

制定	平成25年	6月19日	原規技発第13061914号	原子力規制委員会決定
改正	平成25年	10月24日	原規技発第1310241号	原子力規制委員会決定
改正	平成29年	7月19日	原規技発第1707195号	原子力規制委員会決定
改正	令和元年	9月6日	原規技発第1909069号	原子力規制委員会決定

原子力発電所の内部火災影響評価ガイドについて次のように定める。

平成25年6月19日

原子力規制委員会

原子力発電所の内部火災影響評価ガイドの制定について

原子力規制委員会は、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」を別添のとおり定める。

附 則

この規定は、平成25年7月8日より施行する。

附 則

この規程は平成25年10月24日から施行する。

附 則

この規程は、再処理施設の設計及び工事の方法の技術基準に関する規則等の一部を改正する規則の施行の日（平成29年8月8日）より施行する。

附 則

この規程は、令和元年9月6日より施行する。

(別添)

原子力発電所の内部火災影響評価ガイド

平成25年6月
原子力規制委員会

目 次

	頁
1. 総則	1
1. 1 一般	1
1. 2 適用範囲	1
1. 3 関連法規	1
1. 4 用語の定義	2
2. 目的	3
3. 火災の想定	3
4. 火災時の原子炉の安全確保	4
5. 火災影響評価の手順	5
6. 情報及びデータの収集・整理	7
6. 1 火災区域及び火災区画の設定	7
6. 1. 1 火災区域の設定	7
6. 1. 2 火災区画の設定	7
6. 2 機器リストの作成	7
6. 2. 1 火災防護対象機器の特定	8
6. 2. 2 火災防護対象ケーブルの特定	8
6. 3 火災源の識別と等価時間の設定	9
6. 3. 1 火災源の識別	9
6. 3. 2 等価時間の設定	9
6. 4 火災の感知手段の把握	11
6. 5 火災の消火手段の把握	11
6. 6 原子炉運転への影響の確認	11
6. 6. 1 起因事象への影響	11
6. 6. 2 緩和系への影響	12
6. 7 火災区域（区画）特性表の作成	12
6. 7. 1 火災区域（区画）特性表	12
6. 7. 2 火災区域（区画）特性表の記載内容	12

7.	スクリーニング手順	30
7. 1	火災区域のスクリーニング	30
8.	火災伝播評価の手順	44
8. 1	系統分離対策の確認	44
8. 2	火災区画内の評価	45
8. 3	火災伝播評価	46
	参考文献	55
	附属書 A BWR プラントのスクリーニング手順	A1
	附属書 B 火災区画内の評価手順の詳細	B1

表一覧

表 6.1	火災源機器の分類	14
表 6.2	火災荷重と等価時間	15
表 6.3 (a)	火災シナリオとイベントツリーの対応 (PWR の例)	16
表 6.3 (b)	火災シナリオとイベントツリーの対応 (BWR の例)	17
表 6.4	火災区域 (区画) 特性表の例 (PWR)	18
表 6.5	火災区域 (区画) 特性表の例 (BWR)	21
表 7.1	火災区域 (区画) 特性表 (PWR の例) — ステップ 1、2 —	34
表 7.2	隣接火災区域 (区画) への火災伝播の可能性に係る評価 (PWR の例) — ステップ 1 —	36
表 7.3	対象火災区域 (区画) 及び伝播先の火災区域 (区画) 内で影響を受ける機器、 緩和系 (PWR の例) — ステップ 2、3、4、5、6 —	37
表 7.4	フロントライン系とサポート系間の依存性 (PWR の例) — ステップ 3 —	39
表 7.5	サポート系間の依存性 (PWR の例) — ステップ 3 —	40
表 7.6	PWR の成功基準の例 (過渡事象手動停止) — ステップ 6 —	41
表 8.1	火災のスクリーニング用発熱速度 (HRR) (NUREG/CR-6850 表 F-1)	48
表 8.2	ケーブルの損傷基準	49
表 8.3	火災源とターゲットの例 (PWR)	50

図一覧

図 5.1	火災影響評価の手順	6
図 6.1	火災区域の概念図	24
図 6.2	火災区域設定の例 (PWR)	25
図 6.3	火災区域設定の例 (BWR)	26
図 6.4	火災区画の概念図	27
図 6.5	安全補機室 A (R/B1-5) 内の区画配置 (PWR の例 : 図 6.2 の一部)	28
図 6.6	ケーブルと機器の系統分離 (例)	29
図 7.1	スクリーニング手順の流れ	42
図 7.2	PWR のイベントツリーの例 (過渡事象) — ステップ 6 —	43
図 8.1	火災伝播評価フロー	51
図 8.2	火災区画内評価と系統分離対策	52
図 8.3	火災伝播評価と系統分離対策	53
図 8.4	火災影響範囲 (ZOI) の評価モデル	54

略語一覧

ADS	Automatic Depressurization System	自動減圧系
AFW	Auxiliary Feed Water System	補助給水系
ARI	Alternative Rod Insertion	代替制御棒挿入
AM	Accident Management	アクシデントマネジメント
BWR	Boiling Water Reactor	沸騰水型軽水炉
CCWS	Component Cooling Water System	原子炉補機冷却水系
COND	Condenser	復水器
CRDHS	Control Rod Drive Hydraulic System	制御棒駆動水圧系
CRDIS	Control Rod Drive Hydraulic Injection System	制御棒駆動注水系
DG	Diesel Generator	ディーゼル発電機
FDT ^s	Fire Dynamics Tools	火災力学ツール
FP	Fire Protection System	消火系
FRXPE	Fire Retardant Crosslinked Polyethylene	難燃性架橋ポリエチレン
FSAR	Final Safety Analysis Report	最終安全評価報告書
FW	Feed Water System	給水系
HPCS	High Pressure Core Spray System	高圧炉心スプレイ系
HPCSSW	High Pressure Core Spray Service Water System	高圧炉心スプレイサービス水系
HRR	Heat Release Rate	発熱速度
IAS	Instrument Air System	計装用空気系
IEEE	The Institute of Electrical and Electronics Engineers	米国電気電子学会
IS-LOCA	Interface System LOCA	インターフェイスシステム LOCA
JNES	Japan Nuclear Energy Safety Organization	原子力安全基盤機構
LOCA	Loss of Coolant Accident	冷却材喪失事故
LPCI	Low Pressure Coolant Injection System	低圧注水系
LPCS	Low Pressure Core Spray System	低圧炉心スプレイ系
MCC	Motor Control Center	モータコントロールセンタ
MDP	Motor Driven Pump	電動ポンプ
MSRV	Main Steam Relief Valve	主蒸気逃がし弁
NFPA	National Fire Protection Association	全米防火協会
PCS	Power Conversion System	主蒸気・復水・給水系
PCVS	Primary Containment Venting System	格納容器ベント
PORV	Power-Operated Relief Valve	加圧器逃がし弁
PVC	Polyvinyl Chloride	ポリ塩化ビニル
PE	Polyethylene	ポリエチレン

PRA	Probabilistic Risk Assessment	確率論的リスク評価
PWR	Pressurized Water Reactor	加圧水型軽水炉
RCIC	Reactor Core Isolation Cooling System	原子炉隔離時冷却系
RCP	Reactor Coolant Pump	1次冷却水ポンプ
RHR	Residual Heat Removal System	残留熱除去系、余熱除去系
RHRSW	Residual Heat Removal Service Water System	残留熱除去サービス水系
RPT	Recirculation Pump Trip	再循環ポンプトリップ
RWSP	Refueling Water Storage Pit	燃料取替用水ピット
SLCS	Standby Liquid Control System	ほう酸水注入系
SRV	Safety Relief Valve	逃がし安全弁
TDP	Turbine Driven Pump	タービン動ポンプ
XPE	Crosslinked Polyethylene	架橋ポリエチレン
ZOI	Zone of Influence	火災影響範囲

1. 総則

1. 1 一般

発電用軽水型原子炉施設内の火災区域又は火災区画に設置される安全機能を有する構築物、系統及び機器を火災から防護することを目的として、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号）第 11 条に定める火災防護の要求及びそれに基づく「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（原規技発第 1306195 号（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定））では必要な火災防護対策を要求している。

本評価ガイドは、これらの要求に基づく火災防護対策により、原子炉施設内で火災が発生しても、原子炉の高温停止及び低温停止（以下、高温停止及び低温停止を総称して「安全停止」という。）に係わる安全機能が確保されることを確認するために実施する内部火災影響評価の手順の一例を示すものである。また、本評価ガイドは、内部火災影響評価の妥当性を審査官が判断する際に、参考とするものである。なお、火災影響評価手法については、その技術水準の現状を踏まえれば、その適用経験等を踏まえて、今後、継続的に見直していくことが必要である。

本評価ガイドで対象とする火災源は、発電所敷地内に施設される設備を対象とし、以下の火災については対象外としている。

- ・ 意図的な活動（放火など）による火災
- ・ 発電所敷地外における火災
- ・ 発電所敷地内の空き地の火災（なお、航空機落下に伴う火災は外部火災として扱う。）

解説— 1. 1 「発電所敷地内に施設される設備」

「発電所敷地内に施設される設備」とは、発電所敷地内の原子炉施設をいい、建屋内に収納される設備のほか、屋外に設置されるタンク、海水ポンプ及びその周辺設備も含む。

1. 2 適用範囲

本評価ガイドは、実用発電用原子炉及びその附属施設に適用する。

1. 3 関連法規

本評価ガイドに係る関連法規には、以下のものがある。

- (1) 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（平成 25 年原子力規制委員会規則第 5 号）（以下「設置許可基準」という。）
- (2) 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則（平成 25 年原子力規制委員会規則第 6 号）（以下「技術基準」という。）
- (3) 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（昭和 53 年 12 月 28 日通商産業省令第 77 号）（以下「実用炉則」という。）
- (4) 電気事業法（昭和 39 年 7 月 11 日法律第 170 号）
- (5) 電気事業法施行令（昭和 40 年 6 月 15 日政令第 206 号）
- (6) 電気事業法施行規則（昭和 40 年通商産業省令第 51 号）
- (7) 電気設備に関する技術基準を定める省令（昭和 40 年通商産業省令第 61 号）
- (8) 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- (9) 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- (10) 消防法（昭和 23 年 7 月 24 日法律第 186 号）

また、本評価ガイドは、以下の審査指針を参考としている。

- (1) 発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針
(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定)
- (2) 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する指針
(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定)
- (3) 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針
(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定)
- (4) 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針
(昭和 55 年 11 月 6 日原子力安全委員会決定)

なお、本評価ガイドは、以下の民間規格を参考としている。

- (1) 日本産業規格
- (2) 日本電気協会電気技術指針 原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）
- (3) 日本電気協会原子力発電所の火災防護規程（JEAC4626-2010）

1. 4 用語の定義

本評価ガイド及び解説における用語の定義は、以下のとおりである。

- (1) 「工学的安全施設」 発電用原子炉施設の損壊又は故障その他の異常による発電用原子炉内の燃料体の破損又は炉心の損傷により、多量の放射性物質

の放出のおそれがある場合に、これを抑制し、又は防止するための機能を有する設計基準対象施設。

(設置許可基準第二条第2項十号に定義される工学的安全施設)

- (2) 「火災」 発電所敷地内に施設される設備や仮置きされた可燃性物質(難燃性を含む)が発火すること。
- (3) 「火災源」 火災の原因となる設備。
- (4) 「火災感知設備」 火災の感知を行い、警報等を行う設備。
- (5) 「消火設備」 消火器具、消火栓、消火配管、自動消火設備、手動消火設備、移動式消火設備(消防車等をいう。)及び消火水槽。
- (6) 「耐火壁」 床、壁、天井、扉等耐火構造の一部であって、必要な耐火能力を有するもの。
- (7) 「隔壁」 火災の影響を防止するための不燃性又は難燃性の構造物。
- (8) 「HRR:Heat Release Rate」 物質が燃えるときの発熱速度(kW)。
- (9) 「火災区域」 耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域。
- (10) 「火災区画」 「火災区域」を細分化したものであって、耐火壁、離隔距離、固定式消火設備等により分離された火災防護上の区画。
- (11) 「火災防護対象機器」 原子炉の安全停止に必要な機器のうち、火災の影響を受けることにより、達成が困難となる機器。
- (12) 「火災防護対象ケーブル」 火災防護対象機器を駆動若しくは制御するケーブル(電源盤、制御盤を含む)。
- (13) 「伝播先火災区画」 火災が発生した火災区画の火災が延焼する先の火災区画。

2. 目的

本評価ガイドは、発電用軽水型原子力施設において火災による影響を考慮しても、原子炉を安全停止するための火災防護対策が妥当であるかどうかを評価する手法を示すことを目的としている。

3. 火災の想定

原子炉の安全機能に影響を及ぼす可能性がある最も苛酷な単一の火災を火災区域/火災区画内に想定する。

地震時においては、耐震B、Cクラスの機器を火災源として、最も苛酷な単一の火災を、火災区域/火災区画に想定する。なお、耐震設計については「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」

(原規技発第 1306193 号 (平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定)) に従うこと。

(解説－ 3. 1、解説－ 3. 2)

解説－ 3. 1 「単一の火災」

「単一の火災」として、単一の機器、ケーブル又は仮置きされた可燃性物質（難燃性のものも含む）が火災源となって、延焼して最悪のケースとなることを想定する。

これは、地震により、仮に耐震クラスの低い設備において、破損などにより複数の火災の発生を想定したとしても、それらは、最も影響のある単一の火災についての評価結果に包含されるとの考え方に基づいている。

なお、米国は、「最悪のケース」の火災が最も苛酷な自然現象と同時に起こることを想定する必要はないとしているが（米国の Regulatory Guide 1.189）、我が国の場合は、「発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針」（昭和 55 年 11 月 6 日原子力安全委員会決定、平成 19 年 12 月 27 日一部改訂）（以下、「火災防護審査指針」という。）に基づき、地震等の苛酷な自然現象の発生により火災が発生することを想定している。

解説－ 3. 2 「最も苛酷な火災」

「最も苛酷な火災」とは、単一の火災から延焼により周辺の火災区域／火災区画に広がる火災をいう。

4. 火災時の原子炉の安全確保

3. に想定する火災に対して、

- ・原子炉の安全停止に必要な機能を有する系統が、その安全機能を失わないこと（信頼性要求に基づき独立性が確保され、多重性又は多様性を有する系統が同時にその機能を失わないこと）。

内部火災により原子炉に外乱が及び、かつ、安全保護系、原子炉停止系の作動を要求される場合には、その影響（火災）を考慮し、安全評価指針に基づき安全解析を行う必要がある。

5. 火災影響評価の手順

火災影響評価は、図 5.1 に示すような、「火災区域／火災区画の設定」、「情報及びデータの収集、整理」、「スクリーニング」、「火災伝播評価」というステップで実施する。各ステップの概要を以下に述べる。

「火災区域／火災区画の設定」では、火災影響評価の対象となる建屋を、火災区域に分割し、さらに必要に応じて火災区画に細分化する。火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域（部屋）である。火災区画は全周囲を耐火壁で囲まれている必要は必ずしもなく、隔壁や扉の配置状況を目安に設定する。

「情報及びデータの収集・整理」では、火災区域／区画内の可燃性物質、機器、ケーブル、隣接区域（区画）との関係等の火災区域（区画）の特徴を示す「火災区域（区画）特性表」を作成する。

「スクリーニング」では、火災による影響評価を効率的に実施するため、火災区域ごとに、全可燃性物質の燃焼、全機器の機能喪失を想定しても、原子炉の高温停止、低温停止に影響が及ばない火災区域を除外（スクリーンアウト）する。

「火災伝播評価」では、スクリーンアウトされない火災区域を対象に、当該火災区域を構成する火災区画における個別の可燃性物質の発火の可能性を想定し、他の火災区画への影響を評価し、原子炉の安全停止に影響が及ばないことを確認する。影響が及ぶ場合は、火災防護対策の強化が必要になる。

以下、6. に「情報及びデータの収集・整理」を、7. に「スクリーニング」を、8. に「火災伝播評価」の実施手順を記載する。

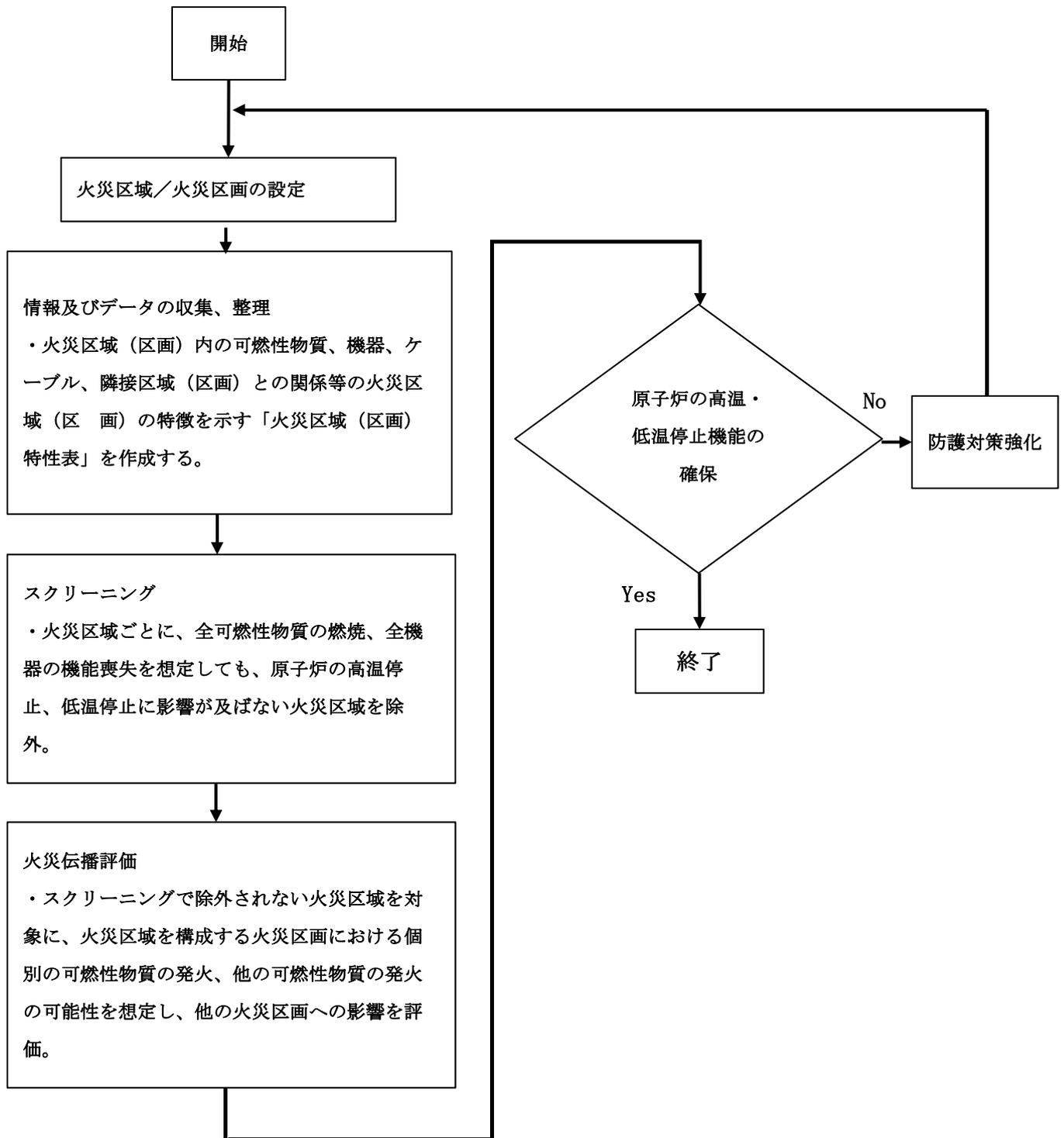


図 5.1 火災影響評価の手順

6. 情報及びデータの収集・整理

火災影響評価を実施するにあたって、火災区域／区画ごとに設置される機器、消火設備等の配置に係る情報が必要となる。ここでは、火災の発生により原子炉の安全停止に影響が及ぶシナリオを特定するために、各火災区域／区画に対して、火災源、延焼の可能性を識別したスクリーニングに必要な情報を火災区域（区画）特性表として整理する。

6. 1 火災区域及び火災区画の設定

6. 1. 1 火災区域の設定

火災による影響評価を効率的に実施するため、建屋内を火災区域に分割する。火災区域は、耐火壁によって囲まれ、他の区域と分離されている建屋内の区域であり、下記により設定する。

① 建屋ごとに、耐火壁（耐火性能を持つコンクリート壁、貫通部シーリング、防火扉、防火ダンパなど）により囲われた区域を火災区域として設定する。ただし、屋外に設置される設備に対しては、附属設備を含めて火災区域とみなす。

② 系統分離されて配置されている場合には、それを考慮して火災区域を設定する。

火災区域の概念を図 6.1 に示す。また、PWR 及び BWR を対象にした設定例を図 6.2 及び図 6.3 に示す。

6. 1. 2 火災区画の設定

火災区域を分割し、火災区画を設定する。火災区画の範囲は、原子炉の安全停止に係る系統分離等に応じて設定する。図 6.4 に概念を示す。

図 6.5 は、図 6.2 の PWR の設定例中の火災区域 R/B1-5 を細分化した火災区画の例である。

この火災区画の例では、三つのポンプ室をそれぞれ一つの火災区画として、通路を 2 分割して、合計五つの火災区画に設定している。

6. 2 機器リストの作成

火災区画内に設置される機器（ポンプ、空調機器、盤、ケーブル、電動弁等）の配置に係る情報を調査し、火災区域（区画）特性表に整理する。火災区域（区画）特性表の作成については、後記 6. 7 を参照のこと。

6. 2. 1 火災防護対象機器の特定

火災によって、原子炉の安全停止に影響を及ぼす可能性のある機器を火災防護対象機器として特定する。火災防護対象機器には、多重性を有する安全上重要な設備で下記の設備等があり、系統分離が要求されている。

- a. 安全保護系
- b. 原子炉停止系
- c. 工学的安全施設
- d. 非常用所内電源系
- e. 事故時監視計器
- f. 余熱除去設備
- g. 最終的な熱の逃がし場へ熱を輸送する設備
- h. 上記設備の補助設備（非常用換気空調系等）

火災による原子力発電所への影響としては、

- ・起因事象を引き起こす可能性のある機器の損傷
 - ・起因事象が発生したときに事象を緩和する機器の損傷
- とがある。

上記の火災防護対象機器のうち、

- ・原子炉の安全停止に必要な設備と常用系の設備とが電動弁等によって接続されている箇所
- ・多重化された系統（例えば A 系と B 系）間が、電動弁等によって接続されている箇所

を特定し、接続箇所の電動弁等の誤作動により原子炉の安全停止に及ぼす影響等を評価する。

なお、非常用換気空調系が、火災によって停止する場合は、原子炉の安全停止に必要な設備の機能が確保されることを示さなければならない。

6. 2. 2 火災防護対象ケーブルの特定

火災により火災防護対象機器が直接影響を受ける場合の他に、レースウェイ（ケーブルトレイ及びコンジットの総称）が火災により影響を受けることを考慮する。前記 6. 2. 1 で特定した火災防護対象機器のケーブル（電源、計測、制御）を特定する（以下、「火災防護対象ケーブル」という。）。

火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、火災防護上、以下のいずれかの方法にて系統分離を行うことが要求されている。

- ① 系統分離されている各系列（火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル）の間が3時間以上の耐火能力を有するバリア等で分離されていること。
- ② 系統分離されている各系列（火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル）の間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。この場合、水平距離間には可燃性物質（一時的な持ち込みも含め）が存在しないこと。
- ③ 系統分離されている各系列（火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル）の間が1時間の耐火能力を有するバリア等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画に設置されていること。

系統分離の例を図 6.6 に示す。

なお、火災によるケーブルへの影響を評価する場合には、接続されている機器の誤動作を含め、最悪の故障状態を仮定する。

6. 3 火災源の識別と等価時間の設定

火災区画の耐火壁の耐火能力を、当該火災区画内の可燃性物質の量と火災区画の面積に基づき、火災の継続時間を示す指標に相当する等価時間（6. 3. 2参照）を用いて評価する。

6. 3. 1 火災源の識別

原子炉の安全停止に必要な火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルに影響を及ぼす可能性を有する単一の火災を、可燃性物質が存在する火災区画内に想定する。その火災源としては、発火性又は引火性の気体、液体又は固体を内包する原子炉施設の構築物、系統及び機器から選定する。表 6.1 に考慮すべき火災源の機器分類を示す。火災区画内の火災源の識別については、後記 6. 7 を参照のこと。

6. 3. 2 等価時間の設定

火災区画内の全ての可燃性物質の火災荷重（単位面積当りの発熱量）と燃焼率（単位時間単位面積当たりの発熱量）から、下記の手順で、各火災区画の等価時間（潜在的火災継続時間）を求め、耐火壁の耐火能力を評価する。詳細については、後記 6. 7 を参照のこと。

(1) 火災区画の床面積

各火災区画の床面積(m²)を算出する。

(2) 火災区画の発熱量

識別した火災源の発熱量を、火災区画に設置される可燃性物質質量に応じて設定する。

発熱量 : 火災区画内の総発熱量 (=可燃性物質の量×熱含有量)

(kJ)

ここで、可燃性物質の量 : 火災区域内の各種可燃性物質の量 (m³ 又は

kg)

熱含有量 : 可燃性物質の種類ごとの単位量当たりの熱量
(kJ/m³ 又は kJ/kg)

(3) 等価時間の設定

前記 6. 3. 2 (2) で算出した火災区画の発熱量から、下式により等価時間を算出する。等価時間は、火災区画間の火災伝播の判定に使用される。

等価時間 (h) = 火災荷重 / 燃焼率
= 発熱量 / 火災区画の面積 / 燃焼率

ここで、

火災荷重 = 発熱量 / 火災区画の面積

燃焼率 : 単位時間単位面積当たりの発熱量 (908, 095 kJ/m²/h)

発熱量 : 火災区画内の総発熱量 (kJ)

= 可燃性物質の量 × 熱含有量

可燃性物質の量 : 火災区画内の各種可燃性物質の量 (m³ 又は kg)

火災区画の面積 : 火災区画の床面積 (m²)

燃焼率としては NFPA (National Fire Protection Association) ハンドブック⁽⁶⁾ の Fire Protection Handbook Section/Chapter 18, “Confinement of Fire in Buildings Association) ” の標準火災曲線のうち最も厳しい燃焼クラスである CLASS E の値である 908, 095 kJ/m²/hr を用いる。

以下に示す熱含有量の値は、米国ビーバーバレー1号機の FSAR (Final Safety Analysis Report) Appendix R の要求対応書, Docket No. 50-334, “Update Fire Protection Appendix R Review, Beaver Valley Power Station Unit1” に記載されているものである。

熱含有量

ケーブル : 25, 568 (kJ/kg)

潤滑油 : 43, 171 (kJ/l)

チャコール : 32, 543 (kJ/kg)

紙 : 18,594 (kJ/kg)

ゴム : 23,246 (kJ/kg)

燃料油 : 44,991 (kJ/l)

なお、NFPA ハンドブックに示される、火災荷重と等価時間の関係を表 6.2 に示す。

6. 4 火災の感知手段の把握

火災区画内の火災感知設備の型式、個数、設置位置、電源、ケーブルルート、警報の種類と表示場所等を確認する。

カメラ等の監視装置により火災を感知する場合は、感知方法 (TV カメラ等)、ケーブルルート、感知情報の伝達方法等について確認する。

6. 5 火災の消火手段の把握

各火災区域／区画に対して、消火手段が自動か手動かを確認する^(注)。

(注) 手動消火の場合は、火災の感知方法から、消防隊の体制、現場までの移動方法、移動時間、防護服や消火設備の有無を確認する。

6. 6 原子炉運転への影響の確認

火災によって原子炉を停止する要因があるかを評価する。その要因があれば、起回事象を設定し、イベントツリーにより原子炉の安全停止の可否、異常事象の緩和系に与える影響について評価する。

6. 6. 1 起回事象への影響

原子炉の停止が必要な場合、起回事象は運転時の内的事象 PRA を参考に設定する。

原子炉への影響としては、下記のとおり大別される。

- ①影響なし：当該火災区画に、前記 6. 2 で抽出した火災防護対象機器、火災防護対象ケーブルが存在しない場合、あるいは②に該当しない場合。
- ②影響あり：前記 6. 2 で抽出された火災防護対象機器、火災防護対象ケーブルに関連し、当該火災区画内に火災を想定した場合に、以下の推移をたどる。
 - ・原子炉の自動停止
 - ・火災発生時の手順書に基づく原子炉の手動停止
 - ・運転制限条件の逸脱による、保安規定に基づく強制停止

6. 6. 2 緩和系への影響

火災区域（区画）内の機器の機能喪失が、起因事象に対応するイベントツリーの緩和機能に及ぼす影響を評価する。

6. 7 火災区域（区画）特性表の作成

スクリーニングに用いるために、前記6. 1から6. 6で確認した情報、根拠等を含む火災区画ごとの火災区域（区画）特性表を作成する。

6. 7. 1 火災区域（区画）特性表

火災区域（区画）特性表は、火災源、火災の伝播経路、火災影響の緩和系、安全関連機器とその機能喪失が原子力発電所の安全性に与える影響、火災シナリオの作成に必要な原子力発電所の情報を、火災区画単位で表にまとめたものである。

一般に、火災区域（区画）特性表の作成に必要な情報は、配置や系統構成がわかる図書類、解析等の評価報告書等のほか、プラントウォークダウン等により収集する。

どの火災区画にどの機器が存在するのかが分かるように、火災区域（区画）特性表は、火災区画単位で作成する。ある火災区域に複数の火災区画が存在する場合は、その火災区画の数だけ火災区域（区画）特性表が作成される。

6. 7. 2 火災区域（区画）特性表の記載内容

火災区域（区画）特性表の記載内容を以下に示す。

①火災区画の説明

火災区画の名称、床面積、当該火災区画が属する火災区域の名称、建屋、床面積を記載する。

②火災区画の火災シナリオの説明

火災シナリオの想定の説明を記載する。

③火災区画にある火災源

火災区画ごとの火災源、存在する可燃性物質の量、発熱量を種類ごとに記載する。可燃性物質の発熱量を床面積で除することにより火災荷重を求め、また火災荷重と燃焼率との関係から等価時間を求め記載する。

④火災区画にある防火設備

火災区画ごとの火災感知設備、消火設備、障壁の耐火能力を記載する。

⑤火災区画に隣接する火災区画と火災の伝播経路

各火災区画に隣接する火災区画、火災伝播経路、障壁の耐火能力、当該火災区画の消火方法、伝播の可能性がある火災区画の消火方法を記載する。

⑥火災により影響を受ける設備

各火災区画における火災により影響（煙を含む）を受ける設備（計装設備も含む。）の名称（機器名、系統名）を記載する。

⑦火災により影響（煙を含む）を受けるケーブル及びレースウェイと関連する設備

各火災区画におけるケーブルトレイ毎に、ケーブルの情報（番号、種別、名称）、影響を受ける緩和系を記載する。なお、対象のケーブルには、火災により起因事象の発生要因あるいは緩和系に影響を及ぼす計装設備のケーブルも含む。

⑧火災により影響（煙を含む）を受ける緩和系

各火災区画で火災を想定した場合に、影響を受ける緩和系を記載する。

⑨火災による起因事象と起因事象を引き起こす設備

各火災区画で火災を想定した場合に、引き起こす起因事象毎に、起因事象を引き起こす設備を記載する。なお、起因事象を引き起こさない場合は、火災による起因事象は手動停止とする。表 6.3 に火災シナリオとイベントツリーの対応の例を示す。

⑩火災区画にある火災源機器数

各火災区画に存在する火災源の機器数を、カテゴリー分類して整理し、記載する。表 6.4 及び表 6.5 に火災区域（区画）特性表の例を示す。

表 6.1 火災源機器の分類

火災源のタイプ ⁽⁴⁾	NUREG/CR-6850 ⁽¹⁾	番号
バッテリー	バッテリー本体	1
	水素	2
バッテリー充電器	バッテリー充電器	3
制御室	電気キャビネット	4
	主制御盤	
ディーゼル発電機	ディーゼル発電機	5
発電機	発電機励磁機／水素／漏えい油	6
空調器（注1）	換気サブシステム（3.7kW超）	7
論理キャビネット	電気キャビネット	8
モータ（注2）	モータ（5HP超）	9
高圧電源盤（スイッチギア） 配電盤（パワーセンタ） モータコントロールセンタ	電気キャビネット	10
	高エネルギーアーク損傷（HEAF）	
電源及び制御ケーブル	ケーブル	11
ポンプ／空気コンプレッサー（注3）	ポンプ及び大型油圧弁（3.7kW超）	12
開閉器	電気キャビネット	13
	高エネルギーアーク損傷（HEAF）	
タービン	タービン発電機	14
変圧器（4kV以上）	変圧器（乾式）	15
変圧器（4kV未満）	変圧器（油入）	16
ヒューマンエラー	仮置可燃性物質	17
その他（注4）	発火性又は引火性固体（プラスチック固化体／アスファルト固化体、チャコールフィルタ）	18

（注1） 空調器関連のモータを含む。

（注2） 空調器関連モータ、ポンプ及び空気コンプレッサー関連モータ以外のモータを含む。

（注3） ポンプ及び空気コンプレッサー関連モータを含む。

（注4） その他の火災源については、JEAC4626-2010 及び JEAG4607-2010 を参照すること。

表 6.2 火災荷重と等価時間⁽⁵⁾

火災荷重 (kJ/m ²)	等価時間 (h)
454,048	0.5
908,095	1.0
1,362,143	1.5
1,816,191	2.0
2,724,286	3.0
3,611,461	4.5
4,313,453	7.0
4,903,732	8.0
5,675,596	9.0

表 6.3 (a) 火災シナリオとイベントツリーの対応 (PWR の例)

原子炉運転への影響	火災により影響を受ける機器・系統等	以下を起因事象とするイベントツリー
原子炉自動停止	原子炉停止系	過渡事象
	主給水系	PCS機能喪失
	・加圧器逃がし弁 (PORV) ・1次冷却水ポンプ (RCP)	小破断LOCA
	外部電源	外部電源喪失
	主蒸気逃がし弁 (MSRV)	2次系破断
原子炉手動停止	原子炉停止系	手動停止
	CCWS系	CCWS機能喪失
保安規定に従った原子炉手動停止	運転制限条件の逸脱	手動停止

表 6.3(b) 火災シナリオとイベントツリーの対応 (BWR の例)

原子炉運転への影響	火災により影響を受ける 機器・系統等	以下を起因事象とする イベントツリー
原子炉自動停止	原子炉停止系	初期に PCS が使用可能な過渡事象
	原子炉停止系	初期に PCS が使用不可能な過渡事象
	外部電源	外部電源喪失
原子炉手動停止	原子炉停止系	手動停止

表 6.4 火災区域（区画）特性表の例（PWR）

火災区画：C/B1-4-1				
1. 火災区画の説明				
火災区画名 : CCW 冷却器 B 室				
建屋名 : 制御建屋				
火災区域名 : CCW ポンプ室 (C/B1-4)				
床面積 (m ²) : 152				
2. 火災区画の火災シナリオの説明				
C/B1-4-1 は制御建屋内の火災区域 CCW ポンプ室 (C/B1-4) に設置されている火災区画である。当該区画には、原子炉補機冷却水系や原子炉補機冷却海水系に関する電源/制御ケーブルが敷設されており、これらのケーブルが主な火災源である。また、本火災区画には、CCW ポンプ C/D 及び海水ポンプ C の制御ケーブルと海水ポンプ A の電源ケーブルが設置されており、CCWS 機能喪失が発生する可能性のある火災シナリオである。				
3. 火災区画にある火災源				
可燃性物質	可燃性物質の量 (kg 又は l)	発熱量(kJ)	火災荷重 (kJ/m ²)	等価時間* (h)
潤滑油	100	4,317,051	136,549	0.15
ケーブル	205	5,241,527		
合計		9,558,578		
* 6.3.2 (3) の評価式より算出				
4. 火災区画にある防火設備				
火災感知の手段	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ	障壁の耐火時間 (h)
光電式煙感知器	屋内消火栓	手動	粉末消火器、泡消火器	2.0

5. 火災区画に隣接する火災区画と火災の伝播経路

隣接火災区画	火災伝播経路	障壁の耐火時間 (h)	当該火災区画の消火方法	隣接火災区画の消火方法
C/B1-4-2	耐火壁	2	手動	手動
C/B1-4-3	開口部	開放	手動	手動
C/B1-5	耐火壁	2	手動	手動

6. 火災により影響を受ける設備

機器名	機器タイプ	機器 ID	系統
CCWS 冷却器止め弁 B	電動弁	XXXXXXB	補機冷却海水水系

表 6.4 火災区域（区画）特性表の例（PWR）（続き）

火災区画：C/B1-4-1

7. 火災により影響を受けるケーブル（コンジット、ケーブルトレイ）と関連する設備

ケーブル トレイ番号	ケーブル 番号	ケーブル 種別	PRA 機器 番号	PRA 機器名称	系統名
BB03	CC-04	制御 (B)	CCWMDPCY	CCW ポンプ C	補機冷却水系
BB03	CC-04	制御 (B)	CCWMDPDY	CCW ポンプ D	補機冷却水系
AA01	SW-04	高圧 (A)	SWSMDPA	海水ポンプ A	補機冷却海水系
BB02	ZZ-17	制御 (A)	SWSMDPA	海水ポンプ A	補機冷却海水系
BB03	ZZ-32	制御 (B)	SWSMDP3C	海水ポンプ C	補機冷却海水系
CC02	VR-02	低圧 (A)	CHSMDPAY	空調用冷水ポンプ A	代替補機冷却系 統
AA02	VR-12	制御 (A)	CHSMDPBY	空調用冷水ポンプ A	代替補機冷却系 統

8. 火災により影響を受ける緩和系

補機冷却水系

補機冷却海水系

代替補機冷却系

9. 火災による起因事象と起因事象を引き起こす設備

起因事象	機器名称	PRA 機器番号
CCWS 機能喪失	海水ポンプ A	SWSMDPA

10. 火災区画にある火災源機器数

火災源カテゴリー	機器数
論理キャビネット	1
モータ	1
電源及び制御ケーブル	0.06 (注 1)

(注 1) 中央制御室内のケーブル数を基準 (1.0) とした相対値を示す。

表 6.5 火災区域 (区画) 特性表の例 (BWR)

火災区画 : HB-1-1		
1. 火災区画の説明		
火災区画名	:	AAA 熱交換器 B 室
建屋名	:	海水熱交換建屋
火災区域名	:	CCC ポンプ室
床面積 (m ²)	:	152
2. 火災シナリオの説明		
<p>HB-1-1 は制御建屋内の火災区域 CCC ポンプ室に設置されている火災区画である。当該区画には、補機冷却水系や補機冷却海水系の設備に関する電源/制御ケーブルが敷設されており、これらのケーブルが主な火災源である。また、本火災区画には、CCC ポンプ B/D 及び海水ポンプ B/D の制御ケーブルと電源ケーブルが設置されており、補機冷却系機能喪失が発生する可能性のある火災シナリオである。</p>		
3. 火災区画内での火災源		
可燃性物質の発熱量 (kJ)	:	20,174,210
等価時間 (h)	:	0.15
4. 火災区画での防火設備		
火災感知の手段	:	光電式煙感知器
主要な消火設備	:	屋内消火栓
消火方法	:	手動
消火設備のバックアップ	:	粉末消火器、泡消火器
障壁の耐火時間 (h)	:	2.0
5. 火災区画に隣接する火災区画と伝播経路		
隣接火災区画	火災伝播経路	隣接火災区画の消火方法
H/B-1-2	耐火壁	手動
- 21 -		

H/B-1-3	開口部	手動
H/B-1-4	耐火壁	手動

6. 火災により影響を受ける設備

機器名	機器タイプ	機器ID	系統
AAA熱交換器止め弁B	電動弁	XXXXXXB	補機冷却水系

表 6.5 火災区域（区画）特性表の例（BWR）（続き）

火災区画： H/B-1-1					
7. 火災により影響を受けるケーブル（コンジット、ケーブルトレイ）と関連する設備					
ケーブル トレイ番号	ケーブル 番号	ケーブル 種別	PRA機器 番号	PRA機器名称	系統名
BB03	RC-04	制御（B）	XXXMDPCY	補機冷却系ポンプC	補機冷却水系
BB03	RC-04	制御（B）	XXXMPDY	補機冷却系ポンプD	補機冷却水系
AA01	SW-04	高圧（A）	YYYMDP3A	海水ポンプC	補機冷却海水系
BB02	SW-17	制御（A）	YYYMDP3A	海水ポンプD	補機冷却海水系
8. 火災により影響を受ける緩和系 補機冷却水系 補機冷却水海水系					
9. 火災による起因事象と起因事象を引起す設備					
起因事象	機器名称	PRA 機器番号			
手動停止	—	XXXMDPCY XXXMPDY YYYMDP3A YYYMDP3A			
10. 火災区画にある火災源機器数					
火災源カテゴリー	機器数				
論理キャビネット	1				
モータ	4				
電源及び制御ケーブル	0.06（注1）				
（注1）中央制御室内のケーブル数を基準（1.0）とした相対値を示す。					

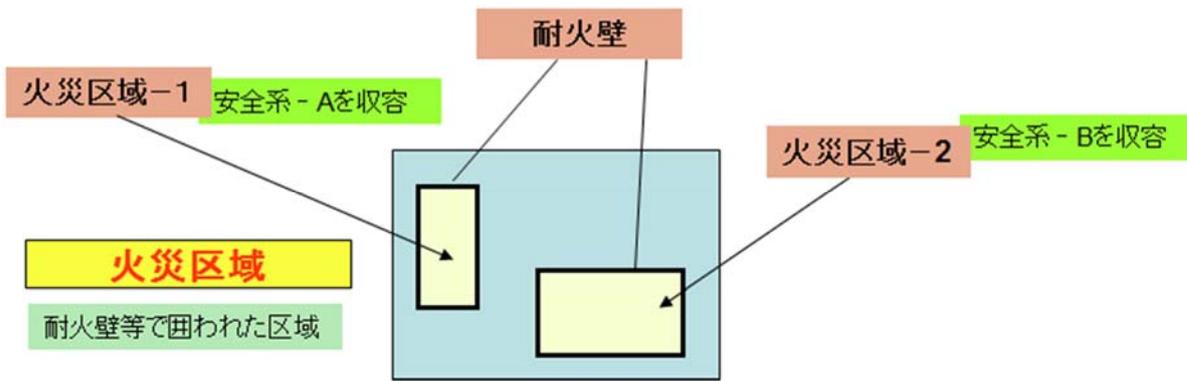


図 6.1 火災区域の概念図

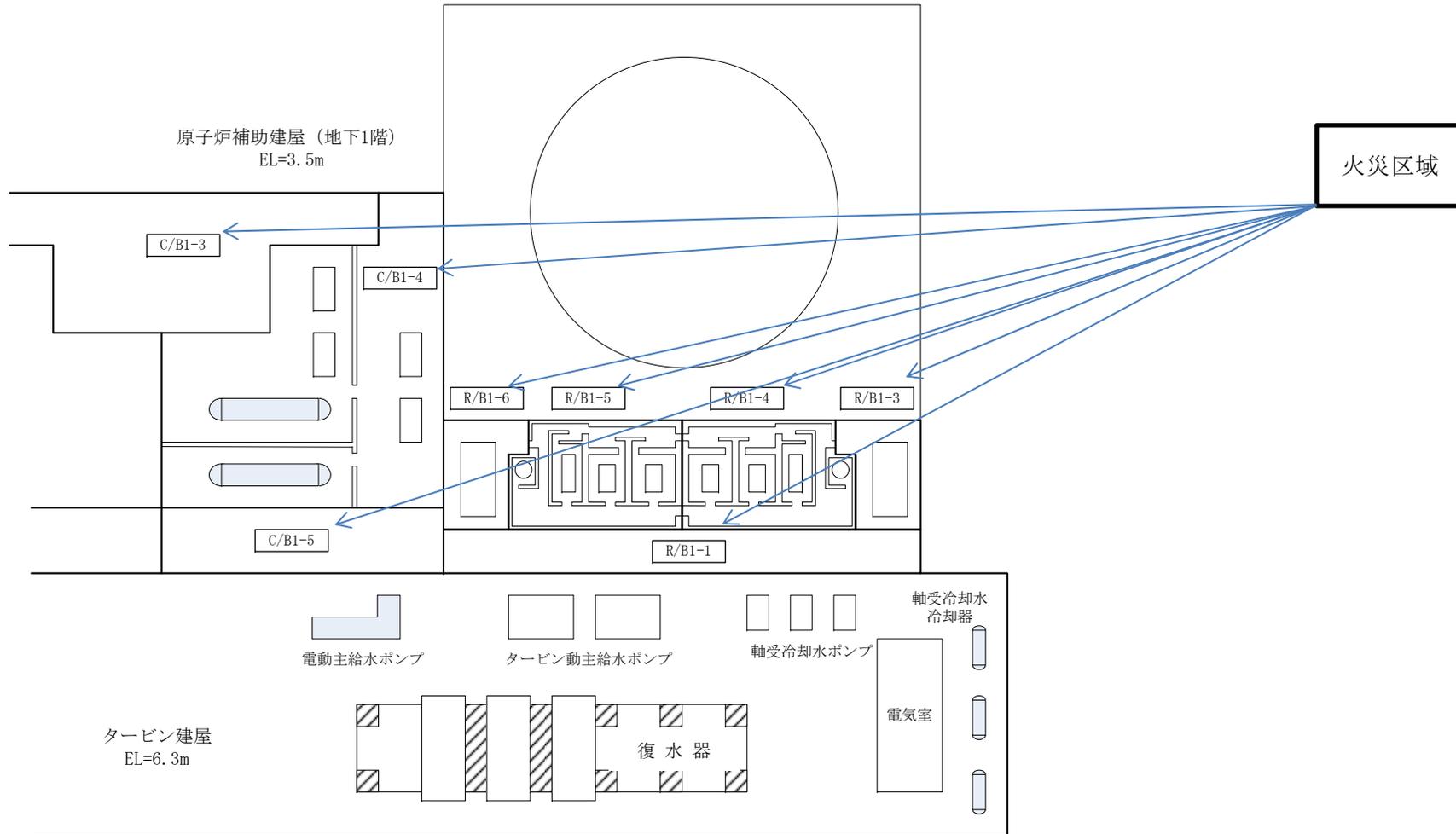


図 6.2 火災区域設定の例 (PWR)

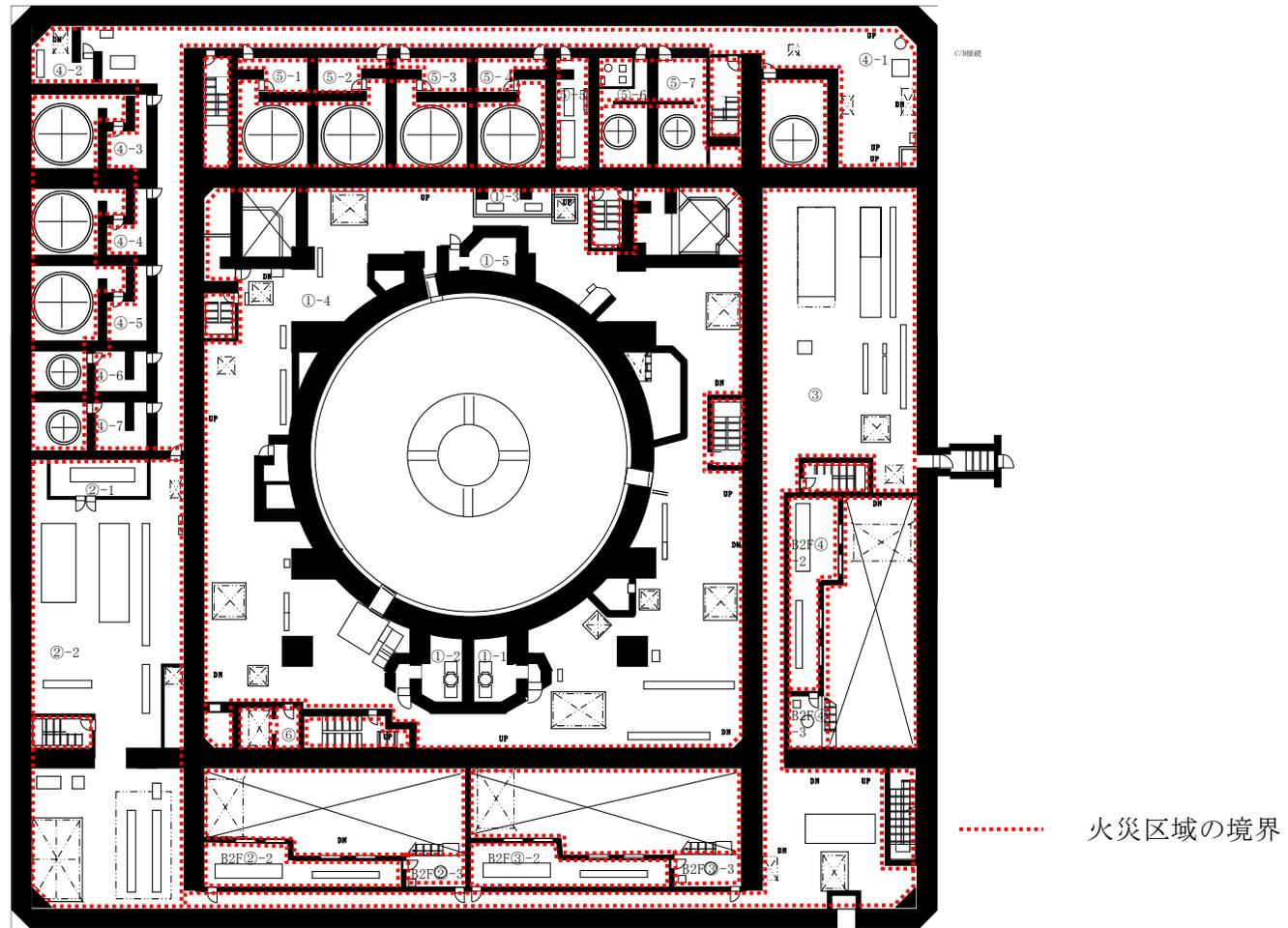


図 6.3 火災区域設定の例 (BWR)

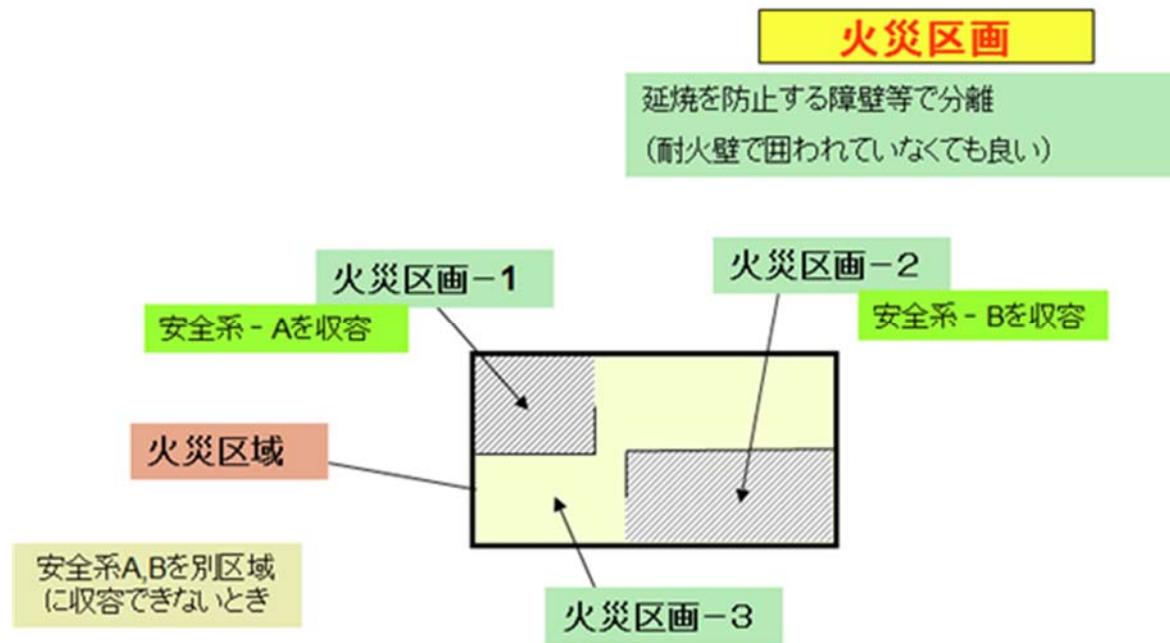


図 6.4 火災区画の概念図

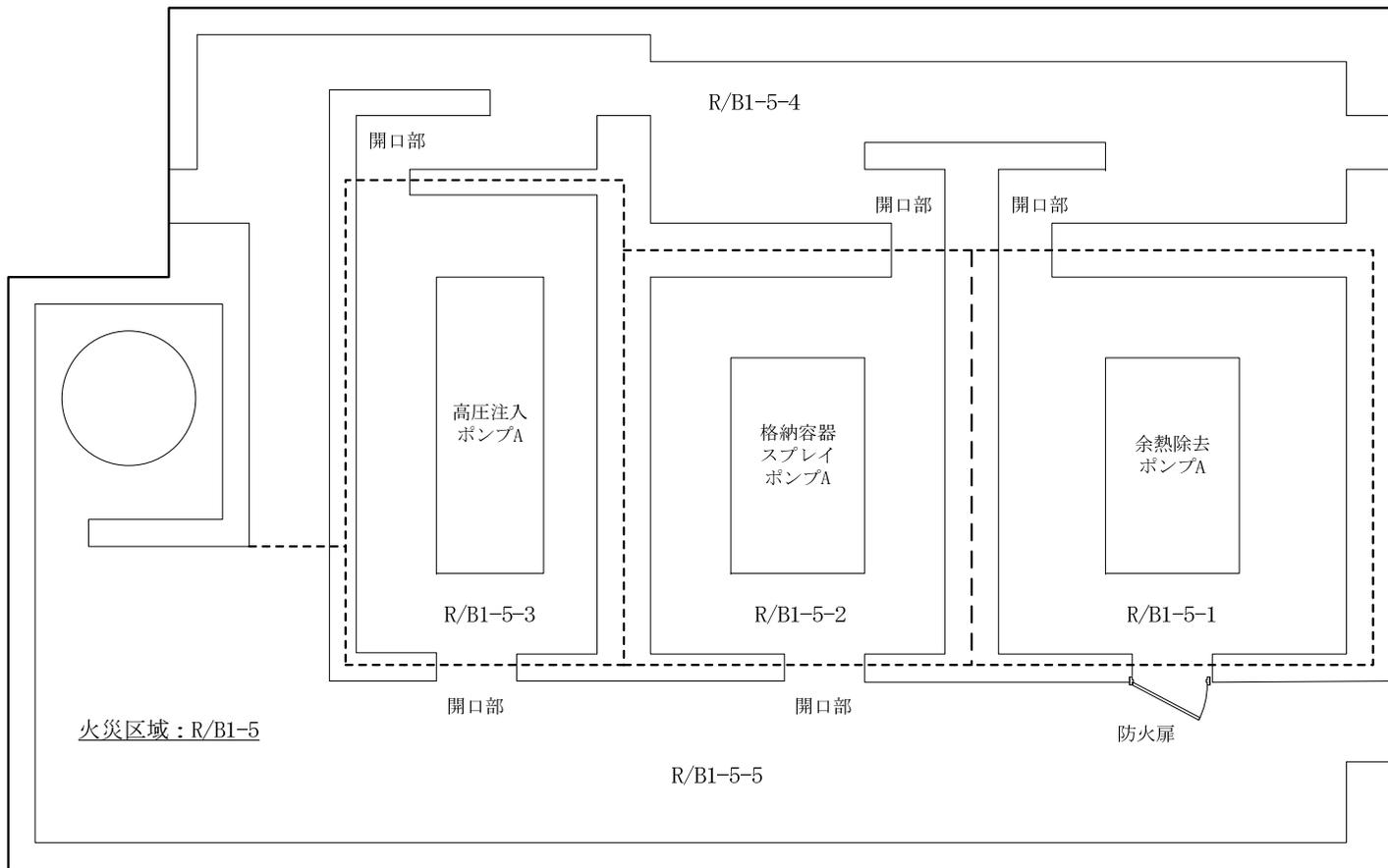


図 6.5 安全補機室 A (R/B1-5) 内の区画配置 (PWR の例 : 図 6.2 の一部)

中央制御盤

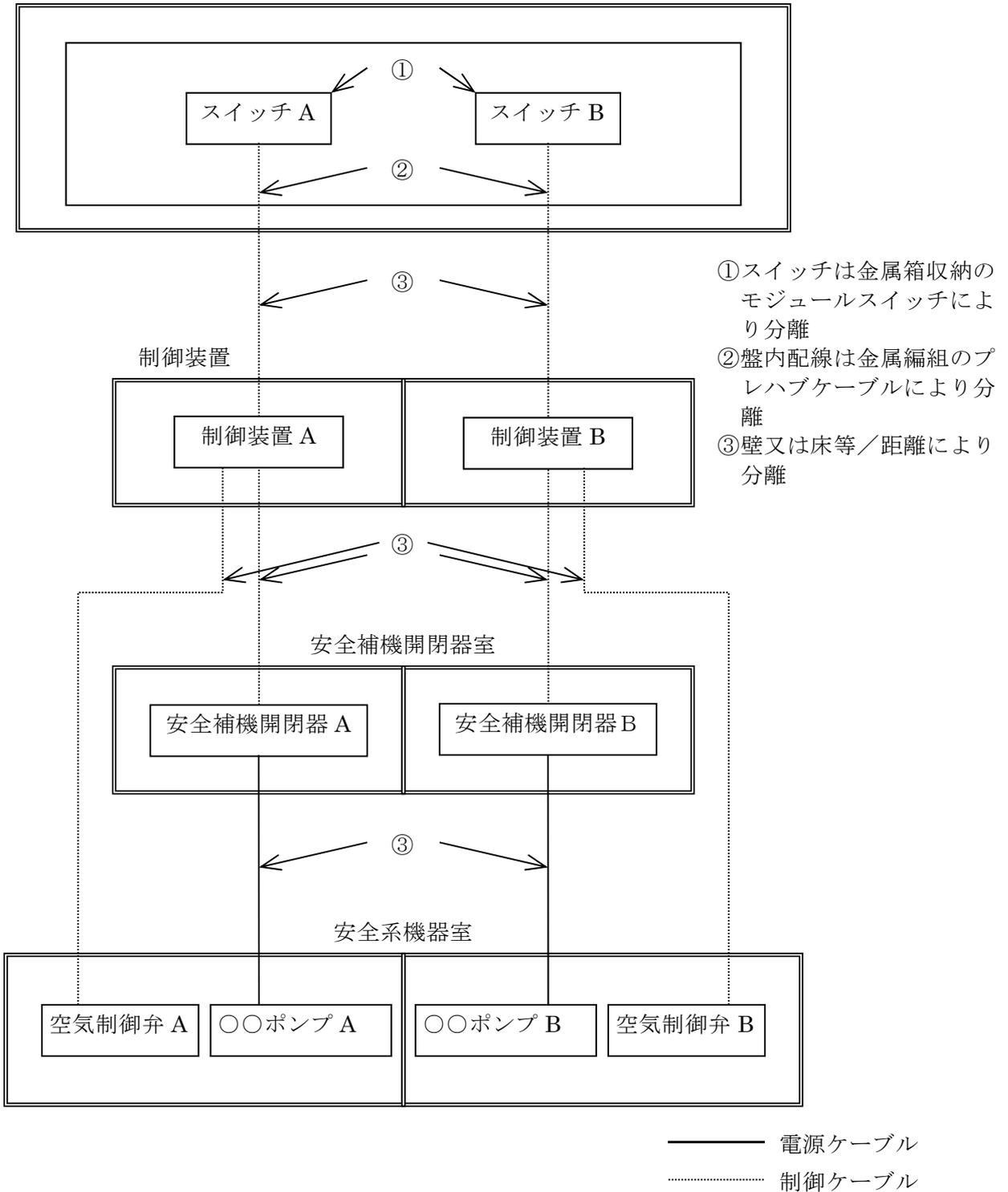


図 6.6 ケーブルと機器の系統分離 (例)

7. スクリーニング手順

7. 1 火災区域のスクリーニング

火災伝播評価を効率的に実施するため、火災区域内の全ての可燃性物質の発火及び全ての機器の機能喪失を想定しても、起因事象が発生せず、原子炉の安全停止に影響しない火災区域を予め摘出する。摘出された火災区域は、引き続いて実施する火災伝播評価の対象からスクリーンアウトする。スクリーニング手順の流れを図 7.1 に示す。

スクリーニングは、火災区域を対象にして実施するが、以下の例では火災区画を対象に火災区域（区画）特性表が作成されていることから、火災区画に対するスクリーニングとなっている。火災区域のスクリーニングは、火災区域（区画）特性表を利用して、実施する。

スクリーニング手順は、以下の 6 ステップよりなる。

- ・ステップ 1： 隣接区域への火災伝播の可能性を評価する。
- ・ステップ 2： 対象火災区域及びステップ 1 において火災伝播の可能性ありと評価された火災区域内において、影響を受ける機器、緩和系を特定する。
- ・ステップ 3： ステップ 2 により特定された緩和系に含まれるサポート系の機能喪失により、影響を受けるフロントライン系を特定する。
- ・ステップ 4： 対象火災区域内の全ての機器及びケーブルが機能喪失することにより、起こりうる起因事象を特定する。
- ・ステップ 5： ステップ 4 において起因事象が存在しない場合は、当該火災区域をスクリーンアウトする。
- ・ステップ 6： ステップ 4 において特定された全ての起因事象について、イベントツリーの定性的評価の結果、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能が確保される場合には、当該火災区域をスクリーンアウトする。

以下、PWR プラントを例に説明する。BWR プラントについては、附属書 A に例を示す。

(1) ステップ 1： 隣接区域への火災伝播の可能性評価

①入力データ

当該火災区域における耐火壁の耐火時間、火災荷重から求めた等価時間（潜在的火災継続時間）を火災区域（区画）特性表に記載する。表 7.1（項目 3、4）に例を示す。

②実施手順

火災区域内の火災が以下の a. 又は b. のいずれかを満足する場合には、隣接火災区域に火災が伝播すると想定する。

- a. 隣接区域への開口部が存在する場合
- b. 火災発生区域の等価時間 > 火災伝播経路の耐火時間の場合

火災の伝播先の火災区域からさらに別の隣接する火災区域への伝播までは考慮しない。この理由は、さらなる火災の伝播までには、時間的に十分消火されると考えられるためである。

スクリーニング及び火災伝播評価において、火災感知の情報が確定しない場合があるため、保守的に火災は感知されないとする。

③評価結果

隣接火災区域への火災伝播の可能性に係る評価の例を表 7.2 に示す。

(2) ステップ 2：対象火災区域及び火災伝播区域内で影響を受ける機器、緩和系の特定

①入力データ

対象火災区域内に存在する機器及びケーブルとこれに係る緩和系についての情報を整理する。表 7.1 の火災区域（区画）特性表の項目 6～8 を参照。

②実施手順

対象火災区域内の火災防護対象機器が全て機能を喪失すると想定した場合に、影響を受ける緩和系を特定する。対象火災区域内の火災防護対象ケーブルが全て損傷すると想定した場合に、影響を受ける機器及び緩和系を特定する。このような特定作業を、対象火災区域のほかに、伝播先の火災区域についても行う。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内で、火災により影響を受ける機器、緩和系の例を、表 7.3 に示す。

影響を受ける緩和系がない場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。

(3) ステップ 3：サポート系の機能喪失により影響を受けるフロントライン系の特定

①入力データ

フロントライン系とサポート系間の依存性、サポート系間の依存性のマトリクスを整理する。表 7.4 及び表 7.5 に例を示す。マトリクスの作成にあたり、必要に応じ、フォールトツリー等も参照する。

②実施手順

ステップ 2 で特定された緩和系にサポート系が含まれる場合には、まずサポート系の機能喪失により影響を受ける他のサポート系を全て特定する。

特定された全てのサポート系の機能喪失により影響を受けるフロントライン系を特定する。

③実施結果

当該火災区域及び伝播先の火災区域内における火災により影響を受ける全てのサポート系及びフロントライン系の緩和系を、ステップ 2 の結果に追記する。例を表 7.3 に示す。

(4) ステップ 4：機器、ケーブルの機能喪失により引き起こす起因事象の抽出

①入力データ

火災区域内の機器、ケーブルの機能喪失により引き起こす起因事象を整理する。例を、表 7.1 の火災区域特性表の項目 9 に示す。

②実施手順

火災区域内の全ての機器の機能が喪失するとして、引き起こされる起因事象を抽出する。火災区域内の全てのケーブルの機能が喪失するとして、引き起こされる起因事象を抽出する。このような抽出作業を、対象火災区域及び全ての伝播先の火災区域について行う。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域の火災により引き起こされる起因事象の抽出結果の例を、表 7.3 に示す。

(5) ステップ 5：定性的評価対象起因事象の選定

①入力データ

運転制限条件等に基づく原子炉停止の判断のために、運転手順書や保安規定を参照する。

②実施手順

起因事象が一つ以上ある場合には、全ての起因事象を定性的評価対象として選択する。

起因事象がない場合には、緩和系の機能喪失により原子炉停止が要求されるかどうかの判定を行い、原子炉停止が必要な場合には起因事象として手動停止を設定する。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内の火災により引き起こされる起因事象の例を、表 7.3 に示す。起因事象がない場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。

(6) ステップ 6：イベントツリーの定性的評価

①入力データ

イベントツリーの例を図 7.2 に示す。イベントツリーの成功基準の例を表 7.6 に示す。

②実施手順

ステップ 5 で選定した起因事象のイベントツリーに対して、その成功基準に基づき、イベントツリーヘディングに対応する緩和機能の成功／失敗を設定する。ここで、ステップ 2 及び 3 で特定したサポート系及びフロントライン系の緩和系は機能喪失するが、その他の緩和系は機能すると仮定する。この条件でイベントツリーの定性的評価を行い、イベントツリーに残存する成功パスがある場合には、起因事象はスクリーンアウトされる。

③評価結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内の火災の影響により、原子炉の安全停止の成功パスの有無を整理する。イベントツリーに残存する成功パスがある場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。評価結果の例を、表 7.3 に示す。

表 7.1 火災区域（区画）特性表（PWR の例）（1/2） — ステップ 1、2 —

火災区画：R/B1-5-1

1. 火災区画の説明

火災区画名：余熱除去ポンプ室 A (R/B1-5-1)

建屋名：原子炉建屋

火災区域名：安全補機室 A (R/B1-5)

床面積 (m²)：70

2. 火災区画の火災シナリオの説明

余熱除去ポンプ室 A (R/B1-5-1) では、余熱除去ポンプでのポンプ潤滑油、ケーブル等を発火源とした火災シナリオを想定する。この火災シナリオは、低圧注入系 A トレインの機能が喪失する可能性がある。

3. 火災区画にある火災ハザード

可燃性物質	可燃性物質質量 (kg 又は l)	発熱量(kJ)	火災荷重 (kJ/m ²)	等価時間 (h)
潤滑油	100	4,317,051	136,549	0.15
ケーブル	205	5,241,527		
合計		9,558,578		

4. 火災区画にある防火設備：

火災感知の手段	主要な消火設備	消火方法	消火設備のバックアップ	耐火壁の耐火時間 (h)
光電式煙感知器	屋内消火栓	手動	粉末消火器、泡消火器	2.0

5. 火災区画に隣接する火災区画と火災の伝播経路

隣接する火災区画	火災伝播経路	耐火壁の耐火時間 (h)	火災を想定する火災区画の消火方法	伝播先の火災区画の消火方法
R/B1-5-2	壁	2	手動	手動
R/B1-5-4	開口部	開放	手動	手動
R/B1-5-5	防火扉	2	手動	手動

6. 火災により影響を受ける機器

機器名	機器タイプ	機器 ID	系統

A 余熱除去ポンプ	電動ポンプ	LPIMDPA	低圧注入系
-----------	-------	---------	-------

表 7.1 火災区域（区画）特性表（PWR の例）（2/2） — ステップ 2、4 —

火災区画： R/B1-5-1					
7. 火災により影響を受けるケーブル（コンジット、ケーブルトレイ）と関連設備					
ケーブル トレイ番号	ケーブル 番号	ケーブル 種別	PRA 機器 番号	PRA 機器名称	系統名
AA01	LP-04	高圧 (A)	LPIMDPA	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系
BB02	ZZ-17	制御 (A)	LPIMDPA	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系
8. 火災により影響を受ける緩和系 低圧注入系					
9. 火災による起因事象と起因事象を引き起こす設備					
起因事象	機器名称	PRA 機器番号			
手動停止					
10. 火災区画にある火災源機器数					
火災源	機器数				
ポンプ	1				
電源及び制御ケーブル					

表 7.2 隣接火災区域（区画）への火災伝播の可能性に係る評価（PWR の例） — ステップ1 —

火災を想定する火災区画		伝播先の火災区画	伝播経路	等価時間 (h)	耐火時間 (h)	火災を想定する火災区画の消火方法	伝播先の火災区画の消火方法	伝播の可能性 伝播する：○ 伝播しない：×
安全補機室 A 余熱除去ポンプ室 A	R/B1-5-1	R/B1-5-2	壁	0.15	2	手動	手動	×
		R/B1-5-4	開口部	0.15	開放	手動	手動	○
		R/B1-5-5	防火扉	0.15	2	手動	手動	×
安全補機室 A 格納容器スプレイポンプ室 A	R/B1-5-2	R/B1-5-1	壁	0.17	2	手動	手動	×
		R/B1-5-3	壁	0.17	2	手動	手動	×
		R/B1-5-4	開口部	0.17	開放	手動	手動	○
		R/B1-5-5	開口部	0.17	開放	手動	手動	○
安全補機室 A 高圧注入ポンプ室 A	R/B1-5-3	R/B1-5-2	壁	0.17	2	手動	手動	×
		R/B1-5-4	壁	0.17	2	手動	手動	×
		R/B1-5-5	開口部	0.17	開放	手動	手動	○
安全補機室 A 北側通路	R/B1-5-4	R/B1-5-1	開口部	0.13	開放	手動	手動	○
		R/B1-5-2	開口部	0.13	開放	手動	手動	○
		R/B1-5-3	壁	0.13	2	手動	手動	×
		R/B1-5-5	開口部	0.13	開放	手動	手動	○
安全補機室 A 南側通路	R/B1-5-5	R/B1-5-1	防火扉	0.04	2	手動	手動	×
		R/B1-5-2	開口部	0.04	開放	手動	手動	○

	R/B1-5-3	開口部	0.04	開放	手動	手動	○
	R/B1-5-4	開口部	0.04	開放	手動	手動	○

表 7.3 対象火災区域（区画）及び伝播先の火災区域（区画）内で影響を受ける機器、緩和系（PWR の例） — ステップ 2、3、4、5、6 —

火災区域	火災区域記号	火災区画番号	伝播先の火災区画	火災により影響を受ける機器	火災により影響を受ける緩和系	起回事象	成功パス有/無	スクリーニング要: ○ 不要: ×
安全補機室 A	R/B1-5	R/B1-5-1	—	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン	手動停止	補助給水系	× (注 1)
			R/B1-5-4	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン			
		R/B1-5-2	—	A 格納容器スプレイポンプ	格納容器スプレイ系 A トレイン	手動停止	補助給水系	× (注 1)
			R/B1-5-4	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン			
			R/B1-5-5	A 高圧注入ポンプ A 格納容器スプレイポンプ	高圧注入系 A トレイン 格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-3	—	A 高圧注入ポンプ A 格納容器スプレイポンプ	高圧注入系 A トレイン 格納容器スプレイ系 A トレイン	手動停止	補助給水系	× (注 1)
			R/B1-5-5	A 高圧注入ポンプ A 格納容器スプレイポンプ	高圧注入系 A トレイン 格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-4	—	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン	手動停止	補助給水系	× (注 1)
			R/B1-5-1	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン			

		R/B1-5-2	A 格納容器スプレイポンプ	格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-5	A 高圧注入ポンプ A 格納容器スプレイポンプ	高圧注入系 A トレイン 格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-2	A 格納容器スプレイポンプ	格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-3	A 高圧注入ポンプ A 格納容器スプレイポンプ	高圧注入系 A トレイン 格納容器スプレイ系 A トレイン			
		R/B1-5-4	A 余熱除去ポンプ	低圧注入系 A トレイン			

(注1)：手動停止イベントツリーで左記系統の故障を想定した場合の成功パスの最初のイベントヘディングは補助給水系である。本火災区画での火災によっても補助給水系は健全であり、単一故障を仮定してもこの成功パスは残存する。

表 7.4 フロントライン系とサポート系間の依存性 (PWR の例) — ステップ 3 —

サポート・システム フロントライン・システム		非常用交流電源		非常用直流電源		ESF 作動設備		原子炉補機冷却水系		原子炉補機冷却海水		制御用圧縮空気系	
		ト レ イ ン A	ト レ イ ン B										
蓄圧注入系	A	△		△									
	B	△		△									
	C		△		△								
	D		△		△								
高圧注入系	トレイン A	○		○		○		○					
	B		○		○		○		○				
低圧注入系 (注 1)	トレイン A	○		○		○		○		○			
	B		○		○		○		○				
補助給水系	MDP トレイン A	○		○		○							
	B		○		○		○						
	TDP トレイン				○○								○○
主給水系	TDP トレイン A	○○											
	B	○○											
	MDP トレイン	○○											
格納容器スプレイ系 (注 1)	トレイン A	○		○		○		○		○			
	B		○		○		○		○				
格納容器再循環ユニ ット (注 2)	トレイン A	○		○		○		○		○			
	B		○		○		○		○				
化学体積制御系 (注 3)		○○											○○
加圧器 安全弁 逃がし弁													○○
					○○								○○
主蒸気 安全弁 逃がし弁													○○
					○○								○○

○ 上側のシステムの故障が左側のシステムに影響を及ぼすもの

△ 上側のシステムの故障が左側のシステムと関係はあるが影響を及ぼさないもの

注 1: 代替再循環 (AM 策) のための低圧注入系と格納容器スプレイ系のクロスタイラインの交流電源はトレイン D (常用電源)

注 2: 格納容器再循環ユニット (AM 策) のサージタンク加圧ラインの直流電源はトレイン C (常用電源)、制御用圧縮空気系はトレイン A 及びトレイン B

注 3: 化学体積制御系による水源補給 (AM 策) の RWSP からの注入ラインの交流電源はトレイン A 及びトレイン B、ほう酸補給ラインの直流電源はトレイン C (常用電源)、制御用圧縮空気系はトレイン A 及びトレイン B

表 7.5 サポート系間の依存性 (PWR の例) — ステップ 3 —

サポート・システム	サポート・システム		サポート・システム		サポート・システム		サポート・システム		サポート・システム		
	非常用交流電源	非常用直流電源	計測制御用電源	E S F 作動設備	原子炉補機冷却水系	原子炉補機冷却海水系	制御用圧縮空気系	トレイン A	トレイン B	トレイン A	トレイン B
非常用交流電源											
トレイン A										○	
トレイン B											○
非常用直流電源											
トレイン A	○										
トレイン B		○									
計測制御用電源											
トレイン A, C	○	○									
トレイン B, D		○	○								
E S F 作動設備											
トレイン A				△						○	
トレイン B				△						○	
原子炉補機冷却水系											
トレイン A	○	○			○					○	
トレイン B		○	○			○					○
代替補機冷却 (AM 策)											
トレイン A	○	○			○					○	
トレイン B		○	○			○					○
原子炉補機冷却海水系											
トレイン A	○	○			○						
トレイン B		○	○			○					
制御用圧縮空気系											
トレイン A	○	○			○				○		
トレイン B		○	○			○				○	

○ 上側のシステムの故障が左側のシステムに影響を及ぼすもの

△ 上側のシステムの故障が左側のシステムと関係はあるが影響を及ぼさないもの

表 7.6 PWR の成功基準の例（過渡事象手動停止） — ステップ 6 —

緩和機能		緩和設備・操作	成功基準	許容時間	使命時間
原子炉の未臨界の確保		原子炉保護系	制御棒挿入		—
炉心冷却	注入モード	<ul style="list-style-type: none"> 2次系の冷却(補助給水系) OR 2次系の冷却(主給水系) 	1/3 ポンプ、2/4 ループ	30 分	6 時間
		OR	1/3 ポンプ、2/4 ループ		6 時間
フィードアンドブリード		<ul style="list-style-type: none"> 高圧注入系 AND 加圧器逃がし弁 	1/2 ポンプ、2/4 ループ		12 時間
			2/2 加圧器逃がし弁		12 時間
	再循環モード	<ul style="list-style-type: none"> 高圧注入系 AND 格納容器スプレイ系 	1/2 ポンプ、2/4 ループ		24 時間
			1/2 ポンプ、3/4 スプレイリング、1/2 熱交換器		24 時間
一次系の過圧防止		不要			
格納容器の過圧防止		格納容器スプレイ系	1/2 ポンプ、3/4 スプレイリング、1/2 熱交換器		30 分

括弧は一つの機能を果たす上で必要な系統の組合せを表している。

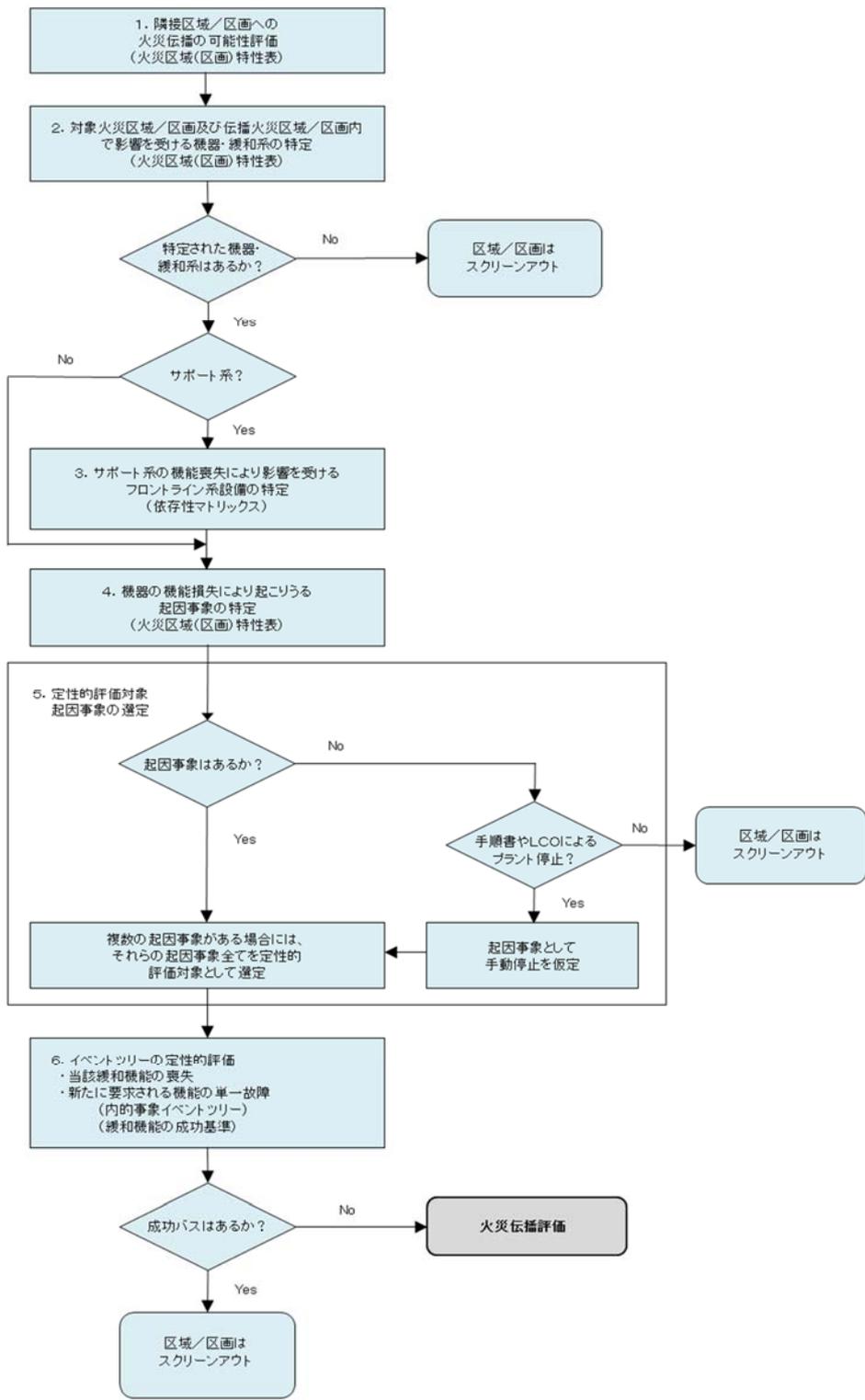


図 7.1 スクリーニング手順の流れ

過渡事象	原子炉トリップ	2次系の冷却	主給水系	フィードアンドブリード	スプレー注入系	高圧再循環	スプレー再循環	SEQ #	PDS #
								S01	OK
								S02	OK
								S03	OK
								S04	P
								S05	SLC
								S06	SL
								S07	P
								S08	TEC
								S09	TE
								S10	TE
								S11	ATWS

図 7.2 PWR のイベントツリーの例 (過渡事象) — ステップ 6 —

【PDS (プラント損傷状態)】 **SLC**: 小破断 LOCA で、後期炉心損傷、CV スプレー 作動、 **SL**: 小破断 LOCA で、後期炉心損傷、 **P**: LOCA および過渡事象で、格納容器破損後に 炉心損傷に至る (CV 先行破損)、 **TE, TEC**: 過渡事象で、早期炉心損傷、TEC はスプレー成功の場合、 **ATWS**: スクラムを伴わない過渡事象

8. 火災伝播評価の手順

7. では火災区域内の全ての機器の機能喪失を想定した上で、火災による原子炉の安全停止機能への影響がない火災区域をスクリーンアウトした。ここでは、スクリーンアウトされなかった火災区域を対象に、それを構成する火災区画内の個別の可燃性物質の発火を想定して、原子炉の安全停止機能への影響を確認することを目的とする。火災伝播評価フローを図 8.1 に示す。

8. 1 系統分離対策の確認

原子炉の安全停止に係わる安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その相互の系統分離及び関連する非安全系との系統分離を行うために、「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」に基づく以下の三つのうちいずれかの対策を講じることが要求されている。

- ① 系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が 3 時間以上の耐火能力を有するバリア等で分離されていること。
- ② 系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間の水平距離が 6m 以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画内に設置されていること。この場合、水平距離間には仮置きものを含め、可燃性物質が存在しないこと。
- ③ 系統分離された火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルについて、互いの系列間が 1 時間の耐火能力を有するバリア等で分離されており、かつ、火災感知設備及び自動消火設備が当該火災区画内に設置されていること。

以下の手順により、その確認を行う。

- (1) 火災を想定する火災区画内あるいは隣接火災区画に対して、6. で作成した火災区域（区画）特性表等により、原子炉の安全停止に係る安全機能を有する機器、緩和系を特定する。
- (2) 特定した機器、緩和系に対して、上記①～③のいずれかの火災防護対策が講じられているかをチェックする。図 8.2 及び図 8.3 に、上記①～③の対策と火災区画との関係を模式的に示す。
- (3) スクリーニングと同様の手順で、以下の手順により、火災区画内の最も苛酷な単一の火災によっても、原子炉の安全停止機能が確保されることを確認する。

- ・ステップ 1： 火災区画の特定

- ・ステップ 2： 火災区画内において、火災源の発熱速度（HRR）が最大となる可燃性物質の組合せ（火災源及びその直上のケーブルトレイ等）を選定し、火災源の HRR、火災源の影響範囲（ZOI:Zone of Influence）、高温ガス層の温度等を求め、ターゲット損傷の有無を評価する。
- ・ステップ 3： 火災防護対象機器（ターゲット）が異なる火災区画内に設置されている場合には、そのターゲットに損傷を与える HRR を評価する。
- ・ステップ 4： ステップ 2 及びステップ 3 において評価したそれぞれの HRR を比較し、対象火災区画の火災源による火災の影響が、他の火災区画に設置されている火災防護対象機器に伝播するかどうかを確認する。

8. 2 火災区画内の評価

火災区画内の評価は、以下の手順により行う。

- (1) 対象火災区画の特定
- (2) 火災源の特定
- (3) ターゲットの特定
- (4) 火災源の影響範囲（ZOI）の設定
- (5) 火災区画内の評価

なお、評価の詳細は附属書 B に示す。

(1) 対象火災区画の特定

対象とする火災区画に関する情報として、火災区域（区画）特性表を参照し、区画のサイズ（縦、横、高さ）、耐火壁の構造材、厚さ、換気条件等（強制換気、開口条件等）を整理する。

(2) 火災源の特定

火災区画内に存在する機器、ケーブルを含む火災源の情報として、火災区域（区画）特性表のほかに、表 6.1 を参考に必要とする情報を整理する。

分類した火災源ごとに、表 8.1 により確率分布の 75%値に相当するスクリーニング用発熱速度（HRR:Heat Release Rate）が与えられている火災源については、その値を使用する。また、潤滑油等の漏えい火災については、NUREG/CR-6850 の考え方に則り、燃焼する油量を内包油量の 10%と

仮定し、この油量に対応する HRR を、FDT^s(Fire Dynamics Tools)⁽³⁾の評価式に基づき、算出する。

また、ケーブル火災については、NUREG/CR-6850⁽¹⁾に基づき、算出する。

(3) ターゲットの特定

火災区画内に存在するターゲット（火災防護対象機器、火災防護対象ケーブル）についての情報を、火災区域（区画）特性表及び下記の図面類から整理する。

- ・火災区画内の機器、ケーブルのリスト
- ・機器／ケーブルの配置の図面

火災区画内のターゲットを特定し、その特徴の情報を整理する。

(4) 火災源の影響範囲（ZOI）の設定

ターゲットのケーブルに対する損傷基準としては、屋内 PVC ケーブルに対して、JNES にて設定した温度基準値 315℃⁽⁴⁾及び熱硬化性ケーブルに対する NUREG/CR-6850 の熱輻射の基準である 11kW/m² をしきい値として設定する（表 8.2 を参照）。

火災区画内の火災源ごとに、影響範囲（ZOI）の評価表を作成する。火災影響範囲（ZOI）の概念図を図 8.4 に示す。影響範囲（ZOI）は FDT^s の計算モデルに基づき算出する。

(5) 火災区画内の評価

米国電気電子工学会(IEEE)規格 384（1992 年版：IEEE384-1992 に示されるケーブルトレイ間の分離距離（垂直上部方向 1.5m、垂直下部方向 0.2m、水平方向 0.9m）の範囲内に含まれるケーブルは損傷するものとして評価する。ただし、実証されたデータがあればそれを示した上で使用してもよい。以上の(2)～(5)の手順で得られた評価例を表 8.3 に示す。

8. 3 火災伝播評価

火災伝播評価は、8. 2と同様の手順で実施するが、火災区画の情報のほか、伝播先火災区画の情報が必要である。実施内容は下記(3)を除き 8. 2と同様である。

- (1) 対象火災区画の特定
- (2) 火災伝播評価用の火災源の特定
- (3) 伝播先火災区画に損傷を与える HRR の算出
- (4) 火災伝播評価

(1) 対象火災区画の特定

8. 2と同様に、火災区画及び伝播先区画の情報を整理する。

(2) 火災伝播評価用の火災源の特定

火災区画において、HRR が最大となる可燃性物質[火災源及び2次可燃性物質（出火源直上のケーブルトレイ、プール火災等）の組み合わせ]を特定する。HRR の値は8. 2と同じ値を用いる。

(3) 伝播先火災区画に損傷を与える HRR の算出

伝播先火災区画のケーブルに損傷を与える高温ガス層の生成に必要な HRR として、表 8. 2 に示す損傷基準（輻射熱(kW/m²)等からターゲットの表面積を用いて HRR(kW)を計算する。

(4) 火災伝播評価

ステップ 2 と 3 での HRR を比較し、火災の発生を想定する火災区画及び伝播先の火災区画のケーブルに損傷を与える高温ガス層が生成されるかどうかを決定する。スクリーニングアウトされない火災区画については、防護対策の強化が必要である。

表 8.1 火災源のスクリーニング用発熱速度 (HRR) (NUREG/CR-6850 表 F-1)

ケース	火災源	HRR kW, (Btu/s)	
		75%	98%
1	垂直キャビネット (認定ケーブル、火災は 1 配線束)	69 (65)	211 (200)
2	垂直キャビネット (認定ケーブル、火災は 2 配線束以上)	211 (200)	702 (665)
3	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は 1 配線束)	90 (85)	211 (200)
4	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は 2 配線束以上、ドア閉)	232 (220)	464 (440)
5	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は 2 配線束以上、ドア開)	232 (220)	1002 (950)
6	ポンプー電気火災	69 (65)	211 (200)
7	モータ	32 (30)	69 (65)
8	仮置可燃性物質	142 (137)	317 (300)

(注) : スクリーニングでは 75%信頼上限値を使用する。

表 8.2 ケーブルの損傷基準

電気ケーブルの損傷・発火の可能性評価のスクリーニング基準			
ケーブルタイプ	輻射熱の基準	温度の基準	出典
熱可塑性	6kW/m ²	205℃	NUREG/CR-6850 の Table 8-2
熱硬化性	11 kW/m ²	330℃	NUREG/CR-6850 の Table 8-2
屋内ケーブル (PVC)	6 kW/m ²	315℃*	* (財) 原子力発電技術機構原子力安全解析所平成 12 年度報告書 (INS/M00-01) (7)

表 8.3 火災源とターゲットの例 (PWR)

プラント	PWR代表プラント
建屋	原子炉建屋
火災区画	制御棒駆動電源室 (R.B0-0-0)

損傷基準	
温度 [°C]	315
熱流束 [kW/m ²]	6

機器	火災源			機器	ターゲット			ZOI		ターゲットはZOI範囲内	ターゲットは損傷するか?	備考	
	HRR (kW)	火災等価直径(m)	火災源高さ(m)		高さ(m)	水平方向	垂直方向	火災高さ(m)	火災による輻射(m)*	温度(°C)	高さ(m)		はい:○, いいえ:×
仮置可燃物	142.00	1.03	0.91	ケーブル #1111	0.60	0.75≦	-	火災高さ(m)	0.66	-	×	輻射の影響範囲0.75m、及び仮置可燃物の中心からの輻射約0.45mを考慮すれば、ターゲットとの分離距離が0.3m以上あれば損傷しない。	
								ブレード中心軸温度(m)*	1.01	-			
								火災による輻射(m)*	0.75	×			
								高温ガス層	温度(°C)	68.45			×
論理キャビネット 1~5	232.00	0.68	1.00	ケーブル #2222	3.90	-	2.90	火災高さ(m)	1.39	×	×	キャビネット間の分離距離は6m以上あるため、直近のターゲットとして直上の水平ケーブルで最も低いものを選択した。	
								ブレード中心軸温度(m)*	1.82	×			
								火災による輻射(m)*	0.96	×			
								高温ガス層	温度(°C)	78.33			×
論理キャビネット 6~9	232.00	0.68	1.00	キャビネット 6~9 (火災源除く)	-	0.60	-	火災高さ(m)	1.39	-	○	キャビネット間の分離距離は最大で30cmであり、キャビネットの幅は30cmであるため、いずれのキャビネットで発火しても隣接キャビネットが損傷する。	
								ブレード中心軸温度(m)*	1.82	-			
								火災による輻射(m)*	0.96	○			
								高温ガス層	温度(°C)	78.33			×
ケーブル	106.02	0.71	-	-	0.60	-	-	高温ガス層	温度(°C)	56.64	×	×	ケーブルが1時間燃焼した場合の高温ガス層温度を推定した。
								高温ガス層	高さ(m)	0.60	×		

FDT^Sを利用して算出

ZOIとターゲットまでの距離から損傷の有無を判断

ターゲットは損傷するか?で、はい(○)となる火災源については、一次スクリーニングのステップ2で成功パスの有無を分析する。成功パスが無い場合は、当該火災源は詳細解析の対象とする。

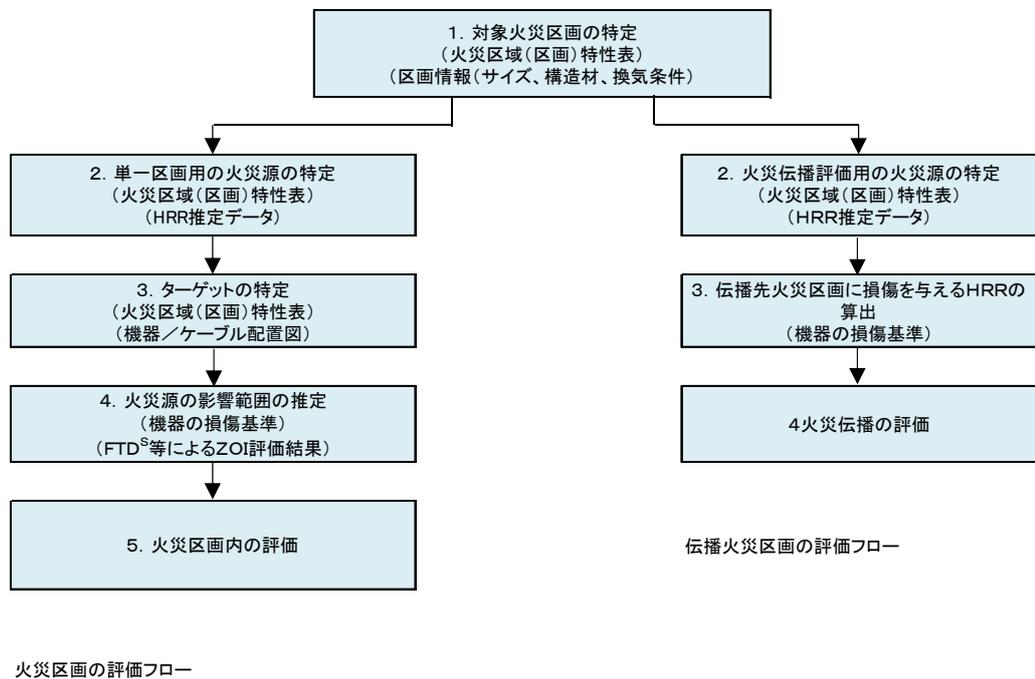


図 8.1 火災伝播評価フロー

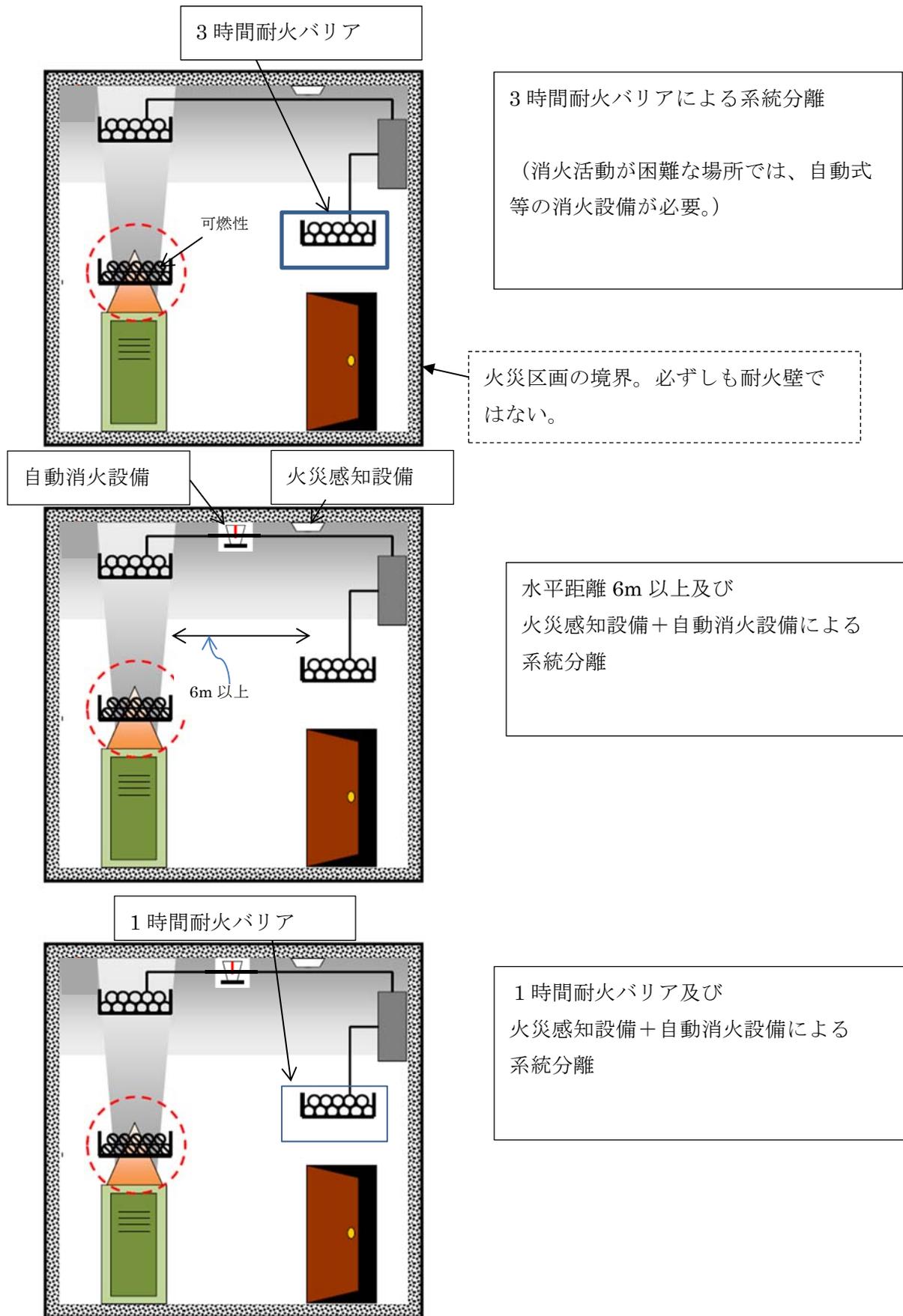
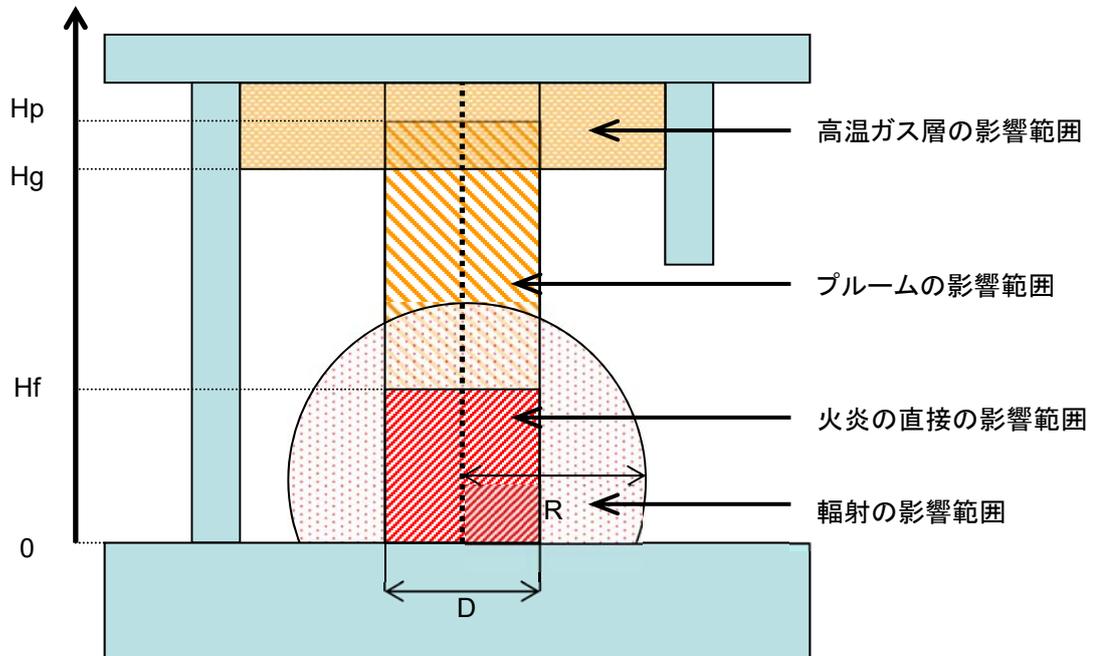


図 8.2 火災区画内評価と系統分離対策



図 8.3 火災伝播評価と系統分離対策



H_f : 火炎の高さ

H_p : プルームの損傷範囲の高さ

H_g : 高温ガス層の損傷範囲の高さ

R : 輻射の損傷範囲の高さ

D : 火炎の直径

- * プルームの損傷範囲内、高温ガス層の影響範囲内の温度は、いずれもターゲットの損傷温度以上である。
- * 輻射の影響範囲内では輻射熱流束がターゲットの損傷熱流束以上である。

図 8.4 火災影響範囲 (ZOI) の評価モデル
(FDT^s 計算モデルによる影響範囲の概念図)

参考文献

- (1) “EPRI/NRC-RES Fire PRA Methodology for Nuclear Power Facilities,”
NUREG/CR-6850, Final Report, Sep. 2005
- (2) JEAG4607-2010「原子力発電所の火災防護指針」(社)日本電気協会、2010年3月
JEAC4626-2010「原子力発電所の火災防護規程」(社)日本電気協会、2010年3月
- (3) ” Fire Dynamics Tools(FDT^s):Quantitative Fire Hazard Analysis Methods
for the U. S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection
Program,” NUREG-1805、December 2004
- (4) 「火災・溢水影響評価手法の整備」、(独)原子力安全基盤機構、10原確報-
0016、平成23年7月
- (5) Fire Protection Handbook Twentieth Edition (2008)
- (6) 「平成12年度 火災に係る確率論的安全解析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 (INS/M00-01)、平成13年3月

附属書 A BWR プラントのスクリーニング手順

以下、BWR プラントを例に説明する。スクリーニング手順の流れを図 A. 1 に示す。

(1) ステップ 1：隣接区域への火災伝播の可能性評価

①入力データ

当該火災区域における耐火壁の耐火時間、火災荷重から求めた等価時間（潜在的火災継続時間）を火災区域（区画）特性表に記載する。表 A. 1（項目 4）に例を示す。

②実施手順

火災区域内の火災が以下の a. 又は b. のいずれかを満足する場合には、隣接区域に伝播すると想定する。

- a. 隣接区域への開口部が存在する場合
- b. 火災発生区域の等価時間 > 火災伝播経路の耐火時間の場合

火災の伝播先の隣接火災区域からさらに隣々接の火災区域への伝播までは考慮しない。この理由は、隣々接の火災区域へ伝播するまでには、消火される時間的余裕が十分あると考えられるためである。

スクリーニング及び火災伝播評価において、火災感知の情報が確定しない場合があるため、保守的に火災は感知されないとする。

③評価結果

隣接火災区域への火災伝播の可能性に係る評価の例を表 A. 2 に示す。

(2) ステップ 2：対象火災区域及び火災伝播区域内で影響を受ける機器、緩和系の特定

①入力データ

対象火災区域内に存在する機器及びケーブルとこれに係る緩和系についての情報を整理する。表 A. 1 の火災区域（区画）特性表の項目 7, 8 を参照。

②実施手順

対象火災区域内の火災防護対象機器が全て機能を喪失すると想定した場合に、影響を受ける緩和系を特定する。

対象火災区域内の火災防護対象ケーブルが全て損傷すると想定した場合に、影響を受ける機器及び緩和系を特定する。

このような特定作業を、対象火災区域のほかに、伝播先の火災区域についても行う。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内で、火災により影響を受ける機器、緩和系の例を、表 A. 2 に示す。

影響を受ける緩和系がない場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。

(3) ステップ 3：サポート系の機能喪失により影響を受けるフロントライン系の特定

①入力データ

フロントライン系とサポート系間の依存性、サポート系間の依存性のマトリクスを整理する。表 A.3 及び表 A.4 に例を示す。マトリクスの作成にあたり、必要に応じ、フォールトツリー等も参照する。

②実施手順

ステップ 2 で特定された緩和系にサポート系が含まれる場合には、まずサポート系の機能喪失により影響を受ける他のサポート系を全て特定する。

特定された全てのサポート系の機能喪失により影響を受けるフロントライン系を特定する。

③実施結果

当該火災区域及び伝播先の火災区域内における火災により影響を受ける全てのサポート系及びフロントライン系の緩和系を、ステップ 2 の結果に追記する。

(4) ステップ 4：機器、ケーブルの機能喪失により引き起こされる起因事象の抽出

①入力データ

火災区域内の機器、ケーブルの機能喪失により引き起こす起因事象を整理する。例を、表 A.1 の火災区域特性表の項目 9 に示す。

②実施手順

火災区域内の全ての機器の機能が喪失するとして、引き起こされる起因事象を抽出する。火災区域内の全てのケーブルの機能が喪失するとして、引き起こされる起因事象を抽出する。このような抽出作業を、対象火災区域及び全ての伝播先の火災区域について行う。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域の火災により引き起こされる起因事象の抽出結果の例を、表 A.2 に示す。

(5) ステップ 5：定性的評価対象起因事象の選定

①入力データ

運転制限条件等に基づく原子炉停止の判断のために、運転手順書や保安規定を参照する。

②実施手順

起因事象が一つ以上ある場合には、全ての起因事象を定性的評価対象として選択する。

起因事象がない場合には、緩和系の機能喪失により原子炉停止が要求されるかどうかの判定を行い、原子炉停止が必要な場合には起因事象として手動停止を設定する。

③実施結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内の火災により引き起こされる起因事象の例を、表 A.2 に示す。起因事象がない場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。

(6) ステップ 6：イベントツリーの定性的評価

①入力データ

イベントツリーの例を図 A. 2 に示す。

イベントツリーの成功基準の例を表 A. 5 及び A. 6 に示す。

②実施手順

ステップ 5 で選定した起因事象のイベントツリーに対して、その成功基準に基づき、イベントツリーヘディングに対応する緩和機能の成功／失敗を設定する。ここで、ステップ 2 及び 3 で特定したサポート系及びフロントライン系の緩和系は機能喪失するが、その他の緩和系は機能すると仮定する。

この条件でイベントツリーの定性的評価を行い、イベントツリーに残存する成功パスがある場合には、起因事象はスクリーンアウトされる。

③評価結果

対象火災区域及び伝播先の火災区域内の火災の影響により、原子炉の安全停止の成功パスの有無を整理する。イベントツリーに残存する成功パスがある場合には、当該火災区域はスクリーンアウトされる。評価結果の例を、表 A. 2 に示す。

表 A.1 火災区域（区画）特性表の例（BWR の例） — ステップ 1、2 —

火災ゾーン F1-S/Z-1

1 火災区域の説明
 火災区域名称 原子炉建屋中心部
 建屋 原子炉建屋
 床面積(m²) 1496
 火災ゾーンの説明 HPCSポンプ室
 火災ゾーン名称 HPCSポンプ室
 床面積(m²) 234

2 シナリオの説明
 HPCSポンプを発火源とした火災であり、起因事象及び区分ⅢのECCS喪失の可能性がある火災シナリオである。

3 火災により影響を受ける機器の説明
 当該火災ゾーンには、ESS3分類のケーブルが設置されており区分ⅢECCSが影響を受ける。

4 火災区画にある火災/煙源

可燃物	可燃物量 (kg又はl)	単位当たり熱量 (kJ/kg又はkJ/l)	発熱量 (kJ)	火災荷重 (kJ/m ²)	等価時間 (h)
潤滑油	550	43,171	23,743,782		
ケーブル	18.9	25,568	483,244		
合計			24,227,025	103,533	0.114

5 火災区画にある防火設備

火災検知の手段	主要な消火設備	消火活動	消火設備のバックアップ	耐火壁の耐火時間(h)
煙検知器	屋内消火栓	手動	可搬式消火器	2

6 火災区画に接する火災区画と火災伝播

隣接する火災区画	火災伝播経路	耐火壁の耐火時間(h)	火災発生区画の消火方法	火災伝播区画の消火方法
F1-S/Z-2	開口部(ケーブルトレイ)	開放	手動	なし
F1-S/Z-3	壁	2	手動	手動
F1-S/Z-10	壁	2	手動	手動
F1-S/Z-11	壁	2	手動	なし
F3-S/Z-1	壁	2	手動	自動
F22-S	防火扉	2	手動	なし

7 火災/煙により影響を受ける緩和系設備及び緩和系の頂上現象

機器タイプ	影響を受ける設備	影響を受ける故障	故障の概要	影響を受ける緩和系の頂上事象	リスクの評価
ポンプ	HPCSスレイポンプ	HPCS-P	起動失敗	HPCS	
空調機	R/B HPCSポンプ室空調機(A)	HPCS-AC1	機能喪失	HPCS	
	R/B HPCSポンプ室空調機(B)	HPCS-AC2	機能喪失	HPCS	
論理キャビネット	高圧炉心スレイ系計装ラック	HPCS-RC	-	-	

8 火災/煙により影響を受けるケーブル(コンジット、ケーブルトレイ)と関連する緩和系設備

ケーブルの種類	ケーブルトレイ	ケーブルに関連する機器	機器タイプ	影響を受ける故障	故障の概要	影響を受ける緩和系の頂上事象	リスクの評価
高圧ケーブル	S3	HPCS系統_C001					

9 火災/煙により起因事象を起こす設備及び頂上現象

機器タイプ	起因事象を起こす設備	起因事象を起こす故障	故障の概要	頂上事象	リスクの評価
ポンプ	HPCSスレイポンプ	HPCS-P		手動停止	-
空調機	R/B HPCSポンプ室空調機(A)	HPCS-AC1		-	手動停止の可能性
	R/B HPCSポンプ室空調機(B)	HPCS-AC2		-	手動停止の可能性
論理キャビネット	高圧炉心スレイ系計装ラック	HPCS-RC		-	手動停止の可能性

10 火災/煙により起因事象を起こすケーブル(コンジット、ケーブルトレイ)と関連する設備

ケーブルの種類	ケーブルトレイ	ケーブルに関連する機器	機器タイプ	起因事象を起こす故障	故障の概要	頂上事象	リスクの評価
なし							

表 A.2 対象火災区域及び火災伝播区域内で影響を受ける機器、緩和系 (BWR の例) — ステップ 2、3、4、5 —

火災区画記号	火災区画名称	隣接火災区画記号	隣接火災区画名称	伝播の可能性					機能喪失する安全区分				発生する起因事象			単一故障想定	成功パスの有無	1次スクリーニング結果
				開口部の存在 (ダクト, ケーブル)	隣接区域との境界	等価時間 (Hr)	耐火時間 (Hr)	伝播するか否か	I	II	III	N(常用系)	自動停止	手動停止	影響なし			
B5-RB-B2F-F1-S/Z-1	HPCSポンプ室	B5-RB-B2F-F1-S/Z-2	HCWサンプル室	あり	開口部	0.114	開放	する			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-3	RHRポンプ室	なし	壁		2	しない			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-10	LPCSポンプ室	なし	壁		2	しない			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-11	HCWサンプルA/LCWサンプルA室	なし	壁		2	しない			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F3-S/Z-1	非常用DG-HPCS室	なし	壁		2	しない			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F22-S	R/1 階段	なし	防火扉		2	しない			●			○TA	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-2	HCWサンプル室	B5-RB-B2F-F1-S/Z-1	HPCSポンプ室		あり	開口部	0.002	開放	する			●			○	区分Ⅰの系統を考慮
B5-RB-B2F-F1-S/Z-3	RHRポンプ室	なし	壁	2	しない			●					○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×		
B5-RB-B2F-F3-S/Z-1	非常用DG-HPCS室	なし	壁	2	しない			●					○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×		
B5-RB-B2F-F4-S/Z-1	非常用DG-B室	なし	壁	2	しない			●					○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×		
B5-RB-B2F-F1-S/Z-3	RHRポンプ室	B5-RB-B2F-F1-S/Z-1	HPCSポンプ室	なし	壁	0.087	2	しない		●				○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×	
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-2	HCWサンプル室	なし	壁		2	しない			●			○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×	
		B5-RB-B2F-F1-S/Z-4	RHRポンプB室	あり	開口部		開放	する			●			○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×	
		B5-RB-B2F-F4-S/Z-1	非常用DG-B室	なし	壁		2	しない			●			○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×	
		B5-RB-B2F-F6-S/Z-1	HCWサンプルA/LCWサンプルA室	なし	壁		2	しない			●			○	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F23-S	R/6 階段	なし	防火扉		2	しない			●			○	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×
		B5-RB-B2F-F25-S	R/7 階段	なし	壁		2	しない			●			○	○	区分Ⅰの系統を考慮	有り(常用系が健全)	×

表 A.3 フロントライン系とサポート系間の依存性 (BWR の例) — ステップ 3 —

サポート系 フロント ライン系 注1)	電源			原子炉 保護系 (RPS)	残留熱 除去 サービス 水系 (RHRSW)	計装用 空気系 (IAS)	高压炉心 スプレイ サービス系 (HPCSSW)
	常 用 AC	非常 用 AC	DC				
制御棒駆動水圧系 (CRDHS)	—	—	○	○	—	○	—
再循環ポンプトリッ プ (RPT)	—	—	○	○	—	—	—
ほう酸水注入系 (SLCS)	○	○	—	—	—	—	—
給水系 (FW)	○	—	○	—	—	—	—
高压炉心スプレイ系 (HPCS)	○	○	○	—	—	—	○
原子炉隔離時冷却 系 (RCIC)	—	—	○	—	○	—	—
自動減圧系 (ADS)	—	—	○	—	—	○	—
逃がし安全弁 (SRV)	—	—	○	—	—	○	—
低压炉心スプレイ系 (LPCS)	○	○	○	—	○	—	—
低压注水系 (LPCI)	○	○	○	—	○	—	—
復水系 (COND)	○	—	○	—	—	—	—
復水補給水系 (MUWC)	○	○	—	—	—	—	—
消火系 (FP)	○	—	—	—	—	—	—
残留熱除去系 (RHR)	○	○	○	—	○	○	—
格納容器ベント (PCVS)	○	○	○	—	—	○	—
制御棒駆動注水系 (CRDIS)	○	○	○	—	—	○	—

注1：上記表は、左側フロントライン系が右側サポート系のサポートを受けている事を示す。AC に関しては常用、非常用で同じ○印があるものは、非常用が代替性を持つものである。DC に関してはフロントライン系作動に不可欠なものであり、ACの代替はない。

表 A.4 サポート系間の依存性 (BWR の例) — ステップ 3 —

サポート系 注1)	電源			原子炉 保護系 (RPS)	残留熱 除去 サービス 水系 (RHRSW)	計装用 空気系 (IAS)	高圧炉心 スプレイ サービス系 (HPCSSW)
	常用 AC	非常用 AC	DC				
常用AC		—	—	—	—	—	—
非常用AC	—		○	—	○	—	—
DC	○	○		—	—	—	—
原子炉保護系 (RPS)	○	○	—		—	—	—
残留熱除去 サービス水系 (RHRSW)	○	○	○	—		—	—
計装用空気系 (IAS)	○	—	—	—	—		—
高圧炉心スプレイ サービス水系 (HPCSSW)	○	○	○	—	—	—	

注1：左側がサポートされる側、右側がサポートする側を示す。

表 A.5 BWR の成功基準の例 (手動停止) — ステップ6 —

緩和機能 起因事象	原子炉未臨界	原子炉過圧防止	炉心冷却	格納容器熱除去
手動停止 事象(TM)	制御棒駆動水圧系 #1 [ARI 考慮] 4)	(不 要)	給水系 #3 又は 高圧炉心スプレイ系 #1 又は 原子炉隔離時冷却系 #1 又は ((水位低自動減圧(1 弁) 4)又は原子炉手動減圧(1 弁)2), #3+低圧炉心スプレイ系 #1 又は ((水位低自動減圧(1 弁) 4)又は原子炉手動減圧(1 弁)2), #3+1/3 低圧注水系 1), #1 又は ((水位低自動減圧(1 弁) 4)又は原子炉手動減圧(1 弁)2), #3+復水系 #3 又は ((水位低自動減圧(1 弁) 4)又は原子炉手動減圧(1 弁)2), #3+代替注水系 4), #3	主蒸気・復水・給水系 #3 又は 1/2 圧力抑制室プール水 冷却系 1), #3 又は 1/2 原子炉停止時冷却系 1), #3 又は 格納容器ベント [耐圧強化ベント] 4), #3

注1) 表中の 1/N は、N 系統ある多重系のうち 1 系統作動すれば緩和機能を達成できることを意味する。

注2) () 内の弁数は全逃がし安全弁(18 弁)中緩和機能が達成できる弁数を示す。

注3) 原子炉隔離時冷却系のみで炉水位確保している場合には、格納容器ベント成功後の炉心冷却として制御棒駆動注水系又は代替注水系が必要。

注4) ARI (Alternative Rod Insertion) : 代替制御棒挿入。表中のアンダーラインは平成6年3月以降に整備された AM 策を示す。

注#1 設置許可申請書(27)と同一としたもの。

注#2 熱水力解析結果に基づき工学的判断により設定したもの。

注#3 先行 PRA を参考とし工学的判断により設定したもの。

表 A.6 BWR の成功基準の例 (外部電源喪失) — ステップ 6 —

緩和機能 起因事象	原子炉未臨界	原子炉過圧防止	炉心冷却	格納容器熱除去
外部電源 喪失事象 ⁶⁾ (TE)	制御棒駆動 水圧系 ^{#1} [ARI 考慮] ⁵⁾	逃がし 安全弁 全弁再開 ^{2), #3}	高压炉心スプレイ系 ^{#1} 又は 原子炉隔離時冷却系 ^{#1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +低压炉心スプレイ系 ^{#1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +1/3低压注水系 ^{1), #1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +代替注水系 ^{5), #3}	主蒸気・復水・給水系 ^{#3} 又は 1/2圧力抑制室プール水冷却系 ^{1), #3} 又は 1/2原子炉停止時冷却系 ^{1), #3} 又は 格納容器ベント [耐圧強化ベント] ^{5), #3}
		逃がし 安全弁 1弁 再開失敗 ^{2), #3}	高压炉心スプレイ系 ^{#1} 又は 原子炉隔離時冷却系 ^{#2} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +低压炉心スプレイ系 ^{#1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +1/3低压注水系 ^{1), #1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +代替注水系 ^{5), #3}	1/2圧力抑制室プール水冷却系 ^{1), #3} 又は 1/2格納容器スプレイ冷却系 ^{1), #3} 又は 1/2原子炉停止時冷却系 ^{1), #3} 又は 格納容器ベント [耐圧強化ベント] ^{5), #3}
		逃がし 安全弁 2弁 再開失敗 ^{2), #3}	高压炉心スプレイ系 ^{#3} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +低压炉心スプレイ系 ^{#1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +1/3低压注水系 ^{1), #1} 又は ((水位低自動減圧(1弁) ⁵⁾ 又は原子炉手動減圧(1弁)) ^{4), #3} +代替注水系 ^{5), #3}	同 上
		逃がし 安全弁 3弁 再開失敗 ^{2), #3}	高压炉心スプレイ系 ^{#3} 又は 低压炉心スプレイ系 ^{#3} 又は 1/3低压注水系 ^{1), #3} 又は 代替注水系 ^{5), #3}	同 上

注 1) 表中の 1/N は、N 系統ある多重系のうち 1 系統作動すれば緩和機能を達成できることを意味する。

注 2) 逃がし安全弁の再開において 1、2、3 弁再開失敗を考慮。

[1 弁再開失敗時は小 LOCA に相当。2 弁再開失敗時は中 LOCA に相当。3 弁再開失敗時は大 LOCA に相当。]

注 3) 原子炉隔離時冷却系のみで炉水位確保している場合には、格納容器ベント成功後の炉心冷却として制御棒駆動注水系又は代替注水系が必要。

注 4) () 内の弁数は全逃がし安全弁(18弁)中緩和機能が達成できる弁数を示す。

注 5) アンダーラインは平成6年3月以降に整備されたAM策を示す。

注 6) 外部電源喪失の成功基準には、外部電源が復帰した場合も含む。

注#1 設置許可申請書⁽²⁷⁾と同一としたもの。 注#2 熱水力解析結果に基づき工学的判断により設定したもの。 注#3 先行PRAを参考とし工学的判断により設定したもの。

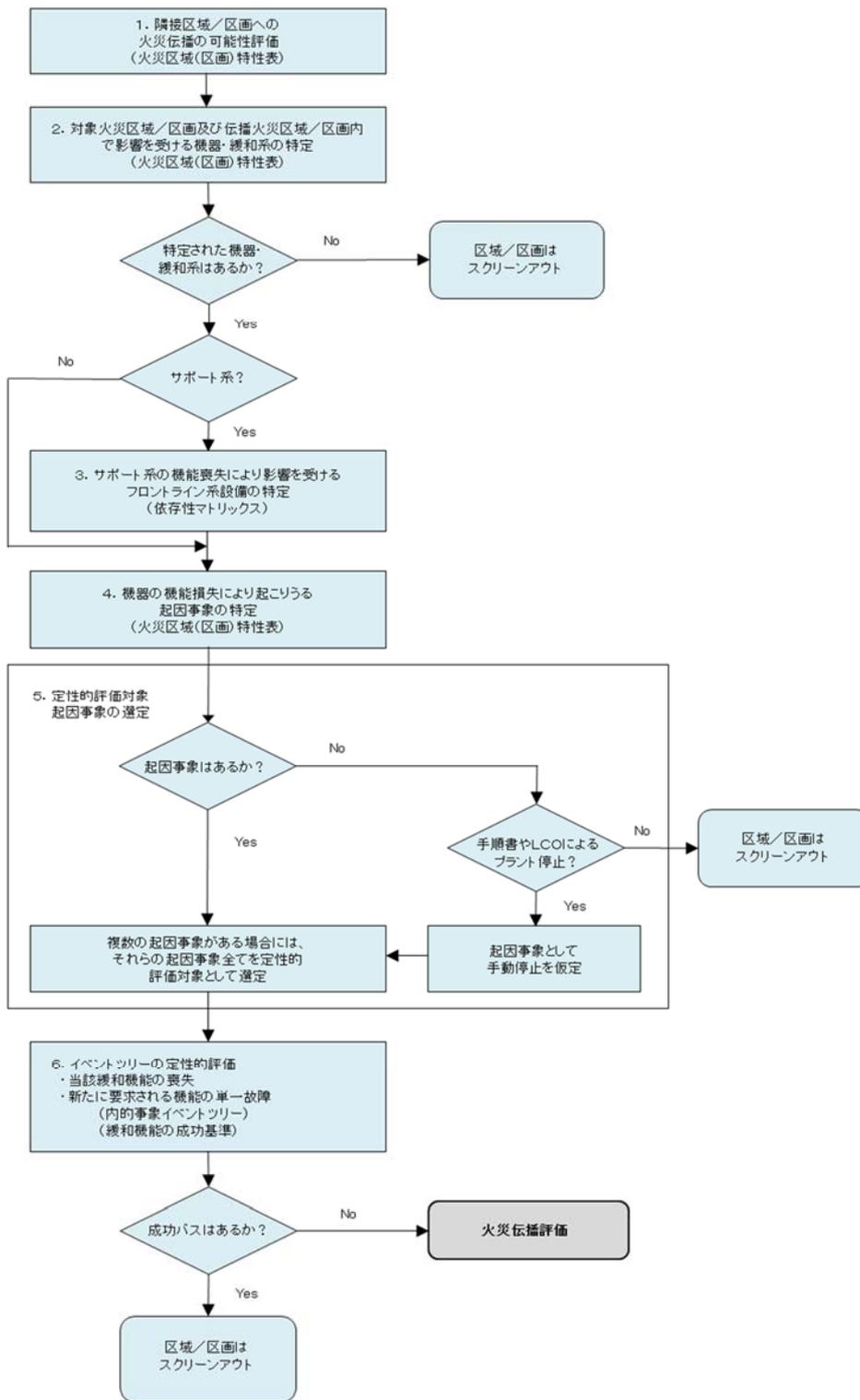


図 A.1 スクリーニング手順の流れ

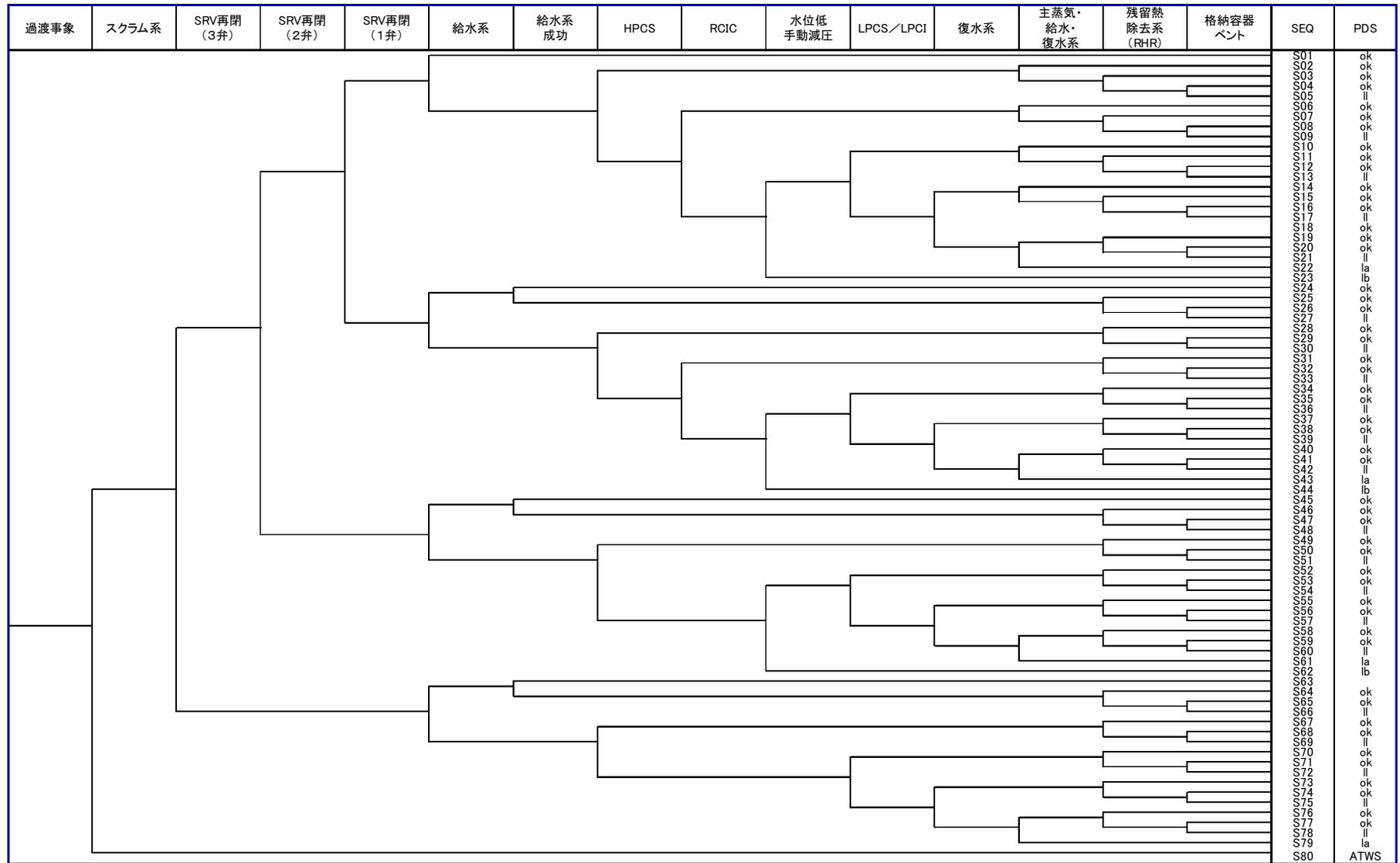


図 A.2 BWR のイベントツリーの例(初期に PCS が使用可能な過渡事象 (TA) -スクラム失敗時) - ステップ6 -

附属書 B 火災区画内の評価手順の詳細

(1) 対象火災区画の特定

① 入力データ

火災区画に関する情報として、火災区域（区画）特性表を参照する。

② 実施手順

- ・ 火災区画の特徴についての情報を整理する。
- ・ サイズ（縦、横、高さ）
- ・ 耐火壁の構造材、厚さ
- ・ 換気条件（強制換気、開口条件等）

③ 実施結果

- ・ 火災区画の特徴の一覧表の例を表 B. 1 に示す。

(2) 火災源の特定

① 入力データ

火災区画内に存在する機器、ケーブルを含む火災源の情報として、火災区域（区画）特性表のほかに、下記の情報を参照する。

- ・ 回転機器の潤滑油量（漏えいの考慮）
- ・ モータの電圧及び電力
- ・ 電源盤の電力（アークの考慮）
- ・ 火災区画内の可燃性物質の量及び性状（仮置を含む）
- ・ 火災源としての機器の分類（表 B. 2）

火災源ごとの発熱速度（HRR）の例を表 B. 3 に、可燃性液体の燃焼特性の例を表 B. 4 に示す。

② 実施手順

火災区画内の火災源の情報を整理する。

- ・ 種別
- ・ 量
- ・ 寸法
- ・ 位置、通常時の温度
- ・ 発熱速度の分類

分類した火災源ごとに、発熱速度（HRR）を次のとおり設定する。

NUREG/CR-6850 において、各火災源に対するスクリーニング用 HRR（確率分布の 75% 値に相当する HRR）が与えられている火災源については、その値を使用する（表 B. 3 を参照）。

潤滑油等の漏えい火災については、NUREG/CR-6850 の考え方に則り、燃焼する油量を内包油量の 10% と仮定する。この油量に対応する HRR を、表 B.4 の可燃性液体の燃焼速度と漏えい面積を基に、下式 (FDT^s、NUREG-1805⁽³⁾) に基づき算出する。

$$HRR = \dot{m}'' \Delta H_{c,eff} \times (1 - e^{-k\beta D}) \cdot A_{dike} [kW]$$

ここで、

\dot{m}'' : 燃焼速度 [kg/m²・sec]

$\Delta H_{c,eff}$: 燃焼熱 [kJ/kg]

$k\beta$: 経験的乗数 [m⁻¹]

D : プール火災の直径 [m]

A_{dike} : 燃焼面積

燃焼面積は次のように決定する。

- ・ オイルパン等により漏えいが限定される場合には、その面積を燃焼面積とする。
- ・ 漏えいが限定されない場合には、次の 2 手法により決定する。

統計的推定に基づき、漏えい油のプールの直径を、保守的に以下のように設定する。

- ・ 95 リットル (1) 以下の漏えいでは、プールの深さを 0.7mm (0.8m²/1) とする。
- ・ 95 リットル (1) を超える漏えいでは、プールの深さを 2.8mm (0.05m²/1) とする。

漏えい油のプールへの漏えい流量 (kg/s) と燃焼量 [燃焼速度 (kg/s・m²) × 燃焼面積 (m²)] が釣り合い、燃焼が定常状態になった場合の HRR は漏えい流量 (kg/s) と発生熱量 (MJ/kg) の積で算出できる。

ケーブル火災については、NUREG/CR-6850 に基づき、火災源の面積を 0.4m² とし、HRR は次式で算出する。

$$\dot{Q}_{ct} = 0.45 \cdot \dot{q}_{bs} \cdot A [kW]$$

ここで、

\dot{Q}_{ct} : HRR 値 [kW]

\dot{q}_{bs} : 単位面積当たりの HRR 値 [kW/m²] (表 B.5 を参照)

A : 火災源の面積 [m²]

(3) ターゲットの特定

① 入力データ

火災区画内に存在するターゲット (火災防護対象機器、火災防護対象ケーブル) についての情報を、火災区域 (区画) 特性表及び下記の図面類から整理する。

- ・ 火災区画内の機器、ケーブルのリスト

- ・ 機器／ケーブルの配置の図面
- ② 実施手順
- 火災区画内のターゲットを特定し、その特徴の情報を整理する。
- ・ 火災区画内の機器の配置情報が不十分な場合には、火災源に最も近接する設備（盤、ケーブルトレイ等）をターゲットに設定する。
 - ・ 火災区画内の配置情報が得られる場合には、当該火災区画内の火災 PRA 機器*をターゲットに設定する。

* 内の事象 PRA モデルで考慮されている機器及び 10CFR50 Appendix-R(5)で要求される安全停止評価において、クレジットがとられた機器を包含するよう選定された機器を「火災 PRA 機器」という。

(4) 火災源の影響範囲（ZOI）の設定

① 入力データ

ターゲットのケーブルに対する損傷基準としては、屋内 PVC ケーブルに対する JNES による温度基準 315℃及び熱硬化性ケーブルに対する NUREG/CR-6850 の熱輻射の基準である 11kW/m²をしきい値として設定する（表 B.6）。

② 実施手順

火災区画内の火災源ごとに、影響範囲（ZOI）の評価表を作成する。火災影響範囲（ZOI）の概念図を図 8.4 に示す。影響範囲（ZOI）は FDT^s の計算モデルに基づき算出する。ただし、天井に近い表面の高温領域（天井ジェット）の影響の評価手法は FDT^s がないため、考慮しない。

i. 火炎プルームの影響範囲

火災による垂直方向の影響範囲は、火炎プルームの中心軸温度が、ターゲットの損傷温度と等しくなるプルームの高さで定義される。火炎の高さは FDT^s モデルで計算できる。

水平方向の影響範囲は、火炎底部の燃焼範囲（油漏えい火災では、漏えい面積で規定される範囲）で定義する。水平方向の影響範囲は FDT^s では計算できない。

ii. 火炎による輻射の影響範囲

火災による輻射の影響範囲は、輻射熱流束が、ターゲットが損傷する熱流束と等しい火炎中心からターゲットまでの直線距離で定義される。この直線距離は、FDT^s モデルにより計算できる。

iii. 火災による高温ガス層の影響範囲

高温ガス層の温度がターゲットの損傷温度以上となる領域であり、時間経過とともに高温ガス層の温度及び高さは変化する。これらは FDT^s モデル⁽³⁾により計算する。

FDT^Sによる高温ガス層の計算モデルには、自然換気区画対象モデル、強制換気区画対象モデル、閉鎖区画対象モデルの3通りが用意されている。

自然換気区画対象モデルは、熱と風圧によって引き起こされる空気の流れを図 B.2 の各段階を考慮して解析するモデルである。強制換気区画対象モデルは、図 B.3 に示すように送風機を使って圧力差を作り出し、引き起こされる空気の流れを解析するモデルである。閉鎖区画対象モデルとは、図 B.3 のような区画が送風機の停止又は防火扉とダンパーの閉鎖等により閉じられ、火災区画が煙によって満たされるか、又は燃料消費又は酸素枯渇の結果として火災源が燃え尽きるまで煙層が降下を続ける状態を解析するモデルである。

強制換気される火災区画は制御室及び開閉器室であり、その他の区画では自然換気を想定する。

自然換気は、開口部もしくはケーブルトレイの貫通部を経由して換気されることを想定する。開口部の高さは、最も厳しい位置に設定する。ケーブルトレイは1段当り高さ15cm、幅30cmとし、電源、制御、計測の各段のケーブルトレイを1セット(45cm×30cm)として、そのセット数の断面積を、ケーブルトレイの貫通部の断面積として設定する。自然換気区画対象モデルでは、高温ガス層の温度及び高さを計算できる。

強制換気区画対象モデル及び閉鎖区画モデルでは、高温ガス層の温度は計算できるが、高さは計算できない。

閉鎖区画モデルでは、火災区画に圧力増大を防ぐ十分な開口部があることを仮定して、閉鎖区画に対する非定常的なエネルギー・バランスに基づく Beyler の相関式⁽³⁾等により、高温ガス層の温度上昇を評価する。

油漏えい火災では、漏えい油(内包油量の10%)が燃え尽きるまでの時間(燃焼期間)を FDT^S のモデルにより計算する。

高温ガス層の温度及び高さから、影響範囲を算出する。

固定火災源(仮置の可燃性物質も含む表 8.3 に示す火災源)の火災については、燃焼開始後1時間経過した時点の高温ガス層の温度及び高さより影響範囲(ZOI)を算出する。

FDT^Sでは、1箇所(箇所)の開口部しか扱えないため、評価対象火災区画に複数の開口部がある場合には、開口部の全面積を設定する。

(5) 火災区画の評価

① 入力データ

IEEE384-1974 に示されるケーブルトレイ間の分離距離(垂直上部方向1.5m、垂直下部方向0.2m、水平方向0.9m)の範囲内に含まれるケーブルは損傷するものとして評価する。ただし、ケーブルの損傷を免れる分離距離の妥当性を示す実証されたデータがあればそれを示した上で使用してもよい。

② 実施手順

ウォークダウンにより、火災源とターゲットの配置をもとに、火災源とターゲットについての解析上の仮定が適切であることを確認する。

火災区画内の火災源ごとに、ターゲットの損傷の有無を評価する。

ターゲットに損傷を与える火災源がない場合には、火災源機器のみが損傷するものとする。

ターゲットがいずれかの損傷範囲（ZOI）内にあれば、ターゲットは損傷するものとして扱う。

ターゲットに損傷を与える火災源が一つ以上あれば、火災区画内の全機器の機能が喪失するものとして想定する。

表 B.1 火災区画の特徴の一覧表

区画に関する情報	値
開口部面積 (m ²)	2.0
開口部高さ (m)	2.0
開口部上部の床からの高さ (m)	2.0
区画の幅 (m)	32.0
区画の長さ (m)	32.0
区画の高さ (m)	6.4
開口部を除いた区画の総面積 (m ²)	2865.2
周囲空気の温度 (°C)	20.0
周囲空気の密度 (kg/m ³)	1.2
周囲空気の比熱 (kJ/kg-K)	1.0
室内ライニングの厚さ (m)	0.3
室内ライニングの材料	コンクリート

表 B.2 火災源機器の分類

火災源のタイプ ⁽⁴⁾	NUREG/CR-6850 ⁽¹⁾	番号
バッテリー	バッテリー本体	1
	水素	2
バッテリー充電器	バッテリー充電器	3
制御室	電気キャビネット	4
	主制御盤	
ディーゼル発電機	ディーゼル発電機	5
発電機	発電機励磁機／水素／漏えい油	6
空調器（注1）	換気サブシステム（3.7kW超）	7
論理キャビネット	電気キャビネット	8
モータ（注2）	モータ（5HP超）	9
高圧電源盤（スイッチギア） 配電盤（パワーセンタ） モータコントロールセンタ	電気キャビネット	10
	高エネルギーアーク損傷（HEAF）	
電源及び制御ケーブル	ケーブル	11
ポンプ／空気コンプレッサー（注3）	ポンプ及び大型油圧弁（3.7kW超）	12
開閉器	電気キャビネット	13
	高エネルギーアーク損傷（HEAF）	
タービン	タービン発電機	14
変圧器（4kV以上）	変圧器（乾式）	15
変圧器（4kV未満）	変圧器（油入）	16
ヒューマンエラー	仮置可燃性物質	17
その他（注4）	発火性又は引火性固体（プラスチック固化体／アスファルト固化体、チャコールフィルタ）	18

(注1) 空調器関連のモータを含む。

(注2) 空調器関連モータ、ポンプ及び空気コンプレッサー関連モータ以外のモータを含む。

(注3) ポンプ及び空気コンプレッサー関連モータを含む。

(注4) その他の火災源については、JEAC4626-2010及びJEAG4607-2010を参照すること。

表 B.3 火災源のスクリーニング用発熱速度 (HRR) (NUREG/CR-6850 表 F-1)

ケース	火災源	HRR kW, (Btu/s)	
		75%	98%
1	垂直キャビネット (認定ケーブル、火災は1配線束)	69(65)	211(200)
2	垂直キャビネット (認定ケーブル、火災は2配線束以上)	211(200)	702(665)
3	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は1配線束)	90(85)	211(200)
4	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は2配線束以上、ドア閉)	232(220)	464(440)
5	垂直キャビネット (非認定ケーブル、火災は2配線束以上、ドア開)	232(220)	1002(950)
6	ポンプ-電気火災	69(65)	211(200)
7	モータ	32(30)	69(65)
8	仮置可燃性物質	142(137)	317(300)

(注) : スクリーニングでは75%信頼上限値を使用する。

表 B.4 可燃性液体の燃焼特性(NUREG-1805⁽³⁾より)

燃料	燃焼速度 m'' (kg/m ² -sec)	燃焼熱 $\Delta H_{c, eff}$ (kJ/kg)	密度 ρ (kg/m ³)	経験的定数 $k\beta$ (m ⁻¹)
メタノール	0.017	20,000	796	100
エタノール	0.015	26,800	794	100
ブタン	0.078	45,700	573	2.7
ベンゼン	0.085	40,100	874	2.7
ヘキサン	0.074	44,700	650	1.9
ヘプタン	0.101	44,600	675	1.1
キシレン	0.09	40,800	870	1.4
アセトン	0.041	25,800	791	1.9
ジオキサン	0.018	26,200	1035	5.4
ジエチルエーテル	0.085	34,200	714	0.7
ベンジン	0.048	44,700	740	3.6
ガソリン	0.055	43,700	740	2.1
ケロジン	0.039	43,200	820	3.5
ディーゼル	0.045	44,400	918	2.1
JP-4	0.051	43,500	760	3.6
JP-5	0.054	43,000	810	1.6
変圧器油、炭化水素	0.039	46,000	760	0.7
561 シリコン変圧器液体	0.005	28,100	960	100
燃料油、重質	0.035	39,700	970	1.7
原油	0.0335	42,600	855	2.8
潤滑油	0.039	46,000	760	0.7

表 B.5 単位面積当たりの HRR 値 (kW/m²) (NUREG/CR-6850 表 R-1)

ケーブル種別	材質	HRR (kW/m ²)
熱硬化性 (認定ケーブル)	XPE/FRXPE	475
	XPE/ネオプレン	354
	XPE/ネオプレン	302
	XPE/XPE	178
熱可塑性 (非認定ケーブル)	PE/PVC	395
	PE/PVC	359
	PE/PVC	312
	PE/PVC	589
	PE、ナイロン/PVC、ナイロン	231
	PE、ナイロン/PVC、ナイロン	218

(ジャケット/断熱材)

PE : ポリエチレン

PVC : ポリ塩化ビニル

XPE : 架橋ポリエチレン

FRXPE : 難燃性架橋ポリエチレン

表 B.6 ケーブルの損傷基準

電気ケーブルの損傷・発火の可能性評価のスクリーニング基準			
ケーブルタイプ	輻射熱の基準	温度の基準	出典
熱可塑性	6KW/m ²	205℃	NUREG/CR-6850 の Table 8-2
熱硬化性	11 KW/m ²	330℃	NUREG/CR-6850 の Table 8-2
屋内ケーブル (PVC)	6 KW/m ²	315℃*	* (財) 原子力発電技術機構原子力安全解析所平成 12 年度報告書 (INS/M00-01)

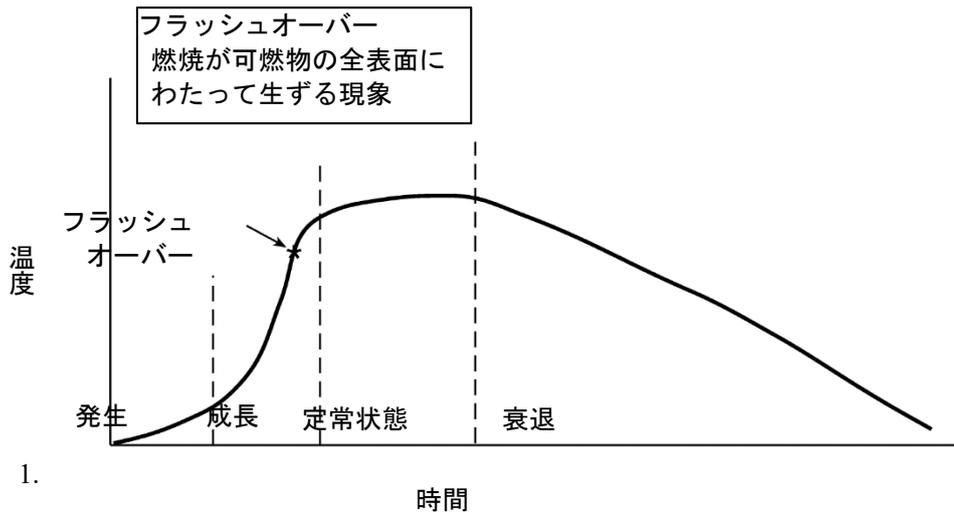


図 B.1 典型的な火災進展の段階

(出典：NUREG 1805)

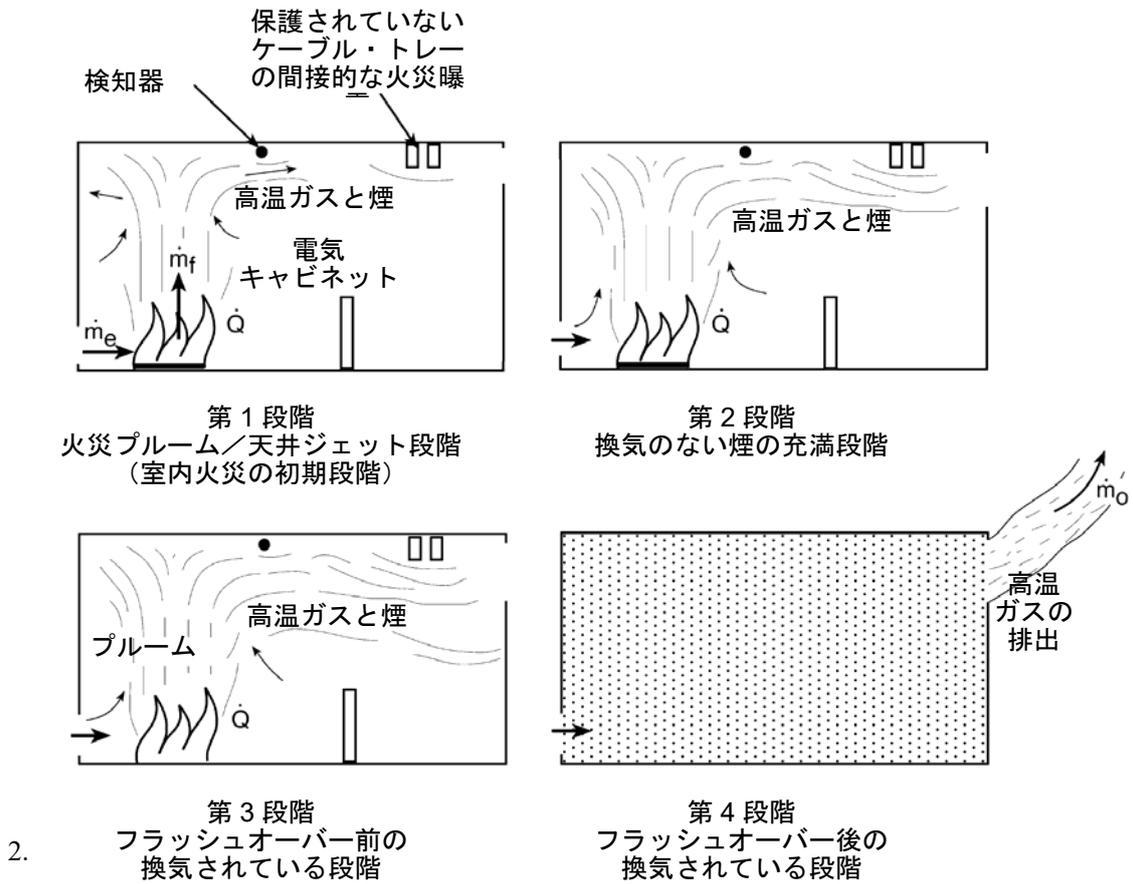
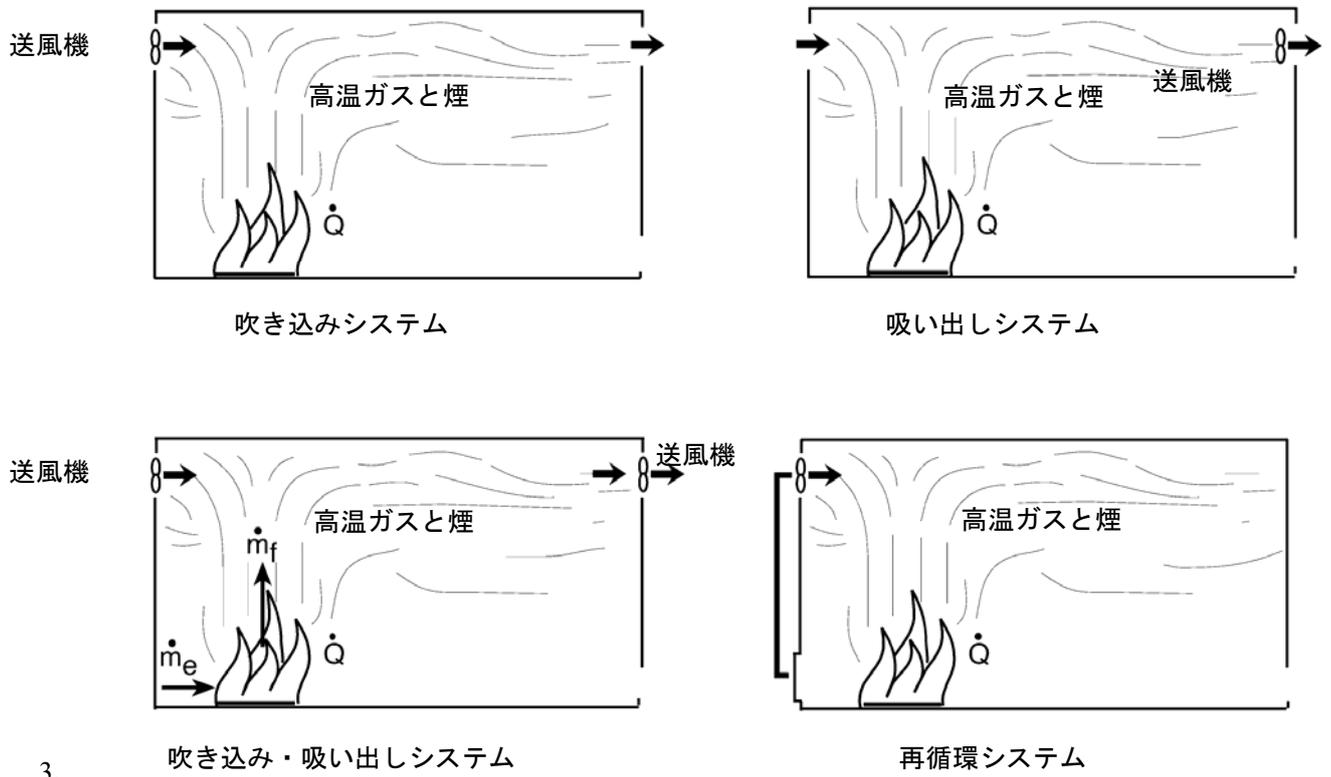


図 B.2 自然換気状態における区画火災の概要

(出典：NUREG 1805)



3.

図 B.3 強制換気状態における区画火災の概要

出典：NUREG 1805