

JEAG4625-2014

原子力発電所火山影響評価技術指針 改定の概要

平成26年5月

日本電気協会
原子力規格委員会
耐震設計分科会
火山検討会

目次

- 地震等外部事象に対する原子力安全の基本的考え方
- 火山現象に対する原子力安全確保の考え方
- 指針制定の経緯
- 火山JEAGの構成と改定内容
- IAEA安全ガイドとJEAGとの比較
- 第1章の概要
- 第2章の概要
- 第3章 詳細設計段階以降での検討内容
- 今後の取組み

地震等外部事象に対する原子力安全の基本的考え方

原子力安全の目的

「人と環境を原子力の施設とその活動に起因する放射線の有害な影響から防護すること」



[地震等の外部事象に対する安全確保]

バウンダリ機能、冷却機能、制御機能、電源供給機能といった重要安全機能が外部事象の影響により失われないよう、深層防護の概念に基き、いかなる場合にも対処できるように対策を検討し、用意しておく

第1層(異常の発生防止) 立地段階の建設地点の選定 等

第2層(事故への拡大防止) 設計想定事象への設計・運用

第3層(事故の影響緩和) 放射能放出低減策

第4層(設計基準を越す事故への施設内対策)

第5層(防災対策)

火山現象に対する原子力安全確保の考え方

原子力発電所は、供用期間中に極めてまれであっても、その噴火により発電所に影響を与える火山現象に対し、発電所の安全性が損なわれないように設計並びに運用することが求められる



[火山現象に対する安全確保の考え方]
「火山現象から屋外設備を防護する」こと、及び建屋内設備については「建屋内に火山現象の影響を及ぼさない」ことにより、重要な安全機能の喪失を防ぎ、安全を確保することを基本とする

[防護すべき安全機能]

- 火山現象の影響から屋内の重要な安全機能を防護することにより、事故の発生を防止する
- 火山現象の影響により発電所が運転を停止したとしても、屋内に加えて屋外の重要な安全機能を防護することにより事故への拡大を防止する



- 発電所を安全に停止し、高温停止状態から低温停止状態へ移行させ、かつ低温停止状態を維持するための安全機能
- 使用済み燃料貯蔵プールについては、冷却機能を維持するために必要な安全機能

[IAEAや規制委ガイドとの比較]

- ✓ IAEAガイドや新規制基準において定められた「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を踏まえて、本指針を策定

指針制定の経緯

時 期	摘 要
H18年	IAEA（原子力安全基準委員会）において、火山評価ガイドラインの正式基準化が決定
H18年5月15日	耐震設計分科会にて火山評価のJEAG策定及び火山検討会の設置が承認
H18年6月27日	第1回火山検討会にてJEAG火山影響評価指針（仮称）の検討を開始
H21年6月	「原子力発電所火山影響評価技術指針」JEAG4625－2009制定
H23年1月	「詳細設計段階での配慮」として、原子力発電所の機械・電気品等の詳細設計段階での配慮について検討を開始
H24年9月26日	規格委員会中間報告
H24年2月12日～3月4日	耐震設計分科会書面投票（1回目）→反対意見あり
H25年4月11日～5月10日	規制委員会火山影響評価ガイドパブコメ
H25年6月19日	規制委員会火山影響評価ガイド制定
H25年9月4日～24日	耐震設計分科会書面投票（2回目）→承認
H25年9月30日	規格委員会最終報告
H25年10月1日～21日	規格委員会書面投票
H25年12月6日～ H26年2月5日	規格委員会公衆審査

火山JEAGの構成と改定内容

第1章、第2章【立地評価】

- 調査対象の火山(第四紀火山)
- 調査対象の火山現象
- 各火山現象の最大到達距離(既往最大噴火を考慮)
- 調査の具体的方法
- 発電所への影響を考慮する火山現象、検討項目

旧版
JEAG4625-2009

第3章【設備対策】

- 詳細設計段階で考慮する火山現象の選定(火山灰、火山ガス)
- 評価対象設備の抽出
- 評価項目の検討(決定論的アプローチ)
- 各設備の評価例
- その他考慮事項(保護具など)

規制委員会火山ガイドへの対応

- モニタリング
 - ー測定機器例、運用法
- 火山現象の間接的影響
 - ー外部電源の喪失
 - ー道路交通の遮断
 - ー工業用水等の停止

今回改訂範囲
(STEP1)

新版 JEAG4625-2014

IAEA安全ガイドとJEAGとの比較

No.	JEAG4625			IAEA安全ガイド	
	火山現象	第2章調査項目・影響	第3章記載	サイト除外条件と見なされるか？	影響緩和可能か？
①	火山灰等	粒径、密度、堆積物厚さ	○	No	Y e s
②	火山弾等の放出	温度、流量、粒径、密度 設計対応が困難な場合は、立地再検討	△	Yes	Y e s
③	火砕流及び火砕サージ		△	Yes	No
④	溶岩流		△	Yes	No
⑤	火山ガスの噴出	ガスの種類、濃度	○	No	Yes
⑥	岩屑なだれ	温度、流量、粒径、密度 設計対応が困難な場合は、立地再検討	△	Yes	No
⑦	火山泥流、山体崩壊による洪水		△	Yes	Yes
⑧	新火口の形成	設計対応は困難 立地再検討	—	Yes	No
—	地下水異常		△	Yes	Yes

△：今後新知見が得られた場合、必要に応じ指針に反映

第1章の概要

原子力発電所への影響評価の基本方針

「重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器並びにそれらに影響を与える構築物，系統及び機器の設計にあたり考慮する必要がある自然現象のうち，火山現象について，原子力発電所の安全性に与える影響の有無の評価及びそのために必要な調査・検討並びに必要な設計上の考慮事項について規定する」

→安全重要度の高い設備を対象とすることを記載

【解説】

原子力発電所の供用期間中に極めてまれではあっても，発生する可能性があり，構築物，系統及び機器の設計にあたり考慮することが適切な火山現象について規定する。

ここで，設計上の考慮事項の対象施設は，プラントを安全に停止し，高温停止状態から，冷温停止状態へ移行し，且つ，冷温停止状態を維持し，使用済燃料貯蔵プールについては冷却機能を維持するために使用しなければならない構築物，系統及び機器である。

→防護対象施設の考え方を解説

プラントの安全を確保するための施設には，設計基準事象に対する設計基準対象施設と，想定を超えた場合の事象に対する重大事故等対処施設があるが，ここでは，設計基準対象施設を対象とし，設計上の考慮事項等を規定する。

なお，東日本大震災からの教訓で，原子力発電所のシビアアクシデント対策として，重大事故等対処施設の充実化が図られており，重大事故等対処施設に係る規定については，設計基準対象施設に対する規定を基に，将来の改定時に反映する。

→今回の改訂の位置づけを明確化
(重大事故等対処施設に関する対策は、次のステップの作業とする)

第2章の概要

調査対象火山
・第四紀火山

調査対象の火山現象

- ①火山灰
- ②火山弾
- ③火砕流、火砕サージ
- ④溶岩流
- ⑤火山ガス
- ⑥岩屑なだれ
- ⑦火山泥流
- ⑧新火口形成

調査対象範囲(附属書2.2)

火山現象	敷地との位置関係
②火山弾等の放出	噴出中心が敷地から10km以内
③火砕流及び火砕サージ	噴出中心が敷地から160km以内
④溶岩流	噴出中心が敷地から50km以内
⑤火山ガスの噴出	噴出中心が敷地から160km以内
⑥岩屑なだれ	噴出中心が敷地から50km以内
⑦火山泥流	噴出中心が敷地から120km以内

- ①火山灰等の降下については、噴出源にかかわらず、敷地及び敷地付近の調査から求められる厚さと同等の厚さの火山灰等が降下するものとする。
- ⑧新火口の形成については、当該火山の過去の火口・火道の分布範囲及びその近傍に敷地が位置する場合には、原子力発電所の供用期間中に、新火口が形成される可能性を検討する。

調査手法

・文献調査、地形調査、地質調査、地球物理学的調査

活動の可能性を考慮する火山の抽出

原子力発電所の安全性への影響を考慮する火山現象の検討

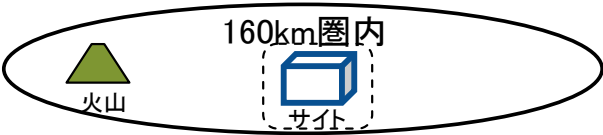
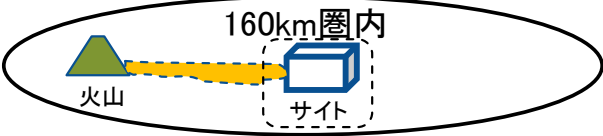
火山活動のモニタリング
(次項参照)

詳細設計段階における検討項目の整理／詳細設計における設計対応可能性

火山活動のモニタリング

➤モニタリングの実施

→JEAG本文に記載

供用期間中に敷地への到達を想定する必要がないと判断した火山	(火砕流の例)  160km圏内 火山 サイト サイト敷地に過去の火山現象の痕跡なし	モニタリング対象外
	 160km圏内 火山 サイト サイト敷地に過去の火山現象の痕跡あり	モニタリング対象

➤モニタリングの対象の火山活動と観測機器

→附属書に記載

火山活動	観測機器 (例)
地震活動	地震計 (広帯域・高感度)
地殻変動	傾斜計、GPS
噴気・熱活動	監視カメラ、赤外線カメラ

➤その他

- ・運用上の配慮事項、観測データの評価、他機関の観測データ活用

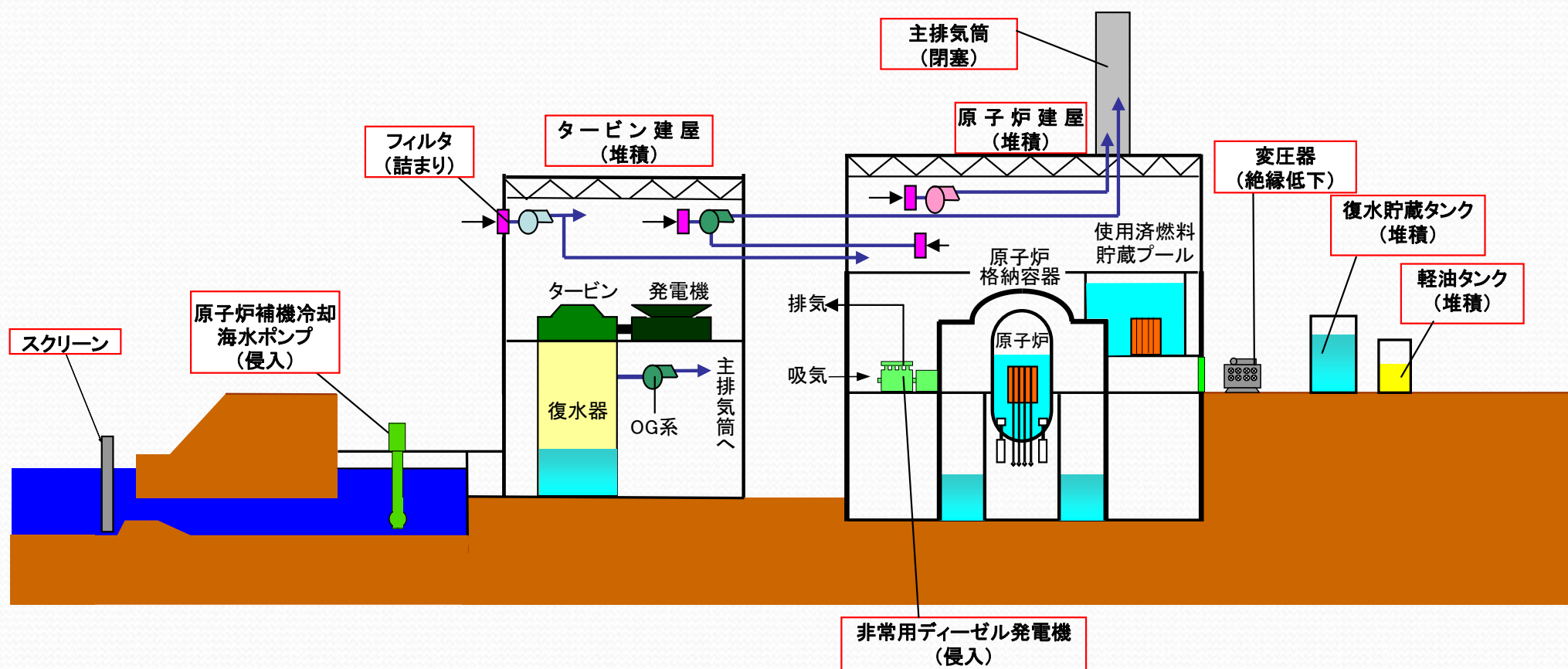
第3章 詳細設計段階以降での検討内容 (設計上の配慮の基本方針)

＜設備影響評価と火山灰等の除去を行なうなど運用面を含めた基準とする。＞

- ・設備の構造自体が、火山灰等が侵入し難い構造であること。
- ・容易にアクセス可能で、堆積する火山灰を除去可能であること・・・など。

- 火山噴火活動は、観測網が整備された幾つかの火山においては、噴火の先行現象の検知とそれに基づく噴火開始前の情報発信が可能となってきた。
- 本格的な火山噴火の前に、サイト内における体制を整えることができ、さらに、火山噴火から火山灰等がサイトに到達するまでに時間を要することから、実際に火山灰が降り始めるタイミングで除去するなどの対応を図ることができる。

火山灰等により影響を受ける可能性のある設備の例 (A B W R)



対象設備の考え方の整理

- プラントを安全に停止し、高温停止状態から冷温停止状態へ移行し、且つ、冷温停止状態を維持するための設備
- 使用済燃料貯蔵プールについて、冷却機能を維持するための設備
- 安全重要度が下位の設備であっても、その停止により、上位の安全重要度の設備の運転に影響を及ぼす設備
- 指針案では、系統を特定せず、機器種別毎（ポンプ、容器、構築物、変圧器等）の分類で、影響評価基準を策定することとしている。
- 開閉所設備等の屋外電気設備については、参考資料としてとりまとめる。

対象機器の選定例

火山評価対象設備の例(BWR)

	カテゴリ	対象設備	火山灰等影響内容
1	屋外タンク	復水貯蔵タンク	堆積による損傷（座屈等）
		D/G燃料油タンク	
2	屋外ポンプ	D/G燃料移送ポンプ	侵入による作動不良
		海水ポンプ	
3	非常用電源	ディーゼル機関	侵入による作動不良
4	換気空調設備	給気フィルタ	フィルタの閉塞
5	排気筒	排気筒	侵入による閉塞
6	取水設備	海水除塵装置	侵入による海水系設備への影響
7	海水系機器	熱交換器	侵入による閉塞
8	建屋	原子炉建屋、タービン建屋等	堆積による損傷
その他		開閉所・変圧器	絶縁低下

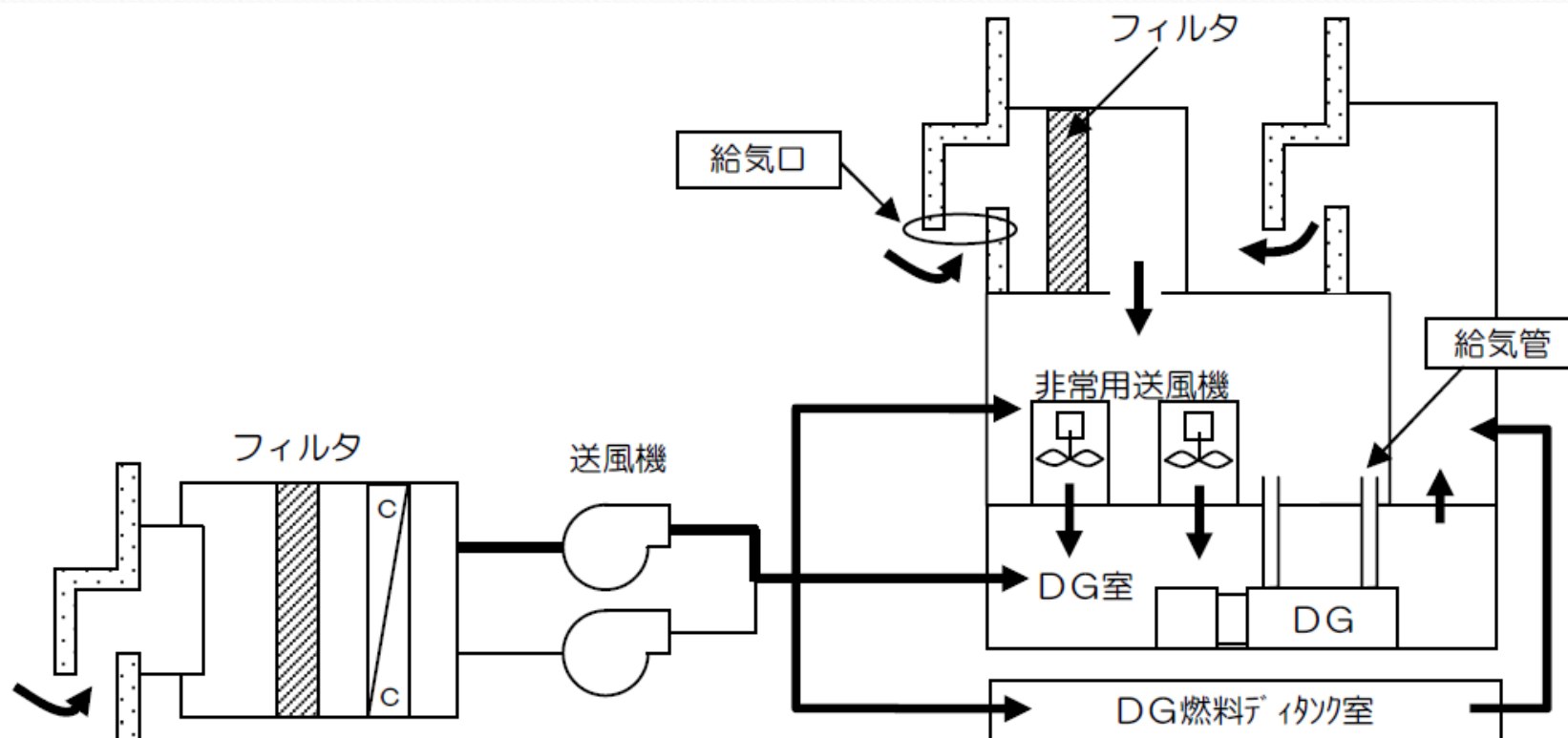
具体的な検討事例の紹介－ディーゼル機関

設計上の考慮

- ・火山灰が内燃機関内部に侵入しない様フィルタが設置されていること
または火山灰が給気口に侵入し難い構造となっていること

補足

降灰時における非常用ディーゼル発電機の運転継続を考慮し、フィルタおよび火山灰の吸入経路の清掃の手順を検討しておくとともに、予備のフィルタおよび潤滑油ストレーナ等の配備をしておく。



具体的な検討事例の紹介－換気空調系

設計上の考慮

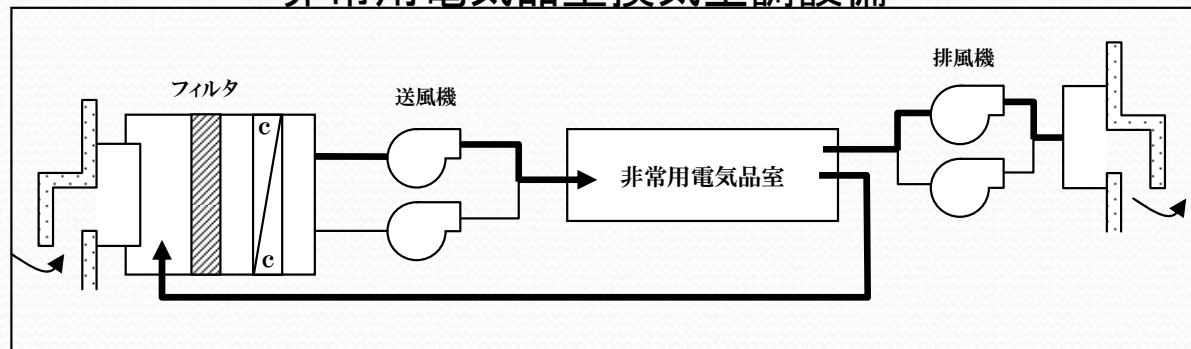
- ・建屋換気空調設備にフィルタが設置されていること
- ・中央制御室換気空調設備は外気を隔離した運転が可能であること
- ・フィルタを交換できる構造であること

補足

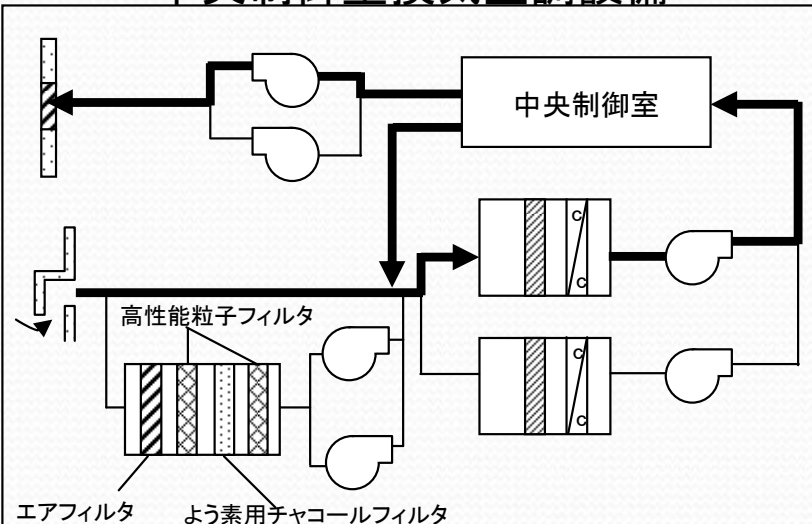
フィルタ交換等、換気空調設備の復旧作業の間、換気空調設備の機能が喪失することになるため、その期間の室温上昇に対して、機械品、電気品の機能が健全であることを評価すること。

中央制御室換気空調設備は、外気遮断運転が可能であり、この運転を行うことで火山灰の侵入を防止する。なお、外気遮断運転可能時間を評価しておくこと。

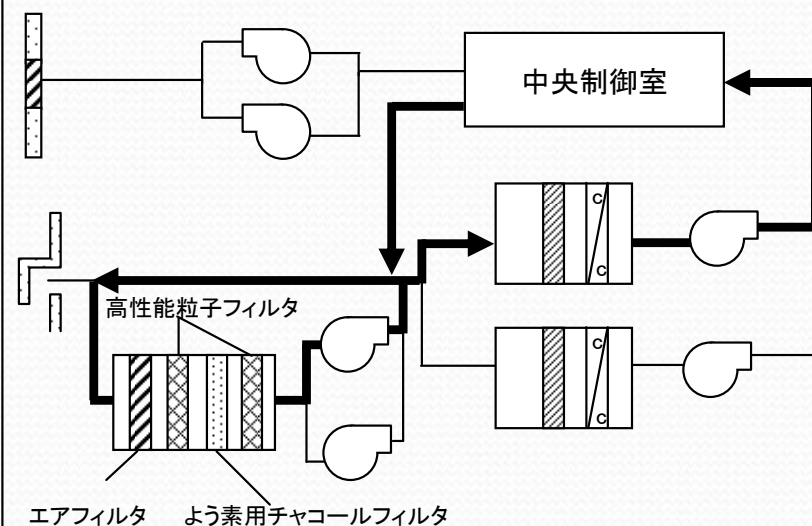
非常用電気品室換気空調設備



中央制御室換気空調設備

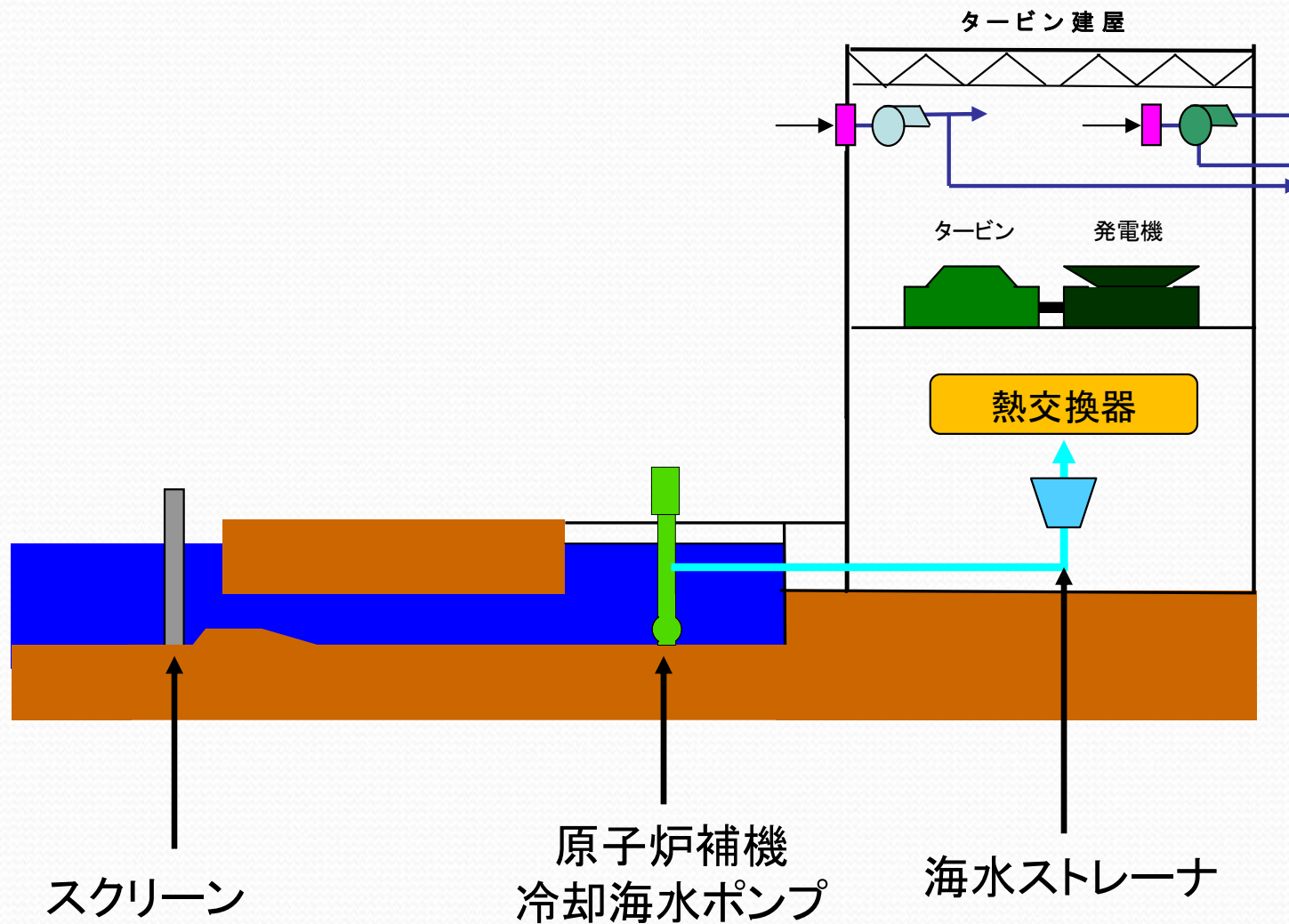


外気取入れ運転



外気遮断運転

具体的な検討事例の紹介－海水系

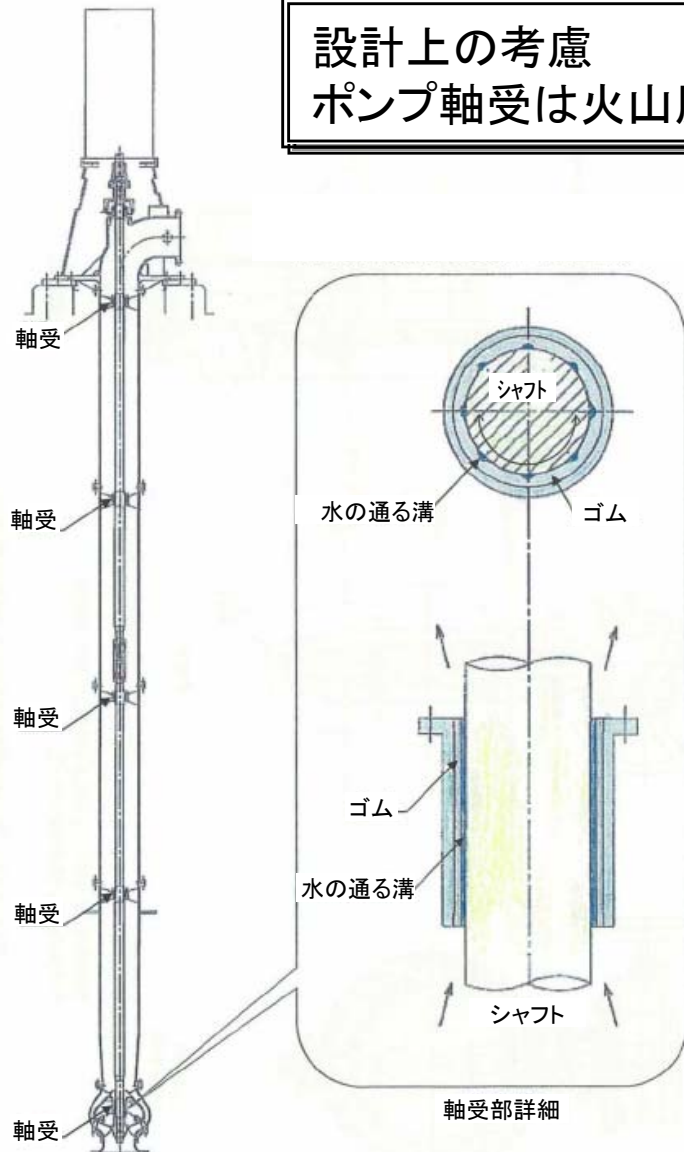


海水系の概要

原子炉補機冷却海水ポンプ

設計上の考慮

ポンプ軸受は火山灰の影響を受けにくい構造であること

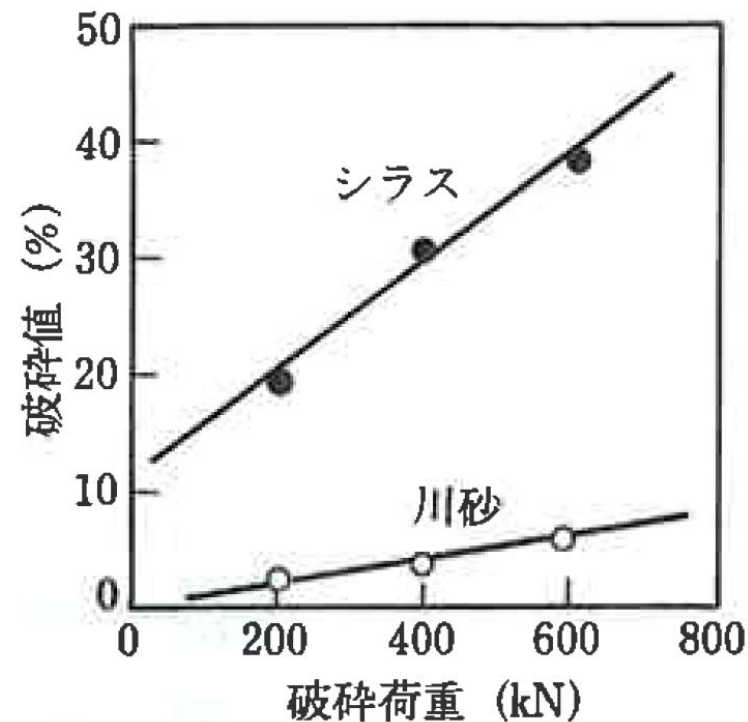


軸(シャフト)と軸受の間に入った異物は、軸の回転により溝へ導かれ、軸受の外へ排出される。

(解説)

砂と火山灰の「破碎し易さ」の違いについては、武若耕司等※による調査報告があり、砂に対するガラスを主成分とする火山灰の「破碎し易さ」は、10倍以上ある(下図参照)。

ポンプ軸受への火山灰侵入を想定した場合でも、短時間で軸受けが損傷することはないと考えられる。

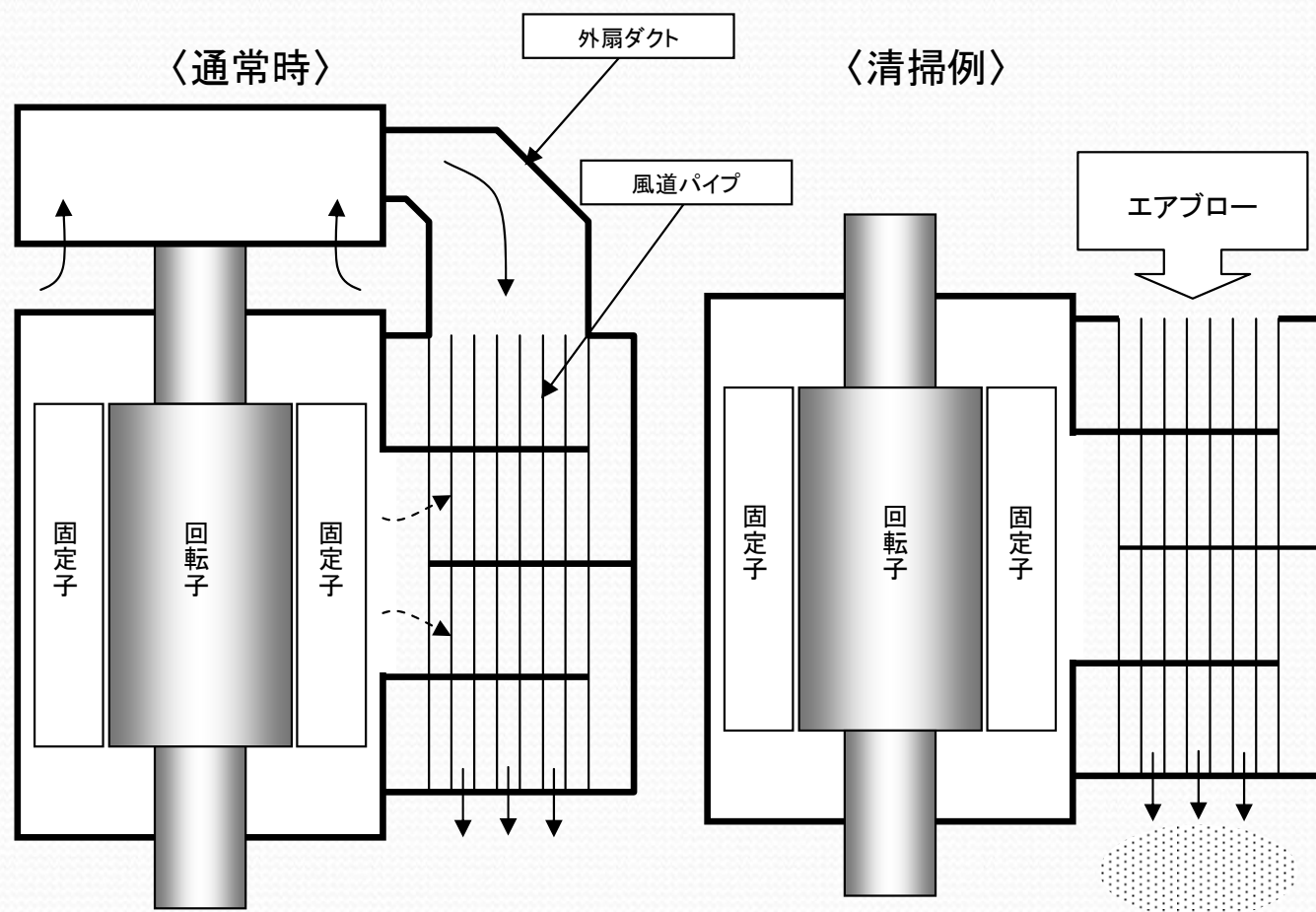
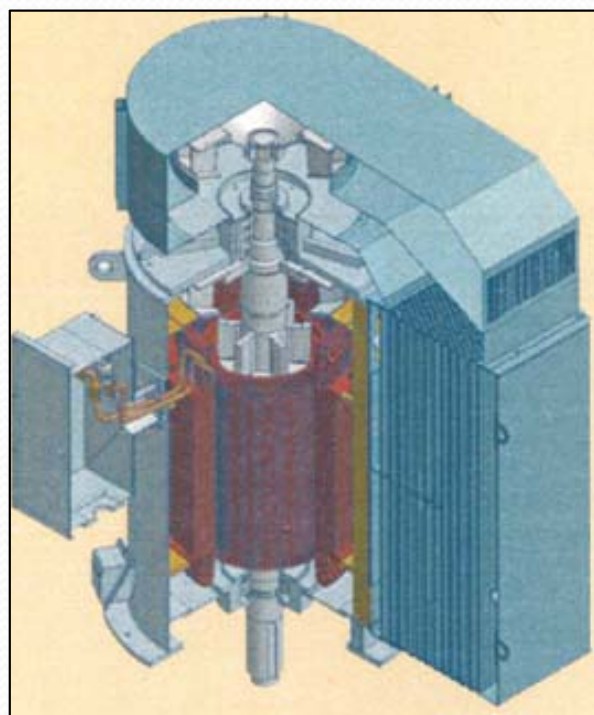


※ 武若耕司、コンクリート工学、vol.42、no.3、2004. p.38-47.抜粋

原子炉補機冷却海水ポンプモータ

設計上の考慮

電動機冷却空気が電動機巻線を直接冷却しない冷却方式であること



風道パイプ内に侵入した火山灰の清掃については、外扇ダクトを取り外し、エアブロー等にて容易に清掃できる構造となっている

運転員及び作業員の安全確保 (火山灰及び火山ガス環境下での人体の防護)

- 火山灰雰囲気における屋外作業への配慮
 - ・目の保護のため、保護めがねを装着。
 - ・火山灰吸入防止のため、火山灰用の防じんマスクを装着。

- 火山ガス雰囲気における作業への配慮
 - 【中央制御室】
 - ・外気の火山ガス濃度を定期的に確認する。
 - ・火山ガス濃度が上昇した際は、直ちに中央制御室換気系を外気遮断運転モードに切替える。
 - 【屋外及び屋内(中央制御室以外)】
 - ・人が立ち入るエリアの火山ガス濃度を定期的に確認する。
 - ・作業時は保護めがね、防毒マスクを装着するとともに、予備の吸収缶、ポータブルガス検知器を携帯する。

- 参考資料:平成12年政府防災局公表資料「三宅島島内作業等にかかる今後の進め方等について」

火山影響の間接的影響への配慮

▶原子力発電所外の火山現象が発電所に及ぼす間接的影響を考慮し、運用面の対策例を記載

間接的影響	発電所への影響	対策例	外部支援実施時の考慮事項例
外部電源の喪失	非常用D G燃料油の補給が必要	・燃料油の備蓄 ・タンクローリーの手配（道路交通の遮断に注意）	・燃料、資機材等の広域的な調達・輸送計画を定めておく。（道路交通が遮断されることを考慮し、代替輸送手段についても検討） ・他地区からの応援要員の派遣計画を定めておく。 ・自治体に対する発電所近郊の道路の除灰作業支援要請の指標を定めておく。
道路交通の遮断	人員参集、資機材搬入が困難となる	・事前の人員招集 ・資機材の備蓄 ・代替輸送手段の検討	
工業用水等の停止	常・非常用水源の補給が必要	・給水車の手配（道路交通の遮断に注意） ・プラント内水源の融通	
通信の途絶	－	－（現在進められている衛星通信化等により対応可能）	

▶規制委員会火山ガイドとの相違点

項 目	ガイドの記載	JEAGの対応
想定する事象	長期の外部電源喪失と発電所へのアクセス制限事象に限定した記載となっている	社会インフラの毀損という観点から、工業用水の停止、通信の途絶についても抽出した。

【参考資料】

原子力発電所の火山影響評価を行うにあたり、参考となる知見や事例を整理したもので、主な参考資料は以下のとおり。

参考資料3 火山灰による腐食の影響について

➤火山灰による金属腐食に関する研究を参考に金属腐食の度を整理した。

→屋外設備の火山灰堆積による腐食の検討の参考

参考資料4 火山灰の降灰継続時間について

➤世界の主要な火山の噴煙柱高度、噴火継続時間を整理。

→フィルタ交換や除灰活動期間の検討の参考

参考資料5 火山灰による被害事例

参考資料11 火山灰によるがいの絶縁特性

➤過去の火山灰による停電件数やそれに対する対策と検証結果を整理。

→火山灰に対する外部電源喪失の検討の参考

参考資料8 火山ガスの毒性成分と人体への影響

参考資料9 火山ガスによる被害事例(人と設備)

➤火山ガスの人体に与える影響や過去の被害事例(発生場所や被害の状況)を整理。

→火山ガスに対する備えの度の検討の参考

今後の取組み

- 重大事故対策設備の影響評価、対策検討
 - ・常設設備
 - ・可搬型設備
- その他知見収集など
 - ー火山ハザードに関する研究動向
 - ー噴火予測に関する研究動向
 - ー火山現象に対する設備対応の事例
 - ーSAに係る関連規格・基準