

要対応技術情報：回路の故障が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性に関する調査結果

令和6年1月25日
火災対策室
技術基盤グループ
検査グループ

1. はじめに

火災防護に関しては、日本では、火災の影響により安全機能が喪失することのないよう、火災防護基準において、系統分離等の対策を求めているが、第12回技術情報検討会¹において、米国の Information Notice (IN2014-10)「回路の故障が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性」に関する調査内容が報告された。その際、米国原子力規制委員会(NRC)が「直流電流計回路を含む解析要件に関して、未解析の状態が存在する可能性」があるとしたこと等を踏まえ、更に高度なレベルで火災による回路故障(短絡・地絡・断線・2次火災等による機能喪失)の影響を確認する要否を検討することとなり「回路の故障が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性」が、要対応技術情報と分類され、将来的な火災影響評価ガイドへの反映要否を含めた検討が開始された²。令和3年6月には、NRA技術ノート「米国における火災時安全停止回路解析の調査」(以下「NRA技術ノート(米国審査編)」という。)を発行し、安全停止回路解析の概要、関連するNRCの規制活動とともにいくつかの事業者事象報告書(LER)を紹介した。LERには、NRCが実施する3年ごとの火災防護検査等において発見、指摘された具体的な課題(潜在的課題含む)が含まれていることから、技術基盤課で調査を行い、第51回技術情報検討会において、「火災時安全停止回路解析に関わる米国事業者事象報告書の調査」として結果を報告した。

その後、以下の具体的実施項目について、調査を行うこととし³、このうち、④については、第59回技術情報検討会において報告した。

- ① 米国火災防護規制の最近の動向の調査
- ② 国内事業者と情報共有、事業者の対応状況について意見聴取
- ③ 関連するNRCの審査及び検査制度についての文献調査
- ④ 火災防護関連の検査について、NRCへ検査官等を派遣し情報収集

今般、残りの実施項目について調査を行ったことから、①～④について調査結果をとりまとめた。また、今後の対応についてもあわせて報告する。

¹ 平成27年1月19日

² 「我が国では、系統分離の徹底を求めているため、火災影響による炉停止機能及び崩壊熱除去機能の喪失の可能性は非常に低いと思われる。しかし、更に高度なレベルで火災による回路故障の影響を確認することについて、その要否を含めて検討することとし、本件は、要対応技術情報とする。」とされた。

³ 第52回技術情報検討会

2. 調査の結果概要

2. 1 米国火災防護規制の最近の動向の調査

米国の火災防護規制の概要を図1に示す。規制要件「火災発生時における原子炉安全停止の達成・維持」⁴に対して、火災の発生防止、火災の感知・消火及び火災の影響軽減を行う。なお、火災の影響軽減は、決定論に基づく審査では系統分離対策を要求し、確率論に基づく審査では回路レベルでの安全停止解析による安全性裏付けとしてCDF⁵及びLERF⁶の受容基準を満足することを要求している。米国規制要求の概要は、令和3年6月に公表した上記NRA技術ノート（米国審査編）において公表した。その後、米国の規制要求及びガイド等について追加調査を行ったが、要求事項の改定等の変化はなかった。

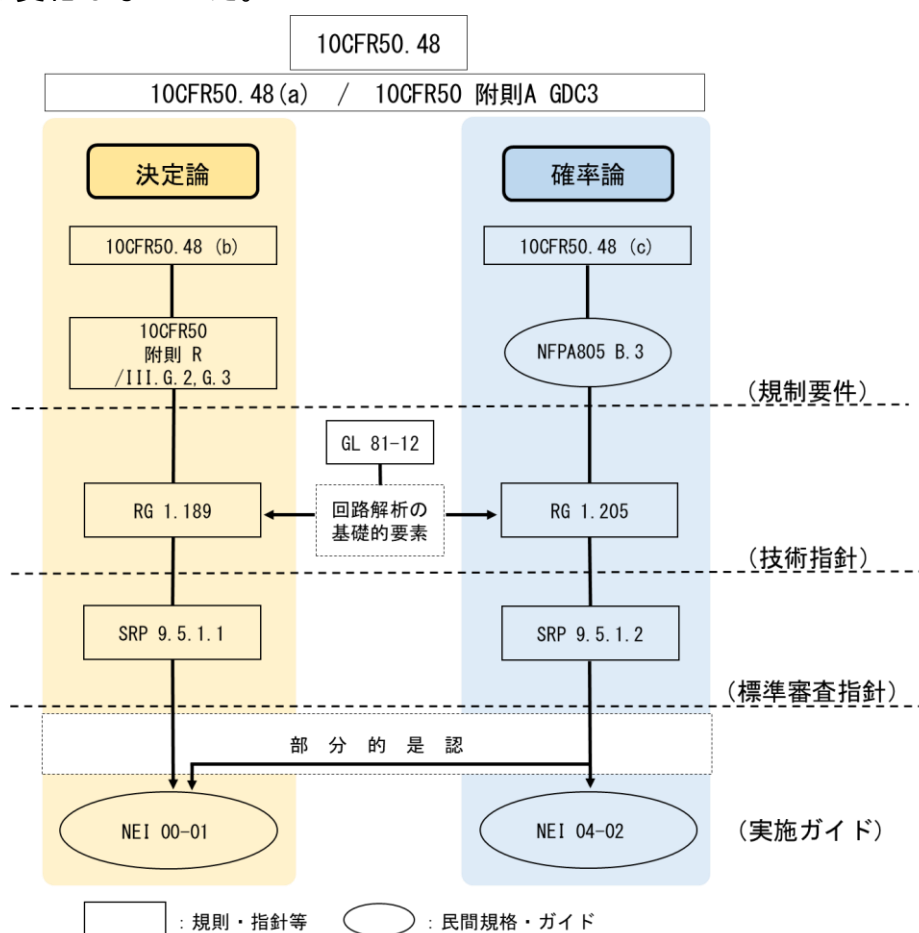


図1 米国の火災防護規制の概要

2. 2 国内事業者と情報共有、事業者の対応状況について意見聴取

米国において2014年にInformation Notice (IN2014-10)が発行され、日本において第12回技術情報検討会で報告された後、国内事業者はこれを検討し、取組を行っていることから、原子力エネルギー協議会(ATENA)及び電力中央研究所 原子

⁴ Code of Federal Regulation Title 10 “Energy”, Part50 “Domestic licensing of production and utilization facilities” 48 “Fire protection”

⁵ Core Damage Frequency: 炉心損傷頻度

⁶ Large Early Release Frequency: 早期大規模放出頻度

カリスク情報センター（NRRC）から、面談においてその内容を聴取した⁷。ATENA 及び NRRC の説明の概要は以下のとおり。

（1）火災時安全停止回路解析に係る検討状況⁸（参考 1）

第 51 回技術情報検討会で公表された、米国の火災時安全停止回路解析に関連する 32 件の LER 情報に対して、事業者としては自主的安全性向上の取り組みとして、

- ・ 短期対応として、LER 情報分析による現状把握
- ・ 中長期的対応として、火災 PRA、回路解析手法検討について実施していく方針である。

なお、新規制基準に適合しているプラントは、火災時に安全停止に必要な機器に対して、系統分離対策を実施しているため、火災時の安全停止機能は確保されていると考える。

（2）火災時安全停止回路解析に係る検討のうち LER 情報分析結果⁹（参考 2）

短期対応として、LER 情報分析による現状把握を事業者が行った結果、LER 情報を次の 3 つの観点から分析し、いずれもスクリーニングアウト可能と結論づけた。

- ・ ヒューマンエラーや設計管理の不備
- ・ 直流電流計回路へのヒューズ等の設置
- ・ 系統分離対策

ここで、2 点目の直流電流計回路へのヒューズ等の設置については、平成 27 年に原子力安全推進協会（JANSI）から、運転経験に基づく重要度文書「重要度-Ⅱ¹⁰：火災時の直流電流計回路損傷による 2 次的火災または機器損傷への対応」を発行し、事業者に対し直流電流計回路へのヒューズ設置等を提言した。各事業者においてヒューズの追加設置等の対応計画済。

（3）「重要度-Ⅱ：火災時の直流電流計回路損傷による 2 次的火災または機器損傷への対応」の対応状況

事業者の対応状況（廃止措置中プラントは除く。）は、以下のとおり¹¹。

【PWR】

- ・ 泊発電所 1， 2 号機：2024 年度末までに完了予定
- ・ 泊発電所 3 号機、玄海原子力発電所 3， 4 号機、川内原子力発電所 1， 2 号機、敦賀発電所 2 号機：過電流保護回路設置対策済

⁷ 令和 4 年 11 月 18 日及び令和 5 年 7 月 6 日

⁸ 令和 4 年 11 月 18 日面談資料

⁹ 令和 5 年 7 月 6 日面談資料

¹⁰ 平成 27 年 5 月 11 日に、運転経験に基づく重要度文書のうち、重要度-Ⅱの文書として発行した。重要度-Ⅱとは、原子力の安全性、信頼性に重要な影響を及ぼす事象あるいはその可能性がある事象であり、運転経験に基づく重要度文書では上から 2 番目のランクに相当する。

¹¹ 令和 6 年 1 月 18 日面談資料

- ・ 上記以外：対策が必要となる直流電流計回路が設置されていないため対策不要

【BWR】

- ・ 全プラント：対策が必要となる直流電流計回路が設置されていないため対策不要

【日本原燃】

- ・ 対策が必要となる直流電流計回路が設置されていないため対策不要

(4) まとめと評価

上記(1)及び(2)のとおり、ATENA及びNRRRCは火災時安全停止回路解析に係る取組として、「直流電流計回路へのヒューズ等の設置」を実施中であり、また、中長期的取組として火災PRA、回路解析手法検討を行うとしている。以上より、事業者側において対策を進めていることを確認した。

2. 3 関連するNRCの審査及び検査制度についての文献調査

NRCの審査制度については、上記「2. 1 米国火災防護規制の最近の動向の調査」のとおり。

NRCの検査制度については、回路解析を中心に文献調査を実施し、令和5年5月にNRA技術ノート「米国における火災防護検査に関する調査(電気関係)」(以下「NRA技術ノート(米国検査編)」という。)を公表した。NRA技術ノート(米国検査編)の概要及び米国の審査及び検査の調査結果のまとめを以下に示す。

2. 3. 1 NRA技術ノート(米国検査編)の概要

(1) 米国の火災防護検査の概要

NRCの火災防護検査の文書は、火災防護に係る巡回検査、事業者の自衛消防隊の訓練に係る検査、検査官活動内容等の検査手順が記載された文書¹²(以下「火災防護検査手順書」という。)と、その下位文書として、計画及び実施の詳細手順が記載された附属書で構成される。これらは、2011～2020年の間、決定論に基づく規制を行うプラント向けの3年ごとの検査のための附属書¹³(以下「3年ごと検査附属書(決定論)」という。)、確率論に基づく規制を行うプラント向けの3年ごとの検査のための附属書¹⁴(以下「3年ごと検査附属書(確率論)」という。)、ウォークダウン、検査及び事業者の自衛消防隊の訓練に対する立会い等を四半期／1年ごとに確認する附属書¹⁵(以下「四半期／1年ごと検査附属書」という。)の3種類に整理されている。

具体の検査項目は、表1のとおり整理されている。

¹² Inspection Procedure 71111.05 “Fire Protection” ただし、2011年4月までは、確率論についても記載されていた

¹³ Inspection Procedure 71111.05T “Fire Protection (Triennial)”

¹⁴ Inspection Procedure 71111.05XT “NFPA 805 (Triennial)”

¹⁵ Inspection Procedure 71111.05AQ “Fire Protection Annual/Quarterly”

表 1 米国における検査項目

a 安全停止機能の防護	b 火災区域/区画の耐火性
c 感知・消火性	d 消火活動、消火設備作動による安全停止機能への影響評価
e 火災時の代替停止能力	f 回路解析
g 通信の健全性	h 非常用照明の健全性
i 低温停止機器の修理機能	j 劣化した火災防護設備や安全停止に必要な深層防護の健全性
k 火災防護計画の変更に対する評価	

なお、2020 年からは、火災防護を含む検査活動全般の削減、効率化、優先順位の見直し等を目的に、従来の火災防護検査手順書に四半期／1 年ごと検査附属書を統合し、3 年ごと検査附属書（決定論）と 3 年ごと検査附属書（確率論）を統合して新しい手順書¹⁶（以下「火災防護チーム検査手順書」という。）とした（表 2 参照）。

表 2 火災防護に係る検査実施手順書の変遷及び日米比較

米国		日本	
～2011年4月	～2020年1月	～現在	2020年4月～現在
火災防護検査手順書		火災防護検査手順書	—
四半期/1年ごと検査附属書			BE 0020（四半期/1年ごと火災防護検査）
3年ごと検査附属書（決定論・確率論*）	3年ごと検査附属書（決定論）	火災防護チーム検査手順書	BE 0021（3年ごと火災防護検査）
	3年ごと検査附属書（確率論）		—

*確率論へ移行期間中のもの

原子力規制委員会の火災防護に係る基本検査運用ガイドと NRC の火災防護検査手順書との関係は次のとおりである。

- ・ 「BE0020 火災防護」（四半期検査と年次検査）：四半期／1 年ごと検査附属書を参考に作成されている。
- ・ 「BE0021 火災防護（3年）」（3 年ごと火災防護検査）：3 年ごと検査附属書（決定論）を参考に作成されている。

（2）火災防護検査における「回路解析」の位置づけ

火災防護チーム検査手順書は、3 年ごと検査附属書（決定論）の内容を包含し

¹⁶ Inspection Procedure 71111.21N.05 “Fire Protection Team Inspection (FPTI)”

ているものの簡素化されているため、決定論に基づく規制を行うプラントについて、詳細な記載のある3年ごと検査附属書（決定論）を使用して回路解析の位置づけを確認した。

3年ごと検査附属書（決定論）において、回路解析は、検査要件の一部¹⁷として位置づけられ、「潜在的な発火源」となる電気機器及び「安全停止状態の達成・維持」の確認に必要な制御系などの電気関係の健全性や電気ケーブルの敷設状態を考慮すること等の要点が記載されている。

（3） 3年ごと検査附属書（決定論）で求める「回路解析」の概要

3年ごと検査附属書（決定論）では、「02.02 f. 項 回路解析」の要点として次の3点が記載されている。

- ① 「原子炉の安全停止に影響を及ぼす可能性のある回路」のブレーカー及びヒューズ（以下「SSD用ブレーカー及びヒューズ」という。）の配置及び設定（容量等）が適正であり、冗長化又は代替の安全停止系あるいは機器の電源を保護できることを確認すること¹⁸。
- ② 断線、短絡、地絡及びホットショート¹⁹により原子炉の安全停止に影響を及ぼす可能性がある回路においては、10CFR50 附則 R, III. G. 2 項²⁰の防護が施されていることを確認すること。
- ③ 原子炉の安全停止に重要ではあるが成功パスは構成しておらず、10CFR50 附則 R, III. G. 2 項が適用されないケーブルに対しては、ケーブルの故障モードの影響を解析し、安全停止能力に影響を及ぼさないことを以下により確認すること²¹。
 - ✓ ケーブル損傷モードを確認する
 - ✓ 次のいずれかであることを確認する
 - (1) 想定される範囲で当該ケーブルにより炉心損傷に至る火災シナリオが存在しない
 - (2) (想定される火災シナリオがある場合、) 原子炉の安全停止機能を確保するために実行可能かつ信頼性の高い手動操作を用意している
 - (3) (想定される火災シナリオがある場合、) 回路故障解析を実行し、原子炉の安全停止機能に潜在的な影響が存在しない

（4） まとめ

火災防護規制に関連する NRC の検査制度についての文献調査を行い、NRA 技術

¹⁷ Fire Protection Inspection Requirements（火災防護検査の要件） f 項

¹⁸ 「ブレーカー及びヒューズの配置及び設定（容量等）がプラント設計図書の記載と相違ないことを確認すること。」という意味。

¹⁹ 同じ又は異なるケーブルの導線同士が互いに接触し、他方の回路に印加電圧又は印可電流を生じさせる状態。

²⁰ 日本の「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」における、火災の影響軽減として実施する系統分離対策（2.3.1（2））で示された対策と同等な内容。

²¹ ここでは、事業者が実施した回路解析の評価結果や信頼できる手動操作、「火災モデリング」を用いたシナリオ分析等が主な確認内容である。

ノート(米国検査編)にまとめ、決定論に基づく規制を行うプラントについては、回路解析の検査として、「電氣的な隔離に関する検査(SSD用ブレーカー及びヒューズの検査)」「系統分離検査」「系統分離対策が適用されないケーブルの回路レベルでの回路解析」を行っていることを確認した。なお、確率論に基づく規制を行うプラントについては、回路解析の検査として、原子炉の安全停止が確実になされるよう「回路レベルでの回路解析」を行っていることを確認した。

2. 3. 2 米国の審査及び検査に関する調査結果のまとめ

(1) 火災防護に関する決定論を使用するプラントについての回路解析の全体像

米国の審査及び検査に関する調査結果を基に、火災防護に関する決定論を使用するプラントについての回路解析全体像を表3のとおり整理した。

これまでの調査結果から、本件に係る具体的な課題として、米国で提示されたものは、次のA、Bの2点である。

A: 回路の隔離不足が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性

B: 決定論的防火防護プログラムと直流電流計回路を含む解析に関して、未解析の状態が存在する可能性

表3 米国の決定論プラントにおける回路解析(Circuit Analyses)に係る規制要件/技術指針と検査事項の関係(概要)

	規制要件/技術指針	検査事項
電氣的隔離	○懸念される回路の遮断装置(SSD用ブレーカー又はヒューズ)に関連する回路故障により、電源の喪失を引き起こす前に、当該故障電流を遮断すること。(10CFR50 附則 A GDC23 (Protection system failure modes)、RG1.189 (5.4 Alternative and Dedicated Shutdown Capability))	○SSD用ブレーカー及びヒューズの配置及び設定(容量等)が適正であり、冗長化又は代替の安全停止系あるいは機器の電源を保護できることを確認すること。
物理的隔離	○ホットショート、開回路もしくは地絡によって、高温停止状態に到達・維持するのに必要な多重系列システムの動作を妨げたり、誤動作させる可能性のある複数のケーブル/機器(関連非安全系回路含む)が、格納容器外の同一火災区画にある場合は、少なくとも1系列が火災損傷を受けないように、3時間耐火壁による隔離、水平距離20ft+感知+自動消火、1時間耐火壁による隔離+感知+自動消火の手段を最低一つ備えること。(10CFR50 附則 R (III.G.2))	○断線、短絡、地絡及びホットショートにより原子炉の安全停止に影響を及ぼす可能性がある回路においては、10CFR50 附則 R, III.G.2 項の防護が施されていることを確認すること。
物理的隔離ができない場合	○72時間にわたって安全に温態停止状態にとどまることができない原子炉設計については、冷温停止状態を実現して、必要な期間その状態を保つことが	○原子炉の安全停止に重要ではあるが成功パスは構成しておらず、10CFR50 附則 R, III.G.2 項が適用されないケーブルに対しては、ケーブルの故障モードの影

物理的隔離ができない場合(続き)	<p>できることを解析により実証すること。(10CFR50 附則 R (III.G.3)、RG1.189 (5.3 5. Safe-Shutdown Capability))</p> <p>○ 火災をモデル化して、サクセス・パスの一部ではない安全停止にとって重要な機器が防護されていることを実証してもよい。火災をモデル化する場合には、認可取得者の火災防護プログラム及び認可条件に基づいて行うこと。(適用除外申請で認められたもの、RG1.189 (5.3.1.4 Fire Modeling))</p>	<p>響を解析し、安全停止能力に影響を及ぼさないことを確認すること。</p>
------------------	--	--

※ 「電氣的隔離」及び「物理的隔離」、又は「電氣的隔離」及び「物理的隔離ができない場合」を満たす必要がある。

(2) 回路の隔離不足が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性(課題A)

「回路の隔離」とは、検査における回路解析において、表3右側欄のとおり、電氣的な隔離と物理的な隔離の両面を指している。理論上、回路の故障が発生した際に、どちらかの隔離が不十分であった場合、2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性がある、指摘されたものである。

このうち、電氣的な隔離については、回路上のSSD用ブレーカー及びヒューズが正常に作動すれば、故障電流の遮断によって2次火災及び設備の損傷を防ぐことができるため、米国においては、SSD用ブレーカー及びヒューズの検査を行い、適切なブレーカー及びヒューズが装着されていることを、審査/検査の双方で確認している。

(3) 決定論的火災防護プログラムと「直流電流計回路を含む解析に関して、未解析の状態が存在する可能性」(課題B)

米国の決定論的火災防護プログラムでは、規制要求どおりの適切な系統分離対策ができない「安全停止に重要な機器の安全停止機能」の部分について、代替/専用停止設備の設置や特定区画の適用除外等により、回路故障解析を含む火災モデルによる評価による証明が認められている(表3の「物理的隔離ができない場合」)。火災モデルによる評価とは、必要な構築物、系統及び機器が、火災による回路故障から防護されることにより、安全停止が達成・維持されることを定量的又は定性的に裏付けるために行うものである。

米国では、火災モデルによる評価の一部として実施する回路故障解析には、SSD用ブレーカー及びヒューズがない(又は正常に作動しない)場合について考慮されていない。しかし、実際には、検査の際に直流電流計回路にヒューズの不備が見つかったことから、ヒューズの不備を前提とした解析が実施されていないことを「未解析の状態」とであると指摘し、「直流電流計回路を含む解析要件に関して、未解析の状態が存在する可能性」が課題として提示されたものである。

日本の規制要求では物理的に系統分離対策を求め、このような回路故障解析を使用した評価による証明を想定していないため、課題として考慮する必要はないといえる。

(4) まとめと評価

調査から、「回路の隔離不足が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性(課題A)」については、電気故障時の過電流事象により発生のある火災及び損傷に対する防護対策としてのSSD用ブレーカー及びヒューズの検査が重要であることが分かった。

我が国の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では、「電気系統は、(中略)保護継電器と遮断器の組合せ等により故障回路の早期遮断を行い、過熱、焼損の防止する設計であること」を求めており、電氣的な隔離に関する検査(SSD用ブレーカー及びヒューズの検査)を行うことが可能である。

決定論的火災防護プログラムと「直流電流計回路を含む解析において、未解析の状態が存在する可能性」(課題B)については、日本の規制要求からすれば、課題として考慮する必要はないといえる。

2. 4 火災防護関連の検査について、NRCへ検査官等を派遣し情報収集

2022年11月25日から12月17日までの期間、検査グループの検査官をNRCへ派遣し、火災防護関連の検査手法として、サンプルの選定、検査方針の決定、各種火災解析(火災ハザード解析・火災PRA・火災時安全停止解析)の前提/モデルとの整合等火災シナリオに基づく検査について調査した。また、このような火災シナリオに基づく検査が、系統分離対策を含めた火災防護対策に不備があった場合、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対して、どのような影響を与えるかといった観点からの指摘を行う上で一つの有用な手法であることを確認した。(詳細は、資料59-3-1を参照。)

3. 調査を踏まえた電氣的な隔離に関する検査の実施可能性調査

「回路の隔離不足が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性(課題A)」について、電氣的な隔離に関する検査としてのSSD用ブレーカー及びヒューズの検査の実施可能性と有効性を評価するために、プラントにおいて試検査を実施した。概要は以下のとおりである。

(1) 実施プラントと実施日

川内原子力発電所：令和5年8月28日～9月1日、9月19日～22日

伊方発電所：令和5年10月23日～26日

(2) 実施方法

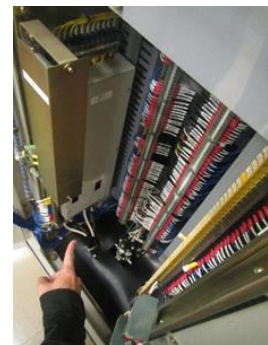
3年ごと検査附属書(決定論)「02.02 f. 項 回路解析」に記載された、「SSD用ブレーカー及びヒューズの配置及び設定(容量等)が適正であり、冗長化又は代

替の安全停止系あるいは機器の電源を保護できることを確認すること。ブレーカー及びヒューズの配置及び設定がプラント設計図書の記載と相違ないこと」に基づき、具体的には、次のような試検査を実施した。

- ・ 回路図面において、SSD 用ブレーカー及びヒューズが有効に作動すること。また、SSD 用ブレーカー及びヒューズの保全計画（点検計画・周期）、点検方法等の確認
- ・ 現場において、回路図面どおりに、SSD 用ブレーカー、ヒューズが設置されていることの確認



回路図面に関する確認の様子



現場確認の様子

(3) 実施結果

(a) 回路図面に関する確認結果

両プラントとも、回路図面において、SSD 用ブレーカー及びヒューズの設置に問題がないことが確認できた。

SSD 用ブレーカー及びヒューズの保全計画（点検計画・周期）は、ブレーカーについては交換計画を定め、点検については、電気盤全体で行う計画になっていることを確認した。ヒューズについては、交換計画はないものの、点検については、ブレーカー同様、電気盤全体で行う計画となっていた。点検方法は、共に、外観点検等により機械的機構の健全性を確認することになっていた。

また、ブレーカー、ヒューズ共に、交換実績があることを記録により確認した。

(b) 現場確認の結果

両プラントとも、回路図面に基づき、必要な SSD 用ブレーカー及びヒューズが設置されていることを確認できた。

(4) まとめと評価

今回、3年ごと検査附属書（決定論）「02.02 f. 項 回路解析」に基づく、電氣的な隔離に関する検査としての SSD 用ブレーカー及びヒューズの試検査を実施し、原子力規制検査として実施可能であることを確認した。

これらのブレーカー及びヒューズは、適切に保全されていることを確認できれば、設置される電気盤が更新されない限り、3年ごとの火災防護検査で必ずしも行う必要はないものと考えられる。一方で、これらのブレーカー及びヒューズの検査は、ブレーカー及びヒューズが設置された電気盤そのものを更新した際、又は、系統分離対策の不備を指摘する際に、関連機器の電氣的な健全性を確認する際には有効であると考えられる。

今後、3年ごとの火災防護検査の中で SSD 用ブレーカー及びヒューズの検査も取り扱うこととし、設備更新等の状況に応じて実施する。

4. まとめと今後の対応

日本においては、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器は、系統分離することが規制要件となっており、決定論的に系統分離することを求めている。米国では、確率論的手法を用いた火災防護が許容されており、これに関連して、第12回技術情報検討会において「回路故障が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性(Y2015-12-01)」が要対応技術情報となった。

これまで、長期間にわたり、付随する課題を含め、米国の火災防護に関する審査・検査の調査を実施してきた。その結果は以下のとおり。

- ・ 米国火災防護規制の最近の動向の調査の結果、過去の報告以降に新たに規制

要求の変更はなかった。

- ・ 国内事業者と情報共有、事業者の対応状況について意見聴取の結果、火災時安全停止回路解析に係る取組として、事業者は「直流電流計回路へのヒューズ等の設置」を実施中であり、2024年度までに対策を完了する予定である。また、ATENA 及び NRRC は中長期的取組として火災 PRA、回路解析手法検討を行うとしている。
- ・ 関連する NRC の審査及び検査制度についての文献調査の結果、電気故障時の過電流事象により発生可能性がある火災及び損傷に対する防護対策としての SSD 用ブレーカー及びヒューズの検査が重要であることが分かった。
- ・ 電気的な隔離に関する検査としての SSD 用ブレーカー及びヒューズの試検査を実施し、3年ごとの原子力規制検査として実施可能であることを確認した。

以上により、本報告をもって「回路故障が2次火災又は設備の損傷を誘発させる可能性(Y2015-12-01)」については、現状で十分に対応が可能であり、さらに高度なレベルで火災による回路故障の影響を確認することは不要であるとして、スクリーニングアウトすることとしたい。また、今後も、米国等海外における、火災影響評価の高度化に関する重要性を示す情報を収集し、必要があれば、関連の検討を行う。

なお、原子力エネルギー協議会(ATENA)は、中長期対応として火災 PRA における回路解析を検討するとしており、「回路故障モード尤度解析」を2023年度までに試行予定としていることから、今後、聴取し、技術情報検討会に報告する。

参考1 火災時安全停止回路解析に係る検討状況について(令和4年11月18日面談資料)

参考2 火災時安全停止回路解析に係る検討のうち LER 情報分析結果(令和5年7月6日面談資料)

火災時安全停止回路解析に係る 検討状況について

2022年 11月
原子力エネルギー協議会
電力中央研究所 原子力リスク研究センター (NRRC)

1. はじめに

1

- 2022年3月10日の第52回技術情報検討会において、原子力規制庁より「火災時安全停止回路解析に関わる米国事業者事象報告書 (LER) の調査への対応方針 (案)」が報告され、令和4年度の上期末を目途に、事業者との意見交換を実施したい旨が示された。
- また、5月11日に日本版インフォメーションノート (NIN) 「原子力発電所の火災時安全停止能力に関わる米国運転経験調査から得られた潜在的懸案事項」が通知された。

- 5月11日に日本版IN(第51回技術情報検討会で紹介された、米国の火災時安全停止回路解析に関連する**32件のLER情報**)が発出。
- 新規制基準に適合しているプラントは、**火災時に安全停止に必要な機器に対して系統分離対策を実施**しているため、火災時の安全停止機能は確保されていると考えている。
- 但し、事業者としては自主的安全性向上の取り組みとして今後**短期対応（LER情報分析による現状把握）を行うとともに、中長期的対応（火災PRA、回路解析手法検討）**について検討を実施していく方針。

【短期対応：LER情報分析】

- INで示された32件のLERに関する情報を収集するとともに、自主的安全性向上の観点で対応が必要なものがないか内容を精査し、必要に応じて対応を検討する。(今年度中目途)

【中長期対応：火災PRAにおける回路解析対応】

- 火災PRAは、PRA手法の1つとして回路解析を実施することとしており、2020年6月に原子リスク研究センター(NRRC)にて国内原子力発電プラントを対象とした火災PRAガイドを策定。
- 2022年度は、モデルプラントによる火災PRAガイドの実機評価適用研究の2年目であり、2021年度に収集したケーブル情報に基づき、火災PRAにおけるタスク16「回路故障モード尤度解析」を2023年度までに試行予定。

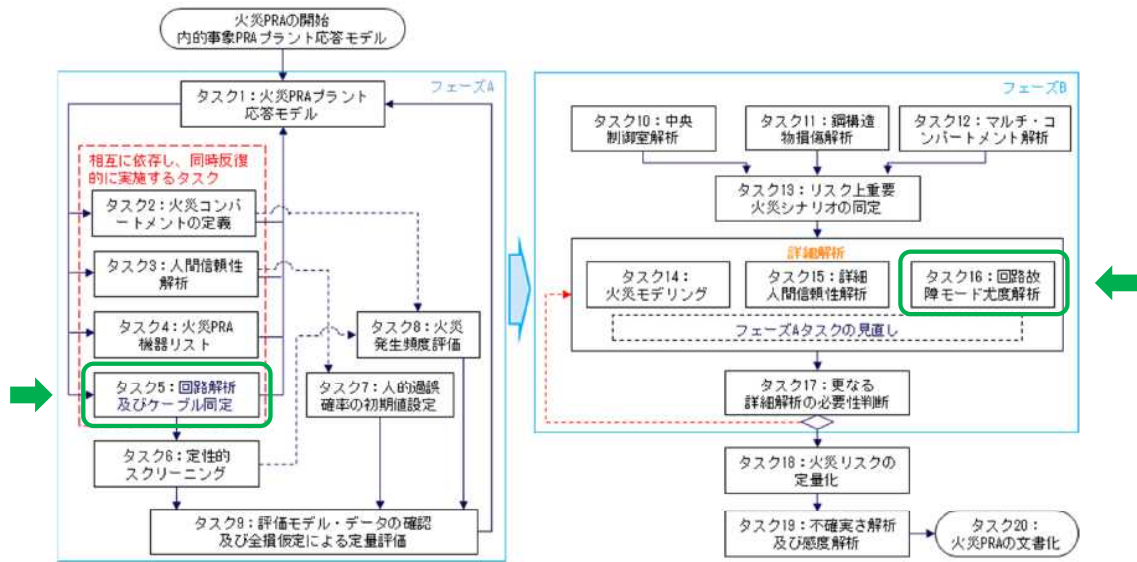


図 火災PRA 全体フローチャート

表 火災PRAを構成する各タスクの概要 (回路解析関連抜粋)

タスクタイトル		概要
5	回路解析及びケーブル同定	<ul style="list-style-type: none"> 火災PRA機器リストに登録された機器に係る基事象の機能喪失を発生させる回路要素 (ケーブル、電源、インターロック) を同定 上記で同定されたケーブルの配置を同定 回路要素間の依存性を同定 機器、故障モード、ケーブル、電線路、火災コンパートメントの関連付け
16	回路故障モード尤度解析	<ul style="list-style-type: none"> リスク上重要なシナリオのケーブル損傷による誤動作確率を回路の設計情報に基づき定量化

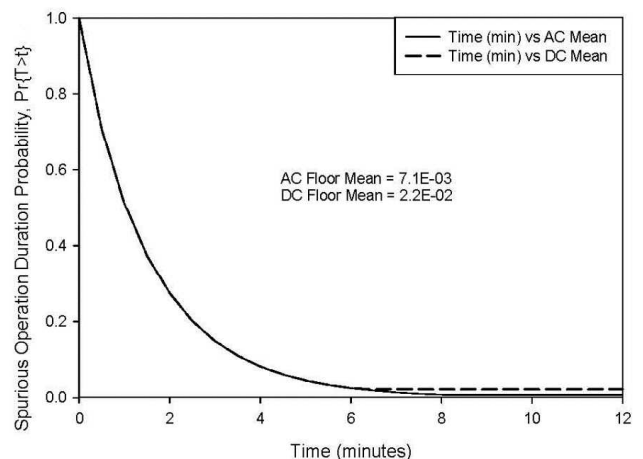
(参考) 国内原子力火災PRAガイドにおける回路解析概要(1/2)

◆ タスク5：回路解析及びケーブル同定

- 火災PRA機器の適切な動作に必要な回路及びケーブルを同定
- ケーブル損傷モードとその影響を評価し、火災PRA機器の適切な動作を阻害 (含、機器の誤動作) するケーブルを同定

◆ タスク16：回路故障モード尤度解析

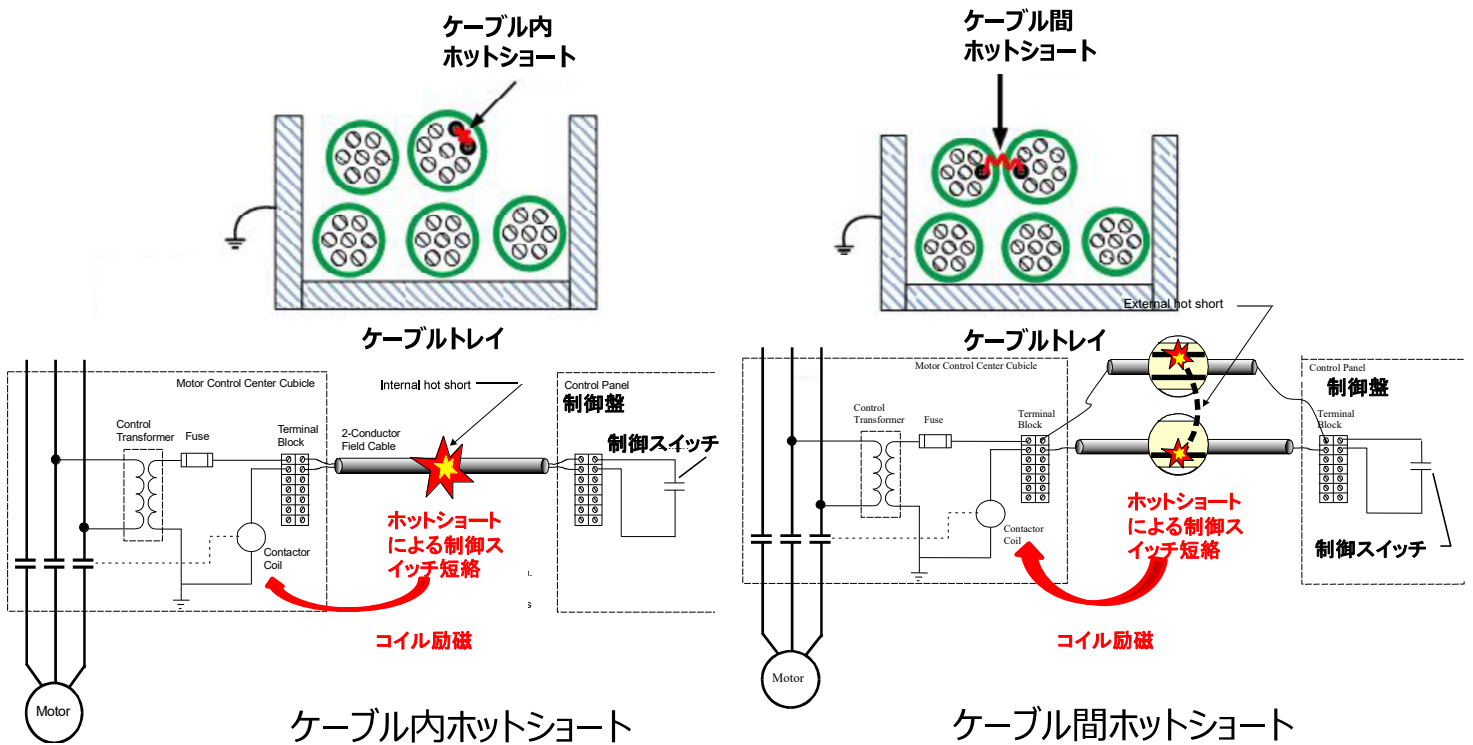
- 火災によるホットショート故障モード確率の推定
 - ✓ 誤動作に至るホットショートが懸念される回路と故障モード (次頁参照) を同定し、NUREG/CR-7150に記載のデータによる確率算定
- 誤動作継続解析 (右図)
 - ✓ ホットショート解消可能回路についてホットショート状態の継続時間確率推定
- 誤動作確率推定
 - ✓ ホットショート故障モード確率と継続時間確率による誤動作確率推定



◆ ホットショート

- ケーブル内又はケーブル間の特定の導体が接触する状態。少なくとも短絡している導体の一つが通電状態にあり、解析対象回路への電圧又は電流の印加に至る。

【ホットショート故障モードの例】



(参考) 火災PRA 研究ロードマップ (NRRC HPより抜粋)

項目	ギャップ/解決策	~2020	2021	2022	2023	2024	2025~	
内部火災PRA技術の構築	<ul style="list-style-type: none"> 内部火災PRA実施ガイドや国内火災発生頻度データの実機評価適用性が未確認 地震誘因火災PRAの知見が不足 	▼実施ガイド ^② 公開	内部火災PRA手法の整備	実施ガイド改訂に向けた知見拡充・実施ガイド改訂	知見反映	知見反映	実施ガイド改訂 ^② △	
		<ul style="list-style-type: none"> 国内外の最新知見を踏まえた実践的な火災PRAガイド(2019年版)の更新 国内火災発生事例に基づく火災発生頻度の提示 地震誘因火災PRA評価手法の整備 	内部火災パイロットPRAの調査・計画	地震誘因火災PRA手法の調査	知見反映	知見反映	PRA手法開発	
内部火災PRAプロジェクト	<ul style="list-style-type: none"> 内部火災PRAガイドの実機評価適用性の確認・向上が必要 モデルプラントを対象とした試評価と実施ガイドへのフィードバック 	▼火災発生頻度 ^②	モデルプラントを対象とした内部火災PRAの試行	火災進展解析手法の適用	リスクロワイヤル分析 ^② △	各社パイロットプラントを対象とした内部火災PRAへ展開		
火災進展評価技術の高度化	<ul style="list-style-type: none"> NRAによるHEAF(電気盤や母線用バスダクトにおける高エネルギーアーク故障)規制化動向を踏まえたバックフィットへの先手管理 実火災を想定した煤煙と熱の伝播によるターゲット損傷条件が不明確 実規模電気盤やバスダクトを用いたHEAF火災試験による知見の蓄積 火災進展解析に必要な火災モデルの整備 国際共同研究や海外機関との連携による最新知見の導入・活用 	ゾーンモデル*(BR12-GRIEPI)リリース ^② ▼	火災進展モデルの整備	知見反映	知見反映	ゾーンモデル改良版・フィールドモデル**整備 ^② △		
		OECD国際共同研究(複数区画火災: PRISME3)への参画	知見反映	知見反映	海外機関(EDF, INL)との連携	知見反映	知見反映	(PRISME4)
		電源盤・バスダクトHEAF火災試験	電源盤・バスダクトHEAFZOI評価試験	知見反映	知見反映	知見反映	知見反映	知見反映
		HEAF火災発生防止評価手法提案 ^① ▼	OECD国際共同研究(電源盤・バスダクト火災: HEAF2)への参画					

* 上下二層の空気層(ゾーン)の形成を前提とした計算負荷の小さい実用モデル
 ** 精緻な空気温度の空間分布が評価可能な数値流体力学モデルで計算負荷が高い

火災時安全停止回路解析に係る検討のうち LER情報分析結果について

2023年7月6日
原子力エネルギー協議会
電力中央研究所 原子力リスク研究センター (NRRC)

1. はじめに

1

- 2022年5月11日に日本版IN(第51回技術情報検討会で紹介された、米国の火災時安全停止回路解析に関連する**32件のLER情報**)が発出。
- 新規制基準に適合しているプラントは、**火災時に安全停止に必要な機器に対して系統分離対策を実施**しているため、火災時の安全停止機能は確保されていると考えているが、事業者としては自主的安全性向上の取り組みとして今後**短期対応 (LER情報分析による現状把握) を行うとともに、中長期的対応 (火災PRA、回路解析手法検討)** について検討を実施していく方針。
- 今回、短期対応としてのLER情報分析結果について報告する。

➤ 32件のLER情報の分析に際し、フローを作成。

➤ フローは以下の観点で場合分けを実施

① **HE（ヒューマンエラー）や設計管理不備等によるものか**

- ✓ 分離要求の対応不足、NFPA805へ移行する際のケーブルルート調査・評価時の見落としやケーブル敷設時の誤配線等、ヒューマンエラーや設計管理不備等によるものはスクリーニングアウト可能と判断
- ✓ 但し、同様の事象が起こることのないよう**各事業者に周知、内容を確認**

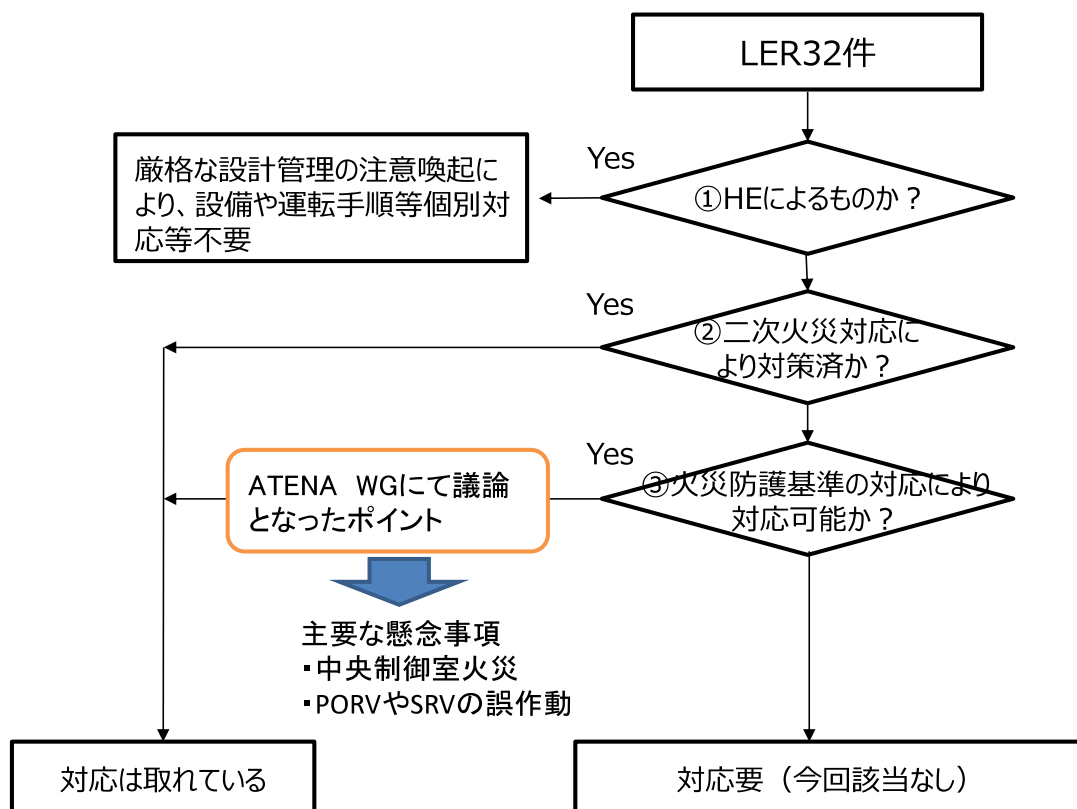
② **米国IN（2014-10）二次火災対応にて対応済みか**

- ✓ 米国IN2014-10の発出に伴い、事業者は自主的に直流電流計回路へのヒューズ設置等を実施し対応していることにより、スクリーニングアウト可能と判断
- ✓ 事業者の自主的対応の内容は、4ページ参照

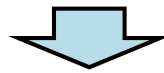
③ **火災防護審査基準の系統分離対策にて対応可能か**

- ✓ 新規制基準である火災防護審査基準の要求に基づき系統分離対策が実施されており、安全停止機能が確保される場合はスクリーニングアウト可能と判断

➤ 上記①～③のいずれも該当しない場合は、短期的な対応が必要な情報として運用、設備面での改善を検討する。



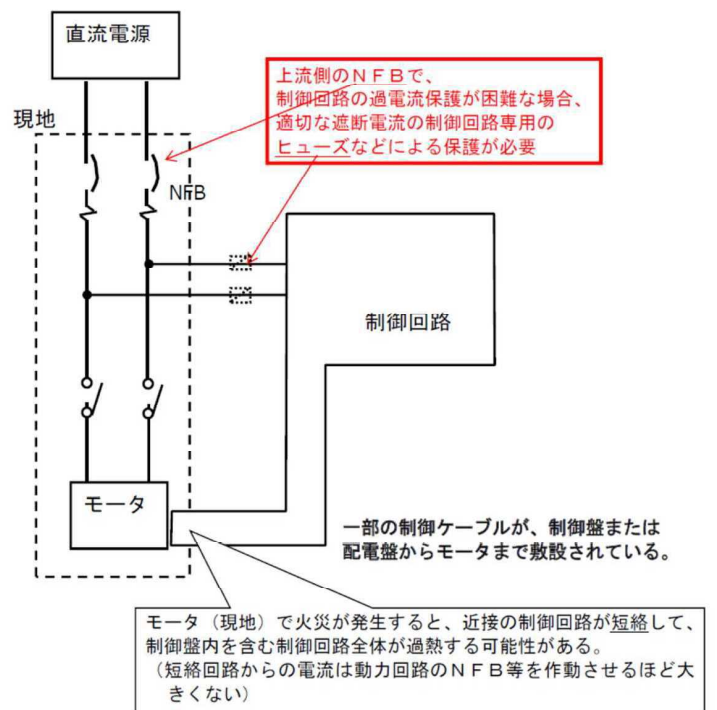
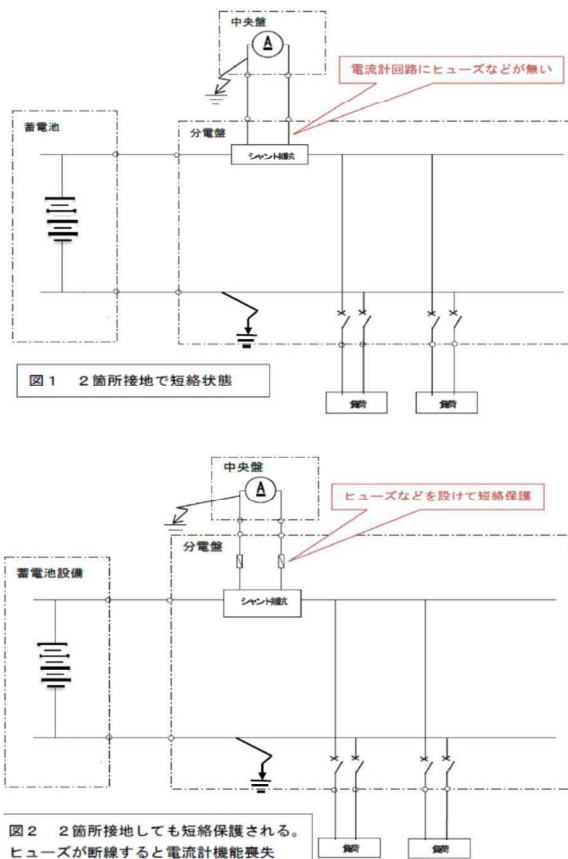
- 米国NRCは、回路の故障が2次火災事象又は設備の損傷を誘発させる可能性に関連した最近の運転経験を知らせるために、情報通知（IN2014-10）を発行。
 - ✓ **直流電流計回路の設計における電氣的分離の不十分**（Browns Ferry, Clinton）、又は**直流動力及び制御回路の回路分離の不十分**（Nine Mile Point）により、現地で発生した火災によって**中央制御室の制御盤等で2次的火災が発生する可能性**あり。（詳細は次ページ参照）
 - ✓ 火災発生時のプラント安全停止能力に影響を与える可能性について注意喚起するため、2014年9月16日付でIN2014-10を発行。
- NRAは、第12回技術情報検討会（2015年1月19日）にて米国IN2014-10を紹介、**国内の火災時における安全停止は基本的には系統分離の徹底によって担保される**と考えられるものの、本件は要対応技術情報とし、引き続き調査することとした。
- その後、2015年5月19日に、JANSIより重要度文書「（重要度Ⅱ）火災時の直流電流計回路損傷による2次的火災または機器損傷への対応」が発出され、**直流電流計回路へのヒューズ設置等が提言された。**



各事業者にて、水平展開対象の検討及びヒューズの追加設置等、対応計画済。

- 米国IN（IN2014-10）における回路設計の不備は以下の通り。

（JANSI重要度文書より抜粋）



直流電動機制御回路を主回路と共用している例

➤ 32件のLERについて、分析フローによる整理結果概要は下表のとおり。(詳細は参考資料を参照のこと)

分類	事例	評価	備考
①HEによるもの(3件)	多重誤作動改造のためにケーブルを追加したが、当初のルートでない場所に追加した。	設計管理の注意喚起を図る	
②二次火災対応により対策済(6件)	直流電流計回路にヒューズが無いことからヒューズを追加する設計対応を行った。	IN2014-10に関連したJANSI提言により対応済	
③火災防護基準の対応により対応可能(23件)	RHR停止時冷却隔離弁が誤開放し、IS-LOCAとなる可能性。(6件)	健全側の安全系1区分により安全停止可能	誤作動に対する検討がATENA WGにて議論となった →中長期的に検討要
	中央制御室火災によるホットショートでMOVの誤作動が発生する(11件)		
	加圧器逃し弁のホットショートによる誤作動他(6件)		

➤ 現時点で短期的な対応が必要と考えられる情報は得られなかったが、火災に伴う機器の誤作動について、今後どのように対応すべきかがATENA WG※にて議論となった。

※ATENA、事業者、メーカ、NRRRC等が参画するWG

➤ この確認の過程において安全停止上の懸念では無いものの、以下の事象についてどのように対応すべきかATENA WGにて議論となった。

✓ 中央制御室火災による多重誤作動 (Multiple Spurious Operation。以下「MSO」という。) 事象や加圧器逃し弁 (PWR) や主蒸気逃し安全弁 (BWR)の誤作動による冷却材喪失

<事例>

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
10	293/2015-010-00: Pilgrim	電動弁制御回路の脆弱性	IN92-18 で指摘されたMOV の問題 (トルク・リミットスイッチがないと、ホットショートにより MOV が損傷、手動操作も不能となり得る) の代償措置である火災監視が未確立であることが 2015 年の火災防護検査の準備中に判明した。	③-Yes	中央制御室火災のホットショートによりMOVが誤作動して損傷する事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】
11	305/2012-001-00: Kewaunee	加圧器逃し弁と原子炉ベント弁に対する附則R誤動作の懸念	加圧器逃し弁のソレノイド用の制御室から格納容器に至る制御ケーブルが、専用の電線管で引き回されておらず、ホットショートの状態次第では、弁が誤開放し得る。原子炉ヘッドベント弁でも同様の問題が見つかった。I/F LOCA となり得る。	③-Yes	ホットショートにより加圧器逃し弁が誤開放し、I/FLOCAとなる事象【過渡事象の起因となる事象】 【PORVが誤開放】 (【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】)

<これらの事例のATENA WGにおける受け止め、理解、議論について>

中央制御室での火災は早期検知、消火を行い、系統分離された緩和系により安全停止機能は確保されるものの、米国では制御室での火災の懸念が示されている。また、火災による加圧器逃し弁の誤動作などの冷却材喪失事象に繋がる事象については、系統分離された緩和系により安全停止機能は確保されるものの、米国ではそれら起因事象に係る懸念が示されている。

国内においても中央制御室における火災リスクや冷却材喪失事故などの起因事象に係るリスクについて着目して評価していく必要があるのでは無いか20

- LER32件について確認検討した結果、過去の取り組み（米国 IN2014-10発出に伴う事業者の自主的対応）並びに現状の火災防護基準の対応により安全停止機能は確保されていることを確認した。
- この確認の過程において安全停止上の懸念では無いものの、以下の事象についてどのように対応すべきかATENA WGにて議論となった。
 - ✓ 中央制御室火災によるMSO事象
 - ✓ 加圧器逃がし弁（PWR）や主蒸気逃し安全弁（BWR）の誤作動による冷却材喪失など過渡事象の起因となる事象
- これらは火災発生時においても現状の火災防護基準により安全系1区分が確保されることから原子炉施設の安全停止機能は確保されており安全停止に係る懸念事項ではないが、本件の対応については潜在的なリスクと捉えて引き続き今後の中長期対応の中で検討する。

参 考

➤ 32件のLERについて、分析フローによる整理結果は下表のとおり。

フローNo.	件数	LER 通番
①HEによるもの	3	7,12,19
②二次火災対応により対策済	6	1,2,3,22,26,32
③火災防護基準の対応により対応可能	23 (17)※	4,5,6,13,15,20 (8,9,10,11,14,16,17,18,21,23,24, 25,27,28,29,30,31)
合計	32	

※ATENA WGにおける検討時議論となった項目数

➤ 32件のLERについて、分析フローによる整理結果は下表のとおり。

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
1	220/2014-002-00: Nine Mile Point	ヒューズのないMOV制御回路	MOV のヒューズ（保護）のない DC 回路のホットショートにより、ケーブルの過電流・自己加熱により2次火災が発生し得る。	②-Yes	制御回路のホットショートにより二次火災が発生する事象。国内では直流設備の制御回路へのヒューズ未設置はIN2014-10への水平展開として対応済み。ただし、国内BWRでは、直流設備の制御回路に万一異常があっても当該機器の運転継続を優先するとのプラント設計思想であることからヒューズを設置していない場合がある。 (以下ニューシア情報) http://www.nucua.jp/nucua/kg/KgTroubleView.do?troubleId=263
2	244/2014-002-00: Ginna	複数の火災区画に影響するDC制御回路が絡むホットショート火災事象	非安全系の DC 制御回路に過電流保護がないと、ホットショートでケーブルが過熱し、2次火災が発生し得る。	②-Yes	制御回路のホットショートにより二次火災が発生する事象。 【No.1と同様、水平展開対応済】
3	259/2011-010-00: Browns Ferry 1	適切に隔離されなかったDC電流計ケーブル	火災により制御室退避した際に使う現場のバッテリー盤の安全系電流計回路が、制御室の遠隔電流計回路と適切に隔離されていない。制御室の非安全系電流計の回路が火災時ホットショートの影響で、2次火災を発生させ得る。	②-Yes	充電器電流計回路が、安全系である現場と非安全系である制御室で電気的な分離がされていなかった事象。未解析状況であった。(制御室に充電器電流計回路が設置されているプラントが対象) 【No.1と同様、水平展開対応済】
4	259/2012-004-01: Browns Ferry 1	火災区画でのケーブル火災損傷によりRHRサービス水ポンプが起動する可能性	制御室火災時に適切に遮断されない制御回路が見つかった。その回路がホットショートすると、補機冷却水系からの誤信号で RHR サービス水ポンプが誤起動し得る。	③-Yes	ホットショートによりRHRサービス水ポンプが誤起動し、EDGの負荷投入に影響を与える事象。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
5	259/2013-008-00: Browns Ferry 1	火災区画におけるケーブルの火災損傷によりRHRポンプが誤動作する可能性	制御室火災時に適切に遮断されない制御回路が見つかった。その回路がホットショートすると、RHR ポンプが誤起動し得る。	③-Yes	現場盤のホットショートによりRHRポンプが誤起動し、EDGの負荷に影響を与える事象。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
6	260/2012-005-00: Browns Ferry 2	NFPA805移行中に特定された第2区分RHR系統に影響する未解析状態	制御室火災時にホットショートにより LPCI の格納容器内弁の開失敗が発生し得る。	③-Yes	ホットショートによりRHR低圧注水内側隔離弁が誤閉止し、閉固化する事象。IN 92-18の事象に類似している。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
7	278/2011-004-00: Peach Bottom 3	HPCIの不適切なケーブルルートにより火災後安全停止解析に悪影響	2010年代のHPCIタービン蒸気供給弁制御回路の改造により、想定火災区画でのホットショートによりHPCIが動作不能となり得ることが判明した。	①-Yes	MSO改造のためにケーブルを追加したが、当初のルートではない場所に追加した事象。設計エラー。HPCIタービン蒸気供給隔離弁が誤作動し、故障する事象。 【HEとして整理】
8	282/2016-001-00: Prairie Island 1	不適合火災防護手動運転員操作	IN92-18 制御室火災時に遠隔停止能力を喪失する可能性で指摘されたMOVのホットショートによる故障が、制御室火災以外でも発生し得ることがわかった。	③-Yes	中央制御室火災のホットショートに関する運転経験IN 92-18の事象。ホットショートによりMOVが誤作動して損傷する可能性が多数確認された事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】
9	285/2015-006-00: Fort Calhoun	不適切な設計による未解析の火災脆弱性	1983年に改造した加圧器バックアップヒーターバンクの制御回路の遮断設計に問題を発見。制御室火災時の制御室側でのホットショートにより、ヒータが意図したように動作しない可能性がある。	③-Yes	中央制御室火災時のホットショートにより、加圧器ヒータの制御回路が隔離できず、現場からの操作ができない事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】
10	293/2015-010-00: Pilgrim	電動弁制御回路の脆弱性	IN92-18で指摘されたMOVの問題（トルク・リミットスイッチがないと、ホットショートによりMOVが損傷、手動操作も不能となり得る）の代償措置である火災監視が未確立であることが2015年の火災防護検査の準備中に判明した。	③-Yes	中央制御室火災のホットショートによりMOVが誤作動して損傷する事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】
11	305/2012-001-00: Kewaunee	加圧器逃がし弁と原子炉ベント弁に対する附則R誤動作の懸念	加圧器逃がし弁のソレノイド用の制御室から格納容器に至る制御ケーブルが、専用の電線管で引き回されおらず、ホットショートの状態次第では、弁が誤開放し得る。原子炉ヘッドベント弁でも同様の問題が見つかった。I/F LOCA となり得る。	③-Yes	ホットショートにより加圧器逃がし弁が誤開放し、I/F LOCAとなる事象 【過渡事象の起因となる事象】 【PORVが誤開放】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
12	361/2009-005-00: San Onofre 2	DGの配線ミスにより火災隔離能力を喪失	EDG-Aの保全作業で火災時遮断（隔離）フェーズを誤配線した。この状態では、制御室火災時に遠隔操作ができなくなる可能性がある。	①-Yes	中央制御室火災時にホットショートが発生した場合、現場での非常用ディーゼル発電機起動ができなくなる事象。配線ミスにより、火災隔離のヒューズをバイパスする配線となっていた。 【HEとして整理】
13	366/2013-004-03: Hatch 2	RHR停止時冷却系隔離弁に対する想定火災時ケーブル間電気故障の脆弱性	格納容器内 RHR 停止時冷却系隔離弁の制御ケーブルが想定火災でホットショートすると、同弁が誤開放し得る（I/F LOCA）。	③-Yes	RHR停止時冷却系隔離弁が誤開放し、I/F LOCAとなる可能性がある事象。リスク評価の結果、安全上の影響は低いとされている。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
14	369/2012-001-00: McGuire 1,2	附則R不適合により冷温停止に影響する可能性	IN92-18で指摘されたMOVの問題が、両号機のSGの動力作動逃がし弁（PORV）にあることがわかった。想定火災区画での制御回路ホットショートで、弁が損傷し手動操作も不能となり得る。	③-Yes	中央制御室火災のホットショートによりMOVが誤作動して損傷する事象。 【中央制御室で早期検知消火により対応不要】
15	390/2013-005-00: Watts Bar 1	CVCS遠心充てんポンプの想定火災起因故障	補助建屋火災により CVCS 充てんポンプ（CCP）のサクシオン弁が偽閉止（正しい閉信号なしに閉）し、RWST 弁は開かないことから、CCP 故障、RCPシール喪失となり得ることがわかった。	③-Yes	ホットショートによりCCP故障、RCPシール喪失による小LOCAとなる事象。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
16	390/2014-002-00: Watts Bar 1	附則R解析により特定された非保守的運転員手動操作	附則R 解析（安全停止能力に対する火災防護プログラム）で想定した加圧器過充填を防ぐための運転員余裕時間が保守的ではなかった。	③-Yes	運転員の操作時間による対応想定時間に不備があった事象 【安全停止能力の系統分離は運転員の操作時間に期待していないため、対応不要】
17	390/2015-002-00: Watts Bar 1	附則R火災時の加圧器PORVに偽開放に関する未解析の状態	加圧器 PORV の制御ケーブルが想定火災区画を通っている場合は、ホットショートによりPORV が偽開放すると仮定しなければならない。PORV 隔離が遅れると、SI 信号が出て、加圧器がソリッドになるおそれがある。時間余裕等の確認要。	③-Yes	ホットショートによりPORV誤開放する事象。 【過渡事象の起因となる事象】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
18	395/2011-001-00: Summer	附則Rに従う安全停止システムの1系列維持失敗の可能性	制御室、ケーブル室または制御建屋火災によるホットショートで安全母線の過電流リレーが作動し得る（給電遮断）。EDG-Bの給電遮断器が閉じない可能性もある。当該リレーをリセットする手順が火災時緊急手順に入っていることを確認要。	③-Yes	制御室等の火災によるホットショートにより安全系母線が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
19	395/2011-002-00: Summer	附則Rに従う安全停止システムの1系列維持失敗の可能性	1985年の改造によって、火災によって制御室退避した際にEDG-Bの制御回路を制御建屋から隔離（遮断）できるようになった。しかし、1992年のEDG制御回路の改造によって、ホットショートにより制御電源のリレーが停電して、EDGの現場制御が妨げられ得るようになった。	①-Yes	ホットショートによりEDGの自動起動が無効となる事象。火災による影響を防止するために改造を実施したものの、誤った変更が行われた。 【HEとして整理】
20	397/2015-006-01: Columbia	火災後安全停止に悪影響し得る想定多重誤作動（MSO）シナリオ	HPCSの複数の電動弁がホットショートにより偽開放することをMSOシナリオに想定していなかった。SPからCSTへの流れが形成され、SP保有水量が減る（安全停止に影響し得る）。	③-Yes	ホットショートによりSP保有量が減り安全停止機能が影響を受ける事象。 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
21	440/2011-001-00: Perry 1	火災防護設計脆弱性による未解析の状態	制御室の2つの電流計回路に配線欠陥があり、制御室火災によるホットショートの発生時に電流計遮断器の保護リレーが作動し、安全停止に要するA系列ESWポンプとA冷凍機の電源が切れ得る。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより安全停止機能が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
22	445/2013-002-00: Comanche Peak 1,2	無保護の電流計ケーブルからの2次火災	クラス1Eのバッテリー制御室電流計に過電流保護が付いていないことが判明。制御室外での火災によるホットショートで故障電流が流れると、ケーブルトレイ上で2次火災が発生し得る。	②-Yes	No.1と同様、水平展開対応済み。
23	454/2015-004-00: Byron 1	誤開放した弁の手動閉止を妨げ得る加圧器電動逃がし弁回路の設計欠陥	火災防護点検の際に加圧器PORVのブロック弁制御回路に設計欠陥が見つかった。制御室火災時のホットショートにより、フューズがバイパスされ制御回路隔離が失敗し得る。	③-Yes	中央制御室またはケーブル処理室での火災のホットショートにより加圧器PORV誤開放した場合、PORVブロック弁を現場MCCから閉止できない事象。 【過渡事象の起因となる事象】 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
24	456/2015-003-00: Braidwood 1	誤開放した弁の手動閉止を妨げ得る加圧器電動逃がし弁回路の設計欠陥	火災防護点検の際に加圧器PORVのブロック弁制御回路に設計欠陥が見つかった。制御室火災時のホットショートにより、フューズがバイパスされ制御回路隔離が失敗し得る。	③-Yes	中央制御室またはケーブル処理室での火災のホットショートにより加圧器PORV誤開放した場合、PORVブロック弁を現場MCCから閉止できない事象。 【過渡事象の起因となる事象】 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
25	461/2011-001-00: Clinton	想定されるHPCS誤作動	電線管内の自動起動ロジック計装ケーブルのホットショートによって、HPCSが誤起動し得る。HPCS停止ポンプと注水弁も閉するので、RPV満水後にHPCSを止められない可能性もある。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより安全停止系が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
26	461/2011-007-00: Clinton	ヒューズなしの電流計回路	フューズ（保護）のないDC回路のホットショートにより、接地ループが構成され、過電流により隣合うケーブルに熱損傷を与え得る。	②-Yes	No.1と同様、水平展開対応済み。
27	482/2010-003-00: Wolf Creek	EDG-B電圧制御回路に係る火災時安全停止の課題	制御室火災のホットショートのユニット・パラレルリレーが通電され、EDGが意図しないモードで運転され、電圧制御にも悪影響し得ることが判明。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより非常電源が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】

通番	LER No. プラント名	件名	懸案	フロー分類	検討結果
28	482/2010-007-01: Wolf Creek	火災時安全停止火災に起因するMSO問題	5件のMSO問題が特定された。例：火災区画での火災で1台のRHRポンプ喪失と同時に火災起因の偽SISにより両RHRの作動が妨げられ得る。加圧器スプレイ弁が誤開放し、4台のRCPが制御室から停止できない可能性がある。	③-Yes	ホットショートにより安全停止系の機能喪失や加圧器スプレイ弁の誤開放、ホリ酸充填ポンプが誤起動する事象。 【過渡事象の起因となる事象】 【その他機器の誤動作】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
29	482/2010-013-00: Wolf Creek	火災時安全停止回路解析で特定された未解析の状態	制御室火災によるホットショートのEDG-Bの励磁器/電圧制御器のフューズが切れ、給電できない可能性がある。制御室火災で加圧器PORVが誤開し、熱水力解析で要求する3分間以内の閉止ができない可能性。制御室火災でEDG-B室の換気ダンパーが故障し、室温が設計温度範囲から出るおそれがある。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより非常電源が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
30	482/2011-008-00: Wolf Creek	火災時安全停止設計の隠れた課題が引き起こすESW流動不均衡	制御室火災でCCW熱交換器からのESWリターンラインの弁（安全停止には要閉）が開き得ることが判明。重要機器へのESW流量が減るおそれがある。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより安全停止機能が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
31	528/2012-005-01: Palo Verde 1,2,3	RSS制御回路欠陥によるTS禁止状態	制御室火災時にB系列加圧バックアップヒータの制御回路が隔離されない可能性が判明。CVCS隔離弁にも同様な問題が見つかった。	③-Yes	中央制御室のホットショートにより安全停止機能が影響を受ける事象。 【中央制御室での早期検知消火により対応不要】 【系統分離対策により安全停止機能は確保されており、対応不要】
32	528/2013-003-00: Palo Verde 1,2,3	過電流保護のないDC電流計	系列BとDのクラス1Eバッテリーと充電器の電流計回路に過電流保護がない。制御室火災によるホットショートの同回路に故障電流が流れると、ケーブルトレイ上でケーブルが2次火災し得る。	②-Yes	No.1と同様、水平展開対応済み。