

新規制基準適合性審査申請
＜(3)その他の自然現象等＞

火山

(No.57,58関連)

2019年4月23日

東北電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

目次

1. 原子力発電所の火山影響評価の背景
 2. 規制要求事項
 3. 火山の分布・仕組み
 4. 発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
 5. 発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出
 6. 降下火砕物(火山灰)による影響の特徴
 7. 火山影響評価
 8. 適合性審査の状況
- (参考資料)

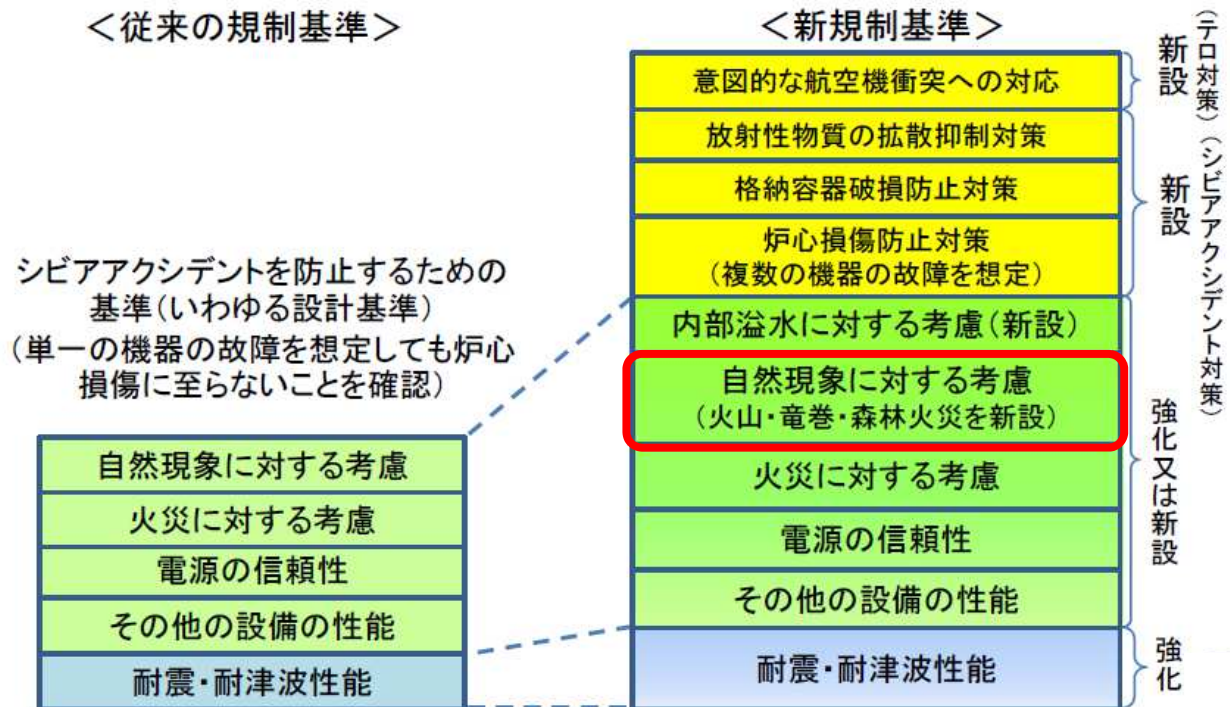


1. 原子力発電所の火山影響評価の背景

1. 原子力発電所の火山影響評価の背景

➤ 背景

- 平成23年3月11日の巨大地震による津波によって、福島第一原子力発電所でシビアアクシデントが発生
- 原子力発電所の安全に関わる新たな規制機関として原子力規制委員会(NRA)が発足
- 新規制基準において、大規模な自然災害に対する対応の強化が図られた



※「原子力規制委員会: 実用発電用原子炉に係る新規制基準について(概要)」より引用



2. 規制要求事項

2. 規制要求事項

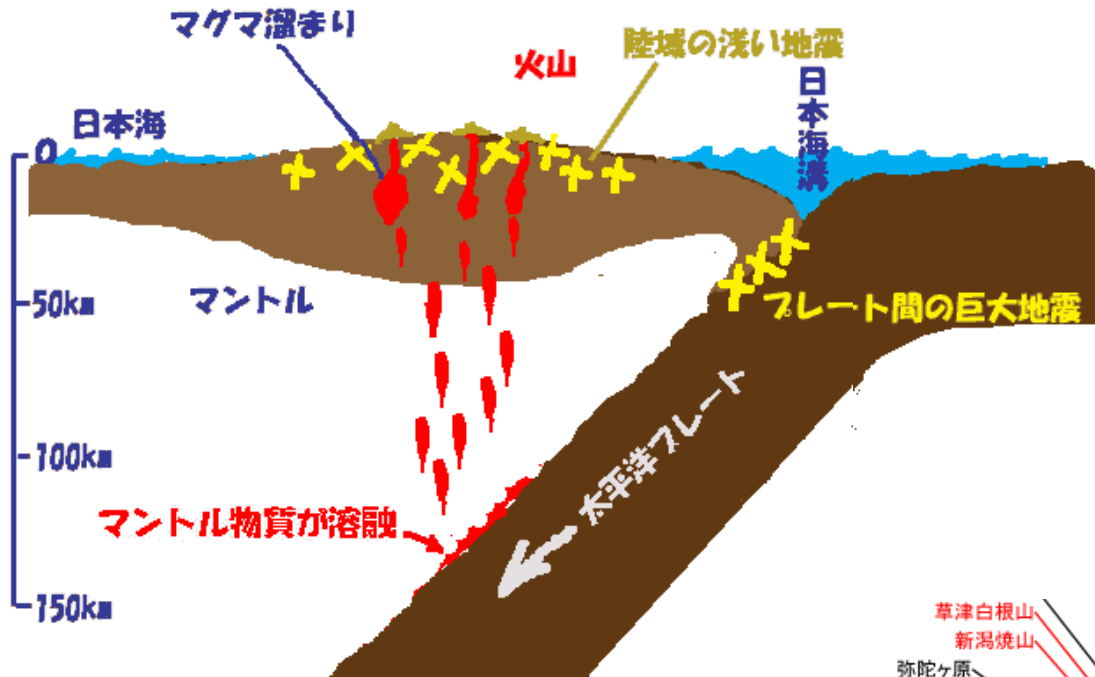
➤ 規制要求事項

- 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」第6条において、自然現象に対して、安全施設の安全機能を維持することが求められている
- これに関連して、敷地周辺の自然環境をもとに想定される自然現象の一つとして火山の影響を挙げている
- 発電用原子炉施設の安全性を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」(以下「火山ガイド」という。)を参照し、影響を及ぼし得る火山の抽出や火山活動の影響評価が要求されている



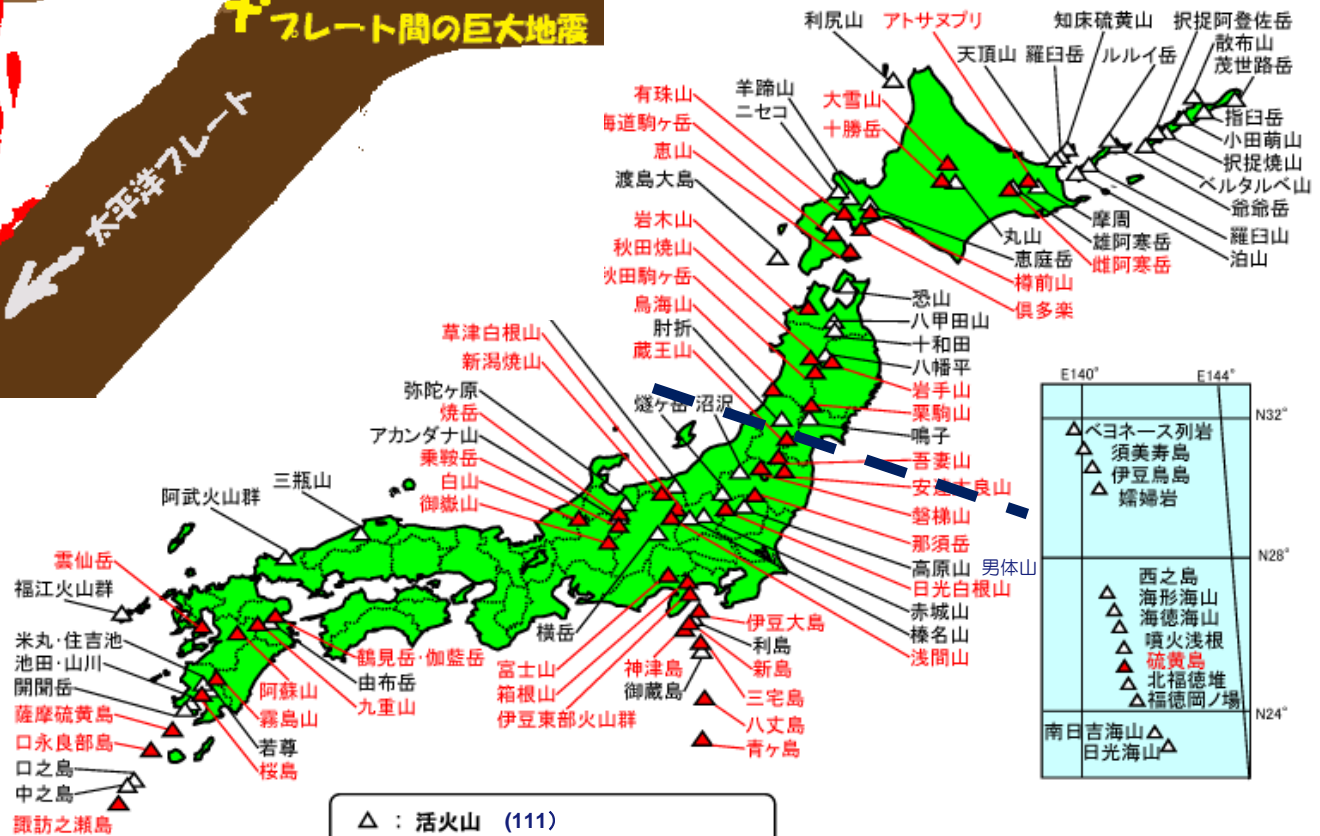
3. 火山の分布・仕組み

3. 火山の分布・仕組み



火山噴火の仕組み

※「気象庁HP」より引用
右図の青点線部の断面図



△ : 活火山 (111)
 (うち ▲ : 常時観測火山 (47))

日本の活火山分布

※「内閣府HP」より引用(一部改)



4. 発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

4. 発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

- 火山影響評価ガイドに基づき、女川原子力発電所から160kmの範囲の第四紀火山(約258万年前から現在までに活動した火山)を抽出



- 完新世(概ね1万年以内)に噴火活動があったかを確認



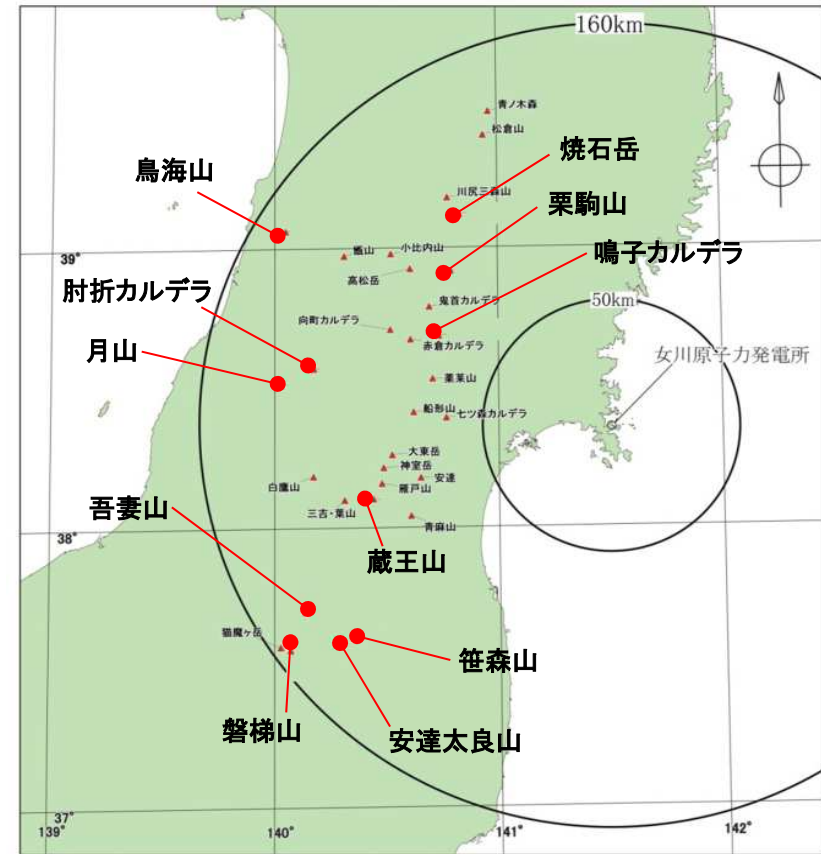
将来の火山活動の可能性を検討



焼石岳、鳥海山、栗駒山、鳴子カルデラ、肘折カルデラ、月山、蔵王山、笹森山、吾妻山、安達太良山及び磐梯山の11火山を抽出

⇒参考資料(P35~)参照

女川原子力発電所への影響を検討



原子力発電所に影響を及ぼし得る火山

女川原子力発電所にもっとも近い火山は、鳴子カルデラの約76kmである。

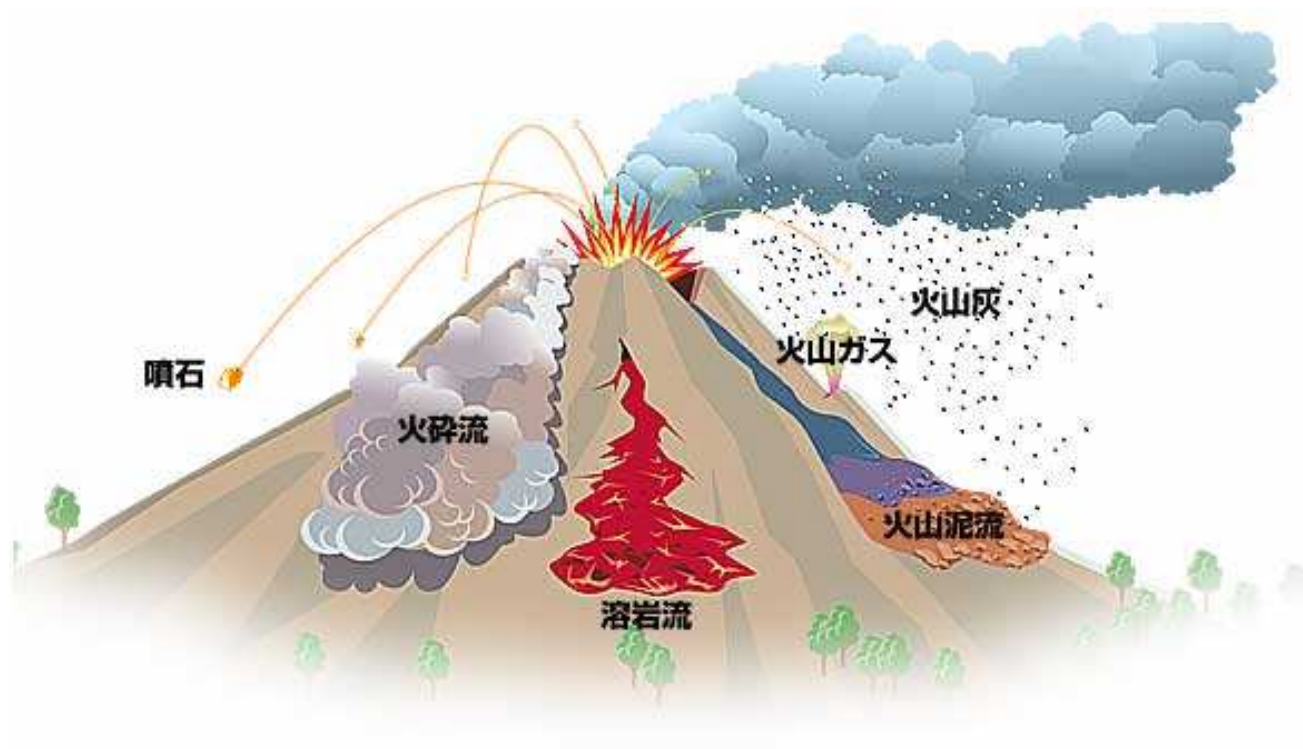


5. 発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出

5. 発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出(1/3)

➤ 考慮が必要な火山事象

- 火山ガイドに基づき、発電所に影響を与える可能性がある13の火山事象について、火山の活動性や発電所との距離、地質調査等を踏まえて、事象ごとの評価を実施



5. 発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出(2/3)

➤ 発電所に影響を及ぼし得る火山事象とその概要

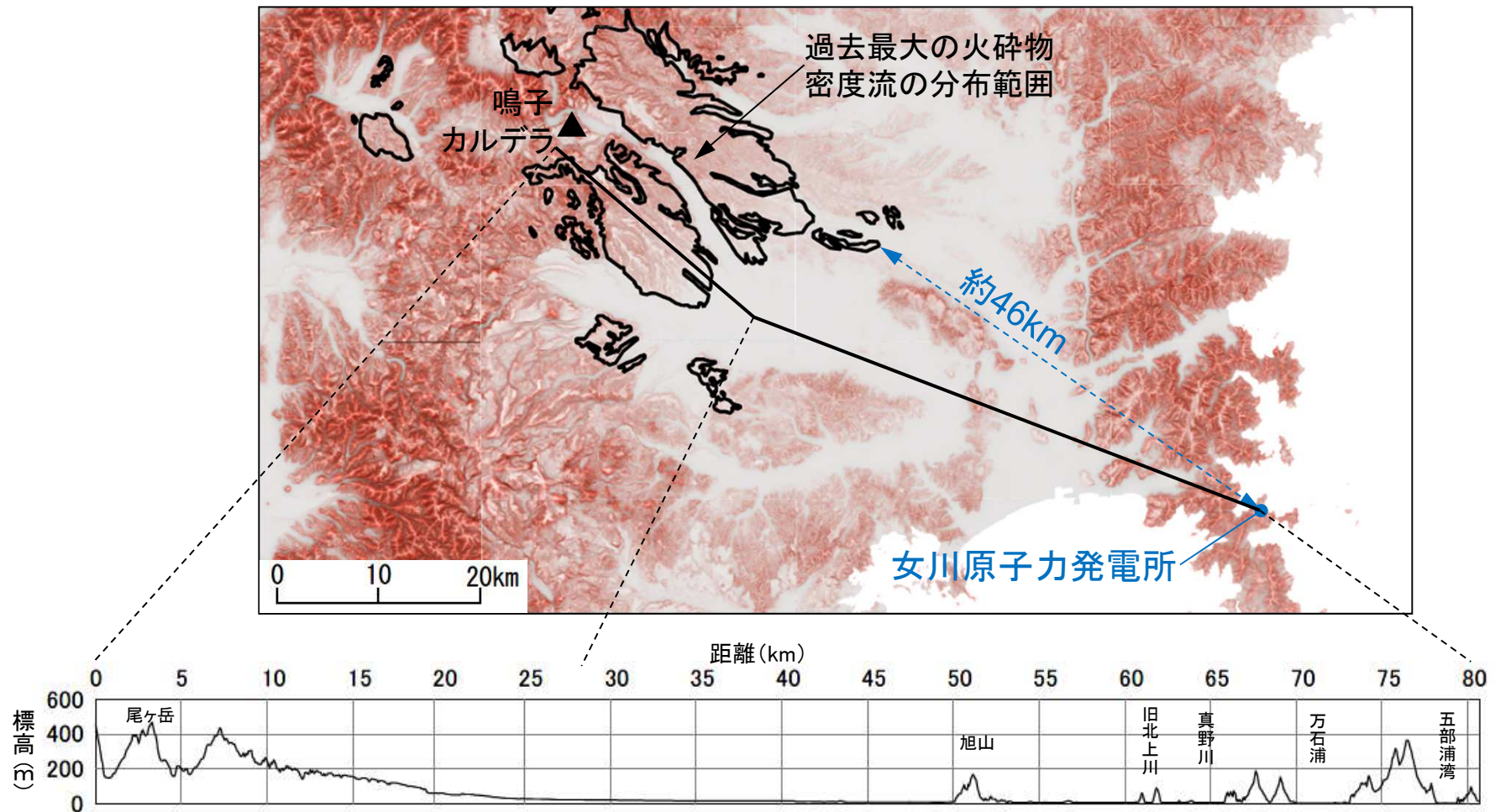
火山事象	事象の概要	発電所への影響
1. 降下火砕物	火山灰による影響であり、広範囲に影響を及ぼす	影響を及ぼす可能性あり
2. 火砕物密度流	噴石等が斜面を流れ下る現象	火山との十分な距離があるため 影響はなし ⇒次頁で「火砕物密度流」の評価を 例示
3. 溶岩流	マグマが地表に噴出し流れ下る現象	
4. 岩屑なだれ	火山体が大規模に崩壊し流れ下る現象	
5. 火山性土石流	火砕流の熱による融雪等で発生する土石流、火山泥流	
6. 噴石	火口からの噴石が飛来する現象	
7. 火山ガス	火口や噴気口から揮発性ガスが噴き出す現象	
8. 新しい火口の開口	新たに火口が開口することによる影響	
9. 火山性津波	・岩屑なだれ等が海に流入することで発生する津波 ・海底噴火に起因する津波	火山との十分な距離があるため 影響はなし
10. 大気現象	火山時の稲妻や火口噴流風等	
11. 地殻変動	マグマが多量に上昇してくることにより生じる地表の変形	敷地周辺では火山活動はない
12. 火山性地震	火山時に引き起こされる地震現象	火山との十分な距離があるため 影響はなし
13. 熱水系の影響	マグマを熱源とした熱水系による水蒸気爆発	

発電所に影響を及ぼし得る火山事象は「降下火砕物(火山灰)」のみ

5. 発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出(3/3)

▶ 火山事象に対する評価(例:火砕物密度流)

- 発電所に最も近い鳴子カルデラ(約76km)について、過去に発生した最大規模の火砕物密度流(約9万年前)の分布を調査した結果、発電所から十分離れていることを確認した





6. 降下火砕物(火山灰)による影響の特徴

6. 降下火砕物(火山灰)による影響の特徴

➤ 降下火砕物による設備への影響の特徴

- 降下火砕物が建物等に降り積もることによって、建物が倒壊する恐れがある
- 降下火砕物に付着する腐食成分によって、設備を腐食させる恐れがある
- 降下火砕物が混入することによって、設備の閉塞、摩耗等を発生させる恐れがある
- 降下火砕物を含む大気によって、人員の活動に影響を及ぼす恐れがある

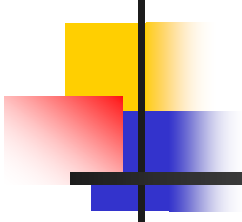
➤ 降下火砕物への対応の特徴

- 気象庁の噴火予報や降灰予報等から、降下火砕物の影響に対して、予めの準備や対策を行うことができる
- 降灰後には速やかに除灰作業等を行うことで、影響を緩和することが可能であることから、降灰直後の短期的な評価に対する対応が重要

➤ 社会全体に大きな影響を及ぼす恐れがある事象

- 送電網の損傷による大規模な停電
- 広範囲の道路に堆積することによる、大規模な交通途絶

原子力発電所への影響についても、上記の特徴を踏まえた対策を実施する



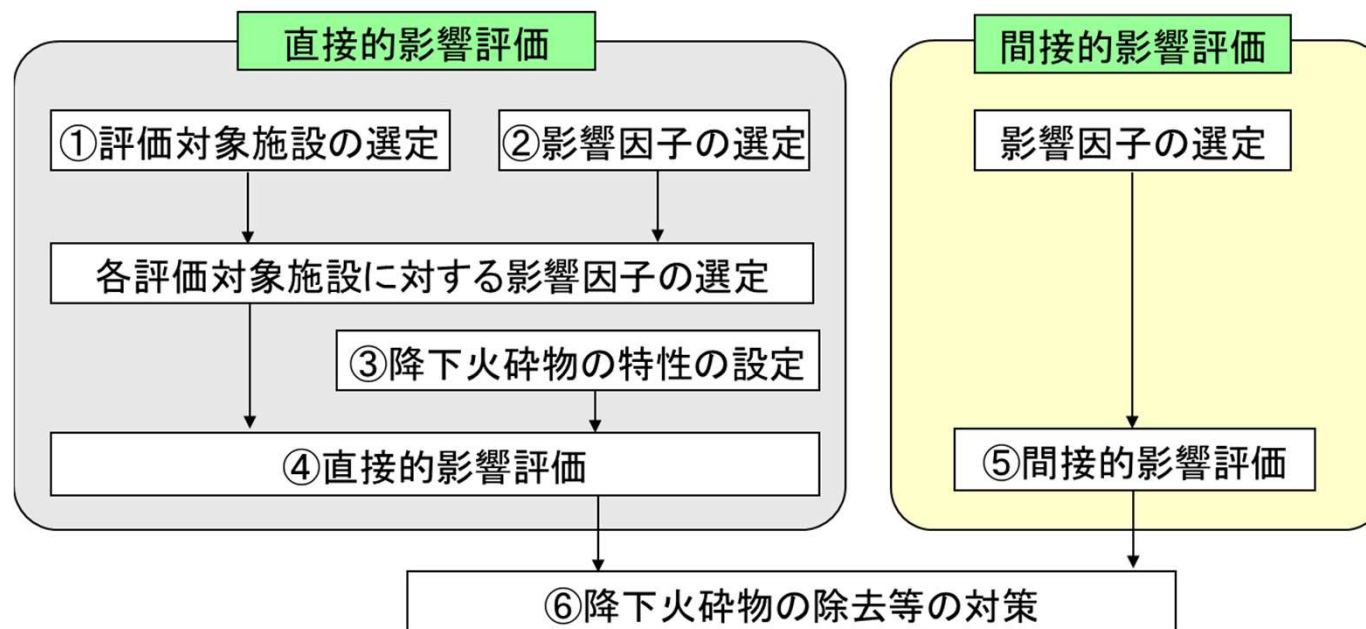
7. 火山影響評価

7. 火山影響評価(評価フロー)

➤ 火山事象(降下火砕物)に対する設計の基本方針

火山ガイドを踏まえて、降下火砕物による直接的影響、間接的影響を評価し、原子力発電所への影響を評価する

- ・直接的影響: 降下火砕物による荷重、摩耗、閉塞、腐食等の直接的な設備への影響
- ・間接的影響: 降下火砕物による広範囲の送電網の損傷によって生じる外部電源の喪失や発電所内外に降下火砕物が降り積もることによって生じる発電所へのアクセス制限



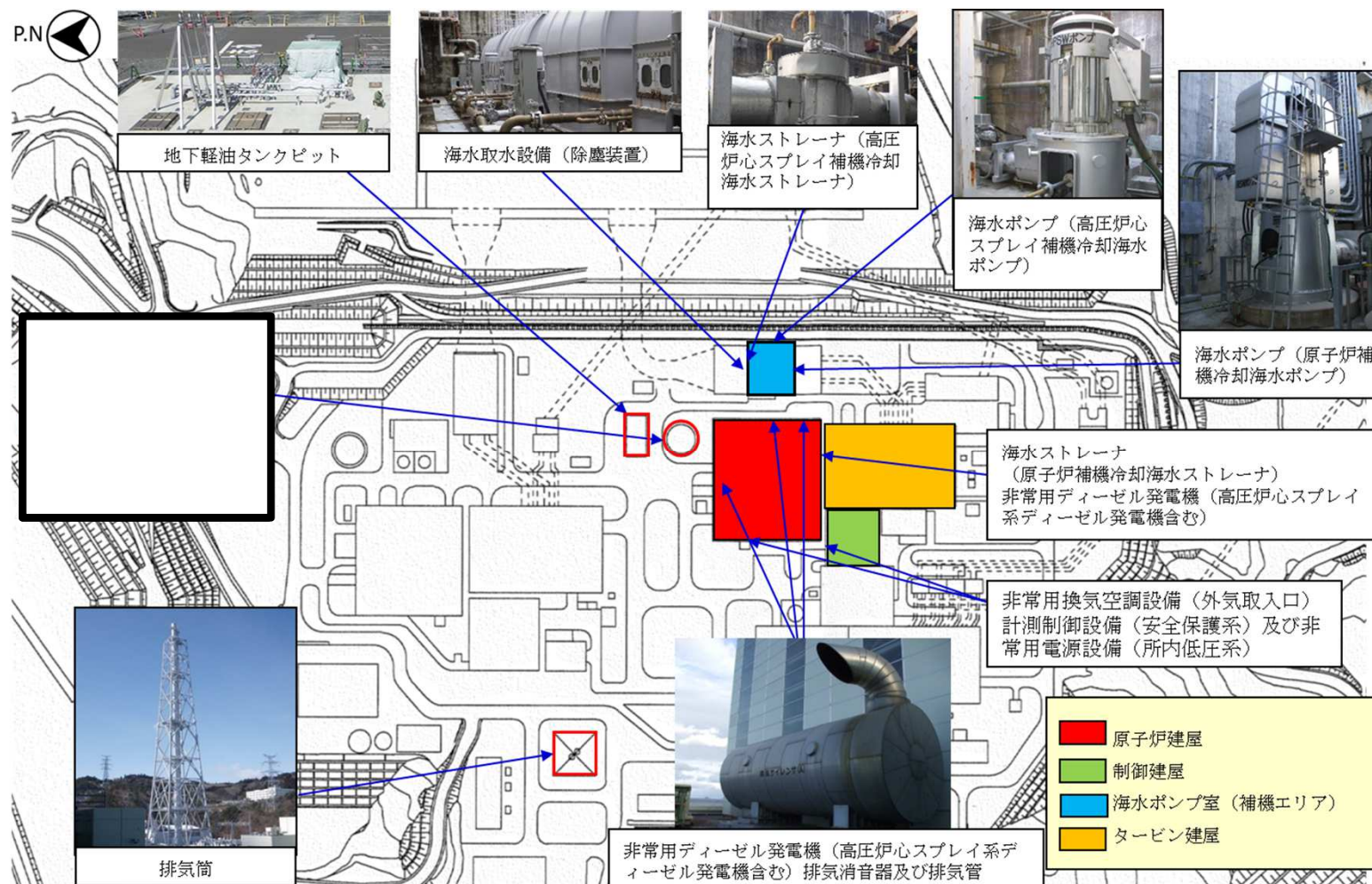
7. 火山影響評価(① 評価対象施設の選定結果)

- 降下火砕物の特徴および評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して影響を評価する

分類	評価対象施設	影響評価
屋外に設置している設備	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・制御建屋 ・タービン建屋 ・地下軽油タンクピット ・非常用海水ポンプ、海水ストレーナ ・復水貯蔵タンク ・排気筒 	降下火砕物の荷重による影響評価
		降下火砕物による腐食の影響評価
降下火砕物を含む海水の流路となる設備	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用海水ポンプ、海水ストレーナ 	海水中の降下火砕物による流路の閉塞・摩耗の影響を評価
		海水中の降下火砕物による腐食の影響を評価
降下火砕物を含む空気の流路となる設備	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用ディーゼル発電機 ・非常用換気空調設備 ・排気筒 	空気中の降下火砕物による流路の閉塞・摩耗の影響を評価
		空気中の降下火砕物による腐食の影響を評価
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む設備	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内の電源盤 	屋内設置であっても、空気を取り込む機構を有する電源盤に対する影響評価

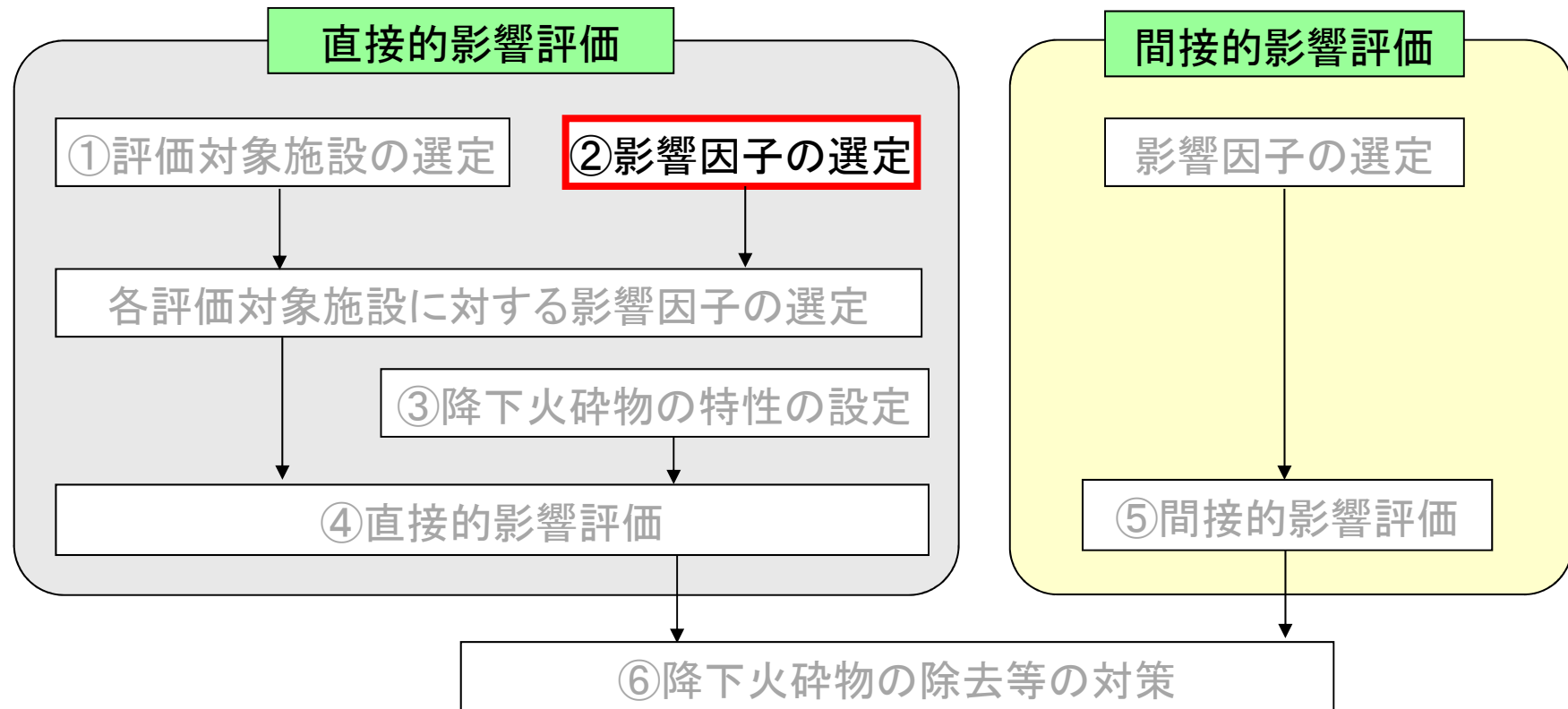
7. 火山影響評価(① 評価対象施設の選定結果)

- 評価対象施設は機器の重要度を踏まえて、火山の影響(屋外設備、降下火砕物を含む海水や空気の流路となる等)に基づき設定



枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

7. 火山影響評価(②影響因子の選定(1/3))



7. 火山影響評価(② 影響因子の選定(2/3))

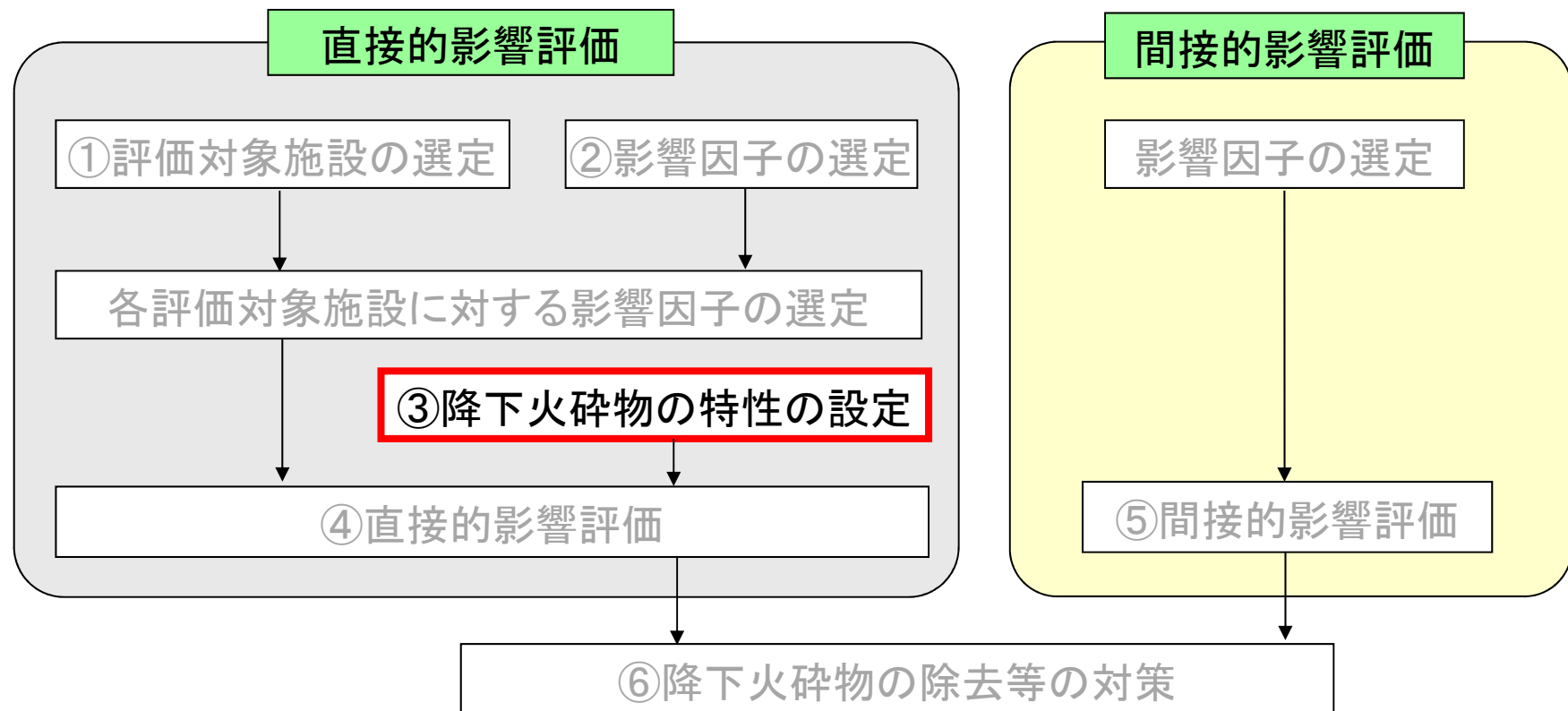
- 降下火砕物の特徴及び評価対象施設の構造や設置状況等を考慮して影響因子を選定する

影響を与える可能性のある因子	評価方法	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	降下火砕物による荷重が構造物に与える影響は降灰後に速やかに除灰することによって低減可能であるが、 <u>除灰による荷重の低減を考慮せずに評価</u> する	○
構造物への化学的影響(腐食)	降下火砕物による腐食が構造物に与える影響は降灰後に速やかに除灰することによって低減可能であるが、 <u>除灰による低減効果を考慮せずに腐食による影響を評価</u> する	○
粒子の衝突	「竜巻影響評価」における飛来物評価に包絡されるため、詳細検討は不要	—
水循環系の閉塞・摩耗	海水中に混入する降下火砕物の影響は、 <u>海水中の砂等の影響に包絡される</u> と考えられるが、ポンプの狭隘部等における閉塞・摩耗の影響を評価する	○
水循環系の化学的影響(腐食)	海水中に混入する降下火砕物の腐食影響は、 <u>海水中では耐食性のある材料を使用していることや塗装を実施していることから、影響は小さい</u> と考えられるが、海水の流路における腐食による影響を評価する	○

7. 火山影響評価(② 影響因子の選定(3/3))

影響を与える可能性のある因子	評価方法	詳細検討すべきもの
換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響(摩耗・閉塞)	空気中に漂う降下火砕物の影響は、 <u>フィルタによる除去等により低減可能である</u> が、設備の狭隘部等の摩耗や閉塞の影響を評価する	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響(腐食)	空気中に漂う降下火砕物の影響は、 <u>フィルタによる除去等により低減可能である</u> が、空気中に漂う降下火砕物の設備内部の腐食の影響を評価する	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する <u>中央制御室は、空調機を循環運転とすることで、降下火砕物の影響を低減することが可能である</u> が、この場合の居住性を評価する	○
水質汚染	発電所で使用する給水は水処理を行い、水質管理を行っていることから、詳細検討は不要	—
絶縁低下	空気中に漂う降下火砕物の影響は、 <u>フィルタによる除去等により低減可能である</u> が、屋内の空気を取込む機構を有する電源盤への影響を評価する	○

7. 火山影響評価(③降下火砕物の特性の設定(1/2))



7. 火山影響評価(③降下火砕物の特性の設定(2/2))

- 文献調査およびシミュレーション結果等により火山灰の層厚、粒径及び密度を設定
- 降雨、降雪等、同時期に想定される気象条件等の火山灰等特性への影響についても考慮

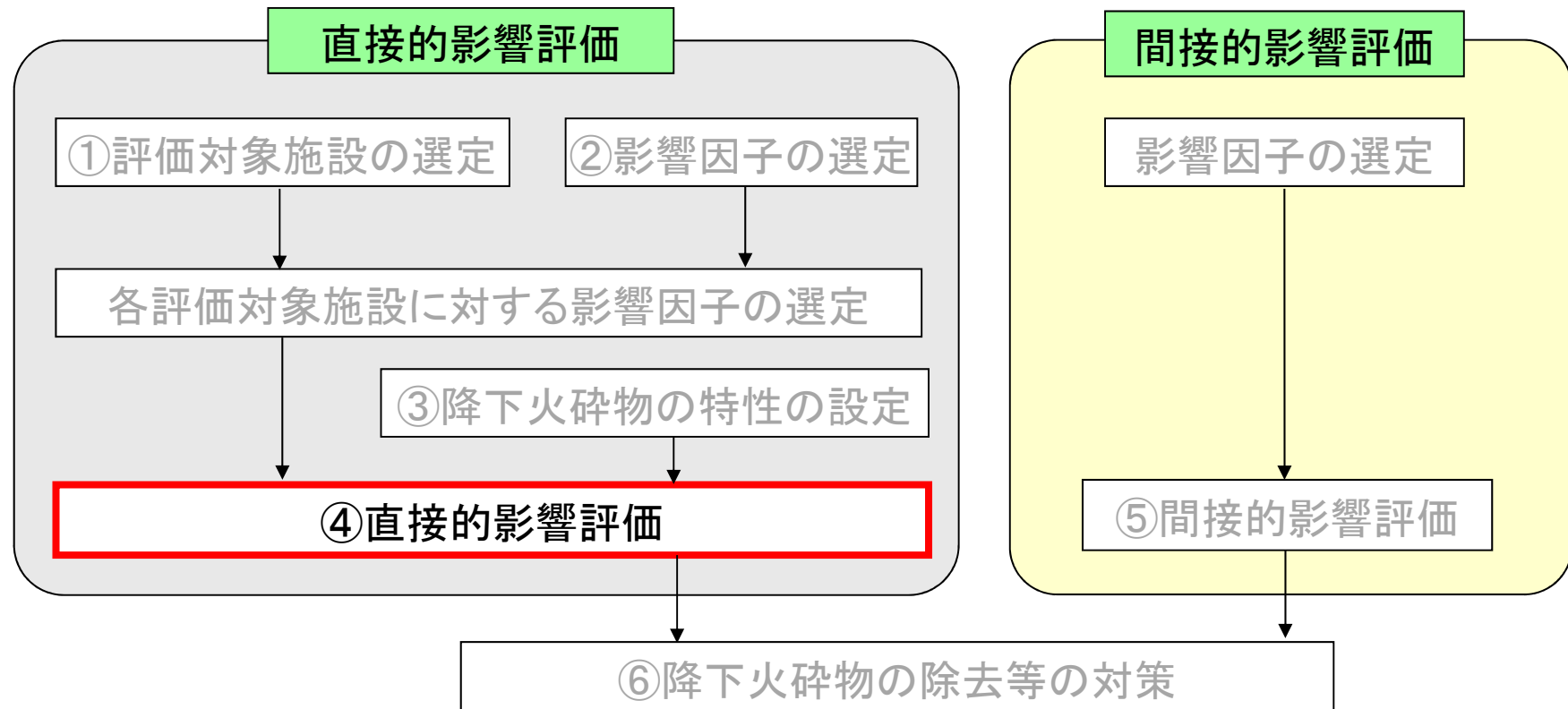
火山灰の条件		
項目	設定	備考
層厚	15 cm	鳴子カルデラ、蔵王山、肘折カルデラ等を対象にシミュレーション(産業技術総合研究所のHP上で公開)を実施 その結果、最大となった12.5cm(鳴子カルデラ)に保守性を考慮
密度	湿潤密度: 1.5 g/cm ³	乾燥密度は0.7g/cm ³ であるが、設備評価では、湿潤密度を適用
粒径	2 mm以下	閉塞評価時に考慮
化学的特性	主組成は火山ガラスや 鉱物結晶片	硬度は砂と同等またはそれ以下
	火山ガス成分が付着	腐食を引き起こす成分として硫化物イオン等を含む

【参考: 火砕物の厚さと被害との関係※】

火山灰の厚さ	主な被害
数cm	交通機関がマヒする
10cm	古い木造建物などに被害が出る(屋根が落ちる)
20~30cm	多くの木造建物などに被害が出る
50cm	半数以上の木造建物が倒壊する

※: 国土交通省HP「火山災害に係る検討について」より引用

7. 火山影響評価(④直接的影響評価(1/3))



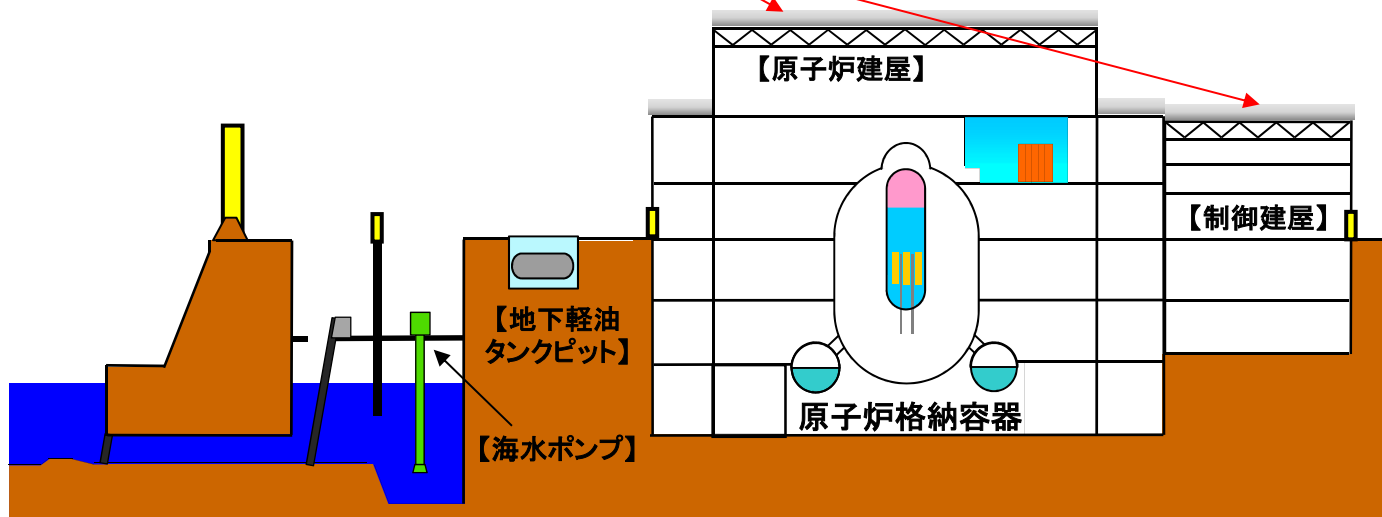
7. 火山影響評価(④直接的影響評価(2/3))

➤ 「構造物への静的負荷」の評価結果

- 降下火砕物の堆積荷重に対して、施設が十分な安全裕度を有することを確認

評価対象	評価部位	許容堆積荷重 (N/m ²)	降下火砕物 堆積荷重(N/m ²)	結果
原子炉建屋	建屋天井壁	4,117	2,547	○
制御建屋	建屋天井壁	4,559		○
タービン建屋	建屋天井壁	4,117		○

建屋に堆積する降下火砕物による荷重を評価



7. 火山影響評価(④直接的影響評価(3/3))

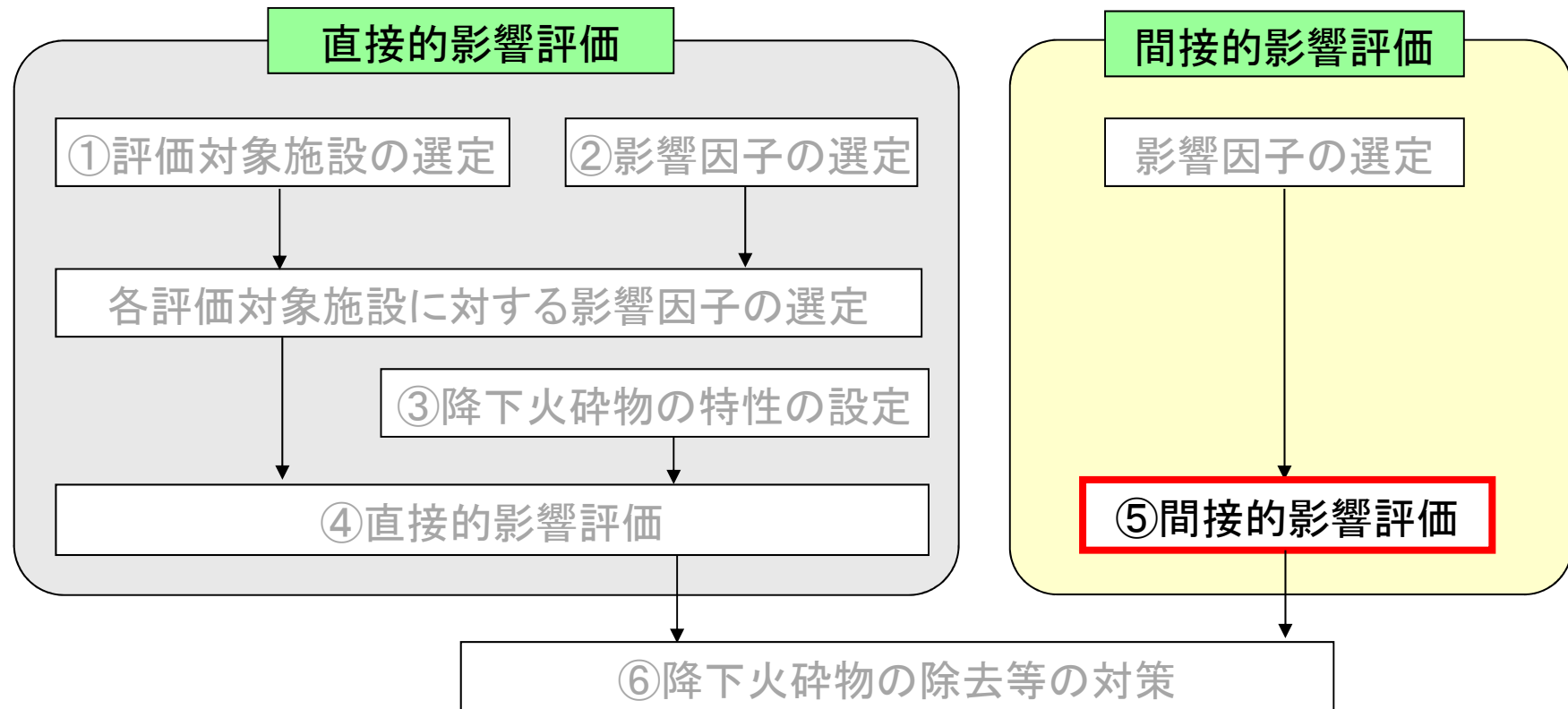
➤ 「構造物への化学的腐食」の評価結果

- 降下火砕物に付着する腐食性ガスによる腐食影響について、腐食対策が実施されていることを確認

影響因子	評価対象施設	評価対象部位	腐食対策
構造部への 化学的影響 (腐食)	・原子炉建屋、制御建屋、タービン建屋	外壁	防食塗装
	・非常用海水ポンプ	ポンプ	
		モータ	
	・海水ストレーナ	ストレーナ外面	
	・排気筒	排気筒、支持構造物	
	・復水貯蔵タンク	タンク	
	・地下軽油タンクピット	ハッチ	
	・非常用ディーゼル発電機	排気消音器	
排気管			

- 海水中の降下火砕物の腐食影響についても、ゴムライニングや塗装等の対策を実施

7. 火山影響評価(⑤間接的影響評価(1/3))



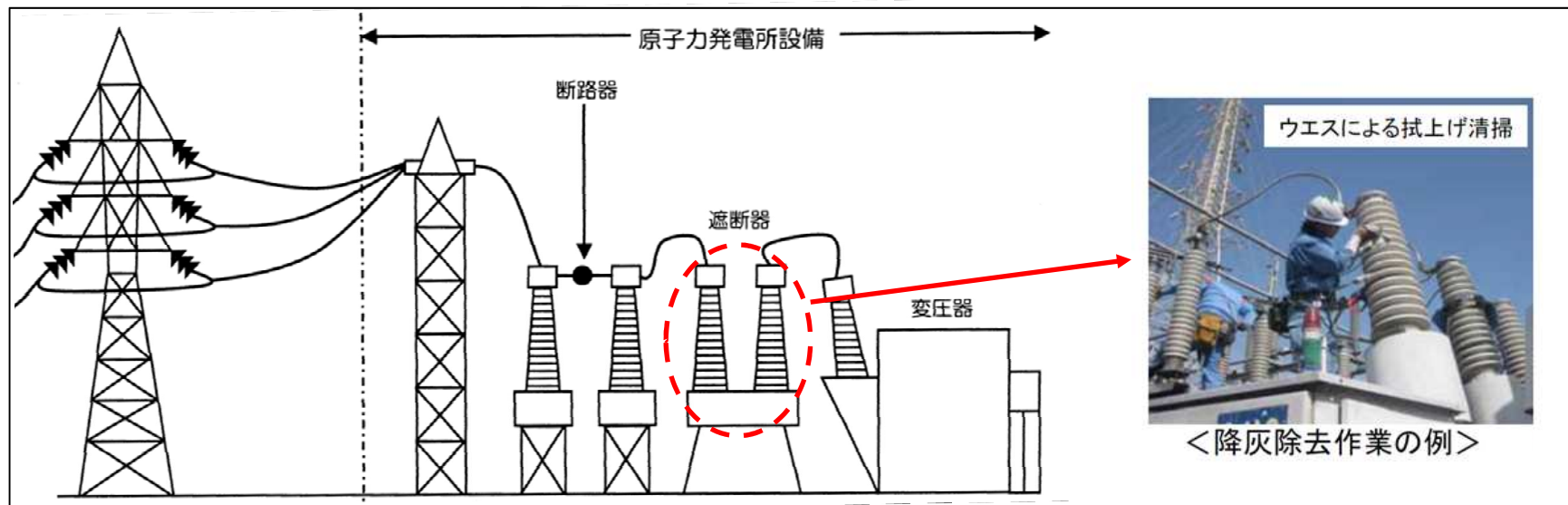
7. 火山影響評価(⑤間接的影響評価(2/3))

➤ 間接的影響に対する設計方針及び評価結果

(1) 送電線のがいし等に付着することによる絶縁低下で生じる外部電源喪失



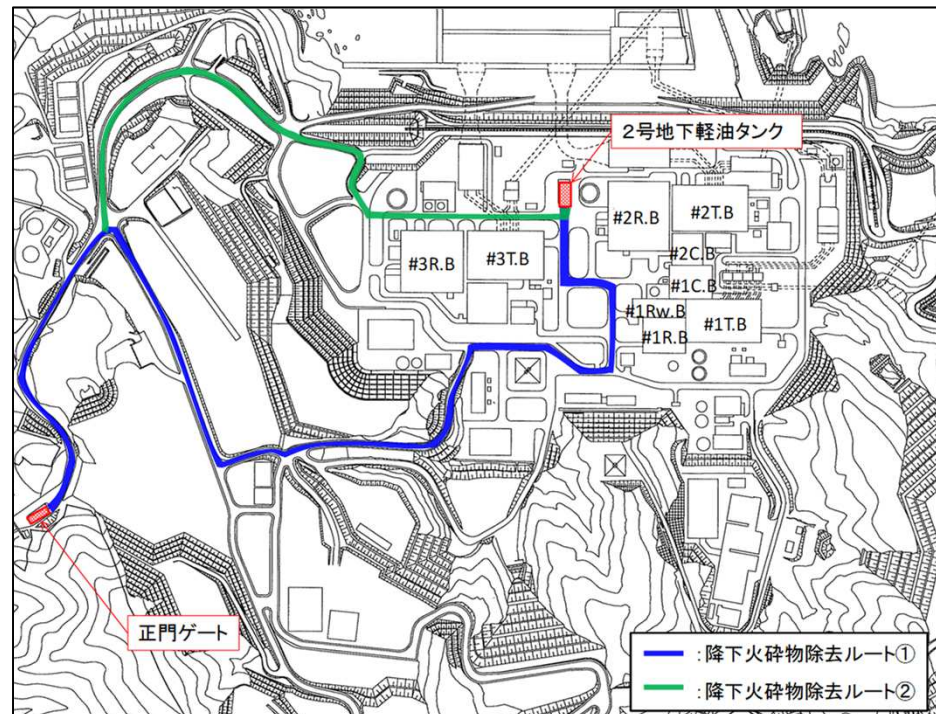
- 外部電源喪失が発生した場合でも、非常用ディーゼル発電設備は7日間運転できる燃料を確保
- 外部電源復旧後に原子力発電所が受電するにあたり、降灰の影響を受ける開閉所のがいしの除灰を実施



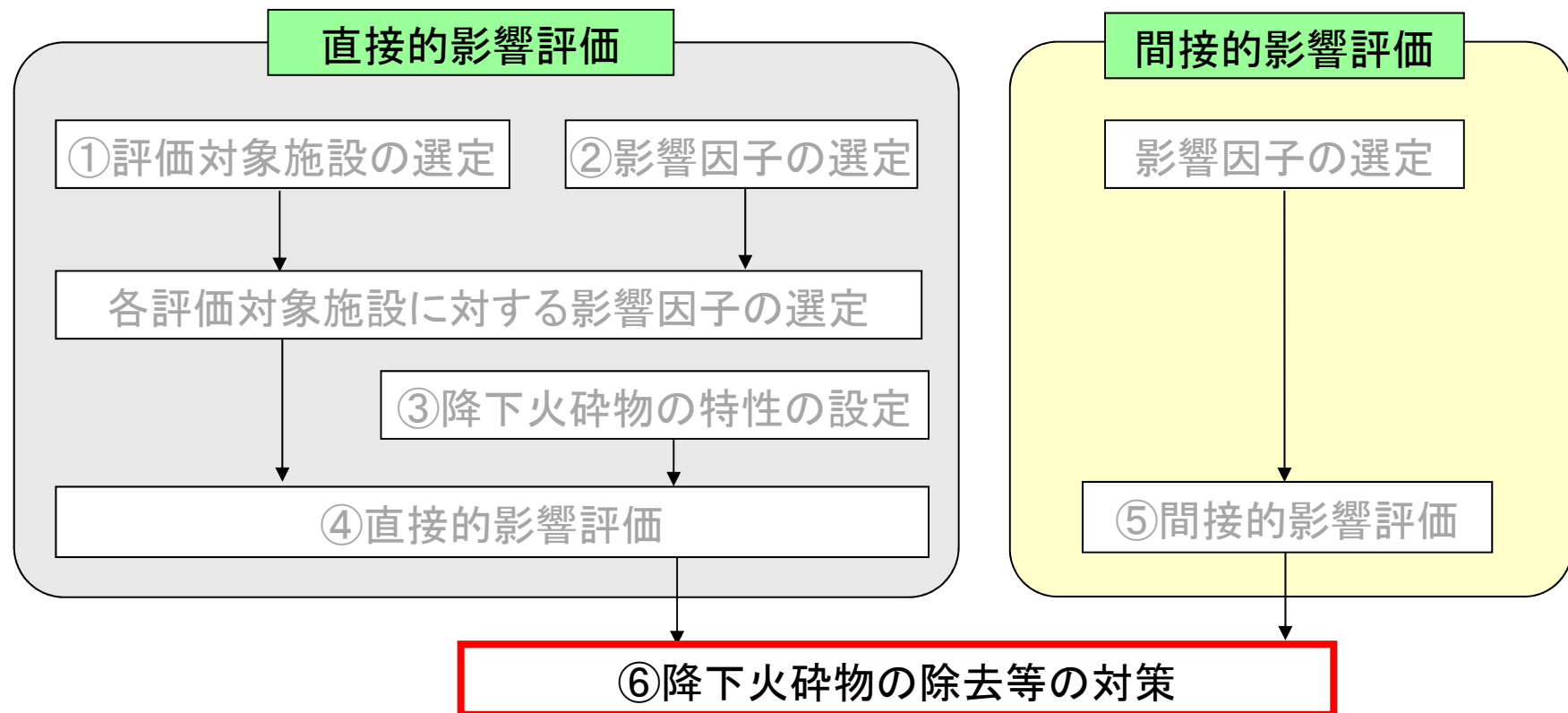
7. 火山影響評価(⑤間接的影響評価(3/3))

(2) 降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴うアクセス制限

- 外部電源喪失後、7日間以降の非常用ディーゼル発電設備の運転に備え、敷地内に降下火砕物が堆積した場合の燃料補給ルートを確認
- 構外からタンクローリーなどによる燃料の陸送を想定し、当社所有のブルドーザによる燃料補給ルートの除灰が成立することを確認



7. 火山影響評価(⑥降下火砕物の除去等の対策(1/2))



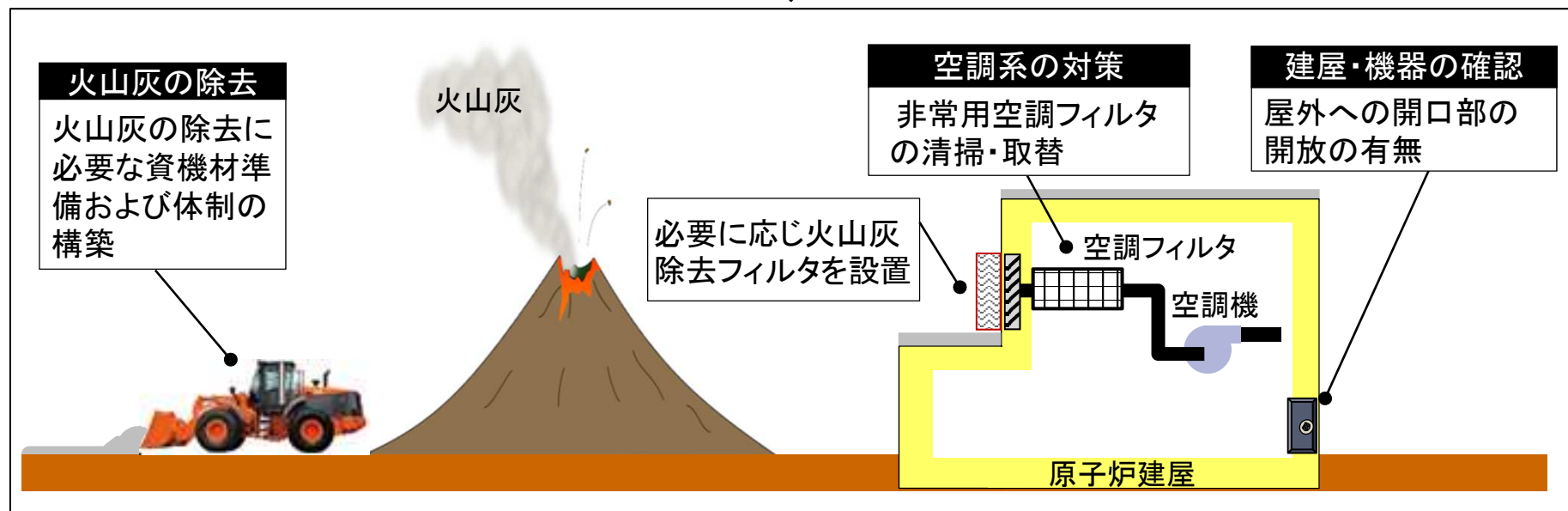
7. 火山影響評価(⑥降下火砕物の除去等の対策(2/2))

- 降下火砕物が及ぼす影響に備えて、運用手順を定め、段階的に対応

①火山の大規模な噴火兆候がある場合

- 火山情報(火山の位置、噴火規模、風向、降灰予測等)等を収集・把握
- 連絡体制を強化し、必要な要員の確認

②火山の大規模な噴火が発生した場合または、敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合



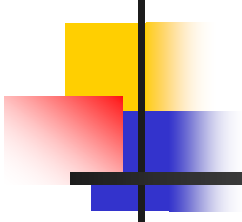


8. 適合性審査の状況

8. 適合性審査の状況

- 火山影響評価について、当社はこれまでに2回の審査会合で説明
- 審査では、降下火砕物と組合せる積雪荷重の考え方等の質問・指摘を受けて説明を実施。火山影響評価に係る回答は概ね終了

主な質問・指摘事項	回答状況
✓ 降下火砕物の堆積による静的負荷に関し、降下火砕物と重畳させる積雪の荷重について、関連する基準要求を踏まえて、重畳の考え方を整理して提示すること。除灰の効果을期待する場合は、積雪下での除灰の実現性について、整理して提示すること。	✓ 降下火砕物による荷重に組み合わせる積雪荷重の考え方を整理し、適用の妥当性を説明。降下火砕物による荷重と積雪による荷重の組合せにおいては、除灰の効果は期待しないものとする
✓ 間接的影響（長期間の外部電源の喪失および交通の途絶）の評価について、外部からの支援が7日以降可能となる妥当性を提示すること。開閉所の除灰について、検討して提示すること。	✓ 降灰による間接的影響発生時の外部からの支援については、事象発生後6日間までに発電所外からの支援が受けられるよう支援計画を定めるとともに体制を整備する。また、開閉所の除灰を行うことにより、7日間以降外部電源が受電可能である



(参考資料)

対象火山の見直しについて

- 新規規制基準適合性審査への申請時点(2013.12)においては、その時点の評価を踏まえ、発電所に影響を及ぼし得る火山の対象は10火山としていた
- その後、2015年に発表された知見※を踏まえ、以下のとおり、「将来の火山活動の可能性検討」をあらためて行った結果、発電所に影響を及ぼし得る火山として笹森山を追加し、11火山とした

※ 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, 第66巻, 第1/2号, p.15-20

- 笹森山の活動期間は、『約370万年前から約200万年前』と考えられていたが、上記の知見により、火砕物密度流の年代が約180万年前の可能性があると指摘されたため、活動期間を『約370万年前から約180万年前』に見直した
- その結果、笹森山が活動していない期間よりも活動していた期間の方が長くなったことから、笹森山を発電所に影響を及ぼし得る火山に抽出することとした

