

添付資料 1

泊発電所 3号炉における
火災の影響軽減のための系統分離対策について

泊発電所 3号炉における
火災の影響軽減のための系統分離対策について

1. 系統分離の基本的な考え方

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安全機能を有する構築物、系統及び機器における「その相互の系統分離」を行う際には、単一火災（任意の一つの火災区域で発生する火災）の発生によって、相互に分離された安全系トレンのすべての安全機能が喪失することのないよう、高温停止及び低温停止を達成し、維持するために必要な系統（安全停止パス）が少なくとも一つ成立することが必要であるため、建屋内はAトレンとBトレンを「3時間以上の耐火能力を有する隔壁等」、「水平距離 6m 以上、火災感知設備及び自動消火設備」又は「1時間以上の耐火能力を有する隔壁等、火災感知設備及び自動消火設備」で分離する。

そのため、建屋内でAトレン、Bトレンのそれぞれの火災区画について、各トレンの境界を1時間以上又は3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁等で区画し、異なる安全系トレンの区画に設置する場合は、単一の火災により機能喪失しないように、系統分離対策を実施する。（第1表）

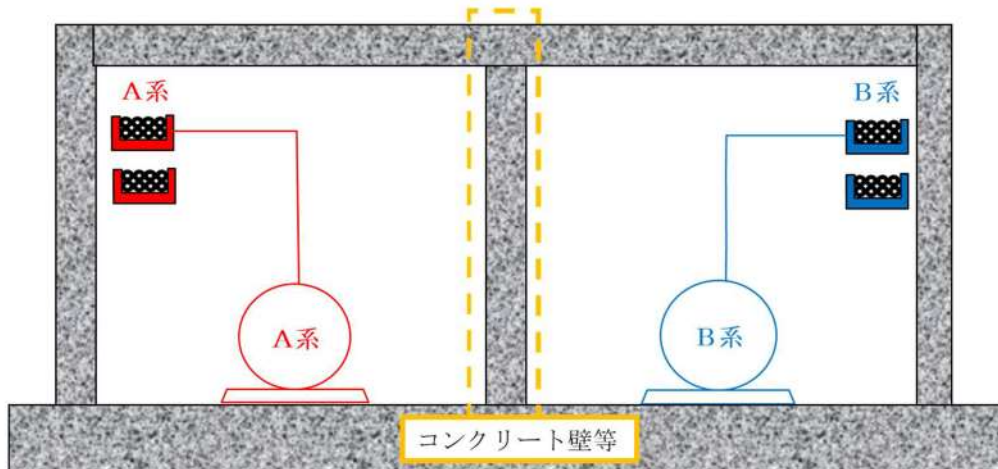
第1表：安全系トレンを有する主な系統

安全系トレン	Aトレン	Bトレン
高温停止	高圧注入系 主蒸気系	
低温停止	余熱除去系	
サポート (冷却系)	原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系	
サポート (動力電源)	ディーゼル発電機設備 所内電源系統（非常用母線）	

2. 系統分離のための具体的対策

2.1. 火災区画の系統分離対策

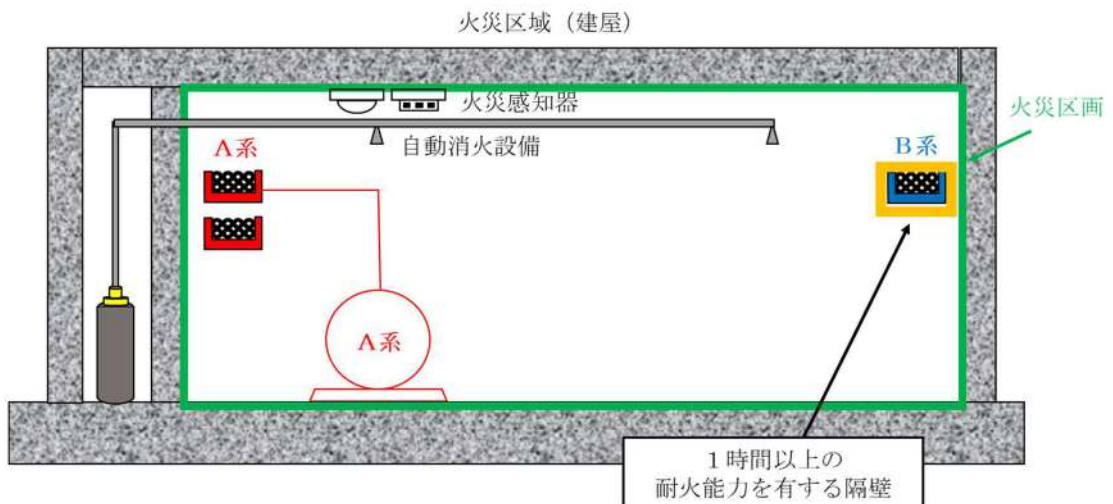
建屋内の火災区画は系統分離の観点から部屋や安全系トレンの機器、ケーブル等の配置について考慮し、隔壁等に囲まれた区画を火災区画として設定し、隣接する火災区画についても考慮に入れ設定しており、AトレンとBトレンの境界は1時間以上又は3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁又は石膏ボード等で構成された耐火隔壁で分離する。（第1図）



第1図：火災区画の系統分離対策の概要

2.2. 火災防護対象ケーブルの系統分離対策

火災防護対象機器に使用する安全系トレンのケーブルが、同一区画内に混在して敷設している場合、当該ケーブルが単一の火災により機能喪失しないように、当該ケーブルが敷設されたケーブルトレイを1時間の耐火性能を有する隔壁で囲い、かつ火災感知設備及び自動消火設備を設置する。(第2図)



第2図：ケーブルトレイ1時間耐火隔壁，感知・消火（全域ガス）の概要

2.3. 火災防護対象機器の系統分離対策

火災防護対象機器であるポンプ、電動弁、制御盤等のAトレン及びBトレンが同一の区画に設置されている場合、当該ポンプ、電動弁、制御盤等が当該区画での単一火災によって機能喪失することのないよう、当該機器等を系統分離対策する。(第2表)

ただし、火災により駆動源が喪失した場合でも状態は保持され、火災発生後に機能要求まで時間余裕があり、消火活動後に手動操作によって機能を復旧できる電動弁については分離対策を必要としない。

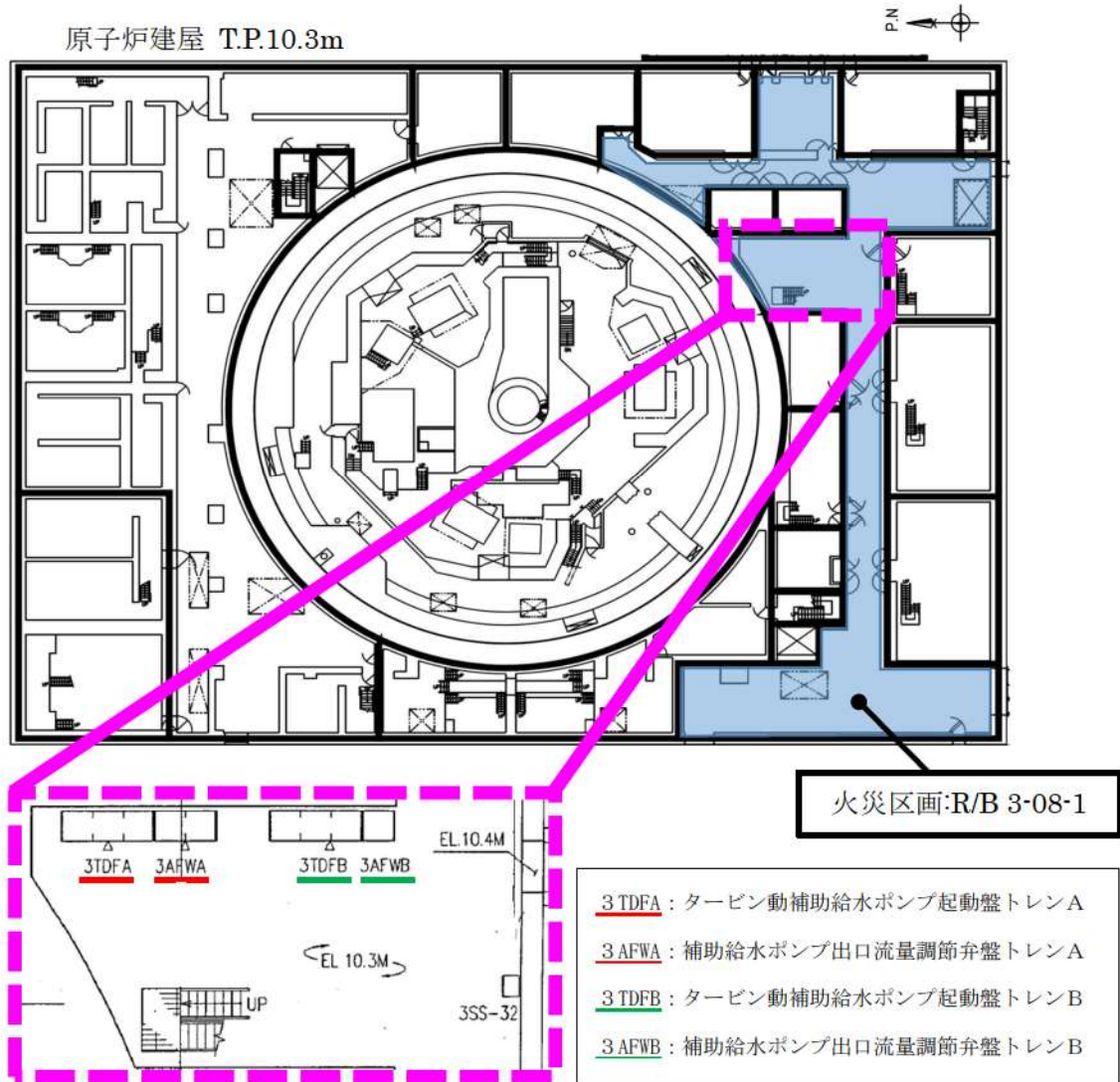
第2表：異なる安全系トレンが同一の区画に設置されている機器及び系統分離対策

火災区画	異なる安全系トレンが同一の区画に設置されている機器等	当該区画の系統分離対策
A/B 2-02	A・高圧注入ポンプ第1ミニフロー弁 A・高圧注入ポンプ第2ミニフロー弁 A・余熱除去ポンプ RWSP 側入口弁 A・余熱除去ポンプ RWSP/再循環サンプ側入口弁 A・余熱除去ポンプミニフロー弁 A・高圧注入ポンプ燃料取替用水ピット側入口弁 B・高圧注入ポンプ第1ミニフロー弁 B・高圧注入ポンプ第2ミニフロー弁 B・余熱除去ポンプ RWSP 側入口弁 B・余熱除去ポンプ RWSP/再循環サンプ側入口弁 B・余熱除去ポンプミニフロー弁 B・高圧注入ポンプ燃料取替用水ピット側入口弁	1時間耐火隔壁等 感知+自動消火(全域ガス)
A/B 3-01-1	充てんポンプ入口燃料取替用水ピット側入口弁 A 充てんポンプ入口燃料取替用水ピット側入口弁 B	1時間耐火隔壁等 感知+自動消火(全域ガス)
R/B 2-03	A・安全注入ポンプ再循環サンプ側入口 C/V 外側 隔離弁 A・余熱除去ポンプ再循環サンプ側入口弁 B・安全注入ポンプ再循環サンプ側入口 C/V 外側 隔離弁 B・余熱除去ポンプ再循環サンプ側入口弁	1時間耐火隔壁等 感知+自動消火(全域ガス)

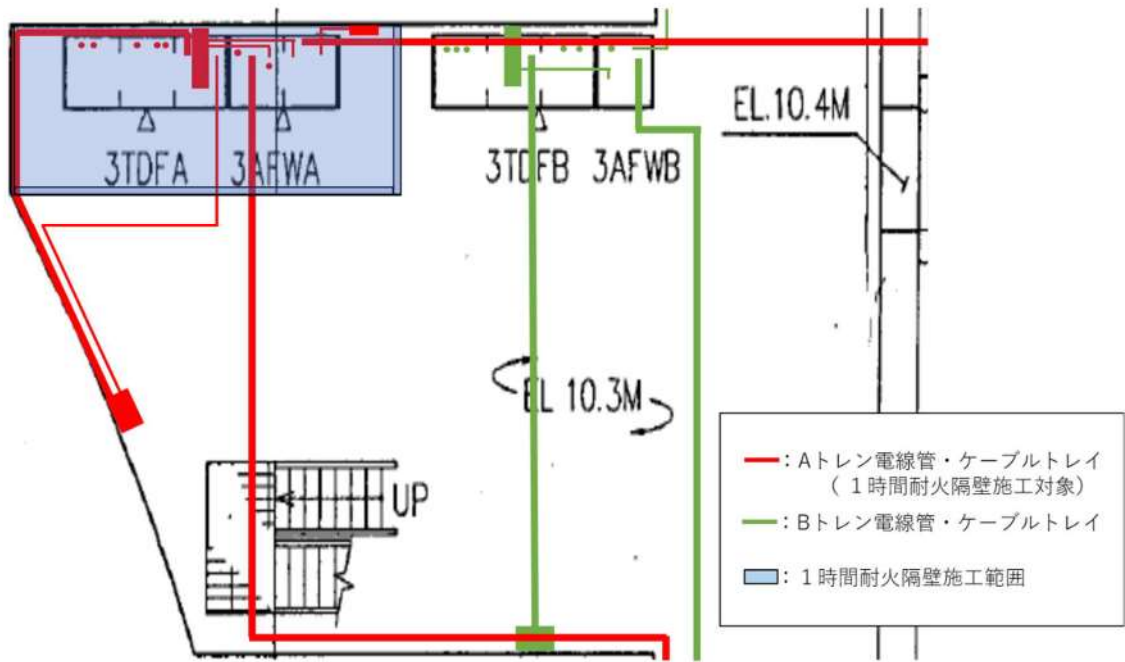
R/B 3-01	A・制御用空気 C ヘッダ供給弁 B・制御用空気 C ヘッダ供給弁	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
R/B 3-02	A・制御用空気主蒸気逃がし弁供給弁 B・制御用空気主蒸気逃がし弁供給弁	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
R/B 3-08-1	タービン動補助給水ポンプ起動盤トレンA 補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンA タービン動補助給水ポンプ起動盤トレンB 補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンB	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
R/B 3-03-1	タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気入口弁A タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気入口弁B	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
A/B 4-01-7	ほう酸注入タンク入口弁A ほう酸注入タンク入口弁B	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
R/B 4-02-1	A・制御用空気 C/V 外側隔離弁 充てんライン C/V 外側止め弁 ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離弁A 余熱除去Aライン C/V 外側隔離弁 充てんライン C/V 外側隔離弁 B・制御用空気 C/V 外側隔離弁 ほう酸注入タンク出口 C/V 外側隔離弁B 余熱除去Bライン C/V 外側隔離弁	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)
R/B 5-03	タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気C主蒸気ライン元弁 A・補助給水隔離弁 B・補助給水隔離弁 C・補助給水隔離弁 A・主蒸気逃がし弁 B・主蒸気逃がし弁 C・主蒸気逃がし弁 A・主蒸気逃がし弁元弁 B・主蒸気逃がし弁元弁 C・主蒸気逃がし弁元弁 タービン動補助給水ポンプ駆動蒸気B主蒸気ライン元弁	1 時間耐火隔壁等 感知+自動消火 (全域ガス)

2.4. 火災防護対象機器（制御盤）の系統分離対策

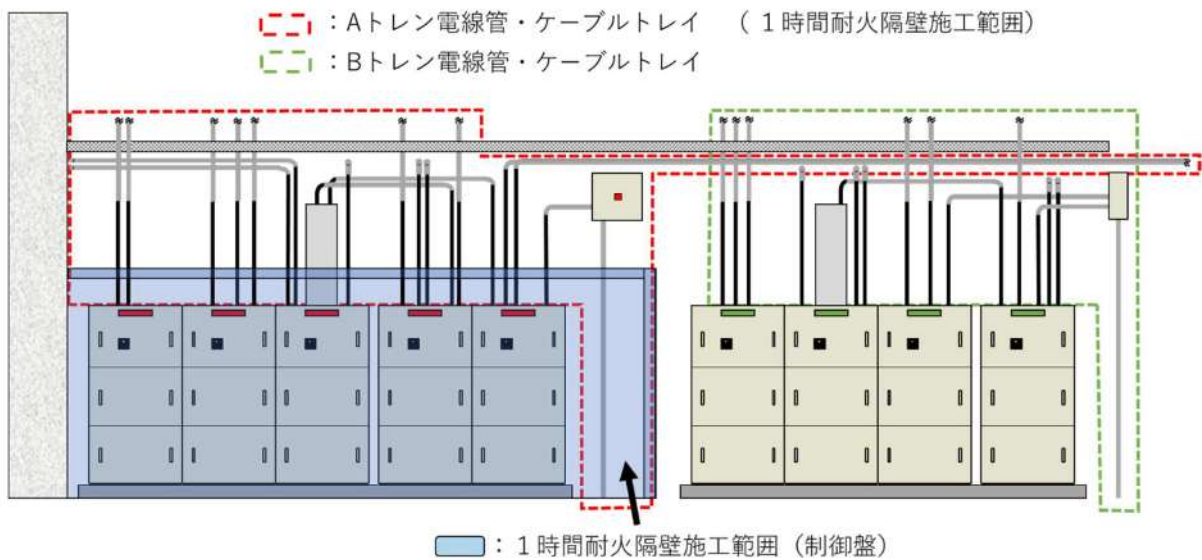
「タービン動補助給水ポンプ起動盤トレンA」「補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンA」と「タービン動補助給水ポンプ起動盤トレンB」「補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレンB」は、Bトレンの火災区画に設置されているため、Aトレンの盤を1時間耐火隔壁で分離するとともに、火災感知及び自動消火（全域ハロンガス消火設備）を行うことで系統分離対策を行う（第3、4、5図）。



第3図：火災防護対象機器（制御盤）の設置状況



第4図：火災防護対象機器（制御盤）設置状況平面図



第5図：火災防護対象機器（制御盤）設置状況立面図

添付資料 2

泊発電所 3号炉における
電動弁の回路評価について

泊発電所 3号炉における
電動弁の回路評価について

1. 概要

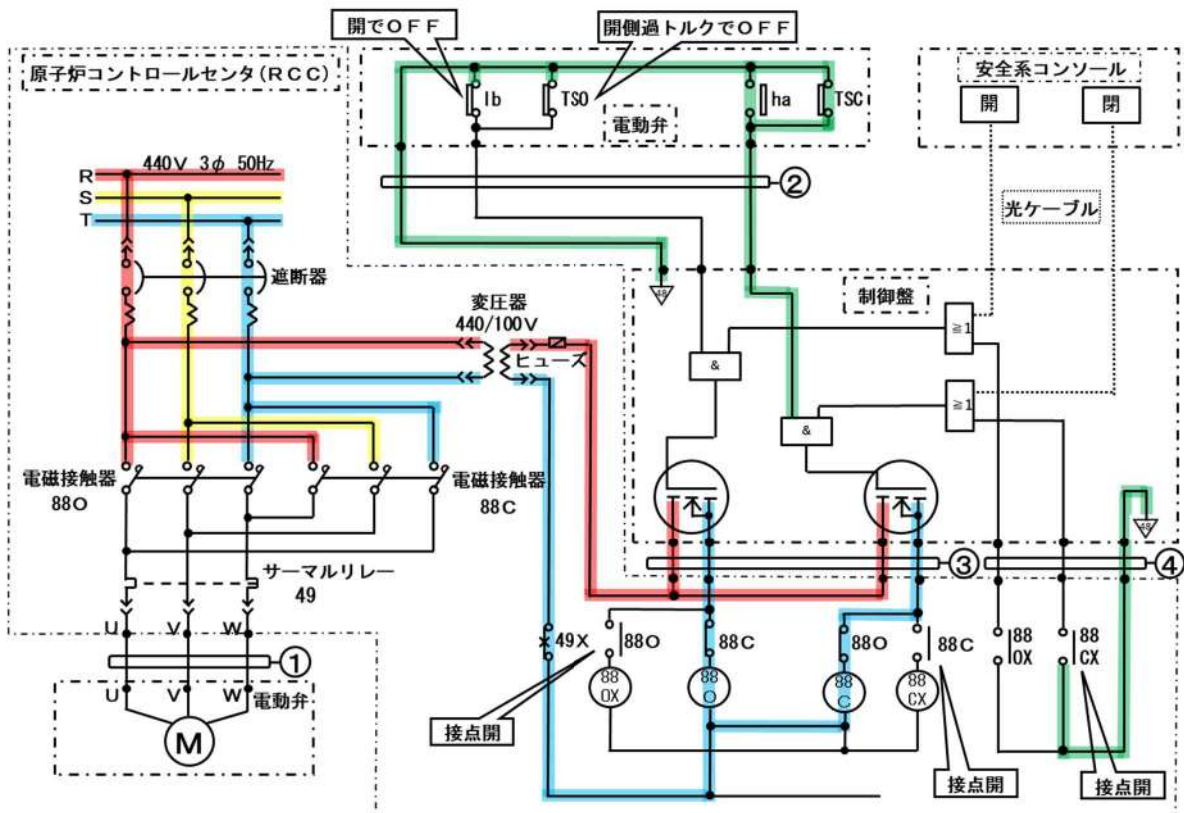
泊発電所3号炉の安全停止パスの確認において、電動弁の回路評価を行い、電動弁の回路が火災により影響を受けたとしても、電動弁の開度が維持され、その開度に応じた機能（開は通水機能、閉は隔離機能）が確保される場合は、当該電動弁の機能は、火災の影響を受けないと判断することから、電動弁の回路評価の考え方を以下に示す。

2. 電動弁が全開状態で待機している時（通常時）

電動弁操作回路の電圧状態を色分けして第1図に示す。

三相回路（動力回路）は、R相を赤、S相を黄、T相を青で示す。単相回路（制御回路）は、R相を赤、T相を青で示す。制御盤から受電する制御回路は、緑で示す。

安全系コンソールにて当該電動弁の操作をしていない状態なので、制御回路は安全系コンソールからの閉操作回路は成立しておらず、電磁接触器は開で電動弁は作動していない状態。

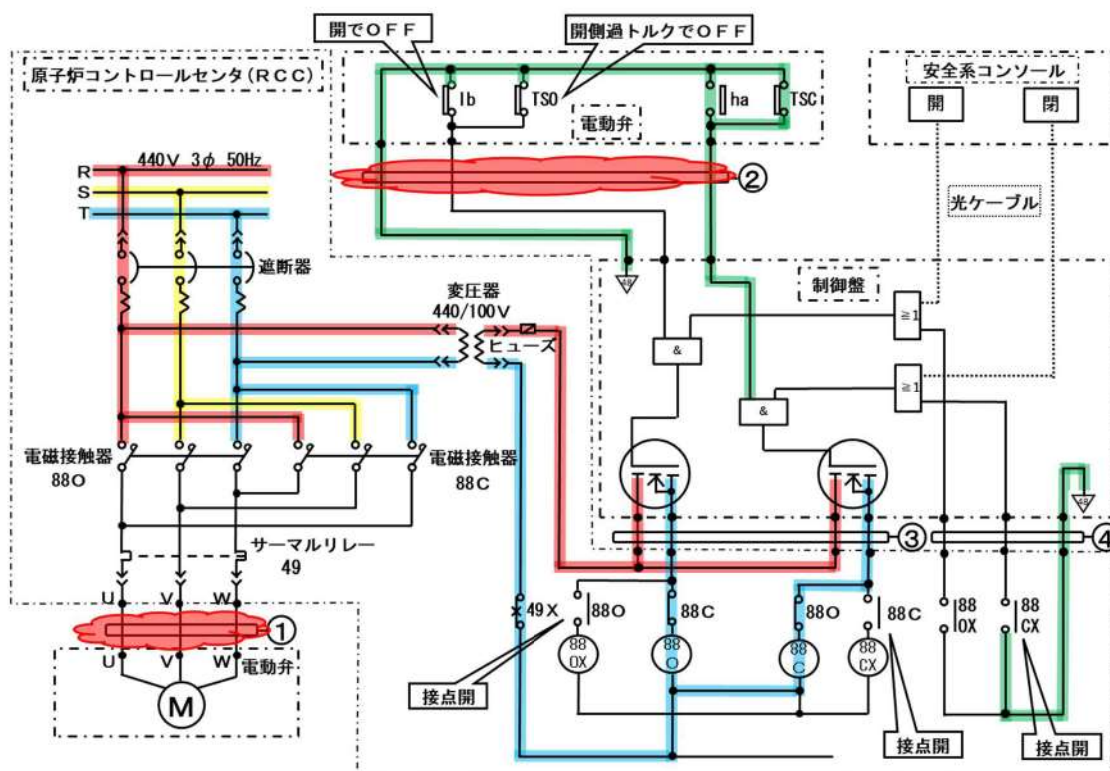


第1図 電動弁が全開状態で待機している操作回路状態

3. 電動弁が全開状態で待機している時（電動弁と RCC 間ケーブル又は電動弁と制御盤間で火災発生時）

電動弁～RCC 間ケーブル又は電動弁～制御盤間で火災が発生した場合の回路状態を第 2 図に示す。

動力ケーブル①は電圧がかかっていないので、火災によりケーブルが断線，混触しても電動弁は作動しない。制御ケーブル②は混触したとしても電動弁を全開から全閉へ誤作動するロジックは働かないため，電動弁の状態は変わらない。



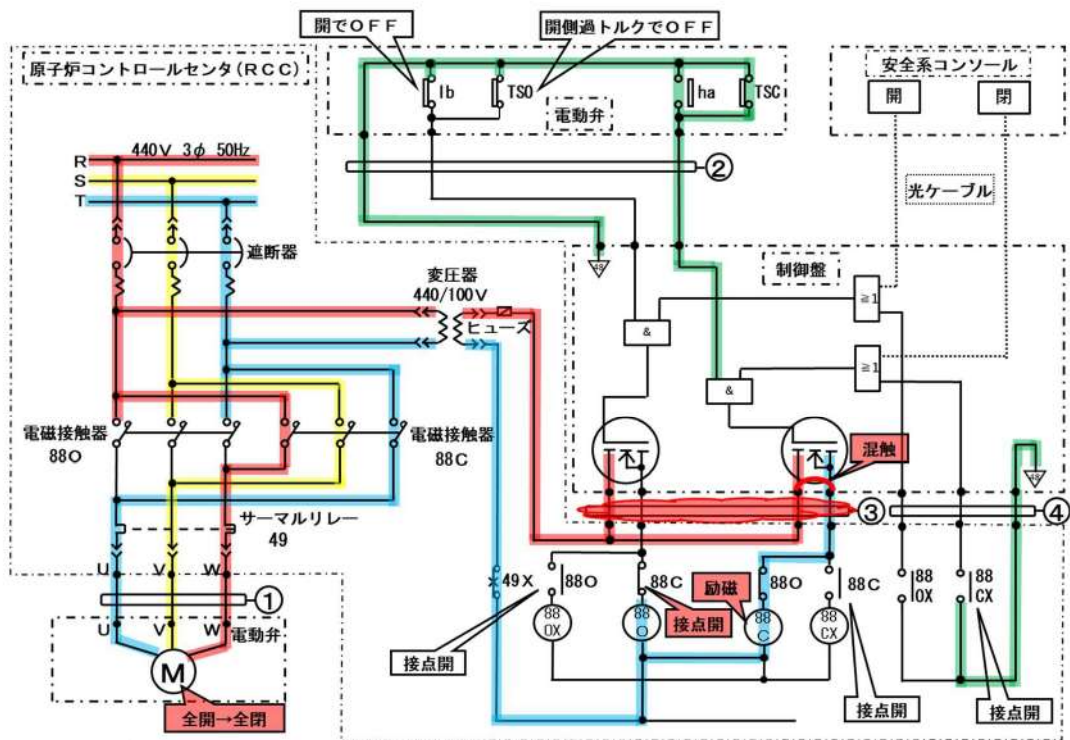
第 2 図 電動弁が全開状態でケーブル①②にて火災発生した場合の操作回路状態

4. 電動弁が全開状態で待機している時（RCC と制御盤間ケーブルで火災発生時）

RCC～制御盤間ケーブルで火災が発生した場合の回路状態を第3図及び第4図に示す。

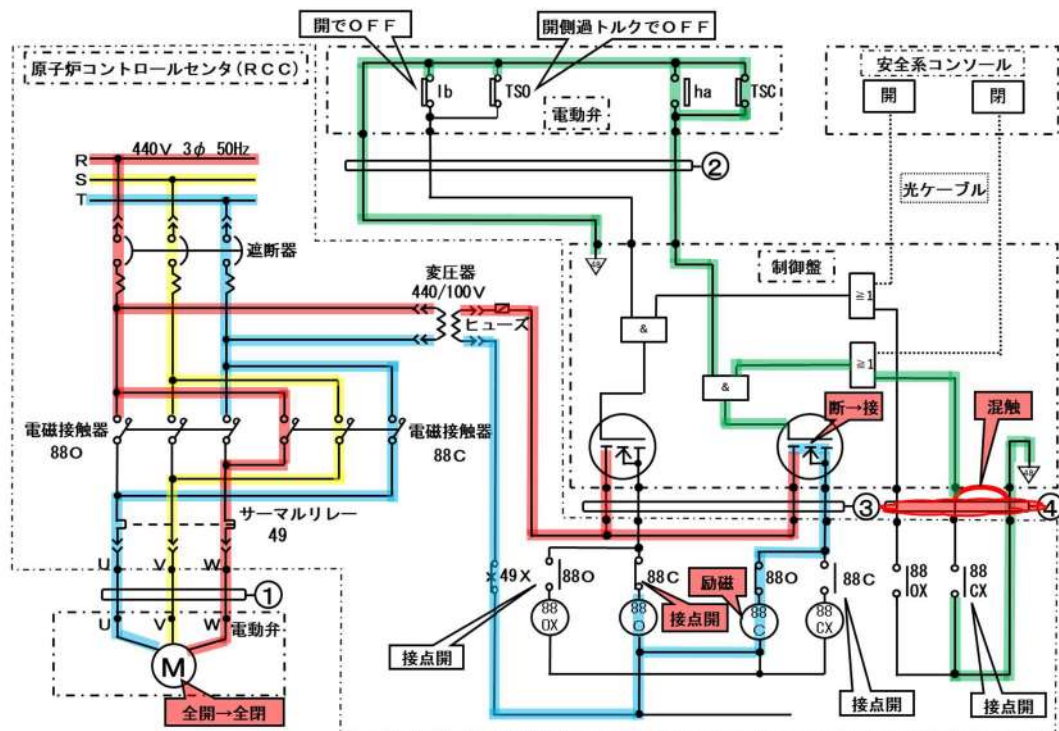
制御ケーブル③にはR相とT相の線芯があるので、混触すると全開状態では安全系コンソールから「閉」操作された状態と等価となるため、全開から全閉へ誤作動する可能性がある。

制御ケーブル④は自己保持回路部分であり、混触すると全開状態では「スイッチ全閉」が操作された状態と等価となるため、全開から全閉へ誤作動する可能性がある。



(注) ケーブル③の火災では、電動弁の状態が変わる可能性があるので防護が必要。

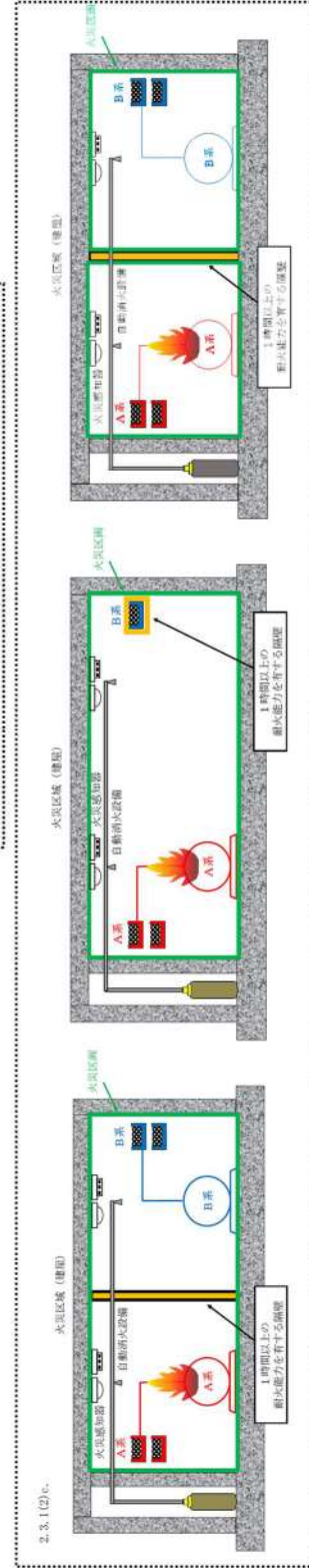
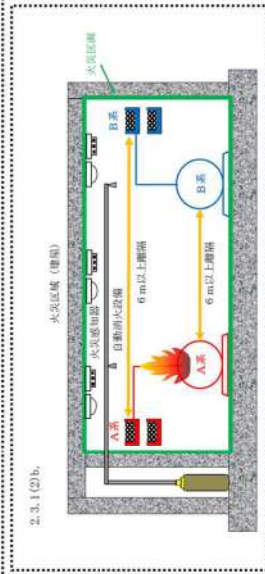
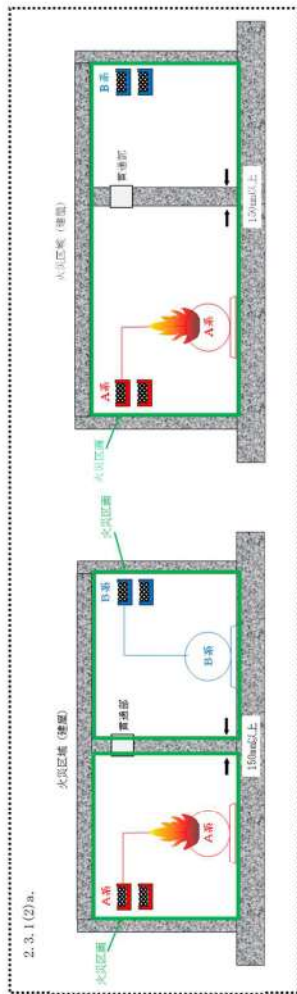
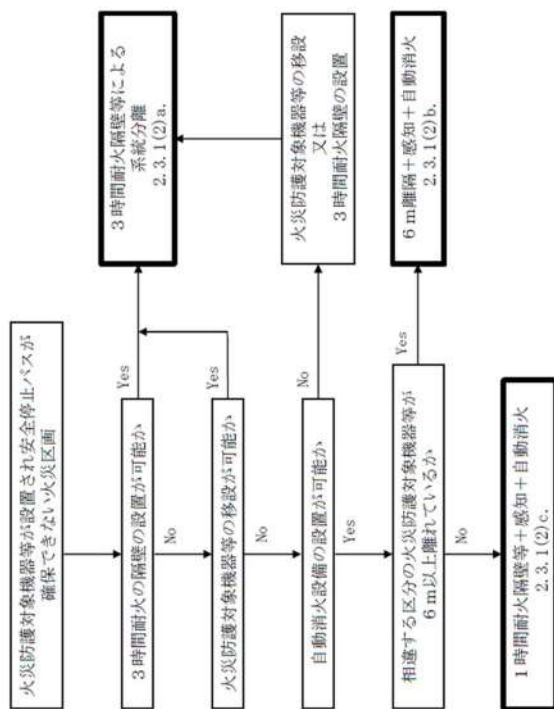
第3図 電動弁が全開状態でケーブル③にて火災発生した場合の操作回路状態



(注) ケーブル④の火災では、電動弁の状態が変わる可能性があるので防護が必要。

第4図 電動弁が全開状態でケーブル④にて火災発生した場合の操作回路状態

泊発電所 3号炉における
火災区域又は火災区画の系統分離対策フローについて



添付資料 4

泊発電所 3号炉における
3時間耐火壁及び隔壁等の火災耐久試験について

泊発電所 3号炉における
3時間耐火壁及び隔壁等の火災耐久試験について

1. はじめに

「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」には、耐火壁、隔壁等の設計の妥当性が火災耐久試験によって確認されることが要求されている。

火災区域を構成する、壁、貫通部シール、防火扉及び防火ダンパについて、3時間の耐火性能の確認結果を以下に示す。

2. コンクリート壁の耐火性能について

泊発電所3号炉におけるコンクリート壁の3時間の耐火性能に必要な最小壁厚について、国内外の既往の文献より確認した結果を以下に示す。

2.1. 建築基準法による壁厚

火災強度2時間を越えた場合、建築基準法により指定された耐火構造壁はないが、告示の講習会テキスト^{※1}により、コンクリート壁の屋内火災保有耐火時間（遮熱性）の算定方法が下式のとおり示されており、これにより最小壁厚を算出することができる。

※1：2001年版耐火性能検証法の解説及び計算例とその解説（「建設省告示第1433号耐火性能検証法に関する算出方法等を定める件」講習会テキスト（国土交通省住宅局建築指導課））

$$t = \left(\frac{460}{\alpha} \right)^{\frac{3}{2}} 0.012 C_D D^2$$

ここで、 t ：保有耐火時間 [min]

D ：壁の厚さ [mm]

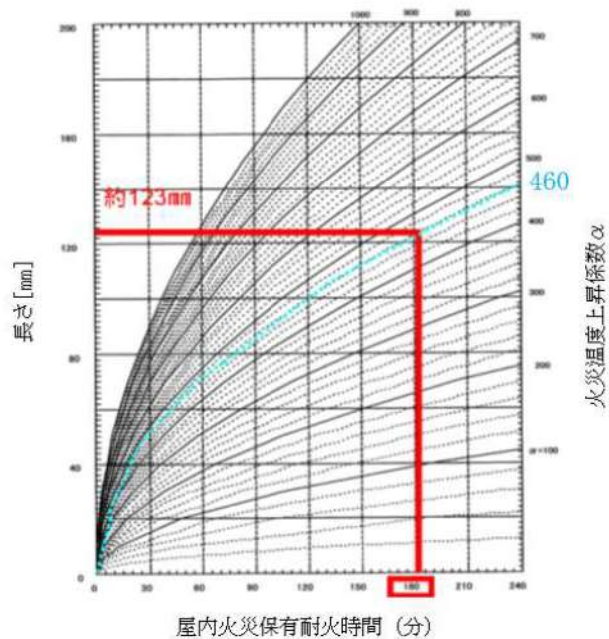
α ：火災温度上昇係数 [460：標準加熱曲線]^{※2}

C_D ：遮熱特性係数 [1.0：普通コンクリート、1.2：軽量コンクリート]

※2：建築基準法の防火規定は2000年に国際的な調和を図るため、国際標準のISO方式が導入され、標準加熱曲線はISO834となり、火災温度係数 α は460となる。

上記式より、屋内火災保有耐火時間180min（3時間）に必要なコンクリート壁の厚さは123mmと算出できる。

なお、普通コンクリート壁の屋内火災保有耐火時間（遮熱性）の算定図については第1図のとおりである。

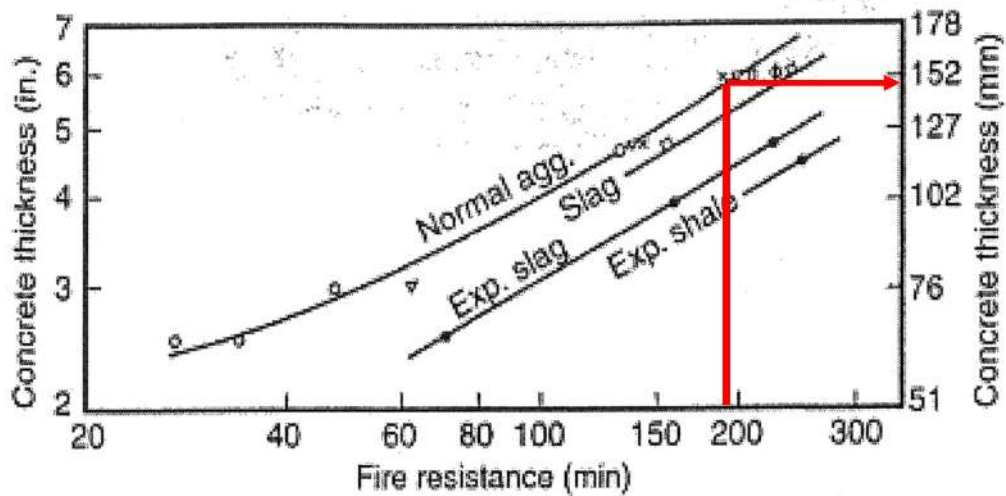


第1図：普通コンクリート壁の屋内火災保有耐火時間（遮熱性）の算定図
 （「建設省告示第1433号耐火性能検証法に関する算出方法を定める件」
 講習会テキストに加筆）

2.2. 海外規定による壁厚

コンクリート壁の耐火性能を示す海外規格として、米国のNFPAハンドブックがあり、3時間耐火に必要な壁の厚さは第2図に示すように約150mm^{※3}と読み取れる。

※3：3時間耐火に必要なコンクリート壁の厚さとしては、「原子力発電所の火災防護指針 JEAG4607-2010」に例示された、米国NFPA（National Fire Protection Association）ハンドブックに記載される耐火壁の厚さと耐火時間の関係より、3時間耐火に必要な厚さが約150mm程度であることが読み取れる。



NORMAL AGGREGATE : 普通骨材
 SLAG : スラグ骨材
 EXPANDED SHALE : 膨張頁 (けつ) 岩骨材
 EXPANDED SLAG : 膨張スラグ骨材

図 4-d 耐火壁の厚さと耐火時間の関係
 (米国 NFPA Handbook Twentieth Edition より)

Reproduced with permission from NFPA's *Fire Protection Handbook*®,
 Copyright©2008, National Fire Protection Association.

第 2 図：耐火壁の厚さと耐火時間の関係
 (「原子力発電所の火災防護指針 JEAG4607-2010」に加筆)

上記の結果から、3 時間耐火性能として必要な最低壁厚は、保守的に 150mm と設定することができる。

なお、泊発電所 3 号炉の火災区域境界のコンクリートの壁厚は、最低 180mm 以上であることから、3 時間の耐火性能を有している。

3. 貫通部シール、防火扉及び防火ダンパの耐火性能について

泊発電所 3 号炉における火災区域又は火災区画を構成する貫通部シール、防火扉及び防火ダンパについて「3 時間の耐火性能」を有していることを火災耐久試験により確認した結果を以下に示す。

なお、以下に示す以外の貫通部シール、防火扉及び防火ダンパについても、火災耐久試験により 3 時間耐火以上の耐火性能が確認できたものについては、火災区域を構成する貫通部シール

ル，防火扉及び防火ダンパとして適用する。

3.1. 試験概要

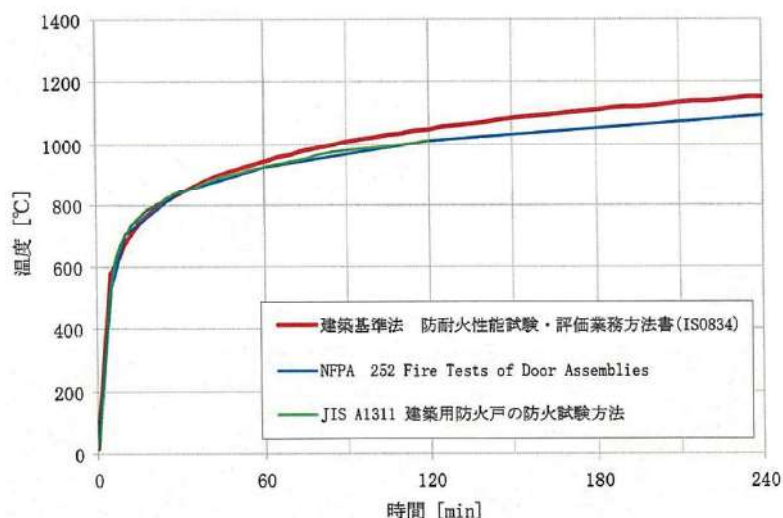
貫通部シール，防火扉及び防火ダンパの試験として，建築基準法，JIS 及び NFPA があるが，加熱温度が最も厳しい建築基準法による試験を実施した。

3.1.1. 加熱温度について

第3図に示すとおり，建築基準法（IS0834）の加熱曲線は，他の試験法に比べ厳しい温度設定となっているから，火災耐久試験では建築基準法の加熱曲線に従って加熱する。

3.1.2. 判定基準について

第3図の建築基準法の規定に基づく加熱曲線で3時間加熱した際に，第1表の防火設備性能試験の判定基準を満足するか確認する。



第3図 加熱曲線の比較

第1表 遮炎性の判定基準

試験項目	遮炎性の確認
判定基準	①非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。 ②非加熱側へ10秒を超えて継続する発炎がないこと。 ③火炎が通るき裂等の損傷を生じないこと。

3.2. 貫通部シールの耐火性能について

泊発電所3号炉における火災区域又は火災区画を構成する貫通部シールについて「3時間の耐火性能」を有していることを実証試験にて確認した結果を以下に示す。

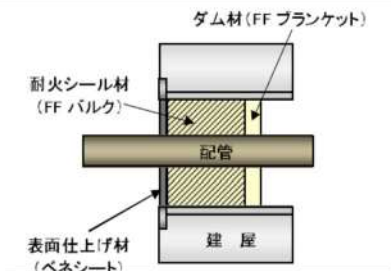
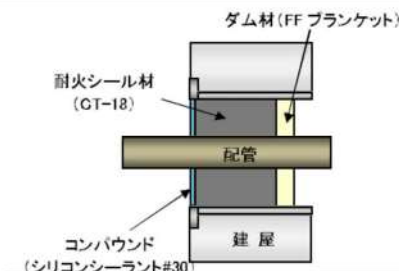
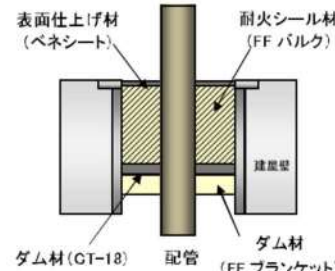
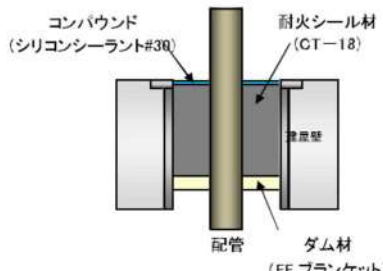
なお、今後の火災耐久試験により3時間以上の耐火性能を有することが確認された貫通部シールについても、火災区域又は火災区画を構成する貫通部シールに使用する。

3.2.1. 配管貫通部の火災耐久試験

3.2.1.1. 試験体の選定

配管貫通部の試験体の仕様は、泊発電所3号炉の配管貫通部の火災区域又は火災区画の境界を構成する配管貫通部の仕様を考慮し、配管貫通部のタイプに応じて第2表のとおり試験体を選定する。

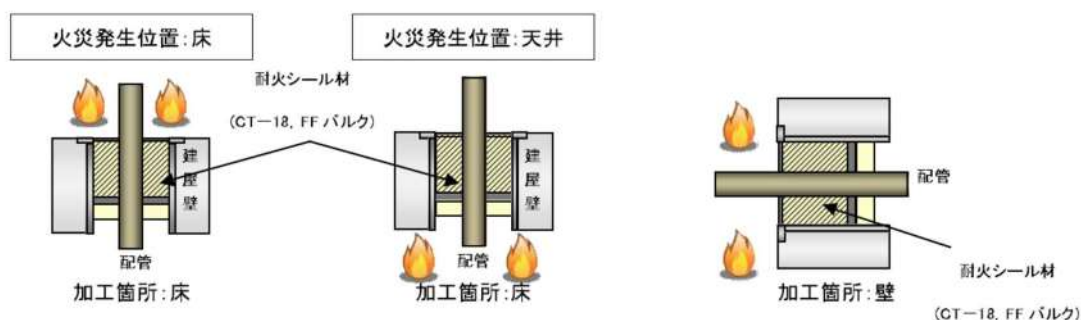
第2表：配管貫通部の試験体仕様

施工方法	高温配管用（150℃以上）	低温配管用（150℃未満）
壁面		
床面		

3.2.1.2. 試験方法・判定基準

第3図で示す加熱曲線で試験体を耐火炉内側から加熱し、非加熱面が第1表に示す判定基準を満たすことを確認する。

なお、床面の貫通部は天井面と床面があることから、火災源の位置を第4図に示す2種類の方法で実施した。



第4図：配管貫通部試験概要図

3.2.1.3. 試験結果

第3表に試験結果を示す。いずれの試験ケースも非加熱面側への火炎の噴出、発炎、火炎の通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足していることから、配管貫通部シールは3時間の耐火性能を有している。また、試験前後の写真を別紙1に示す。

第3表：試験結果

施工箇所	耐火シール材	試験体形状		火災発生場所	適用範囲	判定
		スリーブ径	配管径			
床	CT-18 (トスフォーム 300)	8 B	4 B	床	低温配管 (150°C未満)	良
		8 B※4	4 B※4	天井		
	FF バルク	8 B	4 B	床	高温配管 (150°C以上)	良
		8 B	4 B	天井		
壁	CT-18 (トスフォーム 300)	8 B	4 B	(注1)	低温配管 (150°C未満)	良
		1 6 B	1 2 B			
	FF バルク	8 B※4	4 B※4		高温配管 (150°C以上)	良

(注1) シール材料から加熱

※4 別紙1の写真には耐火シール材が異なる代表的な2例を掲載

3.2.1.4. 配管貫通部シールの施工について

配管貫通部の施工にあたり、断熱材の材料は、耐火試験にて用いた材料と同じCT-18（トスフォーム 300）及びFFバルクを組み合わせて施工する。

また、遮熱性の観点から貫通配管の口径が大きくなるほど管を伝わる熱量が大きくなり熱を遮断するための耐熱材の量が多くなる。このため耐火試験では発電所内の火災区域を構成する配管貫通部の最大となる配管口径以下の代表口径を定めて口径に応じて遮熱性を有するよう断熱材寸法を定めて耐火試験を実施した。発電所にて配管に設置する断熱材は、耐火試験結果に基づき定めた断熱材の寸法以上となるよう設置することで保守的な設計とする。

3.2.1.5. 消火水の溢水による安全機能への影響について

「火災防護に係る審査基準 2.2.3(参考)」及び「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」においては、火災時に考慮する消火水系統からの放水による溢水を想定することが求められている。安全機能を有する火災区画には貫通部の耐火処理と合わせて溢水防護を行うための浸水防護設備(ブーツラバー等)が設置されている場合があるが、一部の浸水防護設備はその特性上、熱に対する耐性が 100℃程度と乏しく火災時には浸水防護設備が機能喪失するケースが想定される。

これに対して、設置許可基準規則第九条「溢水による損傷の防止等」に関する評価の中で、火災発生区画内の溢水防護機能の喪失並びに保守的な消火水量の使用を想定し、隣接区画の安全機能への影響評価を行い、火災区画の消火手順を含めた対策を検討した結果、以下のとおりの対策を行う。

- ① 安全機能を有する火災区画に対しては、ガス消火による固定式消火設備を設置することにより、消火水による消火活動を不要とする設計とする。
- ② 安全機能を有している火災区画であって特に可燃物量が少なく、いずれも金属の筐体や電線管で覆われている等の大規模な火災や煙の発生は考えにくい火災区画については、固定式消火設備を設けずとも消火器による消火活動が可能であることから、消火器による消火を行い、消火水による消火活動を不要とする設計とする。
- ③ 安全機能を有しないその他の火災区画については、消火水を使用した消火活動を想定して、評価及び対策を行う。評価の結果、溢水評価ガイドの要求を満足しない場合には、消火水の溢水経路となる貫通部について、耐火材の追加設置等を行い、消火までの間、止水機能が維持され、安全機能を有する設備に影響を及ぼすことがない設計とする。

3.2.2. ケーブルトレイ及び電線管貫通部の火災耐久試験

3.2.2.1. ケーブルトレイ及び電線管貫通部の試験体の選定

ケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の試験体の仕様は、泊発電所 3 号炉において 3 時間耐火処理が要求されるケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の構造をすべて抽出し、貫通部のタイプに応じて以下を選定している。

第4表：ケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の試験体仕様

適用貫通部	試験体概略図
ケーブルトレイ貫通部	
電線管貫通部	

 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。

3.2.2.2. 試験方法・判定基準

第3図で示す加熱曲線で片面を加熱した場合に、非加熱面が第1表に示す判定基準を満たすことを確認する。



第5図：ケーブルトレイ貫通部及び
電線管貫通部の試験概要図

3.2.2.3. 試験結果

第5表に試験結果を示す。いずれの試験ケースも非加熱面側への火炎の噴出、発炎、火炎の通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足していることから、貫通部シールは3時間の耐火性能を有している。また、試験前後の写真を別紙1に示す。

第5表：ケーブルトレイ貫通部及び電線管貫通部の試験結果

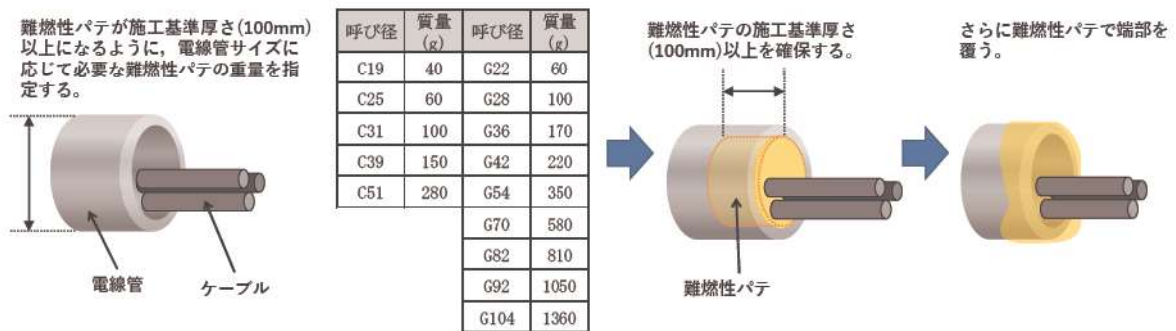
仕様	試験炉	貫通部シール材	開口部寸法	判定
ケーブルトレイ	壁			良
電線管	壁			良

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。

3.2.2.4. ケーブルトレイ・電線管配管貫通部シールの施工について

ケーブルトレイ・電線管貫通部の施工にあたり、耐火性能を維持するため耐火試験体と同厚さ以上の耐火材（鉄板、ロックウール、断熱シート、難燃性パテ（DFパテ）等）を設置するよう管理を行う。

難燃性パテについては、封入時に電線管内部の目視確認が困難となることから、ケーブルトレイ・電線管のサイズに応じて封入量の重量管理を行う。電線管の貫通部処理における難燃性パテの封入量の管理方法を第6図に示す。



第6図：電線管貫通部処理時の管理方法

3.3. 防火扉の火災耐久試験

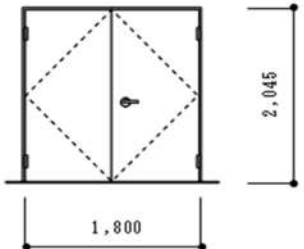
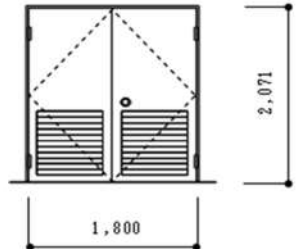
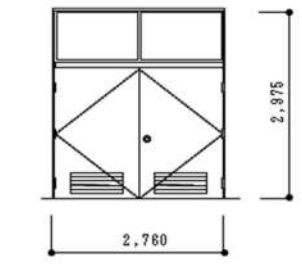
泊発電所3号炉における火災区域又は火災区画を構成する防火扉について、3時間の耐火性能を有していることを火災耐久試験にて確認した結果を以下に示す。

なお、今後の火災耐久試験により3時間以上の耐火性能を有することが確認された防火扉についても、火災区域又は火災区画を構成する防火扉に使用する。

3.3.1. 試験体の選定

試験体の仕様は、泊発電所3号炉の火災区域境界に用いられる防火扉の仕様を考慮し、第6表に示す防火扉を選定する。

第6表：防火扉の試験体仕様

扉種別	両開き扉(一般)	両開き扉(ガラリ付)	両開き扉(欄間パネル付)
扉寸法	W1,800×H2,045	W1,800×H2,071	W2,700×H2,975
板厚	1.6 mm	1.6 mm	1.6 mm
扉姿図			

3.3.2. 試験方法・判定基準

第3図で示す加熱曲線で片面を加熱した場合に、第1表に示す判定基準を満たすことを確認する。

3.3.3. 試験結果

第7表に試験結果を示す。泊発電所3号炉における防火扉は、試験の結果3時間耐火性能を有することが確認された。なお、ドアクローザーについては、耐火試験により3時間の耐火性能を有することを確認したドアクローザーに交換を行う。

試験前後の写真を別紙1に示す。

第7表：試験結果

扉種別	両開き扉(一般)	両開き扉(ガラリ付)	両開き扉(欄間パネル付)
試験結果	良	良	良

3.4. 防火ダンパの火災耐久試験

泊発電所3号炉における火災区域又は火災区画を構成する防火ダンパについて「3時間の耐火性能」を有していることを火災耐久試験にて確認した結果を以下に示す。

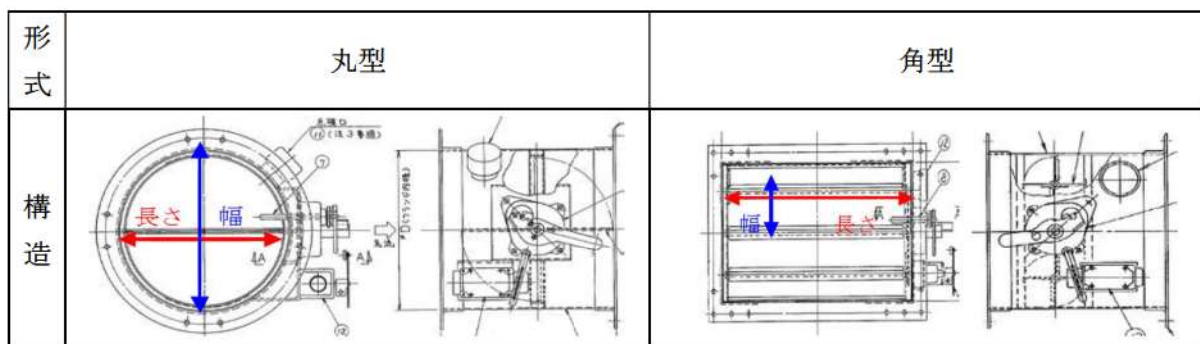
なお、今後の火災耐久試験により3時間以上の耐火性能を有することが確認された防火ダンパについても、火災区域又は火災区画を構成する防火ダンパに使用する。

3.4.1. 防火ダンパの試験体の選定

試験体の仕様は、泊発電所3号炉に設置される防火ダンパの仕様を包絡する以下の代表的な防火ダンパを選定している。

第8表：防火ダンパの試験体仕様

型式	丸型※	角型※	各型式を包絡
板厚	1.6 mm/2.3 mm	1.6 mm/2.3 mm	当該プラントの防火ダンパ板厚
羽根長さ	430 mm	1,000 mm	最も剛性の低い最大長
羽根幅	430 mm	151 mm, 208 mm (混合)	角型は最大/最小羽根幅を包絡
ダンパサイズ	Φ455 mm	2,061 mm×858 mm (中央分割)	角型は分割構造を考慮



第7図：丸型及び角型ダンパ構造図

3.4.2. 試験方法・判定基準

第3図で示す加熱曲線で片面ずつ加熱し、非加熱面側が第1表に示す判定基準を満たすことを確認する。

3.4.3. 試験結果

第9表に試験結果を示す。いずれの試験ケースも非加熱面側への火炎の噴出、発炎、火炎の通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足していることから、防火ダンパは3時間の耐火性能を有している。また、試験前後の写真を別紙1に示す。

第9表：防火ダンパ試験結果

試験体	丸型ダンパ	角型ダンパ
試験結果	良	良


3.5. 耐火隔壁の火災耐久試験

3.5.1. 試験体の選定

耐火隔壁は、泊発電所3号炉の火災防護対象設備に応じて適するものを選定し、第10表に示す仕様としている。試験体の概要を第8図に示す。

第10表：試験体となる耐火隔壁の仕様

	耐火隔壁
火災防護対象設備	ケーブル
材料	

 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。

3.5.2. 耐火隔壁の試験方法・判定基準

第3図で示す加熱曲線で片面を加熱した場合に、非加熱面が第1表に示す判定基準を満たすことを確認する。




第8図：耐火隔壁の耐火試験体

3.5.3. 試験結果


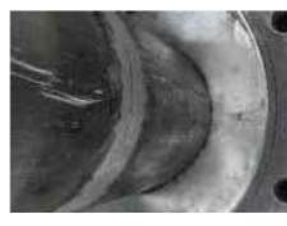


第11表に試験結果を示す。非加熱面側への火災の噴出、発炎、火災の通る亀裂等の損傷がなく、建築基準法に基づく防火設備性能試験の判定基準を満足していることから、耐火隔壁は3時間の耐火性能を有している。試験前後の写真を別紙1に示す。

表11表：耐火隔壁の試験結果

試験体		耐火隔壁
判定基準	非加熱面側へ10秒を超えて継続する炎の噴出がないこと	良
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する発炎がないこと	良
	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	良
試験結果		合格

 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。

耐火試験状況 (試験体：配管貫通部シール) について

時間	試験状況写真		
	施工箇所：床 (シール材：CT-18)	施工箇所：壁 (シール材：FFバルク)	
	天井		
開始前			
3時間後 (試験終了時)			
判定基準	隙間、非加熱面側に達するき裂等が生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて火炎を生じない	良	良
試験結果		良	良

耐火試験状況（試験体：ケーブルトレイ及び電線管貫通部シール）について

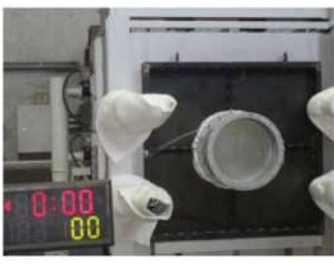

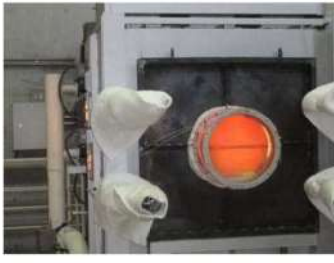
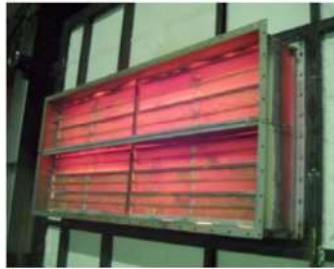
時間	試験状況写真		
	ケーブルトレイ貫通部	電線管貫通部	
開始前			
3時間後 (試験終了時)			
判定基準	隙間、非加熱面側に達するき裂等が生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて火炎を生じない	良	良
試験結果	良	良	

耐火試験状況 (試験体: 扉)


時間	試験状況写真			
	試験体 No. ①	試験体 No. ②	試験体 No. ③	
開始前				
3 時間後 (試験終了時)				
判定基準	隙間、非加熱面側に達するき裂等が生じない	良	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じない	良	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて火炎を生じない	良	良	良
試験結果	良	良	良	

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。

耐火試験状況 (試験体：防火ダンパ)

時間		試験状況写真	
		丸型ダンパ	角型ダンパ
開始前			
3 時間後 (試験終了時)			
判定基準	隙間、非加熱面側に達するき裂等が生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じない	良	良
	非加熱面側に10秒を超えて火炎を生じない	良	良
試験結果		良	良

耐火試験状況 (試験体：耐火隔壁)

時間		試験状況写真
開始前		
3時間加熱後 (試験終了時)		
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間が生じないこと	
	非加熱面側に10秒を超えて発炎を生じないこと	良
	非加熱面側に10秒を超えて火炎が噴出しないこと	良
試験結果		良

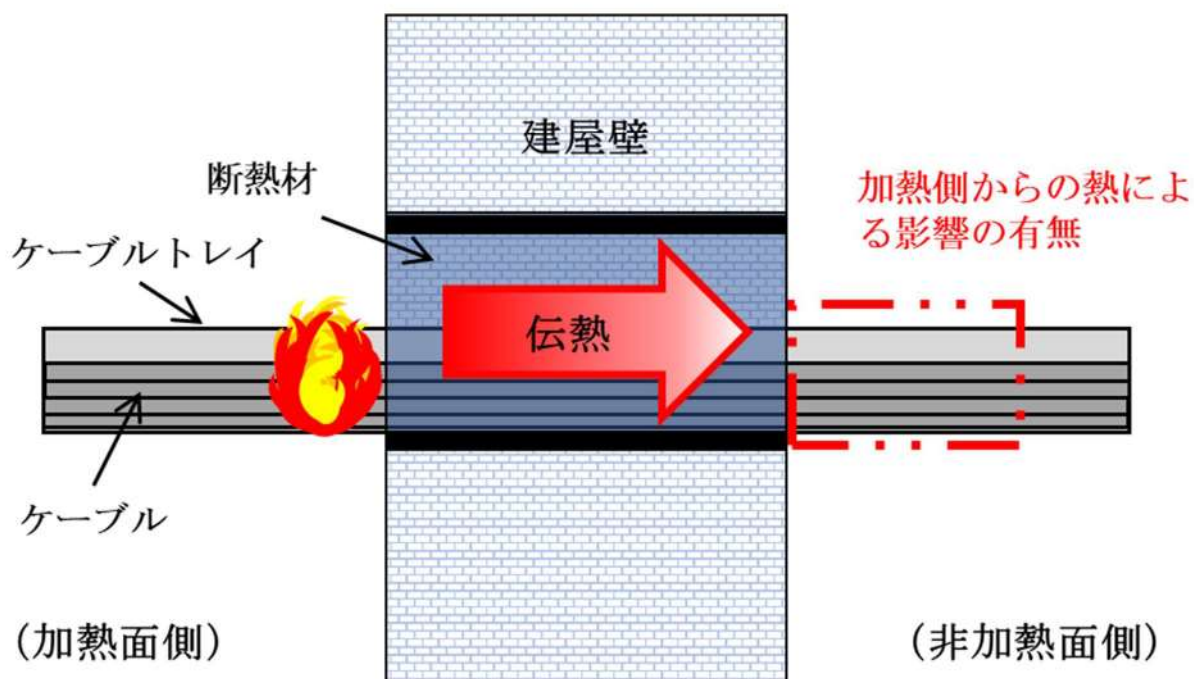
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

泊発電所 3号炉

ケーブルトレイ貫通部における非加熱面側の機器への影響について

1. はじめに

火災区域及び火災区画を形成する3時間耐火処理を施したケーブルトレイ貫通部においては、火災が発生した区域（加熱側）の隣接区域（非加熱側）に炎の噴出等は発生しない。しかしながら、第1図に示すとおり、火災が発生した区域から、ケーブル及び断熱材等を介して隣接区域（非加熱側）へ伝搬する熱量が大きい場合には、非加熱側でケーブルが発火し、隣接区域に延焼する可能性が考えられる。このため、泊発電所3号炉で3時間耐火処理を施すケーブルトレイ貫通部においては、隣接区域（非加熱側）に火災の影響が生じないよう対策を施す設計とする。以下では、その詳細について述べる。



第1図 非加熱面側のケーブルトレイ貫通部周囲への熱影響

2. ケーブルトレイ貫通部3時間耐火試験における適合判定の条件について

泊発電所3号炉のケーブルトレイ貫通部の3時間耐火処理における標準施工方法は、

3.2.2.1. 第4表及び第5図に示すものである。これらの3時間耐火試験における判定基準は、建築基準法施行令第百二十九条の二の五第一項第七号ハの規定に基づく認定に係る性能を評価する「防火区画等を貫通する管の性能試験・評価業務方法書」に基づき、以下(1)～(3)としている。泊発電所3号炉の標準施工方法については、3.2.2.1.第5表に示すとおり、以下(1)～(3)の項目をすべて満足し合格することを確認している。

加熱試験の結果、各試験体が次の基準を満足する場合に合格とする。

- (1) 非加熱側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
- (2) 非加熱面で10秒を超えて継続する発炎がないこと。
- (3) 火炎が通る亀裂等の損傷を生じないこと。

さらに非加熱面側への熱影響を考慮し、泊発電所3号炉のケーブルトレイ貫通部の3時間耐火試験では、「防耐火性能試験・評価業務方法書」に基づく耐火壁に対する判定基準を準用して非加熱面側温度上昇が180K(°C)を超えないことを確認している。泊発電所3号炉においてケーブルトレイ貫通部を施工するエリアの設計環境温度が最大40°Cであることを踏まえると、非加熱面側温度上昇が180K(°C)を下回れば、非加熱側の最大温度は220°C(40°C+180K)となるが、難燃性ケーブルが自然発火する温度は概ね300°C以上であることから、非加熱側でケーブルは発火せず、隣接区域に火災の影響は生じない。

以下、泊発電所3号炉のケーブルトレイ貫通部の標準施工方法について3時間耐火試験を行った際の非加熱側温度の測定結果を示す。


3 ケーブルトレイ貫通部3時間耐火試験における非加熱側温度

泊発電所3号炉のケーブルトレイ貫通部の標準施工方法

(3.2.2.1. 第4表及び第8図)の3時間耐火試験時の非加熱側温度の測定結果を第2図に示す。標準施工方法においても、非加熱側においては、温度上昇が180Kを下回っており、ケーブルが発火するおそれはない。



第2図 ケーブルトレイ貫通部の3時間耐火試験における非加熱面側温度

 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。

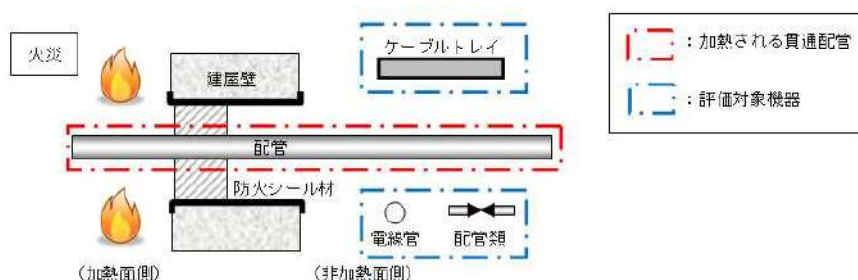
泊発電所 3号炉
配管貫通部における非加熱面側の機器への影響について

1. はじめに

火災発生時、火災発生側の火災区域又は火災区画（以下「加熱面側」という。）の耐火壁を貫通する配管が加熱されると、配管の伝熱により隣接する火災区域又は火災区画（以下「非加熱面側」という。）配管の温度が上昇し、非加熱面側において貫通する配管の周囲に設置される機器及び配管に直接取り付く機器へ熱影響を及ぼす可能性があることから、以下に検討を実施した。

2. 非加熱面側の貫通配管周囲の機器への影響について

非加熱面側の貫通配管周囲の機器への熱影響（第1図）は、保温材の設置有無、配管内部の保有水等の有無等、貫通する配管の形状等によって影響が異なるため、以下のとおり配管ごとに評価を実施した。



第1図：非加熱面側の貫通配管周囲の機器への伝熱影響

2.1. 保温材付配管

蒸気配管等の保温材付配管は、加熱面側における加熱及び非加熱面側における放熱が抑制され、また、早期に火災を感知する火災感知設備及び早期に火災を消火する消火設備により火災の影響を軽減できることから、非加熱面側の貫通配管周囲の機器へ熱影響を与えることはない。

なお、保温材は、配管からの放熱に対する抑制効果が配管口径によらず一定となるよう設計することから、配管口径によってその厚さが異なる。したがって、加熱面側における加熱及び非加熱面側における放熱の抑制は、配管口径によらずほぼ一定となる。

2.2. 液体を内包する配管

保温材が取り付けられていない、液体を内包する配管は、水及び軽油配管がある。

水を内包する配管は、加熱面側で火災により加熱されても配管内部に保有される水に熱が吸収され、加熱された貫通配管及び水の熱は、火災が発生していない非加熱面側の空間及び貫通配管の長手方向へ伝熱し、火災区域及び火災区画において放熱される。また、早期に火災を感知する火災感知設備及び早期に火災を消火する消火設備により火災の影響を軽減できることから、非加熱面側の配管は、温度の上昇が抑えられ配管内の水も蒸発しない。

一方、軽油を内包する配管は、ディーゼル発電機燃料油貯油槽エリアからディーゼル発電機室までの配管のみである。仮に、ディーゼル発電機室の火災を想定した場合、ディーゼル発電機室内の軽油配管が加熱されることが想定されるが、軽油配管は屋外に設置されており、加熱された軽油配管の熱は大気に放熱されることから、軽油配管の温度の上昇は抑えられる。

したがって、保温材が取り付けられていない液体を内包する配管は、非加熱面側の貫通配管周囲の機器へ熱影響を与えないと判断できる。

2.3. 気体を内包する配管

保温材が取り付けられていない、気体を内包する配管は、気体の熱容量が液体に比べ小さく、内包する気体による熱の吸収は小さいことから、加熱面側の加熱により非加熱面側の配管温度が上昇する。

したがって、加熱面側の配管を IS0834 の加熱曲線を用いて 3 時間加熱した場合の非加熱面側の配管温度を測定し、非加熱面側の機器への影響が無いことを確認した。

IS0834 の加熱曲線を用いて、火災区域（区画）に設置されている気体を内包する配管で最も大きな配管径である 4 B の配管貫通部を 3 時間加熱した際の、非加熱面側壁から 150mm の位置の配管温度を計測した結果を第 1 表に示す。

第 1 表：非加熱面側の配管の温度結果

施工箇所	シール材	試験体形状		火災発生場所	温度 (°C)			
		スリーブ径	配管径		0分	60分	120分	180分
床	CT-18 (トスフォーム 300)	8B	4B	床	16	88	129	146
				天井	18	120	170	191
	F Fバルク	8B	4B	床	15	79	127	156
				天井	18	126	168	190
壁	CT-18 (トスフォーム 300)	8B	4B	シール材側から加熱	23	116	157	174
	F Fバルク	8B	4B		16	116	153	170

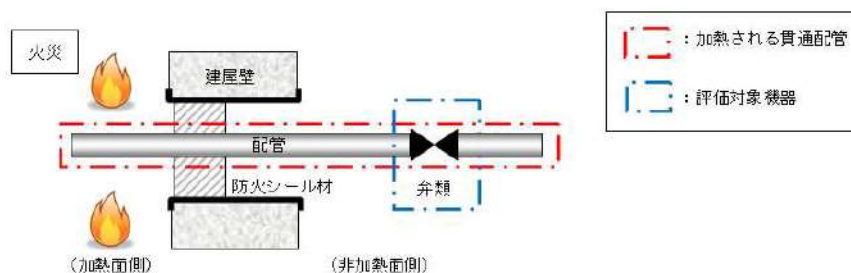
第1表より、非加熱面側の気体を内包する配管の温度は、非加熱面側壁から150mmの位置で約190℃となる。

これに対して、以下を考慮すると、非加熱面側の気体を内包する配管の熱は、非加熱面側の貫通配管周囲の機器へ熱影響を与えないと判断できる。

- ① 非加熱面側の貫通配管の熱は、以下により放熱し冷却される。
 - 非加熱面側の貫通配管の熱は、非加熱面側の空間へ放熱される。
 - 非加熱面側の貫通配管は、隣の火災区域又は火災区画のみに設置されているのではなく、システムを構成するすべての部屋にわたり接続されているため、放熱面積も大きい。また、貫通配管の長手方向へ伝熱された熱は、各火災区域及び火災区画において、空間へ放熱される。
- ② 貫通配管と配管周囲に設置される機器は、配置設計上、クリアランスを設けて設置する。
- ③ 非加熱面側の貫通配管周囲の機器である配管、ケーブルトレイ、電線管等は、主に金属材料で構成されている。
- ④ 早期に火災を感知する火災感知設備及び早期に火災を消火する消火設備により火災の影響を軽減できる設計とする。

3. 非加熱面側の貫通配管に直接取付く機器への影響について

非加熱面側の貫通配管に直接取付く機器への熱影響（第2図）は、2項で整理した配管の種類に基づき、以下のとおり評価を実施した。



第2図：非加熱面側の貫通配管に直接取付く機器への影響

3.1. 保温材付配管

蒸気配管等の保温材付配管は、2. 1項に示すとおり、加熱面側における加熱が抑制され、配管に直接取付く機器の耐熱温度も高く、早期に火災を検知する火災感知設備及び早期に火災を消火する消火設備により火災の影響を軽減できることから、非加熱面側の貫通配管に直接取付く機器へ熱影響を与えることはない。

3.2. 液体を内包する配管

液体を内包する配管は、2. 2項に示すとおり、非加熱面側の温度上昇が抑えられることから、非加熱面側の液体を内包する配管の熱は、非加熱面側の液体を内包する配管に直接取付く機器へ熱影響を与えないと判断できる。

3.3. 気体を内包する配管

非加熱面側の気体を内包する配管の熱は、以下を考慮すると、非加熱面側の気体を内包する配管に直接取り付く機器へ熱影響を与えないと判断できる。

- ① 非加熱面側の貫通配管に直接取り付く機器は、配管フランジ及び弁類がある。これらの機器のうち、気体を内包する配管に直接取り付く機器の各構成品の耐熱温度は、200℃以上の耐熱性能を有する（第2表）。

第2表：気体を内包する配管に直接取り付く機器の耐熱温度

機器	構成品	材料	耐熱温度
弁	弁本体	金属材料	弁本体は金属材料であるため、熱の影響は受けない ^{※2} 。
	グランドパッキン	黒鉛系材料	約 350℃ ^{※3}
	ゴムダイヤフラム	高分子材料	約 200℃ ^{※4}
フランジ	フランジ本体	金属材料	フランジは金属材料であるため、熱の影響は受けない。
	ガスケット	黒鉛系材料	約 600℃

※1 各構成品のうち、耐熱温度の最も低い温度を記載

※2 電動弁の駆動部は、弁本体から離れて設置されているため、貫通配管の伝熱による熱影響を受けにくい。仮に、貫通配管の伝熱による熱影響を受けたとしても、その開度を維持し、また、弁付きのハンドルによる弁操作も可能であることから、電動弁の機能は喪失しない。

※3 原子力弁用ノンアスベストグランドパッキンの適用研究 最終報告書（電力自主）

※4 安全機器の耐環境性評価に関する研究 最終報告書（電力自主）

- ② 非加熱面側の貫通配管の熱は、以下により放熱し冷却される。

- 非加熱面側の貫通配管の熱は、非加熱面側の空間へ放熱される。
- 非加熱面側の貫通配管は、隣の火災区域又は火災区画のみに設置されているのではなく、システムを構成するすべての部屋にわたり接続されているため、放熱面積も大きい。また、貫通配管の長手方向へ伝熱された熱は、各火災区域及び火災区画において、空間へ放熱される。

- ③ 気体を内包する配管に直接取り付く機器は、以下の理由から壁から 150mm 以上離れた場所に設置されている。
 - 弁は、弁ハンドルの操作性を考慮した位置に設置している。
 - 弁・フランジの配管への据付における溶接作業は、壁との距離が 150mm 以下の場合には作業が困難となる。
 - 据付後の点検における作業性（弁分解点検、フランジのボルト引き抜き代確保等）の観点から、壁より 150mm の位置に弁、フランジ等を設置することはない。

- ④ 早期に火災を感知する火災感知設備及び早期に火災を消火する消火設備により火災の影響を軽減できる設計する。

4. 影響評価結果

2項及び3項に示すとおり、耐火壁を貫通する配管からの伝熱は、非加熱面側の機器へ影響を与えない。

泊発電所 3号炉における

1時間耐火隔壁等の火災耐久試験について

泊発電所 3号炉における
1時間耐火隔壁等の火災耐久試験について

1. はじめに

「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「2.3 火災の影響軽減」2.3.1(2)c では、「互いに相違する系列の火災防護対象機器の系列間」を1時間以上の耐火能力を有する隔壁等により分離することが要求されている。

泊発電所3号炉での「1時間以上の耐火能力を有する隔壁等」の耐火能力及び施工方針を以下に示す。

2. 各施工方法における耐火隔壁の耐火能力について

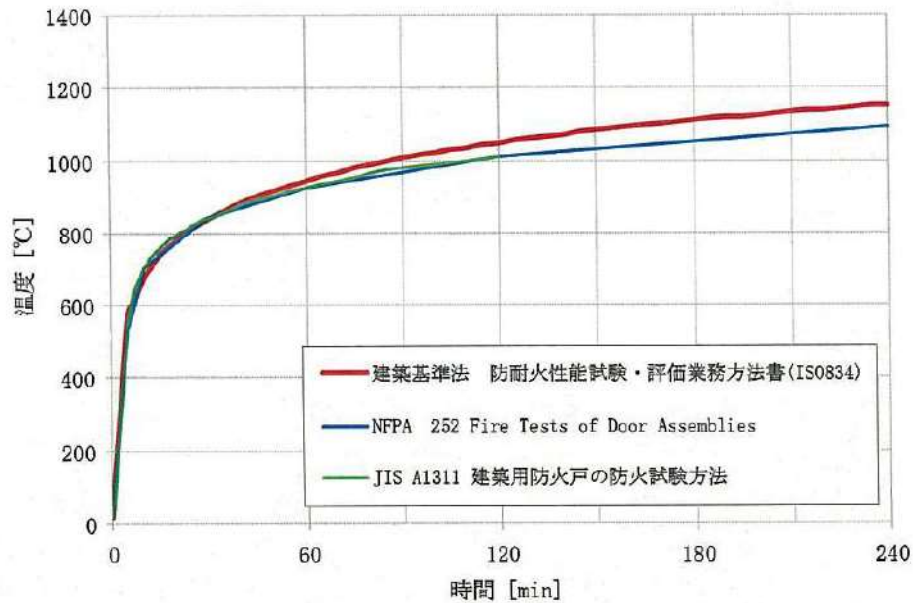
泊発電所3号炉では、防護対象機器等が設置されている「ケーブルトレイ」、「電線管」「制御盤」間の分離を目的とした1時間耐火隔壁を設置する設計。

耐火隔壁は、現地の施工性等を考慮し、コンクリート壁又は鉄板を基本とし、必要に応じて断熱材等を加工し、遮熱性及び遮炎性を向上させ、建築基準法における壁に要求される1時間耐火仕様規格を満足する耐火隔壁とする。

2.1. 火災耐久試験の試験条件について

2.1.1. 加熱曲線

1時間耐火隔壁等の火災耐久試験は、加熱温度条件が厳しい建築基準法（IS0834）の加熱曲線に従って加熱する。（第1図）



第1図：加熱曲線の比較

2.1.2. 火災耐久試験の試験設備について

火災耐久試験に使用する試験設備は、耐火炉を使用する。

耐火炉による火災耐久試験は、試験体の加熱面を耐火炉にはめ込む形状で試験を実施するため、加熱面側の放熱による温度低下を考慮しなくともよく、試験体に均一に熱負荷を与えるため、ガスバーナー等による試験より保守的である。

また、建築基準法における1時間耐火壁の仕様規格として、国土交通大臣認定機関の一般財団法人建材試験センター「防耐火性能試験・評価業務方法書」では、壁及び床の耐火性能を確認する方法として加熱炉を用いることから、同方法書に基づき耐火炉にて火災耐久試験を実施する。

2.1.3. 判定基準

建築基準法（IS0834）の規定に基づく加熱曲線で1時間加熱した際に、各耐火隔壁等に求められる判定基準を満足するか確認する。

2.2. コンクリート壁の耐火能力について

系統分離の耐火隔壁にコンクリート壁を使用する場合は、JEAG4607-2010に準拠して、70mm以上の厚みを有するコンクリート壁を1時間以上の耐火能力を有する耐火隔壁として使用する。

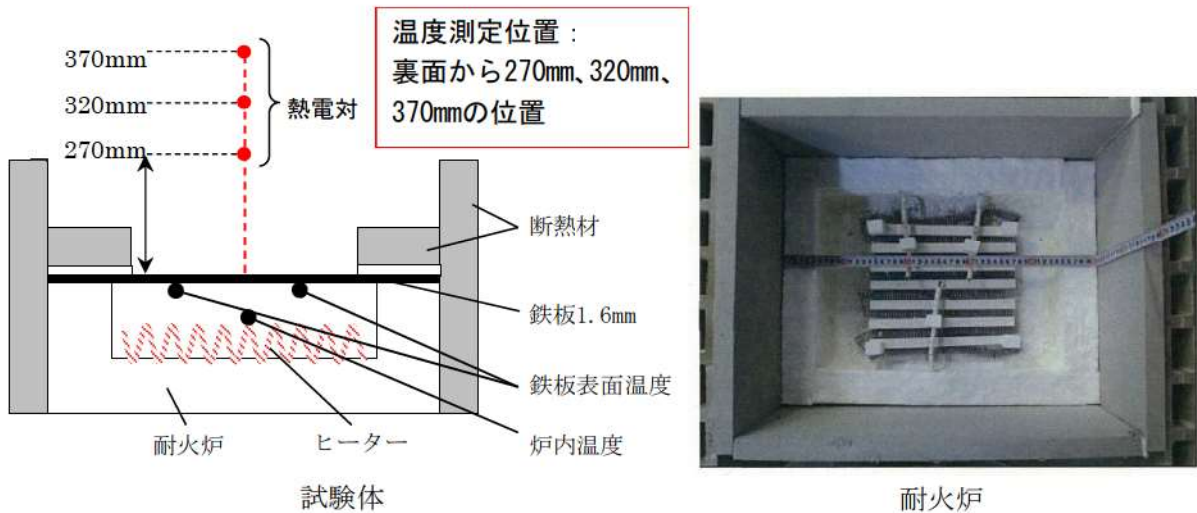
2.3. 鉄板の耐火能力について

厚さ 1.6mm 以上の鉄板は、防火扉や防火ダンパ等の構造材として用いられており、防火扉や防火ダンパ付近に可燃物を設置することがないことから、遮炎性を判断基準として耐火性能を有することを確認している。(添付資料 5)

一方、鉄板をケーブルトレイや機器間の耐火隔壁として使用する場合は、耐火隔壁と防護対象との距離が十分確保できない場合があるため、熱による影響を受けない距離を確認する必要がある。火災耐久試験により確認した結果を以下に示す。

(1) 試験概要

火災耐久試験は、厚さ 1.6mm の鉄板に対し、建築基準法 (IS0834) の加熱曲線を用いて耐火炉にて 1 時間加熱した際に判定基準を満足するかを確認した。機器間の分離を模擬した試験体を第 2 図に、判定基準を第 1 表に示す。



第 2 図：鉄板【機器分離】試験体

第 1 表：判定基準

試験項目	遮炎性及び遮熱性の確認
判定基準	試験体の裏面温度*がケーブルの損傷温度 (205℃) を超えないこと。

※：試験体の裏面 0mm 点の温度が損傷温度を超える場合は、温度影響範囲を測定し、判定基準を満足する距離を測定する。

(2) 試験結果

火災耐久試験の結果から、厚さ 1.6mm の鉄板により機器間を分離する場合は、防護対象から離隔距離を 320mm 確保する必要があることを確認した。

試験結果を第 3 表に、鉄板からの距離と温度との関係を第 3 図及び第 2 表に示す。

第 2 表：鉄板における火災耐久試験温度結果

鉄板からの距離	炉内温度	鉄板温度	+270mm	+320mm	+370mm
1 時間加熱後の温度					


第 3 表：判定基準における試験結果

判定基準	試験結果
試験体の表面温度*がケーブルの損傷温度 (205℃) を超えないこと。	良

※隔壁から 320mm 以上離隔距離を設けることにより裏面温度は判定基準を下回ることを確認し、試験結果を良とした。



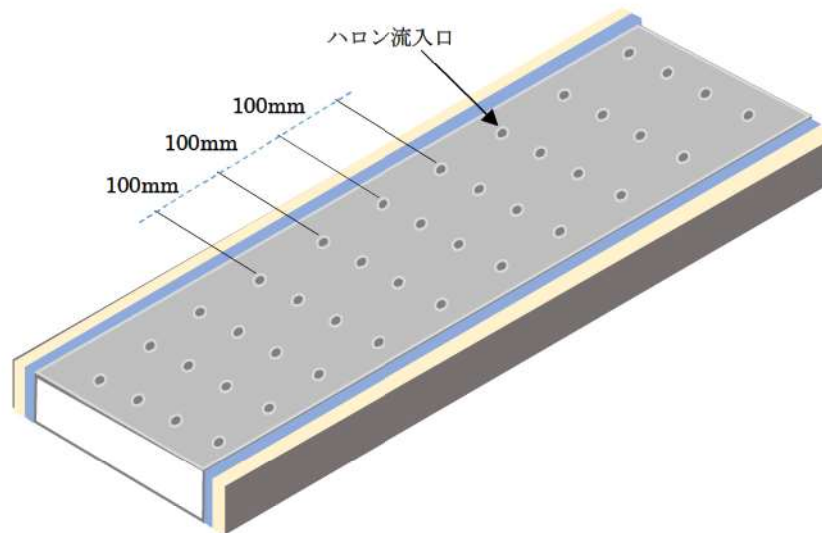
第 3 図：鉄板【機器分離】試験結果 (グラフ)

 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。

2.4. 鉄板+断熱材について

鉄板と断熱材を組み合わせた耐火隔壁は、防護対象ケーブルが敷設されたケーブルトレイのうち、全域ガス消火設備設置エリアのケーブルトレイに設置する。隔壁の上面は消火ガスが流入するよう、100mm ピッチで流入口を設け、側面及び下面に断熱材を設置する設計とする。耐火隔壁の概要図を第4図に示す。

耐火隔壁が1時間耐火性能を有することを火災耐久試験により確認した結果を以下に示す。



第4図：ケーブルトレイ（全域）耐火隔壁概要図

(1)断熱材の概要

鉄板に追加加工する断熱材は、

[Redacted]

を組み合わせで使用。断熱材の主な仕様を第4表に、断熱材の写真を第5図に示す。

第4表：断熱材の主な仕様

仕様	[Redacted]
熱伝導率	
厚さ	
主な組成	



[Redacted]

第5図：断熱材外観

(2)断熱材の耐火性能

鉄板に断熱材を加工した隔壁等(ラッピング)が「1時間の耐火性能」を有していることを火災耐久試験により確認した結果を以下に示す。

a. 試験概要

(a)火災耐久試験では、建築基準法の壁に要求される1時間耐火性能を満足すること、及びケーブルの健全性確認により、隔壁等(ラッピング)が1時間耐火能力を有することを確認した。

(b)鉄板に断熱材を加工した試験体内部に敷設したケーブル表面温度を測定し、建築基準法

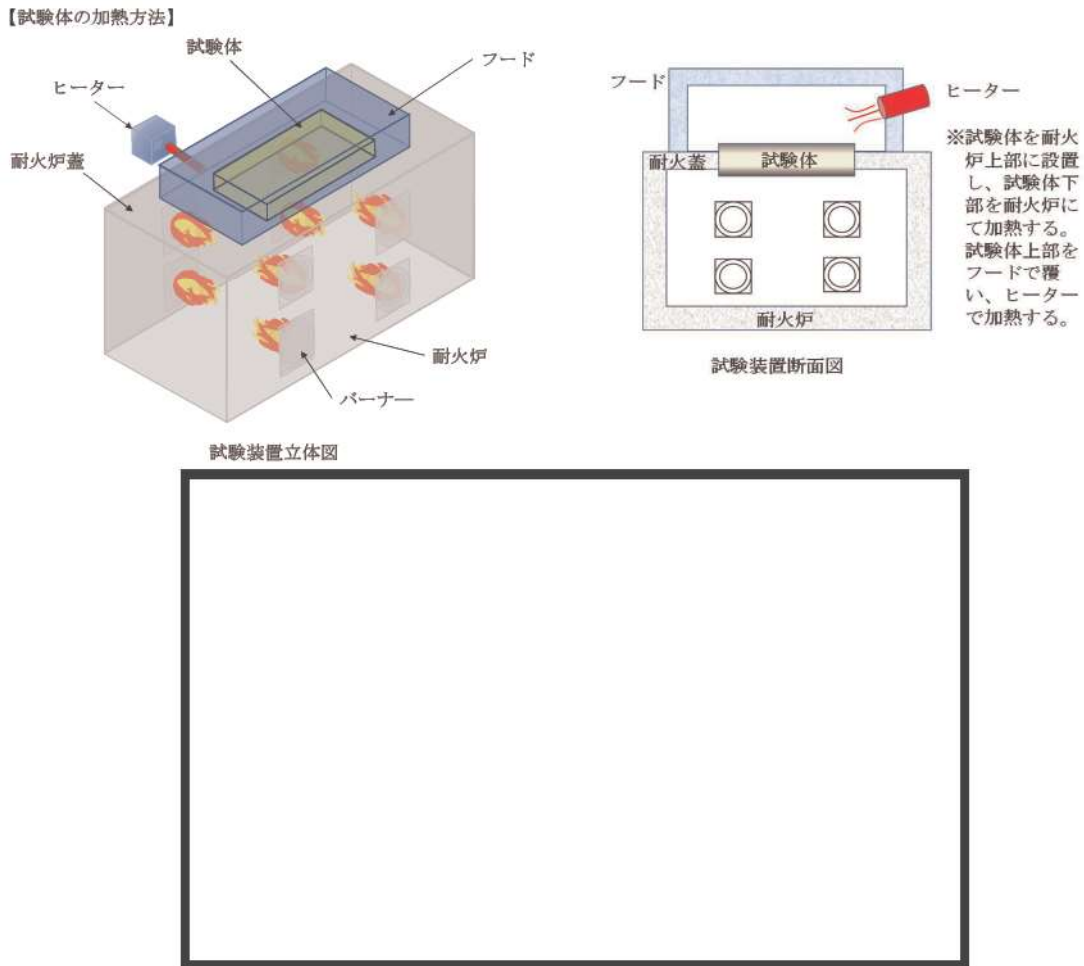
[Redacted] 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(IS0834)の加熱曲線を用いて耐火炉にて1時間加熱した際に判定基準を満足するかを確認した。

(c)実機では、ケーブルトレイは火災区画の天井付近に設置されており、火災源はトレイよりも低い位置にあることから、断熱材をケーブルトレイ下面及び側面に設置することで十分に火災の影響を軽減できる。(別紙3)したがって、火災耐久試験ではケーブルトレイ下面を耐火炉にて加熱する。

また、火災区画内で火災が発生した場合、火災による高温ガス層からのケーブルトレイ上面及び側面が温度影響を受け加熱されることを考慮し、NUREG1805で定められた算出法(FDT^S)にてケーブルトレイ火災を想定した火災区画の温度上昇を評価し、試験体の上面及び側面をフードで覆いヒーターで加熱した。

ケーブルトレイの分離を模擬した試験体を第6図に、判定基準を第5表に示す。



第6図：鉄板+断熱材【ケーブルトレイ分離】試験体及び耐火炉

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5表：判定基準

試験項目	遮熱性及び遮炎性の確認
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。 ※1
	ケーブルの表面温度が損傷温度（205℃）を超えないこと。※2
	ケーブルが健全であること。 （電圧印加試験，絶縁抵抗測定※3）

※1：一般財団法人 建材試験センター「耐火性能試験・評価業務方法書」

（（建築基準法第2条第1項第7号（耐火構造）の規定に基づく認定に係る性能評価）に基づき，壁に要求される耐火性能の判定基準から選定。）

※2：内部火災影響ガイド 表 8.2 ケーブルの損傷基準から，NUREG/CR-6850に基づき選定。（泊発電所3号炉の防護対象ケーブルは，ケーブル損傷基準の205℃よりも損傷温度が高い材質を使用。（別紙2参照））

※3：電気設備の技術基準（第58条）に基づき選定。
（300V以上のケーブルの絶縁抵抗値は，0.4MΩ以上と規程。）

b. 試験結果

ケーブルトレイ間の分離を模擬した試験より，隔壁等（ラッピング）の裏面温度上昇値が平均167.7K，最高168.4Kとなった。また，ケーブル表面の最大温度は191.9℃であること，及びケーブルの健全性を確認したことから，判定基準を満足することを確認した。

試験結果を第6表及び第7表に，試験体の温度変化状況を第7図に示す。

第6表：鉄板＋断熱材における火災耐久試験温度結果

	試験体
1時間加熱後の 隔壁裏面温度上昇【K】	平均 167.7 最高 168.4
1時間加熱後の ケーブル表面最大温度【℃】	191.9

第7表：判定基準における試験結果

判定基準	試験結果
火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。	良
ケーブルの表面温度が損傷温度（205℃）を超えないこと。	良
ケーブルが健全であること。	良



第7図：鉄板+断熱材【ケーブルトレイ分離】温度変化状況

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. 耐火隔壁

耐火材による耐火隔壁は、異なる安全区分の機器が火災により同時に機能喪失しないよう設置する。また、耐火隔壁は機器が互いに直視できないように設置する。

耐火隔壁が1時間耐火性能を有することを火災耐久試験、国土交通省大臣の認定及び「平成12年5月25日建設省告示第1369号（特定防火設備の構造方法を定める件）建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第112条第1項」の規定により確認した結果を以下に示す。

(1) 耐火隔壁の概要

a. 耐火間仕切壁・防火戸


耐火隔壁は、耐火間仕切壁・防火戸・耐火材で構成され、このうち耐火間仕切壁については、建築基準法に基づく1時間の間仕切壁として認定された耐火材を使用することとし、告示第1369号第一の二に準拠した防火戸と組み合わせて設置する。以下に耐火間仕切壁及び防火戸の主な仕様を第8表に、耐火間仕切壁の概要及び隔壁設置箇所の火災区画平面図（ほう酸ポンプ室：火災区画番号A/B 4-02）をそれぞれ第8図、第9図に示す。

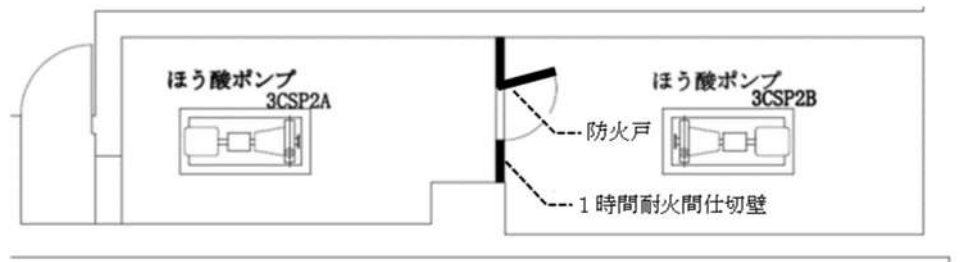
第8表：耐火間仕切壁の主な仕様

部 位	仕 様	備 考
耐火間仕切壁		
防火戸		



第8図：1時間耐火間仕切壁概要図

 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9図：隔壁設置箇所の火災区画平面図

b. 耐火材

耐火隔壁を貫通する配管及び電線管の貫通部には、FFブランケット及び耐火クロスを組み合わせた耐火材を設置することとし、以下に耐火材の主な仕様を第9表に示す。

第9表：耐火材の主な仕様

仕様	<div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>	
熱伝導率 (W/m・K) (400℃)		
厚さ (mm)		
主な組成		
断熱材外観		

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) 耐火隔壁の耐火性能

機器の耐火隔壁に求められている性能は、火災によって防護対象機器の機能に影響がないよう、遮熱性及び遮炎性を有した1時間耐火隔壁により、防護対象機器を分離し、機能を維持することである。

耐火隔壁を構成する耐火間仕切壁・防火戸・耐火材が遮熱性及び遮炎性を有した1時間耐火性能を有することを確認した結果を以下に示す。

a. 耐火間仕切壁・防火戸

耐火隔壁を構成するもののうち耐火間仕切壁は「1時間の耐火性能」を有していることを、国土交通省大臣の認定により確認した。

また、隔壁を構成する防火戸については、「平成12年5月25日建設省告示第1369号（特定防火設備の構造方法を定める件）建築基準法施行令（昭和25年政令第338号）第112条第1項」の規定により、「1時間の耐火性能」を有していることを確認した。

b. 耐火材

耐火隔壁を構成するもののうち耐火材が「1時間の耐火性能」を有していることを火災耐久試験により確認した。

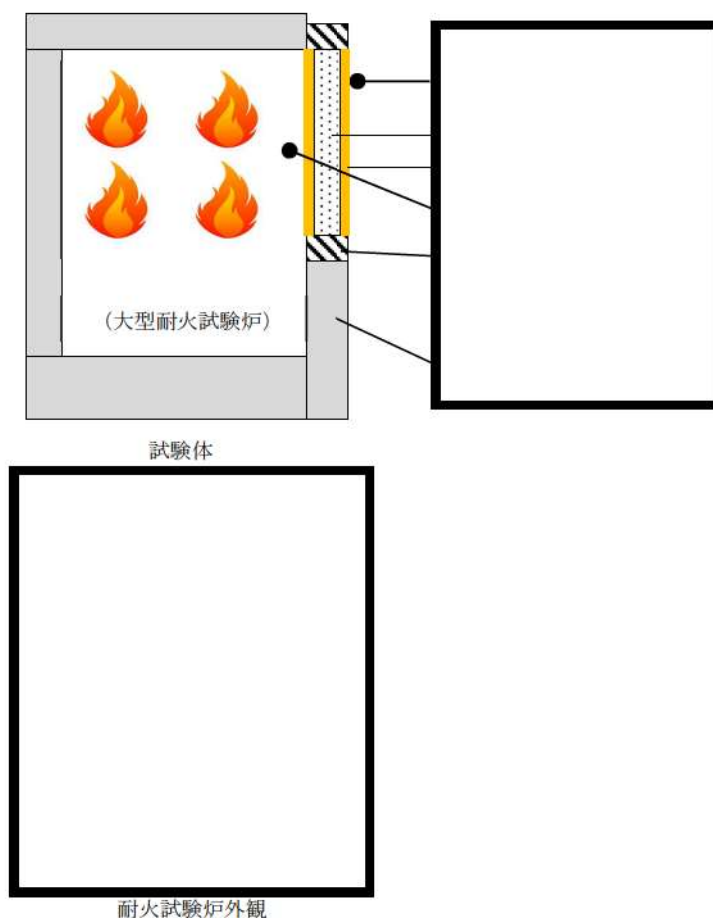
c. 試験概要

耐火試験は、試験体に対し、建築基準法（IS0834）の加熱曲線を用いて耐火炉により1時間加熱した際に判定基準を満足するかを確認する。

実機では火災防護対象機器間の耐火間仕切壁に設置することから、一般財団法人建材試験センター「防耐火性能試験・評価業務方法書」の壁に対する要求性能、及び隔壁から離れた位置の空間温度が、火災防護対象機器の機能を維持可能な温度とすることを判定基準とする。

また、隔壁の側面が直接加熱される状況を模擬するため、火災耐久試験では隔壁の側面を耐火炉にて加熱する。

耐火材の火災耐久試験時の試験体を第10図に、判定基準を第10表に示す。



第 10 図：耐火材試験体及び耐火炉

第 10 表：判定基準

試験項目	遮熱性及び遮炎性の確認
判定基準*	試験体の裏面温度上昇が、平均で 140K 以下、最高で 180K 以下であること。
	非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
	非加熱側で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。
	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。

※ 1：一般財団法人 建材試験センター「耐火性能試験・評価業務方法書」
 ((建築基準法第 2 条第 1 項第 7 号 (耐火構造) の規定に基づく認定に係る性能評価) に基づき、壁に要求される耐火性能の判定基準から選定。)

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。

d. 試験結果

耐火材試験体の裏面温度上昇値は、平均で 60.6K、最大で 76.2K となり、判定基準を満足することが確認された。試験結果を第 11 表及び第 12 表に示す。

第 11 表：耐火材における火災耐久試験温度結果

	試験体
1 時間加熱後の 耐火材裏面温度上昇【K】	平均 60.6 最高 76.2

第 12 表：判定基準における試験結果

判定基準	試験結果
試験体の裏面温度上昇が、平均で 140K 以下、最高で 180K 以下であること。	良
非加熱側へ 10 秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。	良
非加熱側で 10 秒を超えて継続する発炎がないこと。	良
火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。	良

耐火試験状況 (試験体：ケーブルトレイ)

時間	試験状況写真
	ケーブルトレイ (全域)
開始前	
1 時間後	
1 時間後 (ケーブルの状況)	

 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。

		ケーブルトレイ (全域)
判定基準	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。	良
	ケーブルの表面温度が損傷温度(205℃)を超えないこと。	良
	ケーブルが健全であること。	良
試験結果		良

ケーブル損傷温度の妥当性について

1. はじめに

泊発電所3号炉のケーブル損傷温度の判定基準は、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」(以下「内部火災影響評価ガイド」という。)に記載されているNUREG/CR-6850を参照した205°Cを用いている。ケーブルの損傷温度の判定基準として205°Cを用いることの妥当性を以下に示す。

2. ケーブルの主要材料について

ケーブルの絶縁体及びシース材料は、主に熱硬化性と熱可塑性の高分子材料を使用している。熱硬化性材料とは、高温になっても溶融しない材料であり、ケーブルの絶縁材及びシース材としては、難燃EPゴム、架橋ポリエチレン、難燃性架橋ポリエチレン等が該当する。また、熱可塑性材料とは、高温になると溶融する材料であり、ケーブルの絶縁材及びシース材としては、難燃性ビニル、特殊耐熱ビニル等が該当する。

3. ケーブルの損傷温度の設定について

泊発電所3号炉の原子炉の高温停止及び低温停止に必要な火災防護対象ケーブルには、熱可塑性と熱硬化性の双方のケーブルを使用している。

熱硬化性材料については高温になっても溶融しないことから、熱硬化性材料を使用したケーブルの損傷温度は、ケーブルの絶縁体及びシース材である難燃EPゴム、架橋ポリエチレン、難燃性架橋ポリエチレン等の発火点を確認し、内部火災影響評価ガイドに記載されているNUREG/CR-6850に基づいた判定基準205°Cより高いことを確認している。

熱可塑性材料については、高温になると溶融する材料であることから、熱可塑性を使用したケーブルの損傷温度は、ケーブルの絶縁体及びシース材である難燃性ビニル、特殊耐熱ビニル等の融点を確認[※]し、内部火災影響評価ガイドに記載されているNUREG/CR-6850に基づいた判定基準205°Cより高いことを確認している。(第1表参照)

以上より、ケーブルの損傷温度として205°Cを使用することは妥当である。

※ NRC RG 1.189 Appendix-C では、熱可塑性の絶縁材は高温になると軟化し流動性が出てくることにより絶縁体としての形状が維持できなくなることから、電氣的な損傷が発生する可能性があるとして記載されている。

第1表：高温停止・低温停止に必要なケーブルの損傷温度の判定基準

種類	No.	絶縁体名	融点又は 発火点	シース名	融点又は 発火点	判定基準 ^{※4}		
高圧電力ケーブル	1	架橋ポリエチレン (熱硬化性材料)	[]	[]	[]	NUREG/CR-6850		
	2	難燃 EP ゴム (熱硬化性材料)						
低圧電力ケーブル	3	難燃 EP ゴム (熱硬化性材料)					難燃低塩酸特殊耐熱ビニル (熱可塑性材料)	205℃
	4	難燃 EP ゴム (熱硬化性材料)					難燃クロロスルホン化ポリエチレン (熱硬化性材料)	330℃
制御ケーブル	5	特殊耐熱ビニル (熱可塑性材料)					難燃低塩酸特殊耐熱ビニル (熱可塑性材料)	205℃
	6	PEP (熱可塑性材料)					難燃クロロスルホン化ポリエチレン (熱硬化性材料)	330℃
制御 (光) ケーブル	7	難燃低塩酸ビニル (熱可塑性材料) (内部シース)					TFEP (熱可塑性材料)	205℃
	8	難燃 EP ゴム (熱硬化性材料)					難燃低塩酸特殊耐熱ビニル (熱可塑性材料)	205℃
計装用ケーブル	9	ビニル (熱可塑性材料)					難燃クロロスルホン化ポリエチレン (熱硬化性材料)	330℃
	10	架橋ポリエチレン (熱硬化性材料) ETFE (熱可塑性材料)					難燃低塩酸ビニル (熱可塑性材料)	205℃
同軸ケーブル	11	架橋ポリエチレン (熱硬化性材料)					ETFE (熱可塑性材料)	205℃
	12	架橋ポリエチレン (熱硬化性材料)					難燃架橋ポリエチレン (熱硬化性材料)	330℃

FEF: 四フッ化エチレン・六フッ化プロピレン重合樹脂 TFP: 四フッ化エチレン・プロピレン共重合樹脂

※1：(出典) 平成11年度 火災に係る確率論的安全評価手法の整備に関する報告書 (財) 原子力発電技術機構原子力安全解析所

※2：(出典) プラスチック読本

※3：(出典) 平成25年度 火災防護の新規制基準対応におけるケーブル燃焼性確認に関する調査委託

※4：(出典) 熱可塑性材料を使用している場合には、絶縁体、シースの区別なく、判定基準をNUREG/CR-6850の205℃としている

[] 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。

ケーブルトレイへ設置する1時間耐火隔壁等の 火災耐久試験の加熱範囲の妥当性について

1. はじめに

ケーブルトレイの系統分離を目的とした、1時間耐火性能を有する隔壁等（以下「1時間耐火隔壁」という。）は、全域ガス消火区画用を設置する。耐火性能は、1時間耐火隔壁をケーブルトレイ下面及び側面に設置したケーブルトレイの下面を建築基準法（IS0834）の加熱曲線を用いて1時間加熱した際に、ケーブルの表面温度がケーブル損傷基準を超えないことを判定基準とする火災耐久試験により確認している。

本資料では、「成功パスを少なくとも1つ確保するために1時間耐火隔壁を施工するケーブルトレイ」と「火災を想定する火災源」との位置関係より、火災耐久試験の加熱方法がケーブルトレイ下面の範囲で十分であることを示す。

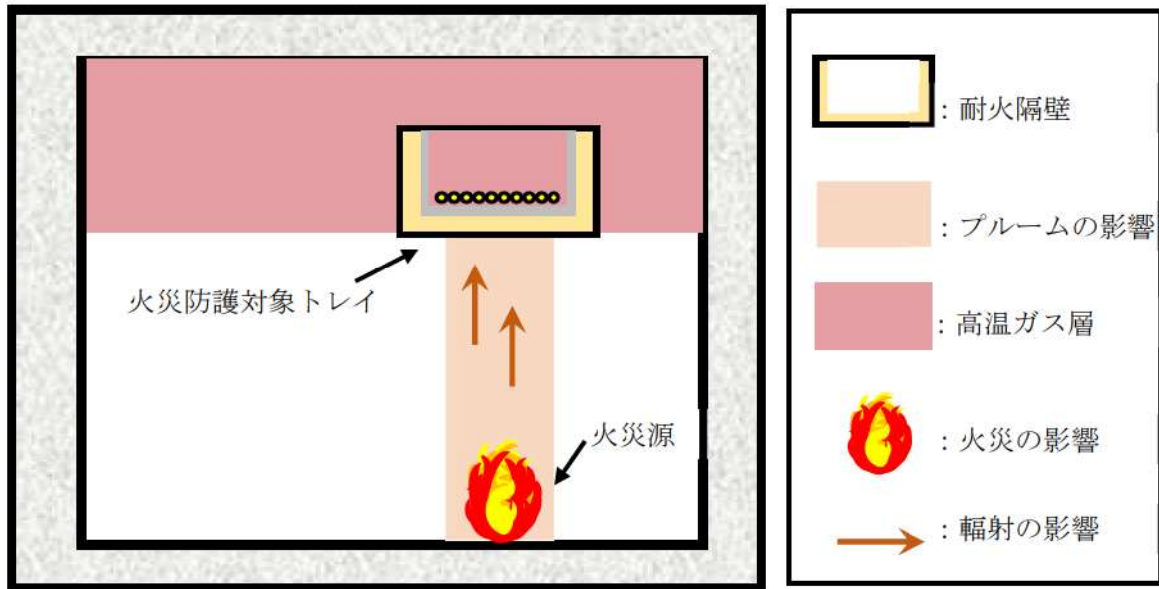
2. 1時間耐火隔壁を施工するケーブルトレイ

原子炉施設内のいかなる火災によっても、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ためには、原子炉を高温停止及び低温停止するための全機能に対して、成功パスが少なくとも一つ成立することが必要である。

このため、成功パスを構成するケーブルが敷設される複数のケーブルトレイが、同一火災区域又は火災区画内に設置されている場合は、当該火災区域又は火災区画内の火災により成功パスが確保できない可能性があることから、必要なケーブルトレイに対して1時間耐火隔壁を施工する必要がある。（資料7添付資料1）

3. 火災防護対象トレイと火災源の位置関係

2項で示した「1時間耐火隔壁を施工するケーブルトレイ（以下「火災防護対象トレイ」という。）」と「火災を想定する火災源」との位置関係を整理すると、火災防護対象トレイは天井付近に設置されており、油内包機器等の火災源は火災防護対象トレイの下部にある。よって、火災源からの火炎、プルーム及び輻射による火炎の影響は、火災防護対象トレイの下面及び側面に1時間耐火隔壁を設置することにより軽減でき、成功パスは少なくとも1つ確保され、原子炉の高温停止及び低温停止が可能である。（第1図）



第1図：火災防護トレイと火災源の影響

4. ケーブルトレイ上面からの放熱について

ケーブルトレイへ設置する1時間耐火隔壁の火災耐久試験は、耐火材等を施工したケーブルトレイを耐火炉へ設置し、ケーブルトレイ下面を建築基準法（IS0834）の加熱曲線を用いて1時間加熱しており、ケーブルトレイ上面は、耐火炉の外側に出ているため、ケーブルトレイ上面からの放熱が発生する。

しかし、実際の火災では、火災が発生した火災区画の室温が上昇し、ケーブルトレイ側面及び上面からの放熱が起こりにくいことも考えられる。

したがって、ケーブルトレイ下面への建築基準法（IS0834）の加熱曲線を用いた1時間加熱に加え、ケーブルトレイ側面及び上面の温度を火災時における室温上昇を考慮した温度とした場合の火災耐久試験を実施し、防護対象ケーブルの表面温度がケーブル損傷温度とならないことを確認した。

5. ケーブルトレイ下面への火災耐久試験の妥当性について

火災防護対象ケーブルへの1時間耐火隔壁は、3項に示すとおり「火災防護対象トレイ」と「火災を想定する火災源」との位置関係より、ケーブルトレイ下面及び側面に設置することで十分に火災の影響を軽減可能である。

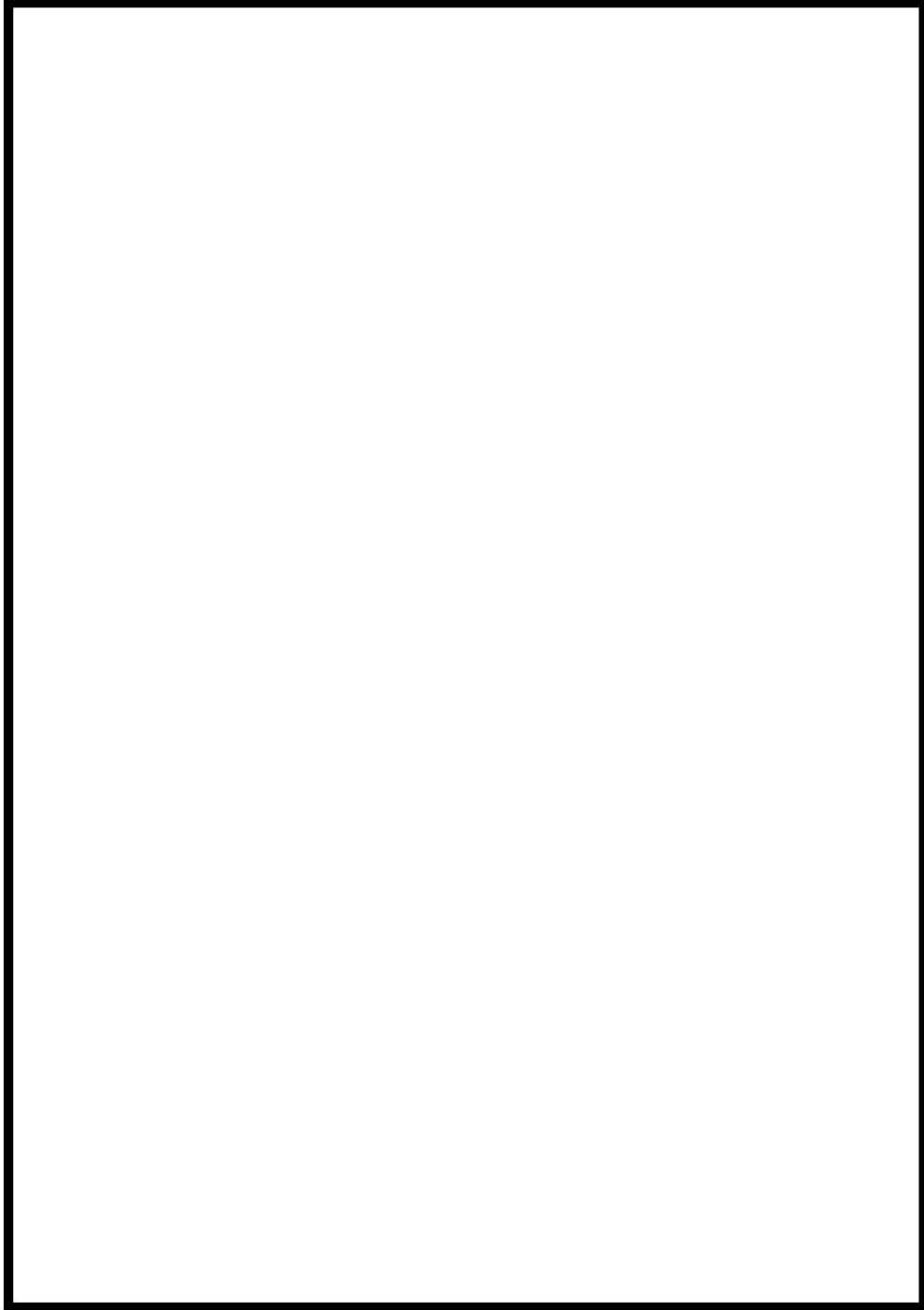
また、ケーブルトレイの火災を想定した場合の火災による室温上昇を考慮し、ケーブルトレイ下面への建築基準法（IS0834）の加熱曲線による加熱に加え、ケーブルトレイ側面及び上面は火災時における室温上昇を考慮し試験を実施した結果、防護対象ケーブルの表面温度がケーブル損傷温度とならないことを確認した。


したがって、ケーブルトレイへの火災耐久試験は、ケーブルトレイ下面に対して耐火炉によ

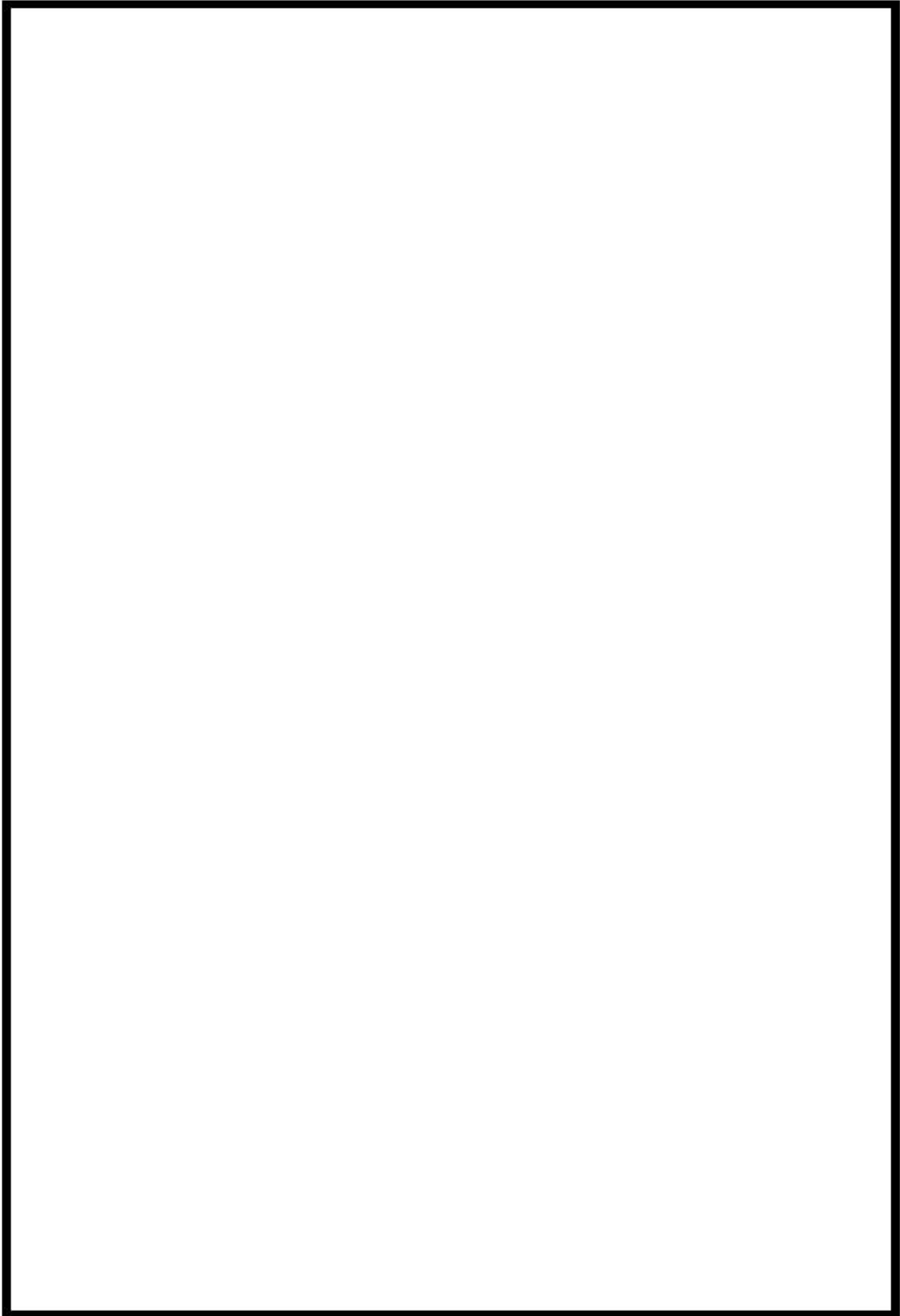
る加熱を行うことで十分である。


さらに、ケーブルトレイ下面への火災耐久試験は、火炎、プルーム及び輻射のすべての火災の影響を受けることから、最も厳しい加熱条件であるとともに、建築基準法（IS0834）の加熱曲線を用いた1時間加熱による火災耐久試験は、現実の火災を考慮すると、十分に保守的な試験である。

以上

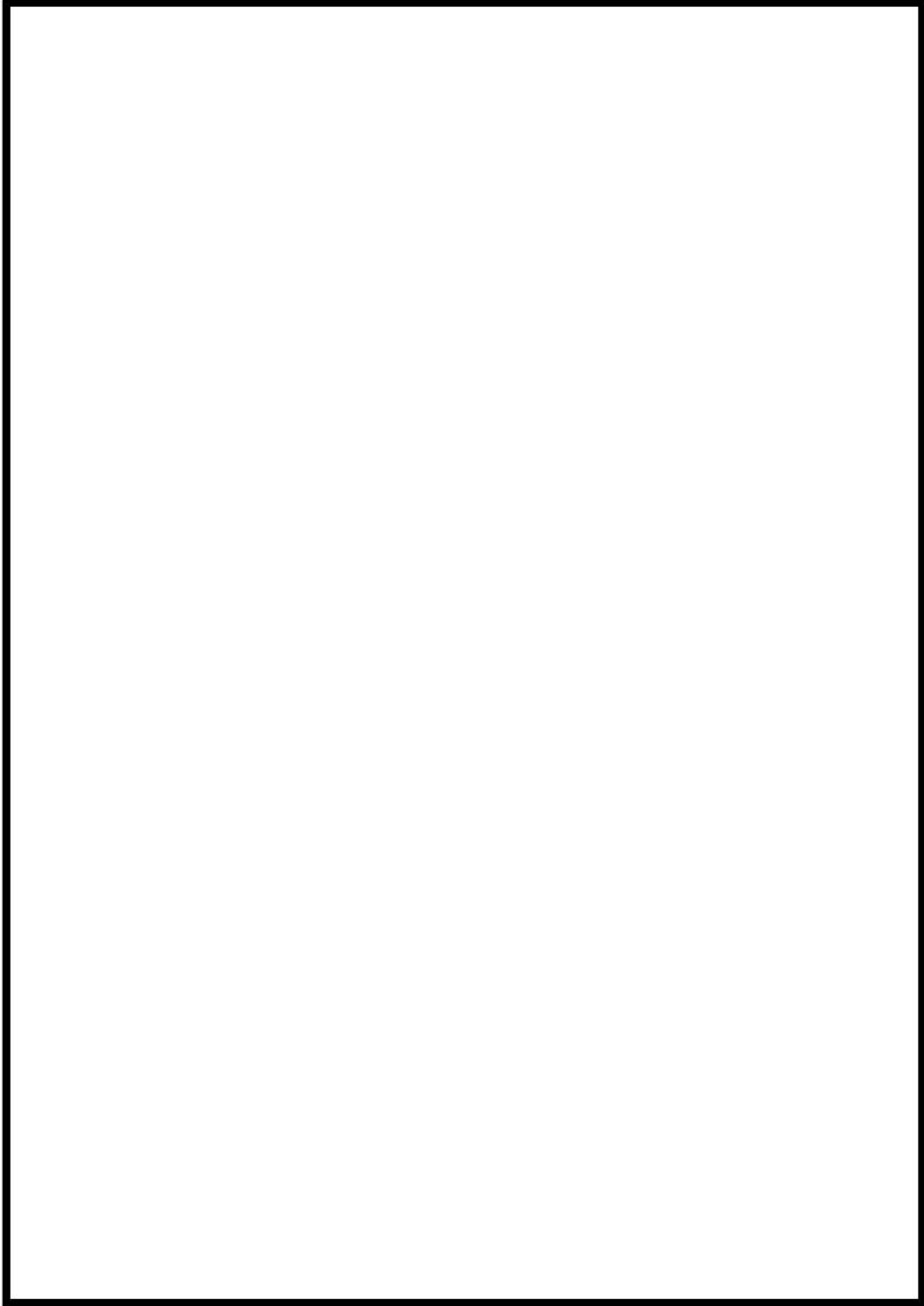



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

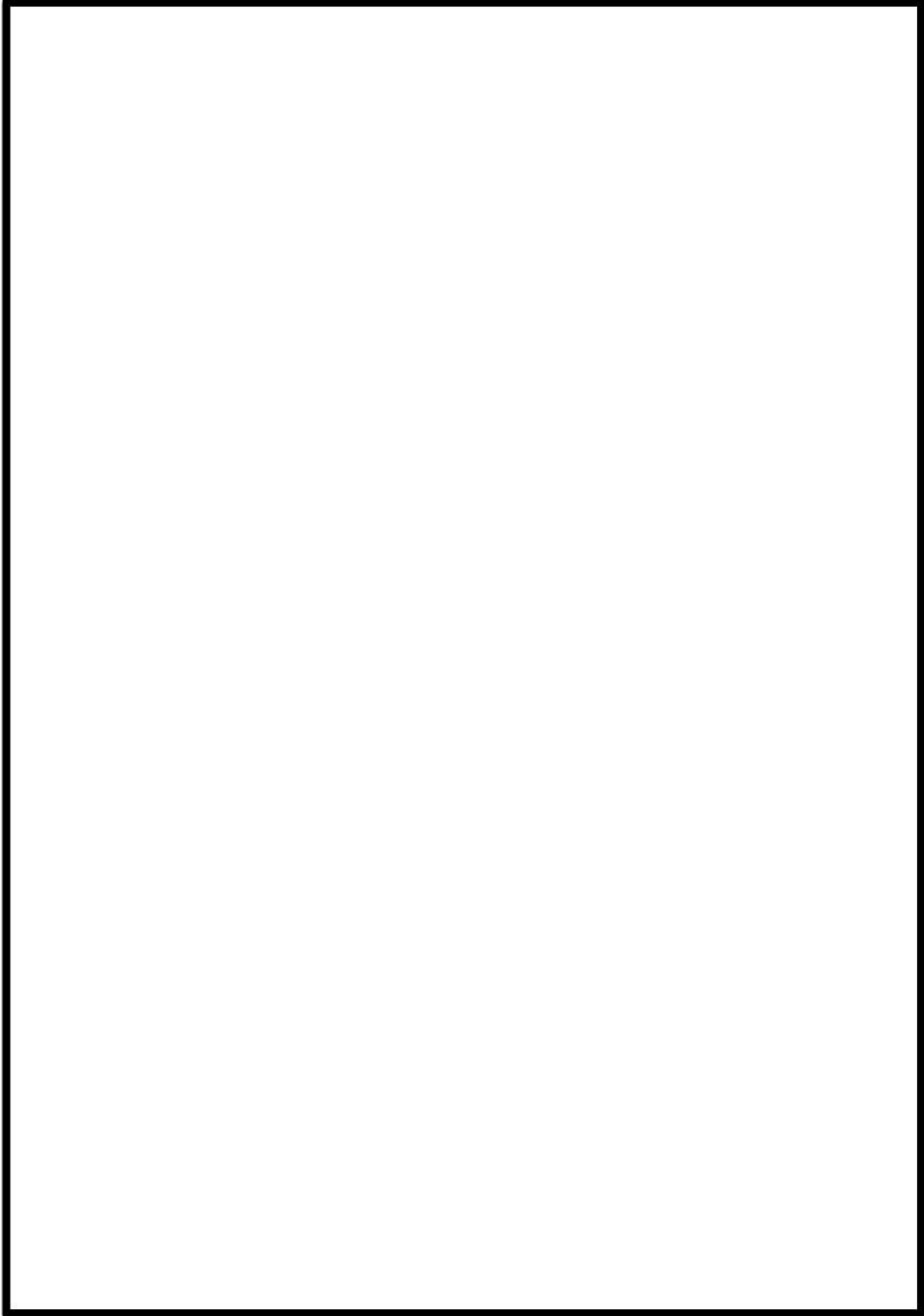



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

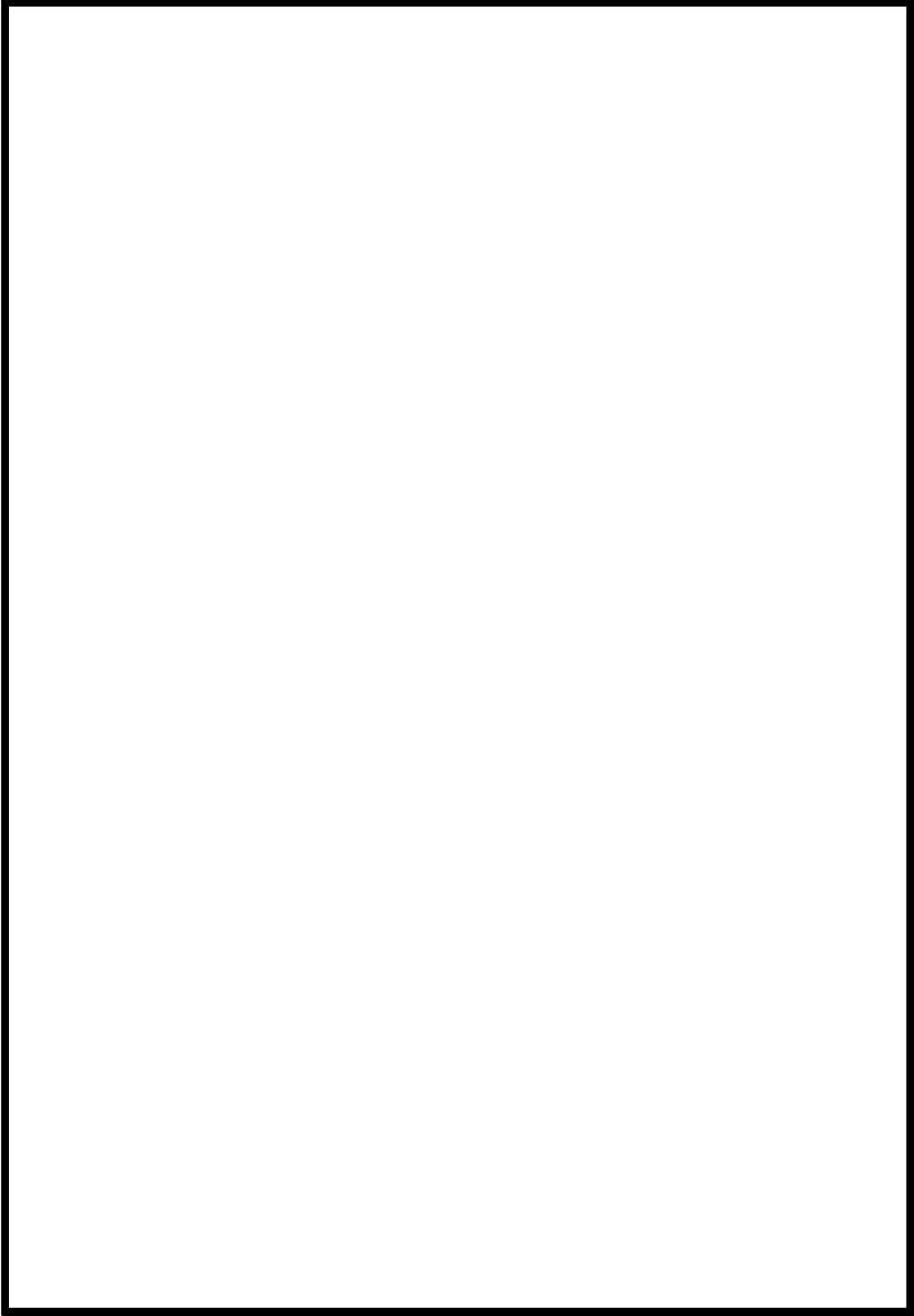
8 条-別 1-資 7-添 5-23



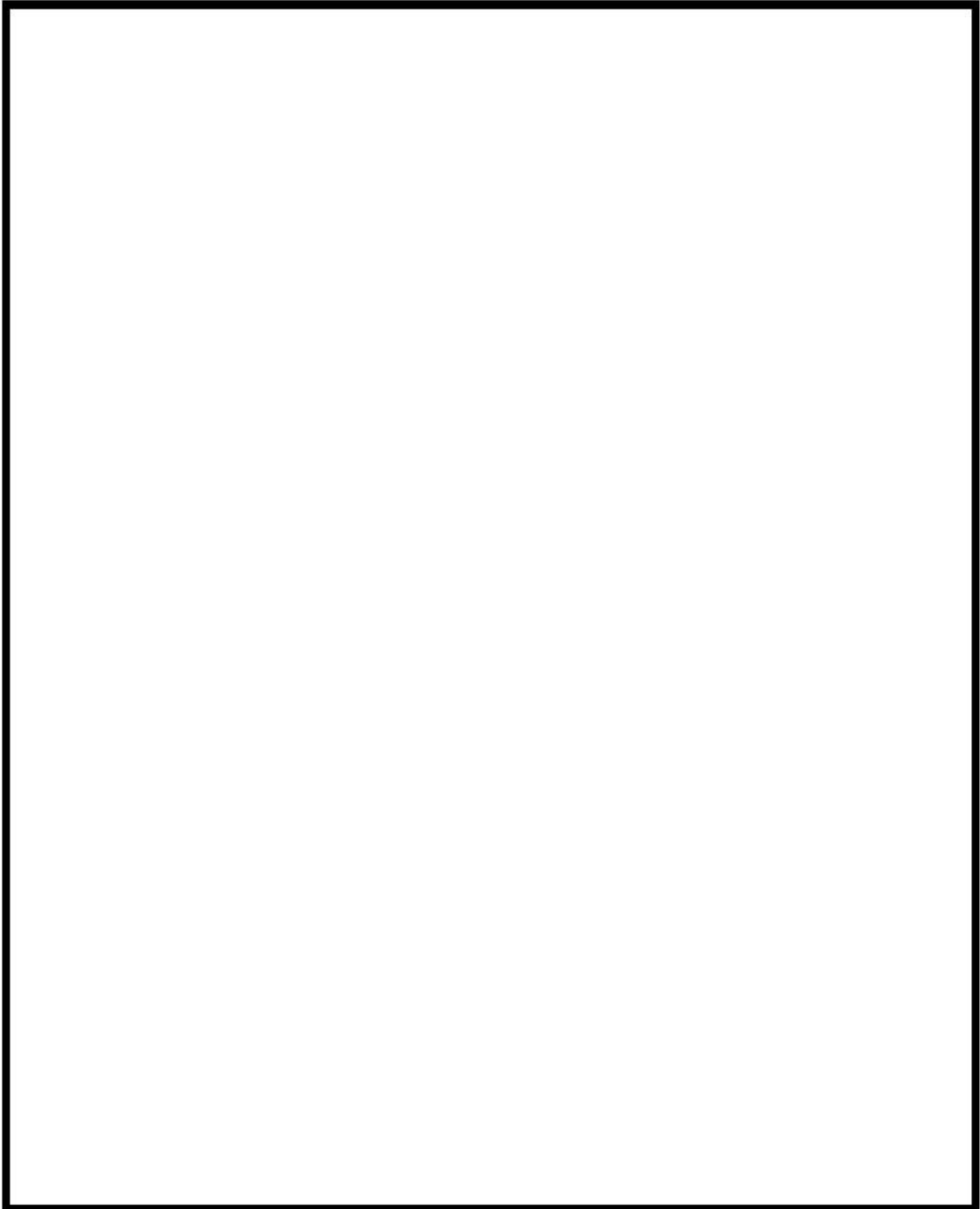
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。




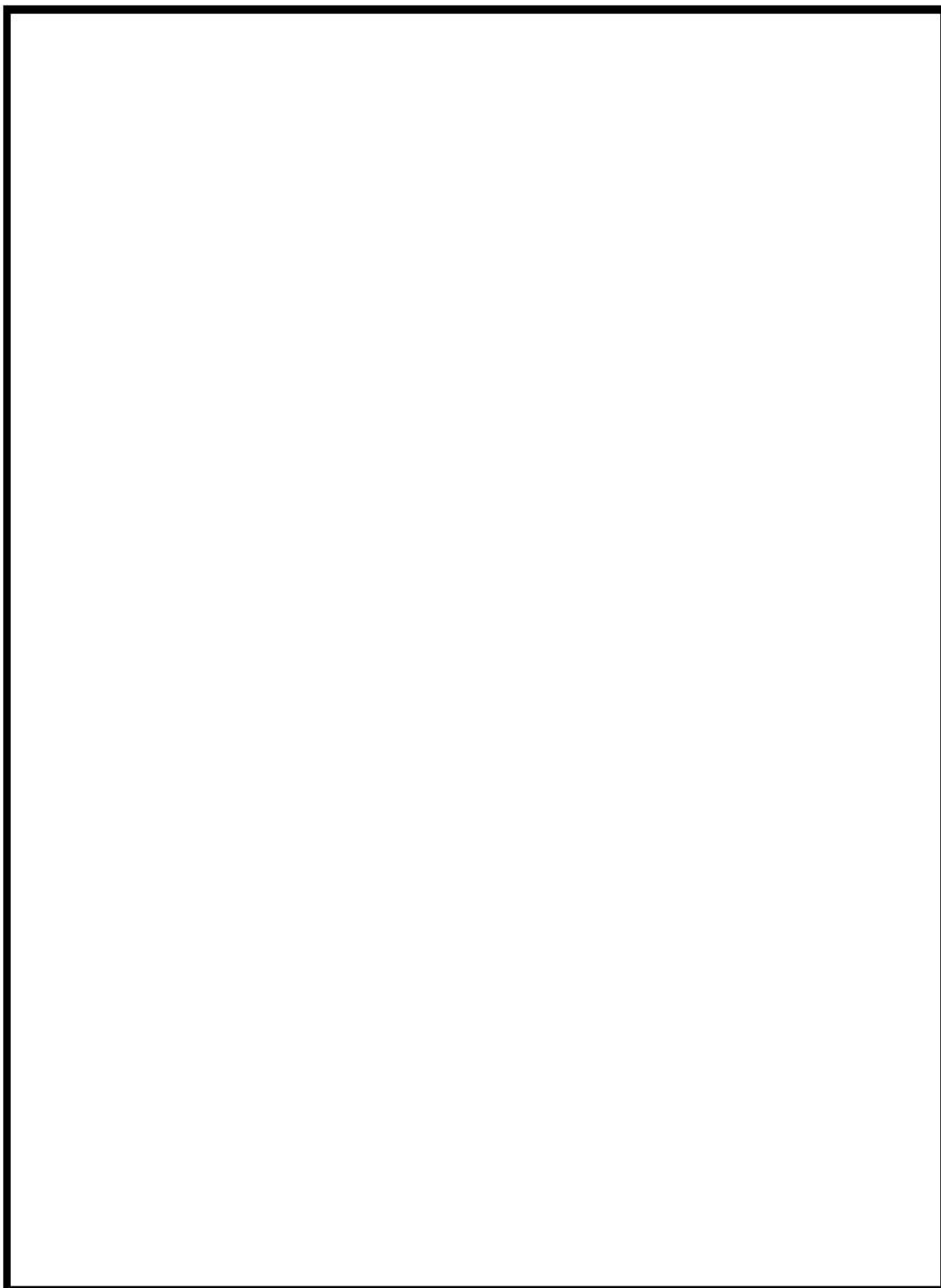
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。




 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。

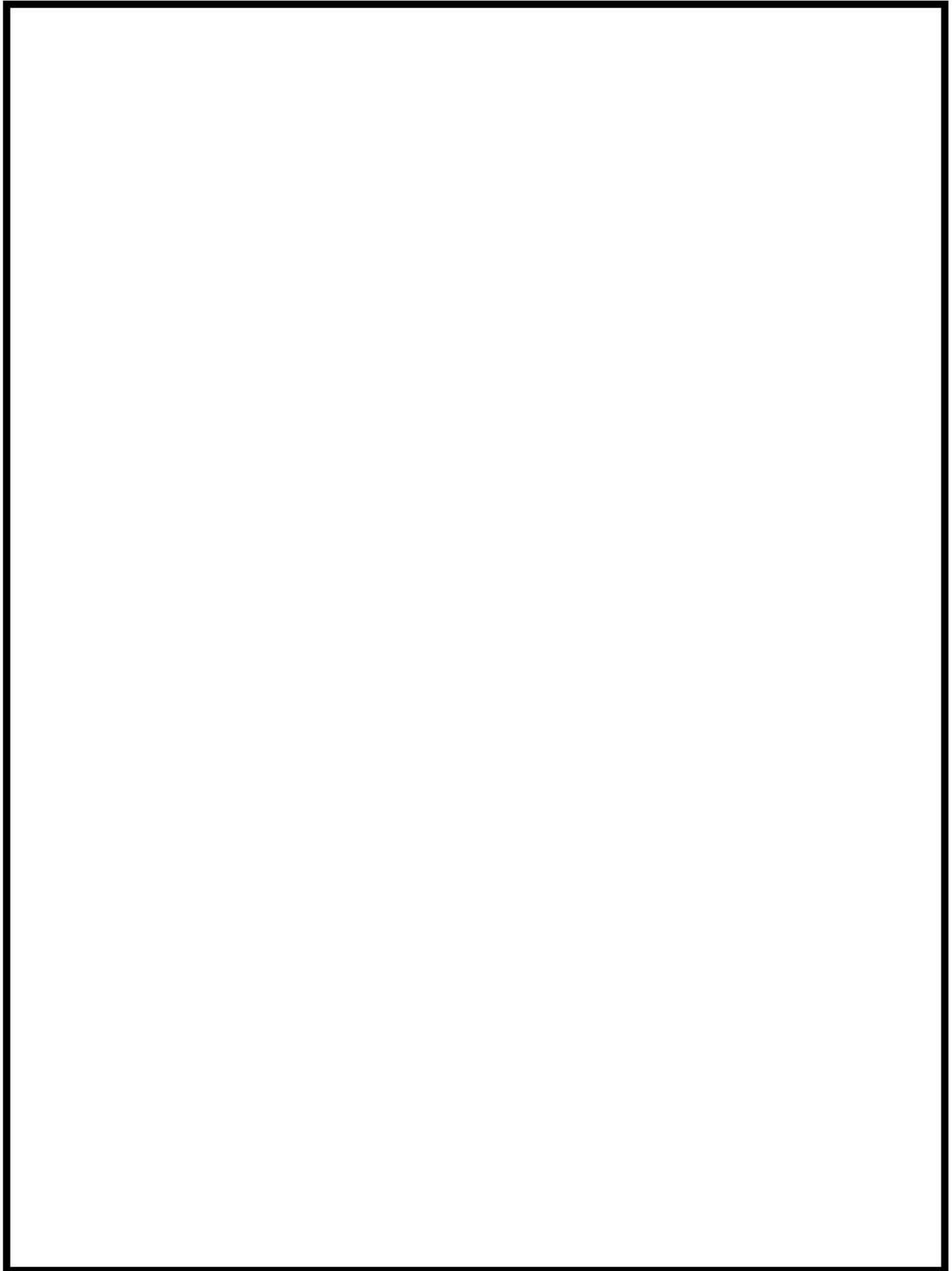


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



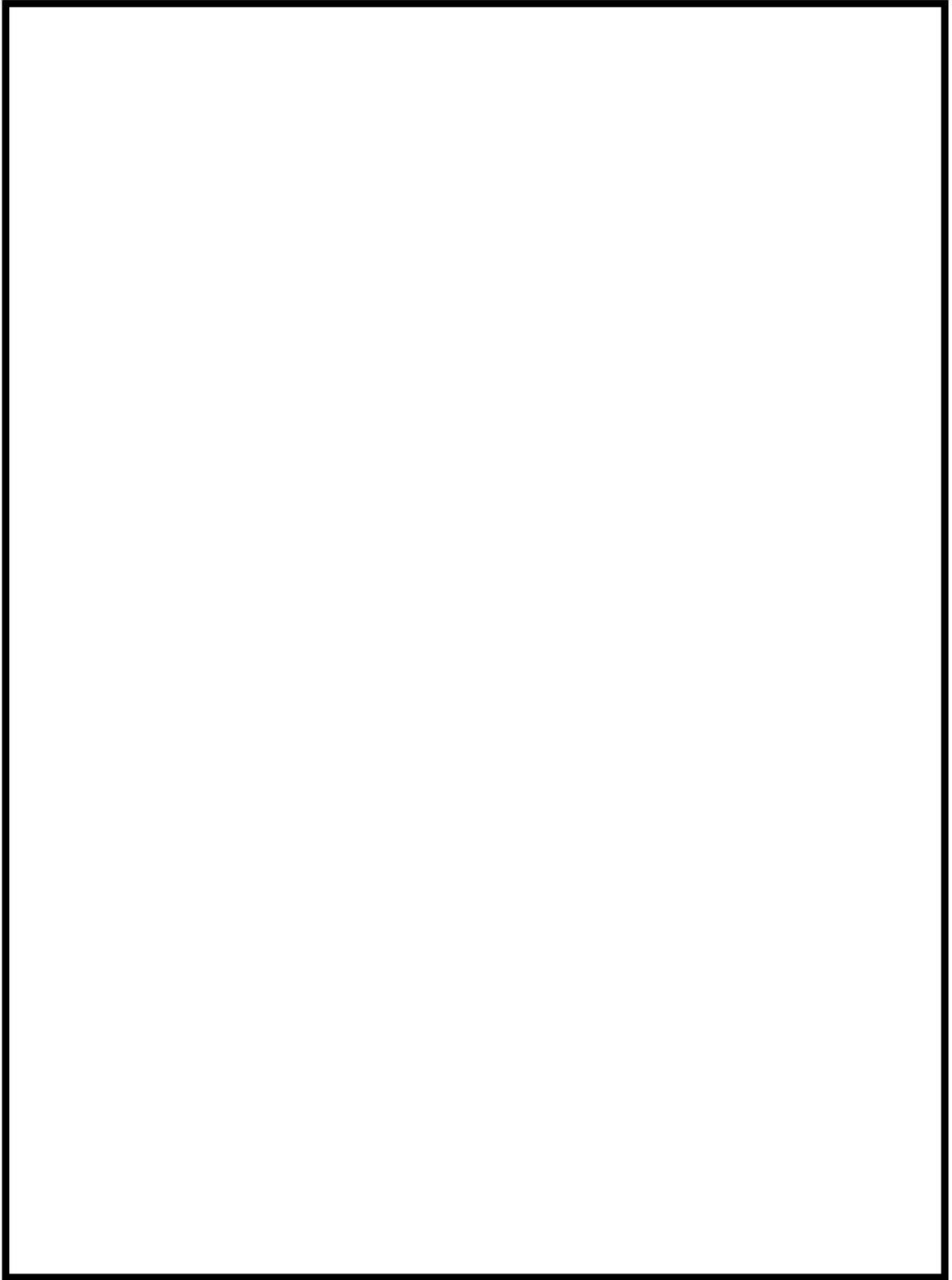
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 5-28



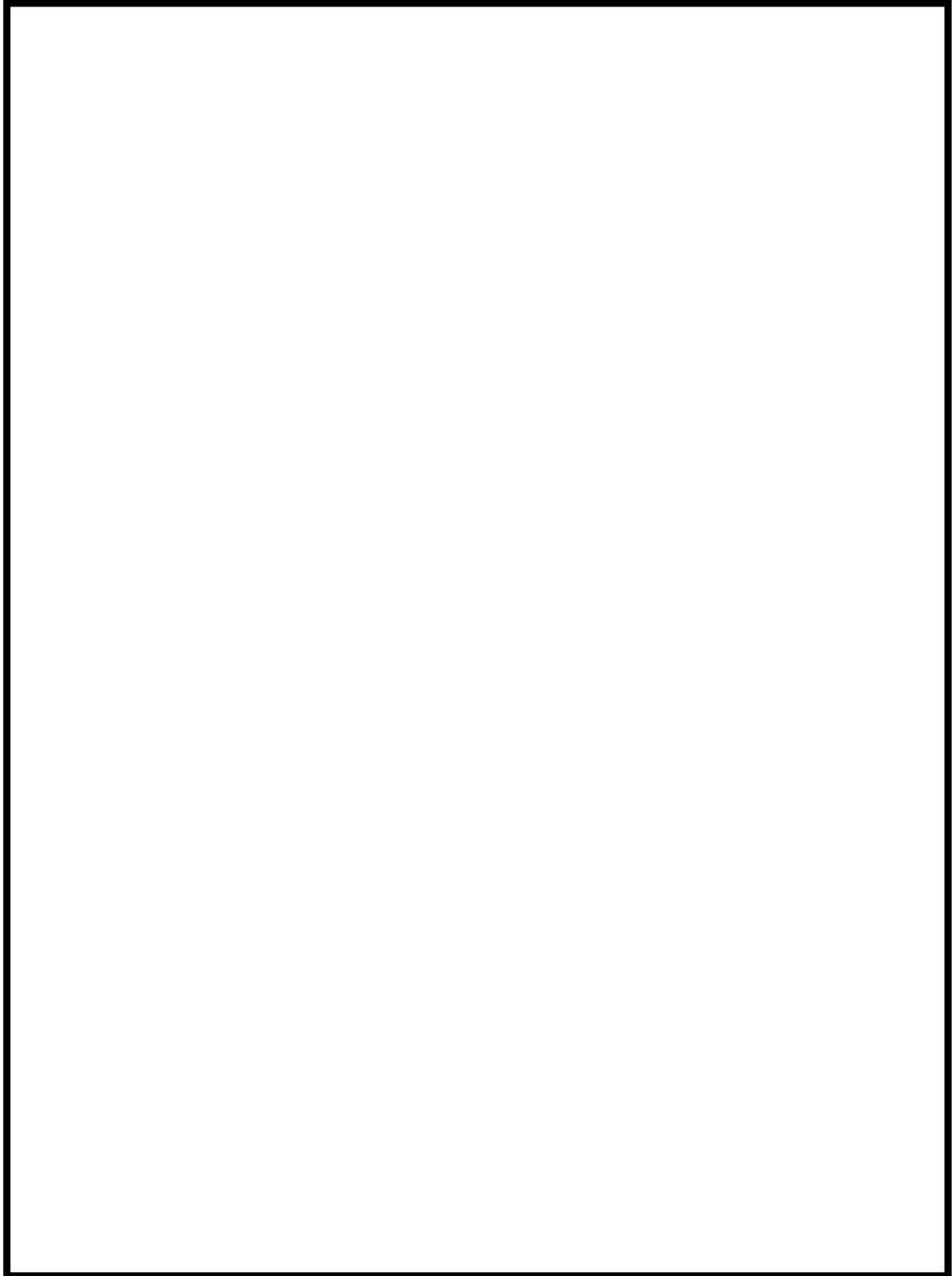
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 5-29



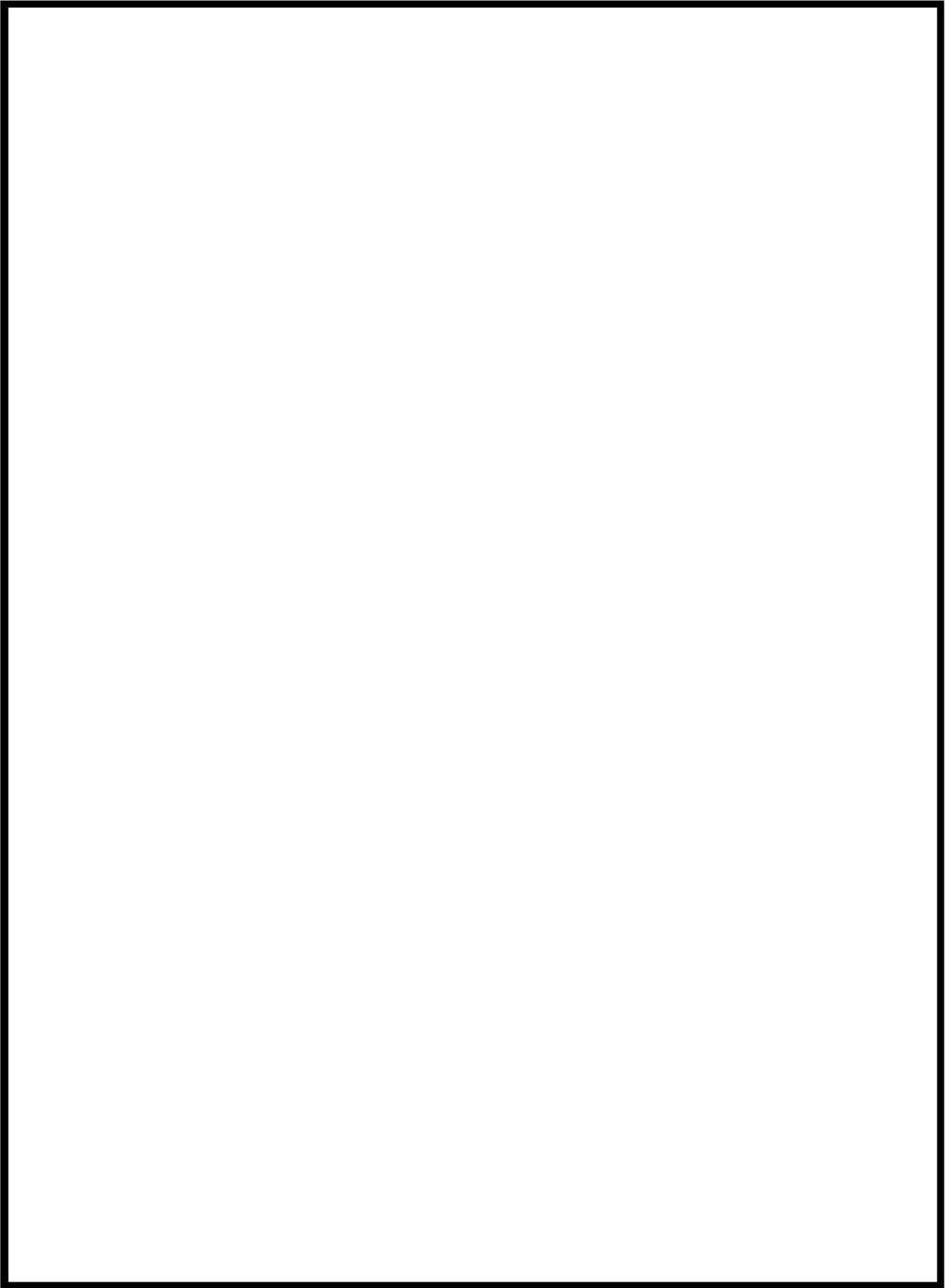
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 5-30



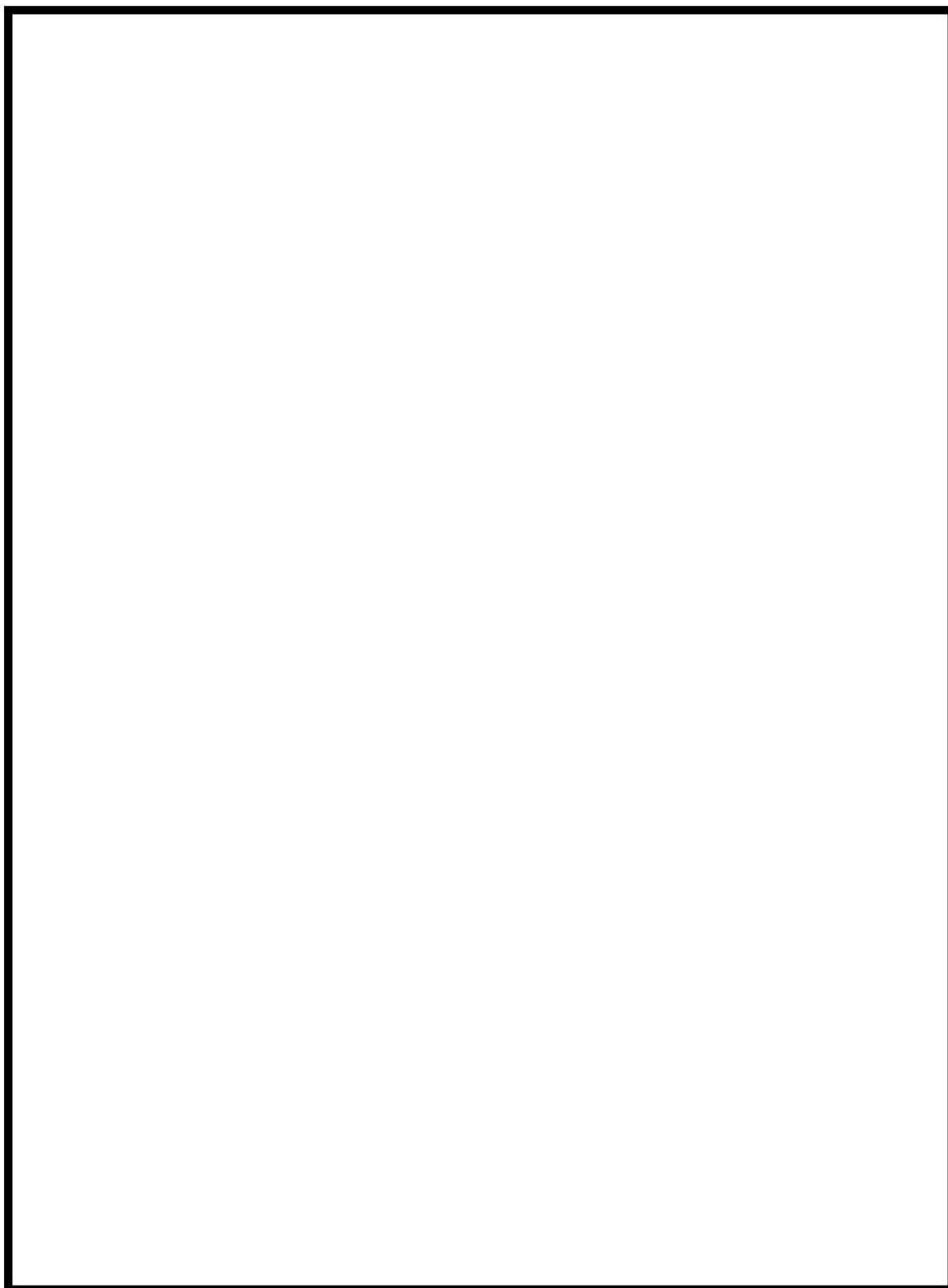
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 5-31

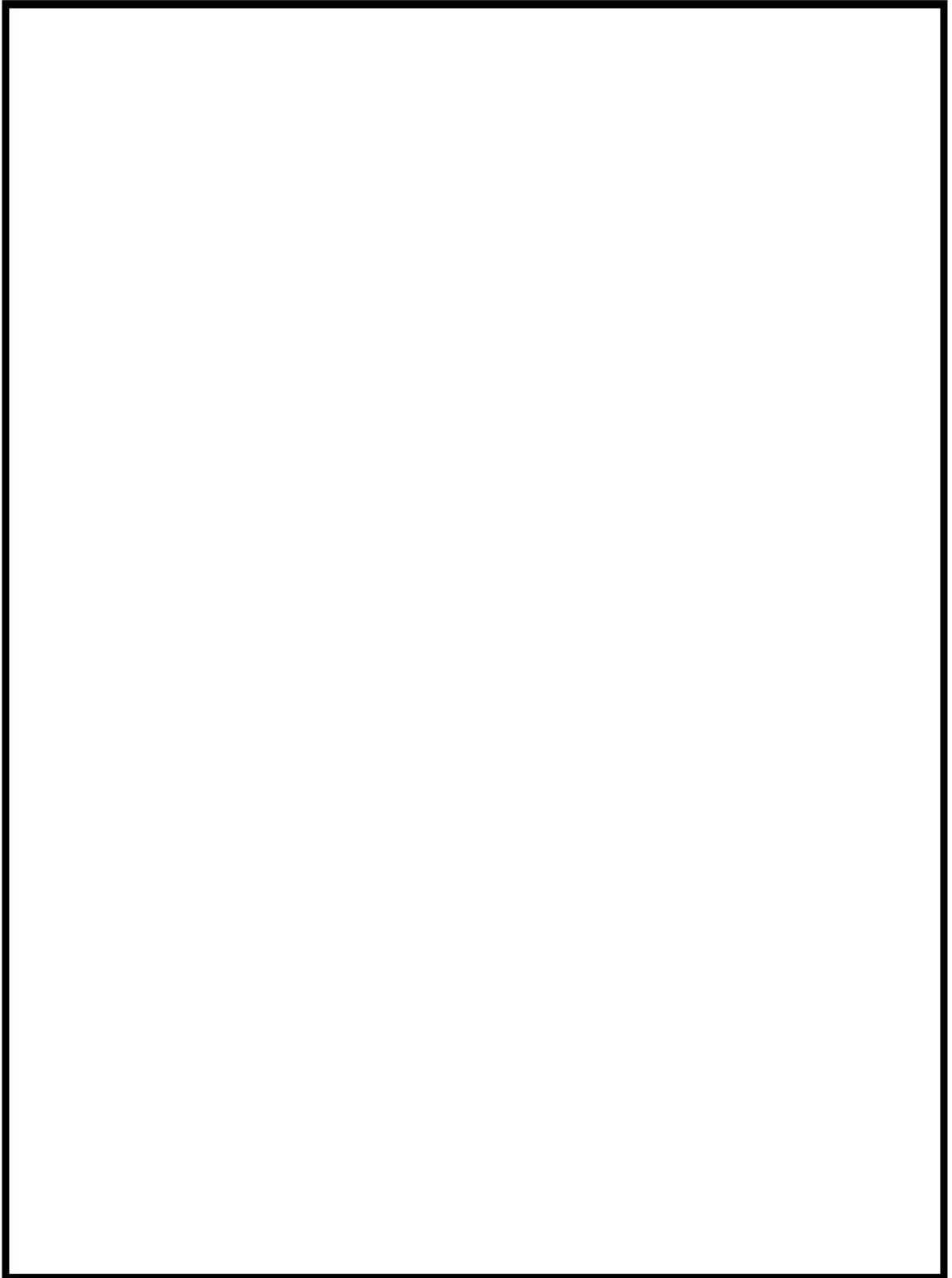



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

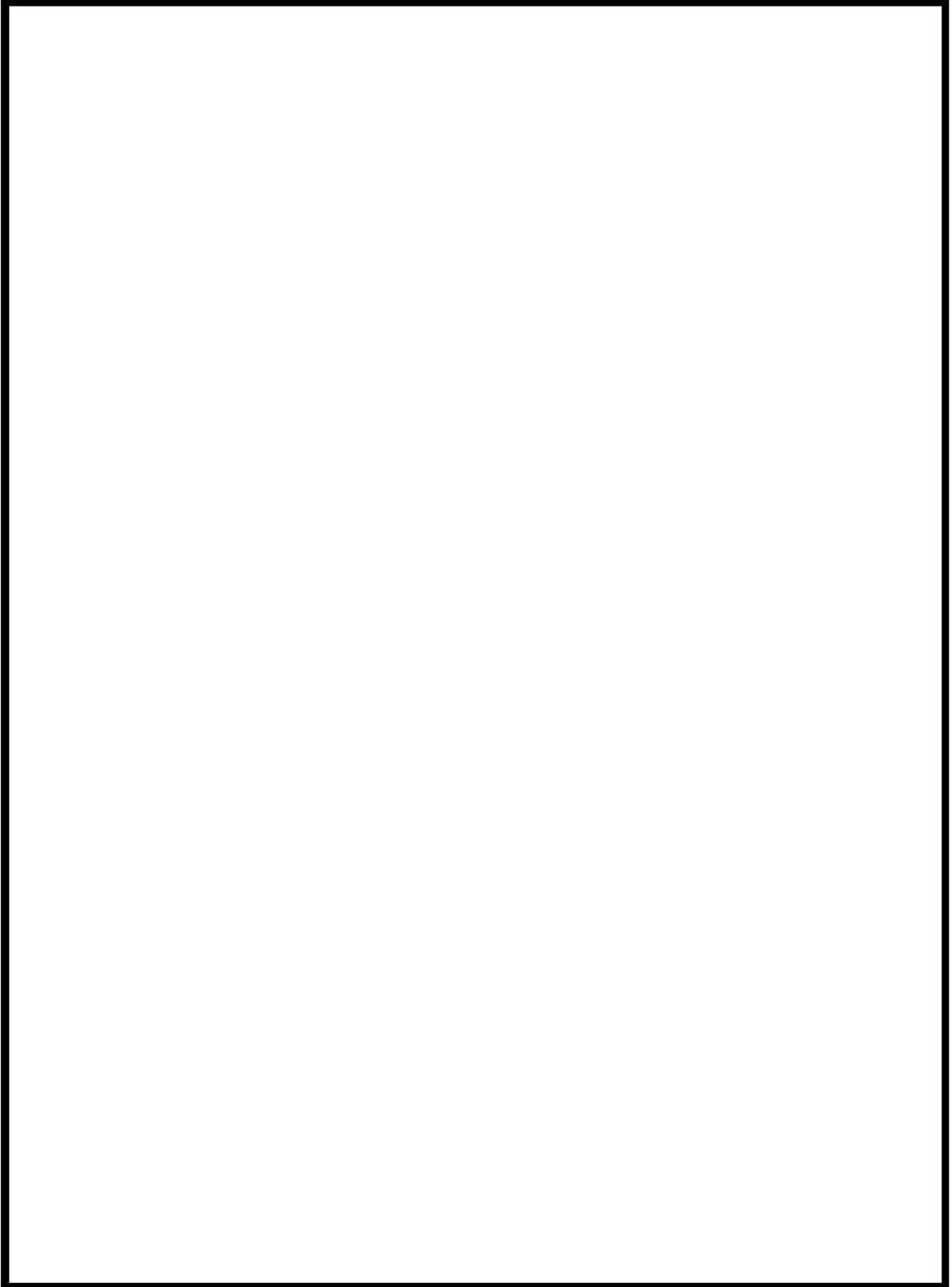
8 条-別 1-資 7-添 5-32




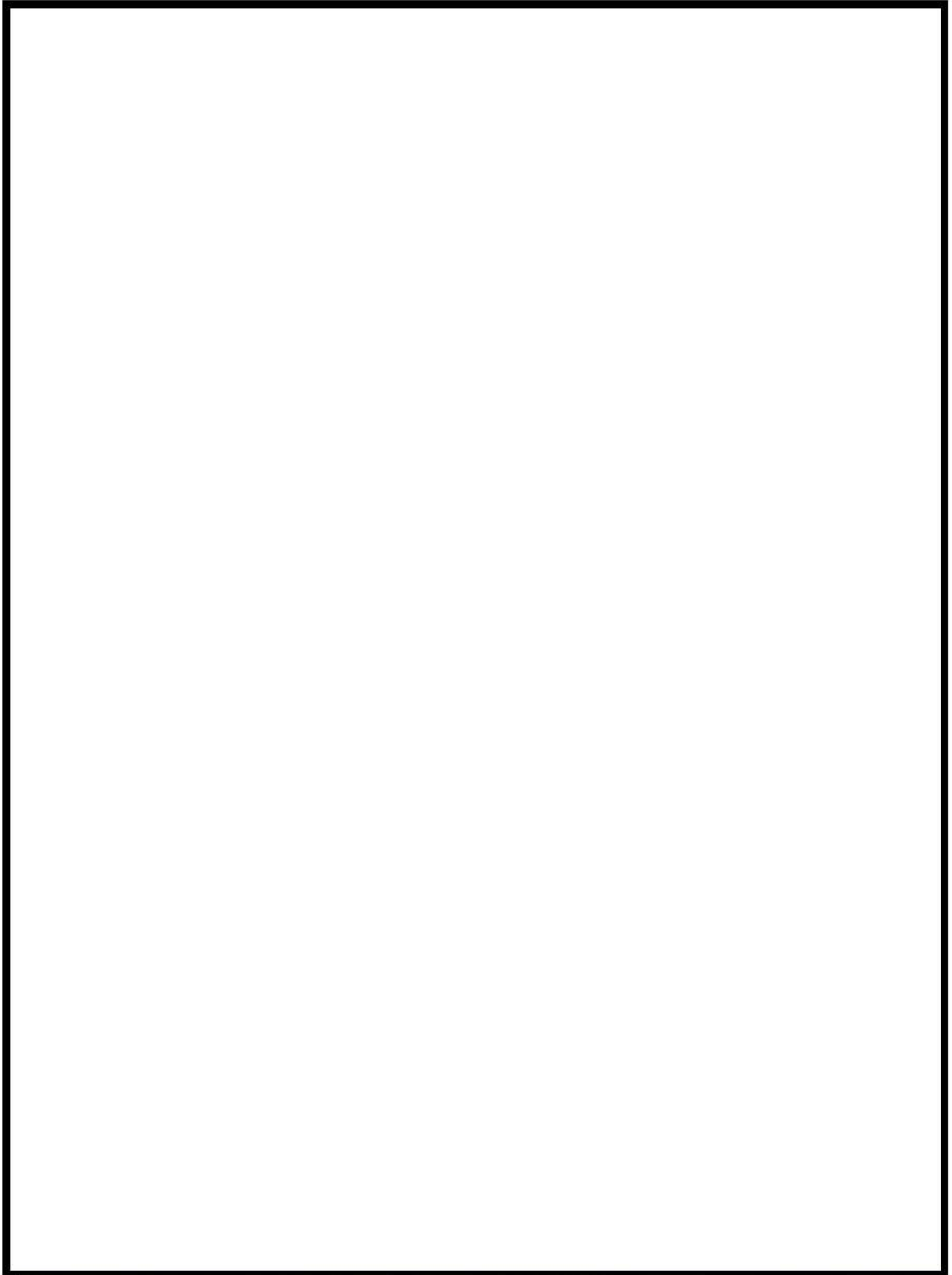
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



 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。




 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。



 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。

8 条-別 1-資 7-添 5-36



 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。

断熱材の耐久性について

1. 断熱材の損傷の可能性

断熱材を用いた耐火隔壁は、ケーブルトレイへの適用を検討しており、人の接触等による破損等はないと考えられる。

また、断熱材及びケーブルトレイを鉄板で囲う形での施工であり、断熱材を金属ピン等で機械的に固定することから、容易に脱落することはなく、頑強性を有していると考えられる。

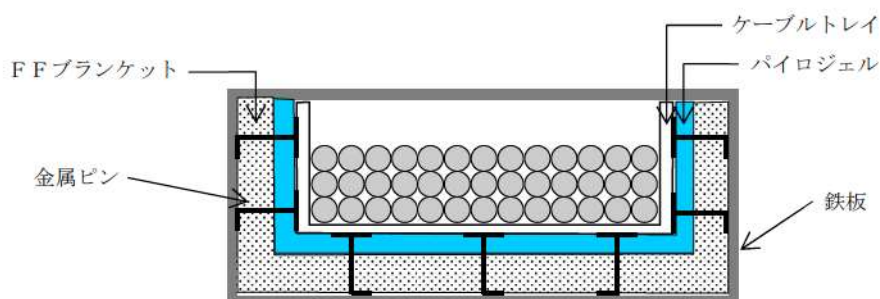


図-1 ケーブルトレイへの断熱材施工概要図

2. 断熱材の経年劣化

断熱材に使用するFFブランケット及びパイロジェルの主な組成は、シリカ（ SiO_2 ）等の無機材料であるため経年劣化し難いと考えられる。

このため、日常巡視点検により耐火隔壁の取り付け状況等を確認することで、性能維持管理を行う。

添付資料 6

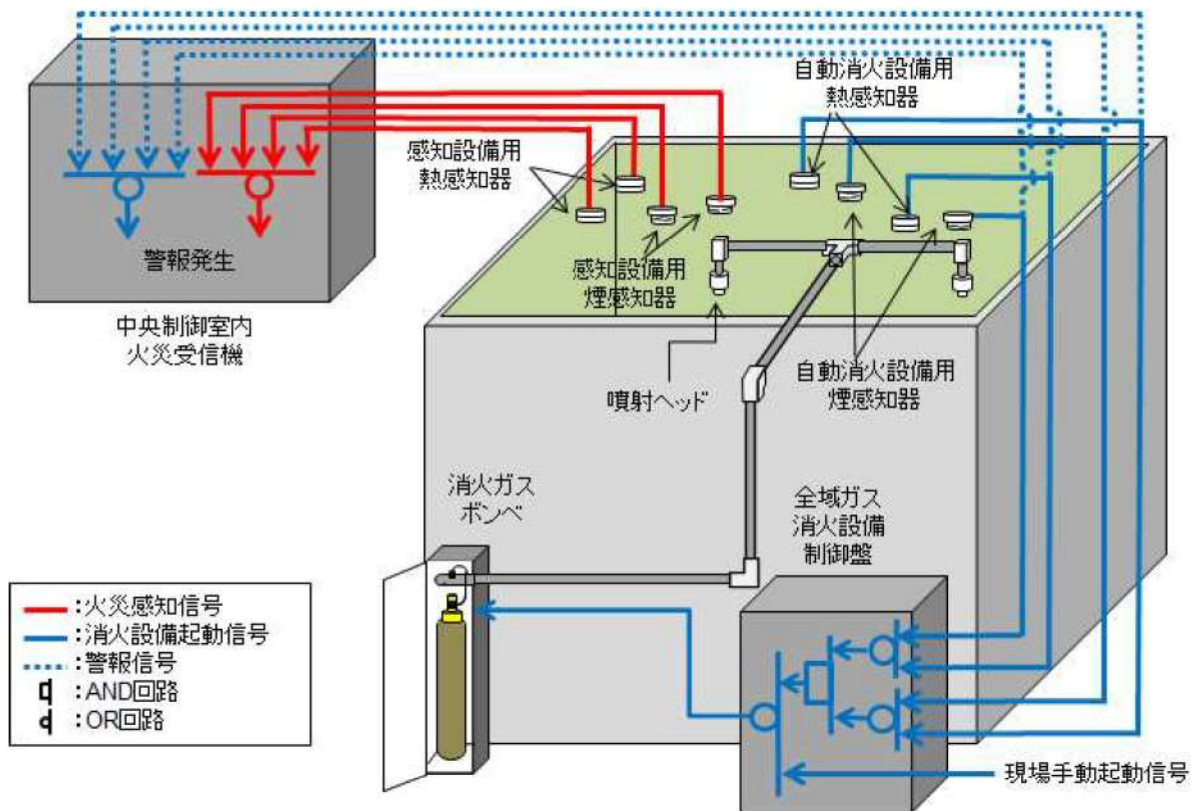
泊発電所 3号炉における
自動消火設備について

泊発電所 3号炉における
自動消火設備について

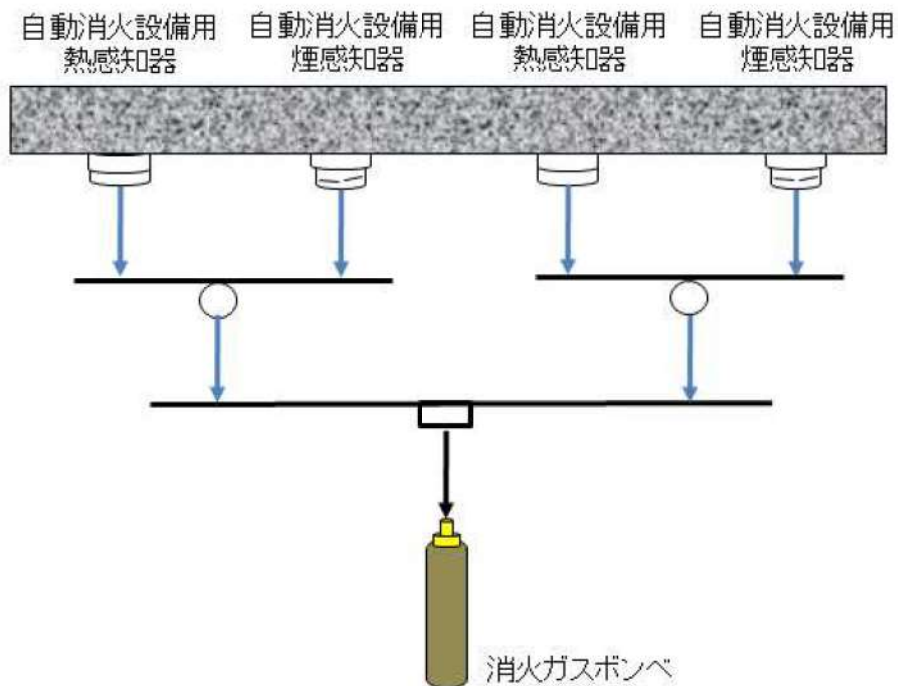
火災の影響軽減として実施する「1時間耐火隔壁等+火災感知設備+自動消火設備による分離」の自動消火設備として、全域ガス消火設備を設置する。

1. 全域ガス消火設備

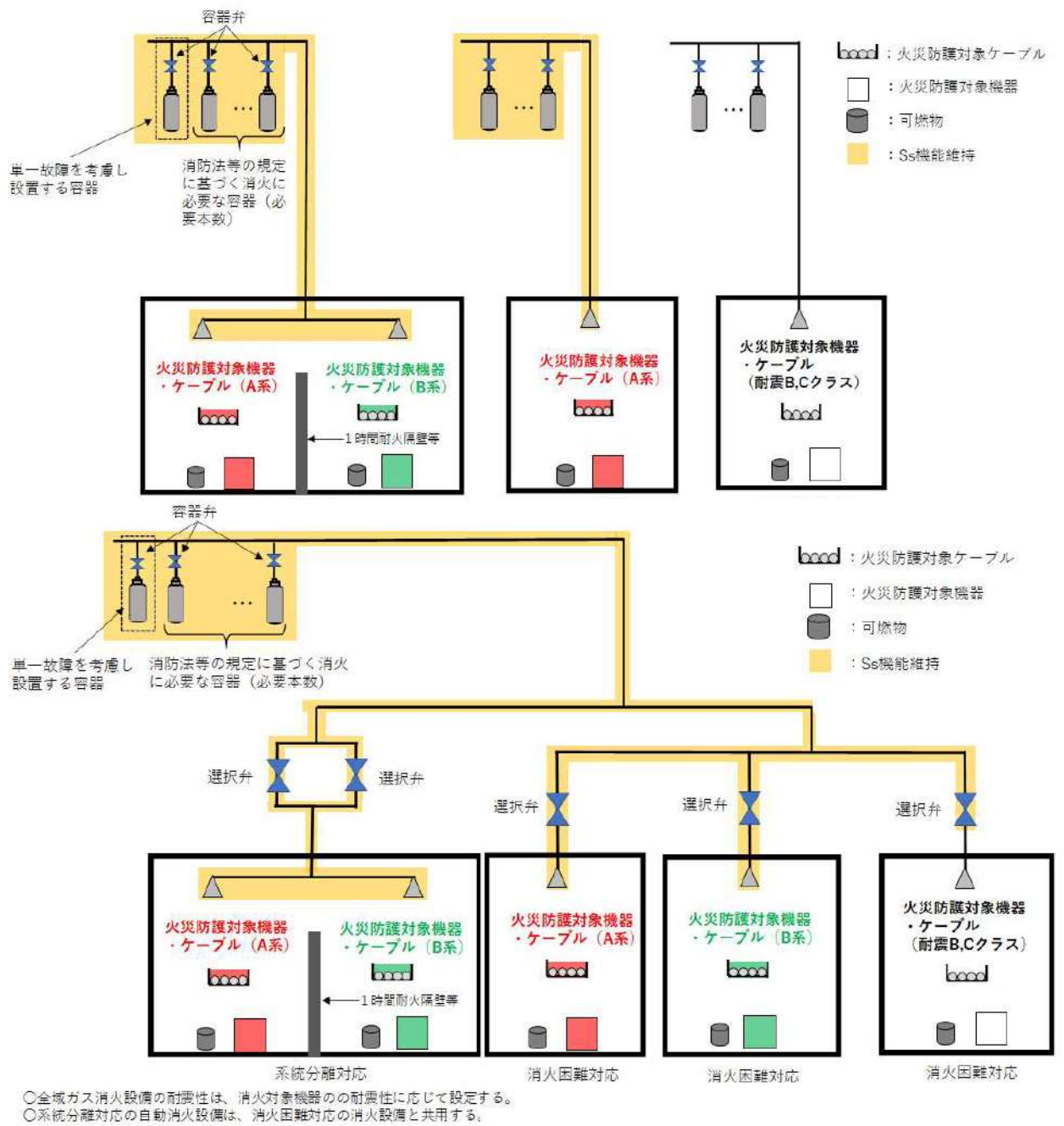
		全域ガス消火設備
設備構成		全域ガス消火設備は、噴射ノズルからハロゲン化物消火剤を全域に放出し、ハロゲン元素が有する燃焼反応の抑制作用により消火を行う。なお、ハロゲン化物消火剤を放出する火災区域又は火災区画は、消火用ガスの放出と同時に閉止する自動ダンパを設置することで、機械換気設備による換気の停止を行う。
動作条件		火災区域及び火災区画内の自動消火設備作動用の異なる感知器の AND 条件により、消火剤を放出する。 ハロゲン化物消火設備の動作概要を図-1、動作条件を図-2、系統分離の独立性を考慮した概要図を図-3に示す。
消火剤	性能	ハロン 1301 は、消火剤に含まれるフッ素、臭素のハロゲン元素が有する燃焼反応の抑制作用で消火する。 ○ 消火剤容量 0.32kg/m ³ 以上
	誤作動	ハロン 1301 は、電気絶縁性が高いことから、誤作動を想定しても、電機品への影響は小さい。 なお、皮膚の炎症など人体への影響は小さいが、消火剤放出前には警報を発信し退避を促す。
火災消火後の影響		全域ガス消火設備は、消火時に発生するフッ化水素等が有害であるため、火災鎮火後のエリア内進入前に、排気処置を行う。



第1図 全域ガス消火設備の動作概要図



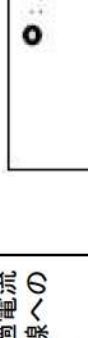
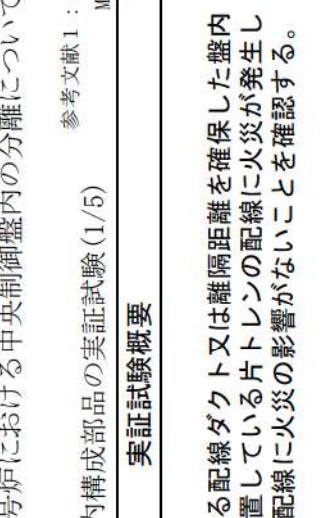
第2図 全域ガス消火設備の動作条件



第3図 系統分離に応じた独立性を考慮した全域ガス消火設備 概要図


添付資料 7

泊発電所 3号炉における
中央制御盤内の分離について

盤内状況	実証試験概要	試験結果
<p>盤内配線ダクト</p> 	<p>【試験目的】 金属バリアを有する配線ダクト又は離隔距離を確保した盤内配線ダクト内に設置している片トレンの配線に火災が発生しても、他トレンの配線に影響がないことを確認する。</p> <p>【試験内容】 (1) 金属バリア 金属バリアにて隔離したダクト内のテフロン電線に、過電流を通電することで火災を模擬し、もう一方のダクト配線への影響を、下記の判定基準に基づき確認した。 (2) 盤内配線ダクト 金属製又はPVC(ビニル)の盤内配線ダクト内テフロン電線に、過電流通電及びダクトへバーナー着火することで配線の火災を模擬し、25mmの距離で隔離した片側ダクトの配線への影響を、下記の判定基準に基づき確認した。 (3) 判定基準 a. 他トレン配線のメガリングテスト (500Vメガーにより、5MΩ以上) b. 他トレン配線の耐圧テスト (耐電圧 AC1500V 1分、通電確認) c. 他トレン配線を加熱中、隣接電線で通電可能であること。(電流測定)</p>	<p>【試験結果】 金属バリア又は盤内配線ダクト内に設置している片トレンの配線に火災が発生しても、他トレンの配線に影響が及ばないことを確認した。</p>  <p>また、加熱電線に過電流を流した場合、隣接ダクトの温度上昇は飽和されるため、1時間以上の過電流が流れても他への影響はないものと判断できる。</p>

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。

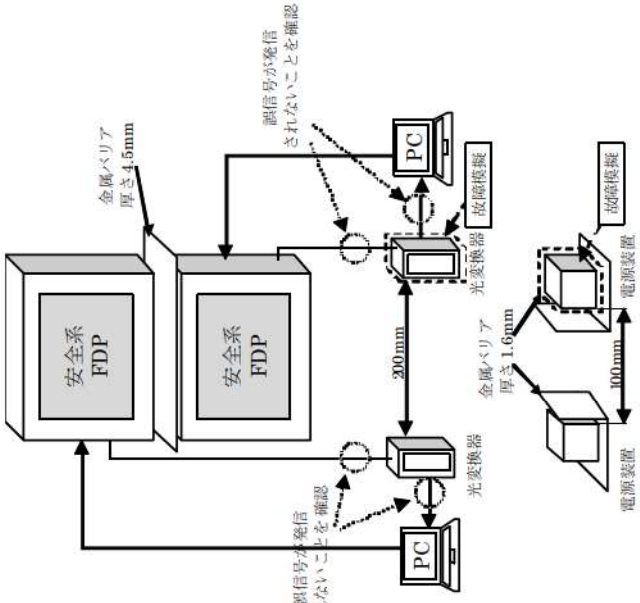
中央制御盤（安全系コンソール）・（常用系コンソール）内構成部品の実証試験（2/5）

実証試験概要		試験結果
<p>盤内状況</p> <div style="border: 2px solid black; width: 100%; height: 100%; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">5mm 以上</div> </div> <p>両トレンの 5mm 以上離隔</p>	<p>【試験目的】 片トレンの配線に火災が発生しても、適切な分離距離を確保している場合やテフロン電線を使用した同一線束を実施している場合は、近接する配線に火災の影響が及ばないことを確認する。</p> <p>【試験内容】 (1) 3 本平行の火災火災源とする配線（加熱電線）に、過電流を通电することで配線の火災を模擬し、5mm の距離で離隔した隣接線への影響を、下記の判定基準に基づき確認した。</p> <p>【判定基準】</p> <ol style="list-style-type: none"> a. 隣接配線のメガリングテスト（500V メガーにより 0.4MΩ 以上） b. 隣接配線の耐圧テスト（耐電圧 AC1500V 1 分、通電確認） c. 隣接配線を加熱中、隣接配線は通電可能であること。（電流測定） d. 隣接電線の外観検査 <p>(2) その他 テフロン電線を束にした同一束線中の 1 本に過電流を流し続けた場合、過電流を流した加熱電線は、赤熱する程度で温度飽和となるか断線でとどまり、発火等の現象は確認できなかった。</p>	<p>【試験結果】 テフロン電線を使用した 3 本平行線に火災が発生しても適切な分離距離を確保している場合は、隣接配線に火災の影響が及ばないことを確認した。次に、テフロン電線を用いた同一束線中の 1 本に、過電流を流した場合、加熱電線による発火等の現象がないことを確認した。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>また、過電流を流した加熱電線は、温度飽和となるか断線でとどまる結果であったことから、1 時間以上の過電流が流れても他への影響はないものと判断できる。</p>
<p>盤内配線</p>		

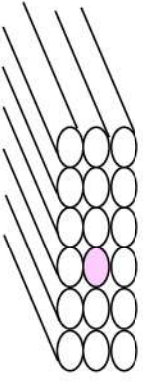
□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

盤内状況	実証試験概要	試験結果
<p>安全系 F D P</p> <p>安全系 F D P (裏面) 上部と下部で 2 台有り</p>	<p>【試験目的】 安全系 F D P について、火災に至る可能性のある電源回路故障を模擬し、下流側設備が誤動作しない要求を満たしていることを確認する。</p> <p>【試験内容】 安全系 F D P 2 台の配置は実機と同様の配置とする。下部の安全系 F D P について、電源回路故障 (過電流) を模擬するため、電源回路に接続した模擬抵抗により負荷を段階的に降下させる。電源スイッチ用トランジスタの表面温度の飽和が想定されるが、さらに抵抗を降下させる。試験対象品の回路がオープンとなり火災の発生を期待できなくなった時点で試験終了とする。</p> <p>火災試験中に、下流設備に誤信号を発信しないことを状態確認 認用設備により常時監視する。</p> <p>【判定基準】 火災試験中及び試験後に、上部の安全系 F D P を操作し、操作可能であること操作信号履歴により上部の安全系 F D P 及び下部の安全 F D P から誤信号が発信していないこと。</p>	<p>【試験結果】 電源回路の過電流状態を模擬したところ、火災には至らなかったが、その試験中及び試験後に上部の安全系 F D P の操作が可能であることを確認した。</p> <p>上部、下部の安全系 F D P について、タッチした信号以外の操作信号はないことを確認した。</p> <div data-bbox="624 226 1088 757" data-label="Diagram"> </div> <p>また、過電流を流した安全系 F D P は、他へ影響を与えずに、回路が断線にとどまる結果であったことから、1 時間以上の過電流が流れても他への影響はないものと判断できる。</p>

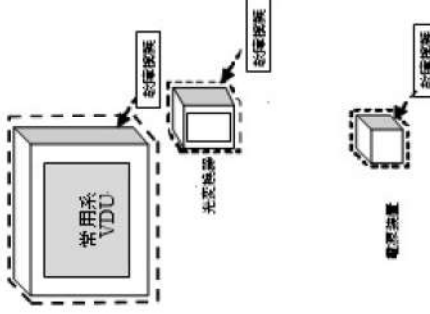
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

盤内状況	実証試験概要	試験結果
<p>光変換器</p>	<p>【試験目的】 光変換器と電源装置について、火災に至る可能性のある電源回路故障を模擬し、下流側設備が誤動作しないことを確認する。</p> <p>【試験内容】 電源回路故障（過電流）を模擬するため、電源回路に接続した模擬抵抗により負荷を段階的に低下させる。記録計に記録する突入電流防止回路部FETの表面温度の飽和が想定されるが、さらに抵抗を低下させる。試験対象品の回路がオープンとなり、火災の発生が期待できなくなった時点で試験終了とする。 火災試験中に下流設備に誤信号を発信しないことを状態確認用設備により常時監視する。</p>	<p>【試験結果】 電源回路の過電流を模擬したところ、火災には至らなかったが、安全系FDPや光変換器から誤信号が発しないことを確認した。また、他系統の機器に有意な温度変化をもたらすことはなく、他系統の機器に影響を与えることはなかった。</p>
<p>電源装置</p>	<p>【判定基準】 火災試験中に、安全系FDPや光変換器から誤信号が発信しないこと。</p>	 <p>また、過電流を流した光変換器及び電源装置は、他へ影響を与えないことから、回路が断線にとどまる結果であったことから、1時間以上の過電流が流れても他への影響はないものと判断できる</p>

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。

盤内状況	実証試験概要	試験結果
<p>盤下部ケーブル</p> <p>金属外装内に収めたケーブル</p>	<p>【試験目的】 金属外装内に収めたケーブルに過電流により火災模擬し、同一のダクト (トレイ) 内に敷設された他の金属外装内に収めたケーブルに火災の影響がないことを確認する。</p> <p>【試験内容】 (1) 金属外装内に収めたケーブルに、過電流を通电すること で火災を模擬し、隣接する他の金属外装内に収めたケーブルへの影響を、下記の判定基準に基づき確認した。 (2) 判定基準 a. 隣接する他の金属外装内に収めたケーブルのメガリングテスト (500V メガーにより、5MΩ 以上) b. 隣接する他の金属外装内に収めたケーブルに火災の影響 (地絡、混触、断線) のないこと。</p>	<p>【試験結果】 金属外装内に収めたケーブルの過電流により火災を模擬し、同一のダクト (トレイ) 内に敷設された他の金属外装内に収めたケーブルに火災の影響がないことを確認した。</p> <p>○ : 金属外装内に収めたケーブル ● : 過電流を通电した金属外装内に収めたケーブル</p>  <p>また、過電流を流した金属外装に収めたケーブルは、温度飽和となるか断線できるとどまる結果であったことから、1時間以上の過電流がながれても他への影響はないものと判断できる。</p>

□ 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。

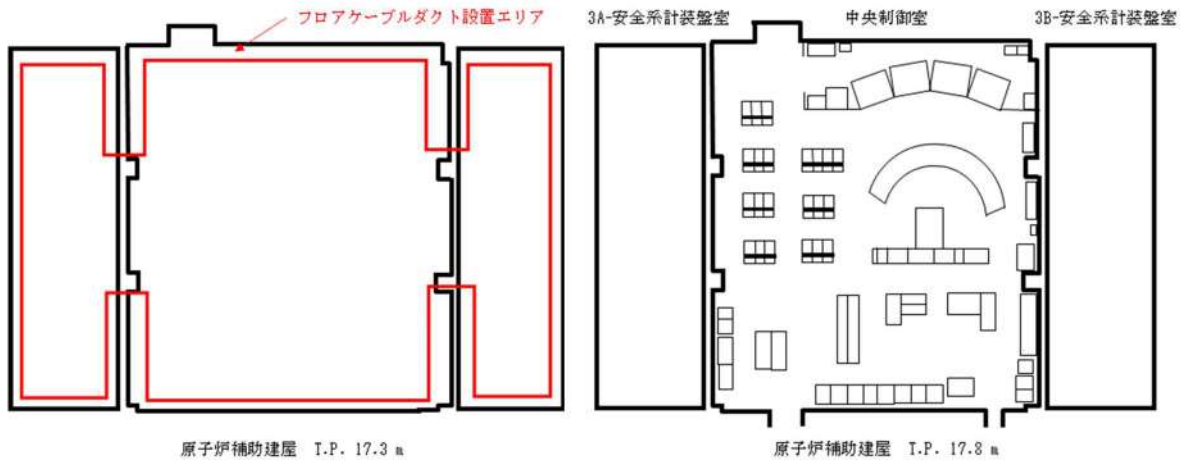
盤内状況	実証試験概要	試験結果																				
常用系VDU	<p>【試験目的】 常用系VDU（画像表示装置）、光変換器及び電源装置について、火災に至る可能性のある電源回路故障を模擬し、発火に至らず、周囲に火災の熱的影響をもたらすことがないことを確認する。必要な離隔距離及び金属バリア厚さを確認する。</p> <p>【試験内容】 電源回路故障（過電流）を模擬するため、電源回路に接続した模擬抵抗により負荷を段階的に降下させる。模擬抵抗を降下させ、試験対象品の回路がオープンとなり、火災の発生が期待できなくなった時点で試験終了とする。 温度測定は、複数点で計測を行う。</p> <p>【判定基準】 火災試験中に、発火に至らず、周囲に火災の熱的影響をもたらすことがないこと。</p>	<p>【試験結果】 常用系VDU、光変換器、電源装置について、電源回路の過電流を模擬したところ、発火に至らず、周囲に火災の熱的影響をもたらすことはなかった。</p> 																				
光変換器		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>離隔距離</th> <th>金属バリア</th> <th>熱的影響 (60°C以下)</th> <th>室温</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>常用系VDU</td> <td>79 mm</td> <td>無し</td> <td>無し (14.9°C)</td> <td>11.8°C</td> </tr> <tr> <td>光変換器</td> <td>83 mm</td> <td>無し</td> <td>無し (12.3°C)</td> <td>9.7°C</td> </tr> <tr> <td>電源装置</td> <td>59 mm</td> <td>無し</td> <td>無し (17.7°C)</td> <td>12.7°C</td> </tr> </tbody> </table> <p>また、過電流を流した常用系VDU、光変換器及び電源装置は、他へ影響を与えないこと、回路が断線にとどまる結果であったことから、1時間以上の過電流が流れても他への影響はないものと判断できる。</p>		離隔距離	金属バリア	熱的影響 (60°C以下)	室温	常用系VDU	79 mm	無し	無し (14.9°C)	11.8°C	光変換器	83 mm	無し	無し (12.3°C)	9.7°C	電源装置	59 mm	無し	無し (17.7°C)	12.7°C
	離隔距離	金属バリア	熱的影響 (60°C以下)	室温																		
常用系VDU	79 mm	無し	無し (14.9°C)	11.8°C																		
光変換器	83 mm	無し	無し (12.3°C)	9.7°C																		
電源装置	59 mm	無し	無し (17.7°C)	12.7°C																		

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。

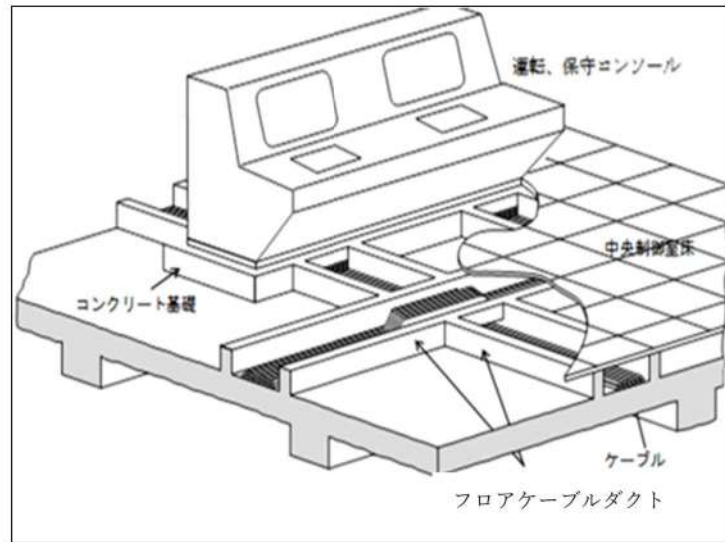
添付資料 8

泊発電所 3号炉における
中央制御室のケーブルの分離状況

泊発電所 3号炉における
中央制御室のケーブルの分離状況



- ・フロアケーブルダクトの火災の影響軽減のための対策として、安全機能を有するトレンケーブル間はコンクリート壁（150mm 以上）によって分離されている。

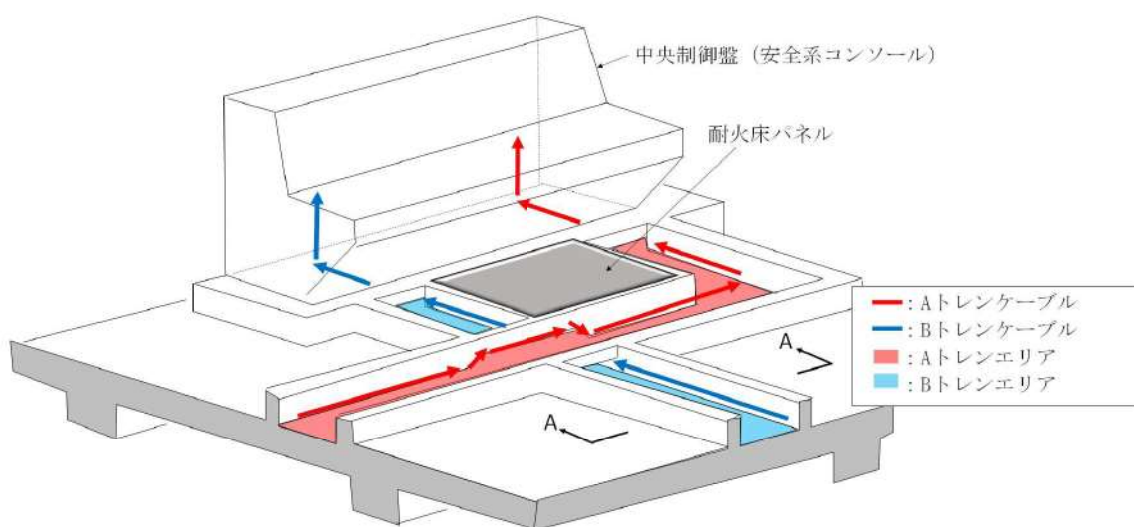


- ・中央制御室フロアケーブルダクトは、Aトレンケーブルルート、Bトレンケーブルルート、ノントレンケーブルルートの3種類に分けて敷設され、各フロアケーブルダクト間は耐火壁により分離している。
- ・中央制御室フロアケーブルダクトの詳細は別紙参照。

中央制御室のフロアケーブルダクトについて

1. はじめに

中央制御室のフロアケーブルダクトは、中央制御室制御盤までのケーブルを敷設させるためのダクトであり、その構造及び特徴について示す。



第1図：中央制御室のフロアケーブルダクト構造

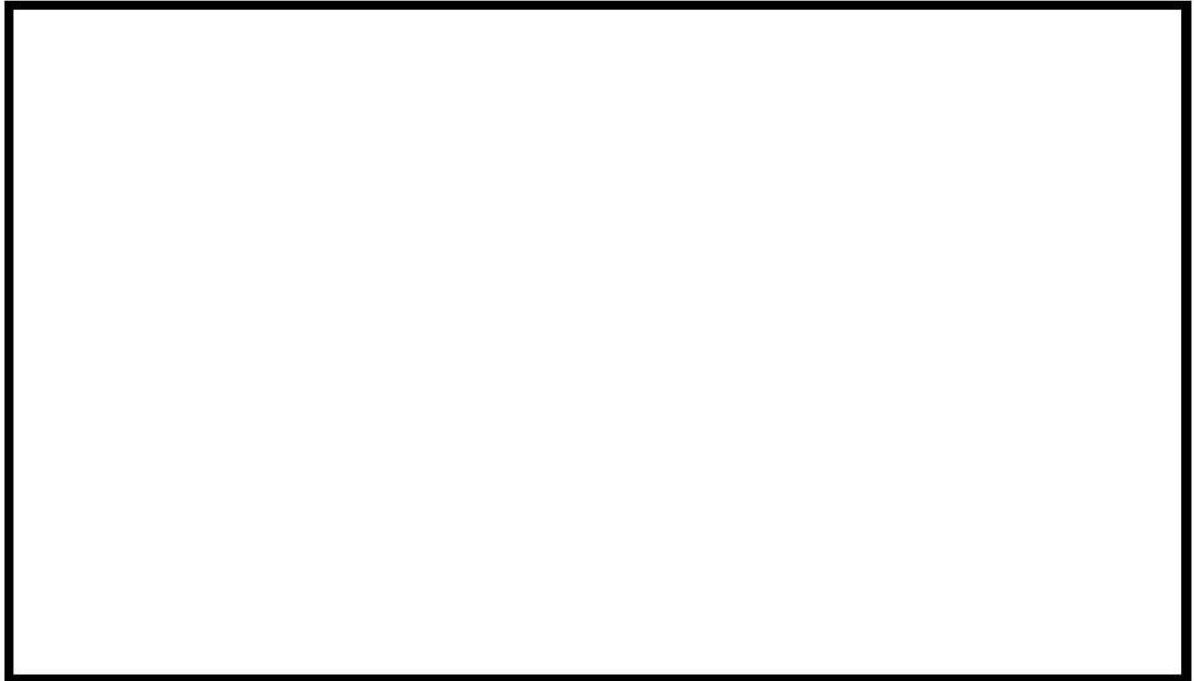
2. フロアケーブルダクトの構造について

(1) コンクリート構造物

コンクリート構造物はケーブル通路の基礎を構成する。

コンクリート構造物の側壁部は高さ 405mm、幅 220mm としコンクリート構造物の床面から立ち上げている。

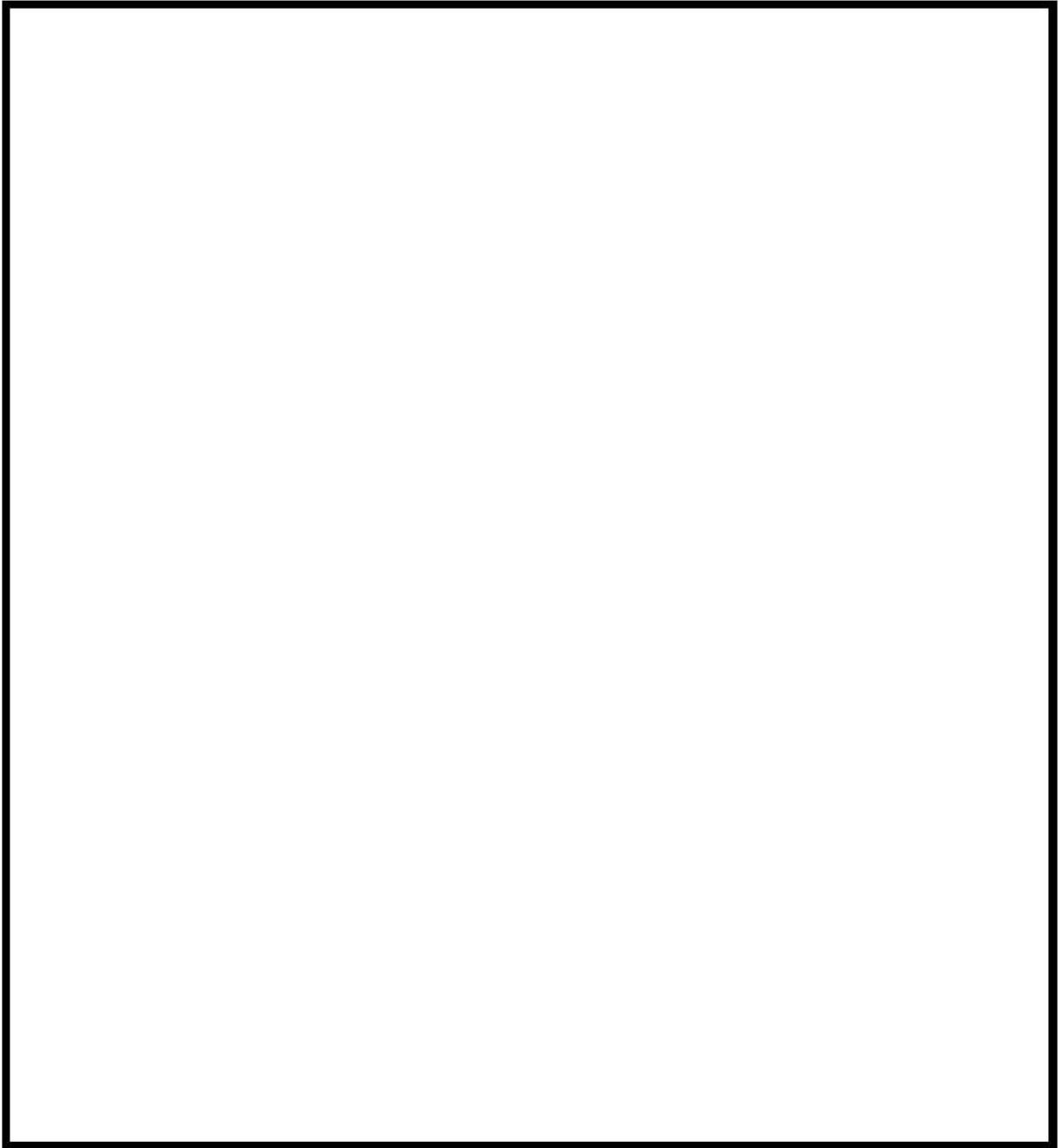
中央制御盤までの制御・計装ケーブルはコンクリート構造物の間の空間に敷設することができることから、ケーブル通路として使用する。




第2図：コンクリート構造物概要図

(2) 耐火床パネル又は埋め込み板

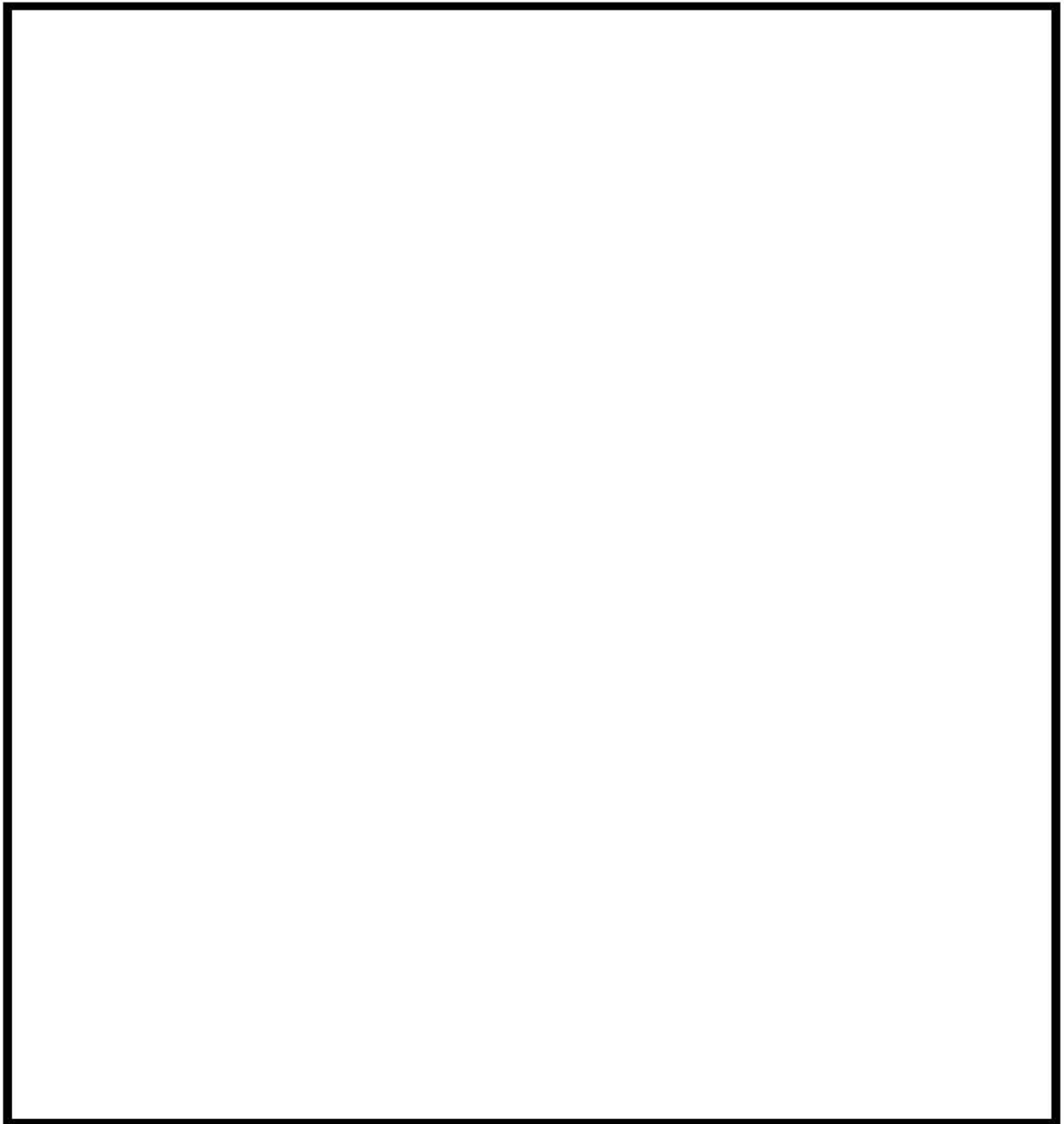
耐火床パネルはコンクリート構造物の上に敷き並べ床面を構成する。また、中央制御盤(安全系コンソール) 筐体についてはコンクリート構造物に設置した埋め込み板に固定する。




第3図：コンクリート構造物への耐火床パネル設置の概要

 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。

8条-別1-資7-添8-4



第4図：コンクリート構造物への中央制御盤（安全系コンソール）設置の概要

 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。

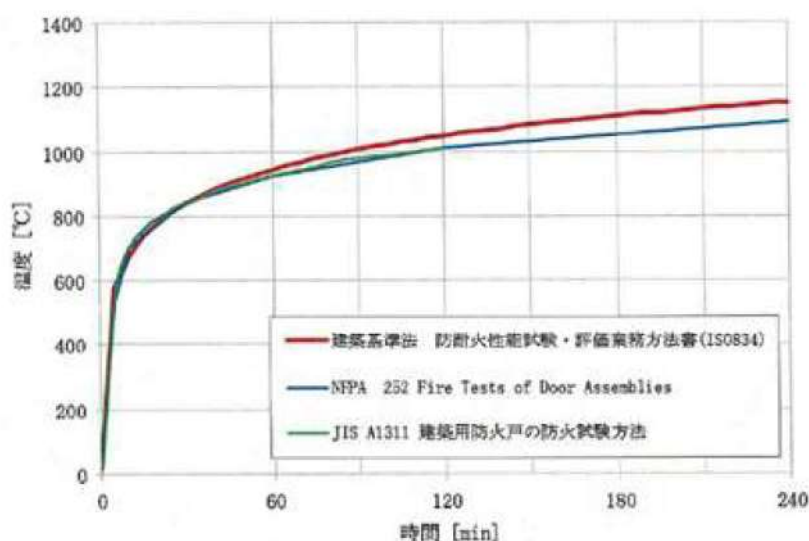
3. フロアケーブルダクト構造部材の耐火性能について

中央制御室フロアケーブルダクトは3時間耐火性能を有する隔壁又は障壁で分離する設計とされていることから、フロアケーブルダクト構造部材であるコンクリート構造物及び耐火床パネルについて、火災耐久試験にて3時間耐火性能を有していることを確認する。

3.1. 火災耐久試験の試験条件について

(1) 加熱曲線

3時間耐火隔壁等の火災耐久試験は、加熱温度条件が厳しい建築基準法（IS0834）の加熱曲線に従って加熱する。（第5図）



第5図：加熱曲線の比較

(2) 火災耐久試験の試験設備について

火災耐久試験に使用する試験設備は、耐火炉を使用する。

耐火炉による火災耐久試験は、試験体の加熱面を耐火炉にはめ込む形状で試験を実施するため、加熱面側の放熱による温度低下を考慮しなくともよく、試験体に均一に熱負荷を与えるため、ガスバーナー等による試験より保守的である。

また、国土交通大臣認定機関である一般財団法人建材試験センター「防耐火性能試験・評価業務方法書」では、壁及び床の耐火性能を確認する方法として加熱炉を用いることが記されているため、同方法書に基づき耐火炉にて火災耐久試験を実施する。

(3) 判定基準

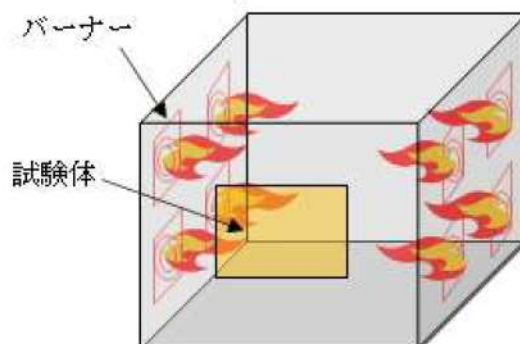
建築基準法（IS0834）の規定に基づく加熱曲線で3時間加熱した際に、一般財団法人建材試験センターの「防耐火性能試験・評価業務方法書」の判定基準を満足するか確認する。

（第1表）

第1表：判定基準

試験項目	遮炎性の確認
判定基準	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。
	非加熱面側へ10秒を超えて継続する発煙がないこと。
	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。

出展：一般社団法人 建材試験センター「防耐火性能試験・評価業務方法書」（（建築基準法第2条第7号（耐火構造）の規定に基づく認定に係る性能評価）に基づき選定。）



第6図：耐火炉の加熱状況イメージ

3.2. フロアケーブルダクト構造部材の火災耐久試験について

(1) コンクリート構造物

コンクリートの耐火能力は、建築基準法に基づき算出した123mm及びNFPAハンドブックの約150mmの読み値を踏まえ、3時間耐火性能を有する厚さの判定基準は150mmとし、中央制御室フロアケーブルダクトのコンクリート構造物の厚さは150mm以上であることから、3時間耐火能力を有する構造であることを確認した。

(2) 耐火床パネル

a. 試験内容

耐火床パネルはケイ酸カルシウム板、ガルバリウム鋼板、SUS で構成されていることから遮炎性は満足するが、3時間耐火性能を確認するために、耐火炉による IS0834 加熱曲線での3時間加熱にて、火災耐久試験を実施した。

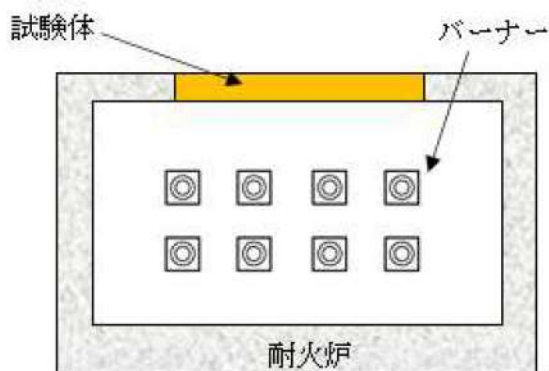
試験体は、実機と同じ大きさの耐火床パネルに対して、目地部に発泡系耐火シートを施工した試験体とし、実機状況と同様にコンクリート構造物への設置を模擬した状態での試験体にて耐火性能を確認した。

b. 試験結果


試験体は、第1表の判定基準を満足することを確認した。試験結果は第2表のとおりである。




耐火床パネルの設置イメージ



第7図：耐火床パネルの火災耐久試験概要

 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2表：耐火試験状況（試験体：耐火床パネル）

時間		試験状況写真 耐火床パネル	
		開始前	
3時間後 (試験終了後)			
判定基準	非加熱面側へ10秒を超えて継続する火炎の噴出がないこと。	良	
	非加熱面へ10秒を超えて継続する発炎がないこと。	良	
	火炎が通る亀裂等の損傷及び隙間を生じないこと。	良	
試験結果		良	

添付資料 9

泊発電所 3号炉における

中央制御盤（安全系コンソール）の火災を想定した場合の対応について

泊発電所 3号炉における
中央制御盤（安全系コンソール）の火災を想定した場合の対応について

1. 概要

火災により中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）1区画（面）の安全機能が喪失したとしても、他区画の中央制御盤（安全系コンソール）の運転操作及び現場操作により、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを示す。

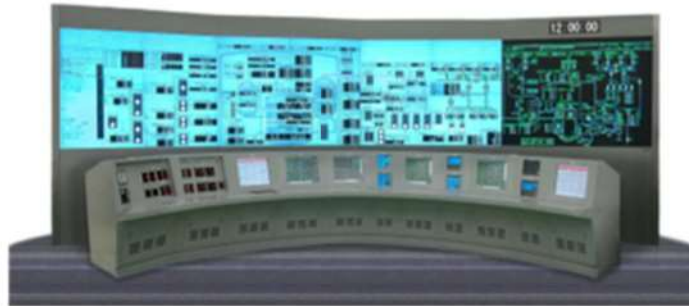
2. 中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）の配置について

中央制御室には第1図のとおり中央制御盤（安全系コンソール）を配置しており、高温停止及び低温停止操作に関連する中央制御盤（安全系コンソール）は、中央制御盤（常用系コンソール）と区分して設置している。（第2図参照）

また、中央制御室内にA系とB系の機能を有し、高温停止・低温停止維持が可能な、同一機能を有する中央制御盤（安全系コンソール）を3面設置することで多重化を図っており、中央制御盤（安全系コンソール）筐体間は、中央制御盤（常用系コンソール）の設置により、分離する設計としている。



第1図 中央制御室配置図



大型表示盤・主盤配置図




主盤



主盤 安全系コンソール、常用系コンソール分離状況

第2図 中央制御盤（安全系コンソール）の状況

 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。

3. 中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）の火災による影響の想定

中央制御室には運転員が常駐していることから火災の早期感知・消火が可能であるため、中央制御盤（安全系コンソール）にて火災が発生した場合であっても火災による影響は限定的である。しかしながら、ここでは1つの中央制御盤（安全系コンソール）の火災により、原子炉の自動停止が必要になるような外乱が発生することを想定し、残り2台のうち1台の中央制御盤（安全系コンソール）で単一故障を想定する場合においても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持できることを確認する。

- (1) 保守的に当該中央制御盤（安全系コンソール）に関連する機能は火災により全て機能喪失する。
- (2) 隣接する中央制御盤（常用系コンソール）とは金属の筐体により分離されていること、早期感知・消火が可能であることから隣接盤へ延焼する可能性は低い。
- (3) 異なるトレンが同居する中央制御盤（安全系コンソール）については、中央制御盤（安全系コンソール）内部の影響軽減対策を行っていることから同居する異なるトレンの機能が火災により同時に喪失する可能性は低いが、保守的に全て機能喪失する。
- (4) 中央制御盤（安全系コンソール）に接続するケーブルは、難燃ケーブルを使用する設計とすることから、中央制御室床下には延焼する可能性は低い。
- (5) 電動弁は、火災による誤信号で系統機能に対して厳しい側に作動すると想定するが、多重化された他の中央制御盤（安全系コンソール）にて操作が可能である。
- (6) 空気作動弁は、火災による誤信号で系統機能に対して厳しい側に作動すると想定するが、多重化された他の中央制御盤（安全系コンソール）にて操作が可能である。
- (7) ポンプ等の補機は、火災による誤信号で系統機能に対して厳しい側に作動すると想定するが、多重化された他の中央制御盤（安全系コンソール）にて操作が可能である。
- (8) 事故時のプラント状態の把握機能は、中央制御盤（安全系コンソール）内で火災が発生しても多重化された他の中央制御盤（安全系コンソール）にてプラント状態の把握が可能である。

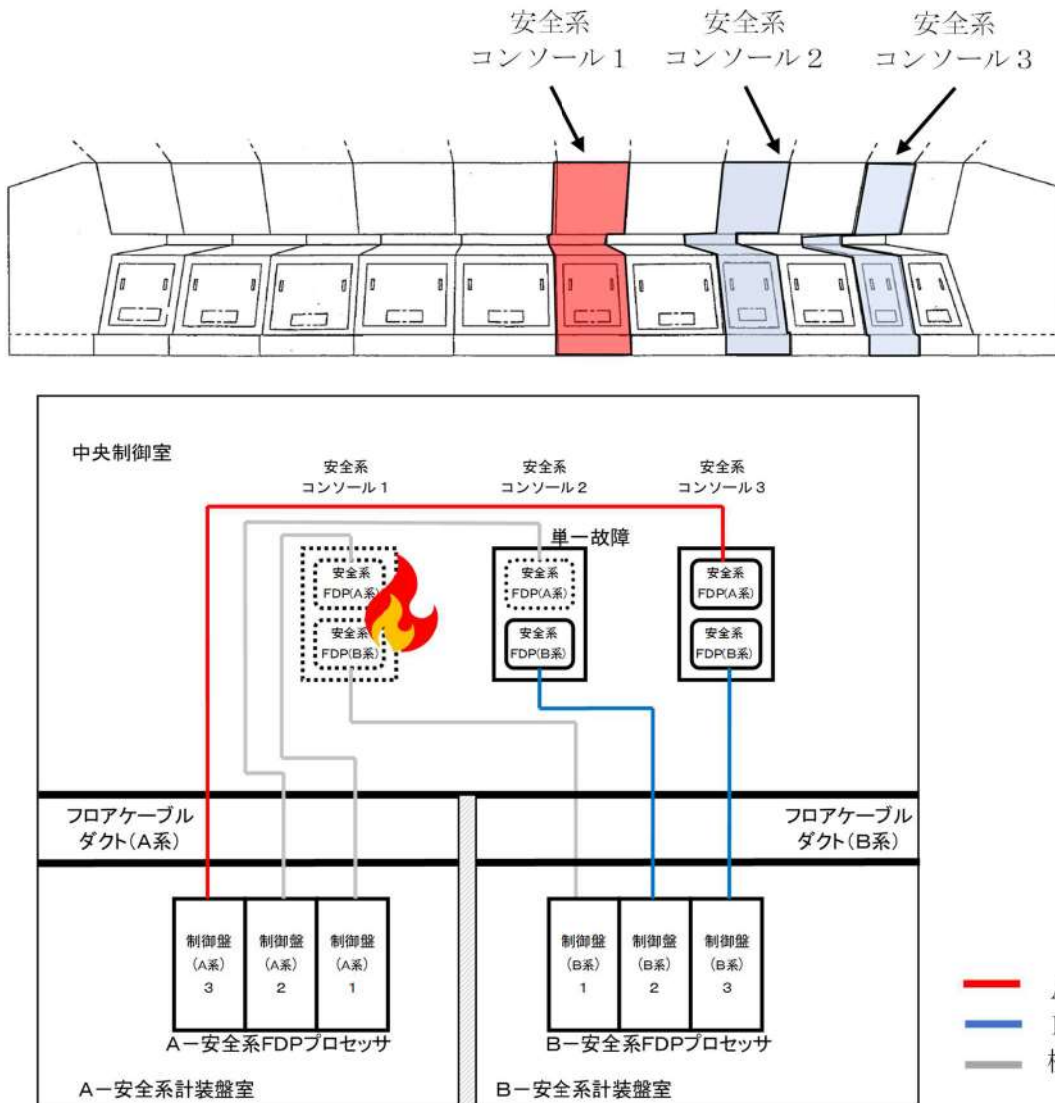
4. 中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）の火災発生に対する評価結果

(1) 中央制御盤（安全系コンソール）の火災による発生を想定する外乱の検討

中央制御盤（安全系コンソール）は、別区画に設置する機器を制御するための制御盤とデジタル通信で信号のやり取りを行っており、中央制御盤（安全系コンソール）から正規の信号以外が発信された場合は、通信異常として扱われるが、中央制御盤（安全系コンソール）の火災の熱等の影響により、中央制御盤（安全系コンソール）で操作する機器等が誤動作すると仮定し、表1の外乱が発生すると想定する。

(2) 安全評価

1つの中央制御盤（安全系コンソール）の火災により、原子炉の自動停止が必要になるような外乱が発生することを想定し、残り2台のうち1台の中央制御盤（安全系コンソール）で単一故障を想定する場合においても、下図に示すとおり、単一故障を想定した中央制御盤（安全系コンソール）の片系（A系 or B系（単一故障を想定しない片系））及び残り1台の中央制御盤（安全系コンソール）の操作により、原子炉を高温停止及び低温停止にするための機器を起動し、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することが可能である。



第3図 中央制御盤（安全系コンソール）の設備概要

(3) 安全余裕の確認

火災防護に係る審査基準 2.3.1(2)c. は自動消火設備の設置を定めている。中央制御盤（安全系コンソール）については、常駐する運転員が消火を行う設計とするため、消火が行われず、1台の中央制御盤（安全系コンソール）の火災の影響により、原子炉の自動停止が必要になるような外乱が発生し、かつ、他の中央制御盤（安全系コンソール）の安全機能に火災の影響が及ぶことを想定しても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持が可能であることを確認する。

この場合、原子炉を自動停止させるために制御棒を落下させる信号、原子炉を高温停止にするために補助給水系を自動起動させる信号、非常用炉心冷却設備を自動起動させる信号は、中央制御室の中央制御盤（安全系コンソール）を介さずに、中央制御室外の安全系計装盤室に設置している原子炉安全保護盤等から発信され、原子炉を高温停止にすることが可能である。

また、原子炉の自動停止が必要になるような外乱が発生しない場合は、中央制御盤（安全系コンソール）とは別の中央制御盤からの操作により、制御棒を原子炉に挿入し、原子炉を高温停止にすることも可能である。原子炉を高温停止にした後は、他の中央制御盤の運転操作や現場の遮断器等の操作により、ほう酸ポンプや余熱除去ポンプの起動等を行い、高温停止を維持し、低温停止にすることが可能である。

表1 中央制御盤（安全系コンソール）の火災によって発生するおそれがある外乱(1/2)

設計基準事故	外乱を発生させる火災の影響		外乱に対処する機能
原子炉冷却材喪失	—	中央制御盤（安全系コンソール）の火災により加圧器逃がし弁が誤開し、小規模な原子炉冷却材喪失の可能性があるとして保守的に仮定するが、加圧器逃がし弁の誤開放は、運転時の異常な過渡変化である「原子炉冷却材系の異常な減圧」として扱うこととする。	/
原子炉冷却材流量の喪失	—	中央制御盤（安全系コンソール）は、原子炉停止等、安全保護系等により作動する安全系の設備を制御する信号を発信し、常用系の設備を制御する信号は発信しない。このため、中央制御盤（安全系コンソール）の火災により1次冷却材ポンプを制御する信号が発信することはない。	
原子炉冷却材ポンプの軸固着	—	中央制御盤（安全系コンソール）の火災により、1次冷却材ポンプの軸固着、配管等の機械的破損が生じることはない。	/
主給水管破断	—		
主蒸気管破断	—		
制御棒飛び出し	—		
蒸気発生器伝熱管破損	—		
原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜き	—	中央制御盤（安全系コンソール）は、原子炉停止等、安全保護系等により作動する安全系の設備を制御する信号を発信し、常用系の設備を制御する信号は発信しない。このため、中央制御盤（安全系コンソール）の火災により制御棒駆動系等の設備を制御する信号が発信することはない。	/
出力運転中の制御棒の異常な引き抜き	—		
制御棒の落下及び不整合	—		
原子炉冷却材中のほう素の異常な希釈	—		
原子炉冷却材流量の部分喪失	—		
原子炉冷却材系の停止ループの誤記動	—		
外部電源喪失	—		
主給水流量喪失	—		
蒸気負荷の異常な増加	—		
蒸気発生器への過剰給水	—		
負荷の喪失	—		

○ : 火災によって発生するおそれのある外乱

— : 火災によって発生するおそれのない外乱

表1 中央制御盤（安全系コンソール）の火災によって発生するおそれがある外乱(2/2)

設計基準事故	外乱を発生させる火災の影響		外乱に対処する機能
原子炉冷却材系の異常な減圧	○	中央制御盤（安全系コンソール）の火災により加圧器逃がし弁が誤開すると保守的に仮定する。	原子炉トリップ （安全保護系） （原子炉停止系）
出力運転中の非常用炉心冷却設備の誤起動	○	中央制御盤（安全系コンソール）の火災により非常用炉心冷却設備が誤起動すると保守的に仮定する。	原子炉トリップ （安全保護系） （原子炉停止系）
2次冷却系の異常な減圧	○	中央制御盤（安全系コンソール）の火災により主蒸気逃がし弁が誤開すると保守的に仮定する。	原子炉トリップ （安全保護系） （原子炉停止系） 高圧注入 （高圧注入系）

○ : 火災によって発生するおそれのある外乱


— : 火災によって発生するおそれのない外乱

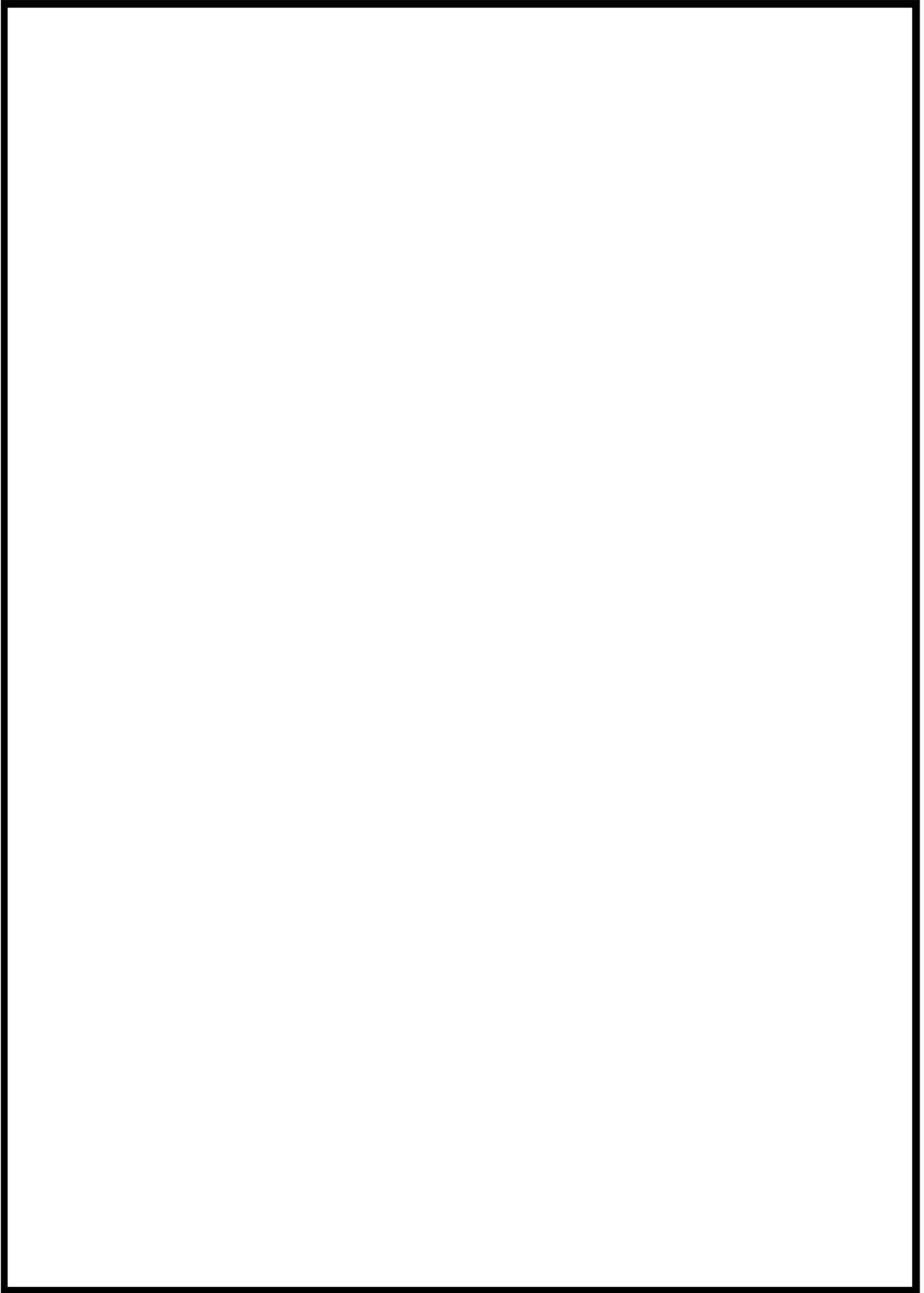
添付資料 10


泊発電所 3号炉における

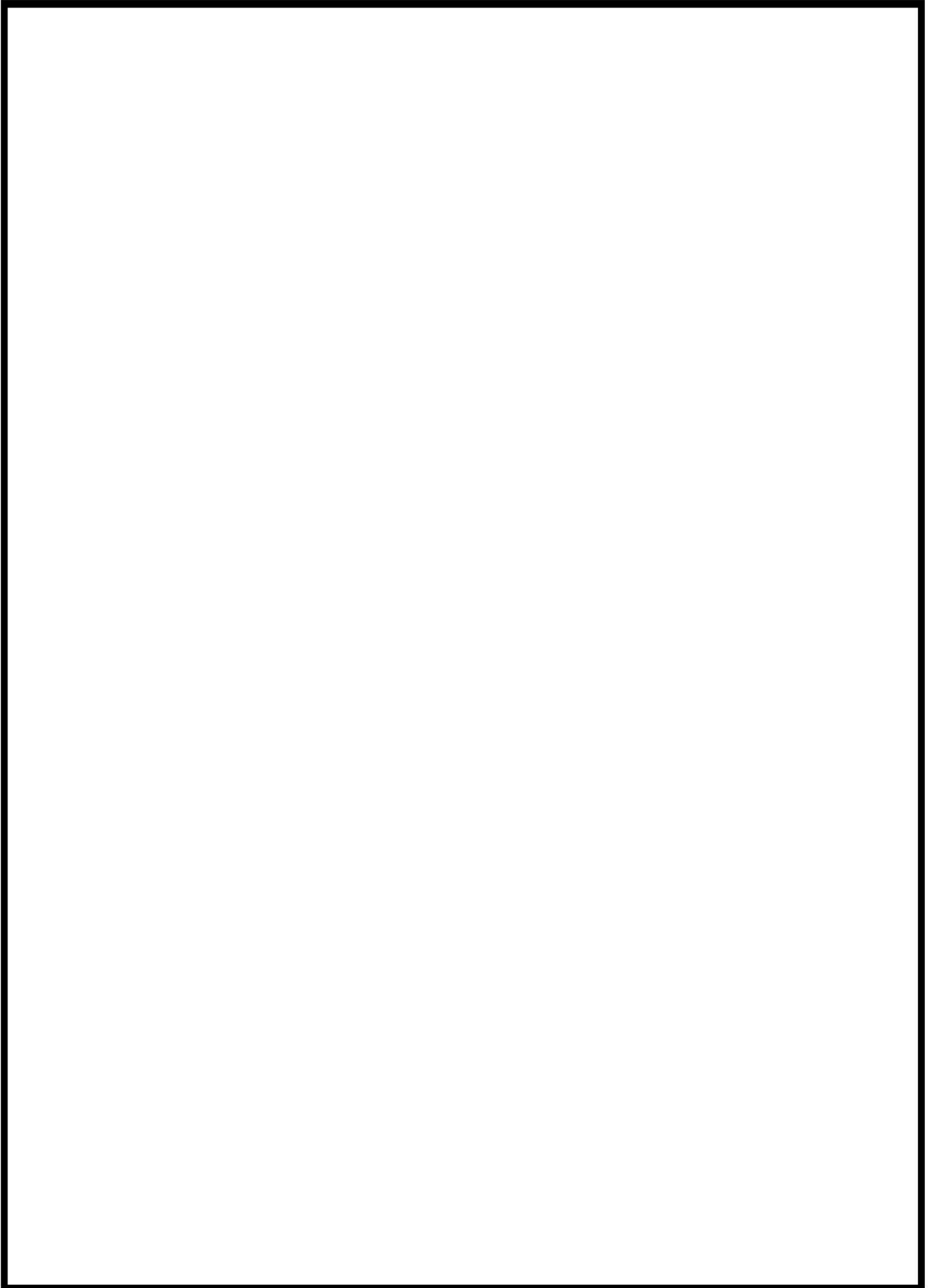
火災区域又は火災区画の影響軽減方法を明示した図面




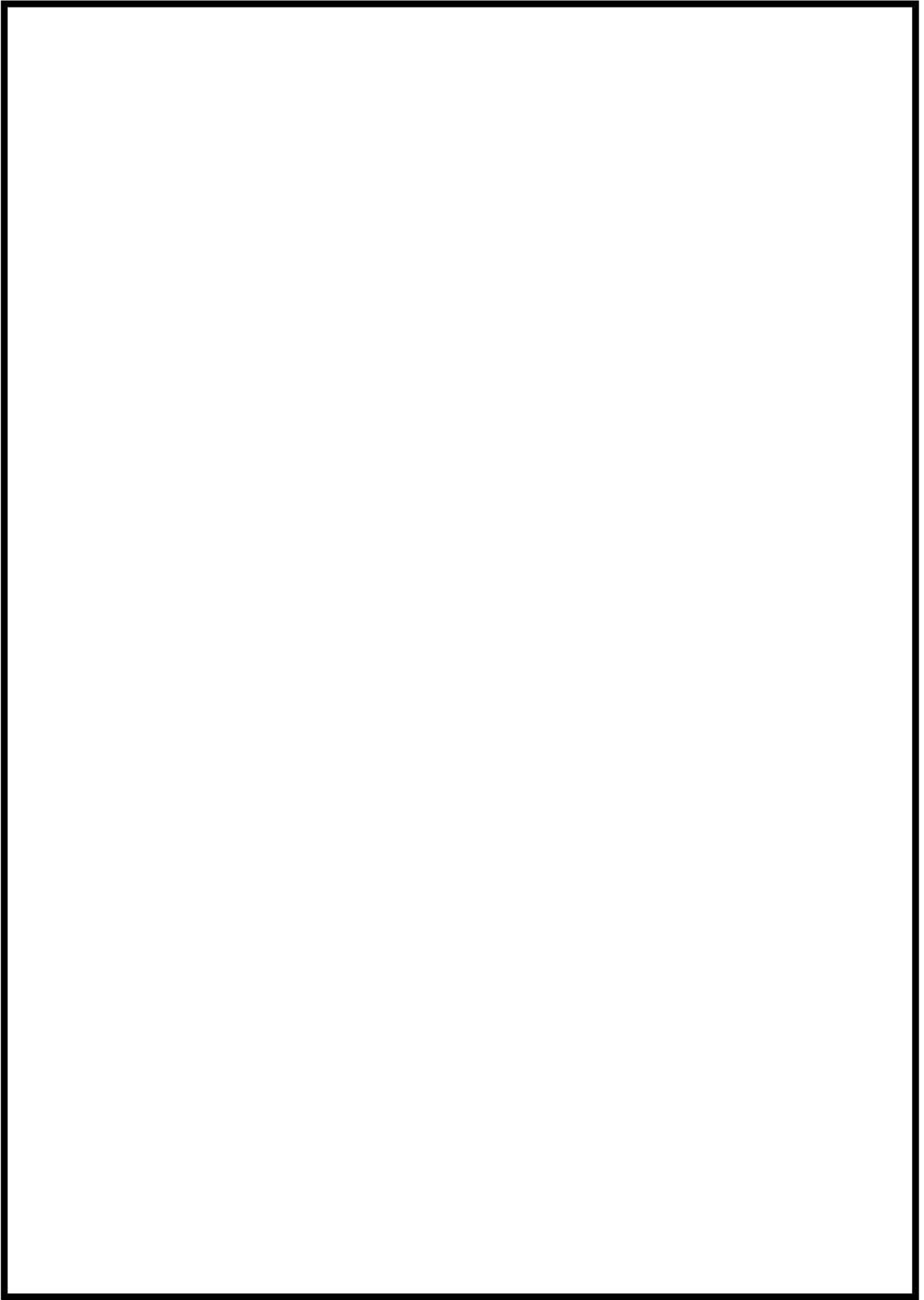
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。




 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。

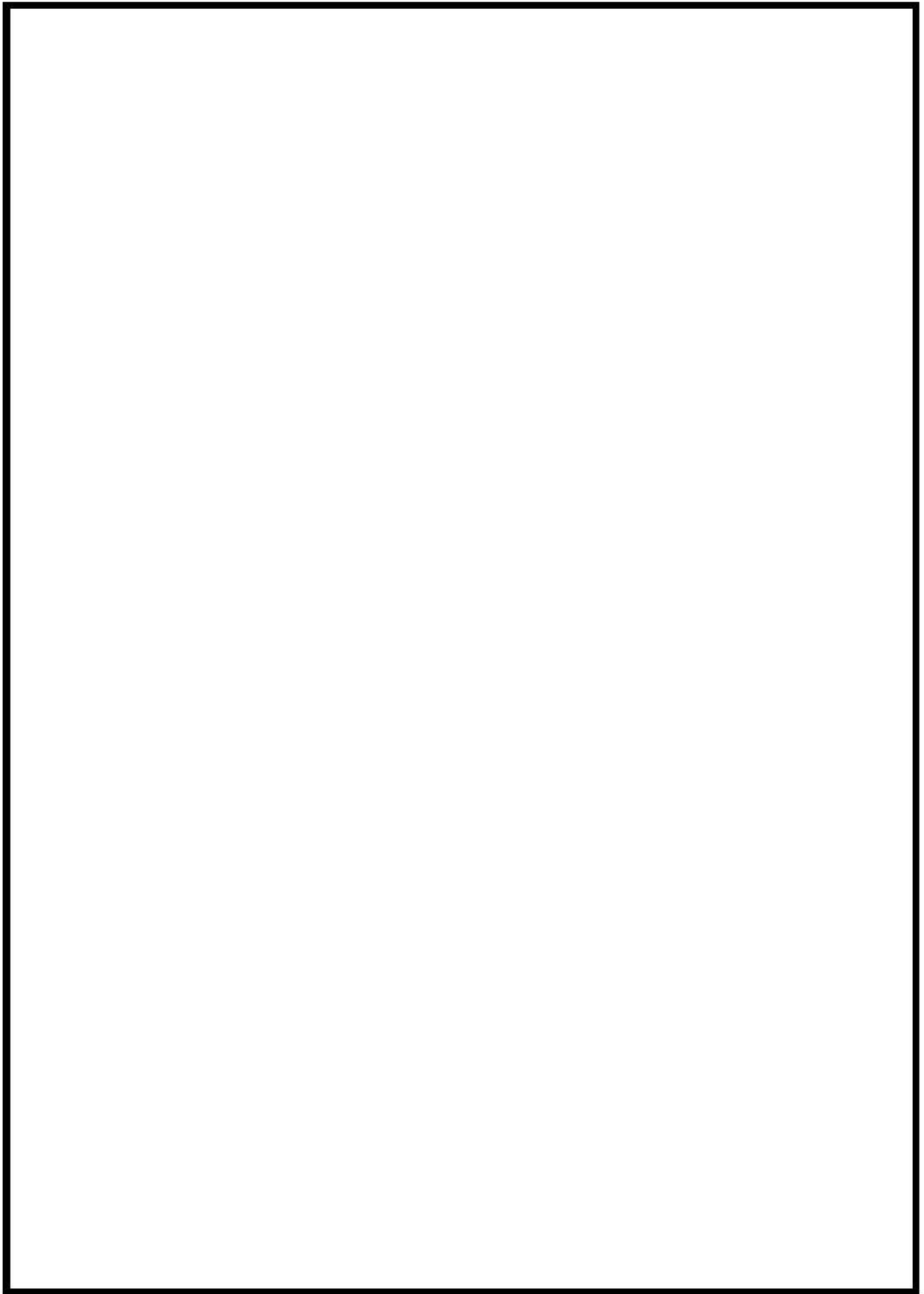



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



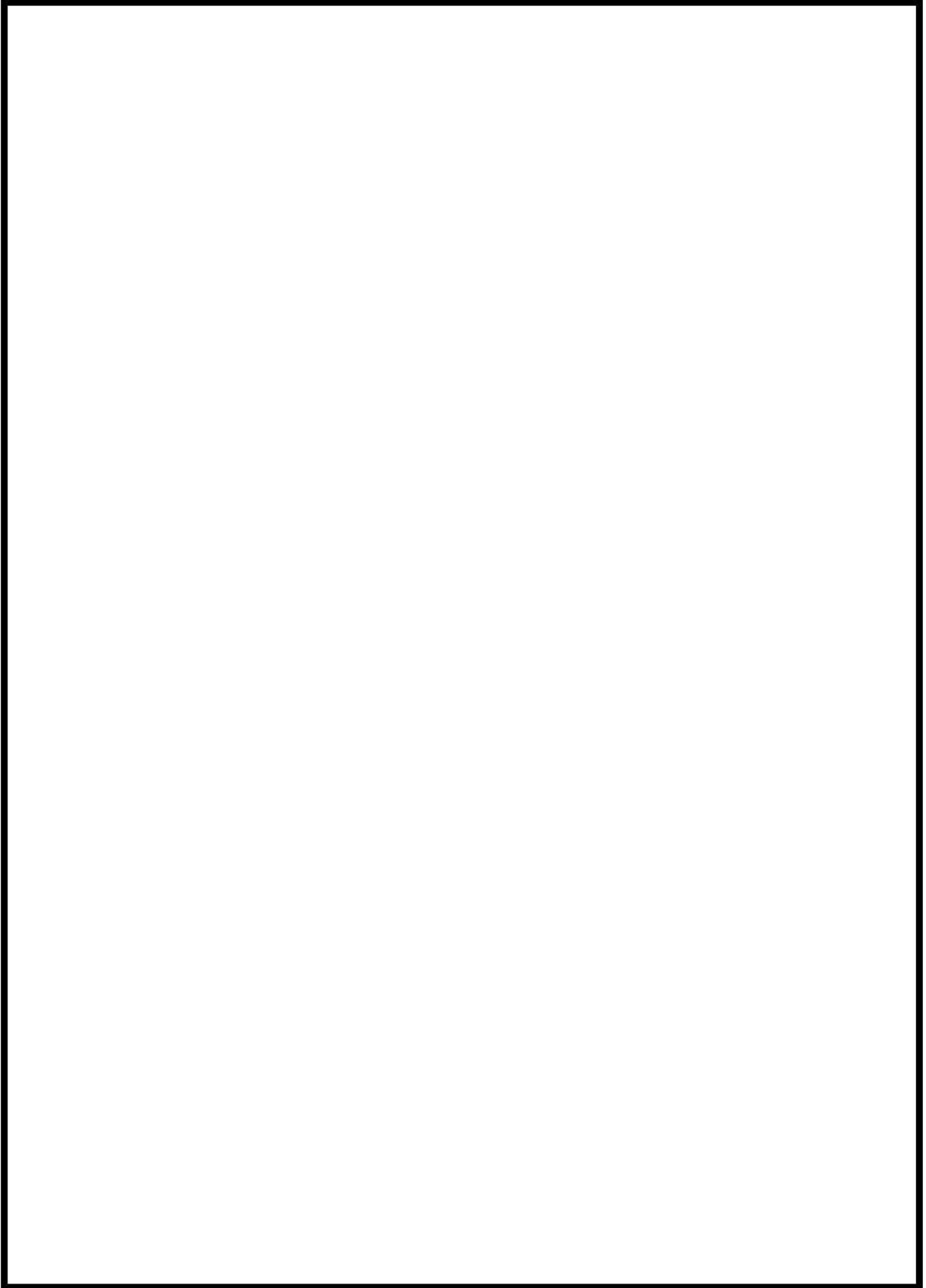
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。


8 条-別 1-資 7-添 10-4



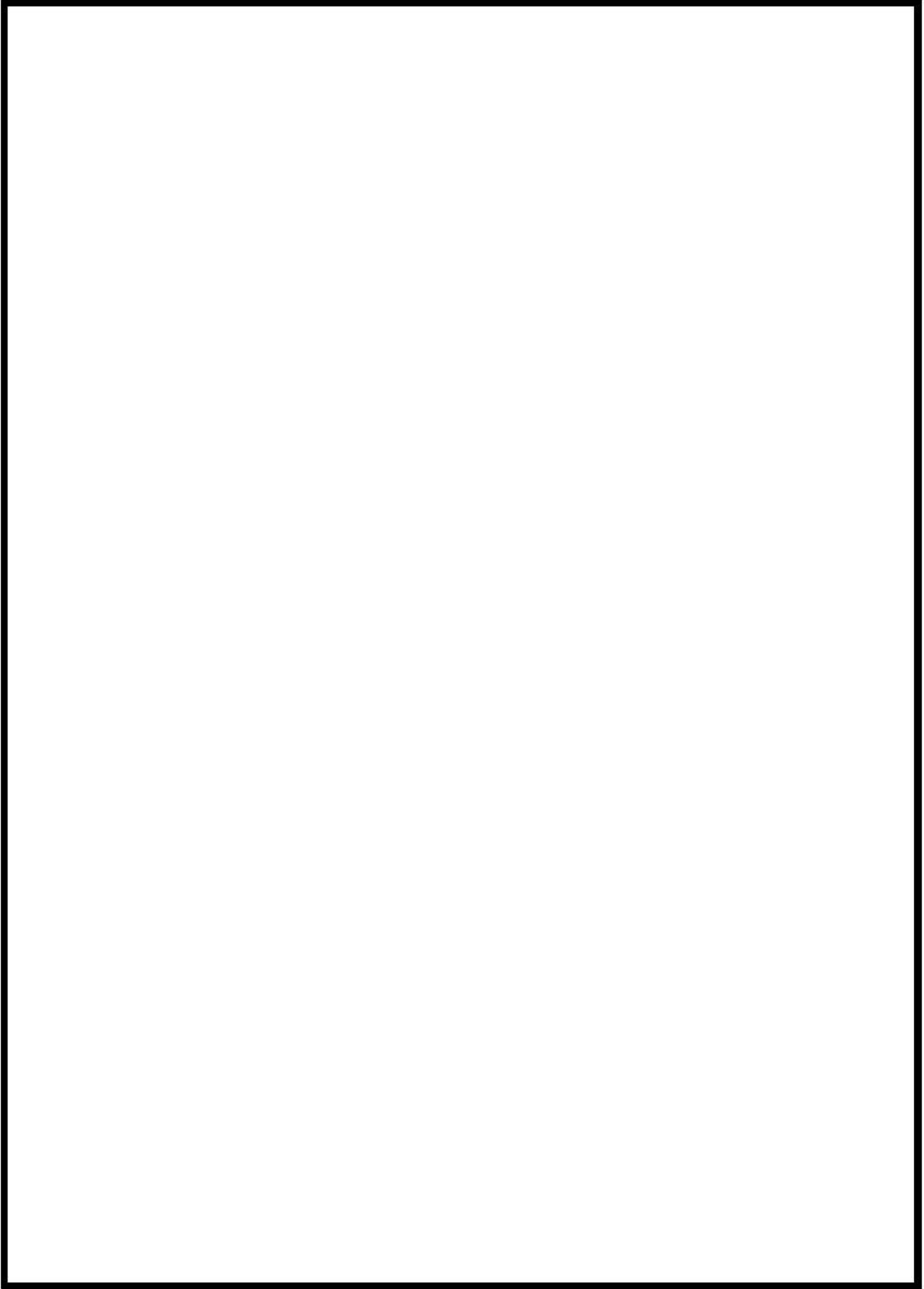
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。


8 条-別 1-資 7-添 10-5



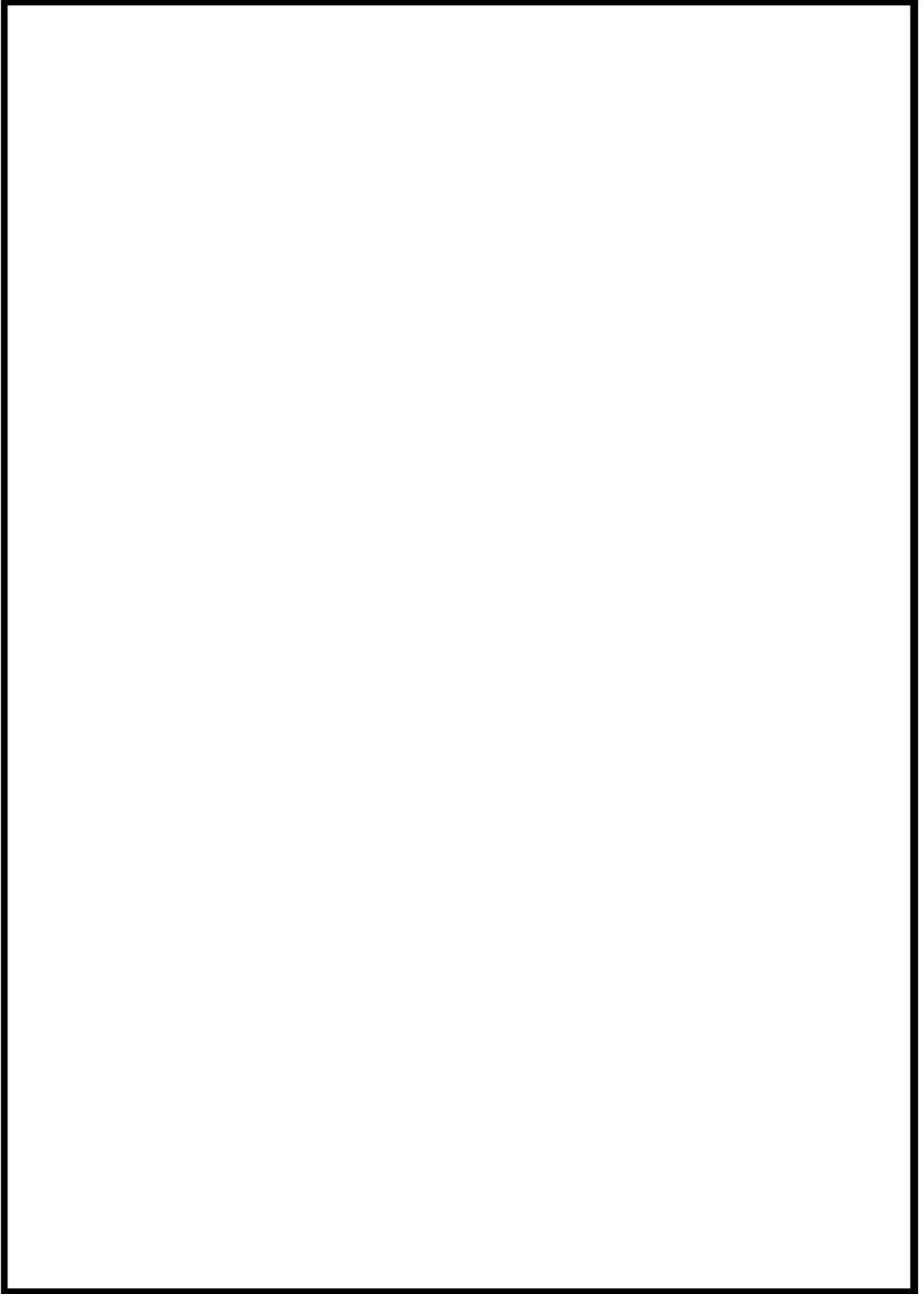
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。


8 条-別 1-資 7-添 10-6



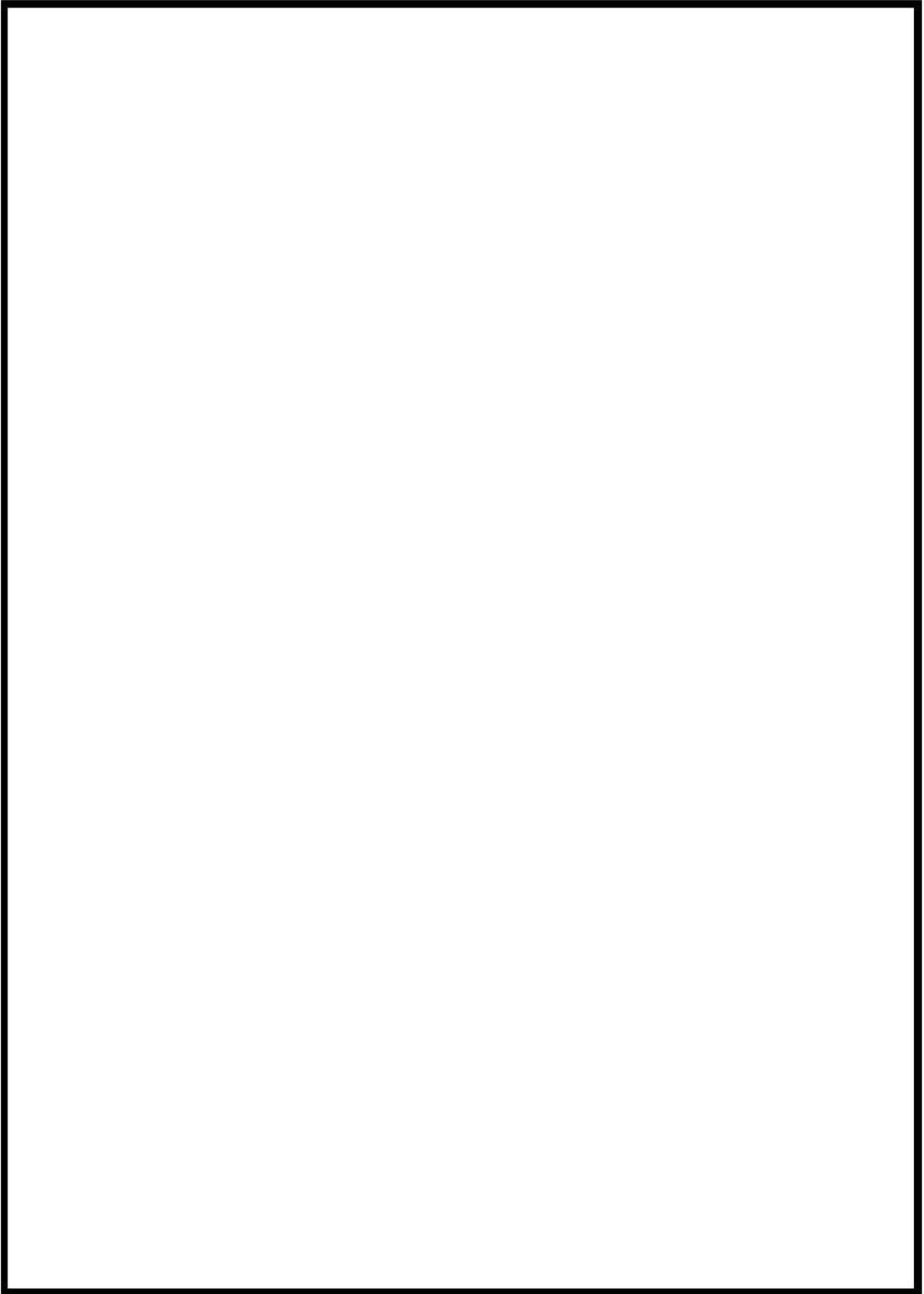
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 10-7

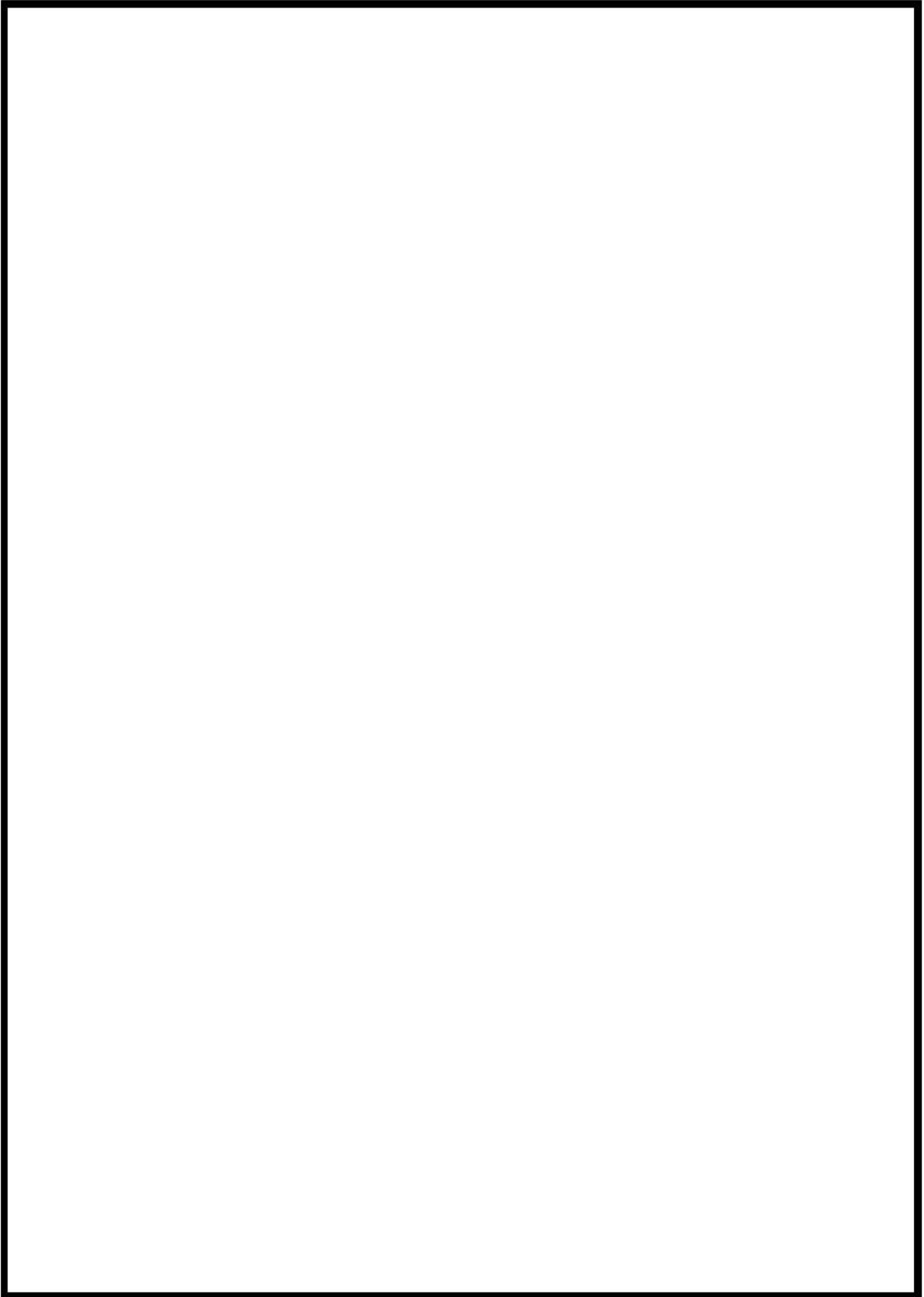


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 10-8



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。




 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。

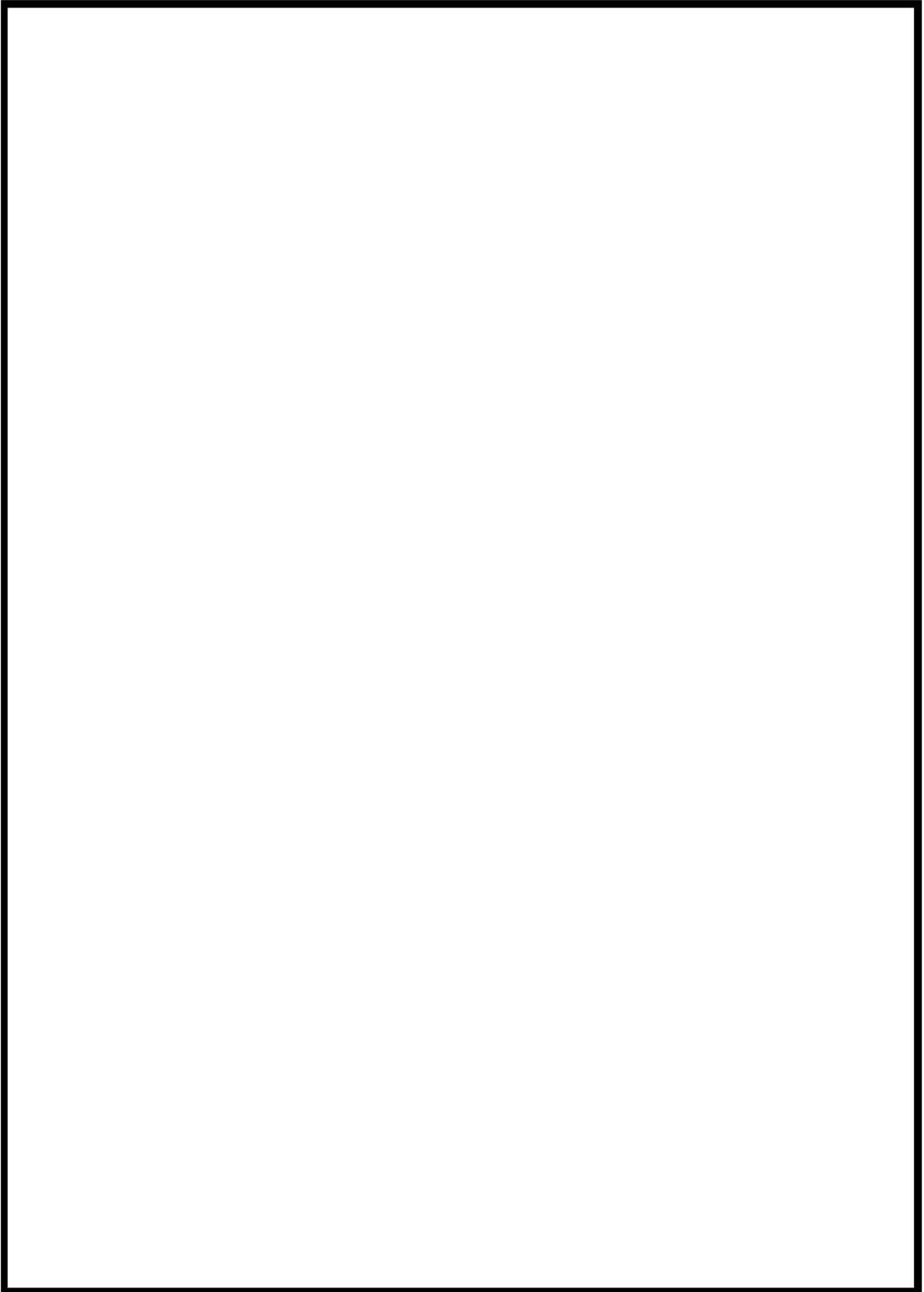


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

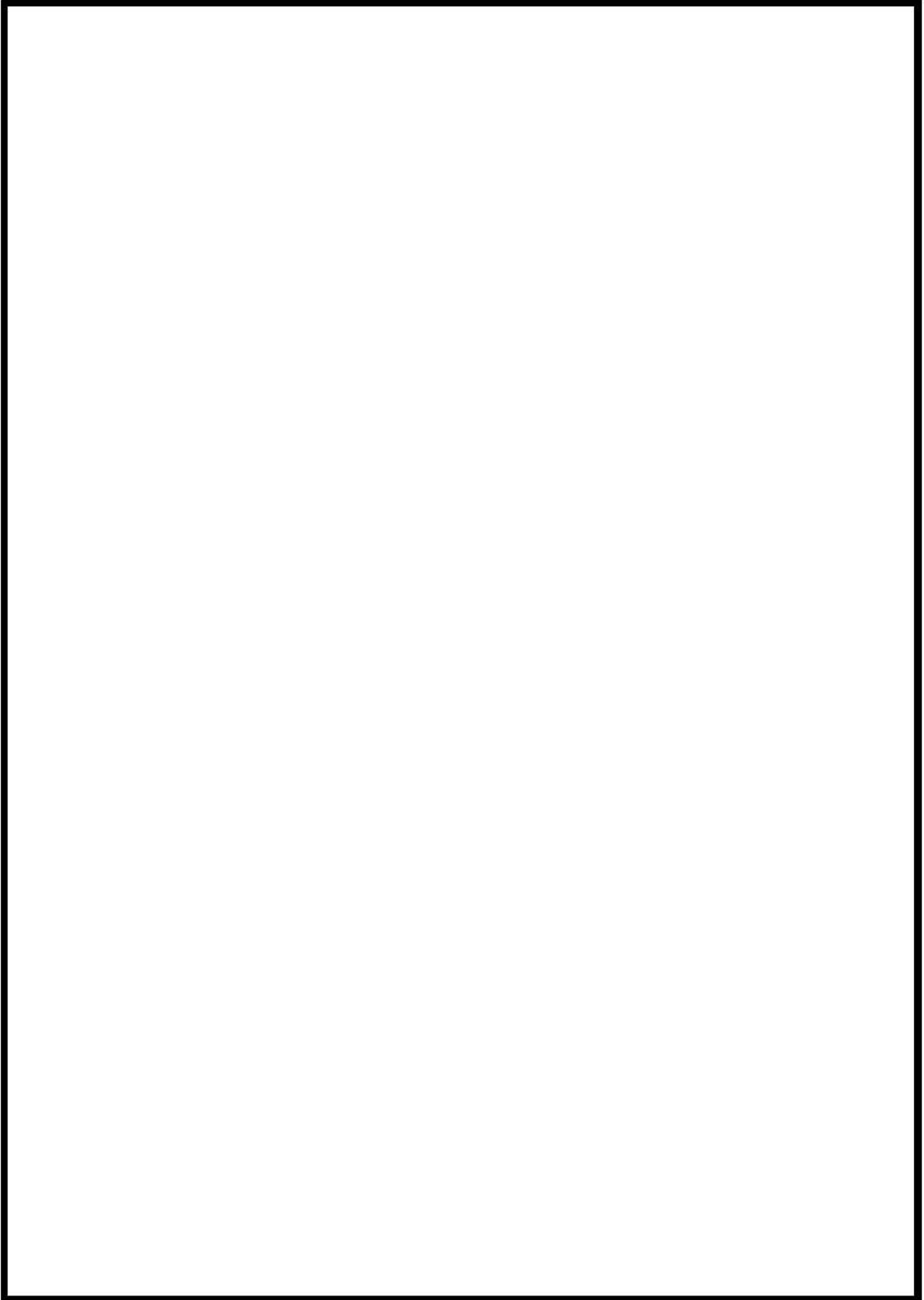
8 条-別 1-資 7-添 10-11



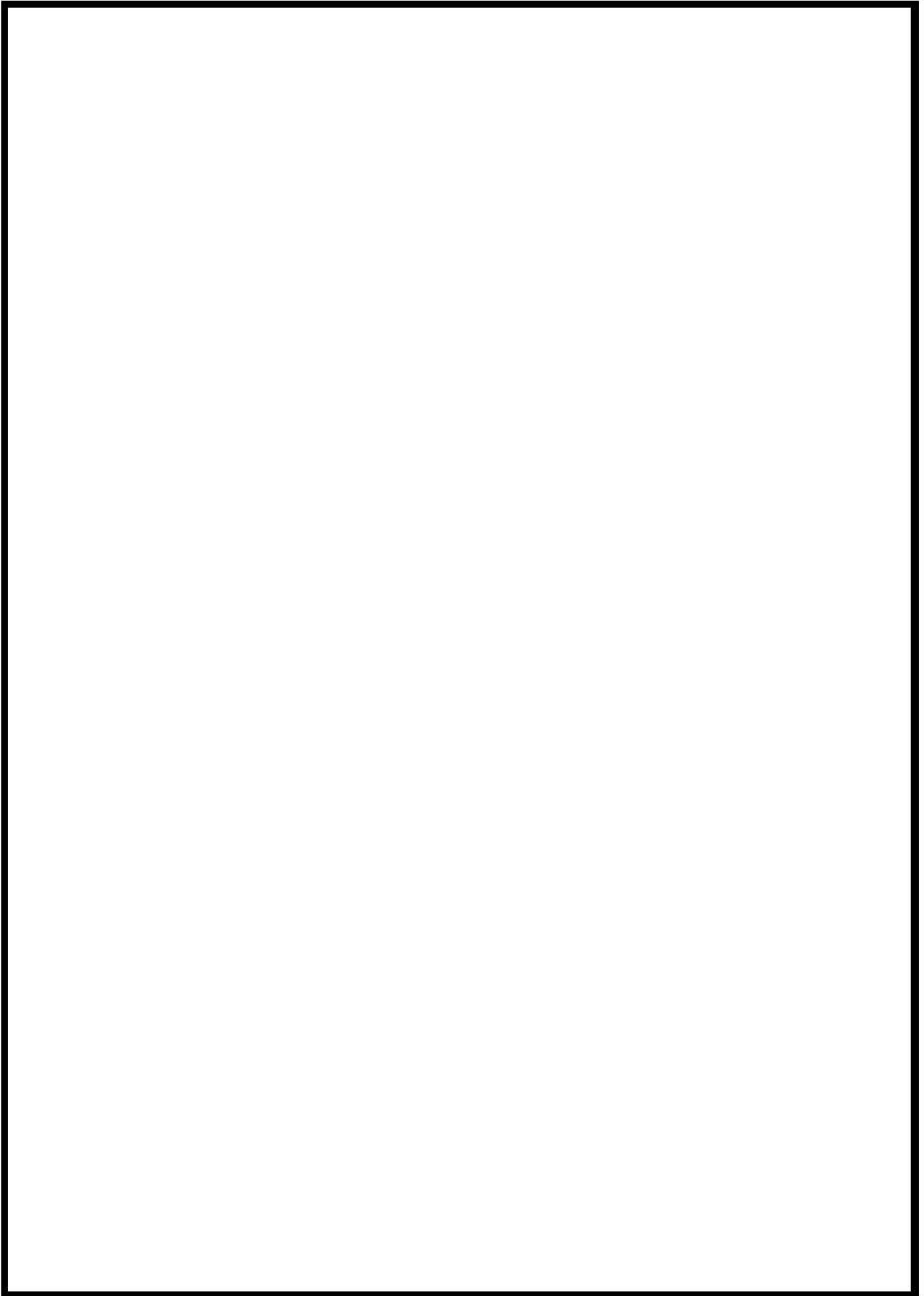
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



 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。




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。

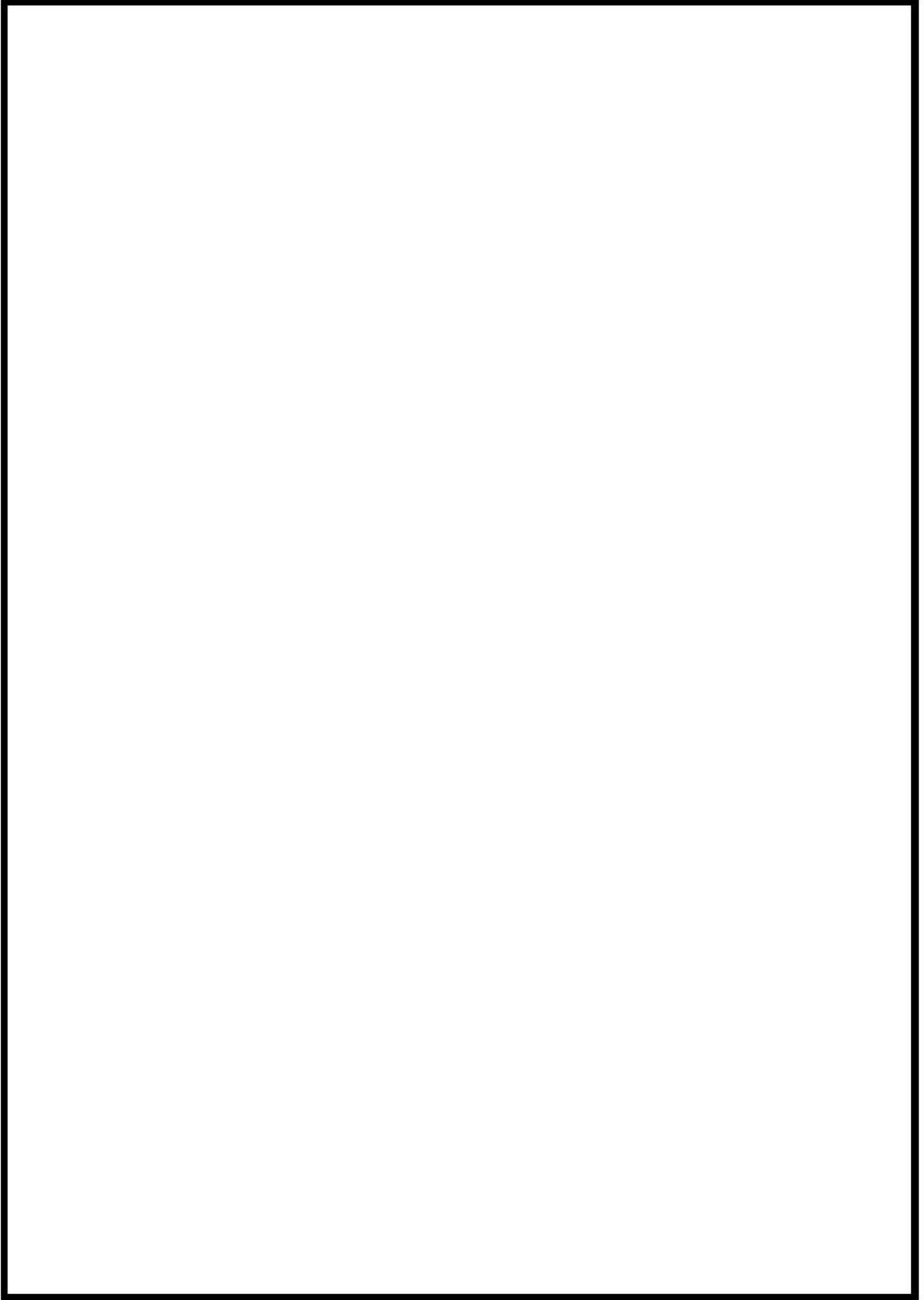



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

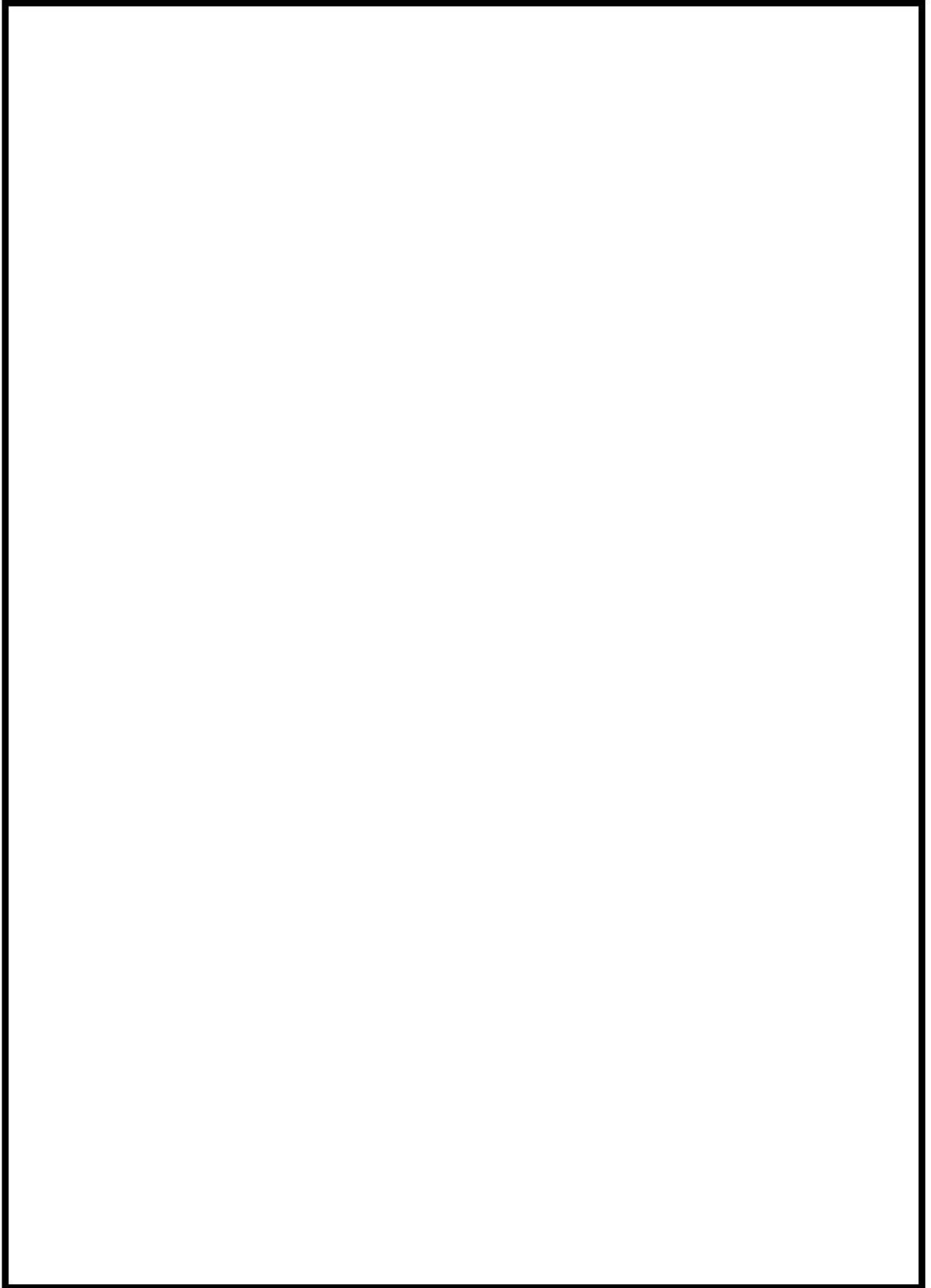



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 10-16

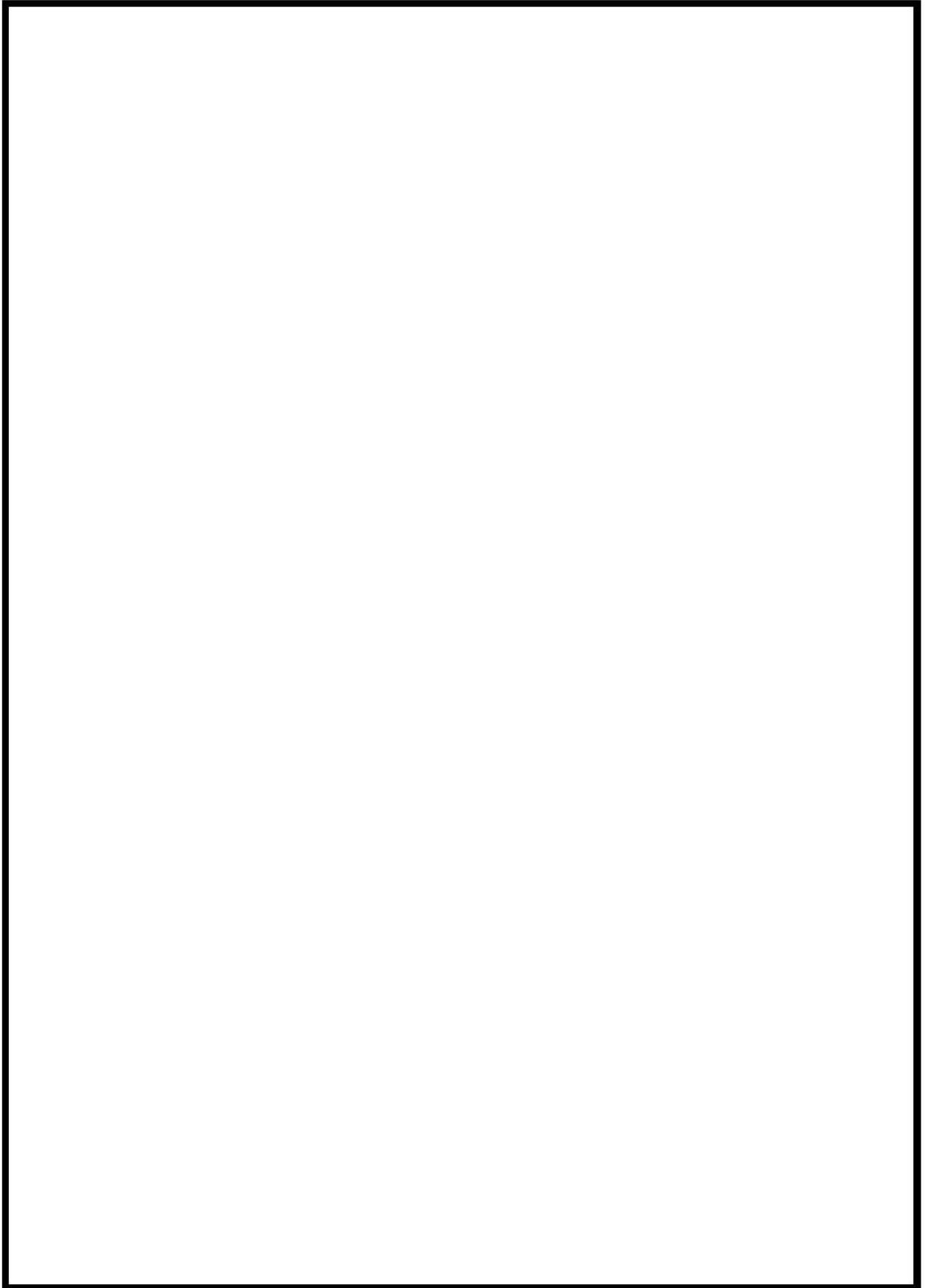



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

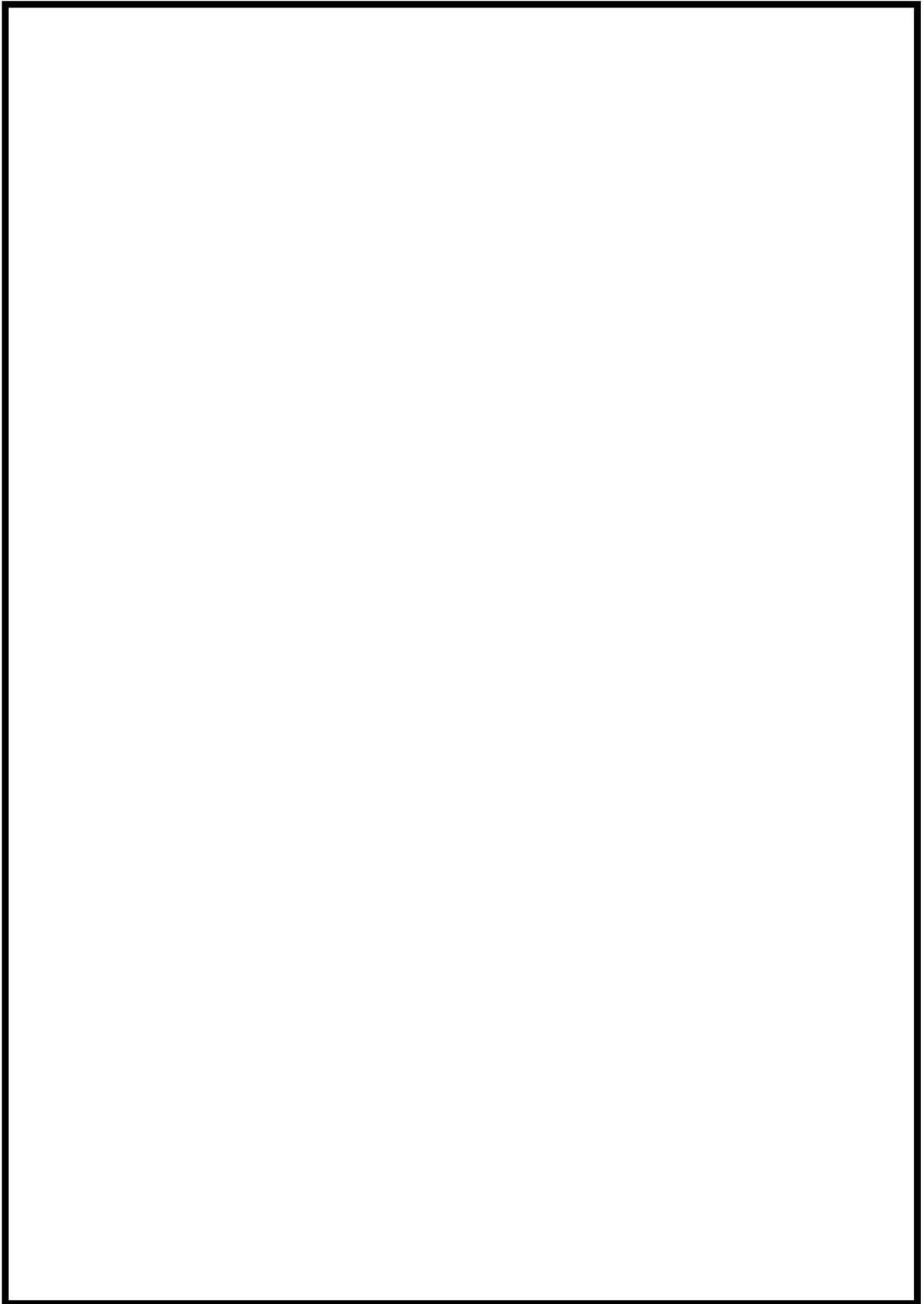


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 10-18

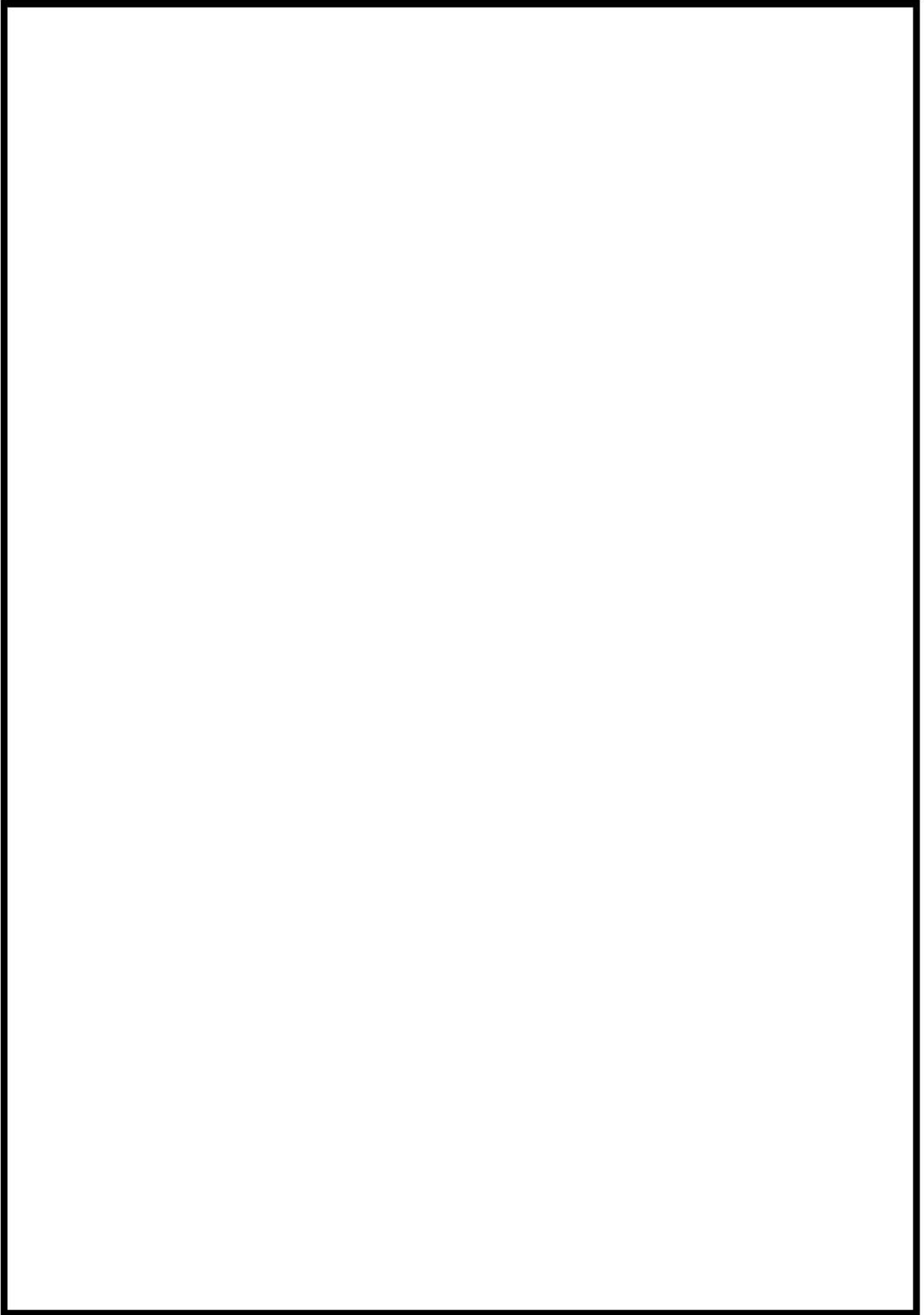


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



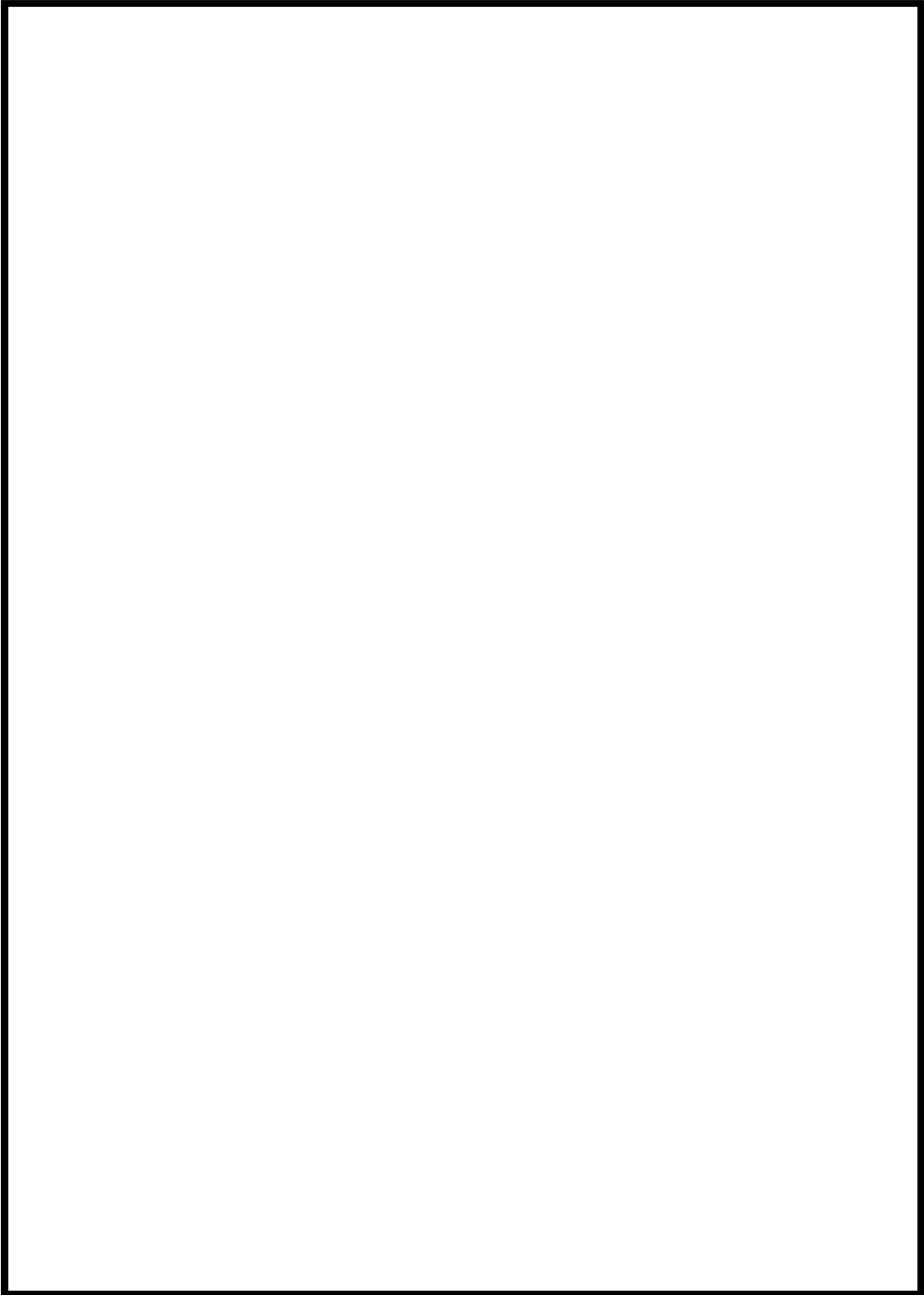
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。


8 条-別 1-資 7-添 10-20



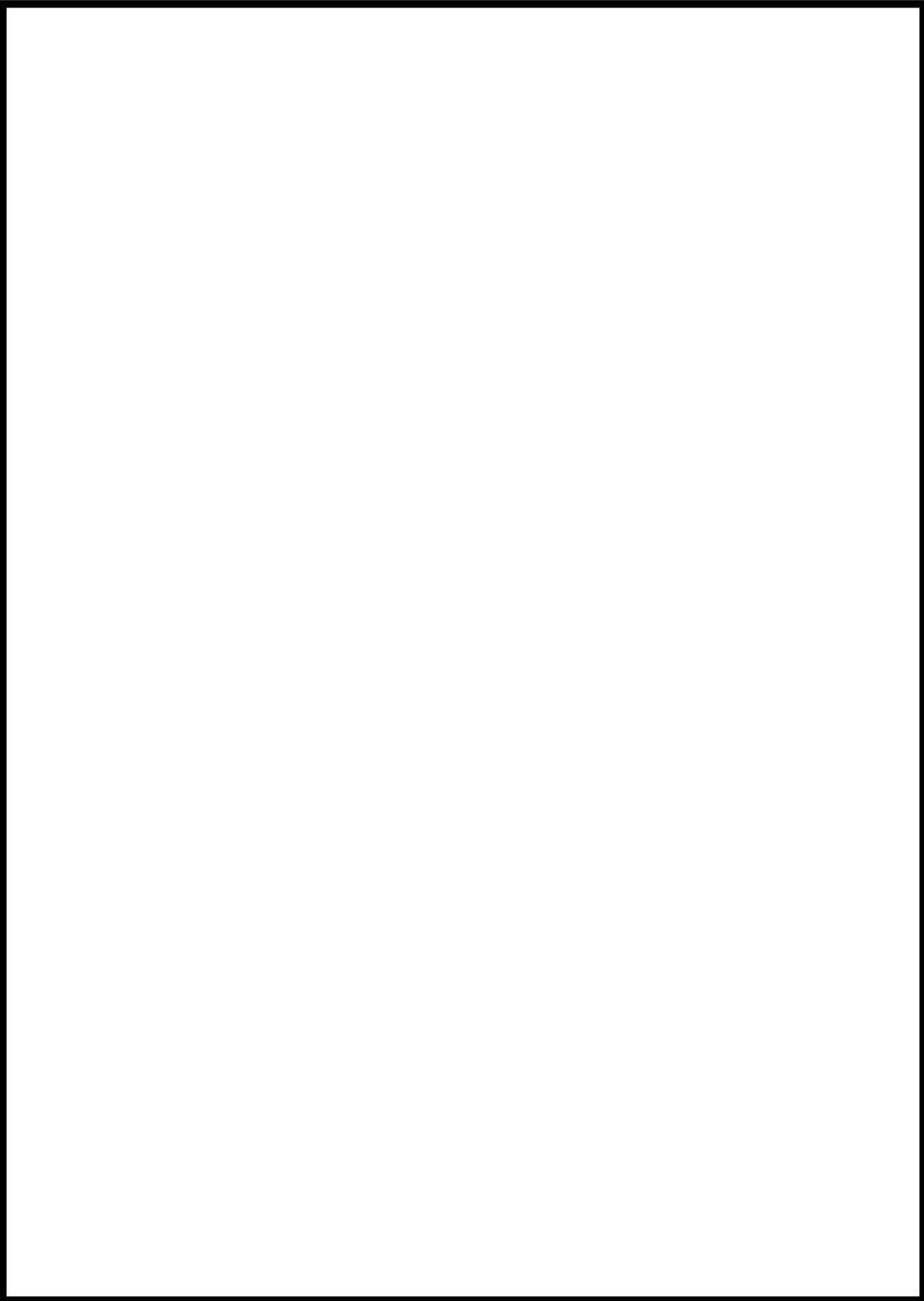
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。


8 条-別 1-資 7-添 10-21




 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。

8 条-別 1-資 7-添 10-22

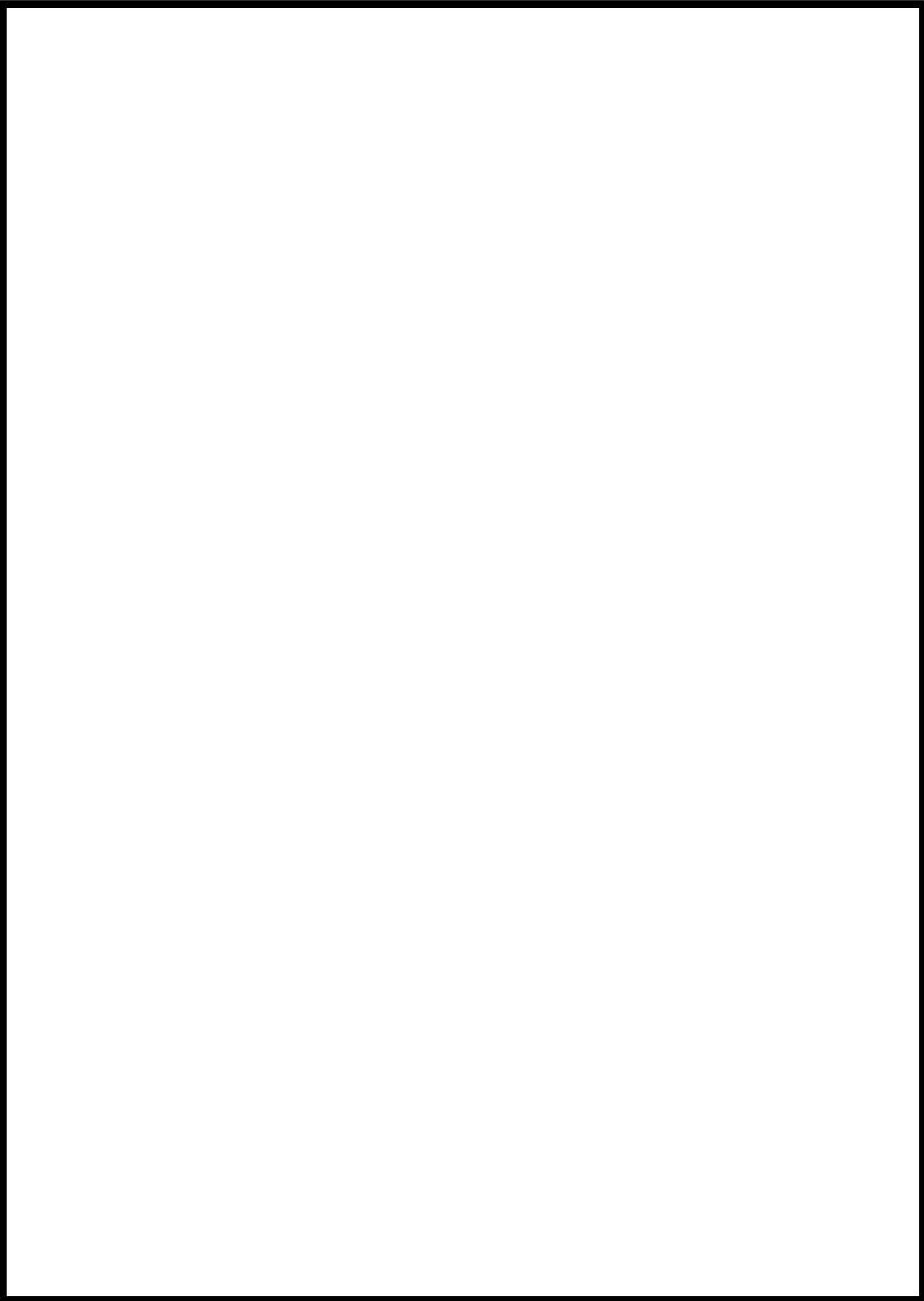



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

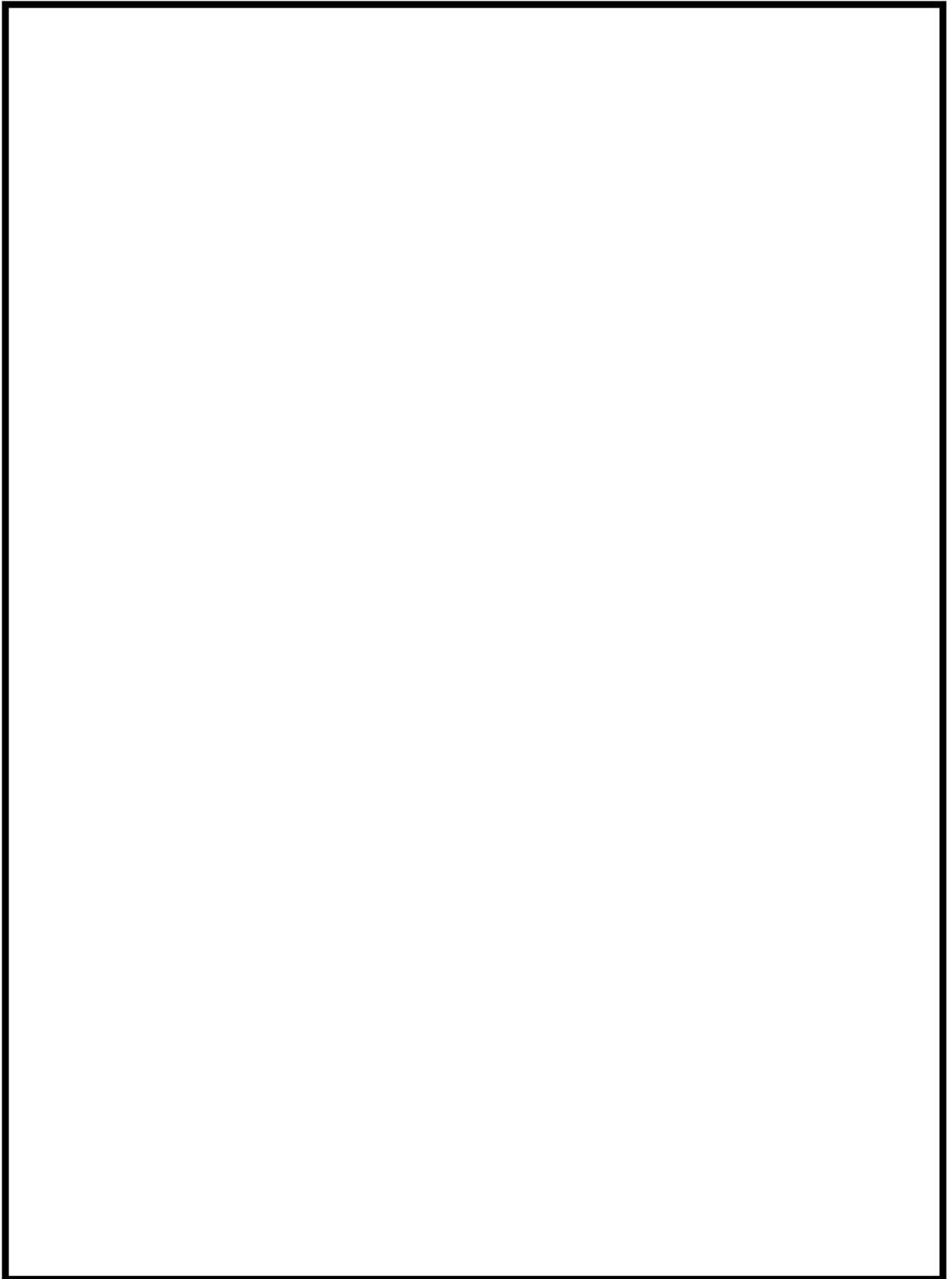



 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

8 条-別 1-資 7-添 10-24

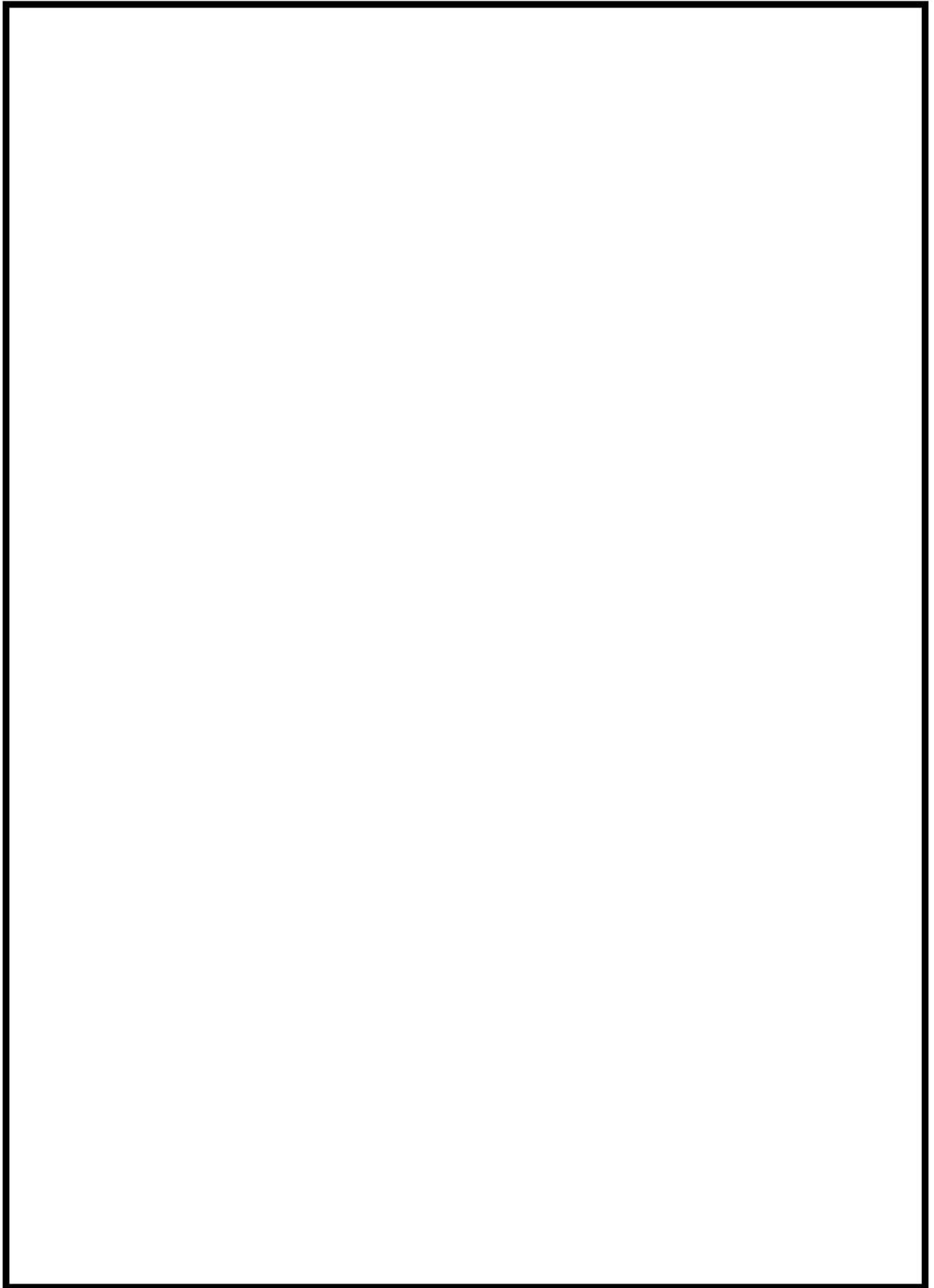


 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



 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。

8 条-別 1-資 7-添 10-26



 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。

8 条-別 1-資 7-添 10-27

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

<目次>

1. はじめに
2. 原子炉格納容器内の火災防護対策
 - 2.1. 火災区画の設定
 - 2.2. 火災の発生防止対策
 - 2.3. 火災の感知及び消火
 - 2.4. 火災の影響軽減対策

添付資料1 原子炉格納容器内のケーブルトレイへの鉄製の蓋を設置する範囲について

添付資料2 泊発電所3号炉における一部の同軸ケーブルの延焼防止性について

添付資料3 原子炉格納容器スプレイの消火性能

添付資料4 消防研究所研究資料第60号「ウォーターミストの消火機構と有効な適用方法に関する研究報告書 分冊2」 -小中規模閉空間におけるウォーターミストの消火性能-

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

1. はじめに

泊発電所3号炉の原子炉格納容器内における火災防護対策について、以下に示す。

2. 原子炉格納容器内の火災防護対策

2.1. 火災区画の設定

原子炉格納容器は、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等により他の火災区画と分離する。

原子炉格納容器内の火災防護対象設備を別紙1に示す。

火災防護に係る審査基準では、火災防護の目的として「原子炉の高温停止及び低温停止」の達成、維持を挙げていることを踏まえ、以下のとおり原子炉格納容器の特性を考慮した火災防護対策（火災の発生防止、火災の感知・消火、火災の影響軽減）を講じる。

2.2. 火災の発生防止対策

(1) 原子炉格納容器内の対策

原子炉格納容器内の火災発生防止対策について実施する項目は以下のとおり。

- ・ 発火性又は引火性物質に実施する火災の発生防止
- ・ 可燃性の蒸気・微粉への対策
- ・ 火花を発生する設備や高温の設備等の使用
- ・ 発火源への対策
- ・ 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策
- ・ 過電流による過熱防止対策
- ・ 不燃性材料又は難燃性材料の使用
- ・ 地震等の自然現象による火災発生防止

(2) 発火性又は引火性物質に実施する火災の発生防止

①漏えいの防止、拡大防止

原子炉格納容器内にあるポンプ等の油内包機器の油保有量と堰の容量を第8-1表に示す。また、潤滑油を内包する機器の設置状況を第8-1図に示す。

これらの機器は、溶接構造又はシール構造の採用により潤滑油の漏えい防止対策を講じるとともに、万一の漏えいを考慮し、漏えいした潤滑油が拡大しないよう堰等を設け拡大防止対策を行う設計とする。

また、格納容器冷却材ドレンポンプ、1次冷却材ポンプ用電動機、格納容器再循環ファ

ン用電動機， ICIS 用駆動装置の潤滑油は，漏えいしても可燃性ガスが発生しないよう，機器の最高使用温度及び原子炉格納容器内の設計温度（65℃）よりも引火点が十分高い潤滑油を使用する設計とする。

原子炉格納容器内の油内包機器である 1 次冷却材ポンプには，引火点が約 220℃の潤滑油を使用し，オイルパンを設置しているが，さらに，漏えい油を回収する 1 次冷却材ポンプ電動機油回収タンク※を設置し，漏えいした潤滑油の加熱，発火を防止する。（第 8-2 図参照）

1 次冷却材ポンプからの油の漏えいは，1 次冷却材ポンプの油面低警報発信で検知する。漏えいが継続又は，1 次冷却材ポンプの振動が大きくなった場合は，原子炉を停止し，1 次冷却材ポンプ電動機用排油ポンプを用いて漏えいした油を回収する。

※ 1 次冷却材ポンプ電動機油回収タンクは，1 次冷却材ポンプ 1 台分の潤滑油を回収。複数の 1 次冷却材ポンプで同時に潤滑油が漏えいする可能性は低いと考える。

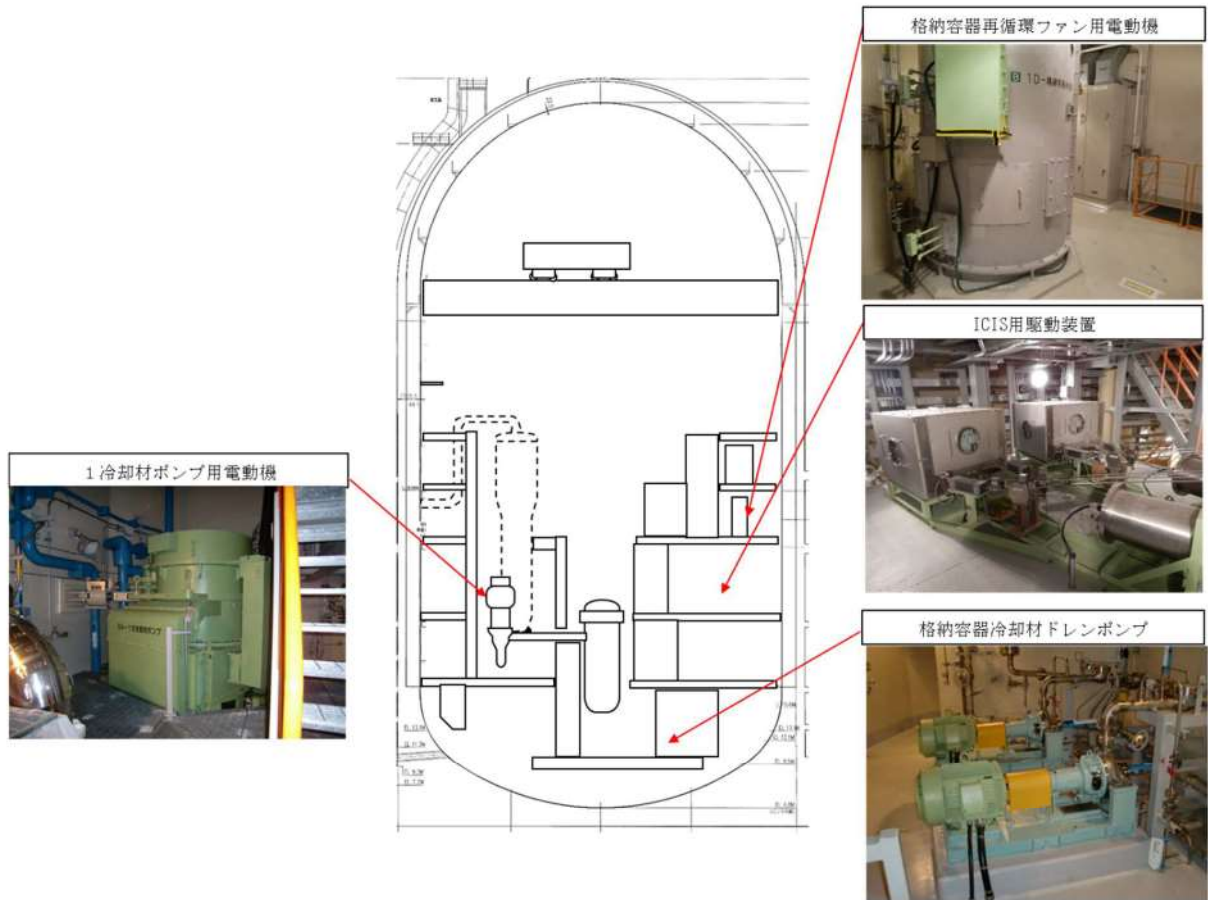
なお，原子炉格納容器内には，上記の潤滑油以外の発火性又は引火性物質（水素含む）はない。

第 8-1 表：原子炉格納容器内の油内包機器と堰容量

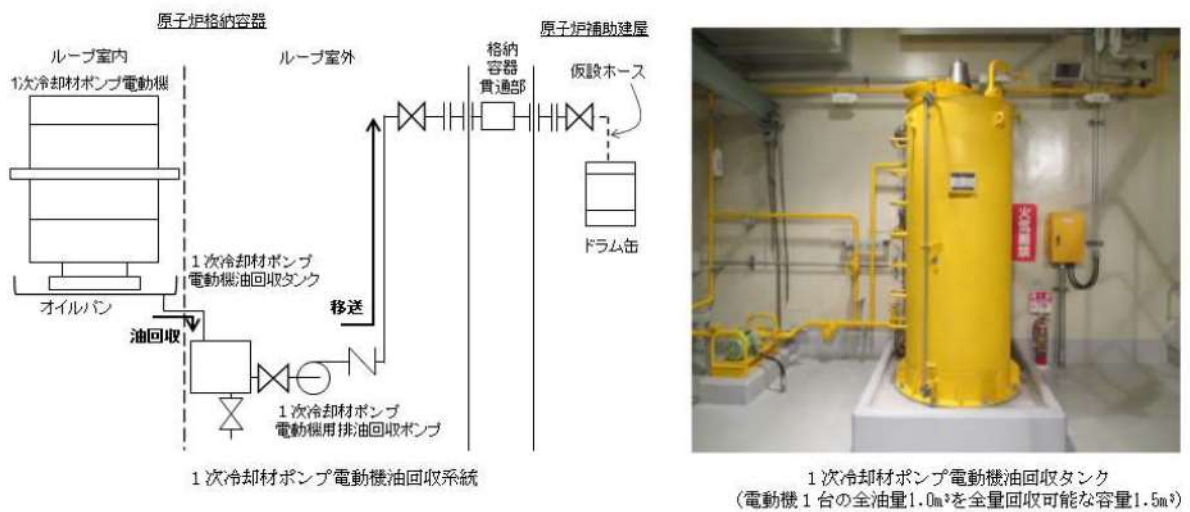
機器名	個数	潤滑油種類	漏えい防止， 拡大防止対策	潤滑油 引火点 (°C)	原子炉格納容器 内の設計温度 (°C)	最高使用温度 (°C)	内包量 (L)	堰等容量 (L)
格納容器冷却材ドレン ポンプ	2	FBK タービン 46	ドレンポット	220	65	132	1.3/台	1.4/台
1 次冷却材ポンプ用 電動機	3	FBK タービン 46	油回収タンク	220	65	132	1,000/台	1,500
格納容器再循環ファン用 電動機	3	FBK タービン 46	—*1	220	65	132	24/台	—*1
ICIS 用駆動装置	4	シエールオマラ S2 G 220	—**2	242	65	132	4.2/台	—**2

※1 軸流ファンであり，電動機の油が漏えいした場合の漏えい先は着火源がないダクト内であることから火災が発生する恐れはない。

※2 駆動装置は金属筐体におおわれていること，使用しない時は電源断としていることから火災が発生する恐れはない。



第 8-1 図：原子炉格納容器内の潤滑油使用機器の配置



第 8-2 図：1次冷却材ポンプ電動機油回収系統

②配置上の考慮

原子炉格納容器内の油内包機器である格納容器冷却材ドレンポンプ，1次冷却材ポンプ用電動機，格納容器再循環ファン用電動機，ICIS用駆動装置は，付近に可燃物を置かないよう配置上の考慮を行う設計とする。

③換気

原子炉格納容器内は，機械換気が可能な設計とする。火災発生のおそれがないよう原子炉格納容器内の発火性又は引火性物質である潤滑油は，原子炉格納容器内温度より引火点が十分高いものを使用する設計とする。(第8-1表)

④防爆

原子炉格納容器内に設置する発火性及び引火性物質である潤滑油を内包する設備は，「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の漏えいを防止す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，漏えいした潤滑油が拡大することを防止する設計とする。

なお，潤滑油が設備の外部へ漏えいしても，引火点は，油内包機器を設置する原子炉格納容器内の設計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。

⑤貯蔵

原子炉格納容器内には，発火性又は引火性物質を貯蔵する容器を設置しない設計とする。

(3) 可燃性の蒸気又は可燃性の微粉の対策

原子炉格納容器内の発火性又は引火性物質である潤滑油を内包する設備は，(2)に示すとおり，可燃性の蒸気を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。

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。

(4) 発火源への対策

原子炉格納容器内の機器等は、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、原子炉格納容器内には高温となる設備があるが、通常運転温度が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8-2表)

第8-2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次冷却材系配管	360℃	保温材設置
化学体積制御系配管	343℃	保温材設置
安全注入系配管	343℃	保温材設置
余熱除去系配管	343℃	保温材設置
主給水系配管	291℃	保温材設置
主蒸気系配管	291℃	保温材設置
液体廃棄物処理系配管	95℃	保温材設置
試料採取系配管	360℃	保温材設置
蒸気発生器ブローダウン系配管	291℃	保温材設置

以上より、原子炉格納容器内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。

(5) 水素対策

原子炉格納容器内には水素を内包する設備を設置しない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。

(6) 放射線分解等により発生する水素の蓄積防止対策

加圧器以外の1次冷却材系統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。

以上より、放射線分解等により発生した水素の蓄積、燃焼により原子炉の安全性を損なうおそれがある場合は、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。

(7) 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。

以上より、原子炉格納容器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。

(8) 不燃性材料又は難燃性材料の使用

原子炉格納容器内の安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下に示すとおり、不燃性材料及び難燃性材料を使用する設計とする。

ただし、不燃性材料及び難燃性材料を使用できない場合は、不燃性材料及び難燃材料と同等以上の性能を有するものを使用する。また、不燃性材料及び難燃性材料を使用できない場合であって、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は、当該材料の火災に起因して、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。

a. 主要な構造材に対する不燃性材料の使用

原子炉格納容器内にある、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、金属材料等の不燃性材料を使用する設計とする。

ただし、配管等のパッキン類は、シール機能を確保するうえで、不燃性材料の使用が困難であり、配管フランジ部等の狭隘部に設置するため、当該パッキン類が発火しても、延焼することがなく、他の安全機能を有する構築物、系統及び機器に火災を生じさせることはないことから、不燃性材料の適用外とする。

ポンプ及び弁等の駆動部の潤滑油（グリス）は、金属材料であるケーシング内部に保有されており、発火した場合でも他の安全機能を有する機器等に延焼しない。

b. 変圧器及び遮断器に対する絶縁油等の内包

原子炉格納容器内に設置する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。

c. 難燃ケーブルの使用

原子炉格納容器内のケーブルは、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ともに、ケーブル火災が発生しても他の機器へ延焼することを防止するため、第8-3図に示すとおり、金属製の電線管、可とう電線管及び金属性のケーブルトレイに敷設する設計とする。

また、以下に示すケーブルトレイに対して、延焼や火炎からの影響を防止できる鉄製の蓋を設置し、鉄製の蓋には、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。
- (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。

(添付資料 1)

核計装用ケーブルや放射線監視設備用ケーブルは、微弱電流・微弱パルスを扱うため、耐ノイズ性の高い絶縁抵抗を有する同軸ケーブルを使用している。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事項を満足することが困難であることから、不燃性である電線管に敷設する設計とする。

加えて、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、難燃性のコーキング材を処置する。

難燃性のコーキング材を設置した電線管内は、外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であることから、仮に、最大長さが約 48m である核計装用ケーブルに火災が発生しても、燃焼が継続するための必要な酸素が不足し燃焼の維持ができなくなるため、ケーブルの延焼は最大でも約 0.6m と評価される。

以上より、電線管内に敷設して使用し、コーキング材で酸素の供給防止を実施した核計装用ケーブルは、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準である最大損傷長 1800mm を満足するため、耐延焼性を有すると判断できる。(添付資料 2)

万一、火災が発生した場合においても、原子炉格納容器内に設置した火災感知器(アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、非アナログ式の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器)による早期の火災感知を行うことに加え、核計装用ケーブルが火災によって断

線又は短絡を生じた場合には中央制御室に異常を知らせる警報（中性子源領域中性子束高パーシャル，中間領域中性子束高パーシャル，出力領域中性子束高（低設定）パーシャル，出力領域中性子束高（高設定）パーシャル等）が発報されることから，速やかに原子炉の停止操作を実施し，消火活動を行うことが可能である。なお，異常を知らせる警報のうち，中性子源領域中性子束高原子炉トリップ，中間領域中性子束高原子炉トリップの発信時は原子炉トリップ信号が発信することから，原子炉は自動停止する。

原子炉容器下部に設置する油内包機器はないため，火災の発生のおそれはない。

さらに第 8-3 表に示すように，原子炉格納容器下部に設置するその他の機器としては，常用系及び安全系のケーブル，作業用電源盤，端子箱，格納容器冷却材ドレンポンプ等があるが，これらは金属製の筐体に収納することで，火災の発生を防止する。

第 8-3 表：原子炉格納容器下部に設置する機器等の火災発生防止対策

種別	具体的設備	火災発生防止の対策方法
ケーブル	常用系及び安全系ケーブル	・電線管又はケーブルトレイに敷設する。
分電盤	作業用分電盤	・金属製の筐体に収納する。
油内包機器	格納容器冷却材ドレンポンプ	・金属製の筐体に収納する。
その他	中継端子箱等	・金属製の筐体に収納する。



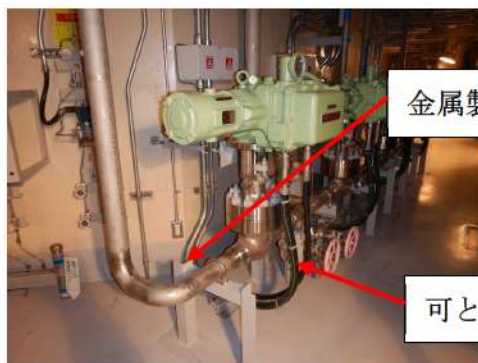
機器へのケーブル取合い状況
 (格納容器貫通部とケーブルトレイ・電線管との取合い)



鉄製の蓋が設置されたケーブルトレイ



機器へのケーブル取合い状況
 (電動弁との取合い)



機器へのケーブル取合い状況
 (電動弁との取合い)



機器へのケーブル取合い状況
 (格納容器冷却材ドレンポンプとの取合い)

第 8-3 図：原子炉格納容器内のケーブルトレイ及び電線管の敷設状況

d. 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

原子炉格納容器内の換気設備のフィルタについては、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（空気清浄装置用ろ材の燃焼性試験方法）」を満足する難燃性のものを使用する設計とする。

e. 保温材に対する不燃性材料の使用

原子炉格納容器内の保温材は、金属等の「平成12年建設省告示第1400号（不燃材料を定める件）」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。ただし、不燃性材料又は代替材料の使用が技術上困難な場合は、当該材料の火災に起因して、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。

f. 原子炉格納容器に対する不燃性材料の使用

原子炉格納容器内の内装材は、「建築基準法」で不燃材料として認められたもの若しく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。

(9) 落雷・地震等の自然現象による火災発生の防止

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、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、地震以外の事象については、発電用原子炉施設内の対策に包絡される。このため原子炉格納容器内については、地震による火災防護対策を以下のとおり講じる設計とする。

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「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」に従い設計する。

2.3. 火災の感知及び消火

火災の感知及び消火については、以下のとおり実施する。

(1) 火災感知設備

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、原子炉格納容器内における放射線、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。火災感知器の設置箇所については、基本的に消防法施行規則第二十三条に基づく設置範囲に従って設置する設計とし、ループ室等の環境条件を踏まえて従えない場所は火災をもれなく確実に感知できるように設置する設計とする。

②固有の信号を発する異なる火災感知器の設置

原子炉格納容器内の火災感知器は、上記①のとおり環境条件や予想される火災の性質を考慮し、原子炉格納容器内には異なる2種類の感知器として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種類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。

原子炉格納容器内に設置する火災感知器の仕様及び誤作動防止について第8-4表に示す。

第 8-4 表：原子炉格納容器内に設置する火災感知器の特徴と誤作動防止方法

型式	特徴	誤作動防止方法
アナログ式 煙感知器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 感知器内に煙を取り込むことで感知 ・ 炎が生じる前の発煙段階からの煙の早期感知器が可能 <p>【適応高さの例】 20m 未満</p> <p>【設置範囲の例】※1 75 m²又は 150 m²あたり 1 個</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ アナログ式のものを選定して誤作動防止を図る。
アナログ式 熱感知器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 温度検知素子により感知器周辺の雰囲気温度を検知する。 ・ 炎が生じ、温度上昇した場合に火災として感知する。 <p>【適応高さの例】 8m 未満</p> <p>【設置範囲の例】※1 15 m²～70 m²あたり 1 個</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ アナログ式のものを選定して誤作動防止を図る。
非アナログ式 防爆型 熱感知器	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属の熱膨張を利用し接点を形成し、炎が生じ、温度上昇した場合に接点が閉じることで火災として感知する。 ・ 炎が生じ、温度上昇した場合に火災として感知する。 ・ 全閉構造であり可燃性ガス又は引火性の蒸気が感知器内部に進入して爆発を生じた場合に、当該感知器が爆発圧力に耐え、かつ、爆発による火炎が当該火災感知器の外部のガス又は蒸気に点火しない。 <p>【適応高さの例】 8m 未満</p> <p>【設置範囲の例】※1 15 m²～70 m²あたり 1 個</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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、誤作動防止を図る。

<p>非アナログ式 炎感知器</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 偏光フィルタ及び受光素子により炎特有の波長の赤外線及びちらつきを検知する。 ・ 炎が生じた時点で感知することから早期の火災感知が可能である。 ・ 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のみ発報する）が採用されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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、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。
------------------------	--	---

※1：消防法施行規則第二十三条で定める設置範囲による。

③火災感知設備の電源の確保

原子炉格納容器内の火災感知設備は、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、蓄電池を設け、電源を確保する設計とするとともに、非常用電源から受電する設計とする。

④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常時監視できる設計とする。また、受信機盤は、アナログ式の煙感知器及び熱感知器、非アナログ式の防爆型の熱感知器並びに非アナログ式の炎感知器をそれぞれ1つずつ特定できる機能を有するよう設計する。

⑤火災感知設備に対する試験検査

火災感知設備は、消防法施行規則第三十一条の六に準じて、試験により機能に異常がないことを確認する。

(2) 消火設備

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器・消火栓を用いた消火を行う設

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。

a. 原子炉格納容器内における消火手段の考え方

原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合、原子炉格納容器内のテレビカメラの映像、原子炉格納容器内の温度等から、「火災が発生していない」又は「局所的な火災」と判断できない場合は、原子力安全の観点から原子炉を手動停止する。

次に、原子炉格納容器内への立入りに際して安全性が確保される場合は、原子炉格納容器内へ立入り、消火器、消火栓を用いた手動消火を行う。原子炉格納容器内への立入り、手動消火が困難と判断した場合は、原子炉格納容器スプレイで消火する設計とする。

b. 火災規模の判断

原子炉格納容器内では、ケーブル、電気盤、油内包機器での火災が想定される。原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合は、火災が発生しているか（原子炉格納容器内に煙が発生しているか）をテレビカメラで確認し、原子炉格納容器内の温度計、アナログ式の熱感知器により、原子炉格納容器内の温度が上昇しているかを確認する。

具体的には、原子炉格納容器内の温度計、アナログ式の熱感知器で原子炉格納容器内の温度状況を確認し、一部の温度のみが上昇していれば「局所火災」と判断する。一方、多数の温度が上昇している場合や明確に一部の温度のみが上昇していると判断できない場合、原子炉格納容器の雰囲気温度が上昇している場合は、「広範囲の火災」と判断する。また、プラントパラメータ、テレビカメラの映像についても利用可能なものは上記の判断材料とする。（第8-5表参照）

第 8-5 表：原子炉格納容器内温度計等

	温度計	着眼点
①	格納容器内空気温度	原子炉格納容器内の代表的な雰囲気温度
②	格納容器再循環ユニット入口空気温度	原子炉格納容器内の代表的な雰囲気温度 (原子炉格納容器に設置しているファンの入口温度)
③	1 次冷却材ポンプ ・固定子巻線温度 ・(上部/下部) ラジアル軸受温度 ・スラスト軸受け(上部/下部) シュー温度	代表的な可燃物近傍の温度(原子炉格納容器内で最大の可燃物を保有する 1 次冷却材ポンプ近傍の温度) 1 次冷却材ポンプでの火災の発生状況が確認できる。
④	格納容器再循環ファン電動機(上部/下部) 軸受温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑤	格納容器再循環ユニット出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑥	制御棒駆動装置冷却ユニット出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑦	制御棒駆動装置シュラウド入口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑧	制御棒駆動装置シュラウド出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑨	原子炉容器室冷却ファン出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑩	制御棒位置指示装置盤室内空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。

①消火器

原子炉格納容器内の火災に対して設置する消火器については、消防法施行規則第六条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

消火剤の必要量の算出にあたっては、防火対象物である原子炉格納容器の用途区分について消防法施行令別表第一(十五)項(前各項に該当しない事業場)を適用する。原子炉格納容器の主要構造部が耐火構造であり、床及び壁のコーティング剤については不燃材料と同等以上の性能を有するコーティング剤を使用しており、建築基準法施行令第一条第六号に基づく難燃性が確認された塗料と同等以上であることから、消火器の能力単位の算定基準*は「消火能力 \geq (延面積又は床面積)/400 m^2 」を適用する。

また、原子炉格納容器内には電気設備があることから、上記消火能力を有する消火器に加え、消防法施行規則第六条第四項*に従い、電気火災に適應する消火器を床面積 100 m^2 以下ごとに 1 個設置する。

※消防法施行規則抜粋

(大型消火器以外の消火器具の設置)

第六条 令第十条第一項各号に掲げる防火対象物（第五条第十項第二号に掲げる車両を除く。以下この条から第八条までにおいて同じ。）又はその部分には、令別表第二において建築物その他の工作物の消火に適応するものとされる消火器具（大型消火器及び住宅用消火器を除く。以下大型消火器にあつてはこの条から第八条までに、住宅用消火器にあつてはこの条から第十条までにおいて同じ。）を、その能力単位の数値（消火器にあつては消火器の技術上の規格を定める省令（昭和三十九年自治省令第二十七号）第三条又は第四条に定める方法により測定した能力単位の数値、（一部省略）以下同じ。）の合計数が、当該防火対象物又はその部分の延べ面積又は床面積を次の表に定める面積で除して得た数（第五条第十項第一号に掲げる舟にあつては、一）以上の数値となるように設けなければならない。

防火対象物の区分	面積
令別表第一（一）項イ、（二）項、（十六の二）項、（十六の三）項及び（十七）項に掲げる防火対象物	五十平方メートル
令別表第一（一）項ロ、（三）項から（六）項まで、（九）項及び（十二）項から（十四）項までに掲げる防火対象物	百平方メートル
令別表第一（七）項、（八）項、（十）項、（十一）項及び（十五）項に掲げる防火対象物	<u>二百平方メートル</u>

2 前項の規定の適用については、同項の表中の面積の数値は、主要構造部を耐火構造とし、かつ、壁及び天井（天井のない場合にあつては、屋根）の室内に面する部分（回り縁、窓台その他これらに類する部分を除く。）の仕上げを難燃材料（建築基準法施行令第一条第六号に規定する難燃材料をいう。以下同じ。）とした防火対象物にあつては、当該数値の二倍の数値とする。

4 第一項の防火対象物又はその部分に変圧器、配電盤その他これらに類する電気設備があるときは、前三項の規定によるほか、令別表第二において電気設備の消火に適応するものとされる消火器を、当該電気設備がある場所の床面積百平方メートル以下ごとに一個設けなければならない。

ただし、原子炉格納容器内には屋内消火栓を設置していることから、消防法施行規則第八条第一項に従い、能力単位の合計数の三分の一まで減少した本数を配備する設計とする。

※消防法施行規則抜粋

(消火器具の設置個数の減少)

- 第八条 令第十条第一項各号に掲げる防火対象物又はその部分に屋内消火栓設備又はスプリンクラー設備を令第十一条若しくは令第十二条に定める技術上の基準に従い、又は当該技術上の基準の例により設置した場合において、当該消火設備の対象物に対する適応性が第六条第一項、第二項、第三項、第四項又は第五項の規定により設置すべき消火器具の適応性と同一であるときは、当該消火器具の能力単位の数値の合計数は、当該消火設備の有効範囲内の部分について当該各項に定める能力単位の数値の合計数の三分の一までを減少した数値とすることができる。
- 2 令第十条第一項各号に掲げる防火対象物又はその部分に水噴霧消火設備、泡消火設備、不活性ガス消火設備、ハロゲン化物消火設備又は粉末消火設備を令第十三条、令第十四条、令第十五条、令第十六条、令第十七条若しくは令第十八条に定める技術上の基準に従い、又は当該技術上の基準の例により設置した場合において、当該消火設備の対象物に対する適応性が第六条第三項、第四項又は第五項の規定により設置すべき消火器具の適応性と同一であるときは、当該消火器具の能力単位の数値の合計数は、当該消火設備の有効範囲内の部分について当該各項に定める能力単位の数値の合計数の三分の一までを減少した数値とすることができる。
- 3 前二項の場合において、当該消火設備の対象物に対する適応性が前条第一項の規定により設置すべき大型消火器の適応性と同一であるときは、当該消火設備の有効範囲内の部分について当該大型消火器を設置しないことができる。
- 4 第一項及び第二項の規定は、消火器具で防火対象物の十一階以上の部分に設置するものには、適用しない。

以上から、原子炉格納容器内の油内包機器及び火災防護対象機器等を設置する各階層の火災対応として算出される消火能力と消火器の本数を第 8-6 表に示す。なお、消火器の本数については、原子炉格納容器内に設計基準事故対処設備とその機能を代替する常設重大事故防止設備が設置されていることから、消火設備の独立性を確保するため必要本数に別途 1 本を追加し、単一故障により必要量を下回らない設計とする。

第 8-6 表：原子炉格納容器内の各階層に必要とされる消火剤容量
(10 型粉末消火器)

フロア	床面積 (m ²)	①床面積あたりの必要本数	②電気火災に適応する消火器	③消防法施行規則第八条を考慮した本数 (①+②) ÷3	④重大事故等対処設備の独立性確保のための本数	合計 (③+④)	原子炉格納容器内専用消火器設置場所
10.3m	1,087	3	11	5	1	6	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
17.8m	990	3	10	5	1	6	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
17.8m中間	990	3	10	5	1	6	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
24.8m	987	3	10	5	1	6	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
33.1m	903	3	10	5	1	6	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
40.3m	898	3	9	4	1	5	原子炉格納容器通常用エアロック近傍
43.6m	898	3	9	4	1	5	原子炉格納容器通常用エアロック近傍

消火器の消火能力については、消火器の技術上の規格を定める省令により、各火災源に対する消火試験にて定められる。一般的な 10 型粉末消火器（普通火災の消火能力単位：3，油火災の消火能力単位：7）について、消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源（油火災の消火能力単位が 7 の場合燃焼表面積 1.4m²，体積 42L）の発熱速度は、FDT^S*1 により算出すると 3,100kW となる。また、この発熱速度に相当する潤滑油の漏えい量は、NUREG/CR-6850^{*2} の考え方に則り燃焼する油量を内包油量の 10% と仮定して算出すると 1.8L となり、原子炉格納容器内の油内包機器については、想定される漏えい量が 1.8L を超えるものがあるが、当該機器設置エリアに複数の消火器を設置することで消火能力を確保する設計とする。

盤については、NUREG/CR-6850^{*2} 表 G-1 に示された発熱速度（98%信頼上限値で最大 1,002kW）を包絡していることを確認した。ケーブルトレイについては、難燃ケーブルを使用していること、過電流防止装置により過電流が発生するおそれがないことから、自己発火のおそれが小さい。

一方、10 型粉末消火器 1 本の消火能力単位の測定試験時に用いられるガソリン火源の発熱速度は 3,100kW であること、NUREG/CR-7010^{*3} によるとケーブルトレイの発熱速度が 250kW/m² であることから、万一ケーブルトレイで火災が発生した場合でも、10 型粉末消火器を複数本設置することによって十分な消火能力を有していると考えられる。

※1：“Fire Dynamics Tools (FDT^S):Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program”，NUREG-1805

※2 : EPRI/NRC-RES Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities, Final Report, (NUREG/CR-6850, EPRI 1011989)

※3 : Cable Heat Release, Ignition, and Spread in Tray Installations During Fire (CHRISTIFIRE), Phase 1: Horizontal Trays, NUREG/CR-7010

(a) プラント運転中

原子炉の運転中は原子炉格納容器の内部が高温になり、消火器の使用温度範囲（-30℃～40℃）を超える可能性があることから、原子炉起動前に原子炉格納容器内の消火器を撤去するとともに、第8-7表に示す各階層単位で必要な消火能力のうち、最大となる消火能力を満足する消火器を格納容器通常用エアロック室に設置する（10型粉末消火器6本）。

(b) 定検等プラント停止中

定検等プラント停止中の原子炉格納容器内の第8-6表に示す消火能力を満足する消火器を原子炉格納容器内（各階層に粉末消火器10型を必要本数ずつ）に設置する。設置位置については原子炉格納容器内の各階層に対して火災防護対象機器並びに火災源から消防法施行規則に定めるところの20m以内の距離に配置する。（別紙2）

定期検査中において、原子炉格納容器内での点検において、火気作業、危険物取扱作業を実施する場合は、火災防護計画にて定める管理手順に従って消火器を配備する。

一方、原子炉格納容器全体漏えい率検査時は原子炉格納容器を空気で加圧するため消火器の破損の可能性があることから、検査前に原子炉格納容器内の消火器を格納容器通常用エアロック室近傍に移動、設置し、検査終了後に原子炉格納容器内に再度設置する。

②消火栓

原子炉格納容器内の火災に対しては、原子炉格納容器内の消火栓を使用する。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）に準拠し、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。

③原子炉格納容器スプレイ

火災の規模が小さく、消火要員の安全性が確保される場合は、消火器、消火栓を用いた消火活動を行い、それ以外の場合は、原子炉格納容器スプレイを使用する。（添付資料3）

ただし、ループ室内での火災を確認した場合は、火災規模によらず、原子炉格納容器スプレイを使用する。

原子炉格納容器スプレイを使用するか否かは、消火要員の安全確保の観点で判断すること、判断する際に参考とするパラメータ、判断者は、火災防護計画で明確にする。

また、原子炉格納容器内の安全機能を有する機器は事故時の耐環境性を有しており、原子炉格納容器スプレイによって機能を失うことはない。ただし、原子炉格納容器スプレイの使用によって外乱が発生し、原子炉が自動停止するおそれがあるため、その影響を考慮し、原子炉は手動停止する。

④消火活動

原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合は、火災が発生しているか（原子炉格納容器内に煙が発生しているか）をテレビカメラで確認し、原子炉格納容器内の温度計、アナログ式の熱感知器等により、原子炉格納容器内全体の温度が上昇しているかを確認する。

温度状況を確認した結果、一部の温度のみが上昇していれば「局所火災」と判断し、多数の温度が上昇している場合や明確に一部の温度のみが上昇していると判断できない場合、原子炉格納容器の雰囲気温度が上昇している場合は、「広範囲の火災」と判断する。

ただし、ループ室内での火災を確認した場合は、火災規模によらず、原子炉格納容器スプレイによる消火を実施する。

i. 局所火災

原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合には、初期消火要員が現場確認及び消火活動を行う。なお、火災の早期消火を図るために、原子炉格納容器内の消火活動の手順を定めて、初期消火要員の訓練を実施する。

エアロックが開放できない場合や原子炉格納容器内に立入り、手動消火が困難と判断した場合は、原子力安全の観点から原子炉を手動停止し、原子炉格納容器スプレイによる消火を行う

ii. 広範囲の火災

広範囲の火災と判断した場合、原子力安全の観点から原子炉を手動停止する。次に、消火要員の安全性が確保できるかの観点から消火方法を決定し、原子炉格納容器内への立入りが可能な場合は手動消火を行う。原子炉格納容器内への立入り、手動消火が困難と判断した場合は、原子炉格納容器スプレイで消火する。

(3) 地震等の自然現象への対策

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、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、地震以外の事象については、発電用原子炉施設内の対策に包絡される。このため原子炉格納容器内については、地震による火災防護対策を以下のとおり講じる設計とする。

安全機能を有する機器等を設置する火災区域及び火災区画の火災感知設備及び消火設備は、設置された機器等の耐震クラスに応じて機能を維持できる設計とする。耐震Sクラスの機器を有する原子炉格納容器内の火災感知設備については、基準地震動に対して機能維持可能な設計とする。また、原子炉格納容器、格納容器通常用エアロック室及び機器搬入ハッチ付近に設置する消火器については、地震発生時の転倒又は脱落を防止するため、固縛する設計とする。

原子炉格納容器内の油内包機器については、漏えい拡大防止対策を講じる設計とすること、ICIS用駆動装置については、使用時は作業員による作業管理を行いそれ以外は電源を遮断すること、ケーブル類は難燃ケーブルを使用しており、かつケーブルトレイ又は電線管に収納することから延焼のおそれがないこと、原子炉容器下部の核計装用ケーブルについては難燃ケーブルを使用し、電線管に収納し、難燃性のコーキング材を施工していることから延焼のおそれがなく、原子炉格納容器内で火災が発生した場合は消火器、消火栓を使用する設計とする。また、原子炉格納容器スプレイを用いても対応できる設計とする。

2.4. 火災の影響軽減対策

泊発電所3号炉の原子炉格納容器内は、以下のとおり火災防護対策を講じる。

(1) 持込み可燃物等の運用管理

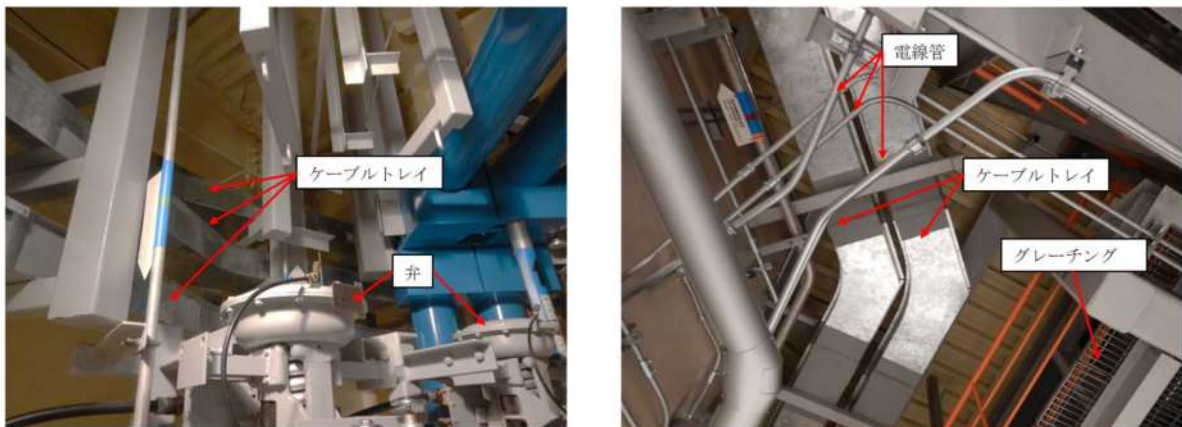
原子炉格納容器内での作業に伴う持込み可燃物について、持込み期間・可燃物量・持込み場所等を管理（持込み可燃物の火災荷重から算出した総発熱量が、原子炉格納容器の火災等価時間（3時間）を越えないよう管理）する。原子炉格納容器内への持込み可燃物の仮置きは禁止とするが、やむを得ず仮置きする場合には、不燃シートで覆う又は金属箱の中に収納するとともに、その近傍に消火器を準備する。

(2) 原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持することに関わる火災区画の分離

原子炉格納容器は火災区域である原子炉建屋内に設置されており、他の火災区画と3時間耐火性能を有する隔壁等で他の区画と分離する。

(3) 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

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルの系統分離は、火災によっても多重化された安全機能が同時に喪失しないことを目的に行うことから、以下のとおり対策を行う。原子炉格納容器内においては、第8-4図に示すように機器やケーブルトレイ等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁等の設置が困難である。また、互いに相違する系列の水平距離を6m以上確保すること並びに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。このため、火災防護対象機器及びケーブルについては、離隔距離の確保及び離隔距離が確保できない場合はケーブルトレイに鉄製の蓋を設置する等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。



第8-4図：原子炉格納容器内の機器等の設置状況

(a) 火災防護対象ケーブルの分離及び対象機器の分散配置

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルについては、原子炉格納容器貫通部をトレンごとに離れた場所に設置し、すべて電線管又はケーブルトレイに敷設する設計とする。

原子炉格納容器内は、ケーブルが密集して設置されているため、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁の設置や、互いに相違する系列間に、可燃物がない6m以上の水平距離を確保することは困難である。また、1次冷却材漏えい事故を想定した場合に、デブリの発生要因として、再循環サンプの閉塞対策に影響を及ぼすため、1時間の耐火能力を有する発泡性耐火被覆や断熱材で分離することは適さない。

このため、原子炉格納容器内の火災における延焼や火炎からの影響を防止するため、第8-5図に示す範囲に設置されるケーブルトレイに対して鉄製蓋を設置する。

なお、原子炉格納容器内の電気盤については、筐体自体が、ケーブルトレイの鉄製蓋と同じ機能を有することから対策は不要である。

核計装用ケーブルについては、火災を想定した場合にも延焼が発生しないように、ケーブルトレイやダクトに敷設する状態では使用せず、電線管内に敷設して使用することとしている。加えて、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、難燃性のコーキング材を処置する。

難燃性のコーキング材を設置した電線管内は、外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であることから、仮に、最大長さが約48mである核計装用ケーブルに火災が発生しても、燃焼が継続するための必要な酸素が不足し燃焼の維持ができなくなるため、ケーブルの延焼は最大でも約0.6mと評価される。

以上より、電線管内に敷設して使用し、コーキング材で酸素の供給防止を実施した核計装用ケーブルは、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準である最大損傷長1800mmを満足するため、耐延焼性を有すると判断できる。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器は、系統分離の観点からAトレンとBトレン機器の離隔距離を確保する。AトレンとBトレン機器の離隔間において可燃物が存在することのないように、離隔間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については第8-8表に示すとおり、それぞれ延焼防止対策を行う設計とする。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器及びその配置を別紙1に示す。

第 8-8 表：火災防護対象機器の影響軽減としての機器等の延焼防止対策

種別	具体的設備	延焼防止の対策方法
ケーブル	常用系及び安全系のケーブル※	<ul style="list-style-type: none"> ・電線管又はケーブルトレイに敷設する。 ・必要な箇所にはケーブルトレイに鉄製の蓋を設置する。
分電盤	作業用分電盤	<ul style="list-style-type: none"> ・金属製の筐体に収納する。
油内包機器	1次冷却材ポンプ電動機	<ul style="list-style-type: none"> ・潤滑油は機器の最高使用温度及び原子炉格納容器内の雰囲気温度よりも十分に引火点の高いものを使用する。潤滑油を内容する軸受部は溶接構造又はシール構造として漏えい防止を図るとともに、堰等を設置して拡大防止を図る。
	格納容器冷却材ドレンポンプ	
	格納容器再循環ファン用電動機	
	ICIS 用駆動装置	<ul style="list-style-type: none"> ・金属製の筐体に収納する。 ・機器使用時以外は電源断とする。
その他	電動弁、電磁弁等	<ul style="list-style-type: none"> ・金属製の筐体に収納する。

※火災防護対象ケーブルを敷設しているケーブルトレイ及び露出電線管に対して、6mの離隔が確保できないケーブルトレイ。

(b) 火災感知設備

火災感知設備については「2.3(1)火災感知設備」に示すとおり、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、非アナログ式の防爆型の熱感知器又は非アナログ式の炎感知器から異なる種類の感知器を組み合わせて設置する設計とする。

(c) 消火設備

原子炉格納容器内の消火については、「2.3.(2)消火設備」に示すとおり、消火器、消火栓を使用する設計とする。また、原子炉格納容器スプレイを用いても対応できる設計とする。火災の早期消火を図るために、原子炉格納容器内の消火活動の手順を定めて、初期消火要員の訓練を実施する。

(4) 火災の影響軽減対策への適合について

原子炉格納容器内においては、機器やケーブルトレイ等が密集しており、干渉物が多く、耐火ラッピング等の3時間以上の耐火能力を有する隔壁の設置が困難である。また、原子炉冷却材喪失を想定した場合に、デブリの発生要因として、再循環サンプの閉塞対策に影響を及ぼすため、1時間の耐火能力を有する発泡性耐火被覆や断熱材で分離することも困難である。

また、原子炉格納容器の自由体積は約6.6万m³であり、原子炉格納容器内全体にガス消火設備の消火剤を充満させるには時間を要する。このため、火災防護審査基準に示される

「2.3 火災の影響軽減」の要求のうち、「1時間耐火性能を有する隔壁等（6m以上の離隔距離確保）」と「自動消火設備」の要求そのものには合致しているとは言い難い。

このため、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、離隔距離の確保及び電線管、ケーブルトレイに敷設する設計とし、第8-5図に示す範囲に設置されるケーブルトレイに対して鉄製蓋を設置する等により火災の影響軽減対策を行う設計としている。

原子炉格納容器内の火災防護対象機器は、系統分離の観点からAトレンとBトレン機器等の離隔距離を確保し、AトレンとBトレン機器等の離隔間において可燃物が存在することの無いように、離隔間にある介在物（ケーブル、電磁弁）については金属製の筐体に収納することで延焼防止対策を行う。

原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブルは、単一火災によって複数トレンが機能喪失することのないように、電線管又はケーブルトレイに敷設する設計とし、第8-5図に示す範囲に設置されるケーブルトレイに対して鉄製蓋を設置する

原子炉格納容器内は前項に示すような影響軽減対策に加え、原子炉格納容器内の環境に応じた発生防止、感知、消火対策、可燃物管理等を実施している。

また、さらに保守的な評価として、火災による原子炉格納容器内の安全機能の全喪失を仮定した評価を行い、原子炉の高温停止及び低温停止の達成及び維持が、運転員の操作と相まって可能であることを確認した。

火災防護対象設備である核計装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に、ケーブルトレイやダクトに敷設する状態では使用せず、電線管内に敷設して使用することとしている。加えて、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、難燃性のコーキング材を処置する。

難燃性のコーキング材を設置した電線管内は、外気から容易に酸素の供給がない閉塞した状態であることから、仮に、最大長さが約48mである核計装用ケーブルに火災が発生しても、燃焼が継続するための必要な酸素が不足し燃焼の維持ができなくなるため、ケーブルの延焼は最大でも約0.6mと評価される。

以上より、電線管内に敷設して使用し、コーキング材で酸素の供給防止を実施した核計装用ケーブルは、IEEE383垂直トレイ燃焼試験の判定基準である最大損傷長1800mmを満足するため、耐延焼性を有すると判断できる。

これらの対策、評価を総合的に勘案すれば、火災防護審査基準の「2.基本事項※」に示されている、「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、維持するための火災発生防止、火災の感知及び消火、火災の影響軽減のそれぞれの火災防護対策を講じること」と同等の対策が取られていると判断できる。

※「2.基本事項」

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、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区画に対して、火災の発生防止、感知・消火及び

影響軽減対策を講じること。

以上より、原子炉格納容器内は火災防護審査基準の「2.3 火災の影響軽減」の要求については十分な保安水準が確保されていると考える。

泊発電所 3号炉における
原子炉格納容器内の火災防護対象機器について

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
—	原子炉容器	容器	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCH1A	A-蒸気発生器	熱交換器	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ/停止後の 除熱	②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCH1B	B-蒸気発生器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCH1C	C-蒸気発生器	熱交換器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCP1A	A-1 次冷却材ポンプ (原子炉冷却材圧力バ ウンダリになる範囲)	ポンプ	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCP1B	B-1 次冷却材ポンプ (原子炉冷却材圧力バ ウンダリになる範囲)	ポンプ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCP1C	C-1 次冷却材ポンプ (原子炉冷却材圧力バ ウンダリになる範囲)	ポンプ		②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
RCT-2	加圧器	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影 響を受けない。
PCV-451A	A-加圧器スプレイ弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影 響を受け機能喪失した場合は、フェイルクロ ーズ設計のため機能要求は満足することから、火 災によって系統機能に影響を及ぼすものでは ない。
PCV-451B	B-加圧器スプレイ弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影 響を受け機能喪失した場合は、フェイルクロ ーズ設計のため機能要求は満足することから、火 災によって系統機能に影響を及ぼすものでは ない。
RC-054A	A-加圧器逃がし弁元弁	電動弁		①	
RC-054B	B-加圧器逃がし弁元弁	電動弁		①	
CS-186	3-加圧器補助スプレイ弁	空気作動弁		②	当該弁は通常閉、機能要求時閉である。火災影 響を受け機能喪失した場合は、フェイルクロ ーズ設計のため機能要求は満足することから、火 災によって系統機能に影響を及ぼすものでは ない。
SS-504	加圧器気相部サンプリングラインC/V内側隔 離弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に 動作を要求されるものではないこと、火災影響 により機能喪失した場合は、フェイルクロ ーズ設計のため閉動作することから、系統機能への 影響はない。
SS-509	加圧器液相部サンプリングラインC/V内側隔 離弁	空気作動弁	②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に 動作を要求されるものではないこと、火災影響 により機能喪失した場合は、フェイルクロ ーズ設計のため閉動作することから、系統機能への 影響はない。	
SS-514	Bループ高温側サンプリングラインC/V内側 隔離弁	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、通常開であり系統 機能要求時に動作を要求されるものではない こと、誤作動した場合であっても弁が閉止する のみで系統機能への影響はない。	
SS-519	Cループ高温側サンプリングラインC/V内側 隔離弁	電動弁	②	他系統との連絡弁であるが、通常開であり系統 機能要求時に動作を要求されるものではない こと、誤作動した場合であっても弁が閉止する のみで系統機能への影響はない。	

※以下の対策を実施する設計とする。

- ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
- ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
LCV-451	抽出ライン第1止め弁	空気作動弁	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ/未臨界維 持	②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため機能要求は満足することから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
LCV-452	抽出ライン第2止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため機能要求は満足することから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
RC-033	余剰抽出ライン第1止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため機能要求は満足することから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
RC-034	余剰抽出ライン第2止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため機能要求は満足することから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
—	制御棒駆動装置圧力ハウジング	ハウジング	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ/過剰反応 度の印加防止 /未臨界維持	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	炉内計装引出管	引出管	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	炉心支持構造物	支持構造物	炉心形状の維 持	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	燃料集合体（燃料を除く）	燃料集合体		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	制御棒	制御棒	原子炉緊急停 止/未臨界維 持	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	制御棒駆動装置	制御棒駆動装置		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	制御棒クラス案内管	案内管	原子炉緊急停 止	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
—	燃料集合体の制御棒案内シムル	案内シムル		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
CSH1	再生熱交換器	熱交換器	未臨界維持	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
CS-191	充てんライン止め弁	空気作動弁		②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合は、フェイルオープン設計のため機能要求は満足することから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
SI-061A	A-高圧注入ポンプ出口C/V内側連絡弁	電動弁	未臨界維持/ 炉心冷却	②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合であっても流路は確保されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
SI-061B	B-高圧注入ポンプ出口C/V内側連絡弁	電動弁	未臨界維持/ 炉心冷却	②	当該弁は通常開、機能要求時間である。火災影響を受け機能喪失した場合であっても流路は確保されていることから、火災によって系統機能に影響を及ぼすものではない。
SI-184	安全注入逆止弁テストラインC/V内側隔離弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
RC-055	A-加圧器安全弁	安全弁	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ/安全弁及 び逃がし弁の 吹き止まり	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
RC-056	B-加圧器安全弁	安全弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
RC-057	C-加圧器安全弁	安全弁		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
PCV-410	余熱除去Aライン入口止め弁	電動弁	原子炉冷却材圧 力バウンダリ /停止後の除 熱	①	
PCV-430	余熱除去Bライン入口止め弁	電動弁		①	
PCV-452A	A-加圧器逃がし弁	空気作動弁	原子炉冷却材 圧力バウンダ リ/安全弁及 び逃がし弁の 吹き止まり/ 異常状態の緩 和	①	
PCV-452B	B-加圧器逃がし弁	空気作動弁		①	
RH-002A	A-余熱除去ポンプ入口C/V内側隔離弁	電動弁	停止後の除熱	①	
RH-002B	B-余熱除去ポンプ入口C/V内側隔離弁	電動弁		①	
RH-033A	A-余熱除去冷却器出口C/V内側連絡弁	電動弁	停止後の除熱 /炉心冷却	①	
RH-033B	B-余熱除去冷却器出口C/V内側連絡弁	電動弁		①	
-	A-格納容器再循環サンプ	容器	炉心冷却	②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
-	B-格納容器再循環サンプ	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
SIT1A	A-蓄圧タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
SIT1B	B-蓄圧タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
SIT1C	C-蓄圧タンク	容器		②	不燃材で構成されているため、火災によって影響を受けない。
SI-062A	高温側高圧注入Aライン止め弁	電動弁		①	
SI-062B	高温側高圧注入Bライン止め弁	電動弁		①	
SI-132A	A-蓄圧タンク出口弁	電動弁		①	
SI-132B	B-蓄圧タンク出口弁	電動弁		①	
SI-132C	C-蓄圧タンク出口弁	電動弁		①	

※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
RH-034A	Aループ高温側低圧注入ライン止め弁	電動弁	炉心冷却	①	
RH-034B	Cループ高温側低圧注入ライン止め弁	電動弁		①	
SI-133A	A-蓄圧タンク出口第1逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-133B	B-蓄圧タンク出口第1逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-133C	C-蓄圧タンク出口第1逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-135A	A-蓄圧タンク出口第2逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-135B	B-蓄圧タンク出口第2逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-135C	C-蓄圧タンク出口第2逆止弁テスト弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-169A	A-蓄圧タンク窒素供給弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-169B	B-蓄圧タンク窒素供給弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。
SI-169C	C-蓄圧タンク窒素供給弁	空気作動弁	②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため閉動作することから、系統機能への影響はない。	

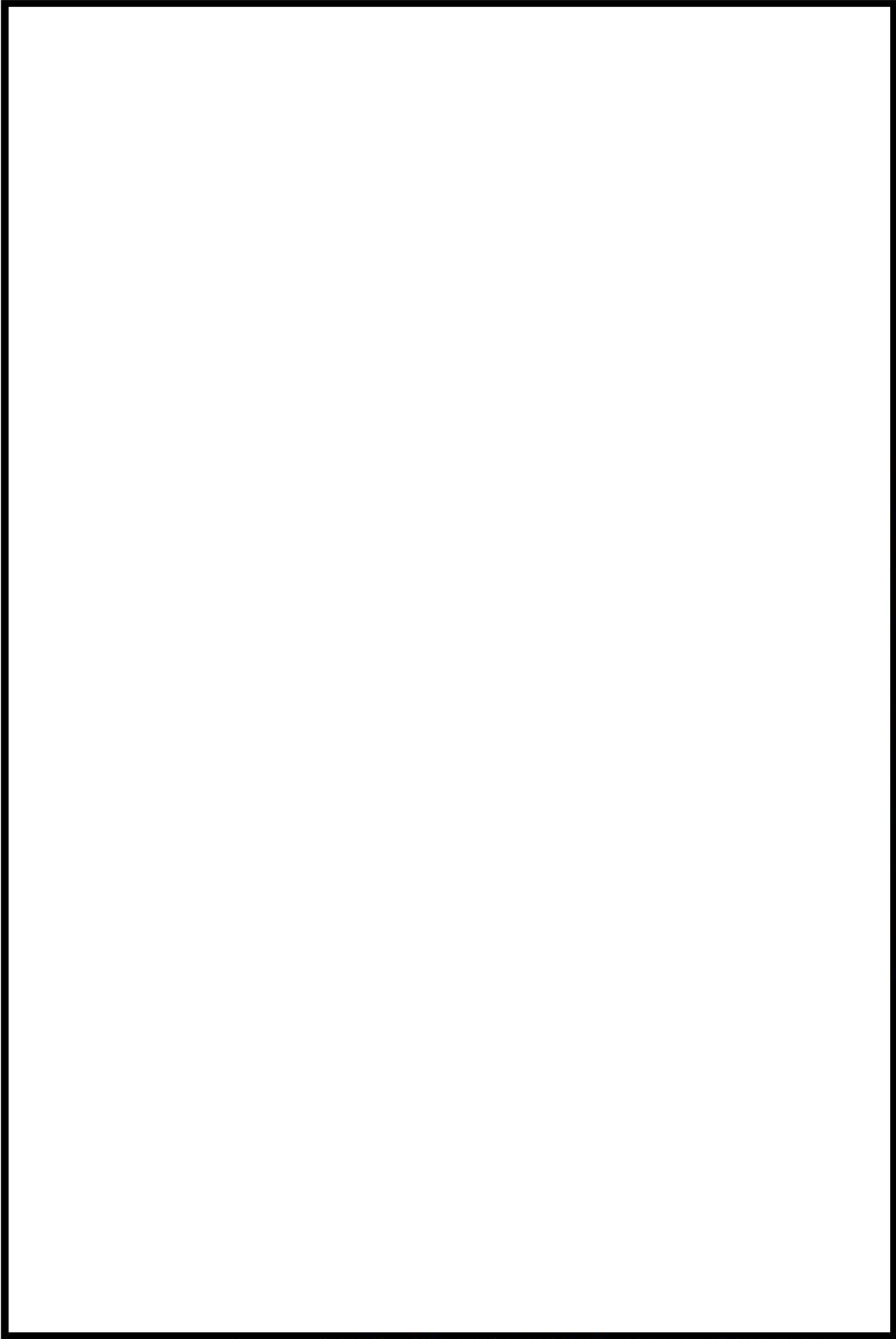
※以下の対策を実施する設計とする。
 ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
 ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
SI-182A	A-蓄圧タンク補給弁	空気作動弁	炉心冷却	②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため開動作することから、系統機能への影響はない。
SI-182B	B-蓄圧タンク補給弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため開動作することから、系統機能への影響はない。
SI-182C	C-蓄圧タンク補給弁	空気作動弁		②	他系統との連絡弁であるが、系統機能要求時に動作を要求されるものではないこと、火災影響により機能喪失した場合は、フェイルクローズ設計のため開動作することから、系統機能への影響はない。
IA-514A	A-制御用空気原子炉格納容器内供給弁	電動弁	サポート系 (制御用圧縮空気系)	①	
IA-514B	B-制御用空気原子炉格納容器内供給弁	電動弁		①	
N-31	中性子源領域中性子束 (N31)	中性子計測設備	プロセス監視	①	
N-32	中性子源領域中性子束 (N32)	中性子計測設備		①	
N-35	中間領域中性子束 (N35)	中性子計測設備		①	
N-36	中間領域中性子束 (N36)	中性子計測設備		①	
N-41	出力領域中性子束 (N41)	中性子計測設備		①	
N-42	出力領域中性子束 (N42)	中性子計測設備		①	
N-43	出力領域中性子束 (N43)	中性子計測設備		①	
N-44	出力領域中性子束 (N44)	中性子計測設備		①	
PT-410	A-ループ1次冷却材圧力 (Ⅲ)	圧力計測装置		①	
PT-430	C-ループ1次冷却材圧力 (Ⅳ)	圧力計測装置		①	
PT-451	加圧器圧力 (Ⅰ)	圧力計測装置		①	
PT-452	加圧器圧力 (Ⅱ)	圧力計測装置		①	
PT-453	加圧器圧力 (Ⅲ)	圧力計測装置		①	
PT-454	加圧器圧力 (Ⅳ)	圧力計測装置		①	
LT-451	加圧器水位 (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-452	加圧器水位 (Ⅱ)	水位計測装置		①	
LT-453	加圧器水位 (Ⅲ)	水位計測装置		①	
LT-454	加圧器水位 (Ⅳ)	水位計測装置		①	
LT-460	A-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-461	A-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅱ)	水位計測装置		①	
LT-462	A-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅲ)	水位計測装置		①	
LT-463	A-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅳ)	水位計測装置		①	
LT-464	A-蒸気発生器水位 (広域) (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-470	B-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-471	B-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅱ)	水位計測装置		①	
LT-472	B-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅲ)	水位計測装置		①	
LT-473	B-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅳ)	水位計測装置		①	
LT-474	B-蒸気発生器水位 (広域) (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-480	C-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅰ)	水位計測装置		①	
LT-481	C-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅱ)	水位計測装置		①	
LT-482	C-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅲ)	水位計測装置		①	
LT-483	C-蒸気発生器水位 (狭域) (Ⅳ)	水位計測装置		①	

※以下の対策を実施する設計とする。

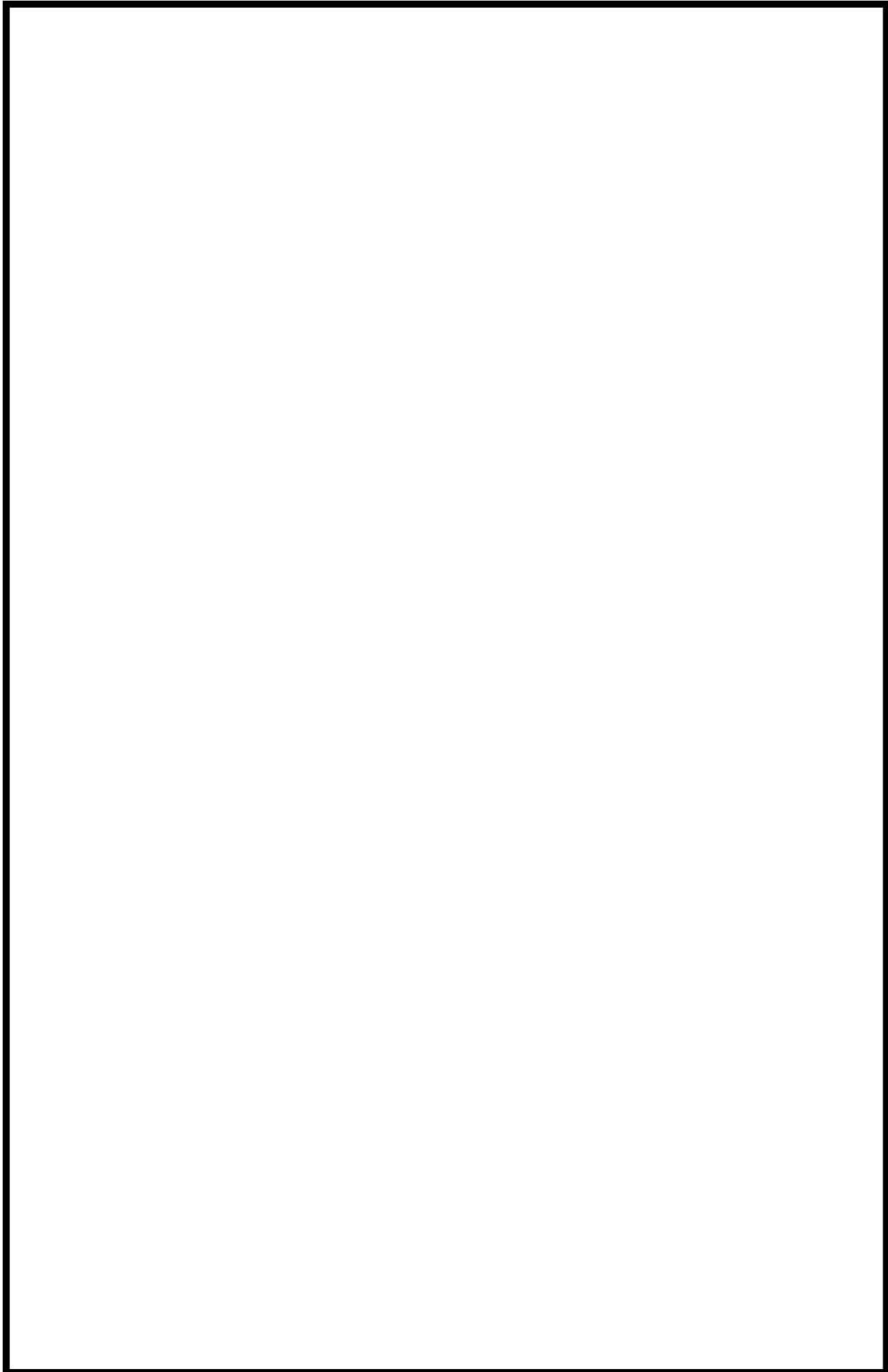
- ①火災防護対策に係る審査基準に基づく火災防護対策
- ②消防法又は建築基準法に基づく火災防護対策

設備番号	機器名称	機種	機能	対策	備考
LT-484	C-蒸気発生器水位 (広域) (I)	水位計測装置	プロセス監視	①	
TE-410	A-ループ1次冷却材高温側温度 (広域) (I)	温度計測装置		①	
TE-417	A-ループ1次冷却材低温側温度 (広域) (II)	温度計測装置		①	
TE-420	B-ループ1次冷却材高温側温度 (広域) (I)	温度計測装置		①	
TE-427	B-ループ1次冷却材低温側温度 (広域) (II)	温度計測装置		①	
TE-430	C-ループ1次冷却材高温側温度 (広域) (I)	温度計測装置		①	
TE-437	C-ループ1次冷却材低温側温度 (広域) (II)	温度計測装置		①	
TE-411A	A-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (I)	温度計測装置		①	
TE-411B	A-ループ1次冷却材低温側温度 (狭域) (I)	温度計測装置		①	
TE-413A	A-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (I)	温度計測装置		①	
TE-415A	A-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (I)	温度計測装置		①	
TE-421A	B-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (II)	温度計測装置		①	
TE-421B	B-ループ1次冷却材低温側温度 (狭域) (II)	温度計測装置		①	
TE-423A	B-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (II)	温度計測装置		①	
TE-425A	B-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (II)	温度計測装置		①	
TE-431A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (III)	温度計測装置		①	
TE-431B	C-ループ1次冷却材低温側温度 (狭域) (III)	温度計測装置		①	
TE-433A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (III)	温度計測装置		①	
TE-435A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (III)	温度計測装置		①	
TE-441A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (IV)	温度計測装置		①	
TE-441B	C-ループ1次冷却材低温側温度 (狭域) (IV)	温度計測装置		①	
TE-443A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (IV)	温度計測装置		①	
TE-445A	C-ループ1次冷却材高温側温度 (狭域) (IV)	温度計測装置		①	
FT-412	A-ループ1次冷却材流量 (I)	流量計測装置		①	
FT-413	A-ループ1次冷却材流量 (II)	流量計測装置		①	
FT-414	A-ループ1次冷却材流量 (III)	流量計測装置		①	
FT-415	A-ループ1次冷却材流量 (IV)	流量計測装置		①	
FT-422	B-ループ1次冷却材流量 (I)	流量計測装置		①	
FT-423	B-ループ1次冷却材流量 (II)	流量計測装置		①	
FT-424	B-ループ1次冷却材流量 (III)	流量計測装置		①	
FT-425	B-ループ1次冷却材流量 (IV)	流量計測装置		①	
FT-432	C-ループ1次冷却材流量 (I)	流量計測装置		①	
FT-433	C-ループ1次冷却材流量 (II)	流量計測装置		①	
FT-434	C-ループ1次冷却材流量 (III)	流量計測装置		①	
FT-435	C-ループ1次冷却材流量 (IV)	流量計測装置		①	
PT-592	格納容器圧力 (III)	圧力計測装置		①	
PT-593	格納容器圧力 (IV)	圧力計測装置		①	
TE-1980	格納容器内温度 (III)	温度計測装置		①	
TE-1981	格納容器内温度 (IV)	温度計測装置		①	
LT-620	A-格納容器再循環サンプ水位 (広域) (III)	水位計測装置		①	
LT-621	A-格納容器再循環サンプ水位 (狭域) (III)	水位計測装置		①	
LT-630	B-格納容器再循環サンプ水位 (広域) (IV)	水位計測装置		①	
LT-631	B-格納容器再循環サンプ水位 (狭域) (IV)	水位計測装置		①	
R-91A	A-格納容器高レンジエアモニタ (低レンジ) (III)	放射線計測設備		①	
R-91B	A-格納容器高レンジエアモニタ (高レンジ) (III)	放射線計測設備		①	
R-92A	B-格納容器高レンジエアモニタ (低レンジ) (IV)	放射線計測設備	①		
R-92B	B-格納容器高レンジエアモニタ (高レンジ) (IV)	放射線計測設備	①		




第8-5図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器（1/5）

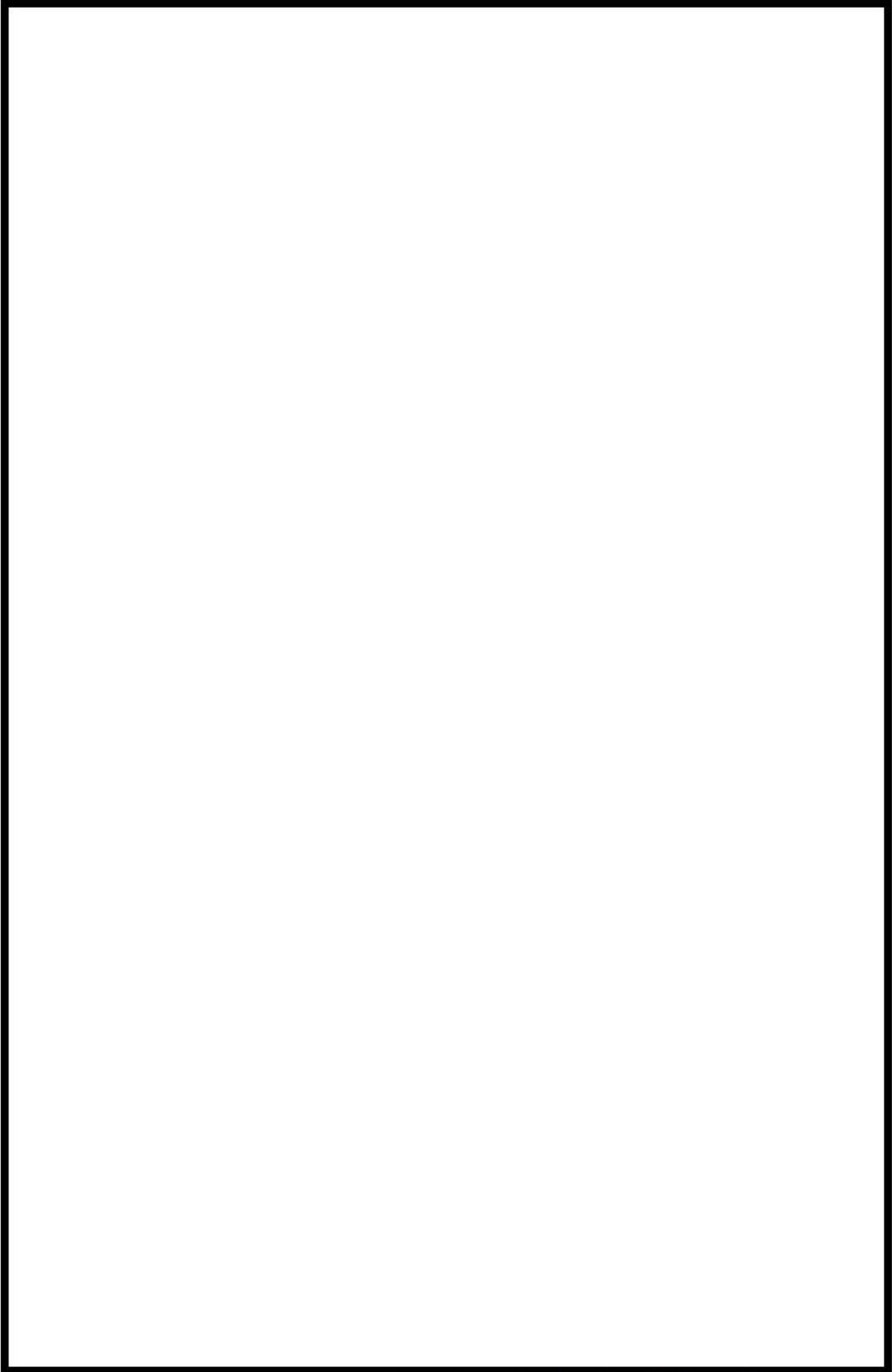
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。




第8-5図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器（2/5）

 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。

8条-別1-資 8-36




第8-5図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器（3/5）

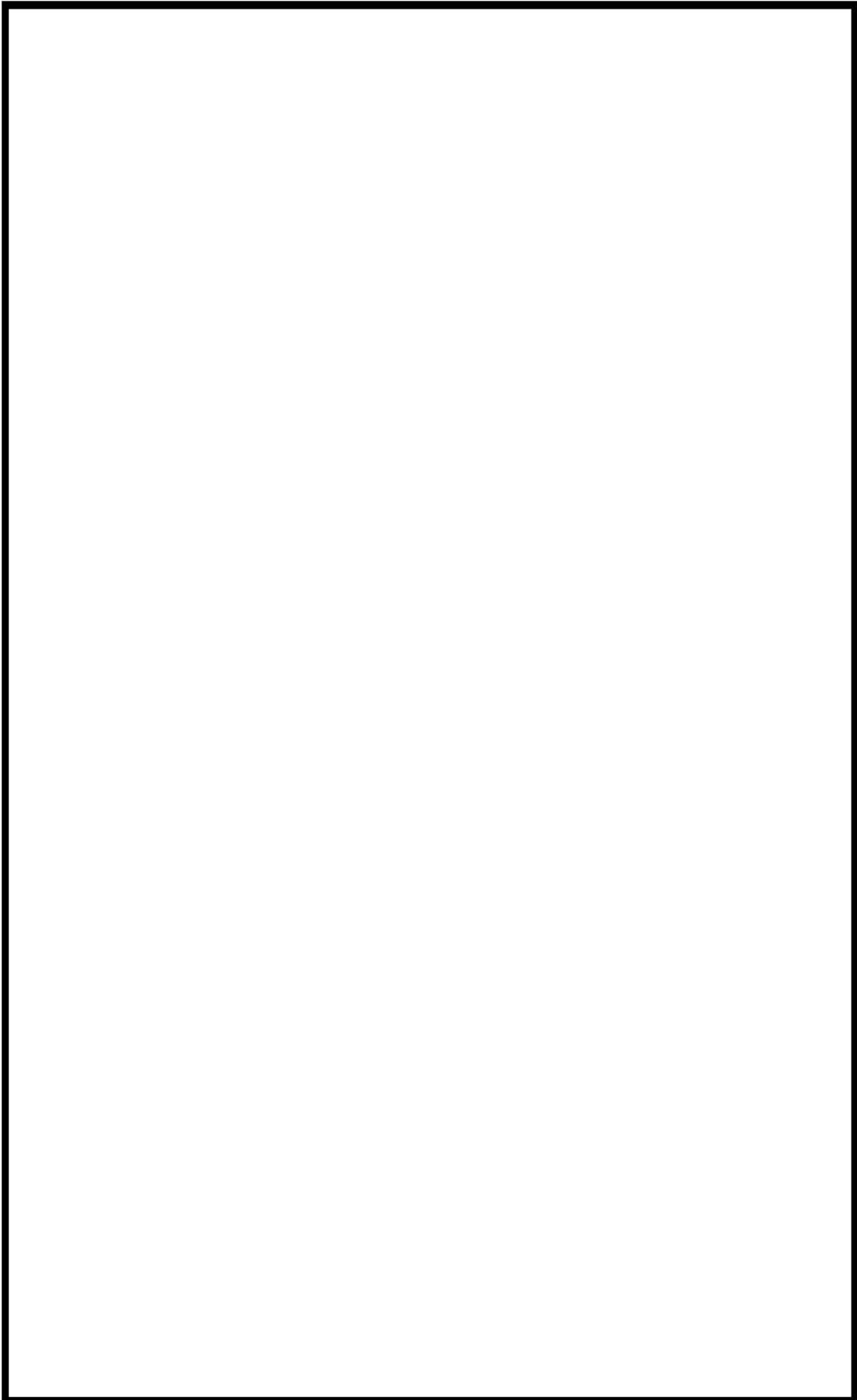
 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。




第8-5図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器（4/5）

 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。

8条-別1-資 8-38



第8-5図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器（5/5）

 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号炉における
原子炉格納容器内の消火活動の概要について

1. はじめに

原子炉格納容器内において、火災が発生した場合における消火活動の概要を示す。

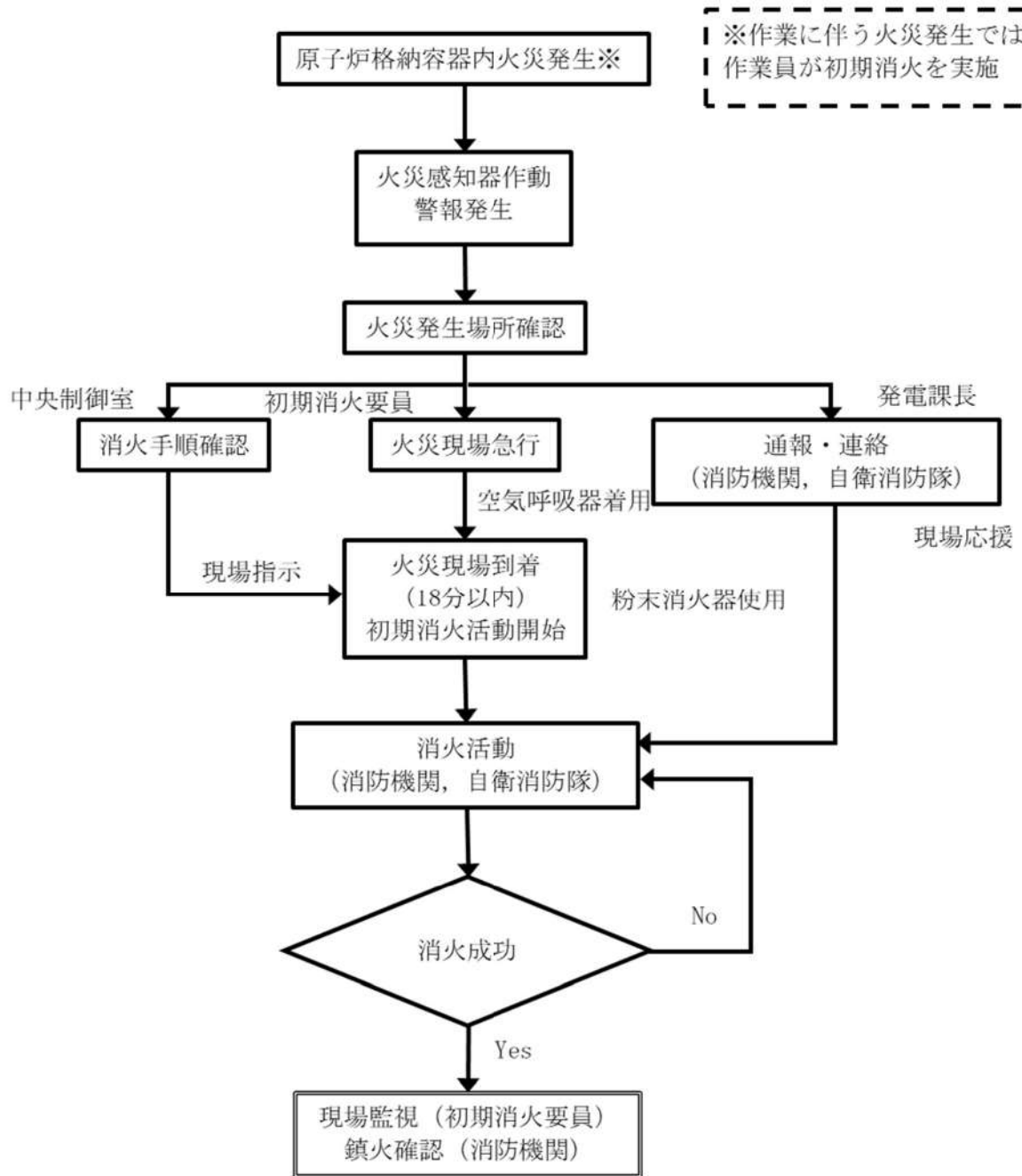
原子炉格納容器内火災の消火手段には、消火栓、消火器、原子炉格納容器スプレイがある。火災の規模が小さく、消火要員の安全性が確保できる場合は、消火器、消火栓を用いた消火活動を行い、それ以外の場合は、原子炉格納容器スプレイを使用する。以下では消火方法を決定する際の考え方、原子炉格納容器への立入方法を示す。ただし、ループ室内での火災を確認した場合は、火災規模によらず、原子炉格納容器スプレイによる消火を実施する。

2. 原子炉格納容器内の消火活動について

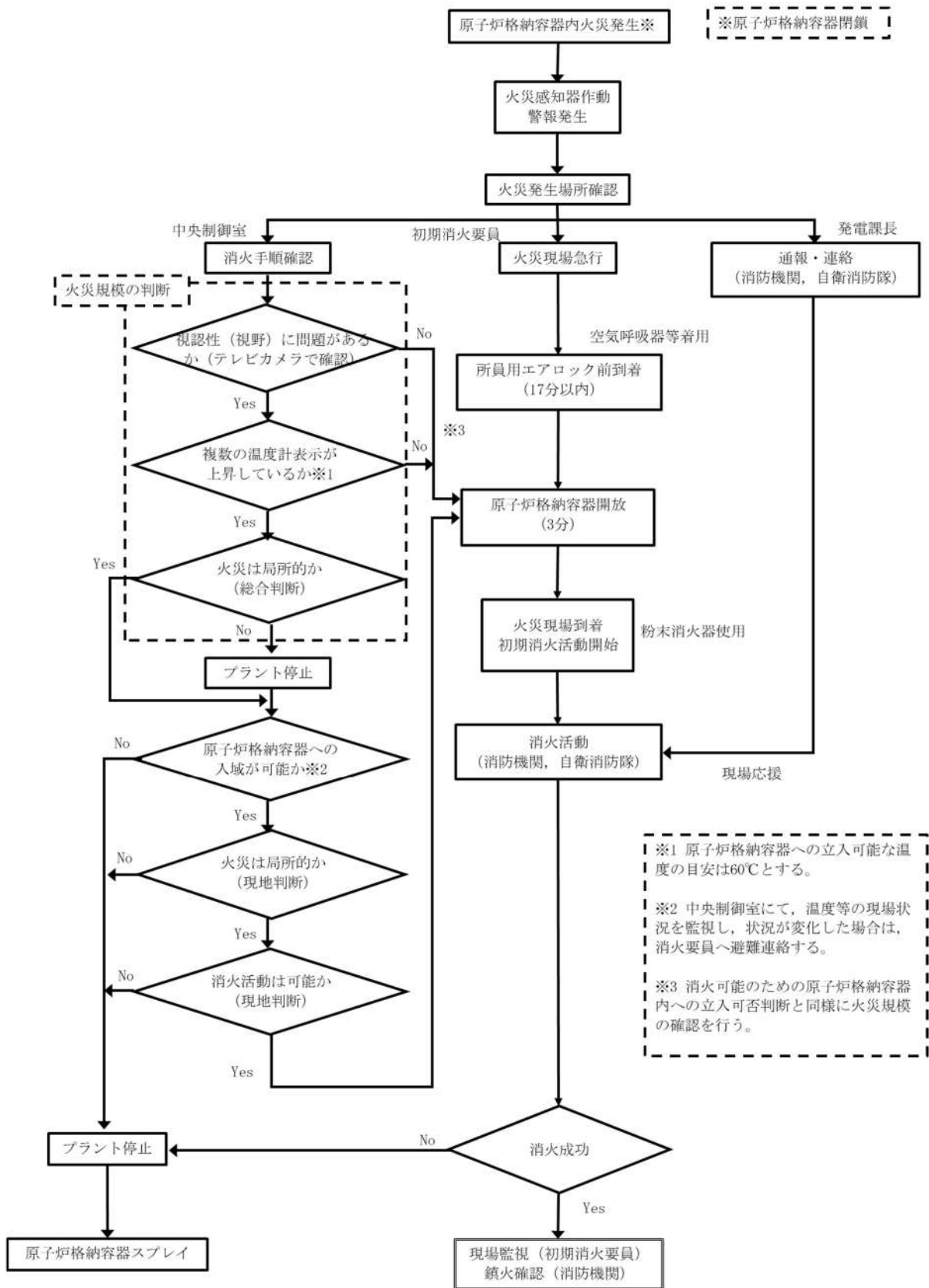
(1) 原子炉格納容器内における火災発生時の対応フロー

原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合、原子炉格納容器内のテレビカメラの映像、原子炉格納容器内の温度等から、火災が発生していない又は局所的な火災と判断できない場合は、原子力安全の観点から原子炉を手動停止する。次に、消火要員の安全性が確保できるかの観点から消火方法を決定し、原子炉格納容器内への立入が可能な場合は手動消火を行う。原子炉格納容器内への立入、手動消火が困難と判断した場合は、原子炉格納容器スプレイで消火する。

これらの判断フローを第 8-6 図、第 8-7 図に示す。



第 8-6 図：原子炉格納容器内での火災発生に対する対応フロー（定検等のプラント停止時）



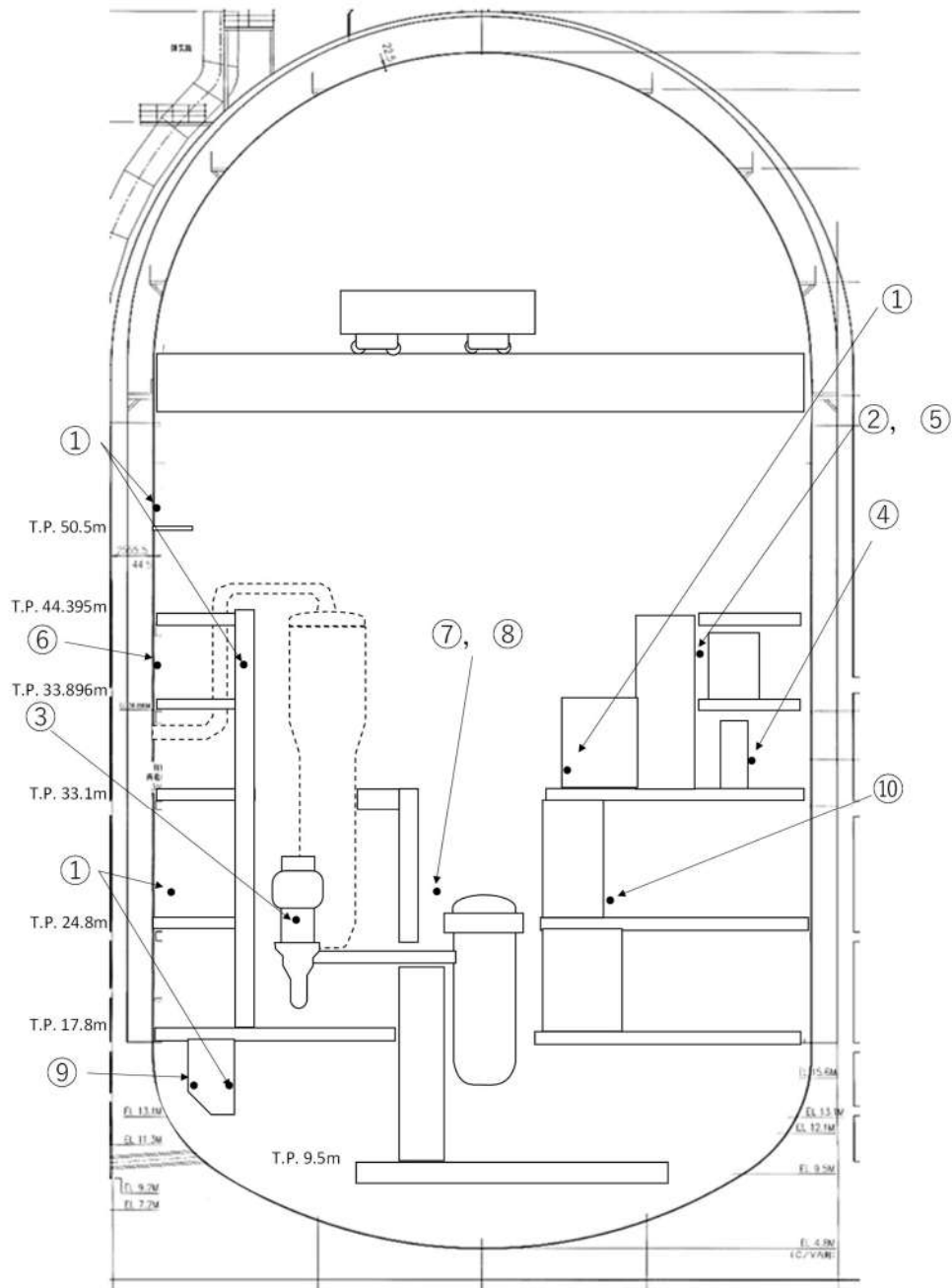
第 8-7 図：原子炉格納容器内火災の消火手段判断フロー

(2) 火災規模の判断

原子炉格納容器内では、ケーブル、電気盤、油内包機器での火災が想定される。原子炉格納容器内の火災感知器が作動した場合は、火災が発生しているか（原子炉格納容器内に煙が発生しているか）をテレビカメラで確認し、原子炉格納容器内の温度計、アナログ式の熱感知器により、原子炉格納容器内全体の温度が上昇しているかを確認する。

具体的には、原子炉格納容器内の第 8-8 図の温度計、資料 5 のアナログ式熱感知器で原子炉格納容器内の温度状況を確認し、一部の温度計のみが上昇していれば「局所火災」と判断し、多数の温度計が上昇している場合や明確に一部の温度計のみが上昇していると判断できない場合、原子炉格納容器の雰囲気温度が上昇している場合は、「広範囲の火災」と判断する。

また、原子炉格納容器内の火災感知器の誤作動も考慮し、プラントパラメータ、テレビカメラの映像も利用可能なものは上記判断の材料とする。



温度計	着眼点
① 格納容器内空気温度	原子炉格納容器内の代表的な雰囲気温度
② 格納容器再循環ユニット入口空気温度	原子炉格納容器内の代表的な雰囲気温度 (原子炉格納容器に設置しているファンの入口温度)
③ 1次冷却材ポンプ ・ 固定子巻線温度 ・ (上部/下部) ラジアル軸受温度 ・ スラスト軸受け (上部/下部) シュー温度	代表的な可燃物近傍の温度 (原子炉格納容器内で最大の可燃物を保有する1次冷却材ポンプ近傍の温度) 1次冷却材ポンプでの火災の発生状況が確認できる。
④ 格納容器再循環ファン電動機 (上部/下部) 軸受温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑤ 格納容器再循環ユニット出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑥ 制御棒駆動装置冷却ユニット出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑦ 制御棒駆動装置シュラウド入口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑧ 制御棒駆動装置シュラウド出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑨ 原子炉容器室冷却ファン出口空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。
⑩ 制御棒位置指示装置室内空気温度	周辺での火災発生状況が推定できる。

第 8-8 図：原子炉格納容器温度計配置図

(3) 原子炉格納容器内への立入方法

原子炉格納容器内の消火活動を行うためには、まず、消火要員の安全性が脅かされることなく、エアロックを開放し、原子炉格納容器へ入域する必要がある。ここでは、消火要員の安全性の確保を前提とした原子炉格納容器への立入方法を「エアロック開放時」と「エアロック開放後」で示す。

a. エアロック開放時

エアロック開放時に、消火要員の安全性が脅かされる可能性のある要因には、以下の「バックドラフト」と「高温環境」がある。

(a) バックドラフト

気密性の高い部屋で火災が発生すると、部屋内に空気（酸素）があるうちは、火炎が成長するが、燃焼により部屋内の空気が消費されると、火炎は縮小し、可燃性ガスが部屋内に充満する。この状態で、新鮮な空気（酸素）が部屋に流入すると、可燃性ガスが急速に燃焼するバックドラフト現象が発生する可能性がある。

可燃性物質の燃焼には、数パーセント以上の酸素（限界酸素濃度）が必要であり、テレビカメラで、初期段階と判断できる原子炉格納容器内の火災は、床面積 1260m²、高さ 76mの原子炉格納容器内の酸素濃度を著しく低下させないため、エアロック内扉を開放した際に、エアロック内の酸素（濃度約 20%）が原子炉格納容器内に流入したとしても、原子炉格納容器内の酸素濃度が急激に上昇し、バックドラフトが発生する可能性はない。

(b) 高温環境

原子炉格納容器の出入口であるエアロックは、EL33.1mとEL24.8mの2箇所がある。また、原子炉格納容器内のEL33.1mには、中央制御室から監視できる温度計（測定範囲～220℃）、を2つ設置している。また、中央制御室の火災受信機盤では、原子炉格納容器内のアナログ式の熱感知器（設置箇所は、資料5参照）からの温度データが確認できる。これらで、原子炉格納容器内温度計の指示が著しく上昇していない場合は、エアロック周辺は高温環境にないと判断し、エアロック開放作業を開始する。入域する際は、セルフエアセット等の保護装備を着用する。

エアロックの内扉（原子炉格納容器側の扉）と外扉（原子炉建屋側の扉）は、原子炉格納容器の気密性確保のため、同時に開放できない構造である。エアロックの開放作業をしている間に原子炉格納容器内の温度が著しく上昇していることを中央制御室で確認した場合は、ページング等でその旨を消火要員に伝え、原子炉格納容器内への立入りを中止させる。

エアロック内扉開放中又は開放後に、原子炉格納容器内が高温あるいは煙の影響が多

く、立入りが困難と判断した場合、原子炉格納容器スプレイによる消火に移行する。

b. エアロック内扉開放後

エアロック内扉開放後、消火要員は、原子炉格納容器内の状況を確認し、煙の影響が少なく、消火活動が可能と判断すれば、安全を確保しつつ、消火活動を行う。

ただし、エアロック内扉開放後に、原子炉格納容器内が煙等の影響で消火活動が困難と判断すれば、原子炉格納容器スプレイによる消火に移行する。

3. 資機材

(1) 消火器

定検等プラント停止中の原子炉格納容器内の火災に対して設置する消火器については、消防法施行規則第六条に基づき算出される必要量の消火剤を配備する設計とする。

定検等プラント停止中の消火器の設置本数については、粉末消火器 10 型を火災防護対象機器並びに火災源がある階層に設置する。設置位置については原子炉格納容器内の各階層に対して火災防護対象機器並びに火災源から消防法施行規則に定めるところの 20m 以内の距離に配置する。

プラント運転中の消火器の設置本数については、各階層単位で必要な消火能力を満足する消火器とし、10 型粉末消火器を格納容器通常用エアロック室に設置する。なお、原子炉格納容器内から撤去した残りの消火器についても、格納容器通常用エアロック室近傍に設置する。

一方、原子炉格納容器全体漏えい率検査時は原子炉格納容器を空気で加圧するため消火器の破損の可能性があることから、検査前に原子炉格納容器内の消火器を格納容器通常用エアロック室近傍に移動、設置し、検査終了後に原子炉格納容器内に再度設置する。(第 8-9 図)

(2) 消火ホース

原子炉格納容器内に消防法施行令第十一条（屋内消火栓設備に関する基準）に準拠し、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。

4. 所要時間

原子炉格納容器内における消火活動の成立性について、中央制御室から最も遠い距離に設置された油保有機器である格納容器冷却材ドレンポンプの火災発生を想定した消火活動の確認を行った。消火活動において確認した概要を第 8-9 表に、現場のホース敷設状況を第 8-9 図に示す。

第 8-9 表：消火活動確認概要

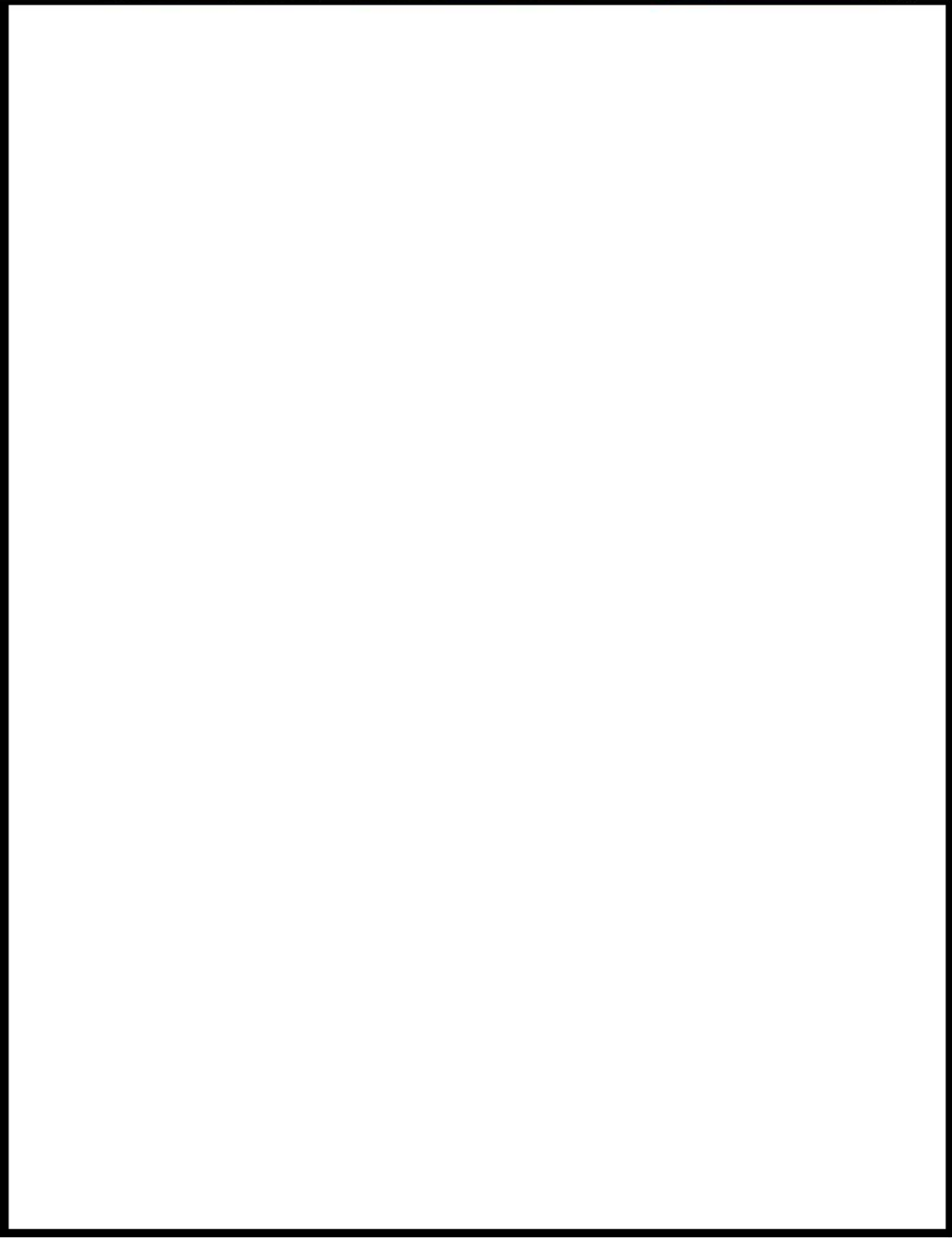
消火活動（模擬）	確認事項
①発電課長（当直）消火活動指示 （格納容器冷却材ドレンポンプを想定）	（起点）通報者からの連絡
②初期消火要員出動 3号機出入監視室に集合	—
③初期消火要員 装備装着（防火服，空気呼吸器等）	火災箇所の周知
④3号機エアロック前に到着	所要時間：約 17 分 APD 装着後管理区域入域
⑤エアロックより，原子炉格納容器内に入室	役割分担の確認
⑥火災現場に到着，消火器による初期消火開始	所要時間：約 1 分 並行して屋内消火栓の準備開始
⑦屋内消火栓による消火活動開始（消火器で消火失敗の場合）	所要時間：約 1 分 30 秒

この消火活動の確認において，初期消火要員は防火服，空気呼吸器等を着用し，格納容器冷却材ドレンポンプまで，消火器を確保しても 18 分以内に到着可能であることを確認した。さらに，所員用エアロック室に到着後，2 分程度で消火栓による消火が開始可能であることを確認した。

したがって，原子炉格納容器内の油保有機器である格納容器冷却材ドレンポンプで火災が発生したとしても，18 分以内に消火活動が開始可能であり，さらに火災発生から 20 分以内で消火栓による消火活動が開始可能である。

一方，原子炉起動中の原子炉格納容器内で火災が発生した場合には，上記確認の所要時間に加え，所員用エアロックの開放（約 3 分）が追加しても 21 分以内で消火活動が開始可能である。

原子炉格納容器内での火災に対し，迅速な消火活動を行うため，以上に示した火災発生時の対応フロー，資機材の配置，所要時間を基に原子炉格納容器の消火手順を作成する。



格納容器冷却材ドレンポンプ
⑤消火栓による消火




格納容器冷却材ドレンポンプ
④消火器による消火



③消火栓へのホース接続状態

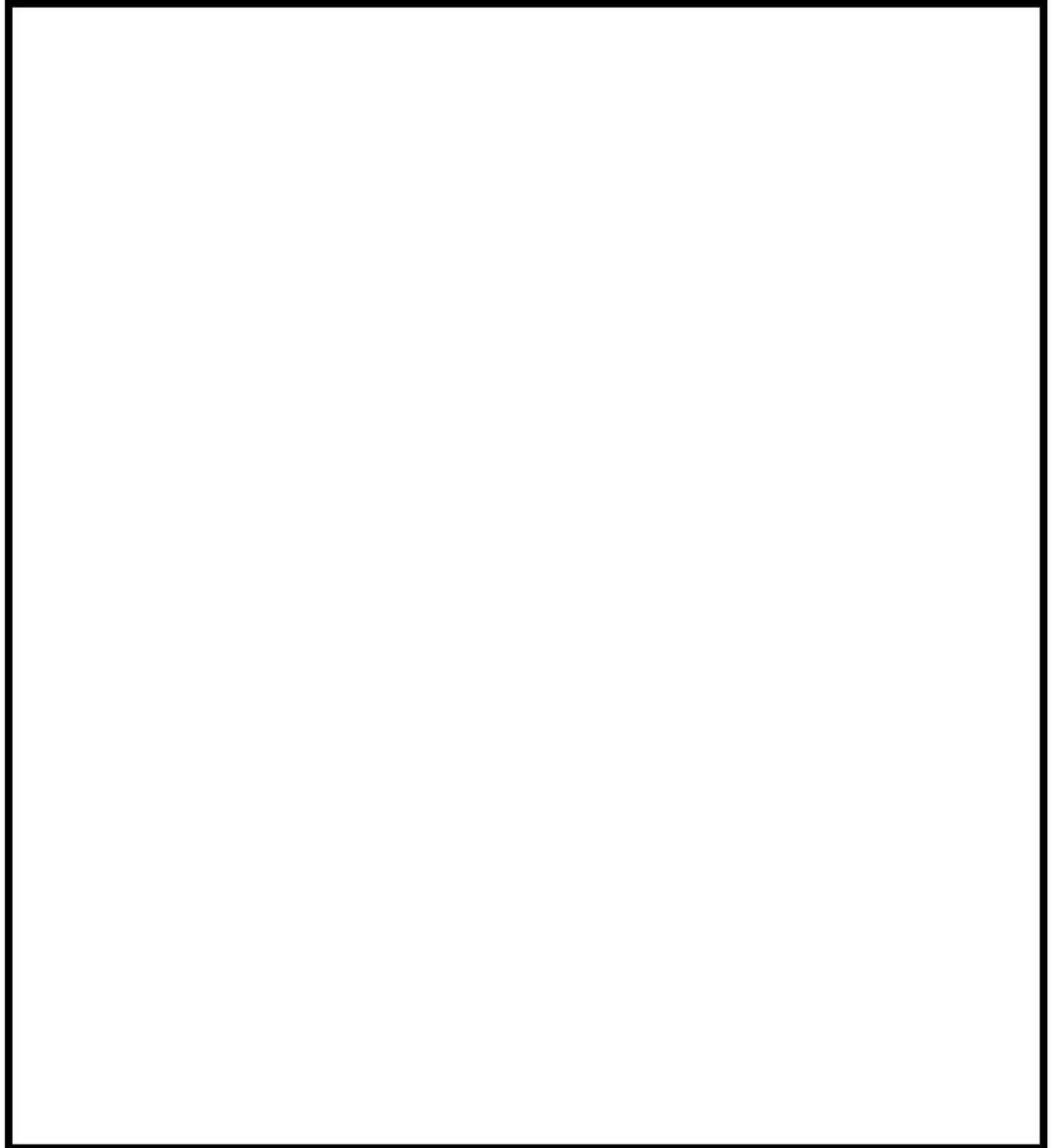
第8-9図：原子炉格納容器内の消火活動の確認状況

 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。


5. 原子炉格納容器内の消火器及び消火栓の設置位置

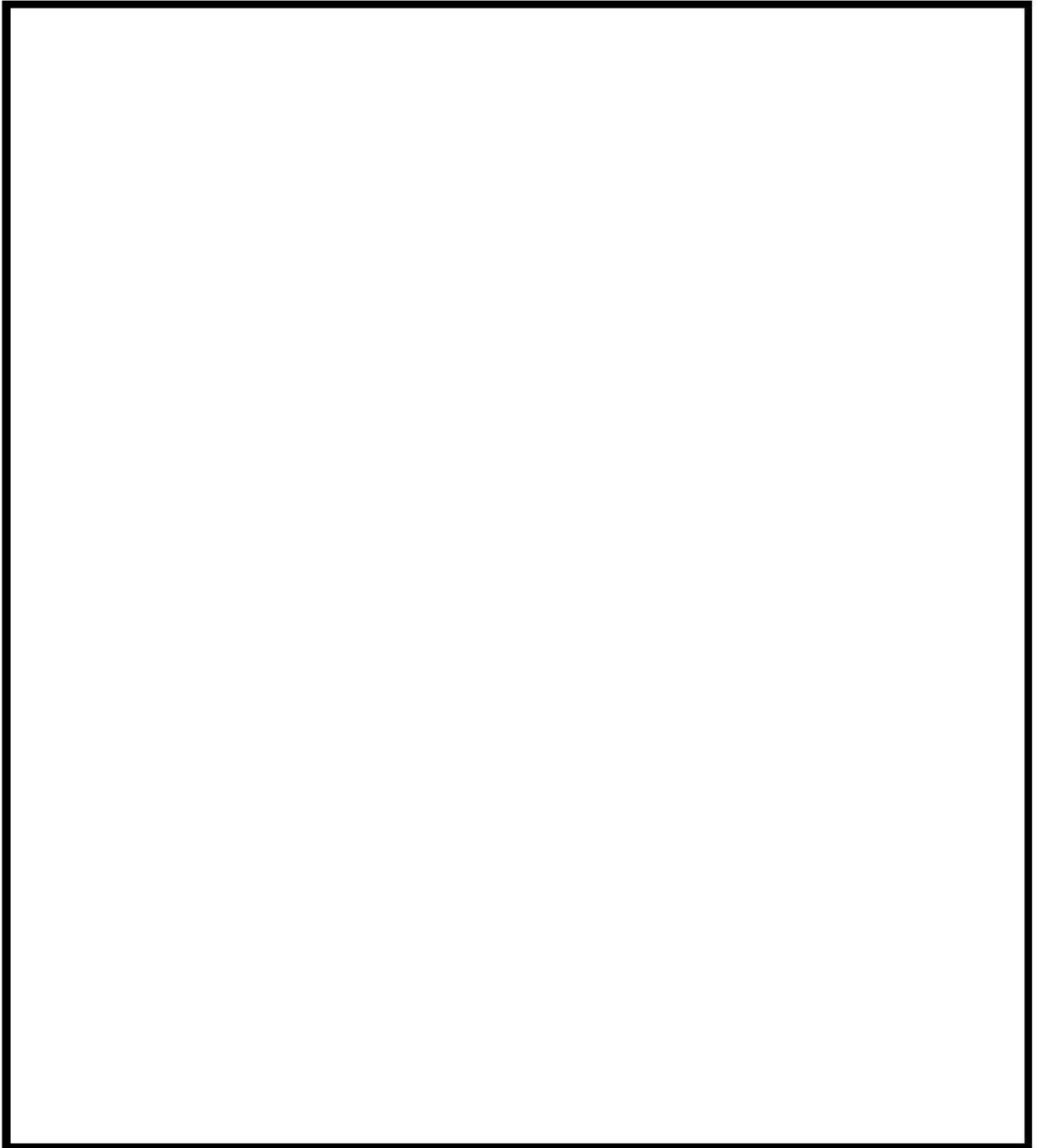
定検等プラント停止中における原子炉格納容器内の火災発生対応として設置する消火器の設置位置については、消防法施行規則に従い防火対象物である火災防護対象機器及び火災源から20m以内に設置する。屋内消火栓についても消防法施行令に基づいた設計とする。

消火器及び消火栓の配置確認結果を第8-10図に示す。




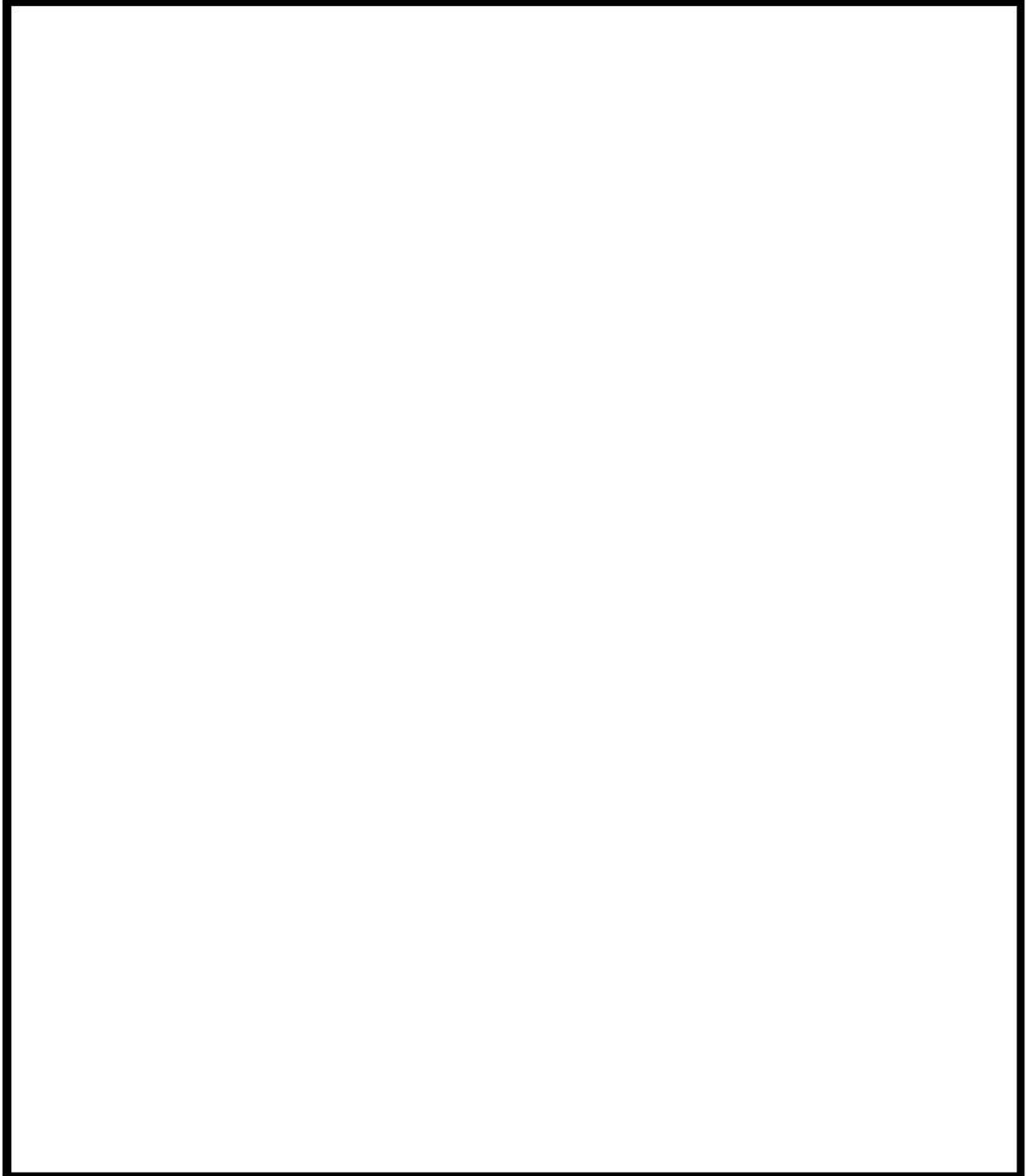
第8-10図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び消火器・消火栓配置図（1/4）

 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。




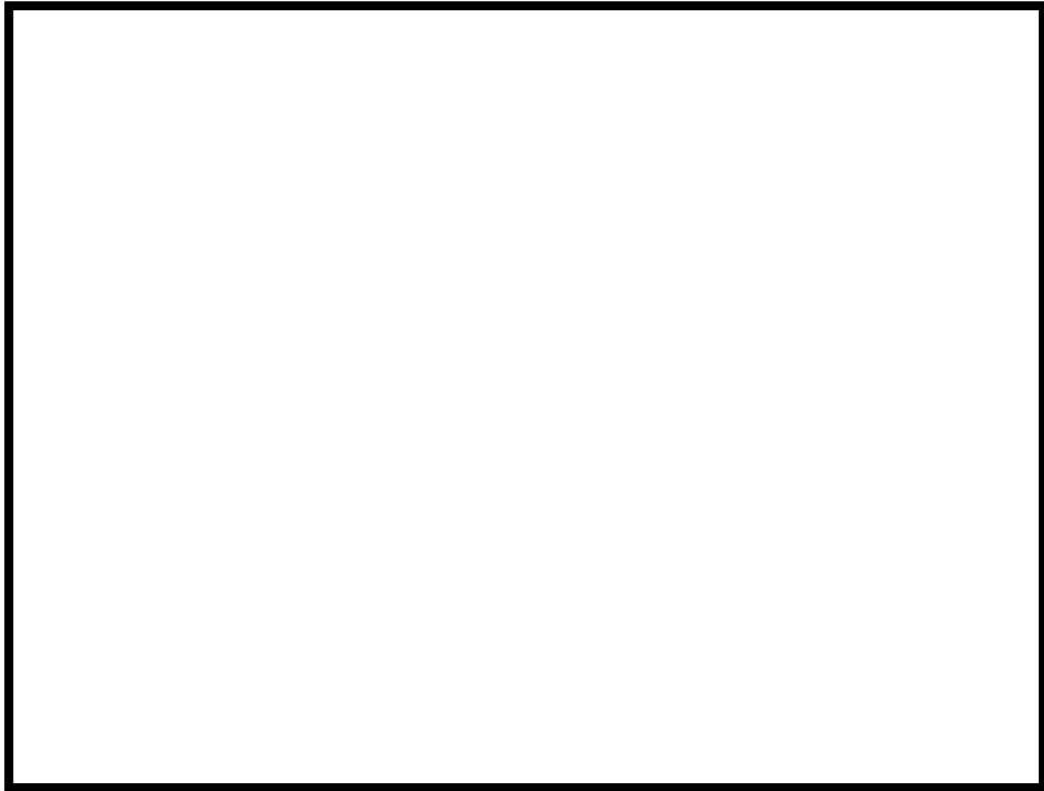
第 8-10 図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び消火器・消火栓配置図（2 / 4）

 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 8-10 図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び消火器・消火栓配置図（3 / 4）

 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 8-10 図：原子炉格納容器内の火災防護対象機器及び消火器・消火栓配置図（4 / 4）

 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号炉における
原子炉格納容器内火災時の想定事象と対応について

1. はじめに

原子炉格納容器内で発生する火災により、保守的に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等の設計基準事象を超える火災を想定しても、原子炉の高温停止及び低温停止を達成し維持することが可能か否かを確認する。

2. 原子炉格納容器内火災による影響の想定

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等の設計基準事象を超える火災を仮定し、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。

3. 原子炉の高温停止及び低温停止の達成，維持について

(1) 高温停止の達成

原子炉を高温停止するためには、制御棒を炉内に挿入することが必要であるが、原子炉格納容器内の制御棒駆動コイルの電源が火災によって喪失すると、制御棒は落下し、原子炉は自動停止する。なお、中央制御室から、原子炉格納容器外に設置している原子炉トリップ遮断器を開放することで、制御棒は挿入可能である。

また、原子炉の停止状態の確認は、制御棒が原子炉トリップ遮断器の開放により瞬時に炉内に挿入されることから、直ちに中性子源領域／中間領域検出器アセンブリにより、確認することができる。

原子炉停止直後に確認する高温停止状態は、火災が延焼していないことから、火災防護対象機器が機能を維持している間に以下のとおり確認可能である。

a. 蒸気発生器による冷却の確認

- ・原子炉格納容器外に設置している補助給水ポンプが自動起動して蒸気発生器2次側に給水し、主蒸気逃がし弁（自動制御）から蒸気を放出する。
- ・補助給水ポンプの手動起動、主蒸気逃がし弁の手動操作、主蒸気安全弁によっても冷却可能である。
- ・蒸気発生器水位伝送器により、蒸気発生器からの冷却が行われていることを確認する。原子炉格納容器外の主蒸気圧力（1次冷却材温度（低温側）の飽和圧力）で温度を監視する。

b. 加圧器圧力・水位の整定

- ・1次冷却系からの抽出系、充てん系等は、フェイルセーフ動作し、インベントリ、圧力は保持される。
- ・原子炉格納容器外の弁操作によっても、インベントリ、圧力の保持は可能である。

- ・ 1次冷却材圧力伝送器により、インベントリ確保、圧力維持を確認する。

主要項目	0分	10分
原子炉トリップ（自動または手動） ・ N I Sによる未臨界の確認	■	●
蒸気発生器による冷却の確認 ・ 蒸気発生器水位による冷却の確認 ・ 主蒸気圧力による冷却の確認	■	●
加圧器圧力・水位の整定 ・ 1次冷却材圧力によるインベントリ、 圧力の確認	■	●
モード3 高温停止確認	■	●
モード3 高温停止状態維持	■	●

※各項目の確認時間は、目安時間を示す。

第8-11 図：原子炉停止タイムチャート

(2) 高温停止の維持，低温停止への移行

原子炉を高温停止にした後，火災防護対象機器・ケーブル間のケーブルトレイが延焼し，両系列の火災防護対象機器の機能が失われたと仮定し，高温停止の維持，低温停止への移行に影響がないかを検討する。

(a) 検討条件

- ・ 火災は原子炉格納容器内全域で発生し，その影響で原子炉格納容器内の動的機器（ポンプ）は停止し，原子炉格納容器内の弁は遠隔操作不能（フェイル動作）とする。
- ・ 火災によって，1次冷却系圧力を低下させるようなバウンダリ機能の喪失は起こらない。*
- ・ 原子炉格納容器外の機器は火災の影響を受けない。
- ・ 高温停止に維持している間に鎮火する。

(b) 検討結果

原子炉格納容器内の両系列の火災防護対象機器の機能が失われた状態であっても，第8-10表に示す手段により，プラントを高温停止に維持することが可能である。なお，第8-10表には，高温停止達成手段をあわせて示す。

高温停止に維持している間に，消火し，原子炉格納容器内への立入りが可能になれば，計器を復旧する。計器復旧は，予備の1次冷却材圧力伝送器，蒸気発生器水位伝送器に交

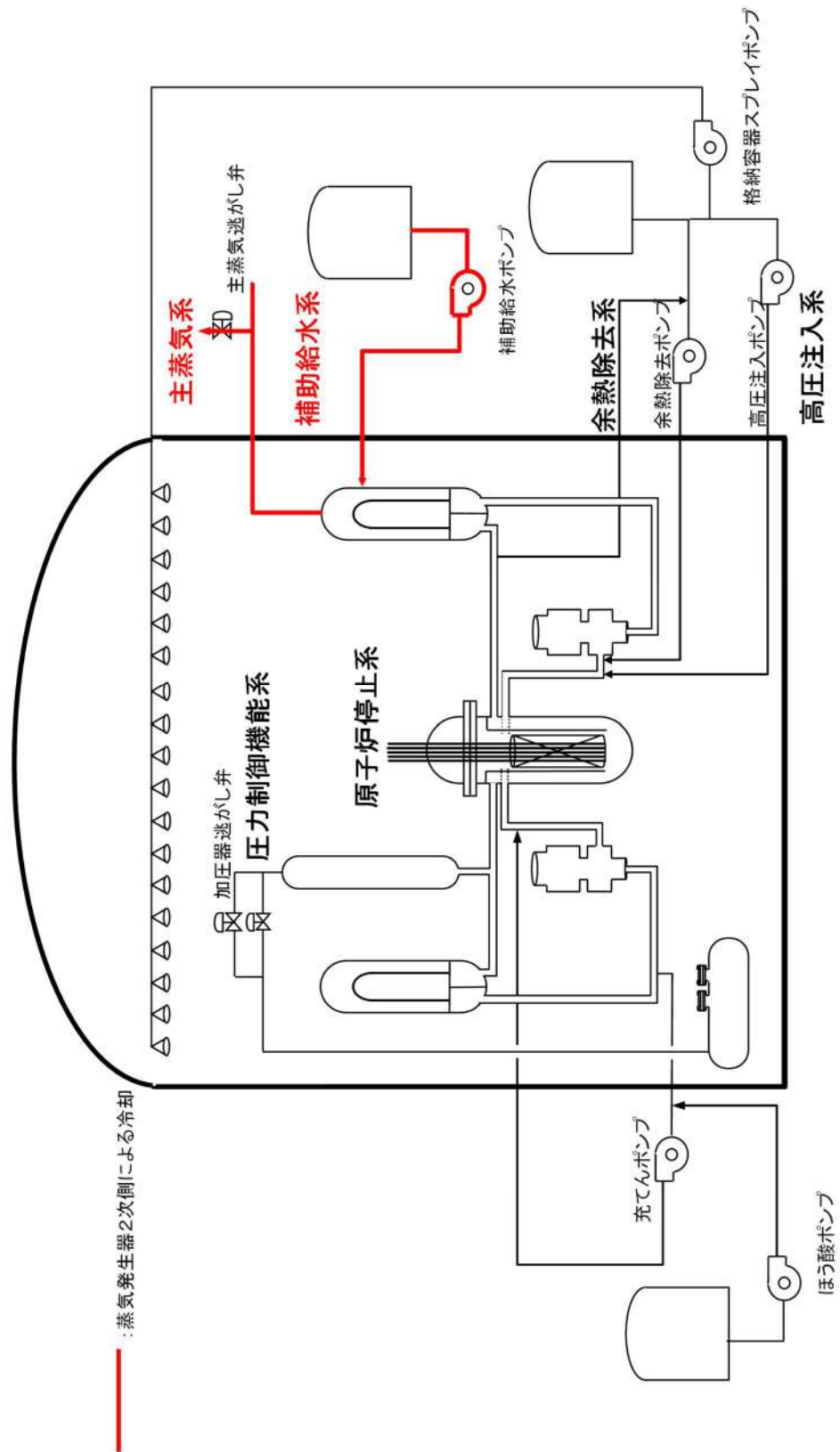
換することで行い、作業期間は1日程度である。計器復旧後、遠隔操作できないと仮定している原子炉格納容器内の弁（余熱除去系高温側隔離弁等）を手動で操作し、化学体積制御系、補助給水系、余熱除去ポンプ等を使用してほう酸濃縮、低温停止への移行を行う。なお、未臨界状態は、1次冷却材中のほう素濃度により、未臨界状態を監視する。

※ バウンダリ機能の喪失を想定しない理由

- ・配管等は火災によって機械的に破損しないため、配管等の破損によるバウンダリ機能の喪失は想定しない。
- ・弁等には、膨張黒鉛を主成分とするガスケット、パッキン類を使用しているが、これらは弁、フランジの内部に取り付けており、火災によって直接加熱され、燃焼することはない。これらのシート面は機器内の流体と接しており、大幅な温度上昇は考えにくい。万一、長時間高温になって、シート性能が低下したとしても、シート部からの漏えいが発生する程度で、バウンダリ機能が失われることはない。
- ・火災の影響で、加圧器逃がし弁が誤開放しても、加圧器逃がし弁元弁が閉止され、1次冷却系の圧力を低下させるようなバウンダリ機能の喪失にならない。

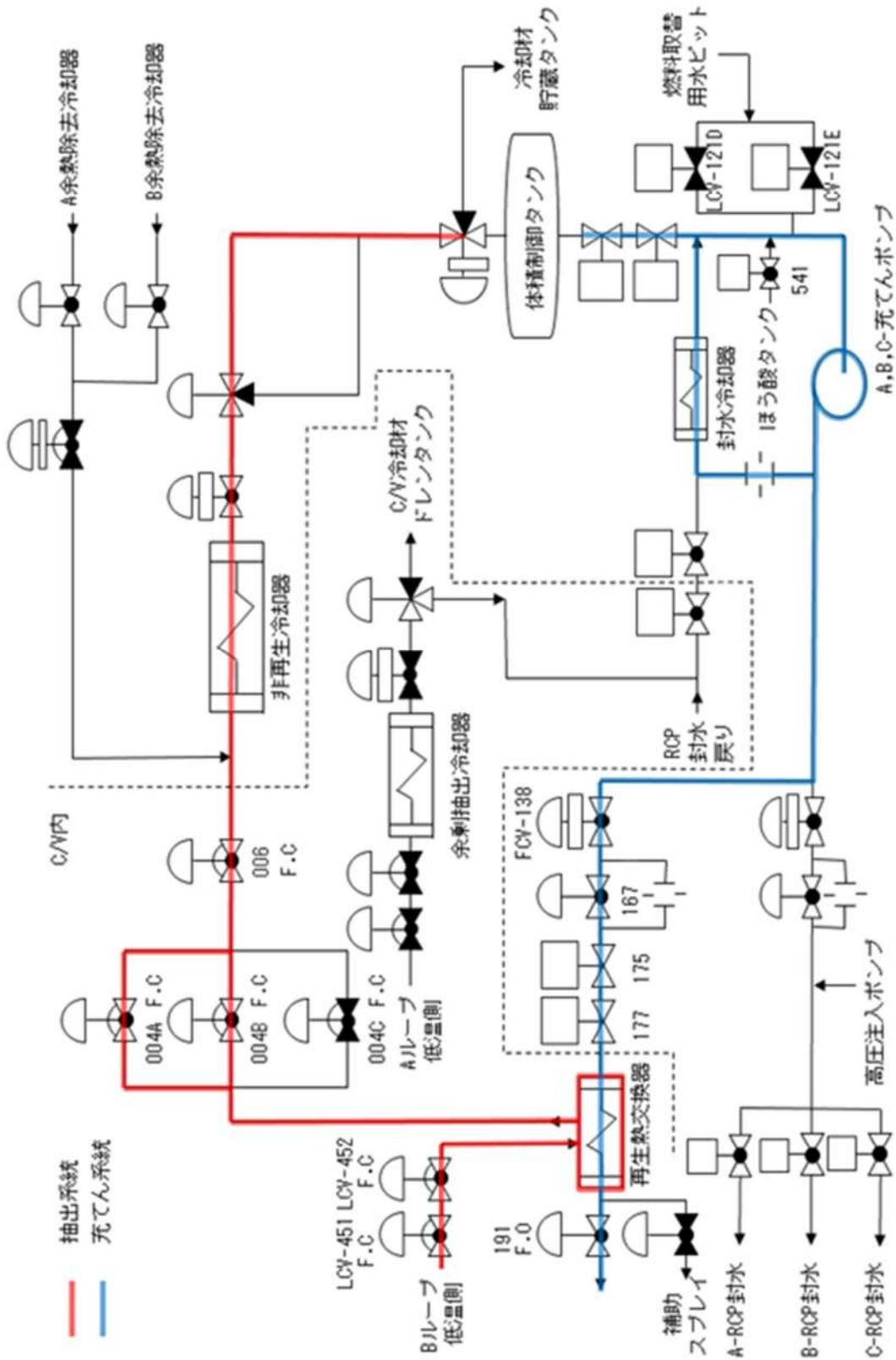
第8-10表：原子炉格納容器外からの原子炉停止・冷却手段

機能	手段
原子炉停止 (未臨界維持)	<p>高温停止到達</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内の原子炉トリップコイルの電源が火災によって喪失すると、制御棒は落下し、原子炉は自動停止。 中央制御室から、原子炉格納容器外に設置している原子炉トリップ遮断器を開放することで、制御棒は挿入可能。 中性子束検出器アセンブリにより、原子炉停止を確認。
	<p>高温停止維持</p> <ul style="list-style-type: none"> 反応度が添加されていないことを、原子炉格納容器外の主蒸気圧力（冷却されていないこと）、原子炉格納容器外の抽出流量、充てん流量、体積制御タンクの水位（希釈されていないこと）から監視。
冷却 (高温停止維持)	<p>火災発生後、高温停止到達まで</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器外に設置している補助給水ポンプが自動起動して蒸気発生器2次側に給水し、主蒸気逃がし弁（自動制御）から蒸気放出。 補助給水ポンプの手動起動、主蒸気逃がし弁の手動操作、主蒸気安全弁によっても冷却可能。 蒸気発生器水位伝送器により、蒸気発生器からの冷却が行われていることを確認。原子炉格納容器外の主蒸気圧力（1次冷却材温度（低温側）の飽和圧力）で温度を監視。
	<p>高温停止維持</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊熱を除去し、高温停止を維持していることを、原子炉格納容器外の補助給水ポンプによる蒸気発生器への給水流量から監視。原子炉格納容器外の主蒸気圧力（1次冷却材温度（低温側）の飽和圧力）により、温度が安定していることを監視。
1次冷却材系統の インベントリ確保、 圧力維持	<p>火災発生後、高温停止到達まで</p> <ul style="list-style-type: none"> 1次冷却材系統からの抽出系、充てん系等は、フェイルセーフ動作し、インベントリ、圧力は保持される。 原子炉格納容器外の弁操作によっても、インベントリ、圧力の保持は可能。 1次冷却材圧力伝送器により、インベントリ確保、圧力維持を確認。
	<p>高温停止維持</p> <ul style="list-style-type: none"> 圧力、インベントリを変動させる要因がないことを、原子炉格納容器外の抽出流量、充てん流量、体積制御タンク水位等から監視。



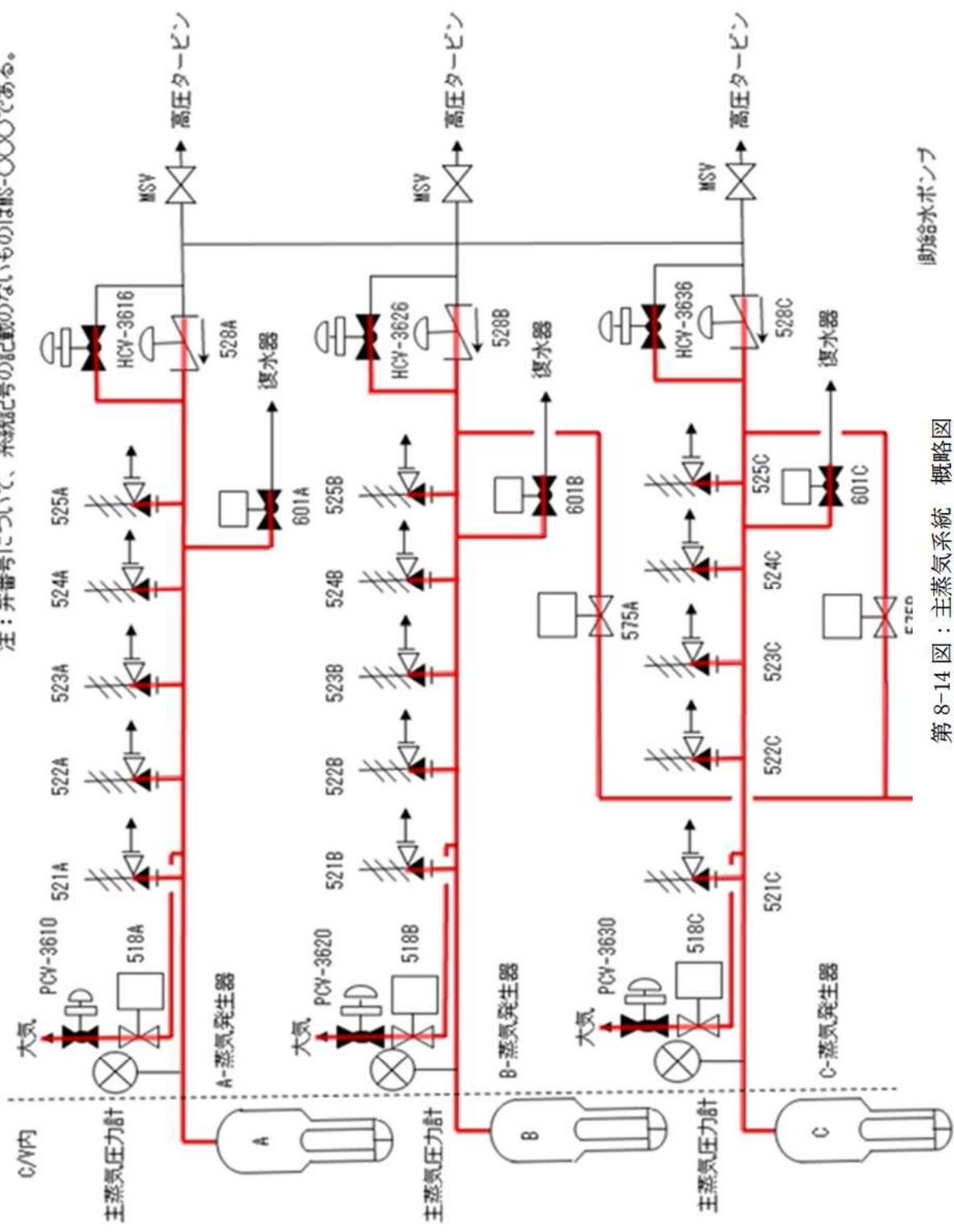
第 8-12 図 原子炉格納容器廻り概略図

注：弁番号について、系統記号の記載のないものはCS-○○○である。



第 8-13 図：化学体積制御系統 概略図

注：弁番号について、系統記号の記載のないものはMS-○○○である。



助給水ポンプ

第 8-14 図：主蒸気系統 概略図

4. まとめ

保守的に、起動中の原子炉格納容器内の火災発生により、原子炉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等の設計基準事象を超える火災を想定しても、運転操作、現場操作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ことが可能であることを確認した。

原子炉格納容器内のケーブルトレイへの
鉄製の蓋を設置する範囲について

原子炉格納容器内のケーブルトレイへの鉄製の蓋を設置する範囲について

1. はじめに

原子炉格納容器においては、火災防護対象ケーブルに関連する火災防護対象機器の機能維持の信頼性を向上させるため、延焼防止及び火炎による影響を防止することを目的として、火災防護対象ケーブルが敷設されているケーブルトレイ及び電線管の周囲のケーブルトレイに対して、鉄製の蓋を設置する。

鉄製の蓋を設置すべきケーブルトレイの選定に当たっては、資料7「火災防護対象機器等の系統分離について」と同様に、防護すべきケーブルを特定する必要がある。

具体的には、プロセスを監視しながら原子炉を安全に停止し、冷却を行うことが必要であり、このため、以下の監視機能を達成するための手段（安全停止パス）を回路評価及び手動操作に期待してでも、少なくとも1つ確保する必要がある。

【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】

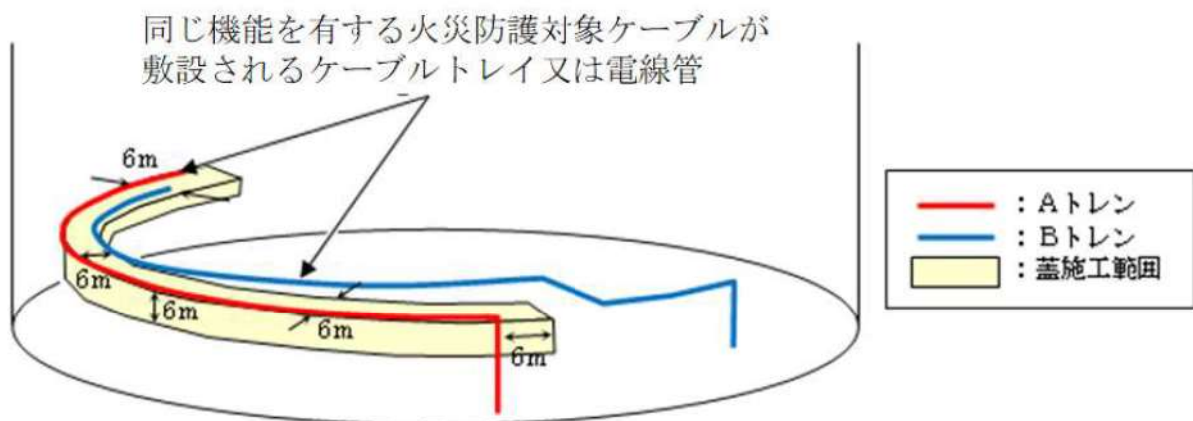
- (1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能
- (2) 過剰反応度の印加防止機能
- (3) 炉心形状の維持機能
- (4) 原子炉の緊急停止機能
- (5) 未臨界維持機能
- (6) 原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能
- (7) 原子炉停止後の除熱機能
- (8) 炉心冷却機能
- (9) 工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能
- (10) 安全上特に重要な関連機能
- (11) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能
- (12) 事故時のプラント状態の把握機能
- (13) 異常状態の緩和機能
- (14) 制御室外からの安全停止機能

従って回路評価及び手動操作を考慮しても、安全停止パスが確保されない火災防護対象ケーブルが敷設されているケーブルトレイ及び電線管の周囲のケーブルトレイに対して、鉄製の蓋を設置する。

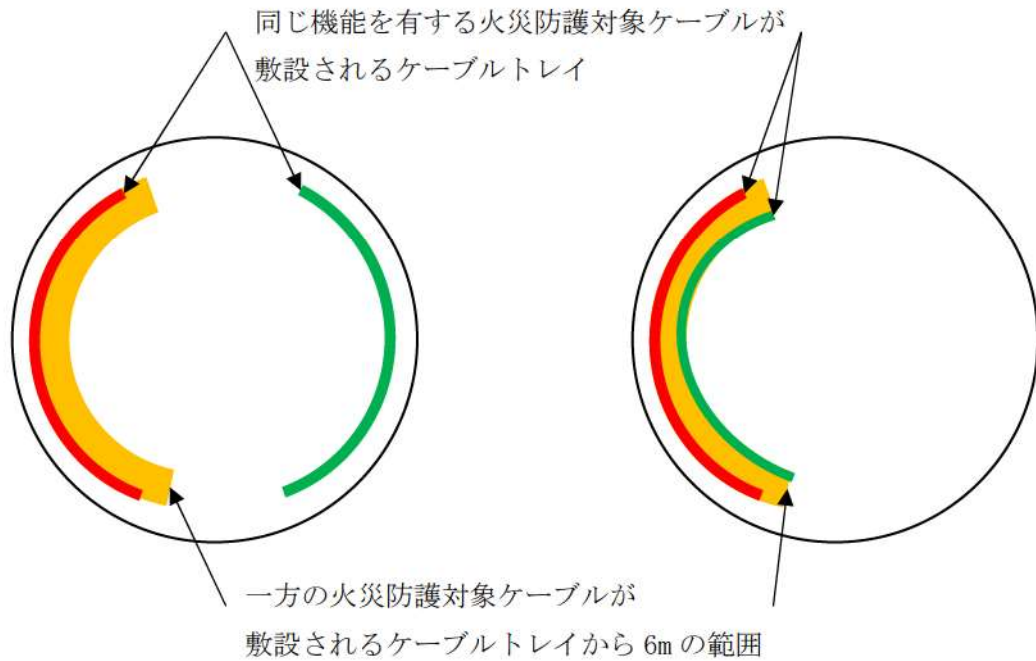
2. 対策を要する火災防護対象ケーブル

回路評価及び手動操作を考慮しても、成功パスが確保されない火災防護対象ケーブルを表1に示す。同じ機能を有する異なる系統間（Aトレン及びBトレン）の機器が、同時に機能喪失することを防ぐため、影響軽減対策としてこれらが敷設されているケーブルトレイ及び電線管の周囲のケーブルトレイに対し、鉄製の蓋を設置する（第1図参照）。また、設置範囲を資料8別紙1に示す。

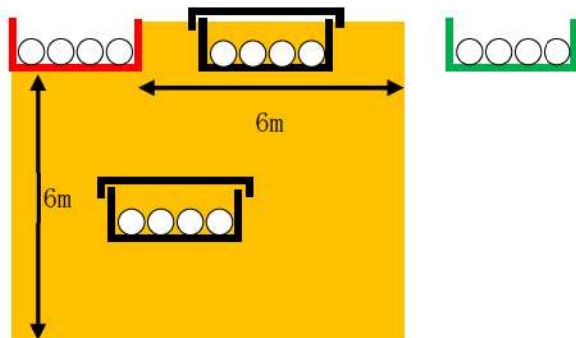
- (1) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6m以上の離隔を有する場合は、いずれか一方の系統の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイから6m以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して、蓋を設置する設計とする。
- (2) 同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ同士が6mの離隔を有しない場合は、同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが敷設される両方のケーブルトレイ及びいずれか一方の系統の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイから周囲6m以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して、蓋を設置する設計とする。
(第2図)
- (3) 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、いずれか一方の系統の火災防護対象ケーブルが敷設される電線管の周囲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。
- (4) 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(3)と同じ対策を実施する設計とする。
(第3図)



第1図：原子炉格納容器内のケーブルトレイへの鉄製の蓋設置イメージ

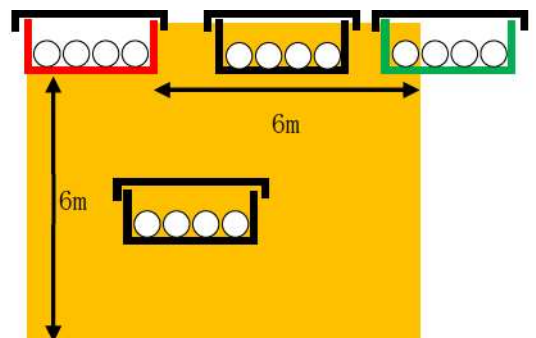


同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが 6m の離隔を有する場合



(1) 周囲のケーブルトレイからの火災の影響を軽減するため、いずれか一方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鉄製の蓋を設置する。

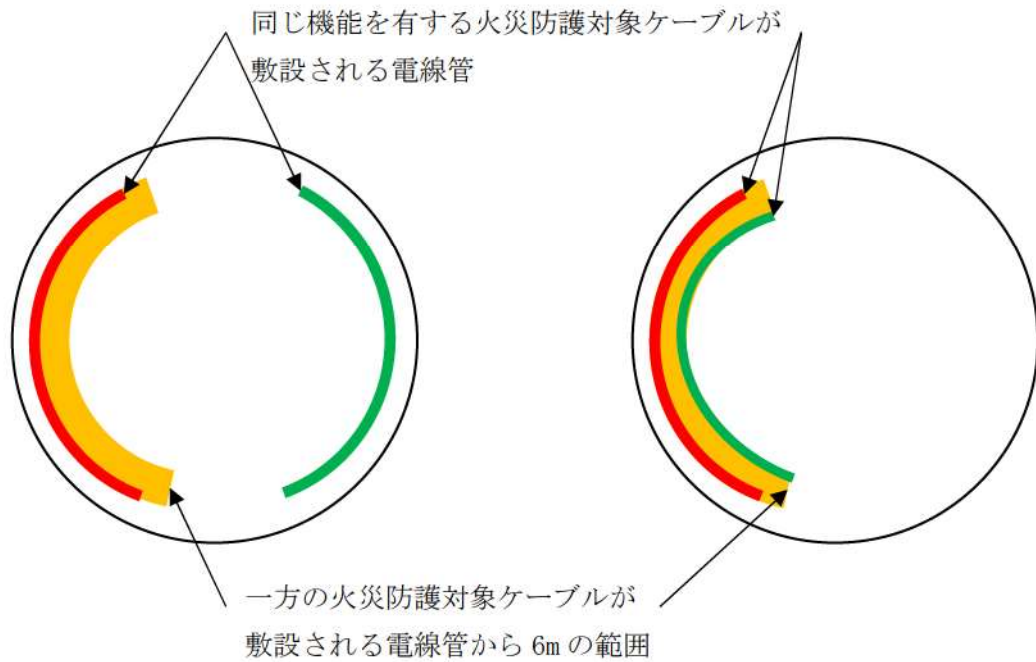
同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが 6m の離隔を有しない場合



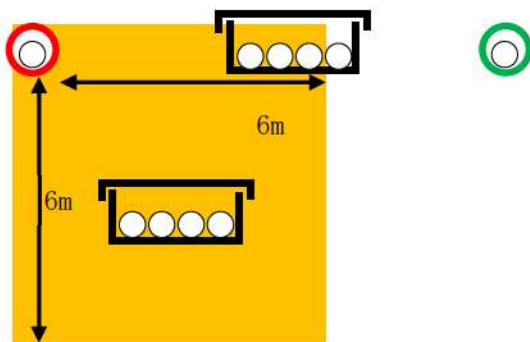
(2) 周囲のケーブルトレイ及び一方の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイからの火災の影響を軽減するため、火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイ及びいずれか一方の火災防護対象ケーブルが敷設されるケーブルトレイから 6m 以内の範囲に位置するケーブルトレイに対して鉄製の蓋を設置する。

※ケーブルトレイに設置する鉄製の蓋には、消火水がケーブルトレイへ侵入するための開口を設置する。

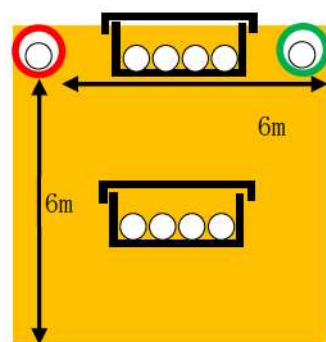
第 2 図：原子炉格納容器内のケーブルトレイへの鉄製の蓋設置
(火災防護対象ケーブルがケーブルトレイに敷設される場合)



同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが 6m の離隔を有する場合



同じ機能を有する火災防護対象ケーブルが 6m の離隔を有しない場合




(3) , (4) 周囲のケーブルトレイからの火災の影響を軽減するため、いずれか一方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鉄製の蓋を設置する。

※ケーブルトレイに設置する鉄製の蓋には、消火水がケーブルトレイへ侵入するための開口を設置する。

第 3 図：原子炉格納容器内のケーブルトレイへの鉄製の蓋設置
(火災防護対象ケーブルが電線管に敷設される場合)

第1表：対策を要する原子炉格納容器内の火災防護対象ケーブル

機器名	Aトレン	Bトレン
余熱除去ポンプ入口C/V内側隔離弁		
余熱除去冷却器出口C/V内側連絡弁		
加圧器逃がし弁		
加圧器逃がし弁元弁		
高温側高圧注入A, Bライン止め弁		
A, Cループ高温側低圧注入ライン止め弁		
中性子源領域中性子束		
1次冷却材圧力		
加圧器水位		
蒸気発生器水位（広域）		
Aループ1次冷却材温度（広域）		
Bループ1次冷却材温度（広域）		
Cループ1次冷却材温度（広域）		

 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。

添付資料 2

泊発電所 3号炉における
一部の同軸ケーブルの延焼防止性について

泊発電所 3号炉における
一部の同軸ケーブルの延焼防止性について

1. はじめに

安全機能を有する機器に使用している核計装用ケーブルや放射線監視設備用ケーブルは、微弱電流・微弱パルスを扱うことから、耐ノイズ性を確保するために不燃性（金属）の電線管に敷設するとともに、絶縁体に誘電率の低い架橋ポリエチレンを有する同軸ケーブルを使用している。このうちの一部のケーブルについては、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判定基準を満足しない。

このため、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験を満足しない同軸ケーブルについては、他のケーブルからの火災による延焼や他のケーブルへの延焼が発生しないよう、電線管の両端を耐火性のコーキング材（DF パテ）で埋めることで、酸素不足による燃焼継続防止を図る。（第 1 図）本資料では、コーキング材の火災防護上の有効性について示す。

2. 電線管敷設による火災発生防止対策

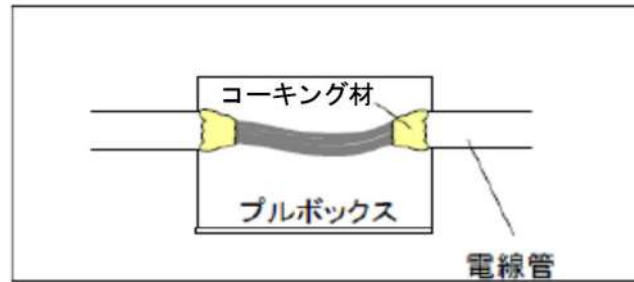
2.1. 酸素不足による燃焼継続の防止

安全機能を有する機器に使用している核計装用ケーブルや放射線監視設備用ケーブルは、耐ノイズ性を確保するため、ケーブルを電線管内に敷設している。

電線管内に敷設することにより、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足しないケーブルが電線管内で火災になったとしても、電線管の両端をコーキング材で密閉することにより、外気から容易に酸素の供給できない閉塞した状態となり、電線管内の酸素のみでは燃焼が維持できず、ケーブルの延焼は継続できない。

ここで、IEEE383 垂直トレイ燃焼試験の判定基準を満足していないケーブル 1m あたりを完全燃焼させるために必要な空気量は約 0.70m^3 であり、この 0.70m^3 が存在する電線管長さが約 80m である（別紙 1）ことを考慮すると、最大長さが約 48m である電線管は、約 600mm だけ燃焼した後は酸素不足となり、延焼継続は起こらないと判断される。

また、プルボックス内の火災についても、プルボックスの材料が鋼製であり、さらに、コーキング材により電線管への延焼防止が図られていることから、ケーブルの延焼はプルボックス内から拡大しないと判断する。



第1図：プルボックスの火災発生防止処理（例）

2.2. コーキング材について

コーキング材は、常温では硬化しにくく、亀裂等を起こさず、長時間にわたり適度な柔らかさを維持し、以下の特性を有するものである。

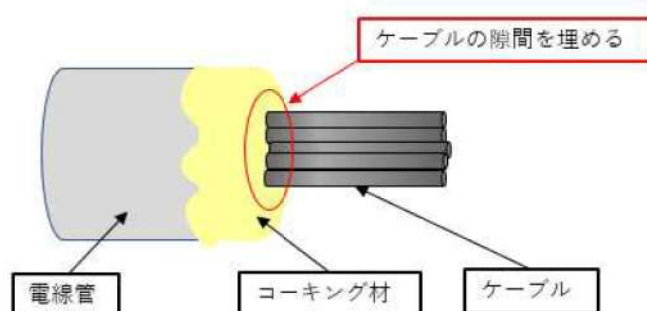
(1) 主成分

炭素成型剤，発泡剤，難燃性脱水剤，鉱油系バイнда，無機質充てん剤，難燃性補強繊維他

(2) シール性

コーキング材は、常温で硬化しにくく、長時間にわたり適度な柔らかさが確保される性質であり、また、火災の影響を受けると加熱発泡により膨張すること（約300℃で発泡し、その膨張力により空隙を塞ぐ効果と発泡層の断熱及び酸素遮断効果を生む）、また、第2図に示すとおり隙間なく施工することから、シール性を有している。

なお、電線管内において火災が発生した場合には、電線管内の温度が上昇するため、電線管内の圧力が電線管外より高くなり、電線管外から燃焼が継続できる酸素の流入はないと考えられる。



第2図：コーキング材の施工方法

(3) 保全

コーキング材の保全については、コーキング材の耐久性が製品メーカーにおける熱加速試験に基づき、常温 40℃の環境下において約 40 年の耐久性を有することが確認されている（別紙 2）こと、及びコーキング材の特性を踏まえ、設備の点検計画を定めている保全計画に定める。

同軸ケーブル燃焼に必要な空気量について

1. 同軸ケーブル燃焼評価について

同軸ケーブル燃焼評価の例としては、最も保守的な条件についてのみ掲載することとし、他の条件の計算結果については第 1 表の同軸ケーブル燃焼評価結果に示す。

密閉された電線管内に敷設された同軸ケーブルが燃焼する場合、最もケーブルが長く燃焼する条件としては、燃焼に必要な空気量が最も多く存在し、かつ単位長さあたりの燃焼に必要な空気量が最も少ない組み合わせである。以下、この組み合わせの燃焼評価を示す。

2. 同軸ケーブルにおけるポリエチレン

同軸ケーブルの材料のうち燃焼するものはポリエチレンである。また、単位長さの燃焼に消費する空気量が最も少ないものは、燃焼するポリエチレンの量が最も少ない同軸ケーブルとなる。

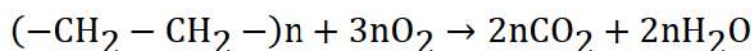
資料 4 第 4-2 表のケーブル No. 12, 13 の線種で最もポリエチレンの量が少ないケーブルは No. 12 である。

絶縁体 : (架橋) ポリエチレン 38g/m
内部シース : (架橋) ポリエチレン 16g/m

3. 燃焼に必要な空気量

(1) ポリエチレン

ポリエチレンの燃焼を示す以下の式より、ポリエチレン 1mol の燃焼には $3n$ mol の酸素が必要である。(分子量 : ポリエチレン ; $28n$ (n は重合数), 酸素 ; 32)



ポリエチレン 1g ($1/28n$ mol) に必要な酸素 ($3n/28n$ mol) の体積は、標準状態 (0°C , 1 気圧) での 1mol の体積を 0.0224m^3 とすると、常温状態 (40°C , 1 気圧) で 0.00275m^3 となる。

$$\frac{1}{28n} [\text{mol}] \times 3n \times 0.0224 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \right] \times \frac{273 + 40}{273} = 0.00275 [\text{m}^3]$$

空気中の酸素濃度を 21% とすると、ポリエチレン 1g に必要な空気量は、以下より 0.0131m³ となる。

$$0.00275[m^3] \times \frac{100}{21} = 0.0131[m^3]$$

同軸ケーブル 1m あたりのポリエチレンの重量は 54g であることから、同軸ケーブル 1m の燃焼に必要な空気の体積は、以下より約 0.71m³ となる。

$$0.0131 \left[\frac{m^3}{g} \right] \times 54[g] = 0.7074[m^3]$$

4. ケーブル 1m の燃焼に必要な空気量を保有する電線管長さ

同軸ケーブルを布設している電線管で最も空気量を保有している電線管は、厚網電線管 G104 (内径 106.4mm) である。内径 106.4mm の電線管において、ケーブル 1m の燃焼に必要な空気量を保有する電線管長さは、以下より約 80m となる。

$$L = \frac{\text{空気量}}{\text{断面積}} = \frac{0.7074[m^3]}{\left(\frac{106.4 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \times \pi[m^2]} = 79.6[m]$$

第 1 表：同軸ケーブル燃焼評価結果

線種No.	絶縁材名		シース名		ケーブル 1mの燃 焼に必要 な空気量 [m ³]	1m燃焼に必要な空気量を 保有する電線管長さ[m]			電線管内で燃焼する同軸 ケーブル長さ[m]		
	材料	ポリエ チレン 含有量 [g/m]	材料	ポリエ チレン 含有量 [g/m]		電線管サイズ			電線管サイズ		
						φ 21.9	φ 54	φ 106.4	φ 21.9	φ 54	φ 106.4
11	架橋ポリエチレン	38	架橋ポリエチレン	16	1.140	1878.0	308.9	79.6	0.026	0.155	0.603

DF パテの耐久性について

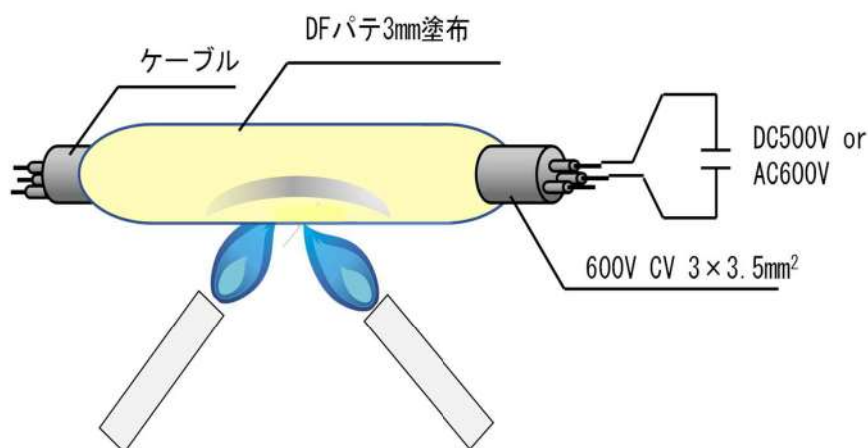
1. はじめに

DF パテは、火炎に接すると炭化発泡してケーブルの焼細り空隙を塞ぐ効果と発泡層の断熱効果及び酸素遮断効果により耐火性能を発揮するものであるが、長期間高温にさらされると劣化する。

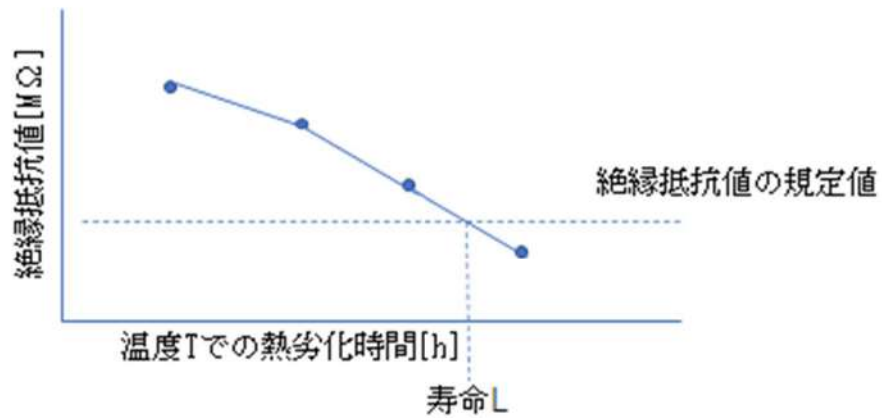
DF パテの劣化が進むと、発泡効果の低下に伴い断熱効果が低下するので、熱劣化させた供試体を複数製作し、耐久性を確認した。

2. 試験概要

- ・ DF パテを塗布したケーブルに炎を当てた場合、DF パテの劣化が進行している程、耐火性能が低下（炎によるケーブルの絶縁性能への影響を防ぐ効果が低下）していることから、ケーブルの絶縁機能の低下が早い。
- ・ DF パテの劣化度合いを確認するためには、熱劣化させた供試体（ケーブルに DF パテを塗布したもの）をバーナの火炎に一定時間あて、その後のケーブルの絶縁抵抗値を指標とすることができる。
- ・ 熱劣化条件（温度、時間）を変えた供試体を複数作成し、バーナの火炎により、一定時間炙り絶縁抵抗値を測定した結果より、絶縁抵抗値の規定値となる熱劣化時間を求め、その熱劣化時間をその熱劣化温度での寿命とした。



第3図：供試体概要図



第4図：温度Tでの熱劣化時間



第5図：熱劣化試験の結果

- ・ 上記に示す各温度での寿命結果を用いて、アレニウス則により寿命評価した結果、DFパテの寿命は、常温 40℃で約 40 年との結果を得た。

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。

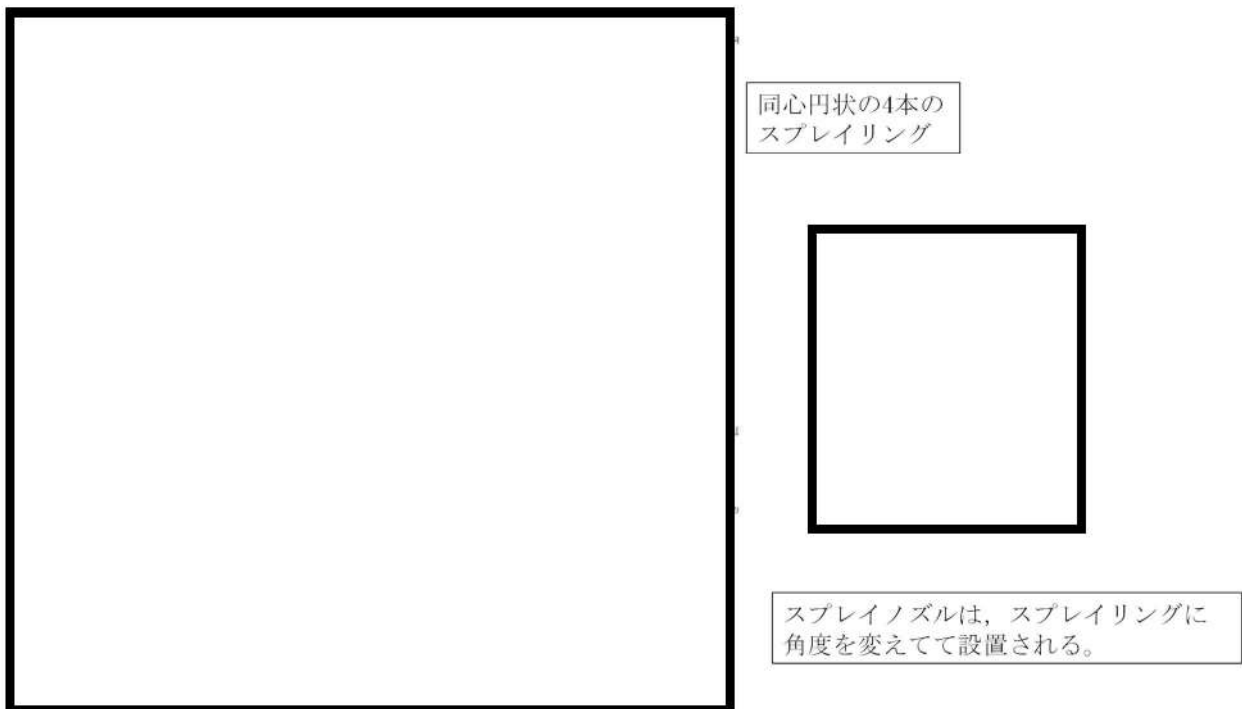
原子炉格納容器スプレイの消火性能

原子炉格納容器スプレイの消火性能

原子炉格納容器内の火災発生時には、燃料取替用水ピットをサクションとした原子炉格納容器スプレイポンプにより給水し、原子炉格納容器内のほぼ全域にスプレイ可能な格納容器スプレイ系統を消火設備として使用することから、格納容器スプレイ系統の消火性能について以下に示す。

(1) 原子炉格納容器スプレイについて

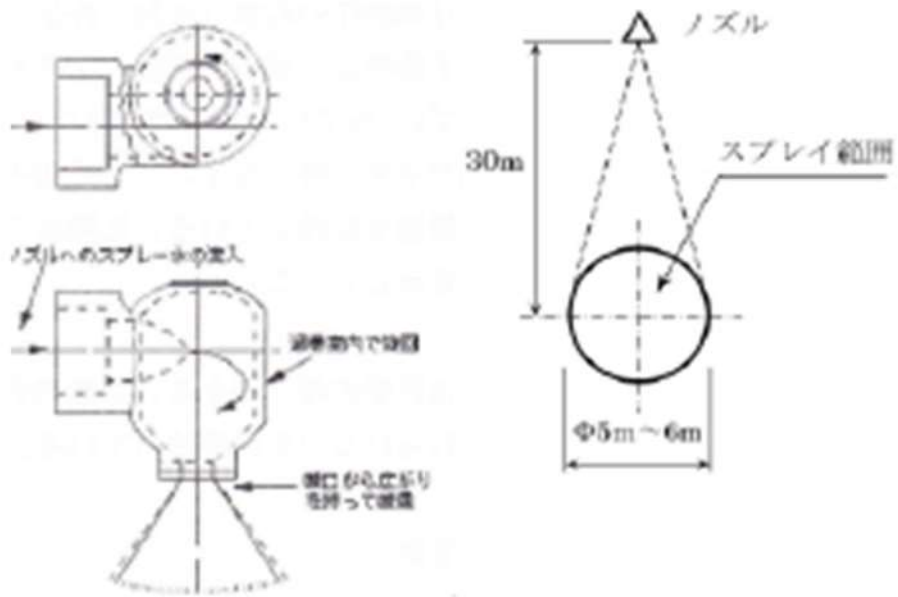
格納容器スプレイリングは、原子炉格納容器内に高さをかえて同心円状に4本設置している。スプレイノズルはホローコーン型であり、角度をかえてスプレイリングに取り付けている。(第1図)



第1図：原子炉格納容器スプレイリングスプレイノズル配置

スプレイリングから約 940m³/h の流量で散水されるスプレイ水は、原子炉格納容器内のほぼ全域をカバーする。(第2図)

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2図：スプレーノズル



第3図：原子炉格納容器スプレー噴霧範囲

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) 原子炉格納容器スプレイの消火効果について

原子炉格納容器スプレイノズルからの放水は、原子炉格納容器のほぼ全域をカバーする。さらに、水源を再循環サンプに切替えることで、継続的な散水が可能である。

このように、スプレイ水が時間制限なく放水されることから、スプレイ水があたる箇所の火災は、格納容器スプレイによって消火される。

また、スプレイノズルから噴霧される水滴には、第4図で示すように、0~200 μ mのミスト状の水滴も含まれる。



第4図：原子炉格納容器スプレイの粒径分布

ウォーターミストの挙動として、平成15年3月に発行された独立行政法人 消防研究所の報告書「ウォーターミストの消火機構と有効な適用方法に関する研究報告書」において、天井部から噴霧されたミストが、散水障害物の下部へも進入することが報告されている。また、散水障害物の下部に設置した火災模型（木材クリブ，n-ヘプタン）がウォーターミスト消火設備で消火若しくは抑制されたことが報告されている。（添付資料4参照）

実験で確認されたウォーターミストの消火効果が、原子炉格納容器スプレイに期待できるかを検討するため、原子炉格納容器スプレイと試験条件の対比を第1表に示す。

□ 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1表：原子炉格納容器スプレイと実験で使用されたウォーターミスト設備の比較

	ウォーターミスト消火設備	原子炉格納容器スプレイ
流量	3～4 L/min/m ² 以上	12.4 L/min/m ² 以上
ザウター平均粒径	約 150 μm	約 680 μm
放水時間	約 20 分	水源を再循環サンプに切り替えることで、継続的な放水が可能。

原子炉格納容器スプレイのザウター平均粒径は、実験で使用されたウォーターミストと同オーダーであり、原子炉格納容器スプレイからのミストも、試験と同様に、散水障害物の下部へも進入すると考える。散水障害物の下部へ進入することから、原子炉格納容器スプレイからのミストにも、試験と同様の消火若しくは抑制効果があると考えられる。さらに、試験では抑制効果にとどまった状況においても、原子炉格納容器スプレイは、継続的な散水が可能であることから、消火できると考える。

以上より、ウォーターミスト消火設備と同様の消火効果によって、スプレイ水が直接当たらない箇所へも、ミストが回り込んで消火若しくは抑制することが可能である。

消防研究所研究資料第 60 号

「ウォーターミストの消火機構と有効な適用方法

に関する研究報告書 分冊 2」

-小中規模閉空間におけるウォーターミストの消火性能-

消防研究所研究資料第60号

ウォーターミストの消火機構と有効な適用方法
に関する研究報告書 分冊 2

—小中規模閉空間におけるウォーターミストの消火性能—

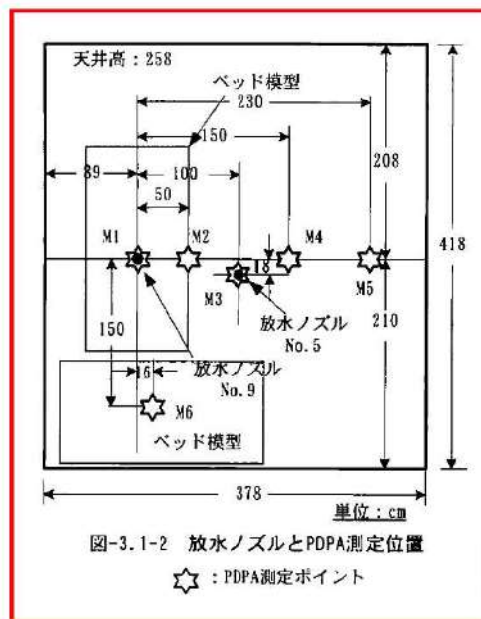
(抜粋)

平成 15 年 3 月

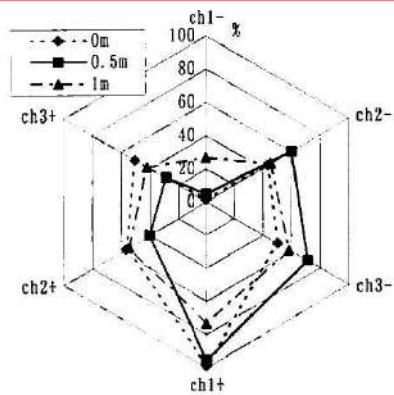
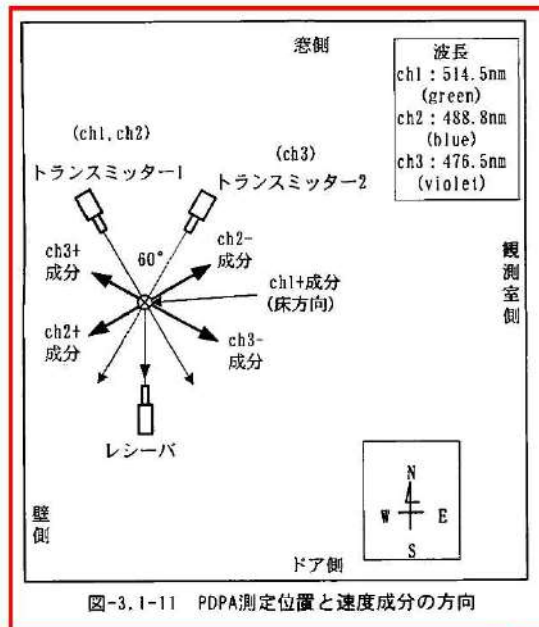
独立行政法人 消防研究所

表-3.1-1 レンズ焦点距離の組合せとビーム間隔の組合せによる粒子測定範囲
(単位: μm)

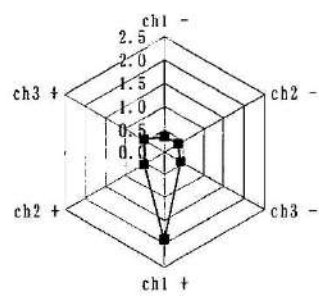
トランスミッターレンズ 焦点距離(mm)	レーザービーム 間隔(mm)	レシーバーレンズ 焦点距離(mm)		
		300	500	1000
500	10	2.1 ~ 612	3.6 ~ 1019.7	7.1 ~ 2040.3
	20	1.1 ~ 306	1.8 ~ 510.3	3.6 ~ 1019.7
	40	0.5 ~ 153	0.9 ~ 254.7	1.8 ~ 510.3
1000	10	4.3 ~ 1224	7.1 ~ 2040.3	14.3 ~ 4079.7
	20	2.1 ~ 612	3.6 ~ 1019.7	7.1 ~ 2040.3
	40	1.1 ~ 306	1.8 ~ 510.3	3.6 ~ 1019.7



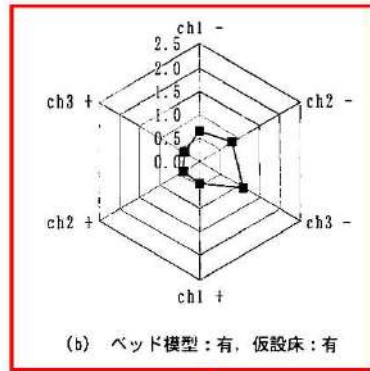
●で示される放水ノズルから☆で示されるベッド模型下部の「測定ポイント」でミストが進入していることを確認する試験。



前項の☆で示されるベッド模型下部の「測定ポイント」でのミストの測定方法

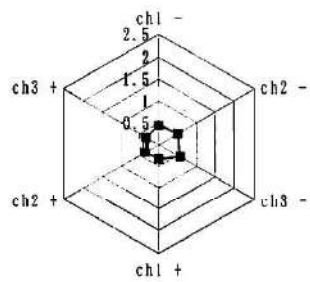


(a) ベッド模型：無、仮設床：無



(b) ベッド模型：有、仮設床：有

ベッド模型下部の「測定ポイント」でのミストの測定結果。



(c) ベッド模型：無、仮設床：有

図-3.1-18 ノズル真下におけるベッド模型、仮設床の有無による各方向へのミストの粒子速度

参考資料.2 木材クリブ模型を用いた消火実験

2.1 目的

これまでの国内のウォーターミストに関する研究は、出発点がガス代替品の需要ということもあり、ガス代替を意識したものが多く、一般火災を対象としたものはあまり見られない。そこで、燃焼の再現性の高い木材クリブ模型を用いて、ウォーターミストの特徴を調べるために、散水障害の有無の影響、火源位置と放水ノズルの位置の影響、放水圧力あるいは放水量の違いによる影響、室内容積の違いによる影響等について実験的に検討した。

2.2 実験方法

1) 実験室

実験室は、図-A.2-1 に示すような、ビジネスホテルの客室程度の規模を想定した閉空間で行った。壁の一枚所が移動することで、実験室容積を変更することができるようになっている。

図中に実験室の大きさ及び木材クリブ模型位置、放水ノズル位置等を示す。図表等では床面積が 2.7m×3.6m の小容積の場合を「S」で、床面積が 2.7m×7.2m の大容積の場合を「L」で示す。

2) ノズル

実験には、感熱部にガラスバルブを用いた閉鎖型ノズルを用いた。ガラスバルブの標示温度は 68(°C)、RTI(応答時間指数)は 23(参考資料-1 の試験結果)である。

ノズルには放水チップが 4 個取り付けられており、放水圧力 10(MPa)時に標準的なスプリンクラーヘッドの 1/10 の水量である、8(L/min)の放水量が得られる。本報告書中で標準的なノズルとして使用している 8L 型である。

また放水量の違いによる影響を調べるため、10(MPa)の放水圧力時に 12(L/min)の放水量が得られる 12L 型ノズルも用いた。

図-A.2-2~3 に 8L 型ノズル、12L 型ノズルを示す。

3) 燃焼材

木材クリブ模型は燃焼の再現性が高く、消火器の検定でも使用されている標準的な火災模型である。今回の実験では、図-A.2-4 に示す住宅用スプリンクラー設備の鑑定細則に示されている木材クリブ模型を用いた。

各木材の乾燥条件揃えるため、温度 40℃、湿度 20%に保った恒温室に 24 時間以上放置した。実験時の平均含水率は 5.6%となった。住宅用スプリンクラー設備の鑑定細則で定められている含水率は、10～15%なので、より燃焼しやすいと考えられ、消火実験としては厳しい条件である。着火源用の火皿はφ120mm で、n-ヘプタン 50ml と水を入れた。

サイズ : 35×30×900mm
本数 : 6 段積み 58 本
平均含水率 : 5.6%
火災荷重 : 20.4～22.1kg/m²

4) 散水障害

物陰の火災も消えることを確認するために、図-A.2-5 に示すように木材クリブ模型の一部が隠れるように散水障害を設けた。散水障害の高さは 2 段ベッドの上段程度で、大きさもベッドサイズ程度である。従って、図表等で使用する記号は「B」とした。

5) 測定項目

測定は、木材クリブ模型重量変化(ロードセル)、木材クリブ温度(熱電対)、放水圧力(圧カトランスミッタ)、天井温度(熱電対)について行った。

また、グラスバルブ作動時間や放水時間、消火に要した時間は、ストップウォッチで測定した。

6) 実験手順

助燃剤に点火後、グラスバルブが作動したら、直ちに手動操作にて弁を開くことで、放水を開始した。放水時間は 20 分を基本とし、放水停止後、実験室の扉を直ちに開け、燃焼状態を確認した。グラスバルブの作動信号は、予め加圧していたグラスバルブの圧力降下で読み取るようにした。

実験で使用した「8L型」ノズルの粒径分布は、格納容器スプレイの水滴粒径と同様に200 μm 以下の水滴が多く分布する。

6章より抜粋

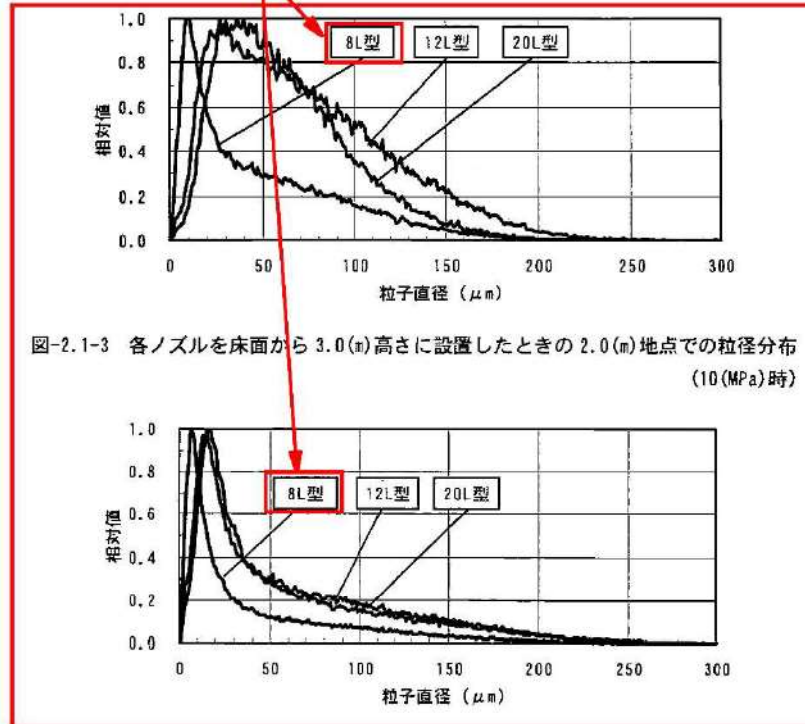


図-2.1-3 各ノズルを床面から3.0(m)高さに設置したときの2.0(m)地点での粒径分布 (10(MPa)時)

図-2.1-4 各ノズルを床面から3.0(m)高さに設置したときの0.5(m)地点での粒径分布 (10(MPa)時)

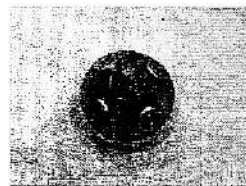


図-2.1-5 8L型ノズル

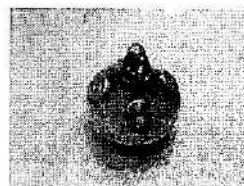


図-2.1-6 12L型ノズル

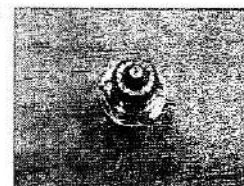


図-2.1-7 20L型ノズル

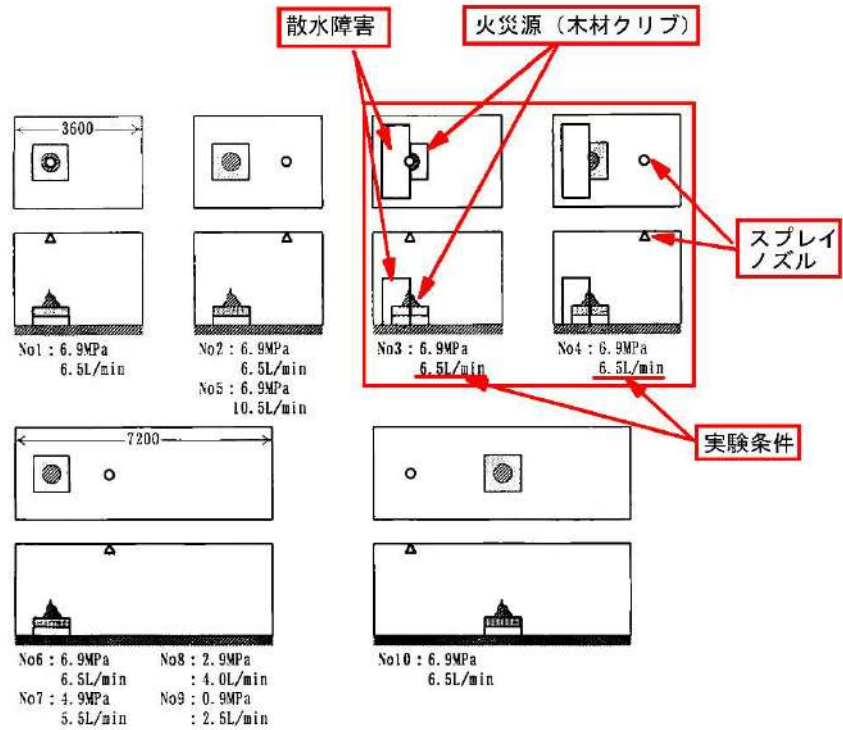


図-A.2-6 実験条件組み合わせ

表-A.2-1 実験結果一覧

No	模型位置	ノズル位置	散水障害	実験室サイズ	放水圧力 (MPa)	放水量 (L/min)	作動時間 (点火後)	ノズル近傍温度 (°C)	消炭時間 (放水開始後)	発炭時間 (放水停止後)	結果
1	F1	N1		S	6.9	6.5	1分29秒	122	0分03秒	なし	消火
2	F1	N2		S	6.9	6.5	3分52秒	136	1分頃	なし	抑制
3	F1	N1	あり	S	6.9	6.5	2分23秒	115	2分06秒	なし	抑制
4	F1	N2	あり	S	6.9	6.5	3分20秒	109	2分頃	1分00秒	抑制
5	F1	N2		S	6.9	10.5	2分54秒	114	2分30秒頃	2分08秒	抑制
6	F1	N2		L	6.9	6.5	2分42秒	115	3分30秒頃	0分21秒	抑制
7	F1	N2		L	4.9	5.5	2分16秒	103	9分頃	0分22秒	抑制
8	F1	N2		L	2.9	4.0	2分06秒		7分30秒頃	0分27秒	抑制
9	F1	N2		L	0.9	2.5	2分05秒	111	7分22秒頃	0分12秒	抑制
10	F2	N1		L	6.9	6.5	2分47秒	115	2分頃	0分42秒	抑制

(3) 散水障害の有無の影響

図-A.2-12 に、小容積における散水障害の有無による影響を見るために実施した、実験 No1、2、3、4 の木材クリブ模型の重量変化を示す。横軸は点火後の経過時間、縦軸は木材クリブ模型の重量変化である。また、○△□◇は各実験におけるグラスバルブの作動時間、●▲■◆は各実験における目視確認による消炎時間である。

a) 放水ノズル真下に火源がある場合

放水ノズル N1 の真下の木材クリブ模型 F1 との間に散水障害がない実験 No1 では数秒で消炎し、放水停止後の目視観測により消火が確認された。この時の木材クリブ模型の重量変化を見ると、放水直後から時間の経過と共に木材へのミストの付着量が増えることにより重量は増加している。従って、炭化層へも水が進入して消火できたものと考えられる。

一方、同一条件で放水ノズルと木材クリブ模型の間に散水障害を設けた実験 No3 では、ミストが直接当たる部分は完全に消火できたが、散水障害に隠れる燃焼区域は消炎したものの、熾き火が見られており、煙が立ち上がっていた。この時の木材クリブ模型の重量変化を見ると、No1 と同様に放水直後から重量は増加に転じているが、その増加量は小さい。これは、ミストが木材クリブ模型に直接かかる部分では消火されて No1 と同様に重量増加に転じるが、かからない部分では消炎はしたものの無炎燃焼が続き重量減少が継続しているためと考えられる。

b) 火源が放水ノズル位置から離れている場合

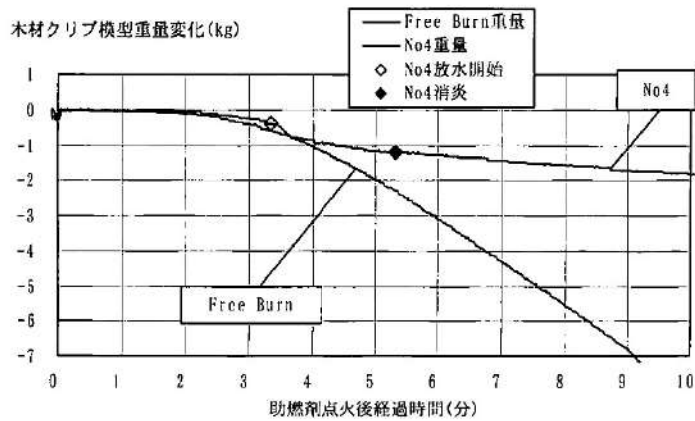
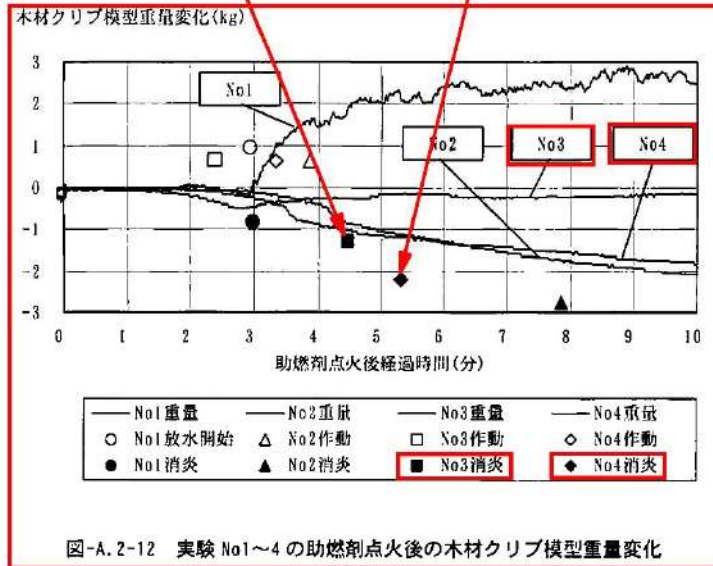
火源、散水障害位置は a) と同じであるが、放水ノズル位置を N2 に変えた No4 の実験でも消炎した。この時の重量変化を散水障害のない場合 (No2) と比較すると、散水障害のある No4 の方が重量の減少の度合いは緩やかである。これは木材クリブ模型と散水障害の下面の間にミストが滞留しやすくなるために抑制効果が大きくなったものと考えられる。

また、図-A.2-13 に、No4 と同一条件で放水せずに木材クリブ模型を燃焼させた場合の重量変化を示す。この曲線と放水した場合の曲線を比較すると、ミストによる火災抑制効果があることが判る。

これらのことから、散水障害があっても物陰の火源を消炎もしくは抑制することが可能であることがわかった。

No. 3: 目視にて消炎を確認。

No. 4: 目視にて消炎を確認。



参考資料.5 n-ヘプタンを用いた消火実験

5.1 目的

参考資料.2 ではビジネスホテルの客室等を想定した閉空間で木材クリブ実験についてウォーターミストの消火能力を調べた。その中で、放水圧力を低くすることによって、燃焼の抑制に時間がかかることを示した。

しかし、傾向を示すにとどまったので、本実験では、再現性の良い n-ヘプタンを用いて、放水圧力の違い、火源との位置関係の違いによる放水ノズルの作動時間や消火時間に対する影響について調べた。

5.2 実験方法

1) 実験室

実験室としては、図-A.5-1 に示すビジネスホテルのツインルームに相当する規模で、容積が約 41m³、床面積が約 16m²の部屋を使用した。

放水圧力の影響については、図-A.5-1 に示す放水ノズル真下の火皿 A の位置で行った。また、ノズル真下からの水平距離による影響については火皿 A~F の位置で行った。

散水障害物としては、参考資料.3 で記載しているパイプベッド模型を用いて、図-A.5-1 に示す位置に置いた。なお、ベニヤ板に相当する部分には不燃材を置いた。

炎の温度は火皿中央に 1mmφK 型シース熱電対を床上約 50cm に設置して測定した。

実験に用いた放水ノズルは、参考資料.2~4 で使用したのと同じである。

2) 火源

実験に用いた火皿は、ISO/TC21/SC3/WG1 で試験火災用として用いられている 33cm 角火皿を用いたが、深さは燃料切れとなる危険性を考慮して、倍の 10cm とした。燃焼材の n-ヘプタンの量は、位置によって消火までの燃焼時間が異なるため、2~3.9 リットル(以下「L」とする)とした。点火時の火皿上端からの油面の距離は 36mm(住宅用スプリンクラー設備の火皿に準拠)とした。これを維持するために、水の量で調整して、水と n-ヘプタンの総量は 6.9L とした。点火は点火棒を用いて行った。

消火の判断は目視観測、実験室内に設置したビデオテープ及び炎温度を総合して決めた。

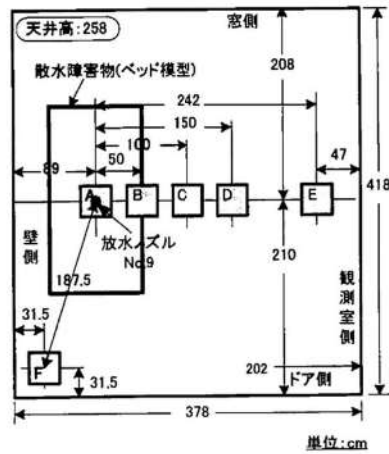
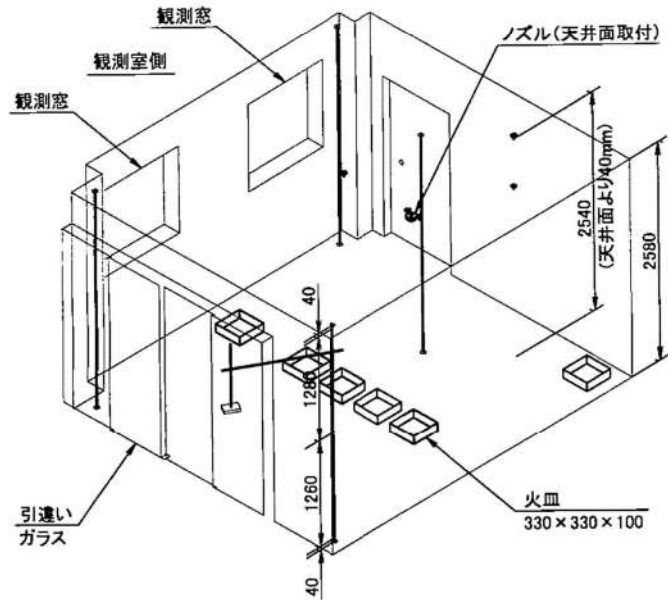


図-A.5-1 放水ノズルと火皿位置
A~F: 火皿位置