

東海第二発電所  
火山影響評価について  
(補足説明資料)

平成29年10月18日  
日本原子力発電株式会社

# 目 次

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出 （補足説明）	.....	6-2-3
2. 降下火砕物の影響評価（補足説明）	.....	6-2-28
3. 参考文献	.....	6-2-49

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明）
  - 1.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出(補足)
  - 1.2 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出(補足)
  - 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイヤグラム）
  - 1.4 活動履歴に関する補足

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足）

第432回審査会合  
資料1 再掲

まとめ(1/2) (申請時からの変更点)

活動年代は、中野他(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」(西来他(2016))を基本にして評価した。

No.	火山名※1	敷地からの距離 (km)	火山の形式※2	活動年代 (千年前)	全活動期間 (千年)	最後の活動からの期間 (千年前)	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 (13火山)	
							完新世に活動を行った火山 (11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	88	複成火山, 溶岩ドーム	300 ~	300	6.5	○	-
2	塩原カルデラ	90	カルデラー火砕流	350 ~ 300	50	300	×	×
3	那須岳	93	複成火山	500 ~	500	AD1963	○	-
4	塔のへつりカルデラ群	99	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム	1400 ~ 1100 1000*1	300 400	1100 1000	×	×
5	二岐山	104	複成火山, 溶岩ドーム	140 ~ 90	50	90	×	×
6	男体・女峰火山群	105	複成火山, 溶岩ドーム	900 ~	900	7	○	-
7	会津布引山	109	複成火山	1400	-	1400	×	×
8	根名草山	116	溶岩ドーム	300	-	300	×	×
9	日光白根山	116	溶岩流及び小型楕状火山, 溶岩ドーム	20 ~	20	AD1890	○	-
10	皇海山	116	複成火山	1600 ~ 900	700	900	×	×
11	錫ヶ岳	117	複成火山?	2700 ~ 2000 2100*1	700 600	2000 2100	×	×
12	桧和田カルデラ	118	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム	3000 ~ 2600	400	2600	×	×
13	鬼怒沼	120	溶岩流, 火砕流	240 ~ 200 240*1	40 -	200 240	×	×
14	四郎岳	122	複成火山?	2500 ~ 2200 2200*1	300 -	2200 2200	×	×
15	沼上山	124	複成火山	1100	-	1100	×	×
16	赤城山	127	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム	300 ~	300	AD1251	○	-

※1, 2 火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

○:該当する ×:該当しない  
-:検討対象外

・申請時の評価から変更あるものについては下段赤字で記載。  
\*1 西来他(2016)

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足）

まとめ(2/2) (申請時からの変更点)

第432回審査会合  
資料1 再掲

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)	原子力発電所に影響を及ぼし得る火山 (13火山)	
							完新世に活動を行った火山 (11火山)	将来の活動可能性が否定できない火山 (2火山)
17	博士山	127	複成火山	2800 ~ 2500	300	2500	×	×
18	燧ヶ岳	130	複成火山	160 ~	160	AD1544	○	-
19	アヤマ平	131	複成火山	1600	-	1600	×	×
20	安達太良山	133	複成火山, 溶岩ドーム	550 ~	550	AD1900	○	-
21	笹森山	133	複成火山?	3700 ~ 2200 1800*1	1500 1900	2200 1800	×	×
22	磐梯山	135	複成火山	700 ~	700	AD1888	○	×
23	上州武尊山	137	複成火山	1200 ~ 1000	200	1000	×	×
24	猫魔ヶ岳	137	複成火山	1000 ~ 800 1430*2	200 1030	800 400	×	×*4
25	砂子原カルデラ	137	カルデラ, 溶岩ドーム	290 ~ 220	70	220	×	×
26	奈良俣カルデラ	142	カルデラー火砕流	2100	-	2100	×	×
27	沼沢	143	溶岩ドーム, カルデラ	110 ~	110	5.4	○	-
28	子持山	145	複成火山, 溶岩ドーム	900 ~ 200	700	200	×	○
29	吾妻山	147	複成火山, 溶岩流及び小型楯状火山, 火砕丘	1300 ~	1300	AD1977	○	-
30	小野子山	150	複成火山	1300 ~ 1200	100	1200	×	×
31	浅草岳	156	複成火山	1600 ~ 1500*3 1700*3	- 200	1600 1500	×	×
32	榛名山	157	複成火山-カルデラ, 溶岩ドーム, 火砕丘	500 ~	500	AD560-620 (6世紀後半~7世紀初頭)	○	-

※1, 2 火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

・申請時の評価から変更あるものについては下段赤字で記載。

\*1 山元(2015)

\*2 三村(2002)

\*3 西来他(2016)

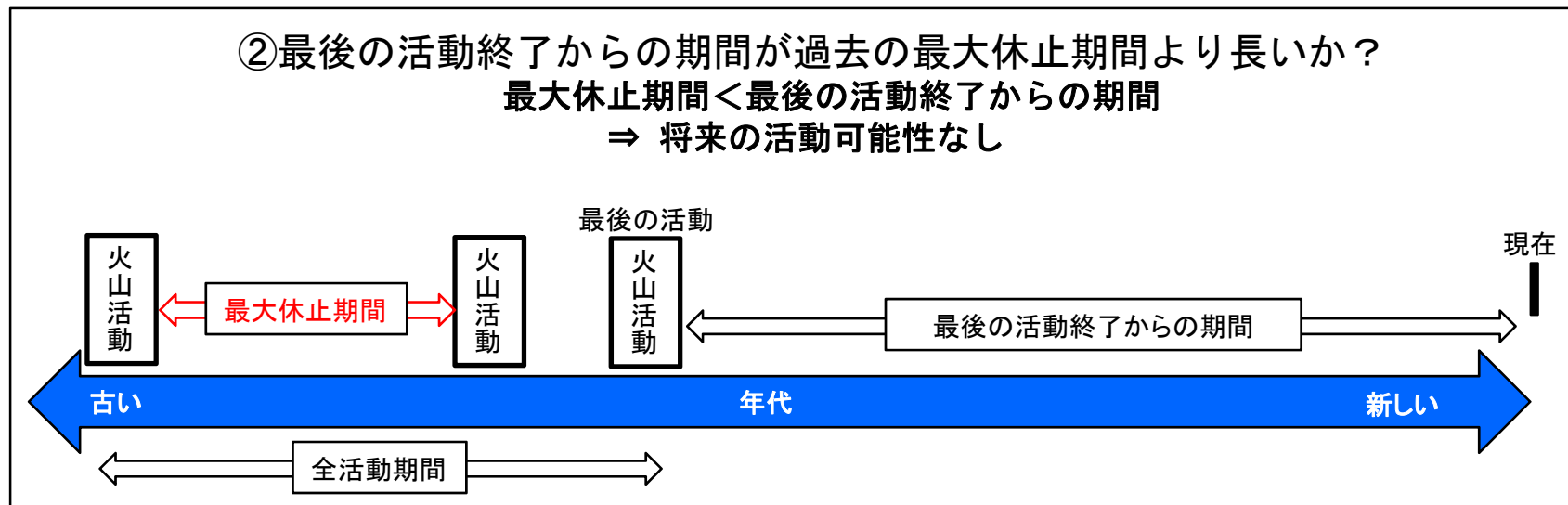
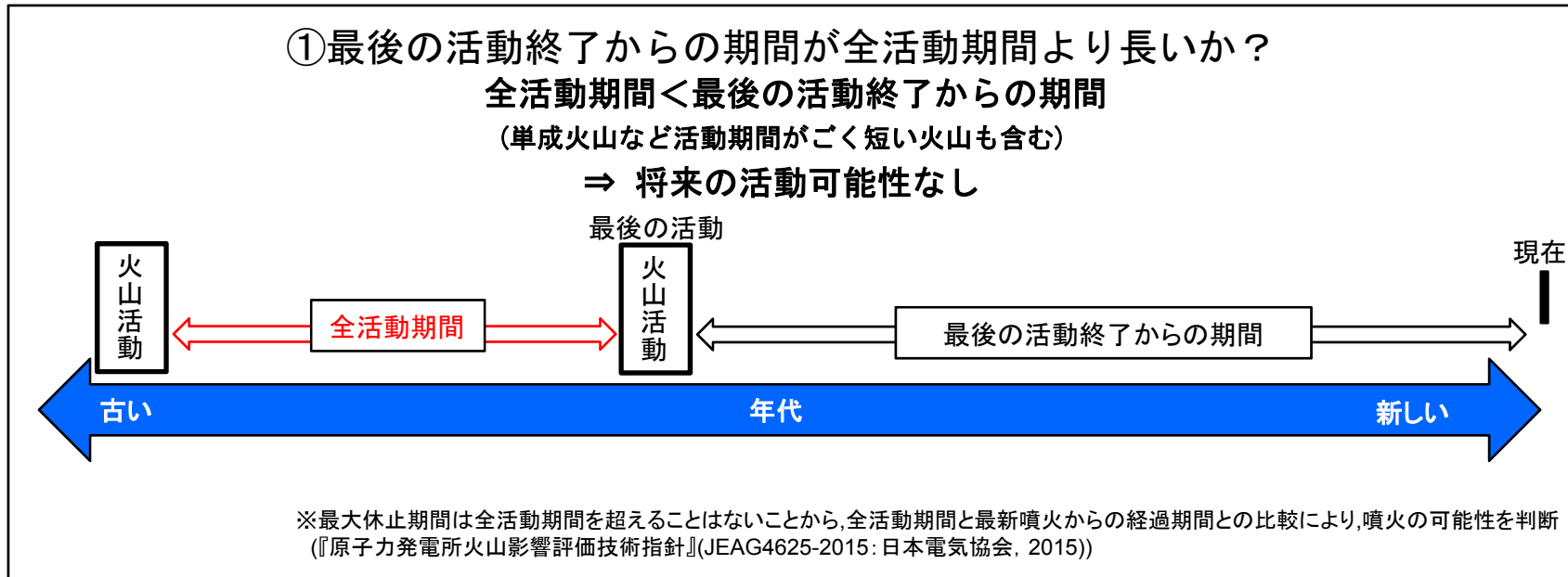
\*4 最後の活動からの経過期間が活動期間中の最大休止期間よりも長いとみなせる火山として評価した。

○:該当する ×:該当しない

-:検討対象外

## 1.2 将来の活動可能性が否定できない火山の抽出（補足）

完新世に活動を行っていない21火山について、以下の考え方にに基づき将来の活動可能性について評価した。



1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

## 【2. 塩原カルデラ】

火山名	塩原カルデラ
敷地からの距離	約90km
火山の形式	カルデラー火砕流
活動年代	約35万年前～約30万年前
概要	塩原カルデラは、大田原火砕流の噴出に伴って形成したとされ、その噴出量はDRE換算値:30km <sup>3</sup> とされる(尾上(1989)及び山元(2012))。活動年代は、中野他(2013)等によると約35万年前～約30万年前とされる。

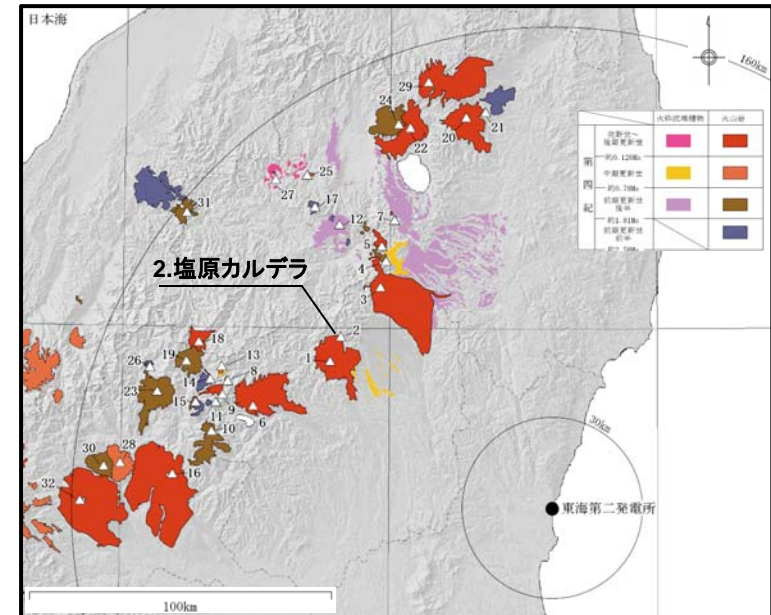
・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

### 塩原カルデラの活動履歴

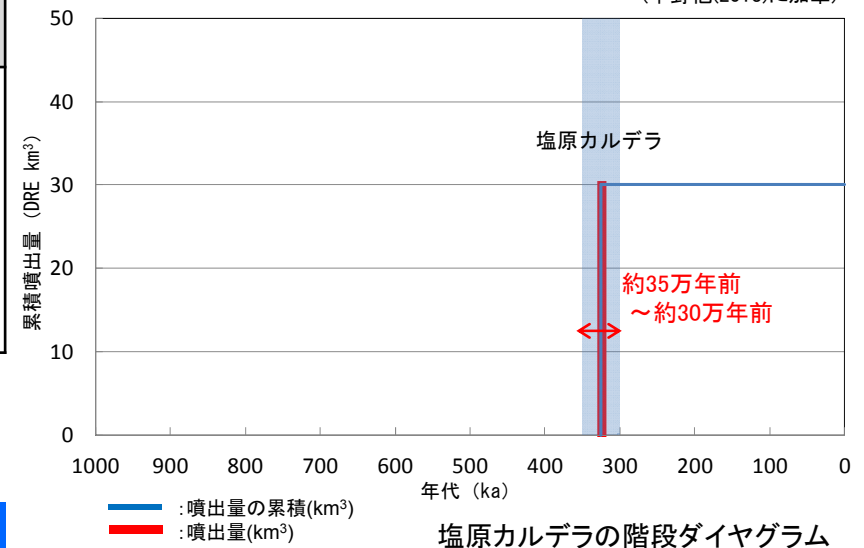
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
300 ka	塩原カルデラ	太田原火砕流	30	尾上(1989) 井上他(1994) 鈴木他(2004) 山元(2012) 中野他(2013)
350 ka				

・活動年代については、西来他(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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



・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。

## 【4. 塔のへつりカルデラ群】

火山名	塔のへつりカルデラ群
敷地からの距離	約99km
火山の形式	カルデラー火砕流, 溶岩ドーム
活動年代	約140万年前～約100万年前
概要	塔のへつりカルデラ群は小野カルデラ, 塔のへつりカルデラ, 成岡カルデラからなり, 約140万年前から活動したとされる(中野他(2013)等)。また, 天栄火砕流(噴出源不明)は最新噴火による噴出物である(山元(1999a)等)。

・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

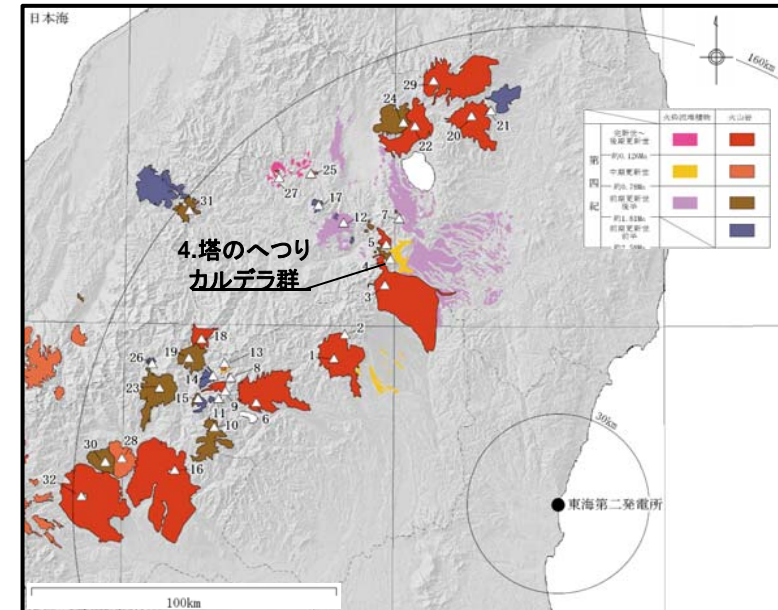
### 塔のへつりカルデラ群の活動履歴 ※

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1000 ka	—	天栄火砕流	10	吉田・高橋(1991) 高橋・吉田(1996) 山元(1999a) 吉田・高橋(2010) 村田・鈴木(2011) Yamamoto(2011) 中野他(2013)
	成岡カルデラ	西郷火砕流	43	
	—	金勝寺降下火砕堆積物 KD8	>9	
	塔のへつりカルデラ	南倉沢火砕流 芦野降下軽石層 等	>161.5	
	—	十日市降下火砕堆積物 赤井火砕流	>7	
1400 ka	小野カルデラ	隈戸火砕流 隈戸降下軽石層 等	>60.5	

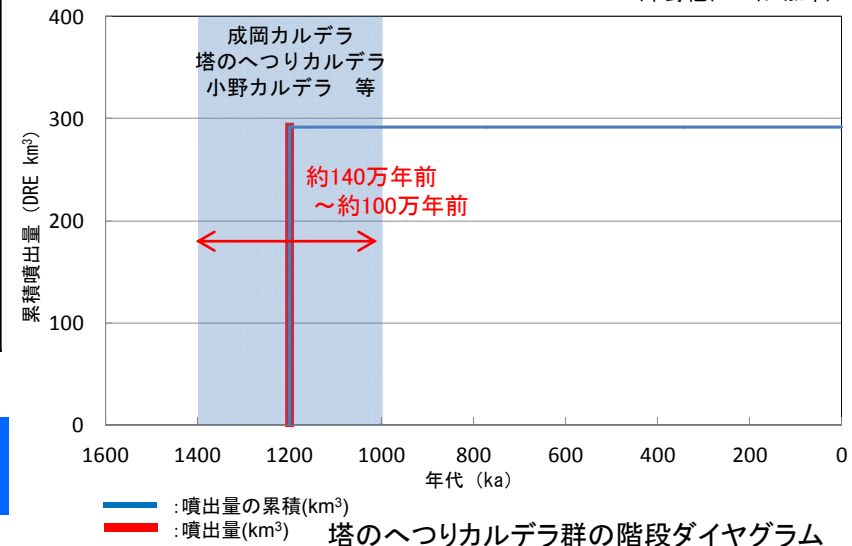
・活動年代については, 各火山の活動履歴に係る文献に基づき評価

**全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり, 原子力発電所に影響のない火山とした。**

※ 地球惑星科学連合 連合大会2017年大会 (2017年5月21日～25日)において, 塔のへつりカルデラ群起源の火砕流堆積物(白河火砕流堆積物群)の層序, 年代等に係る新たな情報が紹介された(詳細は資料6-2「1.4 活動履歴に関する補足」に記載)。この情報を踏まえても将来の活動可能性評価に影響はない。



(中野他(2013)に加筆)





1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

## 【5. 二岐山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	二岐山
敷地からの距離	約104km
火山の形式	複成火山, 溶岩ドーム
活動年代	約14万年前～約9万年前
概要	二岐山は、岩山溶岩、二俣火砕流、二岐山溶岩から構成され、また、二岐山羽鳥1～5テフラが噴出したとされる。二岐山の活動年代は約14万年前～約9万年前、二岐山火山体の体積は4.2km <sup>3</sup> (DRE換算値※: 3.19km <sup>3</sup> )とされる(伴・高岡(1995)及び山元(2012))。

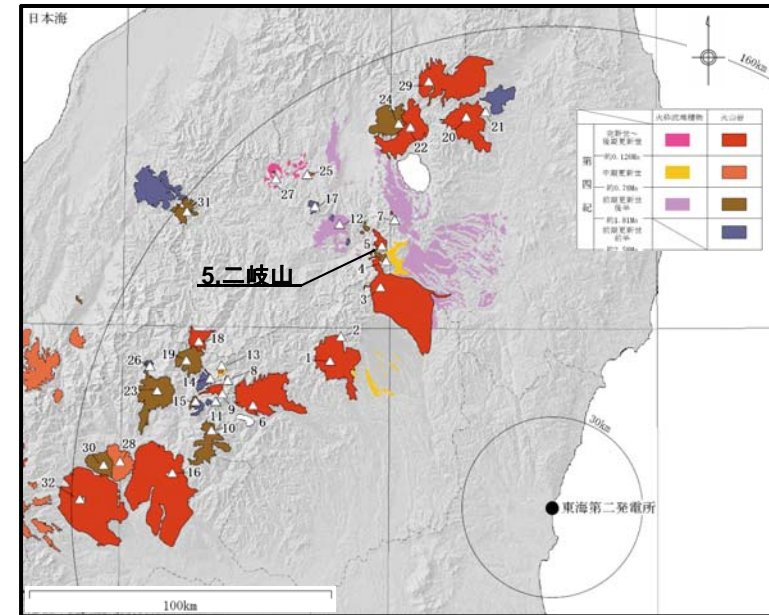
・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

### 二岐山の活動履歴

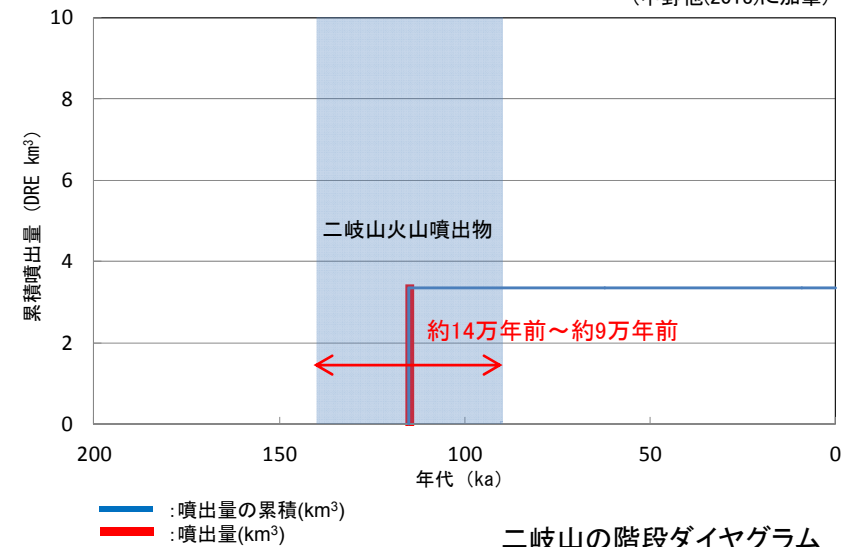
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
90 ka	二岐山火山噴出物	二岐山溶岩	3.34※	伴・高岡(1995) 山元(1999a) 山元(2012) 中野他(2013)
140 ka		二岐山羽鳥1テフラ 等		

・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  
※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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



二岐山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)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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

# 【7. 会津布引山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	会津布引山
敷地からの距離	約109km
火山の形式	複成火山
活動年代	約140万年前
概要	会津布引山は、溶岩流及び火砕岩からなる会津布引山火山噴出物によって構成され、その活動年代は約140万年前とされる(山元(2006), 中野他(2013))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

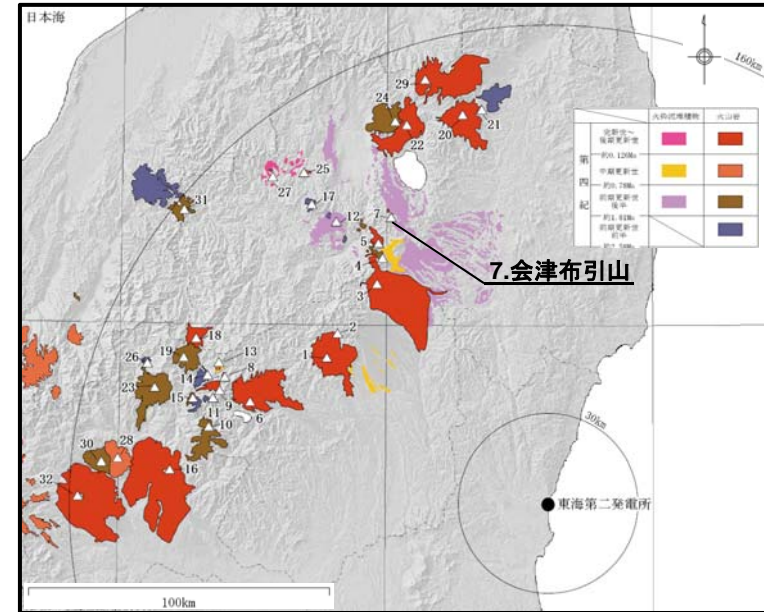
## 会津布引山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1400 ka <sup>※</sup>	会津布引山	会津布引山火山噴出物	不明	山元(2006) 中野他(2013)

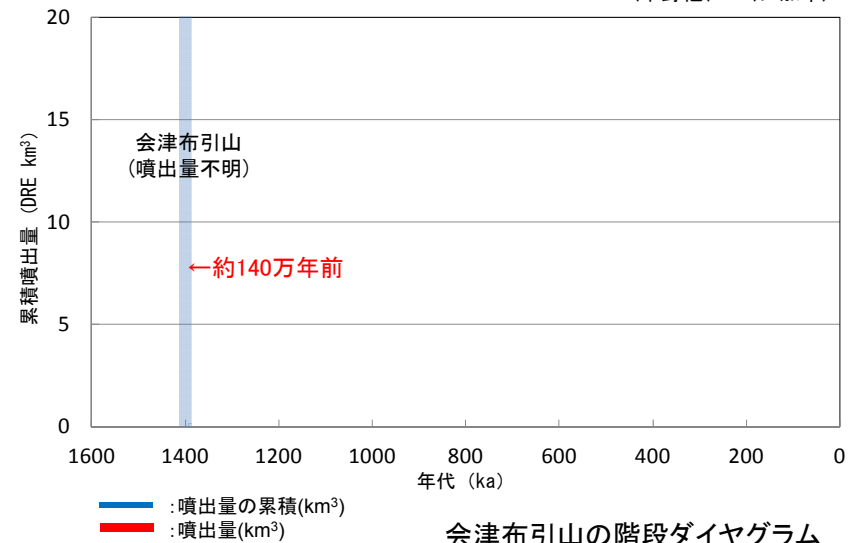
・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

※中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



・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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

# 【8. 根名草山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	根名草山
敷地からの距離	約116km
火山の形式	溶岩ドーム
活動年代	約30万年前
概要	根名草山は、溶岩ドーム及び火砕流堆積物からなる根名草山火山岩類により構成される(中村・鈴木(1983)等)。その活動年代は約30万年前とされ(中野他(2013)等), 日本地質学会編(2008)及び第四紀火山カタログ委員会編(1999)によれば噴出量は0.45km <sup>3</sup> (DRE換算値 <sup>※1</sup> :0.34km <sup>3</sup> )とされる。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

### 根名草山の活動履歴

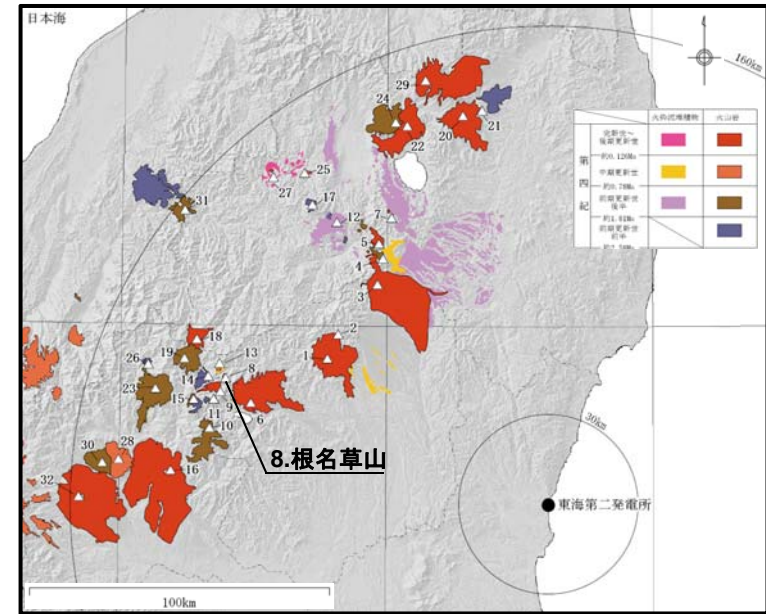
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
300 ka <sup>※2</sup>	根名草山	根名草山火山岩類 (溶岩, 火砕流)	0.34 <sup>※1</sup>	中村・鈴木(1983) 第四紀火山カタログ委員会編(1999) 日本地質学会編(2008) 中野他(2013)

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

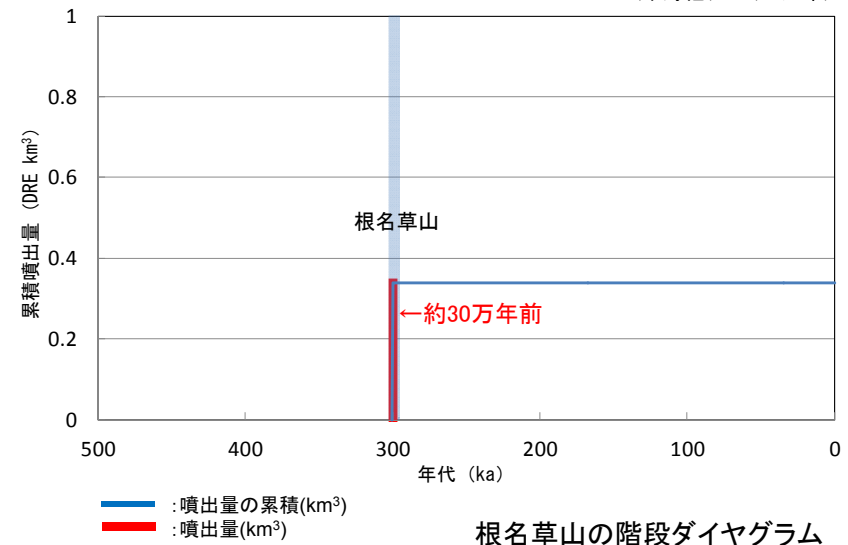
※1 Umeda et al.(2013)に基づきDREへ換算した。

※2 中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

**全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。**



(中野他(2013)に加筆)



根名草山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)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。

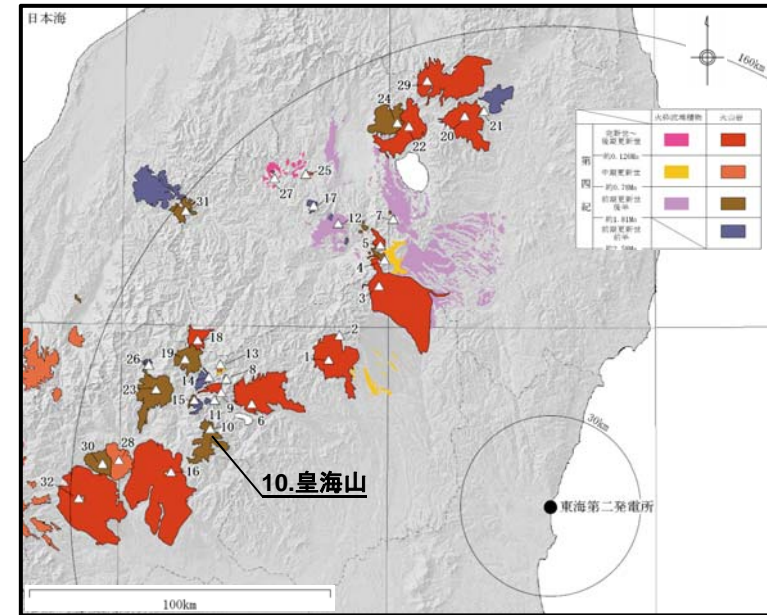
1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

# 【10. 皇海山】

火山名	皇海山
敷地からの距離	約116km
火山の形式	複成火山
活動年代	約160万年前～約90万年前
概要	皇海山は、袈裟丸山、庚申山、皇海山から構成され、約160万年前～約90万年前に活動したとされる(中野他(2013)及び野村(1999))。最新活動期である袈裟丸山は前期、中期、後期に区分され、104万年前～96万年前に活動したとされる(中村他(1992)等)。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

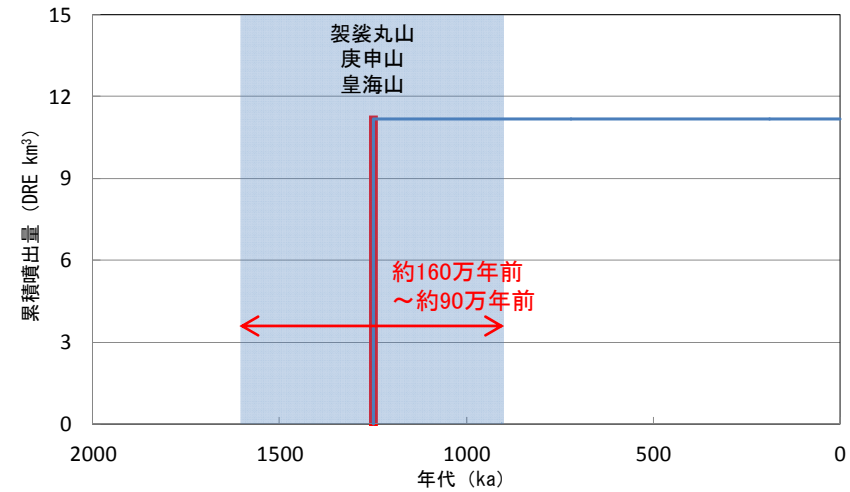


(中野他(2013)に加筆)

## 皇海山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
900 ka	袈裟丸山	後期 本袈裟丸東溶岩 本袈裟丸北溶岩 等	6.08	河田(1955) 中村他(1992) 野村(1999) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 中野他(2013)
		中期 前袈裟丸中部溶岩 本袈裟丸下部溶岩 等		
		前期 前袈裟丸下部溶岩 栗原川溶岩 等		
1600 ka	庚申山	庚申山溶岩	3.04	
	皇海山	皇海山溶岩	2.05	

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価



## 皇海山の階段ダイアグラム

— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

・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火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



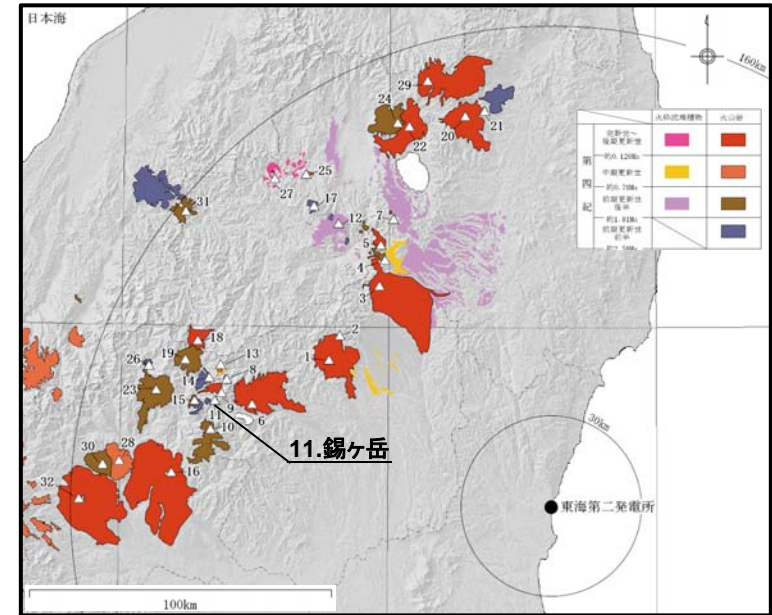
1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

# 【11. 錫ヶ岳】

火山名	錫ヶ岳
敷地からの距離	約117km
火山の形式	複成火山？
活動年代	約270万年前～約210万年前
概要	錫ヶ岳は笠ヶ岳火山噴出物、三ヶ峰火山噴出物及び錫ヶ岳火山噴出物から構成される(中村他(1994)等)。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

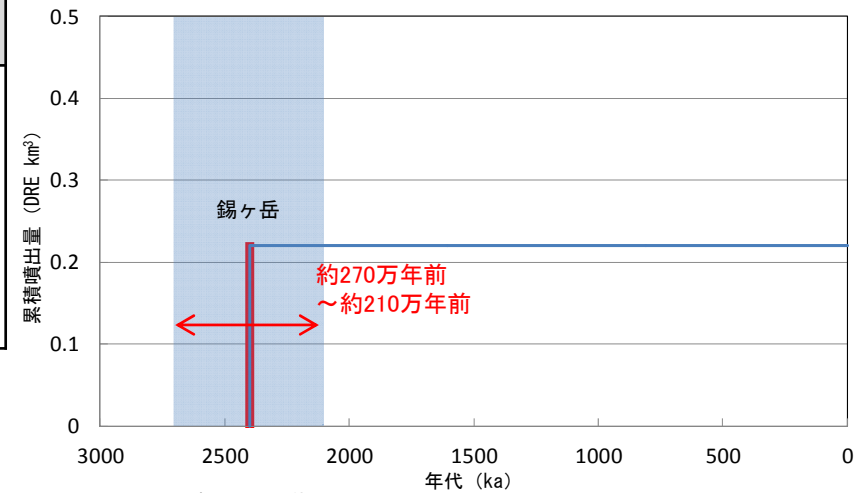


(中野他(2013)に加筆)

## 錫ヶ岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
2100 ka	錫ヶ岳	笠ヶ岳火山噴出物	0.08	河田(1955) 中村他(1994) 佐々木他(1994) 中野他(2013)
		三ヶ峰火山噴出物	0.06	
		錫ヶ岳火山噴出物	0.08	
2700 ka				

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

## 錫ヶ岳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)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火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。

## 【12. 桧和田カルデラ】

火山名	桧和田カルデラ
敷地からの距離	約118km
火山の形式	カルデラ-火砕流, 溶岩ドーム
活動年代	約300万年前～約260万年前
概要	桧和田カルデラは、約300万年前～約260万年前の仏沢火砕流の噴出に伴って形成され、その噴出量は150km <sup>3</sup> 以上(DRE換算値※: 96km <sup>3</sup> 以上)とされる。後カルデラ期にはカルデラ形成期の噴出物を貫く、貫入岩類が確認されている(山元(1992), 山元(1999a)及び中野他(2013))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

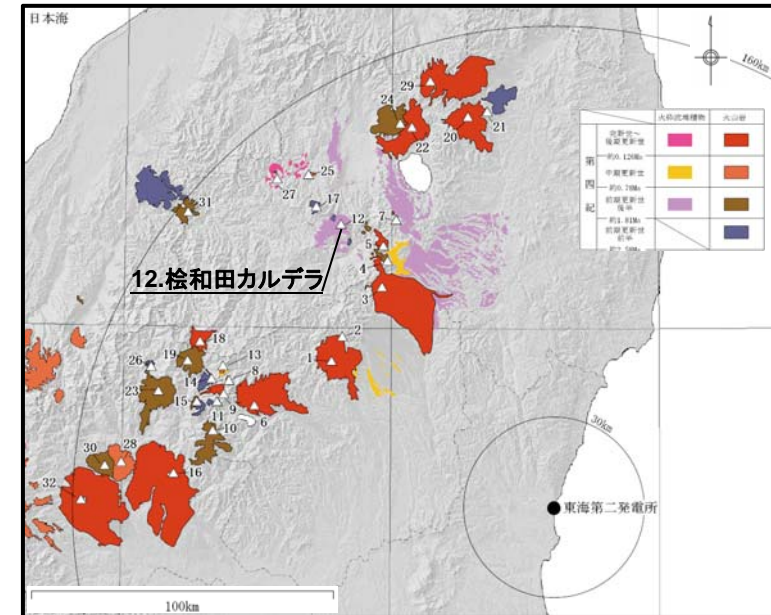
### 桧和田カルデラの活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
2600 ka	後カルデラ期	貫入岩類	不明	山元(1992) 山元(1999a) 中野他(2013)
		湖成堆積物		
3000 ka	カルデラ形成期	岩屑なだれ	96※	
		仏沢火砕流堆積物 (和泉層基底部 仏沢火砕流堆積物)		

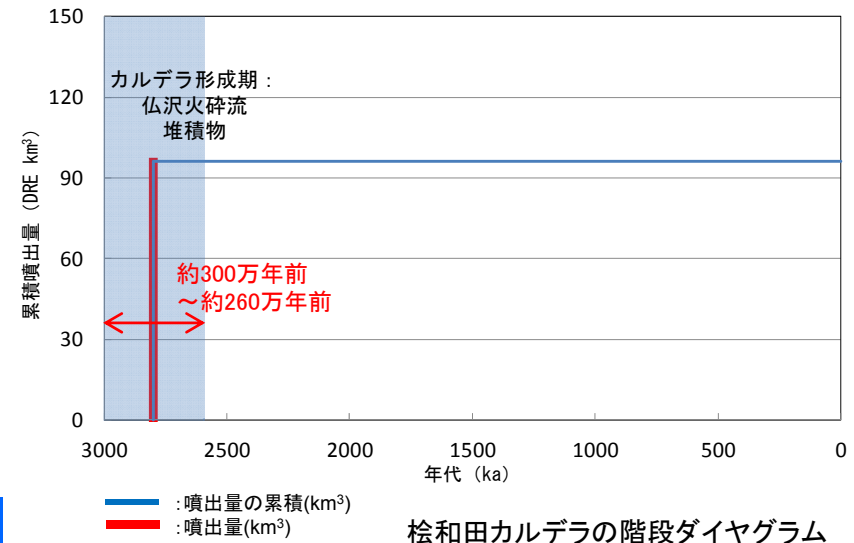
・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

※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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



桧和田カルデラ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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

# 【13. 鬼怒沼】

火山名	鬼怒沼
敷地からの距離	約120km
火山の形式	溶岩流, 火砕流
活動年代	約24万年前
概要	鬼怒沼は鬼怒沼黒田原テフラ, 鬼怒沼溶岩流を噴出した単成火山であるとされる。その総噴出量はDRE換算値:1.7km <sup>3</sup> とされる(山元(1999b), 山元(2012)及び中野他(2013))。

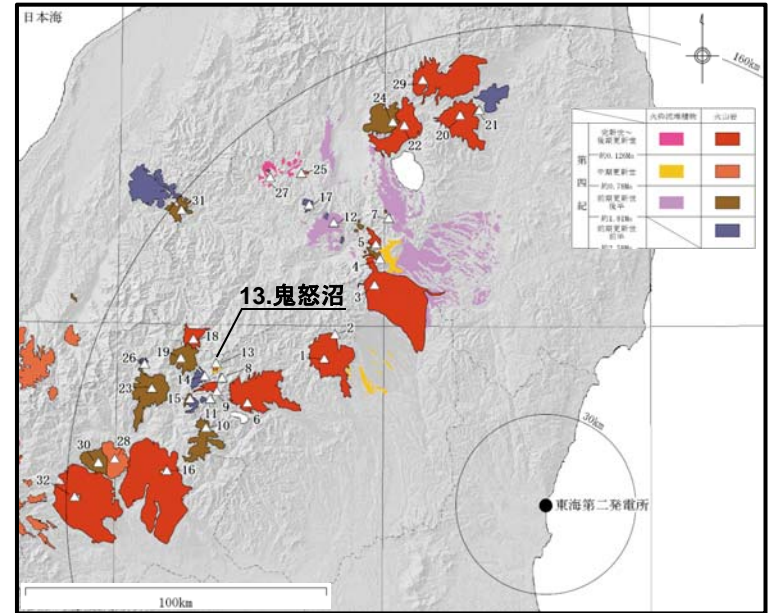
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

## 鬼怒沼の活動履歴

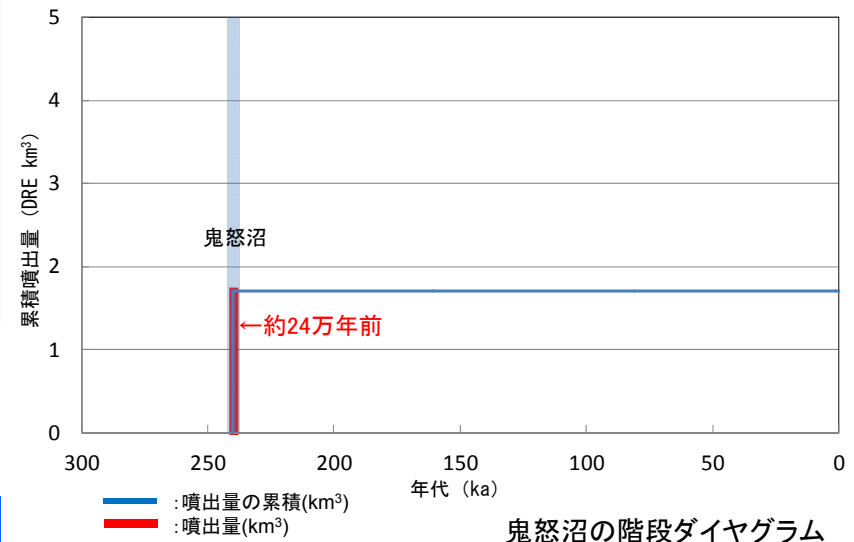
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
240 ka <sup>*</sup>	鬼怒沼	鬼怒沼溶岩流	1.7	山元(1999b) 山元(2012) 中野他(2013)
		鬼怒沼黒田原テフラ		

・活動年代については, 西来他(2016)に基づき評価  
※中野他(2013)では, 明瞭な活動期間が示されておらず, 十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり, 原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



鬼怒沼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)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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

# 【14. 四郎岳】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	四郎岳
敷地からの距離	約122km
火山の形式	複成火山？
活動年代	約220万年前
概要	四郎岳は、溶岩流及び火砕岩からなり、約220万年前に活動したとされる（佐々木他(1994)、山元他(2000)等）。なお、四郎岳には、溶岩ドームである念仏平が含まれるとされる（中野他(2013)及び西来他(2012)）。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

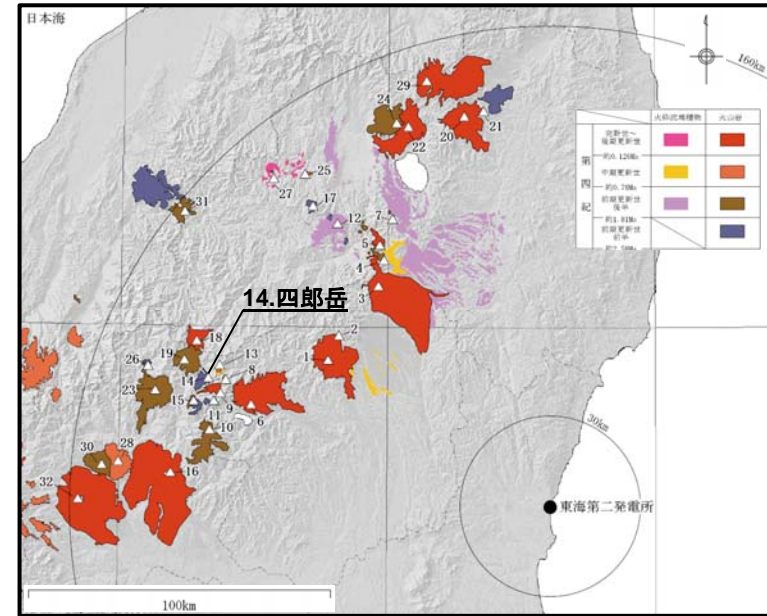
### 四郎岳の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
2200 ka <sup>*</sup>	四郎岳	四郎岳安山岩	不明	河田(1955) 村山・河田(1956) 山口(1991) 佐々木他(1994)
	念仏平	念仏平火山岩	不明	山元他(2000) 西来他(2012) 中野他(2013)

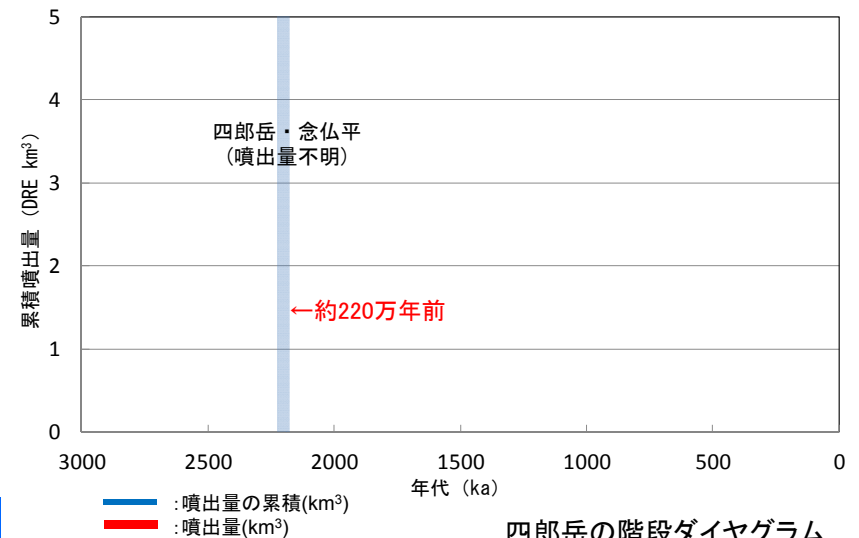
・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

※中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



四郎岳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)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。



1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

# 【15. 沼上山】

火山名	沼上山
敷地からの距離	約124km
火山の形式	複成火山
活動年代	約110万年前
概要	沼上山は約110万年前に活動したとされ、また錫ヶ岳に含まれる三ヶ峰火山噴出物(約220万年前、230万年前)を覆うとされる。沼上山噴出物は溶岩流によって構成され、その噴出量はDRE換算値 <sup>※1</sup> :0.08km <sup>3</sup> とされている(中村他(1994)、佐々木他(1994)及び中野他(2013))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

## 沼上山の活動履歴

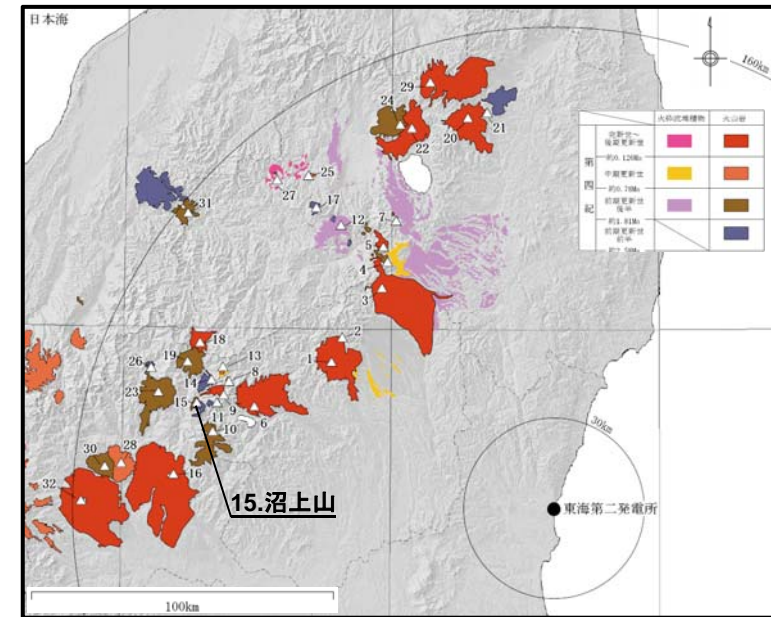
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1100 ka <sup>※2</sup>	沼上山	沼上山火山噴出物	0.08 <sup>※1</sup>	中村他(1994) 佐々木他(1994) 中野他(2013)

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

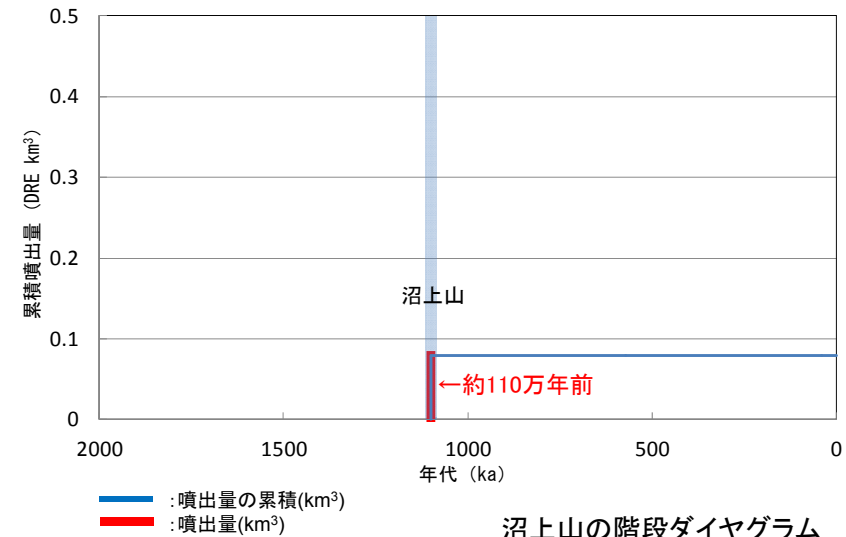
※1: 中村他(1994)によれば噴出量0.1~0.05km<sup>3</sup>とされるため、中央値を採用した。

※2: 中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



沼上山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)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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

【17. 博士山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

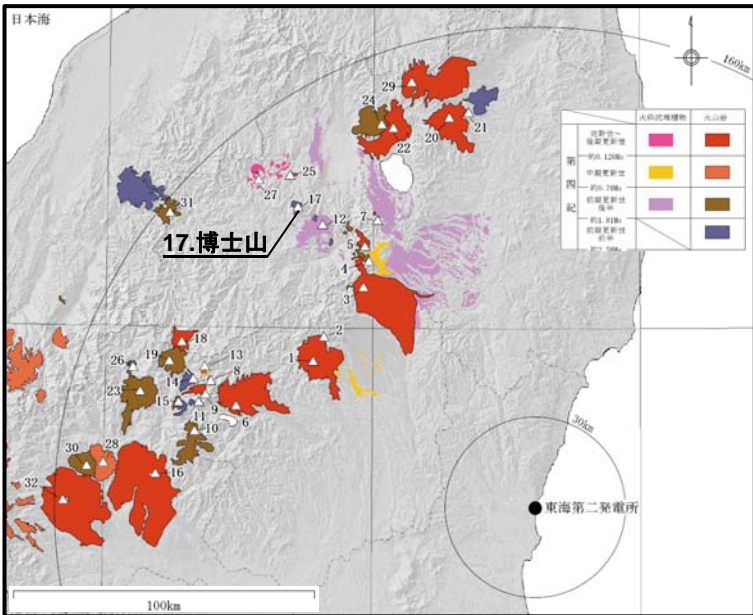
火山名	博士山
敷地からの距離	約127km
火山の形式	複成火山
活動年代	約280万年前～約250万年前
概要	博士山は博士山火山岩層下部層と、博士山火山岩層上部層から構成される（博士山団体研究会(1990)、小林・猪俣(1986)及び中野他(2013)）。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

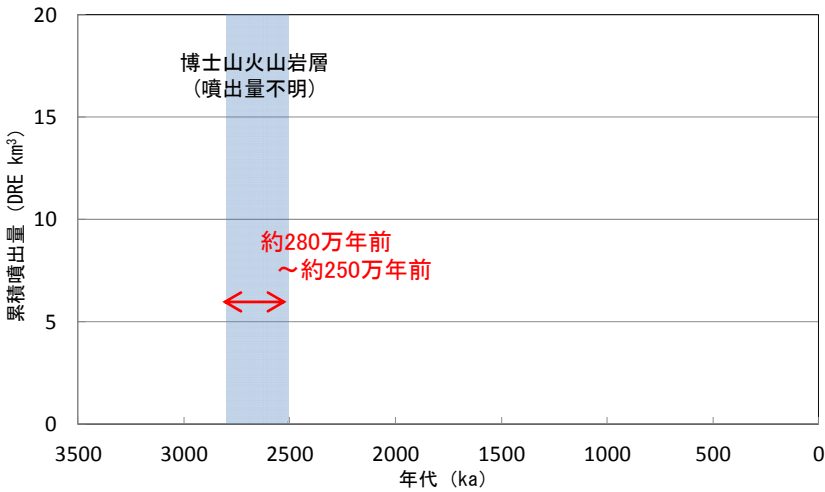
博士山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
2500 ka	博士山火山岩層	博士山火山岩層上部層 博士山火山岩層下部層	不明	小林・猪俣(1986) 博士山団体研究会(1990) 中野他(2013)
2800 ka				

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

博士山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)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火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

第432回審査会合  
資料1 再掲

【19. アヤメ平】

火山名	アヤメ平
敷地からの距離	約131km
火山の形式	複成火山
活動年代	約160万年前
概要	アヤメ平は、菖蒲平期、荷鞍山期、白尾山期の噴出物と3つの側火山によって構成され、このうち荷鞍山期の活動は、約160万年前であるとされる(横瀬(1989)等)。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

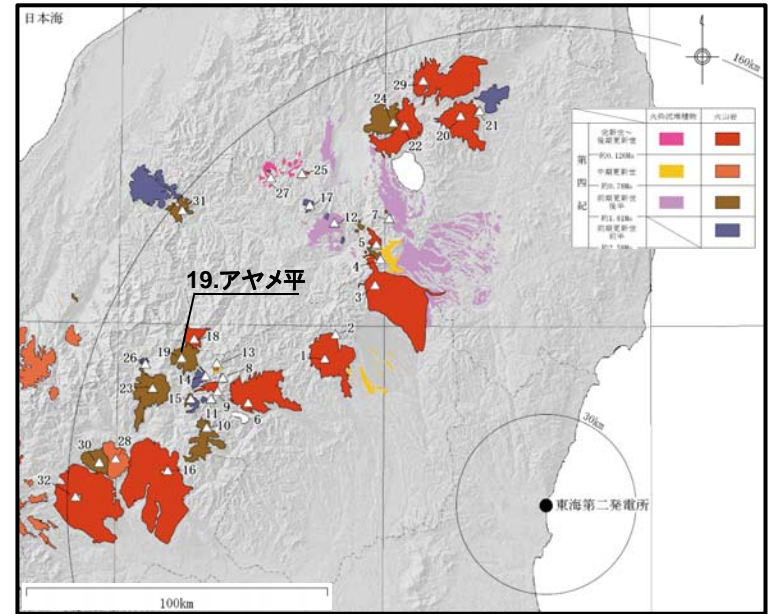
アヤメ平の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献	
1600 ka*	白尾山期	白尾山期噴出物	8.36	横瀬(1989) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 中野他(2013)	
	荷鞍山期	荷鞍山期噴出物			
	側火山	三平火山			三平火山噴出物
		皿伏火山			皿伏山噴出物
	大行火山	大行火山噴出物			
菖蒲平期	菖蒲平期噴出物				

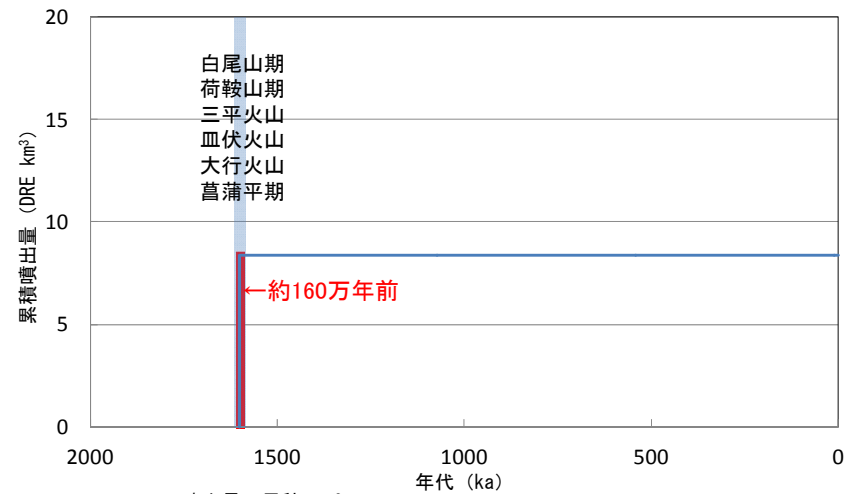
・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

※中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



アヤメ平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)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。

1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイヤグラム）

# 【23. 上州武尊山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	上州武尊山
敷地からの距離	約137km
火山の形式	複成火山
活動年代	約120万年前～約100万年前
概要	上州武尊山の噴出物は、前武尊グループ、鹿俣沢グループ、天神グループ、無斑晶質安山岩グループ、天狗岩グループに区分される。天狗岩グループは最新の活動である(山口(1981), 久保(2013)及び中野他(2013))。

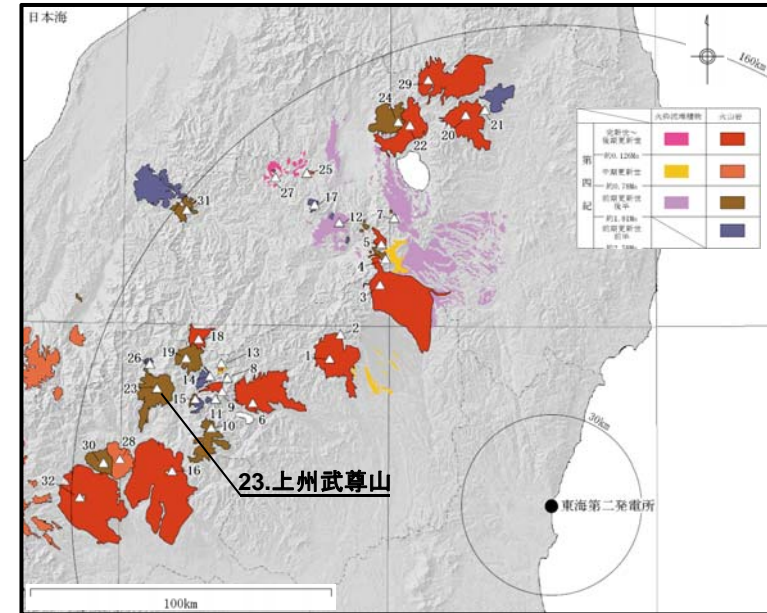
・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

## 上州武尊山の活動履歴

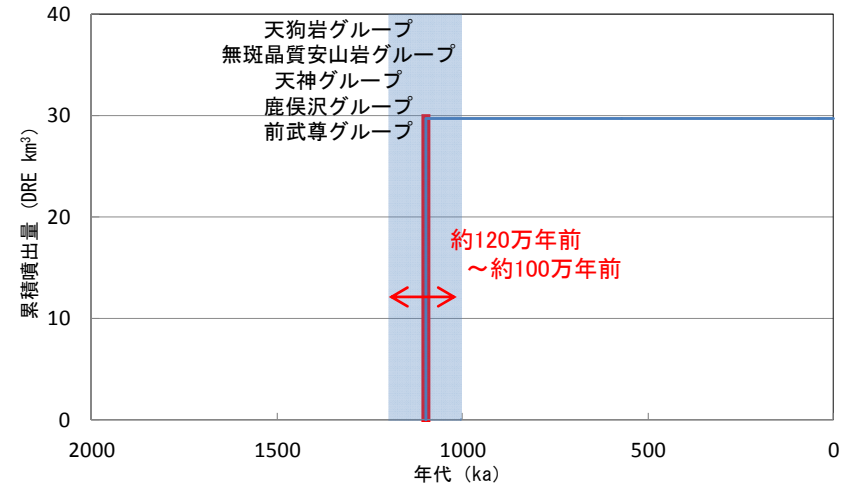
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1000 ka	天狗岩グループ	上ノ原泥流 沖武尊溶岩流	1.5	山口(1981) 久保(2013) 中野他(2013)
	無斑晶質安山岩グループ	凝灰角礫岩 無斑晶質安山岩質溶岩流	3.6	
	天神グループ	長久保沢泥流 天神溶岩流 等	4	
	鹿俣沢グループ	泥流堆積物 鹿俣沢溶岩流	8	
1200 ka	前武尊グループ	西俣沢溶岩流 川場谷本質凝灰角礫岩	12.6	

・活動年代については、西来他(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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

上州武尊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。



1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

# 【24. 猫魔ヶ岳】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	猫魔ヶ岳
敷地からの距離	約137km
火山の形式	複成火山
活動年代	約143万年前～約40万年前
概要	猫魔ヶ岳は古猫魔火山, 新猫魔火山に区分される。新猫魔火山は約47万年前～約40万年前に活動したとされる(三村(2002))。

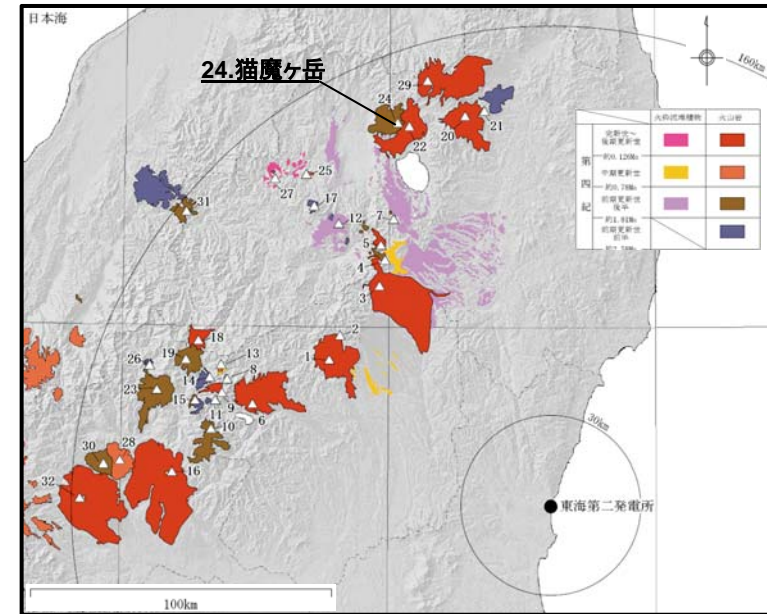
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

## 猫魔ヶ岳の活動履歴

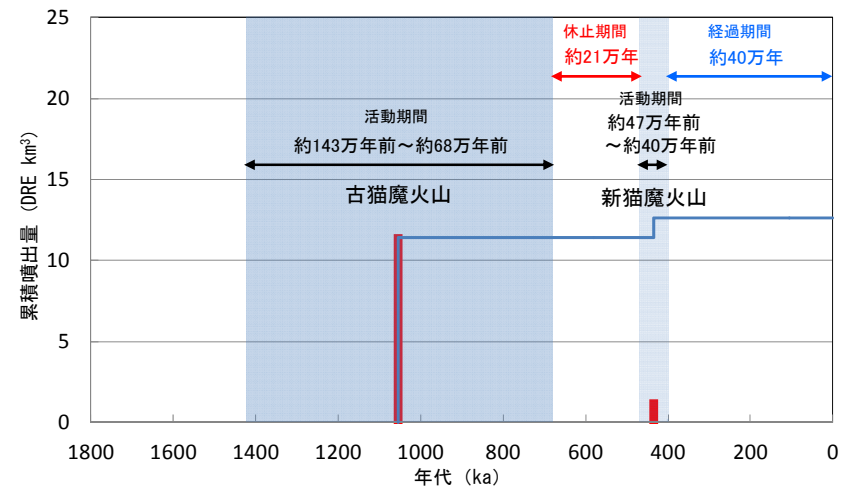
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
400 ka	新猫魔火山	1349m溶岩 猫魔ヶ岳溶岩	1.2	三村(2002) 中野他(2013)
470 ka		雄子沢岩屑なだれ	—	
680 ka	古猫魔火山	扇ヶ峰溶岩 雄国沼北溶岩 等	11.4	
1430 ka				

・活動年代については, 活動休止期間が明確に記される知見である三村(2002)に基づき評価

最後の活動終了からの期間が, 活動期間内の最大休止期間より長い火山であり, 原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



— : 噴出量の累積(km<sup>3</sup>)  
— : 噴出量(km<sup>3</sup>)

## 猫魔ヶ岳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)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。

# 【25. 砂子原カルデラ】

火山名	砂子原カルデラ
敷地からの距離	約137km
火山の形式	カルデラ, 溶岩ドーム
活動年代	約29万年前～約22万年前
概要	砂子原カルデラの活動は、約29万年前のカルデラ形成期及び約22万年前の後カルデラ期に区分される。カルデラ形成期に噴出した砂子原佐賀瀬川テフラの噴出量はDRE換算値: 10km <sup>3</sup> , 最新活動期である後カルデラ期における噴出量はDRE換算値: 3.6km <sup>3</sup> とされる(鈴木他(2004), 山元(2012)及び中野他(2013))。

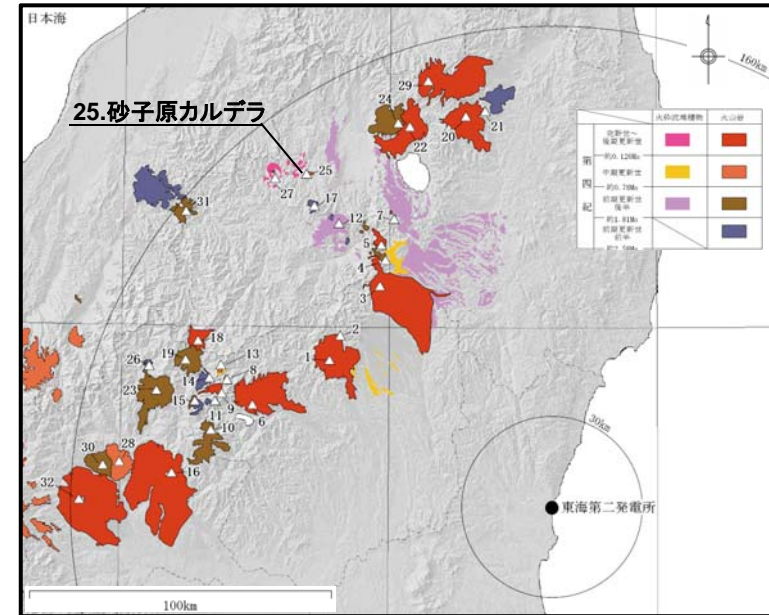
・火山名, 火山の形式は中野他(2013)に基づく

砂子原カルデラの活動履歴

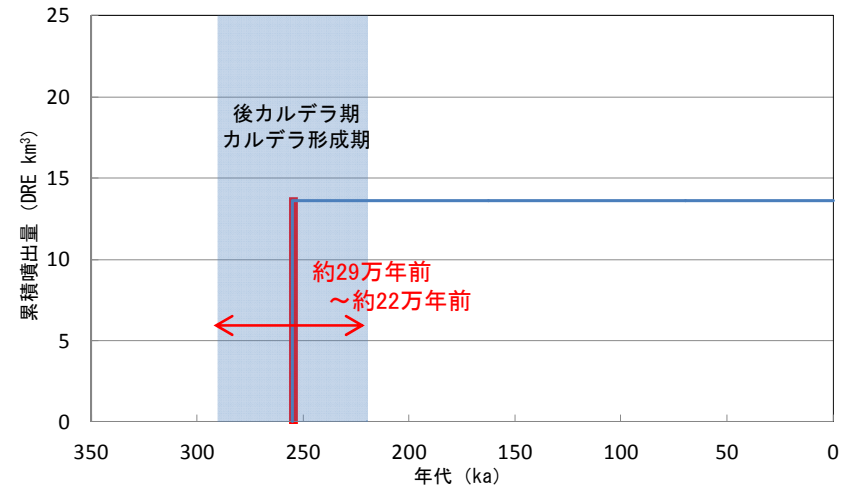
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
220 ka	後カルデラ期	砂子原久保田テフラ 湯の岳溶岩ドーム群 等	3.6	鈴木他(2004) 山元(2012) 中野他(2013)
	カルデラ形成期	砂子原佐賀瀬川テフラ	10	
290 ka				

・活動年代については、西来他(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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



砂子原カルデラ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)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。

## 【26. 奈良俣カルデラ】

火山名	奈良俣カルデラ
敷地からの距離	約142km
火山の形式	カルデラー火砕流
活動年代	約210万年前
概要	奈良俣カルデラは小檜俣沢層と安山岩岩脈から構成される。カルデラ内を埋積する小檜俣沢層には流紋岩質軽石が含まれるが、カルデラを形成した火砕流自体はカルデラ内外ともに確認されていない(中野他(2013)及び山元(2014))。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

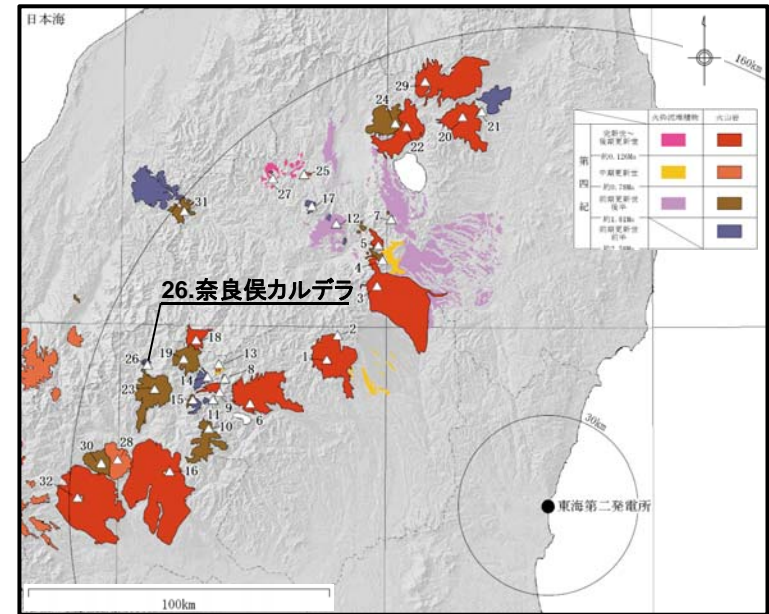
### 奈良俣カルデラの活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
2100 ka <sup>※</sup>	奈良俣カルデラ	安山岩岩脈 小檜俣沢層	不明	中野他(2013) 山元(2014)

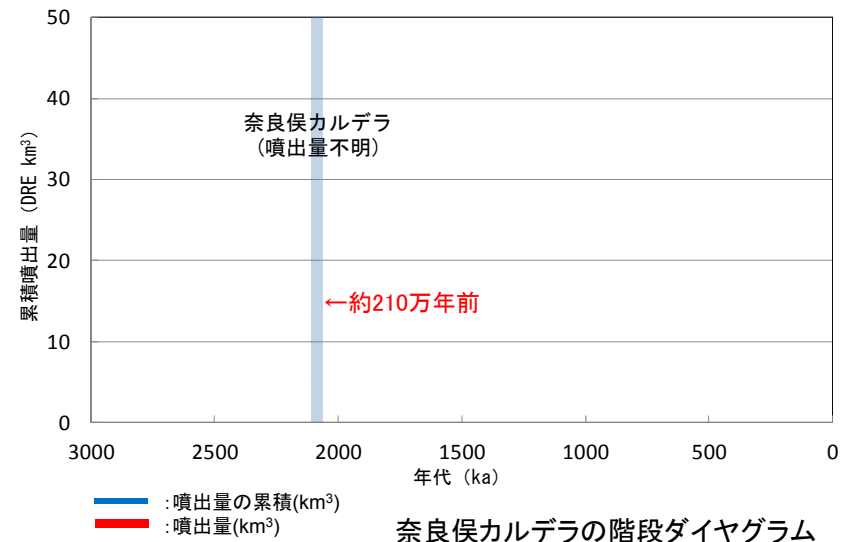
・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価

※中野他(2013)では、明瞭な活動期間が示されておらず、十分に長い活動期間は有さないと考えられる。

全活動期間よりも最後の活動終了からの期間が長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



奈良俣カルデラ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)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。

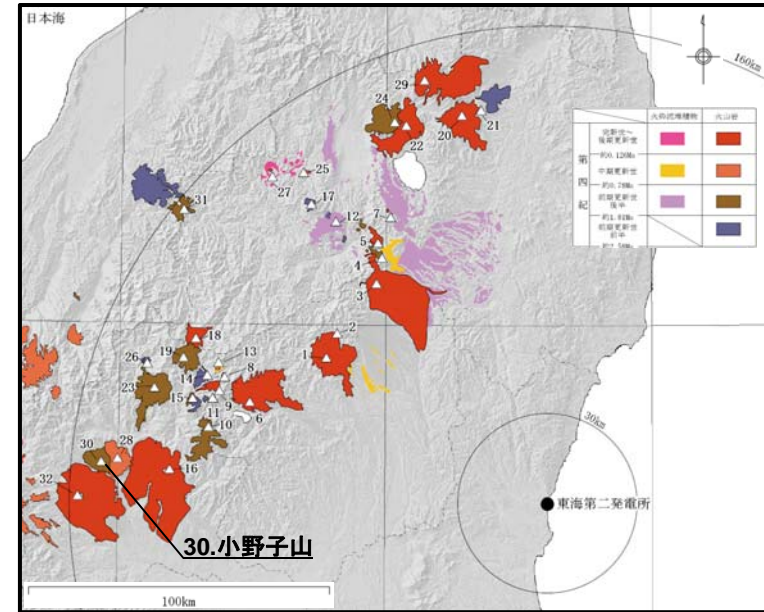
1. 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出（補足説明） 1.3 将来の活動可能性がない火山（活動履歴・階段ダイアグラム）

# 【30. 小野子山】

第432回審査会合  
資料1 再掲

火山名	小野子山
敷地からの距離	約150km
火山の形式	複成火山
活動年代	約130万年前～約120万年前
概要	小野子山は、十二ヶ岳成層火山形成期、山体崩壊期、山頂溶岩類流出期に区分される。噴出物は主に溶岩流で構成されるが、十二ヶ岳成層火山形成期には降下火砕物も確認される(中村(1997), 野村(1999)等)。

・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

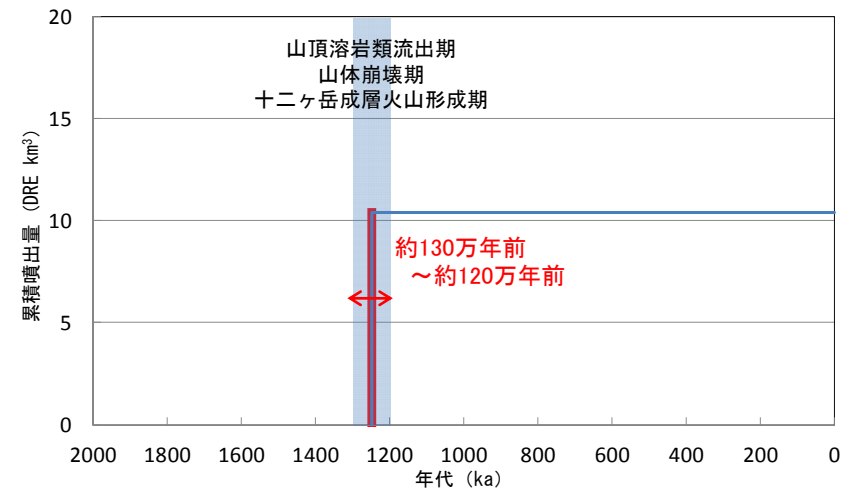


(中野他(2013)に加筆)

## 小野子山の活動履歴

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1200 ka	山頂溶岩類流出期	小野子山貫入岩 宮沢溶岩 等	10.4	中村(1997) 第四紀火山カタログ 委員会編(1999) 野村(1999) 中野他(2013)
	山体崩壊期	岩屑なだれ堆積物		
1300 ka	十二ヶ岳成層火山形成期	中ノ岳貫入岩, 放射状岩脈群 十二ヶ岳成層火山噴出物 等		

・活動年代については、西来他(2016)に基づき評価



小野子山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)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火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



# 【31. 浅草岳】

火山名	浅草岳
敷地からの距離	約156km
火山の形式	複成火山
活動年代	約170万年前～約150万年前
概要	浅草岳は、浅草火山団体研究グループ(1991)によれば、溶岩流及び火砕流からなる早期噴出溶岩流、第Ⅰ期噴出物、第Ⅱ期噴出物、第Ⅲ期噴出物、第Ⅳ期噴出物に区分され、164万年前～154万年前に活動したとされる(中野他(2013)等)。

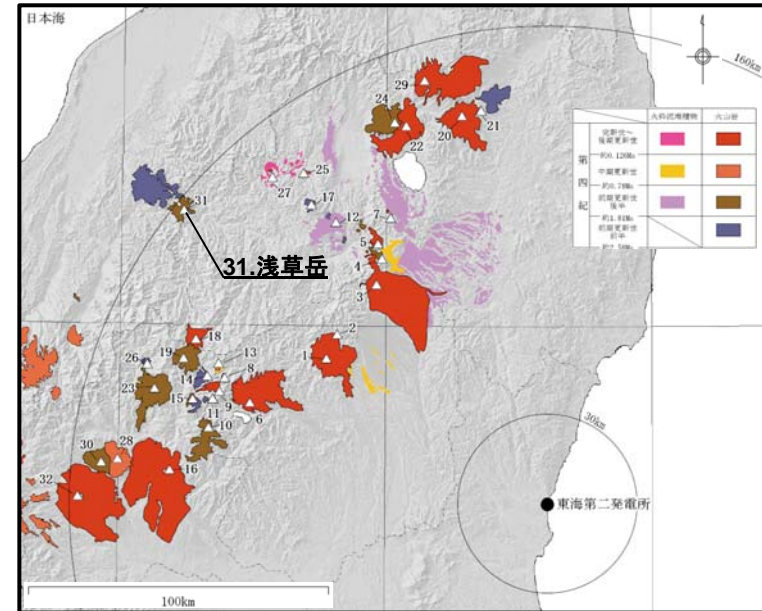
・火山名、火山の形式は中野他(2013)に基づく

## 浅草岳の活動履歴

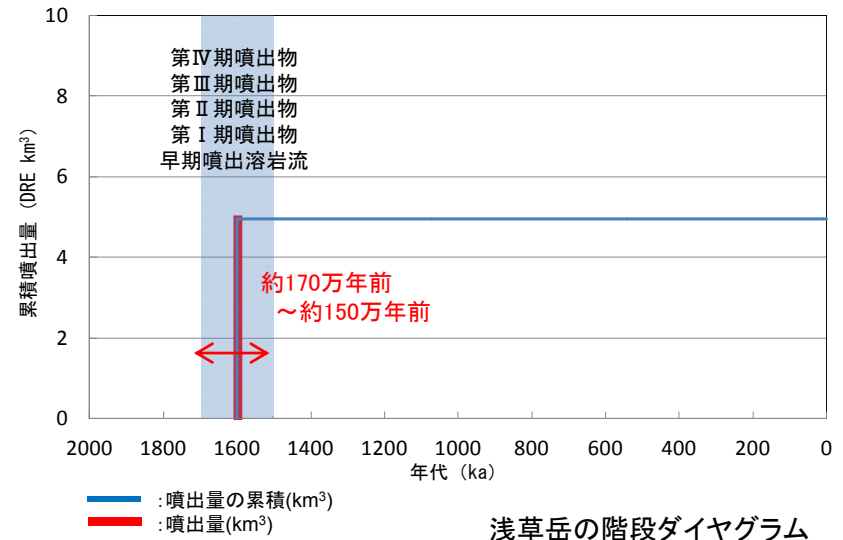
年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1500 ka	第Ⅳ期噴出物	早坂火砕流堆積物類 浅草山火砕流堆積物 等	0.23	浅草火山団体研究グループ(1991) 赤石・梅田(2002) 中野他(2013)
	第Ⅲ期噴出物	南岳第三溶岩 前岳第一溶岩	0.15	
	第Ⅱ期噴出物	北岳火砕流堆積物類 モカケ沢火砕流 堆積物類 等	2.28	
	第Ⅰ期噴出物	高積山溶岩 白崩沢火砕流 堆積物類 等	1.9	
1700 ka	早期噴出溶岩流	左沢溶岩 剣ヶ峰溶岩類	0.38	

・活動年代については、西来他(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長い火山であり、原子力発電所に影響のない火山とした。



(中野他(2013)に加筆)



・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。

# 白河火砕流堆積物群について

地球惑星科学連合 連合大会 2017年大会(2017年5月21日～25日)において、首都大学東京の鈴木教授他によって、塔のへつりカルデラ群起源の火砕流堆積物群(白河火砕流堆積物群)の層序、年代等に関する新たな情報が紹介された。

- 白河火砕流堆積物群の露出が良好な会津盆地西縁丘陵において、白河火砕流堆積物群の詳細な記載岩石学的特性を明らかにし、層序と火砕流に伴う降下火山灰との対比について検討した。
- 下位から、隈戸、赤井、芦野、西郷、勝方、天栄からなる6枚の火砕流を認定した。
- 隈戸、赤井、芦野、勝方の火砕流堆積物に対比される降下火山灰が関東、新潟地域等に分布することを確認し、それらを白河隈戸(Sr-Kmd)、白河赤井-Kd18(Sr-Aki-Kd18)、白河芦野-Kd8(Sr-Asn-Kd8)、白河勝方-U8(Sr-Kc-U8)と定義した。
- これらの噴出年代は、微化石層序や古地磁気極性から、Sr-Kmd: 1.542-1.504Ma, Sr-Aki-Kd18: 1.522-1.460Ma, Sr-Asn-Kd8: 1.219Ma, Sr-Kc-U8: 0.922-0.910Maと判断される。天栄火砕流を除く、白河火砕流堆積物群の各噴火の総噴出量(カルデラ外の火砕流堆積物及び降下火山灰)は38-173km<sup>3</sup>となり、累計体積は498km<sup>3</sup>(199DRE km<sup>3</sup>)である。
- 各噴火の噴火間隔は30万年～8万年前と一定でない。
- この年代を考慮した場合の塔のへつりカルデラ群の全活動年代は0.632-0.582Ma、最後の活動終了からの期間は0.910Maとなる。

## 塔のへつりカルデラ群の活動履歴(青字: 発表内容を加筆)

年代 (ka)	活動期・火山名	主要噴出物名	噴出量 (DRE km <sup>3</sup> )	参考文献
1000 ka	—	天栄火砕流	10	吉田・高橋(1991) 高橋・吉田(1996) 山元(1999a) 吉田・高橋(2010) 村田・鈴木(2011) Yamamoto(2011) 中野他(2013)
(922-910 ka)	—	勝方火砕流※ ⇒Sr-Kc-U8	不明	
	成岡カルデラ	西郷火砕流	43	
	—	金勝寺降下火砕堆積物 Kd8	>9	
(1219 ka)	塔のへつり カルデラ	南倉沢火砕流、芦野火砕流 芦野降下軽石層 等 ⇒Sr-Asn-Kd8	>161.5	
(1522-1460 ka)	—	十日市降下火砕堆積物 赤井火砕流 ⇒Sr-Aki-Kd18	>7	
(1542-1504 ka) 1400 ka	小野カルデラ	隈戸火砕流 隈戸降下軽石層 等 ⇒Sr-Kmd	>60.5	



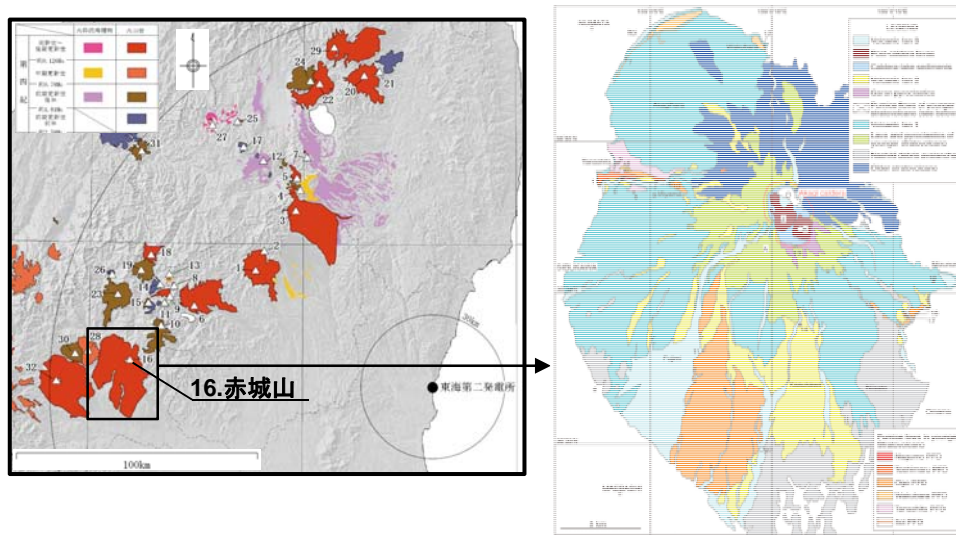
### 【塔のへつりカルデラ群の活動性評価】

今回示された噴出年代を考慮しても、全活動期間が最後の活動終了からの期間よりも短いことから将来の活動可能性のない火山とみなされる。  
⇒評価への影響はないと判断される。

※ 黒川他(2008)によれば、山元他(2005)は、勝方火砕流堆積物を天栄火砕流堆積物に対比しているが、天栄火砕流堆積物の年代的な不確実性等から、黒川他(2008)ではその対比を保留し、勝方火砕流と仮称している。

# 赤城山の最新噴火に関する知見

- 赤城山の最新活動に関する知見を以下のとおり整理した。最新の歴史噴火は1251年噴火であるが、これに関し次のように見解が分かれている。
- 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)とされている。
- 早川(1999)によれば、1251年噴火に対応する堆積物は確認されておらず、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である可能性が高いとされる。
- 一方で、守屋(1993)によれば、1251年の水蒸気噴火による堆積物の可能性がある火山灰層が認められ、及川(2012)等では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。



赤城山の火山地質図(山元(2016))

赤城山の有史以降の火山活動履歴

噴火年	噴出物名	噴火様式	降下火砕物体積；見かけ(DRE)	総体積；見かけ(DRE)	規模(VEI)
1251年	詳細不明	詳細不明	不明	不明	不明

参考文献：  
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)

※気象庁編(2013)による記載

- ・1251(建長3)年5月18日 噴火？
- ・噴出物は発見されてない。
- ・噴火の根拠となる記録(吾妻鏡)は、山火事の記録であるという主張がある。
- ・同時期の噴火を記録していると考えられる別の歴史記録も報告されている。

	1251年噴火の存在を肯定する見解	1251年噴火の存在を否定する見解
地質学的情報に基づく見解	<p>○守屋(1993)</p> <p>・地蔵岳東南麓で、地表より10～15cm下、榛名ニッ岳伊香保テフラの上数十cmの層準に火山灰層を発見</p> <p>⇒1251年の水蒸気噴火による堆積物の可能性がある。</p>	<p>○早川(1999)</p> <p>・守屋(1993)による1251年噴火堆積物は、噴火堆積物ではなくレス堆積物である。</p> <p>・山頂火口内でもっとも新しい噴火地形である血の池(約2万4000年前)は、6世紀の榛名ニッ岳伊香保テフラに覆われる。</p> <p>⇒1251年噴火に対応する堆積物は確認されていない。</p>
歴史史料に基づく見解	<p>○及川(2012)</p> <p>峰岸(2003)により、「吾妻鏡」以外の史料で、更に具体的な噴火記録の存在が明かされた。</p> <p>-峰岸(2003)-</p> <p>「建長三年辛亥当於呂嶽、春ヨリ焼ケ始め、四月十九日焼出、石砂ヲラス事夥シケレ共、当所ハ無難ナリ、今赤石平是ナリ」</p> <p>(訳)1251年春ころから噴火を開始し、5月11日に噴火が激しくなり、粗粒な降下火砕物を噴出したが、神社は無事であった。</p> <p>⇒発見された記録は、赤城神社において代々書き続けられた年代記であり、噴火と同時代に記録された史料に準ずると考えられる。また、記述も具体性に富み、確たる噴火記録と判断される。</p>	<p>○早川(1999)</p> <p>・気象庁が赤城火山を活火山に指定している根拠は、史料『吾妻鏡』の建長三年(1251年)条にある「赤木嶽焼」の記述である。</p> <p>・本記事は四月十九日(5月11日)のものだが、一年で最も乾燥する時期である。</p> <p>・建長三年四月の現象には先例があったと記されており、当時の人々の記憶に残って伝承されるほどの頻度で噴火が繰り返されていたとは、その後の噴火が皆無であることからみて考えにくい。</p> <p>⇒1251年の記事は赤城火山の噴火を記述したものではなく、山火事の記述である可能性が高い。</p>

気象庁編(2013)、及川(2012)、峰岸(2003)、早川(1999)、守屋(1993)、産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2014)に基づき整理

## 2. 降下火砕物の影響評価（補足説明）

2.1 給源火山の位置と噴火規模

2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布

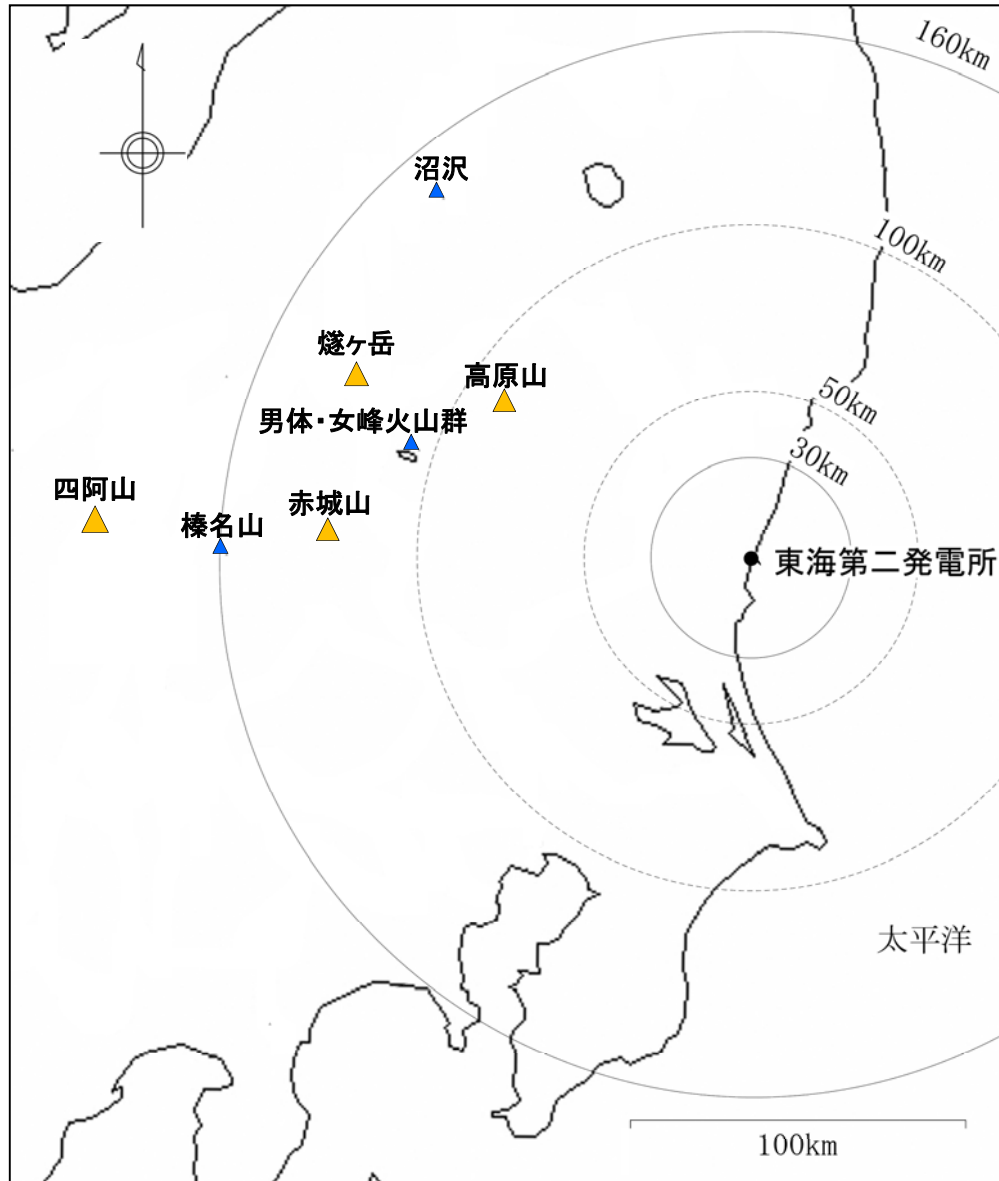
2.3 降下火砕物シミュレーション解析条件に関する検討

2.4 Tephra2のバグに関する報告

2.5 敷地周辺における赤城鹿沼テフラの粒径

## 2.1 給源火山の位置と噴火規模

- 原子力発電所の運用期間中に同規模の噴火が発生する可能性がある降下火砕物の給源火山について、敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の噴火規模 (VEI) とその位置を整理した結果、VEI5の規模が最大であり、その内、噴出量が最も大きいのは赤城山である。



火山名	発電所運用期間中に想定される最大規模の降下火砕物	火山から敷地への方向(距離)	噴火規模※ (VEI)	噴出量 (見かけ体積km <sup>3</sup> )
高原山	高原戸室山2テフラ	東南東 (約88km)	5	1 (山元(2013))
男体・女峰火山群	男体今市テフラ	東南東 (約105km)	4	0.8 (山元(2013))
赤城山	赤城鹿沼テフラ	東 (約127km)	5	5 (山元(2013))
燧ヶ岳	燧ヶ岳七入テフラ	東南東 (約130km)	5	4 (山元(2012))
沼沢	沼沢芝原テフラ	南東 (約143km)	4	0.2 (山元(2012))
榛名山	榛名八崎テフラ	東 (約157km)	4	0.5 (山元(2013))
四阿山	四阿菅平2テフラ	東 (約197km)	5	4.25 (大石(2009))



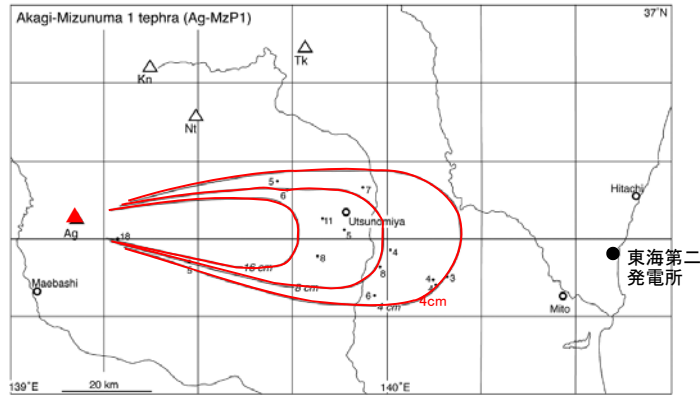
※ 噴火規模 (VEI) の定義は町田・新井 (2011) に基づく



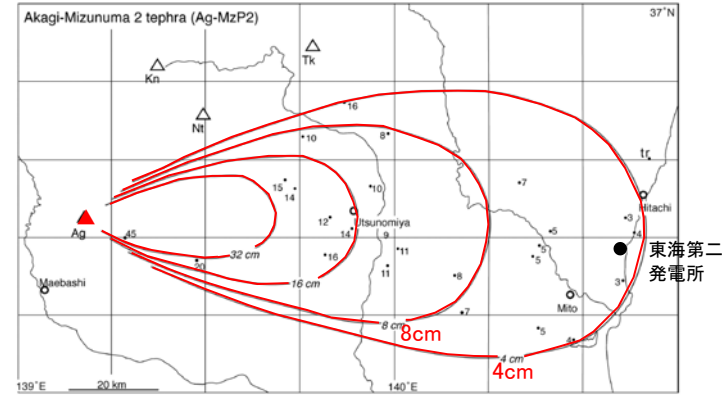
2. 降下火砕物の影響評価（補足説明） 2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布

赤城鹿沼テフラ以外の検討対象の降下火砕物の分布①

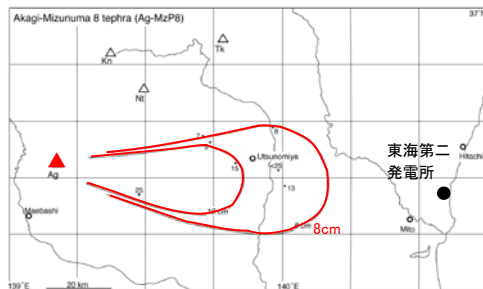
第432回審査会合  
資料1 再掲



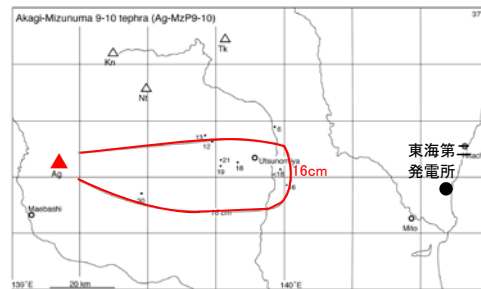
赤城水沼1テフラの等層厚線図(山元 (2013)に加筆)



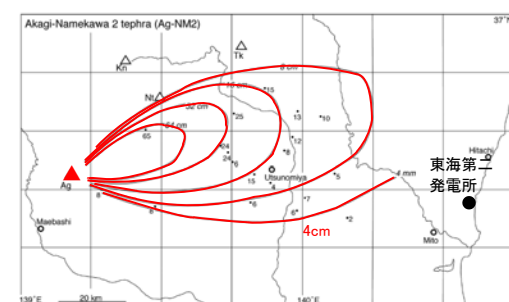
赤城水沼2テフラの等層厚線図(山元 (2013)に加筆)



赤城水沼8テフラの等層厚線図(山元 (2013)に加筆)

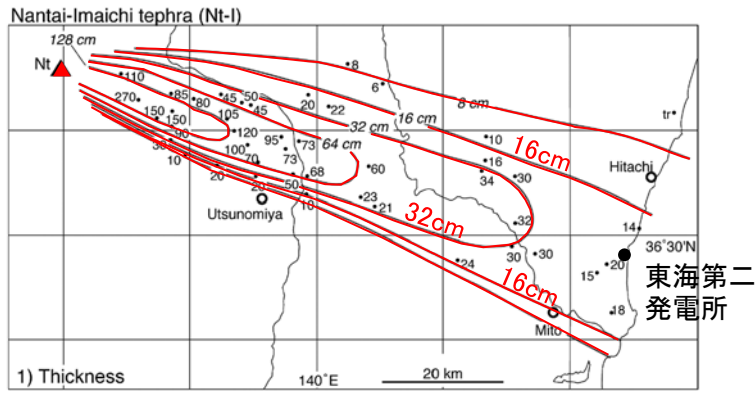


赤城水沼9-10テフラの等層厚線図(山元 (2013)に加筆)

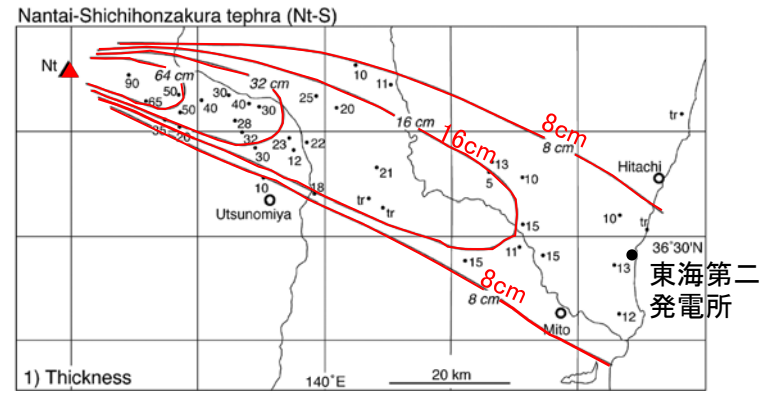


赤城行川2テフラの等層厚線図(山元 (2013)に加筆)

2. 降下火砕物の影響評価（補足説明）2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布  
赤城鹿沼テフラ以外の検討対象の降下火砕物の分布②



男体今市テフラの等層厚線図（山元(2013)に加筆）

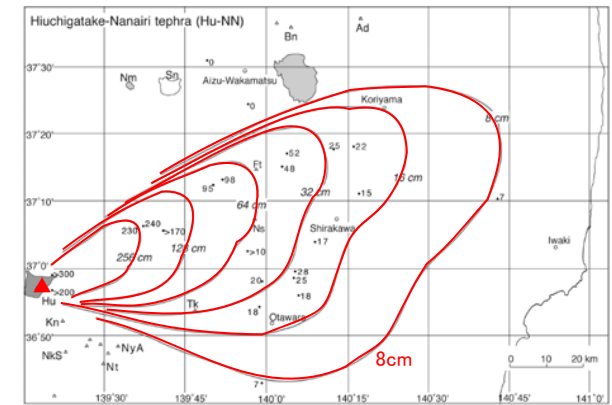
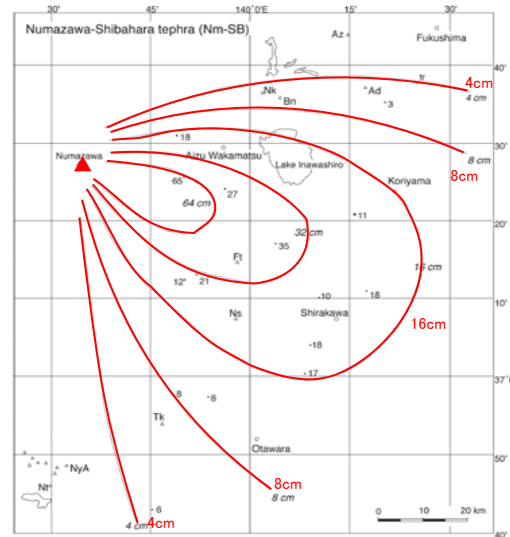
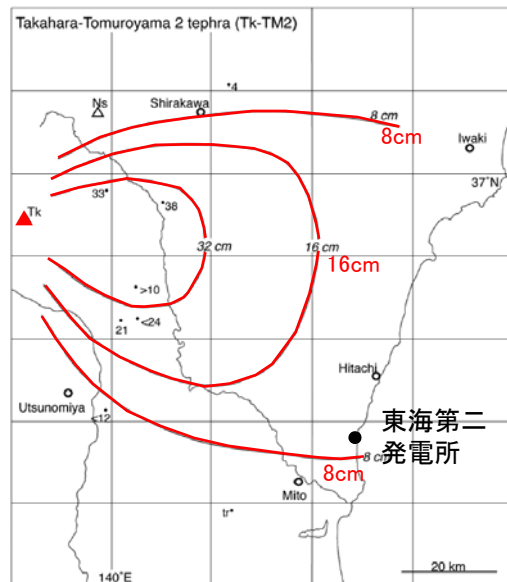


男体七本桜テフラの等層厚線図（山元(2013)に加筆）

2. 降下火砕物の影響評価（補足説明） 2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布

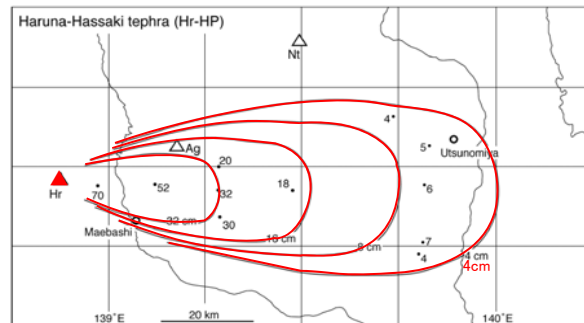
赤城鹿沼テフラ以外の検討対象の降下火砕物の分布③

第432回審査会合  
資料1 再掲

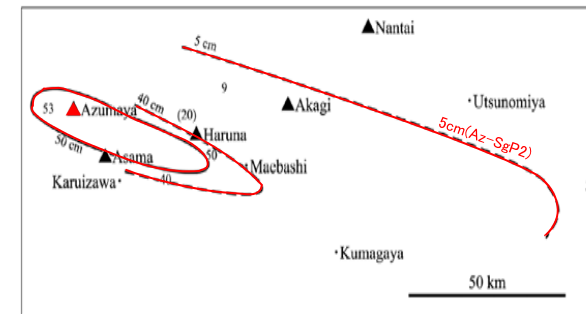


燧ヶ岳七入テフラの等層厚線図（山元（2012）に加筆）

高原戸室山2テフラの等層厚線図（山元（2013）に加筆） 沼沢芝原テフラの等層厚線図（山元（2012）に加筆）



榛名八崎テフラの等層厚線図（山元（2013）に加筆）



菅平第2軽石の等層厚線図（大石（2009）に加筆）



2. 降下火砕物の影響評価（補足説明）2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布  
 検討対象外の降下火砕物のうち広域テフラの分布①

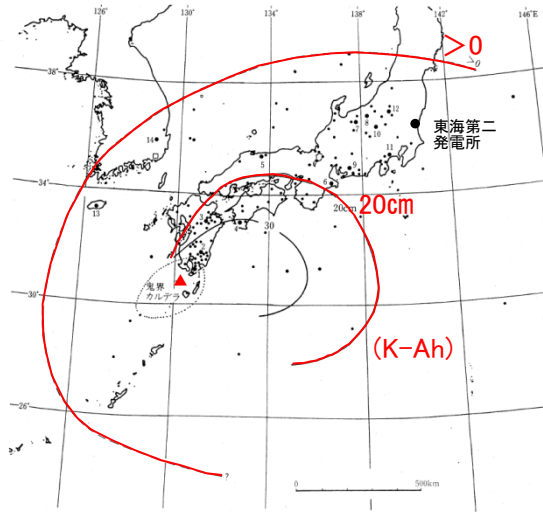


図 2.1-2 鬼界アカホヤテフラ (K-Ah) の等厚線図と主な産出地点。点線内は火砕流堆積物 (K-Ky) の分布範囲を示す。

鬼界アカホヤテフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)

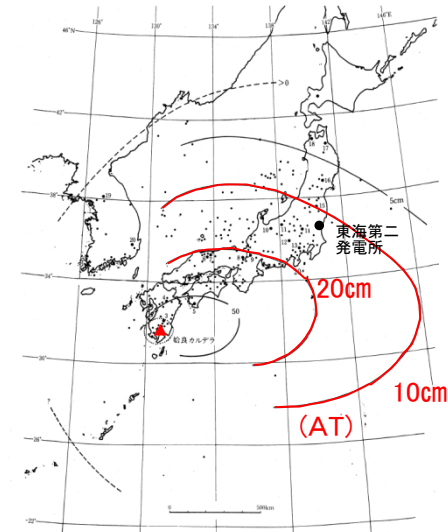


図 2.1-6 始良 Tn 火山灰 (AT) の等厚線図と主な産出地点。点線内は大戸火砕流堆積物 (A-Ito) の分布範囲を示す。

始良 Tn テフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)

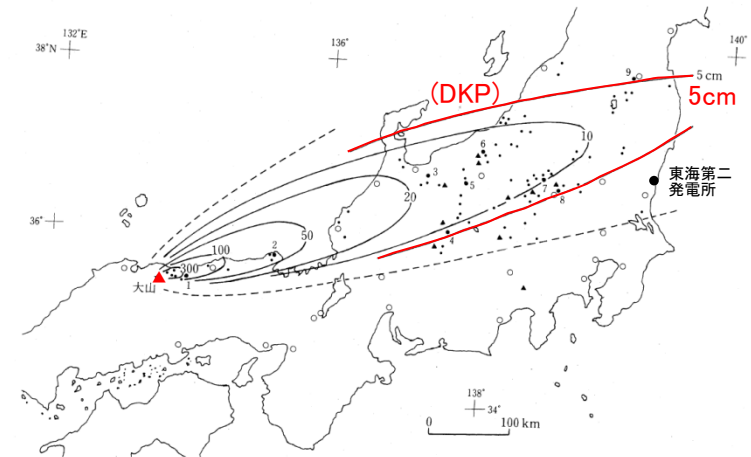


図 2.2-2 大山倉吉テフラ (DKP) の等厚線図と主な産出地点。

大山倉吉テフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)

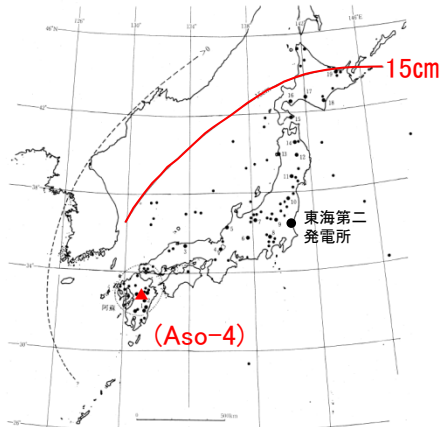


図 2.1-11 阿蘇 4 火山灰 (Aso-4) の等厚線図と主な産出地点。点線内は阿蘇 4 火砕流堆積物 (Aso-4 (pf)) の分布範囲を示す。

阿蘇4テフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)

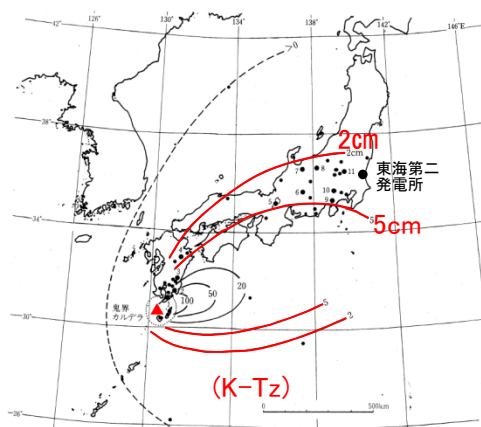


図 2.1-12 鬼界葛原火山灰 (K-Tz) の等厚線図と主な産出地点。

鬼界葛原テフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)



図 2.1-15 阿蘇 3 テフラ (Aso-3) と阿蘇 3 テフラ (Aso-3') の分布と主な産出地点。●Aso-3、▲Aso-3'。点線内は火砕流堆積物 (Aso-3 (pf)) の分布範囲を示す。左上の図は小野・渡辺 (1983) に加筆。

阿蘇3テフラの分布  
 (町田・新井(2011)に加筆)

2. 降下火砕物の影響評価（補足説明） 2.2 敷地周辺で確認または分布が推定される降下火砕物の分布  
 検討対象外の降下火砕物のうち広域テフラの分布②

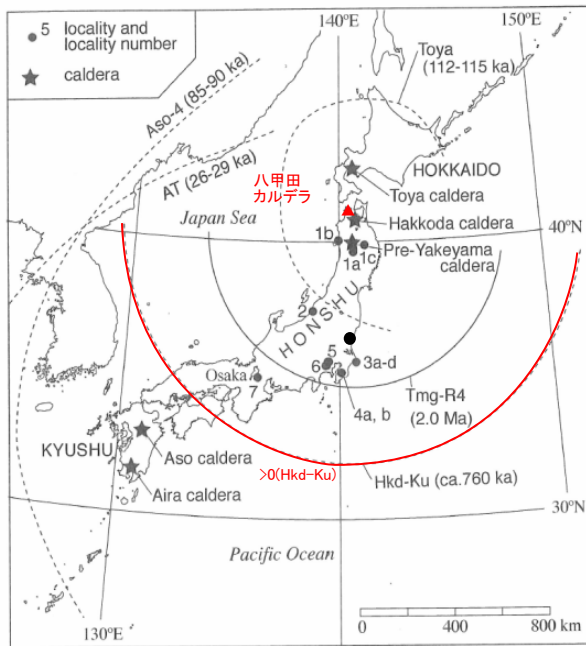
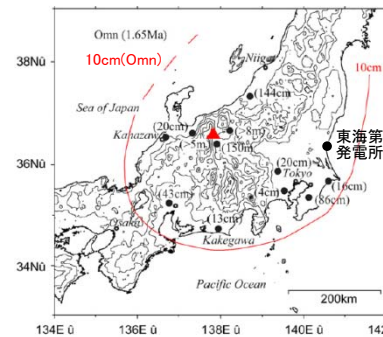
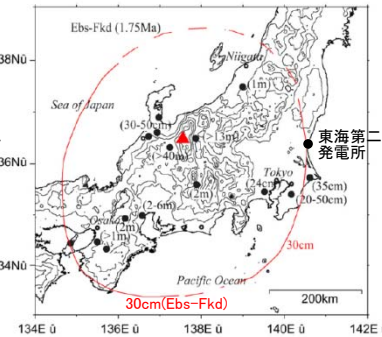


Fig. 1. Map of the Japanese islands and their surrounding area showing distributions of Tmg-R4 (solid line) and four widespread tephtras (broken lines): Toya (112-115 ka), Aso-4 (85-90 ka), AT (26-29 ka) and Hkd-Ku (760 ka) Tephtras (modified from Suzuki *et al.*, 2005). Distributions of Toya, Aso-4 and AT are taken from Machida and Arai (2003).

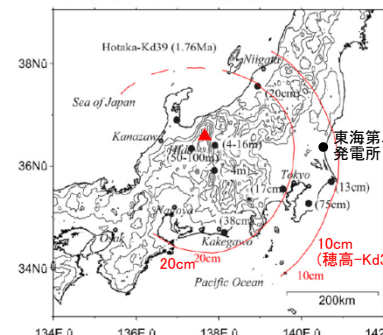
八甲田1テフラの分布  
 (鈴木・中山(2007)に加筆)



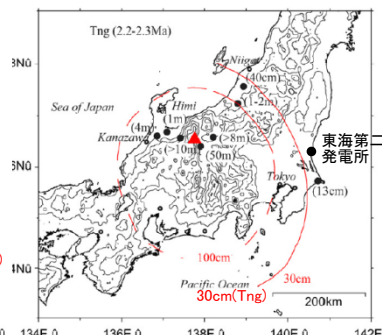
(14) Distribution of Omne tephra  
 Correlation by Collaborative research group for Northern Japan Alps(1998), Kurokawa (1998), Nagahashi *et al.* (2000), Fujioka *et al.* (2003), Fujioka and Kameo(2004) and Tamura and Yamazaki (2004).



(13) Distribution of Ebisutoje-Fukuda tephra  
 Correlation by Yoshihara *et al.* (1996), Mizuno (2000), Nagahashi *et al.* (2000), Fujioka *et al.* (2003), Fujioka and Kameo(2004) and Tamura and Yamazaki(2004).



(12) Distribution of Hotaka-Kd39 tephra  
 Correlation by Satoguchi *et al.* (1996), Nagahashi *et al.* (1997), Fujioka *et al.* (2003), Sakai (2003) and Fujioka and Kameo (2004).



(9) Distribution of Taniguchi-Tsp tephra  
 Correlation by Machida *et al.* (2001), Tamura and Yamazaki (2004) and Tamura *et al.* (2006).

大峰テフラ，恵比寿峠福田テフラ，  
 丹生川テフラ，谷口テフラの分布  
 (Tamura *et al.* (2008)に加筆)

## 解析条件設定（検討用解析）

降下火砕物シミュレーションの解析条件の検討として以下の条件を設定し解析を行った（検討用解析）。その結果を次頁以降に示す。

- 最新の知見である山元(2016)及び山元(2013)に示される5 km<sup>3</sup>の算定方法について詳細検討した結果、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、噴出量を5 km<sup>3</sup>とした。
- その他のパラメータについては、文献等に基づき、噴出量に応じた値を設定

※噴出量の妥当性の詳細については次頁に記載

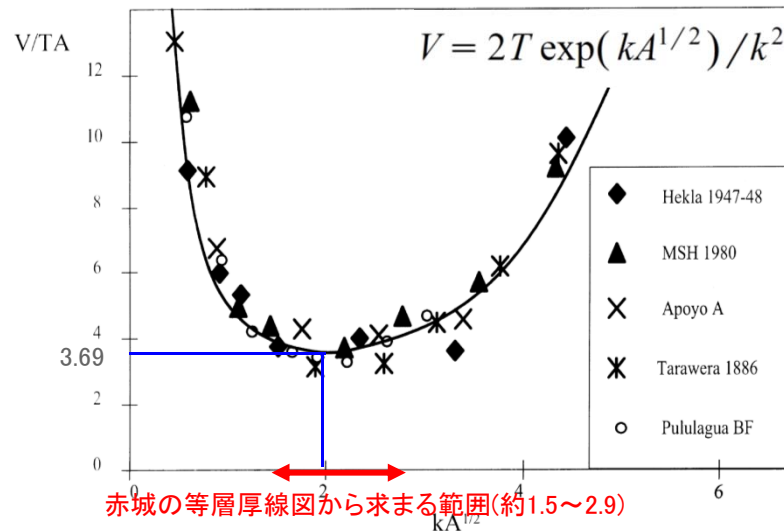
設定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	設定根拠等	
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)	噴出量(見かけ体積量)	km <sup>3</sup>	5	山元(2016)及び山元(2013)に基づき設定 (見かけ体積量5km <sup>3</sup> に降下火砕物の密度800kg/m <sup>3</sup> を乗じた4.0×10 <sup>12</sup> kgを設定)	
	噴煙柱高度	km	25	同程度の規模の噴火(VEI5)の一般値(Newhall and Self, 1982による)に基づいて設定	
	噴煙柱分割高さ	m	100	萬年(2013)より設定	
	粒径	最大	mm (Φ)	1,024 (-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)	1/23 (4.5)	Tephra2のconfigfileに示された事例に基づき設定(セントヘレンズ1980年噴火の例を参照)
		標準偏差	mm (Φ)	1/8 (3.0)	Tephra2のconfigfileに示された事例に基づき設定(セントヘレンズ1980年噴火の例を参照)
	岩片密度	t/m <sup>3</sup>	2.6	Tephra2のconfigfileに示された一般値	
	軽石粒子密度	t/m <sup>3</sup>	1.0	Tephra2のconfigfileに示された一般値	
	見かけの渦拡散係数	m <sup>2</sup> /s	0.04	萬年(2013)より設定	
	拡散係数	m <sup>2</sup> /s	10,000	萬年(2013)より設定	
	Fall Time Threshold	s	3,600	萬年(2013)より設定	
	Plume Ratio	-	0.1	Tephra2のconfigfileに示された事例に基づく一般値	
給源	X(東距)	m	338,296	「日本の火山(第3版)」(中野他(2013))より設定	
	Y(北距)	m	4,047,614		
	標高	m	1,828		

## 赤城鹿沼テフラの噴出量の妥当性

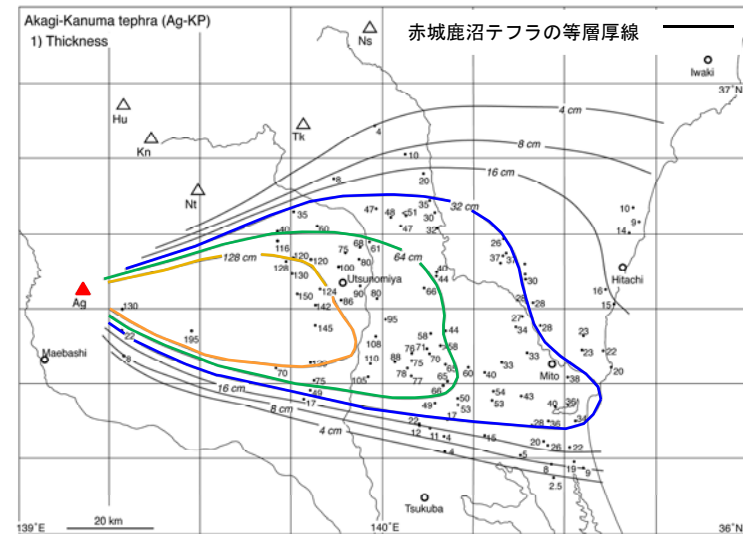
- 山元(2016)及び山元(2013)では、赤城鹿沼テフラの噴出量(見かけ体積5km<sup>3</sup>)をLegros(2000)の簡便法を用いて算定している。
- Legros(2000)においては、降下火砕物の噴出量(V)を降下火砕物の層厚(T)と等層厚線が囲む面積(A)及び層厚毎の面積変化率(k)から求める(1)式が示されており、いくつかの噴火の事例からV/TAとkA<sup>1/2</sup>の関係を求め、最小体積V<sub>min</sub>として(2)式を提案している。
- 赤城鹿沼テフラにおいては、山元(2013)の等層厚線(32cm, 64cm, 128cm)から求まるkA<sup>1/2</sup>が約1.5~2.9の範囲となり、これに対応するV/TAが(2)式の係数(3.69)とほぼ同等となることから、赤城鹿沼テフラの噴出量の算出においてはLegros(2000)式による算定結果は妥当なものと判断される。
- 以上から、5km<sup>3</sup>は妥当な噴出量であるとし、これを解析条件として用いるものとする。

$$V = 2T \exp(kA^{1/2}) / k^2 \quad \cdot \cdot (1) \quad V_{min} = 3.69TA \quad \cdot \cdot (2)$$

- V : 降下火砕物の噴出量 (体積)  
T : 降下火砕物の層厚  
A : 等層厚線が囲む面積  
k : 層厚毎の面積変化率



V/TAとkA<sup>1/2</sup>の関係  
(Legros (2000) に加筆)



山元 (2013) による赤城鹿沼テフラ (Ag-KP) の分布  
(山元 (2013) に一部加筆)

層厚	cm	32	64	128	平均
面積	km <sup>2</sup>	3800	2100	1000	
層厚毎の面積変化率 k		0.046			
K*A <sup>1/2</sup>		2.9	2.1	1.5	
体積 V=3.69TA	km <sup>3</sup>	4.5	5.0	4.7	4.7

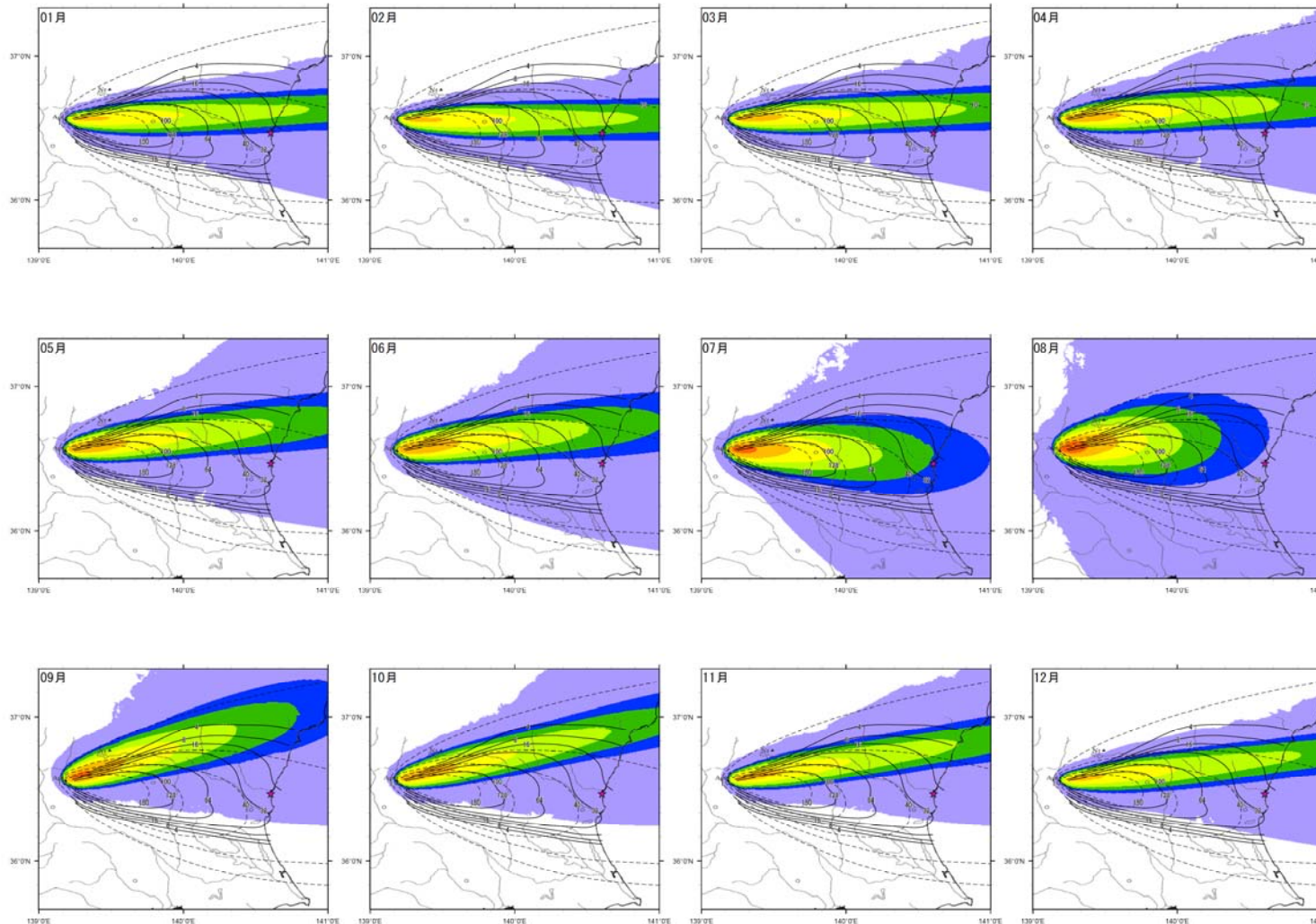
約5km<sup>3</sup>



## 月別平年値解析①（9時）（検討用解析）

風向・風速の月別平年値（9時）を用いた解析結果と町田・新井（2011）及び山元（2013）の赤城鹿沼テフラの等層厚線図の重ね合わせを以下に示す。

- ・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。
- ・全体的に層厚は小さく、実際の分布と整合しない。



月	時	堆積厚さ (cm)
1月	9時	4.0
2月	9時	8.9
3月	9時	3.3
4月	9時	2.5
5月	9時	1.4
6月	9時	2.4
7月	9時	7.5
8月	9時	3.4
9月	9時	0.2
10月	9時	0.2
11月	9時	0.3
12月	9時	1.1

文献の等層厚線  
 - - - - - 町田・新井(2011)  
 ——— 山元(2013a)

★ : 東海第二発電所  
 ▲ : 給源火山 (Ag: 赤城山)

凡例

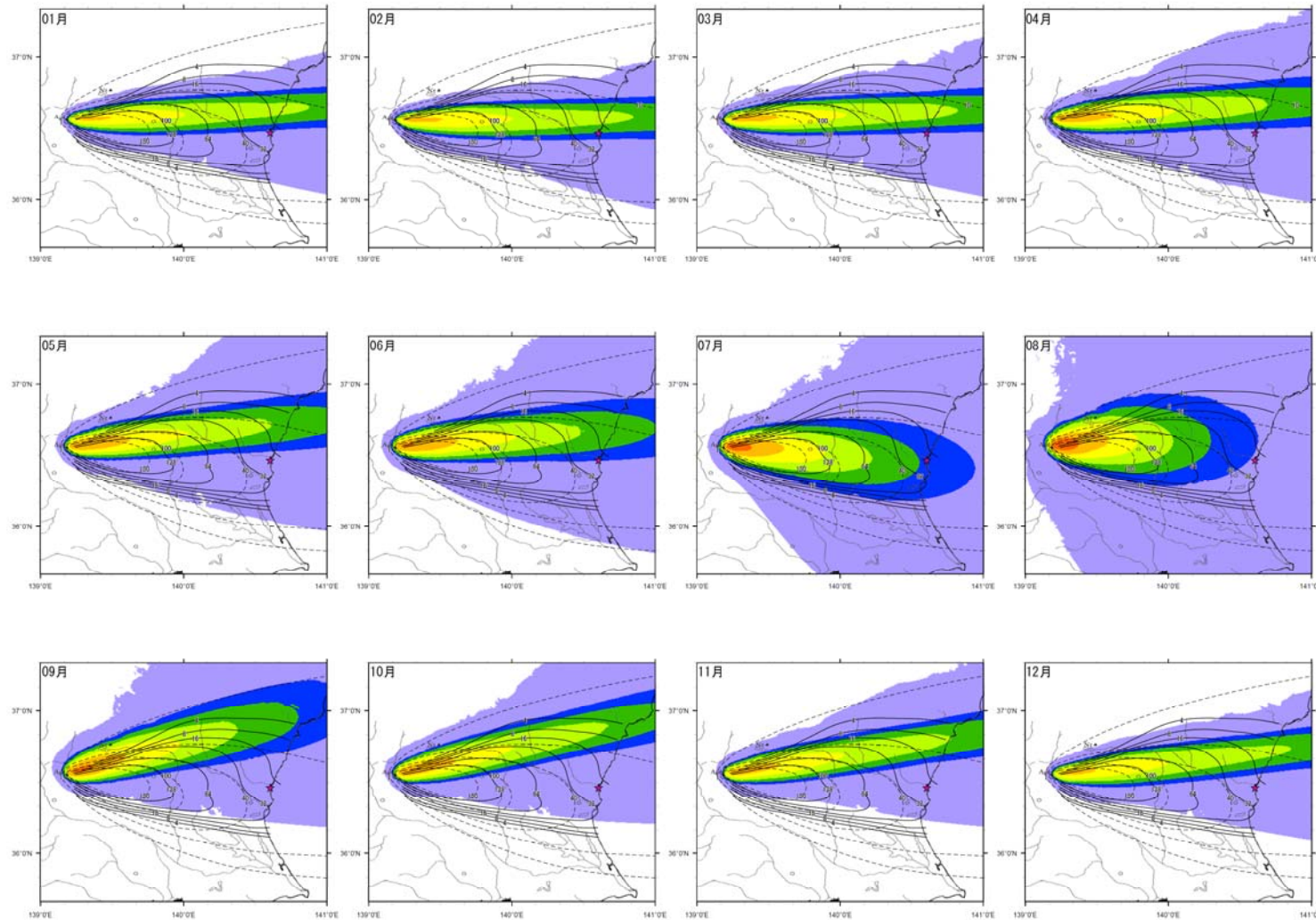
□	~ 0.1cm
■	0.1 ~ 4.0cm
■	4.0 ~ 8.0cm
■	8.0 ~ 16.0cm
■	16.0 ~ 32.0cm
■	32.0 ~ 64.0cm
■	64.0 ~ 128.0cm
■	128.0 ~ cm

解析結果と町田・新井（2011）及び山元（2013）の赤城鹿沼テフラの等層厚線図の重ね合わせ

## 月別平年値解析②（21時）（検討用解析）

風向・風速の月別平年値（21時）を用いた解析の結果と町田・新井(2011)及び山元（2013）の赤城鹿沼テフラの等層厚線図の重ね合わせを以下に示す。

- ・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。
- ・全体的に層厚は小さく，実際の分布と整合しない。



月	時	堆積厚さ (cm)
1月	21時	3.1
2月	21時	7.9
3月	21時	3.9
4月	21時	2.5
5月	21時	1.8
6月	21時	4.1
7月	21時	7.1
8月	21時	3.6
9月	21時	0.4
10月	21時	0.2
11月	21時	0.4
12月	21時	1.1

文献の等層厚線  
 - - - - - 町田・新井(2011)  
 ——— 山元(2013a)

★ : 東海第二発電所  
 ▲ : 給源火山 (Ag: 赤城山)

凡例	
□ (White)	~ 0.1cm
□ (Light Blue)	0.1 ~ 4.0cm
□ (Blue)	4.0 ~ 8.0cm
□ (Green)	8.0 ~ 16.0cm
□ (Yellow-Green)	16.0 ~ 32.0cm
□ (Yellow)	32.0 ~ 64.0cm
□ (Orange)	64.0 ~ 128.0cm
□ (Dark Orange)	128.0 ~ cm

解析結果と町田・新井(2011)及び山元（2013）の赤城鹿沼テフラの等層厚線図の重ね合わせ

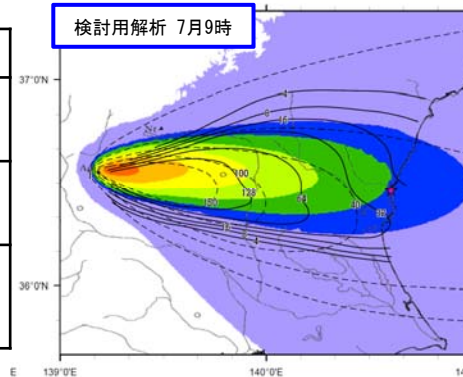
# 解析結果の粒度分布

検討用解析に対し、実際の分布と解析結果が整合するよう条件を一部見直して解析（評価用解析）を行った。  
 ・ 検討用解析と評価用解析の結果における噴煙柱を構成する粒子の粒度分布と敷地位置における粒度分布を以下に示す。  
 ▶ 比較の結果、評価用解析の結果の方が粒径が大きいものが多い。

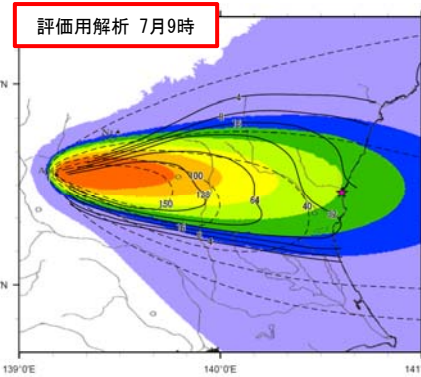
解析条件

パラメータ		単位	検討用解析	評価用解析※
粒径	中央	mm (Φ)	1/23 (4.5)	1/2 (1.0)
	標準偏差	mm (Φ)	1/8 (3.0)	1/3 (1.5)
岩片密度		t/m <sup>3</sup>	2.6	1.0
軽石粒子密度		t/m <sup>3</sup>	1.0	

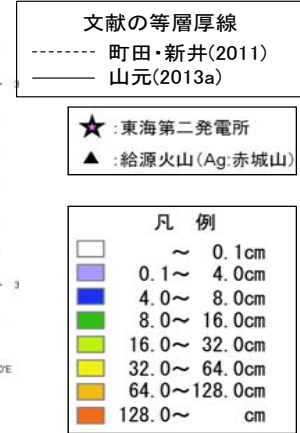
※評価用解析の解析条件の詳細は資料6-1「4.1 降下火砕物の影響評価 (2) 降下火砕物シミュレーション」を参照



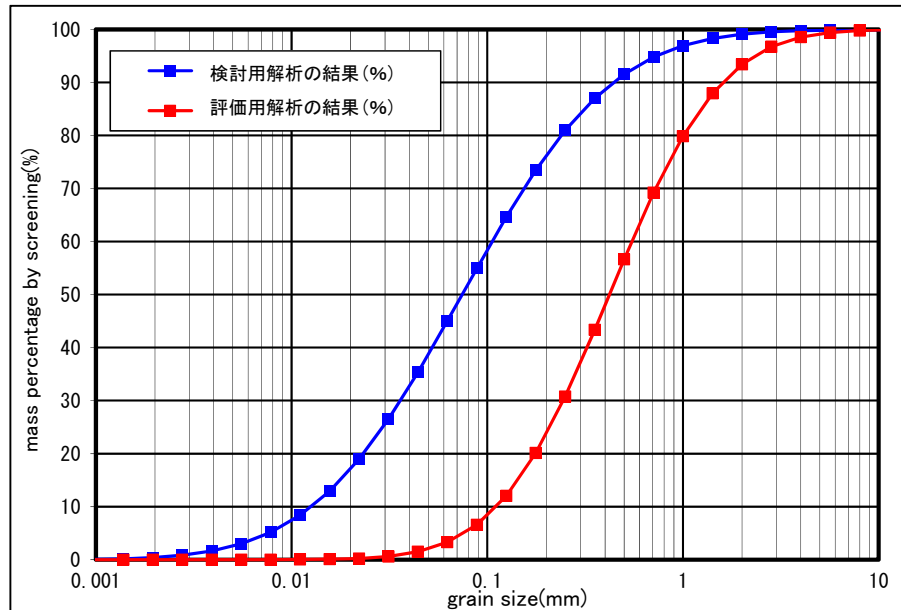
堆積厚さ: 7.5cm



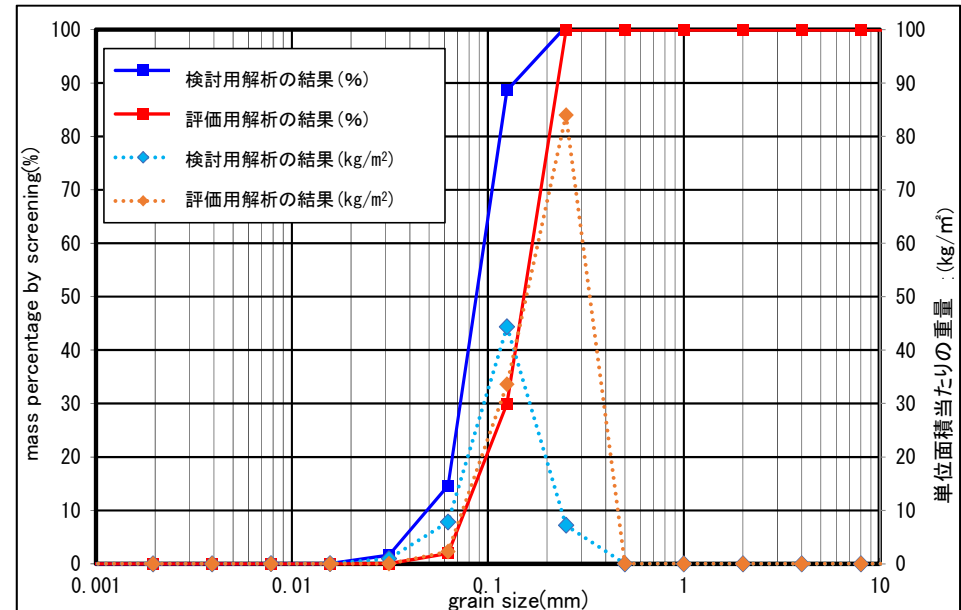
堆積厚さ: 15cm



検討用解析と評価用解析の粒度分布の比較



噴煙柱を構成する粒子の粒度分布



敷地位置における粒度分布及び粒度ごとの単位面積当たりの重量 6-2-39

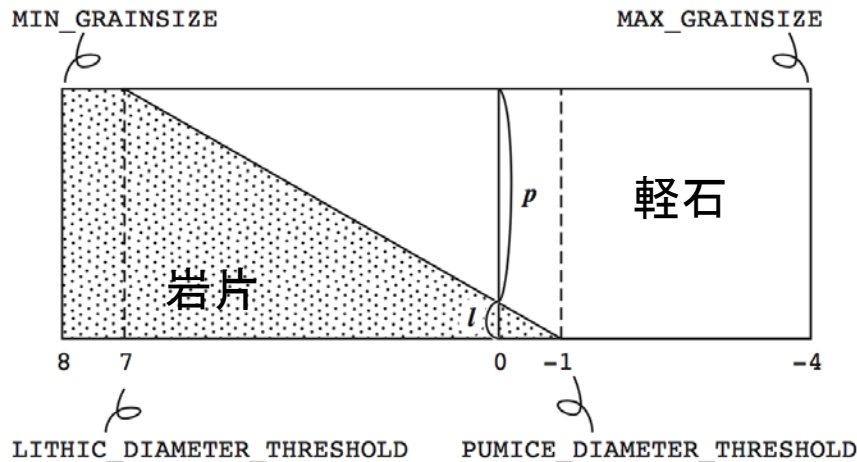


# Tephra2における粒子の密度設定と拡散の計算について

萬年(2013)において、Tephra2における粒子密度及び拡散係数の設定について以下のとおり示されている。

- Tephra2で用いられる粒子密度の概念図のとおりに、粒径に応じて設定される。具体的には、7Φより小さい粒子は岩片密度の設定値、-1Φより大きい粒子は軽石密度の設定値、その間は岩片と軽石の密度の設定値に基づき比例配分した値が設定される。
- 粒子の分散( $\sigma_{ij}$ )は、(1)式、(2)式の2種類の式により求められる。どちらの式を用いるかは、粒子が地表に到達するまでの時間を閾値(Fall Time Threshold : FTT)に照らし、FTTより短い場合には(1)式、長い場合には(2)式を適用する。なお、FTTの設定値として経験的に3600sが用いられる。
- (1)式における拡散係数(K)の値は、噴煙柱の幅によって決められるものであり、(2)式の見かけの渦拡散係数(C)は経験的に0.04m<sup>2</sup>/sという値が採用されている。

## ○粒子密度の設定



Tephra2で用いられる粒子密度の概念図  
(萬年(2013)に加筆)

## ○粒子の拡散の計算

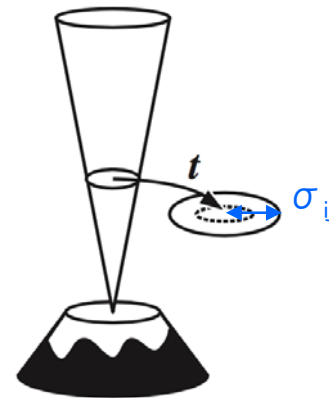
### Fall Time Threshold (FTT)

3600s

← 短い      長い →

$$\sigma_{ij}^2 = 4K(t_{ij} + t_j^*) \dots (1)$$

$$\sigma_{ij}^2 = \frac{8C}{5}(t_{ij} + t^*)^{2.5} \dots (2)$$



- $\sigma_{ij}$  : 粒子の分散
- K : 拡散係数
- C : 見かけの渦拡散係数
- $t_{ij}$  : 粒径iの粒子が高さjから落下して地表に到達するまでの時間
- $t_j^*$  : 噴煙の幅を表現するために導入されている仮想的な時間

給源モデルの概念図  
(萬年(2013)に加筆)



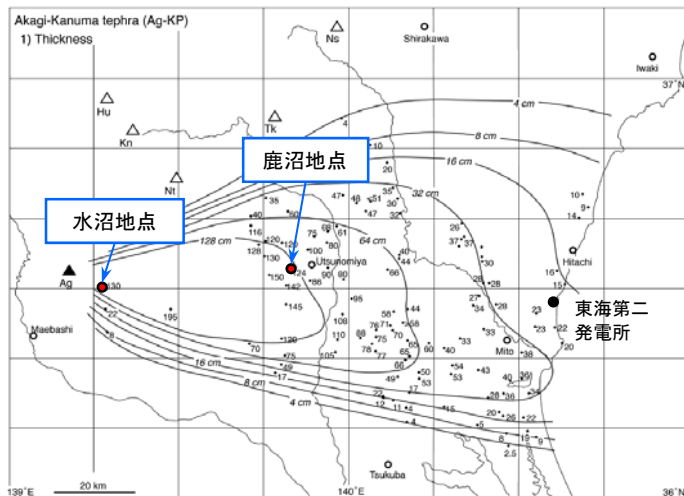
## 赤城鹿沼テフラの給源周辺の産状

赤城鹿沼テフラ(Ag-KP)の給源(赤城山)周辺における産状(粒子構成)を確認した結果、岩片が少量含まれるものの軽石主体であった。

### 水沼地点(赤城山から約10km)



### 鹿沼地点(赤城山から約57km)



## 経緯と修正箇所

- 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
- この指摘を受け、当社においても「Tephra2」の解析コードを確認したところ、同准教授が指摘したバグがあることを確認。このバグを修正し解析を行った。

### ◆バグの概要

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

### ◆粒子の落下速度 ( $V_t$ ) の原理式

粒子の落下速度 ( $V_t$ ) の計算式

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

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

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

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

### ◆当社使用の「Tephra2」の解析コードの入手先

アメリカ国立科学財団・V-HUBホームページより2016年11月25日にVer. 91 (2014/9/19公開) をダウンロード (<https://vhub.org/resources/tephra2/about>)

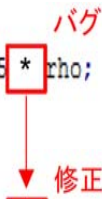
### ◆原理式に基づく解析コードの修正箇所

#### ○バグ修正前

```
temp1 = GRAV_SQRD_x_4 * part_density * part_density / AIR_VISCOSITY x 225 * rho;
vti = ashdiam * pow(temp1, ONE_THIRD);
```

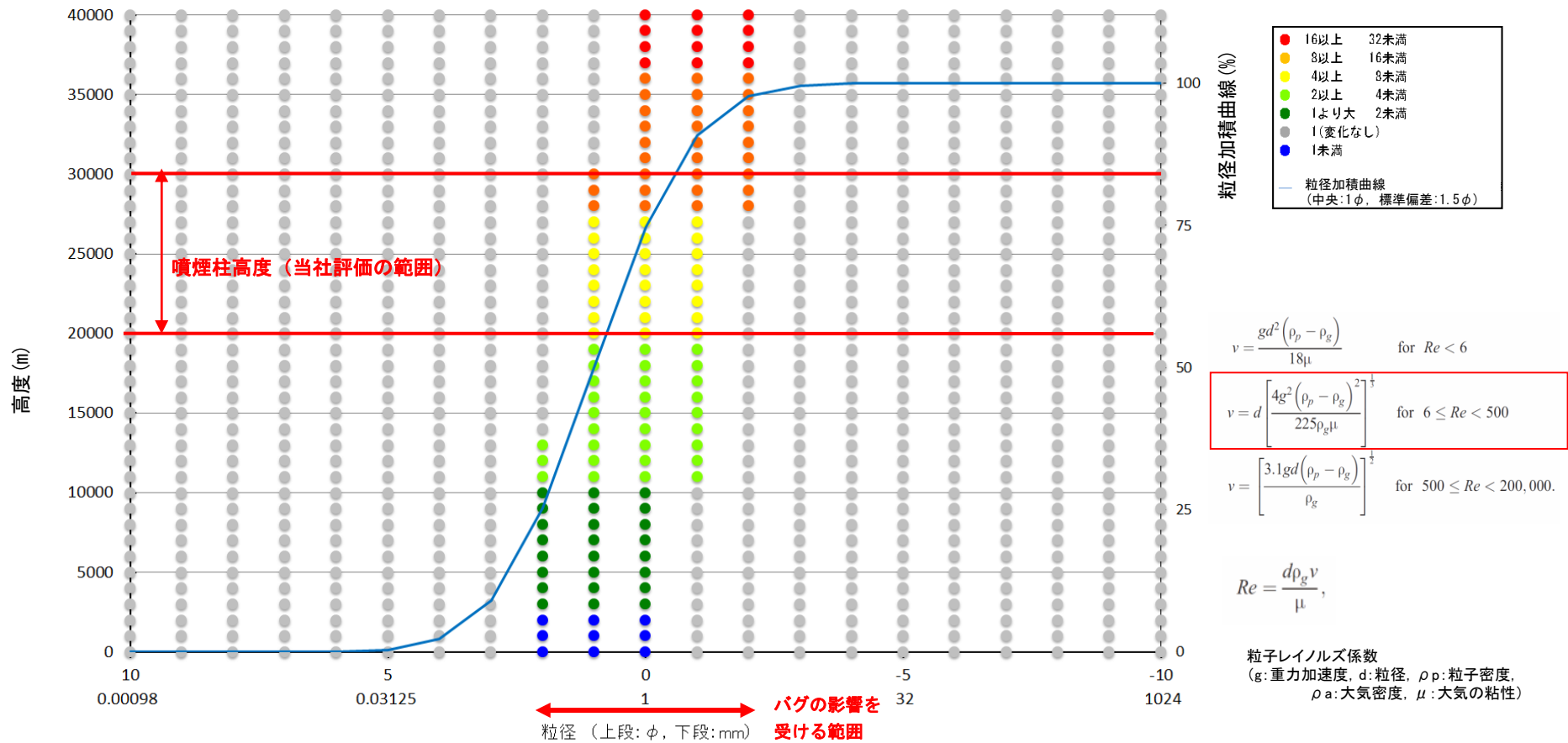
#### ○バグ修正後

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



## バグ修正に伴う計算上の影響

- ・バグはレイノルズ数が $6 \leq Re < 500$ となる条件の場合の計算式のみであったため、粒径及び高度により、バグの影響を受けるものと受けないものがある。
- ・着色部（青色除く）の条件下において降下速度が速まり、バグの修正前に比べ、より給源近傍に堆積しやすい解析結果になると考えられる。
- ・また、当社の赤城鹿沼テフラの噴煙柱高度20,000m～30,000mでは、主に粒径が $2\phi \sim 2\phi$ （0.25mm～4mm）の粒子に降下速度の違いが生じる。



Tephra2修正前と修正後におけるFall speed (修正後/修正後)= Fall Time(修正前/修正後)の比較及び噴出物全量の粒径加積曲線

## 解析結果一覧

- 参考として、国立研究開発法人産業技術総合研究所(以下、産総研)が、今回のバグを修正しHP上で公開しているTephra2により同様の条件で解析を行った結果、当社使用のTephra2の解析結果と比べ、概ね類似した結果が得られた。

検討項目		当社使用の Tephra2の 解析結果	(参考)産総研の WEBサイトTephra2 による解析結果※
		堆積厚さ(cm)	堆積厚さ(cm)
平年値 の 風 (9時)	1月	8.8	12.5
	2月	22.5	29.0
	3月	7.4	8.5
	4月	5.4	4.2
	5月	2.6	1.7
	6月	5.0	3.5
	7月	15.0	15.7
	8月	5.4	5.2
	9月	0.3	0.3
	10月	0.1	0.2
	11月	0.3	0.3
	12月	1.5	2.1

検討項目		当社使用の Tephra2の 解析結果	(参考)産総研の WEBサイトTephra2 による解析結果※
		堆積厚さ(cm)	堆積厚さ(cm)
平年値 の 風 (21時)	1月	6.5	10.2
	2月	20.0	27.0
	3月	9.1	9.2
	4月	5.5	3.6
	5月	3.6	2.3
	6月	9.5	6.5
	7月	13.8	14.9
	8月	6.0	5.3
	9月	0.6	0.4
	10月	0.2	0.2
	11月	0.4	0.4
	12月	1.5	2.5

不確かさ の 検討 (2月)	①噴煙柱 高度	20km	25.0	31.6
		30km	21.3	25.9
	②風速	平均+1σ	17.5	24.7
		平均-1σ	21.3	21.9
	③風向	敷地 方向の風	48.8	42.1

※: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所のWEBサイト(G-EVER 火山災害予測支援システム: <http://volcano.g-ever1.org/vhazard/HazardAssessment/>)にて公開しているTephra2(産総研によりバグ修正済み)による確認結果



## 当社使用のTephra2と産総研のHP上でのTephra2の解析条件の差異①

当社使用のTephra2の解析条件

想定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)	噴出量	kg	4.0 × 10 <sup>12</sup>	
	噴煙柱高度	km	25	
	噴煙柱分割高さ	m	100	
	粒径	最大	mm (Φ)	1,024 (-10)
		最小	mm (Φ)	1/1,024 (10)
		中央	mm (Φ)	1/2 (1.0)
		標準偏差	mm (Φ)	1/3 (1.5)
	粒子密度	t/m <sup>3</sup>	1.0	
	見かけの渦拡散係数	m <sup>2</sup> /s	0.04	
	拡散係数	m <sup>2</sup> /s	10,000	
	Fall Time Threshold	s	3,600	
	Plume Ratio	-	0.1	
	給源	X(東距)	m	338,296
Y(北距)		m	4,047,614	
標高		m	1,828	

標高データ: 数値地図 50mを  
解析用に500mメッシュに変換

(参考)産総研のHP上でのTephra2の解析条件

想定噴火規模	パラメータ	単位	設定値	
赤城鹿沼テフラ (Ag-KP)	噴出量	kg	4.0 × 10 <sup>12</sup>	
	噴煙柱高度	km	25	
	噴煙柱分割高さ	m	100	
	粒径	最大	mm (Φ)	1,024 (-10)
		最小	mm (Φ)	1/1,024 (10)
		中央	mm (Φ)	1/2 (1.0)
		標準偏差	mm (Φ)	1/3 (1.5)
	粒子密度	t/m <sup>3</sup>	1.0	
	見かけの渦拡散係数	m <sup>2</sup> /s	0.04	
	拡散係数	m <sup>2</sup> /s	10,000	
	Fall Time Threshold	s	3,600	
	Plume Ratio	-	0.1	
	給源	X(東距)	m	338,300.3
Y(北距)		m	4,047,615.9	
標高		m	1,813	

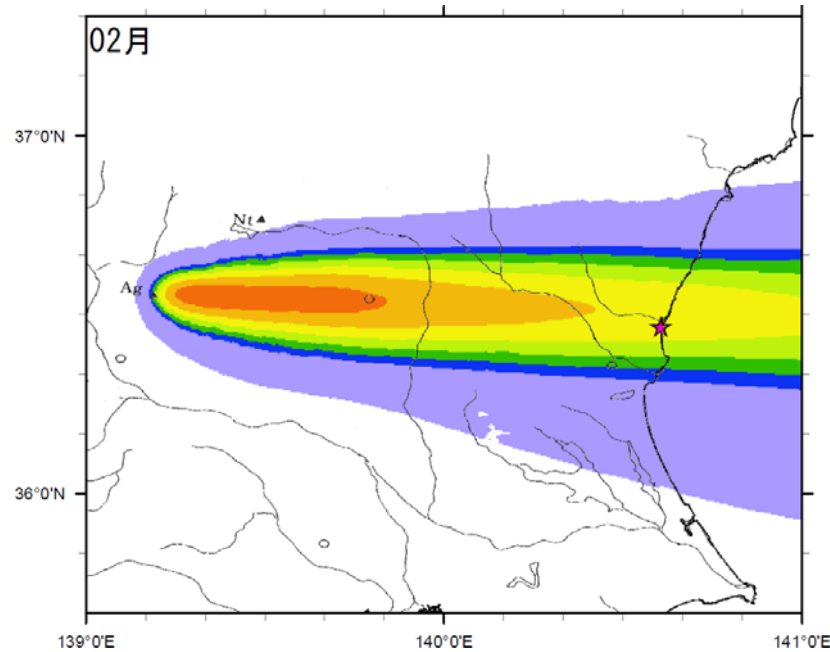
標高データ: 数値地図 100m

↑  
緯度経度の数値を手入力できず、  
地図上でクリックして座標を指定  
するため、全く同じ座標とならない。

## 当社使用のTephra2と産総研のHP上でのTephra2の解析条件の差異②

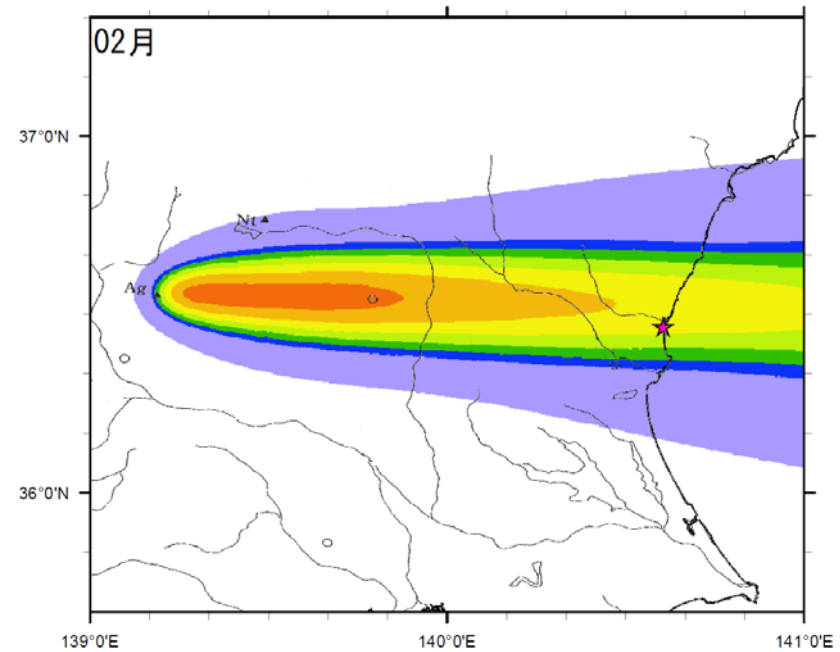
- 当社使用のTephra2と、参考として実施した産総研のHP上でのTephra2の解析結果の分布傾向は概ね類似している。

当社使用のTephra2の解析結果



堆積厚さ:48.8cm

産総研のHP上でのTephra2の解析※



堆積厚さ:42.1cm

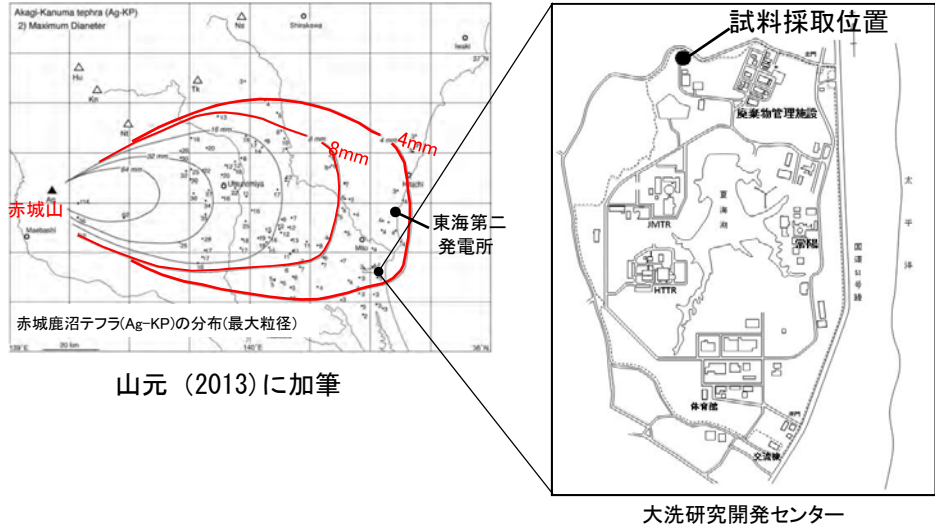
- ★: 東海第二発電所
- ▲: 給源火山(Ag:赤城山)

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

※: 国立研究開発法人 産業技術総合研究所のWEBサイト(G-EVER 火山災害予測支援システム: <http://volcano.g-eever1.org/vhazard/HazardAssessment/>)にて公開しているTephra2(産総研によりバグ修正済み)による確認結果

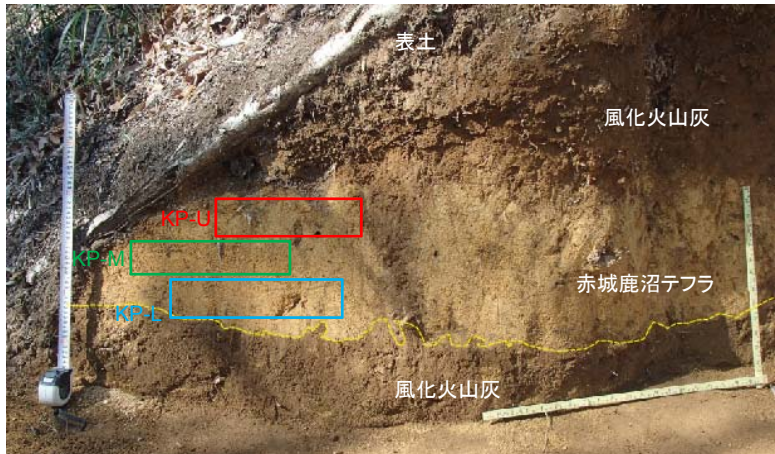
2. 降下火砕物の影響評価（補足説明） 2.5 敷地周辺における赤城鹿沼テフラの粒径  
**地質調査（敷地周辺：大洗研究開発センター地点）**

大洗研究開発センター（HTTR）内の露頭で認められる赤城鹿沼テフラを上下方向に3箇所試料を採取し、粒度試験を実施した結果、最大粒径は約4.8mmであり、中央粒径は約0.5～0.6mmであった。

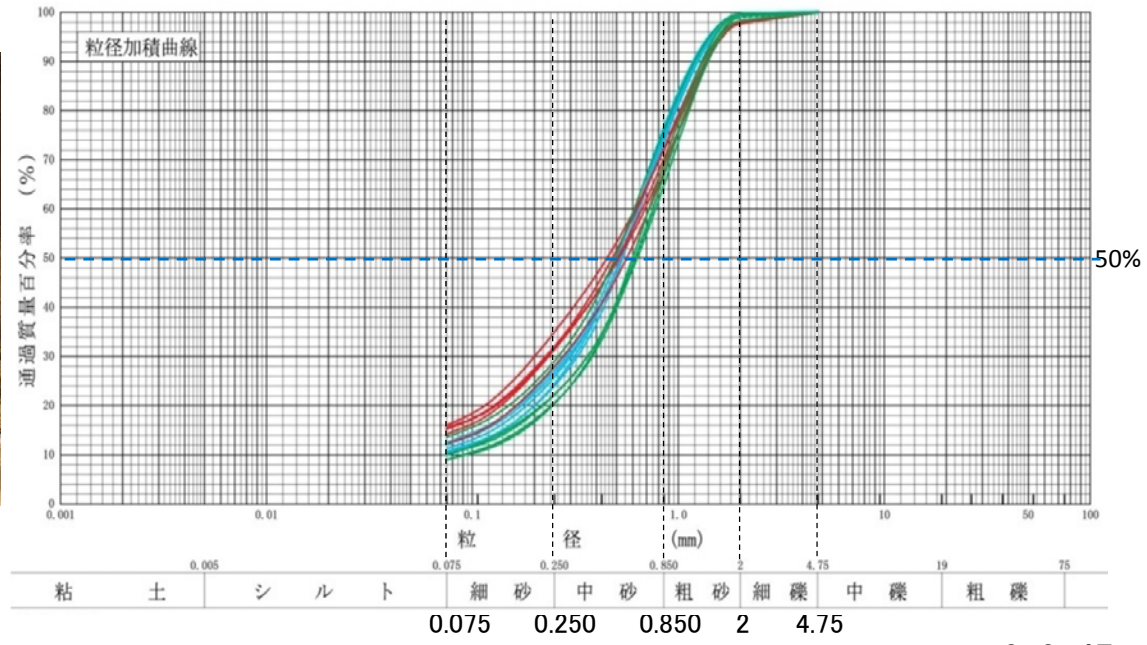


【粒度試験結果(3箇所, 1箇所5試料)  
 : 最大粒径約4.8mm(中央粒径約0.5～0.6mm)】

- KP-U**
  - ・最大粒径: 4.75mm
  - ・中央粒径: 0.45mm～0.56mm
- KP-M**
  - ・最大粒径: 4.75mm
  - ・中央粒径: 0.49mm～0.63mm
- KP-L**
  - ・最大粒径: 4.75mm
  - ・中央粒径: 0.50mm～0.54mm



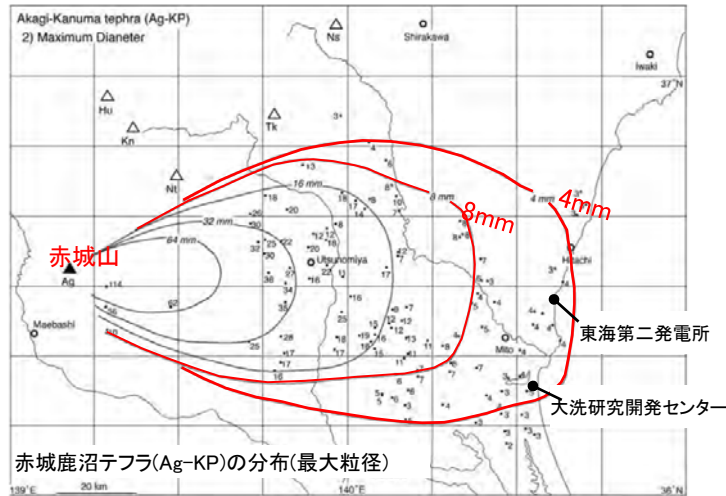
試料採取位置





## 地質調査（敷地と大洗研究開発センター地点の結果比較）

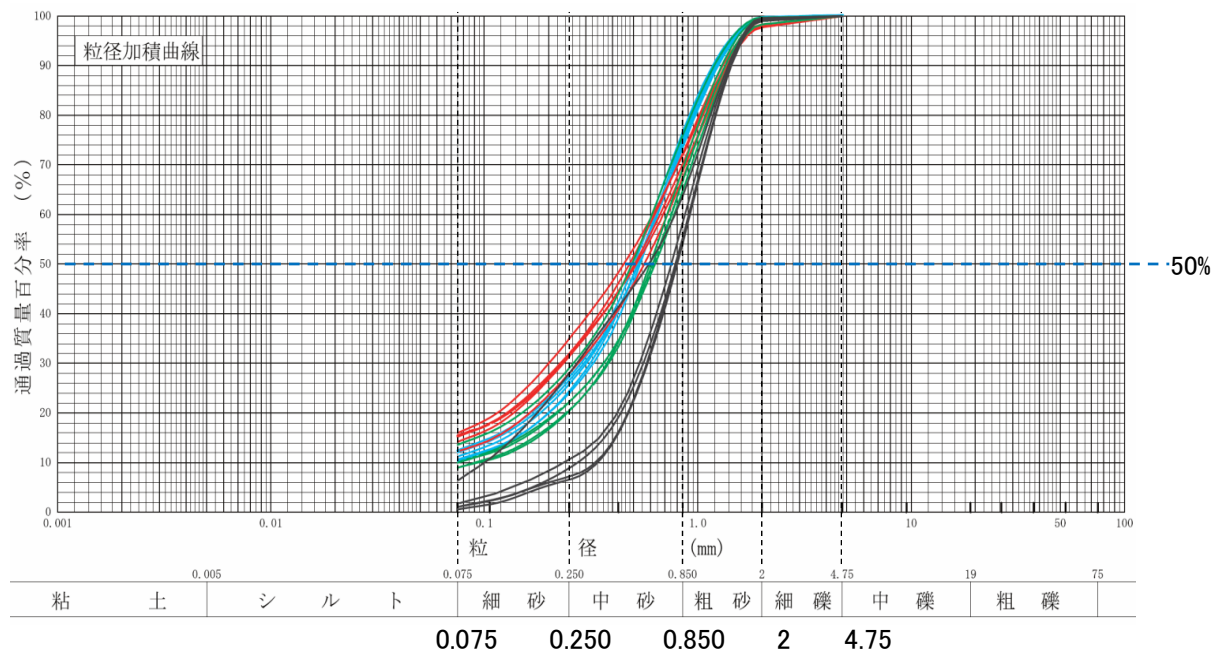
敷地と大洗研究開発センター（HTTR）地点で確認した赤城鹿沼テフラ（Ag-KP）の最大粒径はともに約4.8mmであり、山元（2013）に示される赤城鹿沼テフラの最大等粒径線図と調和的である。  
 なお、中央粒径はHTTR地点で約0.5mm～0.6mm、敷地で約0.6mm～0.8mmとなり、敷地内のAg-KPの方が粒径が大きい傾向が認められる。



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 - 鷲ヶ岳火山；Kw - 鬼怒沼火山；Ns - 那須火山；Nr - 男体火山；Tt - 高原火山。

山元（2013）に加筆

	最大粒径	中央粒径
敷地	4.75mm	約0.6mm～0.8mm
HTTR地点	4.75mm	約0.5mm～0.6mm



### 3. 参考文献

### 3. 参考文献(1/3)

1. 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
2. 西来邦章, 伊藤順一, 上野龍之, 内藤一樹, 塚本 齊(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・貫入活動データベース. 産総研地質調査総合センター, [https://gbank.gsj.jp/quaternary/index\\_qvir.php](https://gbank.gsj.jp/quaternary/index_qvir.php)
3. 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
4. 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
5. 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)
6. 尾上亨(1989):栃木県塩原産更新世植物化石群による古環境解析, 地質調査所報告, 269, p.1-207
7. 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
8. 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
9. 鈴木毅彦, 藤原治, 壇原徹(2004):東北南部, 会津地域周辺における中期更新世テフラの層序と編年, 地学雑誌, 113(1), p.38-61
10. 山元孝広(1999a):5万分の1地質図幅「田島地域の地質」,産業技術総合研究所地質調査総合センター, 71p
11. 吉田英人, 高橋正樹(1991):白河火砕流東部地域の地質, 地質学雑誌, 第97巻, 第3号, p.231-249, 1991年3月
12. 高橋正樹, 吉田英人(1996):白河火砕流を噴出したマグマ供給系の進化1.噴出様式の時間変化, 岩鉱, 91, p.177-184
13. 吉田英人, 高橋正樹(2010):白河火砕流を噴出したマグマ供給系の進化-その2.全岩化学組成と鉱物化学組成の視点から-, 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, No45(2010), p.171-204
14. 村田昌則・鈴木毅彦(2011):銚子地域犬吠層群小浜層中の前期更新世テフラとの対比に基づく白河火砕流堆積物群の層序の再検討, 第四紀研究, 50, p.49-60.
15. Takahiro Yamamoto (2011) :Origin of the sequential Shirakawa ignimbrite magmas from the Aizu caldera cluster, northeast Japan: Evidence for renewal of magma system involving a crustal hot zone, Journal of Volcanology and Geothermal Research, Volume 204, Issues 1-4, 1 July 2011, Pages 91-106
16. 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
17. 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
18. 山元孝広(2006):1/20万「白河」図幅地域の第四紀火山:層序及び放射年代値に関する新発見, 地質調査研究報告, 57, p.17-28
19. 中村洋一, 鈴木陽雄(1983):奥鬼怒地域の地質と岩石,宇都宮大学教育学部紀要, 34, p.63-77
20. 日本地質学会 編(2008):日本地方地質誌 関東地方,朝倉書店, p.570
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. 野村正弘(1999):群馬県内火成岩のK-Ar年代, 群馬県立自然史博物館研究報告, 3, p.45-50
23. 中村洋一, 増渕亮二, 塩沢伸一, 緒方和徳・青島睦治(1992):袈裟丸火山の地質と岩石, 栃木県博研報告, 10, p.29-48

## 6. 参考文献(2/3)

24. 河田清雄(1955): 男体山 5万分の1地質図幅説明書, 地質調査所, p.43
25. 中村洋一, 緒方和徳, 緒方誓也(1994): 日光錫ヶ岳, 笠ヶ岳, 三ヶ岳, 沼上火山の地質と岩石, 宇都宮大学教育学部紀要, 44, p.73-93
26. 佐々木実, 山田結城・影沼澤 稔・中村洋一・緒方和徳・板谷徹丸(1994): 日光火山群西部地域のK-Ar年代, 日本火山学会講演予稿集, p.142
27. 山元孝広(1992): 会津地域の後期中新世-更新世カルデラ火山群, 地質学雑誌, 第98巻, 第1号, p.21-38, 1992年1月
28. 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
29. 山元孝広, 滝沢文教, 高橋浩, 久保和也, 駒澤正夫(2000): 20万分の1地質図幅「日光」, 工業技術院地質調査所
30. 西来邦章, 上野龍之, 伊藤順一(2012): 第四紀火山岩体・貫入岩体データベース 地質調査総合センター速報 no.60, 産業技術総合研究所, 地質調査総合センター
31. 村山正郎, 河田清雄(1956): 燧ヶ岳 5万分の1地質図幅説明書, 地質調査所, p.28
32. 山口 靖(1991): 南会津地域の地熱系モデルと地熱資源量評価, 地質調査所報告, 275, p.199-227
33. 博士山団体研究会(1990): 会津盆地南西方の鮮新世博士山火山岩層, 地球科学, 44巻, 3号(1990年5月), p.113-126
34. 小林昭二, 猪俣桂次(1986): 会津・博士山火山岩層のK-Ar年代, 地球科学, 40巻, (1986年11月), p.453-454
35. 横瀬久芳(1989): 尾瀬地方に分布する第四紀火山岩の岩石記載および全岩化学組成, 岩鉱, 84, p.341-361
36. 山口尚志(1981): 武尊火山の地質, 地質学雑誌, 87, p.823-832
37. 久保誠二(2013): 藤原地域武尊山麓(地形・地質), 良好な自然環境を有する地域学術調査報告書, 39, p.107-117
38. 山元孝広(2014): 新たに認定された第四紀火山の放射年代: 奈良俣カルデラ, 地質調査研究報告, 第65巻, 第9/10号, p.113-116, 2014
39. 中村庄八(1997): 小野子火山の地質とその基盤の構造, 地球科学, 51巻, p.346-360, (1997年)
40. 浅草火山団体研究グループ(1991): 浅草火山の地質, 地球科学, 45, p.101-112
41. 赤石和幸・梅田浩司(2002): 鳥海火山帯南部地域の火山活動(2)-浅草火山のk-Ar年代-, 日本地質学会講演要旨, p.297-297
42. 黒川勝己・酒井健志・森川一章・坂井一(2008): 新津丘陵のSusgテフラ層と会津盆地西縁七折坂層中の火砕流堆積物の対比-白河火砕流堆積物群と新潟地域のテフラ層との対比の検討-, 新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編
43. 山元孝広・吉岡敏和・牧野雅彦・住田達哉(2005): 喜多方地域の地質
44. 気象庁編(2013): 日本活火山総覧(第4版)
45. 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.
46. 守屋以智雄(1993): 赤城火山の生い立ちと将来の噴火, 新井房夫 編, 火山灰考古学, 第8章.
47. 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
48. 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>

## 6. 参考文献(3/3)

49. 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
50. 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.
51. 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
52. 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
53. 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
54. 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
55. 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
56. Legros, F. (2000) Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 96, 25-32.
57. Newhall and Self(1982) The volcanic explosivity index /VEI/ - An estimate of explosive magnitude for historical volcanism
58. 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, 第四紀研究, 52(4), p.173-187