

柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 火山影響評価について

平成27年8月7日

東京電力株式会社



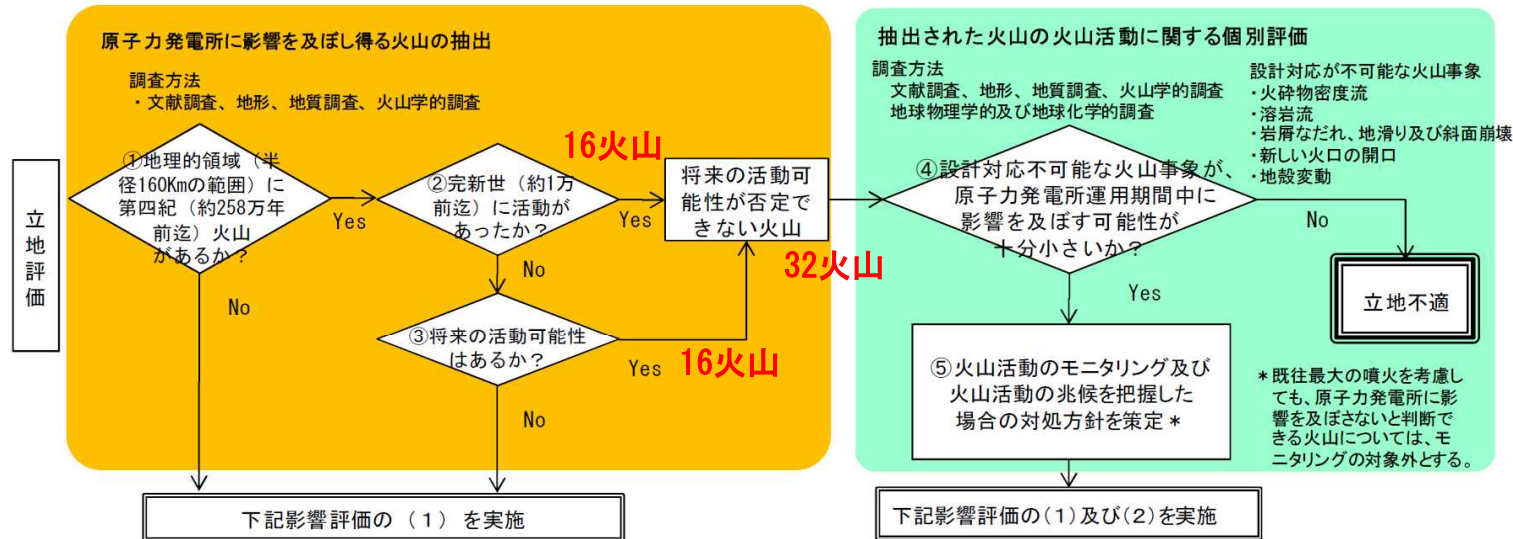
東京電力

目次

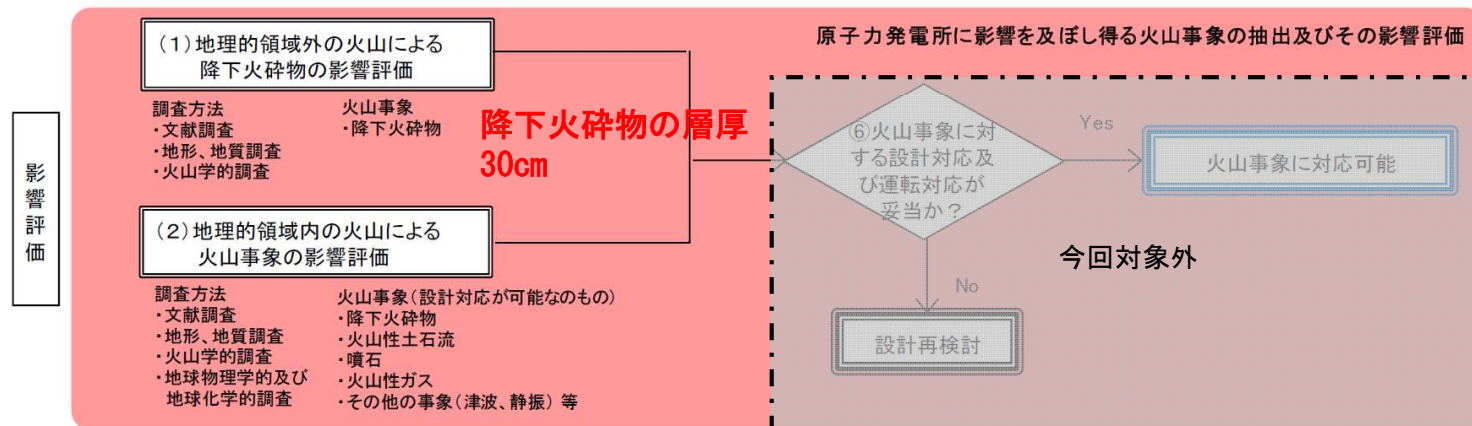
1. 火山影響評価の概要	3
2. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出	5
2. 1 地理的領域内の第四紀火山	6
2. 2 完新世に活動を行った火山	8
2. 3 完新世に活動を行っていないが将来の火山活動可能性が否定できない火山	9
2. 4 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果	12
3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	13
3. 1 設計対応不可能な火山事象と発電所の位置関係	14
3. 2 火砕物密度流の影響可能性	16
3. 3 新しい火口の開口の影響可能性	17
3. 4 設計対応不可能な火山事象の影響可能性のまとめ	20
4. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	23
4. 1 降下火砕物の影響可能性	24
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）	34
4. 1. 2 降下火砕物の影響可能性（粒径・密度）	70
4. 2 降下火砕物以外の火山事象の影響可能性	72
4. 2. 1 火山性土石流，火山泥流及び洪水の影響可能性	73
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	75
5. まとめ	77

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、32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ない。
- 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、30cmとした。



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ない。

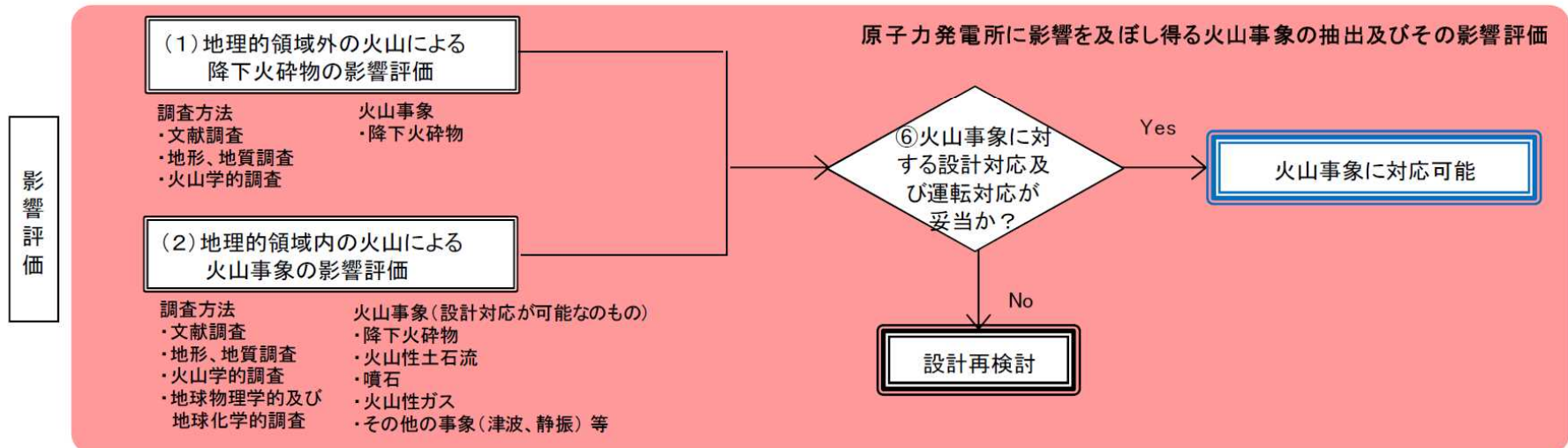
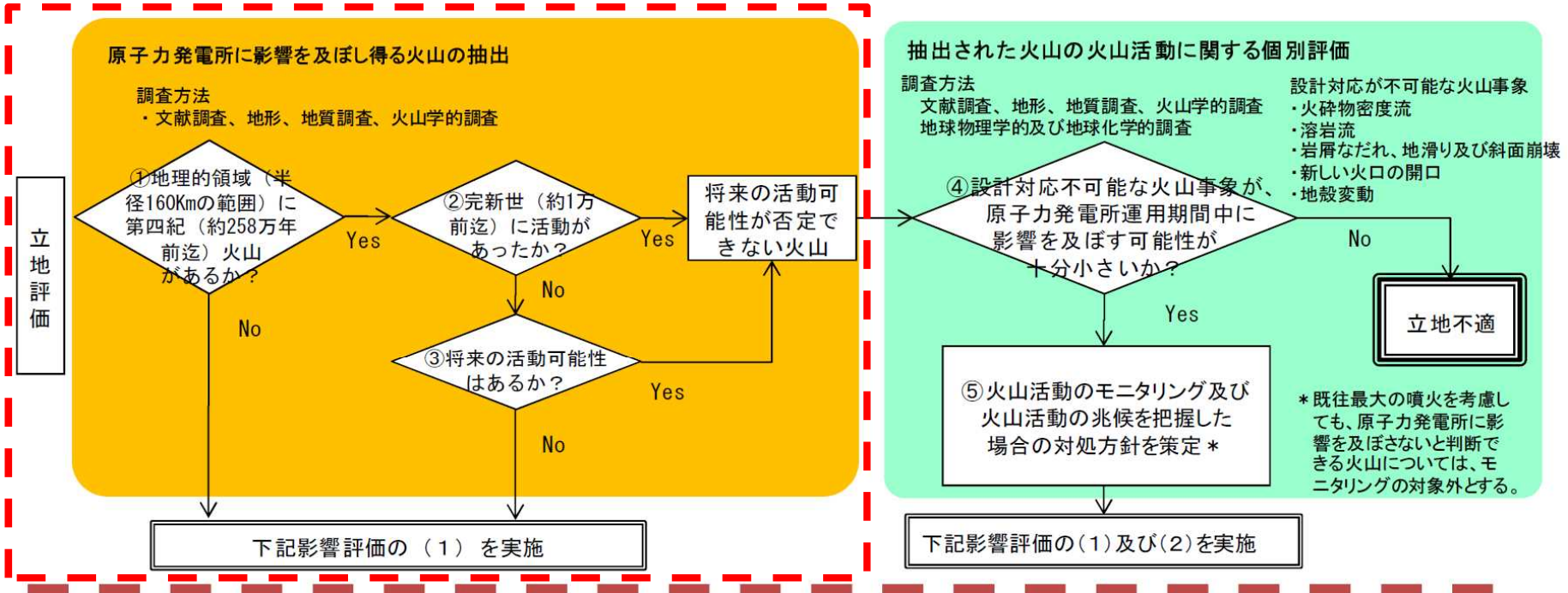


火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆）

余 白

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等から81火山抽出した。

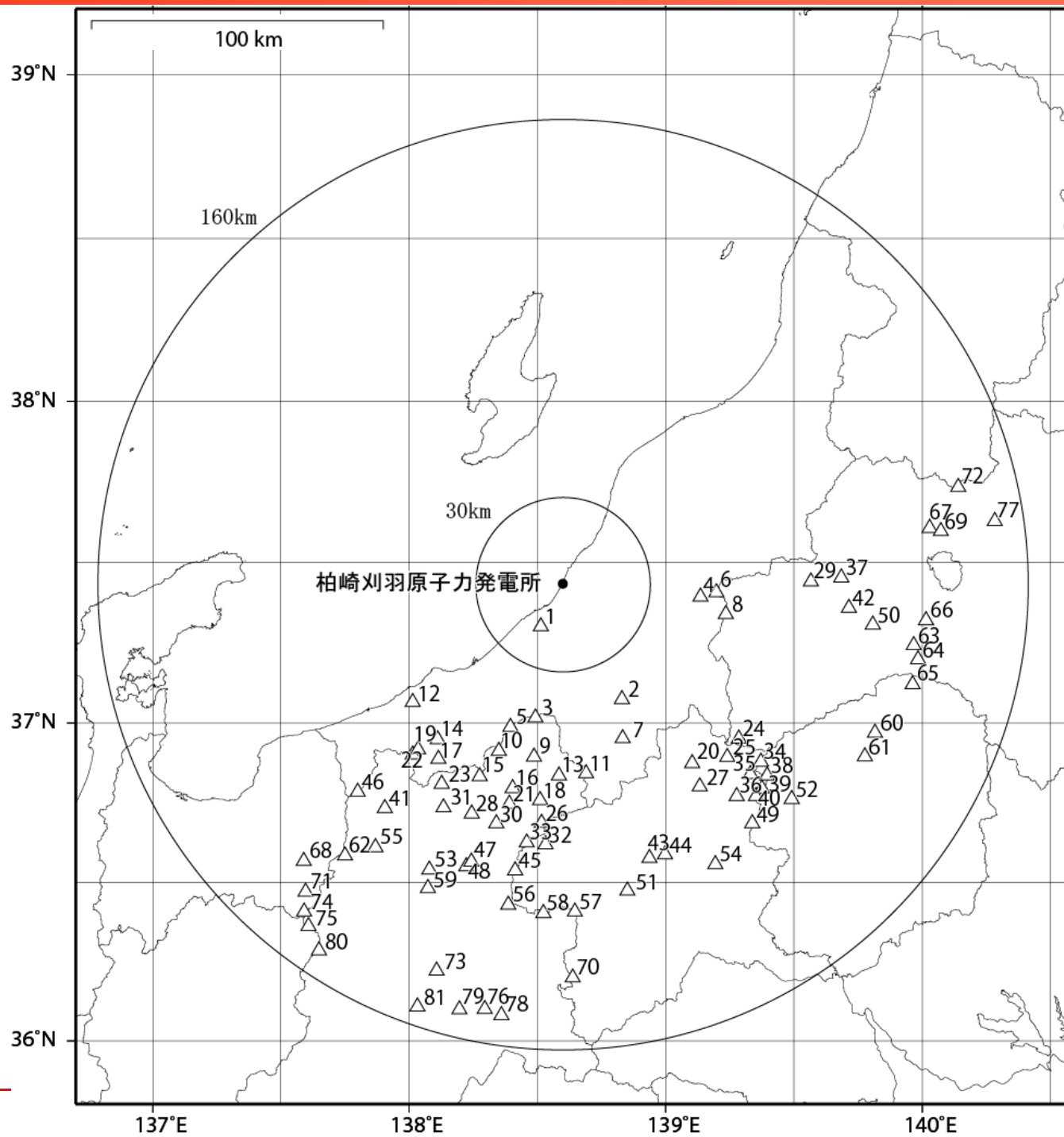
番号	火山名※1	距離※2 (km)
1	米山 (ヨネヤマ)	16
2	榊形山 (マサガタヤマ)	44
3	関田 (セキタ)	47
4	守門岳 (スモンダケ)	48
5	茶屋池 (チャヤイケ)	52
6	八十里越 (ハチジュウリゴエ)	53
7	飯土山 (イイジサン)	57
8	浅草岳 (アサクサダケ)	57
9	毛無山 (ケナシヤマ)	60
10	黒岩山 (クロイワヤマ)	62
11	苗場山 (ナエバサン)	66
12	新潟江星山 (エボシヤマ)	66
13	鳥甲山 (トリカブトヤマ)	66
14	容雅山 (ヨウガサン)	69
15	斑尾山 (マダラオヤマ)	72
16	高社山 (タカシロヤマ)	73
17	妙高山 (ミョウコウサン)	74
18	志賀高原火山群	75
19	新潟焼山	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 (カナヤマ)	78
23	黒姫山	81
24	燧ヶ岳 (ヒウチガタケ)	81
25	アヤメ平 (ダイラ)	82
26	志賀	83
27	上州武尊山 (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 (ヌマザワ)	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	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	99
40	錫ヶ岳 (スズガタケ)	99
41	岩戸山 (イワトヤマ)	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	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 (タノウヤマ)	112
56	烏帽子火山群	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 (ミツミネサン)	115
60	塩原カルデラ	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	塔のへつりカルデラ群	125
65	那須岳	126
66	会津布引山 (ヌノビキヤマ)	126
67	猫魔ヶ岳 (ネコマガダケ)	128
68	立山	131
69	磐梯山	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 (アズマヤマ)	140
73	美ヶ原 (ウツクシガラ)	141
74	鷲羽 (ウシバ)・雲ノ平	145
75	縦沢岳 (モミサワダケ)	148
76	北八ヶ岳	150
77	安達太良山	150
78	八柱 (ヤバシラ) 火山群	151
79	霧ヶ峰	152
80	穂高岳 (ホタカダケ)	153
81	環諏訪湖 (カンスワコ)	155

※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（81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火山を抽出した。

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（81火山）のうち、完新世に活動を行っていない火山（65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。
- 抽出にあたっては、「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・雲ノ平及び環諏訪湖の16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抽出した。

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出来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)）および「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」（山本(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およ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無いと判断した。また，活動期間を評価出来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。（補足資料）

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出来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))および「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」(山本(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およ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無いと判断した。また, 活動期間を評価出来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。(補足資料)

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	■				○

■ 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出来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))および「日本の主要第四紀火山の積算マグマ噴出量階段図」(山本(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およ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無いと判断した。また, 活動期間を評価出来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。(補足資料)

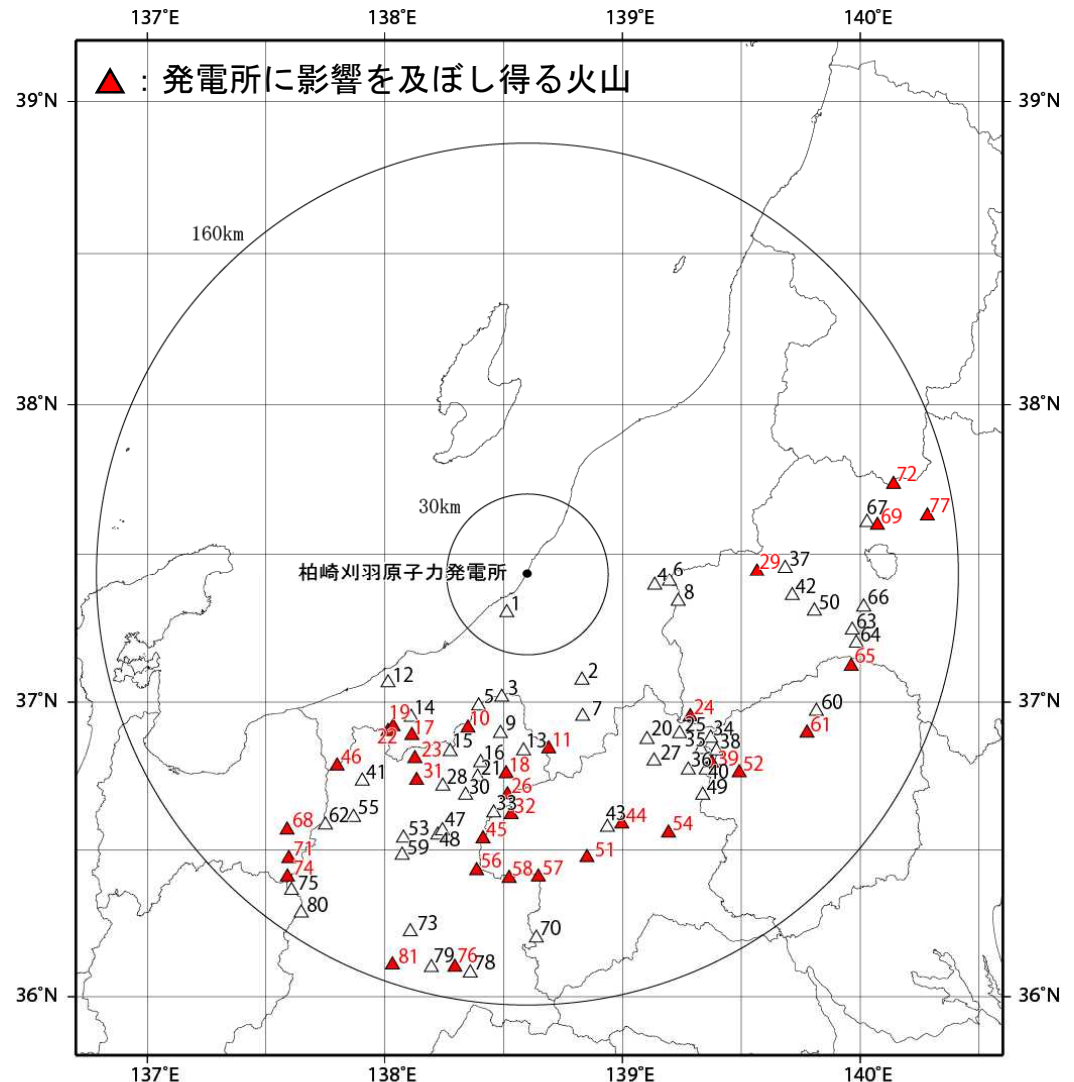
2. 4 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出結果

- 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等から81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、16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32火山を抽出した。

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

■ は、完新世に活動を行った火山

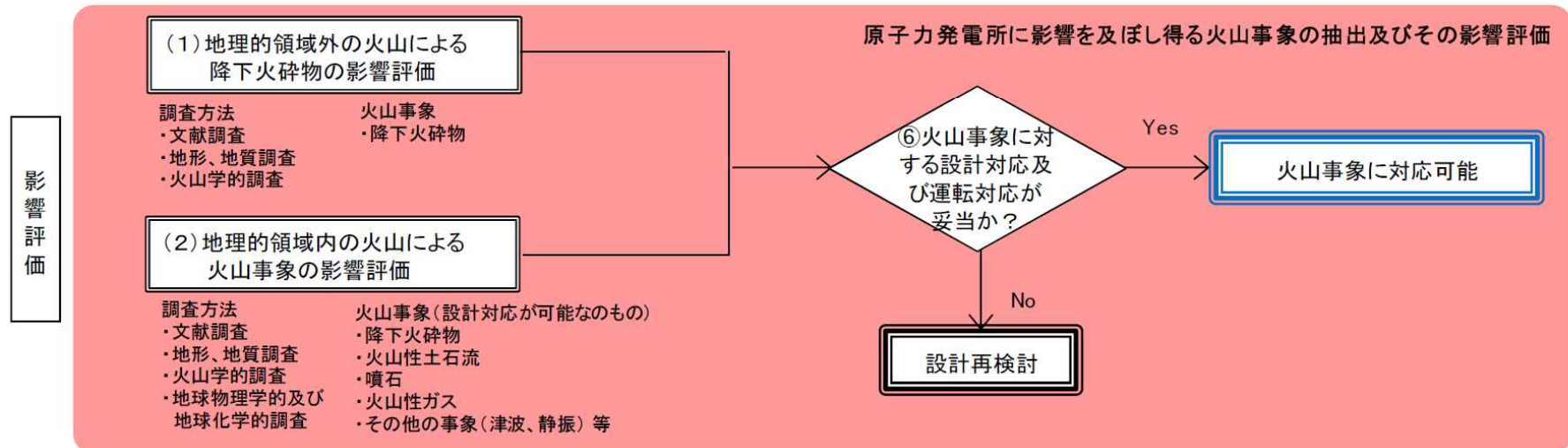
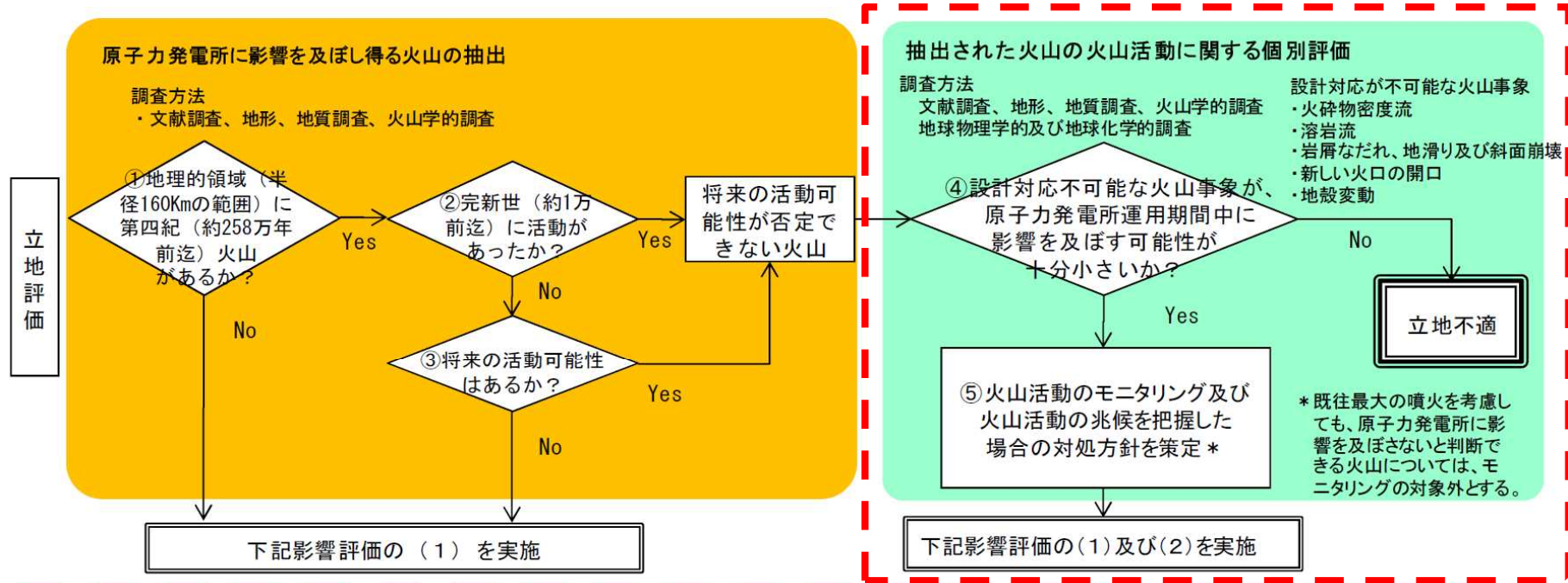


発電所に影響を及ぼし得る火山

100 km

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（32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（32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	新湯焼山	76
22	新湯金山	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

■ 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

➤ 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。

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	○	—	—	○	○

○：評価対象事象， —：評価対象外



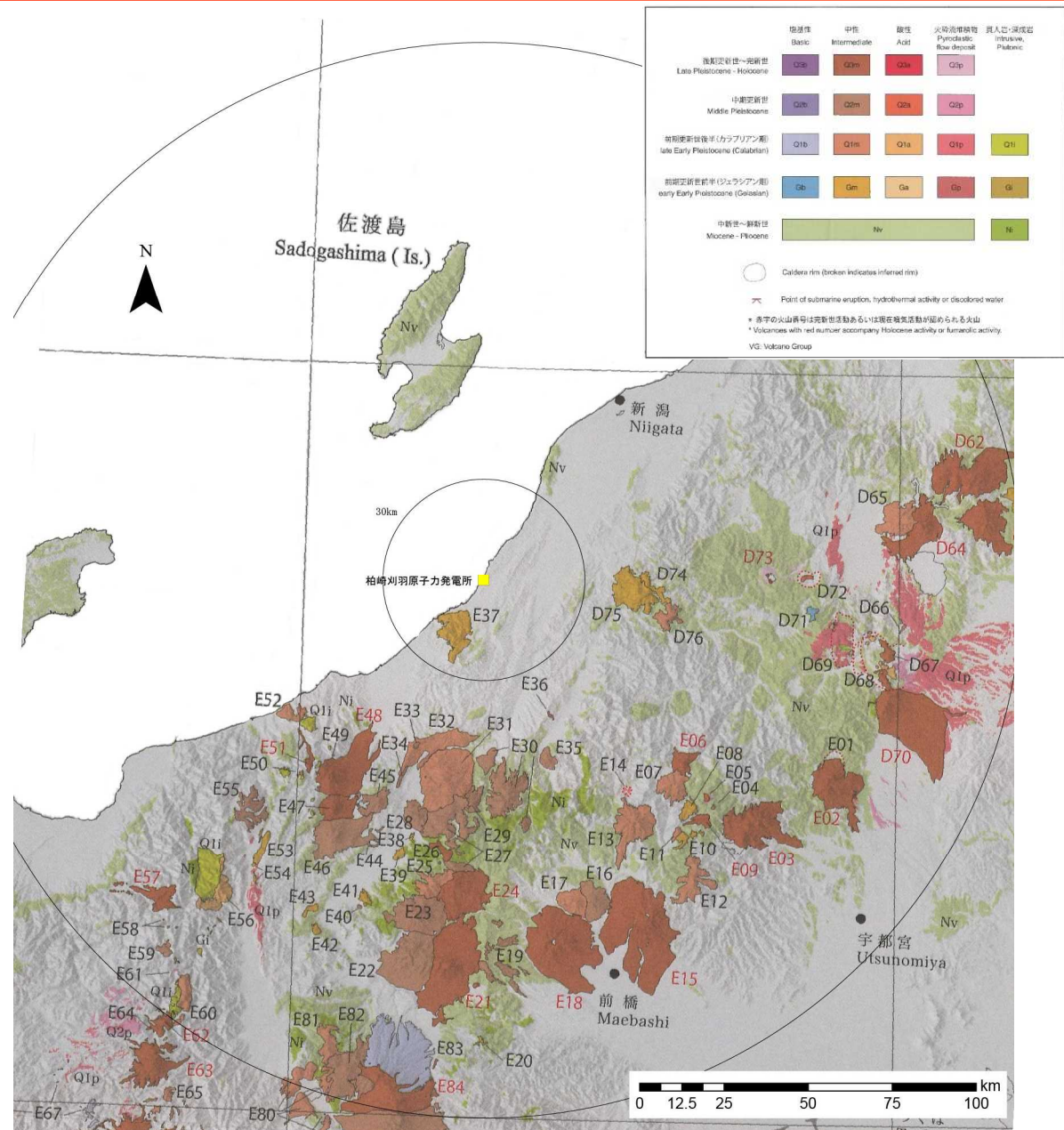
3. 2 火砕物密度流の影響可能性

➤ 第四紀火山の噴出物分布図によれば、仮にこれらの噴出物が火砕物密度流だと考えても、噴出物の分布が山体周辺に限られることから、火砕物密度流が敷地周辺に到達していないと考えられる。

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

■ 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。
- 敷地周辺に深部低周波地震の分布は認められない。

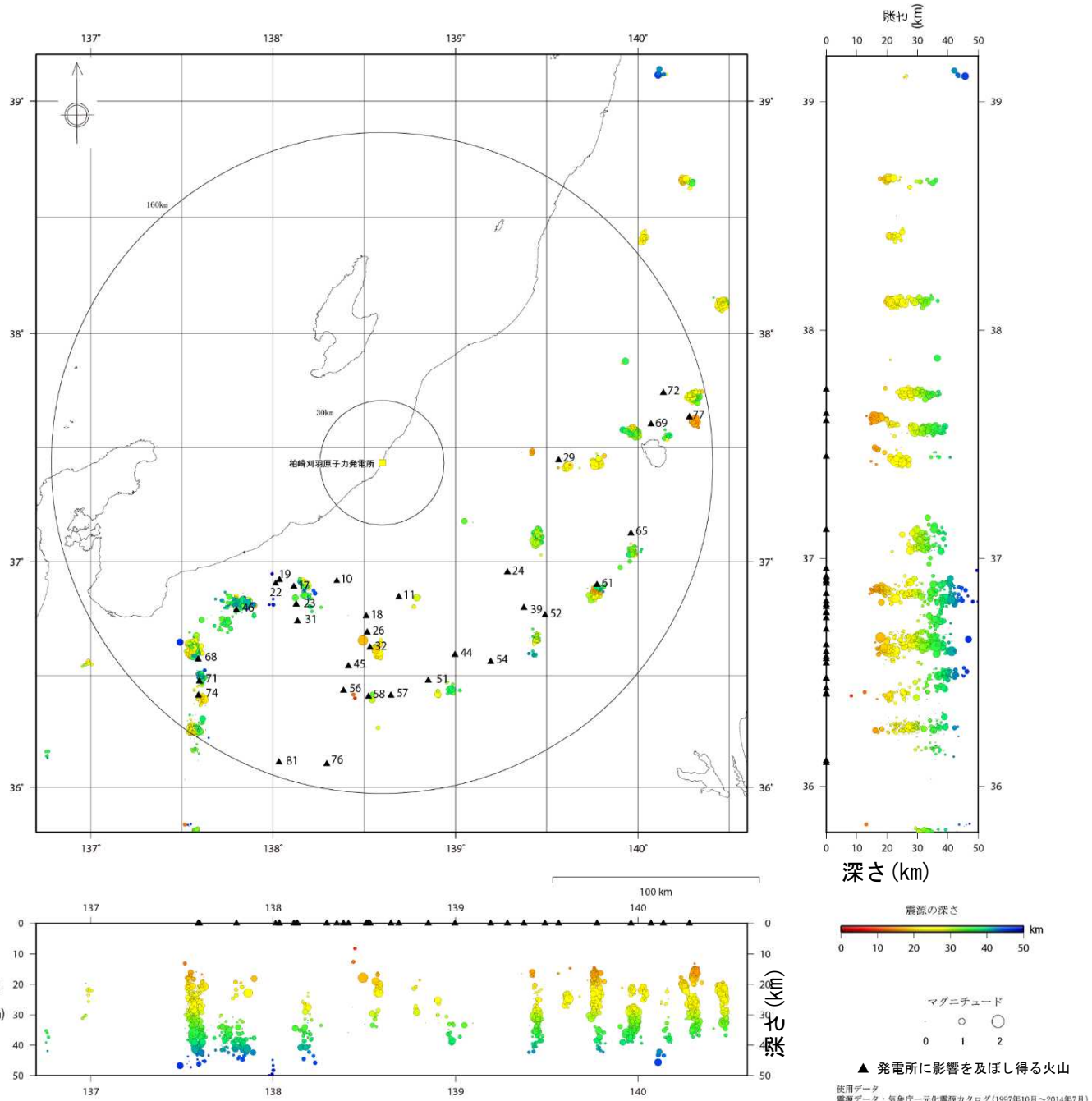
発電所に影響を及ぼし得る火山

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

■ は、完新世に活動を行った火山

地理的領域の深部低周波地震

気象庁一元化震源カタログ(1997年10月~2014年7月)



深さ (km)

震源の深さ
0 10 20 30 40 50 km

マグニチュード

0 1 2

▲ 発電所に影響を及ぼし得る火山

使用データ
震源データ：気象庁一元化震源カタログ(1997年10月~2014年7月)



3. 3 新しい火口の開口の影響可能性

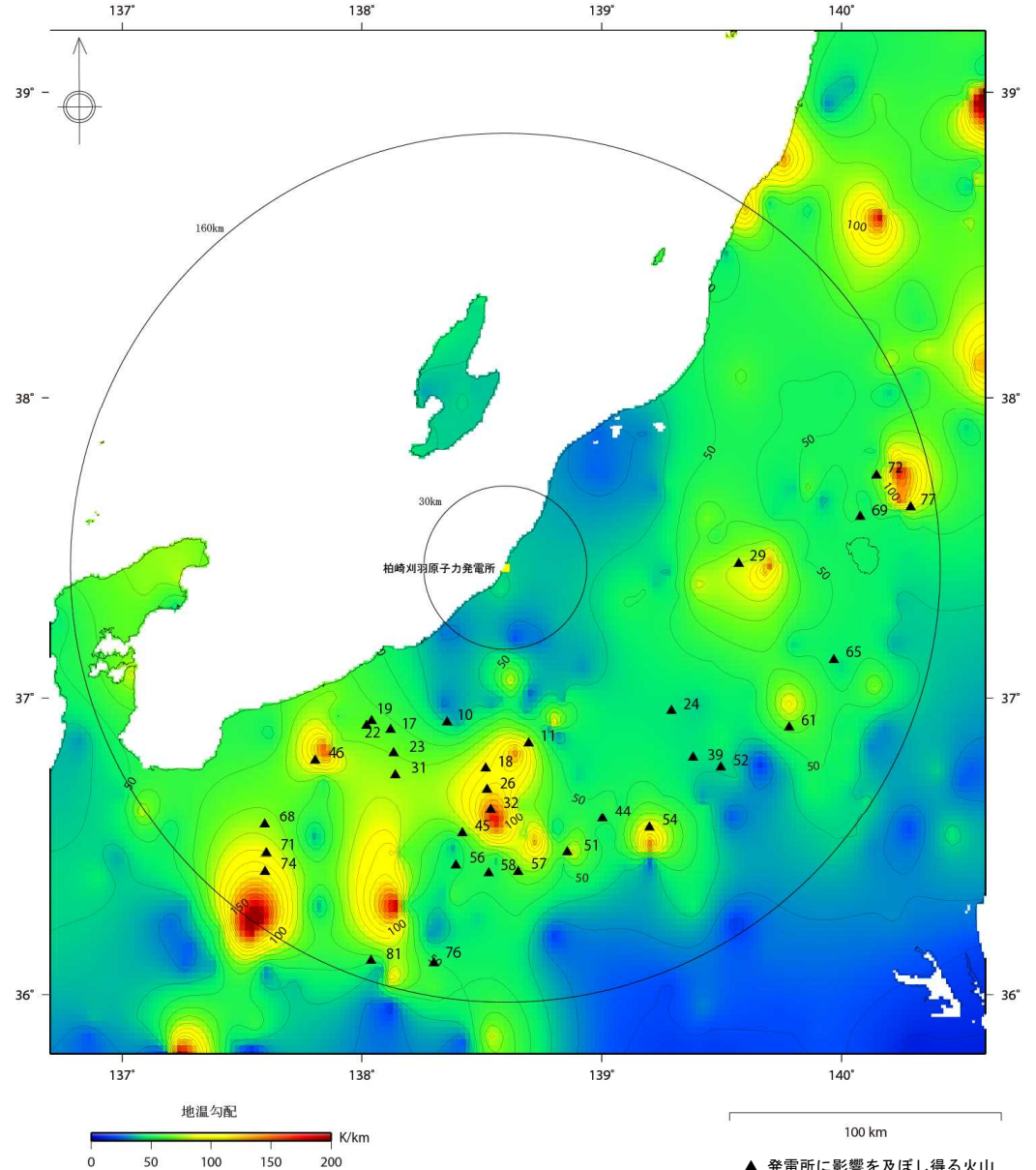
地温勾配

- 活動的な火山の周辺では、地温勾配が比較的大きい。
- 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

■ 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

使用データ：産業技術総合研究所地質調査センター(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

地理的領域の地温勾配

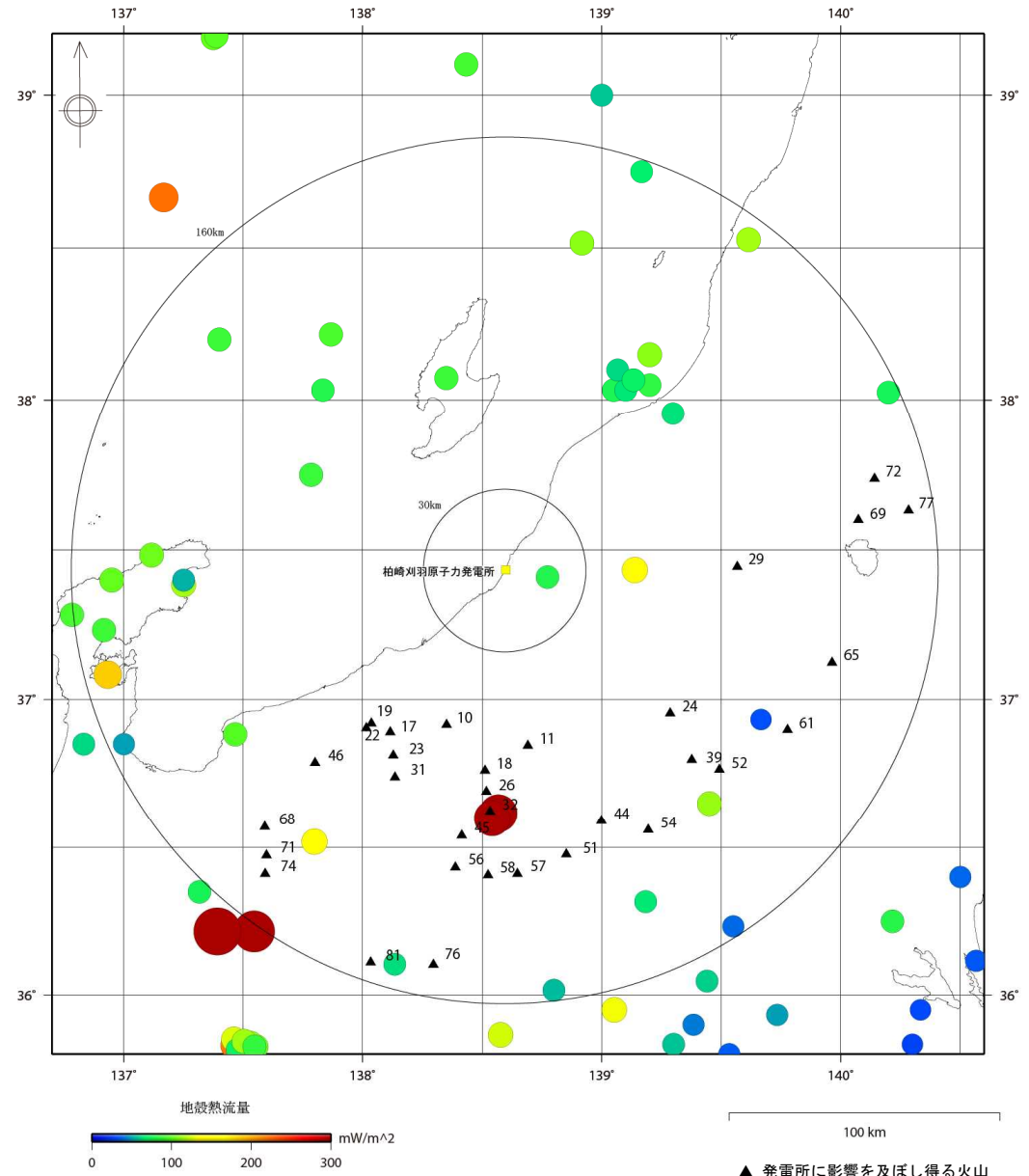
3. 3 新しい火口の開口の影響可能性

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。
- 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

- 新しい火道の開通については、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ないと判断される。



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

地理的領域の地殻熱流量

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，岩屑なだれ他，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ない。
- 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ない。	○ 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ない。	○ 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ない。	○	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ない。 ・敷地周辺においてマグマの上昇など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ない。
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない

3. 4 設計対応不可能な火山事象の影響可能性のまとめ

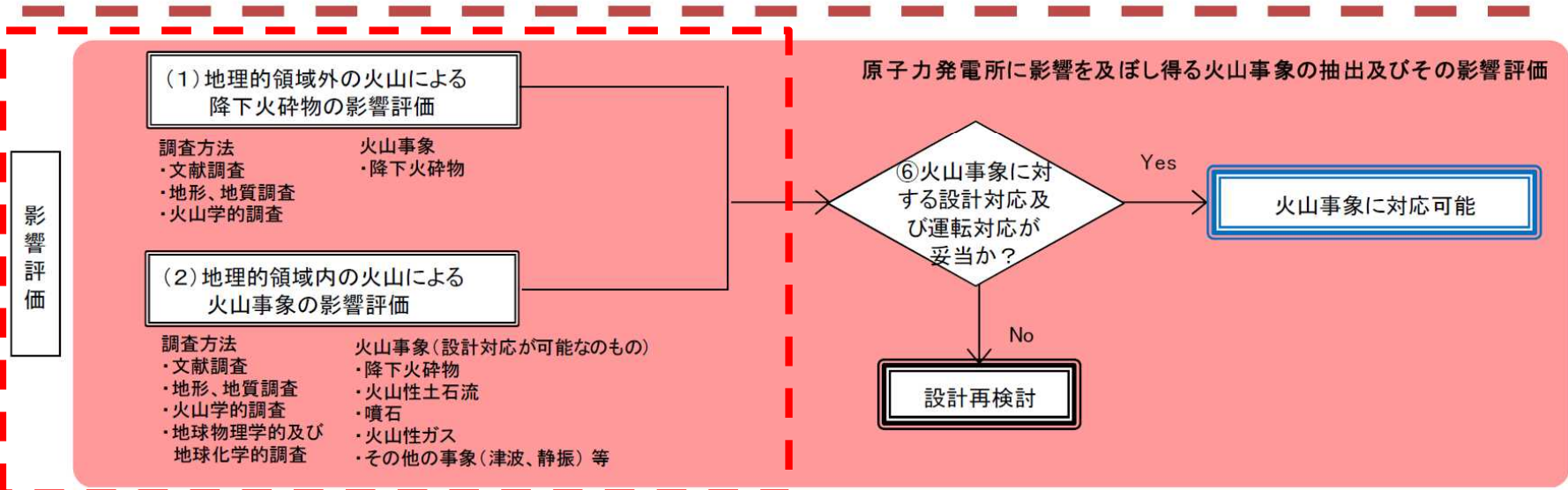
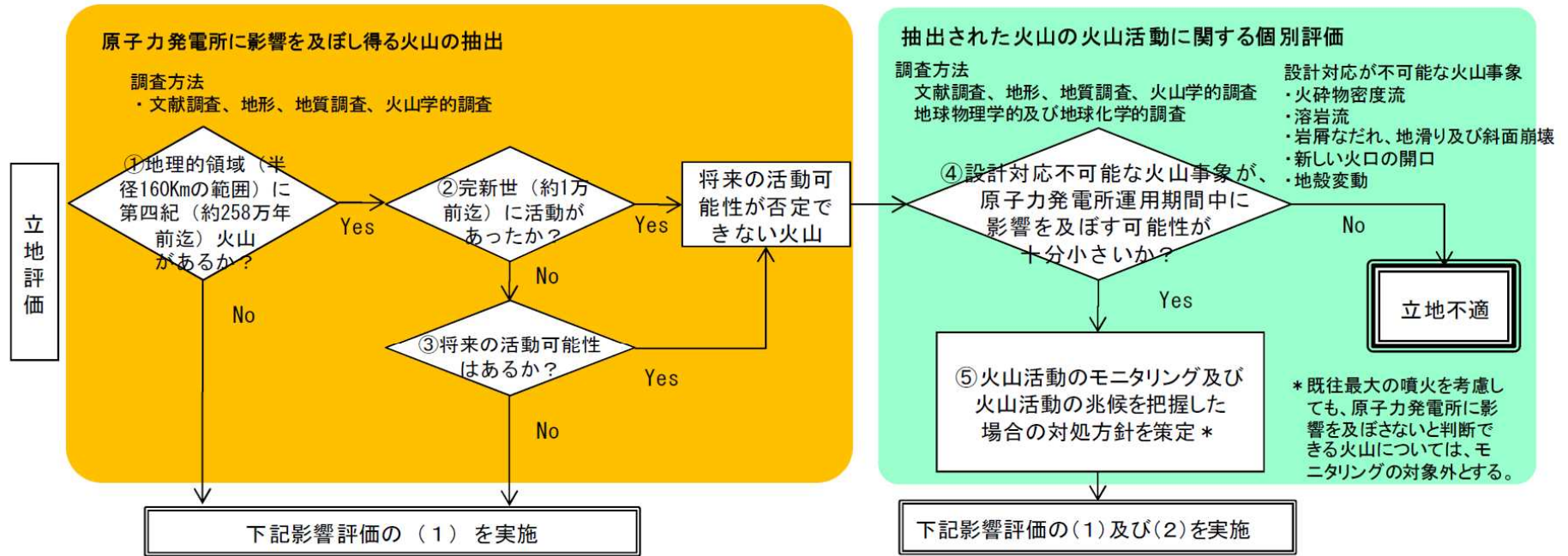
火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流		溶岩流	岩屑なだれ等	新しい火口の開口		地殻変動	
		160km		50km	50km				
黒岩山	62	○	仮に噴出物が火砕物密度流と考えると、噴出物は黒岩山周辺に限られていることから、発電所に影響を及ぼす可能性はない。	○ 敷地と火山の距離から、溶岩流が発電所に影響を及ぼす可能性はない。	○ 敷地と火山の距離から、岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊が発電所に影響を及ぼす可能性はない。	○ 以下より、新しい火口の開口が発電所に影響を及ぼす可能性はない。 ・敷地周辺においてマグマの上昇などを示唆する深部低周波地震が発生していない。 ・敷地周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ない。
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						
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ない。						

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない

余 白

4. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

▶ 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抽出を行った。



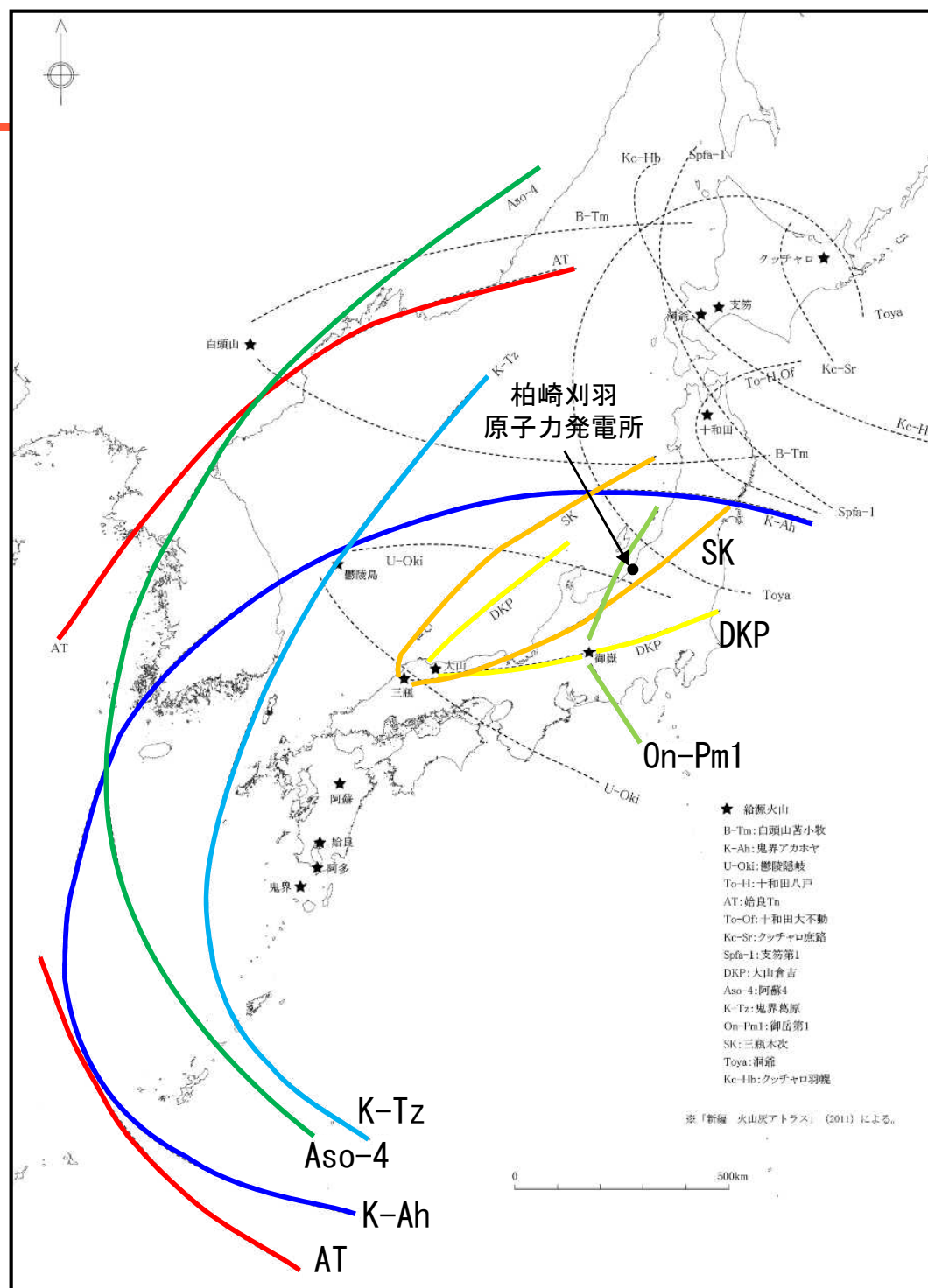
火山影響評価フロー（原子力発電所の火山影響評価ガイド、一部加筆）

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火山灰は、町田・新井(2011)によれば、7層の分布が示されている。
- これらの火山灰については、カルデラ噴火など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小さいと考えられる。

敷地周辺での広域火山灰層厚
(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



広域火山灰分布 (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山灰は、以下の通りである。
- 給源が特定出来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小さいと評価した。
- 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山灰

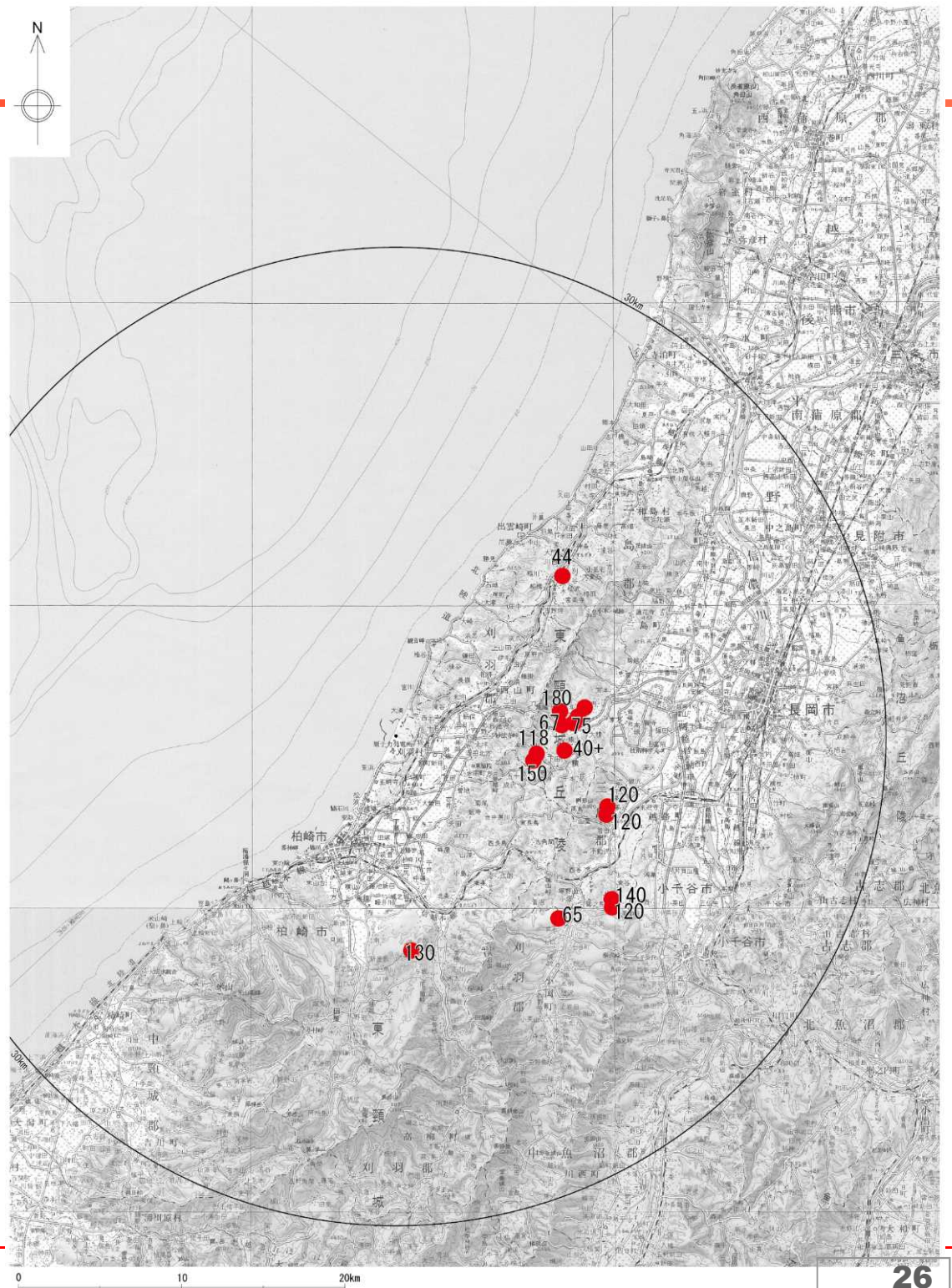
名称	給源	降下時代	層厚	
			敷地内	敷地周辺（敷地からの距離）
大山倉吉テフラ	大山	後期更新世	-	約5cm（約25km）
飯縄上樽テフラ	飯縄山	中期更新世	-	約10cm（約17km）
阿多鳥浜テフラ	阿多カルデラ	中期更新世	約4cm	約3cm（約14km）
加久藤テフラ	加久藤カルデラ	中期更新世	約2cm	-
大町テフラ	樅沢岳	中期更新世	-	約36cm（約19km）
魚沼ピンクテフラ	塔のへつりカルデラ	前期更新世後半	-	約300cm以上（約11km）
吉水テフラ	不明	前期更新世後半	-	約180cm（約10km）
常楽寺テフラ	現在の榛名火山の位置とその周辺部※	前期更新世後半	-	約120cm（約11km）
出雲崎テフラ	飛騨山脈	前期更新世後半	約55cm	約450cm（約22km）
SK110テフラ	飛騨山脈	前期更新世後半	約190cm	約260cm以上（約25km）
辻又川テフラ	飛騨山脈	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	飛騨山脈	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。

※：中村正芳・新井房夫（1988）による。

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

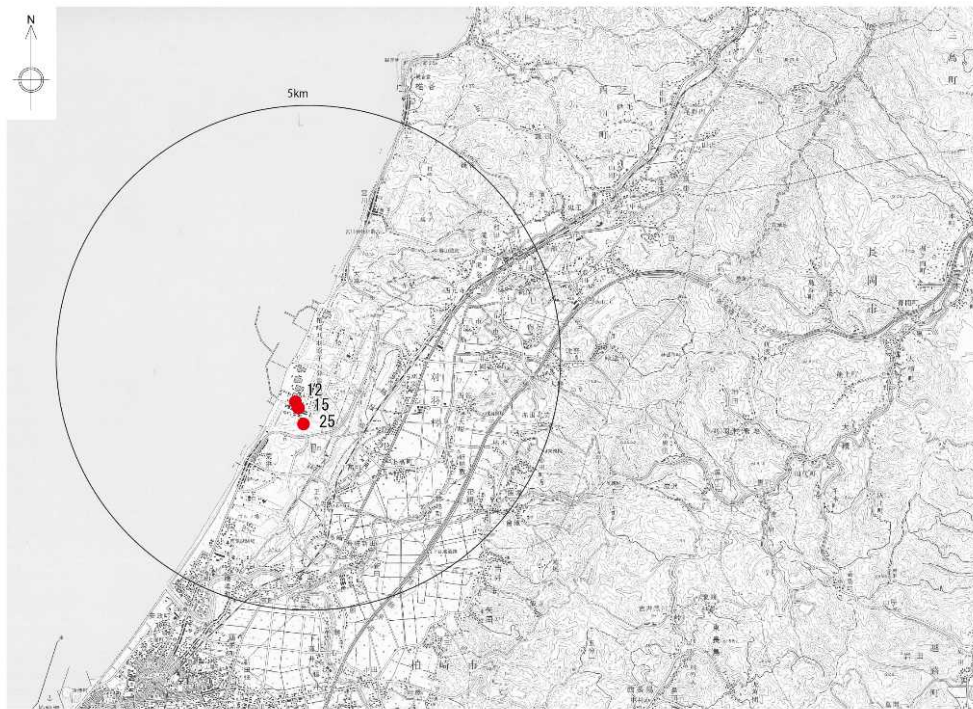
▶ 常楽寺テフラの分布



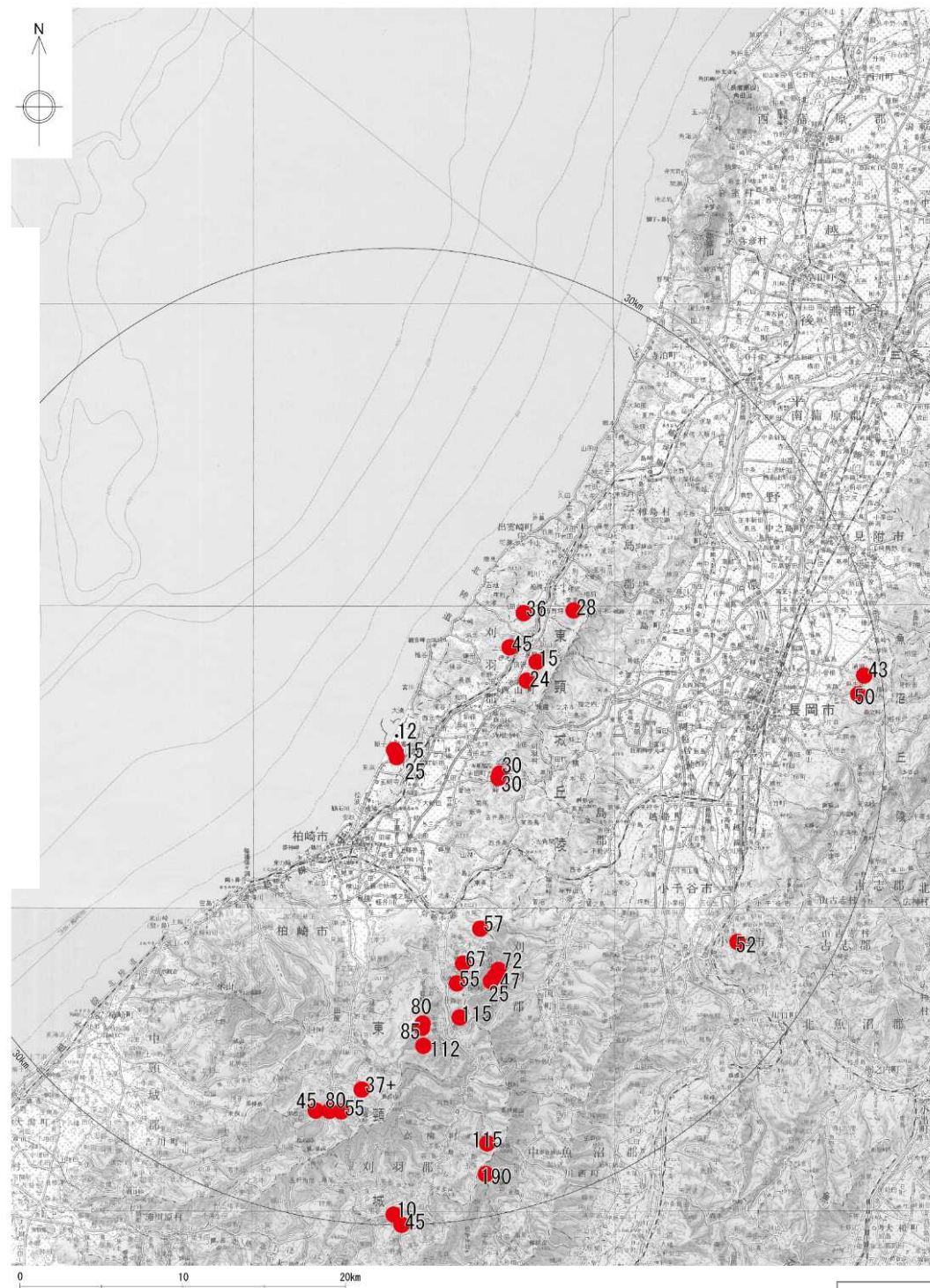
常楽寺テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

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



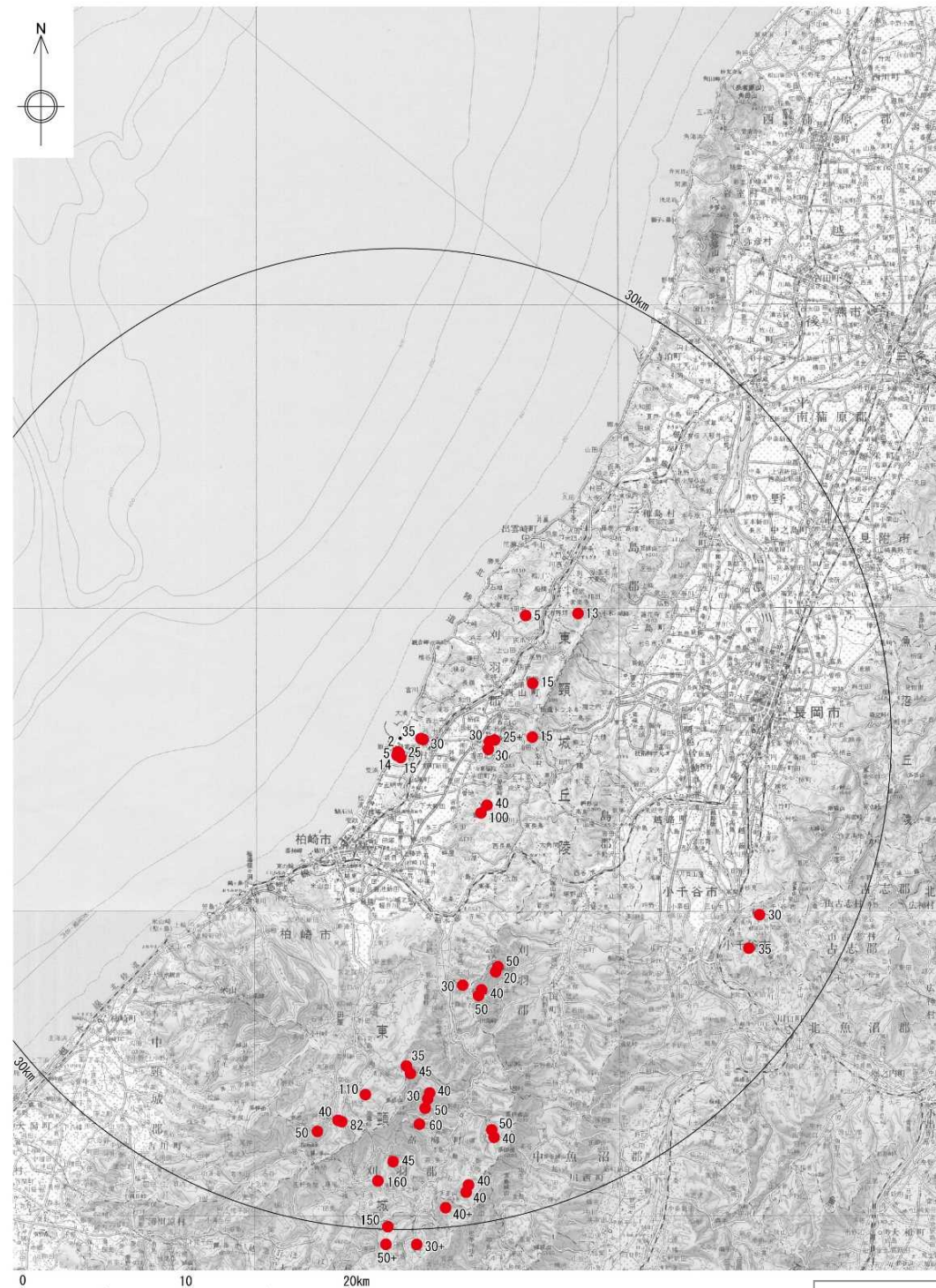
不動滝テフラの分布図
(図中の数値は層厚 (単位: cm) を表す)

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

- 給源不明なテフラは、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,	0	10～20
				(Ammonia beccarii Assem.) Pseudorotaria gaimardii—Buccella frigida Assem.		
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	150
			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		
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。	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。	上部：Uvigerina akitaensis, Trifarina kokozuraensis等の半深海性石灰質群集	Trifarina kokozuraensis—Uvigerina akitaensis Assemblage	300	800～1000
	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プ礫岩層を挟在する。 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		
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

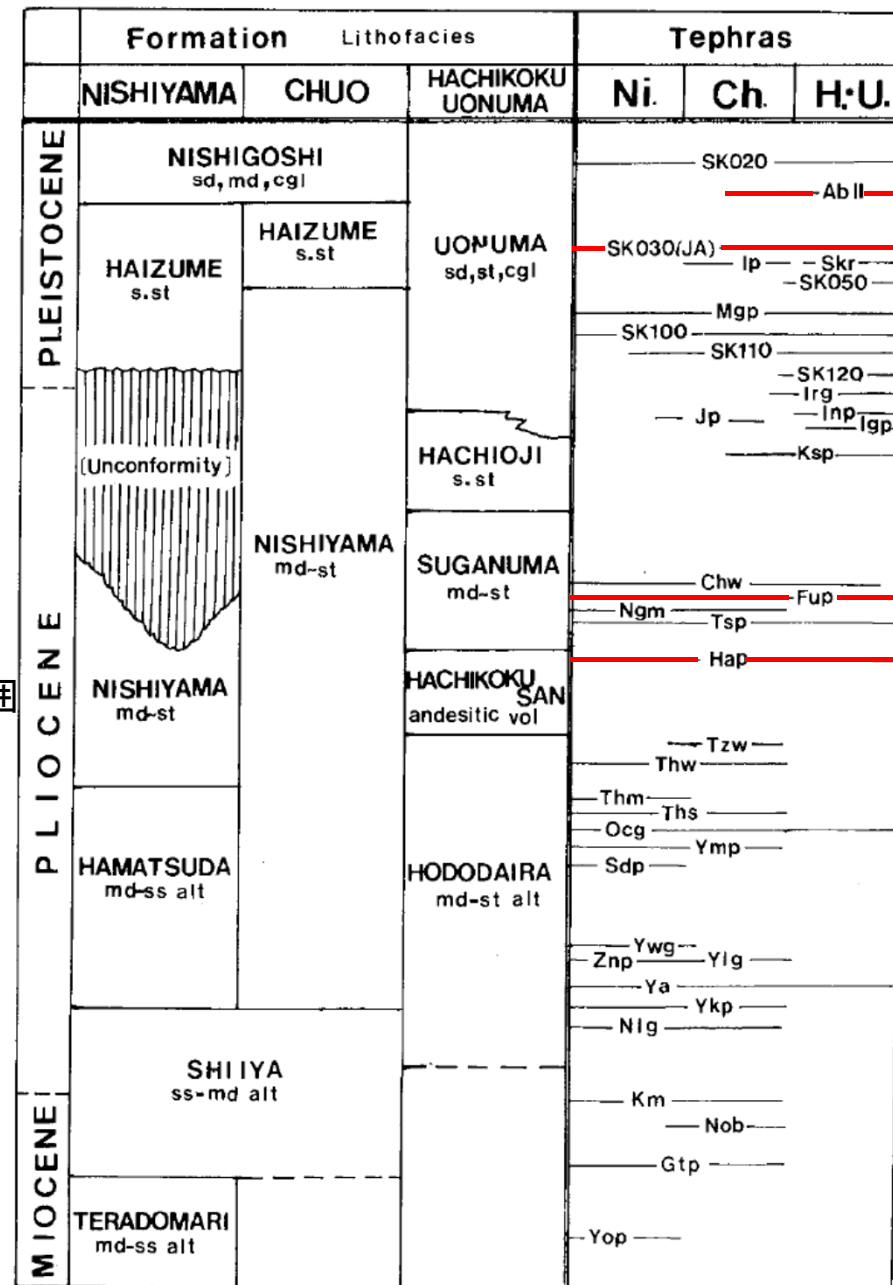
➤ 黒川(1990)では、新潟新生代堆積盆における上部中新統から下部更新統中に挟在する水底堆積珪長質テフラについて、その形成機構を検討しており、吉水テフラ、常楽寺テフラ、不動滝テフラおよび阿相島テフラは水底堆積テフラとされている。



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))

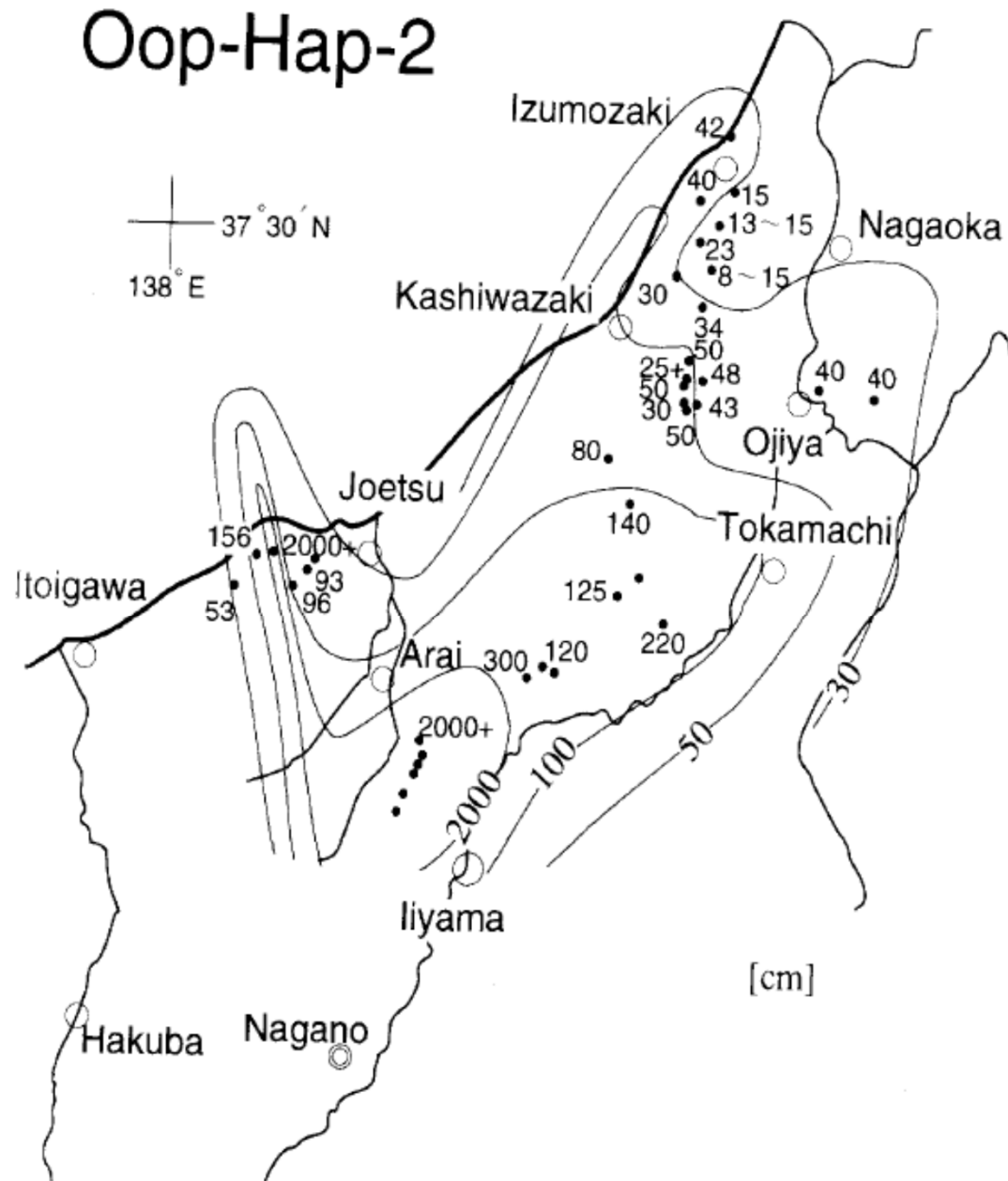


新潟地域の水底堆積テフラ (黒川(1990))

4. 1 降下火砕物の影響可能性

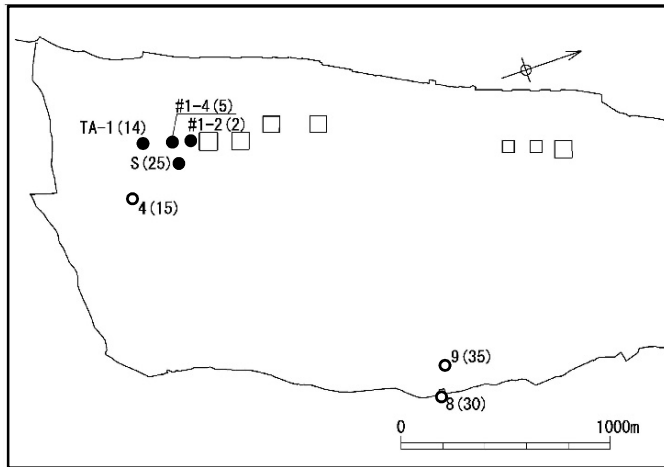
➤ 青木・黒川(1996)では、新潟県西頸城地域の鮮新統から下部更新統の火山灰層を調査し、当該地域に分布する谷浜層基底部の大菅パミス質[Oop]を Hap-2 (阿相島テフラに対比) に対比し、これらの層厚変化について検討されており、この結果から堆積過程において水系等の影響を受けて堆積したものと推定される。

以上より、給源不明なテフラは、その分布状況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。当時の堆積環境は現在と大きく異なっており、これら給源不明なテフラの分布を基に、将来の降下火砕物の層厚を想定するのは適切でないと考えられる。



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



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

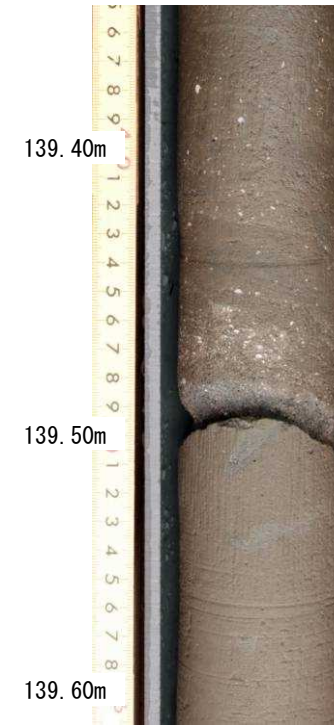
阿相島テフラの産状



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。

253.71~253.85m
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。

139.48~139.50m
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2~35cmとバラツキが大きい。
- 以上のことから、敷地における阿相島テフラは水中で堆積したものであり、その層厚は水流の影響を受けているものと判断される。

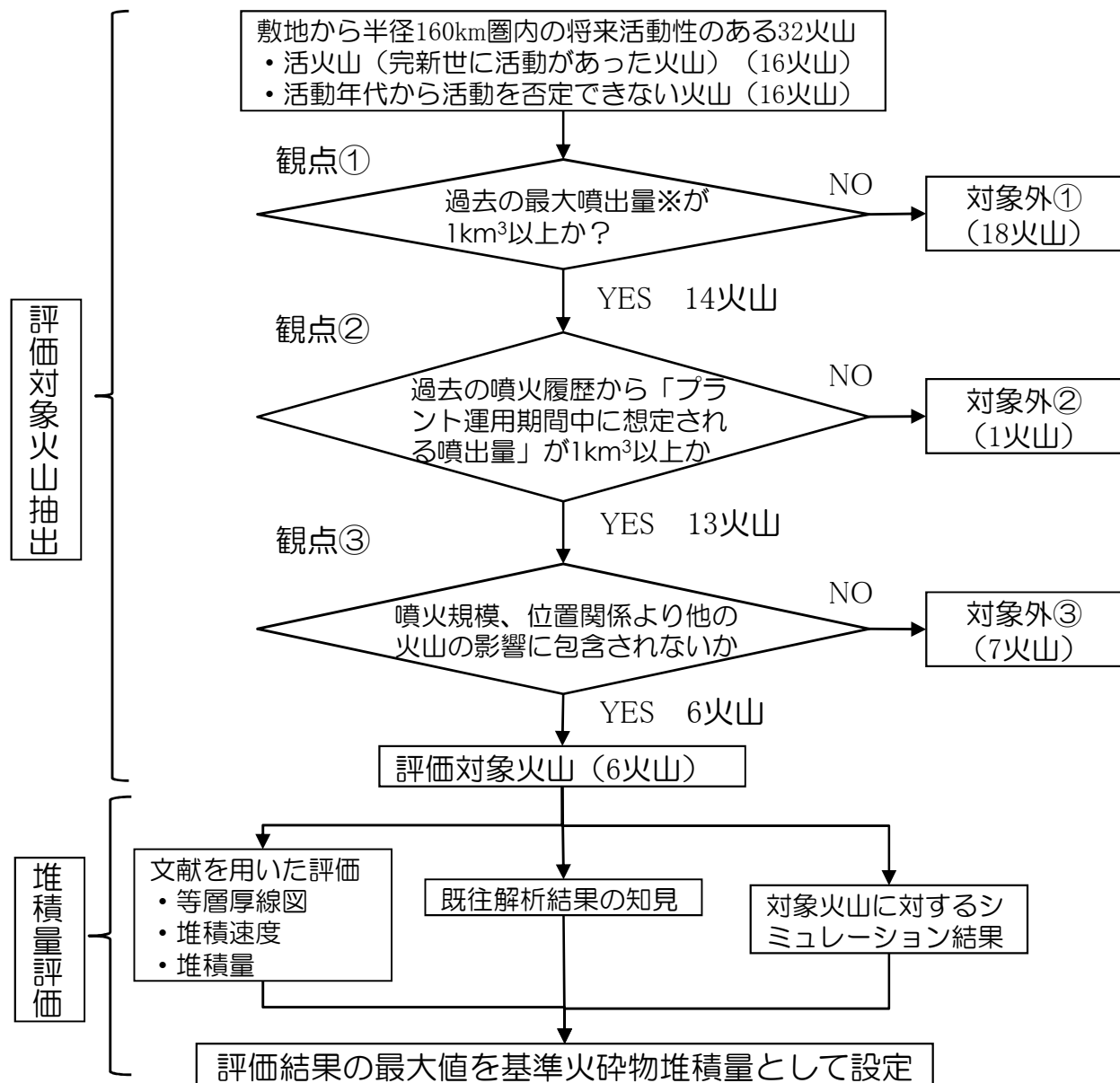
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

- 給源不明の降下火砕物は、いずれも水成堆積物であり、現在の発電所周辺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、プラント運用期間中に、その様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。

余 白

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 1km^3 以上（VEI5相当以上）の内、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るとした。なお、抽出にあたっては、過去の噴火履歴から、噴火活動が衰退傾向にあるものは、「プラント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あたっては、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。

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。

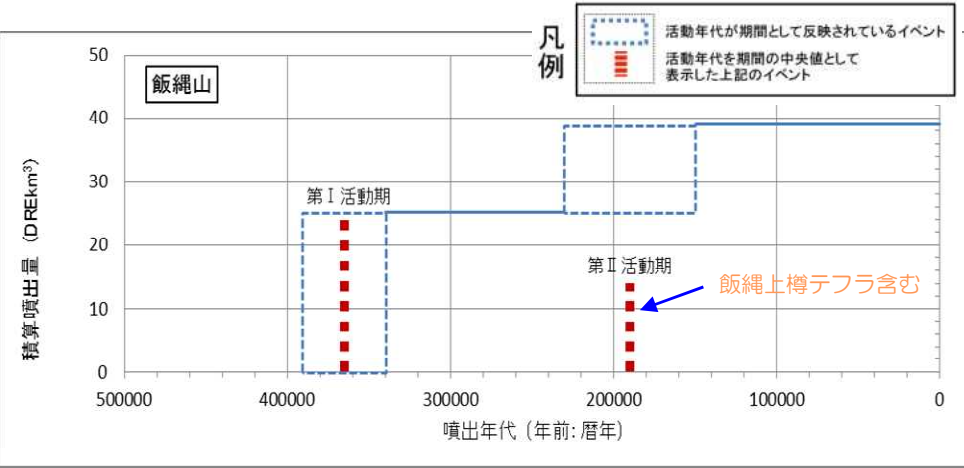
No.	将来の活動可能性が否定できない火山	敷地からの距離(km)	発電所からの方角	抽出観点	降下火砕物に関する過去最大噴火規模 (抽出観点①又は観点③の判断に使用)	プラント運用期間中に想定される噴火規模 (抽出観点②又は観点③の判断に使用)
10	黒岩山	62	南南西	①	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
11	苗場山	66	南～南南東	①	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
17	妙高山	74	南南西～南西	対象	5(渋江川火砕流堆積物;1km ³)	—
18	志賀高原火山群	75	南～南南西	①	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
19	新潟焼山	76	南南西～南西	①	4(焼山—高谷池火山灰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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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(飯縄上樽テフラ: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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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(今市降下軽石;3.7km 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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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(那須白川テフラ群;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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—
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	—(明瞭な火山灰の分布認められず)	—

※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>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 1247 1455"> <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">斑尾火山</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)	斑尾火山	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20万年前には始まり, 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などは全く認められず, 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, 飯縄上樽テフラ(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小さいと判断される。</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)																																																																																																				
斑尾火山	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。

表 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(孀恋軽石; 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通り実施する。

(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

(2) 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）

(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）

・沼沢山

沼沢-芝原テフラの等層厚線図が示すように、沼沢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。

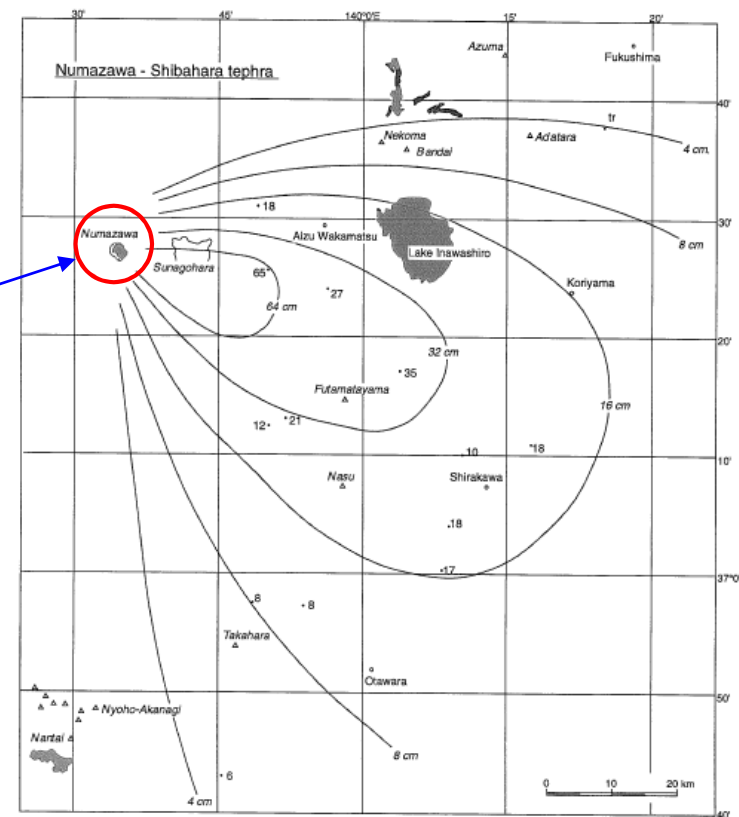
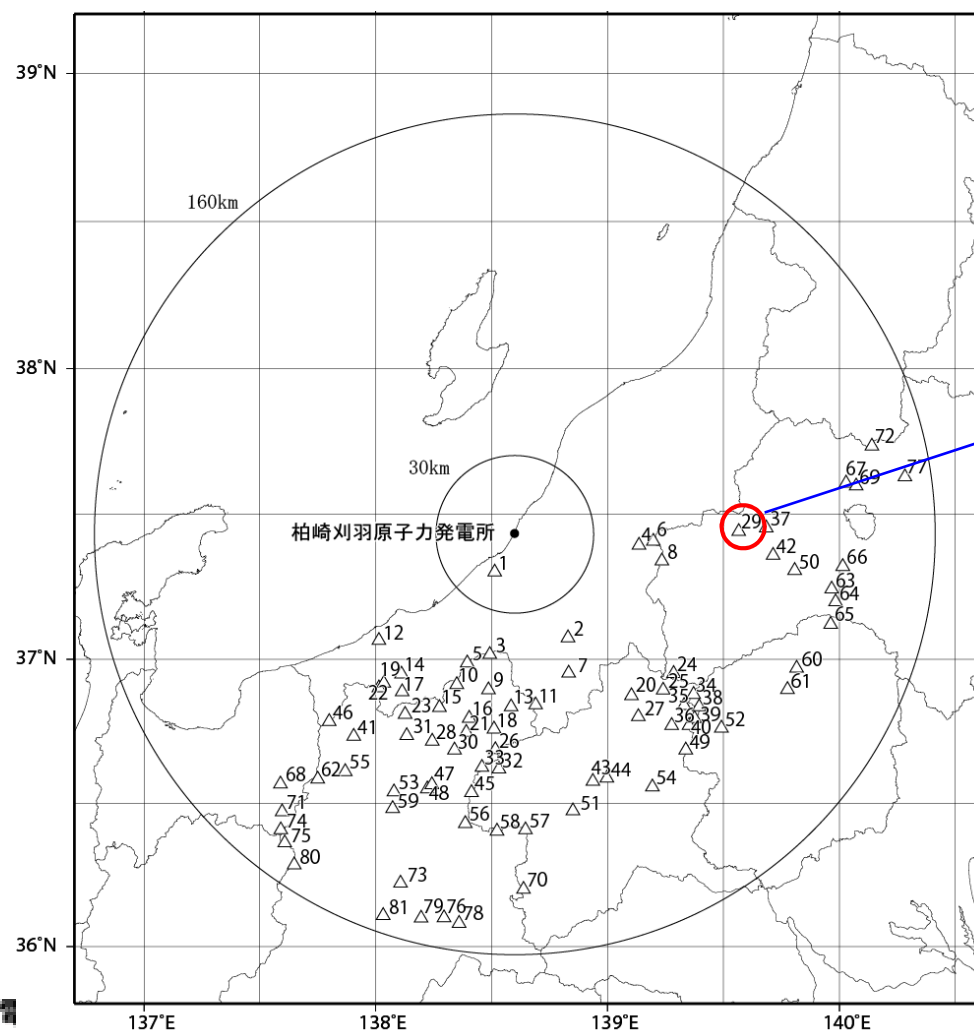


図 沼沢-芝原テフラ等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（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。

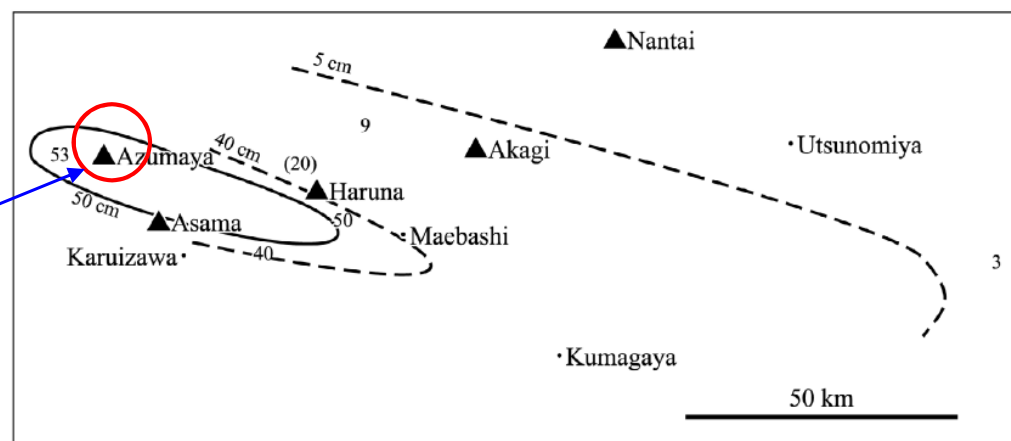
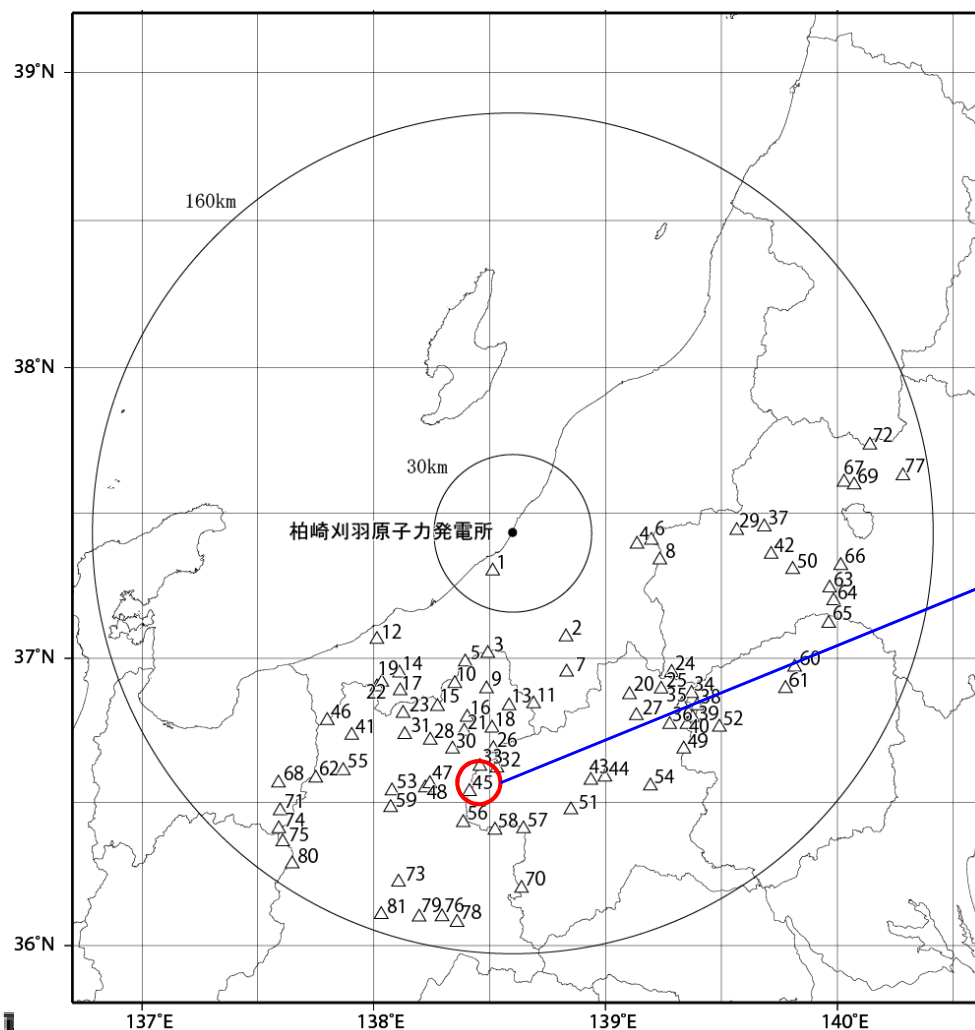


図 菅平第二軽石等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（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-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。

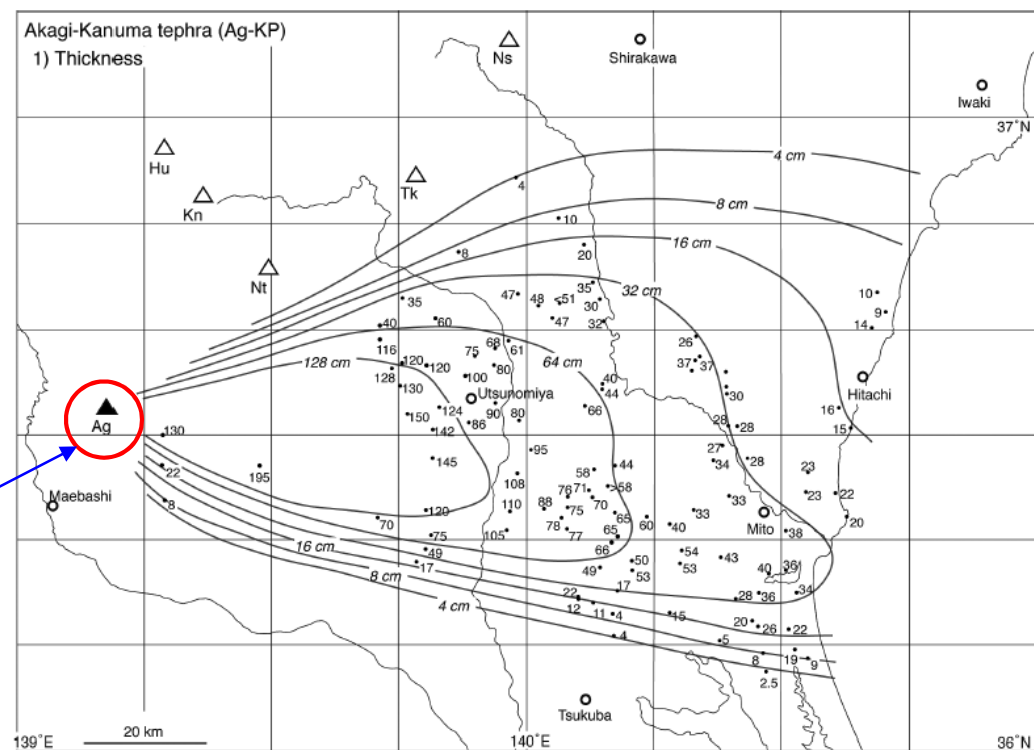
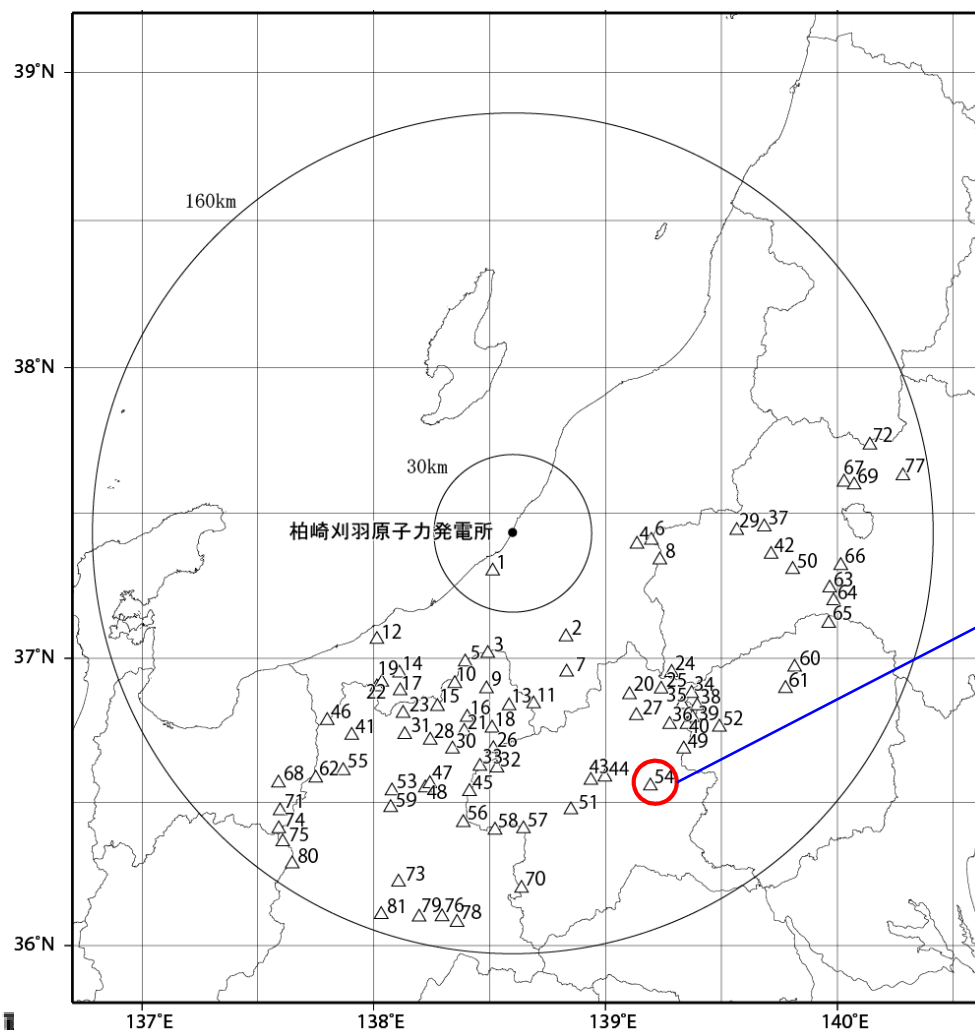


図 赤城-鹿沼テフラ等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（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

孺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。

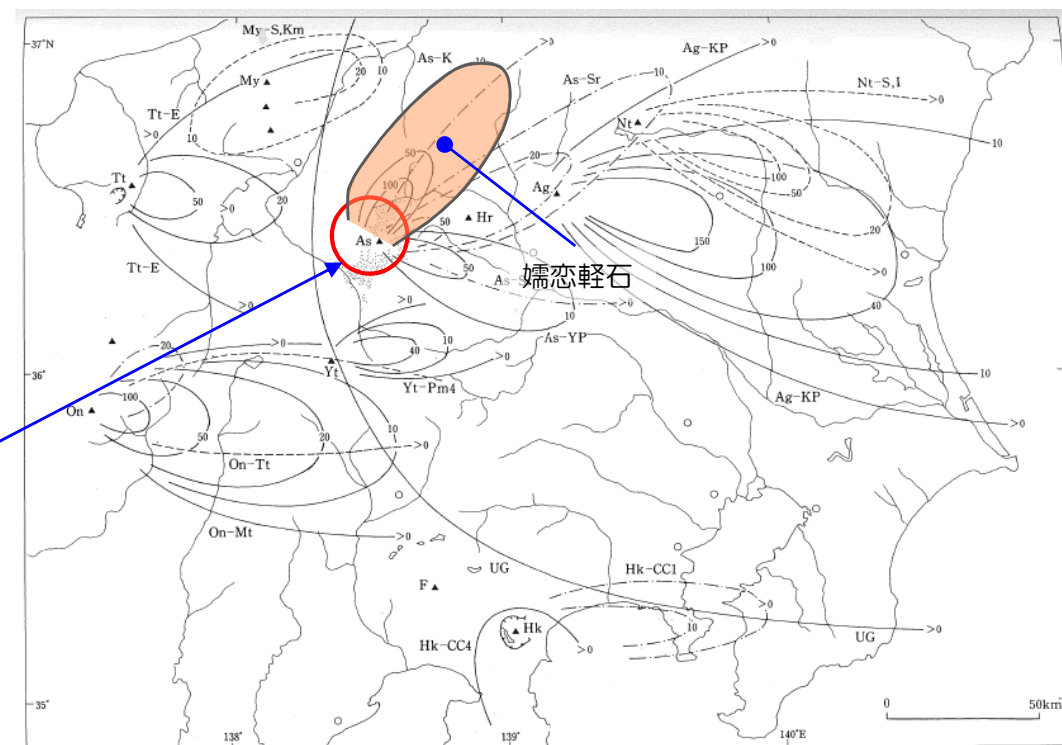
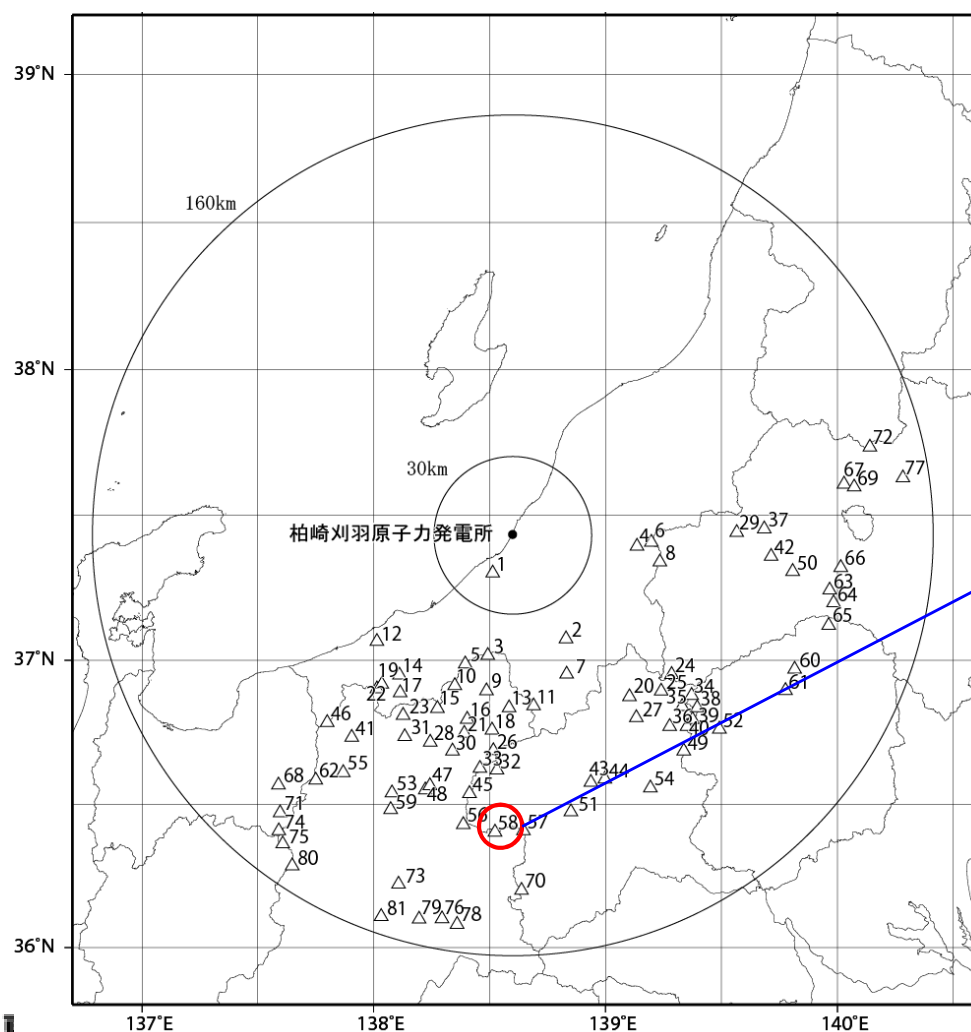


図 孺恋軽石等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（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。

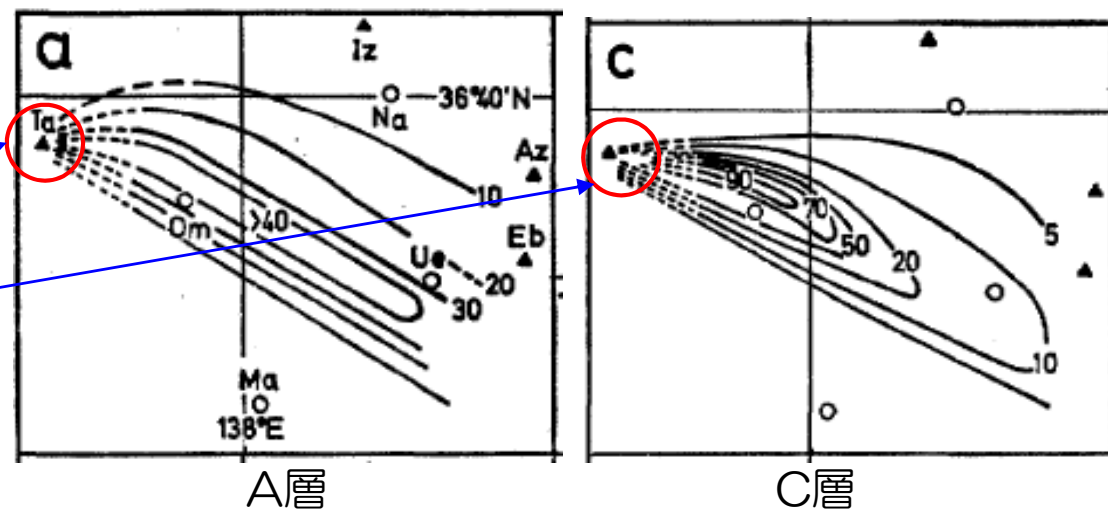
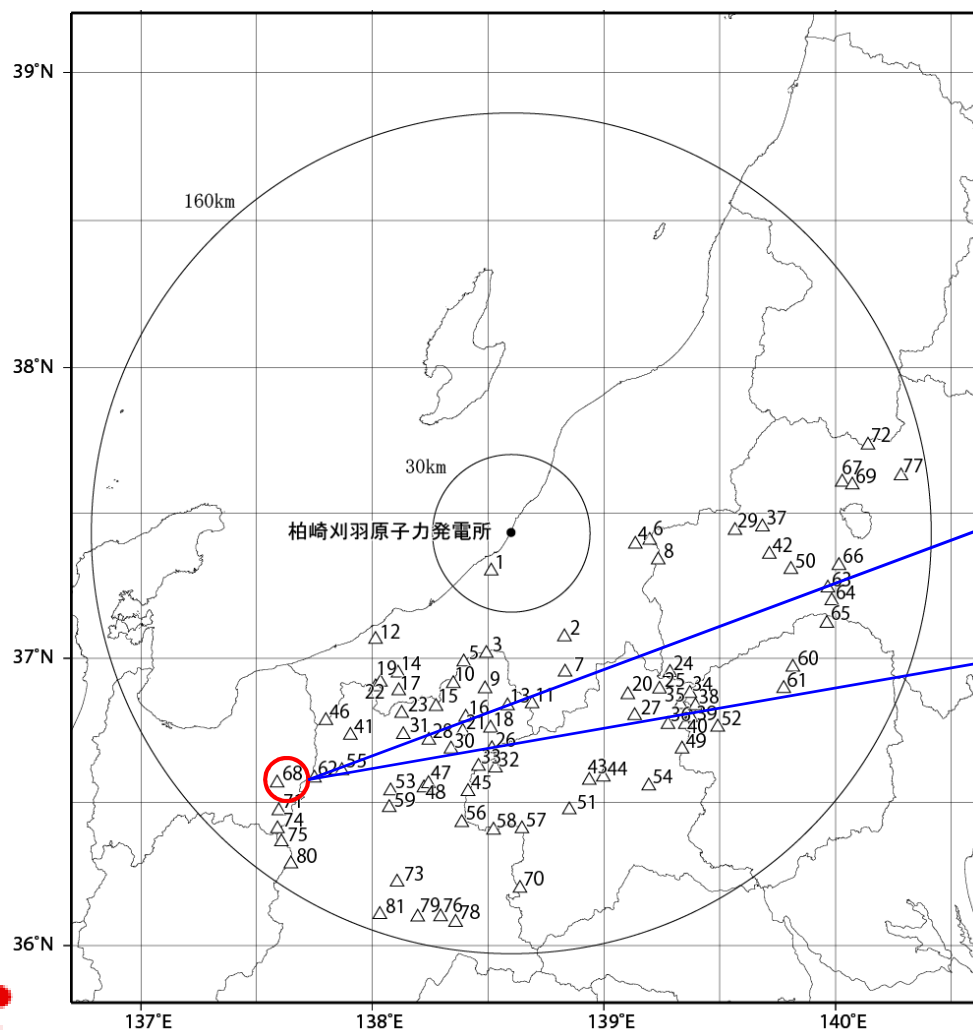


図 立山Dpm-A,C等層厚線図

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（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，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），タンボラ火山（VEI7）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。

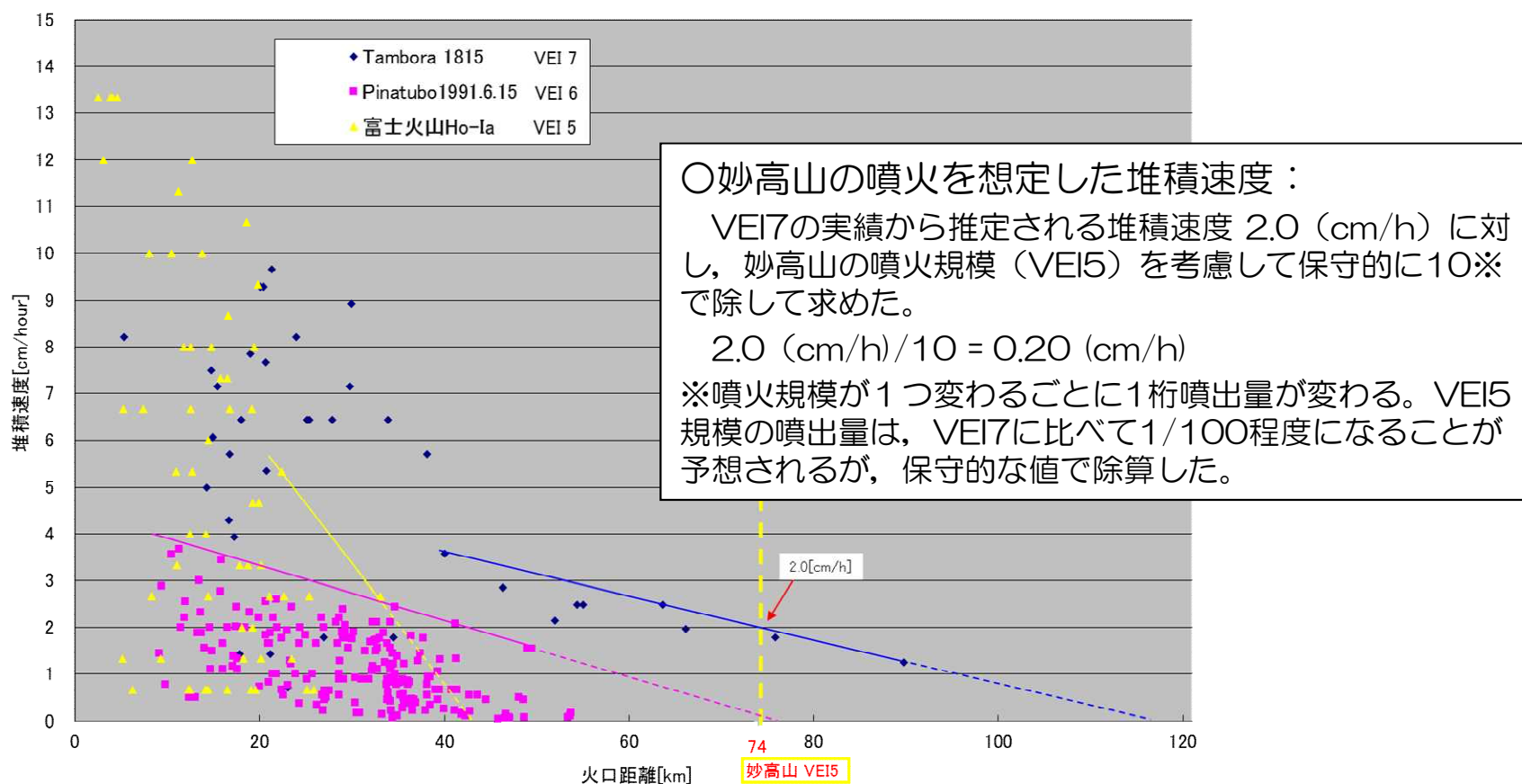


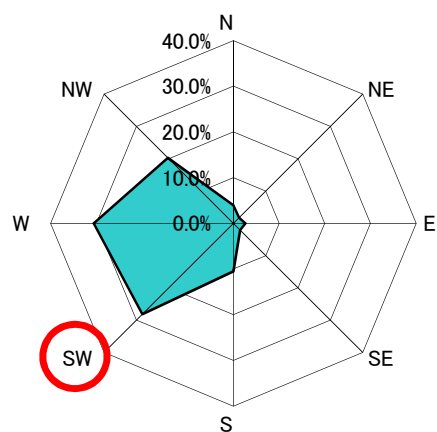
図 火口からの距離と堆積速度の関係

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

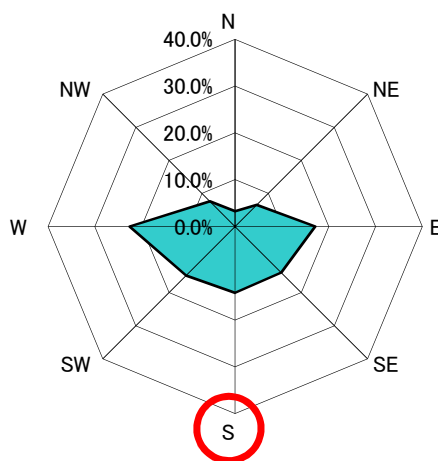
（1-1）文献を用いた評価（堆積速度からの試算）

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。

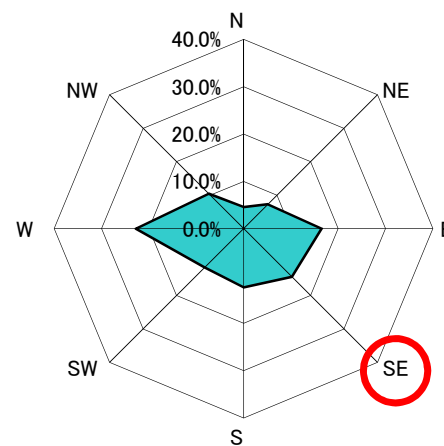
※：評価対象火山は発電所に対して，南西から東方向に位置していることを踏まえ，気象庁が行っているラジオゾンデの定期観測（観測地点：輪島）データより，原子力発電所へ吹く風は，最も多い場合でも，約3割であることから設定。



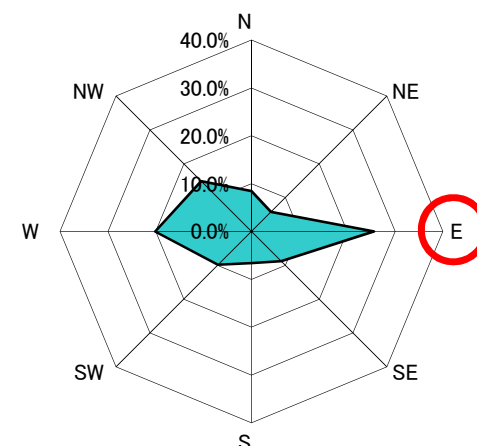
SW割合
最大値：28.1%



S割合
最大値：14.2%



SE割合
最大値：14.4%



E割合
最大値：25.6%

図 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。（宮地ほか（2007））

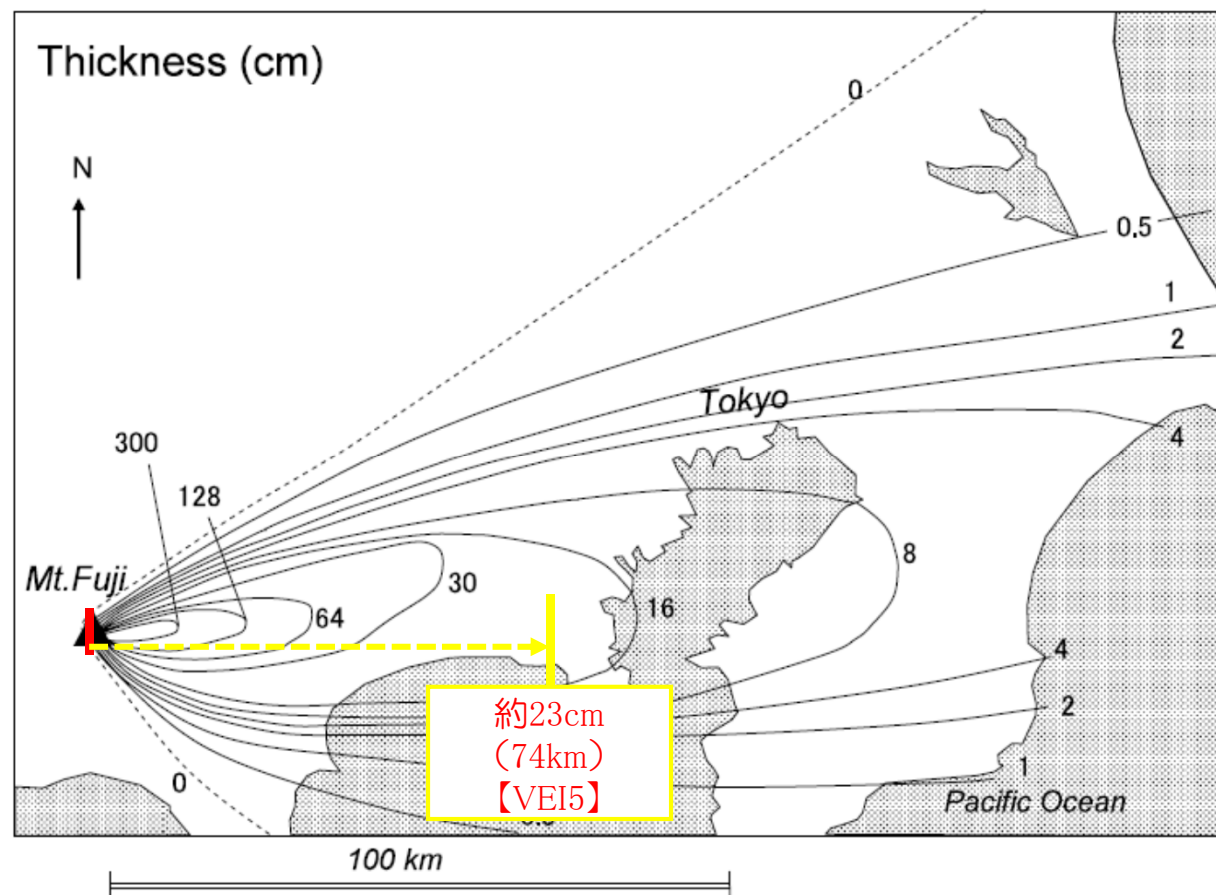


図 富士山 1707年「宝永噴火」堆積深等高線

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、風向などの気象条件を考慮し、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(1957~2001)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

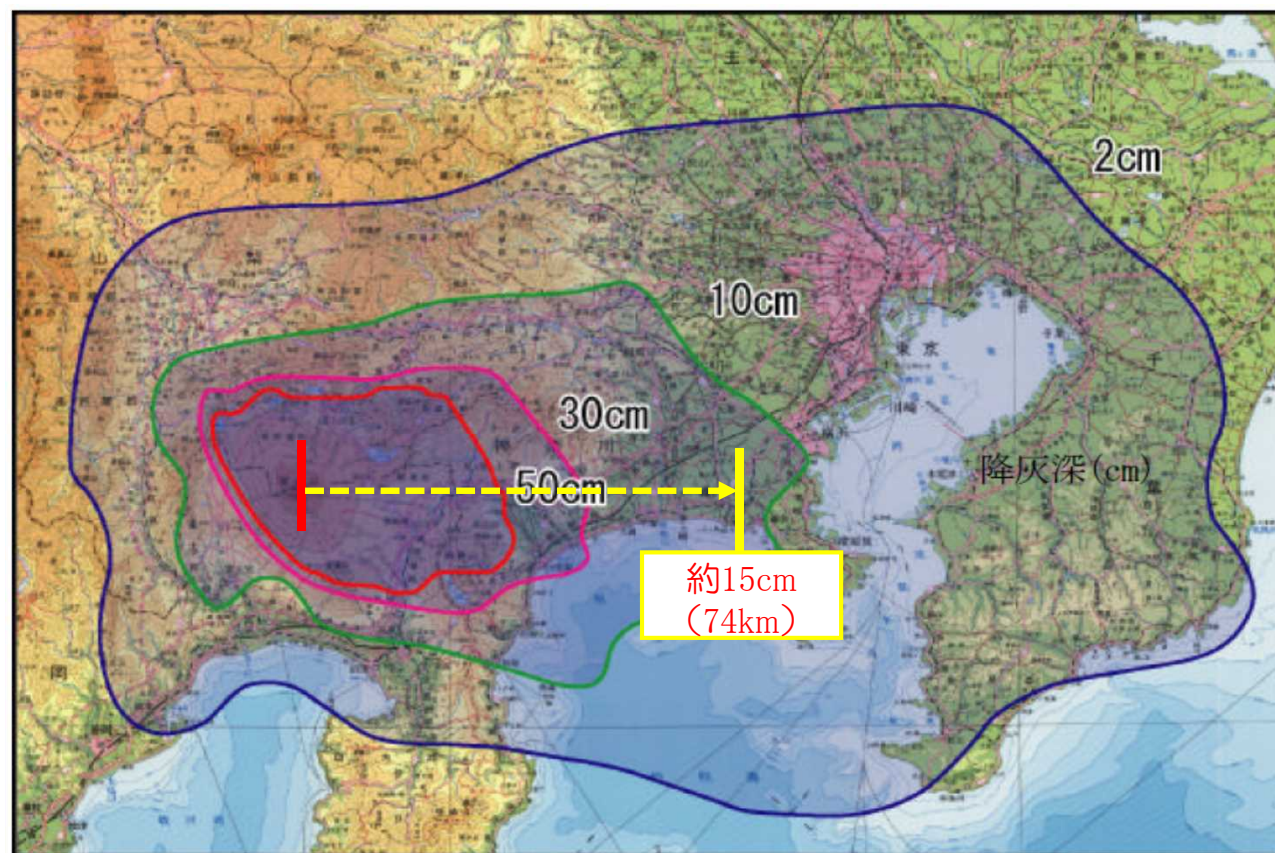


図 富士山 1707年「宝永噴火」数値シミュレーション

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

（3）解析コードによるシミュレーション

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。
- 移流拡散モデルは図に示す通り、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。
- 風は高度毎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。
- 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。

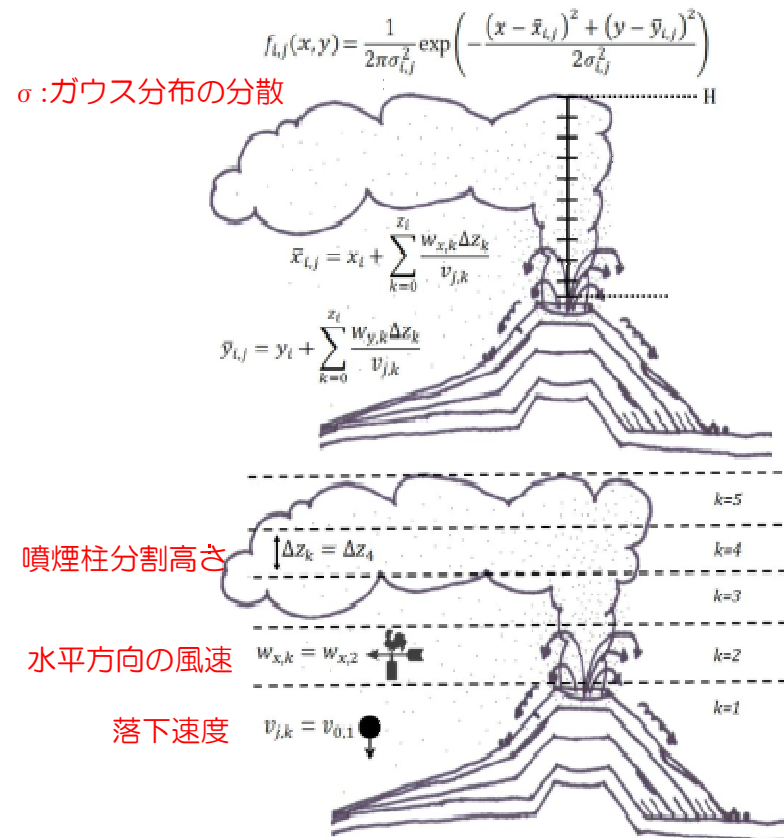


図 「Tephra2」の移流拡散モデルと支配方程式（Tephra2 Users Manual(2011)に一部加筆）

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。

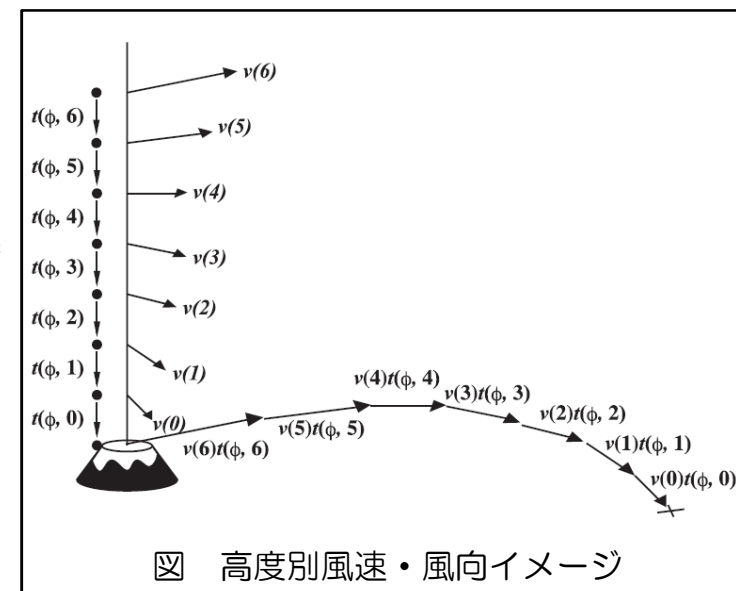
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

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（1981～2010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

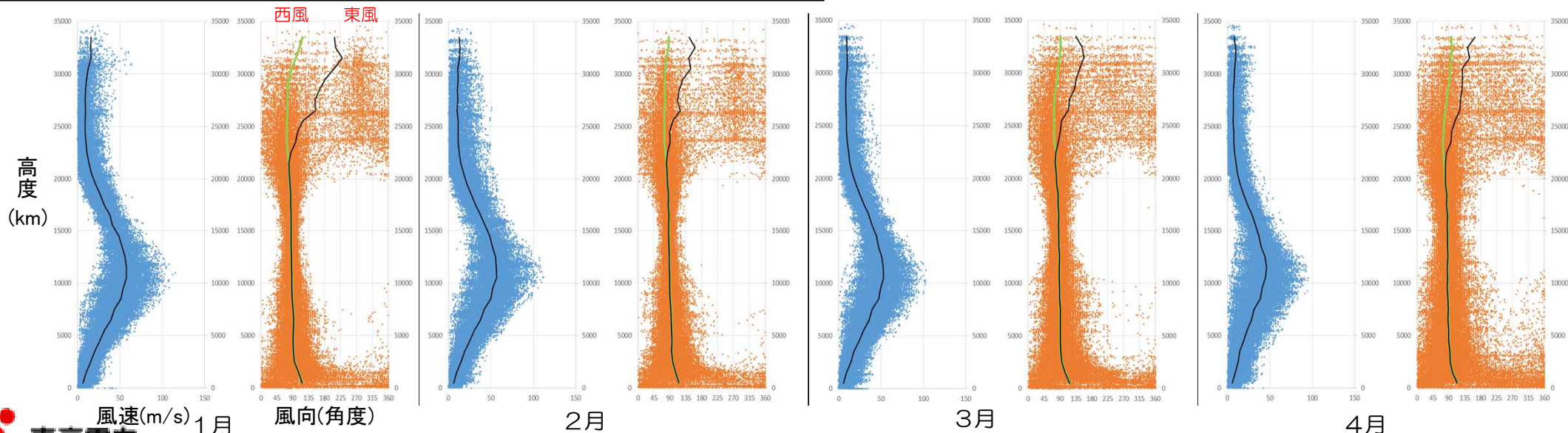


図 月別風速・風向データ（1～4月）

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

■ 風速及び風向データ（続き）

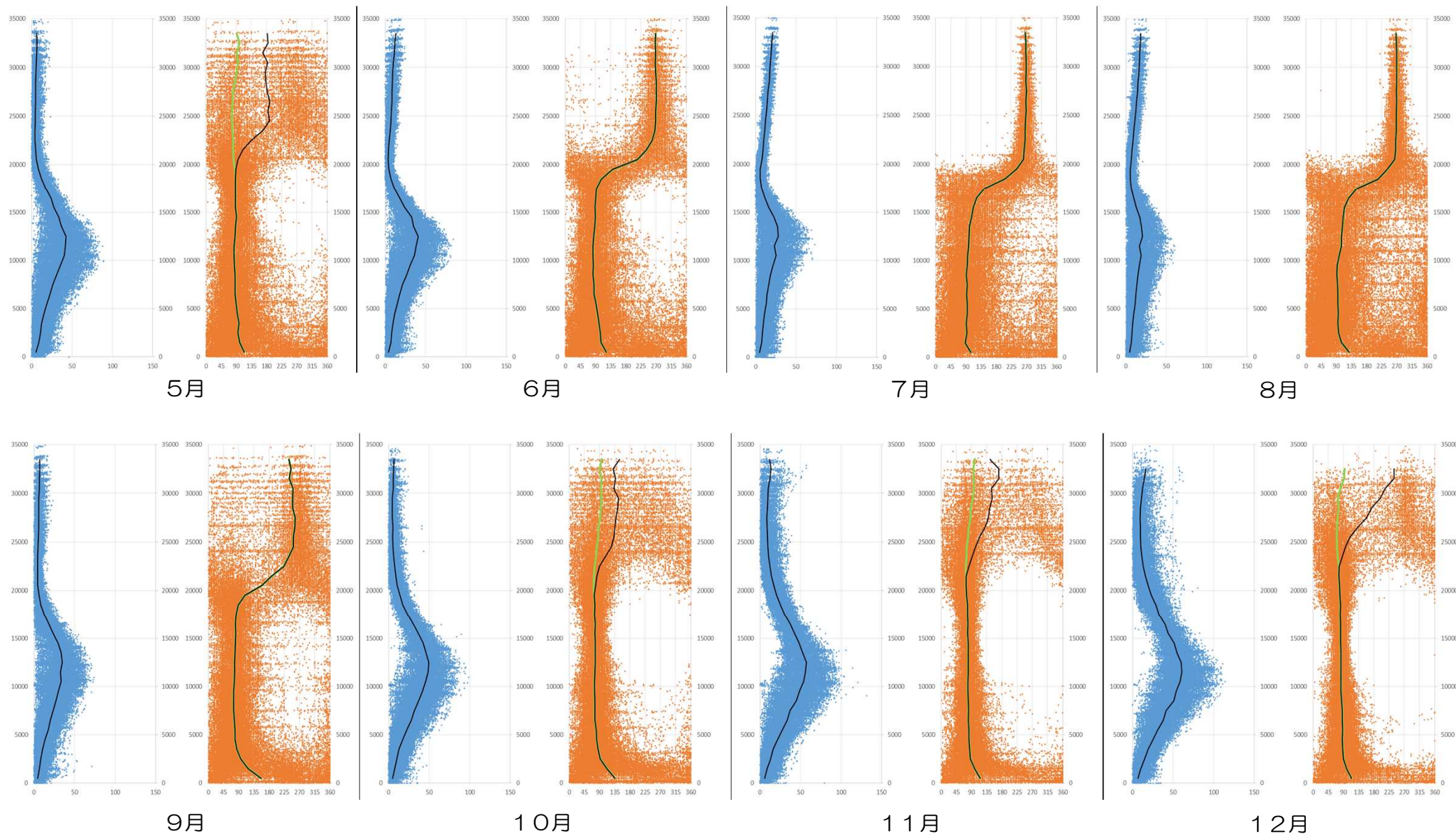


図 月別風速・風向データ（5～12月）

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、町田ら(2003)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10～15km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), 山本(1999), 山本(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 他
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 他
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 他
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

※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

余 白

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火山灰が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

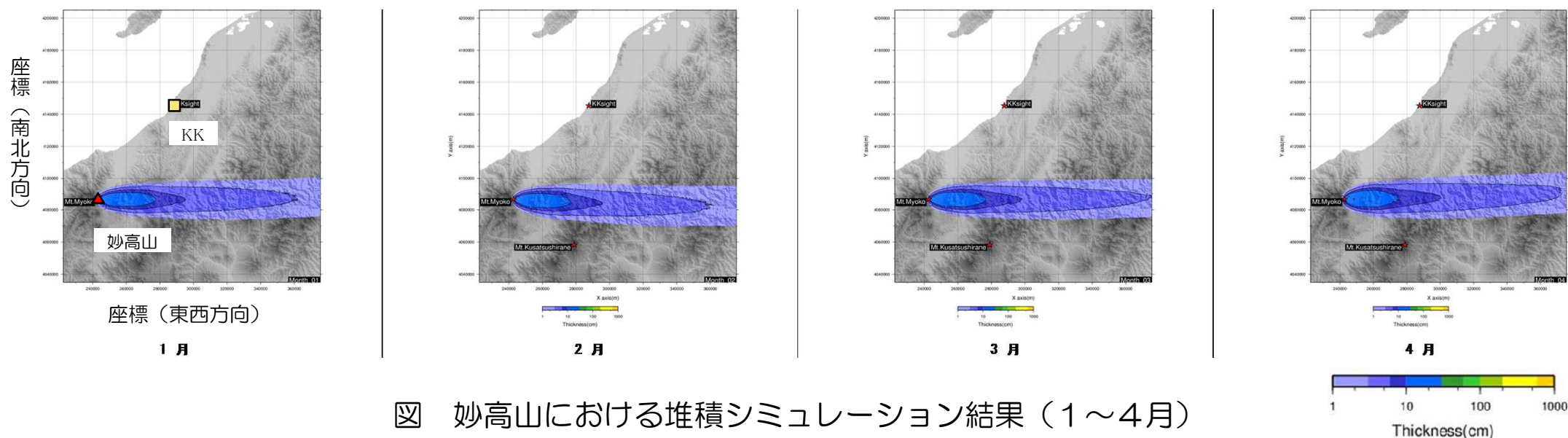


図 妙高山における堆積シミュレーション結果（1～4月）

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）

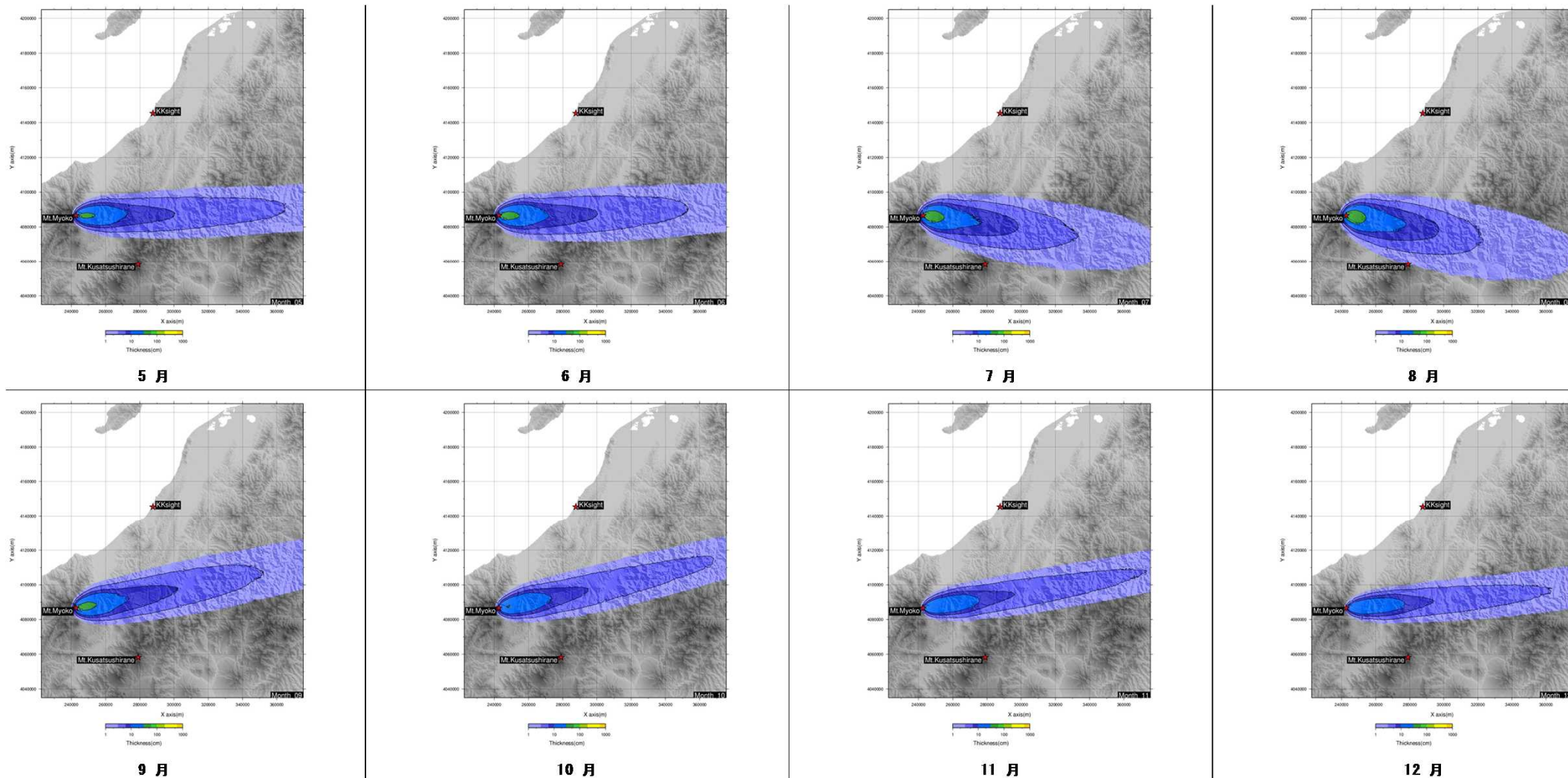


図 妙高山における堆積シミュレーション結果（5～12月）

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火山灰が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

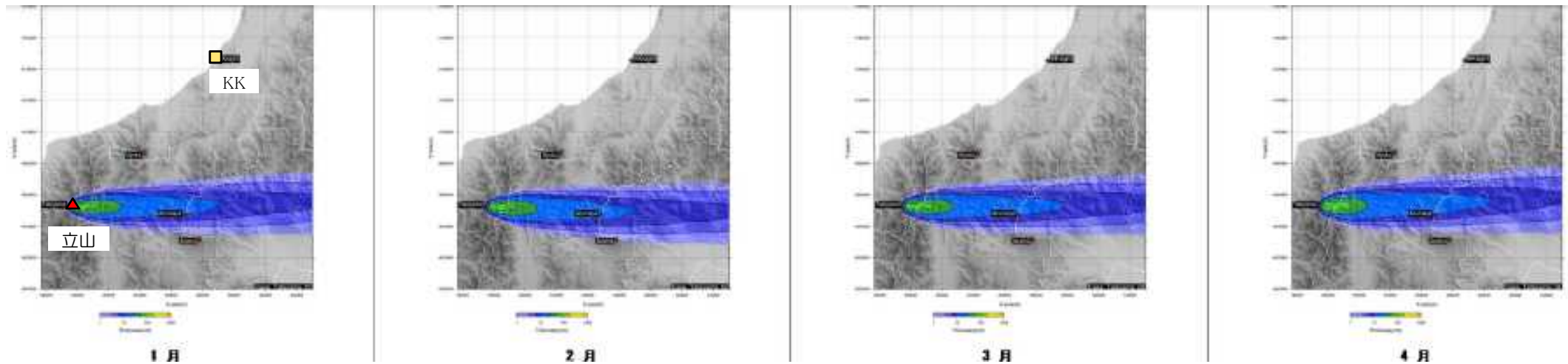


図 立山における堆積シミュレーション結果（1～4月）

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）

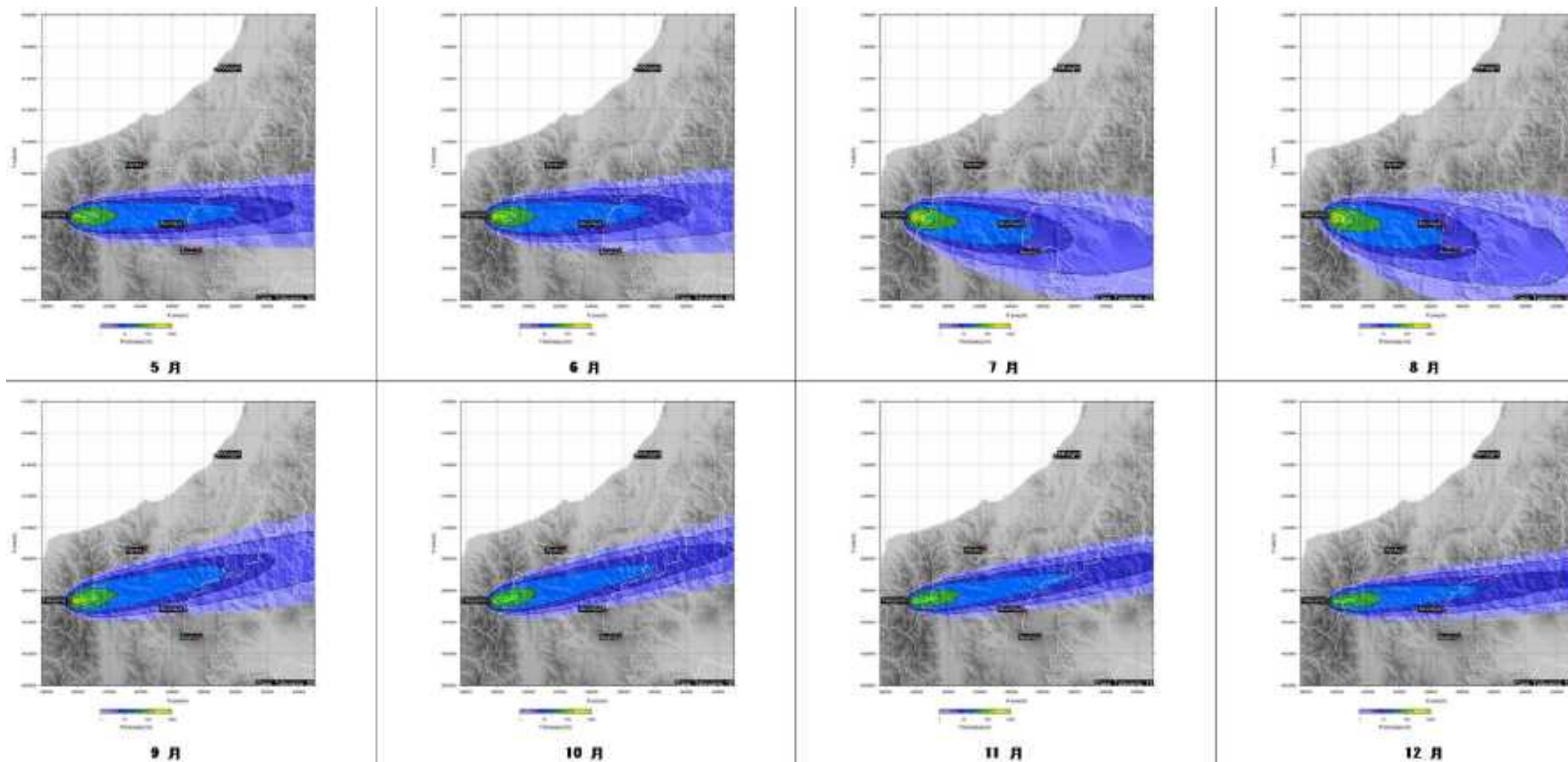


図 立山における堆積シミュレーション結果（5～12月）

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火山灰が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

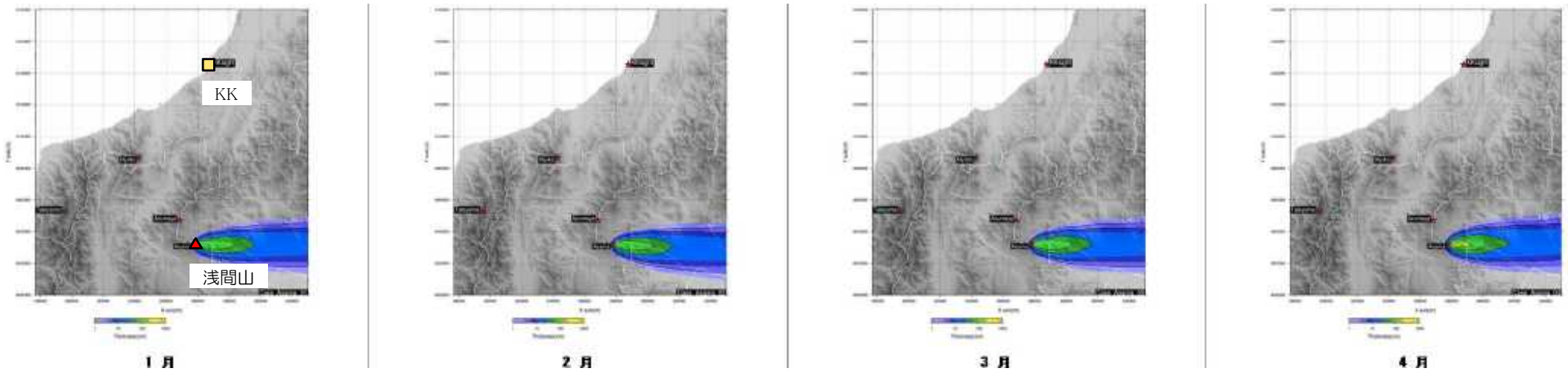


図 浅間山における堆積シミュレーション結果（1～4月）

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）

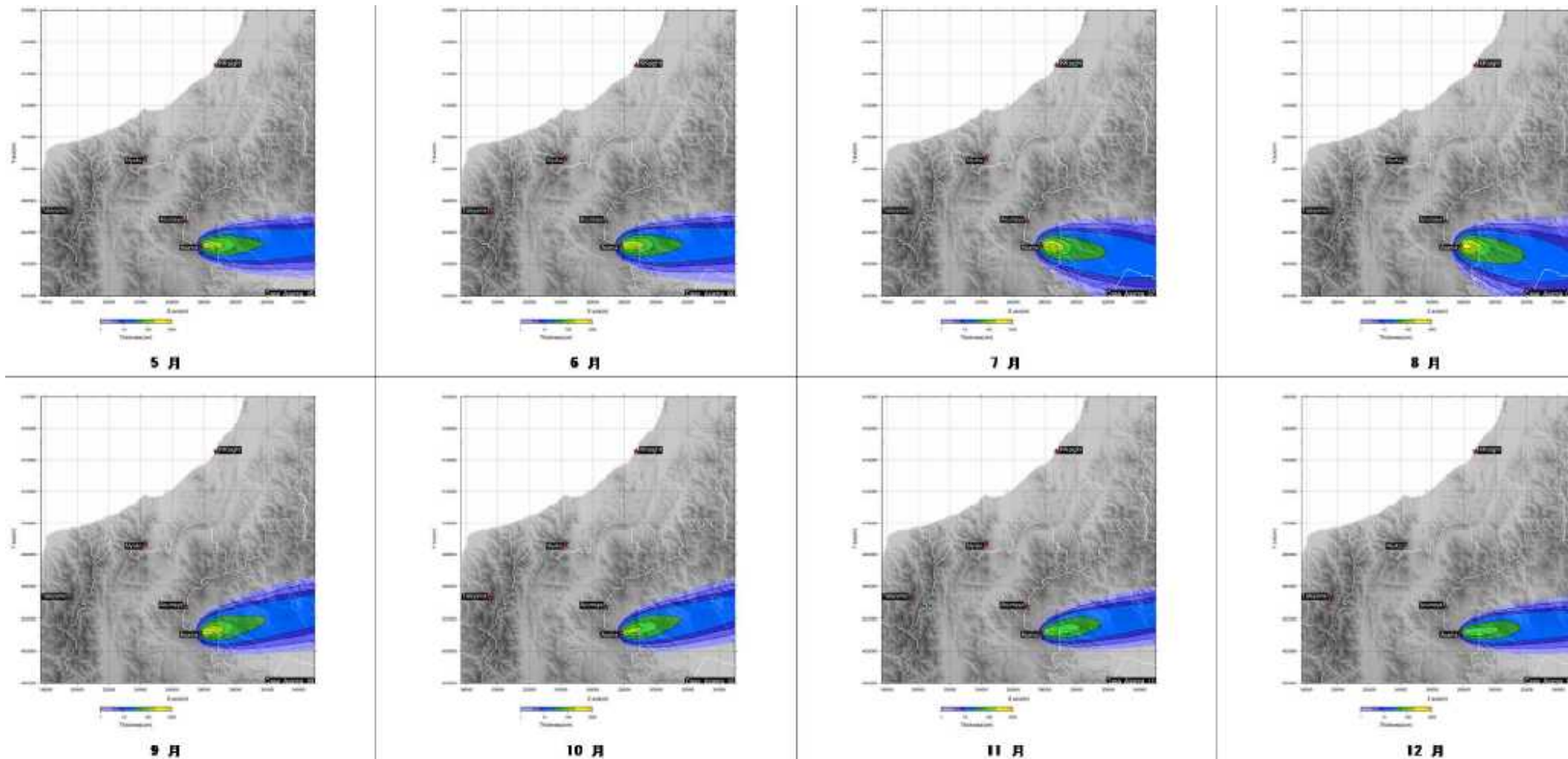


図 浅間山における堆積シミュレーション結果（5～12月）

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火山灰が堆積し、発電所位置では、堆積量が1 cm未満となった。

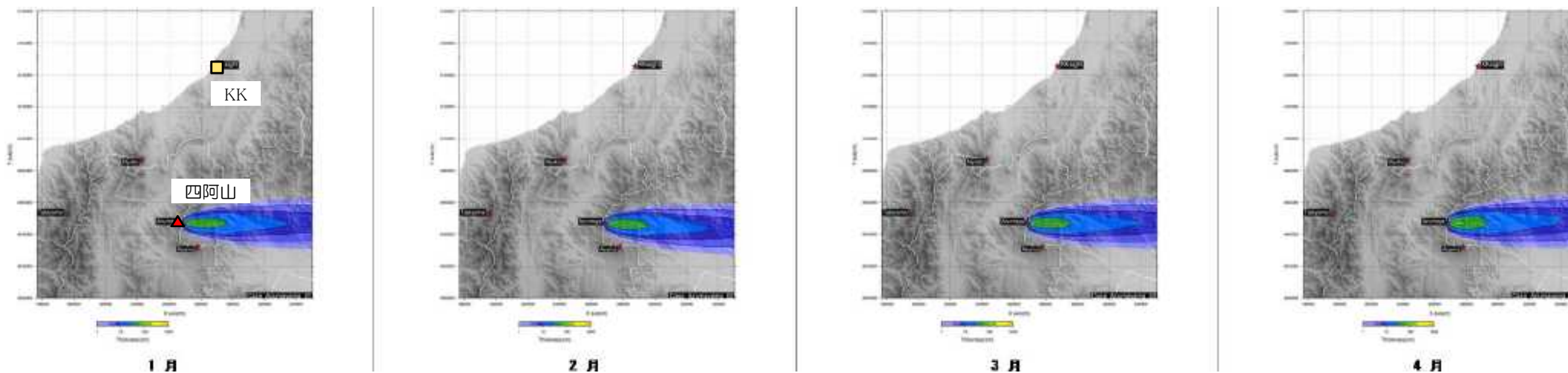


図 四阿山における堆積シミュレーション結果（1～4月）

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）

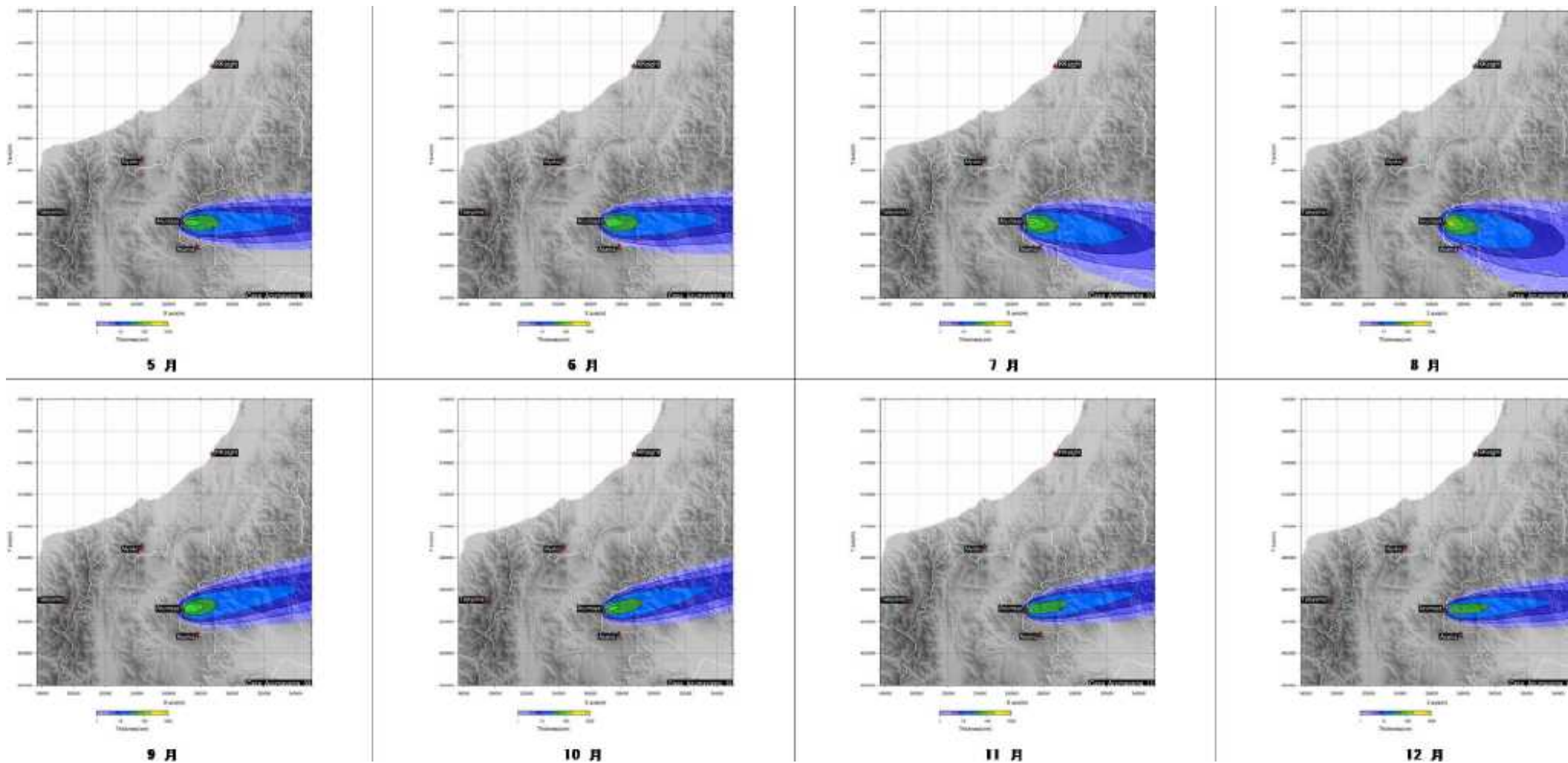
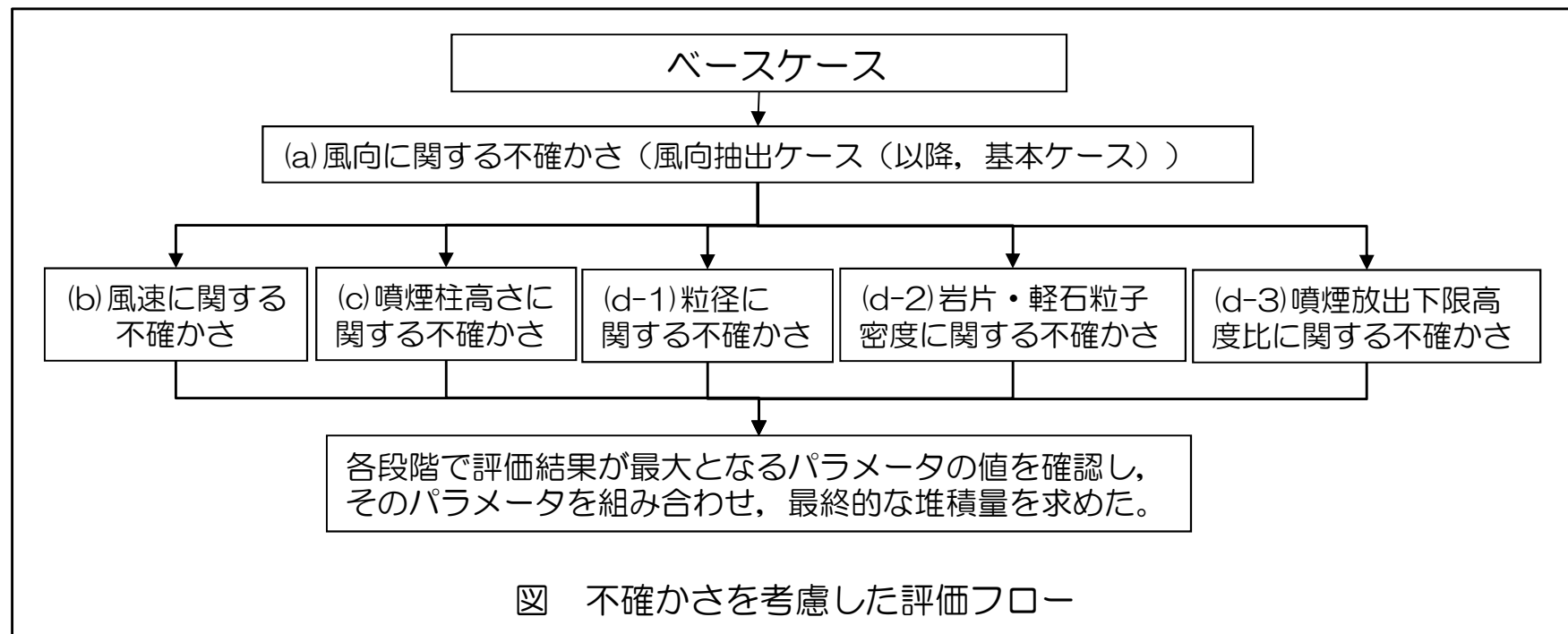


図 四阿山における堆積シミュレーション結果（5～12月）

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）

各パラメータ毎に評価を実施し、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あわせて算出する。



○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（ $\pm 11.25^\circ$ ）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 $\pm 5\text{km}$ で増減させ、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 $0 \sim 0.4$ で増減させ、保守的な条件を設定

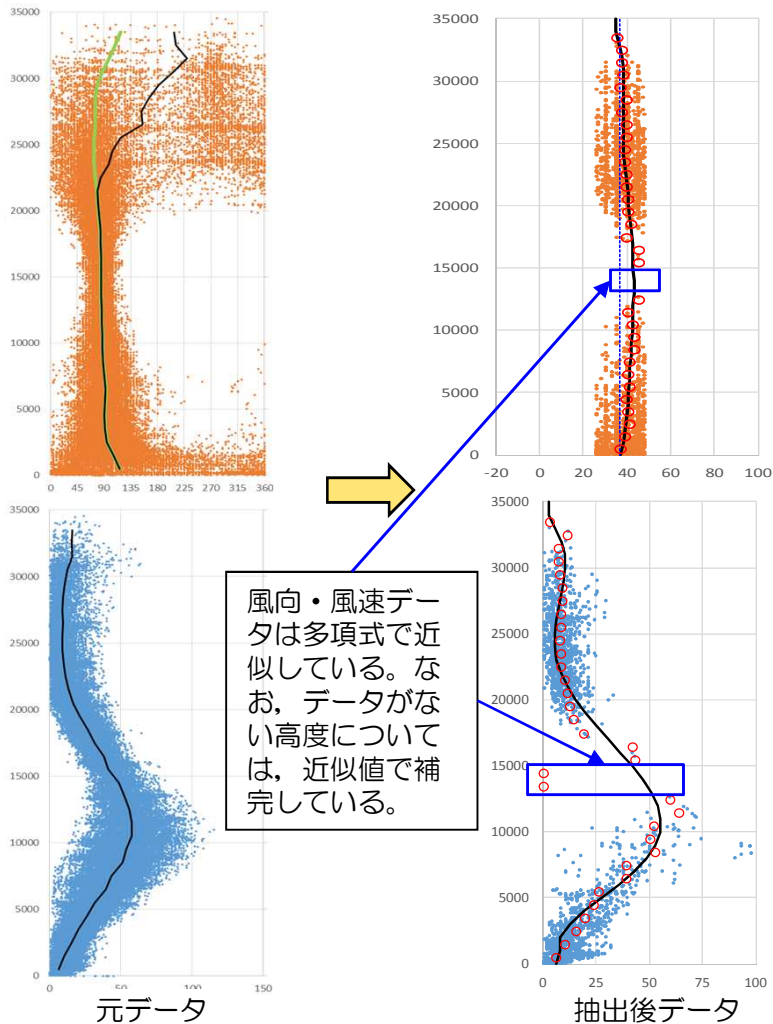
4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

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。

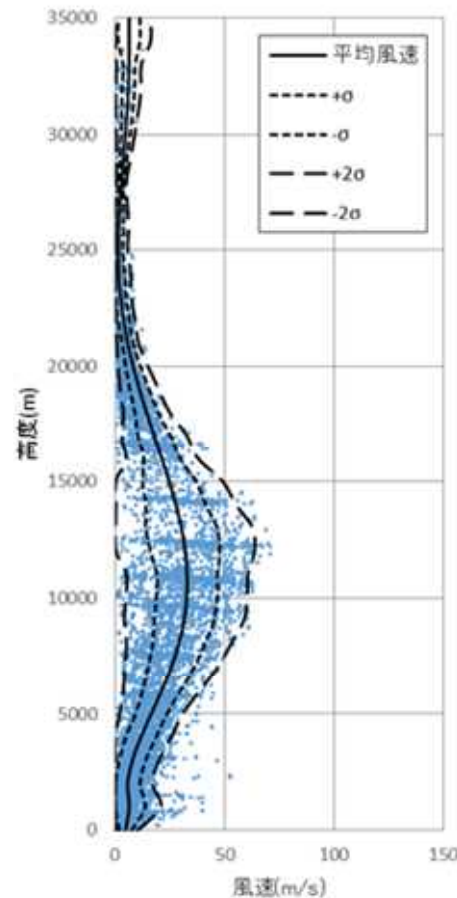
(a) 風向に関する不確かさ

対象火山から発電所に向かう風を抽出し評価する。



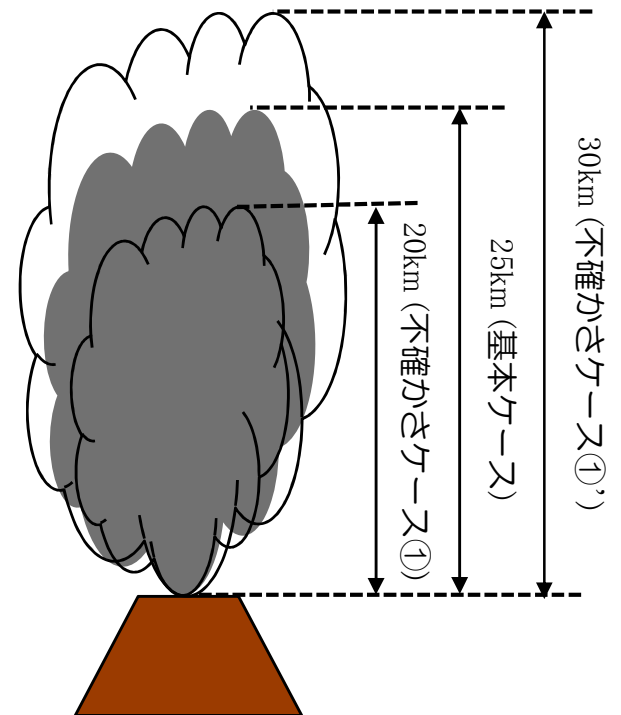
(b) 風速に関する不確かさ

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 $\pm 5\text{km}$ を考慮する。



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。

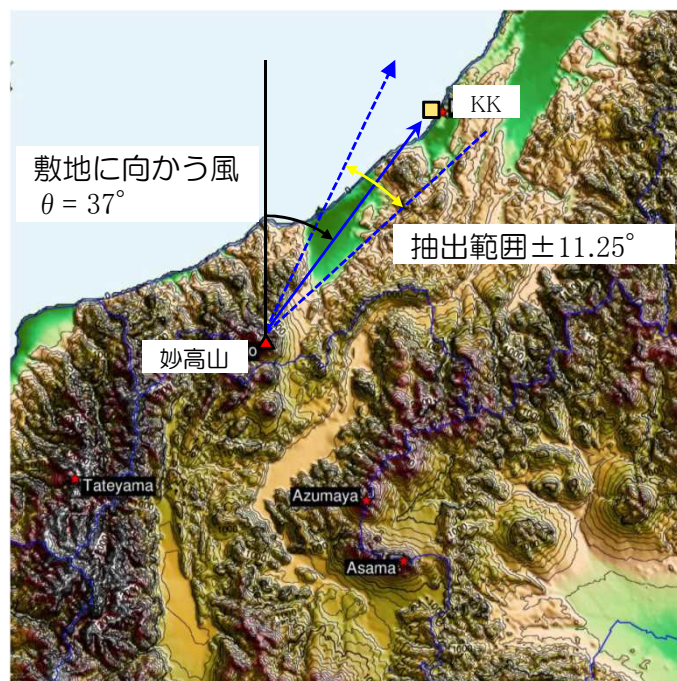
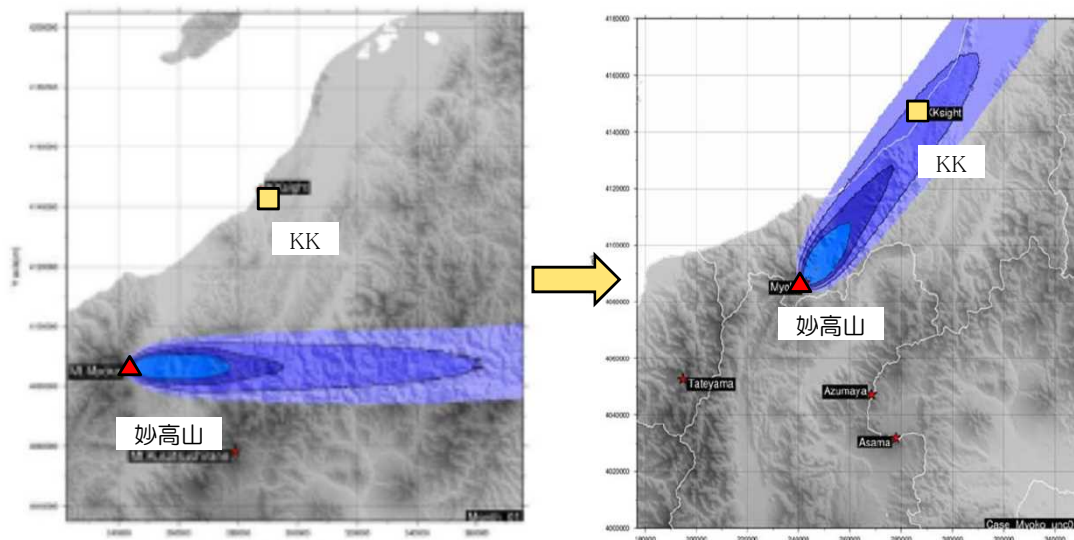
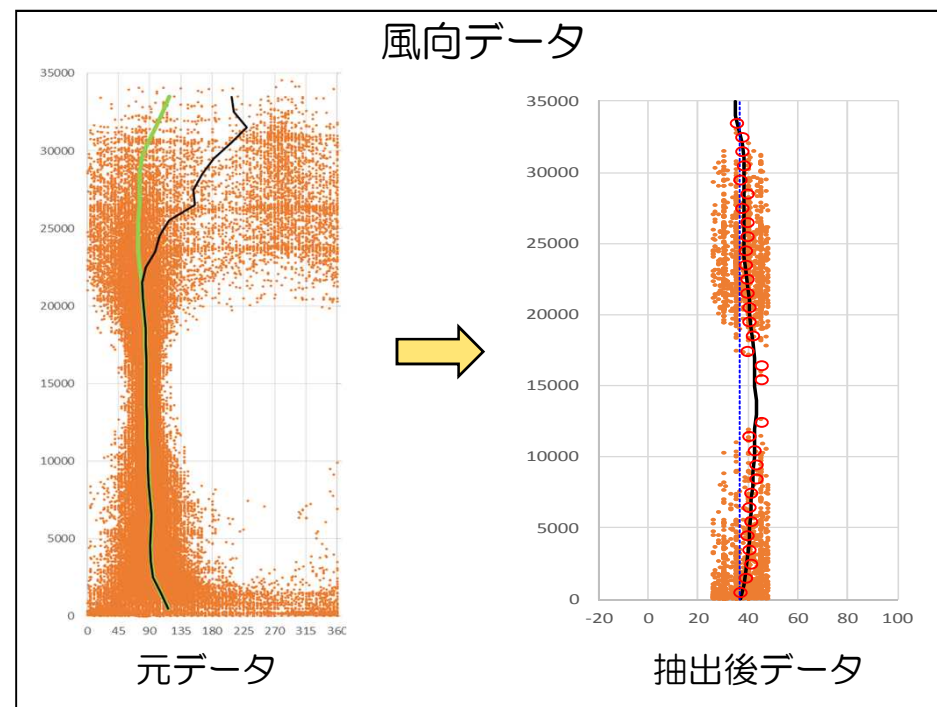


図 風向抽出イメージ（妙高山）



基本ケース

不確かさケース

4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

表 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	4.4cm
立山	10月	1.0cm未満	5.4cm
浅間山	12月	1.0cm未満	10.0cm
四阿山	11月	1.0cm未満	6.0cm
沼沢	4月	—	6.9cm
赤城山	1月	—	8.1cm

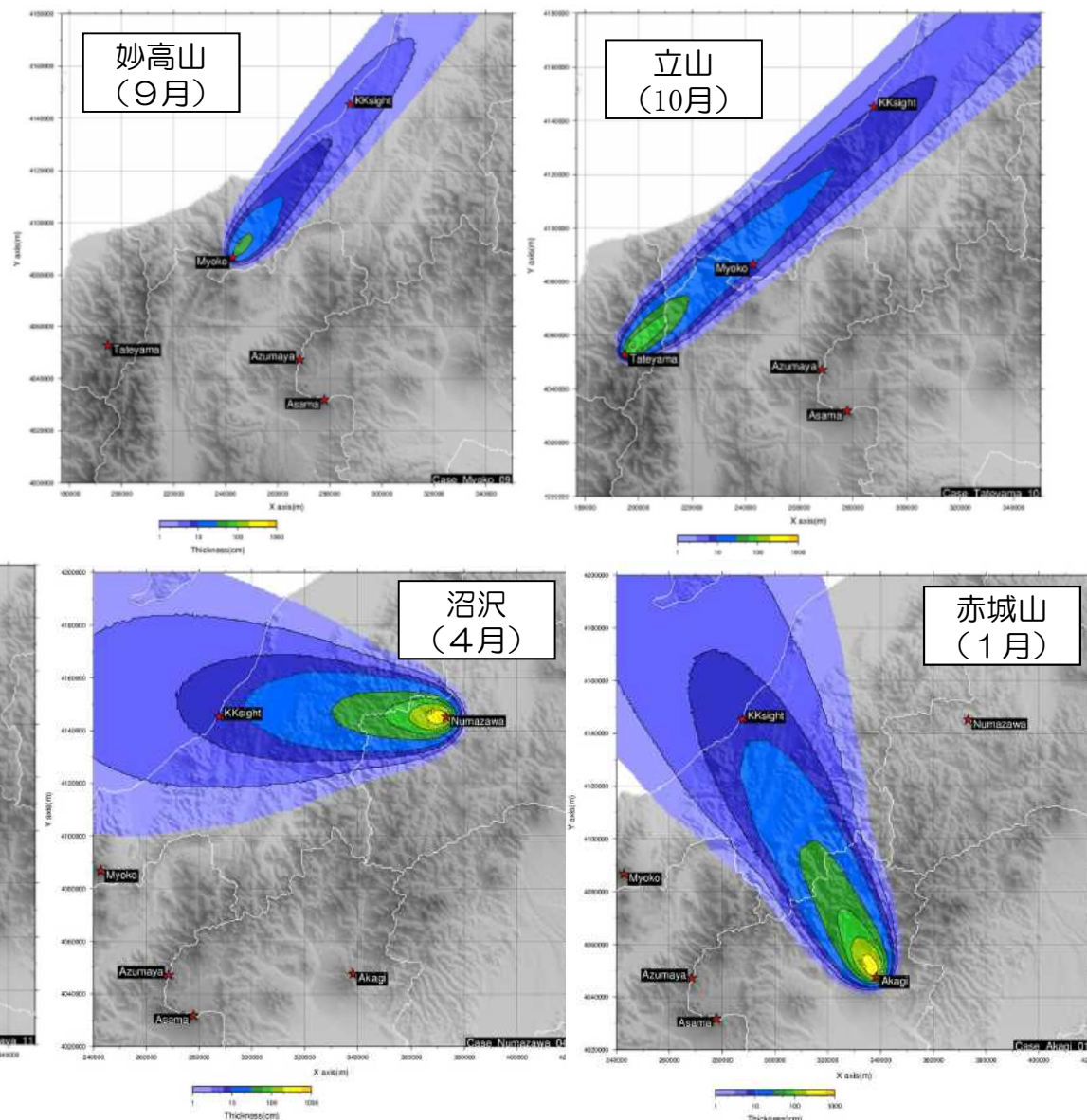


図 堆積量が最大となった月のシミュレーション結果

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、更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。

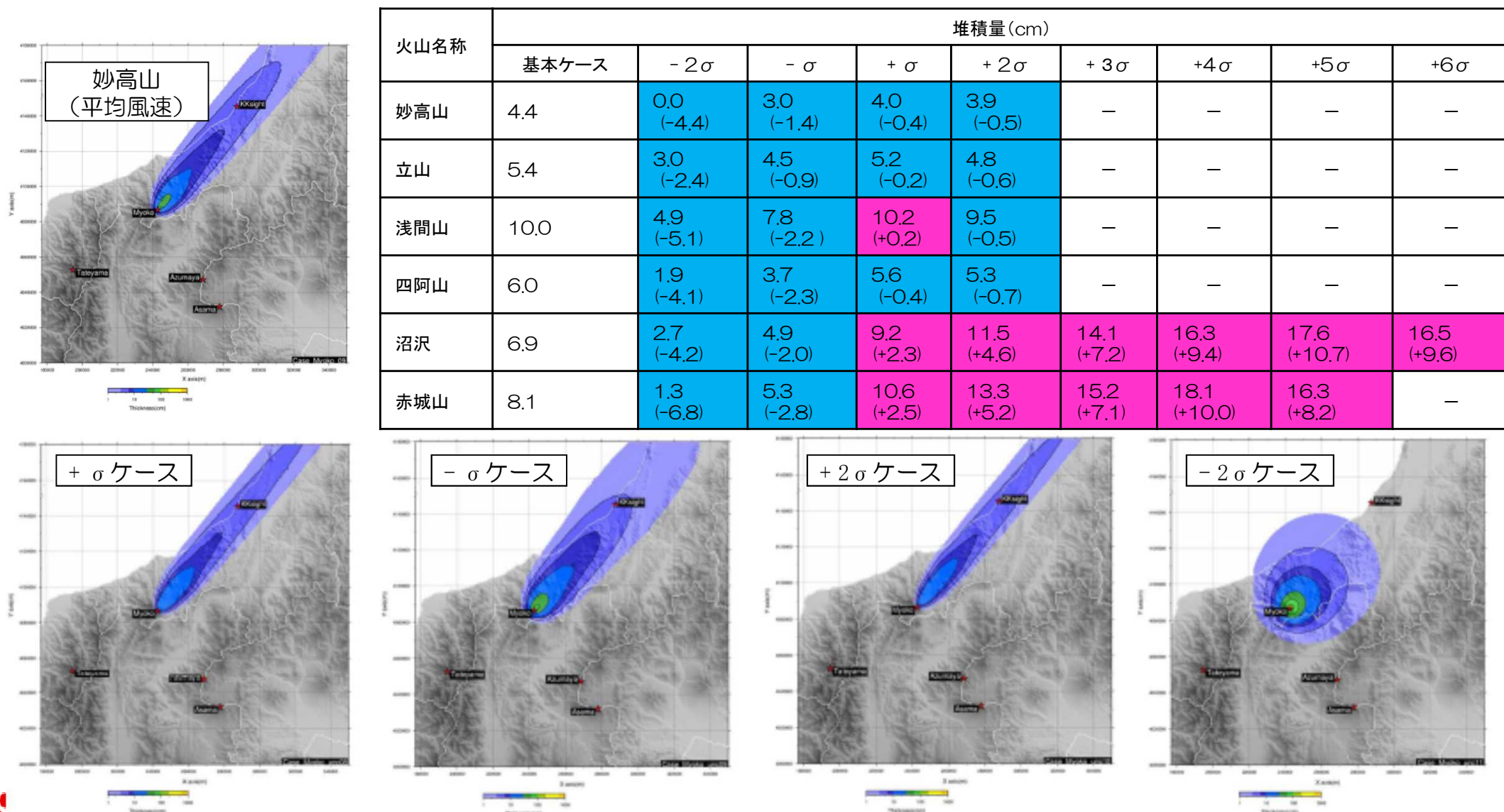


図 風速に関する不確かさを考慮したシミュレーション結果

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を増減させて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	
		30km	20km
妙高山	4.4	4.0 (-0.4)	4.5 (+0.1)
立山	5.4	5.2 (-0.2)	5.44 (+0.04)
浅間山	10.0	9.5 (-0.5)	10.4 (+0.4)
四阿山	6.0	5.6 (-0.4)	5.9 (-0.1)
沼沢	6.9	7.1 (+0.2)	7.4(+0.5)
赤城山	8.1	7.8(-0.4)	8.0(-0.1)

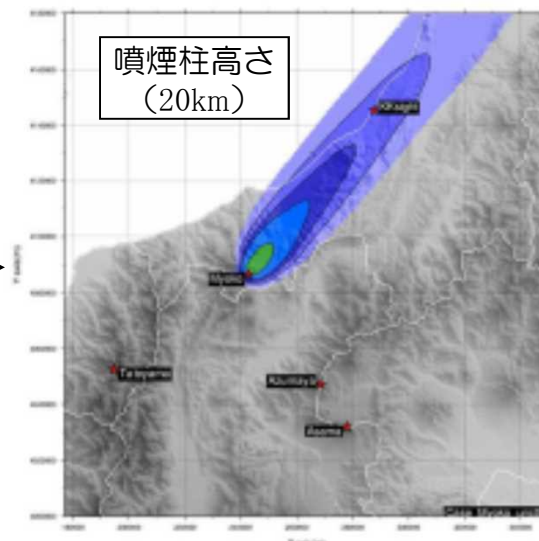
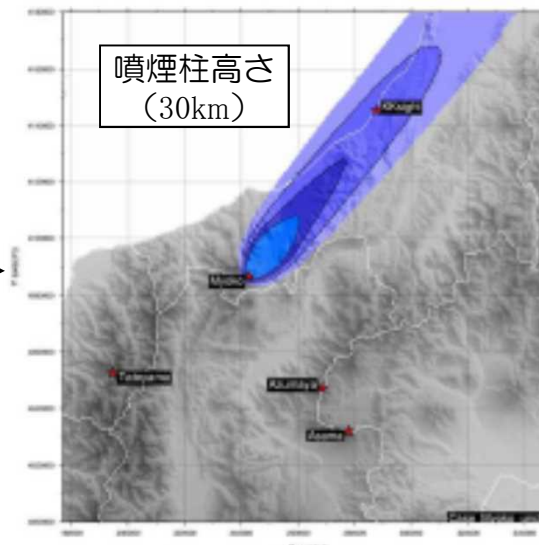
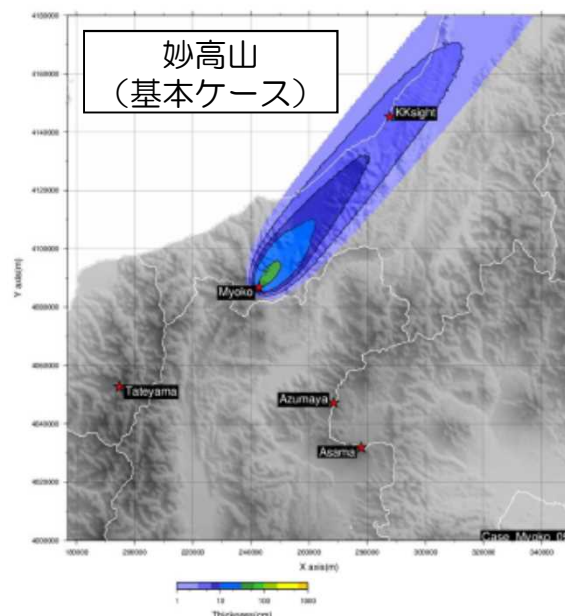


図 噴煙柱高さに関する不確かさを考慮したシミュレーション結果

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赤字，風速については，+3σ以上を参考値として青字記載）

➤ 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	20,000	20,000	20,000	25,000	20,000	25,000
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	2,600	2,600	2,600	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	-	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.3
風速（青字は参考値）	-	平均風速	平均風速	+σ	平均風速	+2σ/+5σ	+2σ/+4σ
堆積量（括弧内は基本ケースからの増加分） （青字は参考値）	cm	7.4 (+3.0)	8.4 (+3.0)	16.3 (+6.3)	9.1 (+3.1)	20.0(+13.1)	20.0(+11.9)
						23.9(+17.0)	23.1(+15.0)

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、プラント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。

結果としては、同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。

（1）～（3）のうち評価結果が最も大きい、（1－1）の文献を用いた評価結果（約23.1cm）に対し、保守性を考慮した30cmを基準火砕物堆積量と設定した。

なお、給源不明なテフラは、その分布状況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。当時の堆積環境は現在と大きく異なっており、これら給源不明なテフラの分布を基に、将来の降下火砕物の層厚を想定するのは適切でないと判断される。

表 堆積量の評価結果一覧

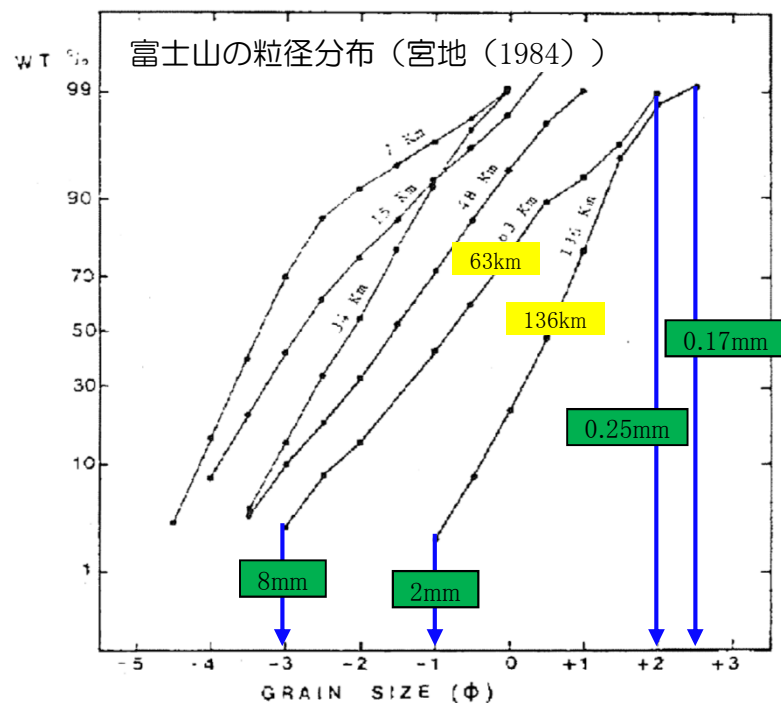
	妙高山	四阿山	浅間山	立山	沼沢	赤城山
（1－0）文献を用いた評価 （等層厚線図を用いた評価）	－	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし
（1－1）文献を用いた評価 （堆積速度からの試算）	約23.1cm	－	－	－	－	－
（1－2）文献を用いた評価 （堆積量からの試算）	約23cm	－	－	－	－	－
（2）既往解析結果の知見	約15cm	－	－	－	－	－
（3）解析コードによるシミュレーション	7.4cm	8.4cm	16.3cm	9.1cm	20.0cm	20.0cm

4. 1. 2 降下火砕物の影響可能性（粒径・密度）

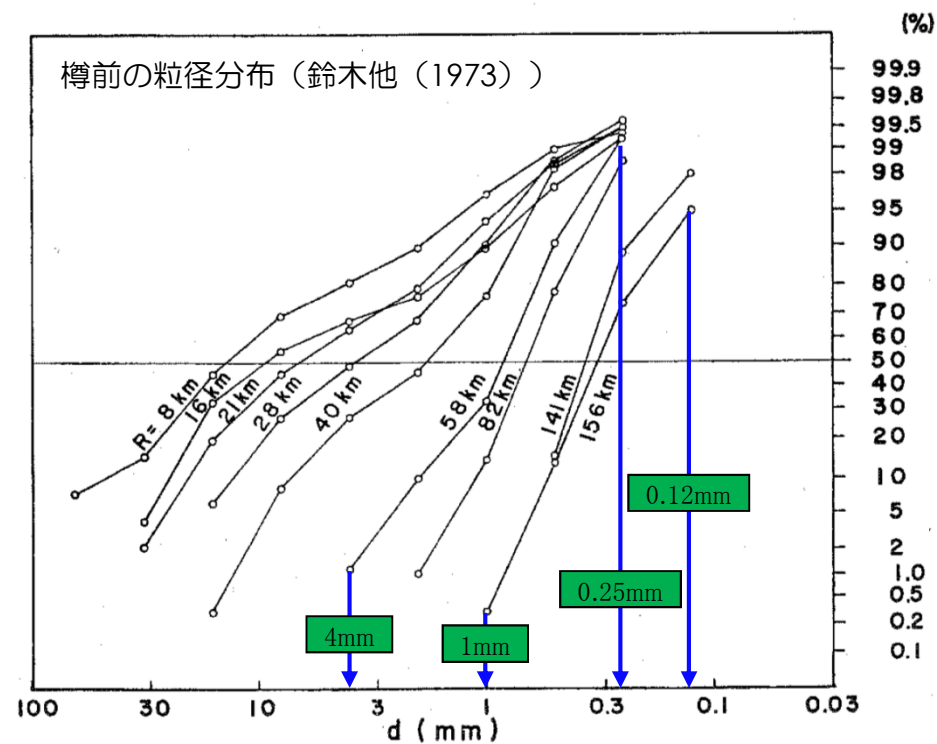
（1）降下火砕物の粒径

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から評価した。

評価対象火山のうち発電所から最も近い火山（妙高山（74km）），最も遠い火山（立山（131km））の距離を考慮し，0.17mm～8.0mmを基準火砕物粒径とした。



火口からの距離	最大粒径		最小粒径	
	粒径	X軸値	粒径	X軸値
63(km)	8.0(mm)	-3	0.25(mm)	+2
136(km)	2.0(mm)	-1	0.17(mm)	+2.5



火口からの距離	最大粒径	最小粒径
58(km)	4.0(mm)	0.25(mm)
156(km)	1.0(mm)	0.12(mm)

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

降下火砕物の密度は、以下の文献調査の結果から、保守性を考慮した1.5g/cm³を基準火砕物密度とした。

- 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山灰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。

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（32火山）を対象に、火山性土石流等、火山から発生する飛来物、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

■ 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)

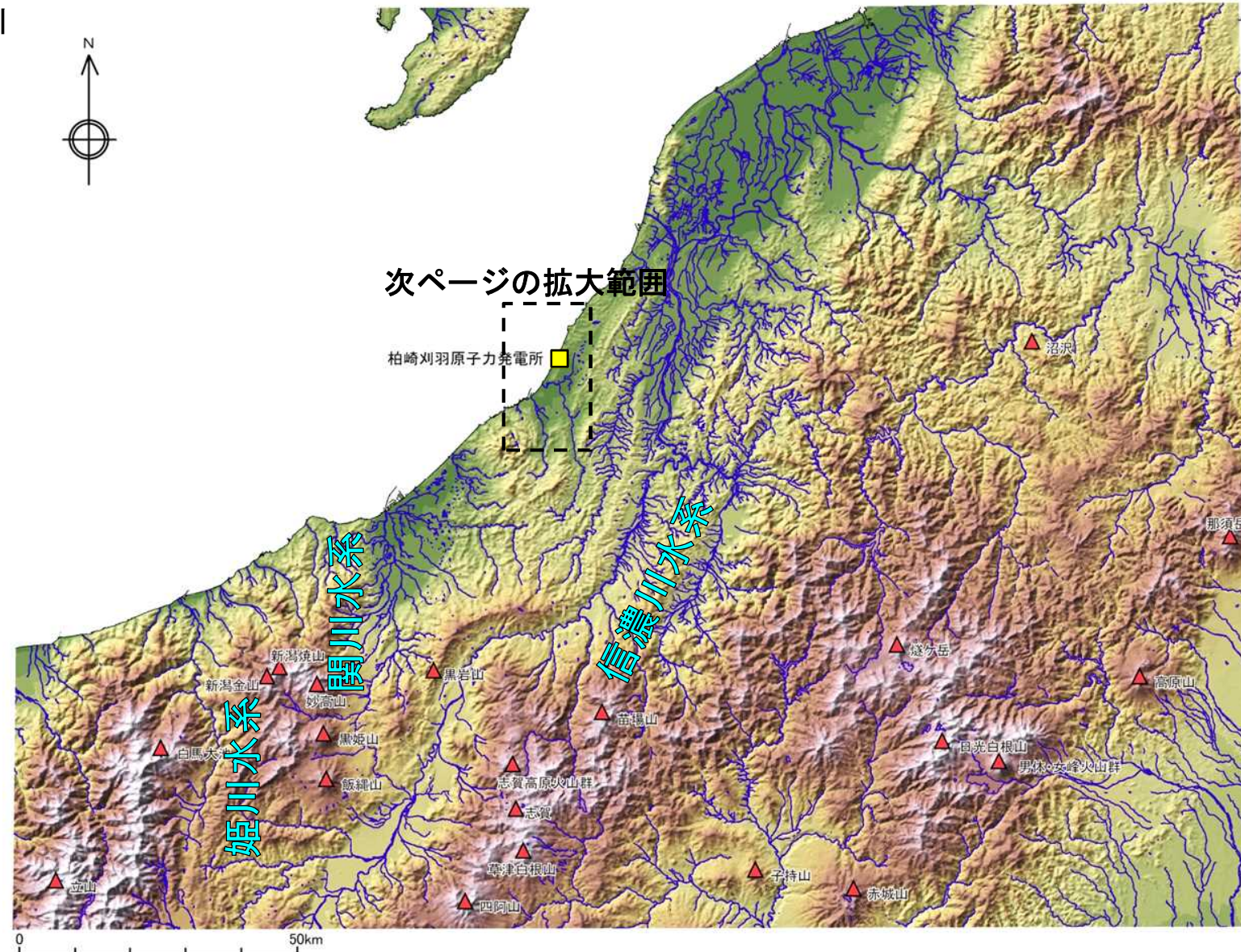
火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山から発生する飛来物（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。

4. 2. 1 火山性土石流，火山泥流及び洪水の影響可能性

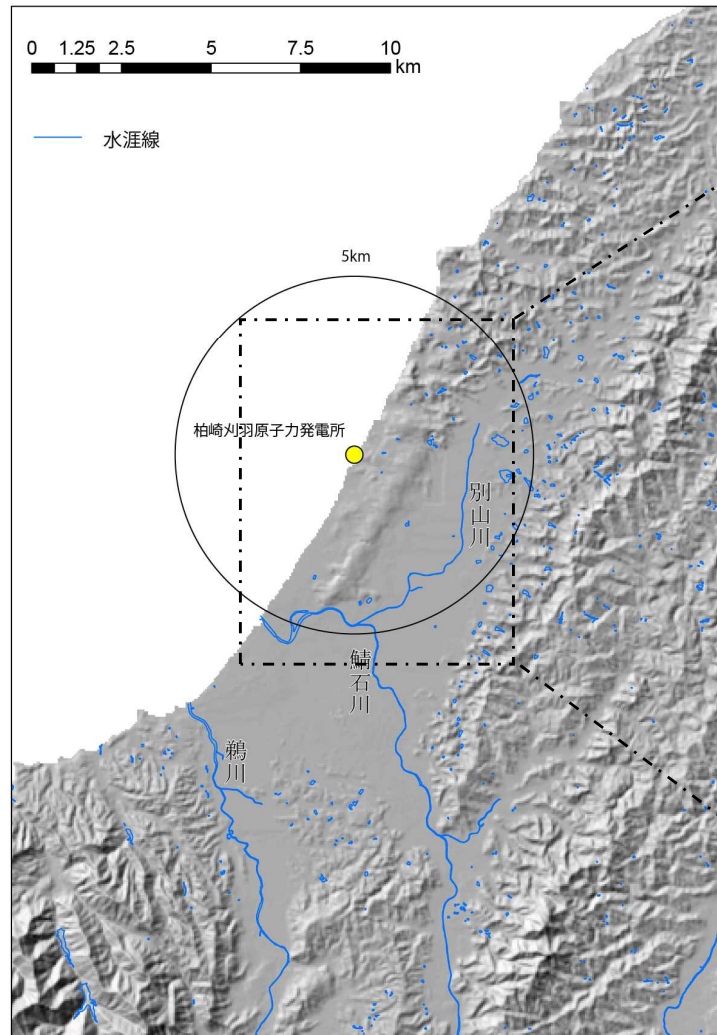
- 発電所に影響を及ぼし得る火山，主に信濃川水系，関川水系および姫川水系の流域に属し，敷地周辺の河川を流域にもつ火山は存在しない。



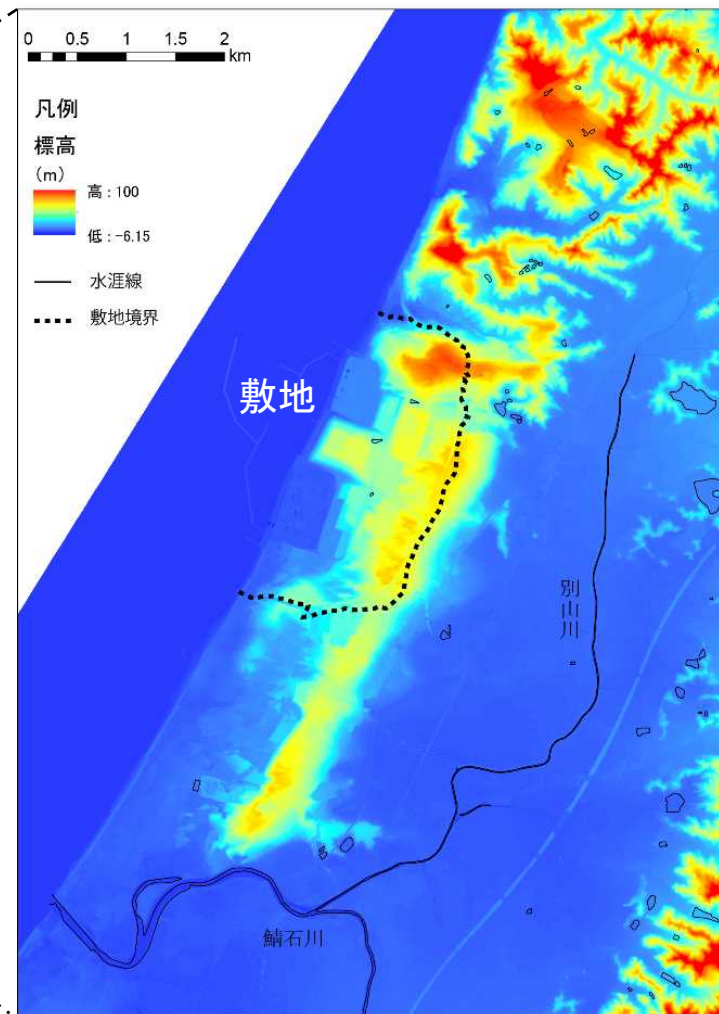
発電所に影響を及ぼし得る火山と日本海に注ぐ河川

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ない。
- 敷地内で火山性土石流等の痕跡は認められない。
- 以上から、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ない。



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

➤ 火山性土石流等，火山から発生する飛来物，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ない。

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ない。	○	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ない。	○	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ない。	○	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ない。
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ない

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ない。	○	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ない。	○	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ない。	○	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ない。
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								

○：発電所に影響を及ぼす可能性はない

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、81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32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・雲ノ平及び環諏訪湖 (計16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, 岩屑なだれ他, 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ない。
- ✓ 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, 30cmとした。
- ✓ 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のうち影響を評価すべき事象はない。

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, P341～361.
- アメリカ地質調査所 (USGS) : (<http://volcanoes.usgs.gov/ash/build/index.html#history>)
- 飯塚義之 (1996) : 子持火山の地質と活動年代
- 五十嵐聡 (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
- 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
- 宇井忠秀[編] (1997) : 火山噴火と災害. 東京大学出版会
- 及川輝樹 (2003) : 飛騨山脈の隆起と火成活動の時空的関連
- 及川輝樹 他 (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
- 大石雅之 他 (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
- 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
- 奥野 充 他 (1997) : 北関東, 高原火山の約6500cal yr BPの噴火
- 金子隆之 他 (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
- 金子隆之 他 (1989) : K-Ar年代から見た信越高原地域の火山活動
- 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, P88-112.
- 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碎屑物層序
- 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, P361-378.
- 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, P39-64.
- 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

参考文献

- 柵山雅則 (1980) : 白馬大池火山の地質
- 沢栗美香子・黒川勝巳 (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, P117-191.
- 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 他 (1993) : 苗場山地域の地質
- 鈴木毅彦 (1992) : 那須火山のテフロクロノロジー
- 鈴木毅彦 他 (1994) : テフラからみた日光火山群の噴火史
- 鈴木建夫 他 (1973) : 樽前降下軽石堆積物Ta-b層の粒度組成
- 須藤 茂 他 (2007) : わが国の降下火山灰データベース作成
- 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
- 竹内圭史 他 (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 他 (1977) : 浅間・草津白根山周辺の重力測定
- 弦巻賢介 他 (2009) : 塩原カルデラより噴出した大規模火砕流堆積物群の層序と年代
- 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
- 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
- 文献 : 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, P267-302.

参考文献

- 西来邦章, 伊藤順一, 上野龍之, 内藤一樹, 塚本 齊 (2014) : 第四紀噴火・貫入活動データベースVer. 1.00
- Kuniaki Nishiki et al (2011) : Quaternary volcanism and tectonic history of the Suwa-Yatsugatake Volcanic Province, Sentral Japan
- 早川由起夫 他 (1989) : 草津白根火山の噴火史
- 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
- 早津賢二 (1994) : 新潟焼山火山の活動と年代ー歴史時代のマグマ噴火を中心としてー
- 早津賢二 (2008) : 妙高火山群ー多世代火山のライフヒストリーー
- 伴 雅雄 他 (1992) : 東北本州弧, 高原火山噴出物の地球化学
- 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
- 萬年一剛 (2013) : 降下火山灰シミュレーションコードTephra2の理論と現状ー第四紀学での利用を視野に
- 宮下ほか (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
- 宮地直道 他 (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
- 宮地直道 他 (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
- 村上 亮 他 (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
- 村本芳英 (1992) : 日光火山群東方地域に分布する中・後期更新世テフラー日光火山群の噴火史ー
- 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, P22-37.
- 柳沢幸夫 他 (2001) : 飯山地域の地質
- 山元孝広 (1999) : 福島ー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

参考文献

- 山元孝弘 他 (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
- 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
- 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
- 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.
- Lynn et al (1997) : Tephra Falls of the 1991 Eruptions of Mount Pinatubo
- Shipley, S et al (1982) : Distribution, thickness, and mass of Late Pleistocene and Holocene tephra from major volcanoes in the northwestern United States
- Sigurdsson and Carey (1989) : Plinian and co-ignimbrite tephra fall from the 1815 eruption of Tambora volcano