

本資料のうち、枠囲みの内容は、
商業機密あるいは防護上の観点
から公開できません。

伊方発電所設計及び工事計画審査資料	
資料番号	D S F - 0 3 0
提出年月日	令和3年2月26日

伊方発電所3号機

設計及び工事計画に係る説明資料
(発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書)
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

令和3年2月
四国電力株式会社

資料 5 に係る補足説明資料

【説明する添付資料】

資料 5 発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書

目 次

	頁
1. 基本事項に係るもの……………	資 5 補-1
1.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の配置を明示した図面……………	資 5 補-1
2. 火災の発生防止に係るもの……………	資 5 補-6
2.1 潤滑油の漏えい及び拡大防止対策について……………	資 5 補-6
2.2 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について……………	資 5 補-8
2.3 建屋内装材の使用状況について……………	資 5 補-9
2.4 使用済燃料乾式貯蔵容器周辺火災時における影響評価について…	資 5 補-11
3. 火災の感知消火に係るもの……………	資 5 補-15
3.1 火災感知器の設置条件について……………	資 5 補-15
3.2 消火用水供給系及び移動式消火設備について……………	資 5 補-17
4. 火災防護計画に係るもの……………	資 5 補-22
添付資料-1 設計承認における乾式キャスクの熱的試験について……………	資 5 補-24
添付資料-2 設置変更許可申請における使用済燃料乾式貯蔵施設の 火災防護に係る該当箇所……………	資 5 補-27

1. 基本事項に係るもの

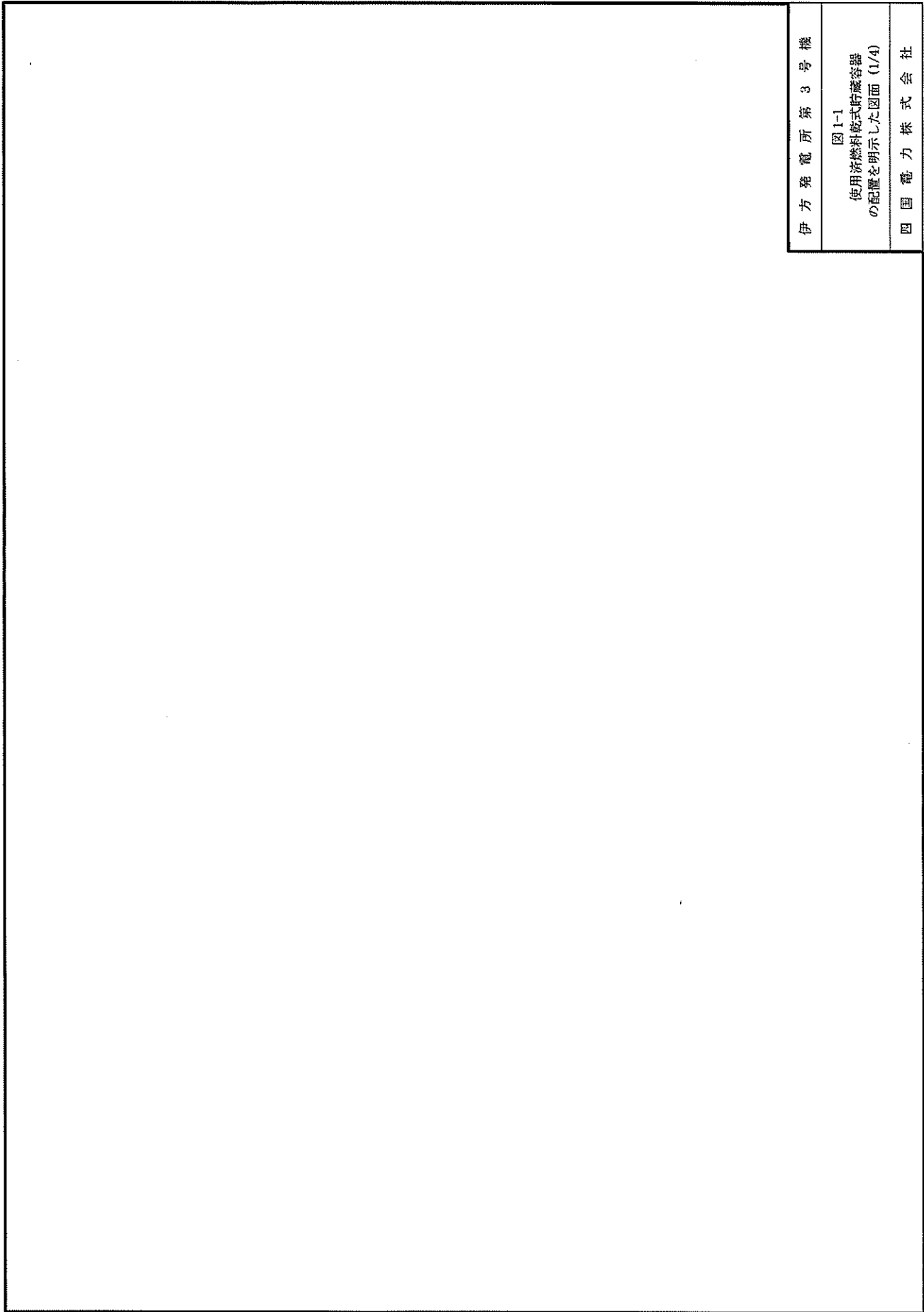
1.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の配置を明示した図面

(1) 目的

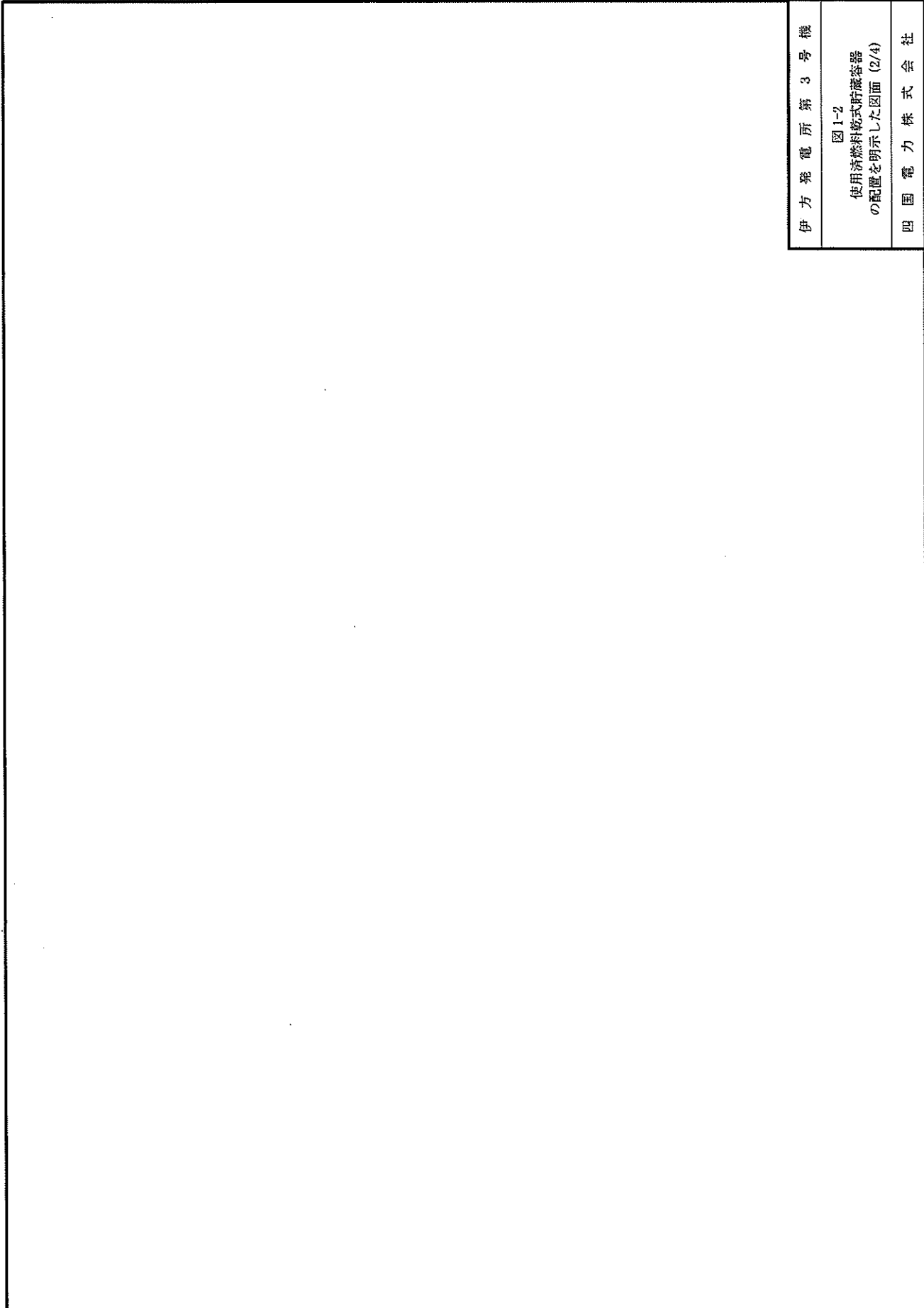
本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書3. に示す使用済燃料乾式貯蔵容器の配置を説明するために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

使用済燃料乾式貯蔵容器の配置及び火災感知器の配置を、次頁以降の図1-1～図1-4に示す。



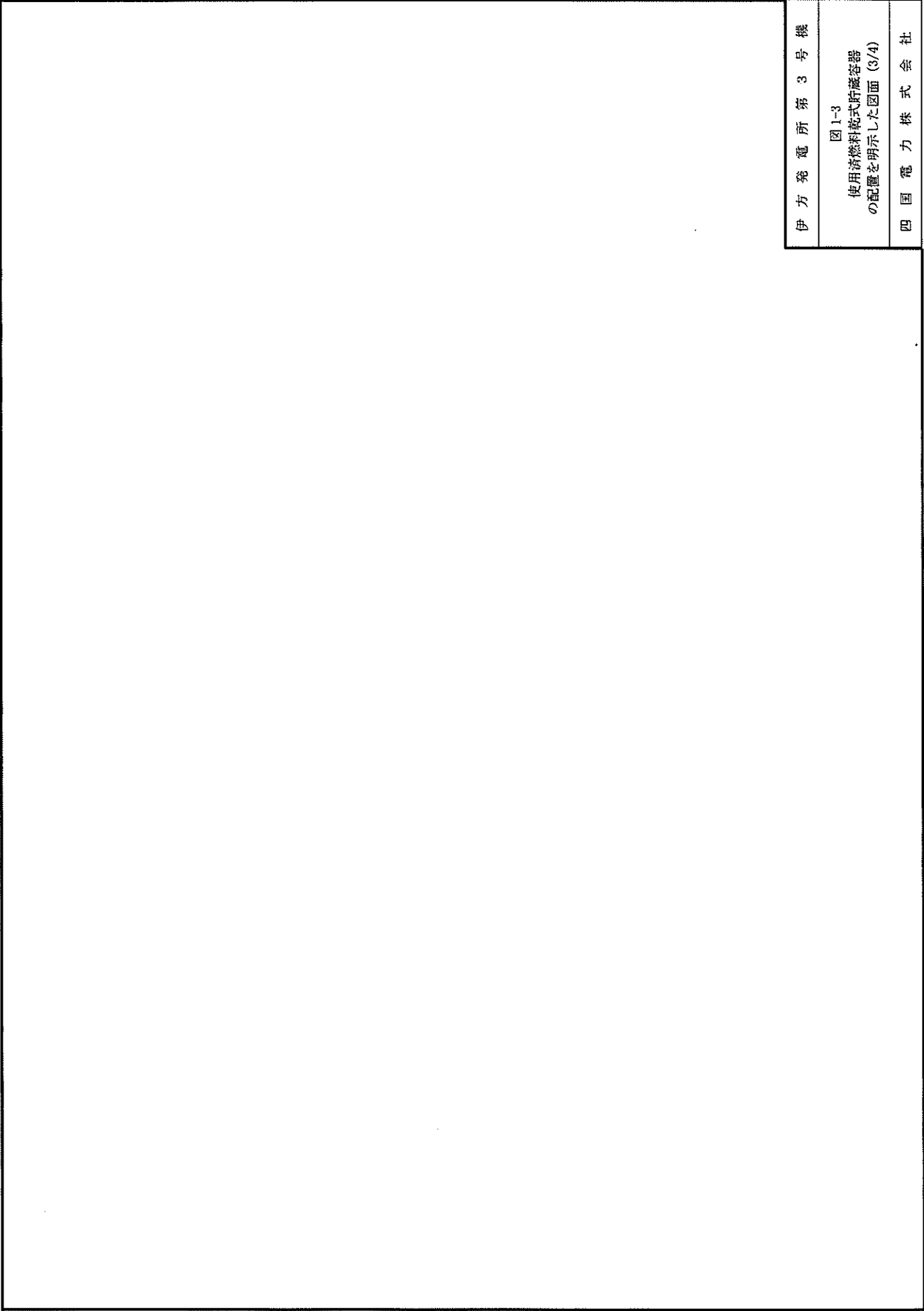
伊方発電所第3号機
図1-1
使用済燃料乾式貯蔵容器
の配置を明示した図面(1/4)
四国電力株式会社



伊方発電所第3号機

図1-2
使用済燃料乾式貯蔵容器
の配置を明示した図面(2/4)

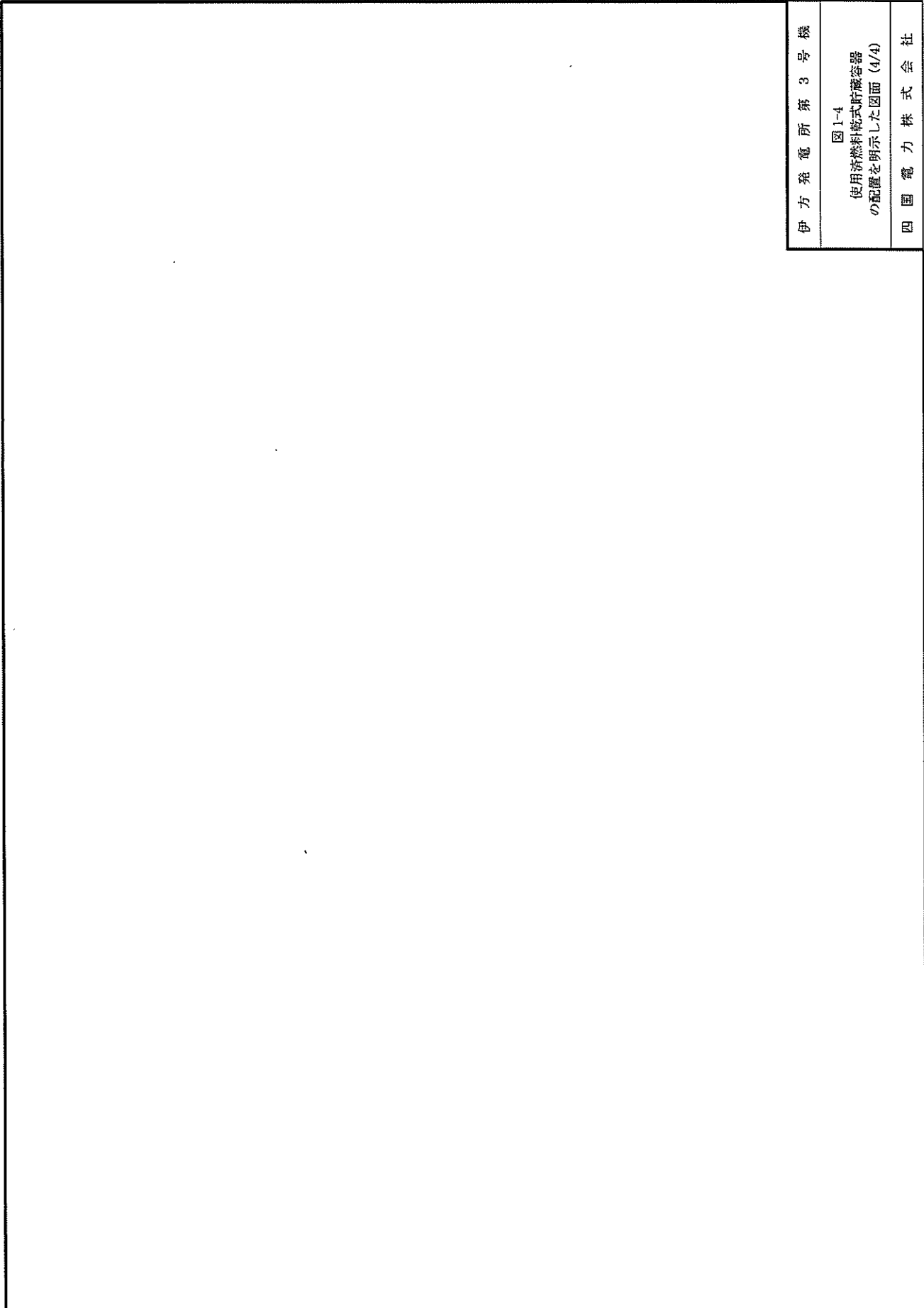
四国電力株式会社



伊方発電所第3号機

図1-3
使用済燃料乾式貯蔵容器
の配置を明示した図面(3/4)

四国電力株式会社



伊方発電所第3号機

図1-4
使用済燃料乾式貯蔵容器
の配置を明示した図面(4/4)

四国電力株式会社

2. 火災の発生防止に係るもの

2.1 潤滑油の漏えい及び拡大防止対策について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.1(1)a.項(a)に示す潤滑油を内包する設備から油が漏えいした際の拡大防止対策について説明するためのものである。

(2) 油内包機器の油保有量

表2-1に使用済燃料乾式貯蔵建屋内に設置する油内包機器の油量を火災区画ごとに示す。

表 2-1 油内包機器リスト

火災区画 (番号)	階層	油内包機器	油量
	—	—	—
	—	使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	300L
		使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車 (エアパレット)	48L
		スライディングドア (駆動用モータ)	1L 以下
		作業架台用電動ホイスト	1L 以下
	1 階	電気盤室 1 空調装置	4.5L
	2 階	電気盤室 2 空調装置	4.5L
	3 階	使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車用 エアコンプレッサ	36L
	4 階	ユーティリティエリア用電動ホイスト	2L

(3) 必要な堰について

火災区域を構成する使用済燃料乾式貯蔵建屋外壁から油が流れないこと及び使用済燃料乾式貯蔵容器を保管する使用済燃料乾式貯蔵建屋-1に他の火災区画から油が流れないように堰を設けて油の拡大防止をする設計とする。

堰は各火災区画にある油内包機器から油が全量流出した場合でも油が他の区画に広がらない高さの堰もしくは溝形の堰を設置する。(図2-1参照)

a. 堰 (高さによる拡大防止)

表 2-1 にある油内包機器から床に油が漏えいした場合、他の火災区画に拡大しないためには少なくとも 1mm の高さ^{※1}の堰があれば油拡大防止を図れるが、油が粘度を持っており一様に広がらない場合を想定し、十分な高さを持つ 25mm 以上を堰の高さに設定する。

なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋-3 は 1 階に火災区域外へつながる開口部があることから、上階で漏えいした油が 1 階へ流れた場合を想定し、最も厳しくなる 1 階の床面に全ての油が漏えいした場合であっても必要な堰の高さは 1mm 以下となり、上記の結果に十分に包絡される。

b. 堰 (溝による拡大防止)

ドレンピットや溝のように漏えいした油を他の火災区域へ流出しないよう回収できる堰についても a. 項と同じく各区画にある最大の油が全量流出した場合でも油が他の区画に広がらない堰を設置する設計とする。

※1 油が漏えいした際の高さの計算は、油内包機器の油量 (m³) を保守的に構築物等による欠損を考慮した床面積 (m²) で割って計算している。最も厳しい評価となるのは、使用済燃料乾式貯蔵建屋-2 内の全油内包機器から全量漏えいした場合であり、 $0.35\text{m}^3/400\text{m}^2=0.88\text{mm}$ となり、端数を切り上げて 1mm としている。

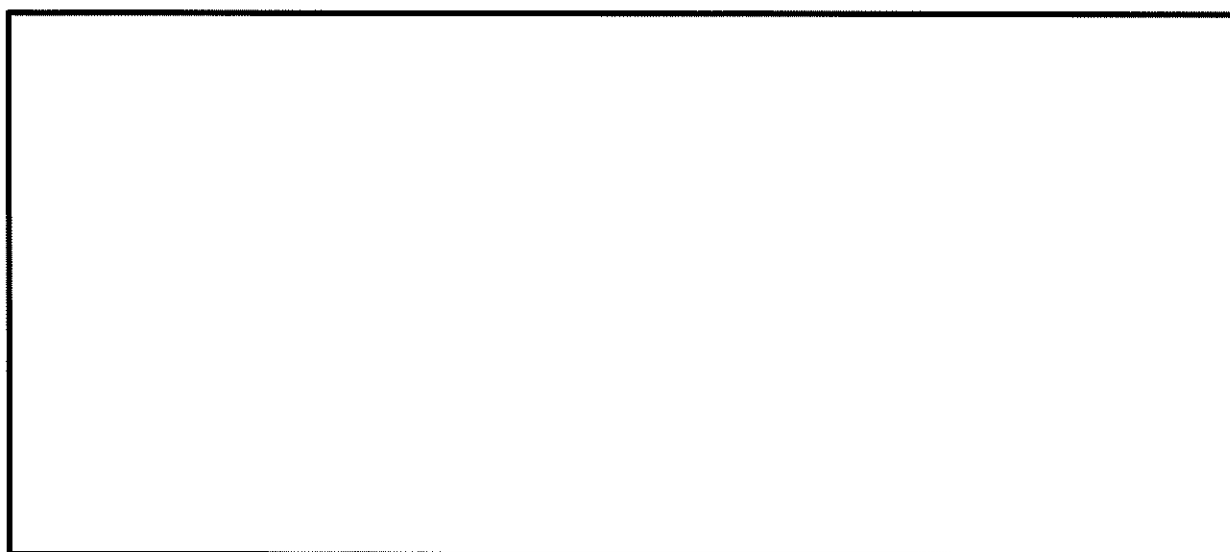


図 2-1 堰の配置図

2.2 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.1(1)a.項に示す火災区域（区画）内に設置する油内包機器に使用している潤滑油は、その引火点が油内包機器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、可燃性蒸気とならないことを説明するため、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度について、以下に示す。

(3) 潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

使用済燃料乾式貯蔵施設を設置する火災区域（区画）内に設置する油内包機器に使用している潤滑油の引火点が、各火災区域（区画）の室内温度（空調設計上の上限値である室内設計温度）及び機器運転時の潤滑油温度（運転時の最高使用温度）に対し十分高いことを確認した。

表2-2に主要な潤滑油内包機器に使用している潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度を示す。

表 2-2 主要な潤滑油の引火点、室内温度及び機器運転時の温度

潤滑油品種	潤滑油内包機器	引火点 [°C]	室内温度 [°C]	機器運転時の 潤滑油温度 [°C]
ギヤー油 (ISO VG220)	使用済燃料乾式貯蔵建屋天井クレーン	200	40	50
油圧作動油 (ISO VG32)	使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車（エアパレット）	220	40	60

2.3 建屋内装材の使用状況について

(1) 目的

本資料は、使用済燃料乾式貯蔵建屋に使用する建屋内装材が不燃性材料であることを、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4.2(1)b.項及び4.2(2)a.項並びに本資料の別紙1に示すフローに基づき確認した結果を示すために、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

使用済燃料乾式貯蔵建屋に使用している建屋内装材が不燃性材料であることを確認した結果を、表2-3に示す。

表2-3 使用済燃料乾式貯蔵建屋の建屋内装材の不燃性判定結果

種類	材 料	使用箇所				結 果	備 考
		天 井	壁	床	鉄 部		
塗 料	合成樹脂エマルジ ョン系塗料		○			使用可	不燃認定 ^(注1)
	合成樹脂系塗料				○	使用可	不燃認定 ^(注1)
	エポキシ樹脂系塗 料		○	○		使用可	代替材料 ^(注3)
内 装 材	静電気帯電防止タ イル			○		使用可	防災認定 ^(注2)

(注1) 不燃認定：建築基準法に基づき、不燃材料の認定を受けたもの

(注2) 防災認定：消防法に基づき認定を受けた防災物品

(注3) 代替材料：「技術基準に関する規則第十一条項ロ(1)の適用(代替材料)」に該当

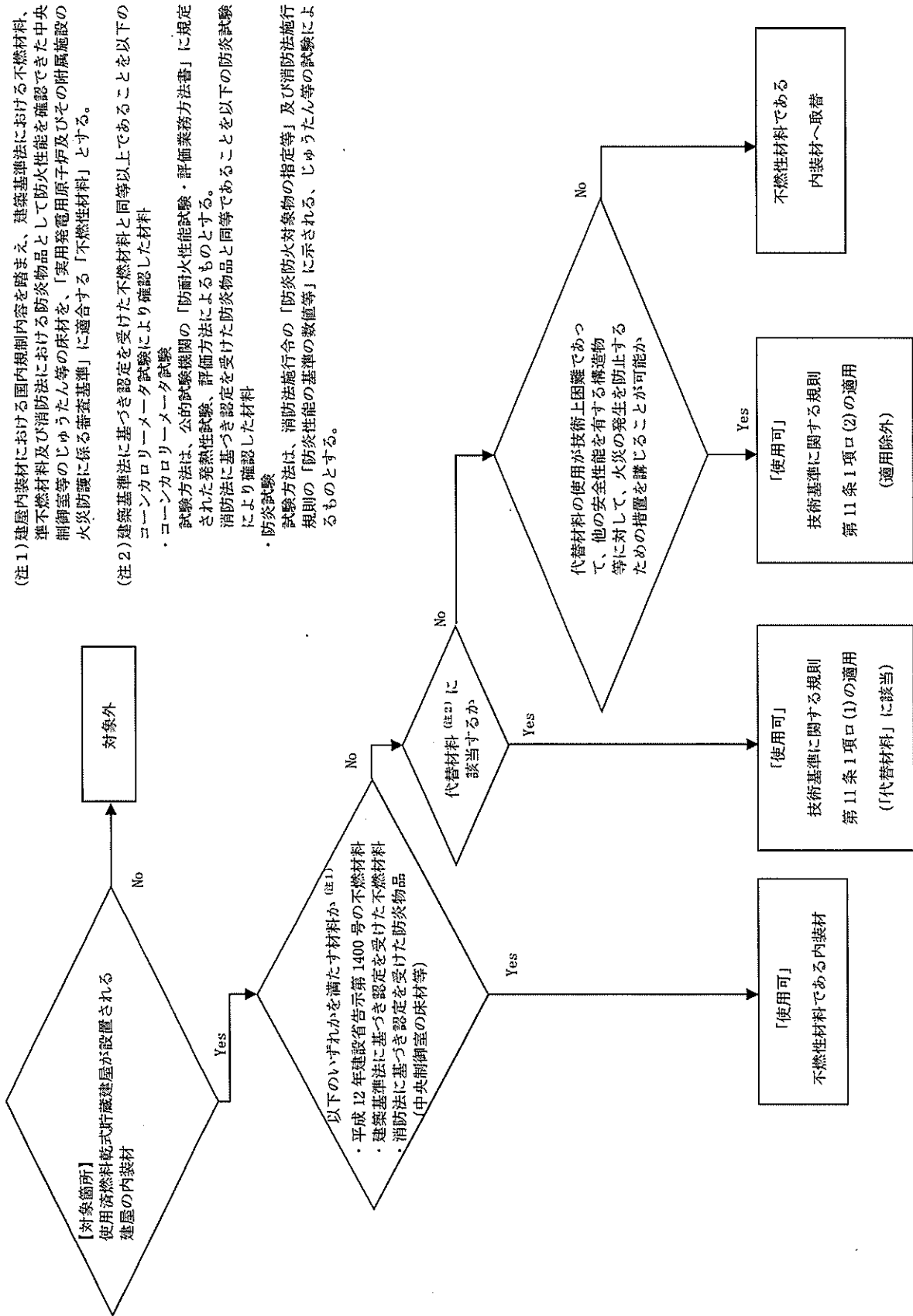


図 2-2 建屋内装材適合状況確認フロー

2.4 使用済燃料乾式貯蔵容器周辺火災時における影響評価について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書4. に示す火災発生防止対策のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器（以下「乾式キャスク」という。）周辺で、万一、火災が発生した場合においても、乾式キャスクが「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」にて要求される放射性物質の貯蔵にあたっての閉じ込め機能を損なわないことについて説明するため、補足説明資料として添付するものである。

(2) 乾式キャスク周辺火災の仮定

乾式キャスク周辺火災の想定について、乾式キャスクの貯蔵にあたっては、「4. 火災防護計画に係るもの」に示すとおり、油を内包する設備を設置しない火災区画（使用済燃料乾式貯蔵建屋-1）に貯蔵する設計であること、また、油を内包する設備の保守点検作業等も発生することがないように、各設備を同火災区画に配置しない設計であることから、平時は乾式キャスク周辺での火災は想定し難い。

乾式キャスクを使用済燃料乾式貯蔵建屋において搬入・搬出する作業を実施する場合、乾式キャスクは油を内包する使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車（以下「乾式キャスク搬送台車」という。）を使用するが、万一、火災が発生した場合でも作業エリアに常時作業員がいることで、人により早期の火災感知及び消火が可能である。

ここで、乾式キャスクの閉じ込め機能の火災影響を確認する観点から、乾式キャスクが火災に暴露する最も厳しいケースとして、乾式キャスク搬送台車使用時に乾式キャスク搬送台車からの油漏えいに伴う火災を想定する。

(3) 乾式キャスク周辺火災の影響評価

乾式キャスク搬送台車の火災としては、同台車に油圧装置（ジャッキ・ポンプ）が6台設置されており、油圧装置6台（合計48L）から同時に油が漏えいし、火災に至るものとする。油漏えい量は、内部火災影響評価ガイドの「燃焼する油量を内包油量の10%と仮定する。」こと及び「95L以下の漏えいでは、プール深さを0.7mmとする。」に従い、保守的に4.8L（燃料面積6.9m²）と設定し、漏えい量から得られる火災燃焼時間は約14秒となる。

上述の結果を踏まえ、火災発生時における乾式キャスクの貯蔵時の閉じ込め機能への影響は、保守的に核燃料輸送物設計承認（以下「設計承認」という。）で確認した車両火災による評価結果により影響を確認する。

具体的には、乾式キャスク搬送台車から油が漏えいした場合の火災によって、約14秒間乾式キャスクが火災に暴露する状況を仮定し、乾式キャスクの貯蔵時

の閉じ込め機能への影響を、設計承認で確認した車両火災による評価結果から、保守的に算出する。

まず、乾式キャスクは兼用キャスクであることから、別途、外運搬規則^{※1}に基づく設計承認を取得している。

設計承認では、BM型核分裂性輸送物として、告示^{※2}に定められた試験が必要であり、その試験には、火災事故条件下に置かれる熱的試験として、乾式キャスクが車両火災によって火炎に暴露する状況を想定（800℃で30分間）し、評価している。（添付資料1参照）

※1 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則

※2 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示

次に、上述の設計承認における評価をもとに、乾式キャスクが約14秒間火炎に暴露する状況を仮定し、乾式キャスク各部の温度を保守的に算出する。

設計承認における車両火災の評価結果（添付資料1）のうち初期の外筒温度の経時変化について、乾式キャスク（タイプ1）と乾式キャスク（タイプ2）の温度上昇量は等しいため、乾式キャスク（タイプ2）を例として、表2-4及び図2-3に示す。なお、外筒温度は、直接火炎にさらされる外筒表面のうち最高温度となる点としている。

表2-4及び図2-3に示すとおり、火災発生から14.3秒間において、外筒温度が約20℃上昇している。

表 2-4 火災初期の外筒温度（乾式キャスク（タイプ2））

時間(秒)	外筒(最高温度)(℃)
0	84
14.3	104

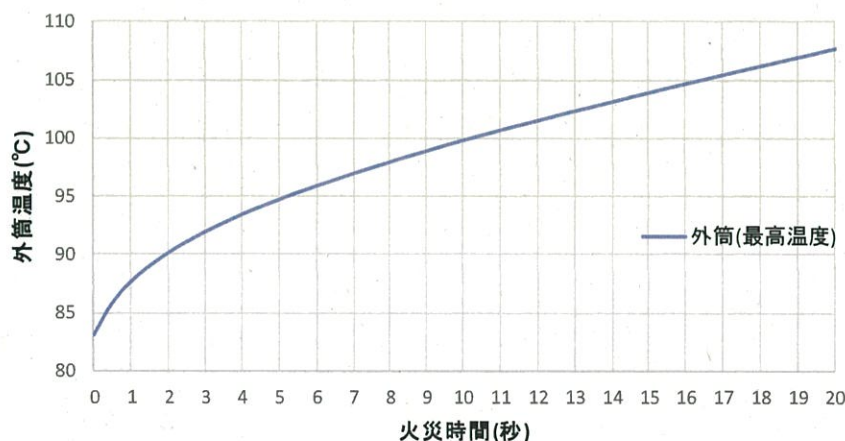


図 2-3 火災初期の外筒温度の経時変化（乾式キャスク（タイプ2））

表2-5に示すとおり、上述の上昇温度20℃を乾式キャスク搬送台車の火災による乾式キャスク(タイプ1)及び乾式キャスク(タイプ2)の閉じ込め機能部材の温度上昇量として適用し、内部火災による閉じ込め機能部材の温度を算出するとともに、制限温度(設計貯蔵期間(60年)に亘り各部材の健全性を維持できる温度)を下回ることを確認した。

なお、胴、一次蓋及び一次蓋金属ガスケットは、乾式キャスク構成部材の位置関係において、外筒と比べて乾式キャスクの内側に位置し、火災による温度上昇量は比較的小さいため、胴、一次蓋及び一次蓋金属ガスケットに対して上昇温度20℃を適用することは、胴、一次蓋及び一次蓋金属ガスケットの温度評価としては保守的である。

表2-5 内部火災による閉じ込め機能部材への温度影響

型式	機能	評価部位	貯蔵時温度(℃)	火災影響			制限温度(℃)
				想定する温度上昇量 ^{※3} (℃)	評価温度(℃)	判定	
乾式キャスク(タイプ2)(MSF-24P型)	閉じ込め	胴 ^{※1}	147	+20	167	○	350
		一次蓋蓋板	109	+20	129	○	350
		一次蓋金属ガスケット ^{※2}	109	+20	129	○	130
		一次蓋ボルト	110	+20	130	○	350
乾式キャスク(タイプ1)(MSF-32P型)	閉じ込め	胴 ^{※1}	143	+20	163	○	350
		一次蓋蓋板	108	+20	128	○	350
		一次蓋金属ガスケット ^{※2}	108	+20	128	○	130
		一次蓋ボルト	109	+20	129	○	350

※1：胴(フランジ部)、胴(本体部)、胴(底部)のうち最も温度の高い胴(底部)の温度

※2：ポートカバーの金属ガスケットも考慮し、フランジ部の金属ガスケットより温度の高い一次蓋蓋板の温度

※3：設計承認の熱的試験(800℃×30分)において最高温度を示す評価点(外筒)における、火災発生から約14秒後の温度上昇量を適用

以上より、乾式キャスク周辺火災（乾式キャスク搬送台車から油が漏えいした場合の火災）を仮定したとしても、閉じ込め機能部材の温度は、設計貯蔵期間(60年)に亘り各部材の健全性を維持できる温度以下となり、乾式キャスクの閉じ込め機能を維持できることを確認した。

なお、乾式キャスクの遮蔽機能を有する中性子遮蔽材等についても、火災の影響がないことを確認している。

また、使用済燃料乾式貯蔵建屋-1において、設計承認で確認している乾式キャスクの車両火災（800℃で30分間）のような火災の発生は想定し難いが、同様な火災が発生したとしても、消防法に基づく火災感知設備により発電所構内に常駐する消防要員が早期に現場に急行できるため、火災発生から30分以内に、消防法に基づく消火設備（消火器、屋内消火栓）を用いた初期消火活動、必要に応じた消防自動車を用いた消火活動によって早期の火災事象の鎮圧が可能である。

3. 火災の感知消火に係るもの

3.1 火災感知器の設置条件について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書5.1(1)に示す火災感知器が使用済燃料乾式貯蔵建屋における環境条件等の設置条件を考慮した設計となっていることを説明するため、補足資料として添付するものである。

火災感知器の配置は、「1.1 使用済燃料乾式貯蔵容器の配置を明示した図面」の図1-1～図1-4に示す。

(2) 内容

a. 放射線による影響

火災感知器は、放射線による火災感知器の故障が考え得るため、使用済燃料乾式貯蔵エリアの設置条件と、既設建屋における放射線環境下で使用実績のある火災感知器の設置条件を比較する。

本申請の添付資料4「安全設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」にて説明しているとおり、乾式キャスク等の周辺の環境条件等に対する健全性は、使用済燃料乾式貯蔵建屋に想定される放射線を乾式キャスクからの放射線を考慮した放射線(1mGy/h以下)に設定した場合においても必要な安全機能が発揮できる設計としている。

火災感知器の使用実績として、既設建屋のうち格納容器内の一部、体積制御タンク室等の1mGy/hを超えるエリア(ループ室等の高線量エリアを除く)において、放射線による故障の実績はないことから、本申請にて設置する火災感知において、放射線による感知機能に影響はない。

b. 消防法の設置条件への適合

火災感知器は消防法に基づき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のいずれかを設置することとし、設置高さ、部屋面積等を考慮した消防法の設置条件を満足する設計とする。火災感知器の設置個数例は表 3-1 に示すとおりであり、具体的な選定理由は以下に説明する。

使用済燃料乾式貯蔵建屋-1について、貯蔵区画及び通路部は天井高さが最大11mであるため煙感知器を選定し、給気エリア及び排気エリアは、外気の影響を考慮し赤外線式の炎感知器を選定している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋-2は、天井高さが19.3mであり、監視範囲が広範囲となるため赤外線式の炎感知器を選定している。また、干渉物による未監視エリアがないよう天井部の感知器に加え、壁面にも赤外線式の炎感知器を設置している。

使用済燃料乾式貯蔵建屋-3は、各部屋の天井高さは8m未満であり、設置さ

れる機器に応じて煙感知器又は熱感知器を設置している。階段部は、床面から15m間隔で煙感知器を設置している。

表3-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋における火災感知器の設置個数例

火災区画名称 (番号)	エリア名称	天井高さ (m)	面積(m ²)	煙感知器 (個)	熱感知器 (個)	炎感知器 (個)
	貯蔵区画	11.0	1080	16	-	-
	通路部	7.9	326	5	-	-
	給気エリア	10.8	229	-	-	8
	排気エリア	10.1	168	-	-	4
	-	19.3	634	-	-	16
	各部屋 (通路含む)	3.2~5.2	647	12	3	-
	階段部	19.2	24	2	-	-

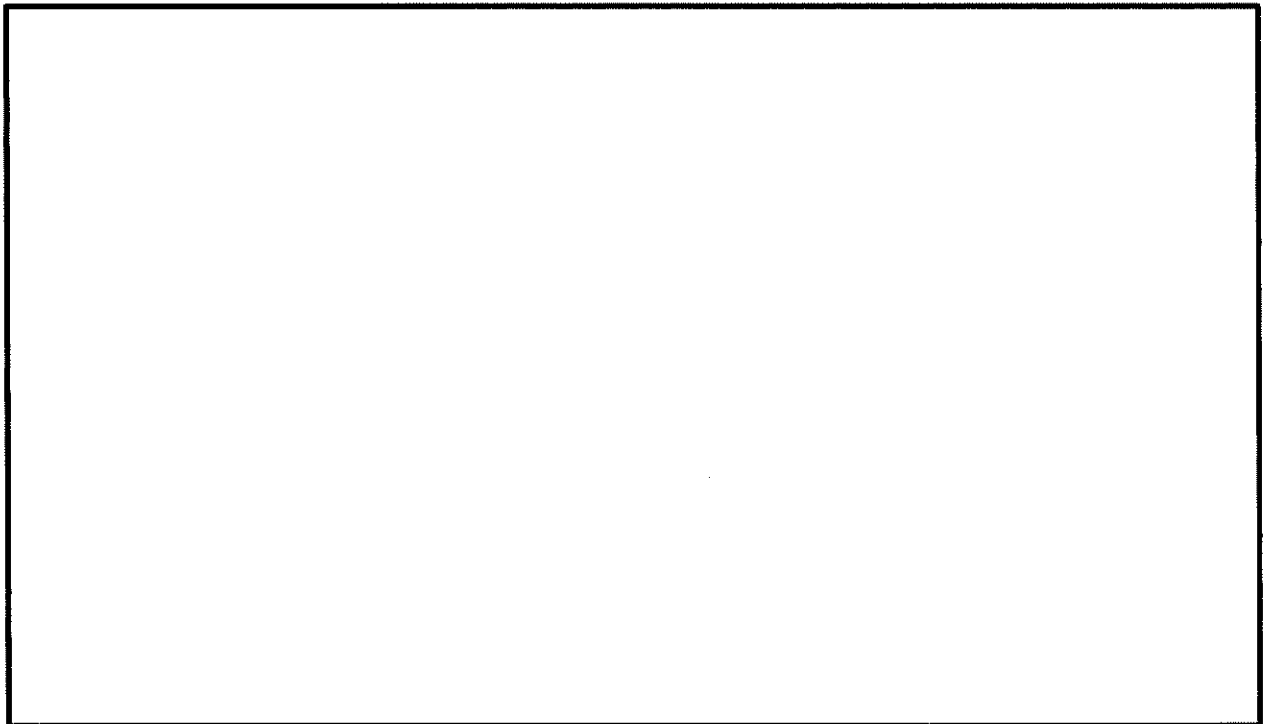


図3-1 使用済燃料乾式貯蔵建屋-1の火災感知器設置イメージ

3.2 消火用水供給系及び移動式消火設備について

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書5.1(3)に示す消火設備の設計のうち、消火用水供給系及び移動式消火設備の設計を説明するため、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

a. 消火用水供給系

消火用水供給系の水源は、平ばえ消火タンク（約 150m³）及び原水貯槽（約 600m³）を各 1 基設置し、静水頭により消火水を供給する設計としている。

平ばえ消火タンク及び原水貯槽は、最大放出量である 2 本の屋外消火栓を同時に使用して消火することを想定し、屋外消火栓に必要な圧力及び必要な流量（350L/min）で、消火を 2 時間継続した場合の水量（84m³）を確保する設計としている。

消火栓は、使用済燃料乾式貯蔵建屋-1、2、3 のそれぞれの火災区画に設置する。

なお、使用済燃料乾式貯蔵建屋に設置する消火栓は屋内消火栓であるため、屋内消火栓に必要な圧力及び必要な流量（130L/min）で、2 本同時に 2 時間消火を継続した場合の水量（31.2m³）を確保する設計とし、上述の屋外消火栓の水源容量に包含される。

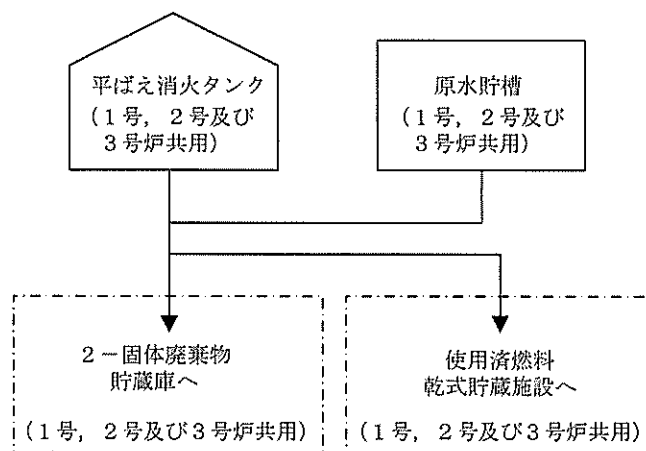


図3-2 消火栓設備系統図

b. 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 83 条の 5 に基づき、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）及び水槽付消防自動車（1 台）を配備している。これらの

消防自動車は、火災区域（区画）内に設置する潤滑油内包機器における油火災に対応するため、400L/minの泡放射を同時に2口行うことが可能な能力を有する。

また、化学消防自動車（1台）及び水槽付消防自動車（1台）を火災現場に配置して消火活動を実施する場合に備え、発電所構内に24時間常駐の消防要員を8名以上配置している。



化学消防自動車



水槽付消防自動車

表3-2 移動式消火設備の仕様

項目		仕様	
車種		化学消防自動車Ⅱ型	水槽付消防自動車Ⅰ型
消火剤	消火剤	水又は泡消火液	水
	水槽/薬槽容量	2.4m ³ /0.5m ³ 以上	1.5m ³ /—
	消火原理	冷却及び窒息	冷却
	薬液濃度	3%	—
	消火剤の特徴	水:消火剤の確保が容易 泡水溶液:水に比べ少ない 消火剤で効果が大きい	消火剤の確保が容易
消火設備	適用規格	消防法その他関係法令	消防法その他関係法令
	放水能力	水:2.0m ³ /min以上 (泡消火については、薬液濃度維持のため 0.8m ³ /min)	水:2.0m ³ /min以上 (泡消火はピックアップノズルを使用)
	放水圧力	0.85MPa	0.85MPa
	ホース長	20m×20本	20m×20本
	水槽への給水	消火栓、防火水槽 他	消火栓、防火水槽 他

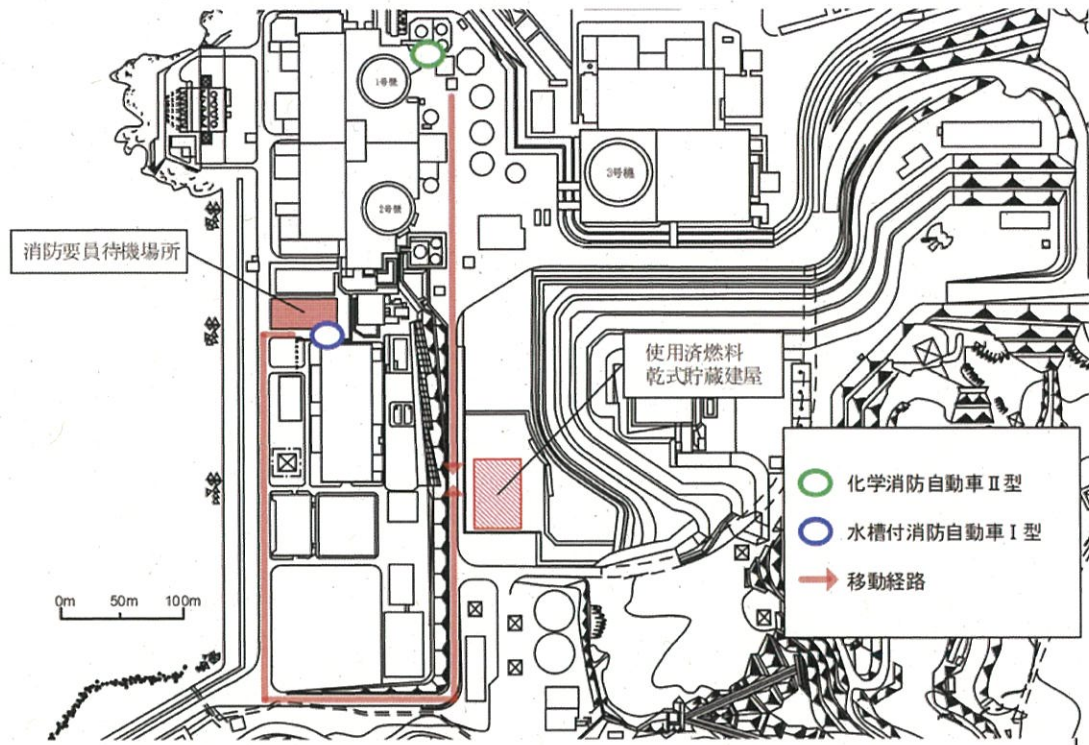


図3-3 移動式消火設備の配置図

c. 消火栓及び消火器の配置

消火栓及び消火器は、使用済燃料乾式貯蔵建屋-1、2、3 のそれぞれの火災区画に設置する。（図 3-4-1～図 3-4-4 参照）

消火栓は、消火栓から半径 25m の範囲における消火活動を考慮した設計とする。

消火器は、普通火災、油火災、電気火災に対応可能であるABC粉末消火器を設置する。

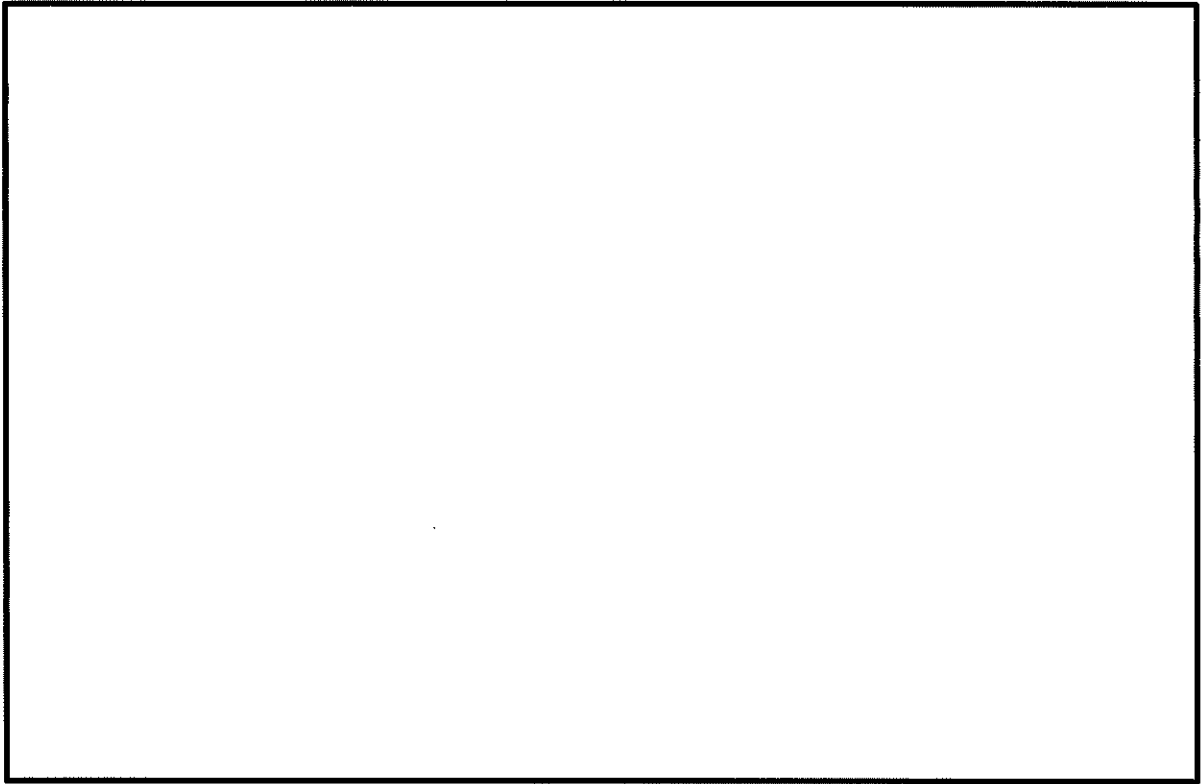


図3-4-1 消火設備等の配置図 (EL. 25.3m)

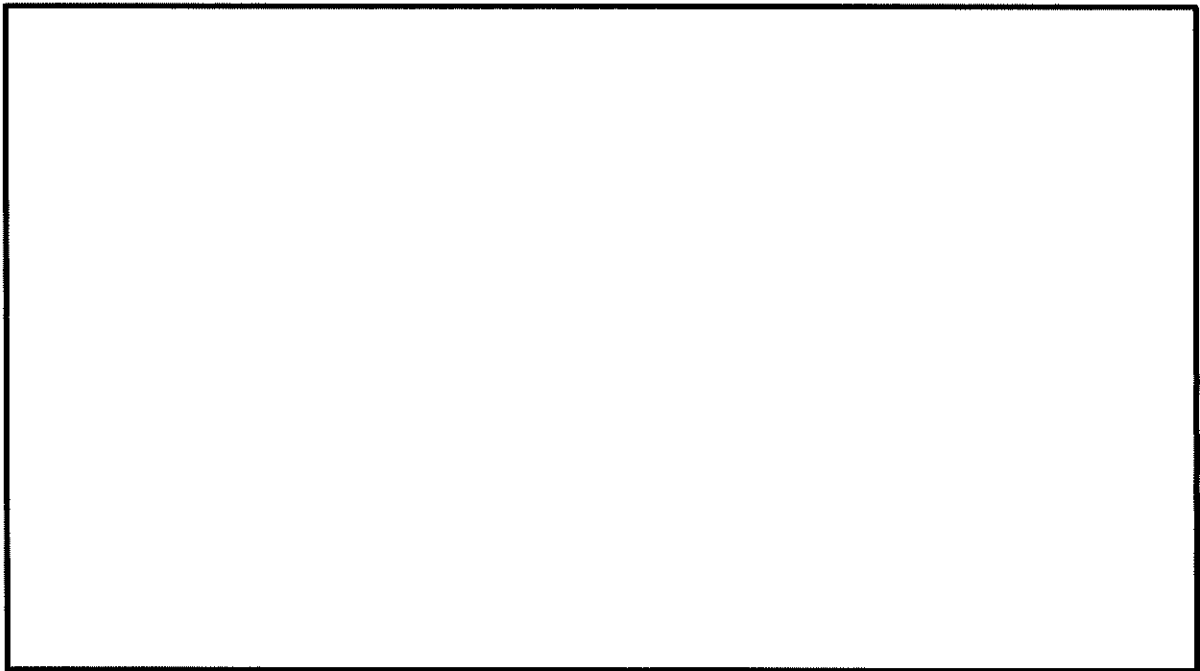


図3-4-2 消火設備等の配置図 (EL. 31.3m)

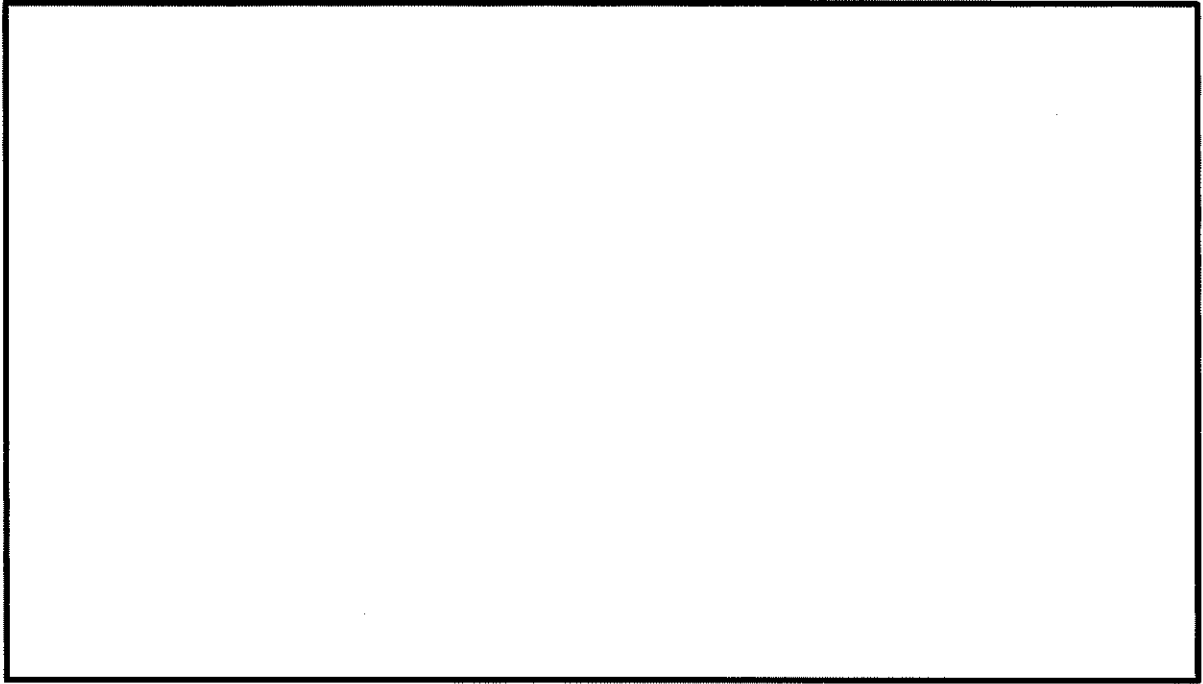


図 3-4-3 消火設備等の配置図 (37.1m)

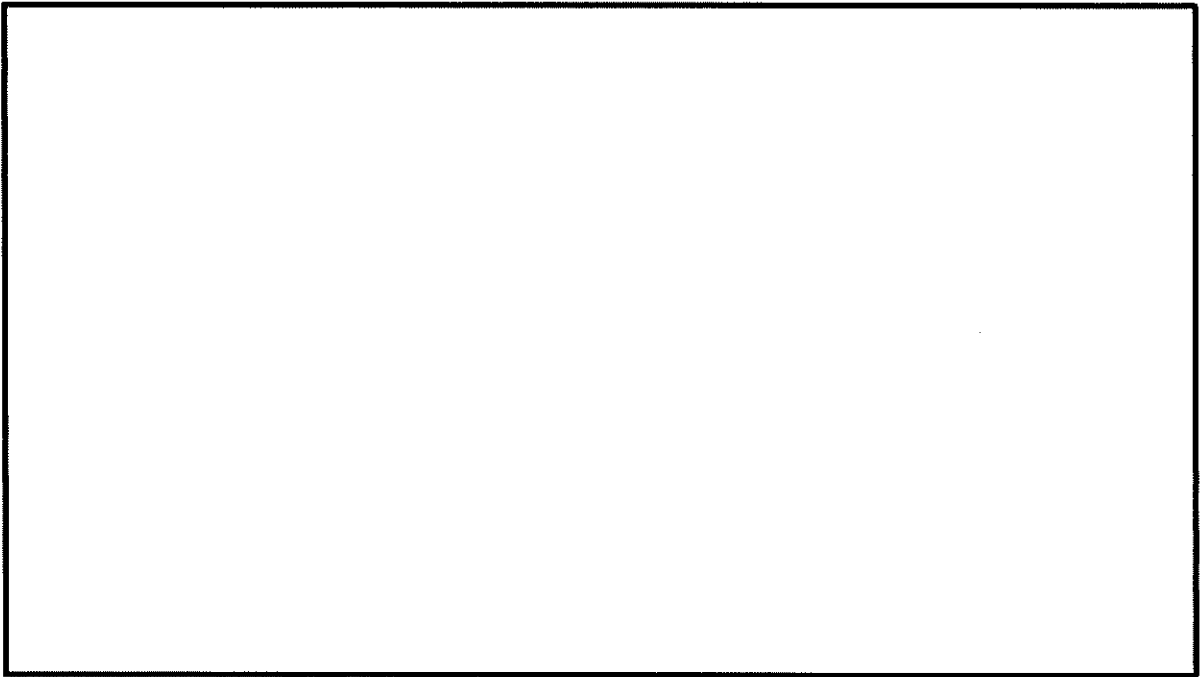


図 3-4-4 消火設備等の配置図 (EL. 40.9m)

4. 火災防護計画に係るもの

(1) 目的

本資料は、発電用原子炉施設の火災防護に関する説明書6.に示す火災防護計画に定める事項の具体的な内容を説明するため、補足資料として添付するものである。

(2) 内容

a. 乾式キャスク貯蔵準備作業中の火災防護対策について

乾式キャスク貯蔵準備作業中は、作業エリアに常時作業員がいることで、万一の火災発生時には人により早期の火災感知及び消火が可能である。

また、輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には、発電所構内に常駐する消防要員にて対応する。

b. 使用済燃料乾式貯蔵建屋-1の火災防護上の整理について

乾式キャスクを貯蔵する使用済燃料乾式貯蔵建屋-1における火災防護上の整理について、以下の表4-1のとおりとする。

本表に示すとおり、乾式キャスクは金属製であり、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵建屋-1において、乾式キャスクへ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止することから、火災による安全機能への影響は考えにくい。

表 4-1 機器・機材に対する火災防護上の整理表

機器・機材	火災防護上の整理
乾式キャスク	金属容器であり発火源とはならない。
監視用計器	機械式計器又は可搬の電気式計器を使用することとしている。機械式計器は不燃材料で構成され、電気式計器は常時通電しない。
一般照明	通常時は主管電源を切っておき、使用済燃料乾式貯蔵建屋-1 入域時のみ電源を入れる運用とする。また、過電流保護装置により故障時には、電流をしゃ断すること、乾式キャスクに近接するような一般照明がないこと、及び可燃物の保管を禁止するエリアとする。
消火設備用照明器具、誘導灯	過電流保護装置により故障時には電流をしゃ断すること、乾式キャスクに近接するような消火設備用照明器具、誘導灯がないこと、及び可燃物の保管を禁止するエリアとする。
ケーブル	専用の電線管で布設する。
火災感知器	消防法に基づき設置する。
消火器、屋内消火栓	プラントと同様の設計とする。
使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車（エアパレット）	貯蔵準備作業時には、電気駆動の使用済燃料乾式貯蔵容器搬送台車（エアパレット）を使用済燃料乾式貯蔵建屋-1 にて使用するが、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能である。

設計承認における乾式キャスクの熱的試験について

1. 設計承認申請における乾式キャスクの車両火災の想定

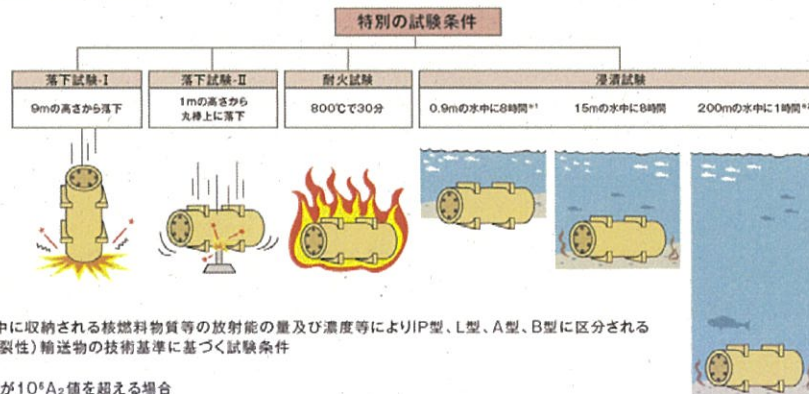
本申請における乾式キャスクは兼用キャスクであり、別途、外運搬規則^{※1}に基づく核燃料輸送物設計承認（以下「設計承認」という。）を取得していることについて、本申請の添付資料15「外運搬規則第二十一条第二項の規定による容器の設計に関する原子力規制委員会の承認を受けたことに関する説明書」にて説明している。

設計承認申請においては、BM型核分裂性輸送物として、告示^{※2}に定められた試験条件を踏まえ、以下の点を含め、外運搬規則への適合性を説明している。

- ・BM型輸送物における特別の試験条件（輸送時の過酷事故条件）として、落下試験-I（9mの高さから落下）、落下試験-II（1mの高さから丸棒上に落下）を想定した構造解析に引き続いて、火災事故条件下に置かれるものとし、熱的試験として車両火災（800℃で30分間）を想定した評価として、ABAQUS コードを用いた熱解析（非定常解析）を実施することにより、火災時の輸送物各部の温度を評価し、構成部品の健全性に与える影響を示すとともに、後続解析への条件を示している。
- ・上述の落下試験（構造解析）及び熱的試験（熱解析）による輸送物の状態を踏まえ、遮蔽解析及び閉じ込め評価を行い、外運搬規則に定める要件（遮蔽、閉じ込め機能に係る要求）に適合することを確認している。

※1 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する規則

※2 核燃料物質等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示



2. 設計承認における火災事故（800℃で 30 分間）に係る説明概要について（MSF-24P 型；乾式キャスク（タイプ 2）の例）

設計承認の特別の試験条件における熱解析結果を図 1 及び図 2 並びに表 1 及び表 2 に示す。

一次蓋金属ガスケットの温度は、火災発生から約 19 時間後に 137℃となり、設計貯蔵期間(60 年)に亘り金属ガスケットの健全性を維持できる使用可能温度(130℃)は上回るものの、使用限度約 1 年における使用可能温度(190℃)は下回る。

また、胴内圧と一二次蓋間圧力の大小関係は、特別の試験条件及び貯蔵時と同様に、一二次蓋間圧力の方が大きい。

以上より、設計承認の特別の試験条件においても、使用限度約 1 年において貯蔵時の閉じ込め機能を維持できる。

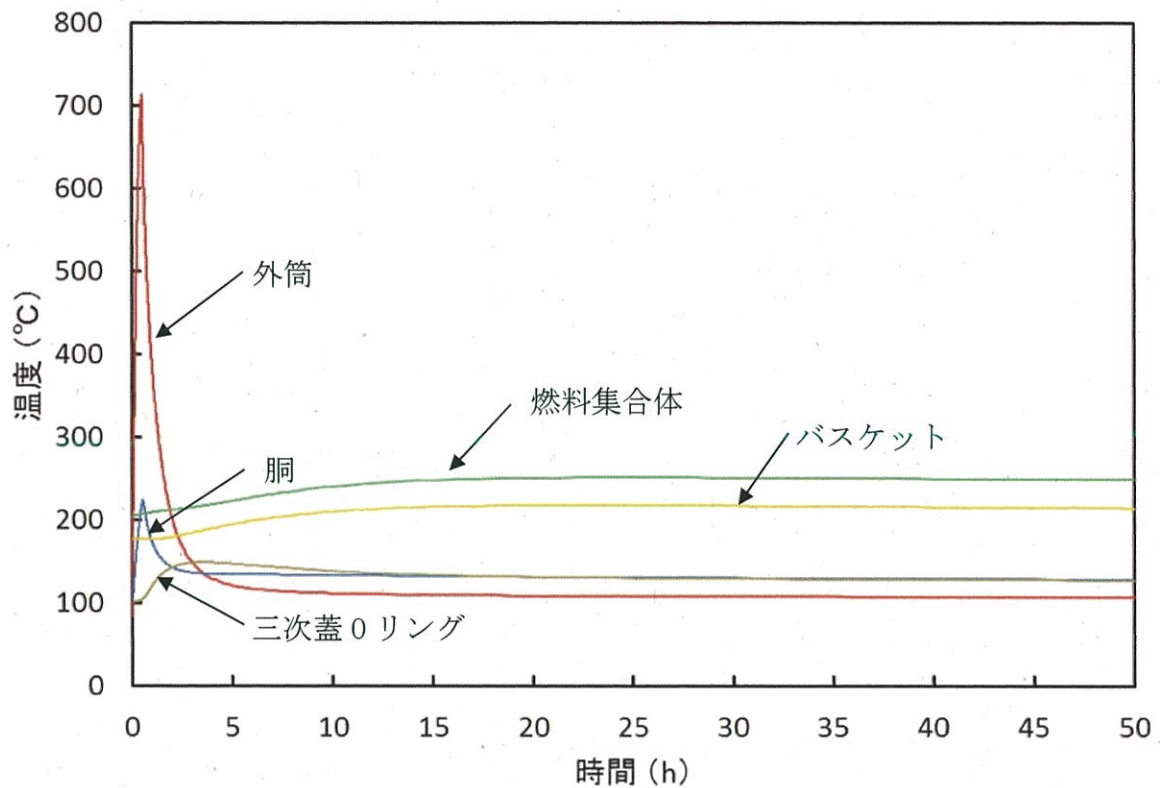


図 1. 特別の試験条件の時刻歴温度変化

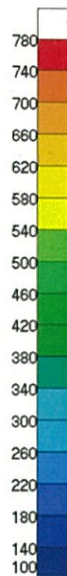
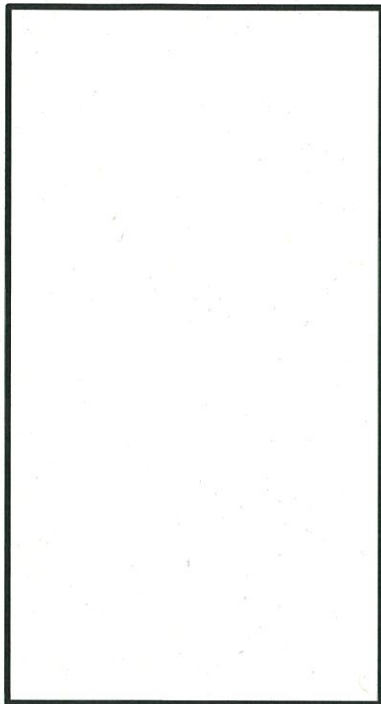


表 1. 特別の試験条件における最高温度

部位	温度(°C)	最高温度 算出時間(h)
外筒	714	0.500
胴	224	0.524
バスケット	218	22.1
燃料集合体	254	25.1
一次蓋 金属ガスケット	137	19.1

図 2. 特別の試験条件の全体モデル温度分布
(火災発生から30分後)

表 2. 胴内圧及び一二次蓋間圧力

項目	圧力(MPa)	
	胴内圧	一二次蓋間圧力
特別の試験条件	0.307	0.420
貯蔵時※	0.08(貯蔵開始時) ～ 0.097(最大値)	0.161(管理値) ～ 0.41(最大値)

※ 使用済燃料貯蔵用容器の密封性を監視する装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書(設計及び工事計画認可申請 資料 11)

設置変更許可申請における使用済燃料乾式貯蔵施設の火災防護に係る該当箇所

設置変更許可申請の該当箇所（まとめ資料から抜粋）

該当頁	記 載 内 容
8条-21	<p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、以下に示すとおり消防法に基づき火災感知器を設置する。</p> <p>(a) 使用済燃料乾式貯蔵施設</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、可燃物を置かず発火源を極力排除した設計とすることから、火災による安全機能への影響は考えにくい。</p> <p>したがって、使用済燃料乾式貯蔵施設は、消防法に基づき火災感知器を設置する。</p>
8条-27 ～ 8条-28	<p>(e) 使用済燃料乾式貯蔵施設の消火設備</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、可燃物を置かず発火源を極力排除した設計とすることから、火災による安全機能への影響は考えにくい。</p> <p>したがって、使用済燃料乾式貯蔵施設は、消火器及び屋内消火栓を設置する設計とする。</p> <p>(中略)</p> <p>したがって、使用済樹脂貯蔵タンク室、使用済樹脂タンク室及び脱塩塔室は、消火器及び屋内消火栓を除く消火設備を設置しない設計とする。</p>
8条-28 ～ 8条-29	<p>(c) 2－固体廃棄物貯蔵庫及び使用済燃料乾式貯蔵施設の消火用水供給系</p> <p>消火用水供給系の水源は、平ばえ消火タンク（約 150m³）及び原水貯槽（約 600m³）を各 1 基設置し、静水頭により消火水を供給する設計とする。</p>
8条-30	<p>(c) 2－固体廃棄物貯蔵庫及び使用済燃料乾式貯蔵施設に消火水を供給するための水源</p> <p>消火用水供給系の水源である平ばえ消火タンク及び原水貯槽は、2本の屋外消火栓を同時に使用して消火することを想定し、屋外消火栓に必要な圧力及び必要な流量（350L/min）で、消火を2時間継続した場合の水量（84m³）を確保する設計とする。</p>

該当頁	記 載 内 容
8条-31	<p>1. 消火栓の配置</p> <p>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 11 条（屋内消火栓設備に関する基準）及び第 19 条（屋外消火栓設備に関する基準）に準拠し，原子炉建屋及び原子炉補助建屋内は消火栓から半径 15m の範囲，使用済燃料乾式貯蔵建屋，焼却炉建家及び雑固体処理建屋内は消火栓から半径 25m の範囲，屋外は消火栓から半径 40m の範囲における消火活動を考慮した設計とする。</p>
8条-43 ～ 8条-44	<p>(3) 適合性説明</p> <p>(火災による損傷の防止)</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>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。</p> </div> <p>適合のための設計方針</p> <p>1 について</p> <p>設計基準対象施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は，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。</p> <p>(1) 火災発生防止</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は，不燃性又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若しく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，不燃性又は難燃性材料を使用した設計とする。</p> <p>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み合わせ等により，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。</p> <p>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。</p> <p>(2) 火災感知及び消火</p>

該当頁	記 載 内 容
	<p>使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアは、保管する使用済燃料乾式貯蔵容器が金属製で十分な耐火能力を有しており、その他の設置機器についても使用済燃料乾式貯蔵施設貯蔵エリアにおいて、使用済燃料乾式貯蔵容器へ影響を及ぼすような発火源を極力排除し、可燃物の保管も禁止する。</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設取扱エリア等は、主要な機器が不燃物で構成され、使用済燃料乾式貯蔵容器貯蔵準備作業中は、常時作業員がいることで、万一の火災発生時には、人により早期の火災感知及び消火が可能である。</p> <p>したがって、火災による安全機能への影響は考えにくいことから使用済燃料乾式貯蔵施設は、消防法に基づき火災感知設備、消火器及び屋内消火栓を設置する設計とする。</p> <p>輸送車両等の油漏れ及び火災発生時には、自衛消防隊にて対応する。</p> <p>(3) 火災の影響軽減のための対策</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設は、放射性物質の貯蔵機能を有する構築物、系統及び機器を設置する耐火壁に囲まれた火災区域であり、他の火災区域と隣接しない。</p>
8条-48	<p>j. 使用済燃料乾式貯蔵施設</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設には、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（赤外線）を設置する。</p>
8条-50	<p>(c) 火災による安全機能への影響は考えにくい火災区域に設置する消火設備</p> <p>(c-1) 使用済燃料乾式貯蔵施設</p> <p>使用済燃料乾式貯蔵施設には、消火器及び屋内消火栓設備を設置する。</p>
8条-51	<p>10.5.1.4 主要仕様</p> <p>(1) 火災感知設備</p> <p>火災感知設備の火災感知器の概略を第 10.5.2 表に示す。</p>

該当頁	記載内容																																																				
8条-56	<p style="text-align: center;">第10.5.2表 火災感知設備の火災感知器の概略</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">火災感知器の設置箇所</th> <th colspan="2">火災感知器の設置型式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">一般エリア</td> <td>煙感知器^{※2}</td> <td>熱感知器^{※2}</td> </tr> <tr> <td></td> <td>炎感知器（赤外線）^{※1.2}</td> </tr> <tr> <td></td> <td>熱感知器^{※2}</td> <td>炎感知器（赤外線）^{※1.2}</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">原子炉格納容器</td> <td rowspan="2">煙感知器</td> <td>熱感知器</td> </tr> <tr> <td>熱感知器^{※1}</td> </tr> <tr> <td>熱感知器</td> <td>防爆型熱感知器^{※1}</td> </tr> <tr> <td>体積制御タンク室及び蓄電池室</td> <td>防爆型煙感知器^{※1}</td> <td>防爆型熱感知器^{※1}</td> </tr> <tr> <td>海水ポンプエリア及び補助給水タンクエリア</td> <td>防爆型熱感知器^{※1}</td> <td>屋外仕様 炎感知器（赤外線）^{※1}</td> </tr> <tr> <td>燃料油貯油槽エリア及び重油タンクエリア</td> <td>防爆型熱感知器^{※1}</td> <td>屋外仕様 炎感知器（赤外線）^{※1}</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">焼却炉建家</td> <td rowspan="2">煙感知器 （1号、2号及び3号炉共用）</td> <td>熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）</td> </tr> <tr> <td>炎感知器（赤外線）^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）</td> </tr> <tr> <td>熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）</td> <td>炎感知器（赤外線）^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）</td> </tr> <tr> <td></td> <td>防爆型煙感知器^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）</td> <td>防爆型熱感知器^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）</td> </tr> <tr> <td>原子炉建屋、原子炉補助建屋通路部、ほう酸タンク室及び換気空調設備室</td> <td>煙感知器</td> <td>熱感知器 光ファイバ温度監視装置</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">海水管トレンチ室</td> <td>煙感知器</td> <td>光ファイバ温度監視装置</td> </tr> <tr> <td>防爆型熱感知器^{※1}</td> <td>屋外仕様 炎感知器（赤外線）^{※1}</td> </tr> <tr> <td>中央制御室フロアケーブルダクト及び1次系計装盤室フロアケーブルダクト</td> <td>煙感知器</td> <td>光ファイバ温度監視装置</td> </tr> <tr> <td>中央制御盤内及び工学的安全施設作動設備内（安全防護系シーケンス盤）</td> <td colspan="2">高感度煙検出設備</td> </tr> <tr> <td>使用済燃料乾式貯蔵施設</td> <td colspan="2">煙感知器、熱感知器、炎感知器（赤外線）^{※1}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：非アナログ式の火災感知器 ※2：1 - 固体廃棄物貯蔵庫，2 - 固体廃棄物貯蔵庫，蒸気発生器保管庫及び雑固体処理建屋内の1号，2号及び3号炉共用を含む。</p>	火災感知器の設置箇所	火災感知器の設置型式		一般エリア	煙感知器 ^{※2}	熱感知器 ^{※2}		炎感知器（赤外線） ^{※1.2}		熱感知器 ^{※2}	炎感知器（赤外線） ^{※1.2}	原子炉格納容器	煙感知器	熱感知器	熱感知器 ^{※1}	熱感知器	防爆型熱感知器 ^{※1}	体積制御タンク室及び蓄電池室	防爆型煙感知器 ^{※1}	防爆型熱感知器 ^{※1}	海水ポンプエリア及び補助給水タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}	燃料油貯油槽エリア及び重油タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}	焼却炉建家	煙感知器 （1号、2号及び3号炉共用）	熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）	炎感知器（赤外線） ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）	熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）	炎感知器（赤外線） ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）		防爆型煙感知器 ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）	防爆型熱感知器 ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）	原子炉建屋、原子炉補助建屋通路部、ほう酸タンク室及び換気空調設備室	煙感知器	熱感知器 光ファイバ温度監視装置	海水管トレンチ室	煙感知器	光ファイバ温度監視装置	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}	中央制御室フロアケーブルダクト及び1次系計装盤室フロアケーブルダクト	煙感知器	光ファイバ温度監視装置	中央制御盤内及び工学的安全施設作動設備内（安全防護系シーケンス盤）	高感度煙検出設備		使用済燃料乾式貯蔵施設	煙感知器、熱感知器、炎感知器（赤外線） ^{※1}	
	火災感知器の設置箇所	火災感知器の設置型式																																																			
	一般エリア	煙感知器 ^{※2}	熱感知器 ^{※2}																																																		
			炎感知器（赤外線） ^{※1.2}																																																		
		熱感知器 ^{※2}	炎感知器（赤外線） ^{※1.2}																																																		
	原子炉格納容器	煙感知器	熱感知器																																																		
			熱感知器 ^{※1}																																																		
		熱感知器	防爆型熱感知器 ^{※1}																																																		
	体積制御タンク室及び蓄電池室	防爆型煙感知器 ^{※1}	防爆型熱感知器 ^{※1}																																																		
	海水ポンプエリア及び補助給水タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}																																																		
	燃料油貯油槽エリア及び重油タンクエリア	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}																																																		
	焼却炉建家	煙感知器 （1号、2号及び3号炉共用）	熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）																																																		
			炎感知器（赤外線） ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）																																																		
		熱感知器 （1号、2号及び3号炉共用）	炎感知器（赤外線） ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）																																																		
		防爆型煙感知器 ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）	防爆型熱感知器 ^{※1} （1号、2号及び3号炉共用）																																																		
原子炉建屋、原子炉補助建屋通路部、ほう酸タンク室及び換気空調設備室	煙感知器	熱感知器 光ファイバ温度監視装置																																																			
海水管トレンチ室	煙感知器	光ファイバ温度監視装置																																																			
	防爆型熱感知器 ^{※1}	屋外仕様 炎感知器（赤外線） ^{※1}																																																			
中央制御室フロアケーブルダクト及び1次系計装盤室フロアケーブルダクト	煙感知器	光ファイバ温度監視装置																																																			
中央制御盤内及び工学的安全施設作動設備内（安全防護系シーケンス盤）	高感度煙検出設備																																																				
使用済燃料乾式貯蔵施設	煙感知器、熱感知器、炎感知器（赤外線） ^{※1}																																																				
8条-48	<p>(3) 消火設備</p> <p>原子炉の安全停止に必要な機器等を設置する火災区域又は火災区画並びに放射性物質貯蔵等の機器等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) c. 消火用水供給系の多重性又は多様性の考慮」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。</p>																																																				

