

原子力規制検査における安全重要度の評価結果

令和元年11月11日
検査評価室

件名	非常用炉心冷却系(高圧注水系)の機能の一部喪失
安全重要度/ 深刻度レベル	暫定「白」 / 暫定「SLⅢ」
監視領域	拡大防止・影響緩和
安全重要度の 評価結果 の概要	<p>女川原子力発電所1号機は、定格熱出力一定運転中の平成21年7月15日に高圧注水系(以下「HPCI」という。)の定期試験を実施したところ、「HPCIタービン自動停止」及び「HPCIポンプ流量低」の警報が発生し、HPCIが起動しなかった。事業者は原因を調査した結果、6月22日に原子炉を起動し原子炉圧力が1.04MPaに達してから、7月15日までの期間、HPCIは一部の機能を喪失していたことが明らかとなった。</p> <p>本事象は自己保持回路を持つ「原子炉水位高(L-8)」信号のリセット手順が不明確であったこと及び「原子炉水位高(L-8)」信号を保持していることを示すランプが切れていたことから、「原子炉水位高(L-8)」信号が継続していることを運転員が認知できず、信号をリセットすることなく運転を継続していたものであった。その結果、「原子炉水位異常低(L2)」の自動起動信号が発信された場合は、当該系統は自動起動するものの、「格納容器圧力高」の自動起動信号が発信された場合には自動起動しない状態であった。</p> <p>したがって、保安規定第3条「7.5.1 業務の管理」に従い作成された手順書が不明確であったことに加え、手順書に従わず信号リセット操作を行わなかったこと、及び、その結果として保安規定第39条第1項に定める「高圧注水系が動作可能であること」を一部満足していなかったものと考えられ、パフォーマンス欠陥に該当する。このパフォーマンス欠陥により、HPCIの機能が一部喪失となったことは「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の目的に影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。</p> <p>検査指摘事項に対し「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」に基づく評価を行った結果、詳細リスク評価が必要、と判断した。</p> <p>「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく詳細リスク評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。また「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定する。</p>
指摘事項の	[指摘事項の説明]

<p>説明</p>	<p>女川1号機においては、定格熱出力にて運転中の平成21年7月15日、原子炉運転中に定期的(1回/月)に実施する高圧注水系手動起動試験でHPCIを起動したところ、11時26分頃「HPCIタービン自動停止」および「HPCIポンプ流量低」の警報が発生した。</p> <p>HPCIが動作可能であることが確認できなかったことから、同時刻に保安規定第39条に定める運転上の制限を満足しないと判断し、原子炉を「冷やす」機能が確保されていることを確認するため、原子炉隔離時冷却系が動作可能であること、自動減圧系の窒素ガス供給圧力が規定圧力以上であることを確認した。</p> <p>警報の発生は、HPCIタービン主蒸気止め弁(以下、「当該弁」という。)が起動信号にて全開となるべきところ、原子炉水位 L-8 信号が発信されたままの状態になっていたため、開動作しなかったことによるもの。原子炉水位 L-8 信号をリセットし、当該弁が全開となることを確認した。</p> <p>その後、HPCIの確認運転を実施し、動作可能な状態であることを確認したことから、7月15日22時45分に同保安規定第39条に定める運転上の制限を満足すると判断した。</p> <p>事業者の原因調査によると、発電機と励磁機の接合部分から油(グリス)が漏れた原因調査および補修のために原子炉を停止した後、原子炉水位の上昇操作をしており、これにより原子炉水位高(L-8)信号が発信した。その後、プラント計画停止後の原子炉起動準備として、原子炉再循環ポンプ(PLRポンプ)を起動した。その際、原子炉水位を自然循環水位から通常水位まで低下させる過程で「原子炉水位高(L-8)」警報がクリアし、点灯しているべき原子炉水位 L-8 のホワイトランプが断芯により消灯。そのため当直は、HPCI自動停止信号が解除されているものと誤認し、リセット操作を実施しなかった。</p> <p>この結果、HPCI自動停止信号が保持された状態が継続し、原子炉水位低(L-2)信号では自動起動するものの、「格納容器圧力高」信号では自動起動しない状態となり、HPCIが動作可能であることを満足していなかったものである。</p>
<p>重要度評価の判定</p>	<p>[パフォーマンス欠陥]</p> <p>本事象は自己保持回路を持つ「原子炉水位高(L-8)」信号のリセット手順が不明確であったこと及び「原子炉水位高(L-8)」信号を保持していることを示すランプが切れていたことから、「原子炉水位高(L-8)」信号が継続していることを運転員が認知できず、信号をリセットすることなく6月22日から7月15日までの間、運転を継続していたものであり、保安規定第3条「7. 5. 1 業務の管理」に従い作成された手順書が不明確であったことに加え、手順書に従わずリセット操作を行わなかったこと、及び、その結果としてHPCIが動作可能であることを要求している保安規定第39条を満足しなかったものであり、パフォーマンス欠陥に該当する。</p>

[スクリーニング]

このパフォーマンス欠陥により、HPCIは原子炉水位低(L-2)信号では自動起動するものの、「格納容器圧力高」信号では自動起動しない状態となっていた。HPCIは原子炉一次系の中小破断事故を想定した炉心冷却機能を確保するための設備であることから、パフォーマンス欠陥は、炉心損傷を防止するために起因事象に対応する系統、設備の可用性、信頼性及び機能性を確保することを目的とした「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の「手順書の品質」の属性に関係付けられ、当該監視領域(小分類)の目的に悪影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。

[重要度評価]

当該原子炉は定格熱出力一定運転中であり、HPCIが起動するための要素として、「原子炉水位異常低(L2)」と「格納容器圧力高」が規定されており、本系統は待機状態になっていることが要求されていた。

本事象では、HPCIの機能の一部喪失に至っており、その安全重要度を評価するため「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」、「別紙2-影響緩和のスクリーニングに関する質問」を適用した。この結果、詳細リスク評価の要否を判断するための「A.3. 指摘事項は少なくとも1 トレインの安全機能が保安規定の許容待機除外時間(AOT)を超えて実際に機能喪失していること、」の質問に対する答えが「はい」となることから詳細リスク評価が必要と判断した。

詳細リスク評価の実施にあたり、当該発電用原子炉施設に対する確率論的リスク評価は現時点で適用できないため「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく「指標統合値による評価手法¹」を適用し評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。

[深刻度評価]

検査指摘事項は、第3条「7. 5. 1 業務の管理」の違反であり、「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、深刻度の評価において考慮する「規制活動への影響」等の要素は確認されていないことから、安全重要度の評価結果を踏まえ、法令違反の深刻度は「S LⅢ」と判定し、事業者に対して違反等の通告を実施する。

¹ 第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法

詳細リスク評価

＝定性的基準を用いる安全重要度評価＝

詳細リスク評価にあたっては、本号機における PRA モデルが整備されていないことから、定性的基準を用いて安全重要度評価を実施した。

1. 本事象が安全性に与えた影響の程度

第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法を適用し、以下の(1)から(3)の項目について評価した。

(1) 原子力施設の安全確保状態

- HPCI の状態については、HPCI 自動停止信号が保持された状態が継続していたことにより、原子炉水位低(L-2)信号では自動起動するものの、「格納容器圧力高」信号では自動起動しない状態であり、機能の一部喪失であった。
- HPCI 動作不能の場合の代わりの炉心冷却機能として、原子炉隔離時冷却系(RCIC)及び自動減圧系(ADS)について、いずれの機能も正常であることが確認された。
- これらのことから、HPCI は機能を一部喪失していたが、炉心冷却に係る他の系統の機能は維持されていたものとし、「事故シナリオの対処に必要な性能を喪失している状態」とまでは言えず、「安全評価において設定された性能範囲から逸脱しているものの、事故シナリオの対処に必要な性能は維持している状態」に相当すると判断する。

→ 2点と評価する。

※ なお、炉心冷却機能に関する HPCI、ADS、RCIC の各系統については、性能、能力及び役割等により、安全機能としての重み付けを考慮して各系統の劣化状態に対して0点から4点の範囲で点数を割り振ることも考えられるため、今後の試運用等において検討していく。

【共通要因(他の機器への影響)】

この原因による他の機器への影響は見られないため共通要因は考慮しない。

(2) 劣化状態の継続期間

- 6月22日に原子炉を起動し原子炉圧力が1.04MPaに達してから7月15日までの24日間、HPCI の機能が一部喪失していた。

→ 2点と評価する。

【劣化状態の検出及び是正可能】

HPCI 自動停止信号が保持されていたことにより、HPCI が「格納容器圧力高」信号では自動起動しない状態で原子炉の運転を継続していたものであり、HPCI が必要な性能を発揮しなければならない時点までにおいて、事業者が劣化状態を検出及び是正することが実現可能であったとはみなさない。

(3) 事業者の改善措置能力

① 検査指摘事項の特定者が事業者であるか

本事象は、HPCI の定期試験において動作不能である状態が継続していたことが確認されたものであり、自発的に判明した検査指摘事項と判断する。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

② 検査官が認識した時点において適切な是正措置計画が立案されているか

本事象は上述のとおり自発的に判明した検査指摘事項であり、検査官が認識した時点での是正処置計画の立案は達成されなかった。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

③ 過去に自施設において類似の事象が発生しており、是正措置が十分でなかったか

過去に自施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

④ 過去に他施設において類似の事象が発生しており、予防措置が十分でなかったか

過去に他施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

2. 影響の程度に基づく評価結果の統合

HPCI の機能が一部喪失した状態で24日間において原子炉を運転していたことについて評価結果を統合する。

2点 + 2点 + 0点 = 4点 → 「白」相当

3. 安全重要度評価の結果

- 詳細リスク評価の結果の統合値が4点であることを踏まえ、検査指摘事項の特徴及び原子炉施設の状況を総合的に考慮した結果、本検査指摘事項の安全重要度は暫定的に「白」と評価する。

➤ 指標統合値の4点については、「緑」を超え「白」の範囲の最低点である。

- 検査指摘事項の特徴としては、HPCIの機能が一部喪失していた直接的な原因は「原子炉水位高(L-8)」信号のリセット操作を行わなかったことであり、それによる設備の劣化状態、及び、リスクが上昇していた期間は明確であることから、特段の考慮すべき事項はない。
- 原子炉施設の状況としては、HPCIが保安規定における要件である許容待機除外時間(AOT:10日)を超えて、機能喪失の可能性ではなく、実際に機能が一部喪失していたという状況を考慮する。

原子力規制検査における安全重要度の評価結果

令和元年11月11日
検査評価室

件名	系統安定化装置の補助リレーの誤動作による原子炉自動停止
安全重要度/ 深刻度レベル	暫定「白」 / 暫定「SLⅢ」
監視領域	発生防止
安全重要度の評価結果の概要	<p>福島第一原子力発電所2号機において、定格電気出力一定運転中のところ、平成22年6月17日14時52分、プラントの常用系電源の所内側しゃ断器が動作(「切」の状態)し、外部電源からの受電に切り替わらなかったことから、プラント内の電力供給が停止したことにより、主タービン発電機がトリップし、原子炉が自動停止した。</p> <p>事業者が原因を調査した結果、中央制御室の制御盤内において協力企業作業員が記録計の交換作業を行っていたところ、作業場所が狭隘であったため、記録計近傍にある2号機送電線の系統安定化装置(現在は使用していない)の所内電源切替え用補助リレーに接触した等、何らかの機械的な力が補助リレーに加わり、誤動作したものと推定された。</p> <p>既に使用されていない系統安定化装置について、外的要因により所内切替え用補助リレー誤作動し、外部電源の喪失の発生から原子炉の自動停止に至ったものであり、今回の事象を受け、同補助リレーはケースに収納されておらず、誤って接触しても信号が発信しないように、同装置を撤去することとし、また、作業時の安全確認についても注意喚起が必要であるとしており、リレー単体で制御盤内に設置されているリレーの設計及び設置方法が適切であったとは言えないことから、保安規定第3条「7. 2. 1 業務・原子炉施設に対する要求事項の明確化」及び「7. 3. 1 設計・開発の計画」の要求事項に対する違反であり、パフォーマンス欠陥に該当する。</p> <p>このパフォーマンス欠陥により、RCIC の機能が喪失していたことは「発生防止」の監視領域(小分類)の目的に影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。</p> <p>検査指摘事項に対し「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」に基づく評価を行った結果、詳細リスク評価が必要、と判断した。</p> <p>「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく詳細リスク評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。また「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行っ</p>

	た結果、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定する。
指摘事項の説明	<p>[指摘事項の説明]</p> <p>福島第一原子力発電所2号機において、定格電気出力一定運転中のところ、平成22年6月17日14時52分、プラントの常用系電源の所内側しゃ断器が動作(「切」の状態)し、外部電源からの受電に切り替わらなかったことから、プラント内の電力供給が停止したことにより、主タービン発電機がトリップし、原子炉が自動停止した。</p> <p>発電機から受電するプラントの常用系で電源の停止ならびに外部電源からの受電に切り替わらなかったことによって、非常用ディーゼル発電機が速やかに自動起動し非常用系の交流電源を確保するとともに、原子炉が自動停止した際には全制御棒が速やかに自動挿入され、原子炉は未臨界となった。</p> <p>原子炉が自動停止した後も原子炉内では蒸気が発生することから原子炉の圧力が上昇するとともに、原子炉へ給水している給復水系が停電に伴い停止したことから、原子炉の水位が低下した。このため主蒸気逃し安全弁を自動及び手動で開閉することによって原子炉の圧力を制御・抑制するとともに、原子炉隔離時冷却系を手動起動させ原子炉の水位を回復・維持した。</p> <p>その後、常用系電源を復旧させ、給復水系を再起動させることにより、原子炉の水位を安定的に制御・維持した。</p> <p>事業者の原因調査によると、中央制御室の制御盤内において協力企業作業員が記録計の交換作業を行っていたところ、作業場所が狭隘であったため、記録計近傍にある2号機送電線の系統安定化装置(現在は使用していない)の所内電源切替え用補助リレーに接触した等、何らかの機械的な力が補助リレーに加わり、誤動作したものと推定。</p> <p>この補助リレーの誤動作により、発電機から受電するプラントの常用系電源の所内側しゃ断器A、B系が同時に「切」状態になったが、誤動作した補助リレーの動作時間が極めて瞬間的であったため、本来は、同時に作動する外部電源側のしゃ断器が「入」状態にならず、外部電源からの受電に切り替わらなかった。</p> <p>これらのことから、プラントの常用系電源が停止し、発電機界磁しゃ断器が動作して「切」状態になったために、発電機が自動停止するとともに、主タービンの主要弁が全閉となり、原子炉が自動停止したものである。</p>
重要度評価の判定	<p>[パフォーマンス欠陥]</p> <p>既に使用されていない系統安定化装置について、作業員の接触等の外的要因により所内切替え用補助リレー誤作動し、原子炉の自動停止を発生させたものであり、今回の事象を受け、同補助リレーはケースに収納されておらず、誤って接触しても信号が発信しないように、同装置を撤去することとし、また、作業時の安全確認についても注意喚起が必要であるとしており、リレー単体で制御盤内に設置されているリレーの設計及び設置方法が適切であったとは言えないことか</p>

ら、保安規定第3条「7. 2. 1 業務・原子炉施設に対する要求事項の明確化」及び「7. 3. 1 設計・開発の計画」の要求事項に対する違反であり、パフォーマンス欠陥に該当する。

[スクリーニング]

このパフォーマンス欠陥により、系統安定化装置(現在は使用していない)の所内電源切替え用補助リレーに作業員が接触した等、何らかの機械的な力が補助リレーに加わり、誤動作したため、しゃ断器が動作したが、外部電源の切り替えが正常に行われなかったことから、プラント内の電力供給が停止し、原子炉が自動停止した。今回、原子炉スクラムを引き起こす起因事象が発生していることから、このパフォーマンス欠陥は、「発生防止」の監視領域(小分類)の「設計管理」の属性に関係付けられ、当該監視領域(小分類)の目的に悪影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。

[重要度評価]

当該原子炉は定格熱出力一定運転中のところ、プラントの常用系電源の所内側しゃ断器が動作(「切」の状態)し、外部電源からの受電に切り替わらなかったことから、プラント内の電力供給が停止したことにより、主タービン発電機がトリップし、原子炉の自動停止に至っており、その安全重要度を評価するため「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」、「別紙1-発生防止のスクリーニングに関する質問」を適用した。この結果、詳細リスク評価の可否を判断するための「C. サポート系に係る起因事象」の質問「指摘事項は、起因事象の可能性または原因に寄与し、かつ緩和機器に影響を及ぼすサポート系の完全または部分的な喪失を含むか?サポート系の起因事象の例は、外部電源喪失、直流母線喪失、交流母線喪失、補機冷却水喪失、海水系喪失、及び、制御用空気系喪失である。」の質問に対する答えが「はい」となることから詳細リスク評価が必要と判断した。

詳細リスク評価の実施にあたり、当該発電用原子炉施設に対する確率論的リスク評価は現時点で適用できないため「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく「指標統合値による評価手法¹」を適用し評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。

[深刻度評価]

検査指摘事項は、保安規定第3条「7. 2. 1 業務・原子炉施設に対する

¹ 第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法

	<p>要求事項の明確化」及び「7. 3. 1 設計・開発の計画」の要求事項に対する違反であり、「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、深刻度の評価において考慮する「規制活動への影響」等の要素は確認されていないことから、安全重要度の評価結果を踏まえ、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定し、事業者に対して違反等の通告を実施する。</p>
--	--

詳細リスク評価

＝定性的基準を用いる安全重要度評価＝

詳細リスク評価にあたっては、本号機における PRA モデルが整備されていないことから、定性的基準を用いて安全重要度評価を実施した。

1. 本事象が安全性に与えた影響の程度

第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法を適用し、以下の(1)から(3)の項目について評価した。

(1) 原子力施設の安全確保状態

- 既に使用されていない系統安定化装置が撤去されておらず、何らかの外的要因により、リレーが誤作動し、外部から受電できない事象が発生し、原子炉の自動停止に至る可能性があった期間のリスクと、実際にその事象が発生した際のリスクが考えられるが、前者に比べて後者のリスクが高いことから、後者として外部電源の喪失が実際に発生した場合について評価する。
- 今回の事象は外部電源喪失の起因事象に伴う原子炉スクラムに相当し、監視領域(小分類)の「発生防止」、「影響緩和」、「閉じ込めの維持」を深層防護相当と見た場合、実際に起因事象が発生したことは、「発生防止」の目的を既に達成できておらず、深層防護の一層が失われていると判断することができる。
- よって、「影響緩和」における安全機能の喪失と同程度の影響を及ぼしたと判断する。

→ 4点と評価する。

【共通要因(他の機器への影響)】

この原因による他の機器への影響は見られないため共通要因は考慮しない。

(2) 劣化状態の継続期間

- 電源系統のしゃ断器の動作等により、所内への電力供給が停止したことに對して、原子炉は設計どおりに自動停止したものであり、原子炉の自動停止後の炉内の圧力制御操作や原子炉水位の維持のための操作等は、運転操作手順に従い適切に実施されたものと考えられ、事象は速やかに収束したものと判断する。

6/17(木) 14:52 - 原子炉スクラム

6/18(金) 20:55 - 当直長による異常の収束の判断(保安規定第77条)

→ 0点と評価する。

【劣化状態の検出及び是正可能】

リレーの誤動作により原子炉が自動停止に至りうる設計及び保守の管理状況において、作業員が接触した等、何らかの機械的な力がリレーに加わり誤動作し、実際に起因事象が発生して原子炉の自動停止に至っていることから、劣化状態にあった設備等が重要な安全機能に問題を生じさせる事象を発生させる前において、事業者が劣化状態を検出及び是正することが実現可能であったとはみなさない。

(3) 事業者の改善措置能力

① 検査指摘事項の特定者が事業者であるか

本事象は、系統安定化装置の所内電源切替え用補助リレーに作業員が接触した等、何らかの機械的な力が補助リレーに加わり、誤動作したことにより、原子炉の自動停止に至ったものであり、自発的に判明した検査指摘事項と判断する。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

② 検査官が認識した時点において適切な是正措置計画が立案されているか

本事象は上述のとおり自発的に判明した検査指摘事項であり、検査官が認識した時点での是正処置計画の立案は達成されなかった。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

③ 過去に自施設において類似の事象が発生しており、是正措置が十分でなかったか

過去に自施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

④ 過去に他施設において類似の事象が発生しており、予防措置が十分でなかったか

過去に他施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

2. 影響の程度に基づく評価結果の統合

系統安定化装置の所内電源切替え用補助リレーが誤作動し、外部から受電できない事象が発生し、原子炉の自動停止に至ったとする条件について評価結果を統合する。

4点 + 0点 + 0点 = 4点 → 「白」相当

3. 安全重要度評価の結果

- 詳細リスク評価の結果の統合値が4点であることを踏まえ、検査指摘事項の特徴及び原子炉施設の状況を総合的に考慮した結果、本検査指摘事項の安全重要度は暫定的に「白」と評価する。

- 指標統合値の4点については、「緑」を超え「白」の範囲の最低点である。
- 検査指摘事項の特徴としては、外部から受電できない事象が発生し原子炉の自動停止に至った直接的な原因は、作業員の接触等の外的要因により系統安定化装置の所内切替え用補助リレー誤作動したことであり、それによる設備の劣化状態、プラントの挙動、及び、リスクが上昇していた期間は明確であることから、特段の考慮すべき事項はない。
- 原子炉施設の状況としては、実際に起因事象が発生した(外部からの電源が喪失した)したことにより、深層防護の一層とみなす監視領域(小分類)の「発生防止」の機能が失われた状況を考慮(原子炉スクラムを引き起こす深層防護の数が減ることとなり、リスクは高くなる)。

原子力規制検査における安全重要度の評価結果

令和元年11月11日
検査評価室

件名	原子炉隔離時冷却系の機能の喪失
安全重要度/ 深刻度レベル	暫定「白」 / 暫定「SLⅢ」
監視領域	拡大防止・影響緩和
安全重要度の評価結果の概要	<p>平成22年9月2日、定格熱出力一定運転中の福島第一原子力発電所5号機において、原子炉隔離時冷却系(RCIC)の定例試験のため RCIC を起動したところ、RCIC タービンがトリップした。</p> <p>事業者が原因を調査した結果、8月16日に RCIC の蒸気加減弁の制御回路の端子がリフト(解線)されており、9月2日までの期間(すくなくとも16日間)、機能を喪失していたことが明らかとなった。</p> <p>本事象は、6号機に実施する予定であった安全処置を5号機に実施し、5号機の RCIC の蒸気加減弁の制御回路が隔離されたものであり、作業表示札の作成者は、6号機の制御盤の信号ケーブルを取り外す検討を行うために、図面を管理するシステムから使用する図面を印刷する際、誤って5号機の図面をシステムから印刷していたが、その間違いに気づかなかったこと、審査者・承認者は、作業表示札の記載内容を審査・承認する際に、対象プラントと制御盤の番号以外はすべて同一の記載の図面であったこと、また、プラントの間違いはないとの思いこみから、作業を実施するプラントの誤りに気付かなかったこと、及び、現場当直員は、6号機の作業において、5号機の設備を隔離した上で作業表示札を取り付けた経験があったことから、記載内容が誤った作業表示札に従い、5号機の制御盤で信号ケーブルを取り外したことなどの原因により、5号機の RCIC の定例試験を実施した際、タービンが自動停止したものと推定した。</p> <p>したがって、保安規定第3条「7. 5. 2 業務の実施に関するプロセスの妥当性確認」に不備あり、6号機に実施する予定であった安全処置を5号機に実施したこと、及び、その結果として保安規定第41条で RCIC が動作可能であること定めた運転上の制限を満足していなかったものと考えられ、パフォーマンス欠陥に該当する。このパフォーマンス欠陥により、RCIC の機能が喪失していたことは「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の目的に影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。</p> <p>検査指摘事項に対し「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」に基づく評価を行った結果、詳細リスク評価が必要、と判断した。</p>

	<p>「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく詳細リスク評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。また「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定する。</p>
<p>指摘事項の説明</p>	<p>[指摘事項の説明]</p> <p>平成22年9月2日、定格熱出力一定運転中の福島第一原子力発電所5号機において、原子炉隔離時冷却系(RCIC)の定例試験のため RCIC を起動したところ、RCIC タービンがトリップした。このため RCIC が動作不能と判断し、11時26分、保安規定第41条(原子炉隔離時冷却系)に定める運転上の制限を満足していないと判断した。RCIC の運転上の制限が満足しない場合に要求される措置として、高圧注入系(HPCI)および自動減圧系(ADS)が動作可能であることを確認し、いずれの機能も正常であることを確認した。</p> <p>事業者の原因調査によると、RCICタービンがトリップした原因は、RCICタービン制御盤(以下「当該制御盤」という。)の端子台を確認したところ、当該制御盤内にある RCIC の蒸気加減弁の制御回路の端子がリフトされていることによるものであり、6号機指定の安全処置の作業タグ2枚が取り付けられていたことから、本事象は、6号機に実施する予定であった安全処置を5号機に実施し、5号機の RCIC の蒸気加減弁の制御回路が隔離されたことにより、蒸気加減弁への制御信号が伝わらず、蒸気加減弁が全開状態から制御されなかったため、タービン回転数が上昇し、タービン過速度トリップ設定値に到達したため、トリップに至ったものと考えられる。また、当該端子がリフトされた時期を確認したところ、8月16日であった。その後、RCIC の蒸気加減弁の制御回路の端子を復旧するとともに RCIC の確認運転を実施し、「RCIC が動作可能な状態であること」を確認したことから、平成22年9月3日18時4分に保安規定41条に定める運転上の制限を満足すると判断した。</p> <p>RCIC は、8月16日に蒸気加減弁の制御回路の端子がリフト(解線)されており、9月2日までの期間(すくなくとも16日間)、機能を喪失していたことが明らかとなったものである。</p>
<p>重要度評価の判定</p>	<p>[パフォーマンス欠陥]</p> <p>本事象は、CP(クリアランスパッケージ)作成・審査・承認段階及び安全処置実施段階における業務のプロセスに関する要因により、6号機に実施する予定であった安全処置を5号機に実施し、5号機のRCICの蒸気加減弁の制御回路が隔離され、RCICの機能が維持されていない状態で原子炉の運転を継続していたと推定され、保安規定第3条「7. 5. 2 業務の実施に関するプロセスの妥当性確認」に不備あったこと、及び、その結果として保安規定第41条でRCICが動作可能であること定めた運転上の制限を満足していなかったものと考えられ、パフォーマンス欠陥に該当する。</p>

[スクリーニング]

このパフォーマンス欠陥により、RCIC は、蒸気加減弁の制御回路の端子がリフト(解線)されていた期間(少なくとも16日間)において機能が維持されていない状態となっていた。RCIC は、給水系の故障など、給水が供給されないような場合の非常時給水ポンプとして使用することにより、原子炉の水位確保、及び、炉心の冷却を行う系統であることから、パフォーマンス欠陥は、炉心損傷を防止するために起因事象に対応する系統、設備の可用性、信頼性及び機能性を確保することを目的とした「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の「設備のパフォーマンス」の属性に関係付けられ、当該監視領域(小分類)の目的に悪影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。

[重要度評価]

当該原子炉は定格熱出力一定運転中であり、RCICは動作可能であることが要求されていた。

本事象では、RCICの機能の喪失に至っており、その安全重要度を評価するため「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」、「別紙2-影響緩和のスクリーニングに関する質問」を適用した。この結果、詳細リスク評価の要否を判断するための「A.3. 指摘事項は少なくとも1 トレインの安全機能が保安規定の許容待機除外時間(AOT)を超えて実際に機能喪失していること、」の質問に対する答えが「はい」となることから詳細リスク評価が必要と判断した。

詳細リスク評価の実施にあたり、当該発電用原子炉施設に対する確率論的リスク評価は現時点で適用できないため「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく「指標統合値による評価手法¹」を適用し評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。

[深刻度評価]

検査指摘事項は、保安規定第3条「7. 5. 2 業務の実施に関するプロセスの妥当性確認」の要求事項に対する違反であり、「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、深刻度の評価において考慮する「規制活動への影響」等の要素は確認されていないことから、安全重要度の評価結果を踏まえ、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定し、事業者に対して違反等の通告を実施する。

¹ 第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法

詳細リスク評価

＝定性的基準を用いる安全重要度評価＝

詳細リスク評価にあたっては、本号機における PRA モデルが整備されていないことから、定性的基準を用いて安全重要度評価を実施した。

1. 本事象が安全性に与えた影響の程度

第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法を適用し、以下の(1)から(3)の項目について評価した。

(1) 原子力施設の安全確保状態

- RCIC の状態については、RCIC の蒸気加減弁の制御回路の端子がリフトされていたことにより、蒸気加減弁への制御信号が伝わらず、RCIC の機能の喪失であった。
- RCIC 動作不能の場合の代替りの炉心冷却機能として、高圧注水系 (HPCI) 及び自動減圧系 (ADS) について、いずれの機能も正常であることが確認された。
- これらのことから、RCIC は機能を喪失していたが、炉心冷却に係る他の系統の機能は維持されていたものとし、「事故シナリオの対処に必要な性能を喪失している状態」とまでは言えず、「安全評価において設定された性能範囲から逸脱しているものの、事故シナリオの対処に必要な性能は維持している状態」に相当すると判断する。

→ 2点と評価する。

※ なお、炉心冷却機能に関する HPCI、ADS、RCIC の各系統については、性能、能力及び役割等により、安全機能としての重み付けを考慮して各系統の劣化状態に対して0点から4点の範囲で点数を割り振ることも考えられるため、今後の試運用等において検討していく。

【共通要因(他の機器への影響)】

この原因による他の機器への影響は見られないため共通要因は考慮しない。

(2) 劣化状態の継続期間

- RCIC 蒸気加減弁の制御回路の端子が解線された8月16日から、本事象発生後に端子が復旧され、「RCIC が動作可能な状態であること」が確認された9月3日までの19日間を劣化状態の継続期間 (RCIC が機能を喪失していた) とする。

→ 2点と評価する。

【劣化状態の検出及び是正可能】

RCIC タービン制御盤内にある RCIC の蒸気加減弁の制御回路の端子がリフトされていたことにより、蒸気加減弁への制御信号が伝わらず、RCIC の機能が喪失した状態で原子炉の運転を継続していたものであり、RCIC が必要な性能を発揮しなければならない時点までにおいて、事業者が劣化状態を検出及び是正することが実現可能であったとはみなさない。

(3) 事業者の改善措置能力

① 検査指摘事項の特定者が事業者であるか

本事象は、RCIC の定期試験において動作不能である状態が継続していたことが確認されたものであり、自発的に判明した検査指摘事項と判断する。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

② 検査官が認識した時点において適切な是正措置計画が立案されているか

本事象は上述のとおり自発的に判明した検査指摘事項であり、検査官が認識した時点での是正処置計画の立案は達成されなかった。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

③ 過去に自施設において類似の事象が発生しており、是正措置が十分でなかったか

過去に、福島第一原子力発電所において、以下に示す事象が発生し、端子をリフトした場合の影響範囲について十分に検討し、措置内容を決定することとされており、類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績が確認された。したがって、加点あり、と評価する。 → +1点

- 2009.1.31 福島第一6号機、原子炉保護系の電源停止に伴う運転上の制限の逸脱(端子台リフト作業)

④ 過去に他施設において類似の事象が発生しており、予防措置が十分でなかったか

過去に他施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

2. 影響の程度に基づく評価結果の統合

RCIC の機能が喪失した状態で19日間において原子炉を運転していたとする条件について評価結果を統合する。

2点 + 2点 + 1点 = 5点 → 「白」相当

3. 安全重要度評価の結果

- 詳細リスク評価の結果の統合値が5点であることを踏まえ、検査指摘事項の特徴及び原子炉施設の状況を総合的に考慮した結果、本検査指摘事項の安全重要度は暫定的に「白」と評価する。
 - 指標統合値の5点については、「緑」を超え「白」の範囲の前半である。
 - 検査指摘事項の特徴としては、RCIC の機能が喪失していた直接的な原因は RCIC 蒸気加減弁の制御回路の端子がリフト(解線)されていたことであり、それによる設備の劣化状態、及び、リスクが上昇していた期間は明確であることから、特段の考慮すべき事項はない。
 - 原子炉施設の状況としては、RCIC が保安規定における要件である許容待機除外時間(AOT:10日)を超えて、機能喪失の可能性ではなく、実際に機能が喪失していたという状況を考慮する。

原子力規制検査における安全重要度の評価結果

令和元年11月11日

検査評価室

<p>件名</p>	<p>高圧注水系ディーゼル駆動ポンプの自動停止(非常用炉心冷却系(高圧注水系)の機能喪失における保安規定違反)</p>
<p>安全重要度/ 深刻度レベル</p>	<p>暫定「白」 / 暫定「SLⅢ」</p>
<p>監視領域</p>	<p>拡大防止・影響緩和</p>
<p>安全重要度の評価結果の概要</p>	<p>敦賀発電所1号機は、定格熱出力一定運転中のところ、平成23年1月12日14時07分、定期試験のため、高圧注水系ディーゼル駆動ポンプ(以下「当該ポンプ」という。)を起動したところ、「START FAILURE」警報が発報し、定格回転速度まで上昇せずに自動停止した。事業者が原因を調査した結果、シリンダー排気弁全16個が通常閉であるところ、開となっていたことにより、ディーゼル機関のシリンダー内から混合ガスの一部が排出され、混合ガスが十分に圧縮されなかったため、ディーゼル機関の回転速度を上昇させるために必要な混合ガスの燃焼が得られなかったものと推定された。なお、当該ポンプは、1回/月の頻度で定期試験を実施しており、前回(平成22年12月13日)の定期試験に異常はなかった。</p> <p>事業者の原因調査によると、シリンダー排気弁が開状態となっていた原因の一つとして、当該弁の操作に関して手順書に反映されず不備があったことから、前回の定期試験終了時の排ガス操作の際に弁操作を行った運転員が開閉操作を錯誤したためと推定され、その結果、平成22年12月13日の当該系統の前回定例試験終了から平成23年1月12日の運転上の制限の逸脱から復帰するまでの間、当該ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁は全開となっており、当該ディーゼル機関が起動できず、高圧注水系の機能が維持されていない状態であった。</p> <p>したがって、保安規定第3条「7. 5. 1 業務の管理」に従い作成された手順書に不備あり、運転員が当該弁の開閉操作を誤ったこと、及び、その結果として保安規定第38条で高圧注水系が動作可能であること定めた運転上の制限を満足していなかったものと考えられ、パフォーマンス欠陥に該当する。このパフォーマンス欠陥により、高圧注水系の機能が喪失していたことは「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の目的に影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。</p> <p>検査指摘事項に対し「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」に基づく評価を行った結果、詳細リスク評価が必要、と</p>

	<p>判断した。</p> <p>「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく詳細リスク評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。また「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定する。</p>
<p>指摘事項の説明</p>	<p>[指摘事項の説明]</p> <p>敦賀発電所1号機は、定格熱出力一定運転中の平成23年1月12日14時07分、定期試験(1回/月)のため、高圧注水系ディーゼル駆動ポンプ(以下「当該ポンプ」という。)を起動したところ、「START FAILURE」警報が発報し、定格回転速度まで上昇せずに自動停止したことを確認した。このため、当該ポンプが動作可能な状態にないことから、同時刻に保安規定で定める運転上の制限を満足していないと判断した。</p> <p>運転上の制限を満足しない場合に要求される措置として、14時35分から15時25分にかけて自動減圧系及び非常用復水器の健全性を確認した。</p> <p>当該ポンプが定格回転速度まで上昇しなかったことから、事業者が調査を行ったところ、高圧注水系ディーゼル機関(以下「当該機関」という。)に設置されているシリンダー排気弁(以下「排気弁」という。)、全16個が通常閉であるところ、開状態であることを確認した。高圧注水システムは、1回/月の頻度で定期試験を実施しており、前回(平成22年12月13日)の定期試験において異常はなかった。</p> <p>開状態となっていた排気弁全16個を閉として、20時43分に当該ポンプを手動起動し、運転状態に異常がないことを確認して、当該ポンプの健全性が確認できたことから、同日22時37分に高圧注水系が運転上の制限を満足すると判断し待機状態に復帰した。</p> <p>事業者の原因調査によると、排気弁が開状態となっていた原因は、前回の定期試験終了時の排ガス操作の際に弁操作を行った運転員が弁の開閉方向を現場で判断できなかったことに加え、中央制御室で現場からの問い合わせを受けた運転員が誤った排気弁の開閉方向を指示したためと推定された。また、今回の定期試験前において、誤った指示に基づき弁開閉状態の確認が行われたため、弁の開状態が継続したものと推定された。</p> <p>このことにより、平成22年12月13日の当該システムの前回定例試験終了から平成23年1月12日の運転上の制限の逸脱から復帰するまでの間、当該ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁を全開していたため、この状態においては、当該ディーゼル機関が起動できないことから、非常用炉心冷却系(高圧注水系)の機能が維持されていないことが判明したものである。</p>
<p>重要度評価の判定</p>	<p>[パフォーマンス欠陥]</p> <p>本事象は、前回の定期試験終了時の排ガス操作の際に弁操作を行った運転員が開閉操作を錯誤したため、平成22年12月13日の当該システムの前回定例</p>

試験終了から平成23年1月12日での間、当該ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁は全開となっており、当該ディーゼル機関が起動できず、高圧注水系の機能が維持されていない状態で原子炉の運転を継続していたものであり、保安規定第3条「7. 5. 1 業務の管理」に従い作成された手順書に不備があったこと、及び、その結果としてHPCIが動作可能であることを要求している保安規定第38条を満足しなかったものであり、パフォーマンス欠陥に該当する。

[スクリーニング]

このパフォーマンス欠陥により、約30日間においてHPCIの機能が維持されていない状態となっていた。HPCIは、原子炉水位低下に伴い原子炉に冷却水を注入する非常用炉心冷却設備の1つであり、原子炉が高圧時に原子炉に給水するためのシステムであり、原子炉冷却材喪失事故など、炉心に冷却水を注入して炉内の燃料の加熱を防止し、十分に炉心の冷却を行う設備であることから、パフォーマンス欠陥は、炉心損傷を防止するために起因事象に対応するシステム、設備の可用性、信頼性及び機能性を確保することを目的とした「拡大防止・影響緩和」の監視領域(小分類)の「手順書の品質」の属性に係り付けられ、当該監視領域(小分類)の目的に悪影響を及ぼしており、検査指摘事項に該当する。

[重要度評価]

当該原子炉は定格熱出力一定運転中であり、HPCIは動作可能であることが要求されていた。

本事象では、HPCIの機能の喪失に至っており、その安全重要度を評価するため「原子力規制検査における個別事項の安全重要度評価プロセスに関するガイド 試運用版」、「付属書1 出力運転時の指摘事項に対する安全重要度評価」、「別紙2-影響緩和のスクリーニングに関する質問」を適用した。この結果、詳細リスク評価の可否を判断するための「A.3. 指摘事項は少なくとも1 トレインの安全機能が保安規定の許容待機除外時間(AOT)を超えて実際に機能喪失していること、」の質問に対する答えが「はい」となることから詳細リスク評価が必要と判断した。

詳細リスク評価の実施にあたり、当該発電用原子炉施設に対する確率論的リスク評価は現時点で適用できないため「付属書9 定性的基準を用いる安全重要度評価」に基づく「指標統合値による評価手法¹⁾」を適用し評価を行った結果、添付1のとおり、安全重要度は暫定「白」と判定する。

[深刻度評価]

¹⁾ 第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法

	<p>検査指摘事項は、保安規定第3条「7. 5. 1 業務の管理」の要求事項に対する違反であり、「原子力規制検査における規制対応措置ガイド 試運用版(改1)」に基づき評価を行った結果、深刻度の評価において考慮する「規制活動への影響」等の要素は確認されていないことから、安全重要度の評価結果を踏まえ、法令違反の深刻度は「SLⅢ」と判定し、事業者に対して違反等の通告を実施する。</p>
--	---

詳細リスク評価

＝定性的基準を用いる安全重要度評価＝

詳細リスク評価にあたっては、本号機における PRA モデルが整備されていないことから、定性的基準を用いて安全重要度評価を実施した。

1. 本事象が安全性に与えた影響の程度

第27回検査制度の見直しに関するワーキンググループ、資料6-1に基づく手法を適用し、以下の(1)から(3)の項目について評価した。

(1) 原子力施設の安全確保状態

- HPCI の状態については、HPCI ディーゼル駆動ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁が全開となっており、当該ディーゼル機関が起動できず、HPCI の機能の喪失であった。
- HPCI 動作不能の場合の代替りの炉心冷却機能として、非常用復水器(IC)及び自動減圧系(ADS)について、いずれの機能も正常であることが確認された。
- これらのことから、HPCI は機能を喪失していたが、炉心冷却に係る他の系統の機能は維持されていたものとし、「事故シナリオの対処に必要な性能を喪失している状態」とまでは言えず、「安全評価において設定された性能範囲から逸脱しているものの、事故シナリオの対処に必要な性能は維持している状態」に相当すると判断する。

→ 2点と評価する。

※ なお、炉心冷却機能に関する HPCI、IC、ADS の各系統については、性能、能力及び役割等により、安全機能としての重み付けを考慮して各系統の劣化状態に対して0点から4点の範囲で点数を割り振ることも考えられるため、今後の試運用等において検討していく。

【共通要因(他の機器への影響)】

この原因による他の機器への影響は見られないため共通要因は考慮しない。

(2) 劣化状態の継続期間

- 平成22年12月13日の当該系統の前回定例試験終了から平成23年1月12日の運転上の制限の逸脱から復帰するまで、HPCI ディーゼル駆動ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁を全開していたため、この状態においては、当該ディーゼル機関が起動できないことから、この30日間を劣化状態の継続期間(HPCI が機能を喪失していた)とする。

→ 2点と評価する。

(定例試験の間隔において劣化状態が確認されたことに対して、「30日以内」の分類とする。)

【劣化状態の検出及び是正可能】

HPCI ディーゼル駆動ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁が全開となっており、当該ディーゼル機関が起動できず、HPCI の機能が喪失した状態で原子炉の運転を継続していたものであり、HPCI が必要な性能を発揮しなければならない時点までにおいて、事業者が劣化状態を検出及び是正することが実現可能であったとはみなさない。

(3) 事業者の改善措置能力

① 検査指摘事項の特定者が事業者であるか

本事象は、HPCI の定期試験において動作不能である状態が継続していたことが確認されたものであり、自発的に判明した検査指摘事項と判断する。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

② 検査官が認識した時点において適切な是正措置計画が立案されているか

本事象は上述のとおり自発的に判明した検査指摘事項であり、検査官が認識した時点での是正処置計画の立案は達成されなかった。したがって、減点なし、と評価する。 → 0点

③ 過去に自施設において類似の事象が発生しており、是正措置が十分でなかったか

過去に自施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

④ 過去に他施設において類似の事象が発生しており、予防措置が十分でなかったか

過去に他施設において類似の事象が発生し、是正処置を講じた実績は確認されなかった。したがって、加点なし、と評価する。 → 0点

2. 影響の程度に基づく評価結果の統合

HPCI の機能が喪失した状態で30日間において原子炉を運転していたことについて評価結果を統合する。

2点 + 2点 + 0点 = 4点 → 「白」相当

3. 安全重要度評価の結果

- 詳細リスク評価の結果の統合値が4点であることを踏まえ、検査指摘事項の特徴及び原子炉施設の状況を総合的に考慮した結果、本検査指摘事項の安全重要度は暫定的に「白」と評価する。
 - 指標統合値の4点については、「緑」を超え「白」の範囲の最低点である。
 - 検査指摘事項の特徴としては、HPCIの機能が喪失していた直接的な原因はHPCIディーゼル駆動ポンプのディーゼル機関シリンダー排気弁を全開していたことであり、それによる設備の劣化状態、及び、リスクが上昇していた期間は明確であることから、特段の考慮すべき事項はない。
 - 原子炉施設の状況としては、HPCIが保安規定における要件である許容待機除外時間(AOT:10日)を超えて、機能喪失の可能性ではなく、実際に機能が喪失していたという状況を考慮する。