

玄海原子力発電所 3号炉及び4号炉

火山影響評価について

平成29年1月19日

九州電力株式会社

1. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ
2. 検討対象火山の抽出
3. 将来の活動可能性がある火山の抽出
4. 運用期間中の噴火規模の評価
5. 敷地において考慮する火山事象の評価
6. 立地評価結果を踏まえた降下火砕物の特性の設定
7. 影響評価
8. 火山活動のモニタリング

1. 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の流れ

火山影響評価は、図1.1に従い、立地評価と影響評価の2段階で行う。

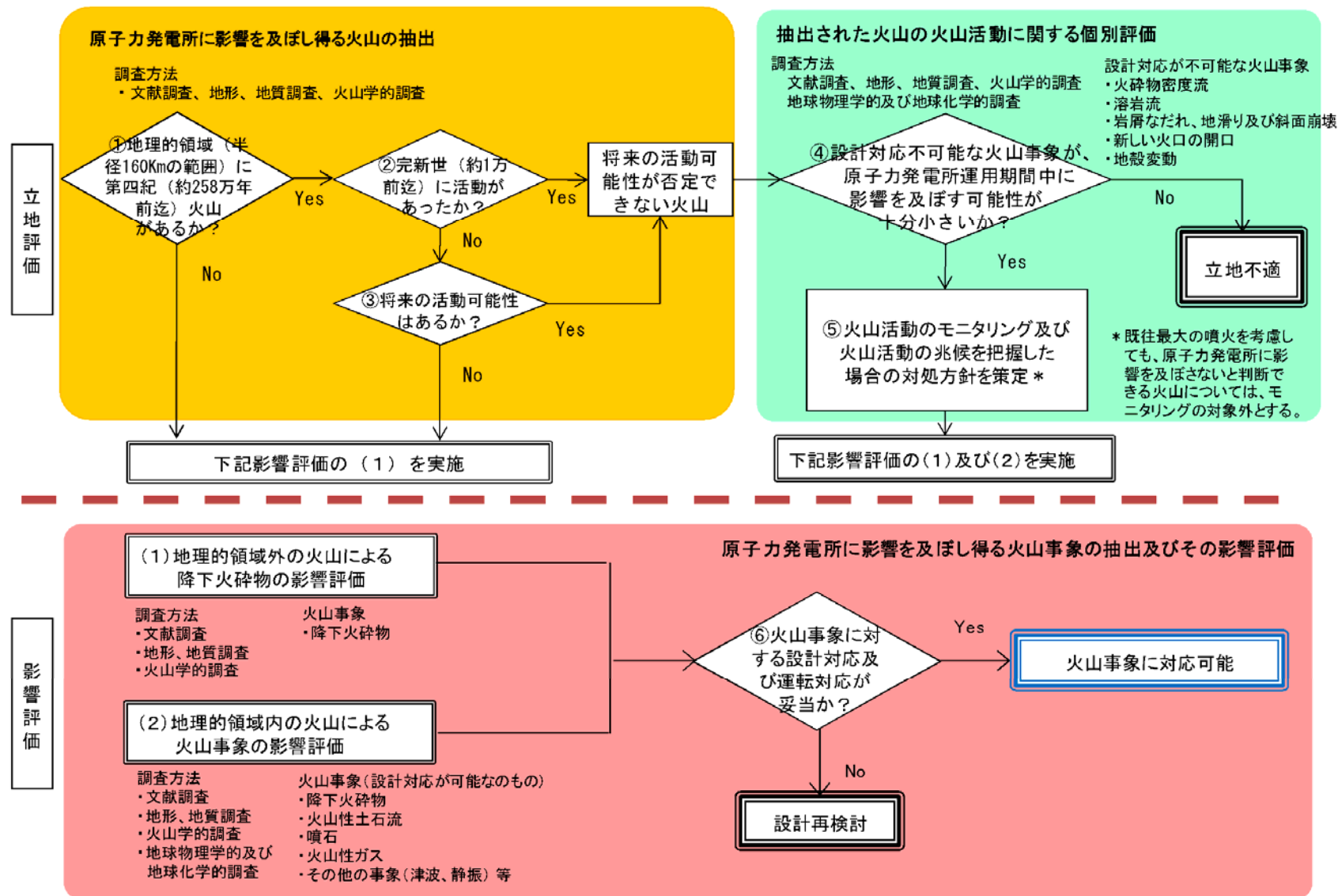
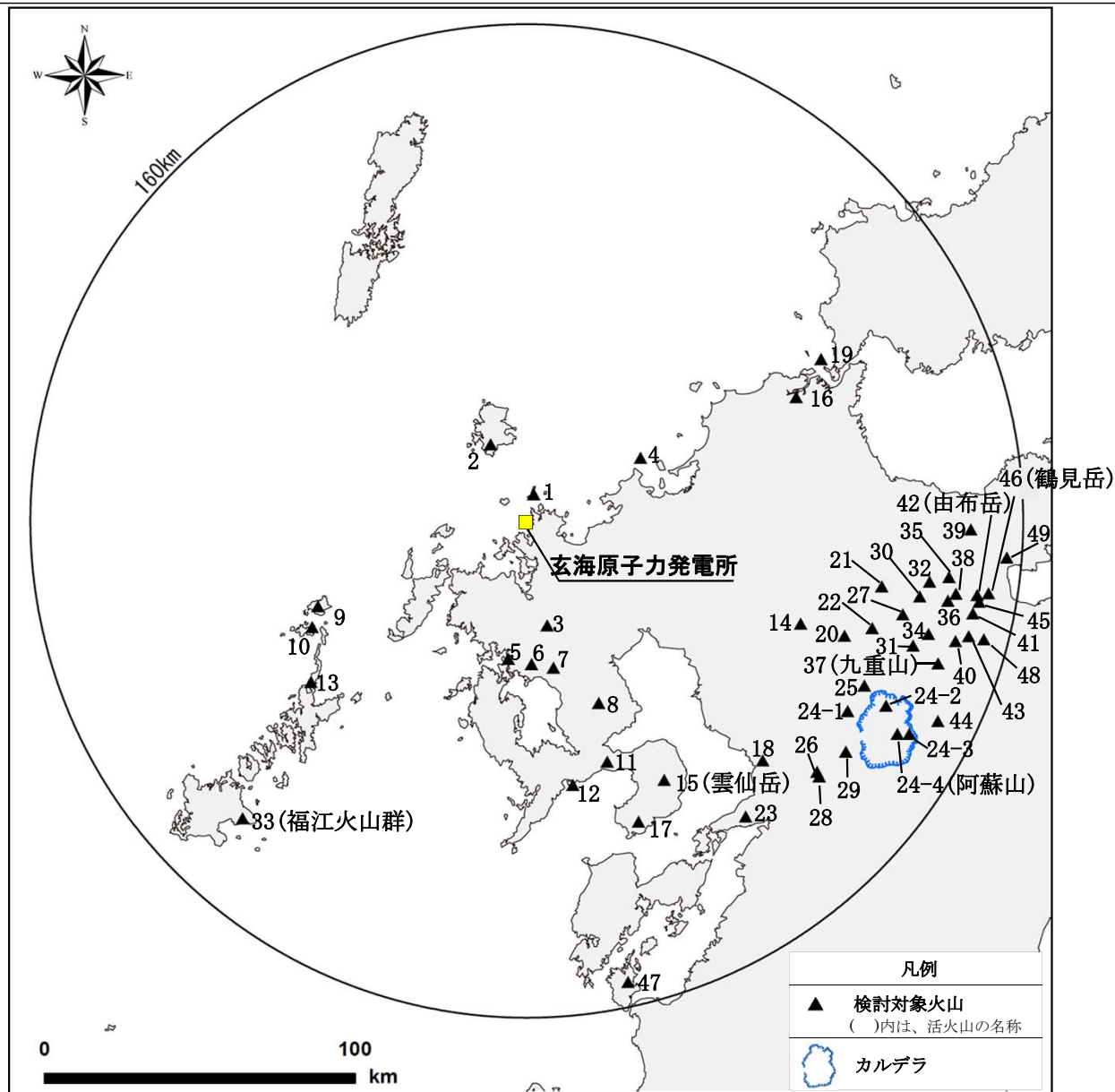


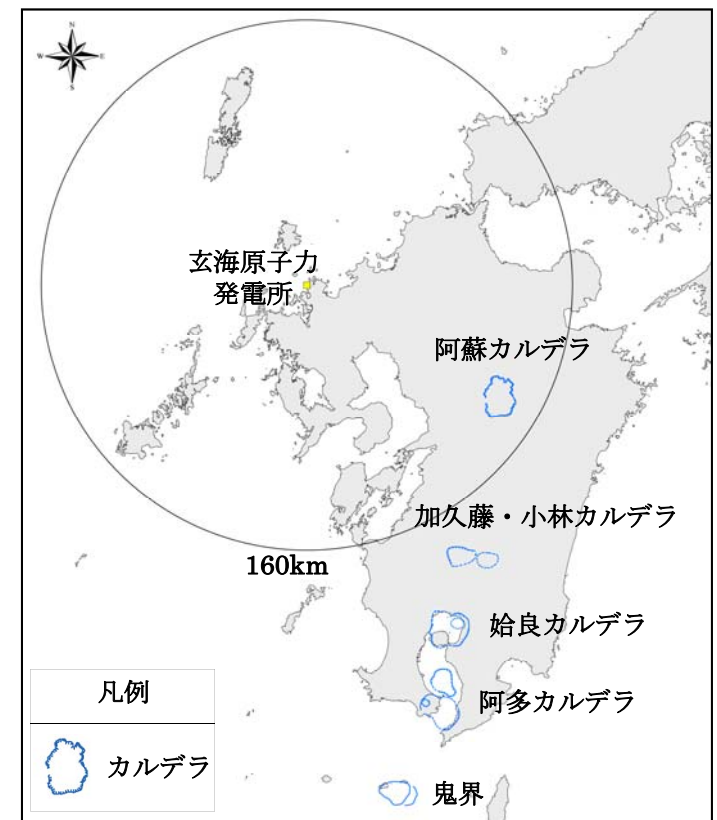
図1.1 原子力発電所に影響を及ぼす火山影響評価の基本フロー

2. 検討対象火山の抽出

- 文献調査及び地形・地質調査により、地理的領域において、第四紀火山の噴出物の分布等を把握し、検討対象火山を抽出した。
- なお、地理的領域外についても、九州において、過去に破局的噴火が発生したカルデラを検討対象火山として抽出。



地理的領域の検討対象火山の位置



九州におけるカルデラの位置

2. 検討対象火山の抽出

検討対象火山の抽出結果

火山名※1	敷地からの距離 (km)	活動時期※2 (☆:破局的噴火)			
		100万年前	10万年前	1万年前	現在
1 加唐島 (かからしま)	9	-			
2 吉岐火山群 (いき)	28	—			
3 有田 (ありた)	34	-			
4 黒瀬 (くろせ)	42	-			
5 佐世保火山群 (させぼ)	45	-			
6 弘法岳 (こうぼうだけ)	46	-			
7 虚空蔵山 (こくぞうやま)	48	-			
8 多良岳 (たらだけ)	63	—			
9 宇久島 (うくじま)	73	-			
10 小値賀島火山群 (おじかじま)	77	—			
11 有喜 (うき)	81	—			
12 牧島 (まきしま)	86	-			
13 曾根 (そね)	87		-		
14 日向神火山群 (ひゅうがみ)	94	-			
15 雲仙岳 (うんぜんだけ)	94		—		
16 道伯・妙見 (どうはく・みょうけん)	95	-			
17 南島原 (みなみしまばら)	103	—			
18 金峰山 (きんぼうざん)	108	—			
19 下関火山群 (しもせき)	108	-			
20 渡神岳 (とがみだけ)	108	-			
21 月出山岳 (かんとうだけ)	116	-			
22 杖立火山群 (つえたて)	116	-			
23 大岳 (おおたけ)	118	-			
24 阿蘇カルデラ	24-1 先阿蘇(せんあそ)	120	—		
	24-2 阿蘇カルデラ	130		☆☆☆	
	24-3 根子岳(ねこだけ)	141		-	
	24-4 阿蘇山(あそさん)	137		—	
25 吉ノ本 (よしのもと)	121	-			
26 赤井 (あかい)	123		-		
27 万年山火山群 (はねやま)	124	—			

火山名※1	敷地からの距離 (km)	活動時期※2 (☆:破局的噴火)			
		100万年前	10万年前	1万年前	現在
28 船野山 (ふなのやま)	125		+		
29 大峰 (おおみね)	126		-		
30 玖珠火山群 (くす)	129	-			
31 涌蓋火山群 (わいた)	130	—			
32 小松台火山群 (こまつだい)	131	—			
33 福江火山群 (ふくえ)	133	—	—		
34 猪牟田カルデラ (しむた)	134	☆☆			
35 人見岳 (ひとみだけ)	137	-			
36 カルト山火山群 (かるとやま)	138	-			
37 九重山 (くじゅうざん)	140		—		
38 立石火山群 (たていし)	140		—		
39 大蔵山 (おおぞうやま)	143	-			
40 野稻火山群 (のいね)	143		—		
41 雨乞火山群 (あまごい)	146		-		
42 由布岳 (ゆふだけ)	147		—		
43 時山火山群 (ときさん)	147	—			
44 萩岳 (おぎだけ)	147			
45 高平火山群 (たかひら)	148		—		
46 鶴見岳 (つるみだけ)	150		—		
47 長島 (ながしま)	152	-			
48 庄内火山群 (しょうない)	152	-			
49 鹿鳴越火山群 (かなきえ)	155	—			
- 加久藤・小林カルデラ	180		☆☆	—	
- 始良カルデラ	220	—		☆	
- 阿多カルデラ	250	—	☆☆	—	
- 鬼界	310		☆☆		☆

※1: 中野ほか(2013)及び産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2016)による。
 ※2: 中野ほか(2013)、産業技術総合研究所地質調査総合センター編(2016)、星住ほか(2012)及び当社地質調査結果による。

余 白

3. 将来の活動可能性がある火山の抽出

- 完新世(現在から約1万年前迄)に活動があった火山(活火山)については、将来の活動可能性がある火山として評価した。
- 完新世の活動がない火山については、検討対象火山の活動年代等に基づき、将来の活動可能性を検討した。

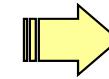
[将来の活動可能性の判断根拠①]

- ・ 火山影響評価ガイドに基づき、最後の活動終了からの期間が、過去の最大休止期間より長い場合、将来の活動可能性はないと評価。

過去の最大休止期間

<

最後の活動終了からの期間



将来の活動可能性はない

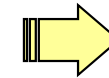
[将来の活動可能性の判断根拠②]

- ・ 日本電気協会(2014):原子力発電所火山影響評価技術指針(JEAG4625-2014)における「島弧の火山は数十万年程度が平均的な活動期間(兼岡・井田、1997)」等に基づき、約100万年前以降の活動が認められない場合、将来の活動可能性はないと評価。

100万年

<

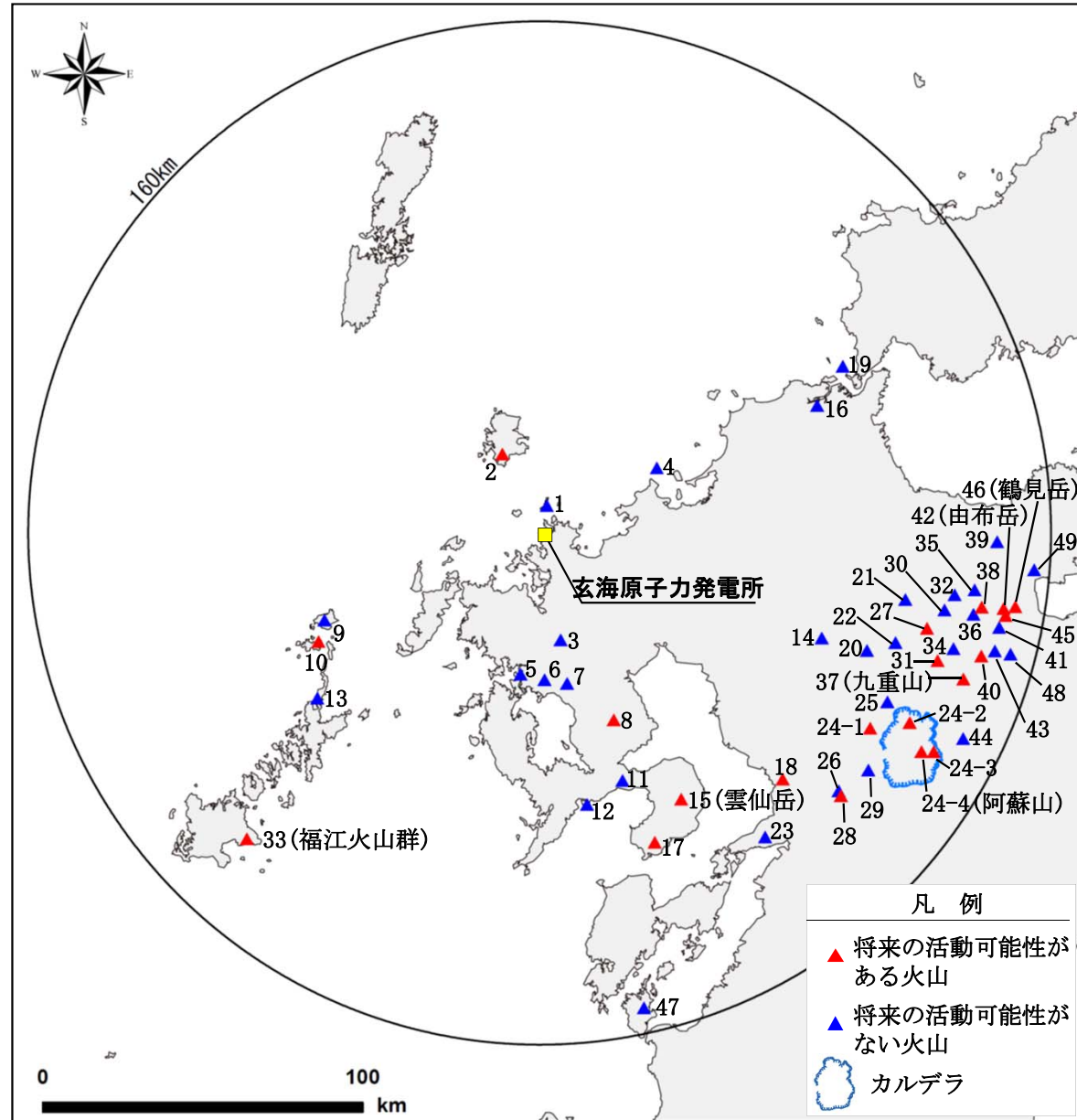
最後の活動終了からの期間



将来の活動可能性はない

3. 将来の活動可能性がある火山の抽出

○ 検討対象火山の将来の活動可能性を評価し、将来の活動可能性がある火山を抽出した。



地理的領域の将来の活動可能性がある火山の位置

3. 将来の活動可能性がある火山の抽出

将来の活動可能性の評価結果

火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期 (☆:破局的噴火)				完新世の活動	将来の活動可能性	判断根拠	火山名	敷地からの距離 (km)	活動時期 (☆:破局的噴火)				完新世の活動	将来の活動可能性	判断根拠
		100万年前	10万年前	1万年前	現在						100万年前	10万年前	1万年前	現在			
1 加唐島	9	-				なし	なし	①	28 船野山	125					なし	あり	-
2 壱岐火山群	28	—				なし	あり	-	29 大峰	126			-		なし	なし	①
3 有田	34	-				なし	なし	①	30 玖珠火山群	129			-		なし	なし	①②
4 黒瀬	42		-			なし	なし	①	31 涌蓋火山群	130			—		なし	あり	-
5 佐世保火山群	45	-				なし	なし	①	32 小松台火山群	131			—		なし	なし	①②
6 弘法岳	46	-				なし	なし	①	33 福江火山群	133			—		あり	あり	-
7 虚空蔵山	48	-				なし	なし	①	34 猪牟田カルデラ	134			☆		なし	なし	①
8 多良岳	63		—			なし	あり	-	35 人見岳	137			-		なし	なし	①②
9 宇久島	73		-			なし	なし	①	36 カルト山火山群	138			-		なし	なし	①②
10 小値賀島火山群	77		—			なし	あり	-	37 九重山	140				—	あり	あり	-
11 有喜	81		—			なし	なし	①	38 立石火山群	140				—	なし	あり	-
12 牧島	86	-				なし	なし	①	39 大蔵山	143			-		なし	なし	①
13 曾根	87				-	なし	なし	①	40 野稲火山群	143				—	なし	あり	-
14 日向神火山群	94	-				なし	なし	①②	41 雨乞火山群	146				-	なし	なし	①
15 雲仙岳	94			—		あり	あり	-	42 由布岳	147				—	あり	あり	-
16 道伯・妙見	95	-				なし	なし	①	43 時山火山群	147				—	なし	なし	①
17 南島原	103		—			なし	あり	-	44 萩岳	147				—	なし	なし	①
18 金峰山	108		—			なし	あり	-	45 高平火山群	148				—	なし	あり	-
19 下関火山群	108		-			なし	なし	①	46 鶴見岳	150				—	あり	あり	-
20 渡神岳	108	-				なし	なし	①②	47 長島	152				-	なし	なし	①②
21 月出山岳	116	-				なし	なし	①②	48 庄内火山群	152				-	なし	なし	①②
22 杖立火山群	116		-			なし	なし	①②	49 鹿鳴越火山群	155				—	なし	なし	①
23 大岳	118		-			なし	なし	①	- 加久藤・小林カルデラ	180				☆☆	あり	あり	-
24 阿蘇カルデラ	120			—	☆☆☆	あり	あり	-	- 始良カルデラ	220				—	あり	あり	-
25 吉ノ本	121	-				なし	なし	①②	- 阿多カルデラ	250				—	あり	あり	-
26 赤井	123				-	なし	なし	①	- 鬼界	310				☆☆	あり	あり	-
27 万年山火山群	124		—			なし	あり	-									

4. 運用期間中の噴火規模の評価

- 将来の活動可能性がある火山のうち、過去に破局的噴火を発生させたカルデラについては、運用期間中の噴火規模を検討した。
- カルデラにおける運用期間中の噴火規模については、①噴火履歴の特徴、②地下構造から、現在のマグマ溜まりが破局的噴火直前の状態にあるかを検討し、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮した。
- その他の火山における運用期間中の噴火規模については、既往最大規模を考慮した。



九州におけるカルデラの位置

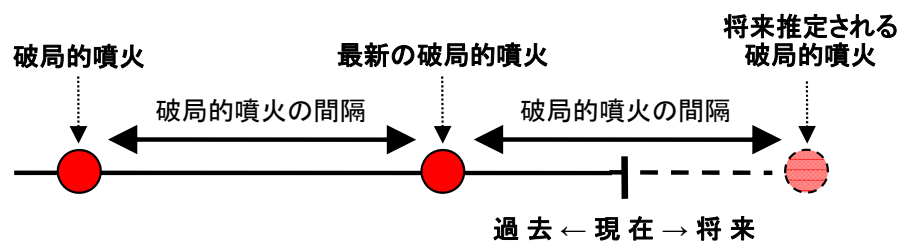
運用期間中の噴火規模の評価

対象火山	運用期間中の噴火規模の評価概要		
	運用期間中の破局的噴火の可能性に関する検討項目		
カルデラ	運用期間中の破局的噴火の可能性を検討し、現在の噴火ステージにおける既往最大規模の噴火を考慮	① 噴火履歴の特徴	①-1 活動間隔 ①-2 噴火ステージ
		② 地下構造	②-1 マグマ溜まりの状況
その他の火山	運用期間中の噴火規模として既往最大規模の噴火を考慮		

4. 運用期間中の噴火規模の評価

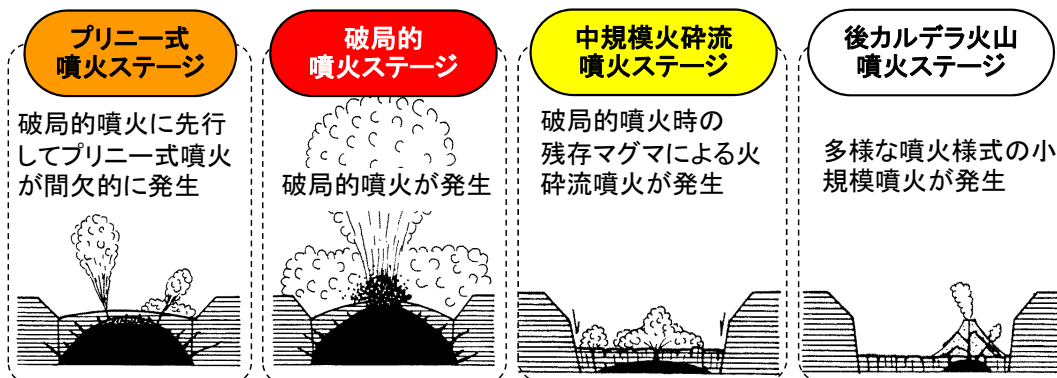
①-1 噴火履歴の特徴(活動間隔)

- 破局的噴火の活動間隔と最新の破局的噴火からの経過時間との比較により、破局的噴火のマグマ溜まりを形成するのに必要な時間が経過しているかを検討する。



①-2 噴火履歴の特徴(噴火ステージ)

- Nagaoka(1988)による噴火ステージの区分を参考に、各カルデラにおける現在の噴火ステージを検討する。

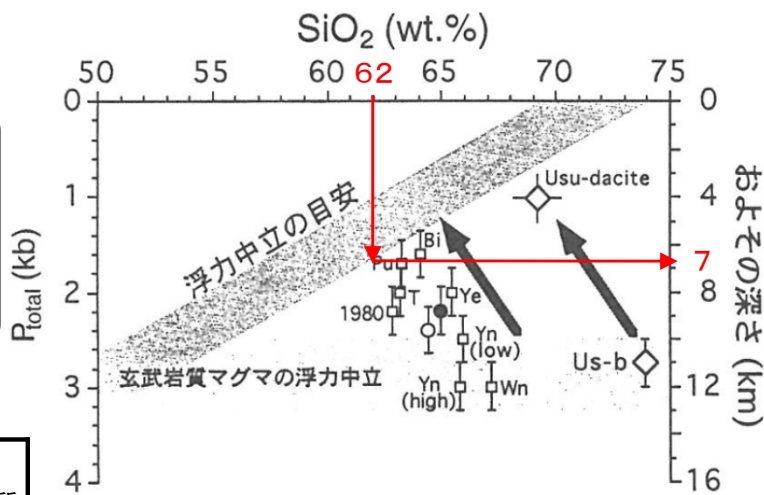


②-1 地下構造(マグマ溜まりの状況)

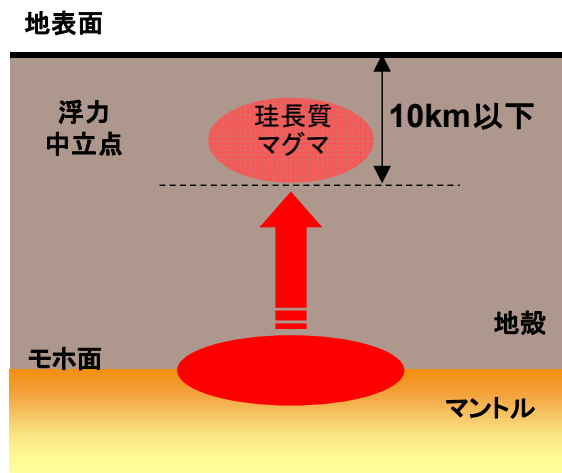
- 破局的噴火を発生させる珪長質マグマは、苦鉄質マグマに比べて密度が小さく、地殻の密度と釣り合う深さは約10km以浅であると考えられていること等から、約10km以浅のマグマ溜まりの有無等を検討する。

マグマのSiO₂と密度(兼岡(1997)を基に作成)

マグマの種類 マグマの性質	玄武岩質	安山岩質	デイサイト質	流紋岩質
		← 苦鉄質		珪長質 →
SiO ₂ (wt.%)	45~53.5	53.5~62	62~70	70以上
密度(kg/m ³)	2700	2400	2300	2200



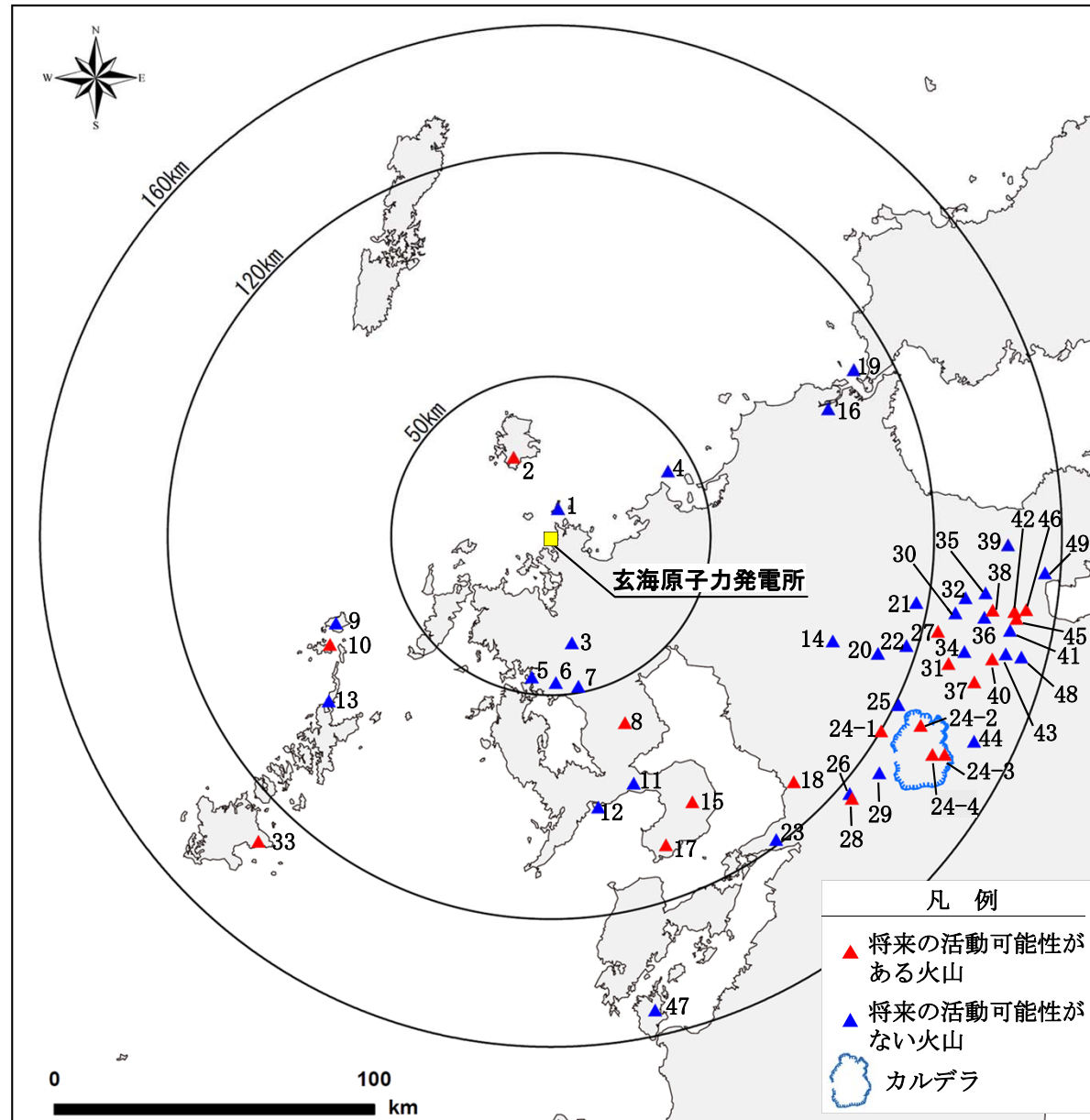
マグマの組成(SiO₂)と深度の関係(東宮(1997)に加筆)
地殻の密度とマグマの密度が釣り合う深さ(浮力中立点)は、珪長質マグマ(デイサイト質~流紋岩質)であれば、7km以浅である。



大規模なマグマ溜まりのイメージ

5.1 敷地において考慮する火山事象の評価

- 将来の活動可能性が否定できない火山について、運用期間中の噴火規模を考慮し、敷地において考慮する火山事象を評価した。
- 敷地において考慮する火山事象として、火山灰等(層厚10cm)を想定した。



地理的領域の将来の活動可能性がある火山の位置

5.1 敷地において考慮する火山事象の評価

火山事象の敷地到達可能性の評価結果

火山名		敷地からの距離 (km)	完新世の活動	将来の活動可能性	①～⑥火山事象毎の最大到達距離:既往最大規模を考慮、⑦敷地内で想定される火山灰層厚 (○:敷地に影響を与えない、×:敷地に影響を与える)																	
					①火山弾		②溶岩流		③岩屑なだれ		④火山泥流		⑤火砕流等		⑥火山ガス		⑦火山灰等					
					0～10km		0～50km		0～50km		0～120km		0～160km		0～160km		全ての火山					
2	彦岐火山群	28	なし	あり																		
8	多良岳	63	なし	あり																		
10	小値賀島火山群	77	なし	あり																		
15	雲仙岳	94	あり	あり																		
17	南島原	103	なし	あり																		
18	金峰山	108	なし	あり																		
24	阿蘇カルデラ	120	あり	あり																		
27	万年山火山群	124	なし	あり																		
28	船野山	125	なし	あり																		
31	涌蓋火山群	130	なし	あり																		
33	福江火山群	133	あり	あり																		
37	九重山	140	あり	あり																		
38	立石火山群	140	なし	あり																		
40	野稻火山群	143	なし	あり																		
42	由布岳	147	あり	あり																		
45	高平火山群	148	なし	あり																		
46	鶴見岳	150	あり	あり																		
-	加久藤・小林カルデラ	180	あり	あり																		
-	始良カルデラ	220	あり	あり																		
-	阿多カルデラ	180	あり	あり																		
-	鬼界	220	あり	あり																		

調査対象外

敷地に流入する大きな河川はない

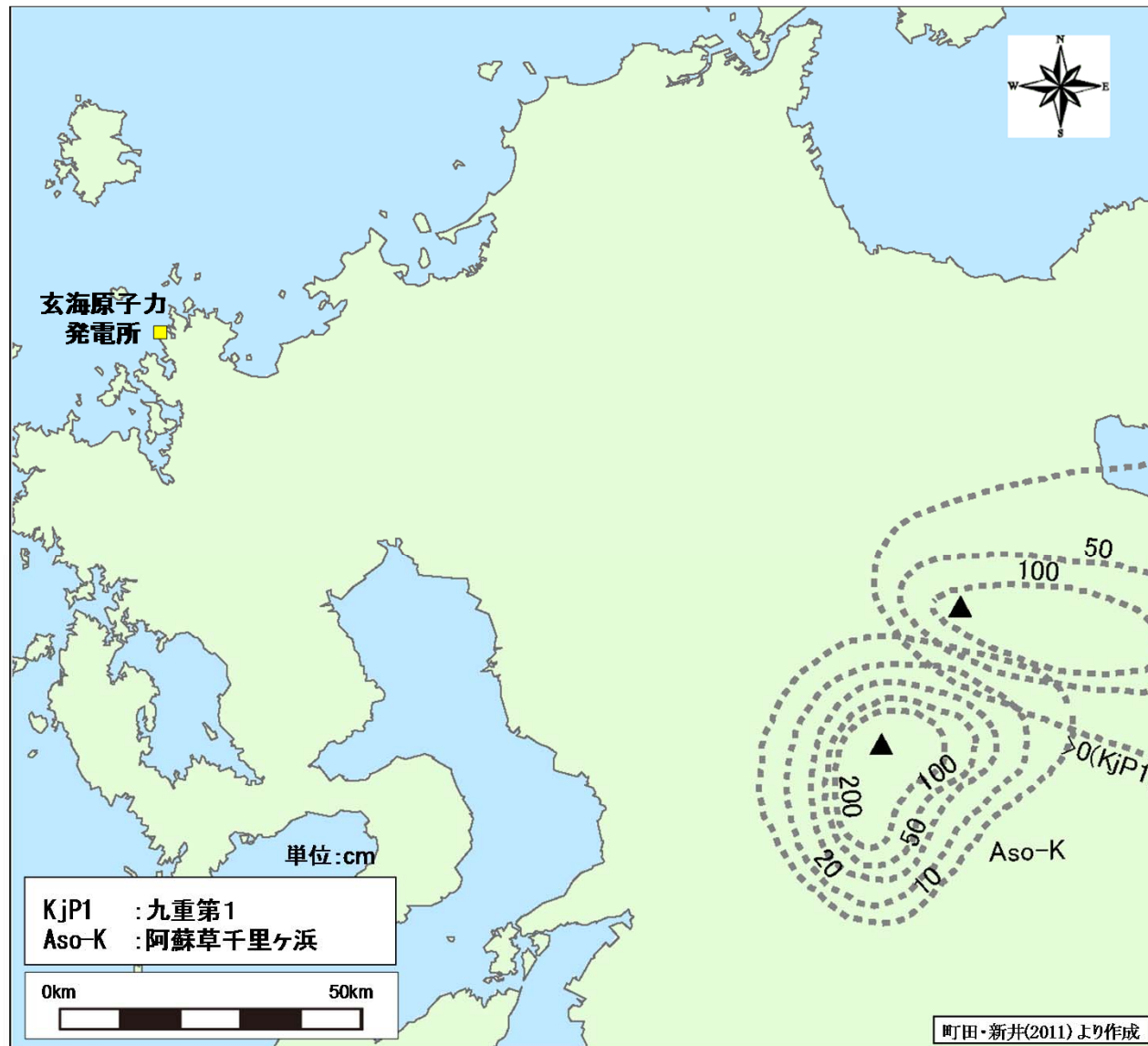
敷地は日本海に面し、火山ガスが滞留するような地形はない

文献・地質調査:
○ 認められない
シミュレーション結果:
2.2cm

10cm

5.2 火山灰等(検討範囲:全ての火山)

- 文献調査及び地質調査の結果、破局的噴火の可能性を否定した広域テフラ以外の火山灰等は敷地及び敷地付近に認められないものの、自然現象における不確かさを踏まえ、より安全側の評価として、敷地における火山灰等の層厚を10cmと評価した。
- 層厚の妥当性については、敷地からの距離と噴出物量との関係から敷地への影響が最も大きい九重山における約5万年前の「九重第1噴火」※を想定した火山灰シミュレーションによって確認した。



文献調査に基づく火山灰等の分布図

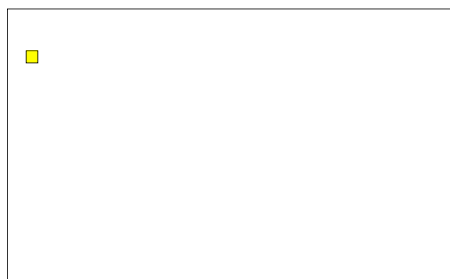
火山名	火山灰等 (敷地で想定される層厚)		評価
	層厚	評価	
2 杵岐火山群	認められない	○	
8 多良岳	認められない	○	
10 小値賀島火山群	認められない	○	
15 雲仙岳	認められない	○	
17 南島原	認められない	○	
18 金峰山	認められない	○	
24 阿蘇カルデラ (阿蘇山)	認められない	○	
27 万年山火山群	認められない	○	
28 船野山	認められない	○	
31 涌蓋火山群	認められない	○	
33 福江火山群	認められない	○	
37 九重山	文献調査:認められない 地質調査:認められない シミュレーション結果:2.2cm	10 cm	
38 立石火山群	認められない	○	
40 野稻火山群	認められない	○	
42 由布岳	認められない	○	
45 高平火山群	認められない	○	
46 鶴見岳	認められない	○	
— 加久藤・小林カルデラ	認められない	○	
— 始良カルデラ	認められない	○	
— 阿多カルデラ	認められない	○	
— 鬼界	認められない	○	

※九重第1の噴出物量は長岡・奥野(2014)による6.2km³に対し、阿蘇草千里ヶ浜の噴出物量はMiyabuchi(2011)による2.39km³である。

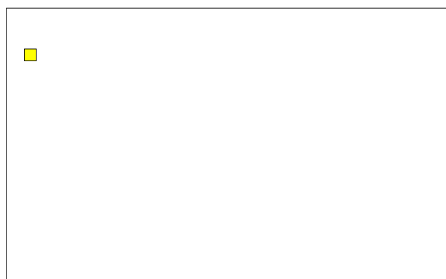
5.2 火山灰等(月別のシミュレーション結果)

- 九重第1噴火を対象とし、1990年～2010年の月毎の風向・風速の平均値を用いて火山灰シミュレーションを実施した。
- その結果、火山灰の降灰分布は、偏西風の影響により、年間を通じて東方向に細長く伸びる傾向を示す。
- 敷地における火山灰の降灰量は、偏西風の影響が弱くなる8月が最も多く、その層厚は0.024cmである。

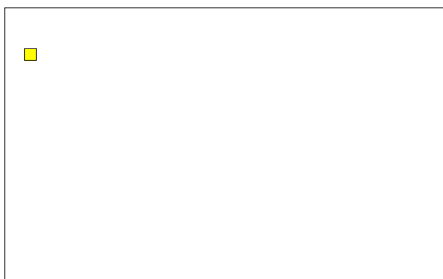
1月〔層厚ー〕



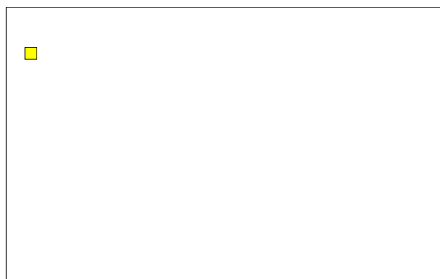
2月〔層厚ー〕



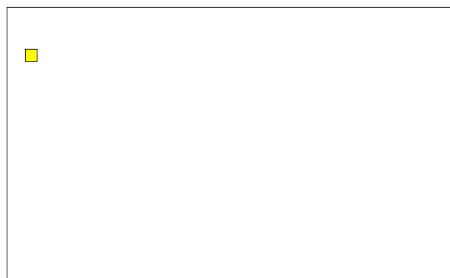
3月〔層厚ー〕



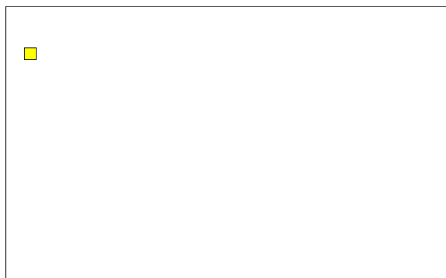
4月〔層厚ー〕



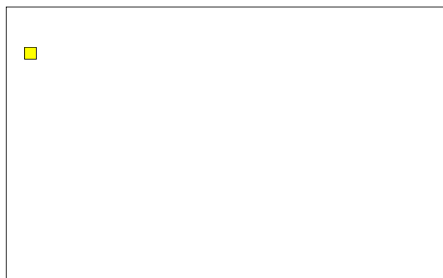
5月〔層厚ー〕



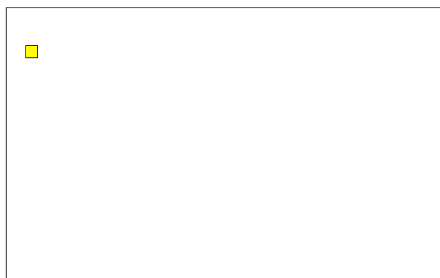
6月〔層厚ー〕



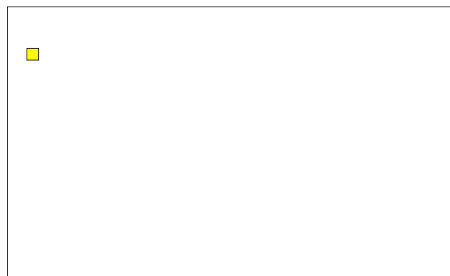
7月〔層厚ー〕



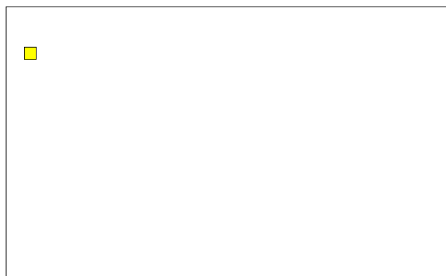
8月〔層厚0.024cm〕



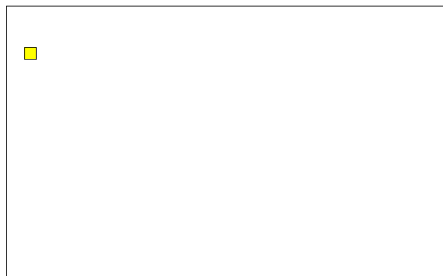
9月〔層厚ー〕



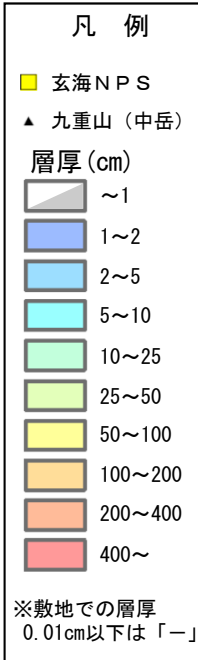
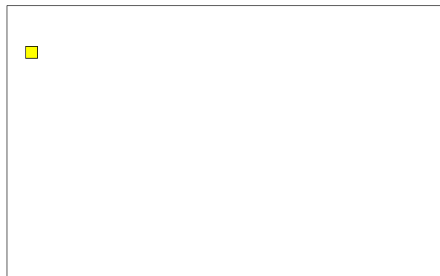
10月〔層厚ー〕



11月〔層厚ー〕



12月〔層厚ー〕



0 100 km

シミュレーションに基づく火山灰の分布図(九重第1噴火)

5.2 火山灰等(不確かさの検討)

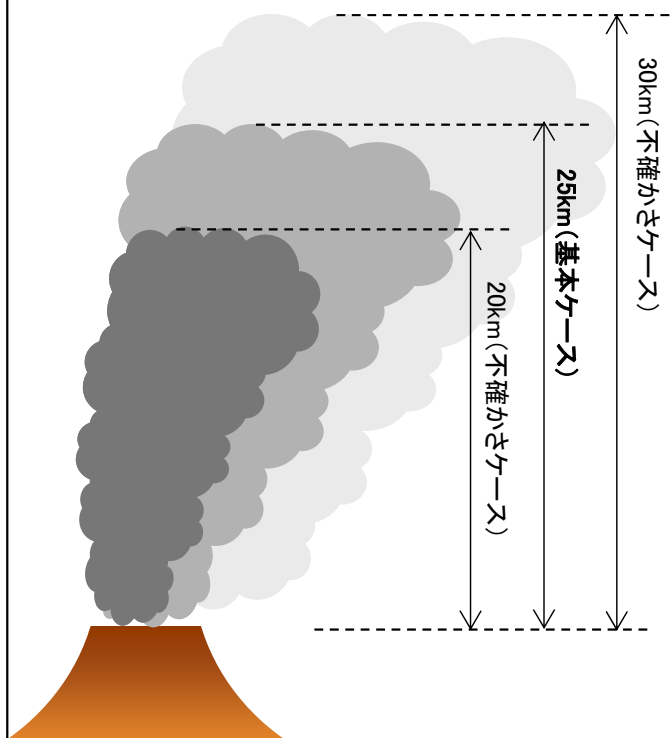
○ 九重山(九重第1噴火)の火山灰シミュレーションのうち、火山灰等が敷地に最も多く堆積する8月の計算諸元を基本ケースとし、①噴煙柱高さ、②風速、③風向の3つの要素について、不確かさに関する検討を行った。

基本ケース

対象月:8月 噴煙柱:25km 風速:平均値 風向:平均値

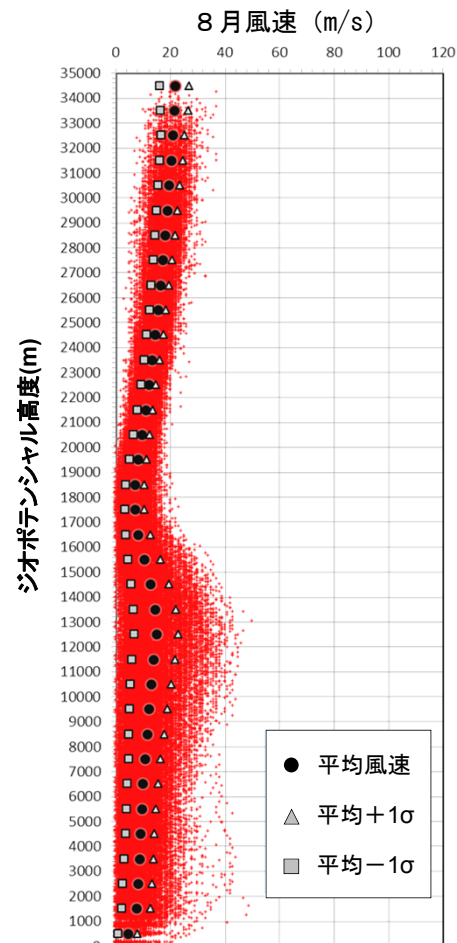
①噴煙柱高さに関する不確かさ

基本ケース(25km)に対して、±5kmを考慮する。



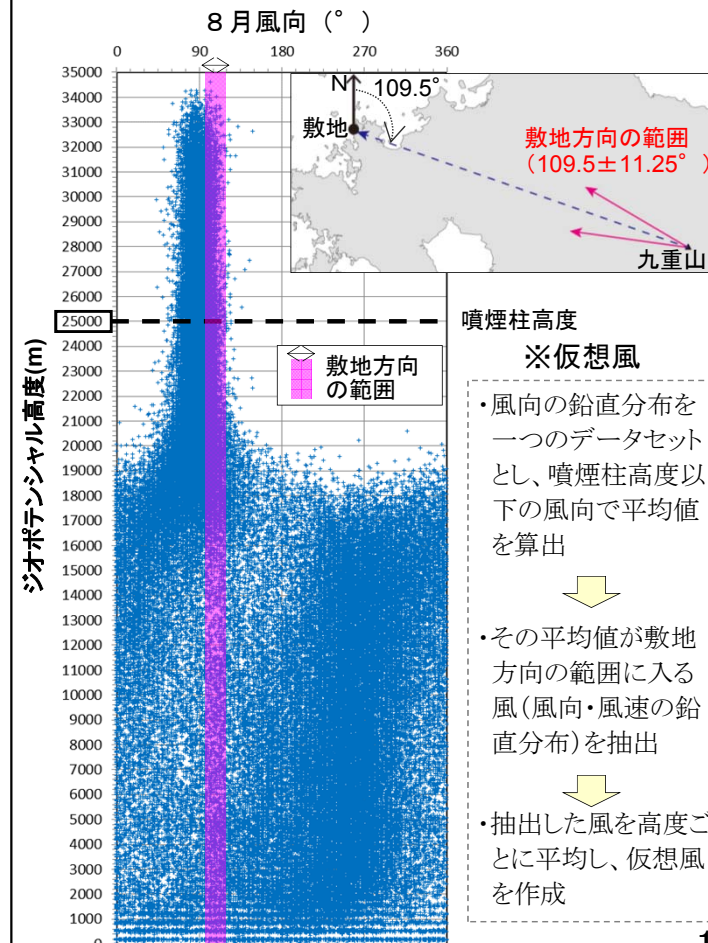
②風速に関する不確かさ

基本ケース(平均風速)に対して、±1σ(標準偏差)のばらつきを考慮する。



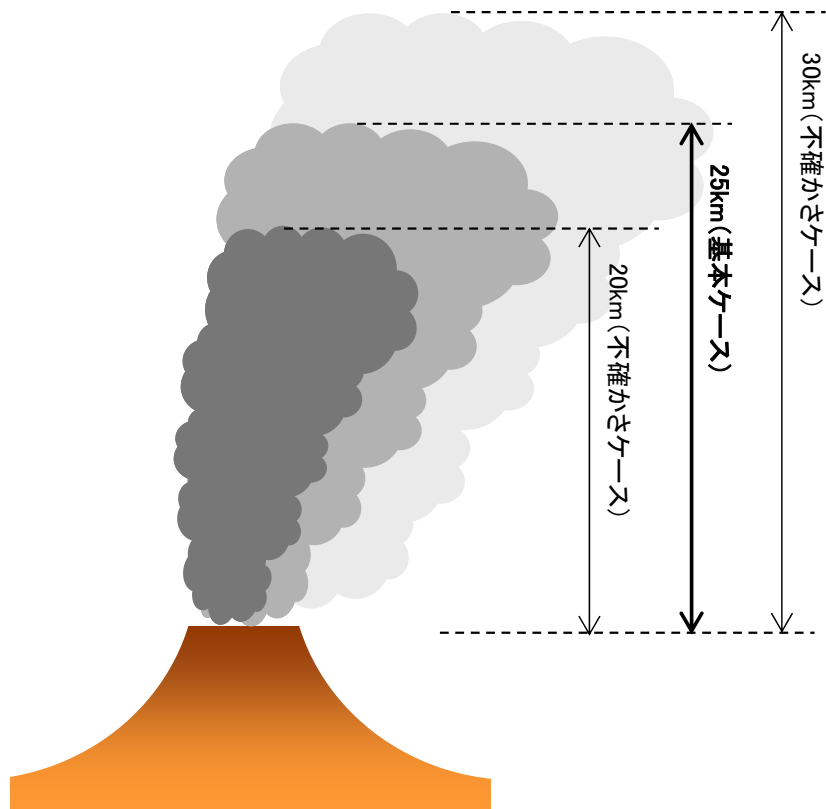
③風向に関する不確かさ

敷地への影響が大きくなる仮想風※(九重山から敷地に向かう風)を考慮する。



5.2 火山灰等(不確かさの検討①:噴煙柱高さ)

○ 噴煙柱高さの不確かさとして、基本ケースに対して±5kmを考慮した結果、噴煙柱が高くなるほど西方向の広がりが大きくなるものの、いずれのケースも敷地における火山灰等の層厚は1cm未満であり、噴煙柱高さが評価に及ぼす影響は小さい。



①不確かさケース
噴煙柱高さ: 30km



層厚0.081cm



基本ケース
噴煙柱高さ: 25km

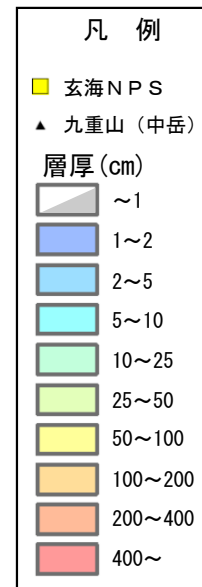


層厚0.024cm



①不確かさケース
噴煙柱高さ: 20km

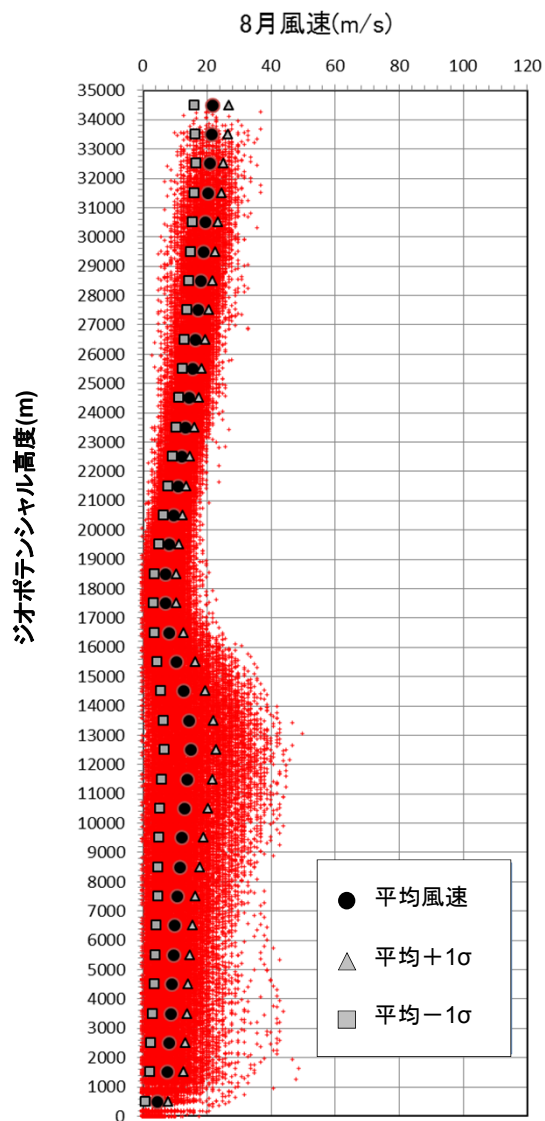
層厚0.024cm



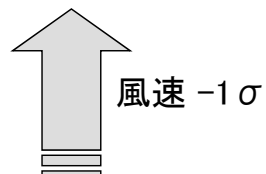
0 100 km

5.2 火山灰等(不確かさの検討②:風速)

○ 風速の不確かさとして、基本ケースに対して $\pm 1\sigma$ のばらつきを考慮した結果、風速が小さいほど指向性が弱くなるものの、いずれのケースも敷地における火山灰等の層厚は1cm未満であり、風速が評価に及ぼす影響は小さい。



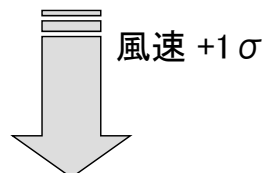
②不確かさケース
8月の平均風速-1 σ



層厚0.15cm



基本ケース
8月の平均風速



層厚0.024cm

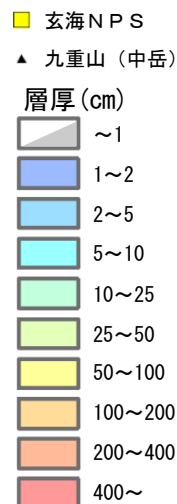


②不確かさケース
8月の平均風速+1 σ

層厚0.0044cm



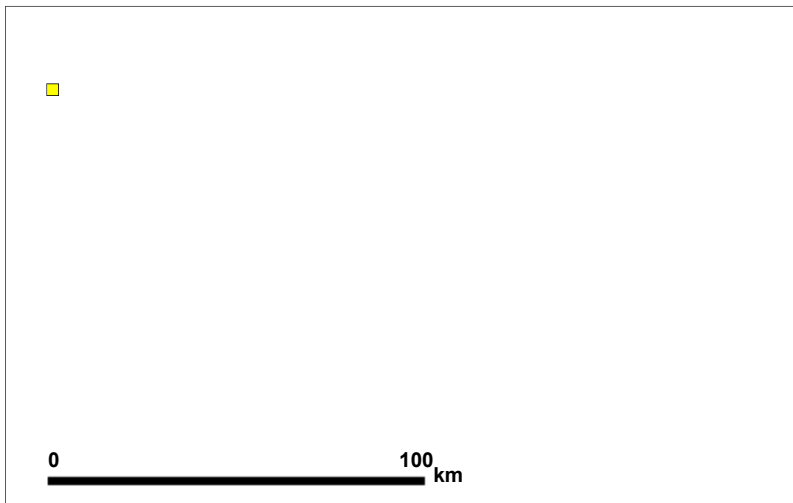
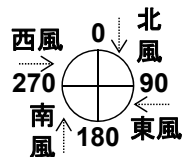
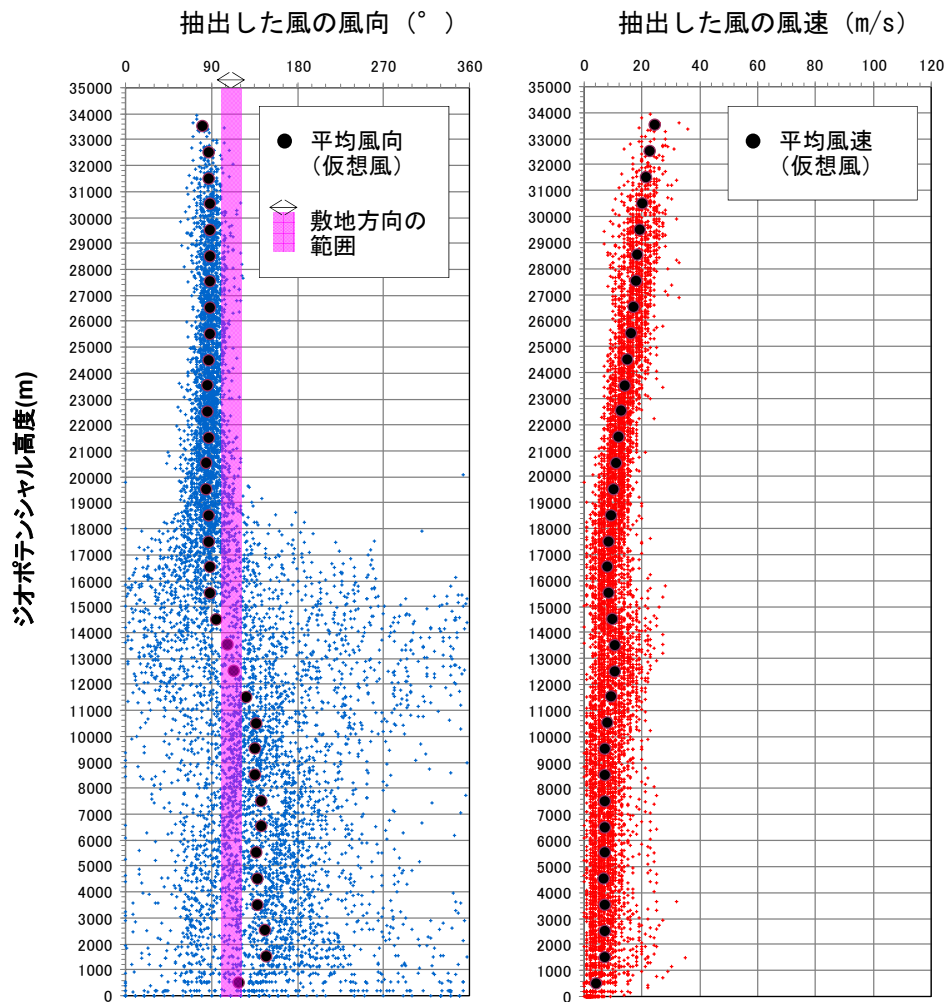
凡例



0 100 km

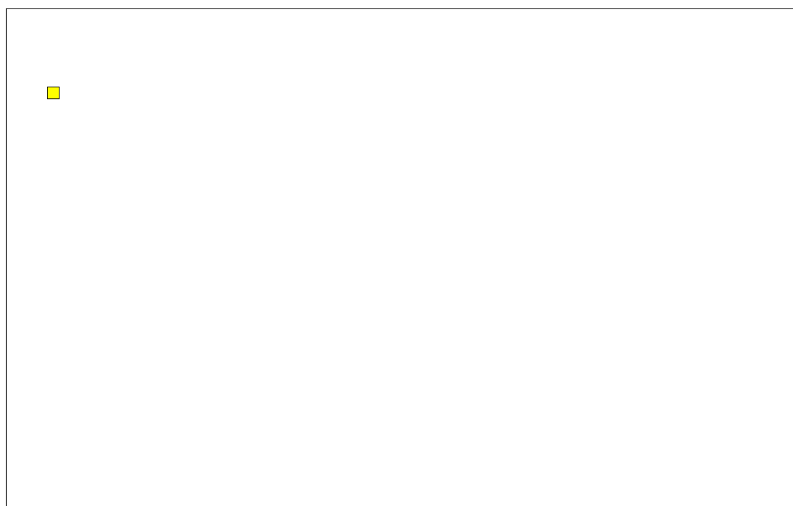
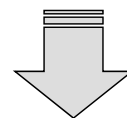
5.2 火山灰等(不確かさの検討③:風向)

○ 8月の観測データにおいても、東方向の風が卓越するものの、仮想風による検討を行った結果、敷地における火山灰の層厚は2.2cmとなる。



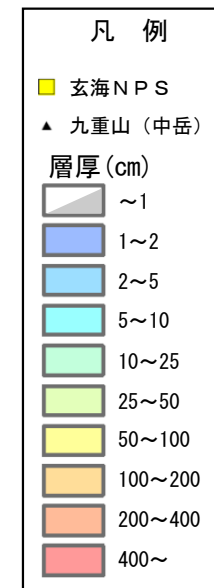
基本ケース
8月の平均風向

層厚0.024cm



③不確かさケース
8月の仮想風

層厚2.2cm



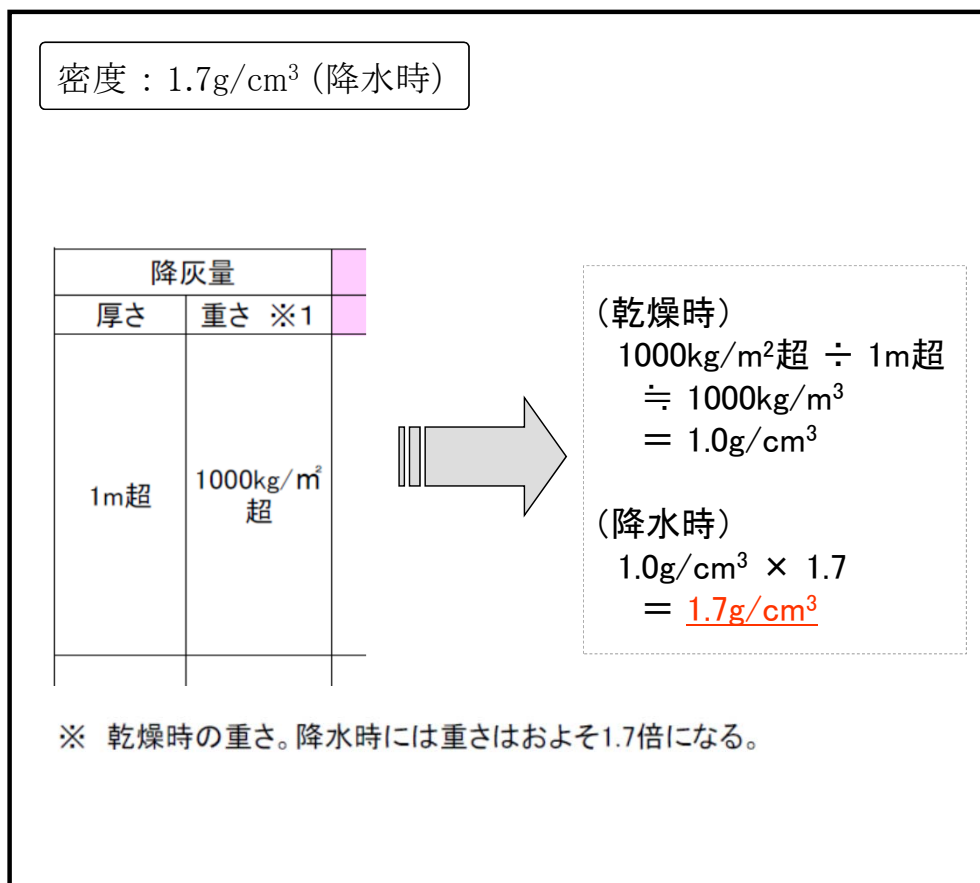
5.2 火山灰等(不確かさの検討のまとめ)

○ 九重第1噴火の火山灰シミュレーションのうち、8月の計算諸元を基本ケースとし、①噴煙柱高さ、②風速、③風向の3つの要素について、不確かさに関する検討を行った結果、敷地における火山灰等の層厚は数cmオーダーであることから、自然現象における不確かさを踏まえた想定(層厚10cm)が十分安全側の評価であることを確認した。

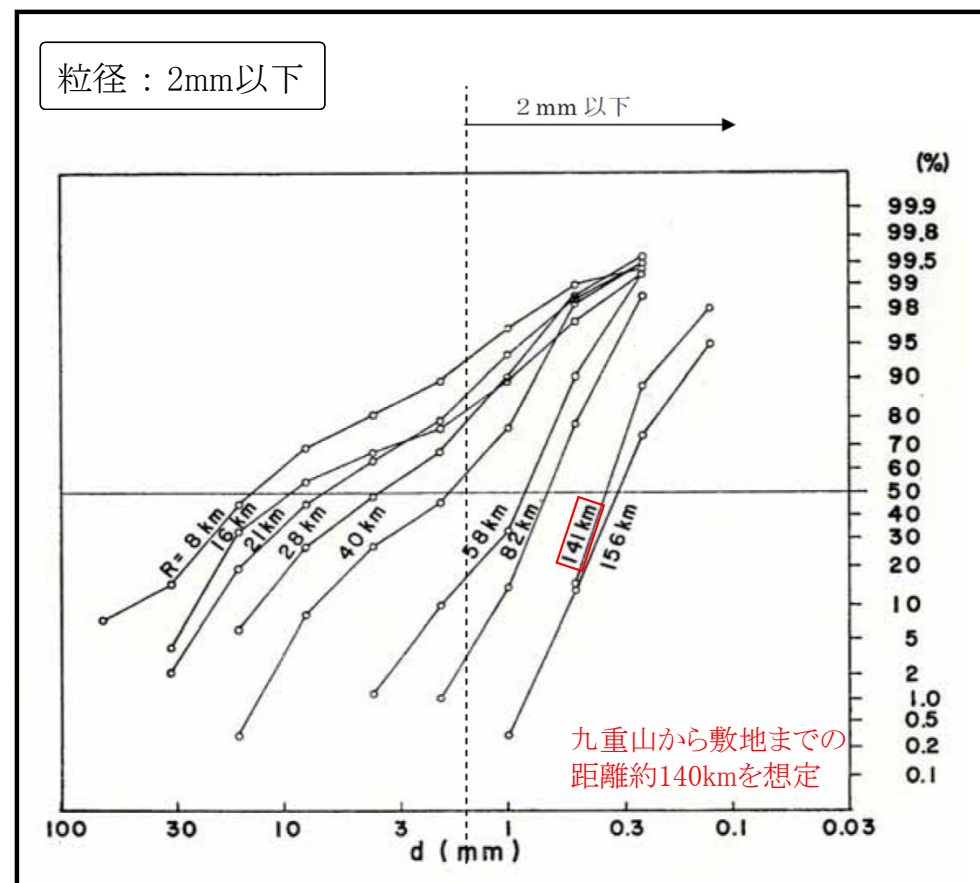
計算ケース			玄海での火山灰等の層厚(cm)
基本ケース(8月)			0.024
不確かさ ケース	①噴煙柱高さ	25km+5km	0.081
		25km-5km	0.024
	②風速	平均+1σ	0.0044
		平均-1σ	0.15
	③風向	仮想風	2.2

5.2 火山灰等(密度と粒径の設定)

- 火山灰等の密度については、「降灰予報の高度化に向けた検討会(2013):降灰予報の高度化に向けた提言別紙6, 気象庁HP」を参照し、降水時の密度 1.7g/cm^3 とした。
- 粒径については、鈴木ほか(1973)に示される火口からの距離による粒度組成変化の図を参照し、 2mm 以下とした。



降灰の影響と降灰量対照表の抜粋
(降灰予報の高度化に向けた検討会(2013)に一部加筆)



樽前火山1667年噴火の火山灰Ta-bの累積粒度曲線
(鈴木ほか(1973)に一部加筆)

6. 降下火砕物の特性の設定

6.1 降下火砕物の条件設定、設計荷重の設定

降下火砕物の諸元については、文献調査結果及び地質調査結果から、層厚は10cm、密度は乾燥状態で $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、湿潤状態で $1.7\text{g}/\text{cm}^3$ 、粒径は2mm以下として設備の影響評価を行う。

表6.1 降下火砕物の設計条件

項目	設定	備考
層厚	10cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	1.0 ~ 1.7 g/cm^3 (乾燥状態) (湿潤状態)	
堆積荷重	980 ~ 1,668 N/m^2 (乾燥状態) (湿潤状態)	
粒径	粒径 2mm以下	水循環系の閉塞及び換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響の評価に使用

7. 影響評価

7.1 影響評価の流れ

- 降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設を抽出する。
- 降下火砕物による直接的影響及び間接的影響をそれぞれ選定する。
- 降下火砕物の条件及び設計荷重に対し、直接的影響及び間接的影響をそれぞれ評価し、安全機能が損なわれないことを確認する。
- 発電所への降灰に備え、降下火砕物の除去等の対策手順を整備する。

7.2.1 火山活動から防護する施設

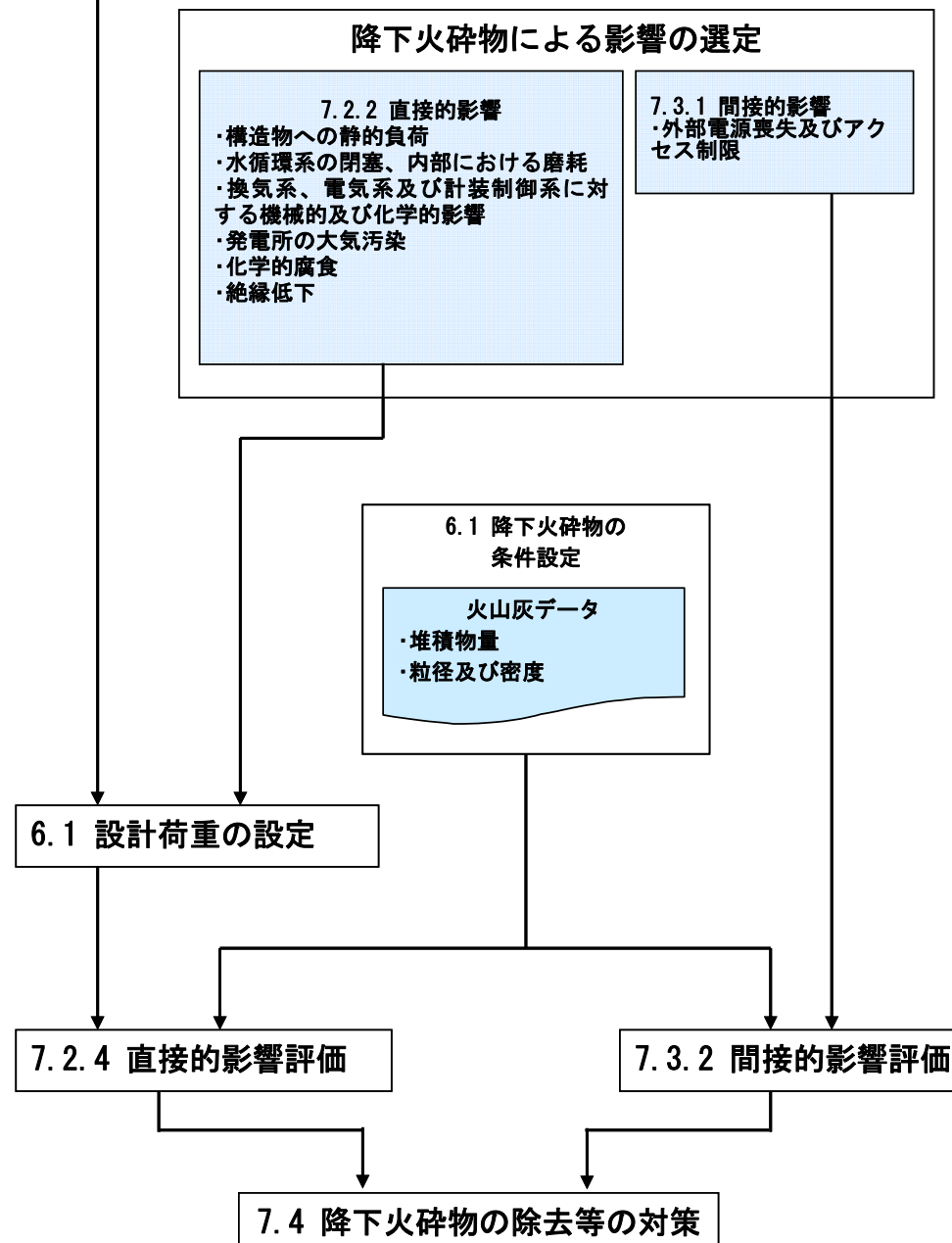


図7.1 降下火砕物の影響評価の流れ

7. 影響評価

7.2 直接的影響評価

7.2.1 火山活動から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）として、各施設の構造や設置状況等を考慮して抽出する。

評価対象施設の抽出フローを図7.2に示す。

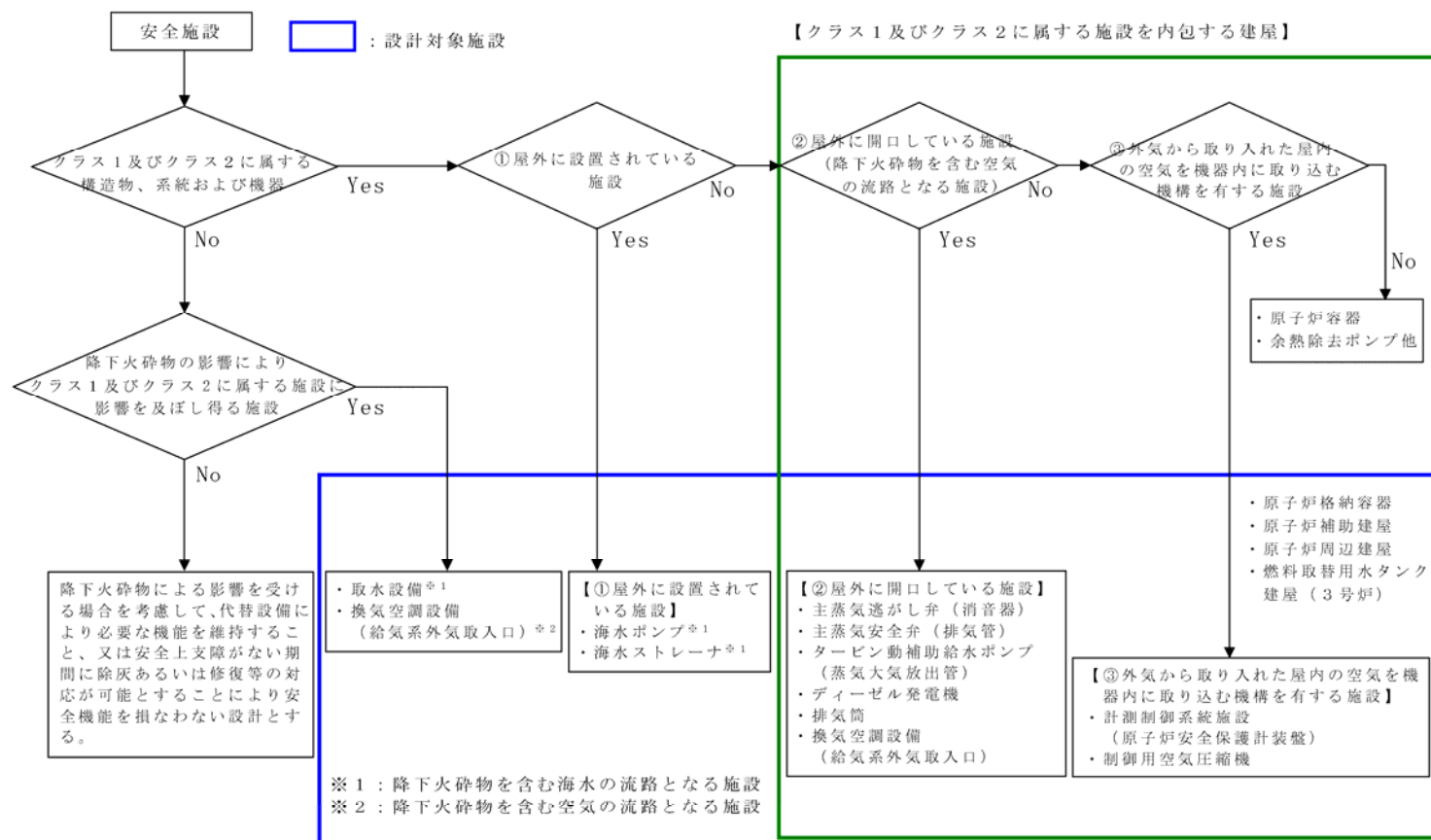
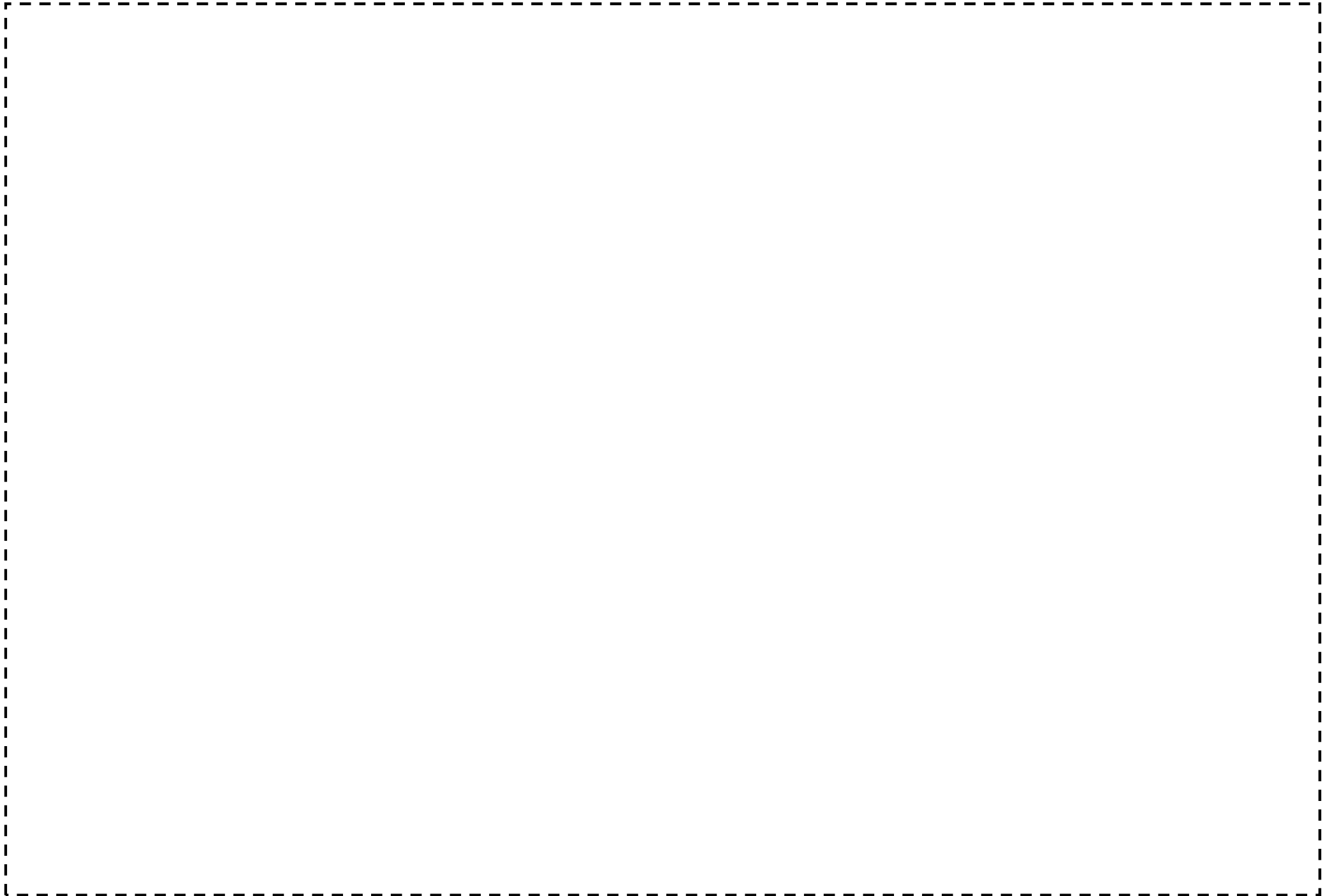


図7.2 評価対象施設の抽出フロー

7. 影響評価



図7.3 設計対象施設（1／2）



7. 影響評価

7.2.2 降下火砕物による影響の選定(直接的影響)

表 7. 1 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

影響を与える可能性のある因子	選 定 根 拠	詳細検討
構造物への静的負荷	建屋・構築物、屋外機器において降下火砕物堆積荷重による影響を考慮する。なお、降雨、降雪などにより水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、水を含んだ場合（湿潤状態）における負荷を考慮する。	○
粒子の衝突	降下火砕物（火山灰）は微小な粒子である。粒子の衝突による影響については、「竜巻に対する防護」で評価している設計飛来物に包絡されており、衝突により建屋・構築物、屋外機器に影響を与えないことを確認している。	—
水循環系の閉塞	海水系において影響を考慮すべき要因であり、降下火砕物（火山灰）の粒径によって懸念される狭隘部等における閉塞への影響を考慮する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における磨耗	海水系において影響を考慮すべき要因であり、降下火砕物による設備内部における磨耗の影響を考慮する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室において影響を考慮すべき要因である。	○
化学的腐食	・ 建屋・構築物、屋外機器において、降下火砕物の付着により懸念される腐食についての影響を評価する。 ・ 海水系において考慮すべき要因であり、降下火砕物が海水中に溶出した場合に懸念される腐食についての影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水質汚染（給水の汚染）	発電所にて使用する給水は、給水処理設備にて水処理した給水を使用しており、降下火砕物の混入により汚染が考えられる海水を直接給水しないようになっている。また、水処理した給水は水質管理を行っており、降下火砕物により汚染されていないことを確認している。	—
絶縁低下	電気及び計装制御系の盤のうち屋内にある空気を取り込む機構を有するものについての影響を考慮する。	○

7. 影響評価

7.2.3 各評価対象施設に対する影響因子の抽出

抽出した各評価対象施設に対する影響因子を抽出した結果を表8. 2に示す。

表 7. 2 降下火砕物が影響を与える評価対象設備と影響因子の組合せ (1 / 2)

評価対象施設	直接的影響の要因							
	①構造物への静的負荷	②水循環系の閉塞	③水循環系の内部における磨耗	④換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響	⑤換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響	⑥発電所周辺の大気汚染	⑦化学的腐食	⑧絶縁低下
原子炉格納容器 原子炉補助建屋 原子炉周辺建屋 燃料取替用水タンク建屋 (3号炉)	○	— *2	— *2	— *3	— *3	— *4	○	— *5
海水ポンプ	○	○ (ポンプ)	○ (ポンプ)	○ (モータ)	○ (モータ)	— *4	○ (モータ・ポンプ)	— *5
海水ストレーナ	○	○ (下流側の設備含む)	○ (下流側の設備含む)	— *3	— *3	— *4	○ (下流側の設備含む)	— *5
取水設備	— *1	○	○	— *3	— (⑦で評価)	— *4	○	— *5
計測制御系統施設 (原子炉安全保護計装盤)	— (屋内設置設備であり直接的な影響がない)	— *2	— *2	— *3	— *3	— *4	○	○

- * 1: 降下火砕物の静的荷重の影響を受けにくい構造／形状
- * 2: 水循環系の機能と直接関連がない
- * 3: 屋外に面した換気系、電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない
- * 4: 大気汚染でも機能に有意な影響を与えにくい
- * 5: 絶縁低下と直接関連がない

7. 影響評価

表 7. 2 降下火砕物が影響を与える評価対象設備と影響因子の組合せ (2 / 2)

評価対象施設	直接的影響の要因							
	①構造物への静的荷重	②水循環系の閉塞	③水循環系の内部における磨耗	④換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響	⑤換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響	⑥発電所周辺の大気汚染	⑦化学的腐食	⑧絶縁低下
換気空調設備 (給気系外気取入口)	— (屋内設置設備であり直接的な影響がない)	— *2	— *2	○	○	○	— (⑥で評価)	— *5
主蒸気逃がし弁(消音器)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑦で評価)	— *4	○	— *5
主蒸気安全弁(排気管)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑦で評価)	— *4	○	— *5
タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出管)	— *1	— *2	— *2	○	— (⑦で評価)	— *4	○	— *5
ディーゼル発電機	屋内設備 (原子炉周辺建屋内に設置されており降下火砕物の影響はない)	○ (海水ストレーナ下流側設備として評価)	○ (海水ストレーナ下流側設備として評価)	○	— (⑦で評価)	— *4	○ (海水ストレーナ下流側設備として評価)	— *5
	屋外設備	— *1	— *2	— *2	○	— (⑦で評価)	○	— *5
排気筒	— *1	— *2	— *2	○	○	— *4	— (⑤で評価)	— *5
制御用空気圧縮機	— (原子炉周辺建屋内に設置されており降下火砕物の影響はない)	— *2	— *2	○	— *3	— *4	○	— *5

- * 1: 降下火砕物の静的荷重の影響を受けにくい構造／形状
- * 2: 水循環系の機能と直接関連がない
- * 3: 屋外に面した換気系、電気系及び計装制御系の機能と直接関連がない
- * 4: 大気汚染でも機能に有意な影響を与えにくい
- * 5: 絶縁低下と直接関連がない

7. 影響評価

7.2.4 直接的影響の評価結果

表 7. 3 降下火砕物による直接的影響の評価結果 (1 / 2)

評価対象施設	主な確認結果	確認結果
原子炉格納容器 原子炉補助建屋 原子炉周辺建屋 燃料取替用水タンク 建屋 (3号炉)	原子炉格納容器、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋及び燃料取替用水タンク建屋 (3号炉) の積載荷重の余裕は降下火砕物の堆積荷重に比べ十分大きいことから、原子炉格納容器、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋及び燃料取替用水タンク建屋 (3号炉) への影響はない。原子炉格納容器、原子炉補助建屋、原子炉周辺建屋及び燃料取替用水タンク建屋 (3号炉) は、外装塗装及び屋上防水がなされていることから、降下火砕物と建屋構造物が直接接触することはなく化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。	○
海水ポンプ	降下火砕物堆積荷重によりモータフレーム部で発生する応力は許容応力値以下であり、海水ポンプ (モータ含む) の機能に影響を及ぼすことはない。 流水部の閉塞、軸受部での軸固着及び電動機内部への侵入もなく、機能に影響を及ぼすことはない。 海水ポンプ (配管含む) は防汚塗装等 (ライニング含む) の対応を実施しており、海水と金属が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。	○
海水ストレーナ	降下火砕物堆積荷重により発生する応力は許容応力値以下であり、海水ストレーナの機能に影響を及ぼすことはない。 想定する降下火砕物の粒径は小さいことから、ストレーナが閉塞することはない。 また、下流設備であるディーゼル発電機用冷却器、空調用冷凍機及び原子炉補機冷却水冷却器の伝熱管においても閉塞することはない。 また、海水ストレーナより下流の伝熱管 (細管) は耐食性のある材料を用いていること及び連続通水状態であり、著しい腐食環境にはならないことから、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。	○
取水設備	想定する降下火砕物の粒径は小さいことから、取水設備が閉塞することはない。 取水設備は防汚塗装等の対応を実施しており、海水と金属が直接接触することはなく、化学的腐食により短期的に機器の機能に影響を及ぼすことはない。	○
計測制御系統施設 (原子炉安全保護計装盤)	原子炉安全保護計装盤が設置されている部屋は、安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には平型フィルタが設置されているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕獲可能な粗フィルタが設置されている。このため、他の空調系に比べて降下火砕物に対する高い防護性能を有しており、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、大量に盤内に侵入する可能性は小さく、その付着等により絶縁低下 (短絡等) 及び化学的腐食を発生させる可能性はないことから、原子炉安全保護計装盤の機能に影響を及ぼすことはない。	○
換気空調設備 (給気系外気取入口)	外気取入口は降下火砕物が侵入し難い構造であり、また、フィルタ差圧上昇時には、交換等により対応可能である。 外気取入口 (フィルタ部) は、その金属部に降下火砕物による化学的腐食が生じた場合でもその機能に有意な影響を与えにくい構造である。 また、中央制御室空調系は、外気取入ダンパを閉止した循環運転が可能であり、中央制御室の居住環境を維持することができる。	○

7. 影響評価

表 7. 3 降下火砕物による直接的影響の評価結果（2 / 2）

評価対象施設	主な確認結果	確認結果
主蒸気逃がし弁（消音器）	<p>主蒸気逃がし弁消音器は、降下火砕物が侵入し難い構造である。降下火砕物が侵入した場合、主蒸気逃がし弁の吹出力が降下火砕物の重量よりも大きいので機器の機能に影響を及ぼすことはない。</p> <p>主蒸気逃がし弁消音器は、その内外面の腐食により有意な影響を与えにくい構造である。</p>	○
主蒸気安全弁（排気管）	<p>降下火砕物が配管内に侵入した場合でも排気管は降下火砕物により閉塞することなく、また、降下火砕物の重量より主蒸気安全弁の吹出力が十分大きいことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。</p> <p>主蒸気安全弁排気管は、排気経路を構成する中空パイプであるため、その内外面の化学的腐食により主蒸気安全弁の機能に有意な影響を与えにくい構造である。</p>	○
タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出口）	<p>蒸気大気放出口は屋外に開口しているが、開口部は斜め下方向であり、降下火砕物が侵入し難い構造である。</p> <p>配管部の内外面の化学的腐食によりタービン動補助給水ポンプの機能に有意な影響を与えにくい構造である。</p>	○
ディーゼル発電機	<p>降下火砕物がディーゼル機関吸気に侵入した場合でも、シリンダ部の磨耗に与える影響は小さい。</p> <p>吸排気消音器は、その内外面の化学的腐食により設備の機能に有意な影響を与えにくい構造である。</p>	○
排気筒	<p>排気筒は、降下火砕物が侵入しても排気流路を閉塞させることなく、機能に影響を及ぼすことはない。</p> <p>また、排気筒の吹出し速度は、降下火砕物の沈降速度より大きいため、排気筒に降下火砕物が侵入することはない。</p> <p>排気筒外面は、外装塗装を実施しており、降下火砕物と金属が直接接することはなく、化学的腐食により短期的に影響を及ぼすことはない。</p>	○
制御用空気圧縮機	<p>制御用空気圧縮機が設置された部屋は、中間補機棟空調装置にて空調管理されており、本空調系の外気取入口には、平型フィルタが設置されていることから、一定以上の粒径の降下火砕物については阻止可能であり、侵入する降下火砕物は限られる。また、降下火砕物は硬度が低くもろいことから、摺動部に侵入した降下火砕物により磨耗が発生することはない。したがって、降下火砕物が大量に摺動部に侵入する可能性は小さく、磨耗により摺動部に損傷を発生させることはないことから、制御用空気圧縮機の機能に影響を及ぼすことはない。</p>	○

確認結果：降下火砕物による評価対象施設への影響（直接的影響）はない。

7. 影響評価

7.3 間接的影響評価

7.3.1 降下火砕物による影響の選定(間接的影響)

降下火砕物による間接的影響には、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失、発電所内外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対する評価を行う。

7.3.2 間接的影響の評価結果

玄海原子力発電所3/4号炉の非常用所内交流電源設備は、ディーゼル発電機(2台/号炉)と燃料については、264kl分の燃料(ディーゼル発電機燃料油貯油そう(132kl×2基/号炉)〔耐震Sクラス〕)及び燃料油貯蔵タンク(178kl×2基/号炉)〔耐震Sクラス〕)を有している。

これにより、7日間の外部電源喪失及び外部との交通の途絶に対して、原子炉の停止、停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要とされる電力の供給が継続できることから影響はない。

以上のことから、間接的影響がないことを確認した。

7. 影響評価

7.4 降下火砕物の除去等の対策

降下火砕物に備え、手順を整備し、図7.4のフローのとおり段階的に対応することとしている。

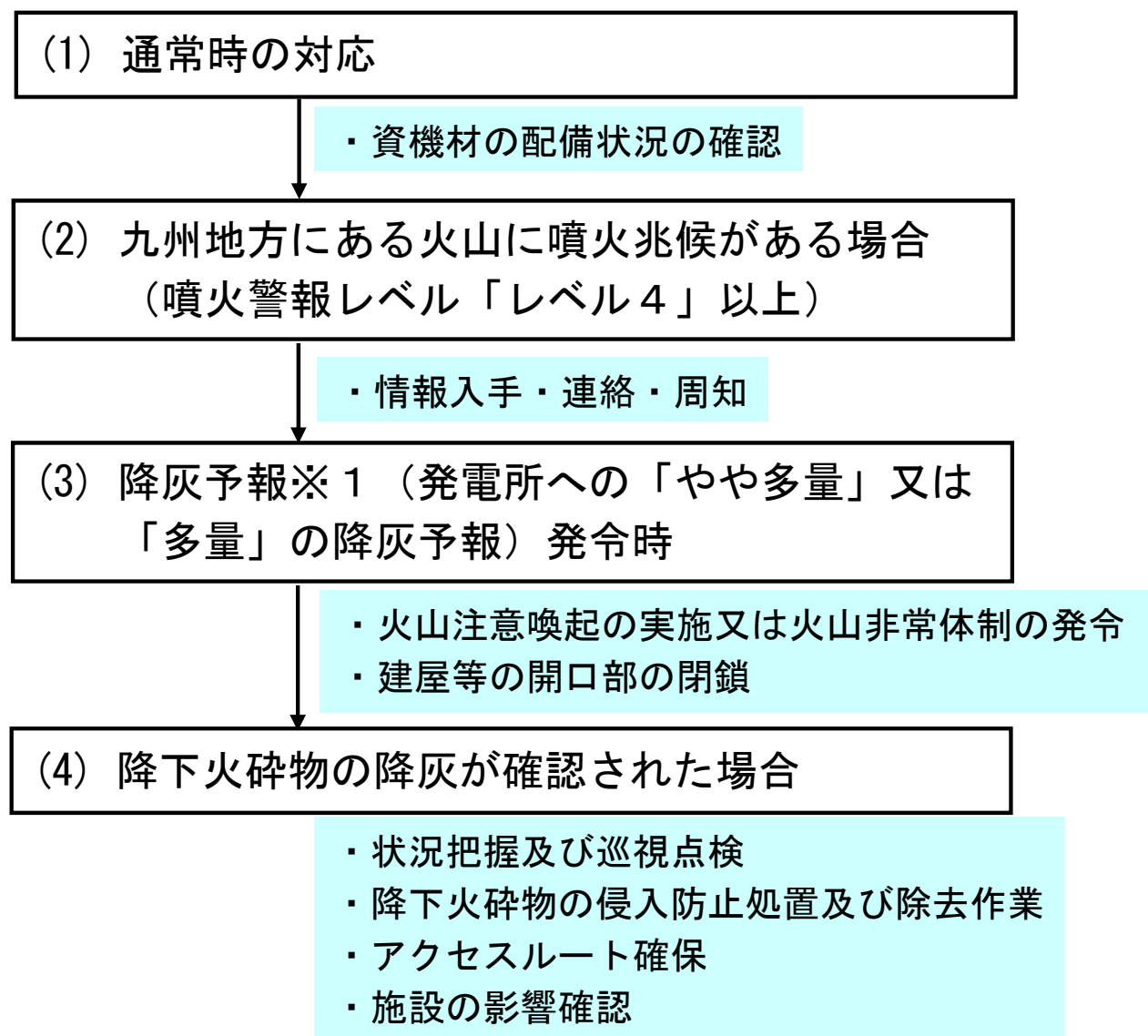
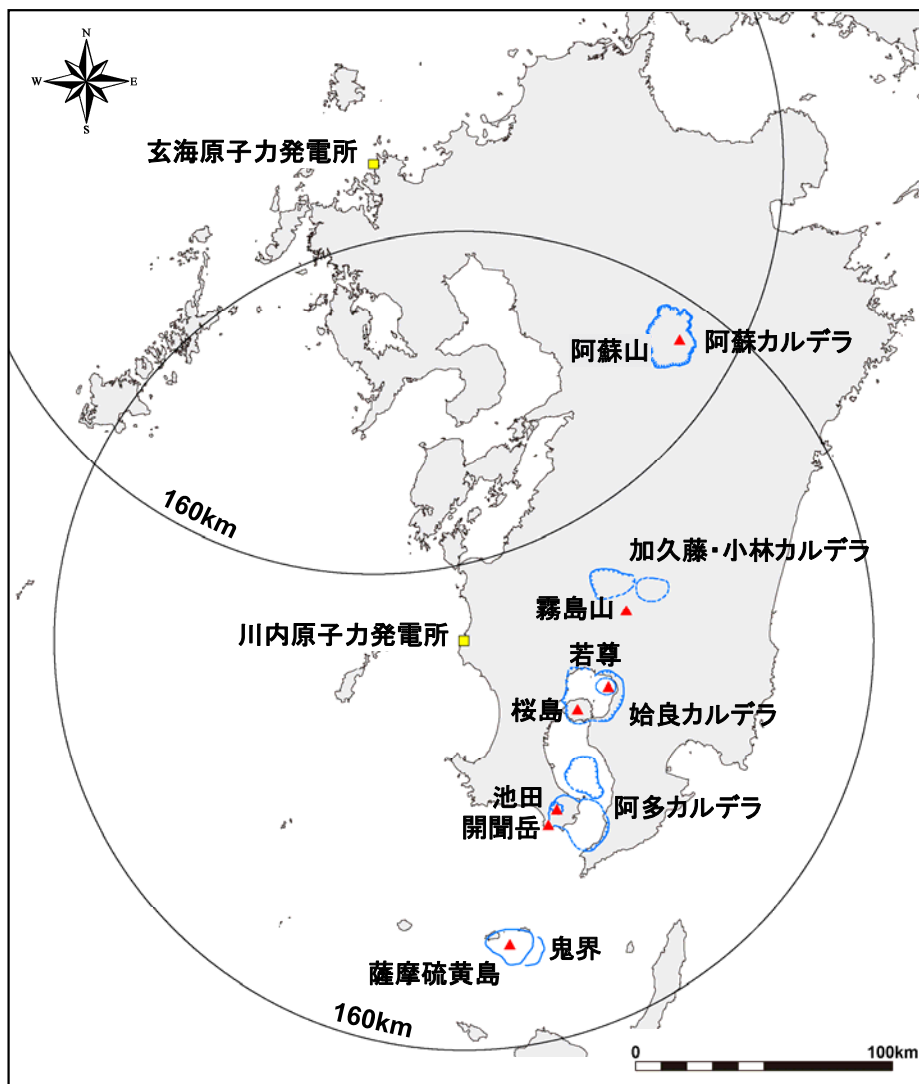


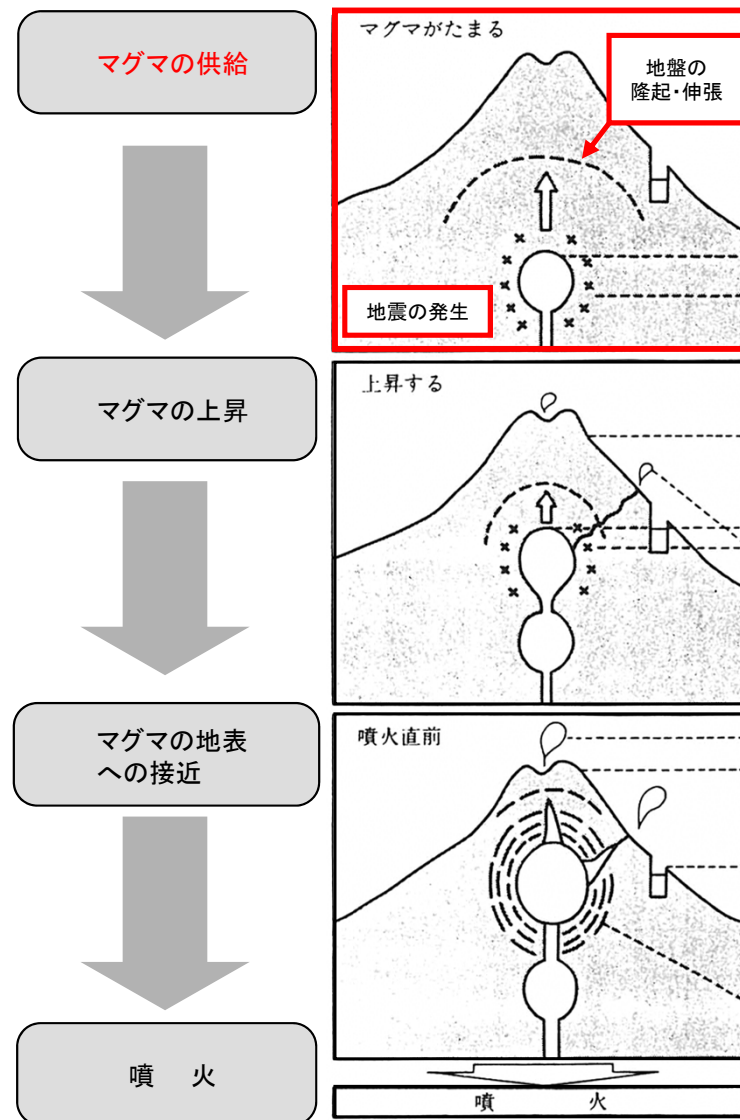
図7. 4 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

8.1 モニタリング計画の概要

- カルデラについては、原子力発電所の運用期間中に破局的噴火が発生する可能性が十分低いと評価しているものの、自然現象における不確かさ及び敷地への影響を考慮した上で、火山活動のモニタリングを実施する。
- 一般的な噴火モデルを踏まえると、マグマ溜まりへのマグマの供給、マグマの上昇等の段階を経て、噴火に至るとされ、破局的噴火時においても同様の段階を長期間かけて進展すると考えられる。これらの段階のうち、最も早期の段階であるマグマの供給時に変化が現れる地殻変動及び地震活動をモニタリングの対象項目とする。



モニタリング対象火山



8.2 モニタリングの方針と体制

【モニタリングの方針】

- ・モニタリングにあたっては、既存観測網による地殻変動及び地震活動の観測データ、公的機関による発表情報等を収集・分析し、活動状況に変化がないことを定期的に確認することを基本とする。
- ・対象火山の状態に顕著な変化が生じた場合は、破局的噴火への発展性を評価する。
- ・破局的噴火への発展の可能性がある場合は、原子炉の停止、燃料体等の搬出等の適切な対応を実施する。

【モニタリングの体制】

- ・モニタリング結果の評価における透明・公平性を確保するために、第三者の外部専門家による助言を得る仕組みを構築する。
- ・また、破局的噴火の兆候等に関する知見を収集し、火山専門家等の助言を得ながら、破局的噴火の評価手法の高度化を継続的に行っていく。

8.3 モニタリングの評価方法

〔Ⅰ 公的機関の評価〕

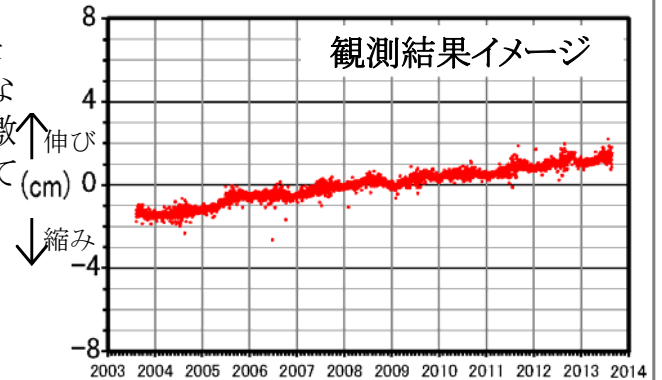
① 評価の収集

発行機関	更新頻度	資料名 (URL)
国土地理院	1回/月	火山周辺地域における地殻変動 (http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/kazan_index.html)
気象庁	3回/年	火山噴火予知連絡会資料 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/kaietsu/CCPVE/CCPVE08.html)
	1回/月	火山活動解説資料(九州地方) (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/monthly_v-act_doc/monthly_vact.htm#v500)
	1回/週	週間火山概況 (http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/weekly_report/weekly.htm)

※ 異常が出た場合等に臨時で発表される
不定期情報も逃さず収集

地殻変動 (基線長の変化)

- 地殻変動(基線長の変化)が長期的な傾向と比較して急激に変動し、継続していかないかどうかを確認する



〔Ⅱ 当社の評価〕

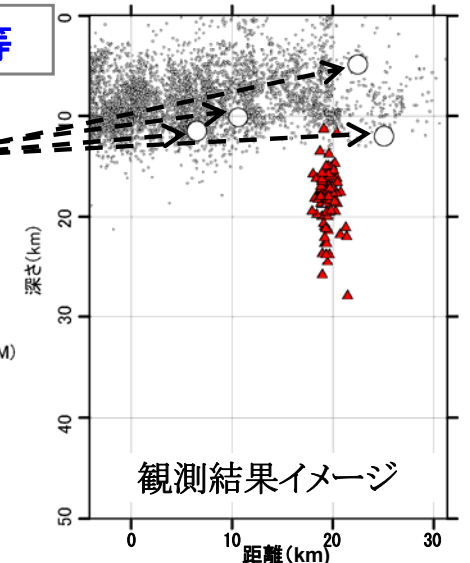
① データの収集 ⇒ ② 分析 ⇒ ③ 評価

発行機関	更新頻度	データ名 (URL)
国土地理院	1回/週程度	地殻変動情報 (http://mekira.gsi.go.jp/project/f3_10_5/ja/index.html)
気象庁	随時	一元化处理震源データ(気象庁、大学、防災科学技術研究所) (http://www.hinet.bosai.go.jp/?LANG=ja)

有感地震の発生頻度等

- 有感地震の発生頻度等が長期的な傾向と比較して急激に増加し、継続していかないかどうかを確認する

- 震源
- 通常地震(マグニチュード M < 4)
 - 4 ≤ M < 5
 - 5 ≤ M
 - ▲ 低周波地震



〔Ⅲ 総合評価〕

・公的機関及び当社の評価等に基づき、カルデラの破局的噴火の兆候の有無を総合的に判断する

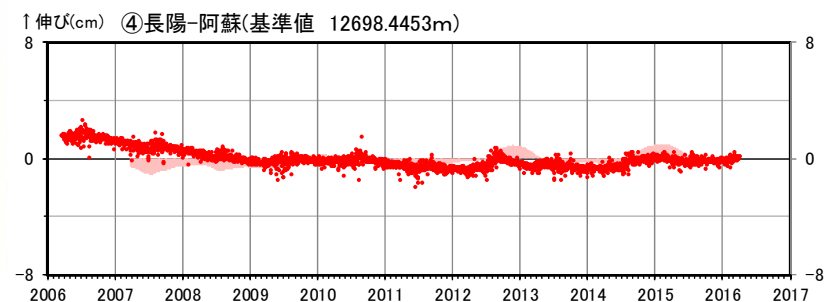
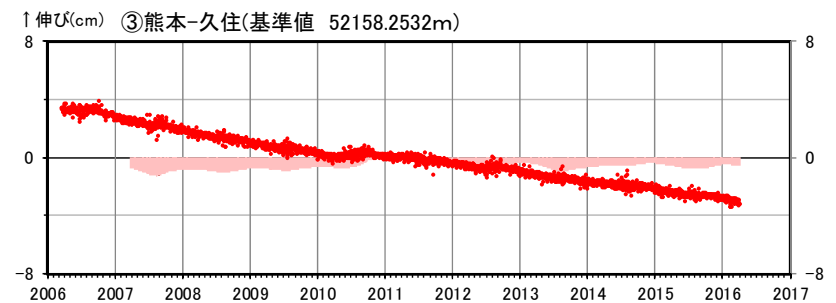
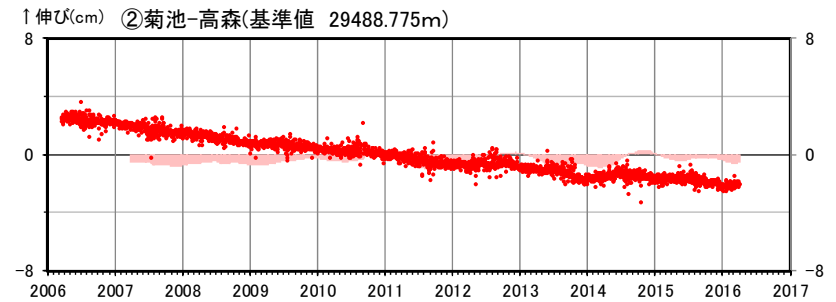
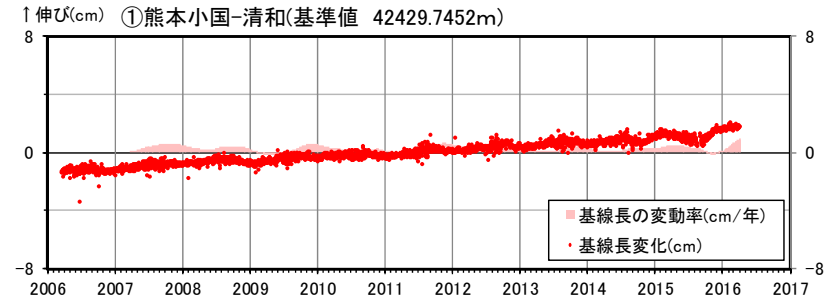
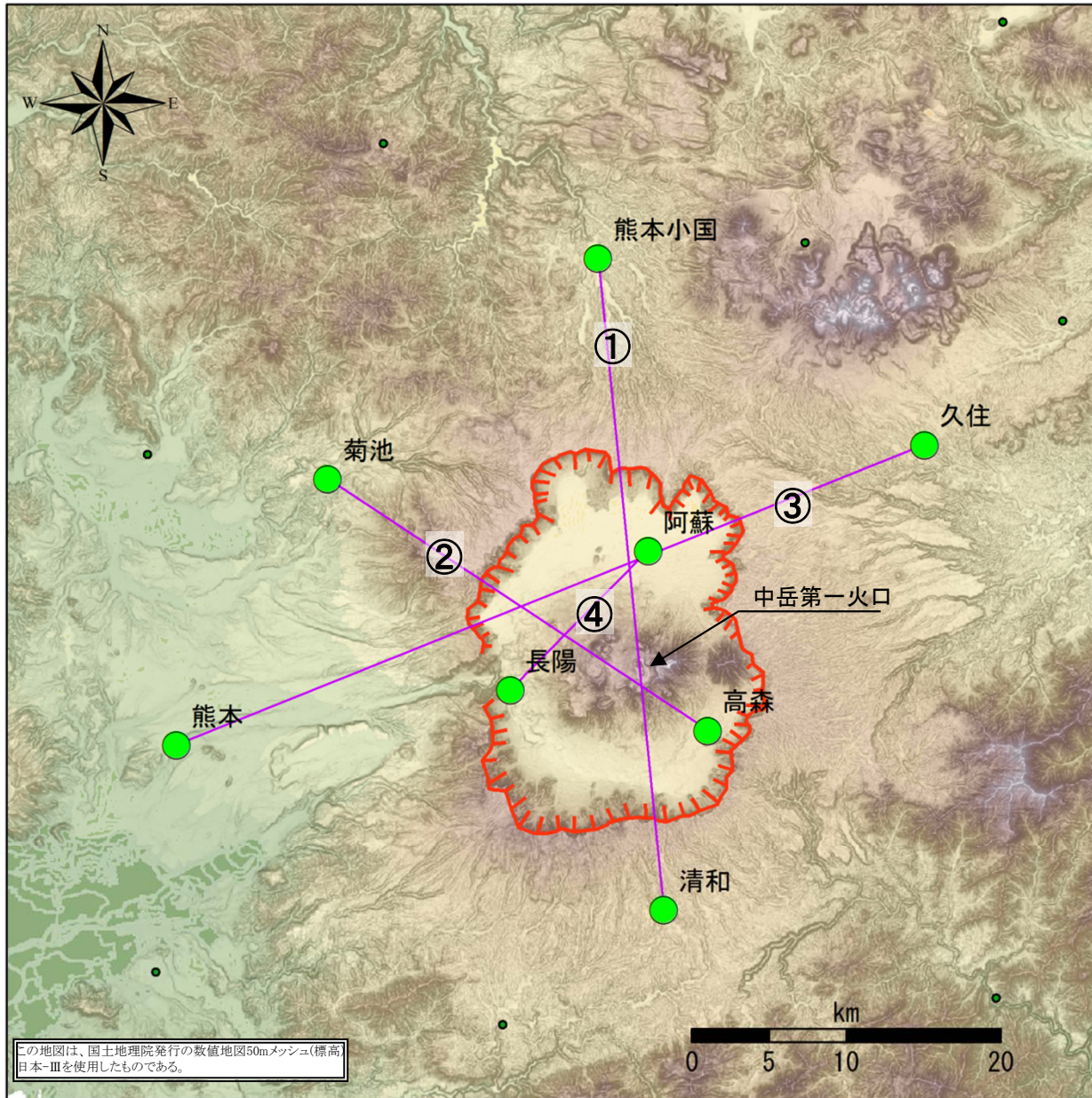
1回/月

・なお評価結果については火山の専門家に助言を頂く

1回/年

余 白

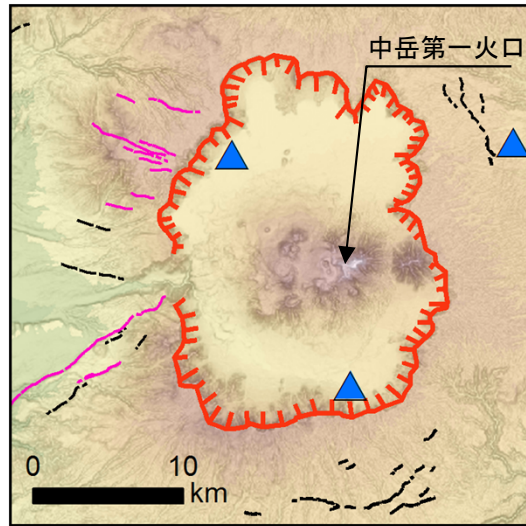
8.4 阿蘇カルデラ[GNSS連続観測による基線長変化]



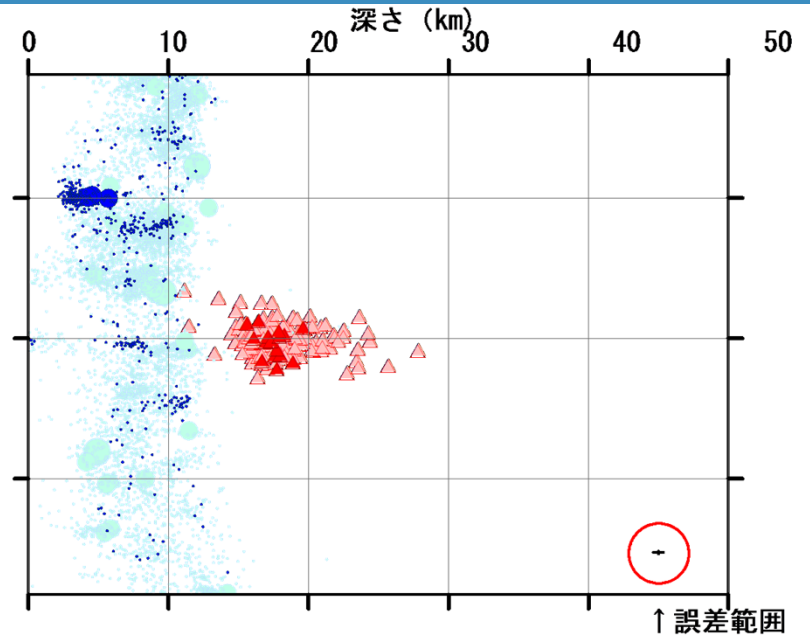
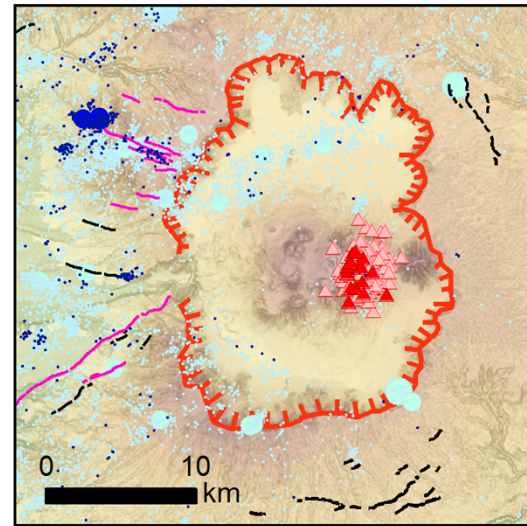
GNSS連続観測による基線長変化 (2006年3月20日~2016年3月31日)

8.4 阿蘇カルデラ[震源分布とマグニチュードの経時変化]

地震観測点



震源分布(深さ50km以浅)



地震観測点

- 大学
- 防災科学技術研究所

震源

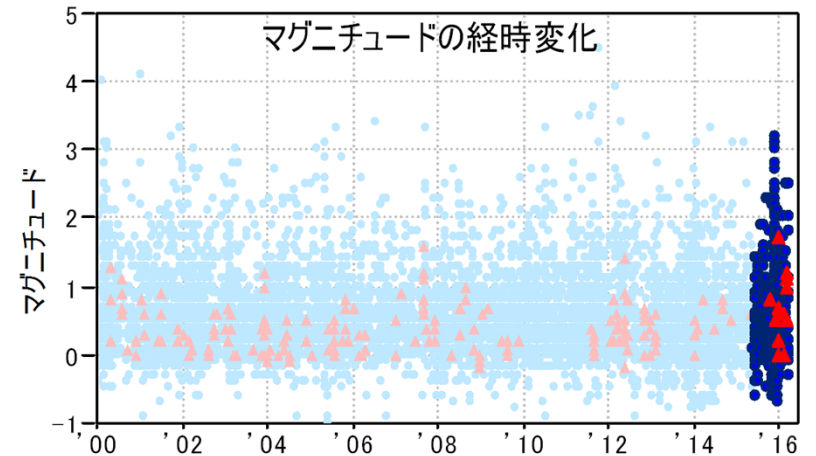
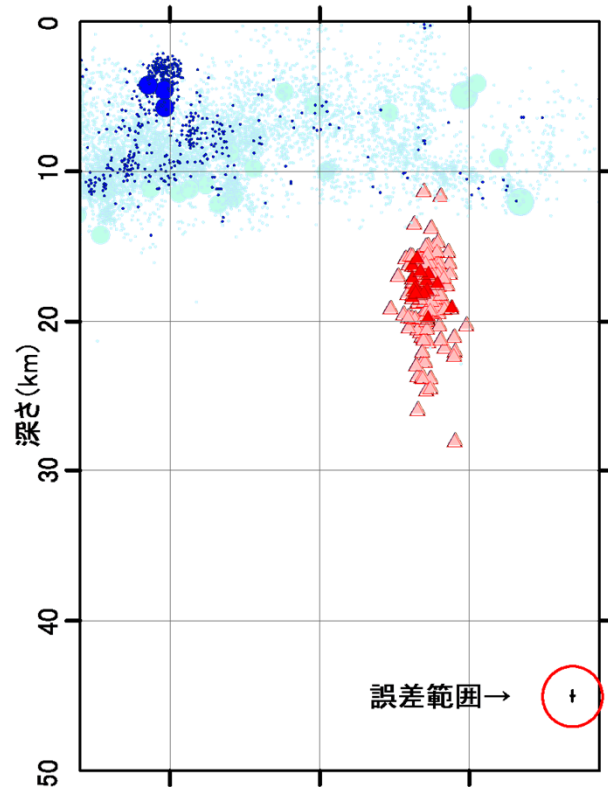
(下記のうち2015年6月以降は右のシンボル)

- 通常地震(マグニチュードM) $M < 3$
- $3 \leq M < 4$
- $4 \leq M < 5$
- $5 \leq M$
- 低周波地震
- + 震源位置誤差範囲

カルデラ壁

活断層 (中田・今泉, 2002)

- 活断層のトレース
- 活断層のトレース(位置やや不明確)
- 活断層のトレース(伏在部)
- 推定活断層



*震源は2000年以降をプロット。2015年6月5日以降を濃色表示
 **地震観測点は地震調査研究推進本部のデータベースによる高感度地震計 (2015年3月末現在)

この地図は、国土地理院発行の数値地図50mメッシュ(標高)日本-IIIを使用したものである。

(噴火規模に関する参考資料)

火山爆発度指数※1	VEI1	VEI2	VEI3	VEI4	VEI5	VEI6	VEI7	VEI8
噴出物量※1 (km ³)	0.00001~0.001	0.001~0.01	0.01~0.1	0.1~1	1~10	10~100	100~1,000	1,000~
噴煙柱高度※1 (km)	0.1~1	1~5	3~15	10~25	25~			
噴火のタイプ※2	← ストロンボリ式 →		← プルカノ式 →		← プリニー式 →		← ウルトラプリニー式 →	
規模※1	小噴火	中噴火		大噴火	巨大噴火		破局的噴火	
頻度※1	← 高頻度 →				← 低頻度 →			
主な噴火	浅間 2004年	浅間山 1973年	霧島新燃岳 2011年	桜島昭和 1946年	St.Helens 1980年	Pinatubo 1991年	Tambora 1815年	Toba 約7.4万年前
	有珠 2000年	霧島新燃岳 1959年	三宅島 1983年	駒ヶ岳 1929年	桜島大正 1914年	桜島薩摩 約1.3万年前	鬼界アカホヤ 約0.7万年前	Yellow stone 約200万年前
	北海道駒ヶ岳 1996年		有珠 1977年		桜島安永 1779年	岩戸噴火 約5万年前	始良Tn噴火 約3万年前	
	雲仙火砕流 1991年				富士 1707年	福山噴火 約9万年前	支笏第一噴火 約4.4万年前	

