

第1表 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の影響評価 (21/24)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	保管・設置箇所*	火山の影響	
					評価	防護方法
第59条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備	居住性の確保	中央制御室	(重大事故等対処施設)	A/B	○	建屋内
		中央制御室遮へい 中央制御室非常用循環ファン 中央制御室給気ファン 中央制御室循環ファン 中央制御室非常用循環フィルタユニット 中央制御室給気ユニット, ダクト等	防止設備・緩和設備	A/B	○	建屋内
		可搬型照明(SA) 酸素濃度・二酸化炭素濃度計	防止でも緩和でもない設備	A/B	○	建屋内
	汚染の持ち込み防止	可搬型照明(SA)	防止でも緩和でもない設備	A/B	○	建屋内
	放射性物質の濃度低減 (交流動力電源及び直流電源が健全である場合)	アニュラス空気浄化ファン アニュラス空気浄化フィルタユニット, 配管等	緩和設備	R/B	○	建屋内
		排気筒	緩和設備	屋外	○	影響なし
	放射性物質の濃度低減 (全交流動力電源又は直流電源が喪失した場合)	B-アニュラス空気浄化ファン B-アニュラス空気浄化フィルタユニット, ダクト等	緩和設備	R/B	○	建屋内
		可搬箇所: アニュラス全量排気弁等操作用 可搬型窒素ガスポンプ, ホース等	緩和設備	R/B	○	建屋内
		排気筒	緩和設備	屋外	○	影響なし
	第60条 監視測定設備	モニタリングポストの代替測定	可搬型モニタリングポスト	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○
放射能観測車の代替測定		可搬型ダスト・よう素サンブラ NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ GM汚染サーベイメータ	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○	建屋内
放射線量の測定		可搬型モニタリングポスト 電離箱サーベイメータ	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○	建屋内
		小型船舶	防止でも緩和でもない設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
放射性物質濃度(空气中・水中・土壌中)及び海上モニタリング		可搬型ダスト・よう素サンブラ NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ GM汚染サーベイメータ α線シンチレーションサーベイメータ β線サーベイメータ	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○	建屋内
		小型船舶	防止でも緩和でもない設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
気象観測設備の代替測定		可搬型気象観測設備	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○	建屋内
緊急時対策所付近の気象観測項目の測定		可搬型気象観測設備	防止でも緩和でもない設備	緊急時対策所	○	建屋内

凡例 ○: 降下火砕物に対し安全機能を維持できる
 又は降下火砕物による損傷を考慮した場合でも, 対応する設計基準対象施設が降下火砕物に対し安全機能を維持できる(防止設備)
 又は降下火砕物により損傷を考慮して, 代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能(緩和設備, 防止でも緩和でもない設備)
 一: 他の項目にて整理
 ※ R/B: 原子炉建屋, A/B: 原子炉補助建屋, C/V: 原子炉格納容器, DG/B: ディーゼル発電機建屋, CWP/B: 循環水ポンプ建屋

第1表 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の影響評価 (22/24)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	保管・設置箇所*	火山の影響	
					評価	防護方法
第61条 緊急時対策所	居住性の確保	緊急時対策所	(重大事故等対処施設)	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		緊急時対策所指揮所遮へい 緊急時対策所待機所遮へい	緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		可搬箇所：可搬型新設緊急時対策所空気 浄化ファン 可搬型新設緊急時対策所空気浄化フィル タユニット，配管等	緩和設備	緊急時対策所	○	建屋内
		常設箇所：配管等	緩和設備	緊急時対策所内及 び屋外緊急時対策 所廻り	○	影響なし (適切に除灰)
		可搬箇所：空気供給装置（空気ポン プ），配管等	緩和設備	緊急時対策所	○	建屋内
		常設箇所：配管等	緩和設備	緊急時対策所内及 び屋外緊急時対策 所廻り	○	影響なし (適切に除灰)
		圧力計 酸素濃度・二酸化炭素濃度計	防止でも緩和でもない設 備	緊急時対策所	○	建屋内
		緊急時対策所可搬型エリアモニタ	緩和設備	緊急時対策所	○	建屋内
		可搬型モニタリングポスト 可搬型気象観測設備	60条に記載		—	—
	必要な情報の 把握	データ収集計算機 ERSS 伝送サーバ データ表示端末	62条に記載	—	—	—
	電源の確保 (緊急時対策 所)	可搬箇所：緊急時対策所用発電機	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし (適切に除灰)
		常設箇所：接続盤	防止設備・緩和設備	緊急時対策所内及 び屋外緊急時対策 所廻り	○	影響なし (適切に除灰)
	通信連絡 (緊急時対策 所)	衛星電話設備（固定型） 衛星電話設備（FAX） 衛星電話設備（携帯型） 無線連絡設備（固定型） 無線連絡設備（携帯型） インターフォン テレビ会議システム（指揮所・待機所 間） 統合原子力防災ネットワークを用いた通 信連絡設備	62条に記載	—	—	—

凡例 ○：降下火砕物に対し安全機能を維持できる
 又は降下火砕物による損傷を考慮した場合でも，対応する設計基準対象施設が降下火砕物に対し安全機能を維持できる（防止設備）
 又は降下火砕物により損傷を考慮して，代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）
 —：他の項目にて整理
 ※ R/B：原子炉建屋，A/B：原子炉補助建屋，C/V：原子炉格納容器，DG/B：ディーゼル発電機建屋，CWP/B：循環水ポンプ建屋

第1表 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の影響評価 (23/24)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	保管・設置箇所*	火山の影響	
					評価	防護方法
第62条 通信連絡を行うために必要な設備	発電所内の通信連絡	衛星電話設備 (固定型) 衛星電話設備 (携帯型)	防止設備・緩和設備	A/B 緊急時対策所 (屋外設備含む。)	○	建屋内設備は影響なし。屋外設備は除灰により機能維持可能
		無線連絡設備 (固定型) 無線連絡設備 (携帯型)	防止設備・緩和設備	A/B 緊急時対策所 (屋外設備含む。)	○	建屋内設備は影響なし。屋外設備は除灰により機能維持可能
		携行型通話装置	防止設備・緩和設備	A/B	○	建屋内
		インターフォン テレビ会議システム (指揮所・待機所間)	防止設備・緩和設備	緊急時対策所	○	建屋内
		データ収集計算機	緩和設備	A/B	○	建屋内
		データ表示端末	緩和設備	緊急時対策所	○	建屋内
	発電所外の通信連絡	衛星電話設備 (固定型) 衛星電話設備 (FAX) 衛星電話設備 (携帯型)	緩和設備	A/B 緊急時対策所 (屋外設備含む。)	○	建屋内設備は影響なし。屋外設備は除灰により機能維持可能
		統合原子力防災ネットワークを用いた通信連絡設備	防止でも緩和でもない設備	A/B 緊急時対策所	○	建屋内
		データ収集計算機 ERSS 伝送サーバ	防止でも緩和でもない設備	A/B	○	建屋内

凡例 ○：降下火砕物に対し安全機能を維持できる

又は降下火砕物による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が降下火砕物に対し安全機能を維持できる (防止設備)

又は降下火砕物により損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能 (緩和設備、防止でも緩和でもない設備)

一：他の項目にて整理

※ R/B：原子炉建屋，A/B：原子炉補助建屋，C/V：原子炉格納容器，DG/B：ディーゼル発電機建屋，CWP/B：循環水ポンプ建屋

第1表 降下火砕物に対する重大事故等対処設備の影響評価 (24/24)

設置許可基準	重大事故等対処設備		分類	保管・設置箇所*	火山の影響	
					評価	防護方法
1次冷却設備	1次冷却設備	蒸気発生器 1次冷却材ポンプ 原子炉容器（炉心支持構造物を含む） 加圧器 1次冷却材管 加圧器サージ管	防止設備・緩和設備	C/V	○	建屋内
原子炉格納容器	原子炉格納容器	原子炉格納容器	防止設備・緩和設備	C/V	○	建屋内
燃料取扱及び貯蔵設備	使用済燃料貯蔵槽	使用済燃料ピット	防止設備・緩和設備	R/B	○	建屋内
非常用取水設備	非常用取水設備	貯留堰 取水口 取水路 取水ピットスクリーン室 取水ピットポンプ室	防止設備・緩和設備	屋外	○	影響なし

凡例 ○：降下火砕物に対し安全機能を維持できる
 又は降下火砕物による損傷を考慮した場合でも、対応する設計基準対象施設が降下火砕物に対し安全機能を維持できる（防止設備）
 又は降下火砕物により損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能（緩和設備，防止でも緩和でもない設備）
 ー：他の項目にて整理
 ※ R/B：原子炉建屋，A/B：原子炉補助建屋，C/V：原子炉格納容器，DG/B：ディーゼル発電機建屋，CWP/B：循環水ポンプ建屋

以上

水質汚染に対する補給水等への影響について

1. 外部から供給される水源の系統概要及び供給先

純水を補給する設備には、燃料取替用水ピット及び原子炉補機冷却水サージタンクがあるが、点検時の水張りや系統内でリークが生じた際に補給等が必要になるもので、降下火砕物襲来時に補給が必要となるものではない。

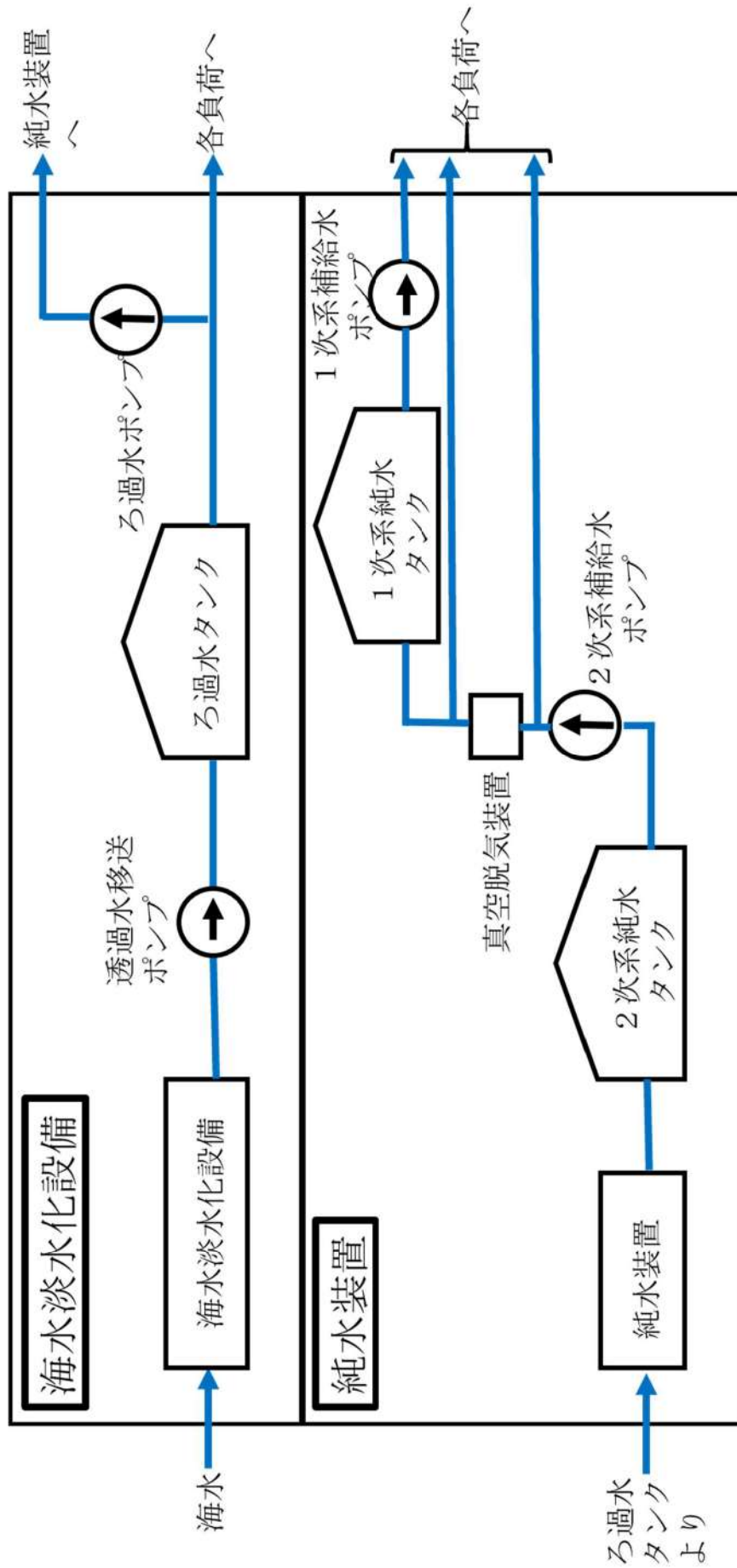
しかし、降下火砕物が海水に混入することによる、水質汚染（補給水等の汚染）が考えられることから以下のとおり確認した。

泊発電所3号炉は海水を取水源としており、第1図に示すとおり、海水はまず海水淡水化設備に受け入れられる。海水淡水化設備に受け入れられた海水は、海水淡水化設備のろ過器と逆浸透膜を経由してろ過水タンクへ移送されるが、この過程で降下火砕物粒子は除去される。プラント系統に補給されるろ過水は純水装置を経由し2次系純水タンクに移送されるが、この過程で降下火砕物が水に濡れた場合に溶出すると考えられるイオン成分は脱塩処理される。

また、海水淡水化設備のろ過器が降下火砕物粒子によって差圧が上昇した場合には逆洗により再生が可能であり、また、純水装置の脱塩装置がイオン成分処理によってイオン交換能力が低下した場合には再生剤による再生が可能である。

さらに、ろ過水タンク及び2次系純水タンクにおいて水質管理も行っていることから、海水が適切に処理されていることを確認した上で使用することができる。

以上から、海水に降下火砕物が混入した場合にも、各負荷に補給される水の水質に影響を及ぼすことはない。



第1図 外部から供給される水源の系統概要図 (泊発電所3号炉)

以上

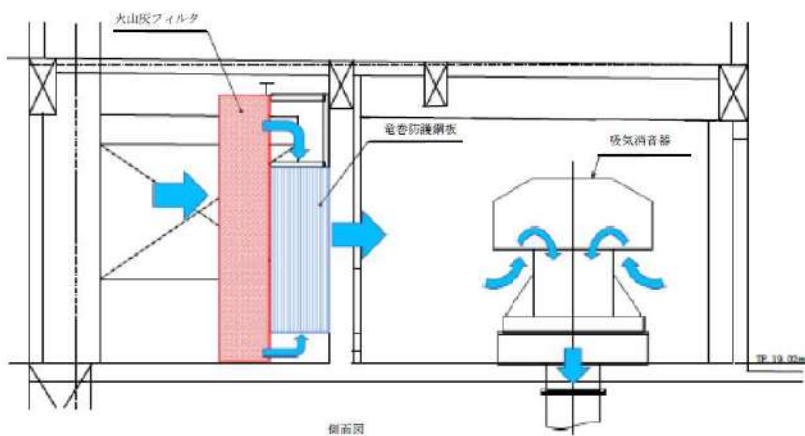
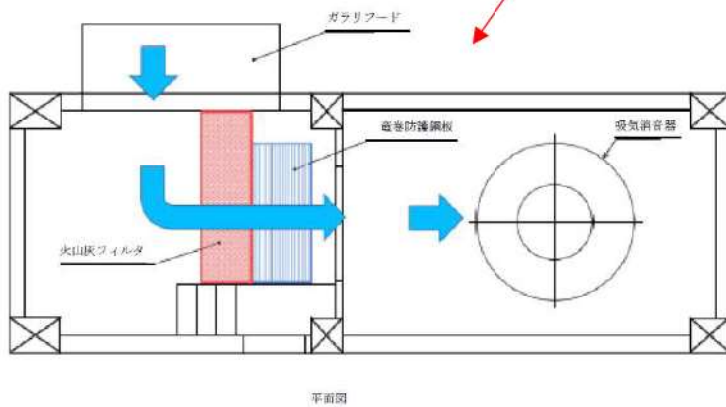
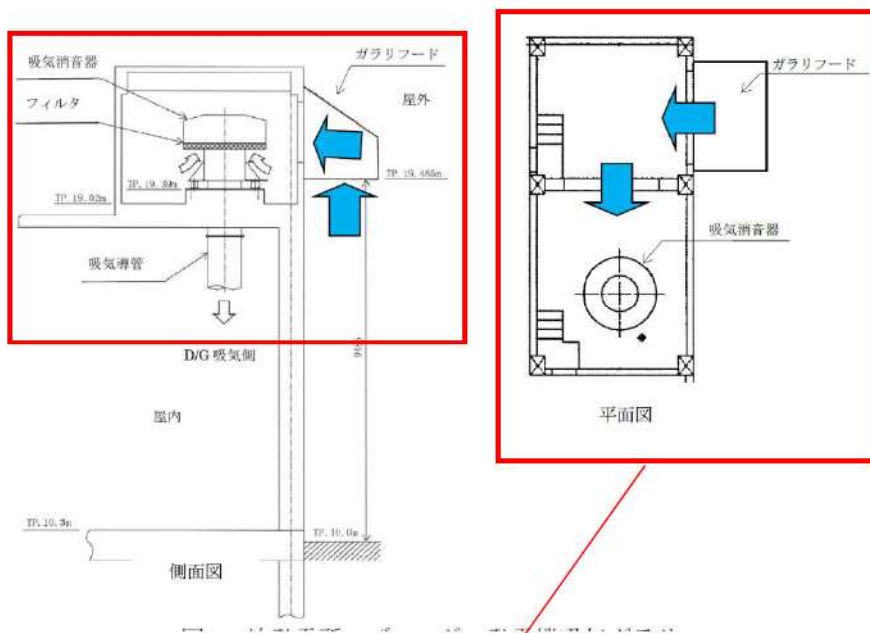
気中降下火砕物の対策に係る検討状況について

平成 29 年 12 月 14 日に実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下「実用炉規則」という。）の一部改正で追加され、その後、令和 2 年 1 月 23 日に改正された、火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備については、保安規定認可までに対応を図る。現在の対応状況を第 1 表に示す。

第 1 表 実用炉規則の一部改正に関する対応状況

条項	規則	対応状況
第 83 条 第 1 号	次に掲げる事象の区分に応じてそれぞれ次に定める事項を含む発電用原子炉施設の必要な機能を維持するための活動に関する計画を定めるとともに、当該計画の実行に必要な要員を配置し、当該計画に従って必要な活動を行わせること。	—
ロ	火山現象による影響	
(1)	火山現象による影響が発生し、又は発生するおそれがある場合（以下この号において「火山影響等発生」という。）における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること。	非常用ディーゼル発電機の吸気ラインに火山灰フィルタの設置等の対策を行う。
(2)	(1)に掲げるもののほか、火山影響等発生時における代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関すること。	炉心を冷却するための設備として、タービン動補助給水ポンプにより対応する。
(3)	(2)に掲げるもののほか、火山影響等発生時に交流動力電源が喪失した場合における炉心の著しい損傷を防止するための対策に関すること。	代替電源設備の吸気ラインに火山灰対策を行う。

「実用炉規則第 83 条第 1 号」の対応としては、第 1 図の手段が考えられる。今後、気中降下火砕物濃度の環境下において、ディーゼル発電機の機能を維持するため最適な対策を検討し、保安規定認可までに対応を行う。



第1図 実用炉規則第83条第1号ロ(1)の対策案

以上

泊発電所における気中降下火砕物濃度の算出について

1. 降下火砕物濃度の推定手法

試算に用いる大気中の降下火砕物濃度は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド（令和元年12月18日改正）」（以下「ガイド」という。）の添付1「気中降下火砕物濃度の推定手法について」に定められた手法により推定した気中降下火砕物濃度とする。ガイドに定められている手法は以下の2つである。

- a. 降灰継続時間を仮定して、降灰量から気中降下火砕物濃度を推定する手法
- b. 数値シミュレーションにより気中降下火砕物濃度を推定する手法

2. 気中降下火砕物濃度の算出

泊発電所では、上記手法のうち a の手法により気中降下火砕物の濃度を推定した。本手法は、原子力発電所の敷地において発電所の運用期間中に想定される降下火砕物が降灰継続時間（24時間）に堆積したと仮定し、降下火砕物の粒径の割合から求められる粒径ごとの堆積速度と終端速度から算出される粒径ごとの気中濃度の総和を気中降下火砕物濃度として求める。以下に計算方法を示す。

泊発電所における入力条件及び計算結果を第1，2表に示す。

粒径 i の降下火砕物の降灰量 W_i は

$$W_i = p_i W_T \quad (p_i : \text{粒径 } i \text{ の割合 } W_T : \text{総降灰量}) \cdots (A)$$

で表され、粒径 i の堆積速度 v_i は

$$v_i = \frac{W_i}{t} \quad (t : \text{降灰継続時間}) \cdots (B)$$

粒径 i の気中濃度 C_i は

$$C_i = \frac{v_i}{r_i} \quad (r_i : \text{粒径 } i \text{ の降下火砕物の終端速度}) \cdots (C)$$

で表され、気中降下火砕物濃度 C_T は

$$C_T = \sum_i C_i \cdots (D)$$

となる。

第1表 気中降下火砕物濃度の入力条件及び計算結果

	入力条件	数値	備考
①	降灰継続時間 t [h]	24	ガイドより
②	堆積層厚 [cm]	20	泊発電所で想定する降下火砕物堆積量
③	降下火砕物密度 [g/cm ³]	1	Tephra2 における設定値
④	降下火砕物の総降灰量 W_T [g/m ²]	200,000	②×③×10 ⁴
⑤	粒径ごとの降灰量 W_i [g/m ²]	第2表参照	粒径の割合はTephra2 によるシミュレーション結果を使用
⑥	粒径ごとの堆積速度 v_i [g/s・m ²]	第2表参照	(B) 式
⑦	粒径ごとの終端速度 r_i [m/s]	第2表参照	Suzuki (1983) 参考
⑧	粒径ごとの気中濃度 C_i [g/m ³]	第2表参照	(C) 式
⑨	気中降下火砕物濃度 C_T [g/m ³]	3.7	(D) 式

第2表 粒径ごとの入力条件及び計算結果

粒径 $i\phi$ (μm)	-1~0 (1,414)	0~1 (707)	1~2 (354)	2~3 (177)	3~4 (88)	4~5 (44)	5~6 (22)	6~7 (11)	合計
割合 P_i (wt%)	2.5×10^{-12}	0.80	49.7	42.8	6.6	0.18	4.0×10^{-3}	1.0×10^{-4}	
降灰量 W_i (g/m ²)	5.0×10^{-9}	1591	99,420	85,501	13,123	358	8	0.2	$W_T=200,000$
堆積速度 v_i (g/(s・m ²))	5.8×10^{-14}	0.02	1.2	0.99	0.15	4.1×10^{-3}	9.3×10^{-5}	2.3×10^{-6}	
終端速度 r_i (cm/s)	250	180	100	50	35	10	3	1	
気中濃度 C_i (g/m ³)	2.3×10^{-14}	1.0×10^{-2}	1.2	2.0	0.43	4.1×10^{-2}	3.1×10^{-3}	2.3×10^{-4}	$C_T=3.7$

降下火砕物と積雪荷重との組合せについて

火山（降下火砕物）と積雪は相関性が低い事象同士の組合せであるが、重畳した場合には堆積荷重が増加することになるため、組合せを考慮することとしている。以下に火山（降下火砕物）と組み合わせる際の積雪荷重の設定について整理する。

1. 関連する基準要求に対する適合確認

設置許可基準規則第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）のうち「外部事象の考慮」において、火山の影響（降下火砕物）と積雪を安全施設に影響を及ぼすおそれがある自然現象として抽出しており、荷重の組合せの要否の検討を実施している。具体的な荷重の組合せの考え方は以下のとおり。

(1) 荷重の組合せの考え方

降下火砕物及び積雪による堆積荷重は、同時に発生する場合を考慮し、設計上考慮すべき荷重評価における自然現象の組合せとして、降下火砕物による荷重及び積雪による荷重の組合せを設定している。荷重の組合せは、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組合せを考慮する Turkstra の法則^{*1} の考え方にに基づき設定している。この考え方は、日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」や建築基準法、土木学会「性能設計における土木構造物に対する作用の指針」、国土交通省「土木・建築にかかる設計の基本」、EN1990（ユーロコード）、ASCE 7-02（米国土木学会）、ANSI（米国国家規格協会）、ISO 等でも採用されている。

積雪荷重は降下火砕物による荷重に対して、発生頻度が相対的に高く、また、荷重が大きく、安全機能への影響が大きくなると考えられることから主事象として扱い、設計基準で想定している積雪荷重（積雪 189cm）を設定する。降下火砕物は発生頻度が主荷重（積雪）と比べて相対的に低く、また、荷重は主荷重に比べて小さく安全機能への影響も主荷重に比べて小さいと考えられるため、主事象に対して考慮する副事象として扱うこととする。なお、別紙-1に降下火砕物による荷重を主荷重、積雪荷重を従荷重と想定した場合の確認結果を示す。

2. 従荷重として組み合わせる降下火砕物による荷重の設定方法

副事象である降下火砕物による荷重は、積雪荷重のように平均値を求める

ことが困難であるため、副事象として考慮する場合は、基準降下火砕物堆積量の設定において想定する噴火規模から1段階下げた噴火規模を考慮する。噴火規模を1段階下げた場合、降下火砕物堆積量は10分の1になることから基準降下火砕物堆積量の層厚20cmの10分の1である層厚2cmによる荷重を想定する。別紙-2に副事象として降下火砕物による荷重を設定する際に噴火規模を1段階下げた降下火砕物堆積量を想定することの妥当性について示す。

[参考文献]

- ※1:建築物荷重指針・同解説(2015)(2章荷重の種類と組合せ,付5.5 許容応力度設計に用いる組合せ荷重のための荷重係数)

降下火砕物による荷重を主荷重，積雪荷重を従荷重と想定した場合の確認結果

火山（降下火砕物）と積雪の組合せは補足資料—17 に示すように，積雪荷重を主荷重，降下火砕物による荷重を従荷重として設定している。

これに対して，降下火砕物による荷重を主事象（主荷重），積雪荷重を副事象（従荷重）と想定した場合について確認する。

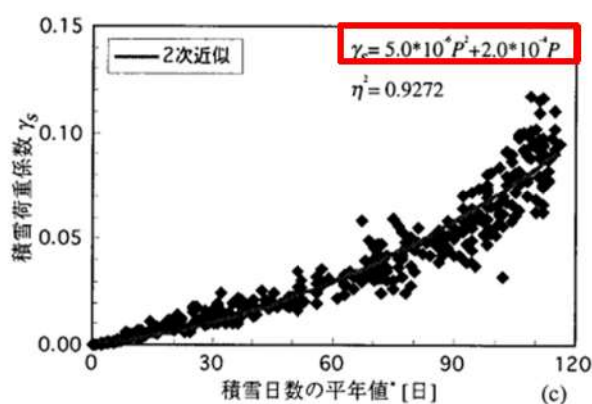
1. 評価条件

主事象である降下火砕物による荷重は設計基準値（20cm）の荷重とする。

主荷重である降下火砕物に対して組み合わせる積雪荷重の平均値については，関連する規格・基準等を踏まえて，以下のとおり検討を行った。

(1) 確率過程的に平均値な積雪量を求める

副事象として想定する積雪荷重の考え方として高橋^{*1}が Turkstra の法則に従って，荷重の組合せを考える際の積雪荷重の係数を求めている。高橋^{*2}の論文によると，年最大積雪深の 100 年再現期間期待値と積雪荷重の荷重係数の関係に対して，積雪日数の平年値を横軸とした場合の関係を示している（第 1 図参照）。これは，一年間のうち，いつ襲来するか明らかでない荷重（例えば地震荷重等）と積雪荷重を組み合わせる場合の荷重係数を示している。泊発電所の近隣である寿都特別地域気象観測所の観測データより，積雪日数の最大値が 149 日（観測期間 1961 年～2022 年において）であることを踏まえると，この場合の荷重係数は近似式より約 0.14 となる。設計基準値の積雪量を考慮した場合には，組み合わせる積雪深さは約 26.5cm（189cm×0.14）と算出される。



第 1 図 積雪荷重が従となる場合に掛け合わせる荷重係数^{*2}（赤枠は追記）

(2) 建築基準法の考え方を準用して平均値を求めた場合

建築基準法では、多雪地域において主荷重である地震・暴風と組み合わせる場合の平均的な積雪量として、短期積雪荷重の 0.35 倍の積雪量を考慮することとしており、算出される平均的な積雪量は約 66.2cm（設計基準積雪量 189cm × 0.35）であることを確認した。

(3) 観測記録により年最大積雪深さの平均値を求めた場合

副事象として想定する積雪荷重について、平均的な積雪荷重の一般的な設定方法として最寄りの気象観測所における年最大積雪深さの平均値を求める方法がある。泊発電所の最寄りの気象観測所である寿都における年最大積雪深さの平均値は気象観測データ（観測期間：1961年～2022年）より 75.2cm であることを確認した。

検討の結果、算出される平均的な積雪量は、観測記録により年最大積雪深さの平均値を求めた場合（75.2cm）が最も大きな値となることを確認した。

2. 火山影響評価ガイドを踏まえて考慮すべき事項

「原子力発電所の火山影響評価ガイド」（以下、火山影響評価ガイドという）において、降雨、積雪などの自然現象は、火山灰等の堆積物の静的負荷を著しく増大させる可能性があるとしていることから、乾燥状態の降下火砕物の密度（ 0.7g/cm^3 ）に対して、同時期に想定される降雨等による荷重影響として、湿潤状態の降下火砕物の密度（ 1.5g/cm^3 ）を設定し、更に 75.2cm の積雪荷重を組み合わせることとしている。

また、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し、積雪については適切に除雪を行い、雪を長期間堆積状態にしない方針とすることで、積雪荷重に対する設計裕度を確保する。

以上の検討より、泊発電所における降下火砕物の荷重に組み合わせる積雪荷重の積雪深さは、発電所立地の最寄りの気象観測所である寿都地域における年最大積雪深さの平均値（75.2cm）を採用する方針とする。

3. 評価結果

評価結果は第 1 表に示すとおりであり、降下火砕物による荷重を主事象（主荷重）、積雪荷重を副事象（従荷重）と想定した場合の評価（ケース 2）は、設置許可基準規則第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）のうち「外部事象の考慮」の荷重の組合せで設定している評価（ケース 1）に対して小さいことを確認した。

第1表 組合せ荷重の評価結果

ケース	主事象	副事象	堆積荷重(N/m ²)	備考
1	積雪(189cm)	降下火砕物(2cm)	5,970	—
2	降下火砕物(20cm)	積雪(75.2cm)	5,256	—

[参考文献]

※1：高橋 徹：積雪荷重の推移過程モデルに関する一考察（日本建築学会 構造工学論文集 Vol. 44B(1998年3月)）

降下火砕物による荷重を従荷重とした場合における設定方法について

泊発電所3号炉の積雪荷重（主荷重）及び降下火砕物による荷重（従荷重）の組合せの評価においては、主たる作用（主事象）の最大値と、従たる作用（副事象）の任意時点の値（平均値）の和として作用の組合せを考慮する Turkstra の法則の考え方にに基づき設定している。

主事象の最大値には既往最大の積雪量による荷重、副事象の任意時点の値には降下火砕物堆積量による荷重とするが、降下火砕物堆積量については積雪のように観測記録が十分ではなく、平均値を求めることが困難であるため、想定する噴火規模から1段階下げた噴火規模を考慮した値としている。

ここでは、従荷重として降下火砕物による荷重を設定する際に噴火規模を1段階下げることについての妥当性について、組合せ事象の年超過確率（1年間でそのような事象が発生する確率）の比較で検討を行った。

具体的には以下の組合せ事象の年超過確率の比較を行った。

- ①設計基準の降下火砕物堆積量（想定される噴火規模）と年平均積雪量の組合せ
- ②設計基準より噴火規模を1段階下げた降下火砕物堆積量と既往最大の積雪量の組合せ

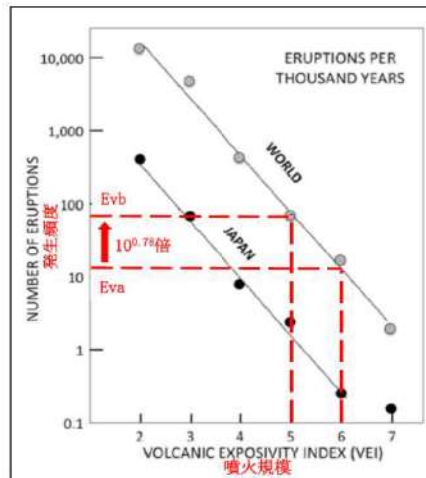
設計基準の噴火規模の年超過確率を Eva 、噴火規模を1段階下げた噴火規模の年超過確率を Evb 、既往最大の積雪量となる年超過確率を Esa 、平均の積雪量となる年超過確率を Esb とすると、①の年超過確率は $Eva \times Esb$ 、②の年超過確率は $Evb \times Esa$ となる。

ここで Eva と Evb は第2図に示す文献^{*1}の噴火規模及び発生頻度の関係より以下の関係となる。

$$Evb = 10^{0.78} \times Eva = 6.026 \times Eva \cdots (1)$$

つまり

$$Eva = 1/6.026 \times Evb \cdots (2)$$



第2図 噴火規模と発生頻度の関係

一方，積雪の観測記録から求めた年超過確率である E_{sa} 及び E_{sb} はそれぞれ以下の通りである。

$$E_{sa}=0.016 \cdots (3)$$

$$E_{sb}=0.5 \cdots (4)$$

以上，(1)～(4)より①及び②の年超過確率の関係は以下の通りとなる。

$$\text{①の年超過確率} = E_{va} \times E_{sb}$$

$$= 1/6.026 \times E_{vb} \times 0.5$$

$$= 1/6.026 \times E_{vb} \times 0.5 \times E_{sa}/0.016$$

$$= 1/6.026 \times 0.5/0.016 \times E_{vb} \times E_{sa}$$

$$= 5.19 \times \text{②の年超過確率}$$

②の年超過確率は①の年超過確率よりもかなり小さいことが分かる。仮に①の年超過確率と同じ年超過確率となるA段階下げた噴火規模を想定すると以下の関係となる。

$$\text{①の年超過確率/噴火規模をA段階下げた場合の年超過確率}$$

$$= 1/(6.026)^A \times 0.5/0.016 = 1 \cdots (5)$$

(5) より

$$A=1.91$$

噴火規模を 1.9 段階程度下げた場合において①と同じ年超過確率となることから，従荷重として降下火砕物による荷重を設定する際に噴火規模を1段階下げた噴火規模に設定することは安全側の設定であり妥当である。

[参考文献]

※1：中田節也：日本の火山噴火の現状と低頻度大規模噴火に備えた研究のあり方（日本学術協力財団 学術の動向 19巻9号（2014年9月））

降灰時の外部支援及び開閉所の除灰の成立性検討について

泊発電所3号炉における降灰時の間接的影響（長期間の外部電源喪失及び交通の途絶）に対して、外部からの支援については、技術的能力1.0支援に係わる事項において、事象発生後6日間までに発電所外からの支援受けられるよう支援計画を定め、体制を整備する。また、支援を受けるまでの7日間については、設置許可基準規則解釈第33条第7項の要求として7日間分の非常用交流電源設備の燃料を有しており、燃料油貯油槽への燃料補給なしで運転が継続できる。その後は外部からの燃料油貯油槽への燃料補給や開閉所の除灰を実施し、外部電源の受電を行うことで、継続して電源を確保することとしているが、外部からの支援を受け入れるために開閉所の除灰、及び所内の燃料補給ルート確保が必要であることから、これらの成立性について検討を行った。

1. 開閉所の降灰除去

泊発電所の開閉所は、高台に建設されており、送電線との接続部は屋根付き構造の遮風建屋で覆われており、降下火砕物による影響は受けにくくなっている。

また、遮風建屋は屋上へのアクセスが可能であり、必要に応じて除灰が可能である。

引込み線の碍子に降下火砕物が付着することが考えられるが、系統隔離の上、清掃することにより、影響を緩和できる。



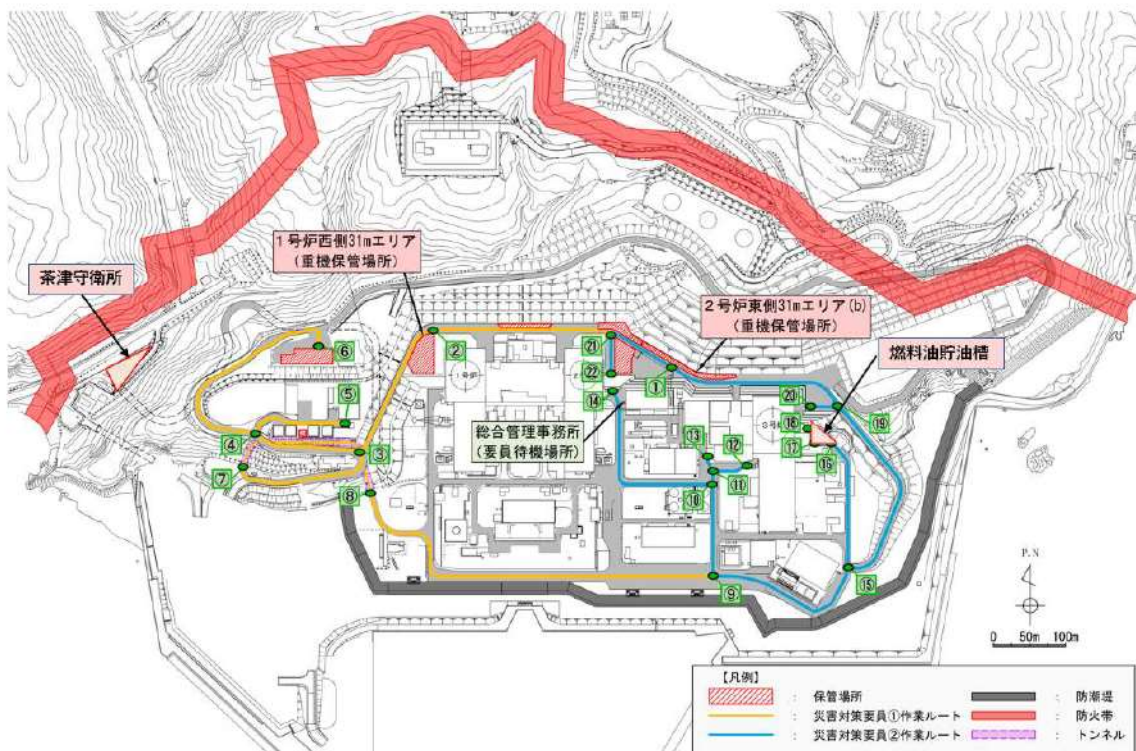
第1図 開閉所（遮風建屋）

2. 燃料補給ルートの除灰

燃料補給ルートの確保については、敷地内に設計層厚である 20cm の降下火砕物が堆積した場合において、タンクローリ等による燃料の陸送を想定し、茶津守衛所から燃料油貯油槽までの燃料補給ルートの除灰成立性検討を行った。

(1) 除灰方法の概要

第 2 図に示す茶津守衛所から燃料油貯油槽までの燃料補給ルートに降り積もった灰を当社所有のホイールローダで道路脇へ押土する。なお、茶津守衛所から燃料油貯油槽までの燃料補給ルートを含むアクセスルート（車両）全体で評価を行うこととする。



第 2 図 除灰ルート

(2) 評価条件

a. 降下火砕物条件

- ・堆積量：20cm，密度：1.5g/cm³（湿潤密度）

b. ホイールローダの仕様

- ・最大押し出し可能重量：4.5 t
（がれき撤去試験より 4.5t 押し出せることを確認済み）
- ・バケット全幅：337cm
- ・走行速度（1速）：前進 10km/h，後進 10km/h

c. 除灰距離

- ・災害対策要員①作業ルート：3.4km
- ・災害対策要員②作業ルート：2.3km

d. 除灰時間の算出方法

ホイールローダが降下火砕物を道路脇に押し出す作業を1サイクルとして、ホイールローダの除灰能力から、除灰速度を算出し、燃料補給ルートを含むアクセスルート（車両）全体の除灰時間を算出する。

なお、災害対策要員2名が別々のルートを並行して除灰する。

(3) 算出結果

作業内容		備考
①	ホイールローダの1サイクル当たりの最大押し出し可能重量	4.50 (t) がれき撤去試験により確認済み
②	ホイールローダの単位長さ当たりの除灰可能重量	1.01 (t/m) ホイールローダの形状及び降下火砕物の条件により算定
③	1サイクルで除灰できる距離	4 (m) ①/②を切捨て
④	1サイクル当たりの除灰時間	0.75 (min) 注1参照
⑤	1サイクル当たりの除灰速度	0.32 (km/h) ③/④
⑥	アクセスルートの距離	— (4)にて記載
⑦	アクセスルートの除灰時間	— (4)にて記載

注1：1サイクルの除灰時間の考え方

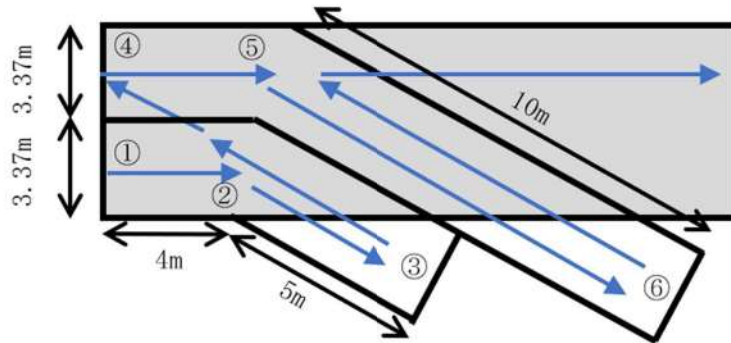
- ・1サイクル当りの作業時間は、1速の走行速度（前進 10km/h，後進 10km/h）の平均 5.0km/h（前進），5.0km/h（後進）で作業を実施すると仮定して

A：押し出し（①→②→③）： $(4\text{ m} + 5\text{ m}) \div 5.0\text{ km/h} = 6.5\text{ 秒} \approx 7\text{ 秒}$

B：ギア切替：3秒

- C : 後進 (③→②→④) : $(5\text{ m} + 4\text{ m}) \div 5.0\text{ km/h} = 6.5\text{ 秒} \approx 7\text{ 秒}$
 D : ギア切替 : 3 秒
 E : 押し出し (④→⑤→⑥) : $(4\text{ m} + 10\text{ m}) \div 5.0\text{ km/h} = 10.1\text{ 秒} \approx 11\text{ 秒}$
 F : ギア切替 : 3 秒
 G : 後進 (⑥→⑤) : $10\text{ m} \div 5.0\text{ km/h} = 7.2\text{ 秒} \approx 8\text{ 秒}$
 H : ギア切替 : 3 秒

1 サイクル当たりの作業時間 (A + B + C + D + E + F + G + H)
 $= 7\text{ 秒} + 3\text{ 秒} + 7\text{ 秒} + 3\text{ 秒} + 11\text{ 秒} + 3\text{ 秒} + 8\text{ 秒} + 3\text{ 秒} = 45\text{ 秒}$



(4) アクセスルート (車両) 全体の除灰成立性検討結果

除灰作業に関する作業の除灰時間を第1表及び第2表に示す。記載のとおり約7時間で除灰が可能であることを確認した。

第1表 災害対策要員①による除灰時間評価

区間	距離 (約 m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
①→②	360	徒歩移動	4.0	6	6
②→② ¹	260	降灰除去	0.30	52	58
② ¹ →②	260	重機移動	10.0	2	60
②→⑤	480	降灰除去	0.30	96	156
⑤→④	150	重機移動	10.0	1	157
④→⑥	340	降灰除去	0.30	68	225
⑥→③	490	重機移動	10.0	3	228
③→⑦	210	降灰除去	0.30	42	270
⑦→⑧	250	重機移動	10.0	2	272
⑧→⑨	560	降灰除去	0.30	112	384

第2表 災害対策要員②による除灰時間評価

区間	距離 (約 m)	時間評価項目	速度 (km/h)	所要時間 (分)	累積 (分)
①→②	160	降灰除去	0.30	32	32
②→①	160	重機移動	10.0	1	33
①→⑳	300	降灰除去	0.30	60	93
㉑→⑱	50	重機移動	10.0	1	94
⑲→⑱	520	降灰除去	0.30	104	198
⑱→⑯	50	重機移動	10.0	1	199
⑯→⑰	30	降灰除去	0.30	6	205
⑰→⑮	210	重機移動	10.0	2	207
⑮→⑭	430	降灰除去	0.30	86	293
⑭→⑪	50	重機移動	10.0	1	294
⑪→⑬	30	降灰除去	0.30	6	300
⑬→⑩	50	重機移動	10.0	1	301
⑩→⑭	270	降灰除去	0.30	54	355

以上

降下火砕物による摩耗や融解の影響について

降下火砕物はマグマを起源とする火山ガラス，鉱物結晶片にて構成されるものであり，想定する火山により，主成分組成が異なることから，泊発電所3号炉で想定する火山の主成分組成を整理し，降下火砕物による摩耗や融解の影響について確認した。

1. 降下火砕物の組成

(1) 火山ガラス

降下火砕物の主成分である火山ガラスは，地下深部の高温高压のマグマが噴火時大気中に噴出されることによる急激な減圧・冷却によって結晶化できずに非晶質化したものである。北海道の主要なテフラの火山ガラスの主成分組成を第1表に示す。

第1表 北海道のテフラの火山ガラスの主成分組成 (%) ※1 (赤枠は追記)

テフラ	地 点	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	N	分析者	機器の タイプ	文献
Kc-Hb	網走市音根内川 (pfl)	78.1	0.4	12.0	1.6	0.1	0.3	1.5	4.3	1.8	26	O	W	9
	澤部 (pfl)	78.2	0.3	11.9	1.5	0.1	0.3	1.5	4.4	1.9	32	O	W	9
	〃 (pfl)	78.2	0.3	11.9	1.5	0.1	0.3	1.4	4.3	1.9	21	O	W	9
	鱒浦 (pfl)	78.2	0.4	12.1	1.5	0.1	0.3	1.4	4.2	1.7	28	O	W	9
	鱒浦 (pfl)	78.6	0.4	12.1	1.6	0.1	0.3	1.5	3.7	1.6	28	O	W	9
	藻琴 (pfl)	78.4	0.4	12.1	1.5	0.1	0.3	1.5	4.1	1.7	28	O	W	9
	東御路 (pfl)	78.3	0.4	12.0	1.5	0.1	0.3	1.4	4.2	1.7	28	O	W	9
	羽幌町	78.9	0.4	12.1	1.5	0.1	0.3	1.5	3.5	1.6	26	O	W	9
	羽幌町	78.7	0.4	12.1	1.5	0.1	0.3	1.5	3.8	1.6	22	O	W	9
Kc-Sr	網走市音根内川 (pfl)	78.3	0.3	12.1	1.4	0.0	0.3	1.6	4.0	2.1	22	O	W	9
	東藻琴村 (pfl)	78.3	0.3	12.2	1.4	0.1	0.3	1.6	3.8	2.1	24	O	W	9
	底路	78.4	0.3	12.3	1.4	0.1	0.3	1.7	3.6	2.0	20	O	W	9
	東藻琴村東二線	78.3	0.3	12.0	1.5	0.1	0.3	1.5	4.2	1.7	24	O	W	9
	TYPE	78.5	0.3	12.1	1.3	0.1	0.3	1.3	3.7	2.4	20	A	W	15
	MR99-K04, PC2, 3	78.8	0.3	12.0	1.4	0.1	0.3	1.4	3.5	2.4	51	A	W	15
	MR98-03, PC-1, 4	77.9	0.3	12.6	1.3	0.1	0.3	1.4	3.7	2.5	35	A	W	15
	MR99-K04, PC3, 1	79.0	0.3	11.7	1.4	0.0	0.2	1.4	3.7	2.4	20	A	W	15
	厚真町	78.4	0.2	12.5	1.5	0.1	0.2	1.5	3.7	2.2	31	O	W	10
	清田 (pfl)	78.4	0.2	12.3	1.4	0.1	0.2	1.5	3.8	2.2	26	O	W	10
Spfa-1	小清水町止別	78.4	0.2	12.3	1.5	0.1	0.2	1.5	3.8	2.2	24	O	W	10
	門別町	77.5	0.2	13.1	1.4	0.0	0.4	1.4	3.5	2.6	10	Y	E	8
	苫小牧市 (pfl)	78.6	0.2	12.5	1.4	0.1	0.1	1.2	3.4	2.6	21	A	W	13
	上更別村	78.0	0.2	12.5	1.5	0.1	0.1	1.3	3.8	2.6	23	A	W	13
	MR99-K04, PC1, 3	78.3	0.1	12.4	1.7	0.1	0.2	1.3	3.6	2.5	19	A	W	15
	MR99-K04, PC2, 4	78.6	0.2	12.2	1.5	0.1	0.2	1.3	3.5	2.5	20	A	W	15
	MR98-03, PC1, 5	77.8	0.2	12.6	1.6	0.1	0.2	1.4	3.6	2.7	20	A	W	15
	MR99-K04, PC3, 2	78.7	0.1	12.0	1.6	0.1	0.1	1.3	3.6	2.5	20	A	W	15
	KH94-3, LM-8, 5	78.5	0.1	12.3	1.5	0.1	0.1	1.3	3.7	2.4	39	A	W	13
	KH94-3, LM-8, 5	78.4	0.2	12.4	1.4	0.1	0.1	1.3	3.6	2.6	3	A	W	13
Toya	伊達市	79.2	0.1	12.5	1.0	0.1	0.0	0.4	4.3	2.5	10	O	W	5
	伊達市飯山	79.3	0.0	12.5	0.9	0.1	0.0	0.4	4.3	2.5	19	O	W	5
	長万部町	78.8	0.1	12.5	0.9	0.1	0.0	0.4	4.6	2.6	28	O	W	5
	黒松内町	79.5	0.0	12.5	1.0	0.1	0.0	0.4	4.0	2.5	32	O	W	5
	岩内町	78.9	0.1	12.5	0.9	0.1	0.0	0.4	4.5	2.5	16	O	W	5
	島牧	78.8	0.1	13.1	1.0	0.1	0.0	0.4	4.2	2.4	20	O	W	5
	長万部町	79.8	0.1	12.5	0.9	0.1	0.0	0.4	3.5	2.5	27	O	W	5
	木古内町	78.3	0.1	12.5	1.0	0.1	0.1	0.4	5.1	2.7	23	O	W	5
	奥尻米洞	79.5	0.1	12.8	1.0	0.1	0.0	0.4	3.7	2.4	27	O	W	5
	厚真	78.9	0.1	12.7	1.0	0.1	0.0	0.4	4.2	2.5	27	O	W	5
	広尾町ビョウトリ	79.9	0.1	12.7	1.0	0.1	0.1	0.4	4.2	2.5	29	O	W	5
	苫前町	79.3	0.1	12.7	1.0	0.1	0.1	0.4	4.0	2.4	28	O	W	5
	浦幌町	78.8	0.1	12.8	1.0	0.1	0.0	0.4	4.3	2.5	32	O	W	5
斜里町川上橋	79.4	0.1	12.7	0.9	0.1	0.0	0.4	3.9	2.5	21	O	W	5	

Kc: 屈斜路カルデラ
Spfa-1: 支笏カルデラ
Toya: 洞爺カルデラ

北海道の主要なテフラの火山ガラスの主成分組成は、SiO₂ が約 78～80%，Al₂O₃ が約 12～13%，K₂O が約 1～3 % 程度の範囲であることを確認した。

(2) 鉱物結晶片

鉱物結晶片は、地下深部のマグマが徐々に冷却される過程で結晶化した造岩鉱物である。北海道の主要なテフラに対する鉱物組成は第 2 表に示すように石英、(斜方・単斜)輝石、角閃石が含まれていることを確認した。

また、泊発電所の降下火砕物の調査では、主な鉱物として斜方輝石及び角閃石を確認した。

第 2 表 北海道のテフラの主な鉱物※1 (赤枠、赤字は追記)

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	ガラス n	opx r	ho, cum n ²	模式地・その他
Toya	(opx)	pm, bw	1.495-1.498 (1.496-1.497)	1.758-1.761		同上(厚真町軽米)
Toya	(opx, cpx, ho, qt)	pm, bw	1.494-1.496 (1.496)	1.711-1.761 bimodal (1.758-1.761, 1.712-1.729)	1.674-1.684	伊達市上長和, euite にとむ。
Spfa-1	opx, cpx, ho, qt	pm	1.501-1.505 (1.502-1.503)	1.729-1.735	1.688-1.691	同上(千歳市美々)
Spfa-1	(ho)	pm, bw	1.501-1.503		1.684-1.688	猿払村浅茅野
Spfa-1	opx, cpx	pm	1.502-1.505 (1.503-1.504)	1.729-1.731		斜里町川上
Kc-Hb	(opx)	bw	1.507-1.508	1.706-1.711		同上(厚真町軽米)
Kc-Hb	opx, (cpx, ho)	bw	1.501-1.504			同上(豊盛町アチャル)
Kc-Hb	opx, cpx	bw	1.502-1.504	1.705-1.709		羽幌町幸町, 厚真町軽米
Kc-Sr	opx, cpx	pm, bw	1.502-1.505 (1.503-1.504)	1.707-1.710 (1.708-1.709)		白糠町道路
Kc-1	opx, cpx, (ol)	pm	1.502-1.504	1.707-1.710 (1.707-1.709)		網走市オホナイ川上流
Kc-2-3	opx, cpx	pm	1.503-1.508 (1.505-1.508)	1.707-1.710		網走市磯琴
Kc-4	opx, cpx	bw, pm	1.502-1.505 (1.503-1.505)	1.707-1.710 (1.708-1.709)		網走, 中標津一帯, 釧路市大 菜毛

鉱物組成の凡例

- ・ opx : 斜方輝石
- ・ qt : 石英
- ・ cpx : 単斜輝石
- ・ ho : 角閃石

2. 降下火砕物の影響について

(1) 摩耗

降下火砕物中に酸化アルミニウムの鉱物相が存在する可能性は極めて低い(添付資料-1 参照)。一方、摩耗の影響は降下火砕物の硬度の影響を受けることから、泊発電所で想定する降下火砕物の硬度について確認を実施した。

a. 火山ガラス

火山ガラスの硬度については、鹿児島県垂水市における火山ガラスについて調査※2 を実施しており、第 3 表に示す主元素組成(SiO₂: 約 73%, Al₂O₃: 約 14%, K₂O: 約 3%) の火山ガラスは第 4 表に示すようにモース硬度 5 であることを確認した。

これは北海道の主要なテフラの火山ガラスの主成分組成(SiO₂: 約 78～80%, Al₂O₃: 約 12～13%, K₂O: 約 1～3 % 程度) と比較しても大きな差異がないこ

とから、泊発電所で想定する火山ガラスのモース硬度も同様に5程度と考えられる。

第3表 火山ガラスの主成分組成 (赤枠は追記) ※2

Chemical composition (wt%)											Mineral component (wt%)		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	ig. loss	Total	Volcanic glass	Crystals
72.73	13.69	1.44	0.23	1.82	0.18	3.46	3.42	0.01	0.06	3.16	100.2	78.55	21.45

第4表 火山ガラスの特性※2 (赤枠は追記)

	Shirasu glass				Crystallized glass ⁺			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Specific gravity	2.70	2.77	2.75	2.76	2.95	2.78	2.79	2.78
Hardness (Mohrs)	5	5	5	5	8	8	8	8
Softening point(°C)	873	868	875	870	over 1200	1170	1190	over 1200

⁺Heat treatment condition No. 8

b. 鉱物結晶片

北海道の主要なテフラに対する文献^{*1} 及び発電所敷地内及び敷地周辺の地質調査の結果から確認された造岩鉱物は、石英、(斜方・単斜)輝石、角閃石である。各造岩鉱物のモース硬度は第5、6表に示すとおりであり、最大値は石英のモース硬度7である。

第5表 造岩鉱物の硬度^{*1} (赤枠は追記, 対象箇所抜粋)

和名(英名)	晶系	理想化学組成式	硬度	比重
閃石ザクロ石 (andradite)	単	Ca ₃ Fe ₂ (SiO ₄) ₃	7	3.9
灰パンザクロ石 (grossular)	単	Ca ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	7	3.6
灰カラムザクロ石 (saxarosite)	単	Ca ₃ Ca ₂ (SiO ₄) ₃	6.5~7	3.85
ジルコン (zircon)	正	ZrSiO ₄	7.5	4.7
ケイ緑石 (sillimanite)	直	Al ₂ O(SiO ₂)	7	3.2
柱晶石 (andalusite)	直	Al ₂ O(SiO ₂)	7	3.2
ツル石 (kyanite)	三	Al ₂ O(SiO ₂)	4~7.5 ^m	3.6
十字石 (staurolite)	単	(Fe, Mg) Al ₂ O ₄ (Si, AlO ₂) ₂ (OH) ₂	7~7.5	3.7~3.8
トバズ (topaz)	直	Al ₂ SiO ₅ F ₂ (OH) ₂	8	3.5
チタン石 (チタニウム) (titanite)	単	CaTiO(SiO ₃)	5.5	3.5
ゲーレン石 (gahnite)	正	Ca ₂ AlSiAlO ₆	5.5	3
スズラン石 (suzurite)	三	Ca ₂ FeAl ₂ (Si ₂ O ₇)(OH)	7	3.3
ローソン石 (lawsonite)	直	CaAl ₂ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂ H ₂ O	6	3.1
絹雲母 (hemimorphite)	直	Zn ₂ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂ H ₂ O	4.5~5	3.5
母岩所レン石 (clinzoisite)	単	Ca ₂ Al ₂ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH)	6.5	3.3
緑レン石 (epidote)	単	Ca ₂ Fe ³⁺ Al ₂ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH)	6.5	3.4
藍レン石 (psamomita)	単	Ca ₂ Mn ²⁺ Al ₂ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH)	6	3.4
灰レン石 (zoisite)	直	Ca ₂ Al ₂ (SiO ₄)(Si ₂ O ₇)(OH)	6.5	3.3
ベズプ石 (vesuvianite)	正	Ca ₂ Al ₂ (Fe, Mg) ₂ (SiO ₄) ₂ (Si ₂ O ₇)(OH, F, O) ₂	5~6.5	3.4
緑柱石 (beryl)	六	B ₂ Al ₂ Si ₆ O ₁₈	7.5	2.7
キン石 (cordierite)	直	Mg ₂ Al ₂ (AlSi ₅ O ₁₄)	7	2.6
微雲母石 (schorl)	菱	NaFe ₃ Al ₃ (BO ₃) ₃ Si ₃ O ₁₀ (OH, F) ₃	7.5	3.1
大晶石 (omumite)	六	(K, Na) (Fe, Mg) (Al, Fe) Al ₂ Si ₂ O ₁₀ ·H ₂ O	7	2.6
頑火輝石 (enstatite)	直	Mg ₂ Si ₂ O ₆	5.5	3.2
透輝石 (diopside)	単	CaMgSi ₂ O ₆	6	3.3
ヘブロン石 (hedenbergite)	単	CaFe ²⁺ Si ₂ O ₆	6	3.65
普通輝石 (augite)	単	(Ca, Mg, Fe, Al, Ti) ₂ (Si, Al) ₂ O ₆	5.5~6	3.2~3.6
ヒスイ輝石 (jadeite)	単	NaAlSi ₃ O ₈	7	3.3
エジソン輝石 (sagrinite)	単	NaFeSi ₃ O ₈	6	3.6
ケイ石 (wollastonite-1A)	三	CaSiO ₃	4.5	2.9
カミンダートン石 (cummingtonite)	直	(Mg, Fe) ₂ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂	6	3.5
藍輝石 (anthophyllite)	直	(Mg, Fe) ₂ (Si ₂ O ₇)(OH) ₂	6	3.1
結晶石 (sepiolite)	直	Ca ₂ (Mg, Fe) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	6	3.1
普通角閃石 (hornblende)	直	Ca ₂ (Mg, Fe) ₂ Al ₂ (AlSi ₅ O ₁₃)(OH) ₂	5~6	3.0~3.5
ツル石 (tschermakite)	直	Y ₂ Mg ₂ Al ₂ Si ₂ C ₂ (OH) ₂	6	3.1
カネリナイト (kanonite)	三	Al ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	1~2	2.6
アンゴライト (藍蛇紋石) (auguinite)	直	Mg ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	2.5~4	2.4~2.8
黒口石 (pyrophyllite-1A)	単	Al ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	1.5	2.9
砂石 (talc)	単	Mg ₂ Si ₂ O ₇ (OH) ₂	1	2.7

和名(英名)	晶系	理想化学組成式	硬度	比重
白雲母 (muscovite-2M ₁)	単	KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH, F) ₂	2.5~3.5	2.9
金雲母 (phlogopite-1M)	単	KMg ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH, F) ₂	2~2.5	2.8~3.0
クリノクロア (緑泥石の一類) (clinochlore)	単	Mg ₂ (Mg, Al) ₂ (Si, Al) ₂ O ₁₀ (OH) ₂	2~3	2.3~2.9
プレドゥ石 (prehnite)	直	Ca ₂ Al ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	6~6.5	2.9
クリストバル石 (cristobalite)	正	SiO ₂	6.5	2.3
リドイミ石 (tridymite)	単	SiO ₂	7	2.3
石英 (α-quartz)	菱	SiO ₂	7	2.7
コズ石 (coesite)	単	SiO ₂	7.5	3
オパール (opal)	斜	SiO ₂ ·nH ₂ O	6.5	2.1
正長石 (orthoclase)	単	KAlSi ₃ O ₈	6	2.6
サニエリン (sanidine)	単	(K, Na) AlSi ₃ O ₈	6	2.6
微斜長石 (microcline)	三	KAlSi ₃ O ₈	6	2.6
曹長石 (leuc-albite)	三	NaAlSi ₃ O ₈	6	2.6
灰長石 (anorthite)	三	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	6	2.8
カスミ石 (nepheline)	六	(Na, K) AlSi ₃ O ₈	5.5~6	2.6~2.7
白榴石 (leucite ²⁷) (leucite)	正	KAlSi ₂ O ₆	5.5~6	2.6
方輝石 (nauclime)	等 ²⁸	Na(AlSi ₂) ₂ H ₂ O	5~5.5	2.3
濁輝石 (haumontite)	直	Ca(Al ₂ Si) ₂ O ₁₂ ·4H ₂ O	4	2.3
輝輝石 (heulandite)	単	(Ca, Na, K) ₂ (AlSi ₂) ₂ O ₁₂ ·2H ₂ O	3.5~4	2.1~2.3
ソーグ石 (natrolite)	直	Na ₂ (AlSi ₂) ₂ O ₁₀ ·2H ₂ O	5.5	2.3

以上のことから、泊発電所で想定する降下火砕物のモース硬度の最大値は7程度である。また、一般的な砂は石英、長石類、雲母類を主成分^{*4}としており、砂のモース硬度も石英が最大で7程度であることから、設備への影響は砂と同等であると考えられる。

(2) 融解

降下火砕物中に酸化カリウムの鉱物相が存在する可能性は極めて低い(添付資料-1参照)。一方、融解の影響は降下火砕物の融点の影響を受けることから、泊発電所で想定する降下火砕物の融解について確認を実施した。

a. 火山ガラス

火山ガラスの融解については、鹿児島県垂水市における火山ガラスについて分析^{*2}を実施しており、第3表に示す主元素組成(SiO₂:約73%, Al₂O₃:約14%, K₂O:約3%)の火山ガラスは約700℃からガラスが転移し、軟化温度は第4表に示すように868~875℃であることが認められた。これは北海道地方の主要なテフラの火山ガラスの主成分組成(SiO₂:約78~80%, Al₂O₃:約12~13%, K₂O:約1~3%程度)と比較しても大きな差異がないことから、泊発電所で想定する火山ガラスの軟化温度は同様に約860~880℃程度と考えられる。よって火山ガラスの融解温度は860℃以上であると推定される。

b. 鉱物結晶片

鉱物結晶片は火成岩の構成鉱物であることから、火成岩（マグマ）の融点と同等と考えられる。火成岩の融点は第6表のとおり約 850～1200℃^{※1}であることを確認した。

第6表 実測された溶岩の温度と粘性係数^{※1}（赤枠は追記，対象箇所を抜粋）

火 山	噴 火 年	溶 岩	温 度 (℃)	粘 度 log η (Pa·s)
三宅島	1940	玄武岩	1 000	5
三原山(伊豆大島)	1950	〃	950~1 100	5~6
〃	1951	〃	1 150~1 200	2
桜 島	1946	安山岩	856~1 000	6~8
秋田駒ヶ岳	1970	〃	1 090	—
昭和神山	1945	デイサイト(石英安山岩)	900~1 000	8~10
バリクティン	1945~46	玄武岩質安山岩	1 070	4~5
エトナ	1957	玄武岩	1 110~1 120	3
〃	1971	〃	1 050~1 100	1~2
ニーラゴンゴ	1959	ペイサナイト	1 180	2
マウナロア	1950	玄武岩	950~1 100	2~3
キラウエア(キラウエア・イキ)	1959	〃	1 120~1 190	—
〃 (マカオブヒ)	1965	〃	1 135	2
〃 (Eリフト)	1955	〃	1 100	2~3
月面の溶岩(合成)(アポロ II号)*		玄武岩(Fe, Tiに富む)	1 395	0

* 実験による。

以上のことから、泊発電所で想定する降下火砕物の融点は 850℃以上であると考えられる。火山灰の融解の影響について、ディーゼル発電機機関のシリンダから排出される排気ガス温度が約 500℃であり、シリンダ内の金属表面付近はシリンダ冷却水及びピストン冷却用潤滑油の効果により冷却されていることを踏まえると、火山灰は融解に至らないと考える。

以 上

[参考文献]

- ※1：町田洋・新井房夫，新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺]，東京大学出版会，2011，P160-171，P283-284（別添資料-1）
- ※2：恒松修二・井上耕三・松田応作，シラスを主原料とする結晶化ガラス，窯業協会誌 84[6]，1976，P32-40（別添資料-2）
- ※3：理科年表，国立天文台編 第 91 冊，平成 30 年，P668
- ※4：小田匡寛・榎本文勇ほか，砂粒子の形状・組成が砂の土質工学的性質に及ぼす影響に関する研究，土と基礎，19-2，1971，P7（別添資料-3）

降下火砕物中の主元素組成が示す影響について

降下火砕物の主元素組成については、酸化物 (SiO_2 , Al_2O_3 , K_2O 等) の重量%として示されていることが多い。これらの主元素組成が及ぼす影響について、以下の確認を実施した。

1. 降下火砕物の組成に関する調査

文献^{※1}によると、マグマによる火成岩をつくる珪酸塩鉱物 (第1表参照) を示しており、鉱物の多くはアルミニウムやカリウム等を含む化学組成を示している。これらに関してマグマの代表的な化学組成 (第2表参照) を示しており、文献では、以下のような記載がある。

- ・火山岩の組成は酸化物の形で示したからといって、岩石中において個々の酸化物が必ずしもそのままの状態に入っていることを意味しているわけではない。また、液体 (マグマ) においても各々の酸化物がそのまま入り混じってはいない。
- ・酸化物の形で示したのは、たんなる分析技術上の制約からくる便宜的なものである。

第1表 火成岩をつくる珪酸塩鉱物の代表例^{※1}

鉱物族名	鉱物名	化学組成
シリカ族	石英	SiO_2
	クリストパル石	SiO_2
長石族	斜長石	$\text{Ca}_{1-x}\text{Na}_{x-1}\text{Al}_{2-1}\text{Si}_{2-x}\text{O}_8$
	カリ長石	$(\text{K}, \text{Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$
準長石族	ネフェリン	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$
雲母族	黒雲母	$\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
	白雲母	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
角閃石族	普通角閃石	$\text{NaCa}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})_5(\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
輝石族	斜方輝石	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{SiO}_3$
	単斜輝石	$(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+})\text{SiO}_3$
ざくろ石族	アルマンデイン	$\text{Fe}^{2+}_3\text{Al}_2\text{Si}_5\text{O}_{12}$
かんらん石族	かんらん石	$(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_2\text{SiO}_4$

第2表 マグマ（火成岩）の代表的な化学組成（単位は重量%）※1

	船形山 玄武岩	桜島 安山岩	昭和三十八年 ダイサイト	神津島 流紋岩
SiO ₂	49.56	57.11	69.74	76.06
TiO ₂	0.72	0.82	0.45	0.22
Al ₂ O ₃	17.88	16.94	15.59	13.62
Fe ₂ O ₃	2.82	1.91	1.52	0.21
FeO	7.54	6.09	2.59	0.57
MnO	0.16	0.13	0.08	0.08
MgO	7.03	3.87	0.85	0.08
CaO	10.92	8.42	3.63	0.73
Na ₂ O	1.50	3.69	3.43	4.25
K ₂ O	0.22	1.37	1.36	3.29
P ₂ O ₅	0.06	0.15	0.22	0.02
H ₂ O*	1.16	0.14	0.67	0.81
H ₂ O	0.86		0.23	0.38
合計	100.43	100.04	100.36	100.32

よって、降下火砕物の主元素組成においては、酸化アルミニウム、酸化カリウム等を重量%として示すことが通例であるが、これらが鉱物相として存在することを示すものではない。

2. 北海道のテフラに対する調査

降下火砕物内に鉱物相として、酸化アルミニウムや酸化カリウムが存在する可能性を確認するため、文献調査を実施した。

文献※2の、北海道のテフラを構成する主な鉱物は、石英、(斜方・単斜)輝石、角閃石であり、構成する鉱物中に、酸化アルミニウム及び酸化カリウムの鉱物相の存在は確認されなかった（別添資料-1参照）。

また、泊発電所の降下火砕物の調査では主な鉱物として斜方輝石、角閃石を確認しており、酸化アルミニウム及び酸化カリウムの鉱物相は確認されなかった。

3. まとめ

降下火砕物の主元素組成については、酸化物（SiO₂、Al₂O₃、K₂O等）の重量%として示されていることが多いが、これらの主元素組成が及ぼす影響について確認した結果を以下に示す。

- ・降下火砕物の成分を示す場合には、構成元素を酸化物の重量%として示すことが通例であるが、酸化物の鉱物相の存在を示すものではないことを確認した。
- ・北海道のテフラを調査した結果、降下火砕物中に鉱物相として、酸化アルミニウムや酸化カリウムが存在する可能性は極めて低いことから、摩耗や融解の影響も極めて小さいと考えられる。

以上

[参考文献]

- ※1：谷口宏充, マグマ科学への招待, 裳華房, 2001, P28-30 (別添資料-4)
- ※2：町田洋・新井房夫, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 2011, P160-171, P283-284 (別添資料-1)

参考文献

町田洋・新井房夫, 新編 火山灰アトラス [日本列島とその周辺], 東京大学出版会, 2011, P160-171, P283-284

3.5 北海道地方

北海道で第四紀後期に活発な爆発的噴火を反復し、広域にテフラを供給した火山は、(1) 支笏、クッタラ、洞爺など道南の大カルデラ火山群、(2) クッチャロ、摩周を中心とする道東の大カルデラ火山群、(3) 駒ヶ岳など渡島半島の火山群に大別される。とくに (1) と (2) に由来するテフラは広く分布し、体積も大きい。

従来は各地域独立にテフラ層序が研究されてきたが、最近 (1) や (3) からもたらされたテフラが (2) の地域でも見出されるようになり、さらに周辺海域でもこれらの火山群由来のテフラが確認されてきた^{19,10)}。そして他の地域からのテフラとあいまって総合的なテフラ編年ができるようになった^{1,2,10)}。そうした鍵層の役割を果たす代表的テフラを新しいものから挙げると、樽前 a (Ta-a)、駒ヶ岳 c₂ (Ko-c₂) (道東にも分布)、白頭山苔小牧 (B-Tm) (ほぼ全域)、樽前 c (Ta-c)、樽前 d (Ta-d)、濁川 (Ng)、恵庭 a (En-a) (いずれも道東にも分布する)、支笏第 1 (Spfa-1)、クッタラ第 1 (Kt-1)、銭亀女那川 (Z-M)、クッタラ第 6 (Kt-6)、洞爺 (Toya)、クッチャロ庶路 (Kc-Sr)、クッチャロ羽幌 (Kc-Hb) など多数にのぼる。これらのうち Kt-1 は従来 Spfa2 とされていたもの、また Z-M は函館沖の現在沈水している火口から噴出し、日高・十勝までおおうテフラ、そして Kc-Sr と Kc-Hb はクッチャロカルデラ起源のそれぞれ水蒸気プリニアンテフラと coignimbrite テフラである。このほかに阿蘇 4 テフラ (Aso-4) は全道的に認められ、Toya とともに本州のテフラ編年とこの地域の編年とを結びつけている。

北海道には歴史・考古学の研究とつながりがあるテフラが少なくない。これまで埋没遺物・遺跡の時代を知るのに、テフラは主に指標層として取り上げられてきたが、テフラ噴火が自然環境へ及

ぼした打撃の分析を通して人間社会への影響や人間の対応のしかたを知ることは、今後のテフラ研究に必要であろう。この場合、北海道では、17 世紀半ばに相次いだ駒ヶ岳、有珠、樽前の噴火がこの種の問題の研究に貴重な事例を提供している。

各地の海成段丘と海成層の研究は、テフロクロロジーの面から追求され、成果を挙げてきた。十勝平野など氷食を受けた山地から流下する河川沿いにある河成段丘も、テフロクロロジーを主な手段として研究され、気候変化と地形発達との関係について理解が進んだ^{9-5,10)}。また氷期の日高山脈における複数回の氷河の進出とテフラとの関係についてもくわしく解明されてきた^{11,12)}。

北海道のテフラ研究は日本のテフロクロロジーの草分けであり⁶⁻⁹⁾、くわしい研究が進んできた。とくにテフラ単層の設定は細かく、土壌で区切られるひとつづきのテフラ (1 噴火輪廻単位) はもちろん、もっと細かいユニット (連続した同一岩相の部分) で分けられていることが多い。表に整理して示したのはそうしたユニットではなく、土壌の形成で区切られるひとつづきのテフラ累層を単位とする。北海道の更新世のテフラでは、土壌と細粒テフラ層との区別が容易でない場合がある。このことは経過時間そのものが短いためかもしれないが、そればかりでなく、植生の乏しい氷期の環境、したがって腐植などの形成が少ないことなどのためからかもしれない。

文献

- 1) Arai *et al.* (1986), 2) 奥村 (1991), 3) 平川・小野 (1974), 4) 小野・平川 (1975), 5) 十勝団研 (1978), 6) 浦上ほか (1933a), 7) 浦上ほか (1933b), 8) 浦上ほか (1935), 9) 浦上ほか (1938), 10) 青木・新井 (2000), 11) 中村ほか (2000), 12) 岩崎ほか (2000a, b), 13) 田中ほか (2002), 14) 平川・岩崎 (1999).

[1] 渡島半島

表 3.5-1

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
駒ヶ岳 a ¹⁻⁵⁾	Ko-a	AD 1929	H	pfa, pfl	ESE >25 km			
駒ヶ岳 c ₁ ¹⁻⁵⁾	Ko-c ₁	AD 1856	H	pfa, pfl	ENE >10 km			安政火口生成。
駒ヶ岳 c ₂ ^{2,4,5)}	Ko-c ₂	AD 1694	H ²⁾	pfa, pfl	ENE >350 km 図 3.5-1	4	5?	道東地域での [Ma-a, Me-a] ^{1,10)} の一部 ²⁰⁾ 。
駒ヶ岳 d ¹⁻⁵⁾	Ko-d	AD 1640	H	afa, pfa, pfl	NW >120 km 図 3.5-1	4	5	崩壊・岩屑なだれ発生後 ブリエアン噴火 ¹³⁾ 、ユニ ット多数。
白頭山苫小牧 ¹⁴⁾	B-Tm	10 世紀		afa				本文・表 3.4-4, 3.6-2 参 照。
駒ヶ岳 e ¹⁻⁵⁾	Ko-e	>1.7	C*	afa, pfa			>3?	給源不明。
駒ヶ岳 f ¹⁻⁵⁾	Ko-f	6.3	C ²⁰⁾	pfa, pfl	ESE >30 km	3		
駒ヶ岳 g ¹⁻⁵⁾	Ko-g	6.8~7.0; 6.5	C ²⁰⁾ C ²⁷⁾	pfa, pfl	ENE >350 km 道東に及ぶ ²⁷⁾	3		道南の花粉分析では当時 ミズナラ林、その後ブナ 林におおわれる ²⁰⁾ 。
瀧川 ^{6,7)}	Ng	15 (MIS 2 最 末期)	C, ST	ps-afa, pfa, pfl	E >160 km 図 3.5-4	4	5-6	ユニット多数。[Ng-c~ Ng-a] ⁷⁾ 。本テフラ層以 下では亜寒帯林を示す花 粉 ¹⁵⁾ 。
駒ヶ岳 h ^{4,5,1)}	Ko-h	17	C*	pfa, afa, pfl	ES, W, N >15 km	>2?		[Ko-h ₁] ⁵⁾
駒ヶ岳 i ^{4,5,7)}	Ko-i	>32	C*	pfa, pfl	EN, ES, W; W >250 km 渡島半島西沖の日 本海にも分布 ²⁴⁾	4	5?	[鹿部] ¹⁹⁾ , [Ko-h ₂] ⁵⁾
鱧亀女郡川 ⁹⁾	Z-M	>45 (MIS 3 か)	ST, C	pfa, pfl	E >250 km 図 3.5-4	4	6	[鱧亀沢] ^{9,10)} , [女郡川] ¹⁰⁾ , [日高] ¹⁰⁾ , [楽古] ¹⁰⁾ , イン ポリューション発達。
阿蘇 ^{4¹³⁾}	Aso-4	85~90		afa				本文・表 3.1-5 参照。
松前 ¹⁶⁾	Mt			pfa				給源不明。
洞爺 ¹⁷⁾	Toya	112~115		pfa, afa				本文・表 3.5-2 参照。

1) 山田 (1958), 2) 荻々木ほか (1970), 3) 藤井・石川 (1961), 4) 藤井ほか (1986), 5) 藤井ほか (1989), 6) 松下ほか (1973), 7) 藤井ほか
町田ほか (1981a), 15) 町田ほか (1985), 16) Arai et al. (1986), 17) 町田ほか (1987a), 18) 藤井 (1961), 19) 藤井・福澤 (1988), 20) 藤井
(1992), 27) 中村・平川 (2002).

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	ガラス n	opx T	ho, cum n ₂	模式地・その他
Ko-a	opx, cpx	pm	1.500-1.502	1.709-1.714 (1.710-1.713)		鹿部町本別
Ko-c ₁	opx, cpx	pm	1.500-1.503	1.709-1.714		同上
Ko-c ₂	opx, cpx	pm	1.501-1.505	1.709-1.713		同上
Ko-d	opx, cpx	pm	1.502-1.510	1.710-1.714 (1.712)		森町島崎
B-Tm	af	pm	1.509-1.522			af 1.522-1.524, 砂原町
Ko-e	上部 opx, cpx 下部 ho, opx, cpx	pm	1.512-1.515	1.707-1.712 (1.709)	1.672-1.680	同上
Ko-f	opx, cpx	pm	1.516-1.520	1.709-1.712		鹿部町大岩
Ko-g	opx, cpx	pm	1.513-1.516	1.707-1.710		森町島崎
Ng	ho, opx	pm	1.503-1.508	1.708-1.713 (1.711)	1.670-1.675	森町石倉, pfa と pfi についての岩石記載: Ng-c から Ng-a へ重鉱物組成と屈折率が変化 ²⁰⁾ , 左の数値は最も大規模な Ng-a のもの。
Ko-h	opx, cpx	pm(やや変質)	1.515-1.520	1.709-1.711		鹿部町大岩
Ko-i	opx, cpx	pm	1.509-1.511 (1.510)	1.708-1.711		鹿部町尻無川河口
Z-M	上部 ho, cum, (opx); qt				1.662-1.675 (cum 1.662- 1.665; 1.670- 1.675)	戸井町小安, 上下のユニットで鉱物組成異なる。
	下部 ho, opx; (qt)			1.712-1.725	1.670-1.680	同上
Aso-4	(ho)	bw	1.507-1.510		(1.687)	恵山町女郎川
Mt	ho, opx, cpx				1.685-1.689 (1.686-1.688)	松前町札前
Toya		pm	1.491-1.495	1.758-1.760	1.674-1.684	恵山町女郎川, 長万部町中ノ沢, 主成分 ²¹⁾

(1992), 8) 山縣ほか (1989), 9) 長谷川・鈴木 (1964), 10) 瀧川 (1980), 11) 中川 (1961), 12) 春日井ほか (1980), 13) 平川・小野 (1974), 14) (1989), 21) 古川ほか (1997), 22) 吉本・宇井 (1998), 23) 奥野ほか (1999), 24) 田中ほか (2002), 25) 滝谷・萩原 (1997), 26) 高澤ほか

[2] 洞爺・クッタラ

表 3.5-2

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
有珠 b ^{1,2)}	Us-b	AD 1663		pfa, afa, ps afa (vitric)	E(S) >200 km 図 3.5-1	3-4	5	[Us-c] ¹⁰⁾
白頭山苫小牧 支筋第 1	B-Tm Spfl	10 世紀 40~45		pfl				本文・表 3.4-4, 3.6-2 参照。 [札内] ⁷⁾ , 本文・表 3.5-3 参照
クッタラ第 1 ⁶⁾	Kt-1	≥ 43	C* ²⁰⁾	pfa, pfl, ps	E(N) >300 km 図 3.5-4	4	6	[Kpfl-II と Kbs-III] ⁹⁾ , [Kt-b と a] ^{7, 6)} , [Npfl-II と I, Nb] ⁹⁾ , [Spfa2] ¹⁰⁾ , 現カルデラ形成
銭亀女郎川 中島長流川 ¹⁾	Z-M Nj-Os	≥ 45	ST, C*	pfa				表 3.5-1 参照。 [G-P] ¹²⁾
クッタラ第 2 ⁵⁾	Kt-2 (N, Us-c)			pfa	NW >100 km 図 3.5-4	4	5	[Kt-c] ⁶⁾ , [N, Us-c] ¹²⁾ , 給源 は四方嶺 ⁶⁾ ,
クッタラ竹浦 ^{4, 20)} (群)	Kt-Tk	クッタラ火山外輪山 ¹⁾ 形成期の sfa 群 ¹⁸⁾ , [Kbs-II] ⁶⁾ , [Rpfa-1] ⁹⁾ , [Kt-d] ⁶⁾ , [Spfa-3] ¹¹⁾ ,						
クッタラ第 3 ⁵⁾	Kt-3	≥ 47~51	C* ²⁰⁾	pfa, afa, ps, pfl	E(N) >150 km 図 3.5-4	4	6	[Kpfa-III, Kbs-I と Kpfl-I] ⁹⁾ , [Kt-f と e] ^{7, 6)} , [Rpfa-II a と Rpfl-1] ⁹⁾ , [Spfa-3 と 4] ¹⁰⁾ , これ以前のクッタラテフラの 大半は現カルデラ湖より北 から噴出 ²⁰⁾ ,
クッタラ早来 ⁵⁾	Kt-Hy			pfa, ps, afa, pfl	E >60 km	3-4	4-5	
クッタラ第 4 ⁵⁾	Kt-4			pfa, ps, pfl	E?	3-4	5-6	[Kpfa-II] ⁹⁾ , [Kt-h] ⁷⁾ , [Rpfa-II b と Rpfl-II] ⁹⁾ [RP-II] ¹⁰⁾ , [OP-2] ²⁰⁾ , [Mpfa-2a] ¹¹⁾
クッタラ第 5 ⁵⁾	Kt-5			pfa	E?	3-4	4-5	[Kpfa-I] ⁹⁾ , [Mpfa-2b] ¹¹⁾
クッタラ第 6 ⁵⁾	Kt-6	75~85	ST MIS 5a	pfa, ps, pfl	ENE >200 km 図 3.5-4	4	6	[Kt-i] ⁷⁾ , [Rpfl-III] ⁹⁾ , [Kt-i U と i L] ⁶⁾ , [Mpfa-3] ¹¹⁾ , [Op-3] ²⁰⁾ , [RP-IV] ¹⁰⁾
クッタラ第 7 ⁵⁾	Kt-7			pfa, pfl	E?	3-4	6	[Kt-j] ⁷⁾ , [Kt-j ₂] ⁹⁾ , [Rpfl-III] ⁹⁾
阿蘇 4	Aso-4	85~90		afa (vitric)				本文・表 3.1-5 参照
クッタラ第 8 ⁵⁾	Kt-8			pfa, afa, ps, pfl	E?	4	6	[Rpfl-IV] ⁹⁾ , 石狩平野南部と 道東で [N, Us-c] と解釈して いたものにあたる ¹⁶⁾ ,
洞爺 ¹⁷⁾	Toya	112~115	Ol, FT, ST, TL	afa (pp), pfl, afa	conc. >600 km pfl は NW, W 80 km 図 2.4-4	5	7	本文参照。[Aafa2] ¹²⁾ , [Kpfa] ¹⁸⁾ , [HPIV] ¹⁵⁾ , [Hn2WA] ¹⁹⁾ , [ビク] ²⁰⁾ , [WT] ²¹⁾ , [YP] ²²⁾
長流川 ¹⁷⁾	Osr	120~125	ST	pfa, afa, pfl				上長和層 (砂礫層, MIS 5e?) 上にある。

1) 山田 (1958), 2) 大場 (1965), 3) 北海道火山灰命名委員会 (1979), 4) 河内ほか (1980), 5) 山崎 (1994), 6) Katsui (1981), 7) 相模原 (1985), 15) 小野・平川 (1974), 16) Arai et al. (1986), 17) 町田ほか (1987a), 18) 春日井ほか (1978), 19) 大上ほか (1978), 20) 北里 (1975), (1985),

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	n	opx γ	ho n ₂	模式地・その他
Us-b	(opx, cpx, ho; qt)	pm	1.497-1.499 (1.498)	1.735-1.741	1.683-1.686	白老町ボロト湖
B-Tm	af	pm	1.508-1.522			af 1.522-1.524, 伊達市館山
Spfl	opx, cpx, ho	pm, bw	1.500-1.503	1.731-1.733	1.688-1.691	同上
Kt-1	opx, cpx; qt	pm	1.498-1.504 (1.502-1.504)	1.719-1.726 (1.720-1.723)		白老町萩野, 火山ガラス n は 5) による。
Z-M	ho, opx, cum	pm	1.505-1.513	1.717-1.724		早来町東早来
Nj-Os	ho, opx	pm	1.501-1.510 (1.502-1.506)	1.707-1.711	1.665-1.670	仕警村幸内, 火山ガラス n は 5) による。
Kt-2 (N, Us-c)	opx, cpx, (ho)	pm	1.505-1.515 (1.507-1.510)	1.712-1.718 (1.713-1.716)	1.678-1.684	伊達市館山
Kt-Tk	cpx, opx, ol					白老町竹浦
Kt-3	opx, cpx	pm	1.510-1.514	1.713-1.725		登別町ランボーゲ岬, 火山ガラス n は 5) による。
Kt-Hy	opx, cpx, (ho)			1.711-1.726 (1.715-1.724)		同上, opx γ は 5) による。
Kt-4	opx, cpx, (ol)	pm	1.508-1.510	1.716-1.723 (1.720-1.722)		同上
Kt-5	opx, cpx	pm	1.511-1.514 (1.512-1.513)	1.720-1.726 (1.722-1.724)		同上
Kt-6	opx, cpx	pm	1.507-1.509	1.723-1.729		白老町萩野
Kt-7	opx, cpx,	pm	1.509-1.512	1.721-1.730		白老町社台川
Aso-4	(ho)	bw	1.507-1.510		1.686-1.688	伊達市館山, 主成分 ²⁶⁾
Kt-8	opx, cpx, (ho)	pm	1.507-1.510 (1.508-1.509)	1.713-1.718 (1.715)	1.678-1.684	同上
Toya	(opx, cpx, ho, qt)	pm, bw	1.494-1.498 (1.496)	1.711-1.761 bimodal (1.758-1.761, 1.712-1.729)	1.674-1.684	伊達市上長和, eulite にとむ。
Osr	opx, cpx, (ho)	pm	1.503-1.508	1.717-1.723		同上長流川沿い

(1987), 8) 藤原研 (1990), 9) 山崎 (1985), 10) 佐藤 (1988b), 11) 春日井ほか (1980), 12) 春日井ほか (1989), 13) 山崎 (1991), 14) 藤井ほか
21) 大池ほか (1970), 22) 東北地方第四紀研究グループ (1969), 23) 十勝研 (1972), 24) 森泉 (1998), 25) 加藤ほか (1995), 26) 町田ほか

[3] 支笏・羊蹄・石狩・十勝

表 3.5-3

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
樽前 a ^{1,4)}	Ta-a	AD 1739	H	pfa, pfi, pfa	EEN > 270 km 図 3.5-1	4	5	道東まで見られ, [Ma-a あるいは Me-a] ^{1,2)} の 一部をなす ²⁾ . アイヌ文化 期.
樽前 b ^{1,2)}	Ta-b	AD 1667	H, A	pfa, pfi	E(N) > 170 km 図 3.5-1	4	5	アイヌ文化期.
有珠 b	Us-b	AD 1663	H	pfa, afa				表 3.5-2 参照.
白頭山苔小牧 ⁶⁾	B-Tm	10 世紀		afa				本文・表 3.4-4, 3.6-2 参 照.
樽前 c ^{3,4)}	Ta-c	2.5~3	C*, A	sfa, pfa	E(N) > 80 km 図 3.5-2	4	5	
樽前 d ^{3,4)}	Ta-d	8~9	C*	pfa, sfa	E > 200 km 図 3.5-2	3-4	5	
恵庭 a ⁷⁾	En-a	19~21 C ^{24,25,44,45)} (MIS 2)		pfa	E > 200 km 図 3.5-3	4	5	[帯広火山砂] ⁸⁾ , 日高山 地トックベツ亜水期 ⁹⁾ .
羊蹄 (群) ²⁷⁾		およそ 70ka 以降完新世まで数十層の sfa, pfa が噴出・堆積. 一部に小 pfi あり. ここでは遠隔地まで達 した 3 層 (Yo-1, 2, 3) を示す.						
羊蹄第 1 ^{10,11)}	Yo-1	>18	C, O	sfa, pfa, sfa	E(N) > 85 km 図 3.5-3	3	4-5	本層とその下位にある Yo-2(略)との間から後 期旧石器. [Yo. PS-1] ¹¹⁾
始良 Tn ¹⁴⁾	AT	28~30		afa (風化)				本文・表 3.1-3 参照.
羊蹄第 2 ^{10,11)}	Yo-2	25~27	C*	pfa・sfa 互層		3	4	AT 直下
羊蹄第 3 ^{10,11)}	Yo-3	40	ST	pfa, sfa, pfa, sfa	E > 80 km 図 3.5-3	3	4	[Yo. Ps-3] ¹¹⁾ . インボリ ューション発達.
恵庭 b ¹⁰⁾	n, En-b	>22	C	pfa	N > 45 km 図 3.5-3	3-4	4	フッピシ火山起源 ²⁰⁾ .
支笏第 1 ^{3,5,7)}	Spfi	40~45	C ^{29,32)}	pfi	conc. 50 km 図 2.4-3	3	7	本文参照.
	Spfa-1			pfa	ESE > 700 km 図 2.4-3	5	7	
クッタラ第 1	Kt-1	≥43	C	pfa				[Spfa-2] ²²⁾ . 従来支笏起 源と考えられていた. 表 3.5-2 参照. インボリ ューション発達.
銭亀女那川	Z-M	≥45		pfa				[楽古 I RP-1] ²³⁾ . [日高 Hpfa] ²³⁾ . 表 3.5-1 参照. インボリューション発達.
クッタラ第 3	Kt-3			pfa (2 ユニット)				[Spfa-4] ²³⁾ . [Op-1] ²³⁾ . 表 3.5-2 参照. インボリ ューション発達.
支笏第 5 ^{5,12)}	Spfa-5			pfa	E > 200 km	3-4	5	インボリューション発 達.
支笏第 6 ^{5,12)}	Spfa-6			pfa	E > 200 km	3-4	5	Spfa-5 との間に Kt-Hy あり. インボリューシ ョン発達.

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	T_m	opx T_c	ho, cum n^2	模式地・その他
Ta-a	opx, cpx	pm	1.497-1.508 (1.498-1.501)	1.713-1.717 (1.715-1.716)		千歳市美々
Ta-b	opx, cpx	pm	1.500-1.509	1.712-1.716 (1.715)		同上
Us-b	opx, cpx, ho; qt	pm	1.498±			門別町
B-Tm	af	pm	1.511-1.522			af 1.522-1.524, 苫小牧市, 港
Ta-c	opx, cpx, (ol)	pm	1.502-1.511	1.708-1.716 (1.710-1.712)		千歳市美々, 縄文晩期文化層 には含まれる。
Ta-d	opx, cpx, (ol)	pm	1.533-1.537	1.701-1.706		同上, 上下に縄文早期文化層。
En-a	opx, cpx	pm	1.507-1.509	1.710-1.715 (1.713-1.715)		同上, ho を含まない。
Yo-1	opx, cpx			1.714-1.719		京極町大富, 山縣試料, 微晶 の多い火山ガラス。
AT	(opx)	bw	1.499-1.501			同上, 山縣試料
Yo-2	ho, opx	pm	1.556-1.560	1.703-1.708	1.690-1.695	同上, 山縣試料
Yo-3	opx, cpx	pm	1.525-1.532	1.702-1.707		同上, 山縣試料
n, En-b	opx, cpx	pm	1.510-1.514	1.711-1.715		恵庭市磐尻
Spfl	opx, ho, (cpx); qt	pm, bw	1.500-1.503	1.730-1.733	1.688-1.691	千歳市美々
Spfa-1	opx, cpx, ho; qt	pm	1.501-1.505 (1.502-1.503)	1.729-1.735	1.688-1.691	同上
Kt-1	opx, cpx; qt	pm	1.502-1.504	1.723-1.726		早来町新栄
Z-M	ho, opx, cum, bi; qt			1.713-1.724	1.670-1.675 cum 1.661-1.664	静内町新冠, 広尾町豊似
Kt-3	opx, cpx, ho	pm	1.509-1.513	1.709-1.725		早来町新栄
Spfa-5				1.715-1.719 (1.716-1.717)		同上
Spfa-6				1.710-1.717 (1.711-1.715)		同上

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
支笏第7~10 ^{1,12)}	Ssfl	}	}	}	}	}	}	}
Spfa-7~10	Ssfl							
尻別	Srb	70	ST (Kt-4 の上位)	pfa, pfl	尻別岳から, pfa: E >100 km			[Mpfa-1] ¹⁶⁾ , [Yo-Mk] ²⁰⁾ , 新記載, 尻別起源らしい, インボリューション発達
クツラ第6	Kt-6	75~85		pfa				[Mpfa-3] ¹⁶⁾ , [K-M] ¹⁷⁾ , [RP-IV] ⁸⁾ , [Op-3] ^{12, 18, 21)} , 表 3.5-2 参照
阿蘇 4 ¹⁴⁾	Aso-4	85~90		afa				本文・表 3.1-5 参照
厚真 1 ¹⁶⁾	Aafal			afa				[HP II] ²⁰⁾ , 給源クツラ,
洞爺 ¹⁰⁾	Toya	112~115		afa				[Aafa2] ¹⁶⁾ , [上札内 Kpfa] ¹⁰⁾ , 本文・表 3.5-2 参照
クッチャロ羽根 ¹⁸⁾	Kc-Hb	115~120		afa				[Aafa3] ¹⁶⁾ , 本文・表 3.5-5 参照
厚真 4 ¹⁶⁾	Aafa4			afa				海成早米層 ²⁰⁾ 直上, 給源不明

1) 山田 (1958), 2) 曾屋 (1972), 3) 北海道火山灰命名委員会 (1979), 4) 石川ほか (1969), 5) 曾屋・佐藤 (1980), 6) 町田ほか (1981a), 7) 14) Yamagata (1996 MS), 15) 馬道研 (1987), 16) 春日井ほか (1980), 17) Arai et al. (1985), 18) 町田ほか (1985), 19) 町田ほか (1987a), 星住 (1996), 28) 山縣 (1994), 29) 柳田 (1994).

[4] 道央・道北

表 3.5-4

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
利尻豊徳(群?) ^{1,10)}	Rs-Ht	>10?	ST	sfa		3?	5	利尻火山最新期(第5期)の活動で利尻南麓または沖合から噴出した ¹⁰⁾ sfa, インボリューション発達
利尻ワンコノ沢 ^{1,4,9,10)}	Rs-Wn	(MIS 2 か)		pfa, sfa (5 ユニット)	E >80 km 図 3.5-5	3-4	5	利尻島南東の海底から噴出した ¹⁰⁾ , インボリューション発達, 凍結割れ目形成 ¹³⁾
然別(群)	Spfa-1	Spfa-1 の上下に然別 1, 2 (Sipfa-1, 2) という 2 枚の pfa が十勝平野北部に分布 ⁶⁾ . 分布軸は E 方向.						
大雪御鉢平 ^{4,9,12,13)}	Ds-Oh	>30	C ¹⁰⁾	pfa, pfl	N 20 km, E(N) 140 km?			[層雲峡] ^{6,13)} の一部, [北海平] ^{4,12)} .
支笏第1	Spfa-1	40~45		pfa				本文・表 3.5-3 参照
阿蘇 4 ¹⁴⁾	Aso-4	85~90		afa (vitric)				本文・表 3.1-5 参照
利尻兜沼(群) ^{4,10)}	Rs-Kb	Aso-4 の下位に 2 層, 上位に 1 層		pfa, sfa	ENE			Spfa-1 の下位.
利尻アチャル ^{4,14)}	Rs-Ac		Kc-Hb の上位	pfa		3?	5	サロベツ低位海成段丘上
クッチャロ羽根	Kc-Hb			afa				同上

1) 更別グループほか (1966), 2) 佐々木ほか (1971), 3) 小林哲 (1987), 4) 三浦 (1991), 5) 十勝研 (1972), 6) 土居ほか (1961), 7) 町田 (1966), 14) 三浦 (1996), 15) 伊藤ほか (2000).

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	n	opx γ	ho n ₂	模式地・その他
Ssf	opx, cpx			1.711-1.715		白老町社台川
Spfa-7 ~10	opx, cpx			1.713-1.718 (1.715-1.717)		早来町新栄
Srb	ho, opx; qt	pm	1.500-1.504	1.716-1.720	1.680-1.685	京極町更邊, Mpfa-1は鶴川 町沙見三区
Kt-6	opx, cpx	pm	1.508-1.515 (1.510-1.514)	1.723-1.729		厚真町軽米
Aso-4	(ho)	bw	1.505-1.509		1.686-1.688	同上, 主成分 ¹⁸⁾
Aafa1	opx, cpx	pm	1.509-1.511	1.714-1.721 (1.715-1.720)		同上
Toya	(opx)	pm, bw	1.495-1.498 (1.496-1.497)	1.758-1.761		同上
Kc-Hb	(opx)	bw	1.507-1.508	1.706-1.711		同上
Aafa4		pm	1.497-1.498			同上

8) 長塚 (1956), 9) 小野・平川 (1974), 10) 春日井ほか (1974), 11) 船橋ほか (1975), 12) 佐藤 (1969b), 13) 春日井ほか (1978), 20) 山田ほか (1981), 21) 十勝国研 (1972), 22) 藤井 (1961), 23) 徳井 (1989), 24) 梅津 (1987), 25) 加藤 (1994), 26) 中川 (1993), 27)

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	n	opx γ	ho n ₂	模式地・その他
Rs-Ht	ol					豊富町アチャル, 岩片にとむ
Rs-Wn	ho, (opx, cpx)	pm	1.517-1.522* (縞状凝石あり)		1.681-1.686 (上部ユニット ほど高い値 1.684-1.689)	同上, 猿払村浅茅野, *15) の 火山ガラスはRs-Wn本体と 異なるもの
Ds-Oh	opx, cpx, (ho)	pm	1.505-1.516 (1.507-1.509)	1.706-1.710	1.672-1.677	上川町稻雲峽・天城岩, 大面
Spfa-1	(ho)	pm, bw	1.501-1.503		1.684-1.688	猿払村浅茅野
Aso-4		bw	1.508-1.512			稚内市恵北
Rs-Kb						豊富町兜沼, 岩片にとむ
Rs-Ac	(opx)			1.700-1.703		豊富町アチャル
Kc-Hb	opx, (cpx, ho)	bw	1.501-1.504			同上

井ほか (1978), 8) 目次 (1983), 9) Arai et al. (1986), 10) Miura (1986), 11) 三浦・平川 (1995), 12) 中村・平川 (2000), 13) 国府谷ほか

[5] 道 東

表 3.5-5

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
樽前 a ^{1,2)}	Ta-a	AD 1739		afa				[摩周 a M(a)-a] ³⁾ , [軽阿寒 a ₁ Me-a ₁] ^{4,5)} , [トコロIV] ^{2,20)} , 表 3.5-3 参照.
駒ヶ岳 c ₂ ^{1,2)}	Ko-c ₂			afa				[M(a)-a] ³⁾ , [Me-a ₁] ^{4,5)} , [トコロIII] ^{2,20)} , 表 3.5-1 参照.
摩周上部・新期(群) ⁶⁾	Mu							Ma-i に始まり Ma-b にいたる爆発的活動期のテフラ群, 最大のものが Ma-j に始まり Ma-f で終わる一連の爆発的活動のテフラ. Ma-f 以上にも摩周(カムイヌプリ)系と思われる 4 層 (b, c, d, e) と遠来と思われる 3 層 (上記 2 層を含む) がある. テフラの区分・名称は多岐にわたる(省略) ⁶⁾ .
摩周 b ³⁾	Ma-b	<10 世紀	ST	pfa, afa, pfa (5 ユニット)	N > 80 km 図 3.5-6, 下部は N へ, 上部のユニットは E に分布.	3-4	5	給源カムイヌプリ火口.
白頭山苫小牧	B-Tm	10 世紀						本文・表 3.4-4, 3.6-2 参照. この下位に Ta-c に対比される [トコロ] ²⁰⁾ .
羅臼 2 ²⁷⁾	Ra-2	1.4	C	pfa, pfi	E > 60 km, 函根島にも分布, 図 3.5-6		4	Ma-b の下位.
摩周 f ^{3,4,5)}	Ma-f	同一噴火 輪廻 7.3~8	C ^{7,8)}	pfi, pfa	conc. 100 km 図 3.5-6, 再堆積 性のテフラ広く分 布 ^{9,10)} .	4	6	[摩周軽石流 Mpf] ^{2,8)} , 摩周カルデラ形成. この上位に Ko-g ¹⁰⁾ .
摩周 g~j ^{3,4,5)}	Ma-g~j			afa, pfa・afa, pfa (多数ユニ ット)	ESE > 100 km 図 3.5-6			
摩周 k ^{3,4,5)}	Ma-k	>11		afa	摩周起源ではなく 遠来か?			本テフラ以後アースハン モック形成 ²⁰⁾ .
摩周 l ^{3,4,5)}	Ma-l	≥14	C ¹¹⁾	afa, pfa	NE-SE > 80 km 図 3.5-6	4	5	
摩周下部(群) ⁶⁾	Ml							[摩周ローム] ¹²⁾ , [チャンベツローム] ^{13,14)} と同じ. 摩周成層火山期の [Ma-a~Ma-h] ¹⁰⁾ の一部. 5 層の sfa, pfa からなる. 中・上部にはインボリューションが顕著.
アトサヌプリ ¹⁶⁾	Anp	>12	C*	pfi	クッチャロカル デラ内			Ml や Ch との層位関係 不明.
茶内(群) ⁶⁾	Ch							[茶内火山灰層] ¹⁷⁾ を再定義し, その上部をなす 4 層の pfa・afa (Ch-a~d) を含む. いずれも摩周・クッチャロ起源と思われる. インボリューションや軽石の凍結破砕が著しい.
クッチャロ中島島住 ¹⁸⁾	Kcn-T			pfa	NE > 50 km	3	4	
西別東カヤノ ¹⁸⁾	Ns-Hk	MIS 2		pfa	図 3.5-7	3	4	下位に Ds-Oh ²⁰⁾ , イン ボリューション発達.
中春別上部(群) ^{6,12)}	Nu							Kc-1 以上, Ch 群に切られるテフラ群で, 摩周東麓では Ns-T ₁₋₃ のほか 15 層あまりの pfa, sfa, afa を含む. 大部分は摩周(西別を含む)火山またはクッチャロ火山を給源とするが, Ns-T ₁ と Ns-T ₂ の間に遠来と思われる afa [Nu-m] がある. [別海] ¹⁸⁾ .
西別床丹 ¹⁹⁾	Ns-T ₁			pfa, afa・pfa	ES? > 60 km 図 3.5-7	3	4-5	[Nu-1 (1-5)] ⁶⁾ , [床丹 浮石(層)] ^{12,18)} の一部.

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	ガラス n	opx γ	ho n ₂	模式地・その他
Ta-a	(opx, cpx)	pm	1.500-1.505	1.713-1.715		弟子屈町美留和, 弟子屈南, 対比は主成分 ^{1,26)} .
Ko-c ₁	(opx, cpx)	pm	1.501-1.505	1.709-1.713		同上, 対比は主成分 ^{1,26)} .
Mu						中標津町養老牛
Ma-b	(opx, cpx)	pm	1.501-1.504			清里町清泉
B-Tm	af (n ₁ =1.523±)	pm, bw	1.508-1.519			弟子屈町美留和
Ra-2						羅臼町神町, 全岩主成分 ²⁷⁾
Ma-f	opx, cpx	pm	1.516-1.520	1.707-1.711 (1.708-1.709)		中標津町武佐
Ma-g~j	opx, cpx			1.705-1.710 (1.708)		同上
Ma-k	(opx, cpx)	pm	1.505-1.510			弟子屈町美留和
Ma-l	opx, cpx			1.705-1.710 (1.706-1.709)		中標津町武佐
Ml						別海町泉川
Anp	opx, cpx	pm	1.505-1.508	1.704-1.708		弟子屈町美留和
Ch						別海町泉川, 中春別
Ken-T	opx, cpx, ol			1.705-1.710		小清水町東萱野
Ns-Hk	opx, cpx			1.708-1.712		同上
Nu						別海町中春別菊水ほか
Ns-T ₁	opx, cpx	pm	1.520-1.522	1.715-1.720		別海町床丹

火山・テフラ名	記号	年代	測定方法	堆積様式と層相	分布・体積	A	V	注・[対比・他の名称]
西別床丹 ²⁽¹⁹⁾	Ns-T ₁			pfa, afa	E > 60 km 図 3.5-7	3	4-5	[Nu-n (1.2)] ¹⁵⁾ , [床丹浮石(層)] ^{12, 16)} の一部
西別床丹 ³⁽¹⁹⁾	Ns-T ₁	>30	C	afa, pfa, sfa	E(S) > 60 km 図 3.5-7	3	4-5	[Nu-p (1-5)] ¹⁵⁾ , [床丹浮石(層)] ^{12, 16)} の一部
小清水 ¹⁽²⁰⁾	Ks1			pfa	小清水・斜里地域			Ns-T ₁₋₃ との層位関係不明。[K. pfa1] ²⁰⁾
西別止別 ¹²⁾	Ns-Ym	Kc-1 直上		afa, pfa	EN? 図 3.5-7	3-4	5?	摩周火山爆發的活動開始 インボリューション未発達
中春別下部(群) ¹⁰⁾	NI	Kc-4 の上位, Kc-1 までを含む。広く認められる指標テフラ層は下記のように, Spfa-1, Aso-4, Toya を除くと, クッチャロ火山群を給源とするらしい。						
クッチャロ蒸路 ¹⁴⁾	Kc-Sr	同一噴火輪廻 35~40	C	afa	ES? > 1000 km 図 2.4-6	5	7	本文参照, [NI-a] ¹⁰⁾ , [K. P. flow-I] ²⁰⁾
クッチャロ ¹⁽²⁰⁾	Kc-1			afa, pfi				
支笏第 ¹⁽²⁰⁾	Spfa-1	40~45		pfa				インボリューション発達 本文・表 3.5-3 参照
小清水 ²⁽²⁰⁾	Ks2	MIS 4 か		pfa	小清水・斜里地域	3	4	[K. pfa II] ²⁰⁾ , インボリューション発達
小清水 ³⁽²⁰⁾	Ks3	MIS 5a~MIS 4		afa, pfa	同上	3	4	[K. pfa III] ²⁰⁾ , 弱いインボリューション, 河成段丘上
クッチャロ ^{2・3(20)}	Kc-2・3	85~90		pfi, (afa), pfi	N-NNE 35 km	3	6	[K. P. flow-II & III] ²⁰⁾ , 土壌をはさまず一連の噴出物。[NI-d?] ¹⁰⁾
阿蘇 ⁴⁽²¹⁾	Aso-4	85~90		afa(vitric)				Kc-2・3 の直下にある。 本文・表 3.1-5 参照
斜里 ²⁰⁾	Shr	MIS 5c らしい		pfa	小清水・斜里地域	3	4?	インボリューション未発達
洞爺 ²²⁾	Toya	112~115		afa(vitric)				本文・表 3.5-2 参照
小清水 ⁴⁽²⁰⁾	Ks4	MIS 5d らしい		pfa, afa	小清水・斜里地域	3	4?	[K. pfa IV] ²⁰⁾ , インボリューション発達
小清水 ⁵⁽²⁰⁾	Ks5	MIS 5d らしい		pfa	同上	3	4?	[K. pfa V] ²⁰⁾ , インボリューション発達
クッチャロ羽幌 ¹⁸⁾	Kc-Hb	同一噴火輪廻 115~120 ST, FT		afa	ES? > 1000 km, W 500 km 図 2.4-10	5	7	本文参照, [K. P. flow-IV] ²⁰⁾ & [K. S.] ²⁰⁾ , [中標津] ^{23, 24)} , [武佐] ^{12, 25)} , クッチャロカルデラ最大のテフラ ²⁶⁾ , 釧路段丘(MIS 5e の海成段丘)をおおう。
クッチャロ ⁴⁽²⁰⁾	Kc-4			afa・pfa, pfi				
北見ピンク ²⁸⁾	Ktmp	Kc-4 直下		afa(vitric)				M1 海成段丘をおおう ²⁸⁾ 。 給源不明

1) 徳井 (1989), 2) 道藤ほか (1988), 3) 山田 (1951), 4) 山田 (1968), 5) 藤井 (1982), 6) 宮田ほか (1988), 7) 藤井 (1988b), 8) Katru (1965), 15) 藤井 (1961), 16) 藤井 (1962), 17) 從地山ほか (1985), 18) 佐藤 (1958), 19) Arat et al. (1986), 20) 藤井・佐藤 (1963), 21) 藤井 (2000), 28) 徳井 (1988), 29) 道藤ほか (1996), 30) 岩田 (1996), 31) 岡田ほか (1989), 32) 宮田 (1986), 33) 中村・平川 (2002).

記号	主な鉱物	火山ガラス タイプ	ガラス n	opx γ	ho n ₂	模式地・その他
Ns-T ₂	opx, cpx	pm	1.519-1.522	1.705-1.710		別海町床丹
Ns-T ₃	cpx, opx	pm	1.517-1.520	1.706-1.710		同上
Ks1	opx, cpx	pm	1.512-1.515	1.706-1.710		小清水町東萱野
Ns-Ym	cpx, opx	pm	1.502-1.504	1.702-1.710		同上
Nl						別海町各地
Kc-Sr	opx, cpx	pm>bw	1.502-1.505 (1.503-1.504)	1.707-1.710 (1.708-1.709)		白糠町広路
Kc-1	opx, cpx, (oi)	pm	1.502-1.504	1.707-1.710 (1.707-1.709)		網走市オンネナイ川上流
Spfa-1	opx, cpx	pm	1.502-1.505 (1.503-1.504)	1.729-1.731		斜里町川上
Ks2	opx, cpx, ho	pm	1.505-1.515	1.707-1.710 (1.708-1.709)		網走市オンネナイ川上流
Ks3	opx, cpx, oi	pm	1.515-1.518 (1.516-1.518)	1.707-1.711 (1.708-1.710)		同上, 小清水町止別
Kc-2-3	opx, cpx	pm	1.503-1.508 (1.505-1.508)	1.707-1.710		網走市蕨琴
Aso-4	opx, (ho)	bw	1.509-1.512	1.700-1.702	(1.687)	同上, 斜里町中斜里
Shr	opx, cpx	pm	1.511-1.514	1.704-1.708		斜里町川上
Toya		pm, bw	1.496-1.498			同上, 主成分 ²²⁾
Ks4	opx, cpx			1.701-1.710		小清水町東萱野
Ks5	opx, cpx			1.707-1.710		同上
Kc-Hb	opx, cpx	bw	1.502-1.504	1.705-1.709		羽幌町幸町, 厚真町軽来
Kc-4	opx, cpx	bw, pm	1.502-1.506 (1.503-1.505)	1.707-1.710 (1.708-1.709)		網走, 中標津一帯, 釧路市大葉毛
Ktmp	(opx, cpx, ho)	pm	1.502-1.505			網走市オンネナイ川上流, 北見市開成

(1963), 9) 石塚ほか (1963), 10) 佐藤ほか (1964), 11) Katsui et al. (1975), 12) 松井ほか (1965), 13) 齋藤・北川 (1963), 14) 松井・国府谷田ほか (1986), 22) 町田ほか (1987a), 23) 松下ほか (1967), 24) 松井ほか (1967), 25) 渡・北川 (1964), 26) 奥村 (1991), 27) 宮地ほか

枠囲み部は本資料における抜粋又は参照箇所を示す

278 *Yogyo-Kyokai-Shi* 84 [6] 1976

S. TSUNEMATSU et al. 32

- 8) K. Shirasuka and G. Yamaguchi, *Yogyo-Kyokai-Shi* 83, 603-05 (1975).
 9) A.M. Alper, R.N. McNally, P.G. Rible and R.C. Doman, *J. Am. Ceram. Soc.* 45, 263-68 (1962).
 10) A.M. Alper, R.N. McNally, R.C. Doman and F.G. Keihn, *J. Am. Ceram. Soc.* 47, 30-3 (1964).
 11) B. Phillips, S. Somiya and A. Muan, *J. Am. Ceram. Soc.* 44, 167-69 (1961).
 12) 山口悟郎, 白須賀公平, セラミックス 6, 955-57 (1971).
 13) 大庭宏, 杉田清, 島田康平, 耐火物 18, 10-22 (1966).
 14) 宗宮重行, 耐火物 24, 39 (1972).
 15) S.M. Zubakov and A.L. Dyukov, *Ogneupory* No. 9, 54-60 (1972).
 16) M.E. Fine, *Am. Ceram. Soc. Bull.* 51, 510-15 (1972).

(9/25/1975 受付)

論文・Paper

シラスを主原料とする結晶化ガラス

恒松修二・井上耕三・松田応作

(九州工業技術試験所)

Crystallized Glasses Produced by the Use of a Volcanic Ash "Shirasu"

By

Shuji TSUNEMATSU, Kozo INOUE and Osaku MATSUDA
(National Industrial Research Institute of Kyushu)

"Shirasu" is a sort of volcanic ash broadly deposited in southern Kyushu and consists mostly of glassy aluminosilicate.

In this paper, the authors describe the crystallizing behavior of some glasses produced by using "Shirasu" as a raw material without addition of any crystal nucleus and discuss the correlations between the structures of crystallized glasses and their strengths.

The results obtained are summarized as follows:

1. Heat treatments of the glasses in the systems "Shirasu-CaO-MgO", "Shirasu-CaO-ZnO" and "Shirasu-CaO-MgO-ZnO" caused the formation of the crystals of diopside, hardystonite- β -wollastonite and diopside-hardystonite- β -wollastonite respectively. An unknown crystal was detected in each of almost all of the specimens. All the crystals grew from the surface to the inside of the glass specimens.
2. By the crystallization, the softening temperature of all of the glasses examined rose from about 870°C to about 1200°C and their hardness in Mohrs increased from 5 to 8.
3. The glasses in the systems "Shirasu-CaO-MgO" and "Shirasu-CaO-MgO-ZnO", in which diopside precipitated on heating, did not show an increase in strength by any crystallization procedure, whereas the strength of the glasses in the system "Shirasu-CaO-ZnO" heat-treated for 2 hours were 2 to 3 times as high as those of the original glasses respectively. As the heating time was further increased, however, their once increased strengths dropped rapidly, regaining their original values.
4. The high strengths achieved by crystallization were discussed in terms of the shape of the formed crystals, the processes of the crystal growth, the appearance of crystal grain boundary, etc.

[Received September 29, 1975]

1. 緒 言

"シラスとは、南九州に広く分布する厚い軽石流(軽石凝灰角礫岩)、降下軽石層およびこれらの二次堆積層で、

第三紀から第四紀にかけて始良、阿多火山などから噴出したものである", と定義されている¹⁾。

従来、結晶化ガラスの製造法としては、結晶核形成剤

として Au, Ag, Cu などに加え紫外線, ガンマー線を照射する方法, Pt, Ru あるいは ZrO₂, TiO₂ を用いる方法などがある²⁾.

シラスを主原料とし, これに CaO, MgO, ZnO など添加して得られるガラスは, 結晶核形成剤を添加することなく適当な熱処理によって結晶化する.

本報は, これらのガラス組成, 熱処理によって生成する結晶の種類, 結晶生成過程などと, 得られた結晶化ガラスの物性との関係について検討したものである.

2. 実験方法

2.1 ガラス試料の調製

ガラスの主原料として使用したシラスは, 鹿児島県重水市新城のシラス原鉱をボールミルで約 20 時間粉砕し 149 μ としたものである. 表 1 にその化学成分および鉱物組成を示す. ガラス質と結晶質との分離は臭化亜鉛水溶液を用いる浮沈分離方法によった³⁾. 他の原料としては CaO, ZnO および MgO を用いた. CaO は市販の試薬特級沈降性炭酸カルシウムをシリコニット電気炉で 1100°C, 2 時間焼成し調製した. ZnO および MgO は, 市販の試薬一級酸化亜鉛, 試薬重質酸化マグネシウムをそれぞれ用いた.

表 2 に示す組成に調合したバッチ 2 kg をボールミルで 30 分間混合したものを高アルミナ増場に入れ, カンタルスーパー電気炉で 1400°C, 2 時間加熱熔融し, 水中に投入急冷してガラスをつくった. そのガラスを, 再度カンタルスーパー電気炉で 1500°C, 1 時間加熱熔融したのち, カーボンケースに流し込み電気炉で除歪みした. 冷却後ガラスをダイヤモンドカッターで切断し, カーボランダム 800 番で研磨して 3×5×50 mm の大きさの棒状試験体を作成した.

2.2 示差熱分析

ガラス試料の熱変化を調べるため理学電機製自記記録示差熱分析装置により示差熱分析を行った. 基準物質として α-アルミナを用いた. 昇温速度は 10°C/min とした.

2.3 結晶化のための熱処理

2.1 項に述べた方法によって作成した棒状ガラス試験体を, 予め 700°C および 900°C (これらの設定温度は 3.1 項参照) に設定した電気炉の均熱部に置き, それぞれの温度に一定時間保持した後, さらに 5°C/min で昇温し, 1000°C および 1100°C で一定時間熱処理を行った. その熱処理条件を表 3 に示す. 熱処理の後, 電気

Table 2. Chemical compositions of Shirasu glasses (wt%).

No.	Shirasu	CaO	MgO	ZnO
1 ⁰⁾	70	20	10	0
2	70	20	0	10
3	70	25	0	5
4	70	20	5	5

Table 3. Heat treatment conditions for glass samples.

No.	Holding	Heating rate	Holding
1	700°C 0.5h	5°C/min	1000°C 2, 6, 24, 48h
2	" 2 "	"	" "
3	" 0.5 "	"	1100°C "
4	" 2 "	"	" "
5	900°C 0.5 "	"	1000°C "
6	" 2 "	"	" "
7	" 0.5 "	"	1100°C "
8	" 2 "	"	" "

炉より取り出し空冷したものを結晶化ガラスの曲げ強度用試験体とした.

2.4 曲げ強度

曲げ強度試験は, 中央上部から荷重を加える三点荷重法で行った. 支点間距離を 3 cm とし, 次式により曲げ強度 (σ) を求めた.

$$\sigma = 3IP/2bh^2$$

σ : 曲げ強度 (kg/cm²), I : スパン (cm), P : 破壊荷重 (kg), b : 幅 (cm), h : 厚さ (cm)

曲げ強度 (σ) は試験体 5 箇の平均値である.

2.5 X線回折

熱処理により析出する結晶の種類, 結晶生成過程を知るため結晶化ガラスの X 線回折を行った. これには理学電機製自記 X 線回折装置 (CuK α 線, 35 kV, 15 mA) を用いた. 試料は珪乳鉢で指頭に感じない程度まで微粉砕したものを用いた.

2.6 顕微鏡観察

結晶化ガラスを 3% 硝酸水溶液で約 1 分間エッチングし, 反射型光学顕微鏡で観察した.

2.7 結晶化ガラスの特性

結晶化によるガラス特性の変化を知るため結晶化前後の比重, 硬度および軟化温度を調べた.

結晶化ガラスは, ガラス試料を表 3 の No. 8 の条件で 48 時間熱処理したものを用いた. 比重は粒度 250~425 μ としたものを用い, ビクノメータによって測定した. 硬度測定にはモース硬度計を用いた. 軟化温度はリトルトン軟化点測定器によって測定した⁴⁾.

Table 1. Chemical composition and mineral component of the Shirasu.

Chemical composition (wt%)											Mineral component (wt%)		
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	ig. loss	Total	Volcanic glass	Crystals
72.73	13.69	1.44	0.23	1.82	0.18	3.46	3.42	0.01	0.06	3.15	100.2	78.55	21.45

3. 実験結果

3.1 示差熱分析

一例として試料 No. 3 の示差熱分析結果を 図 1 に示す。703°C の吸熱はガラスの転移によると考えられる。906°C の発熱は結晶析出による発熱である。これは、910°C で熱処理したガラスの X 線回折によって β -wollastonite が析出していることで裏付けられる。他のガラス試料の転移温度および結晶析出温度も近似していた。

3.2 肉眼観察および顕微鏡観察

各ガラス試料の結晶化過程を肉眼および顕微鏡によって観察した。そのいくつかの結果を 図 2~5 に示す。

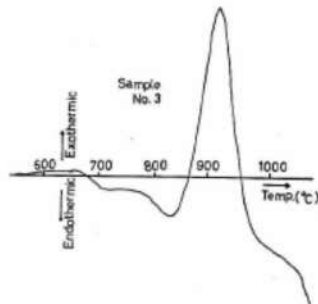


Fig. 1. Differential thermal analysis of the "Shirasu" glass.

図 2 は試料 No. 4 (試料の大きさ、約 $15 \times 10 \times 15$ mm) を熱処理した後ダイヤモンドカッターで切断した断面であり、結晶層が試料表面から内部に向かって厚くなっている状態を示す。なお、試料 No. 3 の熱処理条件 3, 4, 7 および 8 以外は、すべて 図 2 と類似の結晶層生成過程をとった。

図 3~5 はガラス試料を熱処理することにより生成した結晶断面についての顕微鏡観察結果の中から特徴的なものを示したものである。図 3~5 の中で、たとえば試料 No. 1 を 表 3 に示した熱処理条件 4 で処理したものは、以下 [1-4] のように記す。

たとえば 図 3 に示す [1-4] では、すでに 2 時間で樹枝状結晶層は試料内部まで生成しており、その後の時間

の経過に伴って結晶粒界が明瞭になる。[4-7] についてもほぼ同様の経過を示すが、針状結晶がやや大きく、樹枝状を呈する。一方、図 4 [2-5] および [3-5] の結晶は、図 2 に示したと同様にガラス表面より成長し、熱処理 2 時間では結晶層によってコーティングされた状態となることが肉眼により観察された。[2-5] および [3-5] はガラス表面から内部に向かって樹枝状に成長した結晶層を示す。図 5 [2-7] では 6 時間以上経過するとそれまでの針状結晶が微細な粒子状結晶に変化し、[3-7] ではすでに 2 時間で針状結晶と粒子状結晶が混在した状態となる。

なお、顕微鏡観察によると再加熱前のガラス表面には研磨による直線状の鋭いキズが多数認められたが、再加熱した試料にはなめらかになったきわめて少数のキズが残存していた。

3.3 X 線回折

各ガラス試料を 900°C から 5°C/min で 1100°C まで昇温し、1100°C で 48 時間保持し、得られた結晶化ガラスの X 線回折図を 図 6 に示す。試料 No. 1 は diopside ($\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$) と 2θ が 27.8° の未知結晶 (この結晶は現在不明)、試料 No. 2 は hardystonite ($2\text{CaO} \cdot \text{ZnO} \cdot 2\text{SiO}_2$)、試料 No. 3 は β -wollastonite ($\beta\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2$)、hardystonite および未知結晶、試料 No. 4 は diopside, hardystonite および未知結晶がそれぞれ認められた。

つぎに、結晶化により高強度を示すことのある試料 No. 2 および No. 3 の結晶化ガラスについて X 線回折を行い、熱処理条件と析出結晶の種類との関係について調べた。その結果を 図 7 および 8 に示す。図 7 [2-2] によれば、24 時間の熱処理によって hardystonite の結晶成長はほぼ終わったものと見られる。また、6 時間以上では時間の経過に伴い前記未知結晶が成長した。[2-8] の結晶化ガラスは、2 時間でもシャープな hardystonite のピークが見られ、2 時間から 48 時間までの回折ピーク高さの差はほとんどない。この結晶化ガラスには未知結晶は認められなかった。図 8 [3-5] では、熱処理 2 時間から 6 時間の間に β -wollastonite, hardystonite および未知結晶が成長している。[3-7] では 2 時間でシャープな β -wollastonite が見られるが、時間の経過と共に結晶ピークは小さくなり、逆に hardystonite が成長している。また、24 時間まででたなかった未知結晶が 48 時間ではかなり成長している。

3.4 結晶化による諸特性の変化
各結晶化ガラスの諸特性を 表 4 に示す。試料 No. 1 の結晶化前後の比重差は試料中最も大きく、その

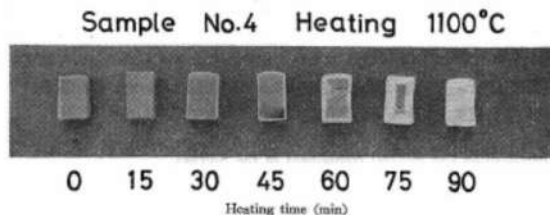


Fig. 2. Crystallization process from outside to inside of "Shirasu" glass.

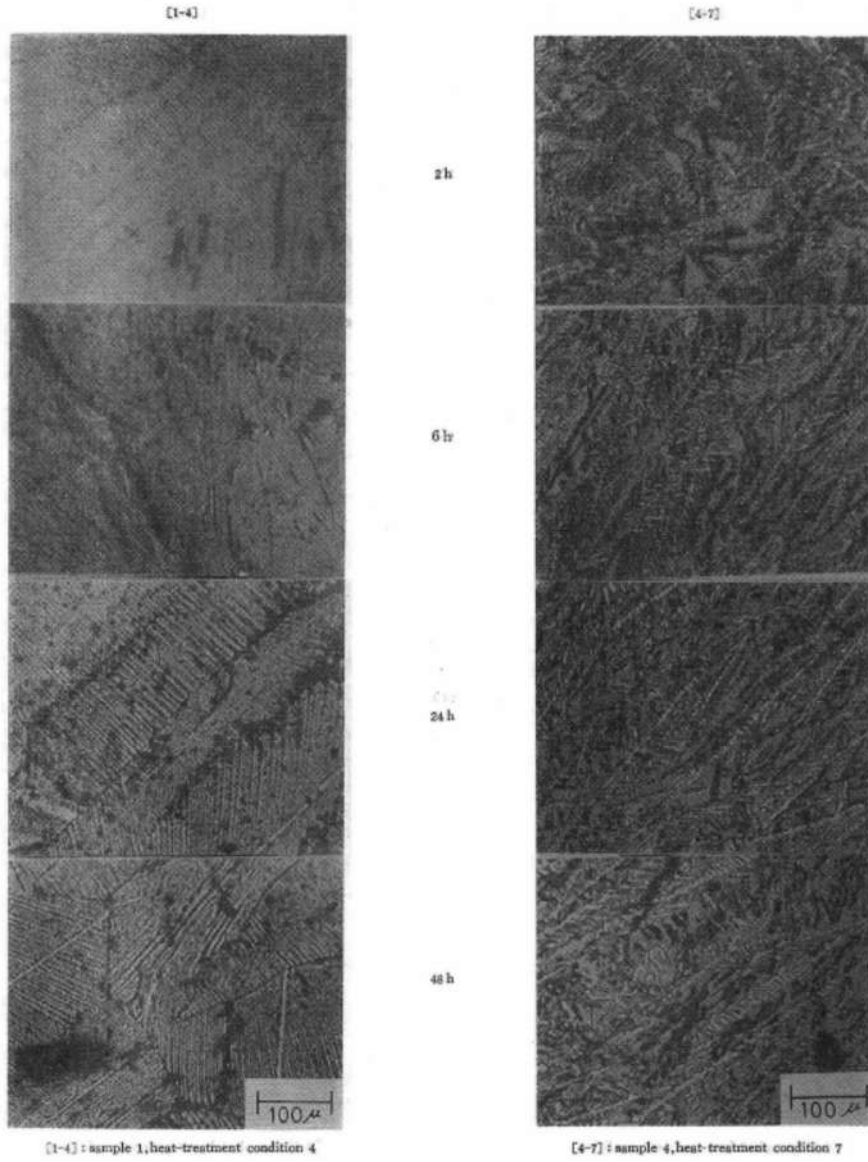


Fig. 3. Photo-micrographs of crystallized glasses.

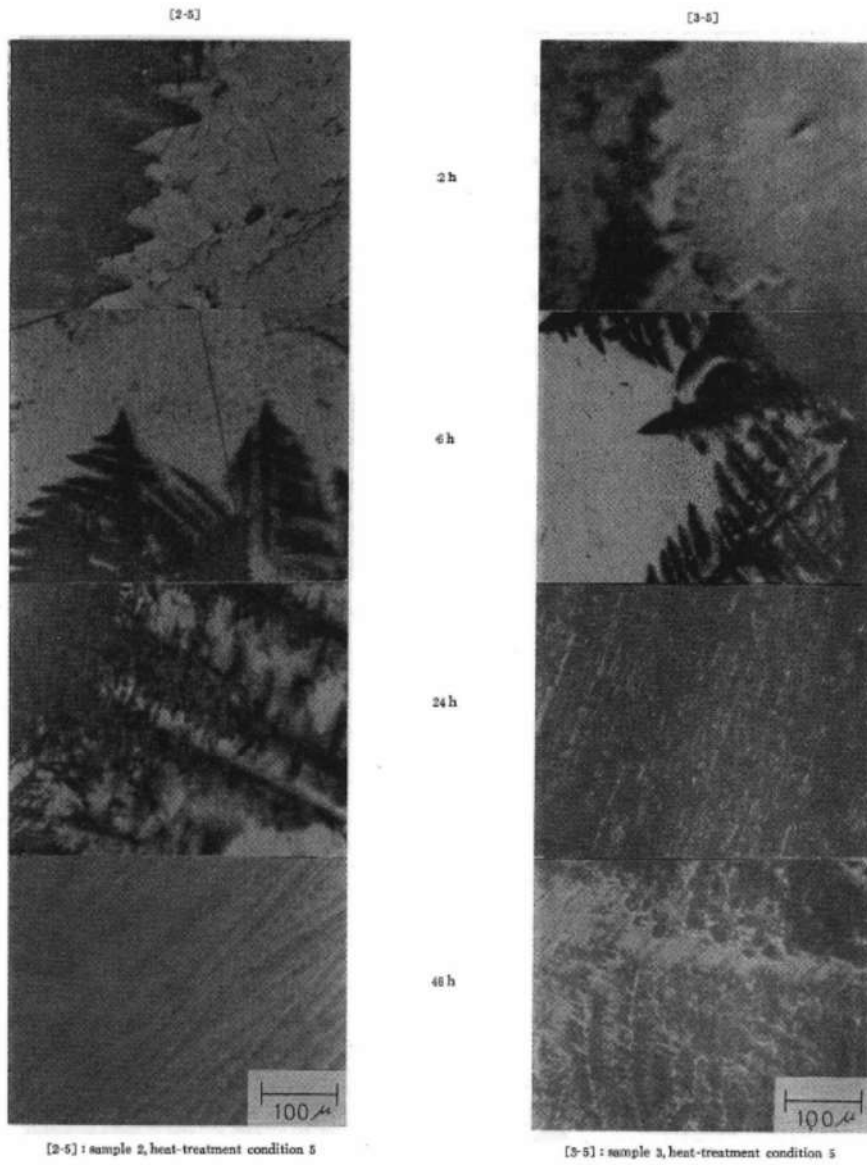


Fig. 4. Photo-micrographs of crystallized glasses

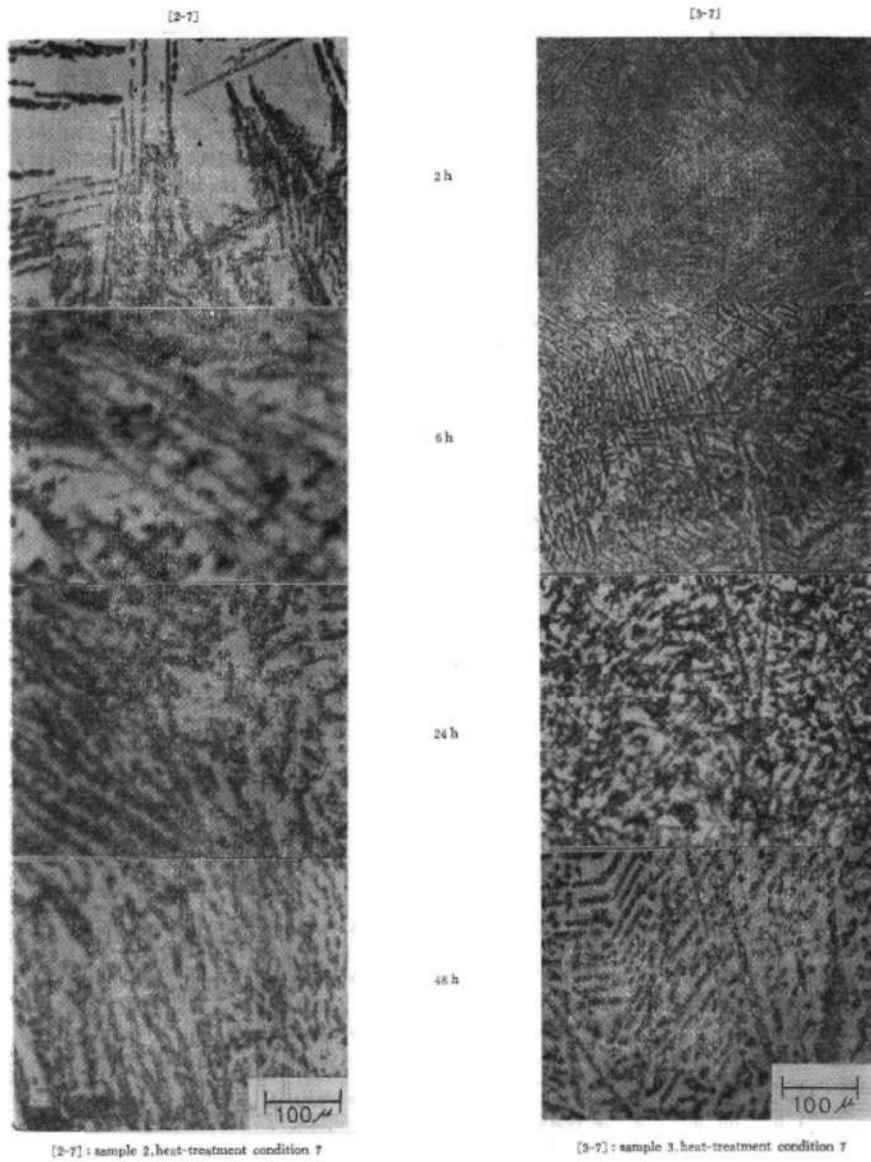


Fig. 5. Photo-micrographs of crystallized glasses.

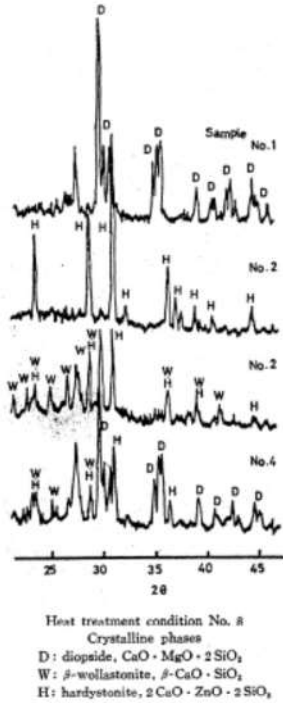


Fig. 6. X-ray diffraction patterns of the heat-treated glasses.

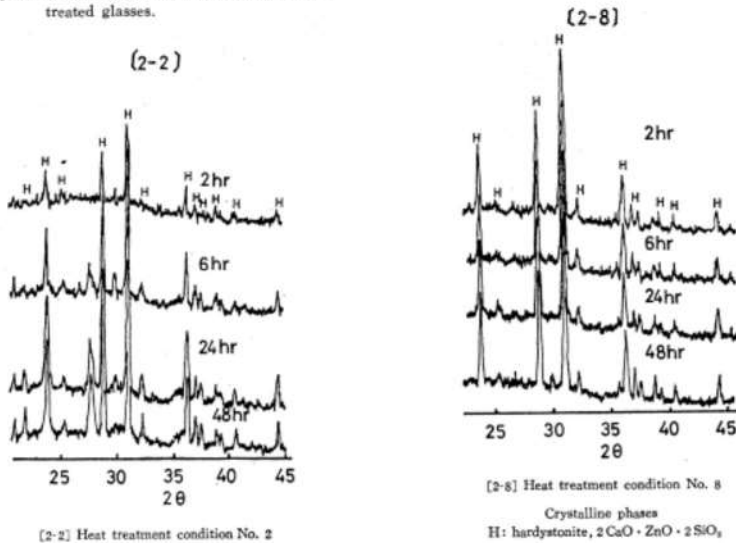


Fig. 7. X-ray diffraction patterns of the heat-treated glass sample No. 2.

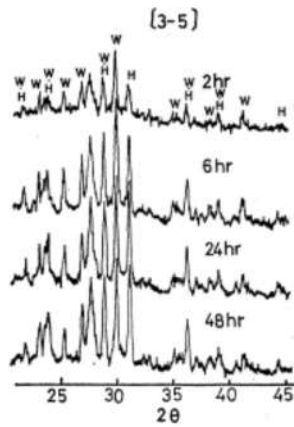
軟化温度は結晶化前後において 873°C から 1200°C 以上 (測定器限界 1200°C) となった。他の試料の軟化温度の変化も、ほぼ近似したものであった。モース硬度はいずれの試料も、結晶化によって 5 から 8 に向上した。

3.5 曲げ強度

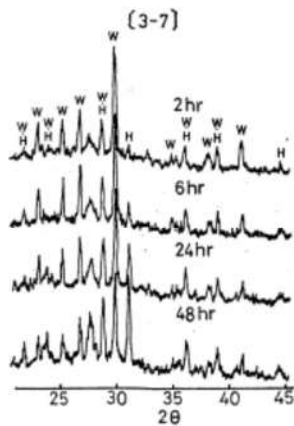
結晶化ガラスの曲げ強度を 図 9 に示す。試料 No. 1 および No. 4 は全般的に低強度で、熱処理条件による強度変化は小さい。試料 No. 2 および No. 3 について結晶化のための再加熱を行わない場合 (図 9 の Time 0 に相当) の曲げ強度は 700~800 kg/cm² であったが、何れの熱処理条件においても、熱処理 2 時間で曲げ強度は 1800~2700 kg/cm² に達するピークを示した。これは、結晶化のための再加熱を行わないガラスの 2~3 倍の値である。その後の熱処理時間の経過に伴い、曲げ強度は全般的に低下の傾向を示すが、試料 No. 2 に限り熱処理条件 3, 4, 7 および 8 による結晶化ガラスは、一旦 1000 kg/cm² 程度に強度が低下した後再び 2000 kg/cm² 程度まで増大した。

4. 考 察

以下、結晶化ガラスの曲げ強度について考察する。試料 No. 1 の結晶化ガラスでは、図 3 [1-4] に見られるように樹枝状の diopside の結晶粒界が発生したこと、それに 表 4 に示したように、結晶化前後の比重差が大きいために剝離、空洞化および変形などの現象がお



[3-5] Heat treatment condition No. 5



[3-7] Heat treatment condition No. 7

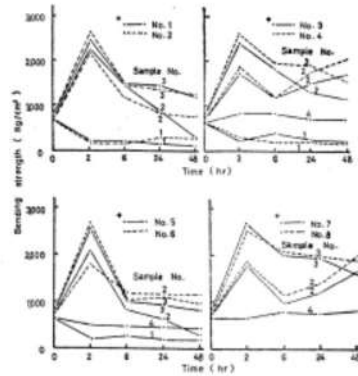
Crystalline phases
 W: β -wollastonite, β -CaO · SiO₂
 H: hardystonite, 2CaO · ZnO · 2SiO₂

Fig. 8. X-ray diffraction patterns of the heat-treated glass sample No. 3.

Table 4. Properties of crystallized glass and Shirasu glass.

	Shirasu glass				Crystallized glass*			
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
Specific gravity	2.70	2.77	2.75	2.76	2.95	2.78	2.79	2.78
Hardness (Mohr's)	5	5	5	5	8	8	8	8
Softening point(°C)	873	868	875	870	over 1200	1170	1190	over 1200

*Heat treatment condition No. 8



*Heat treatment condition for glass samples (Table 3)

Fig. 9. Bending strength of the heat-treated glasses.

きたため低強度になったものと考えられる。

試料 No. 2 は熱処理条件 1, 2, 5 および 6 のいずれにおいても、熱処理 2 時間で最高強度を示した。これらの結晶はガラス表面より成長したが、2 時間では内部まで成長しておらず、試験体は微細な結晶によってコーティングされた状態であり、しかも結晶化のための再加熱を行わないガラス表面に無数にあった傷は、結晶化したガラス表面にはほとんどなくなっている。このことは再加熱によって、ガラスが軟化流動化過程を経て結晶化したためと思われる。また、結晶の方がガラスより一般に熱膨脹率が小さい。このため電気炉より取り出し、空冷された状態では表面の結晶部分に圧縮応力が生ずることが考えられる¹²⁾。以上のようなことが高強度を示した原因と考えられる。前記熱処理条件におけるこのような強度変化は、試料 No. 3 についても、同様の説明がなされよう。試料 No. 2 の熱処理 6 時間以上では強度が低下したが、これは内部に向かって成長した結晶が針状に成長しているのと関係があるろう。また、図 7 [2-2] に見られる 2θ 27.8° の未知結晶の成長と共に強度も低下しているのも見逃せない。熱処理条件 3, 4, 7 および 8 においても、2 時間から 6 時間にかけて強度は低下しているが、以後増大している。これについて考察すると、従来、高強度を示す結晶化ガラスは、その結晶形態が微細な粒子状とされている¹³⁾。このことから試料 No. 2 について 6 時間以上の強度増大は、図 5 [2-7] に示したように、6 時間で内部まで成長した針状結晶が、以後微細な粒子状結晶に変化していることによると考えられる。また、6 時間以上で強度が回復する段階では、図 7 [2-8] に示されるように、未知結晶は認められず、結晶化前後の比重差が小さいために判別、空洞化および変形な

どの現象も認められなかった。

試料 No. 3 を熱処理条件 7 で熱処理した場合には、熱処理条件 1, 2, 5 および 6 の場合ほど 2 時間から 6 時間にかけての極端な強度低下はなかった。このことは図 5 [3-7] に示すように、すでに 2 時間で微細な粒子状結晶が生成していることと関係あろう。この場合、図 8 [3-7] の X 線回折図を見ると、 β -wollastonite のピークは時間の経過と共にやや小さくなり、逆に hardystonite、未知結晶のピークは伸びている。これが、その後の強度低下の原因と考えられる。試料 No. 3 について、熱処理条件 5 と 7 の 24 時間における曲げ強度を比較してみると、それぞれ約 1000 kg/cm² および約 2000 kg/cm² で後者の強度は前者のその 2 倍であった。この時、 2θ 27.8° の未知結晶のピーク高さは図 8 に示されるように前者が後者の約 2 倍であり、未知結晶の強度におよぼす影響は大きいと考えられる。

試料 No. 4 では、熱処理時間による強度変化はきわめて小さかった。このことは、図 3 [4-7] の顕微鏡写真に示すように、時間経過による結晶形態の変化が少ないことと関連づけられる。

5. ま と め

1) 本研究に使用したガラス試料は、熱処理によって結晶化し、試料 No. 1 では diopside、試料 No. 2 では hardystonite、試料 No. 3 では β -wollastonite と hardystonite、試料 No. 4 では diopside、hardystonite および β -wollastonite が析出し、さらに試料 No. 2 の熱処理条件 3, 4, 7 および 8 以外の試料では、 2θ 27.8° に未知結晶が生成した。これらの結晶は試料 No. 3 の熱処理条件 3, 4, 7 および 8 以外の試料ではいずれもガラス表面から内部に向かって成長した。

2) 生成結晶に樹枝状の diopside を含む試料 No. 1 および No. 4 は、結晶化速度は早い結晶化による強

度増大は認められなかった。試料 No. 2 と No. 3 はいずれも熱処理 2 時間で最高強度を示し、熱処理前のガラス強度の 2~3 倍となった。

3) 試料 No. 2 および No. 3 の結晶化ガラスについて最高強度を示したときの試験体の状態は、その表面を結晶層がおおっており、高強度を示した理由として表面圧縮応力の発生、表面の傷の消失などの効果が考察された。試料 No. 1 は結晶化前後の比重差がとくに大きく変形、空洞の発生および結晶層の剥離などの現象と共に結晶粒界の成長などが低強度の原因と考えられる。

4) 試料 No. 2 の後熱処理温度が 1100°C の時に限り、熱処理時間の経過に伴って一旦低下した強度が再び増大した。これは、針状の hardystonite が粒状化して行く事実と関係するものと考えられる。

5) 試料 No. 1, No. 3 および No. 4 には 2θ 27.8° に未知結晶が生成し、この結晶の成長が著しい場合強度低下の現象が認められた。

6) いずれのガラス試料も結晶化によってモース硬度は 5 から 8 に増大し、軟化温度も約 870°C から約 1200°C に向上した。

文 献

- 1) 鹿児島県未開発資源企業化対策協議会、九州工業技術協会「シラス」(1970) p. 1~11.
- 2) 「ガラス工学ハンドブック」, (1973) p. 775-880.
- 3) 鎌山幸男, 陣内和彦, 古賀義明, 九州工業技術試験所報告 No. 2, 84-86 (1969).
- 4) 藪田徳幸, 中 重明, 野元一郎, 鹿児島県工業試験場業務報告 p. 11-14 (1967).
- 5) JIS R 3104, ガラスの軟化点試験法 (1970).
- 6) 山本 明, 山手 有, 功刀雅長, 材料 13 [134] 880-84 (1964).
- 7) 「無機材料科学」, p. 170-75 (1973).
- 8) 作花 濟夫, 和田正造, 田代 仁, 窯協 69 [2] 55-68 (1961).

(9/29/1975 受付)

枠囲み部は本資料における抜粋又は参照箇所を示す

砂粒子の形状・組成が砂の土質工学的性質に及ぼす影響に関する研究

小 田 匡 寛*
 塚 本 文 勇**
 鈴 木 正***

1. ま え が き

基本的には、土の力学的性質は土粒子の基本的要素（土粒子の材質、土粒子の粒度組成、土粒子の形状、土粒子表面のあらさ、吸着イオンの質と量）と土粒子の集合状態（密度、含水量、骨組構造）とによって決定される¹⁾。土粒子の粒度組成、密度、含水量などの影響因子に関する実験的研究はしばしば報告されてきたが、測定技術の普及が遅れている土粒子の材質、土粒子の形状、土粒子表面の粗さ、骨組構造などが、土の土質工学的性質に及ぼす影響についての理解はきわめて定性的である。この研究は砂粒子の基本的要素、とくに砂粒子の材質、砂粒子の形状、表面のあらさなどが、砂の土質工学的性質、とくにせん断抵抗、最大・最小間ゲキ比などに及ぼす影響について検討したものである。この種の研究は、砂質土の合理的な分類を実施するためにも不可欠なものであろう。すなわち、砂質土の土質工学的性質を決定する最も基本的な支配因子は何であるかについての知識が、砂質土の分類の前提条件であらう。

先にも述べたように、砂の力学的性質は砂粒子の基本的要素のみならず、砂粒子の集合状態の関数でもある。それゆえに、砂粒子の基本的要素だけでは砂の強度・変形常数は定まらない。しかし、砂粒子の集合状態は、他とまったく独立して決定されるものではなく、粒子形状、粒度組成、粒子表面のあらさなどによっても支配されている。たとえば、砂の間ゲキ比の取り得る範囲は砂の表面のあらさ、粒度組成などによって支配されており、また、砂粒子の長軸の方向性および粒子間接点での接平面の方向性は粒子形状、とくに細長比に支配されることが示されている^{2),3)}。

粒子の基本的要素が砂の強度、変形常数に直接影響を与え、かつ砂粒子の集合状態（構造）をある程度決定するという考えを合わせれば、砂の基本的要素の測定方法の開発およびその測定量と強度・変形常数との相関

関係について、現時点で究明しておくことは意味のあることと思っている。

この研究報告の前半は砂の基本的要素、とくに鉱物組成、砂粒子の形状、砂粒子表面のあらさの測定方法と測定結果を示し、後半は直接せん断試験、最大・最小間ゲキ比試験について述べ、さらに基本的要素の測定結果とせん断抵抗・最大・最小間ゲキ比などの土質工学常数との相関関係を示している。

表—1 試料の採取地、粒径・粒度、比重

試料名	採取地	粒径・粒度	比重	備考	
A 砂	山口県・徳山	A _{1.19} _{0.84}	1.2~0.84	2.63	海砂
		A _{0.84} _{0.42}	0.84~0.42	2.64	
		A _{0.42} _{0.25}	0.42~0.25	2.64	
B 砂	栃木県・鹿野	B _{1.19} _{0.84}	1.2~0.84	2.67	庄原ホルンフェルトの砂
		B _{0.84} _{0.42}	0.84~0.42	2.67	
		B _{0.42} _{0.25}	0.42~0.25	2.68	
C 砂	福岡県・相馬	C _{1.19} _{0.84}	1.2~0.84	2.65	砂岩の砂
		C _{0.84} _{0.42}	0.84~0.42	2.65	
D 砂	不明	D _{1.19} _{0.84}	1.2~0.84	2.67	—
		D _{0.84} _{0.42}	0.84~0.42	2.67	
E 砂	埼玉県・小栗野	E _{1.19} _{0.84}	1.2~0.84	2.70	河川砂 (荒川上流)
		E _{0.84} _{0.42}	0.84~0.42	2.71	
		E _{0.42} _{0.25}	0.42~0.25	2.71	
F _{1.19} _{0.84} 砂	埼玉県・小栗野	1.2~0.84	2.71	河川砂 (荒川上流)	
G _{0.84} _{0.25} 砂	山口県・徳山	0.42~0.25	2.64	標準標準砂	
H _{1.19} _{0.84} 砂	栃木県・関谷	1.2~0.84	2.67	河川砂	
I _{1.19} _{0.84} 砂	愛知県(穴作川)	1.2~0.84	2.66	河川砂	
J _{0.84} _{0.25} 砂	新潟県	0.42~0.25	2.66	—	

2. 試 料

本実験に使用した砂の試料は 10 種類 (A 砂……J 砂) で、その採取地、比重および粒径・粒度を表—1 に示し

* 埼玉大学理工学部建設基礎工学科
 ** 建設技術研究所
 *** 奥村組

No. 607

た。なお採取した砂は、水洗い後乾燥して、1.19, 0.84, 0.42, 0.25 mm の各フルイでフルイ分けた。実験に使用した砂は、便宜上、たとえば、 M_{10}^{10} で表わし、これは 1.19 mm フルイを通過し、0.84 mm フルイに留まる A 砂を示すことにする。

3. 構成粒子の基本的要素の測定方法と測定結果

三笠正人¹⁾ は砂の種類を規定する因子として必要かつ十分なものとして次の5つの性質をあげている。それは、土粒子の材質、土粒子の粒度組成、土粒子の形状、土粒子表面のあらさ、吸着イオンの質と量である。これらの規定因子としての性質を具体的、定量的に把握するために測定すべき量は、鉱物組成、有機物含有量、比重、最大粒径、有効径、均等係数、粘土分含有量、球形率、丸味率、pH 値、各種イオン含有量である。本研究に使用した砂は水洗い後乾燥しているため、有機物含有量、粘土分含有量、pH 値、各種イオン含有量の測定は問題にならない。また使用した砂の粒径・粒度は 1.19~0.84mm, 0.84~0.42 mm および 0.42~0.25 mm の3種で狭い粒度範囲なので、ほぼ均一径と見なせるものとして今後の議論を進める。比重は砂の鉱物組成に完全に依存するので、独立変数とは見なさない。洗いかつフルイ分けた砂の試料では、結局、鉱物組成、球形率、丸味率および粒径が砂の構成粒子の特性を把握するために測定すべき量である。

3.1 砂粒子の細長比と円摩度

粒子の形状測定はタイ積学²⁾ や管材研究³⁾ などによって古くから研究されている。それらの研究によると、粒子形状と粒子表面のあらさを明確に区別すべき概念として扱っている。粒子形状を表現する量として Krumbain のスフェリシティー⁴⁾ があり、粒子表面のあらさ測定には Waddell の円摩度⁵⁾ がある。スフェリシティー、円摩度とともに極めて良好な測定量を与えるが、測定が極めてはんだであり、粒径の小さい砂に直接応用するのは不可能に近い。この研究ではこれらに代るものとして、細長比と修正円摩度を用いた。

細長比……細長比測定の概略は次のとおりである⁶⁾。直径 5 cm, 高さ 10 cm の円筒容器に適当量の砂を詰め、低粘性接着剤を粒子間に浸透させた後、固結させる。固結した砂試料の鉛直断面と水平断面における顕微鏡観察を実施するために、それぞれの断面における厚さ約 0.03 mm の偏光顕微鏡用薄片を作る。鉛直断面から無作為に M 個の粒子を抽出し、選定した粒子の断面内において見掛けの長軸と短軸との長さ a_i, b_i を測定し 1つの粒子の細長比 $(\frac{b_i}{a_i})$ を求める。 $\bar{n} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (b_i/a_i)$

を砂の細長比とし、粒子形状のパラメーターとした。先の報告において^{7), 8)}、砂の細長比は砂の構造、すなわち粒子の長軸の方向性、粒子間接点における接平面の方向性などを支配していることを実験的に実証した。この意味においても、平均的細長比 \bar{n} を粒子形状のインデックスとして利用できると判断している。

修正円摩度……Waddell⁵⁾ は粒子内に、直交する三軸を考え、その長軸と中間軸を含む平面に粒子を投影し、次式によって円摩度 R_i' を求めた。

$$R_i' = \frac{\sum_{j=1}^n r_j'}{n} \quad \left(\begin{array}{l} r_j' : \text{粒子の先端部分の曲率半径} \\ r_n' : \text{粒子に内接する最大円の半径} \\ n : \text{曲率半径の測定数} \end{array} \right)$$

この方法は測定の選定に個人差が生じやすく、測定時間が長くなるなどの欠点を持っている。Waddell の円摩度を若干修正し、1つの粒子の修正円摩度 R_i を

$$R_i = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{2} \left(\frac{2r_1^i}{l_1^i} + \frac{2r_2^i}{l_2^i} \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{2r_3^i}{l_3^i} + \frac{2r_4^i}{l_4^i} \right) \right\} \\ = \frac{1}{2} \left(\frac{r_1^i + r_2^i}{l_1^i} + \frac{r_3^i + r_4^i}{l_3^i} \right)$$

で定義する。

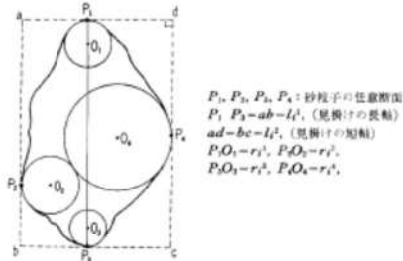


図-1 修正円摩度測定

図-1 に示したように、 $r_1^i, r_2^i, r_3^i, r_4^i$ はそれぞれ粒子の任意断面の点 P_1, P_2, P_3, P_4 における曲率半径とし、 l_1^i, l_2^i をそれぞれ ab, bc の長さとする。 $\frac{2r_1^i}{l_1^i}, \frac{2r_2^i}{l_2^i}, \frac{2r_3^i}{l_3^i}, \frac{2r_4^i}{l_4^i}$ が小さい程、点 P_1, P_2, P_3, P_4 の先端は丸みのないものとなる。粒子の断面が円となるならば、 $\frac{2r_1^i}{l_1^i} = \frac{2r_2^i}{l_2^i} = \frac{2r_3^i}{l_3^i} = \frac{2r_4^i}{l_4^i} = 1$ となり、 $R_i = 1$ である。 $\frac{2r_1^i}{l_1^i} > 1$ の場合は、 P_1 の先端部分を凸部として認めず、 R_i を

$$R_i = \frac{1}{2} \left(\frac{2r_2^i}{l_2^i} + \frac{r_1^i + r_4^i}{l_3^i} \right) \text{ で求める。}$$

前述の細長比測定に使用した鉛直断面と水平断面の薄片から 70~100 個の粒子断面を無作為に抽出し、 R_i の平均値

$$\bar{R} = \frac{1}{2M} \sum_{i=1}^M \left(\frac{r_1^i + r_2^i}{l_1^i} + \frac{r_3^i + r_4^i}{l_3^i} \right) \\ \text{(ただし、Mは測定個数)}$$

表-2 砂粒子の基本的性質

試料名	細長比 R	修正円摩度		鉱物組成 (百分率)								構成粒子の風化と破砕性		
		円	角	Q	Q _{ag}	Q _c	F _e	R.F.	M	P.A.	O			
A	1.19 0.84	0.675	0.14	29.0	29.5		36.0			4.5		2.0	砂粒子(とくに、雲母、長石)の風化が進み、粒子の破砕性はいろいろしい。	
	0.84 0.42	0.618	0.15	36.7	21.4		33.8			4.3		3.8		
	0.42 0.25	—	0.24	49.3	8.4		27.1			6.0		9.1		
B	1.19 0.84	0.698	0.13	28.5	58.5	1.0				2.5		9.5	大きな粒子は小さな石英の単結晶の集合体であり、そのため破砕性のいろいろしい粒子である。	
	0.84 0.42	0.700	0.24	70.5	26.0	0.5				0.5		2.5		
	0.42 0.25	0.706	0.28	84.5	12.5					1.0		2.0		
C	1.19 0.84	0.696	0.37	74.5	17.0		8.5						大部分が石英、長石の単結晶からなり、破砕性は小さい。	
	0.84 0.42	0.671	0.30	78.0	10.5	1.0	10.5							
D	1.19 0.84	0.607	0.20	6.4	8.1	59.2	3.9	19.3				3.0	破砕度の大きいチャートの岩片が多く、砂の破砕性は小さい。	
	0.84 0.42	0.668	0.21	11.9	7.2	53.2	3.4	23.0				1.3		
E	1.19 0.84	0.573	0.27	0.5	7.9	21.8		69.3				0.5	破砕度の小さいケツ岩の岩片が多数に含まれており、A砂、B砂ほどではないが、粒子の破砕性はかなり大きい。	
	0.84 0.42	0.539	0.20	2.3	6.4	30.6		59.8				0.9		
	0.42 0.25	0.626	0.25	7.5	5.3	25.4	0.4	58.3				3.1		
F	1.19 0.84	0.662	0.22	3.1	10.7	48.0	1.8	29.8					6.7	破砕性は小さい。
G	0.42 0.25	0.606	0.25	72.5	1.5	1.0	21.5			0.5			3.0	風化度の低い石英・長石の単結晶からなり、破砕性はきわめて小さい。
H	1.19 0.84	0.641	0.20	11.0	2.5	2.5	2.5	81.0					0.6	多乳質粒子からなり、破砕性はかなり大きい。
I	1.19 0.84	0.657	0.19	22.5	22.5	1.4	41.3			3.2			9.2	破砕性は小さい。
J	0.42 0.25	0.679	0.22		49.3		8.4	12.4	0.4	14.7	14.7		14.7	粒子の風化が進み、破砕性は大きい。

で砂の修正円摩度とした。

この方法により求めた修正円摩度は Krumbein による visible chart ともよく対応しており、また円摩度測定にともなう個人差も少なくすることができ、短時間で測定可能という優れた点を持った方法である。各種の砂について測定した \bar{n} , \bar{R} を表-2 に示したが、0.42~0.25 mm およびそれ以下の粒径では、測定技術上若干の疑問があり、今後 0.25 mm 以下の粒子の精度のよい測定ができるように改良したい。

3.2 鉱物組成の測定

砂粒子としてごく一般的にみられる鉱物は、石英、長石類(加里長石、斜長石)、雲母類、角セン石類、輝石類、磁鉄鉱、かん鉄鉱などである。その他に、チャート、ケツ岩、火成岩、変成岩を起源とする岩片がある。チャートの岩片は石英の微晶ないし非結晶質の SiO₂ からなり、ケツ岩の岩片は粘土鉱物、雲母、炭質物質、石英などの微晶鉱物からなり、火成岩および変成岩の岩片は石英、長石、雲母、角セン石、輝石などの鉱物の集合体である。Horn³⁾、Rowe⁴⁾ などが実験的に求めた鉱物の粒子間摩擦角(ϕ_p)などを考慮して、砂粒子を次の8種に識別し記載した。

February, 1971

石英(記号:Q): 1つの砂粒子が1~2個の石英単結晶粒子からなるもの。

石英の集合体(記号:Q_{ag}): 1つの砂粒子が3~20個の石英粒子の集合体をなすもの、他の鉱物も若干含む。

チャートの岩片(記号:Q_c): 石英の微晶粒子が非結晶の SiO₂ からなるもの、不純物も含む。

長石類(記号:Fe): 加里長石と斜長石を含む。他の鉱物と集合体をなす場合には、長石類の占める体積が大きい時このグループに入れる。

チャート以外で、微結晶からなる岩片(記号:R.F.): ケツ岩と火山岩の岩片が大部分を占める。

雲母類(記号:M): 白雲母と黒雲母とを含む。

輝石、角セン石(記号:P.A.)

その他(記号:O): 上述以外の副成分鉱物と変成岩および一部の火成岩の岩片を含む。

砂試料から無作為に抽出した200個の砂粒子を偏光顕微鏡を用い、上述の分類にしたがって識別し、その結果を表-2に示した。

3.3 粒子の破砕性

砂の側方拘束圧縮試験⁵⁾ および高側圧三軸圧縮試験⁶⁾

No. 807

結果によると、砂粒子の破砕性が試験結果を大きく左右する。この事実から構成粒子の強度を考慮した分類が望ましい。しかし、上述の分類では岩片の強度を決定する粒子の風化程度や粒子間結合力などは無視せざるを得なかった。そこで、構成粒子の風化程度や破砕性について定性的な記述を表-2 に示した。

4. 最大・最小間ゲキ比試験と直接せん断試験

4.1 最大・最小間ゲキ比試験

最大・最小間ゲキ比は砂粒子の形状、表面のあらさ、粒径・粒度などの砂の基本的性質に依存すると同時に、測定方法によっても相当大きく異なった値を示す。測定容器の大きさ、詰め込み速度、詰め込み方法、詰め込み時間、含水状態などの影響を受ける。砂の e_{max} 、 e_{min} の重要性はすでに認識されているが、かならずしも統一した試験方法は確立されておらず、各研究者によって報告されている豊浦標準砂の測定結果も相当にばらついている現状である。

最大間ゲキ比 (e_{max})……Kolbuszewski⁽¹⁾ は粒子の落下速度、詰め込み時間、容器の大きさ、水の影響などについて詳しく実験し、 e_{max} の測定法について次のよ

うな提案をした。2000 cc の円柱状容器に 1000 g の砂を入れ、よく振り、容器を逆さにする。その後で、すばやく容器をもとの状態に戻し、その時の砂の状態における砂の間ゲキ比を測定する。

本研究では直径 5 cm、長さ 20 cm の円筒容器を用い、ほぼ Kolbuszewski の方法に従って求めた。

最小間ゲキ比 (e_{min})……最大間ゲキ比の場合と同様 Kolbuszewski の実験がある。しかし、氏の提案している方法は砂粒子の破砕(特に A, B 砂の場合はいちじるしい)が認められ、今回の実験には不相当であると判断した。そこで、便宜的に砂粒子の破砕が少ない、次のような測定法を採用した。

直径 5 cm 高さ 10 cm の円筒容器に砂を 3 層に分け注ぎ込む。各層ごとに上方に 0.85 kg のオモリを置き、容器の側壁を 50 回連打する。以上のようにして求めた e_{max} 、 e_{min} を表-3 に示した。

4.2 直接せん断試験

試験方法……本研究に使用した試験機は下部可動直接せん断試験機である。この型の試験機はせん断時の試料の膨張に際し、試料とせん断箱内壁との間に大きな側面摩擦が働くため、三軸圧縮試験や上部可動直接せん断

表-3

試料名	最大間ゲキ比 e_{max}	最小間ゲキ比 e_{min}	$e_{max}-e_{min}$	ϕ_1 (度)	ϕ_1' (度)	ϕ_2 (度)	ϕ_2' (度)	C_1 (kg/cm ²)	C_1' (kg/cm ²)	相対密度 (%)	
A 砂	A ^{1.19} _{0.84}	1.126	0.678	0.448	56.5	56.5	44.0	44.0	0.10	0.05	90
	A ^{0.84} _{0.42}	1.235	0.785	0.450	55.6	54.0	46.0	47.0	0.20	0.14	95
	A ^{0.42} _{0.25}	1.314	0.816	0.498	47.5	47.5	—	—	0.25	0.21	88
B 砂	B ^{1.19} _{0.84}	1.126	0.705	0.421	62.0	62.0	46.5	46.5	-0.20	-0.4	98
	B ^{0.84} _{0.42}	1.124	0.695	0.429	53.0	51.0	38.6	39.0	0.16	0.12	96
	B ^{0.42} _{0.25}	1.132	0.714	0.418	—	—	—	—	—	—	—
C 砂	C ^{1.19} _{0.84}	0.859	0.539	0.320	45.5	43.5	—	—	0.13	0.10	86
	C ^{0.84} _{0.42}	0.951	0.610	0.341	50.6	49.0	—	—	0.16	0.12	100
D 砂	D ^{1.19} _{0.84}	1.057	0.691	0.366	54.0	52.5	—	—	0.05	0.04	100
	D ^{0.84} _{0.42}	1.132	0.740	0.392	52.5	51.5	—	—	0.12	0.08	100
E 砂	E ^{1.19} _{0.84}	1.111	0.766	0.345	48.5	48.5	—	—	0.17	0.15	95
	E ^{0.84} _{0.42}	1.147	0.787	0.360	52.2	51.5	—	—	0.14	0.05	95
	E ^{0.42} _{0.25}	1.204	0.891	0.313	47.5	47.5	30.6	39.6	0.13	0.10	95
F ^{1.19} _{0.84} 砂	1.085	0.725	0.360	52.2	51.5	—	—	0.10	0.08	100	
G ^{0.84} _{0.25} 砂	0.986	0.666	0.320	47.3	47.0	—	—	0.17	0.13	100	
H ^{1.19} _{0.84} 砂	1.359	0.938	0.421	53.0	53.0	—	—	0.30	0.20	100	
I ^{1.19} _{0.84} 砂	1.113	0.786	0.327	49.7	49.0	—	—	0.10	0.10	95	
J ^{0.42} _{0.25} 砂	1.109	0.721	0.388	49.0	49.0	40.5	40.5	0.13	0.10	91	

験によるものと比べ大きなせん断抵抗を生じる¹³⁾。しかし、下部可動直接せん断試験機の普及性、操作の簡便性などの利点とともに、得られる強度の絶対値ではなく、相対的な相互の強度関係を求める目的には十分活用できるものと考え本試験機を採用した。今回の実験は砂粒子の基本的要素のせん断抵抗への影響についてだけ問題にしたので、含水比、相対密度および詰め方などの砂の状態を、次に述べるように、各試験で同一になるよう工夫した。

使用した試料は表-1に示した10種の合計17試料である。洗い乾燥の後、自然乾燥状態で放置した試料(含水比0.1~0.5%)をせん断箱内に注ぎ込み、上方を手で静かにおさえ、せん断箱の側面を連打し、なるべく密な状態に詰めた。詰め込み終了時の試料厚さとせん断箱直径との比が2.3~3.5となるように調整する。せん断前の試料の相対密度はほぼ90~100%であり、同一相対密度と見なした。垂直応力は0.1, 0.3, 0.6, 1.1, 1.4, 1.6, 2.1, 2.6 kg/cm²に変化させることができ、毎分1~5%のせん断速度でせん断する。

直接せん断試験結果……上述のように、密に詰めた砂試料のせん断試験において、その試料の破壊時における垂直応力とせん断応力とをそれぞれ σ , τ_f とする。 $A_{0.44}^{1.19}$ -砂, $B_{0.44}^{0.24}$ -砂, $C_{0.44}^{0.24}$ -砂, $G_{0.44}^{0.24}$ -砂, $H_{0.44}^{1.19}$ -砂の各砂試料について、 σ と τ_f の関係を図-2~図-6に示した。図-2~図-6によると、測点がほぼ直線上にあると見なせるもの($C_{0.44}^{0.24}$ -砂, $G_{0.44}^{0.24}$ -砂, $H_{0.44}^{1.19}$ -砂)と、けって一直線では回帰できないもの($A_{0.44}^{1.19}$ -砂, $B_{0.44}^{0.24}$ -砂)とがある。ここでは、便宜上、2本の直線, $\tau_f = C_1 + \sigma \tan \phi_1$ を, $\tau_f = C_1' + \sigma \tan \phi_1'$ とによって表わせるものとした。一直線で表わせる場合は, $C_1 = C_1'$, $\phi_1 = \phi_1'$ である。このような σ - τ_f 関係の非直線性は粒子の破壊と密接に関係すると考えられている¹⁴⁾、この報告ではこの問題には触れない。せん断抵抗 τ_f を体積膨張に費されるエネルギーを考慮した補正式, $\tau_f' = \tau_f - \sigma \times \left(\frac{dH}{d\epsilon}\right)$ (ただし, $d\epsilon$: せん断ヒズミの増分 dH : 試料高さの増分)から求めた τ_f' と垂直応力 σ との関係を図-2~図-6に示した。 τ_f' と σ との関係同様, $\tau_f' = C_1' + \sigma \tan \phi_1'$ と $\tau_f' = C_1'' + \sigma \tan \phi_1''$ とで回帰される。各試料で求めた ϕ_1 , ϕ_1' , ϕ_1'' , C_1 , C_1' を表-3に示した。 C_1 , C_1' は、機械的誤差が大きく影響し、構成粒子の基本的要素との相関ははつきりせず、今後の議論では触れないことにする。

5. 最大・最小間ゲキおよびせん断抵抗角に与える砂粒子の基本的要素の影響

5.1 鉱物組成の影響

砂のせん断抵抗は、砂の粒子間摩擦、ダイレイタンス

February, 1971

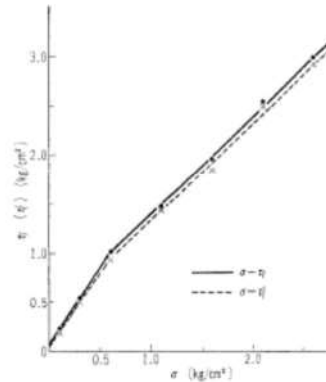


図-2 $A_{0.44}^{1.19}$ 砂の σ - τ_f と σ - τ_f' 関係図

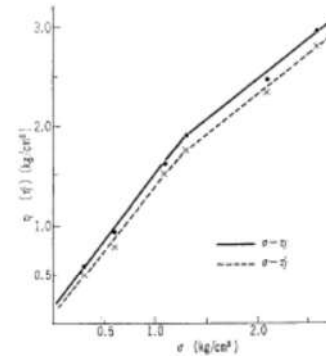


図-3 $B_{0.44}^{0.24}$ 砂の σ - τ_f と σ - τ_f' 関係図

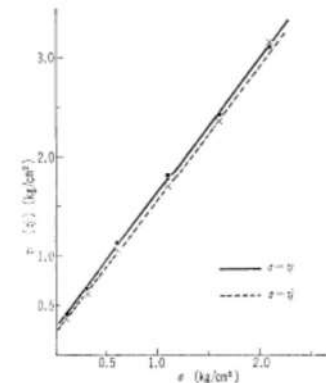


図-4 $C_{0.44}^{0.24}$ 砂の σ - τ_f と σ - τ_f' 関係図

No. 607

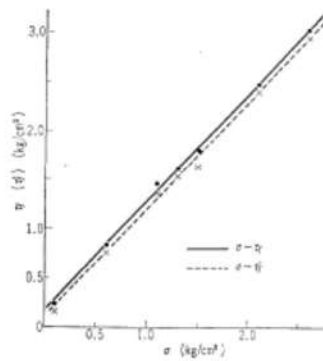


図-5 G_{0.25}砂の σ - τ と σ - τ' 関係図

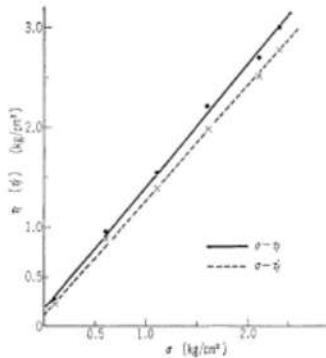


図-6 H_{0.84}砂の σ - τ と σ - τ' 関係図

一、粒子の再配列、粒子の破砕などの諸要因で決定される。砂の粒子間摩擦角 (ϕ_s) はせん断抵抗に重要な役割を占めるが、 ϕ_s の測定法および測定結果の報告は比較的まれである。自然乾燥状態における粒子表面のなめらかな石英、長石、雲母の粒子間摩擦係数はそれぞれ、0.11~0.16、0.12~0.13、0.26~0.30 である⁷⁾。しかし、粒子表面のあらい鉱物試料の ϕ_s は、表面の滑らかな試料の ϕ_s と異なり⁷⁾、またチャート、ケツ岩などの岩片の ϕ_s は実験的に求められていない。それゆえ、砂の組成から砂の ϕ_s を定量的に推定することはできないが、各鉱物でその化学組成、結晶構造、表面あらがが異なり、鉱物によって ϕ_s は相当変化すると考えられる。それゆえに、砂のせん断抵抗には鉱物組成の影響が期待されるが、表-2 の鉱物組成と表-3 の ϕ_s, ϕ_s' との視察、および、図-7 と図-8 の (イ) によっても明らかのように、鉱物組成の顕著な影響は認めがたい。今回使用した試料に関する限り、下部可動直接せん断によるせん断抵抗

10

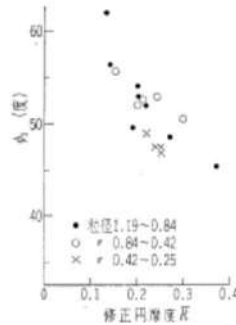


図-7 ϕ_s と修正円摩度 \bar{R} との関係

(垂直応力範囲は、0.1~2.6 kg/cm²) に鉱物組成の影響は小さいと判断できる。

5.2 修正円摩度 (\bar{R})、細長比 (\bar{n}) の影響

\bar{R} - ϕ_s, \bar{R} - ϕ_s', \bar{n} - ϕ_s などの相関関係を 図-7、図-8 の (イ)、図-9 の (イ)、に

示す。垂直応力範囲が約 1 kg/cm² 以下でせん断抵抗角 ϕ_s, ϕ_s' はともに修正円摩度、すなわち粒子表面のあらかとかなりの相関関係を示すが、 \bar{n} - ϕ_s はほとんど無相関である。

図-7、図-8 (イ) によると、粒径 1.2~0.84 mm および 0.84~0.42 mm の砂の測点はほぼ同じ回帰曲線上にあるが、0.42~0.25 mm の砂はその回帰曲線よりわずかに下方にはずれている。このことは修正円摩度の項でもふれたように、0.42~0.25 mm 砂の修正円摩度の測定にともなうあいまいさが原因なのか、粒径の違いが主因なのかは今後の問題である。水で飽和した石英の粒子間摩擦角 ϕ_s の測定によると、シルト→細砂→砂→粗砂→レキの順序で、すなわち粒径が大きくなるにしたがって、 ϕ_s は 31° から 22° へと小さくなっている。この実験事実を考慮すれば、粒径 0.42~0.25 mm の砂の測点は 1.19~0.84mm, 0.84~0.42 mm の測点からもめた回帰線より上方にあることが予想されるが、今回得た結果はこの予想と矛盾している。

下部可動直接せん断試験から得た σ - τ および σ - τ' の関係は、かならずしも直線的でないことはすでに指摘した。 σ - τ' の非直線関係を 2 直線、すなわち $\tau'_j = C'_j + \sigma \tan \phi_s'$ と $\tau'_j = C'_j + \sigma \tan \phi_s$ とで表わすと、この 2 直線の交点は垂直応力が 0.6~1.7 kg/cm² の所にある。 \bar{R} と ϕ_s' との関係を 図-8 (ロ) に示す。図-8 の (ロ) によると、 \bar{R} - ϕ_s' はほぼ無相関な関係でばらついていて、このことは、粒子強度の低い A 砂、B 砂のような砂をほぼ 1.7kg/cm² 以上の垂直応力でせん断する時、そのせん断破壊にともなって粒子の破砕現象が強くあらわれ、せん断抵抗にあたる形状の影響が比較的低下することによるものと考えられる。図-8 の (ロ) の K グループは σ - τ' 関係において直線を示すもの、つまり $\phi_s' = \phi_s'$ であり、L グループは σ - τ' 関係が非直線である。L グループに属する砂は、K グループに属する砂に比べて、粒子強度が低いように思われるが、まだ

土と基礎、19-2 (158)

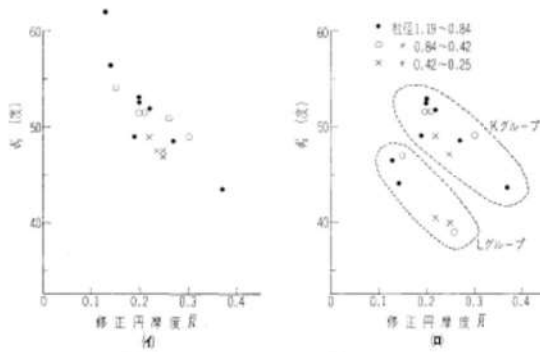


図-8 ϕ' , ϕ と修正円摩度 \bar{R} との関係図

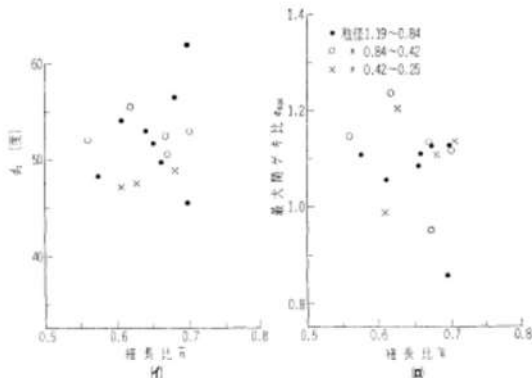


図-9 ϕ , 最大間ゲキ比と細長比との関係図

定性的な観察からの判断であり、結論は今後の研究に待ちたい。なお、K, L の各グループに限定すれば $\bar{R}-\phi'$ にかんがりの相関関係を認めることができ、興味ある事実である。 $\bar{R}-\phi_2$ にも $\bar{R}-\phi_1'$ と同様な関係を認めることができることを付記しておく。

セン断破壊時のダイレイタンスーインデックス, D.I. は修正円摩度, 粒径などの関数であると予想されるが試験機械による誤差が大きく、これを明らかにすることはできなかった。図-10 の D.I.- σ 関係に示されるように、D.I. は垂直応力の増加で減少傾向を示し、粒径の影響ははつきりしない。

$\bar{R}-e_{max}$, $R-e_{min}$, $\bar{R}-e_{max}$ などの関係を図-11, 図-9, (ロ) に示す。ただし、 H_{10} 砂は砂粒子自体に空ゲキの多い粒子からなり、他の砂と一緒に含めて議論するのは不適当と判断し省略した。粒径別に見れば、1.2~0.84 mm および 0.84~0.42 mm の砂は、 $\bar{R}-e_{max}$ に

はかなりの相関関係を認めることができるが、0.42~0.25 mm の砂はほぼ同一の \bar{R} に対し、 e_{max} の値は大きく変動している。1.19~0.84 mm の砂の回帰線は 0.84~0.42 mm の砂の回帰線の下方に位置するが、最上武雄¹³⁾ も同様な傾向を報告している。 $\bar{R}-e_{min}$ に弱い相関関係を認めることができるが、0.42~0.25 mm の砂はほぼ同じ \bar{R} の値に対し e_{min} は大きく変動し、 $\bar{R}-e_{max}$ と似た傾向を示す。 $\bar{R}-e_{max}$ はほぼ無相関である。

5.3 まとめ

10 種, 17 試料の下部可動直接せん断試験結果から判断すると、砂粒子のもつ基本的性質の中で修正円摩度がせん断抵抗にもつ意味は大きく、鉱物組成, 細長比の役割は当初予想したよりは小さい。Kirkpatrick¹⁴⁾ は、ほぼ等しい形状と表面のあらさをもつガラス玉の三軸圧縮試験から、せん断抵抗は粒径のみならず粒度によっても大きな影響を受けることを実証した。せん断抵抗という観点から洗った砂を基本的要素で分類する場合に、粒子の表面のあらさ, 粒径, 粒度は無視し得ないファクターであろう。

今回の実験では鉱物組成のせん断抵抗への関与は明らかでないが、Rowe⁹⁾, Lee¹⁵⁾ による飽和砂の排水三軸圧縮試験によると、粒子を構成している物質の ϕ_w がせん断抵抗に極めて大きな影響を持つことを実証しているので、三軸圧縮試験などにより鉱物組成の影響についてさらに詳しい実験的研究が必要である。

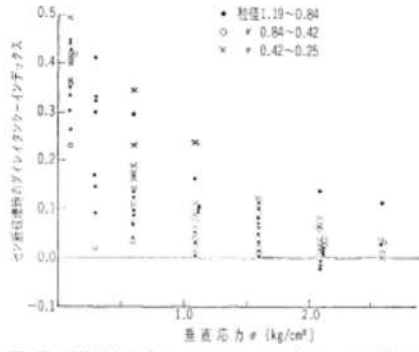


図-10 垂直応力とダイレイタンスーインデックスとの関係図

No. 607

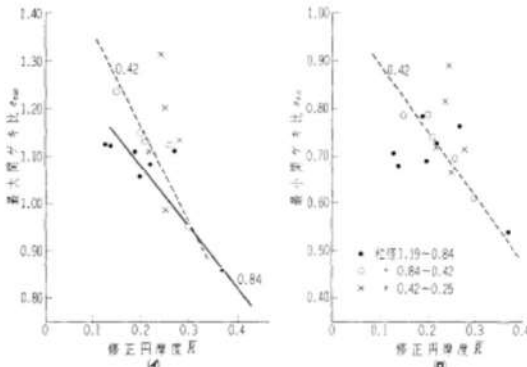


図-11 最大間ゲキ比、最小間ゲキ比と修正円摩度との関係図

6. 結 論

1) Waddell の円摩度を修正定義した 修正円摩度, $\bar{R} = \frac{1}{2M} \sum_{i=1}^M \left(\frac{r_i^2 + r_i'^2}{l_i^2} + \frac{r_i^2 + r_i'^2}{l_i'^2} \right)$ は粒子の表面の あらさの定量的表現として活用できる。

2) 低い ($\sigma < 0.6 \text{ kg/cm}^2$) 垂直応力範囲において, 下部可動直接せん断試験より求めた せん断摩擦角 (ϕ_s, ϕ_s') におよぼす修正円摩度 \bar{R} の影響はいちじるしく, 鉱物組成, 細長比の役割は比較的小さい。高い垂直応力 ($1.7 \sim 2.6 \text{ kg/cm}^2$) 範囲のせん断摩擦角 (ϕ_s, ϕ_s') の修正円摩度への依存性は小さく, 砂粒子の破砕性が強い支配因子であることが予測できた。

3) 粒径をパラメーターに取れば, 修正円摩度と最大・最小間ゲキ比はある程度の相関関係を持つが, 細長比とは無関係である。

なお, この研究を実施するにあたり, 常に温い御指導御鞭撻を賜った 埼玉大学小野寺透教授, 関陽太郎教授, 吉中竜之進助教授, 風間秀彦氏および根岸勤氏に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 三笠正人: 土の工学的性質の分類表とその意義, 土と基礎, 第 12 巻, 第 4 号, 1964, pp.17-24
- 2) 小田匡寛, 風間秀彦: 砂の異方性に関する基礎的研究, 土と基礎, 第 18 巻, 19 号, 1970 pp. 15-21
- 3) 小田匡寛: 砂のような粒状体の構造に関する基礎的研究, 第 5 回土質工学研究発表会講演集 1970, pp.65-68
- 4) H. Waddell: Volume, Shape and Roundness of Quartz Particles, Jour. Geol., Vol. 43, 1935
- 5) W.C. Krumbain: Measurement and Geological Significance of Shape and Roundness of Sedimentary Particles, Jour. Sedi. Petrol., II, No. 2
- 6) 菅沢 新: 骨材の粒度と形状のパラメーター, とくに空けき率との関係(1), セメントコンクリート, No. 179, 1月号, pp. 3-11
- 7) H.M. Horn and D.V. Deere: Frictional Characteristics of Minerals, Geotechnique, Vol. 12, 1962, pp. 319-355
- 8) P. W. Rowe: The Stress-Dilatancy Relations for Static Equilibrium of an Assembly of Particles in Contact, Proc. Royal Soc. London, Series A, Vol. 269, 1962, pp. 500-527.
- 9) K.L. Lee and I Farhoomand: Compressibility and Crushing of Granular Soil in Anisotropic Triaxial Compression, Canadian Geotechnical Jour., Vol. 4, 1967, No. 1
- 10) K.L. Lee and H.B. Seed: Drained Strength Characteristics of Sands, Jour Soil Mech. Found Div. No. SM 6, 1967, pp. 117-141
- 11) J. J. Kolbuszewski: An Experimental Study of the Maximum and Minimum Porosities of Sands, Proc. 2th. Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Vol. 1, 1948, pp. 158-165
- 12) 土のせん断試験法に関する基礎的研究, 土質工学会, 1968
- 13) 最上武雄: 粒状体の力学, 土質力学 (技報堂), 第 8 巻, 1969, pp. 893-1032
- 14) W.M. Kirkpatrick: Effects of Grain Size and Grading on the Shearing Behaviour of Granular Materials, Proc. 6th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Vol. 1, 1965, pp. 273-278
- 15) I.K. Lee: Stress-Dilatancy Performance of Feldspar, Jour. Soil Mech. Found. Div., No. SM 2, 1966 (原稿受付, 1970.5.14)

※ ※ ※

枠囲み部は本資料における抜粋又は参照箇所を示す

火山ガスを有します。半深成岩は一般には地下浅部で固結した岩石で、火山ガラスを含まず。それに對し、深成岩は地下深部でマグマがゆっくり冷却固結してできた岩石で、鉱物粒が大きく成長し、雪霜状組織を示すのが一般的です。

マグマがゆっくり冷えれば冷えるほど鉱物は大きく成長しますが、地下深い場所では周囲に固いがあるためゆっくり冷えますが、地表では周囲の大気中に熱が逃げていってしまうため急速に冷却します。これが、火山岩と深成岩との間に鉱物の粒度差を生じている理由です。また、噴出直前の場合、石基はマグマが最終的な冷却固結前に到達したとき液体状態であった部分で、それに対し、結晶はすでに大きな結晶として成長していたことを示しています。つまり、結晶は地下深い位置ですでにできあがっていた鉱物で、それが液体とともに上昇してきたものなのです。

このような組織（主たる冷却場所に関係）をもとにした分類に、組成に基づく4分類を組み合わせると表2-2のように玄武岩から花こう岩までの合計12種類の岩石が生じます。表の左端に書かれている酸塩基性岩質の火山岩は、カナダやオーストラリアなどに産する約18億年以上昔のコマチアイトという岩石で知られています。しかし現在ではそのような組成のマグマは形成されていないと考えられているため当節の分類からは省略します。ただし、マグマ発生に密接に関係してくる上部マントルを構成している岩石も超塩基性岩の一種であるため、非常に大切ではあります。ダイサイトと命名されている火山岩は、以前、石英安山岩と呼ばれていました。しかしこの名前にはちょっと誤解を招きや

表 2-2 火山岩を構成する主要な鉱物の代表例

鉱物 種類	鉱物 名	化学 組成
シリカ酸	石英	SiO ₂
	クリストパイト	SiO ₂
長石族	斜長石	Ca ₂₋₂ Na ₀₋₁ Al ₁₋₂ Si ₂₋₁ O ₆
	カリ長石	(K, Na)AlSi ₃ O ₈
輝石族	キフェラン	NaAlSi ₃ O ₈
雲母族	黒雲母	K(Mg, Fe) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀) ₂ (OH) ₂
	白雲母	KAl ₂ (AlSi ₄ O ₁₀) ₂ (OH) ₂
角閃石族	寄透角閃石	NaCa ₂ Mg ₂ Fe ²⁺ Al ₂ Si ₆ Al ₂ O ₂₂ (OH) ₂
輝石族	斜方輝石	(Mg, Fe ²⁺) ₂ SiO ₆
	単斜輝石	(Ca, Mg, Fe ²⁺) ₂ SiO ₆
ざくろ石族	アルマンディン	Fe ²⁺ ₂ Al ₂ Si ₂ O ₁₀
かんらん石族	かんらん石	(Mg, Fe ²⁺) ₂ SiO ₄

すい問題点があるため、現在ではダイサイトと呼ぶようになりつつあります。また、火成岩の中に出てくる主要な鉱物の化学組成を表2-3に示します。実際に火成岩中に出てくる鉱物はこれよりかなり種類も多く、組成も複雑になっています。

マグマがどこで冷え固まるかによって、火山岩、半深成岩そして深成岩の3分類が生まれたわけですから、もとのマグマは同じものです。このため、今後の話では断りのないかぎりマグマの組成的分類は火山岩名を用いて行うことにします。すなわち玄武岩質、安山岩質、ダイサイト質そして流紋岩質マグマです。表に示された分類は鉱物組成に基づくものですが、火山岩の場合、冷却のスピードが早すぎるため液体が完全には結晶（結晶）になりきれず、一部分をいし大部分が火山ガラスとして残ってしまいます。

枠囲み部は本資料における抜粋又は参照箇所を示す

外部事象に対する津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備
の防護方針について

1. 概要

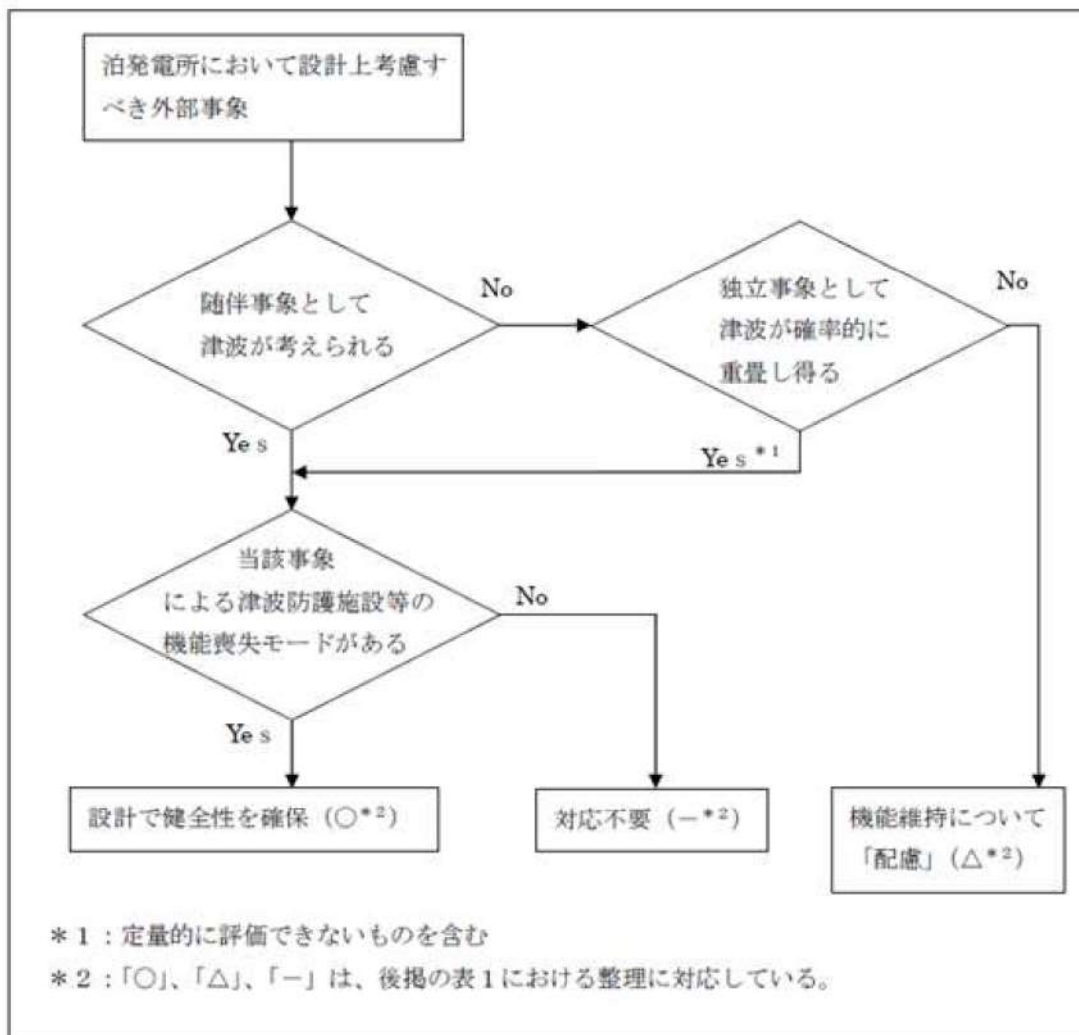
津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備（以下「津波防護施設等」という。）の外部事象に対する防護方針を以下に示す。

2. 防護に関する考え方

以下の考え方にに基づき，泊発電所において設計上考慮すべき外部事象に対する津波防護施設等の機能維持のための対応の要否について整理した。

外部事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フローを第1図に示す。

- (1) 設計上考慮すべき事象が，津波若しくは津波の随伴，重畳が否定できない事象に該当するかを確認する。定量的な重畳確率が求められない事象については，保守的にその影響を考慮する。
- (2) 津波の随伴，重畳が否定できない場合は，当該事象による津波防護施設の機能喪失モードの有無を確認する。機能喪失モードが認められる場合は，設計により健全性を確保する。
- (3) 津波の随伴，重畳が有意でないと評価される事象についても，泊発電所の津波防護施設については，基準津波の高さや防護範囲の広さ等その重要性に鑑み，自主的に機能維持のための配慮を行う。



第1図 外部事象に対する津波防護施設等の機能維持対応要否判断フロー

3. 検討結果

上記フローに基づく各事象に対する防護方針の検討結果を以下に示す。
 (詳細は第1表のとおり)

(1) 津波の随伴，重畳が否定できない事象^{*1}に対する防護方針

これらの外部事象に対しては，津波との随伴若しくは重畳の可能性を否定できないため，荷重の重ね合わせのタイミングも考慮した上で設計への反映の要否を検討し，津波防護施設等への影響が考えられる事象に対しては，津波防護施設等の機能を維持する設計とする。

※1：地震，風（台風），凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，森林火災

(2) 津波の随伴，重畳が有意ではない事象（竜巻，火山の影響）に対する防護方針

「竜巻」、「火山の影響」の2つの外部事象に津波は随伴せず、また、基準津波との重畳の確率も有意ではないため、津波防護施設等を防護対象施設とはしないものの、津波防護施設等の機能が要求される時にはその機能を期待できるように以下の対応を自主的に実施する。

a. 「竜巻」

設計竜巻と基準津波が重畳する年超過確率は約●（/年）であり、竜巻と津波の重畳は有意ではないと評価されるが、竜巻が襲来した場合には必ず作用する風荷重に対しては、津波防護施設等の健全性を維持する設計とする。また、竜巻が襲来した場合でも、必ずしも津波防護施設に作用するとは限らない竜巻飛来物の衝撃荷重に対しては、大規模な損傷に至り難い構造とする。

b. 「火山の影響」

設計で想定する降下火砕物の噴火と基準津波が重畳する年超過確率は、約●（/年）^{※2}であり、火山の影響と基準津波の重畳は有意ではないと評価されるが、降下火砕物の堆積荷重について長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に適宜除去が可能な設計とする。

※2：敷地で確認された降下火砕物の層厚は20cmと評価しており、この降下火砕物噴出年代は約●万年前であることを考慮

追而【地震津波側審査の反映】
(上記●については、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

	：津波の随伴、重畳が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
	：津波の随伴、重畳は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
	：対応が不要な事象 (－)

第1表 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表 (1/2)

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮する	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要 (①か②が○)	津波防護施設の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
地震	○	－	○	あり 地震荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	耐震Sクラスとして基準地震動Seに対し健全性を維持し、津波に対する防護機能を維持する。また、津波と余震の組み合わせも考慮する。
風(台風)	－	○	○	あり 風荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	・風荷重、津波荷重を考慮した設計とする。 ・津波監視カメラは、風荷重を考慮した設計とする。
竜巻	－	－	－	なし 以下のとおり、重畳の頻度は無視し得る。 ・設計竜巻の確率：約 2.5×10^{-7} ・基準津波の年超過率：●/年*3 →重畳確率：●/年 年超過率が 1×10^{-7} 年未満であり、有意ではない。	△	防潮堤・3号取水ピットスクリーン室防水壁の設計においては、自主的に以下の配慮を行い、信頼性を高める。 ・風圧力に対しては、健全性を維持する設計とする。 ・飛来物については、大規模な損傷に至り難い構造とする。 ・津波監視カメラは、風荷重を考慮した設計とする。
凍結	－	○	○	あり 凍害により止水目地が損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	止水目地は最低気温を考慮した設計とする。
降水	－	○	○	なし 降雨による海水面の上昇は無視し得る。	－	－

□	: 津波の随伴、重量が否定できないため、設計で健全性を確保する事象 (○)
□	: 津波の随伴、重量は有意ではないが、機能維持については設計上配慮する事象 (△)
□	: 対応が不要な事象 (-)

第1表 外部事象に対する津波防護施設等の対応方針整理表 (2/2)

設計上考慮すべき外部事象	① 随伴事象として津波を考慮要	② 独立事象として津波が重畳し得る	津波との重畳を考慮要 (①か②が○)	津波防護施設等の機能喪失による安全施設等の機能喪失の可能性	設計への反映要否	機能維持のための対応方針
積雪	-	○	○	あり 積雪荷重により損傷した場合、安全施設等への津波の到達、浸水による機能喪失が想定される。	○	積雪荷重と津波荷重を考慮した設計とする。
落雷	-	○	○	あり 落雷による津波監視設備の機能喪失が想定される	○	津波監視設備については、既設避雷設備の建へい範囲内への設置を行う。
火山の影響	-	-	-	なし 以下のとおり、重量の傾度は無視し得る。 ・想定する火山の確率：●/年*2 ・基準津波の年超過率：●/年*3 →重量確率：●/年* 年超過率が 1×10^{-7} 年未満であり有意ではない。	△	設計にて長期荷重に対する構造健全性を確保するとともに、降灰後に降下火砕物を適時除去可能な設計とする。
地滑り	-	○	○	なし 地滑りにより津波防護施設が機能喪失に至ることはない。	-	-
生物的事象	-	○	○	なし 生物による影響 (閉塞、侵入) による機能喪失モードを有しない。	-	-
森林火災	-	○	○	なし 防火帯により森林との離隔距離が確保されるため、熱影響を受けることはない。	-	-

* 2 : 敷地で確認された降下火砕物の層厚は 20cm と評価しており、この降下火砕物噴出年代は約●万年前であることを考慮

* 3 : 設置変更許可申請書添付書類六「●●● 超過確率の参照」を考慮

通而【地震津波調査の反映】
(上記●については、地震津波調査結果を受けて反映のため)

火山影響評価における監視カメラ及びモニタリングポストの扱い
について

監視カメラは設置許可基準規則第 26 条（原子炉制御室），モニタリングポストは同規則第 31 条（監視設備）の要求を満足する必要があることから，本設備については，降下火砕物の影響に対して機能維持，又は降下火砕物による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，必要に応じてプラントを停止し，安全上支障のない期間での除灰，修復等の対応，又はそれらを適切に組み合わせることで安全機能を損なわない設計としている。

なお，監視カメラ及びモニタリングポストは，外部事象防護対象施設ではないが，損傷した場合でも外部事象防護対象施設に対して波及的影響を及ぼすことはないことから，火山影響評価における評価対象施設等として抽出していない。

第 1 表に監視カメラ及びモニタリングポストの概要を示す。

第1表 監視カメラ及びモニタリングポストの概要

		監視カメラ	モニタリングポスト
イメージ			
数量		津波監視カメラ：計4台 構内監視カメラ：計7台	計7箇所
火山影響への 考慮	構造物への静的 負荷	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物の影響を受けにくい 設置場所の考慮 ・降下火砕物が堆積しにくい形状 	<ul style="list-style-type: none"> ・降下火砕物が堆積しにくい形状
	構造物への化学 的影響（腐食）	<ul style="list-style-type: none"> ・外装は鋼製（塗装あり）であり、 短期での腐食は生じない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・外装はアルミニウム合金（塗装あり） であり、短期での腐食は生じない。
	絶縁低下	<ul style="list-style-type: none"> ・外気を取込む機構がなく、防塵構造 である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・外気を取込む機構がなく、防塵構造 である。
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・自然現象の検知は水位計，気象観測 設備，目視確認で可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・可搬型モニタリングポスト及び放射 能測定装置でも同様な測定が可能 ※重大事故等対処施設として配備

以上

原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する降下火砕物の影響評価
について

降下火砕物に起因する外部電源喪失事象により，原子炉の停止が想定されることから，原子炉の高温停止及び低温停止に必要な機能を以下のとおり抽出した。

- (1) 原子炉停止：原子炉停止系
- (2) ほう酸添加：原子炉停止系（化学体積制御設備のほう酸注入機能）
- (3) 崩壊熱除去：補助給水系，主蒸気系，余熱除去系
- (4) 上記系統の関連系（安全保護系，中央制御室空調装置，制御用空気圧縮設備，非常用所内電源設備，原子炉補機冷却水設備，直流電源設備，原子炉補機冷却海水設備 等）

以上の機能を達成するために必要な設備は，次頁以降の防護対象に含まれていることを確認した。

第1表 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する防護対象(1/2)

分類	定義	安全機能の重要度分類		構築物、系統又は機器	設備設置場所		高温停止及び低温停止に必要な機能
		機能	機械		屋内設備	屋外設備	
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、 (a)炉心の著しい損傷、又は (b)燃料の大量の破損 を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	1)原子炉冷却材圧力バウダリ機能	原子炉冷却材圧力バウダリを構成する機器・配管(1次冷却材系)	○		—	
		2)過剰反応度の印加防止機能	制御棒駆動装置圧力バウダリ	○		—	
		3)炉心形状の維持機能	炉心支持構造物 燃料集合体	○		—	
MS-1	1)異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構築物、系統及び機器	1)原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系(制御棒クラスター、制御棒駆動装置(トリップ機能))	○		原子炉停止	
		2)未臨界維持機能	原子炉停止系 制御棒 化学体積制御設備(ほう酸水注入機能) 非常用炉心冷却設備(ほう酸水注入機能)	○		原子炉停止 ほう酸添加	
		3)原子炉冷却材圧力バウダリの過圧防止機能	加圧器安全弁(附機能)	○		—	
		4)原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統 余熱除去設備 補助給水設備 蒸気発生器 蒸気発生器から主蒸気逃し弁までの主蒸気設備 蒸気発生器から主給水隔離弁までの給水設備 残留熱を除去する系統 主蒸気逃し弁(手動逃し機能) 主蒸気安全弁	○		前燃熱除去	
		5)炉心冷却機能	非常用炉心冷却設備 低圧注入系 高圧注入系 蓄圧注入系	○		—	
		6)放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能	原子炉格納容器 アニュラス 原子炉格納容器隔離弁(バウダリ配管) 原子炉格納容器スプレイ設備 アニュラス空気浄化設備 外部運へい 排気筒	○	○	—	

第1表 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する防護対象(2/2)

分類	定義	安全機能の重要度分類		設備設置場所	高運転停止及び低温停止に必要な機能
		機能	構築物、系統又は機器		
MS-1	2)安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	1)工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系	○	関連系
		2)安全上特に重要な関連機能 (いずれも、MS-1 関連のもの)	非常用所内電源系 ディーゼル発電機 中央制御室及び中央制御室遊へい 中央制御室空調装置 原子炉補機冷却水設備 原子炉補機冷却海水設備 直流電源設備 計測制御用電源設備 制御用空気圧縮設備	○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	関連系 関連系 関連系 関連系 関連系 関連系 関連系 関連系 関連系 関連系
PS-2	1)その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破壊を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過速の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	1)原子炉冷却材を内蔵する機能(ただし、原子炉冷却材圧力バウンダリから除外されている許容等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されているものは除く。)	放射性廃棄物処理施設 使用済燃料ピット(使用済燃料ラックを含む。) 新燃料貯蔵庫(臨界を防止する機能)	○ ○	- -
		2)燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	○	-
MS-2	2)通常運転時及び運転時の異常な過渡変化に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1)安全弁及び過し弁の吹き止まり機能	加圧器安全弁(吹き止まり機能) 加圧器過し弁(吹き止まり機能)	○ ○	- -
		1)PS-2の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統及び機器	燃料取扱用海水ピットからの使用済燃料ピット水補給ライン	○	-
MS-2	2)異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	2)放射性物質放出の防止機能	気体廃棄物処理設備の隔離弁	○	-
		1)事故時のアラウンド状態の把握機能	原子炉計装の一部 プロセス計装の一部	○	-
		2)異常状態の緩和機能	加圧器過し弁(手動閉鎖機能) 加圧器後備ヒータ 加圧器過し弁元弁(閉鎖機能) 中央制御室外原子炉停止装置(安全停止に関連するもの)	○ ○ ○ ○	- - - -

ディーゼル発電機機関の故障要因について

ディーゼル発電機機関の故障要因，降下火砕物の機関内への侵入による影響について以下に示す。

予防保全の観点から，ディーゼル発電機機関に限らず機械全般において，故障・不具合の防止を目的として一般的に用いられる要因の考え方にに基づき，潜在的な故障・不具合要因としてメーカーが推奨しているディーゼル発電機機関の故障要因は以下の3種類が該当するとされている。なお，設計に起因するもの，管理ミス等の要因によって発生するものは除いている。

以下の故障要因に対して，降下火砕物の機関内への侵入による影響の観点から検討した。

1. 機器の経年劣化によって発生する故障

使用頻度とは直接関係なく，その材質変化（化学変化等）によって生ずる「経年劣化」に該当する代表的な故障としては「腐食」「錆び」「材質の変化によるひび割れ」等が考えられるが，いずれも降下火砕物によって，ディーゼル発電機機関に有意に発生する故障ではない。

2. 機器の疲労によって発生する故障

材料が摩耗等の変化を引き起す「機器疲労」に該当する代表的な故障としては「摩耗」「減肉」等があり，このうち「摩耗」については降下火砕物によってディーゼル発電機機関に発生する故障要因に該当する。

3. 偶発的に発生する故障

万全な環境に置かれ，かつ使用頻度が制限されていても機器が個別に有する故障発生確率で発生する故障が「偶発故障」に該当する。該当する代表的な故障としては「ミクロ的に発生するクラック」等が考えられるが，降下火砕物によってディーゼル発電機機関に有意に発生する故障ではない。

以上のことから，ディーゼル発電機機関への降下火砕物の侵入により発生する故障要因として，機関内摺動面への降下火砕物の侵入による「摩耗」が考えられ，これ以外の故障要因は有意に発生しないと考えられる。

以上

降下火砕物が降灰した際の対応手順について

降下火砕物が降灰した際の対応については、「災害対策」「運転操作」等に係る社内ルールを見直し、発電所を降灰予想範囲に含む「降灰予報」が発令された場合に、「降灰対応体制」を発令し、予防対策として、原子炉補機冷却海水ポンプ、ディーゼル発電機等の安全施設に対する特別点検の実施、その他屋外設備、重大事故対処設備、アクセスルート等に対する状況確認、加えて中央制御室空調装置の閉回路循環運転等の対応を行い、必要に応じて除灰を実施することとしている。

降下火砕物の降灰が想定される場合の対応について、上述した対応手順の基本的な流れを以下に示す。

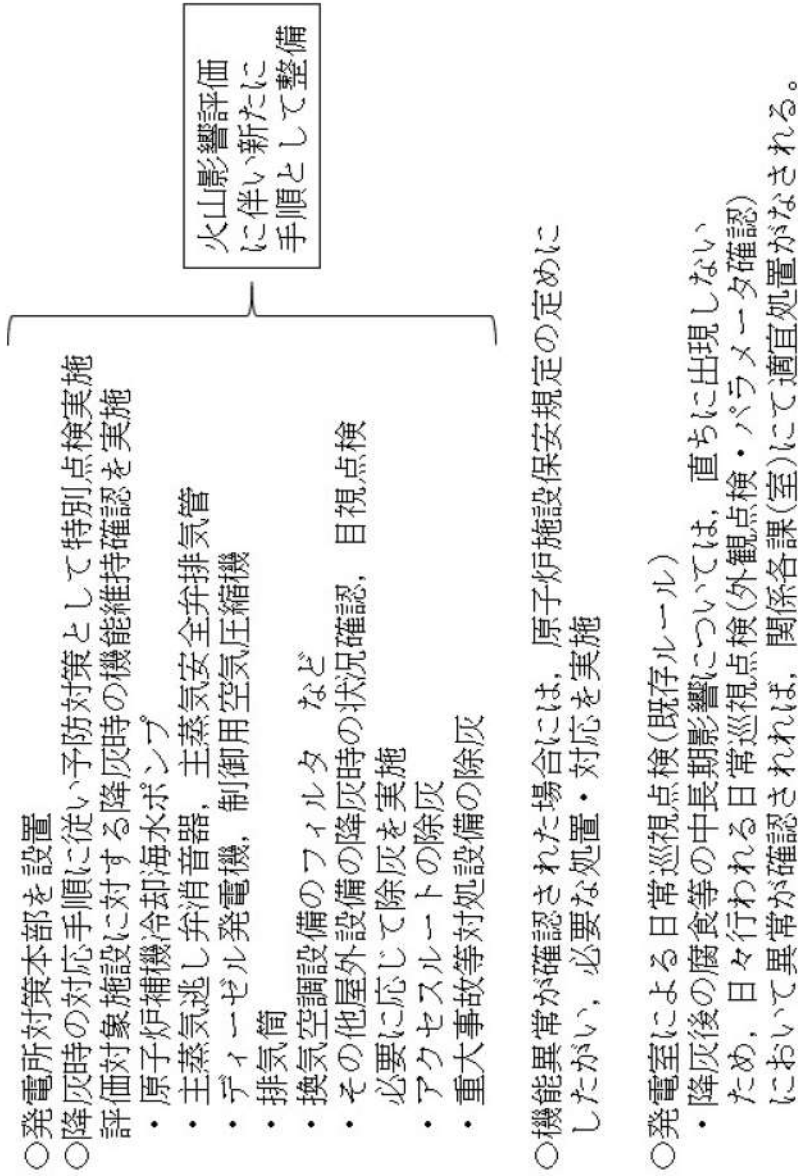


図 降下火砕物が降灰した際の基本的な手順の流れ

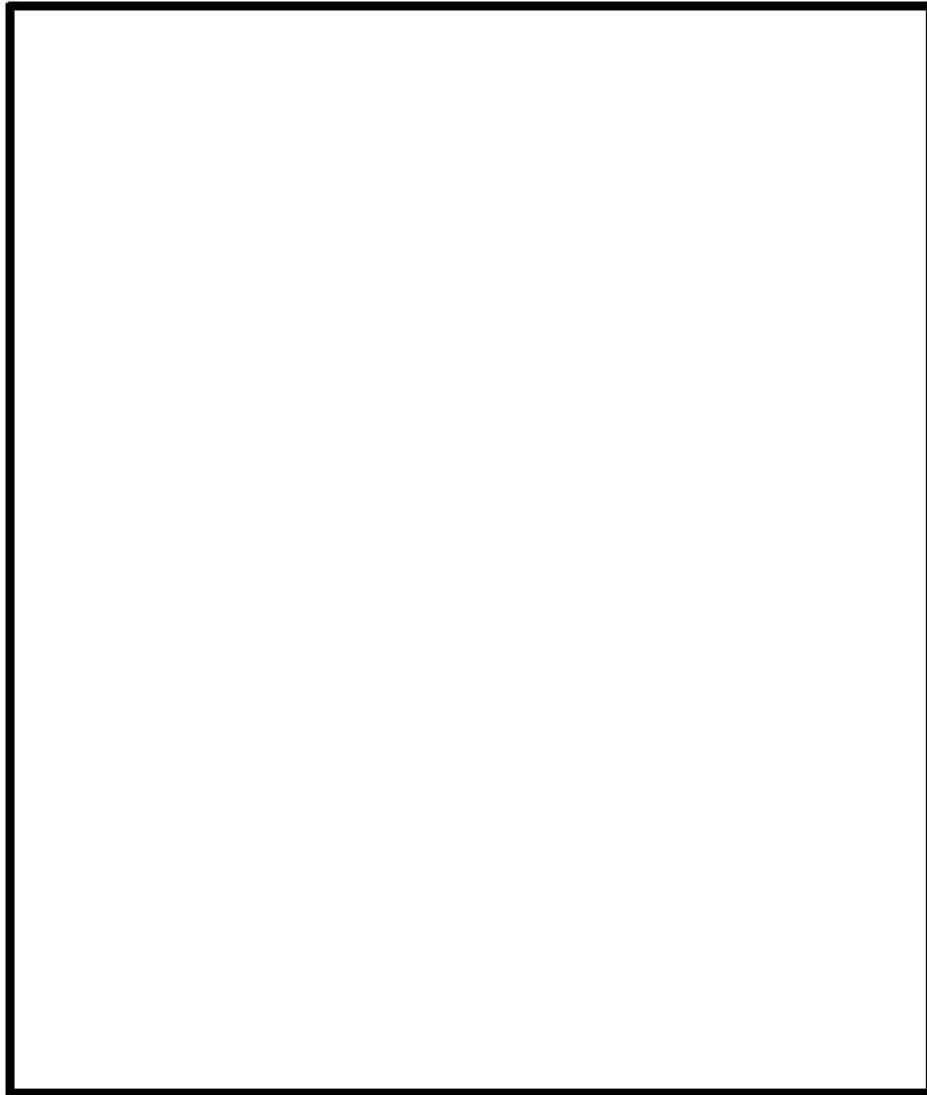
以上

負圧管理箇所への降下火砕物の侵入影響について

発電所における負圧管理箇所への降下火砕物の侵入の可能性について、以下のとおり検討した。

負圧管理を行っている施設は放射線管理区域であり、放射線管理区域へは出入管理建屋を経由して入域することになる。

下図のとおり、出入管理建屋から放射線管理区域内への入域には、多重の扉を経由する構成となっており、負圧の影響により、降下火砕物が外気から直接侵入するおそれはない。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません

以 上

腐食による機能影響について

「降下火砕物が影響を与える防護対象施設と影響因子の組合せ」において「腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい」とした設備については評価対象としていないが、その除外理由を以下に示す。

1. 主蒸気逃がし弁消音器

主蒸気逃がし弁消音器は主蒸気逃がし弁動作時の排出蒸気を建屋外に排出する際に消音するために設置されており、屋外に露出した外装板等に堆積した降下火砕物により腐食した場合でも、消音機能は低下するものの主蒸気逃がし弁の噴出し機能としては影響がないため、評価対象より除外した。

2. 主蒸気安全弁排気管

主蒸気安全弁排気管は主蒸気安全弁動作時の排出蒸気を建屋外に排出するための排気管であり、屋外に露出した部分が腐食した場合でも主蒸気安全弁の噴出し機能としては影響がないため、評価対象より除外した。

なお、排気管内に侵入した降下火砕物については排気管下部のドレン受け部での堆積が考えられるが、ドレン受け部は二重管構造となっており、排気管自体への影響は考えにくい。

3. タービン動補助給水ポンプ排気管

タービン動補助給水ポンプ排気管には、タービン動補助給水ポンプ起動時の排気蒸気を屋外に排出するための排気管であり、屋外に露出した部分が腐食した場合でもタービン動補助給水ポンプの運転状態には影響はないため、評価対象より除外した。

4. ディーゼル発電機の消音器

ディーゼル発電機の排気消音器がディーゼル発電機建屋屋外に設置されており、ディーゼル発電機機関起動時の排気音を消音しているが、屋外に露出した部分が腐食した場合でも、消音機能は低下するもののディーゼル発電機機関自体の機能には影響がないため、評価対象より除外した。

また、ディーゼル発電機の吸気消音器は屋内に設置されており、腐食によるディーゼル発電機の機能に影響を及ぼすことはない。

5. 換気空調設備外気取入口

換気空調設備の外気取入口は、開口部の近い位置に金網を設置しており、その背後に平型フィルタを配置している。外気取入口は降下火砕物が侵入しにくい構造であること、また降下火砕物による腐食の影響を受けたとしても金網部の構造物であり、その腐食により脱落が発生したとしても平型フィルタの機能へ影響を与えるものではないことから、評価対象より除外した。

なお、平型フィルタのフレームや支持枠等の構造物はSUS材等の耐食性のある材料を使用しており、腐食の影響を受けることは考えにくい。

以 上

腐食の長期的影響に対する保守管理について

屋外設備については、巡視点検による外観の点検を実施しており、腐食の長期的影響について適切に対応している。なお、以下に、巡視点検の周期を示す。

表 巡視点検

項目	実施内容	頻度
巡視点検	外観点検	1回／1日

降下火砕物による腐食が現れるまでの時間は、周囲の環境の影響等により一概には言えないが、「補足資料-8 降下火砕物の金属腐食研究について」に示すように、降下火砕物による腐食は自然環境に存在する降下火砕物よりも厳しい腐食条件においても表面厚さにして十数 μm のオーダーの腐食であり、さらに実機においては塗装等により腐食を防止していることから、現状の巡視点検の頻度で発見し、必要に応じて塗替塗装等の対応が可能である。

以上

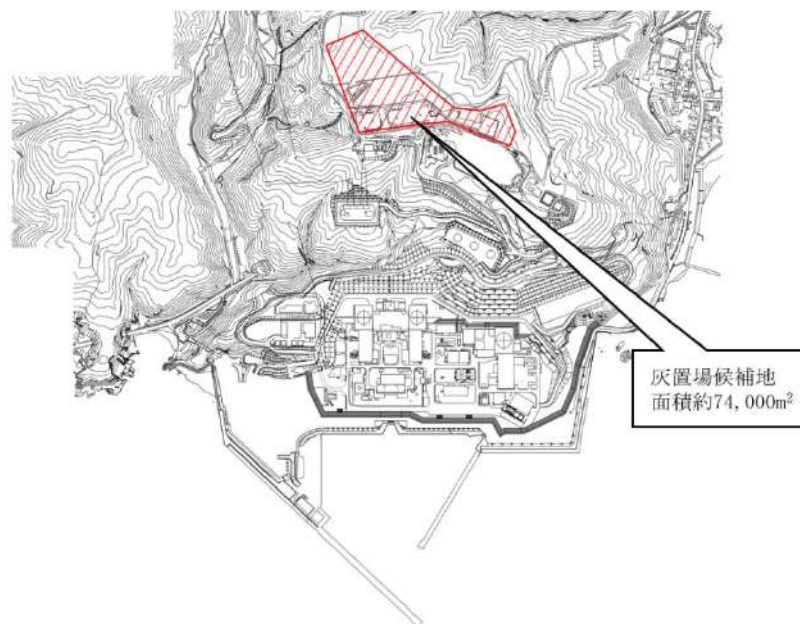
灰置場について

灰置場として、積み上げた降下火災物が崩れる等、発電所の重要安全施設やSA時に必要となるアクセスルートに影響を及ぼすことがないように、それらから離れ、かつ、低い場所にある放水口近傍のエリアを選定しており、除去した降下火災物が灰置場に現実的に集積可能かどうか概略試算を行った。

第1図に示す範囲に高さ0.7mで集積した場合、その容量は51,800m³となる。ここで、層厚20cmの降下火砕物を想定した場合、第1表のとおり降下火砕物の除去が必要となる施設の屋根部等に堆積する降下火砕物の量は2,332m³であることから、灰置場として十分な容量があると考えられる。

第1表 降下火砕物の除去が必要な施設の屋根部等に堆積する降下火砕物の量

項目	建屋
対象施設	<ul style="list-style-type: none"> ・原子炉建屋 ・原子炉補助建屋 ・ディーゼル発電機建屋 ・循環水ポンプ建屋 ・A1, A2, B1, B2-燃料油貯油槽 ・A1, A2, B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ
面積	約 11,660m ²
降灰量 (層厚 20cm)	2,332m ³



第1図 泊発電所の平面図

アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による
影響評価について

泊発電所3号炉において、フィルタ閉塞の評価対象となる施設は、ディーゼル発電機吸気消音器のフィルタ、換気空調設備のフィルタ（外気取入口）が該当するが、ディーゼル発電機吸気消音器のフィルタについては、第1図に示すとおり下からガラリ内に吸い上げ、さらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物が内部に侵入しにくい構造となっている。また、換気空調設備については降灰が確認された場合には外気取入口のダンパを閉止する運用としており、フィルタへの降下火砕物の付着を抑制できる設計となっている。

この前提のもと、降下火砕物によるフィルタ閉塞に対する評価に当たっては、参考としてアイスランド南部エイヤヒャトラ氷河で発生（H22年4月）した火山噴火地点から約40km離れたヘイマランド地区において観測された大気中の降下火砕物濃度のピーク値、 $3,241\mu\text{g}/\text{m}^3$ を用いている。

これは、

①比較的規模が大きい噴火であること（VEI4以上）

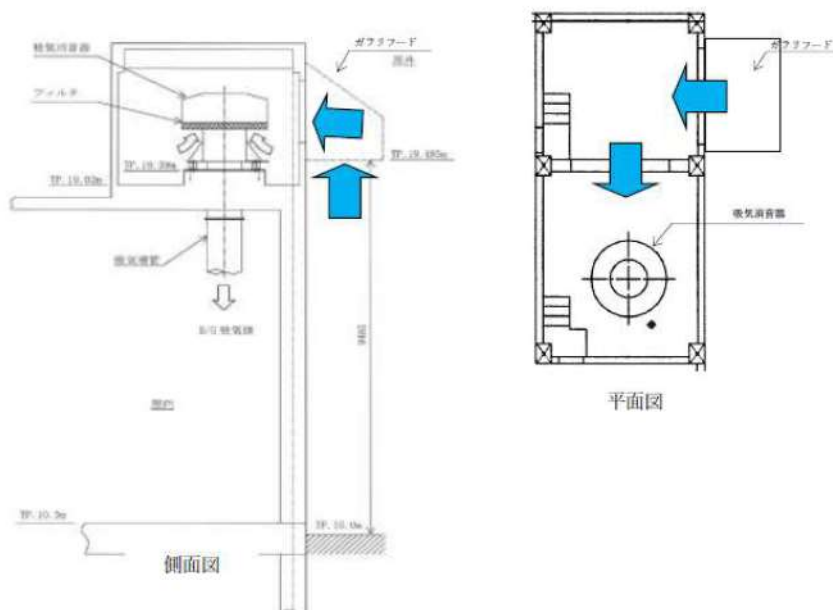
②原子力施設が設置されている地表レベルで観測された降下火砕物の大気中濃度がデータとして存在すること

という条件に照らして、学会誌等の関係図書を確認したところ、上記のアイスランド南部のエイヤヒャトラ氷河で発生した大規模噴火における噴火口より約40km程度離れた地域での地表における大気中濃度を参照したものである。

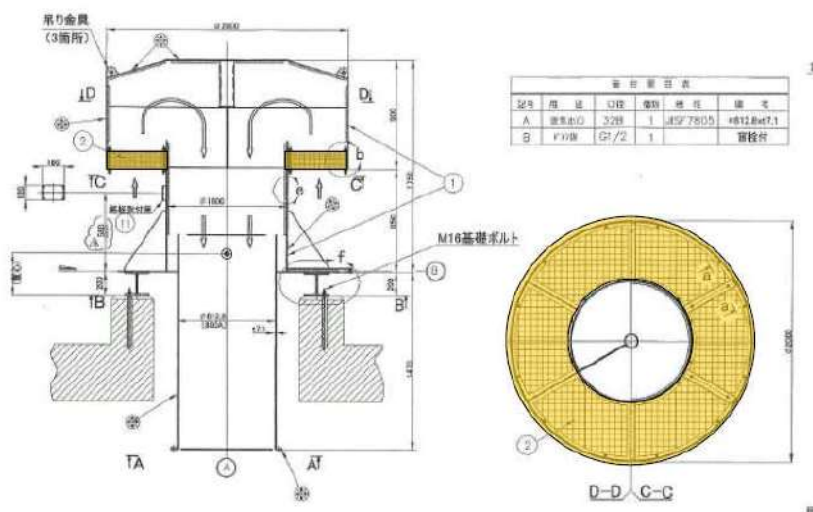
なお、噴火口からの観測地点の距離が135kmであるセントヘレンズ火山噴火の観測データ（観測濃度 $33,400\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）について、当該濃度による影響評価を以下のとおり行った。各施設のフィルタが閉塞するまでの時間は、ディーゼル発電機吸気消音器のフィルタで約1.8時間、換気空調設備のフィルタで約3.4時間となる。フィルタ交換に要する時間については、ディーゼル発電機の吸気フィルタは6つに分割されており、フィルタ交換には複雑な作業が必要ないことから、要員3名で40分程度を見込んでいる。

なお、ディーゼル発電機吸気消音器は、下からガラリ内に吸い上げ、さらにそのガラリ内に設置された吸入口から吸い込むため、降下火砕物を吸い込みに

くい構造としているが、上記試算では、こうした点を考慮せず、しかも大気中を降下・浮遊する火砕物の粒子が、粒径にかかわらず、大気中濃度のままですて吸い込まれてフィルタに捕集されることを前提とした計算となっているため、実際には吸気フィルタが閉塞するまでの時間にはさらに余裕があると考えられること、さらに、換気空調設備のフィルタに関しては、フィルタを通過する降下火砕物は細かな微細粒子ではあるが、降下火砕物が建屋内へ侵入することを抑制するため、降灰が確認された時点で空調停止やダンパ閉止の運用により影響防止を図ることとしており、機能に影響を及ぼすことはないとする。



第1図 泊発電所のディーゼル発電機吸気ガラリ



第2図 泊発電所のディーゼル発電機の吸気消音器と吸気フィルタ

以上

泊発電所3号炉

運用，手順説明資料
外部からの衝撃による損傷の防止
(火山)

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

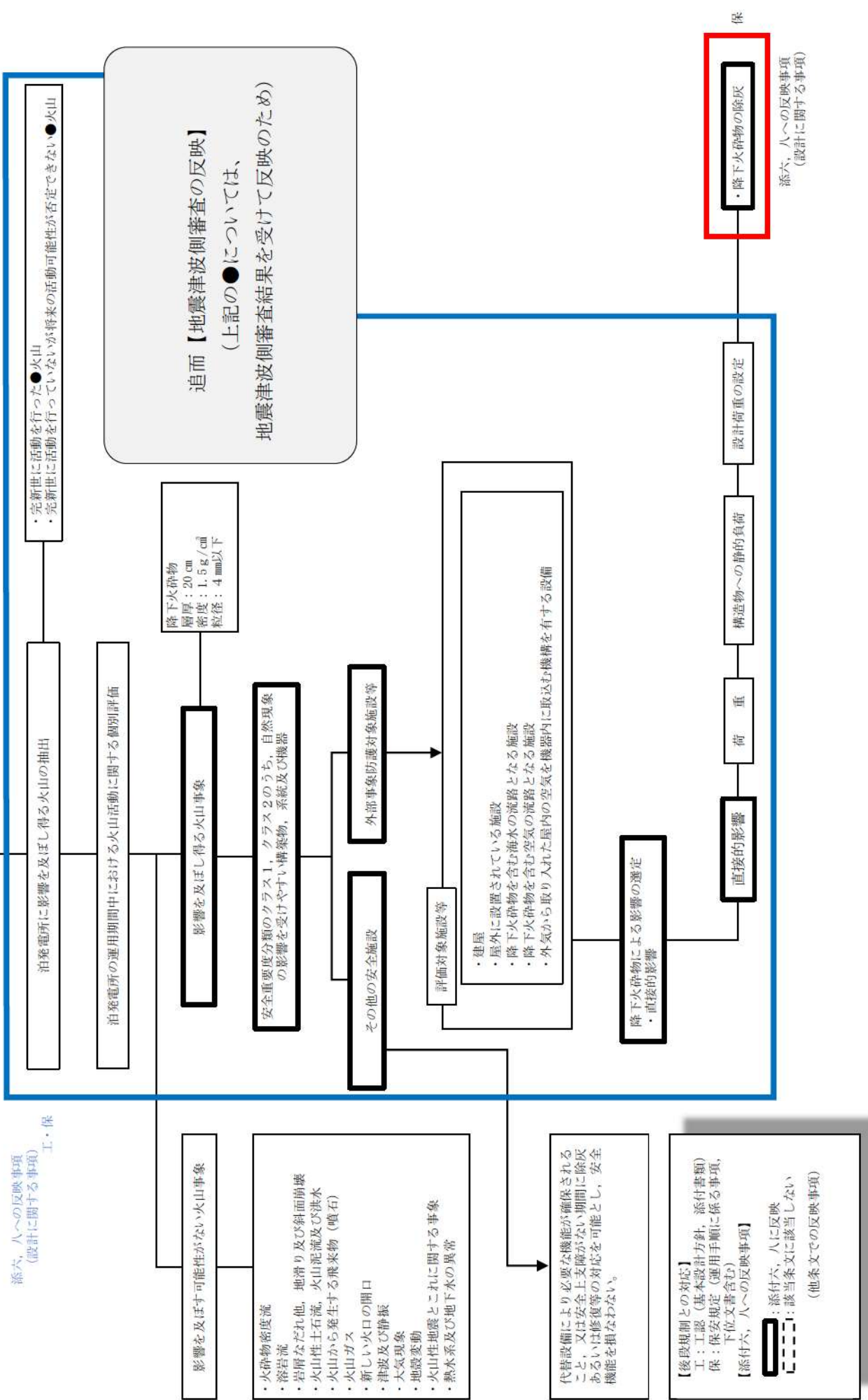
安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわなければならない。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがある想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。

安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわなければならない。

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。

重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼす恐れがあると想定されると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したもので無ければならない。



追而【地震津波側審査の反映】
(上記の●については、
地震津波側審査結果を受けて反映のため)

技術的能力に係る運用対策（設計基準）

設置許可基準規則 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による 損傷の防止	降下火砕物の除去作業及び 除灰後における降下火 砕物による静的荷重や腐 食等の影響に対する保守 管理	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するため堆積した降下火砕物の除灰を実施する。 降下火砕物による影響が見られた場合、必要に応じ補修を行う。
		体制	(担当箇所による保守・点検の体制) (降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 日常点検 定期点検 降灰時及び降灰後の巡視点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順、保守・点検に関する教育
	外気取入ダンプの閉止， 換気空調系の停止，閉回 路循環運転	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、外気取入口に設置している平型フィルタ，状況に応じて外気取入ダンプの閉止，換気空調系の停止又は閉回路循環運転を行い，建屋内への降下火砕物の侵入を防止する。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	-
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順に関する教育

設置許可基準規則 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	フィルタ取替・清掃作業 等	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替を実施する。 ディーゼル発電機運転時は、ディーゼル発電機吸気消音器吸気フィルタの巡視点検を行い、必要に応じて取替・清掃を行う。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 降灰時の巡視点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順に関する教育
		運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰時に、海水を通水する原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ差圧の巡視点検の強化を行い、状況に応じて洗浄を行う。
	原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ清掃	体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> ストレーナの日常点検 降灰時の巡視点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順、保守・点検に関する教育

設置許可基準規則 対象条文	対象項目	区分	運用対策等
	碍子清掃	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 碍子表面に降下火砕物の付着が見られた場合、碍子の清掃を行う。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 日常保守点検 定期点検 降灰時の巡視点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順、保守・点検に関する教育
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止	降灰時の特別点検	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰が確認された場合に、設計基準対象施設に対して降下火砕物の堆積や侵入等により影響を受けた可能性がある設備について、特別点検を実施する。
		体制	(降灰時の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 降灰時の巡視点検、状況確認
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順、保守・点検に関する教育
	降灰後の点検	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> 降灰後、降下火砕物の堆積や侵入等により影響を受けた可能性がある設備について巡視点検を実施し、降下火砕物による影響を確認した場合は、必要に応じて点検等を行う。 腐食等の中長期的な影響については、日常点検・定期点検により確認する。
		体制	(降灰後の体制)
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> 巡視点検 定期点検
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> 運用・手順、保守・点検に関する教育

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB07 r.7.0
提出年月日	令和5年10月31日

泊発電所3号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

第7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

令和5年10月
北海道電力株式会社

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第7条：発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

<目次>

1. 基本方針
 - 1.1 要求事項の整理
 - 1.2 追加要求事項に対する適合性
 - (1) 位置，構造及び設備
 - (2) 安全設計方針（手順書等含む。）
 - (3) 適合性説明
 - 1.3 気象等
 - 1.4 設備等

2. 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止
 - 2.1 概要
 - 2.2 区域管理
 - 2.2.1 物理的障壁による区画
 - 2.2.2 出入管理
 - 2.3 探知施設
 - 2.4 通信連絡設備
 - 2.5 持込み確認
 - 2.6 不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）への対応

3. 運用，手順説明資料
 - 別添 泊発電所3号炉 運用，手順説明資料
発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

< 概 要 >

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する泊発電所3号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。
3. において、追加要求事項に適合するための運用、手順等を抽出し、必要となる運用対策等を整理する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止について、設置許可基準規則第7条及び技術基準規則第9条において、追加要求事項を明確化する。

設置許可基準規則第7条及び技術基準規則第9条の要求事項を、表1に示す。

表 1 設置許可基準規則第 7 条及び技術基準規則第 9 条 要求事項

設置許可基準規則	技術基準規則	備考
<p>第 7 条（発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止）</p> <p>工場等には、発電用原子炉施設への人の不法な侵入、発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他の人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第二十四条第六号において同じ。）を防止するための設備を設けなければならない。</p>	<p>第 9 条（発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止）</p> <p>工場等には、発電用原子炉施設への人の不法な侵入、発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他の人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第三十五条第五号において同じ。）を防止するため、適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ、発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

- (i) 本発電用原子炉施設は、(1)耐震構造、(2)耐津波構造に加え、以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(b) 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

発電用原子炉施設への人の不法な侵入を防止するための区域を設定し、核物質防護対策として、その区域を人の容易な侵入を防止できる柵、鉄筋コンクリート造りの壁等の障壁によって区画して、巡視、監視等を行うことにより、侵入防止及び出入管理を行うことができる設計とする。

また、探知施設を設け、警報、映像等を集中監視するとともに、核物質防護措置に係る関係機関等との通信連絡を行うことができる設計とする。さらに、防護された区域内においても、施錠管理により、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムへの不法な侵入を防止する設計とする。

発電用原子炉施設に不正に爆発性又は可燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件の持込み（郵便物等による発電所外からの爆破物及び有害物質の持込みを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、持込み点検を行うことができる設計とする。

不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムが、電気通信回線を通じた不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を受けないように、当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断する設計とする。

【説明資料（2.1～2.6：P7条-9～11）】

(2) 安全設計方針（手順書等含む。）

1. 安全設計

1.1 安全設計の方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.5 人の不法な侵入等の防止

(1) 設計方針

発電用原子炉施設への人の不法な侵入を防止するための区域を設定し、核物質防護対策として、その区域を人の容易な侵入を防止できる柵、鉄筋コンクリート造りの壁等の障壁によって区画して、巡視、監視等を行うことにより、侵入防止及び出入管理を行うことができる設計とする。

また、探知施設を設け、警報、映像等を集中監視するとともに、核物質防護措置に係る関係機関等との通信連絡を行うことができる設計とする。さらに、防護された区域内においても、施錠管理により、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムへの不法な侵入を防止する設計とする。

【説明資料(2.1～2.3：P7条-9,10)】

発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件の持込み（郵便物等による発電所外からの爆破物及び有害物質の持込みを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、持込み点検を行うことができる設計とする。

【説明資料(2.1：P7条-9) (2.5：P7条-11)】

不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムが、電気通信回線を通じた不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を受けないように、当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断する設計とする。

【説明資料(2.1：P7条-9) (2.6：P7条-11)】

(2) 体制

発電用原子炉施設への人の不法な侵入等を防止するため、核物質防護対策として、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき核物質防護管理者を選任し、所長の下、核物質防護管理者が核物質防護に関する業務を統一的に管理する体制を整備する。

人の不法な侵入等が行われるおそれがある場合又は行われた場合に備え、核物質防護に関する緊急時の対応体制を整備する。

核物質防護に関する緊急時の組織体制を、第 1.1.1 図に示す。

(3) 手順等

- a. 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等のうち、不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を防止することを目的に、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムにおいて、核物質防護対策として、電気通信回線を通じた外部からのアクセス遮断措置を実施する。
- ・外部からのアクセス遮断措置については、予め手順を整備し、的確に実施する。
 - ・外部からのアクセス遮断措置に係る設備の機能を維持するため、保守の計画に基づき適切に保守管理、点検を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
 - ・外部からのアクセス遮断措置に係る教育を定期的実施する。
- b. 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等のうち、不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を防止することを目的に、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムにおいて、核物質防護対策として、侵入防止及び出入管理を実施する。侵入防止及び出入管理は、区域の設定、人の容易な侵入を防止できる柵、鉄筋コンクリート造りの壁等による防護、探知施設による集中監視、外部との通信連絡、物品の持込み点検並びに警備員による監視及び巡視を行う。
- ・侵入防止及び出入管理については、予め手順を整備し、的確に実施する。
 - ・侵入防止及び出入管理に係る設備の機能を維持するため、保守の計画に基づき適切に保守管理、点検を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
 - ・侵入防止及び出入管理に係る教育を定期的実施する。

組織	構成	主な任務
緊急時対策本部長	発電所長	緊急時対策本部の統括
緊急時対策副本部長	発電所所長代理 または 次長（施設防護担当）	本部長の補佐・代行
核物質防護管理者	法律に基づき選任し、 国へ届け出た者	核物質防護に関する 業務の統一的な管理
発電用原子炉主任技 術者（各号炉）	発電用原子炉主任技 術者	プラントへの影響に 関する助言・協力

組織	構成	主な任務
事務局	事務局	対策本部設置 治安当局への通報・報告・対応
社外対応・広報班	総務グループ 労務安全グループ 自治体対応グループ 広報グループ	従業員の避難・誘導 負傷者対応 自治体対応 報道機関対応
燃料・安全管理対応班	燃料グループ 安全管理グループ	炉心燃料に係る対応 線量の把握・管理
発電担当班	発電担当グループ	プラントの状況把握 プラント操作
原因対策・工事班	原因対策グループ 工事グループ	原因究明 各設備の応急対応・復旧作業

第 1.1.1 図 核物質防護に関する緊急時の体制図

(3) 適合性説明

第七条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

工場等には、発電用原子炉施設への人の不法な侵入、発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件が持ち込まれること及び不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第二百二十八号）第二条第四項に規定する不正アクセス行為をいう。第二十四条第六号において同じ。）を防止するための設備を設けなければならない。

適合のための設計方針

発電用原子炉施設への人の不法な侵入、郵便物等による発電所外からの爆発物や有害物質の持込み及び不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）に対し、これを防護するため、核物質防護対策として以下の措置を講じた設計とする。

(1) 人の不法な侵入の防止措置

- a. 区域を設定し、区域の境界を物理的障壁により区画し、侵入防止及び出入管理を行うことができる設計とする。
- b. 探知施設を設け、警報、映像監視等、集中監視する設計とする。
- c. 外部との通信連絡設備を設け、関係機関等との通信連絡を行うことができる設計とする。
- d. 防護された区域内においても、施錠管理により、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムへの不法な侵入を防止する設計とする。

【説明資料(2.1～2.4：P7条-9, 10) (2.6：P7条-11)】

(2) 爆発性又は易燃性を有する物件等の持込みの防止措置

- a. 区域を設定し、区域の境界を物理的障壁により区画し、侵入防止及び出入管理を行うことができる設計とする。
- b. 区域の出入口において、発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件の持込み（郵便物等による発電所外からの爆発物及び有害物質の持込みを含む。）が行われないように物品の持込み点検を行うことができる設計とする。

【説明資料(2.1～2.2：P7条-9, 10) (2.5：P7条-11)】

(3) 不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）の防止措置

- a. 発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムについては、電気通信回線を通じた当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断する設計とする。

【説明資料(2.1：P7条-9) (2.6：P7条-11)】

1.3 気象等

該当なし

1.4 設備等

10. その他発電用原子炉の附属施設

10.10 構内出入監視装置

発電用原子炉施設に対する人の不法な侵入等を防止するため、核物質防護対策として、通信連絡設備、監視装置、検知装置、施錠装置等を設ける。

【説明資料(2.1～2.4：P7条-9,10)】

2. 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

2.1 概要

発電用原子炉施設への人の不法な侵入（核物質の不法な移動、妨害破壊行為を含む。）を防止するための区域を設定し、核物質防護対策として、その区域を人の容易な侵入を防止できる柵、鉄筋コンクリート造りの壁等の障壁によって区画して、巡視、監視等を行うことにより、侵入防止及び出入管理を行うことができる設計とする。

また、探知施設を設け、警報、映像等を集中監視するとともに、核物質防護措置に係る関係機関等との通信連絡を行うことができる設計とする。さらに、防護された区域内においても、施設管理により、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムへの不法な侵入を防止する設計とする。

発電用原子炉施設に不正に爆発性又は可燃性を有する物件その他人に危害を与え、又は他の物件を損傷するおそれがある物件の持込み（郵便物等による発電所外からの爆発物及び有害物質の持込みを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、持込み点検を行うことができる設計とする。

不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を防止するため、核物質防護対策として、発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムが、電気通信回線を通じた不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）を受けないように、当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断する設計とする。

発電用原子炉施設への人の不法な侵入等を防止するため、核物質防護対策として、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき核物質防護管理者を選任し、所長の下、核物質防護管理者が核物質防護に関する業務を統一的に管理する体制を整備する。人の不法な侵入等が行われるおそれがある場合又は行われた場合に備え、核物質防護に関する緊急時の対応体制を整備する。核物質防護に関する緊急時の組織体制を第 1.1.1 図に示す。

2.2 区域管理

2.2.1 物理的障壁による区画

特定核燃料物質の防護のための区域（以下、「防護区域」という。）、その外周に周辺防護区域、さらにその外周に立入制限区域を設定し、区域の境界を物理的障壁により区画しており、人が侵入することを防止している。

防護区域の障壁は、鉄筋コンクリート造りその他の堅固な障壁としている。また、周辺防護区域及び立入制限区域の境界には人が容易に侵入できないよう柵等を設置している。

[実用炉規則第 91 条第 2 項第 1 号、第 2 号、第 3 号]

2.2.2 出入管理



[実用炉規則第91条第2項第5号, 第6号]

2.3 探知施設




[実用炉規則第91条第2項第4号, 第8号, 第11号, 第12号, 第22号]

2.4 通信連絡設備



[実用炉規則第91条第2項第22号]

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2.5 持込み確認

防護区域，周辺防護区域及び立入制限区域の出入口において，発電用原子炉施設に不正に爆発性又は易燃性を有する物件その他人に危害を与え，又は他の物件を損傷するおそれがある物件の持込み（郵便物等による発電所外からの爆発物及び有害物質の持込みを含む。）が行われなないように持込み点検を行っている。



[実用炉規則第91条第2項第8号]

2.6 不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）への対応

不正アクセス行為（サイバーテロを含む。）に対しては，発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システムが，電気通信回線を通じて妨害行為又は破壊行為を受けることがないように，電気通信回線を通じた当該情報システムに対する外部からのアクセスを遮断する措置を講じている。



[実用炉規則第91条第2項第18号，第19号]

3. 運用，手順説明資料

別添 泊発電所3号炉 運用，手順説明資料
発電所原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

泊発電所 3 号炉

運用，手順説明資料

発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

第7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止

設置許可基準規則

不正アクセス行為（不正アクセス行為の禁止等に関する法律（平成十一年法律第百二十八号）第二条第四項に規程する不正アクセス行為をいう。第二十四条第六号において同じ。）を防止するための設備を設けなければならない。

発電用原子炉施設及び特定核燃料物質の防護のために必要な設備又は装置の操作に係る情報システム[※]

不正アクセス行為（サイバーステロを含む。）を防止するための設備を設けなければならない。

電気通信回線のアクセス遮断

不正アクセスを防ぐための物理的対策

- 電気通信回線のアクセス遮断に係る設計（安全保護回路）
- 電気通信回線のアクセス遮断に係る設計（上記以外）
- 許可されていない機器の接続防止

不正アクセスを防ぐための人的対策

- 電気通信回線のアクセス遮断措置に係る手順及び教育
- 日常点検、定期点検及び必要時の補修
- 平常時の警備体制
- 核物質防護上の緊急時の体制
- 特定核燃料物質防護に係る教育

不審者の侵入防止に係る物理的対策

- 柵や鉄筋コンクリート壁等による防護
- 探知施設による集中監視
- 通信連絡設備の設置
- 施設管理

不審者の侵入防止

不審者の侵入防止に係る人的対策

- 侵入防止及び出入管理
 - ・防護区域、周辺防護区域及びび立入制限区域の設定
 - ・侵入防止及びび出入管理に係る手順及びび教育
 - ・人及び車両の監視等の侵入防止及びび出入管理
 - ・物品の持込み点検
 - ・警備員による監視及びび巡視
- 核物質防護措置に係る関係機関等との通信連絡
- 日常点検、定期点検及び必要時の補修
- 平常時の警備体制
- 核物質防護上の緊急時の体制
- 特定核燃料物質防護に係る教育

□：工認（基本設計方針，添付資料）

□：核物質防護規定（下位文書含む。）
 ※核物質防護措置として、実用炉規則に規定

表1 運用, 手順に係る対策等 (設計基準)

設置許可基準規則対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第7条 発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止 ※核物質防護対策として実施	電気通信回線のアクセス遮断	運用・手順 体制 保守管理 教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・アクセス遮断措置に係る手順 ・平常時の警備体制 ・核物質防護上の緊急時の体制 ・日常点検, 定期点検及び必要時の補修 ・特定核燃料物質防護対策教育 ・アクセス遮断措置に関する教育
	不審者の侵入防止	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・侵入防止及び出入管理 防護区域, 周辺防護区域及び立入制限区域の設定 侵入防止及び出入管理に係る手順 人及び車両の監視等の侵入防止及び出入管理物品の持込み点検 警備員による監視及び巡視 ・核物質防護措置に係る関係機関等との通信連絡
		体制 保守管理 教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・平常時の警備体制 ・核物質防護上の緊急時の体制 ・日常点検, 定期点検及び必要時の補修 ・特定核燃料物質防護に係る教育 ・侵入防止及び出入管理に係る教育

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB08 r.13.0
提出年月日	令和5年10月31日

泊発電所3号炉

設置許可基準規則等への適合状況について
(設計基準対象施設等)

第8条 火災による損傷の防止

令和5年10月
北海道電力株式会社

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第8条：火災による損傷の防止

<目次>

1. 基本事項

1.1 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.3 気象等

1.4 設備等（手順書含む）

2. 火災による損傷の防止

別添1

泊発電所3号炉 火災防護について

3. 運用、手順能力説明資料

別添2

泊発電所3号炉 運用、手順説明資料 火災による損傷の防止

4. 現場確認プロセス

別添3

泊発電所3号炉 火災防護に係る等価時間算出プロセスについて

<概要>

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する泊発電所3号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備、運用等について説明する。
3. において、追加要求事項に適合するための運用、手順等を抽出し、必要となる運用対策等を整理する。
4. において、設計にあたって実施する各評価に必要な入力条件等の設定を行うため、設備等の設置状況を現場にて確認した内容について整理する。

1. 基本事項

1.1 要求事項の整理

火災による損傷の防止について、設置許可基準規則第 8 条及び技術基準規則第 11 条において、追加要求事項を明確化する。(表 1)

表 1 設置許可基準規則第 8 条及び技術基準規則第 1 1 条 要求事項

設置許可基準規則 第 8 条(火災による損傷の防止)	技術基準規則 第 1 1 条(火災による損傷の防止)	備考
<p><u>設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)及び消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。)並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。</u></p>	<p><u>設計基準対象施設が火災によりその安全性が損なわれないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</u></p> <p>イ 火災の発生を防止するため、次の措置を講ずること。</p> <p>イ 発火性又は引火性の物質を内包する系統の漏えい防止その他の措置を講ずること。</p> <p>ロ 安全施設(設置許可基準規則第二条第二項第八号に規定する安全施設をいう。以下同じ。)には、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、次に掲げる場合は、この限りでない。</p> <p>(1) 安全施設に使用する材料が、不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの(以下「代替材料」という。)である場合</p> <p>(2) 安全施設の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、安全施設における火災に起因して他の安全施設において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合</p> <p>ハ 避雷設備その他の自然現象による火災発生を防止するための設備を施設すること。</p>	<p>追加要求事項</p>

設置許可基準規則 第8条(火災による損傷の防止)	技術基準規則 第11条(火災による損傷の防止)	備考
	<p>ニ 水素の供給設備その他の水素が内部に存在する可能性がある設備にあつては、水素の燃焼が起きた場合においても発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう施設すること。</p> <p>ホ 放射線分解により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講ずること。</p> <p>二 火災の感知及び消火のため、次に掲げるところにより、早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)及び早期に消火を行う設備(以下「消火設備」という。)を施設すること。</p> <p>イ 火災と同時に発生すると想定される自然現象により、その機能が損なわれないこと。</p> <p>ロ <u>消火設備にあつては、その損壊、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉施設の安全性が損なわれないこと。</u></p>	
<p><u>2 消火設備(安全施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならぬ。</u></p>	<p>三 火災の影響を軽減するため、耐火性能を有する壁の設置その他の延焼を防止するための措置その他の発電用原子炉施設の火災により発電用原子炉を停止する機能が損なわれないようにするための措置を講ずること。</p>	<p>追加要求事項 変更なし (ただし、防火壁及びその他の措置を明確化)</p>

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置，構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は，(1)耐震構造，(2)耐津波構造に加え，以下の基本的方針の基に安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(c) 火災による損傷の防止

設計基準対象施設は，火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう，火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる設計を行うに当たり，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に設定し，放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。

設定する火災区域及び火災区画に対して，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.)】

(c-1) 基本事項

(c-1-1) 火災区域及び火災区画の設定

建屋等の火災区域は，耐火壁により囲まれ他の区域と分離されている区域を，「ロ(3)(i) a. (c-1-2)火災防護対策を講じる安全機能を有する構築物，系統及び機器の抽出」に示す安全機能を有する構築物，系統及び機器の配置も考慮して設定する。

建屋内のうち，火災の影響軽減の対策が必要な原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための安全機能を有する構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域は，3時間以上の耐火能力を有する耐火壁，天井及び床により隣接する他の火災区域と分離するよう設定する。

屋外の火災区域は，他の区域と分離して火災防護対策を実施するために，「ロ(3)(i) a. (c-1-2)火災防護対策を講じる安全機能を有する構築物，系統及び機器の抽出」に示す安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する区域を火災区域として設定する。

また，火災区画は，建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分離等に応じて分割して設定する。

【別添 1-資料 1(2.1.)，資料 3】

(c-1-2) 火災防護対策を講じる安全機能を有する構築物，系統及び機器の抽出

発電用原子炉施設は，火災によりその安全性が損なわれることがないように，適切な火災

防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる対象として設計基準対象施設を設定する。

その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための構築物、系統及び機器を抽出し、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。抽出した構築物、系統及び機器を「安全機能を有する構築物、系統及び機器」という。

なお、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、「消防法」、「建築基準法」、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.)】

(c-1-3) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。

火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。

重大事故等対処施設については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。

その他の発電用原子炉施設については、「消防法」、「建築基準法」、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

【別添 1-資料 1(2.1.)】

(c-2) 火災発生防止

(c-2-1) 火災の発生防止対策

火災の発生防止については、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対する換気及び漏えい検出対策、電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

なお、放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策は、水素や酸素の濃度が高い状態で滞留及び蓄積することを防止する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1)】

(c-2-2) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，主要な構造材，ケーブル，チャコールフィルタを除く換気空調設備のフィルタ，保温材及び建屋内装材は，不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とする。また，不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は，不燃性材料若しくは難燃性材料と同等以上の性能を有するものを使用する設計又は当該構築物，系統及び機器の機能を確保するために必要な不燃性材料若しくは難燃性材料と同等以上の性能を有するものの使用が技術上困難な場合には，当該構築物，系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

このうち，安全機能を有する機器に使用するケーブルは，原則，実証試験により自己消火性及び延焼性を確認した難燃ケーブルを使用する設計とするが，核計装用ケーブルのように実証試験により延焼性を確認できないケーブルは，難燃ケーブルと同等以上の性能を有する設計又は当該ケーブルの火災に起因して他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

また，建屋内の変圧器及び遮断器は，絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.2)】

(c-2-3) 自然現象による火災の発生防止

泊発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象として，地震，津波，洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を抽出した。

これらの自然現象のうち，火災を発生させるおそれのある落雷及び地震について，これらの現象によって火災が発生しないように，以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

落雷によって，発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器に火災が発生しないように，避雷設備の設置及び接地網の敷設を行う設計とする。

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置する設計とするとともに，「設置許可基準規則」第四条に示す要求を満足するよう，「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の解釈」に従い耐震設計を行う設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.3)】

(c-3) 火災の感知及び消火

火災の感知及び消火については，安全機能を有する構築物，系統及び機器に対して，早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。火災感知設備及び消火設備は，「ロ(3)(i)a.(c-2-3) 自然現象による火災の発生防止」で抽出し

た自然現象に対して、火災感知及び消火の機能、性能が維持できる設計とする。

火災感知設備及び消火設備については、設けられた火災区域及び火災区画に設置された安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて、地震に対して機能を維持できる設計とする。

また、消火設備は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、原子炉を安全に停止させるための機能を損なわない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2)】

(c-3-1) 火災感知設備

火災感知器は、環境条件や火災の性質を考慮して型式を選定し、固有の信号を発する異なる感知方式を組み合わせて設置する設計とする。火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能ないように電源確保を行い、中央制御室で常時監視できる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

(c-3-2) 消火設備

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画で、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置して消火を行う設計とするとともに、全域ガス消火設備を設置する場合は、作動前に職員等の退出ができるよう警報を発する設計とする。

また、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器の相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、選択弁等の動的機器の単一故障も考慮し、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

消火用水供給系は、2時間の最大放水量を確保し、飲料水系等と共用する場合は隔離弁を設置し消火を優先する設計とし、水源及び消火ポンプは多重性又は多様性を有する設計とする。また、屋内、屋外の消火範囲を考慮し消火栓を配置するとともに、移動式消火設備を配備する設計とする。

消火設備の消火剤は、想定される火災の性質に応じた十分な容量を配備し、管理区域で放出された場合に、管理区域外への流出を防止する設計とする。

消火設備は、火災の火炎等による直接的な影響、流出流体等による二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないよう設置し、外部電源喪失時の電源確保を図るとともに、中央制御室に故障警報を発する設計とする。また、防火ダンパを設け煙の二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

なお、消火設備を設置した場所への移動及び操作を行うため、蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

(c-4) 火災の影響軽減

火災の影響軽減については、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、以下の対策を講じる設計とする。原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁、天井、床により他の火災区域と分離する設計とする。また、互いに相違する系列間の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル並びにこれらに関連する非安全系ケーブルは、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離された設計又は互いに相違する系列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計又は1時間の耐火能力を有する隔壁等で互いの系列間を分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計とする。系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を有する設計とする。

ただし、火災の影響軽減のための措置を講じる設計と同等の設計として、中央制御盤（安全系コンソール）に関しては、安全系FDPの離隔等による分離対策、煙検出装置の設置、常駐する運転員による消火活動等により、上記設計と同等な設計とする。フロアケーブルダクトに関しては、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離する設計とする。

また、原子炉格納容器内の機器には難燃ケーブルを使用する設計とし、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、延焼を抑制する距離の確保、金属製の電線管等の使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。また、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知設備を設ける設計とし、消火要員による早期の手動消火活動、多重性を有する原子炉格納容器スプレイ設備の手動操作等により、上記設計と同等な設計とする。

【別添1-資料1(2.1.3.1)】

(c-5) 火災影響評価

設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に、想定される発電用原子炉施設内の火災によって、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止が達成できる設計とし、火災影響評価にて確認する。

また、発電用原子炉施設内の火災によって運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故が発生した場合に、それらに対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても異常状態を収束できる設計とし、火災影響評価にて確認する。

【別添1-資料1(2.1.3.2)】

(c-6) その他

「ロ(3)(i)a.(c-2)火災発生防止」から「ロ(3)(i)a.(c-5)火災影響評価」のほか、安全機能を有する構築物、系統及び機器のそれぞれの特徴を考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.2)】

ヌ その他発電用原子炉の附属施設の構造及び設備

(3) その他の主要な事項

(i) 火災防護設備

a. 設計基準対象施設

火災防護設備は、火災区域及び火災区画を考慮し、火災感知、消火又は火災の影響軽減の機能を有するものとする。

火災感知設備は、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を組み合わせることを基本とするが、各火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や火災の性質を考慮し、上記の設置が適切でない場合においては、非アナログ式の炎感知器、非アナログ式の防爆型の煙感知器、非アナログ式の防爆型の熱感知器等の火災感知器も含めた中から2つの異なる感知方式の感知器を設置する。また、中央制御室で常時監視可能な火災受信機盤を設置する。

消火設備は、破損、誤作動又は誤操作により、安全機能を有する構築物、系統及び機器（「ロ(3)(i)a.(c-1-2)火災防護対策を講じる安全機能を有する構築物、系統及び機器の抽出」と同じ）の安全機能を損なわない設計とし、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難である火災区域又は火災区画であるかを考慮し、全域ガス消火設備を設置する。

火災の影響軽減の機能を有するものとして、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画の火災による影響を軽減するため、火災耐久試験で確認された3時間以上の耐火能力を有する耐火壁又は1時間以上の耐火能力を有する隔壁等を設置する。

【別添1-資料1(2.1.1)】

【別添1-資料1(2.1.2)】

【別添1-資料1(2.1.3)】

(2) 安全設計方針

1.6 火災防護に関する基本方針

1.6.1 設計基準対象施設の火災防護に関する基本方針

1.6.1.1 基本事項

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。

設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる設計とするための基本事項を、以下の「1.6.1.1(1)火災区域及び火災区画の設定」から「1.6.1.1(6)火災防護計画」に示す。

【別添1-資料1(2.1)】

(1) 火災区域及び火災区画の設定

原子炉建屋、原子炉補助建屋、循環水ポンプ建屋、ディーゼル発電機建屋、固体廃棄物貯蔵庫、放射性廃棄物処理建屋及びペイラ室の火災区域は、耐火壁に囲まれ、他の区域と分離されている区域を、「(2)安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器の配置も考慮し、火災区域として設定する。

火災の影響軽減の対策が必要な、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm以上の壁厚を有するコンクリート壁や火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）により隣接する他の火災区域と分離するように設定する。

また、屋外の火災区域は、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、「(2)安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器を設置する区域を、火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分離等、機器の配置状況に応じて分割して設定する。

【別添1-資料1(2.1)、資料3】

(2) 安全機能を有する構築物，系統及び機器

発電用原子炉施設は，火災によりその安全性を損なわないように，安全重要度分類のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器に対して，適切な火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる対象は，重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能を期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

その上で，上記構築物，系統及び機器の中から原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を抽出し，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

その他の設計基準対象施設は，「消防法」，「建築基準法」，日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

【別添1-資料1(2.1)】

(3) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な以下の機能を確保するための構築物，系統及び機器を「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- ② 過剰反応度の印加防止機能
- ③ 炉心形状の維持機能
- ④ 原子炉の緊急停止機能
- ⑤ 未臨界維持機能
- ⑥ 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- ⑦ 原子炉停止後の除熱機能
- ⑧ 炉心冷却機能
- ⑨ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- ⑩ 安全上特に重要な関連機能
- ⑪ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- ⑫ 事故時のプラント状態の把握機能
- ⑬ 異常状態の緩和機能
- ⑭ 制御室外からの安全停止機能

【別添1-資料1(2.1.)，資料2】

(4) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち、重要度分類に基づき、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な以下の構築物、系統及び機器を、「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器」として選定する。

- ① 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能
- ② 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能
- ③ 燃料プール水の補給機能
- ④ 放射性物質放出の防止機能
- ⑤ 放射性物質の貯蔵機能

【別添 1-資料 1(2.1.)】

(5) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル

(2)から(4)にて抽出された設備を発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルとして選定する。

選定した火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては、各設備の重要度並びに環境条件に応じて火災防護対策を講じる設計とする。

(6) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練、火災から防護すべき安全機能を有する構築物、系統及び機器、火災発生防止のための活動、火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有、火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応といった火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。

重大事故等対処施設については、火災の発生防止、並びに火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。

その他の発電用原子炉施設については、「消防法」、「建築基準法」、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

【別添 1-資料 1(2.1.)】

1.6.1.2 火災発生防止に係る設計方針

1.6.1.2.1 火災発生防止対策

発電用原子炉施設の火災の発生防止については、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対する換気及び漏えい検出対策、放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策、電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

具体的な設計を「1.6.1.2.1(1)発火性又は引火性物質」から「1.6.1.2.1(6)過電流による過熱防止対策」に示す。

【別添1-資料1(2.1.1.)】

(1) 発火性又は引火性物質

発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画には、以下の火災の発生防止対策を講じる設計とする。

ここでいう発火性又は引火性物質としては、「消防法」で定められる危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」、「高圧ガス保安法」で高圧ガスとして定められる水素、窒素、液化炭酸ガス、空調用冷媒等のうち、可燃性である「水素」を対象とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

a. 漏えいの防止，拡大防止

火災区域に対する漏えいの防止対策，拡大防止対策の設計について以下を考慮した設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、溶接構造，シール構造の採用により漏えいの防止対策を講じるとともに、堰等を設置し、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は、溶接構造等による水素の漏えいを防止する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

b. 配置上の考慮

火災区域に対する配置について、以下を考慮した設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置及び離隔による配置上の考慮を行う設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置による配置上の考慮を行う設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

c. 換気

火災区域に対する換気について、以下の設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する火災区域を有する建屋等は、火災の発生を防止するために、補助建屋給気ファン、補助建屋排気ファン等の換気空調設備による機械換気を行う設計とする。また、屋外開放の火災区域（ディーゼル発電機燃料油貯油槽）及び循環水ポンプ建屋については、自然換気を行う設計とする。

(b) 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備である蓄電池、気体廃棄物処理設備、体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁並びに水素混合ガスポンベを設置する火災区域又は火災区画は、火災の発生を防止するために、以下に示すとおり、非常用電源又は常用電源から給電される給気ファン及び排気ファンによる機械換気により換気を行う設計とする。

i. 蓄電池

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。蓄電池を設置する火災区域又は火災区画の換気空調設備は、非常用電源から給電される給気ファン及び排気ファンによる機械換気を行う設計とする。

ii. 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

iii. 体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁を設置する火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

iv. 水素混合ガスボンベ

自動ガス分析器校正用水素混合ガスボンベを作業時のみ持ち込み校正作業を行う火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、水素濃度が燃焼限界濃度以下の雰囲気となるように給気ファン及び排気ファンで換気されるが、給気ファン及び排気ファンは多重化して設置する設計とするため、動的機器の単一故障を想定しても換気は可能である。

【別添 1-資料 1(2.1.1.1.)】

d. 防爆

火災区域に対する防爆について、以下の設計とする。

(a) 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、「1.6.1.2.1(1)a. 漏えいの防止、拡大防止」に示すように、溶接構造、シール構造の採用による潤滑油又は燃料油の漏えい防止対策を講じる設計とするとともに、万一、漏えいした場合を考慮し堰等を設置することで、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

なお、潤滑油又は燃料油が設備の外部へ漏えいしても、引火点は発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性の蒸気となることはない。

また、燃料油である軽油を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画については、軽油が設備の外部へ漏えいし、万一、可燃性の蒸気が発生した場合であっても、非常用電源より給電する耐震Cクラスの換気設備で換気していることから、可燃性の蒸気が滞留するおそれはない。

(b) 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は、「1.6.1.2.1(1)c. 換気」で示すように、機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計するとともに、以下に示す溶接構造等により水素の漏えいを防止する設計とする。

・ 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備の配管等は雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造と

し、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮しベローズ弁等を用いる設計とする。

- ・体積制御タンク及びこれに関連する配管，弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管，弁は雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造を基本とし、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮しベローズ弁等を用いる設計とする。

- ・水素混合ガスボンベ

「1.6.1.2.1(1)e.貯蔵」に示す水素混合ガスボンベは、ボンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とする。

以上の設計により、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第六十九条及び「工場電気設備防爆指針」で要求される爆発性雰囲気とはならないため、当該の設備を設ける火災区域又は火災区画に設置する電気・計装品を防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としない設計とする。

なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施す設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.1.)】

- e. 貯蔵

火災区域に設置される発火性又は引火性物質を内包する貯蔵機器については、以下の設計とする。

貯蔵機器とは供給設備へ補給するために設置する機器のことであり、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内における、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油の貯蔵機器としては、ディーゼル発電設備の燃料油サービスタンク及びディーゼル発電機燃料油貯油槽がある。

燃料油サービスタンクについては、各燃料油サービスタンクに対応したディーゼル発電機を8時間連続運転するために必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、1系列（1系列につき2基）あたりディーゼル発電機1台を7日間連続運転するために必要な量を貯蔵することを考慮した設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内における、発火性又は引火性物質である水素の貯蔵機器としては、自動ガス分析器の校正に用いる水素混合ガスボンベがあるが、ボンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とすることで、火災区域内に水素の貯蔵機器は設置しない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.1.)】

- (2) 可燃性の蒸気又は微粉の対策

火災区域に対する可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策については、以下の設計とする。

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、「1.6.1.2.1(1)d. 防爆」に示すように、可燃性の蒸気が発生するおそれはない。

また、火災区域において有機溶剤を使用する場合は必要量以上持ち込まない運用とし、可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所において、換気、通風、拡散の措置を行うとともに、建屋の給気ファン及び排気ファンによる機械換気により滞留を防止する設計とする。

さらに、火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん（石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん）」や「爆発性粉じん（金属粉じんのよう空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん）」のような「可燃性の微粉が発生する設備」を設置しない設計とする。

以上の設計により、火災区域には可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備を設置する必要はなく、電気・計装品も防爆型とする必要はない。

また、火災区域には金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれがある設備を設置しない設計とする。

なお、火災区域内で電気設備が必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施しており、静電気が溜まるおそれはない。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

(3) 発火源への対策

発電用原子炉施設には、設備を金属製の筐体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、発電用原子炉施設には高温となる設備があるが、高温部分を保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等可燃物の過熱防止を行う設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

(4) 水素対策

火災区域に対する水素対策については、以下の設計とする。

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、「1.6.1.2.1(1)a. 漏えいの防止、拡大防止」に示すように、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を溶接構造等とすることにより雰囲気への水素の漏えいを防止するとともに、「1.6.1.2.1(1)c. 換気」に示すように、機械換気を行うことにより水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。

体積制御タンクを設置する火災区域又は火災区画は、通常運転中において体積制御タンクの気相部に水素を封入することを考慮して、水素濃度検出器を設置し、水素の燃焼限界濃度である4 vol%の1/4以下の濃度にて、中央制御室に警報を発する設計とする。

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、充電時において蓄電池から水素が発生するおそれがあることから、当該火災区域又は火災区画に可燃物を持ち込まないこととする。また、蓄電池室の上部に水素濃度検出器を設置し、水素の燃焼限界濃度である4 vol%の1/4以下の濃度にて中央制御室に警報を発報する設計とする。

また、以下の設備については水素濃度検出器とは別の方法にて水素の漏えいを管理している。

気体廃棄物処理設備は、設備内の水素濃度に関係なく爆発性雰囲気を生じない酸素濃度以下となるように設計するが、設備内の酸素濃度については酸素濃度計により中央制御室で常時監視ができる設計とし、酸素濃度が上昇した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

水素混合ガスポンペを校正作業時のみ持ち込みを行う火災区域又は火災区画は、ポンペ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とし、「1.6.1.2.1(1)c. 換気」に示す機械換気により水素濃度を燃焼限界濃度以下とするように設計することから、水素濃度検出器は設置しない設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

(5) 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

放射線分解により水素が発生する火災区域又は火災区画における、水素の蓄積防止対策としては、加圧器以外の1次冷却材系は高圧水の一相流とし、また、加圧器内も運転中は常に1次冷却材と蒸気を平衡状態とすることで、水素や酸素の濃度が高い状態で滞留、蓄積することを防止する設計とする。

蓄電池により発生する水素の蓄積防止対策としては、蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、「1.6.1.2.1(4)水素対策」に示すように、機械換気を行うことにより水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。

【別添1-資料1(2.1.1.1.)】

(6) 過電流による過熱防止対策

発電用原子炉施設内の電気系統の過電流による過熱の防止対策は、以下の設計とする。

電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により故障回路を早期に遮断する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.1.)】

1.6.1.2.2 不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対しては，不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計とし，不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は以下のいずれかの設計とする。

- ・不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する設計とする。
- ・構築物，系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合には，当該構築物，系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.2.)】

(1) 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，機器，配管，ダクト，トレイ，電線管，盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は，火災の発生防止及び当該設備の強度確保を考慮し，ステンレス鋼，低合金鋼，炭素鋼等の金属材料又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。

また，内部溢水対策で使用している止水剤，止水パッキンについては，難燃性のものを使用する設計とする。

ただし，配管のパッキン類は，その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であるが，金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく，これにより他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生するおそれはないことから不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。また，金属に覆われたポンプ，弁等の駆動部の潤滑油及び金属に覆われた機器躯体内部に設置される電気配線は，発火した場合でも他の安全機能を有する構築物，系統及び機器に延焼しないことから，不燃性材料又は難燃性材料でない材料を使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.2.)】

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，屋内の変圧器及び遮断器は可燃性物質である絶縁油を内包していないものを使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.2.)】

(3) 難燃ケーブルの使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に使用するケーブルには，実証試験により自己消火性（UL垂直燃焼試験）及び延焼性（IEEE383 垂直トレイ燃焼試験）を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。

ただし，核計装用ケーブルは，微弱電流又は微弱パルスを扱うため，耐ノイズ性を確保するために高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。放射線監視設備用ケーブルについても，放射線検出のためには微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり，核計装用ケーブルと同様に耐ノイズ性を確保するため，絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用することで高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。

これらのケーブルは，自己消火性を確認するUL垂直燃焼試験は満足するが，延焼性を確認するIEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求を満足することが困難である。

このため，核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルは，火災を想定した場合にも延焼が発生しないよう，チャンネルごとに専用電線管に収納するとともに，電線管の両端は，電線管外部からの酸素供給防止を目的とし，耐火性を有するシール材による処置を行う設計とする。

耐火性を有するシール材を処置した電線管内は外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であるため，核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルに火災が発生してもケーブルの燃焼に必要な酸素が不足し，燃焼の維持ができなくなるので，すぐに自己消火し，ケーブルは延焼しない。

このため，チャンネルごとに専用電線管で収納し，耐火性を有するシール材により酸素の供給防止を講じた核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルは，IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足するケーブルと同等以上の延焼防止性能を有する。

【別添1-資料1(2.1.1.2.)】

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，換気空調設備のフィルタは，チャコールフィルタを除き「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A-2003（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」を満足する難燃性材料を使用する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.2.)】

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材は，ロックウール，ケイ酸カルシウム，金属等，平成12年建設省告示第1400号に定められたもの，又は「建築基準法」で不燃材料として認められたものを使用する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.2.)】

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する建屋の内装材は，石膏ボード等，「建築基準法」で不燃材料として認められたもの又はこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。

また，中央制御室の床のカーペットは，「消防法施行規則」第四条の三に基づき，第三者機関において防災物品の試験を実施し，防災性能を有することを確認した材料を使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.2.)】

1.6.1.2.3 自然現象による火災の発生防止

泊発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては，地震，津波，洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，地滑り，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を抽出した。

これら自然現象のうち，津波，森林火災，竜巻（風（台風）含む。）及び地滑りについては，それぞれの現象に対して，発電用原子炉施設の安全機能が損なわれないように防護することで，火災の発生を防止する設計とする。

生物学的事象のうちネズミ等の小動物の影響については，侵入防止対策により影響を受けない設計とする。

凍結，降水，積雪，高潮及び生物学的事象のうちクラゲ等の海生生物の影響については，火災が発生する自然現象ではなく，火山の影響についても，火山から発電用原子炉施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると，火災が発生する自然現象ではない。

洪水は，立地的要因により，発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物，系統及び機器に影響を与える可能性がないため，火災が発生するおそれはない。

したがって，落雷，地震について，これらの現象によって火災が発生しないように，以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.3.)】

(1) 落雷による火災の発生防止

発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器は，落雷による火災発生を防止するため，地盤面から高さ 20m を超える構築物には「建築基準法」に基づき「JIS A 4201 建築物等の避雷設備（避雷針）（1992 年度版）」又は「JIS A 4201 建築物等の雷保護（2003 年度版）」に準拠した避雷設備の設置及び接地網の敷設を行う設計とする。

送電線については，架空地線を設置する設計とするとともに，「1.6.1.2.1(6)過電流による過熱防止対策」に示すとおり，故障回路を早期に遮断する設計とする。

【避雷設備設置箇所】

- ・原子炉建屋
- ・原子炉補助建屋
- ・タービン建屋
- ・循環水ポンプ建屋
- ・放射性廃棄物処理建屋
- ・補助ボイラー煙突
- ・油計量タンク
- ・補助ボイラー燃料タンク
- ・開閉所
- ・定検機材倉庫
- ・代替非常用発電機

【別添 1-資料 1(2.1.1.3.)】

(2) 地震による火災の発生防止

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに，自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止する設計とする。

なお，耐震については「設置許可基準規則」第四条に示す要求を満足するように，「設置許可基準規則の解釈」に従い耐震設計を行う設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.1.3.)】

1.6.1.3 火災の感知及び消火に係る設計方針

火災の感知及び消火については，安全機能を有する構築物，系統及び機器に対して，早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。具体的な設計を「1.6.1.3.1 火災感知設備」から「1.6.1.3.4 消火設備の破損，誤動作又は誤操作による安全機能への影響」に示す。

このうち，火災感知設備及び消火設備が，地震等の自然現象に対して，火災感知及び消火の機能，性能が維持され，かつ，安全機能を有する構築物，系統及び機器の耐震クラスに応じて，機能を維持できる設計とすることを「1.6.1.3.3 自然現象の考慮」に示す。また，消火設備は，破損，誤動作又は誤操作が起きた場合においても，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための機能を損なわない設計とすることを「1.6.1.3.4 消火設備の破損，誤動作又は誤操作による安全機能への影響」に示す。

【別添 1-資料 1(2.1.2.)】

1.6.1.3.1 火災感知設備

火災感知設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知できるように設置する設計とする。

火災感知器と受信機を含む火災受信機盤等で構成される火災感知設備は、以下を踏まえた設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(1) 火災感知器の環境条件等の考慮

火災感知設備の火災感知器は、火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(2) 固有の信号を発する異なる火災感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、「1.6.1.3.1(1)火災感知器の環境条件等の考慮」の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する構築物、系統及び機器の種類に応じ、火災を早期に感知し、誤作動を防止するために、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器の異なる感知方式の感知器を組み合わせる設計とする。

ただし、発火性又は引火性の雰囲気形成のおそれのある場所又は天井が高い場所等は、非アナログ式も含めた組み合わせで設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知が可能である。

ここで、アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができる」ものと定義し、非アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視することはできないが、火災現象を把握することができる」ものと定義する。

以下に、上記に示す火災感知器の組み合わせのうち、特徴的な火災区域又は火災区画を示す。

a. 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等は天井が高く大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。

このため、アナログ式の煙感知器及び非アナログ式の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

ただし、天井が高いエリア以外については、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

b. ディーゼル発電機室蓄熱室，放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリー室

ディーゼル発電機室蓄熱室，放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリー室は機器運転中の空気の流れにより火災時の煙が流出するおそれがあることから煙感知器による感知は困難である。このため，アナログ式の熱感知器及び非アナログ式の炎感知器を設置する設計とする。

対して，以下に示す火災区域又は火災区画は，環境条件等を考慮し，上記とは異なる火災感知器を組み合わせて設置する設計とする。

c. 原子炉格納容器

原子炉格納容器は，アナログ式の煙感知器，アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。ただし，原子炉格納容器ループ室，加圧器室，再生熱交換器室及び炉内核計装用シンプル配管室のうち比較的線量の高い場所に設置する熱感知器は，放射線による火災感知器の故障を防止するため，非アナログ式とする。非アナログ式の熱感知器は，原子炉格納容器内の通常時の温度（約65℃以下）より高い温度で作動するものを選定することで，誤作動を防止する設計とする。

なお，水素が発生するような事故を考慮して，非アナログ式の熱感知器は，念のため防爆型とする。

d. ディーゼル発電機燃料油貯油槽（屋外の火災区域）

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は，万一の機器破損による漏えいで引火性又は発火性の雰囲気を形成する可能性があるため，火災を早期に感知できるよう，非アナログ式の防爆型で，かつ固有の信号を発する異なる感知方式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

e. 固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫は，アナログ式の煙感知器，アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。ただし，比較的線量の高いドラム缶を貯蔵するエリアの熱感知器は，放射線による火災感知器の故障を防止するため，固有の信号を発する異なる感知方式の非アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

f. 放射性廃棄物処理建屋

放射性廃棄物処理建屋は，アナログ式の煙感知器，アナログ式の熱感知器又は非ア

ナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。

これらの非アナログ式の火災感知器は、以下の環境条件等を考慮することにより誤作動を防止する設計とする。

- ・煙感知器は蒸気等が充満する場所に設置しない。
- ・熱感知器は作動温度が周囲温度より高い温度で作動するものを選定する。
- ・炎感知器は平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握でき、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場合に発報する）を採用するものを選定する。さらに、屋内に設置する場合は外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置する設計とする。

また、以下に示す火災区域又は火災区画は、発火源となる可燃物がなく可燃物管理により可燃物を持ち込まない運用等とすることから、火災感知器を設置しない、又は発火源となる可燃物が少なく火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれはないことから「消防法」若しくは「建築基準法」に基づく火災感知器を設ける設計とする。

g. 燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、燃料取替用水ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

h. 補助給水ピット室

補助給水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、補助給水ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

i. 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、廃液貯蔵ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

j. 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された設備のみを設けた火災区域

又は火災区画

不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けないことから「消防法」又は「建築基準法」に基づく火災感知器を設ける設計とする。

k. フェイル・セーフ設計の設備のみが設置された火災区域又は火災区画

フェイル・セーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいため、「消防法」又は「建築基準法」に基づく火災感知器を設ける設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(3) 火災受信機盤

火災感知設備の火災受信機盤は中央制御室に設置し、火災感知設備の作動状況を常時監視できる設計とする。

また、火災受信機盤は、構成されるアナログ式の受信機により、以下の機能を有する設計とする。

- ・アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ・ディーゼル発電機燃料油貯油槽に設置する非アナログ式の防爆型の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ・原子炉格納容器に設置するアナログ式の火災感知器、非アナログ式の防爆型の火災感知器及び非アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ・使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等の天井の高い区画を監視する非アナログ式の炎感知器が接続可能であり、作動した炎感知器を1つずつ特定できる設計とする。

また、火災感知器は以下のとおり点検を行うことができるものを使用する設計とする。

- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を有する火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、定期的に自動試験又は遠隔試験を実施できるものを使用する。
- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を持たない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、「消防法施行規則」に準じ、煙等の火災を模擬した試験を定期的に実施できるものを使用する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(4) 火災感知設備の電源確保

火災区域又は火災区画に設置する火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるように消防法を満足する蓄電池を設ける設計とする。この蓄電池は、ディーゼル発電機から電力が供給開始されるまでの容量を有し、また、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備については、非常用電源からの受電も可能とし、蓄電池の容量は、全交流動力電源喪失時に代替電源から給電されるまでの容量も満足するものとする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

1.6.1.3.2 消火設備

消火設備は、以下に示すとおり、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火できるよう設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該構築物、系統及び機器の設置場所が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるかを考慮して設計する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は、「b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定」に示した火災区域又は火災区画を除き、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び

機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、消火活動が困難とならないところを以下に示す。

(a) 屋外の火災区域

i. ディーゼル発電機燃料油貯油槽

ディーゼル発電機燃料油貯油槽については屋外の火災区域であり、火災が発生しても煙は大気に放出されるため充満しない。よって煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

(b) 屋内の火災区域又は火災区画

i. 燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

ii. 補助給水ピット室

補助給水ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

iii. 中央制御室

中央制御室は、常駐する運転員によって火災感知器による早期の火災感知及び消火活動が可能であり、火災が拡大する前に消火可能であること、万一火災によって煙が発生した場合でも「建築基準法」に準拠した容量の排煙設備によって排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

なお、フロアケーブルダクトは、速やかな火災発生場所の特定が困難であると考えられることから、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知設備（煙感知器と熱感知器）を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、自動消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。なお、これらの固定式消火設備に使用するガスは、ハロゲン化物消火剤又は二酸化炭素ガスとする。

ただし、以下については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(a) 原子炉格納容器

原子炉格納容器内にガス消火設備を適用するとした場合、原子炉格納容器の自由体積が約 6.6 万 m³ あることから、原子炉格納容器内全体に消火剤を充満させるまで時間を要する。

このため、原子炉格納容器の消火設備は、火災発生時の煙の充満による消火活動が困難でない場合、早期に消火が可能である、消火要員による消火を行う設計とする。

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火要員による消火活動が困難である場合は、中央制御室からの手動操作が可能であり、原子炉格納容器全域を水滴で覆うことのできる原子炉格納容器スプレイ設備による手動消火を行う設計とする。

(b) 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された設備のみを設置する火災区域又は火災区画

不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいとため、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

(c) フェイル・セーフ設計の設備のみを設置する火災区域又は火災区画

フェイル・セーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいとため、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

(a) ディーゼル発電機燃料油貯油槽

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならないディーゼル発電機燃料油貯油槽については、消火器又は移動式消火設備で消火を行う設計とする。

(b) 中央制御室

火災発生時に煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない中央制御室には、全域ガス消火設備は設置せず、消火器で消火を行う設計とする。中央制御室制御盤内の火災については、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器で消火を行う。

(c) 燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされて

いること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、燃料取替用水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

(d) 補助給水ピット室

補助給水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、補助給水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(2) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該火災区域又は火災区画が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画であることを考慮して設計する。

a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については、「b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定」に示した火災区域又は火災区画を除き、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画であって、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を以下に示す。

(a) 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(b) 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア

使用済燃料ピットの側面と底面は金属に覆われており、ピット内は水で満たされ、使用済燃料は火災の影響を受けないこと、また、新燃料貯蔵庫は、側面と底面が金属とコンクリートに覆われており可燃物を置かない設計とすることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(c) 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は、金属とコンクリートに覆われており、タンク内は水で満たされていることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(d) 原子炉補助建屋 40.3m 通路部

原子炉補助建屋 40.3m 通路部に設置されている試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパの主要な構造材は金属で構成されており、設置エリアは火災荷重を低く管理して、煙の発生を抑える設計とすることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、自動消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。

ただし、以下については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(a) 液体廃棄物処理設備設置エリア

液体廃棄物処理設備は、不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。くわえて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

(b) セメント固化装置エリア

セメント固化装置は不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。くわえて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

(c) 原子炉建屋 33.1m 通路部

原子炉建屋 33.1m 通路部に設置されている格納容器給気気密ダンパは不燃性材料

である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。くわえて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

(a) 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、廃液貯蔵ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

(b) 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリアは、自動消火設備は設置せず、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

(c) 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は、金属とコンクリートに覆われており、タンク内は水で満たされていること、使用済樹脂貯蔵タンク室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、使用済樹脂貯蔵タンク室は、消火設備を設置しない設計とする。

(d) 原子炉補助建屋 40.3m 通路部

原子炉補助建屋40.3m通路部に設置されている試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパは、自動消火設備は設置せず、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

【別添 1-資料 1 (2.1.2.1.)】

(3) 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

消火用水供給系の水源は、屋内の火災区域又は火災区画及び屋外の火災区域用としては、1号、2号及び3号炉共用のろ過水タンク(約1,500m³)を2基、ろ過水タンク(約1,500m³)を2基設置し多重性を有する設計とする。

消火用水供給系の消火ポンプは、1号、2号及び3号炉共用の電動消火ポンプ並びに1号、2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプをそれぞれ1台ずつ、電動機駆動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプをそれぞれ1台ずつ設置し、多様性を有する設計とする。

なお、消火ポンプについては外部電源喪失時であっても機能を喪失しないよう、1

号，2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプについては起動用の蓄電池を設置する設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備は，格納容器スプレイポンプを2台設置する等，系統の多重性を有する設計とし，水源は，使用可能な場合に水源とするろ過水タンク（約1,500m³）2基，ろ過水タンク（1号，2号及び3号炉共用，一部既設）（約1,500m³）2基，ろ過水タンクが使用できない場合に水源とする燃料取替用水ピットを1基設置する設計とする。なお，燃料取替用水ピットは，原子炉格納容器スプレイ設備により消火を行う時間が24時間以内であることから，単一故障を想定しない設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(4) 系統分離に応じた独立性の考慮

系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置するそれぞれの火災区域又は火災区画に対して1つの消火設備で消火を行う場合は，以下に示すとおり，系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

- ・静的機器である消火配管は，24時間以内の単一故障の想定が不要であり，また，基準地震動 S_s で損傷しないように設計するため，多重化しない設計とする。
- ・動的機器である選択弁及び容器弁について，単一故障を想定しても，系統分離された火災区域又は火災区画に対して消火設備が同時に機能喪失しない設計とする。具体的には，容器弁及びボンベを必要数より1つ以上多く設置する。また，容器弁の作動のための圧力信号についても動的機器の単一故障により同時に機能を喪失しない設計とする。

さらに，選択弁を介した一つのラインで系統分離された相互の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを消火する場合は，当該選択弁を多重化する。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(5) 火災に対する二次的影響の考慮

全域ガス消火設備は，電気絶縁性の高いガスを採用することで，火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎，熱による直接的な影響のみならず，流出流体，断線及び爆発等の二次的影響を，火災が発生していない安全機能を有する構築物，系統及び機器に及ぼさない設計とする。また，防火ダンパを設け煙の二次的影響が安全機能を有する構築物，系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

また，これらの消火設備のボンベ及び制御盤は，消火対象となる機器が設置されている火災区域又は火災区画と別の区画に設置し，火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないように，ボンベに接続する安全弁によりボンベの過圧を防止する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(6) 想定火災の性質に応じた消火剤の容量

火災防護対象機器がある火災区域又は火災区画に設置する全域ガス消火設備については、「消防法施行規則」第十九条及び第二十条に基づき、単位体積あたりに必要な消火剤を配備する設計とする。特に、複数の場所に対して消火する設備の消火剤の容量は、複数の消火対象場所のうち必要な消火剤が最大となる場所の必要量以上となるよう設計する。

火災区域又は火災区画に設置する消火器については、「消防法施行規則」第六～八条に基づき延床面積又は床面積から算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤に水を使用する消火用水の容量の設計は、「1.6.1.3.2(8)消火用水の最大放水量の確保」に示す。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(7) 移動式消火設備の配備

移動式消火設備は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第八十三条第三号に基づき、恒設の消火設備の代替として消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車（1台、泡消火薬剤500L/台）、水槽付消防ポンプ自動車（1台、泡消火薬剤260L/台）及び資機材運搬用車両（1台、泡消火薬剤740L/台）を配備する設計とする。また、500Lの泡消火薬剤を配備する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(8) 消火用水の最大放水量の確保

消火用水供給系の水源の供給先は屋内及び屋外の各消火栓である。

屋内消火栓については、「消防法施行令」第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）に基づき、2時間の最大放水量（31.2m³）を確保する設計とする。

屋外消火栓については、「消防法施行令」第十九条（屋外消火栓設備に関する基準）に基づき、2時間の最大放水量（84.0m³）に対して十分な水量を確保する設計とする。

また、屋内及び屋外の消火用水供給系の水源は1号、2号及び3号炉で共用であるが、万一、1号、2号及び3号炉においてそれぞれ単一の火災が同時に発生し、消火栓による放水を実施した場合に必要な最大水量252m³に対して、十分な水量を確保する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.1.)】

(9) 水消火設備の優先供給

消火用水供給系は、飲料水系や所内用水系等と共用する場合には、隔離弁を設置して遮断する措置により、消火用水の供給を優先する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(10) 消火設備の故障警報

1号, 2号及び3号炉共用の電動消火ポンプ, 1号, 2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプ, 電動機駆動消火ポンプ, ディーゼル駆動消火ポンプ及び全域ガス消火設備の消火設備は, 電源断等の故障警報を中央制御室に吹鳴する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(11) 消火設備の電源確保

消火用水供給系のうち, 1号, 2号及び3号炉共用の電動消火ポンプ並びに電動機駆動消火ポンプは常用電源から受電する設計とするが, 1号, 2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプ並びにディーゼル駆動消火ポンプは, 外部電源喪失時でもディーゼル機関を起動できるように蓄電池により電源を確保する設計とし, 外部電源喪失時においてもディーゼル機関より消火ポンプへ動力を供給することによって消火用水供給系の機能を確保することができる設計とする。

安全機能を有する構築物, 系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の全域ガス消火設備は, 外部電源喪失時にも消火が可能となるように, 非常用電源から受電するとともに, 設備の作動に必要な電源を供給する蓄電池も設ける設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備は, 非常用電源から受電することで, 外部電源喪失時においても機能を失わない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(12) 消火栓の配置

安全機能を有する構築物, 系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火栓は, 「消防法施行令」第十一条(屋内消火栓設備に関する基準)及び第十九条

(屋外消火設備に関する基準)に準拠し, 屋内は消火栓から半径25mの範囲を考慮して配置し, 屋外は消火栓から半径40mの範囲を考慮して配置することによって, 全ての火災区域の消火活動に対処できるように配置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(13) 固定式消火設備の職員退避警報

固定式消火設備である全域ガス消火設備のうち, 二酸化炭素消火設備及びハロゲン化物消火設備は, 作動前に職員等の退出ができるように警報又は音声警報を吹鳴し, 20秒以上の時間遅れをもって消火剤を放出する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(14) 管理区域内からの放出消火剤の流出防止

管理区域内で放出した消火水は、放射性物質を含むおそれがあることから、管理区域外への流出を防止するため、管理区域と非管理区域の境界に堰等を設置するとともに、各フロアの建屋内排水系により液体廃棄物処理設備に回収し、処理する設計とする。万一、流出した場合であっても建屋内排水系から系外に放出する前にサンプリングを実施し、検出が可能な設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

(15) 消火用非常照明

建屋内の消火栓、消火設備現場盤の設置場所及び設置場所までの経路には、移動及び消火設備の操作を行うため、「消防法」で要求される消火継続時間 20 分に現場への移動等の時間（最大約 30 分）も考慮し、4 時間以上の容量の蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1.)】

1.6.1.3.3 自然現象の考慮

泊発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき自然現象としては、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から、原子炉設備に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を抽出した。

これらの自然現象のうち、落雷については、「1.6.1.2.3(1)落雷による火災の発生防止」に示す対策により、機能を維持する設計とする。

凍結については、「(1)凍結防止対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。竜巻、風（台風）に対しては、「(2)風水害対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。地震については、「(3)地震対策」に示す対策により機能を維持する設計とする。

上記以外の津波、洪水、降水、積雪、地滑り、火山の影響、高潮及び生物学的事象については、「(4)想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。また、森林火災についても、「(4)想定すべきその他の自然現象に対する対策について」に示す対策により機能を維持する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.2.)】

(1) 凍結防止対策

屋外に設置する消火設備は、泊発電所において考慮している最低気温 -19°C まで気温が低下しても使用可能な消火設備を設置する設計とする。

屋外消火設備のうち、消火用水の供給配管は凍結を考慮し、凍結深度（GL-70cm）を確保した埋設配管とするとともに、地上部に配置する場合には保温材等を設置する設計とすることにより、凍結を防止する設計とする。

屋外消火栓本体はすべて、凍結を防止するため、消火栓内部に水が溜まらないような構造とし、自動排水機構により通常は排水弁を通水状態、消火栓使用時は排水弁を閉にして放水を可能とする地上式（不凍式消火栓型）を採用する設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.2.)】

(2) 風水害対策

消火用水供給系の消火設備を構成するディーゼル駆動消火ポンプ、電動機駆動消火ポンプ及び電動消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）、エンジン消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）等の機器は、風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように、流れ込む水の影響を受けにくい建屋内に配置する設計とする。全域ガス消火設備についても、風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように、原子炉建屋、原子炉補助建屋等の建屋内に配置する設計とする。

また、ディーゼル駆動消火ポンプ、電動機駆動消火ポンプ及び電動消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）、エンジン消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）を設置しているポンプ室の壁及び扉については、風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように浸水対策を実施する。

屋外消火栓は風水害に対してその性能が著しく阻害されることがないように、雨水の浸入等により動作機構が影響を受けない機械式を用いる設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.2.)】

(3) 地震対策

a. 地震対策

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器の耐震クラスに応じて機能を維持できる設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を及ぼす可能性がある火災区域又は火災区画に設置される、油を内包する耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器は、以下のいずれかの設計とすることにより、地震によって耐震Bクラス及び耐震Cクラスの機器が機能喪失しても安全機能を有する構築物、系統及び機器の機能喪失を防止する設計とする。

- ・基準地震動 S_s により油が漏えいしない。

- ・基準地震動 S_s によって火災が発生しても、安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を及ぼすことがないように、基準地震動 S_s によっても機能維持する固定式消火設備によって速やかに消火する。
- ・基準地震動 S_s によって火災が発生しても、安全機能を有する構築物、系統及び機器の機能に影響を及ぼすことがないように隔壁等により分離する。

b. 地盤変位対策

屋外消火配管は、地上若しくはトレンチに設置又は埋設し、地震時における地盤変位対策として、建屋接続部には機械式継手ではなくフレキシブル継手又は溶接継手を採用するとともに、屋外の埋設消火配管については、「原子力発電所の火災防護規程（JEAC4626-2010）」により耐震性を確保した設計とする。なお、給排水処理建屋からタービン建屋への消火配管は、建屋間のトレンチ内に敷設することで地盤変位の影響を直接受けない設計とする。

また、地盤変位対策として、タンク接続部にはフレキシブル継手を採用することで、地盤変位による変形を配管系統全体で吸収する設計とする。

さらに、屋外消火配管が破断した場合でも消防車を用いて屋内消火栓へ消火用水の供給ができるように、建屋外部に給水接続口を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.2.)】

(4) 想定すべきその他の自然現象に対する対策について

実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準の 2.2.2 に記載のある凍結、風水害、地震以外の泊発電所号 3 号炉で考慮すべき自然現象については津波、洪水、降水、積雪、地滑り、火山の影響、生物学的事象及び高潮がある。これらの自然現象及び森林火災により感知及び消火の機能、性能が阻害された場合は、原因の除去又は早期の取替え、復旧を図る設計とするが、必要に応じて監視の強化や、代替消火設備の配備等を行い、必要な機能及び性能を維持することとする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.2.)】

1.6.1.3.4 消火設備の破損、誤動作又は誤操作による安全機能への影響

全域ガス消火設備で使用する二酸化炭素は不活性であること及びハロゲン化物消火剤は電気絶縁性が大きく揮発性も高いことから、設備の破損、誤作動又は誤操作により消火剤が放出されても電気及び機械設備に影響を与えないため、火災区域又は火災区画に設置するガス消火設備には、全域ガス消火設備を選定する設計とする。

なお、ディーゼル発電機は、ディーゼル発電機室に設置する全域ガス消火設備の破損、誤作動又は誤操作によって二酸化炭素ガスが放出されることによる窒息効果を考慮しても機能が喪失しないよう、外気から直接給気を取り入れる設計とする。

消火設備の放水等による溢水に対しては、「1.7 溢水防護に関する基本方針」に基づき、安全機能へ影響がないよう設計する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.3.)】

1.6.1.4 火災の影響軽減のための対策

1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策

安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画の火災による影響に対し、「1.6.1.4.1(1)原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持に係わる火災区域の分離」から「1.6.1.4.1(8)油タンクに対する火災の影響軽減対策」に示す火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

(1) 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持に係わる火災区域の分離

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要な150mm以上の壁厚を有するコンクリート壁や火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有する耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）によって、隣接する他の火災区域から分離する設計とする。

なお、火災区域又は火災区画の目皿には、他の火災区域又は火災区画からの煙の流入による安全機能への影響防止を目的として、煙の流入防止装置を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

(2) 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離

火災が発生しても原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するためには、プロセスを監視しながら原子炉を停止し、冷却を行うことが必要であり、このためには、手動操作に期待してでも原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を少なくとも一つ確保するように系統分離対策を講じる必要がある。

このため、単一火災（任意の一つの火災区画で発生する火災）の発生によって、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機能を有する多重化されたそれぞれの系統が同時に機能喪失することのないよう、「1.6.1.1(3)原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器」にて抽出した原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要となる火災防護対象機器及び火災防護対象機器の駆動若しくは制御に必要となる火災防護対象ケーブルについて以下に示すいずれかの系統分離対策を講じる設計とする。

系統分離にあたっては、互いに相違する系列の火災防護対象機器、火災防護対象ケーブルの系統分離を行うために、火災区画内又は隣接火災区画間の延焼を防止する設計とする。

a. 3時間以上の耐火能力を有する隔壁等による分離

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。具体的には、3時間以上の耐火能力を有した厚さのコンクリート壁又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等（耐火床パネル）で分離する設計とする。

b. 水平距離6m以上の離隔距離の確保、火災感知設備及び自動消火設備の設置

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、仮置きするものを含めて可燃性物質のない水平距離6m以上の離隔距離を確保する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を作動させるために設置し、自動消火設備の誤作動防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を作動させる設計とする。

c. 1時間耐火隔壁による分離、火災感知設備及び自動消火設備の設置

互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により1時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。

火災感知設備は、自動消火設備を作動させるために設置し、自動消火設備の誤作動防止を考慮した感知器の作動により自動消火設備を作動させる設計とする。

【別添1-資料1(2.1.3.1.)】

なお、中央制御室及び原子炉格納容器は、上記と同等の保安水準を確保する対策として以下のとおり火災の影響軽減対策を講じる。

(3) 中央制御室に対する火災の影響軽減のための対策

a. 中央制御盤（安全系コンソール）内の火災の影響軽減

火災防護対象である中央制御盤（安全系コンソール）内の機器及びケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保することや互いに相違する系列を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することが困難である。

このため、火災防護対象である中央制御盤（安全系コンソール）内の機器及びケーブルは、以下の(a)～(c)に示すとおり、実証試験結果に基づく離隔距離等による分離対策、煙検出装置の設置による早期の火災感知及び常駐する運転員による早期の消火活動に加え、火災により中央制御盤（安全系コンソール）の1つの区画の安全機能が

全て喪失しても、他の区画の中央制御盤（安全系コンソール）により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持ができることを確認し、火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

(a) 離隔距離による分離

火災防護対象である中央制御盤（安全系コンソール）内の機器及びケーブルは、運転員の操作性及び視認性向上を目的として近接して設置することから、中央制御盤（安全系コンソール）に隣接する中央制御盤（常用系コンソール）の火災が、中央制御盤（安全系コンソール）に影響を与えないことを確認した実証試験の結果に基づき分離対策を講じる設計とする。

また、中央制御盤（安全系コンソール）内に安全系 FDP 及び電源装置を設置しているが、これらについては、相違する系列間に金属製の仕切りを設置する。

ケーブルについては、当該ケーブルに火災が発生しても延焼せず、また、周囲へ火災の影響を与えないテフロン電線及び難燃ケーブルを使用し、電線管に敷設する、又は離隔距離を確保すること等により系統分離する設計とする。これらの分離については、実証試験等において火災により近接する他の区分の構成部品に火災の影響がないことを確認した設計とする。

(b) 煙検出装置の設置による早期の火災感知

中央制御室内には、異なる 2 種類の火災感知器を設置する設計とするとともに、火災発生時には常駐する運転員による早期の消火活動によって、中央制御盤（安全系コンソール）への影響を軽減する設計とする。中央制御盤（安全系コンソール）内には、火災の早期感知を目的として、煙検出装置を設置する設計とする。中央制御盤（安全系コンソール）は容積が小さく、盤内の構成部品がごく僅かに燃焼した状態でも煙検出装置により早期の感知が可能である。なお、念のため、中央制御盤（安全系コンソール）に隣接する盤内についても、火災を早期に感知するため、煙検出装置を設置する設計とする。

(c) 常駐する運転員による早期の消火活動

中央制御盤（安全系コンソール）内に自動消火設備は設置しないが、中央制御盤（安全系コンソール）の一つの区画に火災が発生しても、煙検出装置や中央制御室の火災感知器からの感知信号により、常駐する運転員が中央制御室に設置する消火器で早期に消火活動を行うことで、他の区画の中央制御盤（安全系コンソール）の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルへの火災の影響を防止できる設計とする。

消火設備は、電気機器へ悪影響を与えない二酸化炭素消火器を使用する設計と

し、常駐する運転員による中央制御室内の火災の早期感知及び消火を図るために、消火活動の手順を定めて、訓練を実施する。

b. フロアケーブルダクトの影響軽減対策

フロアケーブルダクトについては、互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを、火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等で分離する設計とする。

c. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持

火災により、中央制御室内の一つの中央制御盤（安全系コンソール）の機能がすべて喪失したと仮定しても、他の中央制御盤（安全系コンソール）での運転操作や現場での操作により、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能な設計とする。

【別添1-資料1(2.1.3.1.)】

(4) 原子炉格納容器内に対する火災の影響軽減のための対策

原子炉格納容器内は、「1.6.1.4.1.(2)火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離」とは異なる火災の影響軽減のための対策を講じる設計とする。

原子炉格納容器内は、ケーブルトレイが密集して設置されているため、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保すること及び1時間耐火性能を有している耐火ボードや耐火シート等は、1次冷却材漏えい事故等が発生した場合にデブリ発生 の要因となり格納容器再循環サンプの閉塞対策に影響を及ぼすため、互いに相違する系列を1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離することは適さない。

また、ガス消火設備を適用するとした場合、原子炉格納容器の自由体積は約6.6万 m^3 あることから、原子炉格納容器内全体に消火剤を充満させるまでには時間を要する。このため、原子炉格納容器の消火設備は、火災発生時の煙の充満による消火活動が困難でない場合、早期に消火が可能である、消火要員による消火を行う設計とする。

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響のため、消火要員による消火活動が困難である場合は、中央制御室からの手動操作が可能であり、原子炉格納容器全域を水滴で覆うことのできる原子炉格納容器スプレイ設備による手動消火を行う設計とする。

このため、原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、以下に示す火災の影響軽減のための対策に加え、原子炉格納容器内の動的機器がすべて火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持が可能であることも確認する設計とする。

a. ケーブルトレイへの蓋の設置

原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに対する火災の影響を軽減するため、以下のケーブルトレイに蓋を設置し、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは筐体内に収納する設計とする。

なお、ケーブルトレイに設置する蓋には、消火水がケーブルトレイへ浸入するための開口を設置する設計とする。

- (a) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6m以上の離隔を有する場合は、いずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイから6m以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して、蓋を設置する設計とする。
- (b) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6mの離隔を有しない場合は、同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される両方のケーブルトレイ及びいずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイから周囲6m以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して、蓋を設置する設計とする。
- (c) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される電線管同士が6m以上の離隔を有する場合は、いずれか一方の系列の火災防護対象ケーブルが敷設される電線管から6m以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して、蓋を設置する設計とする。
- (d) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される電線管同士が6mの離隔を有しない場合は、上記(c)と同じ対策を実施する設計とする。

なお、原子炉格納容器内は仮置きする可燃物を置かない設計とし、原子炉格納容器内の以下の設備については、金属製の筐体やケーシング等で構成することにより、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに対する延焼や火炎からの影響を防止する。

- ・電気盤の筐体
- ・格納容器再循環ファン軸受のケーシング
- ・1次冷却材ポンプ電動機油回収タンクのタンク本体

【別添1(8-別1-51)】

b. 火災感知設備

火災感知設備については、アナログ式の火災感知器（煙感知器及び熱感知器）及び非アナログ式の炎感知器を設置する設計とする。ただし、原子炉格納容器ループ室、加圧器室、再生熱交換器室及び炉内核計装用シンプル配管室については、放射線による火災感知器の故障を防止するため、非アナログ式の熱感知器を設置する設計とし、非アナログ式の熱感知器は防爆型を設置する設計とする。

c. 消火設備

- (a) 自動消火設備は設置しないが、消火要員が原子炉格納容器内へ進入可能な場合は、手順を定め、訓練を実施している消火要員により、消火器、消火栓を用いて早期に消火を行う設計とする。
- (b) 消火要員が原子炉格納容器内へ進入困難な場合は、中央制御室で手動操作可能な原子炉格納容器スプレイ設備を用いた消火活動を実施する設計とする。なお、1次冷却材ポンプの上部は開口となっているため、1次冷却材ポンプに火災が発生した場合にも、原子炉格納容器スプレイ設備による消火は可能である。
- (c) 原子炉格納容器スプレイ設備のポンプは原子炉格納容器外に設置されており、原子炉格納容器内の火災が原子炉格納容器スプレイ設備に影響を及ぼすことはない。

d. 火災の影響軽減対策への適合について

ケーブルトレイへの金属製の蓋の設置、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに延焼するおそれがある火災を感知する火災感知器の設置及び消火要員による消火活動又は中央制御室から手動操作可能な格納容器スプレイ設備を用いた消火活動により、両系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルが火災により機能を失うことを防止する設計とする。

また、以下に示す設計により、原子炉格納容器内の動的機器がすべて火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持は可能である。

・原子炉の高温停止

火災発生時にも原子炉の高温停止が可能となるよう、火災の影響を受けても、制御棒は炉心に全挿入する設計とする。

・原子炉の高温停止の維持

火災発生時にも原子炉の高温停止の維持が可能となるよう、火災の影響を受けない原子炉格納容器外に補助給水設備と主蒸気設備を設置し、これらを用いた蒸気発生器による除熱を可能とする設計とする。

・原子炉の低温停止への移行

火災鎮火後、原子炉格納容器内の電動弁を手動操作し余熱除去設備を使用することで、低温停止への移行を可能とする設計とする。

【別添1-資料1(2.1.3.1.)

(5) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能に関わる火災区域の分離

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要な150mm以上の壁厚を有するコンクリート壁や火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有す

ることを確認した耐火壁（貫通部シール，防火扉，防火ダンパ）により，隣接する他の火災区域と分離する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

(6) 換気空調設備による火災の影響軽減対策

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域に設置する換気空調設備には，他の火災区域又は火災区画への火，熱又は煙の影響が及ばないように，火災区域又は火災区画の境界となる箇所に 3 時間耐火性能を有する防火ダンパを設置する設計とする。

換気空調設備のフィルタは，「1.6.1.2.2(4)換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用」に示すとおり，チャコールフィルタを除き難燃性のものを使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

(7) 煙に対する火災の影響軽減対策

通常運転員が常駐する火災区域は中央制御室のみであるが，中央制御室の火災発生時の煙を排気するため，「建築基準法」に準拠した容量の排煙設備を配備する設計とする。

なお，排煙設備は中央制御室専用であるため，放射性物質の環境への放出を考慮する必要はない。

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域のうち，電気ケーブルや引火性液体が密集する火災区域又は火災区画（ディーゼル発電機室，燃料油サービスタンク室）については，全域ガス消火設備により早期に消火する設計とする。

なお，ディーゼル発電機燃料油貯油槽は屋外で地下埋設構造であるため，煙が大気に放出されることから，排煙設備を設置しない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

(8) 油タンクに対する火災の影響軽減対策

火災区域又は火災区画に設置される油タンクは，換気空調設備による排気，又はベント管により屋外に排気する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1.)】

1.6.1.4.2 火災影響評価

火災の影響軽減のための対策を前提とし，設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に想定される発電用原子炉施設内の火災によって，安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には，火災による影響を考慮しても，多重化されたそ

それぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを、「(1)火災伝播評価」から「(3)隣接火災区画に火災の影響を与える火災区画に対する火災影響評価」に示す火災影響評価により確認する。

ただし、中央制御盤（安全系コンソール）及び原子炉格納容器に対しては、「1.6.1.4.1(2)火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離」で示すとおり、火災が発生しても、原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持は可能である。

また、内部火災により原子炉に外乱が及ぶ可能性、又は安全保護系、原子炉停止系の作動が要求される事象が発生する可能性があるため、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、運転時の異常な過渡変化又は設計基準事故に対処するための機器に単一故障を想定しても、以下の状況を考慮し、多重性をもったそれぞれの系統が同時に機能を喪失することなく、原子炉の高温停止、低温停止を達成することが可能であることを火災影響評価により確認する。

- ・内部火災発生を想定する区域及びその影響範囲の安全重要度クラス1及びクラス2の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは内部火災により機能喪失するが、それ以外の区域の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは機能が維持される。
- ・原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機建屋又は循環水ポンプ建屋において、内部火災が発生することを仮定し、当該建屋内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル以外は機能喪失する。
- ・中央制御室における火災については、火災感知器による早期感知や運転員によるプラント停止が期待でき、内部火災による影響波及範囲は限定的である。

火災区画の変更や火災区画設定に影響を与える可能性のある工事を実施する場合には、火災防護計画に従い火災影響評価を行い、火災による影響を考慮しても多重性をもったそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持できることを確認するとともに、変更管理を行う。

なお、「1.6.1.4.2 火災影響評価」では、火災区域又は火災区画を、「火災区画」と記載する。

【別添1-資料1(2.1.3.2.)】

(1) 火災伝播評価

火災区画での火災発生時に、隣接火災区画に火災の影響を与える場合は、隣接火災区画を含んだ火災影響評価を行う必要があるため、火災影響評価に先立ち、火災区画ごとに火災を想定した場合の隣接火災区画への火災の影響の有無を確認する火災伝播評価を実施する。

【別添1-資料1(2.1.3.2.)】

(2) 隣接火災区画に火災の影響を与えない火災区画に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区画に影響を与えない火災区画については当該火災区画に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物，系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な方策が少なくとも一つ確保され，原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持が可能であることを確認する。

【別添 1-資料 1(2.1.3.2.)】

(3) 隣接火災区画に火災の影響を与える火災区画に対する火災影響評価

火災伝播評価により隣接火災区画に影響を与える火災区画については，当該火災区画と隣接火災区画の 2 区画内の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの有無の組み合わせに応じて，火災区画内に設置される全機器の機能喪失を想定しても、「1.6.1.4.1 安全機能を有する構築物，系統及び機器の重要度に応じた火災の影響軽減のための対策」に基づく火災の影響軽減のための対策の実施により，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な成功の方策が少なくとも一つ確保され，原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持が可能であることを確認する。

【別添 1-資料 1(2.1.3.2.)】

1.6.1.5 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

以下に示す火災区域又は火災区画は，それぞれの特徴を考慮した火災防護対策を実施する。

【別添 1-資料 1(2.2.)】

(1) フロアケーブルダクト

フロアケーブルダクトは，アナログ式の煙感知器，熱感知器を設置する。また，互いに相違する系列の火災防護対象ケーブルについては，3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.2.)】

(2) 電気室

安全補機開閉器室は，電源供給のみに使用する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.2.)】

(3) 蓄電池室

蓄電池室は以下のとおり設計する。

- ・蓄電池室には蓄電池のみを設置し，直流開閉装置やインバータは設置しない設計と

する。

- ・蓄電池室の換気空調設備は、社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針(SBAG 0603)」に基づき、水素の排気に必要な換気量以上となるよう設計することによって、蓄電池室内の水素濃度を2 vol%以下の約0.8 vol%程度に維持する設計とする。
- ・蓄電池室の換気空調設備が停止した場合には、中央制御室に警報を発報する設計とする。
- ・常用系の蓄電池と非常用系の蓄電池は、常用の蓄電池が非常用の蓄電池に影響を及ぼすことがないように、位置的分散が図られた設計とするとともに、電氣的にも2つ以上の遮断器により切り離せる設計とする。

【別添1-資料1(2.2.)】

(4) ポンプ室

安全機能を有するポンプの設置場所のうち、火災発生時の煙の充満により消火困難な場所には、消火活動によらなくとも迅速に消火できるよう固定式消火設備を設置する設計とする。

固定式消火設備による消火後、鎮火の確認のために自衛消防隊がポンプ室に入る場合については、消火直後に換気してしまうと新鮮な空気が供給され、再発火するおそれがあることから、十分に冷却時間を確保した上で、可搬型の排煙装置を準備し、扉の開放、換気空調設備、可搬型排煙装置により換気し、呼吸具の装備及び酸素濃度を測定し安全確認後に入室する設計とする。

【別添1-資料1(2.2.)】

(5) 中央制御室等

中央制御室は以下のとおり設計する。

- ・中央制御室と他の火災区画の換気空調設備の貫通部には、防火ダンパを設置する設計とする。
- ・中央制御室のカーペットは、「消防法施行令」第四条の三の防炎性を満足するカーペットを使用する設計とする。

【別添1-資料1(2.2.)】

(6) 使用済燃料貯蔵設備及び新燃料貯蔵設備

使用済燃料貯蔵設備は、水中に設置されている設備であり、ラックに燃料を貯蔵することで貯蔵燃料間の距離を確保すること及びステンレス鋼の中性子吸収効果によって未臨界性が確保される設計とする。

新燃料貯蔵設備については、気中に設置している設備（ピット構造で上部は蓋で閉鎖）であり通常ドライ環境であるが、消火活動により消火水が噴霧され、水分雰囲気に

満たされた最適減速状態となっても未臨界性が確保される設計とする。

【別添 1-資料 1(2.2.)】

(7) 放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備

放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備は、以下のとおり設計する。

- ・放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備を設置する火災区域の管理区域用換気空調設備は、環境への放射性物質の放出を防ぐ目的でフィルタを通して排気筒へ排気する設計とする。また、これらの換気空調設備は、放射性物質の放出を防ぐために、空調を停止し、ダンパを閉止し、隔離できる設計とする。
- ・放水した消火用水の溜り水は、建屋内排水系により液体放射性廃棄物処理設備に回収できる設計とする。
- ・放射性物質を含んだ使用済イオン交換樹脂及び濃縮廃液は、固体廃棄物として処理を行うまでの間、密閉された金属製の槽又はタンクで保管する設計とする。
- ・放射性物質を含んだチャコールフィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、金属容器に収納し保管する設計とする。
- ・放射性物質を含んだHEPAフィルタは、固体廃棄物として処理するまでの間、不燃シートに包んで保管する設計とする。
- ・放射性廃棄物処理設備及び放射性廃棄物貯蔵設備において、冷却が必要な崩壊熱が発生し、火災事象に至るような放射性廃棄物を貯蔵しない設計とする。

【別添 1-資料 1(2.2.)】

(3) 適合性説明

(火災による損傷の防止)

第八条 設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備(以下「火災感知設備」という。)及び消火を行う設備(以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。)並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備(安全施設に属するものに限る。)は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

第1項について

設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なわないよう、火災発生防止、火災感知及び消火並びに火災の影響軽減の措置を講じるものとする。

【別添1-資料1(2.1.1)(2.1.2)(2.1.3)】

(1) 火災発生防止

潤滑油等の発火性又は引火性物質を内包する設備は、漏えいを防止する設計とする。万一、潤滑油等が漏えいした場合に、漏えいの拡大を防止する堰等を設ける設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1)】

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、不燃性材料若しくは難燃性材料と同等以上の性能を有するものである場合又は他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合を除き、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.2)】

電気系統については、必要に応じて過電流継電器等の保護装置と遮断器の組合せ等により、過電流による過熱、焼損の防止を図るとともに、必要な電気設備に接地を施す設計とする。

【別添1-資料1(2.1.1.1)】

落雷や地震により火災が発生する可能性を低減するため、避雷設備を設けるとともに、安全上の重要度に応じた耐震設計を行う。

【別添1-資料1(2.1.1.3)】

(2) 火災感知及び消火

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対して，早期の火災感知及び消火を行うため異なる感知方式の感知器を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

消火設備は，自動消火設備，手動操作による固定式消火設備，水消火設備及び消火器を設置する設計とし，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器が設置される火災区域又は火災区画並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器が設置される火災区域のうち，火災発生時に安全機能への影響が考えられ，かつ煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難なところには，自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器の相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置する消火設備は，系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

火災区域又は火災区画の火災感知設備及び消火設備は，安全機能を有する構築物，系統及び機器の耐震クラスに応じて，地震発生時に機能を維持できる設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.2)】

(3) 火災の影響軽減のための対策

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについては，重要度に応じて以下に示す火災の影響軽減のための対策を講じた設計とする。

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域は，3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として，3時間耐火に設計上必要な 150mm 以上の壁厚を有するコンクリート壁や火災耐久試験により 3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール，防火扉，防火ダンパ）により隣接する他の火災区域と分離する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1)】

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは，以下に示すいずれかの要件を満たす設計とする。

- a. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて，互いの系列間が 3 時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離されていること。
- b. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて，互いに系

列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区域又は火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きするものを含め可燃性物質が存在しないこと。

- c. 互いに相違する系列の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が1時間の耐火能力を有する隔壁等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。

【別添1-資料1(2.1.3.1)】

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域については、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁(貫通部シール、防火扉、防火ダンパ等)によって隣接する他の火災区域から分離された設計とする。

【別添1-資料1(2.1.3.1)】

第2項について

消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても、消火設備の消火方法、消火設備の配置設計等を行うことにより、原子炉を安全に停止させるための機能を損なわない設計とする。

【別添1-資料1(2.1.2.3)】

1.3 気象等

該当なし

1.4 設備等(手順書含む)

10.5 火災防護設備

10.5.1 設計基準対象施設

10.5.1.1 概要

発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される、安全機能を有する構築物、系統及び機器(10.5において本文五〇(3)(i)a.(c)に同じ。)を火災から防護することを目的として、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

【別添1-資料1(2.1.1)(2.1.2)(2.1.3)】

発電用原子炉施設の火災の発生防止については、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対す

る換気及び漏えい検出対策，放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策，電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を行う。

【別添 1-資料 1(2.1.1)】

火災の感知及び消火については，安全機能を有する構築物，系統及び機器に対して，早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する。

【別添 1-資料 1(2.1.2)】

火災感知設備及び消火設備は，想定される自然現象に対して当該機能が維持され，かつ，安全機能を有する構築物，系統及び機器は，消火設備の破損，誤動作又は誤操作によって安全機能を失うことのないように設置する。また，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器の相互の系統分離を行うために設ける火災区域及び火災区画に設置される消火設備は，系統分離に応じた独立性を備えるよう設置する。

火災の影響軽減は，安全機能を有する構築物，系統及び機器の重要度に応じ，それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため，系統分離等の火災の影響軽減のための対策を行う。

また，火災の影響軽減のための対策を前提とし，設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に，発電用原子炉施設内の火災に対しても，安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には，火災による影響を考慮しても，多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持できることを，火災影響評価により確認する。

【別添 1-資料 1(2.1.3)】

10.5.1.2 設計方針

発電用原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器，及び放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を火災から防護することを目的として，火災発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

【別添 1-資料 1(2.1.1)(2.1.2)(2.1.3)】

(1) 火災発生防止

発火性又は引火性物質の漏えい防止の措置や不燃性材料又は難燃性材料の使用等，火災の発生を防止する。

【別添 1-資料 1(2. 1. 1)】

(2) 火災の感知及び消火

火災感知設備及び消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、早期の火災感知及び消火を行うよう設置する。

【別添 1-資料 1(2. 1. 2)】

(3) 火災の影響軽減

安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、火災の影響軽減対策を行う。

【別添 1-資料 1(2. 1. 3)】

10. 5. 1. 3 主要設備の仕様

(1) 火災感知設備

火災感知設備の火災感知器の概要を第 10. 5. 1 表に示す。

(2) 消火設備

消火設備の主要仕様を第 10. 5. 2 表に示す。

【別添 1-資料 1(2. 1. 2. 1)】

10. 5. 1. 4 主要設備

(1) 火災発生防止設備

発電用原子炉施設は、「1. 6. 1 設計基準対象施設の火災防護に関する基本方針」における「1. 6. 1. 2. 1 火災発生防止対策」に示すとおり、発火性又は引火性物質の漏えい防止、拡大防止のためのドレンパン、ドレンポット又は堰を設置する。

【別添 1-資料 1(2. 1. 1. 1)】

(2) 火災感知設備

火災感知設備の火災感知器は、各火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する構築物、系統及び機器の種類に応じ、火災を早期に感知し、誤作動を防止するために、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器の異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。

ただし、発火性又は引火性の雰囲気を形成するおそれのある場所、屋外等は、非アナログ式も含めた組み合わせで設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線又は紫外線を検知するため、炎が生じた時点で感知することができ、火災の早期感知が可能である。

a. 一般区域

一般区域は、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器の異なる感知方式の感知器を組み合わせる設計とする。

b. 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等は天井が高く大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。

このため、アナログ式の煙感知器及び非アナログ式の炎感知器をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

ただし、天井が高いエリア以外については、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

c. ディーゼル発電機室蓄熱室、放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリー室

ディーゼル発電機室蓄熱室、放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリー室は機器運転中の空気の流れにより火災時の煙が流出するおそれがあることから煙感知器による感知は困難である。このため、アナログ式の熱感知器及び非アナログ式の炎感知器を設置する設計とする。

一方、以下に示す火災区域又は火災区画は、環境条件等を考慮し、上記とは異なる火災感知器を組み合わせる設計とする。

原子炉格納容器内には、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせる設計とする。ただし、原子炉格納容器ループ室、加圧器室、再生熱交換器室及び炉内核計装用シンプル配管室については、放射線による火災感知器の故障を防止するため、非アナログ式の熱感知器を設置する設計とし、非アナログ式の熱感知器は防爆型を設置する設計とする。

固体廃棄物貯蔵庫には、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせる設計とする。ただし、比較的線量の高いドラム缶を貯蔵するエリアについては、放射線による火災感知器の故障を防止するため、非アナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、万一の機器破損による漏えいで引火性又は発火性の雰囲気形成する可能性があるため、火災を早期に感知できるよう、非アナログ式の防爆型で、かつ固有の信号を発する異なる感知方式の煙感知器及び熱感知器を設置する設計とする。

中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）内には、煙検出装置を設置する設計とする

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

(3) 消火設備

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域の火災を早期に消火するために、すべての火災区域の消火活動に対処できるように、「1.6.1.3.2(12) 消火栓の配置」に基づき消火栓設備を設置する。

消火栓設備の系統構成を第 10.5.1 図に示す。

また、その他の消火設備は、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響による消火活動が困難な火災区域又は火災区画であるかを考慮し、以下のとおり設置する。

消火設備は、第 10.5.3 表に示す故障警報を中央制御室に発する設備を設置する。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

a. 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

(a) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画には、自動消火設備である全域ガス消火設備を設置する。

全域ガス消火設備の概要図を第 10.5.2 図から第 10.5.4 図に示す。

また、系統分離に応じた独立性を考慮した全域ガス消火設備の概要図を第 10.5.5 図に示す。

ただし、以下に示す火災区域又は火災区画については上記と異なる消火設備を設置する設計とする。

原子炉格納容器には、消火器、消火栓を設置するとともに、中央制御室からの手動操作が可能な原子炉格納容器スプレイ設備を設置する。

火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画には、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備を設置する。

(b) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

i. 中央制御室

中央制御室には、消火器を設置する。

ii. 可燃物が少ない火災区域又は火災区画

可燃物が少ない火災区域又は火災区画には、消火器を設置する。

iii. 屋外の火災区域

屋外の火災区域については、消火器又は移動式消火設備で消火を行う。

iv. 燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

v. 補助給水ピット室

補助給水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

【別添 1-資料 1(2. 1. 2. 1)】

b. 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

(a) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定し、自動消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。

ただし、火災により安全機能へ影響を及ぼすおそれが考えにくい火災区域又は火災区画には、以下に示す消火設備を設置する。

i. 液体廃棄物処理設備設置エリア

液体廃棄物処理設備設置エリアは、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

ii. セメント固化装置

セメント固化装置は、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

iii. 格納容器給気気密ダンパ

格納容器給気気密ダンパは、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

(b) 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

i. 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は消火設備を設置しない設計とする。

ii. 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリアは水で満たされており、火災の発生のおそれはないこと、可燃物を持ち込まない運用とすることから「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

iii. 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は消火設備を設置しない設計とする。

iv. 試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパ

「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパの主要な構造材は金属で構成されており、火災荷重を低く管理して、煙の発生を抑える設計とすることから、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火する設計とする。

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】

(4) 火災の影響軽減のための対策設備

火災の影響軽減のための対策設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、火災の影響軽減のための対策を講じるために、以下のとおり設置する。

【別添 1-資料 1(2.1.3.1)】

a. 火災区域の分離を実施する設備

隣接する他の火災区域又は火災区画と分離するために、以下のいずれかの耐火能力を有する耐火壁を設置する。

- (a) 3時間以上の耐火能力を有する耐火壁として、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である 150mm 以上の壁厚を有するコンクリート壁
- (b) 火災耐久試験により 3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）

【別添 1-資料 1(2.1.3.1)】

b. 火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの火災の影響軽減のための対策を実施する設備

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置する火災区域又は火災区画に対して、火災区域又は火災区画内の火災の影響軽減のための対策や隣接する火災区域又は火災区画における火災の影響を軽減するための対策を実施するための隔壁等として、火災耐久試験により 3時間以上の耐火能力を確認した隔壁等を設置する。

また、これと同等の対策として火災耐久試験により 1 時間以上の耐火能力を確認した隔壁等と火災感知設備及び消火設備を設置する。

【別添 1-資料 1(2. 1. 3. 1)】

10. 5. 1. 5 試験検査

(1) 火災感知設備

アナログ式の火災感知器を含めた火災感知設備は、機能に異常がないことを確認するため、定期的に自動試験を実施する。

ただし、自動試験機能のない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するために、煙等の火災を模擬した試験を定期的実施する。

(2) 消火設備

機能に異常がないことを確認するために、消火設備の作動確認を実施する。

ただし、原子炉格納容器スプレイ設備は、格納容器スプレイポンプを定期的に起動する試験において、その機能を確認する。

10. 5. 1. 6 体制

火災防護に関する以下の体制に関する事項を、火災防護計画に定める。

火災発生時の発電用原子炉施設の保全のための活動を行うため、通報者、連絡者、現場指揮者及び消火要員が常駐するとともに、火災発生時には、統括管理者（自衛消防隊長）が所員により自衛消防隊を編成する。自衛消防隊の組織体制を第 10. 5. 6 図に示す。

10. 5. 1. 7 手順等

火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練並びに火災防護対策を実施するために必要な手順について定める。また、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護するため、火災区域及び火災区画を考慮した火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の 3 つの深層防護の概念に基づく火災防護対策等について定める。

このうち、火災防護対策を実施するために必要な手順の主なものを以下に示す。

(1) 火災が発生していない平常時の対応においては、以下の手順を整備し、操作を行う。

- a. 中央制御室内の巡視点検によって、火災が発生していないこと及び火災感知設備に異常がないことを火災受信機盤で確認する。
- b. 消火設備の故障警報が発信した場合には、中央制御室及び必要な現場の制御盤の警報を確認するとともに、消火設備が故障している場合には、早期に必要な補修を行う。

- (2) 消火設備のうち、自動消火設備を設置する火災区域又は火災区画における火災発生時の対応においては、以下の手順を整備し、操作を行う。
 - a. 火災感知器が作動した場合は、火災区域又は火災区画からの退避警報及び自動消火設備の作動状況を確認する。
 - b. 自動消火設備の作動後は、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
- (3) 原子炉格納容器内における火災発生時の対応においては、以下の手順を整備し、操作を行う。
 - a. 発電課長(当直)が局所火災と判断し、かつ、原子炉格納容器内への進入が可能であると判断した場合は、消火器、消火栓による消火活動を実施するとともに、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
 - b. 発電課長(当直)が原子炉格納容器内へ進入できないと判断した場合又は広範囲な火災と判断した場合は、プラントを停止するとともに、原子炉格納容器スプレイ設備を使用した消火を実施し、消火状況の確認、プラント運転状況の確認等を行う。
- (4) 中央制御室内における火災発生時の対応においては、以下の手順を整備し、操作を行う。
 - a. 火災感知器及び煙検出装置により火災を感知し、火災を確認した場合は、常駐する運転員により二酸化炭素消火器を用いた初期消火活動、プラント運転状況の確認等を行う。
 - b. 煙の充満により運転操作に支障がある場合は、火災発生時の煙を排気するため、排煙設備を起動する。
 - c. 中央制御室の中央制御盤(安全系コンソール)1面の機能が火災により全て喪失した場合における原子炉の高温停止及び低温停止の達成、維持に関する手順を整備する。
- (5) 水素濃度検出器を設置する火災区域又は火災区画における水素濃度上昇時の対応として、換気空調設備の運転状態の確認、換気空調設備の追加起動等を実施する手順を整備し、操作を行う。
- (6) 火災発生時の消火手順を整備し、訓練を実施する。
- (7) 消火用水供給系は、飲料水系や所内用水系等を隔離できるように、隔離時の手順を整備し、操作を行う。
- (8) 可燃物の持込み状況、防火扉の状態、火災の原因となり得る、過熱や引火性液体の漏えい等を監視するための監視手順を定め、防火監視を実施する。
- (9) 火災発生防止及び火災発生時の規模の局限化、影響軽減を目的とした、常設物・仮置物管

理要則を定め、これを実施する。常設物・仮置物管理要則には、発電所の通常運転に関する可燃物、保守や改造に使用するために持ち込み仮置きされる可燃物（一時的に持ち込まれる可燃物を含む。）の管理を含む。

- (10) 火気作業における火災発生防止及び火災発生時の規模の局限化、影響軽減を目的とした火気作業管理手順について定め、これを実施する。火気作業管理手順には、以下を含める。
 - a. 火気作業における作業体制
 - b. 火気作業前の確認事項
 - c. 火気作業中の留意事項（火気作業時の養生、消火器等の配備、監視人の配置等）
 - d. 火気作業後の確認事項（残り火の確認等）
 - e. 安全上重要と判断された区域における火気作業の管理
 - f. 火気作業養生材に関する事項（不燃シートの使用等）
 - g. 仮設ケーブル（電工ドラム含む。）の使用制限
 - h. 火気作業に関する教育

- (11) 火災防護設備は、その機能を維持するため、保守計画に基づき適切に保守管理、点検を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。

- (12) 火災区域又は火災区画の変更や火災区域又は火災区画設定に影響を与える可能性がある工事を実施する場合には、火災防護計画に従い火災影響評価を行い、火災による影響を考慮しても多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを確認するとともに、設計変更管理を行う。

- (13) 火災区域又は火災区画、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル、火災の影響軽減のための隔壁等の設計変更に当たっては、発電用原子炉施設内の火災によっても、安全保護系及び原子炉停止系の作動が要求される場合には、火災による影響を考慮しても、多重化されたそれぞれの系統が同時に機能を失うことなく、原子炉を高温停止及び低温停止できることを火災影響評価により確認する。

- (14) 発電用原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、火災から防護すべき機器等、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した以下の教育を、定期的実施する。
 - a. 火災区域及び火災区画の設定
 - b. 火災から防護すべき安全機能を有する構築物、系統及び機器
 - c. 火災の発生防止対策

- d. 火災感知設備
- e. 消火設備
- f. 火災の影響軽減対策
- g. 火災影響評価

(15) 発電用原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下のとおり教育及び訓練を定め、これを実施する。

- a. 防火・防災管理者及びその代行者は、消防機関が行う講習会、研修会等に参加する。
- b. 自衛消防隊に係る訓練として総合消防訓練、初期対応訓練、火災対応訓練等を定める。
- c. 所員に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮し、火災防護関連法令・規程類等、火災発生時における対応手順、可燃物及び火気作業に関する運営管理、危険物（液体、気体）の漏えい又は流出時の措置に関する教育を行うことを定める。

第10.5.1表 火災感知設備の火災感知器の概要

火災感知器の設置箇所	火災感知器の設置型式	
一般区域・区画	煙感知器 (アナログ式)	熱感知器 (アナログ式)
一般区域・区画 (使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等)	煙感知器 (アナログ式)	炎感知器 (非アナログ式)
		熱感知器 (アナログ式)
一般区域・区画 (ディーゼル発電機室蓄熱室, 放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリ室)	熱感知器 (アナログ式)	炎感知器 (非アナログ式)
原子炉格納容器	煙感知器 (アナログ式)	熱感知器 (アナログ式)
		炎感知器 (非アナログ式)
		防爆型熱感知器 (非アナログ式)
ディーゼル発電機燃料油貯油槽 燃料タンク (SA)	防爆型煙感知器 (非アナログ式)	防爆型熱感知器 (非アナログ式)
固体廃棄物貯蔵庫	煙感知器 (アナログ式)	熱感知器 (アナログ式)
		熱感知器 (非アナログ式)
		炎感知器 (非アナログ式)
放射性廃棄物処理建屋	煙感知器 (アナログ式)	熱感知器 (アナログ式)
		炎感知器 (非アナログ式)

第 10.5.2 表 消火設備の主要仕様

(1) 電動機駆動消火ポンプ

台数 1
出力 約 280kW
容量 約 390m³/h

(2) ディーゼル駆動消火ポンプ

台数 1
出力 約 259kW
容量 約 390m³/h

(3) 電動消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）

台数 1
出力 約 160kW
容量 約 300m³/h

(4) エンジン消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）

台数 1
出力 約 168kW
容量 約 300m³/h

(5) 全域ガス消火設備

a. ハロゲン化物消火設備

消火剤 : ハロン 1301

消火剤量 : 消防法施行規則第 20 条に基づき算出される量以上

設置箇所 : 火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画, 火災の影響軽減のための対策が必要な火災区域又は火災区画

b. 二酸化炭素消火設備

消火剤 : 二酸化炭素

消火剤量 : 消防法施行規則第 19 条に基づき算出される量以上

設置箇所 : 火災発生時の煙の充満等による消火活動が困難な火災区域又は火災区画及び火災の影響軽減のための対策が必要な火災区域又は火災区画

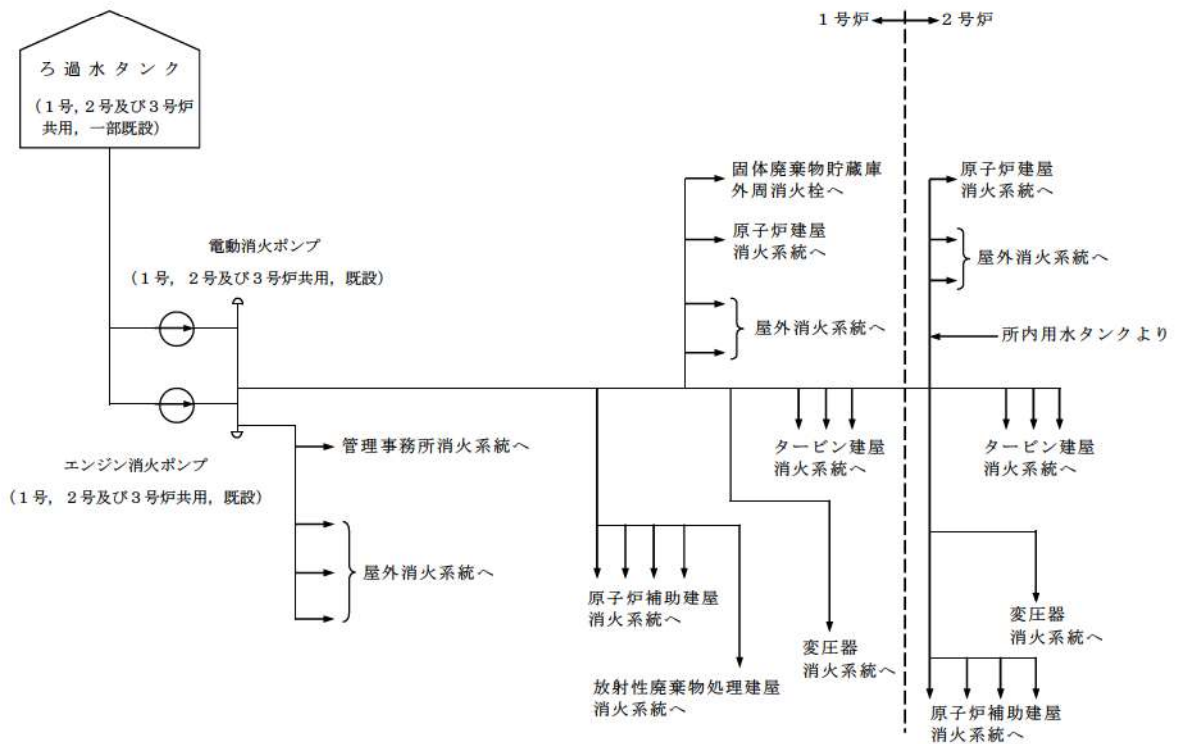
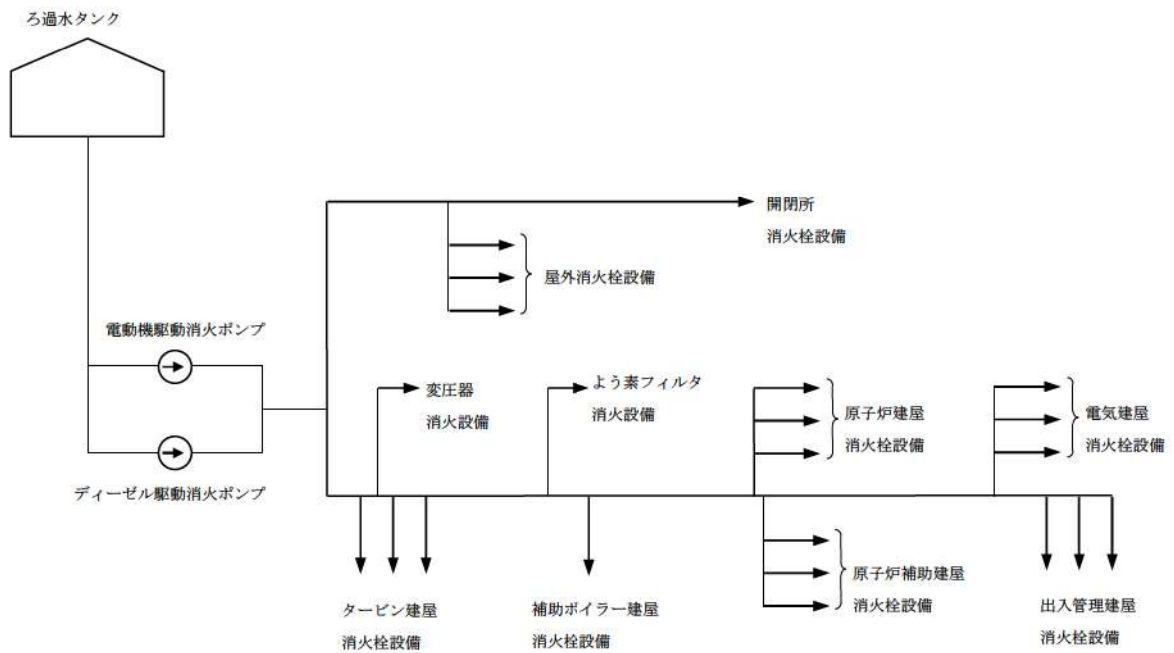
第10.5.3表 消火設備の主な故障警報

設備		主な警報要素
消火ポンプ	電動機駆動消火ポンプ及び電動消火ポンプ（1号、2号及び3号炉共用、既設）	ポンプトリップ， 電源異常（地絡，過負荷）， 電源断，電圧低
	ディーゼル駆動消火ポンプ	ポンプトリップ，装置異常 （燃料・冷却水レベル低下）
	エンジン消火ポンプ（1号，2号及び3号炉共用，既設）	ポンプトリップ，装置異常 （燃料・冷却水レベル低下）
全域ガス 消火設備	二酸化炭素消火設備	設備異常 （電源故障，断線，短絡，地絡）
	イナートガス消火設備	
	ハロゲン化物消火設備	

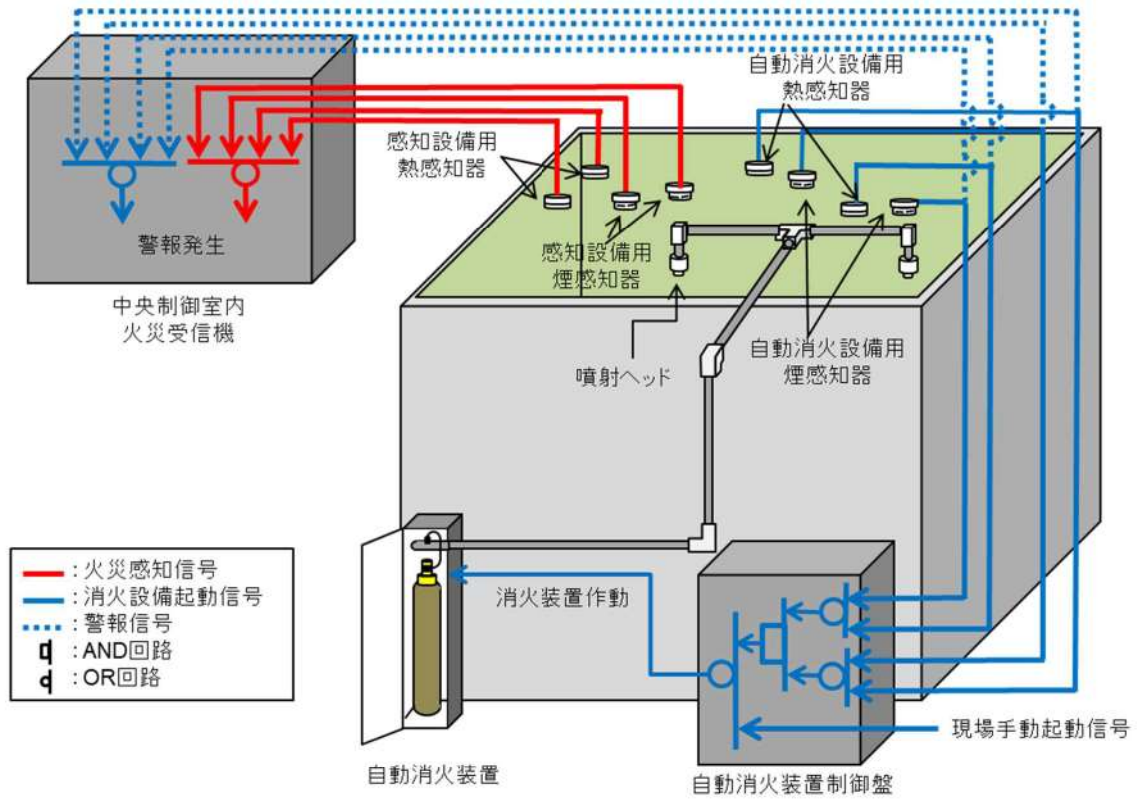
※火災検知については火災区域に設置された感知器又は消火設備のガス放出信号により中央制御室に警報発報。

また，作動原理を含めて単純な構造であることから故障は考えにくいですが，誤作動についてはガス放出信号により確認可能である。

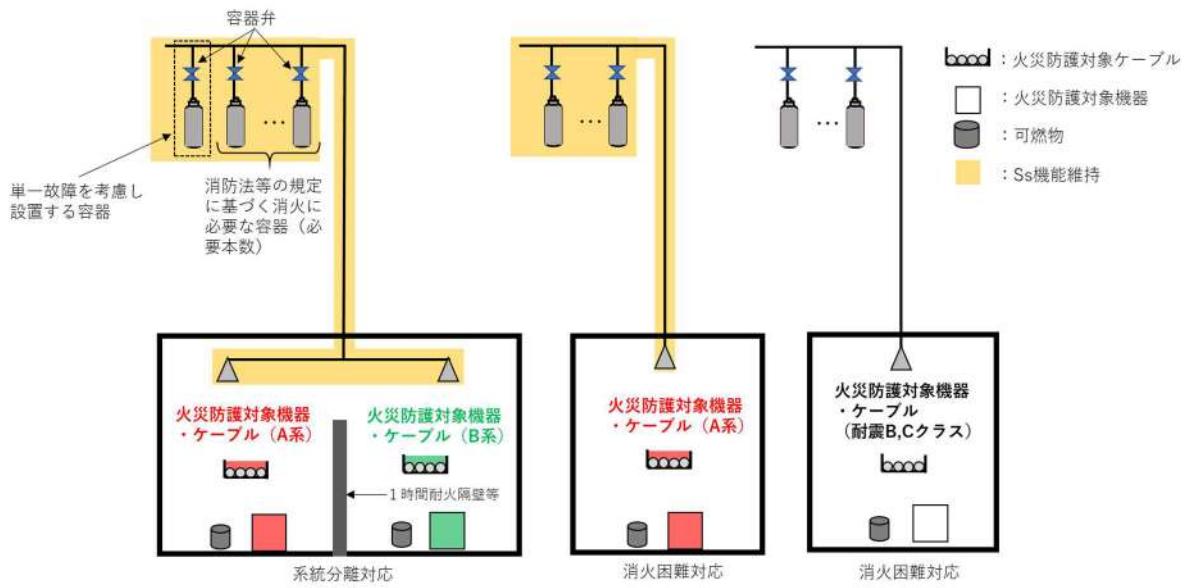
【別添1-資料1(2.1.2.1)】



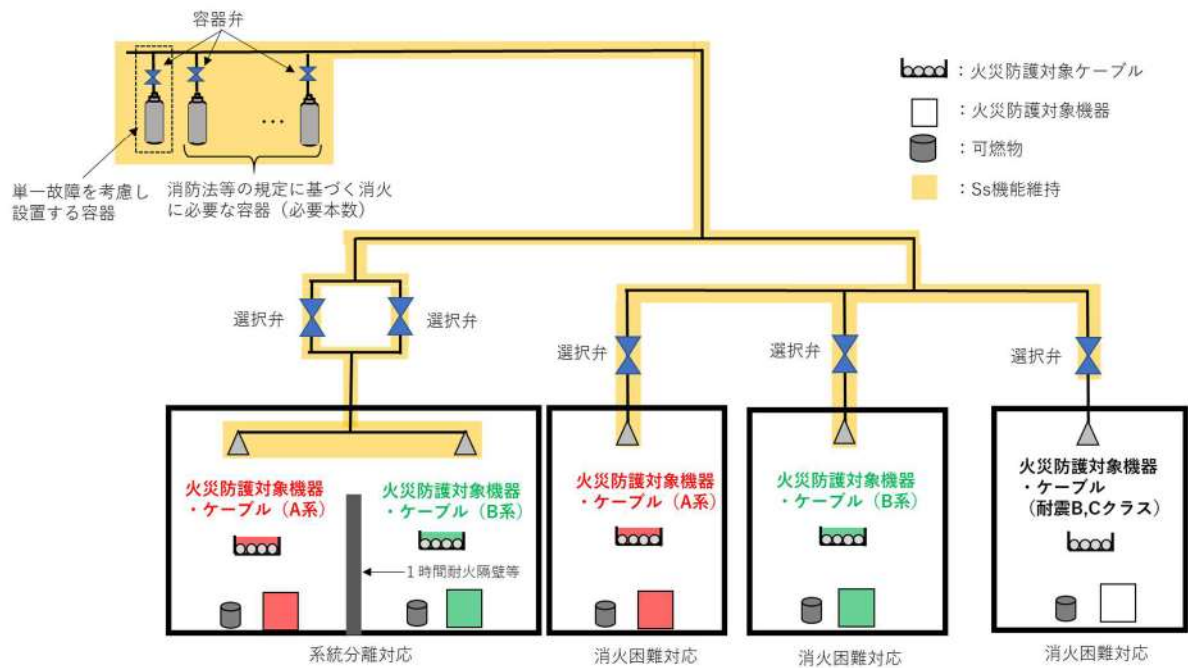
第 10.5.1 図 消火栓設備系統概要図



第 10.5.2 図 全域ガス消火設備概要図



単独放出方式

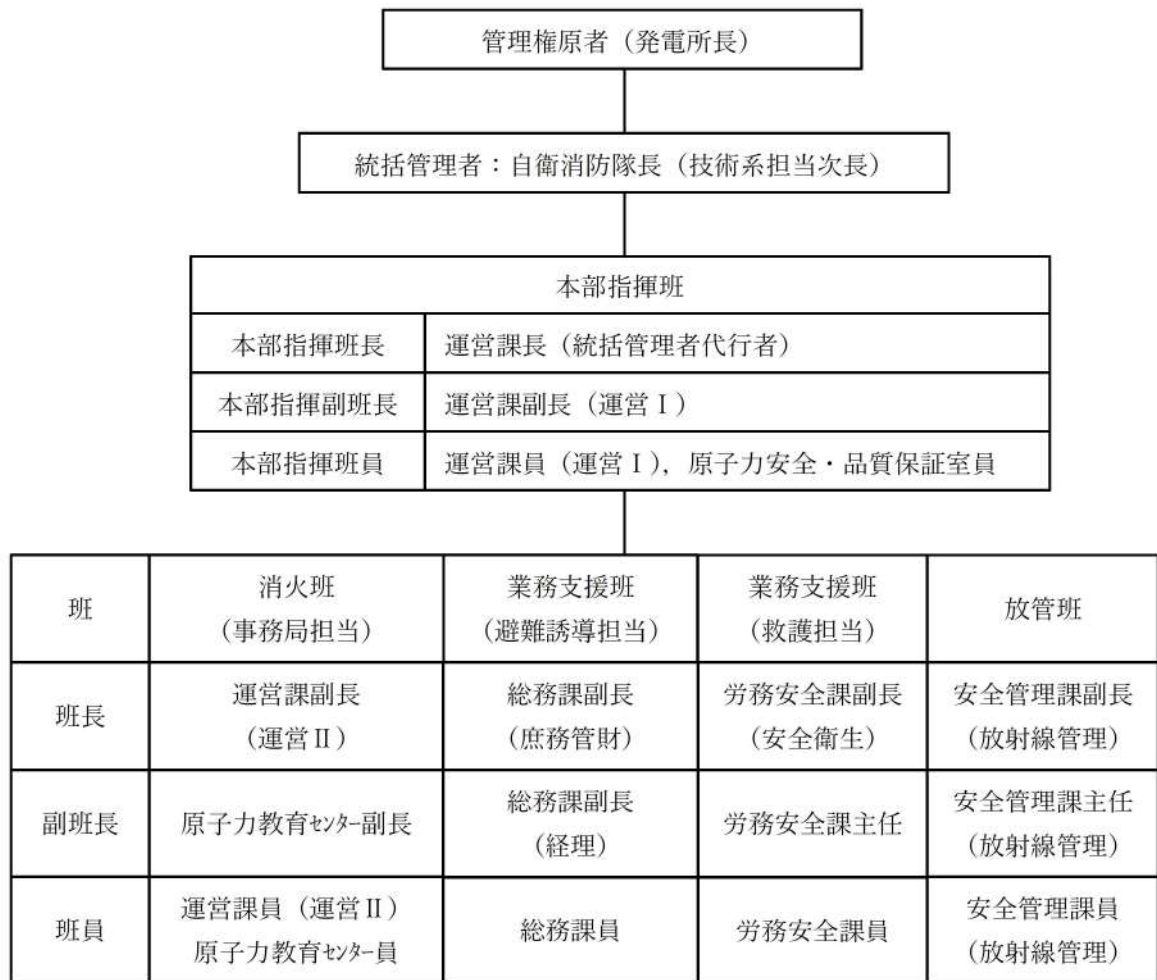


- 全域ガス消火設備の耐震性は、消火対象機器の耐震性に応じて設定する。
- 系統分離対応の自動消火設備は、消火困難対応の消火設備と共用する。

選択放出方式

第 10.5.3 図 系統分離に応じた独立性を考慮した消火設備概要

【別添 1-資料 1(2.1.2.1)】



第 10.5.4 図 自衛消防隊体制図

別添 1

泊発電所 3号炉

火災防護について

目次

1. 泊発電所 3号炉の設計基準対象施設における火災防護に係る基準規則等への適合性について
2. 泊発電所 3号炉における原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な機器の選定について
3. 泊発電所 3号炉における火災区域、区画の設定について
4. 泊発電所 3号炉における安全機能を有する機器に使用するケーブルの難燃性について
5. 泊発電所 3号炉における原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器が設置される火災区域又は火災区画の火災感知設備について
6. 泊発電所 3号炉における原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器が設置される火災区域又は火災区画の消火設備について
7. 泊発電所 3号炉における火災防護対象機器等の系統分離について
8. 泊発電所 3号炉における原子炉格納容器内の火災防護について
9. 泊発電所 3号炉における放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器の火災防護対策について
10. 泊発電所 3号炉における内部火災影響評価について

泊発電所 3号炉の
設計基準対象施設における火災防護に係る
基準規則等への適合性について

<目次>

1. 概要
2. 火災防護に係る審査基準の要求事項について
 - 2.1. 基本事項
 - 2.1.1. 火災発生防止
 - 2.1.1.1. 発電用原子炉施設内の火災発生防止
 - 2.1.1.2. 不燃性・難燃性材料の使用
 - 2.1.1.3. 自然現象による火災発生の防止
 - 2.1.2. 火災の感知, 消火
 - 2.1.2.1. 早期の火災感知及び消火
 - 2.1.2.2. 地震等の自然現象への対策
 - 2.1.2.3. 消火設備の破損, 誤動作又は誤操作への対策
 - 2.1.3. 火災の影響軽減
 - 2.1.3.1. 系統分離による影響軽減
 - 2.1.3.2. 火災影響評価
 - 2.2. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項
 - 2.3. 火災防護計画について

添付資料 1 泊発電所 3号炉における漏えいした潤滑油又は燃料油の拡大防止対策について

添付資料 2 泊発電所 3号炉における難燃ケーブルの使用について

添付資料 3 泊発電所 3号炉における不燃性又は難燃性の換気フィルタの使用状況について

添付資料 4 泊発電所 3号炉における保温材の使用状況について

添付資料 5 泊発電所 3号炉における建屋内装材の不燃性について

添付資料 6 泊発電所 3号炉における消火用非常照明器具の配置図

添付資料 7 泊発電所 3号炉における中央制御室の排煙設備について

添付資料 8 泊発電所 3号炉における新燃料貯蔵庫未臨界性評価について

参考資料 1 泊発電所 3号炉における潤滑油及び燃料油の引火点, 室内温度及び機器運転時の温度について

参考資料 2 泊発電所 3号炉における重要度の特に高い安全機能を有する系統の火災防護

参考資料 3 泊発電所 3号炉における水密扉の止水機能に対する火災影響について

参考資料 4 泊発電所 3号炉における配管フランジパッキンの火災影響について

参考資料 5 泊発電所 3号炉における火災感知設備及び消火設備に関する自然現象の考慮について

参考資料 6 泊発電所 3号炉における気体廃棄物処理設備の防爆対策について

参考資料 7 泊発電所 3号炉における避雷設備の設置について

泊発電所 3号炉の
設計基準対象施設における火災防護に係る
基準規則等への適合性について

1. 概要

「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（以下「設置許可基準規則」という。）」第八条では，設計基準対象施設に関する火災による損傷防止について，以下のとおり要求されている。

(火災による損傷の防止)

第八条 設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性が損なわれないよう、火災の発生を防止することができ、かつ、早期に火災発生を感知する設備（以下「火災感知設備」という。）及び消火を行う設備（以下「消火設備」といい、安全施設に属するものに限る。）並びに火災の影響を軽減する機能を有するものでなければならない。

2 消火設備（安全施設に属するものに限る。）は、破損、誤作動又は誤操作が起きた場合においても発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものでなければならない。

設置許可基準規則第八条の解釈には，以下のとおり，「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準（以下「火災防護に係る審査基準」という。）に適合することが要求されている。

第 8 条（火災による損傷の防止）

1 第 8 条については、設計基準において発生する火災により、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、設計基準対象施設に対して必要な機能（火災の発生防止、感知及び消火並びに火災による影響の軽減）を有することを求めている。

また、上記の「発電用原子炉施設の安全性が損なわれない」とは、安全施設が安全機能を損なわないことを求めている。

したがって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれがある火災に対して、発電用原子炉施設に対して必要な措置が求められる。

- 2 第8条について、別途定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」(原規技発第1306195号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定))に適合するものであること。
- 3 第2項の規定について、消火設備の破損、誤作動又は誤操作が起きた場合のほか、火災感知設備の破損、誤作動又は誤操作が起きたことにより消火設備が作動した場合においても、発電用原子炉を安全に停止させるための機能を損なわないものであること。

泊発電所3号炉における設計基準対象施設は、火災により発電用原子炉施設の安全性を損なうことのないよう、火災防護対策を講じる設計とする。

火災防護対策を講じる設計を行うに当たり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域及び火災区画に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する区域を火災区域に設定する。設定する火災区域及び火災区画に対して、火災の発生防止、火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる設計とする。

以下では、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持する機能並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域及び火災区画に対して講じる内部火災防護対策が、火災防護に係る審査基準に適合していることを示す。

なお、原子炉格納容器内の火災防護対策については、資料8に示す。

2. 火災防護に係る審査基準の要求事項について

火災防護に係る審査基準では、火災の発生防止、火災の感知及び消火設備の設置並びに火災の影響軽減対策をそれぞれ要求している。

2.1. 基本事項

[要求事項]

(1) 原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づいて、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じること。

- ① 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域及び火災区画
- ② 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域

(参考)

審査に当たっては、本基準中にある（参考）に示す事項について確認すること。また、上記事項に記載されていないものについては、JEAC4626-2010 及び JEAG4607-2010 を参照すること。

なお、本基準の要求事項の中には、基本設計の段階においてそれが満足されているか否かを確認することができないものもあるが、その点については詳細設計の段階及び運転管理の段階において確認する必要がある。

発電用原子炉施設内の火災区域及び火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、以下に示す火災区域及び火災区画の分類に基づき、火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

なお、火災防護に関する新たな知見が今後得られた場合には、これらの知見も反映した火災防護対策に取り組んでいくこととする。

(1) 安全機能を有する構築物，系統及び機器

発電用原子炉施設は，火災によりその安全性が損なわれないように，適切な火災防護対策を講じる設計とする。火災防護対策を講じる対象として重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能を期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器を設定する。

その上で，上記構築物，系統及び機器の中から原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するための構築物，系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物，系統及び機器を抽出し，火災の発生防止，火災の感知及び消火並びに火災の影響軽減のそれぞれを考慮した火災防護対策を講じる。

その他の設計基準対象施設は，消防法，建築基準法，日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を講じる設計とする。

(2) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器

設計基準対象施設のうち，重要度分類に基づき，発電用原子炉施設において火災が発生した場合に，原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な以下の機能を確保するための構築物，系統及び機器を「原子炉の高温停止及び低温停止を達成し，維持するために必要な構築物，系統及び機器」として選定する。

- ① 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- ② 過剰反応度の印加防止機能
- ③ 炉心形状の維持機能
- ④ 原子炉の緊急停止機能
- ⑤ 未臨界維持機能
- ⑥ 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- ⑦ 原子炉停止後の除熱機能
- ⑧ 炉心冷却機能
- ⑨ 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- ⑩ 安全上特に重要な関連機能
- ⑪ 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- ⑫ 事故時のプラント状態の把握機能
- ⑬ 異常状態の緩和機能
- ⑭ 制御室外からの安全停止機能

(資料2)

(3) 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器

設計基準対象施設のうち、重要度分類に基づき、発電用原子炉施設において火災が発生した場合に、放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を確保するために必要な以下の構築物、系統及び機器を、「放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器」として選定する。

- ① 放射性物質の閉じ込め機能、放射線の遮蔽及び放出低減機能
- ② 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能
- ③ 燃料プール水の補給機能
- ④ 放射性物質放出の防止機能
- ⑤ 放射性物質の貯蔵機能

(資料9)

(4) 火災区域及び火災区画の設定

原子炉建屋、原子炉補助建屋、循環水ポンプ建屋、ディーゼル発電機建屋、固体廃棄物貯蔵庫、放射性廃棄物処理建屋及びベイラ室の火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域を、「(1) 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器の配置も考慮して設定する。

火災の影響軽減の対策が必要な、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間耐火に設計上必要なコンクリート壁厚である150mm以上の壁厚を有するコンクリート壁又は火災耐久試験により3時間以上の耐火能力を有することを確認した耐火壁（貫通部シール、防火扉、防火ダンパ）により隣接する他の区域と分離するよう設定する。

屋外の火災区域は、他の区域と分離して火災防護対策を実施するために、「(1) 安全機能を有する構築物、系統及び機器」において選定する機器を設置する区域を、火災区域として設定する。

また、火災区画は、建屋内及び屋外で設定した火災区域を系統分離、機器の配置状況に応じて分割して設定する。

(資料3)

(5) 火災防護計画

発電用原子炉施設全体を対象とした火災防護対策を実施するため、火災防護計画を策定する。火災防護計画には、計画を遂行するための体制、責任の所在、責任者の権限、体制の運営管理、必要な要員の確保及び教育訓練、火災発生防止のための活動、火災防護設備の保守点検及び火災情報の共有等、火災防護を適切に実施するための対策並びに火災発生時の対応等、火災防護対策を実施するために必要な手順等について定めるとともに、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器については、火災の発生防止、火災の早期感知及び消火並びに火災の影響軽減の3つの深層防護の概念に基づき、必要な火災防護対策を行うことについて定める。重大事故等対処施設については、火災の発生防止、並びに火災の早期感知及び消火を行うことについて定める。その他の発電用原子炉施設については、消防法、建築基準法、日本電気協会電気技術規程・指針に基づき設備に応じた火災防護対策を行うことについて定める。

外部火災については、安全施設を外部火災から防護するための運用等について定める。

2.1.1. 火災発生防止

2.1.1.1. 発電用原子炉施設内の火災発生防止

[要求事項]

2.1.1 原子炉施設は火災の発生を防止するために以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

(1) 発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域は、以下の事項を考慮した、火災の発生防止対策を講じること。

① 漏えいの防止、拡大防止

発火性物質又は引火性物質の漏えいの防止対策、拡大防止対策を講じること。ただし、雰囲気の不活性化等により、火災が発生するおそれがない場合は、この限りでない。

② 配置上の考慮

発火性物質又は引火性物質の火災によって、原子炉施設の安全機能を損なうことがないように配置すること。

③ 換気

換気ができる設計であること。

④ 防爆

防爆型の電気・計装品を使用するとともに、必要な電気設備に接地を施すこと。

⑤ 貯蔵

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域における発火性物質又は引火性物質の貯蔵は、運転に必要な量にとどめること。

(2) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれがある火災区域には、滞留する蒸気又は微粉を屋外の高所に排出する設備を設けるとともに、電気・計装品は防爆型とすること。また、着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を設置する場合には、静電気を除去する装置を設けること。

(3) 火花を発生する設備や高温の設備等発火源となる設備を設置しないこと。ただし、災害の発生を防止する附帯設備を設けた場合は、この限りでない。

(4) 火災区域内で水素が漏えいしても、水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように、水素を排気できる換気設備を設置すること。また、水素が漏えいするおそれのある場所には、その漏えいを検出して中央制御室にその警報を発すること。

(5) 放射線分解等により発生し、蓄積した水素の急速な燃焼によって、原子炉の安全性を損なうおそれがある場合には、水素の蓄積を防止する措置を講じること。

(6) 電気系統は、地絡、短絡等に起因する過電流による過熱防止のため、保護継電器と遮断器の組合せ等により故障回路の早期遮断を行い、過熱、焼損の防止する設計であること。

(参考)

(1) 発火性又は引火性物質について

発火性又は引火性物質としては、例えば、消防法で定められる危険物、高圧ガス保安法で定められる高圧ガスのうち可燃性のもの等が挙げられ、発火性又は引火性気体、発火性又は引火性液体、発火性又は引火性固体が含まれる。

(5) 放射線分解に伴う水素の対策について

BWR の具体的な水素対策については、社団法人火力原子力発電技術協会「BWR 配管における混合ガス(水素・酸素)蓄積防止に関するガイドライン (平成 17 年 10 月)」に基づいたものとなっていること。

発電用原子炉施設内の火災の発生防止については、発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域又は火災区画に対する火災の発生防止対策を講じるほか、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉に対する対策、発火源への対策、水素に対する換気及び漏えい検知対策、放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策、並びに電気系統の過電流による過熱及び焼損の防止対策等を講じる設計とする。

(1) 発火性又は引火性物質

発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域には、以下の火災発生防止対策を講じる設計とする。

ここでいう発火性又は引火性物質としては、消防法で定められている危険物のうち「潤滑油」及び「燃料油」、並びに高圧ガス保安法で高圧ガスとして定められている水素、窒素、液化炭酸ガス、空調用冷媒等のうち、可燃性である「水素」を対象とする。

① 漏えいの防止，拡大防止

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域に対する漏えいの防止対策，拡大防止対策について以下に示す。

a. 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、溶接構造，シール構造の採用による漏えい防止対策を講じる設計とするとともに、堰等を設置し、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。なお、機器の軸受には潤滑油が供給されており過熱することはない。万一軸受が損傷した場合には、当該設備は過負荷等によりトリップするため軸受は異常加熱しないこと、オイルシー

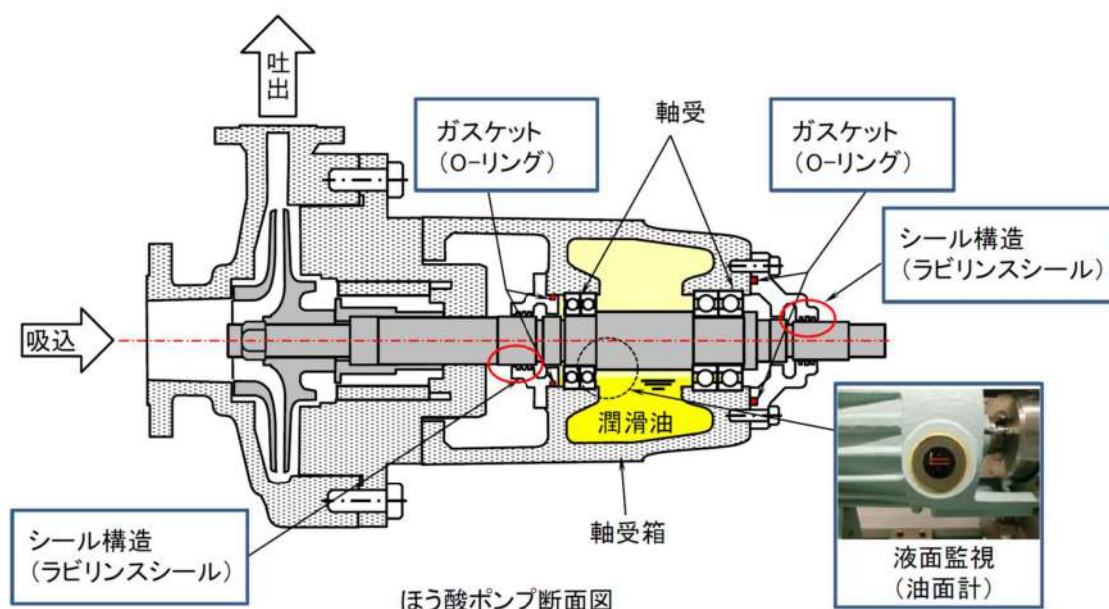
ルにより潤滑油はシールされていることから、潤滑油が漏えいして発火するおそれはない。(第 1-1 表, 第 1-1 図～1-2 図)

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備に対する拡大防止対策を添付資料 1 に示す。

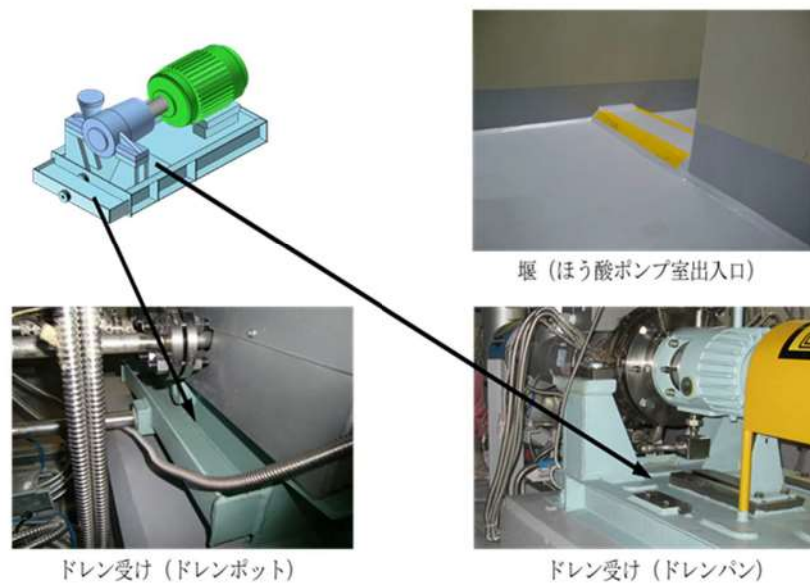
以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備については、漏えい防止対策を講じているとともに、添付資料 1 に示すとおり拡大防止対策を講じていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えられる。

第 1-1 表：火災区域内の発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の漏えい防止，拡大防止対策

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備のある火災区域	漏えい防止，拡大防止対策
原子炉建屋	ドレンパン，ドレンポット，堰
原子炉補助建屋	ドレンパン，ドレンポット，堰
ディーゼル発電機建屋	ドレンパン，ドレンポット，堰
循環水ポンプ建屋	ドレンパン，ドレンポット，堰
放射性廃棄物処理建屋	ドレンパン，ドレンポット，堰
ベイラ室	堰



第 1-1 図：溶接構造，シール構造による漏えい防止対策概要図



第 1-2 図：漏えいの拡大防止対策概要図

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は、以下に示す溶接構造等による水素の漏えいを防止する設計とする。

なお、充電時に水素が発生する蓄電池については、機械換気を行うとともに、蓄電池設置場所の扉を通常閉運用とすることにより、水素の拡大を防止する設計とする。また、これ以外の発火性又は引火性物質である水素を内包する設備についても、「③換気」に示すとおり、機械換気を行うことによって水素の拡大を防止する設計とする。

(a) 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備の配管等は雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造とし、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮しベローズ弁等を用いた構造とする。(第 1-3 図)

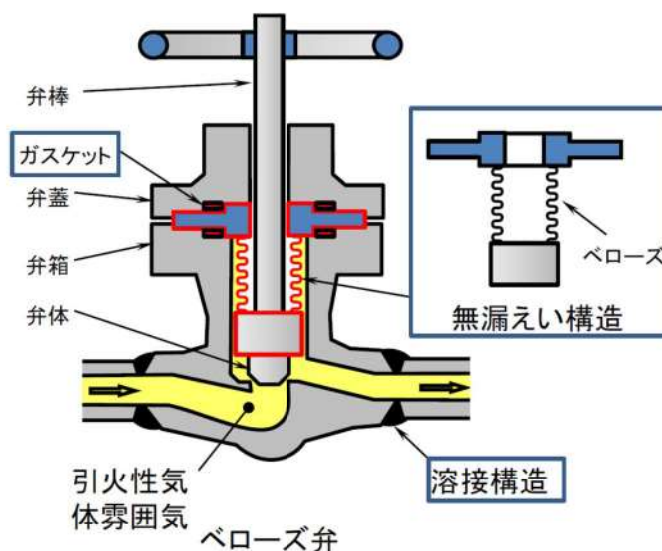
(b) 体積制御タンク及びこれに関連する配管，弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管，弁は雰囲気への水素の漏えいを考慮した溶接構造を基本とし、弁グランド部から雰囲気への水素漏えいの可能性のある弁は、雰囲気への水素の漏えいを考慮しベローズ弁や金属ダイヤフラムを用いる設計とする。

(c) 水素混合ガスボンベ

自動ガス分析器の校正に用いる水素混合ガスボンベは、通常時は火災区域外に保管し、ボンベ使用時に作業員が持ち込みを行う運用とするよう設計する。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備については、漏えい防止対策を講じているとともに、「③換気」に示すとおり拡大防止対策を講じていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 1-3 図：ベローズ弁断面概要図

② 配置上の考慮

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、該当する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域に対する配置上の考慮について以下に示す。

a. 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構造物、系統及び機器は、壁等の設置及び離隔による配置上の考慮を行う設計とする。発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備の配置状況を資料 3 の添付資料 2 に示す。

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備の火災により、発電用原子炉施設の安全機能を損なわないよう、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備と発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、壁等の設置による配置上の考慮を行う設計とする。発火性又は引火性物質である水素を内包する設備の配置状況を資料3の添付資料2に示す。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備及び発火性又は引火性物質である水素を内包する設備については、多重化された発電用原子炉施設の安全機能がすべて損なわれないよう配置上の考慮がなされていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

③ 換気

本要求は、「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区域」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域又は火災区画に対する設備の換気について以下に示す。

a. 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備を設置する火災区域を有する建屋等は、火災の発生を防止するために、補助建屋給気ファン、補助建屋排気ファン等の換気空調設備による機械換気を行う設計とする。

また、屋外開放の火災区域（ディーゼル発電機燃料油貯油槽）及び循環水ポンプ建屋については自然換気を行う設計とする。各発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備に対する換気設備を添付資料1に示す。

添付資料1において、安全機能を有する構築物、系統及び機器（詳細は資料2参照）は耐震Sクラスで設計すること、かつ2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」に示すように漏えい防止対策を実施するため基準地震動によっても油が漏えいするおそれはないこと、潤滑油を内包する設備については、万一、機器故障によって油が漏えいしても引火点が十分高く火災が発生するおそれは小さいことから、これらの機器を設置する場所の換気空調設備の耐震性は、基準地震動に対して機能を維持（以下「Ss 機能維持」という。）する設計とはしない。

なお、安全機能を有し、軽油を内包するディーゼル発電機、ディーゼル発電機燃料油サービスタンクについては、これらを設置する場所の環境温度を維持するため、換気空調設備については非常用電源より給電する設計とするとともに、火災防護対象機器として耐震Cクラスの設計とする。

以上より、火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備については、機械換気ができる設計とすること、潤滑油内包機器の換気空調設備

については機能が喪失しても安全機能に影響を及ぼすおそれは小さいこと、軽油内包機器の換気設備については非常用電源より給電するとともに防護対象機器と同等の耐震性を確保していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備である蓄電池、気体廃棄物処理設備、体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁並びに水素混合ガスポンペを設置する火災区域又は火災区画は、火災の発生を防止するために、以下に示すとおり、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については非常用電源から供給される給気ファン及び排気ファン、それ以外の火災区域又は火災区画については常用電源から供給される給気ファン及び排気ファンによる機械換気を行う設計とする。(第1-2表)

(a) 蓄電池

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する(2.2(3)参照)。

蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、非常用電源から給電される給気ファン及び排気ファンによる機械換気を行う設計とするとともに、耐震C(Ss)クラス設計としている。

(b) 気体廃棄物処理設備

気体廃棄物処理設備を設置する火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

(c) 体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁

体積制御タンク及びこれに関連する配管、弁を設置する火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

(d) 水素混合ガスポンペ

自動ガス分析器校正用水素混合ガスポンペを作業時のみ持ち込み校正作業を行う火災区域又は火災区画は、常用電源から給電される補助建屋給気ファン及び補助建屋排気ファンによる機械換気を行うことによって、水素濃度を燃焼限界濃度以下とするよう設計する。

第 1-2 表：水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画の換気設備

水素を内包する設備		換気空調設備		
設備	耐震クラス	設備	供給電源	耐震クラス
体積制御タンクまわり	B	・補助建屋給気ファン ・補助建屋排気ファン	常用	B
気体廃棄物処理設備まわり	B	・補助建屋給気ファン ・補助建屋排気ファン	常用	B
蓄電池室	S	・安全補機開閉器室給気ファン ・蓄電池室排気ファン	非常用	C (Ss)
自動ガス分析器校正用水素混合ガスボンベ使用箇所		・補助建屋給気ファン ・補助建屋排気ファン	常用	B

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画の給気ファン及び排気ファンは多重化されているため、動的機器の単一故障を想定しても換気は可能である。

気体廃棄物処理設備，体積制御タンク及びこれに関連する配管，弁並びに水素混合ガスボンベは 2.1.1.1(1)①「漏えいの防止，拡大防止」に示すように水素の漏えい防止，拡大防止対策を実施している。

水素混合ガスボンベについて，自動ガス分析器校正用水素混合ガスボンベはボンベ内の水素濃度を燃焼限界濃度である 4vol%程度とする。加えて，常時は火災区域外に保管し，ボンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とする。さらに，校正の際にはボンベを固縛すること，ボンベ接続後に元弁を開操作する際は，作業員は携帯型水素濃度計によって水素漏えいの有無を測定することとし，水素が漏えいした場合でも速やかに元弁を閉操作し漏えいを停止することができるとともに，作業終了時や漏えい確認時には速やかに元弁を閉操作することを手順に定める。

なお，校正作業において，安全機能への影響を限定するため水素の使用は必要最低限の約 1 時間とし，作業場所は安全機能を有する設備の配置を考慮し，校正作業は原子炉建屋内で行う設計とする。

以上より，火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備については，機械換気ができる設計としていること，蓄電池室の換気空調設備については非常用電源より給電するとともに防護対象機器と同等の耐震性を確保していること，その他の発火性又は引火性物質である水素を内包する設備の換気設備については機能が喪失しても安全機能に影響を及ぼすおそれは小さいことから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

④ 防爆

本要求は，「発火性又は引火性物質を内包する設備及びこれらの設備を設置する火災区

域」に対して要求していることから、爆発性の雰囲気形成のおそれのある設備を設置する火災区域に対する防護対策について以下に示す。

a. 発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、2.1.1.1.(1)①「漏えいの防止，拡大防止」で示したように、溶接構造，シール構造の採用により潤滑油又は燃料油の漏えい防止対策を講じる設計とするとともに、万一、漏えいした場合を考慮し、堰等を設置し、漏えいした潤滑油又は燃料油が拡大することを防止する設計とする。

なお、潤滑油又は燃料油が設備の外部へ漏えいしても、引火点は潤滑油及び燃料油を内包する設備を設置する室内温度よりも十分高く、機器運転時の温度よりも高いため、可燃性蒸気となることはない。引火点等の確認結果を参考資料1に示す。また、燃料油である軽油を内包する設備について、軽油が設備の外部へ漏えいし、万一、可燃性の蒸気が発生した場合であっても、軽油を内包する設備を設置する火災区域は、非常用電源から供給する耐震Cクラスの換気設備で換気する設計とすることから、可燃性蒸気が滞留するおそれはない。

したがって、潤滑油又は燃料油が爆発性の雰囲気形成のおそれはない。

b. 発火性又は引火性物質である水素を内包する設備

火災区域内に設置する発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は、2.1.1.1.(1)①「漏えいの防止，拡大防止」で示したように、溶接構造等の採用により水素の漏えいを防止する。また、2.1.1.1.(1)③「換気」で示したように機械換気を行う設計とするとともに、水素混合ガスボンベについては使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とする。

したがって、「電気設備に関する技術基準を定める省令」第六十九条及び「工場電気設備防爆指針」で要求される爆発性雰囲気とならないため、当該の設備を設ける火災区域又は火災区画に設置する電気・計装品を防爆型とせず、防爆を目的とした電気設備の接地も必要としない設計とする。

なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条，第十一条に基づく接地を施す。

以上より、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備及び発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は、爆発性雰囲気とならず、防爆型の電気・計装品を使用する必要はない。

⑤ 貯蔵

本要求は、「安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する火災区域における発火性

又は引火性物質の貯蔵」に対して要求していることから、該当する火災区域に設置される発火性又は引火性物質を内包する貯蔵機器について以下に示す。

貯蔵機器とは、供給設備へ補給するために設置する機器のことであり、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内の、発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油の貯蔵機器としては、ディーゼル発電設備の燃料油サービスタンク及びディーゼル発電機燃料油貯油槽がある。

燃料油サービスタンクについては、タンクの容量（13kL）に対して、貯蔵量が約1.3kL～約12.95kLとなるよう管理し、運転上必要な量のみ貯蔵する設計とする。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、容量（1系列につき292kL）に対して、ディーゼル発電機1台を7日間連続運転するために必要な量（約270kL）を考慮して管理値を定め、運転上必要な量のみ貯蔵する設計とする。

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域内の、発火性又は引火性物質である水素の貯蔵機器としては、自動ガス分析器の校正に用いる水素混合ガスボンベがあるが、ボンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とすることで、火災区域内に水素の貯蔵機器は設置しない設計とする。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域における発火性又は引火性物質を貯蔵する機器については、運転に必要な量にとどめて貯蔵することとしていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

（2）可燃性の蒸気又は微粉の対策

本要求は、「可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれがある火災区域における可燃性の蒸気、可燃性の微粉及び着火源となる静電気」に対して要求していることから、該当する設備を設置する火災区域に対する可燃性の蒸気又は可燃性の微粉への対策を以下に示す。

発火性又は引火性物質である潤滑油又は燃料油を内包する設備は、2.1.1.1(1)④「防爆」に示すとおり、可燃性の蒸気が発生するおそれはない。

また、火災区域には、「工場電気設備防爆指針」に記載される「可燃性粉じん(石炭のように空気中の酸素と発熱反応を起こし爆発する粉じん)」や「爆発性粉じん(金属粉じんのよう空気中の酸素が少ない雰囲気又は二酸化炭素中でも着火し、浮遊状態では激しい爆発を生じる粉じん)」のような「可燃性の微粉を発生する設備」を設置しない設計とする。

さらに、火災区域において有機溶剤を使用する場合は必要量以上持ち込まない運用とするとともに、可燃性の蒸気が滞留するおそれがある場合は、使用する作業場所において、換気、通風、拡散の措置を行うとともに、建屋の給気ファン及び排気ファンによる機械換気により滞留を防止する設計とする。

したがって、火災区域には可燃性の蒸気又は微粉を高所に排出するための設備を設置する必要はなく、電気・計装品を防爆型とする必要はない。

なお、電気設備の必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施す。

また、火災区域には金属粉や布による研磨機のように静電気が溜まるおそれがある設備を設置しない設計とする。なお、火災区域内で電気設備が必要な箇所には、「原子力発電工作物に係る電気設備に関する技術基準を定める命令」第十条、第十一条に基づく接地を施しており、静電気が溜まるおそれはない。

以上より、可燃性の蒸気又は可燃性の微粉が滞留するおそれのある設備、及び着火源となるような静電気が溜まるおそれのある設備を火災区域に設置しないことから、火災防護に係る審査基準の要求事項は適用されないものとする。

(3) 発火源への対策

発電用原子炉施設には金属製の筐体内に収納する等の対策を行い、設備外部に出た火花が発火源となる設備を設置しない設計とする。

また、発電用原子炉施設には、高温となる設備があるが、通常時の内部流体温度が70℃を超える系統については保温材で覆うことにより、可燃性物質との接触防止や潤滑油等可燃物の過熱防止を行う設計とする。(第1-3表)

以上より、発電用原子炉施設には設備外部に火花を発生する設備を設置しないこと、高温となる設備に対しては発火源とならないよう対策を行うことから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第1-3表：高温となる設備と接触防止・過熱防止対策

高温となる設備	最高使用温度	過熱防止対策
1次冷却系機器, 配管	345℃	保温材設置
化学体積制御系機器, 配管	288℃	保温材設置
安全注入系機器, 配管	77℃	保温材設置
主蒸気系機器, 配管	180℃	保温材設置
主給水系配管	115℃	保温材設置
液体廃棄物処理系機器, 配管	77℃	保温材設置
試料採取系機器, 配管	345℃	保温材設置
蒸気発生器ブローダウン系機器, 配管	286℃	保温材設置
補助蒸気系機器, 配管	100℃	保温材設置
ディーゼル発電機冷却水系配管	95℃	保温材設置
ほう酸回収装置機器, 配管	107℃	保温材設置
廃液蒸発装置機器, 配管	130℃	保温材設置
洗浄廃水蒸発装置機器, 配管	130℃	保温材設置
セメント固化装置機器, 配管	164℃	保温材設置
制御用空気圧縮設備	180℃	保温材設置
廃ガス除湿装置	400℃	保温材設置

(4) 水素対策

本要求は、「水素が漏えいするおそれのある火災区域」について要求していることから、該当する設備を設置する火災区域又は火災区画に対する水素対策について以下に示す。

発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域については、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」に示すように、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備は溶接構造等とすることにより雰囲気への水素の漏えいを防止するとともに、2.1.1.1(1)③「換気」に示すように、機械換気を行うことにより水素濃度が燃焼限界濃度以下となるよう設計する。また、水素の漏えいを検知できるように水素濃度検出器等を設置する設計とする。

体積制御タンクを設置する火災区域は、通常運転中において体積制御タンクの気相部に水素を封入することを考慮して、水素濃度検出器を設置し、水素の燃焼限界濃度である 4vol% の 1/4 以下の濃度にて、中央制御室に警報を発する設計とする。

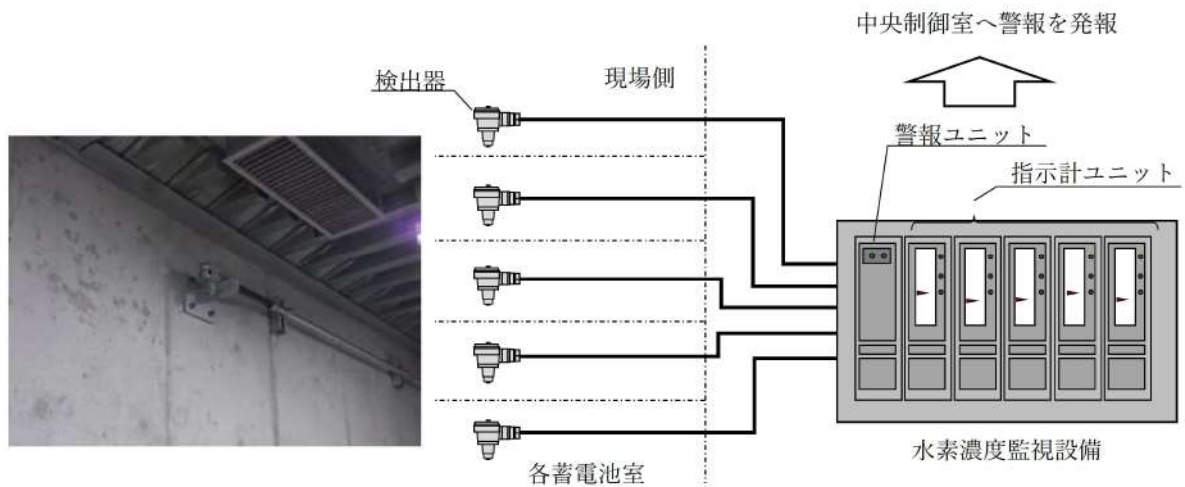
蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、充電時において蓄電池から水素が発生するおそれがあることから、当該区域に可燃物を持ち込まないこととする。また、蓄電池室の上部に水素濃度検出器を設置し、水素の燃焼限界濃度である 4vol% の 1/4 以下の濃度にて、中央制御室に警報を発報する設計とする。(第 1-4 図) なお、現場設置状況から天井部に直接検出器を設置することが困難な場合には、上方の空気を吸引する方式の検出器にて水素濃度を計測可能な設計とする。

一方、以下の設備については水素濃度検出器とは別の方法にて水素の漏えいを管理している。

気体廃棄物処理設備は、設備内の水素濃度に関係なく爆発性雰囲気を生成しない酸素濃度以下となるように設計するが、設備内の酸素濃度については酸素濃度計により中央制御室で常時監視ができる設計とし、酸素濃度が上昇した場合には中央制御室に警報を発する設計とする。

自動ガス分析器の校正に用いる水素混合ガスボンベを作業時のみ持ち込みを行う火災区域又は火災区画は、2.1.1.1(1)①「漏えいの防止、拡大防止」に示すように、ボンベ使用時のみ建屋内に持ち込みを行う運用とし、2.1.1.1(1)③「換気」に示すように水素濃度が燃焼限界濃度以下となるよう機械換気を行うことから、水素濃度検出器は設置しない。(第 1-4 表)

以上より、発火性又は引火性物質である水素を内包する設備を設置する火災区域又は火災区画は水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように機械換気を行うとともに、水素漏えいによって水素濃度が燃焼限界濃度以上となる可能性があるものについては、漏えいが発生した場合は中央制御室に警報を発報する設計としていることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 1-4 図：水素漏えい監視設備の概要

第 1-4 表：水素濃度検出器の設置状況

水素を内包する設備を設置する場所	水素検出方法	水素濃度検出器の設置個数
常用系蓄電池室	水素濃度検出器を設置	1 個
A-安全系蓄電池室	水素濃度検出器を設置	1 個
B-安全系蓄電池室	水素濃度検出器を設置	1 個
体積制御タンク室	水素濃度検出器を設置	1 個
体積制御タンクバルブエリア	水素濃度検出器を設置	1 個
自動ガス分析器の校正用水素混合ガスボンベ使用箇所	水素濃度検出器は設置しない。 (水素ボンベは火災区域外に保管していること、使用時にボンベの全量が漏えいしても設置場所の水素濃度は 0.4%未満)	

※：設置個数は「一般高圧ガス保安規則関係例示基準」を準用しバッテリーの設置面積から必要となる検出器数を詳細設計にて検討する。

(5) 放射線分解等により発生、蓄積する水素の蓄積防止対策

加圧器以外の 1 次冷却材系は高圧水の 1 相流とし、また、加圧器内も運転中は常に 1 次冷却材と蒸気を平衡状態とすることで、水素や酸素の濃度が高い状態で滞留、蓄積することを防止する設計とする。

蓄電池により発生する水素の蓄積防止対策としては、蓄電池を設置する火災区域又は火災区画は、2.1.1.1(4)「水素対策」に示すように、機械換気を行うことによって水素濃度が燃焼限界濃度以下となるように設計する。

以上より、放射線分解等により原子炉の安全性を損なうおそれがある場合は水素の蓄積防止対策を実施していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

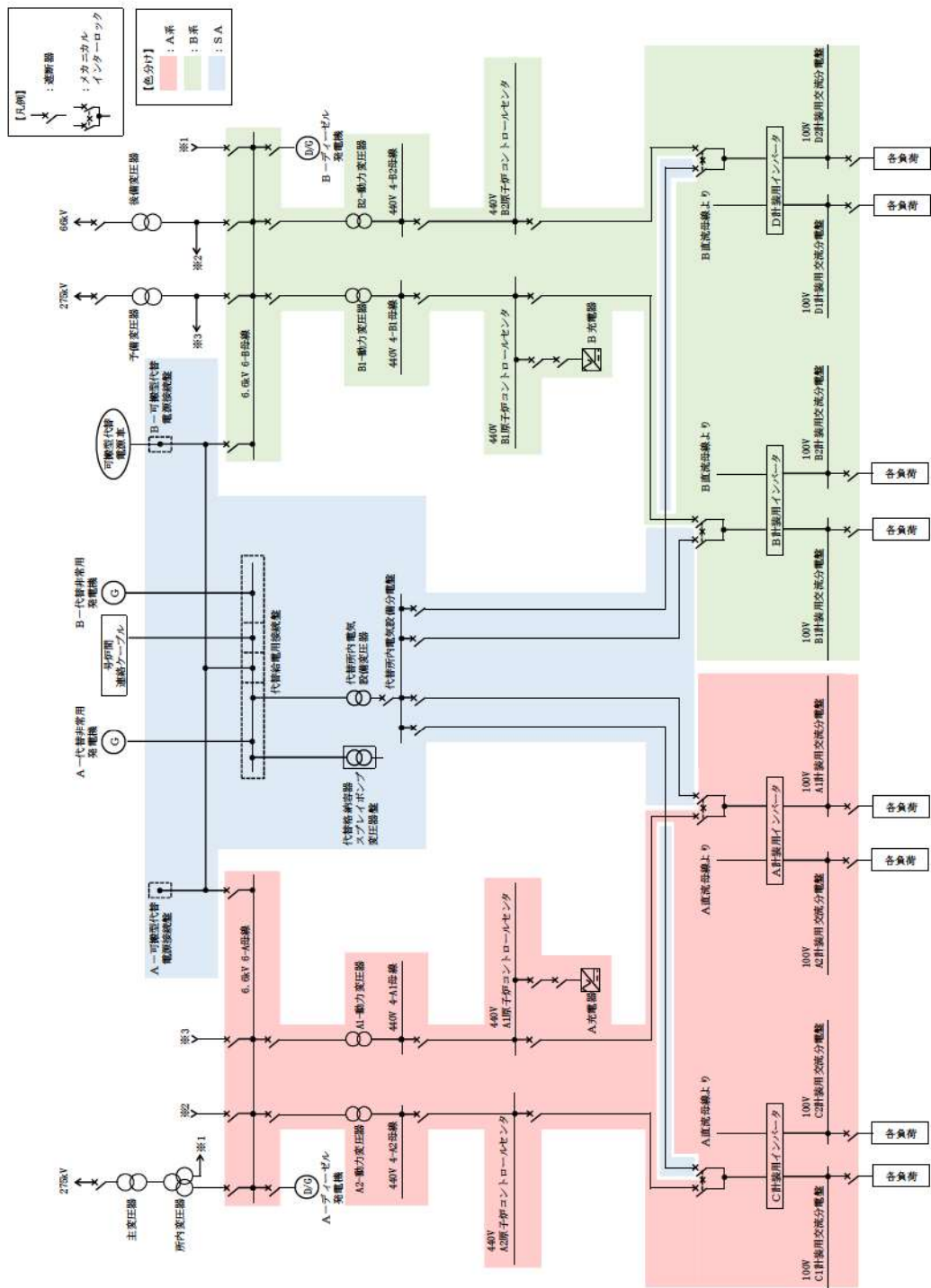
(6) 過電流による過熱防止対策

発電用原子炉施設内の電気系統の過電流による過熱の防止対策について以下に示す。

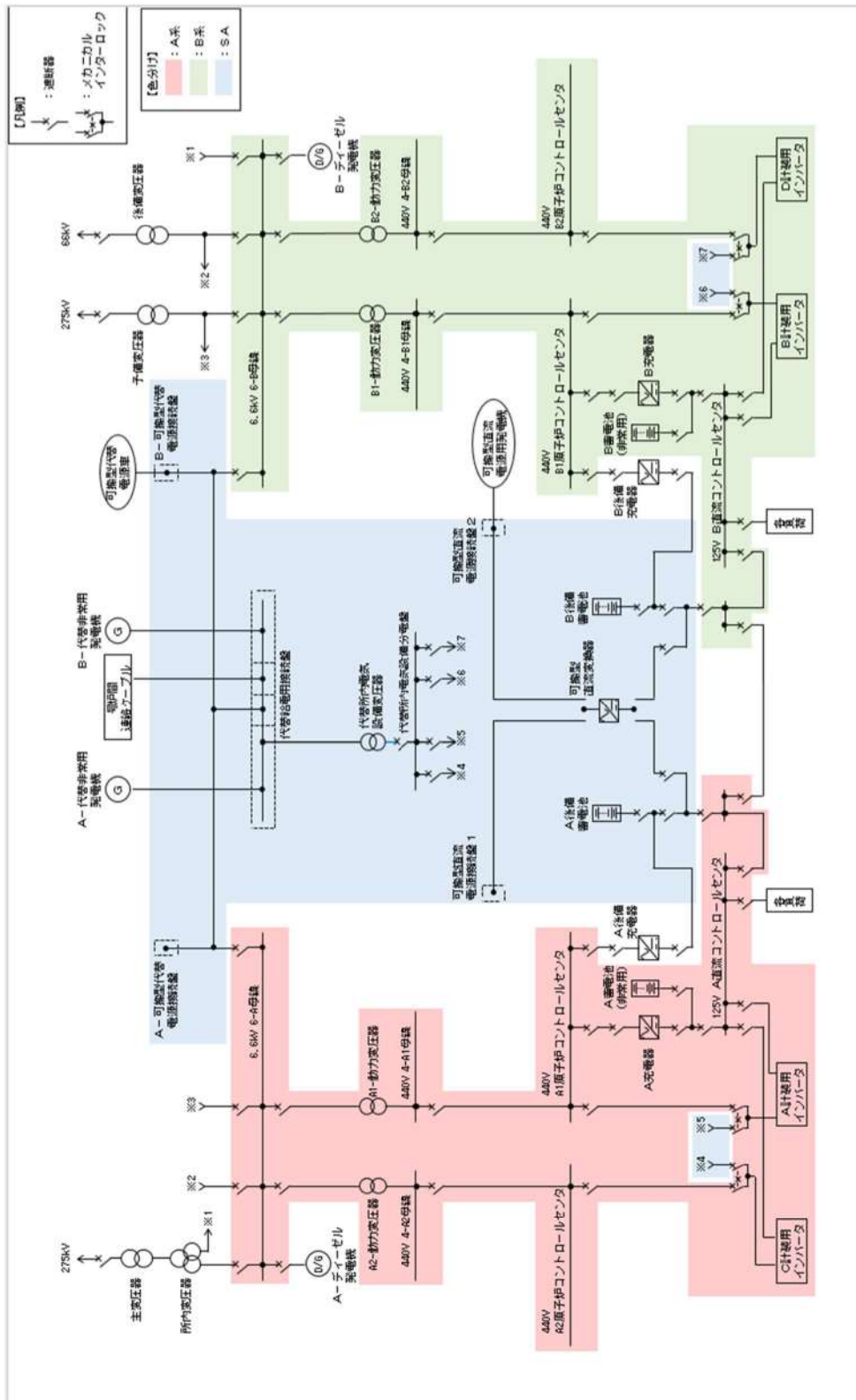
電気系統は、送電線への落雷等外部からの影響や地絡、短絡等に起因する過電流による過熱や焼損を防止するために、保護継電器、遮断器により、故障回路を、早期に遮断する設計とする。

次頁に、発電用原子炉施設内の系統及び機器に電源を供給する電気系統として、泊発電所3号炉の電気系統における保護継電器及び遮断器の設置例を示す。(第1-5図～1-6図)

以上より、発電用原子炉施設内の電気系統は過電流による過熱防止対策を実施していることから、火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。



第 1-5 図：電気系統保護継電器及び遮断器の設置例



第 1-6 図：直流電源系統保護継電器及び遮断器の設置例

2.1.1.2. 不燃性・難燃性材料の使用

【要求事項】

2.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下の各号に掲げるとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。ただし、当該構築物、系統及び機器の材料が、不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）である場合、もしくは、当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合は、この限りではない。

- (1) 機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体、及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は不燃性材料を使用すること。
- (2) 建屋内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用すること。
- (3) ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。
- (4) 換気設備のフィルタは、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、チャコールフィルタについては、この限りでない。
- (5) 保温材は金属、ロックウール又はグラスウール等、不燃性のものを使用すること。
- (6) 建屋内装材は、不燃性材料を使用すること。

(参考)

「当該構築物、系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合であって、当該構築物、系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物、系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置が講じられている場合」とは、ポンプ、弁等の駆動部の潤滑油、機器躯体内部に設置される電気配線、不燃材料の表面に塗布されるコーティング剤等、当該材料が発火した場合においても、他の構築物、系統又は機器において火災を生じさせるおそれが小さい場合をいう。

(3) 難燃ケーブルについて

使用するケーブルについて、「火災により着火し難く、著しい燃焼をせず、また、加熱源を除去した場合はその燃焼部が広がらない性質」を有していることが、延焼性及び自己消火性の実証試験により示されていること。

(実証試験の例)

- ・ 自己消火性の実証試験・・・UL 垂直燃焼試験
- ・ 延焼性の実証試験・・・IEEE383 または IEEE1202

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する不燃性材料及び難燃性材料の使用について（１）～（６）に示す。

ただし，不燃性材料又は難燃性材料が使用できない場合は以下のいずれかの設計とする。

- ・不燃性材料又は難燃性材料と同等以上の性能を有するもの（以下「代替材料」という。）を使用する設計とする。
- ・構築物，系統及び機器の機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難な場合には，当該構築物，系統及び機器における火災に起因して他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生することを防止するための措置を講じる設計とする。

（１）主要な構造材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，機器，配管，ダクト，トレイ，電線管，盤の筐体及びこれらの支持構造物の主要な構造材は，火災の発生防止及び当該設備の強度確保等を考慮し，ステンレス鋼，低合金鋼，炭素鋼等の金属材料，又はコンクリート等の不燃性材料を使用する設計とする。

（第 1-7 図）

また，内部溢水対策で使用している止水剤については，難燃性のものを使用する設計とする。水密扉の止水パッキンは，自己発火性がないこと，水密扉は常時閉運用であり扉外周部に設置されたパッキンは扉本体から押えつけられている状態であるため大半は外部に露出していないこと，水密扉は通行部であるため周囲に可燃性物質を内包する設備がないこと，当該構成材の量は微量であることから，他の構築物，系統又は機器に火災を生じさせるおそれは小さいものの，火災発生防止の観点から難燃性の止水パッキンを使用する設計とする。

ただし，配管のパッキン類は，その機能を確保するために必要な代替材料の使用が技術上困難であるが，金属で覆われた狭隘部に設置し直接火炎にさらされることはなく，これにより他の安全機能を有する構築物，系統及び機器において火災が発生するおそれはないことから不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。また，金属に覆われたポンプ，弁等の駆動部のグリス，及び金属に覆われた機器躯体内部に設置される電気配線は，発火した場合でも，他の安全機能を有する構築物，系統及び機器に延焼しないことから，不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用する設計とする。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち主要な構造材は不燃性材料を使用していること，これ以外の構築物，系統及び機器は基本的に不燃性材料又は難燃性材料を使用する設計としていること，一部，配管のパッキン類やポンプ，弁等の駆動部のグリス，及び盤内部に設置された電気配線は不燃性材料又は難燃性材料ではない材料を使用しているものがあるが，発火した場合でも他の安全機能を有する構築物，系統及び機器に延焼しないことを確認していることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えらる。



ポンプ，配管，支持構造物の例



ケーブルトレイ，電線管の例



電源盤の例

第 1-7 図：主要な構造材に対する不燃性材料の使用状況

(2) 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，屋内の変圧器及び遮断器は可燃性物質である絶縁油を内包していないものを使用する設計とする。(第 1-8 図)

以上より，安全機能を有する屋内の変圧器及び遮断器は，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

【変圧器】



動力変圧器 (パワーコントロールセンタ用)

種類：乾式自冷式

【遮断器】



メタクラ

種類：真空遮断器



パワーコントロールセンタ

種類：配線用遮断器

第 1-8 図：屋内の変圧器及び遮断器の例

(3) 難燃ケーブルの使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に使用するケーブルには，実証試験により自己消火性（UL 垂直燃焼試験）及び延焼性（IEEE383 垂直トレイ燃焼試験）を確認した難燃ケーブルを使用する設計とする。難燃ケーブルの使用状況を添付資料 2 に示す。

ただし，核計装用ケーブルは，微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり，耐ノイズ性を確保するために高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。放射線監視設備用ケーブルについても，放射線検出のためには微弱電流又は微弱パルスを扱う必要があり，核計装用ケーブルと同様に耐ノイズ性を確保するため，絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを使用することで高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用する設計とする。

これらのケーブルは，自己消火性を確認する UL 垂直燃焼試験は満足するが，耐延焼性を確認する IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の要求を満足することが困難である。

このため，核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルは，火災を想定した場合にも延焼が発生しないよう，チャンネルごとに専用電線管に収納するとともに，電線管の両端は，電線管外部からの酸素供給防止を目的とし，耐火性を有するシール材を処置する設計とする。

耐火性を有するシール材で処置した電線管内は外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であるため，核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルに火災が発生してもケーブルの燃焼に必要な酸素が不足し，燃焼の維持ができなくなるので，すぐに自己消火し，ケーブルは延焼しない。このため，チャンネルごとに専用電線管に収納し，耐火性を有するシール材により酸素の供給防止を講じた核計装用ケーブル及び放射線監視設備用ケーブルは，IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足するケーブルと同等以上の延焼防止性能を有する。

(資料 8)

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器に使用するケーブルについては，基本的に火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。一部の核計装用ケーブルは，難燃性が確認できないものがあるが，専用電線管への敷設，難燃性の耐熱シール材処置等によりケーブルの延焼を防止する対策を実施することから，十分な保安水準が確保されているものとする。

(4) 換気設備のフィルタに対する不燃性材料又は難燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，換気空調設備のフィルタは，チャコールフィルタを除き下表に示すとおり「JIS L 1091（繊維製品の燃焼性試験方法）」又は「JACA No. 11A（空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針（公益社団法人 日本空気清浄協会）」（試験概要については添付資料3）を満足する難燃性材料を使用する設計とする。（第1-5表，第1-9図）

難燃性の換気フィルタの使用状況を添付資料3に示す。

なお，下表に示す換気空調設備のフィルタはコンクリート製の室内又は金属製の構造物内に設置しており，フィルタ周辺には可燃物はなく，運用面での管理を実施することから火気作業等によりフィルタ火災が発生することはない。

運用管理の概要

換気設備のフィルタを設置している部屋は下記の運用とする。

- ①点検資機材の仮置き禁止エリアとする。
- ②他エリアの機器を当該エリアに持ち込み点検することを禁止する。
- ③火気取扱い禁止エリアとする。
- ④ただし，当該の部屋又は金属製の構造物の補修等で火気（溶接機）を使用する場合は，当該空調の系統隔離，近傍のフィルタを取り外し室外に搬出し火気養生を実施した上で火気作業を行う運用とする。換気設備のフィルタの廃棄においては下記の運用とする。
- ①チャコールフィルタは，廃棄物として処理を行うまでの間，金属製容器で収納し保管する。
- ②微粒子フィルタは，廃棄物として処理するまでの間，不燃シートに包んで保管する。

上記運用については，火災防護計画で定めるとともに，関連するマニュアルに反映することとする。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器のうち，チャコールフィルタを除く換気空調設備のフィルタは難燃性のフィルタを使用することとしていることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第 1-5 表：安全機能を有する構築物，系統及び機能のうち，換気空調設備のフィルタ

フィルタの種類(チャコールフィルタ以外)	材質	性能
平型フィルタ	ガラス繊維	難燃性
粗フィルタ	ガラス繊維	難燃性
微粒子フィルタ	ガラス繊維	難燃性



平型フィルタ



粗フィルタ

(微粒子フィルタも同様な形状)

第 1-9 図：換気空調設備のフィルタ

(5) 保温材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材は，ロックウール，ケイ酸カルシウム，金属等，平成 12 年建設省告示第 1400 号に定められたもの，又は建築基準法で不燃材料として定められたものを使用する設計とする。(第 1-6 表) 保温材の使用状況を添付資料 4 に示す。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材には不燃性材料を使用していることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

第 1-6 表：安全機能を有する構築物，系統及び機器に対する保温材

機器	保温材材質
配管	ロックウール けい酸カルシウム
弁、フランジ、サポート部	
機器類 (熱交換器、タンク、ポンプ)	金属
原子炉容器	金属

(6) 建屋内装材に対する不燃性材料の使用

安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する建屋の内装材は，石膏ボード等，建築基準法で不燃材料として認められたもの又はこれと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用する設計とする。

また，中央制御室のカーペットは，消防法施行規則第四条の三に基づき，第三者機関において防炎物品の試験を実施し，防炎性能を有することを確認した材料を使用する設計とする。

建屋内装材の使用状況を添付資料5に示す。

以上より，安全機能を有する構築物，系統及び機器を設置する建屋の内装材について，不燃性材料，これと同等の性能を有することを試験により確認した材料を使用していることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

2.1.1.3. 自然現象による火災発生の防止

【要求事項】

2.1.3 落雷、地震等の自然現象によって、原子炉施設内の構築物、系統及び機器に火災が発生しないように以下の各号に掲げる火災防護対策を講じた設計であること。

- (1) 落雷による火災の発生防止対策として、建屋等に避雷設備を設置すること。
- (2) 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに、自らが破壊又は倒壊することによる火災の発生を防止すること。なお、耐震設計については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の解釈（原規技発第 1306193 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））に従うこと。

泊発電所の安全を確保するうえで設計上考慮すべき自然現象としては、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無にかかわらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集した。これらの事象のうち、発電所及びその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間的余裕の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を抽出した。

これらの自然現象のうち、津波、森林火災及び竜巻（風（台風）含む）及び地滑りについては、それぞれの現象に対して、発電用原子炉施設の安全機能が損なわれないように防護することで、火災の発生防止を行う設計とする。

生物学的事象のうちネズミ等の小動物の影響については、侵入防止対策により影響を受けない設計とする。

凍結、降水、積雪、高潮及び生物学的事象のうちクラゲ等の海生生物の影響については、火災が発生する自然現象ではなく、火山の影響についても、火山から発電用原子炉施設に到達するまでに火山灰等が冷却されることを考慮すると、火災が発生する自然現象ではない。

洪水は、発電用原子炉施設の地形を考慮すると、発電用原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器に影響を与える可能性がないため、火災が発生するおそれはない。

したがって、落雷、地震について、これら現象によって火災が発生しないように、以下のとおり火災防護対策を講じる設計とする。

(1) 落雷による火災の発生防止

発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器は，落雷による火災発生を防止するため，地盤面から高さ 20m を超える建築物には，建築基準法に基づき「JIS A4201 建築物等の避雷設備（避雷針）（1992 年版）」又は「JIS A4201 建築物等の雷保護（2003 年版）」に準拠した避雷設備の設置及び接地網の敷設を行う設計とする。

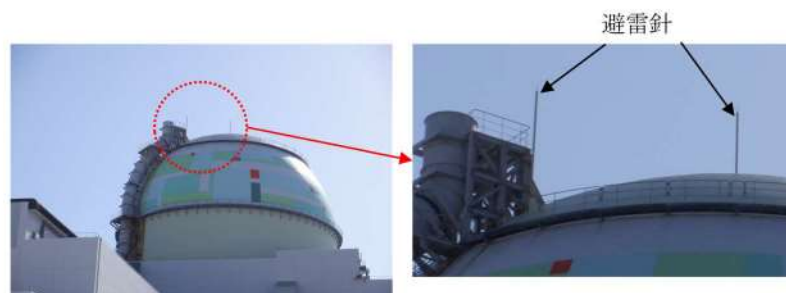
JIS A4201 は適用年で雷保護範囲の考え方が異なるが，「JIS A4201 建築物等の避雷設備（避雷針）（1992 年版）」の避雷設備としている建物は，屋根及び外壁を鉄筋コンクリート造とする耐火建築物であることから，落雷による建物そのものの火災の発生を防止する設計である。また，外壁に設けている鋼製建具は，その建屋内において接する可燃物が無いことから，落雷により鋼製建具が高温になったとしても，火災の発生を防止する設計である。

また，建屋内設備の雷サージ抑制対策として，「JEAG4608-2007 原子力発電所の耐雷指針」に基づき，電力設備及び計測制御設備へ保安装置（避雷器）の設置，絶縁変圧器の設置等により，建屋内に雷サージが侵入することを防止し，機器の焼損を防止する設計とする。

送電線については，架空地線を設置する設計とするとともに，「2.1.1.1.(6)過電流による過熱防止対策」に示すとおり，故障回路を早期に遮断する設計とする。

避雷設備設置例及び設置対象建屋等を第 1-10～1-11 図に示す。

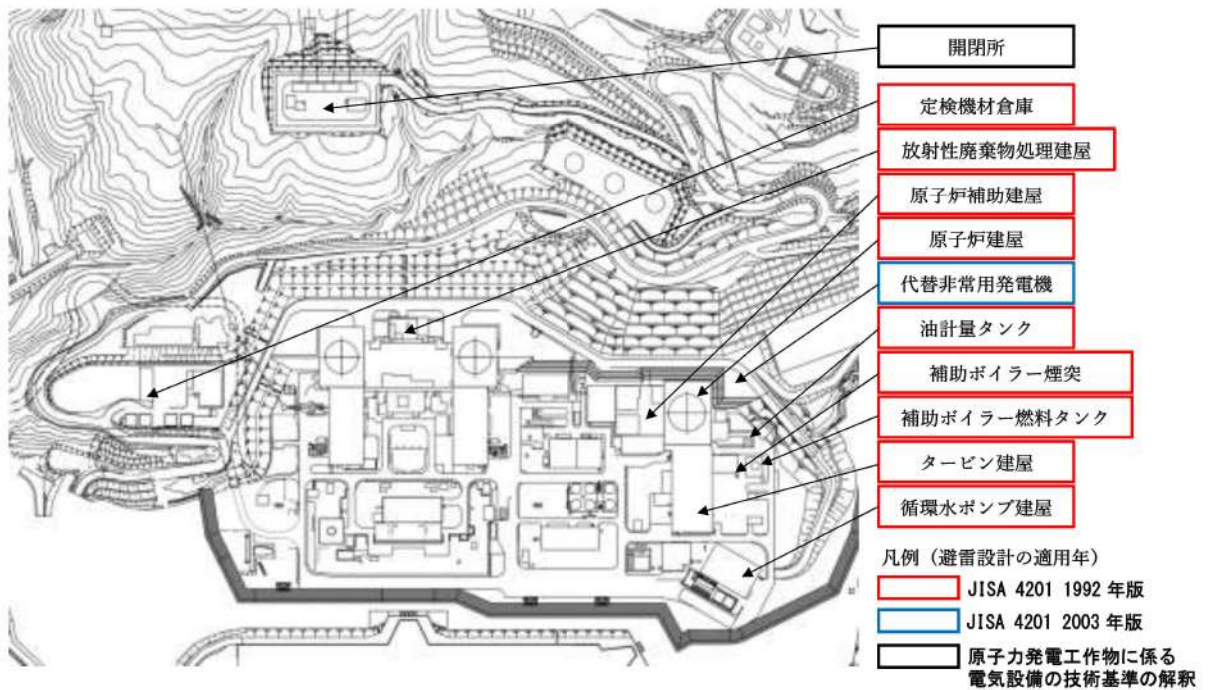
以上より，発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器は，落雷による火災の発生防止対策を実施する設計としていることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものと考えられる。



第 1-10 図：避雷設備の設置例（原子炉建屋）

避雷設備設置箇所

- ・原子炉建屋
- ・原子炉補助建屋
- ・タービン建屋
- ・循環水ポンプ建屋
- ・放射性廃棄物処理建屋
- ・補助ボイラー煙突
- ・油計量タンク
- ・補助ボイラー燃料タンク
- ・開閉所
- ・定検機材倉庫
- ・代替非常用発電機



第 1-11 図：避雷設備の設置対象建屋等

(2) 地震による火災の発生防止

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，耐震クラスに応じて十分な支持性能をもつ地盤に設置するとともに，「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」第四条に示す要求を満足するよう，「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の解釈」に従い耐震設計を行う設計とする。

以上より，発電用原子炉施設内の構築物，系統及び機器は，地震による火災の発生防止対策を実施する設計とすることから，火災防護に係る審査基準に適合しているものとする。

2.1.2. 火災の感知, 消火

2.1.2.1. 早期の火災感知及び消火

【要求事項】

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

(1) 火災感知設備

- ①各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等（感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。）をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。
- ②感知器については消防法施行規則（昭和36年自治省令第6号）第23条第4項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和56年自治省令第17号）第12条から第18条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。
- ③外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
- ④中央制御室等で適切に監視できる設計であること。

(参考)

(1) 火災感知設備について

早期に火災を感知し、かつ、誤作動（火災でないにもかかわらず火災信号を発すること）を防止するための方策がとられていること。

なお、感知の対象となる火災は、火炎を形成できない状態で燃焼が進行する無炎火災を含む。

(早期に火災を感知するための方策)

- ・ 固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等をそれぞれ設置することとは、例えば、熱感知器と煙感知器のような感知方式が異なる感知器の組合せや熱感知器と同等の機能を有する赤外線カメラと煙感知器のような組合せとなっていること。
- ・ 感知器の設置場所を1つずつ特定することにより火災の発生場所を特定することができる受信機を用いられていること。

(誤作動を防止するための方策)

- ・ 平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を用いられていること。感知器取付面の位置が高いこと等から点検が困難になるおそれがある場合は、自動試験機能又は遠隔試験機能により点検を行うことができる感知器が用いられていること。炎感知器又は熱感知器に代えて、赤外線感知機能等を備えた監視カメラシステムを用いても差し支えない。この場合、死角となる場所がないように当該システムが適切に設置されていること。

火災感知及び消火については、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、早期の火災感知及び消火を行うための火災感知設備及び消火設備を設置する設計とする。

(1) 火災感知設備

火災感知設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に感知できるよう設置する設計とする。

(資料5, 資料9)

火災感知器と受信機を含む火災受信機盤等で構成される火災感知設備は、以下を踏まえた設計とする。

①火災感知器の環境条件等の考慮

火災感知設備の火災感知器は、各火災区域又は火災区画における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や、炎が生じる前に発煙すること等、予想される火災の性質を考慮して火災感知器を設置する設計とする。これらの火災感知器は火災を感知した個々の感知器を特定して警報を発報する設計とする。

②固有の信号を発する異なる火災感知器の設置

火災感知設備の火災感知器は、上記①の環境条件等を考慮し、火災感知器を設置する火災区域又は火災区画の安全機能を有する構築物、系統及び機器の種類に応じ、火災を早期に感知し、誤作動を防止するために、固有の信号を発するアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器を組み合わせる設計とする。

非アナログ式の防爆型の煙感知器、非アナログ式の防爆型の熱感知器及び炎感知器の異なる感知方式の感知器も環境条件を考慮し、アナログ式も含めた組み合わせで設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、炎が発する赤外線又は紫外線を感知するため、炎が生

じた時点で感知することができ、火災の早期感知に優位性がある。ここで、アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ、火災現象（急激な温度や煙の濃度の上昇）を把握することができる」ものと定義し、非アナログ式とは「平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視することはできないが、火災現象を把握することができる」ものと定義する。

以下に、上記に示す火災感知器の組み合わせのうち特徴的な火災区域又は火災区画を示す。

○使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等は天井が高く、大空間となっているため、火災による熱が周囲に拡散することから、熱感知器による感知は困難である。このため、アナログ式の煙感知器と非アナログ式の炎感知器（赤外線）をそれぞれの監視範囲に火災の検知に影響を及ぼす死角がないように設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場合にのみ発報する）を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

○ディーゼル発電機室蓄熱室、放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリ室

ディーゼル発電機室蓄熱室、放射性廃棄物処理建屋給気室及び原子炉補助建屋外気取入ガラリ室は機器運転中の空気の流れにより火災時の煙が流出するおそれがあることから煙感知器による感知は困難である。このため、炎感知器（赤外線）と熱感知器を設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場合にのみ発報する）を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

一方、以下に示す火災区域又は火災区画には、環境条件等を考慮し、上記と異なる火災感知器を組み合わせる設計とする。

○ディーゼル発電機燃料油貯油槽（屋外の火災区域）

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、地下構造であり、また、引火性又は発火性の雰囲気形成するおそれのある場所であるため、万が一の軽油燃料の気化を考慮し、火災を早期

に感知できるよう、ディーゼル発電機燃料油貯油槽上部に非アナログ式の防爆型で、かつ固有の信号を発する異なる感知方式の煙感知器及び熱感知器を設置する。

○原子炉格納容器

原子炉格納容器は、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。

ただし、原子炉格納容器ループ室、加圧器室、再生熱交換器室及び炉内核計装用シンプル配管室のうち比較的線量の高い場所に設置する熱感知器は、放射線による火災感知器の故障を防止するため、非アナログ式とする。

非アナログ式の熱感知器は、原子炉格納容器内の通常時の温度（約65℃以下）より高い温度で作動するものを選定することで、誤作動を防止する設計とする。

なお、水素が発生するような事故を考慮して、非アナログ式の熱感知器は、念のため防爆型とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場合にのみ発報する）を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

○固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫は、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。ただし、比較的線量の高いドラム缶を貯蔵するエリアの熱感知器は、放射線による火災感知器の故障を防止するため、固有の信号を発する異なる感知方式の非アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場合にのみ発報する）を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

○放射性廃棄物処理建屋

放射性廃棄物処理建屋は、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる感知方式の感知器を組み合わせて設置する設計とする。

炎感知器は非アナログ式であるが、平常時より炎の波長の有無を連続監視し、火災現象（急激な環境変化）を把握できることから、アナログ式と同等の機能を有する。また、感知原理に「赤外線式」（物質の燃焼時に発生する特有な放射エネルギーの波長帯を検知した場

合にのみ発報する)を採用し誤作動防止を図る。さらに、外光が当たらず、高温物体が近傍にない箇所に設置することで誤作動を防止する設計とする。

また、以下に示す安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は、火災の影響を受けるおそれが考えにくいことから、火災感知器を設置しない、又は消防法若しくは建築基準法に基づく火災感知器を設置する設計とする。

○燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、燃料取替用水ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

○補助給水ピット室

補助給水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、補助給水ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

○廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれはない。

したがって、廃液貯蔵ピット室には火災感知器を設置しない設計とする。

○不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された設備のみを設けた火災区域又は火災区画

不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

○フェイル・セーフ設計の設備のみが設置された火災区域又は火災区画

フェイル・セーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であっても、安全機能が影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設ける設計とする。

③火災受信機盤

火災感知設備の火災受信機盤は中央制御室に設置し、火災感知設備の作動状況を常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、構成されるアナログ式の受信機により、以下のとおり、火災発生場所を特定できる設計とする。

- アナログ式の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- ディーゼル発電機燃料油貯油槽に設置する防爆型の火災感知器が接続可能であり、作動した火災感知器を1つずつ特定できる設計とする。
- 原子炉格納容器内の火災感知設備の火災受信機盤は、中央制御室に設置し常時監視できる設計とする。受信機盤は、アナログ式の火災感知器、非アナログ式の防爆型の火災感知器及び非アナログ式の火災感知器を1つずつ特定できる機能を有する設計とする。
- 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア等の天井が高い区画を監視する非アナログ式の火災感知器を1つずつ特定できる機能を有する設計とする。

また、火災感知器は以下のとおり点検を行うことができるものを使用する設計とする。

- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を有する火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、定期的に自動試験又は遠隔試験を実施できるものを使用する。
- ・自動試験機能又は遠隔試験機能を持たない火災感知器は、機能に異常がないことを確認するため、消防法施行規則に基づき、煙等の火災を模擬した試験を定期的に実施できるものを使用する。

④火災感知設備の電源の確保

火災区域又は火災区画に設置する火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能となるように消防法を満足する蓄電池を設ける設計とする。この蓄電池は、ディーゼル発電機から電力が供給開始されるまでの容量を有し、また、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災感知設備については、非常用電源からの受電も可能とし、蓄電池の容量は、全交流動力電源喪失時に代替電源から給電されるまでの容量も満足するものとする。

以上より、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する火災感知器については、火災防護に係る審査基準に則り、環境条件等を考慮した火災感知器の設置、異なる感知方式を組み合わせた火災感知器の設置、非常用電源からの受電、火災受信機盤の中央制御室への設置を行う。一部アナログ機能を持たない感知器を設置するが、それぞれ誤作動防止対策を実施する。また、受信機盤については、作動した感知器を1つずつ特定できる機能を有する設計とする。これらにより、火災感知設備については十分な保安水準が確保されているものとする。

(2) 消火設備

【要求事項】

(2) 消火設備

- ① 消火設備については、以下に掲げるところによること。
 - a. 消火設備は、火災の火炎及び熱による直接的な影響のみならず、煙、流出流体、断線、爆発等による二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないように設置すること。
 - b. 可燃性物質の性状を踏まえ、想定される火災の性質に応じた十分な容量の消火剤を備えること。
 - c. 消火栓は、全ての火災区域の消火活動に対処できるよう配置すること。
 - d. 移動式消火設備を配備すること。
 - e. 消火設備は、外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。
 - f. 消火設備は、故障警報を中央制御室に吹鳴する設計であること。
 - g. 原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を備えた設計であること。
 - h. 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域又は火災区画であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
 - i. 放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器が設置される火災区域であって、火災時に煙の充満、放射線の影響等により消火活動が困難なところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置すること。
 - j. 電源を内蔵した消火設備の操作等に必要な照明器具を、必要な火災区域及びその出入通路に設置すること。
- ② 消火剤に水を使用する消火設備については、①に掲げるところによるほか、以下に掲げるところによること。
 - a. 消火用水供給系の水源及び消火ポンプ系は、多重性又は多様性を備えた設計であること。
 - b. 2時間の最大放水量を確保できる設計であること。
 - c. 消火用水供給系をサービス系又は水道水系と共用する場合には、隔離弁等を設置して遮断する等の措置により、消火用水の供給を優先する設計であること。
 - d. 管理区域内で消火設備から消火剤が放出された場合に、放射性物質を含むおそれのある排水が管理区域外へ流出することを防止する設計であること。

- ③ 消火剤にガスを使用する消火設備については、①に掲げるところによるほか、固定式のガス系消火設備は、作動前に職員等の退出ができるように警報を吹鳴させる設計であること。

(参考)

(2) 消火設備について

- ①－d 移動式消火設備については、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和53年通商産業省令第77号）第83条第3号を踏まえて設置されていること。
- ①－g 「系統分離に応じた独立性」とは、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器が系統分離を行うため複数の火災区域又は火災区画に分離して設置されている場合に、それらの火災区域又は火災区画に設置された消火設備が、消火ポンプ系（その電源を含む。）等の動的機器の単一故障により、同時に機能を喪失することがないことをいう。
- ①－h－1 手動操作による固定式消火設備を設置する場合は、早期に消火設備の起動が可能となるよう中央制御室から消火設備を起動できるように設計されていること。上記の対策を講じた上で、中央制御室以外の火災区域又は火災区画に消火設備の起動装置を設置することは差し支えない。
- ①－h－2 自動消火設備にはスプリンクラー設備、水噴霧消火設備及びガス系消火設備（自動起動の場合に限る。）があり、手動操作による固定式消火設備には、ガス系消火設備等がある。中央制御室のように常時人がいる場所には、ハロン1301を除きガス系消火設備が設けられていないことを確認すること。
- ②－b 消火設備のための必要水量は、要求される放水時間及び必要圧力での最大流量を基に設計されていること。この最大流量は、要求される固定式消火設備及び手動消火設備の最大流量を合計したものであること。なお、最大放水量の継続時間としての2時間は、米国原子力規制委員会（NRC）が定めるRegulatory Guide 1.189で規定されている値である。上記の条件で設定された防火水槽の必要容量は、Regulatory Guide 1.189では、1,136,000 リットル（1,136 m³）以上としている。

消火設備は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画の火災を早期に消火できるよう設置する設計とする。

消火設備は、以下を踏まえた設計とする。

(資料6)

なお、消火設備の故障警報が発報した場合には、中央制御室及び必要な現場の制御盤の警報を確認し、消火設備が故障している場合には早期に補修を行う。

消火設備は以下を踏まえて設置する。

①原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該構築物、系統及び機器の設置場所が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるかを考慮して設計する。

a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画は、「b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定」に示した火災区域又は火災区画を除き、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、消火活動が困難とならないところを以下に示す。

(a) 屋外の火災区域

○ディーゼル発電機燃料油貯油槽

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、屋外の火災区域であり、火災が発生しても煙は大気に放出されるため煙は充満しない。したがって、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

(b) 屋内の火災区域又は火災区画

○燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

○補助給水ピット室

補助給水ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされているこ

と、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

○中央制御室

中央制御室は、常駐する運転員によって火災感知器による早期の火災感知及び消火活動が可能であり、火災が拡大する前に消火可能であること、万一、火災によって煙が発生した場合でも建築基準法に準拠した容量の排煙設備によって排煙が可能な設計とすることから、消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画として選定する。

なお、フロアケーブルダクトは、固有の信号を発する異なる感知方式の火災感知器（煙感知器と熱感知器）を設置する設計とする。

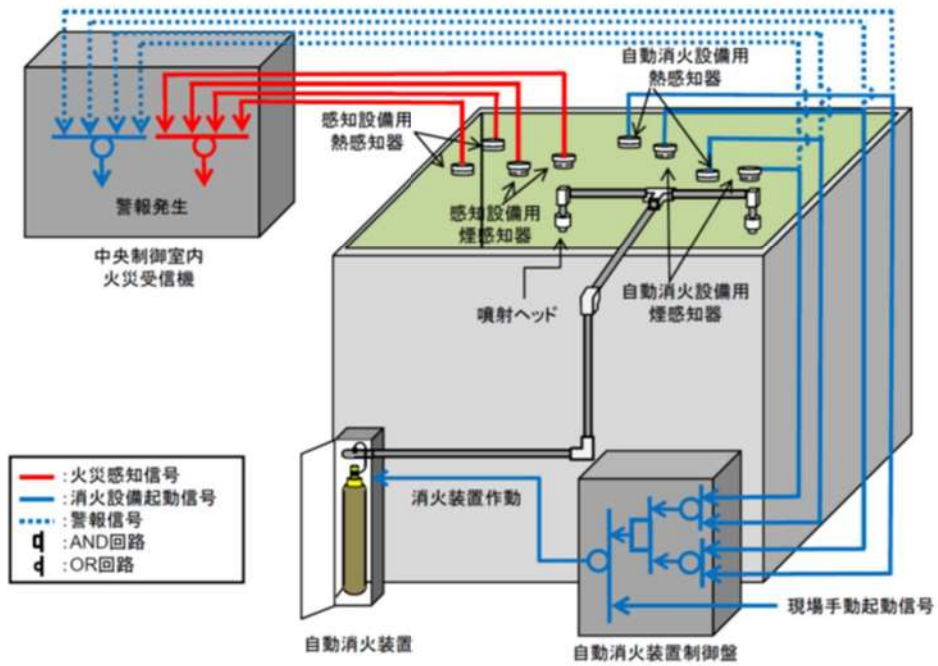
c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画は、自動起動の固定式消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う。なお、これらの固定式消火設備に使用するガスは、ハロゲン化物消火剤又は二酸化炭素ガスとする。

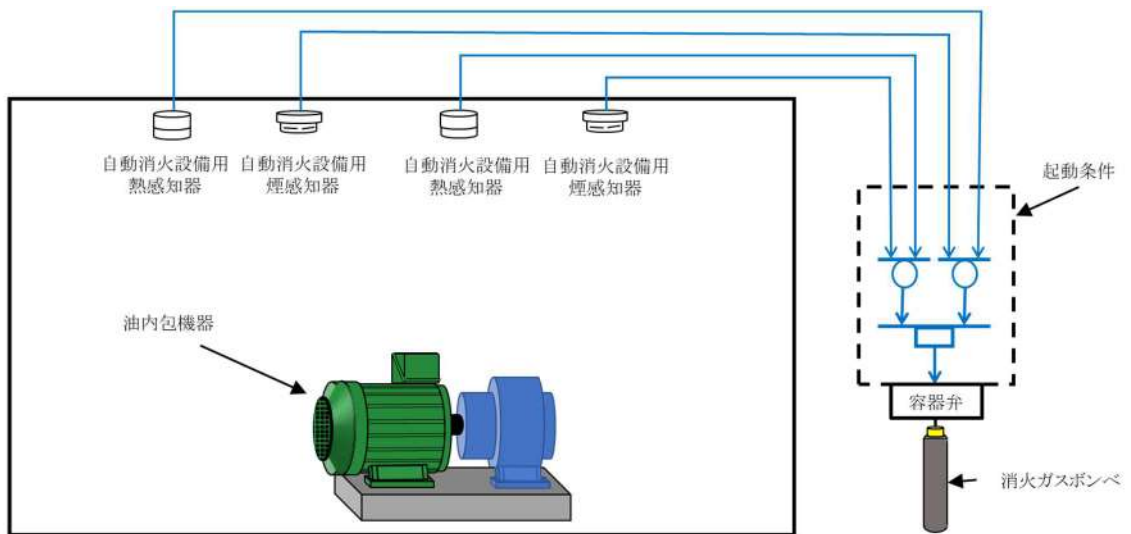
第1-12図に全域ガス消火設備の概要を示す。本消火設備を自動起動とする場合は、複数の感知器作動をもって消火する設計を基本とする。起動条件としては、A系の煙感知器又は熱感知器のうち1台とB系の煙感知器又は熱感知器のうち1台の両方作動により自動起動する設計とし、誤作動防止を図っている。

さらに、現場での手動起動によっても消火を行うことができる設計とする。

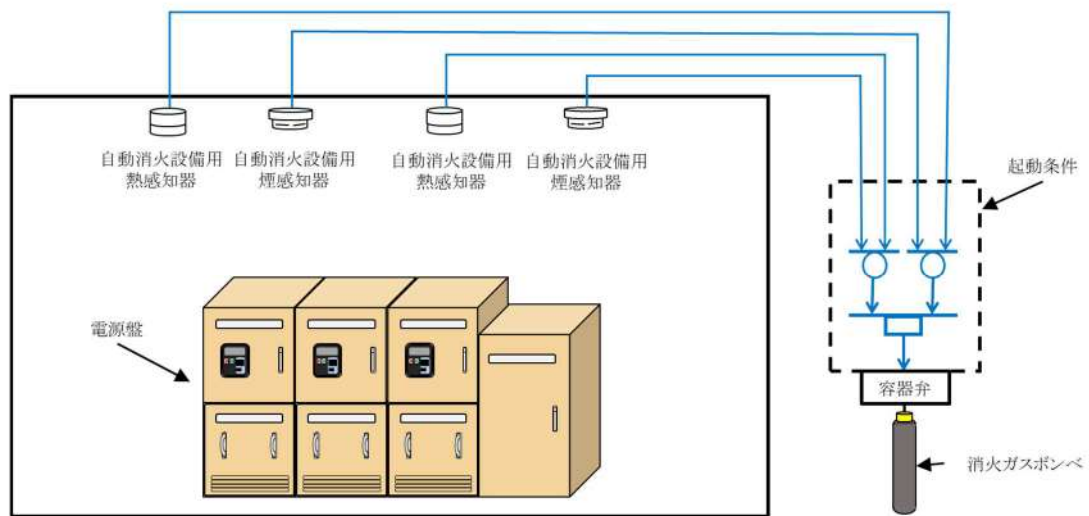
ケーブルトレイについては、ケーブルトレイ自体が部屋の上部に設置されており、天井部に取付ける煙感知器及び熱感知器はケーブルトレイの位置を考慮して早期に感知できる場所に設置することから、配置上早期感知が可能な設計とする。



第 1-12 図：全域ガス消火設備の概要



第 1-13 図：油内包機器火災の早期感知・起動対策の概要



第 1-14 図：電源盤火災の早期感知・起動対策の概要

ただし、以下の安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

○原子炉格納容器

原子炉格納容器内にガス消火設備を適用とした場合、原子炉格納容器の自由体積が約 6.6 万 m³ あることから、原子炉格納容器内全体に消火剤を充填させるまで時間を要する。

このため、原子炉格納容器の消火設備は、火災発生時の煙の充満による消火活動が困難でない場合、早期に消火が可能である、消火要員による消火を行う設計とする。

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火要員による消火活動が困難である場合は、中央制御室からの手動操作が可能であり、原子炉格納容器全域を水滴で覆うことのできる原子炉格納容器スプレイ設備による手動消火を行う設計とする。

○不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された設備のみを設置する火災区域又は火災区画

不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された配管、容器、タンク、手動弁、コンクリート構築物については流路、バウンダリとしての機能が火災により影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

○フェイル・セーフ設計の設備のみを設置する火災区域又は火災区画

フェイル・セーフ設計の設備については火災により動作機能を喪失した場合であって

も、安全機能が影響を受けることは考えにくいいため、消防法又は建築基準法に基づく消火設備で消火する設計とする。

- d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

○ディーゼル発電機燃料油貯油槽

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならないディーゼル発電機燃料油貯油槽は、消火器又は移動式消火設備で消火を行う設計とする。

○中央制御室

火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない中央制御室には、全域ガス消火設備は設置せず、消火器で消火を行う設計とする。中央制御盤内の火災については、電気機器への影響がない二酸化炭素消火器で消火を行う。

○燃料取替用水ピット室

燃料取替用水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、燃料取替用水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、燃料取替用水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

○補助給水ピット室

補助給水ピット室は全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、補助給水ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、補助給水ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

- ②放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画に設置する消火設備は、当該火災区域又は火災区画が、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画であるかを考慮して設計する。

- a. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画については、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるものとして選定する。

b. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画の選定

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画であって、煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画を以下に示す。

(a) 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがないため、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(b) 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア

使用済燃料ピットの側面と底面は金属に覆われており、ピット内は水で満たされ、使用済燃料は火災の影響を受けないこと、また、新燃料貯蔵庫は、側面と底面が金属とコンクリートに覆われており可燃物を置かないこと、さらに当該火災区画は天井が高く、大空間となっているため火災による煙が充満するおそれがないことから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(c) 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は、金属とコンクリートに覆われており、タンク内は水で満たされていることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

(d) 原子炉補助建屋 40.3m 通路部

原子炉補助建屋 40.3m 通路部に設置されている試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパの主要な構造材は金属で構成されており、設置エリアは火災荷重を低く管理して、煙の発生を抑える設計とすることから、消火活動が困難とならない場所として選定する。

c. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となる火災区域又は火災区画に設置する消火設備

放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画のうち、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とな

る放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画には、固定式の自動消火設備である全域ガス消火設備を設置し消火を行う設計とする。

ただし、以下については、上記と異なる消火設備を設置し消火を行う設計とする。

(a) 液体廃棄物処理設備設置エリア

液体廃棄物処理設備は不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。加えて、消火活動の妨げとならないよう可燃物管理を行うことにより区画内の火災荷重を低く管理する。よって、消防法に基づく消火設備を用いて消火する設計とする。また、消火栓を用いても対応できる設計とする。

(b) セメント固化装置エリア

セメント固化装置は不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計の隔離弁を設ける設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。また、セメント固化装置の周りは火災荷重を低く管理する。よって、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

(c) 原子炉建屋 33.1m 通路部

原子炉建屋 33.1m 通路部に設置されている格納容器給気気密ダンパは不燃性材料である金属により構成されており、フェイル・クローズ設計とすることにより、火災による安全機能への影響は考えにくい。また、格納容器給気気密ダンパの周りは火災荷重を低く管理する。よって、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

d. 火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難とならない火災区域又は火災区画に設置する消火設備

(a) 廃液貯蔵ピット室

廃液貯蔵ピット室は、全面が金属に覆われており、ピット内は水で満たされていること、廃液貯蔵ピット室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、廃液貯蔵ピット室は、消火設備を設置しない設計とする。

(b) 使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリア

使用済燃料ピット及び新燃料貯蔵庫エリアは、自動消火設備は設置せず、「消防法」

又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

(c) 使用済樹脂貯蔵タンク室

使用済樹脂貯蔵タンク室は、金属とコンクリートに覆われており、タンク内は水で満たされていること、使用済樹脂貯蔵タンク室は、可燃物を置かず、発火源がない設計とすることから、火災が発生するおそれがない。

したがって、使用済樹脂貯蔵タンク室は、消火設備を設置しない設計とする。

(d) 原子炉補助建屋 40.3m 通路部

原子炉補助建屋 40.3m 通路部に設置されている試料採取室排気隔離ダンパ及び試料採取室排気風量制御ダンパは、自動消火設備は設置せず、「消防法」又は「建築基準法」に基づく消火設備で消火を行う設計とする。

③消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮

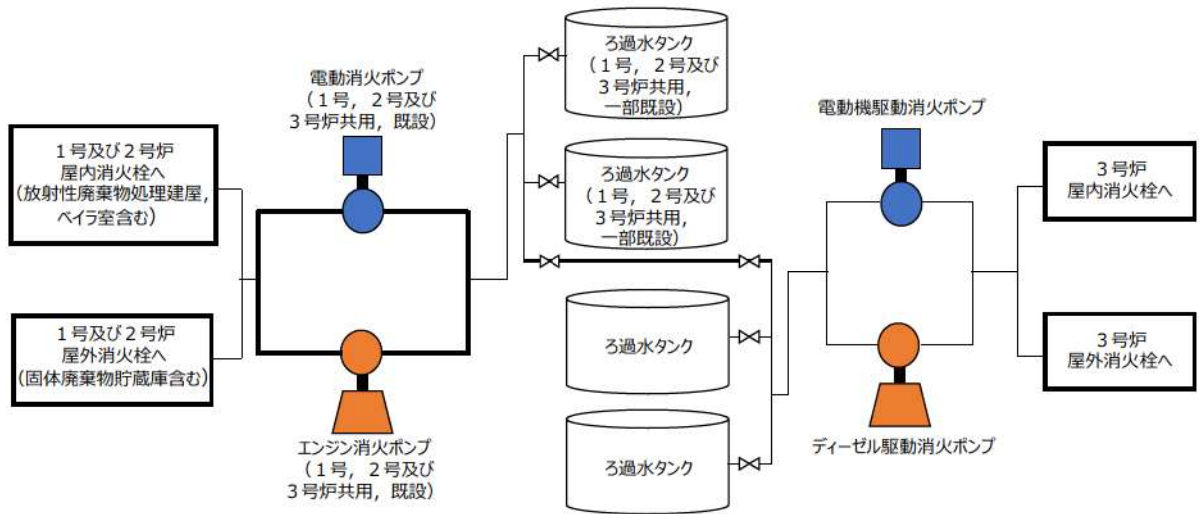
消火用水供給系の水源は、屋内消火栓用及び屋外消火栓用として、1号、2号及び3号炉共用のろ過水タンク(約1,500m³)を2基、ろ過水タンク(約1,500m³)を2基設置し多重性を有する設計とする。(第1-15 図)

消火用水供給系の消火ポンプは、1号、2号及び3号炉共用の電動消火ポンプ並びに1号、2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプをそれぞれ1台ずつ、電動機駆動消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプをそれぞれ1台ずつ設置し、多様性を有する設計とする。

なお、消火ポンプは外部電源喪失時であっても機能を喪失しないよう、1号、2号及び3号炉共用のエンジン消火ポンプ及びディーゼル駆動消火ポンプについては起動用の蓄電池を配備する設計とする。

原子炉格納容器スプレイ設備は、格納容器スプレイポンプを2台設置する等、系統の多重性を有する設計とし、水源は、使用可能な場合に水源とするろ過水タンク(約1,500m³)2基、ろ過水タンク(1号、2号及び3号炉共用、一部既設)(約1,500m³)2基、ろ過水タンクが使用できない場合に水源とする燃料取替用水ピットを1基設置する設計とする。

なお、燃料取替用水ピットは、原子炉格納容器スプレイ設備により消火を行う時間が24時間以内であることから、単一故障を想定しない設計とする。



第 1-15 図：消火用水供給系の概要

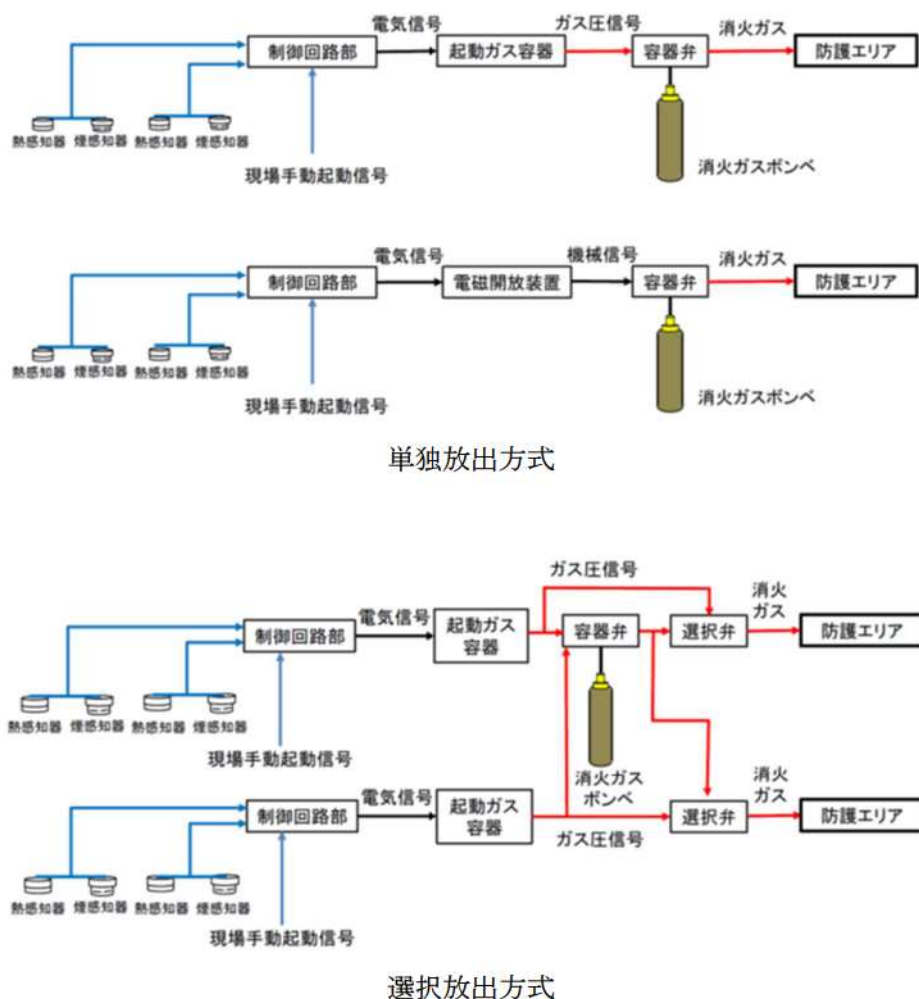
④系統分離に応じた独立性の考慮

系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを設置するそれぞれの火災区域又は火災区画に対して1つの消火設備で消火を行う場合は、以下に示すとおり、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。(第1-16図)

- ・静的機器である消火配管は、24時間以内の単一故障の想定が不要であり、また、基準地震動で損傷しないよう設計するため、多重化しない設計とする。

- ・動的機器である選択弁及び容器弁について、単一故障を想定しても、系統分離された火災区域又は火災区画に対して消火設備が同時に機能喪失しない設計とする。

具体的には、容器弁及びポンペを必要数より1つ以上多く設置する。また、容器弁の作動のための圧力信号についても動的機器の単一故障により同時に機能を喪失しない設計とする。さらに、選択弁を介した一つのラインで系統分離された相互の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルを消火する場合は、当該選択弁を多重化する。



第1-16図：系統分離に応じた独立性を考慮した消火設備の概要図

⑤火災に対する二次的影響の考慮

全域ガス消火設備は、電気絶縁性が高いガスを採用することで、火災が発生している火災区域又は火災区画からの火災の火炎、熱による直接的な影響のみならず、流出流体、断線、爆発等の二次的影響が、火災が発生していない安全機能を有する構築物、系統及び機器に及ぼさない設計とする。また、防火ダンパを設け煙の二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

これら消火設備のボンベ及び制御盤は、消火対象となる機器が設置されている部屋とは別の部屋に設置し、火災による熱の影響を受けても破損及び爆発が発生しないよう、ボンベに接続する安全弁によりボンベの過圧を防止する設計とする。

⑥想定火災の性質に応じた消火剤の容量

火災防護対象機器がある火災区域又は火災区画に設置する全域ガス消火設備については、消防法施行規則第十九条及び第二十条に基づき、単位体積あたりに必要な消火剤を配備する設計とする。

特に、複数の場所に対して消火する設備の消火剤の容量は、複数の消火対象場所のうち必要な消火剤が最大となる場所の必要量以上となるよう設計する。

火災区域又は火災区画に設置する消火器については、消防法施行規則第六～八条に基づき延床面積又は床面積から算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤に水を使用する水消火設備の容量は、⑧「消火用水の最大放水量の確保」に示す。

⑦移動式消火設備の配備

移動式消火設備は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第八十三条第三号に基づき、恒設の消火設備の代替として消火ホース等の資機材を備え付けている化学消防自動車（1台、泡消火薬剤 500L/台）、水槽付消防ポンプ自動車（1台、泡消火薬剤 260L/台）及び資機材運搬用車両（1台、泡消火薬剤 740L/台）を配備する設計とする。また、500Lの泡消火薬剤を配備する設計とする。（第 1-17 図）

初期消火要員が 51m 倉庫・車庫等に 24 時間常駐していることから、速やかに初期消火活動を開始できる。

51m 倉庫・車庫は地盤支持力が安定しているエリアであることに加え、化学消防自動車等は基準地震動に対して転倒しない設計とすることから、地震時においても速やかな消火活動が可能である。（第 1-18 図）



化学消防自動車



水槽付消防ポンプ自動車



泡消火薬剤

資機材運搬用車両

第 1-17 図：移動式消火設備の例