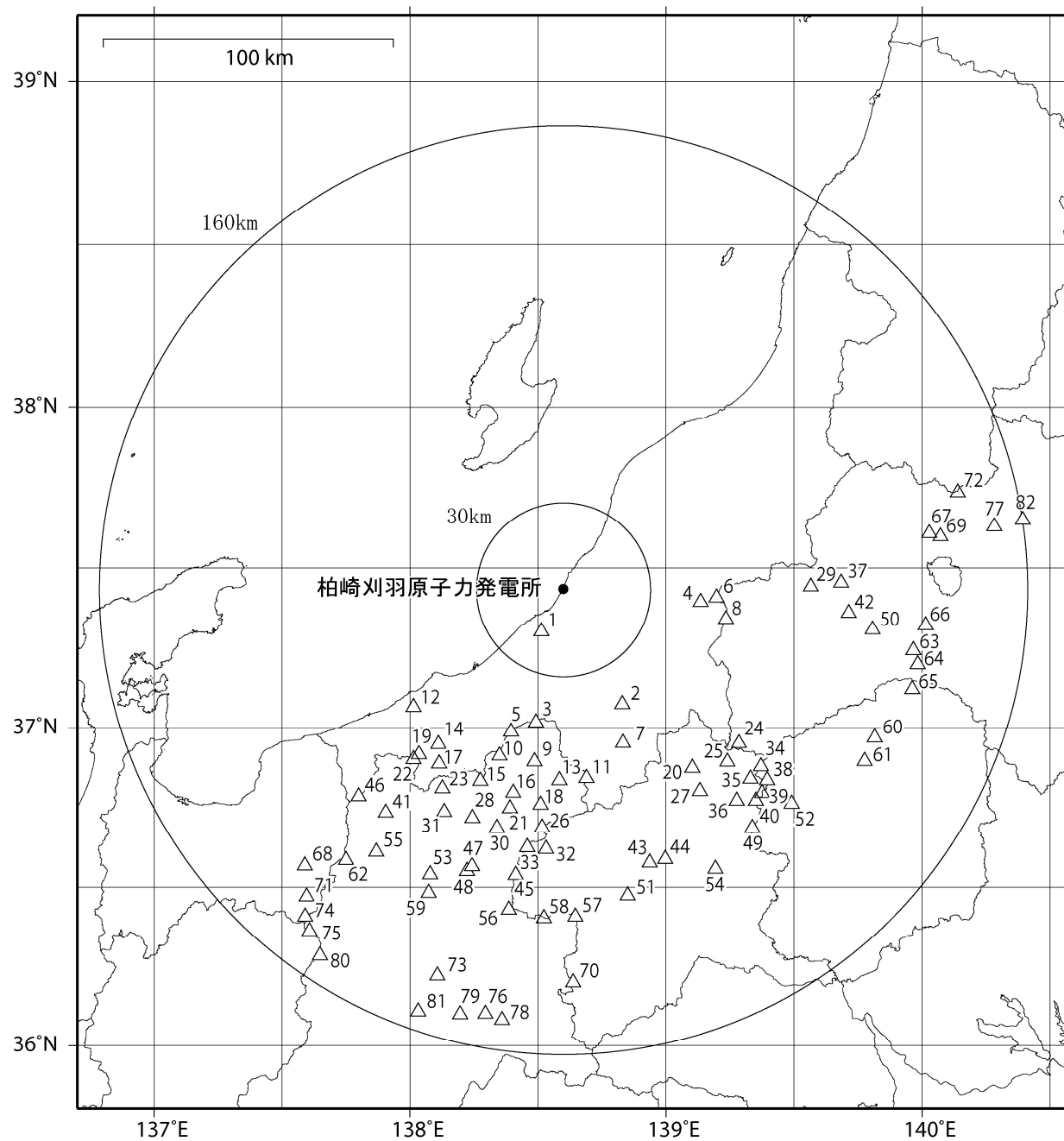
| 番号 | 火山名※1 | 距離※2 (km) |
|----|------------------------|--------------|
| 1 | 米山 (ヨネヤマ) | 16 |
| 2 | 榊形山 (マサガタヤマ) | 44 |
| 3 | 関田 (セキタ) | 47 |
| 4 | 守門岳 (スモンダケ) | 48 |
| 5 | 茶屋池 (チャヤイケ) | 52 |
| 6 | 八十里越 (ハチジュウリゴエ) | 53 |
| 7 | 飯士山 (イイジサン) | 57 |
| 8 | 浅草岳 (アサクサダケ) | 57 |
| 9 | 毛無山 (ケナシヤマ) | 60 |
| 10 | 黒岩山 (クロイワヤマ) | 62 |
| 11 | 苗場山 (ナエバサン) | 66 |
| 12 | 新潟江星山 (ニイガタエボシヤマ) | 66 |
| 13 | 鳥甲山 (トリカブトヤマ) | 66 |
| 14 | 容雅山 (ヨウガサン) | 69 |
| 15 | 斑尾山 (マダラオヤマ) | 72 |
| 16 | 高社山 (タカヤシロヤマ) | 73 |
| 17 | 妙高山 (ミョウコウサン) | 74 |
| 18 | 志賀高原 (シガコウゲン) 火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 (ニイガタヤケヤマ) | 76 |
| 20 | 奈良俣 (ナラマタ) カルデラ | 76 |
| 21 | 箱山 (ハコヤマ) | 78 |
| 22 | 新潟金山 (ニイガタカナヤマ) | 78 |
| 23 | 黒姫山 (クロヒメヤマ) | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 (ヒウチガタケ) | 81 |
| 25 | アヤメ平 (ダイラ) | 82 |
| 26 | 志賀 (シガ) | 83 |
| 27 | 上州武尊山 (ジョウシュウホタカヤマ) | 84 |

| 番号 | 火山名※1 | 距離※2 (km) |
|----|-------------------------|--------------|
| 28 | 髻山 (モトドリヤマ) | 85 |
| 29 | 沼沢 (ヌマザウ) | 86 |
| 30 | 雁田山 (カリタサン) | 86 |
| 31 | 飯縄山 (イイツナヤマ) | 87 |
| 32 | 草津白根山 (クサツシラネサン) | 90 |
| 33 | 御飯岳 (オメシダケ) | 90 |
| 34 | 鬼怒沼 (キヌヌマ) | 92 |
| 35 | 四郎岳 (シロウダケ) | 92 |
| 36 | 沼上山 (ヌmanoカミヤマ) | 95 |
| 37 | 砂子原 (スナゴハラ) カルデラ | 96 |
| 38 | 根名草山 (ネナクサヤマ) | 97 |
| 39 | 日光白根山 (ニッコウシラネサン) | 99 |
| 40 | 錫ヶ岳 (スズガタケ) | 99 |
| 41 | 岩戸山 (イウトヤマ) | 99 |
| 42 | 博士山 (ハヤセヤマ) | 99 |
| 43 | 小野子山 (オノコヤマ) | 99 |
| 44 | 子持山 (コモチヤマ) | 100 |
| 45 | 四阿山 (アズマヤサン) | 100 |
| 46 | 白馬大池 (シロウマオオイケ) | 101 |
| 47 | 奇妙山 (キミョウサン) | 101 |
| 48 | 皆神山 (ミナカミヤマ) | 103 |
| 49 | 皇海山 (スカイサン) | 105 |
| 50 | 桧和田 (ヒワダ) カルデラ | 108 |
| 51 | 榛名山 (ハルナサン) | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 (ナンタイ・ニョホウ) | 108 |
| 53 | 篠山 (シノヤマ) | 109 |
| 54 | 赤城山 (アカギサン) | 110 |

| 番号 | 火山名※1 | 距離※2 (km) |
|----|------------------------|--------------|
| 55 | 太郎山 (タロウヤマ) | 112 |
| 56 | 烏帽子 (エボシ) 火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 (ハナマガリヤマ) | 113 |
| 58 | 浅間山 (アサマヤマ) | 114 |
| 59 | 三峰山 (ミツミネヤマ) | 115 |
| 60 | 塩原 (シオバラ) カルデラ | 119 |
| 61 | 高原山 (タカハラヤマ) | 120 |
| 62 | 爺ヶ岳 (ジイガタケ) | 120 |
| 63 | 二岐山 (フタマタヤマ) | 123 |
| 64 | 塔 (トウ) のへつりカルデラ群 | 125 |
| 65 | 那須岳 (ナスダケ) | 126 |
| 66 | 会津布引山 (アイヅヌノビキヤマ) | 126 |
| 67 | 猫魔ヶ岳 (ネコマガダケ) | 128 |
| 68 | 立山 (タテヤマ) | 131 |
| 69 | 磐梯山 (バンドアイサン) | 131 |
| 70 | 荒船山 (アラフネヤマ) | 136 |
| 71 | 上廊下 (カミノロウカ) | 139 |
| 72 | 吾妻山 (アヅマヤマ) | 140 |
| 73 | 美ヶ原 (ウツクシガハラ) | 141 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 (ワシバ・クモノタイラ) | 145 |
| 75 | 縦沢岳 (モミサワダケ) | 148 |
| 76 | 北八ヶ岳 (キタヤツガタケ) | 150 |
| 77 | 安達太良山 (アダタラヤマ) | 150 |
| 78 | 八柱 (ヤバシラ) 火山群 | 151 |
| 79 | 霧ヶ峰 (キリガミネ) | 152 |
| 80 | 穂高岳 (ホタカダケ) | 153 |
| 81 | 環諏訪湖 (カンスワコ) | 155 |
| 82 | 笹森山 (ササモリヤマ) | 160 |

※1: 「日本の火山 (第3版)」 (中野ほか, (2013)) による ※2: 敷地から各火山までの距離

2. 1 地理的領域内の第四紀火山



地理的領域内の第四紀火山

2. 2 完新世に活動を行った火山

- 地理的領域内（発電所から半径160kmの範囲）における第四紀火山（82火山）について、「日本活火山総覧（第4版）」（気象庁,2013）を参照して、完新世に活動を行った火山を抽出した。
- その結果、妙高山、新潟焼山、燧ヶ岳、沼沢、草津白根山、日光白根山、榛名山、赤城山、浅間山、高原山、那須岳、立山、磐梯山、吾妻山、北八ヶ岳及び安達太良山の16火山を将来の活動可能性のある火山として評価した。

完新世に活動を行った火山

| 番号 | 火山名※ ¹ | 距離※ ² (km) | 活動年代※ ¹ | 活火山※ ³ |
|----|-------------------|-----------------------|--|-------------------|
| 17 | 妙高山 | 74 | From 0.3 Ma. Latest eruption: between 1,600 and 1,300 yBP | ○ |
| 19 | 新潟焼山 | 76 | From 3,000 yBP. Latest eruption: AD 1998 | ○ |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 | From 0.16 Ma. Latest eruption: AD 1544 | ○ |
| 29 | 沼沢 | 86 | From 0.11 Ma. Latest eruption: 5,400 yBP | ○ |
| 32 | 草津白根山 | 90 | From 0.6 Ma. Latest eruption: AD 1983 | ○ |
| 39 | 日光白根山 | 99 | From 20,000 yBP. Latest eruption: AD 1890 | ○ |
| 51 | 榛名山 | 108 | From 0.5 Ma. Latest eruption: between AD 560 and 620 | ○ |
| 54 | 赤城山 | 110 | From 0.3 Ma or earlier. Latest eruption: AD 1251 | ○ |
| 58 | 浅間山 | 114 | From 0.13 Ma. Latest eruption: AD 2009 | ○ |
| 61 | 高原山 | 120 | From 0.3 Ma. Fumarolic activity. Latest eruption: 6,500 yBP | ○ |
| 65 | 那須岳 | 126 | From 0.5 Ma. Latest eruption: AD 1963 | ○ |
| 68 | 立山 | 131 | From 0.22 Ma. Latest eruption: AD 1836 | ○ 「阿弥陀ヶ原」 |
| 69 | 磐梯山 | 131 | From 0.7 Ma. Latest eruption: AD 1888 | ○ |
| 72 | 吾妻山 | 140 | From 1.3 Ma. Latest eruption: AD 1977 | ○ |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 | From 0.5 Ma. Latest eruption: 900-700 yBP (Yoko Dake) | ○ 「横岳」 |
| 77 | 安達太良山 | 150 | From 0.55 Ma. Latest eruption: AD 1900 | ○ |

※1: 「日本の火山（第3版）」（中野ほか, (2013)）による, ※2: 敷地から各火山までの距離, ※3: 「日本活火山総覧（第4版）」（気象庁, (2013)）による

2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山

- 地理的領域内（発電所から半径160kmの範囲）における第四紀火山（82火山）のうち、完新世に活動を行っていない火山（66火山）について、将来の火山活動可能性が否定できない火山を抽出した。
- 抽出に当たっては、「日本の火山（第3版）」（中野ほか，2013）による活動年代等を参考とした。
- その結果，黒岩山，苗場山，志賀高原火山群，新潟金山，黒姫山，志賀，飯縄山，子持山，四阿山，白馬大池，男体・女峰火山群，烏帽子火山群，鼻曲山，上廊下，鷲羽・雲ノ平，環諏訪湖及び笹森山の17火山を，完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山として評価した。

完新世に活動を行っていない火山

| 番号 | 火山名※1 | 距離※2 (km) | 活動期間※3 | | | | 将来の火山活動可能性が否定できない火山※4 |
|----|---------|-----------|--------|-------|------|----|-----------------------|
| | | | 100万年前 | 10万年前 | 1万年前 | 現在 | |
| 1 | 米山 | 16 | ■ | | | | |
| 2 | 榊形山 | 44 | | ● | | | |
| 3 | 関田 | 47 | ■ | | | | |
| 4 | 守門岳 | 48 | ■ | | | | |
| 5 | 茶屋池 | 52 | | ◆ | | | |
| 6 | 八十里越 | 53 | ◆ | | | | |
| 7 | 飯士山 | 57 | | | ■ | | |
| 8 | 浅草岳 | 57 | ■ | | | | |
| 9 | 毛無山 | 60 | ■ | | | | |
| 10 | 黒岩山 | 62 | ■ | ■ | | | ○ |
| 11 | 苗場山 | 66 | | ■ | | | ○ |
| 12 | 新潟江星山 | 66 | | ◆ | | | |
| 13 | 烏甲山 | 66 | | ■ | | | |
| 14 | 容雅山 | 69 | | | ◆ | | |
| 15 | 斑尾山 | 72 | | ■ | | | |
| 16 | 高社山 | 73 | | | ■ | | |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 | ■ | ■ | | | ○ |

■ 文献※3による活動期間を示す。 ● 文献※3において活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山の活動年代を示す。
◆ 文献※3において活動期間を評価できない火山の活動年代を示す。

※1:「日本の火山（第3版）」（中野ほか，2013）による，※2:敷地から各火山までの距離，※3:「日本の火山（第3版）」（中野ほか，2013），「第四紀噴火・貫入活動データベースVer.1.00」（西来ほか，2014）及び「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」（山元，2014）等による，※4: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及び活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山は，将来の活動可能性がないと判断した。また，活動期間を評価できない火山については，地球物理学的及び地球化学的調査の結果から，将来の活動可能性を判断した。

2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山

完新世に活動を行っていない火山

| 番号 | 火山名※1 | 距離※2 (km) | 活動期間※3 | | | | 将来の火山活動可能性が 否定できない火山※4 |
|----|---------|-----------|--------|-------|------|----|---------------------------|
| | | | 100万年前 | 10万年前 | 1万年前 | 現在 | |
| 20 | 奈良俣カルデラ | 76 | ◆ | | | | |
| 21 | 箱山 | 78 | ◆ | | | | |
| 22 | 新潟金山 | 78 | | ■ | | | ○ |
| 23 | 黒姫山 | 81 | | ■ | | | ○ |
| 25 | アヤメ平 | 82 | ◆ | | | | |
| 26 | 志賀 | 83 | | ■ | | | ○ |
| 27 | 上州武尊山 | 84 | ■ | | | | |
| 28 | 髻山 | 85 | | ● | | | |
| 30 | 雁田山 | 86 | ■ | | | | |
| 31 | 飯縄山 | 87 | | ■ | | | ○ |
| 33 | 御飯岳 | 90 | ◆ | | | | |
| 34 | 鬼怒沼 | 92 | | ● | | | |
| 35 | 四郎岳 | 92 | ◆ | | | | |
| 36 | 沼上山 | 95 | ◆ | | | | |
| 37 | 砂子原カルデラ | 96 | | ■ | | | |
| 38 | 根名草山 | 97 | | ● | | | |
| 40 | 錫ヶ岳 | 99 | ■ | | | | |
| 41 | 岩戸山 | 99 | ◆ | | | | |
| 42 | 博士山 | 99 | ■ | | | | |
| 43 | 小野子山 | 99 | ■ | | | | |
| 44 | 子持山 | 100 | | ■ | | | ○ |
| 45 | 四阿山 | 100 | | ■ | | | ○ |
| 46 | 白馬大池 | 101 | | ■ | | | ○ |
| 47 | 奇妙山 | 101 | ■ | | | | |

■ 文献※3による活動期間を示す。 ● 文献※3において活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山の活動年代を示す。
◆ 文献※3において活動期間を評価できない火山の活動年代を示す。

※1:「日本の火山(第3版)」(中野ほか, 2013)による, ※2:敷地から各火山までの距離, ※3:「日本の火山(第3版)」(中野ほか, 2013), 「第四紀噴火・貫入活動データベースVer. 1.00」(西来ほか, 2014)及び「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」(山元, 2014)等による, ※4: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及び活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山は, 将来の活動可能性がないと判断した。また, 活動期間を評価できない火山については, 地球物理学的及び地球化学的調査の結果から, 将来の活動可能性を判断した。

2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山

完新世に活動を行っていない火山

| 番号 | 火山名※ ¹ | 距離※ ² (km) | 活動期間※ ³ | | | | 将来の火山活動可能性が 否定できない火山※ ⁴ |
|----|-------------------|-----------------------|--------------------|-------|------|----|---------------------------------------|
| | | | 100万年前 | 10万年前 | 1万年前 | 現在 | |
| 48 | 皆神山 | 103 | | ● | | | |
| 49 | 皇海山 | 105 | ■ | | | | |
| 50 | 桧和田カルデラ | 108 | ■ | | | | |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 | | ■ | ■ | | ○ |
| 53 | 篠山 | 109 | ■ | | | | |
| 55 | 太郎山 | 112 | ◆ | | | | |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 | | ■ | ■ | | ○ |
| 57 | 鼻曲山 | 113 | ■ | | | | ○ |
| 59 | 三峰山 | 115 | ■ | | | | |
| 60 | 塩原カルデラ | 119 | | ■ | | | |
| 62 | 爺ヶ岳 | 120 | ◆ | | | | |
| 63 | 二岐山 | 123 | | ■ | | | |
| 64 | 塔のへつりカルデラ群 | 125 | ■ | | | | |
| 66 | 会津布引山 | 126 | ◆ | | | | |
| 67 | 猫魔ヶ岳 | 128 | ■ | | | | |
| 70 | 荒船山 | 136 | ◆ | | | | |
| 71 | 上廊下 | 139 | | ■ | | | ○ |
| 73 | 美ヶ原 | 141 | ■ | | | | |
| 74 | 鷺羽・雲ノ平 | 145 | | ■ | ■ | | ○ |
| 75 | 縦沢岳 | 148 | | ■ | | | |
| 78 | 八柱火山群 | 151 | ■ | | | | |
| 79 | 霧ヶ峰 | 152 | ■ | | | | |
| 80 | 穂高岳 | 153 | ◆ | | | | |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 | ■ | | | | ○ |
| 82 | 笹森山 | 160 | ■ | | | | ○ |

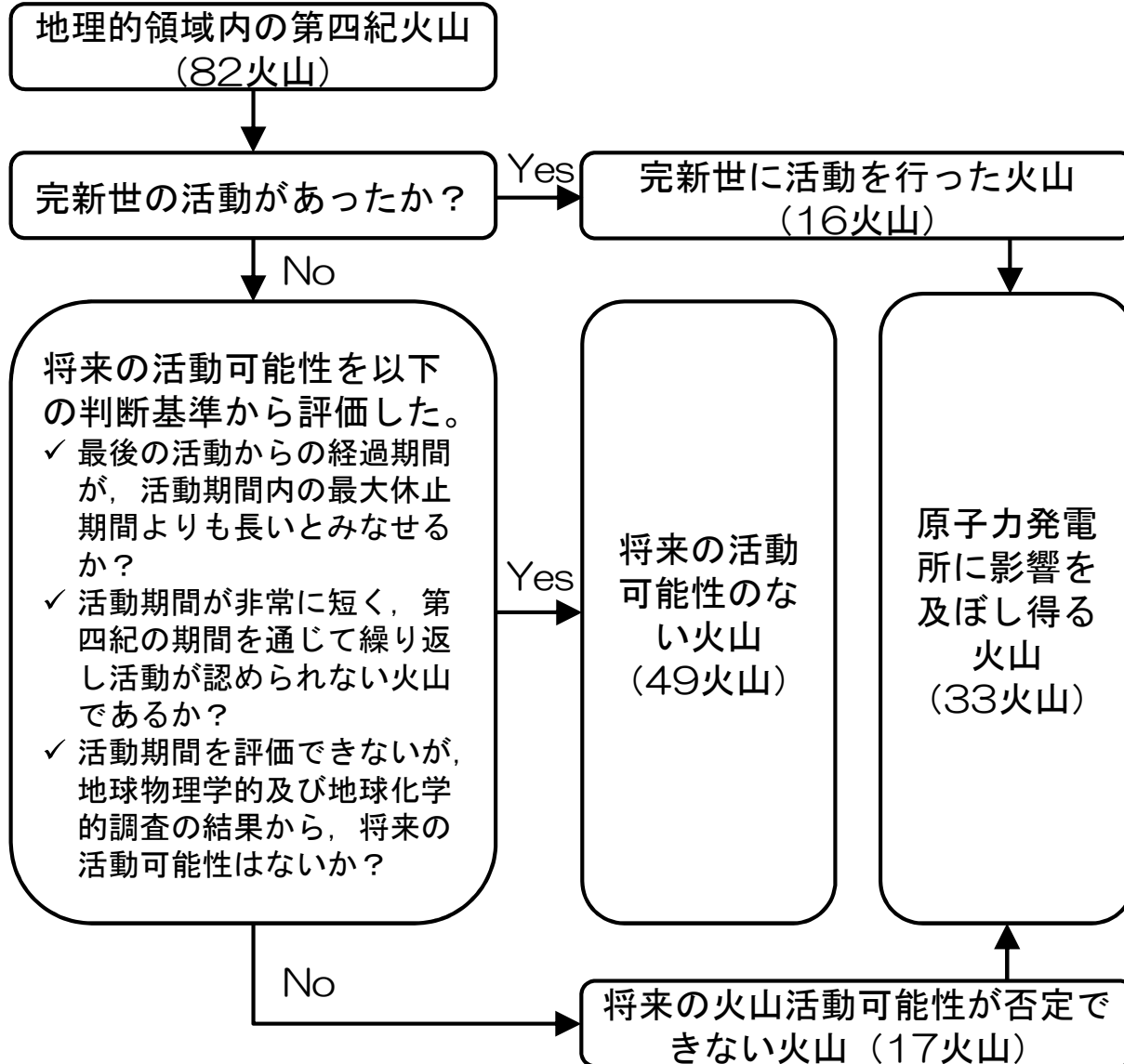
■ 文献※³による活動期間を示す。 ● 文献※³において活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山の活動年代を示す。

◆ 文献※³において活動期間を評価できない火山の活動年代を示す。

※¹: 「日本の火山 (第3版)」 (中野ほか, 2013) による, ※²敷地から各火山までの距離, ※³: 「日本の火山 (第3版)」 (中野ほか, 2013), 「第四紀噴火・貫入活動データベースVer. 1.00」 (西来ほか, 2014) 及び「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」 (山元, 2014) 等による, ※⁴: 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及び活動期間が非常に短く第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山は, 将来の活動可能性がないと判断した。また, 活動期間を評価できない火山については, 地球物理学的及び地球化学的調査の結果から, 将来の活動可能性を判断した。

2. 4 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（発電所から半径160kmの範囲）における第四紀火山を文献調査から82火山を抽出した。
- 完新世に活動を行った火山として、16火山を抽出した。
- 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山として、17火山を抽出した。
- 以上より、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として33火山を評価する。

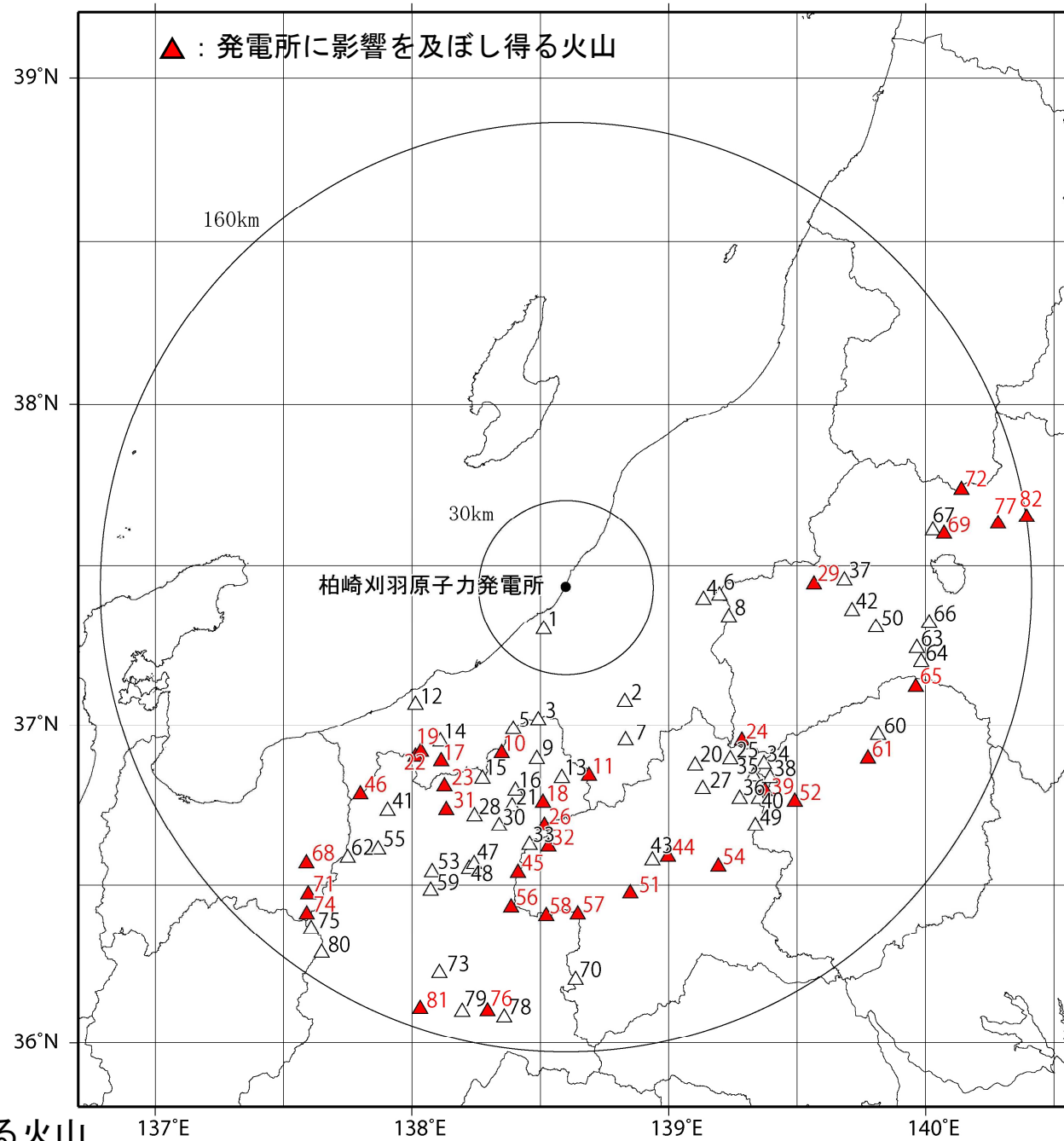


発電所に影響を及ぼし得る火山 (33火山)

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) |
|----|----------|--------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

■ は、完新世に活動を行った火山

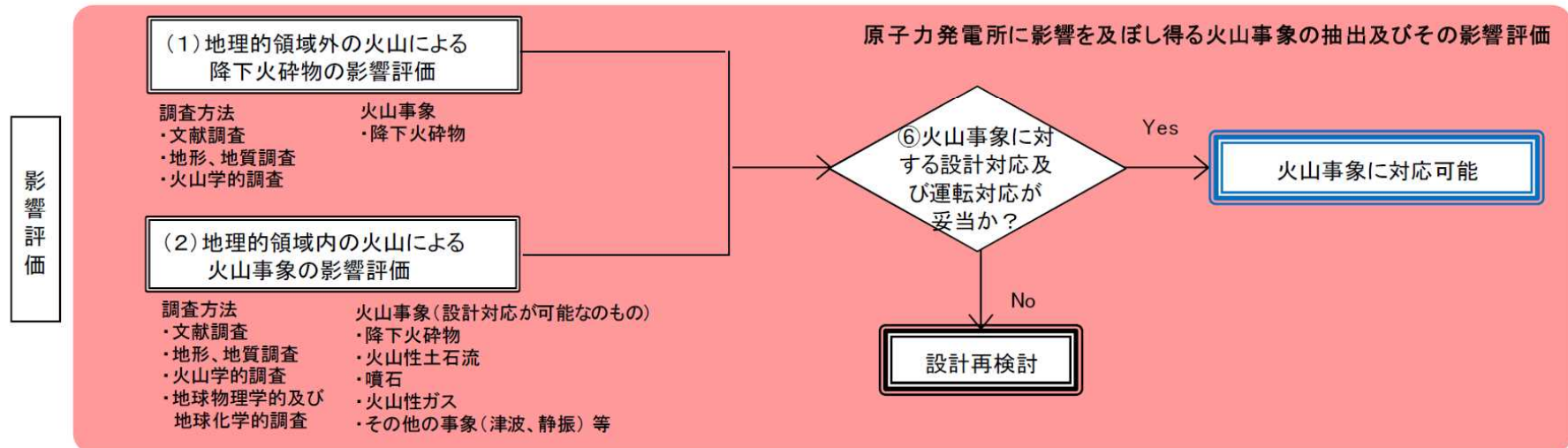
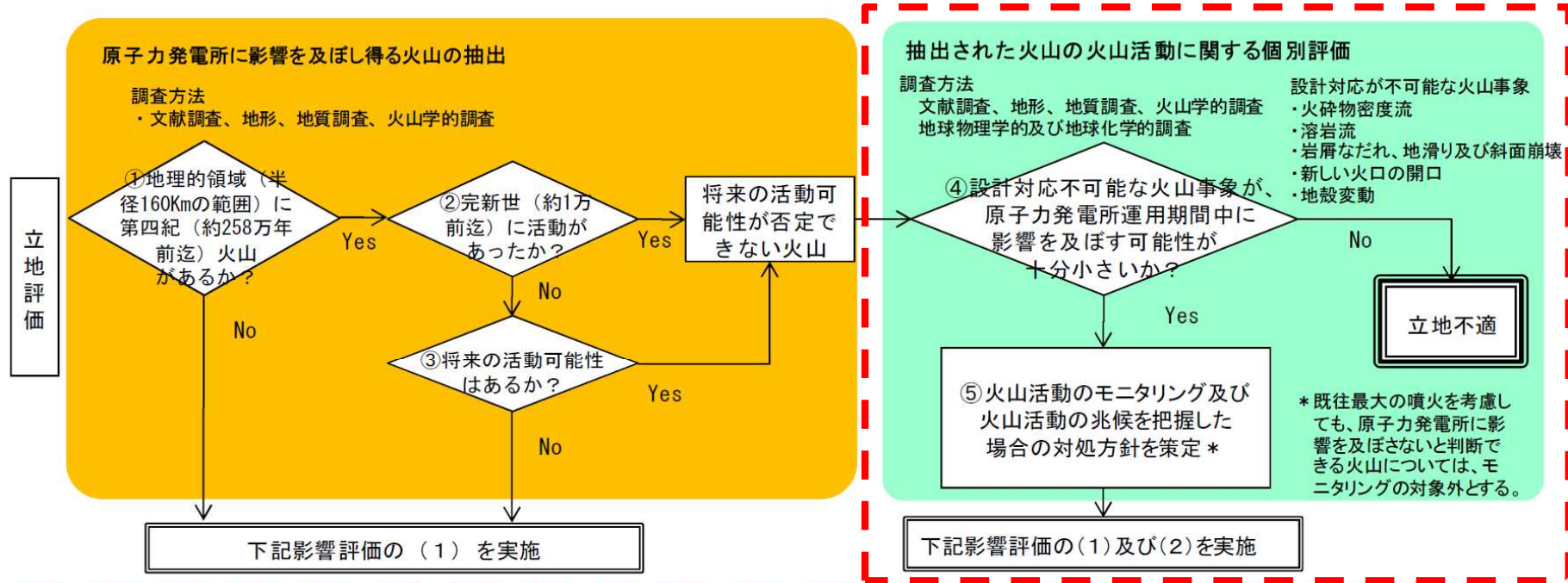
2. 4 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果



発電所に影響を及ぼし得る火山

3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

- 抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）について、火山活動に関する個別評価を行った。



火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆）

3. 1 設計対応不可能な火山事象と発電所の位置関係

- 発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）について、設計対応不可能な火山事象が運用期間中に影響を及ぼす可能性について検討した。
- 検討は、設計対応不可能な火山事象の影響範囲と発電所から各火山への距離等に着目して行った。

発電所に影響を及ぼし得る火山

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離(km) |
|----|----------|-------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

■ は、完新世に活動を行った火山

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 (原子力発電所の火山影響評価ガイド, 一部加筆)

| 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、サージ及びプラスト | 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. 火山性土石流、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 | 継続的微小動、多重衝撃 | 注 4 |
| 13. 熱水系及び地下水の異常 | 熱水、腐食性的水、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：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新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。

3. 1 設計対応不可能な火山事象と発電所の位置関係

- 火山噴出物の分布範囲より火砕物密度流の可能性について検討する。
- 溶岩流及び岩屑なだれ等については、敷地から各火山までの距離が50km以上であることから、評価対象外とした。
- 深部低周波地震、地温勾配及び地殻熱流量より新しい火口の開口の影響可能性について検討する。
- 敷地から各火山までの距離より、地殻変動の影響可能性について検討する。

評価対象となる設計対応不可能な火山事象

| 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火砕物密度流 | 溶岩流 | 岩屑なだれ等 | 新しい火口の開口 | 地殻変動 |
|----------|--------------|--------|------|--------|----------|------|
| | | 160km | 50km | 50km | | |
| 黒岩山 | 62 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 苗場山 | 66 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 妙高山 | 74 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 志賀高原火山群 | 75 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 新潟焼山 | 76 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 新潟金山 | 78 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 黒姫山 | 81 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 燧ヶ岳 | 81 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 志賀 | 83 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 沼沢 | 86 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 飯縄山 | 87 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 草津白根山 | 90 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 日光白根山 | 99 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 子持山 | 100 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 四阿山 | 100 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 白馬大池 | 101 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 榛名山 | 108 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 男体・女峰火山群 | 108 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 赤城山 | 110 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 烏帽子火山群 | 113 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 鼻曲山 | 113 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 浅間山 | 114 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 高原山 | 120 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 那須岳 | 126 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 立山 | 131 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 磐梯山 | 131 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 上廊下 | 139 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 吾妻山 | 140 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 鷲羽・雲ノ平 | 145 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 北八ヶ岳 | 150 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 安達太良山 | 150 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 環諏訪湖 | 155 | ○ | — | — | ○ | ○ |
| 笹森山 | 160 | ○ | — | — | ○ | ○ |

○：評価対象事象，—：評価対象外

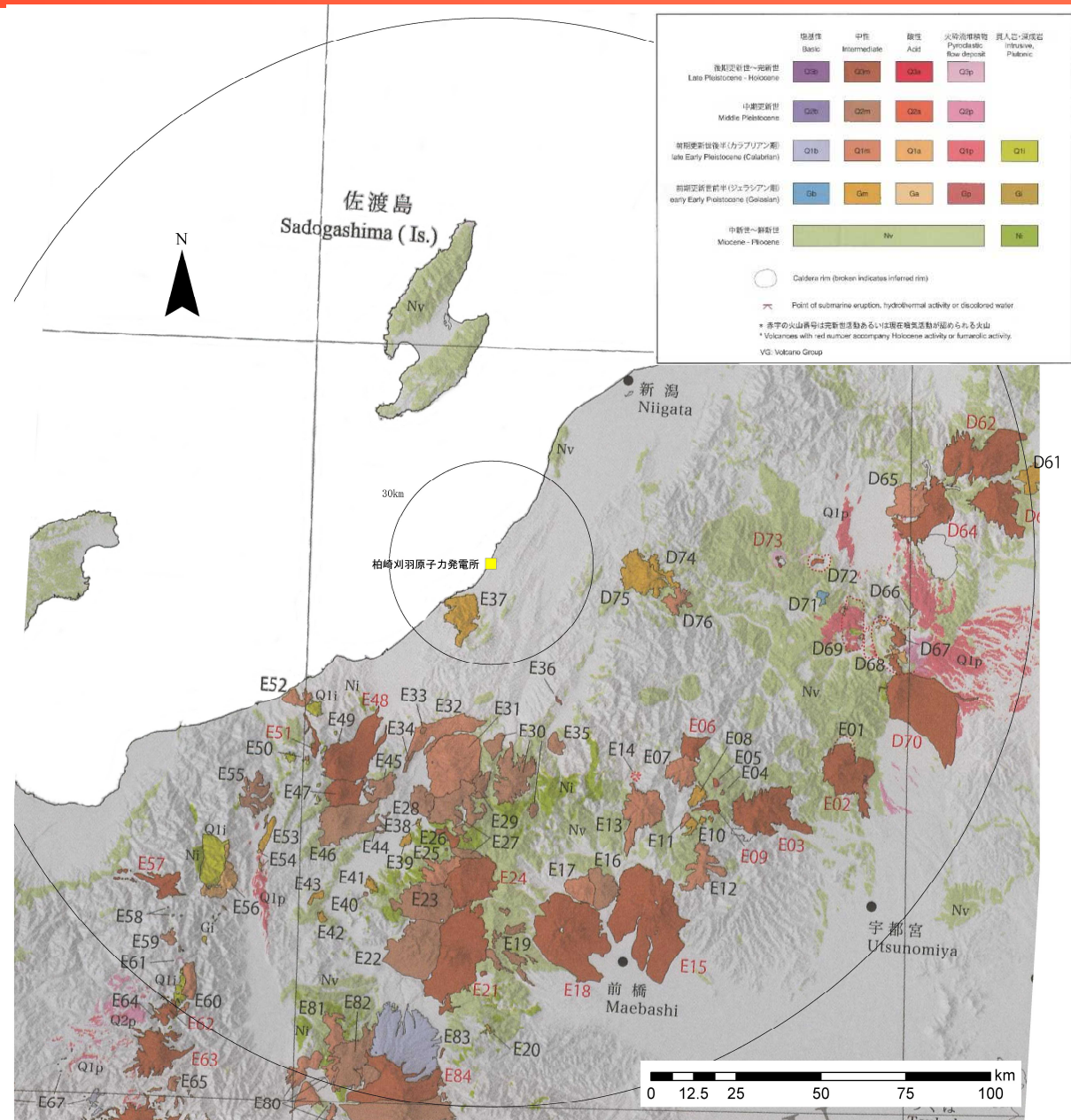
3. 2 火砕物密度流の影響可能性

第四紀火山の噴出物分布図によると、噴出物の分布は山体周辺に限られる。発電所に影響を及ぼし得る火山については、火砕物密度流による堆積物が敷地周辺では確認されておらず敷地まで十分に離隔距離がある。

発電所に影響を及ぼし得る火山

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) |
|-----|----------|--------------|
| E34 | 黒岩山 | 62 |
| E30 | 苗場山 | 66 |
| E48 | 妙高山 | 74 |
| E27 | 志賀高原火山群 | 75 |
| E51 | 新潟焼山 | 76 |
| E50 | 新潟金山 | 78 |
| E47 | 黒姫山 | 81 |
| E06 | 燧ヶ岳 | 81 |
| E26 | 志賀 | 83 |
| D73 | 沼沢 | 86 |
| E46 | 飯縄山 | 87 |
| E24 | 草津白根山 | 90 |
| E09 | 日光白根山 | 99 |
| E16 | 子持山 | 100 |
| E23 | 四阿山 | 100 |
| E55 | 白馬大池 | 101 |
| E18 | 榛名山 | 108 |
| E03 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| E15 | 赤城山 | 110 |
| E22 | 烏帽子火山群 | 113 |
| E19 | 鼻曲山 | 113 |
| E21 | 浅間山 | 114 |
| E02 | 高原山 | 120 |
| D70 | 那須岳 | 126 |
| E57 | 立山 | 131 |
| D64 | 磐梯山 | 131 |
| E58 | 上廊下 | 139 |
| D62 | 吾妻山 | 140 |
| E59 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| E84 | 北八ヶ岳 | 150 |
| D63 | 安達太良山 | 150 |
| E80 | 環諏訪湖 | 155 |
| D61 | 笹森山 | 160 |

は、完新世に活動を行った火山



地理的領域の火山噴出物分布 (中野ほか(2013)に一部加筆)

3. 3 新しい火口の開口の影響可能性

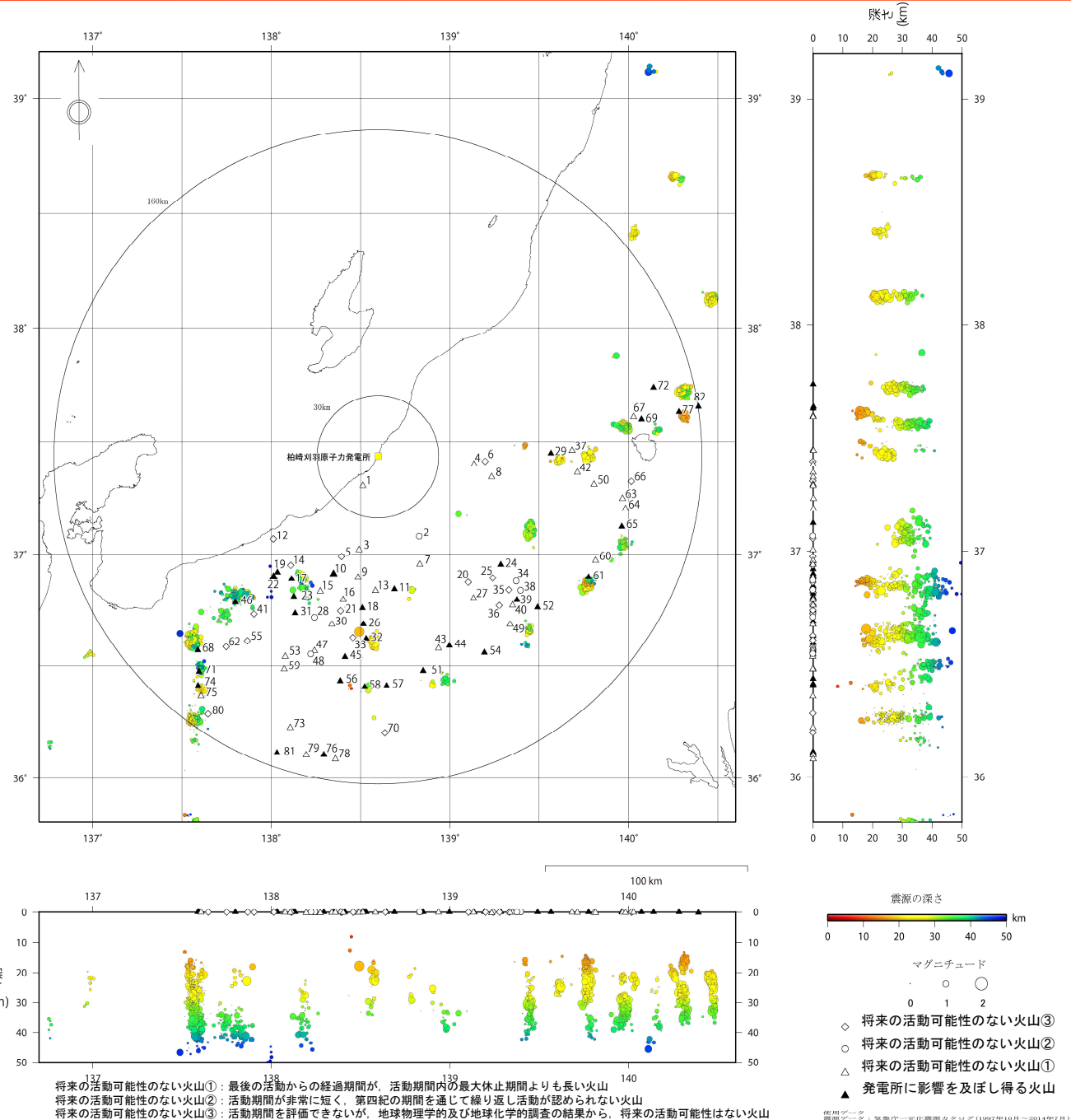
深部低周波地震

- 深部低周波地震は、活動的な火山の周辺に限定的に分布している。また、活動期間を評価できない火山の周辺では、深部低周波地震が発生していない。
- 敷地周辺に深部低周波地震の分布は認められない。

発電所に影響を及ぼし得る火山

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離 (km) |
|----|----------|--------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

は、完新世に活動を行った火山



3. 3 新しい火口の開口の影響可能性

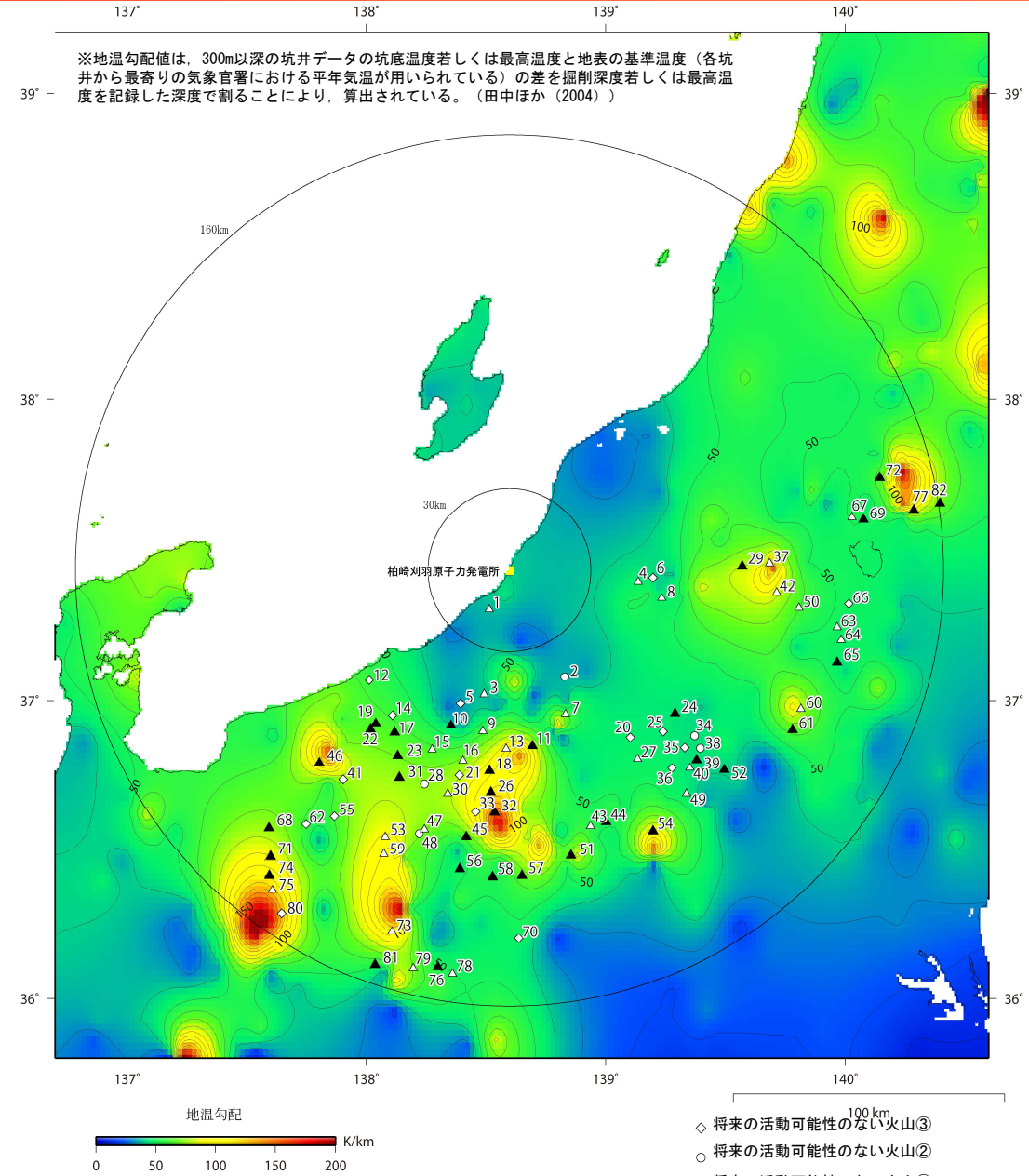
地温勾配

- 活動的な火山の周辺では、地温勾配が比較的大きい。また、活動期間を評価できない火山の周辺では、活動的な火山に比較して地温勾配が低い。
- 敷地周辺の地温勾配は、50k/km程度と小さい。

発電所に影響を及ぼし得る火山

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離(km) |
|----|----------|-------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

は、完新世に活動を行った火山



地理的領域の地温勾配

使用データ：産業技術総合研究所地質調査総合センター(2004) 日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース

将来の活動可能性のない火山①：最後の活動からの経過期間が、活動期間内の最大休止期間よりも長い火山
 将来の活動可能性のない火山②：活動期間が非常に短く、第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山
 将来の活動可能性のない火山③：活動期間を評価できないが、地球物理学的及び地球化学的調査の結果から、将来の活動可能性はない火山

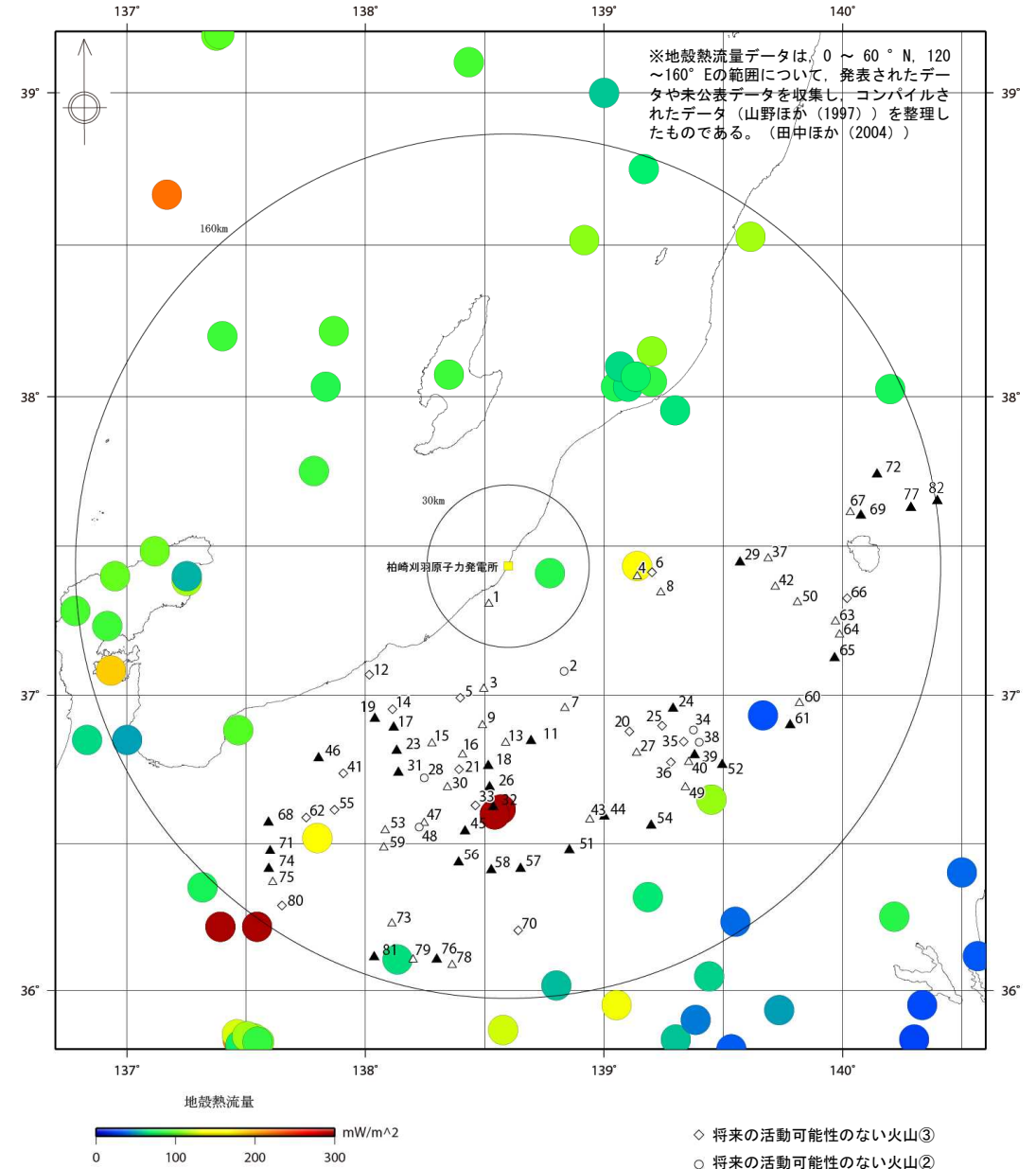
3. 3 新しい火口の開口の影響可能性

地殻熱流量

- 地殻熱流量は、データが少ないが、草津白根山や焼岳周辺で高い値を示している。また、活動期間を評価できない火山の周辺では、これらに比べ地殻熱流量が小さい。
- 敷地周辺では、このような大きな地殻熱流量は得られていない。

まとめ

- 敷地周辺で深部低周波地震の活動がないこと、地温勾配が小さく、また地殻熱流量が小さいことから、新しい火口の開口が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。
- また、活動期間を評価できない火山の周辺では、深部低周波地震の活動がないこと、地温勾配が小さく、また地殻熱流量が小さいことから、これらの火山の将来の活動可能性は十分に低いと判断した。



地理的領域の地殻熱流量

使用データ：産業技術総合研究所地質調査総合センター(2004)
日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース

将来の活動可能性のない火山①：最後の活動からの経過期間が、活動期間内の最大休止期間よりも長い火山
将来の活動可能性のない火山②：活動期間が非常に短く、第四紀の期間を通じて繰り返し活動が認められない火山
将来の活動可能性のない火山③：活動期間を評価できないが、地球物理学的及び地球化学的調査の結果から、将来の活動可能性はない火山

3. 4 設計対応不可能な火山事象の影響可能性のまとめ

- 設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれほか，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に低いと評価した。
- 既往最大の噴火を考慮しても発電所に影響を及ぼさないと判断できることから，火山活動のモニタリングは不要と判断した。

| 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火砕物密度流 | | 溶岩流 | 岩屑なだれ等 | 新しい火口の開口 | | 地殻変動 | |
|-------|--------------|--------|---|---------------------------------------|---|----------|--|------|---|
| | | 160km | | 50km | 50km | | | | |
| 妙高山 | 74 | ○ | 火砕物密度流の分布は妙高山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い | ○ 敷地と火山の距離から，溶岩流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ 敷地と火山の距離から，岩屑なだれ，地滑り及び斜面崩壊が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 以下より，新しい火口の開口が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 ・敷地周辺においてマグマの上昇等を示唆する深部低周波地震が発生していない。 ・敷地周辺は地温勾配が小さく，また地殻熱流量が小さい。 | ○ | 発電所に影響を及ぼし得る火山が敷地から60km以上と十分離れていることから，地殻変動が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 |
| 新潟焼山 | 76 | ○ | 火砕物密度流の分布は新潟焼山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 燧ヶ岳 | 81 | ○ | 火砕物密度流の分布は燧ヶ岳周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 沼沢 | 86 | ○ | 火砕物密度流の分布は沼沢周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 草津白根山 | 90 | ○ | 火砕物密度流の分布は草津白根山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 日光白根山 | 99 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると，噴出物は日光白根山周辺に限られていることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 榛名山 | 108 | ○ | 火砕物密度流の分布は榛名山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 赤城山 | 110 | ○ | 火砕物密度流の分布は赤城山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 浅間山 | 114 | ○ | 火砕物密度流の分布は浅間山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 高原山 | 120 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると，噴出物は高原山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 那須岳 | 126 | ○ | 火砕物密度流の分布は那須岳周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 立山 | 131 | ○ | 火砕物密度流の分布は立山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 磐梯山 | 131 | ○ | 火砕物密度流は磐梯山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 吾妻山 | 140 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると，噴出物は吾妻山周辺に限られていることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 北八ヶ岳 | 150 | ○ | 火砕物密度流の分布は北八ヶ岳周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 安達太良山 | 150 | ○ | 火砕物密度流は安達太良山周辺に限られることから，発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |

○：発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い

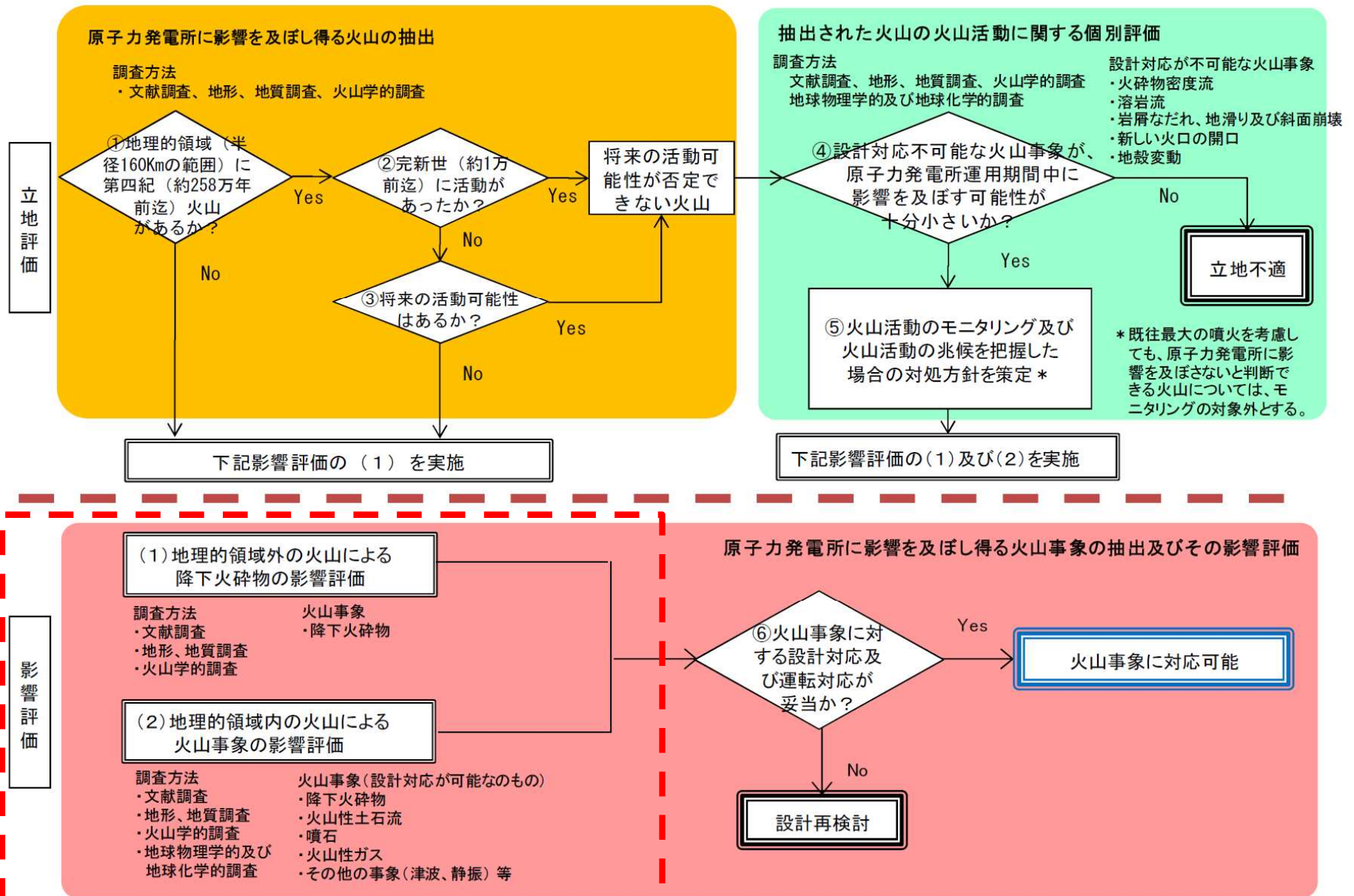
3. 4 設計対応不可能な火山事象の影響可能性のまとめ

| 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火砕物密度流 | | 溶岩流 | 岩屑なだれ等 | 新しい火口の開口 | | 地殻変動 | |
|----------|--------------|--------|--|---------------------------------------|---|----------|--|------|---|
| | | 160km | | 50km | 50km | | | | |
| 黒岩山 | 62 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は黒岩山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ 敷地と火山の距離から、溶岩流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ 敷地と火山の距離から、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 以下より、新しい火口の開口が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 ・敷地周辺においてマグマの上昇等を示唆する深部低周波地震が発生していない。 ・敷地周辺は地温勾配が小さく、また地殻熱流量が小さい。 | ○ | 発電所に影響を及ぼし得る火山が敷地から60km以上と十分離れていることから、地殻変動が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 |
| 苗場山 | 66 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は苗場山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 志賀高原火山群 | 75 | ○ | 火砕物密度流の分布は志賀高原火山群周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 新潟金山 | 78 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は新潟金山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 黒姫山 | 81 | ○ | 火砕物密度流の分布は黒姫山周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 志賀 | 83 | ○ | 火山噴出物の分布は志賀周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 飯縄山 | 87 | ○ | 火砕物密度流の分布は飯縄山周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 子持山 | 100 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は子持山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 四阿山 | 100 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は四阿山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 白馬大池 | 101 | ○ | 火砕物密度流の分布は白馬大池周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 男体・女峰火山群 | 108 | ○ | 火砕物密度流の分布は男体・女峰火山群周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 烏帽子火山群 | 113 | ○ | 火砕物密度流の分布は烏帽子火山群周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 鼻曲山 | 113 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は鼻曲山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 上廊下 | 139 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は上廊下周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 鷺羽・雲ノ平 | 145 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は鷺羽・雲ノ平周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 環諏訪湖 | 155 | ○ | 仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は環諏訪湖周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |
| 笹森山 | 160 | ○ | 火砕物密度流の分布は笹森山周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | | | | | | |

○：発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い

4. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価

■ 発電所の安全性に影響を及ぼす可能性のある火山事象について評価を行った。



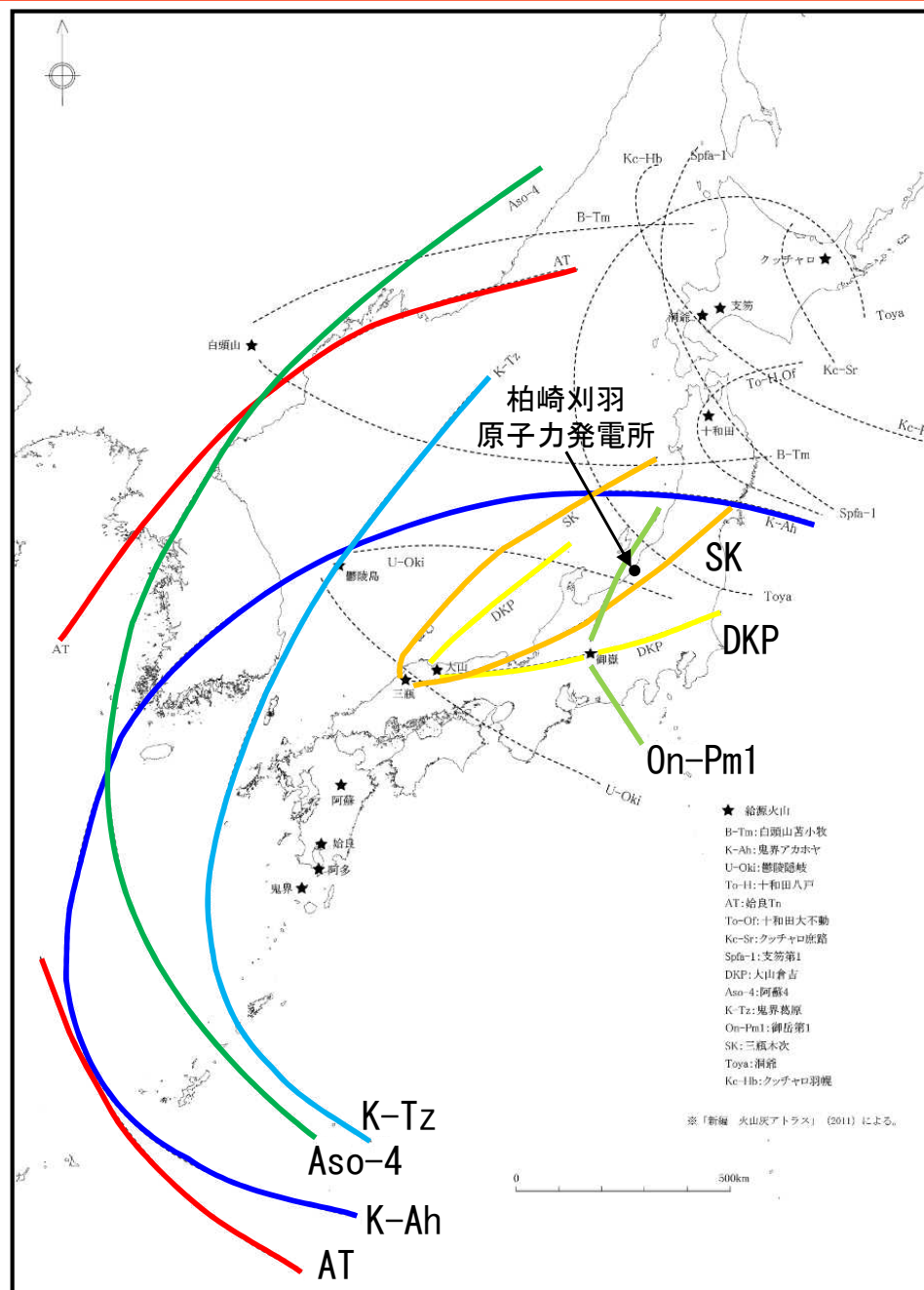
火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆）

4. 1 降下火砕物の影響可能性

- 柏崎刈羽原子力発電所に降下した可能性がある広域降下火砕物は、町田・新井(2011)によれば、7層の分布が示されている。
- これらの降下火砕物については、カルデラ噴火等大規模噴火に伴って噴出したもので、将来同規模の噴火が発生し、敷地に影響する可能性は十分に低く、降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

敷地周辺での広域降下火砕物層厚
(町田・新井, 2011)

| 名称 | 層厚(cm) | 年代(千年) |
|--------------|---------|--------|
| 鬼界アカホヤ(K-Ah) | 20>T>0 | 7.3 |
| 始良Tn(AT) | 20>T>10 | 28~30 |
| 大山倉吉(DKP) | 10>T>5 | 55 |
| 阿蘇4(Aso-4) | T>15 | 85~90 |
| 鬼界葛原(K-Tz) | 2>T>0 | 95 |
| 御岳第1(On-Pm1) | 10>T>0 | 100 |
| 三瓶木次(SK) | 5>T>0 | 105 |



広域降下火砕物分布 (町田・新井(2011), 一部加筆)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

- 敷地周辺で確認されている降下火砕物は、以下のとおりである。
- 給源が特定できる降下火砕物については、各火山の活動可能性を評価し、同規模の噴火が発生する可能性は十分に低く、降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。
- 給源不明の降下火砕物については、敷地周辺での分布状況を整理した。

敷地周辺で確認されている降下火砕物

| 名称 | 給源 | 降下時代 | 層厚 | |
|----------|--------------------|----------|--------|------------------|
| | | | 敷地内 | 敷地周辺(敷地からの距離) |
| 大山倉吉テフラ | 大山 | 中期更新世 | - | 約5cm (約25km) |
| 飯縄上樽テフラ | 飯縄山 | 中期～後期更新世 | - | 約10cm (約17km) |
| 刈羽テフラ | 不明 | 中期更新世 | 約1cm | 約12cm (約2km) |
| 阿多鳥浜テフラ | 阿多カルデラ | 中期更新世 | 約4cm | 約3cm (約14km) |
| 加久藤テフラ | 加久藤カルデラ | 中期更新世 | 約2cm | - |
| 大町テフラ | 樅沢岳 | 中期更新世 | - | 約36cm (約19km) |
| 魚沼ピンクテフラ | 塔のへつりカルデラ | 前期更新世後半 | - | 約300cm以上 (約11km) |
| 吉水テフラ | 不明 | 前期更新世後半 | - | 約180cm (約10km) |
| 常楽寺テフラ | 現在の榛名火山の位置とその周辺部※1 | 前期更新世後半 | - | 約120cm (約11km) |
| 出雲崎テフラ | 飛驒山脈 | 前期更新世後半 | 約55cm | 約450cm (約22km) |
| SK110テフラ | 飛驒山脈 | 前期更新世後半 | 約190cm | 約260cm以上 (約25km) |
| 辻又川テフラ | 飛驒山脈 | 前期更新世後半 | - | 約200cm (約22km) |
| 不動滝テフラ | 不明 | 前期更新世前半 | 約25cm | 約190cm (約28km) |
| 武石テフラ | 飛驒山脈 | 前期更新世前半 | 約42cm | 約280cm (約21km) |
| 阿相島テフラ | 不明 | 前期更新世前半 | 約35cm | 約160cm (約27km) |

■：噴出源が同定でき、その噴出源が将来同規模の噴火をする可能性が否定できるもの。 -：敷地内で確認されていないもの。

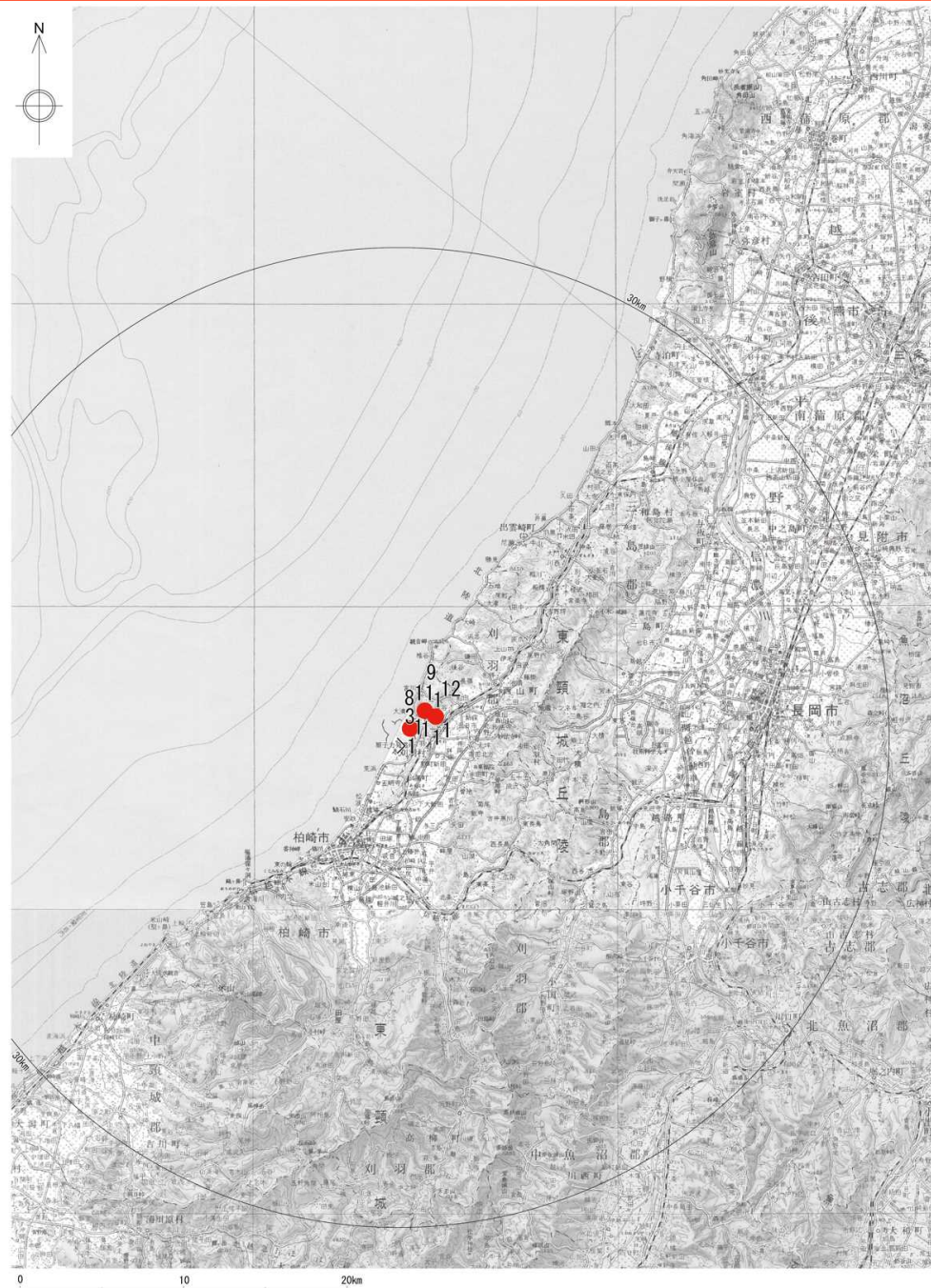
※1：中村・新井（1988）による。

4. 1 降下火砕物の影響可能性

■ 刈羽テフラの分布



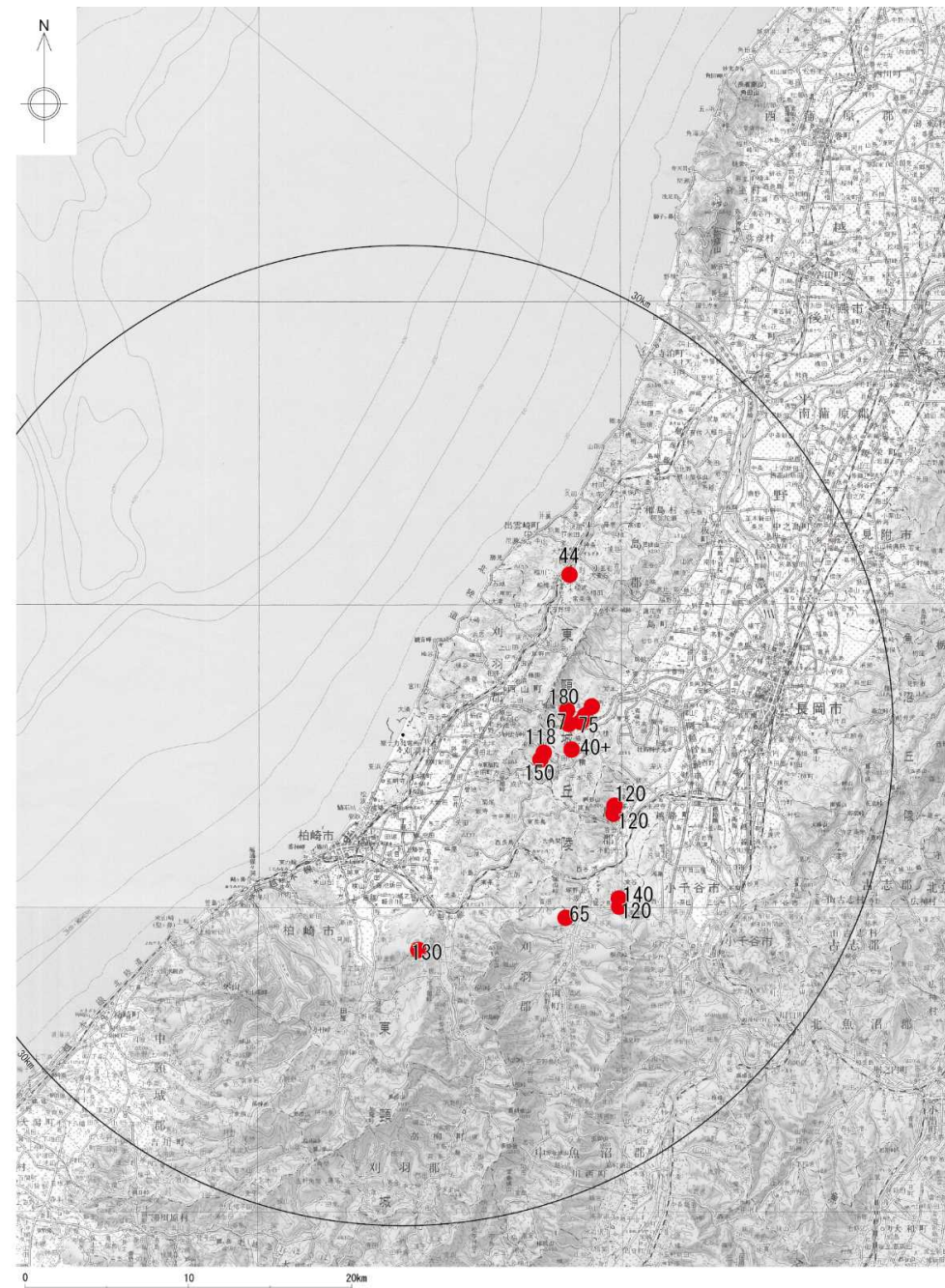
敷地周辺拡大図



刈羽テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

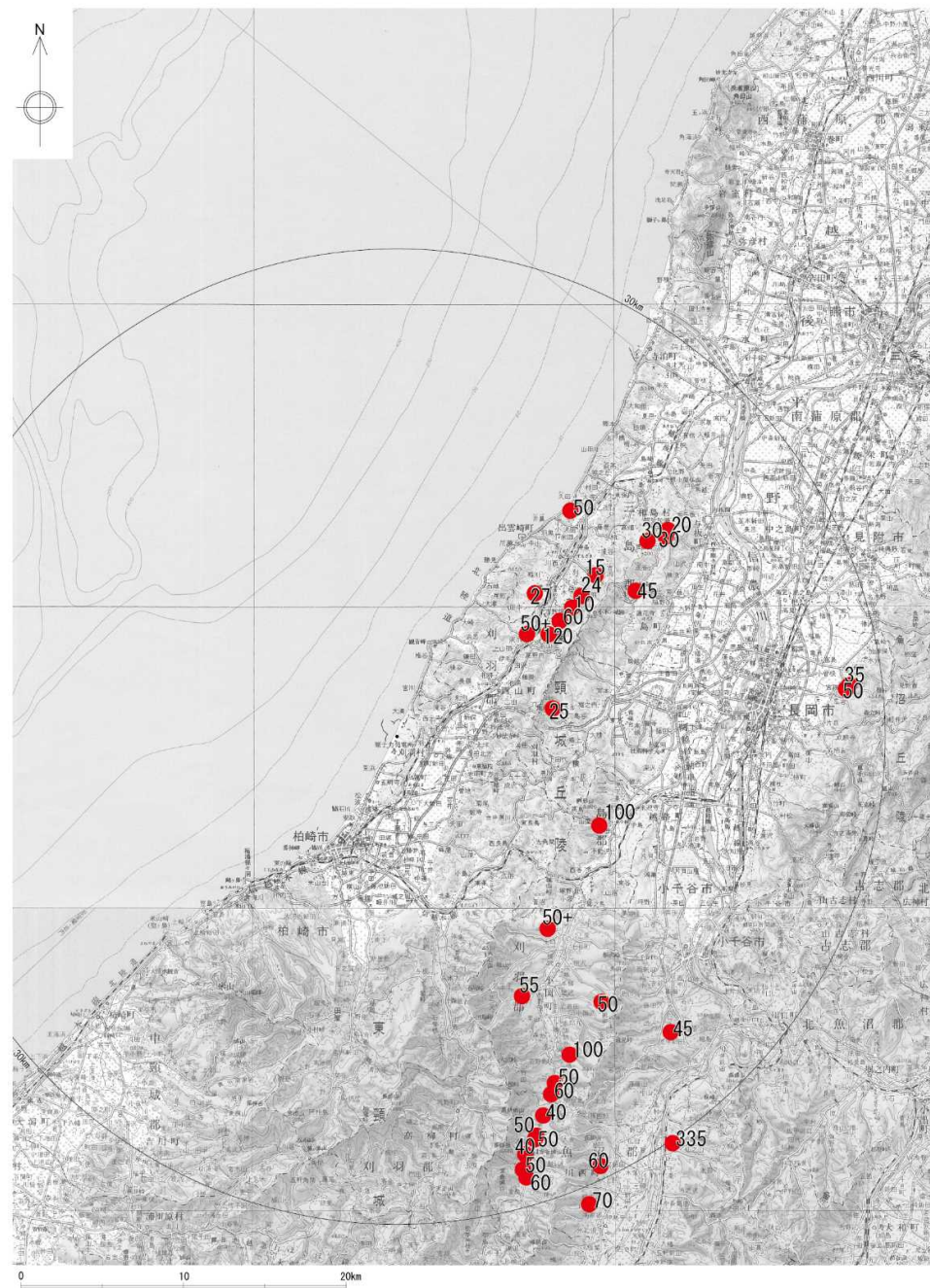
■ 吉水テフラの分布



吉水テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

■ 常楽寺テフラの分布



常楽寺テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

■ 不動滝テフラの分布



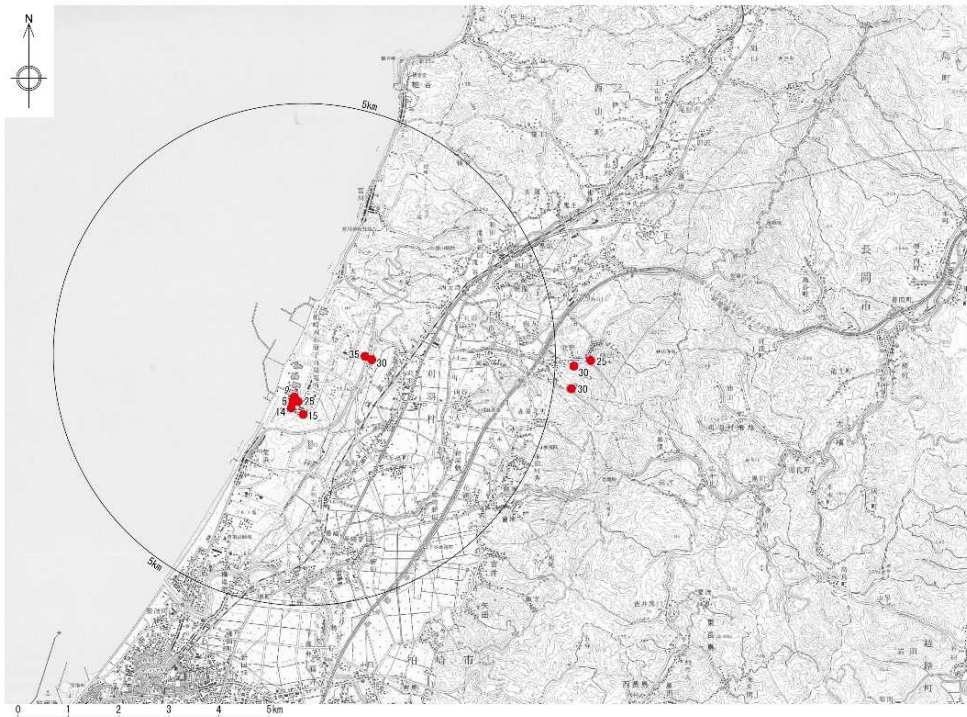
敷地周辺拡大図



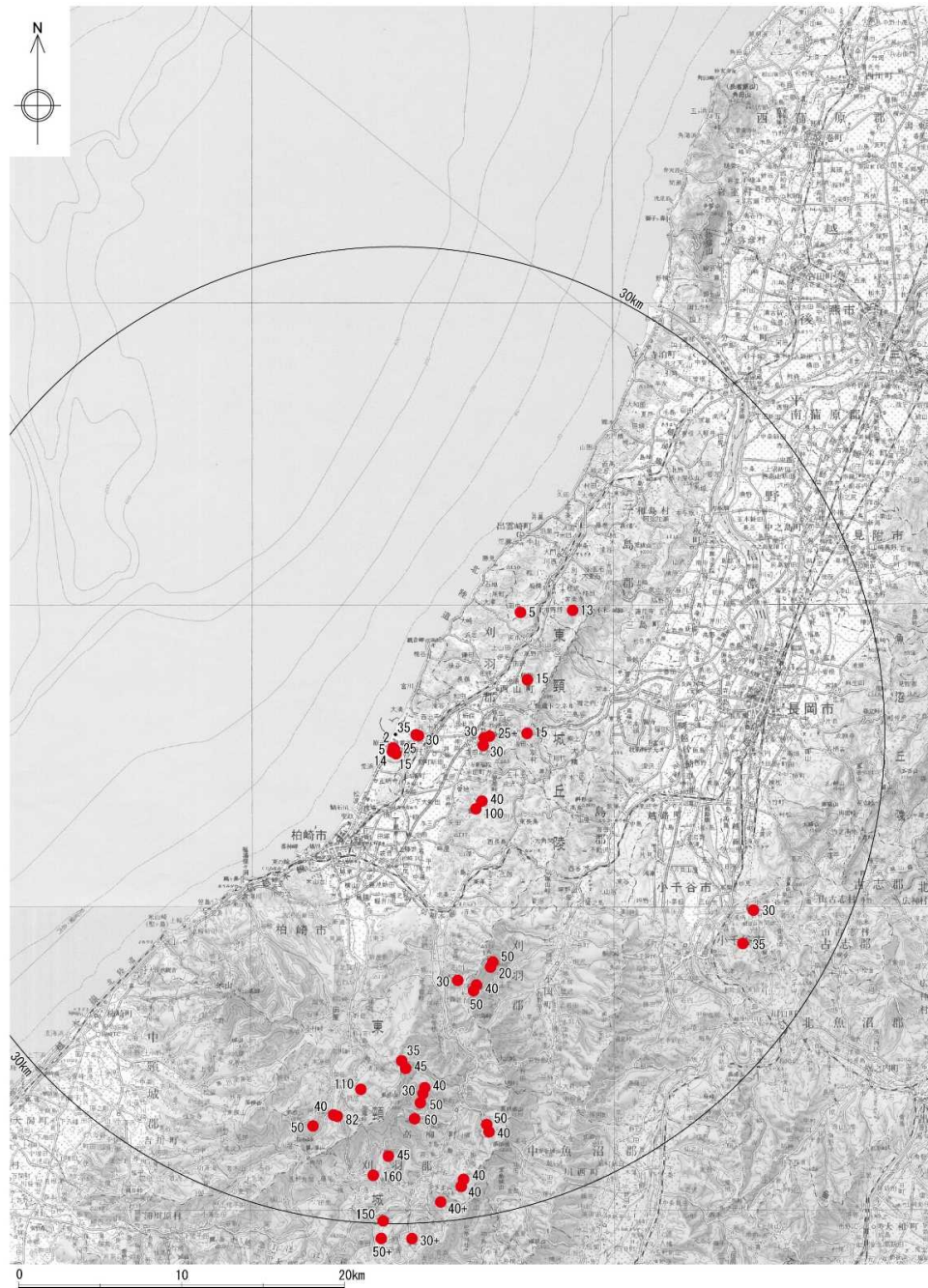
不動滝テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

■ 阿相島テフラの分布



敷地周辺拡大図



阿相島テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

4. 1 降下火砕物の影響可能性

- 吉水テフラ，常楽寺テフラ，不動滝テフラ及び阿相島テフラは，西山層，灰爪層，魚沼層中に挟在しており，これら地層は底生有孔虫等の分析結果等から水成層とされており，これらのテフラも同様に水中で堆積したと考えられる。

新潟標準層序と底生有孔虫化石群集・古水深

| 地層名*1 | 岩相区分 | | 底生有孔虫化石群集 | 現在の日本海水域*2 | |
|-------|--|--|--|---|----------|
| | 主な岩相・化石 | | | 底生有孔虫深度群集 | 水深(m) |
| 魚沼層 | 主に礫・砂シルト互層からなり，亜炭層，腐植層を挟在する。 カキ，ウミタケ，ヌマコダキガイ等の汽水性貝化石を産出する。また，大型植物化石を多産する。 | | N.F. Ammonia beccarii等の汽水性群集 | | |
| 和南津層 | 主に生痕化石が多い塊状細粒砂岩，クロスラミナの発達する中粒砂岩からなる。 | | Elphidium crispum, Ammonia beccarii等の浅海～汽水性石灰質群集 | Elphidium crispum Assem, (Ammonia beccarii Assem.) | 0 |
| | | | | Pseudorotaria gaimardii—Buccella frigida Assem. | 10～20 |
| 灰爪層 | 主に砂質泥岩からなり，貝化石を多産する。寺泊・西山丘陵及び中央丘陵南部では貝殻片質石灰岩を挟在する。 浅海性貝化石，ウニ化石等を多産する。 | | 上部：Cibicides cf. reflugens, Bullimina marginata等の浅海性石灰質群集 | Siphogenerina raphanus—Bulimina marginata Assem. | 50 |
| | | | 下部：Cibicides cf. reflugens等の浅海性石灰種と Trifarina kokozuraensis等の半深海性石灰種との混合群集 | Cassidurina spp—Trifarina kokozuraensis Assemblage | 150 |
| 西山層 | 上部：主に暗青灰色塊状泥岩からなり，縞状泥岩を挟在する。 | 上部：Uvigerina akitaensis, Trifarina kokozuraensis等の半深海性石灰質群集 | Trifarina kokozuraensis—Uvigerina akitaensis Assemblage | | 300 |
| | 下部：主に泥岩優勢なフリッシュ型砂岩・泥岩互層からなる。 珪質海綿Makiyama chitaniiを産出する。 | 下部：Oridorsaris umbonatas, Melonis pompilioides等の半深海性石灰種とCribrostomoides subglobosum等の半深海性砂質種との石灰種優勢な混合群集 | | | |
| 椎谷層 | 主に砂岩優勢なフリッシュ型互層からなりスランブ礫岩層を挟在する。 荒谷相：主に黒色塊状泥岩からなる。 珪質海綿Makiyama chitaniiを産出する。 | | Miliammina echigensis等の半深海性砂質種が優勢な石灰種との混合群集 | Miliammina echigoensis Assemblage | 800～1000 |
| 寺泊層 | 主に黒褐色泥岩からなる。 | | 上部はSpirosigmoilinella compressa等, 下部はDorothina sp.等のいずれも深海性砂質群集 | | |

*1：新潟県（1977），宮下ほか（1972）等による。*2：天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会（1982）による。

4. 1 降下火砕物の影響可能性

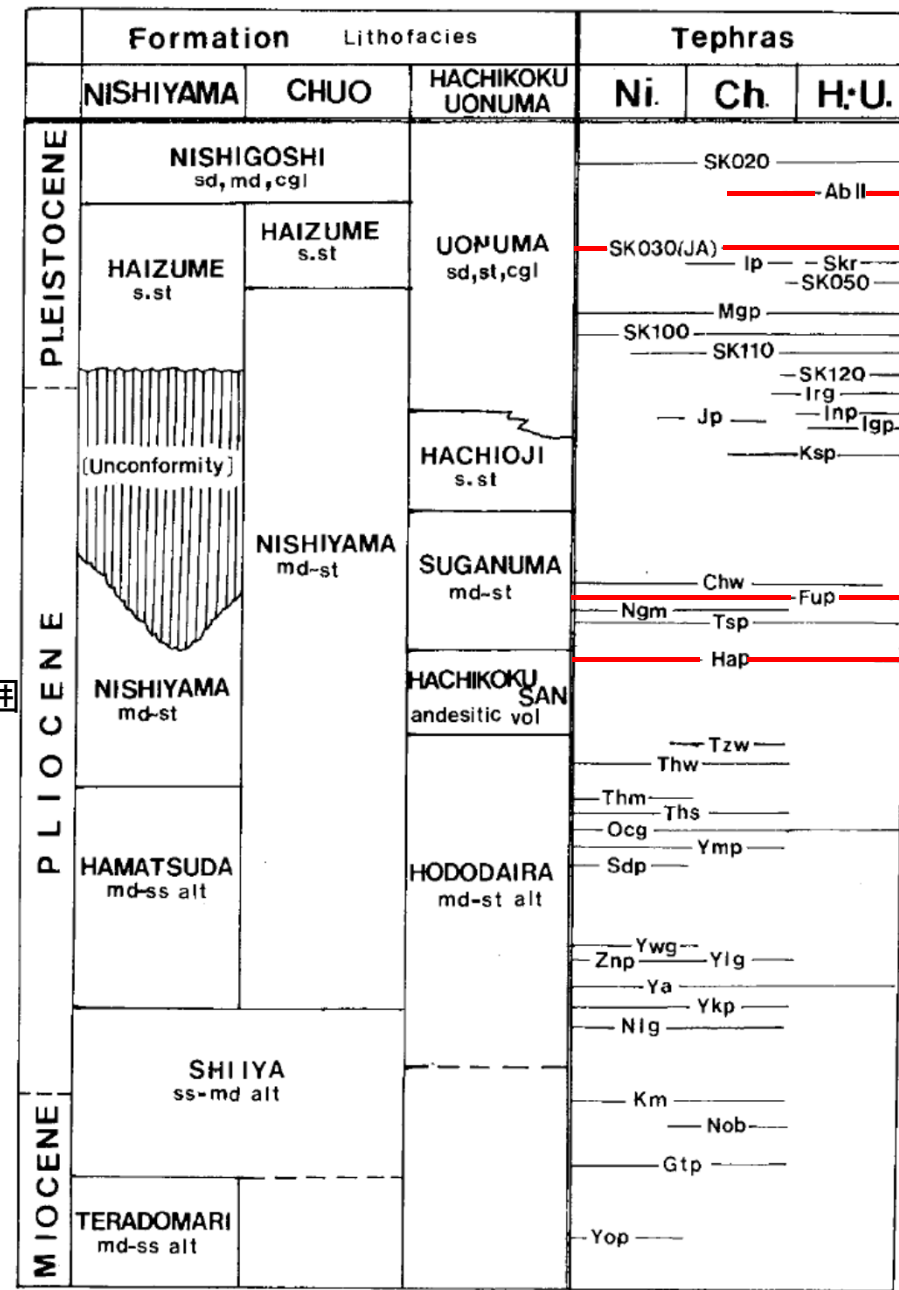
黒川(1990)では、新潟新生代堆積盆における上部中新統から下部更新統中に挟在する水底堆積珪長質テフラについて、その形成機構を検討しており、吉水テフラ、常楽寺テフラ、不動滝テフラ及び阿相島テフラは水底堆積テフラとされている。



黒川(1990)における水底堆積テフラの調査範囲

給源不明なテフラの対比 (岸・宮脇(1996)による)

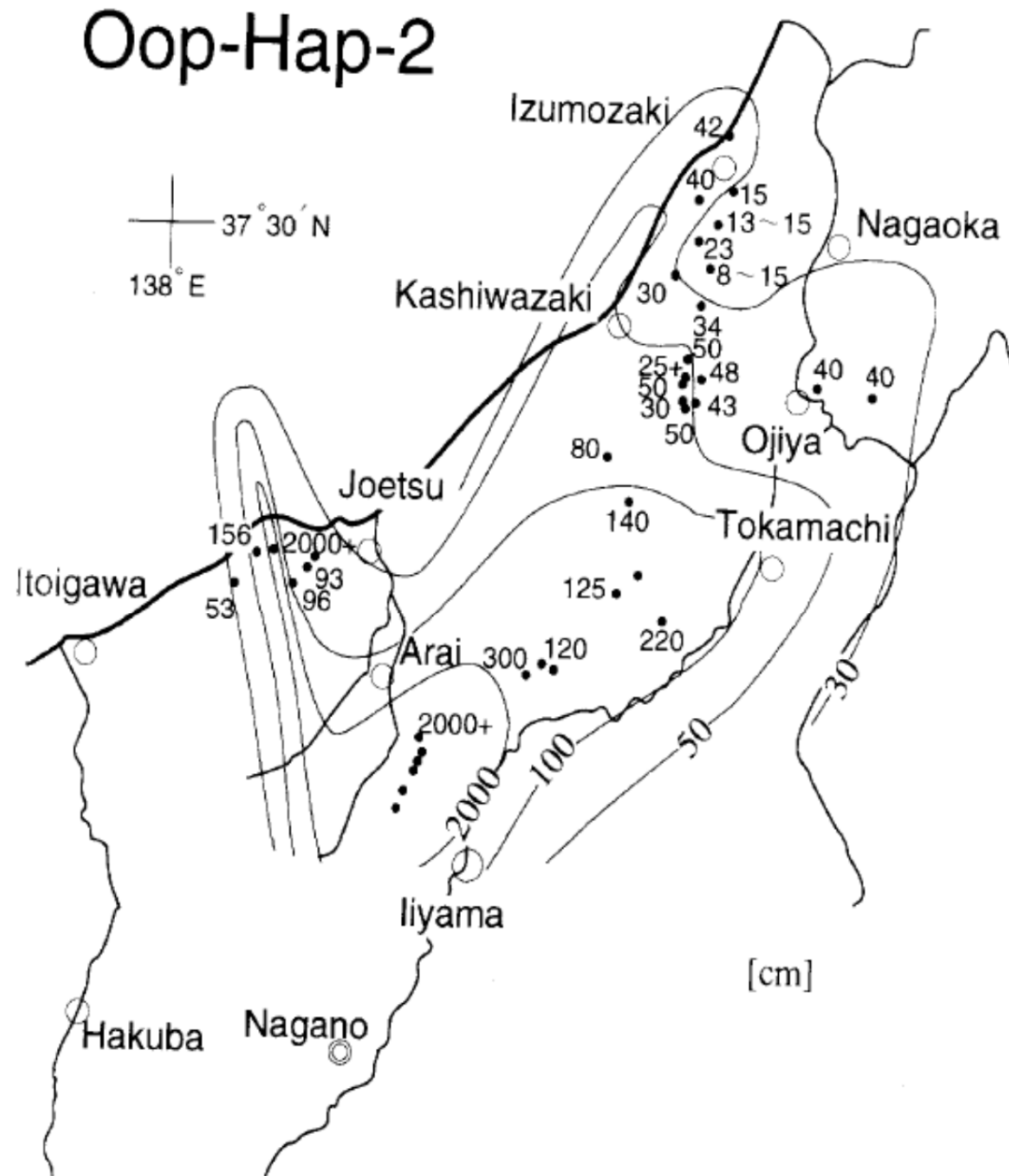
| 給源不明なテフラ | 対比されるテフラ |
|-------------------|-------------------------------|
| 吉水テフラ (0.9Ma) | Ab II (安井ほか(1983)) |
| 常楽寺テフラ (1.1Ma) | SK030 (新潟平野団体研究グループ(1970)) |
| 不動滝テフラ (2.2Ma) | Fup (黒川ほか(1989)) |
| 阿相島テフラ (2.4Ma) | Hap-2 (沢栗・黒川(1986)) |



新潟地域の水底堆積テフラ (黒川(1990))

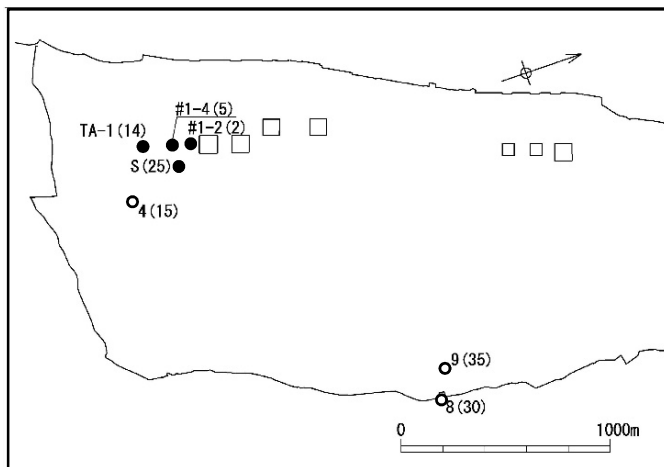
4. 1 降下火砕物の影響可能性

- 青木・黒川(1996)では、新潟県西頸城地域の鮮新統から下部更新統の降下火砕物層を調査し、当該地域に分布する谷浜層基底部の大菅パミス質[Oop]を Hap-2 (阿相島テフラに対比) に対比し、これらの層厚変化について検討されており、この結果から堆積過程において水系等の影響を受けて堆積したものと推定される。



Hap-2 (阿相島テフラに対比) の等層厚線図
(青木・黒川(1996))

4. 1 降下火砕物の影響可能性（阿相島テフラ）



敷地内の阿相島テフラの分布図

（括弧内の数値は層厚（単位：cm）を表す）

- 現存するボーリングコア
- 現存しないボーリングコア

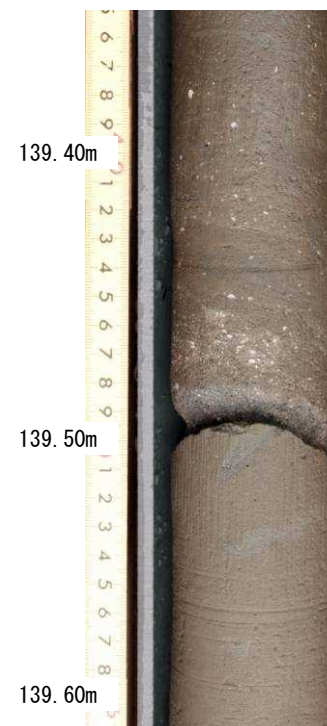
阿相島テフラの産状



TA-1孔

阿相島テフラ直上の泥岩中には、径1mm程度の軽石が散在する。

253.71m～253.85m
軽石質凝灰岩。層厚14cm。
下部は灰色、中部は白～黄灰色、上部は灰色を呈する。
径1mm程度の軽石を多く含み、黒雲母を含む。級化が不明瞭であるが、最上部はやや粗粒となる。全体に弱いラミナがみられ、上半部はラミナが明瞭である。



#1-2孔

阿相島テフラ直上の泥岩中には、径1mm程度の軽石が散在する。

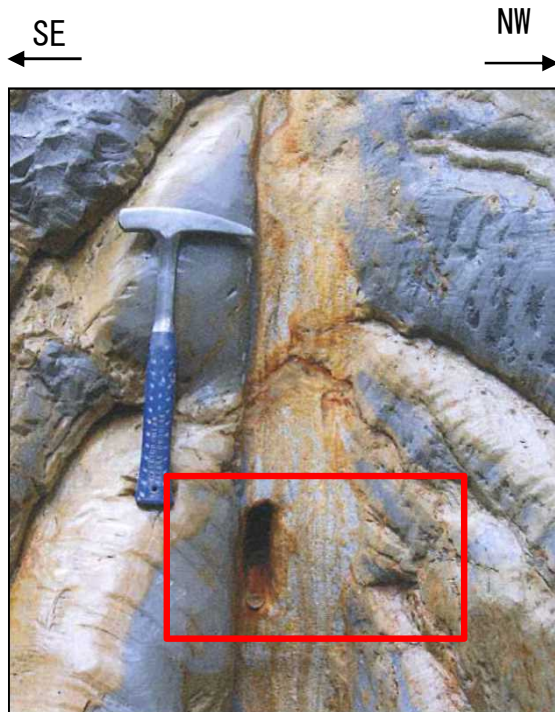
139.48m～139.50m
軽石質凝灰岩。層厚2cm。
灰色を呈する径1mm程度の軽石を多く含み、黒雲母を含む。淘汰は良好。級化は認められない。

- 敷地内のボーリング調査結果によると、阿相島テフラは、西山層に挟在し、TA-1孔でラミナがみられ、#1-2孔を含めてその直上の泥岩中には同テフラ起源の軽石が散在している。
- 同テフラの層厚の分布は約2cm～35cmとバラツキが大きい。

4. 1 降下火砕物の影響可能性（阿相島テフラ）



調査地点位置図

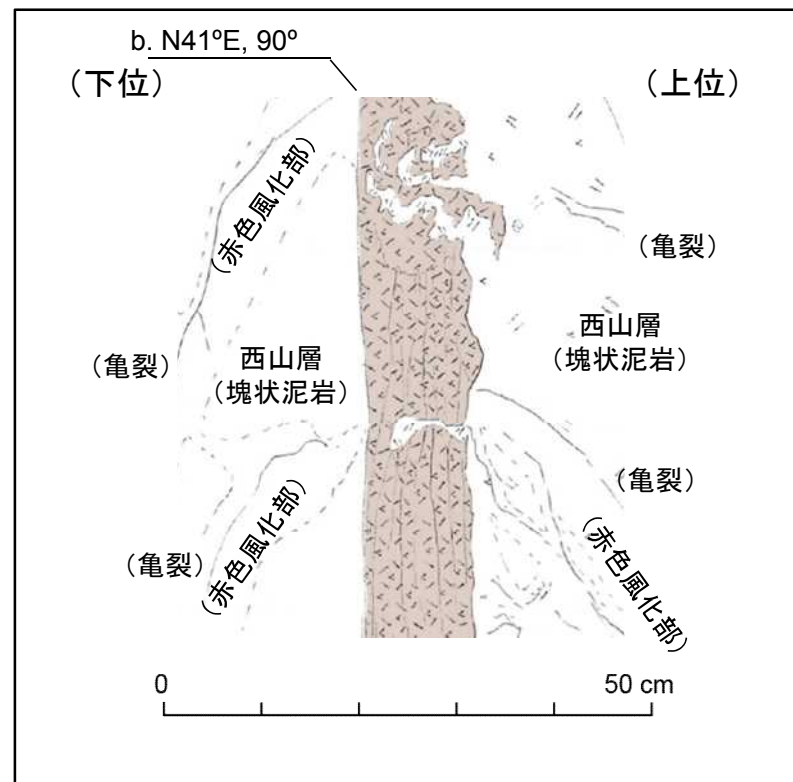


(接写写真範囲)

阿相島テフラ観察写真（常楽寺）



阿相島テフラ接写写真
(平行～クロスラミナが発達する)



凡例

- 軽石混じり凝灰質泥岩
 - 軽石質中粒～粗粒火山灰
 - 塊状泥岩
- b. N41°E, 90° 層理面の走向・傾斜

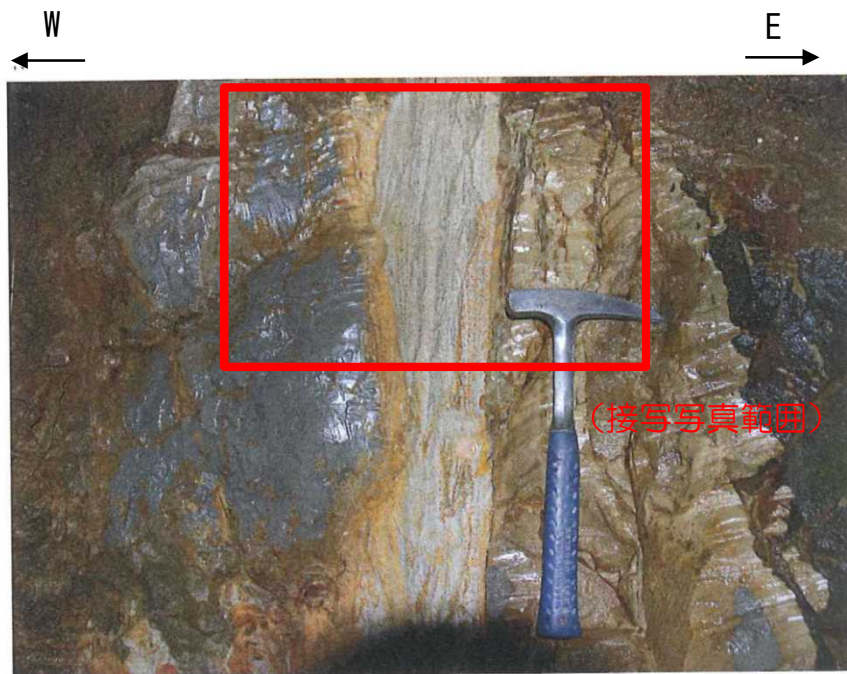
阿相島テフラ観察スケッチ（常楽寺）

- 常楽寺地点の阿相島テフラは、軽石質中粒～粗粒火山灰からなり、平行～クロスラミナが確認される。

4. 1 降下火砕物の影響可能性（阿相島テフラ）



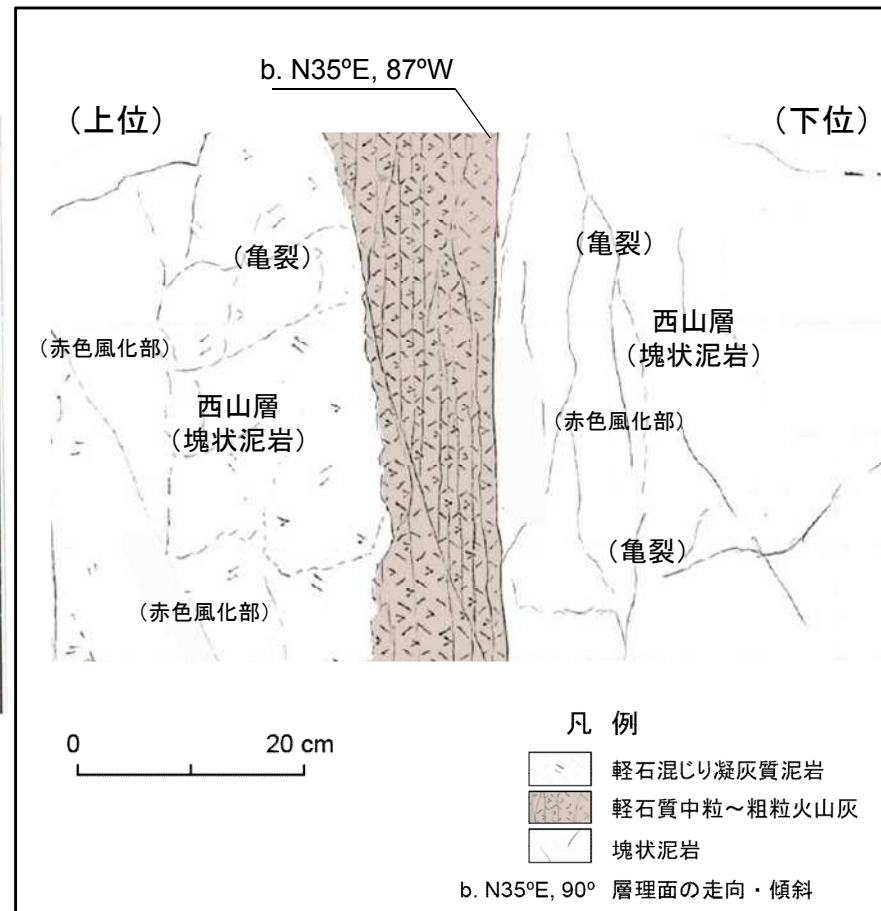
調査地点位置図



阿相島テフラ観察写真（藤掛）



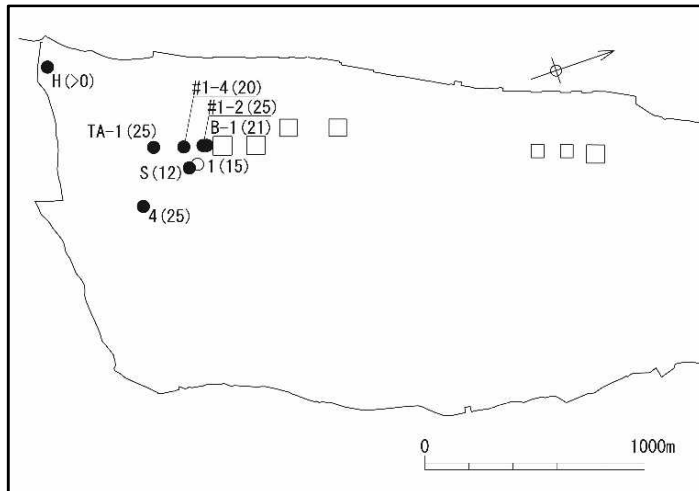
阿相島テフラ接写写真
(クロスラミナが発達する)



阿相島テフラ観察スケッチ（藤掛）

- 藤掛地点の阿相島テフラは、軽石質中粒～粗粒火山灰からなり、クロスラミナが確認される。

4. 1 降下火砕物の影響可能性（不動滝テフラ）

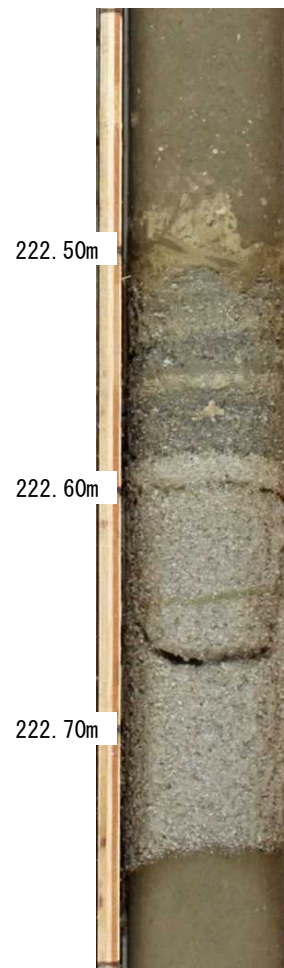


敷地内の不動滝テフラの分布図

（括弧内の数値は層厚（単位：cm）を表す）

- 現存するボーリングコア
- 現存しないボーリングコア

不動滝テフラの産状



TA-1孔

222.51m～222.76m
軽石質凝灰岩。
層厚25cm。
下部は灰白色，上部は
灰色を呈する。
径1～2mmの軽石を主体
とし，岩片を含む。
上部は岩片が多く，ラ
ミナが認められる。
下部は淘汰良好で，級
化は認められない。



B-1孔（斜50度）

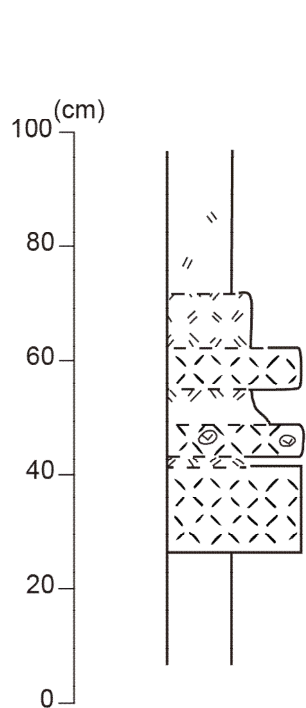
92.53m～92.80m
軽石質凝灰岩。
層厚21cm。
下部は灰白色，上部は
灰～黄灰色を呈する。
径1mm～2mmの軽石を主
体とし，岩片を含む。
上部は岩片が多く，弱
いラミナが認められる。
下部は淘汰良好で，級
化は認められない。

- 敷地内のボーリング調査結果によると，不動滝テフラは西山層に挟在し，ラミナがみられ，岩片を含む。
- 同テフラの層厚の分布は約>0 cm～25 cmとバラツキが大きい。

4. 1 降下火砕物の影響可能性（不動滝テフラ）



調査地点位置図



柱状図（上山田）

凡例



極細粒～細粒火山灰



中粒～粗粒火山灰



細粒～中粒軽石（ $\phi < 10\text{mm}$ ）



粗粒軽石（ $\phi > 10\text{mm}$ ）



泥岩



不動滝テフラ観察写真（上山田）

- 上山田で見られる不動滝テフラは、軽石質中粒～粗粒火山灰と極細粒火山灰層の互層からなり、級化している状況が確認される。

4. 1 降下火砕物の影響可能性（不動滝テフラ）



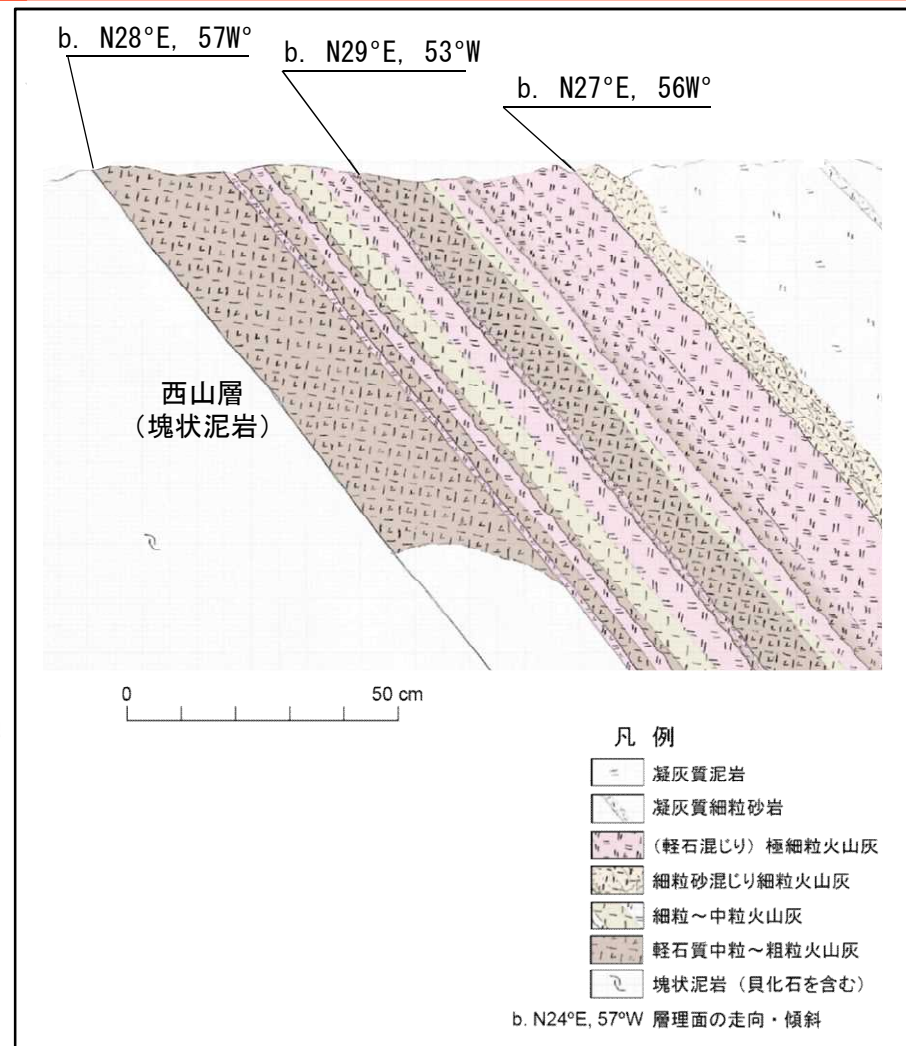
調査地点位置図



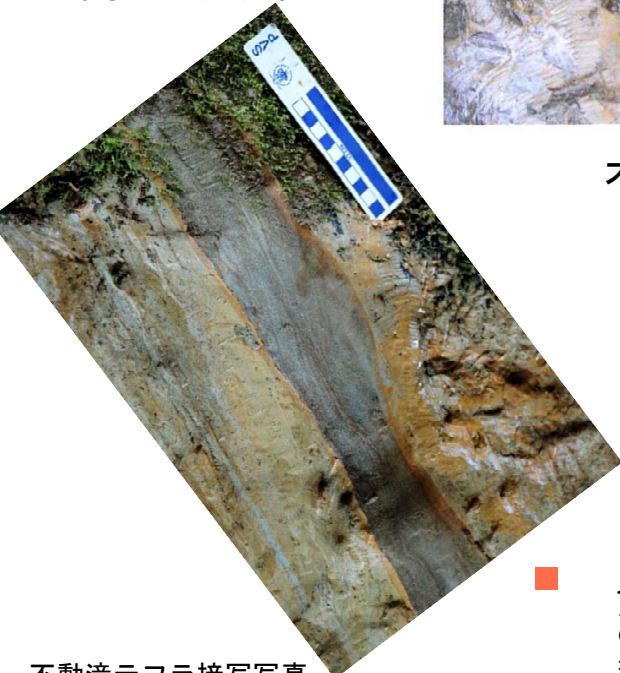
不動滝テフラ観察写真（不動滝）

- 不動滝地点の不動滝テフラは、軽石質中粒～粗粒火山灰，細粒～中粒火山灰，細粒砂混じり細粒火山灰，（軽石混じり）極細粒火山灰の互層からなり，上部の（軽石混じり）極細粒火山灰には平行ラミナが，最上部の細粒砂混じり細粒火山灰にはクロスラミナが確認される。

- 以上より，吉水テフラ，常楽寺テフラ，不動滝テフラ，阿相島テフラは，堆積過程において水系等の影響を受けて堆積したものと推定される。当時の堆積環境は現在と大きく異なっている。



不動滝テフラ観察スケッチ（不動滝）



不動滝テフラ接写写真
(クロスラミナが発達する)

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

- 給源不明の降下火砕物のうち、吉水テフラ、常楽寺テフラ、不動滝テフラ及び阿相島テフラは、いずれも水系等の影響を受けて堆積したものと推定され、現在の堆積環境とは異なること、その噴出時期が前期更新世と古く、分布層厚は敷地周辺で大きくばらつきがあることから、発電所運用期間中に、そのような降下火砕物の堆積が敷地周辺に生じる蓋然性を確認するため、以下の観点で評価を実施した。

○設置変更許可申請時点の評価項目※

- ✓ 文献を用いた評価

- 噴火実績のある火山の降下火砕物の火口からの距離に応じた堆積速度による試算
- 噴火実績のある火山の降下火砕物の火口からの距離に応じた堆積量による試算

- ✓ 既往解析結果の知見（火口からの距離に応じた堆積量による試算）

※評価方法は、工事計画認可申請書にのみ記載

○設置変更許可申請後、上記評価結果の妥当性を確認するため、追加評価を実施

- ✓ 文献を用いた評価

- 評価対象火山の等層厚線図を用いた評価

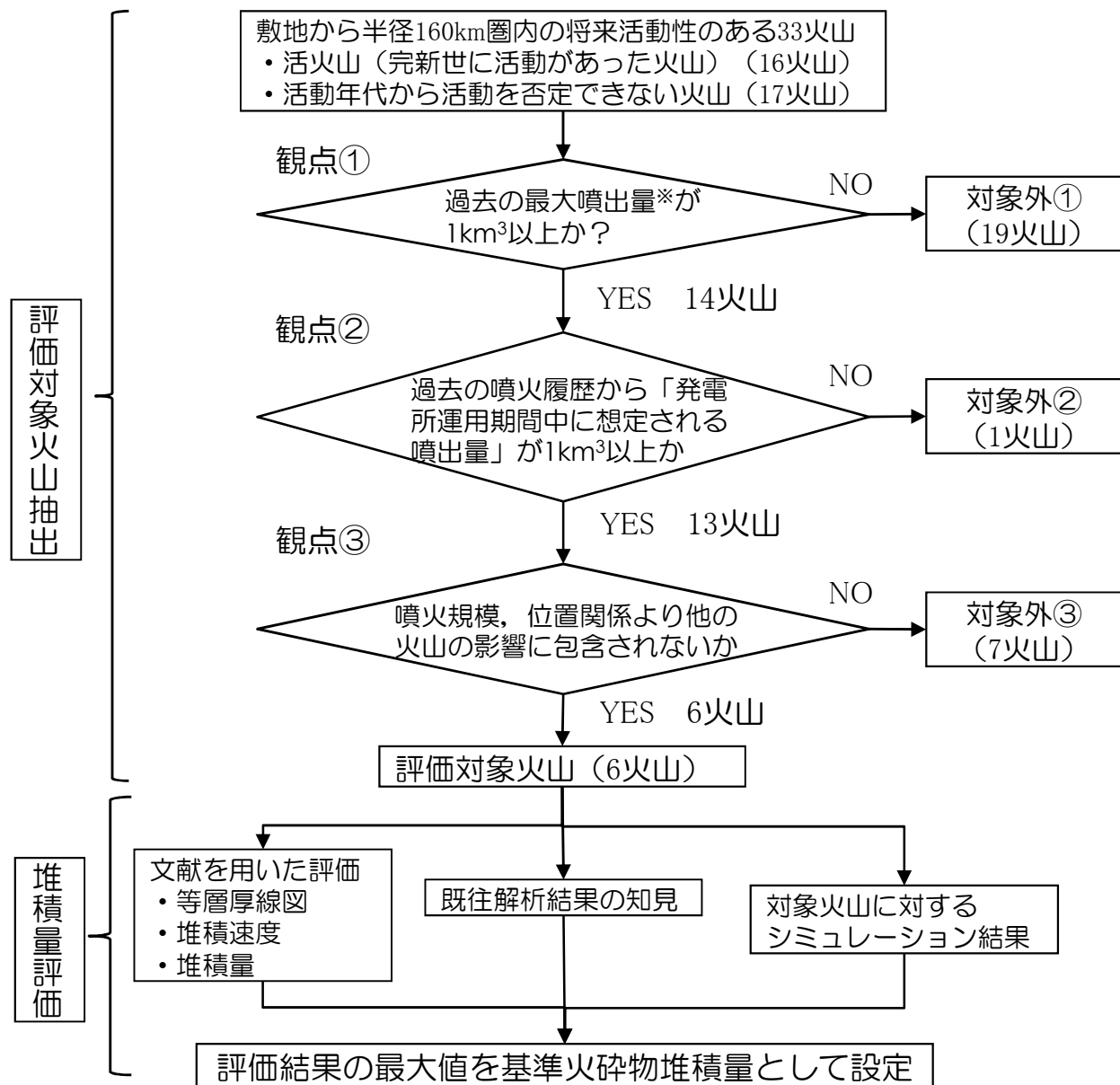
- ✓ 評価対象火山に対する降下火砕物シミュレーション

- 評価対象火山は、降下火砕物によって発電所に影響を与える可能性がある、発電所周辺全ての火山を対象に抽出を実施。

- 設置変更許可申請時点の評価対象火山及び堆積量の評価は、火山のおおよその噴火規模（VEI単位）、及び発電所との距離のみを考慮して抽出及び評価を実施していたが、追加評価では、抽出の網羅性を高めるため、及び、詳細な堆積量を評価するため、噴火時に想定される噴出量（ km^3 単位）、発電所との位置関係（距離・方角）を考慮して評価対象火山を抽出し、降下火砕物シミュレーションにて評価を実施した。

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

(0) 評価対象火山の抽出及び堆積量評価フロー



抽出観点①②

降下火砕物の最大噴出量が1km³以上（VEI5相当以上）のうち、発電所から最も近い妙高山より内側に、VEI4相当以下の火山が存在しないため、VEI4相当以下の火山は妙高山の評価に包含されなかった。

なお、抽出に当たっては、過去の噴火履歴から、噴火活動が衰退傾向にあるものは、「発電所運用期間中に想定される噴出量」として噴出量の精査を行った。一方、噴火活動が衰退傾向にないものは、過去最大規模の噴火が生じるとして抽出した。

抽出観点③

噴火規模、発電所からの位置関係より、他の火山の影響に包含されない火山を代表として抽出した。

※最大噴火規模の抽出に当たっては、噴出量が判明している降下火砕物から、噴出量が最大のものを選定。

ただし、発電所から直近の妙高山については、火砕流堆積物も含め噴火規模を見積もった。

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

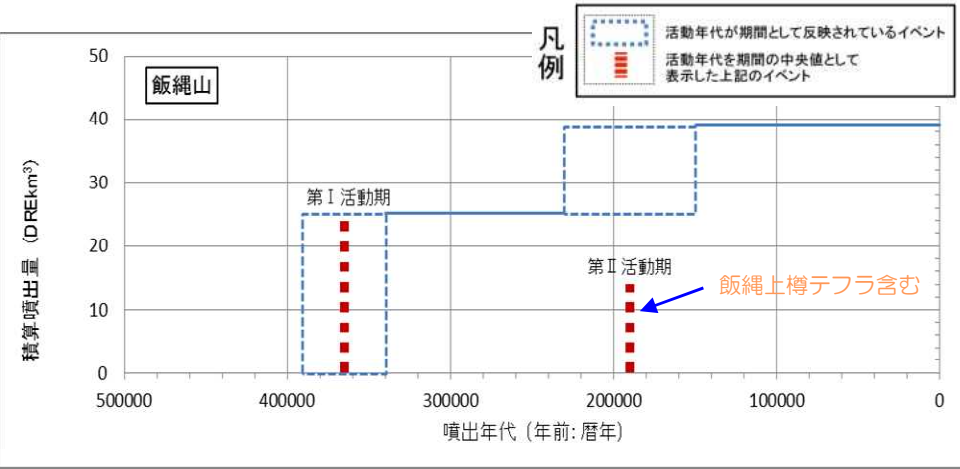
抽出フローに基づき、「妙高山」「沼沢」「四阿山」「赤城山」「浅間山」「立山」を評価対象火山として抽出。

| No. | 将来の活動可能性が否定できない火山 | 敷地からの距離(km) | 発電所からの方角 | 抽出観点 | 降下火砕物に関する過去最大噴火規模 (抽出観点①又は観点③の判断に使用) | 発電所運用期間中に想定される噴火規模 (抽出観点②又は観点③の判断に使用) |
|-----|-------------------|-------------|----------|------|---|--|
| 10 | 黒岩山 | 62 | 南南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 11 | 苗場山 | 66 | 南～南南東 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 17 | 妙高山 | 74 | 南南西～南西 | 対象 | 5(渋江川火砕流堆積物;1km ³) | - |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 | 南～南南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 19 | 新潟焼山 | 76 | 南南西～南西 | ① | 4(焼山-高谷池降下火砕物c(早川火砕流堆積物含む);0.2km ³) | - |
| 22 | 新潟金山 | 78 | 南南西～南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 23 | 黒姫山 | 81 | 南南西～南西 | ① | 4(黒姫大平;0.16km ³) | - |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 | 南東～東南東 | ③* | 5(七入テフラ;3km ³) | - |
| 26 | 志賀 | 83 | 南～南南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 29 | 沼沢 | 86 | 東 | 対象 | 5(芝原テフラ;4km ³) | - |
| 31 | 飯縄山 | 87 | 南南西～南西 | ② | 5(上樽aテフラ;1.91km ³) | - 火山活動は停止状態 |
| 32 | 草津白根山 | 90 | 南～南南西 | ① | 4(本白根火砕丘列噴火(テフラ);0.21km ³) | - |
| 39 | 日光白根山 | 99 | 南東 | ① | 2(日光白根1;0.006km ³) | - |
| 44 | 子持山 | 100 | 南南東 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 45 | 四阿山 | 100 | 南～南南西 | 対象 | 5(菅平第二軽石;2.13km ³) | - |
| 46 | 白馬大池 | 101 | 南西 | ① | -(主な噴出物は溶岩流) | - |
| 51 | 榛名山 | 108 | 南～南南東 | ③* | 5(榛名二ツ岳伊香保;2km ³) | - |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 | 南東～東南東 | ③* | 5(東赤田第1-2テフラ層;3.3km ³) | - |
| 54 | 赤城山 | 110 | 南南東～南東 | 対象 | 5(赤城鹿沼(テフラ);5km ³) | - |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 | 南～南南西 | ① | -(主な噴出物は溶岩流) | - |
| 57 | 鼻曲山 | 113 | 南～南南東 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 58 | 浅間山 | 114 | 南～南南西 | 対象 | 5(孺恋軽石(浅間草津);4km ³) | - |
| 61 | 高原山 | 120 | 南東～東南東 | ③* | 5(高原戸室山2テフラ;1.0km ³) | - |
| 65 | 那須岳 | 126 | 東南東～東 | ③* | 5(那須白河テフラ群;2.0km ³) | - |
| 68 | 立山 | 131 | 南西 | 対象 | 5(立山Dpm-A,C(テフラ);3.1km ³) | - |
| 69 | 磐梯山 | 131 | 東～東北東 | ① | 4(磐梯葉山2テフラ;0.5km ³) | - |
| 71 | 上廊下 | 139 | 南南西～南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 72 | 吾妻山 | 140 | 東～東北東 | ① | 4(吾妻福島テフラ;0.9km ³) | - |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 | 南南西～南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 | 南～南南西 | ③* | 5(八ヶ岳川上テフラ;4.7km ³) | - |
| 77 | 安達太良山 | 150 | 東～東北東 | ③* | 5(岳降下堆積物;2km ³) | - |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 | 南～南南西 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |
| 82 | 笹森山 | 160 | 東～東北東 | ① | -(明瞭な降下火砕物の分布認められず) | - |

※噴火規模、発電所からの距離・方角を考慮し、「北八ヶ岳」は「浅間山」に、「燧ヶ岳」「榛名山」「男体・女峰火山群」「高原山」「那須岳」「安達太良山」は「沼沢」に包含される

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

- 評価対象火山の抽出（観点②）にあたり、噴火活動が減衰傾向である、飯縄山について噴火規模を精査した。

| 火山名称 | 噴火履歴 | 噴火規模の精査 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--|-------------|--------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------------------|-------------------|-------|------|---|------|----|----|---|------|---------------------------|---|-------|----|----|---|-----|---------------------------|---|---------|----|-----|----|------|-----------------------------|---|---------|-------|--|----|--------|-----------------------------|------|---|-------|----|-------|---|-----|------------|---|-------------|-------|-----|---|----------|-------------------|------|---|---------|-------|--|----|---------|-------------------|---|-------------|----|---------|----|-----|-----------------------------|------|---|---------|-------|--|----|--------|-------------------|---|---------|----|--------|---|---|------------|---|---------|---|---------|---|---|-----------|------|---|---------|---|--|---|---|------------|--|--|--|--|--|---|-----|-------------------|---|
| 31 飯縄山 |  <p>凡例 活動年代が期間として反映されているイベント 活動年代を期間の中央値として表示した上記のイベント</p> <p>表 多世代火山としてみた妙高火山群の各火山の概要(早津(2008))</p> <table border="1" data-bbox="286 986 1243 1460"> <thead> <tr> <th>火山名</th> <th>世代</th> <th>活動期間 (ka)</th> <th>寿命 (×1,000年)</th> <th>休止期の長さ (×1,000年)</th> <th>噴出物の量 (km³)</th> <th>噴出速度 (km³/1,000年)</th> <th>岩質の変化</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">妙高火山</td> <td>4</td> <td>43→5</td> <td>38</td> <td>17</td> <td>5</td> <td>0.13</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>70→60</td> <td>10</td> <td>40</td> <td>7</td> <td>0.7</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(N)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>140→110</td> <td>30</td> <td>160</td> <td>20</td> <td>0.67</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>ca. 300</td> <td>50 >?</td> <td></td> <td>40</td> <td>0.8 <?</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(N・R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">黒姫火山</td> <td>3</td> <td>55→43</td> <td>12</td> <td>65-75</td> <td>6</td> <td>0.5</td> <td>安山岩質 (N→R)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>150→120-130</td> <td>20-30</td> <td>100</td> <td>9</td> <td>0.3-0.45</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">飯縄火山</td> <td>1</td> <td>ca. 250</td> <td>50 >?</td> <td></td> <td>13</td> <td>0.26 <?</td> <td>安山岩質(R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>220-230→150</td> <td>75</td> <td>110-120</td> <td>14</td> <td>0.2</td> <td>玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">瑛尾火山</td> <td>1</td> <td>ca. 340</td> <td>50 >?</td> <td></td> <td>25</td> <td>0.5 <?</td> <td>安山岩質(R)→デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>550→510</td> <td>40</td> <td>ca. 50</td> <td>中</td> <td>?</td> <td>安山岩質 (N→R)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ca. 600</td> <td>?</td> <td>ca. 100</td> <td>小</td> <td>?</td> <td>デイサイト質(R)</td> </tr> <tr> <td>焼山火山</td> <td>1</td> <td>ca. 700</td> <td>?</td> <td></td> <td>多</td> <td>?</td> <td>安山岩質 (N・R)</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>1.7</td> <td>安山岩質(R)→デイサイト質(R)</td> </tr> </tbody> </table> | 火山名 | 世代 | 活動期間 (ka) | 寿命 (×1,000年) | 休止期の長さ (×1,000年) | 噴出物の量 (km³) | 噴出速度 (km³/1,000年) | 岩質の変化 | 妙高火山 | 4 | 43→5 | 38 | 17 | 5 | 0.13 | 玄武岩質(N)→安山岩質(R)→デイサイト質(R) | 3 | 70→60 | 10 | 40 | 7 | 0.7 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N)→デイサイト質(R) | 2 | 140→110 | 30 | 160 | 20 | 0.67 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R) | 1 | ca. 300 | 50 >? | | 40 | 0.8 <? | 玄武岩質(N)→安山岩質(N・R)→デイサイト質(R) | 黒姫火山 | 3 | 55→43 | 12 | 65-75 | 6 | 0.5 | 安山岩質 (N→R) | 2 | 150→120-130 | 20-30 | 100 | 9 | 0.3-0.45 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R) | 飯縄火山 | 1 | ca. 250 | 50 >? | | 13 | 0.26 <? | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | 2 | 220-230→150 | 75 | 110-120 | 14 | 0.2 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R) | 瑛尾火山 | 1 | ca. 340 | 50 >? | | 25 | 0.5 <? | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | 3 | 550→510 | 40 | ca. 50 | 中 | ? | 安山岩質 (N→R) | 2 | ca. 600 | ? | ca. 100 | 小 | ? | デイサイト質(R) | 焼山火山 | 1 | ca. 700 | ? | | 多 | ? | 安山岩質 (N・R) | | | | | | 5 | 1.7 | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | <p>巨視的には二つの活動期間(第Ⅰ期, 第Ⅱ期)に大別され, 間には休止期間がある。</p> <p>第Ⅰ活動期は, 約34万年前ごろ, 第Ⅱ活動期は約20万年前にはじまり, 約15万年前に主要な活動は終了した。</p> <p>確認される最後の噴火は, 約6万年前の水蒸気爆発である。この活動以降, 今日まで噴火活動は認められない。</p> <p>なお, 現在の火山活動では, <u>噴気活動や高温の温泉の湧出等は全く認められず, 現在, 火山活動は完全に停止状態にあると考えられている(早津(2008))。</u></p> <p>妙高火山群に属する飯縄山は, 第Ⅰ活動期と第Ⅱ活動期の間約10万年間の休止期間があること, また, 第Ⅰ活動期では噴出が確認されていない玄武岩質が, 第Ⅱ活動期で噴出していることから, 多世代火山であると考えられている(早津(2008))。</p> <p>妙高火山群の他の多世代火山も含め, 若い世代ほど噴出量が減少することが明瞭に示されている(早津(2008))。</p> <p>また, 妙高火山群の噴火活動は, 噴出物が玄武岩質⇒安山岩質⇒デイサイト質へと変化し, 一つの活動期を終了している(早津(2008))ことから, 同様に噴出物の変化を経ている飯縄山の火山活動は停止状態と考えられる。</p> <p>以上のことから, 上樽aテフラ(第Ⅱ活動期)のような規模の噴火の可能性は十分低く, 降下火砕物が影響を及ぼす可能性は十分低いと判断される。</p> |
| 火山名 | 世代 | 活動期間 (ka) | 寿命 (×1,000年) | 休止期の長さ (×1,000年) | 噴出物の量 (km³) | 噴出速度 (km³/1,000年) | 岩質の変化 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 妙高火山 | 4 | 43→5 | 38 | 17 | 5 | 0.13 | 玄武岩質(N)→安山岩質(R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 70→60 | 10 | 40 | 7 | 0.7 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 140→110 | 30 | 160 | 20 | 0.67 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | ca. 300 | 50 >? | | 40 | 0.8 <? | 玄武岩質(N)→安山岩質(N・R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 黒姫火山 | 3 | 55→43 | 12 | 65-75 | 6 | 0.5 | 安山岩質 (N→R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 150→120-130 | 20-30 | 100 | 9 | 0.3-0.45 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 飯縄火山 | 1 | ca. 250 | 50 >? | | 13 | 0.26 <? | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | 220-230→150 | 75 | 110-120 | 14 | 0.2 | 玄武岩質(N)→安山岩質(N→R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 瑛尾火山 | 1 | ca. 340 | 50 >? | | 25 | 0.5 <? | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | 550→510 | 40 | ca. 50 | 中 | ? | 安山岩質 (N→R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | ca. 600 | ? | ca. 100 | 小 | ? | デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 焼山火山 | 1 | ca. 700 | ? | | 多 | ? | 安山岩質 (N・R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 5 | 1.7 | 安山岩質(R)→デイサイト質(R) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

- 抽出した6火山（妙高山，沼沢，四阿山，赤城山，浅間山，立山）の特徴について記す。

評価対象火山の位置及び噴火規模

| No. | 将来の活動可能性が否定できない火山 | 発電所からの距離(km) | 発電所からの方角 | 評価に用いる噴火規模 |
|-----|-------------------|--------------|----------|--|
| 17 | 妙高山 | 74 | 南南西～南西 | 5(渋江川火砕流堆積物; 1km ³)(早津(2008)) |
| 29 | 沼沢 | 86 | 東 | 5(芝原テフラ; 4km ³)(山元(1999)) |
| 45 | 四阿山 | 100 | 南～南南西 | 5(菅平第二軽石; 2.13km ³)(大石(2009)) |
| 54 | 赤城山 | 110 | 南南東～南東 | 5(赤城鹿沼(テフラ); 5km ³)(山元(2013)) |
| 58 | 浅間山 | 114 | 南～南南西 | 5(孺恋軽石; 4.0km ³)(早川(2010)) |
| 68 | 立山 | 131 | 南西 | 5(立山Dpm-A,C; 3.1km ³)(木村(1987),及川(2003)) |

堆積量の評価は以下のとおり実施する。

(1) 文献を用いた評価

- 評価対象火山の降下火砕物の等層厚線図による評価
- 等層厚線図がない場合は下記2項目及び(2)を実施。
 - 噴火実績のある火山の降下火砕物の火口からの距離に応じた堆積速度からの試算
 - 噴火実績のある火山の降下火砕物の火口からの距離に応じた堆積量からの試算

(2) 既往解析結果の知見（火口からの距離に応じた堆積量からの試算）

(3) 評価対象火山に対する降下火砕物シミュレーション結果

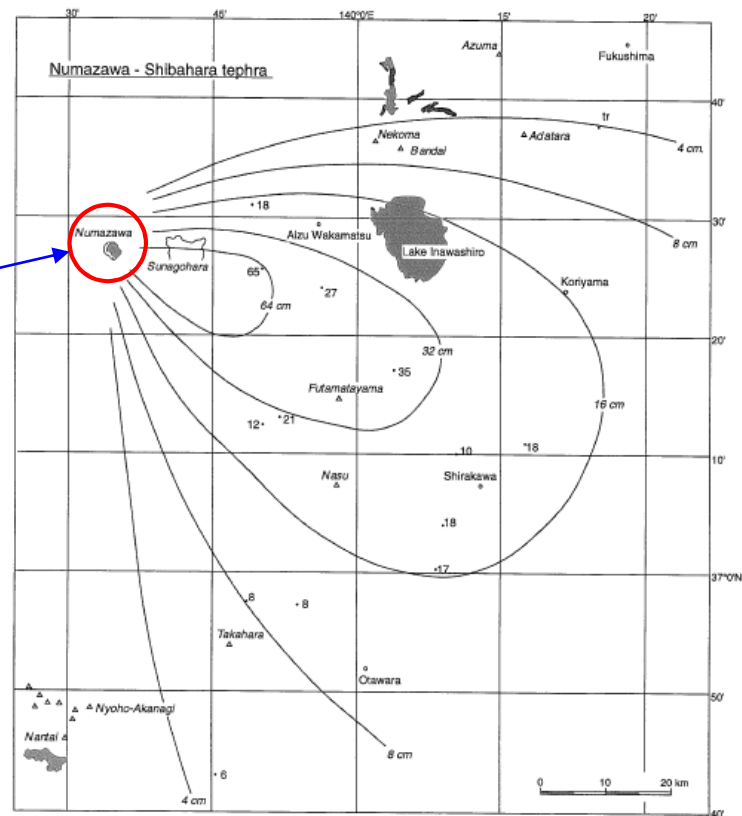
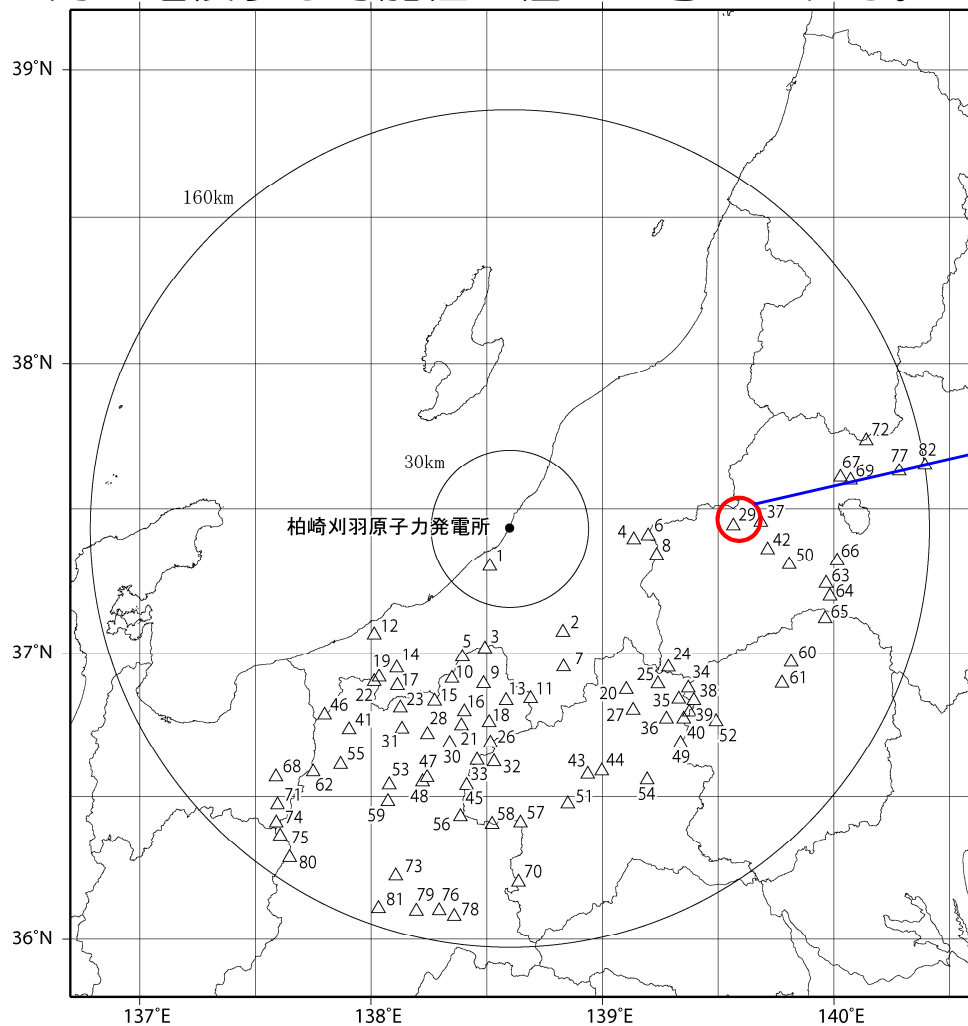
→ (1), (2) については, 評価方法の性質上, 堆積量が火口から発電所の距離や方角に依存する評価となることから, 詳細な噴出量や風向・風速を踏まえた評価を(3)で実施する。

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1-0）文献を用いた評価（既存の降下火砕物の等層厚線図）

- 沼沢

沼沢－芝原テフラの等層厚線図が示すように、沼沢を給源とした降下火砕物が、発電所敷地内に堆積する可能性は低いと考えられる。



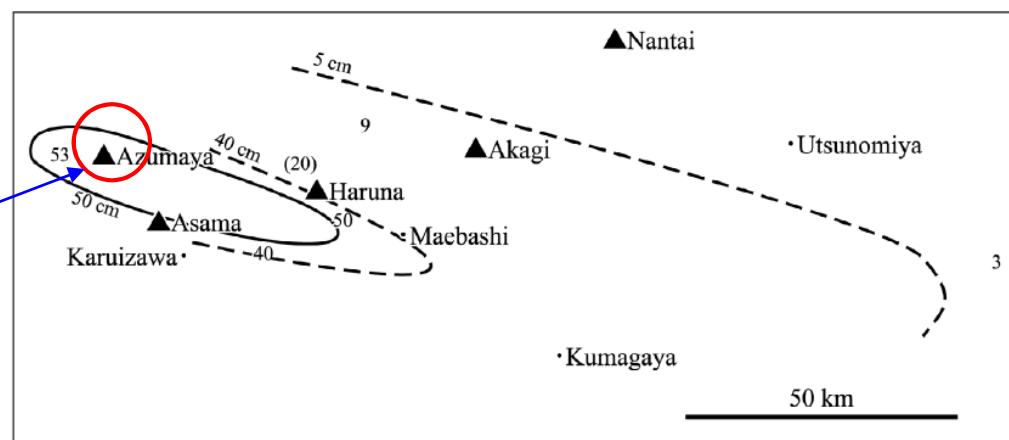
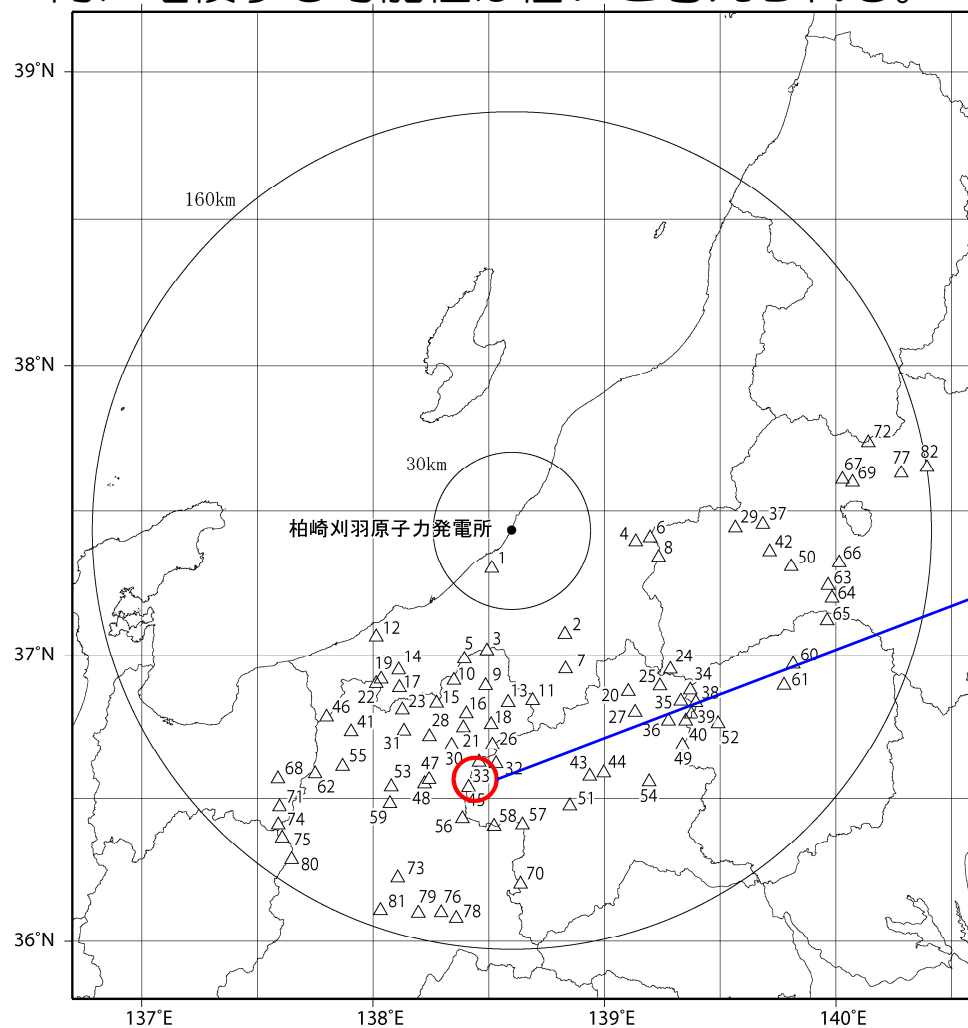
沼沢-芝原テフラ等層厚線図（山元（1999））

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1-0）文献を用いた評価（既存の降下火砕物の等層厚線図）

・四阿山

菅平第二軽石の等層厚線図が示すように、四阿山を給源とした降下火砕物が、発電所敷地内に堆積する可能性は低いと考えられる。



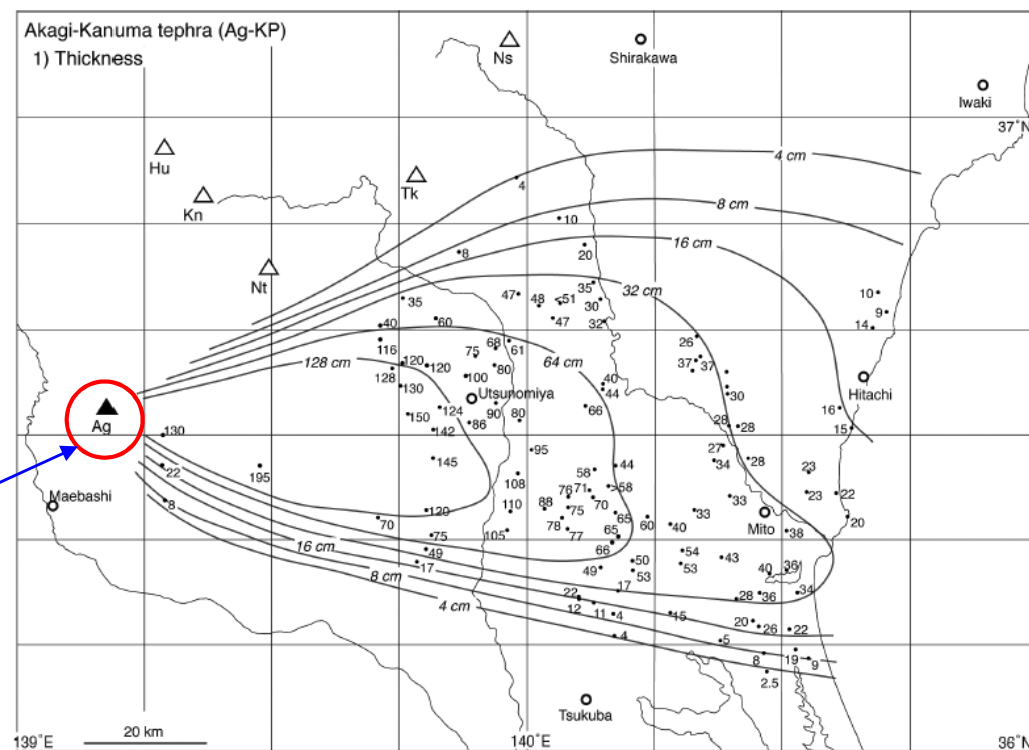
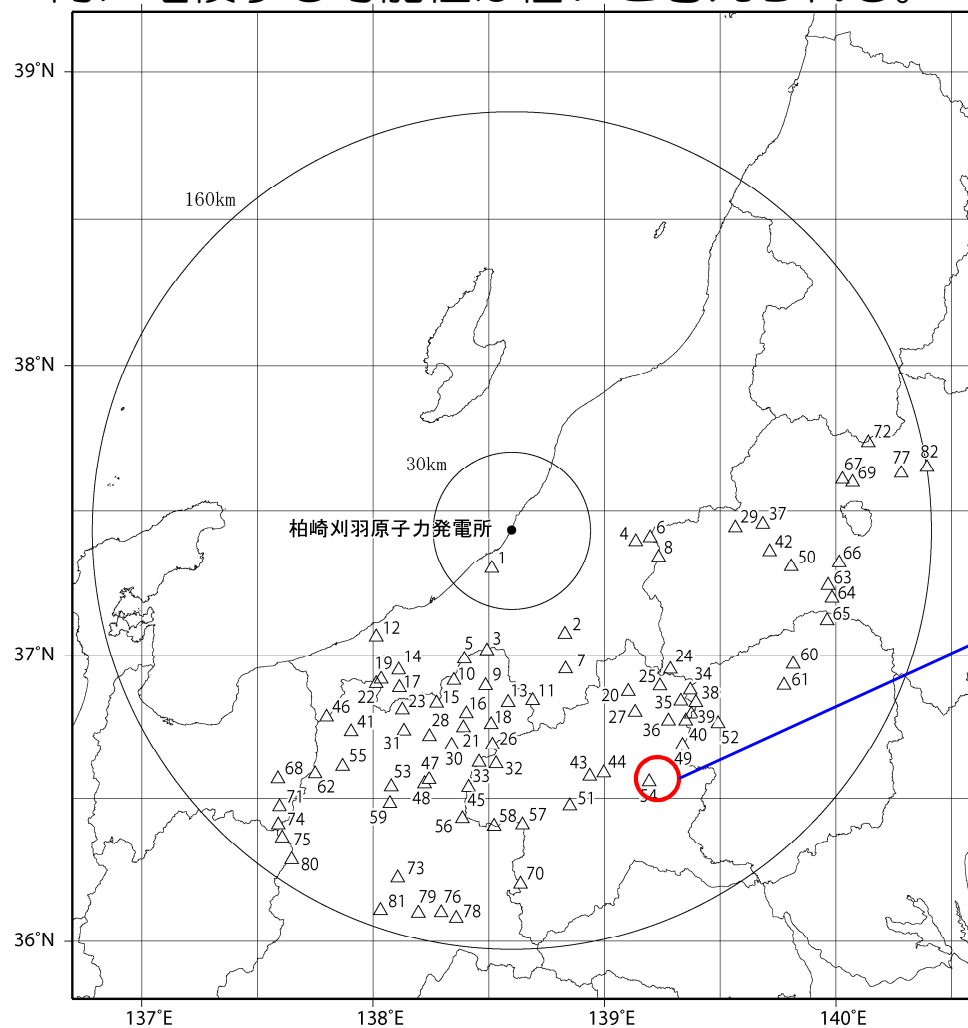
菅平第二軽石等層厚線図（大石（2009））

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1-0）文献を用いた評価（既存の降下火砕物の等層厚線図）

・赤城山

赤城一鹿沼テフラの等層厚線図が示すように、赤城山を給源とした降下火砕物が、発電所敷地内に堆積する可能性は低いと考えられる。



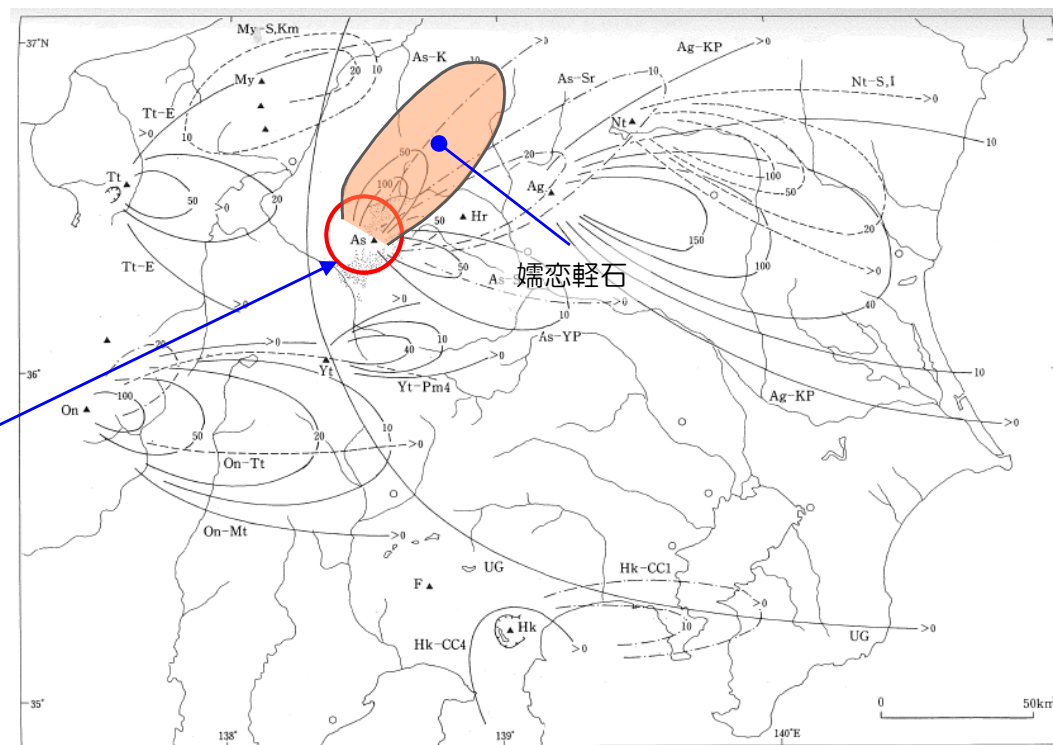
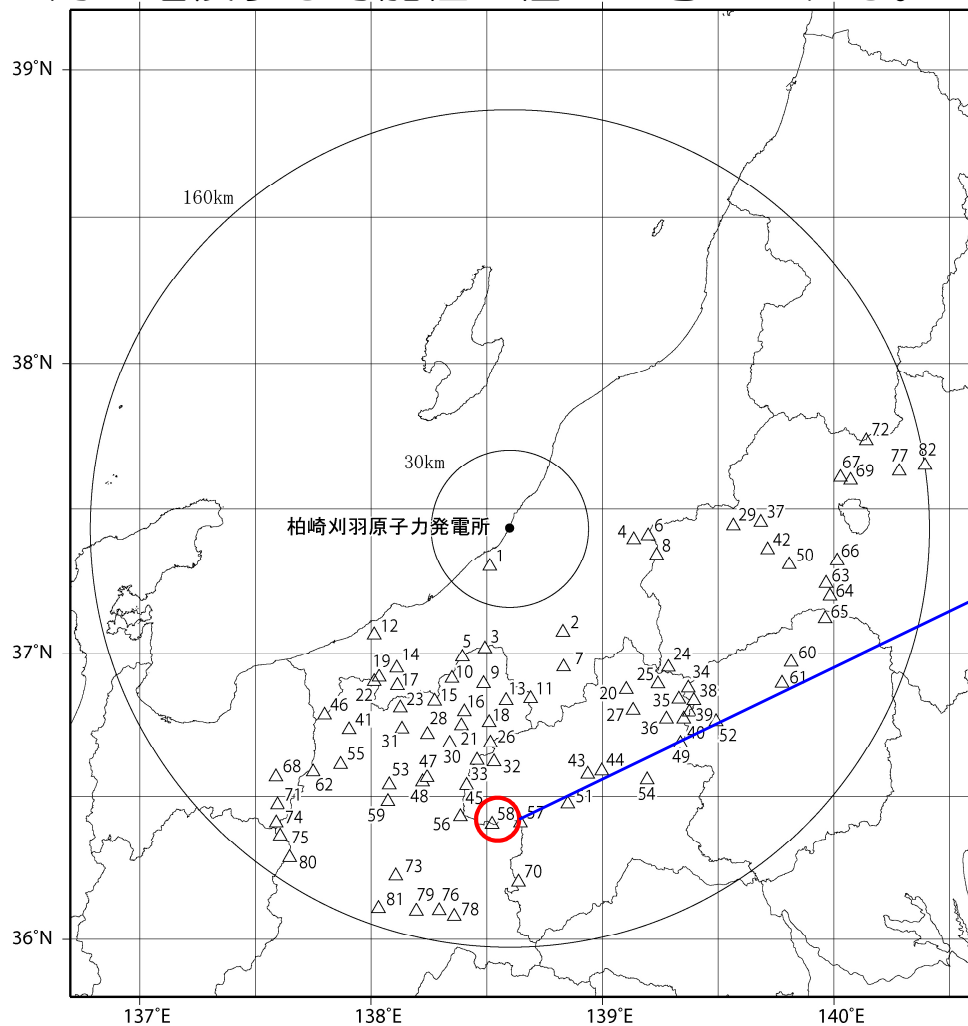
赤城一鹿沼テフラ等層厚線図（山元（2013））

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1-0）文献を用いた評価（既存の降下火砕物の等層厚線図）

・浅間山

嬭恋軽石の等層厚線図が示すように、浅間山を給源とした降下火砕物が、発電所敷地内に堆積する可能性は低いと考えられる。



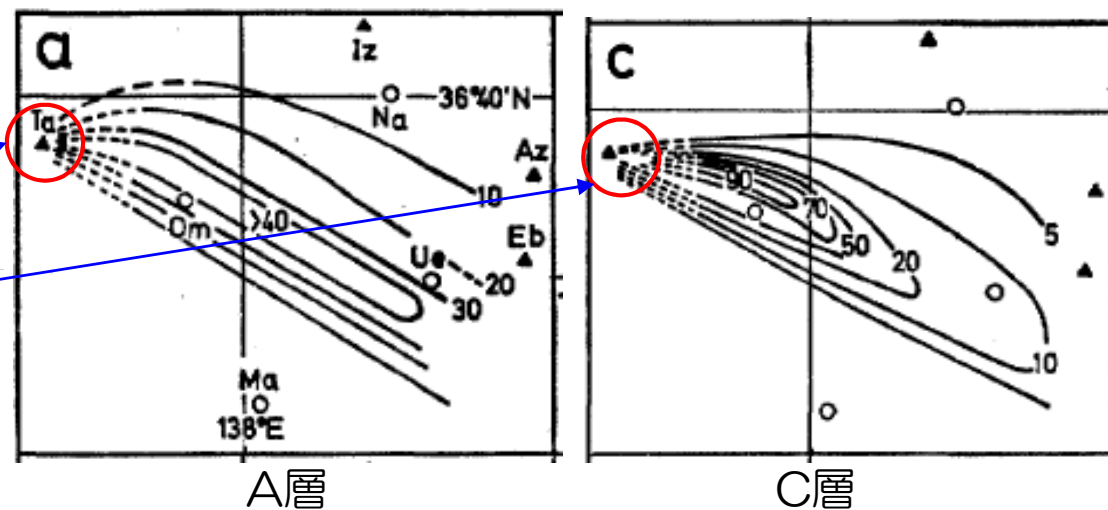
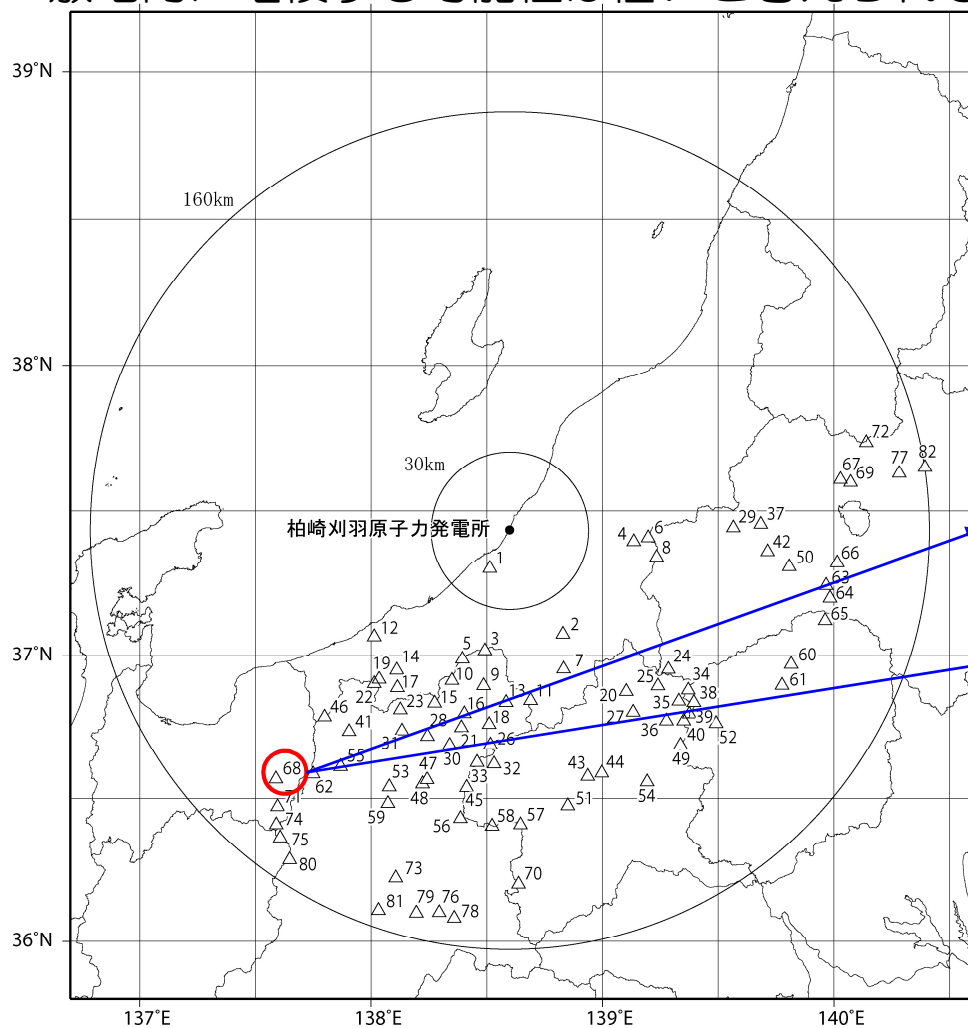
嬭恋軽石等層厚線図（町田・新井（2011））

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1-0）文献を用いた評価（既存の降下火砕物の等層厚線図）

・立山

立山Dpm-A, Cテフラの等層厚線図が示すように、立山を給源とした降下火砕物が、発電所敷地内に堆積する可能性は低いと考えられる。



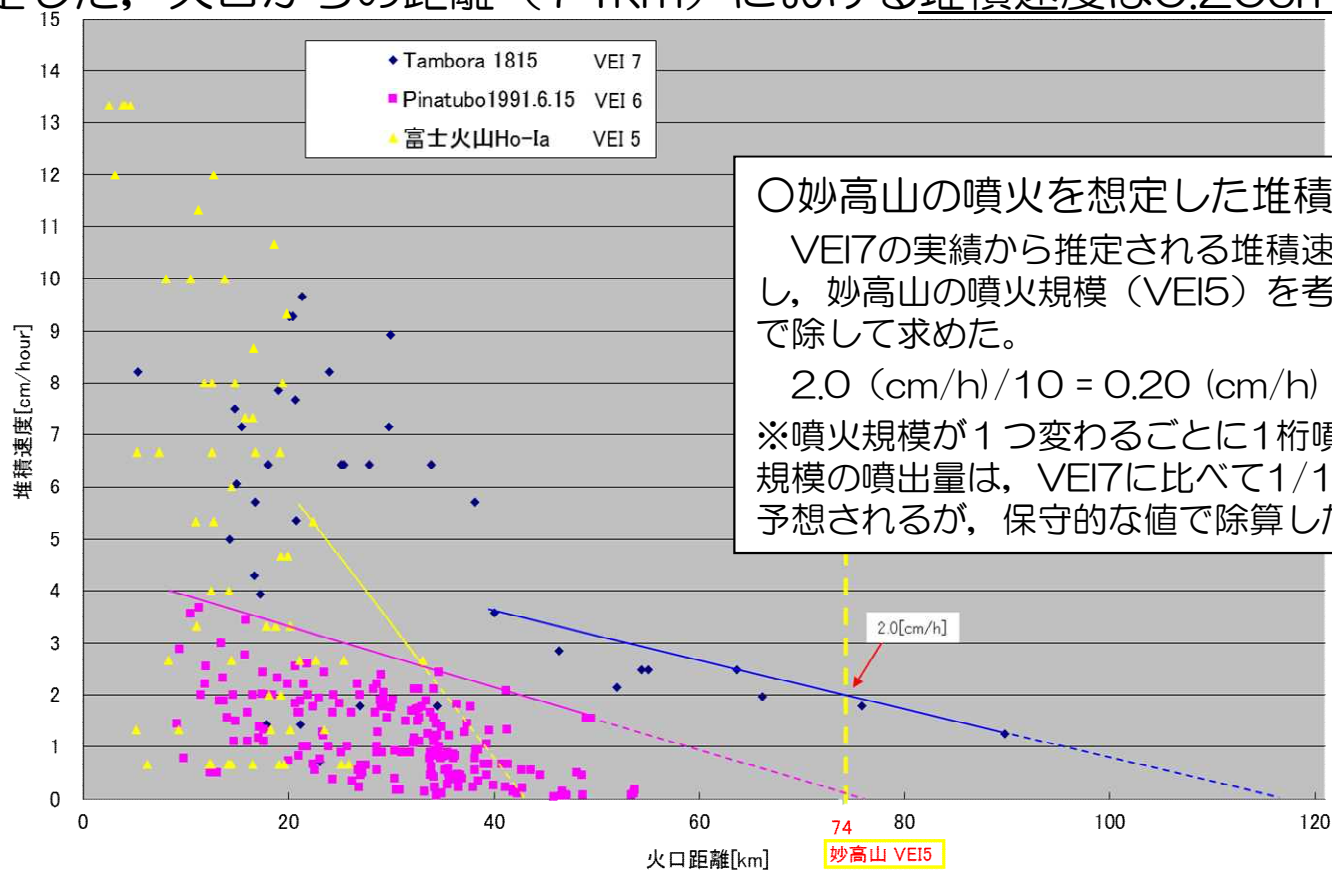
立山Dpm-A, C等層厚線図（木村（1987））

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1－1）文献を用いた評価（堆積速度からの試算）

妙高山と同等の噴火規模（VEI5）の実績を持つ富士山（宮地（1984），宮地ほか（2011）），並びに文献に火口から遠距離における堆積量の記載があるピナツボ火山（VEI6）（Lynn et al（1997）），タンボラ火山（VEI7）（Sigurdsson et al（1989））の噴火について，継続時間，火口からの距離に応じた堆積量が記載されている文献から，堆積速度を推定した。

➤ 妙高山を想定した，火口からの距離（74km）における堆積速度は0.20cm/hとなった。

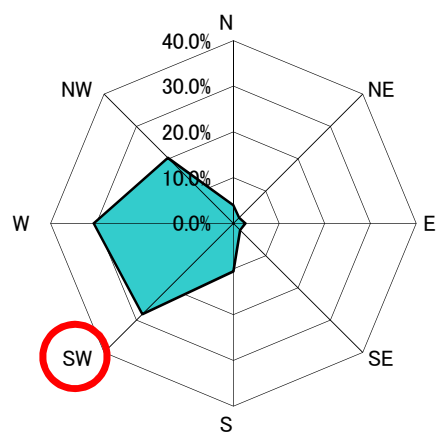


4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

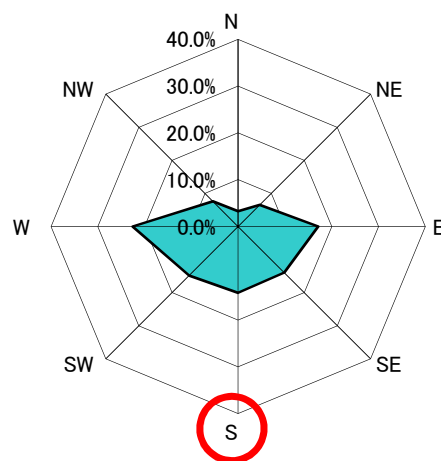
（1-1）文献を用いた評価（堆積速度からの試算）

発電所敷地内の堆積量を，推定した堆積速度に，富士山（宝永噴火）に関する文献（宮地・小山（2007））に基づく噴火継続時間（16日間）を乗じ，発電所における風向割合（想定火山より約3割*の風が飛来することを想定）を考慮した結果，約23.1cmとなった。

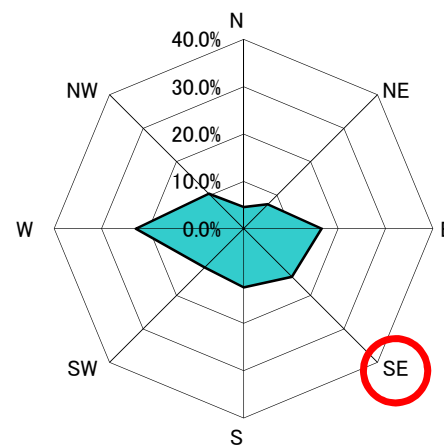
*評価対象火山は発電所に対して，南西から東方向に位置していることを踏まえ，気象庁が行っているラジオゾンデの定期観測（観測地点：輪島）データより，原子力発電所へ吹く風は，最も多い場合でも，約3割であることから設定。



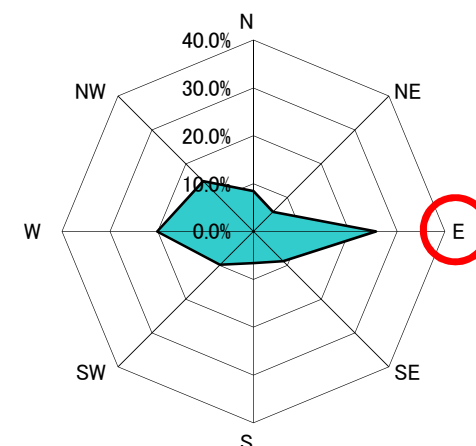
SW割合
最大値：28.1%



S割合
最大値：14.2%



SE割合
最大値：14.4%



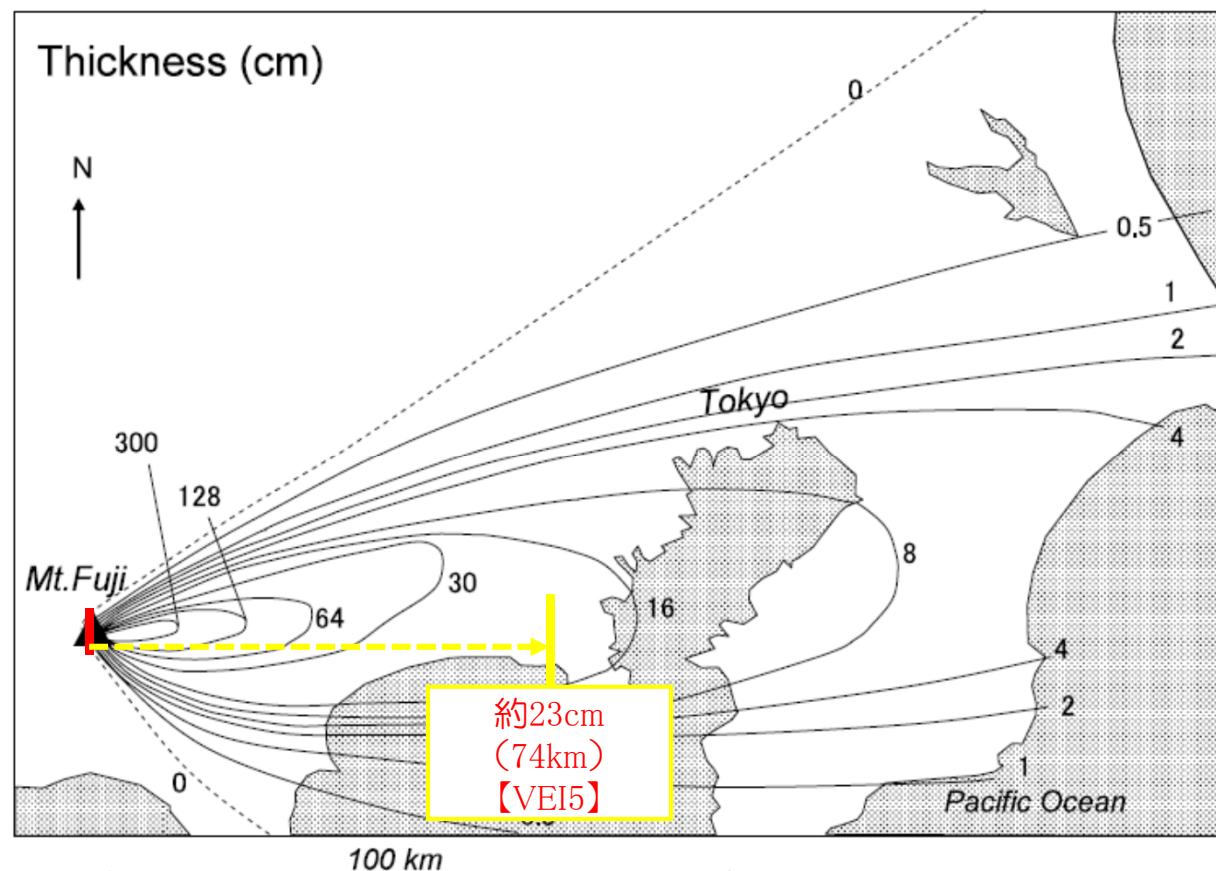
E割合
最大値：25.6%

発電所に対する風向割合

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（1－2）文献を用いた評価（堆積量からの試算）

妙高山と同等の噴火規模（VEI5）の実績を持つ富士山の噴火について、火口からの距離に応じた堆積量が読み取れる文献（宮地・小山（2007））より、堆積量を推定した。発電所から最も近い火山（妙高山）を想定した堆積量は、約23cmとなった。なお、噴火当初においては、偏西風により西向き強い風が吹いたとされている。



富士山 1707年「宝永噴火」等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

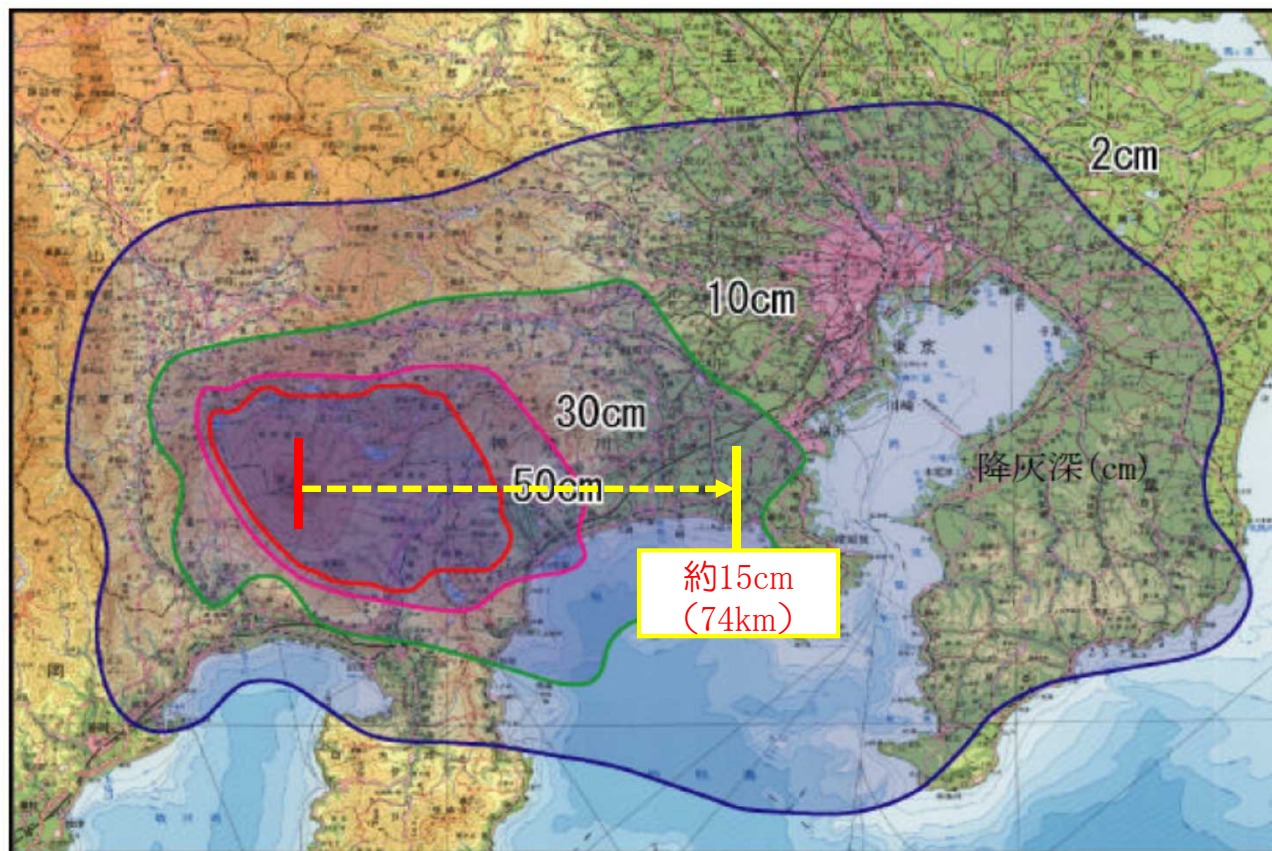
（2）既往解析結果の知見

既往解析結果の知見として、富士山ハザードマップ検討委員会報告書の、宝永噴火に関する解析結果※を用いる。当該の解析は、気象条件（風向・風速）等を考慮し、堆積量を推定しており、発電所から最も近い火山（妙高山）を想定した堆積量は、約15cmとなった。

※富士山の火山防災対策を効果的に検討、実施することを目的に、富士山の火山としての性状をよりの確に把握するための調査・分析を踏まえ、降灰解析を実施している。

○評価条件

- ・解析モデル
気象庁及び気象研究所で開発された、移流・拡散モデル
(1977年8月有珠山噴火の降灰分布を再現)
- ・風向・風速データ
アメリカ気象局の再解析データ、過去45年間（1957年～2001年）の富士山上空1万mの風向・風速データを使用
- ・降灰マップの作成
過去45年間の平均的な気象場を用いて、月別降灰分布図を作成
月別降灰分布図を12か月分重ね合わせ、各地点で最も厚く堆積している値を、その地点の降灰堆積深として設定
過去の噴火実績から想定火口範囲を定め、山頂以外からの噴出を考慮し評価を実施



富士山「宝永噴火」数値シミュレーション（富士山ハザードマップ検討委員会（2004））

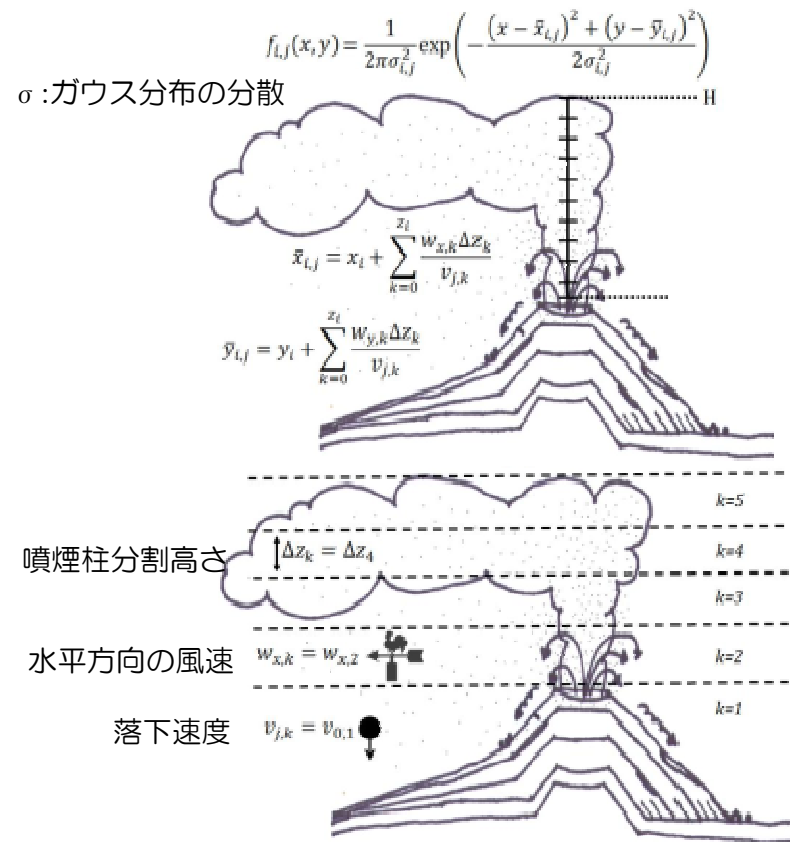
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

(3) 評価対象火山に対する降下火砕物

シミュレーション

① -1 解析コード「Tephra2」の概要

- 「Tephra2」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、降下火砕物の降灰範囲の予測や既往噴火の降灰状況の復元を目的として利用されている。
- 解析コードは、南フロリダ大学が開発した「Tephra2」（出典元：V-Hub）を用いた。同コードは日本火山学会2016年秋季大会にて指摘された次頁に示すバグがあったため、修正し解析した。
- 移流拡散モデルは図に示すとおり、降下火砕物の挙動を重力による落下、風による移動（移流）及び空中で降下火砕物が自発的に散らばる現象（拡散）を計算するものである。
- 風は高度ごとに水平な一方向にふくものとされ、拡散も水平方向のみが考慮されている。（Tephra2（出典元：V-Hub）については、海面における風速を0とし、風データで与えられた火口標高の風速が海面に向かって線形減少するものと仮定している。）
- 降下火砕物は、火口上に仮定された均質な噴煙柱より放出される。
- その他の解析コードとの比較は以下のとおり。



「Tephra2」の移流拡散モデルと支配方程式
 (Tephra2 Users Manual(2011)に一部加筆)

| 解析コード名 | メリット | デメリット |
|---------|---|---|
| Tephra2 | 適当な初期パラメータを与えることで、堆積物の分布を計算することができる。 | 詳細の風の設定(渦巻き, 蛇行)といった、複雑な風速場を盛り込むことができない。 ただし、風速方向が大きく変わらない場合、影響は小さい。 |
| PUFF | 3次元の風速場を入力することで、詳細な風速場による計算が可能。 数万個オーダーの粒子を放出し、その粒子の挙動をひとつひとつ計算することができる。 | 計算粒子の数が、実際に火山が放出する粒子数に比べると、遙かに少なく、各地点の堆積量を求めることに適していない。 |

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

①-2 「Tephra2」のバグの概要

- 給源直上から放出される降下火砕物の粒子の落下速度は、粒子が落下する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いる。今回、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

$$\begin{array}{ll} V_t = \frac{gd^2(\rho_p - \rho_a)}{18\mu} & R_e < 6 \\ V_t = \left[\frac{4g^2d^3(\rho_p - \rho_a)^2}{225\mu\rho_a} \right]^{1/3} & 6 \leq R_e < 500 \\ V_t = \left[\frac{3.1gd(\rho_p - \rho_a)}{\rho_a} \right]^{1/2} & 500 \leq R_e \end{array}$$

$R_e = \frac{d\rho_a V_t}{\mu}$: 粒子レイノルズ数 d : 粒子径 ρ_p : 粒子密度 ρ_a : 大気密度 μ : 大気の粘性 g : 重力加速度

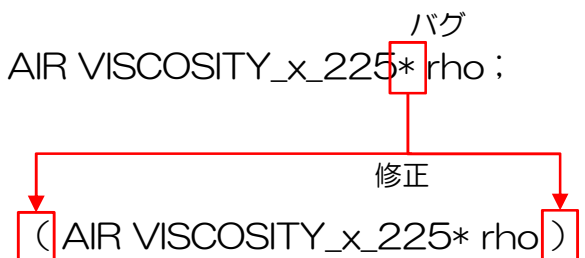
- 当社使用の「Tephra2」の解析コードの出典元：V-Hub（最新の2010年版）
- 原理式に基づく解析コードの修正箇所

■ 従前の計算に使用していた解析コード (=A/B×C)

```
temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part density / AIR VISCOSITY_x_225 * rho ;  
vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

■ バグ修正後の解析コード (=A/ (B×C))

```
temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part density / ( AIR VISCOSITY_x_225 * rho ) ;  
vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```



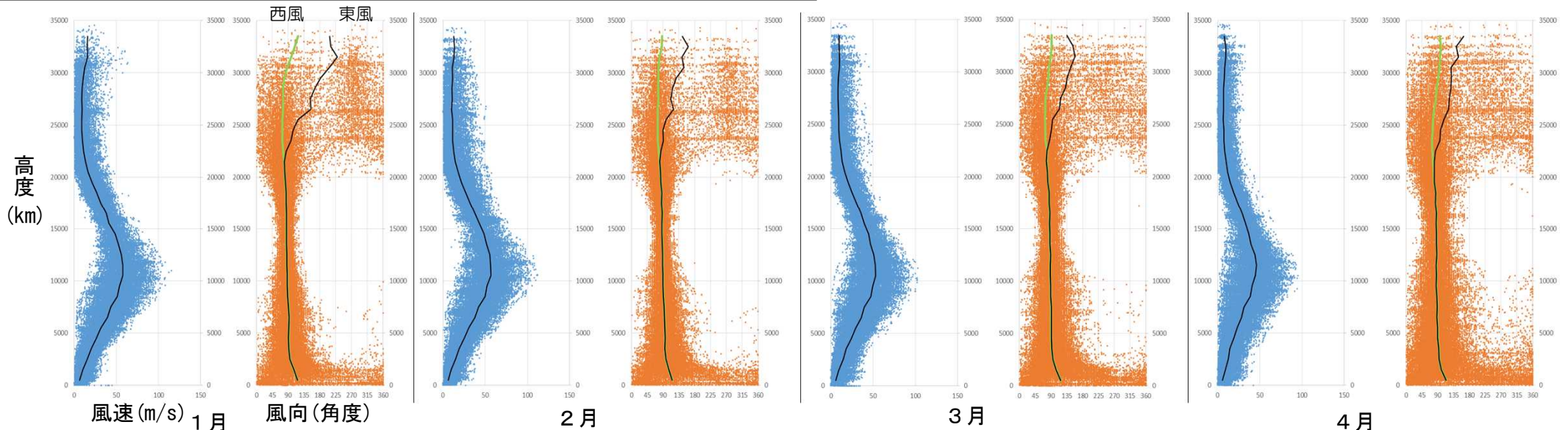
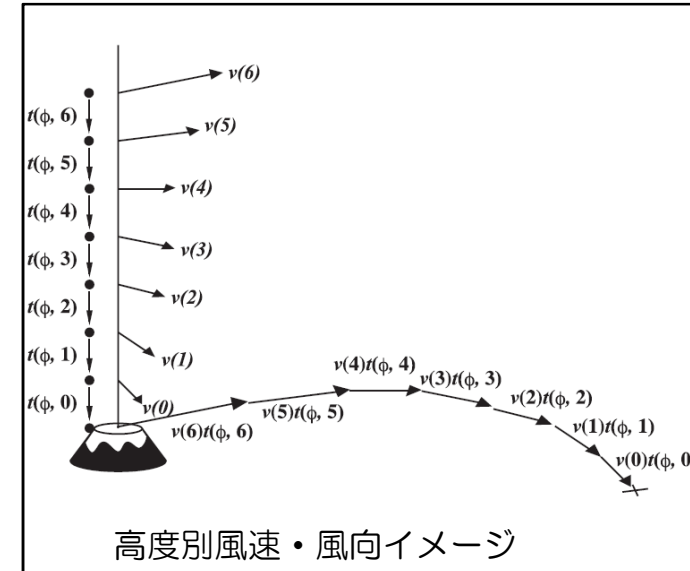
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-1 評価条件

- 高度別風速及び風向データ
- 気象庁が行っているラジオゾンデの定期観測データ（観測地点：輪島）より、30年間（1981年～2010年）のデータを対象とし、高度別風速及び風向の月別平均値を入力データとした。
- 風向は西風が卓越しているが、風向分布が2極化している場合、評価対象火山が発電所に対して西側※に位置しているため、東へ向かう風となるよう $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 区間を対象に値を平均する補正を行った。

※風向は西側が卓越しているため、発電所より東側の火山の降下火砕物は堆積しないと考えられることから評価は実施しない。ただし、後述の不確かさを考慮した評価は実施する。

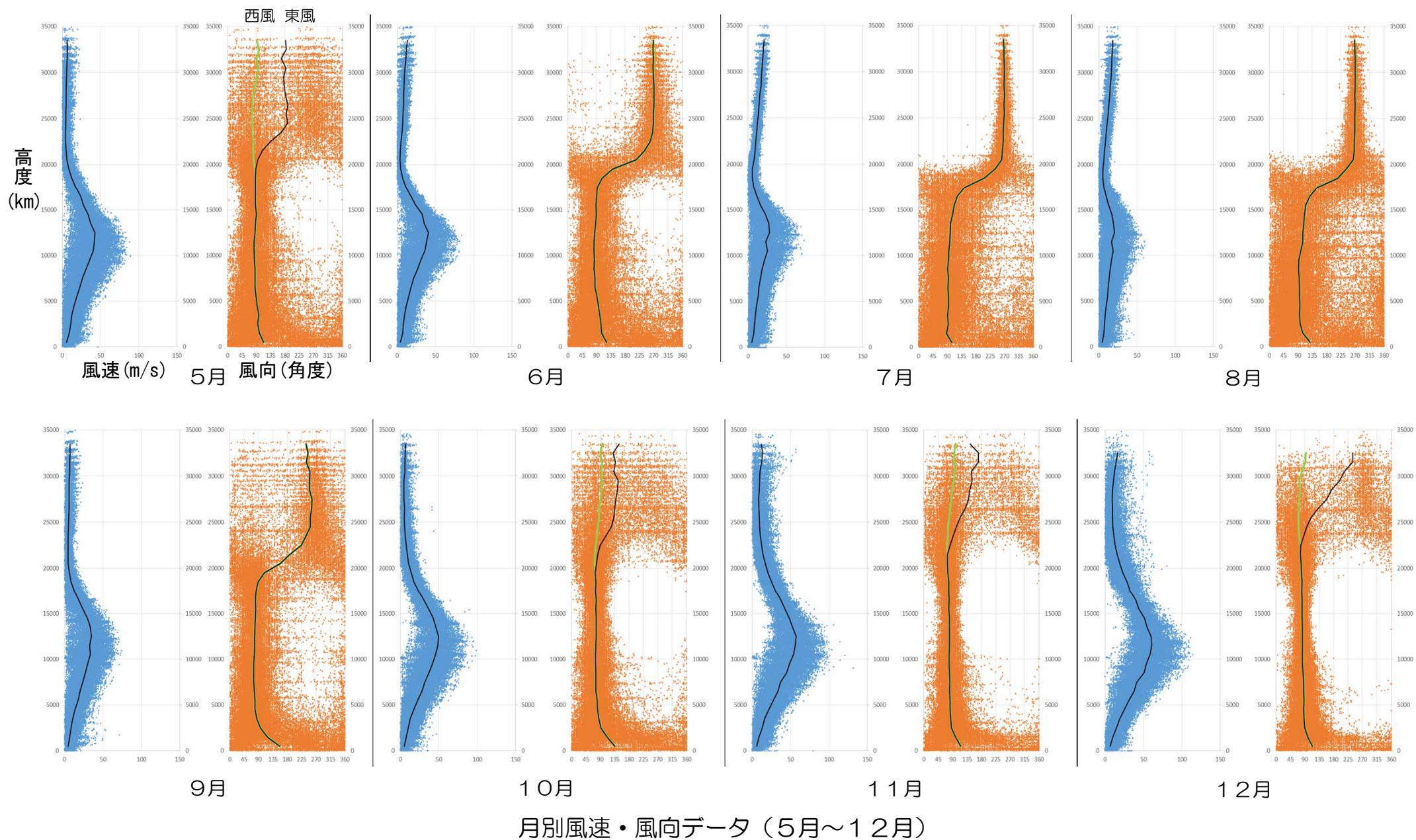
- 風速データ
- 風向データ（北方向 0° , 西方向 90° , 南方向 180° , 東方向 270°)
- 風速及び風向の平均値
- 風向の補正值



月別風速・風向データ（1月～4月）

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

■ 高度別風速及び風向データ（続き）



4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-1 評価条件

■ 噴煙柱高度について

評価対象火山の想定される噴火規模はVEI5であることから、町田・新井(2011)によれば噴煙柱高さは25km以上となる。

ただし、風速データのピークは標高10km～15km程度のため、噴煙高さを25kmで設定した。

■ その他の評価条件

参表.1 火山爆発度指数 VEI (Volcanic Explosivity Index)
[Newhall and Self (1982) に加筆]

| 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 | | | | |

| 項目 | 単位 | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢※ ¹ | 赤城山※ ¹ | 設定根拠 |
|-----------|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--|
| 噴煙柱高度 | m | 25,000 | 25,000 | 25,000 | 25,000 | 25,000 | 25,000 | 上記のとおり |
| 噴出量 | kg | 1.0 × 10 ¹² | 3.1 × 10 ¹² | 4.0 × 10 ¹² | 2.13 × 10 ¹² | 4.0 × 10 ¹² | 5.0 × 10 ¹² | 早津(2008), 大石(2009), 早川(2010), 木村(1987), 及川(2003), 山元(1999), 山元(2013) |
| 最大粒径 | mm | 1/2 ⁻¹⁰ | 1/2 ⁻¹⁰ | 1/2 ⁻¹⁰ | 1/2 ⁻¹⁰ | 1/2 ⁻¹⁰ | 1/2 ⁻¹⁰ | Tephra2推奨値※ ² |
| 最小粒径 | mm | 1/2 ¹⁰ | 1/2 ¹⁰ | 1/2 ¹⁰ | 1/2 ¹⁰ | 1/2 ¹⁰ | 1/2 ¹⁰ | Tephra2推奨値※ ² |
| 噴火口の東距 | m | 242,780 | 194,790 | 277,880 | 268,420 | 373,160 | 338,320 | 日本活火山総覧 ほか |
| 噴火口の北距 | m | 4,086,720 | 4,052,710 | 4,031,870 | 4,047,170 | 4,145,140 | 4,047,610 | 日本活火山総覧 ほか |
| 噴火口の標高 | m | 2,454 | 2,621 | 2,568 | 2,354 | 835 | 1,828 | 日本活火山総覧 ほか |
| 岩片粒子密度 | kg/m ³ | 2,600 | 2,600 | 2,600 | 2,600 | 2,600 | 2,600 | Tephra2推奨値, 岩の力学委員会(1974) |
| 軽石粒子密度 | kg/m ³ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | Tephra2推奨値, Shipley et al (1982) |
| 噴煙放出下限高度比 | - | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | Tephra2推奨値 |
| 渦拡散係数 | m ² /s | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | 0.04 | Tephra2推奨値, 萬年(2013) |
| 拡散係数 | m ² /s | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | 10,000 | Tephra2推奨値, 萬年(2013) |
| 落下時間閾値 | s | 3,600 | 3,600 | 3,600 | 3,600 | 3,600 | 3,600 | 萬年(2013) |

※1：沼沢, 赤城山のデータは、後述の不確かさを考慮した評価に使用する

※2：ケイ質の噴出物に適応

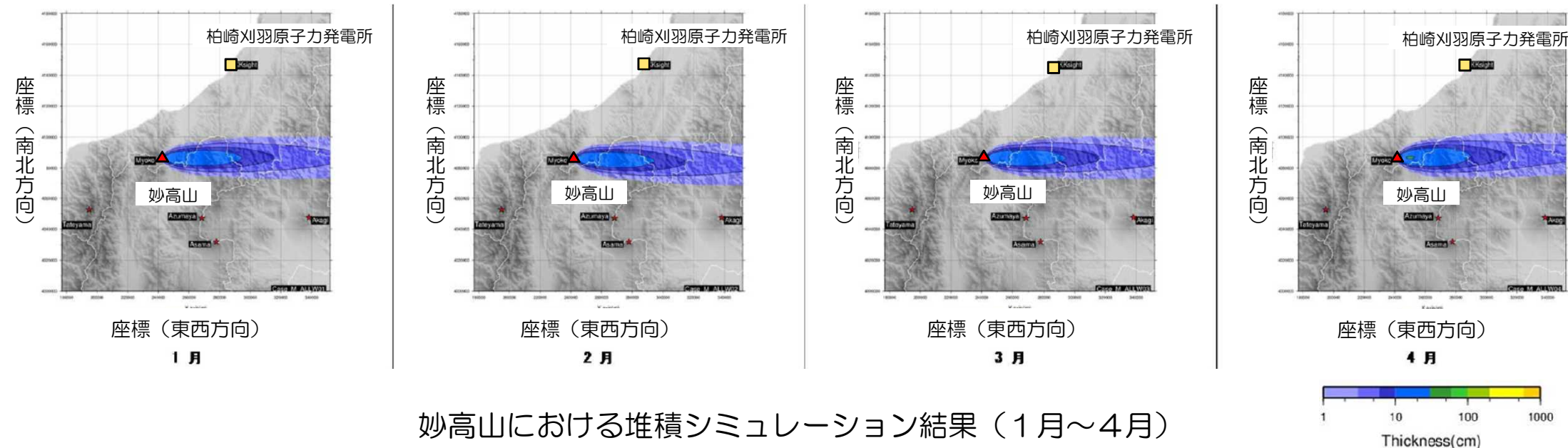
※3：東距は南北基準線（東経138°線）から東西方向の距離, 北距は東西基準線（赤道）から南北方向の距離。

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 妙高山

解析結果より、いずれの月も火山位置から東方に向かって細長く降下火砕物が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

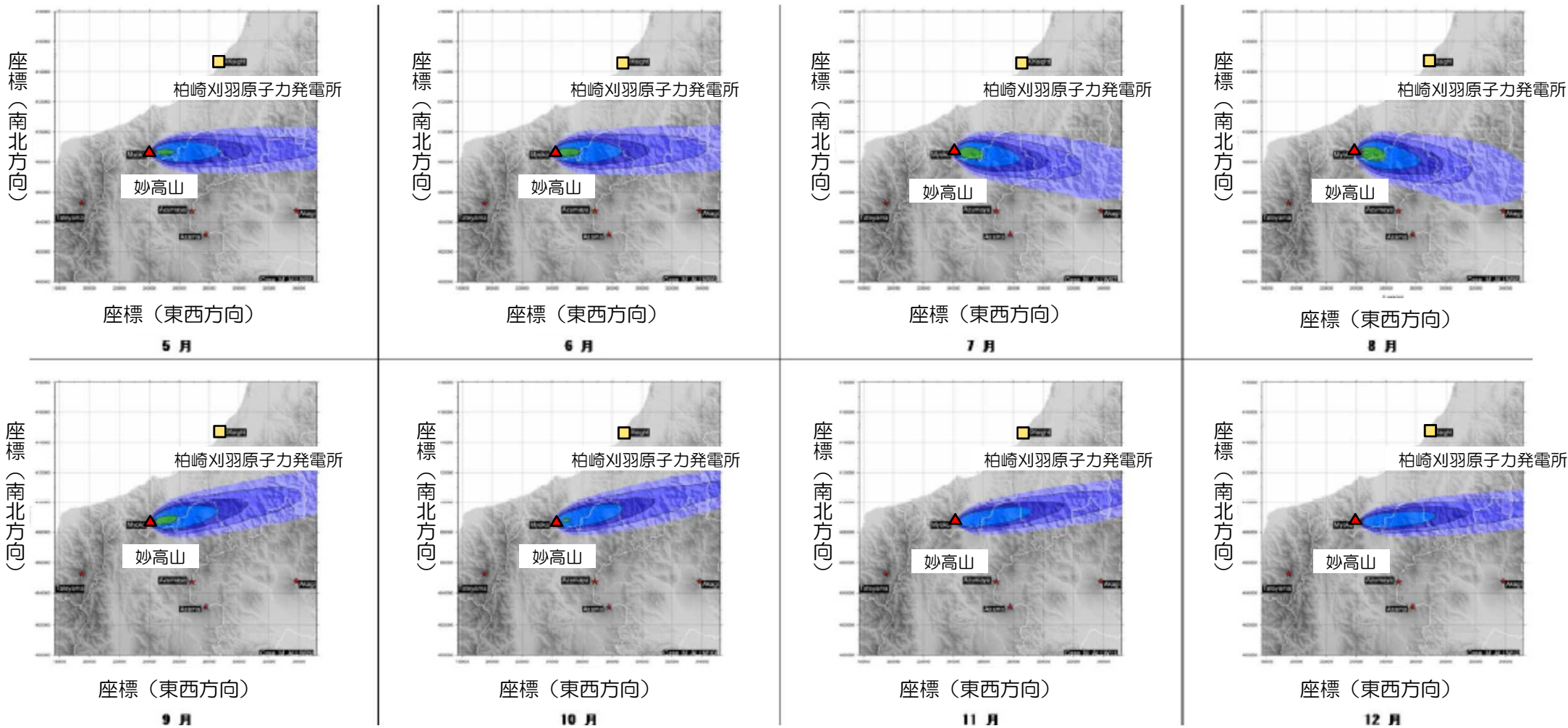


妙高山における堆積シミュレーション結果（1月～4月）

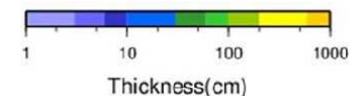
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 妙高山（評価結果続き）



妙高山における堆積シミュレーション結果（5月～12月）

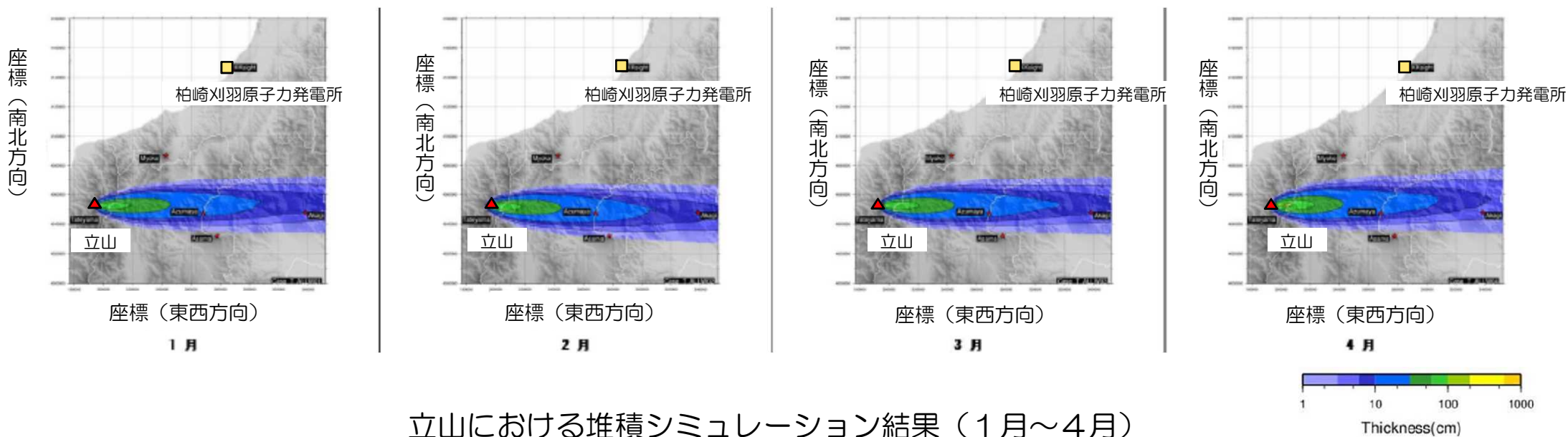


4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 立山

解析結果より、いずれの月も火山位置から東方に向かって細長く降下火砕物が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

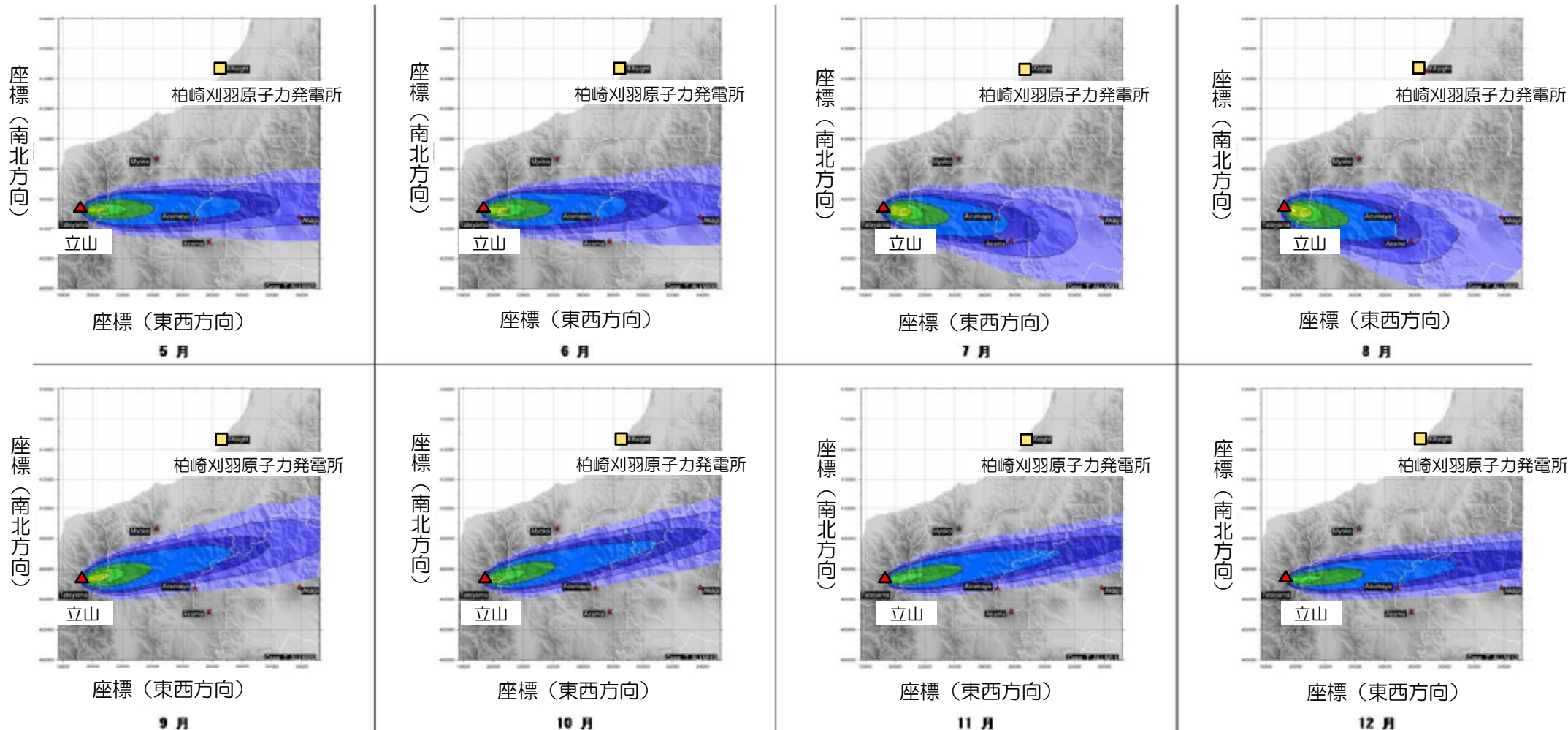


立山における堆積シミュレーション結果（1月～4月）

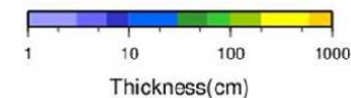
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 立山（評価結果続き）



立山における堆積シミュレーション結果（5月～12月）

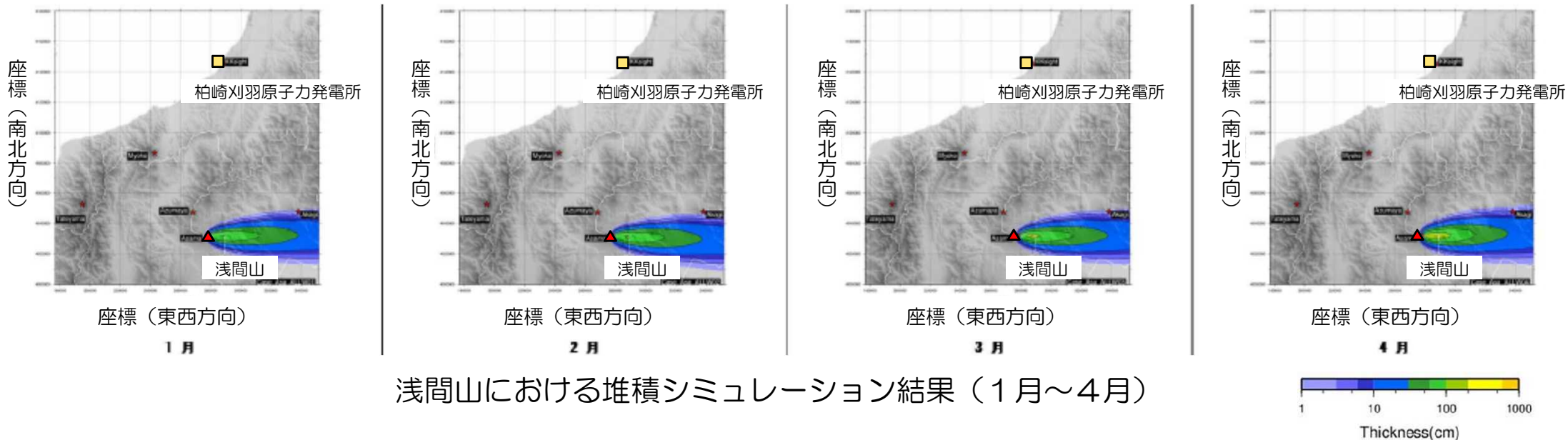


4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 浅間山

解析結果より、いずれの月も火山位置から東方に向かって細長く降下火砕物が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

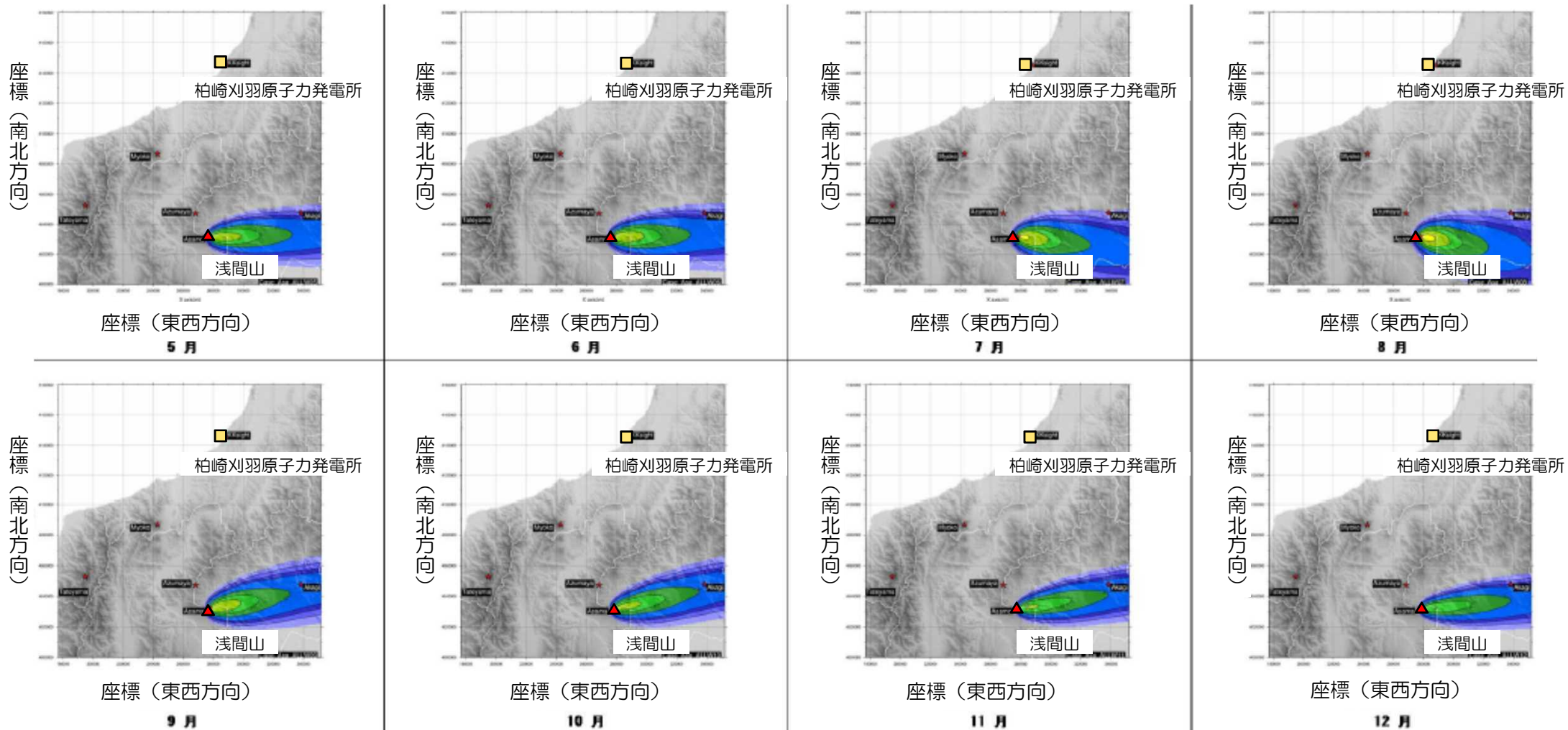


浅間山における堆積シミュレーション結果（1月～4月）

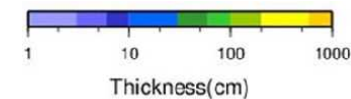
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 浅間山（評価結果続き）



浅間山における堆積シミュレーション結果（5月～12月）

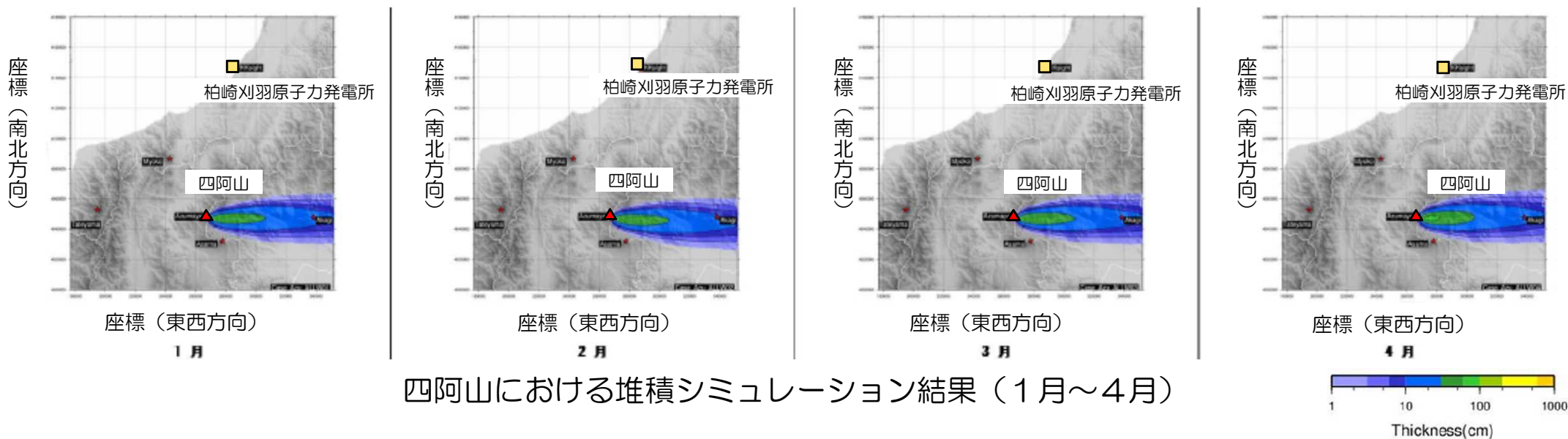


4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 四阿山

解析結果より、いずれの月も火山位置から東方に向かって細長く降下火砕物が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

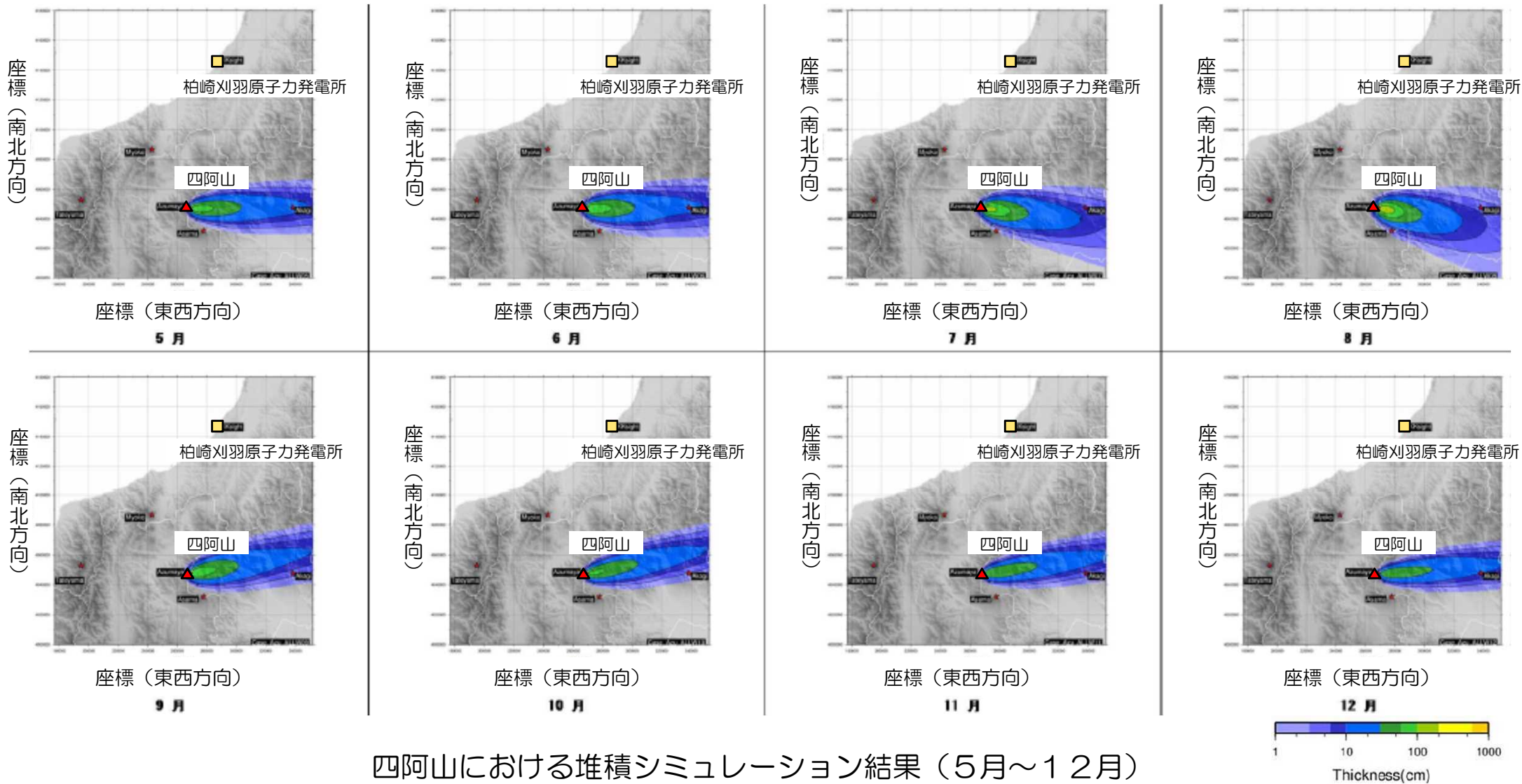


四阿山における堆積シミュレーション結果（1月～4月）

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

②-2 評価結果

■ 四阿山（評価結果続き）

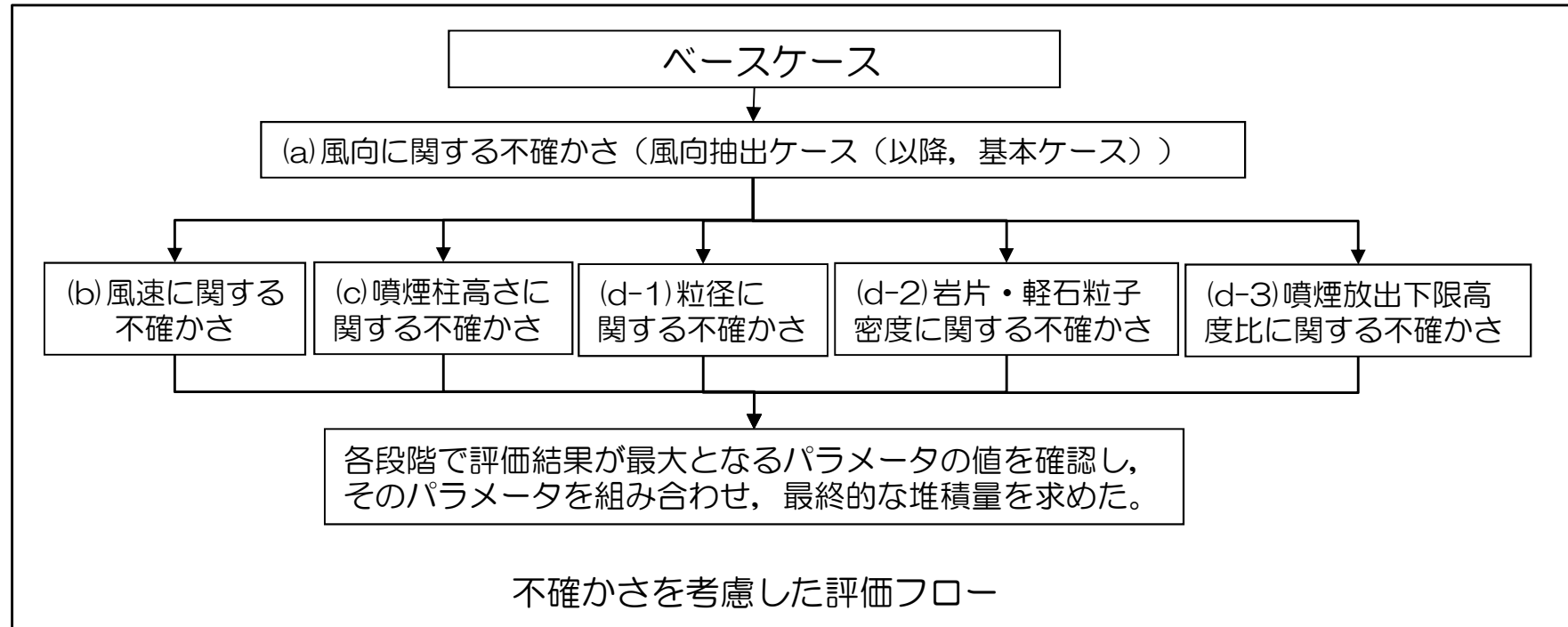


四阿山における堆積シミュレーション結果（5月～12月）

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

③不確かさを考慮した評価（評価フロー）

各パラメータごとに評価を実施し、堆積量が保守的となるパラメータを確認する。
最終的な堆積量は、確認したパラメータを組み合わせて算出する。



○各パラメータの設定の考え方

- (a) 評価対象火山から発電所に向かう風（ $\theta \pm 11.25^\circ$ ）を抽出し、評価を実施
- (b) 基本ケースの風速を $\pm\sigma$ ， 2σ で増減させ、保守的な条件を設定
- (c) 基本ケースの噴煙柱高さを $\pm 5\text{km}$ ごとに増減させ、保守的な条件を設定
- (d-1) Tephra2推奨値の粒径範囲 $1/2^6 \sim 1/2^{-6}$ に対して評価し、保守的な条件を設定
- (d-2) 岩片・軽石粒子密度を 1000kg/m^3 ， 2600kg/m^3 で評価し、保守的な条件を設定
- (d-3) 噴煙放出下限高度を増減させ、保守的な条件を設定

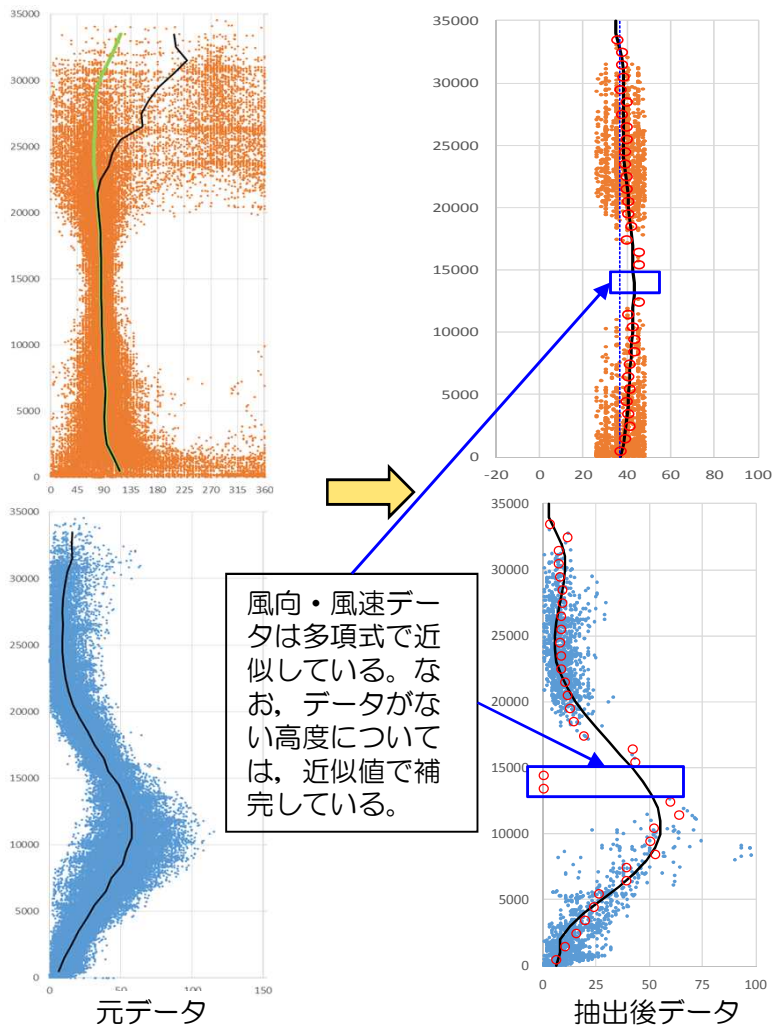
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

③不確かさを考慮した評価

主要なパラメータの不確かさの要素の考慮は以下のとおり。

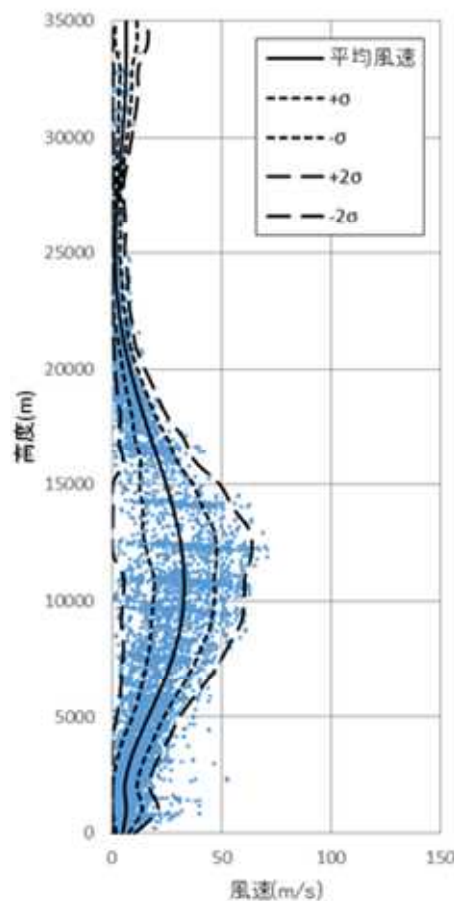
(a) 風向に関する不確かさ

対象火山から発電所に向かう風を抽出し評価する。



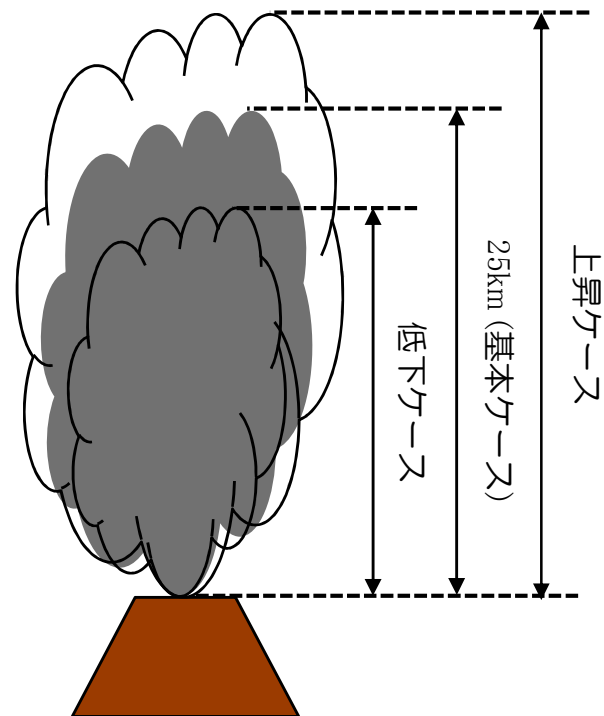
(b) 風速に関する不確かさ

基本ケース（平均風速）に対して $\pm\sigma$ （標準偏差）， 2σ を考慮する。



(c) 噴煙柱高さに関する不確かさ

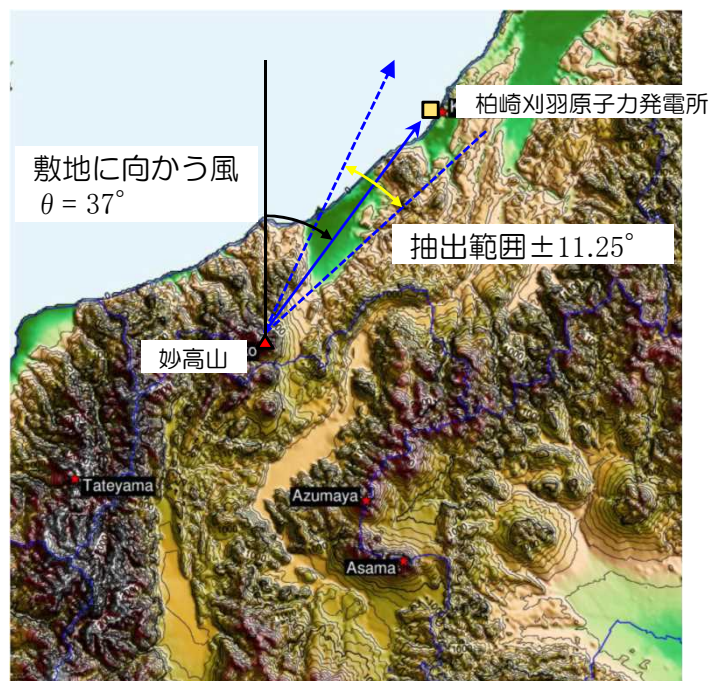
基本ケース（25km）に対して $\pm 5\text{km}$ ごとに評価を実施する。



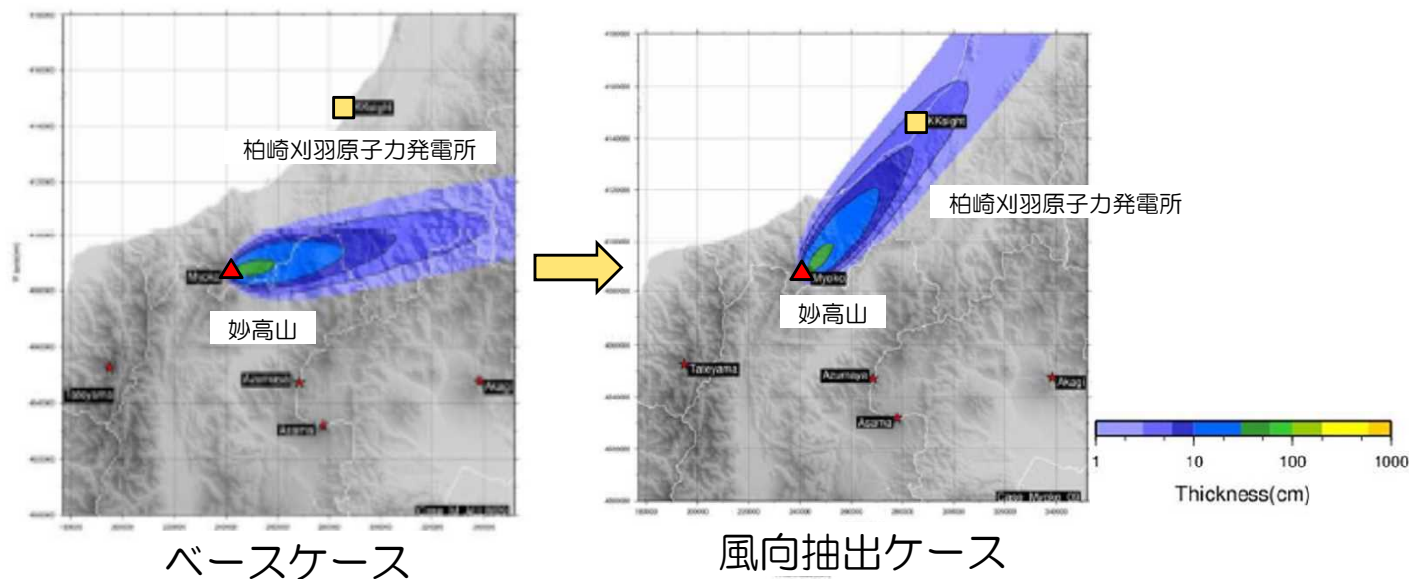
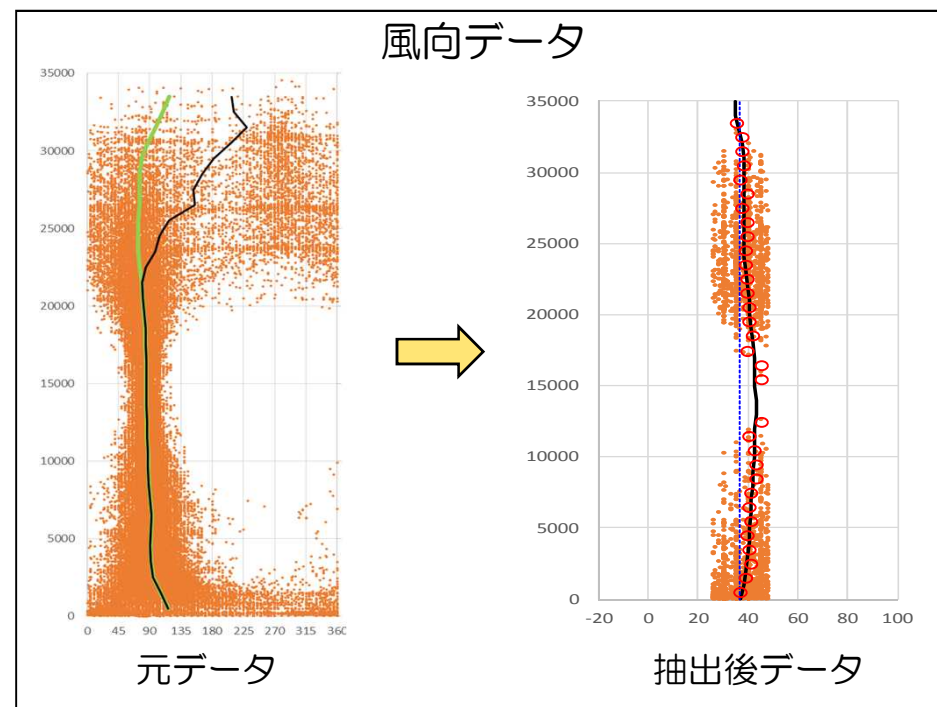
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

(a) 風向に関する不確かさの考慮

風向に関する不確かさを考慮し、評価対象火山から発電所に向かう風（ $\theta \pm 11.25^\circ$ ）を抽出し、シミュレーションを実施した。



風向抽出イメージ（妙高山）



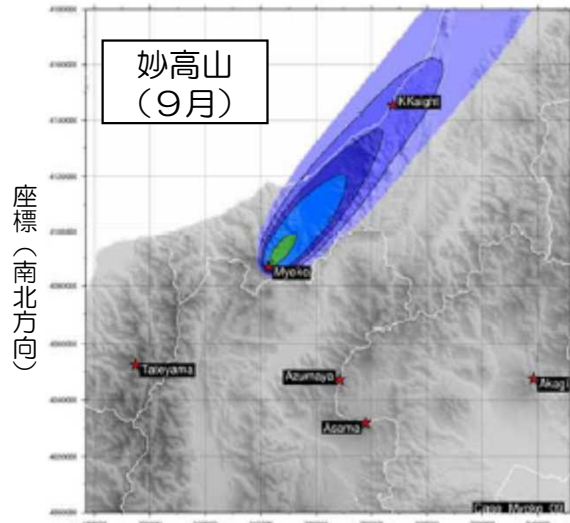
ベースケース

風向抽出ケース

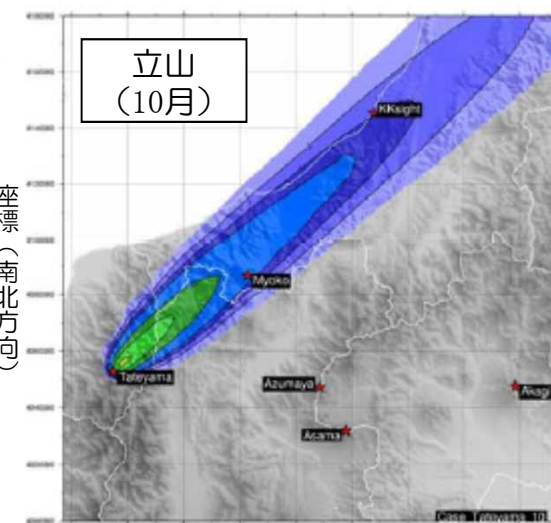
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

各火山の堆積量評価結果（風向抽出ケース）

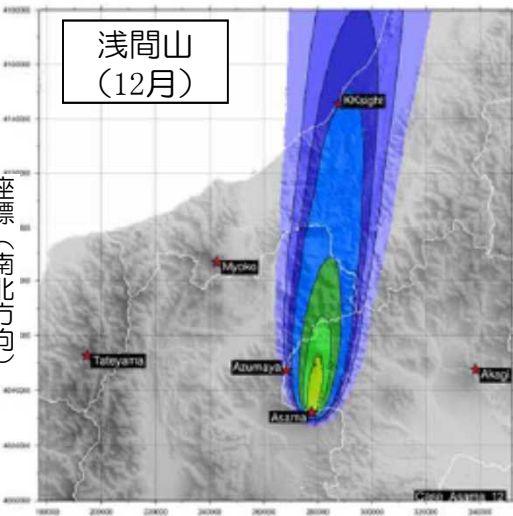
| 火山名称 | 評価月 | ベース | 風向抽出ケース (基本ケース) |
|------|-----|---------|--------------------|
| 妙高山 | 9月 | 1.0cm未満 | 5.0cm |
| 立山 | 10月 | 1.0cm未満 | 5.7cm |
| 浅間山 | 12月 | 1.0cm未満 | 10.2cm |
| 四阿山 | 12月 | 1.0cm未満 | 6.0cm |
| 沼沢 | 11月 | — | 5.3cm |
| 赤城山 | 1月 | — | 5.9cm |



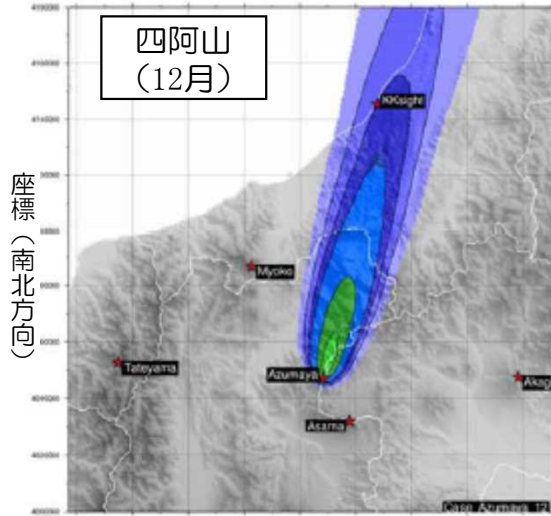
座標 (東西方向)



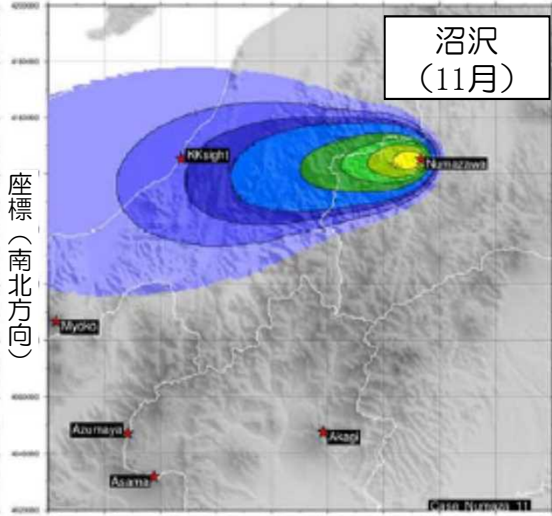
座標 (東西方向)



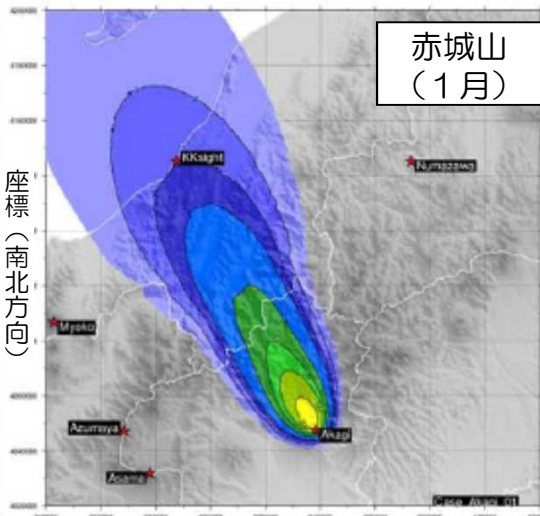
座標 (東西方向)



座標 (東西方向)

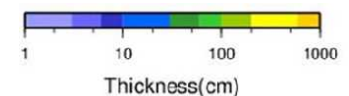


座標 (東西方向)



座標 (東西方向)

堆積量が最大となった月のシミュレーション結果



以降の解析は、風向に関する不確かさを考慮した結果をもとに、さらにその他の不確かさを考慮して評価を実施する。

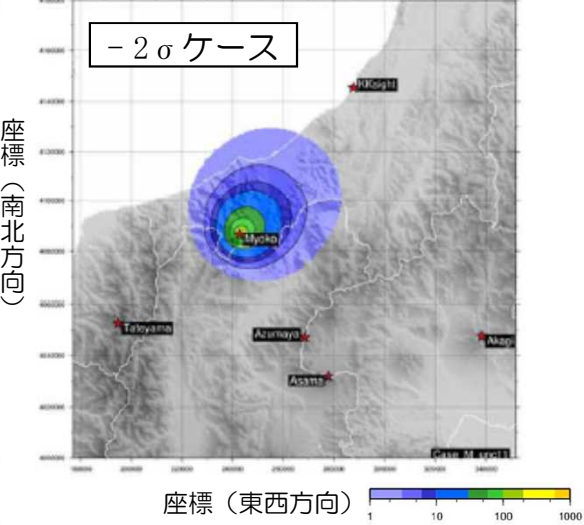
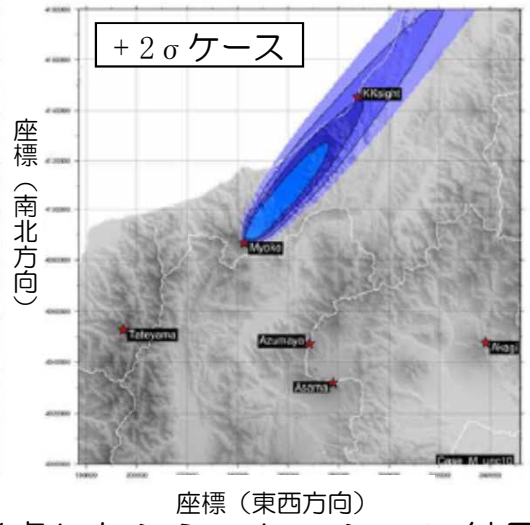
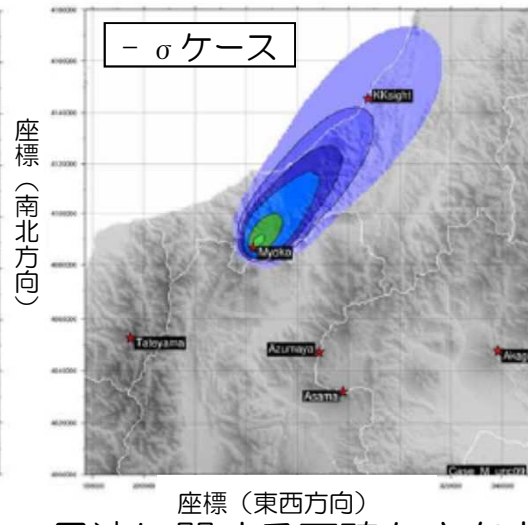
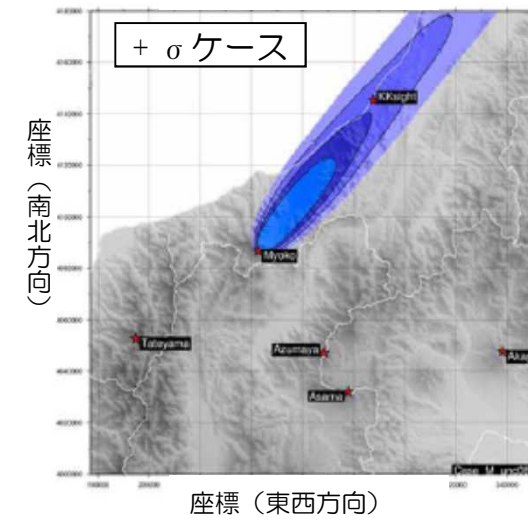
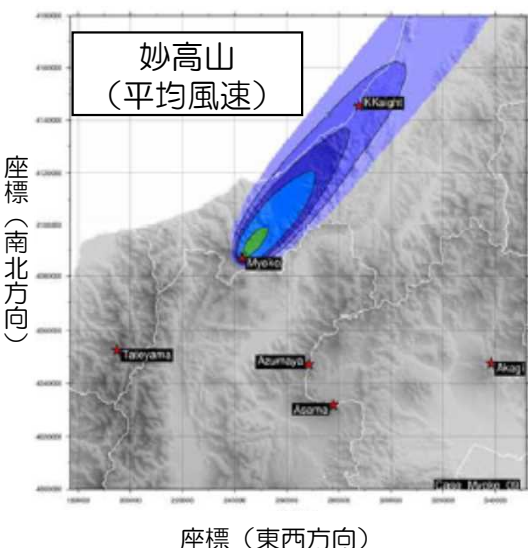
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

(b) 評価結果（風速に関する不確かさの考慮）

基本ケースの風速（平均風速）に $\pm\sigma$ 、 2σ を増減させて評価を実施した。

なお、 $\pm 2\sigma$ の評価で95%信頼区間を得られることから、 $+3\sigma$ 以上については参考に評価を実施。

| 火山名称 | 堆積量 (cm) | | | | | | | | | | |
|------|----------|---------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| | 基本ケース | -2σ | $-\sigma$ | $+\sigma$ | $+2\sigma$ | $+3\sigma$ | $+4\sigma$ | $+5\sigma$ | $+6\sigma$ | $+7\sigma$ | $+8\sigma$ |
| 妙高山 | 5.0 | 0.0 (-5.0) | 2.7 (-2.4) | 5.2 (+0.2) | 5.7 (+0.7) | 6.0 (+1.0) | 6.55 (+1.55) | 6.61 (+1.61) | 6.3 (+1.3) | - | - |
| 立山 | 5.7 | 1.3 (-4.4) | 4.0 (-1.6) | 6.3 (+0.6) | 6.1 (+0.5) | - | - | - | - | - | - |
| 浅間山 | 10.2 | 2.7 (-7.5) | 7.0 (-3.2) | 12.1 (+1.9) | 11.8 (+1.6) | - | - | - | - | - | - |
| 四阿山 | 6.0 | 0.0 (-6.0) | 3.6 (-2.3) | 6.1 (+0.1) | 6.2 (+0.2) | 6.1 (+0.2) | - | - | - | - | - |
| 沼沢 | 5.3 | 0.0 (-5.3) | 2.2 (-3.1) | 8.7 (+3.4) | 10.5 (+5.2) | 12.1 (+6.8) | 13.0 (+7.7) | 13.3 (+7.9) | 13.5 (+8.2) | 13.8 (+8.5) | 13.2 (+7.9) |
| 赤城山 | 5.9 | 0.0 (-5.9) | 2.7 (-3.3) | 10.0 (+4.1) | 13.5 (+7.6) | 16.1 (+10.2) | 19.5 (+13.6) | 19.8 (+13.9) | 18.7 (+12.8) | - | - |



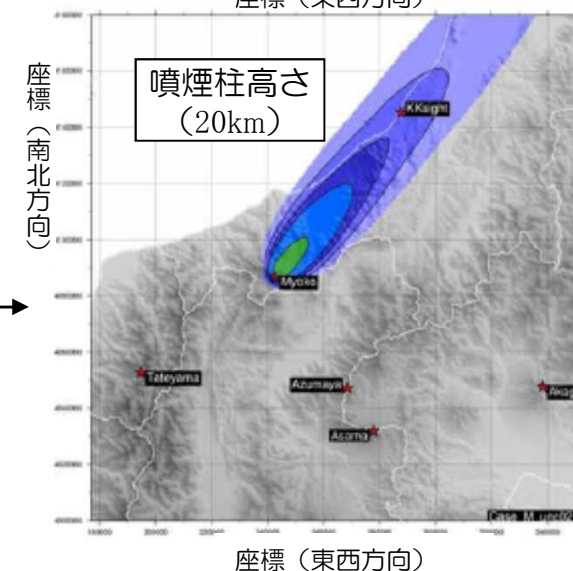
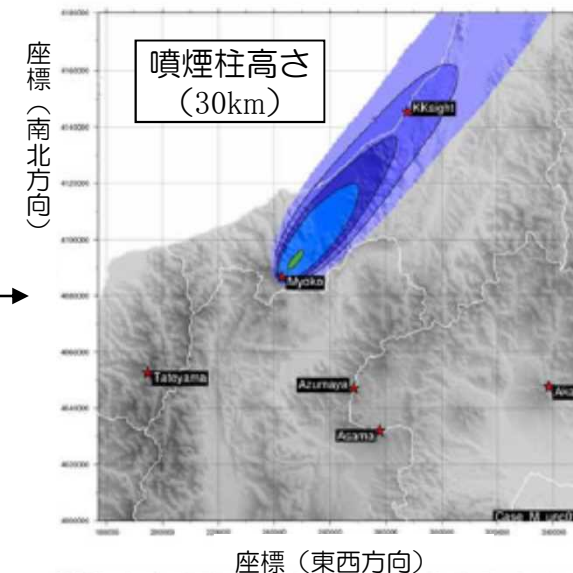
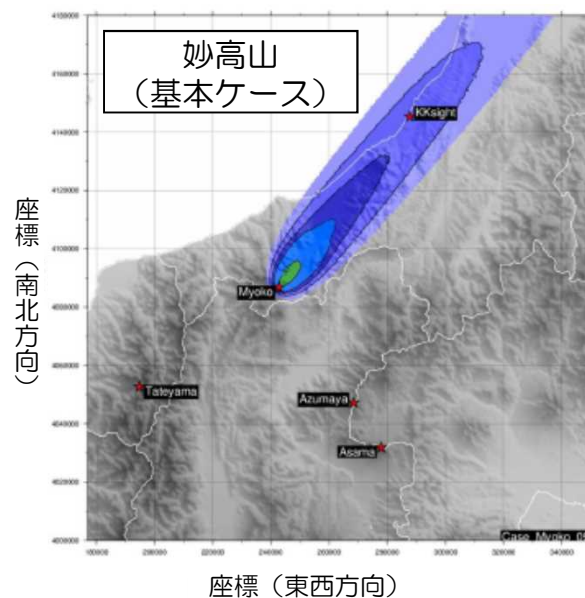
風速に関する不確かさを考慮したシミュレーション結果

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

(c) 評価結果（噴煙柱高さに関する不確かさの考慮）

基本ケースの噴煙柱高さに±5kmごとに増減させ評価を実施した結果は以下のとおり。

| 火山名称 | 堆積量(cm) | | | | | |
|------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|
| | 基本ケース (25km) | 噴煙柱高さ | | | | |
| | | 20km | 30km | 35km | 40km | 45km |
| 妙高山 | 5.0 | 4.9 (-0.1) | 4.9 (-0.1) | - | - | - |
| 立山 | 5.67 | 5.3 (-0.4) | 5.68 (+0.01) | 5.70 (+0.03) | 5.64 (-0.03) | - |
| 浅間山 | 10.2 | 9.3 (-0.9) | 10.5 (+0.3) | 9.9 (-0.2) | - | - |
| 四阿山 | 6.0 | 5.7 (-0.3) | 5.9 (-0.0) | - | - | - |
| 沼沢 | 5.3 | 4.7 (-0.6) | 5.6(+0.3) | 5.9(+0.6) | 6.02(+0.7) | 5.97(+0.7) |
| 赤城山 | 5.9 | 5.7 (-0.2) | 6.0(+0.1) | 5.9(+0.0) | - | - |



噴煙柱高さに関する不確かさを考慮したシミュレーション結果

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（d）評価結果（その他不確かさの考慮）

- その他のパラメータについても、同様に感度解析を実施し、各パラメータについて、評価結果が最大になるパラメータの値を確認した。

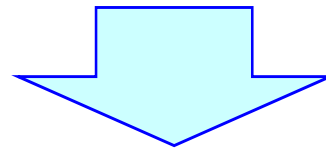
（基本ケースから変更したパラメータは青字記載）

- それらのパラメータを組み合わせ、最終的な堆積量を求めた。

| 項目 | 単位 | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢 | 赤城山 |
|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 噴煙柱高度 | m | 25,000 | 35,000 | 30,000 | 25,000 | 40,000 | 30,000 |
| 噴出量 | kg | 1.0×10^{12} | 3.1×10^{12} | 4.0×10^{12} | 2.13×10^{12} | 4.0×10^{12} | 5.0×10^{12} |
| 最大粒径 | mm | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ |
| 最小粒径 | mm | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ |
| 噴火口の東距 | m | 242,780 | 194,790 | 277,880 | 268,420 | 373,160 | 338,320 |
| 噴火口の北距 | m | 4,086,720 | 4,052,710 | 4,031,870 | 4,047,170 | 4,145,140 | 4,047,610 |
| 噴火口の標高 | m | 2,454 | 2,621 | 2,568 | 2,354 | 835 | 1,828 |
| 岩片粒子密度 | kg/m ³ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 軽石粒子密度 | kg/m ³ | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 噴煙放出下限高度比 | - | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.3 |
| 風速（青字は参考値） | - | + 2σ | + σ | + σ | + 2σ | + 2σ | + 2σ |
| 堆積量（括弧内は基本ケースからの増加分） | cm | 7.2 (+2.2) | 8.8 (+3.1) | 18.1 (+7.9) | 8.3 (+2.4) | 16.1 (+10.8) | 22.0 (+16.1) |

(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (概要)

- 柏崎刈羽原子力発電所の火山影響評価において、2016年9月30日の審査会合において、「Tephra2」を用いた降下火砕物シミュレーション結果について説明。
- 発電所運用期間中に敷地内で想定する最大層厚は、文献を用いた評価、既往解析結果の知見に加え、上記シミュレーション結果の最大値である約23.1cmに対し、敷地内で確認されている給源不明なテフラの最大層厚を踏まえ、保守的に35cmと設定することを説明している。



【降下火砕物シミュレーションの解析コードのバグについて】

- 日本火山学会2016年秋季大会のポスターセッションにて、大阪大学の佐伯准教授が、Tephra2の解析コードに一部バグがあると発表。
- 同指摘を受け、当社の使用しているTephra2の解析コード（南フロリダ大学のChuck Connorらが開発したTephra 2（出典元：V-Hub））を確認したところ、粒子の落下速度の式に指摘されているバグがあることを確認。
- 同バグを修正して再計算した降灰層厚は、考慮すべき降下火砕物の降灰層厚（35cm）に包絡されていることを確認。
- なお、参考として、国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という。）が今回のバグを修正し、HP上（G-Ever火山災害予測支援システム）で公開しているTephra2においても同様の解析を行い、その結果、柏崎刈羽原子力発電所における降灰層厚はおおむね同じとなることを確認。

(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグの修正に伴う計算上の影響①)

- 計算にあたり、粒径及び高度により、バグの影響を受けるものと受けないものがある。
- これはレイノルズ数が $6 \leq Re < 500$ となる条件の場合の、計算式のみバグがあったためである。
- 右に、レイノルズ数が $6 \leq Re < 500$ に含まれ、バグの影響を受ける条件を示す。
(黄色着色部の粒径及び高度がバグの影響を受ける条件)

粒子の落下速度 (V_t) の原理式

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

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

$$V_t = \left[\frac{3.1gd(\rho_p - \rho_a)}{\rho_a} \right]^{1/2} \quad 500 \leq Re$$

| 高度 (m) | レイノルズ数 | | | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------|---|---|---|---|---|-------|-------|--------|--------|----|----|----|----|
| | 粒径 (ϕ) 粒径 (mm) | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 |
| 40000 | | | | | | | | 11.37 | 45.48 | 181.91 | | | | |
| 39000 | | | | | | | | 12.33 | 49.33 | 197.32 | | | | |
| 38000 | | | | | | | | 13.38 | 53.51 | 214.03 | | | | |
| 37000 | | | | | | | | 14.51 | 58.04 | 232.16 | | | | |
| 36000 | | | | | | | | 15.74 | 62.95 | 251.82 | | | | |
| 35000 | | | | | | | | 17.07 | 68.29 | 273.15 | | | | |
| 34000 | | | | | | | | 18.52 | 74.07 | 296.28 | | | | |
| 33000 | | | | | | | | 20.09 | 80.34 | 321.37 | | | | |
| 32000 | | | | | | | | 21.79 | 87.15 | 348.59 | | | | |
| 31000 | | | | | | | | 23.63 | 94.53 | 378.12 | | | | |
| 30000 | | | | | | | 6.41 | 25.63 | 102.54 | 410.14 | | | | |
| 29000 | | | | | | | 6.95 | 27.80 | 111.22 | 444.88 | | | | |
| 28000 | | | | | | | 7.54 | 30.16 | 120.64 | 482.56 | | | | |
| 27000 | | | | | | | 8.18 | 32.71 | 130.86 | | | | | |
| 26000 | | | | | | | 8.87 | 35.48 | 141.94 | | | | | |
| 25000 | | | | | | | 9.62 | 38.49 | 153.96 | | | | | |
| 24000 | | | | | | | 10.44 | 41.75 | 167.00 | | | | | |
| 23000 | | | | | | | 11.32 | 45.29 | 181.14 | | | | | |
| 22000 | | | | | | | 12.28 | 49.12 | 196.48 | | | | | |
| 21000 | | | | | | | 13.32 | 53.28 | 213.12 | | | | | |
| 20000 | | | | | | | 14.45 | 57.79 | 231.17 | | | | | |
| 19000 | | | | | | | 15.67 | 62.69 | 250.75 | | | | | |
| 18000 | | | | | | | 17.00 | 68.00 | 271.98 | | | | | |
| 17000 | | | | | | | 18.44 | 73.75 | 295.02 | | | | | |
| 16000 | | | | | | | 20.00 | 80.00 | 320.00 | | | | | |
| 15000 | | | | | | | 21.69 | 86.77 | 347.10 | | | | | |
| 14000 | | | | | | | 23.53 | 94.12 | 376.49 | | | | | |
| 13000 | | | | | | | 6.38 | 25.52 | 102.09 | 408.37 | | | | |
| 12000 | | | | | | | 6.92 | 27.68 | 110.74 | 442.95 | | | | |
| 11000 | | | | | | | 7.51 | 30.03 | 120.11 | 480.45 | | | | |
| 10000 | | | | | | | 8.14 | 32.57 | 130.28 | | | | | |
| 9000 | | | | | | | 8.83 | 35.33 | 141.31 | | | | | |
| 8000 | | | | | | | 9.58 | 38.32 | 153.27 | | | | | |
| 7000 | | | | | | | 10.39 | 41.56 | 166.25 | | | | | |
| 6000 | | | | | | | 11.27 | 45.08 | 180.32 | | | | | |
| 5000 | | | | | | | 12.22 | 48.90 | 195.58 | | | | | |
| 4000 | | | | | | | 13.26 | 53.03 | 212.14 | | | | | |
| 3000 | | | | | | | 14.38 | 57.52 | 230.09 | | | | | |
| 2000 | | | | | | | 15.60 | 62.39 | 249.56 | | | | | |
| 1000 | | | | | | | 16.92 | 67.67 | 270.67 | | | | | |
| 0 | | | | | | | 18.35 | 73.39 | 293.56 | | | | | |

$Re < 6$

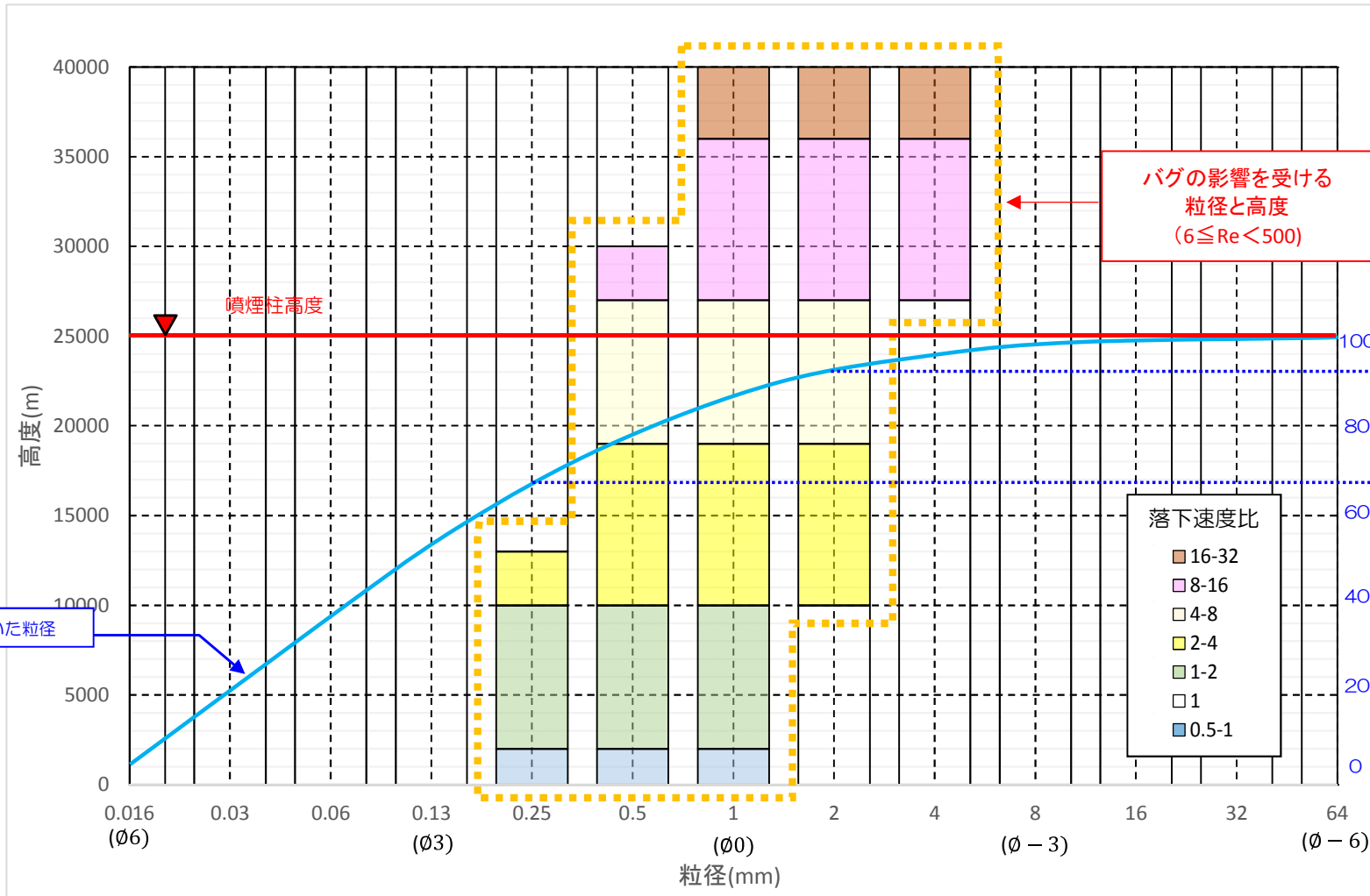
$500 \leq Re$

$Re = \frac{d\rho_a V_t}{\mu}$: 粒子レイノルズ数 d : 粒子径

ρ_p : 粒子密度 ρ_a : 大気密度 μ : 大気の粘性 g : 重力加速度

(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグの修正に伴う計算上の影響②)

- Tephra2のバグの影響は、粒径がおおむね0.25mm~2mmの範囲で生じ、高度がたかいほど、粒子の落下速度比が大きくなる。
- 柏崎刈羽原子力発電所の計算においては、バグの影響を受ける粒径（0.25mm~2mm）が全体の約25%であり、降灰層厚に与えるバグの影響は小さいと考えられる。



※落下速度比

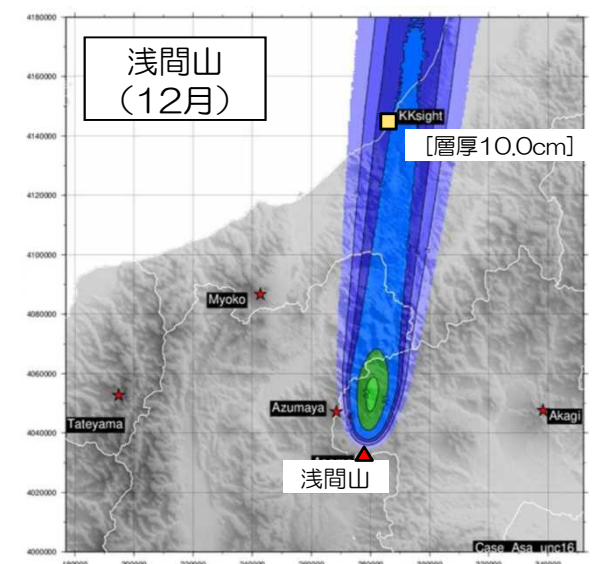
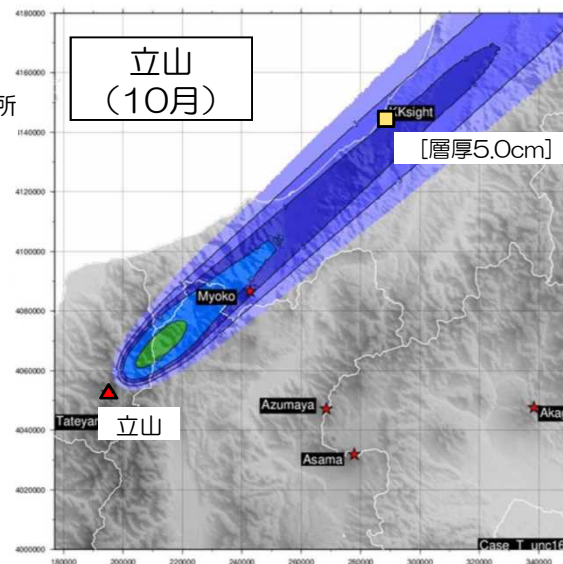
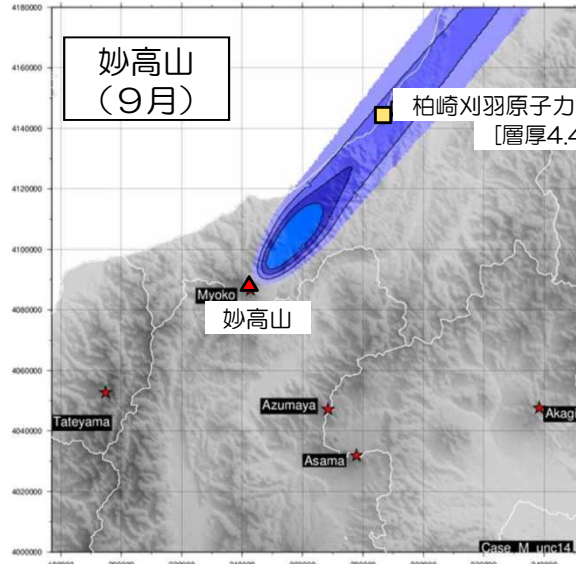
$$= \frac{\text{再計算の落下速度 (バグ修正済)}}{\text{従前の落下速度 (バグあり)}}$$

降下火砕物の粒径と各高度におけるバグの影響範囲

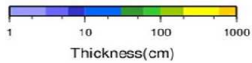
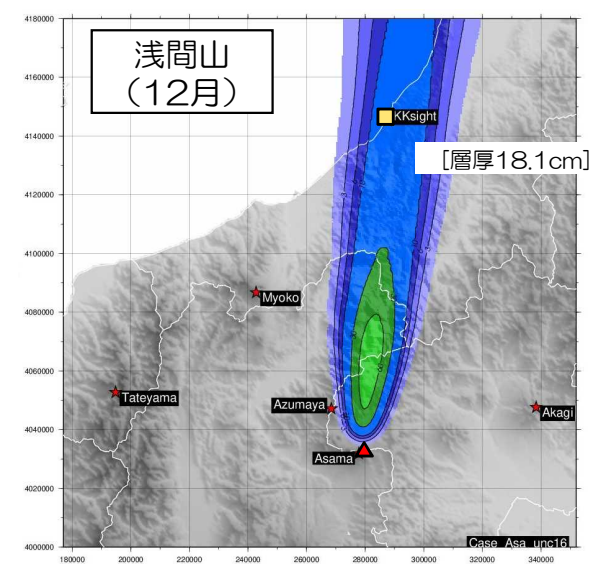
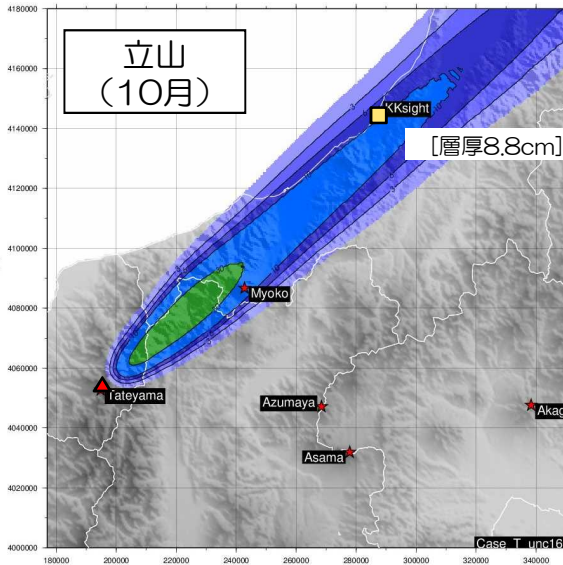
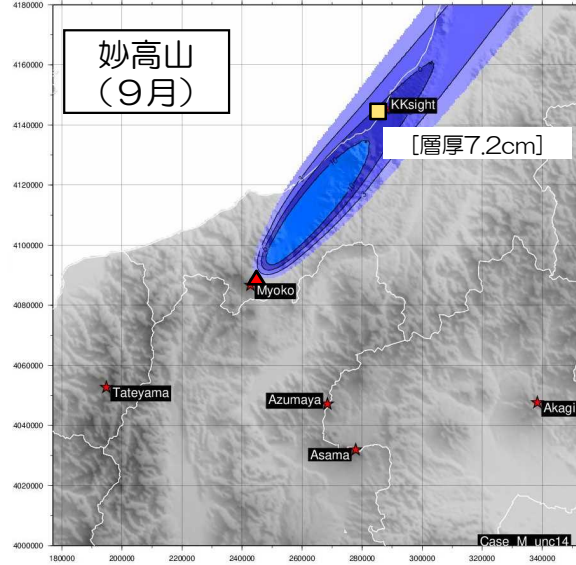
(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグ修正前後の比較①)

- 従前の計算とバグ修正後の再計算は、共通の条件（バグ修正後の計算にて評価フローに基づき設定した各パラメータを組み合わせた条件）にて実施し、その結果はおおむね同じであり、考慮すべき降灰層厚（35cm）に包絡されていることを確認。

従前の計算結果
(バグ修正前)

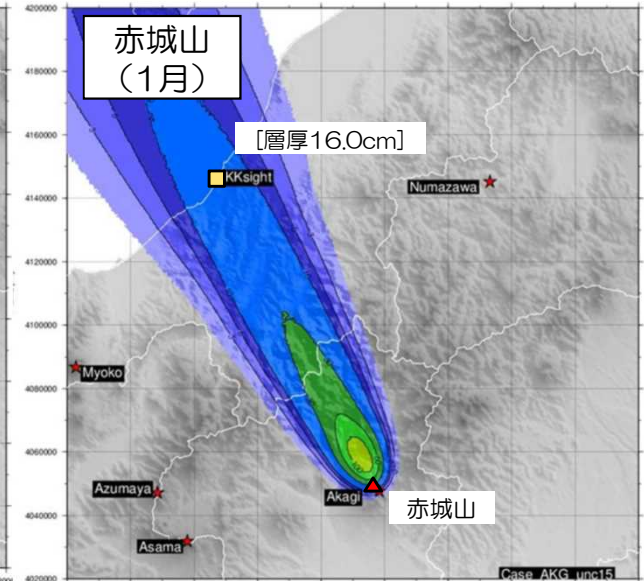
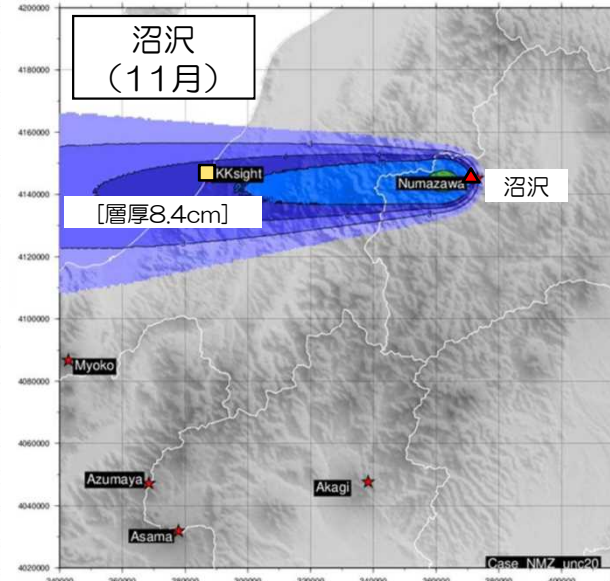
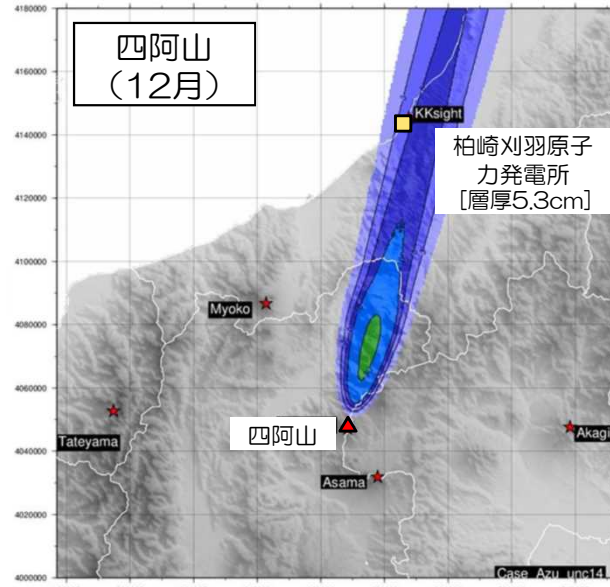


再計算結果
(バグ修正後)

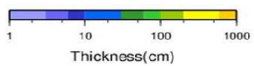
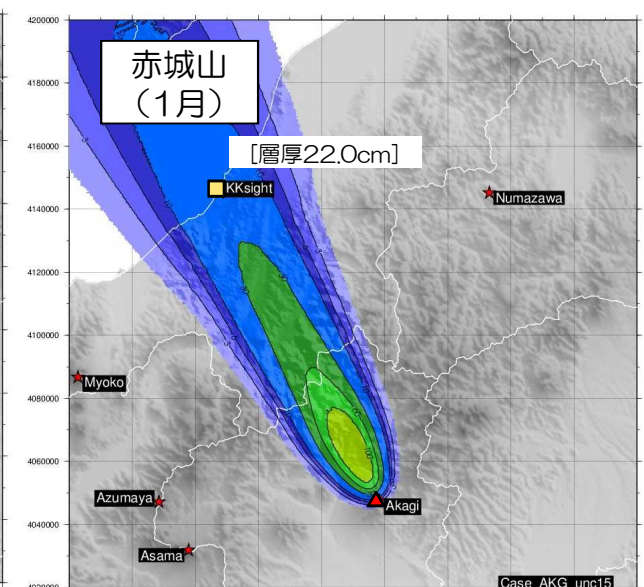
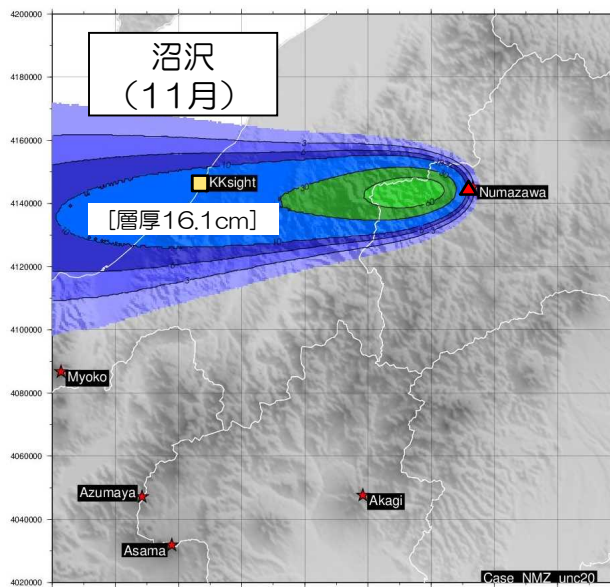
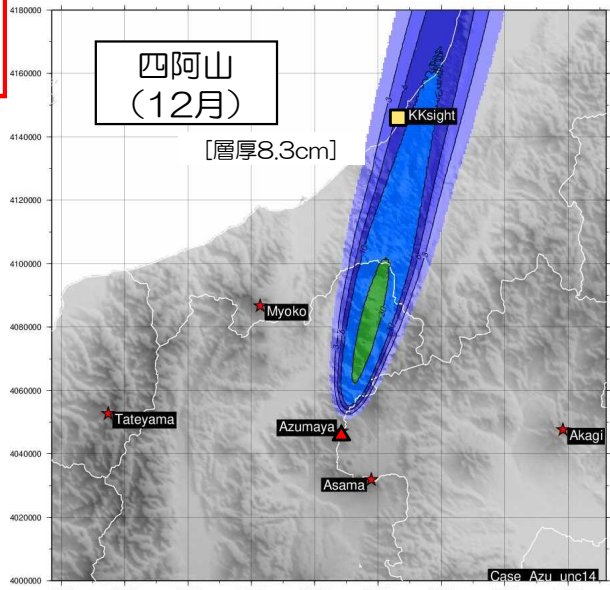


(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグ修正前後の比較②)

従前の計算結果
(バグ修正前)



再計算結果
(バグ修正後)



(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグ修正前後の比較③)

- 従前の計算とバグ修正後の再計算は、共通の条件（バグ修正後の計算にて評価フローに基づき設定した各パラメータを組み合わせた条件）にて最終的な堆積量を求めた。

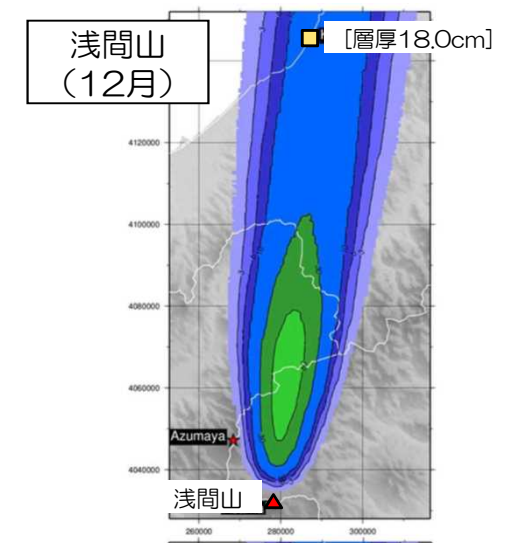
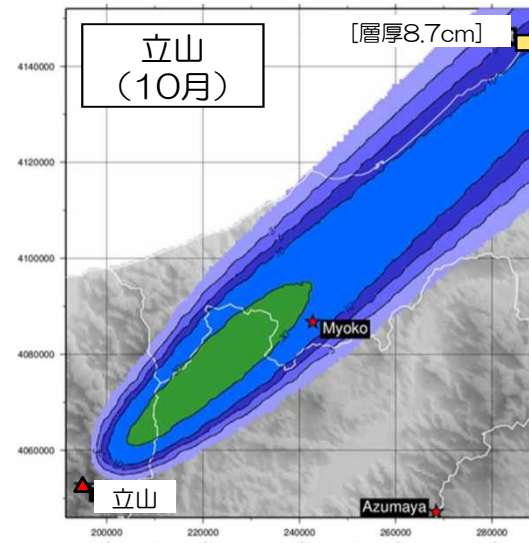
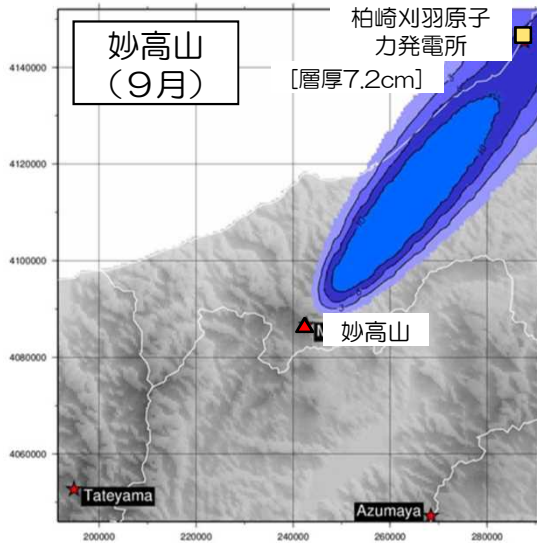
| 項目 | 単位 | 分類 | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢 | 赤城山 |
|-----------|-------------------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 噴煙柱高度 | m | 従前/再計算 | 25,000 | 35,000 | 30,000 | 25,000 | 40,000 | 30,000 |
| 噴出量 | kg | 従前/再計算 | 1.0×10^{12} | 3.1×10^{12} | 4.0×10^{12} | 2.13×10^{12} | 4.0×10^{12} | 5.0×10^{12} |
| 最大粒径 | mm | 従前/再計算 | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ |
| 最小粒径 | mm | 従前/再計算 | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ |
| 噴火口の東距※1 | m | 従前/再計算 | 242,780 | 194,790 | 277,880 | 268,420 | 373,160 | 338,320 |
| 噴火口の北距※1 | m | 従前/再計算 | 4,086,720 | 4,052,710 | 4,031,870 | 4,047,170 | 4,145,140 | 4,047,610 |
| 噴火口の標高 | m | 従前/再計算 | 2,454 | 2,621 | 2,568 | 2,354 | 835 | 1,828 |
| 岩石粒子密度 | kg/m ³ | 従前/再計算 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 軽石粒子密度 | kg/m ³ | 従前/再計算 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 噴煙放出下限高度比 | - | 従前/再計算 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.3 |
| 風速 | - | 従前/再計算 | + 2σ | + σ | + σ | + 2σ | + 2σ | + 2σ |
| 堆積量 | cm | 従前 | 4.4 | 5.0 | 10.0 | 5.3 | 8.4 | 16.0 |
| | | 再計算 | 7.2 | 8.8 | 18.1 | 8.3 | 16.1 | 22.0 |

※1：東距は南北基準線（東経138°線）から東西方向の距離、北距は東西基準線（赤道）から南北方向の距離。

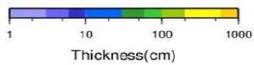
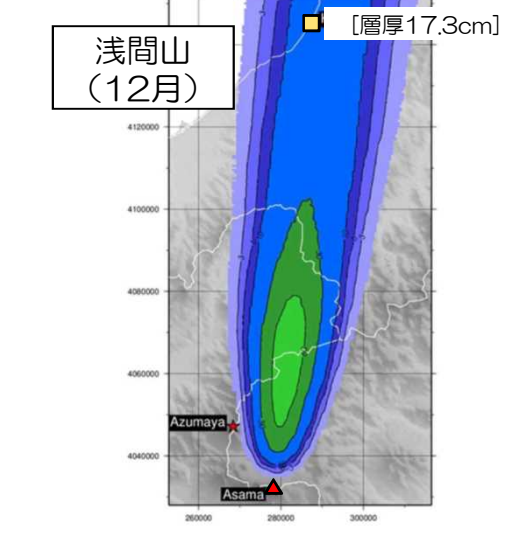
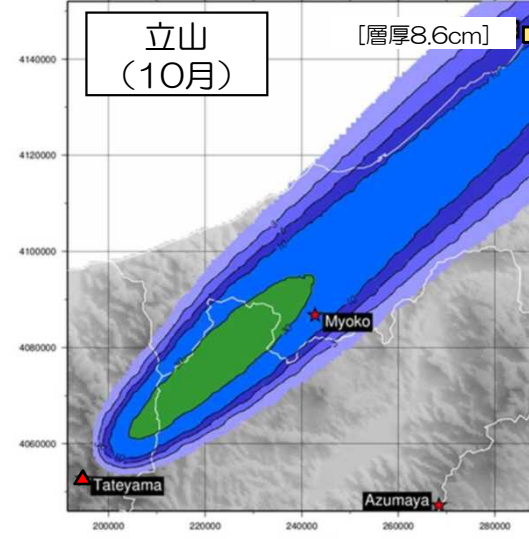
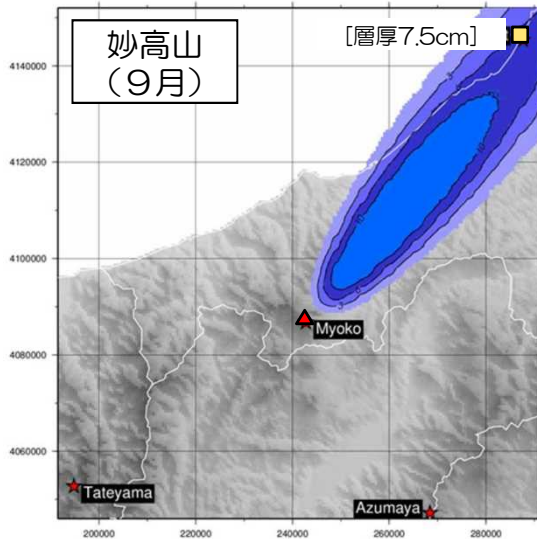
(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (産総研のコードとの比較①)

- バグを修正した解析コード (V-Hubのコード) による解析結果に対し、参考として、産総研がHP (G-Ever火山災害予測支援システム) 上で公開しているTephra2においても、共通の条件で解析を実施し、その結果、柏崎刈羽原子力発電所における降灰層厚はおおむね同じとなることを確認。

V-Hubのコード
による結果
(バグ修正後)

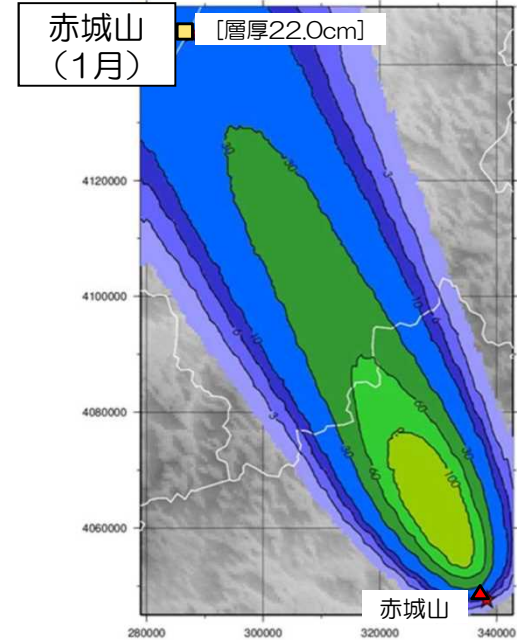
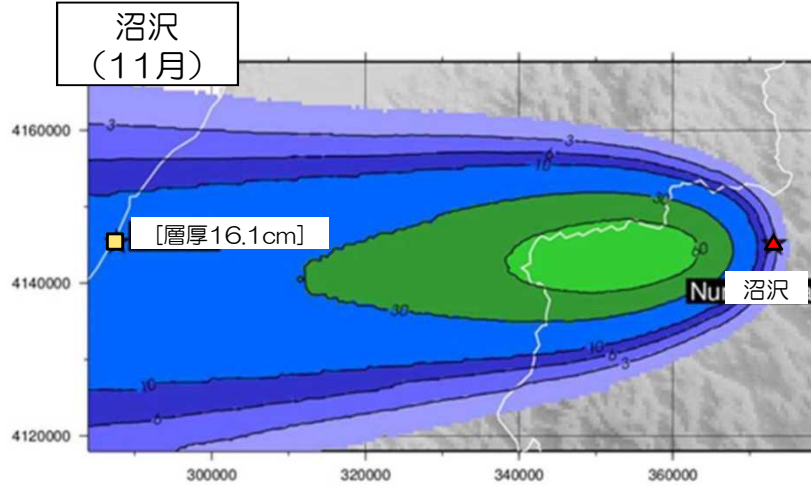
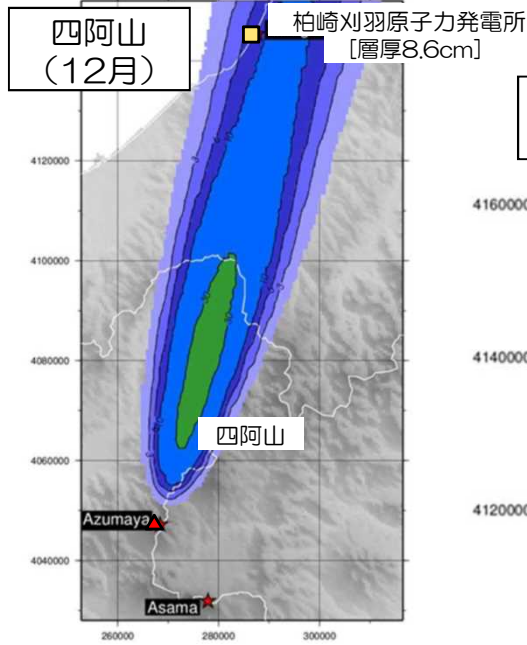


産総研のコード
による結果
(バグ修正後)

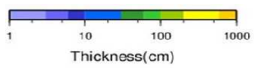
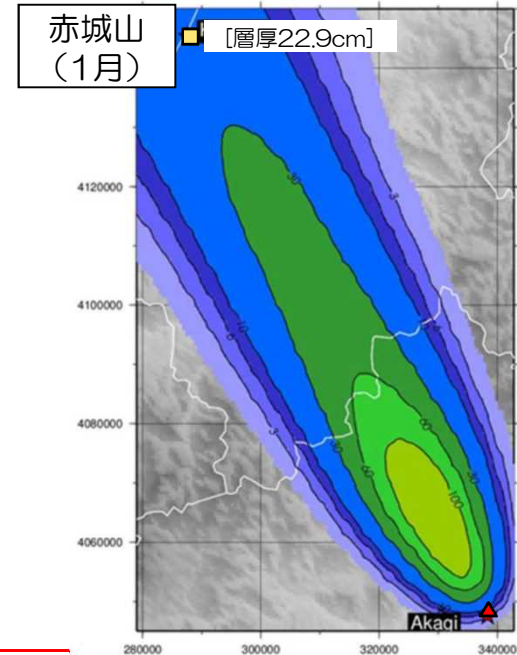
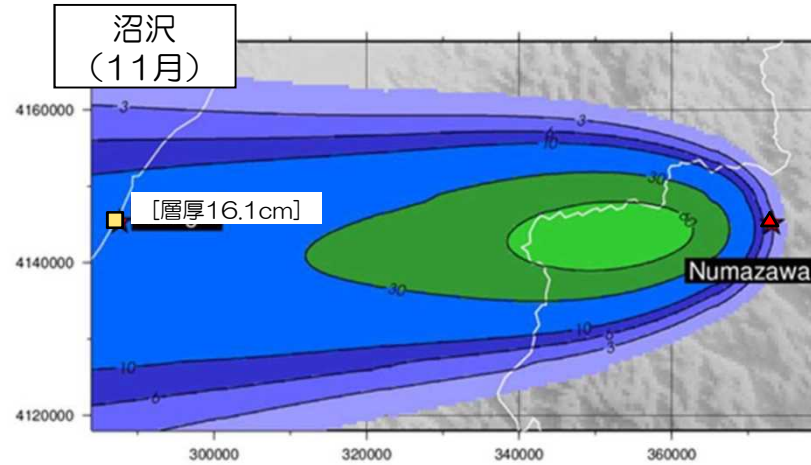
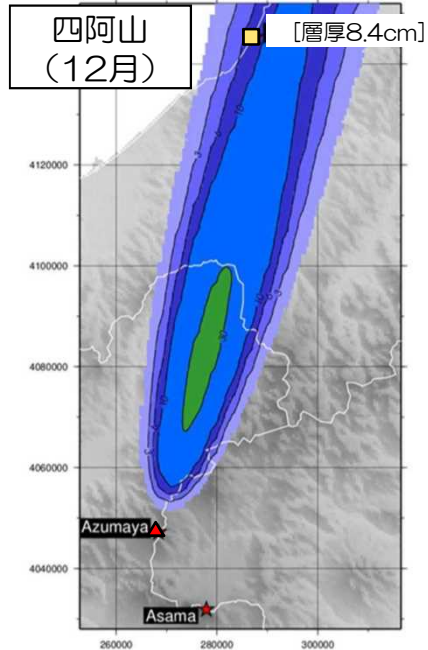


(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (産総研のコードとの比較②)

V-Hubのコード
による結果
(バグ修正後)



産総研のコード
による結果
(バグ修正後)



(参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (産総研のコードとの比較③)

- バグを修正した解析コード（V-Hubのコード）と産総研のコードを用いた計算は、柏崎刈羽原子力発電所の降灰層厚が最も大きくなる以下の共通の条件にて最終的な堆積量を求めた。

| 項目 | 単位 | 分類 | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢 | 赤城山 |
|------------|-------------------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| 噴煙柱高度 | m | V-Hub／産総研 | 25,000 | 35,000 | 30,000 | 25,000 | 40,000 | 30,000 |
| 噴出量 | kg | V-Hub／産総研 | 1.0×10^{12} | 3.1×10^{12} | 4.0×10^{12} | 2.13×10^{12} | 4.0×10^{12} | 5.0×10^{12} |
| 最大粒径 | mm | V-Hub／産総研 | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ | $1/2^{-6}$ |
| 最小粒径 | mm | V-Hub／産総研 | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ | $1/2^6$ |
| 噴火口の東距※1※2 | m | V-Hub／産総研 | 242,800 | 194,869 | 277,828 | 268,395 | 372,870 | 338,244 |
| 噴火口の北距※1※2 | m | V-Hub／産総研 | 4,086,671 | 4,052,685 | 4,031,811 | 4,047,159 | 4,145,320 | 4,047,528 |
| 噴火口の標高※1 | m | V-Hub／産総研 | 2,362 | 2,582 | 2,556 | 2,360 | 721 | 1,783 |
| 岩片粒子密度 | kg/m ³ | V-Hub／産総研 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 軽石粒子密度 | kg/m ³ | V-Hub／産総研 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 噴煙放出下限高度比 | - | V-Hub／産総研 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.3 |
| 風速 | - | V-Hub／産総研 | + 2σ | + σ | + σ | + 2σ | + 2σ | + 2σ |
| 堆積量 | cm | V-Hub | 7.2 | 8.7 | 18.0 | 8.6 | 16.1 | 22.0 |
| | | 産総研 | 7.5 | 8.6 | 17.3 | 8.4 | 16.1 | 22.9 |

※1：産総研のコードの火口座標値はマウスクリックにて設定する方式であり厳密な座標設定が困難であることから、V-Hubのコードでは、産総研のコードで設定した火口座標値を用い実施した。また、入力地形のメッシュサイズについても、共通の設定（ASTER GDEM（600m））とした。

※2：東距は南北基準線（東経138°線）から東西方向の距離、北距は東西基準線（赤道）から南北方向の距離。

《V-Hubのコードと産総研のコードによる計算結果の差異に関する考察》

萬年（2013）によると、当社の使用しているTephra2の解析コード（出典元：V-Hub）は、「海面における風速を0とし、風データで与えられた火口標高の風速が海面に向かって線形減少するものと仮定している」とされている。

一方、産総研のコードでは上記文献に示されているような仮定をしていないことから、堆積量に僅かな差異が生じたものと考えられる。

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（4）堆積量まとめ

発電所敷地周辺で確認された程度の降下火砕物が、発電所運用期間中に生じる蓋然性を確認するため、降下火砕物によって発電所に影響を与える可能性がある、発電所周辺全ての火山を対象に、網羅的に評価対象火山を抽出し、堆積量を評価した。

（1）～（3）のうち評価結果が最も大きいのは、（1－1）の文献を用いた評価結果（約23.1cm）であり、敷地で確認された最大層厚程度の規模の降下火砕物が堆積するという結果は得られなかった。

また、給源不明のテフラのうち、吉水テフラ、常楽寺テフラ、不動滝テフラ及び阿相島テフラは、敷地内で最大層厚35cmを確認しているが、水系等の影響を受けて堆積したものと推定され、現在の堆積環境とは異なる。刈羽テフラは、敷地で1cm程度を確認している。

以上のことから、発電所運用期間中に敷地内で想定する降下火砕物の最大層厚は、（1）～（3）の評価結果の最大値である約23.1cmに対し、敷地内で確認されている給源不明なテフラの最大層厚を踏まえ、保守的に35cmと設定する。

堆積量の評価結果一覧

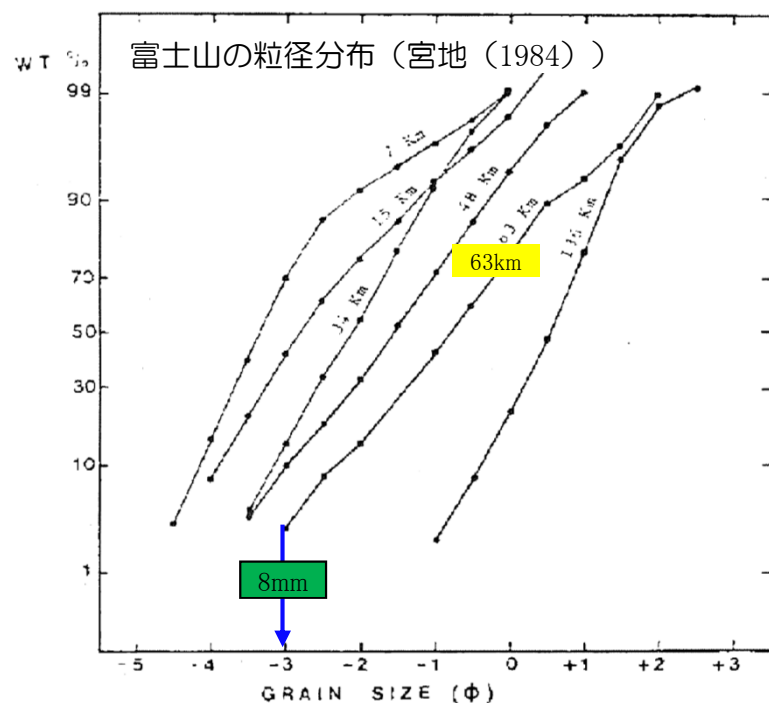
| | 妙高山 | 立山 | 浅間山 | 四阿山 | 沼沢 | 赤城山 |
|--------------------------------|---------|-------|--------|-------|--------|--------|
| （1－0）文献を用いた評価 （等層厚線図を用いた評価） | － | 影響なし | 影響なし | 影響なし | 影響なし | 影響なし |
| （1－1）文献を用いた評価 （堆積速度からの試算） | 約23.1cm | － | － | － | － | － |
| （1－2）文献を用いた評価 （堆積量からの試算） | 約23cm | － | － | － | － | － |
| （2）既往解析結果の知見 | 約15cm | － | － | － | － | － |
| （3）解析コードによるシミュレーション | 7.2cm | 8.8cm | 18.1cm | 8.3cm | 16.1cm | 22.0cm |

4. 1. 2 降下火砕物の影響可能性（粒径・密度）

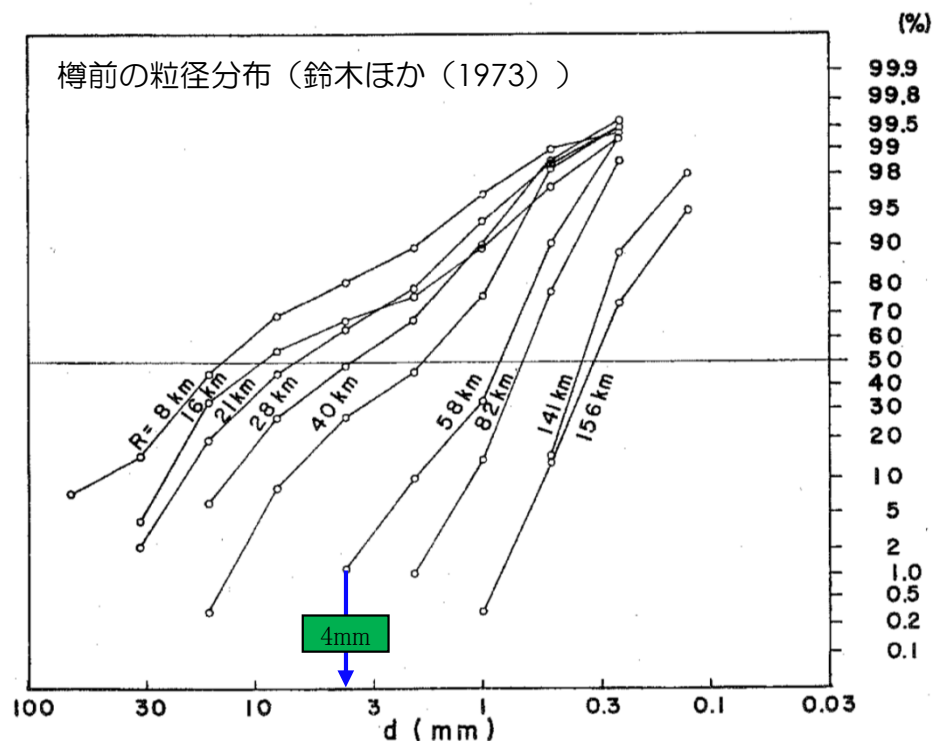
(1) 降下火砕物の粒径

降下火砕物の粒径は、評価対象火山の噴火規模と同等（VEI5）の噴火実績を持つ富士山及び樽前火山について、火口からの距離と粒径分布が記載された文献（宮地(1984)）、（鈴木ほか(1973)）から評価する。

評価対象火山のうち発電所から最も近い火山（妙高山（74km））の距離を考慮し、8.0mm以下と設定する。



| 火口からの距離 | 最大粒径 | |
|---------|---------|-----|
| | 粒径 | X軸値 |
| 63(km) | 8.0(mm) | -3 |



| 火口からの距離 | 最大粒径 |
|---------|---------|
| 58(km) | 4.0(mm) |

給源不明のテフラは水系等の影響を受けて堆積したものと推定され、降灰時の粒径分布と異なった分布で堆積していると考えられることから、陸地に堆積した降下火砕物の文献値から想定する粒径を設定した。

4. 1. 2 降下火砕物の影響可能性（粒径・密度）

（2）降下火砕物の密度

降下火砕物の湿潤密度は、以下の文献調査の結果に、保守性を考慮して1.5g/cm³と設定する。

- アメリカ地質調査所（USGS）の文献によると、噴火時に想定される降下火砕物の乾燥状態の比重は、0.5～1.3g/cm³とされている。
- 東京大学出版会の文献（宇井[編]（1997））によると「乾燥した火山灰は、密度が0.4～0.7程度であるが、湿ると1.2を超えることがあること」とされている。

給源不明のテフラは水系等の影響を受けて堆積したものと推定され、発電所敷地内に降灰する際の密度と異なると考えられることから、陸地への降灰を踏まえた文献値の密度を基に降下火砕物の密度を設定した。

4. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性

- 発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）を対象に、火山性土石流等、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス及びその他の火山事象の影響可能性を検討した。
- 検討は、各火山事象の影響範囲と発電所から各火山への距離や、発電所周辺の地形等に着目して行った。
発電所に影響を及ぼし得る火山

| 番号 | 火山名 | 敷地からの距離(km) |
|----|----------|-------------|
| 10 | 黒岩山 | 62 |
| 11 | 苗場山 | 66 |
| 17 | 妙高山 | 74 |
| 18 | 志賀高原火山群 | 75 |
| 19 | 新潟焼山 | 76 |
| 22 | 新潟金山 | 78 |
| 23 | 黒姫山 | 81 |
| 24 | 燧ヶ岳 | 81 |
| 26 | 志賀 | 83 |
| 29 | 沼沢 | 86 |
| 31 | 飯縄山 | 87 |
| 32 | 草津白根山 | 90 |
| 39 | 日光白根山 | 99 |
| 44 | 子持山 | 100 |
| 45 | 四阿山 | 100 |
| 46 | 白馬大池 | 101 |
| 51 | 榛名山 | 108 |
| 52 | 男体・女峰火山群 | 108 |
| 54 | 赤城山 | 110 |
| 56 | 烏帽子火山群 | 113 |
| 57 | 鼻曲山 | 113 |
| 58 | 浅間山 | 114 |
| 61 | 高原山 | 120 |
| 65 | 那須岳 | 126 |
| 68 | 立山 | 131 |
| 69 | 磐梯山 | 131 |
| 71 | 上廊下 | 139 |
| 72 | 吾妻山 | 140 |
| 74 | 鷲羽・雲ノ平 | 145 |
| 76 | 北八ヶ岳 | 150 |
| 77 | 安達太良山 | 150 |
| 81 | 環諏訪湖 | 155 |
| 82 | 笹森山 | 160 |

■ は、完新世に活動を行った火山

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 (原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆)

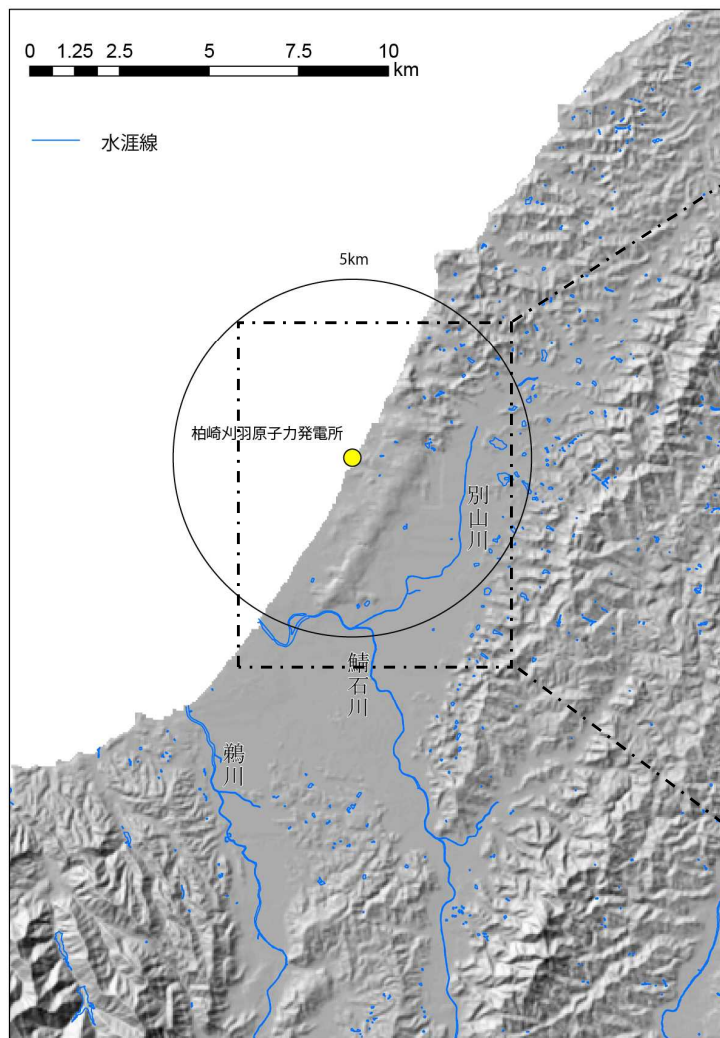
| 火山事象 | 潜在的に影響を及ぼす特性 | 原子力発電所との位置関係 |
|-------------------------|--|--------------|
| 1. 降下火砕物 | 静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子 | 注2 |
| 2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト | 動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス | 160km |
| 3. 溶岩流 | 動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度 | 50km |
| 4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊 | 動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水 | 50km |
| 5. 火山性土石流、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)

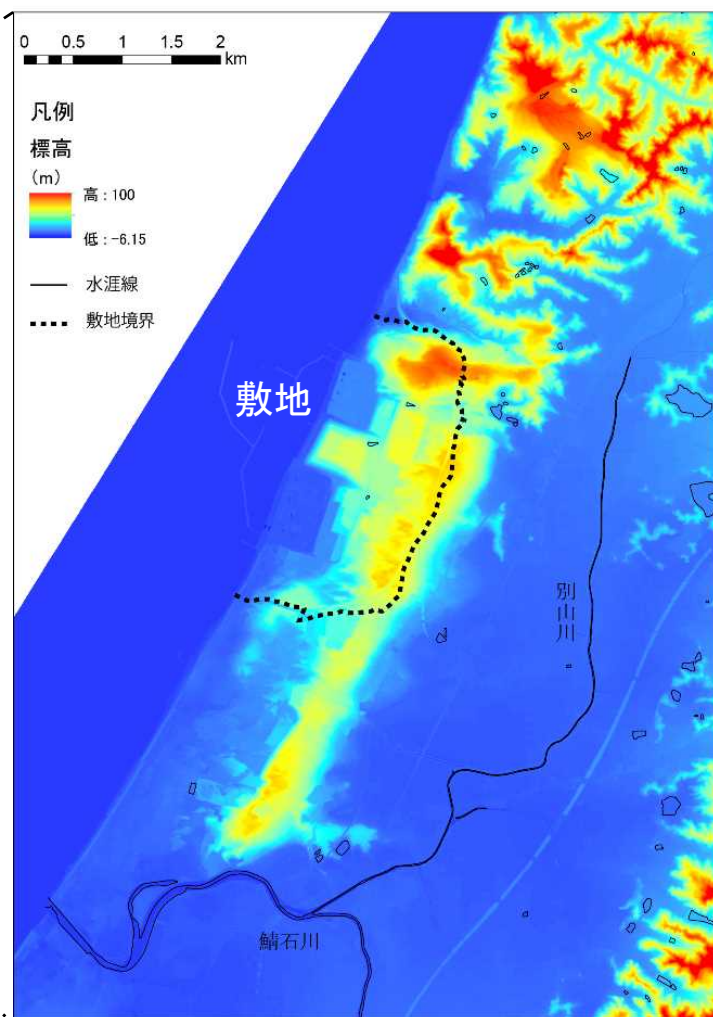
- 注1：噴出中心と原子力発電所との距離が、表中の位置関係に記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。
- 注2：降下火砕物に関しては、原子力発電所の敷地及び敷地付近の調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火山灰等が降下するものとする。
- 注3：新火口の開口については、原子力発電所の運用期間中に、新火口の開口の可能性を検討する。
- 注4：火山活動によるこれらの事象は、原子力発電所との位置関係によらず、個々に検討を行う。

4. 2. 1 火山性土石流、火山泥流及び洪水の影響可能性

- 敷地周辺の河川はその流下方向が敷地へ向いておらず、敷地周辺の河川と敷地の間には地形的な高まりが認められることから、仮にこれらの河川の流域に降下火砕物が堆積しても二次的な泥流が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。
- 敷地内で火山性土石流等の痕跡は認められない。
- 以上の文献調査等の結果より、火山性土石流、火山泥流及び洪水が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。



敷地周辺の河川



敷地周辺の等高線図

4. 2. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性のまとめ

- 文献調査等の結果より、火山性土石流等、火山から発生する飛来物（噴石）、火山ガス及びその他の火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。

| 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火山性土石流等 | | 飛来物（噴石） | | 火山ガス | | その他の火山事象 | |
|-------|--------------|---------|--|---------|---|-------|---|----------|--|
| | | 120km | | 10km | | 160km | | | |
| 妙高山 | 74 | ○ | 発電所に影響を及ぼし得る火山は、敷地周辺の河川の流域には存在せず、敷地内で火山性土石流等の痕跡は認められないこと等から、火山性土石流等が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地と火山の距離から、飛来物（噴石）が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地は日本海に面し、火山ガスが滞留するような地形条件にないことから、火山ガスが発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地と火山は十分な離隔があることから、その他の火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 |
| 新潟焼山 | 76 | | | | | | | | |
| 燧ヶ岳 | 81 | | | | | | | | |
| 沼沢 | 86 | | | | | | | | |
| 草津白根山 | 90 | | | | | | | | |
| 日光白根山 | 99 | | | | | | | | |
| 榛名山 | 108 | | | | | | | | |
| 赤城山 | 110 | | | | | | | | |
| 浅間山 | 114 | | | | | | | | |
| 高原山 | 120 | | | | | | | | |
| 那須岳 | 126 | | | | | | | | |
| 立山 | 131 | | | | | | | | |
| 磐梯山 | 131 | | | | | | | | |
| 吾妻山 | 140 | | | | | | | | |
| 北八ヶ岳 | 150 | | | | | | | | |
| 安達太良山 | 150 | | | | | | | | |

○：発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い

4. 2. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性のまとめ

| 火山名 | 敷地からの距離 (km) | 火山性土石流等 | | 飛来物（噴石） | | 火山ガス | | その他の火山事象 | |
|----------|--------------|---------|--|---------|---|-------|---|----------|--|
| | | 120km | | 10km | | 160km | | | |
| 黒岩山 | 62 | ○ | 発電所に影響を及ぼし得る火山は、敷地周辺の河川の流域には存在せず、敷地内で火山性土石流等の痕跡は認められないこと等から、火山性土石流等が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地と火山の距離から、飛来物（噴石）が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地は日本海に面し、火山ガスが滞留するような地形条件にないことから、火山ガスが発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 | ○ | 敷地と火山は十分な離隔があることから、その他の火山事象が発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。 |
| 苗場山 | 66 | | | | | | | | |
| 志賀高原火山群 | 75 | | | | | | | | |
| 新潟金山 | 78 | | | | | | | | |
| 黒姫山 | 81 | | | | | | | | |
| 志賀 | 83 | | | | | | | | |
| 飯縄山 | 87 | | | | | | | | |
| 子持山 | 100 | | | | | | | | |
| 四阿山 | 100 | | | | | | | | |
| 白馬大池 | 101 | | | | | | | | |
| 男体・女峰火山群 | 108 | | | | | | | | |
| 烏帽子火山群 | 113 | | | | | | | | |
| 鼻曲山 | 113 | | | | | | | | |
| 上廊下 | 139 | | | | | | | | |
| 鷲羽・雲ノ平 | 145 | | | | | | | | |
| 環諏訪湖 | 155 | | | | | | | | |
| 笹森山 | 160 | | | | | | | | |

○：発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い

5. まとめ

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- 敷地を中心とする半径160kmの範囲には、82の第四紀火山がある。
- 敷地を中心とする半径160kmの範囲の第四紀火山について、完新世の活動の有無、将来の活動可能性の検討を行い、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として、以下の33火山を抽出した。

(完新世に活動を行った火山)

妙高山, 新潟焼山, 燧ヶ岳, 沼沢, 草津白根山, 日光白根山, 榛名山, 赤城山, 浅間山, 高原山,
那須岳, 立山, 磐梯山, 吾妻山, 北八ヶ岳, 安達太良山 (計16火山)

(将来の火山活動可能性が否定できない火山)

黒岩山, 苗場山, 志賀高原火山群, 新潟金山, 黒姫山, 志賀, 飯縄山, 子持山, 四阿山, 白馬大池,
男体・女峰火山群, 烏帽子火山群, 鼻曲山, 上廊下, 鷲羽・雲ノ平, 環諏訪湖及び笹森山 (計17火山)

【抽出された火山の火山活動に関する個別評価】

- 敷地との距離, 地形的条件, 個別評価等の結果から, 設計対応不可能な火山事象 (火砕物密度流, 溶岩流, 岩屑なだれほか, 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に低い。
- 既往最大の噴火を考慮しても発電所に影響を及ぼさないと判断されることから, モニタリングの必要性はない。

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出】

- 考慮すべき降下火砕物の層厚は, 文献調査, 地質調査及びシミュレーションの結果から, 35cmとする。
- 火山性土石流, 飛来物 (噴石), 火山性ガス及びその他の火山事象が, 発電所に影響を及ぼす可能性は十分に低い。

参考文献

- 青木 豊樹・黒川 勝己(1996):新潟県西頸城地域の鮮新統～下部更新統の火山灰層とその対比.地球科学,50,PP.341～361.
- アメリカ地質調査所(USGS):(https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/density_thickness.html)
- 飯塚 義之(1996):子持火山の地質と活動年代,岩鉱,vol.91,PP.73-85.
- 五十嵐 聡・高橋 尚靖・大橋 克・喜多 孝行・島津 光夫(1984):新潟,長野県境付近の津南一志賀地域の鮮新～更新世の火山岩類,地質学論集,no.24,PP.3-20.
- 岩の力学委員会(1974):岩の工学的性質と設計・施工への応用.土質工学会,PP.166-168.
- 宇井 忠英[編](1997):火山噴火と災害.東京大学出版会.
- Umeda, Koji., Ban, Masao., Hayashi, Shintaro. and Kusano, Tomohiro. (2013) : Tectonic shortening and coeval volcanism during the Quaternary,Northeast Japan arc,J. Earth Syst. Sci.,122,No1,February 2013,PP.137-147.
- 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(3),PP.141-156.
- 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,第48巻,第4号,PP.337-344.
- 大石 雅之・鈴木 毅彦(2004):ハヶ岳火山を起源とする新期テフラ群の層序と噴火史,火山,第49巻,第1号,PP.1-12.
- 大石 雅之(2009):四阿火山を起源とする噴出物の岩石記載的特徴とテフラ分布,地学雑誌,118(6),PP.1237-1246.
- 奥野 充・守屋 以智雄・田中 耕平・中村 俊夫(1997):北関東,高原火山の約6500cal yr BPの噴火,火山,第42巻,第6号,PP.393-402.
- 金子 隆之・清水 智・板谷 徹丸(1989):K-Ar年代から見た信越高原地域の火山活動,岩鉱,84,PP.211-225.
- 金子 隆之・清水 智・板谷 徹丸(1991):信越高原地域に分布する第四紀火山のK-Ar年代と形成史,地震研彙報,66,PP.299-332.
- 岸 清・宮脇 理一郎(1996)新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の摺曲形成史.地学雑誌,105,PP.88-112.
- 気象庁(2013):「日本活火山総覧(第4版)」.
- 気象庁一元化震源カタログ(1997年10月～2014年7月).
- 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,Vol. 25,No. 4,PP.247-263.
- 黒川 勝己(1990)水底に堆積した珪長質テフラの層相モデルとその形成機構—新潟地域の例—,地球科学,44,PP.361-378.
- 黒川 勝己・丸山 悦子・沢栗 隆之(1989):新潟県中央油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ.新潟大学教育学部紀要(自然科学編),30,PP.39-64.
- 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.
- 阪口 圭一(1995):5万分の1地質図幅「二本松地域の地質」,産業技術総合研究所地質調査総合センター,p.66.
- 柵山 雅則(1980):白馬大池火山の地質,地質学雑誌,第86巻,第4号,PP.265-274.
- 沢栗 美香子・黒川 勝己(1986):水底堆積テフラからみた鮮新・更新世火山活動の変遷—新潟堆積盆小国町地域の例—.地球科学,40,PP.117-191.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター(2004):日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース.
- 産業技術総合研究所:日本の活火山1万年噴火イベントデータ集
(https://gbank.gsj.jp/volcano/cgi-bin/volcanic.cgi?id=042).
- 島津 光夫・立石 雅昭(1993):苗場山地域の地質,地質調査所,PP.48-54.

参考文献

- Shipley, S. and Sarna-Wojcicki, A. M. (1982): Distribution, thickness, and mass of late Pleistocene and Holocene tephra from major volcanoes in the northwestern United States: a preliminary assessment of hazards from volcanic ejecta to Nuclear reactors in the Pacific Northwest, U.S. Geological Survey Miscellaneous Field Studies Map MF-1435.
- Sigurdsson, H. and Carey, S. (1989): Plinian and co-ignimbrite tephra fall from the 1815 eruption of Tambora volcano. Bull. Volcanol, 51, pp.243-270.
- 鈴木 毅彦(1992):那須火山のテフロクロロジー,火山,第37巻,第5号,PP.251-263 .
- 鈴木 毅彦・奥野 充・早川 由紀夫(1994):テフラからみた日光火山群の噴火史,月刊 地球,Vol.16,No.4,PP.215-221 .
- 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 第18巻 第2号,PP.47-63 .
- 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,地質調査研究報告,第58巻,第9/10号,PP.261-321 .
- 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,火山,第44巻,第6号PP.285-289 .
- 高橋 康(2004):長野県北東部烏帽子岳とその周辺の地質と火山形成史,火山,第49巻,第2号,PP.83-102 .
- 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「高田」,地質調査総合センター.
- 田島 広一・下鶴 大輔・横山 泉(1977):浅間・草津白根山周辺の重力測定,火山,第2集 第22巻,第3号,PP.161-172 .
- 田中 明子・山野 誠・矢野 雄策・笹田 政克(2004):日本列島及びその周辺域の地温勾配及び地殻熱流量データベース,地質ニュース603号 ,p42-45,2004年11月.
- 天然ガス鉱業会・大陸棚石油開発協会(1982):日本の石油・天然ガス資源.455p .
- 中野 俊・西来 邦章・宝田 晋治・星住 英夫・石塚 吉浩・伊藤 順一・川辺 禎久・及川 輝樹・古川 竜太・下司 信夫・石塚 治・山元 孝広・岸本 清行(2013):日本の火山(第3版),産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 長橋 良隆・木村 裕司・大竹 二男・八島 隆一(2004):福島市南西部に分布する鮮新世「笹森山安山岩」のK-Ar年代,地球科学,58,PP.407-412.
- 中村 正芳・新井 房夫(1988):群馬県中央部で発見された前期更新世の含堇青石テフラについて,地球科学,vol.52,PP.153-157 .
- 新潟県(1977):20万分の1新潟県地質図・同説明書,493p.
- 新潟平野団体研究グループ(1970):新潟県小国町の魚沼層群—新潟県の第四系・そのXII—新潟大学教育学部高田分校研究紀要,15,PP.267-302.
- 西来 邦章,伊藤 順一,上野 龍之,内藤 一樹,塚本 斉(2014):第四紀噴火・貫入活動データベースVer.1.00 .
- Nishiki,Kuniaki.,Takahashi,Kou.,Matsumoto,Akikazu.,Miyake,Yasuyuki.(2011):Quaternary volcanism and tectonic history of the Suwa-Yatsugatake Volcanic Province,Central Japan,Journal of Volcanology and Geothermal Research,203,PP.158-167 .
- 早川 由起夫・由井 将雄(1989):草津白根火山の噴火史,第四紀研究,28(1),PP.1-17 .
- 早川 由紀夫(2010):浅間山の風景に書き込まれた歴史を読み解く,群馬大学教育学部紀要 自然科学編,第58巻,PP.65-81 .
- 早津 賢二(1994):新潟焼山火山の活動と年代—歴史時代のマグマ噴火を中心として—,地学雑誌,103(2),PP.149-165 .
- 早津 賢二・新井 房夫・小島 正巳・大場 孝信(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.
- 伴 雅雄・山中 孝之・井上 道則・吉田 武義・林 信太郎・青木 健一郎(1992):東北本州弧,高原火山噴出物の地球化学,核理研研究報告 ,25,2,PP.199-226 .

参考文献

- 富士山ハザードマップ検討委員会(2004):富士山ハザードマップ検討委員会報告書.
- 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.
- Ma. Lynn O. Paladio-Melosantos, Renato U. Solidum, William E. Scott, Rowena B. Quiambao, Jesse V. Umbal, Kelvin S. Rodolfo, Bella S. Tubianosa, Perla J. Delos Reyes, Rosalito A. Alonso, and Hernulfo B. Ruelo (1997) : Tephra Falls of the 1991 Eruptions of Mount Pinatubo, in C.G. Newhall and R.S. Punongbayan (Eds.), Fire and Mud: Eruptions and Lahars of Mount Pinatubo, Philippines, University of Washington Press, Seattle and London, pp.513-535 .
- 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(4),PP.173-187 .
- 宮下 美智夫・三梨 昂・鈴木 尉元・島田 忠夫・影山 邦夫・樋口 茂生(1972):日本油田・ガス田図7.「魚沼」地質説明書.地質調査所,36p.
- 宮地 直道(1984):富士火山1707年火砕物の降下に及ぼした風の影響,火山,第2集,第29巻,第1号,PP.17-30 .
- 宮地 直道・小山 真人(2007):富士火山1707年噴火(宝永噴火)についての最近の研究成果,山梨県環境科学研究所,PP.339-348 .
- 宮地 直道・金丸 龍夫・菅野 歩・八田 部知子・萬年 剛(2011):富士火山1707年噴火の推移とその噴出物の物理化学的特性の経時変化,日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要 (46),219-240 .
- 村上 亮・加川 亮・山田 晃子・佐藤 博行・横川 正憲・木村 俊明・川本 利一・森 克浩・鈴木 平三(2004):GPS測量および水準測量結果が示唆する草津白根山の収縮源,東京工業大学 火山流体研究センター 第4回草津白根火山集中総合観測報告書(2004年10月) .
- 村本 芳英(1992):日光火山群東方地域に分布する中・後期更新世テフラ—日光火山群の噴火史—,静岡大学地球科学研究報告,18,1992年7月,PP.59-91 .
- 安井 賢・小林 巖雄・立石 雅昭(1983):新潟県八石油帯・中央油帯に分布する魚沼累層の層序.地球科学,37,PP.22-37.
- 柳沢 幸夫・金子 隆之・赤羽 貞幸・栗田 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) .
- 山野 誠・木下 正高・山形 尚司(1997):日本列島周辺海域の地殻熱流量分布,地質ニュース517号,p12-19,1997年9月.
- 山元 孝広(1999):福島—栃木地域に分布する30-10万年前のプリニー式降下火砕物:沼沢・燧ヶ岳・鬼怒沼・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序,地質調査所月報,第50巻 第12号,PP.743-767 .
- 山元 孝広・阪口 圭一(2000):テフラ層序からみた安達太良火山,最近25万年間の噴火活動,地質学雑誌,第106巻,第12号,PP.865-882 .
- 山元 孝広(2012):福島—栃木地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化,地質調査研究報告,第63巻,第3-4号,PP.35-91 .
- 山元 孝広(2013):栃木—茨城地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化,地質調査研究報告,第64巻,第9-10号,PP.251-304 .
- 山元 孝広(2014):日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図.地質調査総合センター研究資料集,no.613,産総研地質調査総合センター.
- 山元 孝広(2015):新たに認定された第四紀火山の放射年代: 笹森山火山,地質調査研究報告,66,PP.15-20.