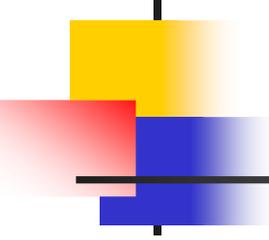


女川原子力発電所の状況について

平成28年5月11日

東北電力株式会社



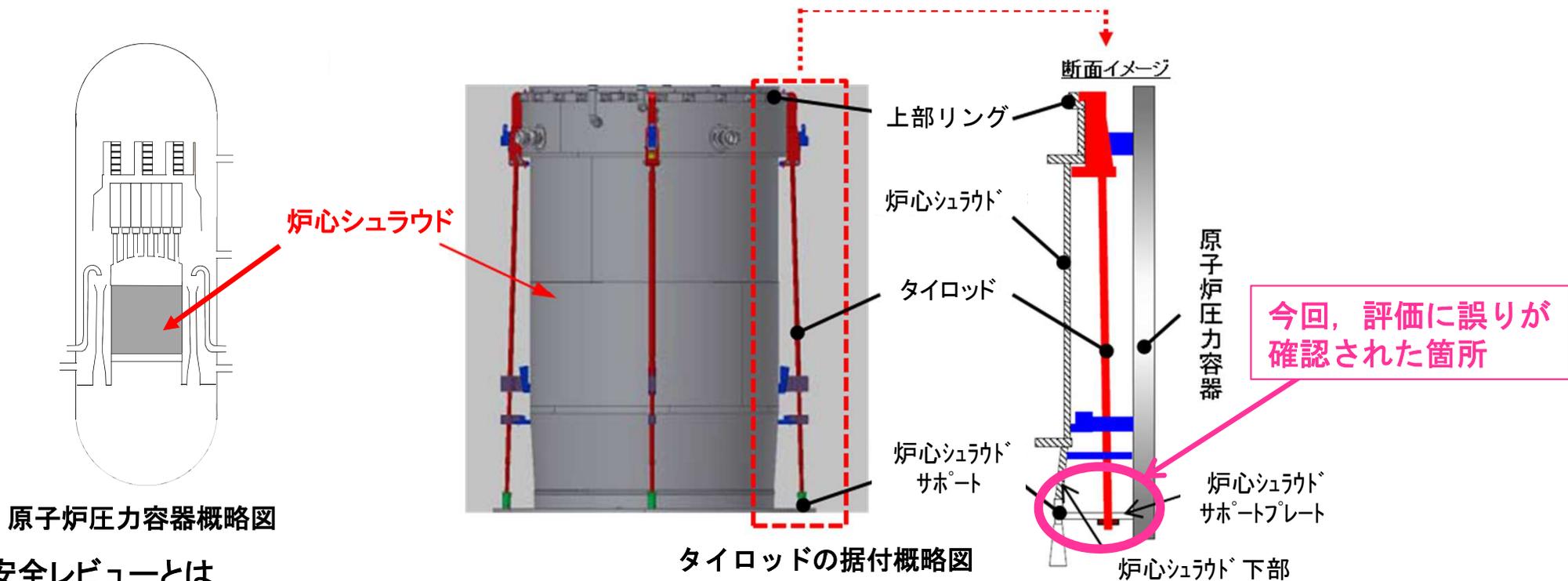
報告内容(1／3)

1. 女川原子力発電所2号機
炉心シュラウドサポートの応力評価誤りについて

1. 女川原子力発電所2号機 炉心シュラウドサポートの応力評価誤りについて (1/4)

1. 事象概要

- 女川2号機の定期安全レビュー※¹の準備過程において、平成17年に実施した炉心シュラウド※²サポート評価における、炉心シュラウドサポートの応力評価に用いる計算プログラムの一部に誤りがあることを確認。



※1 定期安全レビューとは

「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」および「女川原子力発電所原子炉施設保安規定」に基づき、原子炉設置者が運転開始以降10年を超えない期間ごとに、保安活動の実施状況、保安活動への最新の技術的知見の反映状況等により、原子力発電所の安全性・信頼性を総合的に評価するもの。

※2 シュラウドとは

- ・ 原子炉圧力容器内に取り付けられている燃料集合体（炉心）を囲むように設置されている円筒状の機器。
- ・ 原子炉内の冷却水が一定方向に流れるように仕切板の役割をするもの。

1. 女川原子力発電所2号機 炉心シュラウドサポートの応力評価誤りについて (2/4)

2. 平成17年に実施した炉心シュラウドサポート評価の経緯

- 東京電力福島第二原子力発電所3号機の炉心シュラウドにおいて確認されたひび割れ事象を踏まえて、原子力安全・保安院より発出された指示文書に基づき、点検を実施した結果、原子炉圧力容器内の炉心シュラウド溶接部にひびを確認。
(第6回定期検査時(平成15年))
- 第7回定期検査(平成17年)において、ひびの進展状況を確認するとともに、タイロッド^{※3}工法による補修工事を実施。
(このタイロッド工法は、シュラウドサポートプレートに改造を伴うことから、規制当局(当時、経済産業省)へ工事計画届出書を提出(平成17年2月4日)し、工事を実施。)
- この際の評価のために、従来からの評価プログラムにタイロッドの荷重計算プログラムを追加。

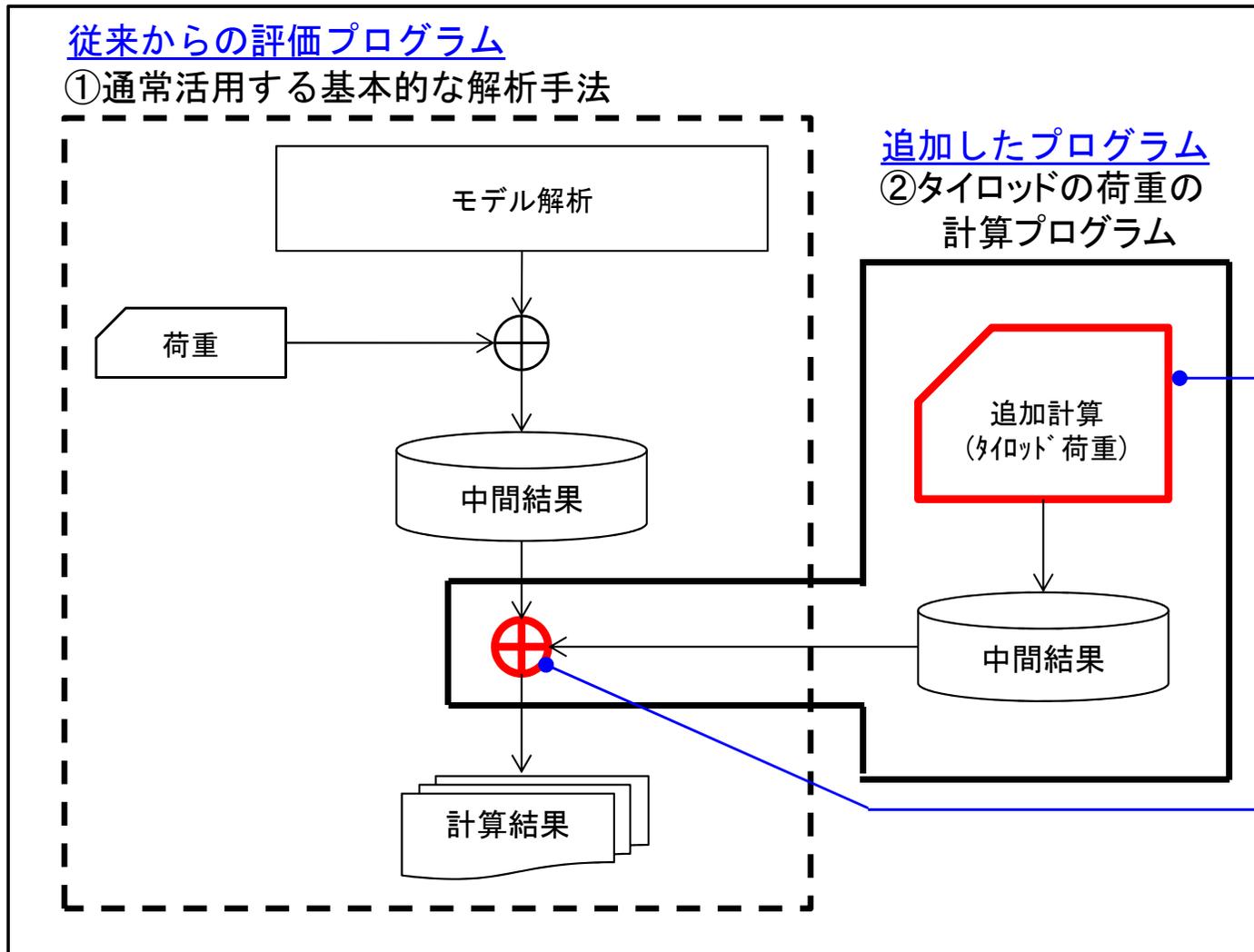
※3 タイロッドとは

- ・炉心シュラウドの上部リングとシュラウドサポートプレートを拘束し、炉心シュラウド全体を挟み込むように固定する長尺の支柱。
- ・女川2号機の原子炉圧力容器と炉心シュラウドの間に、90度間隔で4カ所に取り付けている。

1. 女川原子力発電所2号機 炉心シュラウドサポートの応力評価誤りについて (3/4)

3. 炉心シュラウドサポートの応力評価手法

- 炉心シュラウドの解析に通常活用する基本的な解析手法 (①) に、タイロッドの荷重の追加計算プログラム (②) を追加し、基本的な解析手法へ加算処理を実施。



【誤り箇所①】

計算プログラムの一部に
符号 (+と-) の誤り

【誤り箇所②】

追加計算プログラムによる計算結果と
通常活用する基本的な解析手法の
計算結果を足し合わせる際の処理に誤り

1. 女川原子力発電所2号機 炉心シュラウドサポートの応力評価誤りについて (4/4)

4. 炉心シュラウドサポートの再評価結果

- 誤りのあった応力評価について、計算プログラムを正しく修正し、再評価した結果、炉心シュラウドサポートの応力評価は、全ての評価場所で許容値を満足しており、炉心シュラウドの健全性に影響を及ぼすものではないことを確認。

再評価の結果、許容値に対し、最も厳しい評価となった例

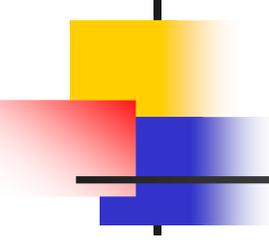
評価場所	単位	許容値	届出書の記載 (A)	今回再確認 (B)	差 (B) - (A)
炉心シュラウド下部 (応力)	N/mm ²	<u>94</u>	<u>71</u>	<u>63</u>	- 8
	(%)	(100.0)	(75.5)	(67.0)	(-8.5)
シュラウドサポートプレート (疲れ累積係数)	-	<u>1</u>	<u>0.2601</u>	<u>0.2217</u>	- 0.0384

(参考) 再評価の結果、届出書記載値よりも数値が大きくなった例

評価場所	単位	許容値	届出書の記載 (A)	今回再確認 (B)	差 (B) - (A)
シュラウドサポートプレート (応力)	N/mm ²	<u>221</u>	<u>71</u>	<u>83</u>	12
	(%)	(100.0)	(32.1)	(37.6)	(5.5)

5. 今後の対応

- 当社としては、今後、再発防止を図り、原子力発電所の品質管理の向上に努めていく。



報告内容(2/3)

2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について

2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について（1／6）

1. 当社調査結果

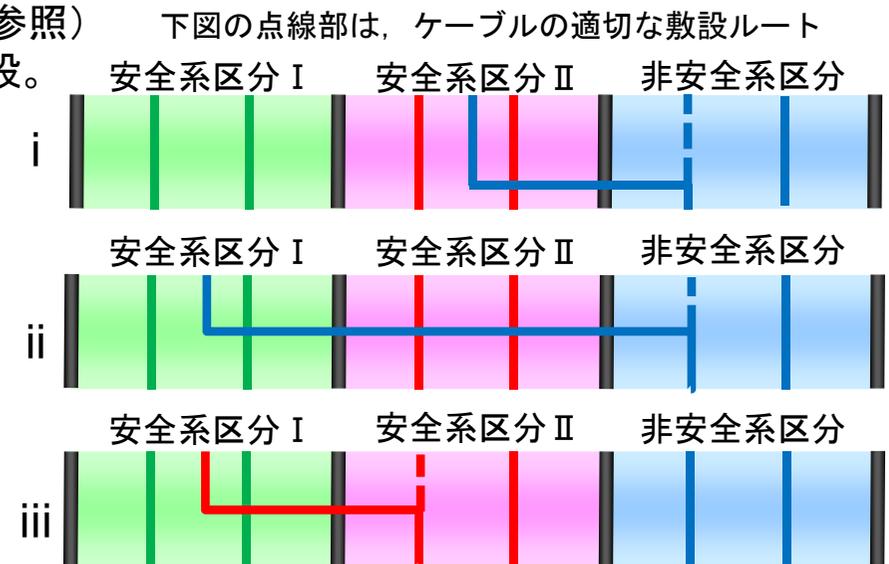
発電所	号機	中央制御室床下		現場ケーブルトレイ
		①分離板の損傷等(枚)	②異区分跨ぎのケーブル ^{注1} (本)	③異区分跨ぎのケーブル ^{注1} (本)
女川	1	— ^{注2}	— ^{注2}	15
	2	125	14	0
	3	38	3	0
合計		163	17 ^{注3}	15 ^{注3}
東通1号機(参考)		14	0	9

注1：以下のいずれかの敷設状態となっているケーブルを指す。(右図参照)

- i. 非安全系の電力ケーブルが、1つの安全系区分に跨いで敷設。
- ii. 非安全系ケーブルが、複数の安全系区分に跨いで敷設。
- iii. 安全系ケーブルが、異なる安全系区分に跨いで敷設。

注2：女川1号機の中央制御室床下は、他号機と床下の構造が異なることから、現場ケーブルトレイに敷設しているケーブルとして調査を実施。

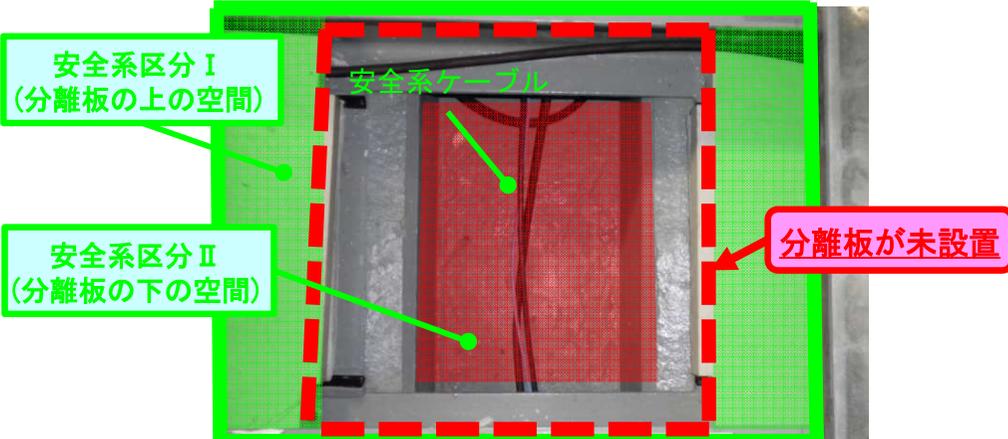
注3：上表における異区分跨ぎのケーブル（女川合計32本）については、女川1号機の現場ケーブルトレイにおいて確認された15本のうち14本は電力ケーブル、それ以外は全て制御・計装ケーブルとなっている。



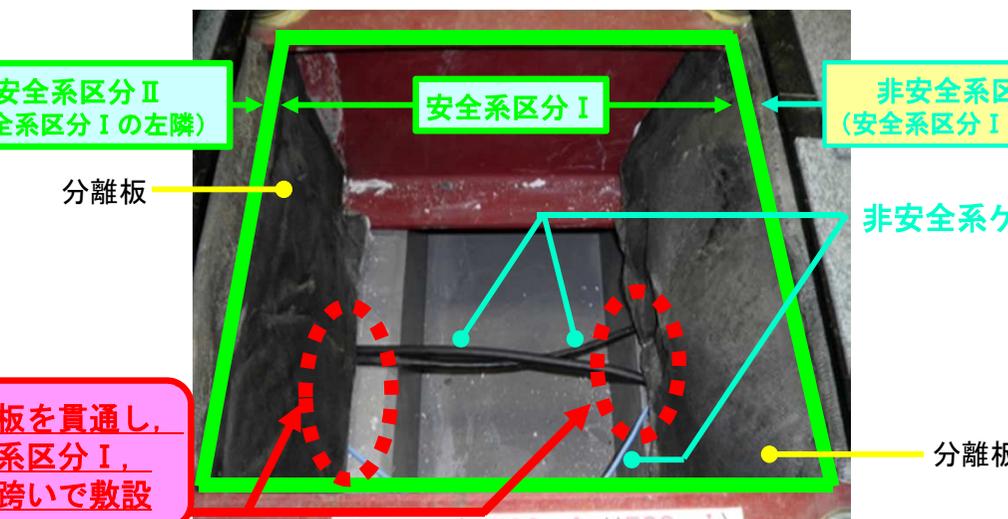
2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について (2 / 6)

《中央制御室の床下》

【事例①】 分離板が適切に設置されていなかった事例

[本来の状態]	[今回の事例]	イメージ図
分離板に、 <ul style="list-style-type: none"> ・ 損傷等がない ・ 適切な位置に設置 	分離板が、 <ul style="list-style-type: none"> ・ 未設置(イメージ参照) ・ 撤去 ・ 損傷等 である状態 <p>➤ 隣接する区分間の火災防護上の分離がなされていない。</p>	

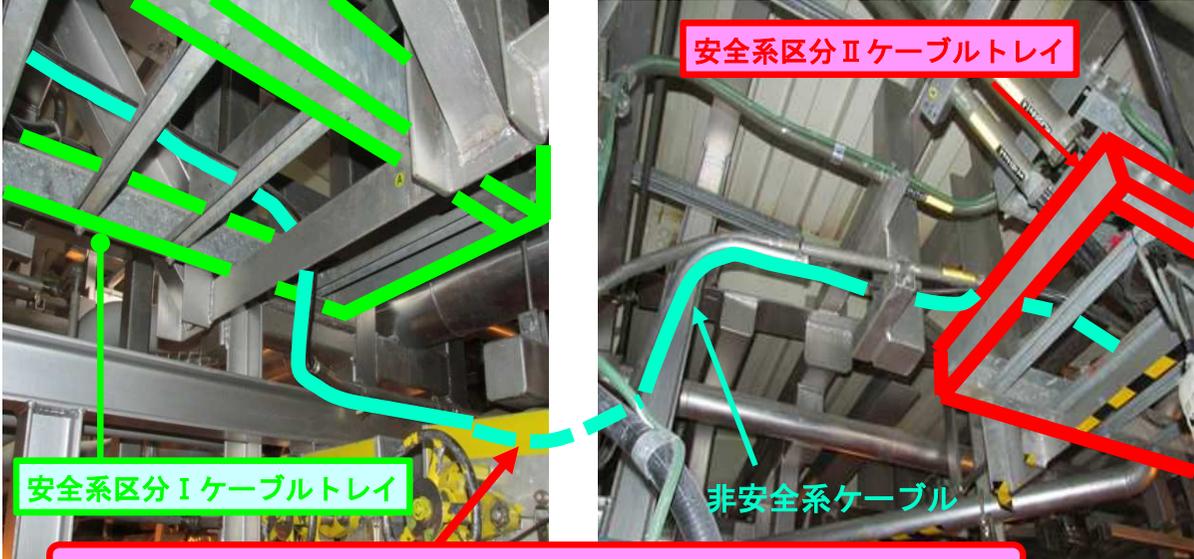
【事例②】 非安全系ケーブルが複数の安全系区分に跨いで敷設されていた事例

[本来の状態]	[今回の事例]	イメージ図
非安全系ケーブルは、 <ul style="list-style-type: none"> ・ 非安全系区分に敷設されている 	非安全系ケーブルが、 <ul style="list-style-type: none"> ・ 複数の安全系区分に跨いで敷設(イメージ参照) ➤ 安全系区分間の火災防護上の分離がなされていない。	

2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について（3／6）

《現場ケーブルトレイ(中央制御室の床下以外)》

【事例③】非安全系ケーブルが複数の安全系区分に跨いで敷設されていた事例

[本来の状態]	[今回の事例]	イメージ図
<p>非安全系ケーブルは、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 非安全系区分に敷設されている 	<p>非安全系ケーブルが、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 複数の安全系区分に跨いで敷設 <p>➤ 安全系区分間の火災防護上の分離がなされていない。</p>	 <p>安全系区分 I ケーブルトレイ</p> <p>安全系区分 II ケーブルトレイ</p> <p>非安全系ケーブル</p> <p>非安全系ケーブルが複数の安全系区分に跨いで敷設されている状態</p>

2. 安全上の影響評価結果

■ 以下の理由から、安全系の機能を損なわないことを確認。

- ・ 安全上影響を及ぼす可能性のあるケーブル^{注4}
 - 難燃性素材の使用や保護装置の設置により、過電流に伴う火災の発生防止を図っている。
- ・ これらのケーブルは制御・計装ケーブルである。
 - 万が一、火災が発生しても、周囲に延焼する前に自ら断線することから、想定される延焼範囲は限定的である。

注4：異区分跨ぎのケーブルのうち、非安全系ケーブルが複数の安全系区分に跨いで敷設されているものを安全上影響を及ぼす可能性があるケーブルとして評価。

2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について（4 / 6）

3. 旧技術基準への適合性

旧技術基準※における要求事項	当社原子力発電所の中央制御室床下における措置状況
以下の a. ～ c. を適切に組み合わせた措置を講じること。	—
a. 「火災の発生防止」	中央制御室床下のケーブルは、難燃性の制御・計装ケーブルである。
b. 「火災の検出・消火」	中央制御室には運転員が常駐し、同室内に火災感知器を設置していることから、床下での火災の検知・消火が可能。
c. 「火災の影響軽減」	分離板により、複数の安全系ケーブルを物理的に分離。

- 当社は、上記 c. の措置を満足しない場合においても、上記 a. および b. の措置を満足していることから、万が一、中央制御室床下において火災が発生した場合でも複数の安全系ケーブルへの延焼は防止できるものと考えていた。
- 一方、他社の同様の事象に対する原子力規制委員会の見解を踏まえると、以下の観点から、上記 b. の措置を満足しないため、旧技術基準に適合している状態にあったとは言えないと考えている。
 - ・ 現状、中央制御室床下に火災感知器は設置されておらず、中央制御室の運転員が異常を認識しても、直ちに火源を特定し、消火を行うことが困難と考えられる。

なお、現場には消防法に基づき火災感知器を設置していることから、現場ケーブルトレイに不適切な状態が確認されたものの直に対象エリアを特定し、消火を行うことが可能であると考えている。

※ 平成25年7月8日の新規制基準施行前の技術基準（「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令（省令62号）」）を指す。

2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について（5 / 6）

《原因分析》

【根本原因】

- ケーブルの敷設にあたっては、系統間の分離を考慮した設計・施工を行うことを、プラントメーカー・施工会社へ要求。
- その上で、ケーブル敷設後の「設備全体としての機能確認」に重点を置いた工事管理を実施しており、分離板・ケーブルの敷設状態の確認については管理していなかった。

【直接原因】

[プラントメーカー・施工会社に対し]

- 分離板・ケーブルの「敷設状態の確認」のルールを定めていなかった。

[当社とプラントメーカー・施工会社ともに]

- 分離板・ケーブルの「敷設状態」に関する工事管理において、「敷設計画の確認」をしていない。

- 分離板・ケーブルの「敷設状態」に関する工事管理において、「敷設結果の確認」をしていない。

分離板・ケーブルの不適切な敷設

[注] 発電所建設時やその後の改良工事の段階で発生

《再発防止対策》

【根本対策】

- ケーブル敷設に伴う「設備全体の機能確認」や「敷設状態の確認」など、統合的な管理を行うルールを明確にする。

【直接対策】

[プラントメーカー・施工会社に対し]

- 分離板・ケーブル工事後の「敷設状態の確認」を要求。

[当社とプラントメーカー・施工会社が]

- 工事前に分離板・ケーブル敷設に関わる工事内容の事前確認。
 - 分離板の脱着・加工の有無
 - ケーブルの敷設ルート

[当社とプラントメーカー・施工会社が]

- 工事後に分離板・ケーブルの「敷設状態を確認」（記録や現場立会いによる確認）。

計画

調達

実施

結果確認

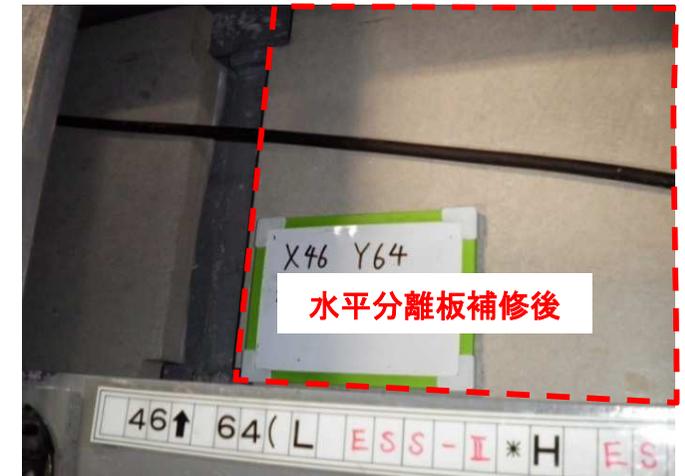
2. 女川原子力発電所におけるケーブルの不適切な敷設に係る調査結果等について（6／6）

4. 品質マネジメントシステムの検証結果

- 指示文書に基づき、当社の品質マネジメントシステムについて検証を行った結果、「ケーブルの敷設ルートの確認」および「分離板の設置状況の確認」に一部改善の必要性があるものの、当社社内要領書に定める「安全機能を有する設備に対して、安全機能に影響を与えるような工事を防止する仕組み」が有効に機能していることを確認した。今後、再発防止対策を反映することで、従来の仕組みの強化に努めていく。

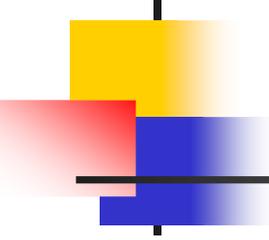
5. ケーブル等の不適切な敷設に係る対応状況

- 不適切な敷設状態については、平成28年3月26日に是正を完了した。（右図：事例①復旧状態）



6. おわりに

- このたびの分離板の損傷等やケーブルの不適切な敷設は、同工事に対する当社の工事管理ルールが不十分だったことが原因で発生したものであり、また、長期間にわたりこのような不適切な敷設状態が続いていたことについて、当社として深く反省している。
- 今後、原因分析を踏まえた再発防止対策を確実に実施していく。



報告内容 (3 / 3)

3. 女川原子力発電所の275kV母線保護装置更新工事における1号機所内電源の停電に係る原因と対策について
(補足)

1. 女川原子力発電所 1号機所内電源停電に係る事象フロー図（1回目）

時間	事象フロー	対応状況	対策
9月29日	セルフアイソレのとりやめ	・作業担当者は、複数ある回路図面のつながりを一部見間違い、準備していたアイソレの一部を必要ないと誤認し、セルフアイソレの実施を取りやめた。	・電気制御回路についても重要度に応じて検討過程を残すこととし、QMS文書に反映。
14:39	試験のため発電機しゃ断器「入」操作 (しゃ断器①)	・作業担当者は、アイソレ変更(取りやめたこと)を発電管理Gへ報告せず、確認試験を開始。	・セルフアイソレ実施の取りやめを含め、アイソレ変更の管理プロセスを明確にし、QMS文書に反映。
14:40	2号機からの受電しゃ断器「切」 (しゃ断器②) 所内電源(常用電源・非常用電源)停電 使用済燃料プールを冷却するポンプ停止 非常用ディーゼル発電機自動起動 (非常用電源復旧)	・取りやめたセルフアイソレは、発電機保護のインターロックを除外するものであったため、発電機保護信号により2号機から電源融通していたしゃ断器が開放され、1号機所内電源(常用・非常用電源)が停電した。 ・1号機所内電源停電に伴い、使用済み燃料プールを冷却するポンプが停止した。 ・発電機保護信号により非常用ディーゼル発電機が自動起動し、非常用電源は確保された。	—
15:16	使用済燃料プールを冷却するポンプ起動	・停電に伴って停止した使用済み燃料プールを冷却するポンプ系統に異常がないことを確認し、再起動を実施。	—

2. 女川原子力発電所 1号機所内電源停電に係る事象フロー図（2回目）

時間	事象フロー	対応状況	対策
9月29日	復旧作業手順検討(計画外作業)	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧手順(計画外作業)の手順書検討, アイスレ検討を電気G・発電管理G合同チームで実施。 ➢ アイスレ検討において, しゃ断器②の自動開放条件に関する回路図面の記号が示す内容を見間違え, 必要なアイスレを見逃した。 ➢ 手順書検討側で必要なアイスレが不足していることに気付かなかった。 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画外作業手順検討の役割・責任分担を明確にするプロセスを定め, QMS文書に反映。 ・計画外作業時, 必要に応じて検討作業プロセスの管理者を指名し, 支援体制を構築することとし, QMS文書に反映。
	保安運営委員会審議	<ul style="list-style-type: none"> ・保安運営委員会において, 復旧作業中の非常用ディーゼル発電機の停止リスク, 復電時に機器が動作するリスク等について審議。 	<ul style="list-style-type: none"> ・計画外作業手順書を審議する際, 作成プロセスの妥当性を含めて確認することとし, QMS文書に反映。
23:57	2号機を受電しゃ断器「入」操作(しゃ断器②)	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧作業として, 2号機からの電源融通による受電を再開。 	—
9月30日 0:33	常用電源復旧	<ul style="list-style-type: none"> ・常用系しゃ断器を投入し, 2号機からの電源融通による常用電源を復旧。 	—
1:29	常用-非常用連絡しゃ断器「入」操作(しゃ断器③) 2号機からの受電しゃ断器「切」(しゃ断器②) 常用電源停電	<ul style="list-style-type: none"> ・必要なアイスレが不足していたため, しゃ断器③「入」操作により, しゃ断器②が自動開放し, 常用電源が停電した。 ・非常用電源は, 非常用ディーゼル発電機により給電されており, 停電しなかった。 	—