原子力安全に係る重要度評価に関するガイド

附属書５

火災防護に関する重要度評価ガイド

(GI0007_附属書５_r5)

原子力規制庁
原子力規制部
検査監督総括課

目　　次

1　適用範囲 1
2　重要度評価の手順 1
3　火災防護に関する重要度評価（フェーズ１） 1
　3.1 概要 1
　3.2 フェーズ１のスクリーニング 3
4　火災防護に関する重要度評価（フェーズ２） 9
　4.1 概要 9
　4.2 定量評価の位置付け 9
　4.3 火災に関する事象のフェーズ２評価（定量評価） 9

添付１　火災力学ツール FDT^{S} の概要と使用例 16
添付２　火災防護の重要度評価プロセスワークシート 20
添付３　劣化評価指針 21

1　適用範囲

本附属書は、原子力規制検査において特定された検査指摘事項のうち、火災防護における深層防護に係る事業者のパフォーマンス劣化に関する重要度の評価に適用する。火災防護における深層防護とは、具体的に以下の要素である。

・火災の発生を防止すること
・火災を早期に感知して速やかに消火すること
・火災が速やかに鎮火しない場合、安全停止するための原子炉の機能を防護すること

2　重要度評価の手順

火災防護に関する重要度評価は、フェーズ１とフェーズ２からなる。

フェーズ１では、検査指摘事項の初期の特徴付けを行うため定性的な評価を実施し、重要度「緑」に相当する可能性がある火災に係る検査指摘事項を選別する。フェーズ１のスクリーニング結果が「緑」と判断されない場合、評価プロセスはフェーズ２へと続く。

フェーズ２では、火災確率論的リスク評価（PRA）が活用できるまでの間、内部事象レベル１PRA の情報を用いた定量的な手法に基づき重要度評価を行う。

3　火災防護に関する重要度評価（フェーズ１）

3.1 概要

フェーズ１では、原子力検査官が重要度「緑」の検査指摘事項を特定するためにスクリーニングを行う。検査指摘事項のスクリーニングにより、「緑」であると判定した場合には、フェーズ２の評価を行わない。フェーズ１のスクリーニングにより「緑」と評価できない場合にはフェーズ２へ進み、さらに重要度の評価を行う。

図１に示すように、フェーズ１は４段階で構成される。検査指摘事項は、まず、特徴付けされ（ステップ 1.1)、劣化が見つかった火災防護プログラムの要素に基づき分類される（ステップ 1.2)。次に、当該検査指摘事項について劣化の高低が添付３の劣化評価指針に基づき判定され、低劣化の検査指摘事項は「緑」に選別される（ステップ 1.3)。検査指摘事項が低劣化ではない場合は、次のステップ（ステップ 1.4）において、ステップ 1.2 で分類された検査指摘事項の区分に基づき一連の定性的な質問を用いて当該検査指摘事項のスクリーニングを行う。

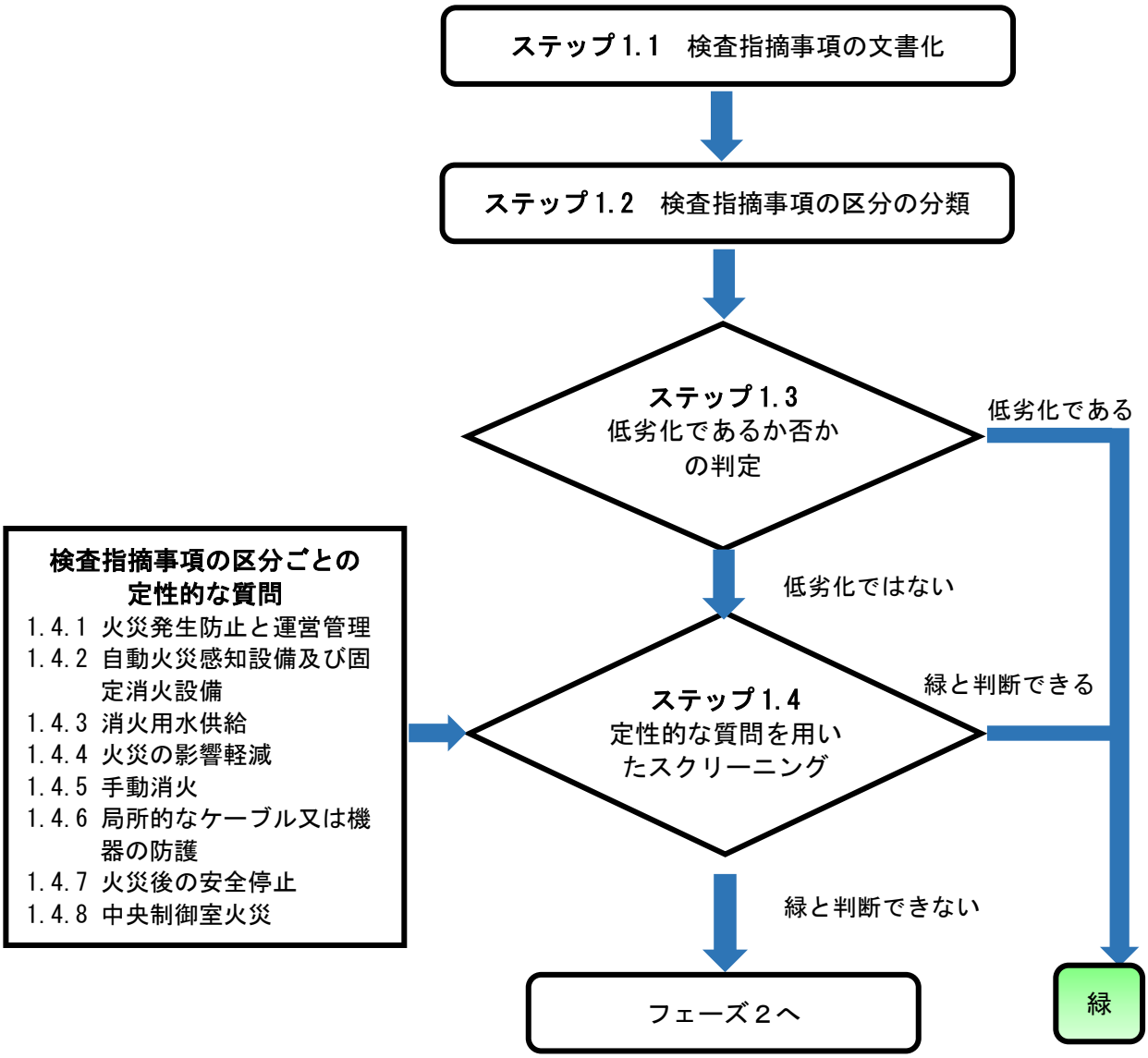


図１　フェーズ１のフローチャート

3.2 フェーズ１のスクリーニング

火災防護に関する重要度評価のフェーズ１では、重要度「緑」の検査指摘事項を選別する。この定性的なスクリーニングの方法は、検査指摘事項で事業者のパフォーマンス劣化が明記され、「GI0008　検査気付き事項のスクリーニングに関するガイド」により軽微を超えると判断されたときに開始される。

火災防護に関する重要度評価のフェーズ１のスクリーニングに関しては、添付２のワークシートを参照すること。

ステップ 1.1：検査指摘事項の文書化

検査指摘事項の概要を添付２のワークシートに記載する。

ステップ 1.2：検査指摘事項の区分の分類

以下の表に定める指針を用い、検査指摘事項を最も適した検査指摘事項の区分に分類する。検査指摘事項は１つの区分にのみ分類することができる。分類した検査指摘事項の区分を添付２に記録する。

表１　火災防護における検査指摘事項の区分

検査指摘事項の区分	各区分において適用される要素
1.4.1 火災発生防止と運営管理	・施設の可燃性材料を管理するプログラム ・作業許可に関するプログラム等、その他運営に関するプログラム ・火気使用作業時における火災監視 ・定期的な火災監視 ・防火訓練等の訓練プログラム
1.4.2 自動火災感知設備及び固定消火設備	・自動火災感知設備 ・火災消火設備（自動又は固定） ・自動火災防護設備の停止や代替措置として取り付けられた火災感知器
1.4.3 消火用水供給	・消火ポンプ ・構内の配管 ・水源
1.4.4 火災の影響軽減	・火災区域と他の火災区域を隔離する火災障壁 ・貫通部シール ・ウォーターカーテン ・火災又は煙ダンパー ・防火扉 ・空間的な隔離等
1.4.5 手動消火	・消防ホース又は消火器 ・火災事前計画
1.4.6 局所的なケーブル又は機器の防護	・ケーブル、トレイ又は機器の火災・熱防護用の物理障壁 ・ケーブルの防火シート等 ・機器・ケーブル防護用の放射熱遮蔽
1.4.7 火災後の安全停止	・火災後の安全停止に必要とされるシステム及び機能 ・火災後の施設応答手順 ・火災後の運転員の操作 ・回路故障モードと影響（誤作動など）
1.4.8 中央制御室火災	・中央制御室内の火災で、居住性、機器、運転への影響

ステップ 1.3：低劣化であるか否かの判定

添付３の指針を用い、検査指摘事項が低劣化であるか否かを判定する。添付２にその判断に至った根拠を説明する。

1.3.1-A 質問：添付３の指針に基づき、検査指摘事項が低劣化と判断できるか？

〇Yes－緑に選別し、これ以上解析は必要ない。

〇No－ステップ 1.4 へ続く。

ステップ 1.4：定性的な質問を用いたスクリーニング

ステップ 1.2 で分類された検査指摘事項区分に対応するステップへ進み、定性的な質問に回答し、重要度を「緑」であるか否かを判定する。以下の８つの検査指摘事項の区分ごとに定性的な質問を設定する。

火災の発生防止

1.4.1　火災発生防止と運営管理

発生した火災の迅速な感知及び消火

1.4.2　自動火災感知設備及び固定消火設備

1.4.3　消火用水供給

1.4.4　火災の影響軽減

1.4.5　手動消火

火災が速やかに鎮火されない場合の原子炉の安全停止を行う機能の防護

1.4.6　局所的なケーブル又は機器の防護

1.4.7　火災後の安全停止

1.4.8　中央制御室火災

検査指摘事項の区分の定性的な質問のみを用いて検査指摘事項を評価する。質問が当該検査指摘事項に対応しない場合には、その質問を飛ばし、当該検査指摘事項の区分での次の質問に進む。対応しない質問が最後の質問である場合には、フェーズ２に進む。添付２の〇にチェックを入れることで各質問に回答する。添付２に選択した回答の論理的根拠を説明する。

ステップ 1.4.1：火災発生防止と運営管理

1.4.1-A 質問：検査指摘事項は、火災の発生の可能性を高める、火災感知を遅らせる、又は許認可で認められた安全停止の手段に悪影響を及ぼすようなこれまでに評価されていたよりもさらに重大な火災に至りうるものか。

〇Yes－次の質問へ。

〇No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

1.4.1-B 質問：検査指摘事項は、火災の自動感知及び消火設備が適切に整った１つの火災区画又は火災区域に悪影響を及ぼすか。

○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－フェーズ２へ。

ステップ1.4.2：自動火災感知設備及び固定消火設備

1.4.2-A 質問：劣化した又は機能しない火災の感知又は固定消火設備は、安全停止に必要な機器を保護する設備の機能に悪影響を及ぼすか。
○Yes－フェーズ２へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

ステップ1.4.3：消火用水供給

1.4.3-A 質問：安全停止に必要な機器を保護するために適切な消火水流量（必要圧力での流量）が施設内で最も厳しい場所においても確保されるか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－フェーズ２へ。

ステップ1.4.4：火災の影響軽減

1.4.4-A 質問：当該火災区域にある可燃物の量や安全停止に必要な機器の位置を考慮しても、その火災の影響軽減機能の劣化は、火災伝搬を防止するために必要な耐火機能（炎、煙及び高温ガスの伝搬の防止を含む）を維持し続けることができるか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.4-B 質問：火災の影響軽減機能を維持できる自動消火設備があるか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.4-C 質問：検査指摘事項が、防火扉に関わる場合、影響を受けた火災区域に安全停止に必要な機器は設置されているか。
○Yes－次の質問へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

1.4.4-D 質問：検査指摘事項は、防火扉を正しく閉める機能の喪失に関わるが、防火扉の閉止機能に影響しなかった場合、その防火扉はガス系消火設備のある区域を保護するか。
○Yes－フェーズ２へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

1.4.4-E 質問：火災の影響軽減機能の劣化が原因で、火災が１つの火災区域（火災発生区域）から別の火災区域（隣接火災区域）に拡がった場合、隣接火災区域にある別の安全停止機能を損傷する可能性があるか。
○Yes－次の質問へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

1.4.4-F 質問：質問 1.4.4-E の答えが Yes の場合、火災の影響軽減機能の劣化による火災伝播（複数の火災区域を通るケーブルなど）によって影響を受けるほど、安全停止機能は隣接する区画内の近い位置にあるか。
○Yes－フェーズ２へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

ステップ 1.4.5：手動消火

1.4.5-A 質問：検査指摘事項は、火気を使用する作業における火災監視で使用しない可搬型消火設備に関連するか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.5-B 質問：検査指摘事項は、火災発生前の火災防護計画に関連するか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.5-C 質問：検査指摘事項に関わる火災区域は、適切な自動又は手動消火設備により保護されているか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.5-D 質問：消防機器の格納庫に関わる検査指摘事項に対し、安全停止に重要な機器が悪影響を受けないように代替の手動消火が利用できるか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－フェーズ２へ。

ステップ 1.4.6：局所的なケーブル又は機器の防護

1.4.6-A 質問：劣化が確認された耐火材にて保護されているケーブル、ケーブルトレイ又は機器のある区域は、適切な火災の自動感知及び消火設備によって保護されているか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.6-B 質問：劣化が確認された耐火材にて保護されているケーブル、ケーブルトレイ又は機器のある区域は、適切な火災の自動感知設備によって保護されており、かつこのケーブル、ケーブルトレイ又は機器に損傷が及ぶ前に消火を可能とするだけの十分な耐性を持つ耐火被覆によって防護されているか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－フェーズ２へ。

ステップ1.4.7：火災後の安全停止

1.4.7-A 質問：非常用照明に関わる検査指摘事項に関し、運転員が必要な措置を実施するための代わりとなる照明（フラッシュライトなど）を持っているか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.7-B 質問：検査指摘事項による影響は、許認可で認められた安全停止に至る成功パスには必要とされない機器に限定されるか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.7-C 質問：検査指摘事項は、許認可で認められた安全停止に至る成功パスを用いて高温停止若しくは低温停止又は安定状態を達成し維持する機能に悪影響をもたらすか。
○Yes－フェーズ２へ。
○No－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。

ステップ1.4.8：中央制御室火災

注：このセクションは中央制御室に 440V 以上の機器が存在しない場合のみ適用される。

1.4.8-A 質問：検査指摘事項が中央制御室に設置された２台以上の機器の不具合（火災損傷による運転失敗等）に関わる場合、制御盤内の配線は認定された方法（民間規格等）で配線されており、かつこれらの機器はお互いから少なくとも 2.5 メートル離れているか。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.8-B 質問：検査指摘事項が中央制御室に設置されていない２台以上の機器の不具合に関わる場合、これらの機器は隣接しない盤内に設置されているか。

○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－次の質問へ。

1.4.8-C 質問：検査指摘事項が中央制御室における単一火災シナリオに関わる場合、不具合の継続は１時間以下か。
○Yes－緑に分類し、これ以上解析は必要ない。
○No－フェーズ２へ。

4　火災防護に関する重要度評価（フェーズ２）

4.1 概要

火災 PRA が活用できるまでの間、図２～図５の評価フローに基づき、事業者が作成した内部事象レベル１PRA の情報を用いて、定量的に評価する。

4.2 定量評価の位置付け

火災及び火災防護設備を評価対象とする。つまり、火災により起因事象が発生し、又は発生する可能性が高くなった事象、及び火災の拡大防止の機能が劣化した事象を対象とする。

4.3 火災に関する事象のフェーズ２評価（定量評価）

フェーズ２評価では、図２のとおり個別事象が火災の原因、火災の痕跡又は火災の感知・影響軽減のいずれに分類できるかを判断する。火災の原因又は火災の痕跡に関する場合は図２から図３に進み、火災の感知・影響軽減に関する場合は図２から図４に進む。複数の区画まで火災の影響がある場合は図２から図５に進む。

(1)火災の原因又は痕跡を発見した場合の評価（図２及び図３）

火災の発生の可能性が大きい原因又は火災の痕跡を発見した場合、検査評価室は、原子力検査官の協力を得て、当該原因又は痕跡から火災範囲を定め、その範囲内の全ての機器の機能喪失を想定した上で、内的事象レベル 1PRA の情報を用いて△CDF（火災の発生の可能性が大きい原因が発見された場合）または CCDP（火災の痕跡が発見された場合）を算出する。

その結果、白以上となった場合、必要に応じ事業者から情報を聴取し、添付１に示す火災力学ツール[1]（FDT^S）により機能喪失する機器の絞り込みを行い、同様の方法で△CDF 又は CCDP を算出する。

この結果が白以上となった場合、FDS[2]等の詳細評価の実施及び評価結果の提出を必要に応じて、事業者に求め、当該結果のほか、定性的な観点も含めて総合的に考慮した上で事象の色付けを行う。

[1] :評価例の詳細は NUREG-1805 を参照のこと。
[2] :米国 NIST（アメリカ国立標準技術研究所）で開発された詳細火災伝播解析コード。

(2) 火災の感知設備又は火災の影響軽減設備の劣化を発見した場合の評価（図２及び図４）

火災の感知設備又は火災の影響軽減設備の劣化を発見した場合、検査評価室は、原子力検査官の協力を得て、劣化した設備の機能喪失による影響範囲を定め、その範囲内の全ての機器の機能喪失を想定した上で、内的事象レベル 1PRA の情報を用いて△CDF を算出する。

この結果が白以上となった場合、FDS 等の詳細評価の実施及び評価結果の提出を必要に応じて、事業者に求め、当該結果のほか、定性的な観点も含めて総合的に考慮した上で事象の色付けを行う。

(3) 複数の区画まで火災が影響を及ぼす場合の評価（図２及び図５）

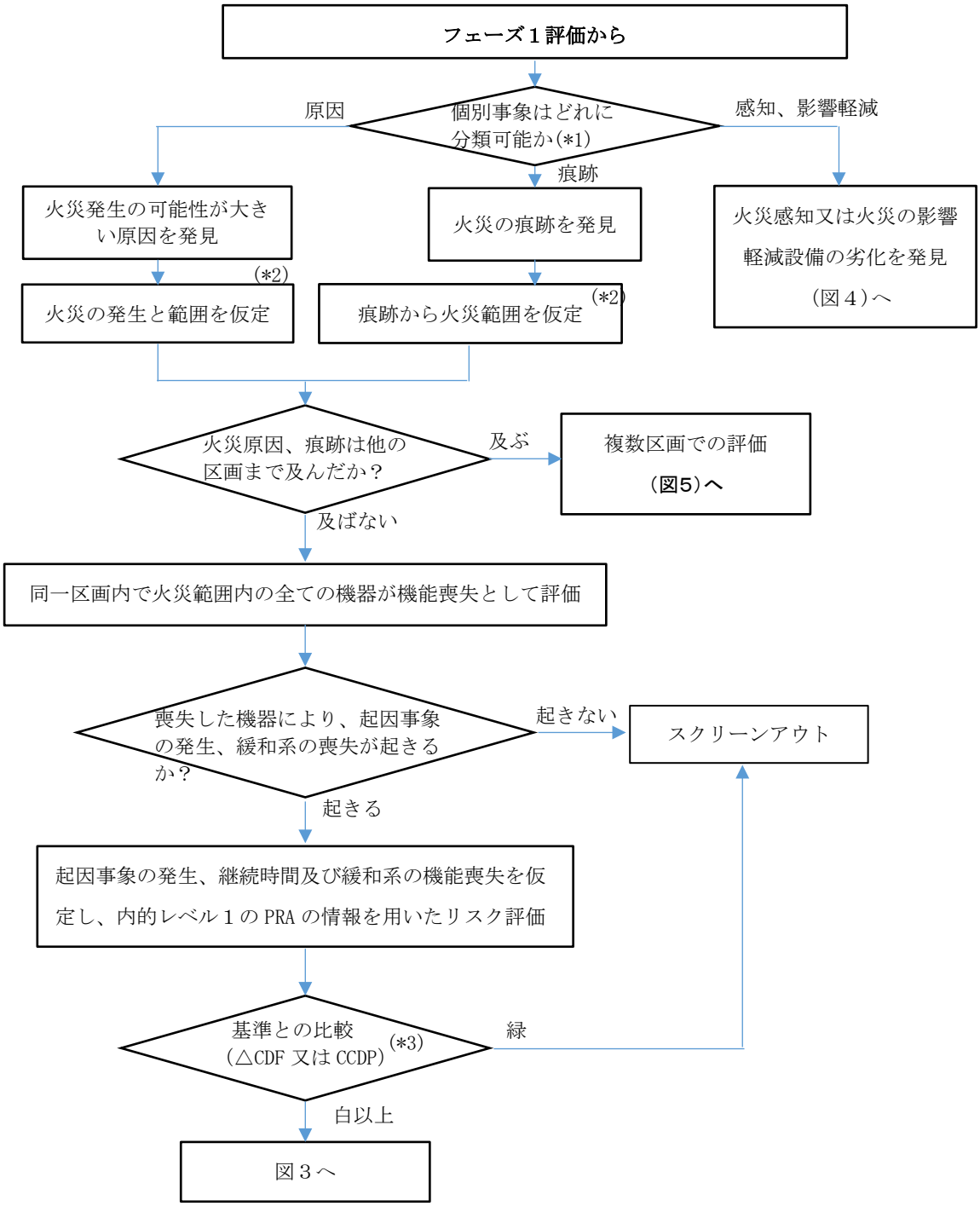
複数の区画まで火災が影響を及ぼす場合、検査評価室は原子力検査官の協力を得て、当該の複数区画内での火災の影響範囲を定め、その範囲内の全ての機器の機能喪失を想定した上で、内的事象レベル 1PRA の情報を用いて△CDF または CCDP を算出する。

この結果が白以上となった場合、FDS 等の詳細評価の実施及び評価結果の提出を必要に応じて、事業者に求め、当該結果のほか、定性的な観点も含めて総合的に考慮した上で事象の色付けを行う。

〇改正履歴

改正	改正日	改正の概要	備考
0	2020/04/01	施行	
1	2021/07/21	〇附属書ごとに改正できるようにガイドの構成に見直し（附属書１～９） 〇記載の適正化	
2	2022/06/16	〇運用の明確化 ・火災防護に係る検査指摘事項について、劣化評価指針を用いて高劣化／低劣化を判断する運用の明確化（附属書５　3.1 概要） ・最新のNRCの検査ガイドを反映し、火災の影響軽減に関する質問事項において可燃物の量を考慮することを明記（附属書５　ステップ１．４．４） 〇記載の適正化	
3	2023/06/09	〇運用の明確化 ・説明責任は事業者にあることから、詳細評価を事業者に求め、それを踏まえ、重要度	

		評価を行うことを明記（４　火災防護に関する重要度評価（フェーズ２）） ・評価フローに基づき評価することを明確化（４　火災防護に関する重要度評価（フェーズ２）） ○FDT^{S}の理解を促進するため、概要と使用例を添付１として追加 ○記載の適正化	
4	2024/05/04	○記載の適正化	
5	2026/07/22	○記載の適正化	

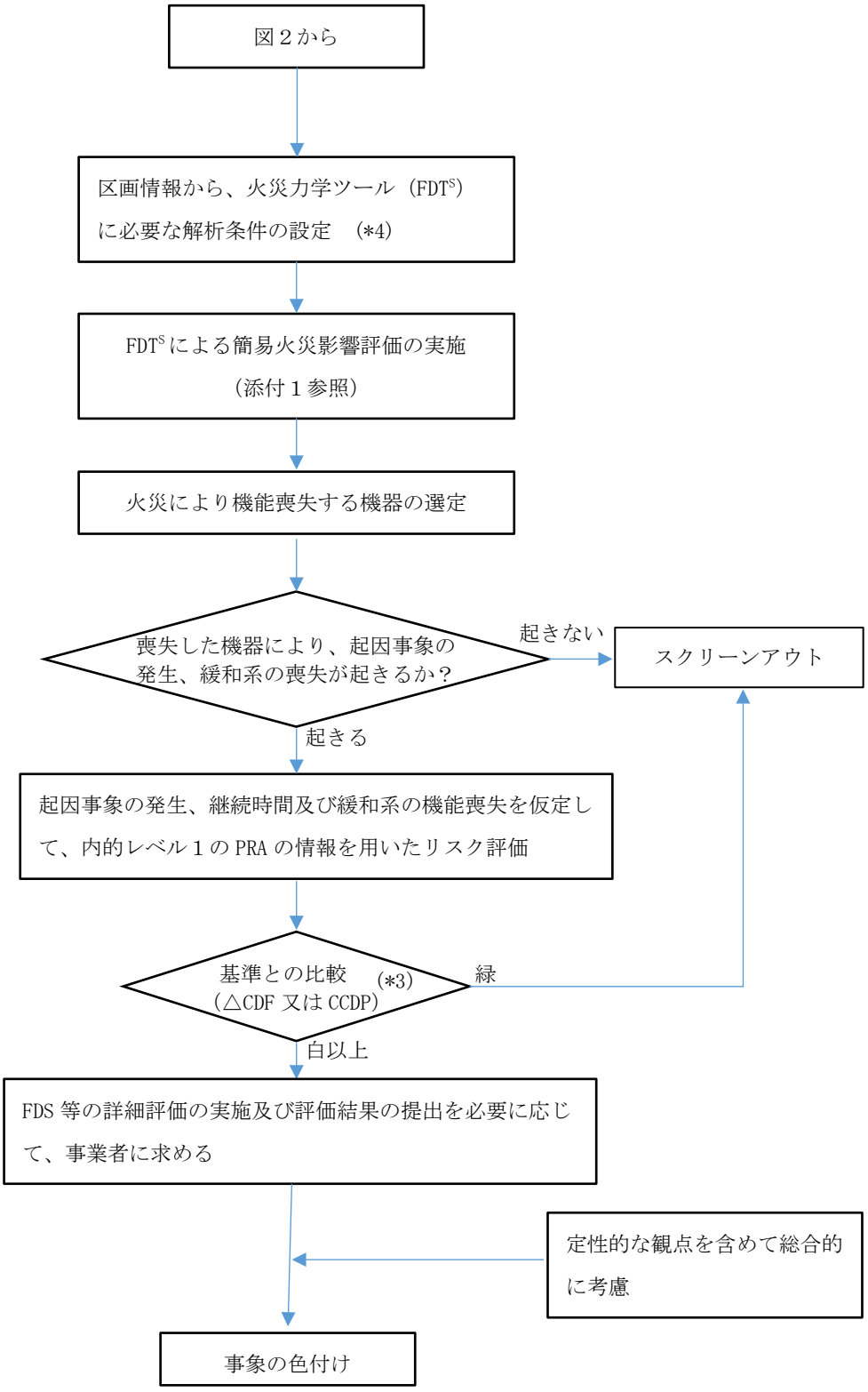


(*1) 個別事象が複数の場合、最も影響が大きい事象を評価する。

(*2) 工事計画認可資料に記載されている図面情報又は現場確認により火災範囲を設定する。

(*3) 火災が発生していない場合は△CDF で評価するが、火災が発生した場合は条件付き確率である CCDP で評価する。

図２　火災に関する事象のフェーズ２評価の流れ



(*3) 火災が発生していない場合は△CDF で評価するが、火災が発生した場合は条件付き確率である CCDP で評価する。

(*4) 火災発生の区画に関する情報（区画の大きさ、火災源、機器配置、燃焼物等）を現地確認等により入手する。

図３　火災の発生原因又は痕跡を現場で発見した場合の評価

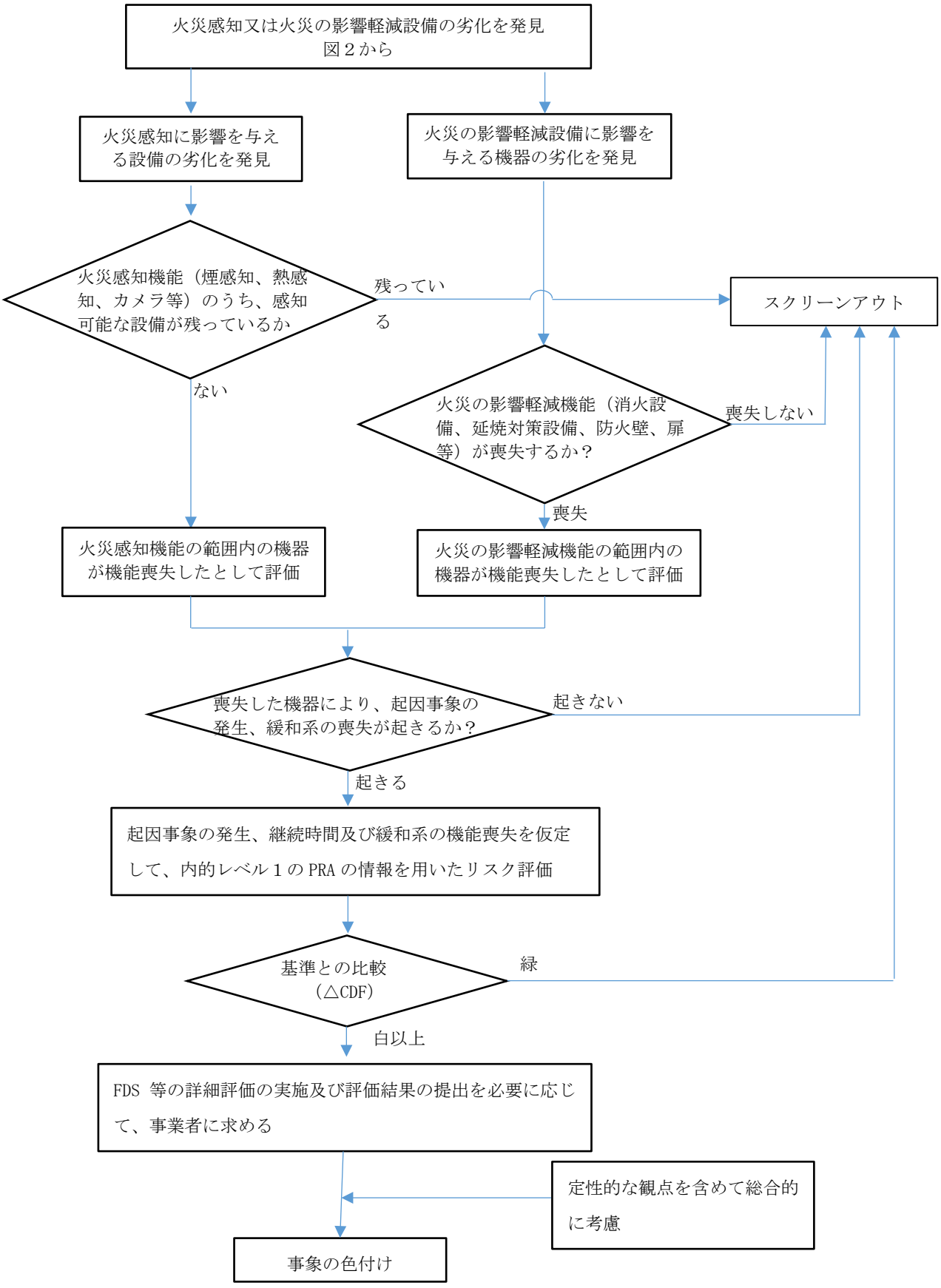
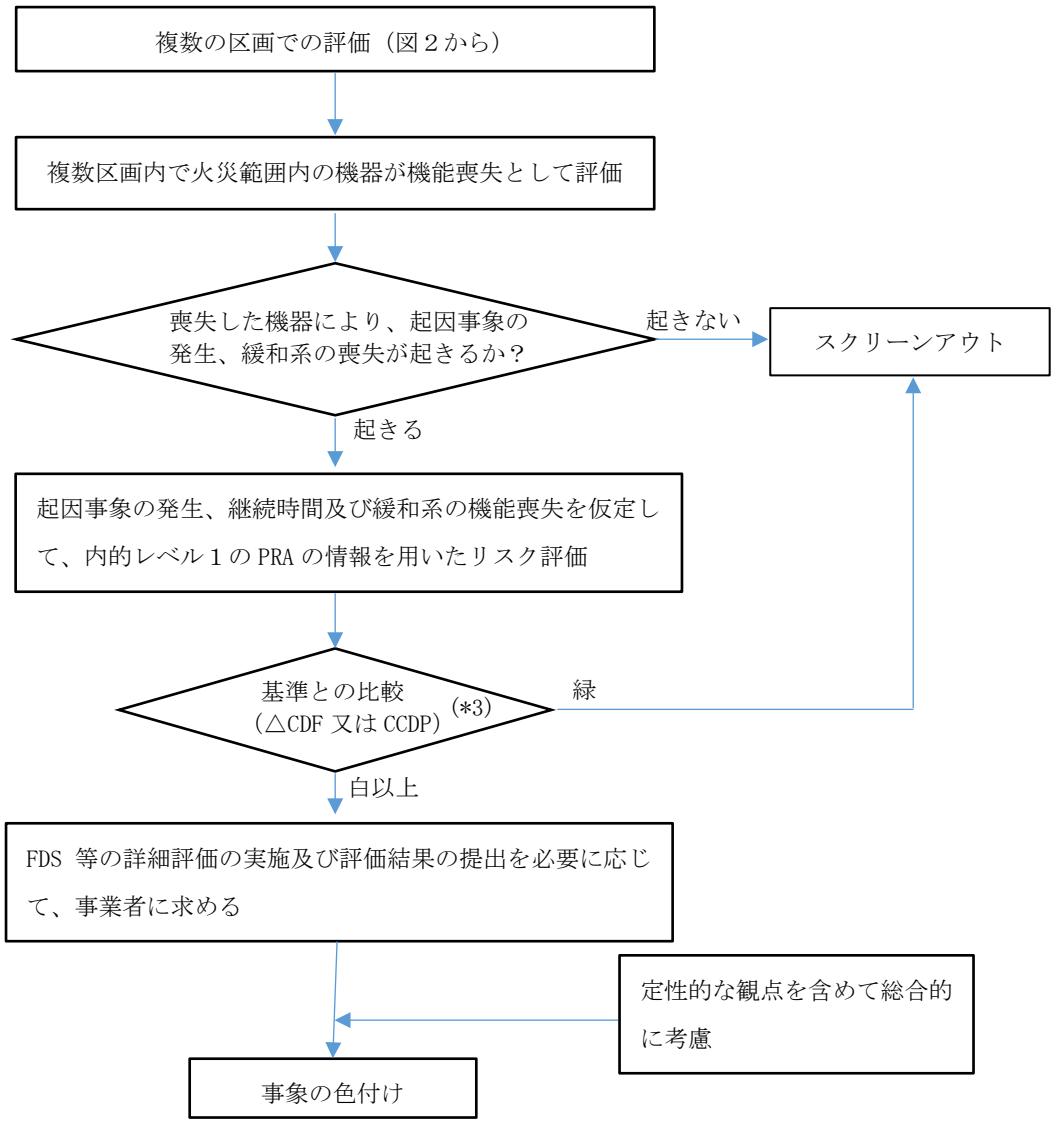


図４　火災の感知設備又は火災の影響軽減設備の劣化を発見した場合の評価



(*3) 火災が発生していない場合は△CDF で評価するが、火災が発生した場合は条件付き確率である CCDP で評価する。

図５　複数の区画まで火災が影響を及ぼす場合の評価

添付１　火災力学ツール FDT^S の概要と使用例

１．概要

FDT^S “Fire Dynamics Tools”は、原子力発電所における火災および防火システムの影響を分析するために NRC によって開発された定量的手法であり、火災に関する計算式等が事前にプログラムされた複数の Microsoft Excel®スプレッドシートで整備されている。

原子力検査官は検査指摘事項に応じ、最適なスプレッドシートを選択し、そこに火災区画の大きさ等の幾つかのパラメータを入力することで、高温ガス温度や火災の影響範囲等を簡易に評価することができる。各スプレッドシートには、原子力発電所で一般的に使用される材料の物理的および熱的特性のリストも含まれている。

スプレッドシート内の計算式や、その具体的な使用方法を記載した NUREG1805*は 2004 年に公開され、2013 年には SI 単位系も含めた改訂版が公開された。NRC のホームページには NUREG1805 報告書とともにスプレッドシートが公開されているので、用途に応じたエクセルファイルをダウンロードし、計算することができる。

＊：Fire Dynamics Tools (FDTs) Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program
https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/nuregs/staff/sr1805/s1/index.html

２．使用例

NUREG-1805 Supplement 1, Vol. 2 に記載の強制換気における計算例(2.16.2-1)を以下に示す。

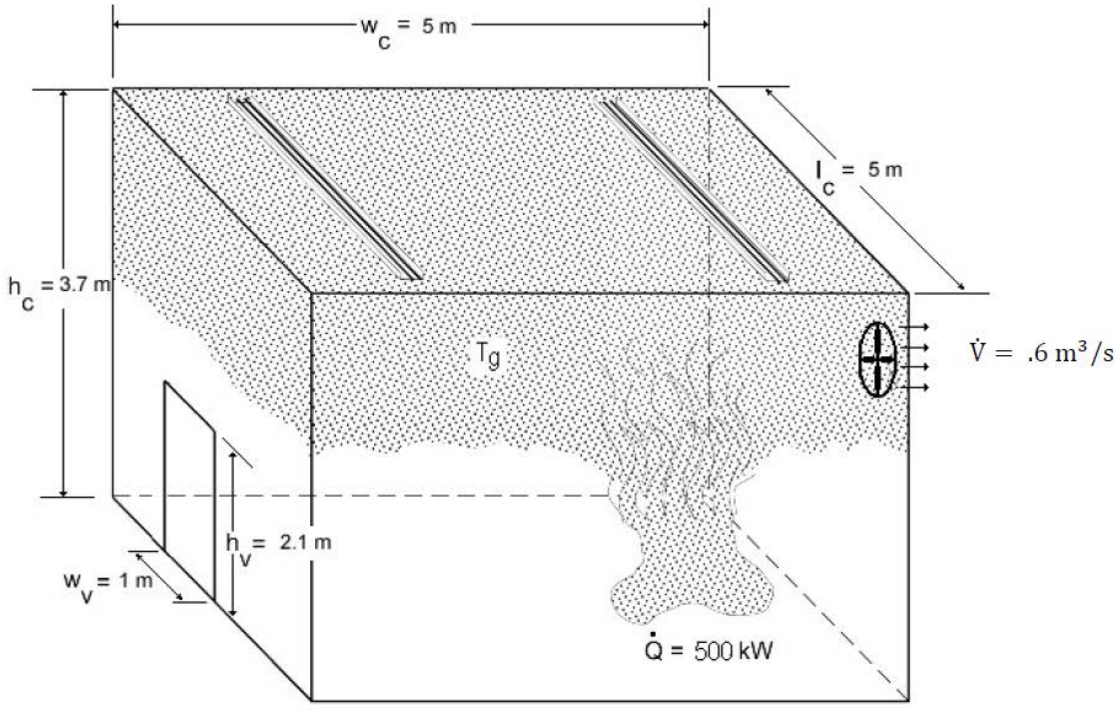


図１　火災区画

(1)幅(w_v) 1 m、高さ(h_v)2.1m の通気口があり、風速(V)0.6m^3/s で強制換気されている幅(w_c)5m、長さ(l_c)5m、高さ(h_c)3.7m で、厚さ 30.48 cm のコンクリート製火災区画に発熱速度(HRR)（Q）500 kW の可燃物がある。点火後 2 分の高温ガス層温度を計算する。

(2)解析における想定

(a) 周囲の空気の温度を 25℃とする。

(b) 火災区画は単純な長方形形状とする。

(c) 火災区画境界を流れる熱流は一次元とする。

(d) 発熱速度 (HRR)は一定とする。

(e) 火災源は火災区画の中央または壁から離れた位置とする。

(f) 通気口の下端は床面の位置にあるとする。

(g) 火災区画は通気口で外部(圧力 = 1 atm) に開放されている。

(3) スプレッドシートの使用方法

NRC のホームページからスプレッドシート 02.2-temperature-fv-sup1-si.xls をダウンロードする。図２のとおり、シートの黄色の入力セルに以下の数値を入力し、高温ガス層温度を計算する。入力値は以下のとおり。

(a) COMPARTMENT INFORMATION

条件にある火災区画の幅、長さ、高さ、コンクリート厚さを入力する。

(b) AMBIENT CONDITIONS

想定にある周囲の気温を入力する。

(c) THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

表の右隣のプルダウンメニューからコンクリートを選択する（この選択により、物性値(緑色のセル)は自動的に表示される）。

(d) COMPARTMENT MASS VENTILATION FLOW RATE

換気設備の風量を入力する。

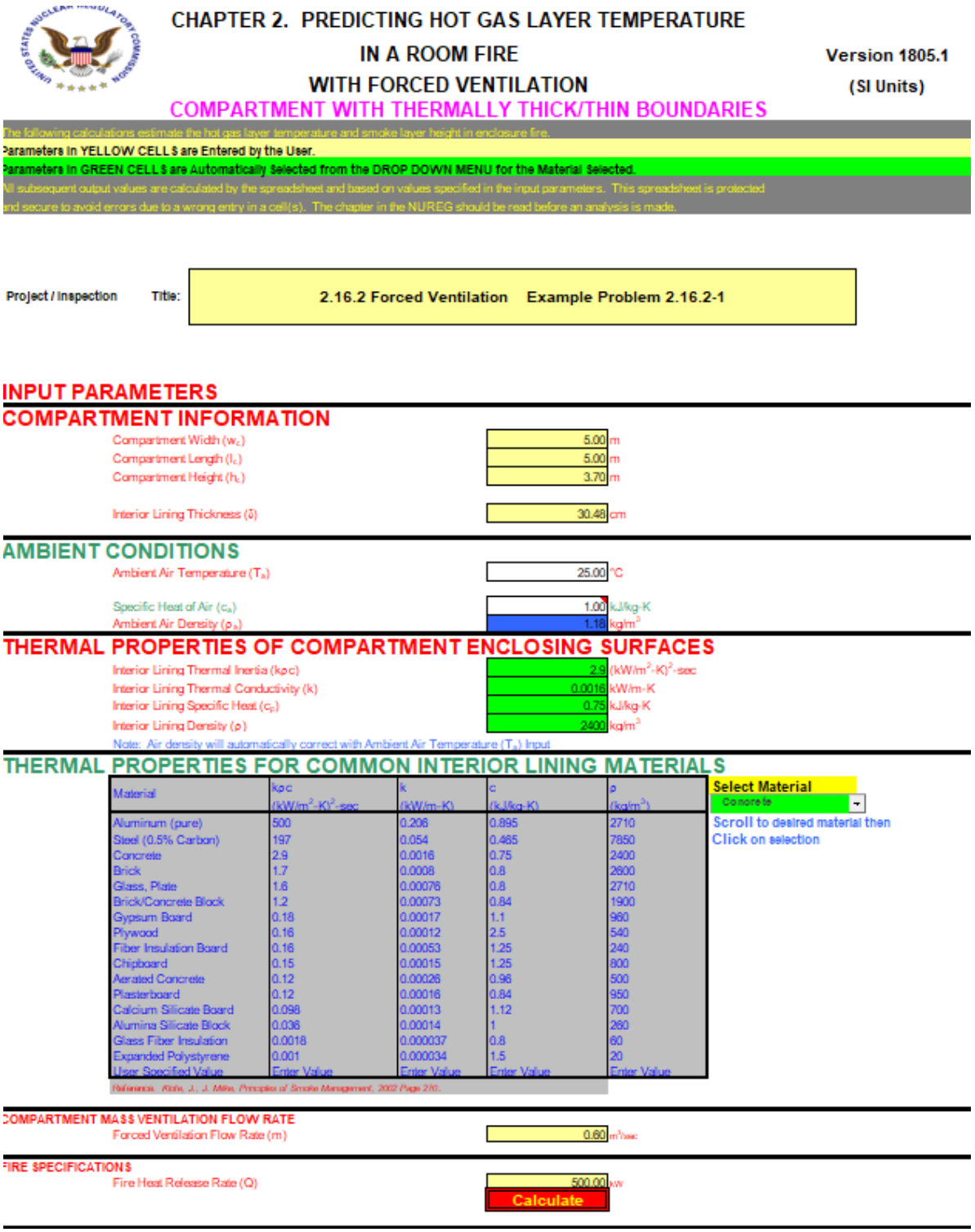
(e) FIRE SPECIFICATIONS

発熱速度を入力する。

(f) “Calculate”を押す。

(4)結果

計算結果が図３のとおり、表で表示される。Foote,Pagni&Alvares (FPA)、Deal&Beyler による点火後 2 分における高温ガス層の温度はそれぞれ 131℃、84℃である。



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
IN A ROOM FIRE
WITH FORCED VENTILATION
COMPARTMENT WITH THERMALLY THICK/THIN BOUNDARIES

Version 1805.1
(SI Units)

The following calculations estimate the hot gas layer temperature and smoke layer height in enclosure fire.
Parameters in YELLOW CELLS are Entered by the User.
Parameters in GREEN CELLS are Automatically Selected from the DROP DOWN MENU for the Material Selected.
All subsequent output values are calculated by the spreadsheet and based on values specified in the input parameters. This spreadsheet is protected and secure to avoid errors due to a wrong entry in a cell(s). The chapter in the NUREG should be read before an analysis is made.

Project / Inspection　Title: 2.16.2 Forced Ventilation　Example Problem 2.16.2-1

INPUT PARAMETERS

COMPARTMENT INFORMATION

Compartment Width (w_c)	5.00	m
Compartment Length (l_c)	5.00	m
Compartment Height (h_c)	3.70	m
Interior Lining Thickness (δ)	30.48	cm

AMBIENT CONDITIONS

Ambient Air Temperature (T_a)	25.00	°C
Specific Heat of Air (c_a)	1.00	kJ/kg-K
Ambient Air Density (ρ_a)	1.18	kg/m^3

THERMAL PROPERTIES OF COMPARTMENT ENCLOSING SURFACES

Interior Lining Thermal Inertia ($k\rho c$)	2.9	(kW/m^2-K)^2-sec
Interior Lining Thermal Conductivity (k)	0.0016	kW/m-K
Interior Lining Specific Heat (c_p)	0.75	kJ/kg-K
Interior Lining Density (ρ)	2400	kg/m^3

Note: Air density will automatically correct with Ambient Air Temperature (T_a) Input

THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

Material	$k\rho c$ (kW/m^2-K)^2-sec	k (kW/m-K)	c (kJ/kg-K)	ρ (kg/m^3)
Aluminum (pure)	500	0.206	0.895	2710
Steel (0.5% Carbon)	197	0.054	0.465	7850
Concrete	2.9	0.0016	0.75	2400
Brick	1.7	0.0008	0.8	2800
Glass, Plate	1.6	0.00076	0.8	2710
Brick/Concrete Block	1.2	0.00073	0.84	1900
Gypsum Board	0.18	0.00017	1.1	960
Plywood	0.16	0.00012	2.5	540
Fiber Insulation Board	0.16	0.00053	1.25	240
Chipboard	0.15	0.00015	1.25	800
Aerated Concrete	0.12	0.00026	0.96	500
Plasterboard	0.12	0.00016	0.84	950
Calcium Silicate Board	0.098	0.00013	1.12	700
Alumina Silicate Block	0.036	0.00014	1	260
Glass Fiber Insulation	0.0018	0.000037	0.8	60
Expanded Polystyrene	0.001	0.000034	1.5	20
User Specified Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value

Reference: Klote, J., J. Milke, Principles of Smoke Management, 2002 Page 270.

Select Material: Concrete
Scroll to desired material then Click on selection

COMPARTMENT MASS VENTILATION FLOW RATE

Forced Ventilation Flow Rate ($\dot{m}$)	0.80	m^3/sec

FIRE SPECIFICATIONS

Fire Heat Release Rate (Q)	500.00	kW

Calculate

図２　火災力学ツール（FDT^S）の入力データ例

Foote,Pagni&Alvares (FPA)

Time After Ignition (t)		h_k	$\Delta T_g/T_a$	ΔT_g	T_g	T_g	T_g
(min)	(sec)	(kW/m^2-K)		(K)	(K)	(°C)	(°F)
0	0	-	-	-	298.00	25.00	77.00
1	60	0.22	0.31	93.75	391.75	118.75	245.75
2	120	0.16	0.36	106.21	404.21	131.21	268.17
3	180	0.13	0.38	114.25	412.25	139.25	282.65
4	240	0.11	0.40	120.32	418.32	145.32	293.58
5	300	0.10	0.42	125.25	423.25	150.25	302.45
10	600	0.07	0.48	141.90	439.90	166.90	332.41
15	900	0.06	0.51	152.64	450.64	177.64	351.75
20	1200	0.05	0.54	160.75	458.75	185.75	366.35
25	1500	0.04	0.56	167.34	465.34	192.34	378.21
30	1800	0.04	0.58	172.92	470.92	197.92	388.26
35	2100	0.04	0.60	177.79	475.79	202.79	397.02
40	2400	0.03	0.61	182.11	480.11	207.11	404.80
45	2700	0.03	0.62	186.01	484.01	211.01	411.83
50	3000	0.03	0.64	189.58	487.58	214.58	418.24
55	3300	0.03	0.65	192.86	490.86	217.86	424.14
60	3600	0.03	0.66	195.90	493.90	220.90	429.62

Deal&Beyler

Time After Ignition (t)		h_k	ΔT_g	T_g	T_g	T_g
(min)	(sec)	(kW/m^2-K)	(K)	(K)	(°C)	(°F)
0	0	-	-	298.00	25.00	77.00
1	60	0.09	43.05	341.05	68.05	154.48
2	120	0.06	59.37	357.37	84.37	183.87
3	180	0.05	71.36	369.36	96.36	205.45
4	240	0.04	81.13	379.13	106.13	223.03
5	300	0.04	89.49	387.49	114.49	238.08
10	600	0.03	120.22	418.22	145.22	293.40
15	900	0.02	141.79	439.79	166.79	332.23
20	1200	0.02	158.78	456.78	183.78	362.80
25	1500	0.02	172.91	470.91	197.91	388.24
30	1800	0.02	185.07	483.07	210.07	410.13
35	2100	0.01	195.78	493.78	220.78	429.40
40	2400	0.01	205.35	503.35	230.35	446.63
45	2700	0.01	214.02	512.02	239.02	462.23
50	3000	0.01	221.94	519.94	246.94	476.49
55	3300	0.01	229.24	527.24	254.24	489.64
60	3600	0.01	236.02	534.02	261.02	501.83

図３　FDT^S の計算結果

添付２　火災防護の重要度評価プロセスワークシート

ステップ１：火災防護重要度評価フェーズ１ワークシート

ステップ 1.1－検査指摘事項の文書化

ステップ 1.2－検査指摘事項区分の分類　　※最も適した一つの区分に分類

本文の表１を参考に、火災検査の指摘事項の区分を特定する。

ステップ 1.3：低劣化であるか否かの判定

添付３の指針を用い、検査指摘事項が低劣化であるか否かを判定する。添付２にその判断に至った根拠を説明する。

1.3.1-A 質問：添付３の指針に基づき、検査指摘事項が低劣化と判断できるか？

○Yes－緑に選別し、これ以上解析は必要ない。

○No－本文のステップ 1.4 へ続く。

劣化評価の根拠

添付３　劣化評価指針

本指針は、火災防護に係る検査指摘事項に対する劣化評価の高低を判断するためのものである。ステップ 1.3 で定める検査指摘事項区分のほとんどに適用される。本指針は、可能性のある全ての種類の劣化を完全にリスト化したものではない。そのため、原子力検査官は、以下の指針に従って低劣化として区分される検査指摘事項であったとしても、指針で想定される以上に問題があると考えられる場合には、高劣化とするかを検討するものとする。

1　火災発生防止と運営管理

本項では、プラントの火災発生防止及びその他の運用管理（火気作業許可、仮置き可燃物管理プログラム、火災監視など）に対する検査指摘事項の劣化評価を判断するための指針を定めている。

火気作業の許可又は火災監視規定に対する検査指摘事項

低劣化は、火災が発生する可能性に何ら重大な影響のない、又は発生した火災が直ちに消火されるような検査指摘事項に対して付与される。

以下が低劣化の例である：

- 消火設備や他の要求される設備を適切に配備していなくても、適切な可搬式消火器が近くにある場合。

  例えば以下の場合であって、可搬式消火器が利用可能である場合も含まれる：

  ◇監視の際に、火気作業許可によって要求される消火器を持っていない
  ◇充填されていない、又は不適切に充填された消火器だけを配備している
  ◇関係する火災又は現場の条件に対応しない消火器だけを配備している（電気火災に対して電気火災に対応していない消火器を使用するなど）
- 火気作業許可が不適切であるが、通常要求される火災防護対策が全て整備されている（適切な設備、訓練された火災監視員など)。
- 火気作業記録保持に関する違反

高劣化は、火災監視による早期の消火ができない場合である。以下が高劣化の例である：

- 火気作業から発生する火災に対して全ての区域における火災監視が実施できていない
- 現場での火災監視実施の不備
- 消火器やその他の要求される設備を不適切に配備した火災監視。

  不適切な配備には以下を含む：

  ◇監視の際、火気作業で要求される消火器を持っていない
  ◇充填されていない又は不適切に充填された消火器

◇関係する火災危険又は現場の条件に対応しない可搬式消火器（電気火災に対して電気火災に対応していない消火器を使用するなど)。

・火気使用作業時に、以下の安全条件 3のいずれかを維持できていない火災監視：

◇現場に可燃物がない、又は移動できない可燃物は引火しないように遮蔽されている

◇使用される消火設備が、十分使用できる状態で良好な整備状態である

◇紙の切れ端、木の削り屑、布繊維などの可燃材が床に落ちている場合、床半径 10m内をきれいに掃除されている

◇可燃性の床の半径 10m内を、水で濡らし、又は湿った砂若しくは耐火性シートで覆われている

・火気作業完了後、観察が要求される全ての地点で火災監視を少なくとも 30 分以上、維持しない

可燃物管理プログラムに対する検査指摘事項

火災頻度に影響を及ぼす可能性があるのは、仮置き可燃物、特に既存の熱源又は電気エネルギー源からの発火につながるおそれのある可燃物の管理に係る検査指摘事項である。火災頻度の観点から重大とされる仮置き可燃物は、引火点の低い液体（危険物第４類第三石油類以下の引火点のもの）と自己発火可燃物（油のついた布等）である。可燃物に加え、喫煙や許可されていないヒーター又は熱源の存在も区画室の火災頻度に悪影響を与えるおそれがある。

可燃物管理プログラムに対する検査指摘事項の劣化評価は、低劣化又は高劣化で示される。

低劣化及び高劣化の例は、以下のとおりである：

・低劣化：

○施設の規定で許容された量を超えるが、承認された容器に入れられた低引火点の可燃性液体。

・高劣化：

○施設の可燃物管理で許容される量を超え、放置され、承認された容器に入っていない低引火点（危険物第４類第三石油類以下の引火点のもの）の相当量の可燃性液体

○承認された容器に入っていない油のついた布などの自己発火可燃物

○禁煙場所で最近喫煙のあった痕跡

○区域内の承認されていないヒーター又は熱源

[3] 安全条件は、NFPA 51B「溶接、切断及び他の火気使用作業時の火災発生防止標準」1999 年版のサブセクション 3-3.2 にある条件リストから取得。

2　自動火災感知設備及び固定消火設備

火災感知器：

・低劣化：

○煙又は熱感知器の 10%未満が劣化しており（機能しない、誤って設置した又は設置されていない)、機能している感知器は、気づき事項となっている可燃物のそばにある。(密閉されていない可燃物火災又は引火性液体火災の可能性がある区域には適用しない)

○常に要員が配備された区域で、25%未満の感知器（熱又は煙）が劣化した（機能しない、誤って設置した又は設置されていない)

・高劣化：

○電源オフ

○システムと互換性のない感知器

○自動火災感知設備の受信盤及び地区音響設備が動作しない、聞き取れない又は機能しない

○煙又は熱感知器の 10%以上が劣化しており、機能している感知器が問題の可燃物のそばにある

○常に要員が配備された区画で、感知器の 25%以上が劣化している

水系消火設備：

・低劣化：

○スプリンクラーヘッドの 10%未満が塞がっているか、機能していない

○問題の可燃物の３ｍ（又は消防法令によるスプリンクラーヘッド間の最大許容間隔）内に機能しているスプリンクラーヘッドがある

・高劣化：

○機能しない系統

○スプリンクラーヘッドの 10%以上が塞がっているか、又は機能していない

○最も近くのスプリンクラーヘッドが、問題の可燃物から３ｍ（又は消防法令によるスプリンクラーヘッド間の最大許容間隔）より遠くにある

ガス系消火設備：

注：劣化の種類によっては、低劣化と判断される可能性がある検査指摘事項であっても、より問題がある可能性があるため、高劣化事項として検討するものとする。例えば、中央制御室につながる貫通孔があるシステムは消火に有効かもしれないが、同時に中央制御室からの退去や中央制御室運転員の SCBA（自給式呼吸器）着用につながる可能性があるため、高劣化として検討するものとする。

・低劣化：

○単一の直径３㎝の貫通未シールの面積を持つ壁又は床にある穴（中央制御室や中央制御室外原子炉停止盤につながらない)

○645 ㎠までの天井の穴（中央制御室や中央制御室外原子炉停止盤につながらない）
○設計基準の 60 秒を超える設備動作の遅延
○放射時間が許容値を 25%超えている
○試験データの欠如
○試験データが、15 分間の消火ガスの濃度を示している（許可基準では、20 分を要求される場合）
○消火薬剤量が、必要数には達していないが、消火ガスの濃度が消炎濃度以上のもの

・高劣化：
○電源オフ
○消火薬剤量が、必要数には達しておらず、消火ガスの濃度が消炎濃度以下のもの（設計濃度を達成するが、消火ガスの消火機能を維持できない）
○噴射ヘッドが完全に塞がれていてガスを放出できない（噴射ヘッドの周りが何かで留められている、又は噴射ヘッドが何かで覆われているなど）
○低劣化区分に指定される以上の壁、床又は天井の穴

3　火災の影響軽減と局所的なケーブル又は機器の防護

火災の影響軽減と局所的なケーブル又は機器の防護に係る検査指摘事項を評価する方法（ステップ 1.3 参照）は類似している。この２つの区分は、受動的な火災防護に起こる検査指摘事項に対応している。低劣化又は高劣化の判断は、考慮している火災バリアの種類によって異なる。以下に、確認された劣化が、それぞれの火災バリアの劣化評価とどのような関係があるかについて、例を記載している。評価者は、検討中のバリアに最も合致した火災バリアを選定し、評価を実施しなければならない。

低密度／高密度エラストマー（シリコンフォームなど）（貫通部シール材）：
・低劣化
○要求されるシール厚みの 10%未満の紛失
○バリア又は機器に予防保全が実施されていない
○シール深さの 50%未満である３㎜未満のシール材料の貫通亀裂
・高劣化
○要求されるシール厚みの 10%以上の紛失
○試験又は評価がされていないシール構成で、フォームの 28㎝未満
○シール材中の９㎜より大きな亀裂が、反対面まで広がっている

難燃性及び非難燃性板又はブランケット（ミネラルウール又はセラミック繊維など）：
・低劣化
○バリア材厚さの 10%未満について、喪失又はもともと施工されていない
○直径 12㎜以下の貫通亀裂
○材料の圧縮

・高劣化
　○バリア材の設計厚さの 10%以上を紛失、又はもともと施工されていない場所が 38 ㎠を超える
　○直径 12㎜より大きい貫通亀裂
　○15 ㎝未満のラップに入る大型金属製断面サポート又は大型断面ケーブル
　○試験又は評価がされていないバリア構成

単独／ブート型シール：
・低劣化
　○酷い裂け目、緩んだバンド又はバンドの解放
　○両側のブート紛失
・高劣化
　○支持の紛失
　○７㎝未満のシール
　○セラミック繊維なし

コンクリート及びセメント性漆喰又は貫通シール材：
・低劣化
　○要求バリア厚さの 50%以下である３㎜未満のバリア上の貫通亀裂
　○深さ 1.5㎜のバリアギャップ又は亀裂
・高劣化
　○要求されるコンクリート厚さの 30%超が紛失
　○熱吸収の上昇につながる表面の大部分の変形（表面の 50%超）
　○構造健全性を損なうと判断される亀裂
　○厚さ 11 ㎝未満

扉：
・低劣化
　○製造者推奨仕様の 25%又は最大９㎜のギャップを超えない扉のギャップ
　○扉の片面にある複数の穴で開口部が３㎜未満のもの
・高劣化
　○扉表面にある開口部が 25㎜を超える複数の孔
　○扉が勝手に開く又はラッチが壊れている
　○扉の閉まりを確保する防火扉の閉鎖機構が故障している

ダンパー：
・低劣化
　○事業者の保全が適切に実施されていないダンパー

○完全に閉まるダンパー

・高劣化

○ヒュージブルリンクの温度が過剰に高い、又はヒュージブルリンクが正しく設置されていない

○電熱リンク（ETL）の温度が過剰に高い、又は ETL が正しく設置されていない

○ダンパーが完全に閉まらない

○鋼製ダクトでの火災バリアにダンパーがない

○ダンパーが予測される換気に対し閉まる規格でない

○壊れたラッチ（閉鎖にラッチが必要な箇所）

○ダンパーが取り付けられていない

未シール電線管：

・低劣化

○バリアの両側１ｍ以上の不燃材で覆われた 25㎜未満の未シールの電線管

・高劣化

○バリアの両側の長さに関係なく 25㎜を超える未シールの電線管

ウォーターカーテン：

・低劣化

○ヘッドの 10%未満が塞がれ又は詰まったが、隣接するヘッドはどれも詰まっていない

・高劣化

○10%超のヘッドが塞がれ若しくは詰まった、又は隣接する２つのヘッドが塞がれ又は詰まった

○システムが機能しない

放射エネルギー遮蔽：

注：放射エネルギー遮蔽が、“評価された”バリア（Darmatt、Interram）の場合、上記から適切なバリアの種類を使用する。

・低劣化：

○バリアが、対象標的と、冗長標的に影響を与える可能性がある火災源の間を完全に塞ぎ、非可燃物である

・高劣化：

○バリアが、対象標的と、冗長標的に影響を与える可能性がある火災源の間を部分的にしか塞いでいない

○可燃性である

4　火災後安全停止

火災後安全停止（SSD）に係る検査指摘事項は、手動操作、関連回路の解析、要求回路

の解析、誤作動、交互停止、火災対応手順、火災後安全停止解析などの火災後の SSD の運用面における劣化に関連している。

火災後 SSD 検査指摘事項区分は、受動的火災バリア、火災感知器及び消火器などの指定安全停止パスの物理的防護に対する検査指摘事項に対応するものではない。物理的防護機能に対する検査指摘事項は、別の検査指摘事項区分で扱われる。

認可取得者の火災後 SSD プログラムに対する低劣化及び高劣化の例を以下に示す：

・低劣化：

〇運転員の経験・熟練度で補完できる軽微な手順上の不備

・高劣化：

〇火災 SSD 手順との間の手順上の不一致

〇手順で定められたとおりに整備又は設置がされていない設備又は工具

〇運転員の火災 SSD 手順訓練が不完全

〇利用可能な要員だけで、規定されたマニュアル措置を実施する可能性が明確でない

〇火災後 SSD 解析が不完全

〇SSD 手順で措置が求められる現場が環境上困難な区域にある（低温・高温、高湿度など）

〇運転員が入手できる又は火災 SSD 若しくは EOP 手順で扱われる情報から、プラント状態を評価できない、又は容易に解釈できない

〇プラント設計又は機器設計が、運転員の SSD 操作パフォーマンスに深刻な影響を与える

〇代替停止手順の欠如