

# 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

## 第658回

平成30年12月4日（火）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第658回 議事録

1. 日時

平成30年12月4日（火） 11:00～14:08

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

山中 伸介 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

山田 知穂 原子力規制部長  
山形 浩史 緊急事態対策監  
大浅田 薫 安全規制管理官（地震・津波審査担当）  
寒川 琢実 安全規制調整官  
中房 悟 上席安全審査官  
深堀 貴憲 上席安全審査官  
石井 徹哉 上席安全審査官  
鈴木 征治郎 主任安全審査官  
安田 昌宏 主任安全審査官  
柏木 智仁 安全審査官  
寺野 印成 安全審査官  
御器谷 俊之 安全審査官

九州電力株式会社

岡野 久弥 執行役員 原子力発電本部 副本部長  
秋吉 達夫 原子力発電本部 部長（原子力技術）  
山本 健児 原子力発電本部 原子力設備グループ 課長  
緒方 昌則 原子力発電本部 原子力設備グループ

若松 雅史	原子力発電本部	原子力経年対策グループ
力久 太郎	原子力発電本部	原子力工事グループ 副長
木村 勇介	原子力発電本部	原子力工事グループ
入江 政義	原子力発電本部	原子力工事グループ
松田 弘毅	原子力発電本部	リスク管理・解析グループ 副長
田中 政文	川内原子力発電所	保修課 副長
今村 淳二	川内原子力発電所	保修課

#### 関西電力株式会社

堀江 正人	原子力事業本部	原子力土木建築センター	所長
岩森 暁如	原子力事業本部	原子力土木建築センター	土木建築技術グループ 部長
重光 泰宗	原子力事業本部	原子力土木建築センター	土木建築技術グループ 課長
安藤 明宏	原子力事業本部	原子力土木建築センター	土木建築技術グループ 課長
根井 大輝	原子力事業本部	原子力土木建築センター	土木建築技術グループ
清水 翔平	原子力事業本部	原子力土木建築センター	土木建築技術グループ
中野 利彦	原子力事業本部	原子力安全部門	安全管理グループ マネジャー
濱野 淳史	原子力事業本部	原子力安全部門	安全管理グループ マネジャー
須山 伸二	原子力事業本部	原子力安全部門	安全管理グループ リーダー

#### 4. 議題

- (1)九州電力(株)川内原子力発電所第1・2号機の原子炉安全保護盤取替に係る工事計画の審査について
- (2)関西電力(株)高浜発電所第3・4号機の工事計画の審査について
- (3)その他

#### 5. 配付資料

資料1-1	川内原子力発電所1号機及び2号機	原子炉安全保護盤取替工事(工事計画認可申請に係る論点についての回答)
資料1-2	川内原子力発電所1号機及び2号機	原子炉安全保護盤取替工事(工事計画認可申請に係る論点についての回答)補足説明資料
資料2-1	高浜発電所	緊急時対策所(3・4号機共有)撤去に関する工事計画

認可申請及び原子炉保安規定変更認可申請（新緊急時対策所設置）  
の概要について

資料 2 - 2 高浜発電所 新緊急時対策所周辺斜面表面で発生した亀裂事象に関する検討結果について

## 6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、ただいまから原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第658回会合を開催します。

本日の議題は、議題(1)九州電力株式会社川内原子力発電所1・2号機の原子炉安全保護盤取替に係る工事計画申請について、議題(2)関西電力株式会社高浜発電所第3・4号機の工事計画の審査についてです。

本日は、プラント関係の審査ですので、私が出席いたします。

それでは議事に入ります。

最初の議題は、議題(1)九州電力株式会社川内原子力発電所第1・2号機の原子炉安全保護盤取替に係る工事計画審査についてです。

それでは、資料について説明を始めてください。

○九州電力（山本） 九州電力の山本でございます。

それでは資料1-1、川内原子力発電所1号機及び2号機原子炉安全保護盤取替工事(工事計画認可申請に係る論点についての回答)の説明に入らせていただきます。

なお、資料1-2、補足説明資料がございますので、これについても適宜使用しながら説明させていただきます。

まず1ページ目、お願いいたします。

今回説明する資料の目次を示しております。

項目の一つ目に前回審査会合での論点、二つ目に原子炉安全保護盤取替工事の概要、三つ目以降は原子炉安全保護盤の設計、デジタル化の考え方、4チャンネル化及び作動設定値の変更に関する考え方、不要直流負荷の早期切離し操作の採用についてとしております。

2ページ目をお願いいたします。

前回10月9日の審査会合における論点を記載しております。これらの論点については、三つに分類しておりまして、目次に沿って順次回答してまいります。

まず一つ目として、論点①～④を原子炉安全保護盤のデジタル化の考え方について、二

つ目を⑤、⑥を4チャンネル化及び作動設定値の変更に関する考え方について、そして三つ目、⑦、⑧が不要直流負荷の早期切離し操作についてであります。

なお、個々の論点の回答ページを右側に記載しております。

3ページ目をお願いいたします。今回の原子炉安全保護盤取替工事の概要を記載しておりますが、これにつきましては前回の審査会合にて説明しておりますが、改めて今回の取替工事の概要を説明いたします。

川内原子力発電所1、2号機の原子炉安全保護盤については、デジタル制御装置を採用した制御盤に取替え、設備の信頼性、保守性の向上を図ることとしており、あわせて、原子炉非常停止及び工学的安全施設等の作動信号の一部について検出信号を増やし、作動ロジックを「2 out of 3」から「2 out of 4」を主体とした構成に変更（4チャンネル化）するとともに、作動設定値を最新プラントの設定の考え方を踏まえた設定値に変更することとしています。

また、デジタル制御装置の採用により電源容量が増加し、全交流動力電源喪失時における蓄電池負荷が増加することから、不要直流負荷の早期切離し手順の追加を行うこととしております。

以上が今回の取替え工事の概要でございますが、この内容についていただいた論点について、次ページ以降で説明させていただきます。

原子炉安全保護盤の設計（デジタル化）の考え方を示しております。この項目では審査会合の論点①～④に対する回答、主に原子炉安全保護盤の一部にアナログ回路を適用する理由等を含めて説明してまいります。

まず、(1)として、設備更新の基本方針を記載しておりますが、保護盤の更新においては、下の図の計測制御装置のデジタル化への変遷に示すとおり、カード式アナログ計器の生産中止や生産拠点の減少を踏まえ、先行プラントで更新実績のあるデジタル制御装置を採用すること。

更新に当たっては設備の信頼性、保守性の向上を前提に、限られたスペース内での設備配置が可能となるよう、右下に示すような一般的なアナログリレーも一部使用するなど、合理的に実現可能な設備構成とすることを設計の基本方針としております。

5ページ目をお願いいたします。

(2)デジタル制御装置の採用に当たってのCPUの選定については、その設備の重要度から機能／性能面だけでなく、運用実績や故障件数等を踏まえ、信頼性の高い部品を採用する

必要があるとともに、機能／性能を維持していくために、CPU製造メーカーに対する配慮、条件を必要としております。

なお、デジタル制御装置の応答性改善のために、処理速度の高い一般汎用品のCPUや一般産業用CPUを採用することも考えられますが、一般汎用品は信頼性／生産性継続性等を満足できず、また、一般産業用CPUを安全保護系に採用するに当たっては、十分な検討と検証が必要であるため、原子炉安全保護盤の取替えに当たっては、国内原子力プラントの計測制御系などで十分な運用実績を有する原子力向けCPUを採用することとしています。

参考に、一般産業用CPUと原子力向けCPUとの処理速度の比較を記載しており、一般産業用CPUが原子力向けCPUの処理速度を上回りますが、上記のように運用実績の理由から、一般産業用のCPUは採用していないということになります。

また、デジタル制御装置の適用に当たっては、ソフトウェアの品質を確保するということが重要となるため、ソフトウェアに対し、設計、製作、試験、変更の各ステップにおいて検証及び妥当性確認を行うこととしております。

6ページ目をお願いいたします。

(3)は安全保護系（原子炉保護設備）の応答時間について記載しております。原子炉保護設備は、運転時の異常な過渡変化あるいは設計基準事故が発生した場合、または発生が予想される場合に、それを抑制あるいは防止するため、異常を検知し原子炉をトリップさせる機能を有しております。

このうち、設置許可の安全解析で使用している原子炉保護設備の応答時間については、原子炉トリップ信号の信号処理回路の遅れ時間（T2）が最も短い時間を満足する設計としております。

7ページ目をお願いいたします。

(4)応答時間の比較について。今回の盤更新は、右の上の図に示すとおり、保護盤の原子炉非常停止回路の2/4回路については、アナログのリレー回路で構成しますが、これは、当該回路が左側の原子炉保護系計器ラックからの信号を集約するための簡易な回路であること及びこれにより安全解析で使用している応答時間のうち、信号処理回路に求められる最も短い時間を満足できることを踏まえた設計であります。仮に、保護盤の原子炉非常停止回路をデジタル制御装置で構成した場合は、右の図の下のとおり、信号処理回路の応答時間を満足できないこととなります。

なお、川内原子力発電所と同様に、原子炉保護設備への入力4チャンネルで原子炉ト

トリップしゃ断器保護盤が2系統（2トレン）であるPWRプラントについては、保護盤の原子炉非常停止回路をアナログ回路で構成し、設備の更新を行っております。

ここで、資料1-2、補足説明資料の補足3の1ページ目をお願いいたします。

真ん中ほどに補足3-1というところがございます。

この補足3-1ページ目でございますが、2トレンプラントの原子炉非常停止信号の作動回路の構成を第1図に示しておりまして、原子炉保護系計器ラック、4チャンネルの信号を原子炉トリップしゃ断器2系統に集約する機能を、真ん中の原子炉安全保護盤の2/4回路に持たせております。

なお、参考に4トレンプラントの原子炉非常停止信号の作動回路の設備構成を下の第2図に示しますが、4トレンプラントの場合は原子炉トリップしゃ断器が計器ラックからの四つの信号を集約する機能を兼ねております。

パワーポイントのほうにお戻りください。

8ページ目でございます。

ここで、(5)システム構成について整理しますけれども、概要図に示しますように、これまで保護盤で構成していた論理演算機能、2/3回路等を計器ラックに移設し、保護盤の原子炉非常停止回路はアナログのリレーロジックとし、複雑な演算が必要な工学的安全施設回路、ロジックについては、デジタル制御装置で構成いたします。

これにより既存の盤配置内での更新を可能とするとともに、既存設備と同等以上の信頼性を確保できることとなります。

再度、補足資料の3-2ページ目をお願いいたします。

補足資料3-2ページ目ですけれども、ここでは第1表に現状の設備と保護盤の原子炉非常停止回路の2/4回路にアナログリレーで構成する設備との信頼性の比較をしております。アンアベイラビリティ、それから誤動作率は更新後同等以上となります。

次の3-3ページですけれども、3.のまとめでございます。

以上のように計器ラック及び保護盤に2/4回路を設置する構成とすることにより、更新前に比べアンアベイラビリティは同等以上となり、また計器ラックに加え保護盤にも2/4回路を設置することにより、不要な原子炉トリップ、誤動作の防止も図られ、設備の信頼性が向上することとなります。

なお、工学的安全施設作動回路も同様な設計を行っており、この構成はデジタル化した先行プラント、2トレンプラントと同様であります。

パワーポイントの8ページに戻りまして、パワーポイント8ページ目でございます。

ここまでの説明で(6)でございますけれども、保護盤の原子炉非常停止回路へのアナログ回路の適用について、まとめといたしまして、保護盤の原子炉非常停止回路、2/4回路については、各計器ラックからの信号を集約するための回路であり、この回路は簡易なアナログリレー回路で構成することができ、デジタル制御装置とするよりも部品点数の低減が図れ、また安全解析で使用している応答時間も満足できます。このことが保護盤に一部アナログ回路を残す理由であり、合理的に実現可能な設計の結果であります。

また、前回審査会合の資料で、概要図で通信について質問を受けております。今回当該部は電気／光変換カードを表すE/Oに記載を改めております。

このE/Oは光通信を行うための専用のカードであり、各計器ラック間は光ケーブルにより接続しています。この通信の目的については、計器ラックでは図に示すように他チャンネルの計器ラックでの作動設定値の結果を用い、2/4ロジック等を行うため、各計器ラックで通信を行う設計としております。

9ページ目をお願いいたします。

デジタル制御装置の採用による信頼性（アンアベイラビリティ、誤動作率）の評価手法の妥当性についてであります。

まず(1)評価手法及び評価モデルについては、右の図に示すとおりであり、本信頼性評価では、原子力プラントにおける確率論的安全評価や一般産業界でも広く使用されている手法を用いております。

また、アンアベイラビリティや誤動作率の評価については、信頼性工学の分野で広く使われている計算方法を用いております。評価モデルについても右下のシステム構成要素図に示す各構成要素ごとに信頼性を評価しております。

(2)故障率データについて。各構成要素の故障率データは、広く利用されている、ここに記載している三つの規格のデータを使用しております。

補足資料のほうに移ります。補足7-4ページをお願いいたします。

補足7-4ページでございますけれども、ここにはデジタル化による信頼性の向上についての考察を記載しております。

下表の原子炉非常停止信号の作動回路の信頼性に示しますとおり、アナログからデジタルに更新することで、アンアベイラビリティや誤動作率は、ともに向上する値となっております。この要因については、以下の二つの設計によるものであります。



パワーポイントは9ページにお願いいたします。

以上のとおり、デジタル制御装置の信頼性評価手法については妥当であると考えております。

10ページ目をお願いいたします。

4チャンネル化及び作動設定値の変更に関する考え方を示しております。この項目では、審査会合の論点、⑤、⑥に対する回答となります。

まず、4チャンネル化及び作動設定値の変更を実施する信号の選定方針について、以下に整理するとともに、各信号の変更一覧を11ページ目に取りまとめております。

(1)は、今回4チャンネル化するものをケース1、しないものをケース2～4に信号数変更の選定方針として整理しております。

ケース1が最新プラントの設計を反映して4チャンネル化を実施する原子炉圧力高などの信号で、当該部に色をつけております。ケース2は、運転開始当初より4チャンネル化している出力領域中性子束高などの信号で、ケース3は、設備構成上4チャンネル化の対象とされていない1次冷却材ポンプの電源電圧などの信号であります。ケース4については、プラント起動停止時のみ保護を目的としているため、4チャンネル化を実施しない中性子源領域、中性子束高などの信号となります。

次に、(2)では、作動設定値を変更するものをケースA、しないものをケースB～Dに、作動設定値変更の選定方針として整理しています。ケースAが最新プラントの設定の考え方を踏まえ、今回設定値変更を実施する原子炉圧力高などの信号で、同じように当該部に色をつけております。

ケースBは、停止信号がON、OFFと設備の状態で判定されることから、設定値が存在しない1次冷却材ポンプ、しゃ断器開などで、ケースCは、過去に設定値の見直しが行われており、今回、設定値を見直さない1次冷却材ポンプ、電源周波数低の信号であります。ケースDは、最新プラントの設定の考え方と整合しており、今回、設定値を見直さない地震加速度高となります。

なお、詳細につきましては、補足説明資料の補足8-3～8-6に取りまとめております。

12ページに移ります。作動設定値の変更の経緯を記載しております。13ページ目とあわせて御覧いただきたいと思っております。

前回の審査会合のときの、作動設定値の変更に関する考え方の説明に一部不十分なところがありましたので、今回改めて説明させていただきます。

原子炉非常停止及び工学的安全性の作動設定値は、構成される計器の誤差や余裕等を考慮しても安全解析使用値、作動限界値を超えることのないように設定することとしております。今回の作動設定値変更後においても、この考え方に変更はありませんが、川内原子力発電所においては昭和61年6月の検査容量の見直しにより、赤枠部③の誤差を二重に考慮して運用していたもので、今回の変更は、この考慮している赤枠部③の誤差を適正化し、実機セット値を建設時の値に戻すものであり、安全保護系の作動設定値の設定の考え方は従来と同様のため、安全裕度に影響を与えるものではないと考えております。

なお、技術の進展に伴い、個々の計器の精度は向上しますが、余裕も含めた計器誤差はこれまでの値を確保いたします。このことから、安全解析使用値に対し、構成される計器の誤差や余裕等は、これまでどおり考慮されていることから、安全上必要な裕度は確保されております。

補足説明資料の9をお願いいたします。

補足説明資料9は1枚ものでございます。今回の作動設定値の変更例として、変更の経緯の詳細を以下に示しております。この図の中の赤枠部、③の二重に考慮していた誤差を適正化することになります。

それでは、パワーポイント14ページ目をお願いいたします。

ここでは、不要直流負荷の早期切離し操作の採用について記載しております。この項目では審査会合の論点⑦、⑧に対する回答となります。

まず不要直流負荷の早期切離し操作に対する誤操作防止及び悪影響防止について。以下は不要直流負荷の切離し操作の概要を記載してありまして、全交流動力電源喪失発生後、1時間以内を目安に中央制御室及び隣接する1次系継電器室で、簡易な操作により不要直流負荷の切離しを行います。この操作は運転員1名にて、中央制御室及び1次系継電器室あわせて所要時間は約15分と想定しております。

15ページ目をお願いいたします。

誤操作防止及び悪影響防止については、スイッチへの保護カバーの設置、スイッチハンドルの取外し、盤の施錠、操作対象への識別表示や教育訓練を行うことにより防止を図ることとしております。

最後に参考ページをお願いいたします。

不要直流負荷の早期切離しを採用した理由について記載しております。

全交流動力電源喪失時の不要直流負荷の切離し操作は、中央制御室及び隣接する1次系

継電器室への簡易なスイッチ操作であり、必要となる操作と所要時間を踏まえても運転員1名で十分対応可能な操作であることから、蓄電池の増強を図らなくとも確実な操作ができ、かつ給電可能時間も現状の約25時間から約30時間に延長可能であることから採用したもので、この運用は設置許可基準規則第57条の解釈のただし書きを適用したものであります。

したがって、この操作を採用したことは、事故時における体制や操作性など、全体的に見ましても安全性を下げていることには当たらないと考えております。

以上で説明を終わらせていただきます。

○山中委員 それでは質疑に入ります。質問は。

○鈴木主任審査官 原子力規制庁、鈴木です。

幾つかありますので、ページを順を追っていきます。

まず、4ページをお願いします。

4ページで、「一般的なアナログリレーは今後も需要があると考えられ」ということで書いてありますけれども、ここのアナログリレーを使う部分というのは、デジタル式の制御装置のカードとは別に、このリレーを使ったアナログ式の制御カードみたいなものを改めて製作されるようなことを考えておられるのでしょうか。

まず1点目、お願いします。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方でございます。

アナログリレー回路をどのように使うのか、カードをつくるのかという御質問につきまして、回答させていただきます。

まず、補足資料の3-4をお願いします。

こちらに、アナログリレーの回路の例としまして、回路図を記載させていただいております。

この回路につきましては、計器ラックのトリップ信号を集約する、原子炉安全保護盤のアナログリレー回路を示しております。このように簡素な回路構成となりますので、デジタル制御装置ではなく、アナログのリレー回路で構成することとしております。

こちらにつきましては、新たにカードを開発するというようなものではございませんで、従来からあるようなアナログのリレー回路で、この回路を構築するということとなります。

以上です。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

わかりました。

続いて7ページをお願いします。

7ページの右下の図のところ、保護盤の信号を集約する回路、今、リレーを使うようなところだというお話がありましたけれども、そのところの処理時間について、アナログと場合とデジタルの場合が書いてあって、原子炉トリップの信号を処理するために必要な0.2秒におさめるにはアナログだという。

原子炉トリップの信号処理時間をおさめるためには、アナログで処理する必要があるということでしたけれども、その一方で、8ページのほうの下の概要図のところ、工学的安全施設作動に関しては、保護盤の中もデジタルの制御装置のカードを使うというようなことが書いてありますけれども、工学的安全施設作動信号の応答時間というのは、この原子炉トリップの処理時間に比べて少し長くて余裕があるので、デジタルでできるということでしょうか。

○九州電力（山本） 九州電力の山本でございます。

御質問のように、原子炉停止系のほうの7ページ目で示します信号処理回路の時間に対して、工学的安全施設の方の当該部の時間のほうが、時間的には長いということでございます。

○鈴木主任審査官 了解しました。

○寒川調整官 規制庁の寒川でございます。

今の御説明で8ページなんですけれども、ということで工学的安全施設については時間的な制限がないということで、8ページの上に書かれていますような複雑な演算が必要な工学的安全施設作動回路についてはデジタルで構成というのがあって、図でいきますとその下のところの工学的安全施設作動ロジックというところで、この複雑な演算をやるということだと理解するんですけれども、これは左側の現状のところを見ると、そういった回路はないんですけれども、この辺はどうなっているのでしょうか。

○九州電力（山本） 九州電力の山本でございます。

まず補足説明資料の1-1ページを見ていただきたいんですけれども、これは先ほど説明しております原子炉非常停止系のところの当該部の回路でございます。

繰り返しますが、現状のところは原子炉保護系計器ラックから出力された信号が、原子炉安全保護盤のほうで2/3のロジックを組みまして、原子炉トリップしゃ断器のほうに行く。変更後は先ほど説明しましたように、原子炉保護系計器ラックで2/4の回路を組みま

して、同じように原子力安全保護盤のほうで2/4を、ロジックを組んで、それぞれAトレンとBトレンのほうに信号を渡すという形です。

御質問のありました工学的安全施設につきましては、こういった回路構成になっているかといいますと、次の1-2ページ目を見ていただきたいんですけれども、1-2ページ目の現状のところですけども、現状の原子炉安全保護盤のところは2/3ということで、先ほどと同じような回路構成を組んでいて、その下に工学的安全施設でありますと、ここで例えば工安系でありますと安全注入でありますとか、格納容器スプレー、それから格納容器隔離、そういったロジックをこちらで構成して、下のほうの工学的安全施設のほうに信号を出力する。

今回の工事では、この④のところに示しております安全保護系シーケンスキャビネットというものを原子炉安全保護盤のほうと統合して、このところがデジタル化されるということでございます。

以上でございます。

○寒川調整官 規制庁、寒川です。

今の御説明の最後のところで、現状には工学的安全施設、作動ロジックはないんですけども、それに相当する現状のところというのは、今御説明いただいたところがわかりにくかったんですが、すみません。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございますが、現状のところは左側に書いてございますように、原子炉安全保護盤がロジック部でございますして、その工安系の信号を受けましたら、原子炉安全保護系シーケンスキャビネットというのがございまして、そこで信号を受けたものを、各補機、例えば高圧注入ポンプだとかRHRポンプを動かすように、そこでシーケンスを組んでございます。そこから信号を出して、工学的安全施設を動かす。

右を見ていただくとわかりますように、それを補機の作動ロジックという書き方をしてございますが、要は、その盤を統合してここで補機を動かすようなロジックを組んでございまして、そこがデジタル化するというふうになってございます。

以上でございます。

○寒川調整官 規制庁の寒川です。

現状のシーケンスキャビネットに相当するような演算を、そこでやっているということでございます。それで理解しました。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

今の8ページのところで、概要図の中で変更後について、今、複雑な処理をすることも含めて、保護盤の中に工学的安全施設作動回路を入れるというお話でしたけれども、もう一度、原子炉トリップ側に戻りまして、原子炉トリップ側はそういった複雑なものを入れないということですが、その概要図の現状の絵を見てみますと、計器ラック側は、もうこれは既にデジタルの処理をされていると認識してしまして、保護盤側がアナログの回路で、ここの部分が今後カードの供給だとか、そういったものが難しいということで、必ずデジタルにする必要があるという部分になってくると思うんですけれども、現状のアナログで書いてある作動ロジック回路図、これを単純にデジタル処理にするというふうにすれば、変更後の保護盤側のリレーロジックのようなものは必要じゃないかというふうに思うんですけれども、その辺というのは、処理時間ですとか、信頼性の話だとか、そういったものを含めて、この変更後の姿にしないと難しいということなんじゃないでしょうか。

○九州電力（山本） 九州電力、山本でございます。

今回の原子炉安全保護盤の更新におきましては、冒頭から申し上げておりますように、設備の信頼性、それから保守性を向上というのが前提に、今ある限られたスペースの中での配置が可能となるように検討しているものでございます。

具体的には、先ほどもお話がございましたように、原子炉保護系計器ラックは、既にデジタル化されております。

論理回路の構築というのはソフトウェアにより容易に実施することが可能でして、従来は原子炉安全保護盤で行っていた多数の原子炉トリップによるチャンネルトリップ信号で、多数の原子炉トリップによるチャンネルトリップ信号といいますのは、先ほど見ていただきました補足資料1-1ページ目でございますけれども、その現状のところには、2/3というところが一つしか書いてございませぬけれども、ここの原子炉トリップ信号というものは、実際には補足資料の8-1を見ていただきたいんですけども、ここにあるような補足資料の8-1の左にあるような中性子源領域、中性子束高から地震加速度高まで、こういった20前後の信号の2/3もしくは2/4のロジックを、この原子炉安全保護盤のトレンA、トレンBのこのロジックの中で組んでいる。すなわち、ここのところでロジック回路、それから現状ではハードのケーブル、それからリレーとか、いろんなものが多数混在しているというものでございます。

こういった多数の原子炉トリップに関わるチャンネルトリップ信号を、2/3等の論理演算を原子炉保護系の計器ラックで行う設計というふうに、今回はしております。

これによりまして、従来は、原子炉トリップに関わるチャンネルの信号を1点ずつ原子炉保護系の計器ラックから原子炉保護系の保護盤に送っていったわけですがけれども、先ほど言いました20点前後のトリップ信号ですがけれども、今回の改造で2/3回路の論理演算後のトリップ信号のみ取り合いとなるため、信号の入出力に必要なリレー及び信号取り合いのためのケーブルの削減が図られ、簡素な構成となっている。

これは何を言っているかというところ、原子炉安全保護盤の現状のところというのは、先ほども言いました20ぐらいのアナログのリレーカードで構成されるものが存在している。これは、もう既に計器ラックがデジタル化されていますので、20近くのトリップ信号関係は、デジタル化することによって左側の変更後の計器ラックのほうで構築する。そうすると、各計器ラックから出力されるのは、原子炉トリップ信号の1点のみを出力して、それを、1チャンネル、2チャンネル、3チャンネルを、それぞれ2/4で構成して、実際の原子炉トリップを発生させる信号として使用いたします。

さらに原子炉トリップ要素の各論理演算を全て原子炉保護系計器ラックで行うとしたことで、原子炉安全保護盤では4チャンネルの原子炉保護系計器ラックからのトリップ信号を集約して、2トレンの原子炉トリップしゃ断器に原子炉トリップ信号を発信するのみの簡単な回路、先ほどから言っておりますけれども、この回路がアナログリレーで構築することにより、部品の低減が図られるというふうになってございます。

以上でございます。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

そうしますと、今の御説明のように、8ページの概要図の、現状の安全保護盤のところ、複雑に組んでいた処理、回路のところを、簡素化できることによって、信頼性についても向上するというような、そういうことだと理解してよろしいでしょうか。

○九州電力（山本） 九州電力、山本でございます。

これは先ほど説明しましたように、原子炉保護系計器ラックをデジタル、それから原子炉安全保護盤をアナログとすることによって、先ほど言いましたアンアベイラビリティとか誤動作率というのは同等以上の値になるということでございます。

以上です。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。わかりました。

もう1点、8ページの概要図、変更後のところですがけれども、計器ラックと保護盤のところ、簡単な接続にできるようなという御説明がありましたけれども、それは先ほどの補足

の1-1で、変更後のところで書かれているような、こういった結線が実際のイメージになるということと理解してよろしいでしょうか。

○九州電力（山本） 九州電力、山本でございます。

御質問のように、実際の回路についてもこういった形になります。

先ほど説明いたしましたけれども、この図の中の2/4と書いているところが、補足資料の3-4ページが実際の回路に近い形になります。

3-4ページに示しますように、原子炉保護系計器ラック出力と書いていますが、これが計器ラックの1チャンネル、2チャンネル、3チャンネルの原子炉トリップの信号でございます。それぞれのリレー①～④が、これが右のほうのところで2/4を形成して、それでRTという、マスターリレーと我々は呼んでいますけれども、これが動作することによって原子炉トリップしゃ断器のほうを動作させるというところに信号が発信されます。実際の回路構成はそういった形になります。

以上でございます。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。わかりました。

続いて、今までの話を総合しますと、なるべく回路が簡素化できるということ、それから工学的安全施設作動回路が保護盤と別にあったシーケンス盤ですとか、そういったものも集約できる。それから信頼性も従前と同等以上の信頼性を確保できるということ、そういったことから、今回の計器ラックと保護盤にどういう処理を任せるかという構成になったということと理解いたしました。

続いて10ページ、11ページをお願いします。

11ページの表のほうで信号数変更の選定方針の欄のところ、ケース3となっている部分、ここは1次冷却材流量喪失に係る信号の部分ですけれども、そのうちの1次冷却材流量低については今回4チャンネル化される。それ以外のしゃ断器、電圧低、周波数低については、10ページのほうの説明では設備構成上4チャンネル化の対象としていない信号ということで、ここの設備構成で何か制約を受けることによって、ここが4チャンネル化する必要がない、しなくてもいいという、そういう理由について説明をお願いします。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございます。

補足説明資料の8-4でございますが、先ほど言いましたように1次冷却材流量低というのは、各グループごとに流量を見るものでございまして、それは4チャンネル化をすべきものと。それ以外の1次冷却材ポンプしゃ断器、こういうものは今回の川内としては3台ござい



ますので、3台についてもロジックを考えてございますということで、3台中何台入ったかということで考えてございますので、これはもう4チャンネル化は必要ない、3台ということを考えてございます。

それと、あと1次冷却材ポンプの電源電圧、電圧周波数は御存じのとおり三層でございますので、RST、UVWの信号を見るものでございますので、これにつきましては3、三層のものの信号を確認して、その状況でトリップするという信号になりますので、4チャンネル化は実施しないで考えてございます。

以上でございます。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

今のしゃ断器と電圧低、周波数低については今の説明で理解しました。それで流量低については、3ループで各ループをそれぞれ見るということで、各ループで4チャンネル化することなのか、それとも3ループに対して何かしらうまいこと4チャンネル化できるということなの、どういうことなのでしょう、そこをもう一度説明をお願いします。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方でございます。

こちらにつきましては、1次冷却材流量低の検出器につきましては、新たに各ループに1台ずつ追加設置しまして、4チャンネル化の構成をすることとしております。

以上です。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

今の御説明は、各ループに今まで3チャンネルずつあって、それを4チャンネルずつにするという、そういうことでよろしいでしょうか。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方です。

そのとおりでございます。

○鈴木主任審査官 規制庁、鈴木です。

了解しました。

○山中委員 そのほか、質問はございますか。

○山形対策監 規制庁、山形ですけど。

こういう説明資料だと、かえって私は信頼性がなくなるなというのが、故障率、アンアベイラビリティだとか、誤作動率の計算のところは、いろいろ、こう計算しましたというように書いてあるんですけど、WASH-1400とか引かれると、何でそんなの引いているのと、そもそもの信頼性がなくなってしまうような気がします。

結局、WASH-1400はトリップしゃ断器のところにしか使っていないので独立の値なんで、1だろうが $10^{-6}$ であろうがどっちでもいいんですけど、結果は変わらないのでいいんですけど、こういう値を使うのはおやめになったほうがいいんじゃないのかなと。

40年前に工学者が集まって、 $10^{-6}$ ですか、 $10^{-7}$ ですかと手を挙げて決めたような数字なんで、あまり使わないほうがいいと思いますというのと。

それと、「2 out of 4」にしたら誤動作率が下るというのは、それは理屈としてわかるんですけども、アンアベイラビリティが微減といったら変なんですけれども、微減ということ、ここにきっちり式が載っていたらフォローできたんですけど、書いていないのであれなんですけど、普通トラック数が増えるとアンアベイラビリティは上がるのと、結局、少し微減だということ、定性的にもう一度説明してもらえますか。

質問の趣旨があれだったら、トラック数が増える、普通は2/3が2/4になると、誤動作率が減るというのは、それは直感というか素直に普通に理解できます。でも、アンアベイラビリティは、普通は増えるはずなので、そのところを微減に抑え込んだというのはどういう工夫をされているのか。

さっきここに、自己診断だとか、いろいろ書いてはありますけれども、式があればそれですっとわかるんですけど、書いていないので、定性的で結構なので今説明していただいて、式は後で出してもらえればそれでいいです。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方でございます。

補足説明資料の7-5ページをお願いします。

こちらに記載してございますとおり、アンアベイラビリティにつきましても、デジタル制御措置をそれぞれ構成する要素ごとの信頼度を加算しておりますので、そのような評価となっております。

○山形対策監 それだけ言われるんだったら、ちゃんと式を書いてくださいねということなんですけど。

私の質問はもっと単純なので、「教科書的に」というと怒られるかもしれませんが、2/3が2/4になれば誤動作率は下る、それは当然ですと。アンアベイラビリティは上がるというのが普通です。ただし、ここは微減に抑えられたというのは、どういう工夫をされたんですかという、そういう質問なんですけど。

○九州電力（山本） 九州電力、山本でございます。

補足7-5ページの一つ手前の7-4ページに、デジタル化による信頼性の向上についての考

察というのを記載してございまして、ここは機密に係る事項ですので、ここでは詳しいことは申し上げられませんが、ここに記載のあるような設計上の二つの考慮をやる中で、数値的に、アンアベイラビリティが結果的に微減になったというところでございます。

以上でございます。

○山形対策監 何となく了解しました。全然機密事項には思えないんですけども、こういうことをされているということでは。でも、これは機密事項なのかな、わからないですが。

わかりました。じゃあ、ここを読んだとおりの内容だということですね。

○山田部長 規制庁の山田です。

私自身がわかっていないからの質問なのかもしれないんですけども、8ページ目のところの変更後の姿で原子炉保護系計器ラックと原子炉保護盤と、この二つのところに「2 out of 4」があるんですけども、私が見た限り、これは「2 out of 4」を2回やっているように見えるんですけど、2回やるということは1回でもやれるやつを2回やっているように、どうしても見えてしまって、そうすると重ねないほうが故障率は低いんじゃないのと、どうしても思ってしまうんですけども。これは、そういう理解は間違っているんでしょうか。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方でございます。

補足資料の4-1ページをお願いします。

こちらに、この2/4回路の役割というものを記載してございまして、まず、8ページの図の上に記載しております原子炉保護系計器ラックの2/4の回路でございますが、こちらにつきましては、第1図にも記載しておりますが、赤丸の部分、こちら4チャンネルのうち2チャンネル以上が作動設定値に達した場合に、保護盤に向けて作動信号を発信する機能を有しております。

下の第2図に記載しておりますとおり、この2/4回路がない場合なんですけども、下の図の右の図にありますけども、ない場合につきましては、原子炉保護系計器ラックの入力になります検出器が1チャンネル故障したのみで、原子炉安全保護盤のほうに誤信号を発信してしまいます。

まず、原子炉保護系計器ラックの2/4回路につきましては、そのような役割も兼ねております。

次のページでございますが、補足4-2ページでございますが、こちらにつきましては下のほうの原子炉安全保護盤の2/4回路の役割について御説明しておりまして、保護盤の2/4回路は、計器ラックの1～4チャンネルの信号を集約して、第3図の下にあります原子炉トリップしゃ断器、こちら2系統の原子炉トリップしゃ断器になりますけども、こちらに信号を発信するために、こちらで2/4回路を構築しまして、集約の機能を持っております。

こちらの2/4回路がない場合でございますが、第4図にありますとおり、右のほうを見ていただければ、2/4回路がない場合につきましては、四つのうちの計器ラックの1チャンネルに故障が発生しただけで原子炉は誤トリップをしてしまいますというようなところで、それぞれ計器ラックにつきましても保護盤につきましても、このような役割の2/4回路になってございます。

以上です。

○山田部長 わかりましたが、そうすると、要するに、二つ「2 out of 4」を入れることによる故障率の増加と、今おっしゃられたようなことでの信頼度の向上との綱引きをした結果、この計算されている数字になりますと、そういう意味でしょうか。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございます。

そのとおりでございまして、今回の設備を更新するに当たって、どこにロジックを入れるかということと部品点数、先ほど言いましたようにその信号が出たときの信頼と、そういうものをいろいろ検討した結果として、このような構成の形になったということでございます。

○山田部長 とすると、それぞれの「2 out of 4」の阻止と、それからO.R.の阻止の信頼度をどう設定するかによって、バランスがどうなるかわからないわけですね。

今回評価されているものについては、それは結果として上がっているからいいでしょうと、そういうことですね。

○山中委員 そのようなあれでよろしいのですか。

○九州電力（秋吉） すみません。そのとおりでございます。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。

念のため、私の理解がまだ不十分なので確認なんですけど、アナログリレー回路をこのプラントに入れた理由を、もう一度確認をさせていただきます。

もう一度、御説明をお願いできますでしょうか。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方でございます。

アナログリレー回路を今回適用している理由でございますが、アナログリレー回路を今回採用している理由としましては、これまで、従来、原子炉安全保護盤で担っておりました論理演算機能というのを、原子炉保護系の計器ラックのほうに2/3回路等に移設して、ソフトウェアで実現することとなります。

それによりまして、原子炉安全保護盤のほうの機能といたしましては、先ほど御説明しましたとおり、原子炉保護系計器ラック4系統の信号を集約して、原子炉トリップしゃ断器に出力するという、簡素な回路となりましたので、デジタルの制御装置を適用するよりもシンプルな構成になるということで、アナログのリレー回路を採用してございます。

以上です。

○山中委員 時間の話が出てこなかったんですが。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございます。

補足させていただきますと、先ほどもお話ししましたように、まずデジタルのロジックをどこに持ってくるかというのを、計器ラックに持ってきました。そのときのCPUの時間速度を考えました。

そのときに、先ほど御説明しましたようにトリップしゃ断器への信号を出すんですが、そこへの信頼性を考えるときに、そこについても確実に誤動作しないようなロジックが一つ必要になります。

そこを考えたときに、デジタルで実現するのか、アナログで実現するのかというときに、これは先ほどの補足説明資料にございましたように、リレーが五つでロジックを組んだ、要は最後の集約も信号で、それで、接点でトリップしゃ断器を動作するようなものでございますので、そこは時間が短く済む。

それと対比的にデジタルモードですと、どうしても演算処理というのがございますので、その時間を検討しなければいけないと考えたときに、そういう意味では応答時間という意味では満足しない部分があったので、ここはアナログで採用して集約して、必要ということになりましたということです。

以上でございます。

○山中委員 ということは、まずは、その処理時間というのが要因としてあって、アナログリレーを採用された。後にというか、信頼性も考えた上で、そういうのは好ましいんですよという、そういう結論ですか。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございます。

まずは確かにCPUの速度でございますが、全体的に考えたときに、どういう回路、部品点数も見まして、その中で、おっしゃられたとおりで、アナログを採用したということで、確かにCPUの時間ということも考慮しながらやってございます。

○山中委員 もう1点教えていただきたいのは、PWRで他プラントもあろうかと思うんですが、これは御存じならば教えていただきたいんですけど、その申請が独特のものなのか、よくこういうアナログのリレー回路というのがデジタル化の中で放り込まれるというのはあり得る話なのか、独特のものなのか、教えていただければ。

○九州電力（山本） 九州電力、山本でございます。

当社の川内1・2号機のような既設プラント、4チャンネルで、それから2トレン、2系統のプラントの改造工事については、他社についても同じようなアナログを一部採用した更新になってございます。

以上でございます。

○山中委員 ありがとうございます。

ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。

それでは議題(1)をこれで終了したいと思います。ここで休息に入りたいと思います。再開は1時半といたします。

(休憩 九州電力退室、関西電力入室)

○山中委員 再開いたします。

次の議題は(2)関西電力株式会社高浜発電所第3・4号機の工事計画の審査についてです。それでは、資料について説明を始めてください。

○関西電力（濱野） 関西電力の濱野でございます。本日はよろしくお願ひいたします。

お手元に資料2-1と資料2-2の2種類の資料をお配りさせていただいております。

本日はまず資料2-1を用いまして、高浜発電所3・4号機共用の緊急時対策所の撤去に関する工事計画認可申請及び新緊急時対策所設置に関する原子炉施設保安規定変更認可申請の概要について、御説明させていただきます。

その後、資料2-2を用いまして、本年7月に発生いたしました新緊急時対策所周辺斜面の表面の亀裂事象に関する検討結果について御説明させていただきます。

それではまず資料2-1を御覧ください。

1枚めくっていただきまして、右肩1ページを御覧ください。

ここでは、まず高浜発電所における緊急時対策所の状況について御説明させていただきます。

ます。

高浜発電所の緊急時対策所につきましては、現在、下の図の右側に示しておりますとおり、1・2号機の原子炉補助建屋内に設置しております。以降「旧緊急時対策所」と称しますが、今後下の図の左上に示しますとおり、緊急時対策所建屋内の緊急時対策所、以降「新緊急時対策所」と称しますが、機能をその新緊急時対策所に移行をする計画としております。

新緊急時対策所の設置につきましては、設置変更許可及び工事計画認可を、それぞれ平成28年4月と6月に取得済みでございます。平成30年6月に保安規定を申請してございます。また旧緊急時対策所につきましては、緊急時対策所の機能移行後に撤去する計画ですが、これにつきましては設置変更許可を平成29年6月に取得済みでありまして、平成30年6月に工事計画認可申請を実施してございます。

それではもう1枚めくっていただきまして、右肩2ページを御覧ください。

ここでは旧緊急時対策所撤去工事計画認可申請の概要について御説明させていただきます。新緊急時対策所設置及び運用開始に伴いまして、機能要求のなくなる旧緊急時対策所の機能に関連する設備等を撤去いたします。

撤去する設備につきましては下の表に示しておりますとおり、設置変更許可と同じ設備であり、原子炉等規制法に基づく工事計画認可申請を実施しております。撤去工事に関しましては、新緊急時対策所設置及び運用開始後に実施し、新緊急時対策所の機能に影響を及ぼすことのない工事計画としております。

続きまして、最後、3ページを御覧ください。

ここでは新緊急時対策所保安規定変更認可申請の概要について御説明させていただきます。

緊急時対策所の機能の移行に伴いまして、保安規定に記載しております設備の容量、数量及び運用等に変更が生じるため、原子炉等規制法に基づき関連する保安規定条文の変更を行います。設備、運用につきましては、設置変更許可、工事計画認可に基づいた内容としております。

新緊急時対策所は、1～4号機の共用であるため、収容人員の増加に伴い、旧緊急時対策所3、4号機共用と比較しまして容積が増加しておりますので、関連設備であります電源車、空気浄化ファン、フィルタユニット及び空気供給装置の容量、LC0台数等を変更いたします。また、新緊急時対策所では不要となりますインターフォンを削除いたします。

主な変更条文を以下のように示しておりますので、御確認願います。

これで資料2-1の説明を終わらせていただきます。

続きまして資料2-2につきましては、説明者を交代させていただきます。

○関西電力（岩森） 関西電力の岩森です。

それでは資料2-2を使いまして、高浜発電所新緊急時対策所周辺斜面表面で発生した亀裂事象に関する検討結果について、御説明させていただきます。

1ページ目でございます。

目次でございますが、こちらにお示ししています1番～7番の項目につきまして、本日御説明させていただきます。

では、2ページ目から、亀裂事象の発生状況について御説明させていただきます。

まず、7月7日に約110mmの降雨がございまして、7月9日、斜面凸部のモルタル吹付けの一部に亀裂を発見いたしました。それから、翌日7月10日、斜面凸部のモルタル吹付けの一部における亀裂を近傍で確認しました。その亀裂の平面図は左下、写真は右のとおりでございます。

次に、3ページでございますが、調査内容でございます。

今回、斜面凸部のモルタル吹付けの一部に亀裂が発生したことを受けまして、そのモルタル吹付け背面の岩盤の状況を確認するために、図中に示しております青く塗り潰したところが試掘調査を行ったところ、それから、ボーリングはNo. 1、2、3。3カ所、それから緑で囲ったところ、剥ぎ取り調査4カ所の調査を実施いたしました。

その結果につきまして4ページから御説明させていただきます。

まず試掘調査の結果でございます。

試掘調査の結果、亀裂が認められたモルタル吹付けの背後の岩盤には変状部が認められました。変状部はこの写真の、5枚載せてございます白破線が変状部としてございます。その変状部を境に谷側へ張り出しが認められました。その張り出しが認められているところを写真では「変状範囲」とお示ししてございます。

今回発生した斜面の変状範囲は、平面方向についてはモルタル吹付けに発生した亀裂の範囲内であること。奥行き方向については約2mであることから、斜面の表面に限定されることを確認いたしました。

次に5ページでございます。

ボーリング調査の結果でございます。



斜面凸部付近では斜めボーリングでNo.1のボーリングを掘りました。その結果、この5ページにお示ししているコア写真の赤の四角で囲ったところ、深度が2.3mと2.7m付近でございしますが、そこに変状部に相当するコアの乱れが認められました。

したがいまして、試掘調査の結果と同様に、斜面の表面に限定されることを確認しました。なお、ボーリング調査を行っているときの掘削時でございしますが、地下水位は認められませんでした。

右下に書いてございしますが、No.1以外にNo.2、No.3も実施してございします。

No.2は鉛直ボーリング45m、No.3は鉛直で65m掘りましたが、No.1で認められたような変状部と同様のコアの乱れは認められませんでした。

なお、ボーリング掘削時の孔内水位は斜面下端レベル、標高でいいますと25m、この5ページの左側に平面図を描いてございしますが、斜面の下端の平坦面が、これが標高25mでございします。これよりも低いことを確認してございします。

コア写真は、後ろに、No.1～No.3のコア写真を34ページ～39ページにおつけしてありますので、また御覧いただければと思います。

次に、6ページでございしますが、変状部のところにつきましてCT画像観察を行いました。その結果、深度2.3m、2.7m付近にコアの乱れは認められましたが、明瞭なすべり面は認められませんでした。

次に7ページでございします。

剥ぎ取り調査の結果でございしますが、モルタル吹付けの亀裂が発生していない斜面において、剥ぎ取り調査を行いました。その結果、モルタル吹付けと岩盤は密着するとともに、岩盤表面に割れ目（浮き）や乱れは認められませんでした。

8ページでございしますが、これらの調査を行った結果、今回の変状範囲は、平面方向についてはモルタル吹付けの亀裂発生箇所の範囲内、奥行き方向については約2～3mであり、斜面凸部付近のD級岩盤表面に限定されることを確認いたしました。

こういった調査結果をもとに、変状発生メカニズムの推定を行うために、下に書いてございします4項目、今回の亀裂事象発生前における斜面凸部の状況、掘削による応力解放の影響、変状範囲の岩盤強度特性、表面浸透水及び地下水の影響の観点から検討を行いました。

9ページから、まず一つ目の、今回の亀裂事象発生前における斜面凸部の状況について御説明させていただきます。

斜面凸部のモルタル吹付けの一部におきまして、今回の降雨による亀裂事象が発生する前から、点検において進展性のあるクラックを確認してございました。その進展性のあるクラックを確認したところが左の平面図で2カ所、緑のラインで図示してございます。それぞれの写真を右におつけしております。平成29年2月時点、それから30年3月時点で幅が広がっているという状況でございました。

10ページでございます。

次に掘削による応力解放の影響について検討を行いました。

掘削深さは今回変状が発生した斜面凸部において最も大きい状況でございます。その平面図それから断面図をおつけしてございますが、今回の変状発生したところは一番左下のA-A'断面のところでございます。ほかのB-B'断面に比べましても応力解放の影響が大きいということが御覧いただけるかと思えます。

こういった応力解放の影響を受けまして、岩盤の潜在的なひび割れが広がり、その動きに付随して斜面のモルタル吹付けにクラックが発生したと考えてございます。

11ページでございます。

次に、掘削解析の観点で検討を行いました。

掘削による応力解放については、地盤の自重解析において評価をしてございます。今回変状が発生したA-A'断面についての自重解析の結果を11ページにおつけしてございますけれども、この小段、1段目から2段目付近のD級岩盤表面に引張応力が発生した要素、図中で赤くなっている部分でございますが、そういう要素が点在してございまして、これらが岩盤の微細なひび割れを広げたと考えてございます。

なお、斜面下端にCL級もございすけども、そこでは変状が認められていないということで、今回のD級岩盤表面に限定して発生した今回の変状とは関連がないというふうに考えてございます。

12ページでございます。

施工による影響について検討を行いました。

この斜面については、掘削工事中に途中で想定よりも崖錘堆積物が厚く分布していることが確認されました。それは左側の図でございすが、青丸で囲った部分に崖錘が厚く堆積していることを確認しました。斜面安定性向上のために、それらを除去して切取形状を変更しました。切取形状変更後の掘削でございすけども、変更前の掘削が8割程度進捗した段階で、変更の掘削に着手を行いました。

今回の変状が発生した斜面凸部の部分でございますが、ちょうど変更が発生したところの境界に位置していることが御覧いただけるかと思えます。

したがって、切取形状の変更に伴う掘削工事の影響により、応力解放による岩盤の微細なひび割れを、さらに広げた可能性はあると考えてございます。

次に13ページでございますが、変状範囲の岩盤強度特性について検討いたしました。

変状範囲のD級の岩盤の中から試料を採取しまして、圧密排水による三軸試験を実施しましたところ、今回変状2～3m程度でございます。その応力状態というのは、右下の図の赤いラインで引っ張っている鉛直応力に相当する部分でございますが、その部分というのは、今回の追加試験が実線であるのに対し、設置許可での強度、D級岩盤の強度と同等であるということを確認いたしました。

したがって、今回の変状は低強度の岩盤によるものではなくて、変状部に認められた割れ目（浮き）、乱れによるものと考えてございます。

14ページでございます。

これまでの降雨状況と地下水位の状況について御説明いたします。

まず降雨状況でございますが、モルタル吹付けを実施以降、亀裂事象発生までには、ある程度の強度のある降雨が複数回あったことが御覧いただけるかと思えます。

また地下水位のほうでございますけども、No.2孔、No.3孔におきましては、大体標高が22m付近で地下水位が一定となりまして、その部分が、この斜面の裏側にトンネルがあるんですが、大体その位置関係と整合してございました。その斜面の下端レベルは標高25mですので、それよりも低いという状況でございます。

したがって今回の変状は、斜面表面からの雨水によるものと考えられます。なお斜面表面からの降雨の遮水機能は、モルタル吹付けには期待できないこと。また今回の豪雨時にはほかの斜面において同様の変状が発生していないことから、斜面表面から浸透した雨水が、今回発生した亀裂事象の直接的な要因とは考えにくいと考えてございます。

15ページでございます。

以上の検討結果をもとに、変状発生メカニズムを推定いたしました。

まず、事象1でございます。掘削前でございますが、黒のラインで示したこのラインにあわせて、上部より掘削を実施してまいりました。

次に事象2でございます。斜面掘削後でございますが、斜面凸部は掘削による応力解放が最も大きく、斜面凸部前面へ緩む力が働きます。また切取形状変更に伴う掘削工事の影響

響も受けまして、岩盤の潜在的な、微細なひび割れが広がったと考えております。それから複数回の降雨があって、岩盤のひび割れが進展し、最後に今回の豪雨時でD級岩盤表面において変状が発生したと考えております。

以上の要因分析から、掘削による応力解放が最も大きく、掘削工事の影響を受けた斜面凸部において、岩盤の微細なひび割れが広がり、雨水が浸透して斜面表面の変状が発生したと考えております。

16ページからは安定性評価の結果について御説明いたします。

まず既許可の内容でございますが、16ページにお示ししておりますように、j-j´断面というところで斜面、高さ、それから斜面の勾配、すべりの生じる方向を考慮して、この検討断面で安定性評価を行っております。

17ページが安定性評価の結果でございますが、D級岩盤面のすべり、CL級、CM級岩盤内のすべり、それぞれについて検討した結果、いずれもSsに対しまして評価基準値1.2を上回り、すべりに対して十分な安定性を有していることを確認してございます。

18ページからは今回変状が発生した斜面凸部のところにつきましての安定性評価結果でございます。

この18ページにおつけしております断面図は、今回のボーリングのデータをもとに、その変状が発生する前の地質断面図を作成して、すべり安全率を算定しました。

その結果が19ページでございます。

各岩級ごとのすべりでございますけれども、いずれも1.2を上回るということ。それから最も安全率が小さい、D級岩盤内のすべりに関しましては、もともとの既許可のj-j´断面と同程度の安全率を有してございまして、評価断面の選定に問題はないと考えてございます。

20ページからは、変状が発生した現状の状況を再現する検討を行ってございます。

その断面につきまして、この20ページにおつけしてございます。このA断面というところを対象に行っております。なお、代表性につきましては22ページで御説明をいたします。

まず一つ目でございますが、斜面の形状は、この拡大の図にございますモルタル吹付け、赤のラインでございますが、この外観形状をもとに斜面形状を変更して作成してございます。

次にこの物性でございますけれども、保守的にD級岩盤のせん断強度を一律に残留強度として設定してございます。

21ページでございます。

変状部をさらに模擬するために、最初の先ほどの①に加えまして、形状変更に加えまして、ここに示す条件をもとにモデル化をしております。まず変状部でございますが、ボーリング調査結果に基づいて深いすべりと浅いすべり、2条仮定しました。

それから、すべり面については簡便法にて最小すべり面を仮定して、幅30cmのジョイント要素をモデル化しました。

それから各物性値でございますが、下表に示しているとおおり、赤の囲ったところでございますが、それぞれ保守的になるように赤の部分を採用して検討しております。

22ページでございます。

今回の検討は、この左から2番目のA-A'断面でございますけれども、そのほかにもa-a'からc-c'の断面も作成し、それぞれの断面において変状範囲内で、最小すべり安全率となるすべり線を簡便法で算定しました。

その結果、このA-A'断面の安全率が一番低いということで、この断面が変状発生後の検討する上での代表断面ということで設定いたしました。

23ページが、その安定性評価の結果でございます。

二つのすべりのうちの深いほうのすべりが3番でございますが、浅いほうは4番でございます。いずれも評価基準値1.2を上回ります。

したがって、今回の変状は斜面表面に限定されるとともに、現状においても地震時におけるすべりに対しては1.2を上回り、十分な安定性を有していることを確認いたしました。

24ページが検討結果のまとめでございます。

調査結果では、今回の変状範囲は平面方向については亀裂発生箇所の範囲内、奥行き方向については約2～3mであり、斜面凸部付近のD級岩盤表面に限定されることを確認しました。

変状の発生要因でございますが、掘削による応力解放が最も大きく、掘削工事の影響を受けた斜面凸部において、岩盤の微細なひび割れが広がり、雨水が浸透して変状が発生したと考えております。

評価断面の選定の妥当性につきましては、変状発生前のすべり安全率が1.2を上回ることで、それから、既許可の評価対象断面と同程度の安全率を有しているということで、評価断面の選定には問題がなかったというふうに考えております。

変状後のすべり安定性につきましても、地震時に対して1.2を上回るということを確認してございます。

以上より、今後の場合としましては、掘削による応力解放の大きい箇所、掘削工事中に切取形状の大幅な変更が生じる場合には、岩盤の緩みの拡大に留意して慎重に施工方法を検討したいと考えてございます。

なお、今後ですが、念のため掘削による応力解放の影響で微細なひび割れが広がった斜面凸部に対し、変状発生前と同程度の安全率を確保する上での必要な対策を行いたいと考えております。

25ページからは、復旧対策について検討したものでございます。

目的は今申し上げましたとおりでございますので、方針について御説明させていただきます。

まず、応力解放の影響を受けた変状箇所の岩塊を撤去いたします。切取範囲は施工性・安全性を考慮するとともに、対策範囲外の斜面との連続性も勘案いたしまして、切取勾配を、1:0.8を基本とし、下図に示す範囲といたします。赤色で平面図、それから断面図に記載したとおりの斜面形状に変更したいと考えております。

切取形状は、地震力に対して復旧前後で同程度のすべり安全率を確保する形状とするということを基本方針としたいと思っております。

26ページでございます。

この25ページのような斜面の形状に変更した場合について、右側におつけしてございませけれども、各岩級ごとの安全率につきましては、それぞれ1.2以上を上回るとともに、既許可、左側の安全率と同程度になるということを確認してございます。

それから、27ページは、この変状が発生したA-A'断面のところでございますが、このA-A'断面におきましても切取形状変更後右側におつけしてございませけれども、評価基準値1.2を上回るということを確認し、すべりに対して十分な安定性を有していることを確認いたしました。

28ページでございます。

斜面形状変更に関する経緯と今後の対応について、御説明させていただきます。

まず、今回の斜面形状の変更の概要でございますけれども、掘削による応力解放が最も大きく、掘削工事の影響を受けた斜面凸部において、岩盤の微細のひび割れが広がり、雨水が浸透して斜面に表面の変状が発生いたしました。要因は、掘削工事中に切取形状の大

幅な変更が生じたことによる施工の影響と考えてございます。

斜面の安定性評価の結果では、変状箇所の岩塊を撤去した斜面形状について、地震時に安定性を確保できます。また、変状発生前の斜面凸部（A-A'断面）のすべり安全率は、既許可の断面（j-j'）のすべり安全率と同程度であり、評価断面の選定には問題ございません。なお、変状発生後の今の斜面においても変状を模擬した安定性評価の結果、地震時に安定性を確保できることを確認いたしました。

今後の対応でございますけれども、斜面形状変更の要因は、掘削工事中に切取形状の大幅な変更が生じたことによる施工の影響であると考えております。形状変更後の斜面については、地震時に安定性を確保できるとともに、安定性を確保するための敷地内土木構造物の設置は不要でございます。

以上より、今回発生した斜面形状変更は、工事期間中に発生した事象であり、設置許可申請書及び工事計画認可申請書の変更手続は必要がないと考えてございます。

今後は工事中に大幅な斜面形状変更が発生した場合には、施工業者に加えて地質の専門家による斜面表面状況を逐次観察するなど、品質管理に万全を期したいと考えてございます。

29ページ以降、参考資料で33ページまでは既許可の解析用物性値、34ページ～39ページはボーリングコア写真をおつけしてございます。

説明は以上でございます。

○山中委員 質疑に移ります。質問、コメントございますか。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

それでは、まず一つ目の確認をさせていただきます。

資料2-2を用いた説明ですが、旧緊対の撤去の前提となる新緊対の工事中に、背後斜面に亀裂が確認されたことから、その原因と現状のすべり安全率を確認し、対策工事の要否、それから、許認可の関係について整理したものと捉えております。

そのような認識のもとで説明内容を振り返ってみますと、まず資料2-2の9ページ目のところでは、平成29年2月に斜面にクラックが生じていることが確認されていたが、社内のルールにのっとり、次回の点検時である平成30年3月まで放置した結果、再び確認したところ亀裂が広がっていた。

これに加えて14ページによりますと、平成29年2月から平成30年3月の間には、1日当たり100mm以上の比較的激しい降雨が6回程度あり、斜面表面からの雨水の浸透によって、15

ページに示されているような亀裂が進展しているということですから、これらの経緯を踏まえますと、今回の亀裂の進展の原因は、説明にありましたような掘削工事の施工の影響のみならず、亀裂は認識していたものの大量の降雨があったにも関わらず、通常の点検期間が来るまで放置したこと、そこにも原因があると考えますが、そちらのお考えはどのようなものでしょうか。

○関西電力（重光） 関西電力の重光でございます。私のほうから今の御指摘に対して御回答させていただきます。

今回、変状を起こした斜面でございますけれども、今回の変状を起こしたところのクラックにつきましては、進展性があるクラックでございました。ほかのところでもクラックというのはございまして、モルタル吹付けでございましたので、乾燥収縮によるクラックが発生してございます。

当初はこちらのクラックにつきましては、開いているということは確認をしていたところでございますけれども、その裏側の岩盤がどうなっているかというか、実際のところあまりよく把握できていなかったというところでございます。結局先ほどもございますけれども、こうした工事中に、今回、切取形状の大幅な変更を生じたこと、こういったことが我々としては施工の影響ということで考えてございまして、雨というのは直接的な原因ではないと、進展性のあるクラックが開いていたというところから水が入ったということにつきましても、それが一番の重要な要因であるというふうに考えてございます。

特段、維持管理につきましては問題なかったというふうに考えてございまして、繰り返しになりますけれども、施工の影響が一番だということ考えているところでございます。以上です。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

今の御説明にあった施工の影響が主因であるという話になりますと、掘削により地形に変状をもたらしたこと、それが原因であったということになると捉えます。

その場合は、工事によって認可の前提条件である地形の健全性を損なったというふうにもとれるんですが、そこについてはいかががお考えですか。

○関西電力（重光） 関西電力、重光でございます。

こちらは現在も工事中でございまして、工事中に起こった斜面の変状につきまして、今回、変状発生前、変状発生後につきましても、もちろん安全率は1.2を確保できているというところでございまして、すべりに対しては安全率はある。だから健全という点でいき



ますと、健全であるというふうに考えているところでございます。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

現状の評価では確かに1.2を上回っているということは示されているんですが、この評価は今後将来にわたって確定的に担保されるものなんでしょうか。

○関西電力（重光） 現在のところ、今は1.2は確保できているというところでございまして、今御指摘のありましたとおり、将来にわたって、未来永劫この状況が確保できるという確証は、今のところ我々は持ってございません。

ただ、今の現状は1.2を確保できているというところしか申し上げられないところでございます。ただ、先ほど申し上げましたけども、念のため、この変状を起こしたところを撤去して、切取形状を変更し直して、さらなる安全裕度を向上させるという観点から、対策をしたいというふうに考えているところでございます。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

そうしますと、我々が認可の要件、認可の要求として求めている斜面が安定していることに対しては、はっきり申し上げますと、確認がとれていないということになるんでしょうか。

○関西電力（岩森） 関西電力の岩森です。

現在の状況を模擬した変状発生後の安定性評価というものは、模擬した結果の条件、検討結果をおつけしてございますけれども、その解析を行う上でも物性値を保守的に設定した結果でももつという状況で御説明しているものでございますので、我々としては今、許可条件となるところに抵触をするものではないというふうに考えております。

○中房上席審査官 規制庁の中房です。

言い方を変えますと、まず許認可において地すべりの評価の厳しい断面において、必要な安全率1.2をカバーして、その結果が成立性を示されている。

その工事の認可においては、許可を受けた周辺斜面の崩壊の影響のない場所に設置するという方針で来ていますけど、現在の状況、いわゆる弱部を掘削するというお話になりますと、崩壊の影響がないことについては、これまでの書類の手続上は説明できていないんじゃないでしょうかということなんですけど、その点についてはいかがでしょうか。

○関西電力（岩森） 関西電力の岩森です。

質問の御趣旨をもう一度確認させていただきたいんですが、書類上の手続というところで、もう一度御質問の御趣旨を教えてくださいませんか。

○中房上席審査官 中房です。

つまり、今回計画されている斜面の形状を変更するという手続を、いわゆる設置許可ではなくて工事認可のところで変更するとか、そういう最終形状の話が、このままだったらどこにも残らないのではないかという質問の趣旨でございます。

○関西電力（重光） 今、中房さんから御指摘ございました最後のものですが、本日御説明しましたとおり、最終的な変状部の切り取った形状での斜面崩壊に対する安全率は1.2を確保しているということで、基本設計方針そのものの変更はないということでございます。

したがって、工事認可の変更には当たらないというふうに考えているところでございます。

○中房上席審査官 規制庁、中房です。

その最終形状で切った形状のやつを、工事認可上、添付資料等で出す必要があると思うんですけど、そのことについては触れられていなかったの、その書類上の処理というのはどういう形で考えられているのでしょうか。

○関西電力（重光） それにつきましては、実際のところ、この法律上手続きの仕方がどうも我々としても明確になっていないというふうに、それを考えてございまして、これは正しいかどうかわかりませんが、一つは補足資料なりヒアリング、そういう中で確認していただいたというような位置づけにならないかなというふうに考えているところでございます。

あるいは、工事計画の認可が終わっている中で、今新たに出すものがない中で、先ほどから申し上げてございますけれども、変更する理由がないというところが、我々の思っているところでございます。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

今の説明についてなんですが、今回の件に関連する情報は既許可・既認可の説明の範囲に示されていないと捉えています。その示されていない情報をもって、斜面の安定性を確認したと言われても、我々は、それは既許可・既認可のものではないというふうに考えざるを得ないと思っています。したがって既認可の前提条件は、今回の工事によって崩された、そのように考えます。

そうすると、今回のケースにおいては既認可の前提条件が崩されているので、新しく、これこれの斜面の安定性を確認した上で工事を進めますと、そういう手続があっただけ

べきではないかと考えるんですが、そこについてはいかがですか。

○関西電力（岩森） 関西電力の岩森です。

今、石井さん、中房さんからお話があった点を踏まえまして、今後どのように対応するかについては検討させていただきたいと思います。

○石井主任審査官 規制庁の石井です。

とりあえず以上です。

○山中委員 そのほかにいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

斜面の形状を変更するという、ひび割れを発見して緊急時対策所の建設のためにということ、で今回の御説明があったわけですけれども、今出ましたコメントに対応していただいて、再度御検討いただくということによろしいですか。じゃあ、よろしく願いいたします。よろしいでしょうか。

それでは、議題(2)を終了いたしたいと思います。本日予定していた議題は以上です。

今後の審査会合の予定については、12月6日、木曜日にプラント関係、非公開及び公開の会合を予定しております。

それでは第658回審査会合を閉会いたします。