

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第637回

平成30年10月9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637回 議事録

1. 日時

平成30年10月9日(火) 13:30～14:04

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
小野 祐二 安全規制管理官(実用炉審査担当)
寒川 琢実 安全規制調整官
岡本 肇 主任安全審査官
鈴木 征治郎 主任安全審査官
片野 孝幸 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

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概要について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1 川内原子力発電所第1号機及び第2号機原子炉安全保護盤取替工事に係る工事計画認可申請の概要について

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637回会合を開催します。

本日の議題は、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概要についてです。

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。

議事に入ります。

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) それでは、説明に入らせていただきます。九州電力原子力発電本部の山本でございます。よろしくお願いいたします。

資料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に係る工事計画の概要について、右下1ページをお願いします。

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、設備の信頼性、保守性向上の観点から、最新プラントの設計を踏まえ、デジタル制御装置を採用した制御盤へ取り替えることとしています。

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「2out of 3」から「2out 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います。

右下2ページ、下の図をごらんください。

下の図は、今回の原子炉安全保護盤取り替え工事の概要を示したもので、先ほど説明したデジタル制御装置を採用、作動ロジックの変更、4チャンネル化、不要負荷の早期切り離し手順の追加が今回の変更となります。

現状の原子炉保護系計器ラックは既にデジタル化されており、今回の改造で4チャンネル化、作動ロジックの追加、設定値の変更を実施いたします。

原子炉安全保護盤については、今回デジタル制御装置を採用した盤に取り替えるとともに、作動ロジックの変更を実施いたします。

なお、変更後の※原子炉安全保護盤の原子炉非常停止回路につきましては、安全解析の応答時間を満足させるため、応答速度の速いアナログ設備で構成することとしています。

次に、右下6ページをお願いいたします。

今回の工事計画認可申請に係る原子炉設置変更許可の概要を記載しております。

まず一つ目の、安全保護系のデジタル化については、原子炉保護系計器ラックが既にデジタル化されていたことから、新規制基準適合性審査において審査いただき、平成26年9月10日に許可をいただいております。

次に、全交流動力電源喪失時における不要直流負荷の早期切離しを行う手順の整備については、重大事故等に対処するための蓄電池の運用変更において審査いただき、平成30年3月7日に許可をいただいております。

右下1ページに戻りまして、中ほどでございます。

今回の原子炉安全保護盤取替工事の工事計画認可申請、平成30年8月22日の申請の内容につきましては、以下のとおりとなります。

項目の①、原子炉安全保護盤へのデジタル制御装置の採用については、変更内容として、安全保護系の制御方法の変更と、基本設計方針の変更となります。

次に②、原子炉非常停止及び工学的安全施設等の作動信号の4チャンネル化及び作動設定値の変更については、原子炉非常停止信号の変更と、工学的安全施設等の作動信号の変

更、計測装置の個数変更となります。

なお、1号機の作動設定値の変更については、平成23年6月15日に工事計画認可済であり、2号機が工事計画の対象となります。

次に③、全交流動力電源喪失時における不要直流負荷の早期切離し手順の追加については、基本設計方針に許可の内容を反映するための変更となります。

詳細については、資料2ページ、4ページ、5ページで説明してまいります。

次に、右下2ページをお願いいたします。

①原子炉安全保護盤へのデジタル制御装置の採用について、図は右下3ページの概要図となります。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へ取り替え、作動ロジック（論理演算機能）を変更するとともに、原子炉保護系計器ラックに作動ロジック（論理演算機能）を追加することから、以下の対応を行うこととしております。

1つ目として、安全保護系の制御方法の変更につきましては、要目表の安全保護系の制御方法にマイクロプロセッサを用いたデジタル制御装置を用いる設計とすることを追加いたします。

次に、基本設計方針の変更につきましては、基本設計方針の安全保護装置の不正アクセス行為等の被害の防止の安全保護系の論理演算機能として、アナログ回路に加えデジタル回路を用いる設計とすることを追加いたします。

右下3ページ、概要図をお願いいたします。

図の左側、原子炉保護系計器ラックは、既にデジタル化されており、今回作動ロジックの追加・改造を行います。現状の原子炉安全保護盤の3分の2ロジックが、変更後は4チャンネル化とあわせて、原子炉保護系計器ラック内で4分の2ロジックを構成することになります。

次に、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り替え、作業ロジックを変更します。また、変更後の原子炉安全保護盤内に4分の2ロジックがありますが、この4分の2ロジックがないと、上の原子炉保護系計器ラックの1チャンネルの故障のみで原子炉トリップすることから、単一故障による誤作動防止の観点から、この4分の2ロジックを設けております。

左上にいきます。

次に、今回のデジタル制御装置の採用による信頼性については、原子炉トリップが失敗

する確率（アンアベイラビリティ）及び原子炉が誤トリップする頻度（誤動作率）は、現状のアナログ方式と比べ、同等以上の信頼性を有しております。

次に、右下7ページをお願いいたします。デジタル制御装置の信頼性評価の概要でございます。

デジタル制御装置の信頼度として、検出器から原子炉トリップ遮断器までにおける原子炉トリップが失敗する確率（アンアベイラビリティ）及び原子炉が誤トリップする頻度（誤動作率）を評価しております。以下に、アンアベイラビリティの評価の手法としては、システムの構成要素ごとにアンアベイラビリティを評価し、故障ケースとチャンネル数を考慮した組み合わせにより評価しています。なお、アンアベイラビリティは、評価として4チャンネルより厳しくなる3チャンネル構成により評価しております。

右の図2、評価フォルトツリーでは、原子炉保護系計器ラック出力信号の例を示しており、原子炉保護系計器ラックが、原子炉トリップ信号の発信を失敗する場合の故障ケースとしては、①検出器の二重故障、②CPUの2重故障、③検出器1台故障及びCPU1台故障のいずれかが発生した場合があります。

続きまして、右下④ページをお願いいたします。

②原子炉非常停止及び工学的安全施設等の作動信号の4チャンネル化及び作動設定値の変更について。

1つ目として、原子炉非常停止及び工学的安全施設等の作動信号の変更につきましては、作動ロジックを「2out of 3」から「2out of 4」を主体とした構成に変更（4チャンネル化）し、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いたします。

次に、計測装置の個数の変更につきましては、4チャンネル化対象の計測装置の個数を変更いたします。

下の図には、4チャンネル化と計測装置の個数変更を例として示しております。

現状の○、×印が検出器を示しております。検出器からの信号ⅠからⅢの3チャンネルで構成され、下の作動ロジックで3分の2ロジックを構成しております。

変更後では、検出器等をふやして4チャンネル化し、原子炉保護系計器ラックの作動ロジックで4分の2ロジックを構成いたします。

4チャンネル化することにより、故障時等は当該の1チャンネルを切り離すことで、2out of 3ロジックにて点検保守を行うことが可能になります。

次に、右下8ページをお願いいたします。

原子炉非常停止及び工学的安全施設等作動信号の変更対象。これは、今回の4チャンネル化に伴う信号数の変更及び作動設定値の変更対象を取りまとめています。

左側が原子炉非常停止信号及び工学的安全施設等作動信号。次に、各信号の種類。それから、今回の4チャンネル化に伴う信号数変更の有無と作動設定値変更の有無を○で記載しております。

信号数については、運転開始当初より4チャンネルとなっているもの、1次冷却材ポンプの台数に依存するもの以外は、基本的に今回4チャンネル化します。

また、作動設定値については、設定信号や過去に見直したものなど以外は、今回設定値を変更します。

なお、1号機は、平成23年6月15日に認可済みであり、今回は2号機が工事計画の対象となります。

次に、右下9ページをお願いいたします。

原子炉非常停止及び工学的安全施設作動設定値の変更について。これは最新プラントの設定の考え方を踏まえた設定値のイメージを整理したものでございます。

川内1、2号機などでは、建設当初から昭和61年6月まで左のように安全解析使用値からパラメータの測定誤差を差し引いて、さらに計器誤差の中間を工事計画書記載値、保安規定記載値、実機セット値として運用しておりました。その後、昭和61年6月に定期検査実施要領及び標準定期検査要領書の解説の改正が行われ、設定値確認検査における判定基準は、誤差の値も含めて、保安規定等の値を上回ることはないような方法によるものとする。」と定められました。

結果、これ以降、実機セット値は計器誤差を加味しても、工事計画書記載値、保安規定記載値を上回らないよう、実機セット値を下げた運用しております。

その後、泊1、2号機以降の建設プラントや、原子炉保護系の盤更新工事に合わせて、工事計画書記載値の変更を行ってきています。変更では、安全解析使用値から、パラメータの測定誤差を差し引いて、そこを工事計画書記載値、保安規定記載値とし、そこから計器誤差を差し引いて、実機セット値としています。

したがって、今回の作動設定値変更は、安全解析値には何ら影響を与えるものではありません。

次に、右下5ページをお願いいたします。

③全交流動力電源喪失時における不要直流負荷の早期切離し手順の追加について。基本設計方針の変更。原子炉安全保護盤への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を実施することで蓄電池負荷の低減を図ります。これについては、蓄電池の運用変更で審査されており、今回の工事計画認可申請は、その運用変更に係わる当該直流負荷の早期切り離しの実施について基本設計方針（常設直流電源設備）への反映となります。

なお、給電時間については、現状約25時間に対し、蓄電池の負荷である原子炉安全保護盤及びその他不要な直流負荷を早期に切り離すことで、約30時間の給電可能時間を確保できることとなります。

次に、右下10ページをお願いいたします。

不要直流負荷の切離し操作の成立性につきましては、蓄電池の運用変更の技術的能力において審査されておりますが、配置図に示すとおり、中央制御室内及び隣接する1次系継電器室で容易に操作が可能な配置となっております。

以上が説明でございます。

○山中委員 それでは質疑に入ります。質問、コメント、ございますか。

○岡本審査官 規制庁岡本です。ただいま説明が行われました内容につきまして、主要な論点として確認したい事項を、項目ごとに説明させていただきます。

まずは①原子炉安全保護盤へのデジタル制御装置の採用でございますが、資料で申しますと2ページをお願いします。説明でもありましたが、原子炉安全保護盤のトリップ回路につきましては、安全解析の応答時間を満足させるために、アナログ設備を残す設計とされています。これは、デジタル化したほうが応答が遅くなるとの説明と理解いたしましたが、このように評価・判断された根拠を含めまして、今回の設計を選択された理由を詳細にご説明ください。これが1点目でございます。

2点目でございますが、資料で申しますと3ページをお願いします。先ほど少しご説明がございましたが、原子炉安全保護系の計器ラックに、新たに2 out of 4等の論理演算回路を追加するというので、計器ラックの論理演算機能の故障に対応するためというようなご説明がございましたが、この点について、信頼性が向上するとされる根拠を説明ください。これが2点目でございます。

3点目、同じ3ページでございますが、原子炉トリップの失敗確率及び誤トリップ頻度の評価方法について、先ほど参考等を用いて若干の説明がございましたが、評価モデルや故障率として用いられたデータの妥当性等を含めまして、評価の詳細を説明するとともに、今回変更後ということで現状よりも向上しているとされてはいますが、これらの差異について何が影響して上がったのかということについて、考察を示してください。

ここまででご見解等あれば、お願いいたします。

○九州電力（緒方） 九州電力の緒方といいます。まず1つ目ですけれども、原子炉安全保護盤のデジタル制御装置の採用ということでございまして、アナログ設備を残すことに対するご質問と、なぜこのアナログ設備を残すのかということでございますが、こちらにつきましては、デジタル制御装置にはCPUの演算処理時間や信号処理に対する演算処理時間が寄与するため、応答時間がデジタル設備よりも、済みません。アナログ設備を残すことにつきましては、応答時間が寄与することになります。これはデジタル制御装置につきましては、CPUの演算処理時間の演算周期なんですけれども、こちらに信号処理に係る時間というものが加算されまして、アナログ処理のほうが応答時間としては早いということになります。

また、アナログをなぜ残すのかということでございますけれども、こちらは先ほどご説明しましたとおり、安全解析で使用している原子炉トリップの応答時間を満足させるために、原子炉安全保護盤の原子炉トリップ回路につきましては、アナログ回路とすることとしております。

以上です。

○岡本審査官 規制庁、岡本です。デジタル化したほうが応答が遅くなるという点につきましては、論理演算回路のCPUの演算周期、信号処理等の影響ということでご説明いただきました。この点も含めまして、今ご指摘した点については、定量的な説明を加えた上で、改めて説明いただけるという理解でよろしいでしょうか。

○九州電力（山本） 今後の審査の中でお答えしてまいりたいと思います。

○岡本審査官 規制庁、岡本です。わかりました。

次に、2番目の項目、原子炉非常停止及び工学的安全施設の作動信号の4チャンネル化及び作動設定値の変更でございますが、こちら2点でございます。1点目は、資料でいうと8ページをお願いいたします。こちらで今回4チャンネル化されるものの○等の星取、あと作

動設定値の変更の有無について星取がございしますが、こちら口頭で若干説明がございましたが、変更の対象となるものと、変更を要しないものについては、また理由等を整理してご説明ください。こちらが1点目です。

2点目でございますが、資料、次のページ、9ページ目をお願いいたします。こちらで作動設定値の変更ということでご説明いただきましたが、安全上必要な裕度の削減となっていないかという点について、詳細に説明をいただければと思います。

パラメータ等の測定誤差などにつきましては、不確かさとして確率分布を持つというふうに思っております、ここでこのような変更をされるといって、ある意味で裾切りを行う、狭い裾切りを行うというように思いますので、このような場合のトリップの、確実にトリップするという観点では、トリップしない確率というのは増えるのではないかというふうに思います。こういった点も含めまして、必要な裕度がきちんと確保されているということをご説明ください。

2番目の項目については以上です。これについて、何かご見解があればお願いいたします。

○九州電力（秋吉）九州電力の秋吉でございますが、1点目の4チャンネル化しているものとしていないものにつきましては、今お手元の資料では説明が詳細にできてございませんので、今後の審査で準備させていただきたいと考えてございます。

2点目のパラメータ、計器誤差の考え方でございますが、これにつきましても、イメージとしてしか説明してございませんもので、裕度の考え方、もしくは計器にどういう裕度が含まれているかというところも含めまして、詳細にご説明させていただきまして、議論させていただきたいと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

○岡本審査官 規制庁、岡本です。わかりました。

最後に、3点目の項目、不要直流負荷の早期切離し手順の追加につきましては、パワーポイントの10ページをお願いいたします。こちらで真ん中あたりに吹き出しがございまして、遠隔切離しスイッチが使われて、速やかに不要負荷を遮断されるということですが、誤操作の防止、あと悪影響がないかという点につきまして、適切に設計がなされているということについて、説明ください。

また、最後になりますが、今回の資料では特に言及がありませんでしたが、今回ソフトウェアが使われるということで、ソフトウェアに対する検証及び妥当性確認、V&Vなど、

ソフトウェアに係る品質保証の内容につきまして、こちらも詳細に説明ください。

私からは以上です。

○九州電力（山本） 山本でございます。切離しスイッチの誤操作防止につきましては、識別表示をするなど、適切な対応を行っておりますので、誤操作防止はないというふうに考えてございます。詳細については、後ほどご説明したいと思います。

それから、ソフトウェアにつきましては、工場における設計製作段階から各ステップにおいて、検証及び妥当性を行うこととしてございます。詳細につきましては、今後の工事計画の審査の中でご説明してまいりたいと思います。

○岡本審査官 規制庁、岡本です。了解いたしました。

○山中委員 私のほうもいろいろ非常停止回路にアナログ回路を残すというのが、少し疑問に思ったところでございます。先ほどの質問にもありましたように、そのあたり、今後詳細に説明いただければと思います。

今日のご説明では、CPUの演算速度の問題で、デジタル化すると速度が落ちる、時間が余計にかかるというご説明がございましたけれども、CPUの能力を上げて、例えばデジタル化してもアナログと同等の性能を持つような、そういう設計ができないものかなという疑問を持ちましたので、ぜひともその辺は詳細に説明をしていただければと思います。よろしく願いいたします。

○九州電力（山本） 山本でございます。承知いたしました。今後の説明の中で説明してまいりたいと思います。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。

○山形対策監 規制庁の山形ですけれども、ちょっとお伺いしたいのは、基本的な問題なんですけれども、九州電力は多分常に安全性を向上させますというお考えだし、それを広く今まで言ってきておられると思うんですけど、それはそれでよろしいですね。

○九州電力（山本） さようでございます。

○山形対策監 そうすると、それと矛盾する中身が今日は幾つかあると思うんです。一つは、作動設定値の変更の話です。実際の実機セット値、それとそれに対する余裕というのがあって、それは計器の不確かさをカバーするようなものと、それと我々、その不確かさに対してどれだけの余裕を持ったらいいいのかというのは、ほかの場面でもいろいろ議論するんですけども、データとか計測による不確かさに起因するものをカバーするためのもの

の。これはその技術が進んでいけば、だんだん小さくなっていくというのはわかります。

それと、モデル化するときには計算するのを簡略化するために、モデルを簡略化することによる余裕、これも計算技術が発達すると、今まで一番薄いところで強度計算していたけれども、実際の形状を入れて計算するというようなやり方、それで余裕を、今まで大きめの余裕があったところを短くするというのはわかる。

そのほかにも、そうは言っても何があるかわからないので、余裕をとっておくという部分があると思うんですけども、これは今までせっかくとってた安全余裕の部分ですね、不確かさの部分とか、モデルの簡略化という部分以外のところで減らしているように見えるんですが、それは御社の基本的な安全性を向上させる姿勢というのと矛盾しているんじゃないかというのが一つです。

あとの不要負荷の切離しのところもそうなんですけれども、今24時間要求があつて、25時間があります。デジタル化すると短くなってしまいます。だから、なぜここで蓄電池を増設しますというのが出てこなかったのかと。蓄電池を増設して、やっぱりデジタル化しても25時間というふうになぜしなかったのか。これは今まで持っていたもの、要は基準をクリアしていれば、別に短くなくてもいいでしょうと、安全性が少なくなってもいいでしょうというふうには私には見えない。このところ、どう考えておられるのかという、基本的には姿勢の問題なんですけれども、なぜ今と同じように1時間の余裕、25時間のための蓄電池増設をしなかったのか。手順を加えることによって、短いものでも対応できるようなことにしては、これでは安全性の向上なんですか、どうなんですか。今までせっかくあった1時間の余裕はどこへいったんですかということなんですよね。

じゃあ、一番いいのは蓄電池を増設して手順もきっちり備えておきますということなんだと思うんですけども、じゃあ何で蓄電池を増設しなかったんですかということです。基本的な安全余裕に対する、どういう御社の考え方があるのかというのを、次回説明してください。

○九州電力（秋吉） 九州電力の秋吉でございますが、安全余裕についてはご説明させていただきたいと思っております。安全解析値、使用値をかえて余裕を削っているわけではございませんもので、持っている計器についての余裕をどう考えるかだと考えてございますので、安全性向上という意味では、安全解析値の使用値を上げたりとか下げて、どうするというつもりではなくて、今持っている計器が持っている誤差をどう考えるかだと思いますので、

そこは今資料がございませんので、詳しくご説明させていただきたいと思います。

それと、蓄電池のほうでございますが、それにつきましては、バッテリーをどれだけ増量するか、それと手順をどうするかということだと思っておりますが、そこは現在は当社としましては、安全性向上をどう考えるか、操作としては隣のところで数分でできる操作でございましたもので、それで十分安全性を下げているというつもりはございませんでしたので、現状こう考えてございますが、そこについても次回以降ご説明させていただきたいと思っておりますので、よろしく申し上げます。

○山中委員 そのほかございますか。

○山田部長 規制庁の山田です。3ページ目の図を見ていて、よくわからないので詳しく今後ご説明いただいたらいいかなと思うので、ここで言及させていただきたいと思うんですけど、まず検出器から入ってくるものが通信と書いてあるんですけど、これはどういうものなんですか。デジタルデータをIPプロトコルみたいにして送ってくるんですか。

ですから、ここがどういう仕様というか、どういう設備でこの通信がされているのかというのが、多分わからないと、詳しく教えていただかないと、こいつの信頼性というのは多分わからないと思っておりますので、この通信とだけ書いてあるやつは、ぜひしっかりと説明していただくようにお願いします。

○九州電力（秋吉） わかりました。今後の審査の中で、通信関係も含めて説明してまいります。

○山中委員 そのほかいかがでしょうか。よろしいでしょうか。

それでは、以上で議題1を終了いたします。

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、11日木曜日午前にプラント関係（非公開）、11日木曜日午後にプラント関係（公開）の会合を予定しております。

それでは、第637回審査会合を閉会いたします。