

# 柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉 火山影響評価について

---

平成29年6月13日

東京電力ホールディングス株式会社



---

## まとめ資料

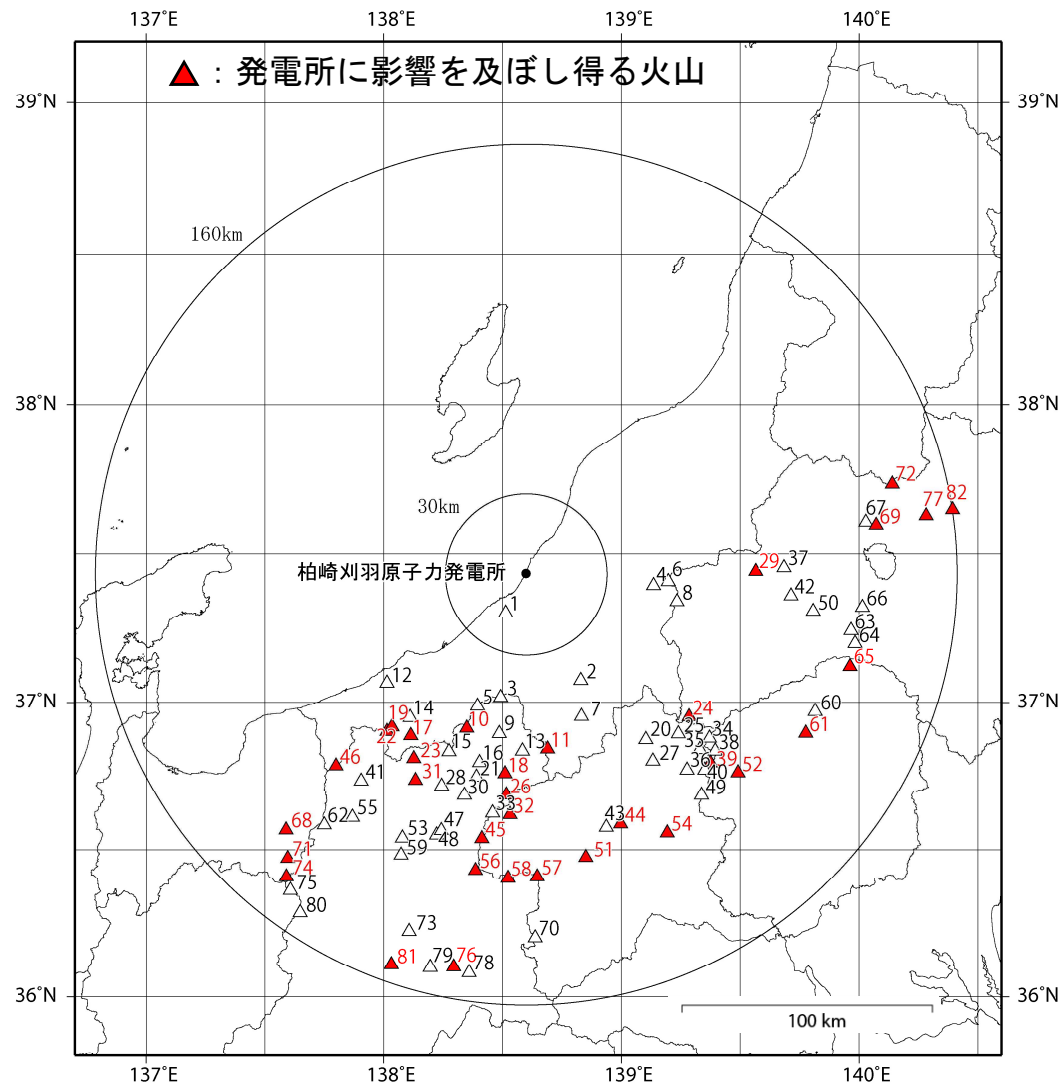
# 概要（柏崎刈羽原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出）

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

## 発電所に影響を及ぼし得る火山（33火山）

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

■ は、完新世に活動を行った火山



発電所に影響を及ぼし得る火山

# 概要（降下火砕物の影響可能性）

## （降下火砕物堆積量）

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

### 堆積量の評価結果一覧

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

## （降下火砕物粒径・密度）

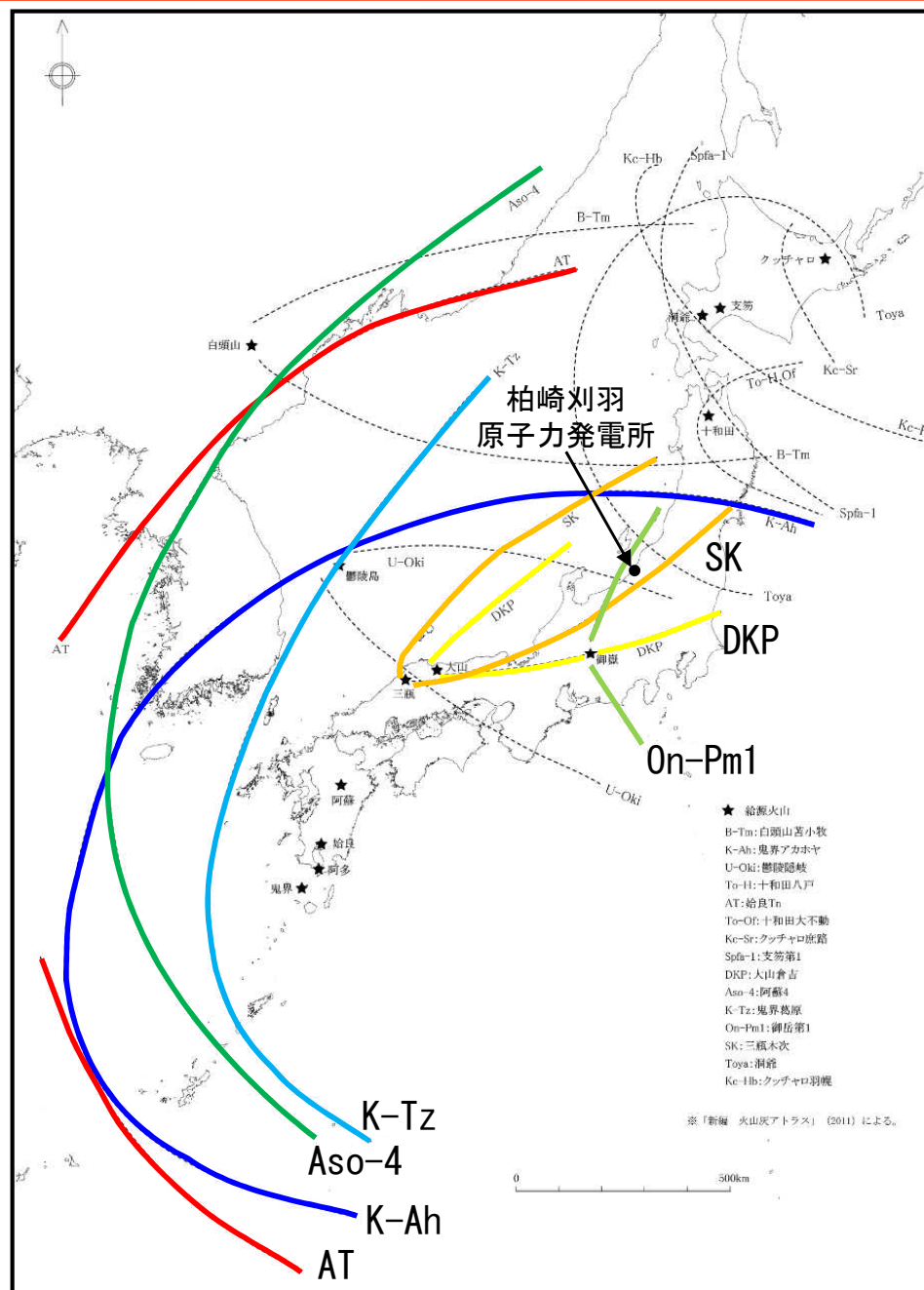
- 降下火砕物の粒径は，評価対象火山の噴火規模と同等の噴火実績を持つ富士山及び樽前火山について，火口からの距離と粒径分布が記載された文献（宮地(1984)，鈴木ほか(1973)）から評価し，8.0mm以下と設定する。
- 降下火砕物の湿潤密度は，アメリカ地質調査所（USGS）の文献及び東京大学出版会の文献（宇井[編]（1997））を踏まえ，1.5g/cm<sup>3</sup>と設定する。

## 4. 1 降下火砕物の影響可能性

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

敷地周辺での広域降下火砕物層厚  
(町田・新井, 2011)

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



広域降下火砕物分布 (町田・新井(2011), 一部加筆)

## 4. 1 降下火砕物の影響可能性

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

敷地周辺で確認されている降下火砕物

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

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

※1：中村・新井（1988）による。

## 4. 1. 1 降下火砕物の影響可能性（堆積量の評価）

### ②-1 評価条件

#### ■ 噴煙柱高度について

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

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

#### ■ その他の評価条件

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

VEI	1	2	3	4	5	6	7	8
噴出物総体積 (km <sup>3</sup> )	0.0001 ～ 0.001	0.001 ～ 0.01	0.01 ～ 0.1	0.1 ～ 1	1 ～ 10	10 ～ 100	100 ～ 1000	1000～
噴煙柱高度 (km)	0.1～1	1～5	3～15	10～25	>25			
	小噴火	中噴火		大噴火	——巨大噴火——	破局的噴火		
		爆発的噴火			テフロクロノロジーに利用			
	← 高頻度			→ 低頻度				

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

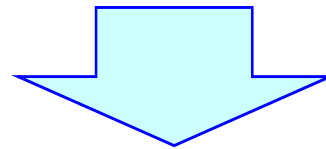
※1：沼沢, 赤城山のデータは、後述の不確かさを考慮した評価に使用する

※2：ケイ質の噴出物に適応

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

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

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



## 【降下火砕物シミュレーションの解析コードのバグについて】

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



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

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

粒子の落下速度 ( $V_t$ ) の原理式

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

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

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

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

$Re < 6$

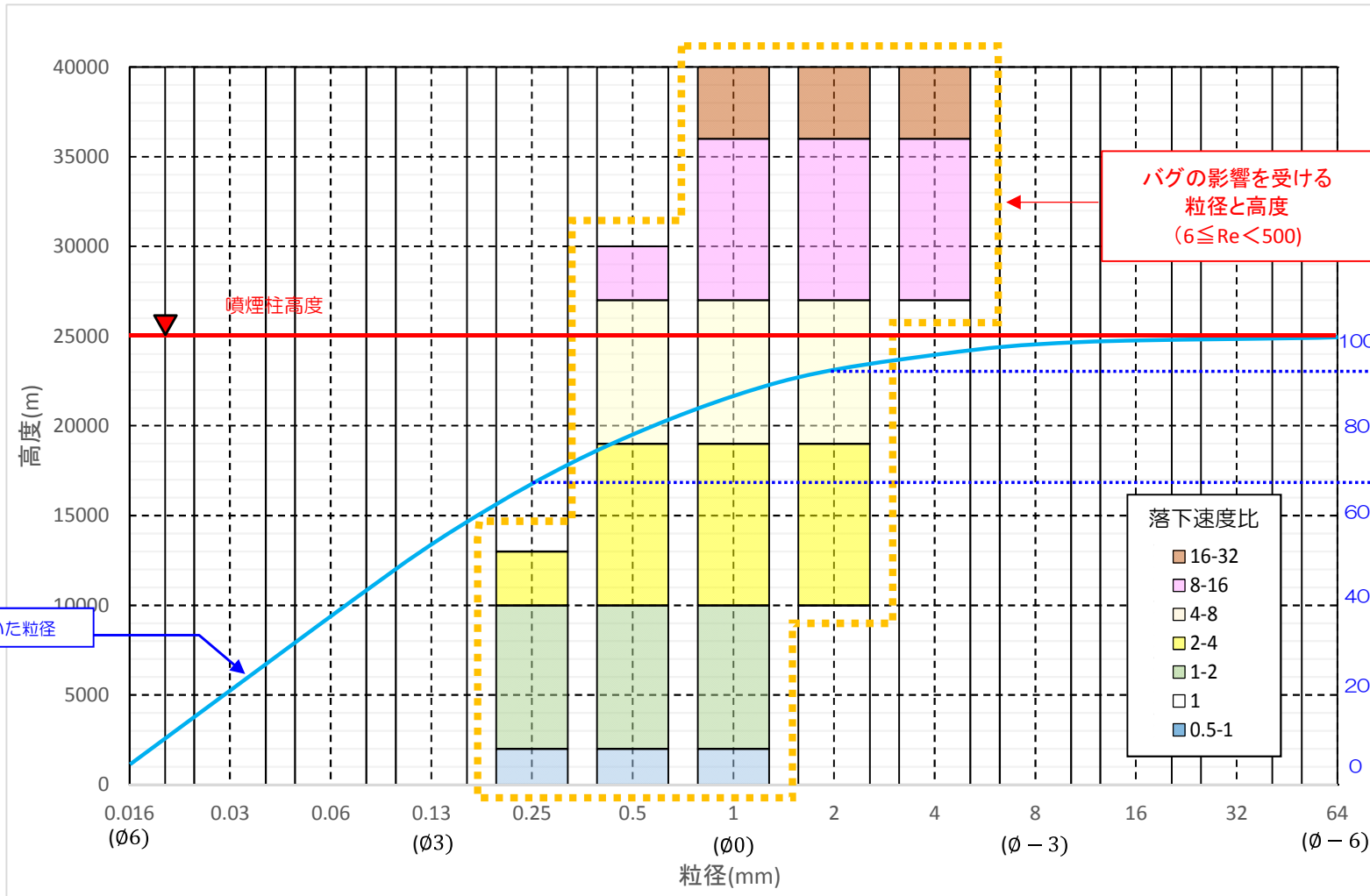
$500 \leq Re$

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

$\rho_p$  : 粒子密度  $\rho_a$  : 大気密度  $\mu$  : 大気の粘性  $g$  : 重力加速度

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

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



※落下速度比

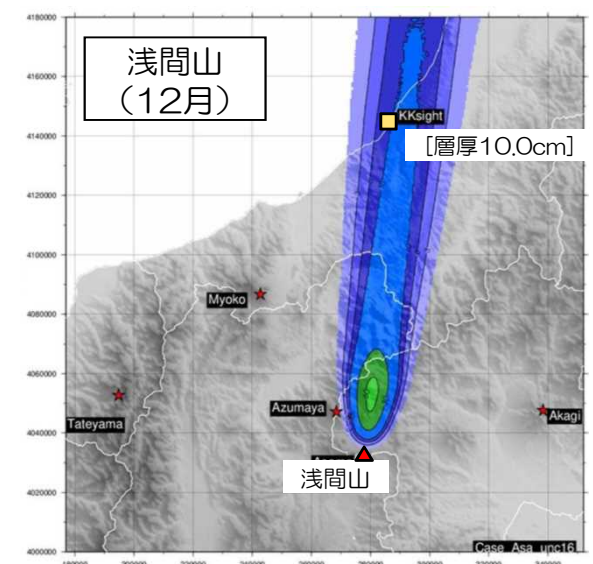
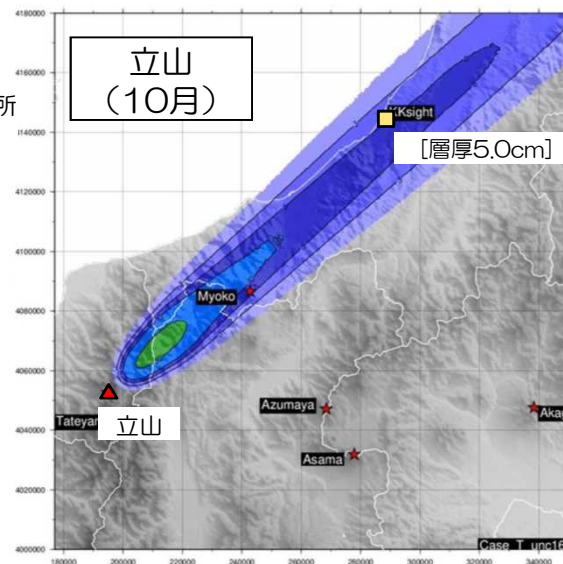
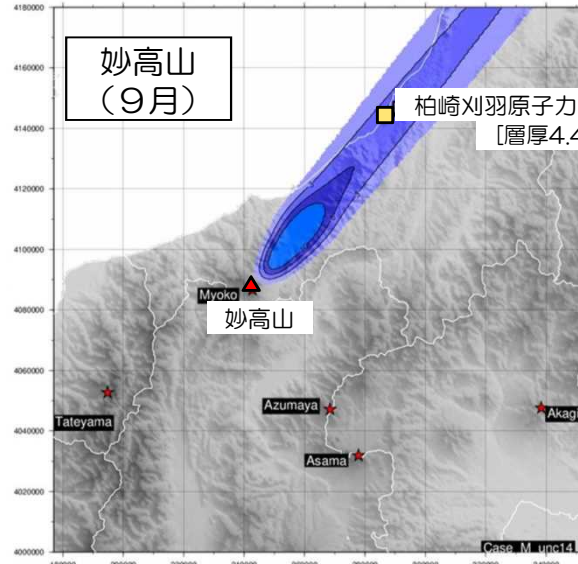
$$= \frac{\text{再計算の落下速度 (バグ修正済)}}{\text{従前の落下速度 (バグあり)}}$$

降下火砕物の粒径と各高度におけるバグの影響範囲

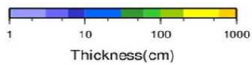
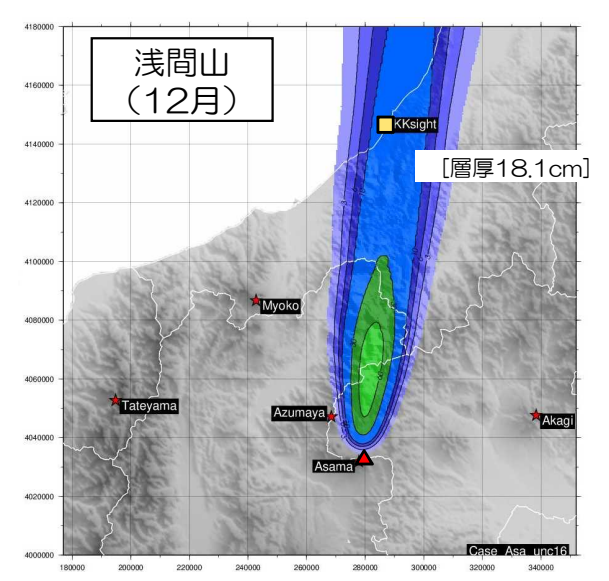
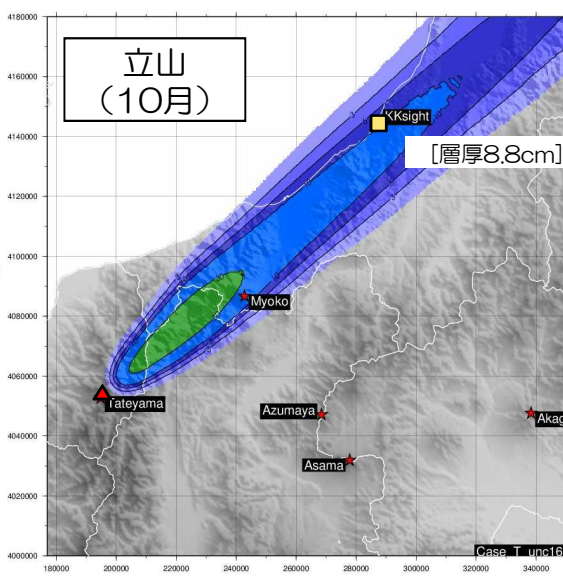
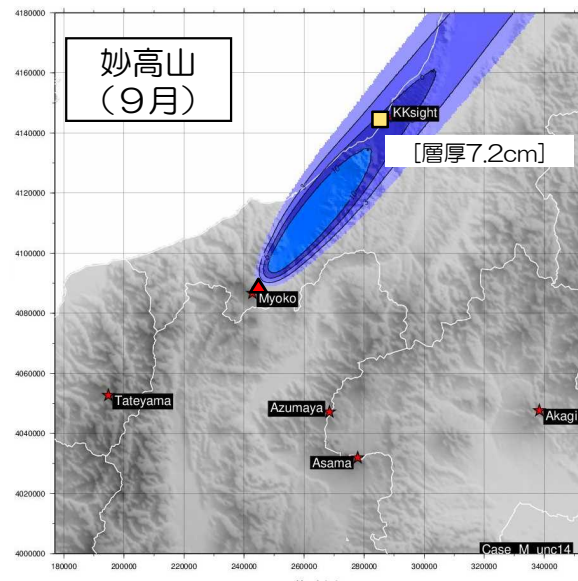
# (参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグ修正前後の比較①)

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

従前の計算結果  
(バグ修正前)

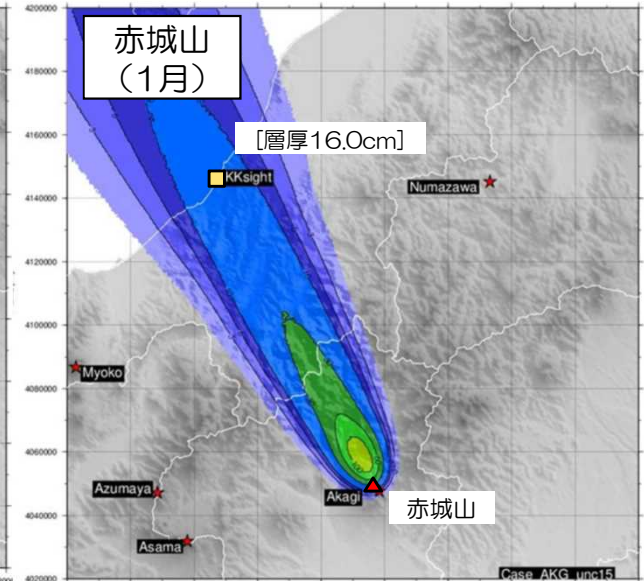
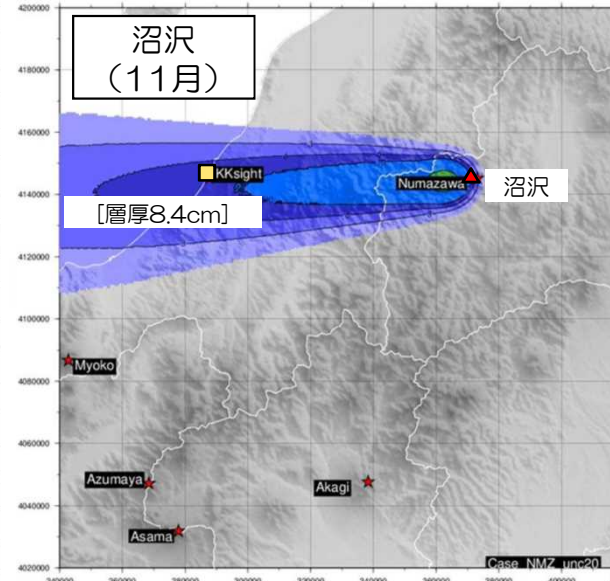
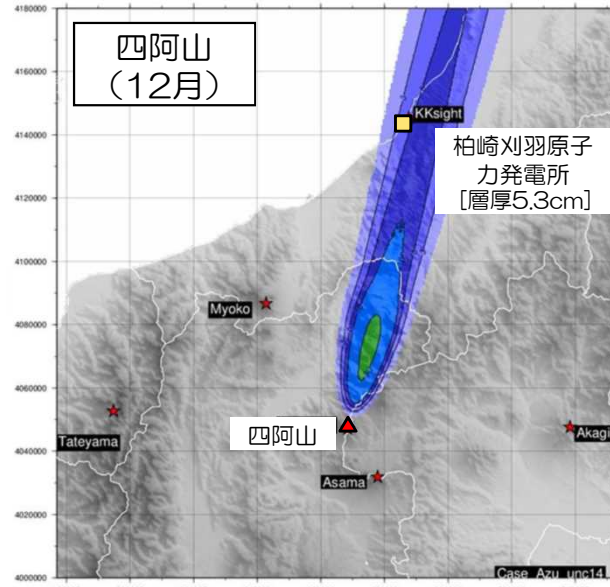


再計算結果  
(バグ修正後)

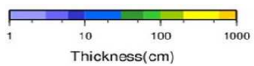
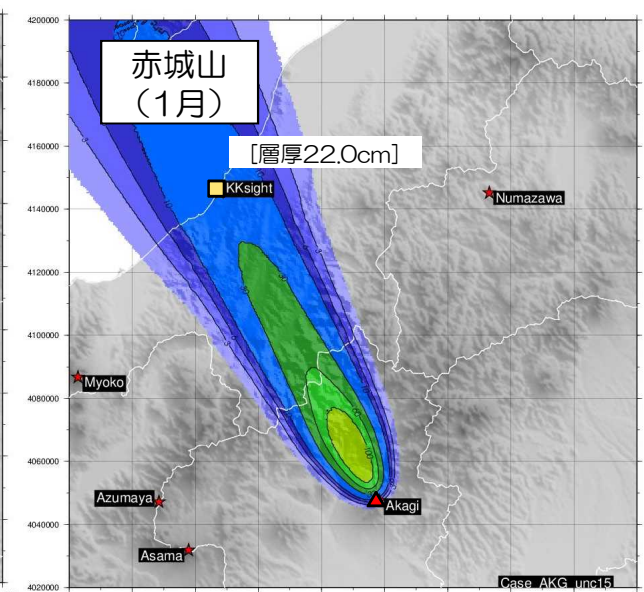
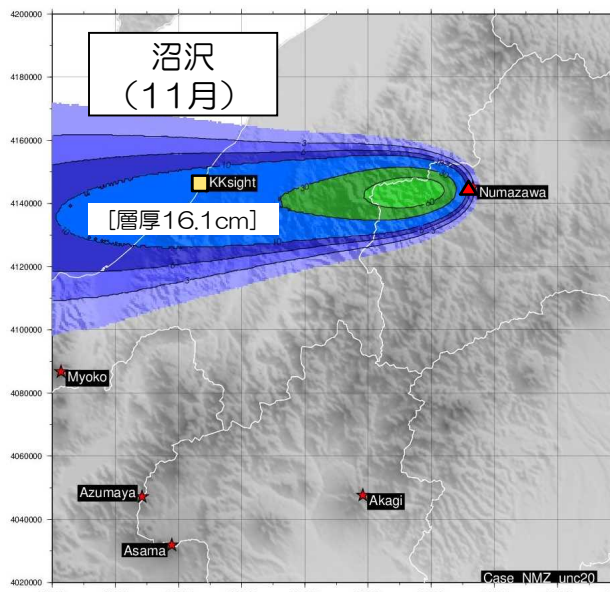
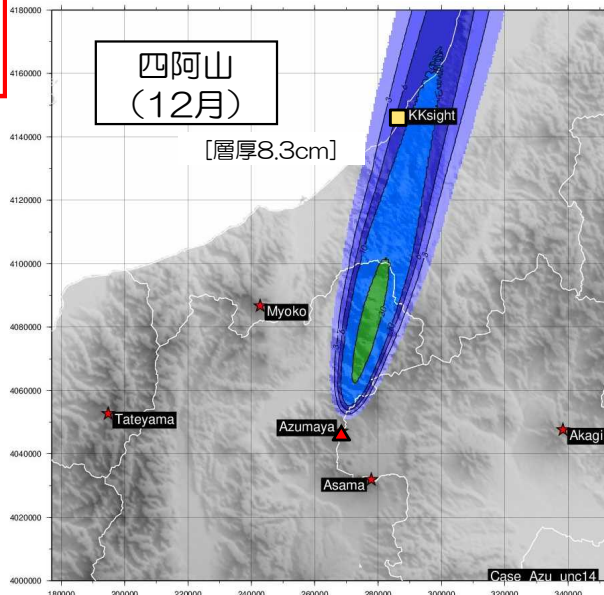


# (参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (バグ修正前後の比較②)

従前の計算結果  
(バグ修正前)



再計算結果  
(バグ修正後)



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

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

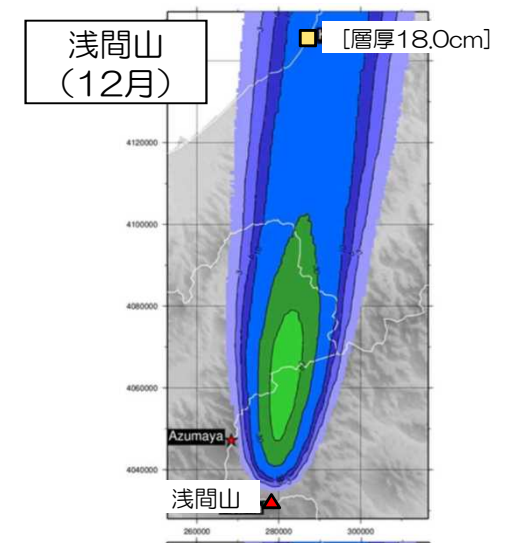
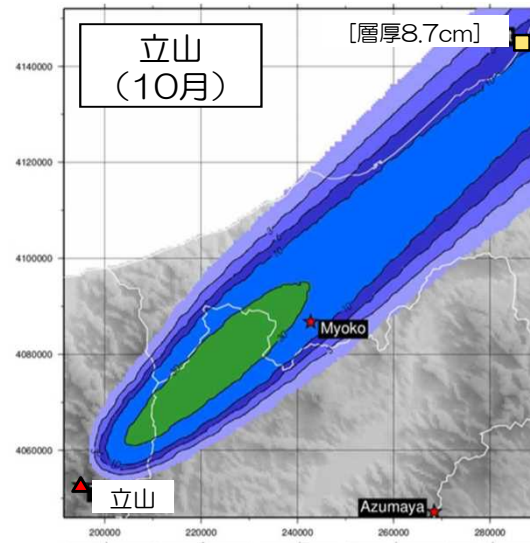
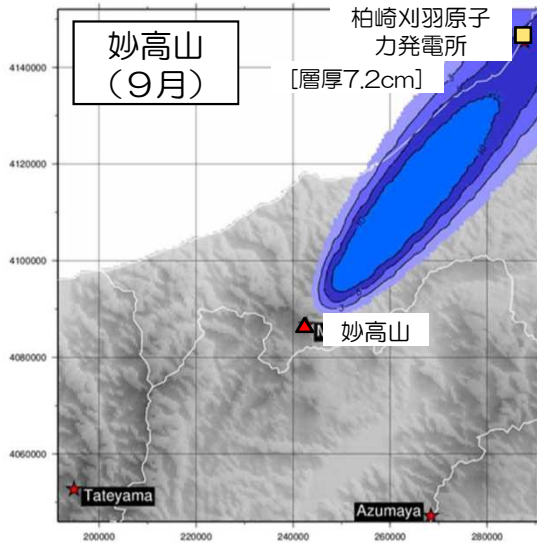
項目	単位	分類	妙高山	立山	浅間山	四阿山	沼沢	赤城山
噴煙柱高度	m	従前/再計算	25,000	35,000	30,000	25,000	40,000	30,000
噴出量	kg	従前/再計算	$1.0 \times 10^{12}$	$3.1 \times 10^{12}$	$4.0 \times 10^{12}$	$2.13 \times 10^{12}$	$4.0 \times 10^{12}$	$5.0 \times 10^{12}$
最大粒径	mm	従前/再計算	$1/2^{-6}$	$1/2^{-6}$	$1/2^{-6}$	$1/2^{-6}$	$1/2^{-6}$	$1/2^{-6}$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

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

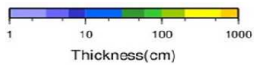
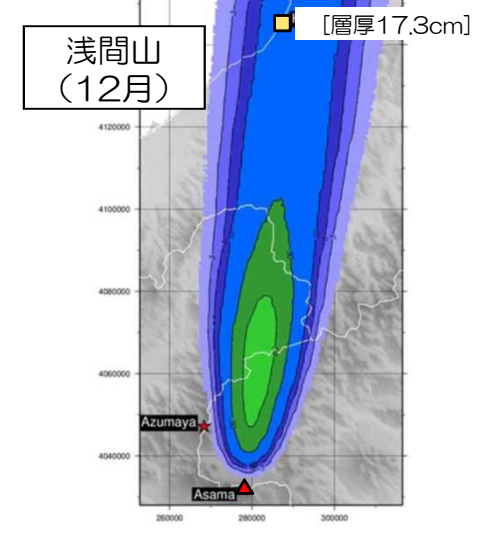
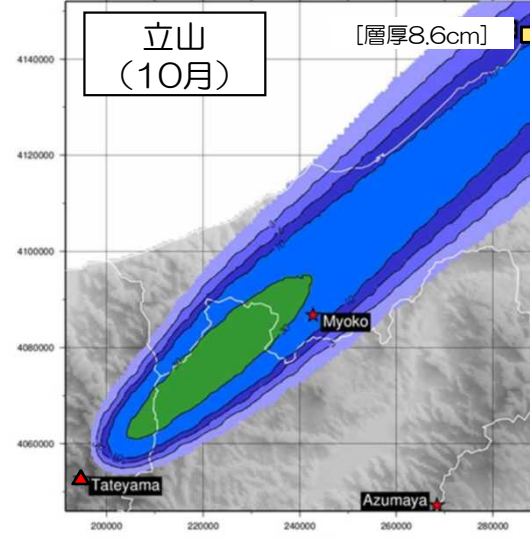
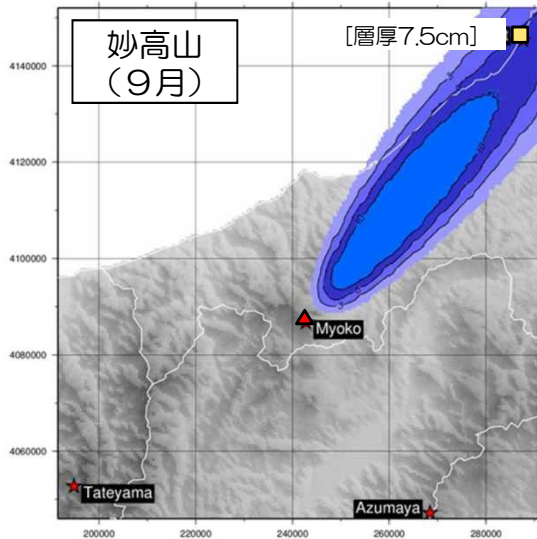
# (参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (産総研のコードとの比較①)

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

V-Hubのコード  
による結果  
(バグ修正後)

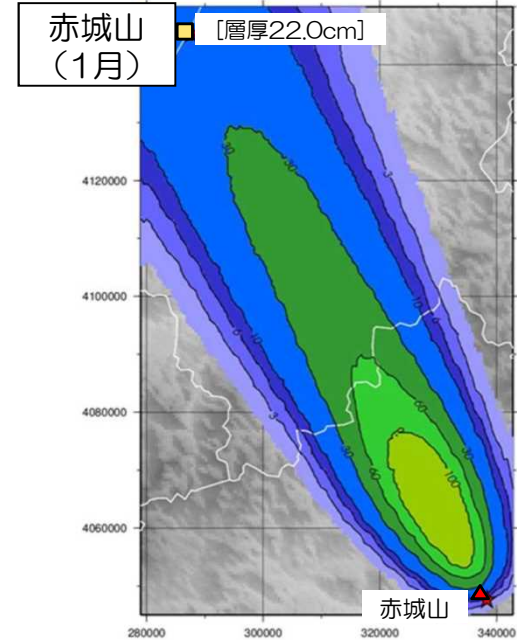
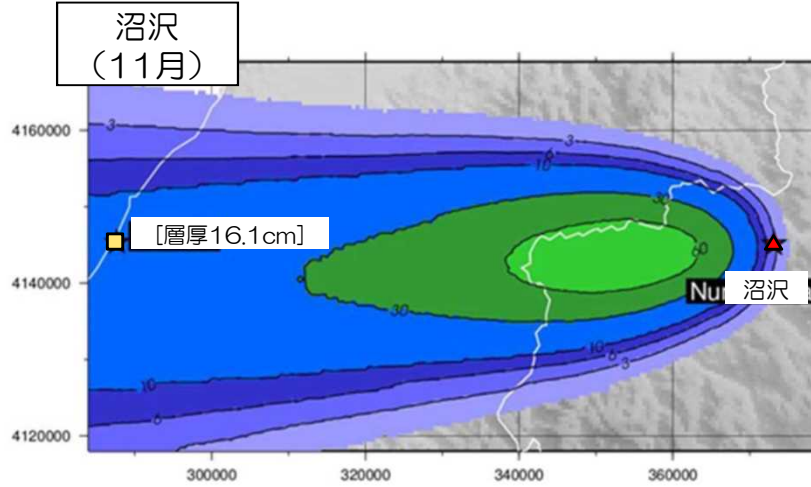
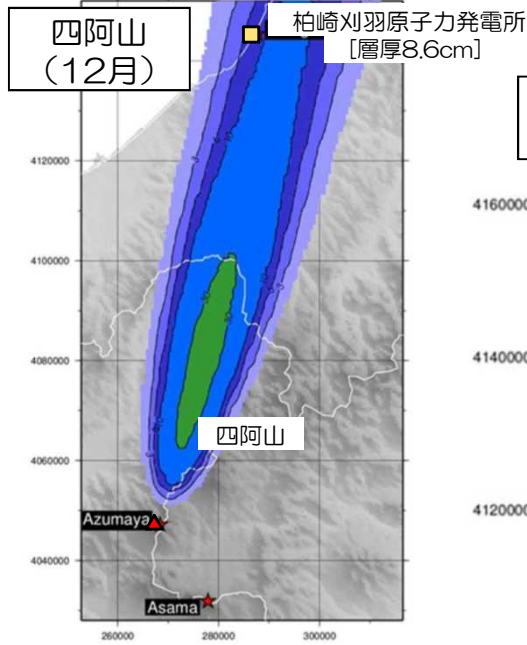


産総研のコード  
による結果  
(バグ修正後)

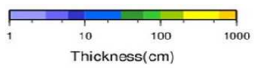
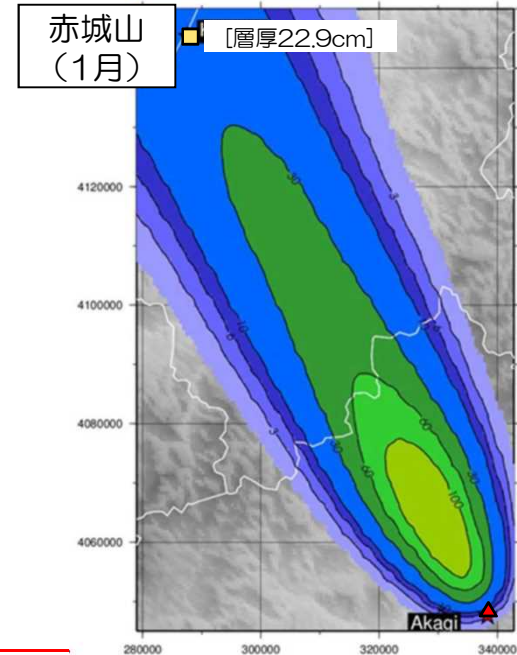
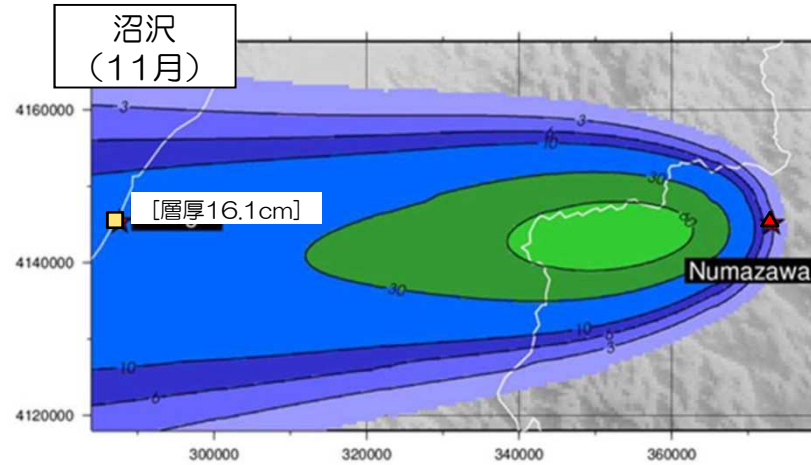
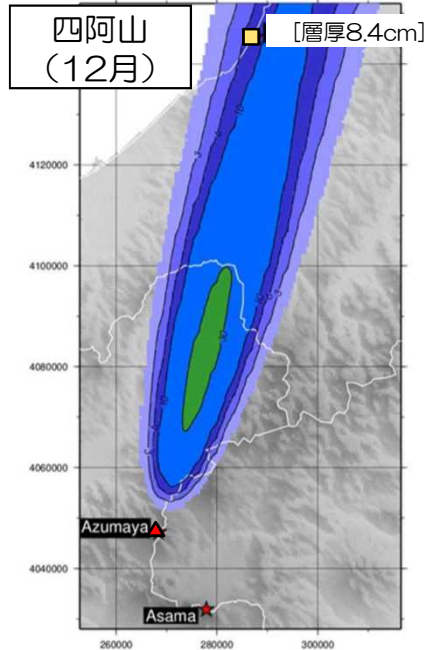


# (参考) Tephra2のバグ修正に伴う降下火砕物シミュレーション (産総研のコードとの比較②)

V-Hubのコード  
による結果  
(バグ修正後)



産総研のコード  
による結果  
(バグ修正後)



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

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

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

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

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

### 《V-Hubのコードと産総研のコードによる計算結果の差異に関する考察》

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

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

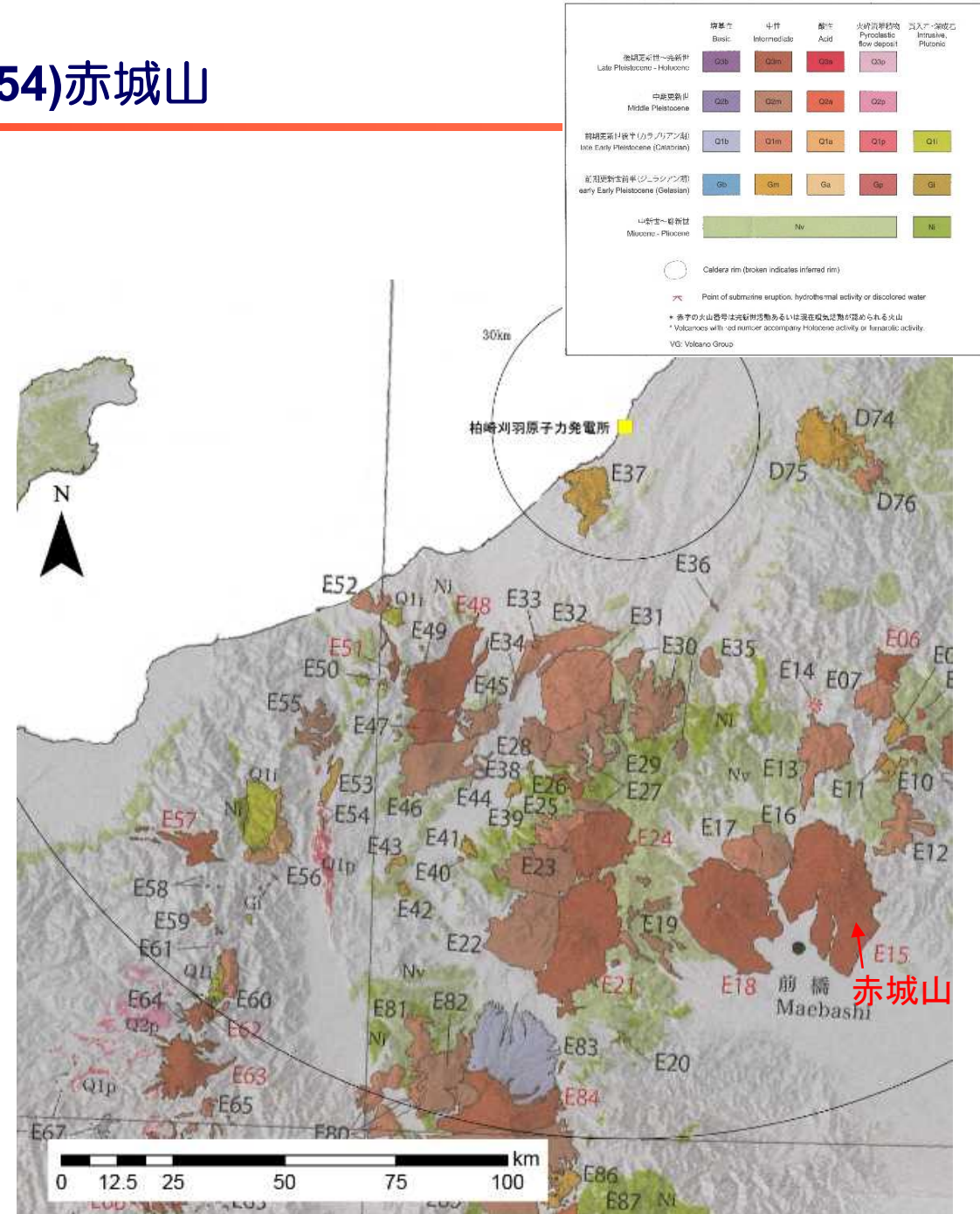


---

# まとめ資料 補足説明資料

# 1. 火砕物密度流に関する個別評価 (54)赤城山

火山名	赤城山 (E15)
敷地からの距離	約110km
火山の形式・構造	成層火山-カルデラ, 溶岩ドーム
活動年代	30万年前より古くから活動。最新噴火：1251年（及川, 2012）
概要	赤城火山の形成史は、古期成層火山形成期, 新期成層火山形成期, 中央火口丘形成期の3つの時期に分けられる。
噴出物	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 最新の噴火活動は、1251年噴火の記録は山火事の可能性があるあり、赤城山の最新の噴火は2万4千年前頃に起こったと推定されている。</li> <li>✓ 最大噴出は赤城鹿沼テフラ (Ag-KP: 5km<sup>3</sup>)</li> <li>✓ 火砕物密度流は、分布が山体周辺に限られる。</li> </ul>
評価	火砕物密度流の分布は赤城山周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性はない。



火山噴出物分布  
(中野ほか (2013) に一部加筆 )

# 1. 火砕物密度流に関する個別評価 (54)赤城山

- 火山噴出量については複数の知見が認められるが、最新の火山データベースである山元（2014）により設定し、 $5\text{km}^3$ とした。
- 山元（2013）によると、降下火砕物の体積については、テフラの層厚と等層厚線が囲む面積の関係からLegros（2000）を用いて体積を見積もっている。

〔山元孝広(2013):栃木ー茨城地域における過去約30万年間のテフラの再記載と定量化,地質調査研究報告,第64巻,第9-10号,PP.251-304.〕

- Legros（2000）によると、降下火砕物の噴出量（ $V$ ）は、降下火砕物の層厚（ $T$ ）、等層厚線が囲む面積（ $A$ ）、層厚ごとの面積変化率（ $k$ ）から（1）式を示している。

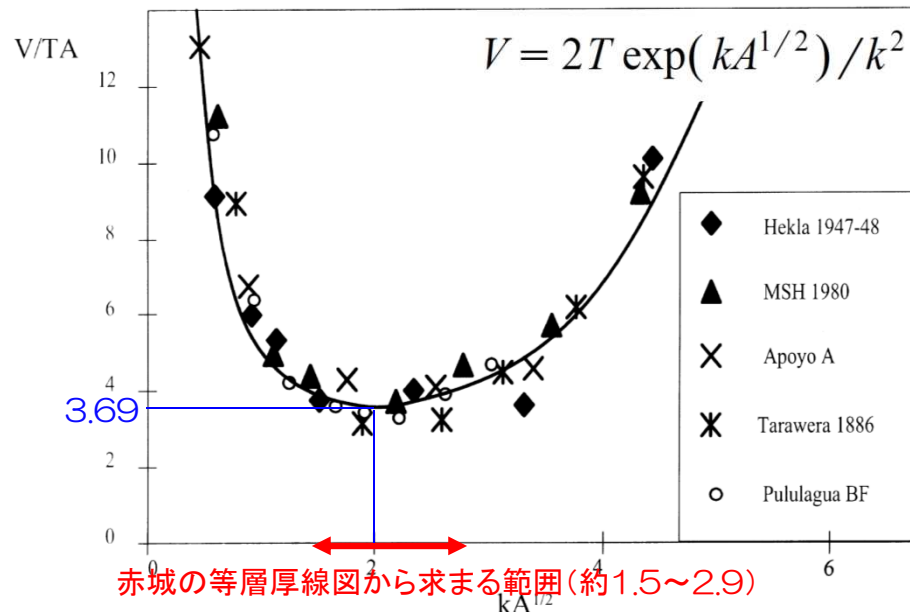
$$V = 2T \exp(kA^{1/2})/k^2 \dots (1)$$

ここに

- $V$  : 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
- $k$  : 層厚ごとの面積変化率

$V/TA$ と $kA^{1/2}$ の関係を図示すると右図となり、その極小値を元に最小体積 $V_{min}$ として（2）式を提案している。

$$V_{min} = 3.69TA \dots (2)$$



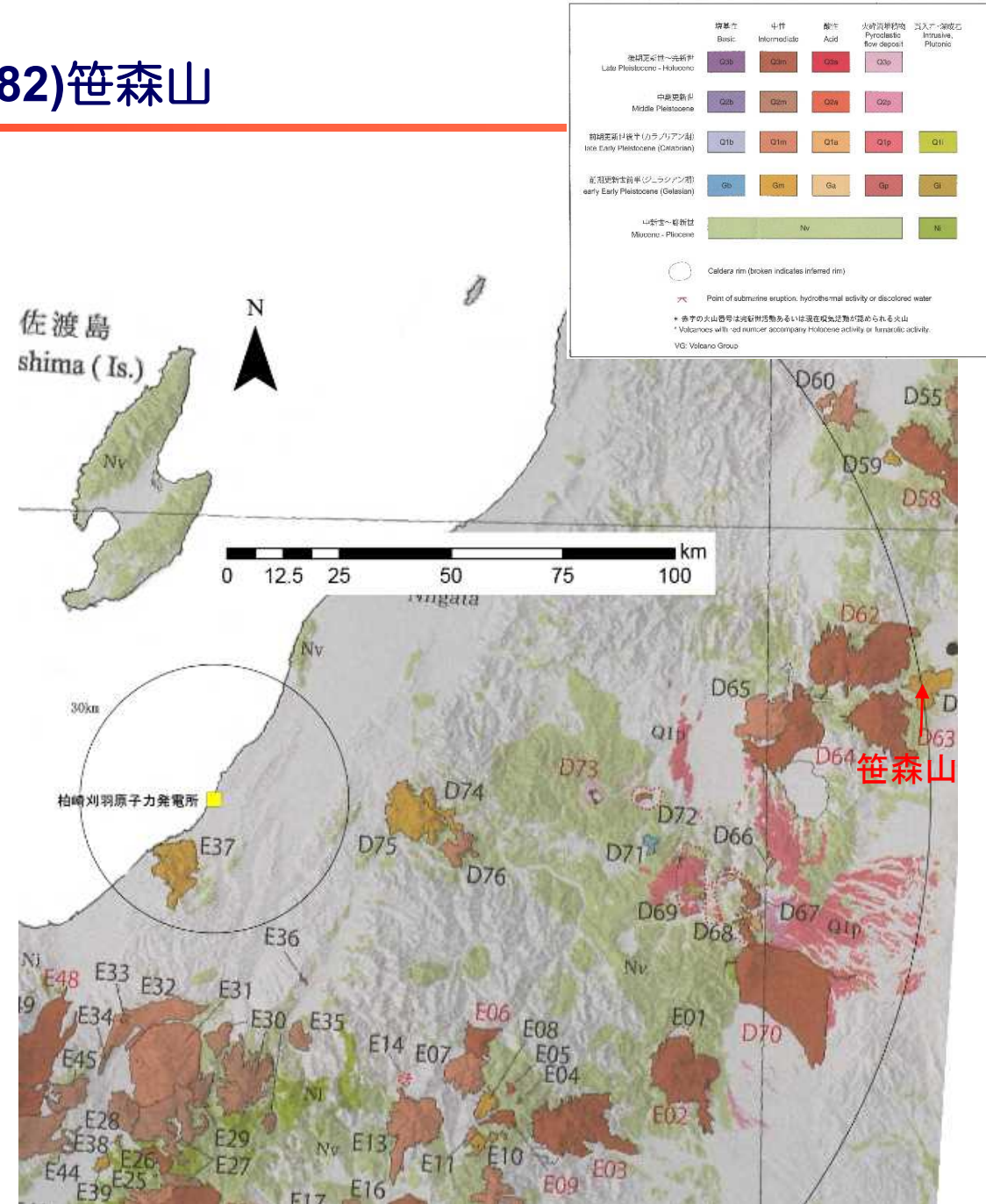
$V/TA$ と $kA^{1/2}$ の関係  
(Legros (2000) に一部加筆)

〔Legros, F. (2000) Minimum volume of tephra fallout deposit estimated from a single isopach. Jour. Volcanol. Geotherm. Res., 96, PP.25-32.〕

- 山元（2013）のAg-KPの等層厚線（32cm, 64cm, 128cm）から求まる $kA^{1/2}$ が約1.5~2.9の範囲となり、（1）式で求める体積とLegros(2000)に示される簡易式(2)式で求められる体積はほぼ同程度であり、算定結果は妥当なものと判断される。

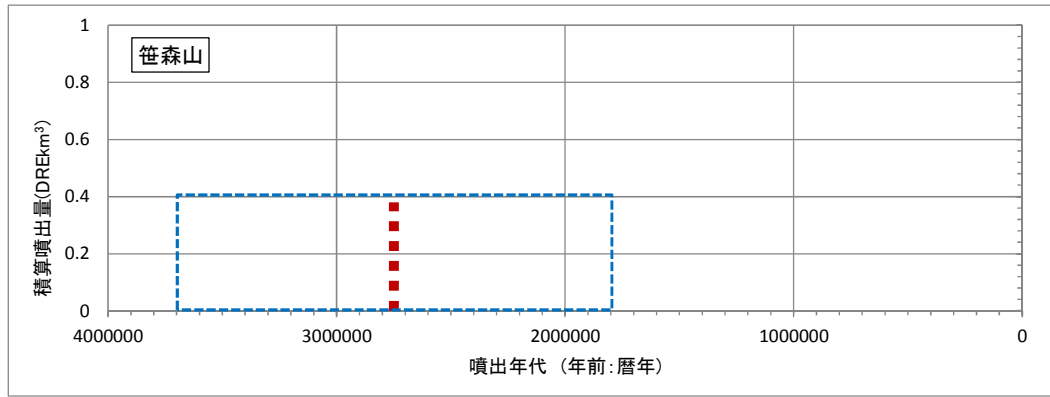
# 1. 火砕物密度流に関する個別評価 (82) 笹森山

火山名	笹森山 (D61)
敷地からの距離	約160km
火山の形式・構造	成層火山?
活動年代	3.7Ma~1.8Ma
概要	笹森山は、福島市の南西部、安達太良火山の東に位置する安山岩を主体とする火山体からなる。
噴出物	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 最新の噴火活動は、最末期の蓬莱火砕流から1.9Ma~1.8MaのFT年代が報告されている。</li> <li>✓ 火砕物密度流は、蓬莱火砕流堆積物が確認されており、分布範囲は山体周辺に限られる。</li> </ul>
評価	火砕物密度流は笹森山周辺に限られることから、発電所に影響を及ぼす可能性はない。



火山噴出物分布  
(中野ほか(2013)に一部加筆)

# 1. 火砕物密度流に関する個別評価 (82) 笹森山

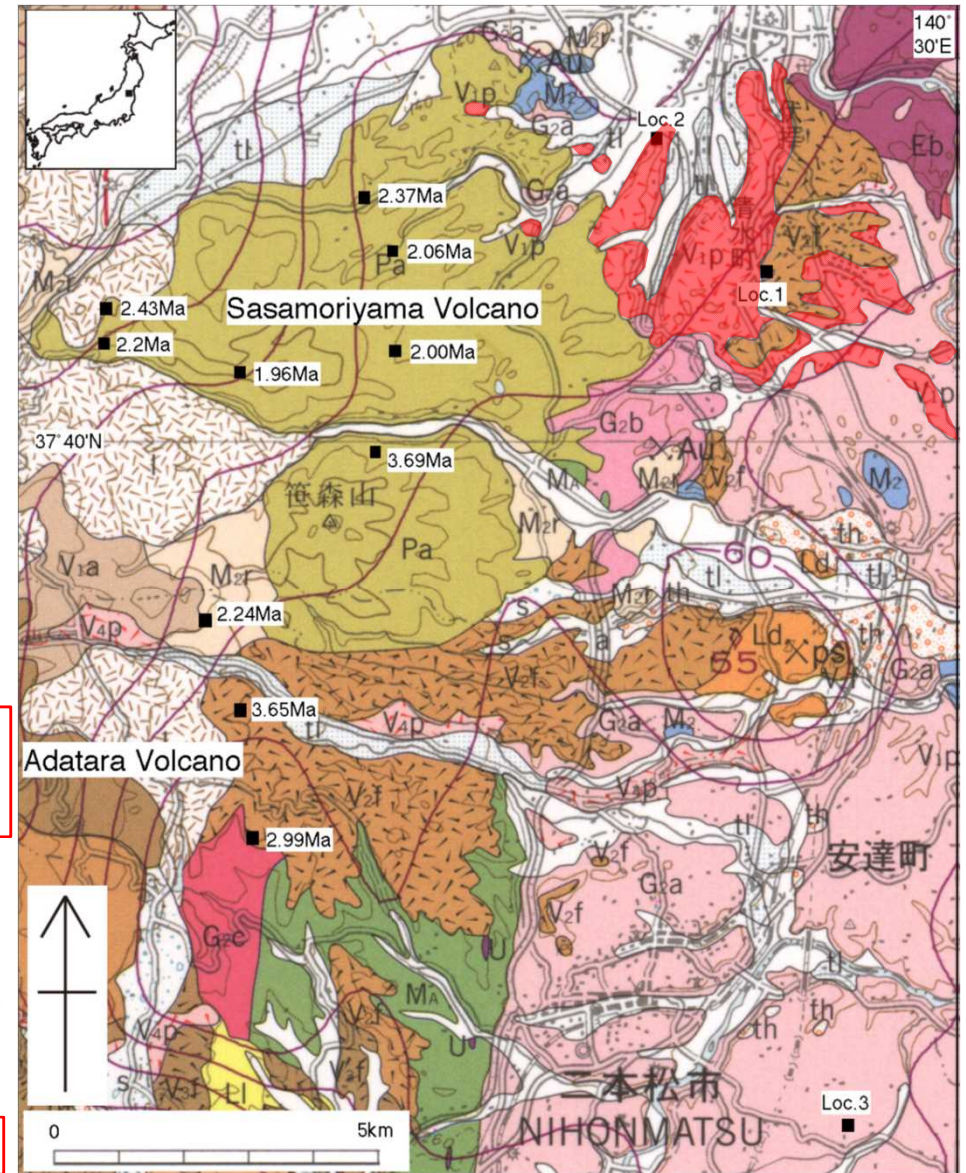


Umeda et al. (2013) に基づき作成

凡例  
 活動年代が期間として反映されているイベント  
 活動年代を期間の中央値として表示した上記のイベント

## 笹森山の噴火階段図

前期更新世 Early Pleistocene	Qi	白河火砕流堆積物群及び清水町層 Shirakawa Pyroclastic Flow Deposits and Shimizumachi Formation 古期吾妻、西鴉川、猫魔、及び会津布引山火山 Old-stage Azuma, Nishikarasugawa, Nekoma, Aizu-Nunobikiyama Volcanoes	Vip	デイサイト凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩 (大部分溶結)、礫・砂、及び泥を伴う Dacite tuff breccia and lapilli tuff (mostly welded) with gravel, sand, and mud
	Qi	三春及び鉢森山火砕流堆積物など (カルデラ外流出火砕流堆積物) Miharu and Hachimoriyama Pyroclastic Flow Deposits, and their equivalents (extracaldera pyroclastic flow deposits)	Via	安山岩溶岩・火砕岩 Andesite lava and pyroclastic rocks
	N <sub>3</sub>	横間層のカルデラ湖堆積物 Caldera-lake deposits of the Yokomuki Formation	Pp	デイサイト凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩 (一部溶結)、礫岩及び砂岩を伴う Dacite tuff breccia and lapilli tuff (partly welded) with conglomerate and sandstone
	N <sub>3</sub>	横間層及び上戸層のカルデラ埋積火砕流堆積物及びカルデラ陥没角礫岩 Intracaldera pyroclastic flow deposits and caldera-collapse breccia of the Yokomuki and Joko Formations	Pl	礫岩・砂岩・シルト岩及びデイサイト火砕岩 Conglomerate, sandstone, siltstone, and dacite volcanoclastic rocks
	N <sub>3</sub>	デイサイトー流紋岩溶岩及び貫入岩 Dacite and rhyolite lava and intrusive bodies	Pc	デイサイト凝灰角礫岩・火山礫凝灰岩 (一部溶結)、角礫岩を伴う Dacite tuff breccia and lapilli tuff (partly welded) with breccia
鮮新世 Pliocene	N <sub>3</sub>	笹森山安山岩 Sasamoriyama Andesite	Pd	デイサイトー流紋岩 Dacite to rhyolite
	N <sub>3</sub>		Pa	安山岩溶岩・火砕岩 Andesite lava and volcanoclastic rocks



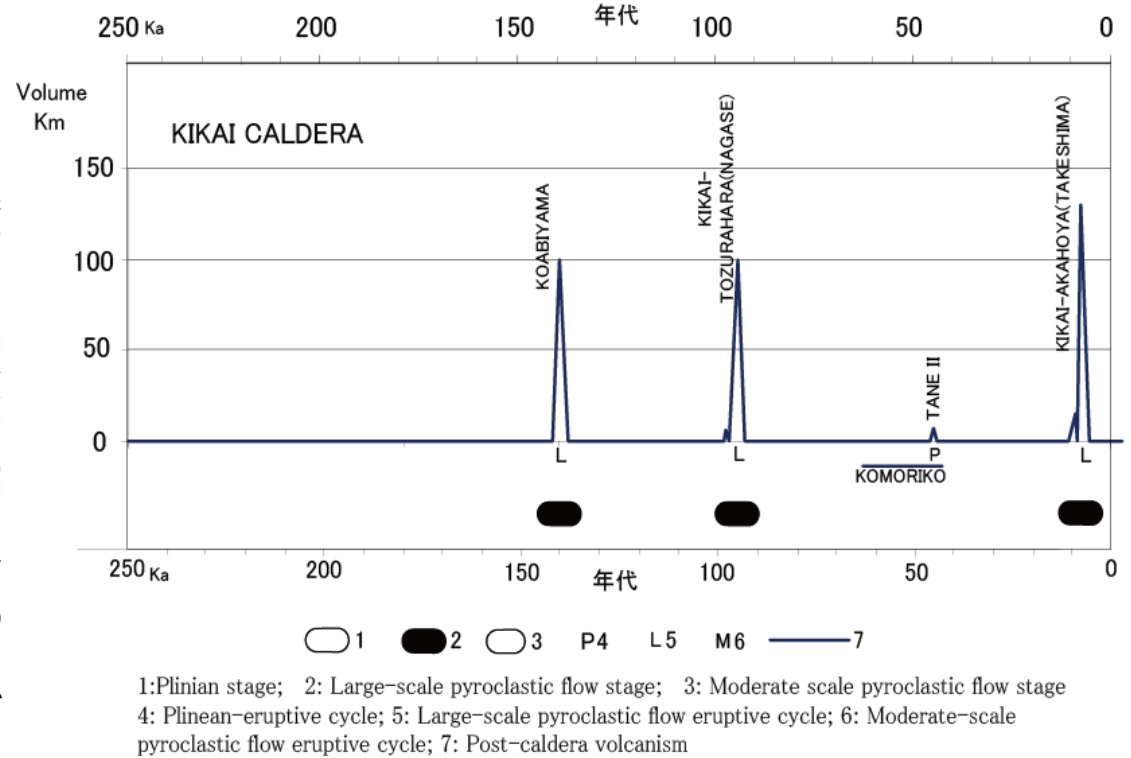
■ : 火砕流堆積物

笹森山の地質図 (山元(2015)に一部加筆)

## 2. 1 広域火山灰の影響可能性 (1)鬼界アカホヤ・鬼界葛原テフラ

- 鬼界カルデラの破局的噴火の活動間隔（約5万年以上）は、最新の破局的噴火の経過時間（約0.7万年）と比べて長いことから、破局的噴火までには十分時間的な余裕があると考えられ、発電所運用期間にこの規模の噴火の可能性は十分低いと考えられる。
- 最近数年間には、マグマの供給に伴う膨張等の地殻変動は認められないことから、鬼界アカホヤ噴火以降の数千年間で地下浅部に大規模なマグマ溜まりを形成するようなマグマの供給があった可能性は低いと考えられる。（井口ほか，2002）
- 火山ガスの放出量やメルト包有物等に関する検討より、地下3km程度を上面とする80km<sup>3</sup>以上のマグマ溜まりが推定されているものの、火山ガスのほとんどは地下深くに潜在している玄武岩マグマを起源としていることから、マグマ溜まりのほとんどは玄武岩マグマであり、破局的噴火を発生させるものではないと考えられる。（篠原ほか，2008）

以上より、現在の鬼界カルデラは、後カルデラ噴火ステージであり、鬼界アカホヤテフラ(K-Ah)及び鬼界葛原テフラ(K-Tz)と同規模噴火の発生可能性は十分に低く、降下火砕物が敷地に影響を及ぼす可能性は十分に低いと評価した。



鬼界カルデラの噴火史 (Nagaoka, 1988)

