

原子力規制委員会 継続的な安全性向上に関する検討チーム

議論の参考になると考えられる 継続的改善事例

原子力規制庁
谷川泰淳

令和2年9月10日

目次

1. 三相電気系統の一相開放対策
 2. 高エネルギーアーク損傷（HEAF）対策
 3. 地震時の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能に係る措置
 4. 柏崎刈羽原子力発電所の審査知見を踏まえた対策
 5. 火災感知器の設置要件の明確化に係る対応
 6. デジタル安全保護系に係る共通要因故障対策
 7. 震源を特定せず策定する地震動
- （参考） Davis Besse発電所原子炉容器上蓋腐食問題

1. 三相電気系統の一相開放対策

○本件は、米国の原子力発電所における運転経験に基づき継続的改善を行った事例。

○米国NRCはバックフィットを行わず、事業者とのコミュニケーション※の結果、事業者側の自主的取組を検査で確認する形で対応。

○本邦においては基準の改正を行い、既設の施設に係る改正後の基準への適合性を審査で確認することとした。

⇒米国NRCの事例のように、行政指導ベースで自主的取組を促し、取組状況を規制機関が確認する枠組みは可能か？

※文書を用いた事業者とのコミュニケーションツールであるGeneric Communications Programに規定されているBulletinやInformation Noticeを用いて事業者に指示(Request)・通知を行った。

<事例の概要>

事例① 電源系統の一相開放対策	改正等の対象	
<p>背景：2012年1月30日、米国のByron2号機において、外部から所内電源系に給電している架線の碍子が脱落し、当該3相交流電源に1相開放故障(OPC)が発生した。この結果、原子炉がトリップし、安全系補機類が起動した。しかし、この故障が検知されなかったため、非常用ディーゼル発電機が起動せず、電圧が不平衡となって安全系補機類が過電流トリップした。</p> <p>規制委員会の対応：この状況は日本でも発生する可能性があるため、送電線から直接接続された変圧器においてOPCを検出し、故障回路を隔離または自動か手動で緊急母線の電源供給を切り換える対策を求めることとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●必ずしも設備対応でなくて良い ●新規制基準適合性審査において審査 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置許可基準規則解釈(実用・研開炉・再処理) ・技術基準規則解釈(実用・研開炉) 	
	施行日	<ul style="list-style-type: none"> ・2014.7.9 (実用・研開炉) ・2014.10.29 (再処理)
	対策期限	経過措置を設けない

※第1回継続的な安全性向上に関する検討チーム
参考1-3より

2. 高エネルギーアーク損傷（HEAF）対策

- 本件は、国内の原子力発電所の運転経験及び規制委員会の安全研究の成果に基づき継続的改善を行った事例。
- 研究の結果、アーク火災※¹による共通要因故障の発生条件が判明したため、当該事象の発生防止対策を要求※²。
- 基準を改正し、既設の施設に係る改正後の基準への適合性を審査で確認することとした。

⇒考慮に入れていなかった（モデル化されていなかった）事象に関する知見は、リスク評価上の数字では捉えられないのではないか？

※¹ アーク放電により機器等が高温になり発生する火災。

※² 従来は、アーク火災が発生した例のあるつり下げ型遮断機への対策を求めている。

<事例の概要>

事例③ 高エネルギーアーク損傷(HEAF)対策	改正等の対象
<p>背景：高エネルギーのアーク放電が電気盤の遮断器や開閉器等の通電された導体間又は通電された導体とアースとの間で発生した場合、熱や光の放出、金属の蒸発及び急激な圧力上昇を伴う爆発により、電気盤の損壊、故障その他の異常が生ずるほか、続いて、アーク火災（アーク放電に起因する熱の影響により、機器等が高温になることで発生する火災。）によって、当該機器の損壊等がより拡大する可能性がある。これらの現象を高エネルギーアーク損傷（HEAF）といい、HEAFが発生した電気盤に連結されている電気盤も同時に損壊、延焼し、安全機能に影響が及ぶおそれがある。</p> <p>原子力規制庁では、安全研究においてHEAFの現象解明を行っており、電気盤の遮断器の遮断時間の調整等を行い、アーク放電の継続時間を短縮すれば、アーク放電による爆発の影響を減少させるとともに、電気盤の発熱を抑制し、アーク火災の発生を防止することが可能であることを解明した。</p> <p>規制委員会の対応：これを受け、対象電気盤において、アーク放電による爆発の影響を減少させるとともに、アーク火災が発生しないように、アークエネルギーを素早く遮断する遮断器を適用することを求めることとしたもの。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●新たな設備対応が必要 ●工事計画認可手続において確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・技術基準規則(実用炉) ・再処理工認技術基準規則 ・技術基準規則解釈(実用炉) ・高エネルギーアーク損傷(HEAF)に係る電気盤の設計に関する審査ガイドの制定(実用炉)
	<p>施行日</p> <p>2017.8.8</p>
	<p>対策期限</p> <p>(非常用DGIに接続される電気盤以外の電気盤) 施行から2年以降に、最初の定期検査が終了するときまで(2～3年)</p> <p>(非常用DGIに接続される電気盤) 施行から4年以降に、最初の定期検査が終了するときまで(4～5年)</p> <p>(建設中施設) 施行日以降に運転を開始するときまで</p>

※第1回継続的な安全性向上に関する検討チーム
参考1-3より

3. 地震時の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能に係る措置

○本件は、審査経験から得られた知見に基づき継続的改善を行った事例。

○従前から事業者に要求していた評価について、新規規制基準適合性審査の経験を踏まえ精緻化することとした。

○基準を改正し、事業者に対して再計算（評価）の結果を申請するよう求め、当該計算結果の基準への適合性を審査で確認することとした。

⇒事業者において計算結果を文書化しておけば足りる（他に規制上の判断が生じない）場合、審査手続を省略することは可能か？

<事例の概要>

事例④ 地震時の燃料被覆材の放射性物質の閉じ込め機能に係る措置	改正等の対象
<p>背景：これまで燃料被覆管に対して地震時の要求事項は、「崩壊熱の除去可能な形状を保つこと」としていたが、新規規制基準の施行により、基準地震動が大きくなったことを踏まえ、地震時の燃料被覆管の閉じ込め機能の維持評価をより精緻化する必要があった。</p> <p>規制委員会の対応：これを踏まえ、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に、基準地震動S_sの地震が発生した場合でも、燃料被覆管の閉じ込め機能が維持できることを求めることとし、地震時における燃料被覆管の放射性物質の閉じ込め機能の維持については、基準地震動による地震力を考慮した評価を要求することとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●設備での対応を求めるものではない ●評価を求め、設置変更許可手続において確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設置許可基準規則(実用・試験炉) ・ 技術基準規則(実用炉) ・ 設置許可基準規則解釈(実用・試験炉) ・ 技術基準規則解釈(実用炉)
	<p style="text-align: center;">施行日</p>
	<p style="text-align: center;">2017.9.11</p>
	<p style="text-align: center;">対策期限</p>
	<p style="text-align: center;">2019.9.30まで</p>

※第1回継続的な安全性向上に関する検討チーム
参考1-3より

4. 柏崎刈羽原子力発電所の審査知見を踏まえた対策

○本件は、審査経験から得られた知見に基づき継続的改善を行った事例。

○審査の中で事業者から示された対策が規制基準の目的を達成するものとして合理的かつ適切であったため、当該対策を要求するよう基準を改正し、既設の施設に係る改正後の基準への適合性を審査で確認することとした。

⇒あらゆる事業者の（自主的）取組を基準に取り入れると、

①提案することで自分たちの負担が増えるという負のインセンティブが生じてしまうことに加え、

②基準を超えた自主的取組というカテゴリ自体が消失してしまう。

基準に取り入れる案件と自主的取組に委ねる案件をどう分けるべきか？

＜事例の概要＞

事例⑦ 原子炉格納容器の加圧による破損を防止する対策等 (柏崎刈羽原子力発電所の審査知見を踏まえた対策)	改正等の対象
<p>背景： 規制委員会は、東京電力柏崎刈羽原子力発電所の審査経験から得られた技術知見を規制に取り入れることを決定した。</p> <p>規制委員会の対応： 規制委員会は、事業者が以下の対策を実施することとするための新規制基準を改正した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・炉心の著しい損傷が発生した場合における原子炉格納容器の過圧による破損を防止するために必要な設備として、原子炉格納容器バウンダリを維持しながら原子炉格納容器の圧力及び温度を低下させる代替冷却循環設備の設置 ・使用済燃料貯蔵槽から発生する水蒸気による悪影響を防止するための対策 ・原子炉制御室の運転員を適切に防護するために必要な設備としてブローアウトパネルを閉止する等の対策 <ul style="list-style-type: none"> ●新たな設備対応が必要 ●設置変更許可手続において確認 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設置許可基準規則(実用炉) ・ 技術基準規則(実用炉) ・ 設置許可基準規則解釈(実用炉) ・ 技術基準規則解釈(実用炉) ・ SA技術的能力審査基準(実用炉) ・ 有効性評価ガイド(実用炉)
	施行日
	2017.12.14
	対策期限
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施行日前に既に新規制基準適合性に係る工事計画認可を受けた施設については、2019.1.1以降の最初の定期検査が終了するときまで

※第1回継続的な安全性向上に関する検討チーム
参考1-3より

5. 火災感知器の設置要件の明確化に係る対応

- 本件は、原子力規制庁による検査を通じて得られた気づき事項に基づき継続的改善を行った事例。
- 従来から要求していた設備について、規制側の本来の意図とは異なる方法で設置されていたことから、確実に意図どおり設置されるよう要求を明確化。
- 基準を改正し、既設の施設に係る改正後の基準への適合性を審査で確認することとした。

⇒事業者との見解の相違があり、規制側が意図した水準を「取り戻す」場合、事業者の自主的対応に委ねる（協力を得る）のは難しいのではないかと？

⇒また、新検査制度における審査と検査の関係はどう考えるか？

<事例の概要>

事例⑨ 火災感知器の設置要件の明確化に係る対応	改正等の対象
<p>背景： 保安検査において、火災区域・区画に異なる感知方式の感知器等として設置したもののうち、熱感知器については消防法令に定められた設置基準と異なる方法で設置されていた。</p> <p>規制委員会の対応： これを受け、異なる感知方式の感知器等のそれぞれに対して、消防法令に定める設置要件を満たすための対策を求めることとしたもの。</p> <ul style="list-style-type: none"> ●新たな設備対応が必要 ●工事計画認可手続において確認（既許可の設置許可申請書で示されていない設計方針を採用する場合には設置変更許可申請も必要） 	火災防護審査基準
	施行日
	2019.2.13
	対策期限
	<ul style="list-style-type: none"> ・ 施行から5年以降に最初の定期検査が終了するとき又は運転を開始するときまで

※第1回継続的な安全性向上に関する検討チーム
参考1-3より

6. デジタル安全保護系に係る共通要因故障対策

○本件は、国際的な規制の動向も踏まえて基準を見直し、継続的改善を行っている事例。

○ソフトウェアを用いるデジタル安全保護系を設けている発電用原子炉施設には、代替作動機構※を設けることを対策水準として設定。

○既に対策水準の大部分をカバーする自主設備が設置されている。

⇒規制側が定めた目標（達成水準）を自主的取組で達成させる枠組みは可能か？

⇒又は、二種類以上に多様化した設備のうち、一方に重点を置いた規制は可能か？

※ソフトウェアを用いることなく作動させることができるものなど、ソフトウェアに起因する共通要因故障によって同時に機能喪失するおそれのない機構をいう。

<事例の概要>

デジタル安全保護系の共通要因故障対策	改正等の対象
<p>背景：令和元年の原子力規制委員会の重要課題として、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策の規制への取り込みが挙げられている。</p> <p>規制委員会の対応：最近の国際的な動向も踏まえ、信頼性向上の観点から現行規制の見直しを検討することとし、発電用原子炉施設におけるデジタル安全保護系の共通要因故障対策等に関する検討チームを設置して検討を行った。</p> <p>検討の結果、本件対策として満足すべき水準を特定した。事業者は本件を自主的に取り組む意向を示していることから、当面の対応として、事業者の自主的取組について公開の会合で提案を受けることとした。</p> <ul style="list-style-type: none">●新たな設備対応が必要●上記検討チームにおいて事業者の自主的取組の進捗状況を把握する。	検討中
	施行日
	未定
	対策期限
	未定

7. 震源を特定せず策定する地震動

- 本件は、規制委員会に設置した検討チームが新たに開発した地震動の評価手法に基づき継続的改善を行っている事例。
- 当初、事業者が評価手法の改善に積極的に取り組む旨の意思表示をしていたが、検討に時間を要していたことから、規制委員会が主体的に検討を行うこととした。
- 基準を改正し、新たな手法に基づく評価により基準地震動が変わる施設について、改正後の基準への適合性を審査で確認することとしている。

⇒事業者の自主的取組をどのように監督すべきか？また、十分な対応がなされない場合にどのように対処すべきか？

<事例の概要>

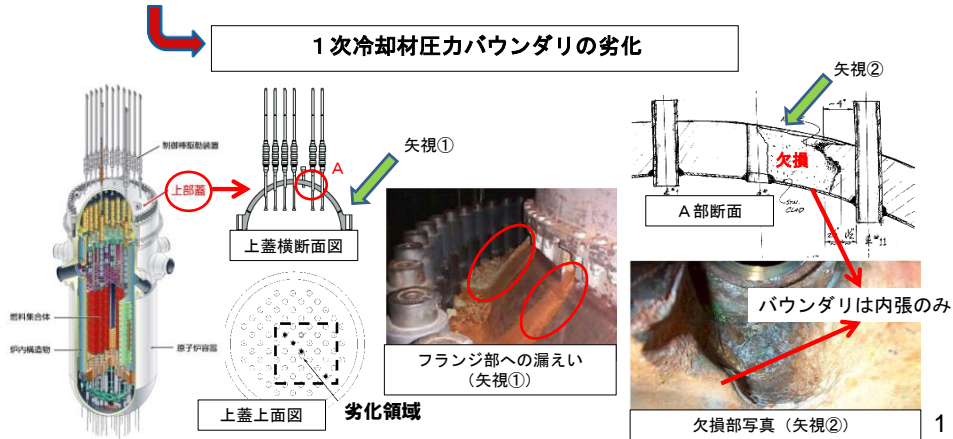
震源を特定せず策定する地震動	改正等の対象
<p>背景：平成 29 年 11 月 29 日の原子力規制委員会において、全国共通に適用できる「震源を特定せず策定する地震動」の策定方法を明示することを目的とした検討チームの設置を決定した。検討チーム会合では「震源を特定せず策定する地震動」に係る標準応答スペクトルについて検討を行い、令和元年 8 月 7 日の第 11 回検討チームにおいて、その結果を報告書に取りまとめた。</p> <p>規制委員会の対応：これを受け、令和元年 8 月 28 日の原子力規制委員会において上記報告書の内容を審議、規制に反映させることについて了承された。</p> <ul style="list-style-type: none">●基準地震動の再評価は必要だが、評価の結果、基準地震動が変わるかどうか、また設備対応の可否は施設によって異なる。●基準地震動が変わる施設については、設置変更許可手続において確認。	検討中
	施行日
	未定
	対策期限
	未定

(参考) Davis Besse発電所原子炉容器上蓋腐食問題

デービスベッセ原子炉容器上蓋腐食問題の概要



- 2002年、原子炉容器上蓋貫通部の検査時に、制御棒駆動機構（CRDM）ノズル溶接部でクラック（1次冷却材応力腐食割れ（PWSCC）が原因）からのホウ酸の漏洩を発見。
- 補修時に、当該ノズルの下り勾配側で原子炉容器上蓋母材が深さ6インチほど欠損していることが判明。
- さらに、原子炉容器上蓋内張であるステンレス鋼クラッド（内張）が、4インチにわたって反っていることが判明。欠損箇所について、内張のみが残っていた。



NRCにおける安全文化への対応



デービスベッセ問題に対する根本原因分析（事業者）

- 1998年及び2000年に原子炉容器上蓋の目視検査を実施し、CRDMフランジからのホウ酸漏洩は発見していたが、ノズルからの漏えいまでは確認していなかった。
- ⇒ **漏えいについて他の箇所も確認すべきであった。**

一次冷却材圧力バウンダリ劣化を示す以下の**状況を長年放置**。

- ホウ酸の漏洩箇所が特定できない。
- ホウ酸による腐食に係る既知の情報を放置。
- 格納容器エアクーラの汚れ。
- 放射性物質フィルターの汚れ。

教訓タスクフォース
会計検査院
議員

NRCに対し、**安全文化の監視を強化**する勧告が出された。

NRCは、安全文化対応計画を作成

- 安全文化を十分に扱えるようROPにおける横断的要素（cross-cutting issue）（※）について評価する方法を明確化。
- ⇒ 検査マニュアル・チャプター及び検査手順を改訂。
- ROPの規制対応マトリックスでパフォーマンスが低下しているプラントに対する安全文化に関する特別な検査の必要性を判断するプロセスを開発。
- 特別な安全文化に対する評価を実施するためのプロセスを開発。

○ NRCは、事業者の安全文化醸成の取組を安全規制の対象としてROPに取り込み、2006年7月1日から運用を開始。

※ 横断的要素は、「ヒューマン・パフォーマンス」、「問題を発見・是正する仕組み」、「安全を重視した作業環境」の3要素。

○米国NRCが安全文化に関する監視を強化する契機となった事象。

○安全上の弱点はないか問いかける姿勢が不十分であり、劣化事象を発見できなかった。

○事業者が常に問いかける姿勢をもって自主的取組を行う難しさ、また規制機関が事業者の取組を監督する難しさを示す事例として、議論の参考になると思われるのでご紹介する。