



**大洗研究所（南地区）
高速実験炉原子炉施設（「常陽」）**

火山影響評価について

2022年7月11日

**日本原子力研究開発機構 大洗研究所
高速実験炉部**

1. 火山影響評価の概要	2
2. 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出	4
3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価	22
4. 施設に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価	31
5. まとめ	81
6. 参考文献	83

第225回審査会合 資料2-7-1(平成29年11月24日)の
改1(平成30年7月18日)と同様の内容

1.火山影響評価の概要

火山影響評価の流れ

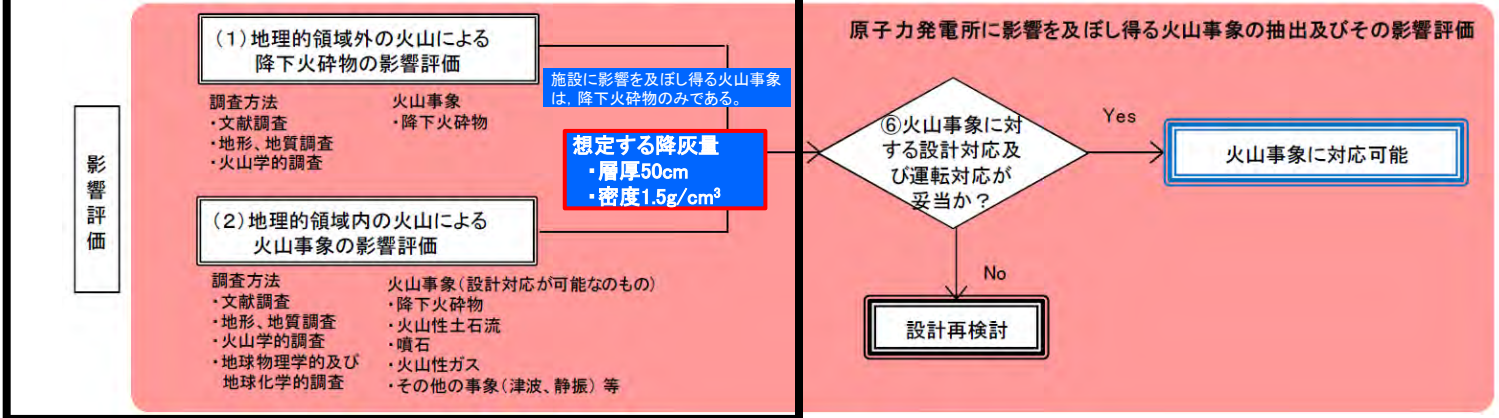
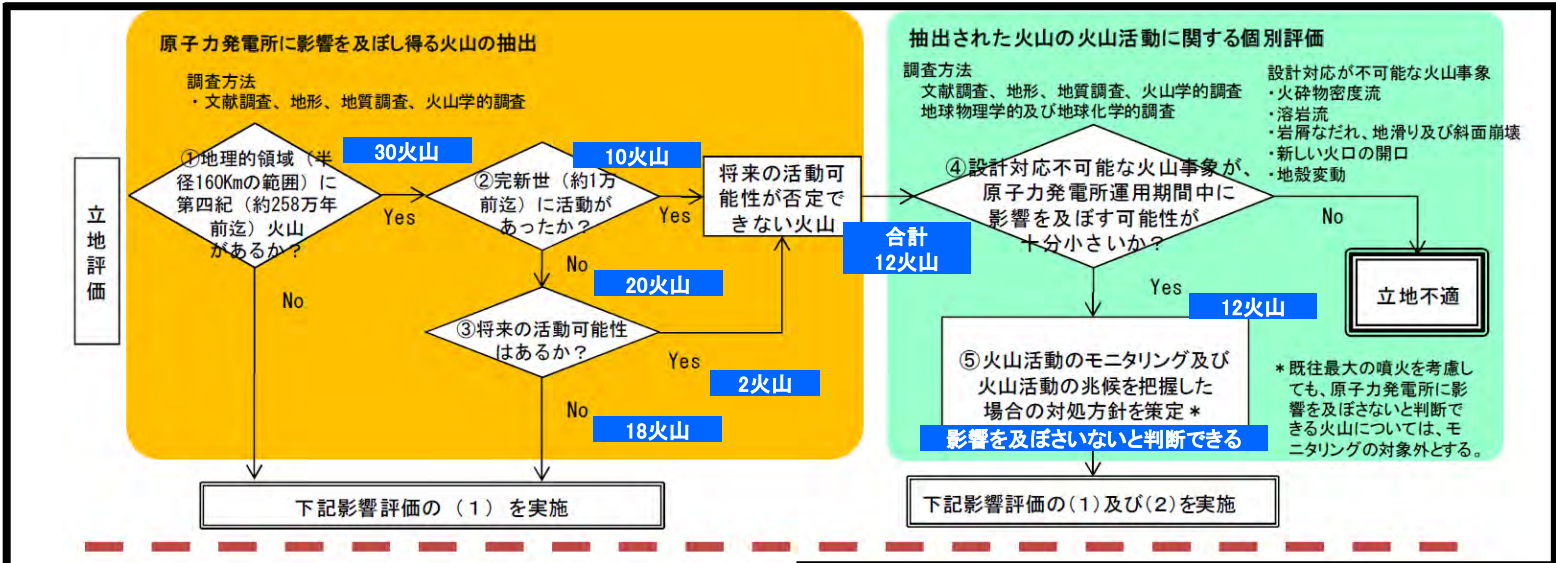
「原子力発電所の火山影響評価ガイド」に従って、大洗研究所の火山影響評価を実施した。

【立地評価結果】

- 施設に影響を及ぼし得る火山として12火山を抽出
- 抽出された火山の火山活動に関する個別評価の結果、設計対応不可能な火山事象が施設に影響を及ぼす可能性はないと判断される。(モニタリング対象外)

【影響評価結果】

- 施設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。
- 降下火砕物に対しては、設計上考慮する層厚を50cm、密度を1.5g/cm³とした。



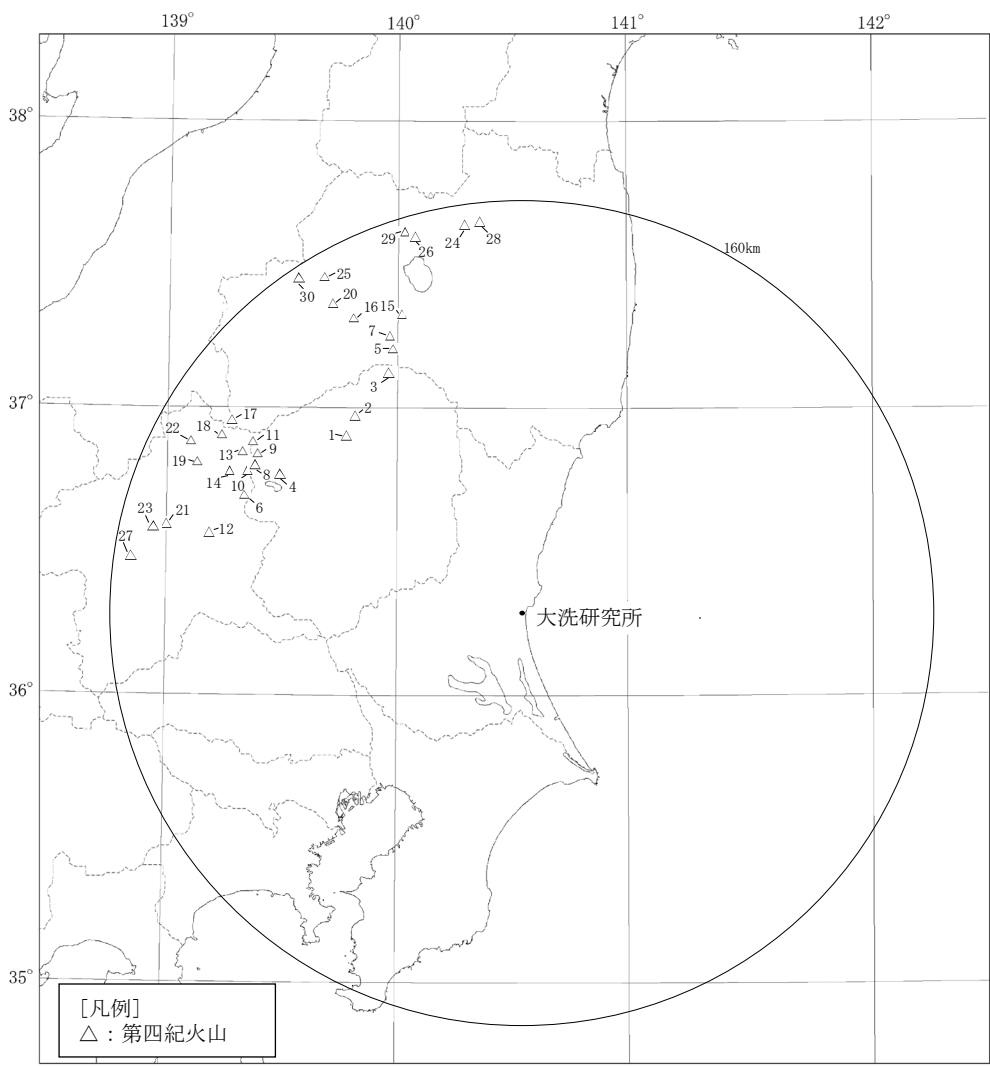
2.施設に影響を及ぼし得る火山の抽出

2.1 敷地から半径160kmの範囲の第四紀火山

2.2 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出

2.1 敷地から半径160kmの範囲の第四紀火山

敷地の地理的領域(半径160km範囲)に位置する第四紀(約258万年前迄)火山として、陸域の30火山が抽出された。



No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	98
2	しおぼら 塩原カルデラ	103
3	なすだけ 那須岳	108
4	なんたい・によほう 男体・女峰火山群	110
5	とうのへつり 塔のへつりカルデラ群	115
6	すかいさん 皇海山	118
7	ふたまたやま 二岐山	120
8	につこうしらねさん 日光白根山	120
9	ねなくさやま 根名草山	121
10	すずがたけ 錫ヶ岳	121
11	きぬぬま 鬼怒沼	125
12	あかざん 赤城山	126
13	しろうだけ 四郎岳	126
14	ぬまのかみやま 沼上山	127
15	あいつぬのびきやま 会津布引山	127

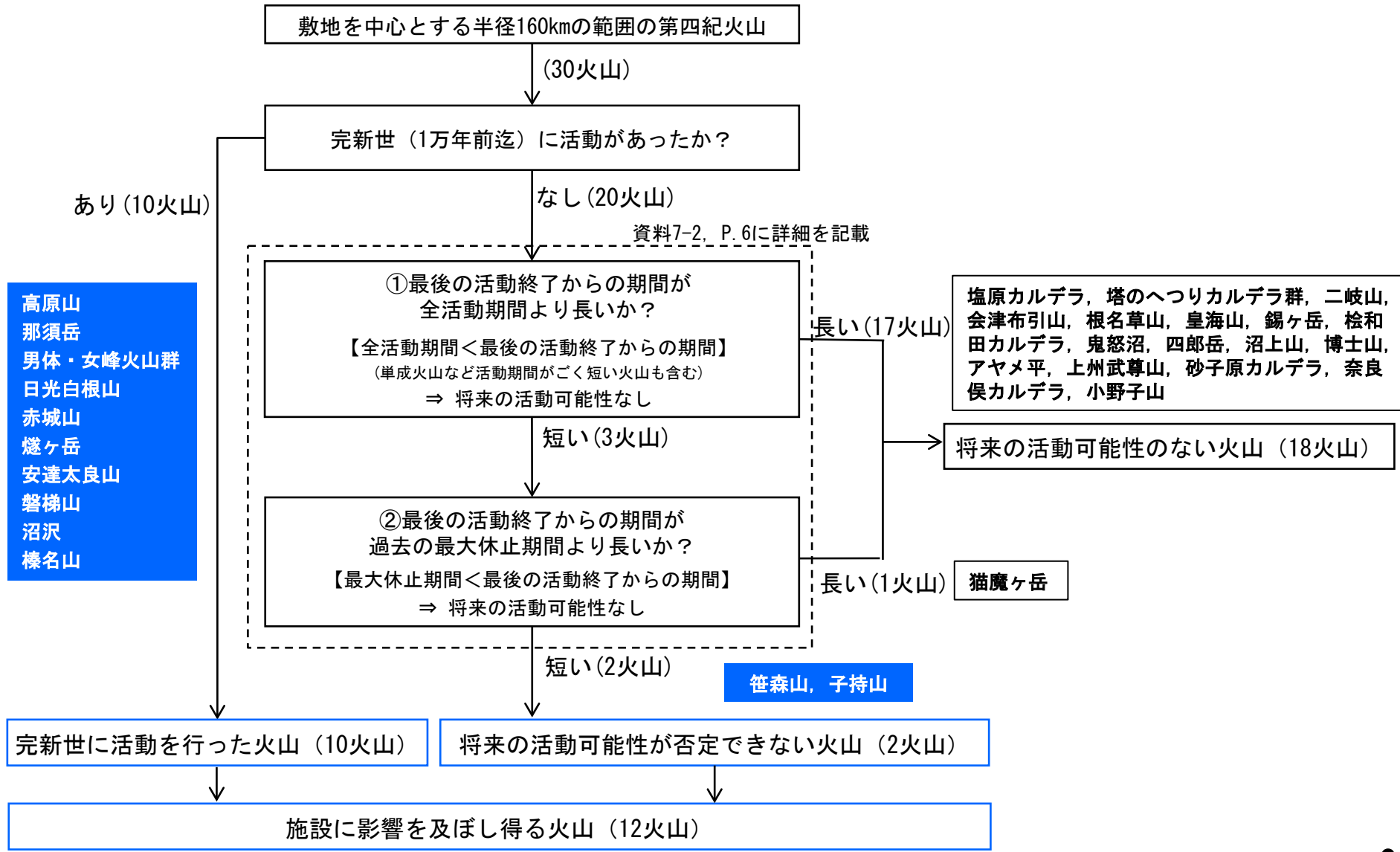
No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
16	ひわだ 桧和田カルデラ	133
17	ひうちがたけ 燧ヶ岳	136
18	あやめだいら アヤメ平	136
19	じょうしゅうほたかやま 上州武尊山	140
20	はかせやま 博士山	142
21	こもちやま 子持山	144
22	ならまた 奈良俣カルデラ	146
23	おのこやま 小野子山	149
24	あだたらやま 安達太良山	153
25	すなごほら 砂子原カルデラ	153
26	ぼんだいさん 磐梯山	154
27	はるなんさん 榛名山	154
28	さきもりやま 笹森山	154
29	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	156
30	ぬまざわ 沼沢	157

半径160km範囲の第四紀火山分布

中野他(2013) (1)に基づき作成

2.2 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出

敷地の地理的領域の第四紀火山(30火山)について、完新世の活動の有無、将来の活動性を検討した結果、施設に影響を及ぼし得る火山として12火山が抽出された。



2. 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 まとめ (1/3)

No.	火山名※1	敷地からの 距離 (km)	火山の形式※2	活動年代※3 (千年前)	全活動期間 (千年)	最後の活動からの 期間 (千年前)	施設に影響を及ぼし得る火山 (12火山)	
							完新世に活動 を行った火山 (10火山)	将来の活動可能性が 否定できない火山 (2火山)
1	高原山	98	複成火山, 溶岩ドーム	300 ~	300	6.5	○	-
2	塩原カルデラ	103	カルデラー火砕流	350 ~ 300	50	300	×	×
3	那須岳	108	複成火山	500 ~	500	AD1963	○	-
4	男体・女峰火山群	110	複成火山, 溶岩ドーム	900※4 ~	900	7※4	○	-
5	塔のへつりカルデラ群	115	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム	1400 ~ 1000	400	1000	×	×
6	皇海山	118	複成火山	1600 ~ 900	700	900	×	×
7	二岐山	120	複成火山, 溶岩ドーム	140 ~ 90	50	90	×	×
8	日光白根山	120	溶岩流及び 小型楕状火山, 溶岩ドーム	20 ~	20	AD1890	○	-
9	根名草山	121	溶岩ドーム	300	-	300	×	×
10	錫ヶ岳	121	複成火山?	2700 ~ 2100	600	2100	×	×
11	鬼怒沼	125	溶岩流, 火砕流	240	-	240	×	×
12	赤城山	126	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム	300 ~	300	AD1251	○	-
13	四郎岳	126	複成火山?	2200	-	2200	×	×
14	沼上山	127	複成火山	1100	-	1100	×	×
15	会津布引山	127	複成火山	1400	-	1400	×	×
16	檜和田カルデラ	133	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム	3000 ~ 2600	400	2600	×	×

※1. 2 火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

※3 活動年代は, 中野ほか(2013)も含め, それ以降に公表された第四紀火山に関するデータを収集・整理した「第四紀噴火・貫入岩体データベース」(西来ほか(2016))を基本にして評価した。

※4 大真名子山, 女峰山を含んだ年代を示している中野ほか(2013)に基づき評価した。

○: 該当する ×: 該当しない
-: 検討対象外

2. 施設に影響を及ぼし得る火山の抽出 まとめ (2/3)

No.	火山名※1	敷地からの距離 (km)	火山の形式※2	活動年代※3 (千年前)	全活動期間 (千年)	最後の活動からの期間 (千年前)	施設に影響を及ぼし得る火山 (12火山)	
							完新世に活動を行った火山 (10火山)	将来の活動可能性が否定できない火山 (2火山)
17	燧ヶ岳	136	複成火山	160 ~	160	AD1544	○	-
18	アヤマ平	136	複成火山	1600	-	1600	×	×
19	上州武尊山	140	複成火山	1200 ~ 1000	200	1000	×	×
20	博士山	142	複成火山	2800 ~ 2500	300	2500	×	×
21	子持山	144	複成火山, 溶岩ドーム	900 ~ 200	700	200	×	○
22	奈良俣カルデラ	146	カルデラー火砕流	2100	-	2100	×	×
23	小野子山	149	複成火山	1300 ~ 1200	100	1200	×	×
24	安達太良山	153	複成火山, 溶岩ドーム	550 ~	550	AD1900	○	-
25	砂子原カルデラ	153	カルデラ, 溶岩ドーム	290 ~ 220	70	220	×	×
26	磐梯山	154	複成火山	700 ~	700	AD1888	○	-
27	榛名山	154	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム, 火砕丘	500 ~	500	6世紀後半 ~ 7世紀初頭	○	-
28	笹森山	154	複成火山?	3700 ~ 1800※4	1900	1800	×	○
29	猫魔ヶ岳	156	複成火山	1430※5 ~ 400※5	1030	400	×	×※5
30	沼沢	157	溶岩ドーム, カルデラ	110 ~	110	5.4	○	-

※1, 2 火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

※3 活動年代は, 中野ほか(2013)も含め, それ以降に公表された第四紀火山に関するデータを収集・整理した「第四紀噴火・貫入岩体データベース」(西来ほか(2016))を基本にして評価した。

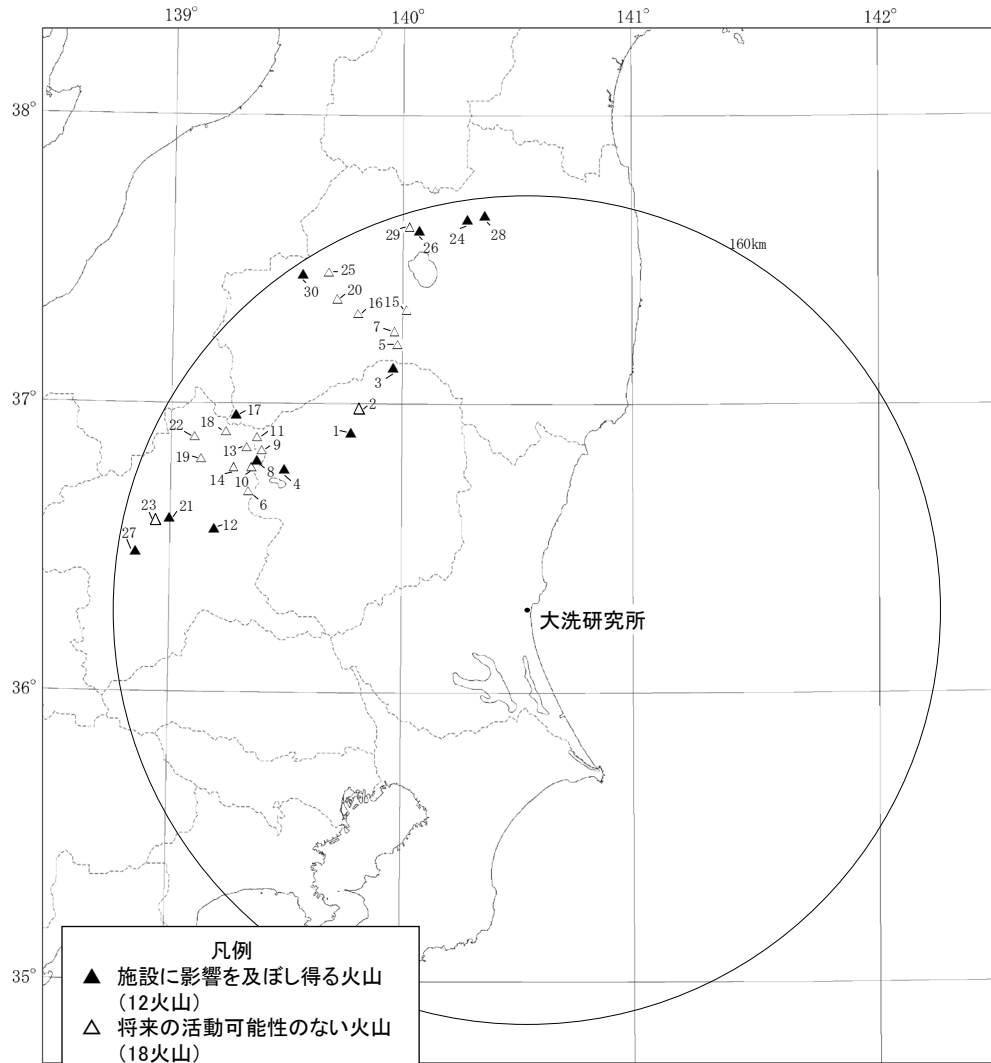
※4 笹森山起源の火砕流堆積物のフィッション・トラック年代を示している山元(2015)による。

※5 活動休止期間が明確に記される知見である三村(2002)に基づき, 最後の活動からの経過期間が活動期間中の最大休止期間よりも長いとみなせる火山として評価した。

○: 該当する ×: 該当しない
-: 検討対象外

施設に影響を及ぼし得る火山として抽出された12火山の分布は以下の図に示すとおり。

- 完新世に活動を行った火山:10火山 → 高原山, 那須岳, 男体・女峰火山群, 日光白根山, 赤城山, 燧ヶ岳, 安達太良山, 磐梯山, 沼沢, 榛名山
- 将来の活動可能性が否定できない火山:2火山 → 笹森山, 子持山



中野ほか(2013)に基づき作成

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
1	たかはらやま 高原山	98
2	しおぼら 塩原カルデラ	103
3	なすだけ 那須岳	108
4	なんたい・によろう 男体・女峰火山群	110
5	とうのへつり 塔のへつりカルデラ群	115
6	すかいさん 皇海山	118
7	ふたまたやま 二岐山	120
8	にっこうしらねさん 日光白根山	120
9	ねなくさやま 根名草山	121
10	すずがたけ 錫ヶ岳	121
11	きぬめま 鬼怒沼	125
12	あかぜさん 赤城山	126
13	しろうだけ 四郎岳	126
14	ぬまのかみやま 沼上山	127
15	あいつぬのびきやま 会津布引山	127

No.	第四紀火山	敷地からの距離 (km)
16	ひわだ 桧和田カルデラ	133
17	ひうちがたけ 燧ヶ岳	136
18	あやめだいら アヤメ平	136
19	じょうしゅうほたかやま 上州武尊山	140
20	はかせやま 博士山	142
21	こもちやま 子持山	144
22	ならまた 奈良俣カルデラ	146
23	おのこやま 小野子山	149
24	あたたらやま 安達太良山	153
25	すなごほら 砂子原カルデラ	153
26	ほんだいさん 磐梯山	154
27	はるなさん 榛名山	154
28	さきもりやま 笹森山	154
29	ねこまがたけ 猫魔ヶ岳	156
30	ぬまざわ 沼沢	157

【No. 1 高原山】

火山名	高原山
敷地からの距離	約98km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約30万年前以降, 最新約6500年前
概要	高原山は, 第3期から第7期に区分される(井上ほか(1994)等)。また, 約6500年前には(マグマ)水蒸気噴火が発生したとされる(奥野ほか(1997)等)。

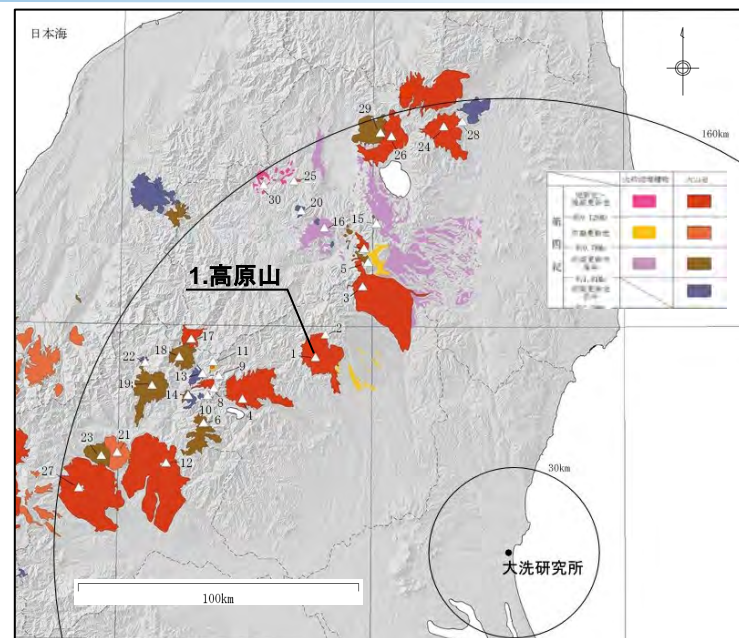
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

高原山の活動履歴

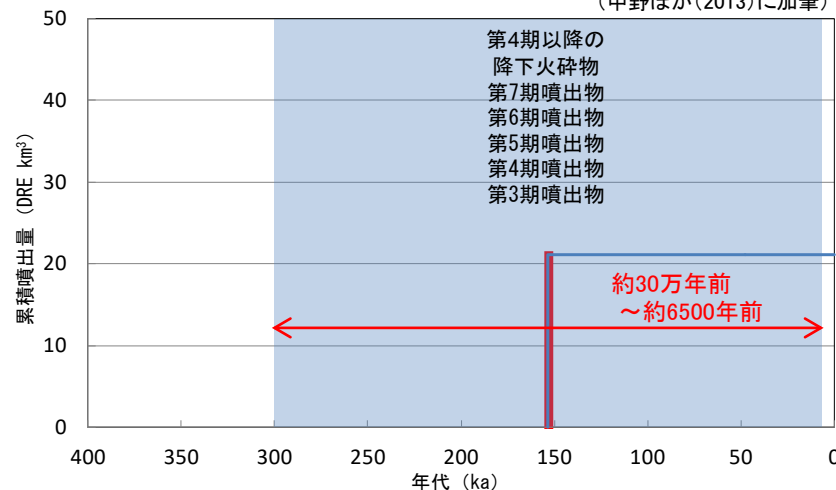
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
6.5 ka	降下火砕物(4期以降)	高原一上の原テフラ 高原戸室山1-7テフラ 等	>1.37	鈴木(1993) 井上ほか(1994) 奥野ほか(1997) 山元(2012) 弦巻(2012) 山元(2013a) 中野ほか(2013)
	第7期	大間々溶岩類 剣ヶ峰溶岩類	19.83	
	第6期	鶏頭山溶岩類 西平岳下部溶岩類 等		
	第5期	八方ヶ原断裂帯溶岩類 柏木平溶岩円頂丘及び 溶岩流		
	第4期	前黒溶岩類 上の原溶岩類 等		
	第3期	八方ヶ原上部溶岩類 八方ヶ原下部溶岩類 等		
300 ka				

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

高原山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

[No. 3 那須岳]

火山名	那須岳
敷地からの距離	約108km
火山の形式	複成火山
活動年代	約50万年前以降, 最新1963年
概要	那須岳は, 南月山, 茶臼岳, 朝日岳, 三本槍岳, 甲子旭岳, 二岐山の成層火山の集合体である(伴・高岡(1995)). 最新活動期の茶臼岳は, 山元(2012), 山元(1997)等によれば約1.9万年前以降に活動し, AD1963には水蒸気噴火が発生したとされる。

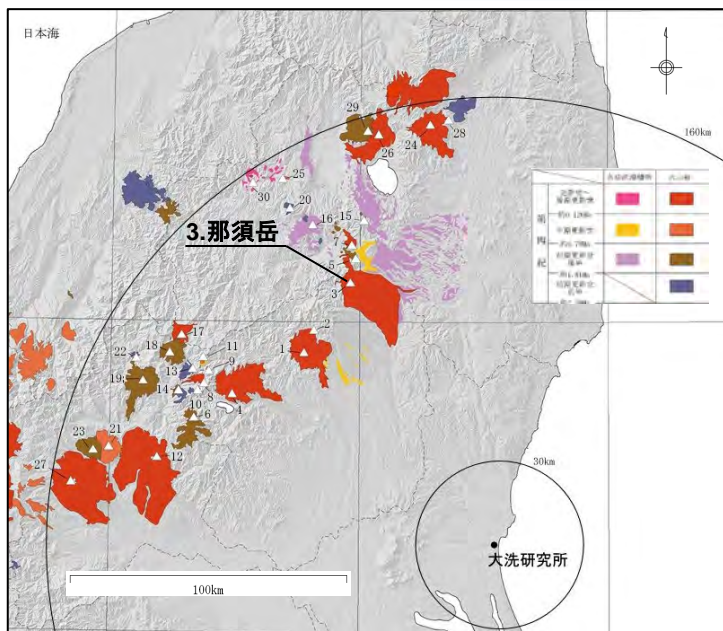
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

那須岳の活動履歴

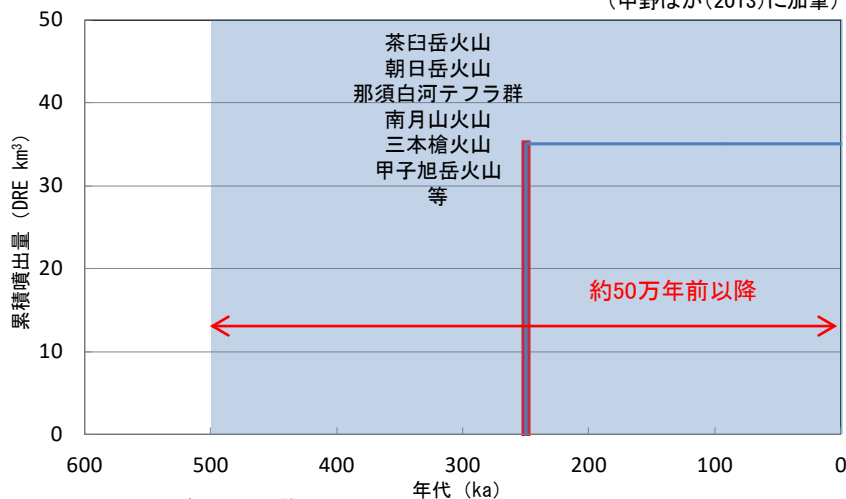
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
最新1963	茶臼岳火山	1963年噴出物	1.60	鈴木(1992) 伴・高岡(1995) 山元(1997) 山元(2012) 中野ほか(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター編(2014)
		1960年噴出物		
		1953年噴出物		
		Ns-1(1881年)		
		1846年噴出物		
		1408-1410年ユニット(CH6)		
		大沢ユニット 等		
—	那須大島第1テフラ 那須大島第2, 第3テフラ 那須黒森テフラ 等	>0.08		
朝日岳火山	旭岳溶岩類 東大倉溶岩類	4.56		
那須白河テフラ群	那須白河第1テフラ 那須白河第12テフラ 等	2.34		
南月山火山	麦飯坂溶岩類 日の出平溶岩類 等	8.66		
三本槍火山	黒磯岩屑なだれ 赤岩沢溶岩類 等	5.47		
500 ka	甲子旭岳火山	鎌房山火砕流・降下火砕堆積物 甲子旭岳溶岩類	12.31	

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

・下線: 有史以降の噴出物



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

那須岳の階段ダイヤグラム

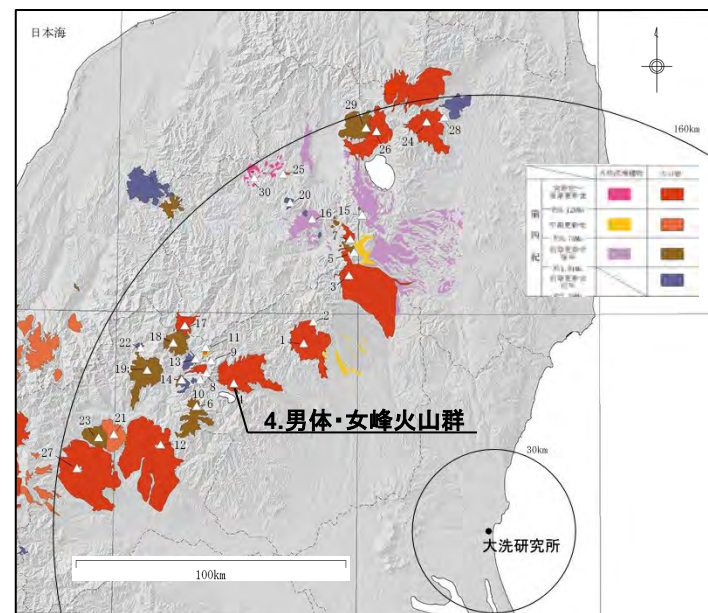
・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

【No. 4 男体・女峰火山群】

火山名	男体・女峰火山群
敷地からの距離	約110km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約90万年前以降, 最新約7000年前
概要	男体・女峰火山群は, 女峰赤薙火山, 日光溶岩ドーム群, 男体火山, 三ツ岳火山により構成され, 約90万年前～約7千年前に活動したとされる(中野ほか(2013)等)。最新活動期である男体火山は2.4万年前から活動し(山元(2013a)), 7千年前にはマグマ水蒸気噴火が発生したとされる。

・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

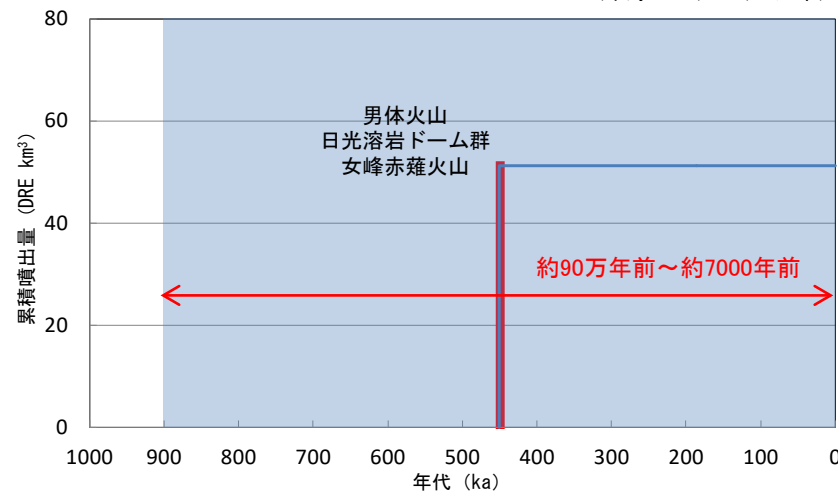


(中野ほか(2013)に加筆)

男体・女峰火山群の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
7 ka	男体火山 (第1期, 第2期, 第3期)	男体湯殿山テフラ 男体小川テフラ 等	>17	村本(1992) 鈴木ほか(1994) 佐々木(1994) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 山元(2013a) 中野ほか(2013) 石崎ほか(2014)
	三ツ岳火山	南三岳北溶岩 南三岳南溶岩 等	不明	
	日光溶岩ドーム群	大真名子火山 於呂俱羅火山 等	6.29	
900 ka	女峰赤薙火山 (前期, 中期, 後期)	東赤田第1, 第2テフラ 前期噴出物 等	28	

・活動年代については, 大真名子山, 女峰山を含んだ年代を示している中野ほか(2013)に基づき評価した。



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

男体・女峰火山群の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

【No. 8 日光白根山】

火山名	日光白根山
敷地からの距離	約120km
火山の形式	溶岩流及び小型楕状火山, 溶岩ドーム
活動年代	約2万年前以降, 最新1890年
概要	日光白根山の活動は新期と古期に区分され, 約2万年前以降~AD1890に活動したとされる(奥野ほか(1993)等)。また, 確認されている有史時代以降の活動は, 全て水蒸気噴火であるとされる(佐々木ほか(1993))。

・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

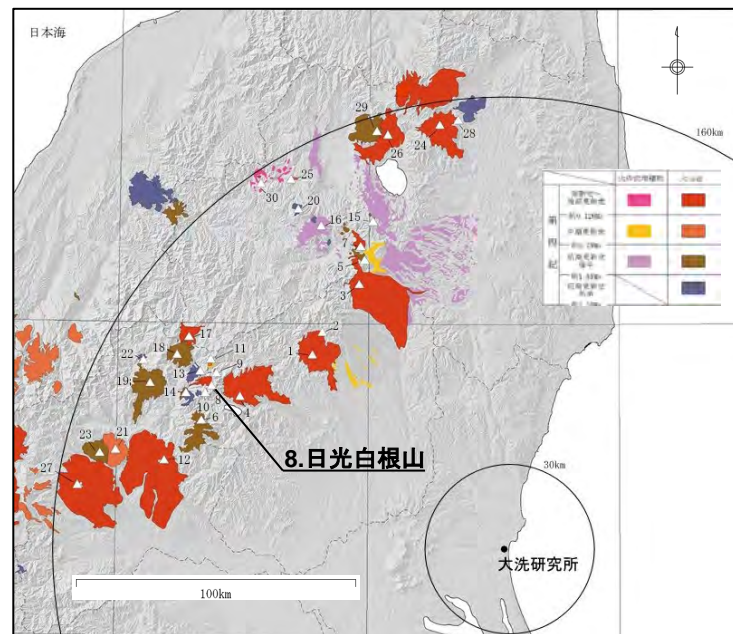
日光白根山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
最新1890	新期	1890年噴出物 1889年噴出物 1873年噴出物 1872年噴出物 Nks-1U(1649年) 1625年噴出物(詳細不明) 弥陀池溶岩	6.08	奥野ほか(1993) 佐々木ほか(1993) 鈴木ほか(1994) 高橋ほか(1995) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 中野ほか(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編(2014)
20 ka		古期		

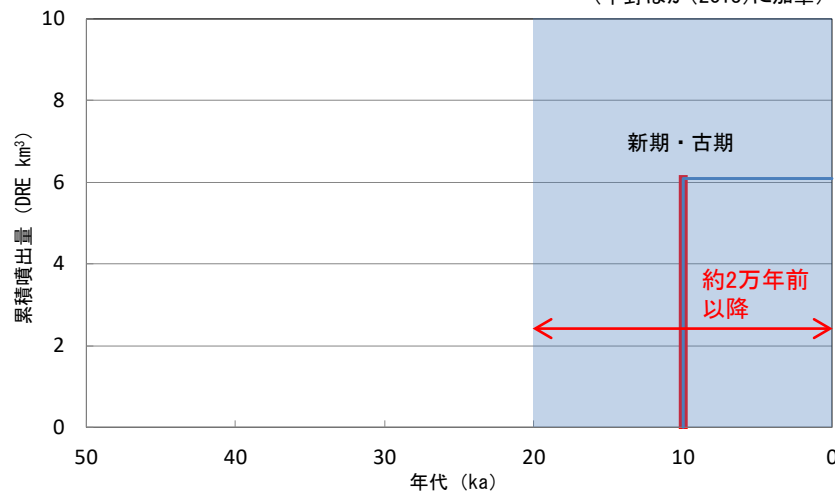
・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

・下線: 有史以降の噴出物

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

日光白根山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

No. 12 赤城山

火山名	赤城山
敷地からの距離	約126km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム
活動年代	30万年前より古い, 最新1251年
概要	赤城山の活動は中央火口丘形成期, 新期成層火山形成期, 古期成層火山形成期に分けられる。最新活動期の中央火口丘形成期は4.4万年前に開始され, 最新噴火のAD1251噴火による降下火砕物が確認されている(山元(2014a), 青木ほか(2008), 及川(2012)等)。

・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

赤城山の活動履歴

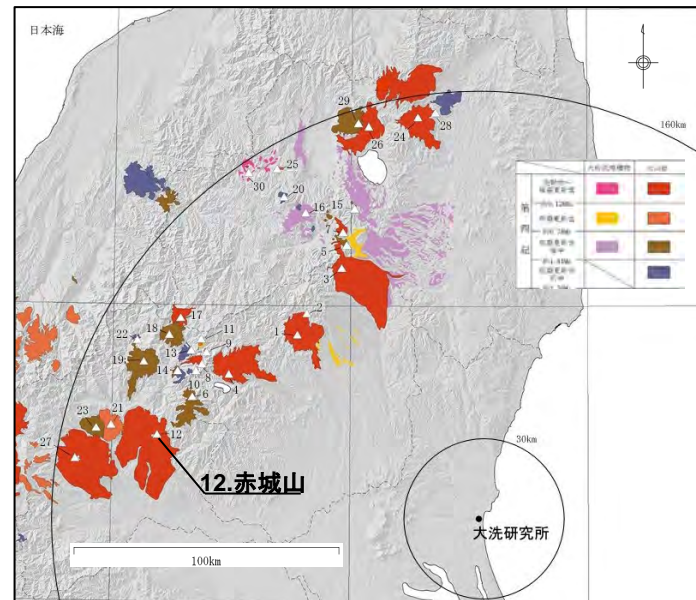
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
最新1251	中央火口丘形成期	1251年噴火噴出物 [※] 赤城鹿沼テフラ 等	2.49	大森編(1986) 鈴木(1990) 富田ほか(1994) 宇井編(1997) 青木ほか(2008) 高橋ほか(2012) 及川(2012) 山元(2014a) 山元(2014b) 山元(2016) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編(2014)
		新期成層火山形成期	ガラソ石質火砕流 樹形山溶岩 等	
	古期成層火山形成期	荒山溶岩 沼尾川溶岩 等	58	
300 ka				

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

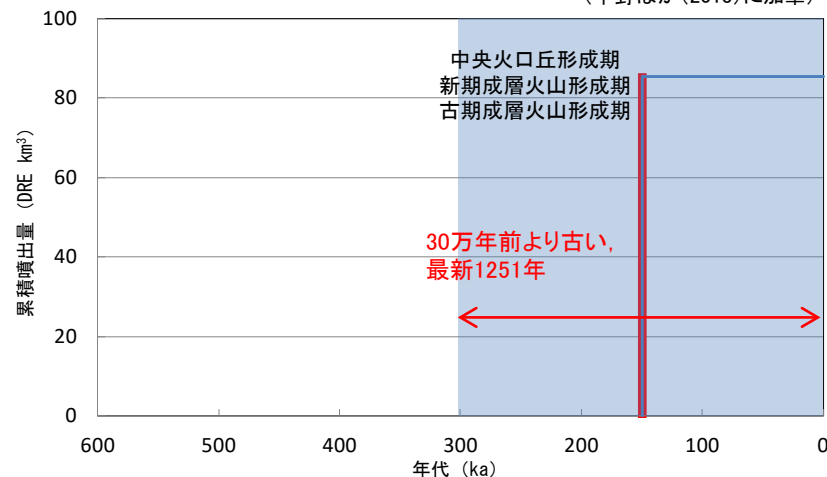
・下線: 有史以降の噴出物

※気象庁編(2013)によれば, 赤城山における有史以降の火山活動は1251年噴火のみ(堆積物未確認)とされるが, 早川(1999)によれば, 1251年噴火の根拠とされる吾妻鏡の記録は, 噴火ではなく山火事の記録とされる。一方で, 及川(2012)及び峰岸(2003)により, 同時期の噴火を記録した別の歴史記録も報告されている。

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

赤城山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

【No. 17 燧ヶ岳】

火山名	燧ヶ岳
敷地からの距離	約136km
火山の形式	複成火山
活動年代	約16万年前以降, 最新1544年
概要	燧ヶ岳は、燧ヶ岳七入テフラ等の噴出から活動を開始したとされる。最新のマグマ噴火(460年前)では、御池岳溶岩ドームを形成したとされる(山元(2012), 早川ほか(1997)等)。

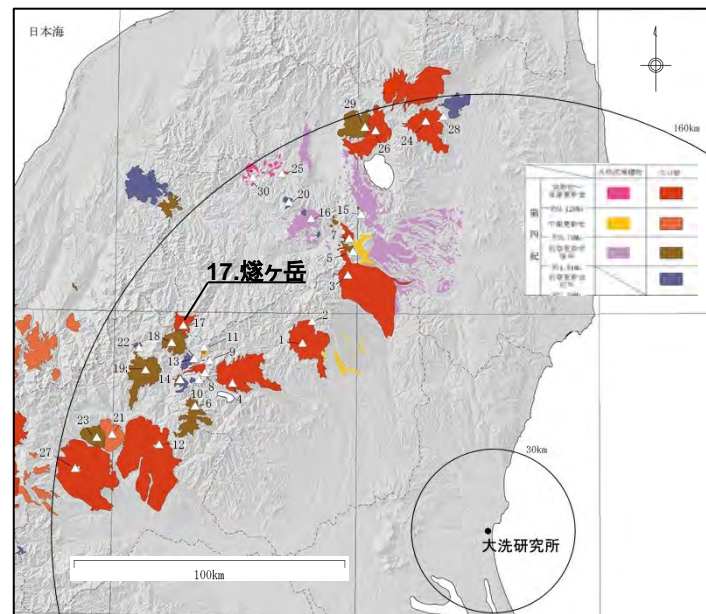
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

燧ヶ岳の活動履歴

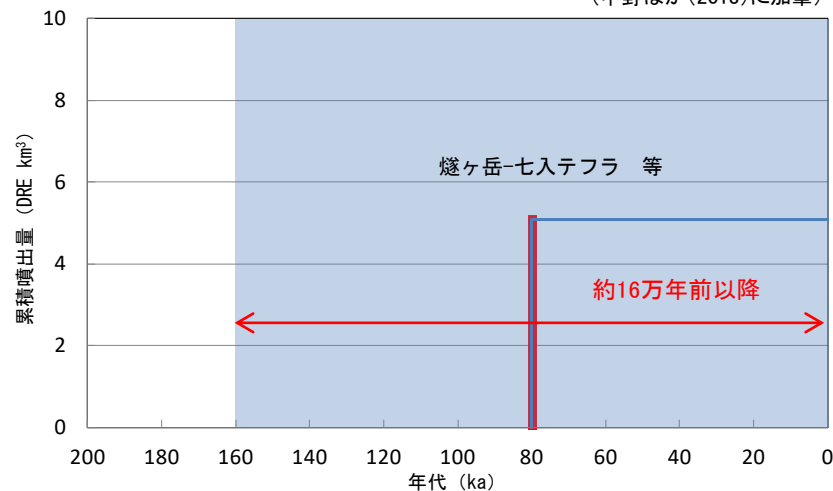
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
最新1544	燧ヶ岳	1544年降下火山灰 白ヒケ水堆積物 燧ヶ岳田頭テフラ 等	3.1	早川ほか(1997) 山元(1999b) 山元(2012) 中野ほか(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合セン ター編(2014)
		モーカケ火砕流 七入軽石層	2	
160 ka	(第 I 期火山活動)	溶岩流 等	不明	

・活動年代については、西来ほか(2016)に基づき評価

・下線: 有史以降の噴出物



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

燧ヶ岳の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

完新世に活動を行った火山であり、施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

【No. 21 子持山】

火山名	子持山
敷地からの距離	約144km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約90万年前～約20万年前
概要	子持山の活動は、綾戸活動期, 前期子持火山活動期, 後期子持火山活動期に区分される。また、綾戸活動期と前期子持火山活動期の間になくとも約30万年間の休止期があったとされる(飯塚(1996)及び中野ほか(2013))。

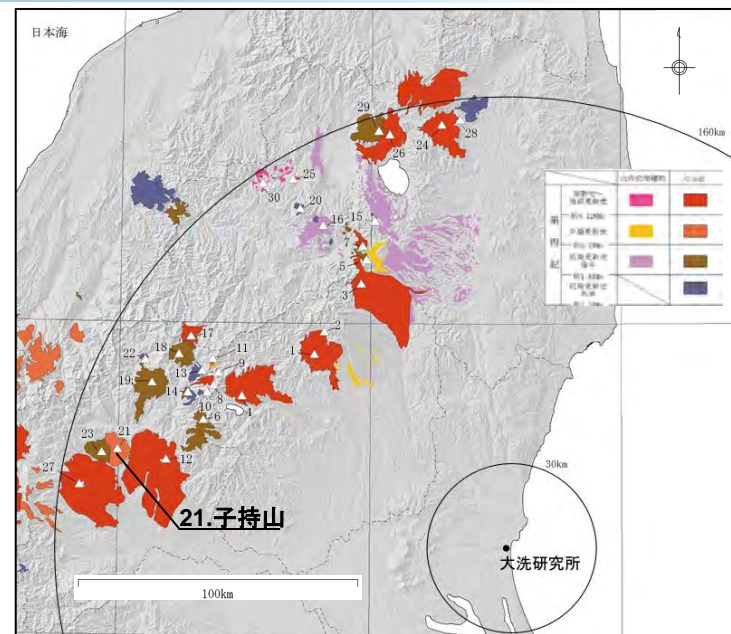
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

子持山の活動履歴

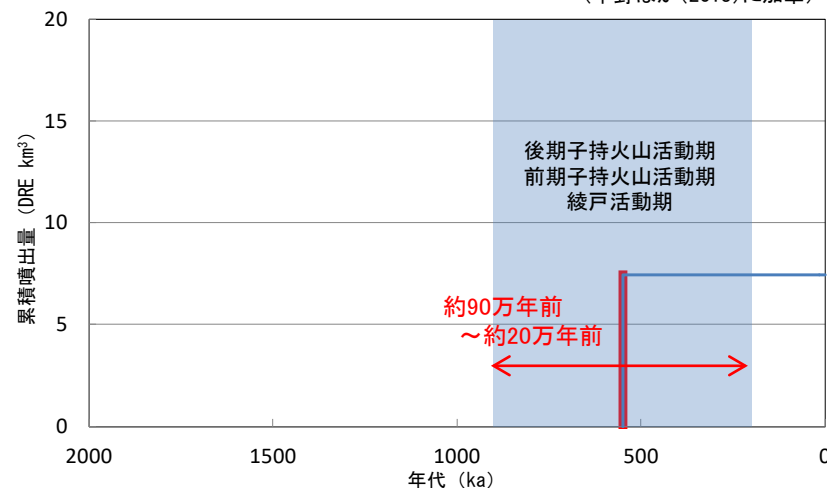
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
200 ka	後期子持火山活動期	大黒岩及び放射状岩脈群 唐沢溶岩類 等	7.45	飯塚(1996) 中野ほか(2013)
	前期子持火山活動期	下部東尾根溶岩類 大平溶岩類		
900 ka	綾戸活動期	綾戸溶岩類		

・活動年代については、西来ほか(2016)に基づき評価

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が短い火山であり、施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

子持山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

【No. 24 安達太良山】

火山名	安達太良山
敷地からの距離	約153km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約55万年前以降, AD1900
概要	安達太良山は早期, ステージ1, ステージ2, ステージ3に区分され, ステージ1は55万年前から活動し, 最新活動期であるステージ3は約25万年前から活動したとされる(藤縄ほか(2001)等)。最新の噴火では, AD1900にマグマ水蒸気噴火が確認されている(山元・阪口(2000)等)。

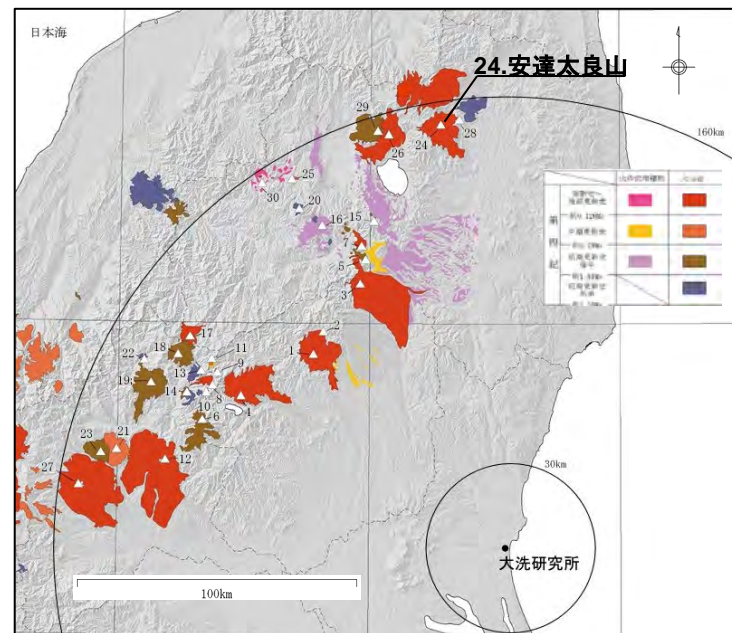
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

安達太良山の活動履歴

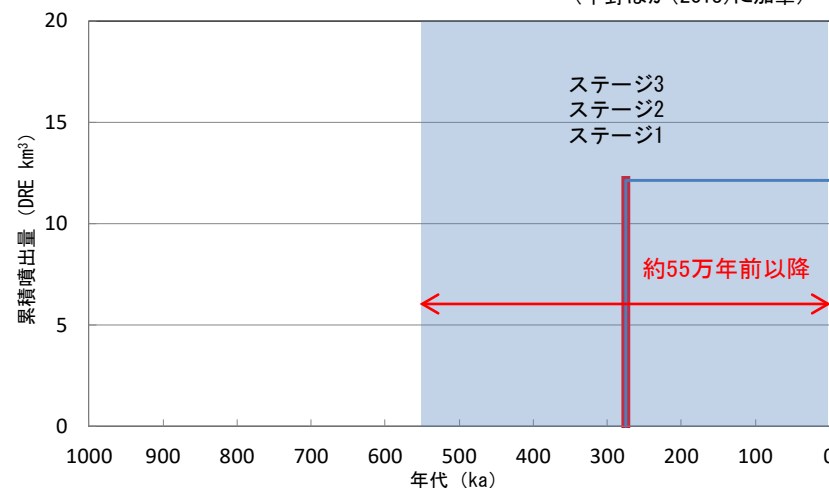
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD1900	ステージ3	1899-1900年噴出物 母成第1溶岩流 等	7.6	第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 山元・阪口(2000) 藤縄ほか(2001) 藤縄・鎌田(2005) 長谷川ほか(2011) 中野ほか(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 編(2014)
		元山火砕流 矢筈森第1・第2火砕物 等		
		箕輪山第3溶岩流 僧悟台溶岩流 等		
	ステージ2	仙女平第2溶岩流 銚子ヶ滝下火砕流 等	3.42	
	ステージ1	雨ヶ沢上流溶岩流 野地溶岩流 等	1.14	
550 ka	早期	東鴉川火砕流 長坂火砕流 等	不明	

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

・下線: 有史以降の噴出物



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

安達太良山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

完新世に活動を行った火山であり,
施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

【No. 26 磐梯山】

火山名	磐梯山
敷地からの距離	約154km
火山の形式	複成火山
活動年代	約70万年前以降, AD1888
概要	磐梯山は先磐梯火山, 古磐梯火山, 磐梯火山に区別され(山元(2012)), 約70万年前から活動を開始したとされる(三村(1994)等)。また, 最新活動期である磐梯火山は8万年前から活動し, 最新の噴火であるAD1888噴火では, 水蒸気噴火に伴う山体崩壊(岩屑なだれ), 火砕サージ等が発生した(長谷川ほか(2011)等)。

・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

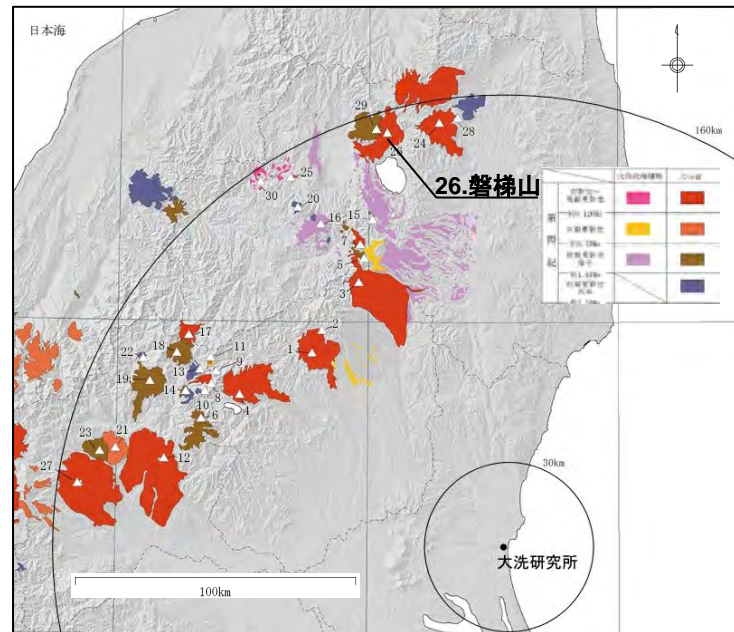
磐梯山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD1888	磐梯火山 (大磐梯火山等)	1888年火山泥流堆積物, 降下火砕堆積物, 岩屑なだれ堆積物 等 RE2(806年) 葉山2火砕堆積物 等	2.02	三村(1994) 三村・中村(1995) 梅田ほか(1999) 長谷川ほか(2011) 山元(2012) 中野ほか(2013) 気象庁編(2013) 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014)
	古磐梯火山 (櫛ヶ峰火山等)	成層火山体構成物 川上溶岩円頂丘 等	11.7	
700 ka	先磐梯火山	溶岩流	0.8	

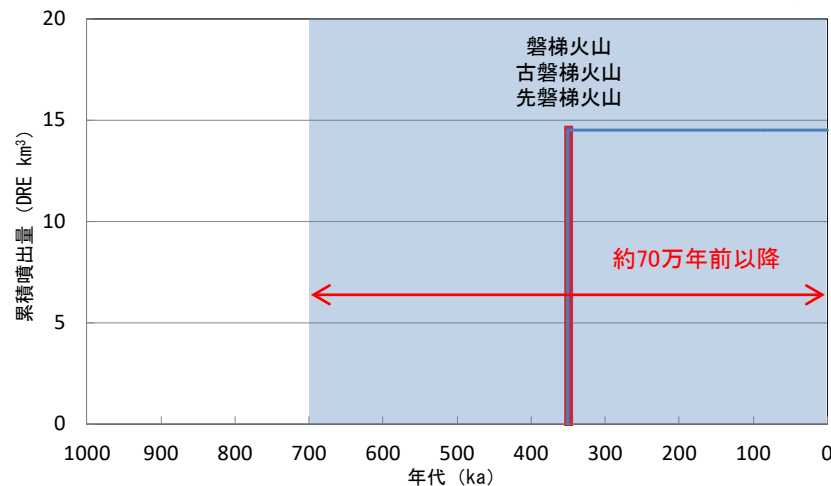
・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

・下線: 有史以降の噴出物

完新世に活動を行った火山であり, 施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

磐梯山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

【No. 27 榛名山】

火山名	榛名山
敷地からの距離	約154km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム, 火砕丘
活動年代	約50万年前以降, 最新6世紀後半~7世紀初頭
概要	榛名山は古期榛名火山, 新期榛名火山に区分され, その活動年代は約50万年前~6世紀後半から7世紀初頭とされる(下司(2013)等)。最新の噴火では, プリニー式噴火により降下火砕物, 火砕流が噴出したとされ(榛名ニツ岳伊香保テフラ), その噴出量はDRE換算値: 0.99km ³ とされる(山元(2013a))。

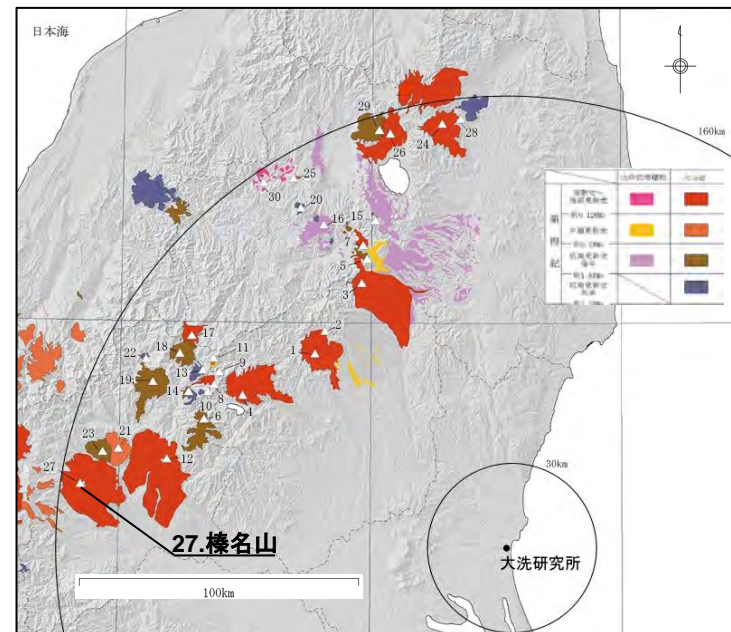
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

榛名山の活動履歴

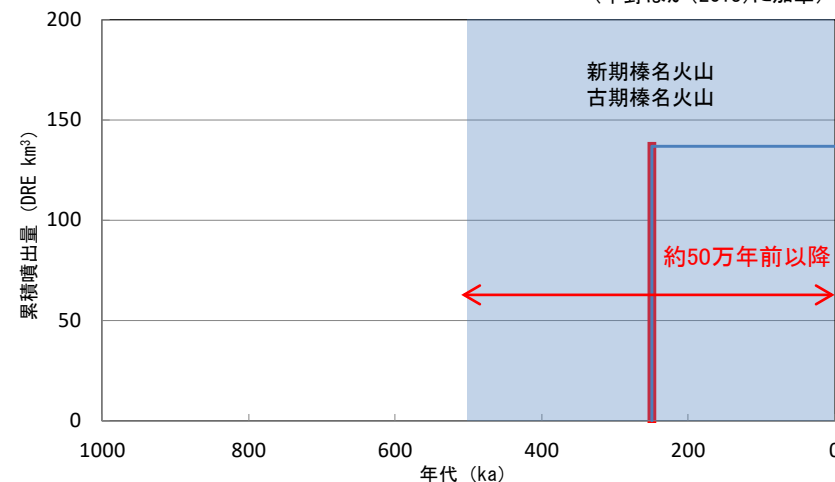
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
最新6世紀後半 ~7世紀初頭	新期榛名火山	榛名有馬火山灰(400年~500年) 榛名渋川テフラ(489年~498年) 榛名ニツ岳伊香保テフラ, ニツ岳溶岩ドーム等(525年~550年) 榛名八崎テフラ 等	3.03	大森編(1986) Soda(1996) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 下司(2013) 山元(2013a) 中野ほか(2013)
500 ka		古期榛名火山	氷室山溶岩類 榛名主成層火山 等	133.77

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価
下線: 有史以降の噴出物

完新世に活動を行った火山であり, 施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
— : 噴出量 (km³)

榛名山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

【No. 28 笹森山】

火山名	笹森山
敷地からの距離	約154km
火山の形式	複成火山?
活動年代	約370万年前～約180万年前
概要	笹森山は笹森山安山岩と蓬莱火砕流からなるとされる(山元(2015))。笹森山安山岩の噴出量は 0.5km^3 (DRE換算値※: 0.38km^3)とされる(第四紀火山カタログ委員会(1999))。

・火山名、火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

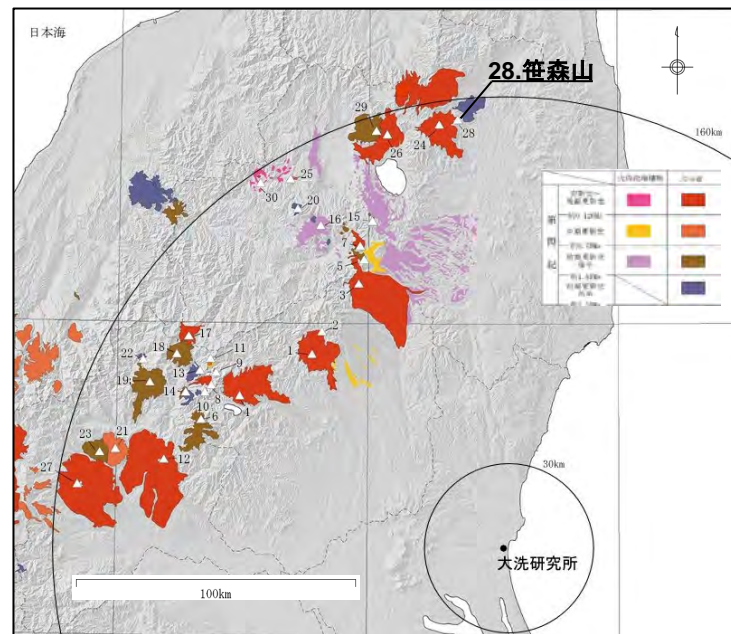
笹森山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km^3)	参考文献
1800 ka	笹森山	蓬莱火砕流	不明	阪口(1995) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 長橋ほか(2004) 中野ほか(2013) 山元(2015)
3700 ka		笹森山安山岩	0.38^{**}	

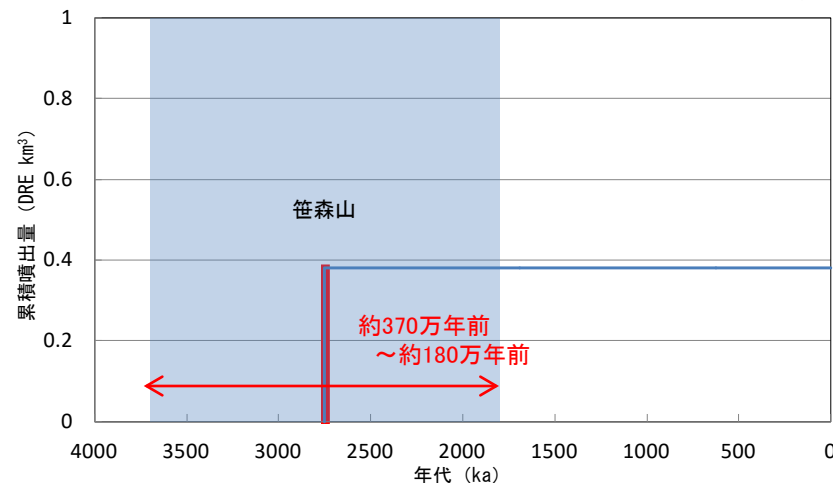
・活動年代については、笹森山起源の火砕流堆積物から新たにフィッション・トラック年代値を報告している山元(2015)を含めて評価

※Umeda et al.(2013)に基づきDREへ換算した。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が短い火山であり、施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km^3)
— : 噴出量 (km^3)

笹森山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。



【No. 30 沼沢】

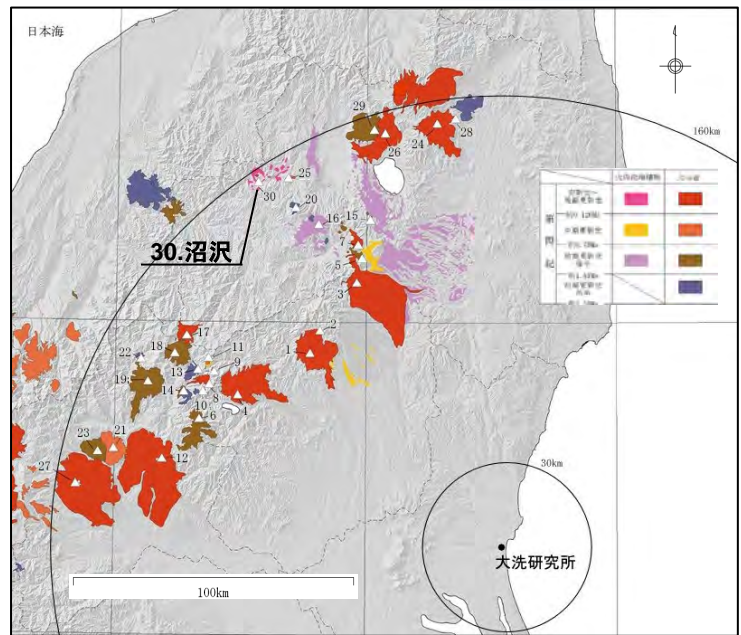
火山名	沼沢
敷地からの距離	約157km
火山の形式	溶岩ドーム、カルデラ
活動年代	約11万年前～約5400年前
概要	沼沢は11万年前～約5400年前に活動し、沼沢芝原テフラ、惣山溶岩ドーム、沼沢前山溶岩ドーム、沼沢沼沢湖テフラ等を噴出したとされる。最新の活動である沼沢沼沢湖テフラの噴出に伴ってカルデラが形成され、その噴出量はDRE換算値:2.26km ³ とされる(山元(2003), 山元(2012)等)。

・火山名、火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

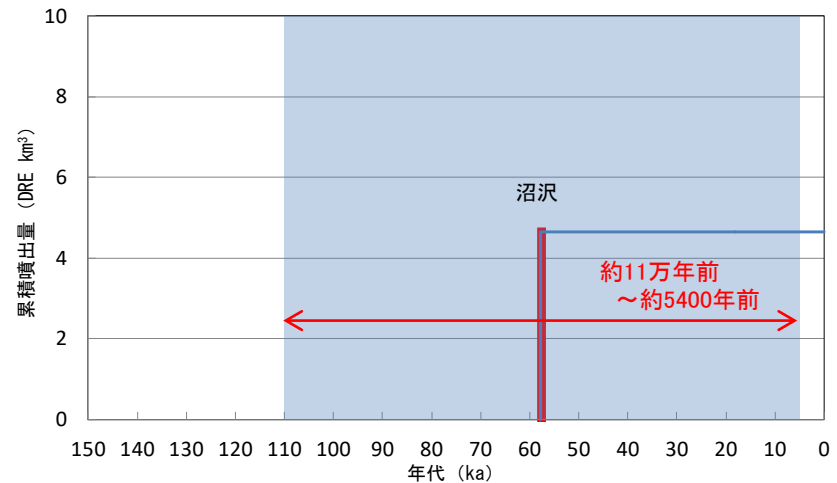
沼沢の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
5.4 ka	沼沢	沼沢沼沢湖テフラ 沼沢芝原テフラ 等	4.66	山元(1995) 山元(2003) 山元(2012) 中野ほか(2013)
110 ka				

・活動年代については、西来ほか(2016)に基づき評価



(中野ほか(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積 (km³)
 — : 噴出量 (km³)

沼沢の階段ダイヤグラム

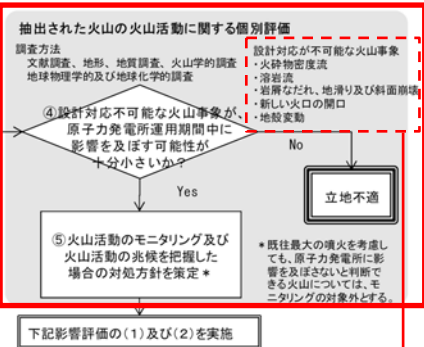
・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
 また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

完新世に活動を行った火山であり、施設に影響を及ぼし得る火山として抽出した。

3.抽出された火山の火山活動に関する個別評価

3. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価（概要）

施設に影響を及ぼし得る火山として抽出された12火山について、設計対応不可能な火山事象が試験研究炉の運用期間中に影響を及ぼす可能性について検討した。



原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係

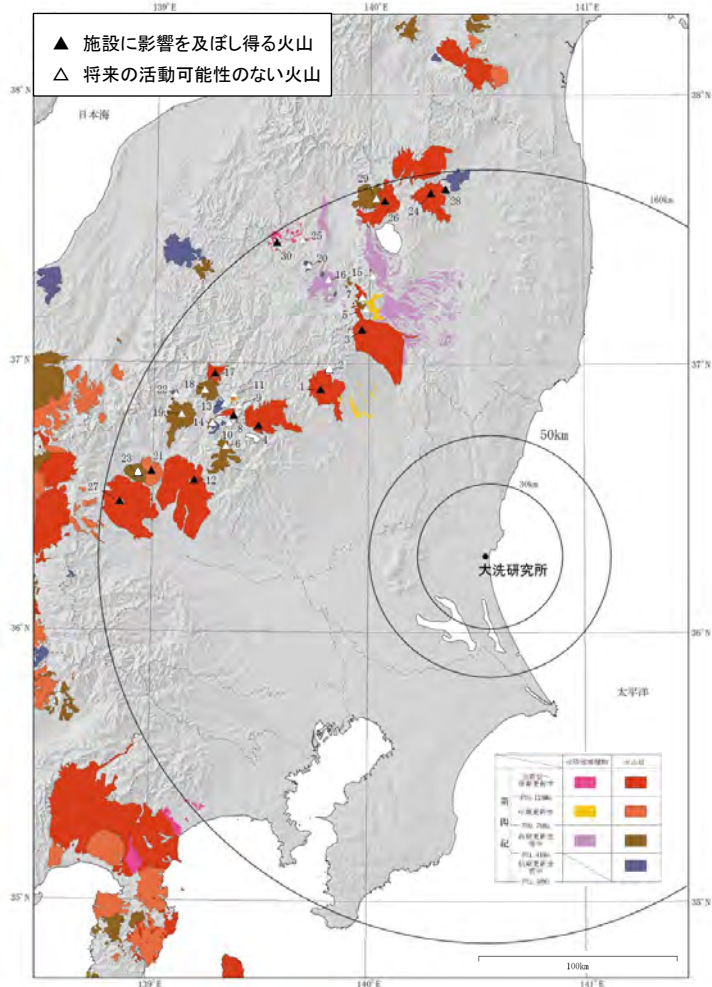
火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注 2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、300℃超の温度、研磨性粒子、毒性ガス	160km
3. 溶岩流	動的な物理的負荷、洪水及び水のせき止め、700℃超の温度	50km
4. 岩屑なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の過圧、飛来物の衝撃、水のせき止め及び洪水	50km
5. 火山性土石流、火山泥流及び洪水	動的な物理的負荷、水のせき止め及び洪水、水中の浮遊粒子	120km
6. 火山か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

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. 抽出された火山の火山活動に関する個別評価

施設に影響を及ぼし得る火山について、設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性を検討する。

- 溶岩流, 岩屑なだれは, いずれの火山も敷地との距離が50kmより長いため評価の対象外とする。
- 新しい火口の開口, 地殻変動については, 敷地は火山フロントの前弧側(東方)に位置し, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, これらの活動が施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 火砕物密度流は, いずれの火山も敷地との距離が160km以内であるため, 火山の個別評価を行い影響を及ぼす可能性を検討する。



(中野ほか(2013)に加筆)

火山地質図

No.	火山名	敷地からの距離 (km)	火砕物密度流 (160km)	溶岩流 (50km)	岩屑なだれ, 地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口	地殻変動
1	高原山	約98	○	—	—	○	○
3	那須岳	約108	○	—	—	○	○
4	男体・女峰火山群	約110	○	—	—	○	○
8	日光白根山	約120	○	—	—	○	○
12	赤城山	約126	○	—	—	○	○
17	燧ヶ岳	約136	○	—	—	○	○
21	子持山	約144	○	—	—	○	○
24	安達太良山	約153	○	—	—	○	○
26	磐梯山	約154	○	—	—	○	○
27	榛名山	約154	○	—	—	○	○
28	笹森山	約154	○	—	—	○	○
30	沼沢	約157	○	—	—	○	○

○: 検討対象 —: 検討不要

敷地と評価対象火山との位置関係から, 火砕物密度流について個別の検討を実施した。検討結果を次頁以降に示す。

敷地は火山フロント前弧側(東方)に位置し, 敷地周辺では火成活動は確認されていないことから, これらの活動が施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。

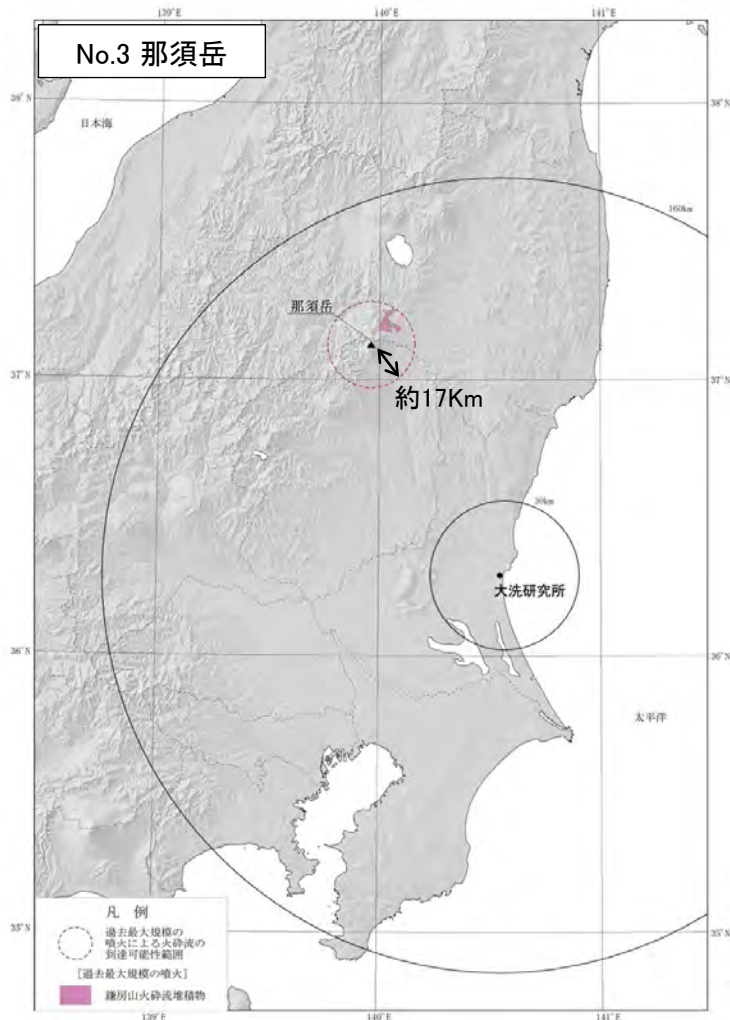
評価結果

No.	火山名	敷地からの距離(km)	火砕物密度流(160km)		溶岩流 岩屑なだれ、地すべり及び斜面崩壊 (50km)	新しい火口の開口 地殻変動
			到達可能性範囲 (km)	評価結果		
1	高原山	98	-	活動履歴上、噴出物は溶岩や火砕物が主であり、火砕物密度流の発生実績は認められない。	敷地と火山の距離から、施設に影響を及ぼす可能性はない。	敷地は、火山フロントより前弧側(東方)に位置すること、敷地周辺では火成活動は確認されていないことから、この事象が試験研究炉の運用期間中に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
3	那須岳	108	約17	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から、敷地に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。		
4	男体・女峰 火山群	110	約18			
8	日光白根山	120	-	活動履歴上、噴出物は溶岩や火砕物が主であり、火砕物密度流の発生実績は認められない。		
12	赤城山	126	約24	敷地と火砕物密度流の到達可能性範囲の距離から、施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。		
17	燧ヶ岳	136	約6			
21	子持山	144	約6			
24	安達太良山	153	約16			
26	磐梯山	154	約10			
27	榛名山	154	約23			
28	笹森山	154	約13			
30	沼沢	157	約17			

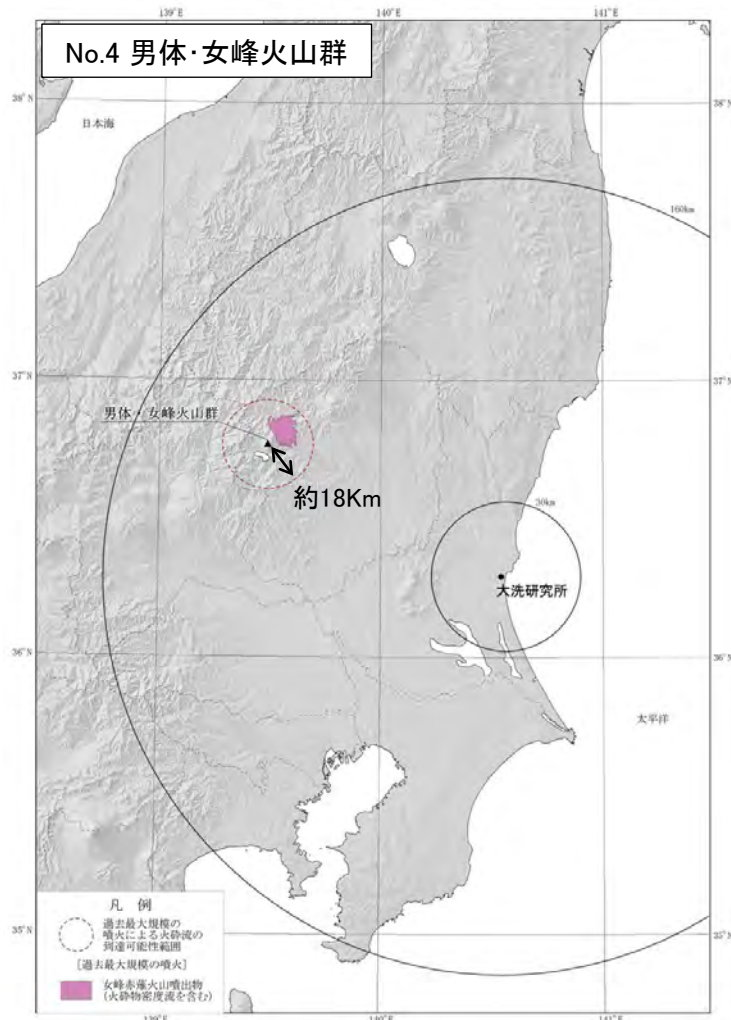
- ・ 以上から、設計対応不可能な火山事象(火砕物密度流、溶岩流、岩屑なだれ他、新しい火口の開口及び地殻変動)が施設に影響を及ぼす可能性はない。
- ・ このことから抽出された12火山はモニタリングの対象とはならない。

火砕物密度流の到達可能性範囲の検討 [3. 那須岳, 4. 男体・女峰火山群]

- 那須岳の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約17kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 男体・女峰火山群の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約18kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。



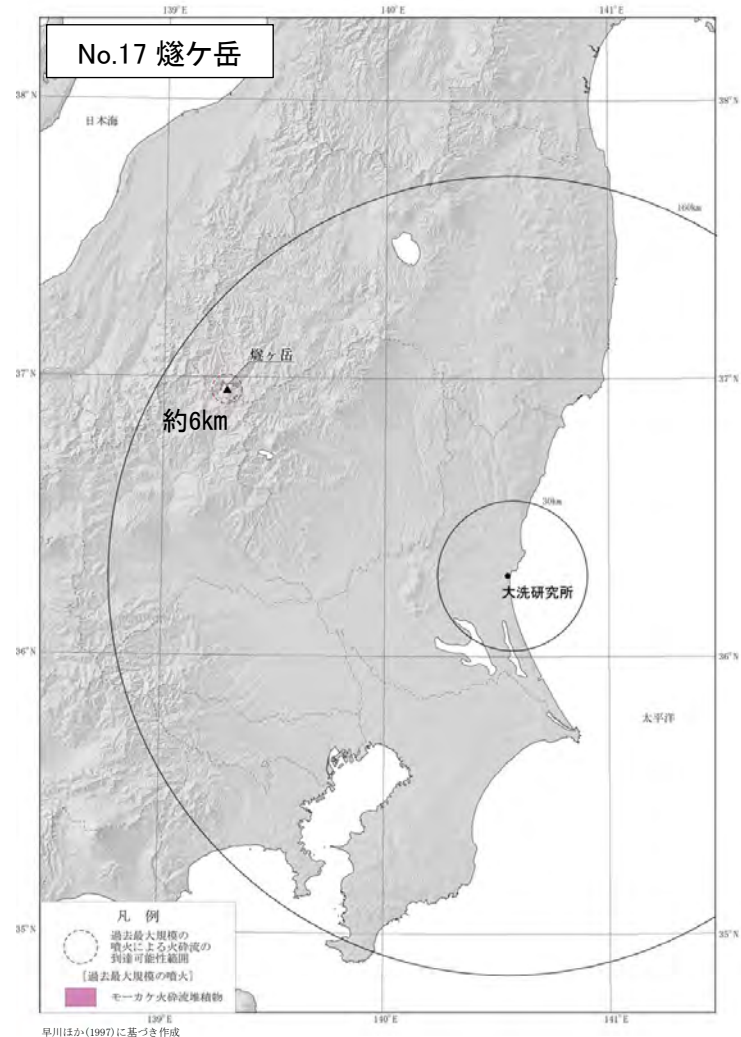
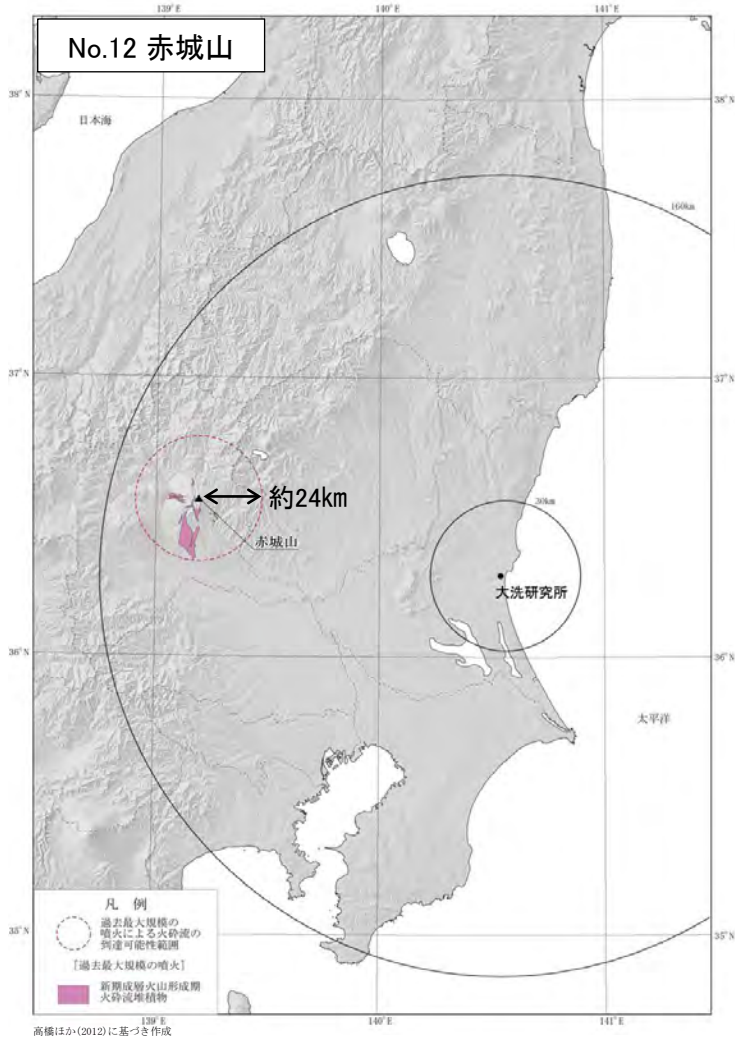
伴・高岡(1995)に基づき作成



佐々木(1994), 山崎(1958)に基づき作成

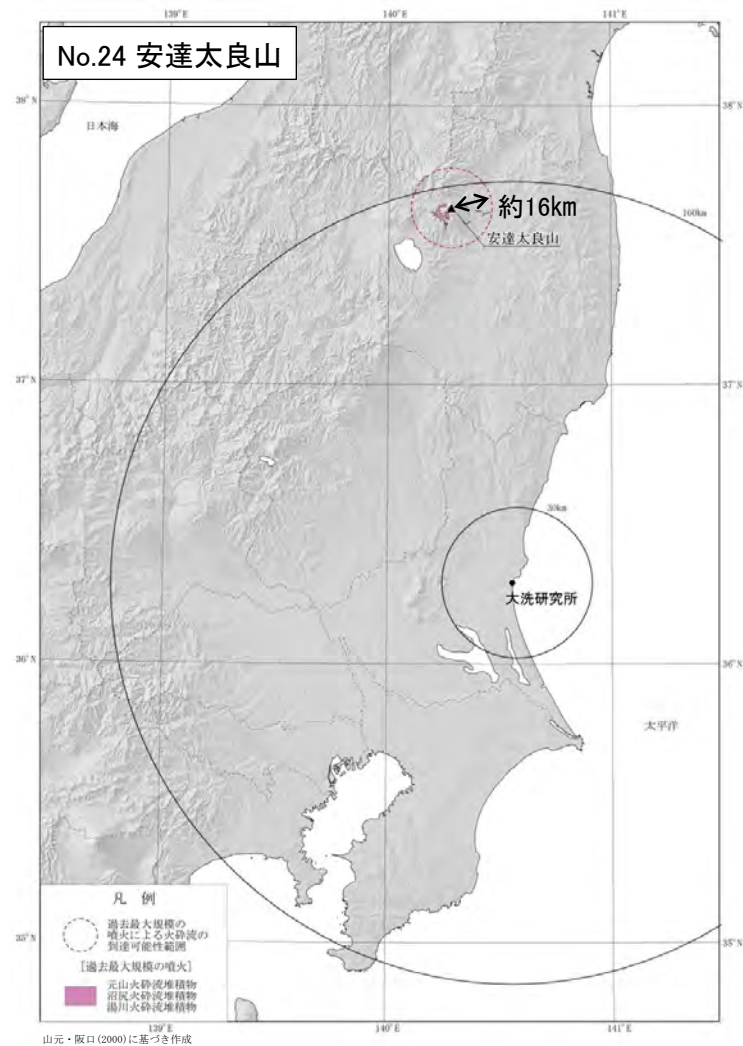
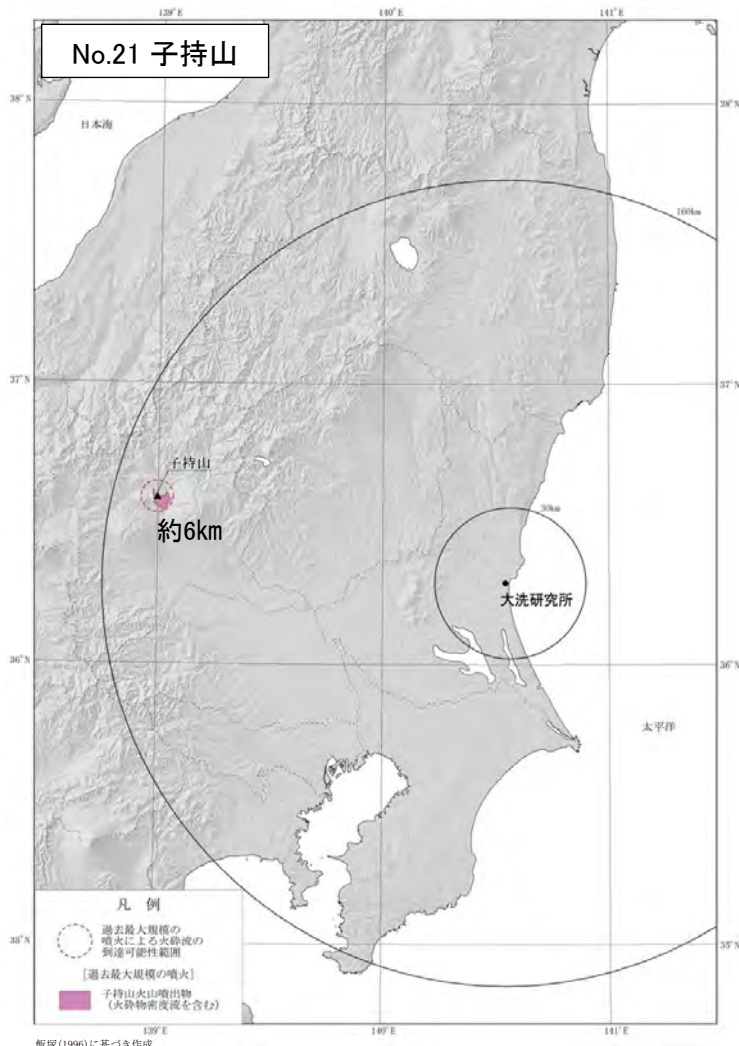
火砕物密度流の到達可能性範囲の検討 [12. 赤城山, 17. 燧ヶ岳]

- 赤城山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約24kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 燧ヶ岳の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約6kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。



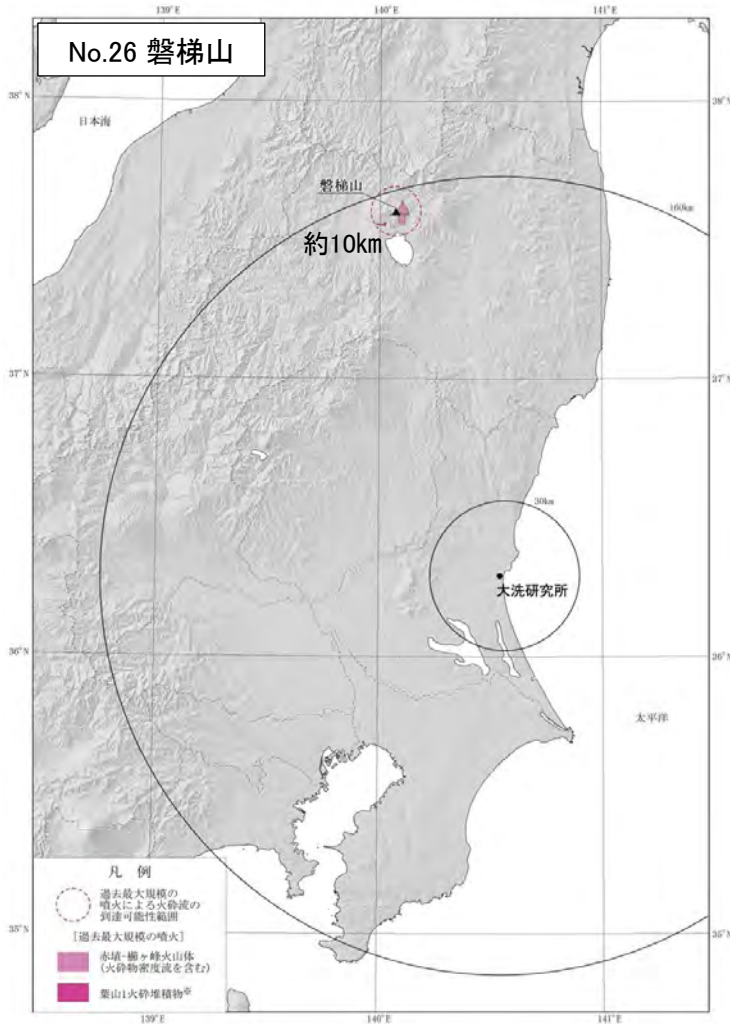
火砕物密度流の到達可能性範囲の検討 [21. 子持山, 24. 安達太良山]

- 子持山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約6kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
- 安達太良山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約16kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

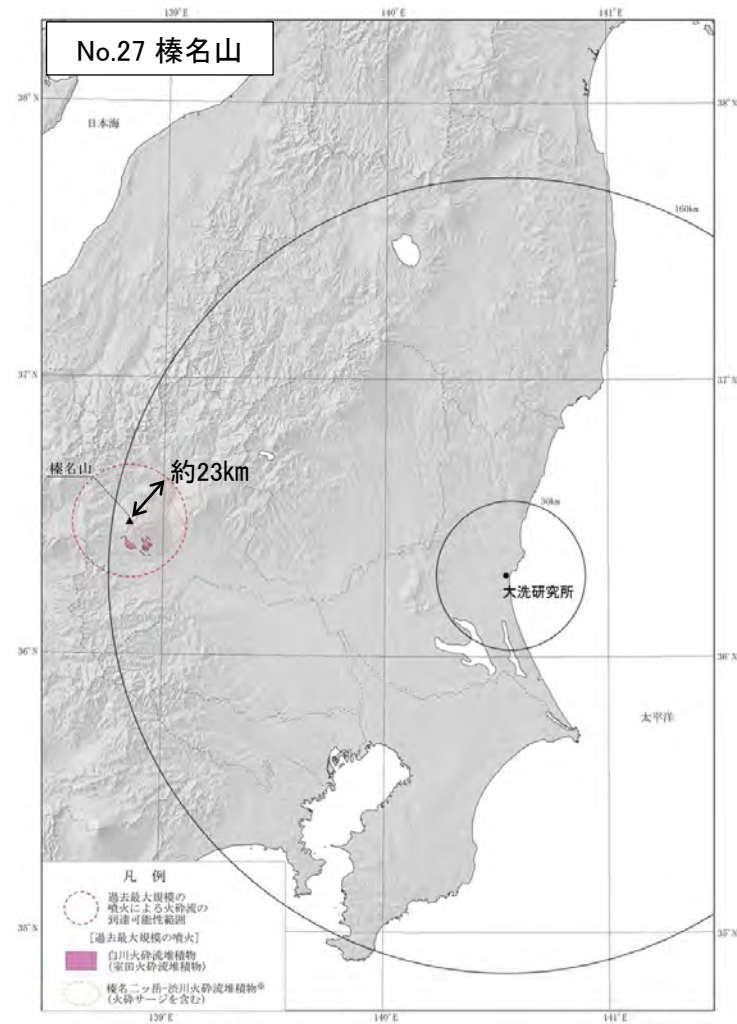


火砕物密度流の到達可能性範囲の検討 [26. 磐梯山, 27. 榛名山]

- 磐梯山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約10kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 榛名山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約23kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。



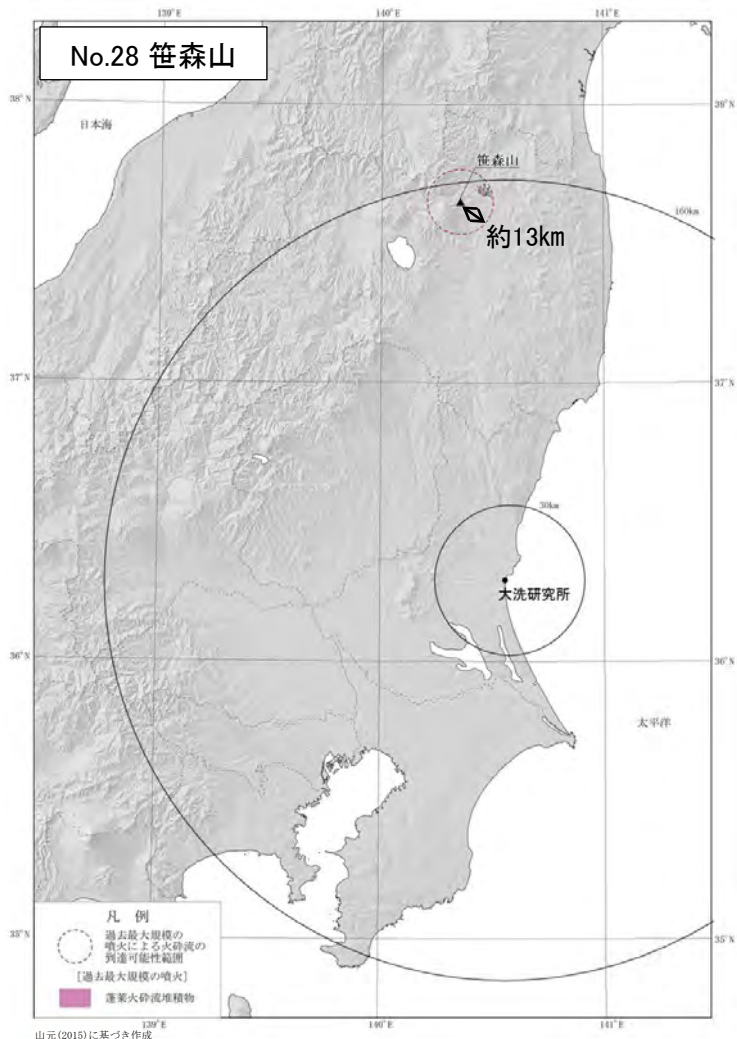
山元(2011), 山元・須藤(1996), 小荒井(1996)に基づき作成
 ※葉山1火砕流は過去最大規模の噴火ではないが、到達距離としては最大であるため併記した



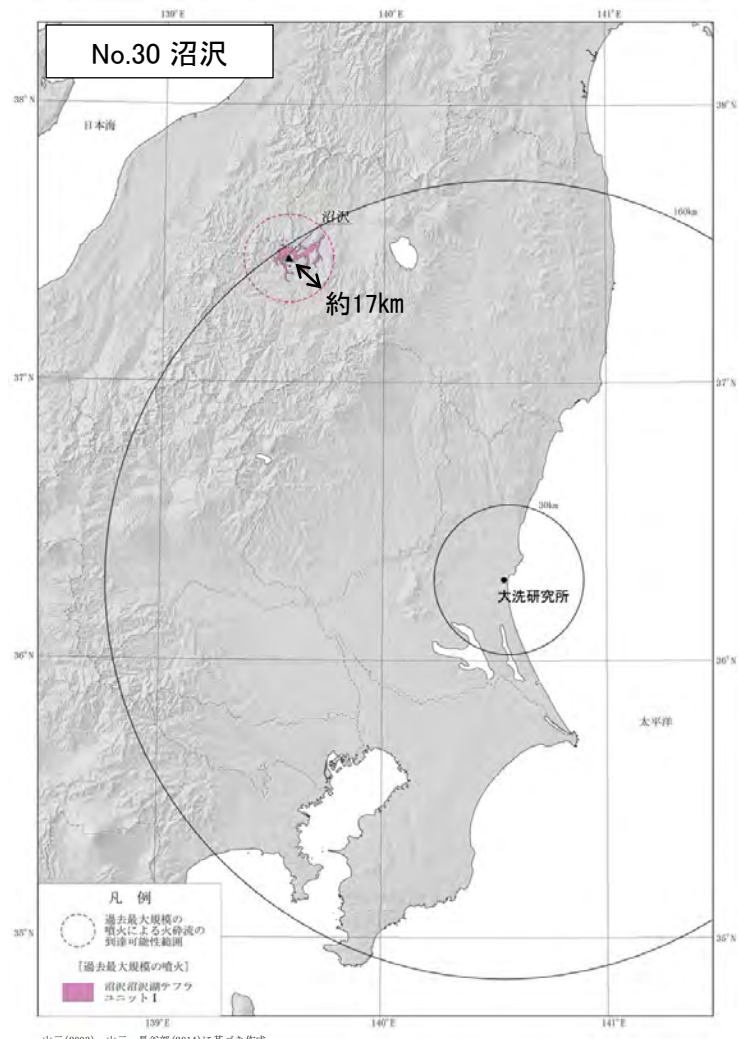
大森編(1986), 早田(1989)に基づき作成
 ※榛名ニッ岳-池川火砕流堆積物(大洗サージを含む)は過去最大規模の噴火ではないが、到達距離としては最大であるため併記した

火砕物密度流の到達可能性範囲の検討 [28. 笹森山, 30. 沼沢]

- 笹森山の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約13kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。
- 沼沢の過去最大規模の火砕物密度流の到達可能性範囲は噴出中心から約17kmであり、敷地から十分に離れていることから、施設に影響を及ぼす可能性は十分小さい。



山元(2015)に基づき作成



山元(2003), 山元・長谷部(2014)に基づき作成

4.施設に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及び その影響評価

4.1 降下火砕物の影響評価

(1)降下火砕物の層厚

(2)降下火砕物の密度

4.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価

4. 施設に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価

4.1 降下火砕物の影響評価(検討フロー)

- 降下火砕物の評価については、火山影響評価ガイドにおいて「火山抽出の結果にかかわらず、原子力発電所の敷地及びその周辺調査から求められる単位面積あたりの質量と同等の火砕物が降下するものとする。」とされている。このことから、評価にあたっては、地理的領域外の火山も対象として評価を行う。
- 降下火砕物に対しては想定する降灰量に建家が耐える設計方針とすることから、敷地において最大となる降下火砕物の層厚及び密度について、文献調査及び地質調査等の結果より検討し、設計上考慮する値として設定する。

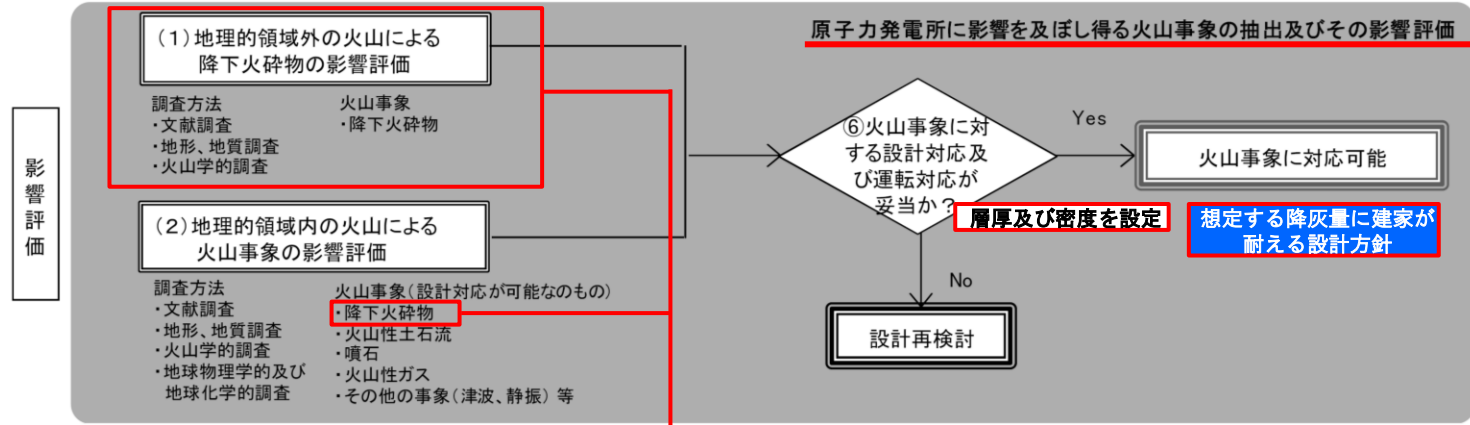


表1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象及び位置関係^{注1}

火山事象	潜在的に影響を及ぼす特性	原子力発電所との位置関係
1. 降下火砕物	静的な物理的負荷、気中及び水中の研磨性及び腐食性粒子	注2
2. 火砕物密度流：火砕流、サージ及びプラスト	動的な物理的負荷、大気の高圧、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. 岩層なだれ、地滑り及び斜面崩壊	動的な物理的負荷、大気の高圧、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、ガスの完満した湖、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. 地盤変動	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	継続的振動、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 JEA4625)

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。

※原子力発電所の火山影響評価ガイド(原子力規制委員会(2013))に加筆

降下火砕物の影響評価 (概要)

以下に示すフローのとおり降下火砕物の影響評価を行った。

降下火砕物の分布状況及びシミュレーションに基づく検討結果を踏まえ、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定する。

敷地周辺(半径約30km以内)で確認される主な降下火砕物

噴出源を同定できる降下火砕物(39テフラ)

噴出源不明な降下火砕物(1テフラ)

試験研究炉の運用期間中に
同規模の噴火の可能性は
あるか？※

なし
(26テフラ)

あり
(13テフラ)

・ 湊沼川テフラ
⇒山元(2013a)から、敷地から西北西約23km地点において確認されるが、層厚15cmの泥質堆積物中に再堆積として挟まれる軽石質の粗粒火山灰と示されているものである。

敷地において最大層厚となる降下火砕物
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)

<①降下火砕物の分布状況に基づく検討>

【分布(文献調査)】

- ・ 町田・新井(2011) : 10~40cm
- ・ 山元(2013a) : 32~64cm
(敷地は、32cm等層厚線付近に位置)
- ・ Ag-KP分布主軸は、敷地方向を向いている

【敷地及び敷地周辺の層厚】

- 文献調査
 - ・ 敷地近傍 : 約35cm
 - ・ 敷地周辺 : 概ね40cm以下
敷地から噴出源方向に約10kmの地点で50cmが確認される
 - 地質調査
 - ・ 敷地内 : 25~35cm (ボーリング及び露頭)
 - ・ 文献の分布及び層厚と整合している
- ⇒敷地周辺で最大50cmが確認され、**保守性を考慮して50cmと評価**

<②降下火砕物シミュレーションに基づく検討>

Ag-KPと同規模の噴火を想定し、現在の気象条件における不確かさを考慮した数値シミュレーションを実施(月別平年値・噴煙柱高度・風速・風向)

- ・ 月別平年値解析 : 最大約12cm
- ・ 不確かさ解析 : **最大約22cm** (風速の不確かさ : +1σ)
- ・ 現在の気象条件においては、不確かさを考慮しても敷地内及び周辺で確認された層厚を上回らない結果となった。

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・ 満美穴テフラ ・ 日光早乙女テフラ ・ 日光行川テフラ ・ 日光矢板テフラ ・ 鬼怒沼黒田原テフラ ・ 真岡テフラ ・ 立川ローム上部 ・ ガラス質テフラ ・ 浅間板鼻黄色テフラ ・ 箱根東京テフラ ・ 箱根吉沢下部7テフラ ・ 飯縄上樽aテフラ ・ 御嶽第1テフラ ・ 谷口テフラ | <ul style="list-style-type: none"> ・ 大峰テフラ ・ 大町Apmテフラ群 ・ 恵比須峠 福田テフラ ・ 丹生川テフラ ・ 貝塩上宝テフラ ・ 玉川R4テフラ ・ 八甲田国本テフラ ・ 大山倉吉テフラ ・ 阿蘇3テフラ ・ 阿蘇4テフラ ・ 始良Tnテフラ ・ 鬼界アカホヤテフラ ・ 鬼界葛原テフラ |
|--|--|

※敷地での層厚に関わらず同規模噴火の可能性を評価

降下火砕物の分布状況及びシミュレーションに基づく
検討結果から総合的に判断し、50cmと設定

敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物 (概要)

敷地周辺 (半径約30km以内) に分布が推定される主な降下火砕物の文献調査結果は以下に示すとおり。

- 降下火砕物を降灰させた噴火と同規模の噴火が試験研究炉の運用期間中に発生する可能性を確認し、同規模の噴火の可能性がある13テフラを検討対象とした。
- 敷地において最大層厚となる降下火砕物は、赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) である。
- なお、噴出源不明な降下火砕物である涸沼川テフラについては、山元 (2013a) から、敷地から西北西約23km地点において確認されるが、層厚15cmの泥質堆積物中に再堆積として挟まれる軽石質の粗粒火山灰と示されているものである。

敷地と火山との距離	敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物	記号	火山から敷地へ方向 (距離(km))	噴出源火山	試験研究炉の運用期間中の同規模噴火の可能性 (○:あり, ×:可能性は十分に小さい)		敷地の層厚	降下火砕物の噴火規模 (VE) ^{*1}
半径160km内	高原戸山2テフラ	Tk-TM2	南東 (約98km)	高原山	○	—	8cm以下 ^{*1}	5
	男体七本桜テフラ	Nt-S	東南東 (約110km)	男体・女峰火山群	○	—	0~20cm ^{*2}	4
	男体今市テフラ	Nt-I					0~20cm ^{*2}	4
	満美穴テフラ	Nk-Ma					32cm以下 ^{*3}	5
	日光早乙女テフラ	Nk-SO	東南東 (約110km)	男体・女峰火山群	×	女峰赤煙火山の活動が発生した降下火砕物であり、現在は男体山三ツ岳火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(1)参照)	16cm以下 ^{*3}	4
	日光行川テフラ	Nk-NM					16cm以下 ^{*3}	5
	日光矢板テフラ	Nk-YT					16cm以下 ^{*3}	4
	赤城鹿沼テフラ	Ag-KP					32cm~64cm^{*1}_{*2}	5
	赤城行川2テフラ	Ag-NM2	東南東 (約126km)	赤城山	○	—	4cm以下 ^{*1}	4
	赤城水沼1テフラ	Ag-MzP1					5cm~20cm ^{*2}	4
	赤城水沼2テフラ	Ag-MzP2					4cm以下 ^{*1}	4
	赤城水沼8テフラ	Ag-MzP8					8cm以下 ^{*1}	4
	赤城水沼9-10テフラ	Ag-MzP9-10					16cm以下 ^{*1}	4
	燧ヶ岳七入テフラ	Hu-NN					南東 (約136km)	燧ヶ岳
	沼沢芝原テフラ	Nm-SB	南東 (約157km)	沼沢	○	—	16cm以下 ^{*3}	4
榛名八崎テフラ	Hr-HP	東 (約154km)	榛名山	○	—	0cm~10cm ^{*2}	4	
鬼怒沼黒原テフラ	Kn-KD	東南東 (約125km)	鬼怒沼	×	将来の活動可能性のない火山 (立地詳細に基づく)	16cm以下 ^{*3}	5	

*1: 山元 (2013a) p. 251-304, *2: 町田・新井 (2011), *3: 山元 (2012), *4: 大石 (2009), *5: 鈴木 (2001), *6: Tamura et al (2008), *7: 鈴木・早川 (1990), *8: 鈴木・中山 (2007), *9: 鈴木ほか (2001), *10: 山元 (2013b)

※1: 噴火規模 (VEI) の定義は町田・新井 (2011) に基づく
 ※2: 敷地は、32cm等層厚線付近に位置し、敷地周辺で最大50cmが確認される。
 (詳細はP. 62参照)

敷地と火山との距離	敷地及び敷地近傍で確認される主な降下火砕物	記号	火山から敷地へ方向 (距離(km))	噴出源火山	試験研究炉の運用期間中の同規模噴火の可能性 (○:あり, ×:可能性は十分に小さい)		敷地の層厚	降下火砕物の噴火規模 (VE) ^{*1}
半径160km外	真岡テフラ	MoP	東南東 (約172km)	飯士山	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(2)参照)	32cm~16cm ^{*1}	5
	立川ルーム上部ガラス質テフラ	UG	東 (約183km)	浅間山	×	仏岩期の活動で発生した降下火砕物であり、現在は前掛火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(3)参照)	0cm以上 ^{*2}	6
	浅間板鼻黄色テフラ	As-YP					0cm以上 ^{*2}	5
	四阿菅平2テフラ	Azy-SgP2	東 (約194km)	四阿山	○	—	0cm以上 ^{*4}	5
	箱根東京テフラ	Hk-TP	北東 (約180km)	箱根火山群	×	現在は溶岩ドームの活動が継続 (顕著な降下火砕物発生はない) (同規模噴火の可能性(4)参照)	0cm以上 ^{*2}	6
	箱根吉沢下7テフラ	Hk-Klp7					0cm以上 ^{*2}	5
	飯縄上榑アテフラ	In-Kta	東 (約223km)	飯縄山	×	現在は活動停止期が継続 (同規模噴火の可能性(5)参照)	0cm以上 ^{*5}	?
	御岳第1テフラ	On-Pm1	東北東 (約280km)	御嶽山	×	山頂付近における小規模の噴火活動が継続 (同規模噴火の可能性(6)参照)	10cm~0cm ^{*2}	6
	谷口テフラ	Tng	東 (約254km)	飛驒山脈 (爺ヶ岳)	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(7)参照)	30cm以下 ^{*6}	?
	大峰テフラ (大峰-SK110)	Omn (Omn-SK110)					10cm以下 ^{*6}	6?
	大町Apmテフラ群	Tky-Ng1	東 (約265km)	飛驒山脈 (横沢岳)	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(8)参照)	0cm以上 ^{*7}	6?
	恵比須峠福田テフラ	Ebs-Fkd	東 (約261km)	飛驒山脈 (穂高岳)	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(7)参照)	約30cm ^{*6}	7?
	丹生川テフラ (穂高-Kd39)	Nyg (Htk-Kd39)					20cm~10cm ^{*6}	?
	貝塩上空テフラ	KMT	東 (約275km)	飛驒山脈 (上宝)	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(9)参照)	0cm以上 ^{*2}	6?
	玉川R4テフラ	Tmg-R4	南 (約412km)	玉川カルデラ	×	将来の活動可能性のない火山 (同規模噴火の可能性(10)参照)	0cm以上 ^{*8}	6
八甲田1テフラ (八甲田国本テフラ, Ku1)	Hkd1	南 (約491km)	八甲田カルデラ	×	現在は後カルデラ火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(11)参照)	0cm以上 ^{*9}	?	
大山倉吉テフラ	DKP	東北東 (約641km)	大山	×	数km ³ 以下の噴火活動が継続 (同規模噴火の可能性(12)参照)	5cm~0cm ^{*2}	6	
阿蘇3テフラ	Aso-3	東北東 (約943km)	阿蘇カルデラ	×	現在は後カルデラ火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(13)参照)	0cm以上 ^{*2}	7	
阿蘇4テフラ	Aso-4					15cm以下 ^{*2}	7	
始良Tnテフラ	AT	東北東 (約1045km)	始良カルデラ	×	現在は後カルデラ火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(14)参照)	20cm~10cm ^{*2}	7	
鬼界アカホヤテフラ	K-Ah	北東 (約1126km)	鬼界カルデラ	×	現在は後カルデラ火山の活動が継続 (同規模噴火の可能性(15)参照)	20cm~0cm ^{*2}	7	
鬼界葛原テフラ	K-Kz					5cm~2cm ^{*2}	7	
噴出源不明	涸沼川テフラ	—	—	—	—	(再堆積) ^{*10}	—	

□ 試験研究炉の運用期間中の同規模噴火の可能性あり。
 □ 試験研究炉の運用期間中の同規模噴火の可能性が十分に小さい。

- (1)男体・女峰火山群
- (2)飯土山(真岡テフラ)
- (3)浅間山(立川ローム上部ガラス質テフラ, 浅間板鼻黄色テフラ)
- (4)箱根火山群(箱根東京テフラ, 箱根吉沢下部7テフラ)
- (5)飯縄山(飯縄上樽aテフラ)
- (6)御嶽山(御嶽第1テフラ)
- (7)飛騨山脈①(【爺ヶ岳】谷口テフラ,大峰テフラ 【穂高岳】恵比須峠福田テフラ,丹生川テフラ)
- (8)飛騨山脈②【樅沢岳】(大町Apmテフラ群)
- (9)飛騨山脈③【上宝】(貝塩上宝テフラ)
- (10)玉川カルデラ(玉川R4テフラ)
- (11)八甲田カルデラ(八甲田国本テフラ)
- (12)大山火山(大山倉吉テフラ)
- (13)阿蘇カルデラ(阿蘇4, 阿蘇3テフラ)
- (14)始良カルデラ(始良Tnテフラ)
- (15)鬼界カルデラ(鬼界アカホヤテフラ, 鬼界葛原テフラ)

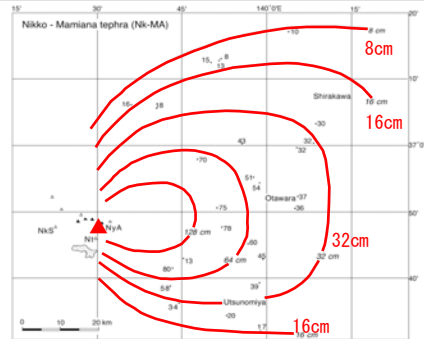
同規模噴火の可能性：(1) 男体・女峰火山群(1/3) (満美穴テフラ, 日光早乙女テフラ, 日光行川テフラ, 日光矢板テフラ)

男体・女峰火山群を噴出源火山とする満美穴テフラ, 日光早乙女テフラ, 日光行川テフラ, 日光矢板テフラについて, 試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

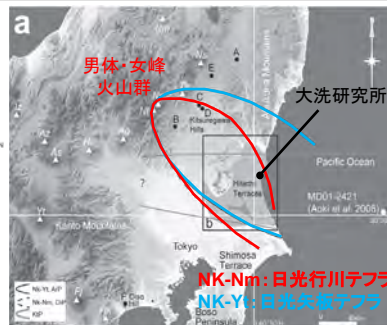
- 佐々木(1994)によれば, 男体・女峰火山群の活動は日光溶岩ドーム群, 女峰赤薙火山, 男体火山に分けられ, 満美穴テフラ, 日光早乙女テフラ, 日光行川テフラ, 日光矢板テフラを発生させた活動期は女峰赤薙火山であり, 現在は男体火山の活動となっている。

火山名	男体・女峰火山群
敷地からの距離	約110km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約90万年前以降, 最新約7000年前

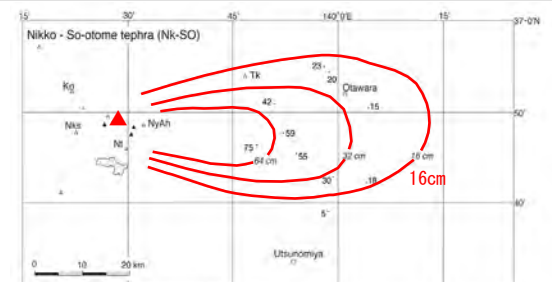
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。



満美穴テフラの等層厚線図 (山元(2012)に加筆)



日光行川テフラ及び日光矢板テフラの等層厚線図 (大井ほか(2013)に加筆)



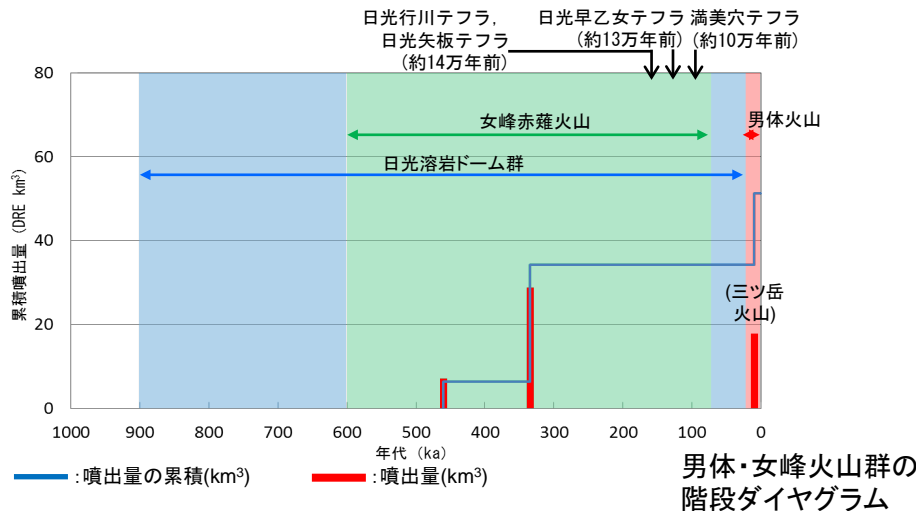
日光早乙女テフラの等層厚線図 (山元(2012)に加筆)

男体・女峰火山群の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
7 ka	男体火山	男体湯殿山テフラ	>17	村本(1992)
20 ka	(第1期, 第2期, 第3期)	男体小川テフラ 等		
15 ka以降	三ツ岳火山	南三岳北溶岩 南三岳南溶岩 等	不明	鈴木ほか(1994)
20 ka	日光溶岩ドーム群	大真名子火山	6.29	第四紀火山カタログ委員会編(1999)
		於呂俱羅火山 等		
70 ka	女峰赤薙火山 (前期, 中期, 後期)	東赤田第1, 第2テフラ 前期噴出物 等 (満美穴テフラ: VE15*) (日光早乙女テフラ: VE14*) (日光行川テフラ: VE15*) (日光矢板テフラ: VE14*)	28	山元(2013a) 中野ほか(2013) 石崎ほか(2014) 西来ほか(2016)
600 ka				
900 ka				

・活動年代については, 各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価

※噴火規模 (VEI) の定義は町田・新井(2011)に基づく



男体・女峰火山群の階段ダイアグラム

※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)で示し, その期間の噴出量を期間の中央値に示す。
※三ツ岳火山については噴出量不明であるため, 括弧付けで, 想定される年代に示す。

以上のことから, 現在の男体山の活動が継続すると考えられ, 試験研究炉の運用期間中における満美穴テフラ, 日光早乙女テフラ, 日光行川テフラ及び日光矢板テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

同規模噴火の可能性：(1) 男体・女峰火山群(2/3)

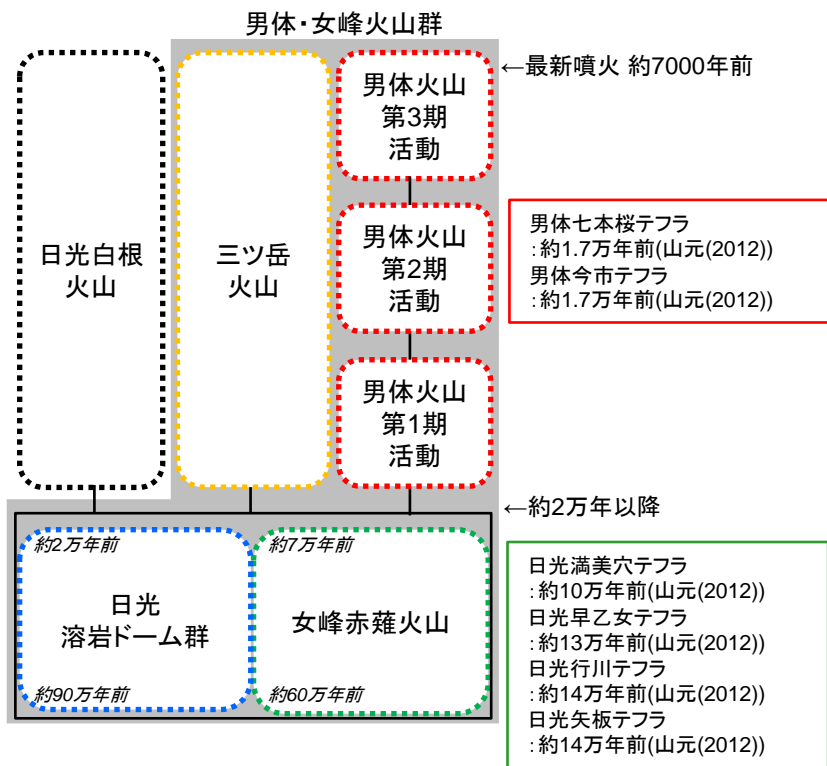
佐々木(1994)によれば、男体・女峰火山群の活動は、女峰赤蕨火山及び日光溶岩ドーム群の活動を経て、約2万年前以降からは男体火山、三ツ岳火山、日光白根火山*の活動を開始し、現在もその活動を継続している。

なお、石崎(2014)によれば、男体・女峰火山群の現在の活動である、男体火山の活動について以下の見解を示している。

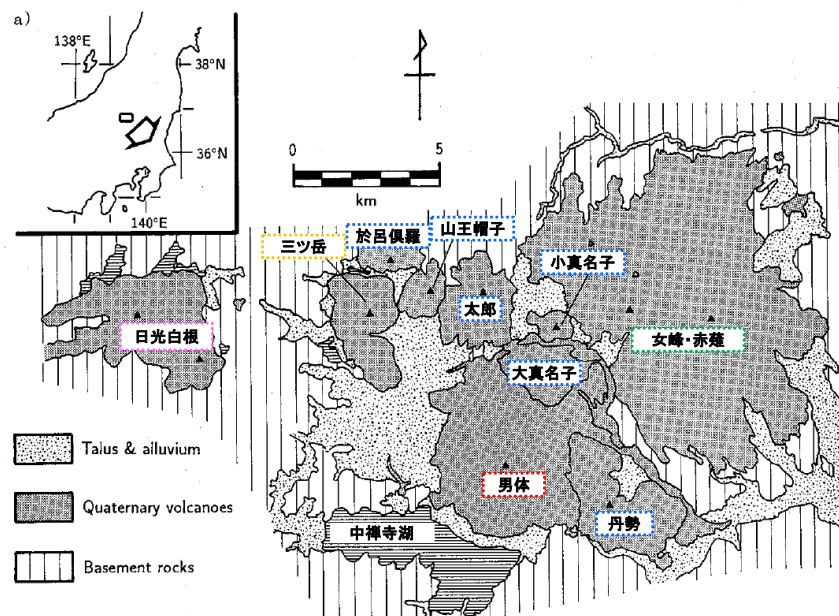
- ・第1期活動(成層火山形成期)、第2期活動(大規模な火砕噴火)、第3期活動(第2期活動以降の噴火活動)に区分
- ・第2期活動: 男体今市テフラと志津スコリア流の噴出と、その後の男体七本桜テフラ、荒沢・竜頭軽石流を噴出
- ・第3期活動: 水蒸気噴火、マグマ水蒸気噴火、溶岩の流出等が発生

※中野ほか編(2013)及び西来ほか(2016)では、日光白根山は1つの火山として定義される。
また、中野ほか編(2013)の男体・女峰火山群は、西来ほか(2016)の大真名子山、女峰山、男体・女峰火山群に相当する。

■ 男体・女峰火山群の活動区分



■ 男体・女峰火山群を含む火山群の地質図



佐々木(1994)に加筆

佐々木(1994), 中野ほか編(2013), 西来ほか編(2016)に基づき作成
男体火山の活動履歴は石崎ほか(2014)による



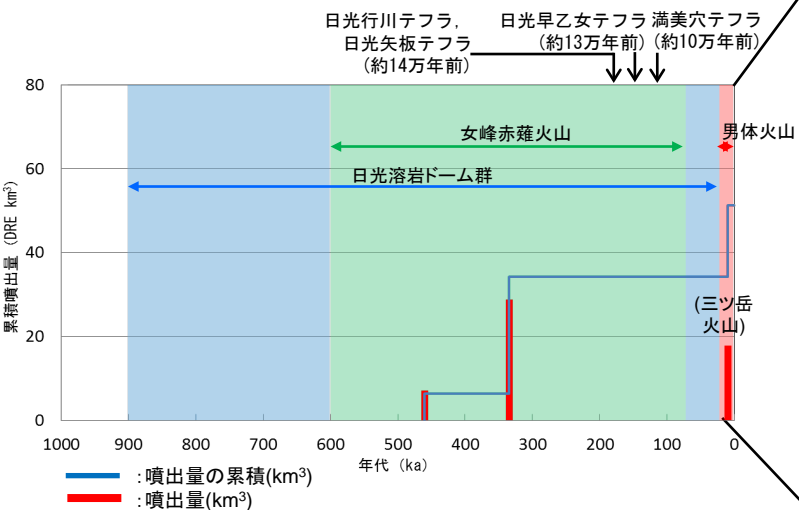
同規模噴火の可能性：(1) 男体・女峰火山群 (3/3) (階段ダイヤグラム)

男体・女峰火山群の詳細な階段ダイヤグラムを以下に示す。

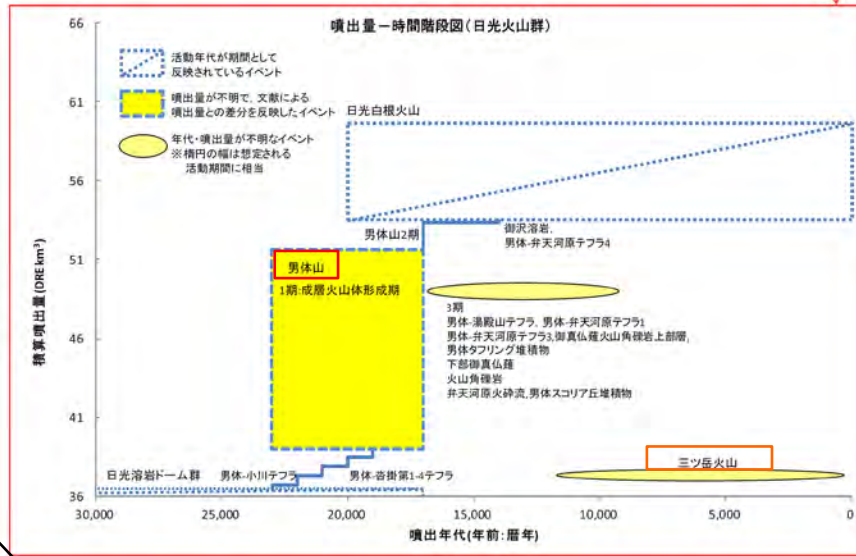
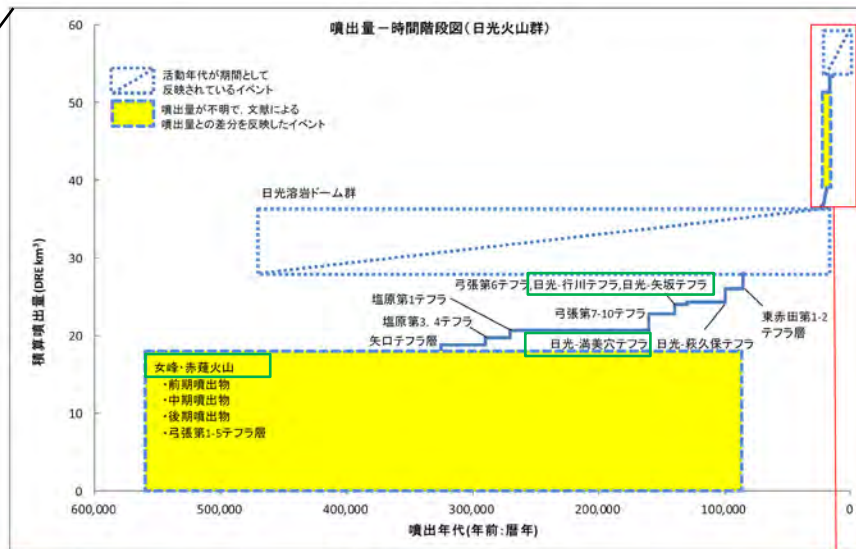
山元(2014b)によれば、現在は約2万年前～現在の男体火山、三ツ岳火山、日光白根火山※¹の活動となっているのに対し、日光早乙女テフラ、日光行川テフラ、日光矢板テフラは約60万年前～約7万年前の女峰赤薙火山の活動で発生したテフラである。

※1: 中野ほか(2013)及び西来ほか(2016)では、日光白根山は1つの火山として定義される。
また、中野ほか(2013)の男体・女峰火山群は、西来ほか(2016)の大真名子山、女峰山、男体・女峰火山群に相当する。

■ 男体・女峰火山群の階段ダイヤグラム



※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)で示し、その期間の噴出量を期間の中央値に示す。
※三ツ岳火山については噴出量不明であるため、括弧付けで、想定される年代に示す。



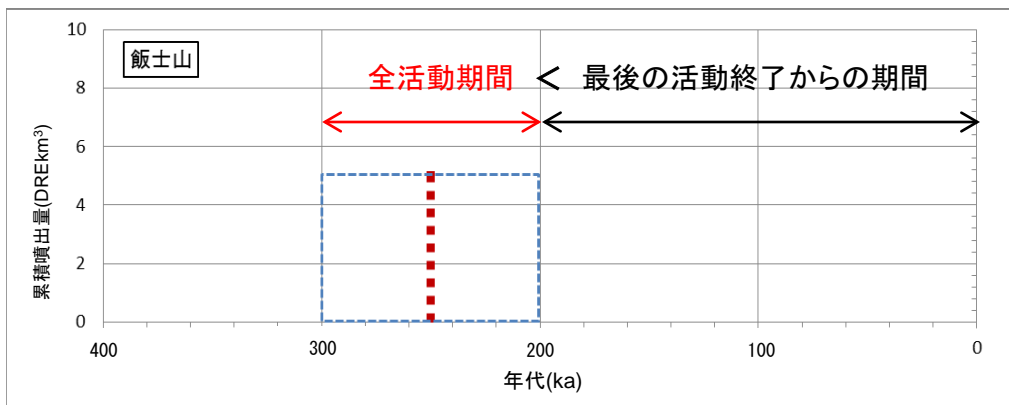
山元(2014b)に加筆



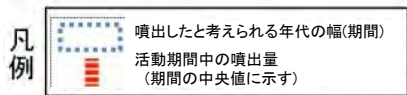
同規模噴火の可能性：(2) 飯土山(真岡テフラ)

飯土山を噴出源火山とする真岡テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

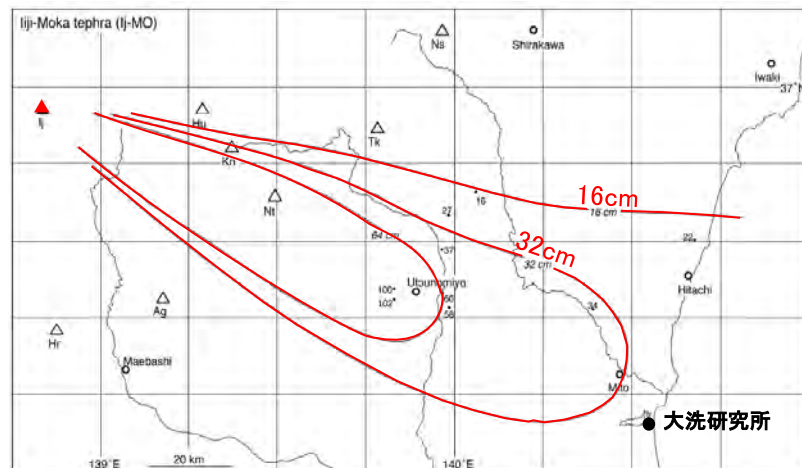
- 西来ほか(2016), 中野ほか(2013), 赤石・梅田(2002)によれば, 飯土山の活動形式は成層火山であり, その活動年代は約30万年前~約20万年前とされている。
- 全活動期間(約10万年)よりも最後の活動からの期間(約20万年)が長いことから, 将来の活動可能性はないと判断される。



西来ほか(2016), 中野ほか(2013), 赤石・梅田(2002)に基づき作成



飯土山の階段ダイアグラム



第26図 飯土真岡テフラ(Ij-MO)の分布

数字は降下火砕堆積物の層厚で, 単位はcm. Ag=赤城火山; Hr=榛名火山; Ni=盤ヶ岳火山; Ij=飯土火山; Kn=鬼怒沼火山; Ni=男体火山; Tr=高原火山。

飯土真岡テフラの等層厚線図 (山元(2013a)に加筆)

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから, 将来の活動可能性はないと判断される。
以上のことから, 試験研究炉の運用期間中における真岡テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(3) 浅間山(立川ローム上部ガラス質テフラ，浅間板鼻黄色テフラ)

浅間山を噴出源火山とする立川ローム上部ガラス質テフラ及び浅間板鼻黄色テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 山元(2014b)によれば、立川ローム上部ガラス質テフラ(VEI6)*及び浅間板鼻黄色テフラ(VEI5)*は仏岩火山の活動であり、現在は前掛火山の活動となっている。
- 現在の活動での最大規模の噴火は、浅間Bテフラ(VEI5)*であるが、敷地周辺(半径約30km以内)で確認または分布は推定されない。

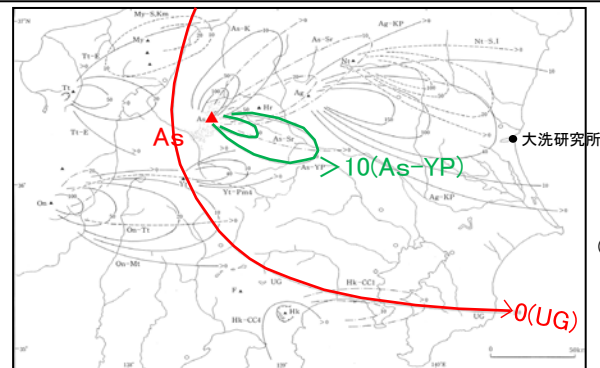
火山名	浅間山
敷地からの距離	約183km
火山の形式	複成火山，溶岩流，溶岩ドーム
活動年代	約13万年前～最新噴火AD.2015
概要	高橋ほか(2013)によれば、浅間山の活動は、黒斑火山，仏岩火山，前掛火山に区分される。高橋・安井(2013)によれば、最新期の活動である前掛火山は約1万年前(山元(2014b))から活動を開始したとされる。2015年にはごく小規模な噴火が発生し、微量の降灰が確認された(気象庁(2015))。

*火山名，火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

浅間山の活動履歴

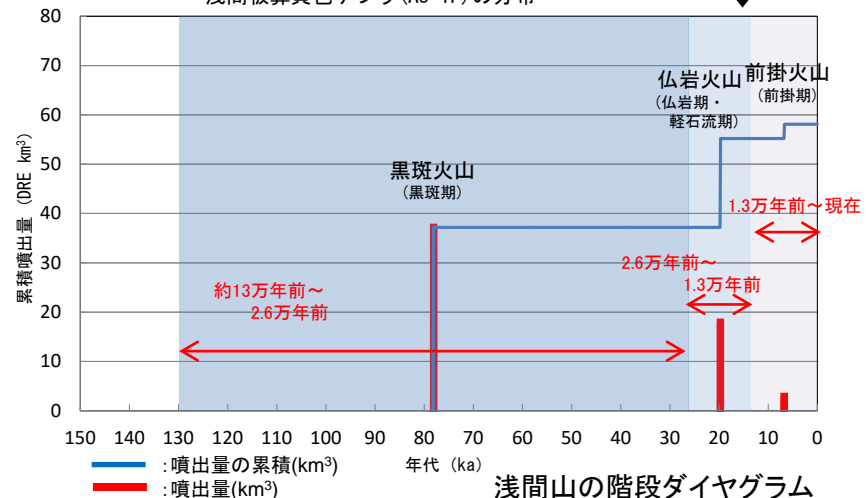
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2015	前掛火山：前掛期	2008年～2009年噴火堆積物 AM1 等 (浅間Bテフラ：VEI5*)	3	山元(2014b) 気象庁(2015)
13ka	仏岩火山：仏岩期・軽石流期	仏岩上部溶岩 雲場火砕流 等	18	
26ka		立川ローム上部ガラス質テフラ：VEI6*， 浅間板鼻黄色テフラ：VEI5*		
130 ka	黒斑火山：黒斑期	板鼻褐色軽石-7 牙溶岩グループ 等	37	

*活動年代については、各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価
※噴火規模(VEI)の定義は町田・新井(2011)に基づく



立川ローム上部ガラス質火山灰(UG)，浅間板鼻黄色テフラ(As-YP)の分布
立川ローム上部ガラス質テフラ，浅間板鼻黄色テフラ(約1.6万年前)

(町田・新井(2011)に加筆)



浅間山の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

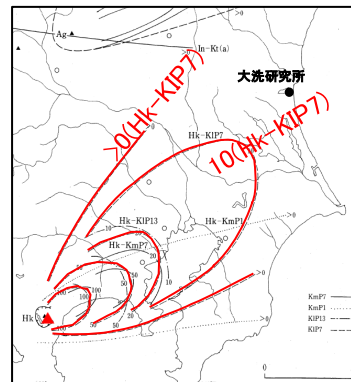
以上のことから、試験研究炉の運用期間中における立川ローム上部ガラス質テフラ及び浅間板鼻黄色テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

同規模噴火の可能性：(4) 箱根火山群(1/2) (箱根東京テフラ, 箱根吉沢下部7テフラ)

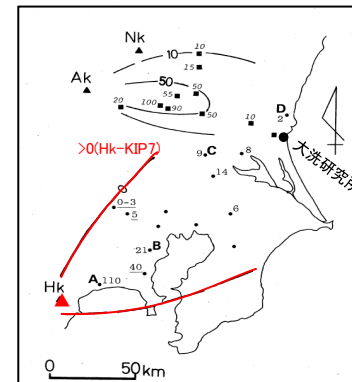
箱根火山群を噴出源火山とする箱根東京テフラ及び箱根吉沢下部7テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 山元(2014b)によれば、箱根東京テフラは爆発的噴火を主体としていたステージ6、箱根吉沢下部7テフラはステージ5で発生した降下火砕物である。
- 現在は中央火口丘での溶岩ドームの活動であるステージ7であり、顕著な降下火砕物の発生は確認されない。

火山名	箱根火山群
敷地からの距離	約180km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 溶岩流, 複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約65万年前～最新噴火AD.2015
概要	長井・高橋(2008)によれば、箱根火山群の活動は、初期の陸上火山活動であるステージ1、玄武岩～安山岩質成層火山群形成期のステージ2、安山岩質成層火山群及び独立単成火山群形成期のステージ3、カルデラ及び独立単成火山群形成期のステージ4、前期中央火口丘形成期のステージ5、爆発的噴火期のステージ6、後期中央火口丘形成期のステージ7に区分される。



箱根東京テフラ(HK-KIP7)の層厚分布 (町田・新井(2011)に加筆)



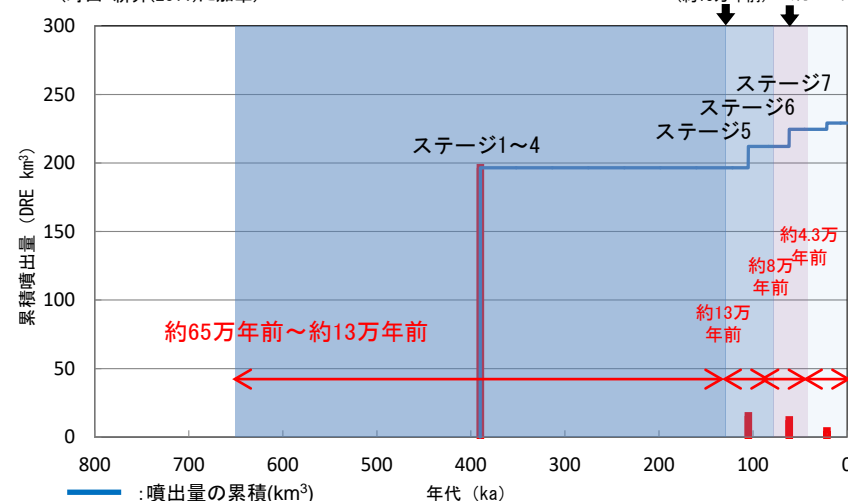
箱根吉沢下部7テフラの層厚分布 (鈴木(1989)に加筆)

・火山名、火山の形式は中野ほか(2013)に基づく

箱根火山群の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2015	ステージ7	2015年噴火堆積物 小塚山溶岩ドーム 等	5	山元(2014b) 気象庁(2015)
43 ka	ステージ6	箱根中央火口丘1～7テフラ 箱根Da-5軽石 等 箱根東京テフラ：VEI6*	13	
80 ka	ステージ5	屏風山溶岩 畑宿溶岩 等 箱根吉沢下部7テフラ：VEI5*	16	
130 ka	ステージ1～4	箱根函南火砕流 天昭山溶岩グループ 等	197	
650 ka				

・活動年代については、各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価
※噴火規模(VEI)の定義は町田・新井(2011)に基づく



箱根火山群の階段ダイヤグラム
・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

以上のことから、試験研究炉の運用期間中における箱根東京テフラ及び箱根吉沢下部7テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

同規模噴火の可能性：(4) 箱根火山群(2/2) (箱根東京テフラ, 箱根吉沢下部7テフラ)

- ・長井・高橋(2008)によれば、箱根火山群の活動は、ステージ1～7に区分される。各ステージの活動に関する情報を以下のとおり整理した。
- ステージ1～3: 成層火山群形成期・・・約0.65Maに活動を開始し、玄武岩質の成層火山や単成火山を形成し、約0.35Ma前後から安山岩質火山体が卓越
- ステージ4: カルデラ形成期・・・約0.23Ma～0.13Maに規模の大きいプリニー式噴火によって、降下軽石・軽石流の噴出が繰り返されて、カルデラを形成
- ステージ5～6: 前期中央火口丘期・・・約0.13Ma～0.08Maにプリニー式噴火が繰り返されるとともに、カルデラ地域内で安山岩～デイサイトの単成火山群が発達した。0.08Ma～0.04Maには規模の大きいプリニー式噴火を繰り返した。
- ステージ7: 後期中央火口丘形成期・・・爆発的噴火は0.04Ma頃に終了し、その後はカルデラ内で安山岩質の小規模な成層火山や溶岩ドーム等の単成火山群(後期中央火口丘)が形成された。

活動期	外輪山期				中央火口丘期		
	成層火山群形成期			カルデラ形成期	前期中央火口丘期		後期中央火口丘形成期
活動期間	ステージ1 (0.65～0.35Ma)	ステージ2 (0.35～0.27Ma)	ステージ3 (0.27～0.23Ma)	ステージ4 (0.23～0.13Ma)	ステージ5 (0.13～0.08Ma)	ステージ6 (0.08～0.04Ma)	ステージ7 (0.04Ma～現在)
マグマ噴出量	197DREkm ³				16DREkm ³	13 DREkm ³	5DREkm ³
山体形成様式	成層火山群の形成	成層火山群の形成	成層火山群, 単成火山群の形成	カルデラの形成 単成火山群の形成	中央火口丘の形成, 成層火山, 単成火山群の形成	成層火山, 単成火山群の形成, 小型のカルデラ形成	成層火山, 単成火山の 形成
主な噴火様式	溶岩の流出	溶岩の流出	溶岩の流出	溶岩の流出, プリ ニー式噴火の噴出 (降下軽石, 火砕流)	溶岩の流出, プリニー式噴火 (降下軽石)	溶岩の流出, プリニー式噴火 (降下軽石, 火砕流)	溶岩の流出, 溶岩ドーム
主な噴出物	湯河原火山体 天昭山溶岩グループ等	掘木沢溶岩グループ 金時山溶岩グループ等	江之浦溶岩グループ 丸岳火山体等	箱根函南火砕流 多摩Tcuテフラ等	屏風山溶岩 畑宿溶岩等 (箱根吉沢下部7テフラ)	箱根山中央火口丘1～7テフラ 箱根Da-5軽石等 (箱根東京テフラ)	2015年噴火堆積物 小塚山溶岩ドーム等
マグマ組成	玄武岩	玄武岩～安山岩	安山岩～デイサイト	デイサイト, 玄武岩 ～流紋岩	デイサイト～流紋岩	デイサイト, 安山岩～流紋岩	安山岩

箱根火山の形成史の概念図

長井・高橋(2008)及び山元(2014b)に基づき作成

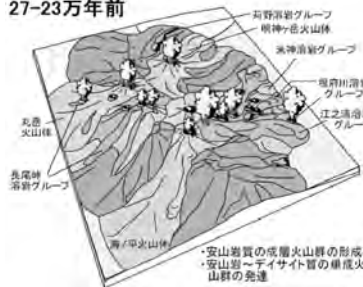
ステージ3: 成層火山形成期

ステージ4: カルデラ形成期

ステージ5, 6: 前期中央火口丘形成期

ステージ7: 後期中央火口丘形成期

27-23万年前



23-13万年前



13-8万年前



8-4万年前



4万年前～現在





同規模噴火の可能性：(5) 飯縄山(飯縄上樽aテフラ)

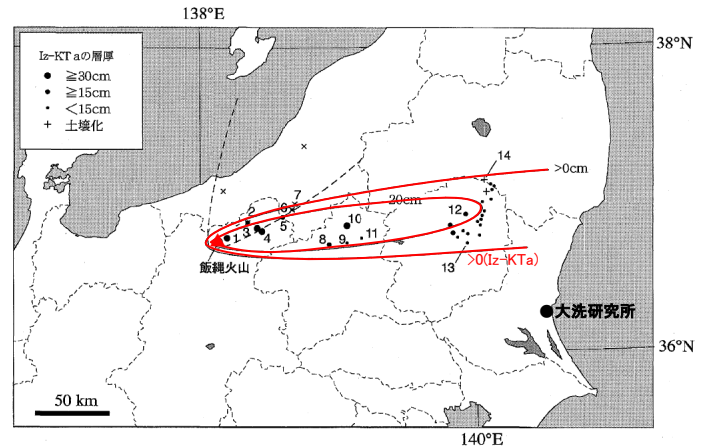
飯縄山を噴出源火山とする飯縄上樽aテフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 飯縄山は、二つの活動期間(第I活動期、第II活動期)に大別され、第I活動期は、約34万年前ごろ、第II活動期は約20万年前にはじまり、飯縄上樽aテフラは第II活動期に発生した(早津ほか(2008))。
- 飯縄山は妙高火山群を構成する火山の1つであり、その活動は玄武岩のマグマによって開始され、デイサイト質マグマの活動によって終わる(早津ほか(2008))。第II活動期においても、噴出するマグマの性質が玄武岩質⇒安山岩質⇒デイサイト質へと変化しており、約15万年前に主要な活動は終了し、現在は活動休止期間となっている(早津ほか(2008))。
- 約6万年前に水蒸気爆発が発生しているが、それ以降の噴火の形跡はなく、噴気活動や高温の温泉の湧出等は全く認めることができず、現在、火山活動は完全に停止状態にあると考えられる(早津ほか(2008))。

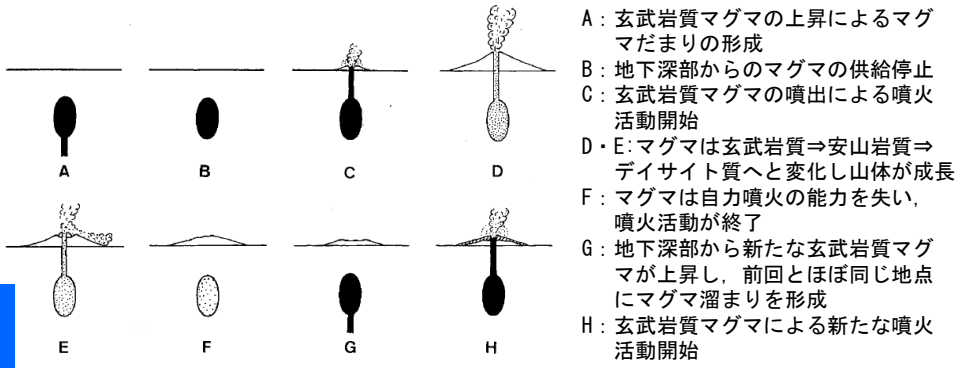
年代 (ka)	形成史区分	地層名				岩質	
		火山体	指標テフラ層	崩壊堆積物	その他		
150	第II休止期	怪無山溶岩流	高山火山灰層 (IZ-TY)		新原湖成層	角閃石安山岩質 (H)	
		高デッキ溶岩流	上樽軽石層 (IZ-KT)			デイサイト質 (H)	
		天狗岳溶岩流				輝石安山岩質 (H)	
		1340m峰溶岩流					
		富士見山溶岩流	西山軽石層 (IZ-NY)				
	第II活動期	カルデラ期			湖水岩層なだれ堆積物	新原湖沼堆積物	
		第3期	踏沢火砕流堆積物			カルデラ湖沼堆積物	角閃石・輝石安山岩質 (H)
			笠山溶岩流			火山層状地堆積物	輝石安山岩質 (P)
			飯縄山溶岩層	古間スコリア層 (IZ-FM)			かんらん石・輝石安山岩質 (P)
			飯縄火砕流堆積物				玄武岩質 (P)
第2期	飯縄火砕流堆積物						
170-190	成層火山期	藤原溶岩層		牟礼岩層なだれ堆積物	火山層状地堆積物	かんらん石・輝石安山岩質 (P)	
		大沢溶岩層				玄武岩質 (P)	
		鳥屋川火砕堆積物					
		1017m峰スコリア層					
		瑞穂山溶岩層					
220-230	第1期	黒滝山溶岩層					
		黒滝スコリア層					
		西沢溶岩層					
		西沢溶岩層					
		西沢溶岩層					
340	第I活動期	桂沢溶岩層				安山岩質 (H)	
		殿沢溶岩層				デイサイト質(H)	

H: しそ輝石質岩系, P: ビジョン輝石質岩系.

飯縄山の噴火史 (早津ほか(2008)に加筆)



飯縄上樽aテフラの等層厚線図 (鈴木(2001)に加筆)



妙高火山群の形成とマグマだまりの関係 (早津ほか(2008))

以上のことから、試験研究炉の運用期間中における飯縄上樽aテフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(6) 御嶽山(御嶽第1テフラ) (1/3)

御嶽山を噴出源火山とする御嶽第1テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 山元(2014b), 及川ほか(2014)によれば, 御嶽山の活動は古期御嶽火山と新期御嶽火山に分けられ, 現在は新期御嶽火山の活動期であり, 御嶽第1テフラは約10万年前に発生したとされる。
- 木村(1993)によれば, 新期御嶽火山の活動は3つのステージに分けられ, 御嶽第1テフラが発生したステージはO1ステージであり, 現在は山頂小円錐火山の形成期であるO3ステージであるとされている。

火山名	御嶽山
敷地からの距離	約280km
火山の形式	複成火山-カルデラ, 複成火山
活動年代	約78万年前~最新噴火AD.2014
概要	西来ほか(2016), 竹内ほか(1998)によれば, 御嶽山の活動は, 古期御嶽火山と新期御嶽火山の活動に二分され, 新期御嶽火山の活動初期にカルデラが形成したとされる。また, 及川ほか(2014)によれば, 約1万年前以降も複数回のマグマ噴火が発生しているとされる。

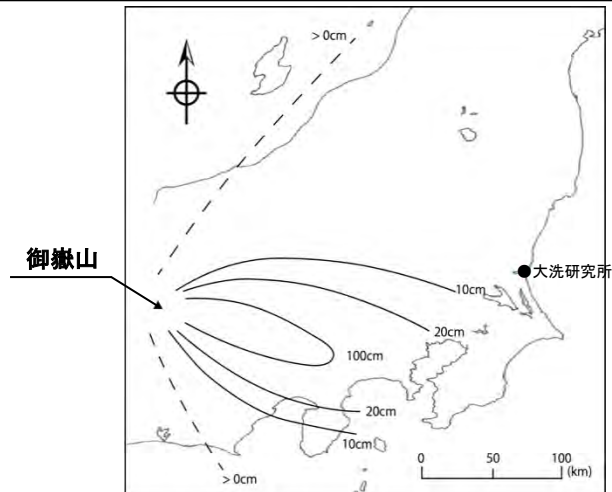
・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

御嶽山の活動履歴

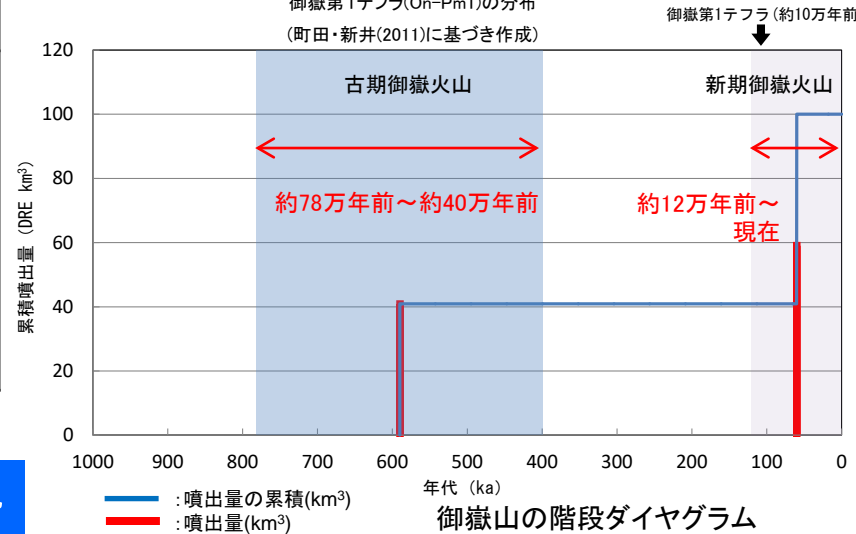
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
AD.2014	新期御嶽火山	O3ステージ	59	山元(2014b) 及川ほか(2014) 西来ほか(2016) 木村(1993)
30~25 ka		O2ステージ		
50 ka		O1ステージ		
60 ka	古期御嶽火山 (成層火山体の形成)	奥ノ院溶岩類 摩利支天溶岩類 等	41	
80 ka		白川3溶岩		
120 ka		御嶽第1テフラ:VEI6※ 等		
400 ka		三笠山火山噴出物 東部火山噴出物 等		
780 ka				

・活動年代については, 各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価

※噴火規模(VEI)の定義は町田・新井(2011)に基づく



御嶽第1テフラ(On-Pm1)の分布 (町田・新井(2011)に基づき作成)



御嶽山の階段ダイヤグラム

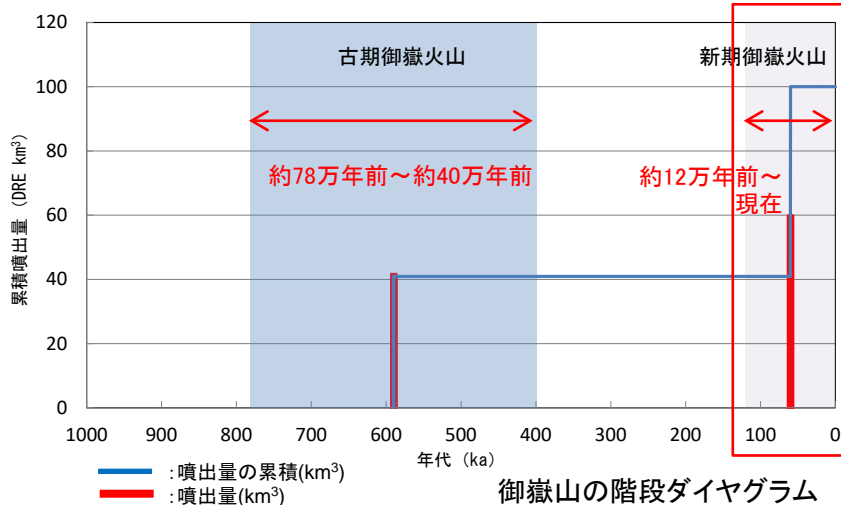
・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

以上のことから, 試験研究炉の運用期間中における御嶽第1テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

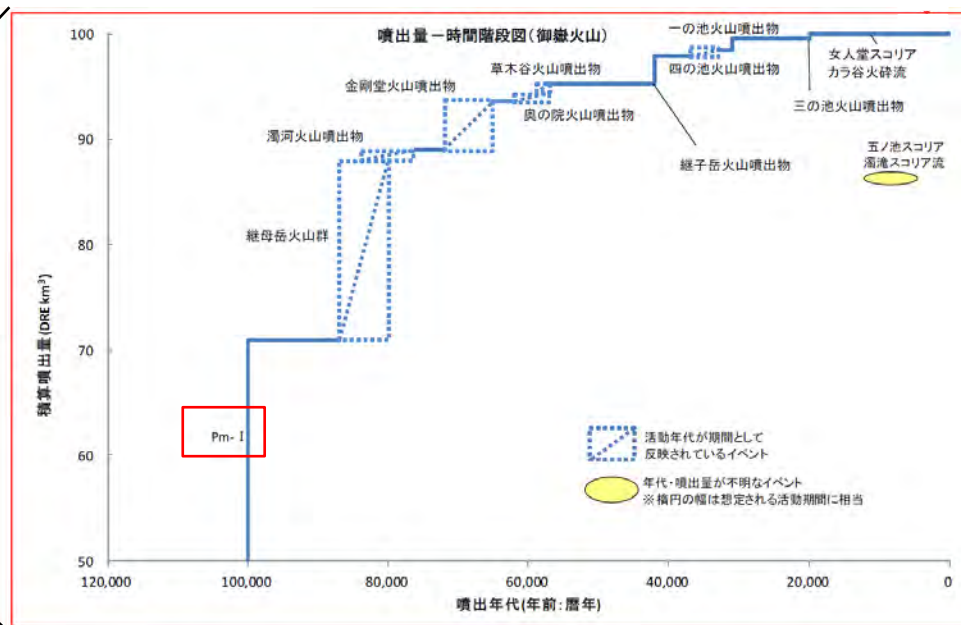
同規模噴火の可能性：(6) 御嶽山(御嶽第1テフラ) (2/3)

御嶽山の階段ダイヤグラムにおいて、新期御嶽山の詳細な階段ダイヤグラムを以下に示す。

- 山元(2014b), 及川ほか(2014)によれば、御嶽山の活動は古期御嶽火山と新期御嶽火山に分けられ、現在は新期御嶽火山の活動期であり、御嶽第1テフラは約10万年前に発生したとされる。



・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
 また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

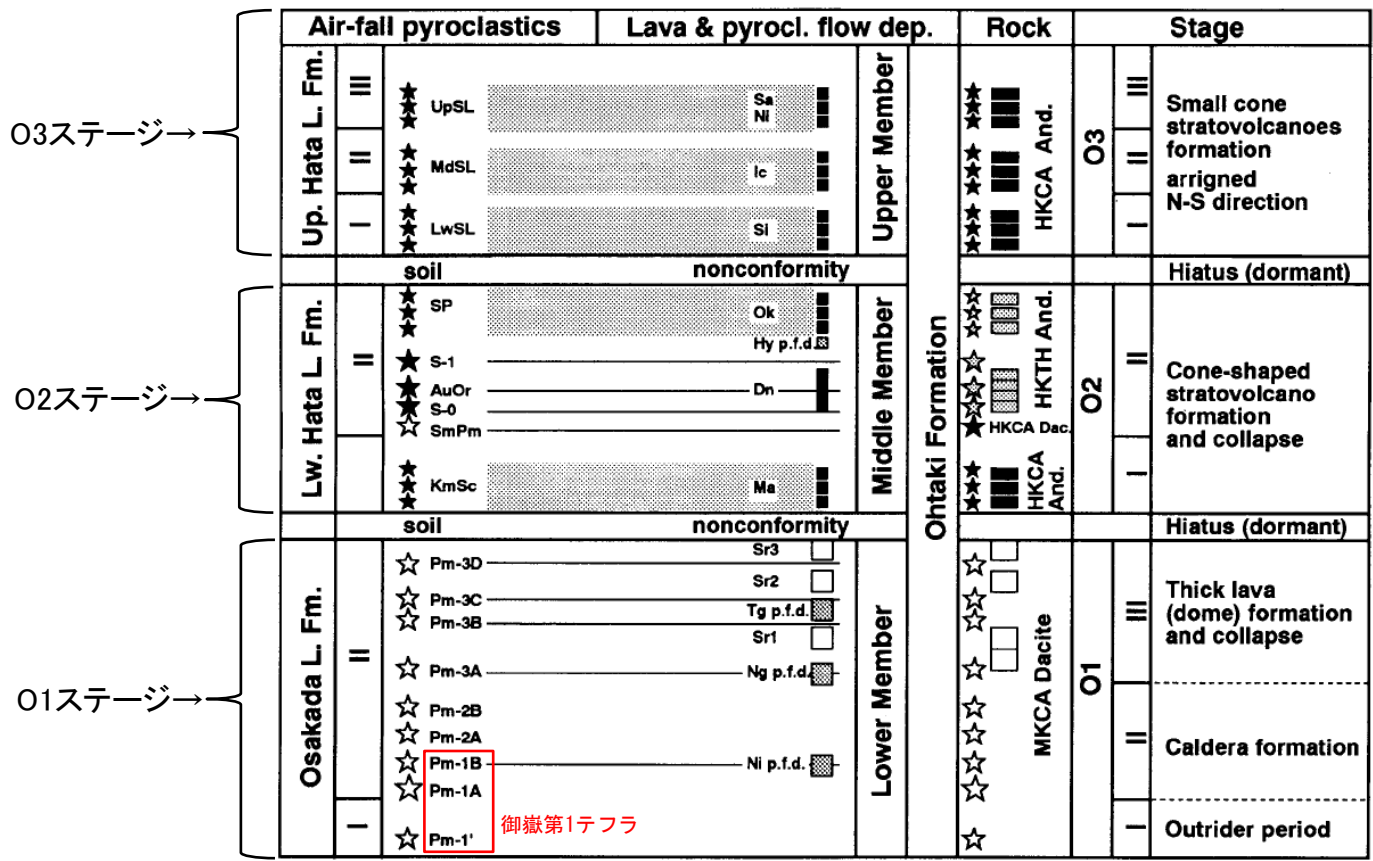


御嶽山の階段ダイヤグラム(山元(2014b)に加筆)



同規模噴火の可能性：(6) 御嶽山(御嶽第1テフラ) (3/3)

- 木村(1993)によれば、新期御嶽火山の活動ステージは、以下の3つに分けられる。
 - O1ステージ…デイサイト-流紋岩質のプリニー式噴火と、カルデラ陥没及び溶岩ドームの形成
 - O2ステージ…安山岩溶岩の大量噴出による成層火山の形成
 - O3ステージ…山頂付近の小円錐火山群の形成
 最も新しく噴出した溶岩は約2万年前の三ノ池溶岩流であり、それ以降は水蒸気爆発を中心とした活動時期である。
- 一方で、及川ほか(2014)によれば、過去1万年以内に少なくとも4回のマグマ噴火が確認されている。



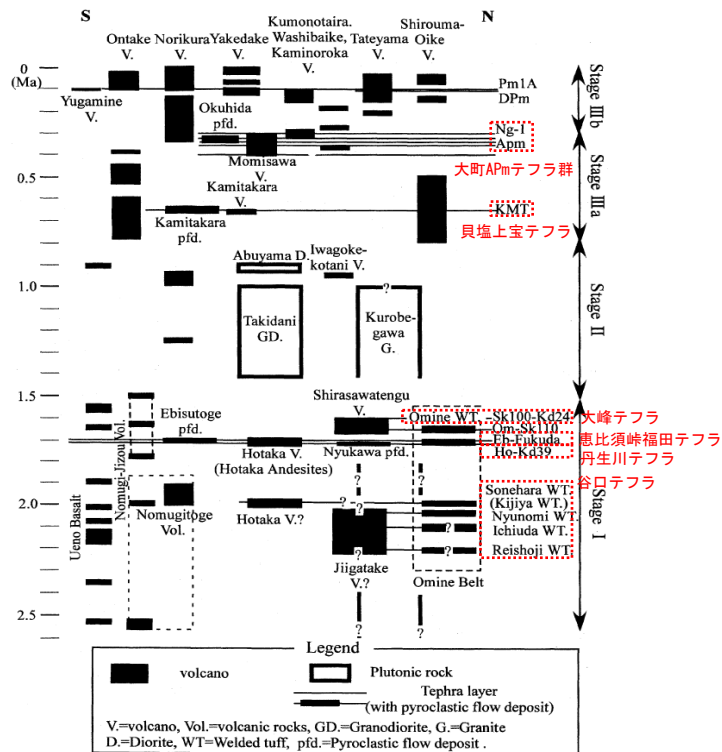
Sa: 三ノ池溶岩類
 Ni: 二ノ池溶岩類
 Ic: 一ノ池溶岩類
 Si: 四ノ池溶岩類
 Ok: オノ院溶岩類
 Hy s.f.d: 百聞滝スコリア流堆積物
 Dn: 伝上川溶岩
 Ma: 摩利支天溶岩類
 Sr3: 白川3溶岩
 Sr2: 白川2溶岩
 Tg p.f.d: 滝越軽石流堆積物
 Sr1: 白川1溶岩
 Ng p.f.d: 濁滝軽石流堆積物
 Ni p.f.d: 西野川軽石流堆積物

後期更新世以降の御嶽山の活動ステージ(木村(1993))

同規模噴火の可能性：(7) 飛騨山脈① (【爺ヶ岳】谷口テフラ,大峰テフラ 【穂高岳】恵比須峠福田テフラ,丹生川テフラ)

飛騨山脈を噴出源火山とする谷口テフラ, 大峰テフラ, 恵比須峠福田テフラ, 丹生川テフラについて, 試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- ・ 及川(2003)によれば, 飛騨山脈での火成活動は3つの活動期(Stage I ~ III)に区分され, 谷口テフラ, 大峰テフラ, 恵比須峠福田テフラ, 丹生川テフラを発生させた時期はStage I である。
- ・ 現在の活動期はStage III (0.8Ma~0Ma)であり, 東西圧縮応力場のもとで, 成層火山形成を主体とした活動が継続していることから, 飛騨山脈において Stage I で発生した規模の噴火の発生可能性は小さい。

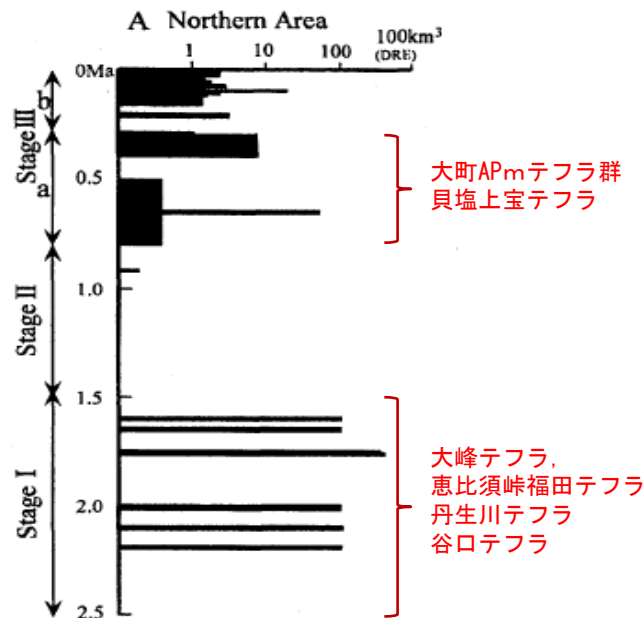


飛騨山脈における第四紀の火成活動 (及川(2003)に加筆)

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

Stage II (1.5Ma~0.8Ma)
: 火山活動が低調な時期

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



飛騨山脈における1万年あたりのマグマ噴出量の時間変化 (及川(2003)に加筆)

以上から, 試験研究炉の運用期間中において, 大峰テフラ, 恵比須峠福田テフラ, 丹生川テフラ, 谷口テフラと同規模の噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

(0.8Ma以降に発生した大町APmテフラ群, 貝塩上室テフラの同規模噴火の可能性については次ページ以降で説明)



同規模噴火の可能性：(8) 飛騨山脈②【縦沢岳】（大町Apmテフラ群）

火山名	縦沢岳
敷地からの距離	約265km
火山の形式	火砕流
活動年代	約40～約30万年前
概要	原山(1990), 町田・新井(2011)等によれば, 大町Apmテフラ群及び奥飛騨火砕流堆積物の噴出源付近を縦沢岳としている。水鉛谷に分布する小岩体を給源火口と推定しているが, 浸食によりその山体は残存していない。

・火山名, 火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

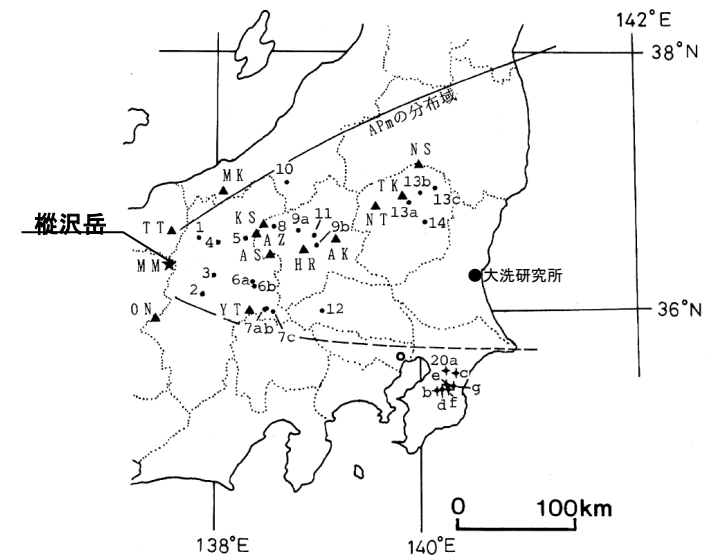


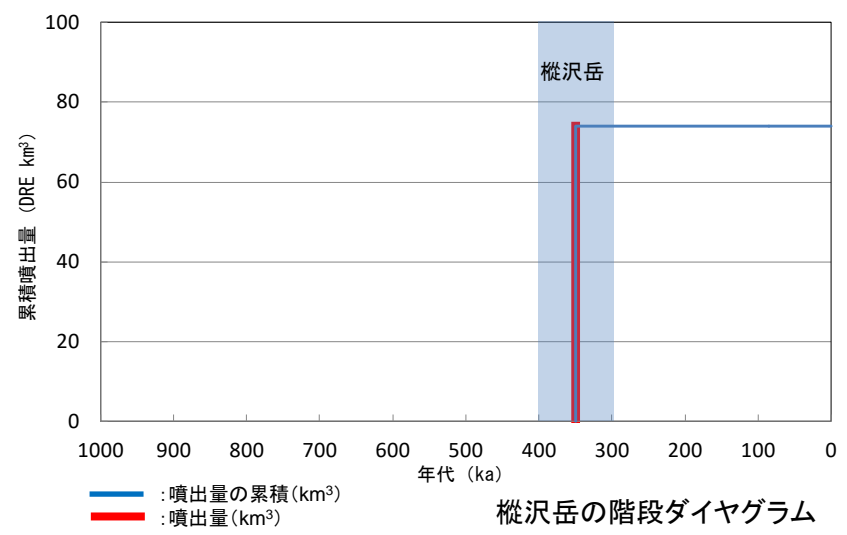
図1 大町 Apm テフラ群の分布地点

縦沢岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km ³)	参考文献
300 ka	縦沢岳	大町Apmテフラ群 奥飛騨火砕流 水鉛谷給源火道	74	原山(1990) 町田・新井(2011) 及川(2003) 中野ほか(2013)
400 ka				

・活動年代については, 西来ほか(2016)に基づき評価

大町Apmテフラ群の分布(鈴木・早川(1990)に加筆)



縦沢岳の階段ダイヤグラム

・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
また, 網掛け部に該当する期間中の噴出量を, 期間の中央値に示す。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから, 将来の活動可能性はないと判断される。
したがって, 試験研究炉の運用期間中における大町Apmテフラ群と同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(9) 飛騨山脈③【上宝】（貝塩上宝テフラ）

火山名	上宝
敷地からの距離	約275km
火山の形式	火砕流
活動年代	約60万年前
概要	鈴木(2000)等によれば、約62万年前から約60万年前の間に大規模な噴火が発生し、貝塩給源火道から上宝火砕流及び貝塩上宝テフラが噴出したとされる。貝塩上宝テフラは $>40\text{km}^3$ (見かけ体積)と推定され、関東～東北にかけて広く分布する広域テフラである。

・火山名、火山の形式は中野ほか(2013)に基づく。

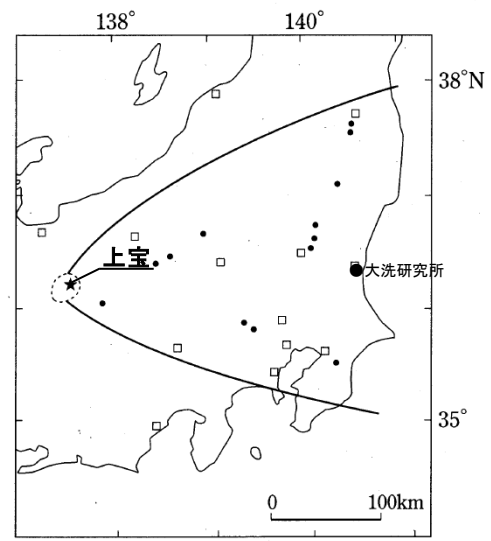
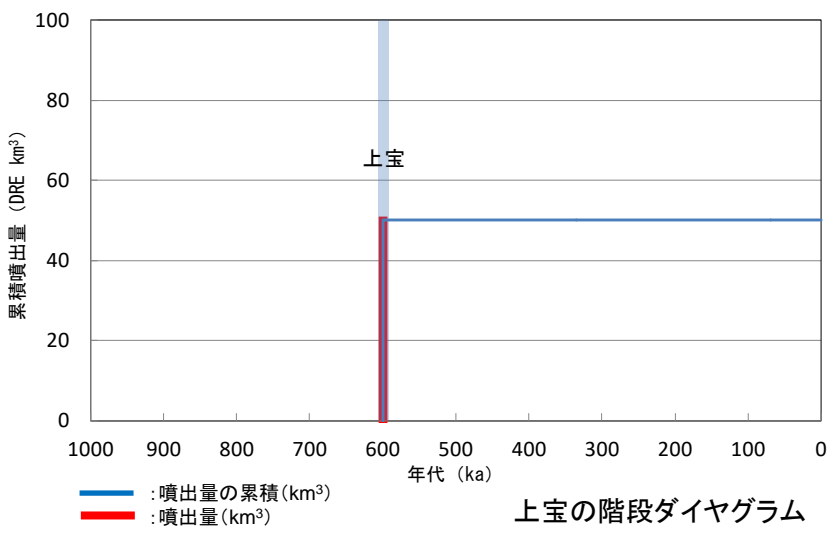


図 4.2-4 貝塩上宝テフラの分布²⁾。
 実線はおよその分布外縁、点線は上宝火砕流分布域。
 貝塩上宝テフラの分布(町田・新井(2011)に加筆)

上宝の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km^3)	参考文献
600 ka	上宝	上宝火砕流 貝塩上宝テフラ	50	鈴木(2000) 町田・新井(2011) 及川(2003) 中野ほか(2013)

・活動年代については、西来ほか(2016)に基づき評価



・網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅(期間)を表す。
 また、網掛け部に該当する期間中の噴出量を、期間の中央値に示す。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長いことから、将来の活動可能性はないと判断される。
 したがって、試験研究炉の運用期間中における貝塩上宝テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(10) 玉川カルデラ（玉川R4テフラ）

玉川カルデラを噴出源火山とする玉川R4テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

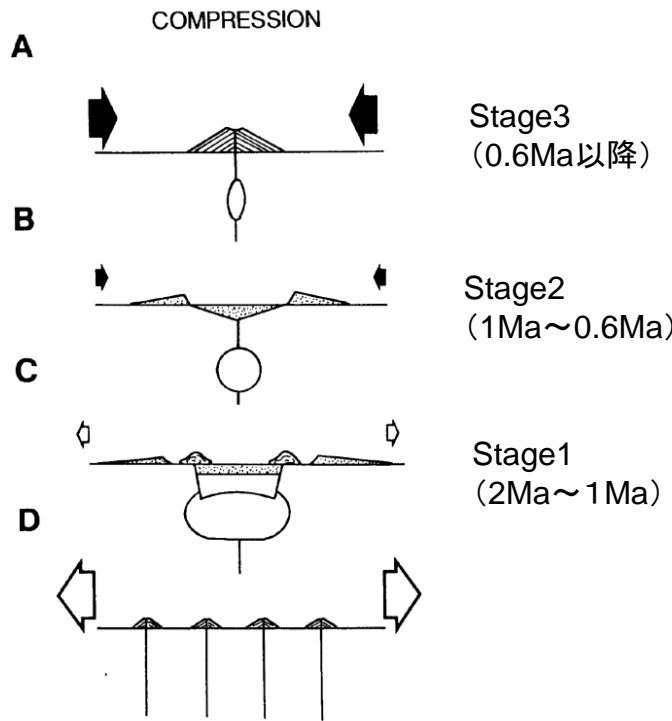
- 鈴木・中山(2007)によれば、敷地周辺に玉川R4テフラの分布が示され、その勾配年代は2.0Maと推定されるとしている。
- 梅田ほか(1999)によれば、東北日本の2Ma以降の火山活動は、活動年代、噴出量、噴火様式、広域応力場変遷の観点から以下の3ステージに区分される。

Stage1 (2Ma~1Ma) : 弱圧縮応力場で大規模珪長質火砕流が卓越

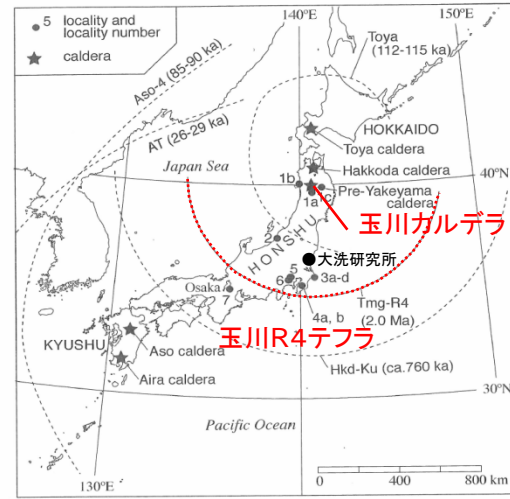
Stage2 (1Ma~0.6Ma) : 強圧縮場で成層火山卓越

Stage3 (0.6Ma以降) : 強圧縮場におかれ脊梁全体で断層運動が活発化し、大規模珪長質火砕流、成層火山の活動が共に認められ、マグマ噴出量が増大

- 高橋(1995)では、大量の珪長質マグマを蓄積するには低地殻歪速度が必要であるとしている。



火山様式と広域応力場変遷(高橋(1995)に加筆)



玉川R4テフラの分布(鈴木・中山(2007)に加筆)

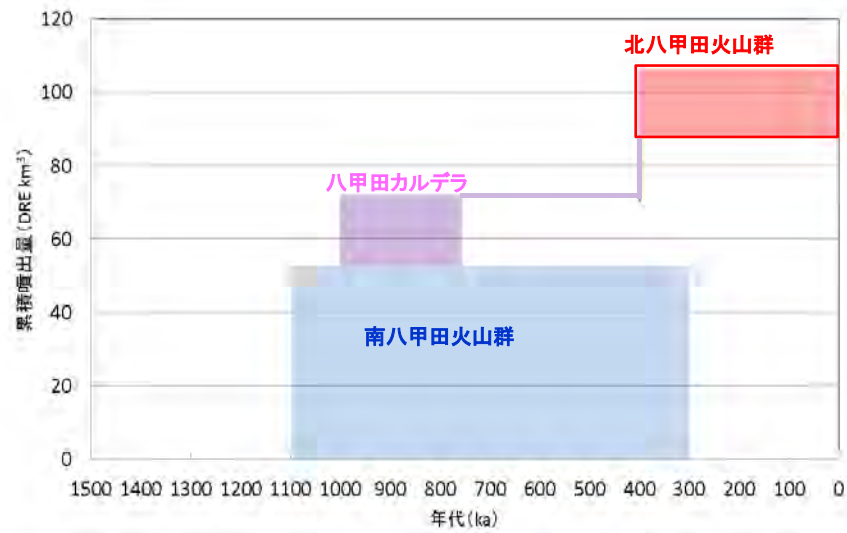
以上から、試験研究炉の運用期間中における玉川R4テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(11)八甲田カルデラ（八甲田国本テフラ）

八甲田カルデラ（八甲田火山）を噴出源火山とする八甲田国本テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 気象庁編(2013)によれば、八甲田火山は、南八甲田火山群、北八甲田火山群に区分され、八甲田カルデラは北八甲田火山群の直下～北東に存在するとされている。
- 中野ほか(2013)及び工藤ほか(2011)によれば、八甲田火山の活動を、南八甲田火山群、八甲田カルデラ、北八甲田火山群の活動に区分し、このうち、八甲田カルデラにおいては、約1Ma(八甲田中里川), 0.9Ma(八甲田黄瀬), 0.76Ma(八甲田第1期), 0.4Ma(八甲田第2期)に大規模火砕流を噴出したとされている。
- 八甲田火山は、110万年前から活動を開始し、南八甲田火山及び八甲田カルデラの活動後、最近30万年間では、北八甲田火山群のみの活動が続いている。
- 八甲田国本テフラは八甲田カルデラの活動で発生したものであり、現在は北八甲田火山群の活動である。



南八甲田火山群、八甲田カルデラ、北八甲田火山群の活動履歴
 (中野ほか(2013), Umeda et al.(2013)及び工藤ほか(2004)に基づく)

※網掛け部は噴出したと考えられる年代の幅を表す。

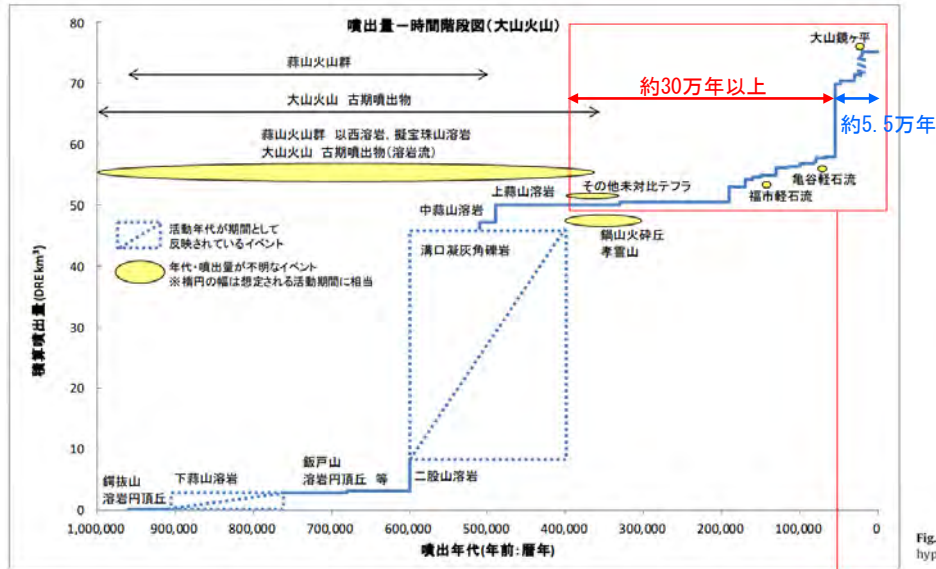
以上から、試験研究炉の運用期間中における八甲田国本テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



同規模噴火の可能性：(12) 大山火山（大山倉吉テフラ）

大山を噴出源火山とする大山倉吉テフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- 守屋（1983）の日本の第四紀火山の地形発達過程に基づく分類によれば大山は最終期である第4期とされる。
- また、米倉（2001）によれば、一般にこの第4期の噴出量は第1～3期と比べて少なく、数km³とされる。
- 山元（2014b）による活動履歴情報の整理に基づけば、約40万年以降、最も規模の大きな噴火は大山倉吉テフラ(DKP)であるが、これに至る活動間隔は、DKP噴火以降の経過期間に比べて十分に長い。ただし、数km³以下の規模の噴火については、DKP噴火以前もしくは以降においても繰り返し発生している。
- Zhao et al.(2011)によると、大山の地下深部に広がる低速度層と、大山の西で生じている低周波地震の存在から、地下深部にマグマ溜まりが存在する可能性を示唆される。保守的に、この低速度層をマグマ溜まりとして評価した場合においても、深度20km以深に位置しており、爆発的噴火を引き起こす珪長質マグマの浮力中立点の深度約7km(東宮(1997))より深い位置にある。



大山の階段ダイヤグラム（山元（2014b））

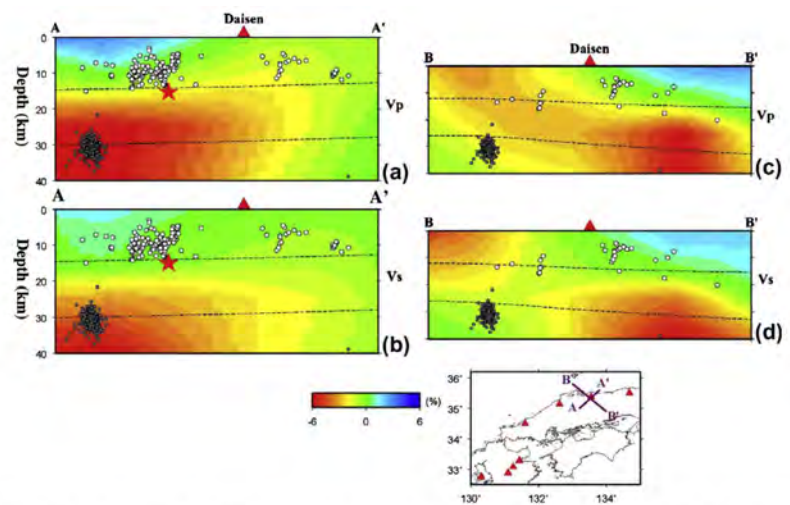


Fig. 13. The same as Fig. 8 but for (a and c) P and (b and d) S wave velocity images along two profiles passing through the Daisen volcano. The star symbols show the hypocenter of the Western-Tottori earthquake (M 7.3) that occurred on October 6, 2000. The vertical exaggeration is 1.1 in (a and b) and 1.3 in (c and d).

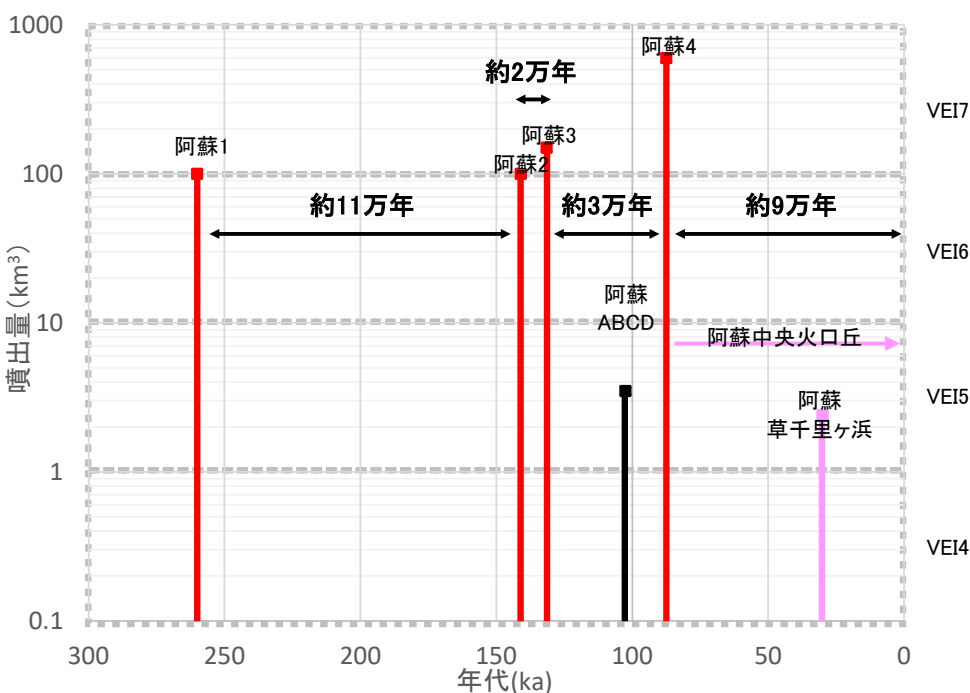
大山周辺の地震波速度構造 (Zhao et al.(2011))

以上から、試験研究炉の運用期間中における大山倉吉テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

同規模噴火の可能性：(13)阿蘇カルデラ（阿蘇4，阿蘇3テフラ）

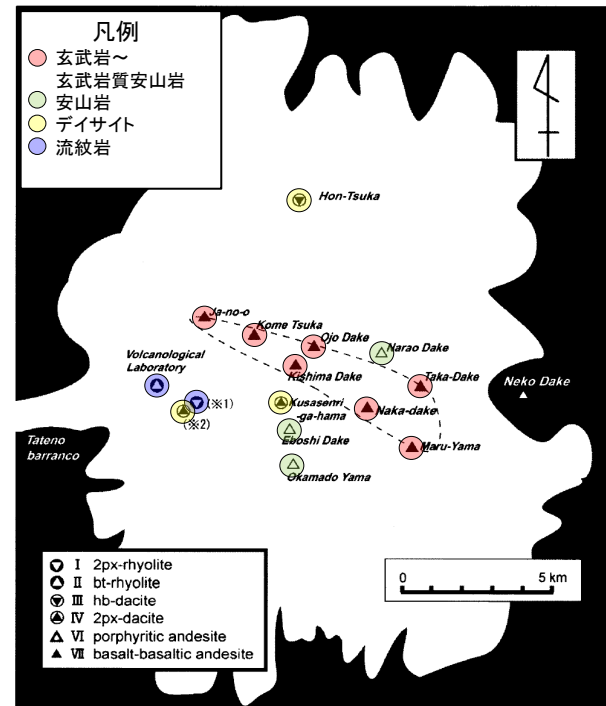
阿蘇カルデラを噴出源火山とする阿蘇4，阿蘇3テフラについて，試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- Nagaoka(1988)に基づけば，現在の阿蘇カルデラの活動期は，最新の破局的噴火(約9万年前のAso-4テフラの噴出)以降，阿蘇山において草千里ヶ浜軽石等の多様な噴火様式による小規模噴火が発生していることから，阿蘇山における後カルデラ期の活動と考えられる。
- 破局的噴火の最短の活動間隔(約2万年)は，最新の破局的噴火からの経過期間(約9万年)と比べて短い。
- 苦鉄質火山噴出物及び珪長質火山噴出物の給源火口の分布(三好ほか，2005)から，地下に大規模な珪長質マグマ溜まりは存在していないと考えられる。



阿蘇カルデラの活動史

(Nagaoka (1988) を参考に，町田・新井 (2011)，宮縁ほか (2003)，須藤ほか (2007) に基づき作成)
 ※阿蘇ABCDに関しては対応する噴火ステージ区分は判断できない。



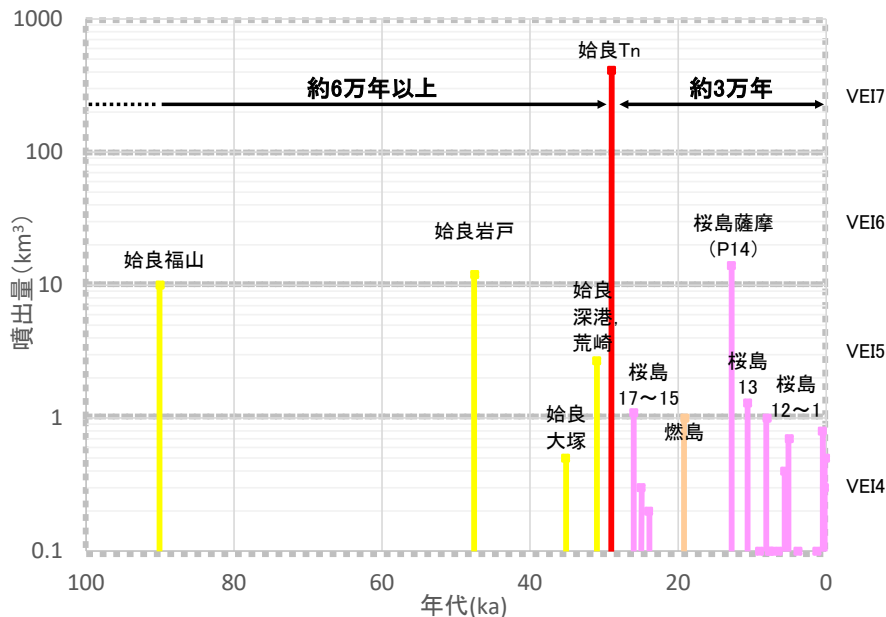
岩石学的情報による大規模珪長質マグマ溜まりの存否 (三好ほか (2005))

以上から，試験研究炉の運用期間中における阿蘇4，阿蘇3テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

同規模噴火の可能性：(14) 始良カルデラ（始良Tnテフラ）

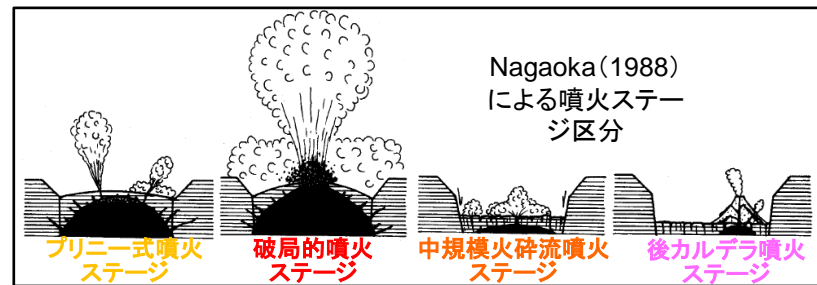
始良カルデラを噴出源火山とする始良Tnテフラについて、試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- Nagaoka(1988)に基づけば、現在の始良カルデラの活動期は、後カルデラ噴火ステージ(桜島の活動)と考えられる。
- 破局的噴火の活動間隔(約6万年以上)は、最新の破局的噴火(約3万年前の始良Tnテフラの噴出)からの経過期間と比べ十分に長く、現在は破局的噴火に先行して発生するプリニー式噴火ステージの兆候が認められない。



始良カルデラの活動史

(Nagaoka (1988), 町田・新井 (2011) 及び小林ほか (2013) に基づき作成)



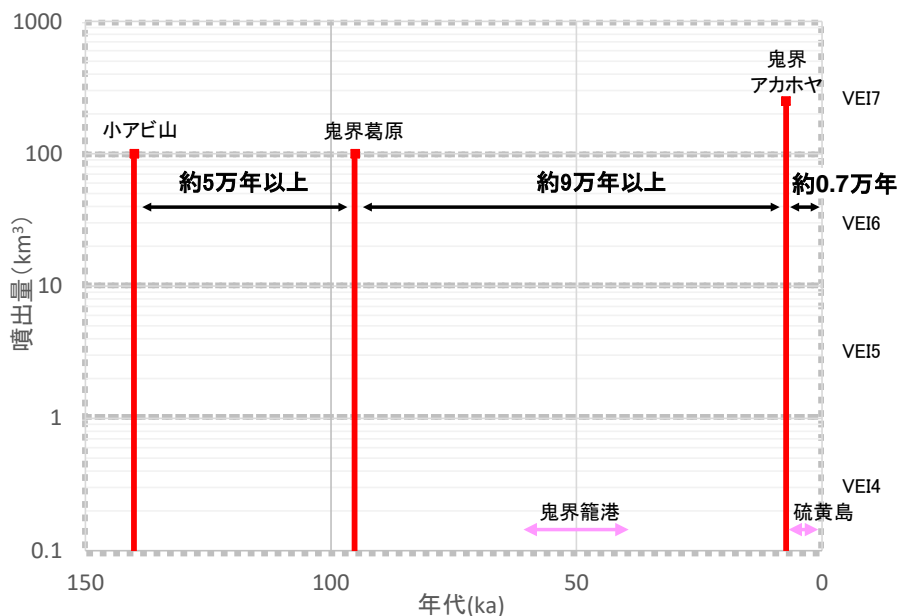
以上から、試験研究炉の運用期間中における、始良Tnテフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。



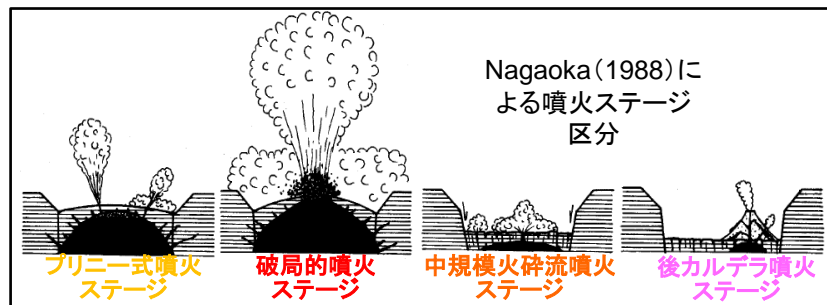
同規模噴火の可能性：(15) 鬼界カルデラ（鬼界アカホヤテフラ， 鬼界葛原テフラ）

鬼界カルデラを噴出源火山とする鬼界アカホヤテフラ， 鬼界葛原テフラについて， 試験研究炉の運用期間中における同規模の噴火の可能性を以下のとおり検討した。

- Nagaoka(1988)によれば， 現在の鬼界カルデラの活動期は， 薩摩硫黄島における後カルデラ噴火ステージとされている。
- Nagaoka(1988)及び町田・新井(2011)に基づけば， 鬼界カルデラにおける破局的噴火の活動間隔は約5万年以上であり， 最新の破局的噴火からの経過期間(約0.7万年)に比べて十分長い。

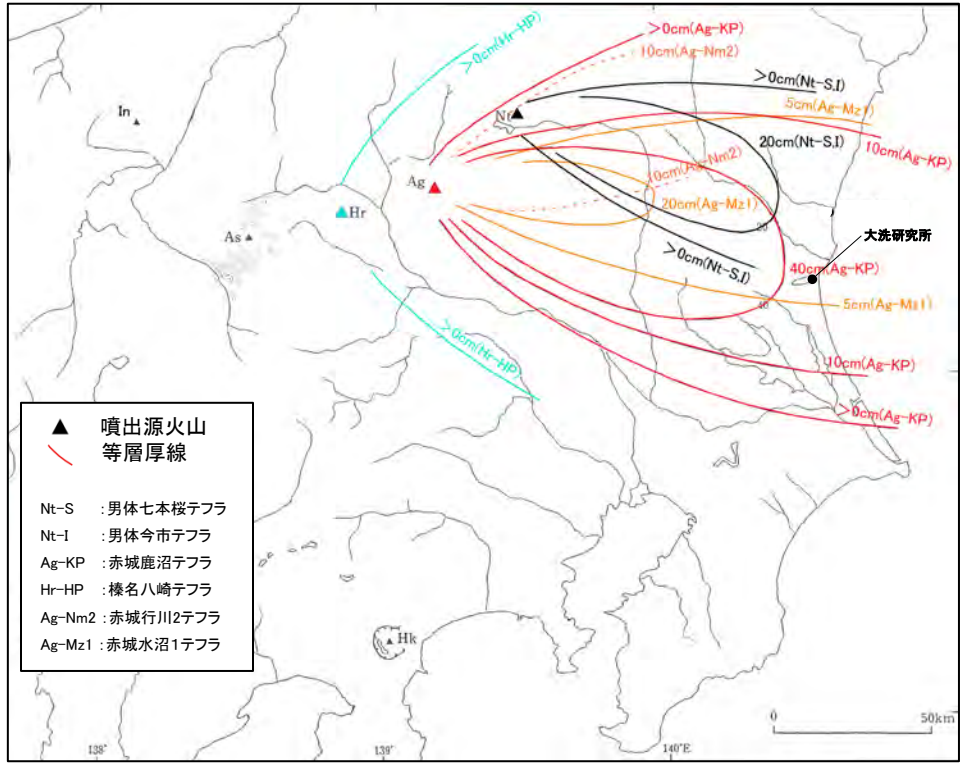


鬼界カルデラの活動史
(Nagaoka (1988) 及び町田・新井 (2011) に基づき作成)

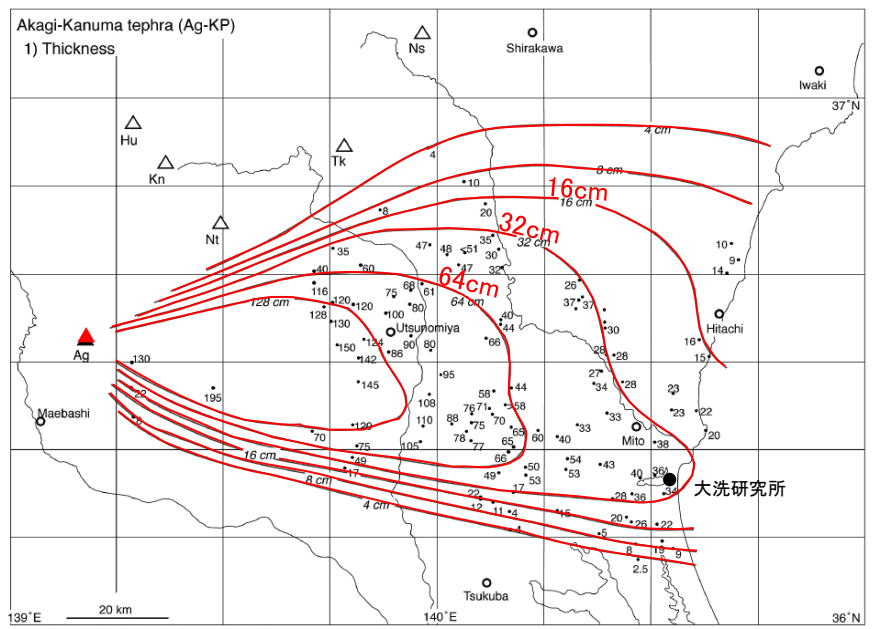


以上から， 試験研究炉の運用期間中における鬼界アカホヤテフラ， 鬼界葛原テフラと同規模噴火の発生可能性は十分に小さいと判断される。

- 敷地周辺（半径30km以内）で確認または分布が推定される降下火砕物のうち、試験研究炉の運用期間中に同規模の噴火の可能性のある降下火砕物の分布を以降に示す。
- 敷地において最大層厚となる降下火砕物は、赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）である。



敷地周辺の主な降下火砕物の分布
 (町田・新井(2011)に基づき作成)



第17図 赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の分布
 1) 数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位はcm。2) 数字は本質粒子の平均最大粒径で、単位はmm。Ag = 赤城火山；Hu = 嬬ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；Ns = 那須火山；Nt = 男体火山；Tk = 高原火山。

赤城鹿沼テフラの等層厚線図
 (山元 (2013a) に加筆)

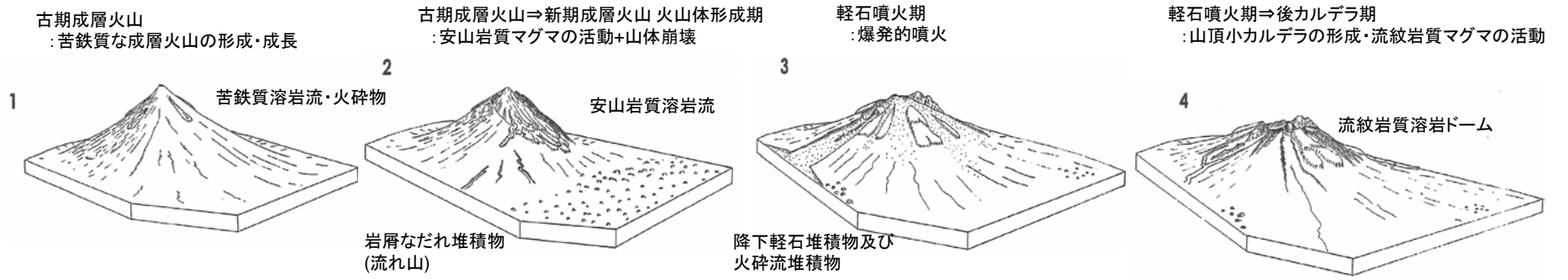


赤城山の火山発達史概要

山元(2016), 高橋ほか(2012), 守屋(1979)に基づき, 赤城山の火山発達史を以下のとおり整理した。
 • 赤城鹿沼テフラが発生した活動期は現在の活動ステージである後カルデラ期であるとされている。

活動期	古期成層火山	—	新期成層火山		
			火山体形成期	軽石噴火期 (山頂カルデラの形成)	後カルデラ期 (中央火口丘形成期)
活動期間	50万年前～22万年前	22万年前	22万年前～15万年前	15万年前～4.4万年前	4.4万年前以降 (溶岩ドームはATに覆われる)
マグマ噴出量	約46 DRE km ³ (第四紀火山カタログ委員会編(1999)を引用し算出)	—	20 DRE km ³	約8 DRE km ³ (カルデラ形成時期(約6万年前の大胡軽石流噴火)を挟んでマグマ噴出率が急増)	2.5 DRE km ³
山体形成様式	成層火山の形成・成長	山体崩壊	成層火山体の再生	火山麓扇状地の拡大, 山頂カルデラの形成	中央火口丘の形成
主な噴火様式	溶岩・火砕物の噴出	(水蒸気噴火に起因)	溶岩・火砕物の噴出	プリニー式噴火 (降下軽石, 火砕流)	溶岩・火砕物の噴出
主な噴出物	荒山溶岩, 利平茶屋溶岩, 沼尾川溶岩 等	梨木岩屑 なだれ	下田沢泥流, 花見ヶ原下火砕流, 榊形山溶岩 等	大胡軽石流・赤城水沼1降下軽石, 棚下軽石流・赤城水沼8降下軽石 等	赤城鹿沼テフラ 1251年噴火噴出物(?), 小沼溶岩, 小沼(降下)火山礫 等
マグマ組成	玄武岩～デイサイト	—	安山岩, 一部デイサイト	安山岩～デイサイト	デイサイト～流紋岩

赤城山の火山発達史の概念図

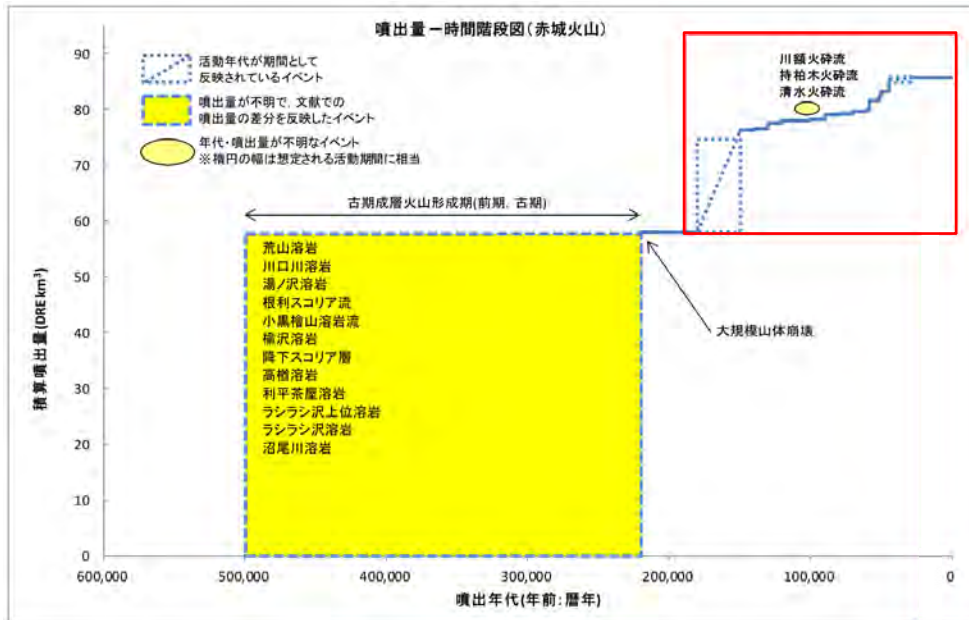


※活動期整理表は山元(2016), 高橋ほか(2012), 発達モデル図は守屋(1979)に基づき作成



赤城山の活動履歴・階段図

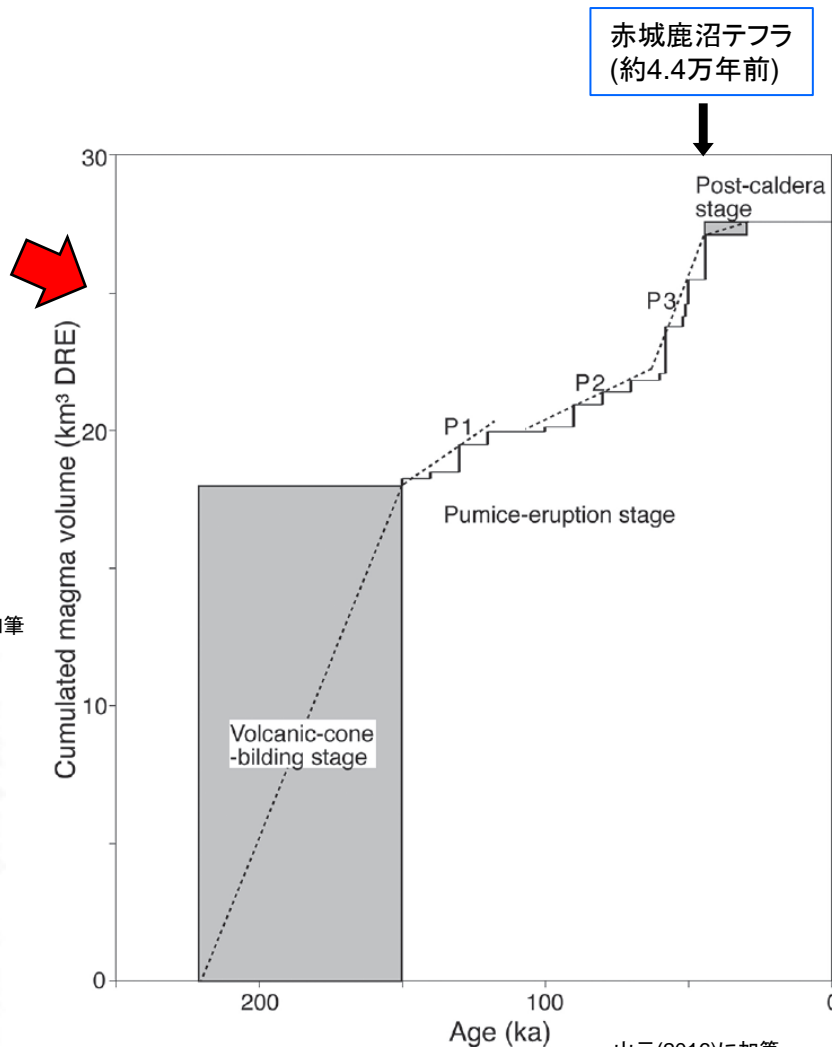
- 山元 (2014b) 及び山元 (2016) による赤城山の詳細な階段ダイヤグラムは以下のとおり示されている。
- 現在の赤城山の活動ステージにおいて最大規模の降下火砕物噴火は赤城鹿沼テフラであり、その噴出量は2DREkm³ (見かけ体積:5km³)である。



山元(2014b)に加筆

Unit	Dense-rock equivalent volume in km ³ (2300 kg/m ³)			
	Lava & pyroclastics	Pumice flow	Pumice fall	Total
Post-caldera lavas	5.E-01			5.E-01
Ag-KP			2.E+00	2.E+00
Garun Pyroclastics	6.E-01			6.E-01
Ag-UP			2.E-01	2.E-01
Ag-NM1 + Nagumo PFD		7.E-03	4.E-01	4.E-01
Ag-NM2 + Toshimaru PFD		1.E-01	3.E-01	4.E-01
Ag-MzP1 + Ogo PFD		2.E+00	1.E-01	2.E+00
Ag-MzP2			3.E-01	3.E-01
Ag-MzP3			4.E-01	4.E-01
Ag-MzP4 + Wakubara PFD		4.E-01	5.E-02	5.E-01
Ag-MzP5			8.E-01	8.E-01
Ag-MzP6			2.E-01	2.E-01
Ag-MzP7 + Fujiki PFD		6.E-02	4.E-01	5.E-01
Ag-MzP8 + Tanashita PFD		8.E-01	2.E-01	1.E+00
Ag-MzP9-10 + Fudo PFD		1.E-02	2.E-01	2.E-01
Ag-OrP + Itoi PFD		1.E-01	1.E-01	2.E-01
Lava & pyroclastics of younger stratovolcano	2.E+01			2.E+01

山元(2016)に加筆



山元(2016)に加筆

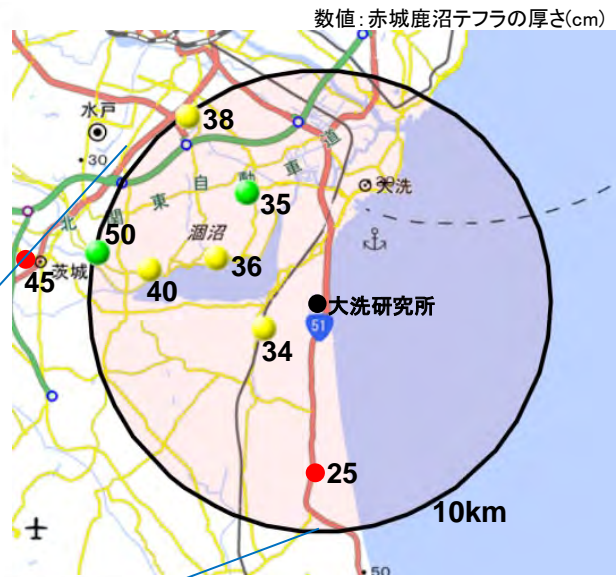
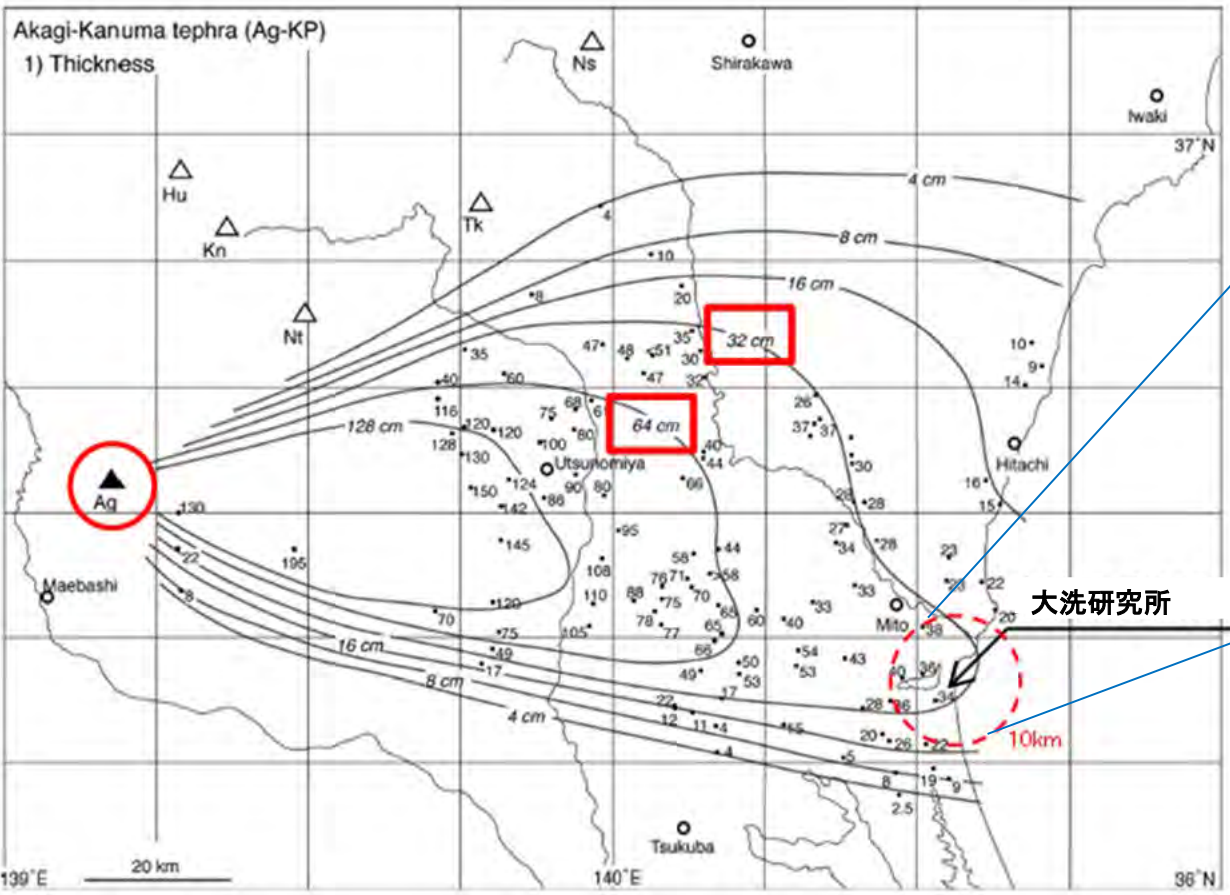
赤城鹿沼テフラ

Table 2. Dense-rock equivalent volumes of the eruption units from younger Akagi Volcano. Data for the pumice falls are taken from Yamamoto (2012, 2013a).



敷地周辺の赤城鹿沼テフラの層厚

赤城鹿沼テフラの分布主軸は、大洗研究所敷地の方向を向いており、山元(2013a)によれば、敷地は赤城鹿沼の層厚32~64cm等層厚線の間のうち東端の32cm等層厚線付近に位置し、又、敷地を含む東端部分の等層厚線が東側に広がった形状をしている。敷地周辺の赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の層厚を調査したところ、敷地近傍で約35cm、敷地周辺で概ね40cm以下、敷地から噴出源方向に約10kmの地点で50cmの層厚が確認される。



「地理院地図」(国土地理院) (<http://maps.gsi.go.jp>)をもとに作成

- : 地質調査で確認された層厚(次頁を参照)
- : 山元(2013a)にプロットされた層厚
- : 茨城自然博物館による露頭調査で確認された層厚(茨城県自然博物館(2001), 茨城県自然博物館(2007))

第17図 赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の分布。
 1) 数字は降下火砕堆積物の層厚で、単位はcm。2) 数字は本質粒子の平均最大粒径で、単位はmm。Ag = 赤城火山；Hu = 燧ヶ岳火山；Kn = 鬼怒沼火山；Ns = 那須火山；Nt = 男体火山；Tk = 高原火山。

赤城鹿沼テフラの等層厚線図(山元(2013a))

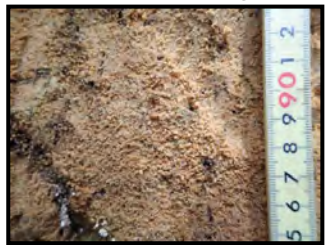


敷地周辺の地質調査 (赤城鹿沼テフラの産状)

(銚田市子生地点 Ag-KP層厚:25cm)

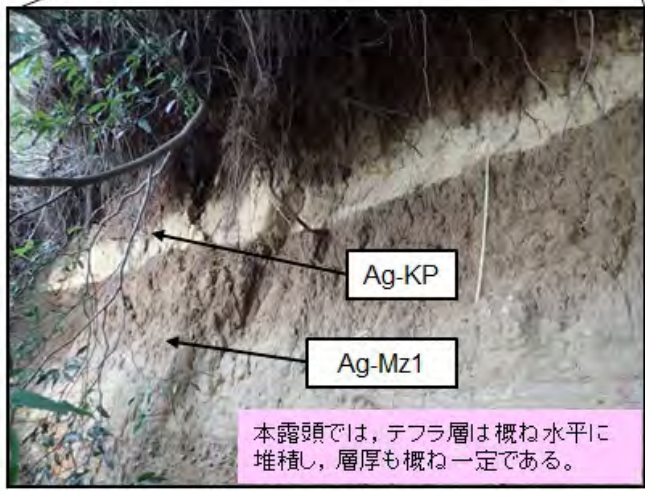
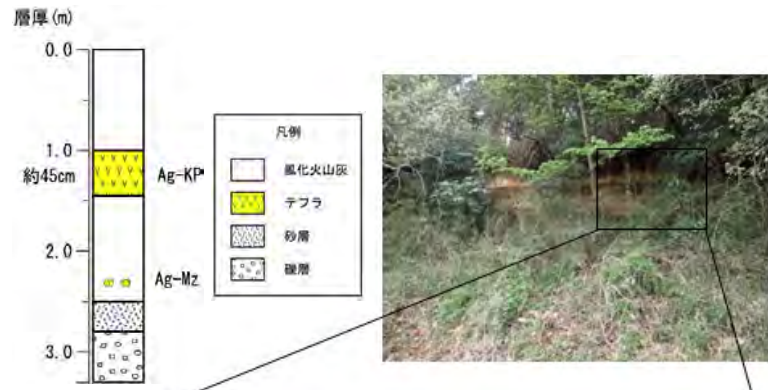


赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)



平均最大粒径3mm(上位10個の平均)

(東茨城郡茨城町地点 Ag-KP層厚:45cm)



赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)



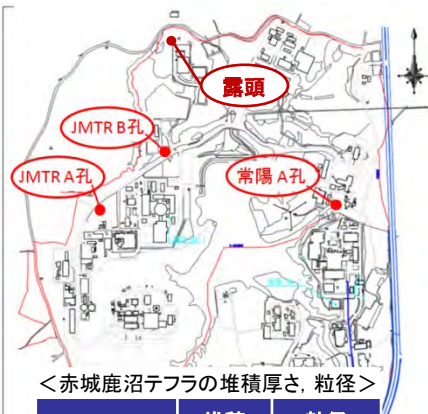
平均最大粒径4.2mm(上位10個の平均)

赤城水沼1テフラ(Ag-Mz1)



径1-3cmの団塊状で層準をなし分布する

敷地内の地質調査 (赤城鹿沼テフラの産状)



<赤城鹿沼テフラの堆積厚さ、粒径>

地点	堆積厚さ (cm)	粒径 (mm)
常陽 A孔	30	φ2
JMTR A孔	25	φ2~5
JMTR B孔	30	φ2~5

敷地内ボーリング調査結果

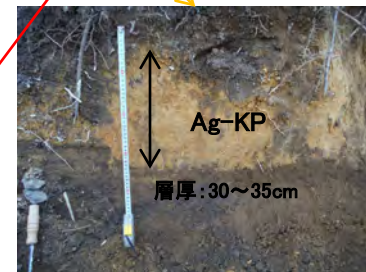
標尺	層高	層厚	深	柱状	土質	色相	相対	相対	記	孔内水位 m / 測定月日	標準貫入試験										
											深	10cm毎の			打撃回数 / 貫入量	N 値					
												度	打撃回数			-	○	-	-	-	
													0	10							20
m	m	m	m	図	分	調	度	度	事												
1					ローム	暗茶褐			表層部、草根混入、φ30mm程度の亜円礫少量混入 以深、均質・粘性弱い、含水少量 若干スコリアを混入												
2	34.14	1.80	1.80		軽石	黄褐			φ2~5mm程度で、指圧により容易に潰れる	2.15											
	33.84	0.30	2.10						均質、全体的に粘土質となる 粘性強い、砂分多量に混入	2.45	1	1	2	4	30						
3					ローム	暗茶褐~茶褐			均質、全体的に粘土質となる 粘性強い、砂分多量に混入	10/2 3.15											
	32.69	1.15	3.25						3.25m付近、砂分多量に混入	3.48	1	2	2	5	5.0						

JMTR B孔柱状図

敷地内の露頭



平均最大粒径約3.2mm (上位10個の平均)



地表から約95cmの深度にAg-KPが認められ、上面は凹凸を示すが、基底面は比較的平滑な状態で堆積している。

テフラ分析結果

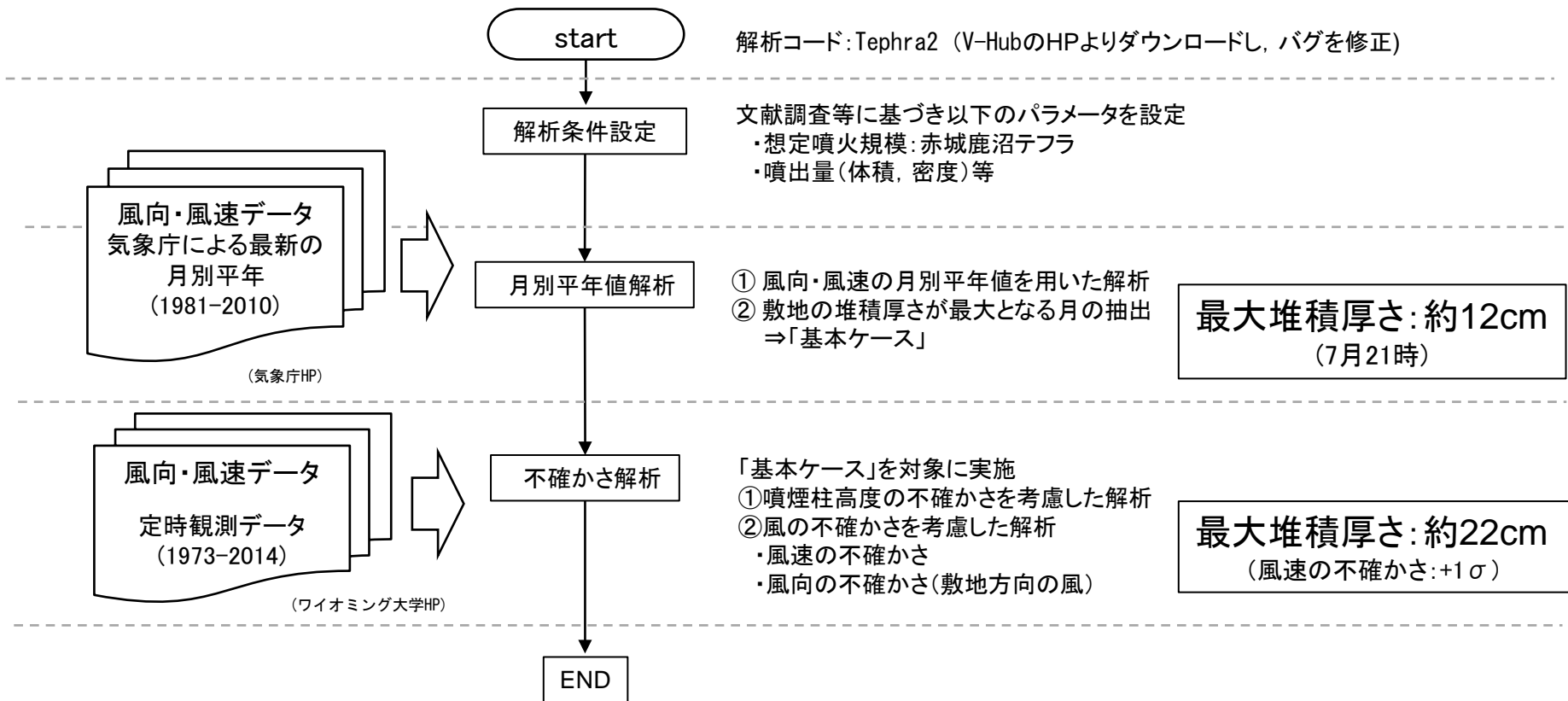
	重鉱物組成*	斜方輝石の屈折率	角閃石の屈折率
軽石 (JMTR B孔)	Ho, Opx	1.706~1.711	1.670~1.680
Ag-KP (町田・新井, 2011)	Ho, Opx, (Cpx)	1.707~1.710	1.671~1.678

Ho: 普通角閃石
Opx: 斜方輝石
Cpx: 単斜輝石
※含有量が多いものから順に記載
()内は含有量が僅少ななもの

- ボーリング調査において、ローム層中に黄褐色の軽石層が認められ、テフラ分析の結果、赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)と対比される。なお、赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)以外に目視で確認できる降下火砕物は認められない。
- ボーリング調査の結果、赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の層厚は25~30cmである。また、敷地内露頭で赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)層厚30~35cmが確認された。なお、これらの層厚は、文献で示されている分布及び層厚に整合している。

② 降下火砕物シミュレーション (概要)

- 降下火砕物シミュレーションは、敷地において最大層厚となる赤城鹿沼テフラを対象として実施した。なお、噴出量については最新の知見である山元(2016)及び山元(2013a)に示される5km³とした。
- 降下火砕物の数値シミュレーションは、火山影響評価ガイドにおいて原子力発電所内の敷地及びその周辺において降下火砕物の堆積が観測されない場合の堆積物量を設定する方法の一つとされている。
- 赤城鹿沼テフラについては、文献により堆積分布が示されており、又、敷地及びその周辺の堆積量は文献・地質調査により確認することができる。
- 赤城鹿沼テフラと同規模の噴火が発生した場合、現在の気象条件を踏まえ、又、気象条件における不確かさを考慮し、将来起こり得る噴火による降下火砕物の敷地での堆積量を推定した。
- シミュレーションを実施した結果、現在の気象条件においては不確かさを考慮しても敷地及び周辺で確認された層厚を上回らず、敷地での最大堆積厚さは約22cmであった。





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、国の火山防災マップ作成指針*等で使用されている。
- 移流拡散モデルとは粒子(降下火砕物)の挙動を、重力による落下、風による移動(移流)及び空中で広がり散らばる現象(拡散)で計算するものである。
- 風は高度毎に水平な一方向に吹くものとされ、拡散も水平方向のみが考慮されている。
- 粒子(降下火砕物)は火口上に仮定された均質な噴煙柱から放出される。
- なお、日本火山学会2016年秋季大会(2016年10月13日~15日)のポスターセッションにおいて、大阪大学の佐伯准教授が「Tephra2」の解析コードの粒子の落下速度の式に一部バグがあることを発表。このことを踏まえ、このバグを修正し解析を行った。

※内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁(2013)

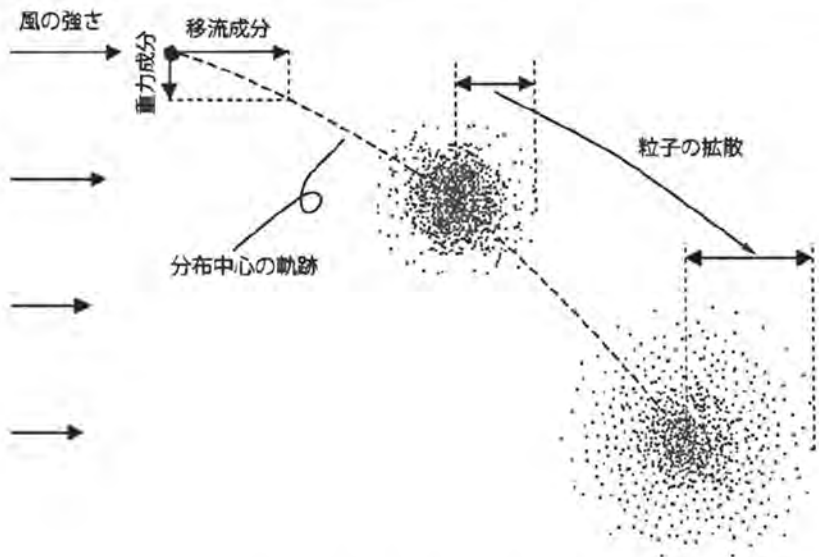


図1 移流拡散モデルの概念図

粒子の分布中心の軌跡は、重力による落下と風による移流によって決まる。粒子の一団は時間0の時に点で表されるが、時間の経過とともに広がっていく。

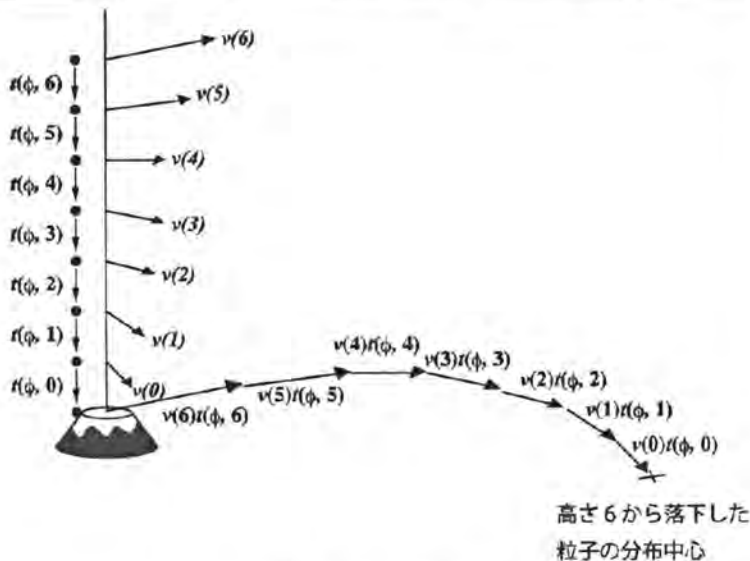


図3 移流の概念図

火口直上の風が、高さ0から6までそれぞれベクトル $v(0) \sim v(6)$ で表されるとする各高さ区間 n を落下する間に粒子が流されるベクトルは $v(n)r(\phi, n)$ で表されるので、高さ6から放出される粒子はこれら全ての積算が分布の中心のベクトルとなる。

萬年 (2013)

解析条件の設定

降下火砕物シミュレーションによる解析条件を以下のとおり設定した。

- 噴出量については複数の知見が認められるが、最新の知見である山元(2016)及び山元(2013a)に示される5km³の算定方法について検討した結果、赤城鹿沼テフラに対する適用の妥当性が確認されたことから5km³に設定した。検討内容の詳細については、資料7-2、P.34「赤城鹿沼テフラの噴出量の妥当性」に示す。
- 粒径及び粒子密度については、Tephra2で推奨される噴火事例等を参考に実績の層厚分布に近い結果が得られる値を設定した。その他については、文献等に基づき噴出量に応じた値を設定した。
 - 粒径：中央粒径、粒径の標準偏差が小さい噴火事例をTephra2のconfigfileから参照し設定
 - 粒子密度：Ag-KPが軽石主体であることから、噴煙粒子全量に軽石の密度を設定

設定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	設定根拠等	
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)	噴出量(見かけ体積量)	km ³	5	山元(2016)及び山元(2013a)に基づき設定 (見かけ体積量に降下火砕物の密度800kg/m ³ を乗じた4.0×10 ¹² kgを設定)	
	噴煙柱高度	km	25	同程度の規模の噴火(VEI5)の一般値(Newhall and Self, 1982による)に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	100	萬年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm (Φ)	1,024 (-10)	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		最小	mm (Φ)	1/1,024 (10)	Tephra2のconfigfileに示された珪長質噴火の一般値
		中央	mm (Φ)	1/2 (1.0)	Tephra2のconfigfileに示される他の噴火事例に基づいて設定(エトナ1998年噴火の例を参照)
		標準偏差	mm (Φ)	1/3 (1.5)	Tephra2のconfigfileに示される他の噴火事例に基づいて設定(エトナ1998年噴火の例を参照)
	粒子密度 ^{※1}	t/m ³	1.0	噴出物を構成する粒子が全て軽石と想定 なお、山元(2013a)において赤城鹿沼テフラは発泡の良い軽石火山礫からなるとされており、地質調査においても軽石主体であることが確認されている。 ^{※2}	
	見かけの渦拡散係数 ^{※1}	m ² /s	0.04	萬年(2013)より設定	
	拡散係数 ^{※1}	m ² /s	10,000	萬年(2013)より設定	
	Fall Time Threshold ^{※1}	s	3,600	萬年(2013)より設定	
	Plume Ratio	-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例に基づく一般値	
	噴出源	X(東距)	m	338,296	「日本の火山(第3版)」(中野ほか(2013))より設定
Y(北距)		m	4,047,614		
標高		m	1,828		

※1 粒子の密度設定と拡散の計算(見かけの渦拡散係数、拡散係数、Fall Time Thresholdの扱い)についての詳細を資料7-2、P.35「Tephra2における粒子の密度設定と拡散の計算について」示す。

※2 敷地内の地質調査結果についてはP.64に掲載。また、噴出源(赤城山)周辺の産状(粒子構成)を確認した結果については資料7-2、P.36「赤城鹿沼テフラの噴出源周辺の産状」に示す。

風向・風速データ

- 気象庁では、気象観測用ゾンデ(ラジオゾンデ)を用いて、地上から高度約30km間での大気の状態を1日2回(9時, 21時)観測している。
- 敷地に最も近い高層気象台(館野)の観測記録をシミュレーション解析に用いた。

[使用する気象データ]

- 月別平年値による解析及び噴煙柱高度の不確かさの検討には、気象庁による1981年～2010年の平年値を用いた。
- これに対し、風の不確かさの検討においては、より長い期間のデータ※(1973年～2014年)により検討を行った。

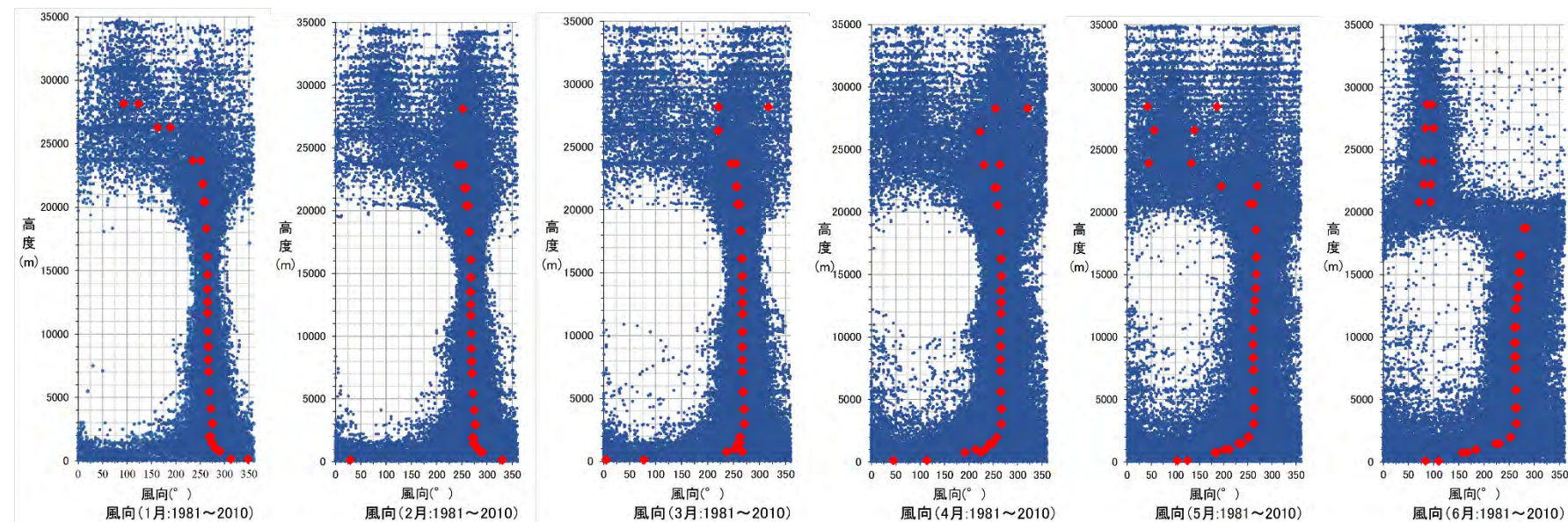
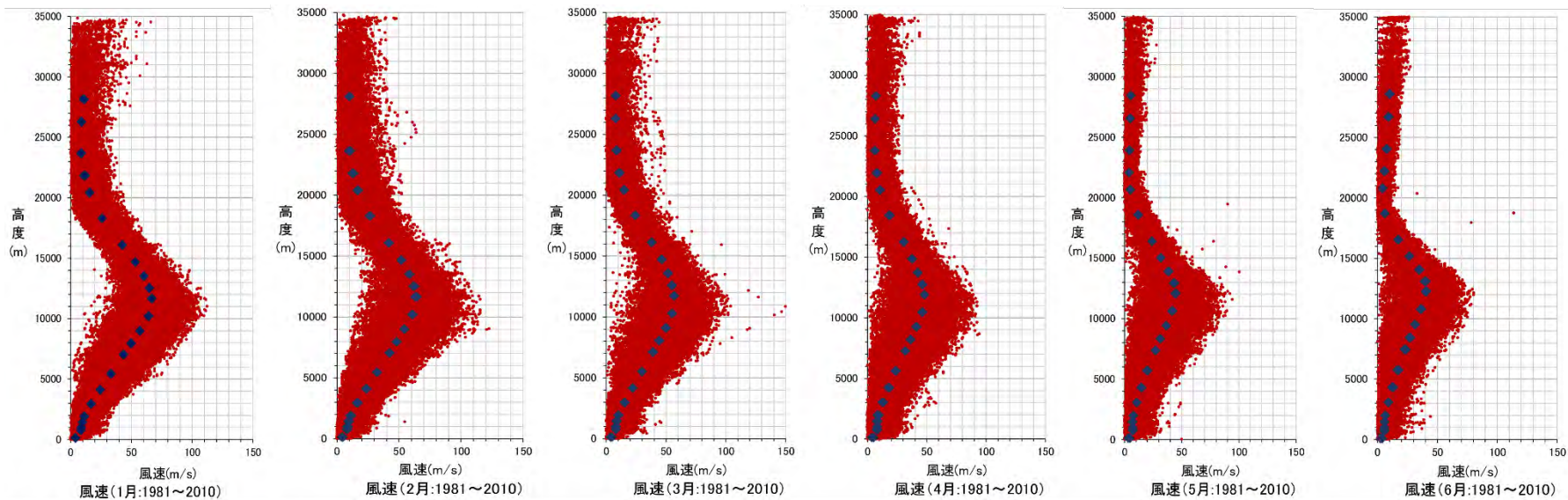
※ワイオミング大学 Department of Atmospheric Science のHPより高層気象台(館野)の高層気象観測データをダウンロード(2015年6月28日)した。その際、1973年～2014年までの観測記録を月ごとにダウンロードし、記録されている9時・21時の全日時の風データを用いた。



気象庁HP

http://www.jma-net.go.jp/kousou/obs_second_div/sonde/sonde04.html (2016. 1. 25取得)に加筆

風向・風速データ 定時観測値及び平年値の鉛直分布: 1月～6月

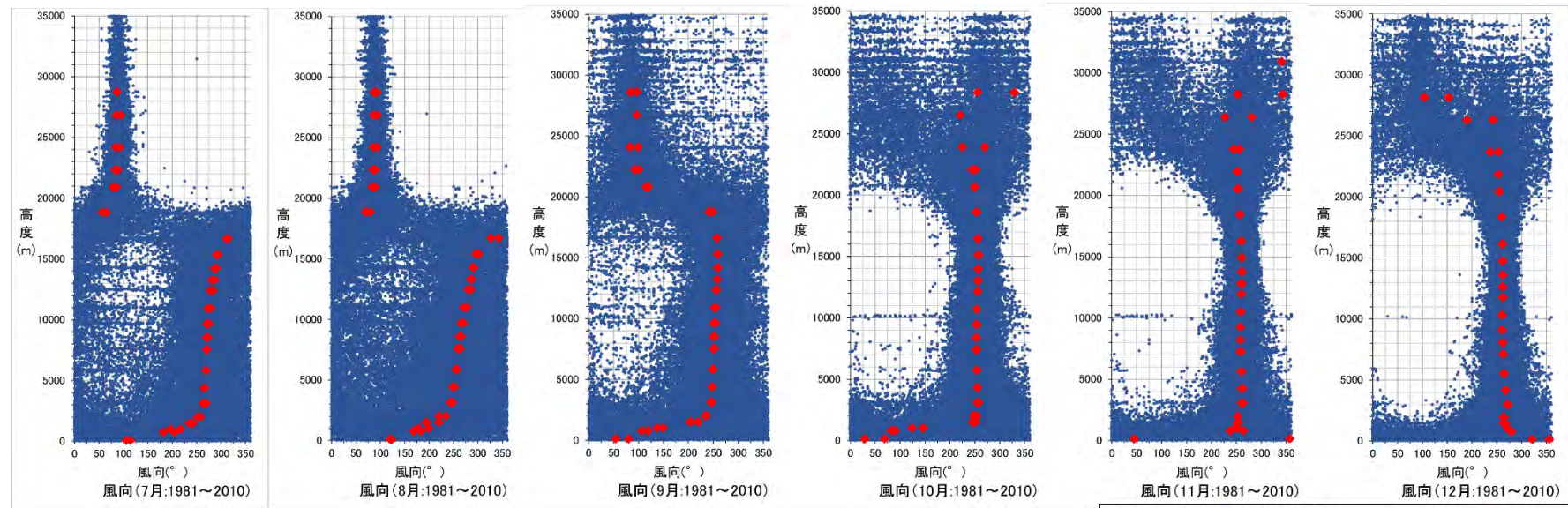
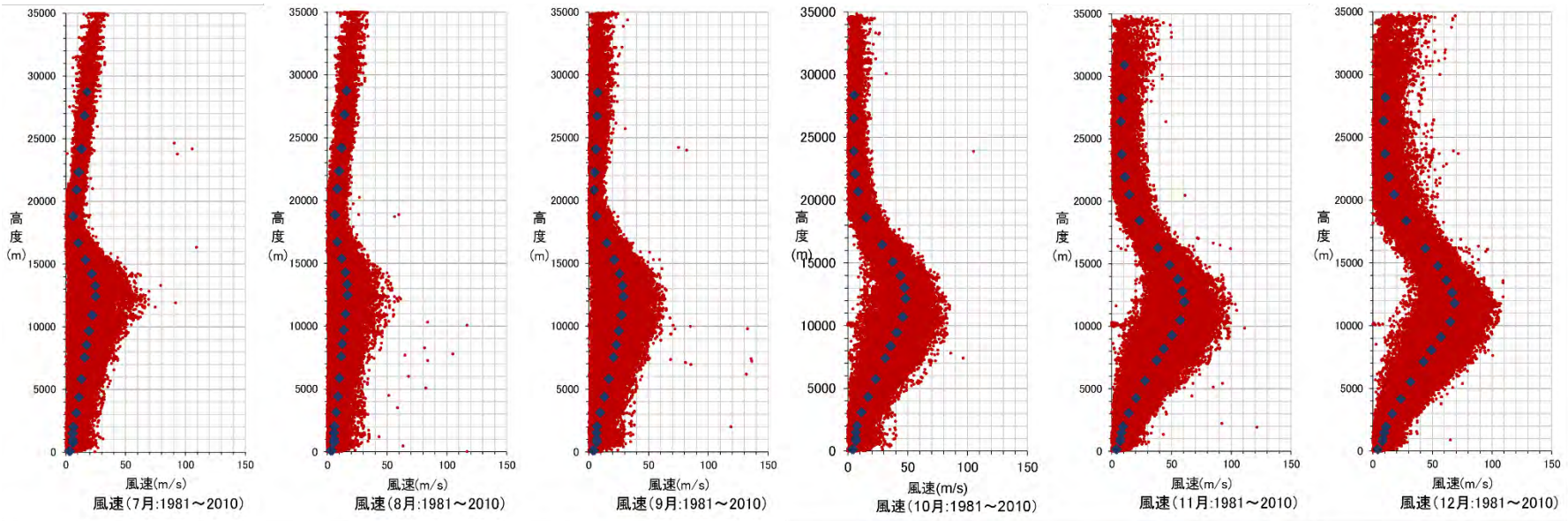


高層気象台(館野)における風速・風向鉛直分布

風速: ・定時観測 ◆平年値(9時、21時) 風向: ・定時観測 ◆平年値(9時、21時)

平年値: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/>, 定時観測データ <http://weather.uwo.edu/upperair/sounding.html> (2015年6月28日ダウンロード)

風向・風速データ 定時観測値及び平年値の鉛直分布:7月~12月



風速:・定時観測 ◆平年値(9時、21時) 風向:・定時観測 ◆平年値(9時、21時)

高層気象台(館野)における風速・風向鉛直分布

平年値: <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/>, 定時観測データ <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html> (2015年6月28日ダウンロード)

月別平年値解析 (9時)

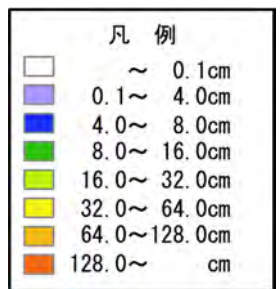
風向・風速の月別平年値(9時)を用いた解析の結果を以下に示す。

- ・一年を通じて偏西風の影響を受け、降下火砕物の分布主軸が東～東北東に向く。
- ・7月の分布主軸は他の月と比べて敷地方向に向き、敷地における堆積厚さが1年間の中で最大(8.4cm)となった。

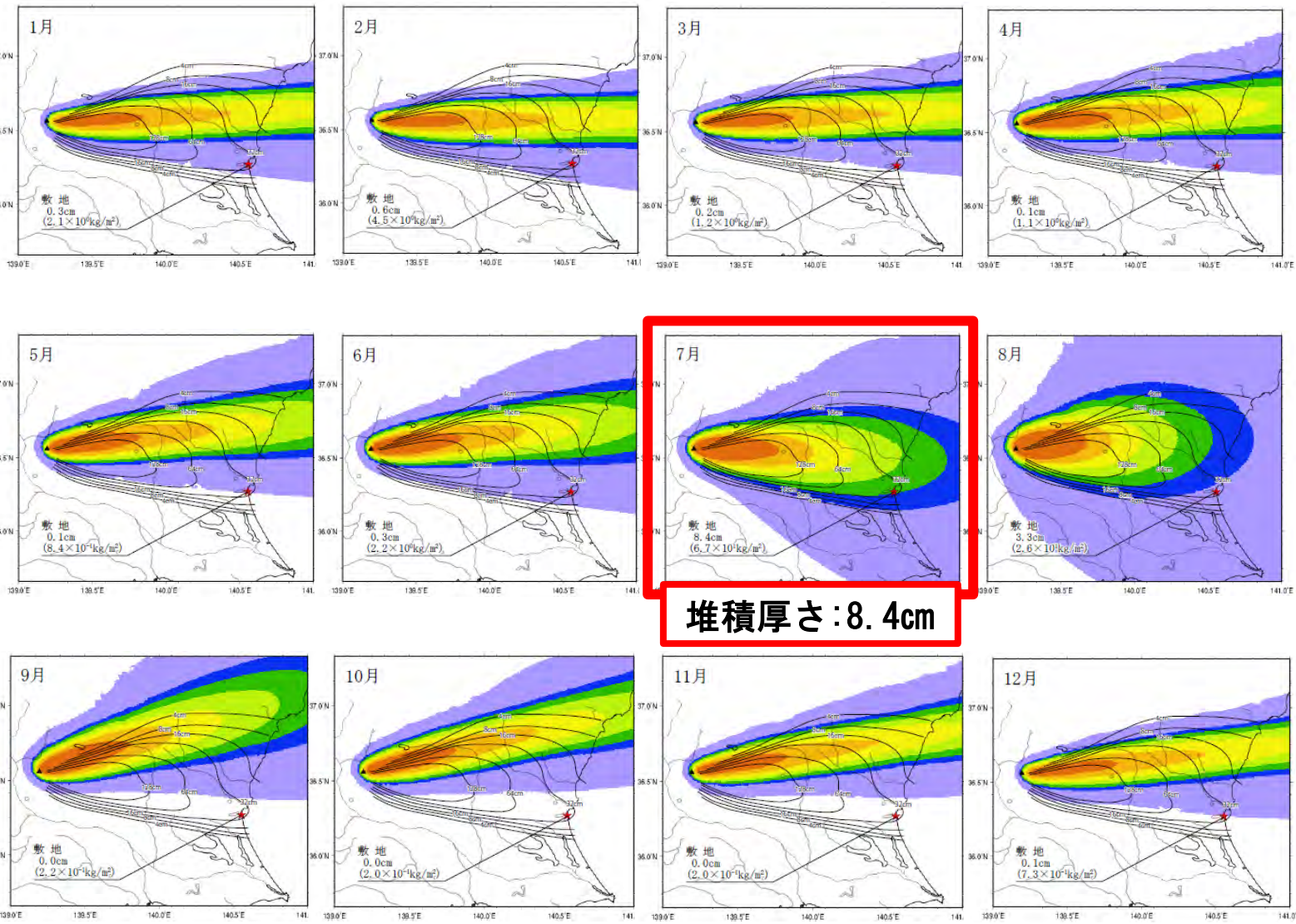
〈敷地における堆積厚さ〉

月	時	堆積厚さ (cm)
1月	9時	0.3
2月	9時	0.6
3月	9時	0.2
4月	9時	0.1
5月	9時	0.1
6月	9時	0.3
7月	9時	8.4
8月	9時	3.3
9月	9時	0.0
10月	9時	0.0
11月	9時	0.0
12月	9時	0.1

★ : 大洗研究所
▲ : 噴出源火山(Ag: 赤城山)



文献の等層厚線
—— 山元(2013a)

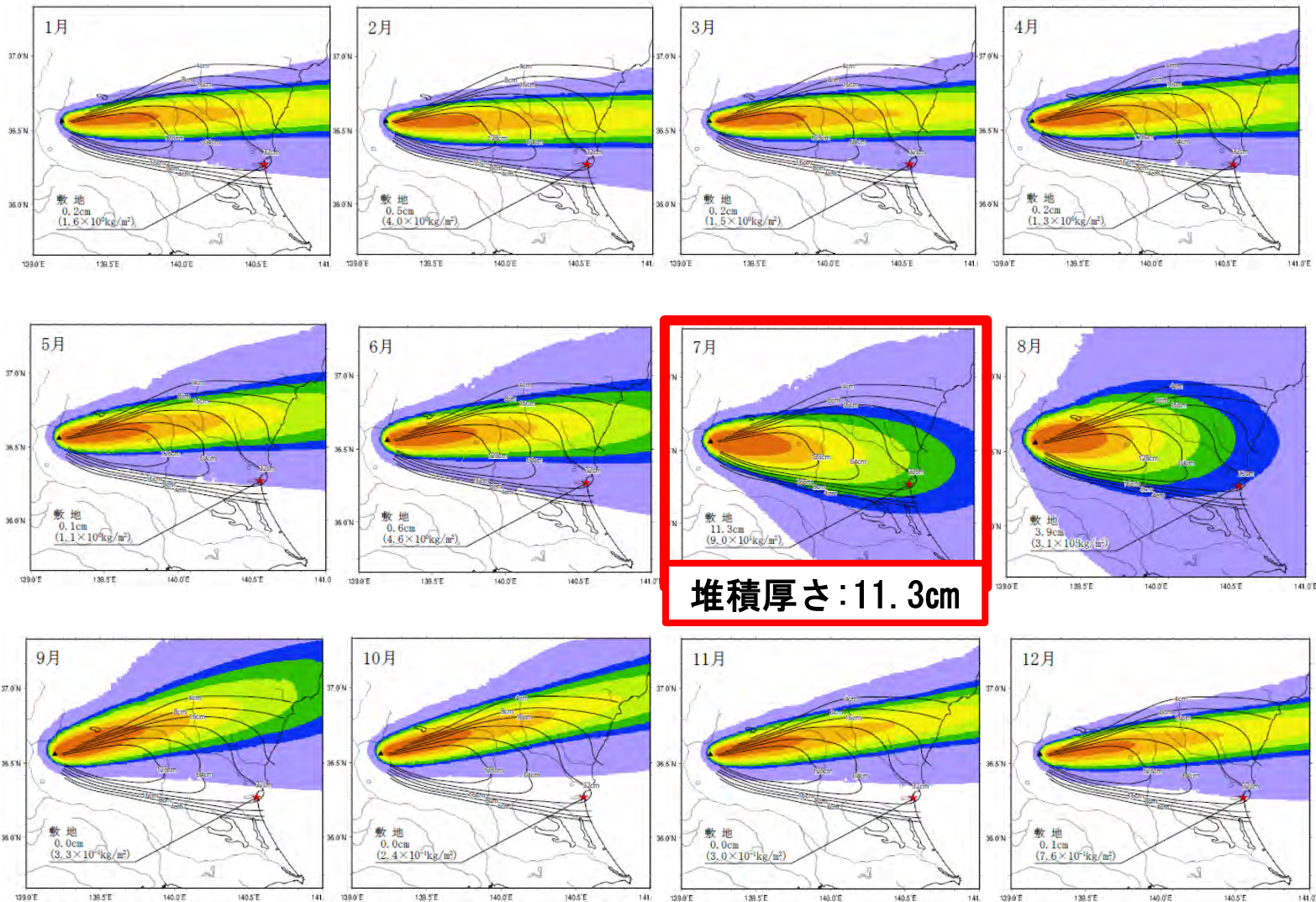


堆積厚さ: 8.4cm

月別平年値解析 (21時)

風向・風速の月別平年値(21時)を用いた解析の結果を以下に示す。

- ・一年を通じて偏西風の影響を受け、降下火砕物の分布主軸が東～東北東に向く。
- ・7月の分布主軸は他の月と比べて敷地方向に向き、敷地における堆積厚さが1年間の中で最大(11.3cm)となった。



〈敷地における堆積厚さ〉

月	時	堆積厚さ (cm)
1月	21時	0.2
2月	21時	0.5
3月	21時	0.2
4月	21時	0.2
5月	21時	0.1
6月	21時	0.6
7月	21時	11.3
8月	21時	3.9
9月	21時	0.0
10月	21時	0.0
11月	21時	0.0
12月	21時	0.1

★: 大洗研究所
▲: 噴出源火山(Ag: 赤城山)

凡例

□	~ 0.1cm
□	0.1~ 4.0cm
□	4.0~ 8.0cm
□	8.0~ 16.0cm
□	16.0~ 32.0cm
□	32.0~ 64.0cm
□	64.0~ 128.0cm
□	128.0~ cm

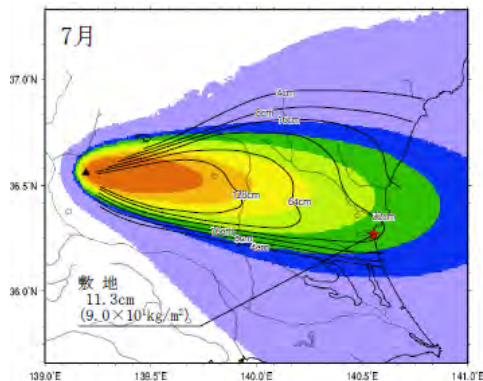
文献の等層厚線
—— 山元(2013a)

不確かさ解析 (概要)

敷地における堆積厚さが最大(11.3cm)となる7月(21時)の月別平年値の風(1981年~2010年)を用いて、以下の不確かさによる堆積厚さへの影響について検討する。

- 噴煙柱高度25kmを基本ケースとし、噴煙柱高度の高・低(±5km)
- 7月の月別平年値の風を基本ケースとし、風速のばらつき(±1σ)、風向の不確かさ(敷地方向の風)

基本ケース：噴煙柱高度 25km, 7月(21時)の平年値の風 (統計期間1981年~2010年)



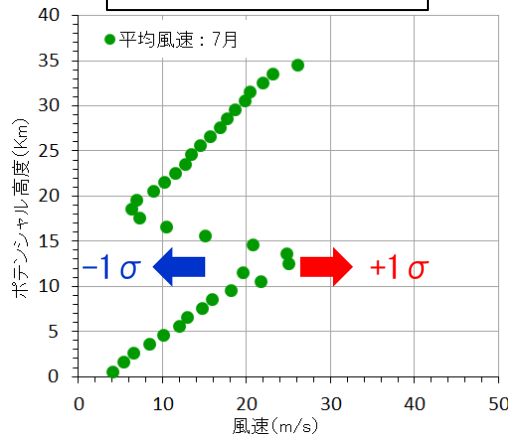
★: 大洗研究所
▲: 噴出源火山(Ag: 赤城山)

凡例	
□	~ 0.1cm
■	0.1 ~ 4.0cm
■	4.0 ~ 8.0cm
■	8.0 ~ 16.0cm
■	16.0 ~ 32.0cm
■	32.0 ~ 64.0cm
■	64.0 ~ 128.0cm
■	128.0 ~ cm

文献の等層厚線
—— 山元(2013a)

①不確かさ<噴煙柱高度>
噴煙柱高度 : ± 5 km

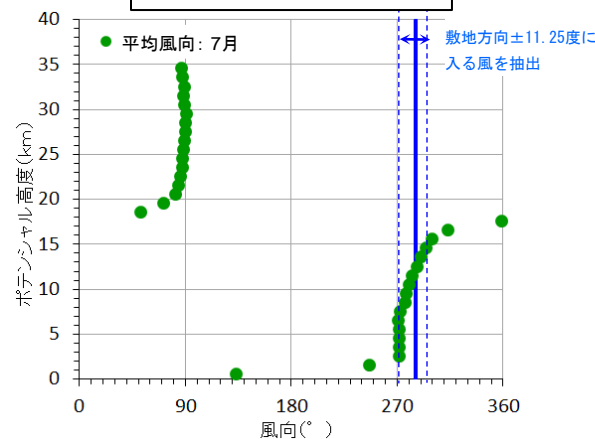
②不確かさ<風速>※
風速 ± 1 σ



高度 1 km毎に風速データを整理し、
± 1 σの風速を設定

※気象データ：1973年~2014年(7月)を使用

③不確かさ<風向>※
敷地方向の風

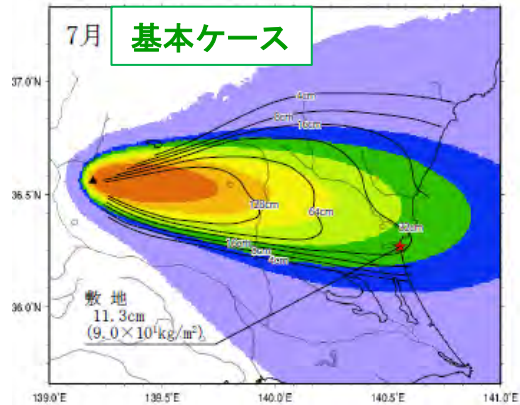


高度2km~18kmの観測毎の風向について、風向の平均値が敷地方向(285.56度)から16方位の1方位分の角度(±11.25度)に入る風を抽出し、月平均の風向を設定

不確かさ解析 (噴煙柱高度)

噴煙柱高度の不確かさを考慮し、基本ケースに対して±5kmを考慮したケースについて検討した結果、全てのケースで堆積厚さは小さくなった。

■噴煙柱高度25km

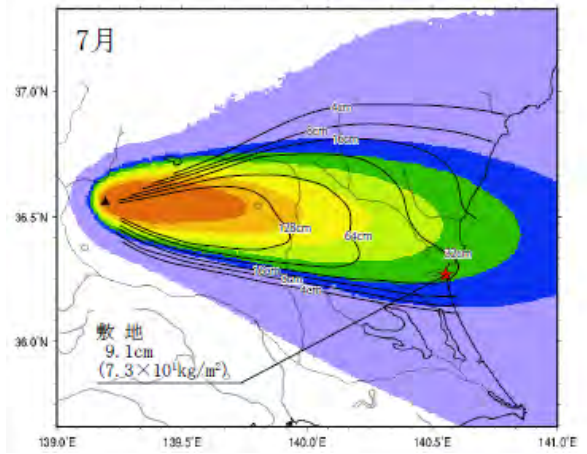


★ : 大洗研究所
▲ : 噴出源火山(Ag: 赤城山)

凡 例	
□	~ 0.1cm
□	0.1 ~ 4.0cm
□	4.0 ~ 8.0cm
□	8.0 ~ 16.0cm
□	16.0 ~ 32.0cm
□	32.0 ~ 64.0cm
□	64.0 ~ 128.0cm
□	128.0 ~ cm

文献の等層厚線
—— 山元(2013a)

◇噴煙柱高度:20km



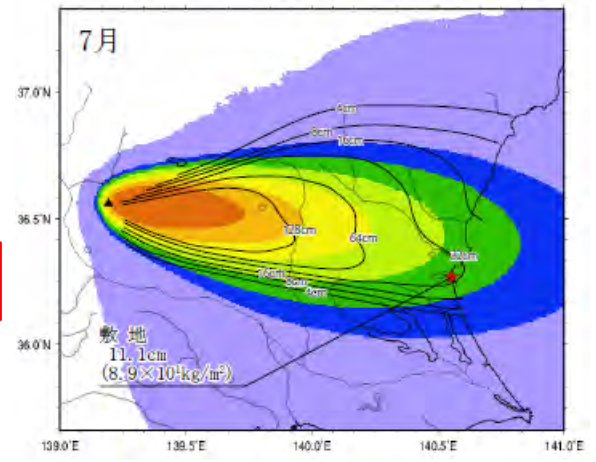
堆積厚さ:9.1cm

堆積厚さ:11.3cm

←
-5km

→
+5km

◇噴煙柱高度:30km

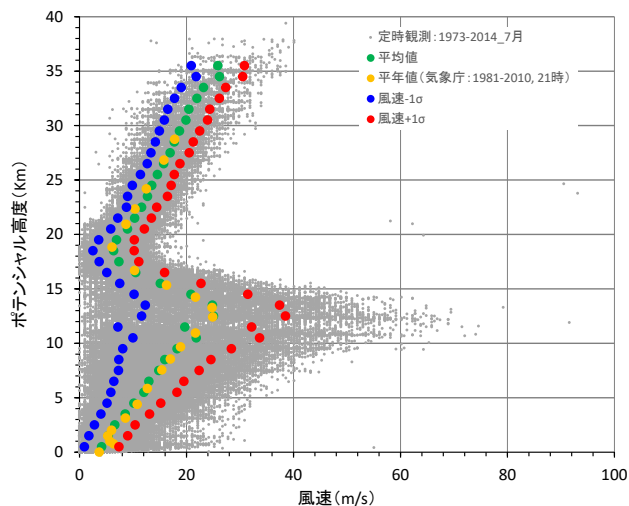


堆積厚さ:11.1cm

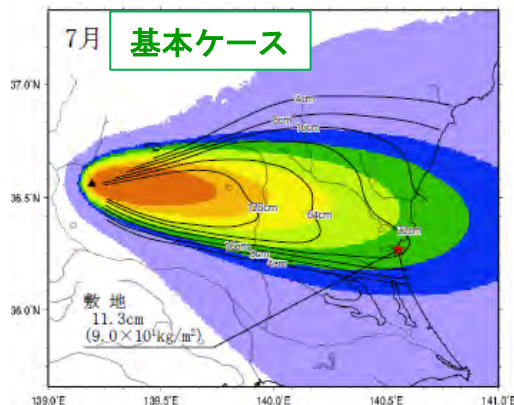
7月(21時)の平年値の風(1981年~2010年)

不確かさ解析 (風速)

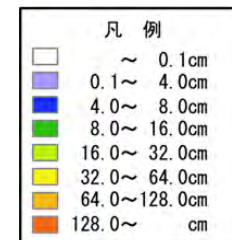
風速の不確かさを考慮し、7月の平均風速(1973年~2014年)に対して $\pm 1\sigma$ の風速を考慮したケースについて検討した結果、 $+1\sigma$ の風速で敷地における堆積厚さが大きくなり、その堆積厚さは約21.3cmとなった。



■ 7月(21時)の平年値の風

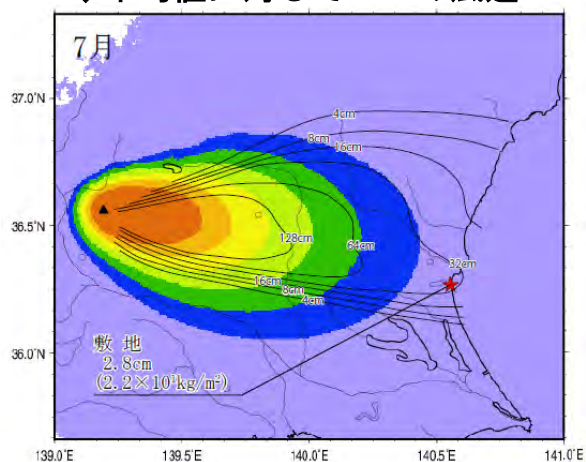


★ : 大洗研究所
▲ : 噴出源火山(Ag: 赤城山)



文献の等層厚線
— 山元(2013a)

◇ 平均値に対して -1σ の風速



堆積厚さ: 2.8cm

堆積厚さ: 11.3cm

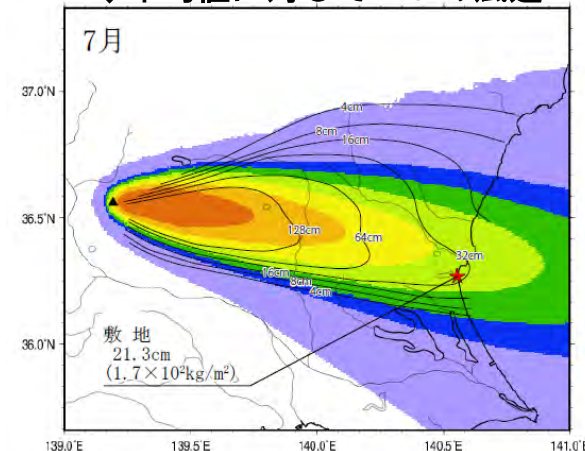


風速
[小]



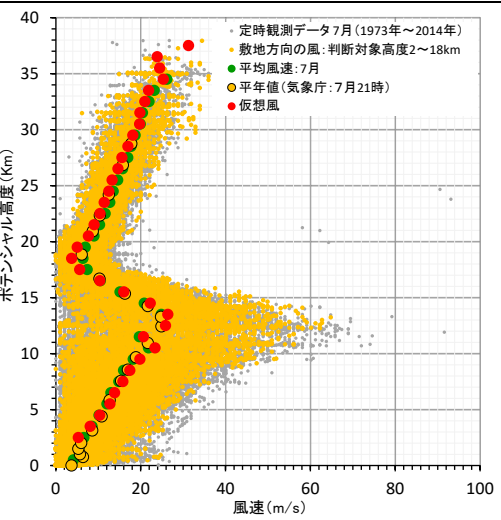
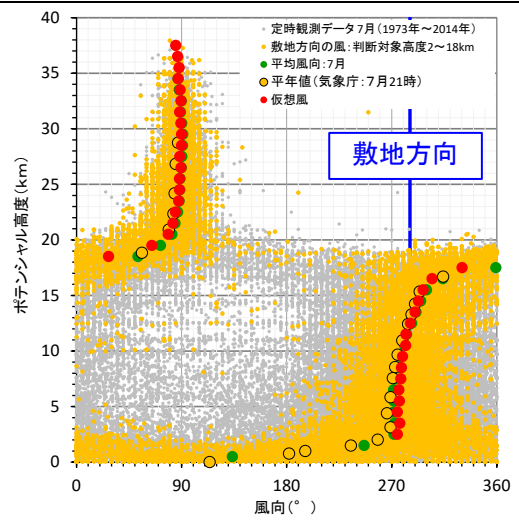
風速
[大]

◇ 平均値に対して $+1\sigma$ の風速



堆積厚さ: 21.3cm

風向の不確かさを考慮し、7月の観測値(1973年~2014年)を用いて、敷地方向の風を作成して検討した結果、敷地における堆積厚さは約15cmとなった。



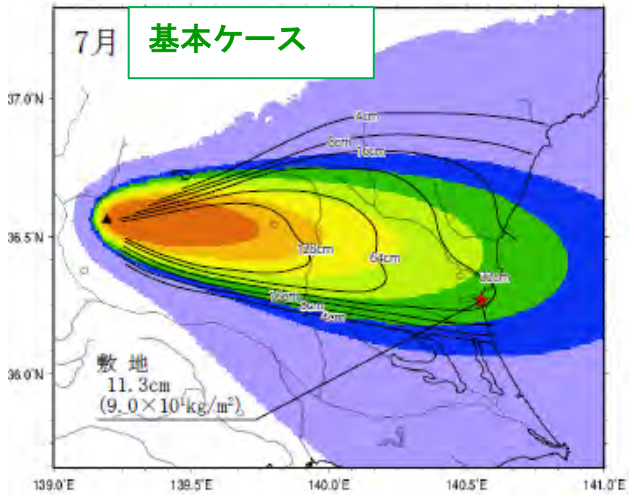
★ : 大洗研究所
 ▲ : 噴出源火山(Ag: 赤城山)

凡例

□	~ 0.1cm
□	0.1~ 4.0cm
□	4.0~ 8.0cm
□	8.0~ 16.0cm
□	16.0~ 32.0cm
□	32.0~ 64.0cm
□	64.0~ 128.0cm
□	128.0~ cm

文献の等層厚線
 — 山元(2013a)

■7月(21時)の平年値の風

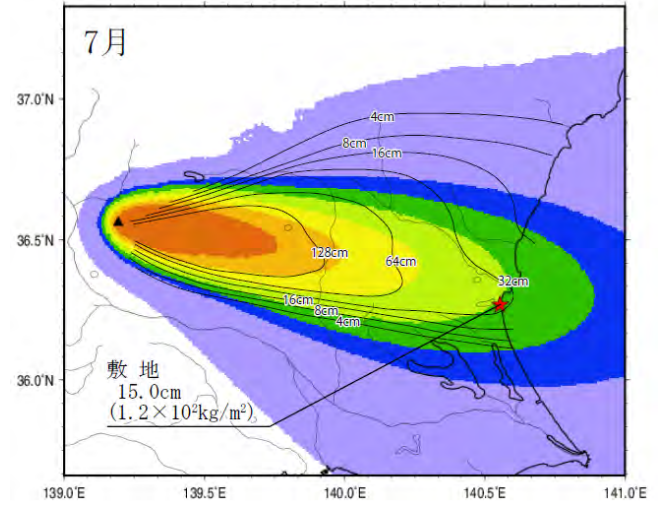


堆積厚さ: 11.3cm



敷地方向の風

◇敷地方向の風



堆積厚さ: 15cm



(1) 降下火砕物の層厚 (まとめ)

降下火砕物の分布状況及びシミュレーションに基づく検討結果を踏まえ、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定する。

敷地において最大層厚となる降下火砕物
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)

<①降下火砕物の分布状況に基づく検討>

【分布(文献調査)】

- ・町田・新井 (2011) : 10~40cm
- ・山元 (2013a) : 32~64cm (敷地は、32cm等層厚線付近に位置)
- ・Ag-KP分布主軸は敷地方向を向いている

【敷地及び敷地周辺の層厚】

●文献調査

- ・敷地近傍 : 約35cm
- ・敷地周辺 : 概ね40cm以下

敷地から噴出源方向に約10kmの地点で50cmが確認される

●地質調査

- ・敷地内 : 25~35cm (ボーリング及び露頭)
- ・文献の分布及び層厚と整合している

⇒敷地周辺で最大50cmが観測され、**保守性を考慮して50cmと評価**

<②降下火砕物シミュレーションに基づく検討>

Ag-KPと同規模の噴火を想定し、現在の気象条件における不確かさを考慮した数値シミュレーションを実施 (月別平年値・噴煙柱高度・風速・風向)

- ・月別平年値解析 : 最大約12cm
- ・不確かさ解析 : **最大約22cm** (風速の不確かさ : +1σ)
- ・現在の気象条件においては、不確かさを考慮しても敷地内及び敷地周辺で確認された層厚を上回らない結果となった。

降下火砕物の分布状況及びシミュレーションに基づく検討結果から総合的に判断し、設計上考慮する降下火砕物の層厚を50cmと設定する。

降下火砕物の密度 (評価結果)

文献調査及び地質調査結果から、降下火砕物の密度を以下の通り設定する。

○調査結果

項目	文献調査 (敷地周辺)	地質調査結果	
		最小	最大
湿潤密度	約1.0~1.2g/cm ³ ※1,※2 (1.2g/cm ³ を超えることがある)※2	約0.9g/cm ³	約1.1g/cm ³
乾燥密度	約0.3~0.7g/cm ³ ※1,※2	約0.3g/cm ³	約0.5g/cm ³

※1: 富田ほか(1994), ※2: 宇井編(1997)に基づく

注) 地質調査結果は、日本原子力発電(株)東海第二発電所敷地内にて採取した試料の結果である。



密度 : 1.5g/cm³
 (宇井編 (1997) によると「湿ると1.2を超えることがある」とされていることを踏まえ保守的に設定)

文献調査

富田ほか(1994), 宇井編(1997)によれば, 赤城鹿沼テフラの密度は, 湿潤密度で約 $1.0 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$ 超, 乾燥密度で約 $0.3 \sim 0.7 \text{ g/cm}^3$ である。

① 富田ほか(1994)

- 鹿沼土(赤城鹿沼テフラ)の物理的性質について, 3地点で採取した試料の分析を行っている。
- そのうち, 敷地に最も近い笠間地区の湿潤密度及び乾燥密度は次のとおり。
 - ・湿潤密度 : 1.0 g/cm^3 ※1
 - ・乾燥密度 : 0.3 g/cm^3 ※2

② 宇井編(1997)

「乾燥した火山灰は密度が $0.4 \sim 0.7$ であるが, 湿ると 1.2 を超えることがある。」とされている。

※1湿潤密度は小数点第2位を切り上げた。

※2乾燥密度は小数点第2位を切り下げた。

【密度】

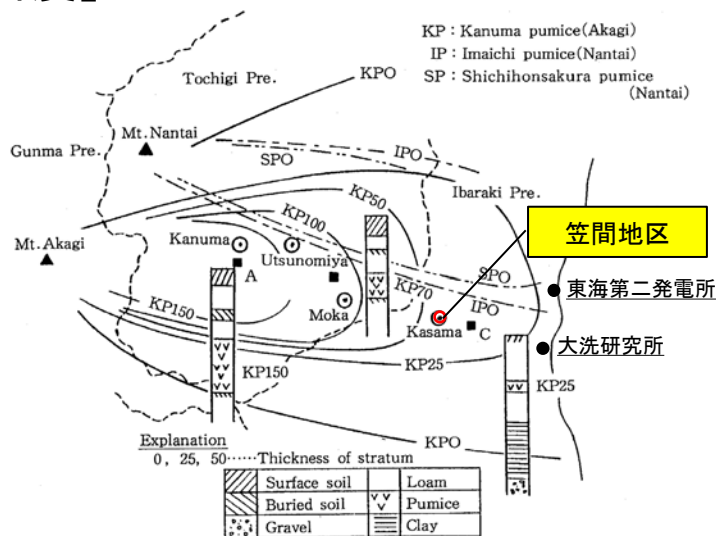


Fig. 1 栃木県における軽石層の分布

Distribution chart of the volcanic pumice strata in Tochigi prefecture

Table 2 鹿沼土の物理的性質
Physical properties of Kanumatsuchi

項目	鹿沼地区			真岡地区		笠間地区	関東ローム	
	上層	中層	下層	上層	下層			
採取深さ (m)	0.390 0.765	0.765 1.290	1.290 1.845	0.760 1.135	1.135 1.480	0.500 0.700		
自然含水比 $\omega_n(\%)$	213.2	191.5	220.0	175.6	194.0	167.8	109.7	
湿潤密度 $\rho_s(\text{g/cm}^3)$	1.062	1.051	1.006	1.039	0.937	0.994	1.301	
乾燥密度 $\rho_d(\text{g/cm}^3)$	0.339	0.361	0.315	0.378	0.318	0.367	0.620	
比重 G_s	2.674	2.650	2.653	2.718	2.701	2.776	2.794	
間隙比 e_n	6.902	6.362	7.442	6.212	7.488	6.730	3.507	
間隙率 $n_n(\%)$	87.3	86.4	88.15	86.13	88.21	87.06	77.81	
飽和度 $S_r(\%)$	82.7	79.8	78.4	76.7	70.0	69.2	87.4	
三相比	固相 (%)	12.70	13.60	11.85	13.83	11.81	13.29	22.19
	液相 (%)	72.37	68.98	69.12	66.10	61.73	62.50	68.07
	気相 (%)	14.93	17.42	19.03	20.07	26.46	24.21	9.74
液性限界 $\omega_L(\%)$	95~120	82.0	87.0	99.0	80.0	118.4	130.0	
塑性限界 $\omega_p(\%)$	85	67.0	70.0	79.0	68.0	89.8	88.0	

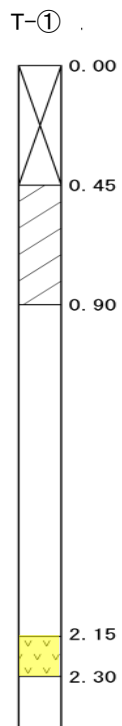
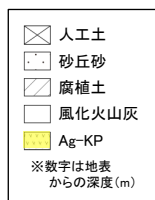
富田ほか(1994)に加筆

地質調査

地質調査(土質試験)の結果、東海第二発電所敷地における赤城鹿沼テフラの密度は、湿潤密度で最大約 $1.1\text{g}/\text{cm}^3$ 、乾燥密度で最小約 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ である。



試料採取位置図



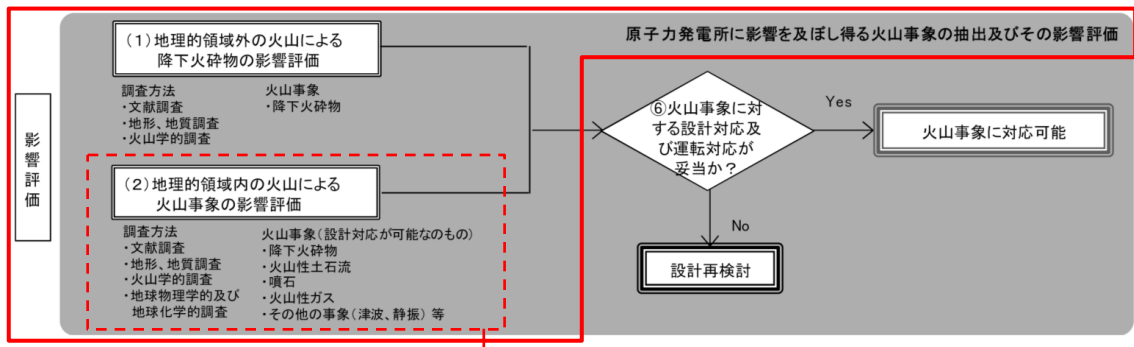
ボーリング柱状図

【密度試験結果】

	最小	最大
湿潤密度	$0.9\text{g}/\text{cm}^3$	$1.1\text{g}/\text{cm}^3$
乾燥密度	$0.3\text{g}/\text{cm}^3$	$0.5\text{g}/\text{cm}^3$

4.2 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価（概要）

施設に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した。



原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象及び位置関係

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. 地盤変動	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

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 地理的領域内の火山による火山事象の影響評価（評価結果）

施設に影響を及ぼし得る可能性のある火山事象のうち、降下火砕物以外の火山性土石流、噴石、火山ガス、その他の火山事象等について検討した。結果は以下に示す通り。

火山事象	対象火山	評価結果
火山性土石流、火山泥流及び洪水	半径120km内の 施設に影響を及ぼし得る火山 [4火山]	敷地内に流入する河川がないこと及び敷地は台地上に位置することから、これらの火山事象が施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
火山から発生する飛来物 (噴石)	半径10km内の 施設に影響を及ぼし得る火山 [なし]	—
火山ガス	半径160km内の 施設に影響を及ぼし得る火山 [12火山]	敷地は太平洋に面する台地上に位置しており、火山ガスが敷地に滞留する地形ではないことから、これらの火山事象が施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
その他火山事象 ・火山活動に起因する大気現象 ・火山性地震とこれに関連する事象 ・熱水系及び地下水の異常 ・津波及び静震	半径160km内の 施設に影響を及ぼし得る火山 [12火山]	敷地は火山フロントより前弧側(東方)に位置すること、また対象火山と十分な離隔があることから、これらの火山事象が施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。



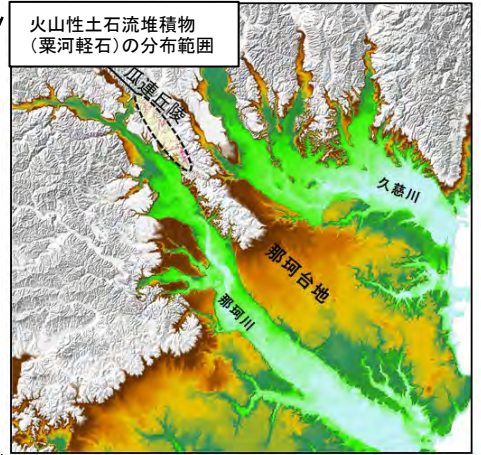
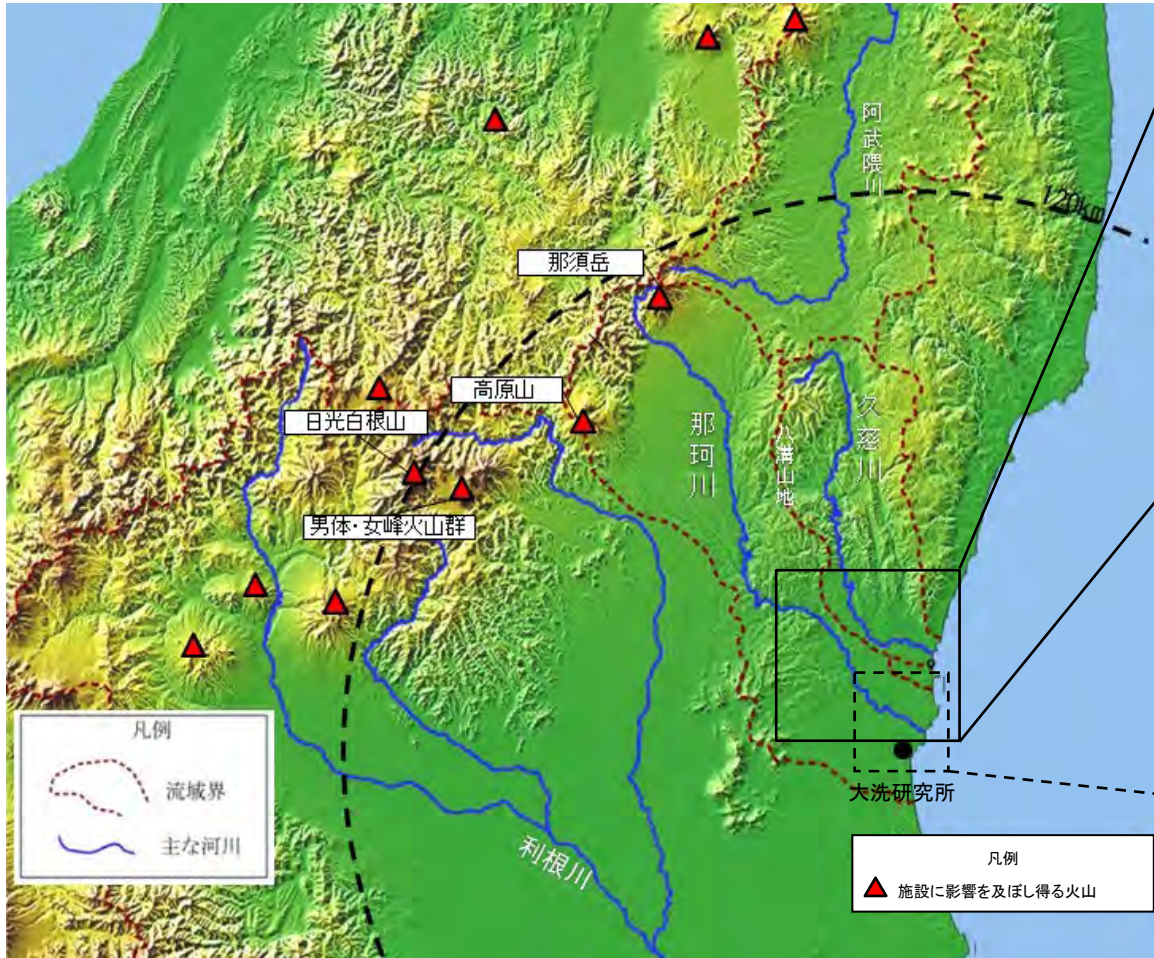
※噴出中心と原子力発電所との距離が、記載の距離より短ければ、火山事象により原子力発電所が影響を受ける可能性があるものとする。(火山影響評価ガイド)

降下火砕物以外に影響を評価すべき火山事象はない。

火山性土石流, 火山泥流及び洪水

火山性土石流, 火山泥流及び洪水について, 施設に影響を及ぼし得る12火山のうち, 敷地から120kmの範囲内にある4火山を対象に評価を行った。

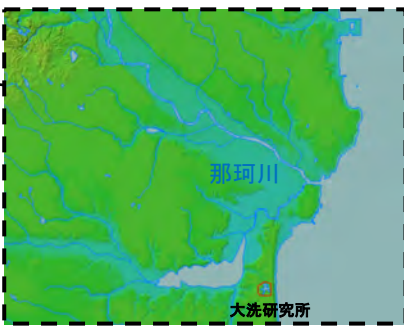
- ・那珂川の上流域に対象火山が存在し, また, 那珂川に沿う瓜連丘陵に火山性土石流堆積物(栗河軽石)が確認されている。
- ・那珂川の流下方向が敷地に向かっていない。また, 那珂川と敷地の間に鹿島台地が分布し敷地は台地上に位置する。



凡例
標高
50m以上
45-50m
40-45m
35-40m
30-35m
25-30m
20-25m
15-20m
10-15m
0-10m

この地図の作成に当たっては, 国土地理院長の承認を得て, 同院発行の20万分1地勢図, 2万5千分の1地形図, 数値地図200000(地図画像), 数値地図25000(地図画像), 数値地図50mメッシュ(標高), 数値地図(国土基本情報) 基礎地図情報(数値標高モデル)及び基礎地図情報を使用した。(承認番号 平28情統, 第129号)

栗河軽石の分布は, 坂本・宇野沢(1976)に基づき作成
DEM(10mメッシュ, 国土地理院)



標高値
4000m
2000m
1000m
300m
100m
0m
-1m以上0m未満
-1m未満
水部

以上から, 火山性土石流, 火山泥流及び洪水による影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

5.まとめ

【施設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30の第四紀火山が位置する。
- ・敷地を中心とする半径160kmの範囲に第四紀火山(30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、施設に影響を及ぼし得る火山として、以下の12火山を抽出した。

〔 高原山, 那須岳, 男体・女峰火山群, 日光白根山, 赤城山, 燧ヶ岳, 子持山, 安達太良山, 磐梯山, 榛名山, 笹森山, 沼沢 〕

【抽出された火山の火山活動に関する個別評価】

- ・抽出された火山の敷地からの離隔, 並びに敷地周辺における第四紀の火山活動の特徴等の検討結果から, 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)が施設に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
- ・過去最大規模の噴火を考慮しても施設に影響を及ぼさないと判断できることから, モニタリングの対象となる火山はない。

【施設に影響を及ぼし得る火山事象の抽出】

- ・施設に影響を及ぼし得る火山事象は降下火砕物であり, 設計上考慮する値を以下のとおり設定する。なお, 降下火砕物の粒径については, その影響が想定される防護すべき安全機能が存在しない為, 評価対象外とした。

〔 層厚 : 50cm
密度 : 1.5g/cm³ 〕

- ・火山性土石流, 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うち, 施設への影響を評価すべき事象はない。

6.参考文献

1. 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 制定 平成25年6月19日 原規技発第13061910号 原子力規制委員会決定
2. 中野俊・西来邦章・室田晋治・星住英夫・石塚吉浩・伊藤順一・川辺禎久・及川輝樹・古川竜太・下司信夫・石塚治・山元孝広・岸本清行編(2013):日本の火山(第3版), 産業技術総合研究所 地質調査総合センター
3. 日本電気協会(2015):「原子力発電所火山影響評価技術指針」(JEAG4625-2015)
4. 西来邦章, 伊藤順一, 上野龍之, 内藤一樹, 塚本 斉(2016):産業技術総合研究所地質調査総合センター (2016): 第四紀噴火・貫入岩体データベース. 産総研地質調査総合センター, https://gbank.gsj.jp/quaternary/index_qvir.php
5. 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, p.15-20
6. 三村弘二(2002):東北日本, 猫魔火山の地質と放射年代, 火山, 第47巻(2002), 第4号, p.217-225
7. 井上道則・吉田武義・藤巻宏和・伴雅雄(1994):東北本州弧, 高原火山群における山体形成史とマグマの成因, 核理研研究報告, 第27巻, 第2号, 1994年12月, p.169-198
8. 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, 42, p.393-402
9. 鈴木毅彦(1993):北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層, 地学雑誌, 102, p.73-90
10. 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, 63, p.35-91
11. 弦巻賢介(2012):東北日本弧南部, 高原火山における山体形成史とマグマ供給系の発達, 日本火山学会講演予稿集, p.56
12. 山元孝広(2013a):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, p.251-304, 2013
13. 鈴木毅彦(1992):那須火山のテフロクロロジー, 火山, 37, p.251-263
14. 伴雅雄・高岡宣雄(1995):東北日本弧, 那須火山群の形成史, 岩鉱, 90, p.195-214, 1995
15. 山元孝広(1997):テフラ層序から見た那須茶臼岳火山の噴火史, 地質学雑誌, 103, p.676-691
16. 気象庁編(2013):日本活火山総覧(第4版)
17. 産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014):1万年噴火イベントデータ集(ver. 2.2), <https://gbank.gsj.jp/volcano/eruption/index.htm>
18. 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一, 静岡大学地球科学研究報告, 18, p.59-91
19. 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, 16, p.215-221
20. 佐々木 実(1994):日光火山群の岩石学, 月刊地球, Vol16, p.221-230
21. 第四紀火山カタログ委員会編(1999):日本の第四紀火山カタログ, 日本火山学会
22. 石崎泰男・森田考美・岡村裕子・小池一馬・宮本亜里沙・及川輝樹(2014):男体火山の最近17000年間の噴火史, 火山, 59, 3, p.185-206
23. 奥野 充・中村俊夫・守屋以智雄(1993):那須・高原・日光白根火山の完新世テフラの加速器¹⁴C年代, 日本火山学会講演予稿集, P06, p.92
24. 佐々木 実・橋野 剛・村上 浩(1993):日光火山群, 日光白根火山および三ツ岳火山の地質と岩石, 弘前大学理学部地球科学科報告, 40, p.101-117(1993)
25. 高橋正樹・小堀容子・矢島有紀子(1995):日光白根火山下マグマ供給システムの岩石学的モデル, 月間地球, 17, p.113-119
26. 大森昌衛編(1986):日本の地質3 関東地方, 共立出版, 335p
27. 鈴木毅彦(1990):テフロクロロジーからみた赤城火山最近20万年間の噴火史, 地学雑誌, 99, 2(1990), p.60-75
28. 富田平四郎・中野政詩・鈴木敬(1994):地域, 深さによる鹿沼土の物理的構成と各種物理性の差異について, 土壌の物理性, 第69号, p.11-21(1994)
29. 宇井 忠英編(1997):火山噴火と災害, 東京大学出版会
30. 青木かおり・入野智久・大場忠道(2008):鹿島沖海底コアMD01-2421の後期更新世テフラ層序, 第四紀研究, 47, (6), p.391-407
31. 高橋正樹・関 慎一郎・鈴木洋美・竹本弘幸・長井雅史・金丸龍夫(2012):赤城火山噴出物の全岩化学組成・分析データ381個の総括-, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, 47, p.341-400
32. 及川輝樹(2012):赤城山と栗駒山の歴史時代の噴火記録, 日本火山学会講演予稿集, p.140
33. 山元孝広(2014a):赤城火山の噴火履歴の再検討と定量化, 日本火山学会講演予稿集
34. 山元孝広(2014b):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, 613, 産総研地質調査総合センター
35. 山元孝広(2016):赤城火山軽石噴火期のマグマ噴出率と組成の変化, 地質学雑誌, 122, p.109-126
36. 早川由紀夫(1999):赤城山は活火山か?, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集(CD-ROM), , As-012.

37. 峰岸純夫(2003): 中世における赤城山於呂嶽(荒山)の噴火と富士山浅間信仰, 日本中世史の再発見, 吉川弘文館, p.132-144.
38. 早川 由紀夫・新井 房夫・北爪 智啓(1997): 燧ヶ岳火山の噴火史, 地学雑誌, 106, p.660-664
39. 山元孝広(1999b): 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, 50, p.743-767
40. 飯塚義之(1996): 子持火山の地質と活動年代, 岩鉱, 91, p.73-85
41. 山元孝広・阪口圭一(2000): テフラ層序からみた安達太良火山, 最近約25万年間の噴火活動, 地質学雑誌, 106, p.865-882
42. 藤縄明彦・林信太郎・梅田浩司(2001): 安達太良火山のK-Ar年代: 安達太良火山形成史の再検討, 火山, 46, p.95-106
43. 藤縄明彦・鎌田光春(2005): 安達太良火山の最近25万年間における山体形成史とマグマ供給系の変遷, 岩石鉱物科学, 34, p.35-58
44. 長谷川健・藤縄明彦・伊藤太久(2011): 磐梯・吾妻・安達太良: 活火山ランクBの三火山, 地質学雑誌, 117, p.33-48
45. 三村弘二(1994): 磐梯火山の放射年代一概要一. 地質調査所月報, 第45巻, 第10号, p.565-571, 1994
46. 三村弘二・中村洋一(1995): 磐梯山の地質形成史と岩石. 磐梯火山, p.87-101(1995)
47. 梅田浩司・林 信太郎・伴 雅雄・佐々木 実・大場 司・赤石和幸(1999): 東北日本, 火山フロント付近の2.0Ma以降の火山活動とテクトニクスの推移. 火山, 第44巻(1999), p.233-249
48. Soda, Tsutomu.(1996): Explosive activities of Haruna volcano and their impacts on human life in the sixth century A.D, Geograph.Rep. Tokyo Metropolitan Univ, 31, p.37-52
49. 下司信夫(2013): 詳細火山データ集: 榛名火山, 日本の火山, 産総研地質調査総合センター(https://gbank.gsj.jp/volcano/Act_Vol/haruna/index.html)
50. 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
51. 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, p.407-412
52. 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, p.137-147
53. 山元孝広(1995): 沼沢火山における火砕流噴火の多様性: 沼沢湖および水沼火砕堆積物の層序, 火山, 40, p.67-81
54. 山元孝広(2003): 東北日本, 沼沢火山の形成史: 噴出物層序, 噴出年代及びマグマ噴出量の再検討, 地質調査研究報告, 54, p.323-340
55. 山崎正男(1958): 日光火山群, 地球科学, 第36号(1958年2月), p.27-35
56. 山元孝広(2011): 磐梯火山最初期噴出物におけるマグマ組成の時間変化: 裏磐梯高原コアの化学分析結果, 火山, 第56巻(2011), 第6号, p.189-200
57. 山元孝広・須藤 茂(1996): テフラ層序からみた磐梯火山の噴火活動史. 地質調査所月報, 第47巻, 第6号, p.335-359, 1996
58. 小荒井衛・津沢正晴・星野実(1995): 磐梯山の地形発達史, 「火山地域における土砂災害発生予測手法の開発に関する国際共同研究」「岩屑流発生場に関する研究」分科会研究成果, 磐梯火山, p.135-143
59. 早田 勉(1989): 6世紀における榛名火山の2回の噴火とその災害, 第四紀研究, 27(4), p.297-312
60. 山元孝広・長谷部忠夫(2014): 福島県只見町叶津の埋没化石林の放射性炭素年代: 沼沢火山水沼噴火年代の再検討, 地質学雑誌, 第120巻, 第1号, p.1-9
61. 町田洋・新井房夫(2011): 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺, 東京大学出版
62. 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), p.1237-1246, 2009
63. 鈴木毅彦(2001): 海洋酸素同位体ステージ5-6境界に降下した飯縄上樽テフラ群とその編年学的意義, 第四紀研究, 40(1), p.29-41
64. Tamura, Itoko・Yamazaki, Haruo・Mizuno, Kiyohide(2008): Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephras in central Japan, Quaternary International 178(2008), p.85-99
65. 鈴木毅彦・早川由紀夫(1990): 中期更新世に噴出した大町Apmテフラ群の層位と年代, 第四紀研究, 29(2), p.105-120
66. 鈴木毅彦・中山俊雄(2007): 東北日本弧, 仙岩地熱地域を給源とする2.0Maに噴出した大規模火砕流に伴う広域テフラ, 火山, 第52巻(2007), 第1号, p.23-38
67. 鈴木毅彦・檀原徹・藤原治(2001): 東北日本の大規模火砕流は広域テフラを生産したか?, 月間地球, Vol23, No9, p.610-613
68. 山元孝広(2013b): 東茨城台地に分布する更新統の新層序とMIS5-7海面変化との関係: 地下地質とテフラ対比による茨城層, 見和層, 夏海層, 笠神層の再定義, 地質調査所報告, 第64巻, 第9/10号, p.225-249.

69. 大井信三・西連地信男・横山芳春・安藤寿男(2013): 常陸台地における下総層群木下層のテフラ層序と広域対比, 地質学雑誌, 第119巻, 第7号, p.488-505, 2013年7月
70. 赤石和幸, 梅田浩司(2002): 新潟県飯士火山の形成史とK-Ar年代(演旨) 日本鉱物学会年会, 日本岩石鉱物鉱床学会学術講演会講演要旨集, P. 304
71. 高橋正樹, 市川寛海, 金丸龍夫, 安井真也, 間瀬口輝浩(2013): 浅間黒斑火山崩壊カルデラ壁北部仙人岩付近のプロキシマル火砕岩相一牙溶岩グループの火山角礫岩・凝灰角礫岩および仙人溶岩グループの溶結火砕岩一, 日本大学文学部自然科学研究所研究紀要, 48, p.141-168.
72. 高橋正樹・安井真也(2013): 浅間前掛火山のプロキシマル火山地質学及び巡検案内書一浅間前掛火山黒豆河原周辺の歴史時代噴出物一, 火山, 58, p.311-328.
73. 気象庁(2015): 浅間山の火山活動解説資料, 火山活動解説資料(平成27年6月24日18時30分), 気象庁地震火山部火山監視・情報センター, p.1-10.
74. 長井雅史, 高橋正樹(2008): 箱根火山の地質と形成史, 神奈川県立博物館研究調査報告(自然), 13, p.25-42.
75. 鈴木毅彦(1989): 常盤海岸南部における更新世後期の段丘と埋没谷の形成, 地理学評論, 62, A-7, p.475-494, 1989
76. 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--, 424p
77. 竹内 誠, 中野 俊, 原山 智, 大塚 勉(1998): 木曾福島地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 94p.
78. 及川輝樹, 鈴木雄介, 千葉達郎(2014): 御嶽山の噴火一その歴史と2014年噴火, 科学, 岩波書店, p.1218-1225.
79. 木村純一(1993): 後期更新世の御岳火山: 火山灰層序と火山層序学を用いた火山活動史の再検討, 地球科学, 47, p.301-321.
80. 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), p.141-156
81. 原山 智(1990): 上高地地域の地質, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 175p
82. 鈴木毅彦(2000): 飛騨山脈貝塚給源火道起源の貝塚上宝テフラを用いた中期更新世前半の地形面編年, 地理学評論, 73A-1, p.1-25
83. 高橋正樹(1995): 大規模珪長質火山活動と地殻歪速度, 火山, 第40巻(1995), p.33-42
84. 工藤 崇・檀原 徹・山下 透・植木岳雪・佐藤大介(2011): 八甲田カルデラ起源火砕流堆積物の層序の再検討, 日本第四紀学会講演要旨集, p.144-145
85. 工藤 崇・宝田晋治・佐々木実(2004): 東北日本, 北八甲田火山群の地質と火山発達史, 地質学雑誌, 第110巻, 第5号, p. 271-289, 2004年5月
86. 守屋以智雄(1983): 日本の火山地形, 東京大学出版会, 135p
87. 米倉伸之(2001): 日本の地形<1>総説, 東京大学出版会, 349p
88. Zhao Dapeng・Wei Wei・Nishizono Yukihisa・Inakura Hirohito(2011): Low-frequency earthquakes and tomography in western Japan: Insight into fluid and magmatic activity, Journal of Asian Earth Sciences, 42, p.1381-1393
89. 東宮昭彦(1997): 実験岩石学的手法で求めるマグマ溜まりの深さ, 月刊地球, Vol19, No11, p.720-724
90. Nagaoka, Shinji(1988): The late quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan, 23, p.49-122
91. 三好雅也・長谷中利昭・佐野貴司(2005): 阿蘇カルデラ形成後に活動した多様なマグマとそれらの因果関係について, 火山, 第50巻(2005), 第5号, p.269-283
92. 宮縁育夫・星住英夫・高田英樹・渡辺一徳・除 勝(2003): 阿蘇火山における過去約9万年間の降下軽石堆積物, 火山, 第48巻(2003), 第2号, p.195-214
93. 須藤 茂・猪俣隆行・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, 地質調査所研究報告, 第58巻, 第9/10号, p.261-321
94. 小林哲夫・味喜大介・佐々木寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三(2013): 桜島火山地質図, 2, 産業技術総合研究所地質調査総合センター
95. 守屋以智雄(1979): 日本の第四紀火山の地形発達と分類 地理学評論 52-9 479-501 1979.
96. 茨城県自然博物館(2001): 茨城県自然博物館 第2次総合調査報告書(2001) 関東ローム層, p.87-102
97. 茨城県自然博物館(2007): 茨城県自然博物館 第4次総合調査報告書(2007) 関東ローム層, p.85-99
98. 内閣府(防災担当)・消防庁・国土交通省水管理・国土保全局砂防部・気象庁(2013): 火山防災マップ作成指針
99. Newhall and Self, 1982 The volcanic explosivity index /VEI/ - An estimate of explosive magnitude for historical volcanism
100. 気象庁高層気象台HP http://www.jma-net.go.jp/kousou/obs_second_div/sonde/sonde04.html(2016.1.25取得)
101. 坂本亨・宇野沢昭(1976): 茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川・那珂川の河谷発達史, 地質調査所月報, 第27巻, 第10号p.655-664, 1976